

现代化水利水电工程建设施工管理和技术应用

魏 波

(四川华电杂谷脑水电开发有限责任公司, 四川 成都 610000)

摘 要 现代化水利水电工程建设需系统优化施工管理与技术应用, 进而提升施工组织效率、增强复杂工况适应力与整合多方资源支撑, 构建高效有序的管理体系。基于此, 本文在施工管理方面提出明确阶段目标、规范作业秩序、强化质量检查与建立安全机制; 技术应用方面提出推广碾压混凝土筑坝、高压旋喷加固、水下混凝土浇筑以及预应力锚固等先进技术, 旨在为全面提升水利水电工程建设质量提供有益参考。

关键词 水利水电工程; 施工管理; 碾压混凝土筑坝工艺; 高压旋喷加固技术; 水下混凝土浇筑技术

中图分类号: TV5

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.24.031

0 引言

水利水电工程是基础性、战略性重大工程体系, 其建设水准直接关系国家水资源调控能力。在建设实践中, 传统施工模式已难以满足高质量发展需求, 相关部门需在管理体系与技术体系中引入多维协同机制, 推动施工组织由静态转为动态调度, 推动工程技术由经验驱动向数据赋能发展, 进而系统融合全过程、全要素、全场景的工程建筑。

1 现代化水利水电工程建设施工管理和技术应用的意义

1.1 提升施工组织效率

在多工序交叉、多专业协作的复杂建造环境中, 调度体系的科学性直接决定施工进度的连贯性。在工程建设中, 管理人员构建以时间节点为核心的动态调度框架, 能明确各作业单元的时序关系, 有效减少工序间等待时间, 降低施工冲突频率, 并动态匹配机械、人力与物料资源, 使施工组织从静态计划走向实时响应, 有效增强对突发事件的应急协调能力, 全面提升工程实施的系统性^[1]。

1.2 增强适应复杂工况

在深基坑、高边坡以及水下结构等多类高风险施工环境中, 单一技术路径难以应对多重建筑风险。管理人员集成地质雷达、三维建模等多源技术手段, 能够从数据感知到结构应对闭环联动, 提升工程体系响应突发变形、结构渗透及稳定性变化的速度。在统一技术平台支撑下, 施工方案具备更高的动态适应性, 在保障工程质量的同时, 也能拓展工程在极端地质条件下的可建性边界。

1.3 促进整合多方资源

水利工程实施涉及设计、施工、监理等多个主体, 若缺乏系统协调, 极易导致计划脱节、资源错配^[2]。管理人员构建以流程驱动、责任共担为核心的协同体系, 可促使各参与方在统一信息架构下相互配合, 提升工程整体组织效率, 也为科学决策提供支撑基础。这种协同机制也有助于进一步推动工程资源从碎片化供给转向集约化调度, 构建以融合、联动为特征的现代工程管理生态。

2 现代化水利水电工程建设施工管理

2.1 明确施工阶段目标, 细化分解任务节点

水利水电工程具有工期长、工序繁以及技术要求高等特点, 传统粗放式计划无法满足动态环境下的精准控制需求。施工管理人员拆解工程全生命周期, 可以形成阶段性目标, 提升施工组织的系统性。清晰的施工阶段目标还有助于施工人员动态调整施工计划, 也为质量控制、安全保障与资源配置奠定基础^[3]。在工程施工管理中, 管理人员需按照功能区域、施工工艺、时序逻辑等维度分层解构大体量的建设任务。例如: 围绕大坝主体施工, 管理人员可将其划分为坝基开挖、防渗处理、分层填筑等多个子任务, 分别制定目标进度计划。再依据每个子任务的专业属性与技术路径细化为若干工序单元, 确保计划执行具备可监测性。同时, 在不同节点间建立约束关系, 利用信息化手段动态衔接, 实时依据现场反馈灵活修订施工进度。在水轮机房施工过程中, 管理人员还能在计划中提前加入设备基础、结构吊装以及安装预埋等节点, 做到统筹流程、预控工序, 进而压实责任边界, 促使各协作单位围绕核心目标形成工作闭环, 有效规避交叉干扰, 实现高效联动施工现场。

2.2 建立分区施工流程，规范现场作业秩序

在现代化水利水电工程建设中，建立分区施工流程是实现高效管控现场作业秩序的基础措施。在水利水电工程中，施工管理人员若施工区域划分不清、流程组织混乱，极易引发资源浪费与安全隐患。科学规划功能区、作业区以及通行区，且配套标准化的施工路径、作业流程与责任分工，可划分整体施工场面为若干相互衔接、互不干扰的工作单元，实现连续化作业流程，进而降低施工冲突风险，提升现场响应效率。以水电站厂房与引水系统同步施工为例，在总体规划中，管理人员应依据地形地势、水文条件与施工难度将施工场地划分为坝基区、厂房区、隧洞区以及临建设施区，并在此基础上细化各区的作业顺序。在区块间管理人员还要设置调度管理节点，由总控平台统一调配资源，保证物资配送、人员进出以及工序衔接有序进行，避免重复作业。这种基于区块管理的施工流程设计模式，既可有效解决现场作业的组织混乱问题，还能清晰化管理职责，为后续质量监管与进度考核提供清晰的依据，推进水利水电工程建设管理现代化。

