 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i6.10632

Analysis of Optimization Paths for Full-Process Cost Management in Electromechanical Installation Projects

Ying Zhuang

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

Abstract

Electromechanical installation projects face persistent challenges in cost control due to their complex systems, interdisciplinary technologies, and diverse materials and equipment, including high dynamism and low collaboration levels. This study focuses on the entire project lifecycle, thoroughly examining core pain points such as weak early-stage collaboration leading to unstable cost foundations and mid-term control gaps resulting in oversight during implementation. By restructuring the integrated design-, procurement-, and construction organizational framework, leveraging BIM digital twin technology for dynamic cost comparison, innovating contract risk allocation mechanisms, and unlocking the value of project data assets, a closed-loop optimization path from estimation to final accounting is established. The aim is to break down functional barriers, enable real-time cost deviation alerts and precise corrective actions, and ultimately achieve maximized investment returns alongside a spiral improvement in corporate management capabilities.

Keywords

mechanical and electrical installation; whole-process cost estimation; BIM; collaborative management

机电安装工程全过程造价管理优化路径探析

庄影

新疆资创项管工程咨询有限公司，中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘　要

机电安装工程因其系统繁杂、技术交叉及材料设备多样，造价管控长期面临动态性强、协同度低等挑战。研究聚焦项目全生命周期，深入剖析前期协同薄弱致成本根基动摇、中期管控脱节致过程失察等核心痛点。通过重构设计、采购、施工一体化组织架构，融合BIM数字孪生技术驱动动态三算对比，创新契约风险分配机制，并激活项目数据资产价值，构建从估算到决算的闭环优化路径。旨在打破职能壁垒，实现成本偏差的实时预警与精准纠偏，最终达成投资效益最大化与企业管理能力的螺旋式上升。

关键词

机电安装；全过程造价；BIM；协同管理

1 引言

随着建筑业态向智能化、绿色化纵深发展，机电安装工程占项目总投资的比重持续攀升，其造价管理的复杂性日益凸显。然而，传统管理模式受制于设计与施工割裂、技术与经济脱节，常陷入“估算失控、概算超支、预算失真”的恶性循环。在行业利润率收窄的背景下，粗放式成本管理已难以为继。如何在全生命周期视角下，利用数字化手段穿透各阶段壁垒，实现从被动算账向主动管控的范式转换，成为提升工程核心竞争力的关键所在。

【作者简介】庄影（1992–），女，中国江苏人，本科，工程师，从事工程造价研究。

2 机电安装工程全过程造价管理的内在脉络

机电安装工程的造价管理并非孤立的经济行为，而是深深嵌入项目全生命周期的一条连续脉络。从构思到运营，其管理贯穿于决策、设计、采购、施工、结算及运维六个关键阶段。每个阶段都承担着独特的成本控制使命，前序工作的质量直接决定了后续成本管控的成效基础。全过程造价管理形成一条从估算、概算、预算到结算、决算的价值流，各环节环环相扣。投资决策阶段的估算为项目成本划定初步框架，设计阶段的优化从源头锁定主要成本，采购招投标确定合理合同价格，施工阶段的动态管控确保成本偏差及时纠正，竣工结算阶段对全过程的成本进行最终确认，而运营维护阶段则通过对全生命周期成本的分析，为未来项目提供宝贵的数据支持。这种递进式、一体化的管控链条，使得工程造价始终处于可控、可知的范围内，最终实现投资效益最

大化。

3 当前机电安装工程全过程造价管理实践中存在的关键问题

3.1 前期协同薄弱动摇成本根基

项目启动之初，成本控制的根基即面临松动风险。其核心问题在于，投资决策与技术设计未能实现有效协同，形成“两张皮”现象。在决策阶段，项目可行性研究与投资估算常依赖粗放的历史指标或经验系数，未能对具体技术路线的经济性进行深度量化分析，导致估算对后续设计的约束力有限。进入设计阶段，设计师的焦点通常集中于技术方案的先进性与合规性，对全生命周期成本效益的精细核算缺乏驱动力与评价机制。造价人员往往在设计方案基本定型后才介入，扮演“事后计量计价”的角色，难以在设计早期运用价值工程原理参与多方案比选与优化，错失了在源头锁定成本、优化投资结构的最佳窗口。概算与施工图预算的编制深度不足，两者间常出现显著偏差，导致项目在启动之初即偏离了成本控制的最优路径。

