

智能化技术在水利工程造价控制中的应用分析

杜佳彦

新疆恒信工程项目管理咨询有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]水利工程造价管控具有投资额大、建设时间长、不确定因素较多的特点,传统的造价管理方式存在的问题在于对成本信息搜集困难、实时监控困难以及风险监测滞后等问题。而伴随 BIM、大数据、人工智能、物联网等智能信息技术的发展,给水利工程造价管理带来了新的技术手段。文章全面论述了工程设计过程、工程施工过程以及项目决策过程中对于水利工程建设投资影响最大的几个方面,详细研究了 BIM 技术的应用对于水利工程造价精细化管理的作用,大数据应用于水利工程造价预测及动态分析的方法, AI 在水利工程成本风险预警的应用、物联网应用于水利工程建设项目施工成本动态监控的方式及其建立智能化造价控制体系的研究,智能化技术应用于水利工程建设造价管理的过程中,可以大大提高造价管理的准确度及时性,为实现全生命周期造价管控提供有力支持。

[关键词]水利工程; 造价控制; 智能化技术

DOI: 10.64635/ja.2026.1112

中图分类号: TU723.3

文献标识码: A

Application Analysis of Intelligent Technologies in Cost Control of Water Conservancy Projects

Du Jiayan

Xinjiang Hengxin Engineering Project Management Consulting Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang 830000, China

Abstract: Cost control in water conservancy projects is characterized by large investment volumes, long construction periods, and numerous uncertain factors. Traditional cost management methods often suffer from difficulties in collecting cost information, conducting real-time monitoring, and carrying out timely risk detection. With the development of intelligent information technologies such as BIM, big data, artificial intelligence, and the Internet of Things, new technical means have been introduced into the cost management of water conservancy projects. This paper comprehensively discusses several key aspects that have the greatest influence on investment in water conservancy construction during the project design stage, construction stage, and decision-making stage. It further examines in detail the role of BIM technology in the refined management of water conservancy project costs, the methods of applying big data to cost forecasting and dynamic analysis, the use of artificial intelligence in cost risk early warning, and the application of the Internet of Things in the dynamic monitoring of construction costs, as well as the establishment of an intelligent cost control system. The application of intelligent technologies in the cost management of water conservancy projects can greatly improve the accuracy and timeliness of cost management and provide strong support for achieving whole-life-cycle cost control.

Keywords: water conservancy project; cost control; intelligent technology

引言

水利工程是重要的基础设施建设之一,在水利工程中造价控制贯穿整个项目的决策、勘察设计、招标投标、施工以及完工后的结算等各环节之中,直接影响着工程投资效益的有效发挥。但是传统的造价管理主要通过依靠经验以及人力计算,存在着信息更新慢、数据分散严重、实时调整困难等情况不能满足当今对水利工程精准化管理的要求。近几年来,由于大数据、人工智能、BIM 技术及物

联网等新技术的发展使得工程造价管理迎来了新的时代。智能技术基于数据分析与智能化处理可以及时采集、动态分析及准确预测造价信息给水利工程造价控制带来全新的技术支持方式,把智能技术和整个水利工程建设造价控制全过程联系起来,对提高投资效果、降低费用开支以及规避超预算风险有着深远的理论价值和现实指导作用,本文以实际工作中所关注的水利工程造价控制为中心,对主要控制因素进行详细的研究并结合各种智能化技术的

应用方法来研究如何建设适合现代水利工程特征的智能造价控制系统。

1 水利工程造价控制概述

1.1 水利工程造价的构成与特点

水利工程造价是指整个建设项目从建设前期立项决策到竣工验收交付使用的总花费,主要包括工程费用、工程建设其他费用以及预备费三个组成部分。工程费用包括建筑工程费、安装工程费、设备购置费等,是构成造价的主要内容。与其它类型的工程项目相比较而言,水利工程造价有以下几个特征:一是投资金额庞大,大型的水利工程投资常常超过几十亿乃至上百亿;二是建设时间过长,从可行性研究报告出台到最终完成可能长达数十年至十多年的时间跨度;三是自然环境制约性强,水文地质、气候等因素都会造成不小的误差;四是专业性强,涉及到水工、电气、金属结构、移民安置、环境保护等方面。

