

水利水电施工混凝土施工技术实践应用

文 / 许国徽 上海宏波工程咨询管理有限公司陕西分公司

罗 石 城固县南沙河水库管理处

摘要：水利水电工程是保障国民经济发展的关键基础设施，其建设质量直接影响着水资源的综合利用和生态安全，混凝土当作核心的建筑材料，其施工技术的高低直接关乎工程的耐久性与结构稳定性，本文对水利水电工程中混凝土施工技术的分类及特性展开了系统梳理，从为工程安全基础提供保障、复杂工况适应能力以及综合效益提升三个维度阐明了技术应用的重要性。重点梳理了混凝土技术在水闸结构（底板和闸墩施工）、大坝工程（分缝分块、接缝灌浆及参数设计）以及钢筋安装环节的实践关键之处，并针对性制订资源调配、质量保证机制、过程管控以及后期养护的四维优化策略，意在为增强水利水电工程建设质量提供技术后盾。

关键词：水利水电工程；混凝土；技术应用；施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.18.085

引言

水利水电工程担负着防洪减灾、提供清洁能源以及优化水资源配置等战略任务，在工程建造进程里，混凝土结构凭借其出色的力学性能，成为大坝、水闸等关键构筑物的主要形式，现今水利工程多数处于水文地质条件复杂的地带，混凝土结构长期面临水流侵蚀、冻融循环及荷载冲击的状况，很容易出现性能劣化状况，对工程安全构成潜在隐患。传统施工步骤在混凝土配合比设计、钢筋定位精度、模板安装的合规性及养护措施等方面还存在技术上的阻碍，而诸如表面封闭、裂缝注浆等常规修复手段，往往没办法实现长效防护，深入探寻混凝土施工技术的核心要点，革新材料使用与工艺控制手段，对保证结构的完整性、增加工程的服役时长具有迫切的现实意义，本文依照工程实践视角做，着重探究技术优化途径，以推动水利水电工程建设实现高质量发展。

一、混凝土施工技术分类与特点

对于水利水电工程，混凝土施工技术运用至关重要，施工基础工艺标准化管理与实时把控是工程质量保障和建筑稳定性核心，施工方应准确把握混凝土浇筑速度和层厚，避免冷缝和气泡产生，采用振捣方法排出夹杂的气泡和多余水分，改善混凝土密实度和抗压强度，基础施工质量直接关系到混凝土结构可靠性。

对于混凝土因长期使用以及环境侵蚀导致的结构毛病，修补技术可用来修复，涉及裂缝、剥蚀等情况的破坏，此技术涵盖损伤评估、修补材料筛选、施工工艺设计，经过详细的调研分析，选用适宜的修复材料，像聚合物增强的砂浆或环氧修补剂，达到修复构件的强度和耐久性要求，修复时要做表面预先处理。实施整理、修补、修复等工作，意在让结构完整性得以还原，同时提升性能水平。

这种施工技术着力提高混凝土结构的持久性、增加使用时长，关键措施聚焦在防水、防腐、防冻三个方面，采用防水涂料涂覆或者防水卷材铺设来防水，隔绝水分

的进入；利用抗蚀材料和防护涂层来完成防腐，避免化学物质的腐蚀；通过添加防冻剂或者采取保温措施来防冻，减少低温交替对混凝土构件造成的累积损伤，各项技术要素相互配合，为水利水电工程的安全高效运行提供有力的支撑。

水电工程混凝土施工主要划分为基础建造、缺陷处理和防护建造三大类，此类技术要点和工程的质量、稳定指标紧密相关，直接关系到工程自身的使用年限和经济表现，施工进行时，需重点留意施工技术的选取和实施，保证各项技术都能高效开展，保障水利系统长期可靠地运作。

二、水利水电施工混凝土施工技术的重要性

（一）筑牢工程结构安全根基

以水电站建设为出发点，大坝和电站厂房等核心设施面临着很大的水荷载、土体压力和复合受力的局面，大坝需要应对上游水库蓄水造成的强大水压，压力一般达到数兆帕，混凝土抗压强度指标相当不错，施工时可精准浇筑成期望的几何样式，利用合适的配筋方案和振捣方式，让混凝土内部充分紧实，使坝体具有抵抗外部强压的强度和刚度，避免结构失稳或者开裂。

