

预制建筑技术在机电安装中的应用与挑战

范汝月

341181*****564X

摘要: 随着建筑工业化进程的加速, 预制建筑技术凭借其高效、环保、质量可控等优势, 在建筑领域的应用日益广泛。机电安装作为建筑工程的重要组成部分, 其施工质量与效率直接影响建筑整体功能的实现。本文围绕预制建筑技术在机电安装中的应用展开研究, 首先分析预制建筑技术的核心特征及在机电安装领域应用的必要性, 随后详细探讨预制建筑技术在机电管线预制、设备模块化安装、管廊预制装配等方面的具体应用形式与实施流程, 进而深入剖析当前应用过程中面临的技术标准不统一、协同设计难度大、成本控制压力以及专业人才短缺等挑战, 并针对性地提出完善技术标准体系、强化协同设计机制、优化成本管理策略、加强人才培养等应对措施。研究旨在为预制建筑技术在机电安装领域的进一步推广与优化提供理论参考, 推动建筑机电安装行业向工业化、智能化方向发展。

关键词: 预制建筑技术; 机电安装; 管线预制; 模块化安装; 协同设计; 成本控制

DOI: 10. 69979/3029-2727. 25. 09. 069

1 引言

在我国新型城镇化建设与“双碳”目标的推动下, 传统建筑行业面临着转型升级的迫切需求。传统机电安装施工多采用现场加工、零散装配的模式, 存在施工周期长、现场作业量大、质量波动大、资源浪费严重等问题, 已难以适应现代建筑对高效、优质、低碳施工的要求。预制建筑技术以“工厂预制、现场装配”为核心, 将建筑构件或机电系统在工厂内完成加工制造, 再运输至施工现场进行组装, 能够有效解决传统施工模式的弊端。近年来, 预制建筑技术在住宅、公共建筑等领域的结构施工中已取得显著成效, 但在机电安装领域的应用仍处于逐步探索阶段。因此, 系统研究预制建筑技术在机电安装中的应用路径与面临的挑战, 对于提升机电安装工程质量与效率、推动建筑工业化整体发展具有重要的现实意义。

2 预制建筑技术在机电安装中的应用形式

2.1 机电管线预制装配

机电管线(包括给排水管、消防管、空调水管、电缆桥架等)的安装是机电工程的核心环节之一, 传统现场加工模式存在切割精度低、焊接质量不稳定、管线排布混乱等问题。预制建筑技术在管线安装中的应用, 主要通过“BIM 建模+工厂预制+现场装配”的流程实现: 首先, 利用 BIM 技术建立机电管线三维模型, 进行管线

碰撞检查与优化排布, 确定各段管线的规格、长度、连接方式及配件型号; 随后, 根据优化后的模型数据生成加工图纸, 传递至工厂采用数控切割、自动焊接等设备进行标准化加工(切割误差控制在 $\pm 1\text{mm}$ 内, 焊接合格率达 99%以上); 最后, 将预制管线分段运输至现场, 按 BIM 模型定位快速装配, 通过法兰、沟槽等方式拼接, 大幅减少现场作业量。在大型商业综合体项目中, 空调水管预制装配可使现场安装效率提升 30%-50%, 同时避免现场油漆、焊接对环境的污染。

2.2 设备模块化安装

对于空调机组、水泵房、配电房等机电设备集中区域, 预制建筑技术可实现设备与配套管线、支架的整体模块化预制。在工厂内按设计要求, 将设备、连接管线、阀门、仪表及支架整合为独立模块单元, 完成管线连接、设备固定及系统调试; 模块经质量检测后整体运输至现场, 吊装至预设位置后仅需完成与主系统的接口连接即可使用。该模式优势显著: 工厂环境可控保障安装质量, 减少现场调试故障; 模块预制与现场结构施工并行, 缩短工期(如住宅水泵房模块化可节省 20-30 天); 模块标准化生产降低后期维护难度, 故障时可整体更换, 减少对建筑使用的影响。

