

水利水电施工中混凝土施工技术的应用

李 涛

中国水利水电建设工程咨询西北有限公司, 陕西 西安 710000

[摘要]水利水电工程多为野外露天施工, 作业工况复杂, 混凝土结构长期经受水流冲刷、渗透腐蚀与冻融循环等多重作用, 易出现开裂、渗漏等质量病害, 直接影响工程结构稳定性与长期服役寿命。针对水利混凝土施工精细化管控不足、病害高发等现场痛点, 本文以混凝土施工技术为核心研究对象, 结合水利工程施工及运行的特殊属性, 系统梳理全流程标准化施工工艺。重点阐述大体积温控防裂、防渗结构浇筑、水下混凝土灌注、施工缝止水四项核心专项技术, 从技术、管理、环境三维度分析病害成因, 搭建三位一体的质量防控体系。研究结果可有效规范现场施工作业, 减少混凝土质量缺陷, 为水利水电工程混凝土提质施工提供可靠技术支撑。

[关键词]水利水电工程; 混凝土施工; 施工工艺; 温控防裂; 质量控制

DOI: 10.64635/ja.2026.1392

中图分类号: TV544

文献标识码: A

Application of Concrete Construction Technology in Water Conservancy and Hydropower Construction

Li Tao

China Water Conservancy and Hydropower Construction Engineering Consulting Northwest Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710000, China

Abstract: Water conservancy and hydropower projects are mostly constructed in open-air field environments, where working conditions are complex. Concrete structures are subject to long-term effects such as water scouring, seepage corrosion, and freeze-thaw cycles, making them prone to quality defects such as cracking and leakage, which directly affect structural stability and long-term service life. In response to on-site problems such as insufficient refined control of concrete construction and the frequent occurrence of defects in water conservancy projects, this paper takes concrete construction technology as the core research object and systematically reviews standardized whole-process construction techniques in light of the special characteristics of water conservancy project construction and operation. It focuses on four key specialized technologies: temperature control and crack prevention for mass concrete, pouring of anti-seepage structures, underwater concrete placement, and waterstop treatment of construction joints. The causes of defects are analyzed from the technical, management, and environmental dimensions, and a three-in-one quality prevention and control system is established. The research results can effectively standardize on-site construction operations, reduce concrete quality defects, and provide reliable technical support for improving the quality of concrete construction in water conservancy and hydropower projects.

Keywords: water conservancy and hydropower project; concrete construction; construction technology; temperature control and crack prevention; quality control

引言

水利水电工程是水资源优化调配、防洪减灾、清洁能源开发的重要民生基建, 对保障区域水安全、推动水利行业高质量发展意义重大。混凝土凭借强度高、整体性好、防渗耐久性能优异的优势, 广泛应用于大坝、水闸、输水渠道等水利核心构筑物。相较于普通土建工程, 水利混凝土施工受野外环境制约显著, 温差变化、降水、季风等自

然因素极易干扰施工质量与进度, 且构筑物长期处于涉水受力状态, 对施工精度、结构密实度与运行安全性提出了更为严苛的要求^[1]。

目前国内部分水利施工现场仍沿用粗放式施工模式, 存在专项工艺落实不到位、养护体系不完善、现场监管机制不健全等问题, 导致混凝土裂缝、渗漏等病害频发, 严重影响工程建设品质与长期运行效益。为有效解决现场实

操难题,补齐水利混凝土精细化施工管控短板,本文结合一线施工实践,系统开展混凝土施工技术与质量管控研究,明确各工序标准化作业要点,构建全流程闭环防控机制,为水利工程混凝土精细化、规范化施工落地提供理论依据与实操参考。

1 水利水电混凝土工程施工特点与技术标准

1.1 施工环境与结构特征

水利水电工程大多布置在河道、库区及山区区域,整体作业模式以野外露天施工为主。降水、温差、季风等自然条件都会干扰施工进度与成型质量,施工稳定性相对有限。工程主体多为大体积整体式混凝土结构,成型结构长期承受水流冲击、泥沙磨损以及冻融干湿交替作用,结构损耗速度更快。水利工程对结构整体性、防渗密封性有着严苛要求,施工接缝、止水节点等细部施工精度,直接决定工程后期运行稳定性,现场精细化施工需求十分突出。

