ICS 91.200

A 31

团 体 标 准

T/CSEB 0023-XXX

高耸类构筑物拆除爆破工程技术设计规范

Technical design specification of high-rise structures demolition blasting engineering

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

20XX-XX-XX 发布 20XX-XX-XX 实施

中国爆破行业协会 发布

目 次

[1 范围 3](#_Toc100563045)

[2 规范性引用文件 3](#_Toc100563046)

[3 术语和定义 3](#_Toc100563047)

[4 符号 6](#_Toc100563087)

[5 设计依据、原则与内容 7](#_Toc100563088)

[5.1 设计依据 7](#_Toc100563089)

[5.2 设计原则 7](#_Toc100563090)

[5.3 设计内容 7](#_Toc100563091)

[6 方案选择 7](#_Toc100563092)

[6.1 一般规定 7](#_Toc100563093)

[6.2 爆破方案选择 8](#_Toc100563094)

[7 预拆除与预处理设计 8](#_Toc100563095)

[7.1 一般规定 8](#_Toc100563096)

[7.2 预处理与预拆除方案 8](#_Toc100563097)

[8 爆破参数设计 9](#_Toc100563098)

[8.1 一般规定 9](#_Toc100563099)

[8.2 爆破切口设计 9](#_Toc100563100)

[8.3 钻孔爆破参数设计 10](#_Toc100563101)

[8.4 水压爆破参数设计 11](#_Toc100563104)

[8.5 聚能切割爆破参数设计 11](#_Toc100563105)

[9 起爆网路设计 11](#_Toc100563106)

[9.1 一般规定 12](#_Toc100563107)

[9.2 起爆方法与起爆网路 12](#_Toc100563108)

[10 爆破安全设计 12](#_Toc100563109)

[10.1 一般规定 12](#_Toc100563110)

[10.2 爆破有害效应安全校核及控制措施 13](#_Toc100563111)

[10.3 安全警戒 13](#_Toc100563112)

[10.4 爆破应急预案 14](#_Toc100563113)

[附录A（规范性附录）高耸类构筑物拆除爆破工程技术设计内容 15](#_Toc100563114)

[附录B（规范性附录）高耸类构筑物拆除爆破工程爆破参数设计表式样 25](#_Toc100563115)

[附录C（资料性附录）筒形构筑物失稳判别计算方法 26](#_Toc100563116)

附录D（资料性附录）双向折叠爆破的理论分析法…………………………………………..27

附录E（规范性附录）爆破有害效应安全计算表式样………………………………………..30

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2020给出的规则起草。

本标准由中国爆破行业协会提出。

本标准由中国爆破行业协会标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

高耸类构筑物拆除爆破工程技术设计规范

1. 范围

本标准规定了高耸类构筑物爆破拆除的技术设计编制原则、内容、方法和要求。

本标准适用于各类常见高耸类构筑物爆破工程的技术设计。

1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 6722 爆破安全规程

T/CSEB 0007 爆破术语

1. 术语和定义

以下术语和定义适用于本文件。

* 1.

高耸构筑物拆除爆破 demolition blasting of towering structures

拆除烟囱、水塔等长径比较大的高耸构筑物爆破作业。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.1.2]

* 1.

精细爆破 precision blasting

基于控制炸药爆炸能量释放和作用过程，对爆破作业进行量化设计、精心施工与管理，并对爆破过程实时监测与动态反馈，实现安全高效、绿色环保的爆破技术。

[来源：T/CSEB 0007-2019，2.3]

* 1.

定向倒塌 directional blasting demolition

在待拆除建（构）筑物倾倒一侧的底部用爆破方法形成一个满足要求的爆破切口，破坏其结构的稳定性，导致整体结构失稳和重心点外移，在其自重作用下形成倾覆力矩，迫使其按预定的方向倒塌在一定范围内的现象。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.1.9]

* 1.

起爆网路 firing circuit；initiating circuit

向多个起爆药包传递起爆信息和能量的系统，包括电雷管起爆网路、导爆管雷管起爆网路、导爆索起爆网路、混合起爆网路和数码电子雷管起爆网路等。

[来源：GB 6722—2014，3.28]

* 1.

混合起爆网路 electric nonelectric initiation system

电爆网路和非电起爆网路同时使用的起爆网路。

[来源：T/CSEB 0007-2019，5.3.4]

* 1.

复式起爆网路 double firing system

在同一爆区或支路上的所有药室（或装药）中以相同的接线方式，平行敷设两套相同的起爆网路（称正、副起爆网路）。

[来源：T/CSEB 0007-2019，5.3.5]

* 1.

单位炸药消耗量 unit explosive consumption

爆破单位体积介质（岩体）的炸药消耗量。

[来源：T/CSEB 0007-2019，7.1.21]

* 1.

