



编者按：随着建筑行业管理体制和科技创新的不断推进，施工企业现场管理在三维可视信息化、安装精准化、加工预制化、生产自动化、运维智能化等方面已取得长足进步。本期科技专题推出中建三局第一建设工程有限责任公司施工的深圳万科云城六期机电安装工程，较为详细地介绍了在高层建筑中，机电与结构的高效穿插施工、预制组合立管与框剪结构同步施工、机电配合铝模精准预埋施工、机电系统增强调试，自动化智能装备现场施工等方面的施工技术和管理经验，通过一系列高效管理的实施和技术创新的应用，该项目在降本提质提效上取得了实质性的突破，取得了良好的经济效益和社会效益，他们的探索和创新实践值得学习、借鉴和推广。

高层建筑机电与结构穿插施工管理机制的探索与实践

廖向东 王博 王勇锋 陈海波

(中建三局第一建设工程有限责任公司安装公司 武汉 430000)

摘要：本文详细介绍了在深圳万科云城项目施工中，以项目总承包管理框架为依托，搭建机电总承包架构，重点落实机电与结构的穿插施工，建立高效的计划管理机制，辅助新技术实现了施工提效。该项目对于机电与结构穿插提效管理机制的探索与实践，为同类工程施工提供了一定的参考和借鉴意义。

关键词：机电穿插施工 机电总承包管理 计划管理

中图分类号：TU17 **文献标识码：**B **文章编号：**1002-3607(2018)03-0021-05

1 引言

随着核心城市的建设用供地日趋紧张，各种写字楼的建筑设计逐步向立体空间发展，在国家PC产业化及穿插提效的建筑施工的大环境下，如何将机电穿插施工充分、合理、高效地应用在超高层写字楼，既是国家建筑管理的大趋势，也是以万科等房地产领头企业的急切需求，同时也是各施工企业想在未来引领行业发展、提升核心竞争力的关键所在。机电与结构施工穿插提效逐渐成为建筑行业差异化发展的核心竞争力，施工提效即通过提前策划机电与结构穿插施工、高效地组织管理，用空间换取时间，

提高整体施工效率，最终实现完美工期履约的目标。在建筑业全生命周期内，持续地减少和消除浪费，实现建筑工程的精益规划、精益设计、精益采购和精益施工，最大限度地满足业主的要求，实现建筑企业利润的最大化。

2 工程概况

万科云城项目位于深圳新兴的南山西丽科技园区，建设方为深圳万科集团，施工方为中建三局第一建设工程有限责任公司。万科云城是集酒店式公寓、超高层写字楼和政府产业用房于一体的特大型产业综合体工程。

项目建成后，将成为万科在深圳市打造的首个“互联创新城”。项目由2栋44层、34层主塔楼和2栋24层、10层裙楼构成，总建筑面积约30万m²，在本项目进行了机电与建筑结构施工穿插提效的实质探索和尝试，并进行总结。

3 机电与结构穿插提效管理机制的策划和内容

3.1 穿插与提效管理的目标

项目设立了穿插与提效管理的目标，即通过合理高效的机电与土建工序穿插组织管理，实现机电安装各专业和结构、装修多个作业层同时流水

施工，达到加快建设速度、降低劳动强度、减少人工消耗、提高施工质量和劳动生产率的目的。

3.2 机电项目总包管理架构

业主为充分推动机电总承包管理动作，提高管理效率、保障穿插提效高效推进、消除机电各专业之间壁垒、发挥团队整体效能，选定中建三局第一建设工程有限责任公司为机电总承包单位，业主方由其机电主管经理作为总体协调人。机电总承包项目部针对性地制定建立机电总承包组织管理架构，对应下设：技术部、商务部、生产与计划协调部、安全部、质量部等部门。各机电专业人员充实对接项目总承包管理团队当中，全方位立体式推动施工提效。

3.3 穿插提效主要阶段划分

以资源独立组织为依据，将本项目划分为地下室、首层及室外、塔楼，三个区段独立组织资源进行机电穿插施工。

3.3.1 地下室区段

地下室区段机电各专业系统机房繁多，关系到后期各系统调试及验

收。对各系统进行专业识别，各系统围绕设备采购→设备基础→设备定位→设备安装→设备管线接驳→设备调试，组织实现设备提前插入，确保在系统调试前完成设备房施工。各专业分区域流水施工，流程围绕防排烟→给排水管道→消防管道→电气桥架的顺序形成共用管廊高低穿插施工（见表1）。

项目特别针对核心的空调主制冷机房进行创新型模块化装配式预制拼装工艺，一次吊装碰头成型，大大缩短工期。主要是针对机房核心施工内容充分运用BIM技术进行优化，分割成若干成品模块，将各模块在独立的加工厂进行标准化一次成型加工并编号，不受机房内“天、地、墙”施工进度影响，提前进行技术及材料策划，在规定的机房基础及装饰工作面移交后即可进行模块吊装就位，传统机电制冷机房施工一般需要三个月左右，但是模块化装配式穿插施工仅需1天，不仅节省了大量材料，还减少了现场焊接和油漆作业带来的环境问题及人工成本，并将空调调试时间大

大提前，方便、快捷、安全、美观、高效。

3.3.2 室外区段

室外区段机电施工主要为室外排水排污系统与市政管井的连接、永久道路的施工。待地下室封顶后，室外施工先后顺序：永久化粪池→室外排水排污系统→地下室顶板防水→室外回填→临时道路硬化→道路破除→高压进线及弱电进线→红线内永久道路，并确保各专业在标准层穿插施工前完成室外二次平面布置。

3.3.3 塔楼区段

(1) 对标准层进行专业识别→工序识别→工序前置条件识别，再对各专业施工逻辑顺序进行梳理（见表2）。

(2) 主体结构预留预埋阶段，项目编制7天标准层结构施工工序流水线，机电预留预埋与结构施工穿插进行，具体到每天上午下午各工种各工序的有效有序衔接，以及各工序交叉检查及移交的工序时间业态分布表，严谨、高效（见表3）。

表1 地下室区段各系统专业和工序识别

专业识别	工序识别	前置条件识别
防排烟	风管安装→漏风量试验→设备安装	风管安装前顶棚刮白验收，设备安装前完成机房内部设备基础施工
给排水	管道安装→压力/灌水试验→设备安装→管道补漆	管道安装前完成顶棚刮白及防排烟风管安装，设备安装前完成机房内部基础施工，压力排水设备安装前完成集水井防水作业，管道补油漆前完成顶棚的面漆施工
消防水	管道安装→压力试验→设备安装→管道补漆	管道安装前完成顶棚刮白、防排烟风管及给排水管道安装，设备安装前完成机房内部基础施工，管道补油漆前完成顶棚的面漆施工
动力/照明/弱电	桥架安装→配管→配电箱安装→电缆敷设→母线安装	管道安装前完成顶棚刮白、防排烟风管、给排水管道及消防水管道安装，配电箱安装前完成墙体刮白及面漆施工，电缆及母线敷设前完成防火门的安装及楼层闭水
高低压	桥架安装→配电柜安装→电缆敷设→母线安装	高低压设备施工前完成基础砌筑及验收，电缆及母线敷设前完成防火门的安装及楼层闭水

表2 标准层的专业和工序识别

位置	专业识别	工序识别	前置条件识别
核心筒内	给排水管井	支架安装→管道安装→压力/灌水试验→管道补漆	支架安装前完成墙体刮白，管道补漆前完成墙体面漆施工
	电气管井	支架安装→桥架安装→配电箱安装及收口→电缆及母线施工	支架安装前完成墙体刮白，配电箱安装前完成面漆施工，电缆及母线施工前完成防火门安装及楼层闭水
	空调管井	支架安装→管道安装→压力试验→管道补漆	支架安装前完成墙体刮白，管道补漆前完成墙体面漆施工
	风管井	支架安装→风管安装→漏光试验→保温	风管安装前完成管井内螺杆洞的封堵
核心筒外	空调水	管道安装→压力试验→管道补漆	管道安装前完成传料口的封堵
	给排水	管道安装→压力/灌水试验→管道补漆	管道安装前完成传料口的封堵及空调水的安装
	空调及防排烟风管	风管安装→漏风量试验→风口定位→保温	管道安装前完成传料口的封堵、空调水及给排水安装，风口安装前完成精装修定位
	消防水	管道安装→压力试验→管道补漆	管道安装前完成传料口的封堵、空调水、给排水及主风管安装
	电气	桥架安装→配管→配电箱安装→电缆敷设→母线安装	管道安装前完成消防水的施工，电缆敷设前完成楼层闭水

