

轨道交通车站通风空调系统绿色施工技术应用研究

曾国富 汪洋

中国水利水电第七工程局成都水电建设工程有限公司 四川 成都 611130

【摘要】：轨道交通车站通风空调系统具有设备类型多、安装环境复杂及能耗集中等特征，施工阶段的技术选择直接影响后续运行的效率与能耗表现。通过引入绿色施工技术，可在材料投入、设备布置、能量管理与现场组织等方面实现资源节约与污染减控。围绕施工全过程，借助节能型安装工艺、可调式施工装备与精细化管理手段，可在满足通风空调系统功能需求的基础上提升能源利用水平，减少施工作业对环境造成的负荷，使车站机电安装呈现低碳、安全、高效的建设模式，为轨道交通工程的可持续发展提供可行的技术路径。

【关键词】：轨道交通车站；通风空调系统；绿色施工；节能技术；机电安装

DOI:10.12417/2811-0722.26.04.041

引言

轨道交通建设不断扩大，对车站环境品质与运行舒适度的要求也随之提升。通风空调系统作为能耗占比高的关键设施，其施工方式直接关系后续运行的稳定性与能源表现。随着城市建设向低碳化转型，施工阶段的绿色化思路逐渐成为行业关注的重点方向。通过将节能理念融入设备安装、材料选择与现场组织，可在不增加额外负担的前提下改善能量利用结构，使资源消耗得到有效控制。围绕通风空调系统形成绿色施工路径，是推动轨道交通工程实现高效配置与环境友好化的重要切入点。

1 通风空调施工中的资源与能耗挑战

轨道交通车站的通风空调系统在施工阶段呈现出资源投入密集、能量消耗突出的特征，影响因素不仅来自设备体量与工序繁复，还与地下空间封闭、接口多样及施工组织受限有关。由于风管、冷媒管路、空调箱组等构件数量庞大，其加工、运输与安装均会带来材料占用与能耗释放^[1]。加之施工场地多处于地下结构内部，通风不足导致湿度、粉尘与温差变化频繁，使施工机械的负荷提升，能源消耗易出现上升趋势。部分车站具有换乘节点或深埋结构，设备布置密度进一步增大，形成材料堆放紧凑、安装通道不足、临时照明强度增加等现象，使资源利用效率受到较大影响。

在施工流程推进过程中，通风空调系统的工序衔接度具有显著复杂性。大量风管吊装、风阀定位、冷却水系统管道焊接、保温层铺设以及机房设备固定等步骤均对资源分配形成压力。若现场管理措施不足，易出现材料周转缓慢、设备就位精度偏差与二次返工情况，导致材料耗量攀升，同时也增强现场电力消耗。地下车站内设备间布置紧密，风机、冷水机组及末端设备对安装尺寸偏差极为敏感，一旦施工偏差累积，调整过程往往需要额外的机械运行和人工投入，使能耗与施工节奏受到双重影响。长期高湿与粉尘环境对材料品质带来挑战，若防护措施薄弱，会导致保温层吸湿、部件腐蚀等问题，使材料损耗水平提高。

随着轨道交通项目规模扩大，施工阶段的资源调配压力愈发明显，尤其在深基坑、盾构区间交汇处等环境中，材料运输路径复杂、临时排风系统需求增大，使通风空调施工的能耗呈现波动性增长趋势。大型设备进场依赖吊装通道和临时支撑设施，其搭设过程需要投入大量钢材与电力，而装拆频繁使资源重复消耗。施工期间，为确保通风空调系统的安装精度与安全性，各类检测仪器、焊接设备与动力设施持续运行，使能源负荷处于较高水平。若现场未能实施精细化管控，资源浪费会随工作量同步累积，不仅加大成本压力，也使通风空调系统的绿色化目标难以实现。

2 绿色化施工需求下的控制要点

在轨道交通车站通风空调系统施工过程中，绿色化施工需求对资源调控、能源使用和现场组织提出了更高要求。通风空调系统涉及风管成型、设备吊装、冷媒与水系统管路铺设等多道专业工序，若缺乏有效控制手段，容易出现材料损耗扩大、机械运行负荷过高及施工环境污染等问题。为满足绿色化方向，对风管板材下料精准度、管路焊接质量稳定性、设备基础预制精度等环节需加以强化，通过减少返工与过量加工来降低资源投入量^[2]。地下车站空间封闭，不利于粉尘扩散与有害气体排散，因此对于现场空气质量的动态监测、临时排风能力的调节以及节能型照明系统的布置均成为不可忽视的控制内容。

