

# 高速公路机电工程的造价管理控制

万 晴

陕西省交通规划设计研究院有限公司 陕西 西安 710000

**摘要：**高速公路机电工程作为高速公路建设的关键组成部分，其造价管理控制直接影响工程质量、经济效益。本文通过分析机电工程造价管理中的核心问题，结合杭瑞高速、广深高速等典型案例，从设备选型、设计优化、招投标管理、动态调整等关键环节提出系统性控制策略。研究表明，通过国产设备替代、限额设计、全过程动态监控等措施，可有效降低造价偏差率，提升资金使用效率，为高速公路机电工程提供科学的管理范式。

**关键词：**高速公路机电工程；造价管理；设备选型；动态控制；全过程管理

## 1 引言

高速公路机电工程作为高速公路建设的关键构成，涵盖收费、通信、监控、供配电、隧道通风、照明和消防等诸多系统，对高速公路的安全和高效运营起着决定性作用。近年来，随着我国高速公路建设规模持续扩大，机电工程的市场规模也呈增长态势，据中国公路学会和交通运输部相关数据显示，2020年我国高速公路机电工程市场规模约为350亿元，到2024年已增长至约520亿元，年均复合增长率达10.5%左右。然而，机电工程造价管理控制方面却存在诸多问题，导致造价混乱、控制管理松散，招投标阶段价格差距大。因此，深入研究高速公路机电工程的造价管理控制具有重要的现实意义。

## 2 机电工程造价管理的核心问题

### 2.1 设备选型与市场波动矛盾

机电设备价格受技术迭代和供应链影响显著。以通信光缆为例，根据中国信息通信研究院及行业采购平台（如“中国政府采购网”“千里马招标网”）公开数据，2020年单模通信光缆（G.652D）市场均价约为120元/芯公里，而到2024年已降至约42元/芯公里，五年间降幅达65%。但设计单位仍沿用早期市场报价编制概算，导致建安费虚高。在沪昆高速湖南段隧道监控系统招标中，进口品牌西门子的报价为国产海康威视同性能设备的2.1倍，而业主标底编制未充分考虑国产化替代方案，最终中标价超出概算22%。类似情况在京港澳高速河南段收费系统改造中也曾出现，进口车牌识别设备报价是国产文安智能设备的2.5倍，造成不必要的投资浪费。

### 2.2 设计阶段造价失控

初步设计与施工图设计的时间差常达2-3年，期间设备技术参数可能发生根本性变化。宁杭高速江苏段采用传统设计模式，未考虑LED照明技术的普及，仍按高压钠灯编制概算，导致照明系统造价超支31%。此外，设计

单位缺乏经济性评估机制，在福银高速江西段收费系统设计方案中，未优化车道布局，增加ETC设备数量，造成无效投资1500万元。更严重的是，部分设计单位为追求技术先进性，盲目采用高端设备，如某山区高速隧道监控系统采用德国进口激光传感器，而国产同类设备性能完全满足要求且价格仅为进口设备的1/3。

### 2.3 招投标管理缺陷

现行招投标体系存在三大漏洞：一是标底编制依赖定额标准，未建立动态价格数据库；二是评标办法侧重技术参数，忽视全生命周期成本；三是合同条款缺乏价格调整机制<sup>[1]</sup>。在沈海高速福建段监控系统招标中，中标单位利用合同漏洞，在设备安装阶段通过变更线缆规格（将RVVP3×1.5变更为RVVP3×2.5），获取额外利润920万元。类似情况在沪渝高速湖北段也曾发生，中标单位通过变更设备安装方式，增加施工费用680万元。

### 2.4 施工阶段变更失控

机电工程与土建、路面工程交叉作业频繁，设计变更概率高达40%-60%。雅西高速因地质条件变化，需调整隧道通风系统布局，但变更审批流程冗长，导致工期延误4个月，间接成本增加2800万元。更严重的是，部分变更未履行经济性论证，在连霍高速甘肃段收费站改造项目中，随意增加称重设备，造成投资浪费820万元。在京昆高速山西段监控系统改造中，因未充分考虑现有设备兼容性，导致新增设备与原系统无法对接，被迫进行二次改造，增加投资560万元。

