

高层建筑混凝土泵送施工常见问题及质量控制对策分析

史 伟

湖北宜翔建设有限公司 湖北 宜昌 443000

【摘 要】：高层建筑混凝土泵送施工因高度高、管线长、施工环境复杂，易出现堵管、离析、强度不足等质量问题，影响工程结构安全与施工效率。通过分析混凝土配合比、泵送设备选型、施工工艺等关键因素，可识别问题产生的根源。采用优化混凝土性能、合理布置泵送管线、强化施工过程管控等措施，能有效解决常见问题，提升泵送施工质量稳定性。此举对保障高层建筑结构强度、减少返工成本、推动施工技术升级具有重要意义。

【关键词】：高层建筑；混凝土泵送；施工问题；质量控制；对策分析

DOI:10.12417/2705-0998.25.15.047

引言

随着高层建筑不断向高空延伸，混凝土泵送施工成为垂直运输的核心技术，其质量直接关系到建筑结构的安全性与耐久性。然而，泵送过程中受材料性能、设备状态、操作工艺等影响，各类质量问题频发，不仅延误工期，还可能留下结构隐患。深入剖析这些问题，探索科学有效的控制对策，成为提升高层建筑施工质量的关键，既能为现场施工提供实操指导，也能推动混凝土泵送技术的优化发展。

1 高层建筑混凝土泵送施工的主要问题

1.1 混凝土性能失衡引发的泵送障碍

混凝土自身性能是决定泵送可行性的核心因素，其和易性、流动性与稳定性的失衡会直接导致泵送困难。坍落度损失过快是常见问题，在长距离输送或高温环境下，混凝土水分蒸发加速，浆体稠度上升，黏聚性降低，易在管线内形成阻滞，增加泵送阻力。离析现象同样频发，当粗骨料级配不合理或砂率偏低时，骨料易与水泥浆体分离，在水平管段或弯头处沉积，逐渐缩小过流断面，最终引发堵管。此外，混凝土初凝时间与泵送周期不匹配会加剧问题，若初凝时间短于实际泵送时长，未及时浇筑的混凝土在管内发生初凝，形成硬化块体，不仅堵塞管线，还需拆解管道清理，严重延误工期。高层建筑混凝土泵送施工受垂直高度大、管线路径复杂、施工荷载多变等因素影响，在材料性能、设备运行、操作工艺等环节易产生各类问题，这些问题相互叠加，不仅影响施工效率，更对混凝土结构质量构成潜在威胁。

1.2 设备与管线配置不当导致的运行故障

泵送设备与管线系统的配置合理性直接影响施工连续性，配置不当易引发机械故障与输送中断。泵机压力参数选择偏差是主要问题，高压泵在低强度混凝土输送中易因压力过高导致管内壁磨损加剧，而低压泵在高扬程输送时则因压力不足出现“堵泵”，无法将混凝土推送至指定高度。管线布置不合理同样关键，垂直管段与水平管段的过渡弯头曲率半径过小，会使混凝土流动时产生剧烈冲击，导致骨料破碎与浆体分离；管线

固定不牢则在泵送压力波动时产生振动，接头处易出现漏浆，既浪费材料又影响压力传导。此外，设备维护不足会加剧故障频率，混凝土泵的液压系统漏油、输送缸磨损等问题未及时检修，会导致泵送效率下降，甚至在施工高峰期突然停机。施工操作的规范性对泵送质量起决定性作用，不规范操作易引发混凝土结构的内在缺陷。布料点控制不当是常见问题，布料管出口与浇筑面落差过大，混凝土下落时因重力冲击产生离析，粗骨料集中堆积，影响结构密实度；布料范围未按分层浇筑要求控制，易导致同一区域混凝土堆积过厚，振捣不及时引发蜂窝、麻面。

1.3 环境因素干扰导致的施工风险

环境条件的波动对混凝土泵送施工构成隐性威胁，易加剧各类问题的发生概率。高温环境下，混凝土水分蒸发速率加快，坍落度损失周期缩短，需频繁调整配合比，若调整不及时则直接引发堵管；低温环境则使混凝土黏度上升，流动性降低，泵送阻力增大，同时水泥水化反应减缓，早期强度发展滞后，影响后续施工衔接。大风天气会干扰高空布料作业，布料管在风力作用下晃动，难以精准定位浇筑区域，增加混凝土洒落与浪费；暴雨天气则导致砂石骨料含水率骤升，若未及时调整混凝土用水量，会因水灰比过大引发离析，同时雨水进入未浇筑的泵管，会稀释管内混凝土浆体，破坏其工作性能。周边环境振动同样不可忽视，邻近施工机械的振动传递至泵送管线，会干扰混凝土的稳定流动，在管线薄弱部位易引发接头松动与漏浆。这些问题的叠加会形成连锁反应，泵送障碍导致施工中断，质量缺陷影响结构安全，环境干扰则加剧问题的复杂性，需通过系统性措施进行源头控制。

