

浅谈水电站建设项目造价的闭环反馈分析

张佳梅 潘少华

长江勘测规划设计研究有限责任公司 湖北 武汉 430010

摘要：水电站建设项目造价管理具有复杂性和长期性，闭环反馈机制在其中的应用显得尤为关键。本文探讨了闭环反馈机制的基本原理，并详细分析了其在水电站建设项目造价管理中的应用，包括设计、采购和施工阶段的具体实践。本文还讨论了闭环反馈机制的优势与挑战，并提出了加强信息系统建设、优化闭环反馈流程、强化人员培训等建议。旨在为水电站建设项目实现更加精准、高效的造价管理提供有益的参考。

关键词：水电站；建设项目造价；闭环反馈

引言：水电站建设项目作为国家基础设施建设的重要组成部分，其造价管理的有效性与项目经济效益和社会效益密切相关。在水电站建设实践中，造价管理面临着诸多不确定性因素，如地质条件变化、材料价格波动等，这使得传统的造价管理模式难以满足实际需要。因此，引入闭环反馈机制，实现造价管理的动态调整与优化，成为提升水电站建设项目造价控制能力的有效途径。本文将对闭环反馈机制在水电站建设项目造价管理中的应用进行深入探讨。

1 水电站建设项目造价管理概述

1.1 造价管理的定义与特点

(1) 造价管理是指在水电站建设项目全生命周期内，对投资估算、设计概算、施工预算及竣工结算等各阶段费用进行计划、控制、核算和优化的系统性管理活动。在水电站建设中，其应用覆盖从项目立项时的投资匡算，到大坝、厂房、发电机组等主体工程的成本管控，再到移民安置、生态保护等配套费用的统筹，通过动态调节资源配置，实现项目总投资的合理控制与效益最大化。(2) 造价管理具有显著复杂性，需融合水文地质勘察、水工结构设计、电力系统规划等多领域专业知识，协调多方利益主体；多变性体现在受自然环境与市场波动影响大，如突发暴雨可能导致基坑排水费用激增，钢材价格年波动幅度可达20%；长期性则因项目建设周期普遍为8-15年，需在漫长周期内持续跟踪成本变化，适应政策调整与技术迭代。

1.2 造价管理的关键环节

(1) 设计阶段对工程造价的影响度超过75%，通过推行限额设计，将总投资按比例分解至各专业设计指标，如某水电站将坝体混凝土用量控制在每立方米380元以内，直接节约造价1.8亿元。同时通过多方案比选，优先采用经济适用的坝型与布置方案，减少不必要的成本

投入。(2) 材料与设备成本占总投资的60%-70%，需建立价格监测机制，对钢材、水泥等主材实施集中招标采购，降低采购成本10%-15%；对水轮机、变压器等大型设备，提前开展市场调研与技术选型，在保证性能的前提下选择性价比最优的供应商，并签订价格波动补偿协议。(3) 施工阶段通过“日跟踪、周分析、月调整”的动态管控模式，实时对比实际成本与计划成本的偏差。针对地质条件复杂、施工工艺变更等风险，预留5%-8%的应急费用，如某水电站在隧洞施工中遭遇溶洞，启用应急资金及时处理，将额外成本控制在预算范围内^[1]。

1.3 造价管理的重要性与挑战

(1) 科学的造价管理可使项目投资回报率提升12%-15%，确保工程如期发挥发电、防洪、灌溉等综合效益。例如，某山区水电站通过精准成本控制提前2年投产，每年新增发电量2.5亿度，既创造了经济效益，又改善了区域能源结构。(2) 面临的挑战突出表现在：建材价格剧烈波动增加成本控制难度；环保政策收紧使生态修复投入增加10%-20%；高海拔、深峡谷等复杂地形导致施工难度超出预期，可能引发成本追加，这些因素对造价管理的前瞻性与灵活性提出了更高要求。

2 闭环反馈机制在水电站建设项目造价管理中的应用

2.1 闭环反馈机制的基本原理

(1) 闭环反馈机制是指在一个控制系统中，通过持续收集输出端的实际结果，并将其与预设目标进行对比，形成信息循环回路的管理模式。在控制系统中，它如同“导航系统”，能实时修正偏差，确保系统始终朝着目标稳定运行。例如在水电站的机组调速系统中，闭环反馈可通过监测转速偏差，自动调整导叶开度，维持机组稳定发电。(2) 该机制通过三个核心环节实现精准控制：首先，利用传感器、数据平台等工具采集系统实际运行数据，如造价管理中的材料消耗、人工费用等；