倾倒中心线 line of directional collapse

设计的建（构）筑物倾倒方向的中心线。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.1.11]

* 1.

原地坍塌 vertical blasting demolition

建（构）筑物的底部结构被破坏后，在其自重作用下重心下移，借助产生的重力加速度和触地时的冲击力自行解体，致使建（构）筑物在原地坍塌、破坏的拆除爆破形式。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.1.12]

* 1.

折叠倒塌 folded blasting demolition

使建（构）筑物先折叠后倒塌触地的拆除爆破形式。折叠式倒塌可分为单向折叠倒塌和双向折叠倒塌两种方式。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.1.13]

* 1.

单向折叠倒塌 unidirectional successive folded collapse

自上而下将建（构）筑物分一定结构段按定向倾倒方式顺序起爆，使建（构）筑物的每个结构段均向一个方向连续倒塌的拆除爆破形式。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.1.14]

* 1.

双向折叠倒塌 two side alternate folded collapse

自上而下将建（构）筑物分一定结构段按定向倾倒方式顺序起爆，使建（构）筑物的每个结构段交替向前后两个方向连续倒塌的拆除爆破形式。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.1.15]

* 1.

爆破切口 blasting cutting

在建（构）筑物爆破拆除时，为创造可靠的失稳条件，而在其一定部位采用爆破破坏形成的切口。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.1.16]

* 1.

导向窗 direction-guide window

为保证烟囱或水塔倒塌的准确性，在爆破切口区域沿倒塌方向中心线对称开凿的一定高度和宽度的窗口。

* 1.

卸荷槽 relief groove

针对大径薄壁筒体构筑物，预先在爆破切口上方壁体上开设的具有一定长度、宽度和数量的有利于加速诱导结构破坏的沟槽。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.1.24]

* 1.

定向窗 orientation opening

为确保爆破切口和预留支撑界面的参数满足设计要求，在爆破切口两端用机械或爆破方法预先形成的一个窗口。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.1.20]

* 1.

后坐 back ward collapse

建（构）筑物在爆破作用下倒塌时，其底部保留部分难以支撑其重量而产生往下、往后坠落坍塌的现象。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.2.12]

* 1.

水压爆破 water pressure blasting

在容器类构筑物中注水，将药包悬挂于水中适当位置，利用水的不可压缩性传递炸药爆炸产生的爆轰压力传递到构筑物周壁上，使构筑物周壁的介质均匀受力破坏的爆破技术。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.1.21]

* 1.

预拆除preliminary demolition

为确保建（构）筑物失稳倒塌和减少爆破量，爆破之前对建（构）筑物局部进行的机械等拆除作业。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.2.2]

* 1.

预处理 preliminary processing

爆破拆除建（构）筑物前，根据需要预先对其结构局部进行削弱或者加强的行为。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.2.1]

* 1.

塌落振动 collapse vibration

爆破拆除建（构）筑物时，结构解体塌落触地引起的地面振动。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.2.4]

* 1.

减振沟 vibration damping bitch

为改变振动波传播路径，削弱振动强度，在合适位置开挖的具有一定尺寸的沟槽。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.2.8]

* 1.

减振堤 shockproof dam

在预计的爆破体塌落地面确定范围里，设置的具有一定厚度和高度，用于吸收结构解体塌落撞击地面能量的堤坝。

[来源：T/CSEB 0007-2019，8.2.9]

* 1.

爆破有害效应 adverse effects of blasting

爆破时对爆区附近保护对象可能产生的有害效应。如爆破引起的振动、个别飞散物、空气冲击波、噪声、水中冲击波、动水压力、涌浪、粉尘、有害气体等。

[来源：T/CSEB 0007-2019，2.34]

* 1.

爆破安全 blasting safety

为防止和消除爆破有害效应所采取的控制方法和防护技术。

[来源：T/CSEB 0007-2019，2.33]

* 1.

爆破振动 blast vibration

指爆破引起传播介质沿其平衡位置作直线或曲线往复运动的过程。

[来源：T/CSEB 0007-2019，11.1.7]

* 1.

