

# 智能建筑系统中机电安装的自动化与智能化研究

范汝月

341181\*\*\*\*\*564X

**摘要:** 随着信息技术与建筑行业的深度融合,智能建筑已成为现代建筑发展的核心方向,而机电安装工程作为智能建筑系统的关键组成部分,其自动化与智能化水平直接决定了建筑整体的智能性、安全性与能效性。本文以智能建筑系统中的机电安装工程为研究对象,首先分析了智能建筑机电安装的发展现状与核心需求,随后系统探讨了自动化技术(如 BIM 技术、自动化施工设备、智能传感技术)与智能化技术(如物联网、大数据分析、人工智能)在机电安装各环节(设计、施工、调试、运维)中的具体应用路径,进而指出当前机电安装自动化与智能化发展中存在的技术协同不足、标准体系缺失、专业人才匮乏等问题,并针对性提出加强技术创新、完善行业标准规范、构建人才培养体系等解决对策。研究表明,将自动化与智能化技术深度应用于智能建筑机电安装工程,可显著提升施工效率、降低成本损耗、保障工程质量,为智能建筑的可持续发展提供有力支撑。

**关键词:** 智能建筑系统; 机电安装; 自动化技术; 智能化技术; BIM 技术; 物联网

**DOI:** 10.69979/3060-8767.25.10.072

## 1 引言

在新型城镇化与数字中国建设的双重驱动下,建筑行业正从传统高能耗、高人工的发展模式向智能化、绿色化、低碳化转型,智能建筑作为转型的重要载体,其核心在于通过整合建筑、机电、信息、控制等多领域技术,实现建筑环境、设备运行、能源消耗的智能管控。机电安装工程涵盖暖通空调、给排水、电气照明、消防报警等多个子系统,是智能建筑功能实现的“血管”与“神经”,其安装质量与效率直接影响智能建筑系统的稳定性与运行效益。

传统机电安装工程依赖人工测量、手动操作与经验化调试,存在施工精度低、工期长、资源浪费严重、后期运维困难等问题,已无法满足智能建筑对系统集成化、管控精细化的需求。在此背景下,自动化与智能化技术的引入成为突破传统机电安装瓶颈的关键:自动化技术可实现施工过程的精准控制与无人化操作,智能化技术则能通过数据驱动实现机电系统的动态监测、故障预警与优化调度。因此,深入研究智能建筑系统中机电安装的自动化与智能化应用,对于推动建筑行业技术升级、提升智能建筑整体性能具有重要的理论与实践意义。

## 2 智能建筑机电安装的发展现状与核心需求

### 2.1 发展现状

我国智能建筑行业发展迅速,2024 年市场规模突破 5000 亿元,年均增长率超 15%,其中机电安装工程占总投资的 30%-40%,是核心环节。当前技术应用已初步转

型:设计阶段超 60%大型项目用 BIM 做管线碰撞检查与优化;施工阶段自动化焊接设备、管道预制生产线等应用率达 40%;运维阶段约 30%项目配物联网监测系统实现设备数据实时采集。

但整体水平仍有短板:一是技术应用碎片化,自动化设备与智能化系统数据交互不足,形成“信息孤岛”,如 BIM 数据难直接对接施工自动化设备;二是部分智能化技术(如 AI 故障诊断)成熟度低,复杂环境下稳定性待提升;三是行业集中度低,中小安装企业占比超 70%,技术与资金实力有限,难大规模推广新技术。

### 2.2 核心需求

智能建筑对机电安装的核心需求集中在四方面:

**精准化:** 机电系统含大量精密设备,安装精度需达毫米级,需依赖激光定位仪、机器人安装系统等自动化技术保障稳定性。

**高效化:** 项目工期紧、交叉作业多,需通过管道自动切割机床、电缆敷设机器人等自动化设备缩短工期,借智能化调度优化流程减少冲突。

**集成化:** 机电各子系统需数据共享与协同控制,安装时需引入智能化集成技术,确保与建筑整体智能平台无缝对接,避免“系统孤岛”。

**低碳化:** 响应“双碳”目标,安装阶段需用智能化能源管控技术,如大数据优化空调参数、智能电表监测能耗,为后期节能运行打基础。

## 3 自动化技术在智能建筑机电安装中的应用

自动化技术是实现机电安装精准化与高效化的核心，贯穿设计、施工、调试全阶段，具体应用如下：

### 3.1 设计阶段：BIM 技术驱动的自动化优化

BIM 技术通过三维信息模型实现机电设计自动化：可自动检测各专业管线空间冲突并生成调整报告，大幅降低设计误差；能依据建筑约束条件自动生成最优管线布局，减少空间占用；还可自动提取模型中设备、管线信息生成工程量清单，避免人工统计失误，提升设计效率与精度。