2 高层建筑混凝土泵送施工质量控制对策体系构建

2.1 混凝土性能精准调控体系

混凝土性能的精准调控是解决泵送障碍的核心，需建立基于材料特性与泵送需求的适配机制。针对坍落度损失问题，采用新型外加剂复配技术，通过掺入缓凝型减水剂与保塑剂，延长混凝土工作性保持时间，确保在长距离输送或高温环境下仍

能维持适宜流动性。优化骨料级配设计,根据泵送高度与管线长度确定合理的粗骨料最大粒径与砂率,避免因级配间断导致的离析,同时通过矿物掺合料(如粉煤灰、矿粉)改善水泥浆体黏聚性,增强混凝土抗离析能力。建立混凝土初凝时间与泵送周期的匹配机制,根据施工计划调整水泥品种与掺合料用量,使初凝时间略长于预计泵送时长,防止管内混凝土提前硬化。此外,推行混凝土出厂前的工作性检测制度,通过扩展度试验与压力泌水试验验证其泵送适应性,不合格材料严禁入场。高层建筑混凝土泵送施工质量控制对策体系,是针对泵送过程中的材料、设备、操作及环境等多维度问题,构建的“源头管控—过程调控—动态适配”一体化解决方案。该体系通过整合材料优化、设备运维、工艺规范与环境应对等技术手段,实现对泵送施工全流程的精准控制,保障混凝土结构质量与施工效率。

2.2 设备与管线协同管控体系

设备与管线的协同管控需围绕“选型适配—状态监控—维护保障”构建闭环机制。泵机选型采用压力与排量双参数匹配原则,根据泵送高度、管线阻力及混凝土坍落度计算所需工作压力,选择对应型号的混凝土泵,避免因压力不足或过高导致的堵泵与管损。管线布置推行“路径优化—固定强化—接头密封”三位一体方案,垂直管段与水平管段的过渡采用大曲率半径弯头,减少流动阻力与骨料冲击;管线固定采用可调节支架,根据泵送压力等级设置间距,确保在压力波动时不产生剧烈振动;接头处采用双重密封结构(橡胶密封圈+机械卡箍),防止漏浆与压力损失。建立设备状态实时监控系统,通过传感器采集泵机液压系统压力、输送缸行程与速度等参数,当监测值超出正常范围时自动预警,及时排查故障。制定设备定期维护计划,重点检查液压油污染度、输送缸磨损量与S管阀密封性能,确保关键部件处于良好工作状态。施工操作的标准化需将规范要求融入各工序细节,形成“事前交底—过程管控—事后验收”的管理流程。布料作业推行“落差控制—分层布料—实时振捣”联动机制,布料管出口与浇筑面落差控制在规定的范围内,超过限值时采用串筒或溜槽缓冲;按浇筑层厚划分布料区域,每层布料完成后立即振捣,避免堆积过厚引发密实度缺陷。泵管清洗执行“分段冲洗—压力检测—残留物检查”标准流程,施工间歇期先用高压水冲洗管内残留混凝土,再通过砂浆润滑管壁,复工前检查管内是否有硬化块体,确保通畅。

2.3 环境适应性调控体系

环境适应性调控需针对不同气候条件制定差异化应对策略,实现对环境干扰的主动防控。高温环境下推行“材料降温—输送保冷—时段优化”组合措施,骨料堆场搭设遮阳棚,混凝土搅拌时采用冰水拌合,输送管线覆盖隔热层,同时避开正午高温时段施工,减少水分蒸发。低温环境实施“预热保温—加速硬化”方案,砂石骨料预热至规定温度,保证混凝土出机

温度;采用电伴热或覆盖保温材料维持管内混凝土温度,必要时掺入早强型外加剂促进水泥水化,确保早期强度达标。大风与暴雨天气建立预警响应机制,风速达到限值时停止高空布料作业,暴雨前覆盖未浇筑的砂石料堆场,雨后重新检测骨料含水率并调整混凝土配合比;泵管端头设置防雨罩,防止雨水进入管内稀释混凝土。针对周边环境振动,在管线与振动源之间设置减振支座,减少振动传递对混凝土流动稳定性的影响。

