

Analysis of Key Cost Control Points for Intelligent Upgrading and Transformation of Highway Electromechanical Systems

Jing Yan

Guoxin International Engineering Consulting Group Co., Ltd., Jiangsu Branch, Nanjing, Jiangsu, 210019, China

Abstract

With the continuous promotion of smart transportation and digital infrastructure construction, the electromechanical system of highways is gradually upgrading from traditional monitoring and toll collection equipment to intelligent, networked, and data-driven directions. As an important technical support for the operation and management of highways, the upgrading and renovation projects of electromechanical systems often involve multiple aspects such as equipment updates, system integration, communication network optimization, and software platform construction. The cost composition of the project is complex and the influencing factors are diverse. Without a systematic pricing control mechanism, it is easy to cause investment deviations and waste of funds. Based on the characteristics of the intelligent upgrade and renovation project of the highway electromechanical system, this paper analyzes the cost composition and cost influencing factors of the electromechanical system renovation project, studies the key links of cost control from the perspectives of project planning stage, implementation stage, and operation and maintenance stage, and proposes a comprehensive cost control strategy for the entire process. Research has shown that by establishing a scientific cost control system, optimizing equipment selection and system integration schemes, strengthening construction organization management, and improving dynamic cost monitoring mechanisms, the efficiency of fund utilization in electromechanical upgrade and renovation projects can be effectively improved, providing reference for investment management of highway electromechanical engineering.

Keywords

Expressway; Mechanical and electrical systems; Intelligent upgrade; Cost control; Engineering Management

高速公路机电系统智能化升级改造造价控制要点分析

闫静

国信国际工程咨询集团股份有限公司江苏分公司, 中国·江苏南京 210019

摘要

随着智慧交通与数字化基础设施建设不断推进,高速公路机电系统逐渐由传统监控与收费设备向智能化、网络化与数据化方向升级。机电系统作为高速公路运营管理的重要技术支撑,其升级改造往往涉及设备更新、系统集成、通信网络优化及软件平台建设等多个方面,工程造价构成复杂、影响因素多样,若缺乏系统化造价控制机制,容易造成投资偏差和资金浪费。围绕高速公路机电系统智能化升级改造工程特点,分析机电系统改造项目的造价构成及成本影响因素,从项目策划阶段、实施阶段及运维阶段等角度研究造价控制关键环节,并提出全过程造价控制策略。研究表明,通过建立科学的造价控制体系、优化设备选型与系统集成方案、强化施工组织管理以及完善动态成本监控机制,可有效提升机电升级改造项目资金利用效率,为高速公路机电工程投资管理提供参考。

关键词

高速公路; 机电系统; 智能化升级; 造价控制; 工程管理

1 引言

随着我国高速公路网络规模不断扩大以及智慧交通建设持续推进,高速公路运营管理逐渐由传统人工管理模式向信息化、数字化与智能化方向转变。机电系统作为高速公路运营管理的重要技术支撑,其主要承担交通监控、收费管理、信息发布、通信传输及供配电保障等关键功能,对提升道路

运行效率与保障交通安全具有重要作用。基于此,围绕高速公路机电系统智能化升级改造工程特点,系统分析机电系统升级改造项目的造价构成及主要影响因素,并从项目策划、工程实施及运维管理等阶段研究造价控制关键环节,在此基础上提出全过程造价控制策略,以期高速公路机电工程投资管理提供参考。

2 高速公路机电系统智能化升级改造工程特点

2.1 机电系统升级改造工程技术结构特征

在高速公路运营管理体系中,机电系统主要由监控系统、收费系统、通信系统、供配电系统及信息服务系统等组

【作者简介】闫静(1985—),女,中国江苏南京人,本科,工程师,从事高速公路机电工程、航道信息化工程研究。

成,其功能涵盖交通运行监测、收费管理、信息发布以及应急指挥等多个方面。随着智慧交通技术的发展,传统机电系统逐渐难以满足交通流精细化管理与数据共享需求,因此大量既有高速公路需要开展智能化升级改造工程。此类工程通常不涉及路基、桥梁等主体结构建设,而是以设备更新、系统集成与数据平台优化为主要内容,工程建设具有技术更新快、系统关联度高及设备类型多样等特点[1]。

在升级改造过程中,工程实施往往需要在不中断高速公路正常运营的条件下进行,因此施工组织难度较大。设备安装、线路改造与系统调试必须在限定时间窗口内完成,施工计划需要与运营调度紧密配合[2]。同时,由于既有设备运行年限不同、技术标准差异较大,系统升级过程中需要兼顾新旧系统兼容性问题,这在一定程度上增加了工程实施复杂度,并对造价管理提出更高要求。智能化升级工程通常引入高清视频监控、ETC门架系统、智能交通管理平台及大数据分析系统等新技术,这些技术不仅涉及硬件设备采购,还包括软件平台开发、数据中心建设以及网络安全保障等费用。因此,相较于传统机电工程,智能化改造项目的造价构成更加多元化,成本控制难度明显提高。

