

# C


COMMERCIAL POULTRY  
NUTRITION

# 实用家禽营养

第三版

3rd  
edition

[加] S. Leeson J. D. Summers 著  
沈慧乐 周鼎年 译

 中国农业出版社



奥特奇生物制品（中国）有限公司



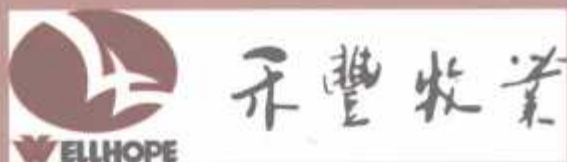
帝斯曼（中国）有限公司



美国海兰国际公司



诺伟司国际贸易（上海）有限公司



禾丰牧业（集团）股份有限公司



北京市华都峪口禽业有限责任公司



山东六和集团有限公司

封面设计 贾利群

ISBN 978-7-109-13657-1



9 787109 136571 >

定价：90.00元

# 实用家禽营养

第三版

[加] S. Leeson J. D. Summers 著

沈慧乐 周鼎年 译

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

实用家禽营养 / (加) 李森 (Leeson, S.), (加) 萨  
莫斯 (Summers, J. D.) 著; 沈慧乐, 周鼎年译. —3 版  
—北京: 中国农业出版社, 2010. 4

ISBN 978 - 7 - 109 - 13657 - 1

I. ①实… II. ①李…②萨…③沈…④周… III.  
①家禽—营养学 IV. ①S831.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 032986 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 黄向阳

---

北京通州皂象印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行  
2010 年 5 月第 3 版 2010 年 5 月第 3 版北京第 1 次印刷

---

开本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 24.75

字数: 326 千字 印数: 1~5 000 册

定价: 90.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

**COMMERCIAL POULTRY NUTRITION**  
**THIRD EDITION**

---

*by*

**STEVEN LEESON, Ph. D.**  
*Professor of Animal Nutrition*

*and*

**JONH D. SUMMERS, Ph. D.**  
*Professor Emeritus*

**Department of Animal and Poultry Science**  
**University of Guelph**  
**Guelph, Ontario, Canada**

---

**PUBLISHED BY UNIVERSITY BOOKS**  
**P. O. BOX 1326**  
**Guelph, Ontario, Canada**  
**N1H 6N8**

# 前 言

第一版《实用家禽营养》出版于1991年，跟踪家禽业的发展是很有意义的，因为这些发展影响了家禽的营养和饲养。近20年来肉鸡、蛋鸡和火鸡的遗传潜力得到巨大的改进，随着这些进展而对我们的饲养计划作出相应的改变是十分重要的。在家禽生产成本中饲料仍然是主要的组分，感谢世人接受了我们的观念并付诸实施。家禽生产真正是一个全球性的行业，但有趣的是在公司和公司之间生产和饲养体系仍略有差别。主要的变数在于饲料原料的供应，但是考虑到全球的需求，在多数农畜的饲养中饲料采购的选择余地是比较小的。当今至关重要的是对当地饲料原料的营养成分加以了解并愿意在制作配方时利用这些资料。

本书的中文版对于传播我们的思想和概念是一个重要的进展。中国无疑将继续对世界家禽生产作出贡献，能够亲自看到当今错综复杂的中国家禽生产体系各个环节得到发展就是对我们个人的一种奖励。

我们感谢我们的朋友沈慧乐教授，是她促成了翻译这本书的想法并亲自担任了技术翻译工作。我们感谢中国农业出版社愿意出版并销售第三版《实用家禽营养》。最后，我们还要再次感谢对本次出版给予经济支持的资助单位，由于这些资助，本书得以正式出版。

Steve Leeson & John Summers

2010年1月于加拿大安大略省圭尔夫市

## 译者的话

我怀着无比感激的心情翻译 Dr. Leeson 和 Dr. Summers 的著作——《实用家禽营养》的第 3 版。加拿大的进修经历和这本《实用家禽营养》帮助我在回国后开创了“家禽营养”课，并开展了一系列如无鱼粉日粮的应用性试验。无论在我短暂的教学过程中，还是在退休后为美国大豆协会长达 16 年的服务生涯中，两位老师的《实用家禽营养》始终是我的依靠和指南。今天，将 2005 年的末版全文译出并正式出版，以便于全国的同行参考。

本书的特点是实用性和科学性都强。两位教授通晓养禽生产全过程，毕生致力于发现和研究生产中的营养问题。书中绝大部分资料都是他们自己的科研成果；因此，有关家禽营养和生产中各方面的问题，甚至包括蛋品加工与环保，都能在书中找到相应的答案。

另一个特点是创新意识强。例如：不同于传统观点，作者以大量科研资料证明“养好后母鸡是获得高产母鸡的保证”，并提出预产期营养以及“建立髓骨贮备”等的新观点。又如，人们惯于论述禽病，但作者将产蛋母鸡疲劳症、脂肪肝以及肉用仔鸡腹水症与腿病等问题归结为“与日粮有关的管理问题”；也就是说，正确的营养与管理可减少或避免上述问题的发生。

除文字以外，作者将全部科研资料以表格和图像表示出，清晰易懂，方便应用。该书文字简练，没有一句多余的话。译者十分钦佩作者崇尚科学的精神以及他们渊博的知识与丰富的实践经验。该书自 1991 年第一版原版问世以来，在全球的家禽行业中享有盛誉。北美洲许多大学将它作为教材；本书也受到世界各大养禽公司和营养公司的青睐。相信《实用家禽营养》第 3 版在中国的正式出版定将促进中国养禽事业的进一步发展。

最后，作者向赞助本书出版的各大公司与企业表示最崇高的敬意和最诚挚的谢意！没有你们的资助，翻译版的正式出版将难以实现。各资助公司的商标将按原文版的格式分别刊登在中文版的内文和封底。谢谢！

译者 沈慧乐

2010 年 4 月 16 日

# 目 录

第一章	世界家禽生产	1
第二章	原料评价和日粮配制	7
第三章	产蛋品系后备母鸡育成期饲养方案	111
第四章	产蛋母鸡的饲养方案	150
第五章	肉用仔鸡的饲养计划	215
第六章	肉用种鸡的饲养方案	283
第七章	火鸡的饲养方案	329
第八章	鸭和鹅的饲养方案	355
第九章	玩赏鸟、平胸鸟和宠物鸟的饲养方案	368
附 录	营养成分资料	379



# 第一章 世界家禽生产

1.1 世界动物生产 .....	1
1.2 禽肉生产 .....	2
1.3 禽蛋生产 .....	4
1.4 未来家禽营养学的思考 .....	4
1.5 世界饲料生产 .....	5

## 1.1 世界动物生产

近十年来,多数家畜种类的生产是增长的,据估计,这个趋势仍将继续。家禽增长最快,这个趋势大概也将继续。禽肉和禽蛋能够很好地满足世界人口增长所带来的日益增长的供应需求。一个显著的趋势是世界人口在迅速老化,越来越多的人居住到城市。如今,约2%世界人口居住在世界上10个最大的城市,这些大城市的人口显然几乎百分之百地靠农村地区来供应食品。传统上,城市的食品供应来自郊区,但是,当城市人口达到1 000万~1 500万后这种情况就越来越难以为继了。为了供应这些巨大的、不断扩张的人群的食品,全国性的和 international 的饲料和食品调动将变得极为重要。据预计,在未来十年中,发达国家的人口变化不大,世界人口的增长几乎全部出现在发展中国家,特别是非洲和亚洲。非洲的气候变化莫测,日益增长的人口让食品供应越来越困难,随着城市化程度的提高,这种情况会继续恶化。

所有国家的人口都在老化,据估计,今后30年中60岁和60岁以上的人口比例将翻番。这些人群中,有些人的购买力可能不足以维持他们平时对食物供应的需要。直到如今以及在不远的将来,我们是通过提高供应和改善生产效率来满足不断增长的食物需求。生产效率的改善将使我们得以逐步提高世界人口的总体营养状况,显然,养禽业在这个重要的进展中起着主要的作用。过去,我们由于在动物生产中使用能源而遭受批评,尤其是来自如下一观点,即消费动物蛋白比起消费植物蛋白是效率低下的。多数发达国家所使用的总体能源中,用于食物生产的不到4%。在这个食物生产过程中,大部分能源是用于加工和烹调,以满足消费者严格的要求。因此,农业食品业所使用的4%能源中真正用于初级动物生产的只占18%(或只占总体能源需求的0.7%)。提高人们的植物性蛋白消费量以取代肉蛋的想法未能实现,主要原因是在加工过程中使用太多的能源,受到了与动物生产一样的批评。人造肉需要花费极大的能源,近十年来它产生的影响有限,说明问题在于

缺乏经济活力以及（或者）消费者不愿接受。随着很多第三世界国家经济的改善，动物产品尤其是禽肉和禽蛋的需求量似乎有所提高。

发达国家目前在肉蛋方面关心的不是供应不足，而是食物是否有益于健康、是否安全。在欧洲，人们对于转基因动植物的关注迅速增长，以至于目前不允许将它们用于食物生产。目前，很多种植物比如玉米和大豆一般都是转基因的，很多国家把它们作为原料用于配制家禽和其他动物的日粮。

由于在 20 世纪 90 年代中期暴发了疯牛病，欧洲对于家畜日粮中使用动物蛋白也高度关注。欧洲人对于他们的反刍动物的健康状况还吃不准，所以继续禁止使用肉粉类产品。虽然不使用肉粉也可能配制日粮，但是这确实给多数畜牧业增加了经济负担，因为他们不得不寻找别的手段来处理废弃的副产品。

要想保证所生产的肉和蛋没有病原菌是不可能的，周围环境不可能不受沙门氏菌这类微生物的干扰，任何保证肉蛋没有病原菌的管理办法都是不现实的。当然，人们已越来越重视减少病原菌的管理办法，肉禽业和蛋禽业通过在加工厂、饲料厂和养禽场采用 HACCP 之类的管理措施已经取得显著进展。饲料是病原菌进入肉蛋的潜在途径之一，因此，我们将不得不改变饲料配方，或者使用别的添加剂，以试图把饲料中的病原菌含量减少到可以接受的水平。饲料加工除了要考虑饲料采食量和禽的生长外，现在还要设法控制病原菌。目前在肉鸡和火鸡生产中普遍使用促生长抗生素，但将来无疑会越来越少的依靠这个做法，这势必使我们更需要采取饲料病原菌控制措施。

受到较为正面评论的饲料添加剂使用，是生产所谓的特制食物（designer foods），如生产富 Omega-3 的鸡蛋，这种特制食物的生产在不断增加。肉和蛋的脂溶性养分组成是更容易改变的，所以在小规模市场上对于这种保健食物的需求将会增加。

## 1.2 禽肉生产

过去 30 年来，肉禽业的增长是无与伦比的，虽然目前有迹象表明，在很多国家这个市场已经趋于成熟。这个行业比较容易建立，虽然有地区差别，但在很多国家其生产体系是按照相似方式而模式化的。现代肉鸡品系的生长潜力越来越大，现在人们已意识到必须实行一定程度的环境控制。在热带国家，可以通过在鸡舍两侧设置帘布而做到完全的环境控制。即使建造较为廉价的鸡舍和设置帘布，也必须保证适当的空气流动，因此，近十年来隧道式通风得到了推广。设计通风系统时最好把家禽的环境温度维持在 15~30℃，超过这个范围就不能达到家禽最佳的生长率。

在许多国家，鸡肉是最便宜的，因此其人均消费量总是排在第一二位。形成这种竞争力的原因是持续改进生产效率，为此，家禽生产者和农贸人员必须接受新思维和技术创新。另一方面，近二十年来与禽肉相竞争的其他肉类产品的生产体系却变化很小。有意思的是，养猪业现在开始在其生产体系中采用“家禽模式”。

禽肉业所取得的成就中很多是由于不断改进后加工技术而开发了新的消费品。最成功的一个产品无疑是“鸡块”(chicken nugget), 现在它已成了多数快餐店和零售摊的特色产品。过去十年中, 北美的大约 3 万家非鸡肉快餐店在他们的菜单中加入了鸡肉产品, 在专门的推销活动中鸡肉产品的销售量超过了汉堡包等传统产品。快餐店在欧洲、亚洲和南美洲越来越多, 这可能将导致越来越大的鸡肉消费量。

除了开发鸡和火鸡胴体传统部分的新用途外, 禽肉业也一直在成功地发展能够利用本身的副产品并为其寻找市场的工艺技术。对鸡翅及鸡脚和机械脱骨肉的需求就是典型的事例。这些产品除了增加总体的禽肉消费外, 也导致了总体生产效应的改善, 并有助于维持禽肉生产的经济优越性。

从满足追求健康的消费者对较瘦肉品的需要这个角度来说, 鸡肉也是很理想的。近几年来, 有不少关于各种肉类相对脂肪含量的宣传材料, 当对具有可比性的产品进行比较时禽肉仍是最瘦的肉类。如果把高度修整过的牛排或猪排与一个完整的肉鸡胴体相比较当然会降低我们平常在鸡上所见到的优越性。但是正当的比较应在牛排和鸡胸脯肉之间进行, 这时禽产品就是最瘦的。肉用仔鸡, 特别是火鸡, 是食品业中希望提供低脂肪肉部门的理想产品。禽肉还有一个几乎是独有的优越性, 即不受宗教或文化观念所歧视, 因此可以在航空配餐、旅店、机关学校等场合广泛采用。

表 1.1 禽肉产量 (万吨)

	1993	2005
世界	4 800	8 000
北美	1 500	2 500
南美	600	1 200
欧洲	1 000	1 300
亚洲	1 400	2 200

表 1.2 肉鸡肉产量 (万吨)

	1993	2005
世界	4 100	6 800
北美	1 300	2 100
南美	550	1 150
欧洲	900	1 050
亚洲	1 200	2 000

表 1.3 火鸡肉产量 (万吨)

	1993	2005
世界	400	5 700
北美	200	300
南美	10	30
欧洲	150	180
亚洲	10	20

表 1.4 禽蛋产量 (万吨)

	1993	2005
世界	3 800	5 700
北美	600	800
南美	250	340
欧洲	1 000	1 000
亚洲	1 800	3 200

禽肉业现在由于使用促生长剂而受到审查。当从日粮中除去促生长剂后，肉鸡往往出现坏死性肠炎和球虫病，看来它们主要的作用机理是控制梭菌感染。如果在饲料中不使用促生长剂，则经常考虑其他办法，如采用竞争性排除、饮水酸化、甘露寡糖、益生菌或前生菌（prebiotics）。可笑的是，促生长剂经常被禁止用作饲料添加剂，而另外一种办法却是把它们用作处理饮水的药物。表 1.1 是世界和主要生产国的禽肉总产量。表 1.2 和表 1.3 分别为肉鸡肉和火鸡肉的产量。

### 1.3 禽蛋生产

随着消费者对禽蛋营养价值了解的增加，以及禽蛋加工处理方法的增多，禽蛋的产量得到可喜的增长。在 20 世纪 80 年代，人们错误地认为胆固醇的进食量和血液的胆固醇水平有关，随着人们对各种日粮营养物对人类血浆胆固醇的作用获得更多的知识，这种错误认识得到了纠正。就每单位蛋黄和蛋白中所含蛋白质和能量的价格而言，禽蛋是比较便宜的，因此，在发展中国家禽蛋的消费量持续增长。

禽蛋有褐壳蛋和白壳蛋。北美以白壳蛋为主，另外许多国家的消费者则喜欢褐壳蛋。他们认为褐壳蛋较为有营养，有益于健康，其实这种想法比较天真。在发展中国家，消费者则要求色素较深的蛋黄，而这些要求都导致更高的生产成本。北美在生产特制鸡蛋方面也获得巨大成功，现在大约 5% 的带壳蛋是富含 Omega-3 和维生素 E 的。禽蛋业的这个高利润部门并没有取代对常规蛋的需求，而是真正提高了对禽蛋和蛋制品的需求。

在北美，禽蛋业最有活力的部门是禽蛋的加工和深加工，其所取得的成就堪比禽肉业。至 2008 年，北美所生产的禽蛋中至少有 50% 是在某种程度上经过加工的，换句话说，只有 50% 禽蛋是带壳出售的。禽蛋加工的扩展给生产带来了新的挑战，比如，蛋的内部物质比蛋的个头大小要重要得多，而蛋壳质量的重要性则会下降。很可能的是，为加工业的需要将发展白壳蛋品系，而褐壳蛋品系的选育则将注重对于带壳蛋市场有重要意义的性状。在很多地区，处理产蛋期终了母鸡正变得越来越困难，看来用这个有潜在价值的资源开发新的食品是有重要意义的。把淘汰母鸡转变成动物饲料原料尤其是蛋鸡饲料，从消费者接受角度来看是目光很短浅的途径。表 1.4 是世界和地区的禽蛋产量。

### 1.4 未来家禽营养学的思考

过去二十年来，家禽营养学的发展使各类家禽业的生产力得以提高。由于生产条件和目标已经改变，我们就能够修改我们的营养需要量参数。生产目标的差异变得更大，这在一定程度上使饲养计划更为复杂，因为现在“全球通用”的建议往往难以实行。将来，家

禽营养学必须考虑为各种家禽制定整个生命周期的饲养计划 (life-cycle feeding programs), 而不是孤立地考虑个别的日粮。遗憾的是, 现在还缺乏足够的研究资料可以使我们对总体计划来审视营养建议。目前, 我们在生产中所遇到的情况很复杂, 家禽在其生产周期的任何时间段如果营养进食量不当, 就很难完全恢复过来。

由于在多数家禽产品的生产成本中饲料依然占 60%~70%, 我们需要不断地评估新的或不同来源的饲料原料, 不断地对通用的饲料原料进行重新检验。对研究数据进行的年度综述表明, 饲料原料评定是实用家禽营养研究中的主要部分, 饲料生产厂家必须意识到新饲料原料的潜力。所谓新饲料原料往往不是说它对于家禽饲养本身是新事物, 而是说它在特定的地理区域未曾被认真地当作饲料用过。一个很好的例子是小麦。在北美的很多地区, 小麦被当作新饲料原料; 然而在其他国家, 小麦作为标准的饲料原料已经使用了 20~30 年。在这种情况下, 应鼓励饲料生产厂家对饲料原料评定采取一种较为全球性的观点。举例来说, 小麦可以在欧洲成功地用于 A 系肉仔鸡, 那么在具有相似条件的其他国家里它也完全可能适用于养鸡。营养学家现在必须具有生产技术的第一手资料, 以便确信所有条件是否有可比性。若做不到这一点, 在使用“新”饲料原料时必然会时不时地出现问题。从这个角度来说, 确定一种原料在计算配方时的最大、最小限量正变得更为重要。如前所述, 在很多情况下生产目标是随着消费者对终产品的要求和 (或) 鸡的操作管理而变化的。所以, 营养学家现在面临一系列可供选择的计划, 而它们则取决于这种特殊的、经常是专门化的需求。能说明这种趋势的最好例子是为改变肉、蛋成分而进行的营养调控。众所周知, 在生长期的特定阶段, 改变日粮的能量蛋白比或氨基酸组成或限制饲料采食量, 可以影响胴体的脂肪沉积。同样, 通过饲料原料的选择, 可以影响蛋的成分以满足增进人类健康的需求。营养学家很可能将面对消费者日益增长的压力, 为了满足这种市场要求而制订适当的日粮和饲养计划。在这种形势下, 掌握一种日粮和饲养方案所用饲料原料的全貌及了解它们的可配伍性就比以前更加重要了。从更加全局的观点来制订饲养方案, 将有助于养禽业实现其增加生产、改进效率和加强专门化的目标。作者希望, 以下各章所介绍的材料将为读者提供制订这种计划所需的依据。

## 1.5 世界饲料生产

在很多国家, 家禽业所用饲料占动物饲料的 20%~40%, 这个比例一直在增长。表 1.5 为估计的 2006 年各类家禽所需的饲料产量。

总体说来, 表 1.5 中的数据乘以 0.6 就是谷物的预计需要量, 乘以 0.3 则是豆粕一类原料的需要量。饲料工业无疑将受到严格的管制, 并成为禽蛋、禽肉的追踪对象之一。目前在许多国家, 通过诸如 HACCP 之类的计划把对多数药物的使用和核查列入强制性管理的范围。遗憾的是, 这些额外的管理和控制的成本都将转到养禽业, 最终转到消费者身上。

表 1.5 2006 年的饲料产量 (万吨)

	肉鸡	肉种鸡	火鸡	种火鸡	青年母鸡	产蛋鸡	家禽总计
世界	18 400	1 500	2 800	280	3 000	19 200	45 200
北美	5 200	420	790	80	840	5 400	12 700
南美	3 000	240	460	50	490	3 100	7 300
欧洲	2 600	210	400	40	430	280	6 500
亚洲	7 200	590	1 100	100	1 170	7 500	17 700

(周鼎年 译)

# 2

## 第二章 原料评价和日粮配制

2.1 原料描述 .....	9
2.1.1 玉米 .....	9
2.1.2 小麦 .....	12
2.1.3 西非高粱 .....	16
2.1.4 大麦 .....	18
2.1.5 大米 .....	20
2.1.6 小麦副产品 .....	22
2.1.7 面包房粉 .....	24
2.1.8 大米副产品 .....	26
2.1.9 豆粕 .....	28
2.1.10 大豆 .....	31
2.1.11 双低菜籽粕 .....	33
2.1.12 玉米面筋粉 .....	36
2.1.13 棉籽粕 .....	37
2.1.14 亚麻籽 .....	39
2.1.15 肉粉 .....	42
2.1.16 家禽副产品粉 .....	44
2.1.17 羽毛粉 .....	46
2.1.18 鱼粉 .....	48
2.1.19 油脂 .....	51
2.1.20 燕麦 .....	58
2.1.21 黑麦 .....	58
2.1.22 小黑麦 .....	59
2.1.23 糖蜜 .....	59
2.1.24 脱水苜蓿 .....	59
2.1.25 全脂双低油菜籽 .....	60
2.1.26 花生粕 .....	60
2.1.27 豌豆 .....	60
2.1.28 红花籽粕 .....	61
2.1.29 芝麻粕 .....	61

2.1.30	羽扇豆 .....	61
2.1.31	血粉 .....	61
2.1.32	钙、磷和钠的来源 .....	62
2.1.33	微量矿物质 .....	64
2.1.34	合成氨基酸 .....	66
2.2	原料测试 .....	68
2.2.1	容重 .....	69
2.2.2	近似分析 .....	69
2.2.3	氨基酸分析 .....	71
2.2.4	代谢能 (AME 或 TME) .....	71
2.2.5	近红外分析 (NIRA) .....	72
2.2.6	大豆和豆粕的尿酶测试 .....	74
2.2.7	蛋白质溶解度 .....	74
2.2.8	蛋白质和氨基酸的染料结合反应 .....	75
2.2.9	鱼粉的肌胃糜烂因子 .....	75
2.2.10	高粱单宁 .....	75
2.2.11	蛋中的棉酚 .....	76
2.2.12	脂肪评定 .....	76
2.2.13	大米副产品中的稻壳 .....	77
2.2.14	矿物质溶解度 .....	77
2.3	饲料添加剂 .....	77
2.3.1	颗粒黏合剂 .....	77
2.3.2	制球虫剂 .....	78
2.3.3	抗生素, 促生长剂 .....	79
2.3.4	制真菌剂 .....	81
2.3.5	维生素和前生素 .....	82
2.3.6	酵母菌 .....	83
2.3.7	酶 .....	83
2.3.8	色素 .....	86
2.3.9	增味剂 .....	87
2.3.10	驱虫剂 .....	87
2.3.11	氨气控制 .....	88
2.4	饲料毒素和污染物 .....	88
2.4.1	霉菌毒素 .....	88
2.4.2	植物毒素 .....	90



2.4.3	自体中毒	95
2.4.4	细菌毒素	96
2.4.5	化学治疗药品	96
2.4.6	有毒籽实	96
2.5	饲料生产	98
2.5.1	维生素—矿物质预混料	98
2.5.2	维生素的稳定性	100
2.5.3	制粒	100
2.5.4	膨化、挤压和热力蒸煮	102
2.6	水	102
2.6.1	水的摄入	103
2.6.2	水的排出	104
2.6.3	水平衡和脱水	105
2.6.4	饮水的温度	106
2.6.5	限水	106
2.6.6	水的质量	108
2.6.7	饮水管理中的一般注意事项	109

## 2.1 原料描述

### 2.1.1 玉米

**营养特性:** 玉米已经成为其他谷物、谷物副产品和别的能量原料要和它进行比较的标准。在多数家禽日粮中, 玉米是代谢能的主要来源。世界的玉米产量大约为 6 亿吨, 其中 2.4 亿吨产自美国。中国虽然生产大约 1 亿吨玉米, 排名世界第二, 但是世界第二大的玉米出口国则是巴西, 其玉米产量为 0.4 亿吨。饲料业一般用美国 2 号玉米作为当量。随着级别号码的数字上升, 容重下降, 样本中破碎籽粒和杂质的允许量也较高。2 号玉米中破碎籽粒不应超过 5%, 杂质不超过 3%。虽然破碎籽粒可能不至于影响能值, 杂质却可能减少能值从而降低其货币价值。破碎籽粒也是霉菌感染的潜在部位。

玉米的能量价值来自富含淀粉的胚乳和胚芽, 前者主要由支链淀粉组成, 后者所含主要是油。多数玉米含 3%~4% 的油, 但是现在有些新品种的含油量高达 6%~8%, 因而能提供的能量也相应较多。这些高油玉米品种的蛋白质含量也提高 2%~3%, 因此也能提供较多的必需氨基酸。玉米中的蛋白质主要是玉米蛋白 (prolamin, zain), 其氨基酸组成对家禽并不理想。因此, 在设计低蛋白日粮时必须认真考虑氨基酸平衡和氨基酸有效性问题, 因为在这种条件下玉米蛋白可以占到日粮蛋白质的 50%~60%。玉米也含有相当

多的黄色和橙色的色素，一般含大约 5mg/kg 叶黄素和 0.5mg/kg 胡萝卜素。因此，饲喂玉米的家禽在其体脂肪中和蛋黄中含有较多的色素。

表 2.1 玉米的成熟度和能值

成熟度	收获时水分 (%)	10%水分时的百粒重 (g)	85%干物质时的 ME (kcal/kg)
很不成熟	53	17	3 014
不成熟	45	22	3 102
不成熟	39	24	3 155
成熟	31	26	3 313

耳重低的样本在蛋白质和多数氨基酸含量上并无稳定的变化趋势，只是有人指出不成熟玉米样本的蛋氨酸含量较低。

表 2.2 玉米粉碎后的粒度分布 (%)

粒度 (μm)	细磨	粗磨
<150	5	<1
300	11	2
450	16	3
600	17	3
850	22	4
1 000	16	4
1 500	10	5
2 000	1	10
2 500	<1	24
>3 000	<1	44

量越好，但是对于粉料型日粮来说，粉碎得太细可能导致部分剩料。表 2.2 表示“细粉

虽然 2 号玉米是标准的动物饲料，但是由于在生长、收获或贮藏时可能遇上不良的条件，所以也时常碰到较低级别的玉米。依据降级的原因，玉米的饲用价值一般随级别号的上升而下降。表 2.1 列出了由于晚季生长条件不良而不得不在不同成熟阶段收获的玉米的代谢能值。\*

玉米的每蒲式耳重从标准的 56 磅每下降 1 磅，其能值就下降 10~15kcal/kg。但是，这些蒲式

在处理未成熟的高水分玉米时的一个潜在问题是，为了将其水分降到可以接受的水平 (15%)，必须给予较强的烘干条件或较长的烘干时间。温度过高或时间过长的热处理会引起玉米的焦糖化作用，使其产生特殊的气味和外观，还有人担心，由于与碳水化合物发生美拉德反应，赖氨酸的有效性会降低。

玉米加工过程中会产生面筋粉和玉米油等产品，但是，北美 95% 以上的玉米是用作动物饲料的。

关于各种家禽所需要的玉米粉碎后的最佳粒度大小，众说不一。有理由认为，粉碎得越细，颗粒质

\* kcal 为非法定计量单位。1kcal=4.2kJ

碎”和“粗粉碎”后玉米颗粒大小的预期分布。对于3周龄以内的家禽，使用较细的粒度可能在 AMEn 方面是有一定好处的，较粗的粒度则最好用于21日龄以上的家禽。

如果生长季节和贮藏的条件不适当，霉菌和霉菌毒素可能成为问题。在湿热地区生长并遭受昆虫损害的玉米经常有黄曲霉毒素污染，而且高水平霉菌毒素所造成的可怕后果是很难纠正的。有人表明，硅酸铝可以部分地削减较高水平黄曲霉毒素的作用。如果怀疑有黄曲霉毒素问题，就应在搅拌和混合之前对玉米样本进行检查。玉米赤霉醇(zearalenone)是玉米中时不时出现的另一种霉菌毒素。由于此毒素可与维生素D<sub>3</sub>相结合，因此可能引起骨骼和蛋壳质量问题。当此毒素中度污染时，通过饮水给家禽以水溶性维生素D<sub>3</sub>已被证明是有效的。

经过运输的玉米，不论运输时间多长，霉菌生长都可能是严重问题。玉米运输中如果湿度 $\geq 16\%$ 、温度 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ，经常发生霉菌生长。一个解决办法是在装运时往玉米中加有机酸。但是必须记住的是，有机酸可以杀死霉菌并预防重新感染，但对已产生的霉菌毒素是没有作用的。

破碎籽粒和杂物会降低玉米的经济价值。但是，佐治亚州的 Dale 及其同事们指出，这些污染物的能值和整粒玉米的差别不大。破碎籽粒的 AMEn 只比玉米低 200kcal/kg，杂质的比玉米低 600kcal/kg。因此，4级玉米含 10%破碎籽粒、5%杂质，相比于2级玉米的 5%和 3%，则4级玉米的 AMEn 只比2级玉米低 25kcal/kg。

如果玉米是以粉料饲喂，最好磨成 0.7~0.9mm 的颗粒，而且尽可能均匀一致。这样的颗粒大小经常称为“中等”粒度。给家禽饲喂磨得过细或过粗的玉米时，所表现的消化率数值似乎较低。对于生产颗粒饲料的工厂，玉米会带来一些问题，当玉米含量 $\geq 30\%$ 时，为了获得好的颗粒质量必须加入颗粒黏合剂。

#### 营养成分(%):

干物质	85.0	蛋氨酸	0.20
粗蛋白	8.5	蛋氨酸+胱氨酸	0.31
代谢能:		赖氨酸	0.20
(kcal/kg)	3 330	色氨酸	0.10
(MJ/kg)	13.80	苏氨酸	0.41
钙	0.01	精氨酸	0.39
有效磷	0.13		
钠	0.05	可消化蛋氨酸	0.18
氯	0.05	可消化蛋氨酸+胱氨酸	0.27
钾	0.38	可消化赖氨酸	0.16
硒(mg/kg)	0.04	可消化色氨酸	0.07
脂肪	3.8	可消化苏氨酸	0.33
亚油酸	1.9	可消化精氨酸	0.35
粗纤维	2.5		

**容重:**

	kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
整粒玉米 2 级	696	42.2	54
4 级	632	38.3	49
粉碎玉米	642	40.0	51
玉米筛渣	475	30.1	39

lb/ft<sup>3</sup>: 磅/英尺<sup>3</sup>; lb/bsh: 磅/蒲式耳。

**配方限制:**

年龄	底限	上限	评 论
0~4 周	—	60%	按上限饲喂一般不会出问题。0~7 日龄的鸡可能不如成年鸡消化好。
4~18 周	—	70%	
成年蛋鸡	—	70%	较高用量时, 颗粒的持久性会出现较多问题。

**质量分析程序:**

水分	粗蛋白	脂肪	钙/磷	氨基酸	其 他
每批	每周	每 6 个月	每 6 个月	每 12 个月	霉菌-霉菌毒素, AME, 每 12 个月 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 每年收获后 30d 内进行分析。

**2.1.2 小麦****营养特征:**

很多国家把小麦作为家禽日粮的主要能量来源。由于对小麦的分类方法有多种, 因而关于所使用小麦的确切类型经常出现混乱。传统上小麦分为冬小麦和春小麦, 按主导气候和土壤条件的原因而被栽培于不同的地区。有时, 小麦按种皮颜色而分为红小麦或白小麦。还有一种分类方法把小麦分为硬粒小麦和软粒小麦。过去, 多数冬小麦是白的、软粒的, 而春小麦是红的、硬粒的。从饲用价值来说, 主要是看小麦是硬粒还是软粒的, 因为这影响它们的成分, 特别是蛋白质。由于作物育种的发展, 如今小麦的颜色和栽培时间更为多样。硬粒小麦的蛋白质中有较多的部分与淀粉相结合, 因此含有较多富含赖氨酸的蛋白质, 这种蛋白质对焙烤面包有用, 而软粒小麦只能用于制作饼干和糕点。硬粒小麦 (durum wheat) 是很硬的小麦, 用于制作面团 (pasta)。这些小麦之所以有物理硬度是由于淀粉之间结合牢固并含有丰富的蛋白质。

根据“软”、“硬”而区分的不同品种小麦在 AME 和氨基酸消化力方面似乎没有稳定的差异。将黑麦基因转入小麦后焙烤特性明显改善，这个作用比较稳定。这种转基因小麦品种（经常称为 1B→1R）的氨基酸消化率低于非转基因品种，在赖氨酸消化率方面的差异可以达到 18%。

小麦的分级体系也和玉米一样，根据容重、破损籽粒和杂物的比例而定。对于 2 级小麦，杂物和破损籽粒的最大允许量是 5%。饲料级小麦的破损籽粒和杂物含量可以超过 20%。

小麦的成分一般较其他谷物更加多变。即使在硬粒小麦中，蛋白质含量的变化范围可从 10% 到 18%，这与品种差异和生长条件的变化有关。多数硬粒小麦在收获以后不必进行干燥，因为干燥条件和小麦收获时的含水量似乎对其饲用价值影响不大。生长时的环境温度似乎是影响小麦含氮量的主要因素，高温可使小麦含氮量提高 100%，而赖氨酸和淀粉的相对含量却趋于下降。

在有些种植地区，有时有霜害小麦或发芽小麦供饲料工业使用。霜害能有效地阻止淀粉合成，因此使籽粒小而瘪。正常小麦的百粒重应在 27g 左右，而严重霜害小麦的百粒重可降到 14~16g。可以预期，霜害小麦的代谢能水平会下降。在这些条件下，蒲式耳重和代谢能之间有很好的相关。但是，对于未受霜害的小麦，能量和容重之间的关系似乎与此不同。

有时，小麦会在地里发芽。发芽小麦很可能仅仅因为外观而被拒绝使用，但是研究表明，它们的代谢能水平只下降 3%~5%。只要烘干到 ≤14% 水分，饲喂发芽小麦是没有问题的；如果在价格上打个折扣，饲喂发芽小麦在经济上也是合算的。但是，被锈病污染的小麦可能会更严重地影响其饲用价值，代谢能值可能下降达 25%。

虽然小麦的蛋白质含量比玉米要高得多，供应的能量只是略为少些，但是如果在日粮中的用量超过 30% 就可能造成一些问题，特别是对于幼龄家禽。小麦含有 5%~8% 的戊糖，后者可能引起消化物黏稠度问题，导致总体的日粮消化率下降和粪便湿度增大。主要的戊糖成分是阿拉伯木聚糖，它与其他细胞壁成分相结合，能吸收比自身重量高达 10 倍的水分。但是，家禽不能产生足够数量的木糖酶，因此这些聚合物就能增加消化物的黏稠度。多数幼龄家禽（<10 日龄）中所观察到的小麦代谢能下降 10%~15%，这个现象很可能就与它们不能消化这些戊糖有关。小麦饲养试验的结果之所以变化多端，可能多半是因为小麦本身的戊糖含量多变，再加上我们不能根据简单的近似分析来预测饲用价值。随着小麦贮藏时间的延长，其对消化物黏稠度的负面影响似乎会下降。通过限制小麦用量（特别是对于幼龄家禽）和/或使用外源的木聚糖酶，可以在一定程度上控制消化物黏稠度问题（见 2.3.7）。

小麦还含有 α-淀粉酶抑制因子。虽然这些抑制因子尚未完全弄清楚，但据认为它们是白蛋白，主要存在于淀粉中。制粒时应用的较高温度似乎可以破坏这些抑制因子。与玉米相比，小麦的有效生物素含量也很低。当用玉米饲喂家禽时，有时很难通过除去日粮中的合成生物素而诱导生物素缺乏症状，但是饲喂小麦时很快就会出问题。新出壳雏鸡的肝脏生物素水平约 3 000ng/g，但饲喂小麦的鸡在 14 日龄时这个指标就下降到 600ng/g。每千克日粮中加入 50μg 生物素可使肝脏的生物素贮备增加 1 倍，添加 300μg/kg 则可使肝

脏生物素贮备恢复到1日龄时的水平。还有人关注,小麦是否会提高肉仔鸡坏死性肠炎的发病率。小麦似乎能为某些病原菌的繁殖提供较为适宜的培养基。磨得很细的小麦问题最为严重,用碾压磨加工的小麦可缓解坏死性肠炎的发病率。磨得很细的小麦也可引起幼龄家禽的“糊嘴”问题。小麦中的蛋白质较黏,会黏附在家禽的喙部。“糊嘴”严重时会降低采食活力,增加饮水杯中的饲料沉积,在喙部为细菌和霉菌生长提供理想的培养基。小麦粗磨可以解决这些问题。

肉禽日粮中使用小麦可以改进颗粒的牢固性。能使硬粒小麦焙烤性能得到提高的那些蛋白质也有助于在制粒时黏结饲料原料。在日粮中加入 $\geq 25\%$ 小麦,可以起到在难制粒日粮中添加黏结剂的作用。

小麦的一个优点是可以整粒饲喂10~14日龄以后的家禽。饲喂整粒小麦加上含有适量矿物质和维生素的平衡饲料可以为农民利用自产小麦提供一种很经济的经营方式。在最近的研究中,我们为肉仔鸡提供了常规的3种日粮饲养法,或者是从7日龄至49日龄期间让鸡在整粒小麦和破碎肉仔鸡开食料之间选择采食。从7~21日龄,雄性肉仔鸡任意采食小麦的数量约为其日粮的15%;从21~35日龄增加到34%;从35~49日龄增加到41%。这些鸡的生产性能数据如表2.3所示。体重仅略有降低,但是胴体重显著下降,胸肉产量约减10%。然而,自由采食小麦的饲养法使每千克增重的饲料成本节省了10%,每千克胸肉的饲料成本无差异。据认为,给肉仔鸡饲喂整粒小麦的另一个好处是对球虫病实行自然控制。饲喂整粒小麦可刺激肌胃和胃部的活动力,据认为,这样的环境(酸性环境及胃部活动力增强)能降低球虫卵囊的成活率。

#### 潜在问题:

小麦含有不同量的木聚糖,它难以消化,导致粪便变得稀而黏稠,消化率下降。使用合成的木聚糖酶可以克服这个问题,详见本章2.3节。饲喂的日粮中如果小麦含量超过30%会导致喙/嘴梗塞,降低采食力。这些物质积累在嘴里,会为霉菌和霉菌毒素的发展提供条件。把小麦磨得粗一些可以解决这个问题。当把小麦用作主要的谷物原料时,需要添加较高水平的生物素,因为据报道,小麦中生物素的有效性只有0~15%。

表 2.3 自由采食小麦的肉鸡的表现

日粮	49日龄体重 (g)	饲料:增重	蛋白质进食量 (g/kg体重)	能量进食量 (kcal/kg体重)	胴体重 (g)
对照	3 030	1.93	370	6 044	2 230 <sup>a</sup>
自由采食	2 920	1.99	364	6 106	2 135 <sup>a</sup>

引自 Leeson and Caston (1993)

## 营养成分(%):

干物质	87.0	蛋氨酸	0.20
粗蛋白	12~15	蛋氨酸+胱氨酸	0.41
代谢能:		赖氨酸	0.49
(kcal/kg)	3 150	色氨酸	0.21
(MJ/kg)	13.18	苏氨酸	0.42
钙	0.05	精氨酸	0.72
有效磷	0.20		
钠	0.09	可消化蛋氨酸	0.16
氯	0.08	可消化蛋氨酸+胱氨酸	0.33
钾	0.52	可消化赖氨酸	0.40
硒(mg/kg)	0.50	可消化色氨酸	0.17
脂肪	1.5	可消化苏氨酸	0.32
亚油酸	0.50	可消化精氨酸	0.56
粗纤维	2.70		

## 容重:

	kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
整粒小麦 2级	738	46	+57
饲料级	645	41	50
磨碎小麦	530	33	42

注: lb/ft — 磅/英尺<sup>3</sup>; lb/bsh — 磅/蒲式耳。

## 配方限制:

年龄	下限	上限	评论
0~4周	15%	20 (40) <sup>1</sup> %	如果想得到优质的小母鸡, 应按下限
4~18周	15%	25 (50)%	
成年蛋鸡	15%	25 (60)%	如果使用合成木聚糖酶, 可按括号中的上限

<sup>1</sup> 使用酶时可提高小麦用量。

## 质量分析程序:

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其他
每批	每周	每6个月	每12个月	每12个月	木聚糖, AME, 每12个月 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 每年收获后30d内进行分析。

### 2.1.3 西非高粱 (milo)

**其他名称:** 高粱 (sorghum), 卡费玉米 (kaffir corn)

**营养特性:**

在很多方面, 高粱的饲用价值几乎可与玉米相比。高粱的品种差异似乎更大, 但是平均说来, 其能值略低于玉米。如果不追求蛋和皮肤的着色度, 高粱是可以取代玉米的最佳高能饲料原料。

高粱的饲用价值基本上相当于玉米的 95%~96%, 但其在很多市场上的定价却低于这个比例。高粱中的淀粉紧密地和蛋白质结合在一起, 导致消化率略为下降, 特别是经过任何热处理的。高粱的主要问题是其单宁含量, 这是多酚一类的物质, 具有和各种蛋白质相结合的特性。采食了单宁的家禽表现为生长率下降, 在有些情况下, 骨骼异常的发生率和严重程度上升。可水解单宁 (hydrolysable tannins) 的特点是有个没食子酸单位通过醚键与一个中央葡萄糖单体相结合。浓缩单宁 (condensed tannins) 则是以儿茶素 (catechin) 为基础。由于高粱主要含有浓缩单宁, 所以用单宁酸 (可水解) 作为单宁源而进行的研究可能价值不大。单宁存在于外种皮和其下的种皮层。一般说来, 种皮颜色越深, 单宁含量越高, 但是种皮层的单宁含量可能更能表达高粱的总单宁含量。

所谓抗鸟高粱的单宁含量极高, 其特点是种皮颜色较深。这样高的单宁含量可使干物质和氨基酸的消化率下降达 10%。单宁含量和氮校正代谢能 (AMEn) 之间有很好的相关性, 可用以下的公式来表达:

$$\text{AMEn (kcal/kg)} = 3\,900 - 500 \times \text{单宁}\%$$

单宁对幼龄家禽最为有害, 特别是日粮的蛋白质含量不充足时。一般建议不要给 8 周龄以下的火鸡饲喂高单宁高粱 (单宁含量  $\geq 1\%$ )。单宁和日粮蛋白质及氨基酸之间的关系尚不清楚。当然, 饲喂较多的蛋白质或某些氨基酸似乎能缓解生长率下降。添加蛋氨酸可克服单宁对生长率的有害影响却不能缓解消化率问题。这个事实说明, 家禽可以通过提高采食量而弥补消化率的下降。单宁似乎也会增加腿病的发生率, 特别是对于肉仔鸡。其确切的机理尚不清楚, 但是由于骨骼的矿物质含量受影响不大, 所以有人推测是因为有机基质的发育被搅乱, 尤其是在生长板的地方。当必须使用高单宁高粱时, 增加任何矿物质或维生素的添加量似乎并无好处。

有人试验用各种办法减少高粱的单宁含量或单宁的作用。可是, 这些措施大都是采用湿法化学处理, 虽然相当简单, 但是考虑到对高粱的重新烘干, 费用就昂贵了。用含 25% 丙酸的水处理 10 天可以改善蛋白质和能量的有效性达 10%。降低单宁含量的最有效手段是碱处理, 也有人使用氢氧化钾和氢氧化钠这类产品。添加非离子聚合物如聚乙烯乙二醇也似乎是有益的。骨骼发育受损的问题可以部分地通过在幼龄家禽日粮中添加达



0.8%的有效磷来校正。

#### 潜在问题:

主要的潜在问题是单宁含量, 所以应该定期检查这个抗营养物质。可根据籽粒表皮的颜色来判断其单宁含量, 详见本章 2.2.10。

#### 营养成分 (%):

干物质	85.0	蛋氨酸	0.12
粗蛋白	9.0	蛋氨酸+胱氨酸	0.29
代谢能:		赖氨酸	0.31
(kcal/kg)	3 250	色氨酸	0.09
(MJ/kg)	13.60	苏氨酸	0.32
钙	0.05	精氨酸	0.40
有效磷	0.14		
钠	0.05	可消化蛋氨酸	0.09
氯	0.07	可消化蛋氨酸+胱氨酸	0.24
钾	0.32	可消化赖氨酸	0.23
硒 (mg/kg)	0.04	可消化色氨酸	0.06
脂肪	2.50	可消化苏氨酸	0.24
亚油酸	1.00	可消化精氨酸	0.28
粗纤维	2.70		

#### 容重:

	kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
整粒高粱	560	35.0	44.8
磨碎高粱	545	34.0	43.5

#### 配方限制:

年龄	下限	上限	评论
0~4 周	—	40%	使用高单宁含量的样本时必须降低上限水平, 尤其是对于年轻的家禽 (最高为 20%)
4~18 周	—	50%	
成年蛋鸡	—	40%	

**质量分析程序:**

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其他
每批	每周	每6个月	每12个月	每12个月	如果籽粒颜色有变化,应每12个月或更短些时候分析单宁和 AME 收获后分析 AME

**2.1.4 大麦****营养特性:**

大麦是能量和蛋白质含量居中的一种原料,其多数特性介于燕麦和小麦之间。幼龄家禽消化大麦的能力较差。这可能是其 $\beta$ -葡聚糖含量所造成的,所以这种影响与大麦的品种和生长条件有关。大麦的蛋白质含量一般在11%~12%,但有时也能碰到蛋白质含量高达14%~16%的大麦。但是这些高蛋白大麦的必需氨基酸含量却经常变化不大。大麦中赖氨酸含量的范围是粗蛋白的10%~14%,其计算公式为: $0.13+0.024\times$ 粗蛋白%。大麦的代谢能水平与其蒲式耳重高度相关,与其纤维含量呈强负相关。

大麦含有中等水平的胰蛋白酶抑制因子,其作用机理与精氨酸的多价螯合有关。但是大麦的主要问题是其 $\beta$ -葡聚糖含量。多数大麦样本含有4%~7%的 $\beta$ -葡聚糖,但若在生长季节遇到干旱,大麦迅速成熟而提前收割,则其 $\beta$ -葡聚糖含量可提高到12%~15%。正如前面在小麦章节所提到的, $\beta$ -葡聚糖的主要问题在于家禽不能消化它的结构,从而形成较黏稠的消化物。在这种情况下,消化物和消化酶的混合速度减慢,也不利于营养素转移到黏膜表面的吸收部位。营养素渗透入肠道微绒毛的速率取决于未激动交界层(unstirred boundary layer)的厚度,而后者随消化物黏稠度的提高而增加。消化物的能动性也将间接影响未激动交界层的厚度,后者影响一切营养素的吸收率。 $\beta$ -葡聚糖的负面作用对于日粮中的脂肪和脂溶性成分最为明显。在大麦含量超过15%~20%的日粮中添加合成的 $\beta$ -葡聚糖酶似乎可以使上述的问题大部分得到解决,这些问题的外观征象一般是湿粪。遗憾的是对于外源 $\beta$ -葡聚糖酶的表达及其效力单位都尚未标准化,因此经常很难根据特定酶的浓度来比较不同的产品。早期的研究表明,任何产品都应该至少为每千克日粮提供120个单位的 $\beta$ -葡聚糖酶。

酶的效力似乎随着家禽年龄的增长而减弱。我们的研究表明,在成年家禽的日粮中使用酶后高 $\beta$ -葡聚糖大麦的能值略有改善,但是有些酶在使用于低 $\beta$ -葡聚糖大麦后实际上引起了能值的下降。在这些低 $\beta$ -葡聚糖大麦日粮中添加 $\beta$ -葡聚糖酶使鸡在平衡试验的3天里处于严重的负氮平衡状态。但是对于较年青的家禽, $\beta$ -葡聚糖酶的效力是很确切的,很多营养学家认为大麦+酶的饲用价值相当于小麦。这些事实都可用来作为评定酶的经济

价值的根据。虽然对于 $\beta$ -葡聚糖最经常的看法是会给家禽造成问题，但是将其加入日粮中似乎也有一个好处，即饲喂 $\beta$ -葡聚糖能减少家禽血液中的胆固醇。这种有益的作用会因使用 $\beta$ -葡聚糖酶而被抵消。 $\beta$ -葡聚糖的作用机理可能就是通过消化物中脂肪和胆酸的多价螯合。

如前关于小麦所述，大麦可用于选择采食研究。由于大麦籽粒在物理结构上有坚硬的脊部，家禽经常不愿采食整粒大麦。但是50日龄以后的火鸡在选择采食情况下似乎能轻易地采食整粒大麦。

#### 潜在问题：

由于中等的能量水平，大麦在多数家禽日粮中的用量受到限制。此外， $\beta$ -葡聚糖水平也可能是个问题，引起生产性能下降和湿粪。这些问题多数可以通过使用合成酶来解决。

#### 营养成分(%)：

干物质	85.0	蛋氨酸	0.21
粗蛋白	11.5	蛋氨酸+胱氨酸	0.42
代谢能：		赖氨酸	0.39
(kcal/kg)	2 780	色氨酸	0.19
(MJ/kg)	11.63	苏氨酸	0.40
钙	0.10	精氨酸	0.51
有效磷	0.20		
钠	0.08	可消化蛋氨酸	0.16
氯	0.18	可消化蛋氨酸+胱氨酸	0.32
钾	0.48	可消化赖氨酸	0.31
硒 (mg/kg)	0.30	可消化色氨酸	0.15
脂肪	2.10	可消化苏氨酸	0.29
亚油酸	0.80	可消化精氨酸	0.41
粗纤维	7.50		

#### 容重：

	kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
整粒大麦	674	42	53.8
磨碎大麦	417	26	33.3

**配方限制:**

年 龄	下限	上限	评 论
0~4 周	—	15 (30)% <sup>1</sup>	β-葡聚糖含量往往决定了大 麦的用量
4~18 周	—	15 (40)%	
成年蛋鸡	—	15 (30)%	

<sup>1</sup> 有 β-葡聚糖酶。

**质量分析程序:**

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其 他
每批	每周	每 6 个月	每 12 个月	每 12 个月	AMEn <sup>1</sup> 每 12 个月; β-葡聚糖和容重每 月, 因为它们和 AME 有关

<sup>1</sup> 每年收获后 30d 内。

**2.1.5 大米****营养特性:**

生产大米几乎毫无例外是为了人的消费, 但是有时在大米产区有不合人消费的或受损害的大米可以用作动物饲料。大米对于家禽来说是质量较差的原料, 粗蛋白含量仅 7%~8%, 提供的能量只有 2 600~2 700kcal ME/kg。大米确实含有相当高水平的胰蛋白酶抑制因子, 但正常的制粒温度可以使其破坏。米糠 (rice bran) 和细米糠 (rice polishing) 在家禽饲料中的应用比大米本身要普遍得多, 详见本章的谷物副产品部分。

**潜在问题:**

因为多数饲用大米在分级过程中被认为是不适合于人类消费的, 那么不适合于人用的原因必须说清楚。霉菌生长和真菌毒素 (黄曲霉毒素) 污染往往是这种分级的依据。

## 营养成分(%):

干物质	85.0	蛋氨酸	0.12
粗蛋白	7.3	蛋氨酸+胱氨酸	0.23
代谢能:		赖氨酸	0.22
(kcal/kg)	2 680	色氨酸	0.11
(MJ/kg)	11.21	苏氨酸	0.34
钙	0.04	精氨酸	0.62
有效磷	0.13		
钠	0.03	可消化蛋氨酸	0.09
氯	0.28	可消化蛋氨酸+胱氨酸	0.15
钾	0.34	可消化赖氨酸	0.17
硒(mg/kg)	0.17	可消化色氨酸	0.07
脂肪	1.70	可消化苏氨酸	0.27
亚油酸	0.60	可消化精氨酸	0.50
粗纤维	10.00		

## 容重:

	kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
整粒大米	722	45	57.6
磨碎大米	626	39	49.9

## 配方限制:

年龄	下限	上限	评论
0~4周	—	15%	由于能量水平低, 必须注意上限的限制
4~18周	—	25%	
成年蛋鸡	—	20%	

## 质量分析程序:

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其他
每批	每个月	每个月	每12个月	每12个月	AMEn <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 每年收获后30d内。

### 2.1.6 小麦副产品

**其他名称:** 次麦粉 (wheat shorts)、小麦粗粉 (wheat middlings)、小麦麸 (wheat bran)、小麦副产品粉 (wheat millrun)、小麦筛渣 (wheat screenings)。

**营养特性:**

在小麦的清理和随后的加工至面粉的过程中, 高达 40% 的重量被分类为副产品。对这些副产品的分类和描述存在相当大的差异, 因此在不同国家用小麦副产品配制日粮时必须高度注意。传统上, 有三种主要的小麦副产品, 即小麦麸、次麦粉和小麦粗粉。麦麸是小麦的外皮, 纤维含量很高, 很少用来配制家禽饲料。但是, 不少国家用小麦麸这个术语来描述小麦粗粉。必须检查小麦副产品的粗纤维水平以便确信是否使用了正确的术语。在提取小麦麸时分离出来的较细的物料传统上叫做次麦粉。由于小麦要通过一系列碾磨机进行碾磨, 筛孔越来越细, 得到的是粗粉, 其中的大部分被分离出来就是面粉。小麦粗粉是面粉精细分离过程中得到的主要副产品。

在美国, 用“红狗”(red-dog) 这个术语来描述红皮小麦中分离出来的很细的物料, 相似于次麦粉。如今, 面粉厂把多数副产品混合到一起, 一般称为次麦粉。唯一一个数量较大的副产品是小麦粗粉, 它是在最初对小麦进行清理和分离时得到的物料。小麦粗粉主要由破碎的麦粒组成, 但是其营养价值略为不同于小麦。

像次麦粉这样的副产品可以含有很高水平的“天然”植酸酶。当日粮中次麦粉的用量超过 15% 时, 内源性酶的含量可以大于日粮中所加入的商业酶, 因此会影响分析结果。当内原酶含量高的时候, 这个酶在前胃和小肠的 pH 条件下对于家禽是否有益是值得怀疑的。

**次麦粉:** 次麦粉是面粉生产的主要副产品, 由于它一般是各种部分的混合物, 所以其营养成分可能是有变化的。主要差别在于物料中的麦麸加入量, 这会直接影响其能值。如果次麦粉的粗纤维含量超过 5%, 这说明其中麦麸类废料的比例较高。Dale (1996) 指出, 小麦副产品的代谢能值与其纤维含量成正比, 因此, 其 ME 可以按下式计算:

$$3\ 182 - 161 \times \text{粗纤维} \% (\text{kcal/kg})$$

当平均纤维值为 5% 时, ME 在 2 370 kcal/kg 左右。但是, 粗纤维含量经常在 3%~10% 的范围, 取决于面粉生产的程序, 这相当于 ME 的范围为 1 570~2 700 kcal/kg。在质量认定计划中, 测定小麦副产品的粗纤维水平显然是重要的。正如前面在小麦部分谈到的, 多数小麦副产品含有木聚糖, 因此, 如果小麦副产品用量 > 15% (青年家禽) 或 > 30% (4 周龄以上者), 建议添加木聚糖酶。

**小麦麸:** 主要特征是高纤维、低容重和低代谢能。但是, 麦麸的蛋白质含量相当高, 氨基酸组成可与整粒小麦的相比。据认为, 麦麸具有促进家禽生长的作用。这与纤维在日

粮中是否有作用无直接关系，而可能是由于肠道微生物区系改变的原因。简单的蒸汽制粒可以使麦麸的能值改善达 10%，磷的有效性提高达 20%。只有当需要限制生长率和饲料采食量不成问题的时候才会考虑使用麦麸。麦麸含量高的日粮会使垫料过于潮湿，含麦麸日粮的运输费用随日粮容重的降低而成比例地增加。

**小麦筛渣：**小麦筛渣是对人用小麦进行清理和分级的副产品。因此，很多小麦生产量大的国家都有这种产品。除了破碎的小麦籽粒外，小麦筛渣还含有野生的燕麦和荞麦、野草籽粒和其他有机污染物。级别较高的小麦筛渣（1 或 2 级）含有高比例的小麦，因此其营养组成也和小麦的极其相似。有些野草籽粒也有一定的营养价值。因为有的野草籽粒能在产蛋鸡中引起拒食型反应，所以只有最好级别的小麦筛渣能够用于高产的产蛋鸡群。由于有些野草籽粒能通过家禽消化道而不受损伤，所以对于用饲喂含有小麦筛渣的粗磨日粮的家禽所产粪便作肥料的农业生产者来说可能造成问题。小麦筛渣在肉禽肥育日粮中的用量也应严格控制，因为在肉禽加工过程中如果肠道破损就会让黑色野草籽的细小颗粒黏附到脂肪垫上，这样的胴体很容易被发现并被指责为粪便污染。对于肉仔鸡和产蛋鸡，1、2 级筛渣的使用量最多可达 40%。

#### 潜在问题：

纤维含量直接影响能值。小麦筛渣中可能存在一些野草籽粒，这种情况下可能会被拒绝用作饲料。

#### 营养成分（%）：

	次麦粉	筛渣	麦麸		次麦粉	筛渣	麦麸
干物质	90	90	90	蛋氨酸	0.21	0.21	0.10
粗蛋白	15	15	16	蛋氨酸+胱氨酸	0.40	0.42	0.20
代谢能：				赖氨酸	0.61	0.53	0.60
(kcal/kg)	2 200	3 000	1 580	色氨酸	0.21	0.20	0.31
(MJ/kg)	9.20	12.55	6.61	苏氨酸	0.50	0.42	0.34
钙	0.07	0.05	0.10	精氨酸	0.80	0.60	0.85
有效磷	0.30	0.20	0.65				
钠	0.07	0.08	0.06	可消化蛋氨酸	0.16	0.15	0.08
氯	0.10	0.05	0.20	可消化蛋氨酸+胱氨酸	0.30	0.32	0.15
钾	0.84	0.55	1.20	可消化赖氨酸	0.48	0.39	0.42
硒 (mg/kg)	0.80	0.57	0.92	可消化色氨酸	0.15	0.15	0.24
脂肪	4.0	4.1	4.5	可消化苏氨酸	0.41	0.31	0.28
亚油酸	1.6	0.7	1.7	可消化精氨酸	0.71	0.52	0.79
粗纤维	5.0	3.0	12.0				

**容重:**

	kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
小麦麸	193	12	15.4
次麦粉	480	30	38.4
小麦筛渣	740	46	58.6

**配方限制:**

	年龄	下限	上限	评论
次麦粉和小麦筛渣	0~4周	—	10%	如果关注颗粒持久性,最少用20%
	4~18周	—	30%	
	成年蛋鸡	—	30%	
小麦麸	4周以上		10	能量是限制因素

**质量分析程序:**

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其他
每批	每周	每6个月	每12个月	每12个月	每批分析粗纤维,每年分析 AMEn

**2.1.7 面包房粉 (bakery meal)**

**其他名称:** 饼干粉 (cookie meal), 面包粉 (bread meal)。

**营养特性:**

面包房粉是一系列食品加工业的副产品。为了确保成分稳定,必须将几种产品混合一起;或者,如果供应商规模很大,可以从单个的加工过程得到适当数量的产品。最通常的副产品来自面包和面条加工业,还有曲奇和快餐食品。快餐食品的副产品可能含有相当高的盐和脂肪。面包房副产品经常来自预熟产品 (pre-cooked products),因此其消化率往往高于初始的淀粉成分。

有时使用填充物以改善高脂面包房副产品的流散性。最通常的填充物是大豆皮和石灰。这些物料会相应地影响营养价值。面包房副产品的代谢能值可以按如下公式表示:

$$4\,000 - (100 \times \text{纤维}\% + 25 \times \text{灰分}\%) \text{ (kcal/kg)}$$

所以当纤维为4%、灰分为3%时, ME=3 525kcal/kg



**潜在问题:**

质量控制计划必须保证稳定的钠、纤维和灰分水平。

**营养成分 (%):**

干物质	90.0	蛋氨酸	0.21
粗蛋白	10.5	蛋氨酸+胱氨酸	0.40
代谢能:		赖氨酸	0.29
(kcal/kg)	3 500	色氨酸	0.13
(MJ/kg)	14.6	苏氨酸	0.30
钙	0.05	精氨酸	0.50
有效磷	0.13		
钠	0.50	可消化蛋氨酸	0.18
氯	0.48	可消化蛋氨酸+胱氨酸	0.34
钾	0.62	可消化赖氨酸	0.19
硒 (mg/kg)	0.30	可消化色氨酸	0.08
脂肪	9.5	可消化苏氨酸	0.21
亚油酸	3.0	可消化精氨酸	0.40
粗纤维	2.5		

**容重:**

kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
353	22.0	28.0

**配方限制:**

年龄	下 限	上 限	评 论
0~4 周	—	10%	注意钠含量
4~18 周	—	15%	
成年蛋鸡	—	15%	

**质量分析程序:**

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其 他
每批	每个月	每个月	每 6 个月	每 12 个月	如果面包房副产品中含有部分快餐食品, 所有样本应检测钠含量

## 2.1.8 大米副产品

**其他名称：**米糠（rice bran）、细米糠（rice polishing）、大米细糠（rice pollards）。

### **营养特性：**

大米副产品是生产人用白米过程中对糙米进行去皮和清理的产物。大米副产品是饲料工业最常用的谷物副产品之一，其世界总产量估计为5 000万吨。生产白米过程中产生的副产品叫米糠，其重量约30%是细米糠、70%是真正的糠。在有些地区，这两种产品是分开的，称为细米糠和米糠。它们的混合物有时也称为米糠，有些地区则可能叫做大米细糠。细米糠含有大量脂肪和少量纤维，米糠则含有少量脂肪和大量纤维。因此，细米糠和米糠在混合物中的比例对其营养价值有重大影响。在以下的讨论中，米糠是指细米糠和米糠的混合物。任何混合米糠样本的成分可以根据脂肪和纤维的比例而计算。

由于米糠的含油量高达6%~10%，它极易氧化酸败。生糠（raw bran）在中等温度下放置10~12周后其所含油的75%~80%可能变成游离脂肪酸，后者容易发生酸败。米糠应该用乙氧喹（ethoxyquin）等抗氧化剂来稳化。高剂量的乙氧喹具有较强的防酸败作用，但是经济的用量是250mg/kg左右。米糠也可以通过热处理来稳化。在130℃制粒可以大大降低酸败和产生游离脂肪酸的可能性。

当生米糠用量 $\geq 40\%$ 时常常发生生长受抑和饲料效率下降，这可能与生米糠中有胰蛋白酶抑制因子和植酸含量较高有关。胰蛋白酶抑制因子似乎是一种分子量较低的结构，可以被湿热处理所破坏，但是植酸对湿热处理有抵抗力。米糠中的磷对很幼龄家禽的有效性假设只有10%。但是，磷的有效性可能随年龄增长而提高，如果发生这种情况，就可能出现磷钙失衡。这可能就是为什么给饲喂米糠的年龄较大的家禽在日粮中添加额外的钙可以改善生长的原因。由于存在高纤维含量的可能性，添加外源阿拉伯木聚糖酶可能会改善米糠的利用情况。

### **潜在问题：**

如果米糠要在工厂中贮存几周以上，应该用抗氧化剂来稳化。如果青年家禽（3周龄以下）饲喂10%以上的米糠，最好将其加热，以便限制胰蛋白酶抑制因子的负面作用。

## 营养成分(%):

	米糠	细米糠		米糠	细米糠
干物质	90.0	90.0	蛋氨酸	0.29	0.21
粗蛋白	13.0	11.0	蛋氨酸+胱氨酸	0.30	0.52
代谢能:			赖氨酸	0.51	0.50
(kcal/kg)	1 900	2 750	色氨酸	0.18	0.12
(MJ/kg)	7.95	11.52	苏氨酸	0.38	0.32
钙	0.06	0.06	精氨酸	0.52	0.61
有效磷	0.80	0.18			
钠	0.10	0.10	可消化蛋氨酸	0.15	0.16
氯	0.17	0.17	可消化蛋氨酸+胱氨酸	0.22	0.24
钾	1.30	1.17	可消化赖氨酸	0.39	0.41
硒(mg/kg)	0.19	0.17	可消化色氨酸	0.13	0.08
脂肪	5.0	15.0	可消化苏氨酸	0.28	0.25
亚油酸	3.4	6.2	可消化精氨酸	0.40	0.48
粗纤维	12.0	2.5			

## 容重:

	kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
米 糠	417	26	33
细米糠	480	30	38

## 配方限制:

年龄	下限	上限	评 论
0~4 周	—	10%	主要注意脂肪酸败问题
4~8 周	—	20%	高含量植酸盐
成年	—	25%	

## 质量分析程序:

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其 他
每批	每个月	每批	每 6 个月	每 12 个月	每批分析纤维含量

## 2.1.9 豆粕

**其他名称:** 高蛋白 SBM (high protein SBM)

### **营养特性:**

豆粕已在全世界成为其他蛋白质来源与之相比较的标准。其氨基酸组成对于各类家禽来说都是极好的。当它和玉米或高粱结合使用时,蛋氨酸一般是唯一的限制性氨基酸。

豆粕的蛋白质含量是有变异的,这是品种和/或提油加工条件不同的反映。传统上,去皮大豆所产生的豆粕含有较多蛋白质,而蛋白质含量较低的豆粕(44%CP)必然含有较多的种皮,因而含有较多的纤维和较低的代谢能。所使用的种子类型存在一定的差异,这会影晌蛋白质和油的含量,而这两个指标又是负相关的。种子的含油量在种子发育初期已经决定,而蛋白质沉积几乎要到成熟期之末才进行,因此,生长和收获条件似乎对种子的蛋白质含量有更多的影响。对大豆加工者来说,大豆价值的65%左右在于其蛋白质含量,35%在油。近年来出现了一些“新”品种,其中有些是转基因产品。目前(2004年)还没有营养组成被改变或抗营养成分减少的转基因植物。目前的转基因大豆其农艺特性得到了改善,因此并不具有不同的饲养价值。将来,在降低转基因大豆的抗营养物质含量方面看来潜力很大。

豆粕必须进行热处理,以便使其各种抗营养物质失去活性。在加工过程中,大豆先去皮(约占重量的4%),然后破碎,再在70℃调质。热的破碎大豆压成0.25mm厚的薄片以利于提油,浸提溶剂一般是己烷。己烷必须从豆粕中除去,因为它极易燃,并且是潜在的致癌物。在家禽中突发严重的肝脏损伤,往往是由于加工过程不当致使豆粕中有己烷残留。豆粕经常含很多粉尘,使用粉料时,会给环境控制的家禽舍带来一些问题。豆粕的流动性也较差,在贮存仓中容易起桥。加入膨润土等产品,即使每吨只加2.5kg,就可以大大改进豆粕的流动性。

大豆含有多种对家禽有毒的天然物质,最易造成问题的是胰蛋白酶抑制因子。就像多数豆类一样,胰蛋白酶抑制因子会破坏蛋白质的消化,引起胰腺的补偿性增生。判断是否存在抑制因子的征象除了生长率和产蛋量下降外,就是胰腺增大50%~100%。幸好大豆加工时的温度足以破坏胰蛋白酶抑制因子和其他较不重要的毒素,如植物血凝素。在发展中国家,有时简单地用发酵或发芽的办法来控制胰蛋白酶抑制因子,经过这样处理48h的大豆,其蛋白质消化率几乎相当于常规热处理大豆的水平。胰蛋白酶抑制因子的含量经常可以通过测定已加工豆粕中的尿酶活性来间接地评定。尿酶对家禽没有重要作用,但其热敏感性和胰蛋白酶抑制因子的热敏感性相似,而尿酶的含量较易测定,因而,豆粕中的残留尿酶就成了豆粕质量控制的一种标准。尿酶是根据测定过程中pH的变化而评定的,可接受值的范围在0.05和0.15之间。较高的测值说明有残留尿酶(表示有胰蛋白酶抑制因子),所以这是一种指示豆粕加工不足的有用方法。测值低说明毒素已经破坏,但是,这并不能指示加工过度,后者会破坏赖氨酸和降低代谢能值。为此,有时需要采用别的测定

方法。有一种相当容易的方法是测定蛋白质在氢氧化钾溶液中的溶解度。佐治亚大学的 Dale 及其同事表明, 2%KOH 中蛋白质的溶解量与鸡的生长之间存在好的相关性。加热会降低蛋白质的溶解度, 所以测值高 (溶解度  $\geq 85\%$ ) 说明加工不足, 测值低 (溶解度  $\leq 70\%$ ) 则说明加工过度。测定结果受豆粕颗粒大小和反应时间所影响, 因此在一个实验室内对这些因素都应该标准化。

在加热时豆粕的颜色发生变化, 这也可以用于质量控制计划。简单地用 Hunterlab 彩色分光光度计法测定豆粕的颜色就可以指示其加工程度。不同颜色的深浅程度随加热的温度和时间而变化。同样, 在这个测定中控制样本的颗粒大小也很重要。

在讨论豆粕品质时, 必然会涉及胰蛋白酶抑制因子相对于其他抗营养物质的重要性。经常有人声称, 饲喂热处理不够的豆粕所引起的生长受抑制中大约只有 50% 是由于有活性的胰蛋白酶抑制因子。其他重要的抗营养物质有异黄酮、外源凝集素 (lectins) 和寡糖。外源凝集素是一些抗营养的糖蛋白, 它们结合在肠道上皮使刷缘功能 (brush border function) 受损。肠道上皮的“变厚”使吸收效率下降。有些大豆品系不含外源凝集素, 所以通过研究它们的饲养价值可以得到一些关于外源凝集素是否重要的信息。饲喂未热处理的无外源凝集素豆粕后, 肉鸡生长优于饲喂未热处理的常规豆粕。但是, 其生长还是不及饲喂无胰蛋白酶抑制因子豆粕者。这些数据支持如下的观点, 即对于评价豆粕的营养价值而言, 外源凝集素的重要性大大低于胰蛋白酶抑制因子。

豆粕加工不当时最经常出现的问题是热处理不足, 有时也会热处理过度。赖氨酸有效性似乎主要受大豆的过度热处理所影响, 因为添加其他的氨基酸很少能够纠正饲喂这种豆粕的家禽所表现的生长受抑。豆粕热处理过度后, KOH 蛋白质溶解度下降。根据 Dale 及其同事的数据, 为了解决饲喂热处理过度的豆粕所出现的问题, 似乎可以在当蛋白质溶解度低于 70% 的情况下每下降 10% 往每吨饲料中添加 0.5kg L-赖氨酸 HCl。

近几年来, 豆粕中某些较难消化的碳水化合物越来越多地受到人们的关注。寡糖中的  $\alpha$ -半乳糖苷这一族能引起代谢能降低, 纤维消化率下降和消化物通过时间加快。在家禽肠道中没有  $\alpha$ -1:6 半乳糖氧化酶。除了消化率下降外, 人们还关注排泄物的黏稠度及其与幼龄火鸡和肉用种鸡的脚垫损害的关系。豆粕一般含有约 6% 蔗糖、1% 棉籽糖和 5% 水苏糖, 它们都不易为家禽所消化。在提纯的大豆蛋白质中加入棉籽糖和水苏糖, 模拟它们在豆粕中的含量, 结果导致代谢能的显著降低。这些问题限制了豆粕在日粮中的使用, 特别是火鸡的开食料。解决这些问题有赖于改变大豆加工条件或使用外源饲料酶。在大豆提油过程中用乙醇代替己烷可以除去大部分寡糖。萃取低寡糖大豆品种所得到的豆粕, 其代谢能值大约增加 200kcal/kg。现在市场上有半乳糖苷酶产品, 它们是专门为消化植物性蛋白质而设计的, 可能有助于消化诸如棉籽糖和水苏糖之类的产物。

#### 潜在问题:

在多数饲养情况下, 经常关注的主要问题是加工条件和尿酶指数或蛋白质溶解度。豆

粕的含钾量也很高。在不使用动物性蛋白质的地区，必须使用大量的豆粕，这会导致肠炎、湿粪和足底损伤（foot pad lesions）。

**营养成分（%）：**

干物质	90.0	蛋氨酸	0.72
粗蛋白	48.0	蛋氨酸+胱氨酸	1.51
代谢能：		赖氨酸	3.22
(kcal/kg)	2 550	色氨酸	0.71
(MJ/kg)	10.67	苏氨酸	1.96
钙	0.20	精氨酸	3.60
有效磷	0.37		
钠	0.05	可消化蛋氨酸	0.64
氯	0.05	可消化蛋氨酸+胱氨酸	1.27
钾	2.55	可消化赖氨酸	2.87
硒 (mg/kg)	0.11	可消化色氨酸	0.53
脂肪	0.5	可消化苏氨酸	1.75
亚油酸	0.3	可消化精氨酸	3.20
粗纤维	3.0		

**容重：**

kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
640	40	51.5

**配方限制：**

年龄	下限	上限	评 论
0~4 周	—	30%	高用量可能由于高的钾进食量而导致湿粪
4~8 周	—	30%	
成年	—	30%	

**质量分析程序：**

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其 他
每批	每批	每 6 个月	每 12 个月	每 12 个月	尿酶或 KOH 溶解度每 6 个月测一次，AMEn 每 12 个月测一次

## 2.1.10 大豆

**其他名称：**全脂大豆

### **营养特性：**

大豆是为家禽提供能量和蛋白质的优良来源。和任何原料一样，大豆的使用程度也取决于经济效益。就大豆来说，其经济效益与豆粕和补充脂肪的相对价格有关。大豆含粗蛋白质约为 38%，含油量约为 20%。

和豆粕生产一样，大豆也必须以某种方式进行热处理，以破坏胰蛋白酶抑制因子，同时也改进总体的蛋白质消化率。饲喂生大豆或加工不当的大豆将导致生长率或产蛋量和蛋重下降。如果对加工条件有怀疑，应该检查家禽的胰脏。因为如果有胰蛋白酶抑制因子残留，胰脏将增大 50%~100%。应定期地测定胰蛋白酶抑制因子或尿酶水平，不过日常的简便测试方法是品尝大豆的味道。加热不足的大豆有典型的豆腥味，而加热过度的大豆则颜色很深，有焖味。加热过度的问题是可能破坏赖氨酸和其他热敏性氨基酸。

热处理过的大豆尽管含油量高，但容易用锤片式粉碎机磨碎，粉碎后的产品有较好的流动性。由于磨碎大豆的含油量高，所以不应长期贮存，以免氧化酸败。但是，很重要的是要磨得较细，使植物细胞中的油能够被释放出来，这样才有助于消化。粗磨大豆的脂肪消化率低于细磨大豆。不管用什么方法加热，热处理大豆往往导致相当的“缩水”，这主要是因为水分的损失。在很多情况下，缩水率可以高达 7%，但其中只有 1%是真正的干物质损失。

近来，人们对用挤压机或膨化机处理大豆的兴趣日益增加。为破坏生大豆中的胰蛋白酶抑制因子和其他植物血凝素所需的温度取决于处理时间。短时间的高温和长时间的低温有同样的效果。挤压机和膨化机都是快速通过的处理，大豆在处理腔中的停留时间较短，所以必须有较高的温度。最好这些机器运行时的温度是 140~155℃，取决于设计的不同。挤压和膨化的效果也可以通过测定尿酶和有效氨基酸含量来衡量。

### **潜在问题：**

加热不足的大豆可以根据高的尿酶活性或 KOH 蛋白质溶解度而检测出来。如果肉仔鸡后期日粮中大豆含量超过 30%，其体脂肪将变得较为不饱和，因而比较容易氧化酸败。这个问题在一定程度上可以通过使用较高水平的维生素 E (75~100IU/kg) 而解决。

**营养成分 (%):**

干物质	90.0	蛋氨酸	0.49
粗蛋白	38.0	蛋氨酸+胱氨酸	1.12
代谢能:		赖氨酸	2.41
(kcal/kg)	3 880	色氨酸	0.49
(MJ/kg)	16.23	苏氨酸	1.53
钙	0.15	精氨酸	2.74
有效磷	0.28		
钠	0.05	可消化蛋氨酸	0.41
氯	0.04	可消化蛋氨酸+胱氨酸	0.93
钾	1.50	可消化赖氨酸	2.00
硒 (mg/kg)	0.10	可消化色氨酸	0.39
脂肪	20.0	可消化苏氨酸	1.27
亚油酸	9.0	可消化精氨酸	2.31
粗纤维	2.0		

**容重:**

kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
750	47	60

**配方限制:**

年龄	下限	上限	评论
0~4周	—	15%	如果肉种鸡后期日粮含>30%大豆,可能引起“油性”脂肪沉积
4~8周	—	20%	
成年	—	30%	

**质量分析程序:**

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其他
每批	每个月	每个月	每6个月	每12个月	尿酶或KOH溶解度每月测一次



### 2.1.11 双低菜籽粕

#### 营养特性:

双低油菜 (canola) 广泛地在加拿大西部种植, 其产量在世界其他地区也呈增长趋势。促进双低油菜生产发展的原因是对双低菜籽油的需求量明显增加, 还因为这种富含蛋白质的油料作物能在更靠北方的不宜于种植大豆的气候条件下生长。

虽然双低油菜来自原始的油菜品种, 但其成分已通过遗传育种而得到改变。原始油菜品种中的两种很有害的成分, 促甲状腺肿素 (goitrogens) 和芥子酸 (erucic acid) 的含量, 已明显下降。现在, 芥子酸的含量可以忽略不计, 促甲状腺肿素的含量下降到低于  $20\mu\text{g/g}$ 。这样低的含量水平已不至于对家禽造成危害。毒素含量如此低的品种就叫做双低油菜, 经常也称为“双零品种” (double zero varieties)。

双低油菜仍含有足以引起甲状腺重量明显增加的促甲状腺肿素, 但是其含量已不至于影响家禽的生产性能。双低油菜的单宁含量也较高, 某些栽培品种可达 3%。但是研究也表明, 即使日粮中含有较高水平的双低菜籽粕, 其单宁也不会对日粮蛋白质的利用率有多大影响。

双低菜籽粕也含有较多的芥子碱 (1.5%) (sinapine)。虽然这种物质对多数禽种不会有问题, 但是相当数量的褐壳蛋鸡在进食了双低油菜的芥子碱后会生产有鱼腥味和难闻气味的蛋。芥子碱在肠道中降解的终产物之一是三甲胺, 正是它使鸡蛋产生鱼腥味。一小部分当今的褐壳蛋鸡缺乏产生三甲胺氧化酶的能力, 致使三甲胺完整地积贮到鸡蛋中。只要 1% 的芥子碱就能产生有气味的鸡蛋。应该指出的是, 肉用种鸡所生产的褐壳蛋不受芥子碱的影响。

虽然双低菜籽粕已作为优质家禽饲料而被饲料工业接受, 但仍时常出现有关采食双低菜籽粕含量高的日粮后肉鸡和火鸡腿病增多、蛋鸡产的蛋变小和肝脏出血增加的个别报道。有的报告认为, 饲喂双低菜籽粕后腿病增多是因为其矿物质平衡不同于大豆。在某些情况下, 在日粮中添加钾、钠, 有时还有氯可以改变家禽的生产性能。双低油菜的植酸含量也高, 因此有人推测, 高含量的植酸可能会束缚住锌而影响骨骼发育。至于饲喂含双低菜籽粕日粮后鸡蛋变小则可能是进食量下降的直接后果。因此, 对于很年轻的产蛋鸡, 日粮中的双低菜籽粕用量应有所限制, 或者至少应在采食量达到高峰后使用可接受水平的双低菜籽粕量。

近几年有些报告认为, 双低油菜中较高的含硫量可能是饲喂双低菜籽粕后采食量下降并出现一些腿病问题的原因。双低菜籽粕含硫 1.4%, 而豆粕仅含约 0.44%。在大豆所含的硫中, 75% 在含硫氨基酸中, 而双低菜籽粕中的硫仅 20% 左右在含硫氨基酸中。有人报道, 日粮含硫量高时, 硫在肠道中与钙络合, 从而提高钙的排泄量。这可以解释, 为什么有些报告认为双低菜籽粕中的钙可利用性差。这可能是双低菜籽粕使腿病问题增多的一个因素。虽然有时报道饲喂双低菜籽粕会降低增重, 但是饲料转化率受影响不大。这说

明，家禽增重下降不是由于日粮质量差，而是因为双低菜籽粕的适口性不好，使家禽采食量降低所致。

最近有研究明确表明，家禽饲喂含硫量和双低菜籽粕日粮一样多的豆粕日粮，其增重和采食量也和饲喂双低菜籽粕日粮的一样（表 2.4）。

表 2.4 双低菜籽粕日粮和大豆日粮中硫和钙的互作

蛋白质源	补充硫 (%)	总硫 (%)	钙水平 (%)	增重 (g)
双低菜籽粕	—	0.46	0.37	424
	0.26	0.72	0.37	371
	—	0.46	1.32	560
	0.26	0.72	1.32	481
豆粕	—	0.14	0.37	525
	0.13	0.27	0.37	519
	0.26	0.40	0.37	479
	0.39	0.53	0.37	373
	—	0.14	1.32	635
	0.13	0.27	1.32	598
	0.26	0.40	1.32	559
	0.39	0.53	1.32	451

在这个试验中，未补加硫的双低菜籽粕日粮的含硫量为 0.46%，而豆粕日粮为 0.14%。在豆粕日粮中添加硫使增重下降。未加硫双低菜籽粕日粮（0.46%硫）的硫水平大致在补硫量为 0.26% 和 0.39% 的豆粕日粮之间。未补硫双低菜籽粕日粮的增重是 424g，而那两个豆粕日粮的平均增重为 426g。提高日粮的含钙量可以部分地克服高含硫量的生长抑制作用，这就证明了硫对钙贮留的负面影响。

鉴于日粮的高含硫量对食欲和钙贮留有抑制作用，当较大量地使用双低菜籽粕时应密切监视这些问题。高水平的蛋氨酸或硫酸盐和含硫量相当高的原料（如某些磷酸盐补充料）可以往日粮中加入相当多的硫。有些水源的含硫量也高。

肉仔鸡对日粮中硫的耐受量可以高达 0.5% 左右而生产性能毫无损害，产蛋鸡的耐受量甚至更高。有报告认为，提高日粮含硫量所引起的反应部分地是由于其对日粮酸碱平衡的影响。虽然 Mongin 在他的初期工作中建议在日粮酸碱平衡式中考虑 K、Na 和 Cl，但是，S 是强的阴离子，如果家禽日粮中双低菜籽粕超过 8%，还应在这个平衡式中考虑 S。

**潜在问题:**

双低菜籽粕的赖氨酸含量低于豆粕，但是每单位的日粮蛋白质中有较多的含硫氨基酸。它的能量也低于豆粕。产蛋鸡日粮中双低菜籽粕的用量可以高达 8% 而不对生产性能产生任何负面作用。蛋重可能减轻，但最多轻 1 克。限制双低菜籽粕使用量的因素一般是其能量含量。应该定期分析单宁以及有毒的促甲状腺肿素 (goitrogens)。双低菜籽粕不应饲喂褐壳蛋鸡。

**营养成分 (%):**

干物质	90.0	蛋氨酸	0.69
粗蛋白	37.5	蛋氨酸+胱氨酸	1.3
代谢能:		赖氨酸	2.21
(kcal/kg)	2 000	色氨酸	0.50
(MJ/kg)	8.37	苏氨酸	1.72
钙	0.65	精氨酸	2.18
有效磷	0.45		
钠	0.09	可消化蛋氨酸	0.61
氯	0.05	可消化蛋氨酸+胱氨酸	1.08
钾	1.45	可消化赖氨酸	1.76
硒 (mg/kg)	0.90	可消化色氨酸	0.38
脂肪	1.5	可消化苏氨酸	1.30
亚油酸	0.5	可消化精氨酸	1.92
粗纤维	12.0		

**容重:**

kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
625	39	50

**配方限制:**

年龄	下限	上限	评 论
0~4 周	—	5%	注意单宁、低能值和高硫的潜在问题。不用于褐壳蛋鸡
4~8 周	—	8%	
成年	—	8%	

**质量分析程序:**

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其 他
每批	每 6 个月	每 12 个月	每 12 个月	每 12 个月	每 6 个月测一次单宁、硫和促甲状腺肿素

## 2.1.12 玉米面筋粉

### 营养特性:

玉米面筋粉 (corn gluten meal) 含粗蛋白 60% 左右, 是湿法研磨玉米 (主要为了生产高果糖的玉米糖浆) 的副产品。因其蛋白质含量高, 常在制作配方时与动物性蛋白质原料相比较。其蛋白质是初始玉米蛋白质除去胚乳中的淀粉后得到的浓缩物。事实上, 在湿法玉米研磨中经常生产出两种产品, 另外一种叫玉米面筋饲料 (corn gluten feed), 其粗蛋白含量仅 20%, 原因是被各种种皮物料所稀释。有些国家把这两种产品笼统地称为“玉米面筋”, 因此必须根据蛋白质含量把它们区别开来。玉米面筋粉很缺乏赖氨酸, 但是, 当需要高营养浓度时, 在适当添加合成赖氨酸的情况下, 这种产品还是很有吸引力的。面筋粉也含有大量的黄色素 (最多达 300mg/g), 在需要有色素的家禽产品时, 它是一种极为常用的原料。

### 潜在问题:

时不时地有人把玉米面筋饲料 (20%CP) 不注意地当作玉米面筋粉 (60%CP) 来制作配方。当玉米面筋粉用量超过 10% 时, 肉鸡和蛋黄的色素沉积明显增加。

### 营养成分 (%):

干物质	90.0	蛋氨酸	1.61
粗蛋白	60.0	蛋氨酸+胱氨酸	2.52
代谢能:		赖氨酸	0.90
(kcal/kg)	3 750	色氨酸	0.30
(MJ/kg)	15.70	苏氨酸	1.70
钙	0.10	精氨酸	2.20
有效磷	0.21		
钠	0.10	可消化蛋氨酸	1.44
氯	0.06	可消化蛋氨酸+胱氨酸	2.22
钾	0.04	可消化赖氨酸	0.81
硒 (mg/kg)	0.30	可消化色氨酸	0.21
脂肪	2.51	可消化苏氨酸	1.58
亚油酸	1.22	可消化精氨酸	2.07
粗纤维	2.48		

### 容重:

kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
578	36	46.1

**配方限制:**

年龄	下限	上限	评 论
0~4 周	—	15%	加入量超过 10% 后色素沉积增加
4~8 周	—	20%	
8 周以上	—	20%	

**质量分析程序:**

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其 他
每批	每 3 个月	每 6 个月	每 6 个月	每 12 个月	

**2.1.13 棉籽粕****营养特性:**

在家禽日粮中不经常考虑使用棉籽粕，尽管出于经济原因在棉籽产区常常用它。棉籽的纤维含量高，还可能含有棉酚，这是人们关注的主要点。棉酚是棉籽腺体中一种黄色的多酚色素。多数棉籽粕的棉酚总含量约 1%，其中仅 0.1% 是游离棉酚。其余的是结合棉酚，有较大的惰性，但是在加工过程中它可能和赖氨酸相结合，使棉酚和赖氨酸都不能为家禽所利用。无腺体棉籽品种几乎不含棉酚。

家禽在生产性能出现总体问题之前可以耐受较高的棉酚含量，但是在棉酚含量很低的时候产蛋鸡就会出现蛋黄和白蛋白变色。其特点是蛋黄变成绿—褐—黑色，取决于棉酚水平和蛋的贮存时间。变色程度随着贮存时间的延长而加强，特别是在低温（5℃）情况下，此时蛋黄的 pH 迅速变化。棉酚可以和铁络合，这一特性可以用来对棉籽粕进行有效的脱毒。针对游离棉酚含量按 1:1 的比例加铁可以大大提高肉鸡日粮中棉籽粕的用量，也可以提高蛋鸡日粮中游离棉酚的安全耐受量。由于多数棉籽样本含有约 0.1% 游离棉酚，所以在每吨饲料中加 0.5kg 硫酸铁就应能达到脱毒的目的。加铁后，肉鸡可耐受高达 200mg/kg 的游离棉酚，产蛋鸡则能耐受高达 30mg/kg 的游离棉酚而无任何负面作用。

如果棉籽粕中还残留一些油脂，则环丙烷脂肪酸可能会引起蛋的变色。这些脂肪酸沉积在卵黄膜中，改变其对铁的渗透性（铁一般只存在于蛋黄中）。这些渗出的铁与白蛋白中的伴白蛋白（conalbumin）相络合，产生特有的粉红色。添加铁盐不能影响白蛋白的变色，唯一的预防措施是使用油脂残留量极低的棉籽粕。

**潜在问题:**

主要的问题是蛋黄变色, 所以, 最好不要在产蛋鸡和种鸡中使用棉籽粕。棉籽中的赖氨酸特别容易在加工过程中由于加热过度而遭到破坏。

**营养成分 (%):**

干物质	90.0	蛋氨酸	0.49
粗蛋白	41.0	蛋氨酸+胱氨酸	1.11
代谢能:		赖氨酸	1.67
(kcal/kg)	2 350	色氨酸	0.50
(MJ/kg)	9.83	苏氨酸	1.31
钙	0.15	精氨酸	4.56
有效磷	0.45		
钠	0.05	可消化蛋氨酸	0.35
氯	0.03	可消化蛋氨酸+胱氨酸	0.75
钾	1.10	可消化赖氨酸	1.18
硒 (mg/kg)	0.06	可消化色氨酸	0.35
脂肪	0.50	可消化苏氨酸	0.90
亚油酸	0.21	可消化精氨酸	3.68
粗纤维	14.50		

**容重:**

kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
644	40.1	51.3

**配方限制:**

年龄	下限	上限	评 论
0~4 周	—	10%	最大用量取决于无棉酚的水平。如果有其他的原料, 不建议将棉籽粕用于产蛋鸡
4~8 周	—	15%	
8~18 周	—	20%	
18 周以上		10%	

**质量分析程序:**

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其 他
每批	每 6 个月	每 6 个月	每 12 个月	每 12 个月	每年分析棉酚 2~3 次

### 2.1.14 亚麻籽 (flaxseed)

其他名称: linseed

#### 营养特性:

亚麻基本上当作油料作物栽培,但是在欧洲仍有一些地方把它作为纤维作物,用于亚麻布生产。提取油后的亚麻籽称为亚麻籽粕,传统上用作反刍动物饲料。近几年来有人对用全脂亚麻籽喂家禽有兴趣,因为它可以提供亚油酸。亚麻油含有约50%亚油酸(18:3 $\omega$ 3),是植物油中浓度最高的。近来发现,18:3 $\omega$ 3及其去饱和产品廿二碳六烯酸(docosahexanoic acid)和二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid)对人的健康十分重要,特别是对于有慢性心脏病的人。很多国家的政府部门现在已经认识到次亚麻油酸对人类健康的重要性,建议有必要增加其平均日摄入量,尤其是和亚油酸的摄入相结合。

给家禽饲喂亚麻籽可以使次亚麻油酸直接进入禽肉和禽蛋。给产蛋鸡饲喂10%亚麻籽可以使蛋中的次亚麻油酸含量增加10倍,成年人每天吃两枚这样的鸡蛋可以满足其对次亚麻油酸日需要量的一大部分。产蛋鸡日粮中每加入1%亚麻籽,每个鸡蛋中的总Omega-3脂肪将增加40mg。同样,在肉鸡日粮中每加入1%亚麻籽,其胴体中的Omega-3将增加总脂肪的2%。给蛋鸡饲喂8%亚麻籽将使一个鸡蛋中的总Omega-3脂肪酸达到320mg。对于肉仔鸡,没有必要在整个生长期中饲喂亚麻籽。只要在生长期的最后14d给肉种鸡饲喂10%就可以使肉中的Omega-3脂肪酸显著增加。在煮过的100g胸肉+皮中Omega-3含量从150mg增加到675mg。

表 2.5 亚麻籽的氨基酸消化率 (%)

	亚 麻 籽	
	整粒	粉碎
蛋氨酸	68	85
胱氨酸	68	87
赖氨酸	72	88
苏氨酸	65	82
色氨酸	85	95
精氨酸	71	92
异亮氨酸	66	86
缬氨酸	65	84
亮氨酸	67	87

富含次亚麻油酸的鸡蛋作为油腻的鱼的替代食品是很有吸引力的。次亚麻油酸是鱼油特殊气味的主要原因,亚麻籽油无疑会有“油漆”气味。对于富含次亚麻油酸鸡蛋的气味和口味存在一定的疑虑,这个问题需要通过有控制的品尝工作来进行仔细的研究。经常有人讨论应该对亚麻籽进行研磨。亚麻籽很小,对于肌胃未成熟的家禽,有些亚麻籽似乎很可能直接通过其肠道。亚麻籽很难研磨,通常以50:50的比例与粉碎玉米混合后再通过锤式粉碎机。可能,在粉料型日粮的情况下,研磨亚麻籽会产生最大的好处。表2.5是用成年公鸡测定的整粒亚麻籽和粉碎亚麻籽的可消化氨基酸值。

这些消化率值是通过强制饲喂而测得

的，鸡唯一的饲料是亚麻籽，对它们来说这是新情况。随着时间的过去，肌胃活力可能增加，因此整粒亚麻籽的消化率可能会改善。通过经典的 AMEn 生物测定我们得知，当对日粮进行蒸汽粉碎后，亚麻籽的 AMEn 得到稳定的提高（表 2.6）。

**表 2.6 蒸汽粉碎对亚麻籽 AMEn 的影响**  
(kcal/kg)

鸡的类型	粉料	蒸汽粉碎	Δ
肉仔鸡	3 560	4 580	+31%
公鸡	3 650	4 281	+17%
产蛋母鸡	3 330	4 140	+24%

中的 Omega-3 含量达到理想的峰值 (300mg/蛋)，一般需要 15~20d。长时间地用亚麻籽饲喂产蛋鸡常常会使肝脏出血的发生率增加，但是死亡率很少受到影响。在日粮中即使存在 100~250IU 维生素 E/kg（亚麻籽基础日粮的常规添加量）仍可以出现这种出血情况。如果出现其他应激，肝脏功能受损可能成为一个问题。

#### 潜在问题：

当饲喂青年产蛋鸡时，亚麻籽应该逐步地引入日粮。每周增加 4%~6%，在 3 周期间达到 8%~10%，这样就可以很好地避免拒食。粉碎的亚麻籽容易氧化酸败，因此应该在加工后 2~3 周内使用。对含有亚麻籽的日粮进行蒸汽制粒似乎是有好处的。亚麻籽含有一系列抗营养物质，包括黏液 (mucilage)、胰蛋白酶抑制因子、氰糖苷 (cyanogenic glycosides) 以及相当数量的植酸。黏液主要是种皮中的果胶，占重量的 5%~7%。黏液无疑会提高排泄物的黏稠度。有些证据表明，β-葡聚糖酶有一定好处，尤其是对于青年鸡。亚麻籽中胰蛋白酶抑制因子水平可以高达该物质在大豆中含量的 50%，这可能就是为什么亚麻籽对热处理和蒸汽制粒会有所反应。主要的糖苷在水解时会产生氢氰酸，这对于能量代谢中的很多酶系统有负面作用。

这些测定是在不同时间进行的，用了不同的亚麻籽样本。在另外一个研究中，用挤压的亚麻籽饲喂产蛋鸡，AMEn 改善了 18%。常规的制粒看来足以弱化亚麻籽结构，使氨基酸和能量的消化率得以提高。

对于产蛋鸡，突然在日粮中加入 8%~10% 亚麻籽可能会出现短时间的问题，表现为采食量下降和（或）粪便黏稠。这些问题一般可以通过渐进式地将亚麻籽引入日粮而得到克服，比如，第一周加 4%，第二周加到 6%，最后加到 8%~10%。为了使鸡蛋



## 营养成分 (%):

干物质	90.0	蛋氨酸	0.41
粗蛋白	22.0	蛋氨酸+胱氨酸	0.82
代谢能:		赖氨酸	0.89
(kcal/kg)	3 500 <sup>1</sup> ~4 200 <sup>2</sup>	色氨酸	0.29
(MJ/kg)	14.64~17.60	苏氨酸	0.82
钙	0.25	精氨酸	2.10
有效磷	0.17		
钠	0.08	可消化蛋氨酸	0.28 <sup>1</sup> ~0.35 <sup>2</sup>
氯	0.05	可消化蛋氨酸+胱氨酸	0.56~0.70
钾	1.20	可消化赖氨酸	0.64~0.78
硒 (mg/kg)	0.11	可消化色氨酸	0.25~0.27
脂肪	34.0	可消化苏氨酸	0.53~0.67
亚油酸	5.2	可消化精氨酸	1.49~1.93
粗纤维	6.0		

<sup>1</sup> 粉料;<sup>2</sup> 颗粒。

## 容重:

kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
700	43.5	55.7

## 配方限制:

年龄	下限	上限	评 论
0~4 周	—	8%	为了防止拒食, 建议逐步引入日粮
4~8 周	—	8%	
8 周以上	—	10%	

## 质量分析程序:

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其 他
每批	每 6 个月	每 6 个月	每 12 个月	每 12 个月	每 12 个月分析脂肪酸构成

## 2.1.15 肉粉

其他名称：肉骨粉

### 营养特性：

肉粉大多是加工牛肉和猪肉的副产品，成分不一。每加工出1吨供人食用的肉就有约300kg不能食用的下脚料，其中约200kg最后加工成肉粉。过去，肉粉只是指软组织的产品，而肉骨粉则含有不同数量的骨头。如今，肉粉一般是指含骨的动物副产品，蛋白质含量约50%，钙、磷含量分别为8%和4%。由于此产品中的矿物质基本上来自骨骼，其钙磷比应该接近2:1，如果不是这个比例就说明有掺假，即产品中掺入了其他的矿物质来源。

钙、磷含量多变仍是肉粉的一个问题。之所以对肉粉的使用量要有一个上限，其主要原因就是有可能引起磷的饲喂量过多。肉粉一般含12%脂肪，优质肉粉应该用乙氧喹(ethoxyquin)等抗氧化剂进行稳化。肉粉成分的某些变异现在可以通过生产混合肉粉的办法予以解决，即将不同来源的肉粉混合一起，生产较稳定的肉粉。

目前，欧洲由于BSE(疯牛病)而禁止使用肉粉。通常的熬炼处理似乎不能使致病的朊病毒失活。但是，在熬炼过程中或之后加压至30psi(200kPa)，处理约30min似乎能够破坏朊病毒。伊利诺大学的Parsons及其同事表明，这样的加压处理会使赖氨酸消化率从75%降到55%，胱氨酸消化率从65%降到30%。如果极端的压力处理成为熬炼肉粉的标准做法，其营养价值无疑将重新评定。

近来有证据表明，肉粉和其他动物蛋白副产品的代谢能含量要高于过去通用的估计值。在生物学评定中，在肉粉加入量为5%~10%时测定的代谢能值要大大高于经典加入量(40%~50%)时测定的值。前者的值较高的原因尚不清楚，但这可能与蛋白质或脂肪来源之间的协同作用有关，而在低加入量时这样的作用最大。或者，肉粉加入量很高时随之加入的大量钙会和脂肪发生皂化作用，从而降低了能量贮留。能值变化的另一个原因是如今肉粉的商业样本的含骨量比二三十年前低。Dale建议，来自牛的TME<sub>n</sub>大约为2450kcal/kg，而来自猪的则接近2850kcal/kg。

对肉粉的另一关注是其微生物含量，尤其是沙门氏菌污染的可能性。由于对微生物含量的关注日益增加，调查表明，污染情况已经减少，但仍保持在10%左右。混合蛋白质的危险性最大，因为单一的污染源有可能将沙门氏菌扩散到各种混合产品中去。降低微生物含量的措施之一是用有机酸处理新加工出来的肉粉。很多研究表明，刚出锅的肉粉几乎是无菌的，问题往往出在再污染。当然，多数饲料原料都有沙门氏菌，但是由于肉粉在日粮中的用量较低，所以对于一只家禽来说，真正受污染的机会事实上可能来自玉米(表2.7)。

因此，对于一只家禽来说，来自谷物的风险要大得多。虽然它们一般不污染沙门氏菌，但是它们在日粮中的用量要高得多，从而就会带来较大的风险。但是这样的辩解是很

容易遭到批评的。人们会说，肉粉污染饲料、车辆、设备等的可能性要大得多，沙门氏菌的数量在饲料加工后可能会增多。颗粒饲料、挤压饲料和膨化饲料的微生物数量要比同样配方的粉料少得多。

表 2.7 不同原料感染沙门氏菌的相对风险

	沙门氏菌污染 (%)	日粮 (%)	相对风险因素 (%)
玉米	1	60	60
植物性蛋白质	8	30	24
肉粉	10	5	7.5

遗憾的是，常规熬炼的肉粉其营养有效性存在差异，比如，赖氨酸消化率低者为 70%，高者则达 88%。这样的差异并不和简单的体外评定结果（如，胃蛋白酶消化率和 KOH 溶解度）高度相关。

#### 潜在问题：

肉粉的磷、钙含量分别不应超过 4% 和 8%，因为灰分含量高会降低能值。不同供应商提供的产品在营养有效性上存在差异，因此很重要是有适当的质量控制程序，尤其是供应商有变更的时候。

#### 营养成分 (%)：

干物质	90.0	蛋氨酸	0.71
粗蛋白	50.0	蛋氨酸+胱氨酸	1.32
代谢能：		赖氨酸	2.68
(kcal/kg)	2 450~2 850	色氨酸	0.36
(MJ/kg)	10.25~11.92	苏氨酸	1.52
钙	8.0	精氨酸	3.50
有效磷	4.0		
钠	0.50	可消化蛋氨酸	0.62
氯	0.90	可消化蛋氨酸+胱氨酸	0.95
钾	1.25	可消化赖氨酸	2.09
硒 (mg/kg)	0.4	可消化色氨酸	0.26
脂肪	11.5	可消化苏氨酸	1.17
亚油酸	1.82	可消化精氨酸	2.78
粗纤维	—		

**容重:**

kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
394	37	47.4

**配方限制:**

年龄	下限	上限	评 论
0~4 周	—	6%	主要关心钙、磷和灰分含量
4~8 周	—	8%	
8 周以上	—	8%	

**质量分析程序:**

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其 他
每批	每批	每批	每批	每 12 个月	每年 1 次分析氨基酸构成, 每 3 个月 1 次检测沙门氏菌

**2.1.16 家禽副产品粉**

其他名称: 家禽粉, PBM

**营养特性:**

和肉粉一样, 家禽副产品粉主要是用禽肉加工过程中产生的废弃物生产的。因为它只来自一种动物, 所以家禽副产品粉应该是比肉粉更稳定的产品, 当然其钙磷含量会较低。家禽副产品粉的成分差异与是否在加工过程中加入了羽毛、还是将羽毛分开单独加工成羽毛粉有关。家禽副产品粉和羽毛最好用不同条件进行处理, 因为羽毛需要较高的温度来水解其角蛋白。所以, 带羽毛的家禽副产品粉不是羽毛蛋白质加热不足, 就是内脏、杂肉蛋白质加热过高。加热过高的产品一般颜色很深。家禽副产品粉比肉粉含有较多的不饱和脂肪, 如果不饱和脂肪在终产品中的含量大大高于 0.5%, 它就应该用好的抗氧化剂来稳化。

由于淘汰产蛋鸡的处理出现问题, 现在有些人生产“淘汰母鸡粉”, 基本上是由整个母鸡的身体包括羽毛熬炼而成。这种淘汰母鸡粉约含脂肪 11%、灰分 20%、粗蛋白 70%。这种样本中的蛋氨酸、总含硫氨基酸 (TSAA) 和赖氨酸含量分别在 1.2%、2.5% 和 3.5% 左右, 蛋氨酸和赖氨酸的消化率为 85%, 胱氨酸的消化率接近 60%。就好像家

禽副产品粉一样，淘汰母鸡粉的 ME 受灰分、脂肪和蛋白质的含量所影响，平均值在 2 800kcal/kg 左右。

最近，有人对于在热处理之前用微生物方法来贮存（微贮）不同的家禽胴体和（或）家禽副产品有兴趣。这样的做法有利于在热加工前控制微生物污染，也为更好地利用农场中少量的家禽胴体或远离家禽副产品加工厂的家禽胴体提供了可能性。微贮也被认为是在生产家禽副产品粉之前处理淘汰老母鸡的一种手段。家禽胴体和内脏杂肉缺乏足够的可发酵碳水化合物，因而不能通过乳酸发酵来将 pH 很快降到 4.2，从而使产品保持稳定。在磨碎的胴体中加入 10% 糖蜜或乳清粉可以促进产乳酸微生物的繁殖。这样的混合物能很快地稳定在 pH 4.2~4.5，可在生产家禽副产品粉之前保存 10~15 天。对于老龄家禽的胴体，这类碳水化合物的加入量应稍多些，此外，由于它们的脂肪含量较高，所以可以混入豆粕等产品以便改进处理效果。用淘汰家禽的完整胴体进行微贮可能存在羽毛蛋白质的可利用性问题，因为正如前面所述，羽毛需要不同的最佳加工条件。将来，这个问题可能可以通过往微贮混合料中添加羽毛降解酶来解决。

**潜在问题：**营养价值与蛋白质和脂肪含量正相关，和灰分含量负相关。根据胱氨酸含量可以判断，在加工过程中是否加入了羽毛，后者应从氨基酸消化率中减去。

#### 营养成分（%）：

干物质	90.0	蛋氨酸	1.3
粗蛋白	60.0	蛋氨酸+胱氨酸	3.3
代谢能：		赖氨酸	3.4
(kcal/kg)	2 950	色氨酸	0.4
(MJ/kg)	11.34	苏氨酸	2.2
钙	3.60	精氨酸	3.5
有效磷	2.10		
钠	0.36	可消化蛋氨酸	1.1
氯	0.40	可消化蛋氨酸+胱氨酸	2.3
钾	0.28	可消化赖氨酸	2.7
硒 (mg/kg)	0.90	可消化色氨酸	0.3
脂肪	8.50	可消化苏氨酸	1.8
亚油酸	2.50	可消化精氨酸	3.0
粗纤维	1.9		

**容重:**

kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
578	36.0	46.1

**配方限制:**

年龄	下限	上限	评 论
0~4 周	—	8%	除脂肪稳定性外别无其他的主要关注事项
4~8 周	—	10%	
8 周以上	—	10%	

**质量分析程序:**

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其 他
每批	每周	每周	每周	每年	每年 1 次分析氨基酸消化率, 包括胱氨酸

### 2.1.17 羽毛粉

**营养特性:**

如果能满足管理上的要求, 羽毛粉可以是优良的胱氨酸来源和好的粗蛋白源。但是, 由于缺乏某些氨基酸 (包括蛋氨酸、赖氨酸和组氨酸), 羽毛粉的利用受到严格限制。羽毛粉一般含有 4.5%~5.0% 胱氨酸, 其中约 60% 是可消化的。羽毛粉的能值相当高, 每千克约含 3 300kcal ME。佐治亚大学的 Dale 及其同事提出, 羽毛粉的总氮校正代谢能 (TMEn) 与其含脂量高度相关 ( $2\ 860 + 77 \times \text{脂肪}\%$ , kcal/kg)。羽毛粉质量的变化无疑和控制加工条件有关。羽毛在部分地烘干后进行蒸汽处理以引起水解。有理由设想, 温度越高或加热时间越长, 充分水解的机会就越多。但是, 极端的加工条件显然会引起热敏性氨基酸如赖氨酸的破坏。总体说来, 加工和干燥过程中温度越低, 胱氨酸消化率越低。研究表明, 加工条件会影响胱氨酸消化率, 低温加工者为 45%, 温度较高、加工时间较长者则为 65%。因为羽毛粉是日粮 TSAA 的重要提供者, 所以可消化胱氨酸在评定营养值中是一个重要的因素。

高压似乎会降低氨基酸消化率, 除非是短暂的高压, 这对于胱氨酸也特别重要。在极端的处理条件下硫和硫化氢似乎会挥发, 所以关于蛋白质质量另外有一个简单的测试指

标，即总硫含量。硫含量应高于 2%，低于这个水平说明加工温度太高、时间太长和（或）压力太高。所有这些都对氨基酸消化率有负面作用。

羽毛粉还含有一种动物组织中一般没有的氨基酸，称为羊毛硫氨酸（lanthionine）。因此，在评定肉粉类产品时可以用羊毛硫氨酸总含量来判断是否掺入了羽毛。羊毛硫氨酸可以作为胱氨酸分解的产物而出现。有些研究结果表明，高的羊毛硫氨酸含量和多数氨基酸的低消化率之间有很好的相关关系。在多数羽毛粉样本中，羊毛硫氨酸应占胱氨酸总量的 20%~30%。在质量控制计划中使用羊毛硫氨酸评定时可能出现的一个问题是，羊毛硫氨酸很容易被过甲酸（performic acid）氧化，而这是为氨基酸分析（特别是分析胱氨酸含量）制备样本时必要的步骤。

和其他动物蛋白产品一样，现今的兴趣是寻找新的加工方法。据试验，用复合酶（据推测含有角蛋白酶）处理羽毛可以改善总的蛋白质消化率和家禽生产性能。最近有人报道，用细菌（如地衣芽孢杆菌）在 50℃ 进行 5d 的前发酵所产生的羽毛水解物，在纠正了氨基酸不平衡后，其饲用价值可以和豆粕媲美。

#### 潜在问题：

氨基酸消化率，特别是胱氨酸消化率，很受加工条件所影响。检测总硫含量可以作为评定加工条件稳定性的一个简便方法。

#### 营养成分（%）：

干物质	90.0	蛋氨酸	0.60
粗蛋白	85.0	蛋氨酸+胱氨酸	6.10
代谢能：		赖氨酸	1.72
(kcal/kg)	3 000	色氨酸	0.60
(MJ/kg)	12.55	苏氨酸	4.51
钙	0.20	精氨酸	6.42
有效磷	0.70		
钠	0.70	可消化蛋氨酸	0.47
氯	0.40	可消化蛋氨酸+胱氨酸	2.85
钾	0.30	可消化赖氨酸	1.10
硒 (mg/kg)	0.72	可消化色氨酸	0.41
脂肪	2.50	可消化苏氨酸	3.15
亚油酸	0.10	可消化精氨酸	5.05
粗纤维	1.50		

**容重:**

kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
460	28.7	36.7

**配方限制:**

年龄	下限	上限	评 论
0~4周	—	2%	主要关注氨基酸消化率
4~8周	—	3%	
8周以上	—	3%	

**质量分析程序:**

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其 他
每批	每周	每月	每6个月	每6个月	每3个月分析一次总硫含量

**2.1.18 鱼粉**

**其他名称:** 鲱鱼粉 (Herring meal)、白鱼粉 (White Fish meal)、油鲱鱼粉 (Menhaden meal)。

**营养特性:**

由于面向食品业的渔业捕捞活动的减少, 现在的鱼粉几乎完全来自专门为鱼粉生产而捕捞的较小的、含油量高的鱼类。油鲱和鳀鱼是生产鱼粉的主要鱼种, 欧洲有少量的鲱鱼粉生产。鱼粉一般是优良的必需氨基酸来源, 其能量含量则主要取决于残留的含油量。由于鱼粉的油和蛋白质含量是有变化的, 其预期的代谢能值可以根据它的成分来计算。

$$\text{ME (kcal/kg)} = 3\,000 \pm (\text{与含油量\%之偏差} \times 86) \pm (\text{与粗蛋白含量\%之偏差} \times 39)$$

式中含油量的标准是 2%, 粗蛋白含量的标准是 60%。例如, 一个含油 4%、粗蛋白 63% 的样本预期应含有 ME 3 289 kcal/kg; 含油 1%、粗蛋白 58% 的样本则预期的代谢能值为 2 836 kcal/kg。鱼粉的灰分含量中主要是钙和磷, 其磷的有效性约 90% (优质动物蛋白中的磷都有这么高的有效性)。



所有的鱼粉都应该用抗氧化剂如乙氧喹来稳化。特别是对于含油量高的样本，但是即使含油量只有2%，在加工过程中加入100mg/kg乙氧喹也能降低氧化程度（表现为减少氧化物和游离脂肪酸的产生量以及降低产热量）。

饲喂鱼粉可能引起的问题是肉和蛋的鱼腥味以及幼龄家禽的肌胃糜烂。热处理不当的鱼粉也可能有巯胺素酶活性过高的问题。在有些地区，鱼粉饲喂量大大超过4%~5%后消费者才能尝出禽肉和禽蛋中的鱼腥味。饲喂含油量高的鱼粉其鱼腥味问题较为严重，当然在饲喂鱼油的情况下问题就更加突出。有些褐壳蛋鸡在含油量仅2.5%的情况下还会生产带鱼腥味的鸡蛋，这可能和鱼粉中的三甲胺含量有关，有些鸡在遗传上就不能产生足够的三甲胺氧化酶。超量的三甲胺进入鸡蛋，产生特有的鱼腥味（见双低菜籽粕）。鱼粉的三甲胺含量为50~60mg/kg，假定鱼粉的加入量是2.5%，褐壳蛋鸡的最高采食量是125g/天，这意味着鸡每天摄入约0.2mg三甲胺。每个受影响的鸡蛋含有约0.8mg三甲胺，而且即使产蛋率高达80%也是如此，那么很明显日粮中除了鱼粉以外还有其他的三甲胺来源，或者是肠道中的微生物在合成三甲胺。

对于幼龄鸡，特别是肉仔鸡来说，饲喂鱼粉的主要问题是肌胃糜烂。有一部分鸡不管喂多少鱼粉都会发生肌胃糜烂，这当然和剂量很有关系。受影响鸡的症状从肌胃内衬出现小的区域性裂纹到严重的糜烂和出血，最后导致内衬完全破坏。厚的内衬可以起保护作用，使其不受腺胃分泌的酸和胃蛋白酶所分解。受影响的家禽由于蛋白质降解遭到破坏而生长十分迟缓。当日粮中加有鱼粉时这种情况极为普遍，但是家禽采食含铜量高（250mg/kg）或缺乏维生素K的日粮，甚至仅仅饥饿都会导致类似状况。最初认为，肌胃糜烂与鱼粉的组胺含量有关。给家禽饲喂组胺或者饲喂经过热处理的含组氨酸的半纯化日粮也都可以模拟这种状况。鱼粉含有组氨酸。在热加工前的贮存期间的微生物降解过程中，具有组氨酸脱羧酶的细菌会将不同数量的组氨酸转化成组胺。组胺能刺激腺胃分泌过量的酸，正是这种酸性环境使肌胃内衬开始遭受损伤。最近从鱼粉中分离出一种叫肌胃糜烂素（gizzerosine）的物质，具有类似组胺的特性，能刺激酸的分泌。肌胃糜烂素系在鱼粉生产过程中通过加热组氨酸和一种蛋白质而形成，其主要成分是赖氨酸和组氨酸。肌胃糜烂素与组胺相比，其刺激腺胃分泌酸的能力几乎强10倍，引起肌胃糜烂的能力约强300倍。目前唯一可用的检查方法是大剂量（25%~50%）饲喂幼龄鸡，然后对肌胃糜烂程度给以打分（见原料的质量控制，本章的2.2.9）。

因为肌胃糜烂素的机理是通过产酸和改变肌胃pH，所以有人企图用加缓冲剂的办法来预防这个问题。比如有报告说，添加碳酸钠可以减轻肌胃糜烂的严重程度。但是，为了使肌胃的pH变化0.3个单位所需的碳酸钠多达10kg/吨。影响鱼粉中肌胃糜烂素含量的因素有加工前的贮存时间和贮存温度以及加热、提油过程中的时间和温度。

#### 潜在问题：

家禽日粮中鱼粉含量超过2%就会使肉、蛋产生鱼腥味。鱼粉应该用抗氧化剂进行稳

定化，当残留脂肪含量超过 2% 时这一点至关重要。幼禽肌胃糜烂是使用加工不良或贮存不当的鱼粉的结果。

**营养成分 (%) :**

干物质	90.0	蛋氨酸	1.82
粗蛋白	60.0	蛋氨酸 + 胱氨酸	2.92
代谢能:		赖氨酸	5.28
(kcal/kg)	2 750	色氨酸	0.58
(MJ/kg)	11.51	苏氨酸	3.01
钙	6.50	精氨酸	4.05
有效磷	3.50		
钠	0.47	可消化蛋氨酸	1.62
氯	0.55	可消化蛋氨酸 + 胱氨酸	2.42
钾	0.32	可消化赖氨酸	4.72
硒 (mg/kg)	1.85	可消化色氨酸	0.48
脂肪	2.0	可消化苏氨酸	2.50
亚油酸	0.3	可消化精氨酸	3.62
粗纤维	1.0		

**容重:**

kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/bsh
674	42	53.8

**配方限制:**

年 龄	下 限	上 限	评 论
0~4 周	—	8%	用量超过 2% 后 多数情况下会出 现鱼腥味问题
4~8 周	—	10%	
8 周以上	—	10%	

**质量分析程序:**

水分	粗蛋白	脂肪	Ca/P	氨基酸	其 他
每批	每批	每月	每月	每 12 个月	每 6 个月分析一次脂肪氧化和肌胃糜烂素

### 2.1.19 油脂

#### 营养特性:

脂肪是浓缩的能源,因此较小地改变其使用量就能对日粮的代谢能产生显著的作用。多数油脂是以液体状态进行处理,含有相当数量的饱和脂肪酸。

颗粒饲料最多只能含有3%~4%的脂肪,取决于对颗粒饲料持久性的要求。此中,2%~3%可喷在已制成颗粒的表面。另一种喷油技术是将油喷到刚从环模中出来的热颗粒上,这就有可能大大提高油的加入量,因为热的颗粒能够更好地吸收油脂。在这种情况下,对颗粒饲料持久性有极高要求的厂家应注意到,微细颗粒在通过制粒机回收之前已经受到超量油脂的处理。

所有的油脂都必须用抗氧化剂如乙氧喹处理。最好在加工点上加抗氧化剂。必须防止加工厂加热油箱中的油脂酸败。脂肪也提供不同数量的必需营养素亚油酸。如果日粮不含有相当数量的玉米,它可能缺乏亚油酸,因为一切日粮应该至少含有1%亚油酸。饲料工业目前面临的一个主要问题是来自餐饮业的饲料级油脂的使用量越来越多。这些油脂的成分(指脂肪酸组成和游离脂肪酸含量)当然是不恒定的。再者,取决于所受到的加热程度的不同,这些油脂可以含有相当数量的有害分解产物。

为了确保适当的亚油酸含量、改善适口性以及降低日粮的粉尘度,不管有其他的什么经济上的或营养上的考虑,所有日粮必须加入至少1%的油脂。不少资料表明,有些因素可以影响脂肪的消化率。但是在多数情况下,这种信息并未应用于配方计算。事实上,任何脂肪的消化率都不是一个常数,其利用率随家禽年龄、脂肪组成和加入量等因素而变化。遗憾的是这些因素难以纳入配方计算程序之中。关于脂肪应该注意的其他事情是酸败的可能性和其对胴体成分的影响。下面介绍饲料工业中使用的主要脂肪种类。表2.8总结了家禽营养中常用的主要脂肪源的氨基酸构成和ME,表中试图根据家禽的年龄来估计脂肪的ME。

a. 牛油 传统上,牛油是用于家禽营养的主要脂肪源。但是,近10年来纯牛油的使用量已趋于减少,大量使用的是混合油。牛油在室温下是固体,这会给饲料厂带来一些问题,特别是将加热了的脂肪加入来自外面筒仓的很冷的原料时。牛油高度饱和,它不能被幼龄鸡良好地消化。但是有些证据表明,幼龄火鸡能较好地利用牛油。添加胆盐大大改进了牛油的消化率,说明这是幼龄鸡的局限性所在。但是,使用胆盐是不经济的,所以在15~17日龄以内的家禽日粮中必须严格限制纯牛油的使用量。

b. 家禽脂肪 按脂肪酸组成来说,家禽脂肪可能是最适合于多数种类和年龄的家禽的脂肪来源。由于消化率高、质量稳定和残留的气味少,它被大量地用于宠物饲料,从而减少了对家禽业的供应。正如在讨论家禽肉时已经提到,有人担心在一体化家禽生产中脂溶性污染物可能会通过家禽而不断循环(浓缩)。解决的办法显然是将循环中断相当于生产1~2批鸡的时间。

**c. 鱼油** 目前人们对于在人的食物和动物日粮中使用鱼油颇感兴趣，据认为鱼油中的不寻常成分长链脂肪酸对人的健康有益。研究表明，给肉仔鸡饲喂适量的鱼油可提高肉中的二十碳五烯酸（长链脂肪酸）。但是，日粮中鱼油含量超过1%后肉和蛋中经常会有鱼腥味，这主要是因为 $\Omega-3$ 脂肪酸。

**d. 植物油** 很多种植物油可以用作能源。但是在很多情况下由于人类食品工业的竞争，植物油不能经济地用于动物饲料。多数植物油约能提供8700kcal/kg，它们是幼龄家禽的理想饲料原料。如果这些植物油作为饲料原料而定出了有吸引力的价格，那么应查明食品工业拒绝使用它们的理由是什么，如是否有污染物。

**e. 椰子油** 椰子油是一种很不寻常的原料，因为它是非常饱和的油脂，比牛油的饱和度还要高。它含有50%饱和脂肪酸，链长小于12:0。在脂肪酸组成方面，椰子油和鱼油恰好是两个极端。关于椰子油营养价值的研究工作做得不多。由于其饱和脂肪酸含量，它的消化率不会高，特别是对于幼龄家禽。但是新近的证据表明，中等长度的甘油三酸酯如椰子油中发现的C:8和C:10对于年轻家禽有很高的消化率。这些中等长度的脂肪酸在被吸收之前，不需要用胆汁来进行乳化或结合进胶粒。

**f. 棕榈油** 棕榈油的世界生产量仅次于豆油。棕榈油主要是用棕榈的果肉生产的，少量的棕榈仁油是从棕榈果实内的小坚果核提取的。棕榈油高度饱和，因此对很幼龄家禽的用处有限。同样，从棕榈油生产的皂脚由于其游离脂肪酸含量而只适用于年龄较大的家禽。有可能将棕榈油、椰子油与较不饱和的油脂和皂脚混合使用，以便从潜在的脂肪酸协同作用获得益处。

**g. 皂脚（酸化皂脚）** 植物性皂脚是植物油提炼业的副产品，是能量和必需脂肪酸的良好来源。皂脚的游离脂肪酸含量可能相当高，所以必须用抗氧化剂使其稳化。皂脚也可能酸化，这可能造成对金属设备的腐蚀问题。炼油厂可能把某些杂质加入皂脚，作为无污染排放的一个措施，因此对这些产品进行质量控制是很必要的。有些样本的水分含量也较高。为了进行经济评估，简单的水分测定是值得做的。

**h. 动植物混合油** 有些厂家把动物油和植物油相混合，生产所谓的混合油。植物油的来源一般是皂脚。混合油的好处是在动物性的饱和脂肪酸和植物性的不饱和脂肪酸之间发生一定的协同作用。因此，动植物混合油是多数家禽种类的理想饲料原料，不会产生过多地提高肉中不饱和脂肪含量从而导致氧化酸败率增加（缩短货架寿命）的负面问题。

**i. 饭店油脂** 饲用脂肪中越来越大的比例来自烹调油脂，总称饭店油脂。饭店油脂在饲养业中用量增多的主要原因是其他的处理办法有问题。传统上，饭店油脂是以牛油和猪油为基础的产品，这为固体脂肪的收集和运输造成一些问题。近年来，由于消费者关注饱和脂肪，多数快餐店和连锁饭店改为用氢化植物油进行烹调。氢化处理使脂肪在高温烹调时受到保护。如今的饭店油脂含有大量的油酸，其中不少是反油酸盐。如果饭店油脂未经受过太高的温度、经过清理并含有最少的杂质，其

能值相当于家禽脂肪。将来，“非脂烹调油”的使用将导致饭店油脂的营养组成发生相当大的变化。

**j. 结合亚油酸 (CLA)** CLA 是常规亚油酸的异构体，其与亚油酸不同之处是 CLA 对健康有许多益处。据称，CLA 对于患糖尿病的哺乳动物有助于控制葡萄糖代谢，尤为重要是 CLA 可以预防和（或）控制某些癌症的肿瘤生长。CLA 一般可在乳制品中发现，占脂肪总量的 0.3% 左右。火鸡肉的 CLA 含量也高。给产蛋鸡饲喂 CLA 可使其在鸡蛋中积累，就好像很多脂肪酸一样，因此有可能生产富含 CLA 的特制鸡蛋。CLA 的 AMEn 似乎和亚油酸的相近，这说明，此两种脂肪酸的代谢过程是相似的。

有一种可能性是 CLA 在代谢过程中并不能像亚油酸那样伸长。这就产生了一个问题，即它是否能够满足合成前列腺素的需要，是否有利于免疫功能。有一些报告介绍，给母鸡每天饲喂 1g CLA，从它所产的蛋得到的胚胎和雏鸡的脂肪代谢发生变化。有一些人在讨论，合成的 CLA 是否确实可以模拟乳制品中的天然 CLA 所具有的有益的抗癌特性。

