

地铁风水电工程通风空调系统安装施工技术研究

王志英 袁晋献 原少杰 肖金南 王刚

中国建筑第七工程局有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i10.5046

[摘要] 地铁通风空调系统是保障地铁安全运营与乘客舒适的核心,由通风、空调、防排烟及控制调节系统组成。其施工存在空间受限、多专业交叉、精度要求高等特点与难点。本文研究关键施工技术,包括基于BIM的管线布置、大型设备吊装运输等,提出质量控制与安全措施,总结技术创新点,并展望未来智能化、节能化等发展方向。

[关键词] 地铁工程; 通风空调系统; 安装施工; BIM技术; 防排烟联动

中图分类号: U231 **文献标识码:** A

Research on Installation and Construction Technology of Ventilation and Air Conditioning Systems in Subway Mechanical, Electrical and Water Engineering

Zhiying Wang Jinxian Yuan Shaojie Yuan Jinnan Xiao Gang Wang

China Construction Seventh Engineering Division Corp., Ltd.

[Abstract] The ventilation and air conditioning system in subway projects is a core system ensuring safe operation and passenger comfort. It consists of ventilation, air conditioning, smoke prevention and exhaust, and control and regulation systems. Its construction is characterized by limited space, multi-disciplinary coordination, and high precision requirements, presenting significant technical challenges. This paper studies key construction technologies, including BIM-based pipeline layout as well as transportation and hoisting of large equipment. It also proposes quality control and safety measures, summarizes technical innovations, and looks forward to future development trends such as intelligence and energy efficiency.

[Key words] Subway Engineering; Ventilation and Air Conditioning System; Installation Construction; BIM Technology; Smoke Control and Exhaust Linkage.

引言

随着城市轨道交通的快速发展,地铁已成为人们出行的重要方式。地铁通风空调系统作为保障地铁安全运营和乘客舒适的关键设施,其安装施工质量至关重要。该系统施工面临空间受限、多专业交叉等诸多难题,传统施工方法难以满足需求。因此,深入研究地铁通风空调系统安装施工技术,提高施工效率与质量,具有重要的现实意义。

1 地铁通风空调系统组成与施工特点

1.1 系统组成

地铁通风空调系统是保障地铁安全运营和乘客舒适的核心系统,由通风系统、空调系统、防排烟系统及控制调节系统四大核心部分组成,各子系统协同运行、缺一不可。通风系统包括区间隧道通风、车站通风两部分,区间隧道通风包含区间隧道通风机(TVF)、射流风机等设备以及土建风道、风亭等,主要利用列车活塞效应和机械通风相结合的方式,实现隧道与外界的空气交换,车站通风通过风机、风管排出污浊空气、补充新鲜空气。空

调系统分为公共区(大系统)和设备管理用房(小系统),配备冷水机组、冷却塔、组合式空调箱等设备,为乘客和工作人员提供舒适的温度环境^[1],并为各类工作设备降温。防排烟系统由排烟风机、加压送风机、防火阀、排烟风道等组成,是火灾工况下保障人员疏散的关键。控制调节系统通过传感器和智能控制器,实时监测温度、风量等参数,实现各系统的自动启停和参数调节,确保系统高效运行。

1.2 施工特点与难点

地铁通风空调系统施工具有鲜明的行业特性,同时面临诸多技术难点。施工特点主要体现在空间受限、多专业交叉、施工精度要求高三个方面:地铁地下车站和隧道空间狭窄,管线密集且作业面有限,大型设备运输和安装难度大;施工过程中需与土建、电气、给排水等多专业协同作业,交叉干扰频繁,需做好施工统筹规划。核心施工难点包括三点:一是地下环境潮湿、通风不畅,对设备防腐、风管密封及保温施工质量提出更高要求;二是系统管线复杂,风管、水管、电缆桥架交叉布置,易出

现管线冲突,影响施工进度和质量;三是施工周期紧张,涉及既有有线时还需要夜间或停运时段施工,需严格控制施工安全和施工效率,避免影响地铁正常运营。

2 地铁风水电工程通风空调系统安装关键施工技术研究

2.1 基于BIM的管线综合布置技术

基于BIM的管线综合布置技术是解决地铁通风空调系统管线密集、冲突问题的核心技术,能有效提升施工效率和质量。该技术以BIM数字化平台为核心,先将通风空调、电气、给排水等各专业管线参数录入模型,构建三维可视化模型,全面呈现管线的空间布置情况。通过模型碰撞检测功能,提前识别管线交叉、重叠等冲突点,结合地铁地下空间尺寸,优化风管、水管及电缆桥架的布置方案,确定合理的管线间距、标高和走向,避免后期施工中的返工整改。同时利用BIM模型进行施工模拟,模拟大型设备吊装、风管安装等关键工序,优化施工流程,合理分配作业空间和施工时间,减少多专业交叉干扰^[2]。可基于BIM模型实现零部件的工厂预制,按模型精度加工风管、支架等构件,运输至现场后直接拼装,不仅缩短了现场施工工期,还能保证施工精度,降低人为误差,为后续系统调试和运维管理奠定坚实基础,目前已在青岛地铁等项目中广泛应用并取得良好效果。

