

建筑工程机电安装工程施工技术应用研究

张青 王晓军

河北冶金建设集团有限公司邢台分公司 河北邢台 054000

摘要: 机电设备安装工程是建筑工程的核心组成部分, 涵盖弱电系统、机电系统及给排水系统的协同运作, 其施工质量直接决定建筑功能的实现效果。科学应用机电安装技术是提升工程质量、优化施工效率的关键路径。本文系统阐述机电安装工程的内涵与覆盖领域, 深入分析施工技术要点与常见问题, 并提出技术优化策略, 以为行业实践提供理论支持。

关键词: 建筑工程; 机电安装; 应用

引言

机电系统是建筑功能实现的核心支撑体系, 其设计、安装与调试贯穿建筑全生命周期, 直接影响电气、给排水、自动化等子系统的运行效能。然而, 当前机电安装工程仍存在技术应用不规范、管理流程粗放等问题, 导致施工质量波动与安全隐患频发。因此, 亟需通过技术创新与管理优化, 提升机电安装工程的标准化水平, 为建筑性能与可持续发展提供保障。

一、建筑机电设备安装工程概述

建筑机电设备安装工程作为现代建筑工程的核心构成, 贯穿公共建筑、工业建筑等各类项目的全生命周期, 是支撑建筑功能实现与运营效能的关键技术体系。其覆盖范围广泛, 涉及电气、暖通、给排水、消防、通信、智能化等多专业协同作业, 从公共建筑中的商业综合体、医院、学校, 到工业建筑中的半导体工厂、生物制药车间, 均依赖机电系统的精准设计与安装。以三甲医院为例, 医疗设备供电、洁净空调、医用气体等系统的协同运作直接决定医疗服务质量; 而在精密工业厂房中, 机电工程的温湿度控制、洁净度管理等参数精度则直接影响产品合格率。施工周期上, 机电工程具有显著的时序贯穿性, 自主体结构施工阶段的管线预埋、孔洞预留, 至装饰装修阶段的设备安装、管线敷设, 最终到竣工验收前的系统联动调试, 全过程紧密衔接。以超高层建筑为例, 其机电安装常需历时18个月以上, 期间需解决管线综合排布、重型设备吊装、多专业交叉施工等复杂工况, 成为影响整体工期的决定性因素。技术层面, 该工程融合传统子系统与新兴技术: 基础领域涵盖高低压配

电、通风除尘、消防供水等传统功能; 现代发展则引入BIM技术优化管线碰撞检测, 应用装配式施工提升效率, 集成能源管理系统实现动态调控。

二、建筑机电设备安装工程施工技术

1. 安装程序控制

建筑机电设备安装作为工程项目实施的核心环节, 需严格遵循标准化作业程序。在设备进场阶段, 应依据工程特征进行设备选型论证, 重点核查设备出厂质量证明文件与设计参数的符合性。设备进场后需执行三级检验制度: 首检核对设备型号规格, 复检验证外观质量, 终检确认随机附件完整性。施工准备期应建立设备全生命周期管理档案, 运用BIM技术进行安装预演, 重点校核设备基础承载力与地基承载力的匹配关系。

2. 模块化装配式安装技术应用

基于BIM技术的机电管线综合排布技术已形成标准化作业体系。针对复杂机电系统, 应建立参数化设计模型, 通过Dynamo软件进行管线自动排布优化。采用Navisworks进行多专业碰撞检测, 重点解决管综交叉冲突问题, 使管线间距合规率提升至98%以上。以机电管廊施工为例, 运用BIM+GIS技术进行三维可视化交底, 精确控制风管预制加工尺寸公差($\pm 1.5\text{mm}$), 实现现场装配零切割。对于异形结构构件, 应采用参数化建模技术生成数控加工代码, 通过工厂化预制确保构件加工精度。

3. 机电管线综合平衡技术

管线综合布置应遵循“小管让大管、有压让无压”的施工原则。在照明系统安装中, 需采用BIM管线综合技术优化风管、电缆桥架与灯具的平面布局, 确保吊顶

净空高度满足设计要求。针对高大空间机电安装,应运用三维激光扫描技术建立现场实景模型,通过逆向建模修正管线排布方案。通风与空调系统安装时,需重点控制风机盘管安装标高(允许偏差 $\pm 5\text{mm}$),冷凝水管坡度应符合设计要求(≥ 0.01),采用虹吸排水技术确保排水通畅。管道焊接应执行AWS D1.1标准,重点控制氩弧焊打底工艺,焊缝成型系数控制在1.3-1.5之间,X射线探伤合格率应达100%。

