

基于施工阶段的机电安装人工成本控制与管理优化探讨

王 超

中国新兴建筑工程有限责任公司 北京 100039

【摘 要】：建筑机电安装施工环节工序繁杂、多专业交叉作业密集，人工作业损耗长期影响施工推进节奏。现阶段机电施工现场存在人工资源配置失衡、工序衔接混乱、返工作业量大、现场非标化作业繁多等实操问题，造成人力资源无端消耗。以德州经济技术开发区 2015 年棚户区改造项目为实践载体，从班组定岗配置、工序流水排布、管线综合优化、预制装配施工、技术前置交底、工时动态调配多个技术维度实施优化改良。相关措施落地后，项目人工作业浪费大幅减少，无效施工环节持续精简，人工投入成本合理降低，施工运行节奏更为稳定，可为同类住宅机电安装工程人工作业优化提供实操参考。

【关键词】：机电安装；施工阶段；人工效率；工序优化；预制装配

DOI:10.12417/2705-0998.26.07.033

引言

建筑工程规模化发展背景下，机电安装是建筑工程核心组成部分，施工覆盖广、专业交叉强，现场人工作业占比高。施工标准持续升级，传统粗放式实操模式无法适配精细化施工，人工配置失衡、作业流程混乱等问题日渐突出，制约机电施工整体效能。改善施工现场人工作业浪费、工序衔接不畅现状，立足施工阶段全流程实操，结合实体工程项目施工条件，开展机电安装人工作业优化研究。针对性技术改良与工序调整，破解现场人工作业低效难题，推动施工环节良性推进，为机电安装现场实操提质增效提供实践支撑。

1 实体工程项目基本概况

德州经济技术开发区 2015 年棚户区改造项目机电安装工程展开，项目总建筑面积达 105 万平方米，涵盖建筑给排水、强弱电布设、暖通系统、消防管线等全专业机电安装作业内容。项目施工周期紧凑，机电管线排布密集，多专业施工作业同步开展，结合精细化施工发展理念，依托现场机电施工全流程作业条件，聚焦现场管线加工、构件装配、工序衔接等实操环节，为施工阶段机电安装人工作业优化与成本管控提供实体实践载体^[1]。

2 施工阶段机电安装人工资源配置失衡低效问题

机电多专业同步穿插作业模式下，现场管线布局缺乏前置整合规划，各类管线交叉重叠问题频发，直接引发重复拆装与二次修整作业，持续消耗一线作业人力。现场构件加工全部依托原位零散操作完成，标准化预制施工应用不足，碎片化作业模式拉长单项工序耗时。各专业施工区间作业节奏缺乏统筹衔接，工作面交替衔接存在空档时段，固定作业人员长期处于无效待机状态。传统粗放式施工作业模式，难以适配精细化施工发展理念，人工作业动作重复化、作业流程无序化问题凸显，造成人力劳动资源无端损耗，制约机电安装作业整体作业效能^[2]。

3 施工阶段机电安装人工效率提升实施路径

3.1 优化机电专业劳务班组定岗配置模式

依托机电安装各专业施工属性差异，依据管线敷设、设备接驳、线路布设等不同作业内容，完成作业人员专业划分与固定岗位划定，划分电气布设、管道组装、暖通接驳、消防装配四类专属作业单元，划定单元常规作业定员 32 至 36 人，依托模块化施工理念落实专人专岗作业机制^[3]。结合现场作业面实际开放范围，动态匹配不同施工区域作业人员投放数量，依据建筑单层机电施工体量，固定核心技术作业人员 18 至 22 人常驻现场，保障基础工序连续推进，辅助性实操人员根据楼层施工进度按需动态调配。

严格划分各班组作业边界与实操内容，明确管线切割、构件拼接、线路排布等基础实操工序的作业归属，规避多工种交叉操作带来的动作重叠。依托标准化实操流程规范单人作业内容，统一同类构件安装操作流程与实操步骤，减少作业人员操作方式差异带来的作业延时，稳定单人单日基础作业量化指标，持续压缩无效实操时长，依托专业化定岗布局夯实人工作业高效推进基础，降低重复操作与无序作业产生的人力消耗。

3.2 统筹机电交叉作业工序流水化排布设计

结合建筑内部机电管线密集分布特征，提前完成全区域管线走向、设备安装点位、通道布设范围的整体梳理，按照竖向管井施工、横向楼层敷设、机房设备接驳、末端配件安装的先后顺序，完成全流程实操工序的顺序排布。划分独立施工作业区块，单区块规划连续施工作业动线，划分 8 至 10 个独立流水作业段，实现给排水、强弱电、暖通管线分步错峰进场实操，错开各类管线集中布设的高峰时段，消除多工种同步扎堆操作的现场阻碍。

结合建筑楼层竖向施工节奏，把控每层机电工序衔接间隔时长，控制上下楼层同类工序衔接间隔时长维持在 12 至 16 小时，保障上一道实操工序完整收尾后，下一类工种有序进入作业区域开展实操。细化各工序衔接的实操衔接节点，明确管线