其次，将实际数据与预算目标对比，计算偏差值，若某分项工程成本超支5%以上，则触发预警；最后，依据偏差分析结果制定调整策略，如削减非关键工序开支、优化资源配置等，通过“监测-比对-调整”的循环，逐步缩小实际值与目标值的差距，直至实现精准控制。

2.2 闭环反馈在造价管理中的具体应用

(1) 设计阶段构建“方案设计-造价测算-优化反馈”闭环。某水电站初步设计的重力坝方案造价超预算18%，系统将测算结果反馈至设计团队，结合地质勘察数据优化为拱坝方案，通过减少混凝土用量使造价降低12%；同时建立设计变更反馈流程，每次变更需经造价影响评估，2023年某项目通过该流程拒绝了3项非必要变更，节省成本450万元。(2) 采购阶段形成“价格监测-采购执行-偏差调整”循环。搭建涵盖200+供应商的价格数据库，实时比对采购价与市场价，当铜芯电缆采购价高于市场均价7%时，系统立即反馈，采购部门启动应急招标，最终以低于原报价5%的价格完成采购；对大型设备采用“预购-跟踪-补差价”模式，某项目通过跟踪发现水轮机价格波动超3%，及时与厂商签订补充协议锁定成本^[2]。(3) 施工阶段建立“成本跟踪-偏差分析-措施落实”机制。采用物联网技术实时采集施工数据，当隧洞开挖单日成本超支1.2万元时，系统自动推送预警至项目部，经分析发现爆破参数不合理导致超挖，随即调整爆破方案，3日内使单日成本回归预算区间；每月开展成本复盘，将偏差原因录入数据库，为后续同类工程提供参考，使某项目后续隧洞施工成本偏差控制在2%以内。

2.3 闭环反馈机制的实施策略

(1) 开发集设计、采购、施工数据于一体的造价管理信息系统，接入材料进场扫码记录、进度款支付凭证等实时数据，实现各部门数据共享。系统设置自动提醒功能，当钢筋库存量低于安全值且价格上涨时，同步推送至采购部与造价部，确保信息传递无延迟。(2) 制定“三级反馈”流程：施工班组每日上报成本数据→造价工程师次日完成偏差分析→每周召开成本管控会确定调整方案，明确责任部门需在3日内反馈整改结果。例如某项目规定，混凝土损耗率超3%时，施工队需24小时内提交原因报告，逾期将影响当月绩效。(3) 组建专业分析团队，运用机器学习算法挖掘成本偏差规律。通过分析近5年数据发现，雨季混凝土运输成本平均增加15%，据此提前储备防雨设施并调整运输路线，2024年某项目雨季运输成本仅增加4%；同时建立“偏差-措施-效果”评估模型，量化调整措施的实际效益，持续优化反馈策略^[3]。

3 闭环反馈机制在水电站建设项目造价管理中的优

势与挑战

3.1 优势分析

(1) 闭环反馈机制通过实时数据采集与分析，能将造价偏差控制在5%以内，相比传统管理模式精度提升40%。例如某水电站利用该机制，在大坝浇筑阶段每日比对混凝土用量与预算，及时发现拌合站计量误差，3日内完成校准，避免了月度成本超支。其时效性体现在偏差出现后48小时内即可启动调整流程，远快于传统每月一次的成本核算模式。(2) 该机制通过风险预警模块识别潜在成本风险，如监测到汛期来临前，提前储备防汛物资并锁定价格，使某项目规避了因暴雨导致的材料涨价损失200万元。面对地质突变等突发情况，可快速调用应急成本方案，将风险影响范围缩小至原预估的30%。(3) 通过资源使用效率分析，闭环反馈能优化设备调度。某水电站发现3台挖掘机闲置率达40%，立即调至隧洞开挖区，使设备利用率提升至85%，减少租赁费用支出120万元/月，实现资源的动态最优配置。

3.2 挑战与对策

(1) 信息采集存在“数据孤岛”问题，设计、施工数据格式不兼容导致反馈延迟。对策是采用区块链技术构建数据共享平台，统一数据标准，2024年某项目通过该技术使数据传输效率提升60%，反馈周期从72小时缩短至24小时。(2) 部分管理层对反馈数据解读能力不足，导致调整措施针对性差。对策是开展“数据决策”培训，配套开发智能分析系统，自动生成偏差原因及调整建议，使决策响应速度提升50%。(3) 与进度管理、质量管理体系协同性弱，可能出现为控成本牺牲质量的情况。对策是建立“三系统联动”机制，将造价偏差与进度滞后、质量缺陷关联分析，如某项目通过联动发现模板周转慢既影响进度又增加成本，同步优化后实现“成本-进度-质量”协同可控。

