

水电站工程全过程项目管理质量控制

宋新华

山南三川电站管理有限公司杭州分公司 浙江杭州 310012

摘要：全球能源结构深度调整背景下，水电站工程作为清洁能源体系的核心支柱，其建设质量直接关系到能源安全与生态保护双重价值。本文以水电站工程全生命周期为研究脉络，系统剖析前期规划、设计、施工、验收及运维各阶段质量控制的核心诉求与实践痛点。通过梳理不同阶段质量管控的关键节点，结合工程管理理论与实践经验，从体系构建、技术创新、风险防控及人才培育四个维度提出优化路径。研究旨在为水电站工程质量管控提供可操作的实践方案，助力提升工程建设质量与长期运行稳定性，为水利能源工程高质量发展提供理论参考。

关键词：水电站工程；全过程；项目管理

一、绪论

长江经济带发展战略与“双碳”目标的推进，让水电站工程再次迎来建设热潮。这类工程往往穿越复杂地质带，涉及坝体浇筑、隧洞开挖等多项复杂工序，建设周期通常跨越数年甚至十年以上。从金沙江流域的大型水电站到山区小型引水式电站，质量标准的执行力度直接决定工程寿命与综合效益。当前部分工程中，规划阶段的地质勘察精度不足、设计方案与施工实际脱节、施工过程中材料检验流于形式等问题时有发生，这些都对质量管控提出更高要求。

二、水电站工程各阶段质量控制核心内容

（一）前期规划阶段质量控制

前期规划是水电站工程质量控制的源头，此阶段的决策质量直接影响后续所有环节。项目可行性研究中，需结合流域规划与能源需求，明确质量目标的核心指标。选址环节的地质勘察需达到精细化标准。勘察团队应采用物探、钻探相结合的方式，全面掌握岩层分布、地下水位及断层发育情况。投资估算与质量成本的平衡是规划阶段的重点。应建立质量成本测算模型，将地质勘察、材料储备等关键环节的质量投入纳入预算。

（二）设计阶段质量控制

初步设计需重点关注技术方案的可行性与安全标准的符合性。设计团队应结合勘察数据，对坝型选择、机

组容量等核心参数进行多方案比选。施工图设计的精细化直接决定施工质量。图纸需明确各部位的材料规格、施工工艺及技术指标，对钢筋间距、混凝土标号等细节做出精准标注^[1]。设计变更的规范管理是质量控制的重要环节。变更需建立分级审批制度，小型变更由监理单位审核，重大变更需组织专家论证。变更实施前必须完成技术交底，明确变更对周边结构、施工工序的影响。

（三）施工阶段质量控制

施工准备环节的质量管控需覆盖人员、设备、材料三大核心要素。人员资质审核应严格执行“持证上岗”，特种作业人员需经专项考核。设备调试需达到设计性能指标。发电机组、启闭机等关键设备应进行空载、负载双重测试，记录运行参数与设计值的偏差。材料检验需执行“双检制”，既要核对出厂合格证，又要进行现场抽样检测。关键工序的质量控制需采取“旁站监理”模式。坝体混凝土浇筑需控制浇筑速度、振捣密实度及养护湿度，防止出现裂缝。隧洞开挖需实时监测围岩变形，采用新奥法施工时，及时喷射混凝土支护，确保开挖安全与成型质量。

（四）验收阶段质量控制

部分项工程验收需严格执行验收标准。基础工程验收重点检查地质条件与承载力，主体结构验收关注混凝土强度与结构尺寸偏差。竣工验收需整合设计、施工、监理等多方资料。验收组应现场核查工程实体质量与资料的一致性，对发电机组运行、泄洪能力等关键功能进行测试^[2]。验收问题的整改需执行“闭环管理”。建立问题清单，明确整改责任单位、整改措施及完成时限，整

作者简介：宋新华（1985.8-），男，河南省南阳市人，汉族，高级工程师（建筑工程管理）和中级职称（水利水电工程），硕士研究生，研究方向：水电工程管理。

改完成后经复核确认方可销号。

（五）运维阶段质量控制

设备日常运维需制定标准化流程。发电机组需定期检查润滑油质、轴承温度等参数，变压器需进行绝缘电阻测试。定期检修应按设备寿命周期制定计划。水轮机转轮需每3-5年进行探伤检测，检查叶片磨损与裂纹情况。故障排查需建立快速响应机制，配备专业抢修队伍与应急设备。长期运行中的质量性能评估需结合监测数据与运行记录。每5年开展一次全面性能评估，分析工程结构、设备运行的变化趋势，提出优化建议。