预留孔洞修整、管线基础固定、配件拼接安装等过渡性实操内容的实施时段，完善全流程流水作业衔接细节。依托有序化工序排布模式，维持现场实操节奏稳定连贯，压缩作业面闲置等待时长，让连续化流水作业模式适配规模化机电安装施工需求，持续提升现场人工作业流转速率。见图 1。

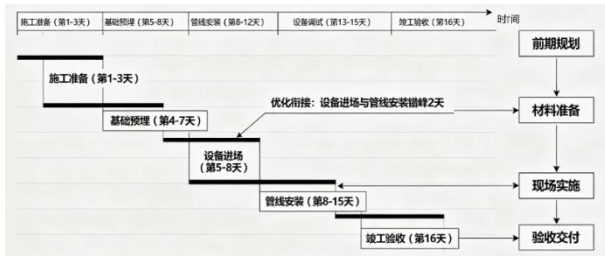


图 1 机电安装流水作业工序排布优化及流程示意图

3.3 依托管线综合优化减少现场返工作业量

结合建筑内部机电系统多层级布设结构，对项目全域给排水管路、强弱电桥架、暖通风管、消防喷淋管路开展全域空间整合排布，精准测算各类构件外形尺寸、安装标高、横向间距与竖向落差，统一划定管线布设基准标高与轴线定位参数，管控主干管线安装基准高差控制在 5mm 以内，分支管线排布间距保持 250mm 标准区间。

全面梳理结构梁体、墙体预留孔洞、设备基础预埋点位的空间坐标，整合全部机电构件布设路径，规避管路交叉干涉、空间占位冲突、安装点位错位等原生施工隐患。细化管线排布分层布局逻辑，将大尺寸风管布设至建筑上层空间，直径 110mm 以上排水管路集中布设至管井固定区域，弱电桥架与动力线路桥架保持 300mm 安全间隔布设，实现不同功能机电构件分层分区有序排布。

同步完成管线走向微调与路径精简处理，删减管路多余绕行段与无效接驳节点，规整管路转弯、变径、对接等关键实操节点的施工标准，统一现场开孔、切割、固定的实操规范。通过前置空间规划与管线整合调整，减少后期管路拆除、移位、二次切割、重新接驳等重复性实操内容，缩减原位整改所需人工时长，降低因空间布局不合理引发的重复作业消耗，以空间布局精细化调控，削减机电安装全流程无效人工作业环节，稳定现场连续化施工作业节奏。

3.4 推行机电构件工厂预制现场装配施工

落实工业化建造实操理念，划分管道管件、桥架分段、风管道段、机房配套构件多类预制加工品类，依据施工图纸标注尺寸参数，统一输出标准化加工数据，交由专业厂区完成集中化裁切、打磨、拼接、防腐处理等前置加工工序^[4]。按照单楼层机电施工体量划分预制加工批次，单批次完成长度 2000mm 至 6000mm 管路分段预制，定制标准化桥架拼接模块与定型风管组件，所有预制构件严格控制端面切割误差不超 3mm，接口

拼接尺寸误差控制在 2mm 范围。

厂区完成构件防腐涂刷、端口封堵、配件预装等基础工序，配套标注安装编号、区域编码与布设方向标识，分类封装转运至施工场地指定堆放区域，按施工区段有序分批进场。施工现场仅开展构件定位校准、拼接固定、密封接驳、点位对接等简易装配工序，取消现场大面积切割、焊接、打磨、零散组装等耗时操作，缩减原位复杂加工的人力投入时长。

针对住宅机电常规构件，批量实现定型化预制生产，统一构件规格尺寸与装配接口标准，简化现场组合安装操作流程，压缩单件构件现场安装耗时。依托工厂集中预制模式，分流复杂加工工序，简化现场实操内容，以模块化装配施工模式，精简人工作业流程，优化机电安装一线实操劳作强度与作业时长，持续压缩基础工序人力消耗。

3.5 落实工序技术前置交底规范作业流程

围绕机电安装各细分施工工序，构建全流程技术前置交底执行体系，依托精细化施工发展理念，将管路拼接、线路敷设、风管对接、设备固定等百余项基础实操环节纳入标准化交底范围。以单楼层、单施工区段为划分单元，提前 72h 完成各工序技术参数梳理与实操标准梳理，明确管线安装标高控制数值、接口预留尺寸、固定件安装间距、线路敷设走线间距等硬性实操指标，设定管线支架安装间距统一为 1500mm，弱电线路敷设槽体内内部净距预留 40mm，管路对口拼接缝隙控制在 2mm 以内。

整合施工图纸细化节点构造参数，梳理墙体预埋套管内径、管井预留孔洞尺寸、末端器具安装定位坐标等核心数据，形成统一化技术交底文本与实操参照标准，同步标注各类构件安装偏差控制阈值。针对机电交叉作业关键节点，细化工序衔接操作要点，明确前期预埋、中期敷设、后期接驳各阶段操作边界，统一现场开孔深度、切割长度、构件固定锁紧力度等实操细节。完整梳理非常规复杂作业的操作步骤，细化异形管路弯折、狭小空间线路排布、密集区域构件安装的实操顺序，规避无序操作引发的拆解重装行为。