表 2.8 油脂的营养组成

	代谢能 (kcal/kg)		脂肪 %	MUF <sup>1</sup> %	脂肪酸构成 (%)							
	1 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>			12:0	14:0	16:0	18:0	16:1	18:1	18:2	18:3
a. 牛油	7 400	8 000	98	2		4.0	25.0	24.0	0.5	43.0	2.0	0.5
b. 家禽脂肪	8 200	9 000	98	2		1.0	20.0	4.0	5.5	41.0	25.0	1.5
c. 鱼油	8 600	9 000	99	1		8.0	21.0	4.0	15.0	17.2	4.4	3.0 <sup>3</sup>
d. 植物油	8 800	9 200	99	1		0.5	13.0	1.0	0.5	31.0	50.0	2.0
e. 椰子油	7 000	8 000	99	1	50.0 <sup>4</sup>	20.0	6.0	2.5	0.5	4.0	2.1	0.2
f. 棕榈油	7 200	8 000	99	1		2.0	42.4	3.5	0.7	42.1	8.0	0.4
g. 植物性皂脚	7 800	8 100	98	2		0.3	18.0	3.0	0.3	29.0	46.0	0.8
h. 动植物混合油	8 200	8 600	98	2		2.1	21.0	15.0	0.4	32.0	26.0	0.6
i. 饭店油脂	8 100	8 900	98	2		1.0	18.0	13.0	2.5	42.0	16.0	1.0

<sup>1</sup> ME: 三周龄以前的幼禽; <sup>2</sup> ME: 三周龄以后的家禽; <sup>3</sup> 含有 25% 不饱和脂肪酸 ≥ 20; <sup>4</sup> 含有 15% 饱和脂肪酸 ≤ 10:0; <sup>5</sup> 水分、杂质、不可皂化物。

### 重要的考虑:

在家禽饲料中，油脂可能是一切原料中最成问题的一种。它们需要特殊的处理和贮存设备，时间久了容易氧化。它们的氨基酸构成、游离氨基酸水平和氢化程度都会影响消化率。不像多数其他原料那样，脂肪消化和年龄有关，因为幼禽消化饱和脂肪和氢化脂肪的

能力较差。

**a. 水分、杂质、不可皂化物** 饲料级油脂总含有一些非脂肪物质，统称 M. I. U.（水分、杂质和不可皂化物的缩略语——译者注）。由于这些东西不含能量或含能量很少，所以只起稀释物的作用。根据最近的调查，M. I. U. 的范围是 1%~9%。每 1% 的 M. I. U. 意味着在脂肪的作用价值上每吨约损失 3~4 美元，更重要的是其能量贡献将低于预期值。主要的污染物是水分和矿物质。水分可以迅速地用近红外分析来检测。水分和矿物质也能导致过氧化进程增加。

**b. 酸败和氧化** 在饲料加工前后发生的氧化酸败显然会影响脂肪的饲用价值。酸败可影响脂肪的感官品质（嗅觉、味觉、颜色和质地），也可引起日粮中和身体贮备中其他脂溶性营养素（如维生素）的破坏。氧化基本上是发生在甘油酯双键上的破坏过程。因为存在双键才会有不饱和，所以脂肪越是不饱和，酸败的机会自然越大。起始点是脂肪不饱和基团上的氢离开  $\alpha$ -亚甲基碳（ $\alpha$ -methylene carbon），形成无脂基团。所产生的游离基团极易受到大气中氧（或矿物性氧化物）的攻击而形成不稳定的无过氧化物基团（peroxide free radicals）。这些无过氧化物基团本身就是潜在的催化剂，因此就形成了自我催化的过程，酸败会很快发生。分解产物包括酮、醛和短链脂肪酸，正是它们使脂肪产生了特殊的酸败气味。动物脂肪当过氧化物含量达到 20meq/kg 时就会产生轻微的酸败味，植物油要到过氧化物含量约 80meq/kg 时才出现问题。

氧化酸败可导致能值的损失，同时也可能使家禽的脂肪贮备和脂溶性维生素贮备发生降解。幸而我们可以通过合理地使用乙氧喹等抗氧化剂来对这些过程实行一定的控制。多数抗氧化剂基本上是起游离基团受体的作用，但是这些基团是稳定的，不会引起自我催化反应。因此，它们的效率有赖于在加工后立即适当地分散到脂肪之中。作为一种额外的安全措施，多数日粮也通过预混料加入某种抗氧化剂。活性氧法（Active Oxygen Method, AOM）是最常用的预测酸败的方法。用氧处理 20h 后，优质脂肪的过氧化物测值不应超过 20meq/kg。

在 AOM 测试中时间是很重要的因素，因为随着处理时间的延长，过氧化物会分解和消失。为此，有些实验室在提供数据时会标明在 0h、10h 和 20h 时的过氧化物值。有一种较新的分析方法是油稳定性指数（Oil Stability Index, OSI）。它和 AOM 相似，但是所测量的不是最初的过氧化物产物，而是积聚的次生性分解复合物。这个方法高度自动化，并能记录产生一定数量分解产品如短链脂肪酸所需的时间。

**c. 脂肪酸构成** 脂肪成分会影响总的脂肪利用情况，因为不同脂肪成分的消化效率是不一样的。一般认为，脂肪在消化后形成胶粒是吸收进入门静脉系统的重要前提。胶粒是胆盐、脂肪酸、某些单酸甘油酯、可能还有甘油的复合物。胆盐和脂肪酸相结合是运输到并被吸收进入小肠微毛细血管的必需前提。极性不饱和脂肪酸和单酸甘油酯很容易形成这种结合。但是，胶粒本身有能力溶解非极性成分，如饱和脂肪酸。因此，脂肪吸收要靠有适宜的胆盐供应和不饱和：饱和脂肪酸之间的适当平衡。

因此，在设计混合脂肪时考虑饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸的平衡是有好处的。用纯脂肪酸可以很好地展示这种协同作用（表 2.9）。在这项研究中，将不饱和的油酸和饱和的棕榈酸按 50 : 50 混合的产品，其代谢能比根据平均值 2 710kcal/kg 而作出的预期值要高 5%。这样，我们就使有效能增加了 5%，其原因可能是由于不饱和的油酸的存在而使棕榈酸的利用率得到了改进。

表 2.9 含不同脂肪酸的蛋鸡日粮的代谢能

	实际 ME (kcal/kg)	预期 ME (kcal/kg)
油 酸	2 920	
棕榈酸	2 500	
50 : 50 混合物	2 850 (+5%)	2 710

Atteh and Leeson, 1985

表 2.10 基础日粮脂肪酸饱和情况所造成的玉米油代谢能值的变化

基础日粮	玉米油代谢能 (kcal/kg)
1. 主要是不饱和脂肪	8 390 <sup>a</sup>
2. 主要是饱和脂肪	9 380 <sup>b</sup>
3. 实际原料	8 510 <sup>a</sup>

同作用来解释报道值中常可见到的所谓的脂肪“超能”作用 (“extra-caloric” effect of fat)，在那种情况下代谢能有时可以高于相应的总能值（理论上这是不可能发生的）。表 2.10 展示了这类试验的结果。试验中用各种类型的基础日粮来测定玉米油。

当日粮含有饱和脂肪酸时，玉米油的代谢能明显较高。产生这种作用的原因可能是玉米油中的不饱和脂肪支持了基础日粮中饱和脂肪的利用。但是，由于采用日粮置换的方法和最终原料代谢能的计算，任何的这种协同作用都归功于试验原料（玉米油）。

因此，脂肪的代谢能随加入量而变化，也受脂肪饱和度所影响。对各种年龄的家禽来说，最有利于脂肪消化的不饱和脂肪与饱和脂肪之比为 3 : 1。但是，这个比例可能不是利用脂肪最经济的方式，因为不饱和脂肪的价格要高于饱和脂肪。

**d. 游离氨基酸水平和脂肪酸的氢化** 人们经常注意脂肪的游离脂肪酸含量，因为它们较易受到过氧化作用。各种植物油的酸化皂脚含有最大量的游离脂肪酸，高达脂类物质

但是，这类协同作用对某些研究结果可能会起混淆作用。如果我们想测定玉米的消化率，我们可以在一个短时期内仅喂玉米，并进行平衡试验。由于明显的原因，我们不可能饲喂纯脂肪，我们只能在试验中往基础日粮中逐步提高脂肪的添加量，然后根据结果推算在 100% 饲喂水平时会出现什么情况。在这些试验中，我们假设任何两种日粮之间的消化率差异完全是由所添加脂肪而造成的。如果所添加的脂肪由于协同作用而改进了基础日粮中营养成分的消化率，那么就把它消化率的这种改进归功于脂肪，从而错误地得出高的预期值。但是，我们可以争论说，当在日粮中添加脂肪时一般都会出现这种改进，这些较高的值较确切地反映了脂肪在家禽日粮中的实际价值。我们建议用这种协同

的80%~90%。有人指出,饲喂甘油三酯的幼龄家禽对脂肪酸的吸收率要高于饲喂游离脂肪酸者,这可能与胶粒形成效率较差或胆汁产生较少有关。Wiseman 和 Salvador (1991) 通过研究游离脂肪酸含量不同的牛油、棕榈油和豆油(相应脂肪的皂脚)的代谢能值来表现这种作用。表 2.11 是这些研究的总结,指出游离脂肪酸含量最高和最低的各种油脂的能值。

表 2.11 游离脂肪酸含量和家禽年龄对脂肪代谢能值的影响 (kcal/kg)

	10 日龄	54 日龄
牛油 13% FFA	7 460	7 940
95% FFA	4 920	6 830
棕榈油 6% FFA	6 690	7 800
92% FFA	3 570	6 640
豆油 14% FFA	9 290	9 300
68% FFA	8 000	8 480

FFA: 游离脂肪酸

引自: Wiseman and Salvador (1991)

这些数据说明,当使用的主要是饱和脂肪而且是饲喂幼龄家禽时,游离脂肪酸是比较成问题的。和这些结果相反,另外有人表明,用游离脂肪酸含量不同的牛油饲喂生长到上市体重的肉鸡取得了可以相比的结果。

现在,饭店一般使用氢化脂肪,而饭店油脂已成了饲料级混合油脂的常用成分,有时甚至是主要成分。氢化导致大量的(40%~50%)反油酸(trans oleic acid)并使大多数植物油获得类似猪油的物理性质。饭店油脂的代谢能值与植物油相似,家禽利用氢化脂肪看来不成问题。至于用反脂肪酸长期饲喂家禽会有什么影响,目前尚不得而知。

**e. 家禽的年龄和类型** 幼龄家禽消化饱和脂肪的能力较差,人们获得这个概念已有些时候了。以牛油为例,棕榈酸的消化率在14日龄到56日龄期间从50%提高到85%,这个情况与其他脂肪酸的相应变化综合考虑表明,牛油的代谢能值在这个时期提高了约10%。关于幼龄家禽消化饱和脂肪的能力较差的原因还不太清楚,可能与胆盐产生量较少、胆盐再循环的效率较低或脂肪酸结合蛋白质(fatty acid binding protein)的产生量较少有关。

**f. 皂类形成** 在脂肪消化过程中,游离脂肪酸有机会接触其他营养素。这种可能性之一是与矿物质结合,形成可溶性或不溶性皂类。如果形成不溶性皂类,这些脂肪酸和矿



物质可能都成为对家禽无用之物。肉仔鸡消化物中会形成相当多的皂类，当日粮含有饱和脂肪酸和较多矿物质时，这个现象尤为明显。较高的皂产生量与肉鸡骨骼的灰分和钙含量下降有关。对于年龄较大的家禽，皂类形成似乎不是一个大问题，但是对于采食高钙日粮的蛋鸡却很重要。除钙以外，其他矿物质，如镁，也会与饱和脂肪酸形成皂类。有人指出，在年龄较大的家禽和其他某些动物，消化道上部形成的皂类到了消化道下部有相当大的部分由于 pH 变化而溶解。在这种情况下，脂肪酸和矿物质就都可被家禽所利用。因此，控制消化物的 pH 可能是控制皂类形成的重要参数。

**g. 多变的代谢能值** 看来很明显的是，在配置日粮时使用单一的脂肪代谢能值应该综合考虑前面讨论的那些因素，诸如加入量、家禽年龄、皂类形成等。表 2.8 列出的是对于小于 21 日龄和大于 21 日龄家禽的各种代谢能值，而它们本身就是中间值。表 2.12 企图合理地说明影响某种脂肪代谢能的主要因素，但是作者也意识到这些变数是不容易与日粮配制结合使用的。

表 2.12 影响脂肪代谢能值的诸因素

		脂肪的相对代谢能值
1) 家禽年龄:	28 日龄以后	100%
	7~28 日龄	95%
	1~7 日龄	88% (特别是对饱和脂肪)
2) 游离脂肪酸:	0~10%	102%
	10%~20%	100%
	20%~30%	96%
	30%以上	92% (特别是对饱和脂肪)
3) 加入量:	1%	100%
	2%	100%
	3%	98%
	4%	96%
	5%以上	94%
4) 钙水平:	<1%	100%
	>1%	96% (特别是对 56 日龄以内的鸡)

**h. 反脂肪酸** 反脂肪酸是天然出现的正脂肪酸的异构体。反脂肪酸经常在氢化过程中产生，也常常在生产人造黄油和其他烹调脂肪时出现。氢化（稳定化）豆油是烹调油中的一种常用成分，含有 20% 左右的反脂肪酸。随着在动物脂肪和脂肪混合物中越来越多

地使用饭店油脂，一个必然的趋势似乎是饲料工业中使用的脂肪将比 20 年前含有更高比例的反脂肪酸。据认为，过分使用的油炸油含有反脂肪酸和氧化及聚合物物质，有害于人类健康。这些反脂肪酸可以在人的脂肪组织中找到，它们与免疫功能不良以及心脏组织中无用的脂肪代谢有关联。关于反脂肪酸对肉鸡和产蛋鸡的健康的作用，资料极少。

## 其他原料

### 2.1.20 燕麦

燕麦生长在较为凉爽和湿润的气候地区。从全球范围来说，燕麦的重要性不大，仅占谷物总产量的 1.5%。大部分燕麦用作饲料，而且约 85% 是就地使用，很少进入贸易渠道。燕麦籽粒中 20% 是燕麦皮，这就决定了它高纤维、低能量的特性。燕麦的氨基酸组成相当好，但是由于品种和季节的影响，燕麦的蛋白质和氨基酸含量存在一定的变异。预测燕麦能量值的最好指标是其粗纤维含量，它与代谢能呈负相关。燕麦的脂肪主要是油酸和亚油酸，由于其棕榈酸的比例相对较高，导致在家禽胴体中沉积较“硬”的脂肪。

和其他小谷物一样，燕麦含有相当数量的  $\beta$ -葡聚糖，这些物质会引起消化物和排泄物黏稠问题。多数燕麦含有 3%~7% 的  $\beta$ -葡聚糖，因此当家禽日粮中含有中等水平的燕麦时添加  $\beta$ -葡聚糖酶可能是有益的。有人对发展所谓的裸燕麦有兴趣，其成分与燕麦片相似。裸燕麦含有达 17% 的粗蛋白质，含赖氨酸 0.68%，蛋氨酸+胱氨酸 1%。其代谢能值为 3 200 kcal/kg，因此裸燕麦在很多特性上可以与小麦相比。和常规燕麦一样，裸燕麦也有  $\beta$ -葡聚糖问题，其负面作用可以通过使用外源酶来克服，也可使用抗生素如新霉素，但作用稍差。裸燕麦中的磷大多是植酸形式，因此有效性很低。有些报告指出，如果对裸燕麦中磷的低有效性不加考虑，饲喂裸燕麦的家禽就会出现骨骼松散问题。但也有人报道肉鸡日粮中裸燕麦含量高达 40%，而鸡的生产性能仍然良好；对于蛋鸡，裸燕麦含量高达 50% 的日粮也在成功地使用。

### 2.1.21 黑麦

虽然黑麦的营养成分基本上与小麦和玉米的相似，但是由于它含有各种抗营养因子，对家禽的饲用价值不高。如果浸出黑麦中的水溶性物质，它的饲用价值可以得到改善。水浸、制粒、辐射等处理或在日粮中添加各种抗生素都可以改善喂黑麦鸡的生长。

除了降低生产性能外，饲喂黑麦的一个最明显的作用是产生很黏、很稀的粪便。产生黏粪的原因是黑麦中含有类似果胶的成分。黑麦胚乳细胞壁中的结构性阿拉伯木糖是造成黏稠消化物的原因。这些黏稠产物降低消化物中其他溶质的扩散率，因而影响营养物从肠道的吸收。近年来出现的有些酶制剂可以明显地减少抗营养因子和消除以黑麦为基础的日粮所引起的黏湿粪便问题。

### 2.1.22 小黑麦

小黑麦是小麦和黑麦进行种间杂交而产生的合成小谷物。其单产高于小麦和黑麦，因此在世界上不适合种植玉米的地区具有农业生产价值。已育成了很多栽培品种，蛋白质含量从11%到20%，氨基酸组成与小麦相当，优于黑麦。能量含量也相当于小麦而优于黑麦。和小麦一样，小黑麦也含有较多的植酸酶，因此是优于玉米和高粱等其他谷物的有效磷来源。据有些报道，添加小黑麦可以提高其他日粮磷的价值。小黑麦中淀粉的消化率和小麦的一样，没有黏湿粪便问题。小黑麦可以大量使用于家禽日粮而不引起负面问题。和小麦和黑麦一样，小黑麦含有很少或不含叶黄素，细磨的小黑麦会引起幼龄家禽的“糊嘴”现象。和小麦一样，在日粮中添加合适的酶制剂可以提高小黑麦的饲用价值。

### 2.1.23 糖蜜

糖蜜是制糖业的副产品，所用原料是甜菜或甘蔗。鉴于糖蜜的含水量大，能值低，所以只在邻近制糖厂地区大量地用于家禽日粮。一般可用于动物饲养的糖蜜是全部的糖都已提出供人用后剩下的部分，是所谓的末道糖蜜（final molasses）或废糖蜜（blackstrap molasses）。在有些地区，有时可以得到高检（high-test）、A型和B型糖蜜。高测值产品基本上是未经炼制的甘蔗汁或甜菜汁，其中的糖已经过转化，防止结晶。A型糖蜜和B型糖蜜是末道糖蜜之前的中间产品。可以预期，糖蜜的能值随着糖提出量的增加而下降。糖蜜一般是以布里克斯数（Brix number）来计量的，以“度”来表示，这些数值与产品中的蔗糖浓度密切相关。甘蔗糖蜜和甜菜糖蜜都含有46%~48%的糖。

虽然糖蜜的能值和蛋白质含量较低，但使用它的优点是可以刺激食欲和减少饲料的粉尘度。比如，若将糖蜜直接浇在食槽中的饲料上，可以提高家禽（如来航幼龄母鸡）的采食量。在这个情况下，糖蜜的作用可能不是改善饲料的味道，而是向家禽展示了一种新的饲料质地。糖蜜的主要问题是钾含量太高（2.5%~3.5%），对家禽有轻泻作用。虽然采食糖蜜含量高达2%的平衡日粮的家禽大都表现良好，但是加入量大大高于4%后可能引起饮水量提高和粪便中水分增多。

### 2.1.24 脱水苜蓿

脱水苜蓿粉的蛋白质含量相当高（18%~20%），但是由于此产品在烘干过程中要加热，所以赖氨酸等必需氨基酸的有效性往往比预期值低10%~20%。苜蓿的纤维含量很高，并经常作为叶黄素来源用于家禽日粮以增强色素，或作为“未知生长因子”的来源。

苜蓿产品每千克至少应含20万IU的维生素A活性，虽然在多数情况下其有效性仅70%。为了使肉仔鸡皮肤或蛋黄的黄色达到罗斯标尺（Roche scale）的10以上，日粮应含有5%苜蓿作为叶黄素的来源之一。苜蓿用量大大超过5%也不会进一步加强其色素作

用，因此，为了确保稳定的高水平色素，还必须使用其他天然或合成的色素来源。当苜蓿使用量高时（20%），其通常含有的皂角苷（saponins）和酚醛酸（phenolic acids）可能引起问题。如果苜蓿上有相当数量的霉菌，可能会有高水平的雌激素。有些营养学家认为，新鲜苜蓿中含有未知生长因子，这对于火鸡特别重要，但是在脱水过程中这种“因子”大多被破坏。即使如此，很多营养学家仍坚持在火鸡饲料中添加1%~2%的脱水苜蓿，尤其是对于开食前日粮和开食日粮。添加少量苜蓿还可加深日粮的颜色，这有助于掩盖由于正常的配方改变而引起的细微的外观波动。近年来，由于采用惰性气体贮藏、制粒和添加抗氧化剂等措施，苜蓿产品的质量已有很大改进。

### 2.1.25 全脂双低油菜籽

双低油菜籽的营养组成使它成为高营养浓度日粮的理想原料。不时地会有不符合浸提油等级的双低菜籽供动物饲养之用。双低油菜籽也存在双低菜籽粕的那些问题，但是最有害的成分显然可以被其高的含油量所稀释。为了能正常地消化，油菜籽必须适当磨碎，最好在通过锤片式粉碎机前先和粉碎的玉米相混合。菜籽中的油分可以提供相当的能量，并是优良的亚油酸来源。磨碎的菜籽不很油腻，所以这是一种往日粮中加入较多油脂的实用办法。在遭受早霜伤害后，有些双低油菜样本的油中染有叶绿素，它们不能被食品工业所接受，但是对于家禽来说不会造成大的问题。

### 2.1.26 花生粕

花生是生长在地下的豆科籽实。土壤中的温湿条件使真菌极易在花生上生长，最受关注的是曲霉污染。花生基本上是油料作物，溶剂提取后得到的花生粕含有0.5%~1%脂肪和约47%蛋白质。花生也和大豆一样，含有胰蛋白酶抑制因子，它在提油过程中被加热所破坏。花生粕的主要问题是可能有黄曲霉毒素污染。黄曲霉毒素是潜在的致癌物，甚至在含量不高的情况下也能使肝脏迅速遭受破坏。对污染有黄曲霉毒素的花生粕进行氨化处理，可以脱去高达95%的毒素，另一种办法是在污染黄曲霉毒素的花生粕日粮中添加铝矽酸钠钙，以吸附黄曲霉毒素使其不被吸收。

### 2.1.27 豌豆

豌豆是能量和蛋白质含量中等的原料，在有些地区的经济条件下可以有效地用于家禽日粮。限制使用豌豆的主要因素是其低的含硫氨基酸含量和中等的能量水平。对于高单宁豌豆来说热处理是有好处的，但是对于正常的豌豆品种，这种处理意义不大。单宁含量每增加1%，蛋白质消化率大约下降6%。豌豆的碳水化合物中有一部分是寡糖，因此为改善豆粕消化率而设计的酶系统也可能对豌豆有用。豌豆粕是密度很高的物质，如果其在日粮中的用量 $\geq 15\%$ ，就应该考虑最终日粮的容重。

### 2.1.28 红花籽粕

红花主要是油料作物，其含油量高低不一，最高可达40%。提取油后的饼粕含有20%以上的纤维，称为未去皮红花籽粕。在商业上有可能去掉大部分红花籽皮，这样的饼粕含蛋白质42%~44%，纤维约14%，称为去皮红花籽粕。红花籽粕极缺乏赖氨酸，但是正确补充赖氨酸后，红花籽粕蛋白质的品质和豆粕的相似。但是由于红花籽粕的纤维含量高，其有效能量含量仍是较低，所以其能值不能和豆粕的相比。如果有红花籽粕供应，只要正确考虑营养素的有效性，可以较大量地用于家禽日粮。

### 2.1.29 芝麻粕

芝麻粕极为缺乏有效赖氨酸，有时可利用这个特点来配制试验性的缺赖氨酸日粮。芝麻粕也含有大量的植酸，能引起钙代谢问题从而导致骨骼障碍或蛋壳质量下降。如果日粮含芝麻粕>10%，计算配方时应额外增加0.2%的钙。

### 2.1.30 羽扇豆

在世界某些地区越来越多地用低生物碱羽扇豆作为一种新的家禽饲料原料。这些新品种的有毒生物碱含量低于0.01%，大大低于野生品种的一般含量。这些低生物碱羽扇豆称为甜羽扇豆，不同品种的种皮颜色有白色、黄色或蓝色。羽扇豆籽粒的纤维含量高达25%，因此其代谢能值低于豆粕。成熟的羽扇豆籽粒含有很少或不含淀粉，其碳水化合物主要是寡糖和非淀粉多糖。很多报告指出，甜羽扇豆的蛋白质品质可与豆粕相比，但是赖氨酸和蛋氨酸含量稍低。它们的含油量只有6%~10%，又不含抗营养因子，所以可以廉价地加工。近来的研究表明，去皮羽扇豆的营养价值可以大为提高。正确地在日粮中补加酶也可以改进生羽扇豆的饲用价值。精细研磨也有助于消化率。

### 2.1.31 血粉

血粉的粗蛋白含量很高，是优良的赖氨酸来源，但是很缺乏异亮氨酸。如果想在日粮中大量使用血粉，必须纠正这种不平衡性。血粉基本上是来自加工厂的血液固形物，主要含有血红素、细胞膜、细胞电解质和少量的脂肪。血粉在日粮中的利用历来受到严格限制，主要是因为适口性问题和动物的生长差和羽毛不正常。所有这些问题都和其固有的氨基酸不平衡有关，也和血粉加工过程中温度过高致使消化率和可利用性下降有关。如果烘干条件不是过于强烈，氨基酸就比较稳定，适口性问题也较少。如果血粉加热过高，它的颜色就变得接近黑色而不是红褐色。血粉的氨基酸平衡可以通过与其他原料混合而得到改善。比如，将血粉和水解毛发粉按50:50之比混合，其产品的氨基酸平衡就相当不错，当然要优于单独的这两种原料。这样的混合物可以用于最低成本配方，而其中的哪一种原料都由于氨基酸不平衡而不能单独使用。

## 2.1.32 钙、磷和钠的来源

### 钙

对于这些原料一般不设置什么限制因素，因为关于日粮中钙磷的最大和最小使用量应有相当严格的规定。过去，关于石灰和贝壳作为钙源的相对效力（尤其是对于产蛋鸡）有相当大的意见分歧。可能，颗粒大小比钙的来源更为重要。一般说来，颗粒越大在消化道上部停留的时间就越长。这意味着，较大颗粒的钙排出得较慢，这对持续的蛋壳形成很重要，特别是在黑暗里蛋鸡不愿意采食的期间。贝壳比石灰要贵得多，其好处是很容易被蛋鸡生产者从日粮中认出，所以在饲料加工过程中被遗漏的机会较少。如果日粮中加有贝壳，蛋鸡也有一定的机会自己选食，这对于在形成鸡蛋期间比不形成鸡蛋期间维持最佳的钙平衡具有重要意义。近年来美国 Chesapeake 地区由于环境问题而限制采挖贝壳，这可能拉大贝壳和石灰之间的差价。

石灰的颗粒大小应以易于被鸡啄啄食为度。对于产蛋鸡来说，以相当粗的碎片为宜。近年来有人注意到，不同来源的石灰有不同的溶解度。对此有简单的检测方法：把石灰加入起始 pH 为 4.0 的盐酸，测定 pH 的变化。当然最好是 100% 溶解，而且理想的是在较长的一段时间里完成，因为钙进入血流是一个缓慢的过程。

有时会有含镁石灰（dolomitic limestone）供应饲料工业。含镁石灰至少含镁 10%，这不利于钙的吸收。饲喂含镁石灰的后果是引起缺钙，一般表现为骨骼生长不良或蛋壳质量下降。含镁石灰的主要用户是钢铁业，所以这种原料流向饲料工业或许是钢铁业在经济上不景气的反映。在家禽日粮中永远不应使用含镁石灰。

### 磷

世界各地使用的无机磷原料数量相当可观。多数天然的磷酸盐如果不经过热处理是不能被家禽利用的。磷酸盐的品质也可以像石灰一样根据在 pH4 盐酸中的溶解度来衡量。不溶性的磷酸盐难以为家禽所用，但是，溶解度不是可利用性的保证。因此，溶解度试验仅能用于筛选掉不溶性磷源。检测生物有效性要复杂得多，因为必须对鸡的生长和骨骼灰分进行生物学测定。

除了软磷酸盐（soft phosphate）以外，多数磷酸盐中磷的有效性接近 100%。但也有例外，主要是磷块石（rock phosphate）和库腊克磷酸盐（curaco phosphate），它们对家禽的有效性仅 60%~65%。无水磷酸二钙的有效性比水合磷酸钙的约少 10%，这可能与溶解度有关。就此而言，凡是能刺激胃腺分泌因而增加盐酸产量的原料都能改善无水磷酸盐的利用率。有些磷块石含有的各种污染物值得养禽业注意。其中最常见的是钒。日粮中只要有 7~10mg/kg 的钒就可使蛋的内部品质受到损害。稍高水平的钒（15~20mg/kg）可使蛋壳结构发生变化，使蛋壳呈半透明状并显得较为易碎。磷块石也可含有多至 1.5% 的氟。因为氟会影响钙代谢，管理条例经常对它在饲料中的最高允许量作出规定。建议只使用脱氟磷块石，但是必须记住这种产品一般约含 5% 钠。多数矿物质原料对制粒过程是

有害的，因为会对制粒机的环模形成明显的摩擦。从制粒效率来说，使用磷块石比使用磷酸一钙或二钙有明显的优越性，制粒机的通过量可以提高 10%。

### 钠源

多数日粮要加入一些盐，主要是氯化钠。如果不单独加碘，则必须使用碘化盐。在很多国家各种盐是以颜色来区分的，通常的盐是天然白色，碘化盐为红色。在猪和反刍动物日粮中经常使用碘化钴盐，这种盐用于家禽也不会有问题。这类盐经常是蓝色。由于高含量的氯化钠会导致饮水增加，因此，其中一部分用碳酸氢钠代替是有好处的。用碳酸氢钠代替 30% 的补加盐不会降低生产性能，而家禽的粪便常常会因此而变得较为干燥。如果碳酸氢钠的加入量高于 30%，则必须注意平衡氯的水平。在商业生产条件下往往难以找到比盐更经济的氯源。在计算日粮配方时应考虑到氯化胆碱和赖氨酸盐酸盐这类原料所提供的氯。在热应激时用碳酸氢钠取代氯化钠时要考虑得失问题。使用碳酸氢钠时家禽的饮水量将减少，这也就是为什么要取代的原因。但是我们确实不得不置疑这样的情景，因为在极端的热应激条件下较高的饮水量是和存活率相关联的。表 2.13 列出了钙、磷和钠的各种来源。

表 2.13 钙、磷和钠的来源

原 料	% 钙	% 磷
石灰	38.0	—
贝壳	38.0	—
碳酸氢钠	40.0	—
骨粉	26.0	13.0
磷酸一钙	17.0	25.0
磷酸二钙	21.0	20.0
磷酸三钙	23.0	19.0
脱氟磷块石	34.0	19.0
库腊克磷酸盐	35.0	16.0
磷酸 (75%)	—	25.0
原 料	% 钠	% 氯
纯盐	39.0	60.0
碘化盐	39.0	60.0 (I, 70mg/kg)
碘化钴盐	39.0	60.0 (I, 70mg/kg; Co, 40mg/kg)
碳酸氢钠	27.0	—

### 2.1.33 微量矿物质

微量元素以不同的形式出现，有时问题出在对矿物盐的成分和（或）稳定性缺乏了解。关于矿物质有效性的研究多数是用所谓的试剂级矿物质做的，它们纯度很高、成分清楚。可惜饲料工业买不起这么昂贵的纯品，显然只能使用饲料级产品。

在使用于配方之前要弄确切的一个最重要的因素是矿物质的水合化状态。很多矿物质产品含有结合水，它显然会稀释有效的矿物质浓度。比如，水合硫酸铜（白色结晶）约含40%铜，而通常的五水泻盐（pentahydrate，蓝色）含有26%铜。还应该强调的是，生产过程中的各种加工条件可能会降低矿物盐的生物有效性。这两个因素加在一起意味着，微量元素原料的效力比化学标准值要低不少（表2.14）。为此，饲料生产厂家应该非常重视根据效价、水合度和纯度来选用微量元素。对所有的矿物质原料都应进行分析，主要的矿物质成分都应按“实有”基础列出。

由于饲料生产厂家在配制日粮时经常关心日粮中的“空间”，因此趋向于生产很浓缩的矿物质和维生素预混料。在考虑矿物质原料浓度方面，氧化物较有吸引力，因为它们必然含有最高的矿物质浓度。但是，氧化物是有效的氧化剂，如果和预混的维生素在一起放置较长时间，就可能破坏对氧化敏感的维生素。因为氧化物一般不像其他矿物盐那么容易获得，所以在预混料中不应仅仅使用氧化物。

表 2.14 微量元素原料

原 料		主要矿物的%	原 料		主要矿物的%
钴	氧化钴	71.0	锰	氧化锰	77.0
	氯化钴	24.0		氯化锰	27.5
	硫酸钴	21.0		硫酸锰	32.5
	碳酸钴	46.0		碳酸锰	47.0
铜	氧化铜 <sup>1</sup>	79.0	锌	氧化锌	78.0
	氯化铜	37.0		氯化锌	48.0
	硫酸铜	25.5		硫酸锌	36.0
	碳酸铜	55.0		碳酸锌	52.0
铁	氧化铁 <sup>2</sup>	77.0	硒	亚硒酸钠	46.0
	氯化铁 <sup>3</sup>	34.0		硒酸钠	42.0
	硫酸铁 <sup>2</sup>	32.0			
	碳酸铁 <sup>2</sup>	40.0			
镁	氧化镁	56.0	碘	碘化钾	77.0
	碳酸镁	30.0		碘酸钙	65.0

<sup>1</sup> 二价铜；<sup>2</sup> 二价铁；<sup>3</sup> 三价铁



### 钴

主要的钴源是硫酸钴或碳酸钴。这两种产品都是好的钴源，硫酸钴的有效性稍高于碳酸钴。氧化钴的有效性非常低，一般不应在配方中考虑使用。

### 铜

饲料工业中使用的有氧化铜、硫酸铜和碳酸铜。氧化铜的生物有效性非常低，特别是那些含有相当数量金属铜的劣质样品。优质氧化铜的有效性和硫酸铜相似。如前面已经提到的，硫酸铜的水合度必须标明。

### 铁

饲料生产中应该使用铁盐。和铜一样，铁盐的主要污染物可能是铁本身，其生物有效性是非常低的。应尽量使用碳酸铁或硫酸铁。铁盐在贮存期间易于发生变化，最初的三价形式铁盐在 25℃ 贮存 3~6 个月后可产生 10%~20% 二价铁盐。

### 镁

碳酸镁和氧化镁都有饲料级产品供应。氧化镁在贮存期中随时都会吸收水和二氧化碳，这必然要降低镁的相对效力。

### 锰

饲料工业中使用的主要锰源是氧化锰。硫酸锰和碳酸锰有较高的生物有效性，但是使用起来一般不太经济。氧化锰的生物有效性为 50%~70%，但可能受到其主要污染物二氧化锰的极大影响。二氧化锰的生物有效性仅为氧化锰的 50%，所以如果氧化锰中污染了可观数量的二氧化锰后其有效性将明显下降。氧化锰中二氧化锰含量不应超过 10%。在研究报告中氧化锰有效性之所以存在变异范围无疑是有二氧化锰污染的反映。

### 锌

饲料工业中使用得最广泛的锌源形式是氧化锌和硫酸锌。锌常常作为催化剂而使用于各种工业加工过程，可惜有时进入饲料工业的催化剂只有低的生物有效性。锌源可能被铅、铅和镉所污染。优质氧化锌和优质硫酸锌具有相似的生物有效性。

### 硒

硒经常以硒酸钠和亚硒酸钠的形式加入饲料中。最常见的天然硒是蛋氨酸硒，但是其效力似乎比上两种硒盐要低得多。在低蛋白日粮中硒的有效性似乎较高，但这可能是因为当家禽慢速生长时其绝对的硒需要量较低。不管是什么来源的硒，当日粮中含有抗氧化剂时其有效性就能得到改进。

亚硒酸盐较易还原成元素硒，因此有时人们愿意使用硒酸盐。金属硒的有效性很低，可与其他矿物质形成不溶性的复合物。不管使用什么形式的硒，必须注意的是其在最终日粮中的含量应大大低于其他矿物质元素，因此将它加入日粮或预混料中之前必须进行一定程度的预混。

### 碘

如果碘是加入矿物质预混料而不是与盐一起供应，则最好使用碘化钾或碘酸钙。碘化

钾极不稳定，稍遇加热、照射或（和）水分即迅速分解。因此，碘酸钙是最好的补碘来源。

### 矿物质螯合物

螯合物是矿物质元素与某种类型载体如氨基酸或多糖相结合的混合物。这些载体，或称配体，具有结合金属的能力，一般是通过氨基或氧的共价键。所形成的螯合物一般是环状结构，两价或多价金属或强或弱地结合在其两个或多个共价键上。血红蛋白中的铁是螯合物的经典例子。由于共价结合，螯合物是没有电荷的。

螯合或复合的矿物质一般较无机矿物质要贵得多，因此人们期望能够通过以某种方式增加吸收率或改进利用率而改善家禽的生产性能。很难仅仅根据肠道中吸收的改进来判断螯合矿物质的价格是否合理。通过加倍使用无机矿物质可以最经济地提高吸收率，提高幅度甚至高达50%。但是，任何一种矿物质的使用量都有限度，因为对其他矿物质或其他营养素的吸收和利用有潜在的负面作用。有些无机矿物质的有效性非常低。比如，有些硫酸锰样本中锰的有效性据报道只有5%，在此情况下，为了校正潜在的锰吸收问题而把添加量提高20倍将可能对磷、钙和铁的吸收产生负面作用。

人们经常用影响血铁吸收的因素来支持使用螯合矿物质的概念。有不少微量元素（如，铜、锰和磷）能影响无机铁的吸收，但对血铁的吸收却影响很小。因此可以预期，螯合矿物质的吸收比较稳定，较少受到肠腔中不利环境的影响。螯合物中矿物质的生物有效性也应是稳定的，因为螯合矿物质在生产过程中要进行标准化，不像有些无机盐是在较不标准的条件下生产的。还有人宣称其所使用的螯合矿物质被吸收后在细胞水平较为有效。有些经典主张支持这些推测，认为肉禽和蛋禽生产性能的提高是因为螯合矿物质能刺激各种生物学过程和（或）这些矿物质能以较大的亲和力或效率进入某些贮库。

无机矿物质大概会含有微量的重金属如砷、铅、和镉。这种微量的重金属对于家禽是不成问题的，但是最近EEC还是提出了在矿物质预混料和全价饲料中对这些金属的限制。在使用常规矿物盐时很难稳定地保持最低水平，然而螯合矿物质是极纯的，一般不含重金属。

最终选择使用无机或螯合矿物质是一个经济学问题，显然与成本效益有关。选择结果取决于所使用微量元素的量和组成以及可供应无机矿物质的预期生物有效性。

### 2.1.34 合成氨基酸

目前，合成蛋氨酸和赖氨酸已在家禽日粮中常规使用。将来，合成色氨酸和苏氨酸随着价格的下降也可能较频繁地使用。在多数情况下，是否使用合成氨基酸是一种经济决策，因此它们的价格趋向于紧跟豆粕价格（表2.15）。豆粕是全世界广为使用的主要蛋白质（氨基酸）来源。到2010年，北美的赖氨酸用量估计为15万吨，蛋氨酸约8.5万吨，其中30%~65%用于家禽业。

表 2.15 合成氨基酸

氨基酸	相对活性 (%)	粗蛋白当量 (%)
DL-蛋氨酸	100	59
蛋氨酸羟基类似物 (液体)	88	0
L-赖氨酸	100	120
L-赖氨酸 HCL	79	96
L-精氨酸	100	200
L-精氨酸 HCL	83	166
L-色氨酸	100	86
L-苏氨酸	100	74
甘氨酸	100	117
谷氨酸	100	117

赖氨酸一般以盐酸盐的形式生产，因此商业产品具有 79% 赖氨酸活性（按重量计）。在北美，赖氨酸趋向于成为一种商品，因此其使用直接和其他饲料原料的使用有关。一般说来，豆粕价格上升或玉米价格下降时，L-赖氨酸盐酸盐的用量就增加。但是，在欧洲由于商品价格历来很高，L-赖氨酸盐酸盐较少作为商品而是作为改进生产性能的手段使用。因此，当根据这两个地区所报道的研究结果来分析使用赖氨酸的成本效益时必须小心。

在多数家禽日粮中，色氨酸不被认为是限制性氨基酸，所以较多地使用合成色氨酸这种动向是来自养猪业。当日粮粗蛋白水平下降时色氨酸将成为限制性营养素。目前由于日粮分析的复杂性，色氨酸的有效使用在一定程度上受到阻碍。测定原料和饲料中的色氨酸含量比测定其他常用氨基酸要复杂得多，这部分地导致了对色氨酸的反应作定量研究时所得的结果存在较大变异。当日粮中含有相当数量的肉粉或家禽副产品粉时最可能考虑使用这种氨基酸。

蛋氨酸可以以多种形式（包括类似物）供应，其供应形式多年来研究不少。现基本上认同四种不同来源的蛋氨酸（表 2.16）。

表 2.16 蛋氨酸的来源

DL-蛋氨酸	DL-蛋氨酸 Na	蛋氨酸羟基类似物	蛋氨酸羟基类似物-Ca
$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{S} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{S} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COONa}^+  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{S} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{S} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{COOCa}^+  \end{array}  $
粉状	液体	液体	粉状

DowChemical 公司在 20 世纪 40 年代首次以商业生产的数量生产粉状 DL-蛋氨酸。孟山都 (Monsanto) 公司在 50 年代生产蛋氨酸羟基类似物 (MHA) 钙盐。从此, 在市场上就形成了对粉状和液体状 DL-蛋氨酸及其类似物的需求。

一些时候以来人们已经知道, 多数必需氨基酸可以被相应的  $\alpha$ -酮酸 (类似物) 所代替。但是, 赖氨酸和苏氨酸是例外, 因为它们不参与转氨基过程。有人设想, 家禽可以通过转氨基作用 (主要涉及非必需氨基酸, 如谷氨酸) 而生产相应的氨基酸。这种转氨基作用可以发生在各种体组织之中, 有些肠道微生物也能在吸收之前合成氨基酸。在选择蛋氨酸来源时经常提出关于液体 MHA (如 Alimet<sup>®</sup>) 这类产品的相对效力问题。根据正常的化学结构, 液体 MHA 的基础值是 88%。有人表明, 88% 这个值的有效性范围是从 60% 到 100%。难以使人相信的是有任何一种营养素的效力能有如此大的变异范围。因此, 当我们评估这种结果时必须注意试验条件和日粮配方。影响 MHA 效力的因素有肠道中吸收量的不同、在体组织中的降解和 (或) 被肾脏排除的程度。影响在商业条件下对 MHA 反应的另一个主要变数是配方所用原料的蛋氨酸含量以及蛋氨酸和胱氨酸的日粮规格。对于为什么营养学家要使用不同的效力值一般总能有合理的解释。底线是每生产 1kg 禽肉或禽蛋的成本, 在一个一体化生产体系中诸如 MHA 等产品的价值会很快地被人们所认可。多数情况下, MHA 按相当于 85%~88% 的 DL-蛋氨酸使用。

## 2.2 原料测试

对原料必须不断检测, 以确保稳定的营养成分和了解是否存在潜在的污染物。检测的数量和频度取决于原料的类别和以往的分析结果, 在某种程度上还取决于季节。对于来自

新供应商的原料应该进行最严格的检测，只有当确认其营养成分稳定后才可以减少检测的数量和频度。在前面描述各种主要的原料时已经列举了检测的类型和频度。

取样的频度无疑视饲料中某一具体原料的重要性而有所不同。比如，当广泛使用鱼粉，其氨基酸在日粮中占据重要份额时，应该较为经常地进行氨基酸分析，并经常检查肌胃糜烂因子。如果以往的分析结果都很稳定，那么检测频度可以下降。

为了使分析结果可以说明问题，原料取样必须准确。对于袋装的原料，每吨至少抽4袋，从每次送货中最多可以抽取20个样本，然后将这些亚样本汇集起来，从中取1~2个样本送检。我们总是建议保存一部分这种混合样本，尤其是如果样本由外面的实验室进行检测。对于散装原料，每辆卡车或车厢大约取10个亚样本，然后加以混合，得到一个有代表性的混合样本送检。

有一系列快速方法可以用于原料评定。在有些情况下，这些测试特定地用于某些原料、某种原料中的某些营养素和（或）抗营养物质。相反，有些测试则却可以普遍用来分析一系列原料。到底进行哪些测试，要根据原料在日粮中的重要性和测试要素的相对贡献而定。建立原料数据的历史档案也是很有用的，有助于决定对各种测试程序的需要和频度。除了对多数重要的营养物定期地进行较广泛的化学测试外，还有下述的测试或方法。

### 2.2.1 容重

谷物的容重与其能量值及蛋白质含量有关。北美一般使用的衡量标准是蒲式耳重，通常的公制当量是kg/100L。谷物的百粒重也可以用来表示容重。在正常的生长条件下，能量水平一般随容重的减少而下降（主要与胚乳中淀粉含量减少有关），但蛋白质含量却上升（因为多数蛋白质是在果皮层）。容重对于计算工厂内所需的贮存空间也是有用的数据。

容重随水分含量而变化，在测量时应注意到这点。测定容重很容易，只要把谷物放入一个已知体积的容器称取其重量。容器越小，越要注意盛满度的标准化，特别是原料的包装。容重值并不是总可以相加的，因此，粉料的容重并不是总可以根据其构成原料的容重来预测的。当把不同粒度大小的颗粒混合成一种饲料时就会出现这样的情况，从而影响空闲空间（empty space，常见于低容重的原料如次麦粉或苜蓿粉）。

### 2.2.2 近似分析

近似分析仍然是检测原料质量所用的一种最广泛采用的体系。每当我们根据可消化或可代谢营养物配制日粮时，经常对其值有所怀疑，因为近似组分是很宽阔的，既包括可消化组分也包括不消化组分。但是，近似分析十分快速和便宜，而且确实可以给我们一个关于原料成分连续性的概念。近似分析也可以用于预测营养物含量，如总氨基酸和可消化氨基酸。这类资料基本上是简单的近似组分和氨基酸分析值之间的回归分析。

近似分析把一个原料分成6个组分，即水分、乙醚抽出物、粗纤维、无氮浸出物、粗

蛋白和灰分。近似分析的有些信息（一般为蛋白质、乙醚抽出物、纤维和灰分）会在跟随饲料的标签上注明。这些值是饲料生产厂家提出的质量保证。

水分一般是样本在炉中烘干至恒重时所损失的重量。水分被认为是一种营养素，它的作用是作为其他营养素的稀释液。因此，水分增加会降低饲料的总体营养值。由于水的含量是有变化的，所以原料的营养素含量应该在干物质基础上进行比较。水分大大超过12%~13%时就应该注意霉菌生长的可能性。

脂肪是通过用乙醚浸出干样本而进行测定。将乙醚蒸馏掉并称量剩余物就是浸出物的重量。虽然这是测定饲料中脂肪含量的常用方法，乙醚浸出并不能提取所有脂肪，尤其是磷脂或与蛋白质相结合的脂肪。为了得到“总”油脂值，经常必须进行酸性水解，然后用氯仿、甲醇或乙醚来提取水解物。酸性水解也会释放以皂类形式存在的脂肪，而且很可能会释放细菌细胞壁中的脂肪。

测定粗蛋白是测量饲料的含氮量并乘以6.25。这个系数的依据是平均说来纯蛋白质含16%氮，因此， $100/16=6.25$ 。对于多数原料，这个假设是相当准确的，使我们得以简单地根据直接和不昂贵的定氮来估计蛋白质（测定蛋白质是非常复杂的）。饲料的含氮量一般是用凯氏（Kjeldahl）或heco法来测定。凯氏法是通过用浓硫酸在适当的催化剂作用下消化饲料样本，将其氮转化成铵盐。将样品变成碱性后，把氨从消化混合物中蒸馏出来，进入收集瓶。用标准化的酸滴定氨的量，然后计算得到氮进而粗蛋白质含量。

测定原料的灰分是将所有有机成分燃烧掉，仅仅剩下矿物成分。有些成分如硒和砷在这样的温度下会形成挥发性氧化物。为了避免这些损失，可以在灰化前加入一定数量的氧化钙使灰分变成碱性。

测定粗纤维是按照特定的程序用 $H_2SO_4$ 和NaOH溶液连续地煮饲料样本，所得到的不溶性有机残余物就是粗纤维。测定粗纤维的意图是把较易消化的碳水化合物和较难消化的碳水化合物区分开来。和稀释的酸和碱一起煮沸的目的是模拟消化道中发生的过程。这个程序所依据的设想是在试验中容易溶解的碳水化合物也将易于为动物所消化，而在这些条件下不溶解的物质也难于为动物消化。粗纤维最多是饲料中不消化物质的近似值。尽管如此，它仍是用作估计饲料能值的概括指标。纤维高的饲料，其ME值就低。

测定无氮浸出物（NFE）是从100减去灰分、粗蛋白、粗纤维、乙醚抽出物和水分百分含量的总和。NFE被认为是可消化碳水化合物的衡量指标。对近似分析体系的批评是它的一个主要组分，即NFE是根据差数计算而得，而不是实际上直接测定出来的。

近似分析给出一种饲料营养价值的某些指示。比如，一种物质的粗纤维很高，其能值大概就低；粗纤维低、乙醚抽出物高的饲料，其能值大概就高。饲料的粗蛋白含量是其作为蛋白质源的潜在价值的良好指标。但是，除非知道氨基酸组成，蛋白质的实际品质是不能测定的。某些原料，如肉粉，一般含有大量灰分。肉粉和鱼粉的钙磷含量可以从灰分值估计出来，因为它主要由骨灰构成。因此，测定这些物质的灰分是很有用的。

近似分析可能最好叫做近似值分析，特别是因为它的一个重要组分，NFE，是由差

数估计而来。但是对于必须进行其他较为特殊的分析来说，近似分析是一个有用的起点。

### 2.2.3 氨基酸分析

测定总氨基酸含量既费时又昂贵，所以一般不作为常规程序。今天最为通常的程序是气相液相色谱分析，它可以高度自动化，可以比较快地得到分析结果。但是主要的时间因素在于分析样本的准备，因为必须把氨基酸成分从蛋白质结构中释放出来。这个预分析程序通常叫做水解，在此过程中必须高度注意，因为如果处理不当，有两种重要的氨基酸可能会遭到破坏。色氨酸在水解过程中几乎完全被破坏，只有在碱性水解或磷解后才能被测定。在氨基酸分析中使用的酸性缓冲剂也会破坏色氨酸。水解时还必须特别注意避免蛋氨酸和胱氨酸遭受损失。在水解之前通常进行过甲酸（performic acid）氧化，使蛋氨酸转化成蛋氨酸砜（methionine sulfone）、胱氨酸转化成磺基丙氨酸（cysteic acid）。然后通过用HCl水解将氨基酸从蛋白质中释放出来。对于色氨酸，重要的是进一步注意避免其被酸、碱所破坏。正因为样本制备中存在这些问题，所以在发表数据时往往不提色氨酸。

为了测定可消化（有效性）氨基酸，必须饲喂家禽并测量饲料和粪便中的氨基酸总量。投入氨基酸和排出氨基酸的差就被假设为可消化或有效氨基酸。最容易进行的生物学测定是TME精准强饲体系，因为可以对原料进行单独考虑。在经典生物学测定中，家禽任意采食饲料，只有被测定原料可以提供氨基酸。在这种情况下必须使用半纯化日粮（含有糖、淀粉、沙和油脂等其他基础原料），在实践中这种日粮常常遭到置疑。今天，几乎所有对氨基酸消化的估计值都来自强饲法，经常采用的术语是TAAA（真氨基酸有效性）。

### 2.2.4 代谢能（AME或TME）

一种原料或日粮中最昂贵的营养素是代谢能，可是它也是最难以测定的。就好像可消化氨基酸一样，估计AME或TME也需要用活的动物进行生物学测定。对能量进行实验室测定的唯一内容是总能，这只是用于AME或TME测定的起始点。一种原料或日粮在氧气中燃烧所产生的总热量称为总能。木材和玉米含有大约相近的总能。

在能量的生物学测定中，家禽饲喂含有一定数量原料的日粮，在平衡期的3~5天期间测定饲料进食量和粪便排出量。测定饲料和干燥粪便的总能，通过计算得到来自所测原料的代谢能。在进行TME测定时，给家禽强饲的仅仅是所测定的原料，因此ME的估算就简化了。为了完成测试而进行的一切实验室和样本制备工作，需要2~3周的时间才能得到结果，每个样本的成本接近1000美元。

由于测定AME或TME极为复杂而昂贵，有人就研发了各种化学的或体外的方法。本质上，这些方法的意图是把比较容易测定的成分和有效能进行相关分析。最早出现的这种计算方法之一由Carpenter和Clegg（1956）提出。他们的公式至今仍然可以和近50年来开发的任何方法相媲美。

$$\text{ME (kcal/kg)} = 53 + 38 (\% \text{粗蛋白} + 2.25 \times \% \text{脂肪} + 1.1 \times \% \text{淀粉} + \% \text{糖})$$

这类预测公式的准确度在 $\pm 200\text{kcal/kg}$ 之间,可用于测定一种新原料的 AME。还有根据酶解而进行的 ME 测定方法。最成功的一种方法是从猪采集十二指肠液,在其中培养 1~2h 后测定所溶解成分的总能。还可以用 NIRA 方法测定 AME (见下一节)。

### 2.2.5 近红外分析 (NIRA)

NIRA 为非常迅速地进行原料和饲料的分析提供了可能。这种技术能够检测任何由有机物构成的成分。这个系统能测定代谢能及较简单的成分,如脂肪、水分、蛋白质和纤维。分析中测定的是当用非常特殊波长的光束轰击样本时有多少光能(量)被吸收。

NIRA 的基础是化学统计学,是将数学应用于分析化学。这是光谱分析、统计学和计算机科学相结合的一种技术。所构建的计算机模型反映了化学组成(有活性的化学基团)和近红外区光谱(范围为波长 700~2 500nm)的能量变化之间的相关关系。

在这个光谱区,我们度量的主要是化学键上氢原子的振动,与此氢原子相结合的是氮、氧或碳等原子。由于多数饲料是不透明体,所以 NIRA 使用的是反射比而不是透射比。根据一个样本的反射光(漫射式反射)间接地对该样本所吸收的能量进行定量。NIRA 度量的是被样本的成分(比如,近红外光谱中特定波长下的肽键)所吸收的红外辐射。该样本中的其他成分也吸收能量而起干涉作用。这种干涉作用可以通过对光谱数据的数学处理和多重线性回归或其他统计学程序来消除。

由于每个原子存在时一般处于其最低能量状态,吸收能量后其能量状态得到“一定程度”的提高。此能量吸收发生在该特定原子所特有的波长段。在基础红外区的能量吸收是很强烈的,但是对于某些原子基团来说又是非常有特异性的。比如,水和淀粉所具有的特异性吸收都发生在同一个波段,强而特异的基础波段很难区分这两种成分。这并不是说红外分析不能用于饲料分析。比如,对于纯营养素(氨基酸、维生素)来说,利用在基础范围的光反射可以为非常特异的纯度分析提供可能。对于混合组成的样本,不管是原料还是全价饲料,则必须用分辨力较高的分析方法来区分不同的化学基团。在吸收较弱的近红外光谱段,所考虑的是“次要的”吸收波长,它们经常被称为“泛光”。通过考虑波长的光谱,为样本的每一种主要成分确定一种吸收(反射)能量的特异性模式。然后,运用化学统计学计算在每一个波长的相关系数,同时选择对所研究营养素的最佳配合和在所有其他吸收频率的最佳配合,以便用一个校正因子来消除一切干扰问题。

因此,NIRA 是否有用完全取决于对设备的仔细而认真的定标。在一定程度上,这些工作可以通过引进宽红外波段扫描仪而简化。在有这种技术以前,只能使用固定的滤光片设备,为了得到可用的定标必须预先知道可能的吸收波段或对大量的波长进行繁琐的测定。

为水分、脂肪、粗蛋白和纤维这些成分定标是很简单的过程。可以把这些定标综合到一个单一的程序之中,这样每扫描一个成分,其他各项分析就同时进行。能够确保均匀的磨碎细度并控制样本水分的商用机器,大多能解决大部分与操作过程有关的变异度问题。

用 NIRA 测定代谢能是一个相当大的挑战。首先,需要有范围广泛的已经有分析结



果的日粮资料，以使用作定标。用常规的生物学方法来评定代谢能既费时又费钱，这无疑限制了至今在这个领域的研究。其次，代谢能本身对于 NIRA 是一个复杂的问题，因为能量贡献并不局限于一种营养素而是由一系列的分子结合和构型所形成。因此，是否能够用 NIRA 来预测代谢能取决于能否预先按预期的代谢能、营养素贡献和原料组成选择范围广泛的日粮来进行仔细的体内分析。后面这些参数对于制订“通用型”定标是非常重要的。同样，在对光谱系数进行数学操作时必须极为小心。近几年来，Valdes 和 Leeson (1992, 1994) 为饲料和原料制订了这类定标。表 2.17 是一些原料的测定结果。

也可能用 NIRA 来预测原料中的氨基酸（表 2.18）和抗营养因子，如葡萄糖异硫氰酸盐或胰蛋白酶抑制因子，就和一切 NIRA 分析一样，影响这些预测的准确性的重要因素是用已知成分的样本进行定标的时间和精确度。

表 2.17 用 NIRA 预测代谢能 (kcal/kg)

原 料	测定值	NIRA 预测值
玉 米	3 380	3 370
大 麦	2 720	2 670
小 麦	3 275	3 225
豆 粕	2 340	2 320
面包房粉	2 990	3 005
牛 油	8 690	8 680
鸡 油	9 020	8 840
玉米油	9 660	9 530
棕榈油	7 300	7 700

引自 Valdes and Leeson (1992, 1994)

表 2.18 预测鱼粉中的氨基酸

	氨基酸%	
	测定值	NIRA 预测值
蛋氨酸	1.50	1.6±0.06
胱氨酸	0.60	0.6±0.07
赖氨酸	3.70	4.0±0.30
色氨酸	0.60	0.5±0.03
苏氨酸	2.20	2.3±0.09
精氨酸	3.40	3.4±0.09

Valdes and Leeson (未发表)

### 2.2.6 大豆和豆粕的尿酶测试

尿酶含量是胰蛋白酶抑制因子活性的指示参数。检测尿酶要比检测胰蛋白酶抑制因子容易得多，这两种分子具有相似的热敏感特性。对尿酶的快速定量检测试验是在有指示剂的情况下测定尿素向氨的转变。

用简单的比色法可以对尿酶活性进行定量检测。用 0.1mol/L HCl 或 0.1mol/L NaOH 使尿素-酚红试液变成琥珀色。在培养皿中放 50ml 指示液，然后加入 25g 豆粕。5min 后观察是否出现红色质点。如果没有，再放置 30min。如果还是不出现红色，就说明豆粕加热过头。如果最多有 25% 的表面被红色质点覆盖，说明尿酶活性可以接受。若 25%~50% 的表面被覆盖，需要对样本做仔细的分析。红色质点的覆盖面积超过 50% 则说明豆粕加热不足。

### 2.2.7 蛋白质溶解度

植物蛋白质一般溶于弱碱溶液。但是经过热处理后（很多原料在加工过程中一般都会遇到），蛋白质的溶解度就会下降。佐治亚的 Dale 及其同事制订了一种相当快速的测试法，可以比较准确地估计蛋白质溶解度，亦即豆粕的蛋白质品质。做法是把 1.5g 豆粕加入 75ml 的 0.2% 氢氧化钾溶液，搅拌 20min。可溶性蛋白质将处于液相状态。对液体进行离心后用全部或部分上清液作粗蛋白测定，然后计算原先 1.5g 样本的蛋白质相对含量。知道了原豆粕样本的粗蛋白含量后就很容易计算溶解百分率。表 2.19 是 Dale 和 Araba 提供的典型结果。随着加热时间的延长，蛋白质溶解度逐渐下降。理想的溶解度值是 75%~80%，高于此值说明加热不足，低于此值则说明蛋白质加热过头。这个测试的一个变种是评价在水中的蛋白质溶解度。所得结果有时叫做蛋白质溶解度指数（Protein Solubility Index）。据说，水溶解度与饲养价值的相关高于尿酶指数或 KOH 中蛋白质溶解度的估计值。

表 2.19 不同加热时间的豆粕样本的蛋白质溶解度

加热时间 (min)	尿酶 (pH 变化)	蛋白质溶解度 (%)	家禽生产性能	
			增重 (g)	饲料:增重
0 (生豆粕)	2.40	99.2	343 <sup>d</sup>	2.44 <sup>e</sup>
5	2.04	87.7	429 <sup>e</sup>	2.29 <sup>bc</sup>
10	0.23	79.1	481 <sup>ab</sup>	2.00 <sup>a</sup>
15	0	74.9	496 <sup>a</sup>	2.09 <sup>ab</sup>
20	0	71.8	500 <sup>a</sup>	2.03 <sup>a</sup>

引自 Dale and Araba (1987)。

### 2.2.8 蛋白质和氨基酸的染料结合反应

蛋白质可以与不少染料相结合，这就为比色鉴定提供了依据。这种染料结合技术既可用于测定蛋白质本身，也可在分析溶解度或消化率的实验中测定各种提取液中的蛋白质。因此，在敏感度要求允许的情况下，染料结合反应可以替代凯氏分析。以下是最常用的几种方法：

甲酚红 —— 参见 J. Amer. Assoc. Anal. Chem. 43: 440

橙黄 G —— 参见 J. Nutr. 79: 239

考马斯蓝 —— 参见 Anal. Biochem. 72: 248

赖氨酸也能和某些染料起反应。据此可作出比色鉴定。Carpenter 建议，如果某赖氨酸的  $\epsilon$ -氨基不与染料产生反应，则此赖氨酸可认为是“可利用赖氨酸”。最常用的染料是氟-2,4-二硝基苯 (FDNB)，它和赖氨酸结合而产生橙黄色。

### 2.2.9 鱼粉的肌胃糜烂因子

在有些国家，鱼粉是家禽日粮中采用的一种经济的饲料原料。如前所述，有些鱼粉会在幼龄家禽中引起严重的肌胃糜烂。在用鱼粉作为肉鸡日粮组成部分的地方，常常对每批鱼粉进行小鸡生长试验。用不含鱼粉的肉鸡开食料饲喂约 50 只小鸡 5~7d，然后在此日粮中混入 40%~50% 的被测定鱼粉，接着再饲喂 7~10d。然后剖检肌胃糜烂情况，经常采用如下的主观评分：

- 1) 肌胃色泽良好，极轻微的糜烂；
- 2) 轻微的糜烂，在某些部位可见衬里破坏；
- 3) 局部区域有糜烂，在其衬里较薄的地方有裂纹；
- 4) 严重的糜烂，衬里有裂纹，变薄并失色；
- 5) 肌胃衬里脱落并有出血。

由于日粮含有 40%~50% 鱼粉，多数被测定鱼粉样本都会引起一定程度的肌胃糜烂。被评为 4~5 分的样本经常被拒用，但是，是否作出这样的决策在一定程度上还要取决于商品日粮中的鱼粉使用量。

### 2.2.10 高粱单宁

单宁不利于蛋白质的利用，因此其在家禽日粮中的含量应该越少越好。高粱是单宁的潜在来源，它一般存在于种皮内。可惜在种皮颜色和单宁含量之间不存在明显的关系。高单宁高粱的种皮颜色一般较深，但是有些深色高粱的单宁含量并不高。单宁含在紧贴于果皮之下的种皮之中。因此有一个快速测定的方法是切开种子，观察种皮是否带有色素（单宁）。不久前有人提出了一种漂白试验，也是用来观察是否存在带色素的种皮。把约 20g（一汤匙）高粱与 5g 氢氧化钾和 75ml 家用漂白粉相混合。晃动混合物直

至氢氧化钾溶解，然后放置 20min 滤出高粱籽粒，用水冲洗，放在纸巾上。氢氧化钾会除去外面的果皮，暴露出种皮。高单宁高粱粒会显出深褐或黑色，而低单宁高粱粒则漂白为白、黄色。

### 2.2.11 蛋中的棉酚

给蛋鸡饲喂棉酚可使蛋黄变成绿—褐色，蛋白变成粉红色。棉酚一般存在于棉籽粕中，如前所述，通过改变日粮可以尽量缩小棉酚的作用。但是，鸡蛋变色仍不时出现，棉籽粕和棉籽油经常受到怀疑。将蛋黄放到有氨的佩特里培养皿中可以很快地使其变成褐色，变褐的程度取决于棉酚的含量。

### 2.2.12 脂肪评定

评定脂肪质量的最好方法是测定其水分、杂质和脂肪酸组成。但是，有不少较为简单的方法可以用来在一定程度上了解脂肪的成分和品质。脂肪滴度是反应其硬度的测值，只是简单地和熔点相关。牛羊脂和油脂之间的区分点是 40℃ 左右。熔点的高低与脂肪的饱和度成正比。显然，不论来自哪个供应商，同一级别的脂肪或脂肪混合物都应有稳定的滴度。碘价也可用来衡量脂肪的硬度。每个双键（不饱和键）会与一个分子的碘相结合，因此碘价和不饱和程度呈正比，但和滴度呈反比（表 2.20）。碘价在很大程度上受棕榈酸、油酸和亚油酸的含量所影响。一般说来，在 50~100 的范围内，滴度每增加 10 个单位，棕榈酸含量约减少 2%。另一个估计方法是碘价 =  $0.9 \times \text{油酸}\% + 1.8 \times \text{亚油酸}\%$ 。

表 2.20 碘价和常用油脂的滴度

	碘价	滴度,℃
牛羊脂	45	45
猪油	65	40
鸡油	80	35
植物油	120	15

油脂的一个主要关注点是酸败或酸败的可能性。酸败是一种不可逆转的氧化过程，也就是说它会自我催化，即分解产物用作下一代的燃料。酸败的脂肪口味不佳，较难消化，在极端情况下，氧化酸败的过程可以在采食了这些脂肪的家禽的体内继续下去。当一种脂肪送到的时候，经常用初始过氧化物值（Initial Peroxide Value, IPV）来衡量其酸败程度。如果 IPV 超过 18~20meq 就应该引起注意。如果一种脂肪没有用抗氧化剂加以稳定化，在随后的贮存期间就有可能发生酸败。这种可能性可以通过为酸败提供一个

极端条件来进行测量，即往加热的脂肪中通入纯氧吹 24h 后再次测定其过氧化物值。要提醒一句的是，过氧化物的积累和时间有关，因为当达到一个峰值后过氧化物会分解成其他的不消化成分。因此，已经完成了氧化的脂肪会表现低的过氧化物值，然而其营养价值却极差。查出这种样本的最好办法是闻它们的“酸败味”。

### 2.2.13 大米副产品中的稻壳

细米糠，有时也叫大米细麸，是世界各地水稻种植地区普遍使用的饲料原料。影响其营养价值的主要因素是稻壳含量，它基本上不能被家禽所消化。稻壳的主要成分是木质素，它与均苯三酚试剂起作用而产生颜色反应。均苯三酚试剂的配法是 1g 均苯三酚与 80ml 2mol/L HCl 和 20ml 乙醇相混合。将大米副产品按 1:2 之比与试剂混合，于 20℃ 左右放置 10min。所产生红色的深度与稻壳含量成正比。必须制订一套实际的稻壳含量和颜色评分的对应资料，用于对评定进行“校准”。

### 2.2.14 矿物质溶解度

利用各种酸来中和矿物盐可以在一定程度上反映矿物质的溶解度。对这种方法监测一段时间后便可获得有关溶解率的资料。一切矿物质来源都有可能用于家禽饲料，但是至少在钙源方面要注意溶解过快问题。中等溶解速度要优于非常快的溶解速度，因为前者能够较密切地配合较长时间地向蛋壳腺供应钙的需要。

石灰的溶解度可以容易地通过监测其在稀释酸溶液中的 pH 而度量。用一份 90ml 的 0.1mol/L HCl，先测定其初始 pH，然后逐步加入 10g 石灰，静置 10min、20min、30min 和 60min 后测定 pH。随着氢离子 ( $H^+$ ) 从溶液中释出，pH 上升。pH 变化 +0.1 相当于 20% 溶解率，变化 +0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9 和 1.0 大约相当于溶解率 37%、50%、60%、70%、75%、80%、84%、87% 和 90%。pH 变化 +2.0 相当于溶解率 99%。优质石灰在 60min 后应表现高的溶解率。达到溶解率 95%~99% 的速度表示此石灰的钙在腺胃中的释出速度。石灰颗粒的大小和多孔性很可能是影响溶解率变化速度的因素。良好的蛋壳品质和幼龄家禽骨骼发育取决于饲料中钙的溶解率是否保持稳定。

柠檬酸铵中和试验也一直用来评定磷源、锰盐和锌盐的溶解率。

## 2.3 饲料添加剂

家禽日粮中使用的许多添加剂本身并不提供任何营养素。许多添加剂是用来改善日粮的物理性状、饲料适口性或家禽的健康。以下的讨论不是为了阐述各种产品的效力，而是希望能够对于它们使用时的注意事项予以说明，诸如日粮配制、原料配伍和一般的饲养管理。

### 2.3.1 颗粒黏合剂

当需要注意颗粒质量时，往往给饲料原料规定一个颗粒持久性指数并在制订配方时予以考虑。玉米、大豆日粮是很难制粒的，其颗粒持久性指数为 55~60；而以小麦为基础并加有黏合剂的日粮，则该指数高达 85~90。对以玉米为基础的日粮进行制粒时，常常

必须使用合成的颗粒黏合剂以便达到所期望的颗粒质量。在多数情况下，对优质颗粒的需求是为了取悦于饲料的客户，因为家禽本身在生长率和饲料转化率方面对颗粒质量往往有一定的耐受范围。幼龄火鸡可能是对颗粒质量最敏感的，颗粒大小和碎末含量都能明显影响其生长率。在下面关于饲料混合和制粒的章节中将较具体地讨论制粒过程。

颗粒黏合剂有许多种，使用量各不相同。每种产品都应标明使用量。如果日粮中小麦或其副产品的含量少于10%，则为了使颗粒具有好的持久性经常需要加入黏合剂。两种主要类型的黏合剂都将木质磺酸盐或胶质黏土作为基础，其加入量大约是每吨5~12kg。有些报告说，胶质黏土类产品会在肠道中与某些B族维生素相结合，从而使它们不能为家禽所利用。胶质黏土产品也可能有助于降低家禽粪便的表观含水量。近来有人表明，某些形态的黏土具有黏合黄曲霉毒素的活性。木质磺酸盐颗粒黏合剂经常含有20%~30%的糖类，因此能为日粮提供一部分能量。研究表明，木质磺酸盐黏合剂的代谢能值为每千克900~2 200kcal，视糖含量而定。由于这些黏合剂在日粮中的使用量一般是1%~1.2%，其能量贡献不可忽略；每千克日粮10~25kcal。

### 2.3.2 制球虫剂

多数肉禽日粮以及平养幼龄种禽的日粮须添加制球虫剂。近20年来，所谓的离子载体制球虫剂一直占主导地位，它们在控制球虫病临床症状上是最为有效的。从营养学观点出发，在选择这些产品时必须谨慎，因为在某些情况下它们能影响家禽的代谢。

莫能菌素是一种很成功的制球虫剂，对肉仔鸡和火鸡都很有效。和多数离子载体一样，莫能菌素具有结合金属离子的亲和力，这些金属中对家禽代谢最重要的是钠和钾。拉沙里霉素也能结合金属，但其最大的亲和力是对钾，其次是钠。多数离子载体也能提高氢离子 $H^+$ 对膜的通透力，这对于酸碱平衡可能有重要影响。为此，需要对离子载体和热应激家禽进行更多的研究工作。有人证明，离子载体可改变矿物质的可利用性，但是在生产条件下不必予以考虑，因为多数矿物质的含量是高于需要量的。研究表明，对于各种矿物质来说，离子载体对其代谢的影响并不总是稳定的。比如，莫能菌素能提高某些矿物质在组织中的含量，而拉沙里霉素则相反，而对于另一种矿物质则这种作用又会反过来。

当与低蛋白（蛋氨酸）日粮结合使用时，离子载体，特别是莫能菌素，似乎有负面作用。在使用低蛋白日粮或对21日龄以内的家禽实行限制饲养时，应考虑使用非离子载体的制球虫剂，以免影响生长的速率和均衡性以及长羽。但是如果日粮的蛋白质水平正常，则离子载体对总含硫氨基酸需要的影响可以忽略不计。离子载体，特别是莫能菌素，确实对幼龄家禽有一定的生长抑制作用，但是到了停药期或肥育期，补偿性生长似乎可以完全消除这种影响。对于莫能菌素，5~7d的停药期足以获得补偿性增重，但是在此期间不可出现重大的球虫病侵袭。在侵袭不大时，建议使用无药物日粮，如果侵袭严重，则必须使用另一种制球虫剂。

在湿粪和某些离子载体产品之间的相互关系方面也一直有不同的意见。拉沙里霉素尤

其被认为与湿粪有关，因此当使用这种制球虫剂时经常建议降低日粮的钠水平。在此情况下经常疏忽了调整氯水平以致生产性能下降。关于离子载体和饮水尚有些未解决的问题，唯一的事实是饲喂了莫能菌素的家禽确实产生较干的粪便。

非离子载体制球虫剂未在肉仔鸡生产中广泛使用，但是经常被建议用于交替用药方案。尼卡巴嗪在这种交替用药方案中似乎效果不错，但仍然存在问题。尼卡巴嗪似乎会加重热应激的不利影响，如果不小心地按正常的制球虫剂用量加入蛋禽或种禽日粮就可能降低繁殖性能。用尼卡巴嗪饲喂褐壳蛋鸡后在48h内蛋壳颜色变白，但停药后可以完全恢复正常。甚至低剂量的尼卡巴嗪也会使蛋壳颜色略为变浅，使蛋黄出现斑点，使种禽的受精率和孵化率受损。

氨丙啉广泛地用于生长期的幼龄种禽，因为它能在一定程度上产生免疫力，而离子载体则不能。氨丙啉能引起发育中卵母细胞的硫胺缺乏，因此被怀疑是否会影响家禽的硫胺状态。在多数情况下家禽不会发生硫胺缺乏症，但是当氨丙啉和加工不善的鱼粉一起使用时出现过这种报道。加工不善的鱼粉含有较多的硫胺酶，会引起年轻家禽的硫胺缺乏症。

球虫疫苗现在已经广泛地应用于种禽，在肉鸡中的使用可能也将增加。一直有人在讨论如何通过日粮调控来加强免疫反应。球虫的卵囊在家禽10日龄时开始循环，如果垫料特别干燥，这个重要的循环就会效率低下。在这种极端条件下，建议短时间地提高日粮或饮水的钠水平，以便刺激饮水量。

### 2.3.3 抗生素，促生长剂

抗生素本身的使用渐渐在减少，但是，促生长剂的使用在多数地区还是相当广泛。促生长剂的作用机理在改善肠道微生物区系方面和抗生素相似。从这个角度来说，所使用的日粮原料类型可能影响这些产品的效力，因为微生物活性是受食糜组成所影响的，这方面进行的研究还不够多，例如，当抗生素使用于黑麦之类的原料时，所看到的有益作用。促生长剂不可能提高饲料的消化率，相反，饲料效率的改善是生长率提高的结果，从而降低了上市日龄。近些年来有人批评在家禽饲料中使用抗生素，特别是关心微生物建立对某一特定抗生素的抗性并在随后将这种抗性传递给已知病原菌的可能性。正因为如此，对于在人医中也使用的抗生素如青霉素实行了非常严厉的管制。

由于梭状芽孢杆菌经常繁衍和临床坏死性肠炎的发生，饲养肉鸡很难不使用促生长剂。有些国家已经在饲料中禁用亚治疗性促生长剂，于是这些产品就转而用作饮水添加剂。不用这种“抗生素”无疑会增加家禽消化道中细菌过度繁衍的风险，尤其是如果采用难消化的原料，因为这些原料可以为后肠道中的微生物发酵提供基质。这种旺盛的微生物生长可在家禽中产生各种后果。如果微生物是病原性的，会出现疾病。如果繁衍的是非病原菌，营养素对家禽的效力也会损失，这种情况无疑会导致“过料”，即在粪便中发现饲料颗粒。使用无菌（定菌，gnotobiotic）家禽时，日粮的AMEn总是会提高，因为这种情况下不存在微生物“消化”。

无疑，将来人们感兴趣的是，开发旨在减少依赖于亚治疗性抗微生物剂的营养策略。总体说来，这种策略包括三方面：限制为肠道微生物提供营养物、改变肠腔环境以限制微生物生长、启动或改进家禽的免疫反应（表 2.21）。

表 2.21 降低对亚治疗性促生长剂的营养策略

	研究领域	举 例
1. 通过限制营养供应而限制微生物生长	1. 使用较易消化的原料 2. 饲料加工 3. 使用饲料酶制剂 4. 降低日粮含氮量	玉米和小谷物互换 制粒、膨化等 非淀粉多糖 (NSP), 酯酶? 多用合成氨基酸
2. 通过改变肠道 pH 而限制微生物生长	1. 饲料和饮水的酸化 2. 刺激肌胃活力	磷酸、丙酸、乳酸 饲喂整粒谷物或大的饲料质粒
3. 改善对感染的免疫力	1. 疫苗 2. 启动免疫体系	球虫病 脂肪酸, 维生素 E
4. 干扰微生物的附着位点	1. 糖类	甘露寡糖

从理论上说，如果日粮的消化率较高，就应该只有较少的基质可以为微生物生长所用。在这个领域的最大成功可能来自饲料加工技术的发展和更多地使用外源性饲用酶。通过使用饲料或饮水酸化剂或仅仅是刺激肌胃活力而改变肠道 pH 似乎存在很大潜力。很多有机酸具有杀菌作用，有些具有腐蚀性。考虑到多数其他营养物的稳定性，在日粮中添加有机酸受到一些限制。有些产品如乳酸在很宽的 pH 范围内具有杀菌力，即使它们对小肠的 pH 可能没有很明显的作。

今日的蛋鸡和肉鸡具有很退化的肌胃。如果能提高肌胃活力，腺胃将产生较多的 HCl，这显然具有杀菌作用。因此，刺激肌胃的生长和活力可能变得更为重要，有助于家禽的健康管理。经常有人报道，降低饲料粒度的大小可以使肉鸡饲料的消化率得到提高。但是，在多数这样的试验里，青年家禽都具有退化肌胃。早先喂过粒度较大的饲料或较多纤维的家禽，使其肌胃活力得到加强，则大粒度饲料的消化力就较高。一般说来，肌胃功能和饲料的纤维含量及粒度大小有关。

如表 2.21 所介绍，抗生素的另外一种有潜力的替代品是甘露寡糖 (MOS)。革兰氏阴性细菌有甘露糖特异性纤毛，用其附着在肠壁上。来自酵母细胞壁的甘露聚糖衍生物为细菌纤毛提供了另一种附着位点，结果就使其随着未消化的甘露寡糖排出体外。将来对于饲喂无抗生素日粮的生长家禽所采取的部分策略可能是在每吨饲料中添加 1~3g MOS，



视家禽的年龄而定。

另外一个牵涉到在家禽饲料中使用抗生素和促生长剂的问题是这些成分可能在家禽的组织或蛋中积累。坚持按管理要求实行停药期可以消除这个问题，在工厂中把无药饲料和加药饲料进行混合也有同样效果。现在，很多国家在饲料厂制订了 GMP 和 HACCP 计划，以消除抗生素在家禽产品中残留的任何可能性。

有不少原料仍被认为含有“未知生长因子”。因此在日粮中经常加入 1%~2% 的首蓿粉、酒精糟滤液、面包酵母和动物蛋白等原料。这些原料所产生的任何“不可解释的”反应很可能与它们含有微量的维生素或天然抗生素残留有关。

#### 2.3.4 制真菌剂

在世界很多地区，霉菌及其引起的霉菌毒素造成严重问题，影响了动物的生长和繁殖性能。由需氧的野生霉菌和厌氧的仓储霉菌所产生的霉菌毒素可以积聚于一系列饲料之中而往往得不到监测。有不少制真菌剂可以使用，大多是以有机酸为基础。通过改变饲料的 pH 可望控制霉菌的生长，但是必须牢记的是已存在于饲料中的任何霉菌毒素都不能被这些制真菌剂所消灭。有机酸不仅价格昂贵而且会加快金属饲喂器和饲料厂设备的腐蚀。

龙胆紫也广泛用作制真菌剂，其效力受制于决定有机酸效力的那些因素，如时间、湿度、湿度和饲料的颗粒大小。龙胆紫也具有一定的制（细）菌活性，因此经常用来维持有益的肠道微生物区系，就像使用抗生素一样。近年来，用铝硅酸盐（沸石）和酵母细胞壁制品作为黄曲霉素吸附剂受到一定的重视。遗憾的是，为此必须使用较大量的沸石，而它们不能提供其他的营养素，事实上，它们对于某些必需矿物质还会起螯合剂的作用。但是，如果普遍存在黄曲霉毒素污染问题，则为了减轻这种霉菌毒素的作用，在每吨饲料中添加最多 15kg 的铝硅酸盐还是必要的。

此外，或者作为使用制真菌剂的替代措施，通过饲料配方、日粮调制和饲养管理也有可能减少霉菌的生长。饲料的表面积无疑与霉菌活性直接有关，简言之，饲料暴露的表面积越大，真菌孢子繁殖的可能性也越大。这很可能就是为什么饲料在从饲料厂运往饲料槽期间霉菌生长会增加的原因，因为在此过程中饲料的颗粒大小必然会下降，从而使表面积增加。高脂的肉鸡颗粒日粮在从制粒到被鸡采食之间，碎屑的含量可增加达 50%。在此期间，真菌的活性（经常是出现率）可提高 100%。在有可能污染霉菌毒素的地区，尽可能保持较大的颗粒或碎粒当然是有益的。制粒时产生的热量可在一定程度上对饲料起消毒作用，因为新鲜的颗粒上真菌数量很少。但是，制粒不能消灭在制粒前已形成的霉菌毒素，而且温湿的颗粒是真菌生长的理想基质。从这一点来说，降低饲料暴露于空气中的表面积是有益的。研究表明，来自食槽的饲料中真菌活性大于来自管道饲喂器的饲料，前者有较多的饲料暴露于空气中。

当有诸如黄曲霉毒素等污染时，提高日粮的蛋白质（特别是含硫氨基酸）含量是有益的。硫酸盐也可能有助于节省在患黄曲霉毒素病时所分解代谢的含硫氨基酸。由于黄曲霉

毒素病涉及一种特殊的酶系统，添加达 0.4mg/kg 的硒可能有助于克服这种霉菌毒素的主要负面作用。还有人报道说，尼克酸可以加快黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 的代谢，因而降低总体毒性。

看来，通过日粮的改进和饲养管理可以减少霉菌毒素病的发生率。但是，这些措施不可能 100% 有效，始终应该记住的是，如果谷物和饲料的水分能保持在 14%~15% 以下，多数真菌的生长可以得到抑制。

### 2.3.5 益生菌和前生素

益生菌不同于抗生素，它指利用活的微生物而不是其特殊的代谢产物。由于益生菌不是特异性分子，对它们很难定量，更难以描述其作用机理。益生菌可以分成两大类型：活的微生物和微生物发酵产品。多数研究集中于乳杆菌 (*Lactobacilli*) 和枯草杆菌 (*Bacillus subtilis*)，有些还涉及链球菌 (*Streptococcus*)。和抗生素一样，益生菌的作用机理也不清楚，但是有以下几种说法：a) 肠道菌落发生有益变化，*E. Coli* 群体减少；b) 产生乳酸盐，使肠道 pH 发生变化；c) 产生类似于抗生素的物质；d) 减少毒素排放 (*E. Coli* 受到抑制)。既然益生菌的活性有这几种可能的作用途径，那么研究结果不相一致也就不足为奇了。在多数情况下，饲喂活的培养物可以改变家禽的肠道菌群，一般是乳酸菌增加、大肠杆菌减少。在健康动物的肠道中产乳酸的细菌占据优势，因此只有在应激条件下大肠杆菌数量上升的时候，益生菌才能产生明显的效益。所以有人主张给 1 日龄家禽口服活的培养物作为预防沙门氏杆菌等有害细菌在肠道中繁殖的一种措施。

在说到益生菌时经常使用“竞争性排除”这个术语。有人认为，益生菌对于任何内在病原菌有竞争优势，不是取代它们就是预防它们在肠道中定植。由于益生菌合成了抑制因子，因此产生细菌性拮抗。乳杆菌和其他菌种所产生的乳酸就是这样的一种产物。益生菌也可能刺激黏膜免疫力。虽然取自成年健康家禽盲肠的不明微生物混合物似乎是有效的益生菌，管理部门却常常关注用不明微生物饲喂动物的剂量问题。目前，已知细菌的合成混合物似乎效力较差，可能的原因是我们对于健康家禽中正常（有益）的微生物群体还认识得很少。但是从长远来看，通过这个途径开发益生菌是最有成功希望的。由于在多数饲料中许多乳杆菌并不稳定，所以近来以枯草杆菌为基础的益生菌受到青睐，因为它们具有有活性的孢子，比多数产乳酸的培养物更为稳定。

尽管研究结果还有点缺乏结论性，益生菌的使用似乎正在增长，畜牧业者把这种产品看作常规抗生素的替代品。这种产品看来是该领域内不少研究者寄予厚望的基因操作的理想当选物。有些研究者认为，采用基因操作可以改造细菌，使它们具有更有利的基因特性，如产生消化酶和抗菌物质。

前生素 (prebiotics) 的目的是向益生菌提供对其有利的营养源，并假设益生菌的营养需要既不同于寄主动物或也不同于潜在的病原菌。某些抗内源酶消化的寡糖似乎能促进小肠后端和大肠中较有益微生物群落的生长。但是，某些病原菌如产气梭菌 *Clostridium perfringens* 也能发酵有些寡糖。用猪进行的一些初步研究显示，一定的前生素和益生菌

组合具有协同作用，并据此预期这两者都是起作用的。

### 2.3.6 酵母菌

酵母菌是单细胞真菌，多年来一直在饲料工业和食品工业中使用。在全部 B 族维生素被发现之前，啤酒酵母曾经是单胃动物日粮的一种常用原料。如今，有些营养学家仍在配方中使用这种灭活微生物作为所谓的“未知生长因子”来源。近来，有人主张使用活酵母培养物。这种培养物经常含有酵母菌本身及其培养基。多数酵母培养物是来自酵母属 (*Saccharomyces*)，特别是酿酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*)。就像益生菌一样，酵母培养物促进动物生产性能的作用机理也尚未认识得很清楚。酵母可能是通过控制 pH 而改善原有的肠道菌群，肠道中存在活酵母菌也可以消耗游离氧，这有利于促进其他厌氧菌的生长。目前似乎还没有任何按动物营养的特殊需要来改造酵母菌的动向。这在某种程度上与对其作用机理缺乏了解有关。因此，如果在这个领域获得更多的知识，人们就可以考虑生产所谓的“定制酵母菌”。

### 2.3.7 酶

自从华盛顿州立大学的研究者发现，使用各种酶可以改善大麦和黑麦日粮的消化率后，家禽日粮中就一直在添加酶。但是在 20 世纪 50 年代，玉米大豆日粮占据优势地位，它们具有高的消化率，因此对应用饲料酶的兴趣就不大了。近几年来，这个营养领域重新受到重视，原因是使用小谷物经济有利，还因为对作用机理有了更好的认识，而市场上又有各种酶的供应。现在已在生产专门的饲用酶，它们大致上可分为碳水化合物酶、蛋白酶和脂肪酶。提高谷物中各种碳水化合物的消化率和植物蛋白质的消化率受到了最大的关注。但是，对于同时改善动、植物蛋白质的消化率和改进幼龄家禽对饱和脂肪酸的消化率的兴趣也在增加。当前，最通常是用酶来帮助消化含有小麦、大麦和黑麦的日粮，可见的效果是干物质消化率和粪便质地得到改善。目前对于专为改进豆粕消化率而设计的酶也有兴趣。

现在经常使用非淀粉多糖 (non-starch polysaccharides, NSP) 这个术语来描述过去认为是纤维的东西。多数动物消化纤维的能力极为有限，因为它们缺乏裂解这些大而复杂的分子所必需的酶。猪和反刍动物是靠寄宿在肠道中的微生物所合成的纤维素酶来不同程度地消化纤维。如果我们能改进对这些复杂碳水化合物的消化，不仅能提高潜在的能量利用，而且还能消除这些物质对肠腔活力和粪便稠度的负面影响。

谷物和其他副产品饲料的 NSP 含量往往和其通常的能量水平呈反比。这些 NSP 成分经常是与壳和下面的糊粉层相联系的。为了使正常的内源性酶能够接触到淀粉质的胚乳，必须使其外层破裂或在化学上降解。虽然有很多组分可以归入 NSP 范畴，但对于家禽营养有意义的主要有三类，即大麦中的  $\beta$ -葡聚糖、小麦中的阿拉伯糖基木聚糖或戊聚糖以及大豆中的寡糖的棉籽糖基团。 $\beta$ -葡聚糖是葡萄糖的聚合物，而阿拉伯糖基木聚糖则含

有长链和交叉链的果糖。大豆中的寡糖是蔗糖的聚合物。多数细胞壁的 NSP 不是独立存在就是作为结构材料常常和蛋白质和木质素相复合。NSP 的溶解度一般和其与木质素和其他不溶性碳水化合物的结合程度有关。在水中，多数 NSP 产生很黏稠的溶液，这肯定不利于食糜的流动和所有基质与其内源酶体系之间的相互作用。有些 NSP（如，果胶）具有三维结构，可以和某些金属离子螯合。食糜黏稠度的任何增加都会导致邻近黏膜绒毛的静水层（unstirred water layer）厚度的增加。其结果是多数营养物的溶解度下降，吸收量减少。食糜的滞留时间加长，但是由于黏度增加，营养基质和酶的接触机会减少。内源性分泌物也增多，它们按比例地含有较多的胆酸。除了消化率下降，有人还报道日粮的净能由于 NSP 而下降。净能的下降可能是由于消化道动用较多的能量仅仅为了推动食糜的运行。食糜黏度的提高也影响肠道菌群，它们的过度生长可能使总体情况雪上加霜。对于家禽生产者来说，NSP 的最显著作用是使排泄物更加湿和黏稠。表 2.22 列举了谷物和豆粕中常见的 NSP 的含量。豆粕中发现的寡糖可能是 NSP 中结构最为复杂的，而且目前已经证实，它们很难用外源酶消化。取决于品种、生长条件和炼油过程，大豆含有 4%~7% 寡糖，主要是棉籽糖和水苏糖。由于鸡缺乏  $\alpha$ -半乳糖酶，这些寡糖不能消化，从而使食糜黏稠度增加，特别是对于年轻鸡。用乙醇可以提取大豆寡糖，但这种处理目前在商业上还不可行，虽然所残留豆粕的 AMEn 值达到 3 000 kcal/kg，这种豆粕对于很年轻的家禽也似乎是一种好原料。由于乙醇提出了寡糖，残留豆粕的干物质有相应的损失。

表 2.22 几种原料中的非淀粉多糖含量 (%)

原料	纤维素	阿拉伯糖基本聚糖	果胶	日粮总量
玉米	2.5	5.0	0.1	—
小麦	2.5	6.0	0.1	1.0
大麦	4.8	7.0	0.2	4.0~5.0
豆粕	5.0 <sup>1</sup>	0.5	12.0	—

<sup>1</sup> 取决于回加豆皮的数量。

所以添加饲料酶可以改进 NSP 的可利用性，同样重要的是可以降低这些不消化残余物对消化物黏稠度的负面影响。正常的消化要求酶、基质和消化产物顺利地通过消化物，尤其要接近具吸收作用的肠壁。随着消化物黏稠度增加，渗透率下降，从而使全部基质的消化率下降。不消化的黏稠消化物随后变成很黏的排泄物，造成褥草管理问题。因此，消化物黏稠度的下降程度与能够消化  $\beta$ -葡聚糖等基质的酶的效力高度相关。在燕麦和大麦

的 NSP 中主要是  $\beta$ -葡聚糖，而在小麦和黑麦中则主要是阿拉伯糖基木聚糖。因此，为大麦而设计的酶含有  $\beta$ -葡聚糖酶，而为改进小麦消化率而设计的酶则应含有木糖酶和阿拉伯糖基木聚糖酶。

饲料或脂肪中添加酯酶是有潜力的，可改善它们的消化率。改善年轻家禽对饱和脂肪的消化似乎潜力最大。虽然目前没有专门为动物饲料而设计的酯酶，用从其他工业部门得来的酯酶进行的初步研究表明有可能使脂肪的消化率改进 7%~10%，日粮的 AME 也得到相应提高。由于年轻家禽不能有效地循环它们的胆酸，有迹象表明，饲料中添加合成胆酸可以改善脂肪消化。这些措施在商业上仍然缺乏可行性，但是，它们确实表明开发乳化剂或去垢剂是有一定潜力的。

最广泛使用的饲料酶是植酸酶。植酸酶分解豆粕和谷物中的植酸，释放磷和钙。植酸是一种复杂的结构，紧密地与磷相结合，是植物性物质中主要的磷的贮库（图 2.1）。很少动物具有分裂植酸分子所必需的植酸酶，所以植酸在很大程度上是不可消化的。由于磷已经成为昂贵的营养素，而且不消化的植酸会大大加重粪便的磷负荷，所以人们对植酸酶高度关注。植酸也可以和其他微量矿物质结合，与蛋白质和碳水化合物共轭。因此，植酸分子的消化可潜在地释放微量矿物质、氨基酸和能量，以及钙和磷。

在植物性材料中普遍可以发现植酸酶，在小麦及其副产品中植酸酶的含量还相当高。例如，玉米只含 15FTU/kg，而次麦粉中的含量高达 10 000 FTU/kg。但是，这种内源性植酸酶在消化道中的可用性极为有限，因为多数植物植酸酶只是在 pH 5 左右才起作用，而外源性植酸酶（一般来自微生物）在 pH 3~7 的范围内都有效。关于商品日粮中植酸酶的效力，报道结果不一。有人认为，日粮钙水平可能是这个变数中的主要因素，因为高水平的钙似乎会降低植酸酶的效率。但是，如果这个概念是正确的话，人们又要怀疑为什么植酸酶在含钙量高达 4%~4.5% 的蛋鸡日粮中却如此有效。在日粮配方中使用植酸酶时有几种途径可以提高植酸酶的有效性。如果使用的原料不多，它们的有效磷水平可得到相应的提高。另一种做法是，降低日粮中关于有效磷的规格，或者，植酸酶可以作为一种被加入的原料并注明有效磷和有效钙的规格。每 500U 植酸酶活性大约相当于由磷酸二钙等磷源提供的 1g 磷。每千克饲料中使用 500FTU 植酸酶，相当于提供 0.1% 磷。

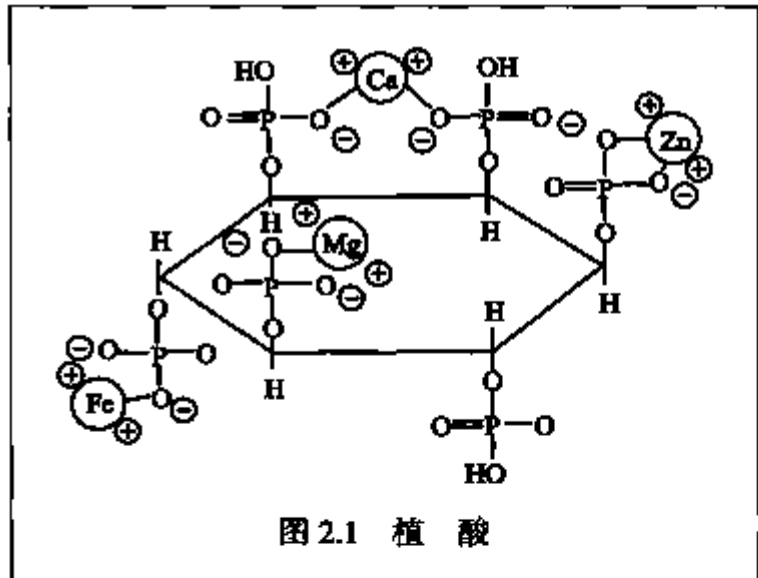


图 2.1 植酸

植酸酶也能释放某些微量矿物质，因此，它们的添加水平可以降低。前面在有关钙的章节中已经说到，在使用中度而非高水平添加量的锌时，植酸酶更为有效。关于植酸酶可以释放能量和氨基酸是一个颇有争议的话题。有些研究者认为，AMEn 和可消化氨基酸的改善程度可达 2%，但是较为保守的估计是能量释放量为 15kcal/kg，氨基酸有效性则无增加。某些植酸酶商品对热敏感，在 85~90℃ 制粒会引起植酸酶显著损失。对于颗粒饲料，这种植酸酶最好在制粒后添加。另些植酸酶产品似乎热稳定性较好，可以在制粒前加入混合料中。

### 2.3.8 色素

家禽脂肪组织的黄—橙色是由各种类胡萝卜素引起的。这些色素控制着蛋黄的颜色、蛋鸡的脚和喙的颜色，对皮肤颜色也有影响，这对肉禽可能是很重要的。叶黄素是家禽营养中最重要的类胡萝卜素，富含叶黄素的天然原料有苜蓿粉、玉米蛋白粉和万寿菊花瓣（表 2.23）。

表 2.23 某些原料的叶黄素含量 (mg/kg)

原 料	叶黄素	原 料	叶黄素
玉 米	20	苜蓿粉	175
小 麦	4	玉米面筋粉	275
高 粱	1	万寿菊花瓣	7 000

玉米的叶黄素含量比其他谷物高得多。家禽产品的高水平色素只能通过在日粮中加入苜蓿粉和玉米蛋白粉等天然原料而实现。

不同的叶黄素对皮肤和蛋黄颜色有不同的影响。 $\beta$ -胡萝卜素的着色价值不高，虽然在玉米中发现的玉米黄素较易在组织中沉积，但是像  $\beta$ -阿朴 (apo)-8-类胡萝卜素乙酯这样的合成产品具有非常高的结合率。玉米黄素趋向于产生红橙色，而苜蓿中的叶黄素则产生较黄的颜色。色素可以被氧化所破坏，因此在饲料中添加乙氧喹等抗氧化剂以及旨在保护脂肪的一般饲料管理措施都能用来保护色素。球虫病、吸收不良及某些霉菌毒素都能降低色素的吸收。幼龄肉禽中的色素沉积与生长期中饲喂色素直接成正比。对蛋鸡来说，蛋黄颜色与蛋鸡料中是否有色素有关，未成熟时在皮肤和胫部积聚的色素也能转移至蛋黄。即使日粮中没有色素，也会发生色素向卵巢的转移，这就是为什么黄皮肤鸡的胫和喙会逐渐“褪色”的原因。

由于很多天然富含类胡萝卜素的原料都是低能量的，所以不用合成色素就难于生产出着色水平高的肉禽。斑螯黄 (canthaxanthin)、虾青素和  $\beta$ -阿朴-8-类胡萝卜素可以用来使家禽的皮肤和蛋黄产生从黄到橙红的颜色。正如在第 4 章中将要展开叙述的，现在关于用叶黄素强化鸡蛋引起了人们的兴趣，因为已知这种类胡萝卜素对于维持人类的眼睛健康有重要意义。将来的定制鸡蛋很可能含有浓缩水平的叶黄素。

### 2.3.9 增味剂

一般认为，鸡不能根据饲料的风味或感官本身来选择饲料。鸡只有大约 24 个味蕾，而人有 9 000 个、牛有 25 000 个味蕾。对于鸡用增味剂的研究较少，因此，当借用其他动物用的增味剂材料时必须小心。比如，据报道，八乙酸酯 (octaacetate) 蔗糖溶液很容易为家禽所接受，但人则普遍不能接受。增味剂对于肉仔鸡和火鸡似乎没有多大的使用潜力，因为这些动物的采食能力似乎已经接近生理极限。但是增味剂对于种禽可能有一些用处，用来辨认家禽不喜欢的物品，有助于限制它们的采食量。

我们研究了给年轻肉鸡饲喂肉桂酰胺 (cinnamamide) 以调节采食的效果。肉桂酰胺与一种叫做肉桂的香料有关，是某些草籽中的天然物质，人们设想这种物质的作用是使这些草籽具有抗鸟特性，就好像单宁那样。表 2.24 显示饲喂肉桂酰胺对青年肉鸡生长和采食量的影响。在最高加入水平的情况下，肉桂酰胺使自由采食量下降大约 50%。

表 2.24 肉桂酰胺对青年肉鸡采食量和体重的影响

	体 重 (g)		4~12d 采食量 (g/鸡)
	第 4d	第 12d	
对照	82.2	266.4	257.3
肉桂酰胺 (0.2%)	81.4	170.8	159.2
肉桂酰胺 (0.42%)	82.8	122.7	104.4

增味剂可以用来掩盖适口性差的原料，也可在改变配方期间用来维持饲料风味的稳定性。在饮水中加药的期间，也可以用增味剂来掩盖药味。可以想象，在饮水和饲料中使用同一种增味剂就可以防止在饮水加药时出现的某些拒食现象，对于小火鸡尤为如此。

### 2.3.10 驱虫剂

平养的家禽多数会受到各种蠕虫的感染。在很多情况下，这种感染可以通过使用抗蠕

虫剂来预防或削弱。近 15~20 年来使用得最广泛的抗蠕虫剂是哌嗪（驱蛔灵）和潮霉素 B。据发现，在蛋鸡料中使用哌嗪会导致蛋黄变色。某报道说，当用药间隔期为 28 天时，有约 4% 的蛋黄会出现异常的茶青色至褐色。这种蛋黄变色现象在夏季最为明显，尤其是在正常的贮藏低温下长期存放的鸡蛋。有人把另一种商品化抗蠕虫剂引起的蛋黄杂色现象和缺钙家禽的同一现象相比，据此认为它们有相似的作用机理。但是我们没有见到有任何发表的报告说明抗蠕虫剂与缺钙和蛋壳质量问题有关。

### 2.3.11 氨气控制

据称，丝兰属植物（Yucca）的各种提取物可以降低禽舍中的氨水平。丝兰属植物的一种可溶性成分似乎可以与氨相结合，从而防止它从粪便中释出。这一点对于舍饲体系尤为重要。多数家禽对 50mg/kg 氨出现负面反应，而人一般能够觉察的氨水平为 20~30mg/kg。据报道，诸如去臭灵（Deodorase®）等产品按每吨 100~150g 加入饲料中，可以使环境中的氨水平降低 20%~30%，从而改善生长率，降低死亡率。

## 2.4 饲料毒素和污染物

生产无毒素和无污染物的家禽饲料当然是一切饲料厂的目标。但是这种理想状态是很难达到的，因为许多饲料原料所含毒素是固有的，或者是在饲料调制之前“自然地”污染进去的。霉菌毒素可能是这种“天然”毒素的最好例子，它们和许多植物的外源凝集素一起可以使家禽生长变差，产蛋量下降。除了这些生物性污染物外，还应注意偶然混入多氯代联苯、农药和杀真菌剂等产品。

### 2.4.1 霉菌毒素

如今霉菌毒素在家禽饲料中几乎是不可避免的。随着监测敏感度日益提高，从多数谷物和某些植物蛋白质原料分离出来的霉菌毒素已成了常见污染物。我们尚不清楚为什么在收获前的谷物上会有大量霉菌生长。确实，在温湿条件下，这些需氧的霉菌会更为繁茂，但昆虫对收获前作物的损害似乎为霉菌的侵入开辟了途径。但是，靠肉眼观察收获后的谷物来判断其霉菌毒素含量是不可靠的。同样，不能因为看见谷物上有霉就认为它被有害的毒素所污染。在贮存期中，影响霉菌生长的主要因素仍是温度和湿度。水分低于 14%~15% 的谷物上很少有霉菌生长。遗憾的是很多谷物筒仓不是防水的，或者是谷物未经干燥，这样，局部的高湿区域就为霉菌生长提供了理想的小气候。下面是影响肉禽和蛋禽的主要霉菌毒素。

(1) 黄曲霉毒素 黄曲霉毒素由曲霉菌 *Aspergillus flavus* 产生，是致癌潜力最大的一种霉菌毒素。在谷物中的存在量一般以 ppb（10 亿分之 1）计，含量达 1.2mg/kg 时会出现急性中毒。此毒素最常见的形式是黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>。标以 B 的原因是该毒素在紫外线



照射下发出蓝色 (Blue) 的荧光。这一特性可以用来对原料进行筛选。由于其他成分也可发出蓝色荧光, 所以这个简单的测试只能筛选出阴性样本, 其后还需通过化学分析而确认。在多数谷物中都可发现黄曲霉毒素, 但是其最通常的宿主是玉米和高粱。就和任何霉菌一样, 当玉米或高粱的水分低于 15% 时曲霉菌的生长即大为降低。

黄曲霉毒素是潜在的肝毒素, 因此能引起不同程度的肝损伤。随着毒性增大, 正常的肝功能下降, 在生长率下降后很快出现死亡。当存在其他毒素如赭毒素和  $T_2$  时, 黄曲霉毒素的毒性增大。如果家禽感染了曲霉病, 黄曲霉毒素的影响也更趋严重。似乎还存在营养互作, 因为当日粮的粗蛋白或蛋氨酸含量低或日粮只含有临界水平的核黄素、叶酸或维生素  $D_3$  时黄曲霉毒素的毒性也更为严重。急性黄曲霉毒素中毒是无法可治的, 但由于是肝脏破坏, 所以如果能从日粮中除去黄曲霉毒素并给予大剂量的抗氧化剂和 (或) 硒似乎能够推迟发病, 加快痊愈。

有很多预防措施, 但是全都不经济。据报道, 用氨、己烷或过氧化氢处理受感染谷物可以降低黄曲霉毒素含量。在商业情况下, 往饲料中添加黏合剂似乎能减少黄曲霉毒素的负面作用。至今, 铝硅酸盐、膨润土和酵母细胞壁仍被证实是有效的。例如, 在含有 0.5~1.0mg/kg 黄曲霉毒素的肉鸡或火鸡日粮中每吨添加 10~15kg 水合的钠-钙铝硅酸盐可以显著降低死亡率。但是, 这种铝硅酸盐似乎不能结合其他的霉菌毒素。

(2) 毛菌素 (Tricothecenes) 这组毒素包括 3 种霉菌毒素, 即  $T_2$ 、DAS (蛇形菌素, Diacetoxyscirpenol) 和 DON (去氧瓜萎镰菌醇, Deoxynivalenol, 或呕吐毒素, Vomitoxin)。这些霉菌毒素都由镰刀菌属产生, 如禾谷镰孢 (*Fusarium graminearum*) 和粉红镰孢 (*Fusarium roseum*)。毛菌素影响蛋白质代谢, 其特征是对多数动物引起口腔溃疡。但是 DON 似乎对家禽不是特别有害, 不像对猪和其他哺乳动物那样, 家禽对 DON 的耐受量可以达 20mg/kg。  $T_2$  和 DAS 则毒性较大, 含量为 2~4mg/kg 时就会出问题。当存在黄曲霉毒素或赭毒素时毛菌素的负面作用更为厉害, 似乎特别是对于饲喂离子载体而不是非离子载体制球虫剂的幼龄家禽。没有真正有效的处理措施。虽然添加较大剂量的抗氧化剂可以减缓蛋白质代谢的破坏, 但是它们不是有效的长期措施。正在开发能特异性地结合这些毒素的吸附剂和黏合剂。

(3) 赭毒素 (Ochratoxin) 就好像其他霉菌毒素一样, 赭毒素也有许多形式, 但是对于家禽来说最为重要的是赭毒素 A (OA)。OA 由多种霉菌所产生, 最通常的是曲霉菌属和青霉菌属。OA 在 2mg/kg 时就表现毒性, 和毛菌素一样, 它也对蛋白质代谢产生负面影响。但是, OA 还影响肾功能, 因此经典症状是肾肿胀以及与此相关的饮水增多和排湿粪。OA 中毒时, 随着尿酸盐在内脏中的积累, 经常出现次生性的内脏痛风, 其根本原因是肾小管不能将尿酸排出体外。OA 中毒会由于存在黄曲霉毒素、DON 和  $T_2$  中毒症而复杂化, 也会由于饲喂高钒日粮 (钒一般是磷酸盐和石灰的污染物) 而加重。没有有效的预防措施, 但有时家禽对增加日粮的蛋白质水平能有所反应。还有人报道, 提高日粮的维生素 C 水平能产生有益反应, 特别是对于蛋禽。

(4) 其他的霉菌毒素 有时在家禽中引起问题的还有其他一些霉菌毒素。它们不像上述的主要霉菌毒素那么经常出现,在有些情况下,它们准确的毒性水平也未测定清楚。表 2.25 列出了这些毒素对家禽的作用及其可能的毒性阈。

表 2.25 次要霉菌毒素对家禽的作用

霉菌毒素	作用	毒性	评论
腐马毒素	神经细胞脂质退化	>80mg/kg	日粮的硫胺水平很重要
环匹阿尼酸	黏膜发炎	50~100mg/kg	常和黄曲霉毒素在一起
卵孢子菌素	肾脏损伤, 痛风	>200mg/kg	最常发现于玉米
桔霉素	肾脏损伤	>150mg/kg	常和赭毒素在一起
麦角	组织坏死	>0.5%	小麦和黑麦
镰孢苯并二氢吡喃-4-酮 (Fusarochromanone)	胫骨软骨发育不良	>50mg/kg	镰刀菌属
念珠棘虫毒素	急性死亡	>20mg/kg	机理不详
玉米赤霉烯酮	影响繁殖和维生素 D <sub>3</sub> 代谢	>200mg/kg	影响蛋壳质量

## 2.4.2 植物毒素

很多谷物和蛋白质作物含有能影响家禽生产性能的天然毒素。

(1) 氰化物 虽然有很多饲料原料可能含有天然的氰化物,但是,最通常而且氰化物含量较高的则是木薯。木薯粉系由木薯块根粉碎而得。动物采食木薯粉后会出现甲状腺肿大,原因是其中含有能产生氰的糖苷,主要是亚麻苦苷 (linamarin)。这些糖苷集中在根部的皮部。亚麻苦苷酶水解此糖苷时产生氢氰酸 (HCN),这是毒性很大的物质。除了根部的这种酶外,肠道中的糖苷酶和 HCl 也能水解糖苷。

氢氰酸通过阻断细胞色素氧化酶而抑制动物组织的呼吸。氢氰酸在肝脏中转化为脱毒产物硫氰酸盐,然后由尿排出体外。此脱毒系统利用蛋氨酸的硫将氰酸盐转化为硫氰酸盐,因此提高了动物对蛋氨酸的需要量。硫氰酸盐是木薯致甲状腺肿胀作用的诱因,因为它影响甲状腺对碘的吸收和代谢,导致甲状腺素的分泌量下降,而甲状腺素是调节组织氧化功能的一种激素。氰酸盐能够通过和日粮中多余的硒进行络合,使其不易为家禽所利用,从而减轻其毒性。人们早些时候已知亚麻籽饼粉能减轻硒对动物的毒性,它们含有两种产氰糖苷,即龙胆二糖丙酮氰醇 (linustatin) 和  $\beta$ -龙胆二糖甲乙酮氰醇 (neolinustatin)。这些化合物在结构上与亚麻苦苷有密切关系,因此在水解时会产生氢氰酸。

氰化物在木薯中的含量依品种而异, 范围为每千克根含 75~1 000mg。捣碎木薯根部能释放亚麻苦苷酶, 后者作用于糖苷而产生氢氰酸。氢氰酸具有挥发性, 很容易通过烘干而除去。如何设定鼓风烘干机的工作参数对于除去氢氰酸是很重要的。据报道, 烘干机温度为 80~100℃ 时只能除去 10% 的氰化物, 而在 47~60℃ 烘干较长的时间则能达到 80%~100% 的脱毒。蒸汽制粒也有助于游离氢氰酸的挥发。

关于在家禽日粮中可以加入多少木薯粉而不降低生产性能, 报道的结果不一, 这显然与木薯粉的氰化物浓度有关。但是, 在肉鸡日粮中曾经成功地加入过 50% 每千克含总氰化物达 50mg 的木薯粉。

(2) 葡糖异硫氰酸盐 葡糖异硫氰酸盐属于抗营养化合物。在十字花科植物中, 这类物质有 100 多种。十字花科中的芸薹属包括很多重要的饲料和食物, 如油菜、芥辣、甘蓝、萝卜、卷心菜、花芽菜、球茎甘蓝等。经常在某些十字花科植物中发现约 12~20 种葡糖异硫氰酸盐, 但多数葡糖异硫氰酸盐的含量都很低。葡糖苷酶可以水解葡糖异硫氰酸盐, 很多生糖植物中一般都含有这种酶。在完好的植物中, 酶及其基质是分开的, 当细胞由于磨碎、虫害等原因而破裂后这两类物质就混到一起而发生水解。

对于包括油菜在内的许多植物来说, 葡糖异硫氰酸盐可以很容易地根据生理作用和水解产物而分成主要的三类。最大的一类是在水解后能产生有机的异硫氰酸盐的葡糖异硫氰酸盐。这些化合物是挥发性的, 具有抗微生物、抗真菌和抗细菌特性, 其味道辛辣(芥辣、辣根等)。第二类在数量上要少得多, 它们在水解时产生潜在的抗甲状腺化合物, 最常见的是 5-乙烯恶唑烷-2-硫酮。这些化合物含量大时会产生极苦的味道。第三类葡糖异硫氰酸盐都含有一个吲哚侧链, 水解时产生硫氰酸盐离子, 它们是抗甲状腺或致甲状腺肿因子。不同油菜类型的葡糖异硫氰酸盐含量高的可达每克 100~200 $\mu$ m, 低的仅每克少于 30 $\mu$ m, 而有些新品种则宣称不含葡糖异硫氰酸盐。

20 世纪 60 年代初期, 加拿大开始执行一个重大的研究计划, 以培育葡糖异硫氰酸盐和芥子酸含量低的油菜品种。芥子酸是一种能在某些动物中引起严重代谢问题的脂肪酸。1968 年第一个低芥子酸品种获得了许可证, 很快又出现了低葡糖异硫氰酸盐品种。1974 年第一个双低品种(低芥子酸、低葡糖异硫氰酸盐)获得许可证。后来又培育出了许多改良型品种。1979 年加拿大将卡奴拉(Canola)这个名称应用于所有的双低油菜品种。但是, 葡糖异硫氰酸盐的下降对于吲哚基团的含量作用不大, 其原因尚未完全弄清。因此, 双低油菜品种的吲哚基团含量从 5% 左右增加到 40% (以总葡糖异硫氰酸盐中的百分含量表示)。

虽然双低菜籽粕对家禽的饲用价值显著高于老的油菜品种, 但仍存在一些问题。关于饲喂菜籽粕后出现肝脏出血已有充分的文献报道。不同于脂肪肝出血综合征的是这种出血并不与肝脂或腹脂含量有关联。某些蛋鸡品系对此更为敏感, 但是多数蛋鸡品系都会有症状表现。虽然饲喂双低菜籽粕后蛋鸡的肝脏出血明显减少, 但是当其使用量达到 10% 或更高时偶尔仍会出问题。至今的研究表明, 这是由未破坏的葡糖异硫氰酸盐所引起的, 而

不是因为任何的葡萄糖异硫氰酸盐水解产物。但是仍然不清楚的是在发生肝脏出血的过程中葡萄糖异硫氰酸盐是如何起作用的。

饲喂双低菜籽粕后仍会发生甲状腺重量增加，但其严重程度大大低于饲喂一般菜籽粕后的情况。双低菜籽粕的致甲状腺肿胀作用是由硫氰酸盐引起的，因为它影响碘的吸收和代谢，从而使甲状腺增大。由于硫氰酸盐是吡啶葡萄糖异硫氰酸盐的水解产物，而该化合物的含量在双低油菜中仍然较高，因此低葡萄糖异硫氰酸盐菜籽粕之所以仍然引起甲状腺肿大的原因可能就在于硫氰酸盐。

饲喂菜籽粕或双低菜籽粕的另一主要问题是某些蛋鸡群中出现坏蛋，特别是含洛岛红祖先血统的褐壳蛋鸡。这是由这些鸡所携带的一个宏效常染色体半显性基因所引起的，它使鸡缺乏将三甲胺氧化为三甲胺氧化物（无气味的三甲胺排泄产物）的能力。虽然双低油菜的葡萄糖异硫氰酸盐含量很低，但这样低的含量和可溶性单宁一起仍然足以妨碍三甲胺氧化，从而导致坏蛋的出现。褐壳蛋鸡在世界许多地方都有饲养，在这些地区很少用双低菜籽粕饲喂蛋鸡。

(3) 硝酸盐 谷物和植物性蛋白质的硝酸盐含量在 1~20mg/kg 之间。硝酸盐本身对家禽的影响很小，但是当它被还原成亚硝酸盐后（一般是被肠道微生物）就有毒性了。亚硝酸盐很容易从肠道中被吸收，进入红血细胞，而后把氧合血红蛋白中的二价铁氧化成三价铁，形成高铁血红蛋白，后者没有传输氧的能力。有人对在肺动脉高压症和自发性火鸡心肌症（STC）情况下日粮亚硝酸盐的作用感兴趣。给肉鸡饲喂高达 1 600mg/kg 的亚硝酸盐对肺动脉高压症并无作用。但是，给小火鸡饲喂 1 200mg/kg 亚硝酸盐后 STC 的发生率高于对照组（20%对 5%）。有意思的是肉鸡和小火鸡都出现了贫血症，小火鸡似乎对亚硝酸盐对血色素成分的负面影响更加敏感，因为引起小火鸡贫血症的最低日粮水平是 800mg/kg，而在肉鸡则是 1 200mg/kg。日粮中亚硝酸盐水平高时可观察到生产性能下降。这个研究结果表明，引起高铁血红蛋白症、贫血症和体重下降的亚硝酸盐日粮水平不大可能来自谷物和豆科籽粒。在水源中也可能存在显著水平的亚硝酸盐。

(4) 单宁 单宁是植物的可溶性多酚代谢物，即使在日粮中含量不高也会降低家禽的生产性能。高粱可能是最常见的单宁含量较高的饲料。但是，蚕豆、油菜籽和双低菜籽粕所含的单宁也足以影响家禽的生产性能。

单宁对生长的抑制作用无疑主要是由于它能与蛋白质相结合。单宁酸被鸡水解的主要产物是鞣酸，还有较少的具有一定毒性的焦儿茶酚和焦鞣酚。大部分鞣酸进行甲基化后以甲基鞣酸的形式排入尿中。这样的途径或许可以解释，为什么有人报道，在含单宁酸的日粮中添加蛋氨酸、胆碱和其他甲基供体是有益的。

关于单宁毒性的研究工作大多是用纯化单宁酸进行的。豆类和谷物所含的是浓缩型单宁，而单宁酸却是水解型单宁。由于有关单宁抑制生长的程度和蛋氨酸在缓解单宁毒性方面的作用存在互相矛盾的报道，这就使人推测，这两种化合物的主导脱毒过程可能是不同的。较近的研究显示，浓缩单宁和单宁酸的分解产物都是鞣酸，它们都可以被甲基基团脱

毒，但是浓缩单宁极为稳定，所以这个脱毒路线可能作用有限。

i) 高粱单宁：一般认为，高粱的营养价值为玉米的90%~95%，主要是因为它含有单宁。在市场上有多种高粱，一般分为抗鸟品种（单宁含量高于1.5%）或不抗鸟品种（单宁含量低于0.5%）。据报道，饲喂高单宁高粱能产生一系列毒性作用，包括：生长和饲料利用率受抑、蛋白质消化率下降、产蛋量减少以及肉鸡腿部畸形。

为降低单宁的毒性而应用过不少加工方法，包括碱液浸泡和水浸泡，据报道这些方法可以消除单宁的活性从而改进其营养价值。据报道，甲基供体可以提高高单宁高粱的饲用价值，聚乙烯吡咯烷酮、氢氧化钙或某种碳酸钠煤泥也都有正面效应。但是，曾有人试用过几种粗酶制品而未发现它们能够改善高单宁高粱的饲用价值。

单宁也被认为和蛋黄色斑有关。蛋黄色斑是蛋鸡群中时而出现的一种情况，它和尼卡巴嗪、棉酚或某些驱蠕虫剂无直接关系，至今得不到很好的解释。有些报告认为单宁酸及其衍生物可能是诱因。添加1%以上的商品单宁酸可引起蛋黄色斑，而饲喂单宁含量达2.5%的日粮后却未见此现象。

有报告认为，单宁是和高粱中的一部分氮紧密连接在一起，从而降低了蛋白质消化率。但是，单宁的溶解度很低，它们对于束缚日粮中其他原料的蛋白似乎没有多大影响。在最近的一个火鸡试验中，高单宁高粱在日粮中的使用量达40%，结果使8周龄前的生产性能下降。但是，用同样的日粮饲喂8周龄以上的火鸡则未发现有害影响，这些作者认为，年龄较大的家禽具有发育较充分的消化系统，它能克服单宁的抗营养作用。

虽然深色籽粒高粱品种一般比浅色品种含有较多的单宁，但一般说来种皮颜色不是单宁含量的可靠指标。

ii) 蚕豆单宁：生蚕豆会抑制家禽的生长，但经过高压高温处理的蚕豆则能显著改进家禽的生产性能。去皮能改进蚕豆的能量值，其改进幅度比降低纤维含量的作用还要大。蚕豆的抑制生长特性是由于两种可溶于水和丙酮的物质，一种是含有低分子量的多酚化合物，另一种是浓缩单宁，后者是主要的生长抑制物质。这些浓缩单宁和在高粱中发现的是一样的，并且也集中在皮部。

虽然恰当的热处理可以显著提高蚕豆的营养价值，但是不管加热程度如何、也不管是豆的哪个部分，饲喂蚕豆似乎会对肠绒毛结构造成某些损害作用。因此有些报告认为，除了经常考虑到的一些物质，如蛋白酶抑制因子、植酸盐、单宁和植物凝集素外，可能还有些别的因素导致蚕豆的低营养价值。有些无单宁蚕豆品种的皮内浓缩单宁含量低于0.1%，而高单宁品种的则超过4%。无单宁蚕豆的籽粒颜色较浅，营养价值较高。不管单宁含量的高低，恰当的热处理总能改善蚕豆的营养价值。

iii) 油菜和双低油菜的单宁：据报道，油菜和双低油菜的单宁含量是2%~3%，集中在皮部。这些饼粕之所以造成褐壳蛋鸡的坏蛋问题正是由于其所含单宁对于三甲胺氧化酶的抑制作用。

最初，评定单宁时也包括芥子碱。由于双低油菜的芥子碱含量约为1.5%，所以其较

为实际的总单宁含量应为 1.5%，而不是早先报道的 3% 左右。无论是油菜或双低油菜，单宁都是集中在皮内。据研究，可浸出单宁的数量范围是 0.02%~2%。未检测到这些单宁能在体外抑制淀粉酶。因此有人假设，油菜和双低油菜中的单宁是以某种结合状态存在的，其对于其他饲料原料消化率的影响微不足道。

(5) 山豆中毒症 (Lathyrism) 和许多动物一样，家禽易患山豆中毒。这是采食山豆属 (甜豌豆是其中一员) 的籽实所引起的一种代谢症状。这种籽实富含蛋白质 (25%~27%)，由于其供应充足、价格较低，很多亚洲和中东国家经常用它们作为家禽饲料。引起山豆中毒症的原因是山豆毒素 (lathrogens)，其中的主要毒素是  $\beta$ -氨基丙腈 (BAPN)。市场上可以买到某些合成的山豆毒素，它们被用于研究这种中毒症。

山豆中毒症有两种不同的表现形式。首先是神经系统紊乱，引起跛行症状，称为神经性山豆中毒症 (neurolathyrism)。另一种是结缔组织中胶原蛋白和弹性蛋白失调，引起骨骼和 (或) 血管疾病，称为骨骼山豆中毒症 (osteolathyrism)。家禽进食大量毒素后的典型症状是生长压抑、羽毛蓬乱、跗关节增大、脚爪弯曲、运动失调、腿脚麻痹，最终导致死亡。

多数家禽研究中是使用特殊的合成山豆毒素，而不是天然山豆。据研究，BAPN 能通过抑制赖氨酰氧化酶 (lysyl oxidase) 而抑制弹性蛋白和胶原蛋白中的交叉联接成分。赖氨酰氧化酶是合成这些成分的重要物质。据报道，BAPN 也能降低雏鸡、小火鸡和雏鸭的生长率，降低成年鸡鸭的产蛋量。SAPN 能够引起有缺陷的蛋壳膜，最终影响蛋壳的钙化，导致变形蛋和软壳蛋。这个作用类似于铜缺乏症时看到的情况，因为赖氨酰氧化酶是一种需要铜的金属酶。因此，有报告说，铜可减轻 SAPN 的中毒症状。

关于不致引起代谢问题的山豆属籽实在日粮中的最高使用量，因籽实的类型和山豆毒素含量而异，但一般的建议是每千克日粮中 SAPN 的含量不超过 50mg。蛋鸡日粮中加入山豆毒素 4~5 天后出现生产性能下降，但是在撤出这些毒素后经过 10~14 天蛋鸡就能恢复生产。所以对于蛋鸡群来说，短期饲喂山豆毒素似乎不会产生长期的有害作用。但是对于年青的生长家禽来说情况不是这样。有意思的是，有些人对研究 BAPN 嫩化淘汰母鸡肉的能力有一定的兴趣。这显然是与 BAPN 能够通过抑制赖氨酰氧化酶而改变胶原蛋白的交叉联接有关。

(6) 棉酚 对于营养学家和生产者来说，在蛋鸡日粮中使用棉籽产品一直是个问题。早在 1891 年就有人报道，饲喂棉籽粕的蛋鸡所产鸡蛋的蛋黄上有色斑。30 年代初发现了棉酚，并知道给蛋鸡饲喂棉籽粕后是这种物质使蛋黄变色。接着弄清的是给蛋鸡饲喂棉籽粕后会出现两个问题：一是贮存期中鸡蛋的蛋清变成粉红色，这种异常被称为粉红蛋清；二是蛋黄上出现褐色或茶青色色素。后一个缺陷是棉籽色素腺中的棉酚和蛋黄中的铁相互作用的结果。

