

# 装配式建筑结构设计要点的探讨

丁汉楠 姚 扬

浙江有色地球物理技术应用研究院有限公司 浙江 绍兴 312000

**摘要：**装配式建筑结构设计以预制构件为核心，通过构件拆分、连接节点、预制构件及抗震等关键点把控，实现工业化生产与现场装配的协同。其设计需兼顾标准化与协同性，但面临设计与生产施工协同不足、技术标准不完善、成本控制难等挑战。通过加强各方协同、完善标准体系、优化设计等策略可应对这些问题，对提升建筑生产效率、保障结构安全具有重要意义。

**关键词：**装配式；建筑结构；设计要点

## 引言

随着建筑工业化的推进，装配式建筑因高效、环保等优势得到广泛应用，其结构设计是确保建筑性能的核心。当前，装配式建筑结构设计在构件拆分、节点连接等方面虽有一定研究，但仍存在诸多待解决的问题。本文围绕装配式建筑结构设计的概述、关键点、面临的挑战及应对策略展开探讨，旨在为相关设计实践提供专业参考，推动装配式建筑技术的进一步发展。

### 1 装配式建筑结构设计概述

装配式建筑结构设计是以预制构件为核心，通过工业化生产、运输、安装等环节协同实现的建筑结构设计方式，其核心在于将传统现浇结构中分散的施工工序转化为工厂预制与现场装配的有机结合，从而显著提升建筑生产效率并降低现场作业强度。与传统现浇结构设计相比，装配式结构设计更强调构件的标准化与模数化，需在设计初期就统筹考虑构件的生产可行性、运输便利性、安装协调性，避免后期因尺寸偏差或接口不匹配导致的施工难题。构件拆分设计是装配式结构设计的首要环节，需结合建筑功能、结构受力特性及施工工艺确定合理的拆分方案，例如墙体可按开间或进深尺寸拆分以减少接缝数量，楼板则可采用叠合板形式兼顾预制效率与整体刚度，拆分过程中需确保各构件的受力边界清晰，避免因拆分不当引发结构薄弱部位。连接节点设计作为保障装配式结构整体性能的关键，需满足强度、刚度及延性的综合要求，常用的连接方式包括套筒灌浆连接、浆锚搭接连接及机械连接等，设计中需通过精细化计算模拟节点在各种荷载作用下的受力行为，确保其承载力不低于现浇结构同等部位，并具备良好的变形能力以适应结构整体位移。装配式结构设计还需注重与建筑、机电等专业的协同，在构件深化设计阶段预留准确的管线孔洞及预埋件位置，避免后期现场开凿对构件结

构性能造成损伤，同时需考虑施工过程中的临时支撑体系设计，通过合理布置支撑点与受力路径，确保预制构件在安装阶段的稳定性。随着BIM技术的广泛应用，装配式结构设计已逐步实现从三维建模、碰撞检测到施工模拟的全流程数字化，通过参数化设计提高构件复用率，借助虚拟拼装提前发现设计缺陷，从而进一步提升设计精度与工程质量。

## 2 装配式建筑结构设计关键点

### 2.1 构件拆分设计

(1) 基于建筑功能与空间需求，对结构构件进行合理拆分。例如在住宅建筑中，为契合不同户型布局，可将墙体按房间分隔进行拆分，确保拆分后的构件能精准满足各空间功能，同时避免对空间使用造成不利影响。要兼顾结构受力合理性，在框架结构中，梁、柱的拆分应依据其受力特点，使拆分后的构件在传递荷载时能保持结构稳定，防止因拆分不当引发薄弱部位。(2) 充分考量构件生产与运输的可行性。构件尺寸需与工厂生产设备、模具规格适配，以提高生产效率并降低成本。在运输环节，构件尺寸与重量要契合运输车辆的承载能力与限界要求，避免因构件过大过重导致运输困难或安全隐患。如大型预制楼板的拆分，需综合工厂生产工艺与运输车辆规格来确定其尺寸与重量。(3) 优化构件拆分方案，提升施工便利性与安装精度。合理规划构件的拼接位置与方式，减少现场湿作业量，如采用便于定位与连接的企口、键槽等构造形式。在拆分设计时，为确保安装精度，要精确标注构件的定位尺寸与连接节点的详细信息，方便施工人员准确安装，像预制楼梯的拆分，要明确其与主体结构连接部位的尺寸与构造<sup>[1]</sup>。

### 2.2 连接节点设计

(1) 确保连接节点具备足够强度，能有效传递构件间的各类荷载。在设计中，通过严谨的力学计算，依据

不同结构类型与荷载工况,确定节点的材料、尺寸及构造形式。以装配式框架结构的梁柱节点为例,采用套筒灌浆连接时,需精确计算套筒规格、钢筋锚固长度等参数,保证节点在竖向与水平荷载作用下均能可靠传力。