依托前置化技术信息传递，统一全域作业操作逻辑与施工尺度，约束非标准化随意操作行为，减少因操作方式偏差产生的重复修整工序，压缩无效人工消耗时长，以标准化作业流程约束一线实操行为，保障各项机电安装工序平稳有序推进，减少错序施工带来的额外人力投入。

3.6 建立现场人工工时动态统筹调配模式

结合机电安装施工区段划分与楼层推进节奏，搭建全域人工工时动态统筹运行体系，依托现场作业面开放面积、构件安装总量、工序推进进度开展量化测算，精准统计每日单项作业工时消耗数据，记录桥架安装、管道组装、线缆布设、风管拼接等不同工种单日基础工时消耗数值。划定固定核心作业岗位

与弹性辅助作业岗位,固定岗位保持稳定人员基数,单施工区域常设24名基础作业人员完成持续性基础施工,弹性岗位依据每日作业体量实时调控人员投入数量。

按8h标准作业时段划分工时统计单元,精准记录各作业区段有效劳作时长与现场待机时长,结合竖向楼层施工推进节奏,同步调整地下区域、标准楼层、屋面机房不同区域的人员投放数量。针对管线集中敷设、设备集中安装等高强度作业阶段,整合零散辅助劳作人力补充关键工序作业力量,弱化作业面空档期人员闲置停留时长。

同步完善现场劳作时段空间分配,合理排布不同工种作业时段区间,平衡全域工时消耗密度,规避局部区域人力扎堆堆积与部分区域人力空缺失衡的现象。依托工时数据实时采集与动态分析,精准匹配人工作业力量与施工任务体量,优化人力空间分布与时段分布结构,削减无效停留、等待、闲置产生的工时浪费,持续优化机电安装全过程人力利用效率,依托动态统筹模式实现劳作资源的科学分配。

4 机电安装人工管控优化实施成效

德州经济技术开发区2015年棚户区改造项目105万m²住宅机电安装工程完整落地应用,各类技术优化措施全面落地后,机电安装全流程人工作业消耗得到显著改善^[5]。项目原有机电安装人工预算总额控制在8925w区间,通过定岗班组布设、工序流水排布、管线综合优化、工厂预制装配、前置技术交底与工时动态调配多重技术手段协同落地,整体人工实际投入额度稳定控制在8300w。

全现场原位切割、零散组装、管线返工整改类作业内容大幅缩减,全域各类返工修整类人工作业时长整体压缩,减少各类无效人工投入对应的资金消耗150w,管线路径优化与余料规整利用环节,同步削减二次施工与人工作业补充投入,对应劳作成本压降额度达到475w。

机房构件、管道分段、桥架模块批量预制落地后,现场原位复杂加工工序大幅减少,单段管路安装劳作时长缩减,楼层机电流水化施工模式稳定运行,整体施工周期压缩20d,彻底规避夜间加班、延时劳作产生的额外人工支出。多专业交叉作业排布更加合理,作业面空档待机时长持续减少,固定作业人员无效停留劳作消耗稳步降低,整体人工作业流畅性显著提升。整套技术优化模式适配大体量住宅机电施工场景,依托纯技术层面的工序改良、空间排布、装配升级与人力时序调配,实现人工作业损耗的系统性压降,为同类型机电安装项目人工管控落实提供可落地的实践成效参考。

5 结语

结合实际住宅机电安装工程项目开展全流程实操优化探索,围绕人工配置失衡、工序穿插无序、现场返工多发等核心实操矛盾,落实多项技术性改良举措。从人员定岗划分、施工顺序排布,到管线空间整合、构件工厂预制,再到作业流程规范与人力动态调配,全方位完善机电现场作业模式。各类优化手段贴合现场施工实际,有效削减无效人工作业内容,减少重复施工与人力闲置损耗,稳定机电安装施工节奏。本次实践积累的实操改良方式,能够适配同类建筑机电施工场景,也为后续机电安装现场作业改良与资源高效利用提供扎实实践依据。

参考文献:

- [1] 白振华.建筑工程施工阶段机电安装监理工作存在的问题及对策[J].建设监理,2025,(10):61-63.
- [2] 刘顺.基于BIM技术与精细化管理的机电安装工程成本控制与结算优化[J].智能建筑与智慧城市,2025,(04):114-116.
- [3] 杨依霖.试论机电工程造价控制的过程及方法[J].中华建设,2024,(10):56-58.
- [4] 赵文吉.刍议建筑工程机电安装施工技术——以某高层建筑工程为例[J].房地产世界,2023,(04):151-153.
- [5] 张美伶,申红梅.国家速滑馆建筑机电安装工程成本控制研究[J].煤炭工程,2023,55(02):188-192.