个别飞散物blasting flying rock

爆破作业过程中被炸药能量抛掷到空中或地面等碎渣、杂物或石块等。

[来源：T/CSEB 0007-2019，11.1.11]

1. 符号

下列符号适用于本文件。

*Acmin*：承载面积，m2；

*a*：炮孔孔距（水压爆破时为药包间距），mm；

*b*：炮孔排距，mm；

*D*：爆破切口底截面外直径，m；

*d*：炮孔直径，mm；

$f\_{t}$：预留支撑体材料的极限抗拉强度，$P\_{a}$；

$f\_{c}$：预留支撑体材料的极限抗压强度，$P\_{a}$；

*g*：重力加速度，${m}/{s^{2}}$；

*H*：冷却塔高度，m；

$H\_{1}$：构筑物重心下落高度，m；

$H\_{s}$：注水深度，m；

$h$：爆破切口高度，m；

$h\_{1}$：水压爆破药包入水深度，m；

$K$：爆破点至保护对象间的地形、地质条件有关的系数；

$K\_{1}$：药量系数，一般情况下，根据爆破对象、材料和要求破碎程度等，取$K\_{1}$=2.5~10，对于钢筋混凝土结构，取$K\_{1}$﹥4；

$K\_{2}$：结构物内半径$R\_{2}$和壁厚$δ$的比值有关的坚固性系数，当薄壁时，$\left({\hat{δ}}/{\hat{R}\_{2}}\right)\leq 0.1$，$K\_{2}$=1；其余情况，$K\_{2}=0.94+0.7\left({\hat{δ}}/{\hat{R}\_{2}}\right)$；

$K\_{t}$：触地振动衰减参数；

*L*：切口弧长，m；

*l*：炮孔深度，mm；

*M*：构筑物下落质量，t；

$M\_{G}$：上部筒体自重对预留支撑体偏心引起的倾覆力矩，N·m；

$M\_{R}$：预留支撑体的极限抗弯曲力矩，N·m；

$Q$：水压爆破装药量，g；

$Q\_{max}$：齐发爆破为总药量，延时爆破为最大单段药量，kg；

$Q\_{i}$：单孔装药量，g；

*q*：炸药单耗，${g}/{m^{3}}$；

$R$：保护对象与爆破点的距离，m；

$R\_{1}$：爆破切口底截面外半径，m；

$R\_{2}$：圆筒形容器通过药包中心的截面内半径，m；

$S\_{R\_{2}}$：通过药包中心结构物内空间的水平截面积，m*2*；

$S\_{δ}$：通过药包中心结构物壁体的水平截面积，m*2*；

$V$：爆破介质的体积，m*3*；

$v$：保护对象质点振动速度，${cm}/{s}$；

*vt*：塌落振动速度，cm/s；

$W$：最小抵抗线，mm；

$α$：爆破点至保护对象间的地形、地质条件有关的衰减指数；

$β$：触地振动衰减参数；

$δ$：筒壁厚度，mm；

$θ$：爆破切口圆心角，°；

$φ$：定向窗切口闭合角，°；

$φ’$：冷却塔爆破切口张开角，°；

$σ\_{α}$：极限抗压强度，Pa；

$σ\_{tmax}$：预留支撑体倾倒方向反侧的最外侧点产生的最大拉应，$P\_{a}$；

$σ\_{cmax}$：预留支撑体倾倒方向侧的最外侧点产生的最大压应，$P\_{a}$。

1. 设计依据、原则与内容
	1. 设计依据

高耸类构筑物拆除爆破工程技术设计应依据下列内容：

1. 法律法规、规范标准；
2. 项目合法性文件；
3. 招投标文件、委托合同；
4. 项目设计文件、相关图纸资料；
5. 工程安全、质量、工期与环保要求；
6. 高耸类构筑物施工图、周围环境、地上（下）与空中需保护对象资料；
7. 现场勘查、试验、监测报告。
	1. 设计原则
		1. 应遵循安全可靠、技术先进、经济合理、节能高效和绿色环保原则。
		2. 应积极推行智能设计、施工数字化等行之有效的新技术、新工艺、新设备和新材料。
	2. 设计内容

高耸类构筑物拆除爆破工程技术设计内容的编写应符合附录A的规定。

1. 方案论证与选择
	1. 一般规定
		1. 应根据下列内容进行方案选择与论证：
2. 工程的特点，包括：爆破对象的建设时间、地理位置、爆区环境、结构形式、材料特性、工程量等；
3. 工程质量、工期与安全环保要求等；
4. 其他应说明的情况。
	* 1. 应编制爆区环境平面示意图，相对位置剖面图及说明，包括：
5. 爆破对象的名称、数量、平面位置等；
6. 保护对象的名称、类别、特征以及与爆破对象的相对位置关系等；
7. 爆区周边交通情况；
8. 其他备注或说明。
	* 1. 爆破对象结构及说明，包括：
9. 爆破体结构图；
10. 钢筋混凝土墙、梁、柱、板、筒壁配筋及强度；
11. 烟囱烟道口、出灰口，水塔检修门等特殊结构情况；
12. 其它备注或说明。
	1. 爆破方案选择
		1. 依据爆破对象的结构形式、周边环境和工程要求等，可选择定向倒塌、折叠倒塌、原地坍塌等倒塌方式，适用条件参见表1。

