

基于 PDCA 循环的水利工程质量管理体系优化研究

李 华

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要: 水利工程作为国家基础设施的重要组成部分,其质量直接关系到人民生命财产安全、生态环境保护及经济社会可持续发展。然而,当前水利工程建设仍面临管理粗放、过程控制薄弱、责任追溯困难等问题,亟需构建科学、系统、动态的质量管理体系。本文以全面质量管理理论为基础,引入PDCA(Plan-Do-Check-Act)循环模型,深入分析其在水利工程质量控制中的适用性与优势。通过剖析现行水利工程质量管理体系存在的主要问题,结合PDCA四阶段逻辑,从计划制定、执行落实、检查评估与持续改进四个维度提出系统性优化路径。研究表明,将PDCA循环嵌入水利工程质量全生命周期管理,可有效提升质量控制的前瞻性、协同性与闭环性,实现从“事后纠偏”向“全过程预防”的根本转变。

关键词: PDCA循环;水利工程;质量管理体系;全过程管理;持续改进

引言

水利工程具有投资规模大、建设周期长、技术复杂、环境敏感性强等特点,其质量不仅关乎工程本身的运行效能,更直接影响防洪安全、供水保障、生态平衡乃至区域社会稳定。近年来,随着“十四五”规划对水利基础设施建设的高度重视,以及“质量强国”战略的深入推进,水利工程建设进入高质量发展新阶段。然而,实践中仍存在诸如设计深度不足、施工工艺不规范、材料检测流于形式、监理履职不到位等质量问题,暴露出传统质量管理模式在系统性、动态性和预防性方面的不足。在此背景下,引入国际通行的PDCA循环管理理念,构建覆盖工程全生命周期、各参与方协同联动、数据驱动决策的现代质量管理体系,具有重要的理论价值与现实意义。一方面,有助于提升水利工程质量管理水平,防范重大质量风险;另一方面,可为行业标准修订、监管机制创新提供方法论支持,助力水利行业治理体系和治理能力现代化。因此,本文聚焦水利工程质量管理体系优化,以PDCA循环为核心框架,旨在构建一套具有行业适配性、操作可行性的质量管理新模式。

1 PDCA循环理论及其在水利工程中的适用性分析

1.1 PDCA循环的基本内涵

PDCA循环由美国质量管理专家戴明博士提出,是一种科学的、闭环式的持续改进管理方法,包含四个相互关联、循环往复的阶段:计划(Plan)、执行(Do)、检查(Check)和处理(Act)。该模型强调通过系统化的策划识别问题并设定目标,在执行中落实对策,通过检查评估效果,并在处理阶段总结经验、固化成果或启动新一轮改进。这种螺旋上升的管理逻辑,使得组织能够在

不断反馈与调整中实现质量水平的持续提升。其核心价值在于将质量管理从静态合规转向动态优化,契合现代工程管理对韧性、适应性与前瞻性的要求。

1.2 水利工程质量管理的特殊性

水利工程区别于一般建筑工程,具有显著的系统性、环境依赖性和社会敏感性。首先,其建设涉及水文、地质、结构、机电、自动化等多个专业领域的深度交叉,任何一个环节的质量缺陷都可能引发连锁反应。其次,工程实施高度依赖自然条件,如降雨、洪水、地质活动等不可控因素频繁干扰施工节奏与工艺选择,增加了质量控制的不确定性。再者,水利工程中隐蔽工程比例高,如基础灌浆、地下连续墙、止水系统等,一旦施工完成便难以返工,质量隐患具有滞后性和隐蔽性。更重要的是,水利工程承载着公共安全与生态安全的重大责任,其质量失效往往带来灾难性后果。这些特性决定了水利工程质量必须坚持全过程、全方位、全员参与的管理原则,而传统的“事后检验”模式显然难以满足这一需求。

1.3 PDCA在水利工程质量管理体系中的适用性

正是由于水利工程质量管理的复杂性与高风险性,PDCA循环所具备的动态性、系统性和闭环性显得尤为契合。在计划阶段,可通过风险预判与目标分解,提前部署防控措施;在执行阶段,强调标准化作业与过程受控,确保每一道工序符合设计意图;在检查阶段,依托多源数据采集与分析,实现对质量状态的实时感知与偏差预警;在处理阶段,则通过制度化复盘与知识沉淀,将个体经验转化为组织能力^[1]。这种“预防—执行—监控—进化”的闭环机制,能够有效应对水利工程建设中的不确定性,推动质量管理模式从被动响应向主动治理转型。因此,将

