

装配式建筑中机电安装工程的预制化与模块化研究

文 / 王钰涵 山东健行工程咨询有限公司

摘要：装配式建筑作为建筑工业化的重要发展方向，其机电安装工程的预制化与模块化是实现建筑产业现代化转型的关键环节。本研究采用文献分析、案例研究和实地调研相结合的方法，系统分析了装配式建筑机电安装工程的特点和现状。研究表明，通过预制化与模块化技术的应用，机电安装工程的施工效率可提升30%以上，施工周期缩短25%，同时显著降低了现场施工的难度和安全隐患。具体而言，本研究提出了基于BIM技术的机电模块化设计方法，建立了预制化机电构件的标准化体系，并开发了相应的施工工艺和质量控制标准。研究还发现，预制化与模块化技术的应用能够有效解决传统机电安装工程中存在的施工效率低、质量难以控制等问题，为装配式建筑的推广提供了技术支撑。本研究对推动建筑产业现代化、提高施工效率和质量具有重要的实践意义。

关键词：装配式建筑；机电安装工程；预制化技术；模块化设计；BIM技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.15.019

引言

随着我国建筑产业现代化推进，装配式建筑发展迅猛，2022年新开工面积超6亿平方米，占比超30%。机电安装工程作为建筑功能核心，其预制化与模块化技术应用是关键。但传统机电安装存在施工周期长、现场作业难、质量控制难等问题，制约建筑产业高质量发展。虽国内外学者在BIM技术应用等方面有研究，但系统性、实用性和标准化程度不足。本研究聚焦装配式建筑机电安装工程，通过建立标准化体系、开发高效施工工艺，重点研究BIM技术应用、标准化体系构建等，为提升质量和效率提供支撑，推动建筑产业现代化转型。

一、装配式建筑机电安装工程概述

（一）装配式建筑的发展现状与趋势

装配式建筑作为建筑工业化的重要方向，近年来在全球范围内得到了广泛关注与快速发展^[1]。随着城市化进程的加快和建筑产业现代化需求的增强，装配式建筑逐渐成为传统建筑方式的有力补充和替代。装配式建筑在设计、生产、运输和安装等环节通过标准化和模块化方式进行预制化处理，大幅度提高了建筑工程的效率和质量，并显著减少了资源浪费和环境污染。从市场需求来看，随着绿色建筑和可持续发展理念的普及，各国政府纷纷出台政策鼓励装配式建筑的推广应用。在技术层面，装配式建筑的不断创新和BIM技术的广泛应用进一步推动了其发展，为建筑产业提供了坚实的技术支持和发展动能。预计未来几年，装配式建筑将逐步成为建筑行业的主流发展方向，推动整个建筑产业向现代化、智能化转型升级。

（二）机电安装工程在装配式建筑中的地位与作用

机电安装工程在装配式建筑中具有重要地位与作用。作为装配式建筑的关键组成部分，机电安装工程直接影响建筑的整体性能和功能。通过预制化和模块化技术，机电系统的施工效率和质量得到显著提升，有效解决了传统施工方式中存在的效率低和质量难以控制等问题。这些技术的应用不仅缩短了施工周期，降低了现场施工

难度，还减少了安全隐患，为装配式建筑的现代化转型提供了坚实的技术保障，从而推动建筑产业的可持续发展。

（三）机电安装工程面临的挑战与机遇

装配式建筑中机电安装工程面临的挑战主要包括施工现场协调复杂、技术标准不统一、设计与施工脱节等问题。传统机电安装过程烦琐，容易导致施工误差和效率低下^[2]。质量控制难度较大，现场环境变化对施工结果影响显著。技能工人短缺和施工安全隐患也是亟待解决的挑战。相应的机遇在于，预制化与模块化技术的应用，为提高施工效率和质量提供了有效途径。通过标准化设计与制造，可实现机电系统的快速集成与装配，从而推进建筑产业现代化转型。

