

水利水电工程质量管理体系建设与实践路径分析

张海茹

新疆北新岩土工程勘察设计有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：水利水电工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，其质量直接关系到人民生命财产安全、生态环境保护以及经济社会可持续发展。随着我国“双碳”目标推进和新型电力系统构建，水利水电工程投资规模持续扩大、技术复杂度不断提升，对工程质量提出了更高要求。本文在系统梳理水利水电工程质量管理内涵与特征的基础上，深入剖析当前质量管理体系运行中存在的突出问题，结合现代工程管理理论与先进实践经验，提出以“全生命周期、全员参与、全过程控制、全方位协同”为核心的高质量质量管理体系构建框架，并从制度完善、技术赋能、文化培育、监督强化等维度探索切实可行的实践路径。研究旨在为提升我国水利水电工程建设质量水平、保障工程长期安全高效运行提供理论支撑与实践参考。

关键词：水利水电工程；质量管理体系；全生命周期；数字化转型

引言

水利水电工程是集防洪、供水、灌溉、发电、航运、生态修复等多功能于一体的综合性基础设施，在保障国家水安全、能源安全和生态安全中具有不可替代的战略地位。近年来，随着长江大保护、黄河流域生态保护和高质量发展等国家战略深入实施，以及抽水蓄能、大型水电站等重大项目的密集上马，水利水电工程建设进入新一轮高潮期。然而，工程体量庞大、结构复杂、施工环境恶劣、建设周期长等特点，使得质量管理面临前所未有的挑战。历史上因质量问题引发的溃坝、渗漏、结构失稳等事故教训深刻，凸显了构建科学、系统、高效的质量管理体系的极端重要性。当前，我国水利水电工程质量总体可控，但局部仍存在设计深度不足、施工不规范、材料不合格、验收走过场等问题，暴露出质量管理体系在系统性、协同性和执行力方面的短板。如何在新时代背景下，融合新发展理念与数字技术，构建适应高质量发展要求的现代化质量管理体系，成为行业亟待解决的关键课题。

1 水利水电工程质量的内涵与特征

1.1 质量管理的基本内涵

水利水电工程质量管理是指在工程规划、设计、施工、验收、运行维护直至退役的全生命周期内，通过建立组织架构、制定标准规范、实施过程控制、开展监督检查与持续改进等一系列系统性活动，确保工程实体质量、功能性能及安全可靠性满足法律法规、技术标准和合同约定要求的管理过程。其核心目标是实现“百年大计，质量第一”的工程宗旨。

1.2 水利水电工程质量的特殊性

(1) 全生命周期性：区别于一般建筑工程，水利水电工程服役年限长达数十年甚至上百，其质量影响贯穿规划、建设、运行、退役全过程，需建立覆盖全生命周期的质量责任追溯机制。(2) 高风险性与公共安全性：大坝、堤防等构筑物一旦失事，将造成灾难性后果，因此质量控制标准极为严苛，容错率极低^[1]。(3) 技术复杂性与专业集成度高：涉及水文、地质、结构、机电、金属结构、自动化等多个专业领域，各子系统高度耦合，质量控制点繁多且相互关联。(4) 环境敏感性：工程多位于生态脆弱区或重要水源地，施工质量直接影响周边环境，需将生态质量纳入管控范畴。(5) 参建主体多元性：业主、设计、施工、监理、检测、设备供应商等多方参与，协调难度大，易出现责任边界不清、推诿扯皮现象。

2 当前水利水电工程质量管理体系存在的主要问题

尽管我国已建立以《建设工程质量管理条例》《水利工程质量管理规定》等为核心的法规体系，并推行项目法人责任制、招标投标制、建设监理制和合同管理制（“四制”），但在实际运行中仍存在诸多瓶颈：

2.1 体系系统性不足，全链条协同弱

现有质量管理体系多聚焦于施工阶段，对前期规划论证、设计优化、后期运维等环节关注不够，未能形成闭环管理。设计与施工脱节、“边勘测、边设计、边施工”现象依然存在，导致设计变更频繁，埋下质量隐患。

2.2 主体责任落实不到位

部分项目法人质量意识淡薄，重进度轻质量；施工单位转包、违法分包问题突出，现场管理粗放；监理单位独立性不足，沦为“监工”而非“质量守门人”；检测

机构数据造假时有发生，第三方监督公信力受损。

2.3 过程控制精细化程度不高

质量控制仍依赖传统经验式、抽检式管理，对关键工序、隐蔽工程、新材料新工艺缺乏有效监控手段。混凝土温控、灌浆密实度、焊接质量等关键指标难以实时、全面掌握，事后补救成本高昂。

