

混凝土浇筑施工环节水利工程质量管控实践研究

祝健康

河北省水利工程局集团有限公司 河北 石家庄 050000

摘要:混凝土浇筑是水利工程施工的关键工序,其施工质量直接影响水工结构的防渗性、稳定性与服役年限。本文结合水利工程露天临水、大体积结构的施工特点,系统梳理原材料、施工工艺、现场管理及环境等质量影响因素,剖析各施工阶段存在的质量通病与深层成因,构建全流程精细化质量管控体系,提出针对性施工优化措施,有效规避质量缺陷,为提升水利工程混凝土施工质量提供可靠实践参考。

关键词:混凝土浇筑施工环节;水利工程;质量管控实践

引言:水利工程施工环境复杂多变,混凝土浇筑极易受温湿度、施工工艺、人员操作及现场管理等因素干扰,易出现裂缝、渗漏、蜂窝麻面等质量问题,严重影响工程运行安全与耐久性能。现阶段部分水利项目仍存在管控粗放、工序落实不到位等问题。基于此,本文围绕混凝土浇筑全施工环节开展质量管控研究,梳理现存问题、分析核心成因,探索科学可行的管控策略,助力提升水利工程施工标准化质量水平。

1 水利工程混凝土浇筑施工质量管控基础理论与影响因素

1.1 水利工程混凝土施工特性

(1) 环境特殊性。水利工程多处于临水、露天作业环境,施工受水文气象条件直接影响。高湿度环境虽有利于表面养护,但暴雨冲刷易造成浆体流失,气温剧变则加剧早期开裂风险,对浇筑时段选择、温控防裂及连续作业组织提出更高要求。(2) 结构特殊性。水工建筑物多为大体积混凝土结构,如重力坝、水闸底板等,其浇筑方量大、一次浇筑长度长,施工缝处理、分层分块设计及温度应力控制直接关系结构整体性。同时,防渗墙、面板等薄壁结构对抗渗路径控制极为敏感,孔洞、预埋件周边极易形成渗流隐患^[1]。(3) 使用特殊性。水工混凝土长期处于浸水、干湿交替及水流冲刷环境中,不仅需满足设计强度等级,更须具备高抗渗等级与优良体积稳定性。冻融交替作用下,抗冻耐久性不足将导致表层剥蚀、钢筋锈蚀,直接影响工程服役寿命。

1.2 混凝土浇筑施工质量管控核心内容

(1) 原材料质量管控。重点把控进场水泥安定性及强度,砂石含泥量、级配及坚固性,外加剂与胶凝材料的相容性,以及拌合水中有害离子含量。采用信息

化手段建立溯源台账,确保不合格材料不进场、不使用。(2) 施工工艺管控。从配合比设计试配、拌合计量精度与时间、运输保温保塑措施、入仓自由落距控制、分层厚度与振捣间距间距执行,到拆模后及时保湿保温养护,形成全过程闭环管理,各工序均须执行“三检制”并留存影像资料。(3) 成品质量管控。拆模后及时校核结构尺寸偏差及外观缺陷,通过钻芯取样、无损检测评定实体强度,按规定龄期进行抗渗、抗冻性能检验,确保实体质量与设计指标一致。

1.3 混凝土浇筑施工质量主要影响因素

(1) 人为因素。施工人员对规程掌握程度、操作熟练度及质量意识参差不齐,技术交底流于形式时,极易出现振捣漏振、过振及养护不到位等问题。(2) 材料因素。骨料含泥量或针片状含量超标、外加剂适应性差、配合比未随原材料变化动态调整,均显著降低拌合物工作性能与硬化后耐久性。(3) 工艺设备因素。拌合楼计量系统偏差、输送泵管布置过长、振捣棒功率不足且备用量不够,加之施工缝界面处理不规范,直接导致浇筑质量缺陷。(4) 环境与管理因素。高温大风加速水分蒸发,低温抑制强度增长,雨季增加入仓含水率波动。同时,现场质量管控制度不健全、检查频次不足、问题整改不及时等管理短板,则可能放大上述各类不利影响^[2]。

2 水利工程混凝土浇筑施工质量现存问题及成因分析

2.1 施工前期准备阶段质量问题

(1) 原材料检验管控不严。部分项目原材料进场抽检频次不足、检测指标缺项,甚至以供应商出厂报告代替进场复检,致使骨料含泥量超标、水泥强度波动大等问题未被及时发现,不合格材料直接投入施工,为工程

质量埋下先天隐患。(2)配合比设计适配性不足。配合比设计未充分结合水利工程特定工况进行优化,如大体积混凝土未充分考虑水化热释放速率,高水压区段未重点强化抗渗指标,仅照搬通用配比,导致混凝土拌合物工作性能与现场施工条件不匹配,抗渗抗裂性能难以满足设计预期。(3)施工方案与技术交底不完善。专项浇筑方案编制流于形式,未针对工程实际施工条件、结构特征及季节气候制定针对性措施;技术交底层级递减现象严重,一线作业人员对浇筑顺序、振捣工艺及温控要求理解模糊,操作随意性大。