2.2 大型设备吊装与运输技术

大型设备吊装与运输是地铁通风空调系统安装的关键工序,直接影响施工安全和进度,需结合地下空间特点优化技术方案。地铁通风空调系统中的冷水机组、大型风机等设备体积大、重量重,且地下车站入口狭窄、通道曲折,常规吊装方法难以适用。施工中采用预制平衡架吊具,利用其能保持设备平衡、合理分配吊点载荷的特点,解决设备吊装受力不平衡的问题;局部下坡运输时采用卷扬机溜尾结合叉车抬升的方式,控制设备惯性,避免运输过程中发生偏移。提前对运输通道进行加固处理,清理障碍物,根据设备尺寸和重量选择合适的吊装机械和运输工具,如搬运小坦克、电动吊装工具等。吊装过程中采用专人指挥、实时监测的方式,控制吊装速度和角度,避免设备碰撞墙体或管线;设备运输至机房后,利用轨道运输技术和整体抬升安装技术,实现设备精准就位,有效解决了狭长空间内大型设备安装的难题,大幅提升施工效率 and 安全性。

2.3 风管系统安装与密封技术

风管系统是地铁通风空调系统的核心载体,其安装与密封质量直接影响系统通风效率和防排烟效果,需严格遵循施工规范。风管安装前,先对预制风管进行质量检查,确保风管板材厚度、法兰尺寸符合设计要求,风管表面无变形、破损。安装时,根据风管尺寸选择合适的支架和吊杆,吊杆间距控制在2.5m以内,第一幅支架距离风管端部不超过300mm,且采用激光投线仪校准确保吊杆在同一直线上。风管连接时,法兰之间垫料需贴合紧密,垫料法兰孔需提前冲开,螺栓紧固均匀,间距不大于100mm。彩钢复合风管接口处涂抹密封胶,确保无漏风现象。风管穿墙、穿楼板处,中间填充离心玻璃棉,外侧用防火泥、防火

胶等堵料堵实,表面采用防火板封堵。风管保温前先弹线,保温钉均匀排布,风阀处保温要与风管搭接,防止冷桥产生,保障系统节能效果。

2.4 防排烟系统联动调试技术

防排烟系统联动调试是保障地铁火灾工况下人员安全疏散的关键,需按照规范流程分阶段开展调试工作。调试前,先进行资料审核和现场检查,核对设计图纸、设备说明书,检查风管、风机、防火阀等设备的安装质量,验证电气系统送电条件,同时准备风速仪、压力计、烟雾发生器等调试仪器,制定完善的安全预案。调试分为单机调试和系统联动调试两个阶段:单机调试时,手动启动排烟风机,检查转向是否正确,监测启动电流、运行噪声及轴承温升,确保符合规范要求;手动操作防火阀,验证其开闭灵活性及信号反馈准确性。系统联动调试时,采用烟雾发生器模拟火灾场景,触发火灾模式,验证排烟风机、送风机的自动启动及风阀的联动开闭,调整风量平衡,调整楼梯间、前室余压阀内外压差,形成有效防烟屏障。同时,检查消防控制室对设备状态的实时监控和故障报警功能,确保联动响应及时、准确,全面保障防排烟系统在火灾工况下稳定可靠运行。

2.5 节能与降噪技术

节能与降噪是地铁通风空调系统施工的重要目标,结合地铁运营特点,采用多种技术措施实现节能降耗和噪声控制^[3]。节能方面,优先选用高效节能设备,如磁悬浮变频离心冷水机组、变频风机、直膨式蒸发冷凝空调机组等,全系列达到国家一级能效标准,可大幅降低设备运行能耗;采用风水联动控制技术,依托智能环控系统,同步调节风系统和水系统参数,消除控制孤岛,根据负荷变化实时优化运行状态,使机房综合能效达到6.0以上。同时,优化风管保温和密封工艺,减少冷量损耗,采用主动寻优控制算法,实现系统自适应节能,可额外提升10-15%的节能效果。降噪方面,在风机、冷水机组等设备底部安装减振器,减少振动噪声;风管内设置导流叶片,优化气流组织,降低气流噪声;采用矩阵式消声器取代传统片式消声器,提升降噪效果,确保设备运行噪声符合地铁运营噪声标准,为乘客和工作人员提供舒适的环境,同时实现绿色低碳运营。