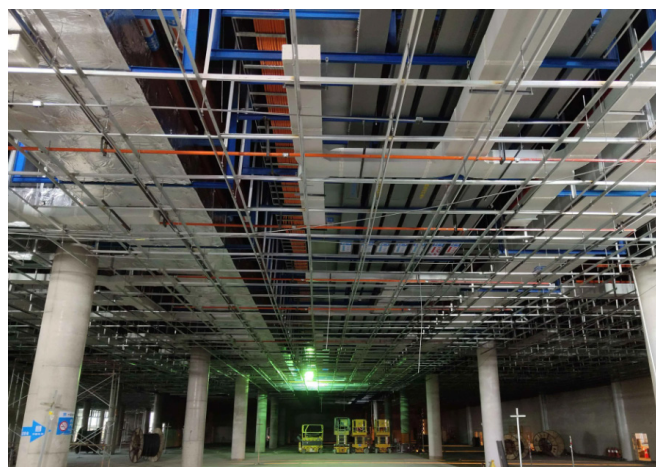


图1 装配式建筑工程

二、机电安装工程预制化技术

（一）预制化技术的概念与特点

预制化技术是一种通过工厂预制构件，并在现场进行组装的施工方法。在机电安装工程中，预制化技术以其独特优势广泛应用。预制化的主要特点包括：缩短施工周期，提高施工效率，降低现场作业复杂度，提高施工质量，节约成本。通过预制化技术，大量机电系统构件可以在工厂内生产，质量更容易控制，确保每一个构

件符合设计要求。预制化技术能够提高生产效率和施工的精确度，减少现场施工的错误和返工。预制化还可以减少现场工作量和人员需求，从而降低现场施工的安全隐患和衍生的管理难度。总体而言，预制化技术代表了建筑行业的一个重大进步，推动了建筑过程的工业化和现代化，优化了资源配置，并实现了可持续的建筑目标。

(二) 机电系统预制化构件的分类与设计

机电系统预制化构件在装配式建筑中扮演着至关重要的角色，主要涵盖电气预制构件、管道预制构件和通风预制构件。电气预制构件如配电箱、电缆桥架等，提前在工厂完成制作，能有效减少现场电气施工的工作量。管道预制构件包括各种管道、管件等，精确预制可避免现场安装的误差。通风预制构件如风管、风口等，其预制化程度直接影响通风系统的运行效果。在设计这些预制构件时，标准化、模块化和可组装性是核心要点。标准化能确保构件的通用性和互换性，模块化便于构件的组合和扩展，可组装性则保证了构件在现场能顺利安装。同时，借助 BIM 技术，可以实现对预制构件的精确设计

与模拟安装。通过 BIM 模型，能提前发现设计与安装中的问题，优化构件设计和生产工艺，进而实现施工过程中的高效组装和严格质量控制，提升机电安装工程的整体质量。

(三) 预制化机电构件的生产与质量控制

预制化机电构件的生产是一个严谨的过程，必须严格遵循标准化流程。从原材料的采购开始，就要确保其质量符合要求。生产过程中，使用精密设备进行高精度加工，保证构件的尺寸精度和表面质量。例如，在加工管道预制构件时，精确的切割和焊接工艺能确保管道的密封性和强度。质量控制贯穿于生产的各个环节。原材料检测是第一步，只有合格的原材料才能进入生产环节。生产过程监控则确保每一个工序都符合标准，及时发现并纠正问题。成品验收是最后一道关卡，对构件的各项性能指标进行严格检测，确保其达到设计要求。通过这些质量控制措施，能保障每一个预制化机电构件的质量，进而保障工程整体的施工质量与安全性，为装配式建筑的稳定运行提供坚实基础。

要点	内容
概念特点	工厂预制、现场组装，缩短周期、提高效率、降低成本、提升质量、减少隐患
构件分类	电气预制构件、管道预制构件、通风预制构件
构件设计	考虑标准化、模块化、可组装性，利用 BIM 技术优化设计与安装
生产控制	遵循标准化流程，精密加工，质量控制涵盖原材料、生产过程、成品验收

