

高层建筑机电安装施工技术要点与效率提升

刘 闯

安徽建工三建集团有限公司 安徽 合肥 230000

摘要：高层建筑机电安装面临垂直运输难、多专业交叉、环境复杂等挑战，技术要点包括：预留预埋阶段利用BIM与激光定位实现精准控制；管线综合布置采用装配式支吊架及无压管道坡度优化；设备安装运用液压提升与吊笼法等创新工艺。效率提升策略涵盖推行并行施工、样板引路制度，结合3D打印、无人机巡检等技术，并建立绩效考核与返工追溯机制，以实现质量与效率的双重提升。

关键词：高层建筑；机电安装；施工技术要点；效率提升

引言：随着城市化进程加速，高层建筑日益增多，其机电安装工程因垂直运输压力大、多专业交叉密集、施工环境复杂等特点，面临质量控制难、效率瓶颈突出等挑战。传统串行施工模式与粗放管理方式已难以满足现代工程需求，亟需通过技术创新与管理优化提升施工效能。本文从技术要点剖析入手，结合BIM应用、装配式技术等创新手段，探讨高层建筑机电安装效率提升的有效路径。

1 高层建筑机电安装技术特点与难点

1.1 技术特点

(1) 垂直运输压力突出，设备与材料需依赖塔吊、施工电梯分段运输。高层建筑高度高、构件重量大（如大型风机单台重达数吨），对塔吊起吊能力要求严苛；施工电梯运输频次高，需与土建、装饰等专业协调运输时间，空间协调性把控难度大，若调度不当易导致材料堆积或施工断档。(2) 多专业交叉密集，电气、暖通、给排水、消防等系统需在吊顶、管井、设备层等有限空间内协同布置。各系统管线数量多、走向复杂，如吊顶内同时排布空调风管、给排水管、电气桥架，碰撞风险显著，需精准规划才能避免空间挤占问题。(3) 施工环境复杂多变，高空作业占比大，如外墙管线安装、屋顶设备吊装，安全风险高；管井、设备夹层等狭小空间内，管线安装操作空间受限，对安装精度要求更高，常规工具难以施展，增加了施工难度。

1.2 核心难点

(1) 质量控制难度大，隐蔽工程如地板内电气导管、墙体中给排水管道，验收时难以全面检查；等电位联结漏接、管根防渗处理不到位等细节问题易成为质量通病，后期发现整改需破坏已完工结构，成本高、难度大。(2) 存在明显效率瓶颈，传统串行施工模式下，需等前一专业完工后再开展下一专业作业，如先完成管线安装再进

行设备调试，易导致工期延误；据行业数据，返工成本占工程总价的5%-8%，主要源于前期规划不当引发的拆改返工。(3) 噪声与振动控制难，水泵、风机等设备运行时产生的噪声与振动，易影响建筑内人员生活、办公；需通过减震支架选型、软接补偿器安装等技术手段缓解，但受设备功率、安装空间限制，完全消除影响难度较大。

2 高层建筑机电安装技术核心要点

2.1 预留预埋阶段技术控制

(1) 组织措施。组建由设计、施工、监理单位专业人员构成的多专业联合管理小组，建立“周例会+实时沟通”协同机制。设计方负责解答图纸疑问，施工方汇报现场进度与问题，监理方监督执行，确保预留预埋环节信息传递高效、问题解决及时。(2) 技术措施。1) 开展图纸深度审核工作，重点核查管线标高、间距及交叉点避让情况。采用CAD叠加图纸与BIM初步建模结合方式，对给排水、电气、暖通等专业管线进行碰撞预判，针对冲突区域优化管线走向，避免后期施工中管线挤占空间或无法安装的问题。2) 运用激光定位技术与BIM模型三维交底实现预埋件定位精度控制。施工前将BIM模型中的预埋件坐标导入激光定位仪，在施工现场精准标记位置；通过BIM模型三维可视化交底，向施工人员清晰展示预埋件安装角度、深度要求，确保定位误差控制在规范允许范围内（通常不超过 $\pm 5\text{mm}$ ）^[1]。3) 优化套管预埋尺寸，推广穿梁安装技术。根据管道材质与规格确定套管内径（比管道外径大1-2个规格），对于穿梁套管，采用专用固定支架将其与梁钢筋牢固连接，保证浇筑混凝土时套管不位移；严格控制套管与管道间隙，管道安装后用防火密封材料填塞间隙，满足防火、防水要求。(3) 典型问题防治。1) 针对电气导管扁折、金属线管毛刺问题，要求施工人员使用专用弯管器进行导管弯曲作业，根据导管管径选择匹配弯管器模具，弯曲半径不小于导管外径

