

基于模块化的装配式建筑设计策略分析

赵 婷

江西宁建投工程设计有限公司 江西 南昌 750001

摘要：本文旨在探讨模块化理念在装配式建筑设计中的应用策略，通过分析模块化设计的优势、设计原则、技术要点以及未来发展趋势，为装配式建筑的进一步发展提供理论支持和实践指导。模块化设计作为一种创新的建筑方法，通过工厂预制和现场快速装配，能够有效提高施工效率、降低成本、提升建筑质量，并推动建筑行业的可持续发展。

关键词：装配式建筑；模块化；设计策略

引言

随着城市化进程的加速和人们对建筑品质要求的提高，装配式建筑作为一种新型建筑模式，因其高效、环保、灵活等特点，逐渐成为建筑行业关注的焦点。模块化设计作为装配式建筑的核心，通过将建筑分解为独立的模块单元，在工厂进行标准化生产，并在现场进行快速组装，实现了建筑过程的工业化和标准化。本文将从模块化设计的优势、设计原则、技术要点及未来发展趋势等方面进行深入分析。

1 基于模块化的装配式建筑设计的优势

1.1 显著提升施工效率与缩短工期

模块化装配式建筑设计通过预先在工厂内生产标准化构件，随后在现场进行快速而精确的装配，这一模式极大地缩短了整体施工周期。相较于传统建筑方式，模块化建筑能够减少约30%甚至更多的施工时间。这是因为工厂化生产不仅实现了构件的批量化制造，还通过高效的物流系统确保了构件的及时供应，从而大幅降低了现场作业的时间和人力成本投入。

1.2 全面保障并提升建筑质量

在工厂化的生产环境中，模块化建筑构件的生产过程得到了严格的质量控制。这包括从原材料选择、加工制造到成品检验的每一个环节，都遵循着高标准的质量管理体系。这种严格的质量控制不仅减少了现场施工中的不确定性因素，还有效降低了质量风险。同时，模块间的标准化连接技术，如精密的接口设计和高强度的连接件，确保了建筑结构的整体稳定性和长期安全性，进一步提升了建筑的质量水平。

1.3 显著降低环境影响并促进绿色发展

模块化装配式建筑设计在环境保护方面同样展现出显著优势。由于大量构件在工厂内完成生产，现场施工作业量大幅减少，从而有效降低了施工过程中的噪音、

粉尘和废弃物排放，减轻了对周边环境的污染^[1]。此外，模块化建筑在设计和生产过程中更加注重可持续性的考虑，如采用可再生材料、应用节能技术等，这些措施不仅有助于降低建筑运营过程中的能耗和碳排放，还推动了建筑行业的绿色可持续发展进程。

2 基于模块化的装配式建筑设计原则

2.1 标准化与个性化需求的巧妙融合

在模块化装配式建筑设计中，标准化是基石，但过度标准化可能限制建筑的灵活性和个性化表达。因此，设计需在确保构件标准化、通用化的前提下，巧妙融入个性化元素。这要求设计师合理划分模块单元，既要考虑模块间的互换性和组合性，以降低成本、提高效率，又要通过模块的多样化组合，实现建筑功能和风格的灵活多变，满足不同市场和用户的特定需求。例如，通过设计可调节的模块接口或预留的个性化空间，为建筑的后续改造和升级提供可能。

2.2 多专业协同设计的无缝对接

模块化建筑的设计过程涉及建筑、结构、设备、内装等多个专业领域，各专业间的紧密协同是确保设计质量的关键。为实现这一目标，需制定统一、详尽的设计标准和规范，明确各专业构件的尺寸、规格、接口形式等，确保构件间的精准对接。同时，建立跨学科的设计团队，加强各专业间的沟通与协作，利用BIM（建筑信息模型）等先进技术进行三维模拟和碰撞检测，及时发现并解决设计中的问题，确保设计的整体性和一致性。

2.3 细节处理与质量控制的双重保障

在模块化设计中，细节处理和质量控制是确保建筑安全、耐久和美观的关键。设计师需对构件的尺寸精度、加工质量、表面处理等细节进行严格控制，确保每个构件都符合设计要求。同时，引入先进的数字化技术和智能化管理系统，如CNC（数控加工）技术、RFID

(无线射频识别)技术等,提高设计的精确度和生产效率,减少人为错误。此外,建立完善的质量检测体系,对构件进行严格的出厂检验和现场安装检验,确保连接节点的可靠性和整体结构的安全性。