2.3 强化现场质量检查，压实技术执行责任

在水利水电工程中，现场质量检查既是质量管控的基础支点，更是技术规范落地、执行工艺标准的关键保障。管理人员构建全过程质量追踪机制，明确质量检查频次、节点与责任人，配合检测数据，可推动技术要求由文件走向现场化、可视化，进而打通标准落实的“最后一公里”，有效提升质量检查的系统性^[4]。以高压灌浆帷幕施工质量为例，现场施工质量需围绕控制灌浆参数、校核钻孔偏差等关键指标展开全过程管控。作业准备阶段，技术部门要依据地质勘察报告设定灌浆压力、浆液配方以及施工步距，形成标准化工艺参数表，并同步下发至作业班组。在施工过程中，施工管理人员设置独立质量检测记录，由检测人员实时测定浆液密度、流速与终凝时间，结合钻孔扫描结果判断帷幕完整性。孔段封闭前，还需由技术负责人与质检人员联合交叉复检，确保灌浆结果符合封闭条件，且同步上传数据至质量监管系统，由项目部技术管理岗二次分析。在整个流程中，工程管理人员前移检查节点、细化责任链条能促使施工质量从记录过程转变为压实责任，保证所有技术规范落实在作业一线，构建起以检查促执行、以责任促规范的现代施工管理体系。

2.4 推行安全管理闭环，防控风险隐患环节

大型水利水电工程建设周期长、交叉作业密集，若安全管理机制存在断点，极易诱发高空坠落、机械

伤害等事故。安全管理的核心在于构建“事前识别、事中控制、事后复盘”三维联动机制，保证每个风险源均有前置预案。同时，工程管理人员借助数字化平台能实时监控作业行为以及机械状态，进而在工程全周期管理中加入隐患排查，实现由静态安全管控向动态防控的转变，使施工现场各类安全风险可视、可控、可追溯。以地下引水隧洞掘进作业安全管理为例，作业前期，管理人员应基于涌水量预测与通风能力评估，制定精细化风险识别清单，以此为依据布设多点监测装置。在作业实施过程中，管理人员持续采集风险数据，由控制中心实时分析比对，若发现超限趋势，及时进行报警，联动执行人员暂停作业，撤离风险区域。同时，每日完成风险确认单，保证每个作业单元均检查完成装备。当出现异常情况时，管理单位及时要求责任单位启动隐患分析会商机制，明确隐患源头及整改方案，同步上传数字化安全平台接受监管部门审核。整改完成后复验并提交验收报告，形成完整的问责闭环，从根本上避免风险环节失控扩散，筑牢现代化水利水电工程在极端工况下的安全保障。

3 现代化水利水电工程建设技术应用

3.1 碾压混凝土筑坝工艺，缩短主体施工周期

碾压混凝土筑坝工艺是现代化水利水电工程中广泛推广的核心施工技术，凭借其高效施工速度、优良结构性能与显著节能优势，在加快主体施工进度方面展现出显著成效。与传统混凝土相比，碾压混凝土具有较低坍落度、较大颗粒级配以及较强早期强度，适用于连续大体积分层铺筑，能有效减少模板支护，显著提升施工效率。该技术优化物料配比，使坝体浇筑不再依赖繁复的支模流程，缩短从浇筑到强度形成的周期链，在满足结构功能性要求的同时，有效压缩工期，已成为大中型重力坝建设中的主流技术路径。以120米级重力坝为例，若采用传统常态混凝土筑坝工艺，单日最大浇筑高度一般不超过0.8米，且需等待7天左右完成初期养护，方可进行下一层施工。而采用碾压混凝土后，单日可实现2米以上的分层浇筑厚度，24小时内即可达到脱模强度，有效提升施工效率。同时配合摊铺机与重型碾压设备作业，施工人员能控制每层铺筑厚度在30厘米，碾压遍数达4至6次，进而形成高密实度、低渗透性的坝体结构。在材料方面，合理的水胶比有助于控制含水量在2.5%至4%之间，在保证混凝土施工性良好的同时，具备良好的抗裂性能。此外，该工艺大幅减少模板与养护用水，节约每立方米混凝土成本达15%，在保障坝体耐久性的前提下，