的6倍；金属线管切割后，采用专用倒角工具去除管口毛刺，防止穿线时损伤电线绝缘层。2) 为避免等电位联结漏做，设置强制验收节点，在卫生间、电梯井等关键区域等电位联结施工完成后，必须经监理单位验收合格方可进入下道工序；实施标识化管理，在等电位联结端子箱、联结导线处张贴明显标识，便于后期检查与维护。

2.2 管线综合布置技术

(1) BIM技术应用。1) 借助BIM软件进行三维碰撞检测，将各专业管线模型整合后，自动识别管线间、管线与建筑结构间的碰撞点，生成碰撞检测报告。根据报告优化管线布置方案，例如将交叉的给排水管与空调管调整为上下平行布置，提前解决冲突，减少现场返工率，降低施工成本。2) 通过BIM模型开展虚拟施工模拟，模拟管线安装顺序、吊装路径及材料堆放区域。根据模拟结果规划施工流程，合理安排吊装设备进场时间与作业区域，优化材料堆放位置（靠近施工区域且不影响交通），提高现场施工效率，避免材料二次搬运。(2) 综合支吊架设计。1) 采用装配式支吊架，其构件均为标准化生产，包括C型钢、连接件、吊杆等，现场只需通过螺栓组装，安装速度比传统支吊架快30%以上，且后期维护时便于拆卸与调整。2) 进行动态荷载计算，考虑设备运行振动对支架的影响。根据风机、水泵等设备的振动频率与振幅，结合支吊架跨度、管线重量，通过力学计算确定支吊架材质、规格及间距，确保支吊架在设备运行时稳定可靠，避免因振动导致管线位移或损坏^[2]。(3) 无压管道坡度控制。对于重力流排水系统，使用激光水平仪复核管道坡度。施工中每隔5米设置一个测量点，利用激光水平仪发射的水平基准线，测量管道各点标高，确保排水管道坡度符合设计要求（如生活排水铸铁管坡度不小于0.025），防止管道内积水、堵塞，保证排水通畅。

2.3 设备安装与调试技术

(1) 大型设备吊装。1) 采用液压提升技术进行超高层屋顶风机、冷却塔等大型设备吊装。根据设备重量与安装高度，选择合适吨位的液压提升装置，通过计算机控制液压系统，实现设备平稳升降与水平移动，避免设备在吊装过程中晃动、碰撞，适用于超高层狭窄空间内的设备安装。2) 推广吊笼法电梯安装技术，在电梯井道内设置专用吊笼，施工人员与设备通过吊笼上下运输，减少高空攀爬作业。吊笼配备安全锁、限速器等防护装置，确保施工人员安全，同时提高电梯导轨、轿厢等部件的安装效率。(2) 系统调试要点。1) 开展消防系统联动测试，重点验证报警阀组、喷淋泵压力。模拟火灾场景，触发火灾探测器，检查报警阀组是否正常开启、喷

淋泵是否自动启动，用压力表测量管网压力，确保压力符合设计要求（通常不低于0.15MPa）。2) 进行电气系统绝缘电阻测试，使用500V兆欧表对电线、电缆绝缘层进行测试。测试前断开电源与负载，将兆欧表一端接导线，另一端接地，匀速摇动兆欧表（120r/min），读取绝缘电阻值，要求绝缘电阻值不小于0.5MΩ，确保电气系统安全运行^[3]。(3) 减震降噪措施。1) 科学选择弹簧减震器，根据设备重量、振动频率确定减震器型号，确保减震器共振频率与设备振动频率不重合（通常减震器共振频率低于设备振动频率的0.7倍），有效降低设备运行时的振动传递，减少对建筑结构与周边环境的影响。2) 合理应用柔性连接管，在水泵、风机等设备进出口管道处安装金属软管，金属软管长度控制在≤2m，且避免弯曲过度。柔性连接管可吸收设备振动产生的位移，减少振动通过管道传递，同时便于设备安装与维护。

3 高层建筑机电安装施工效率提升策略

3.1 施工流程优化

(1) 推行并行施工管理模式，实现机电安装与土建、装饰工程交叉作业。例如在土建结构施工阶段，同步开展管道穿梁预埋作业，提前与土建单位确定预埋点位、时间节点，避免结构施工完成后二次凿墙打孔；装饰工程开始前，完成吊顶内管线安装，减少各专业施工冲突，缩短整体工期。(2) 实施样板引路制度，按功能分区打造样板间（如酒店客房区、办公楼办公区）。样板间施工时，明确管线布置、设备安装、工艺标准等要求，组织各班组学习观摩，统一施工规范；通过样板间验收发现问题并优化方案，避免大规模施工后出现质量问题返工，提高施工效率。(3) 运用关键路径法（CPM）规划施工进度，通过梳理全流程工序，识别电缆敷设、桥架安装等关键工序。将原本先后进行的电缆敷设与桥架安装调整为并行作业，合理分配人力与设备，在桥架安装的同时同步开展电缆敷设准备工作，压缩关键工序时间，确保整体工期可控。

