

水利水电建筑工程中的混凝土 浇筑质量控制技术

董 盼

(渭南市临渭区水利工程质量安全监督站, 陕西 渭南 714000)

摘 要 水利工程作为国家基础设施的关键组成部分, 其混凝土施工质量直接关系到工程结构安全和长期服役性能。本文认为通过科学化的施工管理体系和全过程质量控制手段, 包括原材料筛选、配合比优化、浇筑工艺规范及养护制度完善, 能够有效预防裂缝、渗漏等质量通病, 从而在保障工程安全可靠性的同时, 兼顾经济效益与生态环境保护要求。

关键词 水利工程; 混凝土; 施工管理; 质量控制

中图分类号: TV5

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.31.018

0 引言

随着我国水利水电工程建设进入高质量发展阶段, 现代混凝土施工技术作为关键性工艺环节, 其工艺水平和质量控制直接决定了工程主体结构的长期稳定性、抗震性能及防洪安全。尽管新型外加剂、智能化浇筑设备等技术手段不断革新, 但施工过程中仍普遍存在裂缝控制不足、强度离散性大等典型质量缺陷, 亟需通过 BIM 技术应用、全生命周期质量管理体系构建等创新手段, 系统提升工程技术标准与安全水平。

1 水利工程混凝土施工的特点

水利工程混凝土施工过程涉及多环节系统化控制, 从原材料筛选、配合比设计到现场浇筑工艺及后期养护管理均需严格把控。其特殊性主要体现在: 首先, 露天作业环境受气象条件显著制约, 昼夜温差波动与极端降水直接影响混凝土凝结过程, 导致浇筑作业间歇性中断; 其次, 超长工期与海量工程量形成叠加效应, 特大型项目往往跨越多年度施工周期^[1]; 再次, 复杂工况要求差异化材料配比, 结构关键部位常需特种混凝土, 且与土建、金属结构安装等交叉作业产生工艺冲突; 最后, 温度应力控制成为关键技术难点, 特别是大体积混凝土需采用分层间歇浇筑工艺, 通过温度监测与缝面处理预防结构性裂缝产生。

2 水利工程混凝土施工管理要点

2.1 人员管理

在水利工程混凝土施工过程中, 施工人员的专业技能与职业素养对工程质量起到决定性作用。例如: 某工程项目实施三级培训认证机制: 首先开展全员安

全技术交底, 其次针对振捣等关键工序组织专项技能培训, 最终通过理论与实践双重考核。以混凝土振捣为例, 培训内容包括振动棒操作要领、振捣时间控制及漏振预防措施, 经考核 95% 以上作业人员实现标准化操作, 显著提升了混凝土密实度与均匀性, 减少了蜂窝麻面等质量缺陷的出现概率。

2.2 设备管理

水利工程混凝土施工过程中的设备管理是保障工程质量和施工效率的关键环节, 完善的设备管理机制对项目建设具有决定性影响。针对混凝土搅拌系统、运输设备及振捣装置等核心施工设备, 必须建立系统化、标准化的维护保养体系。例如: 某工程项目实施分级分类设备维保方案, 对搅拌设备执行周期性全面检修制度, 及时更换易损部件确保拌合质量; 对混凝土运输车辆实施里程节点维护机制, 保证运输过程安全可靠; 同时建立设备状态实时监控系统, 通过预防性维护保障设备持续稳定运行, 实现施工全过程的质量控制与进度保障。

2.3 施工进度管理

水利工程混凝土施工进度管理需要建立科学严谨的进度管控体系, 在确保施工质量的前提下实现工期目标。通过运用现代项目管理方法, 将混凝土浇筑、振捣、养护等关键工序纳入动态进度管理系统^[2]。例如: 某工程采用网络计划技术对施工流程进行精细化编排, 重点把控大体积混凝土浇筑、结构缝处理等关键线路作业, 建立进度预警机制和质量追溯制度, 既避免了盲目赶工导致的质量隐患, 又确保了各工序的科学衔接与合理工期。施工过程中根据气象条件、材料供应

等变量因素实施滚动式进度调整,实现质量与进度的动态平衡控制。

2.4 施工安全管理

水利工程混凝土施工作业面临多种安全隐患,必须建立系统化的安全防控体系。针对高空作业、设备操作等关键风险点,需实施多层次安全防护措施:设置醒目的分区警示标识、配置标准化的个人防护装备、完善临边防护设施等。例如:某工程项目在实施混凝土浇筑作业时,特别重视高空作业平台的防护体系搭建,通过规范化的安全通道设置、可靠的防坠落装置安装以及严格的作业区域隔离管理,构建了全方位的安全防护网络,有效预防各类安全事故发生。