2.2 机电升级改造项目造价构成分析

高速公路机电系统升级改造工程造价通常由设备购置费、安装工程费、系统集成费、通信网络建设费及调试运行费等组成。其中设备购置费用在整个工程投资中占据较大比例,主要包括监控摄像设备、车牌识别设备、可变情报板、收费系统设备及通信传输设备等。随着智能化程度不断提升,设备技术含量和价格水平也随之提高,设备选型成为影响工程造价的重要因素。安装工程费用主要涉及设备安装、线缆敷设、机房改造及供配电系统调整等内容。在升级改造过程中,由于需要利用既有管道与线路资源,部分施工需要进行拆除与恢复作业,施工成本较新建工程更为复杂。尤其是在隧道、收费站及监控中心等区域实施设备更新时,往往需要采取分阶段施工方式,这也会增加人工及施工组织成本。

系统集成费用则主要包括软件平台建设、系统接口开发以及数据平台部署等内容。随着智慧交通平台建设需求不断增加,机电系统不再仅仅局限于设备运行监控,还需要实现多系统数据共享与业务协同。因此系统集成费用在工程造价中的比重逐渐上升。通信网络建设费用主要涉及光纤传输网络升级、交换设备更新以及数据链路优化等内容。高速公路机电系统运行高度依赖稳定可靠的通信网络,因此在智能化升级过程中往往需要对原有通信网络进行扩容或改造,这也成为工程投资的重要组成部分。

3 高速公路机电系统升级改造造价影响因素

3.1 技术方案与设备选型因素

机电系统升级改造工程技术方案直接决定工程投资

规模。不同技术路线所需设备类型、系统结构及网络架构存在较大差异[3]。如在视频监控系統升级过程中,可以选择普通高清摄像设备,也可以采用具备智能识别功能的AI摄像系统,两种方案在设备价格与系统开发费用方面存在明显差异。因此,在项目策划阶段必须结合高速公路运营需求与投资预算,对不同技术方案进行综合比选,以实现功能需求与工程造价之间的合理平衡。设备选型同样是影响工程造价的重要因素。高速公路机电设备种类繁多,不同品牌与技术规格的设备价格差异较大。如果在设备采购过程中缺乏统一技术标准或采购管理机制,容易出现设备型号过多、备件管理复杂及维护成本增加等问题。因此,在升级改造项目中应通过统一设备技术标准和集中采购方式,实现设备价格控制与运维成本优化。

3.2 施工组织与既有系统条件因素

机电系统升级改造通常在既有高速公路设施基础上实施,施工条件与新建工程存在明显差异。既有机房空间限制、线路管道容量不足以及设备布置不合理等问题都会对施工方案产生影响,进而影响工程造价。例如,在监控设备升级过程中,如果既有杆件结构无法满足新设备安装需求,就需要进行结构加固或更换,这将增加工程费用[4]。施工组织方式同样会对造价产生重要影响。由于高速公路运营有着连续性特点,施工往往需要在夜间或交通量较低时段进行,这不仅会延长施工周期,还会增加人工成本与管理费用。如果施工组织方案不合理,还可能导致设备重复安装或施工返工,从而进一步增加工程成本。

3.3 系统集成与软件开发因素

随着智慧交通平台建设不断推进,高速公路机电系统逐渐从单一设备管理向综合信息平台转变。系统集成不仅需要实现监控、收费及通信系统之间的数据互通,还需要与交通管理平台、应急指挥系统及数据分析平台进行对接。因此,软件开发与系统集成费用在机电升级改造工程造价中的比例逐渐增加。在实际工程中,如果缺乏统一的信息平台架构设计,不同系统之间可能存在接口标准不一致或数据格式不统一的问题,导致系统集成难度增加。为了实现系统互联互通,需要额外开发接口程序或进行系统改造,从而增加工程成本。因此,在项目初期应建立统一的信息平台架构,以减少系统重复建设和接口开发费用。

4 高速公路机电系统升级改造全过程造价控制机制与优化

4.1 高速公路机电系统升级改造全过程造价控制机制

在机电系统智能化升级改造过程中,项目策划阶段是造价控制的关键环节。通过科学合理的前期规划,可以有效避免后期工程变更带来的投资增加。在项目策划阶段,应首先对既有机电系统运行状况进行全面评估,包括设备运行年限、故障率、维护成本以及系统性能等指标,通过数据分析

确定升级改造的重点内容。在确定升级目标后，需要对不同技术方案进行经济性比较，通过技术可行性与投资成本综合分析选择最优方案。同时，还应编制详细的投资估算，并建立项目投资控制目标，为后续工程实施提供成本控制依据。在项目策划阶段还应制定统一的设备技术标准及系统架构方案，避免在工程实施过程中出现设备型号混乱或系统重复建设的问题，从而有效降低工程投资。

