

水利工程混凝土施工技术及其质量控制

王 浩

淄博齐龙水利建筑工程有限公司 山东 淄博 255318

摘 要：水利工程是国民经济重要基础设施，施工质量直接影响防洪、灌溉、供水等综合效益，混凝土作为其核心建筑材料，施工技术与质量控制是工程安全稳定运行的关键。本文结合施工实际，分析混凝土施工特点与难点，阐述原材料选择、配合比设计等核心技术要点，构建质量控制体系，探讨质量影响因素、控制环节、常见问题及防治措施，提出科学检测评估方法，为水利工程混凝土施工提供技术参考，助力提升施工质量，保障工程长期稳定服役。

关键词：水利工程；混凝土施工；施工技术；质量控制

引言：随着我国水利工程建设推进，大型水库、水电站等工程日益增多，对施工质量要求不断提高。混凝土因强度高、耐久性好、可塑性强，成为水利工程最常用建筑材料，其施工质量直接决定工程承载能力、抗渗性能和使用寿命。当前水利工程施工环境复杂，受地质、水文、气候等因素影响，混凝土施工技术难度大、质量控制面临挑战，因此深入研究施工技术、健全质量控制体系、解决质量隐患，对保障工程安全运行、发挥综合效益具有重要现实意义和工程价值。

1 水利工程混凝土施工特点与难点

1.1 水利工程对混凝土的特殊要求

水利工程混凝土与普通建筑混凝土相比，因长期处于水下、潮湿或有侵蚀性的环境中，需满足更为严格的特殊要求。首先，抗渗性是核心要求，水利工程如堤坝、涵闸等结构需长期承受水压力，混凝土需具备良好的抗渗性能，防止渗水导致结构损坏，通常要求混凝土抗渗等级不低于P6。其次，抗冻性要求较高，尤其是北方寒冷地区，混凝土需承受冻融循环作用，需达到规定的抗冻等级，避免冻融破坏导致强度下降。还需具备较强的耐久性和抗侵蚀性，抵御水中盐分、酸碱物质的侵蚀，同时需满足一定的强度和整体性要求，确保结构能够承受水荷载、地震荷载等各种外力作用，保障工程长期稳定运行。

1.2 施工环境复杂性

水利工程大多修建在江河、湖泊、山谷等区域，施工环境具有显著的复杂性和不确定性。一方面，水文条件复杂，施工过程中可能面临汛期、洪水、水位变化等问题，影响混凝土浇筑进度和质量，如汛期水位上涨可能导致施工中断，水下浇筑混凝土需应对水流冲击、泥沙淤积等难题。另一方面，地质条件多样，部分工程修建在地质复杂区域，存在断层、裂隙、软弱夹层等地质

缺陷，给混凝土施工带来不便，需提前采取处理措施^[1]。气候条件影响较大，高温、严寒、暴雨、大风等恶劣天气会直接影响混凝土的拌制、浇筑和养护，增加施工难度，如高温天气易导致混凝土坍落度损失过快，严寒天气易造成混凝土冻伤。

1.3 施工难点分析

水利工程混凝土施工面临诸多难点，首先是大体积混凝土施工难题，多数水利工程如大坝、溢洪道等属于大体积混凝土结构，浇筑量大、体积庞大，易产生温度裂缝，影响结构整体性和耐久性，如何控制温度应力是施工中的核心难点。其次，水下混凝土施工难度高，水下浇筑过程中需保证混凝土的流动性和密实度，避免出现离析、蜂窝、麻面等质量问题，同时需应对水流、水压等因素的影响，施工工艺要求严格。施工工序复杂，水利工程混凝土施工涉及原材料制备、模板安装、钢筋绑扎、浇筑振捣、养护等多个环节，各环节衔接紧密，任一环节出现问题都会影响整体施工质量，且施工规模大、工期紧，给施工组织和质量控制带来较大挑战。

2 水利工程混凝土施工技术要点

2.1 原材料选择与配合比设计

原材料的质量直接决定混凝土的性能，因此需严格筛选原材料。水泥应选用强度等级符合设计要求、安定性好、水化热低的品种，优先选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，避免使用质量不稳定的水泥。骨料需选用质地坚硬、洁净、级配良好的砂石，石子的粒径、含泥量、针片状颗粒含量需符合规范要求，砂的细度模数、含泥量需严格控制，防止影响混凝土的强度和耐久性。外加剂应根据施工需求和混凝土性能要求合理选用，如缓凝剂、减水剂、引气剂等，用于改善混凝土的和易性、降低水化热、提高抗渗抗冻性能。配合比设计需结合工程设计要求和原材料性能，通过试验确定最优配合

