

高层建筑混凝土施工技术优化与质量控制

王沿娣

武汉市汉阳市政建设集团有限公司，湖北 武汉 430000

DOI:10.61369/ETQM.2025120040

摘要：高层建筑混凝土施工以高空作业、大体积浇筑、多专业交叉为核心特征，面临温控防裂难、高空浇筑易离析、养护效果差等突出难点，易引发裂缝、强度不足、外观缺陷等质量问题。为保障工程质量，本文从施工全流程出发，系统探讨技术优化与质量控制路径，前期通过优选低水化热原材料、优化混凝土配合比、完善专项施工方案与技术交底，筑牢质量基础；施工过程中聚焦模板、钢筋、混凝土浇筑等关键工序，针对性优化支撑体系、连接工艺、浇筑养护措施，尤其强化大体积混凝土“内散外保+动态监测”的温控技术；同时构建“事前预判、事中管控、事后追溯”的全过程质量控制体系，明确各方职责、强化试验检测与隐蔽工程验收。研究旨在通过全链条技术优化与闭环管控，解决高层建筑混凝土施工的核心技术难题，防范质量隐患，提升工程结构的安全性、稳定性与耐久性。

关键词：高层建筑；混凝土施工；技术优化；质量控制

Optimization of Concrete Construction Technology and Quality Control for High-rise Buildings

Wang Yandi

Wuhan Hanyang Municipal Construction Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430000

Abstract : Concrete construction in high-rise buildings is characterized by high-altitude operations, large-volume pouring, and multi-disciplinary intersections, presenting prominent challenges such as difficulties in temperature control and crack prevention, segregation during high-altitude pouring, and poor curing effects, which can easily lead to quality issues like cracks, insufficient strength, and appearance defects. To ensure project quality, this article systematically explores paths for technological optimization and quality control throughout the entire construction process. In the preliminary stage, quality foundations are strengthened by selecting raw materials with low hydration heat, optimizing concrete mix proportions, and improving specialized construction plans and technical disclosures. During construction, key processes such as formwork, reinforcement, and concrete pouring are focused on, with targeted optimizations of support systems, connection techniques, and pouring and curing measures, particularly enhancing temperature control technologies for large-volume concrete through "internal dispersion and external insulation + dynamic monitoring." Simultaneously, a comprehensive quality control system is established, featuring "pre-event prediction, in-process control, and post-event traceability," clarifying responsibilities of all parties and strengthening testing and inspection as well as acceptance of concealed works. The study aims to address core technical challenges in concrete construction for high-rise buildings through full-chain technological optimization and closed-loop control, preventing quality hazards and enhancing the safety, stability, and durability of engineering structures.

Keywords : high-rise buildings; concrete construction; technological optimization; quality control

引言

混凝土作为高层建筑结构的核心材料，承担着承重、抗渗、抗裂等关键功能，其施工质量与技术水平直接决定工程整体安全性能。然而高层建筑混凝土施工面临高空作业环境复杂、大体积浇筑温控难度大、多专业工序交叉密集等突出挑战，易引发温度裂缝、强度不足、外观缺陷等质量问题，成为制约工程品质提升的核心瓶颈。针对高层建筑混凝土施工的特殊性与难点，系统性开展技术优化与质量控制研究，构建科学高效的施工技术体系与闭环管控机制，已成为保障工程安全、提升建设品质的迫切需求。本文立足高层建筑混凝土施工的核心痛点，从施工前期准备、过程关键工序到全过程质量管控，深入探讨原材料优选、配合比优化、模板与钢筋工程改进、大体积混凝土温控防裂等关键技术，构建“事前-事中-事后”全链条质量控制体系，旨在为解决高层建筑混凝土施工技术难题、防范质量风险提供实践指导，推动高层建筑混凝土施工技术的规范化、精细化发展，确保工程结构的安全性、稳定性与耐久性。

