

# 碳达峰目标下水利工程造价绿色成本核算体系构建与应用

闫海玲

新疆宏正工程造价咨询有限公司 新疆 乌鲁木齐 830074

**摘要:** 碳达峰目标推动水利工程造价核算体系升级。本文分析水利工程建设碳排放来源、影响因素与核算方法,构建“三层三维”绿色成本核算体系,涵盖构建原则、框架设计、指标选取与核算方法。以某中型水库除险加固工程为例开展应用,核算全生命周期绿色成本,分析结果并针对问题提出强化设计管控、完善数据支撑等对策建议,为水利工程绿色建设提供理论与实务参考。

**关键词:** 碳达峰目标; 水利工程; 造价; 绿色成本核算体系

引言: 碳达峰目标为水利工程建设带来绿色发展契机,也对工程造价核算提出新要求。传统核算聚焦直接成本,忽视碳排放环境成本。在绿色经济、全生命周期成本、环境成本核算理论支撑下,需构建兼顾经济与环保的核算体系。本文旨在剖析水利工程建设碳排放特征,构建科学合理的绿色成本核算体系,并通过案例应用验证其可行性,助力水利工程实现碳达峰目标下的绿色转型与可持续发展。

## 1 碳达峰目标下水利工程造价核算基本理论

碳达峰目标的提出为水利工程建设注入绿色发展导向,倒逼工程造价核算体系升级。水利工程造价核算核心是对工程建设全生命周期的费用进行精准计量与管控,传统核算聚焦人工、材料、机械等直接成本,忽视碳排放带来的环境成本。在碳达峰约束下,需融合绿色经济理论、全生命周期成本理论与环境成本核算理论,构建兼顾经济性与环保性的核算框架。绿色经济理论强调经济发展与生态保护协同,要求将碳排放外部成本内部化;全生命周期成本理论覆盖工程规划、建设、运营、退役全阶段,契合水利工程长期服役特性;环境成本核算理论为碳排放成本量化提供方法论支撑<sup>[1]</sup>。同时,需依托工程造价管理的基本准则,结合水利工程施工复杂、周期长、影响范围广的特点,优化核算流程,实现传统造价核算与绿色成本核算的有机衔接,为碳达峰目标下水利工程绿色建设提供理论支撑。

## 2 水利工程建设碳排放分析

### 2.1 水利工程建设碳排放来源

水利工程建设碳排放贯穿全流程,来源具有多元化、分散化特征,可分为直接碳排放与间接碳排放两类。直接碳排放主要源于施工环节,包括土方开挖、混

凝土浇筑、机械设备运行等,其中大型工程机械如挖掘机、起重机燃烧柴油产生的尾气排放占比最高,占直接碳排放总量的60%以上。混凝土生产过程中,水泥熟料煅烧会释放大量CO<sub>2</sub>,是另一核心直接排放源。间接碳排放源于上游产业链,如建筑材料的生产、运输与加工,钢材、水泥、砂石等材料从生产厂家运输至施工现场的物流环节,以及电力消耗带来的隐含碳排放。另外,工程征地拆迁、植被破坏导致的碳汇能力下降,虽不直接产生CO<sub>2</sub>,但会间接加剧区域碳排放失衡。不同工程类型碳排放来源存在差异,堤坝工程侧重混凝土生产排放,引水工程则以机械运行和材料运输排放为主,需针对性识别核心排放源。

### 2.2 影响水利工程建设碳排放的因素

水利工程建设碳排放受工程设计、施工工艺、材料选用、管理模式等多因素综合影响。工程设计方面,坝型选择、建设规模直接决定碳排放总量,混凝土重力坝比土石坝消耗更多水泥,碳排放强度更高;选址不合理会增加材料运输距离,间接提升碳排放。施工工艺是关键影响因素,传统粗放式施工机械能耗高、效率低,而绿色施工技术如装配式施工、节能机械应用可显著降低排放。材料选用对碳排放影响深远,高标号水泥、传统钢材碳排放系数高,替代材料如生态水泥、再生骨料的应用能有效控排。管理模式层面,施工组织不合理导致机械闲置、材料浪费,会增加额外碳排放;缺乏专项碳排放管控机制,难以实现全流程排放管控<sup>[2]</sup>。

### 2.3 水利工程建设碳排放核算方法

当前水利工程建设碳排放核算方法主要分为排放因子法、生命周期评价法、实测法三类,各有优劣且适用场景不同。排放因子法应用最广泛,通过确定各类排

放源的活动数据与对应排放因子，相乘累加得到总排放量，具有操作简便、数据需求低的优势，适合初步核算，但排放因子的准确性直接影响结果精度，难以兼顾工程个性化特征。生命周期评价法（LCA）覆盖工程全生命周期，从原材料获取到工程退役全流程追踪碳排放，核算结果全面精准，契合绿色发展需求，但流程复杂、数据收集难度大，对技术人员要求高。实测法通过现场监测设备实时采集排放数据，准确性最高，可用于校准其他方法的核算结果，但监测成本高、覆盖范围有限，仅适用于关键排放源监测。实际应用中，多采用“排放因子法为主、实测法校准、生命周期评价法补充”的综合核算模式，平衡核算精度与可行性，满足碳达峰目标下的管控需求。