表3 7天标准层结构施工工序流水线

工序	第一天		第二天		第三天		第四天		第五天		第六天		第七天	
	上午	下午	上午	下午	上午	下午	上午	下午	上午	下午	上午	下午	上午	下午
爬架爬升														
暗柱安装														
满堂架搭设														
墙柱钢筋绑扎														
平台模板搭设														
梁板钢筋绑扎														
墙柱封模														
机电管线预埋														
验收														
混凝土浇筑														

(3) 二次结构、暖通、强电、弱电、给水、排水、消防等各机电专业随结构插入为主线,形成N-7天的各专业有序穿插施工流水线。其中,砌体在主体结构施工至6层时插入,主体施工至13层,室内所有各专业插入完成,并随主体结构施工循环往上穿插进行。

主体结构机电穿插施工,本项目通过机电主立管装配化预制组合吊装工艺,每三个结构层为一个装配式标准件,装配组件均在独立厂房制作,与结构施工平行作业,流水施工,大大节约工期,为高层机电穿插提效打下坚实的基础,效果显著。施工现场见图1。



图1 装配化预制组合加工和施工现场

4 建立集成管理计划体系

集成管理计划体系的建立是实施

相应的流程、表单及关键节点计划,形成项目机电集成管理计划,实现各机电分包招标、采购、建造及分包进度计划的集成,使得各机电分包穿插施工工序间的逻辑关系和接口更加清晰地识别和表达。集成管理计划包括项目机电进度管理实施计划、实体与资源计划管理。

4.1 进度管理实施计划

进度管理实施计划由机电计划部编制一套适用于所有机电分包专业穿插施工进度管理的通用标准,用于规划和指导项目进度管理,以及识别和化解机电穿插施工过程中的进度管理风险。

机电穿插提效的关键,各机电分包专业按计划节点穿插施工是推动工程提效的有效保障。项目部根据公司PIMS进度管理体系,由计划部通过制定

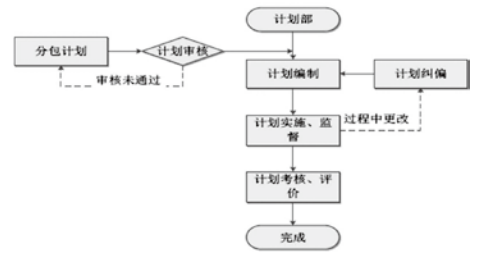


图2 工期计划管理流程

划(一级节点)逐级编制较详细的施工时间节点,每月按照总进度计划编制月进度计划(二级节点),并不断的对月进度计划进行细化、补充和完善,月进度计划需要前后搭接,施工时间节点连续不间断,计划部负责月度以上的计划编制。月计划下发到相关机电专业部门和专业组之后,部门根据月计划编制每周的施工节点计划,即周工作计划(三级节点),然后专业组根据周计划编制每日的施工节点日计划(四级节点),日计划中不仅体现生产进度的时间节点,还应包括重要机电工作面移交节点、各机电专业分包入场时间等节点。在编制各级计划过程中,要关注主要资源的规划以及资源平衡,确保满足进度要求。

4.2 实体与资源计划管理

实体与资源计划管理是包含计划编制、计划实施与监督、计划考核与评价、计划纠偏等流程层层相扣的管理过程。工期计划管理流程见图2。

4.2.1 计划的制定

计划制定原

则要求具有可行性、全面性、应变性。按照业主审批的机电总进度计

根据业主确认的总进度计划,由项目经理组织牵头,计划部等部门共同编制机电安装专业分包招采计划和合同中关于进度管理的要求,并且应在各机电专业分包进场前3个月通知业主方进行招采,对未按时间节点招采的机电分包单位项目应及时与业主沟通,并给予延误后果分析,滞后严重的情况将以书面函件的形式进行责任规避。各机电分包进场后根据自身施工特点及工期要求编制本专业施工进度计划,报项目计划部审核确认,并将计划进行量化分解,便于项目部

进行有效监控管理。分包提供的计划应包含分析报告,对计划中的关键路径、典型循环周期、工效、边界条件以及资源投入情况进行分析和阐述。

N-7 穿插施工计划见图3。



图3 N-7 穿插施工计划

4.2.2 计划的实施与监督

各机电参建单位(含总包范围内自主施工分包)按照计划部下分的进度计划及专业工程进度计划组织施工生产,总承包管理方需重点做好实施与监督工作。各机电分包单位每周日及每月底向专业组、计划部提交施工生产周、月报,反馈计划完成情况和下周、月计划安排,在总包工期管理办法中制定相关条款确保分包上报周/月报的积极性与可行性,并对周/月报上报的表格形式等进行规范。各专业小组督促、跟踪管辖分包计划的执行,指导所管辖分包及时进行进度纠偏,并使用统一格式的文档编写专业组责任工程师周、月报,反应主要的进度问题和需协调的主要问题,抄送计划部和相关分管领导。计划部通过查阅周、月报制定相关管理办法,对进度计划进行调整,经开会审核通过后下发给专业组和各分包单位。

4.2.3 计划的考核与评价

依据项目总包合同、计划管理办法及考核流程进行计划考核。其中,工期计划、资源计划由计划部

考核,工作计划由各相关职能部门进行考核。工期计划考核频次分为周考核、月考核、半年考核和年度考核,若有特殊情况要求加入季度考核周期。在对分包的工期考核中,周考核由专业小组负责,主要进行日常提醒各分包工期计划完成情况,并进行记录,要求分包生产负责人进行签字,原则上不进行奖罚;月以上考核由计划部负责,计划部结合现场的实际施工进度,依据专业小组责任工程师日常记录中反馈的进度实施和问题解决情况,重点分析对关键线路的影响,对各分包以函件形式出具正式考核报告,遵循重奖重罚的原则;年度考核根据年初总包与各分包签订的工期补充协议进行工期节点考核和通报,要求半年开展一次,并将考核结果函告各分包区域公司总部。

4.2.4 计划纠偏

计划部、相关职能部门、专业组、分包根据现场实际施工进度情况和计划执行情况及时调整各级计划,总包通过与工期进度滞后或提前的分包单位以及连带出现相关影响的分包单位会议协商,共同编制“机动计划”。原则上,月度计划需满足季度计划时间节点要求,季度计划需满足年度计划节点要求,年度计划需满足总工期计划节点要求,确保整体工期目标满足合约要求。

5 建立工序交接管理制度

5.1 工序交接管理目的

在穿插流水施工过程中,交叉作业是不可避免的,尤其是工期紧,任务重的时候,多工种多专业交叉作业,为了保证上道工序施工质量满足下道工序继续施工的需要,应控制专

业间的工序转换工作,才能确保施工质量与进度。

5.2 工序交接管理标准

(1) 施工完毕并经检验合格,由各作业队负责人向机电总承包部安全质量部提出工序交接申请。

(2) 工序施工尚未全部完工,但已完部分满足下道工序继续施工条件,接收方可以向机电总承包部安全质量部提出施工申请,由机电总承包部安全质量部门组织协调办理交接手续。

(3) 机电总承包部安全质量部组织工序交接,交接双方负责人和主要专业工程师参加。三方进行交接检查,满足要求后,填写《工种(工序)间交接质量检查记录表》,各方签字认可,各持一份。

(4) 交接检查中有异议时,由机电总承包部安全质量部组织协调。如确有不满足下道工序施工要求时,由移交方处理。处理完毕,重新进行工序交接。

(5) 交接检查中,发现由于设计原因、专业要求不一致或其他原因产生的问题,影响下道工序时,应暂停交接。项目部组织解决后,再进行工序交接。

5.3 重大工序交接管理要点

在施工过程中,机电专业多而杂,交叉作业不可避免,尤其是工期紧,任务重的时候,多工种多专业交叉作业。为了保证工程质量,应做好工序间质量盲点的控制。根据穿插流水施工的实际情况,着重于对整个工程质量影响显著、前后工序相互间影响较大的重要工序交接,理顺工序之间的相互关系,以保证施工流畅,节约施工时间成本,提高工程整体质量。