2.4 数字化、智能化应用滞后

BIM（建筑信息模型）、物联网、大数据、人工智能等新技术在质量管理中的应用尚处初级阶段，信息孤岛严重，数据采集、分析、预警能力不足，难以支撑精准化、预防性质量管理。

2.5 质量文化与人才队伍建设薄弱

“质量第一”的理念未深入人心，部分从业人员专业素养不高，一线工人技能培训不足。质量奖惩机制不健全，正向激励与负面惩戒均显乏力。

3 水利水电工程高质量质量管理体系的构建框架

针对上述问题，应构建以“四个全”为核心理念的现代化质量管理体系：

3.1 全生命周期质量管理

在项目立项与可行性研究阶段，必须强化地质勘察精度和重大风险识别能力，杜绝因前期工作深度不足导致的“先天缺陷”。设计阶段应大力推行限额设计与价值工程分析，在满足功能安全的前提下优化结构方案，提升可施工性与后期可检可修性，避免过度设计或构造不合理带来的质量隐患。进入施工阶段，须严格执行经审查批准的设计文件，全面落实首件工程认可制与样板引路制度，确保工艺统一、质量稳定。验收阶段不能仅依赖资料合规性审查，而应结合实体质量检测全覆盖，真实反映工程内在品质。尤为重要的是，在长达数十年的运行期，应依托结构健康监测、定期安全鉴定和老化评估机制，对工程质量状态进行动态跟踪与预测性维护，真正实现“建管并重”，防止“重建轻管”导致的质量退化甚至安全事故。

3.2 全员参与的质量责任体系

必须构建覆盖项目法人、勘察设计单位、施工单位、监理单位、检测机构乃至设备供应商的全员质量责任体系。项目法人作为工程建设组织者，负有首要责任，必须将质量目标置于进度与成本之上；勘察设计单位是质量的源头，其成果的科学性与严谨性直接决定工程成败；施工单位作为实体建造者，必须切实履行主体责任，杜绝转包分包和偷工减料；监理单位则应坚守独立公正立场，真正发挥“质量守门人”作用；第三方检测机构须确保数据真实、结论客观，维护行业公信力^[2]。在此基础

上，全面推行工程质量终身责任制，建立覆盖所有关键岗位人员的质量信用档案，对造成重大质量事故的责任主体实施“黑名单”管理和联合惩戒，让“谁建设、谁负责”成为不可逾越的制度红线。

3.3 全过程精细化控制

全过程精细化控制要求对工程建设流程进行深度解构，识别并锁定影响质量的关键控制点，实施标准化、可视化、可追溯的管理。应系统梳理土石方开挖、基础处理、混凝土浇筑、金属结构安装、机电设备调试等关键工序中的质量风险，编制详尽的标准化作业指导书（SOP），并通过信息化手段固化执行流程。推广“首件验收”制度，即在每类新工序开始前先制作样板段，经多方联合验收确认工艺参数与质量标准后，方可大面积展开施工，有效避免批量性质量问题。同时，对隐蔽工程、交叉作业面等质量薄弱环节，实行举牌验收、影像留痕等措施，确保过程可查、责任可溯。通过将宏观质量目标分解为微观操作规范，使质量要求真正落地于每一个施工动作之中。

3.4 全方位协同治理机制

单一主体的监管难以应对水利水电工程复杂的质量挑战，必须构建政府、行业、社会与企业多元共治的协同治理格局。政府主管部门应强化事中事后监管，通过飞行检查、随机抽查和“双随机、一公开”等方式提升监管威慑力；行业协会应发挥桥梁纽带作用，推动标准制定、技术培训与信用评价，促进行业自律；社会公众与媒体可通过信息公开渠道参与监督，对典型质量问题形成舆论压力；企业自身则需建立健全内部质量审计、持续改进和员工激励机制，实现从“要我质量”向“我要质量”的转变。唯有各方同向发力、信息共享、责任共担，才能形成良性互动的质量治理生态，为水利水电工程高质量发展提供持久动力。

4 水利水电工程质量管理体系的实践路径

4.1 制度完善：夯实法治与标准基础

应加快修订《水利工程质量管理规定》，进一步细化各方主体责任边界与追责标准，并积极推动《水利工程质量法》的立法进程，为质量治理提供更高位阶的法治支撑。同时，亟需完善技术标准体系，特别是在智能建造、绿色施工、数字孪生等新兴领域加快标准研制，推动国际先进标准如FIDIC条款的本土化适配^[3]。在合同管理层面，应将质量目标、违约责任及优质优价机制明确写入招标文件与工程合同，使质量绩效直接与工程款支付挂钩，形成强有力的经济约束。

