

# 装配式建筑施工质量、建筑性能发展思考

安 迪

泸定县住房和城乡建设局泸定县建设工程综合服务站 四川 甘孜 626100

**摘 要：**随着装配式建筑的应用普及，其在建筑施工中的应用愈加广泛。作为建筑行业新兴的建造方式，其施工快捷、质量可控。但其施工质量、建筑整体性、抗灾性能、运输安装技术等还存在一定问题和很大的提升空间。因此，探究装配式建筑亟待突破的技术难题和解决方案，能够提升其建筑施工质量和建筑性能，促进装配式建筑市场有序、健康的发展。

**关键词：**装配式建筑；技术难题；发展思考

## 引言

建筑的施工质量不仅决定了建筑各方面性能满足设计要求，更与建筑的抗灾能力、使用寿命息息相关。施工质量较好的建筑不但能很好的实现建筑的设计性能，有效延长建筑使用寿命，减少建筑维护成本，而且能有效增加建筑的抗灾能力，避免造成人员伤亡和财产损失。目前，世界广泛应用的建筑工艺，仍需要通过繁琐的施工过程控制，使工程质量达到建筑图纸的设计要求。繁琐的施工过程控制，容易出现较多的影响工程质量的因素，形成建筑质量缺陷并导致质量事故发生的概率较大。影响建筑质量的因素较多，如何减少施工过程控制风险，有效减少影响建筑施工质量的各种因素，是现阶段乃至未来建筑施工亟待解决的难题。

近年来，装配式建筑凭借节约资源能源、减少施工污染、施工工期短、施工质量安全控制难度较小等优势，在建筑施工中得到了较大范围的应用。目前，装配式建筑仍存在较多技术难题，制约了其迅速发展和普及。因此，就装配式建筑亟待突破的技术难题和解决方案的探究，对促进装配式建筑标准化、产业化，对加快建筑行业的发展转型具有重要的意义。

## 1 装配式建筑在建筑施工质量和建筑性能方面的优势

### 1.1 标准化、批量化的制造<sup>[1]</sup>，规避了大量影响构件质量的因素

构件在工厂预制过程中，加工环境相对稳定、人工参与度较低，通过标准严格的质量控制<sup>[2]</sup>，确保了同一构件的规格、强度等各方面参数一致，并符合设计要求，确保了构件的施工质量相对可控。在工厂预制场景下，稳定的加工环境大幅降低外界干扰，配合低人工参与度与严格质量管控体系，构件生产各环节均遵循标准化流程。从原材料配比到成型养护，每个工艺节点的参数均受精密监控，促使同批次构件在规格尺寸、力学强度等

核心指标上保持高度统一。这种标准化生产模式不仅为构件质量稳定性提供保障，更通过参数精准控制，确保其与设计标准高度契合，从源头规避传统施工中因现场操作差异导致的质量波动问题，为后续装配施工的质量可控性奠定坚实基础。

### 1.2 轻量化的结构，在减轻自重的同时，也降低了运输安装的难度

装配式建筑为满足易于运输安装，结构采用BIM技术优化设计<sup>[3]</sup>，构件往往选择轻质材料制造。较轻的自重，使采用栓接工艺、减震技术等装配式建筑在应对地震等部分自然灾害时，具有较强的抗灾性能。同时，较轻的自重也是装配式建筑，向高层建筑乃至超高层建筑发展的优势。

### 1.3 简易快捷的安装方式，进一步减少影响施工质量的各种因素，减小施工质量偏差

装配式建筑采用以节点连接的安装方式，缩短了现场施工工期，降低施工天气等外部因素的影响概率。较少的人工参与程度，降低了施工质量控制难度，确保了工程质量基本可控。装配式建筑节点连接的安装模式通过工艺革新，显著压缩现场作业周期。标准化节点构造配合预制构件精准加工，使安装过程摆脱传统施工对气候、温度等环境条件的高度依赖，降雨、严寒等不利因素对施工质量的干扰大幅降低。同时，机械化作业取代大量人工作业，施工操作的标准化程度得以提升，人为操作导致的尺寸偏差、连接紧固度不足等质量问题发生率显著下降。这种以工业化装配替代现场湿作业的方式，从作业流程和操作主体两方面减少质量波动源，为施工质量的精细化控制创造了有利条件。