1.2 水利工程造价控制的阶段划分

水利工程造价控制贯穿于整个建设过程之中,一般将水利工程建设分为五大部分即投资决策、设计、招标投标、施工、结算。其中在投资决策阶段主要是要正确估计出工程造价以便进行项目的审批,而在设计阶段则是通过限额设计以及优化设计控制工程造价,在该环节影响最大可以达到70%以上,在招标投标时则通过合理的编制出招标控制价及择优选择承包商来控制工程造价,在施工过程中存在着变更、材料价格变化等问题,是造价控制的关键问题,而结算环节则是需要精准计算得出实际工程造价。

1.3 传统造价控制方法存在的问题

传统的水利工程造价管理主要是通过定额计算体系以及人工作业的方式来进行,在实际的操作中存在着很多的问题,首先就是信息更新慢,在造价的数据上大多数都是一些固定的数据,很难反映出现场情况的成本变动。其次就是数据分割严重,设计、实施、监理各方面的造价数据相互之间没有有效的传递渠道。第三就是预见性差,对材料的价格涨跌、工程的变更等相关风险无法作出合理的预估措施。第四就是精确度低,传统的方法很难做到对于工料机的数量进行准确的统计,很容易产生超出概算或者遗漏的情况,这些问题尤其在复杂的水利工程中会更明显,迫切需要借助智能科技来进行造价管理模式的转变。

2 水利工程造价控制的关键影响因素分析

2.1 设计阶段造价影响因素

设计阶段是决定工程造价的关键因素,在整个过程中起着举足轻重的作用主要有三方面。第一个方面是工程定

位及总体布置方案影响了工程量及施工难易度,无论是坝址的选择还是渠道线路的设计都是整个工程的重中之重,一旦确定下来以后后期的工程量及施工难度的变化都非常小;第二个方面是结构形式以及所用材料的不同直接会导致主体工程造价的巨大差别,不同的坝体类型不同衬砌材料造价相差可以达到20%-30%,第三个方面是设计深度不够引起的变更使得造价很难控制,工程变更中有百分之六十都是由于设计方案引起的。所以在设计中提前加入限额设计及优化设计思想,利用BIM技术做到多个设计方案的选择判断以及碰撞检测,则是对投资控制较好的方法之一。

2.2 施工阶段成本波动因素

施工过程是成本控制的具体执行环节,更是不确定性最大的节点,在水利工程中由于施工环境复杂,降水坑排水、围堰堆砌以及地下洞室开挖等工作都会受到水文地质的影响导致实际的工作量会有所出入;而施工组织计划的好坏直接决定了对资源利用率高低的问题,比如选择机械机型、施工顺序、料源的选择等等都会涉及到成本问题;另外还有工程变更也是施工过程中一项重要的造价控制点,无论是设计变更、现场情况的变化还是业主要求变动都有可能导致造价的提升^[1]。研究发现水利工程施工过程中发生的成本偏差主要是由于工程量估算偏差、材料损耗偏差及工期延误所造成的。

2.3 管理与决策因素

管理水平以及决策能力属于影响水利工程建设成本的主要软性因素,在管理方面,由于缺少统一的成本信息管理系统使得各方之间数据不能相互衔接,费用计算滞后于项目的进展,发现问题的时候已经造成了损失。而在决策方面由于缺少有效的分析模型支持,所以投资及项目变更基本依靠经验来判断,带有较大的主观性和不确定性。一些学者认为可以通过多种层次的风险辨识系统与层次分析法、模糊综合评判相结合的方式可以构建出更为合理有效的风险分析模型来帮助管理者更好的做出成本控制方面的决定。提高管理水平及决策程度还需要运用智能科技手段实现由经验导向到大数据导向的变化。