(下转第31页)

预制组合立管与混凝土结构同步施工技术

聂书凯 陈海波 李汉军 林世文

(中建三局第一建设工程有限责任公司 武汉 430040)

摘要: 本文以工程实例为依托,介绍了预制组合立管在混凝土框剪结构上的应用,该项施工技术解决了传统立管施工中涉及的安全性差、施工质量难以改善、功效低等难题,社会、经济效益明显,具有良好的推广应用前景。

关键词: 混凝土框剪结构 预制组合 吊装 同步施工

中图分类号: TU741 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-3607(2018)03-0025-03

1 前言

随着建设步伐的加快,机电安装在整个建筑周期内不断被压缩。现代建筑面积利用率不断攀升,超高层建筑中输送各类介质的干管布置于竖井内,各类设备用房及管井区域不断减小,如何解决上述两个问题显得尤其突出。机电材料的垂直运输也是制约机电施工进度的关键问题。而预制组合技术是一个能有效提高施工效率,保证施工质量的新型技术。

预制组合立管首次在上海环球金融中心^[1-2]钢结构建筑上应用,之前一直受限于建筑结构类型。预制组合立管平行穿插施工,流水作业,立管随着结构同步施工,这一施工技术可以很好地解决时间和空间上的问题。

2 工艺特点

预制组合立管吊装技术通过实现立管与结构同时施工,主体封顶后立管延后三个结构层施工完成,使得水平管道与立管碰头一次完成,打压试水一次落地,为其他专业进场施工留出了充足的时间。立管吊装高度根据

塔吊和爬架之间的距离确定,本项目采用12m为一吊,型钢框架兼做导向支架。整个吊装用时约为15min,一次能够完成三层楼的立管安装工作。初期,使用BIM软件进行深化,现场依据深化图纸进行管道加工、型钢框架拼接,使用塔吊吊至在施的结构顶层,从空调管井徐徐往下吊,在相应的楼层对接,利用倒链临时固定后,塔吊松钩。而后进行每组吊装单元的碰头,整个管道吊装结束。与常规的管井施工比较,有以下几个特点。

(1) 设计施工一体化: 预制组合立管从支架的设置形式、受力计算到制作加工的详图,再到现场的施工都由施工单位一体化管理。

(2) 现场作业工厂化: 将在现场作业的大部分工作移到了加工厂内,将预制立管在工厂内制作成一个个整体的组合单元管段,整体运至施工现场,与结构同时安装施工。

(3) 分散作业集中化,流水化: 传统的管井为单根管道施工,现场作业较为分散、作业条件差,而预制组

合立管将现在分散的作业集中到加工厂,实现了流水化作业,不受现场条件制约,保证了施工质量,整体组合吊装,减少高空作业次数,有效地降低了危险性。

(4) 预制立管安装完成后,需要进行楼板的浇筑,将管井与楼板连为一体,减少安全隐患和漏水隐患。

3 工艺流程

工艺流程详见图1。



图1 工艺流程

4 预制组合立管与框剪结构同步施工的实施

4.1 施工前的准备

(1) 资料获得: 内容包括施工规范、防震标准、保温标准,工程进度表、现场分时布置图,原设计系统图、平面图、梁俯视图。

(2) 设计: 内容包括设计及施工范围;固定于梁上的方法、与梁的

协调（是否有追加要求），管道的伸缩处理方法、荷载计算、管架强度计算，固定、防振支架所在层的设定，分支管的形式、尺寸、高度等。

（3）资料完成：内容包括施工设计图、管架强度计算书、制作要领、安装要领书，搬入计划书、安全管理书面资料。

（4）制作设计：内容包括预制立管制作图（按节的顺序），预制立管制作图审查、修改、确认。

（5）搬入计划：搬入计划表、搬入路径、安全对策，施工顺序的确认。

4.2 管道预制工作流程

（1）项目管道责任工程师对图纸清查，并组织施工员核对二次标注内容，签字确认。将预制加工图信息（单线图号、管段、焊口、支架等）录入计算机数据库，作为预制管理依据。在管道预制前15天，由项目工程部责任工程师向预制班组下达预制计划，同时由项目技术部下发单线图，以此作为管道预制的依据。

（2）施工员根据专业施工方案进行技术交底，并按班组作业计划发放单线图，做好记录，组织施工。预制材料员根据班组作业计划进行材料发放，并做好登记。

（3）施工期间，每天由班组将焊完并自检合格的焊口报施工员，施工员检查合格后报质检员进行外观检查，合格焊口录入计算机。质检员根据焊口完成情况随机抽口，填写探伤通知单，探伤人员按通知单要求检测。

（4）管段预制焊口全部完成后，在计算机中做出特殊标记，施工员通知质检员检查。

4.3 管道预制加工要求

管道预制施工程序见图2。

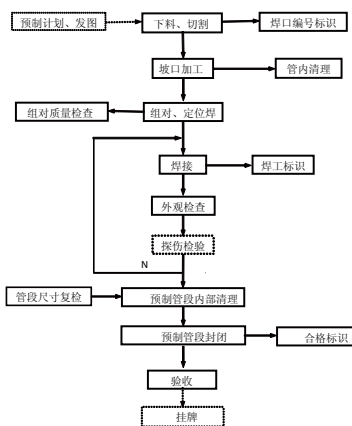


图2 管道预制施工程序

管道支架预制程序见图3。

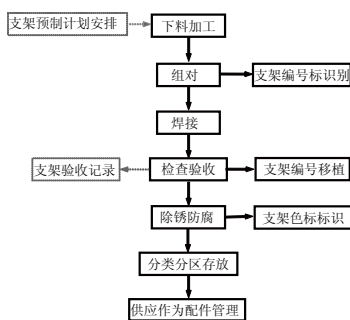


图3 支架预制程序

4.4 吊装方案选择及穿插工序

一般情况下，管井混凝土分三次支模和三次浇筑，常规施工在管井施工过程中井内布满支撑构件，预制组合立管无法与主体结构同步施工。针对这一问题，课题组采用管井外部墙体用钢管斜撑及钢丝绳斜拉的方式进行配模支撑，井内不布置大量的构件支撑，给立管组留出安装空间，使立管组吊装与结构施工得以同步进行。

根据系统图及平面布置图，应用tekla进行三维建模，进行深化设计布局及细部做法。校验后的BIM模型见图4、图5。

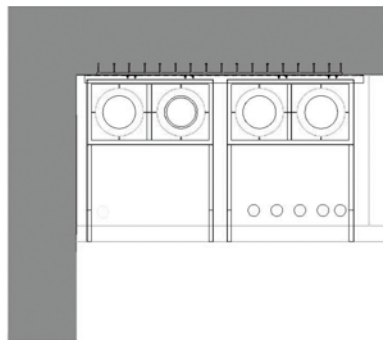


图4 预制组合立管平面图

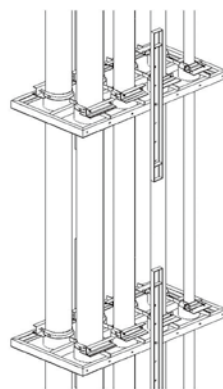


图5 预制组合立管三维模型图

根据塔吊与爬架高度确定每组吊装长度，现场三层为一组进行吊装。由于混凝土结构需要考虑强度问题，根据混凝土龄期及现场进度情况，确定吊装比结构低三个结构层吊装。管道组对整体重量较大，为保证整个吊装过程托架的稳定性，吊装前预制吊装扁担，受力均衡，吊装受力稳定。管组分组及预制组合立管竖向见图6、图7。

钢结构建筑一般钢

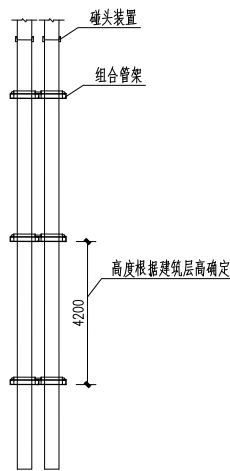


图6 预制组合立管分组示意图

梁提前施工完成, 楼板后浇, 在这个过程中插入施工保证安全。但是混凝土结构楼板和梁同时施工, 存在切割楼板钢筋安全性的问题。项目提出在结构施工过程中预留埋件, 以便于后期钢筋切割安全及吊装完成后托盘固定; 由于后续焊接挂板时