## 2 现阶段装配式建筑亟待突破的技术难题与发展思考

### 2.1 运输安装技术有待改进<sup>[4]</sup>

受限于现有运输安装方式，装配式建筑构件设计尺

寸往往偏小、数量较多，因此相应的连接节点呈基数增加。较多的连接节点增加了构件在运输安装中的吊装、核验、保护等工作量，构件损坏的风险也随之增大。同时，为了保护构件不在运输过程中损坏，装配式建筑的打包便携能力往往较差，运输载具中存在较多的冗余空间，增加了运输成本。因此，现阶段装配式建筑运输安装技术有待改进的方面包括：增大构件尺寸、减少节点数量，优化装配式建筑的打包便携能力，提高载具运载重量和运载体积，提高起重吊装机具起重吊装重量和精度等。

## 2.2 节点连接技术需优化、提升

广泛使用的机械、焊接、混凝土现浇锚接等节点连接方式，因连接技术缺陷、施工质量等原因，不能很好的保障建筑结构的整体性<sup>[5]</sup>。同时，较多的连接节点，不仅增加了节点连接的整体施工精确度控制难度，而且加大了装配式建筑节点的受力复杂程度。在遭遇自然灾害时，容易造成个别节点应力集中，导致节点失效，使结构性能无法得到充分发挥，影响建筑结构整体性。虽然通过合理设计减少节点数量，能在一定程度降低节点失效的风险，但在大体量的装配式建筑中，其效果较为有限。单纯提高节点的强度，可能会使节点和构件连接处出现薄弱环节，从而导致节点失效。而复合、冗余的节点设计，又会导致施工工序复杂，加大节点施工质量控制难度。为此，以下有两点思考：

### 2.2.1 3D打印技术的现场施工应用<sup>[6]</sup>

现场多构件整体3D打印、建筑结构整体3D打印施工，可有效规避现有节点连接技术问题。但目前，现场施工应用3D打印技术还在探索阶段，很多技术问题尚未解决，因此应用范围还很局限。

### 2.2.2 自适应、自复位节点

装配式建筑节点失效多是由于应力集中造成的，而应力集中主要是由结构受力变形、位移所引起的，如果能寻求到一种能够缓冲结构变形、位移，并在外力消失后自动恢复原状的新型节点技术，便能从根本上消除节点应力集中隐患。由于这种节点能够根据结构变形自适应并调整自身位置进行缓冲，且在外力消失后自动调整回到原来的位置，本文将之称为“自适应、自复位节点”，其属于一种柔性节点。类似于隔震、减震技术，但又有所不同，该种节点应同时具备水平和垂直方向360度或接近360度位移的能力。其在位移缓冲的同时，将外力转换为势能，从而消除结构变形和位移所引起的应力。

磁铁吸附具有一定自适应、自复位能力，如果能够

将磁铁原理融入节点设计中，并确保节点的位移范围不会引起磁吸失稳，那么这种节点便具备了自适应、自复位能力。因此，选用强磁材料作为节点连接主要受力材料，并在节点中增加1道或多道高强度约束限位装置，确保节点位移不超过磁吸失稳距离，是较为可行的新型节点构造思路。但强磁材料的吸附力和有效吸附距离是否能满足工程需要，是否需要增加弹簧类缓冲装置辅助工作，还需相关领域探索研究。此外，类似的具有自适应、自复位能力的记忆材料或装置（如类似三维弹簧的缓冲耗能装置），均可作为构造该种节点的备选材料。该种节点的优点在于缓冲耗能消除应力，避免节点因受力过大而失效，减少后期维护且便于维护。

## 2.3 新型适用的构件材料亟待研发

目前，应用较多的钢结构和木结构装配式建筑，即使涂刷耐腐蚀涂层、耐高温，与钢筋混凝土现浇结构相比，其耐久性、耐高温性能仍较低。而预制混凝土结构装配式建筑，虽然两种性能都较好，但因运输和安装等因素导致的构件破损可能性较大，且其节点连接问题更为突出。同时，装配式建筑构件制造及其后期维护成本，明显高于钢筋混凝土现浇结构<sup>[7]</sup>。因此，提高构件材料自身耐久性、耐高温性能，降低构件生产、运输、安装、维护等成本，有助于提高装配式建筑产品的市场竞争力。当前装配式建筑材料性能与成本矛盾凸显：钢结构耐候性不足，木结构防火能力有限，预制混凝土构件易损且连接复杂。突破方向在于研发兼具高强度、高耐久性与施工适配性的新型材料，如纤维增强复合材料、改性轻质混凝土、耐候性合金钢材等。此类材料需在生产环节实现轻量化与高韧性平衡，运输安装中降低破损风险，使用周期内减少维护需求，从材料本质特性优化入手，系统性化解性能短板与成本劣势，为装配式建筑规模化应用提供材料支撑。