3 基于模块化的装配式建筑设计的技术要点

3.1 模块单元的划分与组合

3.1.1 精细化模块单元划分

一是功能区域划分:首先,设计师需根据建筑的使用功能,将整体空间细分为不同的功能区域,如居住区、服务区、公共设施区等。在每个功能区域内,再进一步根据具体功能需求,如厨房、卫生间、卧室等,划分出更小的模块单元。这种划分方式有助于实现模块的功能独立性和可替换性。二是结构体系考量:在划分模块时,必须充分考虑建筑的结构体系,包括承重墙、梁柱等关键结构元素的位置和分布。模块的大小、形状和重量需与结构的承载能力相匹配,确保模块在运输、吊装和安装过程中的稳定性和安全性^[2]。三是运输与安装限制:模块的大小还需考虑运输和安装的实际情况,如道路运输限制、吊装设备的承载能力等。合理的模块尺寸设计可以大大降低运输和安装成本,提高施工效率。

3.1.2 高精度组合机制设计

模块间的接口是连接的关键,必须实现标准化设计。接口的形式、尺寸和连接方式需统一规定,以确保不同模块之间的精确对接。接口设计还需考虑密封性、防水性、隔音性等功能要求,确保建筑的整体性能不受影响。连接节点是模块组合中的薄弱环节,需进行特别加强。可以采用高强度螺栓、焊接、预埋件等多种连接方式,确保节点具有足够的强度和刚度。同时,节点设计还需考虑施工便捷性和可维护性,以便于未来的检修和更换。在模块组合完成后,需对整个建筑体系进行结构分析,包括静力分析、动力分析、抗震分析等。通过模拟分析,可以预测建筑在不同工况下的受力情况和变形情况,确保建筑的整体稳定性和安全性。在组合机制设计中,还需考虑建筑的可扩展性和灵活性。例如,可以设计可拆卸的连接节点,以便于未来的模块替换和建筑改造。同时,通过预留接口和空间,可以为未来的功能扩展和设施升级提供便利。

3.2 构件的标准化与多样化

3.2.1 标准化构件的深入优化

标准化是模块化设计的基础,它要求构件具有统一的尺寸、规格和接口形式,以便于批量生产、运输和安装。为了实现这一目标,设计师需对构件进行深入的标准化设计,包括材料选择、结构形式、生产工艺等方面

的优化。通过制定详细的构件标准图集和规格表,可以确保构件的标准化程度达到最高,从而降低生产成本,提高生产效率。

3.2.2 多样化需求的灵活满足

然而,仅仅依靠标准化构件并不能满足建筑市场的多样化需求。为了解决这个问题,设计师需引入参数化设计和BIM(建筑信息模型)技术。参数化设计允许设计师通过调整参数来快速生成不同尺寸、形状和规格的构件,从而满足建筑的个性化需求。同时,BIM技术为设计师提供了一个可视化的设计平台,可以直观地展示建筑的整体效果和构件的详细信息,有助于设计师更好地理解 and 把握建筑的多样化需求。

3.2.3 标准化与多样化的有机融合

在实现构件标准化的同时,设计师还需注重构件的多样化定制。这可以通过在标准化构件的基础上,引入可变元素和可调节设计来实现。例如,设计师可以设计具有多种配置选项的模块,如可更换的面板、可调节的支撑结构等,以便于用户根据实际需求进行定制^[3]。此外,通过建立构件库和模块库,设计师可以方便地调用和组合不同构件和模块,以满足建筑的多样化需求。

3.2.4 提高设计效率和构件重复利用率

参数化设计和BIM技术的应用不仅提高了设计的灵活性,还大大提高了设计效率和构件的重复利用率。通过参数化设计,设计师可以快速生成和优化构件,减少重复劳动和错误率。而BIM技术则实现了设计、生产、施工等各个环节的信息共享和协同工作,有助于提高整个建筑产业链的效率和质量。同时,通过标准化和多样化的平衡策略,可以确保构件的重复利用率达到最高,从而降低建筑成本,提高建筑的可持续性。

3.3 连接节点的设计与优化

在模块化建筑的构建中,连接节点扮演着至关重要的角色,它们不仅是各个模块之间的桥梁,更是确保整个建筑结构稳定性和安全性的基石。因此,对连接节点的设计进行优化,提升其综合性能,是模块化建筑技术发展的关键环节。首先,在连接节点的设计过程中,应充分考虑其承载能力。通过引入先进的连接技术,如高强度螺栓连接和精密焊接连接,可以显著提升节点的强度和稳定性。这些技术不仅能够有效传递和分散荷载,还能在极端环境下保持结构的完整性,从而确保建筑的整体安全性。其次,连接节点的耐久性也是设计时需要重点关注的方面。选用耐腐蚀、耐磨损的材料,如不锈钢、合金钢等,可以延长节点的使用寿命,减少维护成本。同时,通过合理的结构设计,如增加节点的冗余

