 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i5.10277

Research on Cost Control Technology in Construction Stage of Civil Aviation Airport Engineering Projects

Shaomin Zhang

Western Airport Group Construction Engineering (Xi'an) Co., Ltd., Xianyang, Shaanxi, 712035, China

Abstract

The construction stage of civil aviation airport projects is characterized by complex procedures,intensive multidisciplinary coordination,and large-scale investment,making cost control subject to dual challenges of multi-source interference and dynamic variation.Focusing on the cost formation mechanism during the construction stage,a systematic analysis is conducted on cost components from the perspectives of resource allocation,construction organization,and market price fluctuations,and key factors influencing cost deviations are identified.On this basis,a whole-process cost control technical system for the construction stage is established by integrating dynamic quantity measurement,contractual constraint mechanisms,and information-based data management approaches.Meanwhile,the application of risk identification and graded control methods enhances the foresight and refinement level of cost management.Further optimization paths are proposed from the perspectives of collaborative management and digital application,providing technical support for improving investment efficiency and management performance in civil aviation airport construction projects.

Keywords

civil aviation airport engineering; construction stage; cost control; dynamic control; information-based management

民航机场工程施工阶段造价管控技术研究

张少敏

西部机场集团建设工程（西安）有限公司，中国 · 陕西 咸阳 712035

摘　要

民航机场工程施工阶段涉及工序复杂、专业交叉密集及投资规模巨大的特点，造价控制面临多源干扰与动态变化的双重挑战。围绕施工阶段造价形成机理，从资源配置、施工组织及市场价格波动等方面对成本构成进行系统分析，梳理影响造价偏差的关键因素。在此基础上，结合工程量动态计量、合同约束机制及信息化数据管理手段，构建施工阶段造价全过程管控技术体系，并通过风险识别与分级控制方法提升造价控制的前瞻性与精细化水平。进一步从协同管理与数字化应用角度提出优化路径，为提升民航机场工程施工阶段投资效益与管理水平提供技术支撑。

关键词

民航机场工程；施工阶段；造价管控；动态控制；信息化管理

1 引言

民航机场工程作为综合性基础设施建设项目，施工阶段往往呈现周期长、专业系统多及技术要求高等特征。随着工程规模不断扩大与建设标准持续提升，施工过程中资源配置复杂性明显增强，材料价格波动与施工组织调整对成本的影响更加突出。与此同时，工程实施过程中频繁出现设计变更、现场签证及进度调整，使造价管理呈现出动态性与不确定性并存的特点。在多专业协同施工环境下，传统以静态控制为主的造价管理模式难以适应实际需求，亟需通过技术化、系统化手段对施工阶段成本进行精细化管控。结合施工过程中的数据获取、过程监测及风险识别能力提升，对造价管控方法进行优化，对于保障工程投资效益与提升项目管理水平具有重要现实意义。

2 民航机场工程施工阶段造价管控体系构建

施工阶段造价管控以投资目标实现与成本偏差可控为核心导向，强调在既定投资限额内完成工程实体建设并保障功能需求与质量标准同步达成。造价控制目标不仅体现在总投资控制层面，针对施工过程中的不确定性因素，应建立动态调整机制，使造价控制具备实时响应能力，并通过数据化手段实现成本偏差的快速识别与纠偏，形成目标明确、路径清晰的造价管控体系。施工阶段造价管控需要构建以业主为主导、多方参与的协同管理体系，将设计单位、施工单位、监理单位及造价咨询机构纳入统一管理框架，实现职责边界

【作者简介】张少敏（1986–），女，中国陕西宝鸡人，本科，工程师，从事民航及公路桥梁造价管理研究。

清晰与信息传递高效。业主单位承担投资控制总体责任，需在施工组织实施过程中落实成本控制措施，并对资源配置与消耗情况进行实时反馈[1]。施工单位依据合同约定履行成本执行与自控职责，监理单位及造价咨询机构分别承担过程监督与专业支持职能。在此框架下，应依托合同管理与变更控制机制，明确工程计量、进度款支付、设计变更及现场签证等关键环节的管控流程，同时，借助数字化管理平台，推动造价、进度、质量等数据互联互通，提升偏差预警与协同处置能力，确保管控体系在动态施工环境中保持有效运行。

3 民航机场工程施工阶段造价形成机理分析

3.1 施工资源配置与成本构成要素分析

施工阶段造价主要由人工、材料、机械及管理费用等要素构成，各类资源配置方式直接决定成本水平。机场工程涉及跑道、航站楼及配套系统建设，对高性能材料与专业设备需求较高，使材料费用在总成本中占比达到 50% 以上。人工费用受施工强度与技术复杂程度影响显著，在高峰施工期用工数量可达到常规工程的 1.5 倍以上。机械设备投入呈现规模化与专业化特征，大型施工机械与专用设备的租赁与维护费用构成重要支出。

