

# 智慧工地技术在机电安装工程中的实践与探索

黄信杰 侯效军

天津蓝巢特种吊装工程有限公司 天津 300180

**摘要:** 智慧工地技术以数字化、智能化为核心,通过物联网、BIM、AI及5G等技术,为机电安装工程提供全周期管控支持。本文结合机电安装工程核心环节,从施工前期图纸处理、过程精准管控到后期运维铺垫,系统阐述智慧工地技术的实践框架,并针对技术应用中的标准化、数据流转、人员操作等管控要点提出优化策略,进一步探索数字孪生、区块链等新型技术的融合路径,为机电安装工程智能化升级提供理论支撑与实践参考。

**关键词:** 智慧工地技术; 机电安装工程; BIM技术; 物联网; 施工管控

引言: 机电安装工程涉及设备安装、管线铺设及系统调试等复杂环节,传统管理模式依赖人工经验,存在信息孤岛、协同效率低、质量管控滞后等问题。随着智慧工地技术的快速发展,物联网、BIM、人工智能等技术为工程管控提供了数字化解决方案。通过技术赋能,可实现施工过程可视化、资源调配智能化及风险预警实时化,有效提升工程质量与效率。

## 1 智慧工地技术与机电安装工程的适配基础

### 1.1 智慧工地核心技术类型

智慧工地技术体系以数字化、网络化、智能化为核心特征,涵盖物联网、BIM、大数据、人工智能及5G通信等关键技术<sup>[1]</sup>。物联网技术通过部署各类传感器,实现机电设备运行状态、环境参数的实时采集与传输,为施工管控提供数据基础。BIM技术构建三维可视化模型,集成机电设备、管线布局等工程信息,支持多专业协同设计与施工模拟。大数据技术对海量施工数据进行存储、分析与挖掘,揭示数据背后的规律与趋势,辅助决策优化。人工智能技术通过机器学习、深度学习等算法,实现设备故障预测、质量缺陷识别等智能化应用。5G通信技术提供高速率、低时延的网络支持,保障数据实时传输与远程协同作业的顺畅进行。

### 1.2 机电安装工程核心施工环节

机电安装工程涉及设备安装、管线铺设、系统调试等关键环节。设备安装需确保大型机电设备精准就位,满足空间位置与安装精度要求;管线铺设需协调电气、暖通、给排水等多专业管线走向,避免碰撞冲突;系统调试需验证设备运行性能,调整参数至最佳状态,保障系统稳定运行。各环节紧密关联,任何环节的偏差均可能影响整体工程质量与进度,对施工管控的精细化、协同化提出较高要求。

### 1.3 技术与工程的适配要点

智慧工地技术与机电安装工程适配需聚焦数据整合与应用创新。数据整合要求建立统一的数据标准与接口规范,打破不同系统间的数据壁垒,实现数据的互联互通与共享。应用创新需紧密结合机电安装工程实际需求,开发具有针对性的应用场景,如利用数字孪生技术模拟施工过程,优化施工流程,提升施工效率与质量,实现技术与工程深度融合与协同发展。

## 2 智慧工地技术在机电安装工程中的实践框架

### 2.1 施工前期技术应用

#### 2.1.1 图纸数字化处理

依托BIM技术对机电安装工程施工图纸进行数字化重构,实现图纸信息的参数化建模与可视化呈现。通过数字化手段整合各专业图纸信息,消除传统纸质图纸存在的信息脱节问题,提升图纸信息传递效率,为后续施工环节提供精准的数据支撑。数字化图纸可实现多维度查阅与修改,便于各参与方快速获取所需信息,优化图纸审核流程,减少施工前的图纸误差。

#### 2.1.2 施工方案数字化编制

基于智慧工地信息管理平台,结合机电安装工程施工特点与技术要求,完成施工方案的数字化编制工作。数字化编制过程中整合施工工艺、资源配置、进度计划等多方面信息,实现施工方案的动态调整与优化。借助数字化工具对施工流程进行模拟推演,优化施工工序排布,提升施工方案的科学性与可行性,为施工过程的有序推进提供指导。

#### 2.1.3 设备与材料数字化管控

运用物联网技术与射频识别技术,建立机电安装工程设备与材料的数字化管控体系。对设备与材料的采购、运输、入库等环节进行全程数字化追踪,记录设备与材料的规格、型号、进场时间等关键信息<sup>[2]</sup>。通过数字化管控实现设备与材料库存的实时监控,优化库存管理流程,避