### 3.2 施工阶段：自动化设备的精准作业

施工阶段通过设备与工艺自动化替代人工操作：管道安装中，预制生产线按参数自动完成切割、焊接等工序，吊装机器人借助激光定位实现精准对接；电缆敷设由专用机器人自主完成，同时实时传输画面便于监控；大型机电设备安装依靠自动化定位系统，通过激光测距与机械臂调整，确保安装精度达标，既提升效率又降低安全风险。

### 3.3 调试阶段：自动化检测保障质量

自动化检测技术替代人工逐个排查，提升调试效率与可靠性：智能检测仪器可自动采集设备电压、温度等运行参数，实时传输至系统并与标准值对比判断合格性；自动化故障诊断系统依托内置故障数据库，能自动识别设备故障位置与原因，生成处理建议，缩短调试工期。

## 4 智能化技术在智能建筑机电安装中的应用

智能化技术以数据为核心，通过物联网、大数据、人工智能等技术实现机电安装过程的智能化管控与后期运维的智能化优化，是智能建筑机电系统实现集成化与低碳化的关键支撑。

### 4.1 物联网技术：实现机电系统的全面感知

物联网技术通过在机电设备、管线、传感器上部署 RFID（射频识别）标签、温湿度传感器、压力传感器等感知设备，构建“感知-传输-处理”的物联网体系，实现机电安装过程与运行状态的全面感知：

安装过程感知：在机电设备与管线出厂时粘贴 RFID 标签，标签内存储设备型号、安装位置、技术参数等信息，施工人员通过手持 RFID 阅读器读取标签信息，可快速确认设备安装位置与安装要求，避免设备错装、漏装；同时，在施工现场部署定位传感器，实时跟踪施工人员与自动化设备的位置，优化施工人员与设备的调度，减少施工冲突。

运行状态感知：在机电系统运行阶段，通过部署在

设备上的传感器实时采集设备运行数据（如电机温度、水泵压力、空调能耗），数据通过 5G 或 LoRa 无线通信技术传输至云端平台，实现设备运行状态的 24 小时实时监测，一旦发现数据异常（如电机温度超过阈值），系统立即发出预警，通知运维人员及时处理，避免设备故障扩大。

### 4.2 大数据分析：驱动机电系统的优化决策

大数据分析技术通过对物联网采集的机电安装数据与运行数据进行深度挖掘，为机电安装过程优化与后期运维决策提供数据支撑：

施工过程优化：通过分析施工阶段的自动化设备运行数据（如设备加工效率、故障率）、施工人员作业数据（如作业时间、完成质量），识别施工过程中的瓶颈环节，例如通过分析管道预制生产线的运行数据，发现某一工序的故障率较高，进而优化该工序的工艺参数，提升整体施工效率；同时，通过分析历史施工数据，建立施工工期预测模型，准确预测各施工环节的完成时间，为施工进度管控提供依据。

### 4.3 人工智能技术：实现机电系统的智能管控

人工智能技术通过机器学习、深度学习等算法，实现机电系统的智能故障诊断、自主决策与自适应控制，是智能化技术的核心应用：

智能故障诊断：构建基于深度学习的故障诊断模型，通过训练大量机电设备故障数据（如故障时的电流波形、温度变化曲线），使模型具备识别故障类型的能力，在设备运行过程中，模型实时分析传感器采集的数据，一旦发现故障特征，立即准确识别故障位置与原因，并自动生成故障处理方案，例如当空调系统出现制冷量不足时，模型可通过分析压缩机电流、蒸发器温度等数据，判断故障原因是制冷剂泄漏，并给出泄漏检测与补充制冷剂的建议，故障诊断准确率达 95% 以上，且响应时间不超过 10 秒。

自适应控制：将人工智能算法嵌入机电系统控制器，实现系统的自适应控制，例如在暖通空调系统中，控制器通过机器学习算法分析室内人员数量、室外温度、光照强度等因素与空调负荷的关系，自动调整空调的制冷量、送风温度与风速，使室内环境始终保持舒适状态，同时避免能源浪费；在给排水系统中，控制器通过分析用水量变化规律，自动调整水泵运行频率，实现用水量与供水量的动态匹配，减少水泵启停次数，延长设备寿命。

