

# 建筑工程中装配式混凝土结构的连接技术

文 / 王 涛 青岛华商工程有限公司

刘志亮 青岛华商工程有限公司

**摘要：**随着现代建筑事业的迅猛发展，装配式混凝土结构作为一种高效、环保、经济的结构形式越来越受到人们的青睐。文章以此为背景，以装配式混凝土结构为研究对象，重点研究装配式混凝土结构施工质量管理，重点解决预制构件连接技术、施工过程的精细控制和质量管理体系等关键问题，从设计优化、全过程质量溯源、施工过程监控三个方面，探索提高建筑施工质量，保障建筑安全功能，满足现代建筑业发展对效率与质量的双重要求。

**关键词：**建筑工程；装配式混凝土结构；连接技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.08.014

## 引言

随着建筑工业化、信息化进程的加快，装配式混凝土结构作为一种新的施工模式正在逐步取代传统的施工方式。然而，其施工过程中的质量控制问题越来越突出，特别是预制构件的连接技术、施工过程的精细管理和质量管理体系的不完善。这不仅影响到建筑结构的安全与耐久性，而且制约着装配式建筑技术的进一步发展与应用。为此，文章对存在的问题进行深入的探讨与分析，并提出相应的解决措施，以期对我国装配式混凝土结构施工质量管理有一定的借鉴意义。

### 一、装配式混凝土建筑工程施工常见质量问题

#### （一）预制构件结构性裂缝

由于预制构件是在工厂内进行预制的，其加工过程所处的应力控制及养护条件与现场浇注的构件有很大差异，极易导致构件在运输、吊装等过程中产生开裂。此外，预制构件体积大、重量大，搬运、吊装设备要求高，若操作不当，易造成构件受力不均匀而产生开裂。预制构件的连接质量，对结构的整体性、稳定性有着重要的影响。节点处钢筋锚固不充分或混凝土浇注不实，会产生应力集中，导致接头部位出现裂缝。预制构件在施工过程中，受温度、湿度等环境因素的影响，会引起构件内部应力重分布，尤其是在温度与收缩应力共同作用下，易出现开裂问题<sup>[1]</sup>。

#### （二）预制构件外观质量缺陷

预制构件表面不平是一种常见的质量外观问题，可能是模具精度不高或浇注时混凝土流动不均匀所致。表面不平不仅会影响到构件的美观，而且会导致后续施工中出现接缝密封不严密等问题。由于制造过程误差控制不严，预制构件的尺寸往往与设计图纸存在偏差，造成装配困难，影响结构整体稳定性，增加施工难度及成本。预制构件表面污染及缺陷，如气泡、开裂、脱落等，对外观质量也有很大的影响。产生这些问题的原因主要有配合不好、振捣不充分或养护不当等。表面污染与缺陷不仅会影响构件的美感，而且会对构件的耐久性、防水性产生不利影响。

#### （三）接缝处渗漏

在实际工程中，接缝处理往往达不到设计要求，造

成渗水。这不仅会影响到建筑物的防水性能，而且会造成墙体内部湿度过大，从而引起发霉、结构锈蚀等问题。尤其是在多雨环境下，接缝渗漏问题更加突出，给建筑物的正常使用带来了直接的不便，同时也存在着一定的安全隐患。很多装配式混凝土结构在设计时没有充分考虑接缝防水要求，导致接缝构造形式不尽合理。例如，接缝宽度与深度的设计不合理，会使密封材料不能有效地起到防水的作用<sup>[2]</sup>。另外，接缝形状、位置设计不当，也会使水向接缝集中，使渗漏加剧。这些设计缺陷不仅影响接头的防水能力，而且随着服役时间的延长，可能加剧结构的老化与损伤。在建筑物服役期间，防水材料会因老化或外界环境的影响而失效。如果在运营期间不能定期检测、维修，则渗漏现象将逐步显现，从而使水渗入建筑物内部，从而影响建筑物的整体使用性能。