(2) 赋予连接节点良好的刚度,使其在正常使用状态下变形满足设计要求。节点刚度是保障结构安全与稳定的关键因素,它深刻影响着结构的整体变形性能,关乎结构能否按预期正常工作。对于装配式剪力墙结构,墙肢间的连接节点需通过合理配筋与构造措施,确保在风荷载或小震作用下,节点处变形不会导致墙体开裂或影响正常使用功能。(3) 提升连接节点的延性,增强结构在罕遇地震等极端情况下的耗能能力。合理选择连接方式与构造细节,如在预制梁与柱的连接节点中,设置适当的塑性铰区域,通过节点处钢筋的合理配置与构造处理,使节点在大变形下能吸收并耗散地震能量,从而提高结构的抗震性能与整体安全性。

### 2.3 预制构件设计

(1) 严格把控预制构件的尺寸精度与外观质量。在构件生产过程中,借助高精度模具与先进生产工艺,确保构件尺寸偏差控制在极小范围内。对构件外观进行精细化处理,避免出现蜂窝、麻面、孔洞等缺陷,以满足建筑美观与使用功能要求,如预制外墙板的生产,需保证其尺寸精确且表面平整光滑。(2) 优化预制构件的配筋设计,满足结构受力与耐久性需求。依据构件所承受的荷载大小与类型,运用结构力学原理进行精确配筋计算。考虑到构件在长期使用过程中的耐久性,合理选择钢筋种类与保护层厚度,防止钢筋锈蚀影响结构寿命,像处于潮湿环境的预制构件,要适当增加保护层厚度并采用耐腐蚀钢筋。(3) 注重预制构件的功能集成设计,提高建筑整体性能。在设计阶段,便将保温、隔热、防水等关键功能巧妙融入预制构件之中。像预制夹心保温外墙板,中间精心夹设高效保温材料,且针对板缝开展细致防水构造设计。如此一来,既减少了现场繁琐施工工序,又能显著提升建筑的保温、防水性能,提升建筑的整体品质与节能效果<sup>[2]</sup>。

### 2.4 抗震设计

(1) 合理选择抗震结构体系,确保结构具有良好的整体性与延性。依据建筑高度、场地条件等因素,选择合适的装配式抗震结构体系,如装配式混凝土框架-剪力墙结构、装配式钢结构等。通过合理布置结构构件,使结构在地震作用下能协同工作,共同抵抗地震力,同时利用结构的延性消耗地震能量,降低地震对结构的破坏程度。(2) 加强预制构件与主体结构连接设计,提高

结构的抗震可靠性。在连接节点设计中,充分考虑地震作用下构件间的传力机制与变形协调,采用可靠的连接方式与构造措施,确保连接节点在地震中不发生破坏,维持结构的整体性。例如,在预制剪力墙与基础的连接部位,通过设置足够数量与强度的锚固钢筋,增强剪力墙在地震中的稳定性。(3) 运用抗震计算分析方法,对结构进行精细化抗震设计。借助先进的结构分析软件,建立准确的结构模型,考虑地震作用的不确定性与结构的非线性行为,进行多遇地震、设防地震及罕遇地震下的结构响应分析。依据分析结果,对结构构件进行优化设计,确保结构在不同地震水准下均能满足抗震设防目标,保障人民生命财产安全。

## 3 装配式建筑结构设计面临的挑战与应对策略

### 3.1 面临的挑战

#### 3.1.1 设计与生产施工协同不足

设计阶段对构件生产工艺的适应性考虑不足,易导致预制构件的几何参数与工厂模具规格产生冲突,增加模具调整成本与生产周期,而生产环节反馈的构件制作难点未能及时传递至设计团队,使设计方案难以针对性优化。施工单位对设计图纸中装配逻辑的理解存在偏差,现场安装时发现构件连接节点的构造细节与施工设备不匹配,需临时调整安装工序,造成工期延误,同时设计深化过程中未充分结合施工场地的吊装能力与运输路径,导致部分大型构件到场后无法按计划吊装,进一步加剧施工组织的混乱。设计、生产、施工三方的信息传递多依赖传统图纸会审,缺乏实时共享的数字化平台支撑,构件尺寸误差、预埋件位置偏差等问题在施工阶段集中爆发,形成设计返工与施工停滞的恶性循环<sup>[3]</sup>。

#### 3.1.2 技术标准和规范不完善

不同地区针对装配式结构的抗震性能要求存在差异,这种状况使得装配式结构在不同地域的推广与应用面临诸多复杂问题。部分标准对特定结构体系的节点构造规定模糊,设计人员挑选连接方式时没有清晰准则,这极易造成节点设计走向两个极端,要么过于保守,增加不必要成本,要么存在安全隐患,危及建筑安全。对于新型复合构件,现有规范未涵盖其长期耐久性指标,设计时难以合理进行材料选型与构造措施优化。预制构件拆分原则在标准里多为定性描述,缺少量化指标,无法精准指导不同建筑类型的拆分比例与接缝间距设计,降低了构件通用性,影响生产效率。BIM技术应用标准缺失,各方建模精度和信息交付格式不统一,阻碍了数字化协同设计的深度推进。