## 5 智能建筑机电安装自动化与智能化发展中的

## 问题

尽管自动化与智能化技术在智能建筑机电安装中已取得一定应用成效,但实际推广中仍面临诸多制约技术深度与广度应用的问题,具体如下:

### 5.1 技术协同不足,形成“信息孤岛”

自动化技术与智能化技术多独立应用,缺乏有效数据交互与协同机制:设计阶段 BIM 模型数据无法直接对接施工自动化设备,需人工转换参数导致效率低、误差大;物联网运行数据与 BIM 模型脱节,影响运维效率;不同智能化系统数据标准不统一,无法共享,削弱机电系统整体管控能力。

### 5.2 标准体系缺失,技术应用不规范

领域内标准体系尚未完善:技术标准不健全, BIM 应用、自动化设备参数、智能化监测系统性能等缺乏统一标准,导致企业技术应用水平参差不齐;施工规范缺失,自动化设备操作规程、质量验收标准(如自动化管道焊接验收)不明确,难以管控施工质量;数据标准不统一,设备与系统数据格式各异,制约大数据与人工智能技术应用。

### 5.3 专业人才匮乏,技术支撑不足

技术应用需建筑、机电、信息技术复合型人才,但行业内此类人才缺口大:传统机电安装人员缺乏信息技术知识,无法熟练操作 BIM 软件、自动化设备与智能化系统;信息技术人才缺乏机电安装工程经验,难以开发适配技术;高校与职业院校相关专业设置滞后,复合型人才培养体系不完善,供给不足。

### 5.4 前期投入较高,企业积极性不足

自动化与智能化技术应用需大量前期投入,包括自动化设备购置、智能化系统开发、BIM 软件授权等,中小机电安装企业压力大,且技术经济效益需长期显现,企业升级动力不足;同时,智能建筑项目招标对相关技术要求不明确,部分业主更关注成本,进一步降低企业推广积极性。

## 6 推动智能建筑机电安装自动化与智能化发展的对策

针对上述问题,结合智能建筑行业发展趋势,从技

术融合、标准建设、人才培养、政策支持四个方面提出推动智能建筑机电安装自动化与智能化发展的对策:

### 6.1 加强技术融合,打破“信息孤岛”

构建一体化技术平台:推动 BIM 技术与物联网、大数据、人工智能技术的深度融合,构建“BIM+智能管控”一体化平台,实现设计、施工、运维数据的无缝对接。例如,将 BIM 模型与物联网监测系统关联,运维人员可通过 BIM 模型查看设备实时运行数据;将 BIM 模型数据直接导入自动化施工设备的控制系统,实现设计与施工的自动化衔接,避免人工数据转换。

统一数据标准:由行业协会牵头,制定智能建筑机电安装数据标准,规范 BIM 模型数据、物联网感知数据、设备运行数据的格式与接口,确保不同设备、系统之间的数据互联互通。例如,制定 BIM 模型在机电安装中的精度标准、数据分类标准,以及物联网数据的传输协议标准,为技术融合奠定数据基础。

### 6.2 完善标准体系,规范技术应用

制定技术与施工标准:政府相关部门与行业协会应加快制定智能建筑机电安装自动化与智能化技术标准,包括 BIM 技术应用标准、自动化施工设备技术标准、智能化监测系统性能标准等;同时,制定自动化施工操作规程与质量验收标准,例如明确自动化管道焊接的焊缝质量要求、检测方法,确保技术应用规范有序。

## 参考文献

- [1] 李炯明. 探讨智能建筑自动化机电设备安装[J]. 城市建设理论研究:电子版,2012,000(009):1-4.
- [2] 丁天乐. 智慧建筑电气智能化弱电施工与机电安装探究[J]. 市场周刊:商务营销,2020,000(068):P. 1-1.
- [3] 余海敏. 论机电设备安装施工技术在智能建筑中的运用[J]. 世界华商经济年鉴·城乡建设,2012,000(011):37-37.
- [4] 李加旗,徐广城,王俊强,等. 基于机械电气机电工程安装自动化的智能建筑系统研究与应用[J]. 模型世界,2024(7).
- [5] 孙锐. 智能建筑中的机电自动化控制系统安装技术分析[J]. 电子技术,2023(5):164-166.