

水利工程中混凝土施工管理及其质量控制措施

杨佳杭

河北省水利工程局集团有限公司 河北 石家庄 050000

摘要：水利工程混凝土结构长期处于水压力渗透、冻融循环、高速冲刷等复杂工况，其施工质量直接决定工程服役寿命与运行安全。本文系统梳理水利工程混凝土施工管理的核心意义，从原材料、施工工艺、环境与人员三个维度剖析质量主要影响因素，明确原材料精细化管控、施工过程标准化推进、人员与设备全周期运维三大管理要点，配套构建前期预控、中期动态管控、后期养护保护的全流程质量控制体系，可为同类水利工程混凝土施工的质量管控提供标准化技术参考，助力工程实现长期稳定安全运行。

关键词：水利工程；混凝土施工；施工管理；质量控制措施

引言：混凝土是水利工程构筑物的核心实体材料，其施工质量管控是水利工程建设环节的核心要务。区别于普通民用建筑，水利工程混凝土结构需同时满足高抗渗、高抗冻、抗冲刷、耐腐蚀等多项专项性能要求，传统粗放式施工管理模式已无法适配当前高标准的工程建设需求。当前部分水利工程混凝土施工仍存在原材料管控不严、工序操作不规范、环境应对不到位等问题，易引发结构开裂、渗漏等后期病害。在此背景下，建立覆盖全流程的混凝土施工管理与质量控制体系，对保障水利工程实体质量、延长工程服役年限具有重要的现实意义。

1 水利工程混凝土施工管理的核心意义

水利工程混凝土施工管理的核心意义，源于水利工程区别于普通建筑工程的特殊使用场景与受力条件。水利工程混凝土结构长期处于水压力渗透、水位周期性变动、高速水流冲刷、极端温度冻融循环以及环境介质腐蚀的复杂工况中，除基础承载能力外，还需同时满足抗渗、抗冻、抗冲刷、耐腐蚀性等多项专项性能要求，其施工管理的精细化程度，直接决定结构综合服役性能能否达标。（1）落实全流程混凝土施工管理，可对现场各工序形成标准化约束，明确各环节操作边界与校验标准，规避人员操作不规范、工序衔接错位等人为因素引发的质量偏差，保障混凝土各项力学与耐久性能指标完全符合现行行业规范与工程设计要求。（2）系统化的施工管理可对项目全周期资源进行动态优化配置，依据施工进度计划合理调度作业人员、原材料储备与施工设备进场节奏，减少因工序冲突、物料错配引发的停工待料、重复返工等问题，在保障质量的前提下提升整体施工效率，降低不必要的资源损耗。（3）严格的施工管理

可实现混凝土结构成型过程的全过程可控，保障不同作业段的混凝土性能均匀稳定，从源头减少后期运行阶段出现的结构开裂、渗漏、表层剥蚀等常见病害，大幅降低工程全生命周期内的运维修缮成本，为水利工程长期稳定、安全发挥防洪、供水、灌溉等核心功能筑牢实体基础^[1]。

2 水利工程混凝土施工质量的主要影响因素

2.1 原材料质量因素

混凝土由水泥、砂石骨料、拌合水、外加剂等物料配比而成，各类原材料的品质是决定混凝土基础质量的核心。水泥的标号、安定性、凝结时间不达标，会直接造成混凝土强度不足、开裂、起砂等问题。砂石骨料的粒径、级配、含泥量、杂质含量不符合施工要求，会降低混凝土的密实度和抗渗性能，增大结构孔隙率。拌合水含有杂质、油污、腐蚀性物质，会破坏水泥水化反应，影响混凝土粘结强度。外加剂选型不当、品质不合格，会导致混凝土坍落度异常、凝结速度失控，引发施工缺陷。各类原材料若进场筛查不严、存放管控不当，都会从源头埋下质量隐患。

2.2 施工工艺因素

混凝土施工工艺涵盖配比、搅拌、运输、浇筑、振捣等核心工序，工艺操作的规范性直接影响混凝土成型质量。配合比设计不合理，未结合水利工程施工环境和结构需求优化配比，会造成混凝土强度、抗渗性等性能不匹配工程需求。搅拌工序中搅拌时间不足、投料顺序混乱，会导致混凝土拌合不均匀，出现离析、结块现象。运输过程防护不到位，运输距离过长、颠簸剧烈，会破坏混凝土均匀性，影响和易性。浇筑过程分层厚度