虽然人们认为粉红色蛋清是自然出现的，但这种现象经常发生在采食了锦葵科植物的产品之后。从植物中分离出了两种能引起上述异常的天然环状脂肪酸，它们是锦葵酸和苹

婆酸。很多年以前 Halpen 氏就制定了通过颜色试验来鉴别混合植物油中是否掺入了棉籽油的方法。这个方法对于环类丙烯化合物具有很好的特异性，特别是锦葵酸和苹果酸这两种脂肪酸。采食锦葵酸和苹果酸后，贮存鸡蛋经常出现蛋清变成粉红色的现象，这是伴白蛋白 (conalbumen) 和蛋清蛋白质与从蛋黄中渗出的铁互相结合的结果。产生这个现象的部分原因是膜的渗透性发生变化以及蛋黄的 pH 增高。研究表明，影响粉红蛋清的出现率和严重程度的因素是上述脂肪酸的进食量、蛋的贮存条件和蛋鸡的品种。

蛋黄变色也是由进食棉酚和（或）锦葵酸和苹果酸所引起。但是，这种现象的出现率和严重程度因是否进食完好的棉酚或游离脂肪酸而有所不同。膜渗透性的变化和蛋黄及蛋清 pH 的改变使水和蛋清蛋白向蛋黄中转移。情况的严重性取决于棉酚的进食量，严重时可以看到牛奶蛋糊状的或黏胶状蛋黄。这种情况可以在新产的蛋中看到，但在贮存后更为明显。有报告表明，如果种鸡日粮中锦葵酸或苹果酸的含量大大超过正常水平，则种蛋孵化第一周的胚胎死亡率增加。

虽然已经培育出了无棉酚品种，但是它们的产量较低，因此难以在商业生产中推广种植。所以世界各地广为种植的棉花品种多数含有相当数量的棉酚。通过加工可以显著降低棉籽粕中棉酚含量，使游离棉酚含量低于 0.04%。此外，可以在含棉籽粕的日粮中添加可溶性铁盐。铁会与棉酚络合，降低其毒性。最近有一个报道说，在棉籽粕含量达 30% 的肉仔鸡日粮中添加可溶性铁（按铁：游离棉酚=2：1之比添加）可使肉仔鸡的增重和存活率都不受棉酚所影响。

(7) 生物碱 很多饲料都含有生物碱，最主要的是羽扇豆。猪屎豆属的 *Crotalaria retusa* L. 在籽实中含有高达 4.5% 的吡咯里西啶 (pyrolizidine) 生物碱单猪屎豆碱 (monocrotaline)，在亚洲和澳大利亚的某些地区这些籽实会造成谷物污染问题。老的羽扇豆品种经常称为苦羽扇豆，因为它们含有较多的喹啉生物碱 (quinolizidine)，主要是羽扇豆烷宁 (lupanine)。这些生物碱作用于中央神经系统，引起呼吸困难、抽搐和窒息死亡。现在种植的新品种羽扇豆生物碱含量极低（低于 0.02%），能够很好地被家禽所利用。

动物饲料中生物碱的一个最经常的来源是被麦角污染的谷物。有些谷物样本中总生物碱含量高达 0.4%。鸡日粮中含 1%~2% 麦角可以引起的症状从生长受抑制到肢端糜烂、跛行、运动失调、震颤和抽搐。

### 2.4.3 自体中毒

自体中毒即自我中毒，是由于吸收了本身代谢的废弃产物或自己肠道中的分解产物而发生的中毒症。幼龄鸡日粮中含有大量纤维可引起消化道梗阻，使鸡吸收其中的分解产物或代谢废弃物。鸡进食了褥草或过多采食青草或植物也可引起肠阻塞。

小鸡在受凉或过热后肛门会被黏粪糊住，造成肠道内容物停滞，最终引起自体中毒。患自体中毒的家禽食欲减退、饮水增加，进而软弱无力、虚脱衰竭。如出现全身毒血症就可导致神经症状，然后是死亡。

#### 2.4.4 细菌毒素

细菌毒素一般不会在家禽中造成大的经济问题，但是在个别禽群偶尔会因此遭受惨重损失。影响家禽的主要细菌是肉毒梭状芽孢杆菌 (*Clostridium botulinum*)。肉毒中毒时找不到明显的损伤，一般是根据对微生物及其毒素的鉴别而确诊。

肉毒中毒是由肉毒梭状芽孢杆菌在厌氧条件下产生的毒素所引起。肉毒梭状芽孢杆菌是一种死物寄生菌，存在于土壤及污物中，也可在肠道内容物和粪便中找到。只要有这种细菌存在就足以引起疾病或有必要进行诊断。这种细菌在厌氧条件下生长时会生产毒素。家禽啄食了患此病而死亡的动物尸体或孳生在这种尸体上的蝇蛆后就会得肉毒中毒症。蝇蛆在吃进了肉中的肉毒后就带有很大的毒性。吃了被污染的食物经几小时或1、2天后便会出现症状。通常的症状是麻痹，首先受影响的是腿部和翅膀的肌肉。如果颈部肌肉受到影响，头就会耷拉下来，因此这种病习惯上称为“软颈病”。如果病情不重，则表现为腿部软弱、羽毛蓬乱、粪便软而黏稠。病情的严重程度取决于进食毒素的多少。但是，一般会出现死亡，因为这种毒素的毒性极大。最通常是由A型和C型毒素造成家禽损失。A型毒素通常存在于北美和南美的山区，C型毒素则世界各地都有。

多年来，北美西部的野鸭和其他水禽常患一种病。现在知道，这是由肉毒中毒引起的。水体中的昆虫幼虫会因植物腐败引起的厌氧环境而死亡。当水禽吃了这些死蛆后肉毒细菌就会侵犯组织、产生毒素。预防措施是改善管理，在禽舍周围清除死亡的动物和腐败的尸体。其他措施包括制定良好的灭鼠和灭蝇计划、防止野禽进入养禽场。

#### 2.4.5 化学治疗药品

虽然各种化学药品对现代家禽业的发展作出了重大贡献，但使用不当就会引起中毒问题。在使用中毒剂量后会引起问题的某些常用药品是：

(1) 磺胺 中毒症状为羽毛蓬乱、皮肤苍白、生长缓慢以及凝血时间长。可以观察到皮肤和肌肉出血，还经常可见肝脏、脾脏、肺部和肾脏坏死。

(2) 呋喃西林 中毒症状为生长迟缓和过度兴奋，鸡只鸣叫不已，满地乱跑。可观察到肠炎、肾脏和肺充血、身体水肿和心脏退化。

(3) 尼卡巴嗪 中毒症状为精神不振、运动失调、走高跷步。可观察到肝脏的脂肪性退化。尼卡巴嗪最通常是影响蛋鸡，使褐壳蛋失去色素，使白壳蛋和褐壳蛋的蛋黄出现色斑。

#### 2.4.6 有毒籽实

来自植物的根、茎、叶、花和籽实的任何有毒物质都是植物毒素 (phytotoxins)。有些植物在整个生长期中都是有毒的，有些则只在生长发育的某一阶段有毒。多数有毒植物的味道较差，禽类一般会拒绝采食。但是在没有多汁饲料的时候，漫游的禽鸟会采食大量的叶片或籽实而引起中毒。较常见的有毒植物有：



(1) 黑刺槐 (Black locust, *Robinia pseudoacacia*) 毒素是一种称为 robitin-alectin 的糖苷 (血凝素)。据报道, 在北半球的 7 月初和 8 月份黑刺槐的叶子是有毒的, 如果被鸡采食会引起死亡。症状为无精打采、腹泻、食欲缺乏和麻痹, 几天内出现死亡。也可观察到出血性肠炎。

(2) 蓖麻子 (*Ricinus communis*) 很多豆科植物的籽实含有一种能凝集红细胞的蛋白质。这种化合物称为植物凝集素, 其结构多种多样, 因其对红细胞类型的特异性程度和毒性大小而异。这些豆科籽实必须用热处理进行脱毒, 并提高其营养价值。蓖麻子是这类豆科中最早受到研究的植物之一, 所分离到的毒素称为蓖麻毒 (ricin), 毒性极大。但是在 15 磅压力下将蓖麻子粕蒸 1h 可以使其毒性减少到原先水平的 1/2 000。蓖麻毒的中毒症状为从腿部开始的渐进性麻痹, 发展至完全衰竭。临床症状与肉毒中毒相似, 不同点是粪便中可见染血的黏液。经常可见苍白、肿大、有斑点的肝脏, 在心脏和内脏脂肪上有淤斑状出血。

(3) 咖啡豆籽实 (*Cassia occidentalis*; *C. obtusifolia*) 在美国南部的田野里经常可以发现较大量的咖啡豆植物 (决明属)。机械收获玉米和大豆增加了被这种植物污染的可能。咖啡豆籽实中含有植物凝集素蒽醌 (anthraquinone), 不管家禽饲料中进入多少蒽醌都会降低产蛋量和生长率。蛋鸡的中毒症状还有蛋黄发白和激烈腹泻。家禽日粮中含有 2%~4% 咖啡豆籽实可引起食欲不振或部分麻痹, 随后是死亡。肌肉损伤情况和维生素 E 缺乏症时相似。死亡原因经常是高钾性心脏衰竭。当停止饲喂被污染饲料后生产即可恢复正常。

(4) 麦仙翁 (Corn cockle, *Argemone githago*) 麦仙翁经常与小麦一起收获, 从而污染家禽饲料。麦仙翁含有一种植物皂角苷芫皂配质 (githagenin)。日粮中含有 5% 或更多的麦仙翁后可引起中毒症状。症状为总体虚弱、呼吸和心率减慢, 经常伴有腹泻。可见心包积水、肠道水肿、心肌淤斑状出血以及肝脏充血和退化。

(5) 山狗矮毒木 (Coyotillo, *Karwinskia humboldtiana*) 这是美国得克萨斯州和墨西哥西南部的土种植物, 其果和籽实对家禽有毒, 被采食后 3~4 天出现全身性毒血症, 随后是麻痹和死亡。

(6) 可可 (Cacao, *Theobroma cacao*) 可可豆废弃物在日粮中的含量超过 7% 可由于咖啡碱 theoromine 而出现中毒症状。可见神经症状, 家禽高度兴奋。家禽在抽搐中死亡, 一般仰天而卧, 腿脚紧收。冠部经常发绀。

(7) 猪屎豆属籽实 (*Crotalaria seed*) 此属植物中有不少是对家禽有毒的, 最容易引起问题的是 *C. spectabilis* 和 *C. giant (striata)*。其毒素是一种生物碱吡咯联啶, 称为单猪屎豆碱。猪屎豆是褐色或黑色的小籽实, 在美国东南部是玉米和大豆的污染物。小鸡日粮中若含有 1% 猪屎豆, 就可使鸡在 4 周龄左右死亡。中毒鸡开始挤作一团, 冠苍白, 腹泻, 作鸭步行走。幼龄鸡有腹水, 水肿, 外观如腹水症。成年鸡则表现为产蛋量下降, 广泛的肝脏出血。损伤情况和脂肪、盐中毒的症状相似。

(8) 指猴属籽实 (*Daubentonia seed*, *Daubentonia longifolia*) 这种籽实可在美国南

部造成问题。仅仅9粒籽实就可在24~72h后置鸡于死地。中毒症状为冠发绀，头垂向一边，也可看到消瘦和腹泻，还常发生严重的胃肠炎、腺胃溃疡和肝脏退化。

(9) 蔓草 (*Glottidium, G. vesicarium*) 籽实 美国东南部常有这种籽实。中毒症状为冠和肉垂发绀、羽毛蓬乱、消瘦和黄痢。坏死性肠炎和肝脏、肾脏退化也很常见。

(10) 棋盘花属 (*Death camas, Zygadenus*) 这是草原上的一种绿色植物，所含的有毒生物碱叫奴塔力 (*nuttallii*)。鸡进食5~10g这种植物后12h就会出现临床症状：运动失调、腹泻和虚脱，继而死亡。

(11) 巢菜 (*Vetch, Vicia sativa*) 巢菜是豆科植物，与山豆属、豌豆属和 *Ervum* 属有关系。巢菜生长于美国西北部，能产生一种叫巢菜毒素 (*viciana*) 的生氰糖苷。巢菜毒素在巢菜毒素酶 (*vicianase*) 的作用下转化为氢氰酸。所引起的问题类似于山豆中毒，即兴奋、运动失调、呼吸障碍和抽搐。

(12) 马利筋 (*Milkweed*) 主要的两个种是 *Asclepias tuberosa* 和 *A. incarnata*。它们含有一种苦的糖苷 *asclepdin*，对禽类有毒。中毒症状因进食量而有很大不同。最初的症状经常是跛行，很快发展至完全丧失肌肉控制能力。颈部扭曲，头后垂。在有些情况下症状逐渐消退。但有时症状会逐渐加重，以致抽搐、昏迷和死亡。尸体剖检时看不到有特征性的损伤。

(13) 水藻 有些种类的水藻 (包括微胞藻属的 *Microcystis aeruginosa*) 很容易在湖泊中生长，它们会被风吹到一起，积聚在岸边或浅滩上。水藻腐败后产生的毒素可使野禽和家禽遭受损失。这种情况一般发生于北半球的7、8月份。中毒程度与进食毒素的量成正比。成年鸡鸭可在中毒后10~45min出现死亡。临床症状包括卧立不安、颤抖、肌肉痉挛、惊厥和死亡。这些症状与土的宁中毒相似。

## 2.5 饲料生产

在家禽营养的早期，饲料只含有较少的合成原料，其添加量极少，仅0.5%或多些。但是，某些天然成分正逐渐地被极少量的合成和纯化原料所取代，特别是维生素、微量元素、色素和各种药物。为了正确地进行饲料混合，年年需要学习越来越多的新科技知识。饲料混合不当会引起饲料质量参差不齐、维生素和微量元素缺乏症，从而降低对疾病、化学品或药物毒性的保护力。

### 2.5.1 维生素—矿物质预混料

微量原料在加入饲料之前应该正确地预混合。需要预混合的原料最好具有相似的物理特性。建议用于维生素—矿物质预混料的稀释物是黄玉米粉或粗小麦粉。为得到好的混合效果，玉米最好磨成中等细度。载体太粗不可能使添加物分布均匀，载体太细则易引起粉尘和结块。对矿物质混合物来说，石灰石和高岭土是良好的载体。如果预混料不必贮存很

长时间，则维生素和矿物质预混料可以结合到一起。但是，如果保存期长于两周，则建议分别配制维生素混合料和矿物质混合料。同样，如果预混料需要长途运输，运输途中可能会遭遇各种情况，还可能遇到高温，则维生素混合料和矿物质混合料也最好分别配制。这有助于减少营养素在物理上的分离，从而降低维生素的损耗。

如果要提前大量配制维生素—矿物质预混料，应对产品标记清楚并贮存于凉爽而干燥的地方。如果添加抗氧化剂并给以安全剂量，多数预混料可以在良好条件下贮存2~3个月。一贯的做法是标出化合物的单位或重量，由个人决定如何使用产品，而不是在产品使用建议中指出其能够提供维生素和其他营养素的特有能力和（表2.26）。有些饲料厂家能够用效力较高的维生素和矿物质制剂生产预混料，这样比用稀释度较大的制剂较为节省成本。选择预混料所用产品的效力主要应该根据人员和设备的拥有情况。因为维生素和矿物质补充料在日粮的总成本中只占较小的部分，所以在多数情况下要加上安全剂量。在良好的条件下，低加入量可以获得满意的使用效果。

表 2.26 维生素—矿物质预混料

— 所有预混料应该通过加入小麦粗粉等载体后按1~5kg包装  
— 表中数字为每吨最终生产的饲料中应加入的营养素数量

维生素	水禽				鸡			火鸡		
	初期料	生长料	雏鸡料	种鸡料	初期料	生长料	种鸡料	初期料	生长料	种禽料
维生素 A(百万 IU)	10.0	8.0	7.5	11.0	10.0	8.0	11.0	10.0	8.0	10.0
维生素 D <sub>3</sub> (百万 IU)	3.5	3.3	3.3	3.3	3.5	3.3	3.3	2.5	2.5	3.0
维生素 E (千 IU)	30.0	20.0	50.0	70.0	40.0	30.0	10.0	20.0	15.0	40.0
核黄素 (g)	6.0	5.0	5.0	8.0	6.0	5.0	8.0	5.0	4.0	5.5
硫胺 (g)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
吡哆醇 (g)	3.3	3.3	3.3	5.0	3.3	3.3	5.0	3.3	3.3	3.3
泛酸 (g)	15.0	10.0	10.0	15.0	15.0	12.0	15.0	12.0	10.0	10.0
维生素 B <sub>12</sub> (g)	0.015	0.012	0.015	0.015	0.015	0.012	0.015	0.015	0.010	0.015
尼克酸 (g)	50.0	30.0	40.0	50.0	50.0	40.0	50.0	50.0	40.0	50.0
维生素 K (g)	2.0	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	3.0	1.5	1.5	1.5
叶酸 (g)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5
生物素 <sup>1</sup> (g)	0.15	0.10	0.10	0.15	0.2	0.15	0.2	0.1	0.1	0.1
矿物质										
镁 (g)	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0
锌 (g)	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
铜 (g)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
硒 (g)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
铁 (g)	50.0	40.0	30.0	40.0	50.0	40.0	40.0	40.0	30.0	30.0

所有维生素预混料都应含有乙氧喹 125g/kg。

<sup>1</sup> 如果日粮含小麦超过 10%，用量应提高。

一般不建议将维生素、抗生素或其他补充料直接按每吨少于1kg的比例加入饲料。这些微量原料应该首先适当地预混合，使得每吨饲料至少加入1kg。一般的建议是当其他原料约有一半的量加入混合机时再加入维生素—矿物质预混料。混合良好所需的时间十分重要，视所使用设备而有很大变化幅度。一般说来，卧式混合机以2~3min为宜，立式混合机在5min以内即可。随着新式混合机的出现，混合时间一直在不断地缩短。混合时间因混合机类型而变化，始终应该遵照厂家的说明。

由于混合后的操作，混合饲料中的原料可能发生分离现象。当未加脂肪的粉状饲料被风力吹送到散装贮罐时就会遇到这个问题。但是，在卸货时多加注意以及在贮罐顶部设一个旋流器将有助于克服这个问题。把饲料做成颗粒料或碎粒料也可在很大程度上避免这个问题的出现。

### 2.5.2 维生素的稳定性

天然的维生素E是相当不稳定的，特别是在存在脂肪和微量元素的情况下。但是，作为补充料添加的维生素E一般是高度稳定的形式（如：含有抗氧化剂并以明胶包被的微粒）。

鱼油中的维生素A和黄玉米中的前维生素A化合物在典型的混合日粮中很容易遭到破坏。如今多数脱水青绿饲料要用抗氧化剂处理，以防其前维生素A化合物在贮存期间受到破坏。现代的家禽饲料多数含有相当稳定的明胶包被的维生素A补充料。在饲料中加入抗氧化剂有助于保持混合料中维生素A和维生素E的效力。

维生素D<sub>3</sub>是家禽日粮中使用的唯一产品，因为维生素D<sub>2</sub>不能为家禽代谢。维生素D<sub>3</sub>补充料以干燥的稳化形式供应。据报道，这些产品在和矿物质混合后能保持稳定。

泛酸钙在存在酸性原料（如：尼克酸、阿散酸和3-硝基）时可能遭破坏。在酸性条件下，泛酸钙的氯化钙复合物要比初始的泛酸钙较为稳定。新近的研究表明，当有微量元素补充料存在时，硫胺、叶酸、吡哆醇和某些维生素K补充料可能变得较为不稳定，如果所用矿物质是硫酸盐，情况尤为如此。因此，如果预混料中同时含有维生素和矿物质，对上述维生素必须格外注意，贮存期为4~6周。

其他维生素大多比较稳定。但是贮存维生素时应注意保持其效力。一定要贮存在凉爽、干燥和避光的地方或容器中。虽然维生素补充料是平衡良好的日粮中极为重要的部分，但动物体内的贮备量一般也够满足几天的需要。现代的家禽场每周或更长时间才进一次饲料。在送到的一批饲料中如果未能加入维生素预混料，只要下批饲料含有维生素补充料，多数家禽的生产性能可能不会受到多大的影响，甚至没有影响。但是，种禽则不是这样，尤其是对于核黄素。如果母鸡采食缺乏核黄素的日粮7~10d，其种蛋的孵化率即会受影响。

### 2.5.3 制粒

一般的制粒程序是先用蒸汽处理磨碎的饲料，然后将湿而热的粉料挤压通过环模。再

用鼓风机将颗粒迅速冷却、吹干。制粒前应该加入足够的水，把饲料弄湿。制粒的温度太低或蒸汽太少会由于颗粒通过环模时摩擦力增高而产生“光面颗粒”。这种颗粒往往只是原先的粉料外面包裹一层硬壳，不能受到湿热“蒸煮”过程的有益影响。

良好制粒所需要的水分因饲料组成而异，一般为15%~18%。纤维含量高的饲料需要较高的湿度，而纤维较少的饲料则需要较少的湿度。良好的颗粒可以趁热将长度减短三分之一而不破碎。这样的饲料是“蒸煮”过的，能保持不散。制粒温度只要不超过88℃就行，这样可以达到最高的每小时生产量而无需担心维生素遭受破坏。

有时厂家发现难以将加有脂肪的玉米—豆粕型日粮制成好的颗粒料。木浆或膨润土等产品是相当有效的黏合剂，但是它们的营养价值很低。因此，我们应该考虑，从成本出发是否值得将这些物质加入颗粒或破碎日粮。加入10%~15%的小麦、小麦粗粉或大麦可以使颗粒料达到满意的硬度（大麦的作用稍差）。如果这些原料太贵，往粉料中额外多加约2%的水也有助于改进颗粒的质量。在这种情况下，需要对颗粒进行额外的干燥，以免在贮存期间有霉菌生长。作者实验室的研究表明，可以用糖蜜作为颗粒黏合剂。与其他黏合剂不同的是，糖蜜除了有助于制粒外，还能给日粮增加能量，所以，在有些日粮中加入1%~2%糖蜜是有好处的。

颗粒日粮的好处不仅是减少饲料浪费、便于操作，还能够更好地被家禽所利用。这些改进有的是由于热、水分和压力带来的化学变化，相当一部分是因为家禽采食颗粒料的时间较少，降低了维持能量的需要。Jensen 等的经典研究展示了这种情形（表 2.27）。

表 2.27 采食粉料或颗粒料所需的时间

	用于采食的平均时间 (min/12h)		平均采食饲料 (g/只/12h)	
	粉料	颗粒料	粉料	颗粒料
火鸡 (38~45 日龄)	136	16	62	57
鸡 (21~28 日龄)	103	34	38	37

Jensen 等 (1962)

饲料厂家经常对于是否需要优质颗粒料抱有疑问，因为将颗粒料或破碎料重新磨碎并饲喂家禽并不对家禽的生产性能产生多明显的效应。

优质的颗粒料或破碎料能改进火鸡生长率似乎没有大的疑问。但是，颗粒料质量对于肉仔鸡似乎重要性较小，特别是使用高能量日粮时。在制粒过程中较为重要的是用蒸汽和压力处理饲料，虽然人们也意识到，在某些市场上不具有“理想”颗粒品质的饲料是很难销售的。

### 2.5.4 膨化、挤压和热力蒸煮

挤压工艺 (extrusion) 用于生产谷物类休闲食品已有多年的历史, 近年来又用于生产各种宠物饲料。挤压法所用的温度和压力一般要高于正常的蒸汽制粒, 因此对于淀粉糊化有较大的潜力, 从理论上说能更好地改进消化率。但是, 挤压法的生产速率要比常规制粒慢得多, 最初的投资也很高。

与制粒、挤压和膨化相比, 热力蒸煮可以提供最极端的加工条件, 其高温可维持很长时间。热力蒸煮可以产生最好的糊化作用, 而且对微生物内容也给以最好的控制。

虽然热处理可以降低饲料中的微生物数量, 但同时使热敏性营养素遭受损失, 如某些维生素和氨基酸。合成氨基酸可能比其他原料中天然存在的氨基酸对热处理更为敏感。最近的一项研究表明, 一种含 0.18% 补充蛋氨酸的肉鸡初期料经挤压后其总蛋氨酸约损失 6%。对于多数维生素来说 (维生素 C 和亚硫酸氢钠甲萘醌复合物 MSBC 除外), 正常的制粒条件预期可使效力降低 8%~10%。挤压过程所用的温度一般要高得多, 可使多数维生素效力降低 10%~15%。任何热处理条件都会引起维生素 C 的显著下降 (约 50%), 使 MSBC 下降 30%~50% (表 2.28)。

表 2.28 蒸汽制粒、挤压和膨化对维生素效力损失的影响

维生素	维生素效力的损失 (%)		
	制粒 (82°C, 30min)	膨化 (117°C, 20min)	挤压 (120°C, 60min)
维生素 A (微珠)	7	4	12
维生素 D <sub>3</sub> (微珠)	5	2	8
维生素 E	5	3	9
MSBC	18	30	50
硫胺	11	9	21
叶酸	7	6	14
维生素 C	45	40	63
氯化胆碱	2	1	3

引自 Coehlo, (1994)。

## 2.6 水

水是我们有意识地供应给家禽的一种最重要的营养素, 但是在多数情况下完全采取理

所当然的态度。经常是只有当发生机械故障时才引起对水的注意。水是身体中最大的单项成分，约占总体重的70%。身体中的水约70%是在体细胞内，30%存在于细胞周围的液体和血液之中。身体所含的水是和体蛋白质结合在一起的。这意味着，随着家禽年龄的增长，其体脂肪增多，身体的含水量（占体重的%）将下降。家禽获得水的途径有：饮水、采食和体组织的分解代谢（这是生长发育的正常过程之一）。概括地说，任何8周龄以下的家禽，其大致的需求量可以通过日龄乘6来计算，例如，一只42日龄的家禽的日需水量为 $42 \times 6 = 252 \text{ml/d}$ 。

### 2.6.1 水的摄入

家禽的水摄入量随年龄而增加，但是每单位体重的水摄入量随年龄而减少。饮水行为与采食紧密相连。因此，影响采食的任何因素将间接地影响饮水。在中等温度下，家禽的饮水量（按重量计）是采食量的1倍。任何能通过肾脏增加矿物质排泄量的营养素都会影响饮水量。例如，盐或某种含钠量高的原料都将提高饮水量。

同样，饲喂某种高钾的原料如糖蜜或豆粕，或污染了镁的钙/磷来源，也会引起饮水量的增加。这种饮水量的增加对于家禽本身关系不大，但显然会使水的排泄量增多，从而产生湿粪。表2.29列出了各种家禽在20℃或32℃时的平均饮水量。这些数据指出了大致的用水量，但随着生产阶段、家禽的健康状况和饲料成分而变化。

在计算产蛋鸡群的需水量时应该注意，饮水量在一天之中不是恒定的，而是随着蛋的形成阶段而变化（图2.2）。这数据清楚地表明，紧接在产蛋之后有一个饮水高峰，然后在正常光照周期结束之前又出现一个饮水高峰。这意味着，在6:00~20:00这个光照周期的饮水高峰期间（约在上午10~11点和晚上6~8点）必须满足水的供应，因为多数蛋禽在光照制度下处于相同的蛋形成阶段。

在计算水平衡时经常不考虑饲料的贡献，但是多数饲料含有约10%的游离水。此外，在消化和代谢过程中还产生可供利用的所谓结合水，这样，总需水量的7%~8%可以来自饲料。

在身体中会产生水，它是代谢的副产品。每克脂肪代谢时会产生约1.2g水。每克蛋白质和碳水化合物分别会产生约0.6g和0.5g水。总的代谢水可较容易地根据家禽的能量进食量而计算，因为每代谢1kcal能量平均产生0.14g水。这意味着，一只每天消费280kcal ME的产蛋鸡大约可产生39g代谢水。因此，饲料和代谢水加在一起可提供总需水量的20%，所以在计算水平衡时不可忽视。

表 2.29 家禽每天的任意饮水量 (1 000 只量/L)

		20℃	32℃
来航幼龄母鸡	4 周龄	50	75
	12 周龄	115	180
	18 周龄	140	200
来航母鸡	产蛋率 50%	150	250
	产蛋率 90%	180	300
休产母鸡		120	200
肉鸡种鸡、幼龄母鸡	4 周龄	75	120
	12 周龄	140	220
	18 周龄	180	300
肉鸡种母鸡	产蛋率 50%	180	300
	产蛋率 80%	210	360
肉仔鸡	1 周龄	24	40
	3 周龄	100	190
	6 周龄	240	500
	9 周龄	300	600
火鸡	1 周龄	24	50
	4 周龄	110	200
	12 周龄	320	600
	18 周龄	450	850
火鸡种母鸡		500	900
火鸡种公鸡		500	1 100
鸭	1 周龄	28	50
	4 周龄	120	230
	8 周龄	300	600
种鸭		240	500
鹅	1 周龄	28	50
	4 周龄	250	450
	12 周龄	350	600
种鹅		350	600

注：这些数据是大致的用水量，随生产阶段、健康和饲料消费量而变化。

## 2.6.2 水的排出

随粪尿排出的水量因饮水量的不同而变化。肉仔鸡的排泄物含水约 60%~70%，蛋鸡的排泄物约含水 80%。至少对蛋鸡来说，粪中排出的水量约为尿量的 4 倍。无疑，这种损耗随着不可消化饲料的数量和性质而有相当大的变化。

蒸发是家禽控制其体温的 4 种物理途径之一。由于其分子结构和键合，水的蒸发潜热极高。为蒸发 1g 水大约需要 0.5kcal 热。蒸散发热是通过体表和呼吸道而进行的。禽类没有汗腺，因此，通过皮肤的蒸发是极其有限的，蒸发主要是发生在呼吸道湿润的表面，当吸入的空气在体温下被水蒸气所“饱和”的时候。因此，蒸发率和呼吸率是成正比的。



鸡舍温度为  $10^{\circ}\text{C}$  时，肉仔鸡的蒸发热损耗仅占其总热损耗的 12% 左右，但是当温度升到  $26\sim 35^{\circ}\text{C}$  时，蒸发热损耗剧增，可以多至占身体总热损耗的 50%。在高温下，蒸发所散失的水接近于饮水量，这显然对通风系统提出了较高的要求。

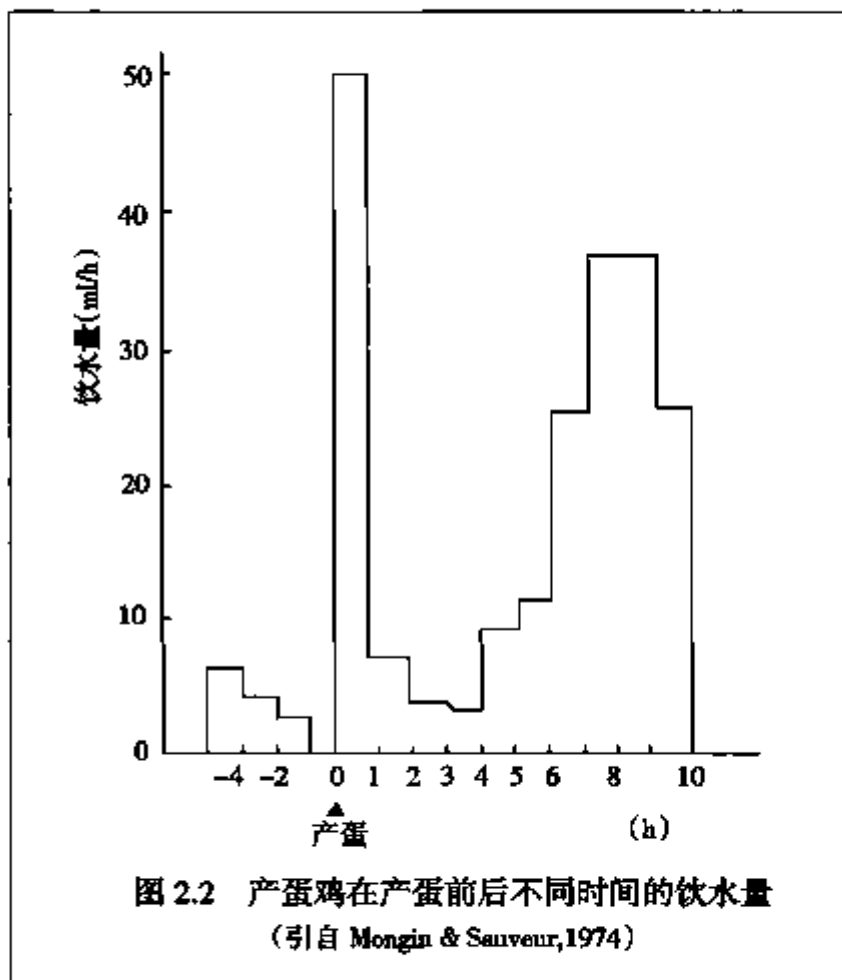
### 2.6.3 水平衡和脱水

在正常的生理条件下，成年家禽的饮水量和排水量是有控制的，使身体的含水量得以保持稳定。生长期家禽有正的水平衡，以支持生长。在多数生产条件下水是供自由饮用的，不会因饮水不足而发生脱水。短时间的饮水量减少经常是采食量下降所引起的。

小火鸡最容易因饮水缺乏而发生脱水，当恢复饮水供应后会出现死亡。缺水 48h 的 11 日龄小火鸡在恢复自由饮用冷水后死亡率达 83%；多数情况下是在 30min 内出现死亡。对于 18 日龄的小火鸡，死亡率较低，死亡出现得较晚（2~34h）；年龄较大的火鸡遇到同样的情况不会出现死亡。出现这种情况的详细原因尚不完全清楚。缺水小火鸡的体温下降，当重新得到饮水后体温下降还要持续 30min 多。脱水后的小火鸡往往大量饮水，有人认为问题就出在简单的水中毒及与此相关的体内电解质的稀释。如果小火鸡不论由于什么原因而脱水，此时在饮水中添加电解质可能是有益的。鸡似乎不存在这个问题。

### 2.6.4 饮水的温度

给家禽供应的水一般是室温的。这意味着，对于饲养在环境控制鸡舍中的蛋鸡来说饮水温度是相当稳定的；但是对于肉仔鸡则不然，饮水温度随着育雏温度的下降而下降。人们只是对出壳后最初几天小鸡的饮水温度有所讲究，传统的管理方法建议使用温水。但是，这个建议并未得到很多文献的支持。家禽在高温下饮用较多的水，如果对水进行冷



却，饮用量会更高。表 2.30 列举了用饲养在 33℃ 的蛋鸡所做的一个小型研究的结果。

表 2.30 在 33℃ 下饮用凉水或温水的蛋鸡的生产性能

	水 温	
	33℃	2℃
饲料 (g/只/d)	63.8	75.8
产蛋率 (%)	81.0	96.0
蛋重 (g)	49.0	48.5

在 4 周期间饮用凉水的鸡能够维持高峰产蛋量，原因可能是它们的采食量未严重下降。在生产条件下，水管的线路很长，显然很难复制这样的条件。但是，这确实表明了尽可能维持较凉爽饮水的重要性。就此而言，一般将贮水罐安放在高塔顶端遭阳光直晒的做法是否合适，应该予以认真思考。

### 2.6.5 限水

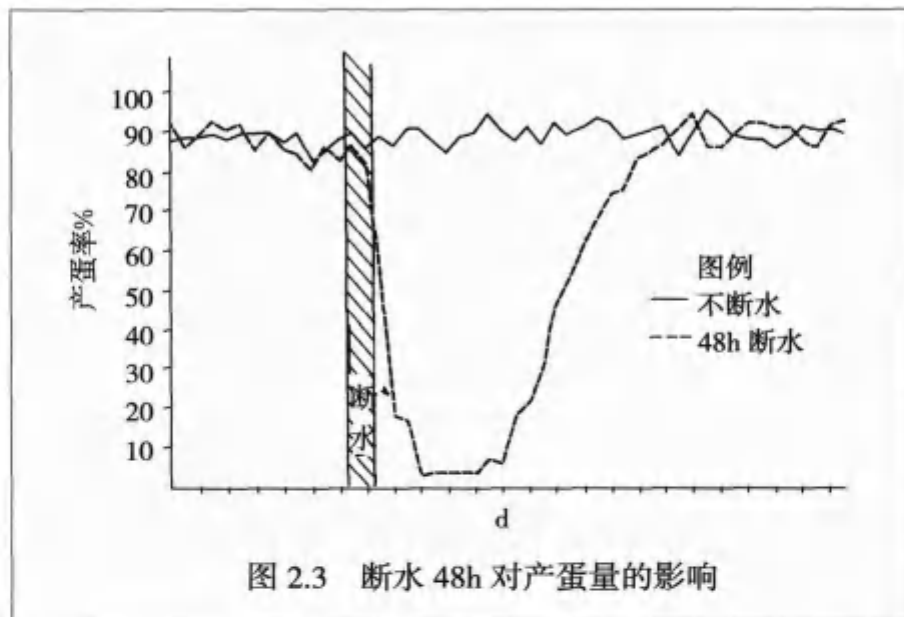
多数禽类应不断得到清洁饮水的供应。某些种禽饲养者为了避免湿粪问题而建议限制蛋鸡的饮水，特别是在炎热天气。但是在采用这最后招数之前应认真考虑其他的预防措施。母鸡若在 24h 期间得不到饮水，产量将下降达 30% 之多，并且需要多达 25~30d 才能恢复正常。在肉鸡方面也有相似的报告，供水减少可使增重显著下降。表 2.31 是一个有控制的肉鸡限水试验的结果。试验数据显示，饲料采食量明显下降，在饮水量下降第一个 10% 时采食量下降最多（下降 10%）。

表 2.31 限水对肉鸡 1 周相对采食量的影响

周龄	限水程度 (%)					
	0	10	20	30	40	50
2	100	84	84	75	84	71
4	100	99	102	90	85	80
6	100	88	81	78	73	71
8	100	86	83	79	74	67
合计	100	90	87	81	77	73

注：全部肉鸡在第一周自由饮水（数据来源：Kellerup et al. 1971）。

图 2.3 表示了蛋鸡供水偶然中断 48h 所产生的影响。产蛋量迅速下降，几乎降到 0%，但是有意思的是有些母鸡仍能维持正常的产蛋量。在 28d 内恢复生产的多数母鸡能按年龄要求达到应有的生产量，蛋壳质量有所改善。



对于有些鸡群，可以有意识地用断水作为一种管理手段。这是至今在采用隔日饲喂法的肉种鸡中使用得最普遍的方法。在饲喂日和停喂日都可安排限水。在停喂日安排限水的理由是担心在停喂的情况下鸡可能由于饥饿或无聊而饮水过多。但是，事实上种鸡在停喂日的饮水似乎并没有那么多（表 2.32）。

表 2.32 13 周龄肉种鸡的饮水量 (ml/只/d)

	每日限水	仅在饲喂日限水	任意饮水
饲喂日的饮水量	175	182	270
停喂日的饮水量	108	109	36
平均	141	145	153

不管饮水处理如何安排，所用鸡在两天一轮的饲喂方案中的平均饮水量是相似的。在任意饮水的情况下，种鸡在饲喂日显然饮水过多，但在停喂日饮水较少。这些数据表明，在隔日饲喂时需要限制饮水，但是为了防止湿粪，特别应该注意饲喂日限水，而不是停喂日限水。

### 2.6.6 水的质量

在评估一个鸡群的生产性能时应该仔细考虑水的质量。影响水质的最严重问题是化学污染物。但是，家禽在经过一个时期后能够适应某些矿物质的高含量，因此，只有在较少的情况下水中矿物质含量能显著影响禽群的生产性能。有些地区的水中含盐量很高，足以对禽群的生产性能产生不利影响。在这种情况下必须减少家禽日粮中的盐添加量。但是，必须在仔细考虑、确信家禽能够得到足够的盐进食量后才能这样做，因为如果日粮的含盐量太低会严重降低家禽的生产性能。

水中有任何程度的微生物污染都表明有地表水进入了供水系统，必须采取措施予以纠正。或者，也可以用氯处理来消灭水中的污染物。另一个问题是水中积聚了硝酸盐和亚硝酸盐。这种污染一般表明有动物的粪水或肥料进入了供水系统。人用饮水中硝酸盐的标准是10~20mg/L，但是，动物一般可以耐受较高的量。当家禽生产性能较差时，如果水中硝酸盐含量超过了50mg/L，就可把水当作一个怀疑对象。由于亚硝酸盐的毒性是硝酸盐的10倍，又由于肠道和供水系统中的微生物可以将硝酸盐转化为亚硝酸盐，因此供水系统中这两种污染物的含量应保持最低。水的过氯化作用可以迅速将亚硝酸盐氧化为硝酸盐，从而降低其毒性。在开始实行过氯化作用之前，应与当地的病理学家商定一个适宜的氯化水平，以免干扰疫苗或其他药物的性能或效力。

表2.33是饮用水的矿物质含量标准。毒性和生产性能下降程度取决于家禽的年龄和种类，但是一般说来，这些参考数值可以用来估计家禽长期饮用这种水后出现中毒的可能性。

表 2.33 水中矿物质含量超过下述浓度 (mg/L) 就可能在家禽中引起问题

总可溶盐类 (硬度)	1 500	钾	500
氯	500	钠	500
硫酸盐	1 000	硝酸盐	50
铁	50	砷	0.01
镁	200	pH	6.0~8.5

近年来,人们对家禽饮用水的处理问题感到有兴趣。在很大程度上,这样做的目的是预防水管、锅炉和自动饮水器中的矿物质沉积问题,而非预防中毒问题本身。在这种处理中要使用正磷酸盐,它能使钙和镁分离,从而避免在供水系统中沉淀。在多数情况下,这种处理不至于过分地改变水的成分,使之不适于家禽饮用。作为一种最后的办法,有些生产者使用水软化器,在这种情况下应该注意家禽的健康问题。这些水软化器带有一个活性树脂柱,能进行离子(矿物质)交换。使用了一个时期后,树脂柱会被从水中吸收的矿物质(一般是钙盐和镁盐)所饱和,因而必须冲洗或重新充以供体矿物质。多数水软化器是用普通盐中的钠来充。这意味着用钠来取代水中的其他矿物质,因为钠盐容易溶解,不会沉积在设备上。因此,进入供水中的钠量直接与从水中置换出的硬性矿物质的量成正比。在水硬度很高的地区,预期会有大量的钠从水中进入家禽体内;在水硬度不高的地区则相反。如果水软化器的用盐量超过每升水1mg,则很可能出现饮水中的钠问题。

### 2.6.7 饮水管理中的一般注意事项

当对笼养家禽使用常流式水槽时,必须确信在水槽末端的家禽能够得到足够的水。室温升高时饮水量将增加,如果不能相应调节供水量,水槽末端的家禽可能会缺水。有人表明,断喙差的鸡不能饮到足够的水来维持最高生产量。下喙太长的鸡与断喙适当的鸡相比,产蛋量的损失可能高达20%。当发生疾病或应激时,饮水量下降一般比采食量下降提前1~2d出现。为此,主管人员应该考虑在给每个圈或每排鸡笼供水的线路上装置水表,并要求管理员每天记录用水量。这种记录可对禽群的潜在问题作出早期警告。

(周鼎年 译)

### 参考文献

Angel, R. et al. (2002). Phytic acid chemistry: Influence on phytin phosphorus availability and phytase efficacy. *J. Appl. Poult. Res.* 11:471-480.

Bedford, M. R., (2002). The foundation of conducting feed enzyme research and the challenges of explaining the results. *J. Appl. Poultry Res.* 11:464-470.

Coelho, M. B., (1994). Vitamin stability in premixes and feeds: A practical approach. BASF Technical Symposium. Indianapolis. May 25. pp 99-126.

Dale, N., (1997). Metabolizable energy of meat and bone meal. *J. Appl. Poultry Res.* 6:169-173.

Kersey, J. H. et al., (1997). Nutrient composition of spent hen meals produced by rendering. *J. Appl. Poultry Res.* 6:319-324.

Lane, R. J. and T. L. Cross, (1985). Spread sheet applications for animal nutrition and feeding. Reston Publ., Reston, Virginia.

Leeson, S. , G. Diaz and J. D. Summers, (1995 ). *In: Poultry Metabolic Disorders and Mycotoxins*. Publ. University Books, Guelph, Ontario, Canada.

Mateos, G. G. , R. Lazaro and M. I. Garcia, (2002 ). The feasibility of using nutritional modification to replace drugs in poultry feeds. *J. Appl. Poult. Res.* 11:437 - 452.

McDowell, L. R. , (1989 ) . *In: Vitamins in Animal Nutrition*. Academic Press, N. Y.

Moritz, J. S. and L. D. Latshaw, (2001 ). Indicators of nutritional value of hydrolysed feather meal. *Poultry Sci.* 80:79 - 86.

National Academy of Sciences, (1973 ). *In: Effect of Processing on the Nutritional Value of Feeds*. NAS Washington, D. C.

National Academy of Sciences, (1974 ). *In: Nutrients and Toxic Substances in Water for Livestock and Poultry*. NAS Washington, D. C.

National Academy of Sciences, (1980 ). *In: Mineral Tolerances of Domestic Animals*. NAS Washington, D. C.

National Academy of Sciences, (1987 ). *In: Vitamin Tolerance of Animals*. NAS Washington, D. C.

National Academy of Sciences, (1994 ). *In: Nutrient Requirements of Poultry*. 9<sup>th</sup> Rev. Ed. NAS Washington, D. C.

Novus, (1994 ). *In: Raw Material Compendium*. 2<sup>nd</sup> Edition. Publ. Novus Int. , Brussels.

Pesti, G. M. and B. R. Mitter, (1993 ). *In: Animal Feed Formulation*. Publ. Van Nostrand Reinhold, N. Y.

Shirley, R. B. and C. M. Parsons, (2000 ). Effect of pressure processing on amino acid digestibility of meat and bone meal for poultry. *Poult. Sci.* 79:1775 - 1781.

# 第三章 产蛋品系后备母鸡 育成期饲喂方案

# 3

3.1 日粮规格 .....	111
3.2 品系特定营养需要 .....	117
3.3 后备母鸡育成期的饲养管理 .....	125
3.3.1 综合考虑 .....	125
3.3.2 营养素进食量的调控 .....	129
3.3.3 建议的饲喂方案 .....	131
3.3.4 性成熟时体重的调控 .....	135
3.3.5 营养素的管理 .....	136
3.3.6 预产期营养与管理 .....	138
3.3.7 光照程序 .....	144
3.3.8 限制饲喂 .....	147

## 3.1 日粮规格

表 3.1 所示为来航后备母鸡的日粮规格，而表 3.2 为褐壳蛋后备母鸡的相应数据。这些营养规格可作为日粮配方的指南，而由主要种禽公司制定的一般的生长和发育指标，才是育成计划的目标。后备母鸡饲养在一系列不同的环境和房舍条件之下，这些都可能影响营养需要量。在多数情况下，变化的管理条件会影响能量需要量，所以重要的是将所有其他的营养素与能量水平相联系。在炎热的气候条件下，后备母鸡的采食量会降低，所以营养素，如氨基酸水平，必须相应地提高。与笼养的相比，在地面饲养的后备母鸡采食较多的饲料，因此，氨基酸水平可以降低。日粮规格是根据鸡采食常规饲料原料而制定的，所以营养素的消化率是可预测的。在使用非常规原料时，必须使用更确切的消化率，如可消化氨基酸。表 3.3~3.6 所示为用玉米、小麦或高粱加或不加肉粉的配方实例。

表 3.1 来航后备母鸡日粮规格

年龄 (周)	育雏期 (0~6)	生长期 (6~10)	育成期 (10~16)	产蛋前期 (16~18)
粗蛋白水平 (%)	20.0	18.5	16.0	16.0
代谢能 (kcal/kg)	2 900	2 900	2 850	2 850
钙 (%)	1.00	0.95	0.92	2.25
可利用磷 (%)	0.45	0.42	0.40	0.42
钠 (%)	0.17	0.17	0.17	0.17
蛋氨酸 (%)	0.45	0.42	0.39	0.37
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.78	0.72	0.65	0.64
赖氨酸 (%)	1.10	0.90	0.80	0.77
苏氨酸 (%)	0.72	0.70	0.60	0.58
色氨酸 (%)	0.20	0.18	0.16	0.15
精氨酸 (%)	1.15	0.95	0.86	0.80
缬氨酸 (%)	0.75	0.70	0.65	0.60
亮氨酸 (%)	1.30	1.10	0.92	0.88
异亮氨酸 (%)	0.70	0.60	0.51	0.48
组氨酸 (%)	0.35	0.32	0.29	0.26
苯丙氨酸 (%)	0.65	0.60	0.53	0.49
维生素 (每千克日粮)				
维生素 A (IU)	8 000			
维生素 D <sub>3</sub> (IU)	2 500			
维生素 E (IU)	50			
维生素 K (IU)	3			
硫胺素 B <sub>1</sub> (mg)	2			
核黄素 B <sub>2</sub> (mg)	5			
吡哆醇 B <sub>6</sub> (mg)	4			
泛酸 (mg)	12			
叶酸 (mg)	0.75			
生物素 (μg)	100			
尼克酸 (mg)	40			
胆碱 (mg)	500			
维生素 B <sub>12</sub> (μg)	12			
微量矿物质 (每千克日粮)				
锰 (mg)	60			
铁 (mg)	30			
铜 (mg)	6			
锌 (mg)	60			
碘 (mg)	0.5			
硒 (mg)	0.3			



表 3.2 褐壳蛋后备母鸡的日粮规格

年龄 (周)	育雏期 (0~5)	生长期 (5~10)	育成期 (10~15/16)	产蛋前期 (15/16~17)
粗蛋白水平 (%)	20.0	18.0	15.5	16.0
代谢能 (kcal/kg)	2 900	2 850	2 800	2 850
钙 (%)	1.00	0.95	0.90	2.25
可利用磷 (%)	0.45	0.42	0.38	0.42
钠 (%)	0.17	0.17	0.17	0.17
蛋氨酸 (%)	0.45	0.41	0.35	0.34
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.78	0.71	0.63	0.61
赖氨酸 (%)	1.10	0.90	0.75	0.73
苏氨酸 (%)	0.72	0.68	0.60	0.57
色氨酸 (%)	0.20	0.18	0.15	0.15
精氨酸 (%)	1.15	0.95	0.86	0.80
缬氨酸 (%)	0.75	0.70	0.65	0.60
亮氨酸 (%)	1.30	1.10	0.92	0.88
异亮氨酸 (%)	0.70	0.60	0.51	0.45
组氨酸 (%)	0.35	0.32	0.27	0.24
苯丙氨酸 (%)	0.65	0.60	0.50	0.45
维生素 (每千克日粮):				
维生素 A (IU)		8 000		
维生素 D <sub>3</sub> (IU)		2 500		
维生素 E (IU)		50		
维生素 K (IU)		3		
硫胺素 B <sub>1</sub> (mg)		2		
核黄素 B <sub>2</sub> (mg)		5		
吡哆醇 B <sub>6</sub> (mg)		4		
泛酸 (mg)		12		
叶酸 (mg)		0.75		
生物素 (μg)		100		
尼克酸 (mg)		40		
胆碱 (mg)		500		
维生素 B <sub>12</sub> (μg)		12		
微量矿物质 (每千克日粮):				
锰 (mg)		60		
铁 (mg)		30		
铜 (mg)		6		
锌 (mg)		60		
碘 (mg)		0.5		
硒 (mg)		0.3		

表 3.3 育雏日粮示例 (kg)

	1	2	3	4	5	6
玉米	544	555				
小麦			628	643		
高粱					578	568
次麦粉	100	105	100	100	100	100
肉粉		50		30		50
豆粕	310	258	227	191	27	250
油脂	10	10	10	10	10	10
DL-蛋氨酸*	1.1	1.3	1.5	1.6	1.7	1.6
食盐	3.1	2.8	2.7	2.3	3.4	2.9
石粉	18	13.2	19.3	16.1	18.5	13.3
磷酸氢钙	12.8	3.7	10.5	5	11.4	3.2
维生素—矿物质预混料**	1	1	1	1	1	1
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白水平 (%)	21.0	21.0	20.6	20.6	20.0	21.0
代谢能 (kcal/kg)	2 930	2 930	2 900	2 930	2 930	2 930
钙 (%)	1.05	1.05	1.00	1.05	1.05	1.05
可利用磷 (%)	0.47	0.47	0.45	0.45	0.45	0.47
钠 (%)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
蛋氨酸 (%)	0.46	0.47	0.45	0.46	0.45	0.45
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.78	0.78	0.78	0.78	0.81	0.81
赖氨酸 (%)	1.16	1.17	1.10	1.10	1.10	1.20
苏氨酸 (%)	0.89	0.87	0.76	0.74	0.78	0.80
色氨酸 (%)	0.29	0.28	0.31	0.30	0.27	0.27

\* 或等价的蛋氨酸羟基类似物。

\*\* 含胆碱。

表 3.4 后备母鸡生长期日粮示例

	1	2	3	4	5	6
玉米	550	555				
小麦			620	590		
高粱					568	558
次麦粉	150	165	150	160	150	150
肉粉		50		20		20
豆粕	256	200	188	180	238	234
油脂	10	10.5	10	23.5	10	10
DL-蛋氨酸*	1.2	1.3	1.3	1.3	1.7	1.6
食盐	3.3	2.7	2.7	2.5	3.4	3.2
石粉	17.3	12.5	18	15.6	17.9	15.4
磷酸氢钙	11.2	2	9	6.1	10	6.8
维生素—矿物质预混料**	1	1	1	1	1	1
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白水平 (%)	19.0	19.0	19.4	19.5	18.9	19.5
代谢能 (kcal/kg)	2 930	2 930	2 900	2 930	2 930	2 930
钙 (%)	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
可利用磷 (%)	0.43	0.43	0.42	0.43	0.42	0.43
钠 (%)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
蛋氨酸 (%)	0.43	0.45	0.42	0.42	0.42	0.42
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.72	0.72	0.73	0.72	0.75	0.76
赖氨酸 (%)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
苏氨酸 (%)	0.8	0.78	0.7	0.7	0.72	0.74
色氨酸 (%)	0.26	0.25	0.29	0.28	0.25	0.26

\* 或等价的蛋氨酸羟基类似物。

\*\* 含胆碱。

表 3.5 后备母鸡育成期日粮示例

	1	2	3	4	5	6
玉米	534	535				
小麦			648	649		
高粱					572	580
次麦粉	239	240	197	200	205	203
肉粉		20		20		20
豆粕	186	167	114	96	181	161
油脂	10	10	10	10	10	10
DL-蛋氨酸*	1.1	1.2	1.4	1.4	1.3	1.3
食盐	3.3	3.1	2.7	2.4	3.5	3.2
石粉	16	16.4	17.5	15.4	17	15
磷酸氢钙	9.6	6.3	8.4	4.8	9.2	5.5
维生素—矿物质预混料**	1	1	1	1	1	1
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白水平 (%)	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
代谢能 (kcal/kg)	2 855	2 855	2 850	2 850	2 850	2 850
钙 (%)	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
可利用磷 (%)	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
钠 (%)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
蛋氨酸 (%)	0.39	0.39	0.38	0.38	0.35	0.35
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.63	0.63	0.63	0.63	0.64	0.64
赖氨酸 (%)	0.82	0.83	0.79	0.79	0.86	0.86
苏氨酸 (%)	0.69	0.68	0.57	0.56	0.62	0.61
色氨酸 (%)	0.22	0.22	0.24	0.24	0.22	0.21

\* 或等价的蛋氨酸羟基类似物。

\*\* 含胆碱。

表 3.6 预产期日粮示例

	1	2	3	4	5	6
玉米	527	481				
小麦			615	629		
高粱					574	593
次麦粉	227	306	180	180	180	180
肉粉		50		34		60
豆粕	168	100	122	90	167	105
油脂	10	10	16.7	11	11	10
DL-蛋氨酸*	1.4	1.6	1.4	1.4	1.6	1.5
食盐	3	2.4	2.5	2	3.2	2.7
石粉	51.6	46.6	51.5	48.2	51.3	46.8
磷酸氢钙	11	1.4	9.9	3.4	10.9	
维生素—矿物质预混料**	1	1	1	1	1	1
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白水平 (%)	16.0	16.0	16.6	17.0	16.0	16.2
代谢能 (kcal/kg)	2 850	2 850	2 850	2 850	2 850	2 900
钙 (%)	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.30
可利用磷 (%)	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
钠 (%)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18
蛋氨酸 (%)	0.41	0.42	0.38	0.39	0.37	0.37
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.64	0.64	0.64	0.64	0.66	0.65
赖氨酸 (%)	0.78	0.78	0.81	0.84	0.82	0.84
苏氨酸 (%)	0.66	0.63	0.58	0.58	0.60	0.58
色氨酸 (%)	0.22	0.20	0.25	0.24	0.21	0.20

\* 或等价的蛋氨酸羟基类似物。

\*\* 含胆碱。

### 3.2 品系特定营养需要

在培育白壳或褐壳蛋后备母鸡时，经常会提出是否需要品系特定的配方的问题。这种差异最可能由不同的生长速度和/或不同的成年体重所诱发。正如表 3.12 所示，商品后备母鸡在 18 周育成期的生长速度是有差异的。在 4 周龄时，体重最高与最低品系的相差为 14%，而 18 周龄时的差异为 10%。这种不同的生长速度反映在营养需要上，例如：对于

较小的品系，育雏日粮中的氨基酸水平可高出 10%~15%。

育雏日粮见表 3.7 所示，虽然体重最小的鸡，即罗曼鸡的赖氨酸和苏氨酸高得多，但从表 3.7 可见所有品系的能量水平相当一致，在生长日粮中也见到同样的趋势（表 3.8）。

表 3.7 白壳蛋后备母鸡育雏日粮

饲喂年龄 (周)	雪弗 (0~6*)	海兰 36 (0~6)	海兰 98 (0~6)	罗曼 (0~3)	宝万斯 (0~6)
蛋白水平 (%)	19.5	20	20	21	20
代谢能 (kcal/kg)	2 900	2 960	2 960	2 900	2 980
钙 (%)	1.0	1.0	1.0	1.05	1.0
可利用磷 (%)	0.47	0.50	0.5	0.48	0.5
钠 (%)	0.16	0.19	0.19	0.16	0.18
亚油酸 (%)	1.2	1.0	1.0	1.4	1.3
蛋氨酸 (%)	0.42	0.48	0.48	0.48	0.45
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.73	0.8	0.8	0.83	0.8
赖氨酸 (%)	0.95	1.1	1.1	1.2	1.1
色氨酸 (%)	0.20	0.20	0.20	0.23	0.21
苏氨酸 (%)	0.68	0.75	0.75	0.8	0.75

\* 从管理指南资料推断。

表 3.8 白壳蛋后备母鸡生长期日粮

饲喂年龄 (周)	雪弗 (6~12*)	海兰 36 (6~8)	海兰 98 (6~8)	罗曼 (3~8)	宝万斯 (6~10)
蛋白水平 (%)	17.5	18	18	19	18
代谢能 (kcal/kg)	2 800	3 025	2 960	2 800	2 970
钙 (%)	0.95	1.0	1.0	1.03	1.0
可利用磷 (%)	0.47	0.47	0.48	0.46	0.48
钠 (%)	0.16	0.18	0.18	0.16	0.17
亚油酸 (%)	1.0	1.0	1.0	1.44	1.3
蛋氨酸 (%)	0.38	0.44	0.44	0.39	0.4
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.66	0.73	0.73	0.69	0.72
赖氨酸 (%)	0.86	0.9	0.9	1.03	1.0
色氨酸 (%)	0.18	0.18	0.18	0.22	0.19
苏氨酸 (%)	0.62	0.7	0.7	0.72	0.7

\* 从管理指南资料推断。

有趣的是对于育成日粮（表 3.9），体重最大的雪弗（Shaven）的氨基酸需要量最高，而体重较小的罗曼（Lohmann）的氨基酸进食量显然低得多。而对于品系特定的预产配方有相当大的变异（表 3.10）。

表 3.9 白壳蛋后备母鸡育成期日粮

饲喂年龄 (周)	雪弗 (12~17)	海兰 36 (8~15)	海兰 98 (8~16)	罗曼 (8~16)	宝万斯 (10~15)
蛋白水平 (%)	16.5	16.0	16.0	14.9	16.0
代谢能 (kcal/kg)	2 750	3 075	2 940	2 800	2 960
钙 (%)	1.15	1.0	1.0	0.92	1.0
可利用磷 (%)	0.45	0.45	0.46	0.38	0.45
钠 (%)	0.16	0.17	0.17	0.16	0.17
亚油酸 (%)	1.0	1.0	1.0	1.03	1.3
蛋氨酸 (%)	0.36	0.39	0.39	0.34	0.36
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.63	0.65	0.65	0.58	0.65
赖氨酸 (%)	0.81	0.75	0.75	0.67	0.88
色氨酸 (%)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17
苏氨酸 (%)	0.58	0.60	0.60	0.51	0.60

表 3.10 白壳蛋后备母鸡预产期日粮

饲喂年龄 (周)	海兰 36 (15~19)	海兰 98 (16~18)	罗曼 (16~18)	宝万斯 (15~17)
蛋白水平 (%)	15.5	15.5	18	15
代谢能 (kcal/kg)	3 040	2 940	2 800	2 930
钙 (%)	2.75	2.75	2.05	2.25
可利用磷 (%)	0.4	0.45	0.46	0.45
钠 (%)	0.18	0.18	0.16	0.18
亚油酸 (%)	1.0	1.0	1.03	1.2
蛋氨酸 (%)	0.36	0.36	0.37	0.36
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.60	0.60	0.70	0.63
赖氨酸 (%)	0.75	0.75	0.87	0.8
色氨酸 (%)	0.15	0.15	0.21	0.16
苏氨酸 (%)	0.55	0.55	0.62	0.55

\* 从管理指南资料推断。

在一定程度上，预产期日粮的不同规格与鸡的年龄有关。预产期配方从使钙的增长最优化方面来讲是最有效的；所以看起来让人惊讶的是为各品系制定的钙（2.05%~2.75%）和可利用磷（0.4%~0.5%）的范围非常广。此时，罗曼鸡的氨基酸需要量似乎较高。不同品系后备母鸡至18周龄前的饲料采食量在5.0kg至6.0kg之间，部分原因是受日粮能量的影响（表3.11）。

后备母鸡的体重见表3.12所示。

表 3.11 白壳蛋后备母鸡饲料进食量 (g)

	雪弗 <sup>1</sup>	海兰 36	海兰 98	罗曼	宝万斯
育雏期	1 099	1 085	1 141	350	931
生长期	2 072	621	665	1 258	1 239
育成期	2 702	2 645	3 241	3 327	2 023
预产期		860	980	1 048	924
产蛋期		448			476
总计 (至 18 周龄)	5 873	5 659	6 027	5 983	5 593

<sup>1</sup> 无预产期日粮。

表 3.12 白壳蛋后备母鸡体重 (g)

周 龄	雪弗	海兰 36	海兰 98	罗曼	宝万斯
1	70	65	65	70	70
2	135	110	110	115	105
3	205	180	180	170	175
4	280	250	260	240	250
5	365	320	350	320	320
6	450	400	450	400	395
7	535	500	550	470	475
8	620	590	650	540	560
9	700	680	750	614	650
10	775	770	850	682	735
11	845	870	930	749	820
12	915	950	1 000	816	900
13	975	1 030	1 070	878	975
14	1 035	1 100	1 130	941	1 045
15	1 095	1 160	1 180	998	1 110
16	1 165	1 210	1 230	1 056	1 170
17	1 235	1 250	1 270	1 118	1 225
18	1 300	1 280	1 320	1 181	1 270



各品系商品后备母鸡的维生素-矿物质预混料的建议量差异很大（表 3.13）。在有些情况下，种鸡公司对某种营养素没有给出规格，大概意味着天然饲料成分可为该品系提供足够的水平。对于一些关键的营养素，如维生素 E，建议量的差异可高达 6 倍之多。

对于褐壳蛋后备母鸡的可比较日粮规格见表 3.14 至表 3.20。褐壳蛋后备母鸡的品系规格似乎更一致性，但应强调，饲喂计划在鸡的年龄方面变异较大。

表 3.13 白壳蛋后备母鸡维生素-矿物质预混料

	每千克饲料所含	雪弗	海兰 36, 98	罗曼	宝万斯
维生素 A	IU	12 000	8 000	12 000	8 000
维生素 D <sub>3</sub>	IU	2 500	3 300	2 000	2 500
维生素 E	IU	30	66	20*	10
维生素 K	IU	3	5.5	3	3
硫胺素	mg	2.5	0	1	1
核黄素	mg	7	4.4	4	5
泛酸	mg	12	5.5	8	7.5
尼克酸	mg	40	28	30	30
吡哆醇	mg	5	0	3	2
生物素	μg	200	55	50	100
叶酸	mg	1	0.22	1	0.5
维生素 B <sub>12</sub>	μg	30	8.8	15	12
胆碱	mg	1 000	275	200*	300
铁	mg	80	33	25	35
铜	mg	10	4.4	5	7
锰	mg	66	66	100	70
锌	mg	70	66	60	70
碘	mg	0.4	0.9	0	1
硒	mg	0.3	0.3	0.2	0.25

\* 从管理指南资料推断。

表 3.14 褐壳蛋后备母鸡育雏日粮

饲喂年龄 (周)	雪弗 (0~4)	依莎 (0~5)	海兰 (0~6)	宝万斯 (0~6)
蛋白水平 (%)	20.5	20.5	19.0	20.0
代谢能 (kcal/kg)	2 950	2 950	2 870	2 980
钙 (%)	1.07	1.07	1.0	1.0
可利用磷 (%)	0.48	0.48	0.48	0.5
钠 (%)	0.16	0.16	0.18	0.18
亚油酸 (%)			1.0	1.3
蛋氨酸 (%)	0.52	0.52	0.48	0.45
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.86	0.86	0.8	0.8
赖氨酸 (%)	1.16	1.16	1.1	1.1
色氨酸 (%)	0.21	0.21	0.2	0.21
苏氨酸 (%)	0.78	0.78	0.75	0.75

表 3.15 褐壳蛋后备母鸡生长期日粮

饲喂年龄 (周)	雪弗 (4~10)	依莎 (5~10)	海兰 (6~9)	罗曼 (0~8)	宝万斯 (6~10)
蛋白水平 (%)	19.0	20.0	16.0	18.5	18.0
代谢能 (kcal/kg)	2 850	2 850	2 890	2 775	2 940
钙 (%)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
可利用磷 (%)	0.42	0.44	0.46	0.45	0.5
钠 (%)	0.16	0.17	0.18	0.16	0.17
亚油酸 (%)			1	1.4	1.3
蛋氨酸 (%)	0.45	0.47	0.44	0.38	0.4
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.76	0.80	0.70	0.67	0.72
赖氨酸 (%)	0.98	1.03	0.9	1.0	1.0
色氨酸 (%)	0.19	0.2	0.18	0.21	0.19
苏氨酸 (%)	0.66	0.69	0.7	0.7	0.7

表 3.16 褐壳蛋后备母鸡育成期日粮

饲喂年龄 (周)	雪弗 (10~16)	依莎 (10~16)	海兰 (9~16)	罗曼 (8~16)	宝万斯 (10~15)
蛋白水平 (%)	16.0	16.8	15.0	14.5	15.5
代谢能 (kcal/kg)	2 750	2 750	2 830	2 775	2 840
钙 (%)	0.95	1.0	1.0	0.9	1.0
可利用磷 (%)	0.36	0.38	0.44	0.37	0.45
钠 (%)	0.16	0.17	0.16	0.16	0.17
亚油酸 (%)			1.0	1.0	1.2
蛋氨酸 (%)	0.33	0.35	0.39	0.33	0.35
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.60	0.63	0.60	0.57	0.63
赖氨酸 (%)	0.74	0.78	0.70	0.65	0.85
色氨酸 (%)	0.16	0.17	0.15	0.16	0.16
苏氨酸 (%)	0.50	0.53	0.60	0.50	0.60

表 3.17 褐壳蛋后备母鸡预产期日粮

饲喂年龄 (周)	雪弗 (16~17)	依莎 (16~17*)	海兰 (16~18*)	罗曼 (16~18*)	宝万斯 (15~17)
蛋白水平 (%)	17.0	17.0	16.5	17.5	14.8
代谢能 (kcal/kg)	2 750	2 750	2 850	2 775	2 820
钙 (%)	2.05	2.05	2.75	2.0	2.25
可利用磷 (%)	0.45	0.45	0.44	0.45	0.45
钠 (%)	0.16	0.16	0.18	0.16	0.18
亚油酸 (%)			1.0	1.0	1.2
蛋氨酸 (%)	0.36	0.36	0.35	0.36	0.35
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.65	0.65	0.60	0.68	0.63
赖氨酸 (%)	0.80	0.80	0.75	0.85	0.80
色氨酸 (%)	0.17	0.17	0.17	0.20	0.16
苏氨酸 (%)	0.54	0.54	0.55	0.60	0.55

\* 从管理指南推断。

所有的育种公司都为它们自己的褐壳蛋后备母鸡推荐预产期配方, 虽然大多数营养规格是相同的, 但是, 再次见到钙的推荐量有主要的差异。这些褐壳蛋鸡在 18 周龄的体重在 1 475~1 580g, 大致采食 6.3~6.8kg 饲料 (表 3.18 和 3.19)。就白壳蛋后备母鸡而

言，褐壳蛋后备母鸡维生素-微量元素预混料的品系规格表现出极大的差异；再次，对于某些品系，在这些预混料中某些营养素被认为是不必要的（表 3.20）。

表 3.18 褐壳蛋后备母鸡的进食量<sup>1</sup> (g)

	雪弗	依莎	海兰	罗曼	宝万斯
育雏期	600	840	1 099		1 148
生长期	2 100	1 694	966	1 764	1 351
育成期	3 000	2 758	3 346	3 577	2 170
预产期	588	525	1 163	1 029	1 015
产蛋期	600	480			539
总计 (至 18 周龄)	6 888	6 297	6 574	6 370	6 223

<sup>1</sup> 取决于日粮能量水平。

表 3.19 褐壳蛋后备母鸡的体重 (g)

周 龄	雪弗	依莎	海兰	罗曼	宝万斯
1	60	50	70	75	70*
2	100	100	115	130	110*
3	200	190	190	195	180*
4	300	280	280	275	290
5	380	380	380	367	370
6	480	480	480	475	450
7	570	580	580	580	530
8	650	675	680	680	610
9	760	770	770	780	690
10	850	850	870	875	770
11	940	950	960	960	850
12	1 030	1 040	1 050	1 040	935
13	1 120	1 130	1 130	1 120	1 020
14	1 220	1 220	1 210	1 200	1 110
15	1 320	1 300	1 290	1 265	1 200
16	1 400	1 390	1 360	1 330	1 300
17	1 490	1 475	1 430	1 400	1 400
18	1 580	1 560	1 500	1 475	1 500

\* 从管理指南资料推断。

表 3.20 褐壳蛋后备母鸡维生素-微量元素预混料

	IU/kg 饲料	雪弗	依莎	海兰	罗曼	宝万斯
维生素 A	IU	13 000	13 000	8 800	12 000	8 000
维生素 D <sub>3</sub>	IU	3 000	3 000	3 300	2 000	2 500
维生素 E	IU	25	25	66	10~30	10
维生素 K	IU	2	2	5.5	3	3
硫胺素	mg	2	2	0	1	1
核黄素	mg	5	5	4.4	6	5
泛酸	mg	15	15	5.5	8	7.5
尼克酸	mg	60	60	28	30	30
吡哆醇	mg	5	5	0	3	2
生物素	μg	200	200	55	50	100
叶酸	mg	0.75	0.75	0.22	1.0	0.5
维生素 B <sub>12</sub>	μg	20	20	8.8	15.0	12
胆碱	mg	600	600	275	300	300
铁	mg	60	60	33	25	35
铜	mg	5	5	4.4	5	7
锰	mg	60	60	66	100	70
锌	mg	60	60	66	60	70
碘	mg	1	1	0.9	0.5	1
硒	mg	0.2	0.2	0.3	0.2	0.25

### 3.3 后备母鸡育成期的饲养管理

#### 3.3.1 综合考虑

日粮配方和饲养管理是目前育成期后备母鸡至性成熟开始的至关重要的方面。性成熟的年龄正在提前，虽然对是否仅在最近几年才有突然变化仍有疑问。实际上，母鸡至性成熟的年龄已在慢慢提前，约为一年一天，对于许多褐壳蛋品系的母鸡尤为如此。所以，将后备母鸡于 19~20 周龄上笼已经不可行了，而且经常会产生一些管理上的问题。同样，如果在 15~17 周龄见第一枚蛋，说明我们必须认真地检查育成方案。如今，营养管理成

功的关键是使后备母鸡达到最佳（最大）体重。性成熟时达到体重目标或稍高于目标体重的后备母鸡必然是壳蛋市场上最高产的蛋鸡。

传统上一一直认为早熟的鸡产的蛋太小，我们实验室的早期研究结果表明了来航鸡的一些典型反应，但不考虑体重（表 3.21）。

表 3.21 后备母鸡性成熟与蛋的特性

光照周龄	产蛋率 (%)		蛋的大小 (大蛋%)	
	18~20 周龄	平均 (至 35 周龄)	30 周龄	63 周龄
15	32	92	17	44
18	12	92	21	65
21	0	91	37	69

看来，这阶段的体重，或许还有体成分，无疑是影响性成熟时以及整个产蛋期间蛋大小的主要因素。Summers 和 Leeson (1983) 的结论是，后备母鸡的体重是控制早期蛋大小的主要因素（表 3.22）。

表 3.22 体重对蛋重的影响

18 周龄体重 (g)	早期蛋重 (g)
1 100	46.9
1 200	48.4
1 280	48.8
1 380	49.7

虽然有证据表明，一些营养素，如蛋白质、蛋氨酸和亚油酸能影响整个产蛋期的蛋重，但它们对早期蛋重的影响还是适度的。这可能与后备母鸡至少在到达高峰产蛋量时才会有最大的生产能力有关。

对于体重是适宜早开产的一个重要指标早已相当明确，但在最佳体结构和体成分方面仍缺乏足够的证据。虽然目前种鸡公司的指南中很少给出标准，但人们仍在讨论鸡的体格大小。众所周知，90%的体架是在早期发育的，因此，后备母鸡体格的大小已在

12~16 周龄前定型。作为另一种监测工具，它是一个有用的指标。但是，我们在不影响体重却又影响体格大小方面的努力还没有获得成功。因此，似乎很难依靠营养调节培育出体重低于指标而体格大于平均数的后备母鸡，或反之。由于胫骨长度和“体架大小”与体重是如此高度相关，因此已没有必要再对它们进行测定或监控。但是在炎热的气候条件下，以上规律会有例外，高温似乎刺激长骨的生长而不依赖于体重。尚不清楚为何生长在炎热气候条件下的鸡长骨较长，这可能是由于改变了激素的平衡，例如，已知甲状腺素通过生

长调节素的调节影响骨骼的发育；而且也已证明，与饲养在 22℃ 的鸡相比，饲养在 30℃ 下鸡的甲状腺腺体较小，但其中循环的  $T_4$  水平提高了 100%。另一个重要的因素是热应激时血液流向脚和腿。已知在热应激时鸡将更多的血液转移至大腿，作为动脉和静脉血供应之间的一种逆流冷却途径。有些种类的鸡，从大腿损失的热可能是全部体热损失中最大的部分；有意思的是发生在 30℃ 的这种现象已被记录下来，因为温度较高时蒸发散热变得更为重要。由于在 30℃ 时后肢的供血要比在 18℃ 时强得多，所以，高温时，即使在营养素进食量降低的情况下，也可想而知活泼的生长板会得到更多的、仅与增加血流量有关的营养素供给。如果能了解环境温度是如何影响其他部分骨骼的发育，尤其是龙骨，将会是很有意义的。

当后备母鸡性成熟较早时，产第一枚蛋时的体重变化较小。正如在 3.3.7 节中将要讨论的，光照制度是对性成熟最重要的刺激。小至 8 周龄的后备母鸡，不论其体重或体成分，都会在光照刺激影响后比正常的鸡开产早。在没有任何光刺激的情况下，那么最低的极限体重和或体成分是对性成熟最可能的刺激。事实上，有可能在性成熟前需要达到一定的瘦肉量。对于大多数哺乳动物，为进入青春期体内必须达到最低的脂肪贮备，所以，体成分与总的体重量对产蛋开始的影响同样重要。在一些用少量鸡只进行的研究中，我们没有发现产第一个蛋的年龄与体脂百分数或体脂肪绝对量之间的相关。虽然在体成分与性成熟之间尚未出现明显的相关，但在接近产蛋高峰时那些有能量贮备的鸡只似乎在以后不容易出现麻烦的问题。在那些性成熟时体格大小不够、能量贮备不足的鸡群中经常可以见到如图 3.1 所示的生产曲线。

这种类型的产蛋率下降如果不是由于可确定的疾病和/或管理上的问题所致，那么它最大的可能是与鸡的能量缺乏有关。产蛋鸡在能量平衡方面处于一种如此不稳定的状态也许并不奇怪，奶牛和母猪在泌乳高峰时为满足能量需要量必然会失去体重。在此期间所见种火鸡的能量缺乏也许是最典型的例子。由于从第一次光照一直到产蛋高峰火鸡的饲料进食量下降，所以为了维持能量平衡种火鸡必然会失去大量的体重量 (body mass)。这种相同的情况好像也适合于来航和一些褐壳品系的后备母鸡；虽然，对于体重低、采食量小因而能量进食量有限的鸡群的影响最为明显。实际上，许多鸡群都表现出如图 3.1 所示的生产曲线的征状，此时应立刻调查研究人舍母鸡的体重，而不是在产蛋率下降后所发生的其他因素。

在性成熟时达到体重目标似乎是获得蛋鸡最佳生产性能的关键。好像体况也是该鸡群的一个因素，同时受到鸡群密度、环境温度、羽毛覆盖等因素的影响。遗憾的是欲达到理想的、符合年龄的体重不总是那么容易，尤其在希望早熟或当不良环境条件占优势时更为困难。Leeson 和 Summers (1981) 提出：后备母鸡的能量进食量是生长速度的制约因素，因为不论日粮规格如何，后备母鸡好像采食相似数量的能量 (表 3.23)。在这个试验中，所有后备母鸡在 15 周龄的体重相似，尽管它们的日粮营养规格差异很大。由表 3.23 可见，虽然这些鸡的蛋白质进食量的变异高达 85%，但各组鸡的能量进食量接近。这些数据说明：在达到适宜的蛋白质和氨基酸进食量后，再提高日粮蛋白水平对促进生长几乎没有作用。

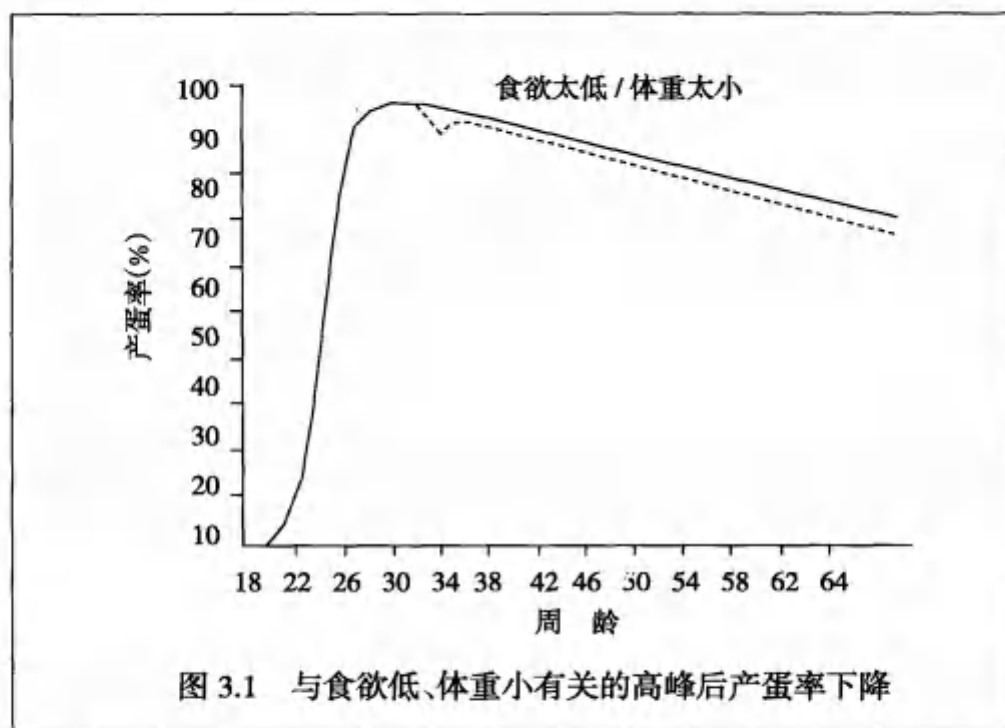


图 3.1 与食欲低、体重小有关的高峰后产蛋率下降

表 3.23 后备母鸡营养素进食量 (8~15 周龄)

日粮能量-蛋白质 (kcal)	15 周龄体重 (g)	能量进食量 (Mcal)	蛋白质进食量 (g)
2 950kcal - 15%粗蛋白	1 272	9.77	464 <sup>a</sup>
3 100kcal - 24%粗蛋白	1 267	9.17	718 <sup>a</sup>
3 200kcal - 20%粗蛋白	1 291	9.51	597 <sup>b</sup>

在另一些研究中，我们用蛋白质或能量水平不同的日粮来培育来航后备母鸡；再次见到，能量进食量似乎是影响体重的重要因素（表 3.24 和表 3.25）。以上研究表明：与蛋白质进食量相比，生长速度与能量进食量的相关较高。但这并不意味着蛋白质（氨基酸）进食量对生长的后备母鸡不重要。蛋白质进食量非常重要，但是给至 18 周龄的后备母鸡饲喂高于 800g 的蛋白质似乎未能见到可度量的变化。另一方面，后备母鸡采食的能量越高，性成熟的体重也越大。显然，在最佳能量进食量与形成过肥的后备母鸡之间必然存在一条精确的界线。



表 3.24 日粮蛋白质水平对后备母鸡（0~20 周龄）的生长与营养素进食量的影响

日粮蛋白质 (%)	体重 (g)	能量进食量 (Mcal)	蛋白质进食量 (kg)
15	1 445	24.3	1.28 <sup>d</sup>
16	1 459	22.9	1.28 <sup>d</sup>
17	1 423	22.9	1.37 <sup>cd</sup>
18	1 427	22.0	1.39 <sup>e</sup>
19	1 444	22.9	1.53 <sup>b</sup>
20	1 480	23.0	1.62 <sup>d</sup>

全部日粮的能量为 2 850kcal ME/kg。

表 3.25 日粮能量水平对后备母鸡（0~20 周龄）的生长与营养素进食量的影响

日粮能量 (kcal ME/kg)	体重 (g)	能量进食量 (Mcal)	蛋白质进食量 (kg)
2 650	1 320 <sup>c</sup>	20.6 <sup>c</sup>	1.40 <sup>d</sup>
2 750	1 378 <sup>bc</sup>	21.0 <sup>bc</sup>	1.37 <sup>a</sup>
2 850	1 422 <sup>ab</sup>	21.8 <sup>ab</sup>	1.37 <sup>a</sup>
2 950	1 489 <sup>a</sup>	22.1 <sup>ab</sup>	1.35 <sup>ab</sup>
3 050	1 468 <sup>a</sup>	21.4 <sup>abc</sup>	1.26 <sup>c</sup>
3 150	1 468 <sup>a</sup>	22.5 <sup>a</sup>	1.29 <sup>bc</sup>

全部日粮为：18%粗蛋白，0.36%蛋氨酸和0.9%赖氨酸。

### 3.3.2 营养素进食量的调控

如果我们根据产蛋量和体增重来计算蛋鸡的能量产出量，并将它与饲料进食量相关联；那么，很显然来航鸡在产蛋高峰时必须至少采食 90g 饲料/只/d，而褐壳蛋鸡接近 100g/只/d。因为是自由采食，所以管理计划必须与刺激早期食欲相结合。为此，培育出开产时具有最佳体重、性成熟时有体贮备的后备母鸡是实用的、长期解决问题的途径。可是，近年来情况趋于恶化，因为养禽界试图以最少量的饲料培育后备母鸡。遗憾的是，这种倾向已与遗传上的体重较小、因而食欲较低、同时性成熟较早相符。

为达到最大营养素进食量，我们必须考虑营养浓度较高的日粮；虽然仅营养浓度本身不一定保证最佳的生长。对于来航后备母鸡，尤其在炎热的气候条件下一般给以较高的蛋白质（16%~18%）和足够的蛋氨酸（蛋白质的 2%）和赖氨酸（蛋白质的 5%）水平以及较高的能量水平（2 800~3 000kcal/kg）。但是，也有些试验证据表明，高能日粮在这样暖和的气候条件下不一定总是有利（表 3.26）。

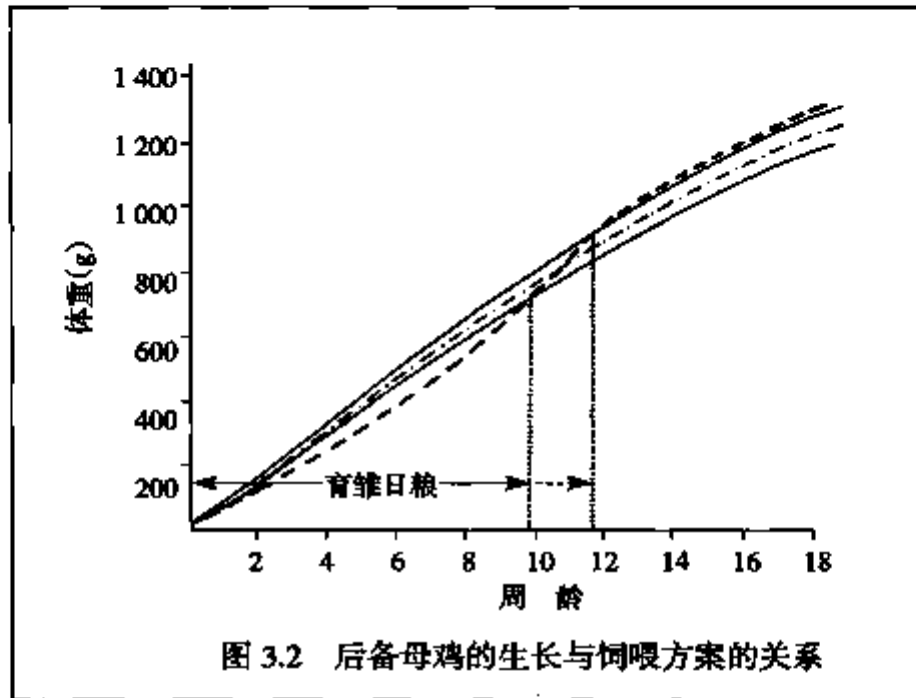
表 3.26 日粮能量水平对 18 周龄前来航后备母鸡的生长与营养素进食量的影响

	126d 体重 (g)	总饲料进食量 (kg)	代谢能进食量 (Mcal)	蛋白质进食量 (g)
温度 18℃				
2 500kcal ME/kg	1 398	7.99	20.04	1 330
3 000kcal ME/kg	1 434	6.98	21.07	1 160
温度 30℃				
2 500kcal ME/kg	1 266	6.05	15.17	1 010
3 000kcal ME/kg	1 218	5.19	15.69	870

在凉爽条件下饲喂高能日粮的来航后备母鸡在 126 日龄时体重较高，而在 30℃ 下高、低能量水平对后备母鸡的体重无影响。正如我们所预期的，后备母鸡对高能日粮的采食量较低，而且由于所有其他营养素的水平都是固定的，所以造成了除能量外其他营养素进食量的降低。因此，与 2 500kcal/kg 的日粮相比，给后备母鸡饲喂 3 000kcal/kg 的日粮时，它食入的蛋白质与氨基酸较少，在 30℃ 时采食量本身是低的时候，这种现象就更为危急。与后备母鸡至 18 周龄的蛋白质需要量为 800g 相比，饲喂 3 000kcal/kg 能量的后备母鸡的平衡蛋白质进食量在临界的 870g。因此，在热应激条件下，高能日粮不一定总是有利的，在配方时必须优先考虑其他营养素的进食量，如蛋白质和氨基酸。来航后备母鸡为能量需要量而采食，虽然不是那么准确。因此，能量：蛋白质的平衡非常关键。我们时常见到采用高能配方时氨基酸进食量不足的现象，其后果是在性成熟时后备母鸡既小又肥胖。

当今饲喂后备母鸡的一个最重要概念是按照鸡群的体重与体况确定配方，而不是按照年龄。例如，传统的方案是饲喂 6 周育雏日粮，接着是生长期和育成期日粮。这样的方案并不考虑单个鸡群的变异，因此，它对体重不足的鸡群是不适宜的。在早期要达到年龄应具有体重变得尤为困难。这意味着与管理指南的数据（表 3.12）相比，鸡群经常在 4~6 周龄时体重不足。这种情况可能由多种因素引起，诸如：亚适宜的营养水平、热应激与疾病等。只是因为鸡群已到了规定的年龄而将育雏日粮改为育成日粮是不合适的。比较恰当的做法是给雏鸡饲喂高营养浓度的育雏日粮直至达到目标体重。图 3.2 所示为 6 周龄体重不足的鸡群。如果在 6 周龄给这个鸡群改喂育成日粮，就会产生问题，因为鸡群的体重直至性成熟都一直可能会较小，而且性成熟晚，产蛋率不高而且蛋小。延长饲喂育雏日粮是“纠正”这类鸡群的最有效途径。在本例的情况下，鸡群差不多在 10 周龄才能达到育雏体重指标的低限（图 3.2）。此时，可以改喂育成期日粮。由于鸡群表现出冲刺般地生长，所以饲喂至 12 周龄也可能是经济的。现在，鸡群的体重稍高于指标并在高峰时能发挥最大的遗传潜力。一些生产者，尤其是合同制的后备母鸡生产者，往往为饲喂高蛋白日

粮至 10~12 周龄太昂贵而争论。根据当地的经济条件，饲喂 18% 蛋白的育雏日粮至 12 周龄而不是 6 周龄的成本相当于两枚鸡蛋的价值。与体格小而体重不足者相比，性成熟时理想的后备母鸡的产量将远远超过那两枚蛋。



### 3.3.3 建议的饲养方案

表 3.1 和表 3.2 所示分别为来航鸡和褐壳蛋后备母鸡的日粮规格以及大致的饲养年龄。在生产实践中，鸡群有可能不按预期的标准生长，至少来航鸡是这样；它们的体重很可能低于目标体重。另一方面，褐壳品系由于它们天生较高的饲料采食量，有时会达到超过标准的目标体重。鉴于以上原因，就需要转群时间的灵活性，如从育雏期转入育成期等。表 3.27 所示为来航品系鸡至 17 周龄饲养进程中的各种情况。

按照标准的饲养计划，育雏期和生长期各饲喂 6 周，继之为育成期。在表 3.27 的情况 1<sup>#</sup> 中，3 周龄雏鸡的体重低于标准，6 周龄时后备母鸡的体重只有 400g，而此时的标准为 450g。如果这个鸡群在 6 周龄时改喂营养浓度较低的生长期日粮，那么这些鸡就不可能在性成熟时达到目标体重。为此，在情况 1<sup>#</sup> 下应继续饲喂育雏日粮直至 9 周龄时达

到符合年龄的体重。在情况 2<sup>#</sup> 中更有理由要这样考虑，因为鸡群在 9 周龄时突然表现出生长速度下降。这种类型的生长抑制常见于疾病、粗暴断喙或环境温度突然升高。

表 3.27 根据生长情况对来航后备母鸡的不同饲喂情况 (g)

周 龄	标 准		情况 1 <sup>#</sup>		情况 2 <sup>#</sup>	
	体重	饲料类别	体重	饲料类别	体重	饲料类别
1	70	育雏料	70	育雏料	70	育雏料
2	135	育雏料	130	育雏料	135	育雏料
3	205	育雏料	190	育雏料	205	育雏料
4	280	育雏料	255	育雏料	280	育雏料
5	365	育雏料	320	育雏料	365	育雏料
6	450	育雏料	400	育雏料	450	育雏料
7	535	生长料	500	育雏料*	535	生长料
8	620	生长料	600	育雏料*	620	生长料
9	700	生长料	700	育雏料*	650	育雏料*
10	775	生长料	775	生长料	720	育雏料*
11	845	生长料	845	生长料	800	育雏料*
12	915	生长料	915	生长料	870	生长料
13	975	育成料	975	育成料	950	生长料*
14	1 035	育成料	1 035	育成料	1 000	生长料*
15	1 095	育成料	1 095	育成料	1 095	育成料
16	1 165	育成料	1 165	育成料	1 165	育成料
17	1 235	育成料	1 235	育成料	1 235	育成料

\* 与标准不同者。

为了刺激生长，对于这个鸡群必须再次引入营养浓度较高的育雏饲料。在此极端的情况下，生长期日粮在 12 周龄时使用，因为小母鸡好像有了适宜的周增重。但是，为了确保 17 周龄的理想体重，该鸡群的生长期日粮比正常的鸡群多喂 2 周，即第 13 和第 14 周龄。

表 3.28 所示为容易超重的褐壳蛋鸡饲喂计划实例。在情况 1<sup>#</sup> 和情况 2<sup>#</sup> 中，后备母鸡在不同周龄都比标准超重。在情况 1<sup>#</sup> 中后备母鸡在 5 周龄超重，所以营养浓度较低的生长期日粮提前 1 周引入。同样地，育成日粮在 10 周龄使用而不是从 11 周龄。在情况 2<sup>#</sup> 中，后备母鸡的生长速度较标准高得多。虽然由于提前引入生长和育成日粮而使生长有些缓和，然而后备母鸡在 16 周龄时还是超重。由于这种快速生长会引起早熟，所以给鸡群比计划提前一周光照刺激可能是明智的，同时适当提前引入蛋鸡日粮。

表 3.28 根据生长情况对依莎褐后备母鸡的饲养情况 (g)

周 龄	标 准		情况 1 <sup>a</sup>		情况 2 <sup>a</sup>	
	体重	饲料类别	体重	饲料类别	体重	饲料类别
1	50	育雏料	50	育雏料	50	育雏料
2	100	育雏料	110	育雏料	110	育雏料
3	190	育雏料	200	育雏料	210	育雏料
4	280	育雏料	290	育雏料	320	生长料*
5	380	育雏料	420	生长料*	460	生长料*
6	480	生长料	510	生长料	550	生长料
7	580	生长料	600	生长料	650	生长料
8	675	生长料	700	生长料	780	育成料*
9	770	生长料	790	生长料	900	育成料*
10	850	生长料	870	育成料*	980	育成料*
11	950	育成料	960	育成料	1 050	育成料
12	1 040	育成料	1 040	育成料	1 200	育成料
13	1 130	育成料	1 130	育成料	1 260	育成料
14	1 220	育成料	1 220	育成料	1 320	育成料
15	1 300	育成料	1 300	育成料	1 350	育成料
16	1 390	育成料	1 390	育成料	1 430	产蛋鸡*

\* 与标准不同者。

有关性成熟时体重的作用经常有些争论，但实际上这并不太重要，因为在产第一个蛋之前后备母鸡会表现出“赶上”生长。也就是说，如果后备母鸡较小，它会晚几天到达性成熟并在“相同体重”下开产。但实际上这种现象好像不会发生，因为 18 周龄时体重小的鸡在产第一个蛋时仍然较小（表 3.29）。

表 3.29 未成年体重对性成熟的影响

周 龄	体 重 (g)		产第一个蛋日龄 (d)	第一个蛋重 (g)
	第一个蛋	变化		
1 100	1 360	+260	153	40.7
1 200	1 440	+240	150	42.0
1 280	1 500	+220	149	43.7
1 380	1 590	+210	148	42.5

对于体重较小的后备母鸡，在产第一个蛋之前确实表现出一些补偿生长，虽然这种生长不足以“赶上”全部的生长。同时，我们也有趣地观察到了体重与产第一个蛋的年龄，以及体重与第一个蛋大小之间的相关性。在另一些研究中，我们跟踪了后备母鸡整个生产周期的生长与18周龄光照刺激时体重的关系。这里，对于不同体重的组别，再次看到一个非常相似的生长模式，表明未成年的体重好像将整个产蛋期的体重“定了型”（图3.3）。

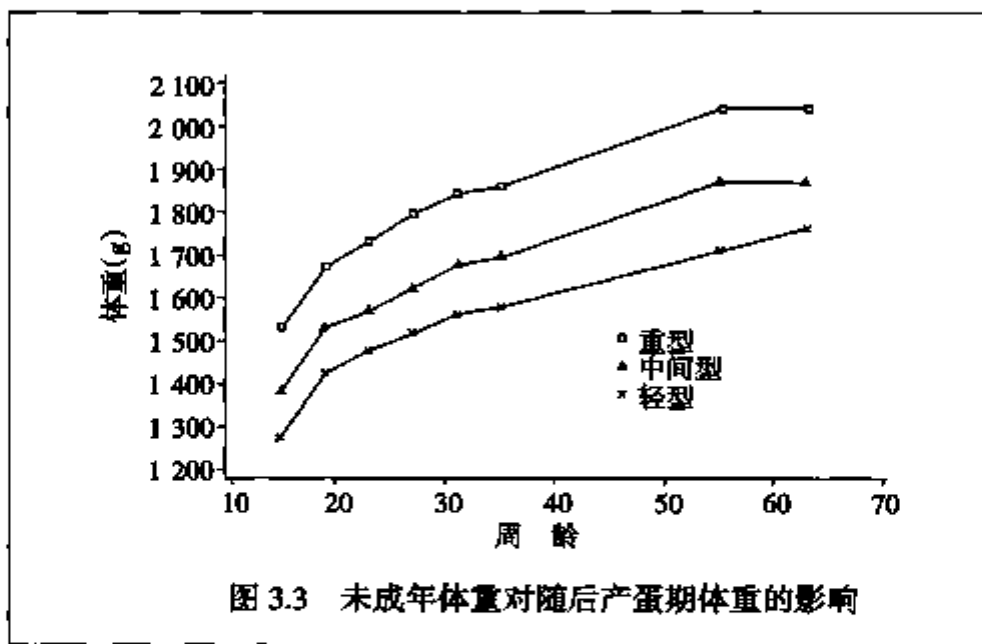


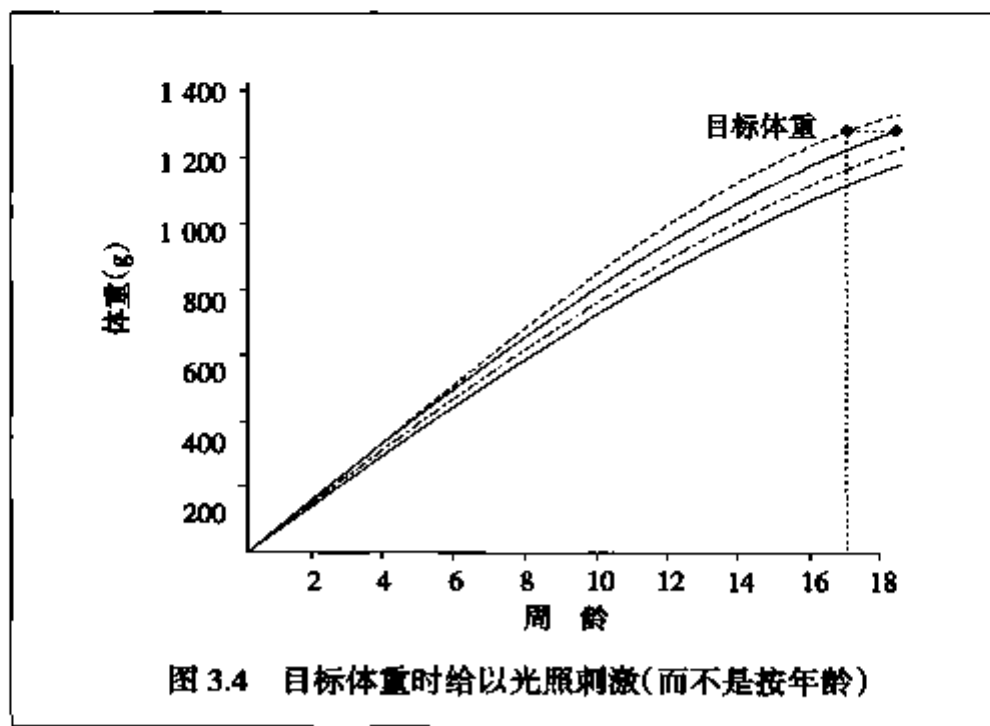
图 3.3 未成年体重对随后产蛋期体重的影响

从生产角度考虑，更重要的是看图 3.3 鸡所表现的生产性能。当我们给体重最轻的鸡饲喂高营养浓度（20%粗蛋白质，3 000kcal ME/kg）的日粮时，它们的产蛋率和蛋的大小比不过那些饲喂低营养浓度（14%粗蛋白质，2 600kcal ME/kg）的大体重后备母鸡的生产性能。这些试验结果强调了成年体重对获得最大产蛋量的重要性。

后备母鸡能达到的体重显然因品系和鸡的类型而异（表 3.12，表 3.19）。对于来航鸡，6 周龄的体重应在 400~450g、12 周龄时 850~1 000g 以及 18 周龄时 1 200~1 300g。褐壳蛋品系的鸡 6 周龄的体重为 450~480g，12 周龄时 1 000g 以及 18 周龄时 1 500~1 600g。褐壳蛋品系可能比来航品系早熟 7~10d。

### 3.3.4 性成熟时体重的调控

3.3.3 节中主要强调了性成熟时达到种鸡公司推荐体重的重要性。在一定条件下，成年体重的稍加调节可能在经济上是有利的。由于体格大小对蛋的大小有着极大的影响，所以可以预期性成熟时体型大的鸡在整个产蛋周期产大蛋。根据不同级别蛋的价格，生产特别大的蛋可能不经济；而且多数情况下，在 40~65 周龄时调节蛋的大小往往会伴随产蛋数的损失。由于体重控制饲料进食量与蛋的大小，所以，对成年体格大小的调控是调节生命周期蛋的大小的较为方便的途径。如果市场需要尽可能大的蛋，那就必须努力达到尽可能大的成年体重；而当较小的蛋在整体上比较经济时，体型小的后备母鸡就比较理想。可以通过降低在生长周期的生长速度或采用更经济的提前光照刺激的方法培养体重较轻的后备母鸡。图 3.4 为上述概念的示意图。在这种情况下鸡的体重是在种鸡体重指南重的一边；因此，如若在 18 周龄转群，鸡的体重就会高于理想体重并预期产很大的蛋。如果该方案在蛋鸡舍中不经济，那么这些鸡就应在“理想体重”时转群；按图 3.4 所示就是在 17 周龄而不是 18 周龄转群，同时在 17 周龄（而不是 18 周龄）给以光照刺激不会对生产性能有不良影响，因为光照刺激仍然在理想的体重指标内进行（而理想体重比预期的提前 1 周达到）。



对于具有理想体重和体况的鸡，早熟并不是一个问题。早熟与光照刺激只是在鸡小于该年龄的体重时，才会引起继后的产小蛋以及增加脱肛的发生率。为了推迟性成熟，也有降低鸡在生长期生长速度的尝试。相比之下，前者是首选的（图 3.5）。

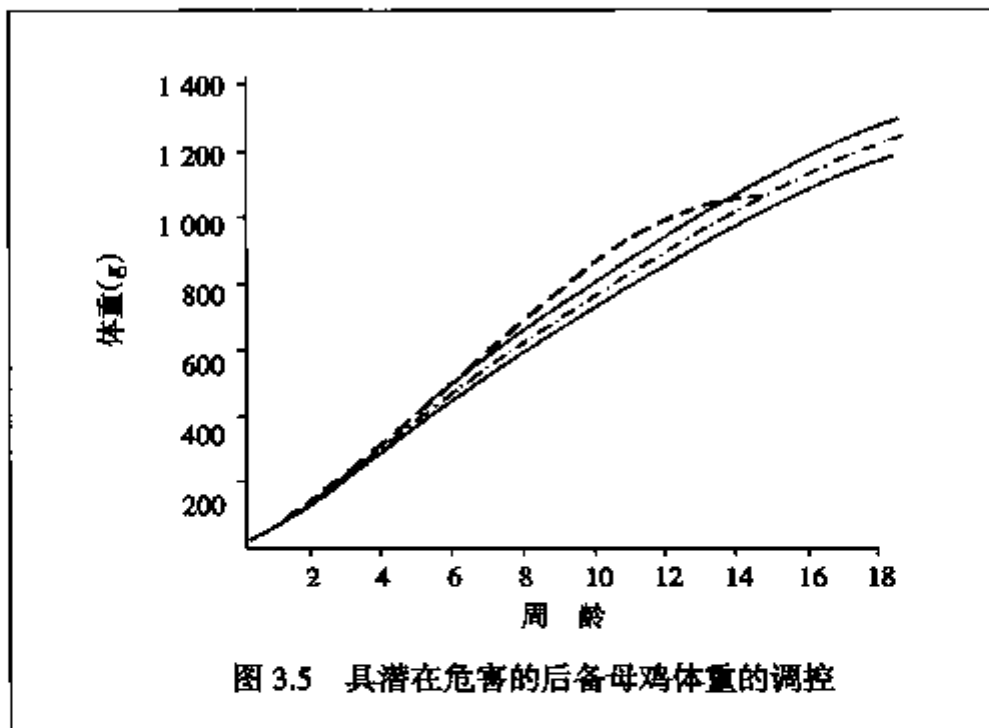


图 3.5 具潜在危害的后备母鸡体重的调控

这样的调节不可避免地要采用低营养浓度日粮和/或限制饲喂，这两种实践都有降低平均生长速度的理想效果，但以极大地牺牲后备母鸡的均匀度为代价。

### 3.3.5 营养素的管理

虽然后备母鸡不像产蛋鸡那样排出那么多粪，但粪中营养素载荷量很可能是管理方面需要考虑的问题。在正常的管理条件下，后备母鸡会在粪中存留 25% 食入的氮和 20% 食入的磷。大多数剩余的磷会留在粪中，而约 30% 排出的氮会以氨气形式损失，或在贮存期间或在当肥料被处理到土壤之前。根据这些营养素平衡的数据，表 3.30 提供了后备母鸡至 18 周龄的营养素流程。所以，以每只后备母鸡为基础，至 18 周龄期间每只鸡在粪中产生约 0.1kg 的氮和 0.3kg 的磷。



表 3.30 50 000 只后备母鸡至 18 周龄的氮和磷平衡

	进食量 (kg) <sup>1</sup>	体内存留 (kg)	排出 (kg)	气体损失 (kg)	粪 (kg)
氮	7 680	1 920	5 760	1 760	5 000
磷	1 950	390	1 560	—	1 560

<sup>1</sup> 假设每只后备母鸡进食 6kg 饲料，平均含 16%粗蛋白质 (2.56%N) 和 0.65%总磷。

粪中营养素的载荷量是与相应的日粮营养素水平呈直接的比例关系。采用较低蛋白质和较低磷水平的日粮，必将导致粪中出现较少的上述两元素。在后备母鸡日粮中，试图以降低粗蛋白质水平作为降低饲料成本/或粪氮载荷量，往往导致很差的生长速度（表 3-31）。在这些配方中，尽管最重要的氨基酸水平不变，但后备母鸡对任何降低粗蛋白质的反应是逆向的。这个材料认为后备母鸡对非必需氨基酸有最低的需要量，和/或对诸如苏氨酸和精氨酸需要的重要性比以往估计的高。不管作用方式如何，看来以降低后备母鸡日粮蛋白质水平作为降低粪氮负荷的潜力是非常有限的。但是，通过降低后备母鸡日粮磷水平以限制粪磷的负荷量似乎是有潜力的。Keshavazz (2000) 表明：在育雏日粮中用低至 0.2%磷，后备母鸡表现出可接受的生长（表 3.32）。有迹象表明：饲喂最低水平磷日粮的后备母鸡至 30 周龄的产蛋率较低，虽然生长特征受的影响很少。粪中磷负荷量 28kg/1 000，与表 3.30 中的预期值相似。看来，通过配方至少可以使后备母鸡减少 30%的粪磷排出。

表 3.31 饲喂低蛋白但恒定的总含硫氨基酸、赖氨酸和色氨酸水平的来航和褐壳蛋鸡的体重

日粮粗蛋白质 (%)		褐壳鸡体重 (g)			来航鸡体重 (g)		
育雏 <sup>1</sup>	育成 <sup>2</sup>	56d	98d	126d	56d	98d	126d
20	16	746 <sup>a</sup>	1 327 <sup>a</sup>	1 524 <sup>a</sup>	592 <sup>a</sup>	1 086 <sup>a</sup>	1 291 <sup>a</sup>
18	14	720 <sup>b</sup>	1 272 <sup>b</sup>	1 471 <sup>b</sup>	576 <sup>b</sup>	1 046 <sup>b</sup>	1 235 <sup>b</sup>
16	12	706 <sup>b</sup>	1 144 <sup>c</sup>	1 301 <sup>c</sup>	546 <sup>c</sup>	921 <sup>c</sup>	1 085 <sup>c</sup>
14	10	540 <sup>c</sup>	989 <sup>c</sup>	1 175 <sup>d</sup>	434 <sup>d</sup>	781 <sup>c</sup>	932 <sup>d</sup>

<sup>1</sup> 0.66%总含硫氨基酸；0.90%赖氨酸；0.24%色氨酸。

<sup>2</sup> 0.55%总含硫氨基酸；0.72%赖氨酸；0.19%色氨酸。

表 3.32 日粮磷对后备母鸡的发育与磷排出的影响

日粮可利用磷 (%)			体重 (g)		饲料进食量 (kg)	胫骨灰分 (%)	粪磷 (kg/1 000)
产卵	生长	育成	6 周	18 周			
0.40	0.35	0.30	345	1 210	5.94	50.7	28
0.30	0.25	0.20	340	1 260	5.98	49.3	24
0.20	0.15	0.10	330	1 200	5.85	48.8	18

引自 Keshavarz (2000)。

### 3.3.6 预产期营养与管理

#### (1) 钙代谢的考虑

预产期日粮和预产期管理都是为使鸡有机会建立足够的髓骨贮备而设计的，而后者是为钙化第一个蛋的生产所必需。在生产实践中，在预产期配方的制定和使用时间方面有着很大的差异；在一定程度上，这种混乱与性成熟本身的定义有关。从历史上看，在过去，预产期日粮约从预产期性成熟前 2 周饲喂，直至 5% 产蛋率。由于当今品系的早熟和快速生长，也希望性成熟日粮与预产期日粮是同步的。所以，我们已经很少有机会在性成熟前饲喂 2 周预产期日粮；同样，当鸡群已达到 5% 产蛋率，却仍然饲喂钙水平不足的饲料也是不明智的。当今在管理上要做的一个主要决定是：是否真的需要预产期配方？或许当我们将育成日粮直接转换为高钙的蛋鸡日粮时，后备母鸡是否可以长期地维持蛋壳质量。

鸡的骨骼中约含 1 克髓骨钙，它在任何一天都可用于蛋壳的钙化。在成功排卵和钙的供给不足时之间，髓骨钙就不断地去补充；髓骨贮备的维持可能靠牺牲密质骨。60%~70% 的髓骨钙贮备于长骨中，长期缺钙可以致跛并导致产蛋母鸡疲劳症。

预产期日粮一般含钙 2%~2.5%，在饲喂 10~14d 以上期间给鸡提供了沉积髓骨的机会。髓骨沉积与滤泡的成熟相吻，而且是在雌性激素和雄性激素二者控制之下。后一种激素看来对髓骨生长是必需的，它的存在表明冠和髯在生长，结果是髓骨沉积很少，不管日粮钙的水平。如果鸡不显示冠和髯的发育，那么这个性成熟阶段应该是鸡的钙进食量增加的暗示。

由于蛋的生产是一个“有或无”的过程，第一个蛋的生产显然会对鸡的代谢带来很大的应激，因为母鸡不得不为突然从体内损失 2g 钙而斗争，其中部分钙将来自髓骨，于是就产生了产第一个蛋之前增加髓骨贮备的概念。鸡群中体重最大的鸡很可能成熟最早，所以，如果钙的代谢不当就对这些鸡最不利。假如这些早熟的后备母鸡在开始产最初的数个蛋时，仅喂以含钙 1% 的育成日粮，那么它们的钙贮备仅仅够生产 2~3 个蛋。这时，这些鸡很可能停产，或不连续产蛋并表现出产蛋母鸡疲劳症。如果这些早熟母鸡停止产蛋，它们会休产 4~5d，然后再试图重新开始。这些鸡的连产期非常短，而在此阶段母鸡有能

力在第一个非常长的连产期内产 30~40 个蛋。主张延长使用育成日粮者认为低钙日粮使鸡对钙的利用率或吸收率更高；所以，最终在给母鸡更换成蛋鸡日粮后，提高的利用率也能持续一段时间，使母鸡有更多的钙用于蛋壳合成。图 3.6 所示为钙从日粮中的吸收率确实随日粮钙水平的增加而降低。

但是，每日进食 5g 钙、存留率 40% 钙的绝对存留量 (2g/d)，会比日采食 2.5g 钙，但表现为 60% 利用率的存留量 (存留 1.5g) 高。同时，也没有证据支持早期产蛋时的这种较高的钙利用率会延续下去。如果随着后备母鸡的性成熟采用 1% 钙的育成日粮，那么这些日粮在出现第一个蛋后便不应使用，最晚不能用至超过 0.5% 产蛋率。在生产中很难准确地计划日粮的更换。因此，更换日粮的决定必须先于日粮更换的具体时间，做到在产蛋率不超过 5%~10% 前使鸡采食富钙的日粮。

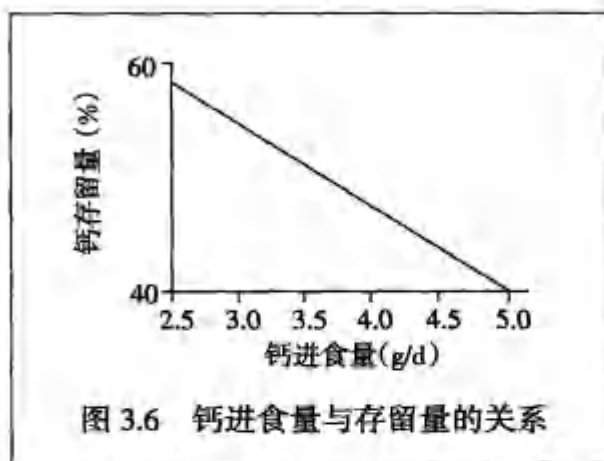


图 3.6 钙进食量与存留量的关系

预产期日粮比大多数育成日粮提供的钙多一些，但对于持续产蛋仍然不够。预产期日粮的目的是在髓骨中增加钙的贮备，但不影响总的矿物质代谢。不过，含钙 2%~2.5% 的预产期配方对持续产蛋是不够的，因此它的饲喂不应超过 1% 产蛋率。预产期日粮的主要缺点是它的使用阶段很短，很多生产者不愿意多接受一个日粮的麻烦。在有多年龄鸡群的蛋鸡场，场长也不乐意在一个场里采用预产期日粮，因为万一用 2% 钙的日粮误喂了蛋鸡群，会对生产产生灾难性的影响。

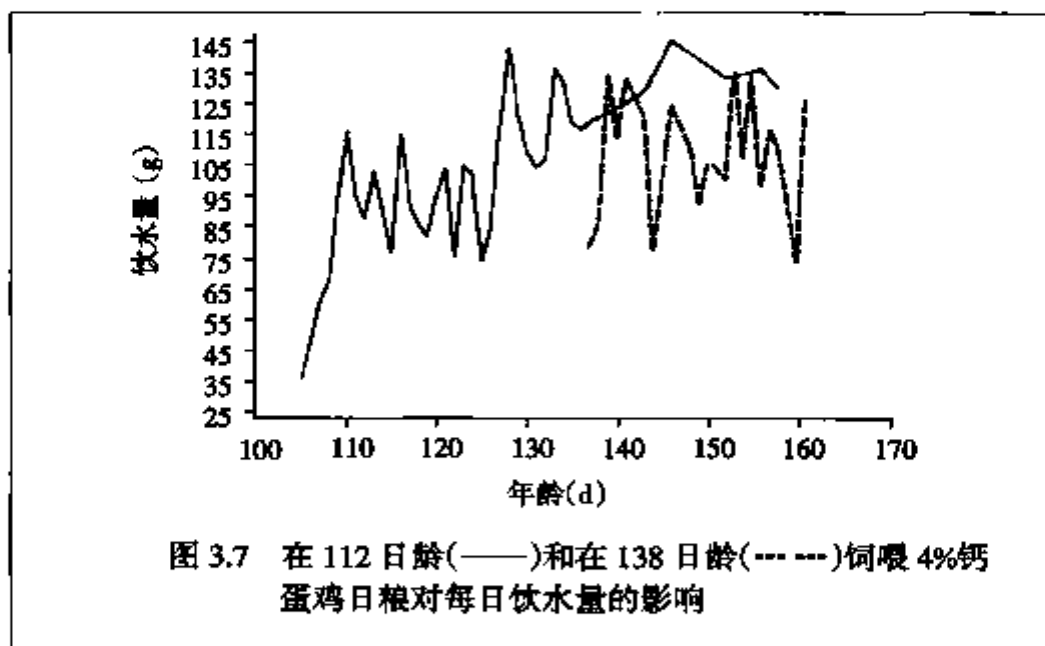
从钙代谢方面考虑，最有效的方案是早些采用蛋鸡日粮。这样的高钙日粮能使即使是最早熟的鸡保持持续的产蛋率。如前所述，给未到性成熟的鸡饲喂高钙日粮，会导致钙存留率降低，但钙的绝对存留量会稍有提高 (表 3.33)。

表 3.33 即将开产前蛋鸡日粮钙%对钙存留的影响

日粮钙 (%)	每日存留钙 (g)	排泄物中钙 (干物质%)
0.9	0.35	1.4
1.5	0.41	3.0
2.0	0.32	5.7
2.5	0.43	5.9
3.0	0.41	7.5
3.5	0.51	7.7

在产第一个蛋以前饲喂含钙 3.5% 蛋鸡日粮的母鸡比饲喂 0.9% 钙育成日粮的多存留约 0.16g/d 钙。在 10d 期间，该增量的累计就相当于一个蛋中排出的钙。由于在成年鸡仅有 1g 可抽调的髓骨钙贮备，因而表 3.33 所示钙存留数据表明一些密质骨是在此时累积的。

因此，早引入蛋鸡日粮对优化鸡的钙存留也是一种选择。但是，针对这个实践也有一些批评。争论点是：给开产前的鸡饲喂过量的钙会对鸡的肾脏增加过度的应激，因为这部分钙超过了它对钙的直接需要量，必须排出体外。在表 3.33 的研究中，排泄物中的钙随日粮钙的提高而增加了，但从这些鸡的整个早期产蛋期的肾脏组织看，没有发现因预产期饲喂高钙而发生变化。最近有证据表明：必须在早至 6~8 周龄前给后备母鸡饲喂蛋鸡日粮才会见到对肾脏结构的副作用（见以下有关尿毒症的章节）。表 3.33 所示高水平的钙排泄甚至很可能是未被吸收进体内的钙，只是与未消化的饲料一起通过鸡体。上述观点可能过于简单，因为还有其他证据表明未达性成熟的鸡有可能吸收过量的钙。这点可以从性成熟前饲喂蛋鸡日粮的鸡饮水量和排泄物含水量的增加为证（图 3.7）。



早采用蛋鸡日粮好像会引起饮水量的增加，其结果是增加排泄物的水分。遗憾的是，这种增加饮水量和较湿的粪便好像会在鸡的整个产蛋期持续下去（表 3.34）。这些资料表明：在预产期饲喂高钙日粮的鸡所排粪便的含水量，将比饲喂 1% 钙的育成日粮或 2% 钙的预产期日粮的鸡的粪便高 4%~5%。有报道，在热应激条件下这个问题最为突出。在

一些条件下粪中增加 4%~5% 水分可能问题不大，而对那些有湿粪历史的农场则可足以破坏原有的平衡而产生问题。目前，给产蛋母鸡饲喂较高钙的趋势可能会更强调预产期的营养问题；所以规定了需要使用有适宜钙水平的预产期日粮。

**表 3.34 预产期钙水平对排泄物水分 (%) 的影响**

预产期日粮钙 (%) (16~19 龄) <sup>1</sup>	母鸡日龄 (d)			
	147	175	196	245
1.0	71.4	78.7	75.3	65.5
2.0	71.6	77.2	73.9	63.9
3.0	72.1	77.7	74.1	63.9
4.0	77.0	80.0	76.0	69.4

<sup>1</sup> 20 周龄后所有鸡饲喂 4.0% 的钙。

总之，在一鸡群中，应将性成熟最早的鸡的钙代谢作为选择预产期钙水平的判断标准。延长低钙日粮的饲喂是不可取的。早些更换成蛋鸡日粮最为理想，虽然由此可能产生湿粪问题。只要在不晚于 1% 产蛋率给鸡饲喂高钙的蛋鸡日粮，采用 2% 预产期日粮似乎没有问题。

#### (2) 预产期体重和体成分

预产期日粮的配制与使用是认为它们有助于提高体重和/或改善体成分，因而用于纠正正在育成计划之前发生的问题。体重和体成分实在是不应该分开来考虑，尽管目前还没有一个好的、简易的测定后备母鸡活体体况的方法。为此，在目前我们就直接考虑体重。

后备母鸡的体重是评估育成计划的通用标准。每个品系都有它特定的成年体重，这是为获得最佳产蛋率和产量所必须达到或超过的。一般来说，不应将预产期日粮作为调控成年体重的手段，其原因是：对于大多数鸡群来说，在育成期的这个阶段对体重加以大幅度的影响已为期过晚。

如若必须将体重不足的鸡转入蛋鸡舍，那么恐怕在性成熟前需要调节一下体重。在遮黑鸡舍中可通过延迟光照刺激而达到增加体重，但这种方法似乎已不太有效。因为，来航鸡和褐壳蛋鸡在没有任何光照条件下正在变得早熟。如果用预产期配方校正育成期的管理不善，那么看来好像鸡对能量的反应最大。这点与雌激素对脂肪代谢有影响相符；而且此时大量脂肪用于肝脏与卵巢的发育。因此，高营养浓度的预产期配方可能很少有助于体重的调控。还请注意，如有这种后期的增重，也不会伴随有任何明显的骨骼生长。也就是说，在极端的情况下，如果鸡在 16 周龄的体重很轻、体格也很小，那么采用高营养浓度

的预产期配方完全可以得到体重合格的后备母鸡，但高度不够。这些胫骨短小的后备母鸡似乎更容易脱肛/啄肛。这是使用高营养浓度的预产期配方受到限制的又一实例。

虽然在性成熟时体成分完全与该年龄的体重同样重要，但显然这是一个难以定量的指标。毫无疑问，对于所有品系的鸡，能量似乎是产蛋率的限制因素；可是当产蛋数达到高峰时，饲料可能就不一定是唯一的能量来源。而可动用的脂肪储备似乎是扩大饲料资源所必需，因为后者从遗传上受到低饲料进食量的限制。在热应激的情况或一般炎热的气候条件下，这些可动用的脂肪储备就非常关键了。母鸡一旦开产，它储备脂肪的能力便受到极大的限制。如果可动用脂肪的储备是重要的，那么必须使之在性成熟前沉积。对于大多数禽类，后备母鸡的脂肪含量可以通过改变日粮的能量与蛋白比进行最好的调节。如若认为可动用的脂肪储备是必要的，那么应考虑采用高能高脂肪的预产期日粮。如前所述，这样的配方在高峰与高温相吻合的条件下最为有利。

对鸡在性成熟时特定体成分的需要量尚未建立。对于哺乳动物，正常发情活动的开始与功能取决于是否达到一定的体脂含量，例如，人类青春期在体脂低于14%很多时不会开始。对于蛋鸡，没有形成这样明确的相互关系。用肉种鸡进行的研究表明，在性成熟与瘦肉量之间有比较明确的关系，但不是性成熟与脂肪含量之间的关系。

### (3) 早期蛋的大小

蛋的大小受进入输卵管的蛋黄大小的影响很大。在很大程度上它受鸡体重的影响，因此，如前描述的影响性成熟成年体重的因素也可考虑应用于早期的蛋的大小。一般都希望尽可能早地得到大蛋，但多数调控鸡蛋大小的措施效果都有限。在预产期日粮中提高亚油酸水平可能有所帮助，但在大多数日粮中超过常用的1%的亚油酸对早期蛋重的效果是有限的。从营养观点出发，用日粮蛋白质，尤其是蛋氨酸浓度调控蛋的大小最有效。因此，在预产期日粮中提高蛋氨酸水平是合理的。

### (4) 预中止计划

在一些国家，如日本最为明显，预中止计划用以使早期蛋重达到最大。该方案的理念是在性成熟时取消饲料或喂以营养浓度很低的日粮。这种有些不正规方案的目的是使正常的性成熟过程暂停，同时在产蛋恢复后约10~14d，刺激更大的蛋重。因此，这种预产期饲喂方案在小蛋不受欢迎的地区是最有益的。

一般在产蛋率为1%时，用直接取消饲料的方法便可诱发预中止，在这些条件下，后备母鸡的体重立刻下降，而且在重新饲喂后也不能达到正常的适合于年龄的体重。产蛋率和饲料采食量约在4周后恢复正常，蛋重约可增加1~1.5g。图3.8所示为来航后备母鸡从18周龄（或1%产蛋率）至20周龄末仅喂麦麸的产蛋率。

采用预中止日粮，诸如小麦麸的最显著效果是在恢复饲喂后很快到达产蛋高峰并增加蛋重。因此，这种管理制度可用于体重变异大的鸡群以便更好地同步开产，也可提高早期蛋重，或由于其他种种与管理决策有关的推迟开产。这种预中止方案的使用无疑将取决于当地的经济条件，尤其取决于小蛋、中号蛋和大蛋价格比较。