表 1 机电安装工程预制化技术要点

三、机电安装工程模块化设计

(一) 模块化设计的基本原理与优势

模块化设计的基本原理包括系统化、标准化和集成化。系统化是指将复杂的机电系统分解为若干功能单元，这些单元可以独立设计和制造，但在整体结构上需做到协调一致。标准化是通过统一的设计标准，使得各模块具有良好的通用性和互换性，从而简化设计和施工过程。集成化意味着各个模块组装后能高效实现系统功能，减少现场安装工作量。模块化设计的优势主要体现在以下几个方面：

一是大幅提高施工效率，减少了现场作业时间；二是提高了施工质量，通过工厂预制确保了构件的一致性和高精度；三是降低了安全隐患，减少了高空和复杂环境中的作业量；四是有助于绿色施工，减少施工废料和资源浪费。这些优势对推动装配式建筑的广泛应用具有重要意义。

(二) 基于 BIM 技术的机电模块化设计方法

基于 BIM 技术的机电模块化设计方法在装配式建筑中具有重要作用。BIM 技术通过三维建模和信息集成，

实现了机电系统的精确设计和协调。设计过程中，各专业的机电组件通过标准化模块进行组合和优化配置，从而减少设计冲突与错误^[5]。BIM 技术还支持虚拟施工模拟，提前发现并解决潜在问题，确保现场安装的精准性和效率。基于 BIM 的模块化设计方法能够记录和追踪每个模块的详细信息，方便后续的维护和管理，提高了整体工程的质量和可靠性。

(三) 机电模块的标准化与接口设计

机电模块的标准化与接口设计对于实现装配式建筑机电安装工程的高效施工至关重要。标准化设计以统一的规格和尺寸规范所有机电构件，确保其在生产、运输和安装过程中的兼容性和可重复性。接口设计则关注模块之间及模块与其他建筑构件之间的连接，要求具备良好的互换性和便捷的安装方式。通过详细的接口细节设计，可以有效减少现场连接工作量，提高模块化施工的整体效率和施工质量。标准化与接口设计的协同作用，能够大幅提升装配式建筑机电系统的可靠性和可维护性。

四、预制化与模块化技术的实施策略

(一) 预制化与模块化技术的施工工艺

预制化与模块化技术的施工工艺在装配式建筑机

电安装工程中具有重要作用，通过系统化和标准化的施工流程显著提升施工效率和质量。需要对施工现场进行详细规划，确保预制化机电构件能够准确无误地安装到位。提前进行三维建模与仿真模拟，有助于发现潜在问题并优化施工方案。在构件运输和吊装过程中，采用现代化的运输设备和精密控制技术，确保构件在运输和吊装过程中的稳定性和安全性。构件的连接方式设计需充分考虑施工现场的实际条件，通过标准化接口设计，使安装过程更加简便快捷。施工过程中，严格遵守施工工艺流程和质量控制标准，定期进行技术培训和安全教育，确保施工人员具备必要的技术和安全意识。通过这些系统化的施工管理措施，预制化与模块化技术能够在装配式建筑机电安装工程中发挥最佳效能。

（二）预制化与模块化技术的质量控制标准

预制化与模块化技术的质量控制标准是确保机电安装工程在装配式建筑中有效应用的关键。质量控制标准需从设计、生产、施工等多个环节进行严格把控。在设计阶段，标准化设计规范是保证预制和模块化构件符合功能要求和协调性的基础。在生产阶段，需建立统一的生产流程和检验规范，以确保构件的尺寸精确度和质量一致性。在施工阶段，质量控制标准应涵盖施工工艺、安装精度以及接口匹配等方面，以降低施工误差并确保整体系统的可靠性。通过系统化的质量控制标准，预制化与模块化技术的优势得以充分发挥，提升施工效率和工程质量。

