

南通土木建筑



第三十八卷第1期 (总第152期)

2023年3月印刷

主编 崔建生

副主编 成一峰

编委 于 雯 王玉章

成一峰 崔建生

刘永勤 陈 钰

易兴中 周金泉

施 中 徐 进

姚富民 崔开太

顾静忠 季晓健

于 斌 丁祥勇

编辑:

《南通土木建筑》编辑部

编印:

南通市土木建筑学会

地址:南通市人民中路95号

纺织大厦17楼

电话:0513-85516378

传真:0513-85516378

邮编:226006

E-mail:228855476@qq.com

QQ:228855476

QQ群:326669422

印刷:南通华民彩印有限公司

印数:1000册

发送对象:学会会员

准印证号:S(2023)06000115

内部资料,免费交流

目 录

学会动态

02 南通市土木建筑学会2023年度工作要点

03 学会召开专业委员会秘书长工作会议

04 建筑施工专业委员会组织江阴新桥文体中心项目观摩交流

05 全省房屋鉴定检测人员专业技能学习班在南通开班

05 江苏省土木学会工程鉴定与加固改造专业委员会年度会议在南通召开

钢结构

06 新桥镇文体中心大跨度钢结构管桁架的提升施工工艺

..... 缪海群,顾建春,许馨文

BIM技术

34 三维扫描在某新建医院管线综合中的应用

..... 许馨文,陈州,顾俊斌

建筑工程

40 建筑工程勘察中桩基础技术的应用与探究 吕乐,李诚忠

装配式结构

44 钢管桁架预应力混凝土叠合板(PK3板)在建筑工程中的应用

..... 蒋达

南通市土木建筑学会2023年度工作要点

指导思想:2023年,学会要以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,全面学习、把握、落实党的二十大精神,坚持“为科技工作者服务、为创新驱动发展服务、为提高全民科学素质服务、为党和政府科学决策服务”的职责定位,发挥优势,开拓创新,开创学会工作新局面。

一、加强自身建设,夯实发展基础

(一)筹划召开十四次会员代表大会,完成换届选举工作。2023年12月,十三届理事会任期届满,按章程规定,应召开会员代表大会换届选举。南通市土木建筑专家咨询中心将筹备成立首届理事会、监事会。

(二)以增强服务能力和发展能力为主线,加强秘书处组织建设和能力建设。换届后,学会秘书处要完成秘书长、副秘书长职责分工。

(三)加强专业委员会组织建设和能力建设。各专业委员会要定期召开专业委员会委员会议和学术年会,精心谋划专业委员会工作,开创专业委员会工作的新局面。学会换届时,要同时完成专业委员会组成人员改选工作。通过改选,把热心学会工作,具有奉献、兢业、创新、协作精神的优秀学术技术带头人配备为专业委员会主要骨干,注意保持专业委员会队伍的稳定性和工作的连续性。

(四)继续开展争先创优活动。做好年度学会先进集体和先进工作者的评比推荐表彰工作,充分发挥示范带动效应,为提升学会四个服务能力打牢基础。印发《专业委员会年度考核赋分说明》,进一步完善、规范考核办法。

(五)以5A标准规范学会各项工作,在适当时机申报5A社团,将学会工作推上一个新台阶。

二、坚持服务党委、政府中心工作,创造条件承接政府转移职能

充分发挥学会优势,主动对接政府有关部门,积极承接政府职能,为经济社会发展和城市

建设提供技术支撑和保障。利用专家咨询中心成立理事会契机,进一步加强咨询中心组织建设、制度建设和服务能力建设。

继续组织好全市建设工程系列工程技术人员申报中、高级职称论文和重大项目的评价工作。建立学会专家工作站,更好地发挥专家在科技创新、学术研究、科技咨询和智库建设等方面的作用。积极向政府部门推荐优秀科技人才。

三、提高会刊质量,加强学会网站建设

要进一步提高会刊的质量,丰富会刊内容。年初召开会刊编辑委员会会议,探讨扩大稿源、提高会刊质量、做好发行工作的方法与路子。秘书处要建立健全网站管理制度,安排专人负责网站工作,对网站的栏目进行梳理,充实相关内容,加大信息传递量,尤其要及时更新网站内容,充分发挥网站的交流平台作用。

四、积极推出品牌论坛,提高学术活动质量水平

各专业委员会要有组织、有针对性地在智慧建筑、装配式建筑、BIM技术应用、建筑节能与绿色建筑、“助力碳达峰、碳中和”等方面组织学术研讨、专业培训、参观考察、科普宣传等活动,为推动我市城乡建设事业发展发挥应有作用。秘书处和有条件的专业委员会要通过各种渠道,争取在南通举办(协办)全省、全国性学术交流活动和较高层次学术论坛。开设“土木建筑工程科技大讲堂”,邀请高等院校教授介绍现代科技前沿性、前瞻性理论与实践知识。开展南通市自然科学优秀学术论文评比推荐工作。在“全国科普日”“科普活动周”组织开展科普进社区活动。

五、坚持为科技工作者服务、为会员单位服务宗旨

积极组织推荐第二届南通市“最美科技工作者”。认真组织开展5·30全国科技工作者日活动,召开科技工作者座谈会,学习首届南通市最美科技工作者先进事迹。贯彻落实市建筑业发展

大会精神,发挥科技社团作用,为推进现代化“建筑强市”建设,打造“新时代建筑之乡”,再创南通建筑业黄金时代提供技术支撑和人才支撑。开展第二届“南通市土木建筑科技奖”评选活动。

六、发挥监事会职能,加强监事会在换届选举和学会重大事项中的监督作用

学会换届、专家咨询中心成立理事会时,监事会全程参与监督。组织监事会成员学习贯彻党中央、国务院关于“推进减税降费和坚决制止‘乱收费’”部署要求,讨论制订学会自律标准,发挥监事会在学会财务收支等方面监督作用。

七、坚持党建引领,促进党建强会建设

邀请市科协领导作《学习贯彻二十大精神,促进社团科技创新》专题党课教育活动。坚持“三会一课”制度和党的重要文件学习制度。将学会支部更名为学会及专家咨询中心联合党支部,充分发挥联合党支部在学会和专家咨询中心各项工作中的政治引领作用。争创市科协系统优秀功能性党组织。筹建学会党建工作活动室。

南通市土木建筑学会

2023年3月7日

学会召开专业委员会秘书长工作会议



2月14日,学会召开专业委员会秘书长工作会议。会议主要内容是:各专业委员会汇报2022年度工作,推荐2022年度学会示范专业委员会、先进专业委员会;介绍学会2023年度工作要点。

理事长马建明主持会议。学会党支部书记朱洪祥汇报了学会2023年度工作要点。2023年学会工作指导思想是以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,全面学习、把握、落实党的二十大精神,坚持“为科技工作者服务、为创新驱动发展服务、为提高全民科学素质服务、为党和政府科学决策服务”的职责定位,发挥优势,开拓创

新,开创学会工作新局面。主要工作有七个方面:加强自身建设,夯实发展基础;坚持服务党委、政府中心工作,创造条件承接政府转移职能;提高会刊质量,加强网站建设;积极推出品牌论坛,提高学术活动质量水平;坚持为科技工作者服务、为会员单位服务宗旨;发挥监事会职能;坚持党建引领,促进党建强会。

秘书长们在讨论中对学会2023年度工作要点表示同意,并结合实际提出了很多建议。理事长马建明在讲话中感谢专业委员会领导在过去一年中所作出的贡献,对大家提出的建议表示赞同,并发表了如下意见:专业相近、关联度较大的专业委员会可以联合开展学术活动,实现资源共享,信息互通;加强专业委员会组织建设,在学会换届时有意识地充实年轻技术骨干担任主任委员、秘书长,同时注意保留大部分骨干,保持主任委员、秘书长队伍的稳定性和分支机构工作的连续性;充分发挥学会优势,主动对接政府有关部门,加大承接能力建度;作好准备工作,争创5A社团,努力将学会工作推上一个新台阶。

名誉理事长陆兴达,学会秘书处副秘书长、监事会监事参加会议。(学会秘书处供稿)

建筑施工专业委员会组织江阴新桥文体中心项目观摩交流



根据南通市土木建筑学会建筑施工专业委员会工作安排,3月18日,建筑施工专业委员会在江阴组织召开了新桥文体中心项目观摩交流会。南通市土木建筑学会理事长马建明、副理事长褚国栋以及施工专委会委员代表25人参加会议。

新桥镇文体中心项目位于江阴市新桥镇,毗邻飞马水城旅游区,项目设计为文体旅相结合的乙级体育建筑,中间场地规划文体中心,东面规划国家太极研究院,西面规划中式城楼与飞马水城中式牌楼相呼应。项目总建筑面积119500平方米,由苏中建设集团总承包。地上建筑包含文体中心、太极研究院、云武楼,约48627平方米,地下建筑面积约61303平方米。文体中心最大长轴168米,短轴136米,建筑面积44000平米,最大高度为43.5米,地下1层,地上5层。文体中心屋盖采用钢结构桁架形式,屋盖纵向跨度155.4米,横向跨度113.6米,采用双向平面钢管桁架,重量近3000吨。该项目钢结构屋盖跨度大、吨位重,整体施工技术水平处于行业先进位置。

观摩交流会议由南通市土木建筑学会副理事长、建筑施

工专业委员会主任委员褚国栋主持,项目负责人顾建春从项目概况、前期策划、现场部署及施工重、难点等方面对项目施工组织进行了介绍,重点介绍了多圆心(18个)复杂结构测量放线、地下防水工程优化、大面积超高模板支撑体系、超长弧形梁、钢结构施工。围绕113.6m跨度、2500T钢结构屋盖施工方案进行了详细的介绍,包括方案的比选与确定、施工流程、整体提升阶段结构变形验算、提升平台受力验算、液压提升技术、结构监测等内容,与会专家对该工程施工中的一些做法给予了肯定,同时对钢结构施工的关键技术进行了研讨。

与会专家观摩了新桥文体中心项目施工现场,重点观摩了钢结构屋盖提升成功后的整体现状,包括:液压泵站、钢结构屋盖平面后补杆件以及支座处腹杆1000mm后补杆件的焊接、提升结构等施工情况,并针对节点施工做法进行了讨论与交流。

南通市土木建筑学会理事长马建明对各位专家的积极参会表达了感谢,对新桥文体中心项目大型复杂工程施工技术水平给予了肯定,同时,希望与会的各大企业以大型项目为依托,积极承办类似的交流观摩会议,促进南通建筑企业的共同进步。

(施工专业委员会供稿)



全省房屋鉴定检测人员专业技能学习班在南通开班



全省第五期房屋鉴定检测人员专业技能学习班(1班、2班)于2023年2月26日~3月2日在我市华侨饭店举办。受江苏省房地产业协会房屋安全管理和鉴定专业委员会委托,南通市土木建筑学会、南通市土木建筑专家咨询中心承办本次学习班,负责学习班的组织和授课工作,来自

全省81家鉴定、检测单位的325名工程技术人员参加了学习。南通市土木建筑学会安排专家给学员授课,学会建筑结构专业委员会主任委员陈钰研究员级高级工程师为学员作了“房屋鉴定结构复核验算实例分析”专题讲座。南通市土木建筑专家咨询中心主任陈建明高级工程师为学员讲授了“既有房屋检测、鉴定实务”、“常用检测、鉴定标准介绍与解读”。学习结束后学员们参加了考试,学习班完成了预定的课程。学员们普遍反映,授课内容与工作实际紧密结合,指导性强,通过学习进一步提高了鉴定检测人员的专业技能,为提升鉴定行业整体水平打好基础,取得良好的效果。

(学会秘书处供稿)

江苏省土木学会工程鉴定与加固改造专业委员会年度工作会议在南通召开

2023年3月16~17日,江苏省土木建筑学会工程鉴定与加固改造专业委员会年度工作会议在南通装配式建筑与智能结构研究院召开。南通市土木建筑学会理事长马建明到会致辞;江苏省土木建筑学会副理事长兼秘书长王华参加会议,对专委会的工作给予肯定,并对今年工作提出了要求;会议听取并审议了顾瑞南主任委员2022年度工作报告和2023年工作计划。会议对专委会拟进行的研发课题《老旧小区可持续发展的系统改造技术和前瞻研究》进行了讨论。

会议邀请部分专家作了专题报告。南通装配式建筑与智能结构研究院院长宫海博士作了《UHPC创新装配式部品研发与推广应用》专题报告;东南大学董志强副教授作了《新型自预应力技术研发及其应用探索》专题报告;西安建筑科技大学张思海教授介绍了省学会团体标准《高延性混凝土加固技术规程》编制及技术要点;南



通市土木建筑专家咨询中心主任陈建明高级工程师作了《既有房屋安全鉴定若干问题的思考》专题报告;上海悍马建筑科技有限公司谭成博士作了《预应力碳纤维系统加固研究与应用》专题报告。

本次会议由南通市土木建筑学会工程鉴定(抗震)与加固专业委员会、南通装配式建筑与智能结构研究院联合承办,来自省内高校、科研院所、设计、检测鉴定、加固施工等单位的专业委员会委员、专家及相关单位领导70多人参加会议,共同探讨交流了在新形势下建筑物鉴定与加固改造领域的前景及新成果、新技术及科研新动态。(工程鉴定(抗震)与加固专业委员会供稿)

新桥镇文体中心大跨度钢结构管桁架的提升施工工艺

缪海群,顾建春,许馨文

(江苏省苏中建设集团股份有限公司 江苏国峰建设有限公司,226600)

[摘要] 大跨度管桁架结构的杆件安装定位难,制作精度要求高,且节点受力较为复杂。本文对新桥文体中心钢结构的制作和安装的关键技术进行了介绍,重点探讨了鱼头管桁架的液压提升施工。现场实测表明液压整体提升的安装均满足相关规范的要求,本文方法可为类似工程建设提供参考。

[关键词] 管桁架;胎模;制作;安装;整体提升

1 钢结构工程概况

文体中心整体结构平面呈椭圆形,结构类型为下部混凝土框架结构,屋盖钢结构,平面尺寸 $155.4\text{m} \times 113.6\text{m}$,采用双向平面管桁架,最大跨度 113.6m ,桁架自身最大高度 7.985m ,桁架下弦中心标高为 $+33.200\text{m}$,内圈混凝土环梁顶部标高 $+37.800\text{m}$ 、 $+36.800\text{m}$;外圈混凝土牛腿顶部标高 $+35.600\text{m}$ 。

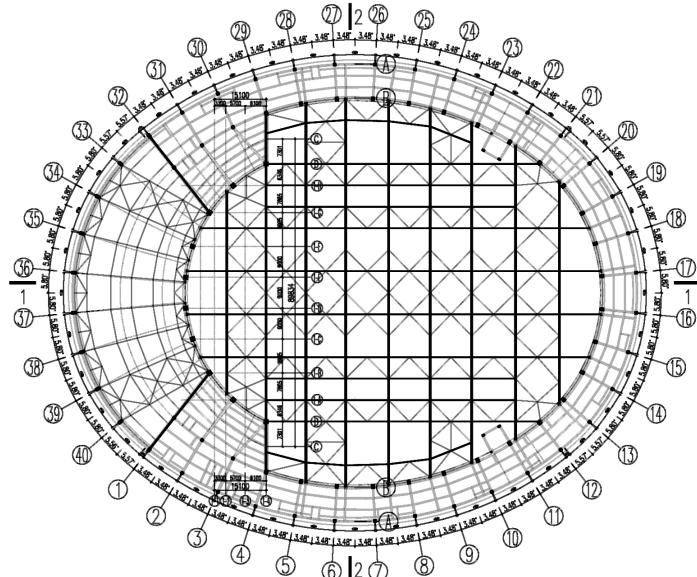
文体中心屋盖钢结构为鱼头桁架和鱼尾桁架,其中鱼头桁架位于30线~3线上,主要由9榀主桁架、8榀次环桁架以及其余屋面联系杆件组成;采用单(双)向铰支座与标高 $+37.800\text{m}$ 、

$+36.800\text{m}$ 的混凝土环梁预埋件焊接连接。

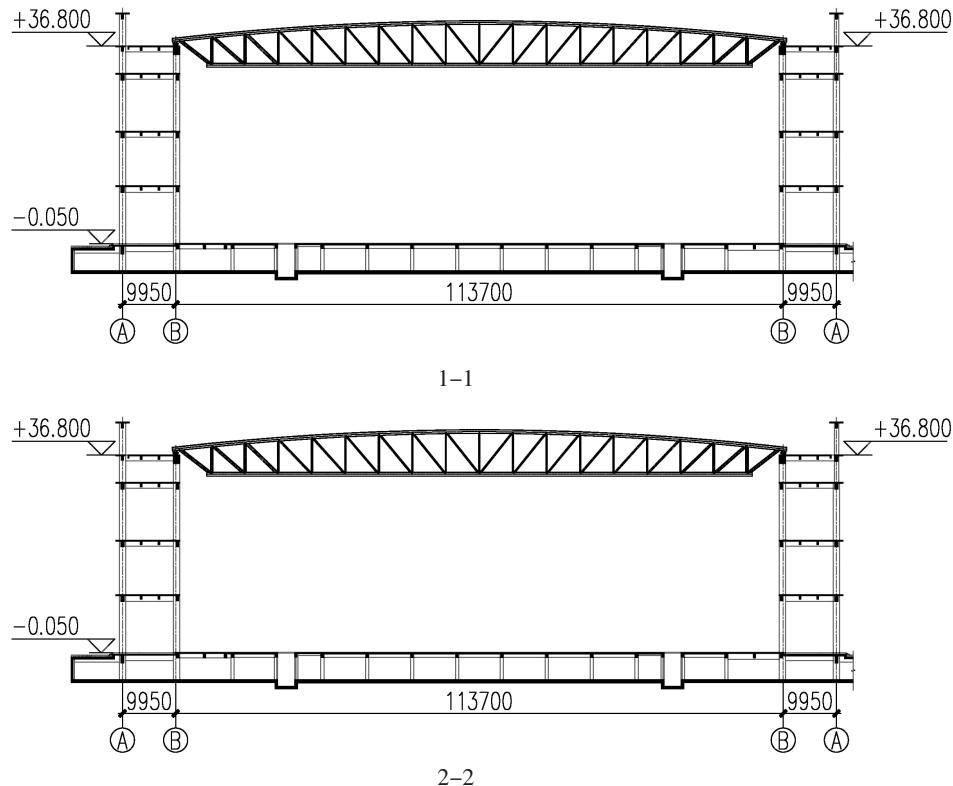
鱼尾位于1线~32线上,主要由8榀主桁架、3榀次环桁架以及其余屋面联系杆件组成;采用单(双)向铰支座与标高 $+37.800\text{m}$ 的混凝土环梁和标高 $+35.600\text{m}$ 混凝土牛腿预埋件焊接连接。

结构主要包括主次管桁架以及水平支撑及联系杆,杆件均为无缝钢管,杆件截面P219×10~P750×35,材质为Q355B。

本次提升钢结构为鱼头管桁架,管桁架重量为1800t,檩条加风管重量为600t,总重量2400t;提升重量2291t,提升高度33.2m。



钢结构平面布置图



图一 钢结构施工图

根据本工程特点,本项目施工时拟投入一套液压同步提升系统,包括计算机控制系统、泵源系统和液压提升器等,根据现场施工总体安排开展液压同步提升的技术服务工作,与钢结构安装作业相互穿插配合,以钢结构施工进度为节点,进行液压提升作业的各项准备安排工作。

2 施工准备

2.1 前期准备

(1)根据现场施工条件及现场施工进度安排等,进行液压同步提升方案的编制。

(2)积极与钢结构安装单位配合,做好液压提升作业所需临时措施的设计工作,确保有充足的制作、安装时间。

(3)车间根据现场提升工艺的要求及进度安排,开展相关设备的准备工作,包括液压体统设备的检查、调试等。

(4)提前联系好货运车辆,根据现场施工进度做好设备运输准备。

2.2 现场准备

(1)复核提升平台等临时措施的尺寸、规格等。

(2)检查确认现场提升所需配件是否齐全、完好,数量是否能够满足提升作业的要求。

(3)现场施工条件的确认,并与提升方案对比是否一致,包括现场拼装场地的位置、标高、提升单元周边障碍物的检查等。

(4)现场用电的确认,包括配电箱的位置以及电容量是否满足提升要求。

(5)做好现场交底事项,明确提升过程中各个阶段的安全注意事项。

2.3 液压提升进度计划

由于液压提升为专业配合工序,作业过程穿插在整个钢结构提升安装进度中分段进行,因此,以分段作业时间及先后顺序排出液压提升专业的作业时间。

液压提升进度计划

序号	名称	进度安排										单位: 天
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	设备进场	■	■									
2	提升器安装			■	■	■						
3	提升系统安装						■	■				
4	提升系统调试							■	■			
5	试提升							■	■			
6	正式提升								■	■		
7	结构补杆、焊接									■	■	
8	提升设备拆除										■	

图二 液压提升进度计划图

2.4 设备配置计划

液压提升系统主要由液压提升器、液压泵源系统、计算机同步控制及传感检测系统组成。

总体布置原则

* 满足提升单元各吊点的理论提升反力的要求,尽量使每台液压设备受载均匀;

* 尽量保证每台液压泵源系统驱动的液压

序号	提升单元	提升重量(t)	吊点数量	设备型号			总提升能力(t)	备注
				XY-TS-135	XY-TS-195	XY-TS-315		
1	鱼头桁架	2291	18	8	6	4	3510	满足要求

钢绞线作为柔性承重索具,采用高强度低松弛预应力钢绞线,抗拉强度为1860MPa,单根直径为17.80mm,破断拉力不小于36t。提升器底锚及吊具采用配合设计和试验确定规格。

2.4.2 液压泵源系统

液压泵源系统为液压提升器提供液压动力,在各种液压阀的控制下完成相应动作。

在不同的工程中,由于吊点的布置和液压提升器的配置都不尽相同,为了提高液压提升设备的通用性和可靠性,泵源液压系统的设计采用了模块化结构。根据提升重物吊点的布置以及液压提升器数量和液压泵源流量,可进行多个模块的组合,每一套模块以一套液压泵源系统为核心,可独立控制一组液压提升器,根据提升器数量配置相应的泵源系统,以满足各种类型提升工程的实际需要。

本工程中依据提升吊点及液压提升器的数量,共配置4台XY-BY-30型液压泵源系统,分别布置在吊点附近的楼面上。

2.4.3 电气同步控制系统

设备数量相等,提高液压泵源系统的利用率;

* 在总体控制时,要认真考虑液压同步提升系统的安全性和可靠性,降低工程风险。

2.4.1 液压提升器的配置

根据本工程中各提升单元的反力,液压提升器配置见下表:

电气同步控制系统由动力控制系统、功率驱动系统、传感器检测系统和计算机控制系统等组成。

电气控制系统主要完成以下两个控制功能:

(1)集群提升器作业时的动作协调控制。各点之间的同步控制是通过调节液压系统的流量来控制提升器的运行速度,保持被提升结构单元的各点同步运行,以保持其空中姿态。

(2)液压同步提升施工技术采用行程及位移传感器监测和计算机控制,通过数据反馈和控制指令传递,可全自动实现同步动作、负载均衡、姿态矫正、应力控制、操作闭锁、过程显示和故障报警等多种功能。

