

水利枢纽配套土建工程造价影响因素分析与控制方法

彭 波

四川港航建设工程有限公司 四川 成都 610023

摘要:水利枢纽工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,其配套土建工程在整体项目中占据关键地位。由于其工程规模大、技术复杂、周期长、环境敏感等特点,配套土建工程的造价管理面临诸多挑战。本文系统分析了影响水利枢纽配套土建工程造价的主要因素,包括自然环境、设计深度、施工组织、材料价格波动、政策法规、管理水平等六大类,并针对各因素提出精准化控制策略。研究表明,通过对自然环境因素采取风险前置识别,对设计因素推行BIM协同设计,对市场因素建立价格波动防控机制等,可有效提升造价控制的精准性与科学性,为水利工程建设提供经济、高效、可持续的保障。

关键词:水利枢纽;配套土建工程;工程造价;影响因素;全过程控制;BIM技术

引言

水利枢纽工程是集防洪、发电、灌溉、供水、航运、生态保护等多功能于一体的综合性水利工程,对国家水资源优化配置、区域经济发展和生态环境保护具有战略意义。在水利枢纽工程体系中,配套土建工程(如进场道路、施工营地、临时围堰、导流明渠、管理用房、变电站基础、尾水渠护岸等)虽不直接承担核心功能,但却是保障主体工程顺利实施、运行维护及安全管理的必要支撑系统。据统计,配套土建工程投资通常占水利枢纽总投资的15%~25%,部分复杂地形或偏远地区项目甚至更高。然而,由于配套工程常被视为“附属”部分,在项目前期重视不足,导致设计深度不够、施工组织混乱、变更频繁,进而引发造价失控。近年来,随着国家对水利投资力度加大(如“十四五”期间水利投资超5万亿元),如何科学、精准地控制配套土建工程造价,已成为行业亟需解决的关键问题。

1 水利枢纽配套土建工程的特点

1.1 功能多样性与系统性

配套土建工程并非单一结构,而是由多个子系统构成的有机整体。例如,施工道路需满足重型设备运输需求;临时围堰需具备抗冲刷与防渗能力;管理用房需兼顾办公、生活与应急功能。各子系统相互关联,任一环节造价失控均可能引发连锁反应。

1.2 地域环境复杂性

水利枢纽多位于山区、河谷或偏远地区,地质条件复杂(如软基、岩溶、滑坡体)、气候多变(雨季长、温差大)、交通不便。这些自然条件直接增加施工难度与材料运输成本,对造价构成显著影响。

1.3 建设周期长且动态性强

配套工程往往与主体工程同步或先行建设,周期长达数年。在此期间,人工、材料、机械价格波动剧烈,施工方案亦需根据现场条件动态优化,导致造价具有高度不确定性。

1.4 技术标准与规范要求高

配套工程虽为“临时”或“辅助”性质,但其安全标准不容降低。例如,导流明渠需依据《水利水电工程施工导流设计规范》(SL 623-2013)按其保护对象、失事后果、使用年限和围堰工程规模等因素分级确定,施工营地需符合消防与环保要求。高标准带来高成本,需在安全与经济之间寻求平衡。

2 造价影响因素系统分析

2.1 自然环境因素

自然环境是影响配套土建工程造价的底层变量。地形地貌直接决定土石方平衡与结构形式,山区项目往往因高填深挖、高边坡处理等而大幅增加工程量;水文地质条件则影响地基处理方案的选择,如地下水位高需设置降水井,岩溶发育区需进行注浆加固,均显著推高成本^[1]。气候因素同样不可忽视,雨季施工效率低下,需额外投入排水与防护措施,高寒地区冬季施工则需采取保温防冻手段,成本增幅可达30%以上。此外,若项目位于生态敏感区,还需加强实施环境治理和水土保持工作,进一步增加投资负担。

2.2 勘察设计因素

勘察设计阶段的深度与质量对后续造价具有决定性影响。若前期地质勘察点布设稀疏或手段单一,施工中极易揭露未预见的不良地质体,导致设计变更、返工甚至停工,造成成本失控。设计标准的把握亦需精准,过高则造成资源浪费,过低则埋下安全隐患,后期加固费

用往往远超初期节省。更常见的是,配套工程在初步设计阶段常被简化处理,施工图阶段才细化,导致概算与实际严重脱节。此外,土建、水工、机电等专业间若缺乏有效协同,易出现管线冲突、结构重复等问题,引发拆改与窝工,间接推高造价。