表1倒塌方式及其适用范围

|  |  |
| --- | --- |
| 倒塌方式 | 适用范围 |
| 定向倒塌 | （1）适用于各类高耸构筑物；（2）倒塌区域的长度应满足：烟囱、水塔≥1.2倍高度；冷却塔≥0.5倍高度；（3）倒塌区域的宽度应考虑一定的倒向误差，原则上不小于±5°。 |
| 折叠倒塌 | 单向折叠 | （1）主要适用于高耸烟囱、水塔；（2）四周倒塌距离不满足定向倒塌条件，但在某一个方向上有≥0.6倍高度的倒塌距离。 |
| 双向折叠 | （1）主要适用于高耸烟囱、水塔；（2）四周倒塌距离不满足定向倒塌条件，在两个相对方向上均有≥1/3倍高度的倒塌距离。 |
| 原地坍塌 | 四周倒塌距离不满足定向倒塌和折叠倒塌条件。 |
| 注：1.对于倒塌距离不能满足底部单切口一次定向倾倒爆破拆除的高耸构筑物，还可通过采取提高切口位置、分段（次）爆破的方式达到定向倾倒爆破拆除的目的。 2.拆除对象的主要构件可采用钻孔爆破、水压爆破、聚能切割爆破等方法进行破坏：砌体构件、钢筋混凝土构件宜采用钻孔爆破，容器式结构物宜采用水压爆破，钢结构采用聚能切割爆破。 |

* + 1. 爆破方案还可参考类似工程案例进行选择。
1. 预拆除与预处理设计
	1. 一般规定
		1. 预拆除或预处理应能起到简化结构，提高倒塌方向的准确性等作用。
		2. 预拆除或预处理应有严格的设计，详细标明位置和尺寸，并应进行结构稳定性校核。
		3. 为确保倒塌的可靠性和准确性，可对支撑区进行补强加固处理。
		4. 影响倒塌的爬梯、内部管道等附属设施应预先处理。
		5. 水塔的水箱进行水压爆破时，应采取补漏措施。
	2. 预处理与预拆除方案
		1. 定向窗、导向窗和卸荷槽应沿倒塌中心线对称布置。
		2. 定向窗闭合角度宜选取$φ$=25°～35°，底边长应不小于2~3倍的壁厚。

在冷却塔倾倒中心线的两侧塔壁上，每间隔2~3对人字柱可预开设出一条卸荷槽，宽度宜取0.5m左右，高度自倾倒方向中心线向两侧依次减小，并根据复合爆破切口形状确定。

* + 1. 机械拆除影响烟囱倒塌的积灰平台（含井字梁、环形悬臂梁）；内衬的预拆除应与筒壁的预拆除同步处理。
		2. 冷却塔内部的淋水平台宜采用机械预拆除。
		3. 烟道口、出灰口、检修门等孔洞对倒塌方向准确性有影响时，应对其进行封堵或加固处理。
1. 爆破参数设计
	1. 一般规定
		1. 根据工程特点、结构特征、爆区周边环境、施工方法、施工机械设备及爆破器材等情况，合理选取爆破参数。
		2. 爆破参数主要包括：
2. 切口位置、数量、方向、几何参数；
3. 最小抵抗线、布孔形式、孔距、排距；
4. 炮孔孔径、孔深、倾角；
5. 单位炸药消耗量；
6. 单孔装药量、单段起爆药量及总装药量、炮孔数量；
7. 装药结构。
	* 1. 应编制爆破参数设计表，格式应符合附录B表B.1的规定。
		2. 爆破参数应根据现场试爆情况进行优化调整。
	1. 爆破切口设计
		1. 切口数量和位置按以下原则布置：
8. 定向倾倒：布置一个爆破切口。倒塌距离允许时，切口宜设在底部；倒塌距离不足时，可适当提高切口位置；
9. 原地坍塌：烟囱、水塔等高耸构筑物在筒身不同高度布置多个切口；
10. 折叠爆破：宜布置2～3个爆破切口，爆破切口的布置宜保证各分段的重量应大致相等，爆破切口的数量和布置高度可通过附录C或数值模拟进行验算。
	* 1. 切口形状按以下原则设计：
11. 定向倾倒或折叠倒塌可采用正梯形、倒梯形、三角形、喇叭口形或复合形切口；
12. 原地坍塌宜在筒身不同高度布置多个环形切口；
13. 冷却塔爆破可采用复合式切口，包括爆破的人字柱或X形柱、预切割的圈梁和布有卸荷槽的塔壁部分，平面展开近似梯形。
	* 1. 切口圆心角应满足下列条件：

