

# 装配式混凝土结构建筑质量检测技术分析

胡燕明<sup>1</sup> 梁俊<sup>2</sup> 何涛<sup>3</sup>

1. 乌拉特前旗胡氏冠华建材有限责任公司, 内蒙古 巴彦淖尔 150823

2. 晨越建设项目管理集团股份有限公司, 湖北 随州 421303

3. 攀枝花文旅集团有限公司, 四川 攀枝花 510402

**摘要:** 当前, 我国的社会经济正快速发展, 装配式混凝土结构也随之步入高速发展期, 在国内建筑领域得到了广泛的应用。为了科学且有效地管理装配式混凝土结构的施工质量, 选择适当且准确的检测技术对确保工程质量至关重要。本文着眼于装配式混凝土结构施工的现状, 详细介绍了结合面连接质量、钢筋套筒灌浆连接质量、钢筋浆锚搭接质量、装配式混凝土外墙接缝质量等实体检测方法, 以期在更广泛的领域推进和应用装配式混凝土结构施工技术。

**关键词:** 装配式建筑; 混凝土结构; 质量检测

随着社会对生活质量的追求和绿色建筑的理念深入人心, 建筑行业正变得更加重要, 它不仅满足了人们对居住和工作的需求, 更是经济发展的基石。作为现代建筑业的一部分, 预制混凝土结构因其在满足发展要求的同时, 能够促进资源利用效率, 实现环保和可持续性而受到推崇。我国广泛采用的装配式混凝土结构, 已有一系列国家规范和标准的支撑, 例如《混凝土结构加固设计规范》(编号: GB50367-2013)等。质量检测和验收工作必须符合国家、行业和地方的标准及法规, 并结合工程特定的情况制定检测和验收的技术方案和流程, 同时重视整个过程的监控、数据管理和质量保障。这样才能确保装配式混凝土建筑构件的质量与安全, 进一步促进其在建筑行业中的广泛应用。

## 1 装配式混凝土结构的必要性

装配式混凝土结构代表了建筑结构领域的一种创新, 其核心在于将工厂预制的混凝土构件和部件运至施工现场, 通过采用精确的连接技术进行组装, 构建混凝土建筑。这种建筑方式因其高度工业化的生产和建造过程, 也被认为是“工业化建筑结构”。在传统的建筑施工过程中, 如现浇结构施工, 需要在现场进行大量的手工作业, 如搭建脚手架、安装模板、绑定钢筋、浇筑混凝土等, 这不仅工作效率低下, 现场也容易出现混乱, 消耗资源, 产生大量废弃物, 对环

境造成负担, 同时对劳动力的需求也较高<sup>[1]</sup>。与此相比, 装配式建筑以其工厂化生产、现场快速装配的特点, 展现出了标准化、工厂化、机械化和信息化的显著优势<sup>[2]</sup>。这种建造方式对于提升建筑工程的质量、降低建设成本、促进节能减排、改善居住环境以及转变生产模式等方面具有极其重要的价值。在国家政策的引导下, 装配式混凝土结构等绿色新型建材的应用得到了积极推动, 装配式建筑的推广已被明确为发展方向之一。因此, 可以预见, 装配式混凝土结构将成为未来工程建设发展的主流趋势。

## 2 装配式混凝土结构建筑质量检测技术现状分析

在装配式混凝土结构建设领域, 质量检测与安全紧密相连。这种检测不仅涉及对施工中潜在的风险因素如有害物质和物理危险的检测, 而且强调改善施工现场环境和生产条件, 从而促进安全技术的现代化<sup>[3]</sup>。这是为了在施工阶段预防潜在的风险, 确保整个系统的正常运行。然而, 基于当前我国建筑质量检测技术的实际应用情况, 还存在一些待改进之处。

首先, 存在理论实践融合不足的问题, 检测人员的专业能力和实际操作技能参差不齐。与发达国家的建筑业相比, 我国的建筑业起步较晚, 相关的规章制度尚需优化, 致使检测水平和安全检测技术相对较低。