操作人员可在中央控制室通过液压同步计算机控制系统人机界面进行液压提升过程及相关数据的观察和(或)控制指令的发布。

本工程中配置1套XY-KZ-01型计算机同步控制及传感检测系统。

2.4.4 设备配置计划表

具体设备配置见下表。

主要设备配置表

序号	名称	规格	型号	设备单重	数量
1	液压提升器	30KW	XY-BY-30	2.2t	4台
		135t	XY-TS-135	0.6t	8台
		195t	XY-TS-195	1.0t	6台
		315t	XY-TS-315	1.6t	4台
3	高压油管	31.5MPa	标准油管箱		96箱
3	计算机控制系统	32通道	XY-KZ-01		1套
3	传感器	锚具、行程、油压			18套
3	专用钢绞线	φ17.80mm	1860MPa		9km

2.5 施工用电计划

本工程计划提升施工时单个提升单元配置4台XY-BY-30型液压泵源系统,单台需要30kW电容量(最大功率),最大需用电量为:4×30=120kW。提升过程中需要将相应的电源配电箱分别提供到各台液压泵源系统附近5m范围内。

根据设备数量和设备布置,本工程中每个泵站分布点的泵源用电要求如下:

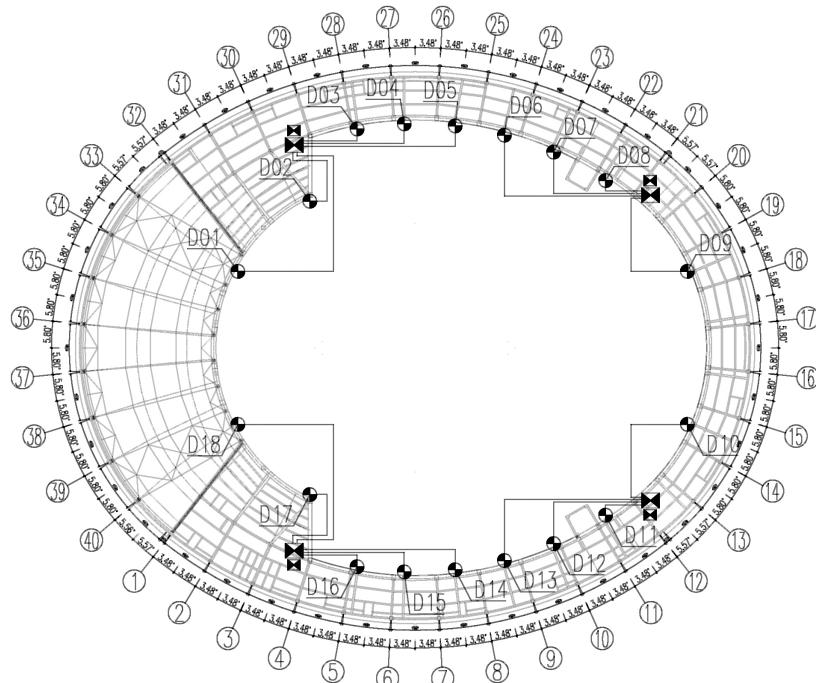
(1)交流电源,稳定电压380V;

(2)单个开容容量不低于75A;

(3)输送电缆采用国标三相五线制,标准铜芯电缆不得低于 16mm^2 。

现场的提升电源需从总盘箱拉设专用线路,总开容容量不低于250A,总电缆不低于 95mm^2 ,以确保提升作业过程中的不间断供电。

2.6 泵源系统及配电箱布置



说明:图中“■”为泵源系统,“■”配电箱,泵源系统及配电箱均布置在标高+36.800m的楼面上。

图三 泵源系统及配电箱平面布置图

3 工艺技术分析

3.1 施工条件

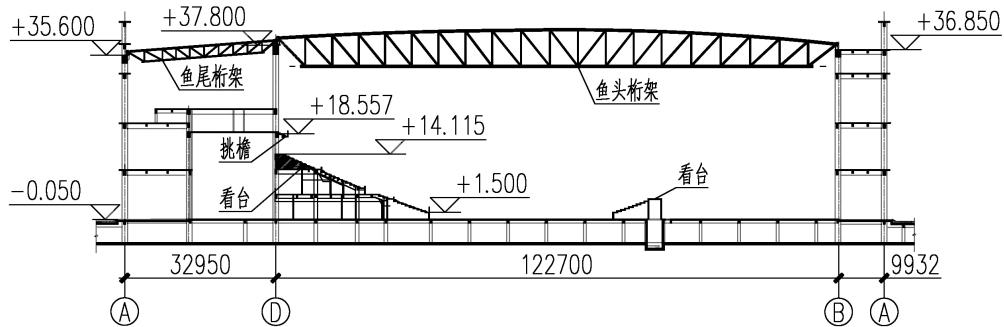
本工程提升结构为鱼头管桁架,由9榀主桁架等组成,桁架最大跨度113.6m,自身最大高度7.985m,下弦中心标高为+33.200m,通过单(双)向铰支座与标高+37.800m、+36.800m混凝土环梁上的预埋件焊接连接。

3.2 总体思路

鉴于对现场施工条件及结构布置的分析,从钢结构拼装的安全性,拼装效率以及拼装临时措施的用量等多方面考虑,本工程钢结构安装拟利用“超大型构件液压同步提升技术”并采用“整体提升”的施工工艺进行安装,可有效的提高管桁架拼装的安全性和拼装效率,减少拼装临时措施用量。钢结构整体提升的具体思路如下:

首先将钢结构在其正下方标高-0.050m的楼面上拼装为整体提升单元,利用标高+37.800m和+36.800m的混凝土结构设置提升平台(上吊点),共设置18组提升平台,每组提升平台布置1台XY-TS型液压提升器,共计18台。在提升单元桁架的上弦处与上吊点对应的位置安装下吊点临时吊具等,上、下吊点间通过专用底锚和专用钢绞线连接,利用液压同步提升系统将其整体提升至设计安装标高,安装后装杆件等,完成钢结构的安装作业。

鱼头桁架下方标高+18.557m的混凝土挑檐、标高+14.750m的看台结构以及标高+36.800mm~+37.800mm鱼尾桁架,待鱼头桁架提升到位后在进行施工。

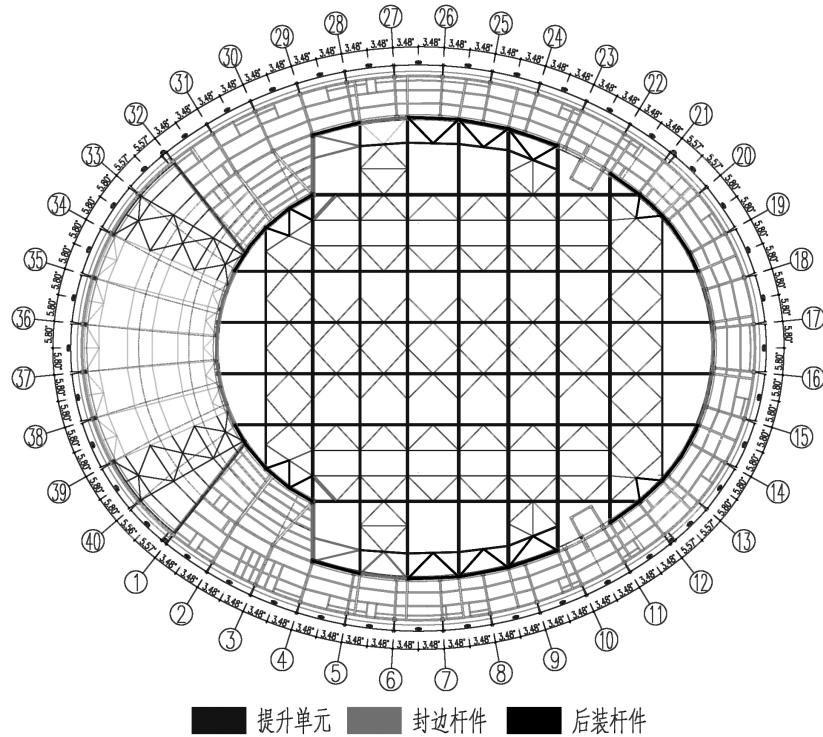


说明：图中蓝色部分待鱼头桁架提升到位后在进行施工。

图四 钢结构 1-1 剖面图

3.3 提升范围划分

本次钢结构提升单元划分如下图所示：



图五 钢结构提升范围划分图

3.4 施工工艺流程

提升具体流程说明如下：

(1) 将钢结构提升单元在其正下方-0.050m的楼面上拼装为整体提升单元；

(2) 利用标高+37.800m 和+36.800m 混凝土结构设置提升平台(上吊点)共设置 18 组吊点，每组吊点配置 1 台 XY-TS 型液压提升器，共计 18 台；

(3) 在提升平台上安装液压同步提升系统设备，包括提升器、传感器等；

(4) 在提升单元与上吊点对应的位置安装提升下吊点临时吊具及临时杆件等临时措施；

(5) 在提升上下吊点之间安装专用底锚和专用钢绞线；

(6) 调试液压同步提升系统；

(7) 检查提升单元以及液压同步提升的所有临时措施是否满足设计要求；

(8) 确认无误后，开始试提升；

(9) 按照设计荷载的 20%、40%、60%、70%、80%、90%、95%、100% 的顺序逐级加载，直至提

升单元脱离拼装平台；

(10)提升单元最低点脱离胎架约100mm后，暂停提升；

(11)微调提升单元的各个吊点的标高，使其处于设计姿态，测量提升单元跨中最大变形并进行记录，并静置2~24小时；

(12)再次检查钢结构提升单元以及液压同步提升临时措施有无异常，并将测量数据与离地时进行对比；

(13)确认无异常情况后，开始正式提升；

(14)提升单元整体提升至距离设计标高约500mm左右时，暂停提升；

(15)测量各个吊点的实际标高，并与设计标

高进行比对，做好记录，作为继续提升的依据；

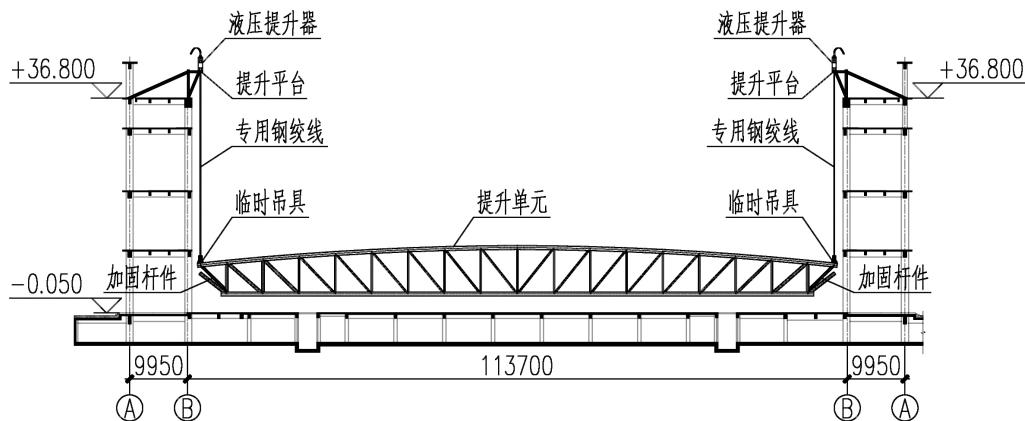
(16)降低液压同步提升的速度，利用液压同步提升计算机控制系统的“微调、点动”功能，使各提升吊点缓慢的依次到达设计标高，满足安装要求；

(17)安装封边杆件等，使其形成完整的受力体系；

(18)液压同步提升系统按照95%、90%、80%、70%、60%、50%、40%、30%、20%的顺序分级卸载，直至钢绞线松弛，荷载全部转移至环梁上；

(19)拆除液压提升系统及临时措施等，完成提升作业。

3.5 提升立面图



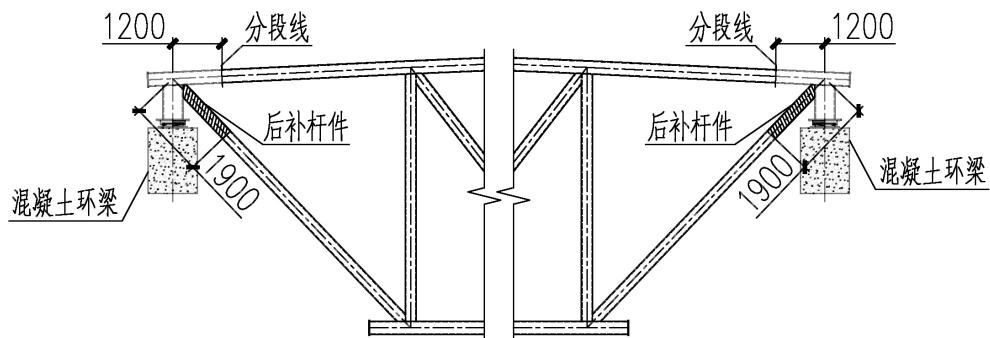
图六 钢结构提升立面图

4 主要施工工艺

4.1 桁架分段

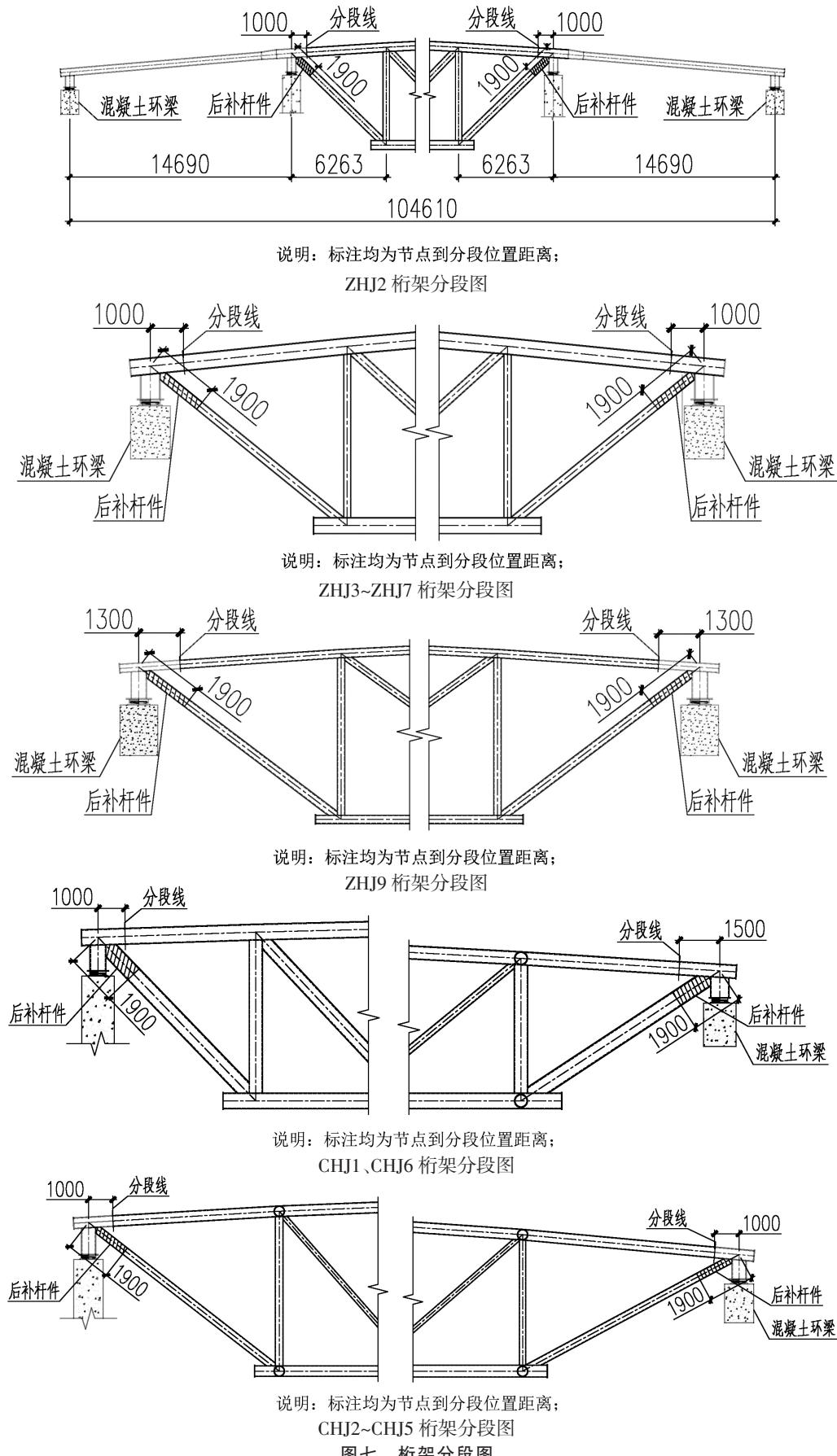
本项目钢结构采用整体提升工艺吊装，桁架

上下弦杆需要在提升前预制分段，提升到位后，在高空安装主桁架斜腹杆、封边杆件以及其他后装杆件。



说明：标注均为节点到分段位置距离；

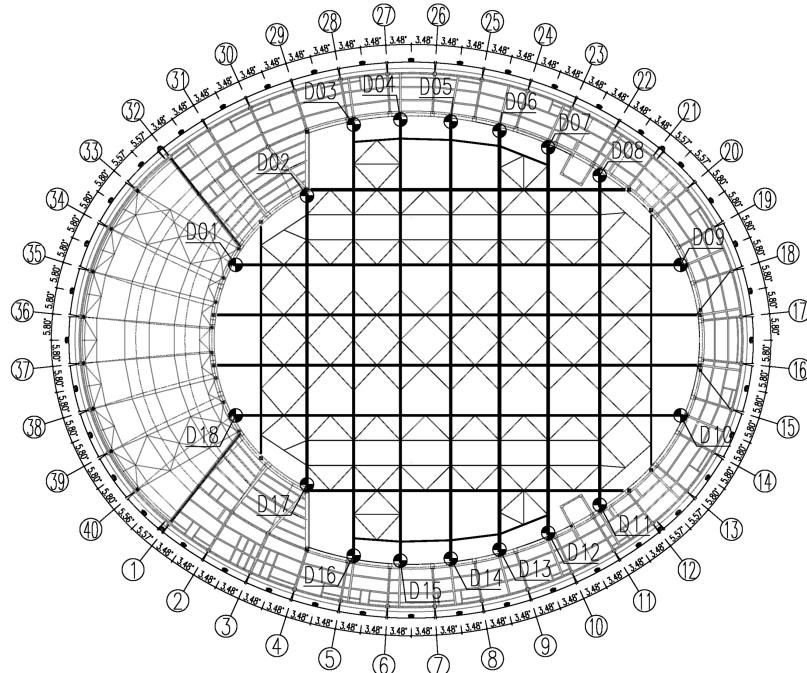
ZHJ1、ZHJ8 桁架分段图



图七 桁架分段图

4.2 提升吊点设置

根据管桁架结构布置及工况计算的结果,桁架提升作业吊点布置如下表:



注: “●”为吊点, 吊点定位详见方案末尾相关图纸;

图八 桁架提升吊点平面布置图

桁架提升设备配置表

吊点编号	反力标准值 (kN)	提升器型号	提升器数量 (台)	单台提升器 钢绞线数量	钢绞线总数量 (根)	钢绞线 安全系数	备注
D01	919	XY-TS-135	1	8	8	3.13	
D02	1797	XY-TS-315	1	15	15	3.01	
D03	974	XY-TS-135	1	9	9	3.33	
D04	862	XY-TS-135	1	8	8	3.34	
D05	1209	XY-TS-195	1	11	11	3.28	
D06	1499	XY-TS-195	1	13	13	3.12	
D07	1477	XY-TS-195	1	13	13	3.17	
D08	1717	XY-TS-315	1	15	15	3.15	
D09	1011	XY-TS-135	1	9	9	3.20	
D10	1016	XY-TS-135	1	9	9	3.19	
D11	1712	XY-TS-315	1	15	15	3.15	
D12	1481	XY-TS-195	1	13	13	3.16	
D13	1500	XY-TS-195	1	13	13	3.12	
D14	1210	XY-TS-195	1	11	11	3.27	
D15	856	XY-TS-135	1	8	8	3.36	
D16	968	XY-TS-135	1	9	9	3.35	
D17	1785	XY-TS-315	1	15	15	3.03	
D18	920	XY-TS-135	1	8	8	3.13	
合计	22913		18		202		

说明:1、表中钢绞线安全系数均大于2.0,满足提升安全要求;

2、钢绞线最长长度38m,单台提升器+钢绞线最大重量约2.7t;

3、钢绞线选用规格为φ17.8的预应力钢绞线,单根钢绞线破断力为360kN,钢绞线安全系数=360÷(反力标准值/根数)。

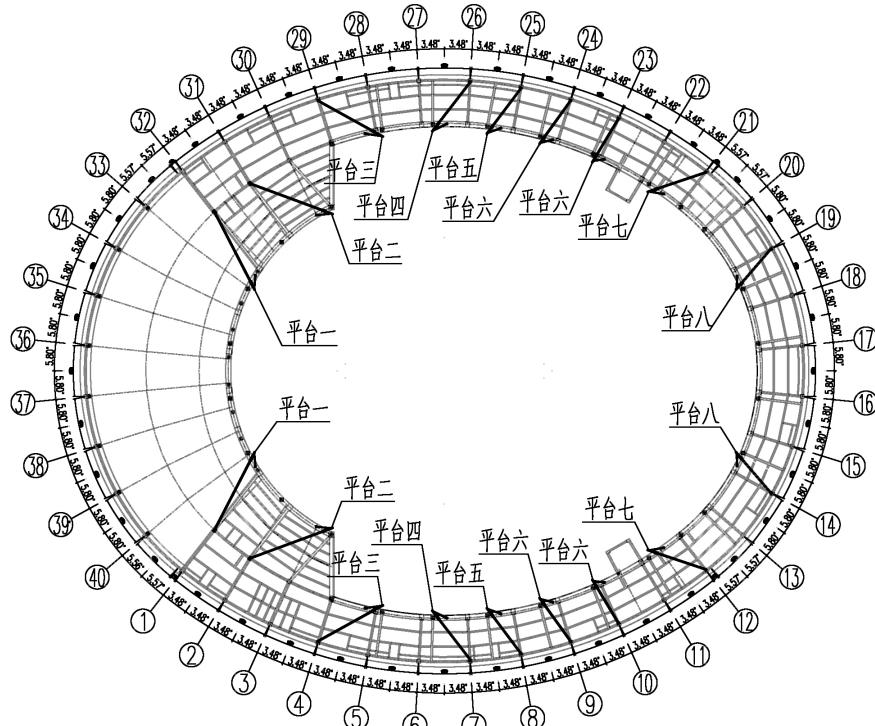
4.3 提升临时措施

本项目采用液压同步提升设备吊装大跨度钢结构,需要设置合理的提升上下吊点。在提升上吊点即提升平台上设置液压提升器。液压提升器通过提升专用钢绞线与提升钢结构上的对应下吊点相连接。

