

智慧工地视角下水利水电造价实时监控研究

毛联承

重庆市弘禹水利咨询有限公司 重庆 400020

摘要：针对水利水电工程造价比传统管控滞后、精准度不足等问题，结合智慧工地技术优势，开展造价实时监控研究。本文阐述智慧工地与水利水电造价管理的核心理论及融合逻辑，构建科学可操作的监控指标体系，设计贴合现场的四层架构监控系统，提出分阶段实施策略及关键控制点。研究表明，智慧工地技术可实现造价数据实时采集、精准核算与智能预警，有效解决传统管控痛点，为水利水电工程造价高效管控提供实操支撑，提升工程投资管控水平。

关键词：智慧工地；水利水电造价；实时监控；系统设计；实施策略

引言：水利水电工程具有工程量大、周期长、受自然条件影响显著等特点，造价管控难度较高，传统管控模式存在数据滞后、协同不足等问题，易导致造价偏差扩大。随着智慧工地技术的快速发展，物联网、BIM、大数据等技术为造价实时监控提供了新路径。基于此，本文立足智慧工地视角，聚焦水利水电造价实时监控的核心需求，构建指标体系、设计监控系统、提出实施策略，破解传统管控难题，为水利水电工程造价比精细化、实时化管控提供理论与实践参考。

1 智慧工地视角下水利水电造价实时监控概述

1.1 智慧工地核心理论与技术体系

智慧工地是以数字化、智能化为核心，依托物联网、大数据、BIM、人工智能等前沿技术，构建的全流程、全要素协同管控体系，其核心理论是实现工程建设全生命周期的数字化管控与智能化决策。智慧工地技术体系涵盖感知层、平台层与应用层，感知层通过智能终端、传感器等设备采集工程现场实时数据；平台层负责数据存储、分析与处理，打破数据壁垒；应用层聚焦具体场景，为造价管控、安全管理等提供智能化支撑，为水利水电造价实时监控提供了核心技术支撑。

1.2 水利水电工程造价管理核心理论

水利水电工程造价管理以合理控制工程投资、提升经济效益为核心，涵盖工程设计、招标、施工、竣工全阶段，核心理论包括造价构成、管控原则与关键环节。其造价由人工、材料、机械、措施费等多部分构成，具有工程量大、周期长、受自然条件影响大等特点。造价管理的核心是实现各阶段造价的动态管控，及时发现并纠正造价偏差，而实时监控作为关键环节，是解决传统管控滞后性、提升管控精准度的核心手段。

1.3 智慧工地与造价实时监控的融合逻辑

智慧工地与水利水电造价实时监控的融合具有明确

的可行性与必要性，核心逻辑是依托智慧工地的技术优势，破解传统造价监控的痛点。智慧工地的实时数据采集能力的可实现造价相关数据的同步获取，大数据与AI技术可完成数据的快速分析与偏差预警，BIM技术可实现造价的可视化、精细化管控，三者协同形成“数据采集—分析处理—预警管控”的闭环，实现造价监控从“事后核算”向“实时管控”转变，推动水利水电造价管理提质增效^[1]。

2 智慧工地视角下水利水电造价实时监控指标体系构建

构建科学、可操作的实时监控指标体系，具体构建内容如下：（1）指标体系构建原则与思路。构建需遵循四大核心原则，科学性原则确保指标选取贴合水利水电造价规律与智慧工地技术特性；全面性原则覆盖工程前期、施工、竣工全阶段；实时性原则适配智慧工地数据实时采集优势，保障指标动态更新；可操作性原则确保指标可量化、数据可通过智慧设备获取。构建思路以破解传统造价监控短板为导向，依托智慧工地感知、分析技术，筛选核心管控指标，形成“全流程、多维度、可实时”的指标体系。（2）核心监控指标筛选与分类。结合水利水电工程全生命周期，将指标分为三类：前期阶段指标，包括设计变更率、招标控制价偏差率，依托BIM技术实现实时跟踪；施工阶段核心指标，涵盖人工单价波动、材料损耗率、机械利用率等，通过物联网设备实时采集数据；竣工阶段指标，包括结算偏差率、索赔处理效率，实现造价管控闭环。（3）指标权重确定与量化方法。采用层次分析法结合熵权法确定指标权重，兼顾主观经验与客观数据；量化标准结合行业规范与工程实际，明确各指标合理区间，通过智慧工地大数据平台实现指标数据实时采集、自动量化，为造价实时监控提供精准依据^[2]。