3 施工质量控制与安全措施

3.1 质量控制要点

地铁通风空调系统施工质量控制需贯穿施工全过程,重点把控四个核心要点。一是原材料和设备质量控制,严格审核供应商资质,对风管板材、密封材料、冷水机组、风机等原材料和设备进行进场检验,核对型号、规格和性能参数,不合格产品严禁进场使用。二是施工工序质量控制,针对风管制作、支架安装、设备吊装、密封保温等关键工序,制定专项施工方案,明确施工工艺和质量标准,施工过程中安排专人巡检,及时纠正违规操作,确保每道工序符合规范要求。三是隐蔽工程质量控制,对风管保温、管线预埋、防火封堵等隐蔽工程,施工完成后及时进行验收,验收合格后方可进入下一道工序,做好验收记录存档。四是系统调试质量控制,严格按照调试方案开展单机调试和联动调试,重

点监测风量、风压、温度等参数,确保符合设计要求,调试合格后出具调试报告,确保系统运行稳定、高效,同时建立质量追溯体系,及时处理施工中的质量隐患,保障工程整体质量。

3.2 安全风险防控

地铁通风空调系统施工环境复杂,安全风险点多,需建立完善的安全风险防控体系,全面防范各类安全事故。作业安全防控,地下作业区域需做好通风换气,降低粉尘和有害气体浓度,作业人员必须佩戴安全帽、安全带等防护用品,高空作业时搭设安全防护设施,严禁违规作业;夜间施工需配备充足的照明设备,设置警示标识,安排专人值守。设备安全防控,吊装作业前检查吊装机械和吊具的性能,确保完好无损,吊装过程中专人指挥,严禁超载吊装;电气设备安装时严格遵循用电规范,做好接地接零保护,防止触电事故。消防安全防控,施工现场配备足够的灭火设备,严禁违规动火作业,动火作业需办理动火审批手续,做好防火措施;定期检查防火封堵和消防设施,确保火灾工况下能正常发挥作用。应急防控,制定完善的应急预案,针对吊装事故、触电事故、火灾等突发事件,开展应急演练,提升作业人员应急处置能力,同时建立安全巡查制度,及时排查和消除安全隐患,确保施工安全。

4 创新点与展望

4.1 技术创新点

本次地铁通风空调系统施工技术研究结合工程实际,形成了多项技术创新点,有效解决了传统施工中的痛点难点。BIM技术与装配式施工深度融合,基于BIM模型实现风管、支架等构件的工厂标准化预制,现场拼装施工,不仅缩短了30%以上的现场施工工期,还提升了施工精度,减少了现场作业量,降低了人为误差。大型设备吊装运输技术创新,采用预制平衡架吊具和卷扬机溜尾结合叉车抬升的运输方式,解决了地下狭小空间内大型设备吊装受力不平衡、运输不可控的难题,提升了吊装运输的安全性和效率。风水联动节能控制技术创新,集成智能环控系统,实现风系统与水系统的协同控制,结合磁悬浮变频设备的应用,大幅提升系统能效,突破传统机房能效瓶颈^[4]。土建施工还可以采用装配式轨顶风道技术创新,采用工厂预制、现场拼装的方式,替代传统现场浇筑工艺,使轨顶风道重量减轻40%,工期缩短60%

以上,同时提升了施工质量和安全性,为地铁通风空调施工提供了新的技术路径。

4.2 未来研究方向

结合地铁行业绿色化、智能化发展趋势,未来地铁通风空调系统施工技术的研究方向主要集中在四个方面。一是智能化施工技术的深化应用,将数字孪生、人工智能等技术与BIM技术结合,构建全生命周期的智能化施工管理平台,实现施工过程的实时监测、智能调度和精准控制,进一步提升施工效率和质量。二是节能技术的持续优化,研发更高效的节能设备和控制算法,结合可再生能源的应用,进一步降低系统运行能耗,推动地铁通风空调系统向低碳化方向发展,助力“双碳”目标实现。三是装配式施工技术的推广,优化预制构件的设计和生产工艺,扩大装配式施工的应用范围,实现风管、机房设备等全流程装配式安装,进一步缩短施工周期、降低施工成本。四是运维一体化技术研究,将施工阶段的BIM模型与运维管理系统对接,实现设备运行状态的实时监测、故障预警和智能运维,延长设备使用寿命,降低运维成本,为地铁通风空调系统的长期稳定运行提供保障。

5 结束语

地铁通风空调系统安装施工技术研究对保障地铁安全高效运营意义重大。本文提出的关键施工技术,有效解决了施工中的难题,提升了施工效率与质量。技术创新点为行业发展提供了新思路。未来,随着智能化、节能化等趋势的发展,需持续深入研究,推动施工技术不断进步,为地铁通风空调系统的建设与运维提供更有力的支持。

[参考文献]

- [1]赵晓郑.地铁风水电工程通风空调系统安装施工技术研究[J].设备管理与维修,2025(22):128-130.
- [2]刘达凯.地铁车站风水电工程进度制约因素分析与对策研究[J].人民公交,2025(20):78-80.
- [3]张密.地铁车站风水电工程常见问题探讨[J].科学与信息化,2024(5):166-168.
- [4]杨沛山.地铁车站风水电工程常见问题及解决对策研究[J].四川建材,2022,48(12):202-204.