

# 建筑工程中混凝土施工质量控制策略研究

胡 益

中国电子系统工程第四建设有限公司 河北 石家庄 050080

**摘要：**建筑工程中混凝土施工质量控制是确保结构安全与耐久性的核心环节。研究需从原材料质量严控、配合比科学设计、施工工艺规范操作及环境适应性养护入手，构建全流程质量管控体系。通过信息化技术实时监测坍落度、温度等关键参数，结合大数据分析实现风险预警，可有效降低质量缺陷发生率。同时，完善质量追溯机制与责任追究制度，推动绿色低碳技术应用，是提升混凝土施工质量的关键策略。

**关键词：**建筑工程；混凝土施工；质量控制策略

引言：建筑工程中，混凝土作为核心结构材料，其施工质量直接影响工程安全性、耐久性与经济性。然而，受原材料波动、配合比设计偏差、施工工艺不规范及环境因素干扰，混凝土质量缺陷频发，如开裂、强度不足等，严重威胁结构安全。当前，传统管控模式存在滞后性，难以适应复杂工程需求。因此，系统研究混凝土施工质量控制策略，融合信息化、智能化技术，构建全流程动态管理体系，成为提升工程质量、推动行业可持续发展的关键课题。

## 1 建筑工程中混凝土施工质量影响因素分析

### 1.1 原材料质量影响

(1) 水泥需满足强度等级、安定性等核心指标，检测标准参照GB175-2007，进场需核查出厂合格证与复检报告；骨料应控制含泥量（砂 $\leq 3\%$ 、碎石 $\leq 1\%$ ）、颗粒级配，符合JGJ52-2006规范；外加剂需匹配水泥类型，检测减水率、凝结时间等参数，遵循GB8076-2017要求。

(2) 原材料不合格易引发系列问题：水泥强度不足导致混凝土抗压强度不达标，骨料含泥量超标降低界面粘结力，外加剂选型不当会造成凝结异常，最终引发结构开裂、耐久性下降等质量隐患。

### 1.2 配合比设计关键点

(1) 水灰比直接影响混凝土强度与耐久性，比值增大易导致孔隙率上升；砂率需适配骨料级配，过高会增加水泥用量，过低则影响和易性。二者需根据工程强度等级、施工环境精准调整。(2) 配合比优化可采用正交试验法，通过调整水灰比、砂率及外加剂掺量实现性能提升。某桥梁工程通过将水灰比从0.55优化至0.48，砂率调整为38%，混凝土7d强度提高23%，开裂风险显著降低<sup>[1]</sup>。

### 1.3 施工工艺与操作规范

(1) 搅拌需保证骨料均匀分散，搅拌时间不少于90s；运输过程避免离析，初凝前完成浇筑；振捣采用

插入式振捣器，振捣至表面泛浆无气泡，严防漏振、过振；浇筑应分层进行，每层厚度控制在300-500mm。(2) 施工设备性能直接影响质量，强制式搅拌机搅拌均匀性优于自落式，高频振捣器可减少内部孔隙；机械化水平提升能降低人为误差，全自动配料系统可将配合比偏差控制在 $\pm 2\%$ 以内。

### 1.4 环境与养护条件

(1) 温度高于35℃易导致水分快速蒸发，引发表面开裂；低于5℃会延缓水化反应，强度增长缓慢；相对湿度低于60%时，混凝土表面失水过快，影响结构致密性。

(2) 养护制度缺陷危害突出：养护不及时会导致表面碳化深度增加，强度下降；养护周期不足（低于7d）会使收缩裂缝增多，某住宅楼因养护仅4d，墙面出现大量不规则微裂缝，耐久性大幅降低。规范养护应保证养护期不少于14d，采用覆盖保湿材料或洒水养护<sup>[2]</sup>。

### 1.5 人员管理与监督机制

(1) 施工人员需具备相应技能资质，熟练掌握操作规范；质量意识薄弱易引发违规操作，如随意加水调整坍落度、振捣不规范等，直接影响施工质量。(2) 现场需建立健全质量责任制，明确各岗位职责，落实“三检制”（自检、互检、交接检）；加强过程监督，重点核查原材料进场、配合比执行、养护落实等关键环节，确保质量管控全覆盖。

## 2 建筑工程混凝土施工质量控制策略体系构建

### 2.1 事前控制策略

(1) 建立原材料质量检验与准入制度，实行“源头管控+进场复检”双把关。优先选择长期合作的合格供应商，签订含质量标准条款的采购合同；原材料进场时，需核查水泥出厂合格证、骨料检测报告等证明文件，按规范批量抽检（水泥每200t为一批，骨料每400m<sup>3</sup>为一批），检测项目涵盖水泥强度、安定性，骨料含泥量、