在水电枢纽工程里，各类水工建筑物彼此关联、共同起作用，根据建筑功能需求及结构受力特征，可差异化开展混凝土施工技术，设计适配的混凝土配比与施工方案，像水电站内支撑机组的机墩，需承受水轮发电机组运行时的振动和重力负载，运用高强度且收缩率低的混凝土施工方式，能有效维持机墩稳定，从而保证发电系统稳定运行，切实保障水利水电工程结构的整体稳固性。

（二）应对复杂工程环境方案

水电项目大多选在自然环境复杂之地，常受水力冲刷、干湿交替和冻融破坏，用特定外加剂和掺合料配制混凝土，能提升防水抗冻性能，针对冬季寒冷的水电工程，往混凝土里加引气剂，形成分散封闭小气泡，混凝土冻

融时，可释放膨胀力，降低冻融损伤风险，保证工程在极寒环境持久可靠运行。

对于高流速水力条件下的水工建筑，像溢洪道、隧洞输水设备等，运用特定施工手段能提升混凝土表面平整度与密实度，减少水流阻碍，减轻水流对建筑表面的冲刷损坏，调控混凝土水化放热和应力场，避免内部温差过大导致开裂，从而保证建筑物在长期水力冲刷和复杂水流环境下的稳固耐用性，保障工程项目的长期使用。

（三）提升整体工程效益

在水利水电工程的大规模建设阶段，混凝土的采购渠道畅通无阻，价格波动不显著，施工工艺成熟且容易掌握，基于稳定的工程质量合理管控施工成本，完善的混凝土施工设计既能减少材料消耗又能提高工程效率，降低人工和机械的使用成本，确保项目在预算范围内顺利完工，获得不错的经济收益。

从发电供电到防洪排涝，从船舶运输到农田灌溉，水利水电工程好处多多，混凝土施工技术保障着工程安全稳定运行，可靠的发电系统不断产出绿色电力，推动经济发展与社会进步；基于高标号混凝土建成的防洪体系能有效抵御洪水，保护下游百姓生命财产；做好科学精准灌溉优化是发展现代农业的关键，它可有效增进水资源的利用效率，提高农作物产量、优化农产品品质，直接增进农业收益，这对提升农民收入、改善他们的生活条件意义重大，优化灌溉同样保障了粮食的安全与农产品稳定供应，打牢农业基础，为农民增加收入和经济社会的协调发展筑牢了根基，稳定的农业生产根基是推动国家经济社会平衡长远发展的前提。

三、水利水电施工混凝土施工技术实践应用

（一）在水闸中的应用

1. 底板施工

水利水电工程运行效果跟水闸底板浇筑质量有直接联系，而水闸底板施工是工程的重点施工阶段。为提高浇筑结构整体稳固性，水闸处理软土地基时，常把混凝土垫层作为浇筑前基础，厚度一般用100mm，在结构边缘加设侧模，降低施工时渗漏风险，要根据混凝土厚度布置钢筋，让现浇作业强度和混凝土标号相符，保证混凝土凝固后与钢筋牢固结合，有效防止结构浇筑后出现裂纹、扭曲或下沉问题。

2. 闸墩施工

水利水电施工的时候，为强化闸墩与底板结合部位的稳定性，提高结构抵御外界干扰的性能，需在闸槽施工混凝土振捣时，一次浇筑成型而不能分段，以此达成浇筑体无缝衔接，防止完工后出现潜在问题，在闸墩工程施工期间，要着重把控闸槽浇筑作业质量，切实做好前期施工准备工作，保证施工全程规范顺利、没有阻碍。

