

# 高层建筑混凝土施工技术要点及质量控制研究

曹蕊

新疆北方建设集团有限公司 新疆 奎屯 833200

**【摘要】**：高层建筑混凝土施工具有结构荷载大、施工高度高、工序衔接复杂、质量风险集中的特点，对施工技术与质量控制提出了更高要求。围绕混凝土材料选择、配合比设计、泵送浇筑、振捣密实、温度裂缝控制及养护管理等关键内容进行分析，明确施工过程中常见质量问题及控制措施，提出以全过程管理为核心的质量控制路径，为提升高层建筑主体结构安全性、耐久性和施工质量提供参考。

**【关键词】**：高层建筑；混凝土施工；施工技术；质量控制；裂缝防治

DOI:10.12417/2705-0998.26.08.084

## 1 高层建筑混凝土施工质量管控的基础条件

### 1.1 结构高度对混凝土性能的要求

高层建筑竖向荷载集中，核心筒、剪力墙、框架柱等受力构件对混凝土强度等级、弹性模量、抗渗性能和体积稳定性均有较高要求。施工高度增加后，混凝土要满足结构承载需求，还要适应长距离泵送过程中的压力变化、坍落度损失和离析风险。若混凝土黏聚性不足，泵送过程中容易出现堵管、泌水和骨料下沉，影响构件截面密实度；若水胶比控制不当，则可能导致早期强度发展缓慢或后期收缩变形加剧。高层结构底部构件通常承受更大轴压，混凝土配合比设计需兼顾高强度与良好施工性能，避免单纯提高水泥用量造成水化热集中。转换层、大体积墙柱节点及梁柱交接区受力集中，钢筋布置密集，混凝土浇筑空间受限，容易出现振捣不充分、局部离析和温度应力集聚等问题。施工中应根据构件截面尺寸和受力特点优化混凝土性能，控制水胶比和水化热，增强抗裂能力。对于外露或潮湿环境部位，还需提高抗冻性与抗碳化性能，保证钢筋保护层厚度和密实度，减少氯离子、二氧化碳及水分侵入，使结构在长期荷载和环境作用下保持稳定。

### 1.2 施工环境对浇筑成型的影响

高层建筑混凝土浇筑受气温、湿度、风速、楼层高度、作业面空间和运输时间等因素共同影响。夏季高温条件下，混凝土水分蒸发速度加快，坍落度损失明显，入模后表层易形成塑性收缩裂缝；低温环境下，水泥水化反应减缓，早期强度增长不足，模板拆除和后续施工进度受到限制<sup>[1]</sup>。高空作业面风速较大，楼层边缘、屋面结构和外墙节点部位更容易出现表面失水问题，若未及时覆盖保湿，混凝土表层密实度和耐久性会受到削弱。泵送高度增加还会造成输送压力波动，对混凝土流动性、砂率和外加剂适应性提出更高要求。复杂作业环境中，钢筋密集区、预留洞口周边、剪力墙暗柱和楼梯节点等部位振捣空间有限，混凝土不易充分填充，容易产生蜂窝、孔洞和夹渣。施工组织需结合环境条件合理安排浇筑时间、运输节奏和养护方式，保证混凝土从拌合、输送到成型过程保持稳定状态。

### 1.3 全过程质量管理的实施基础

高层建筑混凝土质量管理应贯穿材料进场、试验检测、配合比确认、现场浇筑、养护保护和实体验收等环节。原材料控制是质量管理的基础，水泥、砂石、矿物掺合料和外加剂需经过批次检验，重点核查强度、含泥量、级配、氯离子含量和相容性，防止材料波动影响混凝土性能。配合比管理应结合设计强度、泵送距离、结构部位和季节条件进行动态调整，试拌结果需满足坍落度、扩展度、凝结时间和抗压强度要求。浇筑阶段应明确分层厚度、下料高度、振捣间距和振捣时间，避免漏振、过振及施工冷缝。养护管理需根据构件类型选择洒水、覆盖、喷膜或保温措施，保证早期水化条件稳定。实体质量检验应结合试块强度、回弹检测、钢筋保护层厚度、外观缺陷检查和裂缝观测结果进行综合判断。各环节记录资料应完整留存，使施工过程能够追溯、问题能够定位、整改措施能够闭合。