3 智能化技术在水利工程造价控制中的核心应用

3.1 基于BIM的造价精细化管理

BIM技术通过对工程建设过程构建三维数字化模型,实现对工程量信息的智能提取及造价数据之间的连接绑定,从而提供支持精细化管理的技术保障,在对工程量进行计取时,BIM模型能根据构件的不同特性来自动产出精

确无误的工程量明细表单，而减少由于手工计量所带来的失误及遗漏；工程项目中的实践证明，应用 BIM 模型的自动统计工程量结果和人工校核两者融合之后，能够使得工程量统计数据误差不超过 3%；对于造价动态管理上来说，采用 5DBIM 技术使得三维模型同进度计划、成本费用等相连接并进行联动，进而形成了“计划-实施-差异分析-调整”的循环反馈控制系统。研究表明，在构件级 BIM 模型里面加入不断变化着的材料单价和人工单价等变动信息，可以使得设计过程造价同时生成，使预算偏差不超过 0.5%，而且 BIM 的碰撞检测功能也可以在设计时对各专业的空间矛盾进行提前预警，从而防止工程施工过程中出现质量问题造成的返工浪费。

3.2 基于大数据的造价预测与动态分析

大数据技术在获取并处理大量工程造价历史数据的基础上可以给水利工程造价预测以及动态分析提供数据上的支持，在造价预估的时候，利用相似工程的大数据匹配算法可以及时得到合理的投资估算，突破传统方法依靠经验估计的不足之处。一些研究者提出运用改进人工蜂群算法对最小二乘支持向量机进行优化来对水利工程造价进行估算，实验证明这种方法比传统方法的估算误差更小。而在价格预测上，通过对材料价格历史记录、供需情况、相关政策变动等多种来源的历史数据进行分析，构建起价格波动预测模型。大数据的价值就在于将造价管理由“事后算账”推进到“事先预警”。

表 1 传统造价预测与大数据造价预测方法对比

对比维度	传统预测方法	大数据预测方法
数据来源	有限历史项目数据	多源异构数据融合
分析模型	经验公式/定额套用	机器学习/深度学习算法
更新频率	静态/季度更新	实时/动态更新
估算精度	偏差率约 10%~20%	偏差率可控制在 5%以内
响应速度	人工核算，周期长	自动运算，实时输出
影响因素覆盖	主要因素	多维因素综合考量

3.3 人工智能在成本风险预警中的应用

人工智能技术运用机器学习的方法对以往工程项目数据进行学习，构建出造价风险预测及预警模型，从而对项目造价突发性变化实施智能化监控，在风险预警上，AI 模型可以观察到工程量、材料单价、人工效率等多项参数突发性变化，并自动捕捉可能出现的成本超出预警区间的情况；在预警机制上，以预设的标准或者趋势变化判定来实现当成本偏离超过警戒线后自动发出警告信号，提醒相关人员加以注意^[2]。有关研究指出，用深度神经网络做施工成本风险预测能提高近 45%的准确度。另外，基于强化学习的多智能体共性优化框架可以做到同时对项目的施工成本、工期以及工程质量等进行优化。在智慧工地场景下，AI 图像处理技术也可对施工进度进行识别以及工程物资使用的分析来给予造价控制实时的数据参考。

3.4 物联网在施工成本实时监测中的应用

物联网技术以在工地设置不同种类的监测装置及智能硬件来达到对于工地上劳动力、物资、机械设备等要素的成本实时监测及测量，并为其成本管控细化打好基础。在物资的环节里，地磅传感器以及 RFID 条码标识，可以做到物资到货数量的自动统计并同 BIM 模型的预计使用量进行比较分析从而找到物料浪费情况等等一系列的操作都离不开物联网的帮助。对于碾压工作来说，在碾压设

