

工业建筑中大体积混凝土施工质量控制与管理对策

赵理仁

云南云天化福石科技有限公司，云南省昆明市，650119；

摘要：本文聚焦工业建筑大体积混凝土施工，从施工技术优化、质量控制体系构建、全流程管理完善三个维度展开分析。文章先说明大体积混凝土在工业建筑中的应用特点，以及质量控制的核心要求；随后深入剖析原材料筛选、配合比调配、浇筑振捣、温度调控等关键环节的技术要点。在此基础上，构建涵盖事前预防、事中监测、事后验收的全周期质量控制体系，最后提出依托组织架构、制度保障与信息化手段的综合管理方案。研究可为相关施工提供技术与管理思路，助力降低质量风险，提升结构施工质量与使用寿命。

关键词：工业建筑；大体积混凝土；施工质量控制；管理对策

DOI：10.69979/3029-2727.26.01.035

1 工业建筑中大体积混凝土的施工质量控制核心目标

结合工业建筑的使用需求与大体积混凝土的施工特点，后者的质量控制核心目标可提炼为“三维一体”——结构安全达标、性能适配工况、保障使用寿命。结构安全是底线，不仅要求混凝土强度符合设计标准，结构尺寸偏差也需控制在规范内，同时杜绝影响承载的裂缝、蜂窝等缺陷。性能适配是关键，需针对工业场景定制抗渗、抗侵蚀等指标，以污水处理池为例，其混凝土抗渗等级需达 P6 及以上，还得具备抗硫酸盐侵蚀能力。使用寿命则是延伸要求，通过严控施工质量降低后期维护成本，确保结构在工业环境下使用满设计年限，通常为 50 年。实现这些目标，核心要破解裂缝难题。据统计，工业建筑大体积混凝土质量问题中，裂缝占比超 70%，其中温度裂缝更是高达 90% 以上。因此，质量控制的核心任务就是将温度应力控制在混凝土抗拉强度范围内，减少裂缝产生，这也是后续技术优化与管理对策的出发点。

2 工业建筑大体积混凝土施工核心技术优化

施工技术是质量控制的基础，针对工业建筑大体积混凝土的特性，需从原材料优选、配合比设计、浇筑振捣、温度控制四个关键环节进行技术优化，构建“源头控制-过程优化-风险规避”的技术体系。

2.1 原材料优选：筑牢质量基础

原材料性能是决定混凝土强度、耐久性及温度变形特性的关键，需结合工业建筑需求精准选用。水泥优先选低热或中热硅酸盐品种，像 P·O42.5 低热水泥就很合适，其 7 天水化热可控制在 270kJ/kg 以内，比普通水

泥低 30% 以上，能显著抑制核心区温升。骨料得用 5-31.5mm 连续级配的碎石或卵石，含泥量不超过 1%，针片状颗粒占比低于 5%。连续级配能减小空隙率，从而减少水泥用量与水化热；建议选石英含量低的玄武岩骨料，其热膨胀系数约 $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ，较花岗岩降低 40%，可缩小温度变形差。外加剂需兼顾减水、缓凝、引气功能：高效减水剂优先用聚羧酸系，减水率不低于 25%，能在保证和易性的同时减少水泥用量；缓凝剂选木质素磺酸钙，将初凝时间延长至 12-18 小时，避免浇筑冷缝；抗冻要求高的建筑需掺引气剂，把含气量控制在 3%-5%，提升抗冻融能力。

2.2 配合比设计：实现性能平衡

大体积混凝土配合比设计，核心是遵循“低水化热、高流动性、强耐久性”原则，通过正交试验优化组分比例，让强度、使用性能与施工便利性达成平衡。以 C40 工业设备基础用混凝土为例，典型质量比为：P·O42.5 低热水泥 180 份、I 级粉煤灰 90 份、S95 矿渣粉 90 份、5-31.5mm 碎石 1050 份、中砂 630 份、水 165 份、聚羧酸减水剂 4.5 份、UEA 膨胀剂 36 份。该配比中，水泥用量控制在 180kg/m³ 以内，矿物掺合料总量达 180kg/m³，水化热峰值可压至 65℃ 以下；坍落度 180±20mm 适配泵送施工，28d 抗压强度不低于 45MPa，抗渗等级达 P8，完全满足工业设备基础需求。设计时需紧盯三个关键参数：水胶比控制在 0.40-0.50，兼顾强度与耐久性；中砂砂率设为 35%-40%，保障和易性以减少离析；矿物掺合料总掺量不超 40%，其中粉煤灰不超 30%，避免影响早期强度。配比确定后必须试配，检测抗压强度、坍落度损失、水化热释放规律等，据此微调参数，确保适配施工与使用要求。