比,控制水胶比、砂率等参数,确保混凝土的强度、抗渗、抗冻等性能满足设计标准,同时兼顾经济性。

2.2 模板与钢筋工程

模板工程是混凝土施工的基础,需保证模板的强度、刚度和稳定性,确保混凝土浇筑后成型符合设计尺寸和形状。模板选用应根据施工部位和结构形式确定,优先选用钢模板或覆膜胶合板,模板表面需平整、光滑,拼接严密,避免出现漏浆现象。模板安装前需进行除锈、涂刷脱模剂处理,安装过程中需准确控制标高、位置和垂直度,采用可靠的支撑体系固定,防止浇筑过程中出现变形、移位。钢筋工程需严格按照设计图纸施工,钢筋的规格、型号、数量、间距需符合要求,钢筋进场后需进行检验,合格后方可使用。钢筋绑扎需牢固,接头连接需符合规范,焊接或机械连接的质量需严格控制,避免出现接头松动、断裂等问题,同时做好钢筋的保护层控制,防止钢筋锈蚀^[2]。

2.3 混凝土浇筑与振捣

混凝土浇筑前需做好准备工作,检查模板、钢筋的安装质量,清理模板内的杂物和积水,确保浇筑环境符合要求。浇筑过程中需控制混凝土的浇筑速度和浇筑顺序,采用分层浇筑、分层振捣的方式,每层浇筑厚度不宜超过50cm,避免出现分层离析现象。浇筑顺序应根据结构特点确定,一般从低处向高处、从一端向另一端连续浇筑,如需间歇浇筑,间歇时间需控制在混凝土初凝时间以内。振捣工作需采用插入式振捣器,振捣时需快插慢拔,振捣时间控制在20-30s,直至混凝土表面泛浆、无气泡冒出为止,避免振捣不足导致混凝土密实度不够,或振捣过度导致骨料离析,确保混凝土浇筑质量。

2.4 温控与养护技术

温控技术是大体积混凝土施工的关键,需采取有效的温控措施,降低混凝土内部与表面的温差,防止产生温度裂缝。施工中可采用低热水泥、掺加粉煤灰等掺合料,减少水化热产生;浇筑过程中可采用分层浇筑、预埋冷却水管等方式,加快混凝土散热;表面可采用覆盖保温材料、洒水保湿等措施,减缓表面散热速度,控制温差在规范允许范围内。养护工作应在混凝土浇筑完成后及时进行,养护时间不少于14天,大体积混凝土养护时间需延长至28天以上。养护过程中需保持混凝土表面湿润,可采用洒水、覆盖土工布、塑料薄膜等方式,避免混凝土表面失水过快产生收缩裂缝,同时控制养护环境温度,防止高温、严寒天气对混凝土强度发展造成影响。

2.5 特殊结构施工

水利工程中存在大坝溢流面、涵闸、隧洞等特殊结

构,其混凝土施工需采用针对性的技术措施。大坝溢流面混凝土施工需保证表面平整度和光滑度,采用滑模施工工艺,控制浇筑速度和振捣质量,避免出现表面蜂窝、麻面、错台等问题,同时做好表面压光处理,提高抗冲耐磨性能。涵闸混凝土施工需重点控制施工缝、伸缩缝的处理,采用止水带、止水片等止水措施,防止渗水,浇筑过程中需保证涵闸进出口、闸室等部位的成型质量,确保结构尺寸准确。隧洞混凝土施工需应对洞内狭窄、通风不畅等问题,采用喷射混凝土或模筑混凝土工艺,控制混凝土的配合比和振捣质量,做好围岩支护与混凝土施工的衔接,防止围岩坍塌影响施工安全和质量。

3 水利工程混凝土质量控制体系

3.1 质量影响因素分析

水利工程混凝土质量受多种因素影响,主要可分为人为因素、材料因素、工艺因素和环境因素四大类。人为因素是核心影响因素,施工人员的技术水平、责任意识直接影响施工质量,如操作不规范、检测不到位等易导致质量隐患。材料因素方面,原材料的质量不合格、配合比设计不合理,会直接影响混凝土的强度、抗渗等性能,导致质量问题。工艺因素包括模板安装、钢筋绑扎、浇筑振捣、养护等各施工环节的工艺水平,任一环节工艺不规范,都会影响混凝土质量。环境因素方面,高温、严寒、暴雨、大风等恶劣天气,以及复杂的地质、水文条件,会影响混凝土施工过程,导致质量波动,增加质量控制难度。

3.2 质量控制关键环节

水利工程混凝土质量控制需抓住关键环节,实现全过程管控。首先是施工前控制,严格审核施工方案,对原材料进行检验,确保原材料合格,优化配合比设计,做好施工人员的技术交底和培训,明确施工标准和要求。其次是施工过程控制,加强对模板、钢筋安装质量的检查,严格控制混凝土拌制、浇筑、振捣等工序的质量,做好温控和养护工作,及时发现和整改施工中的质量问题。最后是施工后控制,对混凝土结构进行质量检测和评估,对不合格部位及时进行处理,做好工程验收工作,确保工程质量符合设计标准。建立健全质量管理制度,明确各岗位职责,加强质量监督检查,确保质量控制措施落实到位^[3]。

