

水利工程混凝土施工技术与质量控制

丁康兵

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：本文围绕水利工程混凝土施工技术与质量控制展开研究，阐述水利混凝土抗渗、抗冻等核心特性及技术要求，分析材料、环境、人为等主要影响因素。重点探讨原材料制备、运输浇筑、养护拆模及特殊环境施工关键技术，构建施工全过程质量控制体系，明确控制目标、标准与检测方法，提出质量责任制与监督机制。研究旨在规范施工流程、优化技术方案，解决质量隐患，保障混凝土结构安全稳定，为同类工程施工提供理论参考与实践借鉴。

关键词：水利工程；混凝土施工技术；质量控制

引言：水利工程是国民经济发展的基础性工程，其质量直接关系到防洪、蓄水、输水等核心功能发挥，混凝土作为核心建筑材料，施工质量决定工程使用寿命与安全性能。当前，水利工程建设规模扩大、施工环境趋复杂，混凝土施工中仍存在原材料管控不严、工艺执行不到位、隐患排查不及时等问题。因此，系统研究施工技术、构建科学质量控制体系，对提升工程质量、规避风险、推动水利工程高质量发展意义重大。

1 水利工程混凝土施工相关基础理论

1.1 水利工程混凝土的特性与技术要求

(1) 水利混凝土的核心特性：水利工程混凝土长期处于水环境中，核心特性直接决定工程使用寿命。抗渗性可防止水分渗透侵蚀内部结构，避免钢筋锈蚀；抗冻性能抵御低温冻融循环破坏，适应寒冷地区施工需求；抗冲刷性可承受水流长期冲击，适用于堤坝、渠道等部位；耐久性则保障混凝土在复杂水文环境下长期稳定，减少维修养护成本，是水利混凝土的核心保障。(2) 水利工程对混凝土的技术要求：强度等级需根据工程受力情况确定，满足承载、抗冲击需求；配合比需科学配比水泥、骨料、水及外加剂，兼顾强度与工作性能；工作性能要求混凝土具有良好的流动性、黏聚性和保水性，便于浇筑、振捣，确保施工顺畅，避免出现蜂窝、麻面等质量缺陷。

1.2 水利混凝土施工的核心原则

(1) 安全性原则：是施工首要原则，需保障施工过程中人员、设备安全，严格执行安全操作规程；同时确保工程成品满足安全标准，抵御洪水、地震等自然灾害，杜绝安全隐患，保障工程长期安全运行。(2) 适用性原则：需结合水利工程蓄水、输水、防洪等不同用途，针对性调整施工方案，确保混凝土结构适配工程功能，如蓄水工程重点强化抗渗性施工，输水工程注重表面平整度和抗冲刷性。(3) 经济性原则：在保证施工质量和安

全的前提下，优化原材料选择、施工工艺和资源配置，减少耗材、人力和工期成本，实现质量与效益的平衡，避免过度投入造成浪费。

1.3 水利混凝土施工的影响因素分析

(1) 材料因素：水泥强度等级、安定性直接影响混凝土强度；骨料的级配、洁净度会影响混凝土密实度和工作性能；外加剂的种类和掺量需合理控制，避免影响混凝土凝结时间和耐久性，原材料质量是施工质量的基础。(2) 环境因素：温度过高易导致混凝土开裂，过低会延缓凝结速度；湿度过低会使混凝土表面失水过快，产生裂缝；降雨会影响混凝土配合比和浇筑质量，需采取针对性防护措施规避环境影响^[1]。(3) 人为因素：施工人员操作规范性直接影响浇筑、振捣质量，操作不当易产生质量缺陷；管理水平不足会导致施工流程混乱、质量管控不严，需强化人员培训和现场管理，保障施工质量。

2 水利工程混凝土施工关键技术

2.1 混凝土原材料制备与配合比设计技术

(1) 原材料筛选与检验技术：原材料质量是混凝土施工质量的前提，需严格遵循相关标准开展筛选与检验。水泥需检验强度等级、安定性、凝结时间等指标，采用抗压试验、安定性试验等方法，杜绝不合格水泥进场；骨料需筛选级配合理、洁净无杂质的砂石，检验含泥量、针片状颗粒含量等，确保符合施工要求；外加剂需根据工程需求选择，检验其减水率、缓凝性等性能，避免与水泥发生不良反应，保障混凝土性能稳定。(2) 混凝土配合比设计：需结合水利工程的强度等级、抗渗、抗冻等要求，科学优化配合比。以水泥用量、水胶比、骨料级配为核心，兼顾强度与耐久性，避免盲目增加水泥用量造成成本浪费和裂缝隐患；同时根据施工环境、运输距离等因素，调整配合比参数，确保混凝土工作性能满足浇筑需求，实现质量与经济性的双重目标^[2]。(3) 原材