3 智慧工地视角下水利水电造价实时监控系统设计

3.1 系统总体架构设计

遵循“分层设计、协同联动、贴合现场”原则,结合智慧工地现有技术架构,构建“感知层-平台层-应用层-终端层”四层架构,各层独立运行且高效协同,具体设计如下:(1)感知层。作为数据采集核心,部署于工程现场各关键节点,主要包括物联网传感器(材料库存传感器、机械运行记录仪)、BIM建模终端、智能打卡设备、现场签证终端等,实时采集人工、材料、机械、现场变更等造价相关数据,直接对接工地现有智慧设备,无需额外大规模新增设备,降低落地成本。(2)平台层。承担数据处理与存储功能,采用轻量化云平台设计,适配工地网络环境,主要包括数据存储模块、数据清洗模块、造价核算模块,将感知层采集的原始数据进行筛选、整理,转化为可直接用于造价监控的结构化数据,支持历史数据回溯与批量导出,满足现场造价核算与资料归档需求。(3)应用层。聚焦现场造价管控实操,整合核心功能模块,无需复杂操作流程,贴合造价人员现场工作习惯;终端层支持电脑端、手机APP、工地触控终端三种形式,方便造价人员在办公室、施工现场等不同场景随时查看、操作。(4)终端层。作为系统与用户的交互载体,除支持电脑端、手机APP、工地触控终端三种核心形式外,额外适配工地现有智慧监控终端,实现数据互通共用,无需额外新增终端设备。电脑端侧重造价数据的批量处理、报表生成与系统管理,适配办公室场景;手机APP支持离线查看数据、接收预警信息、现场录入简单数据,解决工地部分区域网络不稳定的问题;工地触控终端部署于施工现场项目部、材料库等关键区域,支持施工班组、监理人员现场查询数据、审核签证,提升现场协同效率^[3]。

3.2 系统核心功能模块设计

围绕水利水电造价实时监控实际需求,设计五个核心功能模块,各模块功能独立、协同联动,重点突出实操性,具体设计如下:(1)数据采集与同步模块。对接感知层各类设备,自动采集人工考勤数据、材料入库/出库数据、机械运行时长与油耗数据、现场签证数据等,支持手动补充录入设计变更、索赔等特殊数据,数据实时同步至平台层,确保数据与现场实际一致,避免人工录入误差。(2)造价实时核算与对比模块。预设水利水电工程定额标准与造价核算公式,自动根据采集的数据核算当期造价(日/周/月),与招标控制价、预算造价进行实时对比,生成造价偏差报表,明确偏差金额、偏差原因,无需人工手动核算,提升现场管控效率。(3)智

能预警与异常处置模块。预设各造价指标合理区间(如材料损耗率、人工单价波动范围),当数据超出合理区间时,系统自动发出预警(短信、APP推送),明确预警类型与异常数据,支持现场录入处置措施与结果,形成预警处置闭环,避免偏差扩大。(4)协同管控与数据共享模块。支持管理员、造价人员、施工班组、监理单位等多方协同,不同权限人员查看对应数据,施工班组可上报现场造价相关情况,监理单位可审核现场签证、变更数据,实现多方协同管控,减少沟通成本。(5)数据可视化与报表生成模块。以图表形式(柱状图、折线图)展示造价数据、偏差情况、预警信息,直观呈现现场造价管控状态,支持自动生成造价监控日报、周报、月报,可直接导出用于工程汇报与资料归档,贴合现场工作需求。

3.3 系统技术实现与部署方案

结合水利水电工地实际条件,采用成熟、易运维的技术与部署方式,确保系统稳定运行、快速落地,具体如下:(1)技术选型。BIM技术选用适配水利水电工程的Revit、Civil3D软件,实现工程模型与造价数据联动;物联网技术采用LoRa无线通信,适配工地露天、远距离数据传输需求,降低网络部署成本;数据存储采用云数据库与本地数据库双备份,防止数据丢失;APP端采用原生开发,适配安卓、iOS系统,确保现场操作流畅。(2)部署方案。采用“本地部署+云端备份”模式,核心数据存储于工地本地服务器,确保网络中断时系统正常运行,云端同步备份数据;感知层设备根据工程规模分批部署,优先部署材料库、施工工作面、机械作业区等核心节点;安排1-2名现场技术人员负责设备调试与日常运维,定期排查设备故障,确保数据采集连续性。(3)调试与验收。系统部署完成后,选取工程某一施工段进行试点调试,优化数据采集精度与系统响应速度,修正核算公式偏差;调试完成后,组织造价人员、施工人员、监理单位联合验收,确保系统功能贴合现场实际、操作便捷,满足造价实时监控需求^[4]。