三、水电站工程全过程质量控制优化策略

（一）构建一体化质量控制体系

明确参建各方质量责任是一体化质量控制体系构建的基础，需建立“责任法定、权责统一、失职追责”的责任体系。水电站工程参建单位包括建设单位、设计单位、施工单位、监理单位、勘察单位、设备供应商等，各方需在合同中明确质量责任，确保质量责任可追溯。建设单位作为项目法人，需履行总体协调职责，负责统筹各参建单位的质量工作，组织开展质量检查与考核，对工程质量负总责。设计单位需对设计成果的科学性、安全性、经济性负责，确保设计图纸符合规范要求，及时解决施工中的设计问题，对因设计失误导致的质量问题承担责任。施工单位是工程质量的直接责任主体，需严格按设计图纸与规范施工，建立内部质量管控体系，对施工工序质量进行自检，对因施工工艺不当、材料不合格等导致的质量问题承担责任。

打通信息壁垒需搭建数字化管控平台，实现各阶段数据的互联互通与共享共用。传统的水电站工程管理中，各参建单位的数据多以纸质文档或独立电子文档形式存在，数据传递不及时、不一致，易出现“信息孤岛”现象，影响质量管控效率。数字化管控平台基于云计算、大数据、物联网等技术，整合勘察、设计、施工、验收、运维各阶段的数据资源，包括地质勘察报告、设计图纸、施工记录、质量检测数据、设备运行参数等，实现数据的集中管理与实时共享^[1]。平台还支持移动终端访问，施工人员与监理人员可通过手机APP上传现场施工照片、检测数据，实现质量问题的实时上报与跟踪处理。数字化管控平台不仅提升了管控效率，还为质量追溯提供了便利，当出现质量问题时，可快速定位问题根源。

（二）强化技术与管理创新应用

数字化工具的应用可提升质量监测精度与效率，为

质量控制提供技术支撑。物联网技术通过在工程结构与设备上安装传感器，实现对质量指标的实时采集与远程监测。在混凝土浇筑过程中，可在混凝土内部埋设温度传感器与应变传感器，实时采集混凝土的温度变化与应力变化数据，数据通过无线传感网络传输至云端平台。

除物联网技术外，大数据分析技术可对海量监测数据进行深度挖掘，识别质量风险的变化趋势，实现提前预警。例如，通过分析发电机组的运行参数数据，可预测设备的故障风险，提前安排检修，避免故障发生。新技术推广可优化质量控制效果，推动水电站工程质量管控向智能化、高效化方向发展。装配式施工技术在小水电站中的应用，改变了传统现场浇筑的施工模式，将厂房构件、设备基础等在工厂预制，再运输至现场组装。

建立质量与进度、成本的协同优化模型，是实现工程综合效益最大化的关键。在水电站工程建设中，质量、进度、成本三者相互关联、相互制约，片面追求某一方面都可能导致不良后果：重进度轻质量可能引发质量问题，增加后期维护成本；重质量轻成本可能导致投资超支，影响工程效益；重成本轻进度可能导致工期延误，错过发电最佳时机。协同优化模型基于系统工程理论，通过数据分析建立三者之间的量化关系，找到最优平衡点。模型的构建需收集大量历史工程数据，包括不同施工方案的质量指标、进度指标与成本指标，通过回归分析、神经网络等算法建立预测模型。

（三）完善质量风险防控机制

建立全周期质量风险数据库，是实现风险提前识别与防控的基础。数据库需收集国内外同类水电站工程的质量事故案例、风险事件及防控措施，按风险发生阶段（规划、设计、施工、验收、运维）、风险类型（地质风险、技术风险、管理风险、设备风险、环境风险）进行分类梳理，形成结构化的风险信息资源。数据库的内容应包括风险事件描述、发生原因、造成的损失、防控措施、责任主体等详细信息。数据库需实现动态更新，及时补充新的质量事故案例与防控技术，确保数据的时效性与完整性。

制定分级风险应对预案，是提升风险应对能力的关键，需根据风险发生概率与影响程度，对风险进行分级分类，制定差异化的应对措施。风险分级通常采用风险矩阵法，将风险发生概率分为高、中、低三个等级，将风险影响程度分为重大、较大、一般三个等级，两者组