3.2 施工组织设计对造价形成的影响机制

施工组织设计作为工程实施的技术纲领，对造价形成具有直接影响。合理的施工方案能够降低资源浪费并缩短施工周期，从而减少间接费用支出。在机场工程中，跑道铺筑、航站楼钢结构安装及机电系统施工等关键工序需进行精细化组织，通过工序衔接优化与施工路径设计，可将施工周期缩短 10% 至 15%。施工组织设计中对施工顺序、设备配置及人员安排的合理规划，可避免重复作业与资源闲置，降低无效成本支出。针对复杂施工环境，通过采用分区施工与交叉作业模式，可提高施工效率并降低时间成本，从而实现造价的有效控制[2]。

3.3 材料设备采购与价格波动对造价的作用路径

材料设备采购是施工阶段造价的重要影响因素，市场价格波动直接作用于工程成本。机场工程所需钢材、水泥及机电设备等大宗材料，其价格受市场供需关系与宏观经济环境影响较大，价格波动幅度可达到 10% 至 20%。采购策略的合理性决定成本控制效果，通过集中采购与长期合同锁价方式，可有效降低价格波动带来的风险。设备采购需结合工程进度与技术需求进行统筹安排，避免因提前采购造成资金占用或因延迟采购导致施工延误。通过建立价格监测机制与采购决策模型，可实现对市场变化的及时响应，从而减弱价格波动对工程造价的不利影响。

4 民航机场工程施工阶段造价管控关键技术方法

4.1 基于动态计量的工程量控制技术

基于动态计量的工程量控制技术通过对施工过程中的工程量变化进行连续采集与校核，实现造价控制的精细化管理。在西安咸阳国际机场三期扩建工程中，项目采用了基于 BIM 与物联网融合的动态计量系统，对跑道、滑行道及航站区土建工程进行全过程计量管理。系统通过无人测量设备与激光扫描技术，每日对土方开挖与填筑工程量进行自动采集，单日数据更新频率达到 2 次以上，工程量计量误差控制在 2.5% 以内。以土方工程为例，项目累计土方作业量约 320 万立方米，通过动态计量系统实时对比设计工程量与实际完成量，当偏差超过 3% 时系统自动预警并生成调整指令。在实施过程中，系统发现局部区域存在约 4.2% 的超挖现象，通过优化施工路径与分层回填措施，使土方损耗率由原有的 6.8% 降低至 3.1%，累计减少无效工程量约 11 万立方米，节约成本约 420 万元。该技术通过数据闭环管理，使工程量控制由事后核算转向过程控制，显著提升造价管理精度。

4.2 基于合同管理的造价约束与风险分担技术

基于合同管理的造价约束与风险分担技术通过条款设计与执行机制，将施工阶段的不确定性因素转化为可控范围内的风险分配结构。在西安咸阳国际机场三期扩建工程航站区建设中，项目采用总价合同与可调单价合同结合模式，总合同金额约为 180 亿元，其中固定总价部分占比约 72%，可调单价部分占比 28%。在材料价格波动控制方面，合同约定钢材、水泥等关键材料价格波动超过 ±5% 时启动价格调整机制。在实际执行中，2022 年至 2023 年期间钢材价格累计上涨约 9.6%，触发合同调价条款，增加造价约 2.3 亿元，但通过提前锁价采购与批量议价，将原本预计上涨幅度控制在 6.2% 以内，减少成本支出约 1.1 亿元。在风险分担方面，合同明确施工延误责任中施工单位承担 70%，业主承担 30%，设计变更费用由业主承担 80%。在某标段施工中，由于地下障碍物导致工期延误 12 天，产生费用约 860 万元，按合同分担后施工单位承担 602 万元。该技术通过量化分担比例与价格调整机制，使造价风险在合同层面得到有效约束。

4.3 基于信息化平台的造价数据监测与分析技术

基于信息化平台的造价数据监测与分析技术依托大数据与云计算手段，实现施工阶段成本数据的实时采集、分析与预警。在西安咸阳国际机场三期扩建工程中，项目构建了集进度、成本与资源管理于一体的数字化管控平台，平台每日采集数据量超过 15 万条，覆盖材料消耗、设备运行及人工工时等关键指标。系统通过成本偏差分析模型，对预算与实际支出进行对比，当偏差超过 4% 时自动触发预警机制。在航站楼钢结构施工阶段，平台监测到材料损耗率达到 7.5%，高于控制目标 5%，经分析发现构件运输与堆放环节存在重复搬运问题。通过优化运输路径与堆放方式，损耗率降至 4.2%，减少钢材浪费约 1800 吨，节约成本约 950 万元。同时平台通过设备利用率分析，将大型起重设备使用率由原有 68% 提升至 82%，降低设备租赁费用约 12%，节约资金