有效压缩工期, 充分体现现代工程建设技术在工期控制维度的先进性。

3.2 高压旋喷加固技术, 增强基岩抗渗能力

高压旋喷加固技术是现代水利水电工程处理地基的重要手段, 结合高速旋转与高压注浆的作业原理, 能在基岩与松散土体间形成低渗透率、高强度的加固体, 有效提升坝基、隧洞等关键结构部位的抗渗承载能力^[5]。该技术是将浆液在 20 ~ 40 MPa 压力下喷射至地层中, 并借助旋转在指定深度范围内构建连续的加固柱体, 从而形成强度均匀的止水屏障。相较于传统灌浆工艺, 高压旋喷技术适用于风化裂隙发育、渗流通道复杂的环境, 在现代复杂工况水工项目中具备不可替代的优势地位。以消能底板下部基岩渗透加固工程为例, 若工程区域岩体以中风化泥质粉砂岩为主, 裂隙发育、水压梯度高, 对结构安全构成持续威胁。工程施工人员采用单管旋喷施工工艺, 以水泥—水玻璃复合浆液为主, 控制水灰比在 0.6 左右, 且在施工过程中, 采用 GPS 定位装置控制喷头布设误差在 ± 5 cm 范围以内, 实时监控浆液扩散范围。该技术路径既能构建物理连续性良好的止水帷幕, 也能避免大量开挖所带来的环境风险, 展现出现代水工建设中深层抗渗控制的技术深度。

3.3 水下混凝土浇筑技术, 保障深水作业质量

由于水体的流动性与水泥颗粒易分散等特点, 水下混凝土需具备良好的抗离析性、抗水洗性与自密实能力。同时, 施工人员可以配合导管、泵送或料斗等浇筑技术方式, 控制浇筑速率, 防止发生冷缝或夹层等结构缺陷。技术实施过程中需结合水深、浇筑厚度等条件, 确定施工工艺参数, 构建闭合且不扰动的投料流程, 保证水下混凝土结构在质量及强度上符合工程功能性要求。以压力管道取水基础段水下浇筑为例, 设计要求在 16 米水深下完成底板结构的整体成型, 作业环境存在水流扰动、结构面复杂、定位精度高等挑战。技术方案采用导管法浇筑, 单根导管内径为 250 mm, 配套浮动支撑架, 保证导管下端始终埋置于新浇混凝土层内 20 ~ 30 cm。在混凝土配比中, 施工人员加入减水剂与抗离析剂, 控制坍落度控制在 22 ~ 24 cm, 延长初凝时间至 3 小时, 以适应长距离输送。在施工过程中, 施工人员分节安装导管段落, 顶部安装压力平衡舱, 动态调控导管下端稳定性。同时浇筑过程采用连续供料、分格推进策略, 控制每格浇筑厚度在 0.8 m, 严格限制导管提升速率在 20 cm/min 以内, 避免形成负压现象。该技术路径标志着深水作业中混凝土成型

质量从经验型操作迈入数据驱动的精细化阶段, 有效拓展复杂环境下结构浇筑的技术边界, 提升水工工程在极端环境中的施工能力。

3.4 应用预应力锚固技术, 稳定边坡施工结构

施工人员在现代水利水电工程中依托主动加固理念, 借助张拉为锚杆或锚索施加预应力, 能构建地内外应力场的协调体系, 有效抑制潜在滑动面位移。该技术相较于传统重力防护措施, 具备体系轻质、受力合理与可调节性强等优势, 可在不改变坡体整体结构的前提下, 主动控制岩体剪切破坏, 是高陡边坡、隧道洞口及卸荷平台等复杂边坡区段的关键控制技术。以高程差逾 90 m 的边坡支护工程为例, 其岩体风化程度差异大、节理裂隙发育, 存在局部滑裂风险。基于此, 施工人员可采用三级预应力锚固体系, 每级锚固深度依次为 12 m、16 m 与 20 m, 锚索采用 $\Phi 15.2$ mm 钢绞线, 单孔设置 3 ~ 5 根索体, 锚固段长度不小于全长的 60%。同时依据坡体自重与外部荷载联合计算张拉控制力, 控制张拉误差在 $\pm 5\%$ 以内。施工阶段, 采用跟管钻进方式, 保证孔壁稳定, 注浆材料以水泥—水玻璃双液为主, 浆液比为 0.8:1, 以形成密实锚固体, 进而精准调控不良地质条件下的边坡形变, 全面提升边坡工程在现代化水利水电工程建设中的适应能力。

4 结束语

在现代水利水电工程建设中, 精细化的施工管理与先进技术应用已成为保障工程质量的关键。通过精准的任务、规范的流程以及前瞻的风险防控, 构建高效的施工管理体系。同时, 施工人员利用筑坝工艺、地基加固技术及水下作业等技术, 也能增加结构体系的可靠性。通过优化施工管理和技术应用, 可以显著提升水利水电工程项目的整体效益。

参考文献:

- [1] 乐武辉. 现代化水电施工技术管理应用分析[J]. 水上安全, 2025(04):34-36.
- [2] 车永春. 探究堤防工程施工技术在水利工程建设中的应用[J]. 全面腐蚀控制, 2025,39(02):118-120.
- [3] 陈志胜. 现代化水利水电工程建筑的施工管理和技术[J]. 冶金管理, 2023(15):11-12.
- [4] 陈德岭. 现代化水利水电工程建筑的施工管理和技术[J]. 水上安全, 2023(06):172-174.
- [5] 张瑞刚. 现代化水利水电工程建筑施工管理和技术分析[J]. 冶金丛刊, 2020,05(18):94-95.