一、高层建筑混凝土施工的特点与难点分析

(一) 施工特点

相对于普通体积的混凝土结构来说，大体积混凝土的连续浇筑量是比较大的，对于整体施工环节的要求是比较高的^[1]。高层建筑混凝土施工以高空作业为核心特征，物料运输、人员作业均高度依赖塔吊、施工电梯等垂直运输设备，设备运力匹配度与天气条件直接影响施工效率与连续性^[2]。结构体系的复杂性对混凝土强度、抗裂及耐久性等综合性能提出了远超普通建筑的严苛要求，同时施工需与钢结构、机电等多个专业密集交叉，工序衔接与工期统筹难度极大。此外，大体积混凝土的温控防裂、毫米级的施工精度控制，以及高空多变环境对浇筑养护的不利影响，共同构成了其施工管控的复杂性与核心难点。

(二) 施工难点与常见质量问题

高层建筑混凝土施工的核心难点在于，大体积混凝土温控防裂难；高空浇筑易离析、振捣不密实；模板支撑体系稳定性要求高；钢筋密集区浇筑困难；以及高空养护效果难保障^[3]。由此引发的常见质量问题也呈现多元化，裂缝问题最为突出，包括温度裂缝、收缩裂缝等；混凝土强度不足时有发生，影响承载能力；蜂窝、麻面、尺寸偏差等外观缺陷普遍；钢筋密集区易形成内部空洞；保护层不当等问题则埋下耐久性隐患；后浇带施工不当也易引发渗漏、裂缝等缺陷。

二、施工前期准备阶段的技术优化与质量控制

(一) 原材料优选与质量控制

施工前期的原材料管控是保障高层建筑混凝土施工质量的基础，需兼顾技术适配性与质量稳定性，实现“优选+严控”的双重目标^[4]。选材上，应优先选用低水化热水泥、级配合理的骨料、高效缓凝减水剂及I级粉煤灰等优质掺合料，并确保外加剂与水泥的适应性，以适配大体积混凝土防裂和高空作业需求。质量控制上，则需建立从进场验收、抽样检验、台账登记到不合格退场的闭环管理机制，留存每批次材料的检验记录以实现质量可追溯，同时规范堆放、做好防潮防晒与分区隔离，防止二次污染，从源头确保混凝土的质量稳定。

(二) 混凝土配合比优化设计

混凝土配合比优化需以高层建筑混凝土的核心性能需求为导向，结合施工环境、构件类型等实际条件，实现强度、工作性、耐久性与温控性的协同提升^[5]。优化中采用“水泥+掺合料”复合体系，以30%–50%的掺合料替代水泥来降低水化热并提升密实度；同时严格控制水胶比在0.35–0.50之间，高强度混凝土不超0.40，以保障强度与抗裂性能。外加剂掺量需经试验确定，确保混凝土坍落度满足高空作业需求且损失小。针对大体积构件，还需专项设计以控制温升速率。所有优化方案必须经过试配和模拟工况验证，合格后形成正式通知单，锁定各项参数，严禁施工中擅自调整。

(三) 施工方案与技术交底优化

施工方案与技术交底的优化是确保前期准备工作落地的关键

键，需实现“方案科学可行、交底精准到位”，为施工过程提供清晰指导^[6]。方案优化需结合高层结构特点，编制针对性强的专项方案，重点通过有限元分析验证模板支撑体系的安全性，并对大体积混凝土等重难点工序单独制定详细技术措施与应急预案，同时规划好多专业协同作业的衔接节点。技术交底则采用“书面交底、现场示范、考核验收”的三维模式，确保内容详实、全员覆盖，并通过动态调整机制应对施工变化，实现技术要求的精准落地与全过程可追溯管理。

三、施工过程中的关键技术优化

(一) 模板工程优化

模板工程作为高层建筑混凝土结构成型的基础，其技术优化核心聚焦于刚度提升、稳定性增强、精度控制与防漏浆改进，适配高空作业与复杂结构的施工需求^[7]。材料上优先选用高强度覆膜板或全钢模板，竖向构件可采用定制大钢模；支撑体系则采用盘扣式脚手架，通过力学计算确定间距并增设斜撑与连墙件确保稳定。工艺上，拼缝处用密封胶条防漏，阴阳角用定型模板，并预拼装调试，浇筑前还需进行预压试验以检测支撑变形。拆除时，必须依据同条件试块强度，并遵循“先支后拆、后支先拆”的顺序，确保结构安全。

