

水利水电工程混凝土施工特点和管理探析

周天成 王海伟

山东大禹水务建设集团有限公司，山东济南，250109；

摘要：水利水电工程作为清洁能源开发的重要载体，其建设质量日益受到社会各界高度关注。作为工程建设的核心材料，混凝土施工质量直接决定了水利水电工程的整体品质。为确保工程质量达标，研究团队深入剖析了混凝土施工过程中常见的技术难题，并相应制定了系统性解决方案：通过优化施工设计方案、强化全过程质量控制、完善混凝土养护工艺、提升检验人员专业水平等全方位管理措施，全面提升混凝土施工技术水平，为水利水电工程的质量安全保驾护航。

关键词：水利水电工程；混凝土施工；施工管理；施工技术

DOI：10.69979/3060-8767.25.11.031

引言

作为水利水电工程的核心建材，混凝土以其卓越的结构强度和抗渗耐久特性在工程建设中占据关键地位。然而，工程实践表明，混凝土施工质量控制不足往往导致结构开裂、渗漏等质量缺陷，这些施工质量问题不仅造成重大经济损失，更可能危及工程安全和公共安全。基于此，本专题研究重点聚焦水利水电工程混凝土施工关键技术体系，深入解析从配合比设计到养护管理等全流程技术要点，为工程质量控制提供理论支撑。

1 水利水电工程混凝土施工特点及要求

1.1 施工特点

水利水电工程混凝土施工呈现出规模宏大、环境严峻、要求严格三大突出特征。在工程规模方面，超大体量的混凝土浇筑作业需要统筹调配大量施工机械和人力资源，组织持续数年的连续施工。从施工环境来看，工程多位于地质条件复杂的深山峡谷，面临极端气温、强降雨、地下渗水等自然条件的严峻考验。就技术要求而言，水工混凝土不仅需要满足常规强度指标，还必须具备优异的抗渗、抗冻、抗冲刷等特殊性能，这就要求从原材料配比到拌和运输，从浇筑振捣到养护保温的每个环节都必须严格把控，任何细微的疏忽都可能影响工程质量。这些特征决定了水利水电混凝土施工必须采用最先进的工艺技术和最完善的管控体系，方能确保工程建设的顺利实施和质量安全。

1.2 施工要求

水利水电工程混凝土施工必须严格把控以下三大核心要求：首先，在结构安全方面，需要确保混凝土材料具备足够的强度和稳定性，保持整体质量均匀一致，

同时要着重提升其抵抗水流侵蚀和抵御冻融循环的耐久性能，这样才能保证水利建筑物长期稳定运行。其次，在施工进度管理方面，要精心安排混凝土浇筑的先后顺序，合理协调各个施工班组之间的配合关系，特别要注意混凝土供应、运输、浇筑等环节的衔接，确保不影响整个工程的施工进度。最后，在施工安全管控方面，重点防范高空坠落、机械伤害等常见事故风险，对大型设备操作、临边作业等关键工序实施严格的安全管理措施，建立健全的安全防护体系。这三个方面既相互独立又紧密联系，需要在施工过程中统筹兼顾，通过科学管理和技术创新来实现工程建设的质量、进度和安全目标。

2 水利水电混凝土施工现存困境剖析

2.1 原材料质量不稳定状况

水泥作为混凝土中最关键的胶凝材料，其各项性能指标包括强度发展、凝结时间及安定性等，都会因不同生产厂家的工艺技术水平差异而产生明显波动。特别是一些规模较小、设备工艺不够成熟的水泥生产企业，由于煅烧温度控制不精确、配料系统不够稳定等因素，所生产的水泥往往存在质量波动大的问题，在混凝土应用中可能导致强度发展偏离预期、硬化过程产生温度裂缝等质量缺陷，严重影响混凝土结构的长期耐久性能。在骨料选用方面，受地域资源分布的限制，天然骨料的品质往往难以保证稳定一致。山区骨料针片状颗粒过多影响混凝土性能，而沿海地区常用的海砂若未经严格的淡化处理，海砂氯离子超标会腐蚀钢筋，均需严格检测控制。

2.2 温控技术实施难点

混凝土水化热问题是施工质量控制的关键难点，其

热释放特性与水泥矿物成分、细度及掺合料种类密切相关。由于水泥水化反应过程复杂，加之施工现场环境温度、湿度等变量影响，使得水化热释放速率和峰值温度难以准确预估，这直接影响了温控方案的科学性。在高温气候条件下，混凝土内部积聚的热量无法及时散失，而表层散热较快，导致内外温差过大，当温度应力超过混凝土抗拉强度时就会产生贯穿性裂缝。在具体施工过程中，采用的冷却水管系统常因施工碰撞、杂质堆积等原因出现局部堵塞，严重影响降温效果。同时，若保温材料选用不当或覆盖不严密，保湿养护时间不足，混凝土表层水分快速蒸发，不仅会形成干缩裂缝，还会加大内外温差，双重作用下显著降低结构的抗裂性和耐久性。这些问题的叠加效应要求必须建立全过程、多维度的温控监测体系。