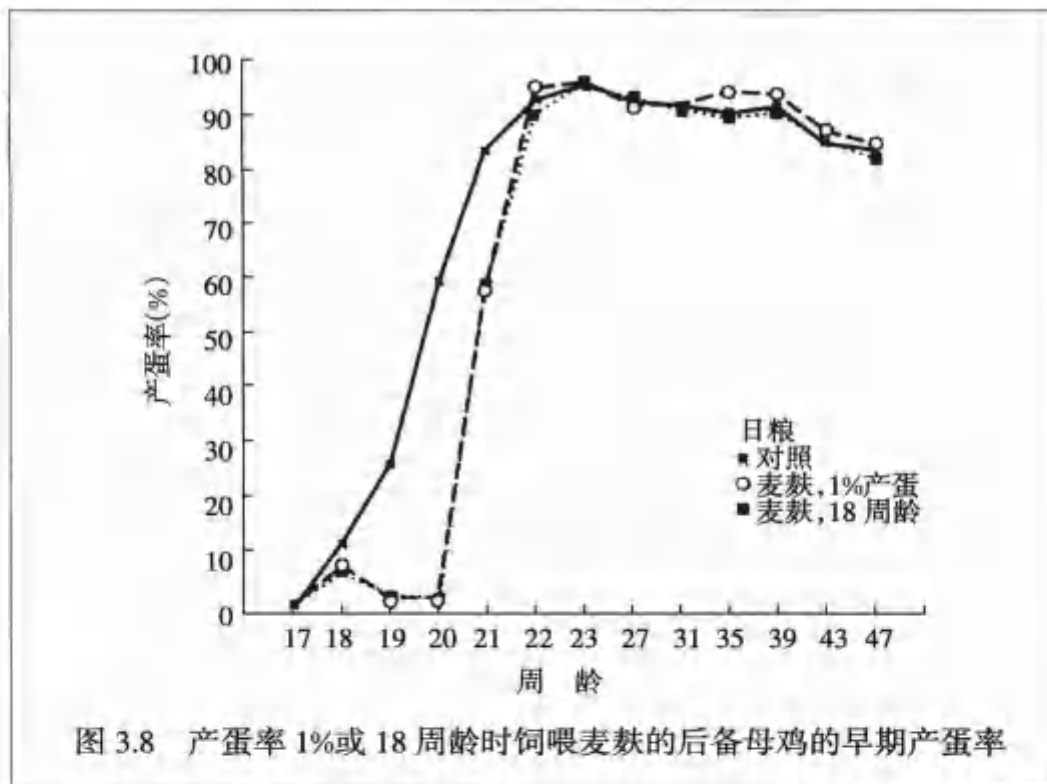


图 3.8 产蛋率 1%或 18 周龄时饲喂麦麸的后备母鸡的早期产蛋率

### (5) 尿石症

肾脏功能障碍往往导致诸如尿石症这样的问题。它有时发生在后备母鸡的育成后期或产蛋初期。尽管传染性支气管炎可能是一个混淆的因素，但是最经常诱发尿石症的还是育成后期日粮中矿物质的不平衡。尸体解剖后往往发现一个肾变大并含有矿物质沉积物，称之为尿石。有时此病的爆发与使用蛋鸡日粮（而不是育成日粮）时大量增加的钙和蛋白质有关，也与后备母鸡转群时的应激以及饮水系统的改变（一般在蛋鸡笼中使用乳头饮水器）有关系。尿石多数为钙钠尿酸盐组成。

给性成熟前的育成后备母鸡饲喂相当长时间的高钙日粮时，该病的发病率总是比较严重。例如，在试验条件下，给 10~12 周龄后的后备母鸡（相应的性成熟在 18~19 周龄）饲喂蛋鸡日粮就经常发生尿石症，造成每周 0.5% 的死亡率，但并没有迹象表明在性成熟的前 2~3 周较早地采用蛋鸡日粮是一个诱因。

因为日粮电解质可以影响水平衡和肾功能，所以常认为电解质过多或缺乏可能是尿石症或痛风病的先兆因素。由于尿酸盐类很难溶于水，于是排出沉积的尿酸盐可作为水保持的机制，尤其在食盐过量期间排出正离子时或水供应缺乏时，给公鸡饮盐水（1%

NaCl) 并饲喂高蛋白日粮时, 尿酸排出的速度比那些接受高蛋白日粮但饮常规水的鸡高出一倍。由于尿酸胶体带负电荷, 它们吸引诸如钠离子的正离子, 所以当这些离子过量时, 就增加了通过尿酸盐的排出量, 估计是以常规的  $\text{NH}_4$  化合物为代价。一些证据表明, 不平衡的  $\text{Na}+\text{K}+\text{Cl}$  水平影响肾脏功能。在相对于 Cl 饲喂过量的  $\text{Na}+\text{K}$  时, 发生尿石症鸡的百分比很小。这些鸡似乎排出偏碱性的尿, 后者有利于矿物质的沉积和尿酸盐的形成。

如前所述, 尿石症经常发生于早在性成熟前饲喂高钙水平的蛋鸡中。在产第一个蛋之前饲喂含钙 2%~2.5% 的预产期日粮, 或含钙 4%~5% 的蛋鸡日粮 2~3 周, 一般是没有问题的。让人惊讶的是饲喂高钙日粮的成年种公鸡很少患尿石症。高蛋白质水平将提高血浆尿酸水平, 所以可能提供了导致尿酸盐形成的条件。

在人类, 尿石的形成(痛风)可通过在膳食中添加尿酸化剂加以控制, 用后备母鸡进行的试验表明也具有类似的效果。在日粮中添加 1%  $\text{NH}_4\text{Cl}$  产生较为酸性的尿, 而且在这些条件下尿石不易形成。可惜, 这种处理会使饮水量增加, 而且产生与之有关的湿粪。蛋鸡一旦开产, 使用  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的另一个可能发生的问题是诱发代谢性酸中毒, 而后者有损于蛋壳质量, 尤其在热应激的条件下。这种处理还假设肾脏会清除增载的  $\text{H}^+$ , 但是对于一个受损的肾脏, 这种情况, 不一定总能发生。数名研究人员对艾利美 Alimet<sup>®</sup>, 一种蛋氨酸的类似物进行了研究, 将它作为一种可能的尿酸化剂, 但没有以上不利的副作用。给从 5~17 周龄的后备母鸡饲喂含钙 1% 或 3% 的日粮, 添加或不加艾利美 Alimet<sup>®</sup>。饲喂 3% 高钙日粮的鸡排出含有高浓度钙的碱性尿, 有尿石形成和一些肾脏损伤。饲喂艾利美 Alimet<sup>®</sup> 酸化了的尿, 而未引起一般的代谢性酸中毒。因此, 艾利美 Alimet<sup>®</sup> 减少了对肾脏的损害和尿石的形成, 同时也未引起酸中毒或增加饮水量。所以, 尿酸化剂可以预防或治疗尿石症, 而且可以做到不一定诱发一般的代谢性酸中毒。从营养观点考虑, 不要在性成熟前的很长时间内过量供给诸如钙、蛋白质和电解质, 便可将肾脏功能障碍降到最低程度。

### 3.3.7 光照程序

光照周期对后备母鸡的生长和体成分有着很大的影响, 因此, 在制定饲喂方案时必须考虑光照程序。在后备母鸡的管理方面, 日照长度有两个方面的主要作用, 一是对生殖器官的发育, 其次是对饲料进食量的改变。已很清楚, 在光照递增或自然日照长度增加时培育的后备母鸡将比在恒定日照长度下的早熟。同样地, 如果鸡在晚于 12 周龄后很久接受光照递减的日照长度, 那么它们很可能表现出性成熟的推迟。光照周期越长, 鸡采食的时间也越长, 因而一般鸡的体重也较大。表 3.35 所示为在 6、8、10、12h 恒定光照下培育至 18 周龄的后备母鸡的生长速度和饲料进食量, 对于来航后备母鸡, 在育成期每增加 1h 日照长度约提高体重 20g, 并增加饲料进食量 100g 以内。对于褐壳蛋鸡, 每 1h 额外光照提高增重 13g、增加饲料进食量 70g。



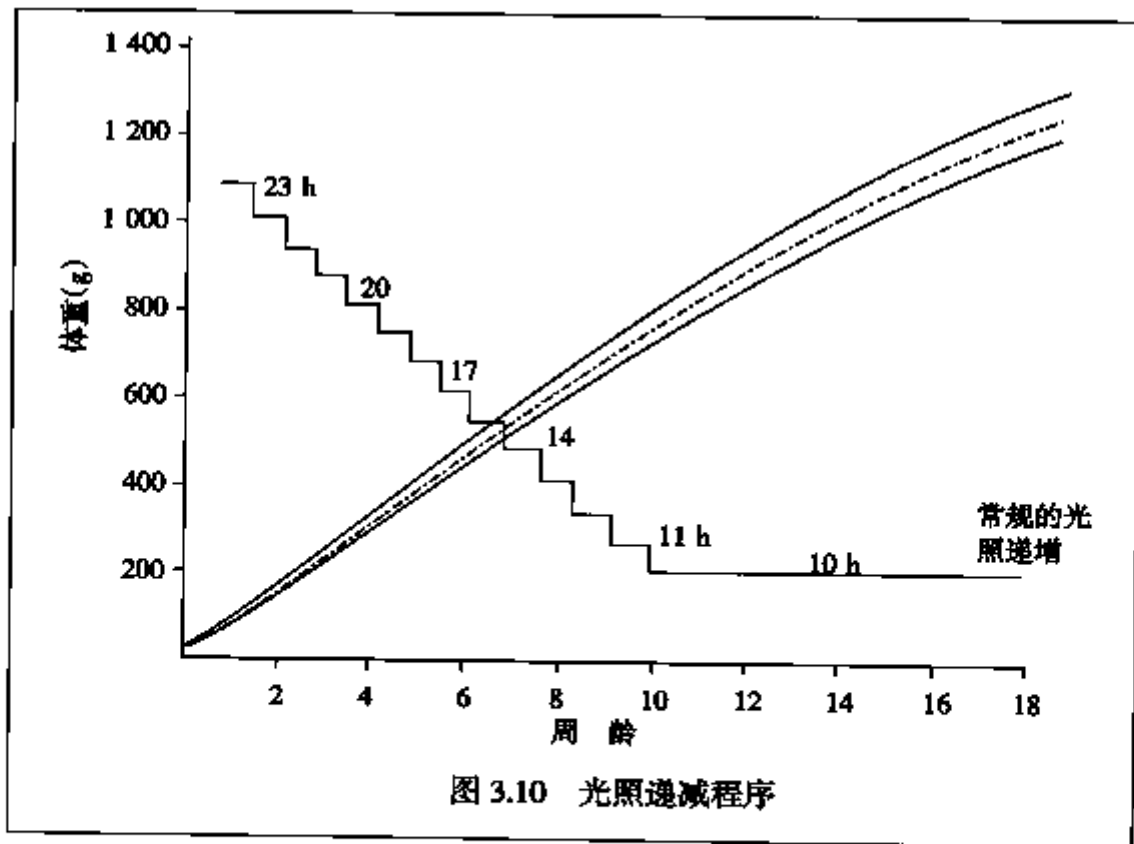
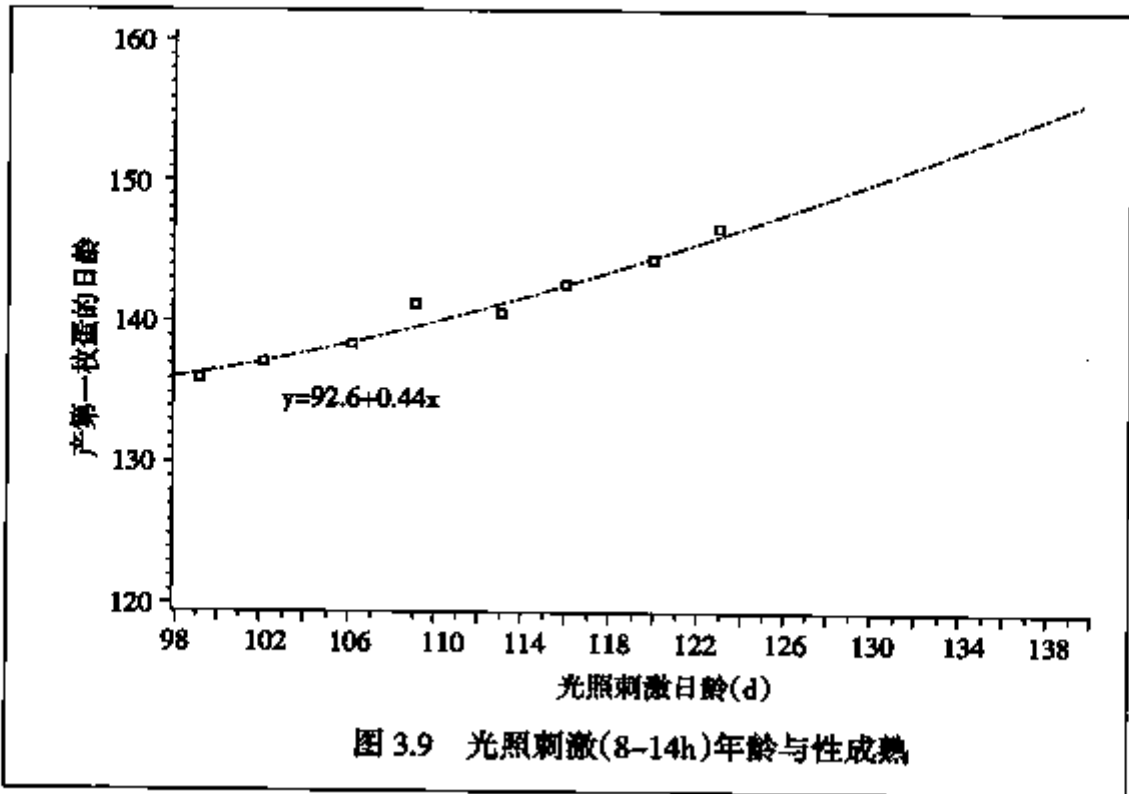
表 3.35 育成期的日照长度对后备母鸡生长和饲料进食量的影响

7日龄~18周龄 光照时间 (h/d)	来航鸡			褐壳蛋鸡		
	18周龄 (g)	饲料进食量 (kg)	17周龄产蛋率 (%)	18周龄 体重 (g)	饲料进食量 (kg)	17周龄产蛋率 (%)
6	1 328 <sup>c</sup>	6.14	0	1 856 <sup>b</sup>	7.53	12
8	1 376 <sup>b</sup>	6.00	1.2	1 930 <sup>ab</sup>	7.83	12
10	1 425 <sup>a</sup>	6.30	2.0	1 889 <sup>ab</sup>	7.60	10
12	1 455 <sup>a</sup>	6.71	3.4	1 953 <sup>a</sup>	8.06	12

在炎热气候下，当后备母鸡的饲料进食量受抑制时，较长的光照周期可能是有益的。随着育成期后备母鸡日照长度的增加，可预料性成熟的年龄会提前。科研资料表明：育成期每天恒定日照长度至16~18h可提前性成熟，而更长的日照长度，如每天20~22h似乎会推迟性成熟。育成期较长日照长度的另一个潜在问题是减少了这些鸡转入蛋鸡舍时对光刺激的潜力。不过，在地球赤道附近的地区，最长的日照长度波动在11~13h，许多鸡群的管理没有任何光照刺激。实际上，在这种炎热和高光照强度的条件下，过度刺激往往引起脱肛。这种情况下，如果给予光照刺激，那么最好是跟随着开产而不是引导开产。对于现代品系的鸡，为达到最佳产蛋性能，性成熟时的光照刺激好像不总是必需的。在最近的一个试验中，我们证实了在鸡的整个生命周期用恒定的14h的光照周期，比育成期8h、继以产蛋期14h的优越（表3.36）。在14h恒定光照，并在性成熟时又没有任何额外光照下育成的后备母鸡少产了数枚蛋，这个差别主要由于较低的产蛋高峰所致。但是这个平坦的高峰却与蛋重的明显增加和蛋壳质量的显著改善有关（蛋形变型值较低）。为什么会提高蛋壳质量的原因尚不清楚，不过我们在其他达不到也不能持续产蛋高峰的鸡群中也见到类似的现象。也许在高峰时放弃数个蛋是一种提高蛋壳质量的手段。接受14h恒定光照周期的鸡的蛋较重，无疑是由于它们的体重较大，因此在整个产蛋期采食的饲料也较多。

表 3.36 育成期日照长度对继后产蛋性能的影响

光照周期		336d 产蛋数	蛋重 (g)	蛋形变型值 ( $\mu\text{m}$ )
育成期	产蛋期			
8h	14h	271 <sup>a</sup>	58.4 <sup>b</sup>	26.5 <sup>a</sup>
14h	14h	256 <sup>b</sup>	60.3 <sup>a</sup>	25.4 <sup>b</sup>



如果在产第一枚蛋之前给鸡光照刺激，那么光照刺激的年龄将对产第一枚蛋的年龄有影响。我们的研究表明：在 98 日龄之后光照刺激每延迟 1d，第一枚蛋将延后 0.5d（图 3.9）。这就是说，给一个后备鸡在 105 日龄进行光照刺激，而不是在 125 日龄，将有可能使性成熟提前 10d。此时，有必要再次强调前面有关在考虑提前光照刺激之前关心最佳体重和体况的讨论。另一个可用于刺激生长的程序是“光照递减”（图 3.10）。

在图 3.10 中，小鸡第一周生长于 23h/d 的光照制度下，然后光照长度每周减少 1h 直至达到每天 10h，并保持不变。如果鸡饲养在开放式鸡舍，那么，最低的白日长度决定于此时最长的自然光照长度。然后可按正常的时间，给以光照刺激。光照递减程序的优越性是使青年后备母鸡在早期发育阶段每天都有比较长的采食时间。在天气炎热的条件下，这个长日照长度意味着鸡有可能在一天比较凉爽的时间采食更多的饲料。不应将此程序与老的光照递减程序相混淆，老的光照程序一直递减到 18~20 周龄，那是为推迟性成熟而设计的。而采用这个图 3.10 中的程序，只要递减制度在 10~12 周龄前停止，即在后备母鸡对日照长度的改变变得非常敏感之前停止，性成熟就不会受到影响。这个光照递减制度是提高后备母鸡生长速度的最简单的方法之一，也是一种对遮黑式和开放式鸡舍都实用的方法。

Keshavzz (1998) 证明，后备母鸡依照从 23h 降至 8h 的光照递减程序来饲养，可提高 15 周龄的体重（表 3.37）。本试验中光照递减至 16 周末，这个性成熟的延缓带来 1g 的蛋重增加。

表 3.37 连续每周递减光照对后备母鸡发育的影响

育成期光照时间	体重 (15 周) (g)	18 周均匀度 (%)	饲料进食量 (0~18 周) (kg)	产第一个蛋 (日龄)
8h	1 070 <sup>a</sup>	69	5.98	130
23h 至 16 周龄的 8h <sup>1</sup>	1 120 <sup>b</sup>	78	6.20	140

<sup>1</sup> 每周降 1h。

### 3.3.8 限制饲喂

为了控制褐壳蛋后备母鸡的体重，在寒冷的季节进行限饲可能是必需的。任何限饲计划的目的是确保性成熟时达到适合于年龄的最佳体重。目前，由于许多褐壳蛋品系的性成熟很早，而且它们的成年体重已降低，所以也不那么需要经常限饲了。限饲方案主要应考虑的问题是保持鸡群的均匀度。采用一种温和的限饲计划，使鸡每周一天不食料，一般对

鸡群的均匀度影响不大，如有必要执行一强度更大的每日限饲时，那么重要的是确保快速和均匀地传递饲料，正如其后在肉种鸡章节中将讨论的（第五章）。当鸡受到任何应激时，诸如断喙、注射疫苗、疾病或较大幅度的降低温度等，限饲应放松些。对过重鸡只的另一种管理程序是提前光照刺激并转入蛋鸡舍（图 3.4）。

看来，褐壳蛋后备母鸡确实采食较少的能量，因此在饲喂较低能的日粮时就比较小。例如，给生长的后备母鸡饲喂能量为 2 750kcal/kg 的日粮对比 3 030kcal ME/kg 时，其结果是能量进食量降低了 8%，体重降低了 4%。用同样的日粮饲喂来航鸡时，只对低能量配方降低了 4% 的能量进食量，实质上对体重没有影响。所以，为控制褐壳蛋后备母鸡的生长，降低营养浓度与物质上的限饲应结合考虑。

（沈慧乐 译）

### 参考文献

Keshavarz, K. (1998). The effect of light regimen, floor space and energy and protein levels during the growing period on body weight and early egg size. *Poult. Sci.* 77: 1266 - 1279.

Keshavarz, K. (2000). Re-evaluation of non-phytate phosphorus requirement of growing pullets with and without phytase. *Poult. Sci.* 79: 1143 - 1153.

Leeson, S. and J. D. Summers, (1985). Response of growing Leghorn pullets to long or increasing photoperiods. *Poult. Sci.* 64: 1617 - 1622.

Leeson, S. and J. D. Summers, (1989). Performance of Leghorn pullets and laying hens in relation to hatching egg size. *Can. J. Anim. Sci.* 69: 449 - 458.

Leeson, S. and J. D. Summers, (1989). Response of Leghorn pullets to protein and energy in the diet when reared in regular or hot - cyclic environments. *Poult. Sci.* 68: 546 - 557.

Leeson, S., (1986). Nutritional considerations of poultry during heat stress. *World's Poult. Sci.* 42: 619 - 681.

Leeson, S., (1991). Growth and development of Leghorn pullets subjected to abrupt changes in environmental temperature and dietary energy level. *Poult. Sci.* 70: 1732 - 1738.

Leeson, S. and L. J. Caston, (1993). Does environmental temperature influence body weight; shank length in Leghorn pullets? *J. Appl. Poult. Res.* 2: 253 - 258.

Leeson, S., J. D. Summers and L. J. Caston, (1993). Growth response of immature brown egg strain pullets to varying nutrient density and lysine. *Poult. Sci.* 72: 1349 - 1358.

Leeson, S. , J. D. Summers and L. J. Caston, (1998) . Performance of white and brown egg pullets fed varying levels of diet protein with constant sulfur amino acids, lysine and tryptophan. J. Appl. Poult. Res. 7: 287 - 301.

Leeson, S. , J. D. Summers and L. J. Caston, (2000) . Net energy to improve pullet growth with low protein amino acid fortified diets. J. Appl. Poult. Res. 9: 384 - 392.

Lewis, P. D. and G. C. Perry, (1995) . Effect of age at sexual maturity on body weight gain. Br. Poult. Sci. 36: 854 - 856.

Martin, P. A. , G. D. Bradford and R. M. Gous, (1994) . A formula method of determining the dietary amino acid requirements of laying type pullets during their growing period. Br. Poult. Sci. 35: 709 - 724.

Patterson, P. H. and E. S. Lorenz, (1997) . Nutrients in manure from commercial White Leghorn pullets. J. Appl. Poult. Res. 6: 247 - 252.

Summers, J. D. and S. Leeson, (1994) . Laying hen performance as influenced by protein intake to sixteen weeks of age and body weight at point of lay. Poult. Sci. 73: 495 - 501.

# 4

## 第四章 产蛋母鸡的饲喂方案

4.1	日粮规格与配方 .....	150
4.2	饲料与能量进食量 .....	156
4.3	热应激问题 .....	163
4.3.1	鸡对热应激的反应 .....	165
4.3.2	维持能量平衡 .....	168
4.3.3	蛋白质和氨基酸 .....	171
4.3.4	矿物质与维生素 .....	171
4.3.5	电解质平衡 .....	172
4.3.6	水 .....	174
4.3.7	改变日粮的效果 .....	175
4.3.8	炎热时营养管理总结 .....	176
4.4	阶段饲喂 .....	176
4.5	饲料配方的变更与饲料质地 .....	178
4.6	营养与蛋壳质量 .....	180
4.7	控制蛋的大小 .....	185
4.8	日粮和蛋的成分 .....	191
4.9	一些与日粮有关的一般管理问题 .....	201
4.9.1	歇斯底里症 .....	201
4.9.2	脱肛 .....	202
4.9.3	脂肪肝综合征 .....	203
4.9.4	笼养蛋鸡疲劳症 .....	204
4.9.5	老龄母鸡的骨折 .....	206
4.9.6	换羽方案 .....	207
4.10	营养素的管理 .....	208

---

## 4.1 日粮规格与配方

蛋鸡的日粮规格见表 4.1，它是以年龄与饲料进食量分类的。尚无证据表明随着产蛋周期的进程，需要改变日粮的能量水平。蛋鸡的能量高峰需要量很可能在约 35 周龄时达到，此时的产蛋率与日产蛋量达到最高最大。但是，蛋鸡能非常准确地根据能量需要量调节它的进食量。因此，不同的能量需要量是通过改变饲料进食量而满足的。

如今，大多数来航品系的蛋鸡在饲料进食量低至 80~85g/d 也能开产，所以，为食欲如此低的鸡配制日粮是很困难的。对于褐壳蛋鸡，初始的饲料进食量约在 92~95g/d，因此，配方就比较容易完成。对于所有的配方，将各种营养素与能量保持平衡是最重要的考虑。

一般来说，日粮营养浓度随产蛋进程而下降，但钙的需要量是值得注意的例外。因此，以日粮百分比或对能量的比例所表示的日粮蛋白质和氨基酸，随产蛋周期的过程而下降。为维持蛋壳质量，非常重要的是：随鸡龄变老应提高日粮的钙水平并伴随磷水平的降低。蛋氨酸的需要量也应降低，这与需要调节产蛋后期蛋重的增加有关，因为从蛋价考虑大蛋是不经济的，而且大蛋的壳较薄。很少有证据表明随着鸡龄变老需要改变维生素和微量元素的需要量，所以在表 4.1 中仅列出一个预混料规格。对大多数 B 族维生素，可以实行阶段饲喂，即在产蛋末期可降低 30% 的用量。

表 4.2~表 4.5 所示为用玉米、小麦或高粱作为主要能量来源、加或不加肉粉的蛋鸡日粮实例。日粮按鸡的年龄进行分类。在阶段 1 的各日粮中（见表 4.2）不加入大量脂肪很难达到所需的能量水平。如果脂肪的供应与脂肪的质量有问题，则建议降低日粮能量水平 50~70kcal/kg，其他营养素也按相同的比例下降。

表 4.1 蛋鸡的日粮规格

大致周龄饲料 进食量 (g/只/d)	18~32 周		32~45 周		45~60 周		60~70 周	
	90	95	95	100	100	105	100	110
粗蛋白水平 (%)	20.0	19.0	19.0	18.0	17.5	16.5	16.0	15.0
代谢能 (kcal/kg)	2 900	2 900	2 875	2 875	2 850	2 850	2 800	2 800
钙 (%)	4.2	4.0	4.4	4.2	4.5	4.3	4.6	4.4
可利用磷 (%)	0.50	0.48	0.43	0.4	0.38	0.36	0.33	0.31
钠 (%)	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.16	0.15
亚油酸 (%)	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1
蛋氨酸 (%)	0.45	0.43	0.41	0.39	0.39	0.37	0.34	0.32
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.75	0.71	0.70	0.67	0.67	0.64	0.6	0.57
赖氨酸 (%)	0.86	0.82	0.80	0.76	0.78	0.74	0.73	0.69
苏氨酸 (%)	0.69	0.66	0.64	0.61	0.60	0.57	0.55	0.52
色氨酸 (%)	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14
精氨酸 (%)	0.88	0.84	0.82	0.78	0.77	0.73	0.74	0.70
缬氨酸 (%)	0.77	0.73	0.72	0.68	0.67	0.64	0.63	0.60
亮氨酸 (%)	0.53	0.50	0.48	0.46	0.43	0.41	0.40	0.38
异亮氨酸 (%)	0.68	0.65	0.63	0.60	0.58	0.55	0.53	0.50
组氨酸 (%)	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11
苯丙氨酸 (%)	0.52	0.49	0.48	0.46	0.44	0.42	0.41	0.39
维生素 (每千克日粮):								
维生素 A (IU)	8 000							
维生素 D <sub>3</sub> (IU)	3 500							
维生素 E (IU)	50							
维生素 K (IU)	3							
维生素 B <sub>1</sub> (mg)	2							
维生素 B <sub>2</sub> (mg)	5							
吡哆醇 B <sub>6</sub> (mg)	3							
泛酸 (mg)	10							
叶酸 (mg)	1							
生物素 (μg)	100							
尼克酸 (mg)	40							
胆碱 (mg)	400							
维生素 B <sub>12</sub> (μg)	10							
微量矿物质(每千克日粮)								
锰 (mg)	60							
铁 (mg)	30							
铜 (mg)	5							
锌 (mg)	50							
碘 (mg)	1							
硒 (mg)	0.3							



表 4.2 蛋鸡阶段 1 日粮示例 (18~32 周龄)

	1	2	3	4	5	6
玉米	507	554				
小麦			517	619		
高粱					440	373
次麦粉			42		68	184
肉粉		70		70		70
豆粕	327	245	261	171	311	214
油脂	45	31	60	40	60	59
DL-蛋氨酸*	1.2	1.2	1.6	1.5	1.8	1.8
食盐	3.6	2.6	3.0	2.0	3.6	2.6
石粉	99.5	92.3	100	94	100	93
磷酸氢钙	15.7	2.9	14.4	1.5	14.6	1.6
维生素—矿物质预混料**	1	1	1	1	1	1
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白水平 (%)	20	20	20	20	20	20
代谢能 (kcal/kg)	2 900	2 900	2 900	2 900	2 900	2 900
钙 (%)	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
可利用磷 (%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
钠 (%)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
蛋氨酸 (%)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.76	0.75	0.77	0.76	0.8	0.78
赖氨酸 (%)	1.14	1.15	1.12	1.05	1.17	1.16
苏氨酸 (%)	0.86	0.83	0.75	0.7	0.78	0.75
色氨酸 (%)	0.28	0.26	0.30	0.28	0.28	0.26

\* 或等价的蛋氨酸羟基类似物。

\*\* 有胆碱。

表 4.3 蛋鸡阶段 2 日粮示例 (32~45 周龄)

	1	2	3	4	5	6
玉米	536	581				
小麦			586	508		
高粱					419	382
次麦粉			8	123	118	200
肉粉		70		60		65
豆粕	301	220	233	156	279	192
油脂	39	24.6	50	50	60	56
DL-蛋氨酸*	0.9	1.1	1.3	1.2	1.5	1.5
食盐	3.3	2.3	2.7	1.8	3.4	2.5
石粉	106	100	107	99	107	100
磷酸氢钙	12.8		11.0		11.1	
维生素—矿物质预混料**	1	1	1	1	1	1
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白水平 (%)	19	19	19	19	19	19
代谢能 (kcal/kg)	2 875	2 875	2 875	2 875	2 875	2 875
钙 (%)	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
可利用磷 (%)	0.43	0.44	0.43	0.44	0.43	0.44
钠 (%)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
蛋氨酸 (%)	0.41	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.70	0.70	0.72	0.70	0.74	0.72
赖氨酸 (%)	1.07	1.07	1.04	1.04	1.08	1.09
苏氨酸 (%)	0.82	0.79	0.71	0.67	0.74	0.71
色氨酸 (%)	0.26	0.25	0.28	0.26	0.26	0.25

\* 或等价的蛋氨酸羟基类似物。

\*\* 有胆碱。

表 4.4 蛋鸡阶段 3 日粮示例 (45~60 周龄)

	1	2	3	4	5	6
玉米	584	626				
小麦			648	571		
高粱					550	483
次麦粉				113	35	143
肉粉		60		50		55
豆粕	261	190	187	115	248	169
油脂	29	14.8	40	40	40.5	40
DL-蛋氨酸*	1	1.2	1.3	1.5	1.5	1.5
食盐	3	2	2.5	1.5	3.2	2.5
石粉	111	105	111	107	111	105
磷酸氢钙	10		9.2		9.8	
维生素—矿物质预混料**	1	1	1	1	1	1
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白水平 (%)	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
代谢能 (kcal/kg)	2 850	2 850	2 850	2 850	2 850	2 850
钙 (%)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
可利用磷 (%)	0.38	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38
钠 (%)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
蛋氨酸 (%)	0.40	0.42	0.39	0.41	0.39	0.39
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.67	0.67	0.67	0.67	0.70	0.68
赖氨酸 (%)	0.95	0.95	0.92	0.93	0.98	0.98
苏氨酸 (%)	0.76	0.73	0.63	0.60	0.68	0.64
色氨酸 (%)	0.24	0.22	0.26	0.24	0.24	0.22

\* 或等价的蛋氨酸羟基类似物。

\*\* 有胆碱。

表 4.5 蛋鸡阶段 4 日粮示例 (60~70 周龄)

	1	2	3	4	5	6
玉米	638	619				
小麦			570	527		
高粱					485	467
次麦粉		51	126	190	156	200
肉粉		49		38		42
豆粕	221	157	138	90	192	138
油脂	13	9.7	40	40	40	37
DL-蛋氨酸*	0.8	1	1.1	1.2	1.2	1.4
食盐	3	2.3	2.4	1.8	3	2.6
石粉	115	110	115	111	115	111
磷酸氢钙	8.2		6.5		6.8	
维生素—矿物质预混料**	1	1	1	1	1	1
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白水平 (%)	16	16	16	16	16	16
代谢能 (kcal/kg)	2 800	2 800	2 800	2 800	2 800	2 800
钙 (%)	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
可利用磷 (%)	0.33	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
钠 (%)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
蛋氨酸 (%)	0.36	0.37	0.35	0.36	0.34	0.34
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.62	0.61
赖氨酸 (%)	0.83	0.83	0.80	0.80	0.85	0.85
苏氨酸 (%)	0.70	0.67	0.57	0.55	0.60	0.59
色氨酸 (%)	0.22	0.20	0.24	0.23	0.21	0.20

\* 或等价的蛋氨酸羟基类似物。

\*\* 有胆碱。

## 4.2 饲料与能量进食量

正如在第三章所讨论的, 蛋鸡饲养方案的制订不能不考虑育成方案。遗憾的是, 在北美许多蛋鸡生产者从独立的育成饲养户购买将开产的后备母鸡。而这两类生产者的目标不尽相同。蛋鸡生产者往往愿意以尽可能低的成本, 购买性成熟的后备母鸡, 但不考虑它们的体况; 而后备母鸡生产者必须以尽可能低的成本进行生产才能赢利。由于饲料占

后备母鸡培育成本的60%~70%，因此，对于后备母鸡生产者最奏效的降低成本的方法便是从饲料上节约。虽然通过避免饲料浪费或保证鸡舍的适宜温度可以节约少量饲料，但对于后备母鸡生产者，只有使用饲料采食量低或比较便宜日粮的育成方案才是节省大量饲料的方法。由于这种做法不能提高后备母鸡将饲料转换成增重的效率，最终结果是进入蛋鸡舍的鸡较小。如果这些鸡一直处于递增的光照制度下，那么到开产时从表面看它们可能达到性成熟；然而，这样的后备母鸡在达到最佳体重和体况之前必须继续生长才能成为一个产蛋母鸡。因此，为获得高产蛋鸡群，蛋鸡生产者不得不饲喂这些后备母鸡并努力将它们提高到正常的体重。如果蛋鸡生产者企图节省饲料，结果鸡群将在高峰时体重不足。这种情况下就会出现如第三章中所提到的小蛋、高峰低于正常或高峰后很快下跌的现象。

为了培育一个体重最佳的产蛋母鸡，需要一定数量的饲料，如果后备母鸡在育成期没有采食到足够的量，必须在蛋鸡舍喂给它。当然，首先必须确保这些后备母鸡是健康的，而且无过量脂肪。不过，对于现代的早熟后备母鸡，过量体脂肪问题已不经常发生。蛋鸡生产者应尽可能多地了解所购买后备母鸡的情况，如采用什么饲养方案、鸡群的健康状况以及育成期所用的饮水器等。具备这些信息后，蛋鸡生产者就能较有把握地培育出一高产高效的蛋鸡群。

如今的共同实践是按饲料进食量水平来制定蛋鸡的饲养方案。众所周知，在正常的环境和管理条件下，饲料进食量将随产蛋率和/或鸡的年龄而异，在制定配方时这些因素都必须加以考虑。虽然蛋鸡可根据日粮能量水平调节饲料进食量，但尚无证据表明它对其他营养素会有如此准确的调节能力。

表4.6所示为在理想的管理和环境条件下主要营养素的日进食建议量。

表 4.6 来航鸡每日营养素需要量

		周 龄			
		18~32	32~45	45~60	60~70
蛋白质	(g)	20	18.5	17.5	16
代谢能	(kcal)	260	290	285	280
钙	(g)	4.0	4.2	4.4	4.6
可利用磷	(mg)	550	450	380	330
蛋氨酸	(mg)	500	430	390	340
总含硫氨基酸	(mg)	830	740	670	600
赖氨酸	(mg)	950	840	780	730

表 4.7 来航鸡的饲料进食量受体重、产蛋率、蛋重和环境温度的影响<sup>1</sup>

体 重		产蛋率		蛋 重		温 度	
体重 (g)	进食量 (g/d)	产蛋率 (%)	进食量 (g/d)	蛋重 (g)	进食量 (g/d)	℃	进食量 (g/d)
1 200	92.7	98	100.5	50	90.8	10	102.2
1 250	94.9	94	98.8	55	94.0	15	102.1
1 300	97.1	90	97.1	60	97.1	20	97.1
1 350	99.3	86	95.4	65	100.3	25	92.1
1 400	101.5	82	93.8	70	103.4	30	87.1
23g=1g		2.4%=1g		1.6g=1g		1℃=1g	

<sup>1</sup> 假设 1 300g 体重、90% 产蛋率、60g 蛋重以及 20℃ 为标准，日粮能量为 2 850kcal/kg。

在任一特定时间，必须根据鸡群的实际饲料进食量调节日粮规格。在同一品系的任何年龄段都可能见到有 ±15g 饲料进食量的差异，这与性成熟阶段、蛋量、规格大小以及最重要的因素——环境温度有关。

根据掌握的主要变数知识，就有可能预测能量需要量，因此也可能预测饲料进食量。以下为常用的测定代谢能的方程式，应用此方程式，在输入不同的体重、产蛋率、蛋重和环境温度后，便形成了表 4.7。饲料进食量的计算是假定日粮能量水平为代谢能 2 850 kcal/kg。

$$\text{能量 (kcal ME/只/d)} = [\text{体重 (kg)}] [170 - 2.2 \times \text{℃}] + [2 \times \text{蛋量/d (g)}] \\ + [5 \times \text{日增重 (g)}]$$

对于这些计算，一次改变一个因素；其他参数的标准，突出地横跨表 4.7 的中部。例如，以体重为例，体重对饲料进食量的影响是以 50g 为增量，从 1 200~1 400g 进行计算。对于每一次为体重的计算，是将产蛋率固定在 90%、蛋重为 60g 以及环境温度为 20℃。同样地，当产蛋率为变数时，则考虑将其他因素保持不变。出现在表 4.7 最后一行的总结性资料表示：为使饲料进食量发生 1g/只/d 的变化所必须输入参数的相对变化。因此，±23g 体重、±2.4% 产蛋率、±1.6g 蛋重以及 ±1℃ 都会改变饲料进食量 ±1g/只/d。在所有这些因素中，通常环境温度是在逐日基础上变异最大的，所以它也是影响商品鸡群饲料进食量变异的主要因素。

由于饲料进食量是变化的，所以必须调节营养素与能量的比例，使这些营养素的进食量不变。虽然按逐日环境温度的波动考虑重新配方不太实际，但与体重大小有关的饲料进食量的趋势应加以调节。

所以，饲料进食量的知识，以及影响饲料进食量的因素，对于任何一个饲料管理程序都是必需的。在一定程度上，日粮的能量水平将影响饲料进食量，当然我们不能设想这个机制能精确到完美。一般来说，鸡在高能日粮的情况下会过量采食能量，可是，当日粮能量 $<2\,500\text{kcal ME/kg}$ 时，它们将难以维持正常的能量进食量。在多数情况下采食不足是问题，而不是采食过量。所以，在热应激条件下采用较高能量的日粮有助于减少能量不足的危害。表 4.8 所示为来航鸡对不同日粮能量的反应。

表 4.8 蛋鸡对日粮稀释的反应 (19~67 周龄)

日粮能量 (kcal/kg) <sup>1</sup>	饲料进食量 (g/只/d)			饲料 (kg) (19~67 周龄)	产蛋		能量进食量 (Mcal/365d)
	43 周龄	51 周龄	65 周龄		蛋数	蛋重 (kg)	
2 900	100 <sup>b</sup>	103 <sup>bc</sup>	103 <sup>b</sup>	33.9 <sup>b</sup>	290	17.9 <sup>a</sup>	98.3
2 750	100 <sup>b</sup>	103 <sup>bc</sup>	103 <sup>b</sup>	34.3 <sup>b</sup>	294	16.9 <sup>b</sup>	94.7
2 600	116 <sup>a</sup>	113 <sup>a</sup>	109 <sup>ab</sup>	37.1 <sup>a</sup>	304	17.9 <sup>a</sup>	96.8
2 450	112 <sup>a</sup>	111 <sup>a</sup>	115 <sup>a</sup>	37.1 <sup>a</sup>	304	17.3 <sup>ab</sup>	91.2

<sup>1</sup> 在全部日粮中所有其他营养素与能量的比例相同。

引自 Lesson 等 (2001)。

来航品系的鸡对稀释的日粮表现得惊人的好；同时，随日粮浓度的变化表现出令人惊讶的调节饲料进食量的能力，在日粮能量降至 $2\,600\text{kcal ME/kg}$ 时尚能保持几乎是恒定的能量进食量。只是在 $2\,450\text{kcal/kg}$ ，即为原日粮的 15% 稀释时才表现出不能采食足够的能量（或其他营养素？）。

表 4.8 中的蛋鸡是饲养在 $20\sim 22^{\circ}\text{C}$ 下的，如果发生任何热应激的情况，那么这些鸡可能会有困难维持这稀释日粮的营养素进食量。

表 4.1 日粮规格所示为粗蛋白质值。如果豆粕、玉米、小麦或高粱组成了日粮的 60%~70%，那么蛋白质本身就可以表明氨基酸需要量很可能是适宜的。显然，为了更准确地满足鸡的营养需要，以总的或可消化氨基酸进行配方是非常重要的，但仍然有对其他含氮营养素的需要，它们不定地被称为粗蛋白质或非必需氨基酸。理论上，一个蛋鸡日粮仅需提供十种必需氨基酸，而且在理想条件下，这些就是需要量水平。可是，按此基础配制的日粮使生产性能和经济回报下降；所以认为鸡需要一“最低”水平的粗蛋白质。在生产条件下，如若在整个产蛋周期使用过低于 15% 粗蛋白质，尽管也补充必需氨基酸，生产指标也很难达到。这种效果意味着鸡需要氮或非必需氨基酸，或者说我们对必需氨基酸需要的评估是不正确的。尽管有氨基酸的补充，但随着日粮粗蛋白质水平的下降，鸡群的

死亡率增加，羽被评分下降（表 4.9）。低蛋白质日粮对白壳蛋鸡、尤其是褐壳蛋鸡的影响是负面的（较低的评分）。

表 4.9 粗蛋白质对死亡率和羽被评分的影响

粗蛋白质%	自相残杀%	羽被评分（等级 0~20）	
		白壳蛋鸡	褐壳蛋鸡
11.1	17.6	12.4	10.7
12.5	8.3	13.7	11.3
13.8	5.1	13.9	12.8
15.2	2.7	15.0	13.1
16.5	4.2	14.8	14.1
17.9	0.4	14.9	14.6
19.3	2.5	15.9	15.0

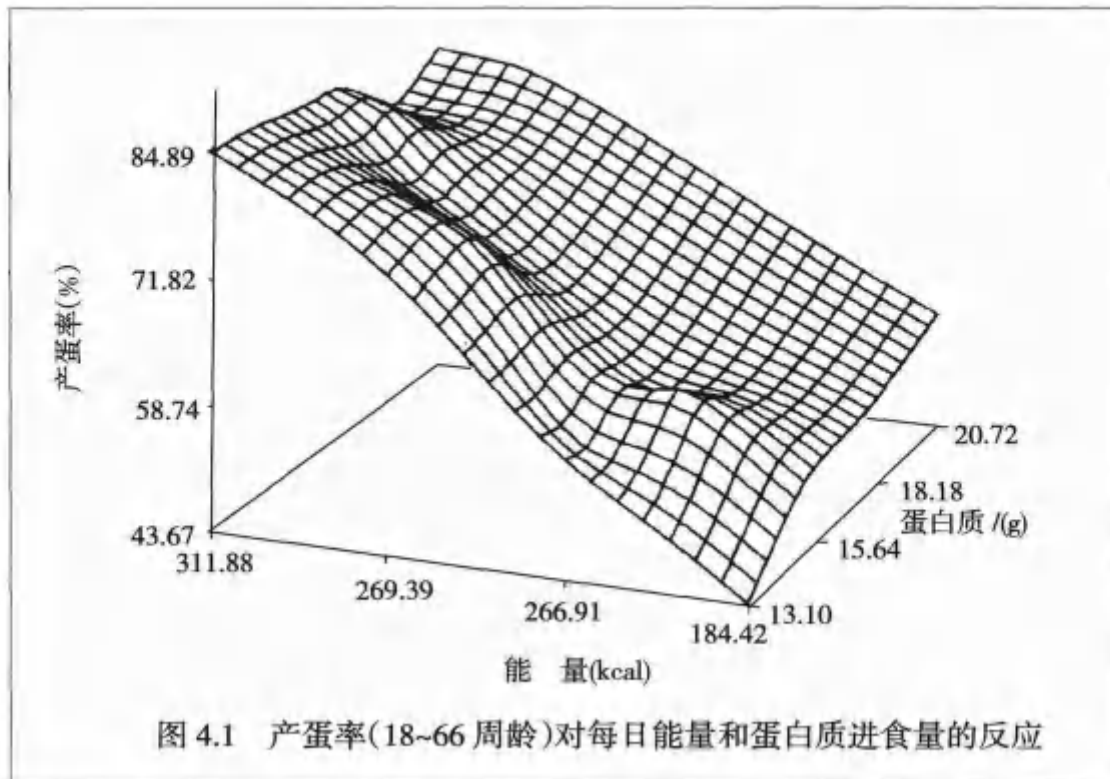
引自 Ambrosen 和 Petersen (1997)。

毫无疑问，性成熟体重是影响蛋鸡进食量的主要因素。不管蛋鸡日粮的营养标准如何，性成熟时的体重差异会保持在整个产蛋期。因此，体型小的鸡很难达到满意的营养素进食量；相反，体型大的鸡趋于多食，有可能发生潜在肥胖和/或产蛋末期蛋太大等方面的问题。营养素的阶段饲喂有助于克服以上一些问题，但在性成熟时控制好体重是较为简单而长期有效的解决途径。就鸡蛋收入相对于饲料成本而言，性成熟时体重稍高的鸡最终是最经济的商品蛋鸡。

由于当今蛋鸡品系较早、较高和持续的产蛋高峰使饲料管理变得更为关键。高峰前产蛋时的能量不足会引起产蛋高峰后的问题。高峰后产蛋曲线下降 5%~8% 是性成熟后备母鸡体重太小所致食欲不振的症状（图 4.1）。食欲下降关系到能量进食量的适宜度。能量平衡的计算表明：在产蛋数处于高峰时平衡有些不稳定，强调此时需要刺激饲料进食量，而且最好有些可动用的胴体能量贮备，即脂肪。表 4.10 和表 4.11 所示分别为来航和棕壳蛋鸡品系的能量计算值以及与之相关的标准日粮的进食需要量。

能量进食量作为现代蛋鸡品系产蛋率的限制营养素，它的重要性见图 4.1 所示。产蛋量对能量进食量从 184~312kcal/只/d 有着极大的反应，在很高的能量进食量下，对蛋白质进食量在 13~21g/只/d 的表现反应很小。只有当能量进食量限制时，蛋白质进食量的增加才会在产蛋数上有可度量的变化。但是，正如后面会详细谈到的（图 4.13），蛋重的情況却相反，鸡的蛋重对蛋白质反应强烈而对能量进食量反应不大。





许多与青年产蛋鸡临界营养素进食量减少的有关问题往往都可以通过使后备母鸡达到最佳体重和增加食欲来解决。遗憾的是，人们经常认为这个年龄的平均重与鸡群均匀度无关。后备母鸡群可能达到“平均”体重，但体重差异很大，而且经常超出可接受的范围，即“85%鸡群在平均重的±10%之内”。均匀度差的鸡群的主要问题是产第一个蛋的年龄差异以及饲料进食量的差异。如果日粮是按饲料进食量配制的，那么晚熟、体重小和食欲小的鸡将会饲喂不足，而这时体重大、食欲好的早熟后备母鸡可能饲喂过量。后果往往是高峰推迟并降低总产蛋率。

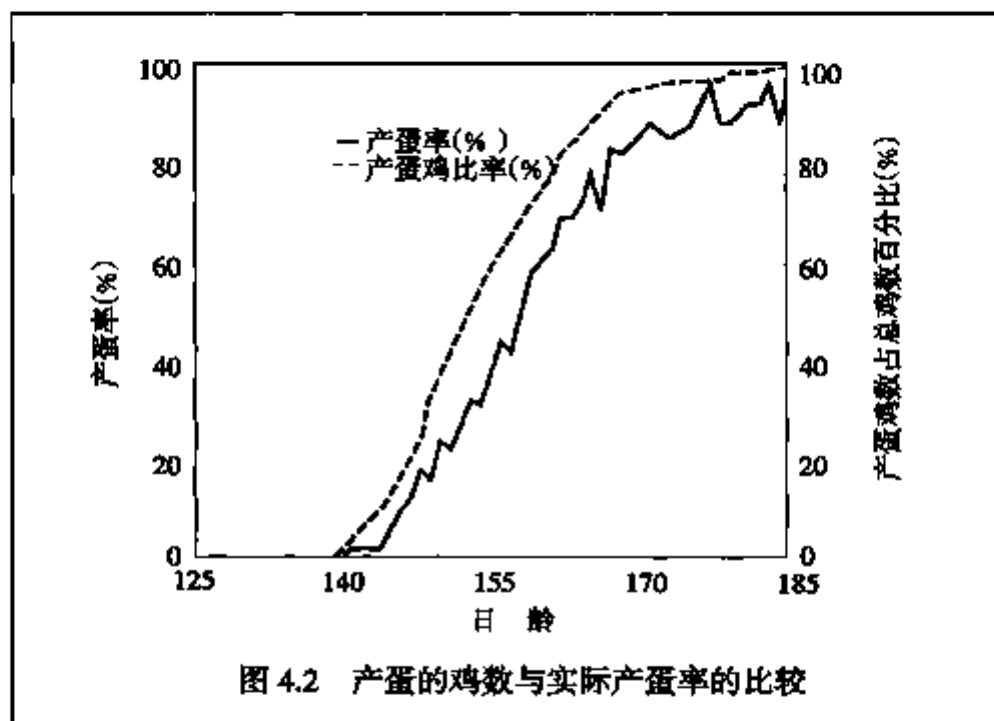
表 4.10 来航后备母鸡产蛋早期的能量平衡

周龄	每日理论能量需要量 (kcal ME/只)				需要进食蛋白质 17%、 代谢能 2 850kcal 的日粮 (g/d)
	维持	生长	产蛋	总计	
16	133	40		177	62
17	137	40		181	64
18	142	40		186	65
19	150	35	5	190	67
20	154	35	10	199	70
21	154	30	24	208	73
22	154	30	44	228	80
23	154	25	57	242	85
24	154	25	78	257	90
25	155	20	85	260	91
26	155	18	87	262	92
27	158	15	92	265	93
28	158	15	95	268	94
29	160	13	97	270	95
30	161	12	100	273	96

表 4.11 褐壳蛋后备母鸡产蛋早期的能量平衡

周龄	每日理论能量需要量 (kcal ME/只)				需要进食蛋白质 17%、 代谢能 2 850kcal 的日粮 (g/d)
	维持	生长	产蛋	总计	
16	148	50	2	200	70
17	148	50	8	205	72
18	134	50	30	214	75
19	138	40	50	228	80
20	142	40	60	242	85
21	148	30	70	248	87
22	152	30	80	262	92
23	155	25	95	271	95
24	160	25	96	274	96
25	164	15	97	276	97
26	166	15	98	279	98
27	168	15	99	282	99
28	173	12	100	285	100
29	175	12	101	288	101
30	176	12	102	290	102

反对过分强调均匀度的观点认为，鸡会按能量需要调节饲料进食量，因此，在产蛋早期早熟的鸡会多食，晚熟的少食。然而，如果喂鸡的配方是按饲料进食量配制的，这样就产生了一些问题，其中最严重的是对较大的早熟鸡饲喂过量。另一个麻烦的问题是：随着鸡群的成熟每日见到的产蛋率并不能反映当时产蛋的鸡数。如图 4.2 所示，产蛋鸡的百分比总是超过计算的产蛋率的百分比，而这种差异在产蛋早期最为显著。例如：在 40% 产蛋率时，实际上约有 70% 的鸡已成熟并在比例上要求比产蛋率本身建议的更多的营养素。



### 4.3 热应激问题

全球有很大比例的蛋鸡，饲养在热应激在它们产蛋期的某阶段很可能为主要管理因素的地区。虽然热应激也使影响产蛋率和蛋壳质量的代谢方面有些改变，但其主要的影响还是，鸡在热应激下不能采食足够的饲料。在生命的最初几周，各类家禽都在温暖的环境温度下茁壮成长，但这种环境对较大鸡的正常生长与发育通常起着相反的作用。显然鸡对热源需要的补充随年龄而下降，因为此时隔热的羽毛很快长成，而且体表面积与体大小的比

例也下降。热应激常用于描述鸡在炎热环境下的状况，然而温度本身显然不是所涉及的唯一因素。在高温时，禽类必须使用蒸发冷却（如喘气）进行散热，所以吸入空气的湿度至关重要。因此，高温加高湿比单独高温对鸡的应激大得多。另一些环境因素，如空气速度与空气流动也很重要。现已清楚，对热应激的适应可显著地影响鸡的反应。例如，蛋鸡可以忍受恒定的 35℃ 环境温度并有相当好的生产性能。可是，另一方面，当日夜温度有变化时，大多数鸡在 35℃ 下会受到热应激。在下文的讨论中我们假设有温差存在，因为这是较为常见并肯定对鸡更为应激的条件。

图 4.3 所示为鸡对变化的温度和湿度的一般反应。不管什么鸡舍，如果环境条件 > 32℃，相对湿度 > 50% 时，有可能造成一定程度的热应激。表 4.12 所示为蛋鸡对高温的典型反应。

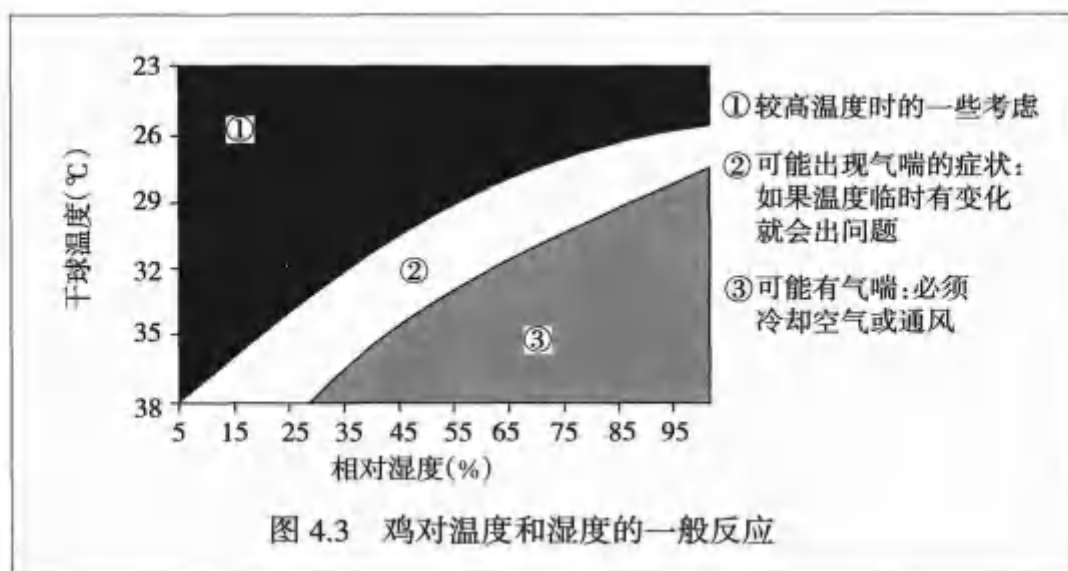


表 4.12 褐壳蛋鸡在 18℃ 下对比 30℃ 的生产性能

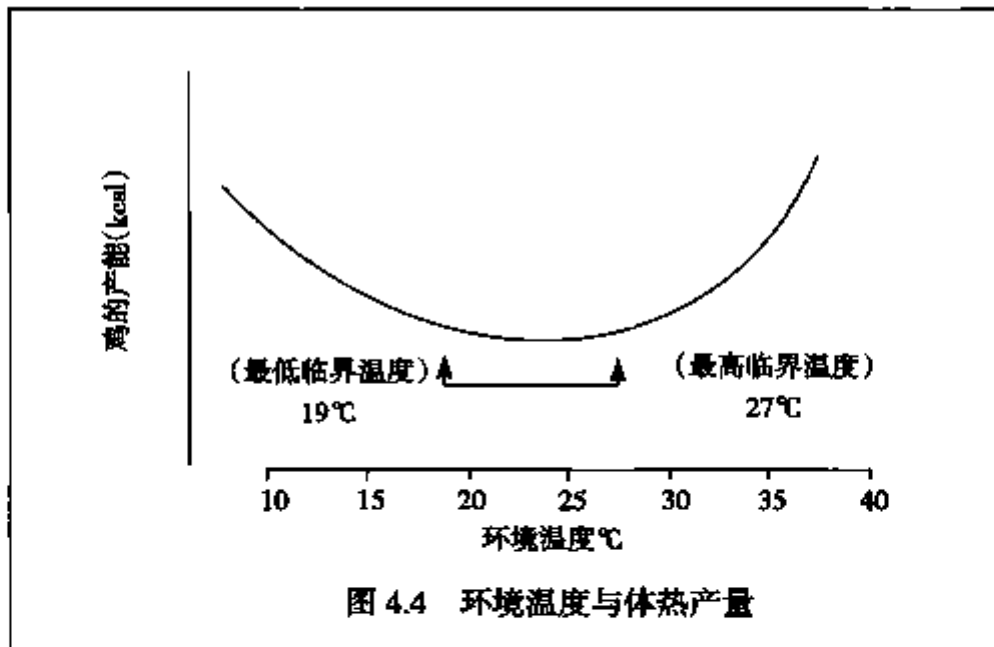
	饲料进食量 (g/只/d)	产蛋率 (%)	蛋重 (g)	蛋壳 (占蛋的%)	
				40 周龄	60 周龄
18℃	131	91.2	60.9	9.5	9.1
30℃	108	83.6	57.2	9.0	8.6

引自陈和 Balnave (2001)

在炎热气候条件下，主要应考虑蛋鸡的采食能力。由于鸡舍温度升高，维持体温所需热能较少，因而鸡采食的饲料也较少。在这种情况下，“环境”能量取代着饲料能量，而且是经济的。但是，体热生产与舍温之间并非直线相关，因为在一定的临界温度下，为启动机体的冷却机制，鸡的能量需要量反而增加了。为使鸡适应热应激应考虑以下因素：

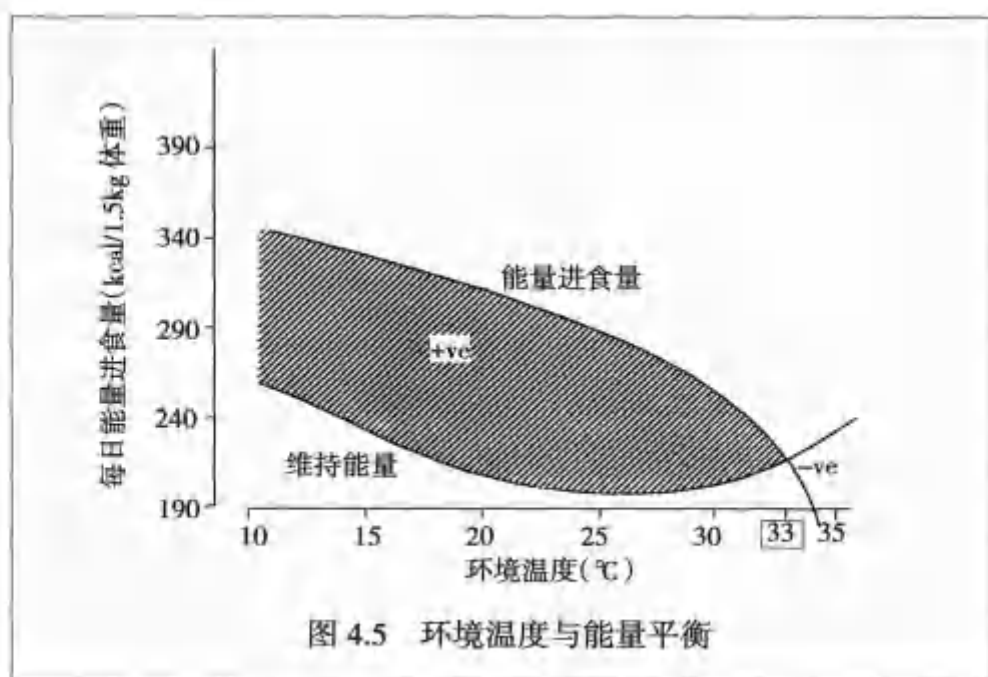
#### 4.3.1 鸡对热应激的反应

图 4.4 是描述热应激效应的简图。在 23℃ 左右体热产生最低（所以是最有效状态）。低于这一温度（临界温度以下）时，家禽通常要生成更多的体热以维持体温。不过，仅有一狭窄的温度范围（19~27℃），其间的产热是最低的。27℃ 以上，家禽即开始用更多的能量试图使它凉爽。例如在 27℃ 时，家禽的某些血管便开始扩张，以便有更多的血液流向冠、髯、脚等部位试图提高冷却能力，而更易观察到的是在稍高温时出现的气喘与垂翅的特征。在高温环境中的这些表现，说明家禽对能量的需求是在增加而不是在减少。遗憾的是，实际情形还不像图 4.4 描述得那么确切，这也许是因为在不同环境条件下见到鸡群有不同反应的原因。与其在所有条件下将高低临界温度做硬性规定，还不如根据鸡群的实际情况，来调节鸡体体热的变动。



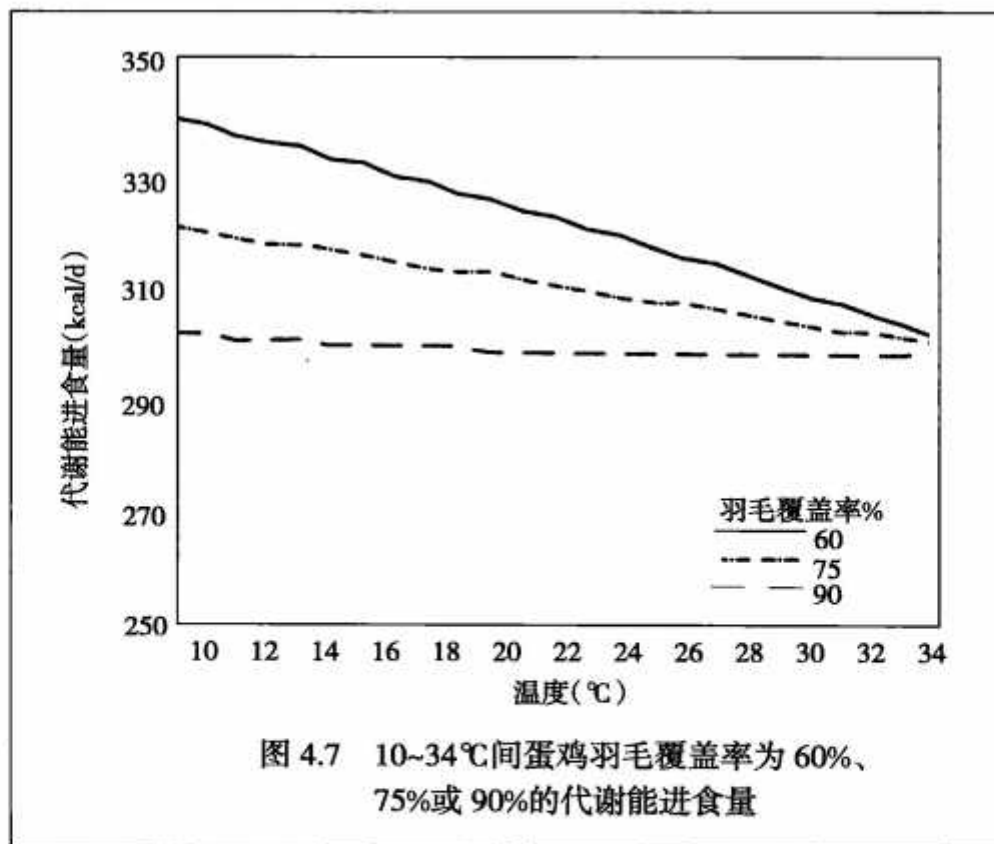
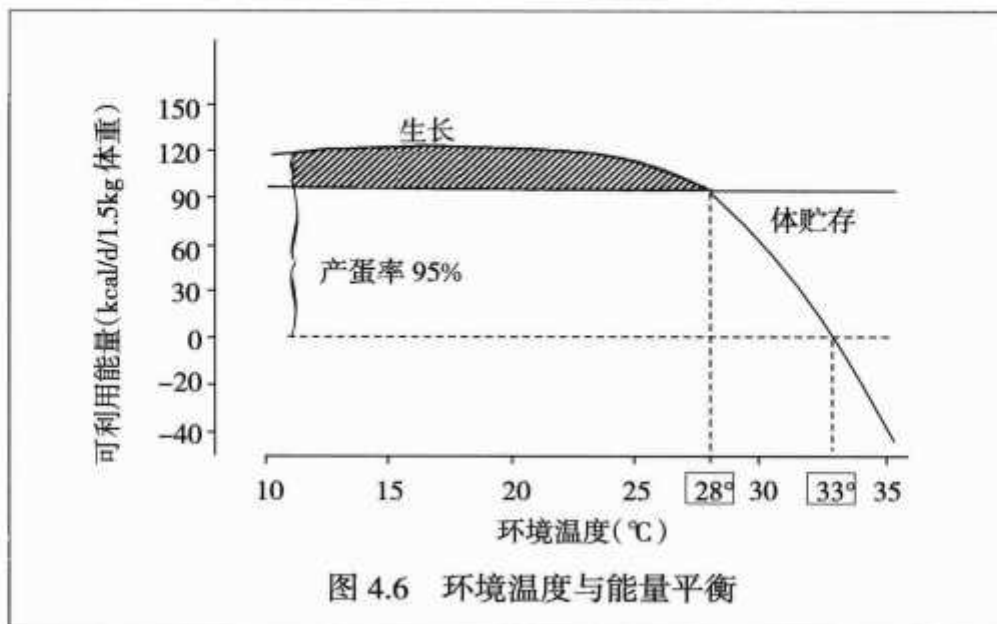
鸡对热应激反应的变化可能是受以下几个因素的影响，如：①饲料采食量的提高；②

羽毛覆盖的程度；③鸡活动量的增加。在解释图 4.5 和图 4.6 中讨论的定量数据时应考虑到鸡对条件反应的这种潜在变异性。整个图形会因家禽的正常能量进食模式而更加复杂（图 4.5）。图 4.5 中，上线代表的是 1.5kg 体重蛋鸡的能量进食量，即当环境温度上升时，能量进食量下降。然而，高于 27~28℃ 时下降的程度变得相当剧烈，这是由于鸡对热负荷的反应而改变了它的代谢过程，气喘等活动对大脑的摄食机制产生负面影响并减少了有效饲喂时间。图 4.5 中，两线之间的阴影部分代表的是可用于生产的能量，当接近或超过临界值 28℃ 时，可利用于生产的能量急剧减少，到 33℃ 左右时，已变为负值。若将可利用于生产的能量相对于温度作图，就可清楚地看到产蛋的潜能（图 4.6）。



一个 60g 的蛋约含 80kcal 总能，假如摄入能量的利用率为 80%，则约需摄入 100kcal 的代谢能。如若鸡的产蛋率为 95%，那么，为维持高峰产蛋量需要 95kcal ME/d；此外，还需要 15~25kcal ME 作为该青年母鸡的每日生长。所以，从生产目标考虑总共需要 115kcal ME/d。当环境温度适宜时，这部分能量很容易从饲料中得到满足，因为平均每只采食量 270~275kcal ME/d，就有足够的能量用于生产和维持。但是，可利用能量将随饲料进食量的降低而下降，虽然温度高时维持需要量较低，但是非直线相关（图 4.5）会在约 28℃（图 4.6）引起能量缺乏的问题。在 28℃ 以上，如果生产和生长都要维持，鸡将不得不动用体能贮备以平衡能量需要。体脂的贮备显然是有限的，尤其对于青年的产蛋

母鸡。所以，在这样的条件下它就不可能太久地维持 95% 的产蛋率。



为了保证维持的能量需要量，鸡别无选择，只得降低产蛋量。在农场的实际条件下，发生关键性变化的温度（如图 4.6 中所示 28℃ 和 33℃）将会改变，尤其是由于对温度的适应性，但这种改变很可能发生在图 4.6 所示温度的±2℃之内。

羽毛覆盖是影响鸡的能量采食量对环境温度反应的一个主要因素，它代表的是禽类对温度的隔绝能力。Coon 及其同事们导出的公式就考虑了羽毛的覆盖程度，虽然该公式假定横跨所有的温度是一直线倾向。图 4.7 为运用这些方程式预测至约 25℃ 的能量进食量；此时，假设某种程度的热应激即将发生，这时羽被覆盖良好的鸡将是最受应激的。假定 26℃ 以后的反应是增加能量需要量，如图 4.5 所示。在热带地区，那里的鸡饲养在开放式鸡舍而且仅有夜间的温度是凉爽的，实际的情况可能会更复杂些。

### 4.3.2 维持能量平衡

在炎热的气候条件下保持能量的正平衡是维持生产的关键。

#### (1) 改变日粮能量水平

众所周知，家禽的饲料消耗量随饲料能量的提高而减少，这是因为家禽试图维持每天一定的能量进食量。然而该调整机制并非完美无缺，当能量水平提高时，所期望的采食量下降却很少实现。显然这将造成能量的“过度采食”。同时，随着环境温度的提高，作用机制似乎更不完善；所以，提高日粮能量水平常被认为是刺激能量进食量的尝试。Payne (1967) 用褐壳蛋鸡，在 18~30℃ 之间喂以 2 860~3 450 kcal ME/kg 的日粮，展示了这个经典的效果（表 4.13）。在 18℃ 时，鸡的调节能力很好，饲料进食量随能量水平的提高连续下降，所以能量进食量保持稳定。高温时家禽对饲料进食量的调节不够完善，所以发生能量的“过度采食”。此处并非建议在生产中使用这些极端的日粮能量水平，而是说要用能量水平尽可能高的日粮使日粮能量采食量最大化。为提高日粮能量水平，应考虑添加油脂。日粮油脂的优越性是提高适口性，同时降低热增耗，后者为脂肪用于生产时产生的热能损耗。

表 4.13 日粮能量水平对代谢能进食量的影响

日粮能量 (kcal ME/kg)	18℃		30℃	
	每日饲料 (g)	每日能量 (kcal)	每日饲料 (g)	每日能量 (kcal)
2 860	127	363	107	306
3 060	118	360	104	320
3 250	112	364	102	330
3 450	106	365	101	350

引自 Payne (1967)。



## (2) 物理刺激饲喂活动

可用许多办法刺激饲料采食量，如每天多次饲喂通常可以刺激采食活动。若有可能在每天较凉爽的时候饲喂，也是增加营养素进食量的有效方法。若采用人工光控，可考虑所谓的夜间饲喂，这在极度炎热的条件下可能有效，因为当温度如期而降时，家禽会乐于采食。在极度的热应激下，提高日粮的适口性可能是有利的，一些实用的做法如在槽中料上直接喷植物油、糖蜜甚至是清水，都可能刺激采食量。当日粮使用高水平油脂或按上述方法做表层调制时，一定要确保不发生酸败，最好是坚持添加一定数量的抗氧化剂，防止饲料在料箱、加料器或料槽中结“块”。在这些情况下，饲料新鲜度将变得至关重要。

日粮的质地也有可利用的优势。突然将破碎料或大颗粒饲料换成小的破碎料也有暂时刺激进食的效果。不过有趣的是，当突然将破碎料换成较大的碎粒时，人们观察到了家禽采食量降低的结果（表 4.14）。

表 4.14 饲料颗粒大小的突然变化对继后 5~7d 间饲料进食量的影响

饲料 (g/只/d)	破碎料大小		
	常规的	比常规小的 ( $<2.4\text{mm}$ )	比常规大的 ( $>2.4\text{mm}$ )
	112°	124°	81°

在鸡处于热应激条件下，往往采用半夜饲喂。光照 1~2h 至少有一短暂的提高饲料进食量 (1%~3%) 的效果，而且还经常会有长期效果。在适度高温下，可能只需要提供光照，而在极度炎热的气候条件下建议在这 1h 期间开动料线。夜间饲喂时观察到的有趣现象是饮水量剧增（图 4.8）。鸡在炎热条件下会吃得更多，取决于原有的湿度水平，这点可以靠蒸发冷却来达到。不太昂贵而又非常有效的刺激进食量的方法是增加空气的流动。鸡的体温接近于 41℃，而靠近鸡体 1~2mm 边界层的空气也接近于该温度。如果提高风速，这个边界层被破坏，因此有助于冷却这个鸡。表 4.15 所示为空气流动对鸡的冷却效果以及预期饲料进食量的提高。

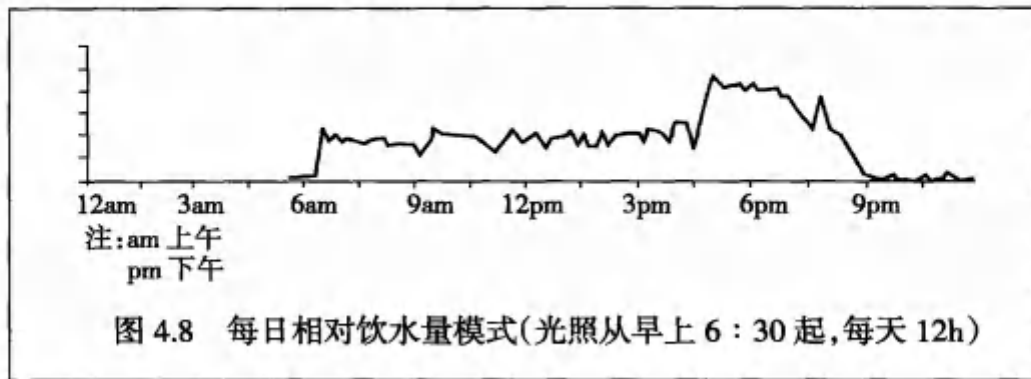


表 4.15 空气流动（冷风因素）的冷却效果以及对饲养于 30℃ 下蛋鸡预期的饲料进食量的提高

空气流动 (m/s)	冷却效果 (°C)	预期提高每只鸡的饲料进食量 (g/d)
0.5	1	1g
0.75	2	1~2g
1.0	3	2~3g
1.25	4	3~4g
1.50	5	4~5g
1.75	6	5~6g

### (3) 体脂贮备

在后备母鸡到达产蛋量高峰之前会遭遇到炎热气候的情况下，制定出一个恰当的后备母鸡培育计划就是最关键的事。正如在图 4.6 中所详细叙述的，这个小母鸡很可能不得不依靠它的体能贮备作为由于减少饲料能量进食量的补充。如前所述，育成计划的目的是使后备母鸡达到最大的生长。性成熟时体重越大的鸡，整个产蛋期的体重也越大；因此潜能贮备也较大，而且原有的饲料进食量也较大（表 4.16）。

表 4.16 来航后备母鸡的大小与能量进食量

体 重		每日能量采食量
18 周	24 周	18~25 周 (kcal)
1 100	1 400	247
1 200	1 500	254
1 300	1 600	263
1 400	1 700	273

这里并不是建议过肥的后备母鸡更理想，但是，显然体重最佳并具合理脂肪储备的鸡将会更好地抵抗热应激。而当后备母鸡面对热应激，可利用能又低于维持生产所需时，它将无所依靠，只能是降低产蛋量，不是蛋重就是产蛋率；因为维持能量需要总是第一位的。

#### 4.3.3 蛋白质和氨基酸

过去，在热应激时普遍的做法是提高日粮的粗蛋白质水平，一直这样做是因为饲料采食量的降低，所以将蛋白质水平上调并保持进食量在每只每天 19g 粗蛋白质的水平。可是现人已认识到这种调整可能是有害的。任何一种营养成分在体内的代谢过程中都不会 100% 有效，都会产生一些热能。遗憾的是蛋白质在这方面恰是利用率最低的一种营养素，所以，与碳水化合物和脂肪相比，氨基酸在代谢过程中按比例放出更多的热量。受热应激的家禽最需要的是承受体内额外产生的热量。多余的产热会使散热机制（喘息、血液循环）过载。因此，我们面临的难题是试图在降低日粮采食量的情况下，维持“蛋白质”的进食量，然而又清楚地知道较多的蛋白质可能是有害的。该问题的答案不是增加粗蛋白质而是提高必需氨基酸水平。通过饲喂合成氨基酸，就可以维持这些必需营养素的进食量，而不需要分解过多的粗蛋白质（氮）。因此，一般建议增加合成蛋氨酸和赖氨酸，也许还有苏氨酸的用量，并在产蛋高峰期分别维持日进食量大约在 420mg、820mg 和 660mg 的水平。

#### 4.3.4 矿物质与维生素

钙的水平应按预计采食量进行调整至每鸡每天至少采食 4.2g。在极端气候条件下，希望用高能日粮，但由于石粉和贝壳粉用量的增加使高能日粮难以实现。表 4.17 所示为维持钙、可利用磷和维生素 D<sub>3</sub> 进食量所需的日粮规格，它们是对蛋壳质量起决定性作用的营养素。

表 4.17 不同饲料进食量下保持日粮中钙、可利用磷和维生素 D<sub>3</sub> 恒定进食量的日粮营养水平

饲料进食量 (g/d)	钙 (%)	可利用磷 (%)	维生素 D <sub>3</sub> (IU/kg)
80	5.3	0.52	4 125
90	4.7	0.47	3 660
100	4.2	0.42	3 300
110	3.8	0.38	3 000

当饲料采食量低时有必要提高日粮能量水平，然而添加高水平的石粉和磷酸盐会显著地稀释除 Ca 和 P 外的其他所有营养素而阻碍生产。解决潜在钙缺乏问题最常用的方法，是在饲料表层添加蛎壳或大颗粒钙，维生素 D<sub>3</sub> 缺乏时最好在饮水中补充维生素 D<sub>3</sub>，而不是配制新的预混料。

看起来在日粮或饮水中补加碳酸氢钠会有些益处，但这种处理必须谨慎，以防家禽承受过高的钠，所以也许还应调整食盐的水平。要注意饮水中的钠，在热应激时可能会很高。在多数情况下，把所补充食盐量的 30%，替换为同等量的碳酸氢钠，不会产生副作用。日粮中提高钾的水平也表现出良好的效果，但还需经仔细的计算后才能实施，因为高水平钾可能不利于电解质平衡。虽然有关补加 B 族维生素对改善热应激方面的报道极少，但对脂溶性维生素的有益效果的报道却很多。尽管不都是结论性的，但在某些情况下提高维生素 A、维生素 D<sub>3</sub> 和维生素 E 的水平都曾表现为有益的。家禽日粮中一般不用维生素 C（抗坏血酸），但确有证据支持它在高温季节的应用。鸡需要维生素 C，但在多数情况下它自身有能力合成足够的量，但热应激时这种合成能力会不足/或减弱。已证实，当温度超过 28℃，每千克日粮中补加至 250mg 维生素 C 有利于维持产蛋率。

#### 4.3.5 电解质平衡

随着环境温度的上升，鸡的呼吸速度加快以便提高蒸发冷却的速度。但在气喘的同时，它们按比例会失去更多的 CO<sub>2</sub>，因此很快就会导致酸碱平衡的改变；从轻度到严重的碱中毒，血液 pH 可从 7.2 升到 7.5，严重时达 7.7。血液 pH 的改变连同碳酸氢盐离子的丢失会影响蛋壳质量和鸡的全面健康与代谢。在这种热应激状态下，碳酸氢盐本身的可利用率似乎是影响蛋壳厚度的主要因素，当然同时也取决于酸碱平衡、肾功能和呼吸速度。

在正常情况下，蛋壳形成过程中可诱发肾的酸中毒，这与滤过的碳酸氢盐的重吸收有关。与此同时，蛋壳形成过程中，也会诱发代谢性酸中毒，因为从 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 Ca<sup>2+</sup> 形成

不溶性的  $\text{CaCO}_3$  的过程中会释放出  $\text{H}^+$  离子。 $\text{H}^+$  的释放将会导致具有生理破坏性的强酸性环境，因此须由子宫液中的碳酸氢盐缓冲系统作必要的平衡，所以在蛋壳合成时，轻度的代谢性酸中毒是正常的，而在严重时就会造成蛋壳产量减少，因为缓冲液和壳组分相互激烈竞争  $\text{HCO}_3^-$ 。饲喂某些产品，如  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ，也会诱发严重的代谢性酸中毒，其后果是降低蛋壳强度。在这种情况下， $\text{NH}_4^+$  要比  $\text{Cl}^-$  的问题更大，因为肝脏（从  $\text{NH}_4^+$ ）形成尿素时也需要  $\text{HCO}_3^-$  离子给予缓冲，这就为子宫的碳酸氢盐代谢制造了更强的竞争力。相反，饲喂碳酸氢钠，特别是在  $\text{Cl}^-$  水平最低时，可以很好地提高蛋壳厚度。在商品生产条件下，必须避免为缓冲任何日粮电解质而产生过量的碱。同样重要的是不能让家禽处于严重的过分气喘状态，就像在高温时发生的；这样会降低血中碳酸氢盐浓度，严重时会造成代谢性酸中毒。在生产条件下用  $\text{NaHCO}_3$  取代部分  $\text{NaCl}$  可能有利于蛋壳质量。

对热应激的驯化是个复杂的因素，因为短期而（1~2d）剧烈的环境变化对鸡的问题更大些。例如，在恒定的  $35^\circ\text{C}$  对比  $21^\circ\text{C}$  条件下生长至 31 周龄的后备母鸡，其血浆电解质样本间仅呈现出很小的差异。如果允许鸡驯化于高温环境，那么血浆电解质与蛋壳质量间相关性很小。暂时的急性热应激及温度周期性变动无疑对鸡的应激强度最大。

防止电解质严重不平衡的方法是在日粮配合时考虑到阳离子与阴离子的比例。应当承认，日粮仅是影响潜在失衡的一种因素，日常管理与保健工作也有其根本的重要性。电解质平衡通常是调节日粮中  $\text{Na}+\text{K}-\text{Cl}$  的平衡性；对于多数日粮，这是一合理的简化。电解质平衡一般都用各种电解质的毫克当量  $\text{mEq}$  来表示，单项电解质按分子量（ $\text{Mwt}$ ）/ 1 000 来计算。若日粮中含 0.17%  $\text{Na}$ 、0.80%  $\text{K}$  和 0.22%  $\text{Cl}$ ，则该日粮的毫克当量（ $\text{mEq}$ ）的计算实例如下：

钠（ $\text{Na}$ ）： $\text{Mwt}=23.0$ ， $\therefore \text{Eq}=23\text{g}/\text{kg}$ ， $\therefore \text{mEq}=23\text{mg}/\text{kg}$

日粮含 0.17%  $\text{Na}=1\,700\text{mg}/\text{kg}=\frac{1\,700\text{mEq}}{23}=73.9\text{mEq}$

钾（ $\text{K}$ ）： $\text{Mwt}=39.1$ ， $\therefore \text{Eq}=39.1\text{g}/\text{kg}$ ， $\therefore \text{mEq}=39.1\text{mg}/\text{kg}$

日粮含 0.80%  $\text{K}=8\,000\text{mg}/\text{kg}=\frac{8\,000\text{mEq}}{39.1}=204.6\text{mEq}$

氯（ $\text{Cl}$ ）： $\text{Mwt}=35.5$ ， $\therefore \text{Eq}=35.5\text{g}/\text{kg}$ ， $\therefore \text{mEq}=35.5\text{mg}/\text{kg}$

日粮含 0.22%  $\text{Cl}=2\,200\text{mg}/\text{kg}=\frac{2\,200\text{mEq}}{35.5}=62.0\text{mEq}$

$\therefore$  总体日粮平衡为： $\text{Na}+\text{K}-\text{Cl}=73.9+204.6-62.0=216.5\text{mEq}$

平衡于  $250\text{mEq}/\text{kg}$  为正常，所以本日粮需增加  $\text{Na}$  或  $\text{K}$  或降低  $\text{Cl}$  的水平。

实际应用中当氯水平高时电解质平衡有更大的难度。另一方面，有时建议用  $\text{NaHCO}_3$  替代  $\text{NaCl}$  以抵抗热应激，又会导致氯缺乏。日粮电解质平衡的变化经常发生在主要饲料原料有变动的时候，特别是动物蛋白与豆粕的互换之时。表 4.18 列出了一些主要饲料原

料的电解质平衡。

表 4.18 饲料原料的电解质含量

原 料	Na	K	Cl	Na+K-Cl (mEq)
玉米	0.05	0.38	0.04	108
小麦	0.09	0.52	0.08	150
高粱	0.04	0.34	0.08	82
豆粕	0.05	2.61	0.05	675
双低菜粕	0.09	1.47	0.05	400
肉粉	0.55	1.23	0.90	300
鱼粉	0.47	0.72	0.55	230
棉籽粕	0.05	1.20	0.03	320

在谷物之中，高粱的 Na+K-Cl 较低，而小麦的高于玉米。主要的差别均发生在富含蛋白质的原料中。与豆粕相比，所有原料的电解质平衡都低于豆粕。如表 4.18 所示，这是由于豆粕中钾的含量非常高。因此配方中所使用的蛋白原料改变时，必须仔细考虑电解质的平衡。例如一日粮中含高粱 60%、豆粕 25%，则总平衡为 210mEq/kg，另一日粮含高粱 75%、鱼粉 10%，电解质平衡仅 75mEq/kg，该高粱—鱼粉日粮也许需要补充 NaHCO<sub>3</sub>。

假定常规的管理手段无法缓和热应激，那么对日粮电解质的调整可能会有作用。但技术上对后备鸡与产蛋鸡应有所不同。成年母鸡有维持碳酸氢盐缓冲系统的需要，因为它与蛋壳质量有关。此时用碳酸氢钠处理日粮或饮水均有益处，但仍然强调必须满足氯的最低需要量。另一方面，使用酸化剂，如 NH<sub>4</sub>Cl 处理蛋鸡的呼吸性碱中毒，会在减轻气喘的同时很可能降低蛋壳质量。后备鸡使用电解质经常见效。对碳酸氢盐缓冲系统也不必太顾虑。日粮中 NH<sub>4</sub>Cl 达 0.3% 时可改善热应激鸡群的生长速度，尽管还未弄清这种效应究竟是通过电解质平衡/血液 pH 或者是简单地通过刺激饮水量的间接效应。曾有过商品鸡场在青年鸡饮水中加盐来缓解鸡受热应激的痛苦并刺激生长的报道。

#### 4.3.6 水

热应激时经常注意不到的营养因子就是水的代谢。众所周知，家禽在高温环境中会饮入更多的水，然而这一点却未受到任何重视。表 4.19 所示为饲养在 22℃ 或 35℃ 下的蛋鸡的水平衡。

表 4.19 每只蛋鸡在 22℃ 或 35℃ 时的水平衡 (ml/d)

	22℃	35℃
饮水量	210	350
粪中水	85	150
蛋中水	50	50
呼出水	75	150

对比在 35℃ 与 22℃ 温度下，鸡至少多饮水 50%，如果未能见到这种适应现象，那么很可能与鸡在高峰需水量时不能饮入足够的水有关。图 4.8 所示为光照从早上 6:30 至傍晚 6:30 时，鸡的每天饮水模式。在一天最后 3h 的饮水量比前面所有时间的都增加 1 倍。因此，饮水系统必须适合于这种需求，尤其在炎热的气候条件下。

由于饲料进食量下降时饮水量总是上升，所以在水中提供限制性营养素应该是合理的。可是，这个概念仅仅得到了有限的成功；这可能与改变了水的“味道”有关，和/或受营养素的刺激使细菌在水管中滋长有关。但当饮用水温凉爽时，总是能见到正面效果。当环境温度为 30~32℃ 时，若将水温降低 5~8℃，便可刺激饲料进食量，提高到多至 10%。虽然这种管理实践在试验条件下比较容易做到，但在大型商品鸡群中会遇到复杂的工程问题。

#### 4.3.7 改变日粮的效果

迄今的讨论都集中在为减缓热应激而发挥调节日粮的潜力。但是在某些条件下，改变日粮本身也可能是有害的。当鸡遭遇到严重的热应激时改变日粮似乎会增强另一种应激，后者只将微妙的能量平衡倾斜至错误的方向。例如，最近有报道：通过添加油脂而改变日粮使鸡的体温顿时升高至 4℃，而后者对鸡可能是灾难性的并导致死亡。但是改变日粮同时也有刺激能量进食量的可取效果。为此，建议在 36~40℃ 的极度热应激下，不用改变日粮的方法，因为它可使鸡因热虚脱而致死。

在这种条件下，如能预先判断环境温度的升高并在鸡尚处于“适度”应激条件下 (28~35℃) 提前改变日粮，那可能会有用。因此，即使在短期的热应激情况下改变日粮也可能是不明智的 (表 4.20)。

表 4.20 热应激时改变日粮对蛋鸡生产性能的影响

	日粮类型	21 周龄			33 周龄		
		产蛋率 (%)	饲料进食量 (g)	蛋壳变形值 ( $\mu\text{m}$ )	产蛋率 (%)	饲料进食量 (g)	蛋壳变形值 ( $\mu\text{m}$ )
测试前 7d (18℃)	对照组	82	86	21	92	101	24
热应激 3d (35℃)	对照	92	64 <sup>a</sup>	22 <sup>b</sup>	71	50 <sup>a</sup>	35 <sup>b</sup>
	高蛋白	90	36 <sup>c</sup>	24 <sup>a</sup>	56	20 <sup>b</sup>	41 <sup>ab</sup>
	高能量	94	40 <sup>c</sup>	23 <sup>ab</sup>	60	27 <sup>b</sup>	46 <sup>a</sup>
热应激后 4d (18℃)	高浓度	96	53 <sup>b</sup>	24 <sup>a</sup>	67	28 <sup>b</sup>	37 <sup>b</sup>
	对照	84 <sup>a</sup>	76 <sup>a</sup>	26 <sup>c</sup>	77 <sup>a</sup>	84 <sup>a</sup>	30 <sup>b</sup>
	高蛋白	39 <sup>c</sup>	24 <sup>b</sup>	35 <sup>ab</sup>	45 <sup>b</sup>	61 <sup>bc</sup>	41 <sup>a</sup>
	高能量	56 <sup>b</sup>	33 <sup>b</sup>	41 <sup>a</sup>	64 <sup>a</sup>	57 <sup>c</sup>	42 <sup>a</sup>
	高浓度	69 <sup>ab</sup>	76 <sup>a</sup>	31 <sup>bc</sup>	67 <sup>a</sup>	73 <sup>ab</sup>	29 <sup>b</sup>

a、b、c 角标字母不同者差异显著。

在这些试验中，在 18℃ 的环境温度下，给母鸡饲喂对照日粮 7d；之后突然受到 35℃ 热应激的影响，给这些鸡饲喂同样的对照日粮，或高能、高蛋白或全部营养素都高（高浓度）的不同日粮。母鸡对热应激的即刻反应是抑制饲料进食量，虽然在 3d 应激期后才见到产蛋率和蛋壳质量的变化。但在应激后阶段鸡表现出产蛋数和蛋壳质量的显著下降。尚未见到因更改日粮而减缓热应激的实例，在多数例子中更改后的情况更为严重，一般认为：在这种短期热应激的情况下更改日粮只会给鸡强加一个额外的应激，因而是有利的。

#### 4.3.8 炎热时营养管理总结

- ① 勿将体重不足的后备母鸡转入产蛋鸡舍，否则它们一直会以低采食量保持体小的状态，并仅有少量的体脂储备以维持整个高峰蛋量生产阶段的能量平衡。
- ② 通过补充脂肪或油脂提高日粮的能量水平至最低为 2 850kcal ME/kg。限制粗纤维水平。
- ③ 降低粗蛋白质成分（最高为 17%CP），同时维持蛋氨酸日进食量 420mg，赖氨酸日进食量 820mg 和苏氨酸日进食量 660mg。
- ④ 随预期饲料进食量的改变提高矿物质-维生素预混料添加水平，保持日进食钙 4.2g 和可利用磷 400mg。
- ⑤ 在出现蛋壳问题时，考虑添加碳酸氢钠，此时要监测日粮总钠进食量并保证日粮中



足够的氯水平。

- ⑥热应激时补加维生素 C 250mg/kg。
- ⑦增加每日饲喂次数并在当天温度较低时喂料。
- ⑧尽量降低饮水温度。
- ⑨若有可能使用破碎料或大颗粒粉料。
- ⑩在突然出现短期 (3~5d) 热应激时, 不要对日粮作任何调整。

#### 4.4 阶段饲喂

阶段饲喂指的是将日粮中的蛋白质和氨基酸水平随着鸡产蛋周期的进程给以降低。阶段饲喂概念基于以下事实, 即: 随着鸡龄增长, 它们的采食量增加, 而产蛋量下降。正因如此, 降低日粮营养浓度才有经济意义。在蛋鸡产蛋率曲线上叠加蛋重和日产蛋量的曲线是很恰当的 (图 4.9)。

若想降低饲料营养浓度, 不应在产蛋数高峰后立即进行, 而应在达到蛋量高峰之后。在产蛋后期降低日粮蛋白质和氨基酸水平有两个理由, 即降低饲料成本和降低鸡蛋的大小。前者意义自明, 而后者的优越性却难以确定, 它将依蛋价而变动。当超大或特大蛋有奖励价时, 使用阶段饲喂程序就失去优势, 除非蛋壳质量出现问题。

有关任何降低日粮蛋白质和氨基酸水平, 并能调节鸡蛋的大小又不降低生产水平的特

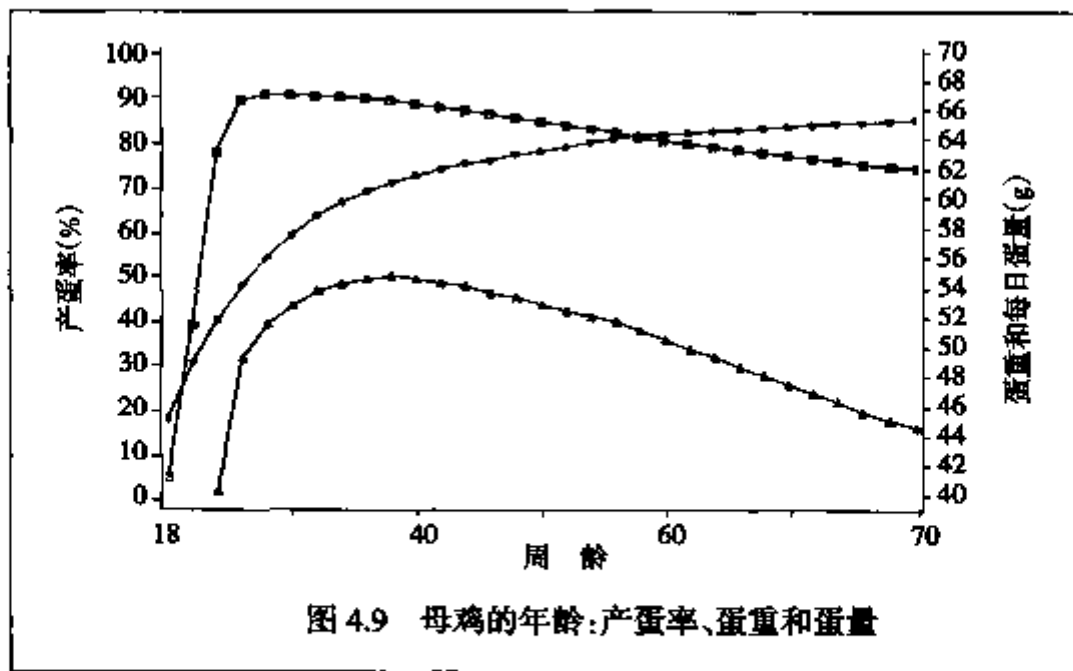


图 4.9 母鸡的年龄: 产蛋率、蛋重和蛋量

定建议还难以提出。蛋白质水平适当的降低取决于季节（温度对耗料的影响）、年龄、产量及日粮能量水平。因此，在决定降低日粮蛋白质水平之前，必须对每个鸡群进行单独的考虑。作为指南，建议在产蛋率降至 90% 时蛋白质采食量从 19g/d 减为 18g/d；产蛋率降至 80% 时蛋白质降至 15~16g/d。在平均日采食量为 95g 时，就相当于日粮含 20%、19% 和 16% 的蛋白质。必须强调，这些数值只能在对所有其他因素都考虑周全以后才可作为指南使用。如果蛋白质水平降低后产蛋下降，则营养素进食量已降得太多，应立即增加。另一方面，若产量平稳但蛋大小不减则蛋白或氨基酸进食量的减量不足，可进一步降低。此项做法要考虑的氨基酸是蛋氨酸，因为这种氨基酸对蛋重的影响最大。如同蛋白质的情况，一步降低太多蛋氨酸可能导致产蛋率下降和饲料采食量的增加。已有报导，一次降低日粮蛋氨酸 20% 使蛋的大小减少 3%，伴随着产蛋率的丢失 8%。

磷的阶段饲喂也被用作阻止常见于老龄鸡蛋壳质量下降的一种方法。利用这项技术，可利用磷水平可以从高峰期的 0.42%~0.46% 减至产蛋期末的略低于 0.3%。表 4.21 所示为与控制蛋的大小、优化蛋壳质量以及降低饲料成本有关的蛋白质、蛋氨酸以及磷的阶段饲喂实例。

表 4.21 高峰蛋量后主要营养素的阶段饲喂，假定恒定的日饲料进食量为 100g

鸡的特征		日粮水平 (%)			
年龄 (周)	产蛋率 (%)	粗蛋白质	蛋氨酸	钙	可利用磷
<35	93	19.0	0.41	4.2	0.44
45	90	18.0	0.38	4.3	0.41
55	85	17.0	0.36	4.4	0.36
70	80	16.0	0.34	4.5	0.32

对阶段饲喂提出的主要批评是：实际上鸡并不是产一个蛋的“百分比”。例如：一个鸡群的产蛋率为 85%，是指鸡群中 100% 的鸡产 85% 的蛋，还是说鸡群中 85% 的鸡有 100% 的产蛋率？若一只鸡在特定一天产蛋，可以看作那一天是 100% 产蛋，因此营养需求应完全相同而与年龄无关。而另一个或以争辩的理由是蛋中许多营养成分，尤其是蛋黄，是数日内积聚的。所以，不论年龄，这种 100% 产蛋率的概念是一种误导。

阶段饲喂的拥护者指出，通过降低日粮蛋白质/氨基酸含量可以成功地管理鸡群，而另一些人则认为起始的营养水平过高，而阶段饲喂仅仅是实现了日粮营养需要的正常化。一个根本的事实是，各鸡群间的环境和管理条件是不同的，而且每群内也有季节的差异。因

此，阶段饲喂的基础必须是对生长、生产和维持的营养需要进行准确的营养素进食量的评估。

#### 4.5 饲料配方的变更与饲料质地

以最低成本原料配制的日粮经常需要改变原料的比例，根据经济情况电脑总是在一定时间不断地“要求”作较大的改动。这种情况下，营养学家往往不乐意在继后的配方中进行主原料的取代，因为这种更改可能对饲料进食量有负影响，因而对产蛋率也不利。我们在最近的一个研究中，给母鸡在12个月的产蛋周期内饲喂一系列配方。当采用绝对最低成本配方时，大多数月份中使用的原料都发生较大的变动；对照组鸡也饲喂最低成本配制的日粮，但不允许每月间主原料的变动，或这些变动是逐渐进行的。对照组鸡对这种变动的反应相当好，未见有相反的效果。虽然用常规的最低成本体系时产蛋率和蛋重都略有提高，此处日粮变动的调节是为了避免配方成分的激烈变化，但与绝对的最低成本配方相比对节省饲料成本多少有些负影响，用鸡蛋收入减去饲料成本的经济情况有利于传统的最低成本配方，主要因为变动较大配方的蛋鸡死亡率高1倍。看来，虽然绝对最低成本日粮在最初对降低饲料成本具有吸引力，但它们的全面经济效果很小，而且一般会引引起额外的经济风险。

产蛋母鸡日粮质地的变异性可能比任何一种禽类的大。有些国家使用很细的粉料，而在另一些地区则采用破碎料。毫无疑问，实际上任何一种饲料质地都可以饲喂，然而蛋鸡的反应却不尽相同。我们的研究资料表明，不管营养标准如何，蛋鸡喜欢颗粒大的饲料，给蛋鸡饲喂破碎料时，它们对大颗粒饲料表现出最大的爱好，小的颗粒仅在饲喂24h间、当全部大颗粒食尽后才开始消失。在本试验中， $<0.6\text{mm}$ 的很细颗粒却不消失，虽然也可能是由于大颗粒被压碎而产生。突然给鸡提供小颗粒饲料时，饲料采食量提高；而仅供给大颗粒时，饲料采食量暂时下降。

粉料日粮的缺点是在较长的食槽中易于分离，在使用连续的饲料链时尤为如此，从对加拿大安大略省商品鸡群的调查中我们发现，粉料与颗粒料的分离作用相似（表4.22）。

本试验中，直接从料塔取饲料样本，然后在料槽中从传送的起始点在前进的各点上取样。在所有农场都有颗粒与营养素分离的现象（表4.22），对于破碎料，它的粒度大小随饲料沿食槽的运行而大幅度减小，虽然，这与营养素的任何主要变化都无关。食槽中而不是料塔中的高钙水平与料槽中的饲料样本有关，包括在鸡面前的全部饲料，其中也包括饲料链底下的细颗粒。在粉料中也见到颗粒分离作用，但只发生在料线的前18m处。

表 4.22 采自农场的粉料与破碎料的分离作用与钙的分析 (%)

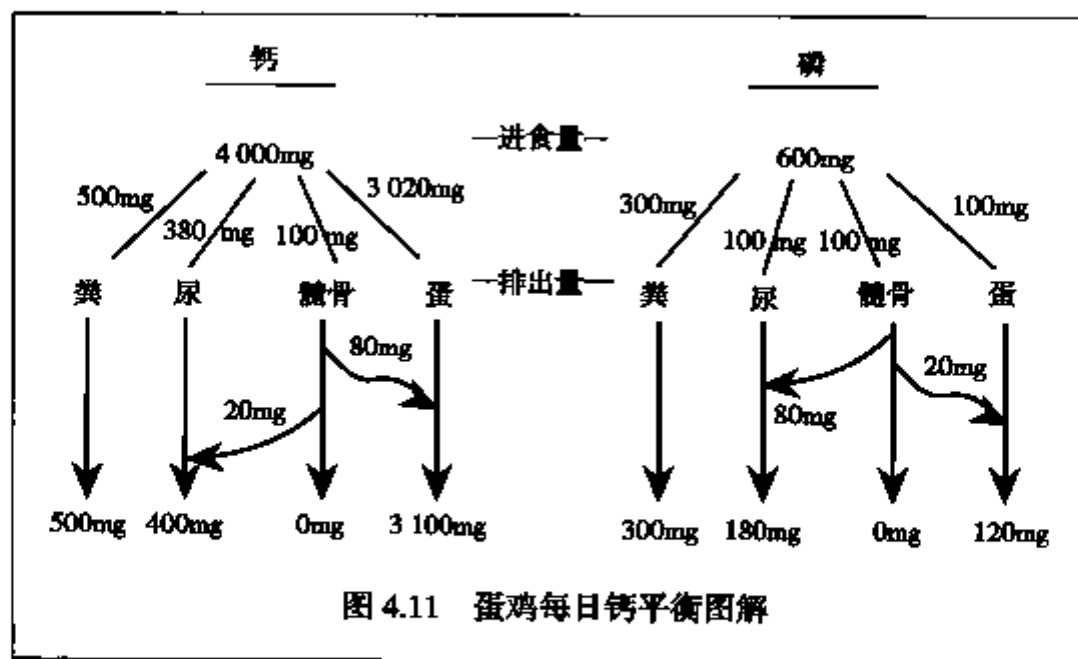
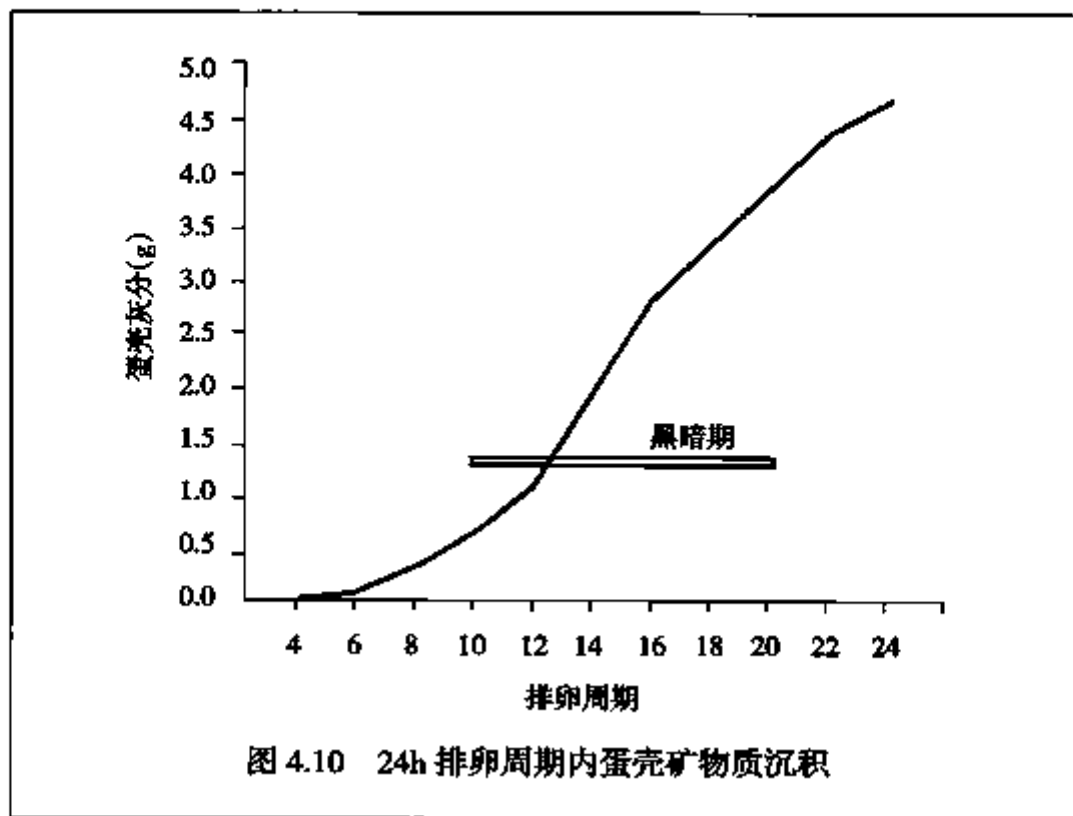
饲料类别	颗粒大小 (mm)	在料罐中	沿料槽运行距离 (m)			
			+18	+36	+72	+108
破碎料	>2.36	46.0	29.8	25.3	20.6	16.0
	23.7	>1.18	28.8	26.5	25.5	24.7
	11.1	>0.85	6.9	9.4	10.1	10.9
	7.1	>0.71	3.4	5.5	6.1	6.7
	7.1	>0.60	3.2	5.6	6.2	6.7
	33.8	>0.60	11.7	23.2	26.8	30.3
	钙%	3.5	4.3	4.5	4.7	4.5
粉料	>2.36	17.3	10.0	8.3	8.5	10.5
	21.0	>1.18	22.7	21.1	20.0	19.6
	15.1	>0.85	11.9	13.4	13.2	14.5
	9.0	>0.71	7.2	8.9	9.0	9.2
	8.2	>0.60	7.4	8.6	9.0	9.3
	36.2	>0.60	33.5	38.0	40.5	38.9
	钙%	4.0	4.9	5.3	5.6	5.0

## 4.6 营养与蛋壳质量

营养对蛋壳质量产生重要的影响，而且往往也是发生问题后最先要考虑的指标。在产蛋高峰后，不论蛋的大小，蛋鸡为每一枚蛋生产的蛋壳材料数量相当稳定。所以当蛋变大时，蛋壳必然变薄，因此更易破碎。即使在理想条件下，也有 4.5% 离开农场的蛋会进入“裂纹蛋”的级别。将裂纹的和在农场破碎的算在一起，意味着因不同原因而引起的破壳蛋有 7%~8%。蛋壳的组成是非常一致的，因为它的主要成分是碳酸钙，在考虑蛋壳质量时，最常研究的营养因素是日粮的钙、磷和维生素 D<sub>3</sub> 的水平。由于较大蛋的壳较薄，所以也可能详细检查蛋白质、蛋氨酸和总含硫氨基酸水平。

一个蛋壳含约 2g 来源于饲料的钙，其中一部分通过髓骨而循环。蛋壳形成的最活跃时期通常与光照周期的黑暗阶段相吻合，此时鸡不采食（图 4.10）。在 24h 的排卵周期中，前 6h 实质上没有蛋壳沉积；这是蛋白和壳膜分泌的时间，也是髓骨重新沉积的时间。从 6~12h 约有 400mg 钙被沉积，而最活跃的阶段是从 12~18h，约有 800mg 蛋壳钙聚积起来。在最后 6h 继以较慢的沉积，约 500mg；根据蛋的大小，总计可沉积 1.7g 壳钙。

在晚间，当蛋壳钙化最快时，一部分所需的钙将来自髓骨贮备。髓骨钙贮备总量约小于 1g；该贮备一般给含钙 2g 的蛋壳贡献 0.1g 钙，然而这份钙对于现代母鸡几乎每天要



形成的蛋壳过程是必需的。髓骨由磷酸钙组成，所以，为蛋壳合成所释放的钙量是与相似的磷的释放有关。由于对该磷完全没有即刻的需要，所以就被排出，而在连续地排卵之间，需要对髓骨的贮备补充钙和磷。图 4.11 所示为 35 周龄母鸡的钙和磷平衡。

图 4.11 所示为髓骨中钙和磷的净增长。似乎在 30 周龄时髓骨中钙和磷的贮备量最高，随时间的过去而出现的轻微负平衡是较老龄的鸡降低蛋壳质量的原因。

表 4.23 石灰石的类别与溶解度

描述	颗粒大小 (mm)	相对溶解度 <sup>1</sup>
细小	<0.2	100
中等	0.2~0.5	85
粗粒	0.6~1.2	70
特粗	1.3~2.0	55
母鸡用大颗粒	2.0~5.0	30
牡蛎壳	2.0~8.0	30

<sup>1</sup> 降低溶解度导致在消化道内较长的停留时间。

常有关于供给蛋鸡的钙的物理性状与来源的讨论。钙一般以石灰石或牡蛎壳供应，后者要贵得多。牡蛎壳和大颗粒石灰石的溶解度较细颗粒石灰石低，所以存留在肌胃中的时间较长，并希望这发生在鸡不采食的夜间。表 4.23 为描述石灰石及其相对溶解度的实例。

喂料后 12h，肌胃中的大颗粒石粒似乎比细小颗粒多 2 倍。预期牡蛎壳的溶解度特征与大颗粒石粒的相似。大颗粒对老龄鸡比较重要，好像有助于维持髓骨的数量与

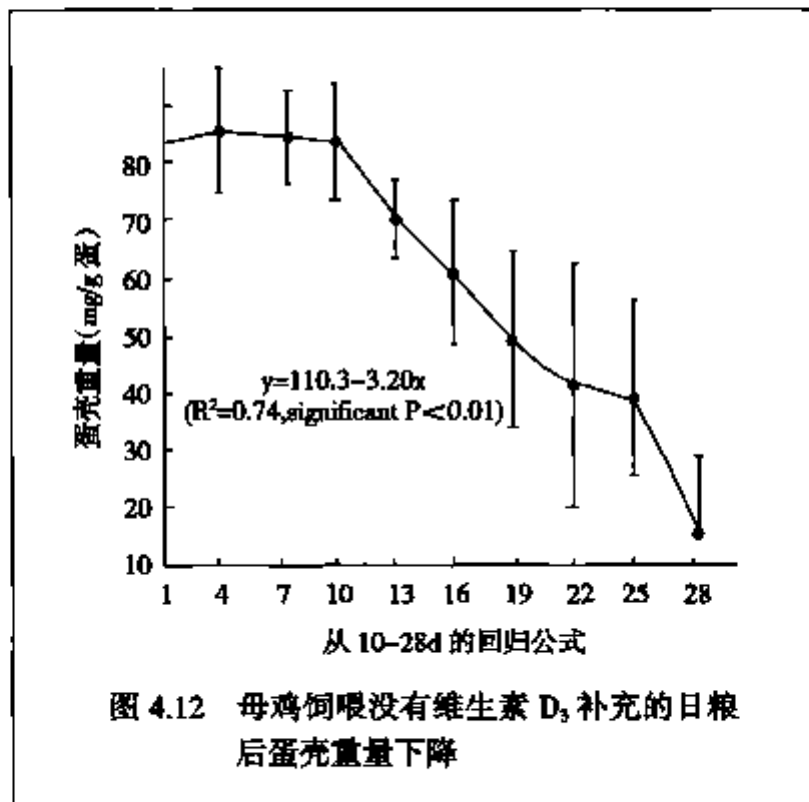
活性。大颗粒石粒的唯一问题是与机械设备发生研磨的特性。

使用颗粒石灰石或牡蛎粒确实会使许多鸡在一定程度上挑选营养素；钙的高峰需要量与壳的钙化相吻合，该过程从每天后半下午开始。如果给以选择，母鸡将在每天的这个时间采食更多的钙。如果母鸡无机会选择营养素/原料成分，那么它对钙的特殊胃口似乎是所见母鸡后半下午采食高峰的原因。

如果母鸡得不到足够量的钙，它将几乎立刻失去蛋壳的完整性。如果钙的缺乏量大，排卵经常会停止，所以也没有过量的骨的重吸收。临界缺钙时，排卵经常继续，而鸡更多地依靠骨骼的重吸收。总的髓骨钙贮备是有限的，所以饲喂临界缺钙日粮的鸡在产 3~4 个蛋后，密质骨可能被逐渐销蚀，同时失去运动能力。随着日粮中钙含量的降低，会有一短暂的（1~2d）饲料进食量的增加，继之因降低了鸡蛋合成对能量和蛋白质的需要而使进食量下降。高水平的日粮氯（0.4%~0.5%）加剧钙缺乏。在这种日粮情况下，饲喂碳酸氢钠有较大的益处。如果给鸡饲喂一缺钙的日粮，那么，在它接受含有足够钙的日粮 6d 至 8d 后产蛋率和蛋壳钙便恢复正常。3 周后，髓骨将被完全钙化。缺钙时，常发现肾上腺肿大，按传统的理解，说明这是一种应激。

在发生蛋壳质量问题时，钙是最常被探讨的营养素，尽管认为维生素 D<sub>3</sub> 和磷的缺乏同样会导致软壳蛋的发生。正常的钙吸收需要维生素 D<sub>3</sub>，若饲喂水平不当，很快就诱发

钙缺乏症。我们实验室的结果表明：日粮缺乏合成维生素 D<sub>3</sub> 可以很快地被诊断出，因为蛋壳重会有很大的丢失（图 4.12）。



更严重的情况发生在临界的维生素 D<sub>3</sub> 水平，而不是绝对缺乏时。例如，饲喂含维生素 D<sub>3</sub> 500IU/kg 的鸡表现为仅仅 8% 的蛋壳质量下降，然而该过程持续在整个产蛋期，而且根据裂纹蛋和不合格蛋很难发现问题。维生素 D<sub>3</sub> 缺乏时的主要问题是难以在全价日粮中检测出这种营养素，只能在预混料的浓度水平下才能作出有意义的检测结果。所以，如果怀疑维生素 D<sub>3</sub> 有问题，通常有必要检测维生素预混料。除了简单的维生素 D<sub>3</sub> 缺乏症外，有些霉菌毒素的作用也会引起维生素 D<sub>3</sub> 的缺乏，如镰孢霉菌所产的毒素-玉米赤霉烯酮 (zearalenone)，会有效地破坏维生素 D<sub>3</sub>，使蛋壳品质低劣。在这种情况下按每天 300IU 的剂量连投 3d 水溶性维生素 D<sub>3</sub> 可能有益。

维生素 D<sub>3</sub> 通过一些过程有效地被激活，首先在肝脏，然后在肾脏。第一步在肝中的激活产生 25(OH)D<sub>3</sub>，而第二步的产物是进一步羟基化作用后的 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>。后者是钙代谢的非常强有力的催化剂，虽然它好像不太可能成为一个饲料原料。不过第一个羟基化作

用的产品  $25(\text{OH})\text{D}_3$ ，已为饲料工业界应用，它好像能促进蛋鸡的钙存留（表 4.24）。

表 4.24 Hy-D<sup>®</sup>  $25(\text{OH})\text{D}_3$  对日钙存留的影响

$10\text{D}_3$ (mg/kg)	钙存留 (ug)
0	410
10	450
20	500
40	530
60	540

引自 Coelho (2001)。

$25(\text{OH})\text{D}_3$  是唯一一个得到一般认为安全 (GRAS) 状态的维生素  $\text{D}_3$  的代谢物，可用于肉用仔鸡、火鸡和蛋鸡。 $25(\text{OH})\text{D}_3$  在加入到商品禽类的日粮中，可以获得由单纯提高日粮维生素  $\text{D}_3$  水平所不能得到的反应。其中部分差异可能是由于它们的肠道吸收机制不同。维生素  $\text{D}_3$  的吸收与油脂的吸收密切相关，通过依附于胆汁酸而形成的乳糜微粒；而  $25(\text{OH})\text{D}_3$  直接进入门静脉而吸收，不需要形成乳糜微粒和胆汁酸的存在。所以  $25(\text{OH})\text{D}_3$  的吸收受肠道胰岛素的影响较小，后者使脂肪和所有脂溶性维生素的吸收受损。维生素  $\text{D}_3$ ，通过它功能活

跃的形式，以其在钙、磷代谢和骨骼矿化方面的作用为著；虽然对其他功能，如受精率、胚胎发育、孵化率以及免疫率也正在研究中。有时在蛋种鸡和产蛋母鸡发生与钙抽搐和笼养蛋鸡骨骼疏松有关的早期产蛋死亡率，而 HY-D 可用作预防性处理。 $25(\text{OH})\text{D}_3$  确保蛋鸡在开产前有最高的骨密度并在整个产蛋周期保持骨骼的结构物质。这样，饲喂  $25(\text{OH})\text{D}_3$  的母鸡不太容易死于钙抽搐和骨骼疏松症，或在产蛋后期发生蛋壳质量问题。在含有维生素  $\text{D}_3$  的日粮中添加  $25(\text{OH})\text{D}_3$  可通过维持蛋壳质量而提高种鸡受精蛋的孵化率，因而促进更稳定的胚胎发育。从饲喂  $25(\text{OH})\text{D}_3$  种鸡所孵出的雏鸡，它们的“先天性软骨症”的发病率较低。已证明： $25(\text{OH})\text{D}_3$  可将由腿病，包括胫骨软骨发育不良症所诱发的吸收不良综合征 (malabsorption) 降至最低。

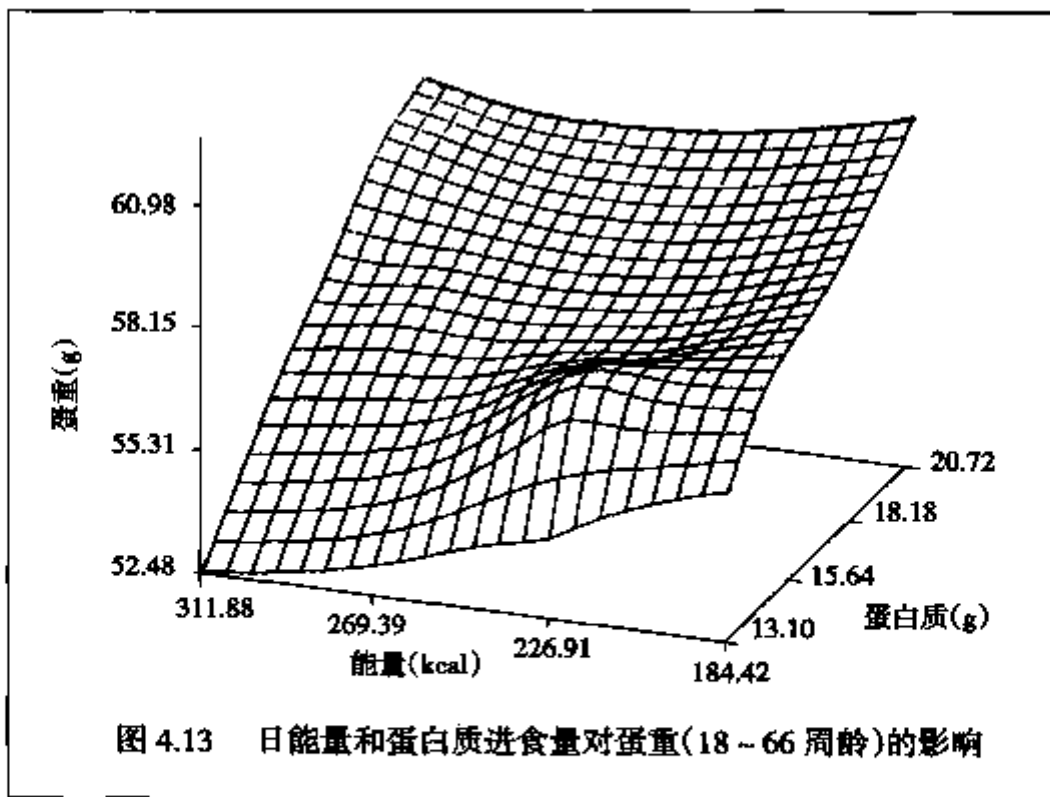
磷水平的最低化有利于保持蛋壳质量，尤其是在热应激条件下。由于磷是一种很昂贵的营养素，过量添加不太常见；根据鸡群的情况，从蛋壳质量来说限定在 0.3%~0.4% 范围内好像比较理想。蛋壳质量会出现阶段性的无法解释的下降，其中有些问题可能与营养有关。例如磷酸盐中钒的污染可造成蛋壳结构异常，有些野草籽如山黧豆属会导致卵壳腺的严重破坏。

有报道说产蛋鸡喂咸水后蛋壳厚度下降 10%，水中含盐 250mg/L 时蛋壳质量下降程度加倍。若一只产蛋鸡日采食 100g 料和 200ml 水（含盐 250mg/L），那么料中供盐量约 400mg，而水中仅供给 50mg，与总的食盐进食量相比从咸水中摄入的盐很少，然而蛋壳质量问题常在这些条件下发生。好像盐水会限制向卵壳腺提供碳酸氢盐离子，这种调节是通过降低卵壳腺黏膜上的碳酸酐酶活性而实现的。尚不清楚为什么在日粮盐占有绝对优势的时候含盐的水具有这种作用。对于有问题鸡群的壳质损失，看来还没有有效的校正方法，然而对于新鸡群可以通过在每升饮水中添加 1g 维生素 C 而大幅度降低这种副作用。



## 4.7 控制蛋的大小

决定一个蛋大小的主要因素是从输卵管排出的卵黄的大小，而后者又很大地受到产蛋母鸡体重的影响。所以，性成熟时母鸡的体重是决定蛋重的主要因素。因此，可以预期体重大的鸡所产的蛋级别较大，而较小的鸡则反之。假设鸡的体重一定，那么营养可以对蛋重有一些影响。在一鸡群内，采食饲料最多的鸡产的蛋最大。对于蛋价以特定蛋重级别而设定的商品鸡群，就需要尽可能快地使蛋重达到最大。但是，一旦 80% 蛋进入最大、最经济的蛋重级别时，往往需要对蛋重的进一步增加进行调节，以便保持良好的蛋壳质量。这种早期增加蛋重和晚期调节蛋重的做法在一定程度上可受营养的影响。对于快速发展的液蛋市场，每枚蛋重不如总产蛋量重要。除调节饲料进食量外，蛋的大小有时可通过调节日粮的能量水平和/或脂肪水平和/或亚油酸水平、或通过调节蛋白质水平和/或蛋氨酸水平和/或总含硫氨基酸水平加以调控。假定日粮营养素受能量水平的约束，而且鸡可以维持它的能量进食量，那么能量本身对蛋的大小影响不大。蛋白质和能量对蛋重的影响见图 4.13，图中描绘出鸡对一系列营养素进食量的反应。与产蛋率的情况不同（图 4.1），在增加蛋重和提高蛋白质进食量之间有着明显的相关。在低蛋白进食量下 ( $<14\sim15\text{g/d}$ ），



当能量进食量提高时蛋重有降低的迹象。

蛋重对日粮蛋白质的反应最可能与蛋氨酸或 TSAA（总含硫氨基酸）的进食量有关（表 4.25）。Roland 等（1988）表明：随着总含硫氨基酸（TSAA）的水平从 0.65% 提高至 0.81%，青年蛋鸡的蛋重呈稳定的直线趋势上升。分析该资料表明：日粮 TSAA 每提高 0.05%，青年蛋鸡的蛋重提高 0.7g。表 4.26 所示为 Waldroup 等报道的 6 个试验的总结，试验测定了不同日龄的鸡饲喂 0.2% 胱氨酸对不同蛋氨酸水平的反应。随着日粮蛋氨酸水平的增加，蛋重几乎呈直线上升趋势。