免设备与材料积压或短缺,保障施工所需设备与材料及时供应。

## 2.2 施工过程技术应用

### 2.2.1 机电设备安装精准管控

采用激光定位技术与BIM技术结合的方式,对机电设备安装过程进行精准管控。通过激光定位设备获取安装点位的精准数据,结合BIM模型参数信息,指导机电设备的安装作业,确保设备安装位置与标高符合设计要求。数字化管控手段可实时反馈安装偏差,及时调整安装操作,提升机电设备安装精度。

### 2.2.2 管线铺设数字化引导

基于BIM三维模型对机电管线铺设进行数字化引导,明确管线的铺设路径、间距与标高。通过数字化可视化技术呈现管线排布情况,提前规避管线交叉冲突问题,优化管线铺设方案。施工过程中借助移动终端设备实时调取管线数字化信息,指导现场管线铺设作业,确保管线铺设符合规范要求,提升管线铺设质量与效率。

### 2.2.3 施工工序协同管控

依托智慧工地协同管理平台,实现机电安装施工各工序的数字化协同管控。将各施工工序的进度、质量等信息纳入平台管理,实现各工序之间的信息共享与协同联动。通过数字化手段协调各专业施工节奏,避免工序衔接不畅导致的施工延误,提升施工工序的衔接效率,保障施工进度有序推进。

### 2.2.4 现场安全智慧管控

运用视频监控、智能传感等智慧技术,构建机电安装施工现场安全智慧管控体系。对施工现场的人员作业、设备运行等情况进行实时监测,及时识别安全隐患。通过智能预警系统对违规操作、设备异常等情况进行及时提醒,强化施工现场安全管理,降低安全事故发生风险。

## 2.3 施工后期技术应用

### 2.3.1 设备调试数字化辅助

借助数字化监测设备与数据分析工具,为机电设备调试提供技术辅助。通过数字化手段实时采集设备调试过程中的运行参数,对参数数据进行分析处理,判断设备运行状态。根据数据分析结果调整调试方案,优化设备运行参数,确保机电设备达到设计运行标准。

### 2.3.2 竣工资料数字化整理

采用数字化归档技术,对机电安装工程竣工资料进行系统整理与归档。将施工过程中的图纸、检测报告、验收记录等资料转化为数字化形式,建立竣工资料数字化管理库。数字化整理可提升竣工资料的查阅与管理效率,确保竣工资料的完整性与规范性,为工程验收提供便利。

### 2.3.3 后期运维数字化铺垫

将施工过程中形成的设备参数、施工记录等数字化信息,整合至后期运维管理平台,为机电工程后期运维提供数据支撑。通过数字化手段建立设备运维档案,记录设备运行状态与维护记录,为运维人员提供精准的运维指导,提升后期运维效率,延长设备使用寿命。

## 3 智慧工地技术应用中的核心管控要点

### 3.1 技术应用的标准化管控

智慧工地技术在机电安装工程中的有效落地,需以标准化管控为前提。技术标准制定应涵盖物联网传感器部署规范、BIM模型交付标准、AI算法应用准则等核心领域,明确各类技术要素的实施要求与验收指标<sup>[3]</sup>。例如,传感器安装位置需结合机电设备运行特性确定,避免因安装位置偏差导致数据失真;BIM模型精度需达到LOD400及以上标准,确保设备参数、管线连接等细节信息完整呈现。标准执行监督应建立分级审核机制,由技术负责人对关键环节实施抽检,通过数字化管理平台记录标准执行情况,形成可追溯的技术应用档案。标准动态更新需紧跟技术发展趋势,定期评估现有标准与新技术、新工艺的适配性,及时修订完善以保持标准先进性。

### 3.2 数据采集与流转管控

数据是智慧工地技术发挥作用的核心要素,其采集与流转质量直接影响决策科学性。数据采集规范需明确传感器采样频率、数据精度等参数,例如振动传感器采样频率应不低于1kHz,以捕捉机电设备微小故障特征;温度传感器精度需达到 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,确保环境监测数据可靠性。数据传输安全应采用加密通信协议,对传输中的数据进行动态加密,防止数据泄露或篡改。数据存储管理需建立分级存储机制,将高频访问数据存储在边缘计算节点,低频访问数据归档至云端数据库,平衡存储成本与访问效率。数据质量校验应通过设置合理阈值范围、逻辑关系验证等方式,自动识别异常数据并触发复核流程,保障数据可用性。

### 3.3 人员操作规范管控

人员是智慧工地技术应用的执行主体,操作规范程度直接影响技术应用效能。操作培训体系需覆盖技术原理、设备操作、应急处理等内容,采用“理论授课+虚拟仿真+现场实操”多元化培训模式,确保操作人员掌握技术要点。操作权限管理应基于角色分配原则,为不同岗位人员设置差异化系统访问权限,例如设备监控人员仅可查看数据,而系统管理员拥有参数配置权限,防止越权操作引发风险。操作过程记录需通过数字化管理平台自动采集操作日志,记录操作时间、内容、结果等关键