在工程实施阶段，造价控制的重点在于施工组织管理与设备采购管理。第一，在设备采购环节应通过公开招标或集中采购方式选择性价比比较高的设备供应商，并在合同中明确设备技术标准与质量要求，以避免因设备质量问题导致的后期维修费用增加[5]。第二，在施工管理过程中应建立严格的工程变更控制机制。由于机电系统升级改造工程涉及设备更新与系统调试等多个环节，如果缺乏有效的变更管理制度，容易出现设计变更频繁、施工方案反复调整等问题，从而导致工程造价增加。因此，在工程实施过程中应对变更申请进行严格审核，并通过技术论证确定变更必要性。

4.2 机电系统升级改造造价动态控制体系

高速公路机电系统智能化升级改造工程涉及设备更新、通信网络优化及系统平台建设等多项内容，其工程造价构成具有明显的综合性与技术导向特征。与传统机电工程相比，升级改造项目设备采购费用及系统集成费用所占比例相对较高，而安装施工费用则受既有设施条件影响较大。总体

来看，机电系统升级改造工程造价主要由设备购置费、安装工程费、系统集成费、通信网络建设费及系统调试运行费等部分构成。

为了实现机电系统升级改造工程投资目标，需要建立覆盖项目全生命周期的造价管理体系。该体系包括项目策划、工程实施及运行维护三个阶段，通过动态成本监控与数据分析，实现工程投资的持续优化。在项目实施过程中，可以通过信息化管理平台对设备采购费用、施工费用及系统集成费用进行实时统计，并与预算数据进行对比分析。当实际成本接近预算上限时，应及时采取调整措施，如优化施工方案或调整设备配置，以避免工程投资超支。下面为高速公路机电系统升级改造造价控制流程示意：

该流程通过需求分析、技术方案比选、投资控制及后期成本评估等环节形成完整闭环，从而实现工程造价的动态管理。机电系统升级改造工程不仅需要关注建设阶段的投资控制，还需要重视运维阶段的成本管理。在设备投入运行后，应通过建立设备运行监测系统，对设备运行状态、故障率及维护成本进行统计分析，从而为后续设备更新提供数据支持。而通过构建机电系统设备数据库，可以对设备采购价格、维护费用及运行周期进行综合分析，为未来升级改造项目提供参考依据。通过不断积累工程数据，可以逐步形成机电工程造价数据库，从而提高造价管理的科学性和准确性。

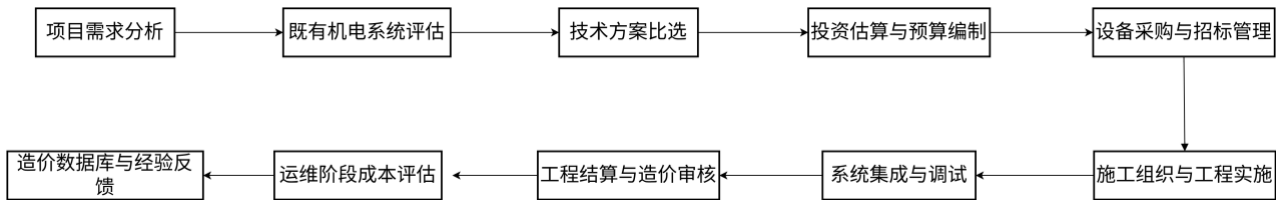


图1 高速公路机电系统升级改造造价控制流程

5 结语

随着智慧交通建设不断推进，高速公路机电系统智能化升级改造工程规模持续扩大，其工程造价管理问题日益受到关注。通过对机电升级改造工程特点及造价构成进行分析可以发现，设备选型、施工组织及系统集成是影响工程造价的重要因素。为了实现工程投资目标，应在项目策划阶段加强技术方案比选，在工程实施阶段强化设备采购与施工管理，并通过信息化手段建立全过程造价控制体系。同时，通过构建机电工程造价数据库与运维成本分析机制，可以为未来高速公路机电升级项目提供数据支持。该研究对于提升高速公路机电工程投资管理水平、促进智慧交通基础设施建设

具有一定参考价值。

参考文献

- [1] 姜绵峰,叶春明.公路机电工程最优投标报价仿真研究[J].上海船舶运输科学研究所学报,2020,43(2):68-73.
- [2] 郝芸芸,张鹏霞.基于标准化管理模式的公路机电工程造价控制研究[J].质量与市场,2024,(5):30-32.
- [3] 郭世杰,李绪花,刘梦雨.智能传感技术在公路机电工程施工监理中的应用[J].建设监理,2025,(8):103-104.
- [4] 高阳,邓海峰.基于黑山南北高速公路的东欧公路机电工程施工风险研究[J].公路,2024,69(2):181-184.
- [5] 孙文婷.面向大数据的公路机电设施运行监测研究[J].智能建筑与工程机械,2019,1(7):71-73.