其次, 施工阶段对质量检测缺乏足够重视。施工

单位往往过于追求经济利润最大化，疏忽了质量检测与管理的长期价值，这会增加工程的安全风险。

最后，检测系统和技术的快速更新带来的挑战。伴随着电子技术的进步和企业改革的深入，传统的检测方法已不再适应现代工程的需求。企业应当结合自身的生产实际，积极引进更新的系统。但许多企业对此缺乏认识，仍然使用过时的系统，没有采纳先进技术，这限制了质量检测技术水平的提升。

### 3 装配式混凝土结构的常见形式

装配式混凝土结构的构建中，存在多种形式，每种类型都有其独特的特点与应用场景。

①带楼盖板式：此类结构采用预制混凝土楼板，通过专用胶粘剂实现构件间的粘接，形成统一的整体。

②带楼梯板式：在带楼盖板式的基础上，融入预制的混凝土楼梯构件，进一步提升了装配式结构的综合优势。

③空心板式：使用具有空心结构的预制板件，同样采用胶粘剂将单独构件结合为一体，优化了结构的整体性能。

④单层墙板式：这种结构类型采用预制混凝土墙板，利用预埋在其中的钢筋实现构件之间的牢固连接，构筑完整的建筑框架。

⑤双层墙板式：在单层墙板式的基础上增加了内外两侧墙板间的隔热层，或者是隔热层加上钢筋混凝土层，以增强结构的稳定性和保温性能。

⑥模块化板块结构：此种结构将楼板和墙板作为一个模块单元，按照标准化的尺寸进行设计与制造，实现了高效率的现场组装。

⑦大板面板结构：作为建筑技术的进步成果，大

板面板结构使用尺寸较大的混凝土组合件，以材料节省、成本控制、施工便捷和抗震性能优越为主要特征。

⑧箱柱结构：该结构将混凝土板与柱子集成，形成箱状框架，以其高度的稳定性和快速的施工进度，适用于多种建筑环境。

⑨T 梁结构：利用 T 形的钢筋混凝土梁作为主要承重构件，并与混凝土柱、楼板融为一体，不仅施工方便，还赋予建筑美观的外观和卓越的抗震属性，适合高层建筑和大型工业建筑项目。

### 4 装配式混凝土结构施工质量检测技术

为了引领从业者采纳高效且结果稳健的检测手段，国家住房和城乡建设部颁布了《装配式住宅建筑检测技术规范》，该规范由享誉业界的中国建筑科学研究院有限公司等权威机构联合编纂。《装配式混凝土结构检测标准》（编号：T/CECS1189-2022）于 2023 年 4 月 1 日正式实施，进一步巩固了行业准则。此后，各地标准纷纷涌现，山东、上海、河北、新疆、安徽、江苏、广东及贵州等地纷纷出台了针对性的地方装配式混凝土结构检测规程或标准。这些规范中融入了众多新兴的检测技术，如内窥镜检测法、X 射线成像技术、冲击回波法、阵列超声成像技术、表面硬度检测法、红外热成像法等。

#### 4.1 装配式混凝土结构检测技术的分类细则

根据《装配式混凝土结构检测技术标准》，现行的装配式混凝土结构检测技术可分为两个主要类别：其一为原材料及配件的检测、预制混凝土构件以及连接接头的检测；其二为结构实体的检测。这些检测技术的具体项目和方法分类详见表 1。

表 1 装配式混凝土结构检测技术分类

序号	模块	检测项目	检测技术
1	原材料及配件	预制构件混凝土抗压强度	参考普通混凝土检测方法
2	检测、预制混凝土	预埋吊挂件锚固承载力	
3	土构件和连接	预埋保温连接件锚固性能	
4	街头检测	结合面混凝土正拉粘结强度	同条件养护试件法
5		灌浆料实体强度	
6	结构实体检测	预制构件混凝土粗糙面面积	现场测量
7		预制构件混凝土粗糙面凹凸	3D 成像、粗糙度仪