2.3 浇筑振捣：保障密实性

浇筑振捣直接决定着混凝土是否密实，工业建筑的大体积混凝土浇筑，就得遵循“分层浇筑、连续作业、循序渐进”原则，防止冷缝产生和密实度不足。浇筑前要做细方案：按混凝土量和场地条件划分区域，明确浇筑顺序。振捣优先用插入式振捣器，振捣点间距控制在400-500mm（约为振捣器作用半径的1.5倍），深度需渗入下层混凝土50-100mm，保证上下层结合牢固。振捣20-30秒即可，待表面出浮浆、不再下沉且无气泡冒出就停，过振会导致骨料下沉、砂浆上浮，影响均匀性。浇筑高度超2m时，要用串筒或溜槽下料，避免混凝土离析。浇筑完及时找平、排除表面泌水，初凝前二次抹压，减少表面收缩裂缝。

2.4 温度控制：破解裂缝难题

温度控制是工业建筑大体积混凝土施工的质量关键，需采取“内降外保”策略：通过降低内部最高温、严控内外温差、放缓降温速度，减少温度应力引发的裂缝。内部降温靠预埋冷却水管实现，选用 $\Phi 40\text{mm}$ 无缝钢管，按 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 网格布设。水管进出口接集水器与排水系统，构成循环冷却回路。浇筑24小时后通入冷却水，水温控制在 $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$ ，流量根据内部温度灵活调整，通常保持 $1.5\text{-}2.0\text{m}^3/\text{h}$ 。外部保温需结合环境温度选对材料。常温（ $5\text{-}25^{\circ}\text{C}$ ）时用“塑料薄膜+阻燃草帘”双层防护：塑料薄膜需紧贴混凝土表面锁住水分，草帘厚度不低于50mm；温度低于 5°C 时，要加铺岩棉板或铺设电热毯，确保表面温度不低于 5°C ，降温速率控制在每天 $2\text{-}3^{\circ}\text{C}$ 。

3 工业建筑大体积混凝土施工质量控制体系构建

质量控制体系是确保施工技术落地、实现质量目标的保障，需以“事前预防、事中监测、事后验收”为核心，构建全周期、多层次的质量控制体系，明确各环节的控制要点与责任主体。

3.1 事前预防：构建质量基础

事前预防的关键，在于精准预判风险、扎实保障资源、明确施工标准，通过前置准备从根源消除质量隐患。施工图纸会审是首要环节，需重点核查大体积混凝土的强度等级、抗渗要求、浇筑范围及温控指标，结合工业建筑工况特性，提出针对性优化建议。随后需编制专项施工方案，明确原材料采购标准、配合比参数、浇筑顺序、振捣工艺、温控措施及质量检测方法，方案经监理及建设单位审核通过后方可执行。资源保障需双管齐下：

原材料方面，建立供应商准入机制，对水泥、骨料、外加剂等供应商开展资质审核与实地考察，优先选择持生产许可证、通过质量体系认证的企业；原材料进场前需核验质量证明书及检验报告，进场后按规范抽样复检，尤其要检测外加剂的减水率与缓凝时间，合格后方可使用。设备方面，对搅拌站、输送泵、振捣器、冷却水管系统等进行全面检修调试，确保性能稳定，同时配备备用设备，避免故障导致施工中断。

人员培训同样不可或缺，需针对施工、技术、质检人员开展专项培训，其中质检人员重点强化温度监测、强度检测等实操技能，提升数据准确性。所有人员培训后须经考核，合格方可上岗。

3.2 事中监测：实时管控质量

事中监测是质量控制的核心环节，必须落实“全过程、多维度”实时管控，确保施工质量问题早发现、早解决。施工阶段的质量监测重点覆盖原材料、混凝土拌制、浇筑振捣、温度及结构尺寸五个维度，各环节管控需精准落地。原材料质量实行“进场必检、批次抽检”，水泥每200吨、骨料每400立方米、外加剂每50吨为一个检验批次，所有批次均需抽样送检，杜绝不合格材料流入现场。混凝土拌制需严控搅拌时间与投料顺序，搅拌时长稳定在90至120秒，保证组分混合均匀。拌制中每盘检测坍落度，每200立方米额外检测含气量与泌水率，确保符合设计标准。浇筑振捣由专职质量员全程旁站监督，重点核查分层厚度、振捣点间距及振捣时间，同步记录浇筑时段、混凝土用量及施工人员信息。若发现振捣不到位、混凝土离析等问题，立即要求整改，合格后方可续工。温度监测按既定方案执行，实时记录核心区、表面及环境温度，绘制变化曲线。一旦出现温度异常，即刻启动应急预案，调整冷却或保温措施。结构尺寸则在浇筑后24小时、7天、28天分阶段检测，使用全站仪、水准仪等仪器测量轴线偏差、标高及截面尺寸，轴线偏差需 $\leq 5\text{mm}$ ，截面尺寸允许 $\pm 3\text{mm}$ 偏差，确保符合规范要求。

3.3 事后验收：确保质量达标

事后验收是质量控制的收尾环节，需遵循“分层验收、专项检测、综合评定”原则，全面评估大体积混凝土结构质量，验收合格后方可进入下道工序。分层验收涵盖外观质量与尺寸偏差两方面。外观需重点核查表面有无裂缝、蜂窝、麻面、露筋等缺陷；尺寸偏差则需对照施工图纸，检测轴线、标高、截面尺寸等参数，确保偏差符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204-2015）要求。专项检测包括强度、抗渗及耐