表 4.25 TSAA 对青年产蛋鸡蛋重的影响 (g)

周 龄	总含硫氨基酸 (%)				
	0.65	0.69	0.72	0.76	0.81
25	49.3	49.1	50.2	50.2	51.6
29	53.8	53.5	53.9	54.4	54.7
33	55.3	55.1	56.0	56.0	56.3

引自 Roland 等 (1988)。

表 4.26 蛋氨酸对蛋重的影响——6 个试验的平均数

周 龄	饲喂 0.2% 胱氨酸的日粮，不同蛋氨酸水平 (%) 对蛋重 (g) 的影响					
	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35	0.38
25~32	49.8	51.0	51.9	52.1	52.0	52.6
38~44	53.2	55.0	56.4	56.3	56.3	57.1
51~58	56.2	57.9	59.6	59.2	59.2	60.0
64~71	56.8	59.4	59.5	59.5	59.5	60.2

引自 Waldroup 等 (1995)。

随着产蛋周期的进程，蛋重对蛋氨酸增加的反应略有改变。第一阶段，在 25~32 周龄时，日粮中使用 0.38% 对比 0.23% 蛋氨酸时，使蛋重增加 5.6%（表 4.26）。其他周龄的可比计算表明：从 38~44 周龄增加 7.3%；从 51~58 以及 64~71 周龄分别增加 6.7% 和 6.0%。因此，蛋重对蛋氨酸的反应与蛋鸡正常的日产蛋量密切相符。

使用合成蛋氨酸可以很容易地调节日粮的蛋氨酸水平。最近已恢复了有关 DL-蛋氨酸对比蛋氨酸羟基类似物的讨论，尤其是 Alimet<sup>®</sup>（艾利美）功效的讨论，因为它们影响产蛋性能，尤其是蛋重。在进行无偏见的研究时，蛋氨酸的水平与工业界的标准是可比較的，那么，DL-蛋氨酸与艾利美<sup>®</sup>在克分子浓度相等的基础上是可比的。至于蛋重，Harms 和 Russell（1994）对两个产品展示了相似的反应（表 4.27）。

表 4.27 蛋氨酸来源对蛋鸡生产性能的影响<sup>1</sup>

日粮蛋氨酸 (%)	蛋 重 (g)			
	试验 1 <sup>2</sup>		试验 2 <sup>2</sup>	
	DL-蛋氨酸	艾利美 <sup>®</sup>	DL-蛋氨酸	艾利美 <sup>®</sup>
0.228 (基础)	54.5	54.5	51.5	51.5
0.256	56.2	55.3	53.2	52.7
0.254	56.8	56.8	55.1	56.2
0.311	57.6	57.2	55.9	55.7
0.366~378	58.0	57.5	57.0	56.8

<sup>1</sup> 平均产蛋率 80%。

引自 Harms 和 Russell（1994）。

曾有 L-蛋氨酸优于任何其他蛋氨酸来源的说法。可是在商业上一般不生产这个产品，因为在工业生产中常规生产的是 D-和 L-混合的产品。这是唯一的一个 D-同分异构体 100%有效的氨基酸。但是，多数的研究资料表明 L-与 DL-蛋氨酸的活性无差异。

蛋氨酸的作用之一是作为甲基供体，所以经常讨论蛋氨酸与胆碱功效的对比。虽然在日粮中胆碱可以节约一些蛋氨酸，但该过程显然有严重的局限性，尤其在考虑蛋的大小而不是产蛋率时最为明显，Parsons 和 Leeper（表 4.28）的资料清楚地表明：在蛋重方面使用蛋氨酸比胆碱有优越性，当日粮蛋白水平降低时，这种效果更为突出。

在试图达到最大早期蛋重时，另一个最常考虑的营养素是亚油酸。在多数情况下，1%的日粮亚油酸即可满足鸡的需要量；虽然为了达到最大的蛋重，高至 2%的亚油酸水平也常使用。很难将亚油酸和能量的作用分开，因为在这样的研究中经常采用补充脂肪。假设鸡采食足够的能量，那么它对额外添加的油酸的反应就最小（表 4.29）。在该试验中，当亚油酸的水平大于 1%，但蛋重没有增加，而 1%亚油酸是玉米基础日粮中正常的含量。

表 4.28 蛋氨酸对比胆碱与蛋的大小 (23~25 周龄)

日粮蛋白质	添 加	产蛋率 (%)	蛋重 (g)
16%	无	82.8	53.2
	0.1%蛋氨酸	84.0	56.6
	0.1%胆碱	82.4	54.0
14%	无	72.8	52.5
	0.1%蛋氨酸	84.5	54.9
	0.1%胆碱	78.9	51.9

引自 Parsons 和 Leeper (1984)。

表 4.29 亚油酸对蛋重的影响 (g)

周 龄	亚油酸 (日粮中的百分含量)			
	0.79	1.03	2.23	2.73
20~24	60.5	61.3	61.4	61.4
25~28	60.8	61.7	62.0	62.0
29~32	62.8	63.7	63.1	63.4

引自 Grobas 等 (1999)。

随着鸡龄变老,根据不同的品系,为有助于保持蛋壳质量尝试调节以后蛋重的增加往往是经济的。但是,看来控制蛋重比增加蛋重更为困难。对于老龄鸡,体重仍然是影响蛋大小的主要因素,所以如果鸡超重就很难控制蛋的大小。降低亚油酸水平对蛋的大小没有影响,所以,唯一的选择是降低日粮的粗蛋白质和/或蛋氨酸水平。我们的研究表明:为了有效地减小蛋的大小,蛋白质水平必须降到13%和以下(表4.30)。但是蛋白质水平过低时往往会降低产蛋数。

也可以通过调节蛋氨酸水平达到控制产蛋后期的蛋重。Peterson的试验报道了用降低蛋氨酸水平的方法控制蛋重(表4.31)。但是,这些结果很难在商品蛋鸡场达到,因为降低日粮蛋氨酸水平往往导致产蛋数和体重的下降。因此,如果采用阶段饲喂蛋氨酸,必须进行严格地监控。因为鸡对蛋氨酸的“缺乏”是非常敏感的。Uzu等(1993)用褐壳蛋鸡进行试验,每月交替地给鸡饲喂氨基酸适宜的(0.33%蛋氨酸和0.6%TSAA)和缺乏的(0.23%蛋氨酸和0.5%TSAA)日粮,以表明鸡对饲料进食量改变的敏感度(图4.14)。蛋鸡对蛋氨酸非常敏感,它们增加了饲料进食量,显然想以此维持蛋氨酸的进食量。有趣的是,当日粮每周改变时,同样见到准确的进食量模式。这些资料进一步证实,不能将蛋氨酸水平降得太多或太快,因为任何经济上的节约都可能被饲料进食量的增加所抵消。

Waldroup 等 (1955) 提出, 对于周龄较老的母鸡, 蛋氨酸和总含硫氨基酸的需要量对产蛋数的影响高于最佳蛋重的影响 (表 4.32)。这些资料进一步加强了一个概念, 即: 用阶段饲喂蛋氨酸以控制蛋的大小可能会对产蛋数起到有害的影响。在产蛋量高峰时 (38~45 周龄), 为增加蛋大小的蛋氨酸需要量高于为增加蛋数的, 而后者的需要量高峰在 51~58 周龄。

**表 4.30 降低日粮蛋白质水平对 60 周龄蛋鸡蛋大小的影响**  
(两个 28d 的试验期的平均数)

日粮蛋白质水平 (%)	产蛋率 (%)	平均饲料进食量 (g)	蛋重 (g)	日产蛋量 (g)	每日平均蛋白质进食量 (g)
17	78.8	114	64.8	51.0	19.4
15	77.5	109	64.3	49.7	16.4
13	78.3	107	62.2	49.1	13.9
11	72.7	108	61.7	45.1	11.9
9	54.3	99	58.2	36.1	8.9

全部日粮的代谢能为 2 800kcal/kg。

**表 4.31 蛋氨酸与产蛋后期蛋的大小 (g)**

日蛋氨酸进食量 (mg/d)	试验 1 (38~62 周龄)	试验 2 (38~70 周龄)	试验 3 (78~102 周龄)
300	60.1 <sup>a</sup>	63.7 <sup>a</sup>	66.3 <sup>a</sup>
285	60.3 <sup>a</sup>	63.1 <sup>b</sup>	65.5 <sup>b</sup>
270	59.1 <sup>ab</sup>	62.0 <sup>c</sup>	64.0 <sup>c</sup>
255	58.5 <sup>b</sup>	62.0 <sup>c</sup>	63.9 <sup>c</sup>
平均产蛋率 (%)	86	80	75

引自 Peterson 等 (1983)。

这些资料建议: 在 60 周龄前我们应该非常小心地不要降低太多的蛋氨酸水平。

正如在本节开始时提到的, 性成熟体重对蛋的大小是主要的、起决定性作用的, 这点尤其适用于产蛋后期的生产性能。控制产蛋后期蛋重的最佳方法是在开始光照刺激时调控

体重，性成熟时体重大的鸡会产更多的后期大蛋，反之亦然。所以，降低产蛋周期后期蛋的大小、而又不过度地降低青年母鸡的蛋重，做好此两者的平衡是必需的。

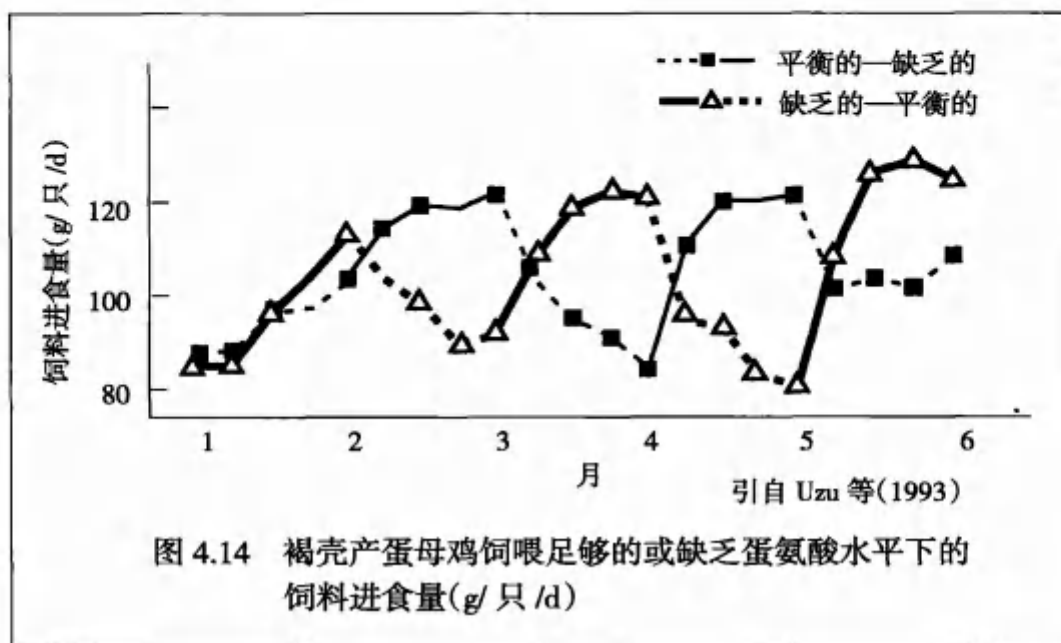


表 4.32 为满足产蛋数、蛋重和蛋量估测的蛋氨酸和蛋氨酸+胱氨酸的需要量 (mg/d)

	鸡的周龄	产蛋数	蛋重	蛋量
蛋氨酸	25~32	364 <sup>b</sup>	356 <sup>b</sup>	369 <sup>b</sup>
	38~45	362 <sup>b</sup>	380 <sup>b</sup>	373 <sup>b</sup>
	51~58	384 <sup>a</sup>	364 <sup>a</sup>	402 <sup>a</sup>
	64~71	374 <sup>ab</sup>	357 <sup>b</sup>	378 <sup>b</sup>
蛋氨酸+胱氨酸	25~32	608 <sup>b</sup>	610 <sup>ab</sup>	617 <sup>b</sup>
	38~45	619 <sup>b</sup>	636 <sup>a</sup>	627 <sup>b</sup>
	51~58	680 <sup>a</sup>	621 <sup>ab</sup>	691 <sup>a</sup>
	64~71	690 <sup>a</sup>	601 <sup>b</sup>	676 <sup>a</sup>

引自 Waldroup 等 (1995)。

## 4.8 日粮和蛋的成分

表 4.33~4.35 所示为蛋的成分和营养含量以及这些营养素对人类营养的贡献。

表 4.33 鸡蛋的成分和主要营养素 (60g 的蛋)

		蛋黄	蛋白	蛋壳
湿重	(g)	19.0	35.0	6.0
干重	(g)	10.0	4.2	5.9
蛋白质 <sup>1</sup>	(%)	17.0	11.0	3.0
	(g)	3.2	3.9	0.2
脂肪	(%)	32.0	—	—
	(g)	6.0	—	—
碳水化合物	(%)	1.0	1.0	—
	(g)	0.2	0.4	—
矿物质	(%)	1.0	0.6	95.0
	(g)	0.2	0.2	5.7

<sup>1</sup> 风干基础。

表 4.34 60g 蛋内容物的维生素和矿物质成分

维生素			矿物质 (mg)	
维生素 A	(I. U.)	300	钙	30
维生素 D <sub>3</sub>	(I. U.)	30	磷	130
维生素 E	(I. U.)	2	钠	75
维生素 K	(mg)	0.02	氯	100
维生素 B <sub>1</sub>	(mg)	0.06	钾	80
维生素 B <sub>2</sub>	(mg)	0.18	镁	7
维生素 B <sub>6</sub>	(mg)	0.20	锰	2
维生素 B <sub>12</sub>	(mg)	0.001	铁	1
泛酸	(mg)	1.2	铜	2
叶酸	(mg)	0.008	锌	1
尼克酸	(mg)	0.06	碘	0.02
胆碱	(mg)	350	硒	0.01
生物素	(mg)	0.01		

表 4.35 鸡蛋对人日营养素需要量中选择性营养素的贡献

营养素	两个蛋提供给成人 日营养素需要量的%	营养素	两个蛋提供给成人 日营养素需要量的%
蛋白质	20	维生素 A	25
能量	8	维生素 D <sub>3</sub>	20
钙	10	硫胺素 (维生素 B <sub>1</sub> )	10
磷	20	核黄素 (维生素 B <sub>2</sub> )	30
铁	20	尼克酸	15

## (1) 蛋黄颜色

在多数鸡蛋市场重要的是控制和保持蛋黄的颜色。蛋黄的黄/橙色是由鸡进食饲料中的叶黄素类的色素所控制，尤其是叶黄素、玉米黄素以及各种合成的色素，如角黄素和类胡萝卜素脱辅基酯。随日粮叶黄素水平的提高，蛋黄颜色也增加，如罗氏比色尺 1~15 的评分所评估。图 4.15 所示为饲料叶黄素含量和蛋黄在罗氏比色尺评分的相互关系。

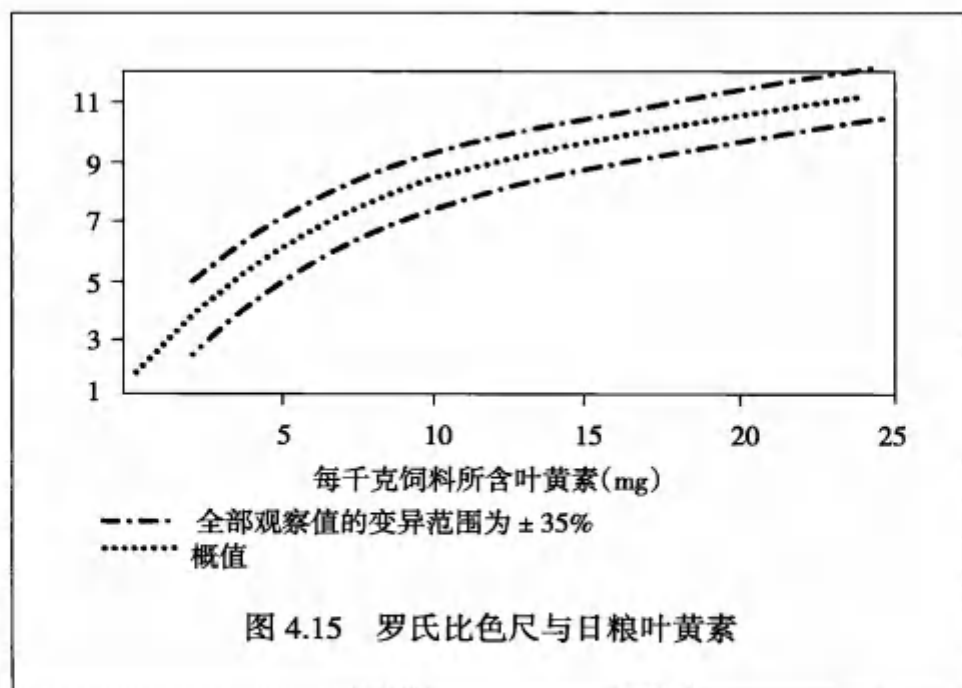




表 4.36 饲料原料与蛋黄颜色

饲料	日粮中 加入水平 (%)	黄色颜色 (罗氏比色片)
玉米	0	2
	20	6
	40	8
	60	9
玉米蛋白粉	2	6
	6	9
	8	14
苜蓿粉	2	4
	6	7
	8	9

虽然评分 8~9 在许多地区为常见, 但理想的蛋黄颜色随不同的市场而异。高度色素评分为 11~12; 而有些特殊市场, 如意大利面食, 可能需要 14~15 的评分。叶黄素含量高的常用饲料原料有玉米、玉米蛋白粉以及脱水苜蓿粉。表 4.36 所示为每种原料在不同水平下的预期比色评分。

胡萝卜素本身对于家禽的色素价值很小, 但各种不同羟基化的胡萝卜素是非常好的色素, 家禽优先将它们贮存于蛋黄、体脂与胫骨。橘红色可以通过添加合成的, 如同角黄素这样的产品而得到, 虽然多数消费者不能

接受这种偏红程度的颜色。只要日粮中有基本的叶黄素水平, 这些色素只能限量地使用, 否则蛋黄颜色趋向于令人反感的红色, 而不是可接受的橘红色。这些红色素也会使加蛋黄制作的面条呈不受欢迎的颜色; 因此, 在为工业用途预定的鸡蛋选用色素制剂时必须十分注意。在大多数市场, 每吨饲料中可添加 7~8g 叶黄素, 而每吨饲料的叶黄素水平低于 5g 可能会使蛋黄颜色太浅。

有许多日粮和管理方面的因素都会降低叶黄素在蛋黄中的沉积效率。已证明一些潜在的氧化剂原料, 如矿物质以及一些脂肪酸, 会降低色素的沉着。高温环境、球虫病以及饲料受黄曲霉毒素的污染都与产生浅色蛋黄有关。也已证明, 有时在各种应激条件下用于饮水投药的高水平维生素 A 可使蛋黄颜色暂时丢失。有报道, 在高温下经长期储藏谷物中的天然色素趋于减少, 可达到 50% 的损失。因此, 天然原料中色素稍有损失, 便预期对全年的蛋黄颜色造成很大的影响。在使用高水平维生素 E 以及当日粮含有抗氧化剂时, 蛋黄颜色好像会加深。

除了市场需要蛋黄色素外, 增长的迹象表明叶黄素和玉米黄素可能是对人类重要的营养素。这些色素集中在眼的黄斑区并被认为可预防黄斑退化, 后者与白内障一起是发达国家导致失盲的主要原因。黄斑位于眼球的黑色内壁上并负责锐利中心视觉。不可逆转也不能治疗的黄斑退化导致失去中心视觉, 最终完全失盲。在北美, 约有 20% 65 岁以上人群患有有一定程度的黄斑退化。看来, 富含叶黄素和玉米黄素的膳食有助于提高黄斑中的这些色素并可作为抗氧化剂和/或对有害蓝色的过滤器, 保护着眼球内层表面的敏感区域。目前, 大多数国家人们的叶黄素和玉米黄素的进食量低于 1mg/d, 比当前建议的预防黄斑退化以及发生白内障 5~6mg/d 低得多。提高蛋鸡日粮中叶黄素的含量, 以便生产富含这

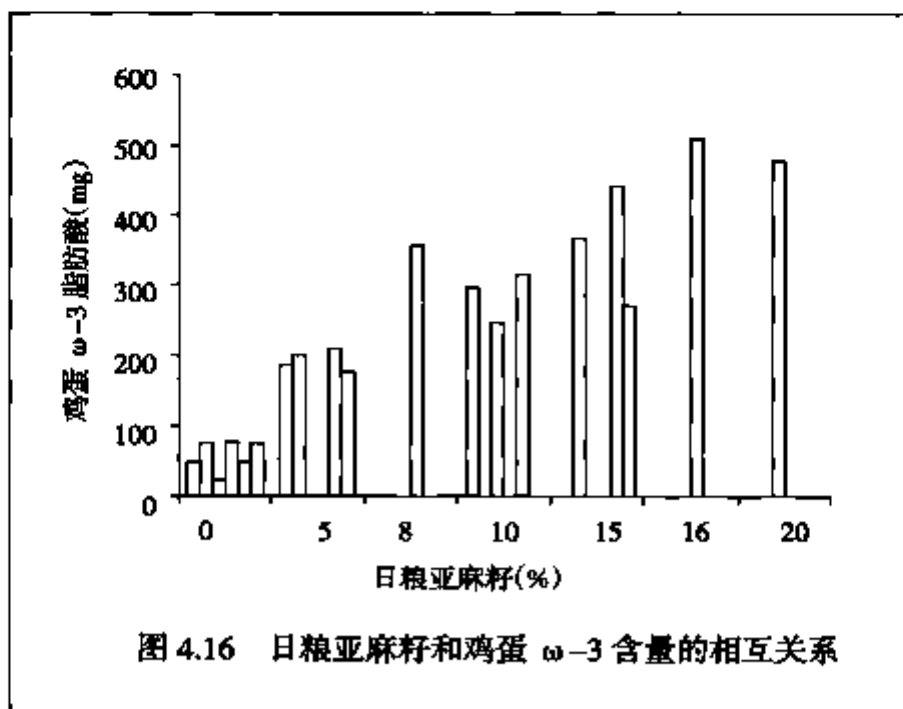
重要营养素的鸡蛋，看来是有可能的。

### (2) 蛋黄脂肪酸

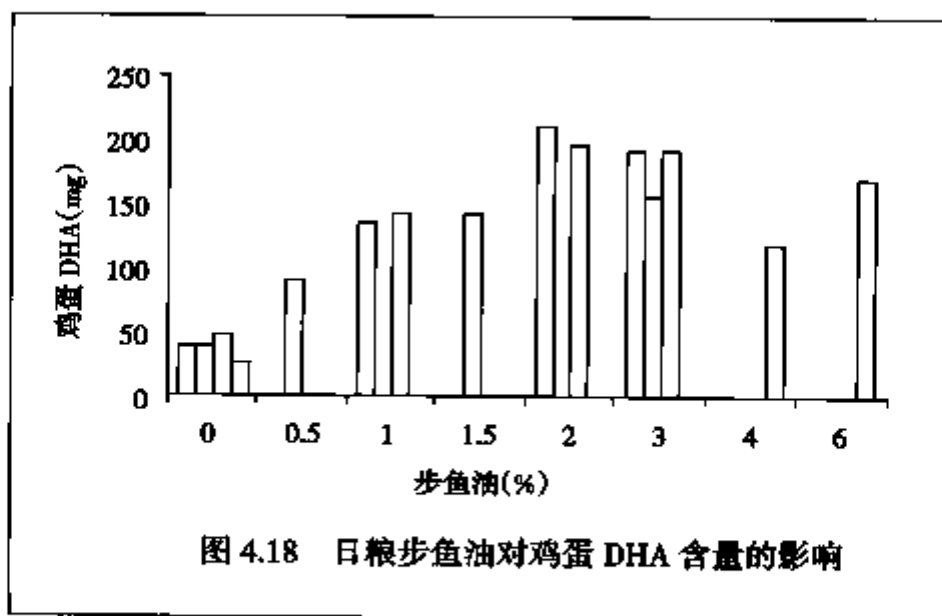
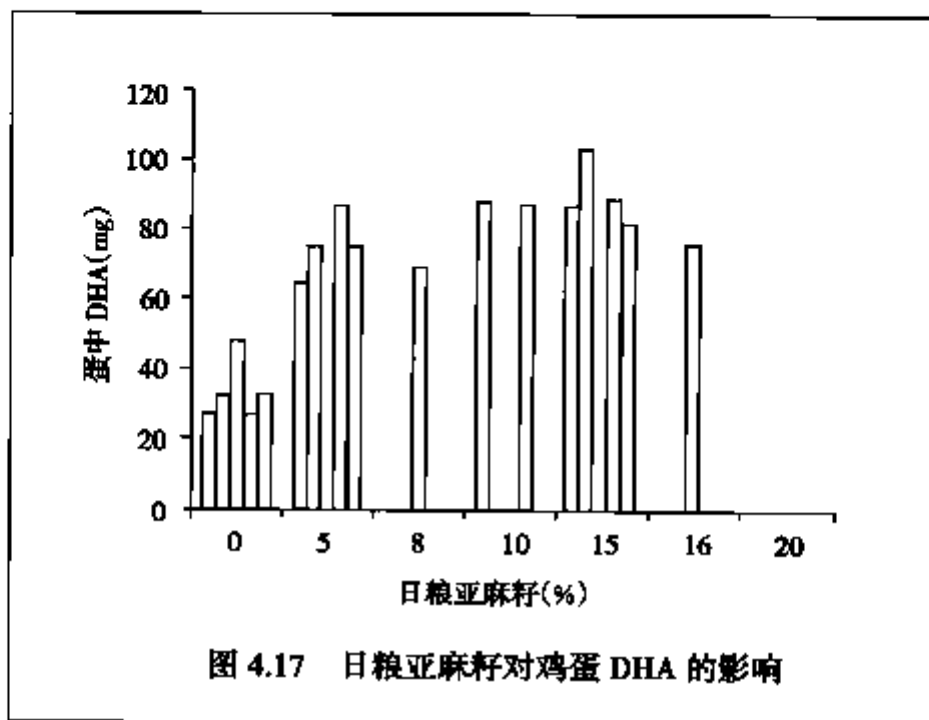
蛋黄脂肪酸含量受鸡日粮脂肪酸成分的影响很大。目前由于我们担心进食蛋中的饱和脂肪酸，所以对鸡蛋黄中不饱和脂肪酸：饱和脂肪酸的调节看来是有意义的。通过在鸡日粮中加大不饱和脂肪酸的比例可达到此目的。此外，目前还有机会可以给鸡饲喂已建议作为改进人类健康的、特殊的多不饱和脂肪酸，它们被称为 $\omega-3$ 脂肪酸，它们不同于 $\omega-6$ 脂肪酸，后者是最常见的不饱和脂肪酸，存在诸如玉米油和大豆油中。意义最大的 $\omega-3$ 脂肪酸有：十八碳三烯酸或亚麻酸（18：3n3），二十碳五烯酸（20：5n3）以及二十二碳六烯酸（22：6n3），它们都以降低冠心病的危险性著称。

冠心病患者的脂肪组织中的亚麻酸含量好像较低。亚麻酸是前列腺素E的前体，有报道说后者是冠状动脉的血管舒张剂，是游离脂肪酸释放（急性冠心病时会发生）的抑制剂，而且是血小板聚合的最有效抑制剂。遗憾的是，大多数人的膳食中没有很好地强化亚麻酸，而它是最常见于植物组织中。但是，当鸡的日粮含有高水平的亚麻酸时，她有些独特的能力将大量的亚麻酸转入鸡蛋中。这种情况很容易达到，若将8%~10%亚麻籽加入鸡的日粮中。在亚麻籽的加入水平与鸡蛋亚麻酸含量之间好像是一直线相关。图4.16是从6个不同的富含亚麻酸鸡蛋的研究结果汇编的。

在多数市场上，这种“设计”的功能蛋需要保证300mg $\omega-3$ 脂肪酸，这必须在鸡的日粮中添加10%的亚麻籽（图4.16）。也许为预防人类冠心病（CHD）最重要的脂肪酸



是二十二碳六烯酸 (DHA)，亚麻籽并不含太多的 DHA，蛋中的 DHA 在 5% 亚麻籽时很快达到 70~80mg 的高峰 (图 4.17)。

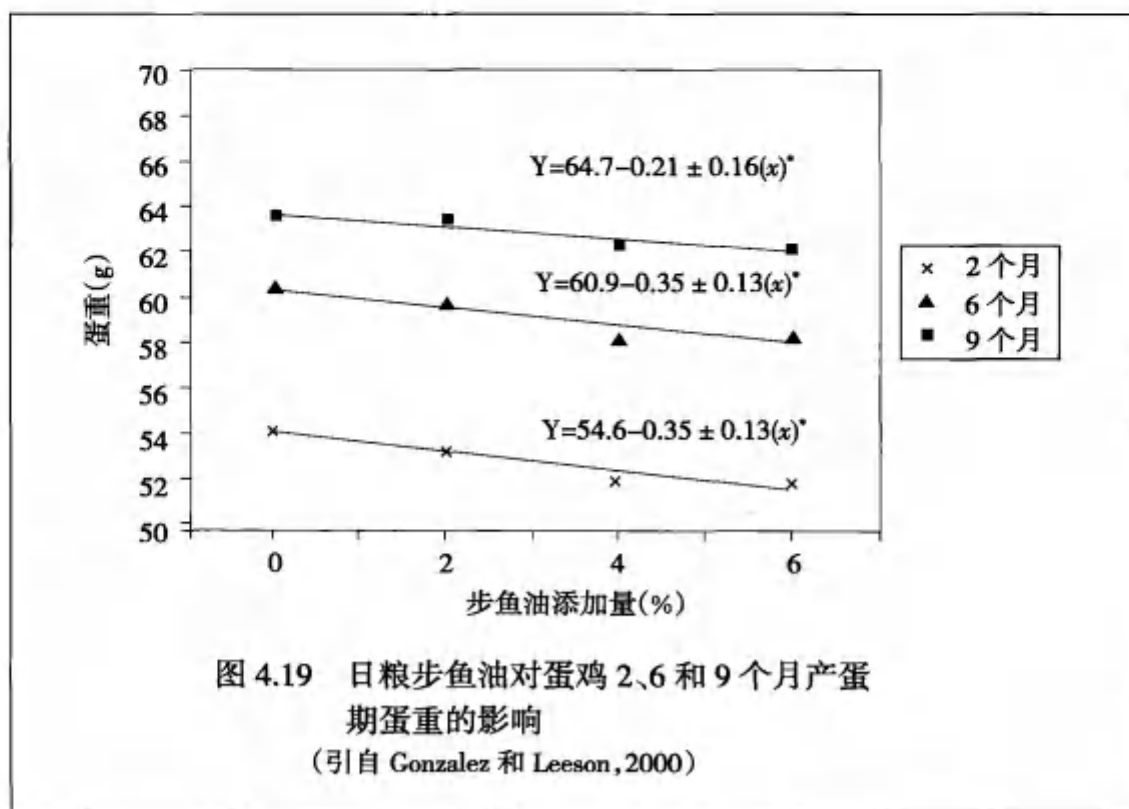


鱼油是更有用和更浓缩的 DHA 来源。用步鱼油，在鸡的日粮中加入 2%，有可能将鸡蛋中的 DHA 提高至 200mg（图 4.18）。但是，情况不同与使用亚麻籽的是，在鸡日粮中加入鱼油将导致鸡蛋味道的变化。在最近的试验中我们给蛋鸡饲喂 2% 步鱼油或 2% 去异味的步鱼油以研究鸡蛋富含 DHA 的效果。当这些鸡蛋在品尝会上评估时，在有关“品尝后味道”以及“味道不好”方面得到明显的负效果。在加入蛋鸡日粮之前事先将鱼油去异味，对蛋的味道也无有利的效果（表 4.37）。

表 4.37 2%日粮步鱼油对鸡蛋感观的影响（主观评分 0~10）

Category	对照组	步鱼油	
		2%	2% 去异味的
品尝后味道	6.3 <sup>a</sup>	7.5 <sup>ab</sup>	8.2 <sup>b</sup>
味道不好	3.9 <sup>a</sup>	6.5 <sup>b</sup>	6.9 <sup>b</sup>

引自 Gonzalez 和 Lesson (2000)。



不论鸡的年龄，加入步鱼油后也降低蛋重，日粮每加 1% 鱼油，蛋重约降低 0.35g (图 4.19)。蛋重的降低可能与循环的甘油三酸酯的降低有关，这是饲喂鱼油常见的情况，因而限制了供卵黄合成的油脂。

表 4.38 总结了鸡蛋对用亚麻籽和鱼油提高  $\omega-3$  和 DHA 的反应。

表 4.38 蛋中脂肪酸的富集

脂肪酸	原料	富集量
总 $\omega-3$	1% 亚麻籽	40mg
二十二碳六烯酸 (DHA)	1% 鱼油	50mg
二十二碳六烯酸 (DHA)	1% 亚麻籽	8mg
共轭亚油酸	1% 共轭亚油酸	50mg

在日粮原料水平可能使用的范围内，总  $\omega-3$  对亚麻籽和鱼油 DHA 的添加呈直线反应。而 DHA 对亚麻籽的反应呈明显的高峰，但不管亚麻籽的水平多高，每只蛋中 DHA 的富集量不会超过 70mg。

共轭亚油酸 (CLA) 是亚油酸的同分异构体，声称有抗癌的特性。只有少数天然原料富含共轭亚油酸，所以迄今的研究资料都是用共轭亚油酸本身作为饲料原料。日粮中每增加 1% 共轭亚油酸似乎可以在蛋中沉积 50mg 共轭亚油酸。

### (3) 鸡蛋胆固醇

鸡蛋中天然地含有高水平的胆固醇，因为它的作用是维持胚胎的发育。胆固醇在胚胎中有许多不同的功能，包括它作为细胞膜的结构成分；它也是性激素和肾上腺激素以及维生素 D 和胆汁酸的前体。小鸡没有合成胆固醇的酶，因此强调了在蛋中沉积胆固醇的重要性。一个蛋含胆固醇 180mg，在对其他生产指标不产生负面影响的情况下，这个含量很难降低。

影响鸡蛋胆固醇含量的因素包括母鸡的体重以及它的能量和脂肪进食量。日粮脂肪本身好像不是一个因素，虽然在多数情况下高脂日粮意味着使用的日粮是高能的。限制蛋鸡的能量进食量导致蛋中胆固醇降低，但是，这一般会引引起产蛋率的降低。日粮能量和母鸡体重对蛋中胆固醇的影响是通过影响蛋黄和蛋的大小而调节的。为使蛋中胆固醇含量有可度量的下降而降低能量进食量的做法，会对产蛋率和蛋重有不良影响。

日粮纤维素在其代谢的不同过程中，可能通过与胆固醇的结合而影响胆固醇的代谢，其中包括降低胆固醇的吸收与重吸收，在肠道中与胆汁盐的结合，缩短肠道内容物的通过时间以及增加粪中甾醇的排出等。在所有检测过的纤维源中，苜蓿似乎最有效，对蛋重、产蛋率和饲料效率的不良影响都最小；苜蓿好像能有效地与胆酸结合。但是，用调控日粮

来降低蛋中胆固醇含量是有限的，很少能证明具有商业上可利用的效果。

有迹象表明高水平日粮铜可以降低蛋的胆固醇含量。高水平铜降低肝脏谷胱甘肽的产生，后者通过刺激二酰辅酶 A 依次调节胆固醇的合成。已有报导用至 250mg/kg 日粮铜可降低鸡蛋胆固醇至 25% (表 4.39)。在本试验中，产蛋率不受影响，虽然在更长期的试验中已有降低产蛋量的记录。由于大量的日粮铜并不存留 (在体内)，当今的关注是铜在肥料中的生物累积 (表 4.39)。

表 4.39 日粮铜对鸡蛋胆固醇以及铜在蛋黄和粪中的累积

日粮铜 (mg/kg)	鸡蛋胆固醇 (mg)		蛋黄铜 ( $\mu$ g)	粪铜 (mg/kg 干物质)
	(3周)	(8周)		
6	163a	176a	9.4	36
130	121b	123b	11.9	540
255	114b	116b	13.9	937

引自 Pestl 和 Bakall (1998)。

鸡蛋胆固醇对日粮调节不敏感的原因之一是蛋内脂蛋白的基本生物化学所决定的。鸡蛋胆固醇水平取决于单个蛋黄脂蛋白部分的胆固醇含量，而不是以鸡血浆胆固醇浓度而确定的。已知，脂蛋白中的多数胆固醇与表层相联系，所以只有脂蛋白颗粒增大时，蛋中胆固醇含量才能下降，这种情况将降低表层胆固醇分子相对于总脂肪的贡献，遗憾的是脂蛋白颗粒增大将使关键性的运送较大“分子”通过滤泡壁的效率减低。

#### (4) 蛋的维生素

现在有许多种类的食品都添加维生素，而且消费者认为这些是健康食品。鸡蛋中含有脂溶性的和水溶性的两类维生素，这两类维生素在鸡蛋中的含量都有提高的潜力。目前，大多数富含  $\omega$ -3 的鸡蛋也含有添加的维生素 E，显然维生素 E 是作为一种天然的抗氧化剂而添加的。好像脂溶性维生素是最容易调控的一组维生素。在各种维生素间日粮维生素进食量对增加蛋中维生素含量影响的变异很大。蛋黄和蛋白中的核黄素水平对日粮中该维生素调控的反应迅速。同样，蛋黄中维生素 B<sub>12</sub> 的含量几乎是准确地与日粮中超过正常水平 1~4 倍的添加量呈比例，但似乎仍未到达维生素 B<sub>12</sub> 转移至蛋中的顶峰量，虽然核黄素的添加很快就达到蛋中含量的顶峰。蛋中维生素水平的一些自然变化与鸡的年龄有关。蛋中核黄素、吡哆醇以及维生素 B<sub>12</sub> 的水平随鸡年龄的增加而下降；而生物素水平的随母鸡年龄而提高。蛋中有些维生素的含量随年龄的增长而下降与较高的产蛋率有关，因为蛋中的排出量不能完全从提高这些维生素的进食量来弥补。据报道：饲喂同一日粮时白来航鸡

蛋中的硫氮素含量较洛岛红或芦花鸡蛋中的含量高 50%。

Naber (1993) 在一篇影响鸡蛋维生素含量的综述中总结道：饲料中维生素含量对蛋中维生素水平的影响最大也最普遍。利用已发表的研究数据，一方面是日粮维生素水平和饲料采食量，另一方面是蛋量，即蛋重和产蛋量，Naber 计算得出，维生素转移至蛋中的效率是摄入量的函数（表 4.40）。维生素 A 的转移效率很高（达 80%），但当日粮中的水平增加到需要量的 4 倍时，转移效率明显下降。这说明给鸡蛋丰富维生素 A 的可能性，虽然在日粮富含高水平维生素时，该趋势下降。当日粮中维生素水平是需要量的 1~2 倍时，维生素 B<sub>12</sub> 从日粮转移至蛋中的效率与核黄素、泛酸和生物素的相当，即 50%，但与核黄素不同的是，甚至日粮中的含量高达需要量的 40 倍时，维生素 B<sub>12</sub> 仍按这一转移效率继续转移。显然，鸡蛋中大量地增加维生素 B<sub>12</sub> 是可能的。

表 4.40 维生素的分类——依从日粮到蛋的相对转移效率

转移效率		维生素
很高	(60%~80%)	维生素 A
高	(40%~50%)	核黄素
		泛酸
中等	(15%~25%)	生物素
		维生素 B <sub>12</sub>
低	(5%~10%)	维生素 D <sub>3</sub>
		维生素 E
		维生素 K
		硫胺素
		叶酸

引自 Naber (1993)。

迄今所进行的所有研究工作都是孤立地研究单个维生素的增加潜力。在最近的一个试验中，我们试图添加所有的维生素。考虑到转移效率（表 4.40），配制了一个比常规添加水平高 2~10 倍的维生素预混料。在饲喂蛋鸡 60d 后，分析鸡蛋中全部维生素的含量（表 4.41）。

试验结果有些令人气馁，因为我们只能使维生素 B<sub>12</sub> 和维生素 K 达到足够的增量以补充 100% 的成人每日建议进食量 (DRI)。其他维生素的增量变异相当大，例如：泛酸的反应很小，而维生素 D<sub>3</sub> 和维生素 E 在蛋中的浓度增加了 3 倍。有可能在使用高水平维生素时有某种拮抗作用和/或优先装载的吸收机制。

表 4.41 饲喂常规或提高的维生素水平对母鸡鸡蛋维生素含量的影响

维生素	单位	常规蛋	富含的蛋	DRI <sup>1</sup>	%DRI
生物素	μg/kg	16	18	30	60
叶酸	μg/kg	8.7	10	400	3
尼克酸	mg/kg	0.04	0.08	16	1
泛酸盐	mg/kg	0.76	0.77	5	15
维生素 A	IU/kg	17.7	22.5	270	8
维生素 B <sub>1</sub>	mg/kg	0.048	0.06	1.2	5
维生素 B <sub>2</sub>	mg/kg	0.21	0.25	1.3	19
维生素 B <sub>6</sub>	mg/kg	0.027	0.03	1.3	2
维生素 B <sub>12</sub>	μg/kg	0.872	3.37	2.4	140
维生素 D <sub>3</sub>	μg/kg	0.39	1.1	5	22
维生素 E	mg/kg	1.3	3.78	15	25
维生素 K	mg/kg	0.12	0.13	0.12	108

<sup>1</sup> 成人每日建议进食量。

#### (5) 蛋黄杂色

在许多鸡群中零星出现蛋黄杂色仍是一个问题。虽然蛋黄杂色的发现已有些时间了，但是产生的原因或减少杂色的措施还不能确定。日粮虽是考虑的一个方面，但并没有真正证实营养是多数蛋黄杂色问题的起因。已知，某些饲料添加剂，如尼卡巴嗪，在误加入到蛋鸡日粮时，蛋黄会出现杂色。大体上，蛋黄杂色大多数出现在春季，在夏秋季消失，但尚未证实究竟是季节还是蛋鸡舍管理类型是它发生的原因。表 4.42 列出了不同的贮存时间和环境条件对蛋黄杂色程度的影响。结果表明，多数蛋黄杂色出现在贮存期间，即使在理想的温度下贮存 1 周，蛋黄杂色也会显著增多。有人提出，与几年前的鸡相比，现代品系的鸡容易发生蛋黄杂色，但科研数据并没有证实上述说法。

表 4.42 蛋黄杂色受温度的影响

	哈夫单位	蛋黄颜色指数	蛋黄杂色 严重度 (%)
新鲜鸡蛋	85.4	11.3	7.1
在 12.5℃ 下保存 1 周	70.8	10.9	45.6
在 12.5℃ 下保存 2 周	66.7	10.9	44.0
室温下保存 1 周	—	—	47.6
31.7℃ 下保持 2d	—	—	60.0



在出现蛋黄杂色时，蛋黄周围的卵黄膜很脆弱，当杂色严重时，很难用手工将卵黄膜与卵黄分开而又不损害膜。目前尚不知卵黄膜完整性的变化是蛋黄杂色的原因还是后果。从营养上考虑，尼卡巴嗪和高棉酚棉粕是最大的影响因素。

#### (6) 蛋清质量

影响蛋白质量的主要因素是贮存时间。时间过长，尤其当温度 $>10^{\circ}\text{C}$ 时，浓蛋白将分解，因而降低蛋的质量。

近年来，对鲜蛋的稀蛋白质量的关注比对浓蛋白有所增加，大多数蛋白质量的测量，如哈夫单位，只测量浓蛋白，因此“A”级蛋的稀蛋白就可能会有问题。一些鸡的蛋清面积高达 $120\text{cm}^2$ ，而“正常”蛋的蛋清面积为 $60\sim 70\text{cm}^2$ 。这些蛋清容易散开的鸡蛋给快餐业带来麻烦，因为那里烹调鸡蛋的烧烤用具是平面的。我们曾用不同的蛋白质或氨基酸水平作过试验，供试鸡饲喂酸碱平衡差别很大的日粮，但没有发现对上述现象的影响。我们也曾选产正常蛋和产易散开的稀蛋白蛋的母鸡，发现它们后代的性状相似，看来，稀蛋白似是遗传性状。

锰在稳定浓蛋白方面有作用。已有一些研究针对改善蛋白的质量给鸡饲喂高水平锰。一个试验中，在鸡的基础日粮之上加喂 $4\sim 8\ 000\text{mg}/\text{kg}$ 的锰，所产蛋在 $20^{\circ}\text{C}$ 下贮存20天后，浓蛋白确实得以维持。在对照组的鸡蛋中，几乎70%的浓蛋白都变稀了，而在富锰的鸡中，仅有25%浓蛋白变稀。遗憾的是，高平日粮锰降低蛋壳质量。所以，如果要在蛋鸡日粮中使用锰，蛋壳质量是必须考虑的。

有关用 $10\text{mg}/\text{kg}$ 铬改善蛋清质量的报道，但结果并不一致。另一方面 $10\text{mg}/\text{kg}$ 钒使蛋清质量急剧下降。受污染的磷源也可能是高钒来源的原因。有趣的是：有报道钒的反面效果可为日粮中 $10\text{mg}/\text{kg}$ 铬所纠正。

## 4.9 一些与日粮有关的一般管理问题

### 4.9.1 歇斯底里症

歇斯底里症在商品鸡群中的发生并不广泛，但如果发生，则所造成的损失是严重的。歇斯底里症很容易和普通的易惊鸡群相区别，患鸡似丧失所有的正常群居行为和辨别方向的能力，乱飞、乱转，发出不寻常的粗厉叫声，鸡往往开始换羽，因而产蛋率下降。与平养相比，在笼养情况下，歇斯底里鸡较难与易惊鸡相区别，但如果多观察一段时间，就会发现它们之间的差别。

引起歇斯底里症的确切原因尚不清楚，在鸡群中人工诱发歇斯底里也以失败告终。许多人相信这与营养或环境因素有关，或者与两者的结合有关。歇斯底里多发生在 $12\sim 18$ 周龄的鸡中，但在老一些的鸡群中也可见到，鸡群饲养过密被认为是引发歇斯底里症的条件。歇斯底里症不是疾病也不是接触感染，曾用过许多药物、饲料添加剂和管理措施试图

治愈此症，但效果甚微或无效，有些人认为歇斯底里症是母鸡对任何不习惯的噪音或刺激反应时产生的一种行为问题，至于为什么一些鸡群的反应不同于另一些鸡群的原因还不清楚。也曾试验过许多修正的日粮以缓解歇斯底里症，其中包括高水平的蛋氨酸（2kg/t 饲料）、烟酸（200g/t 的补充）或色氨酸（高达 5kg/t 的补充），后者通过影响大脑—神经—传导器，具有类似镇静剂的功能；但反应各异，一旦从日粮中撤去色氨酸，歇斯底里症似乎再度发生。此外，用色氨酸处理是惊人的昂贵，除非它的价格能下降。也有一些有趣的证据表明：在饲喂全植物性饲料的日粮中添加肉粉或鱼粉可解决这个问题。

#### 4.9.2 脱肛

过去，在后备母鸡入舍后的几个月间每月由脱肛造成 2%~3% 的死亡率是常见的。造成损失的原因往往是诸多因素共同作用的结果，而不是单一因素所致。在大多数情况下，问题发生的原因是啄肛导致脱肛，而不是因任何物理性应激所致。造成啄肛或脱肛的原因如下：

- 光照过强（阳光照入开放式鸡舍）。
- 鸡舍温度过高（通风不佳）。
- 断喙不恰当。
- 后备母鸡体脂肪过多。
- 入舍时羽毛生长不良。
- 光照刺激过早。
- 日粮中蛋白质/氨基酸水平过高，引起早期产个大的蛋（相当于体重而言）。

通常，在一个较大的鸡笼中饲养多只鸡时，问题更为突出，原因是每只鸡占的笼位面积而不是鸡的密度。在一笼饲养多只鸡，每只鸡占笼位的面积超过 460cm<sup>2</sup> 时，啄肛的发生率往往较高；饲养在较为密闭的条件下，鸡似乎不那么有进攻性，避免啄肛的最有效措施之一是保持较低的光照强度。在有可变电阻调节装置的鸡舍中，应将它调节到低至使啄肛或啄癖的发生降至最低水平。如今，由于对光照制度的控制和了解，脱肛以及与之有关的问题好像更多地发生在产蛋后期。目前，因脱肛而造成每月 0.1% 死亡率就认为有问题。

当这类问题因高强度光照和高鸡群密度以及断喙不当而恶化时，应考虑体重较轻是主要的诱发因素。即使小母鸡成熟时的体重已达到了育种公司推荐的标准，但在产蛋高峰时许多小母鸡的体重仍比标准轻至 100g。作者认为，这是由于小母鸡开产时体内仅有极少的营养贮备。它的饲料采食量也低，因为在临开产前已被设定在接近于维持的进食量而未能鼓励发展较大的食欲。可是小母鸡的产蛋率却在 92%~96%，因而需要用自身的营养贮备（脂肪）以维持蛋量的生产。体重轻的小母鸡往往比较神经质，因此更趋于啄肛。在这些情况下，应遵循本章前面叙述的小母鸡营养管理方案。

给体重轻的小母鸡饲喂高蛋白质/氨基酸日粮以便增加早期的蛋重，会加重脱肛现象，

进一步与增加光照相结合常导致较多的双黄蛋，进而增加脱肛的发生率。这种小母鸡往往在12~14周龄的体重低于标准，因此，任何追加的体重多半为脂肪，后者使脱肛问题更为严重。通常12~14周龄时体重轻意味着母鸡的胫骨短，又因此时长骨已停止生长，所以常用胫骨短作为对22~34周龄母鸡脱肛问题的预测手段。

### 4.9.3 脂肪肝综合征

肝脏是鸡合成脂肪的主要地点，所以肝脏中含有脂肪是很正常的，而肝脏中缺乏脂肪时是鸡不下蛋的指示。但是有些鸡过多的脂肪积聚在肝中，而且这部分脂肪可以氧化并导致致死性出血。肝中过量脂肪聚集只有在相对于生产和维持所需能量过量时才会发生。低蛋白质、高能量日粮以及氨基酸不平衡或缺乏的日粮是蛋鸡产生脂肪肝的主要原因。已知，抗脂肪肝因子，如胆碱、蛋氨酸和 $VB_{12}$ 含量低的日粮，可引起肝脏的脂肪浸润。但从生产中的报道中可看出，多数脂肪肝的产生很少直接与上述营养素相关；而采食过量，尤其是能量摄入过量，是脂肪肝产生的主要原因。蛋鸡常常会过量采食能量，尤其饲喂较高能量日粮时。高产蛋鸡更是如此。按刺激食欲或鼓励“过量采食”（高纤维日粮或隔日饲喂）的饲喂方案培育的小母鸡，在产蛋期间自由采食高能日粮时往往更容易产生脂肪肝，有些资料表明，受季节影响的昼夜温度变化，也可能刺激母鸡过量采食，如果出现过量采食，采用某种限制饲喂方案是很重要的。

发现脂肪肝时，常建议在日粮中添加所谓抗脂肪肝因子的混合物，典型的添加剂量为每千克日粮 $CuSO_4$  60mg、胆碱500mg、 $VB_{12}$  3 $\mu$ g和蛋氨酸500mg。必须强调的是，在许多情况下，添加这些营养素并不能治疗脂肪肝。提高日粮蛋白质含量1%~2%好像是降低脂肪肝发生的最有效的措施之一，但并不是在所有情况下都起作用。另一种处理即提高日粮的脂肪添加量，可能有效。这种显然矛盾的建议，旨在提高脂肪在日粮能量中的比例，而不是碳水化合物，其含义是用减少碳水化合物来降低肝脏为蛋黄重新合成脂肪的压力，提高日粮中脂肪添加量时，肝脏只是重组脂肪内的脂肪酸组成，而不是直接合成新的脂肪，为使上述处理有效，日粮能量水平不应改变，只是用脂肪替代碳水化合物，这种概念可作为其他降低脂肪肝综合征有效措施的解释。例如，曾建议用大麦或小麦替换日粮中的玉米，在使用这些低能量原料时日粮中一般需要加大脂肪添加量。与此相似，在用加拿大菜籽或用葵花粕取代豆粕，而日粮能量水平需保持不变时，通常意味着添加更多的脂肪。

最近资料表明，脂肪肝的死亡率最终是由肝脏出血所致，并且沉积脂肪的氧化酸败作用可引起或加剧肝脏出血。由此可以见到，添加各种抗氧化剂如乙氧喹和维生素E，如按150mg/kg日粮添加乙氧喹和外加50~60IU/kg维生素E，可减少因肝脏出血所造成的死亡。

经验表明，在鸡群中一旦出现脂肪肝则生产很难提高。因此，必须采取适当的措施，预防脂肪肝的发生。有时，问题的原因可追踪至小母鸡进入产蛋鸡舍时已携带着过

量的体脂。如果这些鸡的产蛋期日粮的蛋白质与能量平衡对特定的品系稍不适合时，便可增加肝脏中的脂肪。在蛋鸡舍自由采食颗粒饲料或破碎料的母鸡，会因过量采食能量而加重脂肪肝的发生。表 4.43 中列出了日粮蛋白质水平对肝中脂肪含量影响的研究结果。

表 4.43 日粮中蛋白质水平对肝中脂肪含量的影响

日粮蛋白质水平 (%)	产蛋率 (母鸡日) (%)	采食量 (g/d)	肝脏脂肪 (干重基础) (%)
13	76.4	108	49.3
15	77.0	107	40.2
17	78.0	107	38.2

这些鸡的产蛋率都很高，并且没有脂肪肝综合征。可以看出，所有鸡的肝脏脂肪含量都高，这对健康的产蛋鸡是完全正常的，不应与脂肪肝综合征相混淆。脂肪肝综合征往往因肝脏出血而使母鸡死亡。

最近资料表明，某些霉菌与霉菌毒素可引起与脂肪肝综合征相似的问题。迄今，脂肪肝和霉菌的关系虽然还没有肯定，但应注意确保勿使霉菌成为导致鸡群性能不佳的因素。加拿大菜籽粕有时与脂肪肝综合征有关。虽然以前曾有报道，一些葡萄糖异硫氰酸盐含量高的菜籽粕可诱发脂肪肝，但没有证据表明，加拿大菜籽新品种 (canola) 是引起脂肪肝的因素。饲喂菜籽引起的出血通常与肝脏过量脂肪浸润无关。

#### 4.9.4 笼养蛋鸡疲劳症

顾名思义，笼养蛋鸡疲劳症 (CLF) 是最常见的与笼养蛋鸡有关的综合征，所以在 20 世纪 50 年代中对它的首次描述与商业上接受这种笼舍相符合。除笼养环境外，好像还需要高的产蛋量以诱发笼养母鸡疲劳症，所以传统上以来航白鸡最为显著。在产蛋量高峰前后母鸡变跛并不愿站立在笼中。由于笼中环境的竞争性，患病母鸡通常退至笼的后部，又因它们懒于饮水和采食，可能因缺水/饥饿而发生死亡。

这种病情在地养管理的母鸡中罕见，从这点可以引出一个假设，即运动可能是一个关键的因素，实际上将早期跛足的笼养母鸡疲劳症的鸡从笼中取出并置于平养，通常都能完全恢复，但在大型商品鸡场中这种方法是不可行实行的。在 1960—1970 年代死亡率普遍地高至 10%，而今天如果 0.5% 的鸡群受到影响就认为有问题，没有很好的证据可以说明

在笼养母鸡疲劳症与一般蛋鸡骨折间的关系，虽然这两种病情常常被描述为一部分相同的症状。

病鸡早期表现为，它们看上去好像比较警觉但仍然产蛋。骨骼较脆，可能有折断的骨。死鸡可能脱水或憔悴，就是由于它们不能吃食或饮水而死去。肋骨也可能表现出有些念珠状突起，但其最明显的异常为髓骨小梁密度降低。瘫痪往往由于第4和第5胸椎的骨折引起脊柱的压迫与退化。如果在发现最初的瘫痪时马上解剖病鸡，则输卵管中肯定有一个部分钙化的蛋，而卵巢上有许多发育程度不同的卵黄。如果在开始瘫痪后过些时候再解剖，则卵往往由于营养素进食量的减少而退化。

笼养蛋鸡疲劳症显然是由于蛋壳钙化所需的可利用钙供应不当所致，而且骨骼的其他部分与之争夺这部分钙。由于钙代谢是受其他营养素的利用率所影响，日粮中磷和维生素D<sub>3</sub>的含量以及它们的利用率也很关键。饲喂缺乏钙、磷和维生素D<sub>3</sub>日粮的鸡在产蛋量高时会出现笼养蛋鸡疲劳症。

预产期的钙水平往往被认为是预防笼养蛋鸡疲劳症的关键，过长时期地饲喂低钙（1%）的育成日粮，或2%钙的预产日粮至5%产蛋率往往导致较大比例的骨骼发育异常。已证明有些商品鸡群中笼养蛋鸡疲劳症的再度出现可能是由于遗传选育导致性成熟过早再加上过早的光照刺激。已证明早至14周龄饲喂含钙3.5%的蛋鸡日粮，而不是1%的育成日粮，有利于提高胫跗骨中灰分和钙的含量（表4.44）。

表 4.44 日粮钙以及青年母鸡对预产日粮钙的反应与骨骼特征

改换到 3.5% 钙的时间 (周龄)	胫 跗 骨	
	灰分 (%)	钙 (mg/g)
20	53.5 <sup>c</sup>	182 <sup>c</sup>
18	55.7 <sup>b</sup>	187 <sup>b</sup>
17	59.3 <sup>a</sup>	202 <sup>b</sup>
16	58.9 <sup>a</sup>	199 <sup>a</sup>
15	58.9 <sup>a</sup>	197 <sup>a</sup>

引自 Keshavarz (1989)。

远离性成熟而过早饲喂高钙日粮似乎并不必要，实际上从肾脏尿结石形成方面可能是不利的。从低钙日粮改变为高钙日粮应与观察第二性征相一致，尤其是冠的发育，它一般比第一个排卵期早14~16d。

我们最近在一组个体笼养的来航鸡群中观察了笼养蛋鸡疲劳症。母鸡都是45周龄，饲喂相同的日粮。在10天的期间，5%的鸡得了产蛋母鸡疲劳症，而饲料分析表明日粮的钙和磷水平是足够的。这些得病鸡的唯一相同因素是它们的产蛋量格外的高。从25~45周龄所有这些鸡的平均产蛋率为96%。所有鸡的个体连产期长达100个蛋，其中一只鸡连产140个蛋（即100%产蛋率）。它们的同胞姊妹（饲养在邻近的笼中，饲喂同样的饲料）在这阶段的最长连产期为42个蛋，平均产蛋率90%。这些资料说明，在某些情况下，产蛋母鸡疲劳症与极其高的产蛋量有关。

有关维生素D<sub>3</sub>对青年蛋鸡的笼养蛋鸡疲劳症影响的文章少得出奇。维生素D<sub>3</sub>缺乏会影响钙的利用率，但关于该营养素作为可以预防措施的梯度水平试验尚无报道。另一个与骨骼完整度有关的营养素是磷，正如所料，磷的缺乏可以加重对笼养蛋鸡疲劳症的影响。虽然蛋壳形成并不直接需要磷，但它是髓骨中重新补充钙所必需（以磷酸钙的形式），该过程发生在髓骨处于活性骨骼钙化的阶段。日粮中没有适宜的磷就不能使髓骨中钙的贮备得到重新补充，而这种情况可加速或促进笼养蛋鸡疲劳症或其他骨骼问题的发生。低磷进食量有时由于日粮磷趋于偏低，加上小母鸡在早期产蛋时的饲料进食量太低所致。对于那些对产蛋母鸡疲劳症易感的品系，我们建议在第一张蛋鸡配方中用0.5%可利用磷，从28~30周龄饲喂。

#### 4.9.5 老龄母鸡的骨折

产蛋母鸡疲劳症，可能与老龄母鸡骨折有关，但从未证实确切的相关关系。与幼龄母鸡的产蛋疲劳症相似，估计老龄鸡的骨折为长期骨骼钙化受损的结果，也与产蛋量高以及鸡笼对鸡活动的限制有关系。很少有活鸡在笼中骨折，问题主要发生在将它们从笼中取出运往加工厂的过程中。除了明显的动物福利概念外，骨折会给加工时肌肉机械脱骨造成麻烦。

在老龄产蛋鸡日粮中增加钙的含量，似乎不能改善骨骼强度，在某种情况下还会导致蛋壳丘疹状小突起增多（沙皮蛋）。在某些情况下，日粮中钙和磷都添加虽能产生良好效果，但效果并不一致。在饮水中加入300mg/L的氟至少可以改善青年鸡的骨骼强度，但尚无关于用此法处理产蛋末期母鸡的报道，只有从笼养改为有垫料的平养，好像才是持续改善骨骼强度的唯一措施。上述事实表明，运动本身是影响笼养鸡骨骼强度的重要因素，但当前这种处理并不能真正成为解决问题的实践措施。

迄今，在对其他有益经济性状没有副作用的条件下，还没有改进老龄高产母鸡骨骼完整性的措施。例如，饲喂高水平的维生素D<sub>3</sub>虽可增加老龄鸡的骨骼强度，但该措施也使沙皮蛋增多（像饲喂过量钙一样），而且蛋壳表面钙过量沉积的蛋易于破裂，使蛋的内容物流出。在屠宰前一段时间使产蛋鸡停止排卵，有可能改进老龄母鸡骨骼的完整性。推测与此有关的减少动用体钙贮备，可能使骨骼重建完整；但目前这种饲养策略并不经济，虽然从鸡福利出发的考虑可能促进该领域的研究。

#### 4.9.6 换羽方案

在过去的几年以来，换羽已经受到仔细的检查，而且一些国家基于动物福利的考虑已不允许进行了。无论从时间还是从第二产蛋周期考虑，最有效的换羽方案是取消光照并断水、断料。就是这个广泛的停料期引起了动物福利主义者们的考虑，即使该阶段的死亡率是极低的。换羽一次，有可能延长产蛋期至90周（52+40周），而两次换羽的生产周期可能是45+40+35周；因此，鸡的生产期的生命可以加倍。当鸡恢复它们重新开始的第二或第三次产蛋周期时，蛋壳质量几乎可与其在20周龄时的相比；而且即使最初产的蛋也将是大蛋级的。在第二次和第三次产蛋周期中蛋壳质量下降较快，这也就决定了产蛋周期会较短。换羽方案的目的是不是必须诱发换羽，而是为了在一个阶段内使生殖系统停止生产。一般来说，产蛋中止的时间越长，换羽后的生产性能越好。一般鸡蛋价格决定着换羽期的长度。如果鸡蛋价高，那么，短的换羽期可能有利；而鸡蛋价低时，较长的换羽期可能最终是比较经济的。

由断料诱发的换羽见表4.45所示。按表4.45所示方案，我们可以预期鸡的换羽并将产蛋率下降至接近零。最低的产蛋率好像会在方案开始后的5~7d发生，而在这一周后发生最大量的羽毛丢失。换羽计划应根据母鸡群的个别情况加以调节。例如：在非常炎热的气候条件下，延长断水的时间是失策的。在采用断料方案时，鸡的体重是最重要的因素之一。最理想的是母鸡在第一次换羽结束时的体重应与它在18~19周龄开始成熟时的体重相同。这意味着换羽计划必须诱导母鸡使之失去在第一个产蛋期间的增重。在实际生产中，很难做到这点；而且与第一次产蛋周期的“成熟”体重相比，对于第二个产蛋周期增加一个100g的体重是现实的。在断料阶段的死亡率一般是格外的低，实际上比换羽前4~8周阶段更低。如果死亡率超过0.1%每周，那就应考虑其原因，也许需要重新引入饲料。真正的断料阶段不应超过7d，如果期望的体重降低已达到，最好是少于7d。

减少昼长是对卵巢停止工作的主要刺激。这点在遮黑鸡舍很容易做到，但在开放式鸡舍中必须使用特殊的条件。为使鸡得到一个显著的光照递减的昼长，那么在开始换羽的5~7d就应给鸡每天23~24h的光照，这意味着每天16h自然光照。如果去除人工光照就会导致昼长的减短，后者有助于降低雌激素的产生。

由于动物福利事宜，目前考虑用其他方式取代断料换羽。这些取代方法包括高水平矿物质结合自由采食或用低营养浓度日粮，其中原料的天然适口性较差。用高水平日粮锌已经进行了大量的工作，如高至20 000mg/kg的锌使产蛋停止，而且往往没有传统的换羽，接着是恢复产蛋，而且第二个产蛋周期很好。事实上，这些日粮的锌全部将出现在粪便中；所以，有关它的处理有环境方面考虑的问题。也可饲喂缺钠或缺氯的日粮，但结果往往是变异很大。

表 4.45 换羽和断料

	白壳蛋	褐壳蛋
1. 光照 <sup>1</sup>		
0~1d	无	无
1~40d	8h 或自然光照 <sup>1</sup>	8h 或自然光照 <sup>1</sup>
41d+	光照递增	光照递增
2. 水		
0~1d	无	无
1d+	自由采食	自由采食
3. 饲料		
0~7 日龄	无	无
7~10 日龄	谷物 20g/d	谷物 25g/d
10~20 日龄	谷物 45g/d	谷物 50g/d
20~35 日龄	育成鸡料	育成鸡料
35 日龄+	蛋鸡 II 料	蛋鸡 II 料
4. 体重 (kg)		
第一周期性成熟	1.25	1.40
第一周期末	1.60	1.75
第一次换羽结束	1.35	1.50
第二周期结束	1.70	1.85

<sup>1</sup> 在开始换羽前提供 5d 光照 23~24h/d。

使用低营养浓度的日粮和饲料原料好像有希望诱发停止产蛋。佐治亚大学的 Dale 及其同事们采用 50% 棉籽粕的日粮，让鸡自由采食；记录的体重降低与取消饲料方案的是可比的。饲喂该特殊日粮的鸡，体重在 10d 内降低 20%，5d 后产蛋率停止。饲喂含 90% 葡萄渣的日粮好像也能很好地起作用，使产蛋率急剧地下降。日粮中添加甲状腺素也是使卵巢停止工作的一种潜在刺激，但是这样的鸡所产的蛋含有较高的甲状腺素，因此不能销售。

#### 4.10 营养素的管理

家禽的粪便是对作物生产有价值的氮、磷和钾的来源。但是，当今的鸡场规模很大，问题是大量的营养素产生在一小块地理区域内。粪便的成分直接受蛋鸡饲料成分的影响，例如，饲料中较高水平的氮，预期粪中会有较多的氮。减少粪营养素负荷农田问题的一个途径是通过改变饲料配方以降低这些营养素的浓度。实质上，就必须降低饲料中的氮和



磷；显然，对于饲料配方而言，使之对生产不起反面作用的改动余地是很小的。一般来说，最后有 25% 饲料氮和 75% 饲料磷进入鸡粪中；而且在一段时间内蛋鸡的排粪量（以湿粪计）与它的饲料进食量相等。鸡粪的真正重量显然在很大程度上受在蛋鸡舍内和贮存时间水分丢失的影响。表 4.46 所示为新鲜的笼养蛋鸡粪的成分。

表 4.46 笼养蛋鸡鲜粪成分

水分 (%)	70.0	脂肪 (%)	0.5
总能 (kcal/kg)	250	非淀粉多糖 (%)	10.0
粗蛋白 (%)	8.0	粗纤维 (%)	4.2
真蛋白 (%)	3.0		
氮 (%)	1.2	精氨酸 (%)	0.12
尿酸 (%)	1.7	亮氨酸 (%)	0.18
		赖氨酸 (%)	0.11
灰分 (%)	8.0	总含硫氨基酸 (%)	0.10
钙 (%)	2.2	苏氨酸 (%)	0.12
磷 (%)	0.6	色氨酸 (%)	0.10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	1.3		
K <sub>2</sub> O (%)	0.6		
钠 (%)	0.1		

当前的问题是含氮和磷的鸡粪对土壤的载荷量。在这两个营养素中，粪中氮的分析值变异最大，因为鸡舍类型以及鸡粪的贮存方式会对以氨气损失的氮的含量有很大的影响（表 4.47）。

被鸡排出的大多数氮是不消化的物质和那些不能即刻用于合成体组织或蛋的不平衡氨基酸。所以，通过给鸡提供一个平衡的、能更准确地、以最低过量满足它最低需要量的氨基酸组成，并以最易于吸收的形式提供这些氨基酸，这样，氮的排出才会大大降低。对于蛋氨酸、赖氨酸与苏氨酸，目前已有可竞争的价格，所以有可能配制一个提供最低过量氨基酸和非蛋白氮的实际日粮。遗憾的是，我们似乎还不能采取这种方法达到上述合乎逻辑的要求，即以含有常规水平必需氨基酸、但很低水平的粗蛋白制定配方。在某种程度上，降低粗蛋白好像会使我们失去生长速度或产蛋率和/或蛋重，这向我们提示：要不我们到了非必需氨基酸已成为重要的阶段，或我们对鸡的氨基酸需要量研究不够，再则是合成氮

表 4.47 万只蛋鸡每年以氨气损失的氮 (kg)

进入鸡粪的总氮排出量	7 200
鸡舍中平均 $\text{NH}_3$ 损失	-660
贮存时平均 $\text{NH}_3$ 损失	-120
从土地平均 $\text{NH}_3$ 损失	-1 140
以氨损失的总氮量	-1 920
供作物可利用的总氮量	5 280
各种不同的损失	
a) 鸡舍类型	
深粪坑	680
高层固体	290
传送带, 强制烘干	290
深层垫草	1 470
b) 贮存方式	
传送带烘干	410
蓄粪池	3 870
c) 应用方式	
干粪	710
粪稀	1 740

引自 Van Horne 等 (1998)。

基酸的使用未达到预期效率。这些因素在具体配方过程中, 对氨基酸需要进行充分地描述恐怕是最重要的。不过, 我们可以很容易地将粗蛋白水平降低 15%~20%, 如果使用合成氨基酸是经济的, 或者处理粪中营养素需要付出代价。图 4.20 所示为预期氮排出量的降低与日粮粗蛋白的关系。如前所述, 我们不能使用极端低的蛋白水平, 因为它使生产性能下降。例如, 在图 4.20 的研究中蛋白水平从 17% 降至 13% 的后果是丢失 2g 蛋重。目前, 对于老龄母鸡我们可能可以降低蛋白质水平至 14%~15%。而将粗蛋白水平降低 5%, 从 19% 至 14%, 意味着每年从 10 000 只蛋鸡减少 2 吨氮的排出。

粪磷水平比较容易预测, 因为粪便一旦排出就不会有其后的损失。正如所料, 日粮磷在很大程度上决定着粪磷。由于磷是一个很贵的营养素, 所以不太会趋向于过量饲喂; 不过, 一般还有潜力去降低它的水平。大多数粪磷是来自于主要饲料原料如玉米和豆粕中的未经消化的植酸磷。玉米和豆粕中植酸的含量是不定的, 这就形成了粪磷的一些变

动。表 4.48 所示为加拿大安大略省玉米和豆粕样本中磷含量的范围。

现在, 植酸酶的使用使日粮磷水平显著地降低 (20%~30%), 而且这也与粪磷水平的相应降低有关。关于植酸酶的详情见第 2 章第 3 节。

虽然对蛋鸡日粮的蛋白质和磷水平有较低的限定, 但是采用依时间而连续降低蛋鸡饲料中氮和磷含量的阶段饲喂程序将对降低粪中营养素的负荷量意义更为深远。

表 4.49 所示为年饲养 10 000 只蛋鸡所需的土地基础。假设该土地用以种植玉米, 施肥率为  $140\text{kg N}/\text{hm}^2$  和  $40\text{kg P}/\text{hm}^2$ 。随着日粮蛋白质水平从 20% 降至 14%, 为充分使用鸡粪所需的土地下降了 25%。对于磷, 根据日粮配方中的磷水平减少土地的潜力为 50%。

未来, 考虑到粪中重金属的聚积, 我们可能必须重新评估蛋鸡的微量元素需要量, 粪中锌和铜的浓度可能会受到仔细审查。

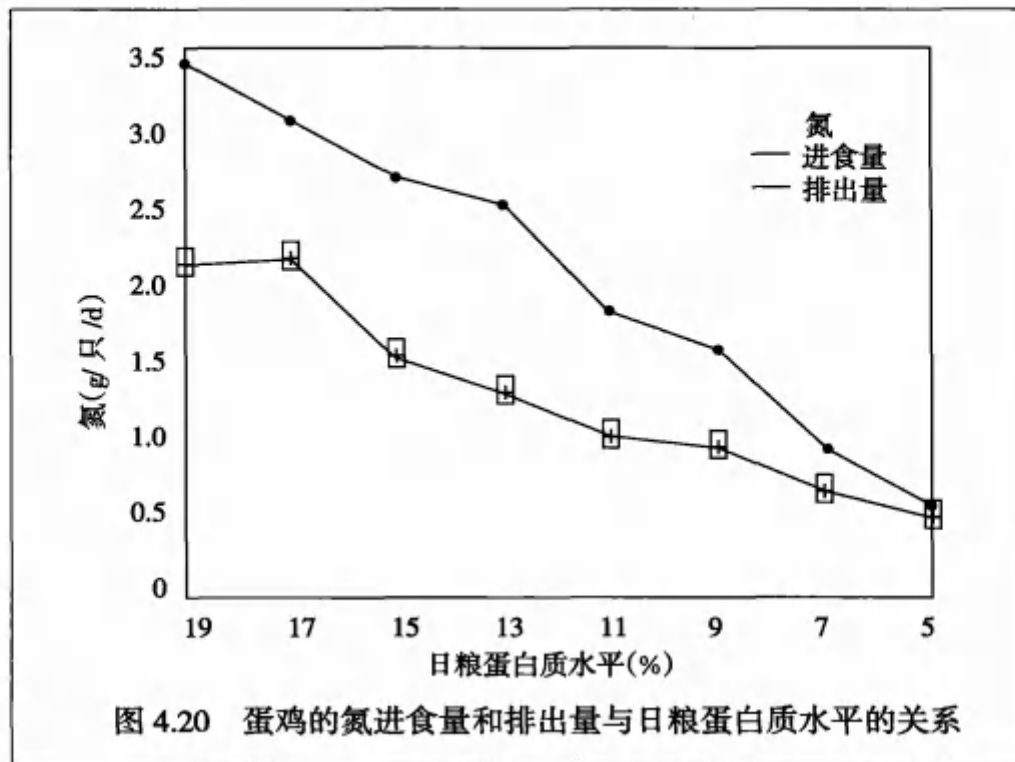


表 4.48 玉米和豆粕的含磷量<sup>1</sup>

	平均	最低的 15%	最高的 15%
玉米:			
测定样本数	198	30	30
平均含磷 (%)	0.31	0.26	0.36
最低含磷 (%)		0.24	0.34
最高含磷 (%)		0.28	0.40
豆粕:			
测定样本数	106	16	16
平均含磷 (%)	0.70	0.53	0.88
最低含磷 (%)		0.43	0.80
最高含磷 (%)		0.59	1.00

<sup>1</sup> 从豆粕分析值调整, 假定含油量为 20%。

引自 Leach (2002)

表 4.49 处理万只蛋鸡每年所需玉米地的面积

日粮蛋白质 (%)	面积 (hm <sup>2</sup> )	日粮磷 (%)	面积 (hm <sup>2</sup> )
20	47	0.55	45
19	45	0.50	40
18	44	0.45	36
17	41	0.40	32
16	40	0.35	28
15	37	0.30	23
14	35	0.25	19

(沈慧乐 译)

### 参考文献

Atteh, J. O. and S. Leeson (1985) . Response of laying hens to dietary saturated and unsaturated fatty acids in the presence of varying dietary calcium levels. *Poult. Sci.* 64: 520-528.

Bean, L. D. and S. Leeson, (2002) . Metabolizable energy of layer diets containing regular or heat-treated flaxseed. *J. Appl. Poult. Res.* 11: 424-429.

Bean, L. D. and S. Leeson, (2003) . Long-term effects of feeding flaxseed on the performance and egg fatty acid composition of brown and white hens. *Poult. Sci.* 82: 388-394.

Calderon, V. M. and L. S. Jensen, (1990) . The requirement for sulfur amino acid by laying hens as influenced by protein concentration. *Poult. Sci.* 69: 934-944.

Caston, L. J. , E. J. Squires and S. Leeson, (1994) . Hen performance, egg quality and the sensory evaluation of eggs from SCWL hens fed dietary flax. *Can. J. Anita. Sci.* 74: 347-353.

Chah, C. C. , (1972) . A study of the hen's nutrient intake as it relates to egg formation. M. Sc. Thesis, University of Guelph.

Chen, J. and D. Balnave, (2001) . The influence of drinking water containing sodium chloride on performance and eggshell quality of a modern, colored layer strain. *Poult. Sci.* 80: 91-94.

Clunies, M. and S. Leeson, (1995) . Effect of dietary calcium level on plasma proteins and calcium flux occurring during a 24h ovulatory cycle. *Can. J. Anim. Sci.* 75: 539-544.

Faria, D. E. , R. H. Harms, and G. B. Russell, (2002) . Threonine requirement of commercial laying hens fed a com-soybean meal diet. *Poult Sci.* 81; 809 - 814.

Gonzalez, R. and S. Leeson, (2001) . Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega - 3 fatty acids. *Can. J. Anita. Sci.* 81; 295 - 305.

Gonzalez R. and S. Leeson, (2000) . Effect of feeding hens regular or deodorized menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile and sensory quality of eggs. *Poult. Sci.* 79; 1597 - 1602.

Harms, R. H. and G. B. Russell, (1994) . A comparison of the bioavailability of DL-methionine and MHA for the commercial laying hen. *J. Appl. Poult. Res.* 3; 1 - 6.

Harms, R. H. and G. B. Russell, (2000) . Evaluation of the isoleucine requirement of the commercial layer in a corn-soybean meal diet. *Poult. Sci.* 79; 1154 - 1157.

Hoffman-La Roche, (1998) . Egg yolk pigmentation with carophyll. 3rd Ed. Publ. F Hoffmann-La Roche and Co. Ltd. Publ. 1218. Basle, Switzerland.

Ishibashi, T. , Y. Ogawa, T. Itoh, S. Fujimura, K. Koide, and R. Watanabe, (1998) . Threonine requirements of laying hens. *Poult. Sci.* 77; 998 - 1002.

Keshavarz, K. , (1989) . A balance between osteoporosis and nephritis. *Egg industry.* July p22 - 25.

Keshavarz, K. , (2003) . The effect of different levels of nonphytate phosphorus with and without phytase on the performance of four strains of laying hens. *Poult. Sci.* 82; 71 - 91.

Leach S. D. , (2002) . Evaluation of and alternative methods for determination of phytate in Ontario corn and soybean samples. MSc Thesis, University of Guelph.

Leeson, S. and J. D. Summers, (1983) . Performance of laying hens allowed self-selection of various nutrients. *Nutr. Rep. Int.* 27; 837 - 844.

Leeson, S. and L. J. Caston, (1997) . A problem with characteristics of the thin albumen in laying hens. *Poult. Sci.* 76; 1332 - 1336.

Leeson, S. , (1993) . Potential of modifying poultry products. *J. Appl. Poult. Res.* 2; 380 - 385.

Leeson, S. , R. J. Julian and J. D. Summers, (1986) . Influence of prelay and early-lay dietary calcium concentration on performance and bone integrity of Leghorn pullets. *Can. J. Anim. Sci.* 66; 1087 - 1096.

Naber, E. C. , (1993) . Modifying vitamin composition of eggs; A review. *J. Appl. Poult. Res.* 2; 385 - 393.

Newman, S. and S. Leeson, (1997) . Skeletal integrity in layers at the completion of egg production. *World's Poult. Sci. J.* 53; 265 - 277.

Peganova, S. and K. Eder, (2003) . Interactions of various supplies of isoleucine, valine, leucine and tryptophan on the performance of laying hens. *Poult. Sci.* 82: 100-105.

Rennie, J. S. , R. H. Fleming, H. A. McCormack, C. C. McCorquodale and C. C. Whitehead, (1997) . Studies on effects of nutritional factors on bone structure and osteoporosis in laying hens. *Br. Poult. Sci.* 38 (4): 417 - 424.

Roland, D. A. , (1995) . The egg producers guide to optimum calcium and phosphorus nutrition. Publ. Mallinckrodt Feed Ing.

Sell, J. L. , S. E. Scheideler and B. E. Rahn, (1987) . Influence of different phosphorus phase-feeding programs and dietary calcium level on performance and body phosphorus of laying hens. *Poult. Sci.* 66: 1524 - 1530.

Waldroup, P. W. and H. M. Hellwig, (1995) . Methionine and total sulfur amino acid requirements influenced by stage of production. *J. Appl. Poult. Res.* 3: 1 - 6.

Zhang, B. and C. N. Coon, (1994) . Nutrient modeling for laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 3: 416 - 431.

# 第五章 肉用仔鸡的饲喂计划

# 5

5.1	日粮规格与饲料配方 .....	216
5.2	饲喂方案 .....	224
5.2.1	总则 .....	224
5.2.2	育雏前期 .....	230
5.2.3	低营养浓度日粮 .....	233
5.2.4	生长限制 .....	235
5.2.5	重型肉用仔鸡/烤鸡 .....	240
5.2.6	撒料 .....	241
5.3	生长与效益评估 .....	243
5.3.1	肉鸡的生长 .....	243
5.3.2	饲料利用率 .....	246
5.4	营养与环境温度 .....	248
5.4.1	鸡的反应 .....	248
5.4.2	潜在的营养干预 .....	251
5.5	营养和光照程序 .....	254
5.6	营养与肠道健康 .....	256
5.7	代谢紊乱 .....	259
5.7.1	腹水症 .....	259
5.7.2	猝死症 .....	262
5.7.3	骨骼异常 .....	262
5.7.4	尖锋死亡综合征 .....	266
5.8	胴体成分 .....	267
5.9	皮肤的完整性和羽毛异常 .....	271
5.9.1	羽毛发育 .....	271
5.9.2	鸡皮撕裂 .....	272
5.9.3	鸡油腻综合征 .....	273
5.10	环境营养管理 .....	274

---

## 5.1 日粮规格与饲料配方

对于生长速度的遗传选育，继续使 42~49 日龄肉用仔鸡的体重每年有 30~50g 的提高。而且，近年来在饲料转换率和代谢病发病率方面也有明显的改善，所以，这些变化就已经确定了饲料配方和饲喂制度方面的变化。不过现在肉鸡有能力对营养浓度范围很宽的日粮作出良好的反应；所以，如果不考虑饲料转换率的经典测定，那么，最高营养浓度的日粮不总是最经济的。

肉用仔鸡在一系列日粮浓度下都能很好生长，在很大程度上是由于它极其旺盛的食欲和以下事实，即饲料进食量似乎同时受体积上的满足感以及与特定营养素的有关信息所支配。例如，当今肉鸡配方能量水平的变化对饲料进食量的影响比以前小得多，不像在受能量需要量控制的、以食欲为基础时所预期的那么高。肉鸡食欲表面上的微小变化已使商品肉鸡饲养者所用的配方种类得到增加也提高了喂料量的变异性。但是，正如我们在下文要讨论到的，采用低蛋白质/氨基酸水平的“廉价”肉鸡配方的尝试，虽然对总的生产性能影响不大，但可导致胴体成分的敏锐变化。因此，饲喂方案可能会随肉鸡生产者的目标而变化，而不是随加工厂的目标而变化。

在过去 5 年中，肉鸡营养中已发生的另一个主要变化是认识到最大的营养素进食量不一定是经济的，至少在育成期的某些阶段。有一个称为“营养不足”的阶段，它使早期生长速度下降，好像可以使代谢病的发病率大大降低，如猝死症及各种骨骼异常症。较慢的起始生长，继之以补偿生长几乎总可伴随饲料利用率的提高，因为用于维持的饲料较少。随着肉鸡饲养量在热带地区的增多，了解鸡对温度、湿度以及光照期的反应变得更为重要。

表 5.1、表 5.2 和表 5.3 所示为日粮规格。表 5.1 所示为营养浓度相当高的日粮，而表 5.2 所示为对低营养浓度配方的一种选择。这种饲喂方案的选择往往取决于肉鸡的品种、环境温度以及主要营养素，如能量和蛋白质的相对成本。在这些饲喂方案中采用一共用的维生素-矿物质预混料，但依鸡的年龄使用不同的水平。由于鸡对低营养浓度的采食量高于高营养浓度的，因此，对比表 5.2 与表 5.1 有潜力降低预混料的营养水平至 10%。如将肉用仔鸡饲养至很大的体重（63d 以上），那么使用低营养浓度日粮（表 5.3）具有优越性。表 5.4~表 5.7 为高营养浓度日粮的实例，适合用表 5.1 所示营养规格。在育雏、生长、育肥以及休药期共有 6 个不同的配方。日粮的差别在于所用的主要谷物原料，即玉米、高粱或小麦，有、无肉粉为另一种选择。



表 5.1 高营养浓度肉用仔鸡日粮规格

大致年龄	0~18d 育雏期	19~30d 育成期	31~41d 育肥期	42d 以上休药期
粗蛋白水平 (%)	22	20	18	16
代谢能 (kcal/kg)	3 050	3 100	3 150	3 200
钙 (%)	0.95	0.92	0.89	0.85
可利用磷 (%)	0.45	0.41	0.38	0.36
钠 (%)	0.22	0.21	0.2	0.2
蛋氨酸 (%)	0.5	0.44	0.38	0.36
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.95	0.88	0.75	0.72
赖氨酸 (%)	1.3	1.15	1.0	0.95
苏氨酸 (%)	0.72	0.62	0.55	0.5
色氨酸 (%)	0.22	0.2	0.18	0.16
精氨酸 (%)	1.4	1.25	1.1	1.0
缬氨酸 (%)	0.85	0.66	0.56	0.5
亮氨酸 (%)	1.4	1.1	0.9	0.8
异亮氨酸 (%)	0.75	0.65	0.55	0.45
组氨酸 (%)	0.4	0.32	0.28	0.24
苯丙氨酸 (%)	0.75	0.68	0.6	0.5
维生素 (每千克日粮)	100%	80%	70%	50%
维生素 A (IU)		8 000		
维生素 D <sub>3</sub> (IU)		3 500		
维生素 E (IU)		50		
维生素 K (IU)		3		
硫胺素 B <sub>1</sub> (mg)		4		
核黄素 B <sub>2</sub> (mg)		5		
吡哆醇 B <sub>6</sub> (mg)		4		
泛酸 (mg)		14		
叶酸 (mg)		1		
生物素 (μg)		100		
尼克酸 (mg)		40		
胆碱 (mg)		400		
维生素 B <sub>12</sub> (μg)		12		
微量矿物质(每千克日粮)	100%	80%	70%	50%
锰 (mg)		70		
铁 (mg)		20		
铜 (mg)		8		
锌 (mg)		70		
碘 (mg)		0.5		
硒 (mg)		0.3		

表 5.2 低营养浓度肉用仔鸡日粮规格

大致年龄	0~18d 育雏期	19~30d 育成期	31~41d 育肥期	42d 以上休药期
粗蛋白水平 (%)	21	19	17	15
代谢能 (kcal/kg)	2 850	2 900	2 950	3 000
钙 (%)	0.95	0.9	0.85	0.8
可利用磷 (%)	0.45	0.41	0.36	0.34
钠 (%)	0.22	0.21	0.19	0.18
蛋氨酸 (%)	0.45	0.4	0.35	0.32
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.9	0.81	0.72	0.7
赖氨酸 (%)	1.2	1.08	0.95	0.92
苏氨酸 (%)	0.68	0.6	0.5	0.45
色氨酸 (%)	0.21	0.19	0.17	0.14
精氨酸 (%)	1.3	1.15	1.0	0.95
缬氨酸 (%)	0.78	0.64	0.52	0.48
亮氨酸 (%)	1.2	0.9	0.8	0.75
异亮氨酸 (%)	0.68	0.6	0.5	0.42
组氨酸 (%)	0.37	0.28	0.25	0.21
苯丙氨酸 (%)	0.7	0.65	0.55	0.46
维生素 (每千克日粮)	100%	70%	60%	40%
维生素 A (IU)		8 000		
维生素 D <sub>3</sub> (IU)		3 500		
维生素 E (IU)		50		
维生素 K (IU)		3		
硫胺素 B <sub>1</sub> (mg)		4		
核黄素 B <sub>2</sub> (mg)		5		
吡哆醇 B <sub>6</sub> (mg)		4		
泛酸 (mg)		14		
叶酸 (mg)		1		
生物素 (μg)		100		
尼克酸 (mg)		40		
胆碱 (mg)		400		
维生素 B <sub>12</sub> (μg)		12		
微量矿物质(每千克日粮)	100%	70%	60%	40%
锰 (mg)		70		
铁 (mg)		20		
铜 (mg)		8		
锌 (mg)		70		
碘 (mg)		0.5		
硒 (mg)		0.3		

表 5.3 重型肉用仔鸡日粮规格

年龄	0~15d 育雏期	16~30d 生长期 1 <sup>#</sup>	31~45d 生长期 3 <sup>#</sup>	46~56d 育肥期 1 <sup>#</sup>	57d 以上 育肥期 2 <sup>#</sup>
粗蛋白水平 (%)	20	19	18	16	15
代谢能 (kcal/kg)	2 850	2 900	2 950	3 000	3 000
钙 (%)	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75
可利用磷 (%)	0.45	0.41	0.36	0.34	0.3
钠 (%)	0.22	0.21	0.19	0.18	0.18
蛋氨酸 (%)	0.42	0.38	0.33	0.30	0.28
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.85	0.76	0.68	0.66	0.64
赖氨酸 (%)	1.13	1.02	0.95	0.92	0.90
苏氨酸 (%)	0.64	0.56	0.47	0.42	0.39
色氨酸 (%)	0.20	0.18	0.16	0.13	0.11
精氨酸 (%)	1.22	1.08	0.94	0.89	0.85
缬氨酸 (%)	0.73	0.60	0.49	0.45	0.42
亮氨酸 (%)	1.13	0.85	0.75	0.71	0.67
异亮氨酸 (%)	0.64	0.56	0.47	0.39	0.35
组氨酸 (%)	0.35	0.26	0.24	0.20	0.18
苯丙氨酸 (%)	0.66	0.61	0.52	0.43	0.39
维生素 (每千克日粮)	100%	80%	70%	60%	40%
维生素 A (IU)			8 000		
维生素 D <sub>3</sub> (IU)			3 500		
维生素 E (IU)			50		
维生素 K (IU)			3		
硫胺素 B <sub>1</sub> (mg)			4		
核黄素 B <sub>2</sub> (mg)			5		
吡哆醇 B <sub>6</sub> (mg)			4		
泛酸 (mg)			14		
叶酸 (mg)			1		
生物素 (μg)			100		
尼克酸 (mg)			40		
胆碱 (mg)			400		
维生素 B <sub>12</sub> (μg)			12		
微量矿物质(每千克日粮)	100%	80%	70%	60%	40%
锰 (mg)			70		
铁 (mg)			20		
铜 (mg)			8		
锌 (mg)			70		
碘 (mg)			0.5		
硒 (mg)			0.3		

表 5.4 高营养浓度肉用仔鸡育雏日粮示例

	1	2	3	4	5	6
玉米	533	559				
小麦					568	597
高粱			523	542		
次麦粉	60	60	70	72	68	69
肉粉		40		50		42
豆粕	342	295	334	281	283	230
油脂	28.7	21.0	37.0	33.5	45.3	38.0
DL-蛋氨酸*	2.5	2.6	2.6	2.8	2.8	2.9
L-赖氨酸	0.8	0.9	0.4	0.3	1.1	1.1
食盐	4.4	3.9	4.6	3.9	3.9	3.3
石粉	15.8	12.0	16.0	11.2	16.2	12.5
磷酸氢钙	11.8	4.6	11.4	2.3	10.7	3.2
维生素—矿物质预混料**	1	1	1	1	1	1
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白水平 (%)	22	22	22	22	22	22
代谢能 (kcal/kg)	3 050	3 050	3 050	3 050	3 050	3 050
钙 (%)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
可利用磷 (%)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
钠 (%)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
蛋氨酸 (%)	0.61	0.62	0.56	0.57	0.60	0.61
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
赖氨酸 (%)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
苏氨酸 (%)	0.93	0.91	0.86	0.84	0.82	0.80
色氨酸 (%)	0.30	0.30	0.30	0.29	0.32	0.31

\* 或等量的羟基蛋氨酸。

\*\* 含胆碱。

表 5.5 高营养浓度肉用仔鸡生长期日粮示例

	1	2	3	4	5	6
玉米	613	646				
小麦					630	665
高粱			573	600		
次麦粉	31	30	60	64	64	65
肉粉		50		52		53
豆粕	295	237	289	230	223	160
油脂	26	16.4	44	34	49	37.3
DL-蛋氨酸*	2.4	2.5	2.5	2.7	2.7	2.9
L-赖氨酸	0.8	0.8	0.3	0.2	1.1	1.1
食盐	4.2	3.5	4.2	3.7	3.6	2.8
石粉	16	11.3	16	11.5	16.4	11.9
磷酸氢钙	10.6	1.5	10	0.9	9.2	
维生素—矿物质预混料**	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白水平 (%)	20	20	20	20	20	20
代谢能 (kcal/kg)	3 100	3 100	3 100	3 100	3 100	3 100
钙 (%)	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
可利用磷 (%)	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
钠 (%)	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
蛋氨酸 (%)	0.58	0.59	0.53	0.54	0.57	0.58
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
赖氨酸 (%)	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
苏氨酸 (%)	0.85	0.83	0.78	0.76	0.73	0.7
色氨酸 (%)	0.27	0.26	0.27	0.26	0.29	0.28

\* 或等量的羟基蛋氨酸。

\*\* 含胆碱。

表 5.6 高营养浓度肉用仔鸡育肥日粮示例

	1	2	3	4	5	6
玉米	693	726				
小麦					714	779
高粱			643	676		
次麦粉			50	50	50	23
肉粉		50		50		50
豆粕	250	192	236	178	161	100
油脂	23.7	13.1	38.5	27.9	43	29.8
DL-蛋氨酸*	1.7	1.8	1.8	2.0	2.0	2.2
L-赖氨酸	0.8	0.8	0.3	0.2	1.2	1.2
食盐	3.9	3.3	4	3.4	3.2	2.5
石粉	16	11.3	16.3	11.5	16.5	11.3
磷酸氢钙	9.9	0.7	9.1		8.1	
维生素—矿物质预混料**	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白水平 (%)	18	18	18	18	18	18
代谢能 (kcal/kg)	3 150	3 150	3 150	3 150	3 150	3 150
钙 (%)	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
可利用磷 (%)	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
钠 (%)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
蛋氨酸 (%)	0.48	0.49	0.42	0.43	0.47	0.48
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
赖氨酸 (%)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
苏氨酸 (%)	0.78	0.76	0.69	0.67	0.63	0.78
色氨酸 (%)	0.25	0.23	0.24	0.23	0.27	0.25

\* 或等量的羟基蛋氨酸。

\*\* 含胆碱。

表 5.7 高营养浓度肉用仔鸡休药期日粮示例

	1	2	3	4	5	6
玉米	745	783				
小麦					772	812
高粱			695	728		
次麦粉			50	50	50	60
肉粉		60		50		50
豆粕	196	127	181	123	100	27
油脂	25	12.6	40.4	30	45	34
DL-蛋氨酸*	2.0	2.2	2.2	2.3	2.4	2.6
L-赖氨酸	2.2	2.2	1.7	1.6	2.7	2.7
食盐	3.9	3.1	4	3.4	3.1	2.3
石粉	15.4	8.9	15.7	10.7	16	8.4
磷酸氢钙	9.5		9.0		7.8	
维生素—矿物质预混料**	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白水平 (%)	16	16	16	16	16	16
代谢能 (kcal/kg)	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200
钙 (%)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
可利用磷 (%)	0.36	0.39	0.36	0.37	0.36	0.38
钠 (%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
蛋氨酸 (%)	0.49	0.50	0.43	0.44	0.48	0.49
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
赖氨酸 (%)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
苏氨酸 (%)	0.69	0.67	0.60	0.58	0.53	0.51
色氨酸 (%)	0.21	0.20	0.21	0.19	0.24	0.22

\* 或等量的羟基蛋氨酸。

\*\* 含胆碱。

## 5.2 饲喂方案

### 5.2.1 总则

虽然，肉鸡的营养需要数值和日粮配方在全球都是相当标准的；但是，在一个饲喂计划中如何安排这些配方的确有着很大的差异。饲喂计划受鸡的品系与性别、上市年龄或上市体重的影响。另一些变异因数是环境温度、当地疾病的挑战，以及是否以活鸡出售还是去内脏的整个胴体、或去往深加工。管理因素中诸如鸡群密度、供料和供水的设备、有无抗球虫药和促生长剂都会影响饲喂计划。

以上强调的、与制定饲喂计划有关的因素往往与它们对饲料进食量的影响有关。因此，在制定饲喂方案时预测每日和每周的饲料进食量意义极其重大。表 5.8 分别列出了至 63 日龄和 56 日龄公、母肉仔鸡的饲料进食量。在前 20d 的生长期，公、母肉仔鸡几乎采食相等量的饲料。之后，公鸡生长速度的增长是饲料采食量提高的后果。在 10 年前，用日龄乘以 4 便可得出一估测的日饲料进食量。而如今，这种估测不再有效，因为生长速度和饲料进食量都已提高。对于一个公肉用仔鸡，它的育雏、育成、育肥以及休药期的饲料进食量可以通过鸡的日龄分别乘以 4、5、4 与 3.5 的系数而估测。

上市年龄与体重是影响饲喂计划选择的主要因素。一般来说，上市越早的鸡所用的育雏和育成料的时间越长；而对于较重的肉仔鸡，高营养浓度的育雏和育成饲料使用的时间较短。公、母肉仔鸡的饲喂计划分别见表 5.9 和表 5.10，而表 5.11 所示为混合性别肉仔鸡的饲喂计划。

饲喂计划趋向于以饲料量或以鸡的年龄为基础。表 5.9~表 5.11 所示为以上两种选择。休药期日粮的使用期为 5~10d，依上市年龄而定，但必须强调的是该日粮的计划由特定的抗生素、促生长剂和/或抗球虫药等的最低取消期所决定。

是否需要品系特定的日粮经常受到询问。表 5.12~表 5.14 概括了目前全球三大肉鸡品系的营养需要。对于育种公司来说，如果要通过科研来确定自己品系在各日龄对全部营养素的需要量那将是昂贵得难以负担，所以，他们的营养需要数据往往是以从全球客户收集的信息为基础。因此，可以认为公布的营养需要数据（表 5.12~表 5.14）在大多数商品生产条件下是最适宜于该品系的。据上所述，任何品系之间在营养需要方面没有主要的差异。实际上，对比 42 日龄与 60 日龄罗斯（Ross）公鸡的营养需要与饲喂计划的差异要比 42 日龄罗斯（Ross）对比同日龄考布（Cobb）鸡的差异大得多。



表 5.8 公、母肉用仔鸡的饲料进食量 (g/只)

日龄 (d)	公		母		日龄 (d)	公		母	
	每日	累计*	每日	累计		每日	累计*	每日	累计
1	13	13	13	13	33	159	2 726	136	2 555
2	15	28	15	28	34	163	2 889	140	2 695
3	18	46	18	46	35	167	3 056	143	2 838
4	21	67	21	67	36	170	3 226	147	2 981
5	24	91	23	90	37	172	3 398	150	3 131
6	25	116	25	115	38	174	3 572	152	3 283
7	27	143	26	141	39	176	3 748	153	3 436
8	32	175	32	173	40	178	3 926	154	3 590
9	37	212	37	210	41	180	4 106	154	3 744
10	42	254	41	251	42	182	4 288	154	3 898
11	47	301	46	297	43	184	4 472	155	4 053
12	53	354	52	349	44	185	4 657	156	4 209
13	59	413	58	407	45	186	4 843	156	4 365
14	66	479	65	472	46	187	5 021	157	4 522
15	74	553	70	542	47	188	5 209	158	4 680
16	80	633	76	618	48	189	5 398	159	4 839
17	85	718	81	694	49	190	5 588	160	4 999
18	90	808	86	785	50	191	5 779	161	5 160
19	95	903	91	876	51	192	5 971	161	5 321
20	100	1 003	96	972	52	193	6 164	162	5 483
21	105	1 108	102	1 074	53	194	6 358	163	5 646
22	110	1 218	106	1 180	54	195	6 553	164	5 810
23	115	1 333	110	1 290	55	196	6 749	165	5 975
24	120	1 453	114	1 404	56	197	6 946	165	6 140
25	125	1 578	117	1 521	57	198	7 144		
26	129	1 707	120	1 641	58	199	7 343		
27	133	1 840	123	1 764	59	200	7 543		
28	137	1 977	126	1 890	60	201	7 744		
29	141	2 118	130	2 020	61	202	7 946		
30	145	2 263	132	2 152	62	203	8 149		
31	149	2 412	133	2 285	63	204	8 353		
32	155	2 567	134	2 419					

\* 累计。

表 5.9 肉用仔公鸡的饲喂计划

喂料量 (kg/只)											
日龄 (d)	体重 (g)	料肉比	育雏		育成		育肥		休药期		总饲料量 (kg)
			(kg)	日龄	(kg)	日龄	(kg)	日龄	(kg)	日龄	
42	2 435	1.74	0.75	0~17d	2.45	18~36d			1.00	37~42d	4.24
43	2 510	1.76	0.70	0~17d	2.72	18~37d			1.00	38~43d	4.42
44	2 585	1.78	0.65	0~16d	2.95	17~38d			1.00	39~44d	4.60
45	2 660	1.80	0.65	0~16d	2.13	17~33d	1.00	34~39d	1.00	40~45d	4.79
46	2 735	1.82	0.60	0~16d	1.88	17~31d	1.50	32~40d	1.00	41~46d	4.98
47	2 810	1.84	0.60	0~16d	1.62	17~30d	1.90	31~41d	1.05	41~47d	5.17
48	2 885	1.86	0.60	0~16d	1.41	17~28d	2.30	29~42d	1.05	43~48d	5.37
49	2 960	1.88	0.58	0~15d	1.32	16~28d	2.56	29~43d	1.10	44~49d	5.56
50	3 030	1.90	0.56	0~15d	1.55	16~29d	2.55	30~44d	1.10	45~50d	5.76
51	3 100	1.92	0.54	0~15d	1.70	16~30d	2.61	31~45d	1.10	46~51d	5.95
52	3 170	1.94	0.52	0~15d	1.80	16~30d	2.473	31~46d	1.10	47~52d	6.15
53	3 240	1.96	0.50	0~14d	1.90	15~31d	2.80	32~47d	1.15	48~53d	6.35
54	3 310	1.98	0.48	0~14d	1.95	15~31d	2.97	32~48d	1.15	49~54d	6.55
55	3 380	2.00	0.46	0~14d	2.00	15~31d	3.15	32~49d	1.15	50~55d	6.76
56	3 450	2.02	0.44	0~13d	2.10	14~32d	3.28	33~50d	1.15	51~56d	6.97
57	3 520	2.03	0.42	0~13d	2.20	14~32d	3.32	33~51d	1.20	52~57d	7.15
58	3 590	2.04	0.40	0~13d	2.30	14~33d	3.44	34~52d	1.20	53~58d	7.32
59	3 660	2.06	0.40	0~13d	2.40	14~34d	3.54	35~53d	1.20	54~59d	7.54
60	3 730	2.08	0.40	0~13d	2.50	14~34d	3.64	35~54d	1.20	55~60d	7.76
61	3 800	2.09	0.40	0~13d	2.60	14~35d	3.65	36~55d	1.30	56~61d	7.94
62	3 870	2.11	0.40	0~13d	2.70	14~35d	3.75	36~55d	1.30	56~62d	8.14
63	3 940	2.12	0.40	0~13d	2.80	14~35d	3.85	36~55d	1.30	56~63d	8.35

表 5.10 肉用仔母鸡的饲养计划

喂料量 (kg/只)											
日龄 (d)	体重 (g)	料肉比	育雏		育成		育肥		休药期		总饲料量 (kg)
			(kg)	日龄	(kg)	日龄	(kg)	日龄	(kg)	日龄	
35	1 642	1.73	0.5	0~14d	1.66	15~30d			0.68	31~35d	2.84
36	1 704	1.75	0.5	0~14d	1.79	15~31d			0.70	32~36d	2.98
37	1 765	1.77	0.5	0~14d	1.89	15~32d			0.73	33~37d	3.12
38	1 827	1.79	0.5	0~14d	2.02	15~33d			0.75	34~38d	3.27
39	1 888	1.82	0.48	0~13d	2.20	14~34d			0.78	35~39d	3.44
40	1 949	1.84	0.48	0~13d	2.31	14~35d			0.80	36~40d	3.59
41	2 012	1.86	0.45	0~13d	2.47	14~36d			0.82	37~41d	3.74
42	2 075	1.88	0.45	0~13d	2.61	14~37d			0.84	38~42d	3.90
43	2 135	1.90	0.45	0~13d	2.75	14~38d			0.86	39~43d	4.06
44	2 194	1.92	0.43	0~13d	2.88	14~38d			0.90	39~44d	4.21
45	2 252	1.94	0.43	0~13d	2.48	14~36d	0.50	37~39d	0.95	40~45d	4.37
46	2 308	1.96	0.43	0~13d	2.44	14~35d	0.70	36~40d	0.95	41~46d	4.52
47	2 363	1.98	0.41	0~13d	2.37	14~35d	0.90	36~41d	1.00	42~47d	4.68
48	2 417	2.00	0.41	0~13d	2.32	14~34d	1.10	35~42d	1.00	43~48d	4.83
49	2 470	2.02	0.41	0~13d	2.28	14~34d	1.30	35~43d	1.00	44~49d	4.99
50	2 522	2.04	0.41	0~12d	2.23	13~34d	1.50	35~44d	1.00	45~50d	5.14
51	2 573	2.06	0.40	0~12d	2.15	13~33d	1.70	34~44d	1.00	45~51d	5.30
52	2 623	2.08	0.40	0~12d	2.11	13~33d	1.90	34~45d	1.05	46~52d	5.46
53	2 672	2.10	0.40	0~12d	2.06	13~32d	2.10	33~46d	1.00	47~53d	5.61
54	2 720	2.13	0.40	0~11d	2.04	12~32d	2.27	33~47d	1.05	48~54d	5.81
55	2 770	2.16	0.30	0~11d	2.02	12~31d	2.56	32~48d	1.10	49~55d	5.98
56	2 820	2.18	0.30	0~11d	2.00	12~31d	2.74	32~49d	1.10	50~56d	6.14

表 5.11 公、母混群肉用仔鸡的饲养计划

日龄 (d)	体重 (g)	料肉比	喂 料 量(kg/只)												总饲料量 (kg)
			育雏		育成		育肥		休药期						
			(kg)	日龄	(kg)	日龄	(kg)	日龄	(kg)	日龄					
42	2 255	1.81	0.60	0~16d	2.53	17~36d					0.92	37~42d	4.08		
43	2 323	1.83	0.58	0~15d	2.74	16~37d					0.93	38~48d	4.25		
44	2 360	1.85	0.54	0~15d	2.92	16~38d					0.95	39~44d	4.37		
45	2 456	1.87	0.54	0~13d	2.31	16~34d	0.75	35~39d			0.98	40~45d	4.59		
46	2 521	1.89	0.52	0~15d	2.16	16~33d	1.10	35~40d			0.98	41~46d	4.76		
47	2 856	1.91	0.51	0~15d	2.00	16~32d	1.40	33~41d			1.03	42~47d	4.94		
48	2 651	1.93	0.51	0~15d	1.87	16~31d	1.70	32~42d			1.03	43~48d	5.12		
49	2 715	1.95	0.50	0~14d	1.80	15~31d	1.93	32~43d			1.05	44~49d	5.29		
50	2 776	1.97	0.49	0~14d	1.89	15~31d	2.03	32~44d			1.05	45~50d	5.47		
51	2 836	1.99	0.47	0~14d	1.93	15~31d	2.16	32~45d			1.08	46~51d	5.64		
52	2 896	2.01	0.46	0~14d	1.96	15~32d	2.32	33~46d			1.08	47~52d	5.82		
53	2 956	2.03	0.45	0~13d	1.98	14~32d	2.45	33~47d			1.10	48~53d	6.00		
54	3 015	2.06	0.44	0~13d	2.00	14~32d	2.62	33~48d			1.13	49~54d	6.21		
55	3 075	2.08	0.38	0~12d	2.01	13~31d	2.86	32~49d			1.13	50~55d	6.40		
56	3 135	2.10	0.35	0~12d	2.06	13~32d	3.01	33~50d			1.13	51~56d	6.58		

表 5.12 2.5kg 肉仔鸡的日粮规格

	育雏期			育成期		
	胡伯特 (Hubbard)	罗斯 (Ross)	考布 (Cobb)	胡伯特 (Hubbard)	罗斯 (Ross)	考布 (Cobb)
代谢能 (kcal/kg)	3 000	3 040	3 023	3 080	3 140	3 166
粗蛋白质 (%)	22.0	22.0	21.5	20.0	20.0	19.5
钙 (%)	0.95	1.0	0.90	0.90	0.90	0.88
可利用磷 (%)	0.44	0.50	0.45	0.40	0.45	0.42
钠 (%)	0.19	0.21	0.20	0.19	0.21	0.17
蛋氨酸 (%)	0.50	0.53	0.56	0.45	0.46	0.53
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.90	0.97	0.98	0.83	0.85	0.96
赖氨酸 (%)	1.25	1.35	1.33	1.15	1.18	1.25
苏氨酸 (%)	0.81	0.87	0.85	0.75	0.70	0.80

表 5.13 2.5kg 肉仔鸡的日粮规格

	育雏期			育成期		
	胡伯特 (Hubbard)	罗斯 (Ross)	考布 (Cobb)	胡伯特 (Hubbard)	罗斯 (Ross)	考布 (Cobb)
代谢能 (kcal/kg)	3 150	3 200	3 202	3 160	3 220	3 202
粗蛋白质 (%)	19.0	18.0	18.0	18.0	17.0	17.0
钙 (%)	0.87	0.85	0.84	0.82	0.76	0.78
可利用磷 (%)	0.37	0.42	0.40	0.34	0.37	0.35
钠 (%)	0.19	0.21	0.16	0.19	0.21	0.16
蛋氨酸 (%)	0.42	0.43	0.48	0.39	0.42	0.44
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.80	0.80	0.88	0.75	0.79	0.88
赖氨酸 (%)	1.05	1.09	1.10	0.93	1.03	1.04
苏氨酸 (%)	0.72	0.72	0.73	0.69	0.70	0.70

表 5.14 维生素—矿物质予混料（育雏或通用）

	胡巴特 (Hubbard)	罗斯 (Ross)	考布 (Cobb)
维生素 A (IU)	7 000	8 270	12 000
维生素 D <sub>3</sub> (IU)	3 500	3 030	4 000
维生素 E (IU)	40	50	30
维生素 K <sub>3</sub> (IU)	2.2	2.2	4.0
硫胺素 (mg)	4.0	2.4	4.0
核黄素 B <sub>2</sub> (mg)	6.0	7.7	9.0
泛酸 (mg)	11.0	12.7	
尼克酸 (mg)	45	51.8	
吡哆醇 B <sub>6</sub> (mg)	3.3	2.4	4.0
胆碱 (mg)	750	—	400
叶酸 (mg)	1.0	1.1	1.5
生物素 (μg)	100	110	150
维生素 B <sub>12</sub> (μg)	12	15.4	20
锰 (mg)	66	120	120
锌 (mg)	50	110	100
铁 (mg)	80	20	40
铜 (mg)	9.0	16	20
碘 (mg)	1.0	1.25	1.0
硒 (mg)	0.30	0.30	0.30

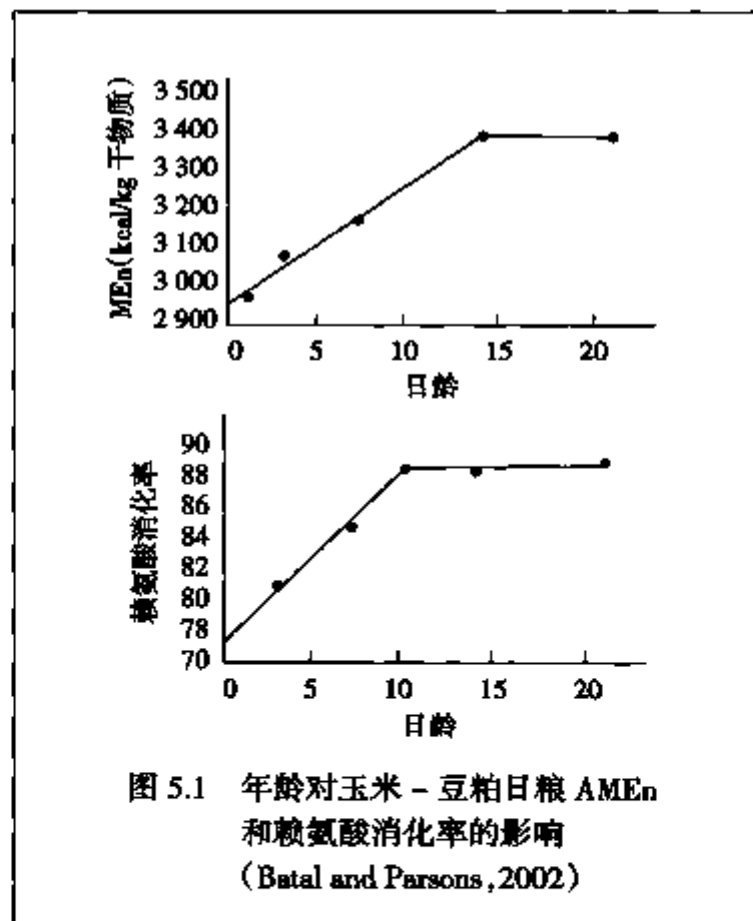
### 5.2.2 育雏前期

一般认为，新生雏鸡不能产生成年鸡具有的复杂的消化酶，所以消化率有些受影响。这种情况由于胚胎中脂肪和蛋白质的营养底物改变为常规育雏料中的碳水化合物、蛋白质和脂肪而更为复杂化。所以，即使雏鸡在生命的最初几天生长得很快，有观点认为使用育

雏前期料可进一步提高生长速度。因此，应在育雏前期或对小鸡进行预处理使之能消化复杂的底物，和/或在雏鸡本身酶的生产“成熟”之前提供更多的（或消化率更高的）营养基质。

未吸收的卵黄囊在生命早期中的营养作用有待争论。从进化的角度看，卵黄囊似乎为小鸡提供了能量、水以及最重要的母源抗体 IgA。大多数出雏的鸟类基本上没有卵黄囊，而早熟的鸟类在出雏时有相当多的卵黄贮备。根据原有蛋黄的大小，小鸡的卵黄囊重约 8~10g。人们常说，如在水和无料的情况下，残余的卵黄会被使用得快些；但是，看来卵黄囊的利用不受有、无饲料的影响，而是在出雏后 3d 直线下降。到第三天卵黄囊仅有 2~3g。此时，消化道内酶的分泌量增加。个别酶的特异性实际上在生命的第一周期间就降低了，虽然由快速增加的分泌消化液的细胞数给以补偿。早期消化道细胞的损坏，尤其是在十二指肠内的，将对消化起很大的损害作用。

虽然玉米-豆粕日粮被认为是家禽的理想配方，但有证据表明它们的消化率对于小鸡不是最佳的。Panson 及其同事们的工作表明：对 7~10 日龄前的小鸡表现出 AMEn 以及氨基酸消化率的降低（图 5.1）。



与预期值相比，玉米-豆粕日粮的营养素消化率约降低 10%；显然，我们常规的育雏日粮对小鸡不是理想的。

配制育雏前期日粮的理念是纠正上述缺陷，而且希望能提高早期生长速度并改善早期生长的均匀度。可以使用两种类型的育雏前期配方。第一种选择是使用高于正常水平的营养素，而第二种方法是使用消化率较高的营养素。根据图 5.1 所示，如果我们提高营养素供给量 10%~15%，就应该有可能纠正任何消化率方面的缺陷而实现预期的 AMEn 和氨基酸利用率。但是，这种方法的一个潜在问题是：营养素不会完全被消化，而这些不消化营养素将支持微生物的过度生长。

另一种方法是使用消化率较高的原料，几乎不改变营养水平。但这样的育雏前期料会非常昂贵，因为取代的原料总是比玉米和豆粕贵。表 5.15 所示为在配制特殊的育雏前期料时可以选择的原料。

表 5.15 可用于育雏前期日粮中高消化率的原料

		最大用量 (%)
谷物类	大米	40
	玉米	30
	葡萄糖 (工业用葡萄糖)	5
	燕麦	5
蛋白质饲料	鱼粉	5
	鱼浓缩蛋白	5
	血浆	10
	酪蛋白	8
	豆粕	20
	苜蓿草	4
油脂	植物油	4
添加剂	小麦酶	
	寡甘露聚糖	
	益生菌	
	乳酸	



与使用常规玉米-豆粕日粮的 150~160g 体重相比,使用以上饲料原料有可能在 7 日龄达到 190~200g 体重。这种早期生长速度的改善一直延续到后继的大部分生长期(表 5.16)。

表 5.16 使用高消化率育雏前期料至 4 日龄对公肉鸡生长的影响

	日 龄 (g)				
	4d	7d	21d	33d	42d
育雏前期料 (0~4d)	117	190	820	1 900	2 670
常规料	87	150	700	1 700	2 450
差异	34%	21%	17%	12%	9%

Swidersky 2002, 未发表资料。

本试验中,在饲喂消化率高的育雏前期料 4d 后,肉用仔公鸡比标准的重 34%。由于配方中所用的原料,该育雏前期料比常规的玉米-豆粕日粮贵 1 倍。由表 5.16 所示,使用育雏前期料的优越性随年龄而降低,但在 42 日龄时体重仍然显著地高于对照组。有趣的是,消化率高的育雏前期料不影响整个试验期的体重均匀度。在这个以及其他的试验中未见使用被称为“超小颗粒料”对比优质破碎料的优越性。

### 5.2.3 低营养浓度日粮

提供低蛋白低能量日粮(表 5.2)的目的是希望降低饲料成本。但是,肉鸡显然会增加对这些饲料的采食量并且可能需要更长的时间才能达到上市体重。以上两个因素的后果是降低饲料利用率。令人惊讶的是使用低营养浓度日粮的肉鸡,生产性能好像相当不错,在某些情况下,这些配方可能被证实是最经济的。如果饲喂低能水平的饲料,肉鸡将采食更多的饲料(表 5.17)。

表 5.17 肉用仔鸡饲喂不同能量浓度的生产性能

日粮 (kcal/kg)	体 重 (g)		饲料进食量 (g/只)		
	25d	49d	0~25d	25~49d	0~49d
3 300	1 025	2 812	1 468	3 003	4 471
3 100	1 039	2 780	1 481	3 620	5 101
2 900	977	2 740	1 497	3 709	5 206
2 700	989	2 752	1 658	3 927	5 586

在本试验中仅有能量水平是变化的，为维持恒定的能量进食量，肉用仔鸡调节得相当好。日粮能量从 3 300~2 700kcal ME/kg 对体重无显著性的影响，这点说明鸡仍然为能量需要而采食。显然，这些生长速度的资料与除能量以外的所有营养素的进食量有关，例如：给鸡饲喂 2 700kcal ME/kg 时，蛋白质进食进量的提高是试图满足能量需要量。用这些相同的日粮，但对所有的鸡控制一恒定水平的饲料进食量（表 5.18），显示出能量进食量本身是影响生长速度的关键因素。

表 5.18 饲喂固定饲料量的肉用仔鸡生产性能

日粮代谢能 (kcal/kg)	体 重 (g)		饲料进食量 = 体增量
	25d	49d	0~49d
3 300	825 <sup>d</sup>	2 558 <sup>ab</sup>	1.84 <sup>c</sup>
3 100	818 <sup>a</sup>	2 599 <sup>a</sup>	1.82 <sup>c</sup>
2 900	790 <sup>b</sup>	2 439 <sup>b</sup>	1.94 <sup>b</sup>
2 700	764 <sup>b</sup>	2 303 <sup>c</sup>	2.05 <sup>a</sup>

因此，在采用低能日粮时，我们可以预料生长速度稍有下降，因为难以达到“正常”的能量进食量。这个事实就成了旨在降低早期生长速度的饲喂方案的基础。但是，活重往往不是肉鸡生产者考虑的最终指标，因为胴体重和胴体成分往往是重要的。从加工生产者或联营生产者的观点出发，他们对这些廉价配方不感兴趣，因为胴体重和产肉量往往会下降，而且这与提高脂肪沉积有关，尤其在腹部。因此，低蛋白配方对于那些考虑饲料成本/千克可食胴体或饲料成本/千克可食肉的生产者的吸引力并不大。对胴体成分的考虑导致最高瘦肉率配方的发展。

饲喂肉用仔鸡的另一个概念是使用真正的低营养浓度日粮，即所有营养素的浓度都降低（在实践中最常见的是仅仅改变能量和蛋白质/氨基酸的方案），实例见表 5.2 所示。采用这种饲喂方案预料会有较慢的生长速度和较差的饲料转换率，但不应有与之相关的脂肪沉积。根据当地的经济条件以及玉米与油脂的价格，这种饲喂方案可能是很经济的。

肉用仔鸡的日龄越大，适应很低营养浓度日粮的能力也越强。在育肥期给肉用仔鸡饲喂营养浓度很低的日粮，它们能很好地适应，而且对生长速度影响不大（表 5.19）。在 42~49 日龄阶段，肉用仔鸡几乎完全适应了低营养浓度的日粮，依靠调节饲料进食量维持生长速度。例如在仅有对照组营养水平 50% 的最低浓度下，肉用仔鸡的饲料进食量刚好能增加一倍。而胴体和胸肉重的降低很可能是在 35~42 日龄阶段对饲料进食量调节时进食量降低的反映。50% 稀释日粮是不经济的，可是表 5.9 的数据表明肉鸡采食不是为了

物理上的容积，如果给以足够时间，它的采食量至少能加倍。在 42~49 日龄阶段饲喂最低营养浓度配方的肉用仔鸡每日采食饲料超过 300g。

表 5.19 肉用仔公鸡对低营养浓度育肥日粮的反应 (35~49 日龄)

日粮浓度		体重 (g)		饲料进食量 (g)	胸体重 (g)	胸肉重 (g)
ME (kcal/kg)	蛋白质 (%)	42d	49d	35~49d	49d	49d
3 210	18.0	2 420	2 948	2 583	2 184	418
2 890	16.2	2 367	2 921	2 763	2 107	404
2 570	14.4	2 320	2 879	2 904	2 063	400
2 250	12.6	2 263	2 913	3 272	2 088	402
1 925	10.8	2 170	2 913	3 673	2 073	390
1 605	9.0	2 218	2 892	4 295	2 038	378

#### 5.2.4 生长限制

通常给肉用仔鸡自由采食高营养浓度的日粮，或最多在短短的黑夜加以限饲。一般认为生长速度越快，饲料利用率就越好，因为维持的营养需要降低了。

图 5.2 和图 5.3 所示为过去 30 年来肉用仔鸡遗传潜力的增长。显然主要的重点在早

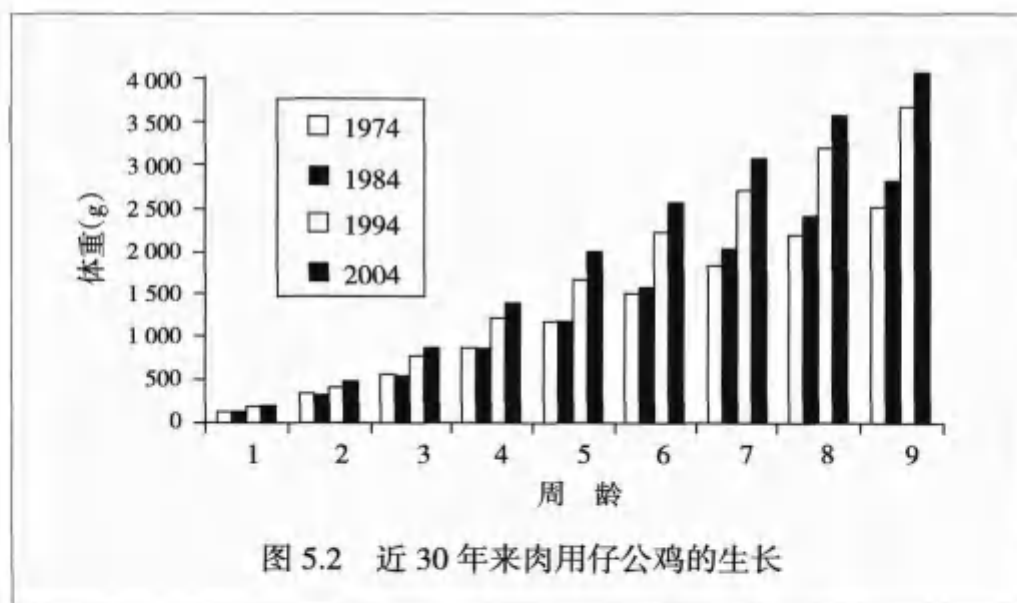


图 5.2 近 30 年来肉用仔公鸡的生长

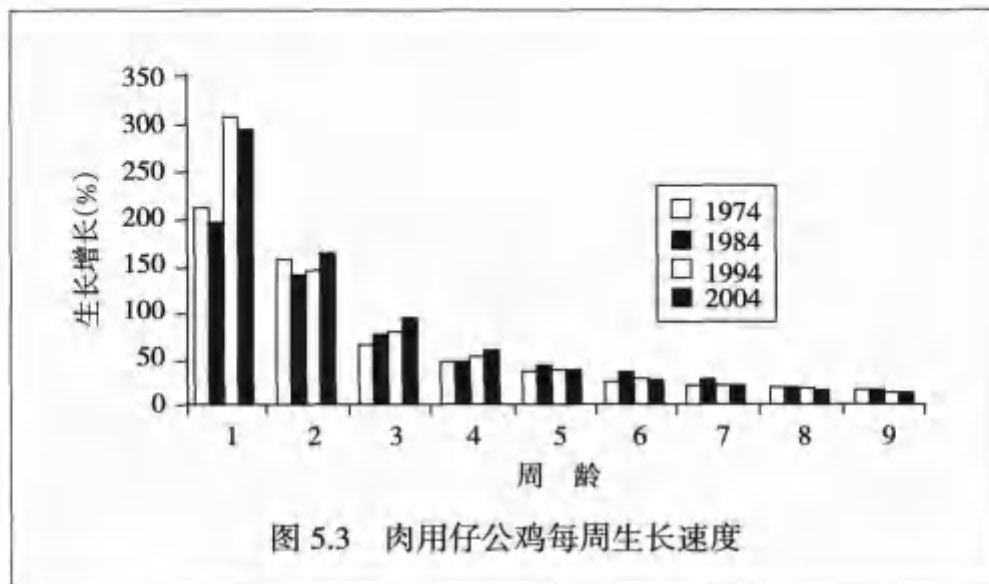


图 5.3 肉用仔公鸡每周生长速度

期生长速度上，因为当代肉用仔鸡 7 日龄的体重至少比出雏重高 300%，而在 20 年前，该数值接近于 200%。

但是，快速的早期生长速度可能导致管理上的问题，诸如增加代谢病的发病率。而且，如果早期生长速度可以调控而又不失去 42~56 日龄时的体重，那么由于维持需要的降低应有饲料转换率提高的潜力。这个概念常被称为补偿生长。