深度		
8	混凝土内部结合面缺陷	超声法、冲击回波法、雷达法、阵列超声成像法
9	竖向构件底部接缝内部缺陷	超声波探伤仪
10	灌浆饱满情况	套筒灌浆饱满性可采用预埋钢丝拉拔法、预埋传感器法以及压电阻抗法进行检测。灌浆饱满度可采用钻孔内窥法、X射线成像法进行检测。
11	钢筋插入长度	内窥镜法、X射线成像法
12	装配式外墙拼缝质量	红外热成像法

在这两个模块中，第一个模块的检测技术已较为成熟。相比之下，第二模块中涉及钢筋套筒灌浆连接、混凝土界面粘结强度、钢筋浆锚搭接等关键环节的检测技术，标准颁布时间相对较短，目前尚处于“积累经验——实践应用——总结改进”的循环中，亟待业界重点关注和深入研究。

#### 4.2 装配式混凝土结构施工质量检测的关键环节

在装配式混凝土结构的施工过程中，质量检测覆盖了从预制构件的生产、运输、吊装直至工程质量的最终验收等多个环节。

##### 4.2.1 预制构件的生产质量检测

作为装配式混凝土结构的核心元素，预制构件的生产阶段对质量的要求极为严格，其检测内容涵盖了：①所需原材料如水泥、钢筋、混凝土添加剂、砂石等的质量检测。②模具的规范性、准确定位以及技术要求的满足情况。③构件的浇筑和养护方法，以及成品的外观、尺寸和保护层的详细检查。这一阶段的检测重点包括原材料的质量、混凝土的高性能特性、构件内部的密实度和结构性能等。每项检测内容都有其特定的方法，并依据现行标准规范进行。特别是对混凝土原材料的检验，应遵循国家预拌混凝土检验规范，高性能混凝土需按国家相关标准进行抽样检验。构件的密实性可采用超声波等技术进行检测，性能检验则根据国家质量验收规范执行。这一过程需要第三方检测机构、现场监理和生产厂家共同进行监督确保。

##### 4.2.2 预制构件的现场验收检测

在预制构件进入施工现场的关键阶段，其结构完整性和性能指标的验收需严格遵循国家混凝土结构施工质量验收规范。这一过程涉及第三方检测机构与监理团队的协同作业，其中，构件的外观质量、叠合面

的平整度、键槽的精确度、预留设施的完整性、以及构件尺寸的精准度成为检验的核心。监理方与第三方将依据各自职责，通过细致的观测与精确测量，确保无缺陷、成型品质达标，并核验规格、数量及尺寸偏差是否符合标准。此外，针对陶瓷装饰面砖及保温墙板等特殊材料，还需进行低粘结强度与导热系数的科学计算与检验，以全方位保障建材质量。

##### 4.2.3 钢筋套筒灌浆连接的质量检测

钢筋套筒灌浆连接技术，以其技术成熟度高、可靠性强的特性，在框架和框架-剪力墙结构中经历了极端地震条件的考验，鉴于其优异表现，该技术在我国被广泛推广至装配式建筑领域。鉴于灌浆密实度的事后检测难度，施工过程中对质量的严格把控显得尤为关键。实施时，必须严格遵守《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》（编号：JGJ355-2015）。这包括但不限于对原材料如灌浆套筒、灌浆料的验收与测试，以及接头的型式检验、工艺试验和连接性能试验<sup>[4]</sup>。所有操作人员需经过专业培训，确保每一步骤的精准执行。实践中发现，灌浆区域的密封效果直接影响到灌浆质量，因此，采取有效措施防止漏浆极为必要。同时，灌浆作业应考虑环境温度的影响，过高或过低的温度均会对灌浆料的流动性及强度产生不利影响，确保作业环境满足材料使用要求是基础。