——爆破切口圆心角$θ$一般取200°～220°，且应满足倾覆力矩大于预留支撑体截面的极限抵抗力矩，按公式（1）计算。同时，可根据附录D计算设计圆心角是否满足失稳控制条件：

$M\_{G}\geq M\_{R}$ （1）

——预防下坐现象时，应使构筑物支撑区截面的最小竖向残余抗压承载力大于其重量，按公式（2）计算：

 （2）

* + 1. 切口底边长度可按公式（3）计算：

$L=\frac{θ}{360}πD$ （3）

* + 1. 定向倾倒或折叠坍塌切口高度应满足下列原则：
1. 切口范围内的混凝土脱离钢筋骨架后，竖向钢筋骨架能保证失稳；
2. 筒身倾倒至切口闭合时，重心偏移距离大于外半径。
	* 1. 定向倾倒的切口高度可按公式（4）或（5）计算：

*h*=（3.0~7.0）*δ* （4）

$h=（\frac{1}{5}\~\frac{1}{3}）D$ （5）

* + 1. 原地坍塌应在筒身不同高度布置多个切口，切口高度可参照公式（4）或（5）计算。
		2. 冷却塔采用组合式爆破切口时，其爆破切口张开角可参照图1按公式（6）计算：

$φ’：>arctan\left(\frac{D}{2H}\right)$ （6）

 

图1 冷却塔爆破切口示意图

* 1. 钻孔爆破参数设计
		1. **布孔方式**

8.3.1.1布孔方式可选用矩形布孔、正方形布孔和梅花形布孔。

8.3.1.2布孔方式优先采用梅花形布孔，有利于改善破碎效果。

* + 1. **最小抵抗线**

8.3.2.1最小抵抗线的确定取决于构件的材质、结构特征、自由面的数量、构件尺寸等因素。

8.3.2.2最小抵抗线可按公式（7）计算：

$ W=\frac{1}{2}δ$ （7）

* + 1. **炮孔直径与深度**

8.3.3.1炮孔直径一般为38～42mm。

8.3.3.2 炮孔深度*l*可按公式（8）计算：

$l=(0.6\~0.8)δ$ （8）

* + 1. **炮孔孔距与排距**

8.3.4.1 炮孔间距*a*宜大于最小抵抗线*W*，可按公式（9）计算：

*a*=(1.0~2.0) *W* （9）

8.3.4.2 炮孔排距b可按公式（10）计算：

*b*=(0.85~1.0)*a* （10）

* + 1. **单位炸药消耗量与单孔装药量**

8.3.5.1 单位炸药消耗量*q*主要根据爆破构件形状、尺寸、自由面数量，以及材料强度、配筋情况和爆破器材性能等因素确定，应通过表2工程类比进行初选，再根据现场试爆结果合理确定。

表2单位炸药消耗量取值推荐表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 结构类型 | 壁厚*δ*/cm | 单位炸药消耗量*q*/(g/m3) |
| 砖结构筒壁 | 37 | 2100~2500 |
| 49 | 1350~1450 |
| 62 | 880~950 |
| 75 | 640~690 |
| 89 | 440~480 |
| 101 | 340~370 |
| 114 | 270~300 |
| 钢筋混凝土筒壁 | 20 | 2500~4500 |
| 30 | 2500~3500 |
| 40 | 2500~3000 |
| 50 | 2000~2500 |
| 60 | 1800~2200 |
| 70 | 1500~2000 |
| 80 | 1200~1800 |
| 钢筋混凝土梁柱 | / | 1200~2000 |
| 注：单层配筋取小值，双层配筋取大值，并根据配筋率做适当调整，表中未列出尺寸的构件的炸药单耗可根据相近尺寸及试爆结果确定，以上单位炸药消耗量按2号岩石乳化炸药计算。 |

8.3.5.2 单孔装药量可按公式（11）计算：

$Q\_{i}=q∙V$ （11）

* 1. 水压爆破参数设计
		1. 装药量计算

圆筒形空心薄壁构件水压爆破装药量可按公式（12）或（13）计算：

$Q=K\_{1}δ^{1.6}R\_{2}^{1.4}$ （12）

$Q=K\_{1}（K\_{2}\hat{δ}）^{1.6}\hat{R}\_{2}^{1.4} $ （13）

非圆筒形薄壁构件进行水压爆破时，式（13）中应采用等效内径和厚度，可分别按公式（14）和（15）计算：

$\hat{R}\_{2}=\left(^{S\_{R\_{2}}}/\_{π}\right)^{1/2}$ （14）

$\hat{δ}=\hat{R}\_{2}\left[\left(1+S\_{δ}/S\_{R\_{2}}\right)^{1/2}-1\right]$ （15）

