

装配式混凝土结构灌浆套筒施工常见问题及防治措施

宋棋 孙勇 叶林 陈潜 张文良

中国建筑第七工程局有限公司 河南 郑州 450004

【摘要】：装配式混凝土结构中灌浆套筒承担着关键连接功能，其施工质量直接影响结构整体性能。实践中常见的灌浆不密实、套筒内壁污染、钢筋插筋偏位、灌浆材料性能波动及施工环境控制不足等问题，使连接效果出现隐患。围绕这些薄弱环节，可通过优化工序衔接、强化材料控制、提升设备适配性、严格质量检测以及完善施工组织方式实现风险削减。针对问题特征对症施策，有助于提升连接可靠性与结构耐久水平，为装配式建造质量稳定化提供技术支撑。

【关键词】：装配式混凝土结构；灌浆套筒；施工质量；常见问题；防治措施

DOI:10.12417/2811-0528.26.09.008

引言

装配式混凝土结构以连接质量作为可靠性的核心，其中灌浆套筒承担着关键受力传递任务。现场条件多变、工序链条细密、材料状态敏感，使套筒施工更易暴露质量薄弱点。连接质量一旦产生偏差，结构整体性能便会受到影响，进而引发安全隐患。行业在快速推进装配化建造的背景下，对灌浆套筒施工稳定性的关注持续升高。围绕施工过程中的典型问题展开分析，并从工艺控制、材料管理与检测体系等方向探索改进路径，可为建造质量提升奠定基础。

1 灌浆套筒施工中的关键薄弱点识别

灌浆套筒连接在装配式混凝土结构中承担着力学传递与节点稳定的双重任务，而现场施工条件复杂，使其易出现多类质量隐患。套筒内部若存在油污、锈蚀或残留碎屑，会改变界面摩阻条件，使浆体在填充过程中形成滞留区，导致密实度不足^[1]。插筋偏位现象亦常发生，当预制构件吊装与就位精度控制不足，钢筋无法在套筒中心区域稳定插入，造成保护层厚度不均或偏心受力，使连接性能减弱。此外，灌浆材料状态受水胶比、稠度、流动度和保水性影响，任何一项偏离性能区间，都可能引发离析、泌水或硬化迟滞，从而影响后续承载表现。

施工环境条件的波动也是薄弱点之一。气温过高时浆体早期流动性下降，套筒内部的流动路径被压缩，难以形成连续充盈；低温条件会延缓水化反应，使早期强度增长滞后，在节点受力前形成安全隐患。灌浆压力控制若缺乏稳定性，也会造成不完全压实或产生夹气区，使套筒内部形成空洞结构。设备适配度不高时，泵送系统与套筒口部之间的接口可能出现渗漏或反压现象，使浆体无法按既定轨迹充填，连接环节面临新的不确定性。

施工组织方式的管理深度在质量波动中同样占据关键位置。工序衔接若不严密，会导致套筒安装、钢筋校正、灌浆作业之间出现脱节，使关键控制点无法连续追踪。检测环节若依

赖单一方法，可能遗漏内部缺陷，使潜在隐患在结构投入使用后暴露。人员技术熟练度、设备维护频率、材料供应稳定性等因素一旦出现差异，便会使节点质量呈现明显离散状态，影响整体结构的同步受力能力。由此可见，灌浆套筒施工的薄弱点呈多环节、多变量特征，与施工环境、材料性能及操作精度密切相关，需要在全过程识别潜在失稳因素，为连接质量提供可靠保障。

2 面向典型问题的施工控制与防治路径

灌浆套筒施工中的典型问题往往来源于工序衔接不稳、材料性能波动及设备适配度不足，因此在施工控制中需建立全过程协调机制。套筒进入现场前应完成内壁清洁、螺纹检查与封堵状态确认，使其在安装阶段保持稳定界面条件^[2]。预制构件吊装定位环节可通过设置可调式限位器、激光校准系统或专用定位夹具，使插筋能够在空间位置上保持轴线一致性，减少偏位造成的力学隐患。对于关键节点，可配置同步监测装置记录插入深度与套筒姿态，使灌浆阶段具备明确的初始控制参数，避免充填路径受限。