### 3 碳达峰目标下水利工程造价绿色成本核算体系构建

#### 3.1 构建原则

碳达峰目标下水利工程造价绿色成本核算体系构建需遵循四大核心原则，确保体系科学可行、贴合工程实际。一是系统性原则，涵盖工程全生命周期，兼顾直接成本、间接成本与环境成本，实现经济、社会、环境效益的统筹考量，避免片面核算单一环节成本。二是科学性原则，以碳排放核算理论、工程造价管理规范为依据，指标选取、方法确定需符合水利工程特性，确保核算结果客观精准，为决策提供可靠支撑。三是实用性原则，结合水利工程施工特点与现有核算水平，简化复杂流程、优化数据需求，确保体系可落地、易操作，避免脱离实际导致的应用困境。四是动态性原则，适配碳达峰目标推进节奏与环保政策更新，及时调整核算指标、排放因子与成本标准，应对能源结构转型、绿色技术升级带来的影响。

#### 3.2 体系框架设计

基于全生命周期理论与绿色成本核算逻辑，构建“三层三维”水利工程造价绿色成本核算体系框架。三层分别为基础层、核算层与应用层，基础层提供支撑保障，包括政策标准、数据平台、技术团队三大模块，整合碳排放政策、工程定额、监测数据资源，组建专业核算团队；核算层为核心环节，按工程全生命周期分为规划设计、施工建设、运营维护、退役处置四个阶段，每个阶段对应具体核算内容，涵盖传统成本与绿色成本的融合核算；应用层负责结果输出与应用，包括成本分析、优化管控、决策支撑三大功能，为工程绿色建设提供方向。三维分别为成本维度（直接成本、间接成本、环境成本）、流程维度（全生命周期各阶段）、管控维度（事前预测、事中控制、事后评估），三者相互关

联、协同发力，形成“基础支撑-核心核算-应用落地”的完整闭环，实现绿色成本的全流程、全方位管控，适配碳达峰目标下的工程建设需求。

#### 3.3 绿色成本核算指标选取

绿色成本核算指标选取需结合水利工程特性与碳达峰目标要求，遵循针对性、可量化、系统性原则，构建多维度指标体系。按成本类型分为直接碳排放成本指标、间接碳排放成本指标与碳汇补偿成本指标三类。直接碳排放成本指标包括机械运行碳排放成本、混凝土生产碳排放成本，分别以单位工程量机械能耗碳排放金额、单位混凝土碳排放金额为量化标准<sup>[1]</sup>。间接碳排放成本指标涵盖材料运输碳排放成本、电力消耗碳排放成本，按运输距离、电力消耗量及对应排放因子核算。碳汇补偿成本指标包括植被恢复成本、碳汇林建设成本，根据工程破坏碳汇量与单位补偿成本确定。同时，补充绿色技术应用增量成本指标，如再生材料替代增量成本、节能设备购置增量成本，全面反映绿色转型带来的成本变化。指标选取需兼顾科学性与可操作性，避免过于抽象难以量化，确保各指标能精准反映绿色成本构成与碳排放管控效果。

#### 3.4 核算方法确定

结合水利工程绿色成本特点与核算需求，确定“分阶段综合核算法”为核心核算方法，实现不同阶段、不同成本类型的精准核算。规划设计阶段采用系数估算法，基于同类工程绿色成本数据与本工程建设规模、设计方案，估算绿色成本总额，为方案比选提供依据。施工建设阶段采用作业成本法与排放因子法结合的模式，按施工工序拆分作业单元，归集各作业的传统成本与碳排放成本，通过排放因子法量化碳排放金额，确保核算精准性。运营维护阶段采用生命周期成本法，追踪设备能耗、植被养护等环节的绿色成本，结合实测法校准数据，动态更新核算结果。退役处置阶段采用成本倒算法，核算生态修复、材料回收利用等环节的绿色成本，扣除可回收资源的价值抵扣。建立核算校验机制，通过实测数据校准排放因子，结合大数据技术搭建成本核算平台，实现数据自动归集、核算流程智能化，提升核算效率与准确性。

### 4 水利工程造价绿色成本核算体系应用案例分析

#### 4.1 案例工程概况

本次选取中型水库除险加固工程作为案例，该工程位于南方湿润地区，总库容1200万m<sup>3</sup>，主要建设内容包括大坝加固、溢洪道改造、放水设施更新及生态修复工程，总工期18个月，工程总投资2.8亿元。工程原设计