* + 1. 药包数量与布置

应根据薄壁构件的容积和形状确定布置单药包或群药包，使容器的四壁受到均匀的破碎作用：

药包间距可按公式（16）计算：

$a\leq \left(1.3～1.4\right)R\_{1}$ （16）

药包的入水深度*h*1可按公式（17）计算，其中，注水深度应不低于结构物净高的0.9倍，且宜注满。

*h*1=（0.6～0.7）*Hs* （17）

* 1. 聚能切割爆破参数设计
		1. 高耸构筑物的钢结构承重构件，宜采用聚能切割爆破。
		2. 具体参数可参考类似工程案例或通过现场试验、模型试验等方式确定。
1. 装药结构设计
	* 1. 应根据构件材料特征、炮孔深度、最小抵抗线、配筋情况、自由面条件、爆破效果以及安全要求等因素选择装药结构形式，一般宜采用连续装药结构，孔底起爆。
		2. 当采用间隔装药结构时，应遵循炸药能量均衡利用原则，并根据结构特征、设计炸药单耗、破碎要求综合确定药包数量和间隔距离。
		3. 进行装药结构设计时，应绘制装药结构图，内容包括：
2. 钻孔直径、角度；
3. 孔深；
4. 药包直径、长度和位置；
5. 填塞材料、填塞长度、填塞位置和填塞结构。
6. 起爆网路设计
	1. 一般规定
		1. 应根据爆破规模、爆破器材类型和周围环境特点及安全与质量要求，选择起爆方法并进行起爆网路设计。
		2. 原则上宜采用复式起爆网路。
		3. 应编制起爆网路图，内容包括：
7. 起爆网路类型；
8. 起爆的炮孔数量、排数；
9. 孔内、外雷管段别及延时时间；
10. 起爆顺序、起爆点位置；
11. 其他备注或说明。
	* 1. 采用折叠爆破时，宜采用“自上而下”起爆顺序；起爆时差应不小于上段旋转1°~2°所需的时间，不大于切口闭合时间；采用双向折叠爆破时，切口闭合时应确保高耸构筑物在空中的运动姿态呈Z字形，下段落地时上下段之间的夹角必须小于90°；应根据各段失稳状态、切口闭合状态和下落运动状态等要求，通过附录D的理论方法或数值模拟对起爆时差进行验算。
		2. 爆破切口内的内衬需爆破拆除时，与筒壁炮孔同时起爆。
		3. 当多座高耸构筑物一次性整体爆破拆除时，各构筑物之间的延期时间应根据构筑物结构、相对位置关系、倒塌方式等因素综合确定。
	1. 起爆方法与起爆网路
		1. 起爆方法可采用电起爆、非电起爆和混合起爆；电起爆方法主要为工业电子雷管起爆；非电起爆方法主要为导爆管雷管起爆；混合起爆方法主要为工业电子雷管-导爆管混合起爆。
		2. 导爆管雷管起爆网路应采用接力起爆网路或闭合起爆网路。
		3. 当采用工业电子雷管起爆时，应校核起爆能力，必要时应分区域组网，采用多起爆器起爆。
		4. 重要的构筑物拆除爆破工程，应采用复式起爆网路。
12. 爆破安全设计
	1. 一般规定
		1. 根据工程特点、周围环境和爆破安全要求等进行爆破安全设计。
		2. 爆破安全设计主要包括爆破振动、塌落振动、个别飞散物、爆破空气冲击波与噪声、有害气体与粉尘、筒体压缩气浪、触地飞溅等有害效应的校核与控制，并根据实际情况选择监测项目。
		3. 评估有害效应对保护对象的影响时，应根据保护对象的特征，选择相应的规程、规范作为评估依据，并根据工程实际情况编制爆破有害效应安全计算表，格式应符合附录E表E.1、表E.2的规定。
		4. 爆破安全防护措施设计应明确防护方法、防护部位、防护参数和防护材料等具体内容，并绘制相应的安全防护措施示意图。
	2. 爆破有害效应分析与计算
		1. 爆破振动可按公式（18）计算，公式（18）中K、*α*取值应根据现场试爆的爆破振动实测结果估算确定，或参照类似工程选取。

$v=k（\frac{\sqrt[3]{Q\_{max}}}{R}）^{α}$ （18）

* + 1. 塌落振动可按公式（19）计算：

$vt=K\_{t}\left[\frac{R\_{2}}{\left({MgH\_{1}}/{σ}\right)^{{1}/{3}}}\right]^{β}$ （19）