(二) 钢筋工程优化

钢筋工程优化围绕连接可靠性、布置精准性、密集区适配性展开，确保钢筋骨架满足高层建筑复杂受力要求^[8]。存放时需分区防潮防锈，使用前清理干净；连接方式上，大直径钢筋优先采用I级机械连接并逐个检查，小直径则采用绑扎连接^[9]。绑扎时引入定位卡具确保间距精准，对梁柱节点等密集区优化排布顺序，预留浇筑通道。保护层控制选用高强度垫块并规范布置，浇筑前用仪器复核厚度，确保钢筋骨架满足高层建筑的复杂受力要求。

(三) 混凝土工程优化

混凝土工程优化聚焦浇筑质量、工作性保障、振捣效果与养护强化，解决高空浇筑、复杂构件施工中的核心技术问题。浇筑前，模板需彻底清理湿润，设备全面检修并配备备用，确保基础条件良好。浇筑时，采用分层分段、循序渐进的连续作业，严格控制墙柱（≤500mm）和梁板（≤300mm）的浇筑厚度，并借助布料机等辅助工具控制下料高度在2米以内，高温天气还需对混凝土降温以控制入模温度^[10]。振捣环节坚持“快插慢拔”，精准控制间距与深度，确保混凝土密实，尤其关注钢筋密集区。最后，通过初凝前的二次抹压消除表面裂缝，并根据构件类型和环境采用薄膜覆盖、喷雾等方式进行不少于14天的保湿保温养护，高强度混凝土则需延长至21天以上，以全面提升最终质量。

(四) 大体积混凝土温控技术优化

大体积混凝土温控技术优化以“降低水化热、控制温差、延缓降温”为核心，构建“内散外保+动态监测”的综合温控体系。通过采用低热水泥并掺加30%–50%的粉煤灰、矿粉与缓凝剂，从源头降低水化热峰值并延缓其释放。施工中，采用分层浇筑工艺，并预埋冷却水管，在浇筑后24小时内启动循环水降温，主

动控制核心区温度。同时外部实施“多层覆盖+梯度保温”，确保表面降温速率低于 $2^{\circ}\text{C}/\text{d}$ 。全过程通过在关键部位布设测温点进行实时监测，一旦内外温差超过 25°C 的预警值，便立即动态调整冷却水量或保温层厚度，确保温控效果贯穿始终，有效防止温度裂缝。

四、全过程质量控制体系与实施

(一) 建立“事前、事中、事后”全过程质量控制体系

高层建筑混凝土施工质量控制需突破单一环节管控局限，构建以“预防为主、过程管控、事后追溯”为核心的全过程质量控制体系，实现从前期准备到竣工交付的全链条闭环管理。该体系以质量目标为导向，通过明确建设、施工、监理等各方职责，建立“横向到底、纵向到底”的责任网络，将控制要求分解至每个工序与岗位。在架构上，它整合了组织保障、制度规范、技术支持和监督考核四大模块，分别从成立专项小组、制定管理制度、运用数据监测和实施考核奖惩等方面为质量管控提供坚实基础。体系运行中，通过事前预判风险、事中动态纠偏、事后总结改进的循环机制，形成“风险识别—措施制定—过程执行—检验评估—持续优化”的管理闭环，从而有效规避质量隐患，保障混凝土施工质量稳定达标。

(二) 事前控制

事前控制作为质量控制的前置环节，核心在于风险预判与源头管控，为施工过程质量筑牢基础。技术准备上，需审核图纸、方案及配合比，确保其科学可行；资源保障上，要严控材料进场检验流程，并校验调试好各类机械设备；人员准备上，应开展全员培训与技术交底，确保操作技能达标；现场准备上，则需清理作业面、检查模板钢筋，并针对高空作业等风险点制定防护措施。通过这四方面的周密准备，为后续施工质量筑牢坚实基础。

(三) 事中控制

事中控制是全过程质量控制的核心环节，聚焦施工过程动态管控，确保各项技术措施与质量标准有效执行。通过实行“巡检与旁站”相结合的双重监督，对常规工序进行巡查，对关键工序实施全程旁站，确保操作规范。试验检测方面，通过制作试块跟踪强度，并实时检测坍落度、入模温度等指标，及时调整工艺。过程监测则利用测温设备监控大体积混凝土温差，并动态观察模