（二）在大坝施工中的应用

1. 分缝分块施工

按照钢筋构架的排列方式，将整体工程分割成若干

个施工区段，之后对各个分块进行分缝浇筑操作。该工艺能够实现施工人员与班组的多人共同协作机制，提高施工的效率，这类分散式小型施工技术受环境温度干扰不明显，合理调节混凝土配合比以及水灰比就可施工，显著提高了工艺调整的便利性，此工法尤其适用于建设规模不大但纵向延伸较长的堤坝工程，在水坝工程建设中常用。为优化分缝分块施工技术的实施效果，除按照钢筋排列方向精准施工外，应保证钢筋的空间位置和机械施工要求相协调，提前规划施工准备流程十分关键，见图1。



图1 分缝分块施工

2. 接缝灌浆施工

虽然接缝灌浆在水利水电工程建设里工程量不大，但它可是关键施工工序。施工规范标准非常高，建造效果关乎坝体结构健全，要是想强化坝体侧向稳定性能，可先做纵向接缝灌浆，后做横向接缝灌浆；一般是先进行横向接缝灌浆，再跟进纵向接缝灌浆，需按照实际情形合理调整，将横、纵向灌浆作业错开，避免相互影响。水利水电灌浆作业主要依靠骑缝式、盒式和复式这三种管路系统开展，用该系统灌浆效率佳，浆液上升既快又均匀，很少出现堵塞问题；纵缝灌浆常采用盒式系统，灌浆体密实，施工成本高；此管路系统可循环进行灌浆工序，管路系统利用率极高。三种管路安排方案各有优点，施工时应根据具体灌浆需求合理来选，鉴于接缝灌浆工作难以直接观察，在施工进行阶段，需加强对接缝灌浆工艺的控制，实时监测分块接缝灌浆过程中坝体的变形态势，定期收集接缝开度的参数信息，要是发现接缝变窄或者闭合，要快速采取处理措施，避免内部应力格局改变致使接缝灌浆位置出现断裂。

3. 灌浆压力及接缝张开度设计

水利质量和接缝处理效果相关，接缝处理效果主要由张开度及灌浆压力设计决定，它还和接缝灌浆实际效果密切关联。水电施工安全实践之际，代表性坝块应力分析结果是灌浆压力设计的依托，要对压力实施分级

管理,进浆口区域无需特别控制压力,灌浆压力控制应把灌区顶部放在第一位,接缝区域放在第二位,坝块可灌性由接缝张开度决定,需依据灌浆可行性要求,针对水泥颗粒极值确定可灌性开度值,灌浆实际操作会使张开度不断增大,设定张开度数时要把增大值算进去,从而满足接缝灌浆施工对坝块应力的需求^[1]。

(三) 在钢筋安装中的应用

水利水电工程的结构系统得依靠钢筋这种基础建筑材料,而水利水电工程的安全性能与箍筋绑扎工艺的好坏直接相关。在工程实体的运维时段,于结构施工环节,建议采用电焊加固搭配混凝土现浇的施工工艺,增强箍筋绑扎的稳定性,以有效限制纵筋位移,在作业开展阶段,混凝土纵向钢筋需在模板上口与模板进行刚性连接,也能焊接支撑钢筋,严禁使用沉梁技术。当混凝土柱出现轴线偏移的状况时,若偏移程度较小,可实施微调纠正;若纵筋倾斜角度过大,需凿除部分混凝土加以调整;若混凝土柱有明显位移,要在位移纵筋相应位置钻孔,接着进行锚固灌浆,开展钢筋锚固工作来纠正位移,确保钢筋安装安全合规合理^[2]。

四、水利水电施工混凝土施工技术的优化策略

(一) 强化资源调配管控

施工资源会直接受到混凝土施工技术实施的作用,而混凝土施工质量又直接受其技术质量好坏的影响,一定要做好。开展施工资源管理工作,重点把控混凝土质量与设备管理,混凝土由胶凝材料、骨料、水、外加剂和掺合料等原料搅拌混合而成,其原料配比和质量特性对混凝土性能影响显著,施工资源管理时,要依据不同工序技术要求,配备达标水泥、级配优良的骨料和合格搅拌用水,按配比严格控制外加剂和掺合料用量,有效控制搅拌时间,确保混凝土质量达标,混凝土施工离不开配套工程设备,资源调配中,要规范施工机械进出登记流程,定期检修设备,保障设备可靠运行和高效生产,实现混凝土施工效率和安全双提高。