## 2 高层建筑混凝土施工中的主要质量缺陷

### 2.1 原材料与配合比控制不严

高层建筑混凝土施工中，原材料质量波动会直接影响拌合物性能和结构实体质量。砂石含泥量偏高、颗粒级配不连续、粗骨料针片状含量过大时，混凝土拌合物黏聚性和密实性容易下降，浇筑后可能出现泌水、离析和强度离散等问题。水泥品种、矿物掺合料活性及外加剂适应性若未经过充分验证，容易造成凝结时间异常、坍落度保持性不足或早期强度发展不稳定。配合比控制不严还表现为现场随意加水、砂率调整缺乏依据、外加剂掺量控制不准等情况。高层建筑泵送距离长、构件钢筋密集，对混凝土流动性、保水性和抗离析能力要求较高，若配合比仅满足强度指标，而忽视泵送性能和施工环境变化，混凝土入模后难以均匀填充模板空间。材料进场复检、试拌验证和施工过程抽检不到位，会使质量问题在浇筑阶段集中暴露，增加结构缺陷修补和后期耐久性风险。

### 2.2 浇筑振捣与养护管理不足

混凝土浇筑振捣质量不足，常见于分层厚度控制不当、下料位置安排不合理、振捣时间过短或振捣棒插入深度不够等环

节。高层建筑墙柱、梁板节点、楼梯平台及剪力墙端部钢筋布置密集,混凝土流动路径受到限制,若下料点过于集中,局部区域容易形成空隙、夹渣和蜂窝。振捣操作过弱会导致气泡无法充分排出,振捣过强又可能引起骨料下沉和浆体上浮,影响截面均匀性<sup>[2]</sup>。浇筑间歇时间控制不当,还可能在上下层混凝土之间形成施工冷缝,削弱结构整体性。养护管理不足主要体现在覆盖保湿不及时、洒水频次不足、拆模时间过早和保温措施不到位。混凝土早期水化需要稳定的湿度与温度条件,若表面失水过快,楼板、外墙和洞口边缘等部位容易出现细小裂纹。养护责任划分不清、现场巡查记录缺失,会使早期缺陷难以及时发现,影响混凝土强度增长和表观质量。

### 2.3 温度裂缝与结构耐久性隐患

高层建筑混凝土构件在水泥水化、环境温差和约束作用共同影响下,容易产生温度裂缝。转换层、大截面梁、厚墙、核心筒底部等部位混凝土体积较大,内部水化热释放集中,内外温差扩大后会形成拉应力,当拉应力超过混凝土早期抗拉强度时,裂缝便会出现。薄板、外墙和屋面结构虽然截面较小,但受日照、风干和昼夜温差影响明显,表面收缩变形较快,也容易形成贯通性或网状裂纹。裂缝一旦未得到有效控制,雨水、二氧化碳、氯离子等介质会沿裂缝进入混凝土内部,加快钢筋锈蚀和保护层劣化。钢筋锈胀后又推动裂缝继续扩展,降低构件承载性能和耐久性。温控措施不足、入模温度偏高、养护方式单一、后浇带处理不规范等因素,都会放大裂缝风险。对于长期承受竖向荷载和水平荷载的高层结构而言,裂缝影响外观质量,还会削弱结构防水、抗渗和耐久性能。

## 3 高层建筑混凝土施工技术的优化路径

### 3.1 加强材料检测与配合比设计

材料检测应从进场验收、复检取样、性能比对和使用跟踪等环节同步展开。水泥需重点检查强度等级、安定性、凝结时间和出厂批次,避免不同厂家、不同批号材料混用后造成性能波动。砂石材料应检测含泥量、泥块含量、颗粒级配、压碎指标和针片状颗粒含量,保证骨料能够形成稳定的骨架结构。矿物掺合料需关注细度、需水量比和活性指数,外加剂则应通过相容性试验明确减水率、保坍效果和凝结调节能力。配合比设计不能只围绕强度指标展开,还应结合泵送高度、构件截面尺寸、钢筋密集程度和施工季节进行综合控制。高层建筑混凝土可优化水胶比、砂率、浆骨比和外加剂掺量,提升拌合物的流动性、黏聚性和抗离析能力。试配阶段应设置不同坍落度保持时间和强度发展指标,对30min、60min、90min后的工作性能进行检测,使混凝土能够适应运输、等待和泵送过程。施工过程中应建立配合比调整审批制度,严禁现场随意加水,遇到气温变化、材料含水率变化或泵送压力异常时,应由试验人员根据检测结果进行修正,保证材料性能与施工需求相匹配。