2.3 施工组织与技术因素

施工组织方案的合理性直接关系到资源利用效率与成本控制水平。例如,进场道路采用明挖还是隧道方案,不仅影响土石方量,还涉及支护、排水等配套措施的成本差异。施工机械的选型亦需综合考量,大型设备虽效率高,但租赁与维护费用昂贵;小型设备灵活但作业效率低,需通过经济比选确定最优组合。施工顺序与工期安排若不合理,易造成工序交叉干扰、人员机械窝工,增加成本。值得注意的是,新技术如装配式建筑虽初期投入较高,但可缩短工期、减少现场湿作业,从全生命周期视角看可能更具经济性,需科学评估。

2.4 市场与经济因素

市场波动是造价控制中最难预测的外部变量。近年来,钢材、水泥、柴油等主材价格受供需关系、环保政策及国际大宗商品走势影响,波动幅度显著。例如2021年钢材价格涨幅超过50%,直接导致大量在建项目成本超支。人工成本亦呈持续上涨趋势,熟练技工短缺使得人工单价年均增长8%至10%。对于偏远地区项目,材料运输距离长,运费常占材料总成本的30%以上。此外,项目融资成本受利率政策影响,财务费用的变化也会间接传导至总造价,形成系统性风险。

2.5 政策与法规因素

国家及地方政策法规的调整对工程造价具有强制性影响。近年来,环保政策日趋严格,《长江保护法》《水土保持法》等法规要求配套工程必须同步实施生态修复措施,相关投入显著增加。税收政策如增值税率的调整,直接影响合同计价方式与税负分摊。地方性规定如农民工工资保证金、安全生产责任险等强制性支出,也成为不可忽视的成本项^[2]。

2.6 管理与人为因素

工程管理能力与参与方行为对造价控制成效具有不可忽视的作用。若业主缺乏专业造价团队,难以对工程变更、签证进行有效审核,易被承包商利用低价中标后通过变更索赔盈利的策略推高结算价。监理单位若履职不到位,对工程量计量不实或质量验收把关不严,可能导致虚报或返工。此外,各方信息不对称问题普遍存在,设计、施工、业主对成本数据掌握不一致,难以形成有效协同,进一步加剧控制造价的难度。

3 造价影响因素对应的控制方法

3.1 针对自然环境因素的控制方法

一是风险前置识别与应对。在项目前期开展高精度地质雷达勘探、无人机航测等先进技术手段,全面识别地质风险点。对高边坡、软弱地基等关键部位进行专项评估,制定针对性处理预案。例如,在高地下水区域,预先设计降水系统;在岩溶发育区,优化注浆方案,减少后期变更。二是气候适应性设计。根据区域气候特点,合理安排施工时序,避开雨季、严寒等不利季节;采用适应性施工工艺,如高寒地区采用低温早强混凝土、雨季施工配置大功率抽排水设备;在生态敏感区,将环水保工程纳入主体设计,统筹考虑生态修复与工程建设,避免重复投入。

3.2 针对勘察设计因素的控制方法

加密勘探点布置,复杂区域勘探点间距应结合地形地貌适当加密;综合运用钻探、物探、遥感等多源数据融合技术,构建三维地质模型,提高不良地质体识别率。建立勘察质量追溯制度,对重大勘察失误进行责任追究。将总投资目标分解至各子系统,设计人员在限额内优化设计方案;对关键结构采用多方案技术经济比选,如道路纵坡每降低1%可减少5%-10%的开挖与支护成本;建立设计变更经济评价机制,重大变更需经过造价影响评估。推行正向BIM设计,实现各专业协同作业;通过碰撞检查提前发现设计冲突;利用BIM模型自动生成工程量清单,减少人为计算误差;开展4D/5D施工模拟,优化施工顺序与资源配置。某水利枢纽调度中心项目(建筑面积1.2万m²)在设计阶段采用BIM正向设计,通过多轮方案比选,将原设计的8.4m标准柱网优化为7.8m,减少结构用钢量12%;同时利用BIM碰撞检查发现机电管线与结构梁冲突237处,提前解决避免了施工阶段拆改,节约成本近380万元,工期缩短25天。