颗粒级配等，不合格材料一律清退出场，严禁流入施工环节。（2）强化配合比设计的科学性与合规性审查。由具备资质的实验室根据工程结构类型、强度等级、环境条件（如抗渗、抗冻要求）设计配合比，采用正交试验法优化水灰比、砂率等参数；审查时需核对配合比是否符合GB50204-2015《混凝土结构工程施工质量验收规范》，重点检查水泥用量、外加剂掺量是否满足性能需求，对特殊工程（如大体积混凝土）的配合比，需组织专家论证，确保设计方案兼具安全性与经济性<sup>[3]</sup>。（3）做好施工方案的技术交底与人员培训。施工前编制专项混凝土施工方案，明确搅拌、运输、浇筑、养护等环节的技术参数与操作流程；通过会议宣讲、现场演示等方式进行技术交底，确保施工班组掌握关键工序要求；对操作人员开展岗前培训，内容包括设备使用、质量标准、应急处理等，考核合格后方可上岗，提升人员专业能力与质量意识。

## 2.2 事中控制策略

（1）动态监测混凝土坍落度、入模温度等关键参数。在混凝土搅拌站与施工现场分别设置检测点，每批次混凝土至少检测2次坍落度，偏差超过 $\pm 20\text{mm}$ 时及时调整配合比；采用温度计实时监测入模温度，夏季高于 $35^\circ\text{C}$ 时采取遮阳、洒水降温措施，冬季低于 $5^\circ\text{C}$ 时通过加热骨料、热水搅拌等方式升温，确保入模温度控制在 $5\text{-}35^\circ\text{C}$ 范围内，避免温度波动影响混凝土性能。（2）加强关键工序的实时监控与调整。浇筑环节采用分层浇筑法，每层厚度严格控制在 $300\text{-}500\text{mm}$ ，使用标尺杆实时测量，防止分层过厚导致振捣不密实；振捣时采用插入式振捣器，振捣时间控制在 $20\text{-}30\text{s}$ ，以表面泛浆、无气泡逸出为宜，安排专人监督振捣位置与时间，避免漏振、过振；运输过程中跟踪混凝土运输时间，从搅拌完成到入模不得超过 $120\text{min}$ （夏季缩短至 $90\text{min}$ ），超时混凝土严禁使用，确保工序质量符合规范要求。（3）推广应用信息化施工技术。在混凝土运输罐车安装GPS定位系统，实时监控运输路线与时间，优化调度效率；在施工现场布设物联网传感器，实时采集混凝土温度、湿度、应变等数据，通过云端平台分析数据趋势，及时预警质量风险；利用BIM模型模拟混凝土浇筑过程，提前排查施工冲突，指导现场施工，同时将施工数据与BIM模型关联，实现施工过程可视化管理，提升质量管控精准度<sup>[4]</sup>。

## 2.3 事后控制策略

（1）采用科学的成品质量检测方法。混凝土浇筑时，按规范同步制作试块， $28\text{d}$ 后进行抗压强度试验，每组试块代表的混凝土量不超过 $100\text{m}^3$ ；若试验结果不

合格，需分析原因并采取返工、补强等处理措施。对重要结构构件采用无损检测技术，如超声波检测内部密实度、回弹法检测表面强度，结合钻芯取样验证检测结果，全面评估混凝土实体质量，确保结构安全性能达标。（2）完善质量缺陷修复技术与预防措施。针对表面裂缝，宽度小于 $0.2\text{mm}$ 时采用环氧树脂浆液封闭，宽度大于 $0.2\text{mm}$ 时采用压力注浆法修复；对于强度不足区域，根据缺陷程度采用外包混凝土、粘贴碳纤维布等加固技术；同时分析缺陷产生原因，如因养护不当导致的裂缝，需优化养护制度，延长养护周期至 $14\text{d}$ 以上，加强养护过程监督，从根源上减少缺陷重复出现。（3）建立质量追溯与责任追究机制。制定混凝土施工质量追溯制度，记录原材料供应商、配合比编号、施工班组、检测结果等信息，形成完整的质量档案，一旦发现质量问题，可快速追溯责任环节与责任人；明确责任追究标准，对因违规操作、监督不力导致质量事故的单位或个人，依据情节轻重采取罚款、停工整改、信用扣分等处罚措施，强化责任落实，杜绝质量隐患<sup>[5]</sup>。

## 2.4 全过程质量管理体系

（1）将PDCA循环应用于混凝土施工质量管理。计划阶段（P）：结合工程需求制定质量目标与管控计划，明确各环节质量标准与责任人；执行阶段（D）：按照计划组织施工，落实事前、事中、事后控制措施，记录施工过程数据；检查阶段（C）：定期开展质量检查，对比实际结果与计划目标，分析偏差原因；处理阶段（A）：总结成功经验并标准化，针对问题制定改进措施，纳入下一轮PDCA循环，持续优化质量管理流程，提升整体管控水平。（2）开展质量风险评估与应急预案制定。施工前组织专家对混凝土施工过程中的风险进行识别，如原材料供应中断、极端天气影响、设备故障等，采用风险矩阵法评估风险等级，确定高风险环节；针对高风险事件制定应急预案，如原材料短缺时储备备用供应商，暴雨天气时准备防雨棚、排水设备，设备故障时配备备用振捣器、搅拌机等，明确应急响应流程与责任人，定期组织应急演练，确保突发情况下能快速处置，减少质量事故损失。