### 3.2 规范泵送浇筑与振捣工艺

泵送浇筑工艺应根据建筑高度、输送距离、结构分区和浇筑顺序进行组织。泵管布置需尽量减少急弯、长距离水平管和高差突变部位,管道连接处应密封牢固,浇筑前可采用同配比砂浆或润管材料进行预润滑,降低堵管和离析风险。混凝土入泵前应检测坍落度、扩展度和和易性,发现明显泌水、离析或坍落度损失过大时,不宜直接进入模使用。浇筑过程中应控制下料高度和分层厚度,墙柱类构件可采用分层连续浇筑方式,使上下层混凝土在初凝前充分结合;梁板结构应按照浇筑带顺序推进,避免局部堆料造成模板变形或钢筋位移<sup>[3]</sup>。振捣作业应结合构件类型选择插入式、平板式或附着式设备,插入式振捣棒应快插慢拔,插点间距保持均匀,并深入下层混凝土一定深度,增强层间结合效果。钢筋密集区域、预埋件周边、洞口边缘和梁柱节点处应适当加密振捣点位,防止形成空洞和夹渣。振捣时间应以混凝土表面泛浆、不再明显下沉、无大量气泡逸出为判断依据,避免过振导致粗骨料下沉。浇筑班组、泵送人员和质量检查人员应保持现场联动,对浇筑速度、模板支撑、钢筋保护层和预埋件位置进行同步观察。

### 3.3 完善温控养护与质量验收机制

温控养护应根据构件厚度、环境温度、水泥用量和施工季节确定具体措施。大截面墙柱、转换层梁板和核心筒底部构件可在浇筑前测算水化热变化趋势,合理控制混凝土入模温度,并通过分层浇筑、降低胶凝材料用量、掺加矿物掺合料和设置测温点等方式减少内外温差。高温季节可采取骨料遮阳、拌合水降温、夜间浇筑和及时覆盖保湿等措施,降低表面水分蒸发速度;低温季节则应加强模板保温、蓄热养护和早期防冻管理,防止混凝土受冻后强度发展受损。养护方式应结合构件位置进行差异化安排,楼板可采用覆盖薄膜、土工布洒水和蓄水养护,墙柱可采用包裹保温材料或喷涂养护剂,边角、洞口和外露面应增加养护频次。质量验收机制应覆盖外观检查、尺寸偏差、强度评定、裂缝观测、钢筋保护层检测和实体回弹检测等内容。对于蜂窝、麻面、露筋、孔洞和裂缝等缺陷,应按部位、面积、深度和成因分类处理,形成检查记录、整改方案和复验结果。施工资料应与现场实体同步对应,试块留置、测温记录、养护记录、隐蔽验收和检验批资料均需完整归档,使质量验收能够反映混凝土施工全过程控制情况。

## 4 高层建筑混凝土质量控制的工程化应用

### 4.1 全过程管控在主体结构施工中的运用

主体结构施工中的全过程管控,应围绕施工准备、技术交底、过程检查和质量复核形成闭合管理链条。施工准备阶段需要结合楼层高度、构件类型、混凝土强度等级和浇筑方量编制专项施工方案,明确泵送设备布置、浇筑路线、施工缝留设、人员分工和应急处理要求。技术交底应落实到班组层面,使操