3.2 中期管控脱节致过程失察

在项目实施过程中，动态成本管控机制普遍缺失，导致成本偏差难以及时发现和纠正。这一阶段的症结集中于静态管理与动态现实的矛盾。在采购环节，招标文件的技术与商务条款往往衔接松散，加之对主要材料设备市场价格波动风险缺乏预判与合同对冲安排，使得中标价难以反映真实的履约成本。施工阶段成本核算滞后，难以实时监控，导致成本超支发现晚、纠偏成本高。变更与签证流程混乱、周期长，使费用悬而未决，影响支付并易引发结算争议。施工组织偏重技术与工期，常忽视经济性比选，如管线排布不佳会降低工效、增加措施费。

4 构建机电安装工程全过程造价管理优化实践路径

4.1 重塑一体化组织架构

优化造价管理的根基在于打破传统的职能壁垒与阶段分割，构建一体化协同的组织与责任体系。这要求从根本上改变设计与施工、技术与经济、采购与成本彼此孤立的工作模式。推行工程总承包（EPC）模式是一种有效路径，其核心优势在于从组织架构上实现设计、采购、施工的深度融合，使总承包商成为单一责任主体，其利益与项目最终的成本效益直接挂钩，从而在方案阶段就深度植入可施工性、可采购性和经济性的综合考量，实现“边设计、边优化、边算量、边计价”的动态循环（如图 1）。

在传统设计 - 招标 - 施工模式下，建设单位必须发挥主导集成作用，组建由业主方牵头，涵盖设计、造价、采购、施工（或施工管理）及运营代表在内的全过程造价管控联合团队。这个团队并非临时性会议组织，而应是一个拥有明确权责、固定工作机制的实体化或虚拟化“项目控制中心”，其核心职能是确保成本目标在项目全生命周期内的统一性、一致性与穿透力。具体实践中，必须强制推行“限额设计”，将经批准的投资估算精确分解为各专业、各系统的设计限额指标，并作为设计任务书的强制性约束条款。同时，建立常态化的“设计 - 造价”协同评审机制，确保造价工程师在方案设计、初步设计等关键节点深度介入，运用价值工程方法对关键系统、主要设备进行多方案的技术经济比选，对建筑信息模型（BIM）进行早期成本模拟，从源头避免设计冗余与成本浪费。



图 1 工程总承包（EPC）模式图

4.2 深化 BIM 技术在造价管理中的应用

以建筑信息模型（BIM）为核心的数字化技术，为造价管理提供了从“经验驱动”迈向“数据驱动”的革命性工具。其价值远不止于三维可视化，更在于构建一个贯穿项目始终、承载丰富属性信息的数字孪生模型，实现工程量、成本、进度等数据的自动关联与动态管理。在决策与设计阶段，基于 BIM 的快速算量技术能极大提升投资估算与设计概预算的精度与效率，支持对多种设计方案进行即时成本测算与比选，实现“设计即算量、模型即预算”。

通过 BIM 技术的应用，可以模拟施工进程，直观展示工程量与成本在不同阶段的分布情况，生成相应的资金需求计划（如图 2）。在施工阶段，BIM 技术在机电安装造价管理中的价值尤为突出。通过构建高精度的三维模型，可以对复杂区域的管线布局进行全面的碰撞检测分析，从而在设计阶段提前发现并解决潜在的设计冲突，有效避免施工过程中可能出现的返工问题以及由此带来的材料浪费。基于模型的施工模拟，可合理安排机电各专业的施工顺序和界面交接，优化资源配置。在材料管理方面，BIM 模型能够精确统计各类管材、线缆、阀门、设备的规格和数量，为采购计划和领用控制提供准确依据。在变更管理中，任何设计修改都能在模型中即时反映，并自动关联计算工程量变化，快速评估变更对造价的影响，确保工程价款的及时调整。在竣工结算阶段，完整的竣工模型可作为工程量确认的直接依据，结合过程文档，使结算审核更加高效、透明。BIM 技术的应用，使得机电安装专业的造价管理从传统的“图纸计算、事后核算”转变为“模型驱动、过程控制”。所有与造价相关的信息，