## 3 建筑工程中混凝土施工质量控制技术发展趋势

### 3.1 新材料与新技术应用

（1）高性能混凝土、自修复混凝土等新型材料成为质量提升核心方向。高性能混凝土通过优化骨料级配、掺入矿物掺合料（如粉煤灰、硅灰），实现抗压强度 $\geq 60\text{MPa}$ 、抗渗等级 $\geq \text{P}12$ ，且具有优异的抗冻、抗碳化性能，能适应海洋、严寒等复杂环境，减少后期质量隐

患；自修复混凝土则通过内置微生物孢子或胶囊型修复剂，当结构出现微裂缝（宽度  $\leq 0.3\text{mm}$ ）时，修复剂释放并与混凝土成分反应生成碳酸钙，自动填充裂缝，某地铁工程应用后，裂缝修复率达85%以上，大幅延长结构使用寿命。（2）3D打印混凝土施工技术展现出巨大应用潜力。该技术采用特种打印混凝土（流动性好、早期强度高），通过数控设备按设计模型分层打印，无需模板支撑，可精准控制混凝土用量与浇筑形态，减少人为操作误差；目前已在小型构件（如检查井、装饰构件）中实现应用，未来随着打印设备功率提升与材料性能优化，有望应用于大型框架结构，实现复杂造型混凝土构件的高质量、高效率施工，同时通过数字化控制，确保每一层混凝土的密实度与强度均匀性。

### 3.2 智能化与数字化管理

（1）大数据、人工智能推动质量预测从“事后检测”向“事前预警”转变。通过收集历史施工数据（原材料参数、配合比、环境条件、质量检测结果），构建大数据分析模型，可精准预测混凝土强度发展趋势与潜在质量风险；人工智能算法（如神经网络、随机森林）能自动识别关键影响因素，某项目应用后，混凝土强度预测准确率达92%，提前发现配合比不当、养护不足等问题，避免质量事故发生。（2）智能监控系统实现质量管控的实时反馈与决策支持。系统整合物联网传感器（温度、湿度、应变传感器）、高清摄像头与边缘计算设备，实时采集混凝土施工全过程数据，通过云端平台分析处理后，以可视化图表形式呈现质量状态；当坍落度偏差超过阈值、振捣时间不足时，系统自动推送预警信息至管理人员终端，并给出调整建议（如调整外加剂掺量、延长振捣时间），实现“发现问题-分析问题-解决问题”的闭环管理，提升质量管控效率。

### 3.3 绿色施工与可持续发展

（1）低碳混凝土配合比设计成为行业发展主流。通过减少水泥用量（每立方米混凝土水泥用量降低50-80kg），增加工业固废掺合料（如钢渣、矿渣）替代

比例（最高达40%），并采用低碳外加剂（如新型聚羧酸减水剂），可使混凝土碳排放降低20%-30%；同时通过优化水灰比与骨料级配，确保低碳混凝土仍满足强度与耐久性要求，某绿色建筑项目应用后，混凝土28d强度达C50，碳排放较传统混凝土减少25%。（2）废弃混凝土再生利用技术助力资源循环。通过破碎、筛分、清洗等工艺，将废弃混凝土加工成再生骨料（粒径5-31.5mm），替代30%-50%天然骨料用于混凝土制备；同时研发再生骨料改性技术（如表面涂覆水泥浆、掺入活性矿物掺合料），改善再生骨料界面粘结性能，确保再生混凝土强度达C30-C40，可用于道路基层、小型构件及非承重结构，某拆迁改造项目应用后，废弃混凝土利用率达80%，减少天然骨料开采量约1.2万立方米。

### 结束语

建筑工程中混凝土施工质量控制是保障结构安全与耐久性的基石。本研究通过系统分析原材料、配合比、施工工艺及环境等关键因素，提出了事前预防、事中监控、事后修复的全流程管控策略，并结合信息化、智能化技术实现动态质量预警。实践表明，科学的质量管理体系与技术创新可显著降低质量风险。未来，需进一步推动绿色低碳材料与数字化管理深度融合，为行业高质量发展提供可持续支撑。

### 参考文献

- [1]冯遥,强裔.建筑工程中混凝土结构的施工质量控制[J].砖瓦,2023,(11):116-118.
- [2]成城.房屋建筑工程中混凝土施工质量控制[J].中国住宅设施,2023,(02):133-135.
- [3]卞学春.建筑工程混凝土施工质量控制策略探析[J].城市建筑空间,2022,29(S2):434-435.
- [4]张珂,黄宁宁.清水混凝土施工技术在建筑装饰中的应用[J].居舍,2025,(25):66-68.
- [5]何宝权.房建工程混凝土建筑结构模板施工技术研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(14):28-30.