绿色化要求还体现在施工过程的能耗调节能力上。通风空调系统的施工对电动工具、焊接设备和检测装置依赖度较高，一旦运行方式不加控制，能源消耗会迅速增加。为降低能耗水平，对设备启停时段、功率匹配、施工区域分区供电策略等需进行科学规划，使高能耗设备保持在合理负载区间运行。同时，针对风管安装、阀件调试、冷却水管路压力试验等工作环节，通过采用低耗能工装、集成化检测装置与轻量化辅助设施，可减少施工机械的持续运转时长，从而减少能源浪费。材料运输路线较长的车站内部，使用电动搬运装备的调度优化亦为控制要点之一，能够降低重复运输造成的电量消耗。

在施工管理层面，绿色化需求推动现场组织模式向精细

化、信息化方向转变。随着 BIM 技术和数字化施工管理平台在轨道交通工程中的应用,通风空调系统的构件排布、设备安装位置与管线综合走向能够在施工前进行碰撞分析,从源头减少材料冲突与返工风险,提升绿色化实施的可控性。工序衔接方面,通过制定节能型施工顺序,使风管加工、支吊架安装、设备就位和系统调试形成连续流动,可降低现场待工时间与临时设施重复搭建次数。对施工人员进行节能意识培训,使操作行为更加规范化,可进一步减少设备空载运行、材料随意堆放及耗材浪费等现象,使通风空调系统在建设过程中更契合绿色化控制要求。

3 节能型安装路径的技术构建

节能型安装路径的构建需围绕通风空调系统的结构特点、能量传递规律与车站空间特性展开,通过优化安装方式与设备协同方式,使系统在施工阶段便具备较高的能效基础。风管、风机、末端装置及冷热源接口构成系统主体,若在安装过程中实现阻力减小、泄漏减少与温差损失控制,可为后续运行提供稳定的节能条件^[3]。风管安装阶段,对弯头半径、变径段过渡形式、法兰密封性等进行精细化控制,可显著降低局部阻力损失;而支吊架的减振与受力控制则有助于提升运行稳定性,减少机械耗能。冷冻水系统若在安装环节保持管路坡度、焊缝成型与保温层厚度的协调一致,可避免循环阻力增加与冷量衰减,有助于降低泵功率需求,使整体能效水平更为合理。

为进一步推动节能安装路径成型,现场构件加工与装配方式的改进成为重要内容。通风空调系统构件数量巨大,若在施工阶段采用精准化下料、模块化分段与装配式节点,可减少材料损耗并缩短现场加工时间,降低施工机械的持续运转需求。风阀、消声器、风口等部件若以成组化方式提前完成定位预调,可减少现场反复试装带来的能耗与耗材浪费。大型设备进入车站环境时,借助高效吊装技术与稳定的导向装置,可避免长时间机械负荷运行,使电力消耗始终保持在可控范围。冷却塔、冷水机组及空调箱体在就位过程中,需要保证基础平整度、抗振结构匹配度及接口安装偏差控制,以减少启停频率增加或系统阻力升高导致的能耗上升。

节能路径的形成还体现在系统调试阶段的技术设置中。通风空调系统必须在安装完成后通过风量、水量、静压及温湿度等参数的综合调试,使每个支路、末端与机房设备形成协调的能量分配格局。在调试过程中,通过合理设定风机转速区间、优化水泵扬程、调整阀门开度,使系统在稳定工况下运行,避免出现流量过剩或压差偏高导致的能源浪费。对风管密封性与保温完整性进行逐段检查,可降低漏风与漏冷现象,使系统运行负荷维持在合理水平。通过在施工和调试阶段形成一体化的节能安装路径,通风空调系统能够在投入使用前获得较高的能效基础,使轨道交通车站的机电安装过程更契合绿色化方向。

4 绿色施工措施在车站机电安装中的实践方式

绿色施工措施在轨道交通车站机电安装中的实践体现为对材料、能源与施工环境的综合控制,使通风空调系统的安装活动在不降低质量要求的前提下实现资源消耗减量化与施工过程可控化。在风管、管路及设备安装过程中,通过采用节材型加工方式、可拆卸式连接构件与高效密封材料,可减少不可回收部件的使用数量,并降低现场装配时的材料损失率^[4]。对钢制构件的防腐、防锈与保温处理采用低挥发涂层与环保型保温材料,可减轻有害物质扩散,加强地下空间内的空气质量控制。车站内部空间受限,运输动线设计若与构件尺寸、重量相协调,可减少搬运设备的重复运行,使电力消耗保持在合理水平,为通风空调工程的绿色化实施奠定基础。