4.2 技术赋能：推动质量管理数字化转型

应全面构建以BIM为核心的工程数字底座,打通设计、施工、运维各阶段的数据壁垒,形成包含几何、属性、进度、成本与质量信息的完整数字孪生模型。在此基础上,部署覆盖关键部位的智能感知网络,利用应变计、渗压计、温度传感器及高清视频监控等设备,实时采集大坝位移、混凝土强度、闸门应力等核心参数。进而开发集成物联网、人工智能与大数据分析的智能质控平台,实现对裂缝、渗流异常等质量问题的自动识别、智能预警与整改闭环跟踪。同时,大力推广地质雷达、超声波、红外热成像等无损检测技术,对灌浆帷幕、钢筋分布等隐蔽工程实施非破坏性、高覆盖率检测,从根本上提升质量验证的客观性与可靠性。白鹤滩水电站建设中,通过部署超过1.5万个传感器构建“智能大坝”,实现混凝土浇筑全过程温控与通水冷却智能调控,有效防止温度裂缝,保障了世界级特高拱坝的施工质量,正是这一路径的成功实践。

4.3 机制创新:强化过程控制与责任落实

可借鉴国际经验,在重大水利项目中试点推行工程质量潜在缺陷保险(IDI)制度,由保险公司委托独立的第三方技术检查服务机构(TIS)对施工全过程进行专业监督,借助市场机制倒逼参建各方提升质量意识^[4]。同时,实施基于风险的分级分类监管策略,对高风险、高复杂度项目加大监管资源投入,提高飞行检查频次与处罚力度。此外,探索利用区块链技术构建不可篡改的质量追溯系统,将原材料批次、施工班组、检测报告等关键信息上链存证,确保质量数据全程可溯、责任可究,从而破解信息不对称与信任缺失难题。

4.4 文化培育:营造“质量第一”氛围

必须通过常态化、多层次的教育培训,强化管理人员的法规意识与一线工人的技能素养,广泛开展“工匠”评选与技能比武活动,营造尊重技艺、崇尚质量的行业氛围。同时,完善质量激励与惩戒机制,一方面设立“大禹奖”等权威工程质量奖项,对优质工程给予政策倾斜与资金奖励;另一方面严格落实质量一票否决制,将质量表现纳入企业资质动态核查与个人执业资格管理,形成“守信

受益、失信难行”的鲜明导向,让质量成为行业共同的价值追求。

4.5 监督强化:构建多元共治格局

政府监管部门应整合水利、住建、市场监管等多方力量,推行“互联网+监管”模式,运用大数据分析精准锁定高风险项目与薄弱环节。同时,依法依规公开工程质量信息(涉密除外),畅通公众投诉举报渠道,鼓励媒体对典型质量问题进行曝光,形成强大的社会监督合力。行业协会也应积极作为,制定行规行约,开展信用评价,引导企业诚信自律,共同维护行业质量声誉,推动形成政府主导、市场驱动、社会参与的协同治理新格局。

5 结语

水利水电工程质量管理是一项复杂的系统工程,必须摒弃“头痛医头、脚痛医脚”的碎片化思维,转向体系化、全周期、数字化的综合治理模式。本文提出的以“四个全”为核心的管理体系框架及五大实践路径,为破解当前质量管理困境提供了系统性解决方案。未来,随着“新基建”与“双碳”战略深入推进,水利水电工程将更加注重与智能电网、生态修复、数字流域的深度融合。质量管理体系亦需持续进化:向韧性质量延伸,将气候变化适应性、极端灾害抵御能力纳入质量评价;向绿色质量拓展,量化工程碳足迹、生态扰动等绿色指标;向智慧质量跃升,依托数字孪生与AI,实现质量风险的自主感知、自主决策、自主优化。唯有如此,方能真正建成经得起历史、人民和自然检验的“百年精品工程”,为国家水网与能源安全筑牢坚实根基。

参考文献

- [1]韩永,王坤英.水利水电工程管理中质量管理体系的构建[J].水上安全,2024,(23):4-6.
- [2]曾文樱.水利水电工程质量管理策略研究[J].水上安全,2024,(23):40-42.
- [3]肖展江.水利水电工程建设中的质量管理与监督[N].山西科技报,2024-09-13(007).
- [4]马敏敏.水利水电工程施工中的质量管理与监控研究[J].水上安全,2024,(06):145-147.