

高速公路桥梁施工成本测算及其控制研究

潘 屹

杭州市交通工程集团有限公司 浙江 杭州 310000

摘 要：高速公路桥梁工程作为交通基础设施建设的关键组成部分，其施工成本测算与控制的科学性直接影响项目整体效益。本文系统分析高速公路桥梁施工成本的主要构成要素，探讨成本测算的精细化方法，构建基于全过程动态管理的成本控制体系。研究表明，通过采用作业成本法、BIM技术及挣值管理法等现代管理工具，结合施工组织优化、资源配置动态调整、风险防控机制完善等策略，可显著提升桥梁施工成本管理水平。本文旨在为高速公路桥梁工程项目提供理论支撑与实践指导，推动成本管理向精准化、系统化方向发展。

关键词：高速公路桥梁；施工成本；成本测算；成本控制；全过程管理

引言

高速公路桥梁工程投资大、周期长、技术复杂，成本管理尤为关键。随着路网向复杂地貌延伸，桥梁占比超50%，准确测算与有效控制成本成为行业难题。当前存在测算粗放、过程控制弱、动态调整滞后等问题，致预算超支、资源浪费。成因既有地质复杂、材料价格波动等客观因素，也含方法陈旧、信息化不足、机制不健全等主观短板。亟需系统梳理测算方法，构建科学控制机制，支撑精细化管理实践。

1 高速公路桥梁施工成本构成分析

1.1 直接成本构成要素

直接成本是指与桥梁施工活动直接相关的费用支出，主要包括材料费、人工费和机械使用费三大类别。材料费通常占据总成本的百分之五十至百分之七十，其中钢材、水泥、砂石骨料、预应力筋、支座、伸缩装置等为主要构成项。人工费涵盖从管理人员到一线作业人员的薪酬、福利、保险等支出，其占比因机械化程度而异，一般在百分之十五至百分之二十五之间浮动。机械使用费包括自有机械折旧及维修费、租赁机械租金、燃料动力费等，尤其在大型预制梁架设、深水基础施工等环节占比较高。此外，专业分包费用在某些桥梁项目中亦构成直接成本的重要组成部分，例如桩基施工、预应力张拉、钢结构加工安装等专业化程度高的工序常采用分包模式。

1.2 间接成本构成要素

间接成本指为组织和管理施工生产而发生的、难以直接归属于某一具体分项工程的费用支出。主要包括临时设施费，如施工便道、预制场、拌合站、施工平台等建设及拆除费用；施工管理费，涵盖项目部管理人员薪酬、办公费、差旅费、业务招待费等；安全文明施工

费，包括安全防护设施、警示标志、环保措施等支出；以及财务费用、保险费、检验检测费等^[1]。值得关注的是，间接成本在桥梁工程总成本中所占比例呈上升趋势，部分项目已达到百分之十五至百分之二十。这一现象反映出施工环境日益复杂、管理要求不断提高的现实状况。

1.3 风险预备费与不可预见因素

高速公路桥梁施工面临诸多不确定性因素，设置风险预备费是成本测算的必要环节。在总成本测算中，风险预备费通常作为独立项，在直接成本与间接成本之和的基础上按一定比例计取。比例高低取决于项目风险等级。山区桥梁、跨江跨海桥梁等复杂工程的风险预备费率可达百分之五至百分之十，而平原地区常规桥梁可控制在百分之三至百分之五。不可预见因素主要包括地质条件变化、极端天气影响、材料价格异常波动、政策调整等。这些因素往往导致成本超支，需在测算阶段予以充分识别和量化评估。

2 高速公路桥梁施工成本测算方法

2.1 传统定额测算法及其局限性

定额测算法依据国家或行业预算定额，结合工程量清单计算直接费，再按规定费率计取间接费、利润和税金。例如，钻孔灌注桩定额按桩径、土质类别给出每米消耗的人工、材料、机械台班量。该方法标准化程度高、便于横向比较，但在桥梁工程中局限明显：定额更新周期通常为三至五年，而新型工艺（如自密实混凝土、免振捣混凝土）及设备（如智能张拉系统）的成本无法及时反映；定额消耗量基于社会平均水平，无法体现具体项目的个性化特征——同样一座三十米跨径预制T梁，平原区与山区的运输、架设成本差异可相差百分之三十以上；间接费采用固定费率分摊，易导致高造价项目