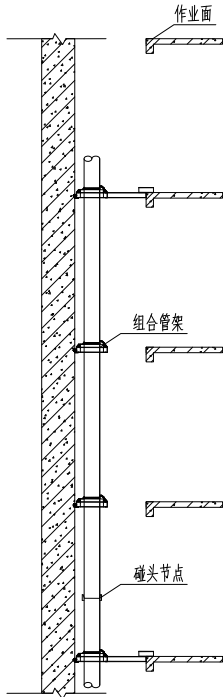


图7 预制组合立管竖向示意图

间较长, 跟随主体预埋幕墙模块吊采用槽式埋件, 用高强T型螺栓支架连接, 保证时间性问题。后续吊装之前焊接挂板, 保证整个吊装过程的安全性。

预制立管与混凝土框剪结构连接固定及结构预埋件详见图8、图9。

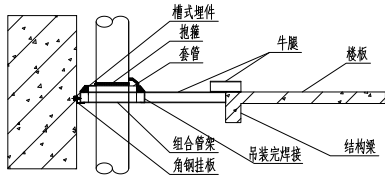


图8 局部固定大样图

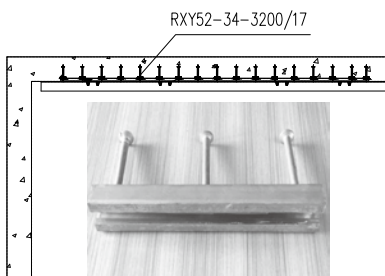


图9 结构预埋槽式埋件大样图

混凝土结构相较于钢结构建筑在尺寸上精度较低, 为此预制组合吊装过程中的尺寸要求更加精确, 采用预制加工前现场实测实量预制卡具, 保证吊装准确性。

混凝土框剪结构中一般预留管井位置狭窄, 如果采用钢结构立管预制安装技术中的托盘组对方式为吊装过程带来很大的难度, 本课题提出应用钢结构midas软件模拟, 最大限度减小托盘尺寸, 提高吊装精度。为确保整个吊装安全, 所有的吊点采用在管道上设置。

钢结构上吊装后固定组对技术采用螺栓牛腿的方式, 在混凝土建筑上结构方正性的精度达不到要求, 本课题在固定方式上采用在上层预挂葫芦提前固定, 很好地解决了上述问题。

4.5 施工前准备及吊装指挥组织

(1) 施工人员在施工前应认真熟悉图纸, 完成管道预制组合。

(2) 施工前应考察测量管井的位置、尺寸, 并核实现场的各种数据、参数是否符合垂直水平运输条件的要求。

(3) 吊装前应仔细检查预埋件是否符合承重要求。

(4) 下层管道碰头连接杆是否施工完毕。

(5) 现场塔吊使用紧张, 为节约塔吊使用时间, 借鉴伸缩接限位的方式进行上下层管道对接, 跟随结构在剪力墙中预埋钢板用于垂直方向固定管道。

4.6 结构楼板施工

施工流程见图10。

施工方法: 预制立管安装完成后, 需要进行楼板的浇筑, 将管井与楼板连为一体, 减少安全隐患和漏水隐患。

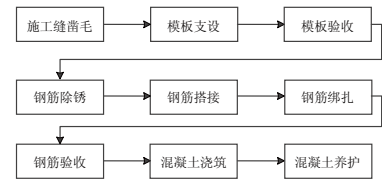


图10 结构楼板施工流程

5 结语

预制组合立管体系包括设计、计算、制作、装配、吊装、组对等主要技术, 实现了设计施工一体化, 加工制作工厂化、分散作业集中化, 降低材料损耗, 提高机械化作业率, 加快施工进度, 符合国家建筑产业化政策, 节能环保效果显著。

该项技术成功解决了传统立管施工中涉及的安全性差、施工质量难以改善、功效低等方面的诸多难题, 其施工难度几乎涵盖整个过程, 包括设计计算、制作装配、运输、吊装组对, 以及各相关方的协调施工等。如采用预埋槽式埋件的方法, 保证了人员施工过程中的安全及节约塔吊吊装时间; 将一个管井内的吊装单元分割成两组, 抵消混凝土框剪结构在施工过程中相应的结构偏差; 改进了模板支撑体系, 保证管井内部空旷, 保证整个吊装过程管井内无阻碍, 项目成功将预制组合立管吊装在混凝土框剪结构上得到应用。社会、经济效益明显, 具有良好的推广应用前景。

参考文献:

- [1] 蒋隆. 预制组合立管安装工艺[J]. 施工技术, 2008增刊.
- [2] 张永红. 上海环球金融中心预制组合立管施工工艺[J]. 施工技术, 2009, 38.

机电配合铝模精准预埋技术实践探讨

吴威 吴善浒 王勇锋 王博

(中建三局第一建设工程有限责任公司 武汉 430040)

摘要: 本文总结了万科云城项目在机电配合铝模预留预埋施工过程中创新出的五种新型预埋方法,即止水节中心点固定方法、钢套管三角固定法、电箱四角加角钢预埋法、铝模穿筋线盒预埋T字固定法、预制轻质隔板墙软线管安装法。实践证明,这些施工方法避免了开洞的工序,安装过程简单,节省人工成本,材料工具简单,节约施工成本。

关键词: 铝模 止水节 钢套管 轻质隔板墙

中图分类号: TU755.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-3607(2018)03-0028-04

1 工程概况

万科云城项目是深圳经理部与万科合作的第一个铝模施工的重点项目,本项目技术要求非常高,对铝模施工上的一些工艺工法,没有可以借鉴的经验。

万科云城项目标准层结构施工采用的是铝模,且要求标准层结构施工五天一层,工期紧,进度快,各工种间穿插施工难度大。与传统木模预埋不同,铝模存在每块模板都有固定的编号,位置相对固定、错台程度小、方正性好的特点。但是铝模预埋存在开孔困难、工人安装模板容易调换方向、止水节在模板上铁丝绑扎困难等问题,所以在铝模上的施工对机电安装预留预埋工作是一个新的挑战。

针对上述情况,项目部技术人员积极开阔思路,努力做到既提高工作效率又保证预埋精准度。经过发散思维,本项目提出五种适合铝模精准预埋的施工方法:一是止水节铝模预埋中心固定法;二是钢套管三角固定方法;三是穿筋线盒铝模预埋T字型固定方法;四是电箱四角加角钢预埋方

法;五是轻质陶粒墙板线管快装。这五种方法在机电配合铝模施工中得到很好的运用与推广。

2 铝模精准预埋技术

2.1 止水节中心固定法

2.1.1 止水节中心固定法的工艺

止水节中心固定法^[1](见图1)是将止水节直接固定在铝模板上。止水节是一种UPVC成品管件,外侧有翼环可防漏水,内侧有2个接口,上下都可以接相应管径的UPVC管。止水节固定主要材料有:2块圆形钢板、一长一短两段螺杆、螺帽、六角长螺母。

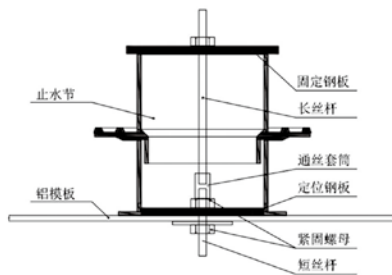


图1 止水节中心点固定法示意图

止水节中心固定法步骤如下:

(1) 根据图纸,在铝模上定

位,然后开孔,把下端钢板用短螺杆和两个螺母锁在铝模上,拧上六角长螺母^[2];

(2) 在短螺杆拧在六角长螺母上;

(3) 把止水节卡在底座钢板上,止水节内径与钢板外径相同;

(4) 在六角长螺母上加装长丝杆;

(5) 拧上螺帽,把整个止水节固定在上下两块钢板中间;