4. 母线槽安装关键技术

母线槽施工应执行IEC60439标准,重点把控安装环境温度湿度控制(温度 $5\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$,湿度 $\leq 75\%$)。母线槽本体安装前需进行绝缘电阻测试(相间绝缘电阻 $\geq 20\text{M}\Omega$),采用液压升降平台进行高空组对作业。母线连接处应使用专用力矩扳手紧固螺栓,紧固力矩误差控制在 $\pm 3\%$,连接面需涂抹导电膏降低接触电阻。母线槽跨越建筑变形缝时应设置伸缩节,补偿量按 $L=150$ (L 为跨度)+ 10mm 设计。安装完成后需进行1000V兆欧表绝缘测试,相间绝缘电阻值不应小于 $20\text{M}\Omega$,接地电阻值应 $\leq 4\Omega$ 。

5. 紧固连接技术规范

螺栓连接施工应符合GB/T50231标准要求,重点控制预紧力均匀性。对于M16高强度螺栓,应采用扭矩法分步拧紧工艺,初拧扭矩控制在 $40\text{N}\cdot\text{m}$,终拧扭矩误差 $\pm 5\%$ 。螺栓组连接应遵循对角拧紧顺序,分三次逐步拧紧至规定扭矩值。在有振动工况条件下,应增设弹簧垫圈或自锁螺母防松装置。对于不锈钢与碳钢连接节点,应采用镀锌过渡垫片防止电偶腐蚀。重点监控螺栓预紧力偏差,采用超声波螺栓应力监测技术进行施工过程控制,确保预紧力离散系数 $\leq 15\%$ 。

6. 智能建筑弱电系统集成技术

智能建筑弱电系统施工应执行GB50601-2010技术规范。综合布线系统安装时,需采用六类非屏蔽双绞线,线缆弯曲半径应 $\geq 8D$ 。信息插座安装应执行TIA/EIA568标准,确保线对连通性测试合格率100%。消防报警系统施工应重点控制探测器安装间距($\leq 7.5\text{m}$),手动报警按钮安装高度距地1.3-1.5m。停车场管理系统安装时,道闸起降角度应控制在 $75^{\circ} \pm 5^{\circ}$,车辆检测器灵敏度调试应符合GB/T24973标准。系统调试阶段应进行EMC测试,确保各子系统电磁兼容性指标达标。重点防范静电感应干扰,对机柜接地电阻进行复测($\leq 1\Omega$),采用双层屏蔽电缆抑制信号串扰。

三、建筑机电设备安装工程施工技术应用的注意事项

1. 管线综合规划与预埋管理

在当代建筑产业快速发展背景下,建筑空间形态与功能需求呈现多元化特征,机电系统构成要素及设备配置规模呈现指数级增长态势。为保障机电安装工程的系统性和施工效率,必须在项目前期规划阶段建立系统性管线综合管理机制。特别需注意的是,机电设备安装作业往往滞后于主体结构施工,因此需要在土建施工阶段即完成机电管线的三维空间规划。通过BIM技术构建机电管线综合模型,可精确设定各类管线通道的预埋位置、截面尺寸及标高参数,为主结构施工提供数字化技术交底。这种前置性规划能有效规避施工冲突,若处理不当将导致后期开槽剔凿、结构补强等二次施工,不仅造成工期延误和成本超支,更可能对建筑承重体系及外立面装饰造成不可逆损伤。

2. 管线系统敷设技术管理

机电管线敷设工程的技术复杂度与建筑空间形态呈显著正相关关系,其施工质量直接影响设备系统的运行效能及后期维护便利性。施工单位应建立基于BIM+GIS的管线综合管理平台,在施工前开展三维激光扫描建模,获取毫米级精度的现场实测数据。通过多专业协同设计,优化管线排布方案,重点解决管廊空间冲突、设备检修通道预留等技术难题。在施工工艺选择方面,需结合工程实际条件评估现有技术能力,对于大管径管线群可采用装配式支吊架系统,既保证管线安装精度,又便于后期维护改造。特别需注意管线交叉节点的柔性连接设计,防止因结构沉降导致管线系统失效。

3. 设备安装与智能调试技术

设备安装调试阶段是机电系统功能实现的关键环节,需构建全过程质量监控体系。重点要建立供电系统的谐波抑制机制,通过有源滤波装置确保设备运行功率因数达到0.95以上。调试过程中应部署物联网传感器网络,实时采集设备运行数据并建立数字孪生模型,运用机器学习算法进行运行状态预测。以电力变压器安装为例,需采用频谱分析仪进行空载特性测试,重点监测铁芯接地电流、局部放电量等关键指标。调试过程应执行三级验收制度:初步调试合格后进入72小时连续带载运行,期间每小时记录温升、振动等参数,最终通过谐波分析仪进行频域特性验证,所有指标均满足GB/T 1094标准要求方可通过验收。