度、优化节点的几何形状等,也能进一步提升其耐久性。除了承载能力和耐久性外,连接节点的防水、防火等性能要求同样不容忽视。在防水方面,可以采用密封胶、防水垫片等材料,确保节点处的密封性,防止水分渗透对建筑造成损害。在防火方面,则应选用具有阻燃性能的材料,并设置有效的防火隔离带,以阻止火势的蔓延。

4 基于模块化的装配式建筑设计的未来发展趋势

4.1 智能化与信息化技术的深度融合:迈向智慧建筑新时代

在模块化装配式建筑的未来发展中,智能化与信息化的融合将不仅仅是技术层面的叠加,而是深度嵌入到建筑设计的每一个环节,推动建筑向智慧化方向迈进。物联网技术将实现建筑内部各系统之间的无缝连接,从照明、安防到环境监测,形成一张庞大的智能网络。大数据分析将通过对建筑使用数据的深度挖掘,为建筑的能效优化、健康监测和故障预警提供科学依据。而人工智能技术的应用,则将进一步提升建筑的智能化水平,通过机器学习算法,建筑能够自我学习、自我优化,实现更加精准和高效的运维管理^[4]。此外,随着5G、区块链等技术的不断发展,模块化装配式建筑将拥有更加高效、安全的数据传输和存储能力,为建筑的智能化运维提供强有力的支持。

4.2 绿色化与可持续性的深入实践:构建绿色建筑生态体系

绿色化和可持续性未来建筑行业发展的核心目标,模块化装配式建筑将在这方面发挥引领作用。在材料选择上,将更加注重环保和可再生资源的利用,推动建筑材料的绿色转型。例如,使用生物基材料、再生塑料等环保材料,减少建筑对自然资源的消耗。在节能技术应用上,将结合被动式建筑设计和主动式能源系统,实现建筑的低能耗、高能效。被动式设计如合理的建筑朝向、窗墙比、热质量等,能够最大限度地利用自然光和自然通风,减少建筑的能耗。而主动式能源系统如太阳能光伏板、风力发电、地热能等,则能够为建筑提供清洁、可再生的能源。同时,模块化设计还将考虑建筑

的拆解和再利用,通过标准化的连接方式和易于拆卸的组件设计,实现建筑的循环经济,减少建筑废弃物对环境的污染。

4.3 标准化与个性化的和谐统一:打造多样化建筑产品

模块化设计在追求标准化的同时,也将更加注重满足用户的个性化需求。通过引入定制化生产和柔性制造技术,模块化装配式建筑将能够提供多样化的建筑产品,满足不同用户、不同场景的需求。定制化生产将允许用户根据自己的喜好和需求,选择不同尺寸、形状、材质和颜色的模块,实现建筑的个性化定制。而柔性制造技术则能够根据不同的订单需求,快速调整生产线,实现建筑产品的快速生产和交付。为了平衡标准化与个性化之间的关系,模块化设计将更加注重系统的灵活性和可扩展性。例如,通过模块化组合的方式,可以创造出独特的建筑形态和空间布局;而通过添加或修改功能模块,可以方便地调整建筑的功能和用途,以适应不断变化的用户需求和市场环境。

结语

模块化设计作为装配式建筑的核心,具有提高施工效率、提升建筑质量、降低环境影响等优势。在未来的发展中,模块化设计将更加注重智能化、信息化、绿色化、可持续化以及标准化与个性化的平衡发展。通过不断探索和创新,模块化设计将为建筑行业的可持续发展贡献更多力量。

参考文献

- [1]蓝尔茜,方晴萱.装配式建筑模块化标准化设计策略探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(21):80-82.
- [2]王从越.基于BIM的装配式建筑模块化设计策略研究[D].重庆大学,2019.
- [3]樊俊,张祥康,程超.基于装配式建筑的模块化设计方法的研究进展[J].中国建筑金属结构,2023,22(10):99-101.
- [4]毛新丽.标准化、模块化的装配式建筑设计方法在租赁住房项目中的应用——以长宁区新泾镇346街坊地块租赁住房概念方案设计为例[J].建筑技艺,2019,(06):105-107.