(6) 上端螺杆露出钢板的部分包好胶纸、防止混凝土堵塞丝扣^[3]。

2.1.2 与传统预埋方法的对比分析

(1) 传统铝模止水节固定方法
传统预留预埋方式为在模板上用2根铁丝或者4个铁钉来固定钢套管,如果是留洞还需要在混凝土浇筑后及时取出套管。

优点:加工方便,单层成本低。

缺点:需要在铝模上开4个钉子孔;铁丝绑扎不够牢固,浇筑混凝土时易偏位;每层需重新定位,人工操作误差偏大;铁丝绑扎时模板上下都需要人操作,人工消耗大。



(2) 止水节中心固定法

该方法的优点：仅需开在铝模上开一个丝杆洞，对铝模影响小；定位准确，上下螺母固定非常牢固，混凝土浇筑时的震动完全无影响，不会偏位；混凝土浇筑后仅需拆除上端丝杆和螺母，底座长期固定在铝模上，下一层安装时勿需重新定位，节约人工；操作简便，拆装丝杆和螺母一个人五分钟就可完成。

2.2 钢套管创新固定法

2.2.1 钢套管固定的工艺

钢套管在铝模上的固定，关键有三点：定位精准；省略焊接动火过程；固定牢靠，定位装置可以反复使用。

铝模板上钢套管平面固定是竖向预埋套管的常见模式，特别是消防钢套管数量多，竖向预埋困难大。钢套管三角固定法是利用三点决定一个圆的理论，将钢套管的三个点均匀分布在铝模上，成排的钢套管可以一起固定，这样节省焊接的过程^[4]。

平面钢套管三角固定法见图2至图4。

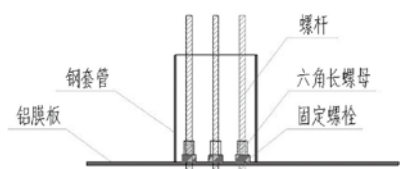


图2 平面钢套管三角固定平视图

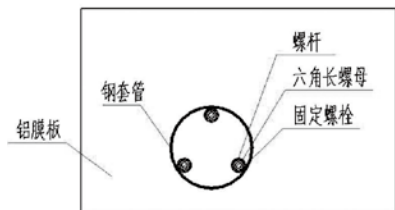


图3 平面钢套管三角固定俯视图

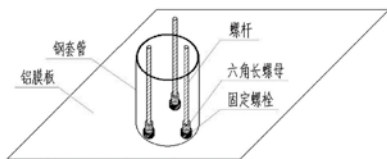


图4 平面钢套管三角固定轴侧图

平面钢套管主要通过三根丝杆固定，三根丝杆成品字形，在钢套管的上面增加一个端盖，端盖用螺丝锁紧。

三根丝杆通过通丝套筒固定在铝模上面，拆装方便。每次安装套管时候将丝杆装上，浇筑混凝土之后将丝杆拆下。丝杆可以反复利用，成排的钢套管固定后可以用长方形盖板盖住^[5]（见图5）。

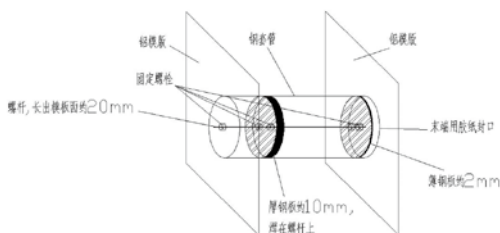


图5 穿梁套管半边固定模拟示意图

钢套管半边中心固定法主要通过一根丝杆固定，在铝模的另一侧用螺丝锁紧。

一根丝杆通过通丝套筒固定在铝模上面，拆装方便。每次安装套管时将丝杆装上，浇筑混凝土之后将铝模上的丝杆同铝模板拆下。丝杆可以反复利用，钢套管固定后位置不会变化，丝杆可以反复利用。

2.2.2 钢套管固定方式方法操作要点

(1) 使用钢套管三角法步骤

第一个标准层预埋时，根据图纸现场测量定位，每个钢套管在铝模上开三个小孔，三个小孔成品字型用来固定钢套管）；

把三根丝杆紧固在铝模上；
在铝模正面安装钢套管；
把钢套管卡在盖板中间，上端的盖板要大于钢套管的内径；
盖上固定盖板，旋紧螺母；
混凝土固化后，在铝模拆除前，拆除固定盖板及丝杆。

后续标准层预埋施工时，无需再次测量定位，只需重复步骤2至步骤6。

(2) 使用钢套管中心半边固定法步骤

第一个标准层预埋时，根据图纸现场测量定位，可以固定的钢套管在铝模上开一个小孔，用来固定丝杆；

把一根丝杆紧固在外侧的铝模上；

在铝模另一侧安装钢套管；

把钢套管固定在两侧铝模板的中间；

混凝土固化后，在拆除外侧铝模时同时将丝杆拆去。

后续标准层施工时，无需再次测量定位，只需重复步骤2至步骤5。

2.3 穿筋线盒预埋

2.3.1 穿筋线盒预埋工艺原理

首先预制好线盒，线盒内填充苯板，线盒表面用胶带密封，将线盒上下侧穿好钢筋，将加工好的线盒四角钢筋点焊在钢筋上，线盒钢筋与墙体钢筋焊接牢固，确保线盒在混凝土浇筑过程中不会发生左右位移现象，确保线盒精准定位，在线盒后面增加T字型钢筋支撑，保证模板之间固定是20cm距离，不发生右移现象，确保线盒与墙身平齐^[6]。穿筋线盒预埋安装示意图见图6至图8。

2.3.2 穿筋线盒预埋实施方案

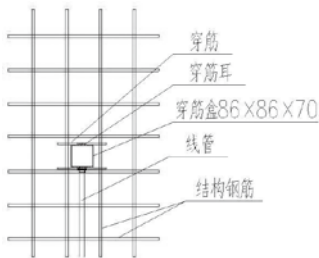


图6 穿筋线盒预埋安装平面图

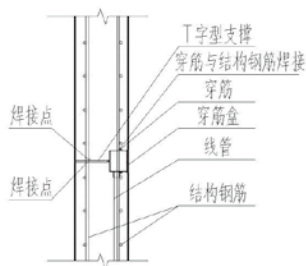


图7 穿筋线盒预埋安装侧视图

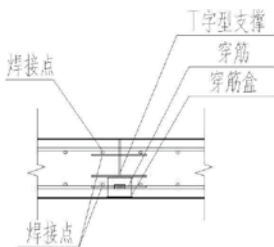


图8 穿筋线盒预埋安装俯视图

(1) 施工流程



(2) 实施要点

铝模穿筋线盒预制：线盒内填充苯板，线盒表面用胶带密封；线盒上下侧穿好钢筋。

线盒与钢筋的固定：用红外线水准仪进行定位；将线盒置于钢筋上，线盒四角的钢筋逐个与周围钢筋进行焊接固定；将线管安装至线盒，线盒背面用20cm长的T字型钢筋支撑，支撑钢筋尾部与墙身钢筋焊接固定。

传统线盒固定采用铁丝或者铁钉固定在模板上，铝模预埋采用传统的方法不适用，通过摸索改进为穿筋底盒，用钢筋直接焊接在相邻的固定钢筋上，防止左右移位，通过加T字型支撑，保证模板之间固定是20cm距离，不发生后移现象，保证线盒与墙面平行。