### 二、装配式混凝土结构施工关键技术分析

#### （一）装配式混凝土结构连接要求

在装配式混凝土结构设计与施工中，节点的可靠性是最基本的要求。节点必须能承受荷载所产生的各种应力，包括剪切、张力、压力。这就对节点的强度、刚度及延性提出了更高的要求，以满足不同工作条件下结构变形的要求。节点的可靠性直接影响着结构的安全与稳定，所以在设计与施工时应严格控制节点的连接质量。由于节点位置与结构的特殊性，节点易受环境因素的影响而发生疲劳破坏。因此，在节点设计中应充分考虑耐久性要求，选用耐腐蚀、耐磨损、耐老化的材料及构造形式<sup>[3]</sup>。节点的耐久性直接关系到结构的服役寿命、维修费用及后期运行安全。节点构造的便捷性也是装配式混凝土结构节点设计中不可忽略的一点。装配式结构的特点决定了其节点施工往往是在有限的空间内进行的，因此对节点的连接方式提出了更高的要求。施工便捷性不仅可以提高施工效率，降低施工费用，而且可以减少安全风险，确保施工进度。

#### （二）装配式混凝土结构施工关键技术

##### 1. 钢筋套筒灌浆连接技术

钢筋套筒灌浆连接技术的核心是其高效传力能力，

在套管中插入钢筋，然后在套管中注入高强灌浆材料，从而形成牢固的连接，该节点能有效地将各种应力传递到节点上，保证节点的强度、刚度满足设计要求。相对于传统的焊接、机械连接，套筒注浆连接具有良好的承载力及抗震性能，可有效提升结构整体稳定性能。钢筋套筒灌浆连接技术简单，施工人员不需要复杂的焊接设备和专用工具，只需在套管内插入钢筋，然后注浆即可，不仅缩短了施工周期，而且对施工环境的要求也较低，适合各种不同的施工场景。同时，注浆材料自身的流动性及自密实性，可在复杂空间内充分填充接头，保证接头密实耐用。注浆材料一般具有优异的抗压、抗腐蚀性能，能有效地抵抗环境因素的侵蚀，延长接头的使用寿命<sup>[4]</sup>。

### 2. 水平预制构件安装技术

为了保证结构的整体性和安全性，必须对水平预制构件进行准确定位。安装时要保证预制构件的位置准确，既要符合设计要求，又要保证结构的受力性能。这就要求在安装时采用全站仪、激光定位等高精度测量手段来精确控制工件的位置。准确定位不仅可以减少施工误差，而且可以提高结构的抗震能力及耐久性。水平预制构件由于其重量大、尺寸大等特点，要求有专门的吊装设备及熟练的操作人员，以保证施工过程的顺利与安全。另外，安装时应充分考虑风、温等环境因素对构件稳定性的影响，采取相应的固定与支撑措施，避免构件在安装时出现位移、破坏等问题。高效率的施工技术能缩短现场工作时间，减轻劳动强度，减少施工现场的扰动。采用模块化设计、标准化生产预制构件，可加快施工进度，缩短工期，减少因工期延误而增加的费用。同时，高效率的施工技术，可以减少材料浪费，减少对环境的污染，达到绿色建筑的目的<sup>[5]</sup>。螺栓连接是一种常见的机械连接方式，在装配式混凝土结构中应用广泛，它主要依靠螺栓和螺母之间的摩擦力或锁紧力来实现构件之间的牢固连接，具有施工简便、快速的特点，且易于检查和调整。然而，它对连接件的加工精度要求较高，并且在承受反复荷载或动力荷载时可能出现松动现象。如图1所示：