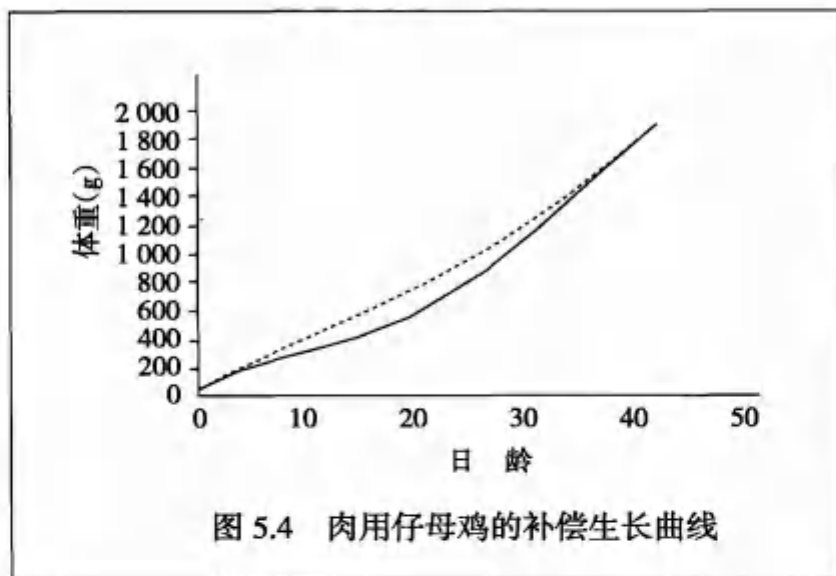
表 5.20 用于生长对比维持的能量比例

周龄	能量分配 (%)	
	维持	生长
1	20	80
2	30	70
3	40	60
4	50	50
5	60	40
6	70	30
7	75	25
8	80	20

如欲降低生长速度，则可根据需要量优化饲料的利用，这样营养素的限饲必须在生长早期进行（表 5.20）。随着鸡的长大，较大比例的营养素用于维持，较少部分用于生长；因此，如在前 7d 降低营养素进食量对饲料利用率不会有影响，因为用于维持的饲料量很少（表 5.20）。在 8 周龄时，实施一个限饲计划的成本将会更高；因为采用 20% 的限饲很可能使生长停止，这是因为 80% 的营养必须用于维持。因此从能量效益观点看，早期限饲计划是有意义的，而且也是旨在降低代谢紊乱发生率的最有利的饲喂计划。

如果在前几周肉用仔鸡生长较慢而且

也达到了正常的符合年龄的上市体重，那么，生长曲线上的差异应与维持能量需要量的降低呈比例。图 5.4 所示为对 4~10 日龄的肉用仔母鸡进行限饲后所得的生长补偿实例。



如果因生命早期的营养不足而不能达到正常上市年龄的体重，那么提高饲料转换率的益处就不能实现。这种现象经常在营养不足的时间太长或程度太严重的情况下发生。某一阶段的营养不足可通过物质上的限饲、日粮稀释或限制进食时间而实现，正如一些光照制度中所提到的（见表 5.5）。

在一些早期研究中，我们给肉鸡饲喂 4d 常规育雏料，然后从 6~11 日龄用高达 55% 的稻壳对同样的育雏料进行稀释。之后又重新恢复常规配方，接着饲喂常规育成与育肥日粮。表 5.21 所示为肉鸡对 6~11 日龄营养素进食量急剧减少时的非凡补偿能力。

表 5.21 从 6~11 日龄用稻壳稀释日粮对肉用仔公鸡补偿生长的影响

处 理	体 重 (g)				饲 料 : 增 重		ME/kg 增重
	21d	35d	42d	49d	21~35d	0~49d	0~49d
对照组	733	1 790	2 390	2 890	1.84	2.01	6.21
6~11 日龄 50% 稀释	677	1 790	2 380	2 950	1.70	1.93	5.90

引自 Adapted from Zubair 与 Leeson (1994)。

给肉用仔鸡饲喂限量饲料直至上市日龄可见到生长速度预期下降（表 5.22）。

表 5.22 从 1~42 日龄进行 5%~15% 的限制对肉用仔鸡生长的影响

分装体系	体重	饲料：增重	死亡率	胴体重 (g)
自由采食	2 401 <sup>a</sup>	1.68	5.6 <sup>b</sup>	1 849 <sup>a</sup>
5%限饲	2 201 <sup>b</sup>	1.76	4.5 <sup>ab</sup>	1 716 <sup>b</sup>
10%限饲	2 063 <sup>bc</sup>	1.75	3.2 <sup>ab</sup>	1 625 <sup>bc</sup>
15%限饲	1 997 <sup>c</sup>	1.78	1.1 <sup>a</sup>	1 518 <sup>c</sup>

引自 Adapted from Urdaneta 与 Leeson (2002)。

在连续进行限饲时，饲料转换率受到影响，因此没有潜力进行补偿生长。所以，只有在生长早期实行限饲，才会有补偿生长的潜力（表 5.23）。

表 5.23 不同时间的 90% 自由采食对肉用仔公鸡生长和死亡率的影响

	体重 (g)		饲料：增重 (0~49d)	死亡率 (%)		
	35d	49d		总计	猝死症	腹水症
自由采食 <sup>a</sup>	1 744	2 967	1.75	11.7	8.3	1.7
5~10d <sup>b</sup>	1 696	2 931	1.71	8.3	4.9	1.7
5~15d	1 725	2 934	1.69	8.3	3.3	1.7
5~20d	1 727	2 959	1.70	8.3	4.9	1.7
5~25d	1 734	2 947	1.69	8.3	4.9	1.7
5~30d	1 676	2 875	1.69	5.1	1.6	0

自由采食量的 90%。

在 5 至 25 日龄 10% 的饲料限饲下对生长速度的影响很小，但饲料转换率得到提高。这个饲料利用率的改善是由于降低了死亡率以及初始生长减缓而降低了维持需要之故。当限饲进展到生长中期（14~28 日龄）时，对死亡率的影响很小，补偿生长也难以达到。

早期限饲或营养不足对胴体成分影响的结果是很不同的。Plavnik 及其同事们早期的研究提出从 4~11 日龄饲喂维持能量需要量可显著地降低胴体脂肪，尤其是腹脂垫的产量。减少脂

肪的理论是限制了脂肪细胞的早期生长。我们实验室一直未能一贯地重复这些结果。但是，在多数研究中，即使体重代偿达到了，也常有胴体产量、尤其是胸肉产量令人难解地降低。

早期营养不足的一致性效果是降低代谢紊乱的发病率，尤其是猝死症。虽然这个问题不像5~10年前那么严重，但是代谢病仍然是死亡率和废品率的主要原因，所以任何死亡率的降低在经济上都是重要的。看来，早期营养不足可能是经济的，只要最后符合年龄的体重不受影响。

日粮稀释或限饲的一个实际问题是决定抗球虫药和其他饲料添加剂的水平。由于日粮稀释，鸡将采食更多的饲料。例如，饲料采食量因日粮50%的稀释而加倍，那么抗球虫药的水平是否应减50%？另一方面，由于50%地限饲，是否需要提高这些添加剂的浓度？在这方面应加以认真考虑，其结果可能因各种化合物在临界水平下的潜在毒性而变化很大。

表 5.24 旨在降低代谢紊乱发生率的缓和与严厉的限饲计划

年龄 (d)	标准计划 (g/只)		严格限饲 (g/只)		缓和限饲 (g/只)	
	每日	累计	每日	累计	每日	累计
8	34	184	31	171	32	174
10	49	274	44	252	46	258
12	58	387	49	351	55	365
14	72	524	61	467	66	491
16	81	680	69	600	75	636
18	91	857	77	750	85	801
20	100	1 053	85	917	96	988
22	109	1 266	98	1 108	105	1 193
24	118	1 497	106	1 316	115	1 416
26	124	1 743	112	1 538	122	1 658
28	132	2 003	123	1 776	130	1 913
30	139	2 277	129	2 030	139	2 187
32	147	2 566	137	2 299	147	2 476
34	154	2 871	146	2 586	154	2 781
36	159	3 188	151	2 887	159	3 098
38	163	3 512	155	3 195	163	3 422
40	167	3 844	159	3 510	167	3 754
42	171	4 184	162	3 833	171	4 094
44	173	4 529	164	4 161	173	4 439
46	176	4 880	167	4 494	176	4 790
48	180	5 237	176	4 844	180	5 147

在那些肉用仔鸡必须饲养在高海拔或暴露于环境温度 $<15^{\circ}\text{C}$ 的地方，由腹水症引起的死亡率是不可避免的。虽然育种公司对此症状进行了选育，但饲养在不利条件下的肉用仔公鸡高达10%的死亡率仍然很普遍。在这些情况下，整个育成期一直使用缓和的限饲往往是经济的，因为较低的死亡率可以抵消多出2~3d的生长期。表5.24所示为对肉用仔公鸡缓和和严厉的限饲计划。限饲可早至3~4日龄开始。表5.24所示为第一周预期的累计饲料进食量以及其后每两天的饲料进食量。累计数包括了未显示的奇数日的进食量。

### 5.2.5 重型肉用仔鸡/烤鸡

与肉用仔鸡的成年体重相比，它的上市年龄是相当小的。虽然最大的生长速度是在5~6周龄，肉用仔公鸡在49~56日龄的生长速度仍然呈直线状态。当代品系的肉仔公鸡直至11~12周龄仍然能保持每周450~500g的日增重。这些较大肉鸡的胸肉产量很高，所以很重的肉仔鸡或烤鸡有它们的专卖市场。饲养这些重型鸡的最大挑战是防止发生高死亡率。在最近的一个试验中给鸡提供自由采食至约8kg的成年体重，公鸡中发生的死亡率达70%。

也许在饲养重型肉用仔鸡时，最重要的是制定一专用的饲喂计划，它不仅仅是常规的0~49日龄肉用仔鸡饲养计划的“继续”。表5.3中为饲养至60~70日龄重型肉用仔鸡提供了日粮实例。看来，在任何生长阶段都不需要高营养浓度的配方，甚至使用单一阶段的低营养浓度日粮便可得到适当的结果（表5.25）。

表 5.25 肉用仔公鸡饲喂不同营养浓度日粮至 70 日龄的生长

日粮蛋白质：代谢能 ME (% : kcal/kg)			体重 (g)	饲料 转化率	死亡率 (%)	蛋白质 效益	能量 效率	相对饲料 成本
0~21d	21~49d	49~70d	70d	0~70d	0~70d	kg/kg 增重	Mcal/kg 增重	(每 kg 增重)
20 : 3 100	18 : 3 200	16 : 3 200	4 193 <sup>a</sup>	2.26 <sup>b</sup>	19.2	0.39 <sup>c</sup>	7.1 <sup>d</sup>	100
20 : 3 100	18 : 2 900	16 : 2 800	4 088 <sup>ab</sup>	2.55 <sup>a</sup>	16.7	0.44 <sup>b</sup>	7.3 <sup>d</sup>	101
20 : 3 100	18 : 2 900	18 : 2 900	4 077 <sup>ab</sup>	2.48 <sup>a</sup>	16.7	0.45 <sup>ab</sup>	7.2 <sup>ab</sup>	97
20 : 3 100	20 : 3 100	20 : 3 100	4 046 <sup>ab</sup>	2.40 <sup>ab</sup>	12.5	0.48 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	105
18 : 2 900	18 : 2 900	18 : 2 900	4 260 <sup>a</sup>	2.45 <sup>ab</sup>	13.3	0.39 <sup>c</sup>	6.9 <sup>b</sup>	85
16 : 2 800	16 : 2 800	16 : 2 800	3 753 <sup>b</sup>	2.45 <sup>ab</sup>	10.8	0.39 <sup>c</sup>	6.9 <sup>b</sup>	85

引自 Leeson 等 (2000)。

在诸多的配方中，只有16%粗蛋白和2800kcal ME/kg这一个日粮在饲喂0~70日龄



后降低了生长速度；在本试验中 18%粗蛋白和 2 800kcal ME/kg 这个配方是最经济的。除 16%蛋白的日粮外，其他所有配方的胴体产量和胸肉产量都无差异正如表 5.25 所示，死亡率随营养浓度下降而下降，即使是 16%粗蛋白和 2 800kcal ME/kg 的日粮，至 70 日龄的死亡率也大于 10%。所以，不管日粮浓度，如果不依靠使用粉料日粮我们已无能死亡率降至 10%以下。看来，不管营养浓度如何，肉用仔鸡对颗粒料的进食量总是会增加，这点无疑地会导致高死亡率。为降低死亡率必须控制它那贪婪的食欲，通过饲喂粉料、而不是颗粒料可以很容易地做到这点（表 5.26）。

表 5.26 给肉用仔鸡饲喂粉料对比颗粒料至 70 日龄的生产性能

	70 日龄体重 (g)	饲料报酬 <sup>3</sup>	死亡率 (%)
高营养浓度 <sup>1</sup>			
粉料	3 850	2.31	4.2
颗粒料	4 166	2.44	20.0
低营养浓度 <sup>2</sup>			
粉料	3 571	2.45	5.8
颗粒料	4 111	2.5	12.5

<sup>1</sup> 育雏 (0~21d) 20%粗蛋白: 3 100kcal/kg 代谢能;  
育雏 (21~49d) 18%粗蛋白: 3 100kcal/kg 代谢能;  
育雏 (49~70d) 16%粗蛋白: 3 200kcal/kg 代谢能。

<sup>2</sup> 18%粗蛋白: 2 900kcal/kg 代谢能 (0~70d)。

<sup>3</sup> 经调整死亡率。

与颗粒料相比饲喂高营养浓度的粉料降低至 70 日龄的生长速度约 300g，后者仅代表 2~3d 的生长延缓，同时死亡率从 20%降至 4%，所以粉料的饲料转换率实际上优于颗粒料。但低营养浓度日粮的生长速度受使用粉料的影响较大，70 日龄公鸡比按计划的落后了 5~6d，虽然在机械化的喂料器中使用粉料日粮有逻辑上的问题，而且对微生物的控制也比较困难；但是适应饲料质地似乎对饲养体重很大的肉用仔公鸡具有很大的潜力。

### 5.2.6 撒料

当前对撒料的主要关注点是屠宰加工时的微生物污染。不论什么时间撒料，消化道中总会存留一些消化物，这就可能在运输过程以及加工时在烫鸡的水中污染鸡只；而且如果去内脏时肠子破裂，就会有潜在的污染。

根据鸡排空上消化道的时间，抓鸡前 6~8h 似乎是最佳的撒料时间，这样可减少污染

机会并便于肌胃的加工。在撤料期间鸡将失去体重，平均为 10g/h，依年龄和体重而异。该项损失中的大部分是鸡排放的排泄物。去内脏胴体的损失接近 2g/h，胸肉和腿肉/大腿肉的损失量也相同。撤料对血液或肝脏葡萄糖或糖原水平似乎没有较大的影响，这点可以解释为什么肉鸡在尸体解剖后的变化，诸如灰白松软渗出性肉（PSE）的出现少于猪，有时候少于火鸡。

加工时，除关心肠道充满的内容物外，目前对消化道内病原菌的负荷很关心。盲肠有最高的细菌负荷量，而且从食品安全角度考虑有些是病原体。在最近的一个试验中，将肉用仔鸡放置在垫草上，或鸡笼中，24h 不喂食，令人感到意外的是泄殖腔内容物的 pH 或细菌的总数变化很小。实际上，产生乳酸菌的细菌数很少，这就造成了使病源体滋生的情况。

过长时间的撤料似乎会在上消化道增加病原体的负荷量，撤料 12h 以上常会在上消化道有较高数量的空肠弯曲杆菌（Campylobacter），而且再次与减少能产生乳酸菌的微生物有关。撤料时间过长时肉用仔鸡更可能采食垫草，这可能就是病原体的来源。由于出现问题往往与乳酸菌类数量的减少有关，所以在撤料期间也有给鸡在饮水中提供乳酸菌的做法。已证明水中加 0.5% 乳酸菌可降低沙门氏菌和空肠弯曲杆菌在上呼吸道的发病率，至少 80%。

如果在撤料前 2~3d 意外地发生断料 12h，以上情况就更为严重了。再次看到鸡开始吃垫草、饮过量的水，因此产生非常湿的粪。在 18h 不可能进食饲料之后，观察到公、母鸡都失去至 100g 的体重；加上在此阶段鸡有可能生长 70~80g，意味着这些鸡至少比标准体重落后 170g。再将饲料引入时会有些补偿，在重新饲喂的第一个 24h 鸡采食至 300g 饲料。根据停料到撤料之间的时间，鸡在整个消化道能产生过量的消化液。

肉用仔鸡后期营养的另一面是降低营养素的水平，尤其是微量元素、维生素和多种饲料添加剂的含量。与取消微量元素相比，肉用仔鸡似乎对全部取消维生素的反应最大（表 5.27）。

表 5.27 42~49 日龄肉用仔鸡的生长与饲料报酬对补充维生素和微量矿物元素的反应

维生素	矿物质	生长	
		体重 (g)	饲料·增重
+	+	564	2.41
+	-	562	2.40
-	+	537	2.58
-	-	481	2.85

引自 Maiarka 等 (2002)。

从饲料中全部取消维生素使饲料转换率与生长两个指标都受到影响；当微量元素也取消时，影响就更大了。在相同应激条件下将维生素和微量元素都取消也担心死亡率高的问题（表 5.28）。

表 5.28 从受热应激（24~35℃）肉用仔鸡撤走维生素和微量元素

维生素	矿物质	35~49d 增重 (g)	饲料:增重	死亡率 (%)
+	+	1 280 <sup>a</sup>	2.66 <sup>a</sup>	9.6
-	-	1 240 <sup>b</sup>	2.86 <sup>b</sup>	13.2

引自 Teeter (1994)。

在最后 5~10d 取消抗球虫药和促生长剂的有关报道是很不一致的，这种情况可能与每个鸡群的健康状况以及生物安全水平有关。由于许多离子型抗球虫药好像能影响坏死性肠炎的增生，所以，如果在一个不使用促生长剂的饲喂计划中，较长时间地取消离子型抗球虫药会使鸡的健康和生产性能受损。

## 5.3 生长与效益评估

### 5.3.1 肉鸡的生长

随着每年遗传潜力的提高，肉鸡生长速度的标准也很快更新。在过去 20 年间，42 日龄肉鸡体重年增长至少 25g；在某些阶段年增重达 30~50g。这种生长速度是由饲料进食量所引起的，随着生长速度的提高增重率也得到前所未有的提高。这并不意味着鸡对常用饲料原料中的蛋白质、氨基酸和能量的消化能力的提高，而效率的提高仅仅是降低维持需要的结果。当然生长率必有生物极限，看来管理方面关注的将是实行一个更低的上市年龄。例如，目前考虑肉用仔母鸡骨骼的“成熟”，规定了 1.75kg 的上市体重，而在 5~7 年之后上市年龄可能会提前至 30d 或更少。

影响饲料进食量的因素对生长速度的作用最大。鸡群在凉爽的环境下采食较多，而在较热的环境下采食较少，当然情况还受湿度、适应性以及鸡群密度的制约。一般来说，在 30℃ 以下，环境温度每降低 1℃，鸡的维持能量需要量增加 3%。如果维持能量占总能需要的 60%，那么温度每变化 1℃，进食量就会预期改变 2%。在商品生产条件下，鸡群密度将是影响生长与饲料进食量的主要变异因素之一（表 5.29）。

表 5.29 饲养密度对肉仔鸡生产性能的影响

饲养密度 (只/m <sup>2</sup> )	49 日龄体重 (g)	饲料进食量 (g)	kg/m <sup>2</sup>
10.5	2 337 <sup>b</sup>	4 973 <sup>b</sup>	23.4 <sup>a</sup>
13.5	2 261 <sup>a</sup>	4 803 <sup>a</sup>	28.9 <sup>b</sup>

引自 Puron et al. (1997)。

在鸡群密度较高的情况下，如由于竞争有限的饲喂面积而使鸡群进食较少。但是这种生长速度的略有降低是可以接受的，因为鸡舍的总产量增加了。

一般认为，从大蛋孵出的肉鸡比从小蛋孵出的长得快得多。随肉种鸡年龄的增长，产的蛋也较大，所以，肉鸡的生长往往是和种鸡的年龄相关的。在最近的试验中，我们孵化了 28 周龄、38 周龄、48 周龄和 58 周龄的种蛋，并将它们饲养在同一鸡舍的相同条件下。有趣的是：肉用仔母鸡的生长与种鸡的年龄有着最高度的相关（表 5.30）。

表 5.30 肉用仔鸡生长特征受种鸡年龄的影响

	种鸡年龄 (周)			
	28	38	48	58
公肉仔鸡				
49d 体重	3 186	3 249	3 221	3 273
0~49d 饲料转换率	1.88	1.80	1.86	1.96
49d 胴体重 (g)	2 498	2 562	2 610	—
去骨胸肉重 (g)	587	605	607	—
母肉仔鸡				
49d 体重	2 595	2 633	2 667	2 712
0~49d 饲料转换率	2.11	1.95	2.01	2.00
49d 胴体重 (g)	1 972	2 028	2 118	—
去骨胸肉重 (g)	462	468	492	—

由表 5.30 可见，在肉鸡的生长特征与种鸡的年龄之间一直有一明显的直线倾向，从这些资料我们可以预言，肉仔鸡的体重和胴体重都将受不同蛋重所影响，而后者为种鸡年龄增长的结果（表 5.31）。

表 5.31 种蛋每增加 1g 对肉用仔鸡体重和胴体重的影响

	活重	胴体重
公肉仔鸡 (49d)	+5g/g 蛋重	+11g/g 蛋重
母肉仔鸡 (49d)	+8g/g 蛋重	+14g/g 蛋重

一般大蛋的蛋黄也大, 而且也往往认为蛋黄大小是影响生长的因素, 正如表 5.30 和表 5.31 所示。但是, 从正在孵化的种蛋试验性地摘除蛋黄对出雏时雏鸡的大小没有多大影响; 但是, 摘除蛋白却影响雏鸡的大小。所以, 可能是大蛋的蛋白含量影响鸡的大小以及继后的肉鸡生长。但是, 令人混淆的结果是: 卵黄大小确实影响出雏残余卵黄的大小, 这点可能会影响被延迟安置雏鸡的生长。

虽然生长速度具有首位的经济重要性, 但对生长均匀度的关注也与日俱增。在使用机械化饲喂设备时, 小的鸡总是难以够及饲槽与水, 因为设备都是按鸡群的平均生长速度调至最适宜的高度。目前存在的均匀度差好像早至第一周龄就开始。即使在管理良好的鸡群也出现倾斜的体重分布, 以较小的鸡占优势 (图 5.5)。

当发生特定的健康问题, 如“过料”或“生长发育不良症”时, 鸡的体重严重地偏向于小的鸡 (图 5.6)。

如今, 大多数鸡群都出现不整齐的体重分布, 7 日龄的体重不均匀, 由 12%~15% 的小鸡所组成。这种不均匀的分布甚至出现在同一种鸡群种蛋的出雏中。早期失去均匀度影响鸡群继后的

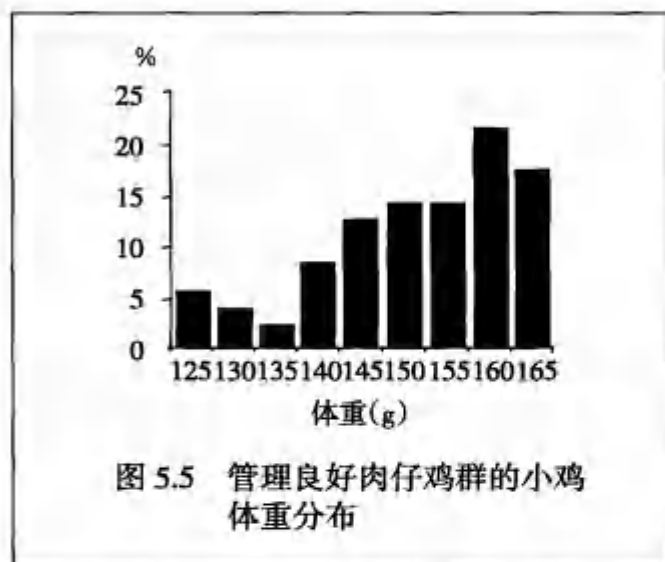


图 5.5 管理良好肉仔鸡群的小鸡体重分布

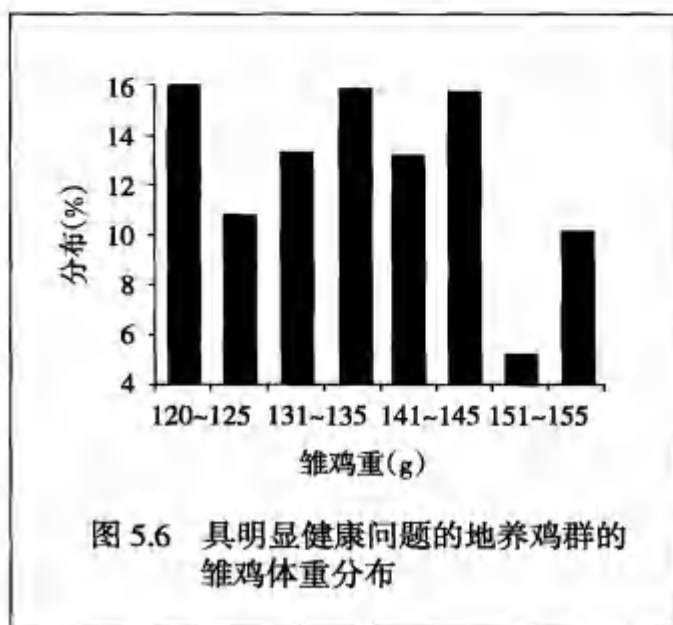


图 5.6 具有明显健康问题的地养鸡群的雏鸡体重分布

特征。

7日龄时每1g体重的变化使18日龄的体重改变3g,即:一雏鸡在7日龄时体重差30g,到18日龄时就会差90g;到49日龄时的相关为:7日龄时差1g,49日龄时差5g。

众所周知,雏鸡的大小受种蛋大小的影响,规定了一系列的蛋重,但特小的和很大的蛋不予以孵化,所以,目前的变异出现在入孵种蛋之间。如果种鸡群源于许多不同的日龄的种鸡群,那么如在图5.5和图5.6所见的情况会更差。但是,若将种蛋在入孵前分级也不能完全解决问题,因为有建议认为蛋黄和蛋白的产量与蛋的大小并不高度相关。

### 5.3.2 饲料利用率

饲料利用率的测定显然在经济上是重要的。传统的饲料利用率的测定是饲料进食量 $\div$ 体重,相反的测定,即体重 $\div$ 饲料食量,常在欧洲被采用。鸡采食饲料有两个基本目的,即为了生长和为了维持。年青的鸡将大部分饲料用于生长(80%),只有少部分用于维持(20%),所以利用率很好。随着时间的进展,饲料利用率下降,因为肉鸡有一个不断增加的体重需要维持。表5.32所示为与鸡年龄相关的传统饲料利用率的预期变化。

这些资料表明:在约1.75kg体重时,饲料转换率将为每天的生长增加0.01U,或为提高100g上市体重将增加饲料转换率0.013U。随着鸡体重的增加,饲料转换率单位的变化也在增加(表5.32)。

表 5.32 按体重或年龄调节饲料利用率

体重范围	每 100g 体重饲料 · 增重的变化	每日饲料 · 增重的变化
1.75kg	0.013	0.010
2.50kg	0.015	0.014
3.50kg	0.017	0.016

多年来我们已经见到传统的饲料转换率从20世纪60年代早期的2.2左右稳步下降至当前的1.75(在某些情况下)。这种不断提高的情况基于遗传潜力的提高,以及上市日龄缩短的事实,因为更多的饲料直接用于生长而减少了用于维持部分。

体重是饲料进食量的结果,所以在评估饲料利用率时饲料进食量往往是主要的变量。从历史上看,肉用仔鸡饲养至 $45 \pm 3d$ ,当时所用饲料的能量水平在整个工业界是统一的。在当时的条件下测定传统的饲料利用率是有用的,而且应该直接与生产的经济相联系。如今,肉鸡工业在年龄和上市体重范围都很广泛的条件下养鸡,而且日粮营养浓度的变异也

很大。事实是：传统的 1.9 的饲料转换率是某一鸡群必须在性别、上市年龄和营养浓度都合格的情况下才能达到。因此，最低数字的饲料利用率可能不一定是经济的（表 5.33）。

表 5.33 用不同营养浓度的日粮饲喂肉用仔鸡的生产性能与经济考虑

平均日粮能量 <sup>1</sup>	相对饲料成本	45 日龄公鸡体重	饲料：增重	相对饲料成本
3 000	100	2.7	2.10	100
3 100	105	2.7	2.00	99
3 200	114	2.7	1.90	102
3 300	123	2.7	1.80	105

<sup>1</sup> 所有其他营养素都与能量有关。

随着营养浓度的提高，饲料报酬预期会降低，但体重不受影响。由于高营养浓度的日粮成本较高，所以每只鸡的饲料成本只有当它采食较少饲料时才会下降。在本例中最经济的情况出现在能量水平为 3 100kcal/kg 时，虽然没有优化剂经典的饲料利用率。如今被称为“肉鸡生长模式”的软件，在给出饲料价格、肉鸡价格及预期生产性能等参数后应能确定最能赢利的配方；日粮最终将按传统方法进行最低成本的计算，但在此前的选择往往被称为“最大利润配方”。饲料利用的更有效标准是能量利用效率，当效率以能量为基础时，日粮能量水平就不相关了，所以这个主要的参数也就解决了。表 5.34 所示为肉用仔公鸡和仔母鸡的预期能量效率。

表 5.34 肉用仔鸡的能量效率

上市日龄 (d)	能量进食量 Mcal/kg 增重	
	公	母
35	—	5.35
42	5.39	5.83
49	5.84	6.28
56	6.30	6.80
63	6.63	—

效率的评估可进一步深化，除个体鸡的生产水平外可考虑诸如饲料成本、胴体产量以及鸡群密度等。将来，在评估生产指标时我们可能不得不考虑粪便的管理（表 5.35）。

表 5.35 肉用仔鸡生产中对饲料利用效率评估的进一步考虑

指 标	度量方法	注 解
能量效率	能量进食量：增重	能量是最贵的营养素，所以该数值是重要的。在一定程度上能值独立于饲料进食量
饲料成本	饲料成本：增重	考虑以下事实，即最贵的日粮不一定是利润最高的
胴体产量	能量进食量：胴体重 能量进食量：胸肉 饲料成本：胴体重 饲料成本：胸肉	考虑以下事实，即相同体重的鸡不一定能产出等量的可食胴体
鸡的放置	饲料成本/kg 肉鸡/ft <sup>2</sup> 饲养面积/年 经济回报/ft <sup>2</sup> 饲养面积/年	最有效地使用鸡舍，例如：较高营养浓度提高鸡的生长速度，因此每年可饲养较多批次的鸡
环境	氮排出量/只 磷排出量/只	进一步考虑环境的管理

## 5.4 营养与环境温度

### 5.4.1 鸡的反应

大多数肉鸡场在一年中至少有部分时间会遭受热应激的影响。热应激这个术语用以描述在炎热气候下影响肉鸡的环境。由于在高温时鸡必须使用蒸发冷却（喘气）散热，所以空气的湿度也是关键的。因此，高温和高湿相结合要比高温低湿时应激大得多。另一些环境因素，如空气流速和空气流动也很重要。也已清楚，对热应激的适应可显著地影响肉鸡的生长。例如，肉用仔鸡可以忍受恒温的 38℃（100°F）并有相当好的生产性



能。可是，另一方面，如果存在白天/黑夜的温度变化时，大多数肉用仔鸡在 38℃ (100°F) 下会受到应激。下文中假设气温是波动的，因为这是普遍的、也是对鸡更应激的情况。

一只上市体重的肉用仔鸡约产生能量 5~10kcal/h。这部分由体内正常代谢所产生的热必须通过对流、传导和/或蒸发散失至环境中。肉鸡将它从体内产生的热传导给任何它所接触的、低于鸡体温 (41℃) 的物体 (例如垫草等)。肉鸡也将通过空气流通将热传送到离开鸡体，再次假设空气的温度低于鸡体的。产热和失热的平衡是使鸡的体温维持在约 41℃。

有意思的是：在中立温度区的条件下体温对生产性能的影响很小；但当体温大大高出 41.5℃ 时，在体温升高和生产性能下降之间出现很好的相关。当气温高出 42℃ 很多时，死亡率就不可避免。

为了散发更多的热量，必须加强蒸发冷却。在非热应激的条件下肉鸡的水平衡和蒸发水的损失是随时间而变化的。在生命的第一周，约有 35% 总饮水量通过蒸发损失而排出，到 7 周龄前该数量增加至 70%。蒸发水的损失随年龄而提高，这是为什么老龄鸡在热应激时对平衡热负荷会有更多问题的原因之一，因为蒸发系统极大地依赖于正常的条件。鸡没有汗腺，所以在高温时蒸发冷却是极大提高散热的唯一有效途径。在热应激条件下，随着鸡的喘气水气从每次呼吸而损失。一些热能是在提高呼出水气的温度时损失的，从环境温度 (饮水温度) 到体温。但是，这份热能损失与蒸发水分所需热能损失没有显著性相关。呼吸时每克水分的蒸发需要 0.5kcal 能量。一上市体重的肉鸡每天产热能 200kcal，需要通过蒸发失去 400g 水。当然，这是一个极端的例子，因为其他的散热机制也在起作用，而且鸡还从尿中失去一些水分。以上计算确实强调在极度热应激下需要增加饮水量。可惜，有时情况会比较糟糕因为冷却机制，如喘气会产生大量体热；已有计算，喘气给鸡又增加 20%~25% 的热负荷。

体内主要的热负荷来自食物的消化与代谢，所以避免热应激的最简单方法就是撤走饲料。在应激不太大的情况下，我们希望使鸡的生长速度接近于遗传潜力，就是说饲喂接近于正常的进食量。但是，在代谢过程中，不同的营养素产生的热量不同。例如，脂肪的代谢最有效，而蛋白质代谢的效率最差。遗憾的是，所有营养素的代谢率都离 100% 差得很远，即使是日粮脂肪，在正常代谢过程中也会损失一部分热能。

就是说可以利用日粮配方降低热负荷量。不过，主要的热负荷是进食饲料本身 (表 5.36)。

在 24℃ 时，肉用仔鸡的产热接近于散热，此时接近于完美的平衡。在 35℃ 时，肉用仔鸡处于严重的能量正平衡，此时的散热不能满足饲料代谢所产生的热负荷。在这种情况下，肉用仔鸡必须尽快地校正平衡，而降低热负荷最容易的途径便是自觉地降低饲料进食量。这种饲料进食量的变化很快发生，肯定在数小时内，因为鸡必须将热平衡维持在接近零。表 5.37 所示为饲料在不同环境温度下公肉仔鸡的预期饲料进食量。

表 5.36 2kg 体重肉仔鸡的能量平衡 (kcal/只)

	饲料采食量 (g/d)			
	0	50	100	150
环境温度 24℃				
产热	192	204	212	236
显热损失	160	168	180	192
蒸发热损失	44	40	44	48
平衡	-12	-4	-12	-4
环境温度 35℃				
产热	196	220	240	248
显热损失	88	112	96	132
蒸发热损失	72	88	92	96
平衡	36	20	52	20

引自 Wiernusz 和 Teeter, (1993)。

表 5.37 15~30℃ 时肉用仔公鸡的饲料进食量

日龄 (d)	一只肉用仔公鸡饲料进食量 (g/d)			
	15℃	20℃	25℃	30℃
14	78	72	65	59
21	120	110	100	90
28	168	154	140	126
35	204	187	170	153
42	240	220	200	180
49	264	242	220	194

肉用仔鸡会适应暖和的条件，而且在恒定的、高至 36℃ 的温度下表现出相当好的生产性能。但是，如果将平时饲养在 25℃ 下的肉用仔鸡突然改变温度至 36℃，可能会致命，也肯定会影响生长速度。有研究认为，有意地使年幼肉仔鸡经受高温可使它们在长大后更好地抵挡继后的热应激条件。这种驯化过的鸡在以后（至 4~6 周龄）暴露于高温时，表现为体内温度升高较少。在热应激条件下，热驯化过的鸡似乎饮水和采食都较多。由于经热适应的鸡准备采食较多的饲料，就导致较大的热负荷，因而可能抵消早期适应的效果。

看来,为使早期环境适应达到效果必须与一定程度的限饲相结合。好像经过热适应的鸡,“提高”采食量的不同效果决定了生命早期热应激研究或田间试验结果的变异。

May 等(1998)有说服力地表明体重在 500~2 500g 之间的肉用仔公鸡的生长对环境温度的反应(图 5.7)。

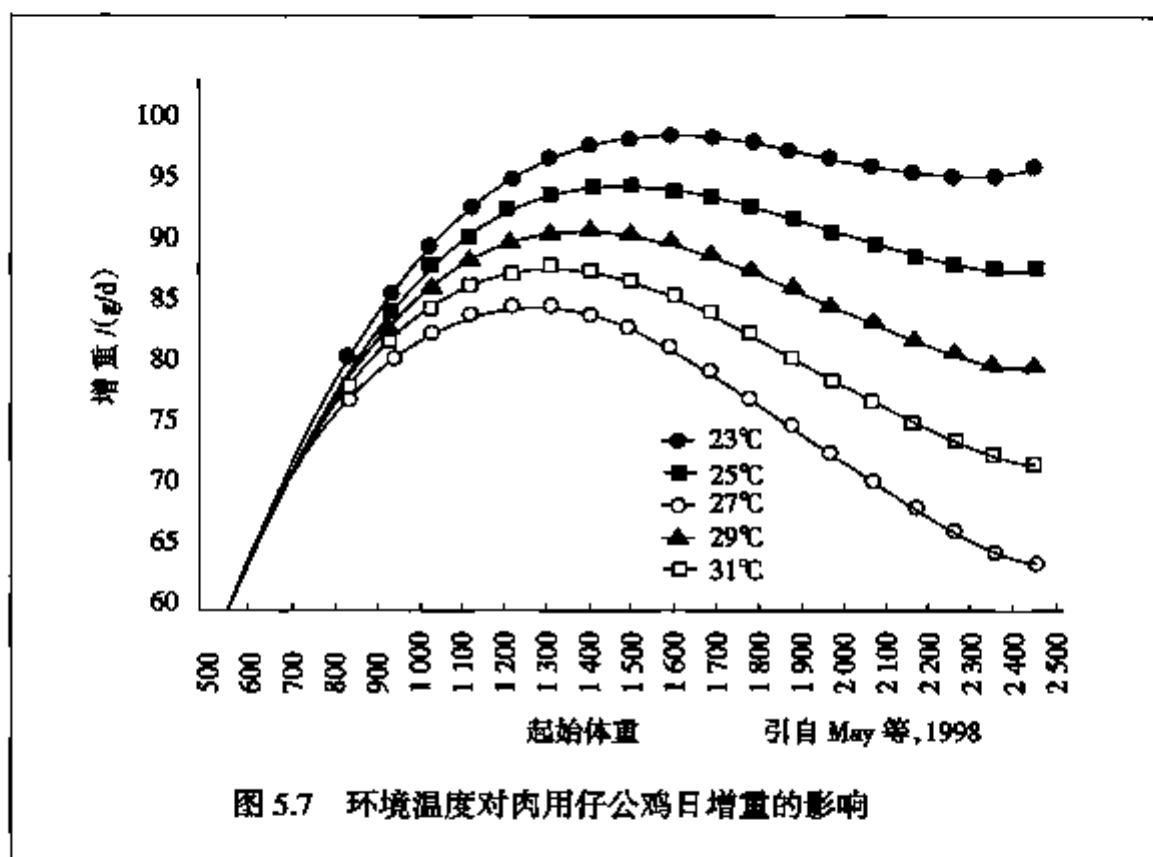


图 5.7 环境温度对肉用仔公鸡日增重的影响

#### 5.4.2 潜在的营养干预

用营养干预来限制热应激的影响,其中包括改变营养素的水平、原料成分与饲喂时间的变化以及在极端情况下将饲料撤走。

在营养素和原料方面,粗蛋白质水平应降至最低,而油脂的添加应提高到实用的最高水平。一般来说,限制粗蛋白是不经济的,它会全面提高日粮成本 5%~8%。通常,依次降低 2%~3% (例 22%~20%粗蛋白) 粗蛋白水平是经济的。蛋白质的主要问题是与转氨基(重新组合)和脱氨(分解)有关的热增耗以及从尿中排出尿酸。因此,一个日粮

中的氨基酸平衡如同总的粗蛋白水平同样重要。如果在一个日粮中蛋白质水平超量4%（由于使用质量较差的原料，而同时又试图达到必需氨基酸的水平），那么鸡的产热量会增加8%~10%。所以，在这些日粮中蛋白质质量是关键。

由于能量进食量往往是生长的限制因子，所以，在热应激时，有兴趣使用添加高水平脂肪的高能日粮。遗憾的是，肉鸡仍以满足能量需要量而采食，所以，简单地提高某一日粮的浓度并不能确保能量进食量的大幅度增加。但是，在使用较高能量的日粮时，肉用仔鸡趋向于进食更多的能量。所以，考虑这种配方上的改变可能是有用的。虽然这种改变不一定能纠正生长上的抑制。

在高温时，肉用仔鸡的酸碱平衡（电解质）因喘气所致二氧化碳的损失而改变。在这方面已进行了大量的研究工作以了解热应激时维持正常正负离子平衡的潜在作用。但是，一般认为此时酸碱平衡本身不是在热应激条件下影响肉用仔鸡生长速度和成活率的主要因素。这并不是说在饲料或水中添加电解质无效，而是它们的作用方式可能不是改变或维持酸碱平衡。

虽然在饲料或水中添加电解质好像只是简单地增加鸡的饮水量，但后者却助长了蒸发冷却。在已经进行的各种各样的肉鸡试验中，给鸡在水中添加矿物质补充，产生了一系列的正负离子平衡。例如： $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  和  $\text{NaHCO}_3$  都是很有效的，可用作抵御热应激的水中添加剂，然而，它们的离子平衡是很不相同的。这些添加剂的有效作用似乎与它们对饮水量的影响更密切地相关。

添加矿物盐，如 KCl 可提高鸡的饮水量和蒸发散热。在热应激时一种常用的处理和/或预防措施是在鸡的饮水中添加 0.5% 的 NaCl。对于日采食 100g 含 0.2% Na（0.5% 食盐）饲料的肉用仔鸡，意味着它每日从饲料食入 30% Na，而从处理过的水中摄入 70% Na。因此，水的补充水平应代表鸡的 Na（或 K）进食量的明显增加。看来调节和刺激饮水量是在炎热环境下维持较老龄肉仔鸡生长速度的主要因素。在这方面，饮水设备的使用也是一个因素（表 5.38）。

表 5.38 使用开放式水槽或乳头饮水器

饮 水	25℃		30℃	
	28d	49d	28d	49d
开放式水槽	1 424 <sup>a</sup>	3 275 <sup>a</sup>	1 349 <sup>b</sup>	2 632 <sup>d</sup>
低位乳头	1 411 <sup>b</sup>	3 199 <sup>b</sup>	1 336 <sup>a</sup>	2 395 <sup>e</sup>
居中乳头	1 400 <sup>b</sup>	3 164 <sup>b</sup>	1 333 <sup>a</sup>	2 300 <sup>f</sup>
高位乳头	1 385 <sup>c</sup>	2 995 <sup>b</sup>	1 303 <sup>f</sup>	2 104 <sup>a</sup>

引自 Lott 等 (2001)。

使用敞开式水槽饮水器的鸡始终是最重的，而乳头的高度也影响生长。在 30℃ 时使用敞开式水槽饮水器对比乳头饮水器的生长速度差异加大。使用敞开式水槽饮水器效果较好的原因尚不完全清楚。好像鸡会饮更多的水，而且可以将肉髯沉浸于水槽中因而有助于蒸发冷却。但是，人们往往喜欢使用乳头饮水器，因为便于垫草的管理。乳头的高度对于最佳饮水量是关键，大致 1 日龄时乳头的高度应为 10cm，然后每周增加 5cm。

当肉用仔鸡的死亡率是主要问题时，最好的方法便是撤走饲料，以减少由采食饲料对鸡的热负荷。由热应激产生的死亡高峰一般在后半下午，它不一定与每天最热的时间相吻。但是后半下午的时间段确实与在前半上午采食大量饲料的鸡的消化与代谢产热的高峰相一致。因此，经常建议在预期来到的环境温度高峰之前撤走饲料，使鸡的热负荷量最低。

一种常用的管理方案是在上午 10 时撤走饲料，下午 5 时重新饲喂。这个制度需要一些补充的光照，便于鸡在一天较凉快的时间采食。表 5.39 为热应激鸡饲料配方与饲喂管理的总结。

表 5.39 降低热应激影响的策略

策 略	方 法
饲料配方	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 降低粗蛋白水平 2%~3%</li> <li>2. 维持蛋氨酸+胱氨酸、赖氨酸和苏氨酸的水平</li> <li>3. 用 2% 脂肪直接取代主要谷物饲料以提高日粮能量</li> <li>4. 加入 250mg 维生素 C/kg 日粮</li> <li>5. 只用消化率高的原料</li> <li>6. 选择适宜的抗球虫药</li> </ol>
饲料管理	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 上午 10 点至下午 5 点撤走饲料</li> <li>2. 确保足够的饮水位置和饮水器</li> <li>3. 按鸡的年龄调节乳头饮水机的高度</li> <li>4. 饮水中加入 0.5% 食盐</li> <li>5. 尽量保持饮水的凉爽</li> </ol>
鸡的管理	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加强鸡背水平的空气流通</li> <li>2. 保持良好垫草质量</li> <li>3. 采用低饲养密度</li> <li>4. 在热应激高峰的烦恼时刻勿打搅鸡群</li> </ol>

## 5.5 营养和光照程序

目前在肉鸡饲养中光照制度已被常规地使用，可是在一些欧洲国家却强制规定给鸡一段黑暗时间。每天延长的一段黑暗时间似乎可以降低猝死症（SDS）和腿病的发病率，而且还有助于在冬季控制重型肉鸡的腹水症。这些光照制度的优越性是鸡有一段休息或调节生长速度的时间，看来二者都能提高成活率。光可能还有些微妙的作用影响到鸡的代谢。除了对成年鸡性激素的产量有影响外，光也影响位于大脑基部的松果腺，它负责生产一种激素，称为褪黑激素。褪黑激素在长时间的黑夜中产生；在野生动物中该激素负责在秋季抑制繁殖系统的活动。接受长时间黑暗的肉用仔鸡将产生更多的褪黑色素；所以就认为这种光照制度具有一定的有效作用。肉鸡日粮中添加合成的褪黑色素确实产生一种安定的效果，但对死亡率似乎没有任何影响。对于未达性成熟的鸡，如肉用仔鸡，光照制度的主要特点就是在黑暗中鸡懒于采食，因而控制了生长速度。

如果有人参观 20 个肉鸡场，有可能会见到 20 种不同的光照制度。但它们的共同特点是采用一个至少长达 8h 的黑暗期。差异只在光照限制的起始年龄以及恢复到较长光照的模式。

肉用仔鸡在黑暗中懒于采食，所以它们在黑暗中的活动便是呆着。可是有些鸡在黑暗中也会去采食和饮水，这种干扰会引起抓伤和胴体等级下降。这类问题还会导致感染。鸡群密度高时以及给 20~22 日龄后的肉鸡采用长于 8h 的黑暗时，上述问题更为普遍。光照时间越短，饲料进食量的降低也越多，所以对生长的控制也越大。如果将鸡连续 49d 饲养在短光照条件下（即无光照递增的补偿），那么生长速度将降低。每 1h 黑暗使肉鸡生长速度降低 20g；所以，将鸡饲养在 12h 对比 24h 的持续光照下将降低生长约 240g，而且降低生长速度也会伴随着死亡率的降低。在生产中普遍在 2~3 周龄后采用光照递增的制度使生长得到补偿。

毫无疑问，短日照制度对体重较大的公肉仔鸡尤为成功，而对体重轻的母鸡作用不大（也可能有害）。表 5.40 所示为对 49 日龄肉仔公鸡的典型研究结果。

表 5.40 光照递增和光照递减对肉用仔公鸡的影响

外理	49 日龄体重	饲料：增重	死亡率	腿病	胸肉产量 (%)
23h 光照：1h 黑暗	2.86	1.85	8.5	20.0	24.8
光照递减：光照递增	2.82	1.86	3.0	9.5	24.2

引自 Renden 等 (1996)。

虽然在延长的黑暗期公鸡会比较小，但它们在 49 日龄前能补偿。死亡率、尤其是腿病发病率都降低了。正如表 5.40 所示，一般降低日照长度的鸡，胸肉产量略有降低，但统计上差异不显著。

如前所述，存在着多种不同的光照制度，可根据鸡的性别、日粮营养浓度、颗粒质量、上市体重以及是否采用遮黑鸡舍或开放式鸡舍而进行选择。此外，与冬季相比，夏季延长的黑暗期可能不那么严格或稍有缩短，因为炎热的气候也会降低生长速度。两者（指黑暗期与炎热两者的结合）将延缓出栏期。表 5.41 概括了影响选择光照制度的因素。表 5.42 为考虑到以上因素（表 5.41）的光照制度实例。

光照制度也能影响鸡的活动和饲料采食量。光照强度越大鸡的活动量也越大，所以导致更多的维持消费和较差的饲料转换效率。光照 5 lx 与 150 lx 相比，5 lx 光照强度下的体重较高、饲料转换率较好。育雏后的光照强度应为 2~5 lx，这是管理人员检查鸡只和设备的最低光照强度。

有关有色光的波长对肉用仔鸡影响的报道很少。在 550nm（紫色—橙色—红色）以上的光似乎会致使生长速度降低。另一方面，光谱蓝绿端则会提高生长速度。这些效果是相当敏感的（高达 5%），所以，在肉用仔鸡生长的特定时间可利用有色光控制或提高生长速度。目前，能产生特定波长的红色或绿色灯泡非常昂贵。

间歇光照是管理肉用仔鸡中的另一种选择，虽然它不同于前面所描述的光照递增和光照递减制度。间歇光照旨在促进生长速度。

短光照制度可在一天内重复，最常见的八次循环，即每次 1h 光照：2h 黑暗。这个制度的实质是鸡在光照时间采食、在 2h 黑暗周期中“呆着”，准备在开灯后再采食。显然，在这个制度下必须有足够的饲喂面积，而且只在遮黑式鸡舍中有可能（表 5.43）。

表 5.41 影响光照制度的选择的因素

参 数	关于光照：黑暗制度的考虑
1. 鸡的品系	1. 较早的快速生长意味着需要较早的引入降低的日照长度
2. 日粮营养浓度	2. 在较高的营养浓度下用较长时间和更延长的黑暗时期比较有利
3. 颗粒质量	3. 颗粒质量越好更须要光照控制
4. 上市体重	4. 对于日龄较大、体重较大的鸡延缓光照递增的计划
5. 开放式或遮黑鸡舍	5. 开放式鸡舍需要最长的黑暗期；而遮黑式鸡舍绝对要控制好光照期的长度与强度
6. 季节	6. 在炎热气候条件下不用太严格地控制计划，因为生长速度已降低

表 5.42 肉用仔鸡饲养至 42 或 56 日龄、在夏季或冬季、在开放式或遮黑式鸡舍中光照制度的实例 (光照 h/d)

日龄	遮黑鸡舍				开放式鸡舍			
	夏		冬		夏		冬	
	42d	56d	42d	56d	42d	56d	42d	56d
0~5	23	23	23	23	23	23	23	23
5~8	14	12	12	10	自然光照	自然光照	自然光照	自然光照
8~12	14	12	12	10	自然光照	自然光照	自然光照	自然光照
12~16	14	12	14	12		14	自然光照	自然光照
16~20	16	14	14	12	16	14	14	自然光照
20~24	16	14	16	14	18	16	16	16
24~28	18	16	16	14	18	16	16	14
28~32	18	16	18	16	18	16	16	16
32~36	18	16	18	16	18	16	16	16
36~40	18	18	18	16	18	18	18	16
40~44	18	18	18	18	18	18	18	16
44~48	—	18	—	18	—	18	18	18
48~52	—	18	—	18	—	18	—	18
52~56	—	18	—	18	—	18	—	18

表 5.43 间歇对比连续光照对肉仔公鸡生长的影响

光照	体 重 (g)			
	21d	42d	55d	0~56d 饲料转换率
连续	717	2 393	3 459	2.07
1h 光照 : 2h 黑暗	696	2 616	3 637	2.03
	NS	*	**	NS

引自 Ohtani and Leeson (2000)。

## 5.6 营养与肠道健康

胃肠道的细菌和寄生虫感染是地面饲养肉鸡的永恒威胁。消化道中的微生物状态是通



过使用抗球虫药以及被称为促生长剂的协同作用保持平衡。但促生长剂的作用方式从未被完全解释清楚，可是若将它们从日粮中除去，就会发生细菌过度生长。由于在家禽日粮中使用抗生素存在着当前的和未决的立法问题，消化道健康对肉用仔鸡生产性能的作用就突然成为一个论题。出于目前对家禽日粮中使用抗生素的压力，看来不太可能开发新产品，最可能的情况是目前已登记的产品将被批准使用。

在研究肠道健康时，由于无法准确地知道健康鸡体内存在的正常微生物区系而受到很大的障碍。有人认为用常规培养液技术至多只能分离出肠道中存在菌种的50%。更新的技术，包括DNA指纹鉴别微生物的方法也许会使我们更好地了解微生物的复杂性，尤其是它们对各种不同的日粮处理是如何改变反应的。另一方面，我们知道主要的病原体。因此，作为调控肠道的起始点，在短期内将精力集中在疾病控制方面可能更有希望。

出壳雏鸡的肠道基本上是无菌的，所以早期定殖的细菌就很快地占统治地位。初生雏的酶系统和吸收能力也很不成熟。正如在5.2.2节中所讨论的，对雏鸡头几天所食饲料原料的选择无疑将会影响微生物生长，也许还包括微生物的种类。任何不消化的营养素将在消化道后端和盲肠作为微生物生长的养料，如果发现病原体，那么对鸡是非常不利的。“正常的”肠道微生物区系生长发育得非常快，所以在出雏盘上、在孵化厅、在传送时以及到农场后前几天的微生物数量与品种将决定早期的菌落定殖。脏蛋虽然也能很好地出雏，但它们为出雏提供了微生物定殖的主要来源。

Nunmi有关调控肠道微生物的概念依赖于早期引入非病原性微生物。从理论上讲，这些微生物将有助于防止继后病原菌的定殖。目前，没有一个理想的菌种可用作竞争排斥的产品，原因还是由于我们不知道一个健康微生物区系的组成。在过去，未定义菌种的使用已相当成功；但是，如今立法机构坚持只能给鸡饲喂准确定义的菌种。如果竞争排斥(CE)是有效的，那么看来菌种必须在雏鸡出壳后马上饲喂，等到在农场放置雏鸡时可能就太晚了。总之，竞争排斥将无疑是肉鸡生产中常用的管理措施之一。

正常消化的另一个先决条件是肠道上皮细胞的早期迅速发育。在最初几天绒毛与微绒毛生长得非常快，该过程的任何延缓将降低营养素的吸收。病原体、霉菌毒素以及动、植物毒素都将延缓微绒毛的发育。所以，选择高消化率的原料、尽可能地避免天然毒素对于肠道的早期快速发育是重要的。随着微绒毛内上皮细胞的发育分泌出黏液，该黏液是防止病原菌定殖以及鸡本身消化酶自动消化的重要屏障。有些细菌能定殖，因为它们能分解这保护性的黏液层。引起人类消化道溃疡的细菌，幽门螺杆菌(*Helicobacter pylori*)，分泌尿素酶，后者破坏黏膜保护层，致使胃壁易感于盐酸和胃蛋白酶的分解。对饲喂高尿酸豆粕鸡的肠道微生物区系进行研究将是很有意义的。

肠道上皮细胞除捕捉已消化的营养素之外，还分泌大量的水以助消化。每消化1g饲料可能有2ml水会注入消化道，而且在继后的肠道中被再吸收。如果上皮细胞受病毒或毒素损害，那么它就成为水的净分泌器，这就为腹泻创造了条件。某些大肠杆菌的品系(*E. coli*)也能分泌毒素，使水平衡混乱并导致腹泻。酸败的脂肪通过对微绒毛上皮细胞

造成致死性的伤害而引起腹泻。

不用抗生素促生长剂时，坏死性肠炎和球虫病往往是生产中的主要问题。现已清楚，促生长剂的主要作用方式之一是控制由产气荚膜梭状芽孢杆菌 (*Clostridium perfringens*) 引起的坏死性肠炎。在球虫病与坏死性肠炎之间的关系就像如此之简单：球虫卵囊破坏肠道上皮细胞致使附着更多的梭菌。在控制坏死性肠炎中使用离子型抗球虫药或球虫疫苗无疑是明智的。

在欧洲，自从饲料中撤走促生长的抗生素后，坏死性肠炎 (NE) 的发病率已显著增高。遗憾的是欧洲的肉鸡日粮往往以小麦为主原料，而且也有很好的记载说明梭菌在含小麦 20% 以上的日粮中繁殖与定殖较快。在欧洲还观察到：梭菌现在既定殖于上消化道也附着在常规的地点——小肠中。加上坏死性肠炎发病率的增加，目前在欧洲的肉鸡企业中被称为“菌落失调症”的问题非常普遍，它代表着在缺乏抗生素促生长剂的情况下不正常的细菌过度生长。后者好像与日粮成分或原料选择无关。如果日粮中含有果胶，坏死性肠炎也更常见，例如饲料原料中的黑麦。虽然黑麦不是肉鸡日粮的常用组分，但上述发现说明正在消化物质的黏性以及与之有关的消化不良是细菌增殖的理想条件。有一个建议可极大地降低梭菌在含有小麦日粮中的生长，即：采用对辊式粉碎机而不是常规的锤片粉碎机。表 5.44 总结了不喂抗生素促生长剂的肉用仔鸡降低坏死性肠炎发病率措施的总结。

表 5.44 降低肉用仔鸡坏死性肠炎发病率的措施

措 施	效 果
1. 尽量减少饲料的变化	改变原料/营养成分与肠道微生物变化有关
2. 使用消化率高的原料	不消化的营养素促进细菌过度生长
3. 尽量降低小麦的用量 (最好 <20%)	提高消化物的黏性，导致梭菌活性增强。添加酶制剂是重要的
4. 用对辊式粉碎机加工小麦	改变消化物的黏性
5. 只用优质油与脂	酸败油脂伤害微绒毛
6. 确保豆粕中尿酶/抗胰蛋白酶低	尿酶破坏黏膜保护层
7. 使用霉菌毒素水平最低的原料，尤其在至 28 日龄前	毒素破坏微绒毛的上皮细胞
8. 使用适当的离子型抗球虫药或球虫疫苗	球虫是造成梭菌生长的基础

另一个维持肠道健康的途径是降低饲料和水中的微生物。无疑制粒时的高温 ( $\geq 80^{\circ}\text{C}$ ) 使病原体致死，如沙门氏菌。但是，消过毒的饲料由于没有生长竞争是继后细菌定

殖的理想培养基。因此，实际问题是怎样在饲料离开饲料厂至送到料槽之间的时间内防止继后污染。有机酸，如丙酸有助于防止这种再度污染。在管理机构允许的地方，甲醛对控制沙门氏菌的定殖尤其有效。

饮水是细菌感染的另一潜在渠道。许多农场采用了某些消毒水的措施，例如用 3~4mg/kg 氯。然而使用这种消毒剂只是保证在乳头饮水器处的清洁用水，它们对肠道的健康不起作用。最近的兴趣在使用有机酸，如乳酸，既是消毒剂，也可调控肠道的 pH。将水的 pH 从正常的 7.2~7.5 降至 5，如像乳酸类产品所声称的，可以降低幼龄肉鸡的病原菌负荷。在最近的试验中我们见到用 pH5 对比 pH7.5 的水肉鸡生长有所提高。有趣的是，在多用些有机酸将 pH 降到 4 时见到纤维状的酵母菌在水中滋长，后者因堵塞饮水器的乳头而影响饮水量。酵母菌总是出现在家禽设备上，它们在酸性环境下旺盛地生长。从酵母细胞外壁提取的奥奇素，是常用的一种代替抗生素的方案。奥奇素按照逐渐递减的方案使用，如育雏期、生长期和育肥期日粮每吨分别添加 2kg、1kg 与 0.5kg 似乎效果较好。

## 5.7 代谢紊乱

遗传对成活率选育的后果已使经典的代谢病发病率稳步下降。代谢紊乱，诸如腹水症、猝死症 (SDS) 以及腿病合在一起仍然构成健康鸡群的主要死亡率和发病率，虽然目前总的发生率已从 10 年前的 4%~5% 降至 2%~3%。在公肉用仔鸡中 SDS 一般是死亡的主要原因，早至 10~14 日龄开始。在高原或寒冷气候条件下猝死症仍然是个问题，往往需要用调节生长作为控制措施。

### 5.7.1 腹水症

腹水症的特征是在腹腔内聚集液体，所以俗称为“水肚”。腹中的液体实际上是从肝脏渗出的血浆，这是由于鸡缺氧而引发的一系列问题的最终结果。由于不同原因所引起的需要给组织提供更多氧气，使心脏血流量增加，最后导致右心室肥大。这种心室肥大，加上瓣膜功能失调导致静脉供血压力增加，使肝脏内的压力增加并经常出现液体渗漏的现象。

由于腹水症与需氧不足有关，因此它经常受诸如生长速度、海拔高度（氧气不足）以及环境温度因素的影响或为之加剧。在这些因素中，数年前认为起始的激发因素为缺氧，因为首先见到腹水症并成为主要问题的是在高海拔地区，死亡率高于 20%~30% 是常有的。而目前，几乎在大多数海拔高度、当每天至少有部分时间的环境温度是寒冷或凉爽时，常见饲喂高营养浓度快速生长品系的肉仔公鸡发生腹水症。死亡率决定于“应激因子”的数量，因而也决定于心肺系统给组织供氧的功效。

生长速度本身是决定需氧量的主要因素，但生长的成分对此也有影响，因为代谢脂肪或蛋白质的需氧量是不同的。氮和蛋白质代谢的需氧量比脂肪的高，但也必须注意到鸡的胴体实际上仅含少量的蛋白质或氮，胴体确实含有大量肌肉，但 80% 为水分。另一方面，

脂肪组织含脂 90%，所以，比例上它的需氧量是相当高的。因此，鸡的过量脂肪导致代谢的氧需要量增加。在海拔高处由于空气中氧压低而使这些反应加大。有意思的是肉仔鸡在高原上生长较慢，比在地平线上较慢的（4%~5%）生长速度实际上就排除了腹水症的发生率。高原地区肯定夜间温度低（ $<15^{\circ}\text{C}$ ），但是无人能量化究竟是由于海拔高度本身还是夜间低温的效果。

给鸡“保暖”可能是降低腹水症发生的唯一最具实践意义的措施。当环境温度改变时，鸡对氧气的需要也随之改变。若考虑育雏期后的中立温度区为  $20\sim 26^{\circ}\text{C}$ ，那么，在此范围以外的温度会使代谢率升高，因而提高对氧的需要。环境温度低时，问题最大，因为伴随着采食量的增加，生长速度降低不大；而高温时因气喘而需氧量增加，常伴随生长速度的下降，因此，从总体上减少对氧气的总需要量。在商品鸡场条件下，寒冷环境条件可能是腹水症产生的主要原因。例如，在  $10^{\circ}\text{C}$  下，鸡对氧气的需要量比在  $26^{\circ}\text{C}$  下几乎成倍增加，需氧量的极大增加加上代谢所需的饲料量的增加不可避免地导致腹水症。

改变日粮组成和/或饲料分配体系对腹水症的发生率有极大的影响。在大多数情况下，饲养程序的改变是通过影响生长速度而影响腹水症的，但也需要考虑影响电解质和水平衡的营养素水平，最值得注意的是钠。虽然发生腹水症的食盐、钠和氯化物的浓度范围很广，但饲喂高水平食盐（ $>0.5\%$ ）的肉仔鸡体内液体滞留会增加。除明显的营养缺乏或过多，如上述钠含量的情况外，与饲喂方案有关的影响腹水症的主要因素还是围绕在营养浓度与限制饲喂上。腹水症常见于高能配方，尤其是颗粒料。Dale 和他的同事们设计了一个能促进快速生长并可能诱发腹水症的高能日粮饲喂肉鸡，但是在饲喂  $3\ 000\sim 3\ 100\ \text{kcal ME/kg}$  日粮的肉用仔鸡的 14 日龄体重与腹水症倾向性之间无相关，而饲喂  $2\ 850\sim 2\ 950\ \text{kcal ME/kg}$  的组别却有两起腹水症发生。

在使用不同营养浓度的日粮时，可见到能量水平与腹水症发病率间的明显相关（表 5.45）。

表 5.45 日粮营养浓度与组成对 49 日龄肉用仔鸡腹水症发生率的影响

日粮 ME (kcal/kg)	粗蛋白 (%)	添加油脂 (%)	腹水症死亡率 (%)
2 950	23	0	8.8
2 950	23	4	8.7
3 100	24	4	15.8
2 950	21	0	9.0
3 100	22	4	12.0

引自 Dale 和 Villacres (1986)。

由于饲养方案、营养浓度和生长速率都与腹水症的严重程度密切相关，所以总有认为限制饲喂可能具有优越性的讨论。这些方案的研究目的是在不影响生产经济效益的条件下，减少腹水症的发生率。预期营养限制方案在某种程度上可降低符合年龄的最终体重。在限饲程度和商业上能接受的生长特征之间显然能找到一个平衡点。采用限饲或限制饲喂时间，肉用仔公鸡的腹水症实际上是可以防止的（表 5.46）。

表 5.46 限饲饲料量和饲喂时间对肉用仔公鸡腹水症发生率的影响

日粮处理	体重 (g)	死亡率 (%)	
		总计	腹水症
高能 (3 000 → 3 300)	2 616 <sup>a</sup>	12.8	3.8
低能 (2 900 → 3 100)	2 607 <sup>a</sup>	11.3	1.4
高能 (8h/d)	2 422 <sup>b</sup>	8.7	0.6
高能 (90% 自由采食)	2 452 <sup>b</sup>	9.0	0.2

引自 Camacho-Fernandez 等 (2002)。

虽然低能日粮对生长速度稍有表面的影响，但往往能降低腹水症。让鸡采食高能日粮每日 8h 可能是控制腹水症的最有效方法，如表 5.46 所示消除腹水症的代价是降低 200g 增重和延缓 2d 的生长速度，以 2~3d 延缓出栏换回大大降低腹水症是很合适的。但是，必须进行认真的经济分析以确定上述决定的真正成本。上市年龄推迟一天可接受的条件是如果死亡率的降低至少不低于 2.5%。

日粮配方中另一个应考虑的问题是蛋白质的平衡与质量。多余的氮必须从体内排出，而这是一个耗氧的过程。通过降低粗蛋白质饲喂量，同时保持日粮中必需氨基酸水平则有降低氧需求量的潜力。

如果有两种蛋白质含量分别为 20% 和 24% 的日粮均能提供相同的可利用氨基酸水平，饲喂高粗蛋白质水平日粮的鸡需要对多余的 4% 粗蛋白进行脱氨基，如果鸡采食饲料 130g/d，则每天需多分解 5g 蛋白质。蛋白质的分解可能导致尿酸和脂肪的合成，据计算这些产物每日需分别消耗 2L 和 1L 氧，这样，每天多分解 5g 蛋白质意味着需氧量就要增加 3L，占鸡总需氧量的 8%。粗蛋白质的分解作用完全是对鸡的氧需求强加的另一个应激。因此，人们显然会对将日粮粗蛋白质水平降至最低感兴趣。最近人们已经对两个有潜力影响腹水症发生率的氨基酸感兴趣。精氨酸是氧化氮的前体是血管扩张剂，因此，饲喂较多的精氨酸可以减轻心血管体系内压力升高的影响。每吨饲料多增加 10 公斤精氨酸可使肺动脉的压力大大降低。但遗憾的是合成精氨酸是出奇的贵，而天然原料中又没有

的含量足以补充到如此高的日粮水平。花生粕和芝麻粕可能是精氨酸含量最高的，约4%。牛磺酸是家禽营养中很少考虑的一种氨基酸，猫需要牛磺酸，缺乏对引起心脏缺陷，有些类似与家禽的腹水症时所见。但是，在肉用仔鸡日粮中添加牛磺酸对生长速度或心肺生理不起作用；日粮中有肉粉时“缺乏症”不太可能发生。

如果腹水症的死亡率很高，可以考虑将日粮改变如下：

- 在整个生命周期使用低能饲料，如：
  - 育雏 2 850kcal ME/kg
  - 育成 2 950kcal ME/kg
  - 育肥 3 100kcal ME/kg
- 使用粉料而不用颗粒料。勿用过细粉料，因为这容易造成浪费并在肉鸡所处水平的空气中引起粉尘。
- 在7~20日龄考虑采用隔日饲喂。在腹水症发病率很高的地方可能有必要延长限饲期。采用限饲时水的管理就更为重要。
- 考虑限时饲喂，这样鸡每天有8~10h采食时间。需要额外的管理饮水的工作，以免产生潮湿的垫草。

### 5.7.2 猝死症

对猝死症的认识已有35年之久，但也就在最近10年左右该病在肉鸡中的发生率已构成经济上的显著重要性。猝死症也称为急性死亡综合征或“仰翻”(flip-over)。最常见于公鸡，尤其当生长速度最快时。死亡率可能早则从10~14日龄开始，但往往在3~4周龄到达高峰，发现得病的鸡总是仰卧而死去。在公、母混养的鸡群中死亡率可高达1%~1.5%，而在公鸡群中猝死症往往是造成死亡率的唯一主要原因，高达2%的死亡率是常见的。因此，造成巨大的经济损失。猝死症很难用尸体解剖加以证实，因为没有特定的损伤，而且一般鸡的肌肉非常好，嗦囊和肌胃中有部分食物。毫无疑问，影响生长速度的任何营养或管理因素都会对猝死症产生相对的影响。实际上用低营养浓度日粮可以避免猝死症，但是从鸡的一般生产性能看可能不一定经济。科研资料表明：以纯葡萄糖为能量来源的基础日粮所产生的猝死症比饲喂以淀粉或油脂为基础的日粮形成的猝死症高得多。看来，在猝死症的发生率中，电解质平衡似乎有些不正常，而且在心律不齐方面有遗传易感病体质的影响。在某种程度上由于鸡死后的代谢改变很快，所以从猝死症鸡所取血样很可能依死后取样的时间而变化。所以，采取降低生长速度的营养或管理实践可降低或消除猝死症。当然，这些决定应以当地的经济情况为基础。到目前为止，尚无迹象表明是某单一因素所致，降低生长速度以外的日粮调控是无效的。

### 5.7.3 骨骼异常

多数肉用仔鸡群中会有部分鸡带有非典型的步态，虽然生长速度不受影响。目前鸡的

趾扭曲发生率较高，但这些鸡达到了标准的年龄体重。大多数腿病好像有遗传基础，但营养制度可影响它的严重度。肉鸡中最常见的骨骼异常现象是胫骨软骨发育不良症（TD）以及软骨症。肉鸡和火鸡的腿病问题比产蛋类型的鸡严重，这一事实使人们思索生长速度和/或体重是腿病的病因。在此基础上我们看到大量有关一般营养因素影响腿病的报告。例如，已有建议在前几周对肉用仔鸡进行能量限制可以减少一半的腿病问题，而降低蛋白水平也可减少腿部异常现象的发生。同样，限制饲喂面积似乎可以减少腿部缺陷。但是，最新的研究表明，体重本身并非是引起腿病的先决条件。在肉仔鸡和火鸡背部加载重物的试验结果表明，腿部异常的严重程度与体重无关。而发育正常的骨骼足以支持比正常体重大得多的荷重。看来在影响骨骼发育方面的观点不一致：①降低营养水平可减少腿病发病率；②人为增加体重又不能加重腿病。这个明显的分歧表明：是生长速度而不是体重本身是腿病的诱病因子。

除遗传对骨骼发育有很大的影响外，类固醇激素也有些作用。与未去势的或使用睾丸激素的公火鸡相比，去势火鸡的腿病发病率较高。有人提出，雄性激素的作用是使长骨的骺与干融合在一起。在与雄激素：雌激素平衡有关的骨骼发育的激素调节方面很可能存在着主要的性别差异。但是，雄激素：雌激素本身对幼龄肉仔鸡骨骼发育的影响可能还是不肯定的，因为直至5周龄后才可见到胫骨、跗骨长度在性别间的微小差异。

虽然采用低蛋白质日粮会降低家禽的生长速度，但还是经常有人建议采用低蛋白质日粮以降低腿病的发生率。高蛋白日粮妨碍叶酸代谢，从而增加腿病的发生率。但是，最近我们用叶酸缺乏日粮的研究表明，日粮粗蛋白质水平由22%提高至30%时，并未发现上述作用。在有关影响肉种鸡和来航鸡骨骼发育因素的研究中，我们证明了日粮矿物质和维生素虽然对骨骼的早期发育影响较小，但饲喂较高蛋白质（22%对16%CP）时，胫骨和龙骨的长度增加。氨基酸：非蛋白氮的比值可能在骨骼有机基质的发育中具有重要作用。用合成氨基酸和纯合日粮的试验结果证实了上述概念。在以上条件下，鸡的有机基质适宜发育的氮需要量常高于用于生长的表观需要量。在肉种鸡中，特别是公鸡中有时出现“歪脖症”（wry neck），它可能与氨基酸代谢混乱有关，在没有直接的骨骼异常时，可能与色氨酸或烟酸的代谢有关。在孵化期间，因颈部的一侧有较强的肌肉牵引，加上来自羊膜的压力引起“外观”上的骨骼变形。

已知有些饲料已与腿病发病率有关。该领域内许多早期的工作集中在啤酒酵母与其降低腿病的能力上。当前的兴趣在益生菌以及其他以酵母为基础的添加剂，这个概念会得到更大的关注。也有数个独立的报道关于某些豆粕引起肉用仔鸡胫骨软骨发育不良症，虽然这可能只是一个日粮酸：碱平衡的因素。

被某些霉菌毒素污染的饲料能诱发或加重骨骼问题。如镰孢霉菌（*Fusarium roseum*）污染的谷物可引发胫骨软骨发育障碍（TD）。黄曲霉毒素和赭曲霉毒素都会降低骨骼强度，并可能和维生素D<sub>3</sub>的代谢有关。经验表明，不管日粮中维生素D<sub>3</sub>水平和来

源如何，在上述生产条件下，鸡有时对通过饮水投入的水溶性维生素 D<sub>3</sub> 有反应。有人试图通过将垫料的微生物污染降至最低水平来减少腿部问题，其结果并不一致。在日粮中添加山梨酸或用山梨酸钾处理垫料，只在个别的试验中对腿病问题有所改善。用于处理粮食的一系列制霉菌制剂本身可引发腿病问题。四甲基秋兰母的存在可显著提高胫骨软骨发育障碍的发生率，而二硫化四甲基秋兰母可导致“典型”的血管不规则地浸润软骨，这是胫骨软骨发育障碍的先兆。

高氯化物水平诱发 TD，虽然 TD 时血浆中的离子没有多大变化，所以可以得出结论，即 TD 不是简单地与钙化不良有关。当小鸡日粮中正离子：负离子比值小时，TD 和弓形腿的发生率似乎随日粮负离子的增加而增加。离子平衡与维生素 D<sub>3</sub> 代谢之间可能存在着相互关系。有报道表明，当日粮中的氯化物含量从 10mEq/100g 增加到 40mEq/100g 时，软骨异常显著增加，这时日粮中的正离子 (Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>) 含量低。这样，过量的 Cl<sup>-</sup> 可使雏鸡酸中毒，但可以在日粮中添加碳酸钠和碳酸钾加以纠正，这表明，当日粮中 Cl<sup>-</sup> 含量高时，必须用等摩尔浓度的 Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup> (来自容易代谢的负离子形式) 加以平衡。法国研究人员指出，取自酸中毒雏鸡的肝匀浆物，合成 1,25-胆钙化醇 (即活性维生素 D<sub>3</sub> 代谢物) 的能力会丧失 50%。这可能推断在酸碱平衡、TD 以及维生素 D<sub>3</sub> 代谢之间有一种相互关系。

在有些时候，维生素 D<sub>3</sub> 缺乏酷似钙和磷的缺乏。缺钙雏鸡通常是血钙低而血磷高，而维生素 D<sub>3</sub> 的缺乏总是导致低血钙病和低血磷症，在维生素 D<sub>3</sub> 缺乏的雏鸡中更大程度的磷的相对缺乏可能由甲状旁腺激素所引起。在维生素 D<sub>3</sub> 供给充足时，骨骼的反应似乎比肠道慢得多，因为重新饲喂维生素 D<sub>3</sub> 的直接效果是日粮钙的“吸收”较好。有证据表明维生素 D<sub>3</sub> 参与胶原蛋白合成，胶原蛋白交联的成熟似与维生素 D<sub>3</sub> 呈剂量相关。当 1-25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> 还不太可能为饲料工业利用时，营养学家可以选用 25(OH)<sub>2</sub> (常被称为 Hy-D<sup>®</sup>)。由于 25(OH)<sub>2</sub> 的合成一般发生在肝中，那么当肝功能由于某种原因受损时像 Hy-D<sup>®</sup> 这样的产品是最有效的。

25(OH)D<sub>3</sub> 是唯一一个取得公认为安全的 (GRAS) 维生素 D<sub>3</sub> 代谢物，可在肉鸡、火鸡和蛋鸡中使用。在家禽日粮中加入 25(OH)D<sub>3</sub>，可获得从单纯提高维生素 D<sub>3</sub> 剂量所达不到的效果。二者的差别可归结于它们在肠道的吸收机制不同。维生素 D<sub>3</sub> 的吸收是通过依靠胆汁酸形成的乳糜微粒与油脂紧密地连接在一起；而 25(OH)D<sub>3</sub> 的吸收是直接入门静脉，并不需要形成乳糜微粒和胆汁酸的存在。因此，25(OH)D<sub>3</sub> 的吸收受肠道的干扰影响较少，而后者损害油脂和所有的脂溶性维生素。维生素 D<sub>3</sub> 通过它功能性的活性形式以它在钙和磷的代谢以及骨骼矿化方面的作用最为出色；虽然对其它的功能，如受精率、胚胎发育、孵化率以及免疫力的提高方面也都有所研究。有时，在笼养的产蛋鸡中，包括肉种鸡和产蛋母鸡，会发生钙抽搐和骨质疏松征，因而引起早期产蛋死亡，而 Hy-D 可用作预防措施。25(OH)D<sub>3</sub> 可确保在开始产蛋前骨中的矿物质密度最大，并在整个产蛋周期保持骨骼的结种。因此，饲喂 25(OH)D<sub>3</sub> 的母鸡不易死于钙抽搐和骨质疏松或产



生蛋壳质量问题。在含有维生素 D<sub>3</sub> 的日粮中加入 25(OH)D<sub>3</sub> 后，通过维持蛋壳质量可提高种母鸡受精蛋的孵化率，因而也促进了胚胎发育的一致性。从饲喂 25(OH)D<sub>3</sub> 种鸡所孵出的小鸡的“先天性软骨”的发生率较低。25(OH)D<sub>3</sub> 也已显示出可将吸收不良征 (malabsorption) 的影响降至最低，其中包括胫骨软骨发育不良征。

尽管大多数维生素的缺乏都与腿病问题相关联，但维生素 B<sub>6</sub> (吡哆醇) 可能更受关注。压倒多数的报道表明，低水平的维生素 B<sub>6</sub> 可导致骨骼异常，补饲维生素 B<sub>6</sub> 可减少腿病的发生率。曾假设维生素 B<sub>6</sub> 可能通过锌的顺境调节发挥作用，特别是参与小肠内锌吸收的吡啶羧酸的形成。锌、维生素 B<sub>6</sub> 和色氨酸在腿部软弱的预防中显然具有协同作用。与叶酸相似，通过日粮蛋白质的作用，使维生素 B<sub>6</sub> 的情况更加复杂。如许多其他日粮的情况一样，维生素 B<sub>6</sub> 的缺乏是以在成熟的生长板中构成不规则血管的不均匀浸润所造成的胫骨端损伤为特征。较高的日粮蛋白质水平大概通过氨基转移和/或脱氨基过程增加对维生素 B<sub>6</sub> 的代谢需要。虽然许多种维生素的缺乏都能促成肉仔鸡腿病问题的发生，但也有报道指出，某些维生素的过量饲喂也是有害的。日粮中维生素 A 含量很高时，可提高佝偻病的发生率；过量的日粮维生素 E 使骨骼形成受损。应指出，所有关于维生素过量对骨代谢影响的报道都和日粮中维生素水平明显地超过 5~10 倍正常饲喂水平有关，因此只有在非寻常的环境下，才会在实践中发生。

与维生素一样，许多矿物质的缺乏或过剩也能影响骨骼的发育。不适当的水平和/或不适宜的钙：磷比值的影响已有很好的记载。在钙或磷缺乏的诊断中有时会混淆，在农场现场鉴别诊断磷缺乏或钙的过剩是困难的。在日粮彻底分析之前，立刻提出对日粮的修改意见会产生误导。两种情况造成的同一损伤是过剩的钙在小肠中形成不溶解的 Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>，并因此诱发磷缺乏。表 5.47 列出了骨灰分中矿物质的正常含量，而与此差别大的数值应引起关注。

锰缺乏对胫骨短粗症 (perosis) 发生的影响虽然已经证实，但有些报道指出锰与铁的互动可能使问题变得复杂。饲喂胍屈嗪 (一种锰阻断剂)，所引起的腿部缺陷与在典型锰缺乏中见到的非常相似，并有报道用锰处理可以治疗康复。胍屈嗪阻断胶原蛋白的释放，服用 Fe<sup>2+</sup> 或 Fe<sup>2+</sup> 和 Mn<sup>2+</sup> 可使之恢复，但单独服用锰则不起作用。胍屈嗪似乎能阻断羟基赖氨酸的合成，并且在此机制内似乎有一个需要 Fe<sup>2+</sup> 的阶段。因铜缺乏的鸡的软骨和胫骨发育障碍的软骨之间有某些相似，所以在研究腿病问题时，铜代谢常令人怀疑，但试图用补饲铜来纠正胫骨软骨发育障碍总是以失望告终。增溶研究表明，胫骨软

表 5.47 骨灰的矿物质含量

钙	37%
磷	18%
镁	0.6%
锌	200~250mg/kg
铜	20mg/kg
锰	3~5mg/kg
铁	400~500mg/kg

骨发育障碍时的软骨营养障碍 (TD) 并不是在典型铜缺乏时, 常出现在交联的胶原蛋白不足。

由于一系列骨骼异常出现在雏鸡孵出后的头几天, 所以代谢障碍可能在孵化期间就已经开始。骨骼矿化在人孵第 8d 开始, 此时由蛋黄提供钙源。虽然在胚胎发育过程中, 胚胎从蛋壳吸收钙达 120mg 之多, 但直至孵化第 12d 蛋壳钙才被利用。在钙缺乏的培养基中培养正在发育着的胚胎很快会出现严重的骨骼异常。关于种蛋蛋壳质量与肉仔鸡后代骨骼形成间的联系尚无报道。与此相似, 有关种鸡营养和管理对胚胎骨骼发育的影响的报道也甚少。较常见的腿病问题, 如胫骨软骨发育障碍 (TD) 无疑在某种程度上是遗传的, 因此, 血缘关系在腿部异常研究中具有潜在的混淆作用。TD 与性伴基因有关, 隐性基因常导致较高的 TD 发生率。此状况表明, 母本的影响较大, 因此, 母系对其表达的影响也颇大。

#### 5.7.4 尖锋死亡综合征

尖锋死亡综合征感染 7~21 日龄的肉用仔鸡, 它的特点是低血糖。所有感染的鸡表现出极低的血糖水平, 它可以解释所观察到的该病的许多症状, 其中包括扎堆和发抖、失明、高声尖叫、采食垫草、共济失调以及软骨症。在 3~5 日龄的死亡率为 1%。成活的鸡表现为发育迟缓和生长受阻。目前在生产中观察到饲喂“全植物日粮”的肉用仔鸡的尖锋

死亡综合征在增加。在诸多可疑的病因单因子中有病毒感染、霉菌毒素和饲料中的抗营养因子, 再加上管理不善, 虽然霉菌毒素与抗营养因子已从主要致病因子中除去。尖锋死亡综合征的发病过程短、死亡率低, 很可能是激素或代谢率低而影响了快速生长的雏鸡。

有报道认为, 在实际生产中“全植物”饲料原料日粮的尖锋死亡综合征发病率要高得多。该病发生时, 日粮中的亚油酸浓度直接与发病的严重程度相关。建议在饮水中加入犊牛代乳品, 该产品富含酪蛋白, 后者本身是丝氨酸的丰富来源。鸡的血糖水平受胰高血糖素的影响大于受胰岛素的, 而丝氨酸是合成胰高血糖素的前

表 5.48 全植物日粮中补充各种原料对 18 日龄肉用仔鸡血糖的影响

日 粮	葡萄糖 (mg/dL)
玉米—豆粕—肉粉	270 <sup>a</sup>
全植物	243 <sup>b</sup>
全植物+丝氨酸	275 <sup>a</sup>
全植物+酪蛋白	273 <sup>a</sup>
全植物+奶粉	275 <sup>a</sup>

引自 leeson 等 (2002, 未发表的观察)。

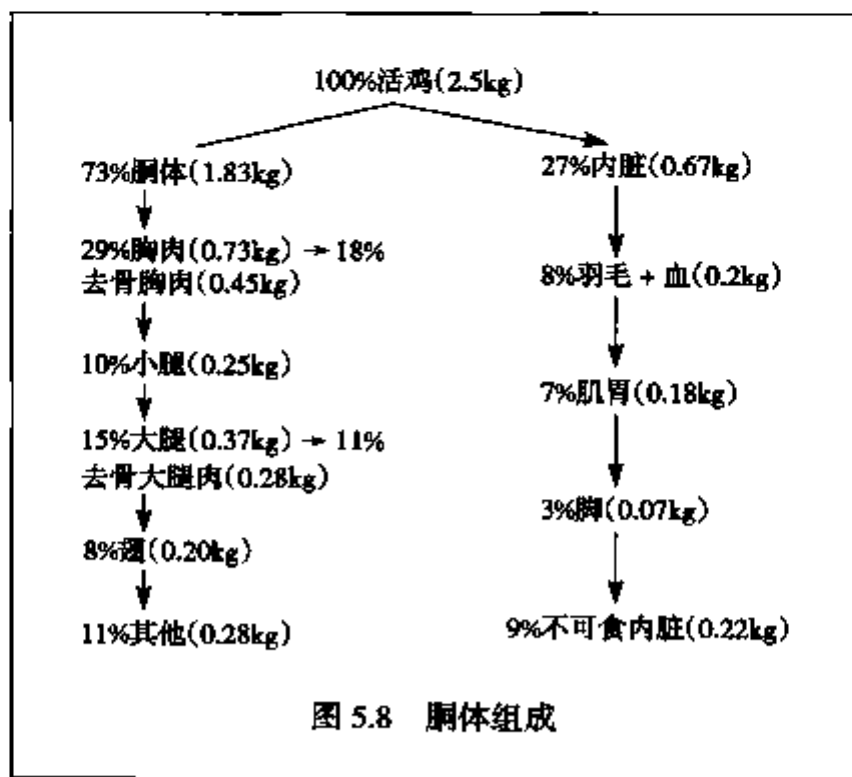
体。很可能全植物日粮缺乏丝氨酸而使鸡趋向于得低血糖症。在最近的一个试验中我们观察到, 饲喂全植物日粮肉用仔鸡的血糖降低了, 而用奶粉、酪蛋白或丝氨酸可加以克服 (表 5.48)。

## 5.8 胴体成分

在加工过程中，即分割与去骨，有关预计产量的知识对有效地安排生产是重要的。胴体成分受活鸡体重、鸡的性别以及在一定程度上所用日粮的营养含量以及饲养计划的影响。现代品系的肉鸡已培育成为提高胸肉产量的鸡，所以很显然，胸肉作为胴体的一部分已经提高了。在可比体重的情况下，公、母鸡胴体部分的产量相似，而且母鸡往往生产最多的胸肉。但是，由于母鸡在超过2kg体重后趋于沉积更多的脂肪，所以，如果公母二者在饲养相同日粮的条件下，母鸡的可食肉产量可能会低于公鸡的。

能量与粗蛋白质是对胴体成分影响最大的营养素，能量较高的日粮产生较肥的胴体，而蛋白质较高的日粮饲养出较瘦的鸡，但情况会更复杂些，因为实际上蛋白质与能量的平衡才是最重要的。如果鸡采食的能量相对地多于蛋白质，那么会形成较肥的鸡，反之，相对于能量饲喂大量的蛋白质会产生较瘦的鸡。遗憾的是，简单地改变上述能量和蛋白质的关系是不经济的，因为要求的胴体瘦度往往出自不经济的高蛋白质水平。

在我们讨论日粮蛋白质或能量水平对胴体成分的影响时，非常重要了解度量的单位。经常讨论的是日粮对胴体成分变化百分数的影响，而在某些情况下胴体内某部分



的变化仅仅是由于另一部分已经发生了变化。实际上，蛋白质的克数或胴体上的肉受营养的影响很小。假如氨基酸不缺乏，那么，真正的蛋白质（肉）的产量决定于遗传。例如，饲喂高于正常生长所需的蛋白质和赖氨酸，对蛋白质的沉积起的作用很小。所以，所谓“瘦肉型”胴体是脂肪沉积较少的后果。胴体脂肪含量受营养的影响很大；鸡采食的能量越多，沉积脂肪的潜力越大。超过工业界使用的日粮能量和蛋白质水平，因营养素进食量的差异可使脂肪和蛋白质在比例的变化达3%~4%。提高3%胴体脂肪会与降低3%蛋白质相联系，或反之。图5.8所示为活重2.5kg肉用仔鸡胴体各组成部分的预期产量。

各部分按比例的实际产量实际上是体重的组成因子，所以，对于轻型或重型肉鸡在主要组成部分的比例上稍有不同（表5.49，表5.50）。胴体的化学成分也将随时间而变化，脂肪比例不断提高，蛋白质比例下降（图5.9）。

表 5.49 肉用仔公鸡胴体重与各部位占胴体的百分比 (%)

活重 (g)	胴体重 (g)	腹 脂	翅	小腿	大 腿	带骨胸肉	去骨胸肉
1 224	818	2.5	10.2	14.8	17.6	29.4	18.5
1 754	1 237	2.6	10.4	13.3	17.0	30.1	19.8
2 223	1 596	3.0	9.7	13.1	16.5	31.2	20.1
2 666	1 982	3.3	9.6	13.6	16.3	31.4	20.5
3 274	2 500	3.5	9.4	13.5	16.0	32.5	21.6
3 674	2731	4.2	9.3	16.1	16.0	36.1	23.6

表 5.50 肉用仔母鸡胴体重与各部位占胴体的百分比 (%)

活重 (g)	胴体重 (g)	腹 脂	翅	小腿	大 腿	带骨胸肉	去骨胸肉
1 088	720	2.8	10.8	14.4	17.5	29.5	20.4
1 582	1 160	3.2	10.5	13.8	16.6	29.7	19.5
1 910	1 376	3.4	10.2	13.6	16.5	31.5	21.5
2 382	1 753	4.3	9.8	13.2	16.4	32.5	21.7
2 730	1 996	4.3	9.6	13.0	16.4	34.2	22.6

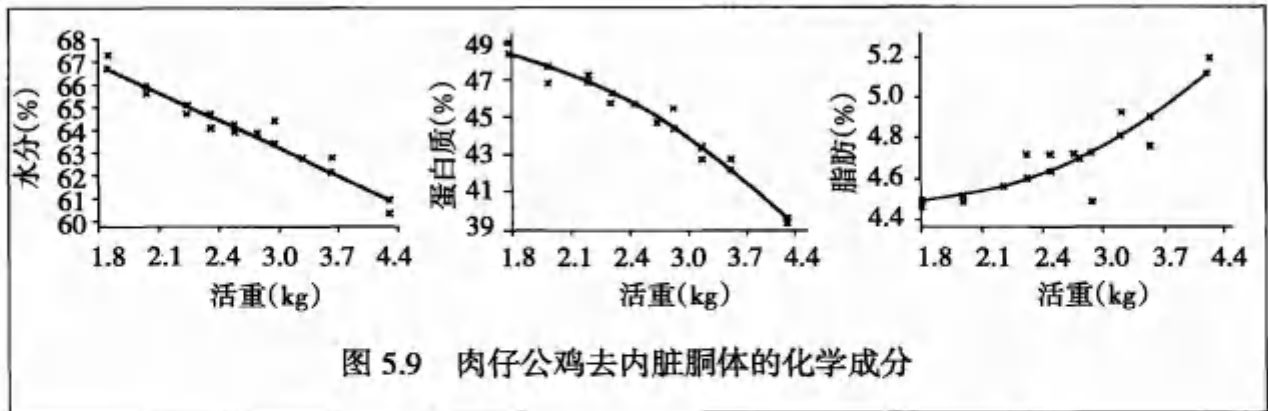


图 5.9 肉仔公鸡去内脏胴体的化学成分

目前，人们对与人类营养有关的调控胴体脂肪成分的兴趣与日俱增。如同鸡蛋一样，日粮脂肪酸的组成对胴体脂肪酸的成分有直接的影响（表 5.51）。

表 5.51 从 28~48 日龄饲喂牛油、葵花瓜子油和亚麻籽油对肉用仔母鸡脂肪酸含量的影响

体脂	10%牛油	10%葵花瓜子油	10%亚麻籽油
C14:0	2.48	0.28	0.31
C16:0	23.10	10.70	10.9
C18:0	8.28	4.12	4.52
C18:1	41.74	19.09	18.97
C18:2	13.60	61.90	17.8
C18:3n3	1.39	0.99	43.0

引自 Crespo 与 Esteve - Garcia (2002)。

本试验中所用补充脂肪的水平高于工业界的。然而，日粮脂肪的饱和度与体内沉积脂肪的饱和度之间呈显著相关。对于为具保健意识人群生产高度专业化的产品，那么，由亚麻酸、二十碳五烯酸（EPA）以及二十二碳六烯酸（DHA）组成的总  $\omega-3$  的累积是人们最感兴趣的。而用亚麻酸和鱼油使饲料富含这些长链脂肪酸是最经济的（表 5.52）。

表 5.52 饲喂亚麻籽或鱼油对 49 日龄肉用仔公鸡最后 7d 或 14d 胴体脂肪成分的影响

亚麻籽	鱼油	时间 (d)	脂肪酸 (脂肪的%)			
			亚麻酸	二十碳五烯酸	二十二碳六烯酸	$\omega$ -3 总量
—	—		1.3	0	0	1.3
10		7	3.4	0	0.1	3.6
10		14	5.3	0.1	0.1	5.7
—	0.75	7	1.3	0.2	0.1	1.8
—	0.75	14	1.3	0.4	0.3	2.1
10	0.75	7	3.3	0.3	0.2	3.9
10	0.75	14	6.0	0.5	0.3	7.1
—	1.5	7	1.4	0.4	0.3	2.2
—	1.5	14	1.4	0.8	0.5	2.9
10	1.5	7	3.6	0.4	0.3	4.5
10	1.5	14	5.9	0.8	0.5	7.7

引自 Gonzalez 和 Leeson (2000)。

日粮中添加亚麻籽使产品富含亚麻酸，而添加鱼油使产品中累积二十碳五烯酸 (EPA) 和二十二碳六烯酸 (DHA)，它们都提供  $\omega$ -3 脂肪酸。胴体中特定脂肪酸的累积好像与日粮中添加油的水平以及饲喂时间有关。在本试验中，仅在生长期最后的 7d 或 14d 饲喂。显然，没有必要在整个生长期饲喂像亚麻籽或鱼油这样的产品，因为饲喂后明显地累积只是在 42~49 日龄才会发生。表 5.52 所示为整个去内脏胴体的数据。看来，单个脂肪酸是以不同速度沉积在胴体的不同部位；所以如果从这些胴体生产不同的部位或去骨肉，应重新调整销售策略 (表 5.53)。

表 5.53 肉仔鸡饲喂亚麻籽或鱼油胸肉或腿肉中  $\omega$ -3 的总含量 (mg/100g 熟肉)

亚麻籽	鱼油	时间 (d)	肉与皮		肉	
			胸	大腿	胸	大腿
10	—	14	673	995	143	206
—	0.75	14	380	393	182	98
10	0.75	7	484	708	118	163
10	0.75	14	858	1 309	188	312

引自 Gonzalez and Leeson (2002)。

与可比量的胸肉相比,大腿肉的 $\omega-3$ 脂肪酸含量较高,而决定性的因素是这两部分中肌间脂肪的含量。但是,对每部分中脂肪酸成分影响最大的是有无鸡皮(表 5.53)。

与鸡蛋的情况不同,生产富含各种脂肪酸的鸡肉可能会因味道不好的问题而复杂化。日粮中仅用 0.75% 鱼油,报道说评审小组能察觉到异味,并以此给以评级。 $\omega-3$  鸡肉的上市尚需一些企业的技术去克服以上问题的挑战。

## 5.9 皮肤的完整性和羽毛异常

### 5.9.1 羽毛发育

鸡的羽毛是不断地脱落和再生,甚至在肉仔鸡的幼龄生长期它经历着 2~3 次换羽。羽毛从毛囊中长出并以清晰的管道排列在皮肤上,约在孵化的第 14d 就决定了滤泡的数目。鸡体不是均匀地被滤泡所覆盖的事实说明鸡皮的某些部位自然会无毛的,这些部位只能在相邻部位长出羽毛后才得到保护性的覆盖,而且叠盖至覆盖全身。鸡的年龄越大,无毛的皮肤面积越小,随着生长羽毛会与鸡体的形状相一致并完全覆盖。当羽毛的生长不贴近鸡体轮廓时往往出现不正常现象,表现为羽被粗糙并出现“直升机式”翅等现象。表

5.54 所示为上市体重肉鸡的羽毛成分。图 5.11 所示为按性别区分的羽毛产量,而图 5.11 所示为主翼羽和背毛的标准长度。

表 5.54 45 日龄肉用仔鸡的羽毛成分

粗蛋白质	90%
总氨基酸	60%
蛋氨酸	0.7%
胱氨酸	5.5%
精氨酸	7.1%
赖氨酸	2.4%
苏氨酸	4.2%
缬氨酸	6.5%
镁	0.2%
钠	0.8%
铁	0.06%
铜	12mg/kg
锌	10mg/kg
硒	0.7mg/kg

羽毛主要由角蛋白组成,是在滤泡的上皮细胞中形成。实际上,羽毛的全部生长都在滤泡中进行,所以从滤泡见到的 2~5cm 长的异常现象可能在几天或数周前就已发生。角蛋白结构非常富含胱氨酸,每个分子约含 8 个半胱氨酸残基,这就是为什么蛋氨酸/TSAA(总含硫氨基酸)对良好的羽毛结构是重要的。临界水平的蛋氨酸+胱氨酸导致不正常的羽毛生长和/或使羽毛减少,当然其他氨基酸的缺乏也会引起羽毛的不正常。当氨基酸一般性缺乏时,主翼羽因保留异常的长翅鞘而具有特征性的匙状外观,翅鞘覆盖羽轴的前 50%。许多氨基酸的缺乏也可引起羽毛的向外的异常卷曲。有趣的是,在一些 B 族维生素缺乏时也出现相似的特征。

饲喂 T-2 毒素(4mg/kg)的鸡羽毛稀疏,

如若生长则角度奇特，致使有一些皮肤裸露。与以首先影响主翼羽为特征的营养缺乏症不同，T-2毒素影响的是大多数羽毛。

羽毛生长也受甲状腺功能的影响，因此，甲状腺抑制剂可推迟羽毛的正常生长。当鸡从玉米基础日粮转换为高粱基础日粮时，有时会发生羽毛生长不良。虽然，许多日粮情况都可能导致羽毛生长的改变，但应指出，与其他谷物相比，高粱中碘的含量非常低。

遗憾的是，在发生羽毛生长不良的大多数鸡场往往没有明显的如按常规分析测定所示的日粮营养缺乏、或配方一致性的改变。问题往往局限于某一地点的特定鸡群中，而此处所有的鸡群采食同一饲料。这些事实表明，羽毛生长不良是由传染性因子（如毛囊本身的感染）或由引起一般营养素吸收障碍的因素所致。由于羽毛生长非常快，特别是在前7~14日龄期间，因此羽毛的生长对循环着的营养素的可利用率很敏感。

### 5.9.2 鸡皮撕裂

在加工过程中约5%的低等级产品是由鸡皮撕裂所造成的。鸡皮撕裂多发生在死后，并与烫毛的水温及拔羽时间有关，在浸烫温度高和褪羽时间较短的条件下鸡皮撕裂的发生低于在浸烫温度低、褪羽时间长的条件下的。但是不管加工条件如何，鸡皮撕裂的胴体都占有一定比例。公鸡的皮肤强度高于母鸡，但公、母的都随日龄而增强。因此，年幼肉用母仔鸡的发生率最高。不同品系皮肤撕裂的发生率也各异，表明皮肤撕裂的原因中有遗传因素。有一个试验结果表明，羽毛生长快的品系鸡皮的弹性高于羽毛生长慢的品系。

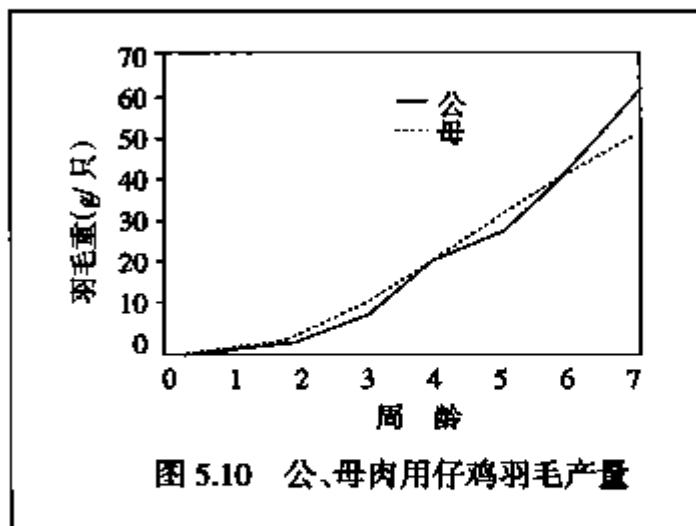


图 5.10 公、母肉用仔鸡羽毛产量

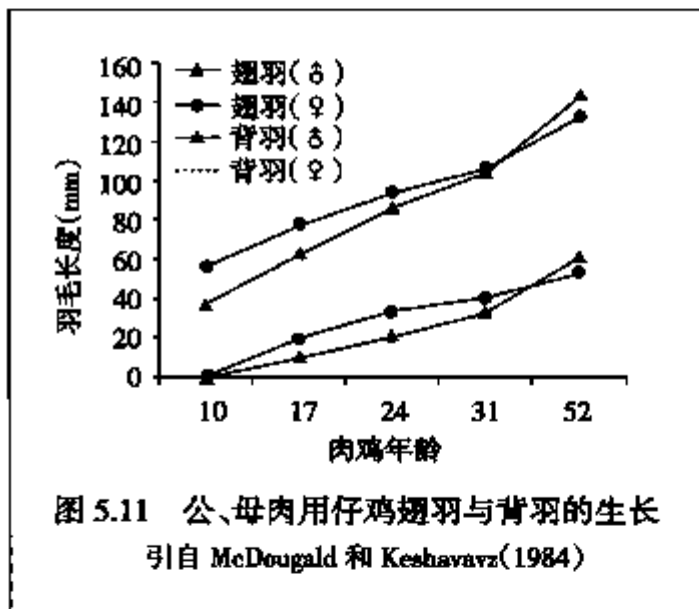


图 5.11 公、母肉用仔鸡翅羽与背羽的生长  
引自 McDougald 和 Keshavavz(1984)



皮肤强度与其中的胶原蛋白含量高度相关。因此，含胶原蛋白多的皮肤不易撕裂。任何影响皮肤胶原蛋白含量的营养因素都间接地影响皮肤撕裂的敏感性。脯氨酸是羟(基)脯氨酸的组分，后者与胶原蛋白的稳定性和坚硬度有关。锌、铜和维生素C均在胶原蛋白合成中起作用，因此它们之中任何一种缺乏都导致皮肤胶原蛋白的减少。这些营养素的严重缺乏也引起生长不良，但这种情况在过度的皮肤撕裂状况下并不常见。遗憾的是，日粮中增加上述营养素含量，甚至提高脯氨酸水平，对改善皮肤撕裂的效果并不大。

一种特定的日粮中含有抗球虫药，常山酮。当该产品按正常的推荐水平饲喂时，鸡(特别是母鸡)的皮肤厚度和强度明显下降。有一个试验结果表明，日粮中常山酮的含量为3mg/kg时，皮肤胶原蛋白含量下降50%，而皮肤撕裂的发生率提高50%。常山酮对母鸡皮肤强度的影响似乎大于对公鸡的影响，加上母鸡皮肤本来就弱，因此，母鸡皮肤撕裂的发生率较高。已证明常山酮干扰皮肤细胞中脯氨酸向羟(基)脯氨酸的转化，而在日粮中添加较多的脯氨酸也不能纠正这种有害作用。

在出现皮肤撕裂问题时，如果对加工条件已进行了详细检查，那么，常山酮、锌、铜和维生素C水平将是唯一潜在的营养因素。天气热时，皮肤撕裂更成问题。在这种情况下建议补饲维生素C，虽然在这些情况下鸡的皮下脂肪量总是较多。饲喂较高水平的粗蛋白质也能增加皮肤强度，但原因尚不清楚，较多的粗蛋白质可提供较多的非必需氨基酸(甘氨酸)，甘氨酸约占胶原蛋白氨基酸含量的30%；换言之，较高的蛋白质水平本身可降低胴体脂肪含量。

### 5.9.3 鸡油腻综合征

正如它的名称所示，当触摸油腻综合征鸡的皮肤时会感到多油或油腻。油腻综合征大多出现在日龄较大的肉仔鸡中，尤其是那些在夏季饲喂高能日粮的鸡中。这个问题似乎也与具体的加工厂有关。在加工时，尤其在拔毛过程中给鸡造成过多应激的加工厂中，油腻综合征的发生率较高，但在手工拔毛的鸡中则很少发生。油腻综合征也与胴体中过多的水分滞留有关，特别是在胴体皮肤的弹性受到影响的部位。母鸡出现“水袋”最为常见。在背部与肌肉分离的皮肤形成的袋中，这个问题最为明显。由于这部分皮肤容易撕裂，这些口袋破裂后油质便覆盖了周围的皮肤。

油腻综合征发生时，一般皮肤的超微结构常发生变化，或致使皮肤分层，由油质/或冷水积累而形成油袋/或水袋，或导致皮肤容易被撕裂。脂肪的饱和显然不是产生油腻综合征的原因，而是皮肤不同层次间的完整性发生了某些变化，因为油腻综合征鸡的皮肤容易与胴体分离，而从下面的肌肉上撕下。表皮下面的5个胶原蛋白层好像不如正常的致密，最下面的一层含的脂肪细胞最多。

出现油腻综合征时，尽管皮肤的总厚度并没有实质性的变化，但它的强度似乎降低了。公鸡的皮肤虽比母鸡薄，但因皮下脂肪含量少，通常更为结实。公鸡也具有较多的不

溶性胶原蛋白，这点可能对降低像油腻综合征鸡的胴体，在冷却水箱中经常出现的溶解和水分吸收方面有重要作用。

在正常体温下，油腻综合征鸡皮肤的主要胶原蛋白层比正常鸡的弱 30%，而在加工的温度下，皮肤强度下降 50%。问题可能与胶原蛋白交联受损有关。在哺乳动物以及在蛋壳膜形成中，赖氨酰氧化酶（Lysyl oxidase）被认为是参与胶原蛋白和弹性蛋白交联成熟的唯一的酶，它将赖氨酸和羟（基）赖氨酸转化为醛类。赖氨酰氧化酶是铜金属酶，需要磷酸吡哆醛作为辅助因子，已知铜缺乏有损于正常的胶原蛋白的交联结构，但铜缺乏并不能简单地解决油腻综合征问题。

鸡的油腻综合征只发生在温暖气候下饲养的肉仔鸡群中，在试验条件下也只有利用温暖的生长条件才能重复鸡的油腻综合征。在较高温度的条件下，鸡的皮下脂肪又较多时，这就可能是诱发鸡的油腻综合征的触发机制。由于胴体的油腻特点，已对日粮中的各种成分和营养水平进行研究。对日粮中的脂肪含量和来源也已进行仔细检查，但它们之间似乎不是一种简单的相关。相对于蛋白质水平，高脂肪/或高能量日粮会引起较多的问题，但研究结果并不一致。即使鸡的皮肤是有油腻的外观，但不饱和脂肪酸水平与鸡的油腻综合征没有相关关系，实际上，饲喂牛油时，出现的问题更多。

如果鸡的油腻综合征发生了，改进加工条件是唯一能采取的直接实践措施，特别应注意浸烫羽毛的温度和拔羽的时间。由于胶原蛋白交联受损的确切原因尚不清楚，因此，对日粮/或环境进行其他的改变是不可靠的。尽管日粮脂肪水平不是鸡油腻综合征发生的原因，但有报道指出，饲喂饱和脂肪（如牛油）时，鸡的油腻综合征发生较多。日粮应含有足够水平的铜，但锌和维生素 A 的水平不应过高。

## 5.10 环境营养管理

当前，粪便的成分是日粮配合应考虑的一个因素，随着肉鸡工业在全球各地的密集生产，粪便的处理已制约了生产。目前最现实的考虑是处理粪便的方式应符合环保条例。大多数肉鸡场都建立在最小限度的土地基础上，这意味着，为了符合环保条例，粪便需被运输到远离鸡场的地方；当这种运输成本太高时焚化是另一种选择。

当前垫草处理的主要顾虑是它的氮和磷的含量。人们对矿物质的含量，如锌和铜，也有所意识，由此导致重新评估这些微量元素在日粮中的需要。

与笼养蛋鸡粪相比，肉鸡垫草的体积大而且营养浓度较低。垫草的成分决定于育雏前肉鸡舍内加入的垫草数量，而且在饲养过程中这个数量变化不大，因此在清舍时可以预测垫草的数量。常用作垫草的原料有：木屑、稻草和稻壳。以上原料的氮和磷含量都可忽略不计。

表 5.55 列出根据 10 000 只肉鸡进食 45 000kg 饲料的一系列计算。

表 5.55 10 000 只肉用仔鸡粪便生产的计算与成分

垫草干物质	2 000kg
进食 45 000kg 饲料, 90%干物质, 70%可代谢率	
∴ 排出 12 000kg 干物质, @60%干物质	
∴ 20 000kg “风干” 排泄物	
∴ 22 000kg “风干” 垫草	
∴ 木屑/稻草/稻壳 = 17% 垫草干物质	
∴ 排泄物 = 83% 垫草干物质	
∴ 木屑等 = 风干垫草的 6%	
∴ 排泄物 = 风干垫草的 94%	
垫草 = 4%N, 3% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 2% K <sub>2</sub> O (风干基础)	
∴ 20 000kg	@4%N = 800kgN @3% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 600kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> @2% K <sub>2</sub> O = 400kg K <sub>2</sub> O

在肉鸡行业中, 对于一特定体重肉鸡的饲料进食量和饲料的代谢率都是相当一致的。因此, 鸡群排泄物中的干物质也将是可预测的。最主要的变量是最终垫草中干物质的含量, 它会直接影响“风干的”营养素的浓度。垫草中的含水量将取决于饮水量、排泄物的持水力、通风速度以及外界空气的湿度。在表 5.55 的实例计算中就用了 60%干物质的数值, 就是说粪中含水分 40%。在极端的条件下, 以上变量可结合产生含水量 25%~55% 的粪料。

使用通风的最主要目的之一就是排除鸡舍中的潮气。如果外界空气湿度很高, 并在高温下接近饱和, 那就只能带走最少量的水气。如果鸡粪又湿又黏, 就像在某些疾病或发生过料时那样; 那么, 不管通风速度或湿度, 排泄物释放的水分很少, 这样就形成了湿粪。日粮配方也会影响饮水量, 因而垫料的含水量、高水平的蛋白质、钠和钾往往是增加饮水量的原因。

肉鸡饲料中氮和磷的含量直接影响这些营养素在粪中的含量。世界各地肉鸡日粮中氮含量的变异不大, 而且进一步降低的余地也相对的小。日粮粗蛋白质每降低 1%, 仅影响粪蛋白约 0.2%。考虑到当今肉鸡工业的规模, 降低粪中含氮量 0.2% 都有着全球的重要

性；可是从农场角度看，这个变化在经济上却不重要。随着日粮蛋白质的降低，肉鸡的生产性能也往往降低，虽然日粮中的蛋氨酸+胱氨酸、赖氨酸、色氨酸，甚至苏氨酸都通过使用合成氨基酸而维持在需要量的水平。由于肉鸡相对来讲能很好地消化蛋白质和氨基酸，所以通过日粮配方来降低粪氮含量的余地就很小。而降低肉鸡粪中总磷含量的余地较大，只需通过简单地降低日粮的总含磷量。根据肉鸡不同的年龄，仅有30%~60%日粮磷是被消化的，而大量食人的磷随粪便排出。日粮磷比日粮氮的变异更大，所以就有较大的潜力使之标准化。磷的情况还受益于植酸酶的辅助作用。大多数植酸酶会释放相当于0.1%可利用磷，因此日粮配方可作相应的调整。日粮中可利用磷和粪中排出的磷呈正相关(图5.12)。

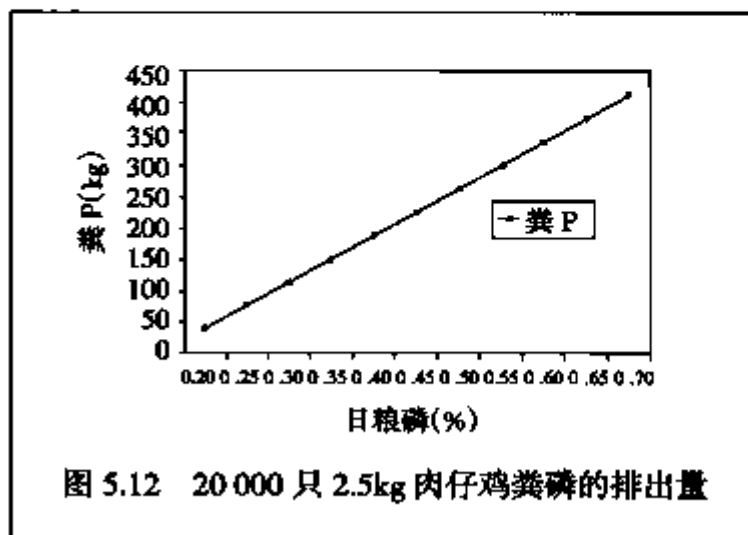


图 5.12 20 000 只 2.5kg 肉仔鸡粪磷的排出量

显然日粮中磷的含量有较低的限制度，而对骨骼完整性的需要量往往高于一般生产性能的需要量。日粮磷水平的低限量往往由胴体加工的条件所决定。毫无疑问，日粮磷需随时间而降低，而非常重型的肉鸡对磷的需求最低。对于超过60d很多的肉鸡，好像传统的饲料原料，甚至是植物来源的，也能提供足够10~14d的磷。

在计算粪磷的利用率以及潜在流失于溪流等数据时，粪中可溶性磷与不可溶磷使情况复杂化。植酸酶的使用似乎不会提高粪中可溶性磷的比例。可溶性磷可能会被植物利用，而真正不溶性的磷将不能利用。常用溶解于柠檬酸的粪磷作为测定对植物可利用的磷。如果磷是可溶解的，那么担心它将更多地流失于河流中。然而，另有争议认为真正不溶的磷不会沥滤到土壤中；但是，不溶磷的流失总是取决于土壤的地貌。这个论点看来是一个与土壤化学、地貌学、施肥入土的季节以及降雨量水平和强度有关的因素。就以上所有不定因素看来，显然不太可能在近期得出有关粪磷溶解度重要性的一致性结论。

与日俱增的顾虑是鸡粪中的微量矿物质水平，再次由于对土壤中微量矿物质的累积和水中沥滤的影响。在美国南方有些地区，使用肉鸡粪作为生长棉花土壤的肥料已经不可能，因为土壤中累积的锌的含量大大降低了棉花的产量。更潜在的顾虑是土壤中的锌和铜。表5.56所示为鸡粪的平均矿物质含量。

表 5.56 肉仔鸡垫草中的矿物质质量

	矿物质 (mg/kg)							
	锌	铜	铁	锰	镁	铝	钙	钠
干物质	300	500	3 000	400	6 000	2 000	3 000	4 000
风干基础 (40%干物质)	120	200	1 200	160	2 400	800	1 200	1 600

粪中锌和铜的含量与它们在日粮中的含量直接相关。矿物质预混料中一般含约 80mg/kg 锌和 10mg/kg 铜。饲料主原料中微量元素的生物学利用率在很大程度上都不清楚，而且在多数情况下对它们的贡献忽略不计。可是，主原料中确实含有相当数量的大多数微量元素（表 5.57）。

表 5.57 选用的饲料原料中微量元素的含量 (mg/kg)

	锌	锰	铁	铜
玉米	12	10	107	11
豆粕	37	19	184	15
肉粉	97	7	285	12
次小麦	76	104	203	16

如果玉米和豆粕中铜的利用率为 100%，那么使用添加剂补充就没有优势。20~40 年前有关微量元素利用率的有限资料表明它们的利用率为 40%~70%。植酸酶的使用使问题更为复杂化，因为天然原料（表 5.57）中的一些微量矿物质会存在于植酸酶的分子中。所以，在使用植酸酶时，这些矿物质，如玉米和豆粕中的锌的利用率大概会更高。使用植酸酶后锌的利用率可能提高 10%。看来，从理论上似乎有可能大大降低肉鸡日粮中微量矿物质的添加量，因而减少它们在粪中的积累。

微量矿物质蛋白盐，虽然比氧化物和硫化物要贵很多，但生物学利用率比较可预测。由于它们的生物学利用率较高而且也比较一致，我们最近用矿物质蛋白盐进行试验，而且使用的水平很低。在这个试验中，给鸡饲喂由氧化物和硫化物组成的常规矿物质预混料，

这个预混料随意地设计成 70% 的消化率，然后以该水平的可消化矿物质提供矿物蛋白盐。在试验中，矿物质水平进一步降低，仅用这些已降低浓度的 80%~20%（表 5.58）。

表 5.58 肉用仔鸡生产性能与计算的粪中矿物质排出量（自年产 5 批、每批 100 000 只肉仔公鸡的农场）

处 理	0~42d		矿物质排出量 (kg/年)			
	体重 (g)	饲料 : 增重	Zn	Mn	Fe	Cu
无机微量矿物质 <sup>1</sup>	2 217	1.75	470	273	535	19
有机微量矿物质 <sup>2</sup>	2 351	1.70	318	217	523	17
有机微量矿物质 Bioplex 80%	2 239	1.73	294	185	491	18
有机微量矿物质 Bioplex 60%	2 285	1.72	309	172	494	16
有机微量矿物质 Bioplex 40%	2 185	1.74	299	156	487	16
有机微量矿物质 Bioplex 20%	2 291	1.69	292	130	446	15

<sup>1</sup> Zn, 100mg/kg; Mn, 90mg/kg; Fe, 30mg/kg; Cu, 5mg/kg。

<sup>2</sup> Zn, 70mg/kg; Mn, 63mg/kg; Fe, 18mg/kg; Cu, 3mg/kg。

在使用 20% 矿物蛋白盐时，添加量为 Zn, 14mg/kg; Mn, 13mg/kg; Fe, 3.6mg/kg 以及 Cu, 0.6mg/kg。即使在这样低的补充水平下，肉鸡的生产性能未受影响。根据 18 日龄和 39 日龄每次 3d 的总集粪期，可以用外摊法预测 42d 生长期间粪中矿物质的排出量（表 5.58）。粪中锌的排出量降低了 37%，铜降低了 21%。如果将来对粪中微量矿物质的含量有立法规定，如同目前许多国家存在的对氮（N）和磷（P）那样，就有可能通过营养干预而降低它们的水平。如果产生这样的立法，将会有意思地观察到，目前普遍使用的以高水平铜作为抗菌剂的实践将会发生什么变化。

（沈慧乐 译）

### ◆ 参考文献

Acar, N., P. H. Patterson and G. F. Barbato (2001). Appetite suppressant activity of supplemental dietary amino acids and subsequent compensatory growth of broilers. *Poult. Sci.* 80 (8): 1215-1222.

Alleman, F., J. Michel, A. M. Chagneau and B. Leclerc (2000). The effects of

dietary protein independent of essential amino acids on growth and body composition in genetically lean and fat chickens. *Br. Poult. Sci.* 41: 214 - 218.

Arce, J. , M. Berger and C. Coello (1992) . Control of ascites syndrome by feed restriction techniques. *J. Appl. Poult. Res.* 1: 1 - 5.

Baker, D. H. , A. B. Batal, T. M. Parr, N. R. Augspurger and C. M. Parsons (2002) . Ideal ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine and valine for chicks during the second and third weeks posthatch. *Poult. Sci.* 81 (4): 485 - 494.

Bartov, I. (1987) . Effect of early nutrition on fattening and growth of broiler chicks at 7 weeks of age. *Br. Poult. Sci.* 28: 507 - 518.

Bigot, K. , S. Mignon Grasteau, M. Picard, and S. Tesseraud (2003) . Effects of delayed feed intake on body, intestine, and muscle development in neonate broilers. *Poult. Sci.* 82 (5): 781 - 788.

Cabel, M. C. and P. W. Waldroup (1990) . Effect of different nutrient restriction programs early in life on broiler performance and abdominal fat content. *Poult. Sci.* 69: 652 - 660.

Corzo, A. , E. T. Moran Jr. , and D. Hoehler (2002) . Lysine need of heavy broiler males applying the ideal protein concept. *Poult. Sci.* 81 (12): 1863 - 1868.

Dale, N. and A. Villacres (1986) . Nutrition influences ascites in broilers. *World Poult. Misset.* April pp 40.

Dale, N. and A. Villacres (1988) . Relationship of two-week body weight to the incidence of ascites in broilers. *Avian Dis.* 32: 556 - 560.

Ducuyperre, E. , J. Buyse and N. Buys (2000) . Ascites in broiler chickens: exogenous and endogenous structural and functional causal factors. *World's Poult. Sci.* 56 (4): 367 - 377.

Dozier, W. A. III , R. J. Lien, J. B. Hess, S. F. Bilgili, R. W. Gordon, C. P. Laster and S. L. Vieira (2002) . Effects of early skip-a-day feed removal on broiler live performance and carcass yield. *J. Appl. Poult. Res.* 11 (3): 297 - 303.

Eits, R. M. , R. P. Kwakkel, M. W. A. Verstegen, P. Stoutjesdijk and K. D. De Greef (2002) . Protein and lipid deposition rates in male broiler chickens: Separate responses to amino acids and protein-free energy. *Poult. Sci.* 81 (4): 472 - 480.

Emmert, J. L. and D. H. Baker (1997) . Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. *J. Appl. Poult. Res.* 6: 462 - 470.

Emmert, J. L. , H. M. Edwards III and D. H. Baker (2000) . Protein and body weight accretion of chicks on diets with widely varying contents of soybean meal supple-

mented or unsupplemented with its limiting amino acids. *Br. Poult. Sci.* 41; 204 - 213.

Fancher, B. I. and L. S. Jensen (1989) . Dietary protein level and essential amino acid content. Influence upon female broiler performance during the grower period. *Poult. Sci.* 68; 897 - 908.

Gonzalez-Esquerá, R. and S. Leeson (2000) . Effects of menhaden oil and flaxseed in broiler diets on sensory quality and lipid composition of poultry meat. *Br. Poult. Sci.* 41; 481 - 488.