本次提升临时措施主要包括提升平台、下吊点临时吊具、临时加固杆件以及导向架等。

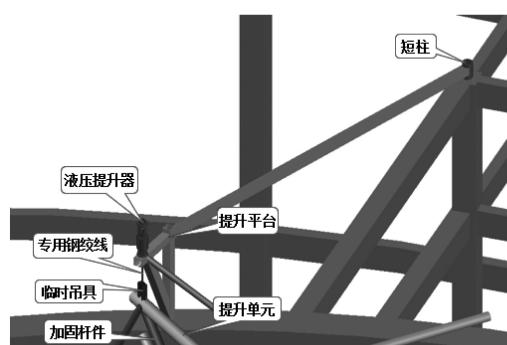
4.3.1 提升平台布置

根据提升吊点的位置、桁架弦杆规格以及吊点反力等,本次桁架提升作业时共设置8种提升平台,提升平台布置图如下:

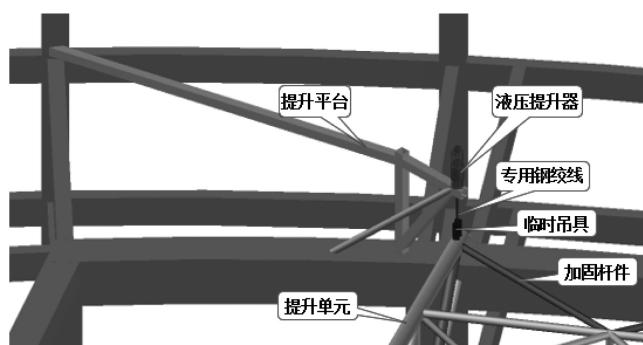


说明: 提升平台具体尺寸见详图;

桁架提升平台平面布置图



提升平台样式实体图1



提升平台样式实体图2

图九 桁架提升平台布置图

4.3.2 平台设计

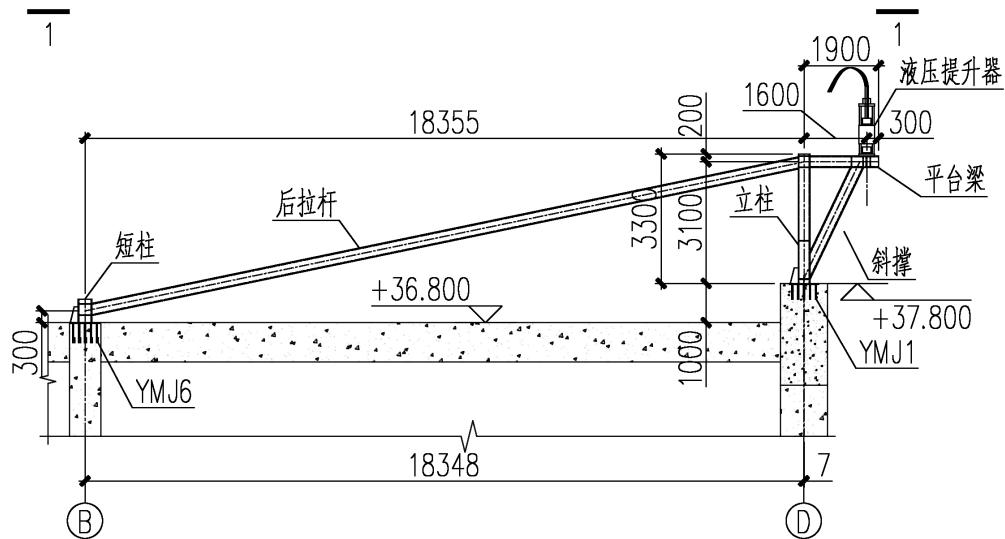
4.3.2.1 提升平台一设计

平台一共2组,适用于吊点D01、D18。提升平台由平台梁、立柱、斜撑、后拉杆、短柱、水平构

造组成。临时措施材料材质为Q355B。主传力构件间焊缝采用熔透焊缝,焊缝等级二级,所有加劲板厚度16mm,加劲板与水平构造采用角焊缝焊接,焊缝尺寸 $hf=0.7t$ 。

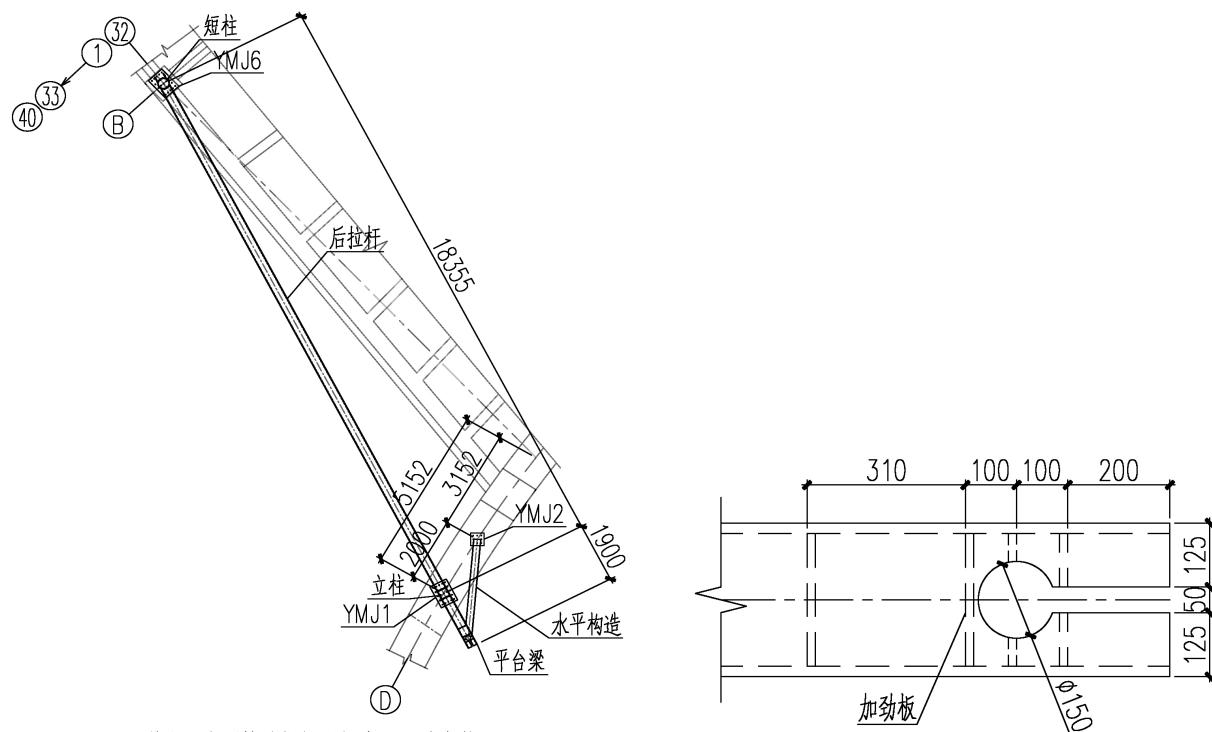
平台一材料表

序号	名称	截面	材质
1	平台梁	B300×20	Q355B
2	立柱	B300×20	Q355B
3	斜撑	B300×20	Q355B
4	后拉杆	B300×20	Q355B
5	短柱	P351×16	Q355B
6	水平构造	P219×10	Q355B



说明：后拉杆根据现场实际尺寸安装；

平台一立面图



说明：水平构造根据现场实际尺寸安装；

1-1

图十 提升平台一设计图

平台梁节点图

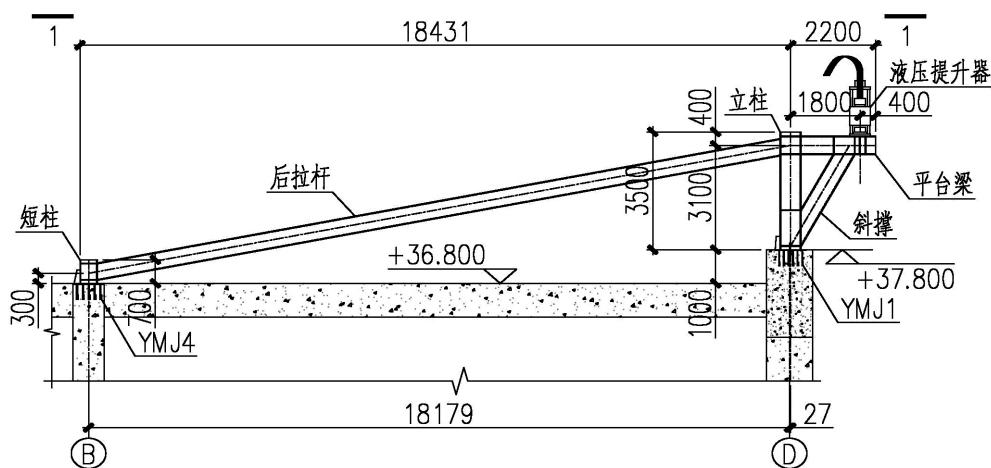
4.3.2.2 提升平台二设计

平台二共2组,适用于吊点D02、D17。提升平台由平台梁、立柱、斜撑、后拉杆、短柱、水平构造组成。临时措施材料材质为Q355B。主传力构

件间焊缝采用熔透焊缝,焊缝等级二级,所有加劲板厚度20mm,加劲板与水平构造采用角焊缝焊接,焊缝尺寸 $hf=0.7t$ 。

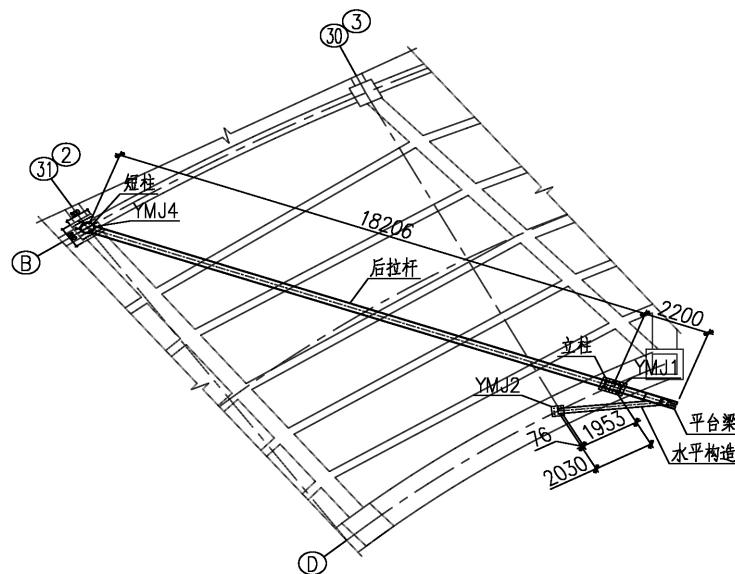
平台二材料表

序号	名称	截面	材质
1	平台梁	B550×300×25	Q355B
2	立柱	B550×300×25	Q355B
3	斜撑	B500×300×20	Q355B
4	后拉杆	B500×300×20	Q355B
5	短柱	P450×20	Q355B
6	水平构造	P219×10	Q355B

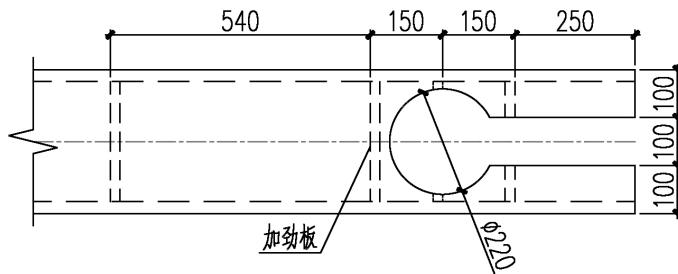


说明: 后拉杆根据现场实际尺寸安装;

平台二立面图



说明: 水平构造根据现场实际尺寸安装;



平台梁节点图

图十一 提升平台二设计图

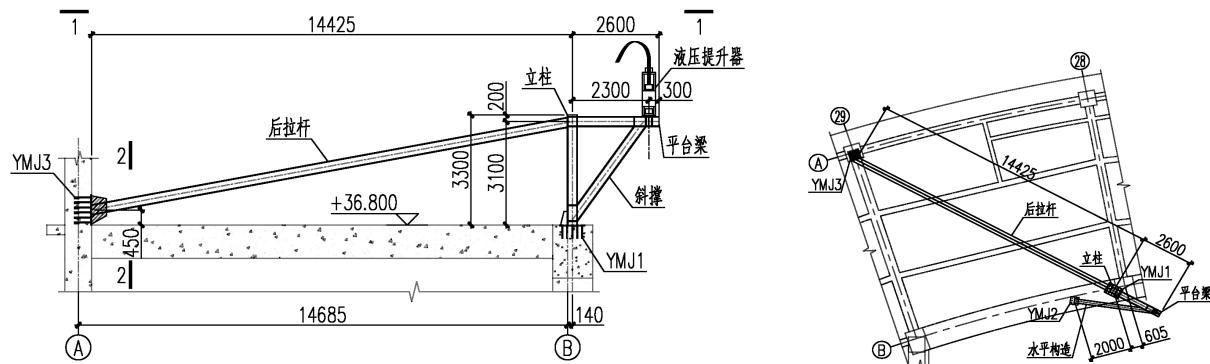
4.3.2.3 提升平台三设计

平台三共2组,适用于吊点D03、D16。提升平台由平台梁、立柱、斜撑、后拉杆、水平构造组成。临时措施材料材质为Q355B。主传力构件间

焊缝采用熔透焊缝,焊缝等级二级,所有加劲板厚度16mm, 加劲板与水平构造采用角焊缝焊接,焊缝尺寸 $hf=0.7t$ 。

平台三材料表

序号	名称	截面	材质
1	平台梁	B300×20	Q355B
2	立柱	B300×20	Q355B
3	斜撑	B300×20	Q355B
4	后拉杆	HW300×300×10×15	Q355B
5	水平构造	P219×10	Q355B

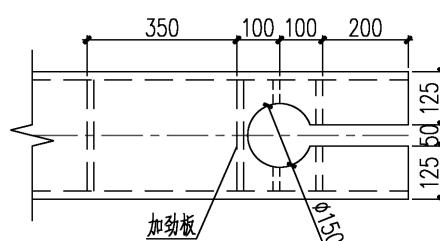
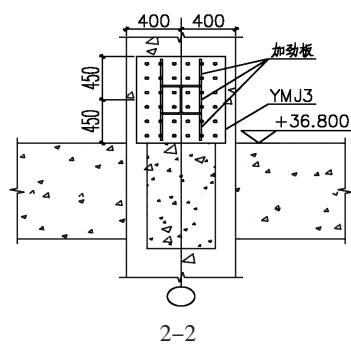


说明: 后拉杆根据现场实际尺寸安装;

平台三立面图

说明: 水平构造根据现场实际尺寸安装;

1-1



平台梁节点图

图十二 提升平台三设计图

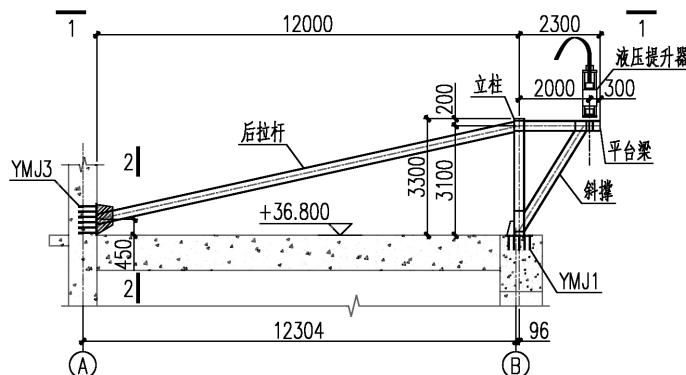
4.3.2.4 提升平台四设计

平台四共2组,适用于吊点D04、D15。提升平台由平台梁、立柱、斜撑、后拉杆、水平构造组成。临时措施材料材质为Q355B。主传力构件间

焊缝采用熔透焊缝,焊缝等级二级,所有加劲板厚度16mm,加劲板与水平构造采用角焊缝焊接,焊缝尺寸 $hf=0.7t$ 。

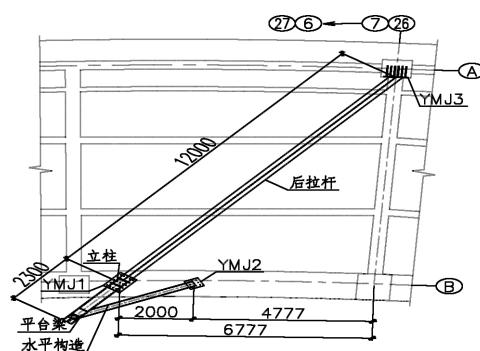
平台四材料表

序号	名称	截面	材质
1	平台梁	B300×20	Q355B
2	立柱	B300×20	Q355B
3	斜撑	B300×20	Q355B
4	后拉杆	HW300×300×10×15	Q355B
5	水平构造	P219×10	Q355B



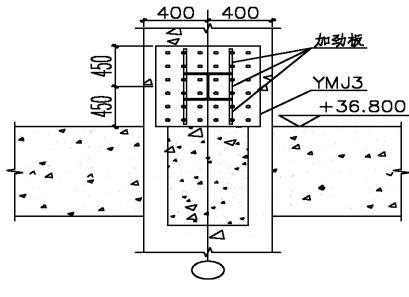
说明: 后拉杆根据现场实际尺寸安装;

平台四立面图

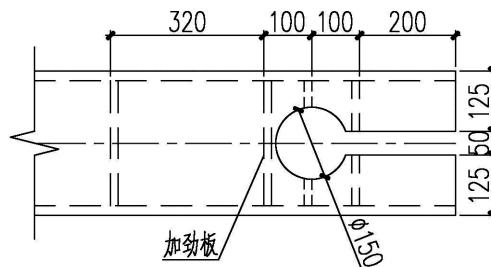


说明: 水平构造根据现场实际尺寸安装;

1-1



2-2



平台梁节点图

图十三 提升平台四设计图

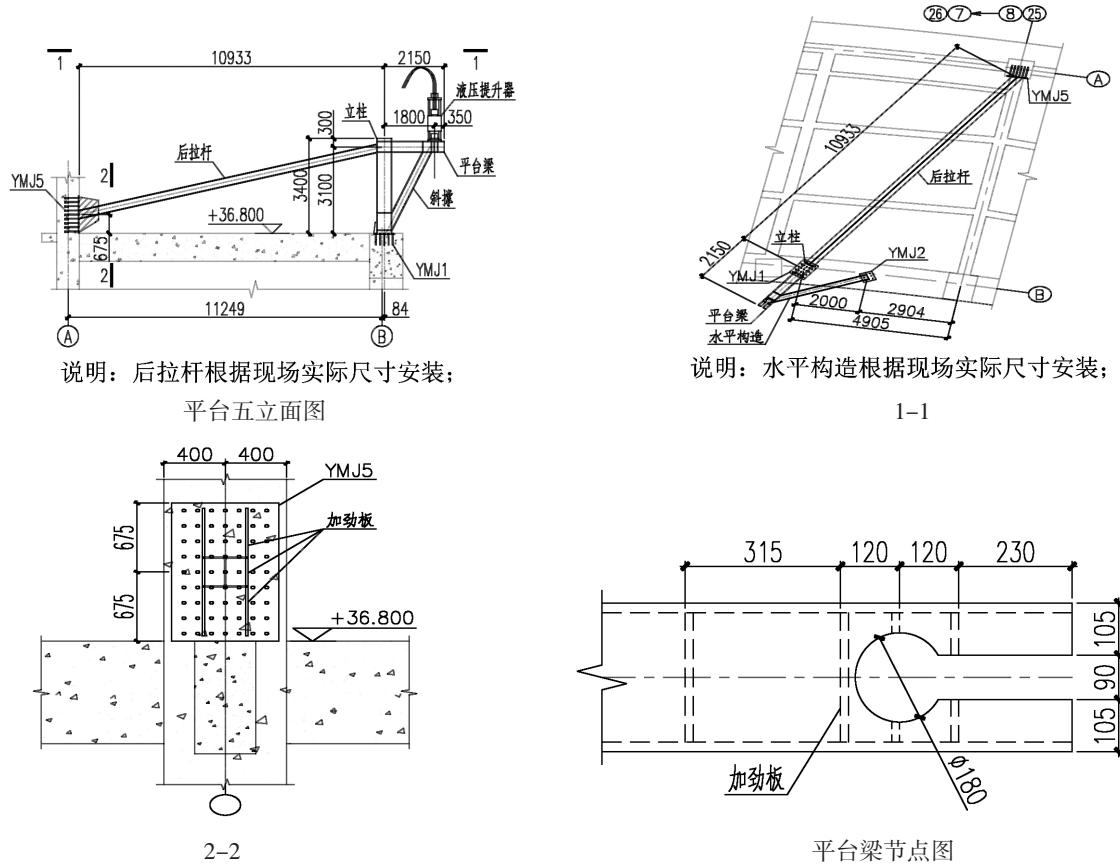
4.3.2.5 提升平台五设计

平台五共2组,适用于吊点D05、D14。提升平台由平台梁、立柱、斜撑、后拉杆、水平构造组成。临时措施材料材质为Q355B。主传力构件间

焊缝采用熔透焊缝,焊缝等级二级,所有加劲板厚度20mm,加劲板与水平构造采用角焊缝焊接,焊缝尺寸 $hf=0.7t$ 。

平台五材料表

序号	名称	截面	材质
1	平台梁	B400×300×20	Q355B
2	立柱	B550×300×25	Q355B
3	斜撑	B300×20	Q355B
4	后拉杆	HW300×300×10×15	Q355B
5	水平构造	P219×10	Q355B



图十四 提升平台五设计图

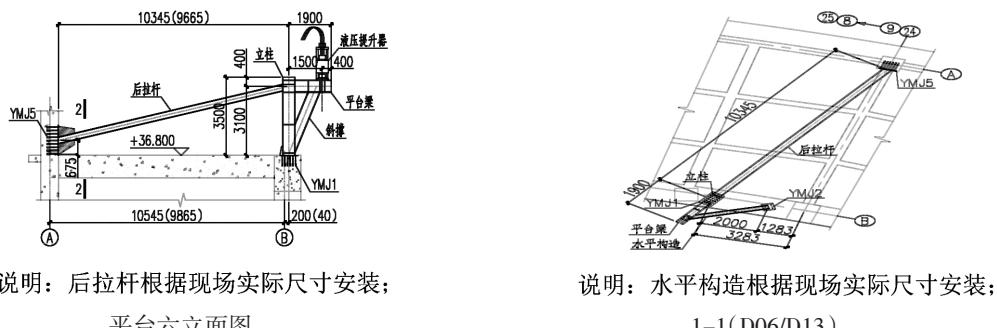
4.3.2.6 提升平台六设计

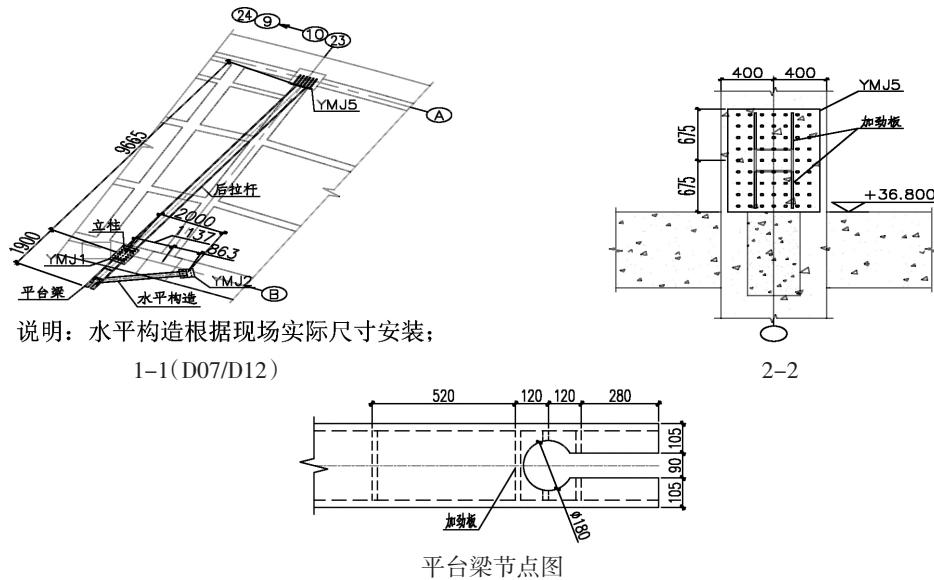
平台六共4组，适用于吊点D06、D07、D12、D13。提升平台由平台梁、立柱、斜撑、后拉杆、水平构造组成。临时措施材料材质为Q355B。主传