材料控制环节中，水胶比、砂率、浆体稠度及流动度是影响充盈质量的敏感变量。通过对原料进行分批检验与实时调整，可减少生产过程中的性能漂移。灌浆料制备阶段宜采用自动计量与连续搅拌系统，使浆体在整个灌注窗口内保持稳定状态。流动性衰减较快时，可采用延缓剂或改善保水性配比，以保证灌浆在套筒内部形成连续填充。为避免泌水与离析，可强化颗粒级配优化，使浆体在受压与泵送过程中保持均匀分布。施工温度变化较大时，可通过保温覆盖、水化热控制和入模温度调节，使材料性能维持在适宜区间，不因环境扰动而影响硬化过程。

设备与检测体系的匹配程度直接影响防治措施的有效性。灌浆系统的泵送压力、出浆速率与管路密封性需进行调校，使灌浆过程维持稳定流态，减少夹气与回流现象。套筒顶部应设

置可靠的排气与观察部位,使充填过程可视化,便于识别停滞区与渗漏点。完成灌注后,通过超声检测、工业内窥或灌后回弹评估可对内部致密性进行复核,避免隐性缺陷影响最终受力性能。现场管理中,通过建立质量追踪链与节点责任制,使每一环节均可量化、可记录、可追溯,从而使施工控制与防治路径形成稳定闭环,为灌浆套筒连接提供可靠的执行基础。

3 连接质量提升的综合要点与思路凝练

连接质量的提升依赖于对施工全过程的稳定控制,而这一过程需要在材料、设备与工序匹配之间形成协调体系。灌浆套筒在受力路径中扮演着核心传递角色,因此连接面状态、插筋姿态与浆体运动轨迹之间的关系必须保持一致性。在施工组织中,通过建立节点级控制清单,将套筒安装精度、钢筋插入深度、间隙控制与构件姿态稳定性纳入过程核验内容,使影响连接性能的因素在早期得到识别与干预^[3]。灌浆窗口时间、泵送节奏和浆体流速之间的耦合也需要严格监管,使浆体顺利穿过内部流道并占据全部空间,减少因局部滞留导致的空腔效应。在此基础上,通过可视化监测方式记录灌浆状态,使质量风险在现场具备即时反馈能力。

连接的稳定性还取决于材料体系的连续性与环境扰动的控制。灌浆材料的胶凝性能、黏聚性与流变特征决定了其在套筒内部的扩散能力。因此在材料选配阶段需结合构件尺寸、灌浆通道形态以及施工环境确定参数区间,使浆体在压力驱动下保持稳定流态。温度、湿度与风速的变化会干扰水化进程与浆体黏度,因此应在施工现场形成可控环境,使硬化过程在稳定

条件下进行。通过建立材料性能数据库,记录不同批次的流动度、凝结时间与抗压强度,使连接性能的离散性得到抑制,避免出现节点受力不均、早期开裂或承载力不足的情况。灌后养护制度也需形成标准化路径,使早期强度增长过程不受外界影响,从而保持节点性能的持续稳定。

质量提升的关键还在于检测体系与管理机制的互相支撑。传统的外观检查难以发现内部缺陷,为此需要将超声波检测、声发射监测、内窥复核等技术引入质量验证阶段,使灌浆密度、界面结合状态与潜在空洞能够精准呈现。检测结果与施工记录的关联分析,可形成节点质量的评价模型,使隐性风险可追溯、可校正。现场管理结构亦需具备闭环性质,对作业人员培训深度、设备维护周期、材料供应稳定性进行统筹,把随机波动压制在可控范围内。通过将各项控制策略整合为系统化路径,使节点在安装、灌浆、硬化及验收的全过程中保持一致性,从而为装配式混凝土结构提供稳定且可靠的连接性能。

4 结语

灌浆套筒施工的质量控制贯穿装配式混凝土结构的关键环节,各类工序之间的协调度对连接性能具有深刻影响。施工薄弱点的识别、材料与设备的匹配以及检测体系的完善,使节点质量具备稳定基础。多因素耦合下的施工过程需要保持连续性与可控性,使连接区域在受力与耐久性方面形成可靠表现。连贯的技术路径能够使装配式结构在实际工程中展现更高的可靠性,为工程质量提升奠定坚实条件。

参考文献:

- [1] 杨传礼,姚远涛,程倩倩,等.灌浆套筒饱满度检测技术研究[J].工程技术研究,2025,10(23):115-117.
- [2] 张正极,苗娜.装配式混凝土框架梁柱节点结构设计及连接性能数值模拟分析[J].江西建材,2025,(11):100-103.
- [3] 孙元凯.装配式混凝土结构节点高效连接技术应用研究[J].砖瓦,2025,(11):69-71.