Granot, I. , I. Bartov, I. Plavnik, E. Wax, S. Hurwitz and M. Pines (1991a) . Increased skin tearing in broilers and reduced collagen synthesis in skin in vivo and in vitro in response to coccidiostat halofuginone. *Poult. Sci.* 70; 1559 - 1563.

Hinton, A. , Jr. , R. J. Buhr and K. D. Ingram (2000) . Physical, chemical and microbiological changes in the crop of broiler chickens subjected to incremental feed withdrawal. *Poult. Sci.* 79; 212 - 218.

Howlader, M. A. U. and S. P. Rose (1988) . Effect of growth rate on the meat yields of broilers. *Br. Poult. Sci.* 29; 873.

Julian, R. J. (1993) . Ascites in poultry. *Avian Path.* 22; 419 - 454.

Kerr, B. J. , M. T. Kidd, G. W. McWard, and C. L. Quarles (1999) . Interactive effects of lysine and threonine on live performance and breast yield in male broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 8; 391 - 399.

Kerr, B. J. , M. T. Kidd, K. M. Halpin, G. W. McWard and C. L. Quarles (1999) . Lysine level increases live performance and breast yield in male broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 8; 381 - 390.

Kidd, M. T. , B. J. Kerr, K. M. Halpin, G. W. McWard, and C. L. Quarles (1998) . Lysine levels in starter and grower-finisher diets affect broiler performance and carcass traits. *Appl. Poult. Res.* 7; 351 - 358.

King, R. D. (2001) . Description of growth simulation model for predicting the effect of diet on broiler composition and growth. *Poult. Sci.* 80; 245 - 253.

Lee, K. H. and S. Leeson (2001) . Performance of broilers fed limited quantities of feed or nutrients during 7 to 14 days of age. *Poult. Sci.* 80; 446 - 454.

Leeson, S. , L. J. Caston and W. Revington (1998) . Broiler response to friction compacting of feed. *J. Appl. Poult. Res.* 7; 166 - 174.

Leeson, S. , L. J. Caston and J. D. Summers (1996) . Broiler response to diet energy. *Poult. Sci.* 75; 529 - 535.

Leeson, S. (1993) . Potential of modifying poultry products. *J. Appl. Poult. Res.* 2; 380 - 385.



Leeson, S. and J. D. Summers (1988) . Some nutritional implications of leg problems with poultry. *Br. Vet. J.* 144: 81 - 92.

Leeson, S. and L. J. Caston (1993) . Production and carcass yield of broilers using free-choice cereal feeding. *J. Appl. Poult. Res.* 2: 253 - 258.

Leeson, S. , L. J. Caston, M. M. Kiaei and R. Jones (2000) . Commercial enzymes and their influence on broilers fed wheat or barley. *J. Appl. Poult. Res.* 9: 241 - 251.

Leeson, S. , L. J. Caston, J. D. Summers and K. H. Lee (1999) . Performance of male broilers to 70 d when fed diets of varying nutrient density as mash or pellets. *J. Appl. Poult. Res.* 8: 452 - 464.

Lemme, A. , D. Hoehler, J. J. Brennan, P. F Mannion (2002) . Relative effectiveness of methionine hydroxyl analog compared to DL-methionine in broiler chickens. *Poult. Sci.* 81 (6): 838 - 845.

Leske, K. and C. Coon (2002) . The development of feedstuff retainable phosphorus values for broilers. *Poult. Sci.* 81: 1681 - 1693.

Lippens, M. , G. Room, G. De Groote and E. Decuypere (2000) . Early and temporary quantitative food restriction of broiler chickens. I. Effects on performance characteristics, mortality and meat quality. *Br. Poult. Sci.* 41: 343 - 354.

Lott, B. D. , J. D. May, J. D. Simmons and S. L. Branton (2001) . The effect of nipple height on broiler performance. *Poult. Sci.* 80: 408 - 410.

Miles, D. M. and K. R. Sistani (2002) . Broiler phosphorus intake versus broiler phosphorus output in the United States; nutrition or soil science. *World's Poult. Sci.* 58 (4): 493 - 500.

Namkung, H. and S. Leeson (1999) . Effect of phytase enzyme on dietary AMEn and ileal digestibility of nitrogen and amino acids in broiler chicks. *Poult. Sci.* 78: 1317 - 1320.

Ohtani, S. and S. Leeson (2000) . The effect of intermittent lighting on metabolizable energy intake and heat production of male broilers. *Poult. Sci.* 79: 167 - 171.

Pope, T. and J. L. Emmert (2001) . Phasefeeding supports maximum growth performance of broiler chicks from 43 to 71 days of age. *Poult. Sci.* 80: 345 - 352.

Rosa, A. P. G. M. Pesti, H. M. Edwards, Jr. and R. I. Bakalli (2001) . Threonine requirements of different broiler genotypes. *Poult. Sci.* 80 (12): 1710 - 1717.

Rosa, A. P. , G. M. Pesti, H. M. Edwards, Jr. , and R. Bakalli (2001) . Tryptophan requirements of different broiler genotypes. *Poult. Sci.* 80 (12): 1718 - 1722.

Si, J. , C. A. Fritts, D. J. Burnham and P. W. Waldroup (2001) . Relationship of dietary lysine level to the concentration of all essential amino acids in broiler

diets. *Poult. Sci.* 80 (10): 1472 - 1479.

Sklan, D. (2003) . Fat and carbohydrate use in posthatch chicks. *Poult. Sci.* 82 (1): 117 - 122.

Sklan, D. and I. Plavnik (2002) . Interactions between dietary crude protein and essential amino acid intake on performance in broilers. *Br. Poult. Sci.* 43 (3): 442 - 449.

Summers, J. D. , S. Leeson and D. Spratt (1988) . Yield and composition of edible meat from male broilers as influenced by dietary protein level and amino acid supplementation. *Can. J. Anim. Sci.* 68: 241 - 248.

Taylor, N. L. , J. K. Northcutt and D. L. Fletcher (2002) . Effect of a short-term feed outage on broiler performance, live shrink, and processing yields. *Poult. Sci.* 81 (8): 1236 - 1242.

Teeter, R. G. (1994) . Broiler nutrition strategy considerations involving vitamin fortification. *Proc. BASF Tech-Symp.* Indianapolis. May 25.

Urdaneta-Rincon, M. and S. Leeson (2002) . Quantitative and qualitative feed restriction on growth characteristics of male broilers. *Poult. Sci.* 81 (5): 679 - 688.

Vieira, S. L. and E. T. Moran Jr. (1999) . Effect of egg origin and chick post-hatch nutrition on broiler live performance and meat yields. *World's Poult. Sci.* 55 (2): 125 - 142.

Xu, Z. R. , C. H. Hu, M. S. Xia, X. A. Zhan and M. Q. Wang (2003) . Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poult. Sci.* 82: 1030 - 1036.

Yan, F. , J. H. Kersey, C. A. Fritts and E. W. Waldroup (2003) . Phosphorus requirements of broiler chicks six to nine weeks of age as influenced by phytase supplementation. *Poult. Sci.* 82 (2): 24 - 300.

Zubair, A. K. and S. Leeson (1994) . Effect of varying period of early nutrient restriction on growth compensation and carcass characteristics of male broilers. *Poult. Sci.* 73: 129 - 136.

# 6

## 第六章 肉用种鸡的饲喂方案

6.1	日粮规格与饲料配方 .....	284
6.2	后备种母鸡的饲喂方案 .....	289
6.2.1	饲料质量的限制 .....	291
6.2.2	饲料量的限饲 .....	291
6.2.3	种公鸡的具体饲喂计划 .....	295
6.2.4	水的管理 .....	296
6.3	预产期营养 .....	297
6.3.1	钙的代谢 .....	298
6.3.2	体重和体态的考虑 .....	299
6.3.3	体成分的考虑 .....	300
6.3.4	继后蛋重与孵化率的考虑 .....	300
6.4	种母鸡的饲喂计划 .....	300
6.5	影响饲料和营养素进食量的因素 .....	306
6.5.1	产蛋率 .....	306
6.5.2	体重 .....	311
6.5.3	净槽时间 .....	312
6.5.4	上午对比下午饲喂 .....	312
6.5.5	环境温度 .....	313
6.5.6	蛋壳质量 .....	317
6.6	种公鸡饲喂程序 .....	318
6.7	肉种鸡的饲料效率 .....	321
6.8	营养与孵化率 .....	322
6.8.1	受精率 .....	323
6.8.2	孵化率 .....	324
6.9	笼养种鸡 .....	327

---

## 6.1 日粮规格与饲料配方

肉用仔鸡不断增长的遗传潜力对肉种鸡的饲养管理带来了前所未有的挑战。生长与繁殖两个特征是呈反相关的；在一个肉鸡联营体内，肉用仔鸡的生产性能必然是最重要的。由于商品代肉鸡的食欲和符合年龄的体重的增长，所以对幼龄种鸡的营养素限饲必须从早期开始，否则到后期将使问题更为严重。现代种母鸡 22 周龄的体重必须与它后代 6 周龄的体重相比，所以难怪对父母代食欲的控制具有更大的挑战性。如同大多数禽类，肉种鸡的绝对需要量受到限饲水平与日粮营养规格二者的影响，但是，这种双重影响意味着肉种鸡的营养素进食量可得到更严格的控制，因此也表示在按营养需要而满足进食量方面的巨大潜力。高产的肉种鸡往往比常规型的肉种鸡晚成熟 7~10d，同时净槽时间也较长。一般来说，场长们不应像对待常规型母鸡那样很快地改变饲料给量或配方。高产型公鸡也带来了一些饲喂管理方面的新问题，这些基本上都与它们的好斗行为有关。表 6.1 和表 6.2 所示为育成鸡和成年种鸡的日粮规格，表 6.3 为以玉米为基础的日粮示例。表 6.4、表 6.5 与表 6.6 所示为主要育种公司详细的种鸡营养规格。

表 6.1 肉用种鸡后备母鸡日粮规格

	育雏期 0~4 周	生长期 4~12 周	育成期 12~22 周	预产期 20~22 周
粗蛋白水平 (%)	18.5	17.0	16.0	16.0
代谢能 (kcal/kg)	2 850	2 850	2 850	2 850
钙 (%)	0.95	0.92	0.89	2.25
可利用磷 (%)	0.45	0.40	0.38	0.42
钠 (%)	0.20	0.19	0.17	0.17
蛋氨酸 (%)	0.42	0.35	0.32	0.37
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.80	0.72	0.65	0.64
赖氨酸 (%)	1.00	0.90	0.80	0.77
苏氨酸 (%)	0.72	0.67	0.60	0.58
色氨酸 (%)	0.20	0.18	0.16	0.15
精氨酸 (%)	1.15	1.00	0.86	0.80
缬氨酸 (%)	0.75	0.70	0.65	0.60
亮氨酸 (%)	0.90	0.85	0.92	0.88
异亮氨酸 (%)	0.70	0.60	0.51	0.48
组氨酸 (%)	0.20	0.18	0.29	0.26
苯丙氨酸 (%)	0.65	0.60	0.53	0.49
维生素 (每千克日粮)				
维生素 A (IU)		8 000		
维生素 D <sub>3</sub> (IU)		3 000		
维生素 E (IU)		50		
维生素 K (IU)		3		
硫胺素 B <sub>1</sub> (mg)		2		
核黄素 B <sub>2</sub> (mg)		10		
吡哆醇 B <sub>6</sub> (mg)		4		
泛酸 (mg)		12		
叶酸 (mg)		0.75		
生物素 (μg)		100		
尼克酸 (mg)		40		
胆碱 (mg)		500		
维生素 B <sub>12</sub> (μg)		15		
微量矿物质 (每千克日粮)				
锰 (mg)		60		
铁 (mg)		30		
铜 (mg)		6		
锌 (mg)		60		
碘 (mg)		0.5		
硒 (mg)		0.3		

表 6.2 成年肉种鸡日粮规格

年龄 (周)	阶段 1 22~34 周	阶段 2 34~54 周	阶段 3 54~64 周	公鸡 22~64 周
粗蛋白 (%)	16.0	15.0	14.0	12.0
代谢能 (kcal/kg)	2 850	2 850	2 850	2 750
钙 (%)	3.00	3.20	3.40	0.75
可利用磷 (%)	0.41	0.38	0.34	0.30
钠 (%)	0.18	0.18	0.18	0.18
蛋氨酸 (%)	0.36	0.32	0.30	0.28
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.65	0.62	0.59	0.55
赖氨酸 (%)	0.80	0.74	0.68	0.55
苏氨酸 (%)	0.62	0.61	0.57	0.51
色氨酸 (%)	0.18	0.16	0.14	0.13
精氨酸 (%)	0.90	0.82	0.74	0.65
缬氨酸 (%)	0.60	0.55	0.50	0.46
亮氨酸 (%)	0.80	0.74	0.70	0.64
异亮氨酸 (%)	0.62	0.58	0.52	0.45
组氨酸 (%)	0.18	0.17	0.16	0.12
苯丙氨酸 (%)	0.55	0.50	0.45	0.40
维生素 (每千克日粮)				
维生素 A (IU)		8 000		
维生素 D <sub>3</sub> (IU)		3 000		
维生素 E (IU)		75		
维生素 K (IU)		3		
硫胺素 B <sub>1</sub> (mg)		2		
核黄素 B <sub>2</sub> (mg)		10		
吡哆醇 B <sub>6</sub> (mg)		4		
泛酸 (mg)		12		
叶酸 (mg)		0.75		
生物素 (μg)		100		
尼克酸 (mg)		40		
胆碱 (mg)		500		
维生素 B <sub>12</sub> (μg)		15		
微量矿物质 (每千克日粮)				
锰 (mg)		90		
铁 (mg)		30		
铜 (mg)		12		
锌 (mg)		100		
碘 (mg)		0.5		
硒 (mg)		0.3		

表 6.3 种鸡日粮实例 (kg)

	育雏期	生长期	育成期	预产期	种鸡 1	公鸡
玉米	487	538	539	600	666	455
次麦粉	264	250	280	154	45	367
麦麸						100
豆粕	213	178	148	178	201	52
DL-蛋氨酸*	2.3	1.9	1.6	1.3	1.3	1.7
L-赖氨酸	0.8	0.9	0.6			0.2
食盐	3.8	3.5	3	3.1	3.4	3.3
石粉	16.6	17.2	18	51	70.5	17
磷酸氢钙	11.5	9.5	8.8	11.6	11.8	2.8
维生素—矿物质预混料**	1	1	1	1	1	1
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白水平 (%)	18.5	17.0	16.0	16.0	16.0	13.4
代谢能 (kcal/kg)	2 850	2 893	2 895	2 850	2 850	2 750
钙 (%)	0.95	0.93	0.93	2.25	3.00	0.75
可利用磷 (%)	0.45	0.40	0.38	0.42	0.41	0.30
钠 (%)	0.20	0.19	0.17	0.17	0.18	0.18
蛋氨酸 (%)	0.53	0.47	0.42	0.41	0.41	0.38
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.80	0.72	0.65	0.64	0.65	0.55
赖氨酸 (%)	1.00	0.90	0.80	0.78	0.80	0.55
苏氨酸 (%)	0.75	0.70	0.65	0.67	0.69	0.52
色氨酸 (%)	0.25	0.23	0.21	0.22	0.22	0.19

\* 或等量的 MHA。

\*\* 含胆碱。

表 6.4 肉种鸡日粮营养规格 (管理指南数据)<sup>1</sup>

	胡巴特 Hubbard	考布 Cobb	罗斯 Ross
代谢能 (kcal/kg)	2 865	2 860	2 860
粗蛋白水平	15.5	16.0	16.0
钙 (%)	3.2	2.9	3.0
可利用磷	0.40	0.45	0.40
钠 (%)	0.17	0.17	0.16
亚油酸 (%)	1.25	1.5	1.25
蛋氨酸 (%)	0.35	0.35	0.35
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.58	0.64	0.61
赖氨酸 (%)	0.71	0.78	0.83
色氨酸 (%)	0.17	0.17	0.21
维生素 A (TIU/kg)	8.8	11.0	5.45
维生素 D <sub>3</sub> (TIU/kg)	3.3	1.75	1.6
维生素 E (IU/kg)	44	40	45
维生素 K <sub>3</sub> (mg/kg)	3.3	5.0	2.0
硫氨酸 (mg/kg)	4.4	2.5	3.0
核黄素 (mg/kg)	8.8	10.0	5.5
泛酸 (mg/kg)	15.5	20.0	7.0
尼克酸 (mg/kg)	53	45	18
吡哆醇 (mg/kg)	3.3	5.0	2.0
胆碱 (mg/kg)	660	186	450
叶酸 (mg/kg)	1.0	1.25	0.90
生物素 (μg/kg)	0.22	0.20	0.20
维生素 B <sub>12</sub> (μg/kg)	11	20	20
锰 (mg/kg)	80	90	30
锌 (mg/kg)	80	75	40
铁 (mg/kg)	66	20	30
铜 (mg/kg)	9	3.6	4
碘 (mg/kg)	1.1	1.5	0.46
硒 (mg/kg)	0.30	0.13	0.10

<sup>1</sup> 若建议多个配方时, 这是阶段 I 的。



表 6.5 种鸡日粮的氨基酸需要量以单位蛋白质或单位能量表示

	胡巴特 (Hubbard)	考布 (Cobb)	罗斯 (Ross)
蛋氨酸			
(g/kg 粗蛋白)	22.5	22.2	21.3
(g/Mcal)	1.26	1.20	1.19
蛋氨酸 + 胱氨酸			
(g/kg 粗蛋白)	37.4	40.0	36.3
(g/Mcal)	2.02	2.20	2.03
赖氨酸			
(g/kg 粗蛋白)	45.8	48.8	50.0
(g/Mcal)	2.47	2.68	2.80
色氨酸			
(g/kg 粗蛋白)	10.9	10.6	11.3
(g/Mcal)	0.59	0.58	0.63

表 6.6 28 周龄种鸡对下列营养素的需要量

	胡巴特 (Hubbard)	考布 (Cobb)	罗斯 (Ross)
能量 (kcal)	458	469	478
粗蛋白质 (g)	24.8	25.8	26.7
钙 (g)	5.1	4.7	5.0
可利用磷 (mg)	640	724	668
蛋氨酸 (mg)	560	563	567
蛋氨酸 + 胱氨酸 (mg)	928	1 030	967
赖氨酸 (mg)	1 136	1 256	1 336
饲料进食量 (g)	160	161	161
体重 (g)	3 100	3 130	3 150

<sup>1</sup> 自管理指南的数据计算出。

## 6.2 后备种母鸡的饲养方案

在饲养管理过程中，必须使后备母鸡与种公鸡在光照刺激之前（一般在 22~24 周龄）

达到理想的整齐度。生长与整齐度主要受饲喂计划的影响，而受配方的影响少些。正常情况下在使用范围很广的营养规格时有可能达到符合年龄的理想体重。营养素进食量在很大程度上受限饲程度的控制。例如，从理论上讲有可能用能量水平为 2 600~3 100kcal ME/kg 的日粮培育后备母鸡，可在实践中常用的能量水平为 2 750~2 950 kcal ME/kg；但是对于那些必须配成超出上述范围的配方，能量进食量可用调节饲料进食量加以控制。在使用高能日粮时，一般更难保持鸡群的整齐度，因为这时每次必须使更少量的饲料分布在食槽中。种鸡一般的生长标准与饲料进食量的标准见表 6.7。

表 6.7 后备母鸡和公鸡的生长与发育标准

周龄	后备母鸡			公 鸡		
	体重 (g)	饲料进食量 (g/d)	整齐度 (%)	体重 (g)	饲料进食量 (g/d)	整齐度 (%)
1	120	25	75	125	27	70
2	230	27	75	280	30	70
3	330	29	75	440	32	70
4	420	31	80	610	34	75
5	510	34	80	720	36	75
6	610	36	80	840	39	75
7	680	40	80	930	42	75
8	760	43	80	1 040	46	80
9	860	46	80	1 180	50	80
10	960	49	80	1 300	53	80
11	1 050	53	80	1 420	55	80
12	1 150	58	80	1 550	58	80
13	1 250	62	80	1 700	63	80
14	1 350	66	85	1 880	66	82
15	1 450	68	85	2 060	70	82
16	1 550	71	85	2 200	76	82
17	1 670	76	85	2 320	81	85
18	1 790	82	85	2 450	90	85
19	1 900	88	90	2 600	95	85
20	2 040	94	90	2 830	100	85
21	2 200	98	90	2 970	105	85
22	2 320	102	90	3 100	110	85

<sup>1</sup> 平均的日粮代谢能 2 900kcal/kg。

每个商业品系都将有它特定的生长模式，而后者可用于制定饲喂计划。这些品系都将有一个“最佳的”成熟体重，一般在22周龄时后备母鸡约为2.2kg，小公鸡为3.1kg。有意思的是，在近20~30年以来，肉用仔鸡的生长潜力在不断提高，而种鸡的成年体重改变很少。由于通过修改日粮或限饲程度都有影响饲料进食量的潜力，所以，目标体重显然可通过各种途径而达到，但这些方法会影响育成（饲料）成本。多年来已对质与量的营养素限制方案进行了研究。

### 6.2.1 饲料质量的限制

从理论上讲，或通过提供低营养浓度的配方，和/或配制某些营养素临界缺乏的日粮应有可能控制幼龄肉种鸡的生长；仅靠饲喂低营养浓度配方不可能达到理想的生长速度。种鸡贪婪的食欲使它们在能量低至2300~2400kcal ME/kg日粮的基础上自由采食并很好地生长；所以，为了限制生长，可能需要用低于2000kcal ME/kg的日粮。但这种配方的每单位能量很昂贵，运输费用也高，而且还产生湿的垫草。

临界缺乏蛋白质或氨基酸的日粮会限制生长。在多数情况下，这种方案已遭受了失败，因为在一鸡群中并非所有的鸡具有相同的营养需要。例如，日粮蛋氨酸下降25%可使鸡群平均体重下降很多；但遗憾的是，那些具高蛋氨酸需要量遗传性的鸡的体重很轻，而且低蛋氨酸需要量遗传性的鸡则受日粮变化的影响很小，并仍按正常速度生长。因此，虽然鸡群的平均体重可通过饲料的质量加以调控，但鸡群的均匀度很差，往往只有30%~40%，正常条件下为80%（鸡群%±15%鸡群平均重）。又如，我们用缺乏食盐日粮的研究表明：通过在玉米-豆粕基础日粮中调节加入的食盐水平可相当准确地控制鸡群的平均体重。但可惜的是，鸡群在20周龄的整齐度非常低，因此许多母鸡在种鸡舍内超重或体重不足，产蛋率和受精率受到影响。也曾用调控日粮脂肪酸和氨基酸水平对饲料质量的限制进行了类似的尝试。

### 6.2.2 饲料量的限饲

有些控制种鸡生长的物理性限制是全球通用的。传统的方法一直是隔日饲喂，顾名思义，鸡只在每隔一日饲喂，表6.8所示为一隔日饲喂方案的实例。

显然，实际隔日饲喂的饲料进食量将取决于营养浓度与环境条件，但表中数值可供参考。有关饲喂至标准体重以及体重调节的概念将在下段中进行更充分的讨论。表6.8为从4周龄开始的种公鸡和种母鸡的限饲饲喂方案。在此以前，也应采用控制饲喂使鸡习惯于限饲。控制饲喂应调节至保证鸡在一天的4~6h内净槽。由于不同品系有不同的生长特征，因此，为控制体重而进行的控制或限饲必须具有灵活性。对于遗传上早期生长速度高的品系，可能必须将真正的在每日基础上的限饲提前至7~10日龄；而对于其他品系可任其自由采食至3~4周龄，因为它们的初始生长速度较低。

采用隔日饲喂方案时，只在隔日给鸡饲喂表中饲料量。这种饲喂制度的实质是隔日饲

**表 6.8 后备母鸡和公鸡的隔日饲喂限饲方案** (日粮为 2 900kcal/kg)

周龄	后备母鸡 (g)	公鸡 (g)
1	自由采食	自由采食
2	控制 25/d	控制 30/d
3	控制 30/d	控制 40/d
4	70	80
5	80	90
6	90	100
7	100	110
8	105	115
9	110	120
10	115	125
11	120	130
12	125	135
13	130	140
14	135	145
15	140	150
16	145	155
17	155	160
18	165	170
19	175	180
20	185	190

喂时可给鸡提供较大数量的饲料，这就使饲料比较容易在料槽中分布，因此最小最胆怯的鸡也有机会采食。每日限饲是隔日饲喂的取代选择。例如，在 11 周龄时，后备母鸡每天可喂 60g。每日饲喂的问题是饲料很快被采食完，这样，在鸡群内不一定所有的鸡都能采食到适宜的饲料量。由于饲料量小，加上使用慢速饲料链或送料器，常见鸡追向喂料器，近至料斗，因而降低饲喂面积的利用率。每日饲喂时鸡很可能在 30min 内就采食完饲料，因此，采用这种饲喂方案必须有足够的饲喂面积。但是，有倾向改为每日饲喂，因为它更有效，在良好的管理和监督之下可以达到很好的均匀度。饲料利用率的提高是由于鸡能每天直接利用饲料而不是隔日饲喂的鸡所具有的低效率，因为后者必须利用贮存的能量作为停料日的维持需要。大多数每日饲喂的供给量为相应隔日饲喂量的 1/2。例如：表 6.8 中 9 周龄后备母鸡隔日饲喂的定量为 110g；如若给这些母鸡每日饲喂 55g 饲料，它们的体重会更高些，因为它们对饲料的利用率更高。所以，在生产中，为达到同样的生长速度，

隔日饲喂的饲料量应除以 2.2（而不是 2）。表 6.9 所示为隔日饲喂的后备母鸡和公鸡，以及每日准确地饲喂该饲喂量 50% 的鸡的生长速度。结果表明，每日饲喂隔日饲喂供给量 50% 的鸡，体重始终高出 8%~10%。

不管采用哪种限饲方案，目标是至性成熟前获得整齐和均匀的生长速度。能使后备母鸡和种公鸡在 16~17 周龄接近体重目标是最理想的，因为在这阶段之后，试图获得生长上较大的提高（或降低）往往都会被体成分、性成熟以及继后的繁殖性能所冲淡。

有些鸡群总是比预期的标准重，对它们的生长速度必须更多地加以调控。急剧降低这种鸡群的饲料进食量使之尽快纠正过量生长的做法是有吸引力的，但这样做往往伴随着均匀度的下降。对于超重的鸡必须慢慢地纠正至正常体重，根据不同年龄可能需要 6~8 周以上。体重过低的鸡群比较容易管理，因为多喂些饲料比较容易；但是，仍然需要逐步提高喂料量，使理想体重在 3~4 周内达到。表 6.10 所示为真实种鸡群记录的实例，每群约

40 000 只后备母鸡，在约 6 周龄或 13 周龄时它们曾经超重或体重不足。通过改变喂料量慢慢地维持这些鸡群内的整齐度，使体重得到重新调整。

表 6.9 以隔日饲喂或每日饲喂提供等量饲料对后备母鸡和公鸡生长的影响

周龄	后备母鸡体重 <sup>1</sup> (g)		19 周龄公鸡体重 <sup>2</sup> (g)		
	隔日饲喂	每日饲喂	日粮处理	隔日饲喂	每日饲喂
8	530 <sup>b</sup>	790 <sup>a</sup>	2 850 ME, 15%CP	2 410	2 530
11	950 <sup>b</sup>	1 010 <sup>b</sup>	2 850ME, 20%CP	2 320	2 510
14	1 190 <sup>b</sup>	1 290 <sup>a</sup>	2 000ME, 15%CP	1 960	2 150
17	1 540 <sup>b</sup>	1 630 <sup>a</sup>	2 000ME, 20%CP	1 920	2 040
20	1 890 <sup>b</sup>	1 980 <sup>a</sup>			

<sup>1</sup> 引自 Bennett 和 Leeson (1989);

<sup>2</sup> 引自 Vaughters 等 (1987)。

在 14~18 周龄进行隔日饲喂时种鸡有时会发生嗜食和死亡。如果饲喂面积充足，那么这个问题只能通过改变饲喂方案，试图减少每一次的饲喂量来解决，表 6.11 所示为方案的实例，这里的标准是“相当于”80g/只/d；改用这些方案中的任一个将有助于从隔日饲喂过渡到作为成年鸡的每日饲喂。

不管采用何种饲喂制度，必须掌握一定的灵活性，因为鸡群的状况受到各种管理条件的影响。例如，某些疫苗的接种以及鸡群的搬动至少会使生长速度推迟 1~2d。对于这些已知的应激都应用额外的饲喂加以补足。例如，如表 6.11 所示隔日饲喂的鸡应在第 6d 转舍，那么，不管计划的饲喂日程如何，应在这天给这些鸡喂料。

对于平养肉鸡生产者球虫病是永远存在的一个问题。由于在肉种鸡日粮中通常不允许加入抗球虫药，因此肉种鸡必须在育成期形成免疫力，而一般商品肉鸡常用的抗球虫药不能形成这种免疫能力，尤其是离子型的。就是说，如果在后备种母鸡的育成阶段使用离子型抗球虫药，它们很可能会预防球虫病的临床症状，但当这些鸡转入种鸡舍后，它们可能立刻会出现临床症状。如果在育成期使用抗球虫药，那么像安比林 (amprolium) 这样的抗球虫药具有优越性。因为，像安比林这样的药物一般用以预防急性的临床症状，同时也可以建立一些免疫能力。根据饲料法规，在有些国家安比林可用于鸡的整个生命周期。另一种选择是在育成期使用非药物的饲料，但要求具有出众的管理，一出现症状时立刻进行治疗。由于治疗必须马上进行，因此仅建议使用水溶性的产品，如安比林。目前比较常用的方法是用稀释的活苗给雏鸡接种，在孵化后给雏鸡喷雾，在早期育成阶段就应形成免疫力。

表 6.10 对 6 周龄或 13 周龄超重或体重不足后备母鸡的体重目标

周 龄	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
标准体重 (kg)	0.12	0.23	0.33	0.42	0.51	0.61	0.68	0.76	0.86	0.96	1.05	1.15	1.25	1.35	1.45	1.55	1.67	1.79	1.90	2.04
鸡群 1* 6 周龄时超重						0.75	0.81	0.88	0.97	1.06	1.15	1.24	1.34	1.43	1.52	1.61	1.73	1.84	1.95	2.09
鸡群 2* 6 周龄时体重不足						0.50	0.58	0.69	0.80	0.91	1.02	1.15	1.25	1.35	1.45	1.55	1.67	1.79	1.90	2.04
鸡群 3* 13 周龄时超重													1.40	1.49	1.58	1.67	1.79	1.90	2.01	2.14
鸡群 4* 13 周龄时体重不足													1.10	1.22	1.35	1.48	1.62	1.75	1.90	2.04

表 6.11 15~18 周龄肉用后备种母鸡预防嗜食可选择的饲喂计划实例 (饲料 g/只/d, 相当于 80g/只/d)

饲喂方案	天									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
隔日饲喂	160	0	160	0	160	0	160	0	160	0
2-1	120	120	0	120	120	0	120	120	0	120
3-1	106	106	106	0	106	106	106	0	106	106
6-1	93	93	93	93	93	93	0	93	93	93

### 6.2.3 种公鸡的具体饲喂计划

公鸡可以和母鸡一起饲养，也可分开饲养，但在两种情况下，它们几乎都饲喂为母鸡设计的育雏和育成饲料。这不会有大问题，因为在性成熟之前性别对营养需要没有大的差别。当公、母鸡饲养在一起时，起始的限饲计划以及一般饲料分配体系往往受母鸡的体重和体况的进展所支配。在这种情况下，公鸡的生长和体况不能很好地被控制。这是采用上述管理决定所必须接受的后果。

单独饲养种公鸡为支配和控制它们的发育提供最好的机会。如同肉用仔鸡一样，种公鸡对高蛋白育雏日粮或该日粮的较长饲喂时间反应较好；反之亦然，种公雏对低蛋白或低氨基酸育雏日粮的反应是负面的。例如，在理想的条件下，平衡很好的16%蛋白质的日粮可作为种母鸡的育雏配方，它使早期生长速度较慢，额外的优越性是延缓限饲的介入。种公雏亦可用这种日粮培育，虽然并不提倡，因为早期的羽被会较差，也可能生长速度更不整齐。虽然这些问题随着时间会慢慢解决，但作为一般规则，最好给肉种公雏饲喂蛋白质不低于17%~18%的日粮。肉种公雏对含有抗球虫药，如莫能霉素（monensin）的低蛋白日粮更敏感；再次，如果育雏料的蛋白质水平比18%低得多时，羽被生长不良。但早期的羽被不良对继后的肉种鸡生产性能无长期的影响，虽然小鸡看起来与正常的很不同，而且有可能受到更大的早期冷应激。

像母鸡一样，一般在约3周龄时对种公雏进行限饲。从3周龄开始，以10只小鸡为一组一起称重以获得有关体重的概念并开始限饲。从4周龄开始对抽样鸡只进行个体称重，就如同对母鸡的做法，然后将平均数和整齐度作图，得到一个有关鸡群进展的印象。最理想的是饲料给量应按周添加，当然这应该按每周测定的体重来决定。环境温度的改变或计划外的日粮能量的变化（因原料变异等）都将影响营养需要、饲料进食量和/或生长速度。一般来说，鸡的体重和均匀度代表了它们此时真实的饲料需要，因此考虑到这些变量，在给料时需要一定的灵活性。

在转入种鸡舍之前通常喜欢采用隔日饲喂，但在有些情况下公鸡在14~16周龄后会发生噎食现象，这是由于饲喂快速和过量的饲料进食量所致；在严重的情况下噎食所致死亡率高达0.5%/d，但有时情况可以得到解决，若饲喂前至少1h保证有饮水的可能性。如果该措施仍不能解决噎食问题，那就可能需要更改为正如在母鸡章节所描述的5:2，甚至6:1饲喂计划。这些饲喂计划在每周的基础上都提供相同的饲料量，但这些饲喂计划（与隔日饲喂相比）每次供料量少些但次数多些，这样，狼吞虎咽的现象会少些。改用5:2或6:1饲喂制度的潜在问题是失去整齐度，因为每日的饲喂时间很短。若公、母分群饲养，那么，整齐度的问题有时可以靠改用较低营养浓度的日粮来解决，即按比例饲喂较多的饲料量以保持正常的营养素进食量（但是，在这些情况下日饲料进食量仍将低于隔日饲喂的）。不管采用哪种饲喂制度，必须提供足够的饲槽的位子，以供所有的鸡同时采食。

### 6.2.4 水的管理

对于青年种鸡某种形式的限水计划也是重要的。限饲时肉鸡可在 0.5~2h 采食完饲料，依饲喂方案与鸡的年龄而异。这些限饲的鸡一有机会便会过量饮水，纯粹是出于无聊或满足生理上的饥饿感。当然，让鸡自由饮水似乎容易产生潮湿的垫草。为维持良好的垫草条件、有助于防止肠道性寄生虫的孳生以及保持脚垫的良好状态，无疑限水是必需的。有各种不同的限水制度，但没有统一的、必须遵照的指南。虽然一般建议的饮水时间长于半小时，但若将它限制在每日少至半小时的情况下，后备母鸡也能很好地发育。建议在送料前给鸡饮水 0.5~1h，对于隔日饲喂的鸡尤应这样做。目的在于防止像猝死症这类综合征的发生。此症状发生于少数鸡，它们的嗉中总是极度膨胀并充满了干饲料。死亡的确切原因尚不清楚，但很可能是由于顿时进食的大量干饲料就像一团吸水的“海绵”搅乱了鸡的正常水/电解质平衡。在送料前给鸡以饮水机会似乎总是可以解决这个问题。表 6.12 所示为一般的饮水建议量。这些数据只能作为参考，在热应激、疾病情况及转群时等供水时间应增加。隔日饲喂时不喂食日的限水一般都更为严格，因为假定鸡在限饲时由于不喂料而大量饮水（出于无聊并满足生理饥饿的需要）。但是我们的研究表明：肉种鸡的后备母鸡在采食之日饮水最多，而在不喂食之日一般似乎对水不感兴趣（表 6.13）。

表 6.12 青年种鸡饮水建议量

	喂料日		停料日	
	上午	下午	上午	下午
隔日饲喂	饮 2~3h，喂料前 1h 开始	1h	1h	1h
每日饲喂	饮 2h，喂料前 1h 开始	1h	—	—

表 6.13 13 周龄隔日饲喂或每日饲喂肉种鸡在自由或限制/饮水条件下的总用水量 (ml/只/d)

	隔日饲喂的鸡			每日饲喂的鸡
	每日限水	饲喂日限水	自由饮水	自由饮水
饲喂日	192	196	273	205
停料日	122	122	37	217
平均饮水量	157	161	155	211
水：料	2.38	2.44	2.35	3.20

引自 Bennett (1989)。



每日饲喂时,鸡有一个相当一致的饮水模式,而在隔日饲喂并能自由饮水时,这些鸡在不喂之日的饮水量少得惊人,而大量饮水出现在饲喂之日。如果这些数据在生产实践中被证实,那么建议着重强调在饲喂之日对隔日饲喂的鸡限制饮水,而非不喂之日。由于在饮水量和饲喂量之间已建立的良好相关,也许对这些结果并不十分惊讶。似乎也表明每日饲喂刺激了总水量的消费并提高了水和饲料的比率。如前所述,影响饮水需要量的主要因素是环境温度。温度较高时,鸡需要更多的水以增强蒸发冷却。因此,限水的方案必须灵活地随环境温度而变化(表 6.14)。

表 6.14 隔日饲喂后备母鸡每日耗水量  
(L/1 000 后备母鸡)

周龄	20℃	35℃
4	70	145
6	105	175
8	115	192
10	130	220
12	145	240
14	160	270
16	175	290
18	190	320
20	205	345

### 6.3 预产期营养

在应用和使用预产期配方方面有着相当大的差异。虽然大多数种鸡公司提出了预产期日粮的规格,但是有大量的鸡却直接从育成日粮转为种鸡日粮。选择并使用预产期日粮必须根据每个农场的实际情况。

使用预产期配方的假设是:鸡在 21~24 周龄的营养需要是不同的,这三周也是使用预产配方最普遍的阶段,但是,也有争议认为鸡营养需要的任何改变都可通过调节饲料进食量的水平而适应。对于商品蛋鸡“预产期”日粮包含了钙水平的一个变化,目的是为建立母鸡的钙贮备,它是快速和立即开始的蛋壳生产所必需。当今,同样的情况也适用于重型肉种鸡;因为均匀的体重,加上良好的光照制度使鸡群同步成熟,使产蛋数迅速提高直至产蛋高峰。但在多数情况下预产期配方往往被用以“增进体况”或纠正生长和/或体成分等这些在 14~18 周龄育成期发生的问题。在这些情况下,场长们可能对此时仅从改变日粮规格的预期效果知晓不多。

虽然没有特定的预产期,但大多数种鸡场场长认为 21~24 周是性发育的主要转变时期。此时(这 3 周)后备母鸡预期增重 450g,这比前 4 周(17~21 周)的预期增重 400g 还高,而与从 24~28 周这 4 周的 450g 相当。预计该增重的很大比例将是卵巢与输卵管,它们是受光刺激的反应而发育的。但是,几乎没有证据说明高营养浓度日粮或饲料给量对卵巢和输卵管的发育有任何显著的作用。研究表明:在此关键时刻种鸡的蛋白质需要仅为 10g/只/d。此量低于大多数预产母鸡日粮所提供的。有些证据表明在育成后期/预产期间饲喂过量蛋白质使血浆尿酸水平升高,尤其在饲喂后 2~3h;这些鸡

的尿酸水平与表现出关节痛风的鸡相似，所以顾虑过量蛋白质是引起这些青年母鸡腿病的潜在因素。

性发育的一个实际的复杂因素是它往往与后备母鸡从育成舍转入种鸡舍相吻合。在长距离或热应激等条件下的转群运送过程中，鸡群可在此关键时刻丢失至 100g 体重。如果在运送鸡群时后备母鸡的体重确实下降，那么应给以额外的饲喂。例如，后备母鸡应在“停料日”转群，那么不管怎样，应在全部鸡进入种鸡舍后给以饲喂。在此关键时刻不允许失去体重，所以，应考虑的问题是：预产期日粮是否有助于转群以及鸡群是否为性成熟作好准备？

卵巢与输卵管的发育既需要蛋白质/氨基酸，也需要能量（脂肪的增长）。因此，需要的营养素有蛋白质和能量以及为早期沉积髓骨所需增加的钙。至于对这些营养素的来源，需要来自一特定强化的日粮还是简单地提高育成期或性成熟前种鸡日粮的饲喂量，从未得到明确地证实。以下因素有助于考虑预产期过渡阶段的饲喂以及是否需要特定的预产期日粮。

### 6.3.1 钙的代谢

可用预产期日粮对面临蛋壳生产的后备母鸡进行提前处理。最先的第一个蛋代表着从体内损失 1.5~2.0g 钙，它的来源是饲料与髓骨贮备两者。当今的肉种母鸡有能力进行一持续很长的连产期，它是达到潜在高峰产蛋率 85%~87% 所必需的。因此，钙的代谢对于种鸡非常重要。对于来航母鸡，早期钙平衡不适的后果是产蛋母鸡疲劳症。肉用种鸡并不表现出这些症状，因为它们自然地有更多的运动；同时它们也有一种容易得到的另一种日粮钙源，即从它们同舍母鸡的蛋。母鸡具有天生寻找任何来源日粮钙的能力，因此饲喂不当的种鸡将采食垫草和蛋壳试图平衡它们的日粮。而且，日粮钙不当确实会引起排卵中断，因此这些鸡就停止产蛋直至它们贫乏的钙贮备重新得到补充。在一个种鸡群中往往是体重大的、早熟的后备母鸡容易出问题。在生产中有三种不同的途径对待预产期钙的营养。

第一，使用含钙 0.9%~1.0% 的日粮至 5% 产蛋率，这是很多年前用过的方法。在 5% 产蛋率时，不是 100% 的鸡在产 5% 的产蛋率，而是接近于 5% 的早熟和较重的后备母鸡在生产几乎 100% 的蛋。后备母鸡在日粮含钙 1% 的情况下可生产 2~3 个蛋，之后，正如前所述，它们会吃垫草或蛋壳；或更常见的是它们干脆停止排卵。采用这种方法时，鸡群可能在改喂种鸡日粮之前有 10%~15% 产蛋率，因为没有一个农场的制度可以做到瞬时改变饲料的供应，因为料仓是永远不会完全腾空的。虽然延缓引入种鸡日粮可能因此而不利于早熟的鸡，但是有一种特殊情况下这种做法好像是有利的。某些品系有时表现出高死亡率，从 25~30 周龄时可达 1%；这种状况称为钙抽搐，或猝死症（SDS），而且好像是低血钙症的反应，与奶牛的乳热症有些相似。这种现象在均匀度不好的鸡群中最普遍，往往发生在性成熟前 4~6 周、或喂以种鸡日粮、或喂以适度高钙的预产日

粮的鸡。该症状可用一低钙（至多1%）的育成日粮饲喂至1%产蛋率加以预防。当钙抽搐发生时，其严重度可通过饲喂大颗粒钙、3g/只/d连续3天加以缓解，最好在下午饲喂。

第二，饲喂含钙约1.5%的预产日粮，它实际上是一种折中的做法。它促使更多的髓骨贮备与发育，无需依靠种鸡日粮中的3%的钙。但是1.5%钙仍然不足以维持蛋壳的生产，使用该日粮时，在排卵模式受到影响前，种鸡可以生产4~6个蛋。如果预产配方因此而采用，而且适度的钙水平也是该方案的一部分，那么，这个日粮必须在不晚于5%产蛋率时为种鸡日粮所取代。

第三，这种选择可能是最简单的方案，即在产第一个蛋（1%产蛋率的前10d）时从育成料改为种鸡料。在性成熟前种鸡日粮已到位就确保最早熟的鸡有适宜的钙以维持早期的产蛋率。使用预产日粮的支持者认为，过早引入太多的钙会引起肾脏的代谢失调，因为过量摄入的钙必须从尿中排出。有迹象表明，在性成熟前给鸡饲喂10~12周成年种鸡料，对肾脏功能起副作用，尤其当鸡患有传染性支气管炎时。但是，在性成熟前饲喂“过多的”钙2至3周没有类似的反应。有趣的是，当今大多数公鸡都是饲喂高钙的种鸡料，钙水平高出它们的需要量4~6倍，然而在这些鸡很少见到肾脏功能失调。当农场有因钙抽搐而引起高死亡率的历史时，不建议早期引入种鸡日粮。

### 6.3.2 体重和体态的考虑

鸡在性成熟前后的体重和体况可能是最终影响种鸡生产性能最重要的标准。这些指标不应孤立地考虑，虽然目前我们还没一个能容易地评估体况的好方法。每一个鸡的品种都有它特有的成年体重，这是为获得最佳产蛋率和产蛋量所必须达到或超过的。不应该试图用预产期日粮调控成年体重；原因是对于大多数鸡群，欲想在这个育成阶段（21~24周龄）有效地影响体重已为时过晚。但是，若在进入种鸡舍时鸡群体重不足，那么在性成熟前可能需要调控体重。在环境控制的条件下，如果试图用预产期日粮来纠正育成期的管理失误，那么，看来鸡好像对能量的反应最大。这个事实与雌激素对脂肪代谢的影响以及此时脂肪对肝脏和卵巢发育的重要性相符。虽然营养浓度较高的预产期日粮可能对调控体重有用，但是必须牢记，任何后期生长上的冲刺（若有的话）不会伴随有任何明显的骨骼生长的变化。就是说在极端的情况下，鸡在18~20周龄的体重和体态都很小，使用高营养浓度预产日粮的后果很可能发育成具有正确体重但体形很小的后备母鸡。这些胫骨短小的种鸡似乎更容易脱肛/啄肛。此处又一实例说明要限制性地使用高营养浓度的预产期日粮。

因此，使用高营养浓度的预产期日粮以调控肉种后备母鸡的后期生长，确实看来有些多余。原因是在采用限饲计划时增加喂料量比引入另一个日粮所增加的复杂性更符合逻辑。这种方法的唯一潜在问题是：在极端情况下饲料进食量增加至超过种鸡开产时的最初饲料供给量时，就成为一个潜在问题，因为在到达产蛋高峰之前种鸡不该经受饲料供给量的下降。

### 6.3.3 体成分的考虑

虽然性成熟时的体成分可能与该年龄的体重同样重要，但显然这是一个难以度量的指标。毋庸置疑，能量似乎是产蛋的限制因素；在产蛋高峰时，饲料可能不是唯一的能量来源。所以，此时不稳定的脂肪贮备便是扩大饲料能量来源所必需。这些可动用的脂肪贮备在热应激或一般炎热气候条件下就非常关键了。一旦鸡开始产蛋，它们沉积脂肪贮备的能力就大大降低。如果可动用的脂肪储备是重要的，那么，它们必须在性成熟前沉积。显然，在确保有适度脂肪沉积和诱发过肥并与之有关的丢失产蛋率之间有着微妙的平衡。

### 6.3.4 继后蛋重与孵化率的考虑

蛋的大小决定于进入输卵管的蛋黄的大小，蛋黄的大小在很大的程度上受鸡体重的影响，所以前面讨论过的影响体重的因素也适用于蛋的大小。一般需要早期的蛋越大越好，在预产日粮中提高亚油酸水平可能有所帮助。但是也发现，在多数日粮中超过常规的1%对早期蛋重仅有临界的效果。从营养观点考虑，以日粮蛋白质，尤其是蛋氨酸浓度调控蛋的大小最好。所以，提高预产期日粮的蛋氨酸水平是符合逻辑的。在促进最大早期蛋重方面，DL-蛋氨酸与 Alimet<sup>®</sup>（艾丽美）的效果是可比的，二者都促进最大早期蛋重。较快地提高喂料量也可增加早期蛋重，但是这种做法往往与产生较多的双黄蛋有关，同时不稳定的排卵使蛋黄坠入体腔。

青年种鸡的种蛋孵化率低于理想的，在一定程度上与蛋的成分有关。早期出雏问题的原因尚未完全解决，但最可能的是在某些方面与胚胎膜的成熟与发育以及它们对从卵黄向胚胎运送营养素的作用有关。也可能是转运到鸡蛋中的维生素不足也是一个问题，虽然简单地提高预产日粮的维生素好像不能解决这个问题，对于许多关键B族维生素的浓度，要在产过7~10个蛋后才能达到高峰。预产期营养对这些因素的影响值得进一步研究。但是，在目前这些问题还不能通过简单的在预产期日粮中过量添加维生素、某些脂肪酸或氨基酸来解决。

预产期营养可以成功地作为饲喂计划的一部分，目的在于发挥青年种鸡的最大生产潜力。在性成熟前要想提高营养素进食量，可以在此简单地提高喂料量，或是育成日粮，或是成年种鸡日粮。假定在约24周龄时有1%的产蛋率，如果采用预产期日粮，那么21~24周似乎是最理想的时间。

## 6.4 种母鸡的饲喂计划

对于成年种鸡必须继续某种形式的限饲。在22周龄后，不论曾用何种育成方案，所有的鸡都应每日饲喂。种公鸡和种母鸡的饲喂指南见表6.15。

表 6.15 成年种鸡饲养指南

周龄	体重 (g)		饲料进食量 <sup>1</sup> (g/只/d)		产蛋率 (%)	孵化率 (%)	累 计	
	♀	♂	♀	♂			种蛋	可出售的雏鸡
22	2 320	3 100	110	120	—	—	—	—
24	2 550	3 270	125	123	5	—	—	—
26	2 800	3 500	135	125	35	80	2	1.6
28	3 100	3 650	145	128	75	84	10	8.4
30	3 250	3 820	150	130	85	88	20	17.2
32	3 300	4 000	150	130	85	90	32	28.0
34	3 350	4 100	150	132	84	92	42	37.2
36	3 400	4 200	148	132	82	92	55	49.2
40	3 450	4 250	146	132	78	90	75	67.2
44	3 500	4 300	144	134	74	88	95	84.8
48	3 550	4 350	142	134	70	86	115	102.0
52	3 600	4 400	140	134	66	85	130	114.8
56	3 650	4 450	139	136	62	84	145	125.5
60	3 700	4 500	138	136	58	82	160	137.8
64	3 750	4 550	137	136	55	80	174	144.0

<sup>1</sup> 日粮代谢能 2 850kcal/kg。

世界各地饲养在不同条件并饲喂不同类型配方种鸡群的资料表明：当鸡群在育成后期—预产期—种鸡前期这个转换阶段的体增重最佳时，总能达到较好的生产性能。这时，能量是最有可能的关键营养素，因为，如同来航后备鸡那样，肉种鸡在有关能量摄入和消耗的平衡方面是有些敏感。肉种鸡开产早期能量需要的建议量变异很大；事实上，报道的数据变异在 400~500kcal/只/d。

为了将建议量的显著变异范围加以说明，我们对一商用肉种鸡品系的能量需要量进行了计算（表 6.16）。在这个计算中，从我们的种鸡研究结果外推出维持能量需要量，继而用 0.82 因子换算成代谢能。包括了 35% 的随意活动供给量，并假设生长需要 5.8kcal ME/g（脂肪：肌肉，50：50）。正如表 6.16 所示，即使在种鸡公司推荐的最高饲喂水平下，计算的能量需要量对饲料供给量的关系令人担忧。表中结果表明：在性成熟关键时刻的能量平衡方面，肉种鸡是处于非常不稳定的状态。

表 6.16 计算的能量需要量与后备种母鸡饲料供给量的比较  
(单位为代谢能的当量, kcal)

周龄	体重 (kg)	总维持需要 (kcal)	生长 (kcal)	产蛋 (kcal)	每日总能需要量 (kcal)	最高饲料供给量 (kcal)
20	2.07	235	85	—	320	250
21	2.17	245	85	—	330	315
22	2.27	255	105	—	360	330
23	2.39	260	105	—	365	350
24	2.67	290	110	10	410	380
25	2.80	300	90	20	410	420
26	2.91	305	75	40	420	440
27	3.00	310	50	60	420	470
28	3.06	315	30	80	425	480

能量利用率的问题很可能为营养学家过高估计为肉种鸡所利用的那部分日粮能量而混淆。大多数日粮或饲料原料能量水平的测定都是用来航鸡进行的。Guelph (奎尔富) 大学的研究表明: 肉种鸡对日粮能量的利用率比来航鸡差 (表 6.17)。不论采用哪种日粮规格, 肉种鸡似乎比蛋种鸡少代谢约 2.5% 的能量。对于大多数种鸡日粮来说, 这个百分数相当于 70kcal/kg。产蛋高峰期能量的缺乏似乎会降低此时的产蛋率, 或像生产中经常遇到的那样, 在产蛋高峰后 2~3 周产蛋率会下降, 在生产中可见到一典型的“下跌”现象。结论是: 最佳的产蛋性能只有当种鸡处于能量正平衡并有足够的能量用于产蛋时才可获得。

表 6.17 用来航和肉种鸡后备母鸡测定的代谢能值

日粮类型	日粮 ME (kcal/kg)		
	来航鸡	肉种鸡	Δ
20%CP, 2 756ME	2 805	2 736	-2.5%
14%CP, 2 756ME	2 847	2 806	-1.5%
16%CP, 2 878ME	2 976	2 906	-2.4%
15%CP, 2 574ME	2 685	2 622	-2.4%

Spratt 与 Leeson, 1987。

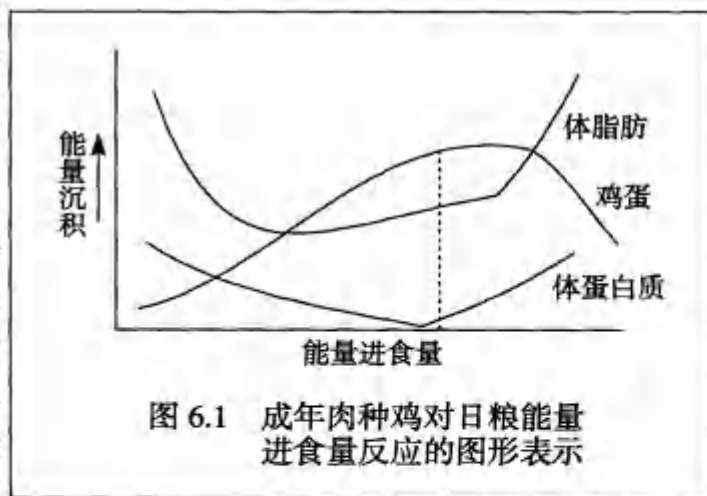
Spratt (1987) 观察到, 在能量进食量每只鸡 325、385 和 450kcal ME/d 时, 24~40 周龄产蛋期日粮能量进食量的分配情况见表 6.18。

表 6.18 肉种鸡日粮能量分配 (24~40 周龄)

	日粮能量进食量 (kcal/只)		
	高	中	低
以饲料摄入 (kcal)	60 000	51 000	42 000
输出: 体脂 (kcal)	21 300	14 700	12 100
体蛋白 (kcal)	0	1 900	2 400
鸡蛋 (kcal)	11 000	10 000	8 000
ME 用于生长 (%)	36	32	33
ME 进入鸡蛋 (%)	18	20	19

很有趣地观察到, 即使在能量进食量相当低的情况下, 母鸡仍能产相当数量的蛋, 而且体重仍然自然增长。实际上是“贮备”能量按比例地分配进入生长或产蛋, 因而很少受能量进食量的影响。这就引导我们去思索, 能量进食量是控制种鸡产蛋率的因素。如果这点成立, 那么我们建议以下模式适用于肉种鸡对能量进食量的反应 (图 6.1)。

从图 6.1 中看到, 产蛋率在有一定量的体蛋白和体脂肪沉积时才达到最高; 也正如前面所建议的, 必须使肉种母鸡在整个产蛋周期不断增重。图 6.1 表示出在最佳产蛋量和形成肥胖之间的灵敏平衡。正如下文将要讨论的, 根据产蛋率、蛋重、体重以及净槽时间, 通过控制给料量可以最好地达到这种平衡。如果能量代谢的这些计算是正确的, 那么, 显然能量进食量和能量平衡对预期有 82%~85% 持续高峰产蛋率的肉种鸡是至关重要的。这个概念也支持了前面提到的有关种鸡开产时应具有最佳体重和最佳体况的观点。在性成熟时体重较重的种鸡生产性能似乎



比较好，这个事实说明这样增加的体重作为额外能源以满足鸡在此时的需要量。确实，在高峰期间每周没有一点增重的任何鸡群，它们的产蛋率和孵化率是比较差的。

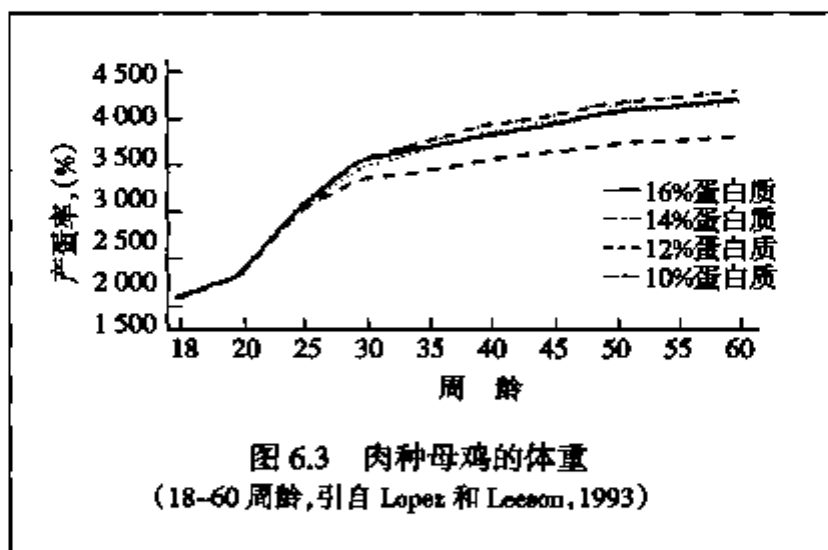
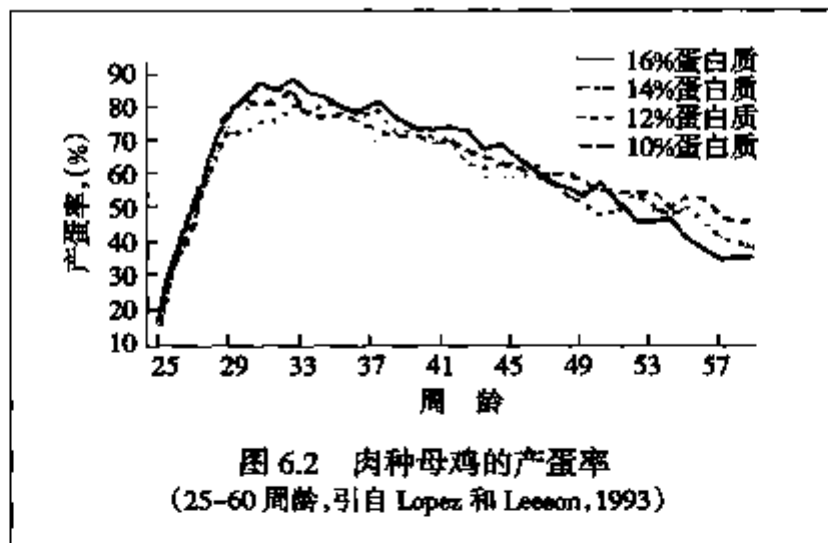
由于能量进食量是控制产蛋率的主要因素，所以根据日粮能量浓度调节饲料进食量是关键（表 6.19）。

表 6.19 根据日粮能量水平调节饲料进食量，22℃，g/只/d

每日能量需要量 (kcal)	日粮代谢能 (kcal/kg)				
	2 600	2 700	2 800	2 900	3 000
300	115	111	107	103	100
320	123	119	114	110	107
340	130	126	121	117	113
360	138	133	129	124	120
380	146	141	136	131	127
400	153	148	143	138	133
420	162	156	150	145	140
440	169	163	157	152	147
460	177	170	164	159	153
480	185	178	171	166	160
500	192	185	179	172	166
520	200	193	186	179	172

种母鸡的蛋白质和氨基酸需要量尚未明确地建立。一般来说，大多数种鸡群常被过量饲喂蛋白质，而不是饲喂不足，因为一天超过 23~25g 蛋白质就很难调节，在日饲料进食量为 150g 时，蛋白质需要量仅 15%。我们进行了研究，包括采用蛋白水平很低的日粮，而蛋氨酸+胱氨酸以及赖氨酸的水平保持恒定（图 6.2）。试验日粮的赖氨酸为 0.82%，蛋氨酸+胱氨酸为 0.59%，蛋白质为 10%、12%、14%和 16%。所有日粮的能量水平以及其他营养素的含量相同，饲喂量按主要肉鸡公司的推荐量。全部公鸡分饲 12%蛋白质的公鸡日粮。饲喂 10%蛋白水平的种鸡生产性能异常地好，虽然没有最高峰，但较好的产蛋持续性表明在总产蛋率方面没有差异（图 6.2）。





这个试验中最令人惊讶的结果是低蛋白日粮组的受精率较好。例如，饲喂 10% 和 16% 粗蛋白水平的鸡至 64 周龄的全程受精率为 95.4% 对比 90.6%。我们认为低蛋白组受精率较高的原因很简单，就是鸡的增重较低（图 6.3），因为肥胖与受精率呈负相关。

这些资料表明：种母鸡的蛋白质/氨基酸进食量与增重有关，而且产蛋高峰后的过量增重就不仅是能量平衡的问题。本试验的结果有些出乎意料，因为喂以最低蛋白水平的种鸡产的雏鸡数量最多。虽然我们主张给种母鸡用 10% 蛋白质，但这些数据表明：在氨基酸保持平衡的条件下我们可以考虑较低的而不是较高的蛋白质水平。

## 6.5 影响饲料和营养素进食量的因素

### 6.5.1 产蛋率

一枚鸡蛋约含 100kcal 的总能，因此约需 120kcal/d 的代谢能用于鸡蛋合成。卵黄的形成需要数天，因此重要的是在实现实际产蛋数之前增加饲料采食量。这一概念常被称为引导饲喂，它意味着预先确定的高峰饲料供给量实际上要早于高峰产蛋数。一般建议在产蛋率达到 30%~60% 时开始为鸡群提供高峰产蛋料。如果鸡群体重的整齐度比较好，即可从产蛋率达到 30%~40% 时开始高峰料；但如果鸡群体重整齐度较差（体重在鸡群平均体重±15% 这一范围内的鸡的比例低于 80%）（<80%@±15%），高峰饲料至少应等产蛋率达到 60% 时或更晚才开始使用。饲养管理技术对引导饲喂法的效果会产生影响，在精确喂量和均匀分布的优良管理水平下，高峰饲料采食量会出现更早。

由于公鸡可从母鸡料槽中采食饲料的情况比较普遍，26~28 周龄前的母鸡饲料投喂量应略高于理论需要。而 28 周龄以后，公鸡较大的头部使它无法从母鸡料槽中采食，在此之后的饲料投喂量将更加准确。

只有均匀度好并饲喂满足营养需要日粮的鸡群才能维持较长的产蛋高峰。即使就目前可达到的 85%~88% 产蛋高峰而言，我们也应认真计划并执行为满足种鸡营养需要而制定的饲喂程序。采食量不足会使产蛋高峰仅维持 3~4 周，并且出现体重持续降低 1~2 周的典型症状。相反，如果饲喂过度，尤其是能量，则导致体重过度增加，高峰产蛋率虽受影响不大，但在 34~64 周龄时产蛋率将会急剧下降。在此关键阶段的饲料供给量显然应考虑如何发挥遗传潜力，充分提高产蛋数和蛋重，并使鸡的体重每周有适度的增加。因此，生产管理应考虑在此关键时期引入引导饲喂作为饲养管理体系的一部分。

引导饲喂法是指根据需要，不改变为鸡群计划的基础饲料量，每周 2~3d 给母鸡额外的饲料。例如，高峰期某鸡群的饲料供给量为 150g/只/d，引导饲喂法每周有 3d 时间额外增加饲料 5g/只/d，相当于实际每天增加了  $3 \times 5g \div 7 = 2g/只/d$ ，即  $150g + 2g = 152g/只/d$ 。在此为什么采用复杂的方式去计算，而不是直接将鸡群的饲料供给量提高到 152g/只/d 呢？引导型饲喂法的优点主要在于以下几点：

- 在引导饲喂之日，饲喂时间将增加，这有助于提高鸡群的整齐度。
- 可根据逐日营养需要的变化调节营养素进食量，如环境温度所引起的变化。
- 鸡群会习惯饲料供给量的变化，这对高峰后减料的适应很重要。
- 更容易满足个别鸡群的营养需要量，例如，整个鸡群的基础给料量标准为 150g/只/d，但是根据实际产量、环境温度等因素，个别鸡群在高峰时的营养需要可

以结合引导喂料量和/或引导喂料的频率等进行相应的调整。

如果想有效地使用引导饲喂法，必须灵活掌握实际引导喂料量和引导喂料的时间。实际生产中，一方面引导饲喂的饲料量不应太大，不能超过采食总量的5%，通常为1%~3%。另一方面，引导饲喂所用的饲料量又不能太小，必须能起到上述所列的作用，故需平衡喂料量和饲喂频率这两个因素的作用。例如，每天引导饲喂2g/只/d的效果比每周3d、每次5g/只/d的效果要小得多，虽然两种情况下，每只鸡每周都得到额外14~15g的饲料，但在后者引导饲喂的饲料数量更容易观察到鸡只在产蛋量方面的反应，因此较有实际意义。

引导饲喂应从产蛋率达到60%~70%时开始，并在产蛋率降至80%以下时结束；对于大多数鸡群我们都可在29~40周龄间实行引导饲喂。引导饲喂的目的在于使饲料供给量更接近种母鸡的实际需要。由于引导饲喂的概念是使饲料供给量更接近于需要，也就不存在标准的方法。根据波动的需要量生产管理者应给予调整引导饲喂的灵活性。所以常见的做法是随鸡群产蛋高峰的进程调整供给量或引导饲喂的持续时间。最大的引导饲喂量应与高峰产蛋量相吻合。而高峰前与真正的高峰后的料量略低一些。在此基础上，我们建议在高峰下跌2%后开始降低（但不中断）引导饲料量。以下所示为针对三个不同的鸡群情况的引导型饲喂的实例（表6.20~表6.22）。

表 6.20 种鸡饲喂优质、高营养浓度的饲料，理想的环境温度为 31~24℃，20 周龄时有良好的整齐度，以往鸡群的数据显示高峰产蛋率将在 85%~87%

产蛋率	基础饲料	引导饲料
35%	150g	0
60%	150g	5g/d, 2次/周
80%	150g	8g/d, 2次/周
较高峰低2%	150g	5g/d, 2次/周
79%	150g	0
<79%	减少	0

在表6.20中，由于鸡群的体重和性成熟都很均匀，且饲喂优质日粮，也无较大的温度应激，所以引导饲喂的措施相当温和。对于这个鸡群，较大的引导饲喂量可能导致鸡过量增重，这种温和的引导饲喂常用于饲料品质理想、疾病和霉菌毒素很少爆发的鸡群。

在表 6.21 中由于较低的夜间温度及较差的性成熟整齐度，这个鸡群需要较大的引导饲料量，这群鸡的平均增重可能略高于表 6.20 中的鸡群，这也使得在高峰期后的减料计划的力度要大一些。

**表 6.21 种鸡饲喂优质、高营养浓度的饲料，理想的环境温度为 28~14℃，20 周龄时的整齐度为中等偏下，以往鸡群的数据显示高峰产蛋率将在 81%~87%**

产蛋率	基础饲料	引导饲料
35%	155g	0
60%	155g	6g/d, 3 次/周
80%	155g	8g/d, 3 次/周
较高峰低 2%	155g	6g/d, 3 次/周
79%	155g	0
<79%	减少	0

在表 6.22 中，基础饲料的营养浓度偏低，所以给料量提高了，而且由于饲料质量和整齐度较差，引导的饲料量也有较大的提高。在表 6.20~表 6.22 所示实例中，生产管理者还应在整个高峰期内保持种鸡的体重，如发现体重过轻或过重则必须调节引导饲喂的饲料量。

**表 6.22 种鸡饲喂劣质、低营养浓度的饲料，饲料组分可能存在差异；理想的环境温度为 28~20℃，20 周龄时整齐度中等偏上，以往鸡群的数据显示高峰产蛋率将在 80%~86%**

产蛋率	基础饲料	引导饲料
40%	165g	0
65%	165g	8g/d, 3 次/周
80%	165g	10g/d, 3 次/周
较高峰低 2%	165g	8g/d, 3 次/周
79%	165g	0
<79%	减少	0

高峰后期如果出现由于轻度疾病、管理或环境应激等问题造成的产蛋率急剧下降也可采用引导饲喂。在这种情况下建议连续两天用 6g/只/d 饲料进行引导。若观察不到产蛋率有迅速改善的反应,则中断引导;若产蛋率恢复至正常,则在此后的 2~3d 内应逐渐减少引导饲料量。

引导饲喂可调整喂料量以满足个别鸡群的需要。虽然最大的引导饲料量应与产蛋高峰相吻合,生产管理者仍可以灵活地控制实际的给料量。种母鸡对一个认真计划的引导饲喂方案会有积极的反应,即持续的产蛋高峰和较高的高峰后持续期。另一方面引导饲喂的饲料量一般不应超过总饲料进食量的 5%,因为过量的引导饲料会导致过肥及与之相关的高峰后期生产性能下降。通常,当鸡只遇到如饲料质量不稳定、霉菌毒素的挑战以及/或环境的激烈变动等应激时,建议给予高基础喂料量,并结合较大的引导饲料量。此外,在质量稳定的高能饲料及良好的环境控制条件下,较低的引导饲喂量也是可行的。

一旦母鸡达到产蛋高峰期,必须降低饲料采食量。关于减料的程度和频率往往备受关心并充满疑问,令人惊讶的是开产前的基本原则在此也适用,也就是说应按产蛋率、体重以及净槽时间进行饲喂。产蛋高峰过后,净槽时间往往开始延长,这也意味着投喂的饲料过量。此时我们面临的主要问题是防止鸡只过肥。如果高峰期后不撤料,那么由于产蛋率的下降,用于生长的饲料比例会提高,因此,在产蛋高峰后体重可能成为调整饲料量的最重要参数。这个阶段保持适当的体增重依然很重要,因为如果体重下降则意味着减料过度。

种鸡的给料和撤料都应结合实际需要量。母鸡需要营养素主要有四种用途:生长、产蛋、维持正常机体功能和每日活动,各种用途的需要量都随母鸡的年龄与环境温度的不同而异,也与不同的营养素有关,如生长、产蛋和维持都需要蛋白质和能量,而活动只需要能量。这些营养需要的实际估算值见表 6.23。

表 6.23 环境温度 24℃ 条件下 32 周龄和 55 周龄的肉种母鸡的蛋白质和能量需要量

营养需要	32 周龄		55 周龄	
	能量 (kcal)	蛋白质 (g)	能量 (kcal)	蛋白质 (g)
生长	40	1	5	0
产蛋	80	10	60	8
维持	310	10	350	11
活动	40	0	25	0
总计	470	21	440	19

让人意外的是维持需要是影响种鸡能量需要量的最重要因素,其次为产蛋,然后是生

长与活动。就蛋白质需要量而言，产蛋和维持是最重要的两个因素，但是随着鸡只逐渐变老，这些营养素的实际需要以及相应的排序也在变化（表 6.23）。与 32 周龄相比，55 周龄时的产蛋率已经下降（虽然蛋重在增加），鸡只需要较少的能量和蛋白质用于产蛋，同时由于母鸡多生长了 23 周，它需要更多的饲料提供营养来满足它的维持需要。如果饲养情况良好，在 55 周龄时生长速度会显著下降，因此生长所需的蛋白质和能量需要也大大地降低。此时，产蛋率和生长需要所引起总营养需要的降低超过了维持需要的增加量，因此导致母鸡每天总的能量和蛋白需要量的降低，分别为能量约 460kcal 对比 510kcal，蛋白质约 19g 对比 21g。

通过简单的降低采食量或者保持采食量不变但降低日粮的能量和蛋白水平，我们可以做到降低营养需要。在生产实践中，降低产蛋高峰期后的饲料采食量最简单最安全的方法是减少鸡的营养素进食量。更换为较低能量、较低蛋白的日粮意味着要更改配方，这种日粮本身对鸡也是一种应激。在多日龄鸡群的鸡场中，品种繁多的饲料会带来将饲料放错料塔的风险。

在产蛋高峰后不降低种母鸡营养进食量的后果是相当严重的。提供高于需要量的蛋白质和能量不会使母鸡产更多的蛋，过量供应的营养素直接促进生长，生长则导致维持

需要的进一步提高，而且这种生长通常为脂肪和肌肉（蛋白）。肥胖迅速导致产蛋率降低，并使更多的营养用于生长（主要为脂肪），这种恶性循环往往是导致产蛋高峰后过度饲喂的鸡群出现产蛋率突然下降的原因。

最后的问题当然是：高峰后我们应减多少料并多久减一次料？不论实际产蛋高峰达到多少，我们都不应在产蛋率 $\geq 80\%$ 时开始减料。主要原因是：高峰产蛋数一般与产蛋高峰营养需要并不重合，因为在这整个阶段蛋的大小在增加。大多数鸡群，产蛋的高峰营养需要量（产蛋率 $\times$ 蛋重）将在产蛋率降至 79%~80%时达到，即在 39~40 周龄。此时，可以逐渐减少鸡的饲料进食量，而且撤料量将取决于高峰给料量。如果鸡的高峰料每只为 165g/d，那么我们从这群鸡

表 6.24 产蛋高峰后重型肉种鸡的喂料计划

产蛋率 (%)	大致周龄数	日饲料摄入量 (g/d)
80	39	155
79	40	154
78	41	154
77	42	152
76	43	151
↓	↓	↓
74	45	150
↓	↓	↓
70	50	148
↓	↓	↓
65	55	146
↓	↓	↓
60	60	144
↓	↓	↓
55	65	142

撒的料可能要比从高峰料为 150g/d 的鸡群的更多一些。同时也应考虑温度与季节的变化, 接近暖和的气候表示我们可以多撒走些料, 当预料气温较低时可能要少减一点料 (因气温低为维持需要会增加)。假如有一群高峰料为每只 155g/d 的鸡, 预期没有大的环境温度的变化, 那么建议的减料计划如表 6.24 所示。

用这种缓慢而稳定的减料方法, 应有可能防止母鸡的肥胖, 同时也为必然发生的产蛋数的缓慢下降提供了足够的能量和蛋白质。饲料采食量的降低必须要慢而且步子要小, 因为正如表 6.23 所示真正进入产蛋的营养素占母鸡总需要量的比例很小。因此, 只需在料秤上的小小变化便可引起产蛋率下降 5% 的反应。

有些生产管理认为每天给每只鸡减 1~2g 饲料不值得操心, 因而要么不进行调整, 或仅做几次较大的减料。 $\geq 4\text{g/d}$  的突然的大量减料往往造成较大的应激并导致产蛋率突然下降。不进行饲料调节而继续用高峰喂料量至 64 周龄将是不经济的, 因为鸡会过重并伴随产蛋率的丢失。在表 6.24 的实例中, 按此计划饲喂的鸡至 65 周龄将采食 22.8kg 饲料; 如果高峰期后不减料, 一直饲喂饲料 155g/d 至 65 周, 则将导致多采食 1.5kg 饲料。这些过量的饲料有可能产生额外的 0.2~0.3kg 体重, 其中多数将是脂肪。

### 6.5.2 体重

肉鸡生产者必须在肉种鸡的整个成年期不断监控肉鸡的体重。维持需要是肉种鸡能量需要、因而也是饲料需要量的主要部分, 因此体重的信息对于饲料的投放非常重要。人们往往在种鸡进入蛋鸡舍后就停止了对它的体重监控, 因而仅按产蛋率进行饲喂。前文已经强调了在整个产蛋高峰期间控制体重和保持体储备的重要性, 因此要继续控制体重。必须使种鸡在整个高峰期继续有些增重。体重丢失或滞后意味着鸡的营养素进食量不够, 这样在 7~10d 内便出现产蛋率的下降。从这个意义来讲, 控制体重将为即将出现的问题提出一个早期的暗示。从 20~32 周龄最好每周给后备母鸡称重。

按体重饲喂, 假设鸡在 22 周龄左右达到理想体重 (约 2.2kg)。如果鸡过重或过轻, 那么必须对进食量进行调节。如果鸡的体重不足, 显然应喂给比标准的推荐供给量更多的饲料以促进生长。过重的鸡也应喂给较多的饲料 (表 6.25)。这似乎矛盾的说法是根据体重较大鸡的维持需要量较高, 所以应提供更多的饲料以满足他们对总能量 (营养素) 的需要量。这是一个难以为场长们接受的观点, 因为他们担心超重鸡会更重。超重鸡的饲喂过度和按需饲喂往往难以把握, 但如前所述 20 周龄后备母鸡的理想体重应稍高于多数种鸡公司的指导值。在理想条件下, 20 周龄后的母鸡体重不应减轻, 而应每周有适量的增重, 并希望在第一产蛋期末达到 3.5kg 体重。

表 6.25 种鸡能量供给量实例 (代谢能 kcal/d)

周 龄	体重不足	标准体重	超 重
18	230	240	250
20	270	250	280
22	310	295	325
24	345	345	380
26	430	430	470

### 6.5.3 净槽时间

应利用净槽时间作为评估给料量适宜度的一个指标。净槽时间变化大时说明饲喂过量或饲喂不足,这也可以视为随后体重和产蛋率会发生波动的早期警告。作为常规的管理程序,每天应在喂料后半个小时开始记录喂料的净槽时间。如果每日净槽时间波动超过60min就应该立刻称量鸡的体重。但是,供料量的调整不能仅依靠净槽时间的变化,净槽时间仅可作为评价饲料需要量的一个相对比较准确的指标。与常规品系相比较,高产品系种母鸡的净槽时间往往比较长(1h)这反映出该品系的采食行为不够快捷。

不同鸡群间的净槽时间因某些原因会存在差异。例如,某鸡群可能需要4h净槽,而与之同龄的姊妹鸡群却只需要2h。因此,绝对的净槽时间不能作为管理指导,而净槽时间的相对变化则有实用价值。净槽时间的突然变化往往发生在体重变化前的2~3d及产蛋率变化前的10~12d。

### 6.5.4 上午对比下午饲喂

成年种鸡饲喂时间的选择可以影响种蛋的生产、蛋壳质量、受精率及受精蛋的孵化率。大多数情况下,这些影响作用是由于饲喂活动干扰了其他重要的日常行为,如就巢和交配。种母鸡每天的采食需2~6h,而净槽时间较大的变异与日粮能量水平、饲料质地及更为关键的环境温度有关。在炎热的气候条件下,种鸡往往在采食上消耗更多的时间,尤其是高产品系。大多数生产管理认为延长饲喂时间是有利的,因为可以确保鸡群更均匀的采食日粮,即使最胆小的鸡都有时间采食。

如果种鸡在清晨饲喂,那么最集中的饲喂活动将在早晨9点钟前结束,这一最理想的时间段不仅有利于缓解午后的热负荷,也能将采食时间与就巢时间区分开来。

取决于早上何时开始光照,大多数鸡蛋会产于早上9:00~12:00之间。而如果早上8点饲喂,将使鸡原本在巢中的时间用于采食。事实上,产于食槽区域的鸡蛋意味着早晨



饲喂过晚，显然有些鸡蛋因破损或者被污染而不能入孵。

数年前，曾对在下午晚些时间饲喂种鸡感兴趣，许多试验也证实了它所声称的有助于改善蛋壳厚度的主要优点。蛋壳质量的改善是由于鸡在下午获得钙的时候正是次日待产蛋壳形成的时候，且当光照关闭后鸡从嗦囊的更多饲料原料中可获取更多的钙。如果蛋壳质量存在问题，下午饲喂也是个可行的选择。或者可以在下午给鸡撒一小撮含有大颗粒石灰石或牡蛎壳的饲料。

但是下午晚些时间饲喂的方式也存在一些潜在的弊端。首先，蛋壳的厚度有所增加。如果孵化机的出雏器条件调校到可以保证正常的水分损失的话，这并不会是个问题。大多数情况下，这意味着出雏器湿度应降低以适应通过厚蛋壳水分损失较少的情况。

此外，下午饲喂可能带来交配活动的损失，以及增加螺纹蛋（body-checked eggs）的发生率。交配活动一般在下午晚些时候最频繁。如果母鸡在此时对采食更感兴趣，则显然会降低交配活动，并在公鸡之间更具攻击性。螺纹蛋是指在蛋的中部出现明显厚壳条带。这个缺陷是由于蛋壳早期在鸡的子宫中发生破裂，鸡修补了裂缝，但并不完善。这种鸡蛋的气体和液体交换能力已降低，因此难以孵化。最常见的诱因是鸡的突然活动、运动、应激等，如后半下午喂料时发生这种多余的活动就有可能减少入孵蛋的生产。

### 6.5.5 环境温度

环境温度是生产中影响饲料采食量和能量需要的主要因素。表 6.26 所示为不同温度下不同环节的能量需要量。

表 6.26 不同环境温度下种鸡的高峰饲料需要量实例 (g)

饲料需要	18℃	24℃	34℃
生长	10	10	10
维持	140	125	110 (130)
产蛋	30	30	30
总计	180	165	150 (170)

随着温度上升种鸡对饲料的需要量降低。在本例中 34℃ 条件下列出了两个维持饲料需要量。括弧中的 130g 表示种鸡遭受热应激并开始喘气，它需要能量来驱动体内的冷却机制。在这种情况下总饲料需要量为 170g，这比 24℃ 下的推荐值高。通常在热应激条件下很难提高种鸡的采食量，因此为维持产蛋率，增加能量进食量非常关键。表 6.27 所示

为维持在 14℃ 到 35℃ 间种鸡能量需要量的预测模型。

表 6.27 环境温度对种母鸡能量需要预测模型的影响 (kcal/d)

周龄	体重 (g)	蛋量 (g/d)	温 度				
			14℃	18℃	24℃	29℃	35℃
22	2 320	—	284	256	229	201	175
24	2 450	3.5	300	272	254	215	187
26	2 565	18.0	350	320	290	260	235
28	2 665	44.3	439	409	379	348	320
30	2 758	53.7	475	444	413	382	352
40	3 100	53.6	490	456	423	390	357
50	3 310	48.0	482	445	411	376	341
60	3 425	41.0	464	428	393	357	322
70	3 500	34.0	445	410	373	337	302

引自 Wald roup 等, 1976。

根据家禽对环境的适应性, 当温度达到 40℃ 时, 鸡会死亡, 而低于 -10℃ 时少数鸡还可以存活相当长的时间。在 -0.2℃, 鸡冠和肉髯将结冰。根据环境控制的程度, 如今多数商业鸡舍都考虑到鸡的舒适, 将它们饲养在 0~38℃ 的温度范围内。种鸡的生产性能在 22~24℃ 时最佳, 除产蛋率的差异外, 保持这一理想的温度也可促进饲料效率的提高。关于种鸡环境控制的探讨多集中于温度, 但需要强调的是相对湿度也会对鸡产生困扰。在高温但低湿的情况下 (如 32℃、40% 相对湿度), 鸡是容易忍受的, 而高温高湿 (如 32℃、90% 相对湿度) 则会出现问题。

在环境温度对种鸡生产性能影响的讨论中, 关于温度实际上是怎样定义的有些争议。测定鸡舍的温度看似是一个简单的任务。温度计或者测温探头可以安置在鸡的高度, 每天收集并记录。但是一天之内的温度波动相当大。例如, 种鸡可能遭受白天 26℃ 的高温和半夜仅 8℃ 的低温, 我们如何在温度存在波动的情况下计算种鸡的维持能量需要和饲料需要? 传统的做法一直是取所有读数的平均值或者计算最高温度和最低温度的中间值, 例如:  $(26^{\circ} + 8^{\circ}) / 2 = 17^{\circ}\text{C}$ 。但是种鸡在白天和夜间黑暗时的习性并不相似。白天时, 大多数种鸡很少相互挤靠, 此时温度计上的读数往往能反映种鸡身边真实的温度。

在关灯以后, 鸡总是蹲下并与同伴相互挤靠。蹲下比站立可以减少鸡的热量损失, 而

作为一个挤卧在一起的群体具有很强的保暖效果。鸡的这种在行为上的变化可以降低夜间低温的影响。为计算饲料需要量，简单地平均最高和最低气温可能并不够精确。因此，我们需要一个能降低夜间温度相对作用的体系，因此建议以下解决途径：

$$\text{有效温度} = \{ (\text{白天高温} \times 2) + (\text{夜间低温}) \} / 3$$

对于上述例子，计算如下： $\{ (26 \times 2) + (8) \} / 3 = 20^\circ\text{C}$

“有效温度”从传统计算方法的  $17^\circ\text{C}$  改为  $20^\circ\text{C}$ 。由于鸡挤卧在一起，得到隔热保暖作用而削弱了夜间  $8^\circ\text{C}$  低温的作用，因此，与简单的温度测量和计算相比，实际上鸡只需要较少“额外”热量来保持体温。表 6.28 显示了上述公式在白天和夜间不同温度下的应用。假设  $26^\circ\text{C}$  是种鸡的理想温度，如果有效温度降低，我们可以计算出额外的饲料维持需要量。如果日粮的能值为  $2850\text{kcal/kg}$ ，鸡舍有效温度每下降  $1^\circ\text{C}$ ，一只  $3\text{kg}$  体重的种鸡需要额外  $1.5\text{g}$  的饲料。表 6.28 显示了处于  $26^\circ\text{C}$  这一理想并恒定的环境温度下的种鸡在白天和晚上所需额外饲料的计算过程。

表 6.28 相对于标准温度  $26^\circ\text{C}$  时，温度对母鸡饲料投喂量提高的影响 (g/d/只)<sup>1</sup>

白天温度 (°C)	夜 间 温 度 (°C)														
	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	0	-2
26	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
24			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
22				7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
20					10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
18						13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
16							16	17	18	19	20	21	22	23	24
14								19	20	21	22	23	24	25	26
12									22	23	24	25	26	27	28
10										25	26	27	28	29	30
8											28	29	30	31	32
6												30	31	32	33

<sup>1</sup> 饲料为  $2850\text{kcal ME/kg}$

相同的低温，白天显然比夜晚对鸡更为不利。如白天温度为  $24^\circ\text{C}$ ，我们仅额外需要饲料  $12\text{g/d}$  来抵消夜晚  $6^\circ\text{C}$  的低温影响。如果对于夜间的长期低温不做调整，那必然导致不是鸡损失体重，就是为保存能量而降低产蛋率。

另一个常见的问题是每隔多久应调整采食量以适应环境温度的波动。天气预报并不值

得依赖，而每天都进行调整似乎也不明智；同时对于生产管理者也不切合实际。鸡确实有一个能很快动用的以体脂形式的能量贮备；所以，在短期内如果环境温度每日下降，鸡可利用这部分脂肪作为饲料的补充。但是，鸡对长期动用大量体脂的能力是有限的，其后果常常是产蛋率的下降。这种产蛋量的损失通常就是能量贮备不足的反应，尽管也可能与鸡体内荷尔蒙平衡的变化相关。后者会对产蛋率产生更严重的长期影响。简而言之，估计鸡可以动用体脂贮备以应对连续4~5d内6~8℃的气温下降。鸡舍内温度的更大幅度或较长时间的下降应通过适当增加饲料供给量来应对。针对气温下降所进行饲料供给量至少应按周进行调整。

热应激是种鸡生产管理者的最大挑战。通过配方调整来应对短期（4~7d）的环境变化往往是不明智的，然而“夏季”日粮在很多地区确实有益处。高温条件下的日粮通常能量比较高（代谢能最低2950kcal/kg），粗蛋白水平最低（<15.5%），及常规的必需氨基酸水平。使用至少4%的油脂以及250mg/kg维生素C是有益的。应当鼓励饮水，通过调整日粮食盐的水平以保持合理的鸡粪质量及蛋的清洁度。表6.29所示为种鸡在22℃和35℃的情况下由于蒸发散热的需要，饮水量几乎增加了一倍。

鸡没有汗腺，因此无法利用这一重要的冷却机制来降温，而作为替代措施，鸡通过喘气的蒸发散热和呼吸的水分损失来排出热量。蒸发散热是个非常有效散热的手段。每1g水的蒸发可以带走600cal的热量。高于28℃时，蒸发散热成为鸡最重要的散热途径。遗憾的是很多热应激的情况下常伴随有高湿度，这种情况增加了鸡散热的难度。一个有效的解决方法是通过机械系统，如循环风扇，破坏直接围绕鸡体的空气层。表6.30所示为增加风速对饲养在29℃下种鸡的冷却效果。

表 6.29 22℃ 和 35℃ 条件下种鸡的水平衡 (ml)

	22℃	35℃
饮水量	300	500
排泄物损失	120	200
鸡蛋中水分	55	55
呼吸损失	125	245

表 6.30 29℃ 温度条件下风速对种鸡冷却效果的影响

风速 (m/min)	冷却效果 (℃)
15	0.5
30	1.0
45	2.0
60	3.0
75	4.0
90	5.0
105	6.0

蒸发冷却是另一个用于降低热量负荷的系统。如果空气从细水流中经过，空气中的热量转移给水流并蒸发部分水，后者从空气中带走大量的热。这一系统在中等湿度的条件下

效果最好，因为空气必然会带走部分水分；但当外界空气湿度在100%的极端情况下，蒸发冷却就不能有效工作。进风处空气的相对湿度为20%，则通过蒸发冷却理论上可以降低温度15~20℃。在比较正常的60%~70%的相对湿度下为可获得8~10℃的冷却效果，但当空气相对湿度大于75%，冷却的潜力仅有5℃。每1℃的冷却效果与约5%的相对湿度有关。

### 6.5.6 蛋壳质量

随着鸡蛋产量增加，特别从28~38周龄开始，加大了对蛋壳合成的压力。因此，维持较好的蛋壳质量也是种鸡营养中出现的一个问题。蛋壳质量欠佳意味着入孵蛋数量的损失以及由于蛋壳较薄造成水分损失而降低了受精蛋的出雏数。从营养方面讲，最受关注的主要营养素是钙、有效磷以及维生素D<sub>3</sub>。磷和钙的阶段饲喂以及通过饮水额外补充维生素D<sub>3</sub>是有益的。可以在45和55周龄日粮中额外添加5kg/t的石灰石以提高钙水平，同时有效磷水平至少可以降低0.05%。如果蛋壳质量存在问题，推荐通过饮水每周补充两次维生素D<sub>3</sub> 300IU/只。通常饲料是满足种鸡钙磷需要的唯一来源，但我们知道鸡可以通过食粪来补充上述营养成分。这种食粪现象被认为是在试验条件下平养鸡蛋壳质量优于笼养鸡的原因。对照组研究显示种鸡每天采食20g粪便，可获得额外7%的钙和12%的有效磷。但是，蛋壳质量不仅仅受日粮中钙水平的影响，也受饲喂时间和粉碎粒度的影响。

大多数蛋壳物质形成于每天母鸡停止采食的黑暗期间。在这期间蛋壳迅速增长，母鸡髓骨中贮备的钙几乎动用了50%用于形成蛋壳钙。在连续的钙化过程间，髓骨钙必须以磷酸钙的形式得到补充。蛋壳质量持续下降是由于髓骨中钙的沉积和提取效率的逐渐降低所致。不管日粮因素，虽然髓骨的贮备对于蛋壳的形成是必需的，但如果鸡在夜间可从消化道吸收一部分钙则髓骨钙的重要性将会降低，由于这个情况产生了下午补饲钙的想法，下午补饲钙为消化道提供了一个在夜间可慢慢释放的钙源，因而有助于蛋壳的形成。每天傍晚，理想的状况是种鸡消化道内存留有几克钙，缓慢的被消化和吸收，然后直接进入卵壳腺。Farmer等(1983)测定了早晨7点饲喂、日粮提供钙4.27g/d的母鸡消化道不同部位的钙残留量(表6.31)。

晚上11点熄灯时种鸡消化道内几乎没有钙存留，因此，饲喂钙的时间就很重要了。由于多数种鸡是在早晨饲喂，约2~3个小时清槽，晚上消化道内有钙存留的可能性就比较小。当在给种鸡只含0.4%钙的试验日粮时，只有在下午4时左右强饲3g额外的钙，蛋壳质量才有所保证，而早晨8点的强饲蛋壳质量较差。

如果蛋壳质量存在问题，下午晚些时候补饲钙似乎比较理想。这可以通过在下午四点左右简单的在垫料上撒些牡蛎壳或大颗粒的石灰石来解决，这种饲喂方式也有助于将母鸡从板条的注意转移到垫料上，这往往意味着更多的交配活动。这项饲喂方式提出了对钙源的另一方面关注，也即粉碎粒度。通常，颗粒越大消化速度也越慢，所以可以延长蛋壳形

表 6.31 早晨 7 点饲喂提供钙 4.27g/d 的日粮，消化道各部位钙的残留情况 (g)

时 间	嗦 囊	肌 胃	小 肠	
			前 段	后 段
11a. m.	1.64	0.53	0.22	0.32
7a. m.	1.36	0.11	0.07	0.14
11a. m.	0.86	0.21	0.03	0.07
3a. m.	0.24	0.20	0.09	0.09
7a. m.	0.01	0.18	0.09	0.17

引自 Farmer et al. (1983)。

成所需的钙的释放。早晨 8 点强饲 3g 钙的蛋壳质量较差的原因已如前所述，鸡难以利用大量突然到来的钙，而且鸡除了髓骨没有其他的贮备。大颗粒的石灰石和牡蛎壳通常消化得较慢，这也是为什么建议使用这类产品以达到较好的蛋壳质量。最好使用细粉与粗颗粒的混合物，因为这样可以满足代谢所需的快速和缓慢溶解的钙。牡蛎壳和大颗粒石灰石不利的一面是对于机械设备都有较强的磨损。表 6.32 总结了优化蛋壳质量的日粮组分。

表 6.32 优化蛋壳质量的日粮组成

	种鸡周龄		
	25 周	45 周	55 周
钙 (%)	3.1	3.3	3.5
有效磷 (%)	0.40	0.36	0.32
粗蛋白质 (%)	15.5	14.5	14.0
蛋氨酸 (%)	0.35	0.32	0.3
水中补充 维生素 D <sub>3</sub> 维生素 C		每周连续 2d: 300IU/只 每周连续 2d: 20mg/只	

## 6.6 种公鸡饲喂程序

种公鸡的体况与受精蛋的最佳产量密切相关。种母鸡产出白蛋的原因通常是输卵管中

缺乏精子，这与交配的频率和成功率直接相关。多数情况下，由于种母鸡和/或种公鸡的体况不佳导致交配活动不足，因而致使受精率降低。对于母鸡而言，这往往由于过度饲喂和肥胖所致。而对于公鸡则由于饲喂过度和饲喂不足二者所致。就像我们不断调整日粮配方或调整饲喂量以满足母鸡的需要量那样，我们也必须对公鸡的体况和环境进行认真的监控并进行相应的饲喂。从多方面看，预测公鸡的营养需要比较容易，因为它不像母鸡那样有复杂的产蛋行为。因此，公鸡的饲喂方案只需满足两方面的基本需要，即生长与维持机体功能的需要。所以，公鸡饲喂计划的主要指标是要监测体重和体况，并控制体型大小和均匀度。

早期的性成熟阶段可能是成年种公鸡生命中最关键的时期，直至30周龄，仍期望种公鸡能保持较快的生长。例如，在10~20周龄的预期增重为1.4kg，而在20至30周龄仅稍降至1.2kg。因此，至30周龄前保持这种生长潜力是很重要的，所以继续监控体重也是关键的。

目前种公鸡饲养的主要的复杂性在于现在广泛采用的公母分饲体系。一般在母鸡食槽上采用43mm宽的隔栏，而19~20周龄的小公鸡刚转入种鸡舍时它们头部的宽度还略小于隔栏的间隔，因此，头部较小的公鸡可从母鸡料槽中采食。不同的公鸡以不同的速度生长，平均在26~28周龄时公鸡的头部可大于等于43mm。一般体重较大的鸡头部也较大，因此也就自然地将公鸡限制于母鸡料槽之外。但是，如何估计公鸡的饲料与营养摄取量呢？解决此问题的方法之一是采用一种叫“鼻塞”的工具。这是一根塑料条，将它插入鸡的鼻孔可立即有效地将公鸡挡在母鸡食槽外，因此公鸡只能从他们自己的料槽中采食。但有关“鼻塞”效果的报道不尽相同，这与其他种鸡的管理措施一样，需要饲养管理者的精心实施和维护。另一个解决公鸡采食母鸡饲料的方法是将公鸡转入母鸡舍的时间推迟至22~23周龄，这时公鸡的头自然会稍宽一些。采取这个管理措施不会影响受精率，因为至27~28周龄之前产的蛋通常并不作为种蛋，此时种鸡舍中才有正常的雄性活动。如将公鸡在育成鸡舍中饲养至22~23周龄，那么按母鸡的光照制度给公鸡光照刺激是重要的。这样才能保证推迟进入种鸡舍的公鸡与母鸡同步成熟。

公鸡不断冠有助于在早期将公鸡隔离于母鸡料槽之外，但有时也会发生公鸡鸡冠被机械设备夹住的情况，因此断去20%后部鸡冠的方法似乎有效，且并不会真正影响鸡冠的大小。从鸡冠的大小提出了另一个重要的问题，即食槽的设计。人们往往重视隔栏的宽度（约43mm），而隔栏的高度太高可使公鸡强行进入母鸡食槽。如果公鸡不断冠，则隔栏高度不应大于70mm，理想的为65mm。如果公鸡断冠，那么隔栏高度不应高于60mm。

影响种公鸡饲料采食量的另一个主要因素是环境温度。维持需要在整个营养需要中起着如此主要的作用，而环境温度能极大地影响维持体温所需的能量。在气温较低的条件下鸡需要较多的能量，而在气温较高的条件下则相对较少。不过很难区别日粮中其他养分的能值，因此，在实践中只能通过改变采食量来满足波动的能量需要。

表 6.33 所示为种公鸡饲料采食量的实例，重点为至 36 周龄的这一关键阶段。在多数情况下，公鸡都有可能采食母鸡饲料；在表 6.33 中列出了公鸡在有可能以及不可能采食母鸡饲料时的进食量，也包括在不同环境温度下的建议量。在同等温度条件下，应给那些无法采食母鸡料的公鸡较多的饲料。

表 6.33 日粮代谢能约为 2 900kcal/kg 的种公鸡饲喂计划实例 (g/只/d)

周龄	假设 28 周龄前公鸡可以从母鸡食槽中获取饲料			
	>35℃	20~28℃	kcal/d <sup>1</sup>	<15℃
20	108	110 (115) <sup>1</sup>	319	120
22	110	115 (118)	334	125
24	112	118 (120)	342	130
26	120	125 (130)	363	135
28	124	130 (135)	377	140
30	130	135 (135)	392	150
32	135	140 (130)	406	155
34	130	135 (130)	392	152
36	125	130 (128)	377	148
40	125	128 (128)	370	145
50	120	126 (126)	365	140
60	120	126 (126)	365	140

<sup>1</sup> 假设公鸡无法从母鸡料槽中采食。

<sup>2</sup> 20~28℃。

当公鸡有可能采食母鸡饲料时，我们应在 28~30 周龄时采取一个重要的饲喂管理措施。因为此时几乎所有的公鸡都无法再从母鸡食槽中获取饲料，所以它们可能突然面临着饲料进食量的大幅降低，这时公鸡的体重开始减轻并变得非常有攻击性。表 6.33 中示范了此时给公鸡增加饲料供给的管理措施，并在之后的几周内逐渐撤走这部分额外的饲料。与带鼻塞的公鸡相比，对曾可以从母鸡料槽采食的公鸡应要多喂一些饲料，尤其在 30~36 周龄。到 40 周龄时，不管以前是否进入母鸡食槽，所有公鸡都应喂给等量的饲料。

36 周以后常见的问题是种公鸡过重，而此阶段最关键的营养仍能量和蛋白质/氨基酸。35 周龄以后种公鸡仅需要氨基酸平衡很好的粗蛋白 10% 左右。能量的需要量见表 6.33 所示，鸡的抽样称重可了解饲喂量是否合理。若种公鸡过重或过肥，则应考虑降低他们的营养素进食量。若种公鸡超重 200~400g，那么每周每天给每只鸡减少 5g 饲料，



直至达到理想的体重和体况；若种公鸡超重大于 500g，则可能需要采用一低营养浓度的饲料（见下一节），并不时地减少给料量。采用低营养浓度饲料的目的是为了保持鸡群体重的均匀度，因为每天的给料量按比例增加（尽管每周的饲料总量在下降）。遇到这些问题的养殖场应对 19~30 周龄这一关键阶段的饲养管理策略进行认真的评估。

通常种公鸡和种母鸡在性成熟前饲喂相同的日粮。在种鸡舍中可选择都用母鸡日粮或公鸡专用日粮。公鸡专用日粮的蛋白质、氨基酸和钙的含量比种母鸡日粮的低得多。公鸡专用日粮的优越性是能更接近公鸡的营养需要，并适当增加饲料供给量。成年公鸡的蛋白质和氨基酸需要量很低，在 10% 左右，这样的低蛋白日粮往往成本高难以配制，但通常有助于提高对体重的控制和改善受精率。实际生产中的替代方案是使用 12% 粗蛋白或用 14%~15% 蛋白的后备母鸡育成料。使用低蛋白日粮时必须强调蛋白质品质的重要性。此类低蛋白日粮应保证 2% 的蛋氨酸和 5% 的赖氨酸水平。较低的能量水平，如代谢能 2 650 kcal/kg，加上较低的蛋白水平意味可给公鸡较高的饲料量，这将延长饲喂时间而有助于保持体重的均匀度。由于公鸡不产蛋，种母鸡日粮中钙的含量对种公鸡而言也过高，公鸡仅需含钙 0.7%~0.8% 左右的日粮。摄取过多的钙可能对公鸡的肾脏造成额外的应激，尽管在大多数养鸡场中公鸡可以承受过量的钙。但如果与其他肾脏应激因素相结合，如高蛋白质、高矿物质进食量或霉菌毒素如赭曲霉毒素，就可能发生常见的鸡肾脏代谢问题。肉种公鸡的日粮规格示例见表 6.34。

表 6.34 肉种公鸡的日粮规格

代谢能 (kcal/kg)	2 650~2 750
粗蛋白 (%)	10.0~12.0
钙 (%)	0.75
可利用磷 (%)	0.30
钠 (%)	0.18
蛋氨酸 (%)	0.28
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.44
赖氨酸 (%)	0.55
色氨酸 (%)	0.13
矿物质-维生素预混料	同种母鸡

## 6.7 肉种鸡的饲料效率

大多数禽肉生产者可以就肉鸡的饲料效率给出一个大致相似的答案，但很少有经理或技术人员能提供类似的有关种鸡生产性能的数据。这在某种程度上是种鸡公司的失误，因为实际上没有一本管理指南包含有这一重要信息。

表 6.35 所示的种鸡饲料效率数据是按每枚种蛋或每只雏鸡所需的饲料或养分所计算。数据显示至 64 周龄，这是大多数鸡群淘汰的年龄。表中数据包括单独种母鸡群的或有 8% 种公鸡的种母鸡群。对于单独至 64 周龄的种母鸡群，每只雏鸡相应种鸡阶段需要消耗 300g 饲料，而生长和产蛋两个阶段则需要 370g 饲料。而相应的每枚种蛋的饲料用量分别

为 260g 和 320g。世界各地种鸡日粮的能量水平差异相当大，为便于比较评价饲料效率，更准确的方式是每枚种蛋或每只雏鸡相应的饲料能量消耗量。至 64 周龄，总能量摄入量（含为公鸡所均摊的能量）分别为 980kcal 或 1 130kcal 每枚种蛋或每只雏鸡。因此，我们期望能把每枚种蛋或每只雏鸡需消耗 1 000kcal 代谢能作为一个简单的经验，由于任何测定效率的计算都包括两个数值，我们可以使分母变大或者使分子变小来改善饲料效率。这意味着理论上，我们可以通过提高产蛋或者雏鸡产量，和/或降低饲料采食量来改善饲料效率。遗憾的是，这两个因素很不容易被轻易地改变。由于目前标准的饲养管理操作极有可能已经使产蛋量本身最大化了，而且也无法简单随意地降低饲料采食量而不降低生产性能。但是，微调这些参数的某些潜力依然存在。

表 6.35 种鸡的饲料效率

	种母鸡群		有 8% 的公鸡的种母鸡群	
	0~64 周龄	24~64 周龄	0~64 周龄	24~64 周龄
每枚种蛋				
饲料 (g)	320	260	345	280
能量 (kcal)	915	750	980	800
蛋白 (g)	50	40	53	43
每只雏鸡				
饲料 (g)	370	300	400	320
能量 (kcal)	1 050	860	1 130	920
蛋白 (g)	60	50	62	50

## 6.8 营养与孵化率

成功的孵化取决于受精蛋是否有合理的营养与环境条件，以使胚胎发育成为有活力的小鸡。从营养角度上来看，影响孵化率的因素包括种公鸡和种母鸡的繁殖能力、蛋中为胚胎贮备的养分以及鸡蛋的一些影响孵化过程中气液交换的物理指标。虽然我们不知道许多养分的不平衡和过量都会影响胚胎的成活率，但种鸡的维生素状况常被视为影响孵化率的最主要的因素。下文的讨论基于种蛋孵化及贮运均在理想的环境和卫生条件下进行。

### 6.8.1 受精率

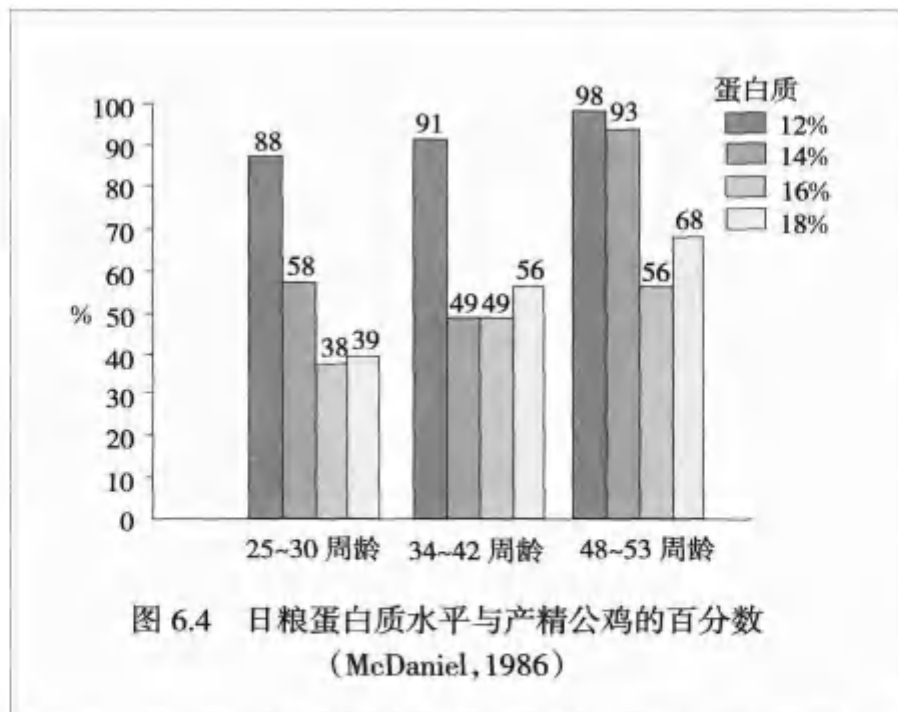
有关营养影响受精率的资料非常缺乏，尤其是母鸡方面的。对于母鸡，我们一般认为如果它能产蛋且精子活力也好，那么就会受精；因此，认为营养与鸡蛋成形本身的关系不大。这点对于如维生素和矿物质等此类营养素确实如此，但对影响鸡体大小及体成分的养分，如蛋白质和能量可能有所不同。种母鸡日粮蛋白水平对受精率有显著的影响（见表 6.36）。

在这些日粮中，蛋氨酸和赖氨酸水平保持恒定，能量水平也相同，仅粗蛋白水平不同。所有公鸡饲喂蛋白质水平为 12% 的种公鸡日粮，表 6.36 所示数据为母鸡的反应。Lopez 和 Leeson (1995) 对此研究的结论为：不同粗蛋白水平所表现出来的受精率差异实际是体重差异的结果，因为在整个实验过程中

中低蛋白日粮母鸡的体重较小。至 64 周龄饲喂 10% 蛋白母鸡的体重较 16% 蛋白组的差不多

表 6.36 日粮蛋白质与至 64 周龄母鸡受精率

日粮蛋白水平 (%)	受精率 (%)
16	91.6 <sup>b</sup>
14	93.3 <sup>a</sup>
12	95.1 <sup>a</sup>
10	95.4 <sup>a</sup>



小 500g，尽管所有处理组的饲料和能量进食量相似，因此高峰后限制过重对保持这些小体型鸡的高交配活力非常重要。从这方面来讲，过量饲喂蛋白质和能量都会降低受精率。简单地说，母鸡过肥就会减弱与公鸡交配的意愿。

同样的原理也适用于种公鸡，过量饲喂蛋白质和/或能量也可能降低公鸡的受精率。来航种鸡过量饲喂的后果是精液总产量降低，并增加死精数。公鸡单独饲喂的方式较好地控制了公鸡的采食量，因此受精率较高。但是即使采用公鸡单独饲喂的方式，似乎低蛋白日粮也对公鸡有利 (McDaniel, 1986, 图 6.4)。

表 6.37 成年公鸡生产性能与能量进食量的关系

代谢能 kcal/d	公鸡精液产量 (%)			入孵蛋出雏率 (%)	精子穿透第 2d (#)	睾丸重 (g)
	38 周龄	42 周龄	46 周龄			
290	100	55	36	61	20	9
330	100	73	64	66	100	12
370	100	100	82	65	160	26

引自 Bramwell 等 (1996)。

## 6.8.2 孵化率

除维生素及其他一些养分所引起的缺乏症外，影响受精卵孵化率的营养性因素往往不容易量化。表 6.38 列出了由一些维生素和微量元素缺乏所引起的常见胚胎先天不足症。应该强调的是：很难见到由单个维生素引起的典型缺乏症，往往是由于疏忽而漏加维生素预混料后产生的多种维生素缺乏症；或更常见的是由于某些其他营养素或毒素所诱发的缺乏症。由后者造成的影响很难诊断，因为即使在缺乏症明显表露的情况下，日粮分析仍表明维生素水平是合理的。

因偶然漏加维生素预混料而出现复合维生素缺乏症的情况下，核黄素缺乏症往往首先表现出来，并对种鸡造成极大地影响，使孵化率在 3~4 周内降至很低水平 (表 6.39)。

在本试验中母鸡采用玉米-豆粕日粮，在配置预混料时不加单个维生素的设置如表所示。对于某些维生素，玉米和豆粕可提供一定的基本水平，所以不同日粮可能有不同的结果。如上所述，孵化率对核黄素的缺乏最为敏感，在 7 周内孵化率可降至零。在饲喂缺乏日粮 15 周后，重新饲喂常规的维生素配方，如表 6.39 所示，各试验处理组的孵化率在 4 周内恢复正常。因此，与维生素缺乏的有关孵化率问题只要喂给营养充足的日粮，似乎可

以恢复，而且好像也没有长期副作用。

表 6.38 常见胚胎维生素和微量元素缺乏症

营养素	缺乏症
维生素 A	早期胚胎死亡 (48h)，不能形成循环系统
维生素 D <sub>3</sub>	小鸡生长受阻，软骨，依母鸡体内贮备而异；一般与蛋壳缺陷有关，因而改变了蛋壳的疏松度
维生素 E	一般在 1~3 日龄出现早期死亡；胚胎出现脑软化症，常见有渗出性素质
核黄素 (VB <sub>2</sub> )	9~14 或 17~21 日龄胚胎大量死亡；胚胎出现水肿现象或绒毛结成棒状；雏鸡出现卷爪麻痹症
泛酸	未出壳的胚胎有皮下出血现象
生物素	降低孵化率但产蛋率不降，孵化第一周和最后 3d 出现胚胎死亡的高峰。可见骨骼畸形和歪曲的喙
维生素 B <sub>12</sub>	胚胎死亡率出现在 8~14d，可能有水肿、卷爪和短喙的现象
硫胺素	有两个阶段出现胚胎死亡率，第一次在胚胎发育初期，另一次在 19~21d。在出雏盘上出现很多死雏，但很少有畸形的雏鸡。出壳的雏鸡在 10~14 日龄的死亡率会很高。经胚胎注射硫胺素几乎可以立刻恢复缺乏症状。某些类型的消毒剂、抗球虫药物以及劣质鱼粉与硫胺素缺乏症有关。最近也有证据表明在有某些链孢霉菌存在时硫胺素需要量将增加
钙和磷	胚胎死亡率随母鸡钙、磷缺乏的加重从后期转向较早的时期；腿短而粗，下颚变短，前额凸起，颈部水肿，腹部突出。一般蛋壳质量受影响
锌	出现许多骨骼发育不良症，绒毛成簇
锰	胚胎后期死亡 (18~21d)；胚胎的翅与腿部短，头与喙异常；常见水肿现象，绒毛往往异常

养殖场营养缺乏的实际问题是孵化率下降往往在饲喂缺乏日粮后 3 周才出现。因此，每周检查胚胎成活率将为潜在问题提供及时的线索。维生素缺乏症和中期胚胎死亡率 (7~14d) 显著相关。使用常规日粮，7~14d 时胚胎死亡率很低，基本接近 0.1%。但是随着维生素缺乏症状的进展，中期胚胎死亡率会有一个显著的提高，因此可以此作为解决孵化率问题的诊断手段。胚胎畸形和错位的观测没有明显的趋势，所以限制了将它们作为

鉴定生产中种鸡日粮维生素缺乏的诊断指标。

表 6.39 饲喂不添加维生素的玉米—豆粕日粮，笼养肉种鸡的种蛋孵化率（受精蛋%）

饲喂日粮 的周数	从对照日粮中去掉维生素							
	未去维生素的 对照日粮	生物素	维生素 B <sub>12</sub>	维生素 E	叶酸	尼克酸	泛酸	核黄素
1	95	86	97	97	97	96	94	95
3	97	83	95	84	89	87	81	55
5	98	63*	84	67	30*	61*	74*	19*
7	92	54*	61*	62*	19*	69	26*	1*
13	88	52	27*	95	38*	50	54	0*
15**	90	96	21*	75	70	38*	56	0*
17	95	90	50	58*	85	61	40*	57*
19	97	99	99	92	99	98	97	96

\* 与对照组差异显著 ( $P < 0.05$ )。

\*\* 重新加入维生素。

当然，在商品生产条件下不应发生维生素缺乏症，因为全部必需营养素应由预混料中以合成来源给予满足。事实上，无论何种家禽的种禽日粮往往含有最高水平的维生素添加量；由于成本太高，对此时有争论。饲养种鸡不仅要防止如前所述的缺乏症状，而且也要确保最佳的产蛋率和孵化率。如今，我们日常所见种鸡的卓越生产性能，高峰达到85%~88%只有在使用相对高水平的维生素作为平衡营养方案的一部分时才会达到。

采用高于标准（如 NRC, 1994）维生素标准的原因之一是因为在饲料生产与鸡采食量之间会发生维生素的潜在损失。不同维生素对各种应激的敏感程度不同，但是使维生素效力损失的主要因素可以概括为：混合之前预混料的贮存时间、贮存温度和贮存湿度。另外就是维生素是否与微量矿物质预混料混合以及在加入饲料之前是否贮存了3~4个月时间。预混料及饲料的内部因素也能引起维生素效力损失。例如，有些维生素为酸性，而另一些在酸性条件下分解。最后，饲料的制粒往往对维生素稳定性产生真正的影响，制粒的温度和湿度会破坏维生素。大多数公司认为较高剂量的维生素剂量对于优化孵化率和早期肉鸡性能是非常关键和经济的。在多数地方，预混料中维生素 E、维生素 A、生物素和核黄素是非常昂贵的，占到了总成本的60%~70%。

## 6.9 笼养种鸡

矮小鸡似乎是笼养方式的理想对象，而常规型种鸡笼养时无论饲养多长时间都会出现一些严重问题。由于均匀度差和脚垫损伤，采用人工授精的常规型种鸡的生产性试验往往是不成功的，这些问题似乎都与饲养管理及常规型种鸡易于超重有关。很少有饲养系统能为每笼鸡均匀地喂料，因此营养过量或不足就比较常见。我们的生产试验表明，多数情况下每笼饲养三只种母鸡总会导致体重的明显差异，虽然平均体重可能比较理想，这可能是由于好斗与统治的习性造成的。

随着死亡率的变化，饲料供给量的调整也比较困难，同时对多数饲养体系而言，这意味着需要人工调整以维持每笼中稳定的鸡数。35 周龄后常会发生脚垫的损伤，特别是那些超重的鸡。看来，直到简单且准确的笼养饲料投料系统问世之前，商业笼养模式才能被经济地应用。我们在使用一个新型的笼养模式时也曾经发现相似的问题，每笼饲养 20 只种母鸡和 2 只种公鸡，产蛋高峰期后足垫的问题也变得非常麻烦。

(沈慧乐、许毅 译)

### 参考文献

- Attia, Y. A., W. H. Burke, K. A. Yamani and L. S. Jensen (1995). Daily energy allotments and performance of broiler breeders. 1. Males. *Poult. Sci.* 74: 247 - 260.
- Attia, Y. A., W. H. Burke, K. A. Yamani and L. S. Jensen (1995). Daily energy allotments and performance of broiler breeders. 2. Females. *Poult. Sci.* 74: 261 - 270.
- Bartov, I. (1994). Attempts to achieve low weight broiler breeder hens by severe growth depression during various periods up to 6 weeks of age and food allocation below the recommendations thereafter. *Br. Poult. Sci.* 35: 573 - 584.
- Bennett, C. D. and S. Leeson (1989). Water usage of broiler breeders. *Poult. Sci.* 68: 617 - 621.
- Bennett, C. D., S. Leeson and H. S. Bayley (1990). Heat production of skip a day and daily fed broiler breeder pullets. *Can. J. Anim. Sci.* 70: 667 - 671.
- Bowmaker, J. E. and R. M. Gous (1989). Quantification of reproductive changes and nutrient requirements of broiler breeder pullets at sexual maturity. *Br. Poult. Sci.* 30: 663 - 675.
- Brake, J., J. D. Garlich and E. D. Peebles (1985). Effect of protein and energy intake by broiler breeders during the prebreeder transition period on subsequent reproductive performance. *Poult. Sci.* 64: 2335 - 2340.

Cave, N. A. G. (1984) . Effect of a high protein diet fed prior to the onset of lay on performance of broiler breeder pullets. *Poult. Sci.* 63: 1823 - 1827.

Fancher, B. I. (1993) . Developing feeding programs for broiler breeder nutrition. *Poult. Digest.* P. 18.

Fontana, E. A. , W. D. Weaver and H. P. VanKrey (1990) . Effects of various feeding regimens on reproduction in broiler breeder males. *Poult. Sci.* 69: 209 - 216.

Harms, R. H. (1992) . A determination of the order of limitation of amino acids in a broiler breeder diet. *J. Appl. Poult. Res.* 1: 410 - 414.

Harms, R. H. and G. B. Russell (1995) . Re-evaluation of the protein and lysine requirement for broiler breeder hens. *Poult. Sci.* 74: 581 - 585.

Hocking, P. M. (1993) . Optimum size of feeder grids in relation to the welfare of broiler breeder females fed on a separate sex basis. *Br. Poult. Sci.* 34: 849 - 855

Hocking, P. M. (1994) . Effects of body weight at photostimulation and subsequent food intake on ovarian function at first egg in broiler breeder females. *Br. Poult. Sci.* 35: 819 - 820.

Hocking, P. M. , D. Waddington, M. A. Walker and A. B. Gilbert (1989) . Control of the development of the ovarian hierarchy in broiler breeder pullets by food restriction during rearing. *Br. Poult. Sci.* 30: 161 - 174.

Leeson, S. , B. S. Reinhart and J. D. Summers (1979) . Response of White Leghorn and Rhode Island Red breeder hens to dietary deficiencies of synthetic vitamins. 1. Egg production, hatchability and chick growth. *Can. J. Anita. Sci.* 59: 561 - 567.

Lopez, G. and S. Leeson (1994) . Nutrition and broiler breeder performance. A review with emphasis on response to diet protein. *J. Appl. Poult. Res.* 3: 303 - 312.

Lopez, G. and S. Leeson (1995) . Response of broiler breeders to low-protein diets. 1. Adult breeder performance. *Poult. Sci.* 74: 685 - 695.

Lopez, G. and S. Leeson (1995) . Response of broiler breeders to low-protein diets. 2. Offspring performance. *Poult. Sci.* 74: 696 - 701.

Reis, L. H. (1995) . Extra dietary calcium supplement and broiler breeders. *Appl. Poult. Res.* 4: 276 - 282.

Samara, M. H. (1996) . Interaction of feeding time and temperature and their relationship to performance of the broiler breeder hen. *Poult. Sci.* 75: 34 - 41.

Spratt, R. S. and S. Leeson (1987) . Broiler breeder performance in response to diet protein and energy. *Poult. Sci.* 66: 683 - 693.