#### 3.1.3 成本控制难度大

预制构件的工厂化生产需投入高精度模具与专用生产设备,初期固定资产投资较高,而小批量、定制化的构件需求使模具复用率降低,单位构件的生产成本远高于传统现浇构件。运输时,为保护构件完整性,得采用专用吊装设备与包装材料,从运输车辆的选择到固定防护措施采取,每个环节都需精心安排,这进一步增加了物流成本。现场安装阶段,预制构件的定位精度要求极高,要配备专业吊装机械与测量仪器,对操作人员技术要求也高,人工成本较传统施工显著上升。连接节点的灌浆、锚固等工序对材料性能与施工工艺要求严格,高性能专用材料采购成本与工艺培训费用都是额外支出。当设计方案调整导致构件报废或返工,将产生大量无效成本,加剧项目的经济性压力。

### 3.2 应对策略

#### 3.2.1 加强各方协同合作

建立设计、生产、施工一体化的项目团队,在方案设计初期即组织三方共同参与构件拆分方案的论证,结合工厂的生产能力与施工的装配工艺确定最优拆分尺度,使构件既满足结构受力要求,又能适配生产线的模具规格与现场的吊装条件。利用BIM技术构建全专业协同平台,设计团队将构件模型与生产信息、施工模拟数据整合,实现三维模型的实时更新与共享,生产单位可基于模型数据提前调整生产计划,施工单位则通过虚拟预拼装发现构件碰撞问题并反馈至设计方,形成信息闭环。定期召开跨专业技术沟通会,针对生产中出现的构件变形问题、施工中遇到的安装偏差问题进行联合分析,共同制定解决方案,确保设计意图与生产施工能力的动态匹配,减少因信息不对称导致的资源浪费。

#### 3.2.2 完善技术标准和规范体系

基于大量工程实践数据,补充不同结构体系的节点连接性能参数,明确套筒灌浆、浆锚搭接等连接方式的适用范围与设计计算方法,针对高烈度地震区的装配式结构,制定专门的抗震构造措施,为设计人员提供量化的设计依据,同时新增新型预制构件的耐久性设计标准,规范材料选择、保护层厚度等关键参数的取值。细化构件拆分的技术指标,根据建筑功能类型规定合理的拆分模数与接缝处理方式,明确不同构件的通用性要

求,提高模具复用率,针对BIM技术应用制定统一的建模标准与信息交付规范,规定各阶段模型的精度等级与必选参数,确保数字化协同设计的顺畅实施,通过标准的细化与完善,降低设计风险,提升装配式建筑的技术成熟度<sup>[4]</sup>。

#### 3.2.3 优化设计以控制成本

推行构件标准化设计,采用统一的模数与接口形式,提高构件的通用性与复用率,减少模具种类与数量,通过规模化生产降低单位构件的制造成本,在满足结构功能的前提下,简化构件造型与配筋设计,避免不必要的构造复杂性导致的生产难度增加。优化构件拆分方案,在保证结构性能的基础上,控制构件尺寸与重量在常规运输与吊装设备的承载范围内,减少特种运输与吊装费用,合理设计连接节点,优先采用施工简便、材料成本低廉的连接方式,降低现场安装的人工与材料消耗。利用BIM技术进行成本模拟分析,在设计阶段对比不同拆分方案、材料选型的成本差异,选择性价比最优的设计方案,同时通过虚拟预拼装减少施工阶段的返工成本,实现设计阶段对项目全周期成本的有效管控。

#### 结语

综上所述,装配式建筑结构设计需以预制构件为核心,注重构件拆分、连接节点、预制构件及抗震等关键要点的优化。尽管面临设计与生产施工协同不足、技术标准不完善、成本控制难度大等挑战,但通过加强各方协同合作、完善标准体系、优化设计等策略,可有效提升设计质量与效率。未来,随着技术的进步,装配式建筑结构设计将更加精细化、数字化,为建筑行业的可持续发展提供有力支撑。

#### 参考文献

- [1]张猛.装配式建筑结构设计要点的探讨[J].房地产导刊,2023(10):82-83,86.
- [2]梅浩.装配式建筑结构设计要点分析[J].工程技术研究,2024,9(4):200-202.
- [3]孙晗.装配式建筑结构设计要点研究[J].砖瓦世界,2023(2):88-90.
- [4]张玉芳.装配式建筑结构设计要点研究[J].砖瓦世界,2021(5):116.