图1 装配式混凝土结构的连接技术

### 3. 现浇墙体模板体系施工技术

在设计模板系统时，应充分考虑墙体受力状况、混凝土浇筑技术及后期维修要求。合理的模板设计能有效地支撑混凝土自重及施工荷载，防止模板发生变形或失稳。另外，模板的结构应便于拆卸、重复利用，减少建设费用，减少材料浪费。这样既能提高建筑的安全，又能提高墙体的整体性能。模板的安装与固定要严格按照规范要求，保证模板的平整度、垂直度符合设计要求。施工人员要经常检查模板的稳定情况，并对模板进行调整、补强，避免因模板不稳定而引起的混凝土浇筑缺陷。另外，在混凝土浇筑时，要严格控制浇筑速度及振捣方法，保证混凝土的密实均匀性，进而提高墙体的强度与耐久性。采用可调式模板、自撑式模板等先进模板体系，极大地提高了施工的柔性与效率。

### 4. 竖向预制构件安装技术

对预制构件进行准确定位是保证结构稳定的前提，安装时要保证构件的垂直度及定位精度，满足结构设计的精度要求。这就要求依靠高精度的测量设备以及专业的施工队伍来精确控制零件的位置。准确定位不仅可以减少施工误差，而且可以改善结构抗震性能，保证结构长期安全稳定。由于垂直构件一般都比较重，所以在吊装、定位时的稳定问题就显得尤为重要。这就需要采用适当的吊装设备、吊装方法，并配备充足的临时支架，以避免吊装过程中构件发生倾覆或偏移。此外，在结构设计中，还应考虑节点的强度与刚度，使其能够经受住各种荷载的作用。提高施工效率，可缩短现场工作时间，减小劳动强度，减少施工现场的扰动。采用模块化设计、标准化生产等方法，可提高垂直构件安装速度、缩短工期、减少因工期延误而增加的费用。同时，高效率的施工技术，可以减少材料浪费，减少对环境的污染，达到绿色建筑的目的。

### 5. 预制构件存放架制作和吊装技术

仓储架不仅要能承载预制构件的重量，而且要考虑各种构件的尺寸、形状，保证其结构设计能适应不同种类的构件。同时，为了避免构件在储存过程中发生倾倒或损坏，对其稳定性提出了更高的要求。为保证吊装过程的稳定、安全，必须选择合适的吊装设备及吊装方法。这主要包括：选择合适的起吊点，选用合适的吊重、吊装路线及作业程序。这些措施对降低吊装过程中构件的损伤、保证构件完整性及施工连续性具有重要意义。随着预制构件尺寸、重量的增大，吊装难度增大。

#### (三) 装配式混凝土结构连接技术选择原则

在选择连接技术的时候，首先要考虑的是适合的连接技术。每一种连接方式都有各自的适用范围与适用条件，在选用时应结合具体的工程要求及现场实际情况。

如套筒注浆连接技术适合受力大、受力复杂的节点，螺栓连接适用于要求快速安装与拆卸的构件。此外，还应考虑环境因素，如温度、湿度等对节点材料性能的影响，以及地震和风荷载对节点承载力的影响。连接技术要求保证结构在不同载荷、环境条件下的稳定与耐久性。这就对节点的力学性能提出了更高的要求，如强度高、刚度大、韧性好等。同时，为避免环境因素对结构性能的影响，在选用连接部位时，应考虑连接处的防水防腐性能。在选择连接方式的时候，要综合考虑材料费用、建造费用和维修费用。焊接连接是通过熔融金属在连接处形成永久性的牢固连接。在装配式混凝土结构中，焊接连接主要用于钢结构构件之间的连接，焊接连接位置强度较高、密封性较好，能够实现构件之间的无缝连接。但焊接施工产生的热影响可能会导致构件变形或开裂。

### 三、装配式混凝土建筑工程施工质量防治措施

#### (一) 加强设计优化，提高构件标准化和通用化水平

模块化设计就是把结构分解成一系列标准化模块，先在工厂预制，再运到工地上组装。该设计方法降低了构件多样性，降低了制造成本，提高了构件的可互换性，使同一种构件可在不同的工程中重复利用，提高了构件的建造效率，提高了构件利用率。参数化设计允许设计者在设计过程中通过调整参数来快速地生成各种不同的方案，从而达到快速迭代与优化的目的，能够在保证组件设计的一致性和精确性的前提下，对项目需求进行快速响应。参数化设计还可以减少设计误差，提高零件质量，提高建造精度。建筑信息模型（BIM）技术为设计、建设和运营提供了一体化设计平台。借助BIM技术，设计者可综合考虑生产、运输、安装等各个环节，实现对构件的三维精确设计。应用BIM技术可以实现构件设计的规范化、减少设计变更、提高协同效率。