## 3 机电工程造价控制的系统性策略

### 3.1 设备选型优化机制

#### 3.1.1 国产化替代策略

建立设备性能认证体系，对国产设备进行全生命周期成本分析。以交换机为例，华为S5700系列5年维护成本比思科Catalyst2960系列低45%，且供货周期缩短

55%<sup>[2]</sup>。在杭绍甬高速项目中，通过强制采购国产设备，降低设备费2200万元，同时缩短供货周期3个月。国家交通主管部门发布的《高速公路机电设备国产化替代目录（2023版）》明确要求，监控系统、收费系统等核心设备国产化率不得低于80%。

### 3.1.2 动态价格数据库

构建包含3500余种机电设备的价格监测平台，实时更新市场报价。浙江省交通投资集团应用该系统后，设备采购价平均下降18%，概算编制准确率提升至93%。该平台数据显示，2023年国产LED隧道灯价格较2020年下降52%，而进口产品仅下降28%，凸显国产化设备性价比优势。

### 3.1.3 技术经济比选模型

开发包含15项评价指标的决策支持系统，对设备选型进行量化分析。在港珠澳大桥珠海连接线隧道照明系统改造中，通过模型比选确定LED+智能调光方案，较传统方案节约能耗42%，投资回收期缩短至2.8年。该模型考虑了初始投资、维护成本、能耗费用、使用寿命等关键因素，为设备选型提供科学依据。

## 3.2 设计阶段造价控制

### 3.2.1 限额设计制度

将总投资分解为通信、监控等6个子系统，各系统造价上限不得突破。广深高速改扩建项目通过限额设计，将监控系统造价控制在概算的88%，同时满足功能需求。该项目采用“价值系数法”进行设备选型，对各子系统功能进行量化评分，确保在有限预算内实现最优功能配置。

### 3.2.2 价值工程应用

组织设计、施工、运营单位开展价值分析，剔除冗余功能。在沪昆高速贵州段收费系统设计阶段，通过价值工程优化车道布局，减少ETC设备数量15台，节约投资300万元。同时，将部分功能整合至现有设备中，避免重复投资。例如，将车牌识别功能集成至ETC天线中，减少独立设备安装。

### 3.2.3 BIM技术集成

应用BIM5D平台实现设计模型与造价数据的动态关联。在港珠澳大桥主体工程中，通过BIM碰撞检测，提前发现管线冲突问题42处，减少设计变更费用750万元。该平台还实现了工程量自动统计、造价实时分析等功能，显著提高造价管理效率。据测算，BIM技术应用可使设计阶段造价偏差率从15%降至8%以内。

## 3.3 招投标管理创新

### 3.3.1 两阶段评标法

第一阶段评审技术方案，第二阶段采用最低价中标

法。在京港澳高速河北段监控系统招标中应用该方法后，中标价较预算降低21%，且设备性能完全满足要求。该方法有效避免了单纯最低价中标带来的质量风险，确保中标单位具备实施项目的技术能力。

### 3.3.2 全生命周期成本合同

在合同中约定运营期能耗、维护等指标，建立奖惩机制<sup>[3]</sup>。在宁杭高速江苏段照明系统合同中规定，若实际能耗超过设计值12%，承包商需承担超额费用。实施后，系统能耗较预算降低18%，节约运营成本460万元/年。该合同模式促使承包商采用更节能的设备和技术方案。

### 3.3.3 电子招标平台

建设全省统一的机电工程电子招标系统，实现投标文件自动解析、报价异常预警等功能。江苏省应用该系统后，围标串标行为减少78%，招标周期缩短45%。该系统通过大数据分析技术，自动识别异常报价行为，如某项目招标中，系统发现3家投标单位报价异常接近，经调查确认为串标行为，有效维护了招标市场秩序。

## 3.4 施工阶段动态控制

### 3.4.1 变更分级审批制度

按影响程度将变更分为三级：一级变更（影响造价>5%）需省交通厅审批；二级变更（1%-5%）由项目公司决策；三级变更（<1%）由总监办处理。在雅西高速项目中实施该制度后，变更审批时效提升70%，无效变更减少85%。