2.2 浇筑施工过程核心质量通病

(1)混凝土外观缺陷。蜂窝、麻面、孔洞、露筋、缝隙夹渣等问题在水利工程中普遍存在,主要源于模板拼缝不严、钢筋密集区振捣困难、入仓时自由落距过大导致骨料分离,以及层间间歇时间控制不当形成冷缝。(2)结构性能缺陷。浇筑过程中分层厚度过大、入仓后未及时振捣或振捣棒插入深度不足,易导致混凝土离析、密实度不均匀;大体积混凝土内部水化温升高、降温速率快,内外温差产生的温度应力超出当时龄期抗拉强度时,即形成贯穿性或表面温度裂缝,收缩裂缝则多与养护初期失水过快有关。(3)施工接缝质量差。水平施工缝凿毛处理不到位、缝面浮浆清理不净,变形缝止水带安装偏位或接头焊接不严密,致使接缝成为渗漏薄弱通道,运行期水压作用下渗漏风险显著升高。

2.3 后期养护与验收阶段质量问题

(1)养护工艺不规范。实际养护时长严重不足,规范要求保湿养护不少于14天,多数项目压缩至7天以内即停止养护;养护期间温湿度控制粗放,高温时段未采取有效覆盖保湿措施,低温季节缺乏保温防冻手段,混凝土水化反应受阻,强度增长不达标。(2)成品保护不到位。混凝土浇筑成型后未设置隔离围挡,后续钢筋绑扎、模板安拆等交叉作业中,施工机械碰撞、重物堆积致使构件边角破损、棱角缺失;拆模过早或野蛮拆模导致表面剥落,严重影响结构完整性与耐久性。(3)质量验收不严谨。验收流程执行不严格,隐蔽工程未逐层检查即匆忙覆盖,实体强度检测依赖回弹法且测区布置随意,抗渗抗冻试件取样数量不足且代表性差,致使渗漏隐患和强度缺陷在验收环节未能有效识别。

2.4 质量问题核心成因总结

(1)管控体系层面。全过程质量管控机制不健全,原材料进场、工序交接、成品验收各环节权责划分不清晰,缺少有效的闭环管理流程,质量问题发现后整改追

踪不力,同类缺陷反复出现。(2)技术层面。精细化施工技术应用不足,智能温控、实时监测等信息化手段推广覆盖面有限,施工工艺优化滞后于工程实际需求,面对高温、雨季等特殊工况缺乏动态技术调整方案。(3)管理层面。现场专职质量管理人员配备不足,巡检频次和监督力度偏弱,作业人员技能培训与考核机制不完善,质量责任未逐级压实,一线人员质量意识淡薄,人为失误频发。

3 水利工程混凝土浇筑施工全流程质量管控实践策略

3.1 施工前期前置化质量管控措施

(1)严格原材料进场管控。建立“进场检验+抽样复验+留样备查”三级管控制度,每批次水泥、外加剂及掺合料均须核验出厂合格证与质量检验报告,砂石料每400立方米或600吨为一检验批,含泥量、细度模数、针片状含量等关键指标不达标一律退场。所有进场材料分类留样不少于7天,实现质量可追溯。(2)优化混凝土配合比设计。以工程防渗等级、抗冻标号及结构设计强度为核心约束条件,在室内开展不少于3组适配性试验,系统评估水胶比、砂率及外加剂掺量对拌合物工作性能与硬化耐久性的影响规律,选定最优配比后还需在现场进行生产性试验验证,确保配比适应实际施工条件^[3]。(3)完善施工准备与技术交底。专项浇筑方案须涵盖分层分块规划、浇筑顺序、温控措施及应急预案,经监理审批后方可实施。技术交底实行“项目部→班组→岗位”三级递进模式,采用现场演示与书面交底相结合,重点讲清振捣间距、分层厚度、入仓温度等关键控制参数,交底覆盖率100%,未参与交底人员不得上岗。(4)做好模板、钢筋及预埋件验收。仓面验收推行“班组自检+质检员复检+监理终检”三检制度,逐仓检查模板刚度、拼缝严密性及支撑稳定性,复核钢筋间距、保护层厚度及连接接头质量,重点核查止水带、排水孔、埋件定位是否准确牢固,验收不合格不得转入浇筑工序。

3.2 浇筑施工过程精细化质量管控

(1)拌合与运输过程管控。拌合站每班前校准计量称,配合比输入须双人复核确认,拌合时间按设备性能确定并不得少于规定下限。运输车辆采取保温或遮阳措施,控制混凝土从出机到入仓时间,高温时段不超过90分钟,运输途中严禁加水,到达现场后测定坍落度及入仓温度,不符合要求的拌合物坚决废弃。(2)入仓与分层浇筑管控。入仓自由落距控制不大于2米,超出时设置串筒或溜槽;分层厚度按振捣棒有效长度1.25倍确定,一般以30~50厘米为宜,上层浇筑在下层初凝前