力构件间焊缝采用熔透焊缝，焊缝等级二级，所有加劲板厚度20mm，加劲板与水平构造采用角焊缝焊接，焊缝尺寸hf=0.7t。

平台六材料表

序号	名称	截面	材质
1	平台梁	B550×300×25	Q355B
2	立柱	B550×300×25	Q355B
3	斜撑	B500×300×20	Q355B
4	后拉杆	B300×20	Q355B
5	水平构造	P219×10	Q355B





图十五 提升平台六设计图

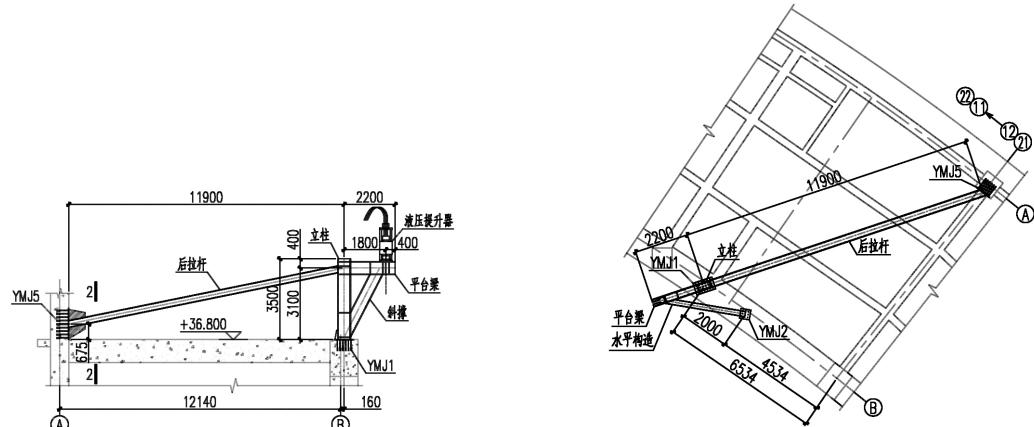
4.3.2.7 提升平台七设计

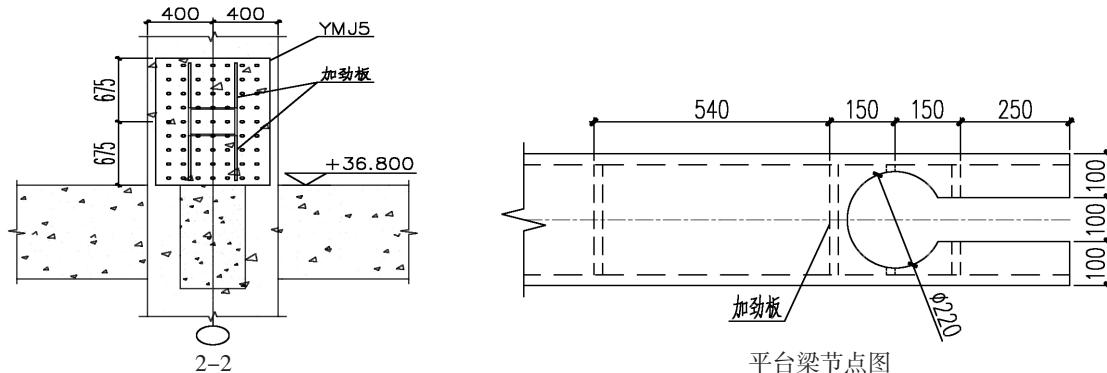
平台七共2组,适用于吊点D08、D11。提升平台由平台梁、立柱、斜撑、后拉杆、水平构造组成。临时措施材料材质为Q355B。主传力构件间

焊缝采用熔透焊缝,焊缝等级二级,所有加劲板厚度20mm, 加劲板与水平构造采用角焊缝焊接,焊缝尺寸 $hf=0.7t$ 。

平台七材料表

序号	名称	截面	材质
1	平台梁	B550×300×25	Q355B
2	立柱	B550×300×25	Q355B
3	斜撑	B500×300×20	Q355B
4	后拉杆	B300×20	Q355B
5	水平构造	P219×10	Q355B





图十六 提升平台七设计图

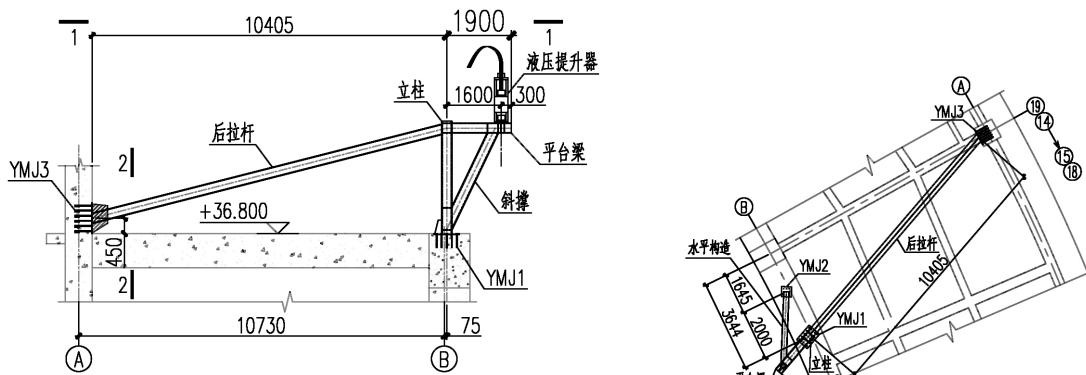
4.3.2.8 提升平台八设计

平台一共2组,适用于吊点D09、D10。提升平台由平台梁、立柱、斜撑、后拉杆、水平构造组成。临时措施材料材质为Q355B。主传力构件间

焊缝采用熔透焊缝,焊缝等级二级,所有加劲板厚度16mm,加劲板与水平构造采用角焊缝焊接,焊缝尺寸 $hf=0.7t$ 。

平台八材料表

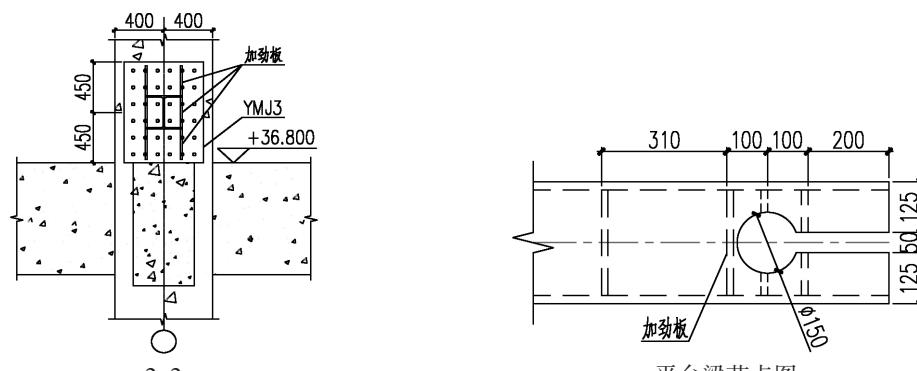
序号	名称	截面	材质
1	平台梁	B300×20	Q355B
2	立柱	B300×20	Q355B
3	斜撑	B300×20	Q355B
4	后拉杆	HW300×300×10×15	Q355B
5	水平构造	P219×10	Q355B



说明: 后拉杆根据现场实际尺寸安装;

平台八立面图

1-1

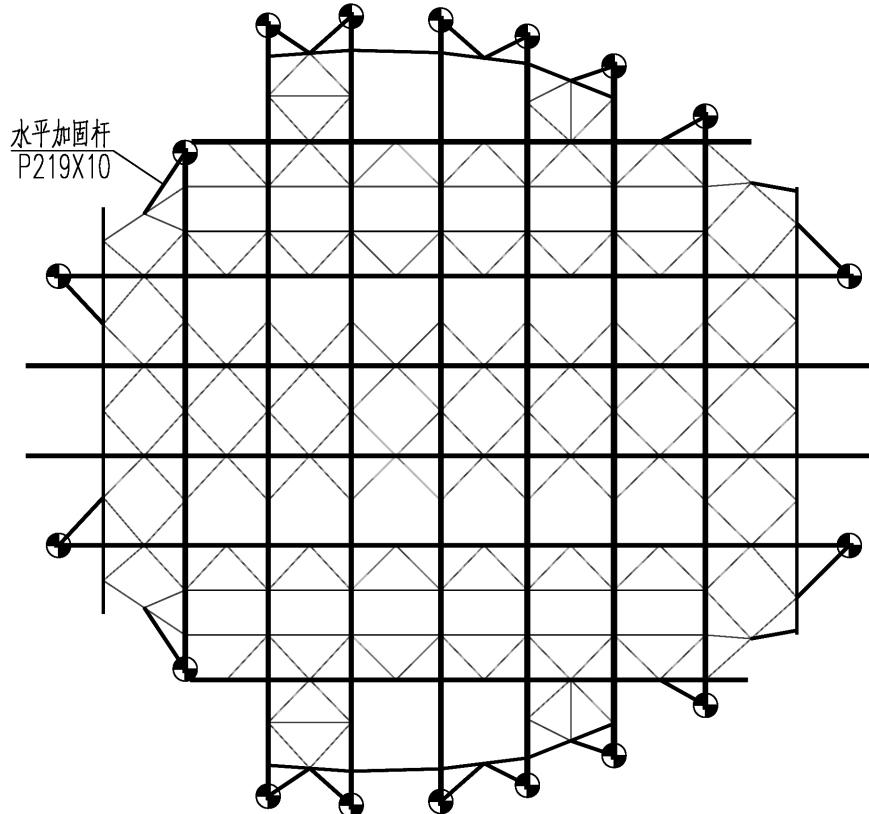


图十七 提升平台八设计图

4.3.3 下吊点临时加固措施

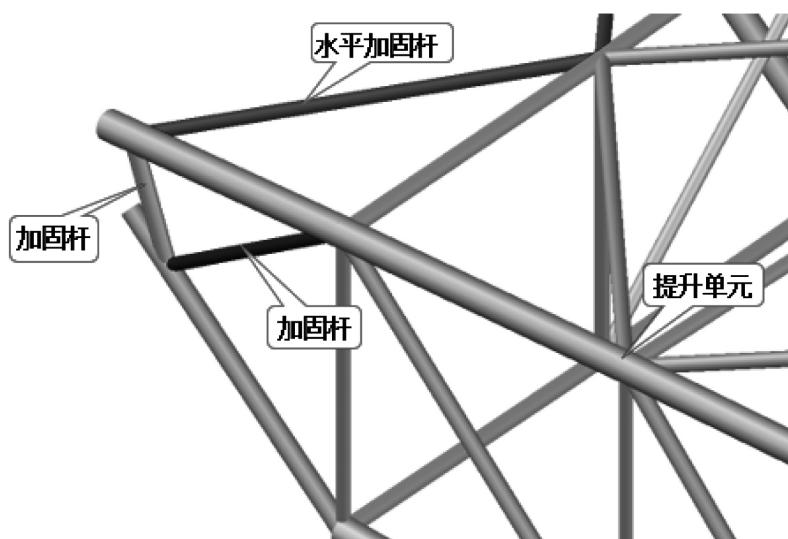
根据管桁架结构布置及提升工艺的要求,管桁架提升时,为保证桁架结构满足提升要求,桁架局部需采取临时加固措施,规格为P219×10、

P273×12、P325×16、P351×16和P426×16的无缝钢管,材料材质Q355B。具体加固形式如下图所示。

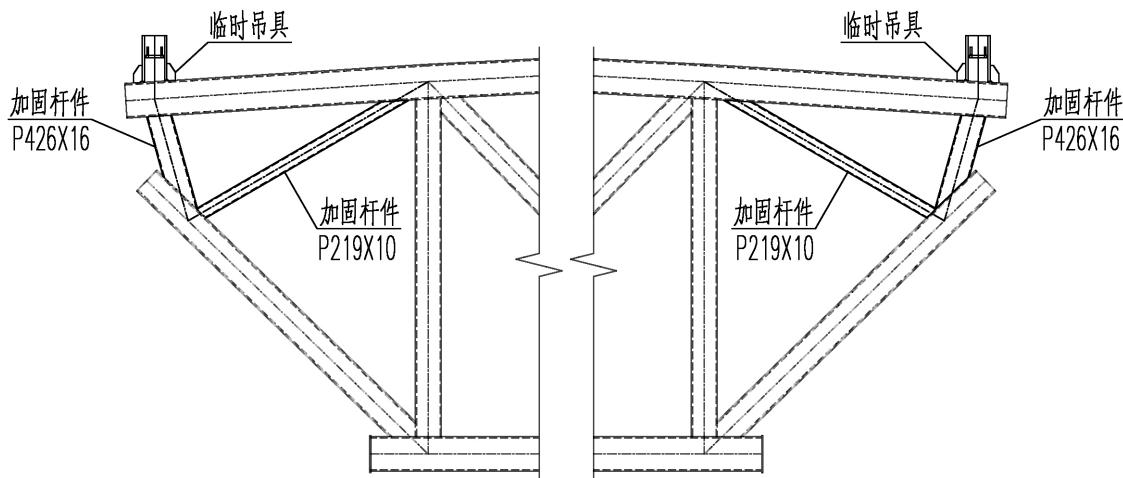


说明: 加固杆件规格为 P219×10;

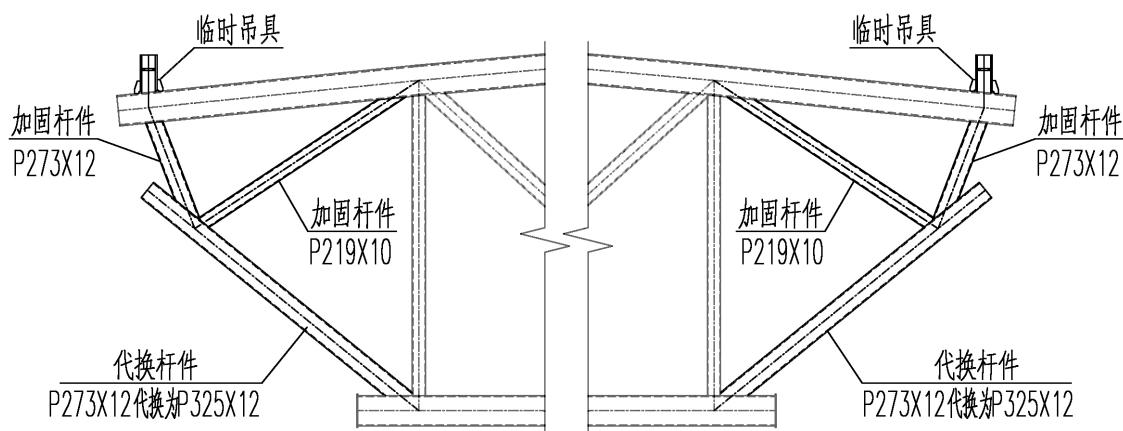
加固杆件平面布置图



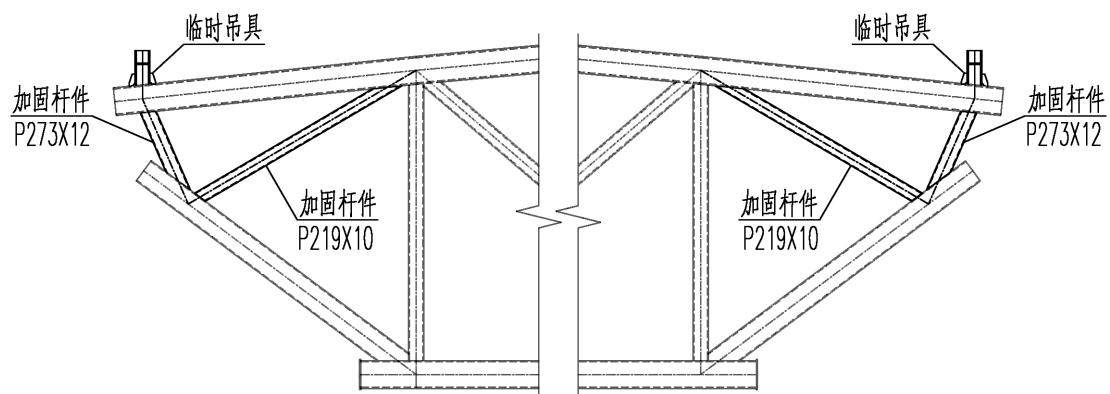
下吊点临时加固实体图



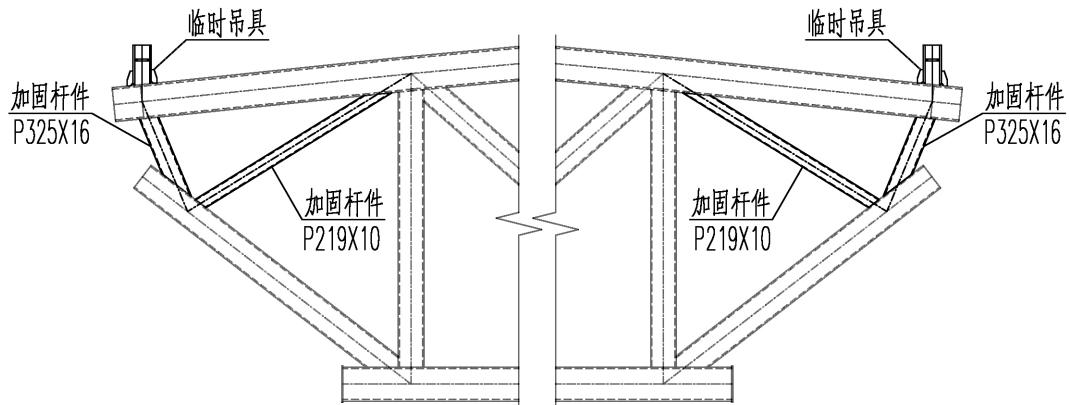
说明：此图为 ZHJ2 桁架的临时加固措施图，加固杆件规格为 P426×16 、 P219×10；
桁架 ZHJ2 加固立面图



说明：此图为 ZHJ3 桁架的临时加固措施图，加固杆件规格为 P273×12 、 P219×10；
桁架 ZHJ3 加固立面图

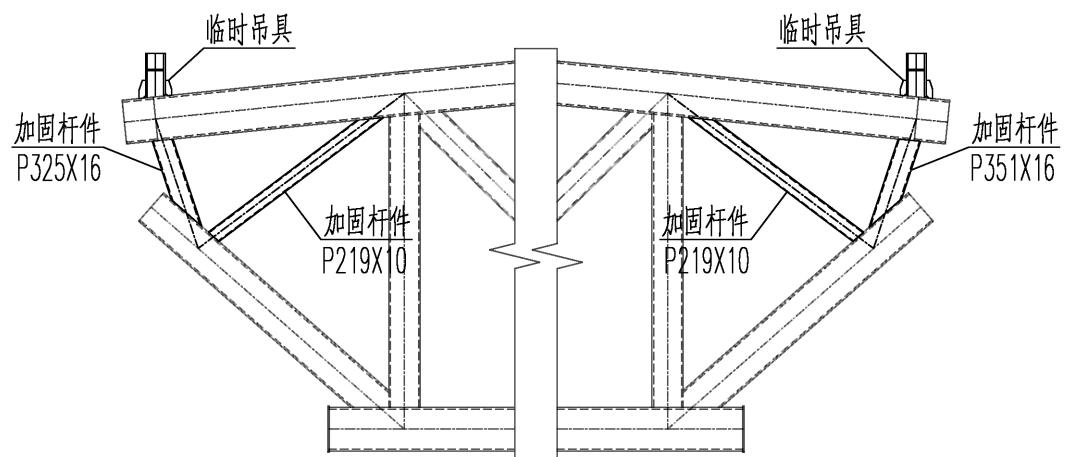


说明：此图为 ZHJ4 桁架的临时加固措施图，加固杆件规格为 P273×12 、 P219×10；
桁架 ZHJ4 加固立面图



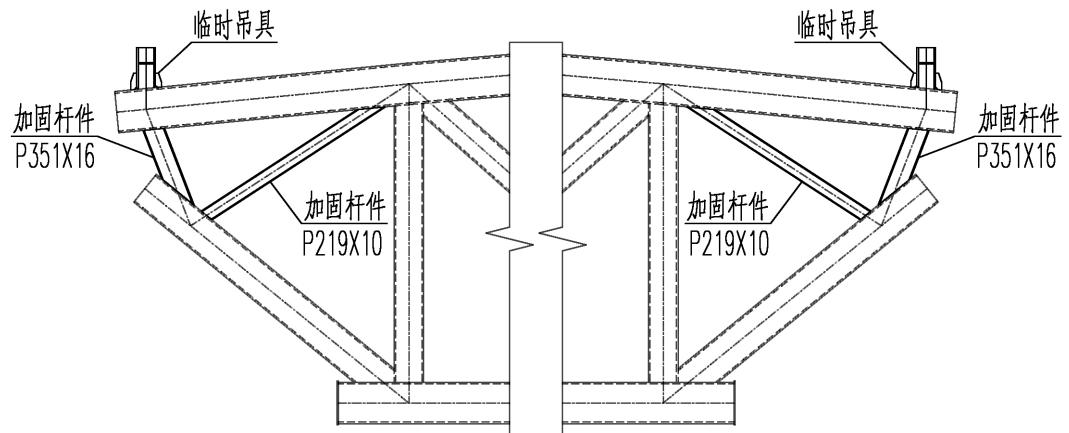
说明：此图为 ZHJ5 桁架的临时加固措施图，加固杆件规格为 P325×16、P219×10；