作人员掌握不同结构部位的下料方式、振捣范围、模板保护和钢筋保护层控制要点。施工过程中,质量管理人员需对混凝土进场时间、坍落度状态、入模温度、浇筑速度和模板支撑变化进行连续检查,防止运输等待时间过长或现场组织不协调造成质量波动。对于核心筒、剪力墙、框架柱和梁板交接部位,应将钢筋定位、预埋件固定、模板拼缝和混凝土密实度作为重点检查内容。浇筑完成后,应及时开展外观检查、轴线尺寸复核和成品保护,发现麻面、局部漏浆、边角破损等问题需按照缺陷等级进行处理。全过程管控的关键在于将材料、工艺、人员和验收要求贯穿到每一道施工工序,避免质量控制停留在完工后的被动检查。

#### 4.2 裂缝防治措施在关键部位中的落实

高层建筑关键部位裂缝防治应结合结构受力特点和施工约束条件进行针对性布置。转换层梁板、地下室外墙、核心筒墙体、楼板洞口周边和施工缝附近,是裂缝较易集中的区域。转换层构件截面大、钢筋密、混凝土浇筑量大,施工时应控制入模温度和浇筑间隔,并设置合理的分层厚度,减少内部热量积聚和收缩约束。地下室外墙受水压和温湿度变化影响明显,防治重点应放在止水带安装、后浇带处理、穿墙管封堵和防水混凝土密实成型。楼板洞口、管线集中区和阴阳角位置容易出现应力集中,可加强构造钢筋、控制开洞边缘振捣质量和延长保湿养护时间降低裂缝风险<sup>[4-5]</sup>。施工缝处理应在新旧混凝土结合面凿毛、清理、湿润和铺浆后进行,保证界面结合强度。对于已经出现的裂缝,应根据宽度、深度、走向和是否贯通进行分类处置,表面细裂缝可采用封闭处理,影响防水或耐久性的裂缝需采用压力灌浆或结构补强措施。裂缝防治不能依赖单一

#### 参考文献:

- [1] 刘凤阳.高层建筑混凝土施工工艺与防水隔热施工处理技术措施研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(33):140-142.
- [2] 洪雅彬.高层住宅项目施工阶段质量管理新模式探索[J].中华民居,2025,18(11):154-156.
- [3] 杜建忠.高层建筑混凝土施工工艺[J].大众标准化,2025,(11):85-87.
- [4] 张浩,毛卫民,石志鹏,等.高层建筑混凝土材料浪费原因分析及控制措施[J].工程建设与设计,2025,(10):231-233.
- [5] 邵彬彬.浅析高层房屋建筑工程技术的实践路径[J].散装水泥,2025,(2):97-99.

措施,而应在设计构造、施工操作和后期养护中同步落实。

#### 4.3 数字化监测在质量提升中的发展方向

数字化监测正在推动高层建筑混凝土质量控制由人工巡查向数据化管理转变。混凝土施工过程中,可通过传感器采集温度、湿度、应变、泵送压力和养护环境数据,形成对关键构件的连续监测。大体构构件内部布设测温点后,能够实时掌握中心温度、表面温度和降温速率,为调整覆盖保温、洒水养护和拆模时间提供依据。泵送系统可记录泵压变化、输送速度和停泵时间,辅助判断混凝土流动状态及堵管风险。BIM技术可将结构模型、施工进度、材料信息和质量检查记录进行关联,便于在模型中定位质量问题和追踪整改过程。移动端质量巡检系统能够记录现场照片、检查部位、责任班组和处理结果,减少纸质资料滞后、信息分散和问题闭合不及时等情况。对于超高层或施工周期较长的项目,还可结合物联网平台对养护条件、裂缝变化和强度发展进行动态分析。数字化监测的应用重点不在于单纯增加设备,而在于将采集数据转化为施工决策依据,使混凝土质量控制更加精准、连续和可追溯。

#### 5 结语

高层建筑混凝土施工质量受材料性能、配合比设计、泵送浇筑、振捣密实、温控养护及验收管理等多因素影响。围绕全过程质量管控建立系统化施工机制,能够减少蜂窝、麻面、裂缝和强度不足等质量缺陷。强化材料检测、规范施工工艺、落实温控养护和引入数字化监测,可提升主体结构安全性、耐久性和施工管理水平,为高层建筑混凝土工程质量提升提供有效支撑。