久性检测。强度检测采用回弹法结合钻芯法,前者用于大面积筛查,后者针对回弹异常区域验证;抗渗检测通过试块与现场渗水试验判定,试块抗渗等级需不低于设计标准,现场涂刷水后观察 24 小时无渗漏即为合格;工业建筑需针对性开展耐久性检测,如化工厂房需用 RCM 法检测抗硫酸盐侵蚀性能,氯离子扩散系数 $\leq 1.0 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ 为合格。

综合评定需整合事前预防、事中监测及事后检测的全部数据,形成质量验收报告。对发现的质量问题,需立刻制定整改方案,明确措施、责任主体及完成时限,整改后重新验收,直至合格。

4 工业建筑大体积混凝土施工管理对策完善

施工管理是质量控制的保障,需从组织架构、制度建设、信息化手段三个维度完善管理对策,形成“全员参与、全程管控、责任明确”的管理体系,确保施工技术与质量控制体系落地实施。

4.1 构建层级分明的组织架构

组织架构是项目管理的根基,需构建“项目经理总牵头、技术负责人抓技术、质量负责人严管控、施工班组强执行”的层级管理架构,把各岗位的职责权限清晰界定到位。作为项目第一责任人,项目经理既要统筹调配各类施工资源、审批核心施工方案,也要牵头处理施工过程中的重大难题;技术负责人的核心工作则围绕技术优化展开,包括编制专项施工方案、指导现场技术操作,以及审核各类技术资料;质量负责人需搭建并落地质量控制体系,通过组织质量检测、监督整改全程,确保质量标准落到实处;施工班组负责人要严格按方案组织施工,把技术要点传达到位,同时盯紧班组的施工质量与作业安全。

高效的沟通协调机制同样关键。要定期召开施工协调会,通报进度与质量情况,集中解决技术、管理层面的问题。同时主动加强与监理、建设、设计等单位的对接,及时反馈施工难题,保障各方信息畅通,凝聚起协同管理的合力。

4.2 完善全流程管理制度

制度建设是管理工作的核心根基,关键在于健全原材料管理、施工过程管理、质量检测管理与安全管理四大制度体系,构建全流程保障机制。原材料管理要划定供应商准入门槛,规范进场检测流程与储存标准,从源头把好质量关;施工过程管理需细化各环节技术规范、操作流程,清晰界定质量责任;质量检测管理要明确检测项目、频次、方法及数据管理规则,保障检测数据真

实可追溯;安全管理则需落实防护措施与人员安全培训要求,防范安全事故对质量的干扰。同时建立质量责任追究机制,针对施工质量问题精准锁定责任主体,严肃追责,筑牢“谁施工、谁负责”的质量责任防线。

4.3 应用信息化管理手段

在工程管理领域,信息化手段早已成为提升效率、强化质量管控的核心支撑。想要实现质量控制从“粗放”到“智能精细”的转变,BIM 技术、智能监测系统、质量管理平台这类信息化工具的深度应用必不可少。

以 BIM 技术为例,它在施工筹备阶段就能发挥关键作用。针对大体积混凝土结构,技术人员可搭建专属 BIM 模型,将浇筑顺序、振捣覆盖范围、冷却水管走向等施工细节逐一模拟。这种可视化模拟能直观暴露方案漏洞,比如冷却水管排布过密导致的施工阻碍,提前优化调整;给施工班组做交底时,三维模型让钢筋间距、浇筑标高这些质量要点一目了然,远比文字说明更易理解,施工精准度自然大幅提升。

智能监测系统则为施工过程装上“实时预警器”。用无线温度传感器替代传统热电偶,温度数据实时传输至平台,一旦超出预设阈值,预警信息会立刻推送至技术和质量负责人的手机,确保问题及时处置。同时,智能位移传感器持续监测结构沉降与变形,将数据动态反馈给管理团队,有效避免因变形超标引发的质量隐患,为工程质量筑牢防线。

5 结论

工业建筑中,大体积混凝土施工的质量控制与管理绝非孤立的环节,而是一套环环相扣的系统工程。结合其体积庞大、性能标准严苛、温度应力风险高的三大特性,需搭建起“技术优化作核心、质量控制为保障、管理对策强支撑”的全流程闭环管控体系。首要任务是优化施工技术,其次需筑牢质量控制防线,同时还得完善配套管理对策。这项工作的核心在于“精准控制、全程协同”,我们还应进一步引入智能化技术,实现施工过程的实时模拟与智能调控,让质量控制的精准度和效率再上一个台阶。

参考文献

- [1] 世雄魏. 工业建筑中大体积砼施工过程的控制策略分析[J]. 建筑工程与管理, 2020, 2(11): 2.
- [2] 徐宁. 大体积混凝土施工技术和质量控制在房屋建筑工程中的应用[J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2021(7): 2.