线盒预埋采用穿筋线盒，其优点是：线盒固定牢固，增加了固定筋，线盒不会左右移位，造成错位。线盒背面增加T字型支撑，避免挤压后移变形错位情况发生，确保线盒墙面平齐。

该施工工艺的应用有效解决了线盒左右移位^[7]，凹陷等问题，大大提高一次预成形成功率，有效避免后期二次开槽风险，降低返工成本及移交风险。

2.4 铝模电箱四角加角钢预埋

2.4.1 电箱四角加角钢预埋工艺原理

铝模电箱四角加角钢预埋是将成品电箱的四角经过加角钢预制加固后，经过红外线水准仪定位，直接焊接固定在钢筋上。

成品电箱预埋见图9至图11。

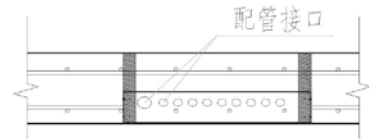


图11 电箱预埋俯视图

铝模电箱四角加角钢预埋步骤如下：

在电箱四角用手电钻冲孔；

用切割机加工预制好20cm长的角钢，角钢固定于电箱侧冲孔；

角钢置于电箱四角，逐个用铆钉固定；

用红外线水准仪进行定位；

将电箱置于钢筋上，四角的角钢逐个与周围钢筋进行焊接固定；

将线管安装至电箱，用2-3根PVC线管横向支撑于箱内并填充苯板，电箱表面用透明胶带密封。

2.4.2 与传统预埋方法的对比分析

(1) 传统铝模电箱固定方法

传统预留预埋方式为先在电箱内填充苯板，预制加工，将电箱进行红外定位后，电箱箱体四角直接焊接在钢筋上。

优点：加工方便，单层成本低。

缺点：焊接过程中高温造成箱体烤漆破坏；电箱固定不牢固，浇筑混凝土时易偏位；拆模后电箱与墙面不平齐，观感差；因箱体变形，偏位，平整度差等问题返工成本极高。

(2) 铝模电箱四角加角钢预埋优点

该方法的主要优点：电箱固定方便，将角钢与钢筋进行焊接，避免箱体直接与钢筋焊接；

电箱用PVC管支撑及填充苯板防止电箱预埋浇筑混凝土过程中变形；

电箱四角的角钢长度与墙体厚度一致，保证拆模后电箱与墙体平齐；

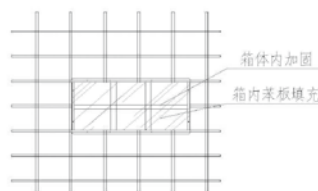


图9 电箱预埋平面图

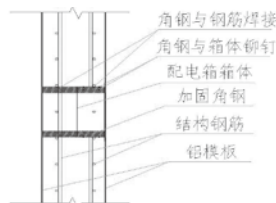


图10 电箱预埋侧视图



设计合理,制作简易,提高施工质量,降低返工率,节约成本。

3 应用及推广

经过在万科云城项目的施工实践,成品止水节、穿筋线盒、成品配电箱、钢套管三角固定精准预埋工艺已经成熟,可以推广到墙板预制、木模施工、阳台、卫生间、厨房、露台等结构工程的机电预埋,这几种预

埋工艺方法使用的都是常规材料,价格实惠成本低见效大,一次预埋成形后合格率可以控制在99%以上,不会出现结构渗漏现象,是水电预埋施工技术的一大改进和创新,值得使用和推广。

参考文献:

[1] 孙卫良,王晓东,李德胜.一种新型硬质PVC止水节在穿楼板管道中的止漏应用技术[J].住宅防水,2010(21).

- [2] 刘国铭.止水节施工新法研究[J].交流平台,2012(03).
- [3] 韩圣章,李超.地下工程施工中止水技术研究[J].施工技术,2014(10).
- [4] 王立平.钢套管直埋蒸汽管道应用分析[J].区域供热,2016(12).
- [5] 李国铭.钢套管施工新法研究[J].建筑应用,2015(03).
- [6] 张松峰.谈配电箱壳体与暗配管同时预埋施工[J].山西建筑,2014(29).
- [7] 张红飞.混凝土内配电箱预埋盒定位施工关键技术[J].山西建筑,2015(14).

(上接第24页)

6 穿插提效的效果、潜在问题及解决措施

在机电总承包管理模式下,制定各机电专业分包进场计划,提前制定招标进场计划,业主甲指机电分包提前三个月与业主进行沟通,编制分包进场计划,按照进场计划提前完成移交场地清理工作,整体工期履约预计可提前两个月竣工验收备案。

在机电管线穿插施工过程中,最主要的施工难点就是保证各专业干作业施工,防止雨水、上层混凝土养护用水、冲洗混凝土泵管用水等流入穿插作业层。故在工序穿插前,需通过堵、引、排、抽四种措施来保证楼层断水。

堵:对预留管井做混凝土反坎,并用模板封闭;

防:在楼层电梯井、楼梯间等主要部位设置简易地漏或接水口,将各种水收集至引排水管网;

排:建立排水管网,每层通过水平次排水管将水收集,再通过竖向主

排水管,将水排至室外管网;

抽:在地下室集水井安装水泵,将地下室水通过集水井抽至室外。

另外,项目机电大胆管理与总包在临时给排水、消防水上使用正式机电管道与临时给排水结合方案,为机电穿插施工提供了有利的时间和空间条件,创造了高效的价值,得到项目各方认可。

7 结语

机电施工穿插提效是一项系统性、贯穿于施工全过程的工作,从结构预留预埋施工配合、地下室管线与核心机房施工、塔楼标准层施工及重要机电立管管井施工,需要各机电专业内部与外部有机协调,协同并进。在机电总承包管理模式下,通过完整的计划管理体系和动态纠偏措施,能够从以下四个方面提升项目效益。

(1) 节约工期:穿插施工,最明显的优势是能够最大限度地缩短工期,这也是穿插施工的最主要目的。

(2) 节约成本:机电穿插施工可以提高塔吊、电梯等大型设备使用效率;穿插施工将各工序通过精细化分析,保证了每个工种的效率,节约了机械和人工成本。

(3) 便于管理:通过总承包管理推动穿插提效,加强了机电各分包与总包之间的沟通和协调。

(4) 文明施工良好:穿插提效实现的必然要求是工作界面的移交,通过移交界面管理,能够提高项目文明施工形象。

推动高层写字楼穿插与提效管理是行业发展的必然趋势,机电安装又具有专业复杂,功能性对后期使用影响突出等特点,施工的精细化和高效化也越来越受到人们的广泛关注和积极探讨,机电施工只有抓住突破点,找准落脚点,协调平衡点,切实提高机电穿插施工与机电施工提效管理,才会在未来迈上新的台阶。

万科云城(六期)空调系统增强调试要点

廖向东 张淇 尹奎

(中建三局第一建设工程有限责任公司 武汉 430000)

摘要: 本文着重从优化冷源运行,降低输配能耗和优化单机设备运行效率的角度,介绍了项目团队收集空调设备及系统运行数据,通过优化楼宇自动化系统的控制逻辑,二次水力平衡等方法,实现增强调试,最终实现节约能耗和提高室内空气品质的目的。

关键词: 空调系统 增强调试 楼宇自动化系统 二次水力平衡 节约能耗

中图分类号: TU83 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-3607(2018)03-0032-03

目前空调系统运行参数的设定,均以符合设计指标为原则,但在设计阶段,由于设计条件不够明确,公共建筑区域功能通常会有较大的变更,所以设计指标往往不够精细,加之公共建筑的实际运行情况几乎无法预判,这些因素导致公共建筑空调系统依照设计指标完成相关系统调试后,很难处于高效节能的运行状态,从而造成能耗浪费。针对以上问题,团队在万科云城(六期)2栋开展公共建筑空调系统增强调试工作。

团队将在建筑运行一段时间(约1年)后,通过收集楼宇自动化系统平台和能源管理系统的运行数据,对用能各环节进行测试和诊断,结合建筑实际需求,确定并实施增强调试方案,从而最终对楼宇自动化系统的控制逻辑进行相应的优化,重新设定系统楼控控制运行参数,在确保建筑环境舒适性得到保障的前提下,进而达到降低建筑运行能耗的目标。

1 项目概况

万科云城(六期)项目位于深圳市南山区西丽街道同发南路东面,留

光路南面,总用地面积25,243.49m²,项目1栋(超高层),南侧为2栋(研发用房);项目1栋(超高层)为“品”字型建筑,幕墙高度为246.600m,底部首层架空,二层为城市提供公共空间。项目三层地下室,为地下一层、地下二层及地下-1F夹层,作为停车库及设备用房使用。2栋“Z”型144.75m塔楼和3栋94.950m商务公寓组成,裙房1层局部2层、3层提供架空绿化休闲空间,研发用房。

2栋(研发用房)制冷机房位于地下负二层,面积约660m²。研发用房主机定流量系统,冷冻、冷却泵、冷却塔均为定频。两管制,闭式循环供应。空调计算总冷负荷为11499kW(3270RTH),选用2台1000RT和2台500RT的离心式冷水机组,提供7℃/12℃的空调冷冻水,制冷剂采用R134a。一台500RT离心机作为蓄冷主机,891m³的消防水池兼做蓄冷水池,蓄冷1850RTH,晚上电价低谷时蓄冷,第二天晚上供加班低负荷时使用。供回水立管每层水平干管均设静态平衡阀,以保证各层供水量平衡。新风机设电动二通调节阀,