2.3 综合管廊预制装配

综合管廊作为城市地下基础设施核心, 集中容纳多

类管线，对施工质量与安全性要求极高。传统现场浇筑模式施工周期长、影响交通，且管线安装需在结构完工后进行，工序复杂。预制技术应用体现在两方面：管廊主体采用预制混凝土节段，工厂浇筑后现场拼装，通过预应力连接实现 P8 以上防水等级；同时在工厂内完成管廊内部支架、管线的预制安装，支架固定于内壁预埋件，管线与支架提前组装。该一体化模式较传统现场浇筑缩短 40% 左右工期，避免管线安装对管廊结构的二次破坏，提升整体安全性与耐久性。

3 预制建筑技术在机电安装应用中面临的挑战

3.1 技术标准体系不完善

我国预制建筑技术在结构工程领域已形成完善标准（如《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T51231），但机电安装预制化标准存在空白与滞后。一方面，预制机电构件的设计、生产、检验标准不统一，不同厂家模块接口规格、材料选型差异大，兼容性差，现场需二次加工影响效率；另一方面，施工工艺标准缺失，BIM 建模深度、吊装精度、接口密封检测方法等未明确，施工单位凭经验操作导致质量参差不齐；此外，预制机电验收标准与传统标准衔接不畅，验收流程、检测指标模糊，增加验收难度与风险。

3.2 协同设计难度大

预制机电安装需建筑、结构、机电多专业深度协同，且需实现设计、生产、施工全流程信息贯通，但当前协同机制存在明显不足。一是各专业设计脱节，建筑与结构方案设计阶段未充分考虑机电预制模块的安装空间与吊装需求，导致模块尺寸与预留洞口不匹配，需二次改造（如某项目预制空调模块因结构梁间距过小被迫切割）；二是设计与生产、施工信息传递不畅，构件参数未同步至生产系统或工艺调整未反馈至设计，导致预制构件与要求不符；三是 BIM 协同应用不足，各专业模型未有效整合，碰撞检查不彻底，管线冲突问题仍存，影响装配效率。

3.3 成本控制压力大

预制技术虽提升机电安装效率，但当前市场环境下成本控制压力突出。其一，前期投入高：预制机电需 BIM 深化设计，设计费用增加 15%-20%；工厂需购置数控设备、专用模具，固定资产投资大，中小型企业难以承担。其二，生产成本低：预制构件多为定制化，项目规

模小时无法形成批量效应，单位成本上升（如小批量预制电缆桥架成本较传统加工高 20%-30%）。其三，运输成本高：预制模块体积大、重量重，需专用车辆与吊装设备，且运输中需防护措施避免损坏，进一步增加费用；此外，设计或生产误差导致构件无法安装，返修或重新生产将产生额外成本损失。

3.4 专业人才短缺

预制机电安装需建筑、机电、BIM、生产管理等多领域复合型人才，但行业内此类人才严重短缺。设计端，传统机电设计人员缺乏预制化思维，不熟悉 BIM 深化流程与生产工艺要求，设计图纸难以直接用于生产；生产与施工端，工厂需掌握数控加工、自动化焊接的产业工人，施工现场需熟悉模块安装流程与精度控制的人员，但现有工人多为传统作业者，缺乏技能培训与预制经验，易出现安装误差；管理端，懂预制技术与项目管理的复合型人才不足，导致全流程管理效率低，难以协调各环节衔接。

4 应对预制建筑技术在机电安装应用挑战的策略

4.1 完善技术标准体系

针对预制机电安装技术标准缺失的问题，需从以下方面完善标准体系：一是加快制定预制机电构件的设计与生产标准，明确预制管线、设备模块的材料选型、接口规格、加工精度、检验方法等指标，实现构件标准化与兼容性；例如，制定《预制机电管线通用技术条件》，统一管线接口尺寸与连接方式，确保不同厂家生产的构件可互换。二是规范预制机电安装施工工艺标准，明确 BIM 建模深度（如管线模型需包含材质、规格、连接方式、预埋件位置等信息）、现场吊装精度（如模块安装定位误差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 内）、接口密封检测流程等，为施工操作提供依据。三是建立预制机电工程验收标准，结合预制化施工特点，制定分阶段验收（工厂生产验收、现场装配验收、系统调试验收）流程与指标，确保工程质量可控。同时，鼓励行业协会、科研机构与企业联合编制团体标准与企业标准，补充国家标准的不足，形成多层次、全覆盖的技术标准体系。