施工组织层面,绿色措施通过精细化流程衔接与信息管理方式得以落地。通风空调系统的吊装、焊接、校验与调节均具有强流程性,通过建立可控的工序流转策略,使材料在进入现场后能够迅速完成加工与组装,减少长时间堆放造成的损耗。针对高能耗装备,通过设定运行时段、动态调节负载与实施区域化供电等控制方式,使设备在施工期间保持最佳能效区间运行。对风管加工机台、焊接设备、空气净化设施等采取定期维护,可减少能耗偏移与故障带来的额外资源占用。另外,在密闭施工环境中布置节能型照明与净化装置,并结合空气流动组织措施,能够降低粉尘沉降速度,并减少湿度过高造成的材料损坏,使通风空调系统安装更加稳定。

材料再利用与废弃物减量也是绿色化实践的重要内容。机电安装环节产生的包装材料、金属切边、保温边角料若通过分类收集与二次利用,不仅减少废弃物堆积,还能降低材料采购压力,形成资源闭环。风管下料方案与管线布置策略一旦优化,可显著降低切割损耗,使系统构件的利用率提升到更高水平。对于施工过程中产生的噪声、振动与粉尘,通过设置隔声屏障、采用低噪声设备与加强空气过滤来减轻对车站主体结构及周边环境的影响。结合节能型调试手段,使系统在完成安装后能够在较低能耗状态下完成风量、水量与静压平衡,为通风空调系统建成后的运行质量提供稳定支撑,使绿色施工在机电安装阶段形成可持续的实践路径。

5 绿色化施工成效的归纳与提升方向

绿色化施工在轨道交通车站通风空调系统建设中的实施,使资源配置、能耗结构与施工环境在多个层面呈现出明显改善。通风空调系统涉及风管、风机、冷冻水管路和末端设备等大量构件,通过绿色化技术介入后,材料损耗率显著下降,系统构件利用率提升,现场加工量减少,使施工阶段的资源投入更趋合理。密封材料升级、保温结构优化与节能型连接件的应用,使设备运行前的基础能耗减少,系统空气阻力与冷量损失得到有效控制^[5]。施工现场采用分区照明、负载调节与排风优化措施,使能源供应脱离传统的粗放式模式,转向按需分配的

精细化路径,有助于降低大体量地下车站在施工阶段的能源负担,提升通风空调系统建设的绿色化水平。

在机电安装推进过程中,通过绿色施工策略的实施,现场的组织效率持续提升。风管制作、设备吊装、管路焊接与系统调节等工序,通过流程整合与动态协调,使待工现象减少,临时设施反复搭建的次数下降。高能耗设备的运行时长因控制策略而缩短,施工机械处于合理负荷区间运行,使电能消耗更可控。材料循环利用机制的引入,使风管余料、保温下脚料及金属废件能够重新进入使用环节,减少废弃物体量,改善地下空间的堆放压力。噪声控制、扬尘抑制与空气净化措施,使施工环境更加安全稳定,降低对主体结构及周边区域的干扰,使通风空调系统的安装阶段呈现出更稳定、更环保的工作状态。

在绿色化基础形成之后,施工成效的进一步提升需聚焦关键技术节点的技术深化。通风空调系统的设备布置、风管路径与管路走向一旦得到持续优化,可在源头上减少能量传输损失,并降低后续调试的负荷。节能型工装与智能检测手段的推广,使

风量、水量与压力等参数在安装过程中即可得到实时校核,使返工量减少,避免额外能耗与资源浪费。对于大型设备与长距离管线,可通过改进减振方式、优化支吊架结构及提升密封等级,使系统稳定性增强,降低潜在损耗隐患。绿色化施工的实践路径在不断扩展过程中,将为轨道交通车站通风空调系统的高效建设提供更加精细化、可操作的技术支撑,使机电安装工程在资源、能耗与环境控制方面保持更理性的运行状态。

6 结语

绿色化施工在轨道交通车站通风空调系统建设中的应用,使资源利用结构更为紧凑,能耗控制更具主动性,施工环境也呈现出更加稳定的状态。节能型安装路径、精细化组织方式与材料循环利用机制共同推动机电安装朝高效、低碳方向发展。随着关键节点技术的持续深化,通风空调系统在建设阶段所形成的绿色基础将为后续运行质量奠定更坚实的条件,使工程整体呈现出协调而可持续的发展态势。

参考文献:

- [1] 沈逸文.基于人工智能的轨道交通车站机电设备维修辅助系统研究[J].隧道与轨道交通,2025,(04):20-25+74.
- [2] 张霄旺.城市轨道交通车站的深基坑开挖及工程支护技术[J].建材发展导向,2025,23(23):91-93.
- [3] 马松良,陆军,杨存哲,等.轨道交通智慧车站综合运管平台场景联动设计[J].运输经理世界,2025,(33):1-3.
- [4] 王铮.城市轨道交通通风空调系统节能策略研究[J].工业控制计算机,2025,38(10):23-24.
- [5] 何磊,陈敏,王钰璐.标准地铁站通风空调系统控制模式应用及分析[J].洁净与空调技术,2025,(03):60-62+71.