不合理、浇筑速度过快或过慢,易引发结构分层、空鼓问题。振捣工序漏振、过振、振捣不均匀,会造成混凝土密实度不足,出现蜂窝、麻面、空洞等外观及内部质量缺陷^[2]。

2.3 环境与人为因素

水利工程多为露天野外施工,施工环境不可控因素较多。高温环境下施工会加速混凝土水分蒸发,引发表面干缩裂缝;低温环境会延缓水泥水化反应,易造成混凝土受冻、强度增长缓慢;雨天施工易导致混凝土含水量超标,改变原有配比,降低结构性能。同时,施工人员的专业能力、责任意识对施工质量影响极大。部分施工人员操作经验不足,对水利混凝土施工的特殊要求掌握不到位,存在不按规范工序操作的情况。现场管理人员管控力度不足,对施工细节巡查不到位,未能及时发现并纠正不规范操作,会导致各类质量问题持续发生,影响整体施工质量。

3 水利工程混凝土施工管理要点

3.1 原材料精细化管理

建立全流程闭环的原材料进场筛查与动态管控机制,所有进场原材料同步核验质量证明文件,严格按水利工程检测规范完成抽样复检,确认物料各项性能指标完全符合行业标准与设计的要求,从准入环节杜绝不合格材料进场。针对不同品类原材料执行分类存储专项管理,水泥存入干燥通风的专用库房,落实防潮、防雨防护措施,按批次分区标识存放,避免受潮结块引发活性损失;砂石骨料按粒径规格分区围挡堆放,设置隔离防护设施,防止混入泥土、杂质,同步管控骨料含水率波动在规范允许范围内;各类外加剂单独存放于避光防潮区域,设置清晰标识,避免混杂或变质失效。结合施工进度精准规划材料进场批次与进场量,避免物料长期堆放引发性能衰减,按固定周期对库存材料开展抽样复检,保障施工全周期所用原材料品质稳定合格^[3]。

3.2 施工过程标准化管理

结合水利工程不同构筑物的结构受力特征与现场施工边界条件,编制覆盖全作业环节的混凝土标准化施工指引,明确各工序的量化操作标准、质量验收阈值与跨工序衔接管控规则。正式作业前完成分层级技术交底工作,覆盖所有一线作业人员、现场管控人员与技术管理人员,确保各岗位人员精准掌握对应环节的施工工艺要求、质量判定标准与操作管控要点。建立全流程闭环管控机制,对混凝土配合比动态复核、拌合生产、场内转运、入仓浇筑、振捣密实等全工序实施连续管控,结合

现场实时监测的温湿度、风速等环境参数微调作业参数,保障每一道工序的操作完全符合规范要求。强化施工现场常态化巡查与旁站监督机制,安排专职质量管控人员对核心作业面全程跟进,重点核验拌合均匀度、分层浇筑厚度、振捣点位布设与时长等关键指标,第一时间纠正各类不规范操作,杜绝违规施工行为,保障全标段施工流程的规范性与作业标准的统一性。

3.3 施工人员与设备管理

强化施工团队全周期管控,建立常态化专业技能培训机制,针对水利工程混凝土施工的特殊工艺要求、专项质量控制指标与现场操作难点开展定向专项讲解,同步配套实操考核环节,全面提升一线作业人员的专业操作熟练度与全员质量管控意识。明确各岗位的权责边界与工作标准,严格落实岗位质量责任制,将各工序的质量管控要求拆解至对应岗位,把混凝土施工质量责任精准落实到个人,建立可追溯的质量责任链条,全面强化各岗位人员的工作责任心。同步建立施工机械设备全生命周期运维体系,针对拌合设备、转运设备、振捣设备、温控设备等各类核心机具,制定定期检修、强制保养与作业前调试的标准化流程,建立设备运行台账记录全时段工况状态,及时排查消除设备潜在故障,保障所有机具全程处于稳定运行状态,避免因设备突发故障引发施工中断、工艺执行偏差等问题,为混凝土施工质量提供可靠的硬件支撑。

4 水利工程混凝土施工质量控制措施

4.1 施工前期质量预控

施工前期需完成全维度技术与现场准备工作,从源头阻断质量隐患的生成路径。(1)需结合水利工程构筑物的功能定位、荷载分布特征、服役环境边界条件开展混凝土配合比专项设计,针对不同部位差异化的抗渗等级、抗冻等级、抗冲刷性能要求,同步匹配对应掺合料与外加剂体系,通过多组平行试配试验验证不同龄期的力学强度、耐久性能与工作性能,最终确定满足设计指标且适配现场施工条件的最优拌合参数。(2)正式开工前需完成施工基面专项验收,彻底清除建基面上的浮渣、松动岩体、积水与软弱土层,按规范要求完成基面找平与必要的加固处理,同步完善施工区域的临时排水系统、防风遮阳与低温保温设施,消除极端气象与场地条件对混凝土施工的干扰。(3)在此基础上完成全流程前置核查工作,对拌合、运输、振捣、养护等各类施工设备开展单机调试与联动试运转,按批次完成进场原材料的抽样复检,针对不同作业班组开展分层次技术交底与质量考核,全面梳理施工全流程可能出现的各类风险