4.2 强化协同设计机制

为解决协同设计难度大的问题，需构建“多专业、全流程”的协同设计机制：首先，建立协同设计平台，

利用 BIM 技术整合建筑、结构、机电等专业模型,实现各专业设计人员实时共享设计信息,在方案设计阶段即开展机电预制模块与结构预留洞口、安装空间的协同优化,避免后期冲突;例如,通过 BIM 模型碰撞检查,提前发现管线与结构梁的冲突,调整管线走向或结构预留位置。其次,推动设计、生产、施工单位协同参与设计过程,在初步设计阶段邀请工厂技术人员与施工管理人员参与设计评审,从生产可行性与施工便利性角度提出优化建议,确保设计方案落地性。此外,建立信息传递机制,利用 BIM 云平台实现设计图纸、构件参数、生产进度、施工计划等信息的实时共享,确保各环节信息畅通,减少信息偏差导致的工程问题。

4.3 优化成本管理策略

为缓解成本控制压力,需从全生命周期角度优化成本管理:一是降低前期投入成本,鼓励设计单位采用标准化设计,减少定制化构件数量,提高构件复用率,降低 BIM 深化设计工作量;同时,推动中小型企业通过设备租赁、联合生产等方式共享预制生产设备,减少固定资产投资。二是控制生产成本,通过扩大项目规模、整合订单资源实现预制构件批量生产,发挥规模效应降低单位成本;例如,多个项目联合采购预制管线,统一生产标准,可使生产成本降低 10%-15%。三是优化运输方案,合理规划运输路线,采用模块化运输工具,提高运输效率;同时,在预制构件设计时考虑运输便利性,优化构件尺寸与重量,避免超限运输,降低运输费用。此外,加强设计与生产过程的质量管控,通过 BIM 模型碰撞检查、工厂生产检验等措施,减少构件误差导致的返修成本,从源头控制成本损失。

4.4 加强专业人才培养

针对专业人才短缺问题,需构建多元化的人才培养体系:一是培养设计人才,在高校建筑电气与智能化、给排水科学与工程等专业增设预制建筑技术与 BIM 应用相关课程,培养学生的预制化设计思维;同时,企业定期组织传统设计人员参加预制技术培训,学习 BIM 深化

设计、预制构件设计规范等知识,提升设计能力。二是培育产业工人,联合职业院校与培训机构开设预制机电生产与安装专业课程,开展数控加工、自动化焊接、模块吊装等技能培训,培养具备专业技能的产业工人;同时,企业建立内部培训机制,通过“师带徒”、现场实操培训等方式提升现有工人的技能水平。三是培养管理人才,选拔具备建筑、机电、项目管理经验的人员,参加预制建筑全流程管理培训,学习预制工程的生产组织、施工协调、成本控制等知识,打造复合型管理团队。此外,行业内可建立人才交流平台,促进企业间人才流动与技术交流,提升行业整体人才素质。

5 结论

预制建筑技术为机电安装带来工业化、标准化机遇,其在管线预制、设备模块化、管廊装配中的应用,有效提升质量与效率,降低现场作业强度与污染。但当前应用面临技术标准不完善、协同设计难、成本压力大、人才短缺等挑战,制约推广。通过完善标准体系、强化协同机制、优化成本管理、加强人才培养,可有效应对挑战,推动预制技术在机电安装领域规模化应用。未来,随着技术创新与行业环境完善,预制技术将助力建筑行业实现高质量、低碳化发展。

参考文献

- [1] 邱淑琴. BIM 技术在装配式建筑机电安装中的应用思考研究[J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2022(6): 222-224.
- [2] 伏彪. 装配式建筑机电安装施工技术应用探讨[J]. 中国建设信息化, 2021, 000(012): P. 66-67.
- [3] 杨军. 装配式建筑机电安装质量控制方法与关键施工技术研究[J]. 建筑施工, 2025(7).
- [4] 张红运. 装配式建筑机电安装施工中存在的问题及技术要点探究[J]. 房地产世界, 2023(1): 157-159.
- [5] 江海军. 浅析装配式建筑机电安装施工技术要点[J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2023.