PDCA循环深度融入水利工程质量管理体系,不仅是理论上的合理延伸,更是实践中的迫切需要。

2 当前水利工程质量管理体系存在的主要问题

尽管我国已建立较为完善的水利工程质量法规体系(如《建设工程质量管理条例》《水利工程质量监督管理规定》等),但在实际运行中仍存在以下突出问题:

2.1 质量目标与计划脱节

部分项目在“P”阶段缺乏系统性质量策划,质量目标设定模糊,未与技术标准、合同条款、风险清单有效衔接。设计交底流于形式,施工组织设计对关键工序质量控制措施描述笼统,导致后续执行缺乏依据。

2.2 过程执行缺乏标准化

“D”阶段存在施工工艺随意、材料验收不严、人员培训不足等问题。部分施工单位为赶工期牺牲质量,监理单位“旁站”变“旁观”,质量责任落实不到位。隐蔽工程验收程序不规范,影像资料缺失,质量追溯困难。

2.3 检查评估机制不健全

“C”阶段多依赖人工巡检与抽样检测,缺乏实时监测手段。质量数据分散于不同系统,难以整合分析。第三方检测机构独立性不足,存在“走过场”现象。质量通病重复发生,但未形成有效的预警机制。

2.4 改进机制缺失,经验难以沉淀

“A”阶段常被忽视,项目结束后未系统总结质量管控得失,优秀做法未标准化,失败教训未转化为制度约束。质量管理体系呈现“静态化”特征,无法适应新技术、新材料、新工艺的发展需求。

上述问题表明,现行体系尚未真正形成“计划—执行—检查—改进”的闭环,亟需通过PDCA循环重构管理逻辑。

3 基于PDCA循环的水利工程质量管理体系优化路径

3.1 Plan(计划)阶段:强化顶层设计与风险预控

须摒弃“套模板”“走过场”的形式化做法,转向基于项目全生命周期的质量目标分解与风险预控机制构建。首先,应依据《水利水电工程施工质量检验与评定规程》等国家及行业强制性标准,结合项目合同约定与业主期望,制定清晰、可量化、可追溯的质量目标体系,例如单元工程合格率不低于98%、混凝土强度保证率大于95%、重大质量事故率为零等,并将这些目标逐级分解至设计、施工、监理等各参建单位,形成责任明确的“质量目标树”。其次,需开展深度质量风险识别与评估,运用FMEA(失效模式与影响分析)、HAZOP(危险与可操作性分析)等系统工具,对地基处理、大体积混凝土温控裂缝控制、金属结构安装精度、止水系统密封性等高

风险环节进行结构化分析,识别潜在失效模式、发生概率及其后果严重度,进而形成动态更新的质量风险清单^[2]。在此基础上,编制具有针对性的专项质量控制方案和作业指导书,如《高边坡开挖支护质量通病防治手册》《面板堆石坝接缝止水施工工艺控制要点》等,确保每一项关键工序均有据可依、有法可循。尤为重要的是,应积极引入BIM(建筑信息模型)与GIS(地理信息系统)技术,在虚拟空间中对施工全过程进行数字化模拟,提前发现设计冲突、施工干扰与工艺瓶颈,优化施工顺序、资源配置与应急预案,实现从“纸上谈兵”到“数字预演”的跃升,真正将质量隐患消除在萌芽状态。

3.2 Do(执行)阶段:推进标准化与过程可控

须构建以标准化作业为基础、以过程受控为核心、以技术赋能为支撑的执行保障体系。一方面,要全面推行关键工序标准化作业制度,将设计意图、规范要求与工艺参数固化为图文并茂的作业指导书,通过岗前培训、可视化交底与技能考核,确保一线作业人员“知标准、懂工艺、会操作”。严格落实“三检制”(自检、互检、专检),强化班组质量自控能力,形成“人人都是质检员”的基层质量文化^[3]。另一方面,要强化材料与设备的全过程管控,建立从供应商准入、进场验收、仓储保管到使用追溯的闭环管理流程,对水泥、钢筋、止水铜片等关键材料实行二维码或RFID电子标签溯源,确保来源可查、去向可追、责任可究。对于大坝碾压、混凝土浇筑、灌浆施工等关键过程,则应积极部署物联网传感网络,实时采集压实度、温度、应力、流量、压力等关键参数,通过边缘计算与云端平台实现施工过程的可视化监控与异常自动预警。例如,在大体积混凝土施工中,通过埋设分布式光纤测温系统,可实时掌握内部温度场演变规律,动态调整冷却水管通水策略,有效防控温度裂缝。这种“人防+技防”相结合的执行模式,不仅提升了过程控制的精准度,也为后续检查与改进提供了坚实的数据基础。