信息,为事故追溯与绩效评估提供依据。

#### 3.4 设备与系统运维管控

设备与系统稳定运行是智慧工地技术持续发挥作用的基础。运维计划制定应结合设备运行周期与技术特性,明确日常巡检、定期维护、预防性更换等任务的时间节点与执行标准。运维状态监测需通过物联网传感器实时采集设备运行参数,结合AI算法分析设备健康状态,当参数偏离正常范围时自动生成维护工单。运维资源调配应建立备品备件库存预警机制,根据设备故障概率预测结果动态调整库存水平,确保维护所需物资及时供应。运维效果评估需通过设备故障率、系统可用率等指标量化运维成效,为运维策略优化提供数据支持。

### 4 智慧工地技术在机电安装工程中的探索方向

#### 4.1 现有技术应用的优化路径

智慧工地技术在机电安装工程中的深化应用需聚焦现有技术瓶颈突破<sup>[4]</sup>。针对物联网传感器在复杂电磁环境下的数据稳定性问题,可研发抗干扰能力更强的新型传感器,通过优化信号调制方式与滤波算法,提升数据传输可靠性。对于BIM模型与施工现实的动态匹配难题,可引入实时定位技术,将模型坐标系与施工现场坐标系自动校准,减少因施工误差导致的模型失真。在AI算法应用方面,需构建面向机电安装场景的专用数据集,通过迁移学习技术提升算法对焊接缺陷、管线碰撞等特定问题的识别精度,降低误报率。此外,优化边缘计算节点与云端服务器的协同机制,根据数据重要性与处理需求动态分配计算资源,提升系统整体响应速度。

#### 4.2 新型智慧技术的融合应用

新型智慧技术为机电安装工程提供创新解决方案。数字孪生技术可构建机电系统的虚拟镜像,通过实时映射设备运行状态,实现故障预测与健康管理。例如,在空调系统运维中,数字孪生模型可模拟不同工况下的能耗变化,为节能优化提供决策支持。区块链技术可应用于设备溯源管理,通过分布式账本记录机电设备从生产到安装的全生命周期信息,确保数据不可篡改,提升供应链透明度。增强现实技术可辅助现场施工,将设备安装说明、管线走向等关键信息叠加至真实场景,降低技术交底难度,提升施工效率。

#### 4.3 技术应用的标准化与规范化建设

标准化建设是智慧工地技术规模化推广的基础。需制定覆盖技术选型、数据接口、系统集成等环节的统一标准,例如明确物联网传感器与BIM模型的数据交换格式,确保不同厂商设备互联互通。建立技术认证体系,对智慧工地解决方案进行功能与性能测试,颁发合规认证标识,引导市场规范发展。完善效果评估指标,从效率提升、成本节约、质量改善等维度量化技术应用成效,为技术迭代提供数据支撑。

#### 4.4 技术与工程流程的深度融合路径

技术融合需贯穿机电安装工程全生命周期。在设计阶段,利用BIM技术进行多专业协同优化,通过碰撞检测提前解决管线冲突问题<sup>[5]</sup>。在施工阶段,依托物联网与AI技术实现动态管控,例如通过智能张拉设备自动控制预应力施工参数,确保结构受力符合设计要求。在运维阶段,构建基于物联网的预测性维护系统,通过分析设备运行数据预测故障发生时间,提前安排维护计划,减少非计划停机。通过技术要素与工程流程的深度融合,形成覆盖设计、施工、运维的数字化闭环管理体系。

#### 结束语

智慧工地技术与机电安装工程的深度融合,不仅解决了传统施工中的协同效率低、质量管控难等痛点,更通过数据驱动与智能决策重构了工程管理模式。从标准化管控体系的建立到新型技术的探索应用,技术赋能已贯穿工程全生命周期。随着数字孪生、区块链等技术的进一步成熟,智慧工地技术将在提升施工效率、保障工程质量、降低运维成本等方面发挥更大价值,为机电安装工程高质量发展注入持续动力。

#### 参考文献

- [1]张明远,李静怡.智慧工地技术在机电安装质量管理中的应用研究[J].建筑科学,2022,38(5):117-118.
- [2]张涛.智慧工地管理系统在地铁机电项目中的管理应用[J].科学与信息化,2022(20):169-171.
- [3]姜涛.建筑机电工程安装质量通病与防治分析[J].百科论坛电子杂志,2021(12):2942.
- [4]李城.建筑机电设备安装工程的成本优化与控制策略[J].中国住宅设施,2024(z1):7-9.
- [5]吴龙芳.建筑机电设备安装质量通病及其控制措施[J].建筑工程技术与设计,2021(16):1396.