约 600 万元。信息化技术的应用使造价管理误差控制在 3% 以内，显著提升了成本控制的实时性与决策科学性。

5 民航机场工程施工阶段造价风险识别与优化路径分析

5.1 施工阶段造价风险识别方法与控制策略

施工阶段造价风险识别需依托系统化方法对成本偏差来源进行量化分析，并结合工程实际建立动态控制机制。在西安咸阳国际机场三期扩建工程中，项目构建了基于风险矩阵与敏感性分析相结合的识别模型，将造价风险划分为工程量偏差、材料价格波动、施工组织失衡及设计变更四类，并分别赋予概率系数与影响权重。项目统计显示，材料价格波动风险权重达到 0.32，工程量偏差风险权重为 0.27，成为主要风险来源。以钢材采购为例，施工周期内钢材价格波动区间为 ±8.5%，在未采取控制措施情况下可能引起约 1.8 亿元成本波动。项目通过设置 5% 价格浮动预警阈值与锁价采购机制，将实际价格上涨幅度控制在 6.1%，减少风险成本约 4200 万元。在工程量控制方面，通过动态复测与 BIM 比对技术，将工程量偏差由原有 5.6% 降低至 2.4%，减少无效成本约 2600 万元。通过建立风险识别清单与分级控制策略，实现对高风险因素的精准管控，使整体造价偏差率控制在 3% 以内。

5.2 关键风险因素分析与管控优化路径

关键风险因素的识别与优化路径构建，是实现施工阶段造价稳定的重要支撑。在西安咸阳国际机场三期扩建工程中，施工周期长达 36 个月，涉及土建、机电及飞行区工程等多个专业系统，关键风险集中体现在施工进度、材料供应及设计调整等方面。项目数据表明，施工进度延误每增加 1 天，将引起约 45 万元的综合成本增加。在飞行区施工中，由于局部地基处理复杂，实际施工周期延长 14 天，导致成本增加约 630 万元。通过优化施工组织与增加设备投入，将后续工期压缩 9 天，回收成本约 405 万元。材料供应方面，水泥与钢材占材料成本比重超过 58%，其中钢材采购量约为 28 万吨，价格波动直接影响整体造价。项目通过集中采购与分批交付方式，将材料价格波动影响降低约 35%。在设计变更方面，项目共发生设计调整 87 项，涉及金额约 1.2 亿元，通过严格审批与技术复核机制，将非必要变更比例控制在 12% 以内，减少造价增加约 2800 万元。通过对关键风险因素实施针对性优化路径，使工程总成本偏差控制在合理区间。

5.3 信息化技术在风险识别与优化路径中的应用

信息化技术在施工阶段造价风险识别与优化路径中发挥了数据支撑与决策辅助作用。在西安咸阳国际机场三期扩建工程中，项目构建了基于云平台的造价风险管理系统，实现对施工全过程数据的集中管理与动态分析。系统每日采集数据量超过 12 万条，涵盖工程量、材料消耗、设备运行及资金支出等关键指标，并通过数据建模对风险进行预测分析。平台设定成本偏差预警阈值为 4%，一旦实际支出超过预算 4% 以上即触发预警。在航站楼主体结构施工阶段，系统监测到混凝土消耗偏差达到 6.3%，通过数据溯源分析发现模板周转效率不足导致重复浇筑，优化后将偏差降低至 3.2%，节约成本约 780 万元。设备管理方面，通过对 180 余台大型机械设备运行数据进行分析，将平均利用率由 71% 提升至 85%，降低设备租赁费用约 11%，节约资金约 920 万元。系统还通过历史数据对比，实现对未来成本波动的预测准确率达到 88% 以上。信息化技术的应用使造价风险识别由经验判断转向数据驱动，有效提升了风险控制的科学性与响应效率。

6 结语

综上所述，民航机场工程施工阶段造价管控是一项系统性与动态性并存的管理任务，需要在明确控制目标的基础上，依托科学的组织体系与技术手段，实现对成本形成全过程的有效约束。通过对资源配置、施工组织及市场因素的综合分析，结合动态计量、合同管理与信息化平台应用，可显著提升造价控制的精准性与前瞻性。同时，强化风险识别与过程管控机制，有助于降低不确定因素对工程投资的影响。持续推进精细化与数字化管理模式，将为提升民航机场工程建设效益与管理水平提供坚实支撑。

参考文献

[1] 沈于磊.民用机场飞行区建设投资造价的影响因素探究[A].2024新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集（五）[C].《中国建筑金属结构》杂志社有限公司:2024:55-56.

[2] 葛承鑫.民用机场场道工程造价管理[J].工程建设与设计,2023,(08):235-237.

[3] 靳彦宝.民用机场场道工程造价管理研究[J].项目管理技术,2022,20(02):119-123.

[4] 刘晓.BIM技术在民航机场建设造价中的应用探析[J].内蒙古煤炭经济,2021,(14):170-171.

[5] 陈迫进.机场工程造价结算审核控制的重点、难点探讨[J].居业,2020,(12):120-121.