1.2 水工混凝土核心性能要求

水工混凝土性能指标区别于普通建筑混凝土,除基础承载强度外,还需要适配复杂涉水工况的专项性能。结构自身具备可靠抗渗能力,有效阻断水体渗透通道,避免内部结构腐蚀与基础土体掏空。表层结构保持稳定抗冲磨性能,长期抵御水流与泥沙冲刷磨损。户外运行环境对混凝土抗冻性能提出硬性要求,降低冻融循环引发的结构疏松、开裂、剥落风险。施工环节严格控制水化热反应与干缩变形幅度,维持结构体积稳定,从材料层面降低病害发生概率^[2]。

2 水利水电混凝土核心施工工艺体系

2.1 前期准备与原材料质量控制

水利混凝土施工质量依托全流程标准化工艺管控,前期筹备与原材料质控是规避基础病害的关键环节。正式浇筑前需完成作业面清理、模板钢筋核验与施工设备调试工作,同步落实专项技术交底,统一现场作业标准。原材料管控坚守源头管控原则,优先选用低水化热、性能稳定的水泥材料,适配大体积水工结构施工需求。施工中严格把控粗细骨料品质,规范外加剂与拌合水选用标准,所有进场材料均需抽样复检,合格后方可投入使用,从材料层面筑牢施工质量基础。

2.2 配合比优化与拌和运输管控

为适配不同水工结构性能需求,施工前需结合现场工况与设计指标优化混凝土配合比,通过掺加矿物掺合料降低大体积结构水化热,优化水胶比提升防渗结构密实度。拌和阶段依托自动化设备标准化作业,严控拌和参数与物

料均匀度,实时监测混凝土温度与坍落度指标。成品混凝土采用密闭运输方式,严控运输工况,进场后落实二次抽检,有效保障浇筑用料的稳定性与合规性。

2.3 现场浇筑与振捣施工管控

现场浇筑振捣需结合结构形态选用适配施工工艺,大体积混凝土采用薄层连续浇筑方式,匀速下料并保持施工连续性,有效规避热量堆积与施工冷缝问题。针对结构边角、接缝及钢筋密集区等薄弱部位,需开展精细化振捣作业,精准把控振捣力度与时长,杜绝漏振、过振引发的结构缺陷,振捣完成后及时平整表层,保障结构成型质量。

2.4 差异化养护与成品保护

养护阶段结合季节气候实施差异化防护,摒弃粗放式养护模式。常温环境做好常态化保湿养护,夏季重点控温防裂,冬季落实保温防冻措施,针对大体积、防渗等重点结构适当延长养护周期。同时规范成品保护管理,杜绝外力扰动与荷载堆放,全方位保障混凝土强度稳定增长与结构长期耐久性。

3 水利专项混凝土施工关键技术应用

3.1 大体积混凝土温控防裂技术

大坝、闸基等大体积混凝土结构浇筑体量偏大,水泥水化热集中堆积,内部散热速度缓慢,内外温差超标容易诱发温度裂缝,破坏结构整体完整性。温控防裂工作需要贯穿施工全流程,前期依托低热水泥、矿物掺合料优化配比,从源头降低水化热释放总量。浇筑阶段采用薄层循序浇筑方式,超大体量结构埋设循环冷却水管,依靠水循环加速内部热量散发。

现场施工时段灵活调整,避开正午高温开展浇筑作业,结构成型后持续监测内外温度变化,动态调整保温养护策略,将温差数值控制在规范允许区间,有效规避温度裂缝与收缩裂缝^[3]。大体积混凝土温控施工原理及布设结构如图1所示,双向温控措施可从根本上抑制裂缝产生。