3 高层建筑混凝土泵送施工质量控制的应用

3.1 不同结构部位的差异化控制实践

针对高层建筑不同结构部位的泵送需求,需采取差异化控制策略。核心筒与剪力墙施工中,因截面尺寸大、钢筋密集,泵送重点在于防止混凝土堵管与保证密实度。采用小粒径骨料混凝土配合超塑化剂,降低流动阻力;布料管端部连接软管,由人工操控深入钢筋间隙布料,分层厚度控制在规定的范围内,配合插入式振捣棒与附着式振捣器联合振捣,确保钢筋间隙混凝土填充充分。框架柱与梁节点施工时,因结构形式复杂、荷载传递关键,需强化混凝土强度与均匀性控制。采用梁柱节点专用配合比,提高水泥浆体黏聚性;泵送过程中在节点区域设置临时观察口,实时检查混凝土浇筑状态,避免因气泡聚集形成蜂窝,振捣时遵循“快插慢拔”原则,确保振捣半径覆盖节点全部区域。楼板与屋面板施工则聚焦平整度与裂缝控制,泵送时采用布料机均匀布料,按“分块跳仓”顺序浇筑,振捣后及时用平板振捣器二次整平,初凝前完成抹面收光,减少表面收缩裂缝。高层建筑混凝土泵送施工质量控制的应用,需将质量控制对策体系转化为具体工程场景的操作方案,通过针对性技术落地与管理措施,解决不同施工阶段的实际问题,确保泵送质量与结构安全。应用实践需立足工程特性,实现技术标准与现场条件的动态适配。

3.2 全流程质量追溯与动态调整实践

全流程质量追溯系统是保障控制措施落地的关键,需构建“数据采集—分析反馈—措施优化”的闭环机制。在混凝土生产环节,通过物联网技术关联原材料进场检测报告与配合比参数,生成唯一追溯码,随混凝土运输至现场,卸料前扫码核验材料合规性。泵送施工过程中,采用智能传感器实时采集泵机工作压力、管线振动频率、混凝土坍落度损失速率等数据,传输至管理平台形成动态曲线,当压力突增或坍落度损失异常时,自动推送预警信息,技术人员结合现场情况调整泵送速度或补充外加剂。浇筑完成后,同步记录施工班组、振捣时间、养护措施等信息,与结构实体检测数据关联存档,形成从材料到成型的完整质量档案。基于历史数据建立问题分析模型,识别高频质量风险点(如某楼层标高的堵管频发段),针对性优化后续施工的管线布置或混凝土配合比,实现控制措施的持续迭代。应急处置能力是应对突发问题的保障,需建立标准化预

案与多专业协同机制。针对堵管事故，制定“定位—清堵—恢复”三步处置流程：通过泵机压力变化与管线敲击声定位堵管位置，采用高压水冲洗或机械疏通方式清除堵塞物，恢复泵送前先注入润滑砂浆验证管线通畅。对于混凝土离析问题，现场配备流动度调整设备，根据检测结果精准添加外加剂，重新搅拌至符合要求后方可继续泵送。

3.3 技术创新与传统工艺融合实践

技术创新与传统工艺的融合可提升质量控制效能，需在实践中探索适用方案。推广应用自愈合混凝土技术，在高风险部位的混凝土中掺入微生物菌剂，当裂缝产生时通过菌剂代谢产物填充缝隙，提高结构耐久性。采用 BIM 技术进行泵送管线虚拟预布置，模拟不同路径下的混凝土流动阻力与压力分布，优化弯头数量与位置，减少现场返工。同时，保留传统工艺中的有效做法，如人工布料时的“赶浆法”确保钢筋间隙填充，振捣后的“二次复振”强化密实度，通过“新技术提质+老工艺保稳”的组合模式，实现质量控制的双重保障。

通过上述实践应用，可将质量控制对策体系转化为工程实

效，既解决了不同结构部位的个性化难题，又通过全流程管理与应急机制应对了不确定性，为高层建筑混凝土泵送施工质量提供了可操作、可追溯的落地路径。多专业协同管理方面，建立施工、监理、搅拌站三方联动机制，浇筑前召开技术交底会，明确各环节质量责任；施工中通过微信群实时共享泵送数据与现场影像，监理人员旁站监督关键工序，搅拌站根据现场反馈动态调整混凝土出站参数。针对复杂工况（如超高层转换层施工），组织专家现场值守，结合实时监测数据制定专项保障措施，确保泵送过程万无一失。

4 结语

高层建筑混凝土泵送施工质量控制需融合技术创新与实践经验，通过材料优化、设备管控、工艺规范及全流程追溯，系统解决泵送难题。上述对策体系与实践应用，有效提升了施工质量稳定性，保障了结构安全。未来应持续深化技术融合，强化多专业协同，完善应急机制，推动混凝土泵送施工向更高效、更可靠的方向发展，为高层建筑工程的安全高效施工提供更有力的保障。

参考文献：

- [1] 王铁梦,顾祥林.混凝土泵送施工技术与质量控制[J].建筑结构学报,2023,44(5):78-85.
- [2] 吴学敏,李秋义.高层建筑混凝土泵送堵管原因分析及预防措施[J].施工技术,2024,53(2):34-39.
- [3] 刘加平,田倩.高性能混凝土在超高层建筑泵送施工中的应用研究[J].土木工程学报,2023,56(7):56-63.
- [4] 赵顺增,王玲.混凝土泵送施工全过程质量追溯系统构建与应用[J].建筑材料学报,2024,27(1):98-104.
- [5] 丁威,朋改非.BIM 技术在高层建筑混凝土泵送管线优化中的实践[J].施工技术,2023,52(11):67-72.