根据负荷变化调节水量,每台主机入口设置动态流量平衡阀。

2 空调系统增强调试流程

建筑行业中的空调系统调试源于欧美发达国家,属于北美建筑行业成熟的管理和技术体系。通过在设计、施工、验收和运行维护阶段的全过程监督和管理,保证建筑按照设计和用户的要求,实现安全、高效的运行和控制,避免由于设计缺陷、施工质量和设备运行问题,影响建筑的正常使用,甚至造成系统的重大故障。一般始于方案设计阶段,贯穿图纸设计、施工安装、单机试运转、性能测试、培训和运行维护各个阶段,确保设备和系统在建筑整个使用过程中达到设计功能。国内的常规调试侧重于施工安装、单机试运转、性能测试阶段;而增强调试则更侧重运行维护阶段,通过收集逐年的运行数据,从而对系统的运行状态进行预判并采取一系列措施,从而节约系统的运行能耗。

万科云城增强调试将通过从冷源控制策略、降低水泵电耗、空调系统合理运行等几大方面着手,现场调

研,收集设备运行数据,进行系统和设备效能的判定,进行最终增强调试措施的确定,并对预期的优化效果进行预判。具体操作流程见图1。



图1 万科云城（六期）空调系统增强调试流程

3 空调系统增强调试实施

3.1 增强调试工作准备

确保项目能够实现分项计量,能够分项计量冷机、一级泵、二级泵、冷却塔、末端设备机柜等的逐时能耗,并能够查询历史能耗数据。项目后期运行后,将对历史能耗进行分析,确定增强调试的重点部位,空调系统能耗分布范例见图2。

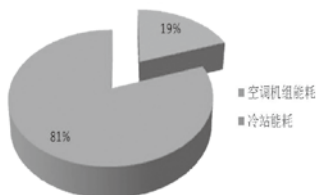


图2 空调系统能耗分布范例图

确保能够查询历史数据和趋势线。点位数据至少包括室外空气参数(如室外温度)、室内空气参数(如室内温度、CO₂浓度)、冷源参数(如冷机电流比、蒸发器和冷凝器的进出水温度)、系统总流量、水泵参数(冷冻泵频率)、冷冻泵控制压差值、末端设备参数(如空调机柜送风温度、回风温度、各风阀开度、风机频率、水阀开度)。

审查原设计图纸,挖掘节能切入点。

调研全楼现有温度场。包括某一时段典型房间不同朝向温度分布的测试数据;某一时段典型房间同一朝向不同进深位置的温度分布的测试数据;有投诉(风口噪声、吹风感、冷热不匀)房间的空调末端风量、风温的测试数据;同时分析是末端装置堵塞或不能调节的问题还是空调分区不合理的问题。

3.2 冷机控制策略调整

调研典型工况下的冷冻机COP,同时测量冷却水状态,便于校核能量平衡;根据运行记录,统计各台冷冻机在供冷季的逐时COP曲线图,对现有冷机设备效率进行诊断。

通过BA平台收集系统总流量和供回水温差,计算出建筑的实际需求负荷,整理出建筑物实际负荷需求曲线(见图3);通过冷机性能曲线,确定出冷机运行的高效区;结合冷机曲线部分负荷高效区和负荷分布状况,冷负荷基本可以分为A/B/C三个区间,即夜间负荷低谷A区,白天峰值B区和中段C区,根据这三个范围,确定冷机在某个时段的搭配模式及其对应的负荷范围,提前规划好冷机开启台数和型号。

3.3 水泵控制策略调整

将冷冻泵的运行台数改为流量控

制,根据冷源实际供冷量,保证设计温差的前提下,计算出目标需水量,从而控制泵的运行台数。

冷冻泵频率根据系统压差变化进行控制,系统压差控制点宜设在最不利环路干管靠近末端处。压差控制值一般先预设一个数值,然后根据二次水力平衡的最终结果重新进行调整,水泵运行台数不同时,其控制压差也不同,即实现一个相对“变压差”的控制模式。并且在BA界面上设置压差控制数值设置框,以适应建筑未来变化的需求,随时根据需求更改压差控制数值。

3.4 二次水力平衡

(1) 结合空调机柜送风温度、回风温度等参数,通过BA平台点位历史数据,调研各台空调机柜回水温度和比例积分阀开度情况。

(2) 根据得到的数据确定需要进行水力优化的区域,一般按照表1确定是否需要进行水力优化。

(3) 对需要进行水力优化区域的平衡阀组或空调机组附近设置超声波流量计,记录对应区域或空调机柜水量变化情况,结合供回水温度值,按照式(1)计算对应区域的实际负荷需求。注:测试时间段需接近设计工况。

$$Q = C_p \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta t / 3600 \quad (1)$$

式中:



注: A/B/C线分别表示测试日三个典型分段的负荷平均值

图3 某建筑供冷季典型日负荷统计示意图

(下转第36页)

焊接机器人在机电安装施工中的应用

廖向东 黄振军 王勇锋

(中建三局第一建设工程有限责任公司 武汉 430040)

摘要: 本文通过项目实践,介绍了焊接机器人在机电安装施工中的实际应用情况,分析了焊接机器人应用优势,阐述了焊接机器人技术在机电安装行业的应用前景和发展趋势。

关键词: 焊接机器人 机电安装 自动化

中图分类号: TU689 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-3607(2018)03-0034-03

1 前言

在机电安装施工中,需要进行大量焊接作业,焊接质量为机电安装施工过程中的重要质量控制点,直接关系到整个机电系统的施工质量与运行质量。传统人工焊接操作的低效率和质量的不稳定性往往成为提高生产效率和保证机电安装施工质量稳定的最大障碍^[1],而焊接机器人具有焊接质量稳定、改善工人劳动条件、提高生产效率等优点^[2],使用焊接机器人代替人工作业,不仅保证机电系统质量稳定可靠,更可极大地提高生产效率,将机电安装行业向自动化、工业化、绿色化推进。

2 应用简介

万科云城项目位于深圳市南山区西丽街道打石一路与石鼓路交汇处,总建筑面积100万m²。机电系统中机电管道50万m,其中焊接管道长度约1.8万m;通风管道25万m²,其中法兰连接风管约5万m²。项目机电安装施工中需大量焊接作业。经项目考察研究,决定引进工业化焊接机器人对

风管法兰等进行自动化焊接作业,进行焊接机器人机电安装施工中的应用研究,并借此提高项目焊接效率与质量。

3 焊接机器人选择

项目采购1台JR-1450/10型6轴自动焊接机器人(见图1),该型机器人体型轻巧,操作简单,方便在项目加工车间安装,只需1名经培训合格工人辅助便可完成焊接作业。同时该型机器人还具有速度快、精度高、可电弧跟踪等优点,适用于机电安装施工中的焊接作业。



图1 焊接机器人

4 焊接机器人焊接效果测定

焊接机器人焊接方式为CO₂气体保护焊,其焊接质量与气体流量、焊接电流与焊接速度等三个关键因素有关,只有气体流量与电流大小合适、焊接速度快慢适中才能达到焊接最佳效果。

4.1 气体流量

本项目机器人配用H08Mn2SiA 1.2mm实心焊丝,CO₂气体流量一般为6-15L/min^[3]。同时根据机器人焊接说明手册中介绍,气体流量可按照流量计算公式 $Q=10\Phi$ 计算,则本焊接机器人CO₂气体流量为 $Q=10\Phi=10\times 1.2\text{L}/\text{min}=12\text{L}/\text{min}$ 。

4.2 焊接电流

本项目风管法兰采用L30×3/L40×4镀锌角钢材料焊接制作,根据焊接机器人说明手册中对焊接电流的要求,1.2mm焊丝的焊接电流范围见表1。

表1 短路过渡参数表

焊丝直径(mm)	0.8	1.2	1.6
电弧电压(V)	18	19	20
焊接电流(A)	100~110	120~135	140~180



镀锌钢材表面有一层镀锌保护层,焊接电流需适当加大,因此选择110A为起始测试电流,测试适用于焊接本项目镀锌钢材的最佳电流,测试结果见表2。

表2 焊接机器人焊接电流测试表

焊接电流值(A)	110	120	130	140	150
焊接效果	未焊透	未焊透	焊接效果欠佳	焊接效果良好	焊接效果欠佳,电流过大
是否采用	否	否	否	是	否

通过表2中测试数据对比可知,当焊接电流为140A时,焊接效果良好。同时经过进一步微调得出焊接电流在138-140A之间均有不错焊接效果,经精细对比后最终认为焊接电流139A时效果最佳,由此设定电流值为139A。