板与钢筋状态，防范风险。此外，严格执行隐蔽工程的“自检、互检、专检、验收”流程，确保上道工序合格后方可进入下道，从而实现对施工质量的全方位、全过程把控。

(四) 事后控制

事后控制聚焦于质量检验、缺陷整改与经验总结，确保工程质量符合设计与规范要求，并为后续工程提供参考。实体质量检验方面，混凝土强度达标后，采用回弹法、钻芯法等无损检测与破损检测相结合的方式进行结构实体强度检测，验证混凝土强度是否满足设计要求；同时对混凝土结构外观质量、尺寸偏差进行全面检查，重点排查裂缝、蜂窝、麻面、露筋等外观缺陷，检测结构垂直度、构件截面尺寸、钢筋保护层厚度等关键指标，确保偏差在规范允许范围内。缺陷处理方面，对发现的质量缺陷进行分类评估，制定针对性整改方案，整改完成后重新组织验收，确保缺陷彻底消除。资料整理方面，系统收集整理施工全过程质量控制资料，包括原材料检验报告、配合比通知单、技术交底记录、工序验收记录、试验检测报告、测温记录、隐蔽工程验收记录等，确保资料完整、真实、可追溯，按规范要求归档保存。总结改进方面，召开质量分析会，梳理施工过程中出现的质量问题、原因及整改措施，总结成功经验与不足，形成质量分析报告；针对典型质量问题，深入分析根源，优化后续施工的技术方案与质量控制措施，持续提升质量管控水平，为同类高层建筑混凝土施工提供借鉴。

五、结束语

高层建筑混凝土施工的技术优化与质量控制是一项系统性、全链条的工程，直接关乎结构安全、使用年限与城市建设品质。本文围绕高层建筑混凝土施工的核心难点，从前期准备、过程实施到全程管控，构建了涵盖原材料优选、配合比优化、关键工序技术改进及大体积混凝土温控防裂的完整技术体系，同时建立“事前预判、事中管控、事后追溯”的闭环质量控制机制，形成了针对性强、可操作性高的施工解决方案。随着建筑工业化、智能化的快速发展，高层建筑混凝土施工技术仍有广阔的优化空间。未来可进一步融合BIM技术、智能化监测设备、绿色低碳建材等新技术与新材料，推动施工技术向数字化、精细化、绿色化转型。

参考文献

- [1] 刘久辉.高层建筑大体积混凝土施工技术的优化探讨 [J].城市建设理论研究(电子版),2014(22):1626-1626.
- [2] 刁春杰.高层建筑混凝土施工技术优化 [J].文摘版:工程技术,2015,0(5):15.
- [3] 周升阳,孟令通.超高层建筑建设中高性能混凝土施工技术优化 [J].奥秘,2024(14):67-69.
- [4] 张传明,高丽.优化高层建筑混凝土施工技术 [J].城市建设理论研究(电子版),2015(23):1808-1808.
- [5] 姚轩.高层建筑现浇混凝土空心楼盖施工技术应用 [J].建材发展导向,2023,21(22):140-142. DOI:10.3969/j.issn.1672-1675.2023.22.043.
- [6] 向修兵,王元元.高层建筑施工中混凝土现场施工技术分析 [C]//2024人工智能与工程管理学术交流会论文集.2024:1-4.
- [7] 王鼎鑫,黄丽名,张晨,等.超高层建筑超厚基础底板大体积混凝土施工关键技术 [J].建筑技术,2023,54(16):1965-1968. DOI:10.3969/j.issn.1000-4726.2023.16.008.
- [8] 庄良良.高层建筑大体积混凝土施工技术探析 [J].江西建材,2023(2):309-311. DOI:10.3969/j.issn.1006-2890.2023.02.127.
- [9] 吴明思.高层建筑施工中的混凝土浇筑技术优化 [J].奥秘,2024(29):59-61.
- [10] 毛成宾.试析高层建筑大体积混凝土施工技术 [J].装饰装修天地,2019(3):265.DOI:10.3969/j.issn.1006-2122.2019.03.260.