3.3 常见质量问题与防治措施

水利工程混凝土施工中常见的质量问题主要有裂缝、蜂窝、麻面、孔洞、露筋等。裂缝是最常见的质量问题,主要分为温度裂缝和收缩裂缝,防治措施包括优化配合比、采取有效的温控措施、加强养护等,对已产

生的裂缝可采用灌浆、表面封闭等方式处理。蜂窝、麻面主要由模板拼接不严、漏浆、振捣不足等导致,防治措施包括确保模板拼接严密、涂刷脱模剂、规范振捣操作,对已出现的蜂窝、麻面可采用水泥砂浆修补。孔洞、露筋主要由钢筋绑扎不规范、混凝土浇筑不密实等导致,防治措施包括严格按照设计要求绑扎钢筋、确保混凝土浇筑密实,对孔洞、露筋需剔除不合格部分,重新浇筑混凝土并进行修补。

3.4 质量检测与评估方法

质量检测是质量控制的重要手段,需采用科学的检测方法,对混凝土质量进行全面检测。常用的检测方法包括外观检测、强度检测、抗渗检测、抗冻检测等。外观检测主要检查混凝土表面的平整度、光滑度、有无裂缝、蜂窝、麻面等缺陷,采用目测、尺量等方式进行。强度检测可采用回弹法、超声回弹综合法、钻芯法等,检测混凝土的抗压强度,确保符合设计要求。质量评估需结合检测结果,对照设计标准和规范要求,对混凝土施工质量进行综合评估,明确质量等级,对存在的质量问题提出整改措施,确保工程质量合格。

4 水利工程混凝土施工质量控制策略与建议

4.1 建立健全质量管理体系

建立健全质量管理体系是水利工程混凝土施工质量控制的基础。施工企业要依国家法规和行业标准,结合工程实际制定涵盖全过程的质量管理制度,明确各层级、部门、岗位的质量职责权限,形成责任网络。该体系包含多个子系统,确保工作有章可循。建立质量责任制考核机制,将指标分解到个人,考核与薪酬挂钩。同时,建立质量信息反馈机制,畅通问题处理渠道。质量管理体系要动态管理,定期审核评审,持续改进完善,保障其适宜有效,发挥制度保障作用。

4.2 加强人员培训与管理

人员是施工主体,其水平与意识影响混凝土施工质量,加强人员培训与管理是关键。施工企业要建立分层分类培训体系,针对不同岗位人员制定培训计划,采用多种形式增强培训实效,考核合格方可上岗,特种作业岗位须持证。同时,加强人员管理,建立档案记录相关信息。持续开展质量意识教育,让全体人员树立“质量第一”理念,自觉遵守规程,主动参与质量管理,形成全员重视、把控质量的良好氛围,提升质量控制水平^[4]。

4.3 推广应用新技术新工艺

科技进步带来水利工程混凝土施工诸多创新成果,推广应用是提升施工质量的重要途径。在原材料方面,推广新型材料改善性能;温控防裂上,应用智能温控系统精准控温;浇筑振捣时,采用智能振捣设备避免漏振或过振;质量检测中,运用无损检测技术快速识别缺陷;信息化管理上,建立数字化管理平台实现全过程可追溯、预警、控制。推广新技术新工艺需加强技术合作,开展培训试点,形成成熟技术路线和操作规程,以创新驱动质量提升。

4.4 强化全过程动态监控

全过程动态监控是混凝土施工质量精细化控制的有效手段,强调对各环节跟踪监测与实时调整。监控覆盖施工全过程,人防与技防结合,运用信息化手段,如在拌合站、运输车辆、浇筑仓面等安装监测装置,实时采集数据上传质量管理平台。建立质量预警机制,设定指标限值,数据超限时自动预警,提醒现场人员纠偏。全过程动态监控实现从结果检验到过程控制、从事后处理到事前预防的转变,减少质量波动,消除隐患,确保施工质量受控。

结束语

水利工程混凝土施工技术及质量控制是一项系统工程,涉及施工技术、材料管理、工艺控制、质量检测等多个方面,直接关系到水利工程的安全稳定运行和综合效益的发挥。在实际施工中,需结合工程具体情况,灵活运用施工技术,严格落实质量控制措施,加强全过程质量管控,不断提升施工技术水平和质量控制能力,确保水利工程混凝土施工质量符合设计要求,为我国水利工程建设事业的健康发展提供保障。

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]慕跃飞.水利工程混凝土施工技术及其质量控制策略[J].工程与建设,2024,38(2):412-413,439.
- [3]吴勇,刘俊新.水利工程混凝土施工技术及其养护[J].湖南水利水电,2021(5):63-65,70.
- [4]周艳艳,孙震国.水利工程混凝土施工技术及其裂缝控制研究[J].水上安全,2025(4):196-198.