# 第七章 火鸡的饲养方案

7

7.1 商业火鸡 .....	329
7.1.1 育雏日粮和小火鸡生活力 .....	333
7.1.2 重型火鸡的饲养方案 .....	336
7.1.3 肉用仔火鸡 .....	340
7.1.4 胴体组成 .....	340
7.2 种火鸡的饲养方案 .....	342
7.2.1 母火鸡 .....	345
7.2.2 公火鸡 .....	348
7.2.3 模型预估的营养需要 .....	349

## 7.1 商业火鸡

火鸡生长率的遗传潜力继续提高，目前雄性火鸡的标准接近于每周 1kg，上市体重为 18~20kg。与多数其他肉禽不同的是，雄性和雌性火鸡的上市体重有明显差异，因此，人们普遍认为不同性别的火鸡应该分开饲养。现在一般是把雄性火鸡饲养到 18~24 周龄，雌性火鸡饲养到 15~16 周龄。有一部分雌火鸡以完整胴体的形式销售，雄性火鸡则一般以某种方式进一步加工后出售。对大型火鸡日益关注的是胸肉的完整性和质量，因为目前在加工中出现的一个问题是 PSE 肉（苍白、疲软、多渗出液，这种肉有时在猪中出现）。最近几年来，在火鸡胴体的脂肪：蛋白质比例上并无大的变化，所以在胴体品质方面主要关注的是肉的质量。其他缺陷诸如胸部斑块（breast buttons）及其他皮肤异常经常是管理引起的，而非遗传或营养本身的问题。

在制订火鸡饲养方案时需要有一定的灵活性。表 7.1 所介绍的日粮规格是总体的指导，适用于雄性和雌性火鸡两者。根据母火鸡的上市年龄，日粮可能应该变换得稍快一点和（或）最后使用的那个日粮应是表 7.1 中育成 2 号料和育肥料之间的折中方案。在日粮营养浓度较宽的范围火鸡都能生长得相当不错，当然，当日粮营养浓度较低时生长期会加长，典型的饲料利用率将会下降。使用某些高能日粮时生产性能比预期的差往往是由于没有因饲料采食量下降而调节氨基酸水平。以玉米和豆粕为基础的日粮举例见表 7.2；生长标准见表 7.3。

现在，大型雄性火鸡的胸肌沉积大约在 18 周龄左右达到高峰，沉积量大约是 65g/d。腿肌的沉积高峰到来得较早，在 14 周龄左右，最大日沉积量大约 45g。商业育种公司提出的营养规格详见表 7.4 和表 7.5。

表 7.1 生长火鸡的日粮规格

	育雏	生长 1	生长 2	育成 1	育成 2	育肥
周龄	0~4	5~8	9~11	12~14	15~16	17+
粗蛋白 (%)	28.0	26.0	23.0	21.0	18.0	16.0
代谢能 (kcal/kg)	2 850	2 900	3 050	3 200	3 250	3 325
钙 (%)	1.40	1.25	1.15	1.05	0.95	0.85
有效磷 (%)	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.48
钠 (%)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
蛋氨酸 (%)	0.62	0.56	0.52	0.48	0.42	0.35
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	1.05	0.93	0.84	0.75	0.68	0.58
赖氨酸 (%)	1.70	1.60	1.45	1.30	1.12	1.00
苏氨酸 (%)	0.90	0.87	0.82	0.76	0.68	0.61
色氨酸 (%)	0.28	0.26	0.23	0.21	0.19	0.16
精氨酸 (%)	1.75	1.65	1.55	1.40	1.20	1.10
缬氨酸 (%)	1.20	1.10	1.00	0.90	0.78	0.65
亮氨酸 (%)	1.90	1.80	1.65	1.50	1.25	1.10
异亮氨酸 (%)	1.10	1.00	0.94	0.82	0.72	0.65
组氨酸 (%)	0.60	0.55	0.50	0.44	0.35	0.30
苯丙氨酸 (%)	1.00	0.90	0.82	0.73	0.63	0.55
维生素 (每千克日粮)	100%	100%	90%	80%	70%	60%
维生素 A (IU)				10 000		
维生素 D <sub>3</sub> (IU)				3 500		
维生素 E (IU)				100		
维生素 K (IU)				3		
硫胺素 (mg)				3		
核黄素 (mg)				10		
吡哆醇 (mg)				6		
泛酸 (mg)				18		
叶酸 (mg)				2		
生物素 (μg)				250		
烟酸 (mg)				60		
胆碱 (mg)				800		
维生素 B <sub>12</sub> (μg)				20		
微量元素 (每千克日粮)						
锰 (mg)				80		
铁 (mg)				30		
铜 (mg)				10		
锌 (mg)				80		
碘 (mg)				0.5		
硒 (mg)				0.3		

表 7.2 火鸡日粮举例 (kg)

	育雏	生长 1	生长 2	育成 1	育成 2	育肥
玉米	473	535	535	605	680	690
豆粕	350	350	349	266	195	180
玉米面筋粉	80	26				
肉粉	60	60	60	60	60	60
AV 脂肪			31	46	44	55
DL-蛋氨酸*	1.2	1.2	1.3	1.3	1.1	0.5
L-赖氨酸	2.5	1.6	0.2	1.4	1.9	0.9
盐	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4
石灰	15.0	10.3	9.4	7.9	6.6	6.0
磷酸二钙	15.0	12.6	10.7	9.0	8.0	4.2
维生素矿物质预混料**	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
共计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白 (%)	28.7	26.0	24.2	21.0	18.2	17.5
ME (kcal/kg)	2 890	2 900	3 050	3 200	3 250	3 325
钙 (%)	1.50	1.25	1.15	1.05	0.95	0.85
有效磷 (%)	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.48
钠 (%)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
蛋氨酸 (%)	0.62	0.56	0.52	0.48	0.42	0.35
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	1.05	0.95	0.89	0.75	0.68	0.60
赖氨酸 (%)	1.70	1.60	1.45	1.30	1.10	1.00
苏氨酸 (%)	1.10	1.06	1.00	0.87	0.76	0.74
色氨酸 (%)	0.35	0.34	0.33	0.28	0.23	0.22

\* 或相当量的 MHA。

\*\* 含有胆碱。

表 7.3 商业火鸡的生长性能标准

	体重	年龄	饲料:增重	平均日增重
雄性	15kg	18周	2.60	110~130g <sup>1</sup>
雌性	7.5kg	14周	2.25	77~90g

<sup>1</sup> 较高的值是欧洲标准, 需要使用较高营养浓度的日粮。

表 7.4 不同品系商业重型雄性火鸡的比较

	育雏 (0~4 周)			肥育 (16~20 周)		
	BUT	杂交种	尼格拉斯	BUT	杂交种	尼格拉斯
ME (kcal/kg)	2 900	2 850	2 910	3 300	3 520	3 420
CP (%)	—	27.5	25~27.0	—	16.0	14~17.0
钙 (%)	1.40	1.40	1.45	1.07	0.90	0.85
有效磷 (%)	0.78	0.75	0.74	0.62	0.45	0.38
钠 (%)	0.16	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18
蛋氨酸 (%)	0.70	0.69	0.58	0.49	0.36	0.34
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	1.25	1.17	1.02	0.88	0.65	0.56
赖氨酸 (%)	1.92	1.80	1.70	1.04	0.80	0.80
苏氨酸 (%)	1.22	—	1.04	0.66	—	0.53

表 7.5 商业火鸡 (0~4 周) 的维生素和微量元素需要量

营养素	/kg	BUT	杂交种	尼格拉斯
维生素 A	IU	15 000	10 000	14 000
维生素 D <sub>3</sub>	IU	5 000	5 000	5 000
维生素 E	IU	50	100	50
维生素 K	mg	5	4	4
叶酸	mg	3	2.5	4
烟酸	mg	75	100	55
泛酸	mg	25	25	28
核黄素	mg	8	15	10
硫胺	mg	5	4.5	4
吡哆醇	mg	7	5	6
生物素	μg	300	300	200
胆碱	mg	400	1 200	1 600
维生素 B <sub>12</sub>	μg	20	40	20
铜	mg	20	15	25
锌	mg	100	160	100
铁	mg	50	80	45
锰	mg	120	160	120
硒	mg	0.2	0.3	0.4
碘	mg	2	3	3

### 7.1.1 育雏日粮和小火鸡生活力

在影响早期小火鸡生长方面，饲槽管理和饲料质地就和饲料配方一样重要。小火鸡不愿意吃粉料，喜欢吃破碎的粒料，这个现象在生长期 7~14d 最为明显（表 7.6）。

表 7.6 饲料质地对小火鸡生长率的影响 (g)

小火鸡日龄	粉料	优质破碎料	差异 (%)
7	117	140	20
14	250	320	28
21	450	600	30
28	780	1 020	30

引自 Nixey (2003)。

质量好的破碎料和其后的优质颗粒料对于保证最佳的采食甚为重要。在第一周时，小火鸡不应为寻找饲料和饮水而走得太远。这个阶段一个好的管理方法是把料槽加得“过满”，以保证小火鸡能够容易地吃到饲料，尽管这样会浪费一些饲料。

与鸡相比，火鸡在第一周的死亡率总是较高。最初 7d 内死亡 1%~2% 是常事，这可能部分地与饲喂方案有关。即使显然很容易吃到饲料，小火鸡也可能因为吃不到饲料或喝不到水而死亡。由于某些原因，有些小火鸡的代谢状况引起昏睡，使它们似乎不愿意吃料喝水。这种状况可能被有些孵化后的处理弄得更加复杂，如断喙、免疫、雄性小火鸡的剪距和剪肉绶。

对小火鸡停饲 48h 对 7~10 日龄体重或此时期的肠道形态影响甚小。这种挨饿的确会影响 3~4 日龄体重和肠道生长，但是如果条件良好，似乎会出现补偿性生长。在商业条件下，可能存在多种应激因素，补偿性生长大概要 7~10d 后才会出现。

小火鸡出孵时其可用的能量贮备很少，糖原很可能是从蛋白质通过糖原生成作用而合成。企图改善小火鸡的糖原/能量贮备一般说来收效甚微。过去，小火鸡在从孵化场运出之前给以葡萄糖液。最近的数据表明，这种做法在很短期内可能有益（最多 2~3h），但是，进食葡萄糖可能抑制关键的酶类，从而抑制糖原合成，这对于其后的长期健康状态却是有害的。注射非必需氨基酸丙氨酸能在不减少糖原贮备的情况下提高血液中葡萄糖水平。但是，注射丙氨酸的长期效益（即使是 7 日龄死亡率）难以量化。丙酸盐又是一种葡萄糖前体，一直用来饲喂年轻小火鸡。然而，丙酸盐又是一种厌食物质，因此对于确保小火鸡的长期效益是不利的。

小火鸡的维生素 E 状态也一直受人关注。孵化后 2~3 周,小火鸡的肝脏和血浆中的维生素 E 含量降低到危险水平。比如,刚孵出小火鸡的肝脏可含维生素 E  $80\mu\text{g/g}$ ,而 21 日龄时的正常水平则是接近  $0.5\mu\text{g/g}$ 。衣阿华大学的 Sell 及其同事研究了这个问题,虽然有时可以见到显著的处理差异,但是正常的肝脏和血浆中维生素 E 水平仍离不开上述的范围。比如,给小火鸡饲喂来自椰子油的中链脂肪酸(而不是牛油或甚至蔗糖)确实似乎能改变维生素 E 状态,但是到了 21 日龄之后肝脏的维生素 E 水平仍然低于  $1\mu\text{g/g}$ 。因此,维生素 E 状态的这种“自然下降”似乎是很难制止的,有鉴于这种变化,当然人们会对小火鸡的免疫状态提出质疑。因为维生素 E 在身体中起着一系列作用,所以脂肪水平和脂肪氧化可能会影响年轻小火鸡的总体健康状态。但是,添加超量抗氧化剂未曾收到良好效益。同样,添加胆盐对于改进小火鸡的维生素 E 状态也收效甚微,所以人们并不认为吸收本身是个限制因素。

影响早期小火鸡发育的有一系列健康问题,可能还有育雏日粮的配制。在世界局部地区,小火鸡肠炎和死亡率综合征(poult enteritis and mortality syndrome, PEMS)一直是一个严重的问题。该病症可能是由于存在病毒而引起或突出,给小火鸡一定剂量的来自其他已感染火鸡的肠道内含物,可以人工感染小火鸡。有时死亡率很高,还有一个次要问题是生长受阻,即被感染火鸡不表现补偿性生长。最新的数据表明,从 PEMS 恢复过来的火鸡对多数营养素的消化和吸收能力遭到损害(表 7.7)。在 49 日龄时,根据在 5 日龄感染 PEMS 后的恢复特性选出大、中和小体重的火鸡。不管火鸡的体重大小如何,总的趋势是营养素的吸收下降,说明早期感染 PEMS 对肠道形态有持久的损害作用。

表 7.7 早先在 5 日龄时感染 PEMS 的火鸡在 49 日龄时对营养物的消化率

火鸡类型	49 日龄消化率		
	氮 (%)	脂肪 (%)	AMEn (kcal/kg)
未感染的	64.6 <sup>a</sup>	85.9 <sup>a</sup>	3 470 <sup>a</sup>
感染的一大体重	59.1 <sup>b</sup>	80.8 <sup>ab</sup>	3 270 <sup>b</sup>
感染的一中体重	61.4 <sup>ab</sup>	78.5 <sup>b</sup>	3 190 <sup>b</sup>
感染的一小体重	58.4 <sup>b</sup>	78.3 <sup>b</sup>	3 180 <sup>b</sup>

引自 Odell et al. (2001)。

关于年轻小火鸡日粮中使用脂肪,众说纷纭。有人主张使用高脂肪日粮,以促进出孵后向糖酵解转移,并认为这种情况能改善早期生长率。高脂肪育雏日粮的倡导者指出,日粮能量水平不应该提高,脂肪仅仅是作为一种能源来代替碳水化合物。

这种配方的结果不一致，可能与所使用脂肪的饱和特性有关。青年小火鸡似乎在某些程度上比小鸡能较好地消化饱和脂肪酸，但是当饱和脂肪酸占优势时总体消化率是相当低的（表 7.8）。

表 7.8 豆油和牛油中 C16 : 0 和 C18 : 0 脂肪酸的消化率

		C16 : 0		C18 : 0	
		豆油	牛油	豆油	牛油
小火鸡	7 日龄	96	65	51	50
	21 日龄	99	59	51	36
小鸡	7 日龄	81	35	73	6
	21 日龄	94	54	88	31

引自 Mossab 等. (2000)。

在存在大量不饱和脂肪酸的情况下（比如豆油），C16 : 0 和 C18 : 0 饱和脂肪酸的消化相当好。这种协同作用可能与易于形成胶粒有关，形成胶粒是从肠腔向上皮的刷状缘转移、消化以及随后的吸收的必需前提。当只有很少的不饱和脂肪酸可用于胶粒形成时，饱和脂肪酸的消化极低，在 21 日龄时不超过 50%。由于诸如椰子油等原料中的中链不饱和脂肪酸不一定需要形成胶粒或胆盐作用作为前提，故它们能较好地被青年火鸡吸收（表 7.9）。

表 7.9 青年小火鸡对脂肪的消化

日 粮	油脂消化率 (%)		
	3~5d	6~8d	9~11d
1. 玉米-豆粕	74 <sup>b</sup>	76 <sup>b</sup>	78 <sup>b</sup>
2. 1+10%AV 脂肪	69 <sup>c</sup>	72 <sup>b</sup>	71 <sup>c</sup>
3. 1+10%MCT <sup>1</sup>	90 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> 主要是 C18 : 0。

引自 Turner et al. (1999)。

中链脂肪酸的消化率特别高，即使对于青年小火鸡也是如此。因此，这些脂肪酸提供

了一种有价值的原料，可以取代较为昂贵的含有不饱和脂肪酸的植物油。也有一些研究报告，3周龄火鸡代谢玉米的效率比17周龄的低10%左右。

在某些农场，所谓的田间佝偻病（Field Rickets）是一个久久困扰的问题。由于有些农场此病的发生率高于其他农场，一直有人怀疑是否存在一种感染因子。但是，用被感染小火鸡的食糜制作匀浆并饲喂给正常火鸡却未见小火鸡的生活力或骨骼发育受到影响。日粮中钙、磷和维生素D<sub>3</sub>的含量当然受到严密的审视，但佝偻病似乎不是由于简单地缺乏三者中的任何一种而引起的。有报告建议通过使用25-OH-D<sub>3</sub>而不是维生素D<sub>3</sub>来预防，另有些人则认为此病是由某种不明抗营养物质所引起的。

关于仅仅使用植物性蛋白质来配制高蛋白、高氨基酸育雏日粮存在某些独特的挑战。当从日粮中排除动物性蛋白质时，在配方制作中最通常的改变是使用更多豆粕。为了达到28%~29%CP和相应水平的氨基酸，在这些全植物性日粮中必须使用大约50%的豆粕。当可采用肉粉时，日粮中豆粕的使用量接近35%。使用50%豆粕是为了保证氨基酸需要量得到满足，如此高水平的豆粕使用量确实会引起一个问题，即钾和寡糖水平升高。因为豆粕是一种低能原料，使用量高时也会导致配方中出现“空间”的问题。日粮中的苏氨酸和精氨酸水平也需要仔细检查。现在还没有什么办法来解决寡糖难消化的问题，还没有任何真正有效的外源酶可以用来帮助消化这些复杂的碳水化合物。高水平的钾导致湿粪和更多的脚垫损伤问题。维持电解质平衡的一个可能办法是使用较少的盐、较多的碳酸氢钠，在极端情况下，可以在日粮中添加氯化铵。在存在圆心病（Round heart disease，即自发性心肌病，Spontaneous cardiomyopathy）的情况下，采用上述措施来维持电解质平衡是最有益处的，因为把MEq维持在230而不是250~320（高豆粕育雏料经常如此）可以限制此病的发生。

在育雏前期日粮和育雏日粮中需要高水平的赖氨酸，此时也经常关注精氨酸的需要量。一般的建议是使精氨酸水平达到赖氨酸的110%，因此，当赖氨酸为1.7%时，精氨酸在日粮中的需要量接近2%。当使用高水平动物性蛋白质时，这样的精氨酸水平难以达到，在这种情况下，比较经济的做法是把精氨酸定为赖氨酸的102%。

### 7.1.2 重型火鸡的饲养方案

由于火鸡的遗传潜力继续在发展，所以其上市体重和/或上市年龄还可能改进。现在，多数当代的火鸡品系可以将高的日增重维持到活重23~24kg。在如此高的体重下，极为重要的是使营养方案能够支持骨骼的完整性并维持胴体中脂肪和蛋白质的平衡。总括起来说，年轻火鸡对氨基酸最为敏感，而要使年龄大的火鸡生长得较为经济则更多地有赖于能量进食。过去几年中，生产所用的火鸡在类型和遗传上发生了很大变化，但是如今这种差异已不很明显，因为所有育种者的目标都是在较大上市年龄达到较高体重。这种晚熟型火鸡很多年来在欧洲极为流行，如今已成了全世界的标准类型，因此现在已经不很强调“品系特异性”饲养方案。

在基本上由玉米和豆粕组成的日粮中，蛋氨酸（和/或总含硫氨基酸）可能是最主要的



限制性氨基酸。蛋氨酸的需要量显然随日粮的能量水平而变化，但是可以提出一个一般性的建议，即：对于育雏日粮、生长/育成日粮和育肥日粮，每千卡 ME 应分别含有约 2.4mg、2.1mg 和 1.7mg 蛋氨酸。对于目前几乎是唯一在使用的晚熟火鸡品系，较高的赖氨酸水平似乎是有益的。因此，育雏日粮、生长日粮和育肥日粮的赖氨酸水平分别为每 kcal ME 约 6.5、5.5 和 3.5mg。多数营养学家认为火鸡对于赖氨酸水平是很敏感的，其实在目前实际使用的水平下，按其在粗蛋白中的百分率来说，和其他肉禽并无多大差异。有些资料表明，如果使用平衡的蛋白质，则公火鸡和母火鸡对于高水平的赖氨酸并不会产生很大的反应。

传统上，对于各种类型的火鸡一贯要考虑适宜的能量—蛋白比。最近的证据表明，这种观念已不再适用，或者至少不总是经济可行的。Sell 及其同事用 9~20 周龄的生长期公火鸡进行了广泛的研究，其结论是：提高粗蛋白或代谢能可以改善增重和饲料转化率，然而粗蛋白的作用与代谢能无关。可能在这项研究中的能量反应实际上是由于添加了脂肪。提高日粮的能量浓度降低了每 kg 增重所消耗的蛋白质数量，虽然这并未影响每 kg 增重的 ME 消耗量。提高日粮的蛋白质含量降低了蛋白质的增重效率，虽然 ME 的效率得到了改进。有趣的是日粮规格的这些变化对于胴体组成并无多大影响。这些研究者的结论是在制作配方时把最佳的粗蛋白—代谢能比作为制约因素可能是不适宜的，更恰当的做法可能是分别地考虑蛋白质和能量的作用。

为了满足火鸡的营养需要，显然应该随年龄而改变日粮规格以适应年龄较大的火鸡较低的营养需要。火鸡的生长期有 18~24 周，改变日粮的潜力要比其他禽种大得多，当然所制定的日粮必须和饲料生产厂家的实际考虑和火鸡场的现场操作协调一致。事实上很多研究建议，在前 18 周日粮变化的次数（从最少 2 次到多达 10 次）对火鸡生产性能的影响甚小。如果日粮改变次数较少，应该较多地“超配”以保证火鸡在采食任何一种口粮的初期不至于面对营养不足的日粮。每 3~4 周改变一次日粮似乎是一种实用的折中方案。日粮改变次数太少确实会引起调节日粮质地的问题。青年小火鸡需要优质破碎料，在生长期最初 8 周内过渡到采食较大颗粒料是至关重要的，只有至少把饲料质地改变两次才能真正实现这个过渡。太早引入太大的颗粒料必然导致采食量下降和饲料浪费增加。

在火鸡日粮中是否使用脂肪一直是争论不休的一个话题，当然在近几年来也受到相当的注意。在很多情况下，研究报告不能区分脂肪和能量的作用。考虑到脂肪在控制生长中起着主导作用，我们对于火鸡对日粮中添加脂肪所产生的反应或许不会过于惊讶。在能量水平固定不变的情况下，添加脂肪总是能改进饲料转化率的，这种作用随火鸡年龄的增长而加强。从 0 到 12 周，每添加 1% 脂肪可以使饲料转化率约改进 1.5%。从 12 到 20 周，每添加 1% 脂肪带来的饲料转化率改进量可达 3.5%。人们经常注意到，从年龄较大火鸡的日粮中撤掉脂肪往往会失去在那个时期以前所获得的任何改进。这些数据表明，使用脂肪对于青年火鸡的回报率不高，但是到 8 周龄以后则可以获得最大的经济反应。这种年龄反应可能是因为较饱和脂肪酸的消化率得到提高，加上所吸收的脂肪直接沉积进入体脂肪库的效率得到改进。

要达到火鸡的上市体重，增重最快的适宜温度是10~16℃。在27℃和35℃时，增重则分别下降大约6%和12%，但是在达到27℃之前，温度每提高1℃，饲料消耗率改善1.2%。普遍承认，日粮的氨基酸水平应该随温度的提高而提高，因为采食量将下降。对于12周龄以上的火鸡，提高日粮中脂肪含量，可能还有能量水平也是有益的，并且必须把温度维持在22℃以下。

随着遗传潜力的提高，最佳生长率的上限关键温度将下降。不列颠联合火鸡公司(British United Turkeys)在其出版物中预测，为实现最佳生长率所需的最高环境温度每10年下降2~3℃，对于现在的大型公火鸡，最高的环境温度接近于10℃。理想的环境温度是10℃，每提高1℃，上市体重大概下降100g。但是这种生长的提高是靠刺激采食量而实现的，因此，在较低的温度下饲料效率将会变差(表7.10)。

在这个研究中，火鸡饲养在25℃，所采食日粮中添加额外的蛋氨酸、赖氨酸和苏氨酸仍不能提高生长率和胸肉产量。

大型火鸡似乎能理想地表达补偿性生长，事实上，关于此种饲养方案的早期研究是用火鸡做的。但是，中型火鸡品系采食此种日粮似乎并不能表现良好，很少能实现补偿生长。好像使用低营养素浓度的育雏日粮所造成的低初始生长率使火鸡在某种程度上作出了妥协反应，以致18周龄的体重比标准低5%~7%。对于低蛋白的育雏日粮，建议应该更仔细地研究氨基酸水平而不仅仅是蛋氨酸和赖氨酸。对于粗蛋白水平只有22%的育雏料，苏氨酸和缬氨酸水平可能和赖氨酸水平同等重要，而且，支链氨基酸之间的互相作用可能成问题。比如，在低蛋白育雏日粮中高水平的亮氨酸似乎会引起生长抑制，添加缬氨酸只能部分地减轻这种影响。这些数据提示我们在补偿生长型饲养方案中要小心使用诸如玉米面筋和血粉等高亮氨酸原料。最近进行的关于补偿性增重的研究一般未能在总体饲料利用或每千克增重的成本方面显示出确切的优点，事实上，有时候不能使生长完全补偿到一个特定的年龄。例如，只是在最初3周饲喂低蛋白的育雏日粮，随后改用正常日粮，结果18周龄体重还是受到损害。看来，如今普遍饲养的晚熟品系并不能理想地体现补偿性生长。它们遗传上固有的低初始生长率和补偿性生长的概念是同时存在的，这些火鸡似乎不能从早期的营养不足完全恢复过来。因此，对于16~20周龄上市的火鸡，补偿性生长的用处有限。随着上市体重的进一步提高，这个观念可能将得到修正。

在低蛋白、氨基酸强化日粮方面已经进行了许多研究项目，目的是降低饲料成本或减少粪便的含氮量。当配制日粮时，把粗蛋白控制在正常水平的80%，通过补加蛋氨酸、赖氨酸和苏氨酸经常可以使体重达到正常水平。但是，在多数此类研究中，虽然可以得到正常的生长，胸肉产量却常常有所损失。采用低蛋白日粮时羽覆经常不足。尾羽长度经常

表 7.10 在15℃或25℃生长的公火鸡的生产性能

	25℃	15℃
134d 体重 (kg)	17.72	18.83
采食量	43.64	49.05
饲料:增重	2.41	2.53
胸肉(胴体的%)	31.9	33.3

引自 Veldkamp et al. (2000)。

被用来作为羽毛发育的一个指标，在这个性状和日粮蛋白质/氨基酸水平之间似乎存在线性相关。在6周龄前后，尾羽长度大约减少2mm/1%CP，相当于每1%CP尾羽长度约少2%。但是，因为这种日粮经常会损害生长率本身，所以不清楚这种晚出羽是否仅仅是和生长慢相关联的现象。在至今所测试的氨基酸中，羽毛发育似乎对蛋氨酸的反应最大。

火鸡业中两个经常出现的问题是所谓的拉稀综合征（Flushing syndrome）和“摔倒症”（“Knockdown”），前者外观像腹泻，后者使老龄火鸡失去活动能力。这两个问题可能都和营养有一定关系，但是显然其中还有目前未知的因素在起作用。拉稀综合征的特点就像其名称所形容的那样，粪便稀而充满黏液，好像腹泻。在商品火鸡群中，此病出现在6~14周龄阶段，经常集中在8~12周龄阶段。由于这个时候刚好与从日粮中撤掉制球虫剂的时间相合，因此有人猜想肠道微生物区系发生了相关的变化。由此而产生的问题是拉稀粪和发生腿疾和胸部斑点的可能性增大。较稀的粪便可能由高水平的矿物质所引起，尤其是盐和过多的蛋白质，这两者都与饮水量增加有关。但是，拉稀综合征和“黏性”排泄物有关，此时过多的水和蛋白质分别引起含水量大、尿酸盐浓度高的排泄物。

奇怪的是，日粮纤维水平及其来源对盲肠和排泄物的表现并无大的影响。在8~12周龄出现拉稀综合征正值日粮脂肪水平提高的时候，因此，有人测试了各种水平和来源的脂肪以及各种酸败程度的脂肪，也没有发现任何一贯性的作用。日粮中唯一的一个一贯性地影响盲肠分泌物浓度的营养素是铜。每吨饲料中添加500g硫酸铜导致盲肠分泌物的排出量和黏度增加。盲肠分泌物中铜的含量高达14000mg/kg。当然，不是所有火鸡都饲喂额外的硫酸铜，虽然它确实能引起异常的排泄物黏度。其他一些企图通过改变日粮而处置或预防拉稀综合征的做法一般也不太成功。有些报告说，每1000L饮水中加2kg甜菜碱有好处。

火鸡摔倒症也发生在10~14周龄前后，它使火鸡不能站立或行走。其症状类似离子载体中毒，但基本上已排除离子载体是单一的致病因素。当反复地采用给光—停光照明制度时摔倒症最为严重，在经过较长的黑暗期后重新给光时火鸡会暴食。当限制火鸡饮水时尤其容易出现这种情况。由于火鸡在短时间内进食大量饲料，有人就怀疑是否也进食了大量的离子载体。但是，在控制条件下的试验表明，即使鼓励火鸡大量进食莫能菌素含量甚至高达140mg/kg的饲料也未观察到摔倒症。

目前对于大型火鸡关注的是胸肉质量。大型公火鸡胸肉中现在出现一种类似于有些猪中看到的PSE（苍白、疲软、多渗出液）肉那样的症状。已知，猪中的PSE是一种遗传性状。通过肉眼检查可以明显地看到胸肉的变化，在胸肌形态学上也可以发现明确的显微变化。在进一步加工和将胸肉切片时此症状变得最为明显。在这方面，营养似乎没有直接的作用。PSE似乎和快速的生长率有关联，通过各种措施减慢生长可以消除症状。PSE可能和个别肌纤维的粗细无关联，因为当限制采食的火鸡最后在体重方面赶上来后，其肌纤维粗细是一样的，然而罕见PSE。肌酸激酶是肌肉受损伤的一个指标。在常规自由采食方案下饲养的火鸡其肌肉中肌酸激酶含量大大提高。在体重相同的火鸡中，自由采食火鸡的这个指标总是高于限食的火鸡。在种猪业中，用猪对麻醉药氟烷的反应作为检测试

验。这种测试在火鸡中似乎行不通。养猪业中现在用遗传标记来寻找 PSE 基因的携带者。

### 7.1.3 肉用仔火鸡

肉用仔火鸡的生产一直在下降，主要因为来自大型烤鸡的竞争。现在没有一个商业育种公司拥有专门为这个市场而设计的品系。

小型雌火鸡的饲养方案主要是快速变更日粮，较早地过渡到高能日粮。使 6~6.5kg 这一规格的雄性仔火鸡获得足够的脂肪贮备是很困难的，所以很少为此目的而利用它们。雌火鸡在 10 周龄可达到 5kg 左右，12 周龄达到 6.5kg，饲料转化率为 1.8~2.0。这些品系的公火鸡一般养到体重 10~12kg，仍是供应全胴体市场。使雌火鸡在 12 周龄达到体重 6.5kg 的饲养方案见表 7.11。

表 7.11 肉用雌仔火鸡的日粮规格

	育雏	生长 1	生长 2	育成	育肥
	0~4 周	5~6 周	7~8 周	9~10 周	11~12 周
CP (%)	29.0	26.5	24.0	21.0	19.0
ME (kcal/kg)	2 850	2 975	3 075	3 200	3 300
钙 (%)	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
有效磷 (%)	0.80	0.75	0.65	0.55	0.50
钠 (%)	0.17	0.18	0.18	0.19	0.19
蛋氨酸 (%)	0.65	0.62	0.58	0.52	0.45
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	1.20	1.10	1.00	0.92	0.85
赖氨酸 (%)	1.80	1.70	1.60	1.45	1.25
苏氨酸 (%)	1.20	1.10	1.00	0.90	0.80

### 7.1.4 胴体组成

由于大型火鸡胴体上越来越多的部分用来做分割肉或进一步加工，不断有人要求得到有关火鸡胴体产量和组成的资料。由于火鸡在一定年龄时的体重变化极大，所以有关特定年龄时的胴体组成的资料几乎总是跟不上这个变化。为此，我们根据公火鸡和母火鸡在一定年龄的预期体重变化而提出以下的胴体数据（表 7.12）。为了利用这个资料，将一个特定参数的系数乘以“日龄”和“(日龄)<sup>2</sup>”。

表 7.12 火鸡日龄和体重及器官比例的相互关系 (每个参数的第一行是公火鸡, 第二行是母火鸡)

	常数	±	日龄	±	日龄 <sup>2</sup>	系数显著性	
						日龄	日龄 <sup>2</sup>
体重的百分比							
总体内脏♂	17.870	—	0.158	+	0.000 544	**	**
♀	18.696	—	0.180	+	0.000 772	**	**
肝脏	2.792	—	0.020 4	+	0.000 067 3	**	**
	3.023	—	0.024 7	+	0.000 082 4	**	**
心脏	0.798	—	0.006 53	+	0.000 026 7	**	**
	0.766	—	0.006 81	+	0.000 028 4	**	**
消化道	14.168	—	0.129	+	0.000 400	**	**
	14.924	—	0.152	+	0.000 548	**	**
肌胃+腺胃	5.089	—	0.028 4	+	0.000 025 8	**	NS
	5.455	—	0.045 8	+	0.000 134	**	**
胴体脂肪, g	62.990	—	5.309	+	0.092 9	**	**
	-55.970	+	0.749	+	0.059 6	NS	**
胴体粗蛋白, g	-103.10	+	8.738	+	0.035 7	**	**
	-122.46	+	10.704	—	0.008 63	**	NS
内脏脂肪, g	3.516	—	0.421	+	0.017 3	NS	**
	-26.375	+	0.737	+	0.018 2	NS	**
内脏粗蛋白, g	-32.15	+	3.478	—	0.005 24	**	**
	-21.23	+	2.806	—	0.007 33	**	**
总体脂肪, g	66.506	—	5.729	+	0.110	**	**
	-82.344	+	1.486	+	0.077 8	NS	**
总体粗蛋白, g	-135.269	+	12.216	+	0.030 5	**	**
	-143.692	+	13.510	—	0.016 0	**	NS
总体脂肪, %	5.708	—	0.056 5	+	0.000 698	**	**
	4.709	+	0.005 88	+	0.000 724	NS	**
总体粗蛋白, %	15.438	+	0.102	—	0.000 545	**	**
	15.250	+	0.099 6	—	0.005 77	**	**

\*  $P < 0.05$ 。

\*\*  $P < 0.01$ , NS=不显著。

如: 100 日龄公火鸡的总内脏%按以下的办法计算:

$$17.87 - (0.158 \times 100) + (0.000 54 \times 100^2) = 17.87 - 15.8 + 5.4 = 7.47\%$$

同样, 表 7.13 列出的是公、母火鸡分割肉产量的预期变化。

表 7.13 火鸡日龄和体重及胴体比例之间的相互关系 (每个参数的第一行是公火鸡, 第二行是母火鸡)

	常数	±	日龄	±	日龄 <sup>2</sup>	系数显著性	
						日龄	日龄 <sup>2</sup>
颈部% ♂	9.126	—	0.026 7	+	0.000 121	**	*
♀	9.141	—	0.019 9	+	0.000 019 2	*	NS
腿部%	14.498	+	0.001 83	—	0.000 115	*	NS
	14.158	—	0.010 8	—	0.000 036 6	NS	NS
股部%	16.013	—	0.019 4	+	0.000 104	NS	NS
	16.471	—	0.028 7	+	0.000 183	**	**
翅膀%	14.852	+	0.045 8	—	0.000 493	**	**
	16.067	+	0.007 11	—	0.000 285	**	NS
背部%	18.398	—	0.113	+	0.000 468	**	**
	19.203	—	0.131	+	0.000 652	**	**
胸部%	26.653	+	0.123 3	—	0.000 167	**	NS
	26.525	+	0.172	—	0.000 502	**	**
产量%	58.260	+	0.352	—	0.001 23	**	**
	55.932	+	0.426	—	0.001 70	**	**

\*  $P < 0.05$ 。\*\*  $P < 0.01$ , NS=不显著。

营养和饲养管理在满足加工商对较瘦火鸡胴体/肉的要求方面可以起很大作用。前面已经详细谈到, 作为常规的生长参数, 能量和蛋白质较之能量蛋白比更为重要, 但是我们应该注意, 能量蛋白比对于育肥日龄是很重要的, 因为它影响胴体的脂肪沉积。在这方面, 火鸡无疑是按经典方式反应的, 即能量蛋白比越宽, 胴体脂肪越多, 反之则越少。为了降低能量蛋白比, 可以采取的办法显然是不变动能量而提高蛋白质/氨基酸的含量, 或者是维持正常的蛋白质水平而降低能量。

## 7.2 种火鸡的饲养方案

随着公、母种火鸡生长率遗传潜力的不断提高, 在生长期中经常需要实行某种程度的营养限制。通过采用很低营养浓度的日粮很难控制体重, 因此限制采食就成了一种可行的选择。表 7.14 是青年种火鸡的日粮规格, 成年种火鸡的日粮规格见表 7.15。表 7.16 具体介绍了以玉米—豆粕为基础的 4 种火鸡日粮。对于大型品系, 母火鸡在 30 周龄体重可达 12.0~13.0kg, 采食 50~55kg 饲料。公火鸡在 30 周龄时体重大约 23kg, 在这个生长期期间吃掉 100kg 饲料。

表 7.14 青年种火鸡的日粮规格

	育雏	生长 1	生长 2	育成	保持
周龄—公火鸡	0~3	4~7	8~11	12~14	15~光照
母火鸡	0~4	5~8	9~12	13~17	18~30
粗蛋白 (%)	26.0	23.0	21.0	16.0	12.0
ME (kcal/kg)	2 750	2 800	2 850	2 850	2 800
钙 (%)	1.40	1.30	1.10	1.00	0.90
有效磷 (%)	0.80	0.70	0.60	0.50	0.45
钠 (%)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
蛋氨酸 (%)	0.65	0.60	0.46	0.35	0.30
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	1.15	1.00	0.85	0.64	0.58
赖氨酸 (%)	1.70	1.55	1.25	0.95	0.60
苏氨酸 (%)	1.10	0.95	0.75	0.55	0.48
色氨酸 (%)	0.28	0.24	0.20	0.16	0.14
维生素 (每千克日粮)	100%	100%	90%	80%	80%
维生素 A (IU)			10 000		
维生素 D <sub>3</sub> (IU)			3 500		
维生素 E (IU)			100		
维生素 K (IU)			3		
硫胺 (mg)			3		
核黄素 (mg)			10		
吡哆醇 (mg)			6		
泛酸 (mg)			18		
叶酸 (mg)			2		
生物素 (μg)			250		
烟酸 (mg)			60		
胆碱 (mg)			800		
维生素 B <sub>12</sub> (μg)			20		
微量元素 (每千克日粮)					
锰 (mg)			80		
铁 (mg)			30		
铜 (mg)			10		
锌 (mg)			80		
碘 (mg)			0.5		
硒 (mg)			0.3		

表 7.15 种火鸡日粮规格

	种火鸡 1	种火鸡 2	公火鸡日粮
粗蛋白 (%)	16.0	14.0	13.0
ME (kcal/kg)	2 950	2 900	2 850
钙 (%)	2.60	2.80	0.85
有效磷 (%)	0.40	0.35	0.25
钠 (%)	0.17	0.17	0.17
蛋氨酸 (%)	0.34	0.30	0.28
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.58	0.50	0.42
赖氨酸 (%)	0.80	0.72	0.60
苏氨酸 (%)	0.60	0.50	0.45
色氨酸 (%)	0.18	0.16	0.15
精氨酸 (%)	0.90	0.70	0.60
缬氨酸 (%)	0.64	0.55	0.50
亮氨酸 (%)	1.05	0.85	0.75
异亮氨酸 (%)	0.65	0.55	0.50
组氨酸 (%)	0.30	0.25	0.22
苯丙氨酸 (%)	0.60	0.45	0.42
维生素 (每千克日粮)			
维生素 A (IU)		9 000	
维生素 D <sub>3</sub> (IU)		3 500	
维生素 E (IU)		100	
维生素 K (IU)		4	
硫胺 (mg)		3	
核黄素 (mg)		8	
吡哆醇 (mg)		5	
泛酸 (mg)		18	
叶酸 (mg)		1	
生物素 (μg)		300	
烟酸 (mg)		70	
胆碱 (mg)		900	
维生素 B <sub>12</sub> (μg)		16	
微量元素 (每千克日粮)			
锰 (mg)		80	
铁 (mg)		40	
铜 (mg)		12	
锌 (mg)		80	
碘 (mg)		0.45	
硒 (mg)		0.3	



表 7.16 种火鸡日粮举例 (kg)

	种火鸡 1	种火鸡 2	公火鸡日粮
玉米	700	755	560
豆粕	211	160	61
次麦粉			350
AV 脂肪	12.5		
DL-蛋氨酸*	0.5	0.4	0.6
L-赖氨酸		0.8	1.0
盐	3.2	3.2	3.0
石灰	60.1	70.0	21.0
磷酸二钙	11.7	9.6	2.4
维生素矿物质预混料**	1.0	1.0	1.0
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000
粗蛋白 (%)	16.0	14.0	13.0
ME (kcal/kg)	2 950	2 900	2 890
钙 (%)	2.60	2.88	0.90
有效磷 (%)	0.40	0.35	0.25
钠 (%)	0.17	0.17	0.17
蛋氨酸 (%)	0.34	0.30	0.28
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.58	0.50	0.46
赖氨酸 (%)	0.80	0.72	0.60
苏氨酸 (%)	0.70	0.62	0.52
色氨酸 (%)	0.22	0.18	0.17

\* 或当量的 MHA。

\*\* 含胆碱。

### 7.2.1 母火鸡

就和任何雌性家禽一样，成熟时的体重和膘情是使母火鸡成功地表现繁殖性能的关键。对于多数大白母火鸡，再也不可能使用商业性肉禽的培育方案了，因为母火鸡会在生长期的最初 4~6 周超重。多数母火鸡一般可以使用表 7.14 所介绍的方案。如果想要较慢的早期生长率，可以采用较低营养浓度的生长日粮。这个概念一直在肉鸡种母鸡中成功地采用。但是对于种用青年小火鸡，与育雏日粮相比，我们在生长料很多营养素的规格方面面临巨大变化。这一点在钙、磷方面最为突出，所以当育雏期小火鸡转用生长

料后往往出现佝偻病。如果希望种用母火鸡早期生长得慢一些，必须配制专门的低蛋白/能量日粮。

关于种用青年母火鸡的限制饲养是否有效益，众说不一。经常认为在16~18周龄时把体重下降40%可以获得较多的可孵化种蛋。这种安排的假设是种用母火鸡会在18~30周龄阶段出现补偿性生长，其体重在这个年龄段达到12.0~13kg。如果母火鸡在30周龄时体重不足，成年后的生产性能必然较差。最主要的一个变数似乎是敞篷式火鸡舍所处的季节，因为限制采食对于在夏季月份成熟的种鸡最有好处。

成功地培育种用母火鸡的关键是监督体重，并根据一定年龄的体重来安排日粮变换日程表，类似于早先在来航小母鸡方面提到的概念。管理人员应该根据火鸡群的具体情况灵活地在—个饲养方案内选择日粮（表7.14）。譬如，如果母火鸡两周不增重，则必须饲喂蛋白质含量较高的日粮直至达到年龄所要求的体重。由于种用母火鸡的体型大，它们的维持能量需要量很高。由于这个原因，改变环境条件会对它们产生很大影响。例如，在热环境中生长的小来航鸡，其体重预期将略小于在冷环境中培养的。但是，对于种用母火鸡则同样的环境在需要限制进食或需要刺激生长之间会有所差别。管理人员应该极为关注这种影响并在变化的环境条件下灵活处理。

如果要使母火鸡在32~33周龄前后开始产蛋，似乎必须在20~22周龄实现部分换羽，并在30周龄前后对全部母火鸡进行光照刺激。实行这种换羽的最好办法是在10~11周的阶段突然把白昼长度从14~16h减少到6~8h。在这样的换羽中，母火鸡最好能脱去全部主翼羽，但是在实际中第10翼羽往往会留下来。在此换羽阶段，母火鸡必然会吃掉掉下的部分羽毛，尤其是如果未用秸秆作为垫料。这种行为看来是正常的，并不表示缺乏含硫氨基酸。当然，在这个时候应该给母火鸡喂不溶性的粗砂。

关于是否要采用种用前日粮尚有一些争议。经常使用高营养浓度的种用前日粮，其设想是这样做有利于在开产前夕使母火鸡预先获得应有的膘情。如果由于较差的培育管理使母火鸡在这个年龄阶段体重不足，这种做法可能是对的。但是，如果母火鸡有理想的体重和膘情，似乎就没有必要使用种用前日粮。在其他禽类中，经常使用种用前日粮是为了刺激髓骨发育，因为这是蛋壳钙化的前提。但是，母火鸡是从种用日粮中摄取大量的钙用于蛋壳形成，所以可能并不太强调髓骨钙。母火鸡在产蛋方面确实表现出不寻常的进食模式（图7.1）。

随着母火鸡进入产蛋高峰，它们的进食量趋于下降。在极端的情况下，日进食量可从300g下降到接近200g。在此期间，产蛋重量显然是增加的，因此母火鸡在饲料投入和蛋重量产出方面是处于负的能量平衡。这种不平衡当然会通过体重的损失来调节（图7.1）。要得到最佳的产蛋量，很关键是能否损失达1千克的体重，这就说明为什么母火鸡在30周龄应达到一定的体重和膘情。如果营养学家不注意母火鸡这种天生的特性，不知道根据成熟体重来调节日粮的重要性，母火鸡就会对日粮产生各种不同反应。母火鸡对于日粮中添加脂肪有良好反应，这和一般关于在此阶段的母火鸡能量效率低下的假

设是相符合的。

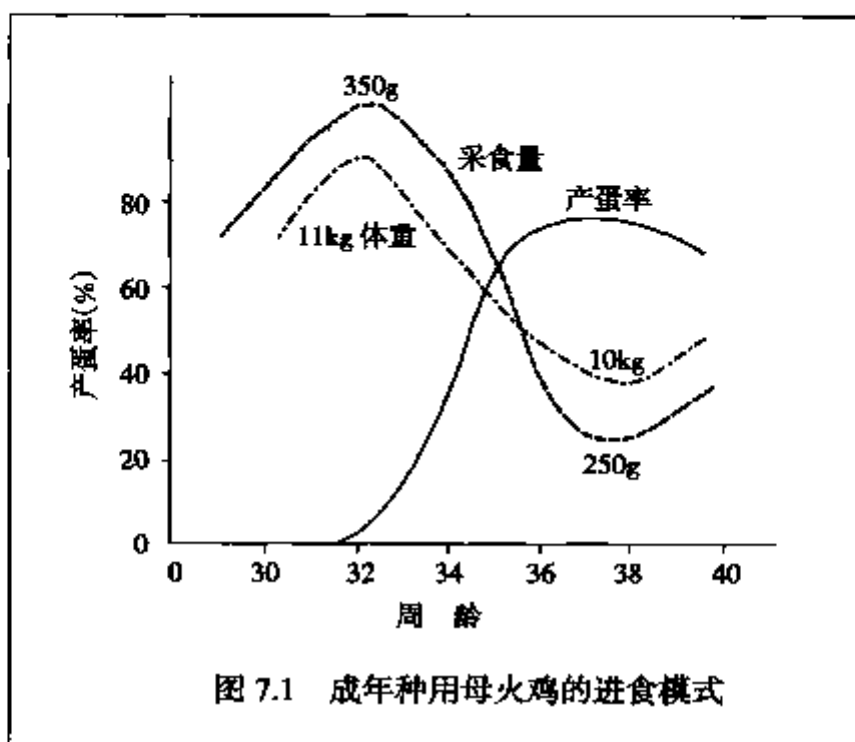
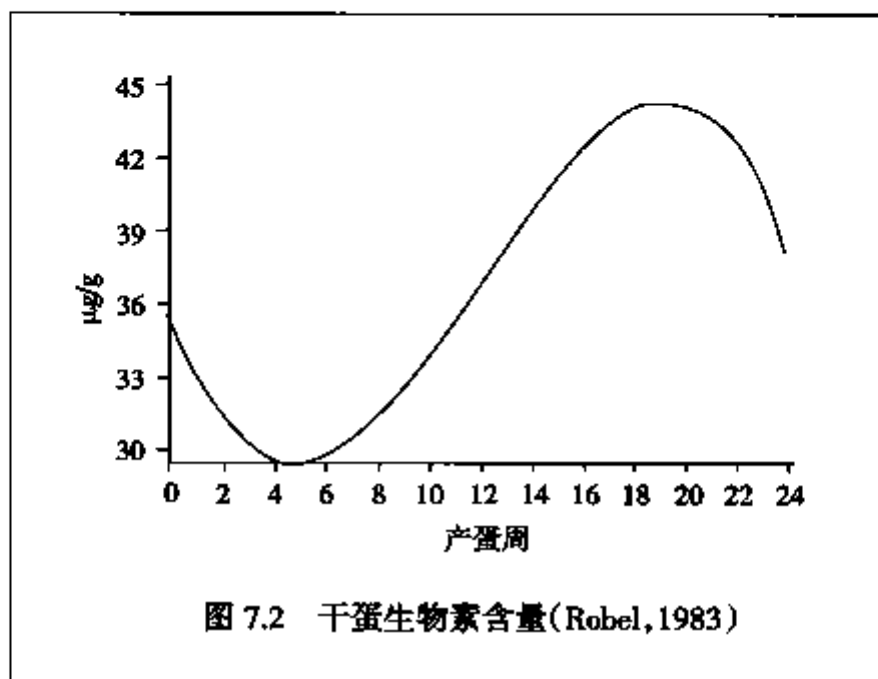


图 7.1 成年种用母火鸡的进食模式

除了产蛋量以外，饲养方案对种蛋孵化率和小火鸡质量必然也有影响。用青年母火鸡所产的种蛋进行最初几批孵化时经常遇到所谓的“首批人工授精综合征”（“First-AI syndrome”），表现为孵化率较差，小火鸡质量相当不稳定。在此种症状和种用火鸡营养之间会形成某些紧张关系，但是不管饲养方案如何症状总是持续下去。在体重不足的火鸡身上症状似乎尤为严重，这种火鸡的营养供应可能有限。在这种情况下，人们往往怀疑维生素供应问题，但是对日粮或饮水中额外添加维生素的反应似乎相当不稳定。此时，额外添加维生素有一定的逻辑依据，因为在母火鸡所产的最初一些蛋中某些维生素，如生物素的含量似乎偏低（图 7.2, Robel, 1983）。但是，蛋中维生素含量的这种变化可能与火鸡的营养状态无关。Robel (1983) 的结论是日粮的维生素水平可能不足以使火鸡蛋最初的营养水平在生产季内维持下去，从而导致孵化率的季节性下降。

不少母火鸡在强制换羽后再使用第二个产蛋周期。表 4.45 是换羽方案的一个举例。在此方案中应遵循的原则与培育青年母鸡的相似，因为在第二产蛋周期开始时的体重和膘情也是很重要的。从图 7.1 可以看到，在产蛋高峰后母火鸡的体重会恢复，以致在第一产蛋周期之末其体重会比起 30 周龄时增加 0.75~1kg。理想的换羽方案是能确保母火鸡失

去这份重量，使它们在开始第二产蛋周期时体重重新回到 11~12kg。在实际中，母火鸡经常超过这个重量。



### 7.2.2 公火鸡

考虑到种用公火鸡的遗传潜力，一定形式的限食显然是必要的。限食的结果是产生较小的公火鸡，它们比较容易管理，其繁殖能力也更好。在限食方案中经常采用营养素含量较低的日粮（表 7.14）。

在培育期进行限食的公火鸡往往可以在很大程度上预防季节性的精液质量和数量下降。这样的公火鸡较易操作，饲料采食量可以下降 50%。Hulet 和 Brody (1986) 也观察到，通过限食使体重降低到对照组的 80% 或 60% 的公火鸡较易操作。为达到这样的限食效果，将进食量减少约 30% 和 50%，未发现繁殖性能有所下降。

有人用生长期的青年后备公火鸡研究了蛋白质水平差异很大的日粮。正像预期的那样，日粮的蛋白质含量越低火鸡越小，但是影响不很明显，除非在 10 周龄后使用粗蛋白含量低于 12%~13% 的日粮。多数火鸡繁殖场在火鸡 16~17 周龄时进行相当严厉的选择，只有 50%~60% 的公火鸡被当作潜在的后备种火鸡。这种选择的依据是体重、腿部状况和整体结构。对于在此年龄之前实现过分严厉的限食方案持批评意见的人认为，这样

就不能发现并淘汰掉生长太快的火鸡，他们担心这种火鸡的后代也会表现这样的性状。如果为了模拟商品生产中的生长条件而在 17 周龄之前使用营养浓度高的日粮，则显然更难在 17 周龄后控制生长。在公火鸡培育期间，使用低蛋白日粮也会推迟精液生产，这一点应该在安排公火鸡和母火鸡的放置时间时予以注意。

有时在种用公火鸡中遇到的一个问题是产生所谓的黄色精液，这种精液质量很差。黄色精液在商品群中的出现率高达 15%。有些证据表明，出现黄色精液与饲喂低蛋白、低能量的日粮有关，但是这种关系尚很不清楚。当黄色精液的出现率高时，还必须考虑其他的环境因素。

如果不可能限制每日的采食量，则在选择公火鸡后必须考虑使用低营养浓度的日粮来减缓生长。含粗蛋白 8%~10%、氨基酸平衡的日粮似乎是适宜的，但是在很多地区这样的规格经常难以达到。使用玉米最容易配制低蛋白日粮，这样做很可能提高日粮的能量水平 (ME3 000kcal/kg)。在温暖气候条件下，低蛋白—高能量日粮可能会缓和公火鸡的生长，但这些公火鸡在较凉爽气候中经常会消费过多的能量。在后一种情况下建议使用低能量水平的日粮 (ME2 800kcal/kg)。

在种用公火鸡圈中，限制采食量仍是一种理想的管理方法，多数大型白火鸡每天消费 400~450g 饲料。但是在这个时期必须继续监测体重，因为种用公火鸡体重增加似乎是有益的，哪怕增加很少 (40 周龄后每周增加 150g)。实现这一点的最好办法是极少量地逐渐提高每周的饲料允许量。

### 7.2.3 模型预估的营养需要

另一种阐明营养需要的办法是，根据已知的投入在简单假设的基础上进行预测。对于种用公火鸡和母火鸡来说，最大的投入莫过于体重和生长，对于母火鸡还必须考虑产蛋的营养需要。

在以下的计算中，维持营养的需要量取自 Moran 等 (1983) 提供的数据，对于母火鸡则用蛋的大小、产蛋量和蛋成分的估计值来计算相应的生产需要量。表 7.17 和表 7.18 分别列出母火鸡和公火鸡的主要营养素的预期需要量。母火鸡的设定值是：体重 2.5kg、产蛋率 60%、蛋重 100g。公火鸡的需要以体重 24kg 为计算依据。

表 7.17 和表 7.18 所列数据展示了在预期水平和典型商品日粮所提供水平之间的两个主要差异。我们对于母火鸡和公火鸡似乎都过高估计了粗蛋白需要量，都大大低估了胱氨酸需要量。关于胱氨酸的情况应高度注意。模型估测值很高的原因是需要大量的该种氨基酸来维持羽毛状况。如果这些估测值是正确的，那么满足此需要量的唯一实际方法是在日粮中加入羽毛粉和/或使用较多的合成蛋氨酸。

表 7.17 种用母火鸡的预期营养素日需要量

营养素	预 期	日粮规格 (日进食 250g)	典型日粮
代谢能	850kcal/d	340kcal/kg	2 970kcal/kg
粗蛋白	24.9g	10.0%	17.0%
精氨酸	1.9g	0.76%	0.95%
异亮氨酸	1.5g	0.60%	0.75%
赖氨酸	1.3g	0.52%	0.85%
蛋氨酸	0.5g	0.20%	0.42%
胱氨酸	1.3g	0.52%	0.24%
蛋氨酸+胱氨酸	1.8g	0.72%	0.66%
苏氨酸	1.2g	0.48%	0.55%
色氨酸	0.3g	0.12%	0.14%

表 7.18 种用公火鸡的预期营养素日需要量

营养素	预 期	日粮规格 (日进食 450g)	典型日粮
代谢能	1 150kcal/d	55kcal/kg	2 750kcal/kg
粗蛋白	36.2g	8.00%	12.0%
精氨酸	2.8g	0.62%	0.61%
异亮氨酸	2.2g	0.69%	0.53%
赖氨酸	1.7g	0.38%	0.60%
蛋氨酸	0.5g	0.11%	0.20%
胱氨酸	2.2g	0.49%	0.18%
蛋氨酸+胱氨酸	2.7g	0.60%	0.38%
苏氨酸	1.7g	0.38%	0.42%
色氨酸	0.3g	0.07%	0.11%

(周鼎年 译)

## 参考文献

## a) 上市火鸡

- Donaldson, W. E. (1994) . Administration of propionate to day-old turkeys. *Poult. Sci.* 73: 1249 - 1253.
- Donaldson, W. E. (1995) . Carbohydrate, hatchery stressors affect poult survival. *Feedstuffs*; p. 16.
- Frame, D. D. , D. M. Hooge and R. Cutler (2001) . Interactive effects of dietary sodium and chloride on the incidence of spontaneous cardiomyopathy (Round Heart) in turkeys. *Poult. Sci.* 80 (11); 1572 - 1577.
- Hocking, P. M. , G. W. Robertson and C. Nixey (2002) . Effects of dietary calcium and phosphorus on mineral retention, growth, feed efficiency and walking ability in growing turkeys. *Br. Poult. Sci.* 43 (4); 607 - 614.
- Hurwitz, S. , Y. Frisch, A. Bar, U. Elsner, I. Bengal and M. Pines (1983) . The amino acid requirements of growing turkeys. Model construction and parameter estimation. *Poult. Sci.* 62; 2398 - 2042.
- Jackson, S. and L. M. Potter (1984) . Influence of basic and branched chain amino acid interactions of the lysine and valine requirements of young turkeys. *Poult. Sci.* 63: 2391 - 2398.
- Kagan, A. (1981) . Supplemental fats for growing turkeys: A review. *World's Poult. Sci. J.* 37; 203 - 210.
- Kamyab, A. and J. D. Firman (1999) . Starter period digestible valine requirements of female Nicholas poults. *J. Appl. Poult. Res.* 8 (3); 339 - 344.
- Kidd, M. T. and B. J. Kerr (1998) . Dietary arginine and lysine ratios in large white toms. 2. Lack of interaction between arginine-lysine ratios and electrolyte balance. *Poult. Sci.* 77; 864 - 869.
- Kidd, M. T. , P. R. Ferket and J. D. Garlich (1998) . Dietary threonine responses in growing turkey toms. *Poult. Sci.* 77; 1550 - 1555.
- Leeson, S. and J. D. Summers (1978) . Dietary selfselection by turkeys. *Poult. Sci.* 57; 1579 - 1585.
- Leeson, S. and J. D. Summers (1980) . Production and carcass characteristics of the large white turkey. *Poult. Sci.* 59; 1237 - 1245.
- Lilburn, M. S. and D. Emmerson (1993) . The influence of differences in dietary amino acids during the early growing period on growth and development of Nicholas and British United Turkey toms. *Poult. Sci.* 72; 1722 - 1730.

Mamputu, M. (1992) . Performance of turkeys subjected to day and night feeding programs during heat stress. *J. Appl. Poult. Res.* 1: 296 - 299.

Moran, E. T, Jr. (1995) . Performance of turkeys at 110 vs. 115% of NRC (1994) protein recommendation. *J. Appl. Poult. Res.* 4: No. 2, 138 - 147.

Mossab, A. , J. M. Hallouis and M. Lessire (2000) . Utilization of soybean oil and tallow in young turkeys compared with young chickens. *Poult. Sci.* 79: 1326 - 1331.

Nixey, C. (2003) . Nutrition and management of the young turkey. *Poult Conf. Flori, Italy.* Oct. 2003.

Noy, Y. , A. Geyra and D. Sklan (2001) . The effect of early feeding on growth and small intestinal development in the posthatch poult. *Poult. Sci.* 80: 912 - 919.

Odetallah, N. H. , P. R. Ferket, J. D. Garlich, L. Elhadri and K. K. Kruger (2001) . Growth and digestive function of turkeys surviving the poult enteritis and mortality syndrome. *Poult. Sci.* 80 (8): 1223 - 1230.

Oju, E. M. , P. E. Waibel and S. L. Noll (1988) . Early protein undernutrition and subsequent realimentation in turkeys. 1. Effect of performance and body composition. *Poult. Sci.* 67: 1750 - 1759.

Owen, J. A. , P. W. Waldroup, C. J. Mabray and P. J. Slagter (1981) . Response of growing turkeys to dietary energy level. *Poult. Sci.* 60: 418 - 424.

Plavnik, I. , B. Makovsky and D. Sklan (2000) . Effect of age of turkeys on the metabolisable energy of different foodstuffs. *Br. Poult. Sci.* 41 (5): 615 - 616.

Renema, R. A. , F. E. Robinson, V. L. Melnychuk, R. T. Hardin, L. G. Bagley, D. A. Emmerson and J. R. Blackman (1994) . The use of feed restriction for improving reproductive traits in male-line large white turkey hens. 1. Growth and carcass characteristics. *Poult. Sci.* 73: 1724 - 1738.

Rivas, FM. and J. D. Firman (1994) . The influence of energy and protein on turkeys during the finisher period. *J. Appl. Poult. Res.* 3: 327 - 335.

Turner, K. A. , T. J. Applegate and M. S. Lilburn (1999) . Effects of feeding high carbohydrate or high fat diets. 2. Apparent digestibility and apparent metabolizable energy of the posthatch poultry. *Poult. Sci.* 78 (11): 1581 - 1587.

Veldkamp, T. , P. R. Ferket, R. P. Kwakkel, C. Nixey and J. P. T. M. Noordhuizen (2000) . Interaction between ambient temperature and supplementation of synthetic amino acids on performance and carcass parameters in commercial male turkeys. *Poult. Sci.* 79 (10): 1472 - 1477.

Veldkamp, T. , R. P. Kwakkel, P. R. Ferkett and M. W. A. Verstegen (2002) . Impact of ambient temperature and age on dietary lysine and energy in turkey production. *World's*



Poult. Sci. J. 58 (4): 475 - 491.

Vukina, T. , H. J. Barnes and M. N. Solakoglu (1998) . Intervention decision model to prevent spiking mortality of turkeys. Poult. Sci. 77 (7): 950 - 955.

Waibel, P. E. , C. W. Carlson, J. A. Brannon and S. L. Noll (2000) . Limiting amino acids after methionine and lysine with growing turkeys fed low-protein diets. Poult. Sci. 79: 1290 - 1298.

Waibel, P. E. , C. W. Carlson, J. A. Brannon and S. L. Noll (2000) . Identification of limiting amino acids in methionine and lysine-supplemented low-protein diets for turkeys. Poult. Sci. 79: 1299 - 1305.

Waldroup, P. W. (1993) . Effects of amino acid restriction during starter and grower periods on subsequent performance and incidence of leg disorders in male large white turkeys. Poult. Sci. 72: 816 - 828.

Watkins, K. L. , (1993) . Effects of feed restriction and subsequent gorging with limited access to water on male turkeys fed graded levels of monensin. Poult. Sci. 72: 677 - 683.

Wylie, L. M. , G. W. Robertson and P. M. Hocking (2003) . Effects of dietary protein concentration and specific amino acids on body weight, body composition and feather growth in young turkeys. Br. Poult. Sci. 44 (1): 75 - 87.

#### b) 种火鸡

Cecil, H. C. (1984) . Effect of dietary protein and light restriction on body weight and semen production of breeder male turkeys. Poult. Sci. 63: 1175 - 1183.

Crouch, A. N. , J. L. Grimes, V. L. Christensen and J. D. Garlich (1999) . Restriction of feed consumption and body weight in two strains of large white turkey breeder hens. Poult. Sci. 78 (8): 1102 - 1110.

Crouch, A. N. , J. L. Grimes, V. L. Christensen and K. K. Krueger (2002) . Effect of physical feed restriction during rearing on large white turkey breeder hens. 2. Reproductive performance. Poult. Sci. 81 (1): 16 - 22.

Crouch, A. N. , J. L. Grimes, V. L. Christensen and K. K. Krueger (2002) . Effect of physical feed restriction during rearing on large white turkey breeder hens. 3. Body and carcass composition. Poult. Sci. 81 (12): 1792 - 1797.

Fairchild, A. S. , J. L. Grimes, M. J. Wineland and F. T. Jones (2000) . A comparison of the microbiological profile of poults from young versus old turkey breeder hens. J. Appl. Poult. Res. 9: 476 - 486.

Fairchild, A. S. , J. L. Grimes, M. J. Wineland and F. T. Jones (2000) . The effect of hen age on antibiotic resistance of *Escherichia coli* isolates from turkey

poults. *J. Appl. Poult Res.* 9: 487 - 495.

Ferket, P. R. and E. T. Moran, Jr. (1986) . Effect of plane of nutrition from starting to and through the breeder period on reproductive performance of hen turkeys. *Poult. Sci.* 65: 1581 - 1590.

Harms, R. H. , R. E. Buresh and H. R. Wilson (1984) . The influence of the grower diet and fat in the layer diet on performance of turkey hens. *Poult. Sci.* 63: 1634 -1637.

Leeson, S. , L. J. Caston and B. Rogers (1989) . Restricted water access time as a means of growth control in turkey tom breeder candidates. *Poult. Sci.* 68: 1236 - 1238.

Owings, W. J. and J. L. Sell (1980) . Effect of restricted feeding from 6 to 20 weeks of age on reproductive performance of turkeys. *Poult. Sci.* 59: 77 - 81.

Robel, E. J. (1983) . The effect of age of breeder hen on the levels of vitamins and minerals in turkey eggs. *Poult. Sci.* 62: 1751 - 1756.

# 8

## 第八章 鸭和鹅的饲养方案

8.1 鸭	355
8.2 鹅	361

### 8.1 鸭

水禽业在总体生产和销售机会方面一直相对稳定。现在国际公认的商业育种公司很少，因此，生产性能就更加标准化。亚洲，特别是中国，继续是鸭肉和鸭蛋的主要生产者，而东欧则是主要的鹅肉生产中心。有意思的是北京型鸭品系的生长潜力继续超过当代的肉仔鸡。

肉鸭的生长率每年不断提高，公鸭在42日龄达3.2kg左右。营养方案的目标是在表达这种生长率和控制胴体肥度之间寻找一个平衡点。表8.1是商业鸭和种鸭的日粮规格，表8.2是玉米-豆粕型日粮的举例。

在配制肉鸭日粮时必须注意调节蛋白质和能量的平衡，以检验并尽量减少胴体的脂肪沉积。鸭对蛋白质能量比的反应和前述的肉用仔鸡和火鸡相似，即蛋白质能量比较高的日粮一般会产生脂肪较少的胴体。鸭对纤维的消化力略高于鸡，因此饲料对鸭的代谢能值可能比对鸡的相应值高5%~6%，在设定日粮的能量规格时应该考虑到这个差别。

蛋氨酸和赖氨酸可能是鸭日粮中最主要的限制性氨基酸，正常情况下分别占鸭的日粮中的粗蛋白为2%和5%。北京鸭的生长特性如表8.3所示。

在制定鸭的饲养方案时必须考虑胴体组成，特别要注意生长后期日粮和育肥日粮。表8.4是北京鸭的产量和商品切块的比例，表8.5则列出49日龄胴体中脂肪和蛋白质的沉积情况。在49日龄时，腹脂只占体重的2%左右，这和在鸡中发现的情况差不多。这说明鸭体中脂肪的主要问题是皮下脂肪的沉积。

生长鸭的营养需要取决于对增重、饲料效率和胴体产量的考虑（表8.6）。

如果要求快速生长，那么饲喂优质颗粒饲料肯定是有好处的。喂粉料的鸭的生产性能较差，这可能和它们不能有效地啄食饲料以及饲料浪费较多有关。近几年来有通过使用脂肪和较大比例的玉米而提高日粮能量水平的趋势，但是这样又给制造优质颗粒饲料带来了较多的问题。最近用湿粉料进行的试验表明，体重和饲料效率可以改善约5%。然而这个优点在一定程度上却被鸭体特别是肛门周围弄脏这个缺点所抵消了。

表 8.1 商业鸭和种鸭的日粮规格

周 龄	育雏 (0~3)	生长/育肥 (4~7)	保持 (8~光照)	种鸭 (成年)
粗蛋白 (%)	22	18	14	16
ME (kcal/kg)	2 950	3 100	2 750	2 850
钙 (%)	0.85	0.75	0.75	3.0
有效磷 (%)	0.40	0.38	0.35	0.38
钠 (%)	0.17	0.17	0.16	0.16
蛋氨酸 (%)	0.48	0.38	0.3	0.40
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.85	0.66	0.58	0.68
赖氨酸 (%)	1.15	0.90	0.70	0.80
苏氨酸 (%)	0.78	0.55	0.48	0.58
色氨酸 (%)	0.22	0.18	0.14	0.16
维生素 (每千克日粮)	100%	90%	80%	100%
维生素 A (IU)			6 000	
维生素 D <sub>3</sub> (IU)			2 500	
维生素 E (IU)			40	
维生素 K (IU)			2	
硫胺 (mg)			1	
核黄素 (mg)			6	
吡哆醇 (mg)			3	
泛酸 (mg)			5	
叶酸 (mg)			1	
生物素 (μg)			100	
烟酸 (mg)			40	
胆碱 (mg)			200	
维生素 B <sub>12</sub> (μg)			10	
微量元素 (每千克日粮)				
锰 (mg)			50	
铁 (mg)			40	
铜 (mg)			8	
锌 (mg)			60	
碘 (mg)			0.4	
硒 (mg)			0.3	

表 8.2 商业鸭和种鸭的日粮 (kg)

	育雏	生长/育肥	保持	种鸭
玉米	560	741	304	662
豆粕	275	184		200
次麦粉	100	8.7	647	51
肉粉	50	55	30	
DL-蛋氨酸*	1.6	0.9	1.9	1.6
L-赖氨酸			1.9	
盐	2.4	2.4	2.1	2.8
石灰	10.0	7.0	12.1	71.4
磷酸二钙				10.2
维生素矿物质预混料**	1.0	1.0	1.0	1.0
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白 (%)	22.0	18.0	14.0	16.0
ME (kcal/kg)	2 950	3 100	2 750	2 850
钙 (%)	0.87	0.75	0.75	3.00
有效磷 (%)	0.41	0.39	0.35	0.38
钠 (%)	0.17	0.17	0.16	0.16
蛋氨酸 (%)	0.52	0.40	0.40	0.44
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.85	0.66	0.58	0.68
赖氨酸 (%)	1.23	0.94	0.70	0.80
苏氨酸 (%)	0.91	0.76	0.50	0.69
色氨酸 (%)	0.29	0.23	0.18	0.22

\* 或相当量的 MHA。

\*\* 含有胆碱。

表 8.3 北京鸭的生长率和饲料效率

周	平均体重 (g)		饲料进食:增重 (g)	
	♂	♀	♂	♀
1	500	490	1.2	1.2
2	1 200	1 140	1.6	1.6
3	1 620	1 570	1.7	1.8
4	2 300	2 100	1.8	2.0
5	2 800	2 600	1.9	2.1
6	3 200	3 100	2.0	2.2
7	3 600	3 400	2.2	2.3

表 8.4 北京鸭的产量和商业切块

	35d		42d		49d	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
全净膛胴体 (g)	1 950	1 850	2 300	2 150	2 600	2 350
屠宰率 (%)	70.5	72.0	73.0	74.0	75.0	76.0
腿臀 (%)	14.0	12.4	13.7	13.0	12.2	11.2
腿 (%)	13.7	13.5	12.5	12.2	10.6	10.3
翅 (%)	12.1	12.4	12.3	11.8	11.5	11.6
胸肉 (%)	17.0	18.9	20.5	21.7	25.7	26.5

表 8.5 公北京鸭的胴体组成

	35d	42d	49d
胴体脂肪 (g)	483.3	632.1	785.0
胴体 CP (g)	100.3	66.4	72.8
内脏脂肪 (g)	90.5	140.6	160.0
内脏 CP (g)	98.2	94.5	106.5
体脂肪合计 (g)	570.9	772.8	945.0
体 CP 合计 (g)	343.3	394.7	459.0
体脂肪合计 (%)	24.4	28.7	35.0
体 CP 合计 (%)	14.8	14.6	17.0
胴体脂肪占体脂肪的%	84.2	81.8	83.0
胴体 CP 占体 CP 的%	71.3	76.0	76.7

表 8.6 北京鸭对氨基酸的估计需要量 (日粮的%)

指 标	0~21d			21~49d		
	赖氨酸	TSAA	苏氨酸	赖氨酸	TSAA	苏氨酸
体重	1.16	0.76	>0.99	0.83	0.73	0.62
饲料效率	1.03	>0.87	0.98	0.73	>0.84	0.62
胸肉产量	—	—	—	0.90	0.77	0.66
饲料成本/kg 增重	0.94	0.87	0.82	0.74	>0.84	0.69
总利润	>1.21	>0.87	>0.99	0.87	>0.84	0.69

引自 Lemme (2003)。

高能日粮往往因为胴体脂肪较多而遭到谴责。然而鸭似乎能从能量水平差异相当大的各种日粮中摄取其所需能量，倒不一定是高能日粮才会导致能量进食量增加。在多数情况下，并不调整高能日粮的粗蛋白含量，所以在使用高能日粮时所观察到的胴体脂肪过多的最常见原因是蛋白质/能量失衡。有理由相信，当体中脂肪沉积到相当分量时脂肪的净能增加，这种情况确实毁坏了高能日粮的声誉。由于鸭子在粗纤维利用上有明显的优势，而且它们能够依日粮的能量浓度来调节进食量，因此使用中一低能量浓度的日粮似乎是有好处的。除了用调节日粮能量浓度作为控制胴体脂肪的一种手段外，也有人报道采用限制饲养的方法，尤其是在生长后期和育肥期。限制饲养本身对于控制胴体脂肪似乎不如调节日粮的蛋白质/能量比那么有效，但是将两者结合使用可能是行之有效的，就像任何限制饲养方案一样，此时鸭的生长率将下降，因此生产者必须通过较瘦的胴体获取较高的经济回报。

在讨论鸭的营养时，必然涉及它们对水的需要。饮水量的数值列于表 2.29。鸭确实需要较多的水，这可能和消化物的通过速率较快有关。为了控制粪便湿度而限制饮水时间往往导致进食量和生长率下降，但是一天两次让鸭子接触水、每次 4 小时看来是一个折中的办法。和一般认为的相反，没有必要让鸭子游泳戏水，所以有杯式或甚至乳头式饮水器就行了。

虽然到目前为止，大多数讨论集中于北京型肉鸭品系，但是对番鸭生产的兴趣也在增长。这种遗传上特殊的禽类最容易识别之处是在体重上有很显著的性二态现象（表 8.7），公番鸭上市年龄稍迟，体重比母番鸭至少大 50%。幼龄番鸭的蛋白质需要量似乎稍低，雄性和雌性番鸭育雏期日粮的粗蛋白含量分别约为 21% 和 19%，育肥期日粮的粗蛋白需要量都降至 14%~17%。雌番鸭一般比公番鸭早上市 2、3 周左右，以免胴体脂肪沉积过多。对番鸭可能很适合实行补偿生长的饲养方案。

近几年来，骡鸭（Mule duck，即家番鸭）得到较大推广，它们是番鸭和北京鸭之间的杂交种。这种杂交鸭无繁殖能力，其主要优点是公鸭和母鸭体重相似，这样就免去了较小母番鸭上市的麻烦。这种杂交鸭的典型生长率如表 8.8 所示。

所有的鸭子都对霉菌毒素极为敏感，尤其是黄曲霉毒素，30~40ppb 就能损害蛋白质利用率，60~80ppb 能使生长率大幅度下降。当使用低蛋白日粮时症状大为加重，病情的出现也更加迅速。关于重金属对鸭的毒性也进行过广泛的研究，但这些研究似乎大多是关于野鸭的自然污染。多数鸭类似乎对于镉、铅和砷等重金属非常敏感，但是在未污染的商品饲料中重金属含量一般不会达到中毒水平。有些报告详细介绍了哇叽肯贝尔和印度跑鸭等蛋用鸭品系的营养需要量。事实上，查阅文献后发现，对哇叽肯贝尔等品系可以采用和褐壳蛋鸡日粮相似的饲料，饲养管理也类似。

对生长期的后备种鸭实行限制饲养似乎是有好处的。多数育种群是从达到上市年龄的商业群中选出的，因此，把鸭子“保持”到性成熟阶段是一个巨大的挑战。为了既延迟性成熟又控制成熟体重，唯一可行的方法是根据所期望的体重在限食的基础上采用低营养浓度保持日粮（表 8.1）。如果不实行这样的控制，产蛋量经常很差，而种公鸭几乎没

有繁殖能力。在这种控制条件下，后备种鸭应该按体重饲喂，就好像早先对肉鸡种用群所描述的那样（表 8.9）。

表 8.7 番鸭的生产性能

周 龄	体 重 (g)		饲料进食量：体增重	
	♂	♀	♂	♀
1	160	150	1.10	1.10
2	500	450	1.20	1.20
3	1 000	900	1.40	1.42
4	1 600	1 300	1.60	1.75
5	2 250	1 800	1.80	1.90
6	2 800	2 100	1.95	2.05
7	3 500	2 350	2.10	2.15
8	4 000	2 500	2.20	2.30
9	4 500	2 700	2.32	2.50
10	4 800	2 900	2.40	2.62
11	5 100	—	2.45	—
12	5 400	—	2.60	—

表 8.8 骡鸭的生产性能

周 龄	体 重 (kg)		饲料进食量：体增重	
	♂	♀	♂	♀
3	1.0	0.9	1.32	1.54
4	1.6	1.4	1.41	1.63
5	2.2	1.9	1.54	1.75
6	2.8	2.5	1.63	1.84
7	3.4	3.0	1.71	1.90
8	3.9	3.5	1.82	2.00
9	4.2	3.8	1.91	2.14
10	4.6	4.1	2.04	2.26



表 8.9 青年种鸭实行限制饲养对 20~60 周龄生产性能的影响

		20 周龄以前的饲养体系		
		自由采食	75% 自由采食	50% 自由采食
采食量 (kg)	3~8 周	7.4	5.6	3.7
	8~20 周	17.3	13.0	8.7
体重 (kg)	8 周	3.1	2.8	2.1
	20 周	4.0	3.4	2.5
	60 周	4.3	4.1	3.8
产蛋数 (枚)	20~60 周	163	180	187
繁殖率 (%)	20~60 周	83	92	92

引自 Olver (1995)。

在 3~20 周龄对青年种鸭实行限制饲养的结果是得到更多的可孵化种蛋，繁殖率提高约 10%。就和火鸡一样，来自青年种鸭的小鸭不如来自年龄较大种鸭的生长良好，而且这种情况不能通过对种鸭日粮进行补加而得到解决（表 8.1）。重型种鸭品系能够成功地进行换羽，就像前面对肉鸡和火鸡的叙述那样。表 4.45 给出了换羽方案的一般性要点。和其他禽种一样，基本要求是使体重下降 25%~30%，采取的办法是停止饲喂和缩短白昼长度。通过逐渐回到自由采食种鸭日粮，在 5~6 周内种鸭的身体贮备以及卵巢和输卵管可以得到重建。

## 8.2 鹅

在所有的驯化禽类中鹅是生长最快的，限制其大规模商品生产的主要原因无疑是胴体品质。和多数水禽一样，鹅也有在体内贮存脂肪的倾向，而且很显然在它们极快速的生长中所产生的大部分是皮、羽毛和体脂肪。如果经济可行，在制定饲养方案时必须注意上述特点。商品肉鹅和种鹅的日粮规格见表 8.10，相应的日粮举例则见表 8.11。

由于多数鹅的生产体系中包括一定的放牧时间，所以在选择饲养方案时必须考虑是否有牧场及其质量。不管采用何种培育体系，用颗粒育雏料饲喂 3~4 周都可获得最佳的早期生长率，在此期间幼鹅一般是圈养的。随后，可以将生长日粮和育肥日粮作为唯一的日粮来源，往往正是在这样的情况下才能获得最佳的生长率。中国鹅×艾姆登鹅（Emden geese）杂种在不同培育体系下的生产性能如表 8.12 所示。

表 8.10 商品肉鹅和种鹅的日粮规格

周 龄	育雏 (0~3)	生长/育肥 (4~上市)	保持 (7~光照)	种鹅 (成年)
粗蛋白 (%)	21	17	14	15
ME (kcal/kg)	2 850	2 950	2 600	2 750
钙 (%)	0.85	0.75	0.75	2.8
有效磷 (%)	0.40	0.38	0.35	0.38
钠 (%)	0.17	0.17	0.16	0.16
蛋氨酸 (%)	0.48	0.40	0.25	0.38
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.85	0.66	0.48	0.64
赖氨酸 (%)	1.05	0.90	0.60	0.66
苏氨酸 (%)	0.72	0.62	0.48	0.52
色氨酸 (%)	0.21	0.18	0.14	0.16
维生素 (每千克日粮)	100%	80%	70%	100%
维生素 A (IU)			7 000	
维生素 D <sub>3</sub> (IU)			2 500	
维生素 E (IU)			40	
维生素 K (IU)			2	
硫胺 (mg)			1	
核黄素 (mg)			6	
吡哆醇 (mg)			3	
泛酸 (mg)			5	
叶酸 (mg)			1	
生物素 (μg)			100	
烟酸 (mg)			40	
胆碱 (mg)			200	
维生素 B <sub>12</sub> (μg)			10	
微量元素 (每 kg 日粮)				
锰 (mg)			50	
铁 (mg)			40	
铜 (mg)			8	
锌 (mg)			60	
碘 (mg)			0.4	
硒 (mg)			0.3	

表 8.11 商品肉鹅和种鹅的日粮

	育雏	生长/育肥	保持	种鸭
玉米	504	613		514
豆粕	315	198	25	137
次麦粉	150	150	500	267
大麦			450	
肉粉		15		
DL-蛋氨酸*	1.7	1.0	0.6	1.8
L-赖氨酸			0.5	
盐	3.3	3.1	2.9	2.9
石灰	16.4	12.7	15.0	67.0
磷酸二钙	8.6	6.2	5.0	9.3
维生素矿物质预混料**	1.0	1.0	1.0	1.0
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白 (%)	21.7	17.7	14.0	15.0
ME (kcal/kg)	2 870	2 970	2 600	2 750
钙 (%)	0.90	0.80	0.80	2.80
有效磷 (%)	0.40	0.38	0.35	0.38
钠 (%)	0.18	0.18	0.16	0.16
蛋氨酸 (%)	0.51	0.40	0.27	0.43
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.85	0.66	0.48	0.64
赖氨酸 (%)	1.20	0.90	0.60	0.70
苏氨酸 (%)	0.90	0.74	0.49	0.61
色氨酸 (%)	0.30	0.24	0.21	0.20

\* 或相当量的 MHA。

\*\* 含有胆碱。

表 8.13 所示是不同性别的皮尔戈雷姆鹅 (Piggrim geese) 在舍饲条件下的生长率和饲料进食量数据。虽然在完全采用全价日粮的舍饲条件下可以获得最快的生长, 但是集约化程度较低的饲养体系可能更为经济。其他的饲养体系经常包括一段放牧时期, 在此期间或许给以谷物补饲。由于鹅的食欲极佳, 能从大量采食的劣质饲草中获得近乎正常水平的营养素进食量。在这种情况下的营养素进食量显然取决于牧草的数量和质量, 为此可以应用

反刍动物的牧场管理方法。鹅可以接受不同质量的粗饲料，包括三叶草、混播牧草、谷物和青贮玉米。

表 8.12 中国白鹅×艾姆登鹅杂种的生长率和饲料消耗（混合性别）

周 龄	舍 饲			牧饲（不包括牧场）		
	平均体重 (kg)	累计耗料 (kg)	饲料/ 增重	平均体重 (kg)	累计耗料 (kg)	饲料/ 增重
3	1.68	2.6	1.55	1.59	2.6	1.66
6	4.20	8.4	2.00	3.80	6.0	1.60
9	5.74	17.1	2.99	4.98	9.6	1.93
12	6.71	23.8	3.56	5.80	16.2	2.75
14	7.10	28.61	4.03	5.95	18.6	3.14

表 8.13 皮尔戈雷鹅的生长率和饲料消耗

周 龄	平均体重 (kg)		累计进食量 (kg)		饲料/增重	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
2	0.70	0.70	0.88	0.88	1.26	1.26
4	2.20	2.10	3.20	3.40	1.45	1.61
6	3.60	3.00	6.70	7.00	1.86	2.33
8	4.70	3.90	11.70	11.60	2.48	2.97
10	5.00	4.50	15.10	15.00	3.02	3.33
12	6.10	5.10	20.00	18.50	3.27	3.63
14	6.45	5.40	25.00	23.00	3.87	4.26

在某些季节往往很难在牧场上对较“年轻”的鹅取得良好的育肥结果。为了使出羽良好，尽量减少针羽，经常需要在最后 10d 让鹅充分采食育肥日粮。当从放牧饲养转变为全价饲料饲养时应该避免突然变化，应有 2~3d 的过渡期。对在牧场放牧的鹅或补饲整粒谷物的鹅，应给以不溶性的砂砾，每周每 100 只鹅约给 1kg。

一切日粮的能量水平应根据是否容易引起胴体脂肪沉积而考虑。生长率和胴体脂肪含量似乎对日粮的能量浓度比对蛋白质和/或氨基酸含量更为敏感（表 8.14）。

在该项试验中，给艾姆登鹅饲喂粗蛋白含量为 22%~16% 的日粮，在 9 周龄时各组

的体重和胴体组成相似。甚至给各组日粮添加蛋氨酸和赖氨酸也未能使生产性能产生反应。这说明，当使用含粗蛋白 16% 的玉米—豆粕型日粮时，为使 3 周龄以后的鹅获得最佳增重而添加赖氨酸的量不必超过 0.8%。在此试验中，进食蛋白质与胴体中可食蛋白质之比，各日粮组为 5%~9%，显著低于肉仔鸡（15%）和火鸡（21%）。虽然在这个试验中饲料浪费较多（表 8.14），但是，所浪费饲料在蛋白质利用率的差别中只占较小的份额。因此，尽管鹅是生长极快的动物，但是它们在将日粮蛋白质转化为可食胴体蛋白质方面却似乎效率极低。不过在这个试验中以及其他许多报告中所使用的日粮蛋白质水平显然超过了最佳增重所需要的数量。

表 8.14 日粮的蛋白质水平和添加氨基酸对艾姆登鹅生产性能的影响

日粮粗蛋白 (%)	蛋氨酸 (%)	赖氨酸 (%)	体 重 (kg)				胴体脂肪 (占干物质的%)	
			21 日龄		63 日龄		♂	♀
			♂	♀	♂	♀		
22	0.36	1.25	1.76	1.68	4.8	4.3	49	54
20	0.34	1.10	1.80	1.63	5.0	4.4	50	53
18	0.31	0.96	1.75	1.64	4.9	4.4	49	50
16	0.29	0.81	1.60	1.55	4.7	4.4	51	53

鹅从多数饲料中摄取的能量似乎和鸡大致相似。因此，它们之所以能够在高纤维日粮条件下表现适当的生产性能是因为进食量较大，而不是因为有较好的消化力。鹅也和鸭一样对霉菌毒素相当敏感。各种抗营养因子，如生大豆所含的胰蛋白酶抑制因子，对鹅也有很大影响。这种较高的对抗营养因子的易感性表现为饲料效率下降而不是对饲料采食量有任何直接的影响。在生产性能下降（比如在饲喂了生大豆以后）的情况下，羽毛覆盖不良往往是一种早期症状。和大多数水禽一样，鹅的出羽阶段和程度具有重要的经济意义，因为会影响到羽毛产量和是否会出现针羽。多数数据表明，在低能量—高纤维日粮条件下鹅的表现最为经济。这种饲养方案一般包括放牧和饲喂整粒谷物及全价饲料。鹅能够进食大量干物质，这使它们能从纤维含量很高的日粮中获取其营养需要量。在利用高纤维饲草方面，鹅可能是反刍动物的替代者。

由于鹅的产蛋量较低，其产蛋的营养需要量仅略高于维持需要，而且持续的时间也不长。为了控制体重，后备种鹅被选出后应该用保持期日粮进行限制饲养直至成熟。在预期

产第一个蛋之前 2~3 周开始使用专门的种鹅日粮；另一种办法是增加保持期日粮的饲喂量，同时以大颗粒石灰或贝壳的形式每天供钙 3~4g。如果要种鹅留到下一个繁殖季，则应根据维持体重的需要而给予保持日粮和/或谷物加维生素及矿物质。

(周鼎年 译)

#### 参考文献

##### a) 鸭

Adams, R. L., P. Y. Hester and W. J. Stadelman (1983). The effect of dietary lysine levels on performance and meat yields of White Pekin ducks. *Poult. Sci.* 62: 616-620.

Bons, A., R. Timmler and H. Jeroch (2002). Lysine requirement of growing male Pekin ducks. *Br. Poult. Sci.* 43 (5): 677-686.

Braun, C. M., S. Neuman, P. Y. Hester and M. A. Latour. (2002). Breeder age alters offspring performance in the Pekin duck. *J. Appl. Poult. Res.* 11: (3): 270-274.

Elkin, R. G. (1986). Methionine requirement of male White Pekin ducklings. *Poult. Sci.* 65: 1771-1776.

Elkin, R. G. (1987). A review of duck nutrition research. *World Poult. Sci.* 43: 84-106.

Farhat, A., L. Normand, E. R. Chavez and S. P. Touchburn (2001). Comparison of growth performance, carcass yield and composition, and fatty acid profiles of Pekin and Muscovy ducklings fed diets based on food wastes. *Can. J. Anim. Sci.* 81: 107-114.

Farrell, D. J. (1995). Table egg laying ducks: Nutritional requirements and current husbandry systems in Asia. *Poultry and Avian Biology Reviews* 6 (1): 55-69.

Farrell, D. J. and P. Stapleton (1985). Duck production-science and world practice. Publ. Univ. of New England, Armidale, Australia.

Jeschke, N. and P. E. Nelson (1987). Toxicity to ducklings of *Fusarium moniliforme* isolated from corn intended for use in poultry feed. *Poult. Sci.* 66: 1619-1623.

Leeson, S., J. D. Summers and J. Proulx (1982). Production and carcass characteristics of the duck. *Poult. Sci.* 61: 2456-2464.

Lemme, A. (2003). Reassessing amino acid levels for Pekin ducks. *Poult. Int.* April 2003 p. 18.

Olver, M. D. (1995). Effect of restricted feeding during the rearing period and a forced moult at 40 weeks of production on productivity of Pekin breeder ducks. *Br. Poult. Sci.* 36: 737-746.

Plavnik, I. (1988) . Protein requirements of Muscovy male ducklings. *Nut. Rep. Int.* 39; 13 - 17.

Stadelman, W. J. and C. F. Meinart (1977) . Some factors affecting meat yield from young ducks. *Poult. Sci.* 56: 1145 - 1147.

Wilson, B. J. (1975) . The performance of male ducklings given starter diets with different concentrations of energy and protein. *Br. Poult. Sci.* 16; 617 - 625.

Yalda, A. Y. and J. M. Forbes (1995) . Effect of wet feeding on the growth of ducks. *Br. Poult. Sci.* 36: 878 - 879.

b) 鹅

Hollister, A. G. , H. S. Nakaue and G. H. Arscott (1984) . Studies With confinement reared goslings. 1. Effects of feeding high levels of dehydrated alfalfa and Kentucky Bluegrass to growing goslings. *Poult. Sci.* 63; 532 - 537.

Nitsan, Z. and I. Nir (1977) . A comparative study of the nutritional and physiological significance of raw and heated soya beans in chicken and goslings. *Br. J. Nutr.* 37: 81 - 87.

Serafin, J. A. (1981) . Studies on the riboflavin, pantothenate, nicotinic acid and choline requirements of growing Embden geese. *Poult. Sci.* 60; 1910 - 1915.

Storey, M. L. and N. K. Allen (1982) . Apparent and true metabolizable energy of feedstuffs of mature nonlaying female Embden geese. *Poult. Sci.* 61; 739 - 745.

Summers, J. D. , G. Hurnik and S. Leeson (1987) . Carcass composition and protein utilization of Embden geese fed varying levels of dietary proteinsupplemented with lysine and methionine. *Can. J. Anim. Sci.* 67; 159 - 164.

Veltmann, J. R. and J. S. Sharlin (1981) . Influence of water deprivation on water consumption, growth and carcass characteristics of ducks. *Poult. Sci.* 60; 637 - 642.

Vernam, J. (1995) . Assessing the mule duck as a meat producer. *World. Poult. Sci.* 11; No. 5, p. 44.

# 第九章 玩赏鸟、平胸鸟和宠物鸟的饲养方案

9.1 玩赏鸟 .....	368
9.1.1 雉鸡 .....	370
9.1.2 鹌鹑 .....	371
9.1.3 珍珠鸡 .....	372
9.2 平胸鸟 .....	373
9.3 宠物鸟和鸽子 .....	375

---

## 9.1 玩赏鸟

虽然关于鹌鹑和雉鸡的营养需要有一些新资料，但是人们仍是倾向于利用火鸡营养需要的资料。为玩赏鸟设计日粮面临巨大的挑战，因为市场需要多种多样，尤其是商业性鸟肉生产和养鸟供狩猎或放飞的营养要求极为不同。供放飞而养的鸟不需要长得很快，在很多情况下，长得很快有损于飞翔能力。表 9.1 和表 9.2 列出的营养需要和日粮举例只适用于商业性鸟肉生产。放飞鸟的饲养方案，以雉鸡为例，则一般在 7~9 周后使用某种类型的低营养浓度保持日粮。



表 9.1 商品用和种用雏鸡的日粮规格

周 龄	育雏 (0~4)	生长/育肥 (4~上市)	保持 (12~光照)	种雏鸡 (成年)
粗蛋白 (%)	27	1	15	16
ME (kcal/kg)	2 950	2 950	2 750	2 800
钙 (%)	1.30	1.10	0.85	2.60
有效磷 (%)	0.60	0.48	0.42	0.42
钠 (%)	0.18	0.18	0.18	0.18
蛋氨酸 (%)	0.60	0.46	0.35	0.42
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	1.10	0.82	0.64	0.64
赖氨酸 (%)	1.50	1.10	0.78	0.75
苏氨酸 (%)	1.10	0.86	0.65	0.65
色氨酸 (%)	0.26	0.23	0.20	0.20
维生素 (每千克日粮)	100%	80%	70%	100%
维生素 A (IU)			7 000	
维生素 D <sub>3</sub> (IU)			2 500	
维生素 E (IU)			40	
维生素 K (IU)			2	
硫胺 (mg)			1	
核黄素 (mg)			6	
吡哆醇 (mg)			3	
泛酸 (mg)			5	
叶酸 (mg)			1	
生物素 (μg)			100	
烟酸 (mg)			40	
胆碱 (mg)			200	
维生素 B <sub>12</sub> (μg)			10	
微量元素 (每千克日粮)				
锰 (mg)			70	
铁 (mg)			40	
铜 (mg)			10	
锌 (mg)			80	
碘 (mg)			0.4	
硒 (mg)			0.3	

表 9.2 商品用和种用雉鸡的日粮 (kg)

	育雏	生长/育肥	保持	种雉鸡
玉米	480	580	300	566
豆粕	418	247	14	177
次麦粉		96	615	180
大麦				
肉粉	55	55	55	
AV 脂肪	17			
DL-蛋氨酸*	2.6	1.7	2.1	1.5
L-赖氨酸			1.3	
盐	2.7	2.6	2.3	3.3
石灰	15.5	13.6	9.3	60.0
磷酸二钙	8.2	3.1		11.2
维生素矿物质预混料**	1.0	1.0	1.0	1.0
总计 (kg)	1 000	1 000	1 000	1 000
粗蛋白 (%)	27.0	21.0	15.5	16.0
ME (kcal/kg)	2 950	2 950	2 750	2 800
钙 (%)	1.30	1.10	0.85	2.60
有效磷 (%)	0.60	0.48	0.45	0.42
钠 (%)	0.18	0.18	0.18	0.18
蛋氨酸 (%)	0.69	0.51	0.44	0.42
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	1.10	0.82	0.64	0.65
赖氨酸 (%)	1.60	1.16	0.78	0.79
苏氨酸 (%)	1.10	0.87	0.55	0.67
色氨酸 (%)	0.37	0.28	0.19	0.22

\* 或相当量的 MHA。

\*\* 含有胆碱。

### 9.1.1 雉鸡

表 9.1 是有关雉鸡育雏、生长、保持和种用的日粮规格。雉鸡的育雏日粮应该喂到

4 周龄，然后用第一号生长料喂到上市年龄或选为种用。表 9.2 所介绍的是全价日粮，不需补充谷物。但是，对于将要放飞供狩猎的雉鸡，在 12 周龄后可以喂给 5%~10% 破碎的谷物。到 16 周龄时，谷物部分应该转变成整粒谷物，此时，所给予饲料中有一半可以是谷物。用这种饲喂方案可以得到较为强壮、结实的雉鸡，它们在放飞后能够自己觅食。

种用雉鸡应该在预计产种蛋前至少两周饲喂种用雉鸡日粮。这也是全价日粮，不需要添加补充料。表 9.3 是公、母雉鸡在 18 周龄前的体重和采食量数据。

表 9.3 环颈雉的生长率、饲料消耗和饲料效率

周龄	平均体重 (g)		累计饲料消耗 (g)		饲料效率	
	公	母	公	母	公	母
2	85	85	144	144	1.71	1.71
4	220	200	430	416	1.98	2.07
6	380	350	866	794	2.23	2.28
8	620	520	1 496	1 352	2.43	2.61
10	830	660	2 161	1 915	2.61	2.88
12	1 050	820	3 136	2 747	2.97	3.33
14	1 300	960	4 092	3 640	3.15	3.78
16	1 475	1 025	5 163	4 709	3.51	4.59
18	1 530	1 080	6 338	5 827	4.14	5.40

### 9.1.2 鹌鹑

鹌鹑日粮规格见表 9.4。鹌鹑的育雏日粮应该用全价日粮，并饲喂到 6 周龄。然后换成生长日粮，一直喂到作为肉鸟上市，或者直到母鹌鹑预期生产餐桌蛋或种蛋之前的一周。如前所述，可以喂给少量的破碎谷物。表 9.5 是 10 周龄前母鹌鹑的体重和采食量。

鹌鹑在 7~8 周龄前后成熟，届时体重 150~160g。在产蛋周期的 15 个星期内，母鹌鹑大约生产 80 个蛋，入孵蛋的孵化率约 80%。

表 9.4 鹌鹑和珍珠鸡的日粮规格

	鹌 鹑			珍珠鸡		
	育雏	生长	种用	育雏	生长	种用
粗蛋白 (%)	28	17	18	26	18	16
ME (kcal/kg)	2 900	2 900	2 950	2 900	2 950	2 900
钙 (%)	1.3	1.1	3.1	1.2	0.95	3.0
有效磷 (%)	0.60	0.48	0.45	0.5	0.42	0.40
钠 (%)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
蛋氨酸 (%)	0.60	0.51	0.52	0.55	0.48	0.41
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	1.10	0.80	0.82	0.92	0.82	0.75
赖氨酸 (%)	1.30	0.90	0.85	1.20	0.95	0.80
苏氨酸 (%)	1.10	0.85	0.78	1.00	0.85	0.71
色氨酸 (%)	0.24	0.22	0.22	0.22	0.21	0.18

维生素和微量元素如同表 9.1。

表 9.5 公、母日本鹌鹑 10 周龄前的平均体重和采食量

周 龄	公		母	
	体重 (g)	累计采食量 (g)	体重 (g)	累计采食量 (g)
2	40	50	40	50
4	90	180	100	190
6	120	300	130	330
8	130	350	160	450
10	140	400	170	510

### 9.1.3 珍珠鸡

虽然近 10~15 年来北美的珍珠鸡生产有所增加，但是比起欧洲有些地区尤其是法国，规模仍是相当小。生长和种用珍珠鸡的日粮规格见表 9.4。育雏日粮喂到 4 周龄，然后喂生长料，直到 12~15 周龄上市，取决于各种体重规格的需要。公、母珍珠鸡的生长率和预计采食量见表 9.6。

表 9.6 珍珠鸡的生长率和采食量

周 龄	体 重 (g)		采 食 量 (g/d)	
	♂	♀	♂	♀
1	70	90	13	18
2	140	175	23	27
3	250	270	36	39
4	400	400	50	50
6	750	700	58	56
8	1 200	1 000	65	60
10	1 420	1 300	75	70
12	1 650	1 550	75	70
16	1 900	1 800	75	70

种用母珍珠鸡在预期产蛋前 2 周左右转用表 9.4 所示的珍珠鸡种用日粮。这是一种全价日粮，不需要补充饲喂谷物或沙砾。

## 9.2 平 胸 鸟

鸵鸟和鸕鹚常常是农场用来生产肉、皮、羽毛和其他产品（如尾脂腺油）的禽种。传统上，南美在世界鸵鸟产品生产占优势地位，但是，在 1980 年代中期欧洲和北美对鸵鸟生产表现出巨大兴趣。现在由于过量生产和销售机会有限，这些新兴产区的平胸鸟生产大大萎缩。

鸵鸟是这种禽类中最大的。成年鸵鸟的体重可超过 150kg。雌鸵鸟每年可产蛋 20~40 个，每个平均约重 1.25kg。

鸕鹚的体格约为鸵鸟的一半，它们的产蛋量虽然和鸵鸟相似，但蛋的个头大约比鸵鸟蛋小一倍。鸕鹚比鸵鸟温驯，因此易于在农场环境下管理。

鸵鸟的大肠大约比小肠大 3 倍，饲料的通过时间约为 40 个小时。因此，鸵鸟的消化系统适应于处理大量的粗饲料，使其能够通过后肠发酵而获得大部分的能量。鸕鹚的消化系统则像家禽的，饲料通过时间为 5~6 个小时。尽管鸕鹚的发酵部位有限，但是有报告表明，它们能够比其他类型的商品家禽消化更多的纤维性饲料。鸵鸟没有嗉囊，所有饲料都贮存在一个扩大的腺胃，后者容易被长秆纤维性饲料所堵塞。鸵鸟的日粮规格见表 9.7。

鸵鸟日粮一般含有 6%~15% 纤维，取决于鸵鸟的年龄，日粮的蛋白质水平也在 23%~15% 变动。据报道，鸵鸟从日粮中代谢能量的能力比家禽高 30%~40%。这就可能是种用鸵鸟采食家禽日粮后出现肥胖问题的部分原因。某些饲料原料的代谢能水平见表 9.8，从中可见鸵鸟具备消化高纤维原料的巨大能力。

表 9.7 鸵鸟的日粮规格

	育雏 (0~8 周)	种用 <sup>1</sup>
粗蛋白 (%)	18.0	15.0
ME (kcal/kg)	2 750	2 650
蛋氨酸 (%)	0.36	0.30
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.70	0.62
赖氨酸 (%)	0.90	0.72
钙 (%)	1.40	1.80
有效磷 (%)	0.70	0.45
钠 (%)	0.18	0.17

<sup>1</sup> 加上自由采食的饲草，实际的能量水平因此减少到相当于 2 300kcal/kg 左右。

表 9.8 某些饲料原料饲喂成熟鸵鸟和小公鸡的 TME<sub>n</sub> (kcal/kg)

	鸵鸟	小公鸡
小麦麸	2 844	2 040
普通芦苇	2 070	666
羽扇豆	3 490	2 240
豆粕	3 210	2 160
葵籽粕	2 600	2 120
鱼粉	3 620	3 330

引自 Cilliers 等 (1999)。

鸵鸟和鸸鹋都易患腿病以及维生素 E 和硒缺乏症。因此，应该严密注意矿物质添加量的强化，尤其是如果饲草或脱水苜蓿在日粮中占很大比重的时候。一般建议的维生素 E 强化的剂量达 80IU/kg 日粮，而硒的补加量一定要控制在允许范围之内。1 周龄的鸵鸟应该重 1kg，4 周龄时应该重 3kg。表 9.9 列举了随后的生长率和采食量。

4~6 周龄后可以给鸵鸟提供足量的青绿饲草或放牧。6 月龄时日粮蛋白质水平可以降低到 13%~15%，能量水平则维持在 ME2 700~2 800kcal/kg。由于鸵鸟可以较好地利用高纤维饲料，所以它们的日粮中纤维含量可以高达 20%。因此，足量的饲草或苜蓿干草可与配制的日粮同时喂给。鸸鹋不能像鸵鸟那样可处理那么多的纤维，所以它们的日粮中纤维含量不应超过

表 9.9 饲喂商业日粮的鸵鸟的生长率和采食量

周龄	体重 (kg)	采食量 (g/d)
6	5.8	350
10	15.5	550
18	38.0	1 300
26	55.0	2 000
34	75.0	2 500
42	90.0	2 200
52	100.0	2 000

10%~15%。由于采食大量的纤维，通常的做法是每周至少一次给它们提供沙砾。

青年鸵鸟和鸕鹚倾向于在它们所在的环境中寻觅和捡拾任何适当大小的物料，所以在商业饲养场中啄食垫料可能是一个问题。为了避免出现这个问题，它们可在某种类型的粗纸或粗麻布上育雏。但是必须注意避免采用任何表面光滑的材料，因为幼年的平胸鸟容易得腿病。在第一周时，幼年平胸鸟生长较慢，生长率也不像其他肉禽那么稳定。在最初7~10天生长得相当慢，此后开始快速生长直到6月龄。随后又开始慢速生长，直到30月龄左右成熟。幼年鸵鸟的腿病类似于肉鸡的，但是由于腿骨较大，这种毛病容易发现。以硼酸葡萄糖酸钙溶液（Calcium borogluconate solution）的形式补饲钙对于腿病严重的个体似乎是有益的，这说明应该重视日粮的钙水平，尤其是饲草中钙的可利用性。

关于平胸鸟胴体组成的资料较少。表9.10介绍了活重100kg时屠宰的鸵鸟的某些胴体组成。

在繁殖季节母鸟的采食量明显下降，就像火鸡的种母鸡一样。因此，很重要是使它们膘情良好，有充分的营养贮备，以便生产优质种蛋，从而有可能得到健康的后代。表9.11是鸵鸟蛋和鸕鹚蛋的总体组成。

表 9.10 100kg 鸵鸟的机体组成

	占活重的%
羽毛	1.8
血	3.0
皮	7.0
脚	2.5
胴体	60.0
心	1.0
肝	1.5
腹脂	4.0
内脏	8.5

表 9.11 平胸鸟蛋的组成

	重量 (g)	白蛋白 (%)	蛋黄 (%)	蛋壳 (%)
鸵鸟蛋	1 200	54	32	14
鸕鹚蛋	600	53	34	13

### 9.3 宠物鸟和鸽子

多数宠物鸟喂的日粮是由整粒籽实组成的而不是像颗粒饲料这样的全价饲料。按照表

9.12 列举的指导原则来饲喂宠物鸟从营养学观点来看是符合逻辑的，但是，营养本身似乎并不总是鸟主人选择日粮时考虑的主要因素。

表 9.12 宠物鸟的日粮规格

	虎皮鹦鹉		鸚 鹉		手工饲喂
	青年鸟	成年鸟	青年鸟	成年鸟	
粗蛋白 (%)	23.0	15.0	21.0	14.0	26.0
ME (kcal/kg)	3 000	2 900	2 900	2 800	3 200
粗脂肪 (%)	5.0	5.0	5.0	4.0	10.0
粗纤维 (%)	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0
钙 (%)	1.2	1.0	1.0	0.9	1.4
有效磷 (%)	0.45	0.45	0.45	0.4	0.7
钠 (%)	0.17	0.17	0.16	0.14	0.18
蛋氨酸 (%)	0.50	0.30	0.43	0.25	0.60
蛋氨酸+胱氨酸 (%)	0.92	0.61	1.00	0.52	1.20
赖氨酸 (%)	1.30	0.75	1.20	0.68	1.40

使用全价颗粒饲料一直受到鸟主人們的抵制，而且不是所有的宠物鸟都能容易地接受常用的颗粒料。但是通过加入着色剂、诱食剂和香味剂等添加剂并对颗粒料进行挤压处理，可以诱导鸟主人們和宠物鸟接受这种全价饲料。对于手工饲喂的宠物鸟的需求越来越多，因为这种鸟行为更为温驯，而且稀有鸟种的贸易可能遭禁止。因此，越来越需要手工饲喂新出孵雏鸟所用日粮的资料。虽然许多新出孵雏鸟喂的是婴儿食物和花生酱的混合物，对于大型生产单位来说更加经济的做法可能是按照表 9.12 的规格用较为通常的原料配制粥料。但是，由于很多这种宠物鸟身价很高，营养的经济学不总是主要的因素，尤其是人们觉得这些非常小的鸟儿实际上吃得很少。

对于自己采食的青年鸟和成年鸟，可以考虑第二章中谈到的常规原料。水果型香味剂对于某些较稀有鸟种可能有吸引力。对于很多宠物鸟，饲料浪费可能是一个问题，特别是当给习惯于吃整粒谷物日粮的鸟新引入颗粒饲料时。在这种情况下，浪费的饲料可能十倍于实际的采食量。由于饲料浪费难以度量，而把食槽中消失的饲料当做采食量明显是有问题的，于是检查体重就成了用来评价任何新饲养方案的最严格的标准。不管使用什么饲养方案，如果能保证鸟儿其他合适的营养源，如乌贼鱼骨头和（或）新鲜水果等，往往可以减少行为学上的问题。



鸽肉经常是来自乳鸽，即直接由母鸽喂养的幼鸽。在催乳激素作用下，成年鸽嗉囊中产生一种分泌物，吐出来喂养新孵化的幼鸽。幼鸽出生时是盲的，羽毛很少，完全依靠嗉囊乳来哺育。嗉囊乳含干物质 25% 左右，几乎完全由蛋白质（18%）和脂类（7%）组成。这种丰富的营养源导致乳鸽非常快的生长率，是幼年肉鸡的 4 倍。乳鸽在 28 日龄时活重大约 500g。有人指出，如果成年鸽子日粮中粗蛋白含量大大低于 18%，则嗉囊乳的产量将下降。还有人报告，在成年鸽饮水中添加 L-肉毒碱可以提高嗉囊乳的产量。还没有人能够用合成的嗉囊乳成功地培养乳鸽。

成年鸽经常饲喂整粒或破碎谷物和蛋白质饲料的混合料。整粒谷物能够被成年鸽非常有效地代谢利用（表 9.13）。

成年鸽在生产嗉囊乳时期需要能够提供约 18% 粗蛋白和 ME2 900~3 000 kcal/kg 的日粮；在繁殖季的其他时间要求 16% 粗蛋白和 ME2 800kcal/kg；在繁殖季之间的保持期要求 12%~14% 粗蛋白和 ME2 600kcal/kg。

表 9.13 整粒谷物饲喂成年鸽的 AMEn

	AMEn (kcal/kg)
玉米	3 530
大麦	2 950
高粱	3 315
豌豆	3 350
葵花籽	5 300

引自 Hullar et al. (1989)。

(周鼎年 译)

## 参考文献

Chah, J. C. (1982). Scientific formulation of diets for captive birds. In Proc. 2nd Dr. Scholl Conference on Nutrition of Captive Wild Animals. Lincoln Park F. Zoo, Chicago, Illinois.

Cilliers, S. C., F. Sales, F. P. Hayes, A. Chwalibog and F. F. Du Preez (1999). Comparison of metabolisable energy values of different foodstuffs determined in ostriches and poultry. Br. Poult. Sci. 40: 491-500.

Cooper, R. G. (2000). Management of ostrich (*Struthio camelus*) chicks. World's Poult. Sci. 56 (1): 33-44.

Earle, K. E. and N. G. Clarke (1991). The nutrition of the budgerigar. J. Nutr. 121: S186-192.

Flegal, C. J. (1993). Diets for growing and breeding ostrich. Proc. Multi-state Big Bird Conf., April 24-25.

Gandini, G. C. M., R. E. I. Burroughs and H. Ebedes (1986). Preliminary investigation into the nutrition of ostrich chicks under intensive conditions. J. South African

Vet. Sci. , March 1986 pp 39 - 42.

Hullar, I. , I. Meleg, S. Fekete and R. Romvari (1999) . Studies on the energy content of pigeon feeds. I. Determination of digestibility and metabolizable energy content. Poult. Sci. 78 (12): 1757 - 1762

Muirhead, S. (1995) . Ratite gastrointestinal physiology, nutrition principles explored. Feedstuffs, Oct. 2. , pp 12.

Roudybush, T. (1986) . The nutrition of altricial birds. In Proc. 6 - 7th Dr. Scholl Conference on Nutrition of Captive Wild Animals. Lincoln Park Zoo, Chicago, Illinois.

Sales, J. and G. P. J. Janssens (2003) . Nutrition of the domestic pigeon (*Columba livia domestica*) . World' s Poult. Sci. J. 59 (2): 221 - 232.

Sales, L and i. i. Du Preez (1997) . Protein and energy requirements of the Pearl Grey guinea fowl. World' s Poult. Sci. J. 53: 381 - 385.

Tables, A. E. C. (1987) . Nutrient requirement tables for various game bird species. A. E. C. Rhone Poulenc. Paris, France.

Van Niekerk, B. (1995) . The science and practice, of ostrich nutrition. Proc. AFMA Forum, June 1995, Sun City, South Africa.

Vohra, P. (1992) . Information on ostrich nutritional needs still limited. Feedstuffs, July 13, p. 16.

# 附录 营养成分资料

附表 1 基本营养成分

原 料	粗蛋白 (%)	可消化蛋白 (%)	代谢能 (kcal/kg)	粗脂肪 (%)	粗纤维 (%)	钙 (%)	有效磷 (%)	亚油酸 (%)
黄玉米	8.5	7.8	3 300	3.8	2.5	0.01	0.13	1.9
小麦	13.0	11.6	3 150	1.5	2.7	0.05	0.20	0.5
燕麦	12.0	9.9	2 756	4.0	12.0	0.10	0.20	1.5
大麦	11.5	9.3	2 780	2.1	7.5	0.10	0.20	0.8
高粱	9.0	7.9	3 250	2.5	2.7	0.05	0.14	1.0
黑麦	12.5	8.4	2 734	1.7	2.4	0.05	0.18	0.4
小黑麦	15.4	13.2	3 110	1.0	4.5	0.05	0.19	0.4
糙米	7.3	5.5	2 680	1.7	10.0	0.04	0.13	0.6
小麦麸	15.8	11.7	1 580	4.8	10.4	0.10	0.65	1.7
次麦粉	15.1	14.3	2 200	4.0	5.0	0.07	0.30	1.6
小麦筛渣 1#	15.0	11.7	3 000	4.1	3.0	0.05	0.20	0.7
米糠	13.0	7.7	1 900	5.0	12.0	0.06	0.80	3.4
细米糠	11.0	8.5	2 750	15.0	2.5	0.06	0.18	6.2
面包房粉	10.5	9.8	3 500	9.5	2.5	0.05	0.13	3.0
甘蔗糖蜜	3.0	2.1	1 962	—	—	0.50	0.03	—
脱水苜蓿粉	17.0	9.5	1 647	2.0	26.0	1.40	0.10	0.3
双低菜籽粕	37.5	34.0	2 000	1.5	12.0	0.65	0.45	0.5
全脂双低菜籽	22.0	19.7	4 620	40.0	6.0	0.38	0.27	8.0
大豆粕 (48%)	48.0	44.0	2 550	0.5	3.0	0.20	0.33	0.4
全脂大豆	38.0	33.4	3 880	20.0	2.0	0.15	0.37	0.3
玉米面筋粉	60.0	54.4	3 750	2.51	2.48	0.10	0.28	9.0
玉米面筋饲料	22.0	14.3	1 830	2.5	10.0	0.40	0.21	1.22
棉籽粕	41.0	33.2	2 350	0.5	14.5	0.15	0.40	1.0
花生粕	47.0	35.7	2 205	1.0	13.0	0.20	0.45	0.21
豌豆	23.5	20.7	2 550	1.3	5.5	0.10	0.30	0.3
红花籽粕	42.0	32.9	1 630	1.1	14.5	0.37	0.20	0.9
芝麻粕	44.0	30.6	1 984	5.0	5.0	0.20	0.63	0.5
葵籽粕	46.8	35.6	2 205	2.9	11.0	0.30	0.75	2.0
羽扇豆	34.5	29.8	3 000	6.3	16.0	0.20	0.50	1.8
亚麻	22.0	18.1	3 500	34.0	6.0	0.25	0.20	3.0
肉粉	50.0	45.0	2 500	11.5	2.5	8.00	0.17	5.2
鱼粉 (60%)	60.0	55.4	2 750	2.0	1.0	6.50	4.00	1.82
家禽副产品粉	60.0	52.5	2 950	8.5	1.9	3.60	3.50	0.3
血粉	80.0	71.2	2 690	1.0	1.0	0.28	2.10	2.5
羽毛粉	85.0	75.7	3 000	2.5	1.5	0.20	0.28	0.1
乳清粉	13.0	12.4	1 918	0.5	—	0.80	0.70	0.1

附表 2 总氨基酸组成 (%)

原 料	蛋氨酸	胱氨酸	赖氨酸	组氨酸	色氨酸	苏氨酸	精氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸	缬氨酸
黄玉米	0.2	0.11	0.2	0.2	0.1	0.41	0.4	0.5	1.0	0.5	0.4
小麦	0.2	0.21	0.49	0.2	0.21	0.42	0.7	0.3	0.9	0.6	0.5
燕麦	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	0.7	0.5	0.9	0.6	0.6
大麦	0.21	0.21	0.39	0.3	0.19	0.4	0.5	0.5	0.8	0.6	0.6
高粱	0.12	0.17	0.31	0.3	0.09	0.32	0.4	0.5	1.5	0.5	0.5
黑麦	0.2	0.2	0.5	0.3	0.1	0.4	0.5	0.5	0.7	0.6	0.6
小黑麦	0.2	0.2	0.4	0.3	0.1	0.3	0.8	0.5	1.0	0.7	0.7
糙米	0.12	0.11	0.22	0.2	0.11	0.34	0.6	0.3	0.7	0.3	0.5
小麦麸	0.1	0.1	0.6	0.3	0.3	0.4	1.0	0.6	0.9	0.5	0.7
次麦粉	0.21	0.19	0.61	0.2	0.21	0.5	0.9	0.7	1.0	0.6	0.7
小麦筛渣 1#	0.21	0.21	0.53	0.2	0.2	0.42	0.6	0.3	0.9	0.5	0.5
米糠	0.29	0.11	0.51	0.3	0.18	0.38	0.5	0.4	0.8	0.4	0.6
细米糠	0.21	0.29	0.50	0.2	0.12	0.32	0.6	0.3	0.7	0.4	0.7
面包房粉	0.21	0.19	0.29	0.3	0.13	0.3	0.5	0.4	0.8	0.6	0.5
甘蔗糖蜜	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
脱水苜蓿粉	0.3	0.4	1.8	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	1.3	0.8	0.9
双低菜籽粕	0.69	0.61	2.21	1.1	0.5	1.72	2.2	1.4	2.7	1.5	1.9
全脂双低菜籽	0.5	0.4	1.3	0.6	0.3	1.0	1.3	0.8	1.6	0.9	1.1
大豆粕(48%)	0.72	0.79	3.22	1.3	0.71	1.96	3.6	2.6	3.7	2.5	2.5
全脂大豆	0.49	0.63	2.41	0.9	0.49	1.53	2.7	2.0	2.8	1.9	1.9
玉米面筋粉	1.61	0.91	0.90	1.4	0.3	1.7	2.2	2.4	8.1	3.2	2.6
玉米面筋饲料	0.4	0.5	0.6	0.7	0.2	0.9	1.0	0.6	2.4	0.7	1.0
棉籽粕	0.49	0.62	1.67	1.0	0.5	1.31	4.6	1.3	2.4	2.2	1.9
花生粕	0.4	0.7	1.6	1.2	0.5	1.5	4.9	2.0	3.0	2.7	2.8
豌豆	0.3	0.2	1.6	0.7	0.2	0.9	1.4	1.1	1.8	1.9	1.3
红花籽粕	0.4	0.7	1.3	0.4	0.3	0.6	2.9	0.6	1.2	1.2	1.1
芝麻粕	1.5	0.6	1.4	1.2	0.8	1.7	5.1	2.3	3.2	2.3	2.5
葵籽粕	0.8	0.7	1.6	1.0	0.9	1.6	3.3	1.8	2.4	1.9	2.2
羽扇豆	0.3	0.6	1.7	0.9	0.4	1.2	4.5	1.4	2.4	1.3	1.4
亚麻	0.41	0.41	0.89	0.4	0.29	0.82	2.1	1.0	1.3	1.0	1.1
肉粉	0.71	0.61	2.68	0.7	0.36	1.52	3.0	1.3	3.3	1.6	2.4
鱼粉 (60%)	1.82	1.1	5.28	1.6	0.58	3.01	4.0	4.1	5.0	2.7	3.6
家禽副产品粉	1.3	2.0	3.4	1.0	0.4	2.2	3.5	2.1	4.5	1.8	3.0
血粉	1.0	1.4	6.9	4.2	1.1	3.7	3.5	1.0	10.0	6.0	7.0
羽毛粉	0.6	5.5	1.72	0.5	0.6	4.51	6.4	4.3	6.5	4.3	7.4
乳清粉	0.2	0.3	1.1	0.2	0.2	0.8	0.4	0.9	1.4	0.4	0.7

附表3 可利用氨基酸组成(%)

原 料	蛋氨酸	胱氨酸	酪氨酸	组氨酸	色氨酸	苏氨酸	精氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸	缬氨酸
黄玉米	0.18	0.09	0.16	0.18	0.07	0.33	0.35	0.44	0.8	0.42	0.33
小麦	0.16	0.17	0.40	0.18	0.17	0.32	0.56	0.26	0.81	0.54	0.42
燕麦	0.18	0.18	0.37	0.18	0.18	0.34	0.64	0.45	0.81	0.55	0.50
大麦	0.16	0.16	0.31	0.26	0.15	0.29	0.41	0.41	0.73	0.53	0.48
高粱	0.09	0.15	0.23	0.26	0.06	0.24	0.28	0.42	1.30	0.40	4.0
糙米	0.09	0.06	0.17	0.17	0.11	0.27	0.50	0.26	0.56	0.28	0.41
小麦麸	0.08	0.07	0.42	0.24	0.24	0.28	0.79	0.48	0.72	0.41	0.55
次麦粉	0.16	0.14	0.48	0.16	0.15	0.41	0.71	0.56	0.84	0.49	0.57
米糠	0.15	0.07	0.39	0.24	0.13	0.28	0.40	0.31	0.54	0.30	0.46
细米糠	0.16	0.08	0.41	0.18	0.08	0.25	0.48	0.27	0.57	0.31	0.52
面包房粉	0.18	0.16	0.19	0.24	0.08	0.21	0.40	0.32	0.71	0.51	0.40
脱水苜蓿粉	0.21	0.16	1.00	0.29	0.28	0.35	0.56	0.51	1.00	0.55	0.70
双低菜籽粕	0.61	0.47	1.76	0.93	0.38	1.30	1.92	1.04	2.40	1.30	1.55
全脂双低菜籽	0.40	0.26	1.00	0.48	0.24	0.81	0.98	0.62	1.28	0.72	0.81
大豆粕(48%)	0.64	0.63	2.87	1.07	0.53	1.75	3.20	2.30	3.20	2.10	2.20
全脂大豆	0.41	0.52	2.00	0.74	0.39	1.27	2.31	1.72	2.20	1.70	1.70
玉米面筋粉	1.44	0.78	0.81	1.14	0.21	1.58	2.07	2.30	7.90	3.10	2.40
玉米面筋饲料	0.33	0.35	0.42	0.56	0.14	0.65	0.87	0.48	2.12	0.63	0.83
棉籽粕	0.35	0.40	1.18	0.69	0.35	0.90	3.68	0.95	1.72	2.00	1.70
花生粕	0.33	0.55	1.28	0.96	0.38	1.20	4.00	1.80	2.70	2.30	2.40
芝麻粕	1.30	0.54	1.30	1.00	0.60	1.43	4.60	2.00	2.80	2.10	2.30
葵籽粕	0.72	0.55	1.30	0.80	0.65	1.20	2.64	1.28	1.90	1.55	1.75
羽扇豆	0.27	0.54	1.40	0.81	0.26	1.00	4.10	1.20	2.20	1.10	1.20
亚麻	0.33	0.30	0.72	0.32	0.26	0.65	1.76	0.72	1.10	0.76	0.95
肉粉	0.62	0.33	2.09	0.56	0.26	1.17	2.78	1.00	2.60	1.30	1.90
鱼粉(60%)	1.62	0.80	4.72	1.40	0.48	2.50	3.62	3.70	4.50	2.30	3.20
家禽副产品粉	1.1	1.20	2.70	0.80	0.3	1.8	3.00	1.70	3.80	1.40	2.40
血粉	0.90	1.10	5.90	3.40	0.80	2.80	2.90	0.78	8.90	5.30	6.10
羽毛粉	0.47	2.38	1.10	0.35	0.41	3.15	5.05	3.60	5.00	3.50	6.10

附表 4 矿物质含量

原 料	氯 (%)	镁 (%)	钠 (%)	钾 (%)	铁 (%)	锰 (mg/kg)	铜 (mg/kg)	锌 (mg/kg)	硒 (mg/kg)
黄玉米	0.05	0.15	0.05	0.38	0.01	4	3	29	0.04
小麦	0.08	0.16	0.09	0.52	0.01	48	7	40	0.50
燕麦	0.10	0.17	0.06	0.37	0.01	38	5	31	0.30
大麦	0.18	0.12	0.08	0.48	0.01	16	7	40	0.30
高粱	0.07	0.17	0.05	0.32	0.01	14	9	26	0.04
黑麦	0.37	0.12	0.02	0.26	0.01	66	7	30	0.45
小黑麦	0.41	0.15	0.04	0.41	0.01	51	6	35	0.43
糙米	0.28	0.14	0.03	0.34	0.01	15	3	10	0.17
小麦麸	0.30	0.15	0.06	1.24	0.02	115	12	89	0.95
次麦粉	0.10	0.26	0.07	0.84	0.01	104	9	99	0.80
小麦筛渣 1#	0.05	0.15	0.08	0.55	0.01	18	7	40	0.57
米糠	0.17	0.85	0.10	1.30	0.02	425	14	30	0.19
细米糠	0.17	0.65	0.10	1.17	0.02	310	8	30	0.17
面包房粉	0.48	0.20	0.53	0.62	0.02	30	7	41	0.30
甘蔗糖蜜	0.65	0.40	0.30	3.50	0.02	50	20	35	0.08
脱水苜蓿粉	0.45	0.34	0.16	2.40	0.03	50	9	41	0.06
双低菜籽粕	0.05	0.51	0.09	1.45	0.02	61	7	44	0.90
全脂双低菜籽	0.03	0.31	0.01	0.81	0.02	35	6	26	0.52
大豆粕(44%)	0.05	0.25	0.05	2.61	0.02	32	35	54	0.12
大豆粕(48%)	0.05	0.27	0.05	2.55	0.01	27	36	52	0.11
全脂大豆	0.04	0.21	0.05	1.50	0.01	20	27	41	0.10
玉米面筋粉	0.06	0.05	0.10	0.04	0.04	7	28	66	0.30
玉米面筋饲料	0.20	0.29	0.95	0.60	0.05	5	47	45	0.17
棉籽粕	0.03	0.39	0.05	1.10	0.01	18	16	40	0.06
花生粕	0.55	0.04	0.07	1.10	0.03	29	6	80	0.12
豌豆	0.06	0.12	0.03	1.10	0.01	18	16	20	0.05
红花籽粕	0.03	0.27	0.10	0.69	0.03	24	9	80	0.13
芝麻粕	0.05	0.50	0.04	1.20	0.04	48	4	27	0.06
葵籽粕	0.03	0.75	0.02	1.00	0.10	15	3	100	0.25
羽扇豆	0.01	0.13	0.10	1.00	0.01	70	4	30	0.18

(续)

原 料	氯 (%)	镁 (%)	钠 (%)	钾 (%)	铁 (%)	锰 (mg/kg)	铜 (mg/kg)	锌 (mg/kg)	硒 (mg/kg)
亚麻	0.05	0.30	0.08	1.20	0.02	74	17	91	0.11
肉粉	0.90	1.00	0.50	1.25	0.04	18	8	98	0.40
鱼粉 (60%)	0.55	0.21	0.47	0.32	0.06	25	8	119	1.85
家禽副产品粉	0.40	0.18	0.36	0.28	0.05	20	6	79	0.90
血粉	0.26	0.14	0.33	0.21	0.03	6	8	80	0.60
羽毛粉	0.40	0.20	0.70	0.30	0.05	15	12	7	0.72
乳清粉	0.07	0.13	0.43	0.19	0.02	4	43	105	0.06

(周鼎年 译)



## 致 谢

借助此书的出版，译者要向中国农业大学的三位老师致谢：第一位是已故的尊敬的杨胜教授，是他在1962年将我从劳动“锻炼”的农场调入饲养教研组；第二位是王云龙教授，是他在汗渍未干的涿县农场鼓励我去考出国进修；第三位是尊敬的戎易教授，是他在20世纪60年代初就教我们学习专业英语，也是戎先生的博学识广帮我选择了加拿大圭尔夫大学。

另外，我还要感谢三位美国朋友，因为是他们重新点燃了我那被熄灭的学术人生。第一位是在美国使馆工作的 Mr. Terry Foulley (傅泰瑞先生)，是他领我进入美国大豆协会的大门；第二位是美国大豆协会第一任首席代表 Dr. Don Bushman (卜东华博士)，是他在1992年聘任我为美国大豆协会驻华家禽技术主任；第三位是 Mr. Phillip W. Laney (雷天龙先生)，是他放手的领导艺术使我得以请到全球家禽业的精英来华传授技术，同时也使我受益匪浅。

作者还要向两位年轻人致谢，他们是：创荷美的石满仓先生和中国农业科学院饲料研究所的章海欧先生，没有他们的策划和具体帮助，此书的出版也将是不可能。

最后，要向中国农业出版社养殖中心以黄向阳主任为首的全体工作人员表示衷心的感谢！为了按照英文原版，他们在本书的版式、图表以及文字的编排上做了大量工作，付出了巨大的辛苦与努力。

最后，祝愿大家平安、健康！

译者 沈慧乐

2010年4月16日