* 1. 爆破安全防护
		1. 爆破振动控制措施包括：
1. 控制最大单段药量；
2. 选取合适的起爆顺序和延期时间；
3. 在爆破对象与保护对象之间开挖减振沟；
4. 其他控制措施。
	* 1. 塌落振动控制措施包括：
5. 选择合理的倒塌方式、起爆顺序和延期时间；
6. 控制结构单次触地质量；
7. 在倒塌范围内铺设减振堤；
8. 在爆破对象与保护对象之间开挖减振沟；
9. 其他控制措施。
	* 1. 爆破个别飞散物控制措施包括：
10. 对爆破部位采用竹排、棉被、钢丝网等材料进行覆盖防护；
11. 在爆破切口外侧，临近房屋搭设防护排架、悬挂密目安全网等措施进行近体防护；
12. 在重要保护对象的迎爆侧搭设防护排架、悬挂密目安全网等措施进行保护性防护。
	* 1. 爆破空气冲击波与噪声的控制措施包括：
13. 选取合理的爆破参数；
14. 控制一次爆破总药量、单段最大起爆药量；
15. 确保填塞长度和填塞质量；
16. 对孔外雷管进行防护；
17. 其他控制措施。
	* 1. 有害气体控制措施包括：
18. 选择合适的炸药品种和装药结构；
19. 确保装药质量、填塞长度和填塞质量。
	* 1. 粉尘控制措施主要包括：
20. 选取合理的单位炸药消耗量；
21. 采取清除尘源、爆炸水雾降尘、爆后洒水等降尘措施。
	* 1. 触地飞溅控制措施主要包括：
22. 清理倾倒范围内的碎石、软泥等易飞溅的杂物；
23. 减振堤采用软质材料进行覆盖，并保证覆盖材料的强度和整体性。
	* 1. 对筒体压缩气浪可能影响范围内的保护对象采取防护措施。
		2. 为防止触地飞溅的危害，应将垂直于倒塌方向两侧的警戒范围适当扩大。
	1. 安全警戒
		1. 安全警戒包括作业安全警戒和爆破安全警戒。
		2. 作业安全警戒是指爆破器材临时存放、药包制作、装药、填塞、网路连接等环节的安全警戒。
		3. 爆破安全警戒是指起爆和爆后检查环节的安全警戒。
		4. 爆破安全警戒信号包括预警信号、起爆信号、解除信号等。
		5. 应根据爆区位置、周围环境、周边交通运输道路等情况进行爆破安全警戒设计，确定警戒范围、警戒点数量与位置、起爆站位置。
		6. 爆破安全警戒范围应根据爆破有害效应安全验算距离确定，并满足GB 6722规定的爆破最小安全警戒范围。
		7. 应根据现场实际情况绘制爆破安全警戒示意图，内容包括：
24. 爆破对象位置；
25. 爆破警戒范围；
26. 警戒点数量、位置；
27. 警戒点与爆破点的直线距离；
28. 爆区周边交通运输道路；
29. 指挥部及起爆站位置；
30. 应急救援人员、设施位置；
31. 其他备注或说明。
	1. 爆破应急预案