采用传统施工工艺,水泥、钢材等传统材料用量大,大型机械投入多,存在碳排放强度偏高问题。为适配碳达峰目标,工程优化设计方案,引入再生骨料混凝土、节能型施工机械,增设植被恢复与碳汇林建设环节。该工程兼具水利工程施工共性与绿色转型特性,涵盖大坝、溢洪道等典型构筑物,涉及施工、运营等全阶段环节,碳排放来源全面,适合作为绿色成本核算体系的应用案例。工程所在区域环保政策严格,具备完善的碳排放监测数据资源,可为核算工作提供充足的数据支撑,能充分验证核算体系的实用性与可行性。

#### 4.2 绿色成本核算过程

基于构建的绿色成本核算体系,对该水库除险加固工程开展全流程绿色成本核算。首先,搭建核算基础平台,收集工程设计图纸、施工组织设计、材料消耗定额及区域碳排放因子数据,组建专业核算团队。规划设计阶段,采用系数估算法,对比同类传统工程与绿色工程成本差异,估算绿色成本总额为3200万元,其中材料替代增量成本800万元、碳汇补偿成本500万元。施工阶段,按作业单元拆分工序,采用作业成本法归集成本,结合排放因子法量化碳排放成本,机械运行碳排放成本620万元,混凝土生产碳排放成本780万元,材料运输碳排放成本350万元。运营维护阶段,采用生命周期成本法,核算设备节能改造增量成本230万元,年度植被养护碳汇成本45万元,动态追踪5年运营期绿色成本变化。退役处置阶段,采用成本倒算法,估算生态修复成本170万元,扣除再生材料回收价值90万元,最终核算工程全生命周期绿色总成本3105万元,形成完整核算报告。

#### 4.3 应用结果分析

案例工程绿色成本核算结果显示,全生命周期绿色总成本占工程总投资的11.09%,其中施工阶段绿色成本占比最高,达56.36%,运营维护阶段占比15.33%,规划设计与退役处置阶段分别占比25.77%、2.54%。从成本构成看,混凝土生产、机械运行碳排放成本及材料替代增量成本是核心支出,合计占绿色总成本的70.21%,反映出施工环节材料与机械是碳排放管控关键。与传统核算模式相比,绿色成本核算新增碳汇补偿、碳排放量化等成本项,使工程成本构成更全面,暴露传统核算忽视环境成本的短板<sup>[4]</sup>。同时核算结果验证绿色技术应用的经济性,再生骨料替代传统骨料可降低碳排放成本18%,节能

机械应用使机械运行碳排放成本减少22%,说明绿色技术能实现环保与经济双赢。但也发现存在绿色成本管控不均衡、部分指标核算精度不足等问题,为后续优化完善核算体系与工程方案提供了方向。

#### 4.4 对策与建议

结合案例工程应用情况,为优化碳达峰目标下水利工程造价绿色成本管控,提出四点对策建议。一是强化设计阶段绿色成本管控,将绿色成本指标纳入设计方案比选体系,优先采用低碳设计方案,推广生态坝型、绿色材料应用,从源头降低碳排放成本。二是完善绿色成本核算数据支撑体系,搭建行业级碳排放数据平台,统一排放因子标准,整合材料生产、机械能耗等基础数据,实现数据共享与精准调用,提升核算效率。三是加大绿色施工技术研发与推广力度,鼓励企业引进节能机械、装配式施工等低碳技术,通过政策补贴、税收减免等方式降低绿色技术应用增量成本,提升技术普及率。四是建立全生命周期绿色成本动态管控机制,在施工阶段加强过程监测与成本管控,运营阶段定期开展碳排放核算与成本优化,退役阶段强化生态修复与资源回收,形成全流程管控闭环。同时加强专业人才培养,提升造价人员绿色核算能力,保障体系有效落地。

#### 结束语

本文构建的碳达峰目标下水利工程造价绿色成本核算体系,经案例验证具有实用性与可行性。通过核算,清晰呈现工程全生命周期绿色成本构成,揭示碳排放管控关键环节,为优化工程方案提供依据。同时,针对应用中暴露的问题提出对策建议,对完善核算体系、提升绿色成本管控水平意义重大。未来需持续优化体系,推动水利工程绿色发展迈向新高度。

#### 参考文献

- [1]赵英博."双碳"目标驱动下水利工程全生命周期成本优化路径研究[J].红水河,2025,44(4):23-26,31.
- [2]侯钧宇,徐向峰,金锋,等.绿色建筑工程造价及成本控制策略研究[J].智能建筑与工程机械,2023,5(9):77-79.
- [3]张利娟,秦俊虹,聂常山.基于数字孪生技术的水利工程造价控制分析[J].黑龙江水利科技,2025,53(08):155-157.
- [4]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.