3 水利工程混凝土施工质量控制措施

3.1 加强原材料质量控制

水利工程混凝土原材料的质量控制是确保工程质量的首要环节,必须建立全流程的质量管控体系。从原材料进场开始,就应当执行标准化的质量验收程序,对水泥的基本物理性能、骨料的级配特征以及外加剂的功能参数进行系统性检测。例如:某工程项目通过实施分层级质量把关制度,重点监控水泥的水化热特性、骨料的碱活性反应以及外加剂的适应性表现,同时配备专业的检测设备和实验室人员,确保所有进场材料的技术指标完全满足工程设计和施工规范要求,为混凝土结构的长久耐久性奠定了坚实的基础。

3.2 优化混凝土配合比

水利工程混凝土配合比设计是一项系统工程,需要基于工程结构特点和使用环境要求进行科学论证。通过实验室试配与性能验证相结合的方法,重点优化混凝土的力学性能指标、耐久性能参数以及施工和易性等关键技术指标。例如:某工程项目在配合比优化过程中,特别针对水工建筑物长期处于干湿交替和冻融循环的特殊环境,采取适度提高胶凝材料用量的技术措施,同时通过掺加优质矿物掺合料改善微观结构,从而确保混凝土具备优异的抗渗透能力和抗冻融循环性能,满足工程全寿命周期的使用要求。

3.3 加强施工过程质量控制

在水利工程混凝土施工过程中,需要建立全过程的质量控制体系。首先,应规范混凝土搅拌工艺参数,确保拌合物均匀性,并在运输过程中采取慢速搅拌等防离析措施;其次,浇筑阶段需严格按施工方案控制分层厚度和浇筑速度,通过高频振捣设备保证混凝土密实度;最后,养护管理环节要制定标准化的养护方案,采用覆盖洒水或喷涂养护剂等方法,并对养护过程实

施持续跟踪记录,确保混凝土各项性能指标的实现^[3]。

3.4 加强质量检测与验收

水利工程混凝土质量管控应贯穿施工全过程:原材料的质量控制需建立规范的检测程序,对水泥等关键材料实施定期抽样检验;混凝土浇筑过程中需严格按照标准要求制作试件,开展全面的力学性能与耐久性性能检测;工程完工后需组织专业技术人员对混凝土结构外观进行系统检查,针对表面缺陷采取标准化修复工艺,确保结构质量满足设计要求和使用寿命。

4 混凝土浇筑后的养护技术

4.1 保湿养护

水利工程混凝土浇筑完成后必须严格执行标准化养护工艺,这是确保混凝土结构质量的关键环节。在混凝土初凝前要及时进行第一次洒水作业,这能有效预防表面干缩裂缝的产生;待混凝土终凝后,则需建立持续保湿机制,通过洒水养护、流水养护或覆膜养护等多种方式,使混凝土表面始终保持湿润状态,为水泥的充分水化提供必要条件。特别是对于大体积混凝土结构,其养护周期要延续至上层混凝土浇筑完成,养护频率应根据现场温度、湿度等环境因素动态调整,从而确保混凝土获得最佳的强度发展和耐久性能。

4.2 保温养护

在水利工程混凝土施工中,针对环境温度变化条件下的养护工作,应建立系统的温度控制体系^[4]。施工过程中应根据气象预报和现场实测数据,动态调整养护方案。优先选用导热系数低、保温性能优良的专用养护材料,包括但不限于复合型保温膜、多层隔热毯及高分子保温垫等高效隔热材料体系。在季节转换期和昼夜温差较大时段,需建立温度监测预警机制,当预测到寒流侵袭时,必须提前 48 小时将常规湿润养护转换为综合保温养护模式。特别对于刚拆模的混凝土结构,应实施重点防护,通过分层覆盖保温材料、搭设临时挡风屏障等措施,形成稳定的微气候环境,有效控制混凝土内外温差梯度,防止因温度应力导致的贯穿性裂缝和表面龟裂,从根本上保障混凝土结构的整体密实性和长期耐久性。

5 混凝土浇筑技术在水闸施工中的应用

水闸结构按功能区划分为三大区域:上游衔接段、中央闸室和下游出口段,构成完整的挡水泄洪体系。上游段设防冲设施消能;中央闸室作为核心功能区,配置有精密闸门系统、启闭机械装置以及配套的支承结构,确保水流调控的可靠性和灵活性;下游出口段则采用阶梯式消力池设计,结合尾坎整流设施,通过