4 完善水电站建设项目造价闭环反馈机制的建议

4.1 加强信息系统建设

(1) 提升信息采集、处理和传输的自动化水平是完善闭环反馈机制的基础。可在施工设备上安装物联网传感器，实时采集挖掘机工作时长、混凝土拌合站产量等数据，替代传统人工记录，使数据采集效率提升80%以上，且误差率降低至1%以下。引入AI算法自动处理采集数据，例如通过机器学习识别材料消耗异常波动，当钢筋日耗量超出同工况平均值15%时，系统自动生成预警报告，减少人工分析的滞后性。同时，采用5G技术构建高速数据传输网络，确保施工现场数据与管理平台的传输延迟控制在10秒以内，实现“实时监测、即时反馈”。

(2) 建立统一的造价管理信息平台需打破设计、施工、监理等多方的数据壁垒。平台应整合CAD设计图纸、招标文件、材料采购合同等全流程资料,采用标准化数据格式(如统一的工程量清单编码),使各参与方能够直接调用共享数据。例如设计院上传的坝体混凝土用量参数,施工方可直接用于成本核算,避免重复录入导致的数据偏差。平台设置分级权限管理,施工班组可查看本工区成本数据,而管理层能获取项目全局造价信息,通过协同编辑功能,实现变更签证等文件的线上流转审批,使流程耗时从5个工作日缩短至1个工作日。

4.2 优化闭环反馈流程

(1) 简化反馈路径需减少不必要的审批环节。构建“现场数据采集终端-造价管理平台-决策层”的三级直连模式,当出现重大成本偏差(如超支金额占分项预算10%以上)时,系统可跳过中间层级,直接推送至项目经理,使决策响应时间从72小时压缩至24小时。例如某水电站发现导流洞塌方导致成本超支200万元,通过简化流程,48小时内即确定抢险方案并落实资金,避免了工期延误。同时,采用“例外管理”原则,对轻微偏差(如单项费用超支低于3%)由系统自动处理,仅将重大偏差提交人工决策,提升流程效率^[4]。(2) 明确各层级管理职责需制定《造价闭环反馈责任清单》。现场技术员负责准确记录材料用量、人工投入等基础数据,对数据真实性负责并直接负责;造价工程师负责偏差分析并提出调整建议,确保分析报告在数据采集后24小时内完成;项目经理拥有调整方案审批权,对涉及超预算10%以上的调整需上报业主单位。通过“谁采集、谁负责;谁分析、谁把关;谁决策、谁担责”的权责体系,避免出现“反馈信息石沉大海”的现象,某项目通过明确职责,使成本偏差处理的闭环率从65%提升至92%。

4.3 强化人员培训和能力提升

(1) 定期培训应采用“理论+实操”的模式,每季度

开展不少于16学时的专项培训。理论课程涵盖闭环反馈机制原理、造价管理软件操作等内容;实操环节通过模拟案例(如处理隧洞开挖成本超支),训练学员运用信息平台分析偏差、制定调整方案的能力。培训结束后进行考核,考核不合格者需补考,确保施工队长、造价员等关键岗位人员100%掌握基本操作。某水电站通过系统化培训,使员工的成本偏差识别准确率提升40%。(2) 提升管理人员专业素养需建立“导师带徒”制度,由资深造价师一对一指导新人,传授地质条件复杂区域的造价控制经验。同时,组织管理人员参与同类型水电站的造价管理交流会,学习先进的反馈机制应用案例,如借鉴某项目利用BIM技术优化反馈流程的经验,提升自身项目的管理水平。鼓励员工考取注册造价工程师等职业资格证书,将证书获取与绩效考核挂钩,形成“学习-提升-应用”的良性循环,使项目团队的决策正确率提高35%。

结束语

综上所述,水电站建设项目造价的闭环反馈分析是实现成本控制、提高项目效益的重要保障。通过不断优化闭环反馈机制,项目管理者能更精准地掌握造价变动,迅速响应偏差,为项目的顺利进行奠定坚实基础。未来,随着智能化、信息化技术的持续发展,闭环反馈机制将更加高效、智能,为水电站建设项目造价管理带来革命性变革,助力行业持续健康发展。

参考文献

- [1]郭春艳,王从显,黄慧.浅谈水电站建设项目造价的闭环控制[J].水利建设与管理,2021,(05):54-55.
- [2]郑晓江.水利水电工程全过程造价管理关键因素分析[J].低碳世界,2020,(07):73-74.
- [3]付琨.探讨水电站建设项目造价的闭环控制[J].经营者管理,2021,(09):91-92.
- [4]寇文龙.彭水水电站工程合同管理及造价控制浅析[J].人民长江,2022,(10):105-106.