#### (二) 完善质量管理体系，实行全过程质量追溯

首先，建立一套完整的质量管理标准与标准，是实现质量全过程可追溯的基础。制定详细的质量管理手册及施工规范，对各阶段的质量控制要求进行了详细的规定，保证产品从设计到生产到施工各阶段的质量标准。这些标准包括原材料的选用、零部件的制造技术、施工质量的检验等方面，形成一套完整的质量管理体系。通过规范化管理，可有效地降低因操作不当、物料不合格等引起的质量问题，并为产品可追溯性提供依据。项目采用物联网技术及大数据分析手段，实时监控施工过程各环节质量指标，并对各环节数据进行实时监测。这些数据包含原材料的进场检验，组件的制造技术，以及施工质量的检验，构成了一个完整的质量数据链。通过实时数据分析，及时发现质量隐患，及时采取纠正措施，

提高工程质量管理可控性与透明性。通过在零件上识别特定标识码（如二维码、RFID标签等），实现零件全寿命周期跟踪。

#### (三) 强化施工过程精细化管控

采用精细化施工计划与进度管理相结合的方法，对施工过程进行优化。这就要求对施工计划细化到每一班、每一项具体任务，以保证每一环节的时间节点及资源的合理配置。运用甘特图、关键路线法等先进工程管理软件，实时监测与调整施工进度，及时应对施工进度变化及可能出现的延误，保证项目按计划高效率推进。严格执行质量检验与验收程序，在建造过程的各个阶段都要进行严格的质量检验，包括原材料的检查、过程的验收，以及成品的评定。编制详细的检查表，制定了标准作业程序（SOP），以保证施工质量达到设计要求。另外，第三方品质审计与认证的引进，也能为投资人提供更多品质保障，提升投资人的信心。建筑工人的技术水平直接影响到建筑工程的质量，所以必须定期进行专业培训，提高技术水平。同时，施工现场管理的精细化也是非常重要的，包括安全监管、施工协调以及现场后勤管理。运用5S管理（整理、整理、清扫、清洁、素养）及精益建造原理，可提升工地作业效率，降低浪费，保证施工顺利及安全。

#### 结语

在全球建筑业向可持续发展、智能化方向发展的背景下，装配式混凝土结构得到了越来越广泛的应用。文章针对目前建筑市场环境下载配式混凝土结构所面临的质量管理难题，提出了设计优化、质量全过程可追溯、施工全过程控制的重要性。在未来，随着新材料和新技术的不断出现，装配式建筑将更多地关注于智能管理与信息化应用，促进建筑施工的效率与质量的提高。

#### 参考文献

- [1] 张云松. 房屋建筑工程中的装配式混凝土结构施工技术探析[J]. 陶瓷, 2024, (03): 231-233.
- [2] 陈建德. 房屋建筑工程中的装配式混凝土结构施工技术[J]. 中国住宅设施, 2022, (04): 10-12.
- [3] 司强强. 房屋建筑工程中的装配式混凝土结构施工技术[J]. 四川水泥, 2021, (06): 216-217.
- [4] 朱祥. 装配式混凝土结构施工现场连接技术与质量控制研究[D]. 西安建筑科技大学, 2020.
- [5] 曹祥甫, 田华. 浅谈装配式混凝土结构建造技术在房屋建筑工程中的应用[J]. 四川水泥, 2017, (08): 119.

作者简介：王涛，1978年6月21日，男，汉，山东省青岛市莱西市，本科，中级工程师，研究方向：土木工程。刘志亮，1977年8月8日，男，汉，山东省青岛市莱西市，本科，中级工程师，研究方向：土木工程。