水跃原理实现水流能量的高效消散和平稳过渡。这三个功能区域协同工作,共同构成一个完整的挡水、泄洪与流量调节体系。在闸墩结构施工过程中,面对配筋密集度高、预埋管线系统复杂、施工操作空间受限等特殊工况,必须编制针对性强的专项施工技术方案。核心工艺控制要点主要包括:在底板与闸墩连接部位采用分层阶梯式浇筑工艺,严格控制分层厚度和间隔时间,确保新旧混凝土良好结合;选用高精度组合式钢模板系统,配合全站仪实时监测,保证结构轴线和垂直度偏差控制在规范允许范围内;针对闸门锚固系统,创新采用具有应力缓冲功能的高分子复合材料垫片装置,既满足结构受力要求,又能有效保护混凝土表面完整性。通过建立全过程质量管控体系,实施标准化作业流程,采用信息化监测手段,全方位确保施工精度和结构性能,使工程实体质量达到优良标准。

6 混凝土大坝体施工技术的应用

6.1 大坝体分块浇筑技术

在大型水利水电工程坝体混凝土浇筑施工中,科学合理的分区施工策略至关重要。工程实践中主要采用通仓分块、错缝分块和纵缝分块三种典型技术方案。其中通仓分块技术通过分层连续浇筑简化了施工工序,但对大体积混凝土温度控制提出了严格要求;错缝分块工艺则利用竖向施工缝的错位布置来改善结构受力性能,需要配合优化的混凝土配合比设计和全过程温度监控措施;而纵缝分块方式虽在温度应力控制方面具有独特优势,却显著增加了模板工程量和施工组织难度。这三种工艺方案均将温度场控制作为施工管控的核心要素,在确保大坝结构整体稳定性的同时,必须统筹兼顾施工进度与工程质量的双重要求。实际施工过程中应当根据具体工程特点,制定针对性的温度防裂技术措施,建立全过程监控体系,从原材料控制、浇筑工艺到后期养护等各环节实施精细化管理,最终确保大坝混凝土结构的整体施工质量和长期耐久性能满足设计要求。

6.2 接缝灌浆施工技术

6.2.1 接缝灌浆管路布局

在水利工程纵缝处理中,灌浆作业主要采用盒式、联合骑缝式和可重复灌浆三种管路系统方案。其中盒式灌浆凭借其独特的管路结构和内置过滤装置,在防止浆液堵塞方面表现出众,但需付出较高材料成本的代价^[5]。为克服这一局限,联合骑缝式灌浆技术应运而生,该方案通过优化管道截面形状和布置方式,显著改善了浆液流动性能,不仅降低了管路堵塞概率,

还提高了灌浆密实度。为确保水利工程纵缝灌浆的最佳效果,创新研发的可重复灌浆系统采用了先进的模块化设计理念,配备了智能自清洁机构和便捷的快速连接装置,不仅有效保障了灌浆密实度和均匀性,还大幅提升了现场施工的组织效率与过程可控性。这三种灌浆技术方案各具优势,在实际工程应用中,需要综合考量项目地质条件、施工环境、工期要求等多种因素,从系统可靠性、工艺适应性、经济合理性等多个技术经济指标进行全面评估和科学比选,最终选择最适合工程特点的灌浆实施方案,以确保工程质量和施工进度双达标。

6.2.2 接缝灌浆施工技术

在大坝接缝灌浆施工过程中,质量控制必须贯穿始终,重点需要落实三大关键措施:首先需建立全过程质量监控体系,通过实时监测灌浆压力、流量等参数,预防因灌浆不当导致的坝体变形及相邻接缝过早闭合;其次应科学调控坝体应力分布,合理设置灌浆时机和压力,避免接缝在外部荷载作用下产生开裂;最后要优化灌浆工序安排,严格遵循“先横缝后纵缝”的施工顺序,确保各接缝系统有序灌浆。通过采用标准化施工工艺、精细化过程控制和信息化管理手段,确保接缝灌浆施工质量全面达标,从而为大坝整体结构的安全稳定运行提供可靠保障。整个灌浆过程要注重各环节的协调配合,确保灌浆效果满足设计要求。

7 结束语

在水利工程建设中,混凝土施工工艺占据重要地位。通过优选建材原料、科学调配配比、优化浇筑工艺以及完善后期养护等关键环节,能够有效提升混凝土结构性能,确保水利设施长期稳定运行。随着工程技术和施工方法的持续革新,先进的混凝土施工技术必将为水利项目提供更有力的支撑。

参考文献:

- [1] 孟宪民,杨琳琳.水利水电施工中混凝土质量控制措施[J].城镇建设,2024(08):232-234.
- [2] 邓渠江.水利水电工程坝体混凝土施工质量管理分析[J].低碳世界,2024,14(10):103-105.
- [3] 杨晓宇.建筑施工中混凝土外观质量控制要点分析[J].建材发展导向,2023,21(07):25-27.
- [4] 李东.房建工程中的钢筋工程施工质量控制分析[J].建材发展导向,2023,21(23):28-30.
- [5] 代吾来提·卡克木江.水利水电工程混凝土施工问题与管理措施研究[J].水电水利,2022,06(02):134-136.