包括设备参数、材料规格、安装工艺、价格信息等，都能与模型构件关联，实现信息的结构化管理和动态更新。

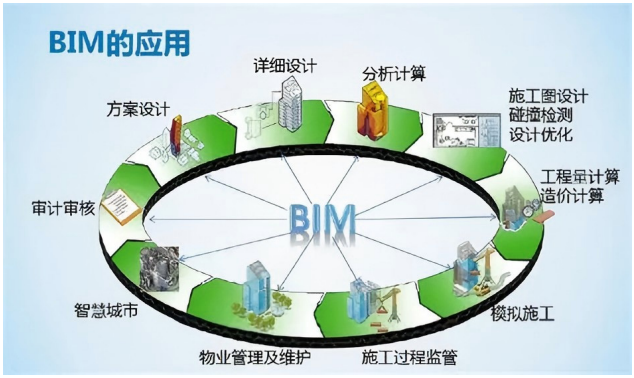


图 2 BIM 技术应用于工程全程造价流程图

4.3 前置契约与风险防线

合同是项目各方权利义务与风险分配的法律基石，有效的合同与风险管理是控制造价不确定性的关键阀门。造价管理的优化，必须前移至合同策划阶段，推行“精细化、前瞻性、协同性”的合同与风险管理模式。在合同规划之初，就应根据项目特点、技术复杂程度、市场环境及业主的风险偏好，审慎选择计价与风险分担模式。

对于技术标准明确、设计深度高的项目，采用固定总价（Lump Sum）合同，有利于将工程量与价格风险转移给承包商，激励其优化方案、提高效率。对于技术复杂、不确定性高的项目，采用单价合同（Unit Price）或成本加成（Cost Plus）模式，但必须在专用条款中对单价调整机制、变更计价规则、主材价格波动风险（如约定 ±5% 以上部分由业主承担或按指数调差）做出清晰、无歧义的定义，这是避免结算争议的“防火墙”。招标采购环节，应编制严谨的工程量清单，确保其与招标图纸、技术规范的完全一致，推行“技术标与商务标联动评审”，防止承包商通过不平衡报价或利用技术、材料标准模糊地带进行后期索赔。合同履行过程中，必须建立标准、高效、透明的变更与支付管理流程。利用协同平台实现变更申请、技术论证、造价审核、审批决策的线上流转与留痕，明确各环节权限与时限，确保变更估价的及时性与合规性，避免“先干后算、价悬未决”的被动局面。

4.4 沉淀数据资产与知识闭环

造价管理的终极竞争力，在于将个体项目经验转化为组织永久性能力，实现从项目造价管理到企业级成本能力建设的跃迁。这要求企业必须树立“数据是核心资产，知识是宝贵财富”的战略认知，构建制度化的项目后评价与知识管理体系。

每个项目竣工结算后，不应视作管理的终点，而应启动系统性的“造价后评价”工作。评价不仅聚焦最终的成本偏差额，更要深入复盘，追溯偏差产生的关键决策点、管理环节与根本原因，是技术方案选择失误、招标策略不当、还是过程控制失效？对成功的成本优化案例、有效的变更控制方法、优秀的供应商表现、典型的索赔处理过程进行结构化梳理，形成“最佳实践”与“经验教训”案例库。与此同时，对项目全过程中产生的海量数据进行标准化清洗、分类与结构化处理，包括但不限于：分部分项工程的综合单价指标、主要设备材料的实际采购价格、各专业工程的经济技术指标（如每平米管线造价、每冷吨空调主机造价）、各类措施项目的费用占比、不同施工方案的工效与成本数据等。这些数据应被录入企业级、可扩展的“造价指标数据库”与“材料价格信息平台”，并建立科学的分类编码与检索体系。定期的知识复盘会、专题研讨会，应将这些沉淀的案例与数据，转化为可操作的“企业内部造价标准、标准成本控制流程、标准化合同范本库及风险检查清单”。

5 结语

机电安装工程的全过程造价管理，本质上是一场关于技术、经济与管理的系统性重构。从组织架构的一体化协同，到 BIM 技术的深度赋能，再到契约风险的精准划分与数据资产的持续沉淀，每一步优化都在重塑成本控制的基因。唯有将造价管理从单一的财务行为，升华为贯穿项目始终的价值创造活动，方能彻底扭转“秋后算账”的被动局面。这不仅是对单个项目投资收益的保障，更是对企业核心竞争壁垒的长期构筑，标志着工程管理从经验驱动正式迈入数据驱动的崭新时代。

参考文献

[1] 陈健.建筑机电安装工程造价控制要点及优化措施研究[J].行车指南, 2025(8):0031-0033.

[2] 贺志涛.机电安装工程造价全过程控制途径的对策[J].户外装备, 2023(6):250-252.

[3] 管玉.建筑机电安装工程中施工成本管理的思考[J].地产, 2023(20):0082-0084.

[4] 郑 翔.机电安装工程造价控制要点探讨[J].工程施工新技术, 2024, 3(16):4-6.

[5] 李凌林.建筑安装机电设备工程造价的全过程控制探讨[J].建筑经济, 2024, 45(S2):168-171.

[6] 张梓慧.建筑机电安装工程造价全过程控制研究[J].现代装饰, 2023(28).