##### 4.2.4 施工质量最终验收标准与实践

施工项目的质量验收是一个系统工程，第三方检测机构与监理单位依据既定规范，共同对各个项目细节进行全面审查。对于现浇高性能混凝土结构件，强度、工作性能及体积稳定性成为检测重点，而灌浆材料则需对其强度与变形能力进行严谨评估。灌浆密实度的验证，则综合运用超声波检测与局部破损实验手

段，由第三方与监理联合执行。针对关键节点、结合部位及主要受力构件，采取变形与裂缝检测技术作为质量监控的主要方式，此环节同样离不开第三方与监理的紧密合作，确保每一环节均达到预定的质量标准。

## 5 装配式混凝土结构施工质量检测技术的选择

装配式混凝土结构施工检测，尤其是在接缝连接质量的评估方面，通常涉及到混凝土接触面和钢筋套筒灌浆连接两个主要方面。

### 5.1 混凝土结合面连接质量检测技术的选择

若不将成本因素作为主要考虑，倾向于选择阵列超声成像技术，该技术能够提供较为清晰的内部成像，以便评估连接的完整性。灌浆料强度检测则可采用专门的检测仪器，如利用里氏硬度法的强度测试设备。然而，当预算成为限制时，混凝土结合面的质量评估可通过冲击回波仪执行，尽管这要求检测人员接受更多专业培训。灌浆料强度的检测也可以通过微型锚杆拉拔仪实施，或者选择传统的砂浆强度测试仪进行检测。

### 5.2 钢筋套筒灌浆连接接头质量检测技术的选择

考虑到装配式结构与传统现浇结构相比在整体性上存在差异，确保连接点的可靠性对于提高结构的整体应用性、安全性和耐久性至关重要。而电阻测试法、

钢丝拉拔法和振动传感技术等方法，虽然能提供准确的检测结果，但由于它们需要在结构中预先安装设备或传感器，不适宜用于随机检测，且成本较高。而超声波技术、阵列超声成像以及冲击回波法则无需预埋传感器，具有较强的现场适用性<sup>[5]</sup>。但是，考虑到套筒与钢筋之间空隙相对超声波波长较小，这些技术的分辨率可能不足，有时会导致检测遗漏。阵列超声成像法虽操作简便且能生成直观的三维图像，但由于设备成本较高，主要适用于经济条件较好的企业。冲击回波法则以其简便的操作方式和相对经济的设备成本，在实践中获得了一定的应用，其基本原理是通过敲击结构表面，并分析振动波在材料中的反射特性来定位和评估缺陷，它已在部分地方规范中得到认可并应用于实际工程检测中。

## 6 结语

综上所述，本研究在深入了解装配式混凝土结构施工现状的基础上，综合分析了关键的质量检测技术及其在实际工程中的应用选择。本文的研究成果将有助于指导装配式建筑行业在确保施工质量的同时，优化检测流程，进而推动装配式混凝土结构技术的持续发展与完善。鉴于装配式混凝土结构的施工质量直接关系到工程的安全性和耐用性，希望本研究提出的检测技术和方法能为行业内外提供了实用的参考，并促进装配式建筑技术在更广泛的领域中得以应用和推广。

## 参考文献

- [1] 杨莹莹,李可用.装配式建筑发展面临的问题与对策研究[J].建筑经济,2022,43(S1):54-56.
- [2] 毛诗洋,孙彬,张仁瑜,等.小直径芯样法检验套筒灌浆料实体强度的试验研究[J].建筑结构,2018,48(23):1-6.
- [3] 朱平,刘靖.装配式混凝土结构建筑质量检测技术的发展研究[J].山西建筑,2018,44(16):197-198.
- [4] 杨超.基于应力波法的套筒灌浆密实度检测及套筒接头受力性能研究[D].福州:福建工程学院,2020.
- [5] 陈武汉.装配式建筑发展的制约因素及措施分析[J].中国住宅设施,2019(11):6-7.