3.2 技术创新应用

(1) 预制装配技术。1) 推广预制立管模块施工，在工厂根据设计图纸加工制作立管及配套连接件，进行预组装调试后运输至现场。现场只需通过螺栓将预制模块拼接固定，减少现场焊接、防腐等作业，相比传统现场制作安装，效率提升40%以上，且质量更稳定。2) 采用装配式电井施工技术，针对标准层电井，在工厂完成电井内支架、管线、配电箱等整体组装，形成标准化模块。模块运输至现场后，利用吊装设备整体吊装就位，大幅减少现场电井内零散作业时间，缩短标准层机电施工周

期。(2) 智能化施工设备。1) 引入无人机巡检, 用于施工现场进度监控与质量抽查。无人机定期对施工区域进行航拍, 实时反馈管线安装进度、材料堆放情况; 对高层外墙管线、屋顶设备安装质量进行空中检查, 替代人工攀爬巡检, 提高巡检效率与安全性。2) 应用3D打印技术制作管线支架, 针对复杂节点(如多管线交汇支架), 通过3D建模设计支架模型, 利用金属或复合材料3D打印机快速打印成型。3D打印支架可精准匹配复杂安装需求, 无需传统切割、焊接加工, 缩短支架制作周期, 满足特殊安装场景需求^[4]。(3) 数字化管理平台。1) 部署物联网传感器, 对设备运行状态实时监测。在水泵、风机等设备上安装振动、温度传感器, 数据实时传输至管理平台, 工作人员远程监控设备运行情况, 提前预警故障风险, 避免设备故障导致施工中断, 保障施工连续性。2) 搭建云端协作系统, 实现多专业图纸协同修改。设计、施工、监理等单位通过云端平台共享图纸, 修改意见实时同步, 避免图纸版本混乱; 针对图纸问题, 各单位在线沟通协商, 快速确定修改方案, 减少线下沟通成本, 提高图纸审核与修改效率。

3.3 人力资源与培训

(1) 技能分级培训。1) 严格执行特种作业人员持证上岗制度, 对电工、焊工等特种作业人员开展实操考核。考核内容涵盖设备操作、应急处理等, 考核合格后方可上岗; 定期组织特种作业人员参加技能提升培训, 学习新技术、新设备操作方法, 确保作业人员专业能力满足施工需求。2) 开展VR模拟培训, 模拟高空作业、带电操作等危险场景。通过VR设备让施工人员沉浸式体验高空管线安装、电气带电作业的安全规范与操作流程, 强化

安全意识与操作熟练度, 减少实际施工中因操作不规范导致的停工、返工, 提升施工效率。(2) 绩效考核机制。

1) 建立班组效率排名制度, 定期对各施工班组的施工进度、质量合格率进行统计排名, 排名结果与奖金发放挂钩。对效率高、质量优的班组给予额外奖金奖励, 激发班组竞争意识, 提高整体施工效率。2) 实行返工成本责任追溯机制, 若出现质量事故导致返工, 分析事故原因并明确责任人员。将返工成本纳入个人绩效考核, 扣除相应绩效分数与奖金, 倒逼施工人员重视施工质量, 减少因人为失误导致的返工, 降低成本损耗, 提升施工效率。

结束语

高层建筑机电安装作为复杂系统工程, 其技术实施与效率提升需贯穿设计、施工、管理全周期。通过BIM协同、装配式技术、智能化设备等创新手段, 可有效破解空间交叉、质量管控等核心难题; 配合并行施工、绩效考核等管理优化, 能显著压缩工期、降低成本。未来需持续深化技术集成与数字化应用, 推动行业向标准化、精细化方向发展, 为城市垂直空间建设提供更高效、安全的解决方案。

参考文献

- [1] 朱程琴. 建筑机电安装工程的施工技术及其质量控制的探讨[J]. 居舍, 2020(12):195.
- [2] 陈志源. 建筑机电安装工程的施工技术及其质量控制的探讨[J]. 建材与装饰, 2020(08):52-53.
- [3] 周红雨, 胡平. 浅析超高层建筑机电安装工程施工技术要点[J]. 建筑安全, 2022(09):39-42.
- [4] 蓝新刚. 高层建筑机电安装工程施工技术优化与应用[J]. 产业创新研究, 2024(24):130-132.