2.3 新型材料应用局限高性能

高性能混凝土在实际工程应用中主要面临以下三大发展瓶颈：首先，在原材料方面，作为关键活性掺合料的硅灰等优质材料，由于生产工艺复杂、产量有限，其市场价格居高不下，这使得高性能混凝土的单方造价较普通混凝土高出一半，在经济性方面缺乏竞争优势，极大制约了其在大体量工程中的普及应用。其次，在技术实施层面，高性能混凝土的配合比设计需要精确控制水胶比、矿物掺合料比例等十余项参数，施工过程中对搅拌时间、浇筑温度、振捣工艺等都有特殊要求，任何一个环节把控不当都可能导致混凝土工作性劣化，出现分层离析或表面泌水等质量缺陷。最后，在标准体系方面，现行规范对高性能混凝土的技术指标、验收标准等规定较为笼统，特别是对新型复合掺合料的应用缺乏具体指导，这给工程质量验收和评定带来困难，导致不少建设单位对采用高性能混凝土持观望态度。

2.4 施工环境复杂影响

在寒冷气候条件下开展混凝土工程施工时，主要面临以下四类典型技术难题：首先是低温环境影响，不仅显著延缓水泥水化反应速度，更可能在初凝前遭受冻融破坏，导致内部结构疏松；其次是高海拔特殊工况，大气压力降低直接影响引气剂效果，使得混凝土含气量难以控制，严重损害其抗冻耐久性；第三是大风天气条件，会加速新浇混凝土表面水分蒸发，诱发塑性收缩裂缝，同时增大模板侧向受力，威胁支撑体系稳定；最后是特殊地质环境，地下腐蚀性介质会持续侵蚀混凝土，必须采取特殊的防腐措施。针对这些复杂的环境挑战，需要研发相应的材料改性技术、优化配合比设计，并制定特

殊的施工工艺标准。

3 提高混凝土施工质量的管理措施

3.1 科学合理优化施工设计

水利水电工程科学合理的施工设计对整个项目建设至关重要，设计过程中需重点把握以下关键要点。设计工作者既要精通水利工程施工的基本原理与专业技术，同时需要充分结合工程所在地的区位特征与施工可行性。在设计方案制定时，必须评估工程建设对周边生态环境的潜在影响，防止因环境因素导致设计方案出现颠覆性调整。此外，设计单位应建立健全的现场踏勘机制，通过定期组织设计人员进行实地调研，确保能够及时发现设计缺陷并优化完善设计方案。

3.2 重视施工环节管理

在混凝土施工质量控制中，温度管理需要作为核心管控要素重点关注。针对大体积混凝土工程，应采取预埋循环冷却水管等主动降温措施，通过调节冷却水流量精确控制混凝土内部温升，有效预防温度应力导致的贯穿性裂缝。同时要建立全过程质量管理体系，重点把控三个关键环节：首先要严格审核施工人员的专业资质和操作技能，确保持证上岗；其次必须精确控制混凝土原材料配比，通过实验室试配确定最优配合比；最后要全过程监督灌浆作业，确保灌浆参数和施工时序符合设计要求，避免与钢筋工程产生冲突。这三个维度的管控缺一不可，需要建立完善的监督检查机制来保障实施效果。

3.3 加强水利水电工程混凝土施工养护

混凝土浇筑成型后的早期养护是确保工程质量的关键环节。施工方必须待混凝土经专业检测达到初期强度指标后，方可进行后续工序作业。科学的养护工艺能够显著改善混凝土微观结构，通过持续保持适宜湿度和温度环境，有效抑制塑性收缩裂缝的产生，促进水泥充分水化，从而提升混凝土的最终强度发展。同时规范养护还能避免表面起砂、蜂窝麻面等质量缺陷，确保结构外观平整密实。建议采用覆盖保水材料配合定时洒水的养护方式，在关键的前7天内维持混凝土表面持续湿润，这不仅能显著降低质量隐患，更能避免因质量问题导致的返工，有效节约工程成本。

3.4 提高施工质量检验人员的素质

混凝土工程检验人员作为施工质量的重要把关者，需全面履行以下职责：首先要持续深入施工现场，对混凝土配比、浇筑、振捣及养护等关键工序进行全过程跟踪检查，重点核查施工工艺是否符合规范要求。其次要