应急预案主要内容包括：

1. 应急救援指挥机构及组织；
2. 应急救援处置的工作流程；
3. 应急救援机构人员之间的通信联络方式；
4. 事故应急措施及处理方案。

# 附录A

（规范性附录）

高耸类构筑物拆除爆破工程技术设计内容

**1 设计依据与原则**

1.1 设计依据

1.2 设计原则

**2 方案论证与选择**

2.1 工程概况

2.2 安全与技术要求

2.3 方案比选

**3 预处理设计**

3.1 主体结构预处理

3.2 附属结构预处理

**4 爆破参数设计**

4.1 爆破切口

 4.1.1 切口高度

 4.1.2 切口圆心角

 4.1.3 切口弧长

 4.1.4 切口闭合角

4.2钻孔爆破参数

 4.2.1炮孔直径

 4.2.2炮孔深度

 4.2.3最小抵抗线

 4.2.4炮孔布置

 4.2.5炮孔孔距

 4.2.6炮孔排距

 4.2.7单位炸药消耗量

 4.2.8单孔装药量

4.3水压爆破参数

 4.3.1水压爆破药量计算

 4.3.2药包数目

 4.3.3药包位置

 4.3.4药包入水深度

4.4聚能切割爆破参数

**5装药结构设计**

**6 起爆网路设计**

**7 爆破安全设计**

7.1 爆破有害效应分析与计算

7.2 爆破安全防护措施

7.3 安全警戒

7.4爆破应急预案

**8 附图表**

附图1爆破环境平面示意图

附图2地下管线示意图

附图3构筑物结构示意图

附图4总体方案示意图

附图5爆破切口示意图

附图6预处理部位平面和剖面示意图

附图7装药结构示意图

附图8起爆网路示意图

附图9安全防护措施示意图

附图10爆破有害效应监测点布置图

附图11爆破安全警戒示意图

表1 爆破参数设计表

表2 爆破振动预测值及安全评价表

表3 塌落振动预测值及安全评价表

表4 爆破个别飞散物飞散距离预测值及安全评价表

# 附录B

（规范性附录）

高耸类构筑物拆除爆破工程爆破参数设计表式样

表B.1为高耸类构筑物拆除爆破工程参数设计表式样。

表B.1 高耸类构筑物拆除爆破工程爆破参数设计表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **爆破参数** | **单位** | **设计取值** | **备注** |
| 1 | 爆破切口高度*h* | m |  |  |
| 2 | 爆破切口弧长*L* | m |  |  |
| 3 | 爆破切口圆心角*θ* | ° |  |  |
| 4 | 爆破切口闭合角$φ$ | ° |  |  |
| 5 | 炮孔直径*d* | mm |  |  |
| 6 | 最小抵抗线*W* | mm |  |  |
| 7 | 炮孔孔距*a* | mm |  |  |
| 8 | 炮孔排距 *b* | mm |  |  |
| 9 | 炮孔孔深 *l* | mm |  |  |
| 10 | 单位炸药消耗量 *q* | g/m3 |  |  |
| 11 | 单孔装药量 $Q\_{i}$ | g |  |  |
| 12 | 起爆雷管 | 段或 ms |  |  |
| 13 | 传爆雷管 | 段或 ms |  |  |
| …… | …… | …… | …… | …… |

# 附录C

（资料性附录）

筒形构筑物失稳判别计算方法

C.1 1/2受压区混凝土所产生的抵抗力矩为：

 （C.1-1）

C.2 1/2受压区的钢筋产生的抵抗力矩为：

（C.1-2）

C.3 1/2受拉区钢筋产生的极限抵抗力矩为：

 （C.1-3）

C.4 倾覆力矩大于抵抗力矩的条件可表示为：

 （C.1-4）

式中，

，





**图2 筒形构筑物支撑区受力特征示意图**

# 附录D

（资料性附录）

双向折叠爆破的理论分析法

D.1 进行建筑物的双向双次折叠爆破时，应根据切口起爆顺序和时差分阶段进行如下运动学分析，对爆破切口位置、起爆时差等参数进行验算。

D.1.1 自上而下起爆时，第一切口起爆后，上段结构的运动学分析可采用下式计算：

 (D.1-1)

其边界条件为:



式中，为求解未知量，是的初始角；*t*为时间，设上切口的起爆时*t*=0；是角速度。*J*1是上段的转动惯量（旋转轴是上部塑性铰链），*r*1是上段质心到上部塑性铰链的距离，*θ*1是*r*1与垂直轴的夹角，*m*1是上段的质量，*g*是重力加速度。

D.1.2自上而下起爆时，第二切口起爆后，两分段的运动学分析可采用下式计算：

 (D.1-2)

设下切口起爆时间为*t*1，设相对时间为，其边界条件为:

, , , 

式中，和为求解未知量，和是下切口起爆(*t*=*t*1)时*θ*1和*θ*2的角度，是*t*=*t*1时刻上段转动的角速度，由上段运动学分析得到。



**图3 双次折叠爆破模式**

D.2 进行建筑物的双向三次折叠爆破时，应根据切口起爆顺序和时差分阶段进行如下运动学分析，对爆破切口位置、起爆时差等参数进行验算。

D.2.1 自上而下起爆时，第一和第二切口起爆后，前两个阶段的运动学分析可依据C.1计算。

D.2.2 自上而下起爆时，第三切口起爆后，三个分段的运动学分析可采用下式计算：

 (D.1-3)

式中，；； ； ； ； ； ； ； 。

设相对时间，上式的边界条件为:

； ； ； ； ； 

式中，、、为求解未知量，、、是第三切口起爆(*t*=*t*2)时*θ*1、*θ*2、*θ*3的角度，、是*t*=*t*2时刻第一段和第二段转动的角速度，由第二切口起爆后第一和第二分段的运动学分析得到。



**图4 三次折叠爆破模式**

# 附录E

（规范性附录）

爆破有害效应安全计算表式样

表E.1、表E.2给出了爆破有害效应安全计算表式样。

表E.1 爆破振动预测值及安全评价表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **保护目标** | **距离*R*/m** | ***K*、*α*值** | ***Q*max/kg** | ***v*允许值/(cm/s)** | ***v*预测值/(cm/s)** | **评价** |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| …… | …… | …… | …… | …… |

表E.2 塌落触地振动预测值及安全评价表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **保护目标** | **距离*R*/m** | ***K*t、*β*** | ***M*/t** | ***v*允许值/(cm/s)** | ***v*预测值/(cm/s)** | **评价** |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| …… | …… | …… | …… | …… |