桁架 ZHJ5 加固立面图



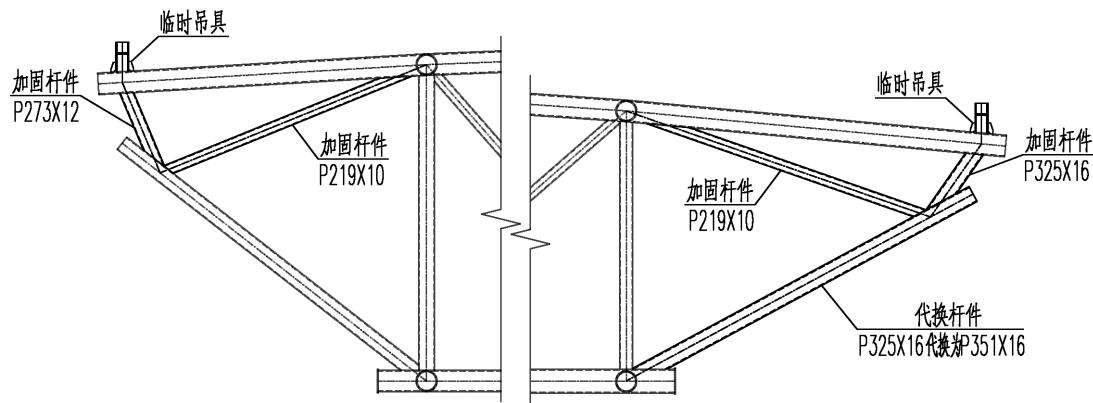
说明：此图为 ZHJ6 桁架的临时加固措施图，加固杆件规格为 P351×16、P325×16、P219×10；其中 9 线附近的加固杆为 P351×16，其中 24 线附近的加固杆为 P325×16；

桁架 ZHJ6 加固立面图



说明：此图为 ZHJ7、ZHJ8 桁架的临时加固措施图，加固杆件规格为 P351×16、P219×10；

桁架 ZHJ7、ZHJ8 加固立面图



说明：此图为CHJ2/CHJ5桁架的临时加固措施图，加固杆件规格为P325×16、P273×12、P219×10；

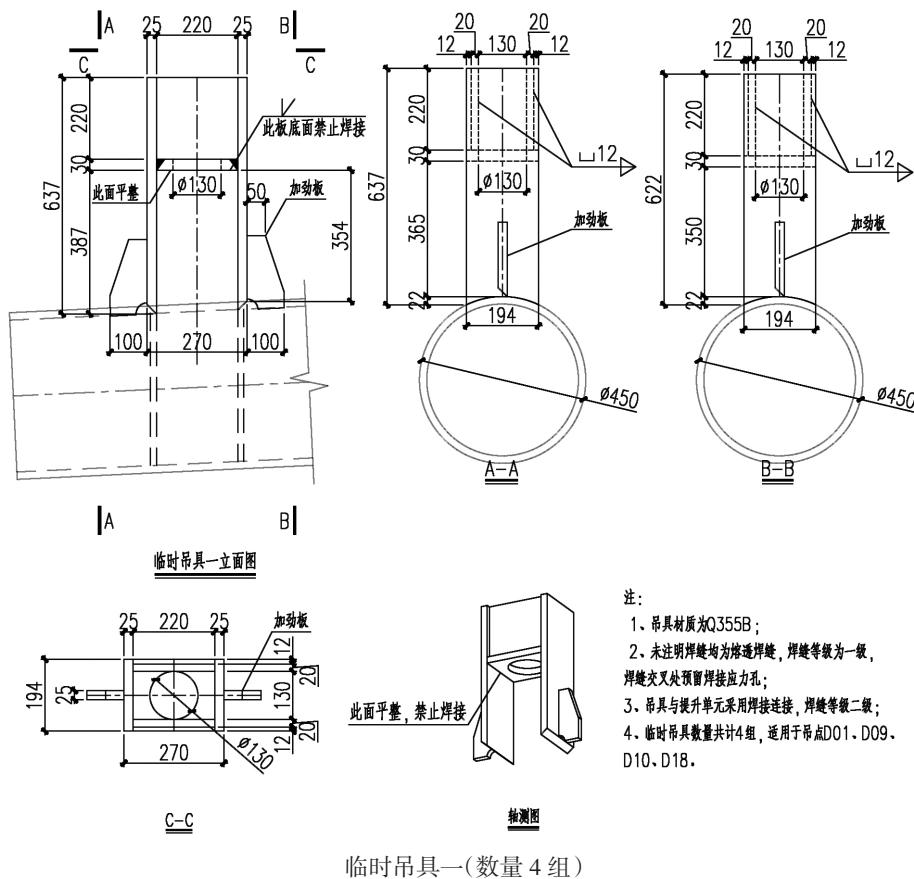
桁架 CHJ2/CHJ5 加固立面图

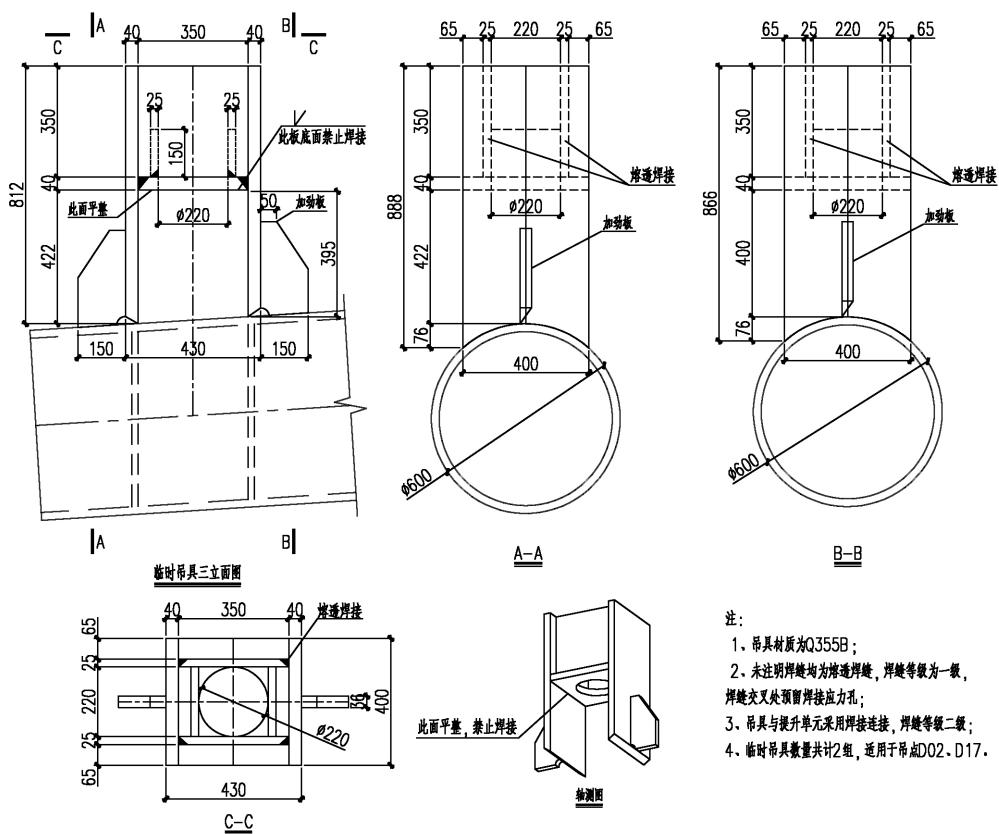
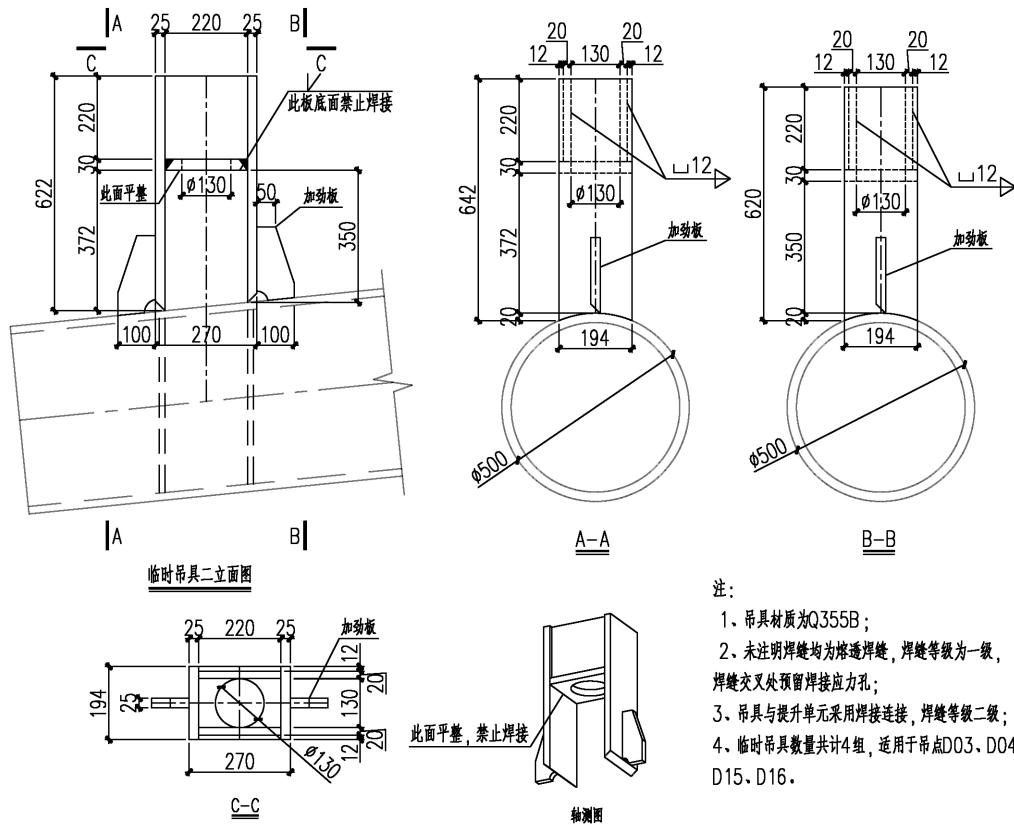
图十八 下吊点临时加固图

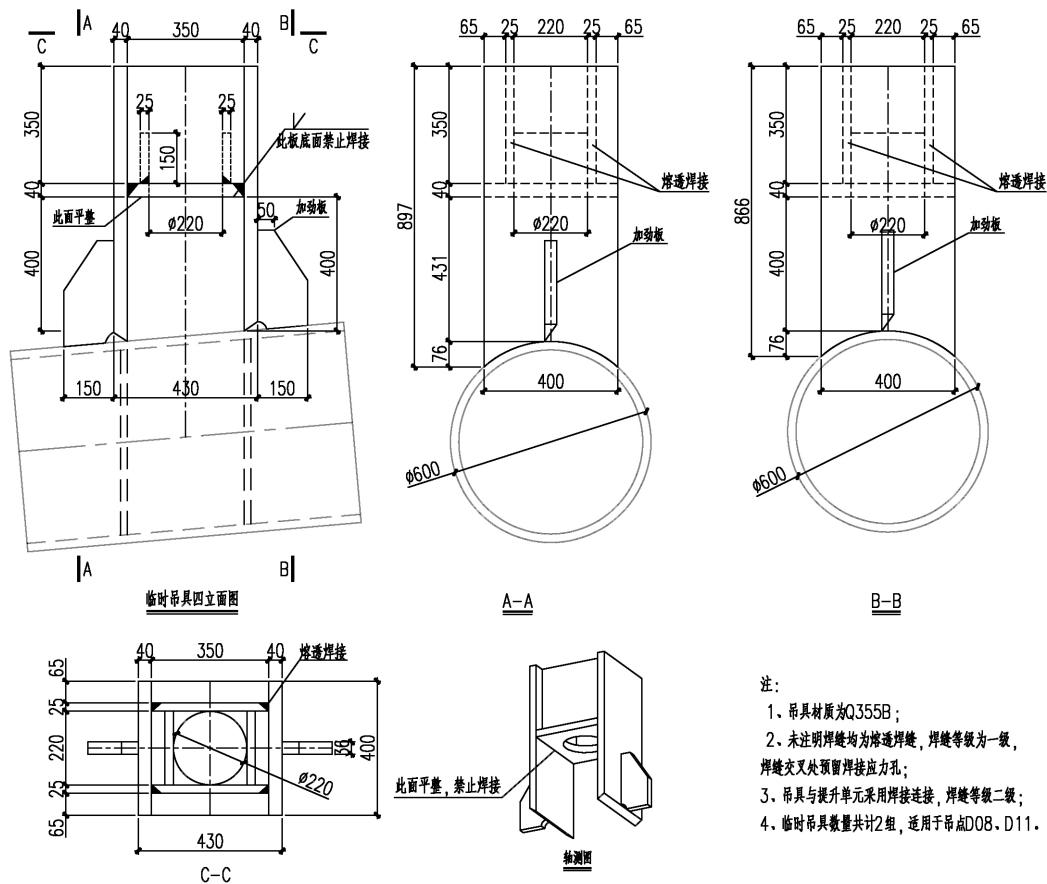
4.3.4 临时吊具设计

根据结构布置及提升工艺的要求,下吊点采用临时吊具的形式。专用钢绞线连接在液压提升

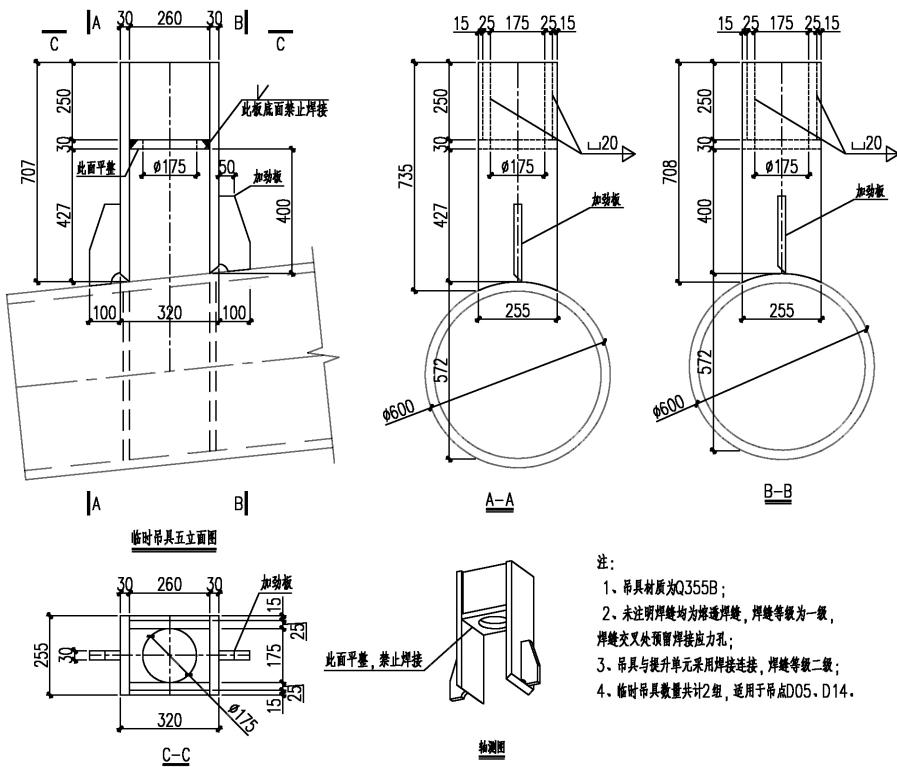
器和提升底锚之间，两端分别锚固，用于直接传递垂直提升反力。



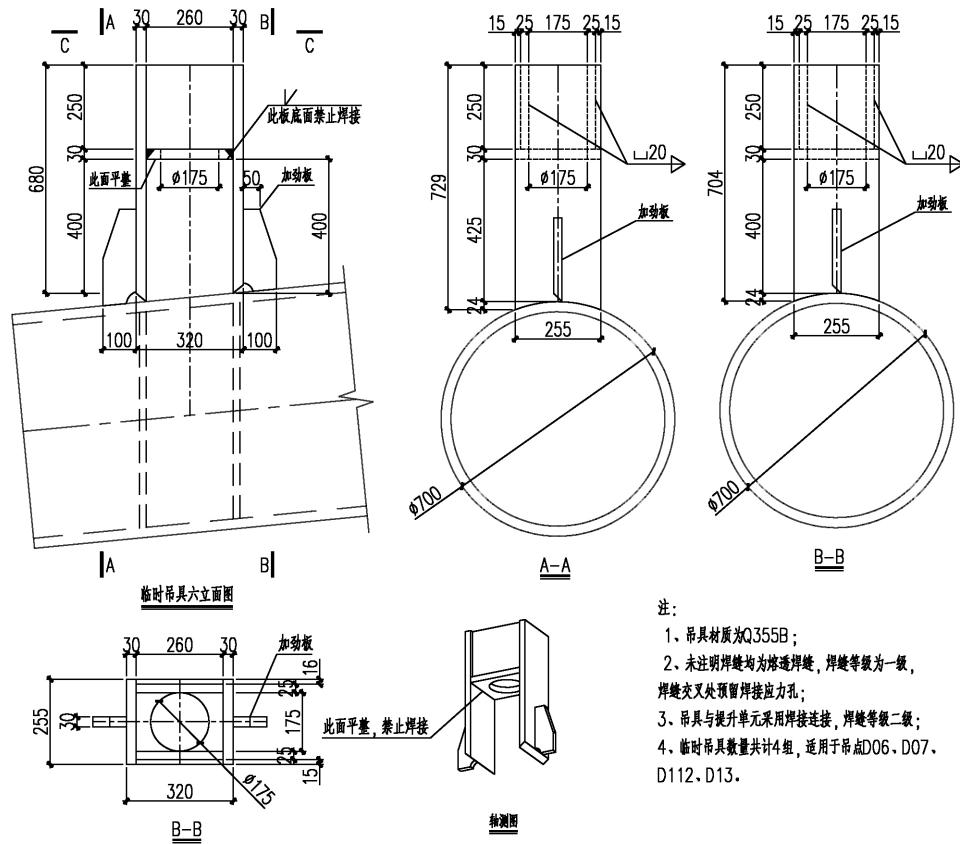




临时吊具四(数量2组)



临时吊具五(数量2组)



临时吊具(数量 4 组)

注:

- 1、吊具材质为Q355B；
- 2、未注明焊缝均为坡口焊缝，焊缝等级为一级，焊缝交叉处预留焊接应力孔；
- 3、吊具与提升单元采用焊接连接，焊缝等级二级；
- 4、临时吊具数量共计4组，适用于吊点D06、D07、D112、D13。



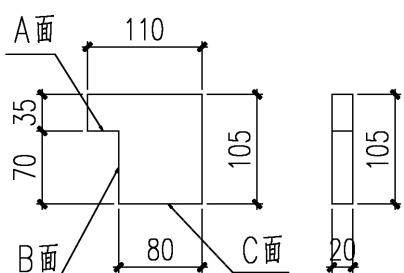
临时吊具工程应用

图十九 吊点吊具设计图

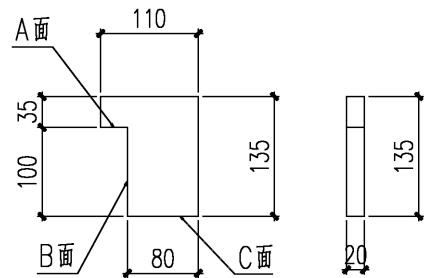
4.3.5 提升器压板

液压提升器安装到位后，应立即用临时压板固定。每台液压提升器需要 4 块提升器临时压板。A、B 面需平整，使之能卡住提升器底座；C 面

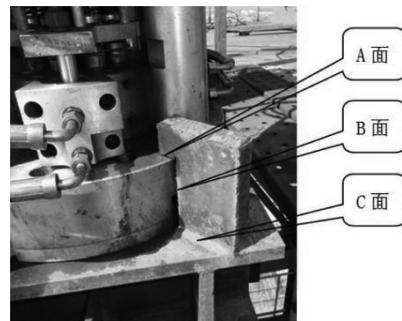
同下部提升平台梁焊接固定，焊接采用双面角焊缝，焊接时不得接触提升器底座，焊缝高度不小于 10mm。



提升器压板1详图(共计32块)



提升器压板2详图(共计40块)



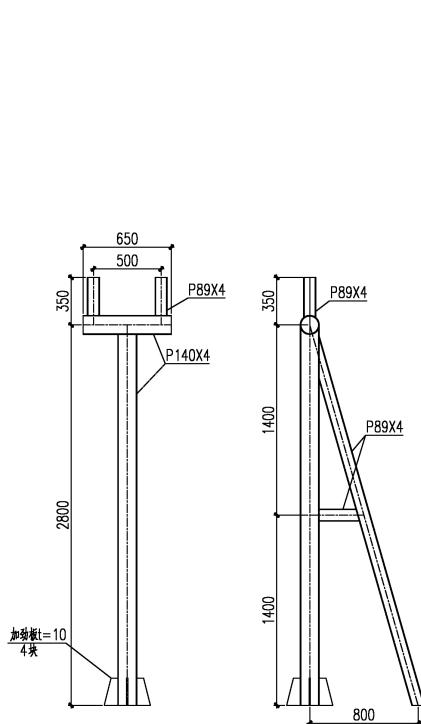
临时压板现场使用图片

图二十 提升器压板设计图

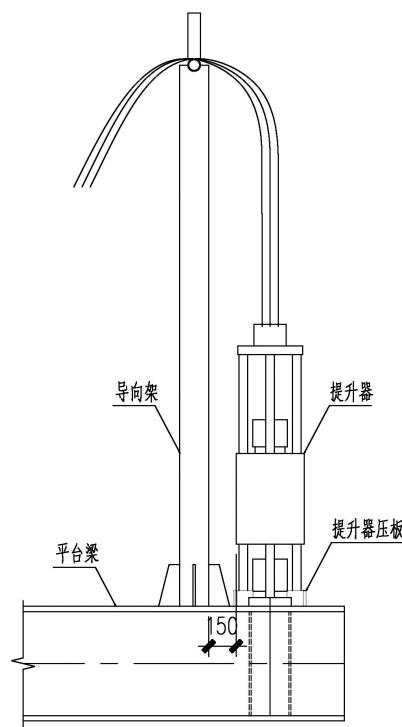
4.3.6 导向架设计

在液压提升器提升或下降过程中,其顶部必须预留长出的钢绞线,如果预留的钢绞线过多,对于提升或下降过程中钢绞线的运行及液压提

升器天锚、上锚的锁定及打开有较大影响。所以每台液压提升器必须事先配置好导向架,方便其顶部预留过多钢绞线的导出顺畅。多余的钢绞线可沿提升平台自由向后、向下疏导。



导向架(数量18组)