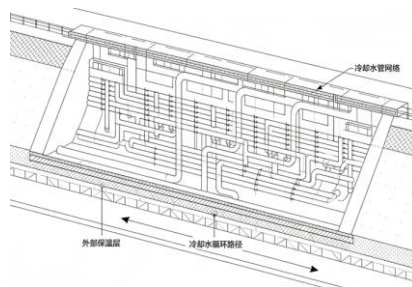


图1 大体积混凝土温控防裂施工示意图

3.2 水工防渗混凝土施工技术

防渗混凝土多用于坝体防渗层、水闸底板、输水渠道

等关键部位,施工质量直接决定工程整体防渗能力。施工核心在于提升混凝土密实度,彻底阻断各类渗水通道。配比阶段严格管控水胶比,优化骨料级配组合,掺加专用防水外加剂提升结构抗渗等级。浇筑作业尽量连续推进,减少施工接缝数量,无法规避的接缝位置需要彻底凿毛、清理、湿润,铺设结合层保障新旧混凝土紧密贴合。

施工人员强化薄弱部位振捣作业,杜绝内部空隙缺陷,后期适当延长保湿养护时长,防止表层干裂形成渗水通道。水工防渗结构层级与止水构造形式如图2所示,密闭式结构设计可有效阻断渗水通道,提升整体防渗效果^[4]。

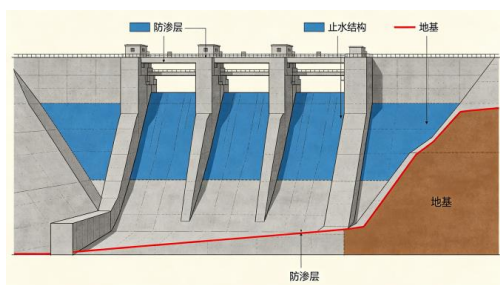


图2 水工防渗混凝土结构及防渗构造示意图

3.3 水下混凝土灌注施工技术

围堰施工、水下桩基浇筑、水下结构修补等场景无法开展干地施工,行业普遍采用导管灌注法完成水下混凝土作业。水体干扰会增加施工难度,对材料性能与施工精度提出更高要求。施工前完成导管密封性检测与标准化布设,混凝土配比适配水下特殊环境,强化材料流动性、抗离析能力与缓凝性能,规避水体稀释破坏材料原有性能。

灌注作业保持连续匀速推进,严格控制导管埋深,杜绝导管拔空、水体混入等问题,动态监测灌注高度并及时调整施工参数,保障结构填充密实完整。水下混凝土导管灌注的施工流程与设备布设如图3所示,可直观体现水下混凝土密实成型的工艺逻辑。

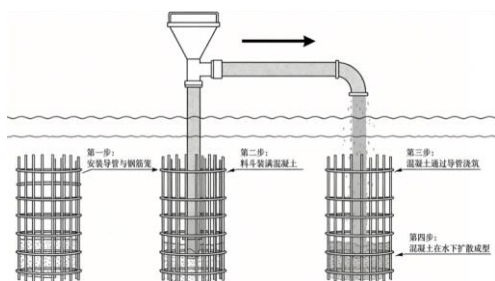


图3 水下混凝土导管灌注施工工艺示意图

3.4 施工缝与止水结构施工技术

施工缝属于水利混凝土结构的高频渗漏薄弱部位,水平与垂直接缝需要采用差异化处理工艺。浇筑前彻底清理

界面浮浆、杂物与松散混凝土结构,凿毛湿润后铺设水泥砂浆结合层,保障新旧混凝土紧密粘结。止水带安装严格参照设计参数,精准固定构件位置,规避施工偏移、变形、破损等问题,止水接头采用标准化焊接、粘接工艺,保障密封严密无空隙。

浇筑振捣过程主动避让止水构件,防止设备撞击破坏止水结构,全方位封堵结构渗漏通道。施工缝凿毛处理、结合层铺设及止水构件布设形式如图4所示,可清晰反映接缝防渗与结构一体化的施工核心要点。