点并制定专项处置预案,为后续各工序标准化落地提供稳定前置条件^[4]。

4.2 施工中期动态质量控制

施工过程需覆盖全流程实施动态质量管控,针对核心工序设置专项管控节点,实现质量偏差的实时识别与闭环整改。混凝土搅拌环节,严格按照经确认的施工配合比完成各组分投料,依据原材料实时含水率动态调整拌合用水量,精准控制单批次搅拌时长与搅拌转速,保证各组分混合均匀,出机混凝土的坍落度、扩展度等工作性能指标稳定,无离析、结块等异常状态。(1)混凝土运输环节全程采取密闭防护措施,控制运输车辆行驶平稳度,减少运输过程中的剧烈颠簸,物料抵达施工现场后逐车开展性能核验,工作性能不满足要求的物料严禁卸料投入使用。(2)浇筑作业严格执行分层分段连续施工要求,依据结构配筋密度与振捣设备性能确定单层浇筑厚度,匹配合理的浇筑推进速度,在前层混凝土初凝前完成后续层浇筑,避免形成贯通性施工冷缝。振捣作业严格遵循规范操作要求,按规定间距布设振捣点位,保证全区域覆盖无漏振,同时控制振捣时长避免过振引发的组分分层,确保混凝土填充密实,完全消除内部空隙与缺陷。施工全过程同步监测作业区域的气温、环境湿度与混凝土入仓温度,高温时段落实物料遮阳、仓面喷雾降温措施,低温时段落实作业面保温覆盖措施,根据环境参数动态调整施工节奏,保障作业条件始终符合规范要求。

4.3 施工后期养护与成品保护控制

养护是保障混凝土强度有序增长、从源头规避非结构性裂缝病害的核心环节,需建立全周期常态化养护管控机制。混凝土浇筑完成并完成收面作业后,第一时间对结构外露表面实施覆盖防护,优先选用土工布、保温保湿膜等适配材料实现全覆盖包裹,结合实时监测的环境温度、湿度参数动态调整养护工艺参数。(1)常温作业环境下按固定频次开展表面洒水作业,保证混凝土表面持续处于湿润状态,严格满足不同强度等级混凝土的最低养护时长要求,不得随意缩短养护周期;低温作业环境下重点落实保温防冻管控措施,必

要时增设保温棉被或搭设封闭保温棚,控制混凝土内外温差在规范允许范围内,避免早期强度增长阶段受冻引发表层剥落或内部结构损伤。(2)严格执行拆模审批制度,以同条件养护试块的强度检测数据为依据判定拆模条件,杜绝未达强度提前拆模、未到期提前终止养护的违规行为,保障混凝土强度按设计路径稳步提升。同步落实成品专项保护措施,在混凝土成型养护全时段划定作业警戒区域,禁止重型设备通行碾压、外力直接撞击以及非必要人员踩踏,避免结构表层破损或内部微损伤。定期对已成型混凝土开展实体质量抽检,采用回弹、超声波检测等手段排查细微质量缺陷,发现问题第一时间制定专项修复方案完成处置,保障整体结构质量完全符合验收标准^[5]。

结束语

综上,水利工程混凝土施工管理与质量控制是一项覆盖全生命周期的系统性工作,贯穿原材料准入、现场作业实施、后期养护验收的全部环节。只有将精细化管理要求落实到每一个工序节点,从源头规避各类质量隐患,才能保障混凝土结构的力学性能与耐久性能完全符合设计要求。未来随着水利工程建设标准的持续提升,混凝土施工管控体系还需结合数字化监测技术不断优化完善,进一步提升管控精准度,为水利工程长期安全稳定运行筑牢坚实的实体基础,充分发挥工程在防洪、供水、灌溉等领域的核心功能价值。

参考文献

- [1] 王征. 水利工程混凝土施工技术及其设备质量控制措施研究[J]. 中国设备工程,2026,(5):217-219.
- [2] 康旭. 中小型水利工程施工中常见的质量问题分析与控制措施[J]. 区域治理,2026,(13):0133-0135.
- [3] 缪成坤. 水利工程渠道衬砌混凝土施工技术及其质量控制措施[J]. 四川水泥,2026,(6):171-173.
- [4] 周正. 水利工程中混凝土检测试验及其质量控制措施探讨[J]. 天津冶金,2026,(4):184-186.
- [5] 杨延贺. 水利工程中混凝土检测试验及其质量控制措施[J]. 工程与技术应用,2026,2(2):1-3.