3.3 针对施工组织与技术因素的控制方法

基于BIM技术进行施工方案三维模拟与比选,选择成本最优方案;采用模块化、装配化施工技术,如装配式临时建筑、预制构件等,减少现场湿作业与人工依赖;推广无人机、智能测量等技术,提高施工精度,减少返工^[3]。建立机械设备选型经济评价模型,综合考虑购置/租赁成本、效率、能耗等因素;实行设备共享机制,对非连续使用设备采取区域共享;引入物联网技术对设备运行状态实时监控,优化维护周期,降低故障率。建立新技术应用经济评价体系,从全生命周期成本角度评估技术方案;对装配式、3D打印等新技术开展小规模试点验证,形成技术经济参数数据库;建立技术应用风险准

备金制度,预留5%~8%的不可预见费应对技术风险。

3.4 针对市场与经济因素的控制方法

在合同中明确主要材料价格波动调差机制,通常设定 $\pm 5\%$ 为调差阈值;对钢材、水泥等大宗材料采用集中采购、战略合作等模式锁定价格;在价格低位期进行战略性储备,平抑市场波动。建立区域性材料资源地图,识别最优供应半径;在偏远地区项目自建建材加工厂,如利用工程弃渣生产机制砂石。优化融资结构,合理安排资金使用计划;利用金融工具如利率互换、远期合约等对冲融资成本波动风险;建立动态资金监控系统,减少资金闲置成本。某水库管理用房项目(建筑面积8000m²)在2021年钢材价格高位期间,通过集中采购与供应商签订"基准价+浮动"协议。同时,项目部在临近区域建立钢筋加工中心,采用BIM算量精准下料,钢筋损耗率从行业平均5%降至2.3%,节约钢材成本127万元,有效对冲了市场价格波动风险。

3.5 针对政策与法规因素的控制方法

建立政策法规信息收集与分析系统,定期更新合规要求清单;在项目前期预留政策风险准备金,通常为总投资的3%~5%;聘请专业法律顾问团队,对重大政策变化进行合规性评估。将环保要求纳入设计源头,如水土保持方案与主体工程同步设计、同步施工、同步验收("三同时");应用绿色施工技术,如扬尘智能监控、建筑垃圾分类处理;开展生态修复技术创新,降低环保合规成本^[4]。深入研究项目所在地政策特点,如征地补偿标准、农民工工资保障政策;建立与地方政府定期沟通机制,及时掌握政策动向;针对地方特殊规定制定专项应对方案。

3.6 针对管理与人为因素的控制方法

组建由业主、设计、施工、咨询多方参与的造价管理团队;明确各参与方权责边界与协同机制;建立定期造价分析会议制度,及时解决造价争议。部署基于BIM的造价管理云平台,实现设计、施工、造价数据实时共享;

应用区块链技术确保工程变更、签证数据不可篡改;推广移动终端应用,提高现场数据采集效率与准确性。将造价控制目标纳入各参与方绩效考核体系;设立造价节约奖励基金,对提出有效降本措施的团队或个人给予奖励;建立质量-成本-工期平衡评价机制,避免片面追求低价导致质量或进度问题。

4 结语

水利枢纽配套土建工程造价受自然、技术、经济、管理等多重因素交织影响,具有高度复杂性与不确定性。传统的"事后算账"模式已难以适应现代水利工程高质量发展的要求。本文研究表明:针对各影响因素采取精准化控制措施是有效路径,如对自然环境因素采取风险前置识别,对设计因素推行BIM协同设计,对市场因素建立价格波动防控机制等;信息化与数字化是重要支撑,BIM、智慧工地、大数据等技术可显著提升造价管理效率与精度;风险共担与协同治理是制度保障,需通过合理合同条款与多方协作机制,实现成本共担、效益共享。未来,随着"数字孪生水利""智能建造"等理念的深入,水利配套工程造价管理将向智能化、精细化、绿色化方向发展。建议行业加快标准体系建设,推动造价数据共享,培养复合型造价人才,为国家水网建设提供坚实支撑。

参考文献

- [1]曹礼国,陈建军.水利工程造价影响因素分析及控制策略研究[J].水上安全,2025,(10):187-189.
- [2]张倩,潘宇威.大型水利枢纽桥梁、隧道工程造价全过程及可继承标准化模块库建设[C]//上海市水利学会,江苏省水利学会,浙江省水利学会,安徽省水利学会,江西省水利学会.第二届长三角水论坛暨水利先进技术(产品)展示会论文集.黄河勘测规划设计研究院有限公司,;2024:142-149.
- [3]胡海涛.卡拉贝利水利枢纽工程造价影响因素及应对策略[J].四川建材,2022,48(07):230-231.
- [4]赵军平.影响水利工程造价的主要因素及其对策研究[J].水上安全,2025,(11):13-15.