备加装北斗导航卫星接收器与 VCV 传感器可以准确把握住碾压路线，时速还有碾压遍数的情况，做到施工过程中的实时监测。至于机械的管理上，机械内部的 GPS 模块和油耗计可以实时监测出机械设备的工作时间和燃油费用，自动生成机械使用的台账表单。运用物联网，使工程造价信息由手工录入到自动收集、由静态存储到实时监控，极大地提高了对工程造价的管控效率以及精准度。

4 智能化造价控制体系构建

4.1 智能化造价控制总体框架设计

智能化造价控制系统建立以“一平台两支撑三层应用”为主的整体框架结构。“一平台”即统一的造价协同管理系统是整个系统的中心节点，起到收集信息，进行业务办理的作用。“两支撑”指的是数据标准化体系及信息安全保障体系，保证数据的完整性与安全性^[3]。“三层应用”自底层向上分别是感知层、数据层、应用层。感知层利用物联网技术以及 BIM 模型采集原始数据；数据层对数据清洗、存储并进行分析处理；应用层向用户提供造价估算，动态监测，风险报警等相关功能模块。整体架构呈现出了“数据支撑、实时监测、智能分析、协同控制”的设计思路。

4.2 数据采集与处理系统构建

造价数据获取及管理系统是信息化造价管理体系的

核心部分，数据获取方面，搭建多元化的数据获取机制，如 BIM 建模的数据结构化信息，物联网传感器的数据实时传输、市场物价数据库的外部信息，项目管理系统的业务数据等等；数据整理方面，进行数据分析和标准化的过程，把各种不同来源的数据进行转换成同一种形式。有学者建议设立“知识引擎、数据引擎、三维引擎”的三个智能化引擎来进行大数据的处理，分别用于集成专家的经验规则、汇总多点监控的信息以及支持数字化虚拟仿真等业务应用。建立造价数据中心，汇集并整合各类型造价信息，对上层应用提供有效的数据支撑。

4.3 成本动态监控与预警机制设计

成本动态监测及警报系统构成成本智能化控管系统的主体功能模块。监测系统基于 WBS 工作任务分解树，在各级别下展开预算目标分配到分项工程，利用实时的成本信息的收集汇总及自动化汇总，得出计划值与实际值之间的动态比较，警报系统依据预先定义好的警报范围以及 AI 危险预测算法，一旦成本偏离度超出警戒值，则会进行不同等级别的自动警报提示；有学者建议建立质量管控、安全管理、进度管理、投资管理、材料管理、绿色施工六大多应用板块的智慧管控平台，达到全过程工程要素智能化控制的目的。通过对报警信息自动发送并闭环处理，保证对于造价超支等问题能够迅速发现并解决。

5 结语

智能化技术给工程造价控制水利工程建设带来了重大的发展机遇。BIM 技术实现工程量精确统计及与造价信息的捆绑链接；大数据技术提供合理价格预估、成本预算依据；人工智能赋予风险识别与警报智能化判断分析，物联网让施工费用即时监测变为现实。四者互相渗透整合，相互配合协作来促进工程造价控制由经验式管理到数据式管理转变，由事后核算到事前预测转变以及由粗放管理到精细化管控转变。未来，伴随数字孪生、区块链等新技术的应用，水利造价控制将向更智能、高效率、透明化方向演进。

[参考文献]

- [1]章可明.基于 IABC-LS-SVM 的水利工程项目建设成本估算研究[J].水利科技与经济,2023,29(12):105-109.
- [2]张鑫伟,朱佳辉,宋强.水利工程施工中的风险管理与优化决策[J].科学技术创新,2026(01):174-177.
- [3]何文思.水利工程造价管理的智能化发展分析[J].城市建设理论研究(电子版),2022(27):138-140.

作者简介：杜佳彦（1992.09—），毕业院校：长安大学，所学专业：工程造价，当前就职单位名称：新疆恒信工程项目管理咨询有限责任公司，就职单位职务：水利造价，职称级别：工程师（中级）。