4.3 焊接速度

说明书中没有给定具体焊接速度值,根据一般规定,焊接速度为20-30m/h(5.55-8.33mm/s)^[3],在实际测定过程中,以5.00mm/s为起始焊接速度进行测试,测试结果见表3。

表3 焊接机器人焊接速度测试表

焊接速度(mm/s)	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00
焊接效果	较差	较差	优秀	良好	较差
是否采用	否	否	是	是	否

根据表3测试数据对比,可得出当焊接速度在6.00mm/s时,机器人焊接效果最好,因此确定焊接速度6.00mm/s。机器人焊接成品效果见图2。

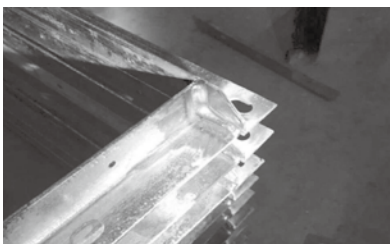


图2 机器人焊接成品效果

5 效率对比

焊接机器人的运行速度可在0%~100%之间调节,项目根据对机器人生产速度、现场机电安装进度以及操作工作业强度的综合分析,将焊接机器人的运行速度调至60%,既保证机器人作业的连续性,又保证生产产品满足现场安装需要,更保证操作工的作业强度适中。

项目挑选3名具备3年以上焊接工作经验的熟练焊工,同1台60%运行速度的焊接机器人一起,进行通风空调角钢法兰焊接效率对比测试。机器人由1名培训合格的操作工操作,法兰规格1000×800mm,作业时间1个工作日。其工效对比见表4。

表4 焊接机器人与人工焊接工效对比

焊接速度(mm/s)	机器人(操作人员1名)	工人A	工人B	工人C	工人平均	效率比值(机器人/工人)
生产数量(副)	350	69	72	71	70.67	4.95
合格数量(副)	348	65	66	64	65.00	1.08
产品合格率(%)	99.43	94.20	91.67	90.14	91.98	
不合格品种类	法兰平面度不合格	法兰平面度不合格,夹渣,咬肉等	法兰平面度不合格,夹渣,咬肉等	法兰平面度不合格,夹渣,咬肉等		
原因分析	操作失误	技术水平,操作误差	技术水平,操作误差	技术水平,操作误差		

由表4可得出,使用焊接机器人(60%运行速度)焊接法兰,不仅焊接速度比人工提高了约5倍,生产效率值远高于人工作业,生产质量也明显高于人工作业。且相对人工焊接作业,机器人焊接可有效降低工人劳动强度,改善工作环境,大幅减小焊接时强光、强热、有毒气体对人体的危害,实现绿色施工。

6 经济效益分析

6.1 设备采购及维护费用摊销

焊机机器人的正常使用寿命在10-15年,焊机的正常使用寿命在10年左右。考虑技术进步与产品升级的

因素,为方便统计比较,本次分析统一将设备使用寿命设定为5年。

焊接机器人一次采购成本50000元,每年维护费用约2000元;CO₂保护焊机市面价格一般5000元/台,每年维护费用约500元。

因此设备每天成本摊销为:

1台焊接机器人每天成本摊销费=(50000元+2000元×5)/5×365天=32.87元/天。1台焊机每天成本摊销费=(5000元+500元×5)/5×365天=4.11元/天。

6.2 操作情况对比

万科云城项目法兰风管约5万m²,法兰数量估算为15,000副。焊接机器人与焊机都考虑1名操作工人,焊

机机器人操作工与焊工工资均按240元/天计。焊接机器人焊接效率按350副/天,人工焊接效率按71副/天。

6.3 经济性分析对比

具体分析见表5。

表5 焊接机器人与人工焊接经济性分析对比表

序号	项目	机器人	焊机
1	设备摊销(元/天)	32.87	4.11
2	人工工资(元/天)	240	240
3	每日工作量(副)	350	71
4	焊接法兰总量(副)	15000	15000
5	焊接总费用(元)	11,694.43	51,572.54
6	费用差值(元) 焊机-机器人	—	39878.11

由表5可以看出,万科云城项目单风管机器人焊接这一项便可节约

39878.11元成本,经济效益十分可观。

7 焊接机器人在机电安装行业中的应用前景展望

焊接机器人在云城项目的成功运用实践,总结出焊接机器人不仅可以在机电安装施工中应用,而且其在焊接效率、焊接质量、改善作业环境、降低工人劳动强度、节约成本等方面均较传统人工焊接施工有巨大优势,值得在机电安装行业推广使用。

同时在机电安装施工中使用焊接机器人代替人工作业,不仅可以极大节省劳动力,有力破解我国机电安装行业现阶段技术工人短缺与劳动力成本不断上升的困境,更能使机电施工效率与施工质量得到跨域式提升,是机电行业向自动化、工业化发展的必要助推器。

另外随着目前科技水平的不断进步,焊接机器人的技术越来越成熟,价格逐渐降低,焊接机器人迎来难得的发展机遇^[4]。相信在未来几年,焊

接机器人将会在机电安装行业得到更加成熟广泛的应用。

参考文献:

- [1] 戴为志. 建筑钢结构应用焊接机器人技术发展趋势[J]. 金属加工(热加工), 2015(12):12-14.
- [2] 许燕玲. 焊接机器人应用现状与研究发展趋势[J]. 金属加工(热加工), 2010(8): 32-36.
- [3] 二氧化碳气体保护焊工艺规程: JB/T9186-1999[S].
- [4] 吴林. 焊接机器人技术[J]. 中国表面工程, 2006, 19(5): 29-35.

(上接第33页)

表1 水平衡优化判断标准

序号	情况分析		状态分析	是否需要水力优化
1	室内环境参数不满足要求	回风温度偏高	流量偏小	是
2		大开度大温差	最合理	否
3	室内环境参数满足要求	小开度大温差	较合理,水力平衡欠佳	是
4		大开度小温差	动态水力平衡失调	是
5		小开度小温差	流量偏大	是

注:表中的开度为每台机柜对应的比例积分调节阀开度;温差根据每台空调机柜BA回水温度数值和干管BA供水温度数值的计算差值得。

Q——冷负(kW);

C_p——水的比热容(4.2kJ/(kg·°C));

ρ——水密度(1000kg/m³);

V——水流量(m³/h);

Δt——供回水温差(°C)。

(4) 确定末端或支路二次平衡调试流量目标值。按照式(2)重新确定二次水力平衡的调试目标值,二次调整各平衡阀。

$$V=0.86 \times Q/\Delta t \quad (2)$$

式中:

Q——冷负(kW);

V——水流量(m³/h);

Δt——设计供回水温差(°C)。

(5) 结合上条中确

定的目标值,为确保平衡阀的控制精度,需重新核算二次平衡区域的水力计算,如果目标流量下压降小于或者大于平衡阀控制压降,则需重新设置目标流量值,可以适度放大流

量值以确保满足最小控制压差值要求,或者更换平衡阀。

(6) 完成所有需要二次平衡的平衡阀的调试后,全开所有的比例积分调节阀,调整干管的静态平衡阀,调整管网曲线,使水泵的运行点落在性能曲线的高效区,即最高效率的90%以上范围。

3.5 运行效果验证及调整

采用相应措施后,收集空调设备及系统实际运行效果数据,收集对应的运行参数及能耗数据,复核室内温度是否达到要求,判定各运行参数是否达到预期优化效果,如没有达到预期效果则需进一步进行调整,直至达到预期目标。

4 结语

在一个已运行项目进行增强调试,是一件极其困难的事情,其涉及的单位较多,需要很多专业分包的参与,特别是BAS单位;同时要求人员有很强的空调系统、BAS理论知识和现场管理经验,方可保证增强调试按照预期进行。而且实际工程中,任何一个子系统的运行参数进行调节后均会对其他子系统造成影响,故需要对各个子系统从宏观和微观的角度进行优化。

目前增强调试技术已经在其他项目进行相应的试点,基本能达到至少10%的节能率,取得了良好的经济效益和社会效益。

针对万科云城(六期)空调系统的增强调试,现场准备工作已基本完成,后期需持续收集楼控平台的历史运行数据,确保所有的优化措施按照预期的方向节约能耗,并且逐年根据建筑本身的使用情况不断地对控制参数和控制策略进行调整,持续降低业主运行成本。 ■