间接费虚高、低造价项目间接费不足,扭曲成本归属^[2]。

2.2 作业成本法应用研究

作业成本法以作业为成本归集中心,将间接费用按作业动因合理分配。实施步骤细化如下:第一,将桥梁施工分解至工序级作业——例如基础工程分解为测量放样、护筒埋设(冲击或振动)、钻孔(每两小时记录一次进尺)、清孔(沉渣厚度检测)、钢筋笼制作(每节长度九至十二米)与安装、导管法水下混凝土浇筑(首批封底混凝土计算埋深不小于一米);第二,识别资源类别——材料按规格型号单独编码,人工按工种(钻机手、电焊工、混凝土工)及技能等级分类,机械按型号及新旧程度区分;第三,确定资源动因(如钻机台班数、电焊工工时)与作业动因(如每立方米混凝土对应导管提升次数);第四,计算成本分配率。以桩基施工为例:某工地当月发生间接费三十万元,其中设备维修费十万元,其动因是机械台班总数(五百台班),则分配率为每台班二百元;场地清理费五万元,动因是作业次数(二十次),每次分配二千五百元。剩余的十五万元间接费(如管理人员薪酬、办公费等)可依据各作业消耗的总人工工时或总机械台班数等综合动因进行二次分配,确保所有间接费用均被合理归集。按此方法,可将间接费精确归集到每根桩基,而非按长度平均分摊。作业成本法使间接费分配准确率提高约百分之二十五。

2.3 基于BIM技术的动态测算法

BIM动态测算法的核心是建立集成设计、施工与成本信息的数字化模型。具体实施路径:创建LOD350精度以上的桥梁BIM模型,其中每个墩柱、盖梁、箱梁节段均附加材质标号、配筋率、体积等信息;将模型导出为IFC格式,导入造价软件并关联企业定额库;通过模型自动计算各构件工程量——例如对一座悬浇连续梁,可自动统计零号块、每个悬浇节段(通常按三至五米分段)的混凝土和钢筋体积,精度可达百分之九十五以上;设置模型与市场价格数据库的实时连接,每周更新钢材、水泥、燃油等主要材料价格;利用模型的时间维度信息(施工模拟),按日或周输出累计成本预测曲线。当设计变更发生时,例如桥墩高度增加两米,只需修改模型参数,工程量及成本数据在十分钟内自动刷新。研究表明,应用BIM技术可使工程量计算时间减少百分之七十,成本测算准确率提升百分之十五至百分之三十。

3 高速公路桥梁施工成本控制策略

3.1 施工准备阶段的成本控制

施工准备阶段是成本控制的起点,其工作质量直接影响后续成本管理水平。此阶段重点控制措施包括:

(1) 深化设计优化,在满足安全、功能要求的前提下,通过优化结构形式、调整跨径布置、选用合理基础类型等方式降低施工难度和材料消耗。例如,因地制宜调整桥墩布置以避免不良地质段,或采用标准化设计以减少模板种类^[3]。(2) 施工组织设计优化,编制切实可行的施工方案,合理选择施工工艺和机械设备。对比分析满堂支架法、移动模架法、悬臂浇筑法等不同梁体施工方案的成本差异,结合工期要求、场地条件进行综合比选。同时,科学规划预制场、拌合站、材料堆场等临时设施位置,减少场内转运距离。(3) 分包与采购策划,合理划分施工标段和专业分包范围,制定供应商选择与材料采购策略,必要时可考虑钢材、水泥等大宗物资的集中采购或期货锁定价格。

3.2 施工实施阶段的过程控制

(1) 材料成本精细控制,推行限额领料制度,钢筋理论用量按图纸净量加百分之二点五损耗(直螺纹连接可降至百分之一点五),混凝土损耗率控制在百分之一以内,超出部分由班组承担;建立“日清月结”盘点机制,每月二十五日对钢材、水泥、砂石进行实物盘点,账实差异超过百分之二必须追查原因;推广钢筋余料再利用——长度大于一点五米的余料用于加工马凳筋、定位筋,每月可节约钢材三至五吨。(2) 人工成本控制,按工序编制劳动定额,例如钢筋制作安装每吨按十四个工日控制,模板安装每平方米按零点八工日控制。(3) 机械使用成本控制,单台混凝土泵车每小时油耗约十五至十八升,严禁怠速运转超过十分钟;租赁设备实行“进退场预报制度”,连续五天无作业计划即办理退租。(4) 进度与成本集成控制——挣值管理法,按计划工作量预算费用(BCWS)、实际完成工作量预算费用(BCWP)、实际完成工作量实际费用(ACWP)。成本偏差(CV)=BCWP-ACWP,进度偏差(SV)=BCWP-BCWS。设定预警阈值:CV/BCWP低于负百分之五时启动红色预警,分析超支原因(如材料涨价、返工、效率低等);SV/BCWP低于负百分之八时,需增加资源或调整工艺。每周召开挣值分析会,形成纠偏指令单。(5) 基于BIM的5D成本动态控制,将BIM模型与挣值管理法深度联动。通过BIM 5D模型(3D+时间+成本),可实时监控实际工程进度与成本消耗,并将其与挣值管理中的BCWS、BCWP、ACWP进行自动比对。当模型检测到实际进度或成本偏离计划阈值时,系统可自动触发预警,并在BIM可视化界面中高亮显示问题区域,为管理者提供直观、精准的决策依据,实现成本的动态跟踪与预警。