料搅拌技术：搅拌设备需选用符合工程规模的强制式搅拌机，确保搅拌均匀。严格控制搅拌工艺参数，包括搅拌时间、投料顺序，一般采用“砂、水泥、石子干拌均匀后加水”的投料方式，搅拌时间不少于90秒；同时控制搅拌过程中的加水量，避免出现离析、泌水现象，保证混凝土搅拌质量均匀一致。

2.2 混凝土运输与浇筑施工技术

(1) 混凝土运输技术：根据施工场地、浇筑部位选择合适的运输设备，远距离运输采用混凝土搅拌运输车，近距离采用溜槽、料斗等。运输过程中需做好质量控制，保持搅拌运输车持续低速转动，防止混凝土离析；控制运输时间，高温环境下运输时间不超过2小时，避免坍落度损失过大，确保混凝土到场后可正常浇筑。(2) 混凝土浇筑工艺：浇筑前需清理模板、基层，洒水湿润但无积水。浇筑顺序遵循“从低处向高处、从一端向另一端”的原则，分层浇筑，分层厚度根据振捣方式确定，插入式振捣分层厚度不超过50cm，表面振捣不超过20cm。振捣采用插入式振捣器为主、表面振捣器为辅，振捣至混凝土表面泛浆、无气泡为止，避免漏振、过振导致质量缺陷。(3) 特殊部位浇筑技术：坝体浇筑需分层分块进行，控制浇筑速度，做好温控措施，避免出现温度裂缝；溢洪道浇筑需注重表面平整度和抗冲刷性，振捣密实，确保过水能力；涵管浇筑需控制管身垂直度和接口密封性，采用分段浇筑、连续振捣的方式，防止接口渗漏^[3]。

2.3 混凝土养护与拆模技术

(1) 混凝土养护技术：养护是保障混凝土强度增长和耐久性的关键环节，需根据环境温度选择适配的养护方式。常温环境采用洒水养护，保持混凝土表面持续湿润，养护时间不少于14天；高温、干燥环境采用覆盖土工布、塑料薄膜养护，减少水分蒸发，缩短洒水间隔；低温环境采用保温养护，避免混凝土受冻。同时严格控制养护温度，避免内外温差过大产生裂缝，确保混凝土强度稳步增长。(2) 拆模技术：拆模时机需根据混凝土强度精准判断，侧模在混凝土强度达到设计强度50%以上、表面无松动、棱角完整时拆除，底模需达到设计强度75%以上方可拆除。拆模顺序遵循“先支后拆、后支先拆、先非承重后承重”的原则，拆除过程中避免硬撬、硬砸，防止损坏混凝土表面和棱角。拆模后及时对成品进行保护，避免碰撞、污染，确保工程外观质量和结构完整性。

2.4 特殊环境下混凝土施工技术

(1) 高温环境施工技术：采取综合降温措施，原材料堆放于遮阳棚内，采用冷水搅拌降低混凝土出机温度，浇筑时间避开正午高温时段。调整配合比，减少水泥用

量，掺入缓凝剂延缓凝结时间，避免因高温导致坍落度快速损失；养护采用覆盖保湿、洒水降温相结合的方式，缩短洒水间隔，防止混凝土表面失水过快产生裂缝。(2) 低温环境施工技术：强化保温防护，模板外侧包裹保温棉被、塑料薄膜，浇筑后及时覆盖保温材料，减少热量散失。合理选用防冻剂，严格控制掺量，避免影响混凝土强度和耐久性；浇筑后加强保温养护，确保混凝土内部温度不低于5℃，防止冻融循环对混凝土结构造成破坏，保障施工质量^[4]。(3) 雨季施工技术：提前搭建防雨棚，浇筑前关注天气预报，避开降雨时段施工。遇突发降雨立即停止浇筑，覆盖防雨布保护已浇筑混凝土；做好浇筑后的排水处理，及时排除基坑、模板内积水，防止雨水冲刷混凝土表面。若混凝土表面受雨水冲刷出现缺陷，及时进行表面修补、压实处理，确保施工质量不受影响。

3 水利工程混凝土施工质量控制体系与实施

3.1 施工质量控制的核心目标与标准

(1) 质量控制核心目标：水利工程混凝土施工质量控制的核心是确保混凝土各项性能满足工程设计及使用要求，重点保障混凝土强度、耐久性、抗渗性等关键指标达标。其中，强度需达到设计等级，满足工程承载、抗冲击需求；耐久性需抵御水环境侵蚀、冻融循环等破坏，延长工程使用寿命；抗渗性需防止水分渗透，避免内部钢筋锈蚀、结构破损，从根本上保障水利工程长期稳定运行，杜绝因质量不达标引发的安全隐患和经济损失。(2) 质量控制标准：质量控制需严格遵循三层标准，以国家相关规范为基础，如《水利水电工程混凝土施工规范》，明确施工基本要求；结合行业专项标准，细化各环节质量管控指标，适配水利工程特殊性；最终贴合工程设计文件，根据工程用途、受力情况等，制定针对性的质量控制标准，确保每一项施工工序都有章可循、有据可依，实现标准化、规范化管控。