导向架与提升器的位置关系



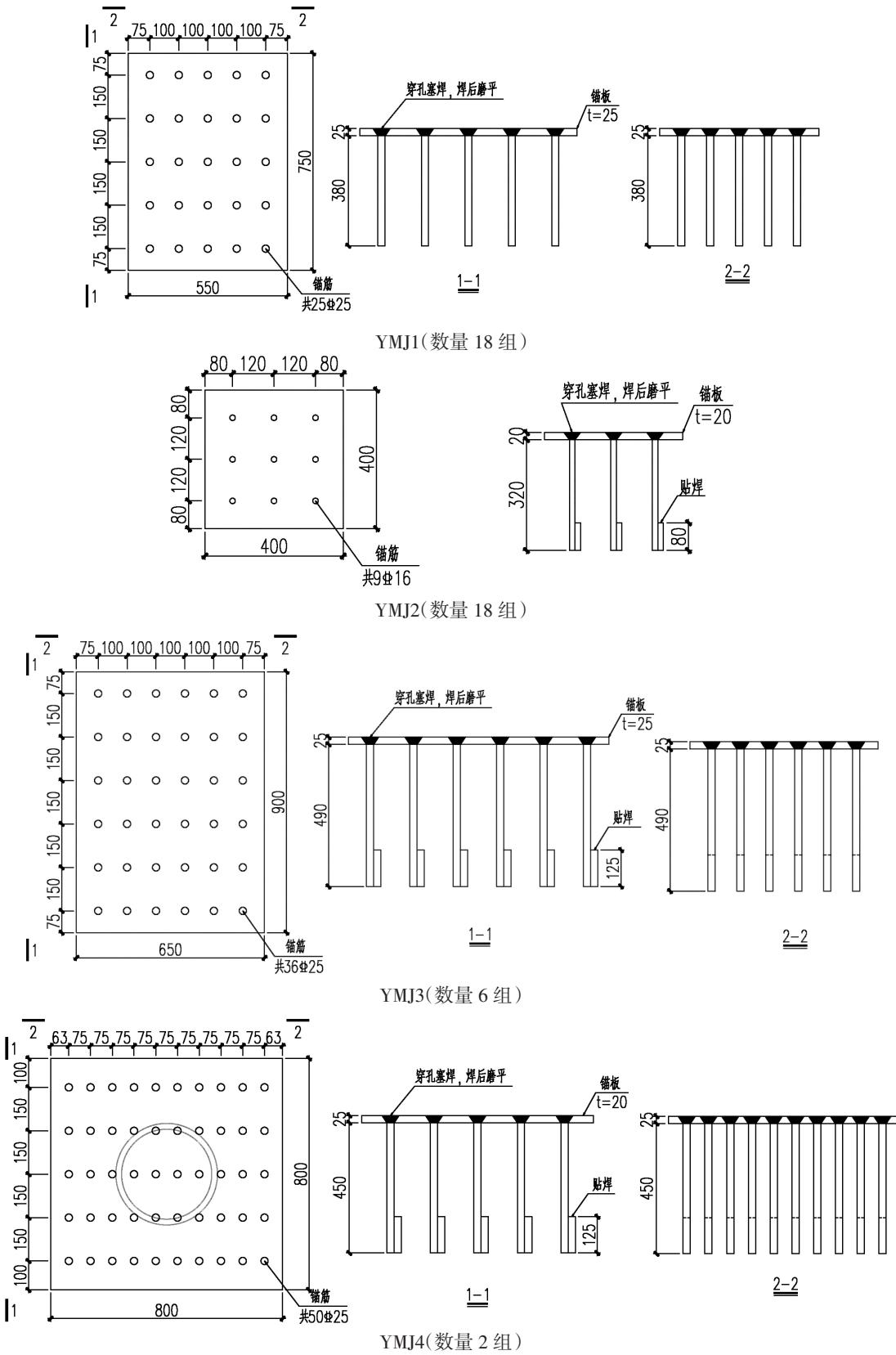
导向架工程应用

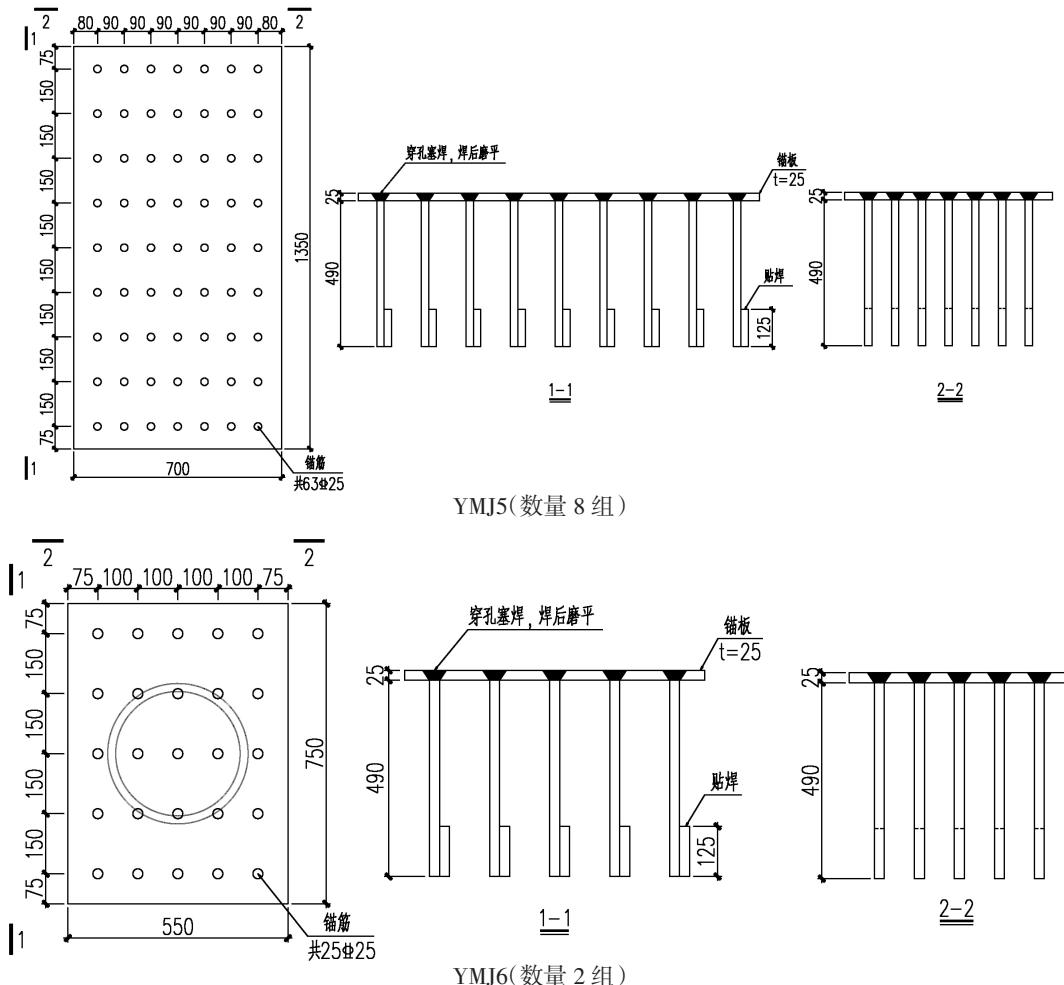
图二十一 导向架设计图

4.3.7 预埋件设计

共6种预埋件，锚板选用 $t=25mm$ 和 $t=20mm$ 的钢板，材质Q355B，锚筋选用直径D=

25mm和D=16mm的HRB400钢筋。预埋件详见下图(预埋件位置详见提升平台详图)。





图二十二 预埋件设计图

4.4 钢结构临时固定

钢结构不提升期间,应在结构四角利用倒链葫芦与周围固定物连接固定,使得在拼装对接构件时起到稳定作用,同时防止因大风造成钢结构摆动,起到稳定钢结构作用。



图二十三 钢结构临时固定图

4.5 提升前准备及检查工作

4.5.1 钢绞线安装

本工程中穿钢绞线采取由下至上穿法,即从液压提升器底部穿入至顶部穿出。应尽量使每束

钢绞线底部持平,穿好的钢绞线上端通过夹头和锚片固定。

待液压提升器钢绞线安装完毕后,再将钢绞线束的下端穿入正下方对应的下吊点底锚结构内,调整好后锁定。每台液压提升器顶部预留的钢绞线应沿导向架朝预定方向疏导。

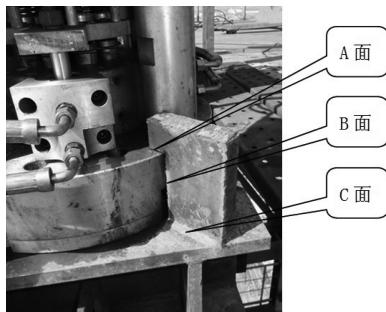


图二十四 钢绞线地面安装图

4.5.2 液压提升器安装

液压提升器安装到位后,应立即用临时压板固定。每台液压提升器需要 4 块提升器临时压板。

A、B面需平整,使之能卡住提升器底座;C面同下部提升平台梁焊接固定,焊接采用双面角焊缝,焊接时不得接触提升器底座,焊缝高度不小于10mm。



图二十五 临时压板现场使用图

4.5.3 专用底锚的安装

每一台液压提升器对应一套专用底锚结构。底锚结构安装在提升下吊点临时吊具的内部,要求每套底锚与其正上方的液压提升器、提升吊点结构开孔垂直对应、同心安装。

4.5.4 液压管路的连接

液压泵源系统与液压提升器的油管连接:

- (1)连接油管时,油管接头内的组合垫圈应取出,对应管接头或对接头上应有“O”形圈;
- (2)应先接低位置油管,防止油管中的油倒流出来。液压泵源系统与液压提升器间油管要一一对应,逐根连接;
- (3)依照方案制定的并联或串连方式连接油管,确保正确,接完后进行全面复查。

4.5.5 控制、动力线的连接

- (1)各类传感器的连接;
- (2)液压泵源系统与液压提升器之间的控制信号线连接;
- (3)液压泵源系统与计算机同步控制系统之间的连接;
- (4)液压泵源系统与配电箱之间的动力线的连接;
- (5)计算机控制系统电源线的连接。

4.5.6 设备的检查及调试

4.5.6.1 调试前的检查工作

- (1)提升临时措施结构状态检查;
- (2)设备电气、油管、节点的检查;
- (3)提升结构临时固定措施是否拆除;
- (4)将提升过程可能产生影响的障碍物清除。

4.5.6.2 系统调试

液压系统安装完成后,按下列步骤进行调试:

- (1)检查液压泵源系统上所有阀或油管的接头是否有松动,检查溢流阀的调压弹簧是否处于完全放松状态。
- (2)检查液压泵源系统控制柜与液压提升器之间电源线、通讯电缆的连接是否正确。
- (3)检查液压泵源系统与液压提升器主油缸之间的油管连接是否正确。
- (4)系统送电,检查液压泵主轴转动方向是否正确。

(5)在液压泵源系统不启动的情况下,手动操作控制柜中相应按钮,检查电磁阀和截止阀的动作是否正常,截止阀编号和液压提升器编号是否对应。

(6)检查行程传感器,使就地控制盒中相应的信号灯发讯。

(7)操作前检查:启动液压泵源系统,调节一定的压力,伸缩液压提升器主油缸;检查A腔、B腔的油管连接是否正确;检查截止阀能否截止对应的油缸。

4.6 分级加载试提升

试提升的主要目的是通过试提升过程中对提升单元、提升临时措施、提升设备系统的观察和监测,确认符合模拟工况计算和设计条件,保证提升过程的安全。

待液压系统设备检测无误后开始试提升。以计算机仿真计算的各提升吊点反力值为依据,确定液压提升器所需的伸缸压力(考虑压力损失)和缩缸压力。

开始试提升时,液压提升器伸缸压力逐渐上调,依次为所需压力的20%,40%,60%,在一切都正常的情况下,可继续加载到70%,80%,90%,95%,100%,直至提升单元全部脱离拼装胎架。

在分级加载过程中,每一步分级加载完毕,均应暂停并检查如:上吊点、下吊点结构、提升单元等加载前后的变形情况,以及主体结构的稳定性等情况。一切正常情况下,继续下一步分级加载。

当分级加载至提升单元即将离开胎架时,可能存在各点不同时离地,此时应降低提升速度,

并密切观查各点离地情况,必要时做“单点动”提升,确保提升单元离地平稳。

4.7 正式提升

为确保提升结构及主体结构提升过程的平稳、安全,根据结构的特性,拟采用“吊点油压均衡,结构姿态调整,位移同步控制,分级卸载就位”的同步提升和卸载落位控制策略。

4.7.1 同步吊点设置

每台液压提升器处各设置一套行程传感器,用以测量提升过程中各台液压提升器的提升位移同步性。主控计算机根据各个传感器的位移检测信号及其差值,构成“传感器-计算机-泵源控制阀-提升器控制阀-液压提升器-提升单元”的闭环系统,控制整个提升过程的同步性。

4.7.2 结构离地检查

提升单元离开拼装胎架约100mm后,利用液压提升系统设备锁定,空中停留2~24小时作全面检查(包括吊点结构,承重体系和提升设备等),各项检查正常无误,再进行正式提升。

4.7.3 姿态检测调整

用测量仪器检测各吊点的离地距离,计算出各吊点相对高差。通过液压提升系统设备调整各吊点高度,使提升单元达到设计姿态。

4.7.4 整体同步提升

1	钢结构主要的拼装、焊接及油漆等工作在楼面进行散件吊装拼装,施工效率高,施工质量易于保证;
2	钢结构的施工作业集中在地面,对其它专业的施工影响较小,且能够多作业面平行施工,有利于项目总工期控制;
3	钢结构的附属次结构件等可在提升单元拼装是安装或带上,可最大限度地减少高空吊装工作量,缩短安装施工周期;
4	采用“超大型构件液压同步提升施工技术”吊装空中钢结构,技术成熟,有大量类似工程成功经验可供借鉴,吊装过程的安全性有保证;
5	通过钢结构单元的整体提升,将高空作业量降至最少,加之液压提升作业绝对时间较短,能够有效保证空中钢结构安装的总体工期;
6	液压提升设备设施体积、重量较小,机动能力强,倒运和安装方便,适合本工程的使用;
7	提升上下吊点等主要临时结构利用自身结构设置,加之液压同步提升动荷载极小的优点,可以使提升临时设施用量降至最小,有利于施工成本控制;
8	通过提升设备扩展组合,提升重量、跨度、面积不受限制;
9	采用柔性索具承重,只要有合理的承重吊点,提升高度与提升幅度不受限制;
10	液压提升器锚具有逆向运动自锁性,使提升过程十分安全,并且构件可在提升过程中的任意位置长期可靠锁定;
11	液压提升系统具有毫米级的微调功能,能实现空中垂直精确定位;
12	设备体积小,自重轻,承载能力大,特别适宜于在狭小空间或室内进行大吨位构件提升。

参考文献:

- [1] 周观根. 建筑钢结构制作工艺学[M]. 中国建筑工业出版社,2011.
[2] 洪玉龙. 分析液压同步提升技术在建筑钢结构施工中

以调整后的各吊点高度为新的起始位置,复位位移传感器。在整体提升过程中,保持该姿态直至提升到设计标高附近。

4.7.5 提升过程的微调

在提升过程中,因为空中姿态调整和后装杆件安装等需要进行高度微调。在微调开始前,将计算机同步控制系统由自动模式切换成手动模式。根据需要,对整个液压提升系统中各个吊点的液压提升器进行同步微动(上升或下降),或者对单台液压提升器进行微动调整。微动即点动调整精度可以达到毫米级,完全可以满足结构安装的精度需要。

4.7.6 提升就位

提升单元提升至距离设计标高约500mm时,暂停提升;各吊点微调使结构精确提升到达设计位置;液压提升系统设备暂停工作,保持提升单元的空中姿态,后装杆件安装,使提升单元结构形成整体稳定受力体系。液压提升系统设备同步减压,至钢绞线完全松弛;拆除液压提升系统设备及相关临时措施,完成提升单元的整体提升安装。

5 施工总结

本工程中钢结构采用整体液压同步提升技术进行吊装,与其他施工技术相比,具有如下优点:

的应用[J]. 建材与装饰,2021(06)

作者简介 张陈龙,本科,学士学位,高级工程师,项目经理,手机18252867307, E-mail:451032036@qq.com

三维扫描在某新建医院管线综合中的应用

许馨文¹,陈州²,顾俊斌²

(1.江苏国峰建设有限公司;2.江苏省苏中建设集团股份有限公司,226600)

[摘要] 随着中国建筑的发展,BIM技术大量的引入到各种项目中,为土建施工、机电安装提供了精确的依据,但机电管线综合领域,仅靠BIM技术对施工的指导往往不够。本文将三维扫描技术与土建、机电管线施工管控相结合,通过检测土建作业施工质量情况,提升机电管线安装和运营维护质量,从施工前、施工中和施工后全生命周期为管线提供可视化数字模型依据。并结合南通某三甲医院项目,对土建和机电BIM模型进行深化,实现施工质量严格管控,对综合机电管线的指导施工具有重大的意义。

[关键词] 三维扫描技术;正向模型;逆向建模;模型深化

近年来,中国建筑结构施工技术、标准、布局等已达到较为成熟的阶段,但即使是当前,许多建筑细部的优化改革和细化设计仍亟待解决。对公共建筑而言,建筑内部管线复杂集中,在管线综合施工过程中易发生错、漏、碰、缺等问题,造成严重的返工现象,严重影响施工进度,因此机电深化设计变得尤为重要。

三维激光扫描技术能够将建筑物内外部信息虚拟为数字化数据,故三维扫描技术形成的逆向建模为建筑施工提供了可靠信息。张弛等将三维扫描技术应用于桥梁结构监测,苗小利等将其应用于老旧小区精度测绘,王英等将其应用于古建筑文化遗产保护中。本文将三维扫描技术与BIM技术结合使机电管线综合趋于标准化、从而提高施工质量与管控,并对管线综合的指导施工具有重大的意义。

1 工程概况

南通市某医院新建工程占地146亩。一期工程占地96亩、总建筑面积14.82万平方米,地上建筑面积11.47万平方米,地下建筑面积3.35万平方米。

本项目按照三级甲等综合性医院标准建设,规划床位800张,其中综合医疗床位500张,妇幼保健床位300张。该医院实行“大专科、小综合”设置,设有妇幼保健院和特色内科、康复中

心、高端体检中心、生殖中心等重点科室。

工程采用EPC总承包模式招标,按省建筑施工标准化星级工地标准组织施工。工期计划30个月,预计于2023年底全面竣工,保证获取“扬子杯”。新建医院建筑外立面图见图1所示。



图1 新建医院正立面图

2 三维建模与方案设计

2.1 三维扫描与逆向建模

2.1.1 三维扫描

数据采集:本次外业数据采集以本项目标准层7层西侧四个样板间和外部走廊为例制定实施计划。设备采用FARO Focus S350进行扫描,该设备扫描精度达 $\pm 2\text{mm}$,其最远扫描测程可达350 m,每秒可获取97万个点云数据。

数据拼接:采集点云数据导入Scene软件进行注册、布置扫描^[10],首次采用基于俯视图扫描,待拼接完成后查看拼接精度,若精度较低,则再次使用基于云际拼接,精度控制在1mm左右。

点云去噪:数据采集过程中,人为、周围环境

等因素会导致采集的点云数据存在噪点,对精度造成影响。因此需要对拼接好的数据做冗余点删除处理。在 Scene 软件中,利用裁剪框将远离主体点云数据的点云簇和孤立点人工剔除。

2.1.2 逆向建模

逆向建模,指通过三维激光扫描技术和 BIM 建模技术对建筑进行快速三维建模,对项目实现三维重建并得到设备安装误差、竣工后的维护、改建、存档等信息。

2.2 方案设计

虚拟化样板间区域的土建结构为数字模型,建立样板间的 BIM 土建模型,将两者检测对比,获得两者偏差并对 BIM 模型进行修改,为后续管线检测提供实际设计模型。

在样板间区域的管道安装过程中,对各专业类型管道扫描后转化其为数字模型,建立管线综合的 BIM 模型,将两者模型检测对比,得其偏差并加以修正形成实际的深化模型。

通过将三维扫描与 BIM 建模相结合形成系统的运维管理流程,从而实现管线综合的施工前、施工中、施工后管控,如图 2 所示。

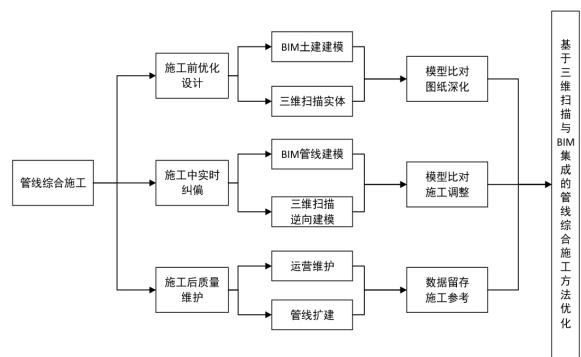


图 2 管线综合施工优化关系图

2.2.1 施工前优化

由 BIM 团队专业人员依照图纸建立样板间区域土建 BIM 模型。使用三维激光扫描仪对样板间土建模型进行外业扫描,并通过 scene 软件进行数据处理,得到样板间区域点云模型,比对 BIM 模型与实际点云模型而优化土建 BIM 模型为管线综合安装提供真实安装条件基础。

2.2.2 施工中实时纠偏阶段

在管线施工过程中,虽然已提前做好施工现场管线规划和深化的 BIM 模型,但现场安装情

况往往更加复杂,例如预留洞口、坡度管道、梁底标高等,施工人员安装各专业时仍会出现各种偏差,因此,通过三维扫描技术对施工管道安装情况进行把控,对不合规范的管道安装进行调整。

利用 PDCA 循环控制原理来实现管线综合的标准处理,并贯穿于管线施工的各个阶段。按照计划、实施、检查、处理等,实现 PDCA 质量效果持续改进。

(1)计划

项目总承包方提前组织各分包专业人员进行沟通,实现给排水、暖通、电气、医疗专项之间的有序排布,避免施工中时间、经济等价值损失。总承包方 BIM 工程师建立机电模型并实施碰撞检查,确定无误后实施技术交底。

在优化图纸后与修改后 BIM 模型的基础上分专业逐步进行机电安装,并在安装过程中对其管道实施三维激光扫描,实现管道安装质量管控。

(2)实施

组织水、暖、电专业分包单位有序进场安装,本项目由于暖通风管、防排烟管径较大且不易翻弯,故先于其他管道安装。在新风管、排烟管道安装后,立即对排烟管道、风管尺寸、安装位置及高程进行三维扫描,与 BIM 模型有出入时及时调整管道,后依次进行暖通,给排水和电气专业管道安装、扫描和调整。

(3)检查与处理

将扫描数据导入到 Scene 软件中处理,经处理后保存为标准的.rep 点云格式文件,导入到 revit 中进行管道的校核与设计。对比原优化后 BIM 模型,得出实际安装中的误差,整理偏差结果并及时向施工人员反馈,调整实际工程中的偏差以便于后续管道施工能够严格进行。

2.2.3 施工后质量维护阶段

(1)管线运营维护

管线长期使用会出现腐蚀老化、开裂及变形,用三维扫描仪扫描换置新管道切口并在 Scene 软件中进行整合,将点云模型导入到 Revit 软件中建立 BIM 模型,对新、旧切口实施模型整合和虚拟拼装,调整拼装误差并反复修改切口信

息,直至满足拼装要求。

(2)管线扩建

管线长久使用中会出现略微下沉或偏移,致使已有BIM模型相对现存管线不精确,利用三维扫描仪对现有管道实施扫描并对其数据加工处理得到现有精确点云模型,将此点云使用Revit软件进行逆向建模获取精确三维模型后进行扩建。

管线扩建重点在于管道的软碰撞,即新建管线与现有实际管线的间隙碰撞,将新建管线在已存Revit模型中实施正向建模,并与同一环境下进行可视化碰撞检查并量化碰撞大小,以解决碰撞问题。

3 实际应用

3.1 土建施工检测优化设计

模型优化:通过检测利用点对点的方式将BIM模型与点云数据进行对齐,对齐的参照点每层不少于3个,偏移的角度控制在45°以内,收敛目标的迭代次数不宜超过50次,如图3所示。