(二) 健全质保机制

合理的质量管理体系为混凝土施工技术的应用成效打下了稳固根基,水电施工单位要结合基于项目实际情况和技术规范,创建并优化严密的质量监管体系,在项目现场成立验收队伍,提高施工过程巡查次数,推动施工按照规范进行,及时发现并整改施工问题,增强各分部工程质量把控水平,健全质量监督体系,按岗位精细分配监管工作,明确各责任人的工作范围,将其纳入绩效考核体系,把薪资发放与监管绩效挂钩,以提升监管人员的责任感和工作积极性。

(三) 加强过程管控

在水利水电项目里,混凝土施工工艺应用广泛,各个施工环节对混凝土作业的标准要求存在差异。水利水电工程开展时,应强化施工阶段的管控,让混凝土材料供应有序、施工技术得以合理运用,结构设计中部分位

置要把控混凝土强度参数,要基于技术参数对混凝土配合比进行管理,同时针对混凝土配比做一系列试验,进而优化混凝土的性能,应妥善处理施工材料的采购及存放工作,精准掌握施工材料采购的数量范围、质量等级和规格指标;要采用适宜的材料贮存与管理模式,需突出施工人员管理,混凝土施工人员需持有相关资质证明才能上岗,各个施工节点例如水闸基础施工、大坝浇筑等都要明确具体的技术控制重点,保证各项施工技术准确规范地落实^[3]。

(四) 落实混凝土后期养护

水电工程施工期间,混凝土的后续保养是不可忽视的关键工序,养护阶段的检测与维护工作需认真做好。可以通过有效识别质量有问题的施工段,采用维护、重新浇筑等方案进行修缮,以此增加水利水电设施的服役周期,在混凝土结构养护时,依据质检要求加强混凝土施工项目检测管理,实施动态跟踪分析,如果密实度未达到设计标准,水工结构内部钢骨架受周边环境长期作用,容易出现锈蚀缺陷,造成整体构造承载能力下降,极端情况下主体会开裂、砂浆层会脱落,后期维护混凝土时,发现密实度低且伴有大量缝隙,要尽快整治,提高水利水电工程密实性能。

结语

合理采用混凝土施工技术保障水利水电工程结构安全和长久运行的关键点,通过开展系统分析技术分类特点及实践应用场景工作,证明其在稳固工程基础、处理复杂环境以及提高综合效益方面有着不可替代的作用,从水闸、大坝等重点部位混凝土施工实践能看出,精准把控分缝分块工艺、灌浆参数设计与钢筋安装质量意义非凡。未来要着力提升施工全周期管控水平:就资源整合层面搭建动态调配机制,依靠健全质保体系严格执行工序标准,采用智能化途径强化过程监测效果,并保证后期养护措施真正有效落实,伴随绿色建材研发和数字建造技术的进步,水利水电工程混凝土施工会向高性能、低碳及智能化方向进一步发展,为打造韧性水利基础设施提供技术支撑^[4]。

参考文献

- [1] 牛耕. 混凝土施工技术在水利水电施工中的标准化应用[J]. 大众标准化, 2025, (03): 46-48.
- [2] 张家成. 水利水电工程中混凝土施工技术的创新应用与实践[J]. 工程机械与维修, 2024, (07): 37-39.
- [3] 元悦成. 水利水电施工中混凝土施工技术的应用[J]. 水上安全, 2024, (11): 187-189.
- [4] 和玉亮. 混凝土施工技术在水利水电施工中的实践探究[J]. 水上安全, 2023, (09): 181-183.

作者简介: 许国徽, 1987年1月, 男, 汉, 河南省巩义市人, 大学本科, 工程师(水利), 研究方向: 水利水电施工混凝土施工技术实践应用。