合形成重大、较大、一般三个风险等级。针对不同等级的风险，制定不同的应对措施与责任主体：重大风险由建设单位牵头，组织参建各方成立专项应对小组，制定详细的应对方案，定期开展应急演练；较大风险由监理单位协调，施工单位负责实施应对措施，建设单位进行监督；一般风险由施工单位自行制定应对措施，监理单位进行检查。

引入第三方质量监理与评估，可强化外部监督，提升质量管控的客观性与公正性。第三方机构作为独立的专业机构，不参与工程建设的利益分配，能够客观评价工程质量，提出独立的整改建议，有效弥补建设单位内部监督的不足。第三方质量监理的工作内容包括施工过程中的工序质量监督、材料检验见证、质量问题整改跟踪等，监理人员需具备丰富的水电站工程质量管控经验与专业资质。第三方质量评估通常在工程关键节点进行，评估内容包括工程实体质量、质量管控体系运行情况、资料完整性等，评估完成后出具详细的评估报告，明确工程质量等级与存在问题。施工单位根据评估建议优化了混凝土配合比与搅拌工艺，混凝土强度离散性显著降低。第三方机构的参与，为工程质量提供了额外保障。

（四）加强人才队伍建设与质量文化培育

针对性培训可提升从业人员的专业能力与质量意识，是加强人才队伍建设的核心措施。培训需结合水电站工程各岗位的特点与需求，制定差异化的培训方案，覆盖设计、施工、监理、运维等所有从业人员。对于设计人员，重点培训最新设计规范、数字化设计技术、地质勘察数据分析等内容，提升设计方案的科学性与精细化程度；对于施工人员，重点培训施工工艺标准、质量控制要点、安全操作规范等内容，提升实操技能；对于监理人员，重点培训质量检测方法、监理工作流程、问题识别能力等内容，提升监督水平；对于运维人员，重点培训设备运行原理、故障诊断技术、日常维护方法等内容，提升设备管理能力。培训方式应多样化，包括集中授课、现场实操、案例分析、技能比武等，其中现场实操培训占比不低于50%，确保培训效果。

建立质量激励机制，充分调动参建人员的积极性与主动性，营造“重视质量、追求质量”的良好氛围。激励机制需坚持“奖惩分明”的原则，对质量管控成效显著的团队与个人给予物质奖励与精神奖励，对出现质量

问题的团队与个人进行问责。物质奖励包括奖金、奖品、晋升机会等，精神奖励包括表彰通报、颁发荣誉证书、树立先进典型等。评选标准包括工序质量合格率、质量问题整改及时性、质量创新成果等。建立质量问责机制，对因个人原因导致质量问题的，根据问题严重程度给予罚款、降职、调离岗位等处分；对因团队管理不善导致质量问题的，追究团队负责人的责任。

培育“质量第一”的项目文化，是实现质量管控长效化的重要保障，需将质量理念融入工程建设的全过程，形成全员参与的质量管控氛围。文化培育需从宣传教育、案例分享、制度保障等多个方面入手，通过施工现场的宣传栏、标语横幅、电子显示屏等载体，宣传质量方针、质量目标、质量标准等内容，让“质量第一”的理念深入人心。利用班前会、周例会等机会，分享质量案例，组织质量讨论，让施工人员从案例中吸取经验教训。将质量文化融入管理制度，在绩效考核、评优评先等工作中突出质量指标的权重，确保质量文化落到实处。通过这些措施，营造出“人人关心质量、人人参与质量、人人负责质量”的良好氛围。

结论

水电站工程全过程质量控制是覆盖规划、设计、施工、验收、运维的系统工程，各阶段既相对独立又紧密关联，任一环节的管控疏漏都可能引发连锁质量问题。前期规划的勘察精度与目标设定、设计阶段的方案优化与图纸细化、施工过程的工序管控与动态监测、验收环节的标准执行与问题整改、运维阶段的定期检修与性能评估，共同构成质量控制的核心链条。未来，随着数字化、智能化技术的深度应用，水电站工程质量控制将实现从“事后整改”向“事前预防”的转变。

参考文献

- [1] 王鸽, 李洁, 黄成家, 等. 大型水电站工程建设质量管理云平台研发与应用[J]. 四川水利, 2025, 46(1): 153-157.
- [2] 袁成凤. 水电站建设工程档案管理与利用[J]. 水电站机电技术, 2022, 45(9): 145-147, 150.
- [3] 夏丽, 刘秀英, 胡超. 大型水利工程全过程跟踪审计的实践与思考[J]. 建设监理, 2021(4): 35-36, 56.