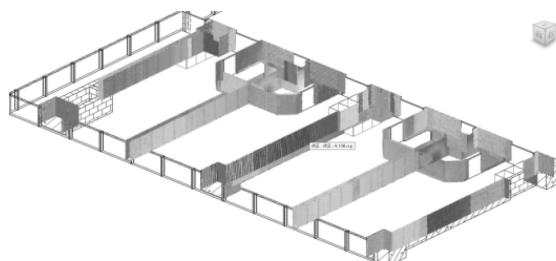


图3 点云与BIM模型

模型检测:通过软件比较与分析功能,检测点云数据模型与BIM数据模型,如图4所示为样板间承重墙偏差图;图6为样板间钢筋混凝土结构柱各侧边的误差图,可直观反映出结构墙柱实际尺寸和设计尺寸的差值。

3.1.1 墙体平整度检测

根据GB50204—2015《混凝土结构施工质量验收规范》中表8.3.2现浇结构位置和尺寸允许偏差要求,现浇混凝土构件成型后表面的平整度应为8mm,一般检查方法为2米靠尺配合塞尺检查,如图5所示。本文使用三维扫描技术对该样板间承重墙扫描检测,从左至右以此随机取出十个点进行分析得出以上数据,说明该承重墙表面平整度基本合格。

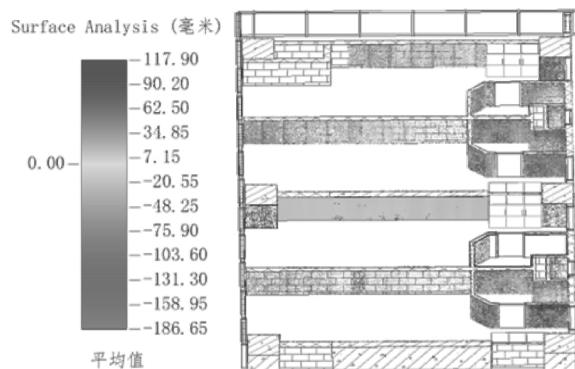


图4 平整度分析图

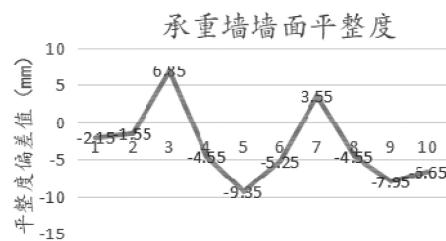


图5 平整度折线图

3.1.2 结构柱截面尺寸检测

根据GB50204—2015《混凝土结构施工质量验收规范》中表8.3.2浇筑位置和尺寸允许偏差及检验方法,现浇混凝土构件成型后结构柱允许偏差-5mm至10mm,一般检查方法为5m钢卷尺检查。本文使

用三维扫描技术对该样板间结构柱进行检测并编号1至6号,如图6所示,分别得出东西向、南北向截面尺寸偏差并加以分析,如图7所示,此6根结构柱最大截面尺寸偏差为9mm,最小截面尺寸偏差为-5mm,得出此样板间钢筋混凝土结构柱截面尺寸合格。

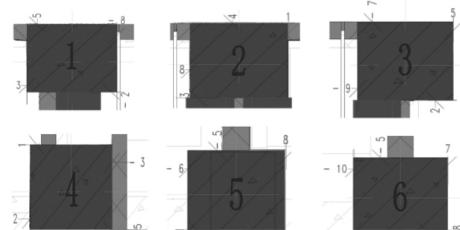


图6 结构柱误差图

结构柱截面尺寸误差值图表

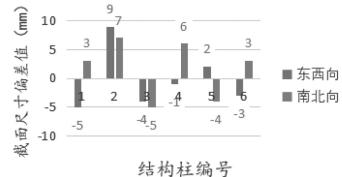


图7 截面尺寸误差分析图

3.1.3 模型修正

由以上数据获得点云与实际模型分析报告,在误差允许的范围内对已建 BIM 模型进行修改,并对图纸存在的错、漏、碰、缺问题提交设计师,对预留洞口、预埋套管、现场开洞及管井等需严格注意。模型修改完成后,导出修改的 BIM 模型并优化图纸,交由专业人员交底存档。

3.2 机电施工实时优化

3.2.1 扫描检测

(1)在新风管道、防排烟安装后,对其进行三维激光扫描共计 18 站,导入 scene 软件处理后得其点云模型。

(2)水专业管道安装依照 BIM 模型有序进行,给排水、暖通专业管道较多,安装中预估会出现偏差,此过程中,在不妨碍施工的情况下实施三维激光扫描,亦可进行夜间扫描。

①空调供回水管道安装完成后,对空调冷热水管进行扫描 39 站,经处理获得其管道点云模型,且由点云模型可看出,空调水管问题较多。②对给排水管道进行扫描 53 站,经处理获得给排水管道模型并对发现问题进行整改。③在消防管道安装后,即对其管道情况进行扫描,经过对样板间及管廊区域再次扫描 27 站,获得其消防管道点云模型并逐步开始对其调整。

(3)电气专业安装注重管线排布和点位布置,桥架置于上方,大桥架需以较小的角度翻绕,避免敷设电缆时过度弯折。线管在开槽过程中严格依照点位施工,避免二次开槽造成结构损伤,故工人在安装线管须与三维激光扫描设备配合。

3.2.2 纠偏优化

(1)通风管道问题调整。施工人员根据现场情况将新风管进行调整,新风管道整体标高发生变化,致使影响后续管道施工,继而对新风管道进行管控调整。如图 8,蓝色为逆向建模管道,绿色为 BIM 模型管道,底标高相差 41mm。防排烟管道较大,安装后发现倾斜斜。排风管道施工后严重偏斜,且弯折处有严重施工误差,如图 9 所示。



图 8 新风管底标高偏差

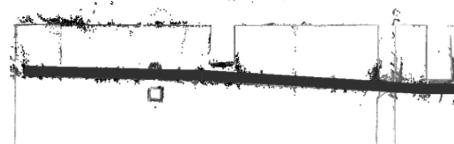


图 9 排风管倾斜

对上述新风管、防排烟管、排风管等管道调整后向技术人员交底,组织各方施工管理人员依据图纸、模型严格整改后并确认无误后进行水专业管道安装。

(2)暖通水管道问题调整。空调供水管现场安装与 BIM 模型走向不符,如图 10 所示,且管道连接和翻弯与 BIM 指导模型有所出入;如图 11 所示,BIM 模型未建此区域模型;回水管道支管与主管保温层发生碰撞,且明显看出管道弯折,如图 12 所示,及时向技术人员反映管道安装质量问题,尽快组织施工方案对其进行调整。



图 10(a)正向 BIM 模型



图 10(b)逆向 BIM 模型

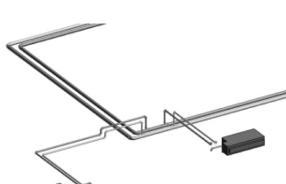


图 11(a)正向 BIM 模型

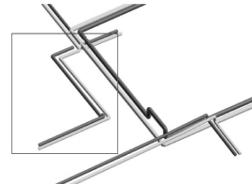


图 11(b)逆向 BIM 模型

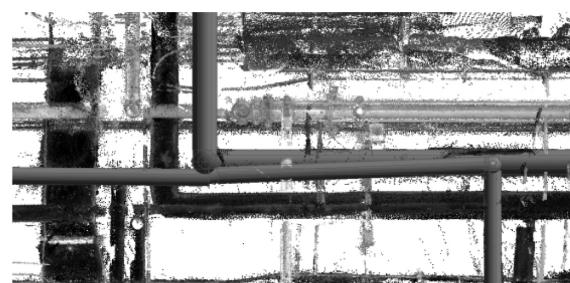


图 12 管道弯折

(3)给排水管道问题调整。现场空调供回水管道空调新风管出现翻弯,如图 13 所示,现场给水管道的冷热水管道遇空调新风管道从下部直通,说明现场施工人员对冷热水管道标高进行过优化,在不影响后期维护和吊顶标高的情况下,考虑到支吊架的问题,将 BIM 模型进行调整。给

水管冷水管在通向病房处,发生明显弯曲,需技术人员交底沟通调整,如图 14 所示。

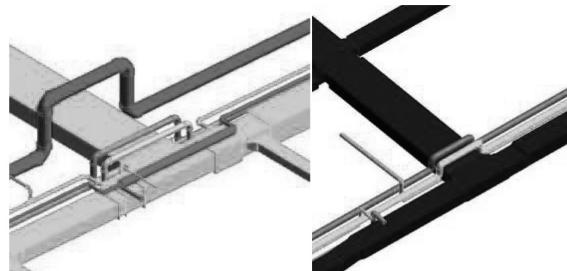


图 13(a)正向 BIM 模型

(b)逆向 BIM 模型

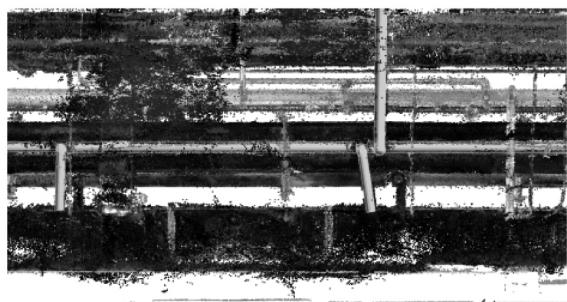


图 14 管道弯折

(4)消防管道问题调整。点云模型逆向建模得到如下问题:在管道安装后有明显的弯折,且部分主管有弯曲,如图 15 所示,此为严重的质量问题,需技术人员监督施工人员进行整改;消防管道正向 BIM 未考虑装潢点位导致小部分支管模型不健全,待整改安装后需依据现场实际情况对 BIM 模型进行调整,为后续装潢提供依据。

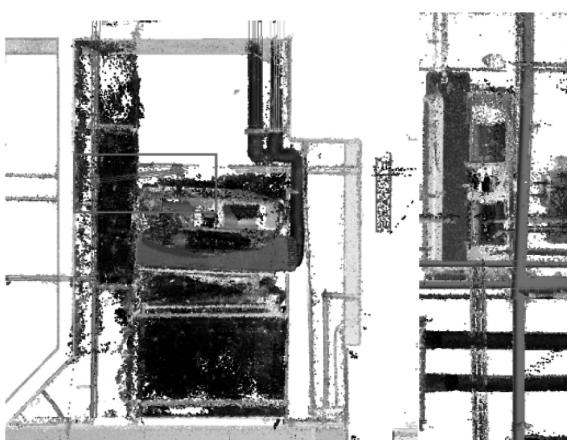


图 15(a)消防管道弯折

(b)细部图

(5)电气桥架在安装过程中会出现翻弯现象,在翻弯处使用三维激光扫描技术对其指导,完成后对线管、沟槽扫描,对不合格的沟槽与施工人员沟通实施实时填充。

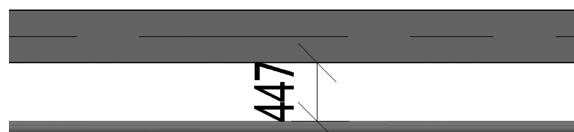


图 16 桥架与管道水平间距

根据 GB 51348—2019《民用建筑电气设计标准》中表 8.5.15 电缆桥架与各种管道的最小净距要求,电缆桥架与有保温层的热水管道的平行净距应为 0.5m,如图 16 所示;三维激光扫描逆向建模后电缆桥架实际距空调回水管的水平间距为 447mm,此桥架与回水管道水平间距不符合,需立即整改。

3.2.3 建档保存

(1)在各分项检测后,及时反馈问题并在下项项目施工前由技术人员与施工人员沟通给予严格调整,对安装过程中出现的排风管、新风管、空调供回水管及给水排水等问题纠偏,实现对管线综合施工过程中的质量管控。再次使用三维扫描仪对样板间区域做整体扫描,共计 83 站,得其管道点云图后进行重建为 BIM 模型,如图 17 所示;后将 BIM 模型导入数据库进行保存,对后期管线运维提供技术上指导。

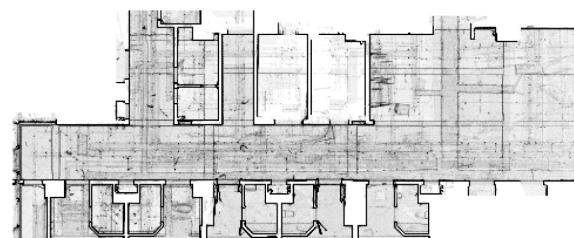


图 17 管线综合点云

(2)后续精装修施工中,精准的机电管线安装可为吊顶、机电末端追位、精装造型配合及预留检修口提供便利[15],并在满足功能需求的前提下,还要满足管线设备均匀对称、管道之间整齐划一等美观的布局效果。

4 总结

较于传统质量控制手段,运用三维扫描技术与 BIM 技术可减少材料浪费的现象,并通过过程施工纠偏,提高施工质量,保证高效率、高质量的安全文明施工。

(1)土建结构施工完成后,将其扫描并转化为数字模型,检测出土建模型主体结构施工质量

情况，实现了对机电管线的施工前质量控制，为机电安装提供了精准的依据。

(2)在土建结构的虚拟化模型下，本项目的机电管线安装获得了更好的基础依据。通过对各专业管道在施工过程中的及时纠偏，实现了在各阶段对各专业管线严格的质量管控，满足了本医院项目对机电管线的多专业系统排布、施工工艺、美观和安装工程的要求，为后期管线运维提供了事实上的依据。

(3)通过将三维扫描技术与BIM技术相结合为管线的运维管理提供了更加精细化的依据，为管线的扩建提供可视化的数据基础，实现了对机电管线运维的精准控制。

参考文献：

- [1] 唐芳.BIM技术在全装配式混凝土剪力墙结构工程中的应用[J].混凝土,2020(07):109-113.
- [2] 郭建营,孟然,孟繁宇.BIM在装配式建筑项目管理中的应用研究[J].建筑经济,2022,43(S1):526-533.2022S105 26.
- [3] 林升焕,杨仁光.BIM技术在某机电安装工程消防泵房

中的应用[C]//.第26届华东六省一市土木建筑工程建造技术交流会论文集(上册).2020:396-398.2020.0216 20.

- [4] 谢宏全,侯坤.地面三维激光扫描技术与工程应用[M].武汉:武汉大学出版社,2013.12.
- [5] 姚习红,周业梅,加松,等.基于三维激光扫描的建筑物逆向建模实现方法及应用 [J]. 工业建筑,2020,50(03): 178-181+189.202003031.
- [6] 张驰,白志辉,李亮,等.利用三维激光扫描技术监测矿区桥梁结构形变[J].测绘通报,2022(04):122-129.11-2246.2022.0122.
- [7] 苗小利,曹亚杰,张文安.老旧小区建筑立面激光点云测绘精度分析[J].测绘通报,2021(S2):66-69.11-2246.2021.0588.

作者简介 许馨文,硕士,硕士学位,高级工程师,技术负责人,手机 15950873456, E-mail:764381542@qq.com;陈州,大学本科,学士学位,高级工程师,技术质量部副经理,手机 18015909909;
顾俊斌,大学本科,学士学位,工程师职称.技术质量管理专员,手机:13584715723,E-mail:591364835@qq.com

建筑工程勘察中桩基础技术的应用与探究

吕乐¹,李诚忠²

(1.南通市通州区建设工程质量监督站,江苏 南通 226001;

2.南通市建筑设计研究院有限公司,江苏 南通 226001)

[摘要] 在工程建设和施工过程中,地基基础建设有着举足轻重的地位,地基基础建设质量的高低将会直接影响到建筑工程的根基。桩基础是工程建设中常用的基础型式,其应用范围广、发展速度快,桩基础技术的合理应用可以有效提高地基承载力,减少上部建筑沉降问题的出现,为建筑质量提供可靠保障。因此,桩基工程质量对建筑工程整体质量有着非常重要的作用,了解桩基础的有关技术问题,对工程技术人员十分必要。本文简要阐述了桩基础发展历程、桩基础技术内容,并对桩基础技术需注意的岩土工程问题进行研究。

[关键词] 桩基础;桩基施工;桩基检测;岩土工程

0 引言

随着现代城市的建设和发展,城市土地资源的短缺和城市人口的不断增加对建筑业产生了一定的影响。目前,城市高层建筑非常普遍,随着建筑工程高度的增加,建筑基础承担的荷载也随之增大。桩基作为深基础中最为常用的基础形式,具有承载力大、稳定性好、沉降值小等特点,对于各种地质条件及荷载情况都具有较好的适应性,广泛应用于高层建筑、重型厂房等工程,是建筑工程的重要组成部分,承载着建筑工程的全部或部分荷载。

1 桩基础概述

1.1 桩基础的发展历程

桩基础在建筑工程中的应用有着较为悠久的历史,经考古发掘研究,我国桩基础应用最早发现于浙江省东部余姚市河姆渡的原始村落,为木桩结构^[1]。桩基础技术发展到宋代已较为成熟,至明清两代时,已发展出描述桩基选料、布置和施工方法等方面相关规定的书籍,如清代的《工部工程做法》。

随着钢筋混凝土的发展,我国于20世纪20年代开始采用钢筋混凝土预制桩和灌注桩,从而出现了木桩、混凝土桩和钢筋混凝土桩三者并举的时期。改革开放后,我国桩基础技术迎来了快

速发展的时代,钻孔灌注桩、预制桩等在建筑工程得到大规模应用,桩基础的设计方法、类型、施工技术、检测技术等也得到了大规模发展,并伴随着计算机和数值模拟技术的推广,桩基础技术向着更加先进科学的方向不断进步。

1.2 桩基础的基本分类

桩基础作为一种传力构件,将上部建筑的全部或部分荷载传递至地基土中,实现了上部建筑与地基的紧密连接,可以有效提高地基承载力,减少上部建筑的沉降及不均匀沉降。桩基础按照荷载的传力路径可分为端承桩和摩擦桩,端承桩将荷载传递到桩端下的坚硬土层或岩层中,摩擦桩主要通过桩侧与土层的摩擦力承受上部建筑荷载,如图1所示。

除按照传力方式分类,桩基础还可按照成桩方式分为挤土桩、部分挤土桩和非挤土桩,按照桩径大小分为小直径桩($d \leq 250\text{mm}$)、中等直径桩($250\text{mm} < d < 800\text{mm}$)和大直径桩($d \geq 800\text{mm}$),按照受力方式分为抗压桩、抗拔桩等,按照施工方法分为灌注桩和预制桩等。

2 桩基础的设计、施工及验收

2.1 桩基础的设计

桩基础设计流程大致可以归纳为:基桩选型→初定桩尺寸→确定单桩竖向承载力→确定

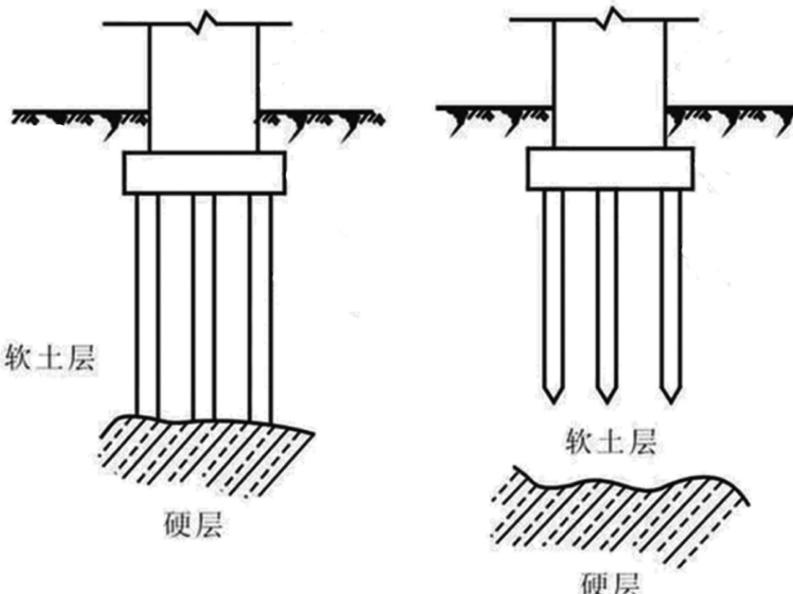


图1 桩基础荷载传递途径

桩的数量、间距和布置方式→验算桩基承载力→桩身结构设计→承台设计→绘制桩基施工图。其中，单桩竖向承载力一般由单桩静荷载试验、原位测试法和经验参数法确定，实际工程中常根据勘察报告提供的地基承载力参数采用经验参数法对单桩竖向承载力进行估算，单桩竖向极限承载力标准值 Q_{uk} 估算公式如下：

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u + \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p$$

式中： Q_{sk} 、 Q_{pk} 分别为总极限侧阻力标准值和总极限端阻力标准值； u 为桩身周长； q_{sik} 为桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值； l_i 为桩周第 i 层土的厚度； q_{pk} 为极限端阻力标准值； A_p 为桩端面积。

2.2 桩基础的施工

对于预制桩，常采用的沉桩施工方法主要有锤击沉桩、振动沉桩、静力压桩、射水沉桩等^[2]。锤击法通过桩锤的冲击能克服土层对桩的阻力，常用的桩锤有柴油锤及蒸汽锤等，但施工过程中易产生噪音污染。振动沉桩施工与锤击沉桩施工相似，将振动桩锤替代锤击桩锤，以大功率的电动激振器产生频率为 700~900 次/分钟的振动，克服土对桩的阻力，使桩沉入土中。静压法压桩需借助设备自重及配重，经过传动机构加压把桩压入土中，具有无噪声、无震动、成本低等优点。射水沉桩是锤击、振动两种沉桩方法的辅助方法。

对于灌注桩，施工方法较预制桩相对复杂，需在桩位上成孔并灌注混凝土。对于成孔深度内无地下水的干作业成孔灌注桩，常采用螺旋钻机成孔，钻至设计深度后进行孔底清理，吊放钢筋笼并灌注混凝土；泥浆护壁成孔灌注桩对于不同土质和地下水位高低都适用，可通过泥浆保护孔壁、防止塌孔并排出土渣，钻孔方法有回转钻孔、潜水钻机钻孔、冲击钻孔等。成孔清孔后，吊放钢筋笼及导管，水下灌注混凝土。

回转钻孔可根据泥浆循环方式分为正循环回转钻孔和反循环回转钻孔。正循环是用泥浆泵将泥浆以一定压力通过空心钻杆顶部，从钻杆底部喷出，底部的钻锥在旋转时将土壤搅松成为钻渣，被泥浆悬浮，随泥浆上升而溢出流至孔外的泥浆槽，经过沉淀池中沉淀净化，再循环使用；反循环钻机的泥浆由孔外流入孔内，由真空泵或其他方法将钻渣通过钻杆中心从钻杆顶部吸出，或将吸浆泵随同钻锥一同钻进，从孔底将钻渣吸出孔外^[3]。由于钻杆内腔断面积比钻杆与孔壁间的环状断面积小得多，因此泥浆的上返速度远大于正循环工艺泥浆上返速度，可提高排渣能力。

潜水钻机是一种旋转式钻孔机，其动力、变速机构和钻头密封在一起，由桩架及钻杆定位后可潜入水、泥浆中钻孔^[4]。注入泥浆后通过正循环或反循环排渣法将孔内切削土粒、石渣排