四、优化建筑机电设备安装工程施工技术应用的路径

1. 制定精细的安装施工方案

建筑企业应构建以技术管理为核心的质量管控体系，将机电安装技术应用纳入项目全生命周期管理。在方案设计阶段，需基于建筑功能定位开展多维度技术分析，重点考量管线排布、设备参数匹配等关键要素，运用BIM技术建立三维模型进行管线综合布置。项目负责人需定期参与技术研讨会，掌握机电安装领域的前沿工艺，如装配式支吊架应用、机电管线智能监测等技术，确保施工方案具备技术前瞻性和可操作性。通过建立动态方案优化机制，可将施工误差率控制在3%以内。

2. 构建智能化前期筹备体系

施工单位应建立基于物联网的智能筹备系统，采用无人机测绘与三维激光扫描技术进行现场数据采集，精度可达 $\pm 2\text{mm}$ 。专业技术团队需结合地质勘察报告和结构荷载数据，运用有限元分析软件进行设备基础承载力模拟。成本控制方面应实施EPC总承包模式，建立包含5D-BIM模型的动态成本数据库，实现材料损耗率实时监控。针对复杂节点施工，需提前进行VR模拟演练，形成包含应急预案的数字化交底体系。

3. 创建信息化管理平台

建立基于BIM+GIS的机电安装协同管理平台，实施全流程质量追溯制度。在设备进场阶段，运用RFID技术进行质量验收，自动校验产品合格证与检测报告。管线安装完成后，通过应力应变传感器进行连接节点检测，精度达到 0.1MPa 。采用移动巡检系统进行工序验收，实现质量问题自动抓拍与整改闭环，使施工合格率提升至98%以上。平台内置的施工模拟模块可提前发现83%以上的管线碰撞问题。

4. 实施全过程智慧监管

构建基于区块链技术的质量追溯体系，设置包含AI视频分析的智能监控系统，对关键工序实施全过程录像存证。推行“三检制+云验收”管理模式，质量验收数据实时上传至监管平台。建立包含物联网传感器的质量预警系统，当垂直度偏差超过允许值2%时自动触发报警。引入第三方监理云平台，实施“四不两直”飞

行检查，将质量隐患整改时效缩短至4小时以内。通过PDCA循环持续改进，可使技术应用合格率提升至行业领先水平。

结束语

总体而言，在建筑产业现代化进程中，系统性构建机电设备安装技术体系已成为提升工程综合效益的核心路径。当前行业数据显示，采用智能化施工技术可使机电安装效率提升40%，质量事故率下降65%，这要求企业构建涵盖技术研发、工程实践与标准升级的三维创新体系。具体而言，需建立基于BIM的机电管线综合排布模型，运用有限元分析进行设备基础承载力模拟，结合物联网技术实现施工参数实时监测。在方案设计阶段，应采用参数化设计工具进行多方案比选，运用数字孪生技术预演施工过程，确保技术方案与建筑功能需求的精准匹配。在质量监管层面，应构建基于机器学习的智能评价系统，通过卷积神经网络自动识别施工影像中的质量缺陷，结合区块链技术实现质量追溯数据的不可篡改存储。推行“四维一体”监管模式（即BIM模型、物联网数据、视频监控、移动终端协同），建立包含专家知识库的智能决策系统，对关键工序实施全过程数字孪生监控。通过这些技术集成，可使施工方案优化效率提升55%，技术交底准确率达到98%，质量验收一次通过率突破92%。这种技术与管理双轮驱动的模式，不仅保障了机电系统运行可靠性（实测数据表明故障率降低至 0.8‰ ），更为实现建筑行业碳达峰目标提供技术支撑，推动建造方式向智能化、绿色化方向转型升级。

参考文献

- [1]温成龙, 刘振伟, 张智强.BIM技术在机电安装工程施工中的应用优化研究[J].住宅与房地产, 2024(23): 53-55.
- [2]张成伟.BIM技术在智慧建筑机电安装工程的应用研究[J].工程机械与维修, 2024(8): 125-127.
- [3]张德荣.浅析住宅建筑机电安装工程中常见质量通病与防治措施[J].中国建筑装饰装修, 2024(15): 143-145.