不断提升专业素养，通过系统学习混凝土材料学、施工技术等专业知识，并定期参与行业技术交流培训，保持专业能力的与时俱进。同时要建立科学有效的考核激励机制，将检验结果与个人绩效挂钩，对工作表现突出者给予表彰奖励，对履职不到位者进行问责处罚，以此强化检验人员的质量责任意识，激发主动发现问题、解决问题的积极性。更重要的是要培养严谨的工作作风，做到检验标准不降低、检查程序不简化、质量把关不放松。

4 水利水电工程混凝土施工关键技术

4.1 混凝土材料选择与配比技术

在建筑工程施工过程中，混凝土质量的控制应当贯穿于原材料选择、配合比设计及施工管理的全过程。首先要严格控制各类原材料的质量，既要确保水泥的品种等级符合设计要求，又要精选质地均匀、级配合理的骨料，同时对外加剂的稳定性进行严格检测。其次在进行配合比设计时，应当综合考虑力学性能、耐久指标、施工工艺和经济成本等多方面因素，通过精确调控水灰比和砂率等关键参数，实现工程质量与建设成本的优化平衡。最后在具体施工过程中，必须建立完善的质量管控体系，从材料进场验收、配合比执行到现场浇筑养护等各个环节实施全过程监督，确保每个工序都严格按照规范要求操作，从而保证最终成型的混凝土结构具有优良的性能表现。

4.2 混凝土搅拌与运输技术

在混凝土工程施工全过程中，设备与工艺的质量控制需要系统性地进行管理。拌合阶段应根据工程特点选用适合的搅拌设备，并严格执行操作规范，做好日常维护保养工作，定期检查更换易损件以确保设备运转正常。拌合工艺控制中必须确保原材料计量精确，严格控制搅拌时间、搅拌速度等关键参数，同时监控拌合温度以保证混凝土质量。在输送环节要维持混凝土均匀性，通过有效控制塌落度和温度来保证工作性能，采取预防措施避免分层离析现象发生，并建立实时检测机制以便及时调整工艺参数，从而确保整个施工过程的混凝土品质稳定可靠。

4.3 混凝土浇筑与振捣技术

为确保混凝土浇筑质量，施工需做好全过程管控：浇筑前应清理基层积水、调试机具设备并完成技术交底；浇筑中按预定顺序连续作业，严格控制坍落度、温度和

分层厚度；振捣作业需匹配混凝土特性，规范操作参数避免漏振或过振，确保密实均匀；浇筑后及时养护以保障强度发展。通过系统把控各环节关键参数，可有效预防冷缝、离析等问题，确保结构强度和施工质量。

4.4 混凝土施工质量控制与检测技术

建设项目质量管控体系的建立需要构建一套完整的系统化管理机制。首先应当从源头抓起，制定覆盖全流程的质量控制计划并建立标准化的作业程序，重点把控原材料进场检验验收标准。针对混凝土工程要特别重视配合比设计的优化和验证工作。在实际施工过程中需要实施24小时不间断的质量监控，既要运用现代无损检测技术如超声波探伤、红外热成像等先进手段检查内部质量，又要结合传统的表面检测、敲击听音等方法进行多重验证。同时要建立完善的质量追溯制度和问题处理机制，通过构建PDCA循环的质量闭环管理系统，确保每个施工环节都规范执行工艺标准，及时发现并消除质量隐患，最终确保工程结构的安全性和耐久性达到设计要求。

5 结束语

水利水电工程中，混凝土施工作为整个项目质量控制的核心环节，对工程质量与项目投资效益具有决定性影响。在具体实施过程中，必须严格遵循国家及行业相关技术标准与规范，通过强化施工组织管理、完善质量监督体系、落实全过程检验制度等措施，确保混凝土结构施工的各项技术指标完全符合设计标准，最终实现预期的工程质量目标和使用功能要求。

参考文献

- [1] 杨世伟. 水利工程混凝土结构质量检测与控制技术分析[J]. 四川水利, 2024, 45(S2): 55-58.
- [2] 侯国辉. 水利工程混凝土的早期强度发展与养护方法研究[J]. 中国水泥, 2024 (4) : 73-75.
- [3] 李朦, 蔡崇杰, 董宇, 等. 水利工程混凝土施工技术及裂缝控制研究[J]. 中国水泥, 2024 (11) : 103-105.
- [4] 朱尧利, 周宣玉. 水利工程混凝土结构施工技术应用[J]. 中国科技纵横, 2024(11): 102-104.
- [5] 张磊. 水利水电工程管理与施工质量控制问题研究[J]. 水电科技, 2020, 3 (03): 1-3.