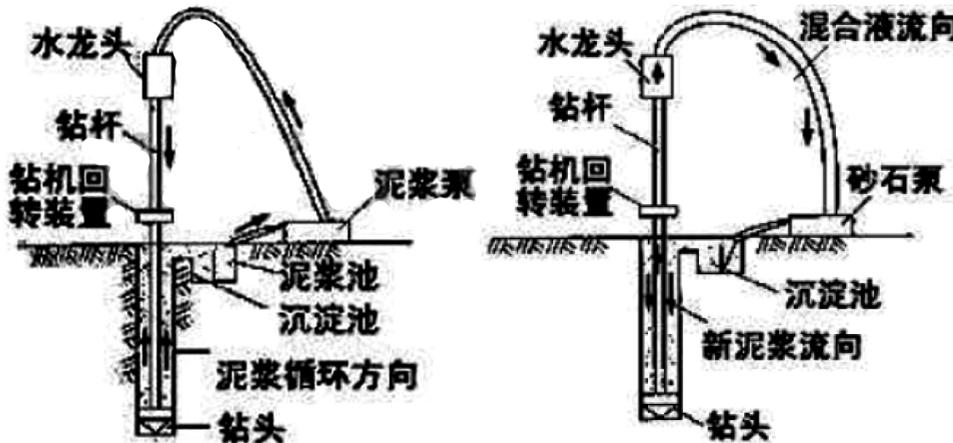


图2 正循环回转钻进(左)与反循环回转钻进(右)

至孔外。

冲击钻孔通过机架、卷扬机将冲锥式钻头提升到一定高度，靠自由下落的冲击力切削破碎岩层或冲击土层成孔，然后用掏碴筒来掏取孔内的碴浆^[5]。冲孔前应埋设钢护筒，并准备好护壁材料。

2.3 桩基础的检验

桩基础施工完成后，应对基桩的承载力和桩身完整性进行检测与评价。随着对基础单桩承载力要求越来越高，桩基础承载力的确定方法也不断发展更新，迄今为止所采用的方法主要有静荷载试验法、动测法、静动法以及自平衡法。

桩基检测方法可分为破坏性试验，如静载试验、钻芯法，和非破坏性试验，如低应变、高应变及声波透射法。

静载试验是在桩顶部逐级施加竖向压力、竖向上拔力或水平推力，观测桩顶部随时间产生的

沉降、上拔位移或水平位移，以确定相应的单桩竖向抗压承载力、单桩竖向抗拔承载力或单桩水平承载力的试验方法^[6]。工程中常用静载试验确定单桩竖向极限承载力，该方法是目前最为准确、可靠的检验方法，为桩基承载力设计值的确定提供了依据，也广泛用于检测工程基桩承载力是否达到设计要求。但由于其检测周期长、费用大，实际工程中只能用于小比例抽检，不便用于大比例的质量及承载力普查。

钻芯法通过钻机钻取芯样，检测混凝土灌注桩的桩长、桩身混凝土强度、桩底沉渣厚度、判定或鉴别桩端持力层岩土性状及桩身完整性，可以客观准确地反映桩身质量^[7]。钻芯法仅适用于钻（冲）孔灌注桩、人工挖孔桩、复合地基等，对管桩、沉管桩等不适用，具有一定的局限性。

低应变法通过在桩顶施加激振信号产生应力波，该应力波沿桩身传播过程中遇到不连续界



图3 桩基静荷载试验

面和桩底面时产生反射波,通过检测分析反射波的传播时间、幅值和波形特征,从而判定桩身完整性。低应变法仅用于混凝土桩的桩身完整性判定,如灌注桩、预制桩等,具有检测简便、速度快的优点^[8]。

高应变法是动载荷试验,以重锤冲击桩顶的方式提供动荷载,获取桩顶部的速度和力时程曲线,再通过波动高应变检测理论分析,不仅可用于判定桩身完整性,也可用于检测单桩竖向抗压承载力^[9]。

声波透射法通过放置在桩内预埋声测管中的超声波发射与接收探头监测声波在介质中的传播,来获取波的声学特征,进而对波的到达时间、幅度大小、频率变化等进行处理分析,由此判定桩基的缺陷类型和完整性^[10]。其检测方法主要分为桩内跨孔透射法、桩内单孔透射法、桩外孔透射法,在大直径混凝土灌注桩检测中应用最为广泛的是桩内孔透射法。

3 桩基础技术中应注意的岩土工程问题

3.1 液化土层中的桩基抗震问题

桩基较天然地基具有更好的抗震性能,但液化土层对桩基的抗震性能影响较大,地震时液化土层中的桩可能产生压缩、剪切、弯曲、纵裂及桩头位移过大等破坏,对桩基承载力及桩身质量产生较大影响,因此需注意桩基在液化土层中的抗震问题。

在进行桩基设计施工的过程中,需注意岩土工程勘察报告中关于场地地震效应的描述,勘察报告中提供建筑场地类别、抗震设防烈度、设计基本地震加速度、抗震地段、特征周期等相关参数,并对地基土进行液化判别。当存在液化土层时,规范多采用折减系数法、两阶段分析法、综合法以及 p-y 曲线法确定液化土层中的桩基承载特性,提出相应桩基工程抗震措施。

折减系数法根据土层液化指数等确定折减系数,将液化土层的极限侧阻力与折减系数相乘并计算单桩极限承载力标准值,具有方法简单、应用简便的特点;两阶段分析法将桩的验算分为地震阶段和震后阶段,地震阶段按非液化土层的情况对桩进行校核,震后阶段假定液化层全层液

化,扣除液化层的桩侧摩擦力及左右厚度的上复非液化层的摩擦力,校核在静载下的液化后竖向承载力。鉴于实际震害资料的局限性以及液化土中桩基动力响应问题的复杂性,折减系数法和两阶段分析法均存在种种缺陷,近年来在规范中被逐步淘汰。综合法在两阶段分析法及折减系数法的基础上进行了综合考虑,根据液化土层是否分担承载力而分为两种情形考虑,取其中不利者作为桩基设计的依据,并且在桩的竖向和水平承载力计算中均考虑了液化影响折减系数,较为全面地分析了液化土层中桩基抗震的设计计算,在目前国内规范中被推荐使用。p-y 曲线法将桩-土之间的接触作用考虑为一系列线性或非线性弹簧,求解桩非线性横向阻力,可基于现场试桩、室内模型桩试验以及有限元方法^[11]。

3.2 桩基防腐蚀问题

在地下水位较高的地区,桩基工程往往处于长期浸水或非长期浸水环境中,需注意岩土工程勘察报告中对地下水(土)的腐蚀性评价。

水中的氯离子侵入到桩基的混凝土钢筋表面,并达到一定临界浓度,局部破坏钢筋表面的钝化膜,引起的钢筋锈蚀^[12]。水中的硫酸盐侵入桩基的混凝土形成有害化合物,可对混凝土产生物理侵蚀和化学侵蚀,物理侵蚀即硫酸盐结晶型侵蚀,硫酸盐渗入混凝土内部产生溶解结晶现象,结晶压力导致混凝土内裂缝的生成;化学侵蚀是指侵入的硫酸盐与混凝土内部的氢氧化钙、水化铝酸钙等水泥水化物反应形成膨胀性的产物,导致混凝土开裂破坏^[13]。除此以外,地下水中的其他离子如镁离子、铵根离子等也会对桩基的混凝土产生腐蚀。

根据地下水对钢筋混凝土结构产生腐蚀的离子浓度,岩土工程勘察报告给出相应的地下水及土对钢筋混凝土结构的腐蚀性评价。根据勘察报告中的腐蚀性等级,桩基的设计和施工中应采取相应的防腐蚀措施。为提高桩基的抗腐蚀性,可在混凝土中加入掺和料如磨细硅砂粉、磨细矿渣粉、粉煤灰等,可使氯离子在混凝土中的电通量和渗透速率大大降低,提高混凝土的抗渗性能^[14];也可针对不同的腐蚀介质研制防腐特

质水泥,如熟料成分以硅酸钙为主的抗硫酸盐水泥等。针对预应力管桩,在强腐蚀环境下可采用增大保护层厚度的方法,以及在桩的表面涂刷防腐蚀涂层,在施工中可采取减少接头数量、接桩时增加焊缝厚度、用填芯混凝土封闭管桩内孔等方法提高桩基的防腐蚀性能。

4 结语

桩基是工程基础的重要环节,对工程起着承受上部荷载的重要作用,因此我们需要重视桩基设计、施工及检测的整个环节,加强对桩基技术问题的探索与研究。本文简要介绍了桩基的发展历程及桩型类别,探讨了桩基设计计算、施工措施及检测方法,分析了岩土工程勘察工作对桩基抗震及防腐蚀设计施工的意义。

参考文献:

- [1] 史佩栋主编.实用桩基工程手册.北京:中国建筑工业出版社,1999,3.
- [2] 张哲.钢筋混凝土预制桩施工技术在建筑工程中的应用[J].江西建材,2021(06):182+185.
- [3] 张海宝,喻涛,毛晓晴,钟斌,郑生机.正循环钻进反循环清孔工艺在钻孔灌注桩穿越超厚砂层施工中的应用[J].施工技术,2021,50(05):94-97.
- [4] 宋世杰,栾国栋.潜水钻机在软弱地层钻孔灌注桩中的应用[J].地质装备,2014,15(04):39-41.
- [5] 李华龙,罗国龙,郭弘鹏,田龙,卢慧忠,刘刚,张志伟.复杂地质冲击钻+反循环桩基成孔技术[C]//.2021年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(上册),2021:247-249.
- [6] 李征,李贝贝,丁杰.试析建筑工程桩基静载试验检测存在的技术问题[J].四川水泥,2021(09):85-86.[1]李征,李贝贝,丁杰.试析建筑工程桩基静载试验检测存在的技术问题[J].四川水泥,2021(09):85-86.
- [7] 吴更新.钻芯法在既有建筑桩基质量检测中的应用[J].广东建材,2022,38(06):27-29.
- [8] 车小兵.桩基低应变检测反射波响应特征理论及模拟研究[D].安徽理工大学,2021.DOI:10.26918/d.cnki.ghngc.2021.000660.
- [9] 杨志琛.基桩高应变动力检测试验参数的研究 [D].山东建筑大学,2012.
- [10] 于跃池.声波透射法在桩基质量检测中的应用[J].中国建筑金属结构,2022(03):132-134.
- [11] 冯士伦,王建华,郭金童.液化土层中桩基抗震性能研究[J].岩石力学与工程学报,2005,24(8):1402-1406.
- [12] 李海.海洋环境中混凝土桩基的耐腐蚀性研究[J].工程与建设,2022,36(01):91-92+102.
- [13] 穆松,郭政,刘光严,周莹,谢德擎,蔡景顺,刘凯.高浓度硫酸盐环境下桥梁桩基混凝土防腐技术[J].硅酸盐通报,2021,40(04):1213-1219.
- [14] 付飞.桥梁桩基高性能混凝土的抗氯离子侵入性研究[D].西南交通大学,2009.

钢管桁架预应力混凝土叠合板(PK3板)在建筑工程中的应用

蒋 达

(南通市阳光项目建设有限公司)

[摘要] 绿色施工作为现阶段建筑工程的一个重要阶段,对建筑业节能减排具有重要意义,是实现建筑行业可持续发展战略的重要环节。同时为响应江苏省绿色建筑的要求,装配式建筑的不断发展,各式各样的预制构件得到了广泛应用。

[关键词] PK3板;自重小;承重大;便于安装

1 工程概况

南通大学文科楼教学组团项目位于南通大学啬园校区西侧,总建筑面积49005m²,地上最高8层,地下一层为人防地下室。本建筑为二类民用建筑,结构类型为框架结构,内设有办公室、语音教室、报告厅等功能单元。

目前,楼面预制板一般采用传统的钢筋桁架混凝土叠合板(简称PC板),本项目首次应用了钢管桁架预应力混凝土叠合板,节约了投资,提高了施工效率,取得了良好的技术经济效益。

2 PK板类型

PK是中文“拼装、快速”的首字母,PK板全称为预应力混凝土叠合板,有三种类型。本项目采用钢管桁架预应力混凝土叠合板,是第三代产品,即PK3型(以下简称PK3板),其最主要的区别是用钢管预应力桁架代替了原来的混凝土肋结构,在保证结构稳定性的同时,进一步减少了构件重量,突出的钢管桁架在板件吊装时可作为起吊点使用,浇筑后则可加强叠合层的连接强度。



PK板(一代)采用矩形混凝土肋,肋孔为矩形,刚度较大,承载能力较大。

PK板(二代)采用T形混凝土肋,肋孔为椭圆形,刚度非常大,承载能力非常大。

PK板(三代,即PK3型板)采用混凝土钢管桁架肋,刚度适中,承载能力适中,自重轻,宽度大,生产效率高,方便穿插管线。

图1 PK板示意图

3 应用PK3板的优势

3.1 自重轻、刚度大、便于运输堆放

目前PC板产品材料上存在以下问题:厚度较厚、材料用料大、自重大、用钢量大。PK3板采用了不小于C40的高强混凝土,最小厚度为

35mm,因采用了预应力钢筋,相对于PC板用钢量节省了60%。一块尺寸为4.7m×2.1m的PK3构件,自身重量仅为0.87t,是传统PC板的一半重量,即便是工地上常用的QTZ63塔吊就可以做到安全吊装。且吊装到工作面时,2~3人即可

完成安装工作,极大的减少劳动力,也提升了叠合板的吊装效率。

根据《GBT51231-2016 装配式混凝土建筑技术标准》传统PC板为了保证成品质量,叠放层数不宜超过6层,因此每车次运输量极为有限,而且现场需要准备大面积的堆放场地,让施工范围本就拮据的工地更为头疼。

而PK3板克服了以上痛点,结合自重轻、刚度大的特点,根据《钢管桁架预应力混凝土叠合板技术规程 T-CECS722-2020》中的规定,堆放层数不应超过15层,突破了传统PC板的6层限制,大大的提高了材料运输效率以及施工现场空间利用率。

3.2 承载力强

PK3板最大的特点便是采用了预应力钢

筋作为受力筋,让整个构件在自重轻的同时,刚度和承载力得到了提升。以本项目 $4.55m \times 2.1m$ 的构件为例,其板面允许附加的荷载设计值最高可达 $10.0kN/m^2$,楼面均布活动荷载标准值为 $2.5kN/m^2$,完全满足正常施工的活动荷载要求。

3.3 减少底部支撑工序

结合以上2个优点,PK3板在建筑工程施工过程中,可以优化减少底部支撑。传统PC板需要满堂脚手架进行支撑,支撑与传统现浇结构排布相近。而PK3板可以采用三角架独立支撑,其间距可达 $1.5m \sim 3.8m$,大大减少了底部支撑工作量,甚至在小跨度($2.1m \leq l \leq 2.4m$)工程中可实现无支撑施工、上下层楼面同时穿插施工,极大的加快了施工效率,节约工期。

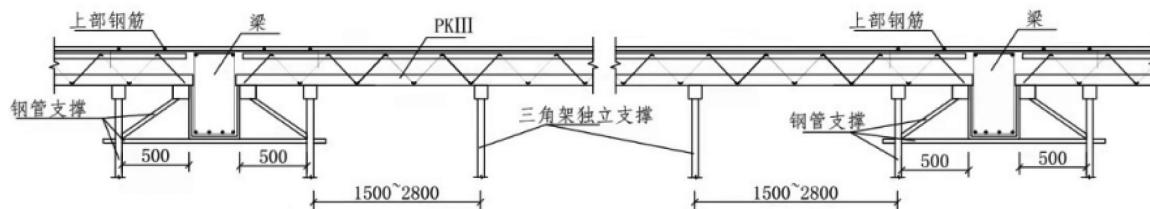


图2 与混凝土梁搭接浇筑叠合层混凝土时临时支撑示意图



图3 底部无支撑,上下层楼面同时施工实例图

3.4 安装方便

传统PC板的四周均设置胡子筋,用于深入支座内以保证结构安全可靠。在安装过程中,将胡子筋插入支座一直是一件既费时又费力的工

作,需要多名工人配合安装,遇到复杂的边角部位更是难上加难,让施工人员叫苦不迭。

而PK3板因为自重轻、刚度大、承载力强,可以根据现场的实际情况,仅在一侧留设胡子

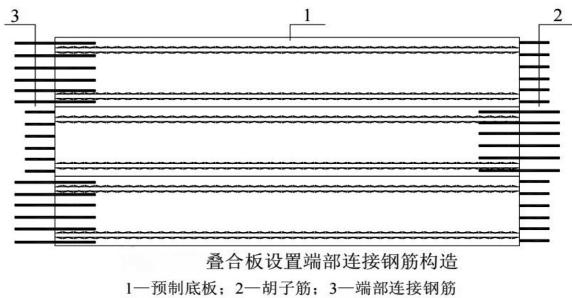


图4 端部连接钢筋构造图

筋,另一侧可以在构件安装后,再加一道端部连接钢筋,既提高了安装效率,又能起到稳定结构安全的作用,熟练工可以达到2~3人15分钟安装一块板,大幅度提高了经济效益。

3.5 开关线盒提前预埋

传统PC板吊装完成后,机电单位需要按照图纸进行现场定位开槽。众所周知,混凝土开槽

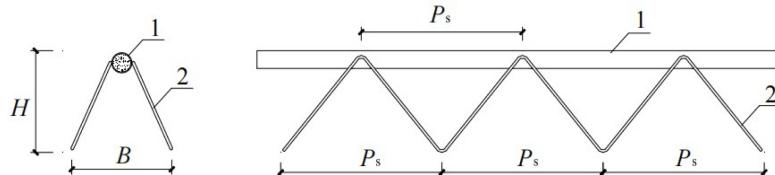
成本高、施工慢,并且难免会割断板内主筋,施工效率甚至不如传统现浇结构。

而PK3板的开关线盒是在板构件混凝土浇筑之前预埋到位的,预应力钢丝在线盒附近提前做好了的处理,保证了构件内钢筋网片的完整性。PK3板吊装完成后,安装班组只需要核对完图纸,即可进行施工,省去了前置开槽工序,极大的提高了施工效率。

3.6 钢管桁架便于管线安装

PK3型叠合板的特点是采用钢管桁架代替了混凝土肋,从而允许管线从桁架底部穿插,既美观又实用,并且因为有灌浆钢管桁架及腹杆钢筋存在,可以直接用于固定管线,无需另外布置分布筋。

除了以上谈到的优点,PK3板还有综合造价



灌浆钢管桁架示意
1—灌浆钢管；2—腹杆钢筋

图5 灌浆钢管桁架示意图

低的优点。经过本项目PC板单体与PK3板单体的数据分析,分部分项工程费PK3板对比PC板每平方米节省约9.25%的造价,这还是未考虑运输成本、吊装效率、底部支撑减少的条件下。因此PK3板技术的运用,是能达到减少投资并节约工期的目的,以南通大学文科教学楼项目为例,在疫情封控的影响下,做到平均6天完成一标准层浇筑,累计节约工期14天,节约人工、材料成本约76.3万元。

4 PK3板施工要点

结合本项目实际,为更好应用PK3板需要注意以下施工要点。

4.1 对产品品控的要求高

对于管线安装,虽然PK3板留设了“桥洞”以便管线安装,但钢管桁架与板面的高度间距理论最小值为95mm-35mm-28mm=32mm,也就是说DN30的管线也只是刚好穿过,如果遇到构件品控不严,板过厚或桁架低了,管线安装将相当困

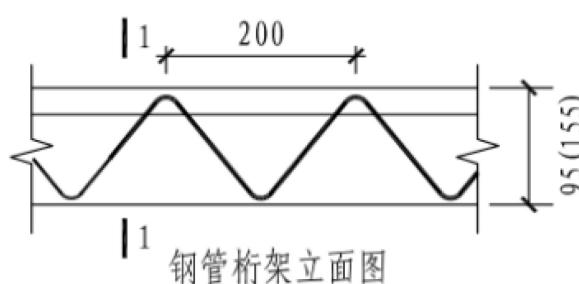
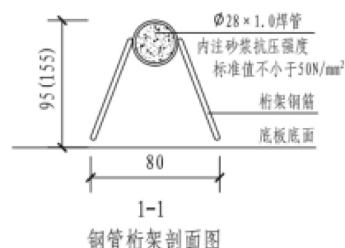


图6 钢管桁架立面示意图



注:高度95mm适用于跨距2.1~6.3m叠合板,高度155mm适用于跨距6.6~9.0m叠合板。

难,且遇到管线集中位置(如电气井部位)会很难排布。其灌浆钢管桁架作为板构件受力体系的一部分,起到了维持板构件稳定性的作用,通常情况下不允许割断。因此在实际施工中,工人很可能会出现野蛮施工,更严重者会擅自使用非标管材,既影响施工效率,还带来了工程质量带来了隐患。

因为板内钢筋为预应力钢筋,受预应力影响,每块板均为有一定的起拱,如果相邻板材的起拱偏差过大,会影响拼缝的质量。不过这种现象会在板构件安装就位后得到缓解,因为工人在楼面施工过程中会给板面施加一定的活动荷载,板面的起拱幅度会逐渐趋于一致。因此拼缝的施

工宜作为混凝土浇筑前的最后一道工序,以保证拼缝拼接紧密、美观、不漏浆。

4.2 对拼缝填补施工人员的技艺水平要求高

不同于传统PC板中间预留后浇段,PK板属于密拼板,在混凝土浇筑后,需要进行相邻板缝的填补。该工序是一道从下向上施工的反手工艺,要求施工人员在板下口进行板缝填补。如果施工人员技艺不佳,责任心不强,可能不会检查拼缝是否填满,给该部位埋下裂缝、渗漏的隐患。而且在质量员、监理巡视检查的过程中,也难以判断该部位是否做到位,因此对施工人员的技艺水平已经从业素质有一定的要求。



图7 现场裂缝、渗漏图

4.3 对图纸深化的要求高

与传统PC板构件相比较,PK3板中的受力钢筋为预应力钢筋,预应力钢筋除了起叠合层的受力筋作用外,还有维持板构件结构稳定的作用,因此未经设计允许不得切断其中的预应力钢筋。如果必须切断,则应当用高级别强度的钢筋补强(具体强度应由设计院核算)。

所以无论板的长、宽、厚还是预埋线盒的位置,都必须经过仔细核对,以确保能满足现场施工需要。一旦出现成品尺寸、线盒预埋与现场情况不符,则有可能造成成本浪费(线盒的重新开孔成本、钢筋补强成本),严重的可能让板件报废(PK3板仅能进行平行于受力筋方向小宽度切割,不可超过300mm,如果是长度过长,则该板件需要退场)。因此PK3板对图纸深化的要求程度更高,应对设计变更的能力较弱,建议参建单

位安排专人驻场,核对产品加工尺寸,及时传递相关信息,避免出现不必要的损失。

5 结语

综上所述,PK3板的应用确实解决了不少行业痛点,如其名做到了“快速+拼装”,提升了运输、施工效率,减少了投资并节约工期,但是经过实际使用,还存在一些需要优化调整的地方,特别是板底拼缝的处理做法,还需要进一步优化。工程师对好工艺的探索永无止境,好的产品市场会选择它,现在的PK3板技术仍在发展的路上,希望今后出现的第四代、第五代产品能更加优秀。

参考文献:

- [1]《装配式混凝土建筑技术标准》GBT51231-2016
- [2]《钢管桁架预应力混凝土叠合板技术规程》T-CECS722-

2020