## 2.4 专业化的新型人才急需培养

装配式建筑作为建筑行业新兴的建造方式，其设计、制造、运输、安装、管理等均存在较大变化。由于不同的装配式建筑其运输、安装、管理等也存在较大差异，由工厂建立和培养一批专业的人才队伍进行专业化承包，成为在短时间内加速培养相关人才，确保施工质量安全的一种有效途径。但这种运营方式，无疑会加大装配式建筑生产制造企业的创建难度。目前，装配式建筑施工技术标准还不统一，对装配式技术的理论探索和经验积累，都还需要大量的工程实践。从长远来看，以高校专业化、高素质人才的培养为主导，同时推广应用在装配式建筑工厂创建起步阶段建立专业化施工、管理人才队伍的培养相结合<sup>[8]</sup>，是装配式建筑领域较为高效、

可行的人才培养方式。该种模式,既能提高装配式建筑施工质量、减少施工安全风险,又能较好的适应当前装配式建筑市场规模小,产业链发展不均衡的问题。

### 2.5 集成化、模块化程度不高

模块化集成建筑,作为一种高度集成装修、水电管线、设备、保温节能等,具有单独使用功能的单元模块化装配式建筑,其施工质量和建筑性能相较于普通装配式建筑,均有所超越<sup>[9]</sup>。然而因制造成本较高、应用时间短技术成熟度不足、设计灵活性不足、新型适用材料少等原因,模块化集成建筑的施工应用较少。同时,受限于现有的运输安装、节点连接、功能集成等技术,已建造的模块化集成建筑性能远未达到理论极限。为此,以下提出几点思考:

#### 2.5.1 节点方面

模块化集成建筑仍存在较多的施工现场连接节点,节点连接复杂,设计、施工难度大。因此,模块化集成建筑的发展仍受限于节点连接技术。提高模块化集成建筑的整体性,充分发挥结构性能,仍然是模块化集成建筑一大技术难题。现场整体建筑3D打印施工或类似的现场施工技术,有望能规避该难题。但由于模块化集成建筑集成要素、涉及材料均较多,其可行性、应用范围还需验证。本文中设想提及的“自适应、自复位节点”,是突破节点连接技术难题的办法之一。

#### 2.5.2 建筑结构形式方面

由工厂预制、现场组装的建造方式,模块化集成建筑有望突破当前泛用的立方体建筑结构形式,利用蜂巢结构、四面体、六面体等结构原理,在现有建筑材料力学性能无重大突破的前提下,能够进一步提升建筑结构的承载力、稳定性等。同时,通过科学的设计,合理利用冗余的异形空间,确保模块化集成建筑使用功能与建筑结构较为契合。

#### 2.5.3 安装方式方面

现有的现场安装方式,限制了模块化集成建筑模块

化单元的体量。在探索新的安装技术的同时,也可考虑借鉴现有的塔吊液压自升式原理,有效解决大重量、大体积模块起重吊装难度大的问题。利用同种功能模块化单元体量一致的特点,配套与塔吊类似的模块化单元顶升套架、自平衡系统,甚至整合自提升功能研发全自动提升机械平台都具备一定的可行性。

### 结束语

与钢筋混凝土现浇结构等建筑相比,装配式建筑在建筑施工质量、建筑性能方面具有较大优势和发展潜力,是当前建筑行业转型的必然趋势。希望本文对装配式建筑亟待解决技术难题的分析和思考,能为装配式建筑施工质量和建筑性能的提升提供参考和帮助。

### 参考文献

- [1]郭星星.装配式建筑发展现状与前景[J].四川水泥,2020,(1):283.
- [2]林爱金.基于BIM技术在装配式建筑模块化施工中的应用[J].佛山陶瓷,2025,(12):68-70.
- [3]董月琴.探究装配式建筑发展的几点思考[J].四川水泥,2017,(6):298.
- [4]黄彬,邓勇华.装配式建筑安装施工技术探讨[J].建筑工程技术与设计,2017(29):666-666. DOI:10.3969/j.issn.2095-6630.2017.29.644.
- [5]韦永丽.装配式混凝土结构梁柱节点连接方式分析[J].四川水泥,2018,(2):305.
- [6]吴刚,范正昊,王振明,等.装配式3D打印技术在建筑外墙结构中的应用[J].中国建筑装饰装修,2024(10):72-74.DOI:10.3969/j.issn.1672-2167.2024.10.009.
- [7]郭志伟.谈装配式建筑的优缺点[J].建材与装饰,2018,(43):178-179.
- [8]王琼.基于产教融合的装配式建筑人才培养创新与实践研究[J].就业与保障,2024,(11):124-126.
- [9]张雪.浅析模块化施工技术在建筑施工技术中的应用[J].四川水泥,2020,(6):320.