3.2 施工全过程质量控制措施

(1) 施工前质量控制：作为质量管控的基础环节，需全面落实各项准备工作。严格开展原材料检验，对水泥、骨料、外加剂等进行抽样检测，不合格材料严禁进场；审核施工方案的科学性、可行性，重点核查配合比设计、浇筑工艺等关键内容；对施工人员进行专业培训，明确操作规范和质量要求；对搅拌、振捣、运输等设备进行全面调试，确保设备性能稳定，避免因设备故障影响施工质量。(2) 施工中质量控制：聚焦浇筑、振捣等核心工序，实施动态监控。浇筑过程中，实时检查混凝土坍落度、和易性，及时调整配合比，防止离析、泌水现象；严格把控振捣质量，检查振捣器型号、振捣时间和插入深度，

杜绝漏振、过振,确保混凝土密实度;同时加强模板、钢筋的检查,及时纠正移位、变形等问题,保障施工工序符合质量标准。(3)施工后质量控制:重点做好成品保护和质量验收。对浇筑完成的混凝土进行成品检测,核查强度、抗渗性等指标;全程监督养护工作,确保养护方式、时间和温度符合要求,保障混凝土强度正常增长;定期开展质量缺陷排查,对出现的蜂窝、麻面、裂缝等缺陷,及时制定整改方案,明确整改时限和责任人,整改完成后进行复查,确保缺陷彻底消除。

3.3 质量检测技术与方法

(1)常规检测方法:广泛应用于混凝土质量日常检测,重点检测核心性能指标。混凝土强度检测常用回弹法、超声回弹综合法,回弹法操作简便、效率高,适用于现场快速检测,超声回弹综合法精度更高,可有效规避单一检测方法的误差;抗渗性检测采用渗水试验,模拟水环境条件,检验混凝土抗渗等级,确保满足水利工程防渗要求。(2)无损检测技术:主要用于混凝土内部缺陷检测,具有不破坏成品、检测精度高的优势。雷达检测可快速识别混凝土内部空洞、裂缝、钢筋分布等情况;超声波检测能精准判断混凝土密实度、内部缺陷位置及大小,广泛应用于坝体、涵管等关键部位的质量检测,及时发现隐蔽性质量问题。(3)检测结果分析与应用:对检测获取的数据进行系统分析,对比质量控制标准,判断施工质量是否达标。针对检测中发现的问题,精准定位原因,调整施工工艺,如优化配合比、改进振捣方式等;将检测结果纳入质量管控档案,作为后续施工优化、质量改进的依据,形成“检测-分析-整改-优化”的良性循环。

3.4 质量控制管理体系构建

(1)质量责任制建立:明确项目管理人员、施工人员、检测人员等各岗位的质量职责,将质量责任层层分

解、落实到人,形成“人人有责、层层把关”的责任体系。明确各岗位的工作标准和问责机制,对质量不合格、违规操作等行为,严肃追究相关人员责任,强化全员质量意识。(2)质量监督机制:构建内部监督与外部监理相结合的双重监督模式。内部监督由施工单位质量部门负责,开展日常工序检查、隐患排查,确保施工过程合规;外部监理由专业监理单位承担,对关键工序、隐蔽工程进行全程旁站监理,审核检测报告,监督整改落实,保障质量控制工作落地见效。(3)质量隐患处理机制:建立“排查-整改-复查”的闭环管理机制。定期开展质量隐患排查,建立隐患台账,明确隐患等级、整改措施和完成时限;安排专人跟踪整改过程,确保隐患及时整改到位;整改完成后,组织专业人员进行复查,确认隐患彻底消除,防止隐患遗留引发质量事故,保障工程质量安全。

结束语

综上所述,水利工程混凝土施工技术的规范应用与质量严格控制,是保障工程长期稳定运行的关键。施工技术优化需结合工程特性与环境条件,聚焦关键工序细节管控;质量控制需贯穿施工全过程,通过完善责任制、强化监督检测、落实隐患整改,实现质量与效益平衡。未来需结合实践优化技术、创新控制模式,解决施工难题,提升施工质量,为水利事业可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1] 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(02):412-413.
- [2] 张生武.水利工程大坝施工中碾压混凝土施工技术[J].水上安全,2024,(04):169-171.
- [3] 张成发.浅谈船坞混凝土裂缝成因分析及防裂措施[J].水利技术开发,2021(20):137-139.
- [4] 徐琼祥.试析水利工程混凝土施工技术及其设备质量控制[J].中国设备工程,2023,(03):192-194.