4 智慧工地视角下水利水电造价实时监控实施策略

4.1 实施前期准备工作

前期准备聚焦“落地可行”,从技术、管理、数据三方面夯实基础,规避实施卡顿,具体工作如下:(1)技术准备。梳理工地现有智慧设备,排查物联网传感器、BIM终端兼容性,对老旧设备就地升级,降低改造成本。组织技术人员对接系统开发商,明确部署参数与网络要求,调试工地网络保障数据实时传输。整理水利水电工程定额、造价核算公式,精准录入系统作为预设参数,确保核算贴合现场。(2)管理准备。成立专项实施小组,

明确岗位职责：管理员统筹运维，造价人员核对参数、审核数据，施工人员配合设备部署与数据上报，监理人员全程监督。制定简洁的《实施管理办法》，细化操作规范与上报时限，建立权责清晰的协同机制，适配工地管理实际。（3）数据准备。归集招标控制价、施工图预算等前期核心资料，录入系统作为对比基准。收集历史造价、材料价格、机械使用记录建立数据库，支撑偏差分析。统一数据采集口径，规范人工、材料、机械等数据格式，确保数据可对比。

4.2 分阶段实施流程

结合水利水电工程施工进度，分三个阶段稳步实施，避免盲目推进，确保每阶段落地见效，具体流程如下：（1）试点实施阶段。选取工程1-2个核心施工段（如材料库、主体结构施工区）作为试点，部署感知层设备，调试系统核心功能，重点测试数据采集精度、造价核算准确性、预警响应速度；安排专人现场值守，记录实施过程中出现的问题（如设备采集故障、数据偏差），及时联动技术人员整改，试点周期控制在1-2周，适配工地施工节奏。（2）全面推广阶段。试点验收合格后，逐步扩大实施范围，覆盖整个工程现场，分批部署剩余感知层设备，完成系统全模块调试；组织全员培训，针对不同岗位开展简易操作培训（如施工人员如何上报现场签证、造价人员如何查看偏差报表），培训后进行简单考核，确保全员掌握基础操作；同步完善系统适配性，根据工程施工进度（如主体施工、设备安装）调整监控重点。（3）运维优化阶段。系统全面上线后，安排1-2名现场技术人员负责日常运维，每日排查设备运行状态、数据传输情况，及时处理设备故障、网络中断等问题；每周收集各岗位反馈，针对操作繁琐、数据偏差等问题，联动系统开发方进行优化；每月对实施效果进行简单复盘，调整系统参数、管控流程，适配工程施工过程中的动态变化。

4.3 实施过程中的关键控制点

聚焦实施全流程风险，从数据、技术、人员三个维

度设立关卡，确保系统实效，具体如下：（1）数据质量控制。设立专职审核岗，建立“日核对、周汇总”制度，核对系统数据与现场台账，核查关键数据，杜绝虚假录入。构建异常预警与人工复核机制，及时核实整改偏差，确保数据真实、完整、实时。（2）技术集成控制。强化系统层级协同，检查数据互通情况，严防数据孤岛。严控BIM模型与造价数据联动时效，确保与工程进度同步。针对工地恶劣环境，制定设备运维清单，落实防护措施，保障设备稳定。（3）人员执行控制。将系统操作纳入日常考核，检查操作规范性，及时纠偏。建立周度协同会议，协调多方痛点；针对人员流动，建立快速补训机制，保障监控工作连续推进^[5]。

结束语：本文围绕智慧工地视角下水利水电造价实时监控展开系统研究，完成了指标体系构建、监控系统设计及实施策略制定，明确了各环节核心要点与实操方法，有效弥补了传统造价管控的短板。结合水利水电工地实际，提出的系统设计与实施策略具备较强的落地性和可操作性。由于研究条件限制，在系统长期运维优化、多类型工程适配性方面仍有提升空间，后续可结合实际工程案例持续完善，推动智慧技术与造价管控深度融合，助力水利水电工程高质量发展。

参考文献：

- [1]姜永亮,杨烁,刘晓峰,王政,赵法科,孙晓青,任士宝.崂山区智慧工地监管平台创新实践与智慧化工程监管体系构建研究[J].住宅产业,2025(12):87-90.
- [2]张玮,薛野,唐振.智慧水利阶段的水利水电工程信息化建设研究[J].水利信息化,2024(2):63-68.
- [3]苟红丽.基于数字孪生技术的工程造价动态监控创新实践[J].张江科技评论,2025(6):78-80.
- [4]李勃.水利水电工程施工造价的标准化管理与控制措施[J].大众标准化,2025(8):59-61.
- [5]李燕.水利水电工程造价控制的有效路径与优化策略研究[J].水上安全,2025(15):132-134.