3.3 设计变更与索赔管理

(1) 建立设计变更分级审批, 单项变更增加费用小于五万元的, 由项目总工审批; 五至三十万元的, 报公司工程部审批; 超过三十万元的, 需组织原设计单位论证并报业主备案。所有变更必须附有技术经济比选表, 至少提供两个替代方案的成本对比。(2) 索赔管理, 对于业主原因造成的停工, 按合同约定计算窝工费——管理人员按工资的百分之六十计, 机械按折旧费的百分之五十计; 索赔证据必须形成闭环, 包括停工指令、当日天气记录(气象局证明)、现场照片(带时间戳)、人员机械闲置清单。索赔报告应在事件发生后二十八天内提交, 超过时限视为放弃。

3.4 收尾阶段的成本核算与复盘

按分部分项工程编制“实际成本—目标成本”对比表, 差异超过百分之五的项目标注原因代码(A地质变化、B设计变更、C管理失误、D市场波动)。对管理失误项进行责任追溯, 制定改进措施纳入企业案例库。同时, 更新企业内部定额数据库——每座桥完成后按标准格式录入主要工序的工料机消耗实测值, 供后续项目参考^[4]。竣工结算时, 逐笔清理应收应付款项, 材料调差需提供每月进场验收单及价格凭证。剩余周转材料(如钢模板、贝雷架)按原值的百分之二十至百分之四十折价转入区域物资调剂中心, 避免资金沉淀。

4 基于全过程的成本管理机制优化

4.1 组织架构与职责分工

成本管理需建立明晰的组织架构。项目部应设立成本管理专门岗位或小组, 由项目经理担任第一责任人, 下设预算、采购、财务、施工等专业接口人员。各职能部门在成本管理中的职责应写入岗位说明书, 形成全员参与的责任体系。矩阵式管理模式值得推广, 即成本管理人员既向项目经理汇报, 也接受公司成本部门的业务指导。这种模式有利于统一管理标准、实现经验共享, 同时保持项目部在具体事务上的灵活处置权。

4.2 信息化管理平台建设

借助信息技术实现成本数据采集、传输、处理、分析的自动化和实时化。管理平台应至少包含以下模块: 工程量计算与预算编制模块、材料采购与库存管理模

块、劳务与机械管理模块、合同与支付管理模块、成本核算与分析模块。平台宜采用云端部署方式, 支持移动端数据录入。现场管理人员可通过手机填报当日用工、机械使用、材料消耗等信息, 系统自动汇总形成日成本报表。与传统手工统计相比, 信息化手段可提高效率、减少误差, 且支持多维度数据挖掘分析。

4.3 绩效考核与激励机制

将成本控制成效纳入各级管理人员和作业班组的绩效考核体系, 考核指标应兼顾过程指标与结果指标, 包括材料损耗率、机械利用率、人工效率、分项工程成本偏差率等。考核结果与薪酬分配、评优晋升挂钩, 对于在限额领料、定额工日等方面表现突出的班组和个人, 可设置成本节约专项奖, 按节约金额的一定比例(如百分之十至百分之二十)进行奖励, 激发全员参与成本控制的积极性。需要警惕的是, 成本考核不应以牺牲安全质量为代价。考核指标中应设置一票否决项, 凡发生安全质量事故的, 即使成本数据良好也不予奖励。

5 结语

高速公路桥梁施工成本测算与控制需系统化推进。本文剖析成本构成, 细化材料、人工、机械等直接成本及间接成本计价基准; 对比定额法、作业成本法(含动因分配率)与BIM动态测算法优劣; 提出覆盖施工准备、实施(如限额领料、挣值预警)、收尾全过程的控制策略, 并从组织、信息化(五模块架构)、考核三方面优化机制。研究主张转向工序级作业成本法与BIM实时关联的精细化测算, 结合挣值预警与单机单程核算实现动态管控, 未来可融合AI、全生命周期成本及碳排放权成本化。

参考文献

- [1]王宾.高速公路桥梁施工成本测算及其控制研究[J].工程机械与维修,2024,(3):188-190.
- [2]万岭.公路与桥梁工程建设的成本控制与管理[J].运输经理世界,2025,(36):47-49.
- [3]唐梅.公路桥梁工程施工成本控制中的问题与处理措施[J].建材世界,2026,47(1):121-124.
- [4]苏宏津.公路桥梁施工建设的成本控制与管理措施[J].交通科技与管理,2025,6(11):155-157.