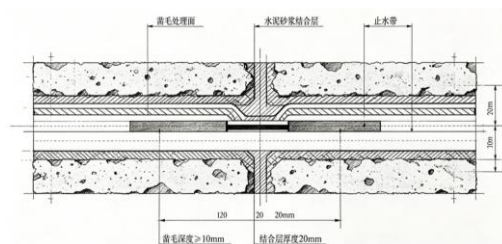


图4 施工缝与止水结构构造示意图

4 施工常见质量问题及防控策略

4.1 施工质量常见问题及成因

水利混凝土野外施工极易受环境条件与作业模式影响,产生结构裂缝、界面渗漏、表层破损及强度不足等质量缺陷,病害多集中于大体积浇筑区域、施工缝、止水节点等结构薄弱位置,整体呈现典型的点位集中特征。此类施工病害并非单一因素导致,主要源于技术操作、现场管理和外部环境的综合作用。施工人员对水工专项精细化工艺掌握不够扎实,温控防裂、止水施工、水下灌注等特殊工序操作精度不足,容易产生实操偏差。施工现场质量管控机制执行偏弱,工序验收与过程巡查落实不到位,粗放式作业问题难以有效纠正。野外温差波动、降水大风等多变天气持续干扰混凝土凝固成型,进一步增加结构缺陷发生风险。

4.2 精细化施工质量优化防控策略

针对上述施工病害及形成机制,本文构建技术、管理、环境三位一体的精细化防控体系,实现施工质量源头治理与闭环管控。技术层面围绕大体积温控、防渗浇筑、水下灌注、接缝止水核心工艺规范施工流程,结合工况动态优化混凝土配合比,有效抑制水化热积聚,提升结构密实度与抗渗性能。现场严格落实分层浇筑、匀速下料与精细化振捣工艺,重点强化薄弱部位施工质量,同步开展作业人员技能培训,统一标准化作业行为,减少人为施工误差。

管理层面健全层级化质检体系,压实全过程质量责任,严格落实原材料复检、工序分层验收、关键工序旁站等制度,坚持上道工序合格后方可开展后续施工。通过建

立问题整改台账,实现缺陷动态登记、限时整改、闭环复查,杜绝同类病害反复出现,明确各岗位权责范围,消除管理盲区。环境层面结合野外施工特点建立动态调度机制,根据季节温差、降水风力变化灵活调整施工计划,通过错峰浇筑、保温保湿、雨天停工等防护手段,降低恶劣天气对混凝土成型及养护质量的不利影响,保障整体施工质量稳定可控^[5]。

5 结论

本文结合水利工程野外复杂涉水施工特性,系统梳理了混凝土施工筹备、拌和运输、浇筑振捣、养护防护的标准化作业流程。针对水利施工核心难点,重点细化大体积温控防裂、防渗结构浇筑、水下混凝土灌注、施工缝止水四项专项技术的实操要点,精准归纳混凝土施工病害的技术、管理、环境三类核心诱因,构建了适配施工现场的多维度精细化质量防控体系。实践表明,本文提出的工艺优化与质量防控策略,可有效改善传统粗放施工引发的各类质量问题,规避混凝土结构病害,提升结构稳定性与防渗

耐久性。研究成果进一步完善了水利混凝土施工技术体系,可为同类水利工程施工提供实操借鉴,对推动水利基建施工标准化、精细化升级,保障水利工程长效安全运行具有良好的工程应用价值。

【参考文献】

- [1]黄敬平.水利水电工程混凝土施工技术的应用与展望[J].湖南水利水电,2025,(5):7-10.
 - [2]田育功.大坝与水工混凝土关键核心技术综述[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2018,39(5):23-30+52.
 - [3]姜功华.水库主坝大体积混凝土防裂温控方案及施工效果分析[J].江西建材,2025,(4):113-115+122.
 - [4]陆朝友.水利工程施工中混凝土防渗墙施工技术的应用分析[J].科技资讯,2025,23(12):156-158.
 - [5]程有锋,陈攀峰.水利工程混凝土施工过程中的技术要点与质量控制方法研究[J].水上安全,2025,(19):160-162.
- 作者简介:李涛(1991.10—),男,汉族,陕西省西安市,大学本科,中级工程师,研究方向:水利水电工程。