完成,层间间歇时间根据气温和混凝土凝结特性动态调整,避免形成冷缝。仓内积水、浮浆及时清除,严禁将水或浆体带入上层。(3)振捣施工精细化管控。振捣棒插入点采用行列式或交错式均匀布置,间距不超过有效半径1.5倍,每点振捣以混凝土表面泛浆、不再显著下沉、无气泡逸出为度,快插慢拔、逐点移动。对钢筋密集区、模板边角及预埋件周边实行专人辅助振捣,杜绝漏振、过振现象^[4]。(4)特殊工况施工管控。高温时段(气温高于30℃)采取骨料预冷、加冰拌合、仓面喷雾等措施,控制混凝土入仓温度不超过设计允许上限;低温季节(日平均气温低于5℃)采用热水拌合、运输罐体保温、浇筑后立即覆盖保温被,严防早期冻害;雨季备足防雨棚布,浇筑中突降大雨立即覆盖新浇混凝土,雨后检查仓面并处理表层浮浆。

3.3 后期养护与成品质量管控优化

(1)差异化养护方案制定。根据不同结构部位和环境温度制定针对性养护方案:大体积混凝土采用蓄水养护或流水养护,面板、薄壁结构采用覆盖湿麻袋或喷涂养护剂,养护用水与拌合水同质。保湿养护最短不少于14天,大体积混凝土延长至21~28天;低温季节辅以蒸汽或电热保温措施,确保护养期内混凝土表面温度不低于5℃。(2)强化成品保护管理。浇筑完成后立即划定保护区域并设置警示标识,明确保护责任人。后续工序施工前进行书面交底,严禁在未达龄期混凝土上堆放材料、行驶重车,拆模时使用专用工具、按顺序轻拆轻放,避免损伤棱角。已出现轻微表面缺陷的,在监理见证下按专项修补方案及时处理。(3)完善后期质量检测。按规范频率开展实体强度检测,采用回弹法与钻芯法相互校核;抗渗试件逐批取样,抗冻试件按设计标号要求足量留置。对检测发现的蜂窝、裂缝等缺陷分类分级评估,一般缺陷修补后重新检测,严重缺陷须经设计单位复核并采取结构补强措施,确保缺陷100%闭环销号。

3.4 健全质量管控保障体系

(1)组织保障。构建项目经理负总责、技术负责人分管实施、质检部门专职监督的三级质量管控架构,各施工班组设兼职质检员,形成纵向到底、横向到边的全

员、全过程、全方位组织网络,逐级签订质量责任书,岗位职责清晰可查。(2)制度保障。建立日巡检、周联检、月考评的质量检查制度,巡检发现问题当场下达整改通知单,明确责任人、期限及验收标准,逾期未改的启动约谈与追责程序。实行质量一票否决制,上一工序未经签认不得进入下一工序,形成计划→执行→检查→处置全过程闭环管理^[5]。(3)技术保障。推广应用大体积混凝土智能温控系统、拌合物性能实时监测终端、施工质量数字化管理平台等信息化技术手段,实时采集温度、坍落度等关键数据,实现质量参数可记录、可追溯、可预警,以技术创新替代粗放式人工管控。(4)人员保障。建立作业人员岗前培训、在岗轮训及技能考核制度,每年培训时长不少于24学时,关键岗位持证上岗率100%。定期组织质量对标学习和技能比武活动,以实操考核结果作为绩效评价重要依据,激励从业人员主动提升质量管控水平。

结束语

水利工程混凝土浇筑质量管控覆盖施工前期、施工过程及后期养护验收全流程,是保障工程品质的核心工作。本文针对施工各环节典型质量问题,从原材料管控、工艺优化、养护管理及制度保障等方面制定系统化管控对策。落实精细化、全过程质量管控模式,能够有效杜绝施工质量隐患,提升混凝土结构稳定性与耐久性,对推动水利工程高质量建设、保障工程长期安全运行具有重要实践意义。

参考文献

- [1] 史玮. 水利工程大体积混凝土施工技术与管理要点[J]. 治淮, 2022, 11(04): 50-57.
- [2] 杨磊. 水利工程大体积混凝土浇筑温控施工技术与质量管控[J]. 工程技术研究, 2025, 10(09): 106-108.
- [3] 李朦, 蔡崇杰, 董宇. 水利工程混凝土浇筑施工裂缝成因及质量控制研究[J]. 中国水泥, 2024, 32(11): 103-105.
- [4] 范志刚. 水利水电工程混凝土施工质量检测及全过程管控策略[J]. 价值工程, 2025, 44(23): 243-245.
- [5] 綦跃飞. 水利工程混凝土施工技术优化与质量提升路径[J]. 工程与建设, 2024, 38(02): 412-417.