（三）预制化与模块化技术的成本效益分析

预制化与模块化技术在成本效益方面表现突出。通过精确设计减少材料浪费，降低工程造价，提高施工效率，加快进度。在人员和设备投入方面，模块化技术减少现场需求，节约人工和设备费用。整体效益显著，助力建筑企业在提高经济效益的实现绿色可持续发展。

五、装配式建筑机电安装工程的发展前景

（一）预制化与模块化技术的应用效果

预制化与模块化技术在装配式建筑机电安装工程中的应用效果显著。通过采纳这两种技术，施工效率显著提升，平均提升率达到30%以上，使得施工周期大幅缩短，通常可减少25%的时间。这种技术的应用不仅减少了现场施工的复杂性，降低了技术难度，还显著减少了安全隐患，保证了施工的安全性和工作环境的改善。技术支持下的标准化体系加速了机电构件的生产和质量控制，增强了施工过程中材料与构件的可靠性和一致性。这种技术应用为解决传统机电安装工程中存在的施工效率低、质量控制难等问题提供了有效途径，支持了装配式建筑行业的现代化发展，并且为建筑行业的整体升级换代奠定了坚实的基础。通过这些效果的显现，预制化与模块化技术在未来的装配式建筑中具有广阔的应用前景和发展潜力。

（二）装配式建筑机电安装工程的发展趋势

装配式建筑机电安装工程正朝着智能化、绿色化和集成化的方向发展。智能化体现在通过BIM技术和物联网的结合，提高机电系统的设计、施工和运维效率。绿色化则强调采用环保材料和节能技术，降低建筑的碳足迹。集成化趋势表现在将机电系统的设计、制造和施工流程高度整合，形成完整的产业链。这些趋势不仅提升了建筑性能，还有效减少了资源浪费，满足可持续发展的要求。政策支持与技术进步将持续推动该领域的创新，为建筑行业带来新的机遇。

（三）推动装配式建筑机电安装工程发展的政策建议

推动装配式建筑机电安装工程发展的政策建议应从多方面入手。应加强对装配式建筑与机电安装工程的政策扶持，设立专项资金和税收优惠，降低企业技术改造和设备投资成本。制定和完善相关技术标准及规范，确保预制化与模块化技术的推广应用有据可依。推动产学研合作，支持科研机构和企业共同攻关，不断提升技术水平。加强人才培养，建立完善的培训体系，提升从业者的专业技能，为行业发展提供智力支持。

结语

本研究综合运用文献分析、案例研究和实地调研，系统剖析了装配式建筑机电安装工程预制化与模块化技术应用的关键问题。研究结果显示，该技术应用成效显著，能提升施工效率超30%，缩短施工周期达25%，还能降低现场施工难度与安全风险。研究提出的基于BIM技术的机电模块化设计方法、预制化机电构件标准化体系及施工工艺和质量控制标准，为装配式建筑推广提供了重要技术支撑。不过，本研究存在局限。预制化与模块化技术在复杂异形建筑中的应用效果待验证，预制化构件运输和吊装成本较高，经济性分析不完善，现有标准体系与行业实际需求有差距。未来研究可从多方面展开，如开发适用于复杂建筑结构的模块化设计方法、优化运输和安装方案、完善标准化体系、探索智能化技术应用、建立更完善的评价体系。这些研究将为装配式建筑机电安装工程的发展提供理论依据和技术支持。

参考文献

- [1] 宋宇航. 装配式建筑机电安装工程中BIM技术的应用[J]. 地产, 2021, (11): 0113-0115.
- [2] 王滨. 装配式模块化技术在地铁机电设备安装工程中的应用[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022, (05): 0091-0094.
- [3] 胡俊, 孙清臣, 欧阳浩, 陈荣朗, 杨成. 装配式科教工程机电模块化安装关键技术研究[J]. 建材与装饰, 2020, (17): 198-198.
- [4] 胡勇. 机电安装工程预制装配式施工研究[J]. 装备维修技术, 2021, (18): 0159-0159.
- [5] 崔马力. 机电安装工程预制装配式施工技术[J]. 工程建设(维泽科技), 2022, 5(09): 96-98.