3.3 Check(检查)阶段:构建多维评价与动态预警机制

需构建一个融合组织监督、技术监测与数据智能的多维评价与动态预警机制。在组织层面,应建立“班组日检、项目部周检、公司月检、质监站飞检”四级联动的常态化检查制度,形成横向协同、纵向贯通的监督网络。在技术层面,大力推广移动端质量验收APP,监督与质检人员可在现场实时拍照、录入实测数据并同步上传至统一平台,系统自动比对设计值与规范限值,对超差项即时推送预警信息,实现“检查即留痕、问题即响应”。

同时,引入独立第三方评估机构,定期开展不通知、不预演的飞行检查,重点核查隐蔽工程影像资料的真实性、完整性与可追溯性,增强外部监督的威慑力与公信力。更为关键的是,应打破“信息孤岛”,整合BIM模型、施工物联网数据、试验检测报告、监理日志等多源异构信息,构建水利工程质量大数据中心。在此基础上,运用机器学习、时间序列分析等人工智能算法,对历史数据进行深度挖掘,识别质量指标的演变趋势与关联规律。例如,当混凝土试块强度离散系数持续增大,或灌浆压力-注入量曲线出现异常拐点时,系统可自动触发风险预警,提示管理人员介入调查,从而实现从“事后纠偏”向“事中干预”乃至“事前预测”的根本转变。

3.4 Act(处理)阶段:推动知识沉淀与体系迭代

须建立制度化、常态化的复盘与改进机制。具体而言,应在分部工程、单位工程乃至整个项目竣工后,及时组织设计、施工、监理、检测等参建方召开质量复盘会议,系统回顾质量目标达成情况,深入剖析偏差产生的根本原因——是技术方案缺陷、管理流程漏洞,还是人员能力不足?对于验证有效的创新做法,如“基于数字孪生的大坝智能碾压控制系统”或“雨季高含水率填料快速干燥工艺”,应及时总结提炼,纳入企业工法库、标准图集或内部管理制度,实现优秀实践的标准化与可复制化^[4]。对于反复出现或造成重大影响的质量问题,则需启动根本原因分析(RCA),从管理体系层面进行流程再造,例如优化隐蔽工程“双签确认”制度、提高监理平行检验比例、增设关键节点专家评审机制等,并将修订后的流程嵌入下一项目或下一循环的“Plan”阶段,形成闭环反馈。此外,还应营造鼓励持续改进的组织文化,

设立“质量金点子”“微创新奖”等激励机制,激发一线员工基于实践经验提出改进建议,使质量管理体系在全员参与、持续进化中保持生命力与适应性,真正实现“一次比一次做得更好”的卓越追求。

4 结语

本文论证了PDCA循环在水利工程质量管理体系优化中的理论和实践路径。其闭环、动态、系统性可弥补传统模式不足,推动质量管理从“被动应对”转向“主动预防”。通过各阶段针对性举措,能构建全生命周期、数据驱动的现代质量管理体系。智能化技术融合应用,为其运行提供支撑,提升了管理精准性与响应速度。未来,可探索PDCA循环与ISO9001等深度融合机制,构建兼容性更强的治理框架;关注水利工程“质量韧性”,研究应对突发环境扰动的适应性策略;还要解决该模式在中小型水利工程应用中资源有限、技术薄弱的问题。持续推进理论创新与实践探索,才能提升水利工程建设质量,保障国家水安全与高质量发展。

参考文献

- [1]王俊.PDCA循环法在淮沭新河管理处水利工程项目管理中的应用[J].治淮,2022,(11):23-26.
- [2]王应龙,詹森,赵永杰.PDCA在滇中引水工程质量管理中的运用[J].云南水力发电,2024,40(S1):115-117.
- [3]郝洪江.基于PDCA-模糊综合评价法的水利工程质量控制研究[D].华北水利水电大学,2024.DOI:10.27144/d.cnki.ghbsc.2024.000856.
- [4]卢秋云.基于PDCA的水利基建项目质量管理研究[D].扬州大学,2023.DOI:10.27441/d.cnki.gyzdu.2023.002457.