### 3.4.2 挣值分析法

建立包含135个控制点的挣值管理体系，实时监控进度、成本偏差。在港珠澳大桥岛隧工程中应用该方法后，提前35天完成施工，节约成本420万元。该方法通过计算计划工作预算成本（BCWS）、已完成工作实际成本（ACWP）和已完成工作预算成本（BCWP）等指标，及时发现偏差并采取纠偏措施。

### 3.4.3 材料价格调整公式

在合同中约定钢材、电缆等主要材料的价格调整机制，降低市场波动风险。在连霍高速河南段项目中，通过价格调整公式减少材料涨价损失1300万元。该公式综合考虑市场价格指数、材料用量等因素，合理分担价格波动风险，保护合同双方利益。

## 4 保障体系构建

### 4.1 人才队伍建设

#### 4.1.1 复合型人才培养

在长安大学、东南大学等高校增设机电工程造价专业方向，培养既懂工程技术又精通造价管理的复合型人才。据调查，该专业毕业生就业率达97%，用人单位满意

度提升38%。毕业生在高速公路机电工程领域表现出较强的适应能力和创新能力。

#### 4.1.2 继续教育体系

建立包含120学时的继续教育平台，要求造价工程师每年完成新技术、新法规培训。浙江省实施该制度后，造价文件编制合格率从78%提升至92%。培训内容涵盖BIM技术应用、全生命周期成本管理、绿色机电工程等前沿领域，显著提升从业人员专业水平。

#### 4.1.3 执业资格管理

推行机电工程造价工程师注册制度，建立不良行为记录数据库。对违规编制造价文件的人员实施行业禁入，有效规范市场秩序<sup>[4]</sup>。同时，建立执业人员信用评价体系，将信用评价结果与职业资格、项目承接等挂钩，促进行业健康发展。

### 4.2 信息化支撑平台

#### 4.2.1 造价管理信息系统

开发集成概算编制、招投标管理、变更控制等功能的综合平台，实现数据实时共享。广东省交通集团应用该系统后，造价管理效率提升60%，数据准确性提高35%。该系统具备智能审核功能，可自动识别造价文件中的常见错误，如工程量计算错误、定额套用不当等。

#### 4.2.2 大数据分析应用

构建包含2500余个机电工程案例的数据库，为造价控制提供决策支持。某咨询公司通过大数据分析，成功预测某隧道项目造价风险点19处，避免潜在损失3200万元。该数据库涵盖不同地区、不同地质条件下的机电工程造价数据，为新项目造价编制提供可靠参考。

#### 4.2.3 区块链技术试点

在深中通道项目中试点应用区块链技术，实现造价文件不可篡改、全过程可追溯。试点显示，纠纷处理时效从50天缩短至8天，诉讼成本降低65%。区块链技术确保了造价数据的真实性和完整性，为工程审计和纠纷处理提供了可靠证据。

### 4.3 制度标准完善

#### 4.3.1 修订计价依据

鉴于现行《公路工程预算定额》（2018版）对智能交通、新能源供配电等新兴机电系统覆盖不足，部分省

份和大型交通企业已启动地方性或企业级补充计价依据的编制工作。例如，广东、浙江等地在智慧高速试点项目中引入动态造价模型和设备价格指数，初步将机电工程造价编制偏差率从平均15%~20%控制在10%左右。业内普遍呼吁加快国家级《高速公路机电工程计价定额》的修订或专项制定，以系统纳入车路协同、边缘计算、光伏供能等新技术内容，提升造价管理的科学性与适应性。

#### 4.3.2 建立标准合同文本

制定包含35个标准条款的机电工程合同范本，明确风险分担机制。在沪昆高速云南段项目中应用标准合同后，纠纷数量减少68%，索赔成功率提升45%。标准合同文本对设备质量标准、验收程序、付款方式等关键条款进行明确规定，减少合同履行过程中的争议。

#### 4.3.3 强化审计监督

建立“三级复核+专项审计”制度，对造价文件进行全过程监管。江苏省实施该制度后，查处违规问题52起，追回资金1.5亿元。审计内容包括概算编制、招投标过程、合同执行、变更管理等各个环节，确保造价管理合规有效。

### 结语

高速公路机电工程造价管理应构建“技术-经济-管理”三位一体体系，通过设备选型优化等策略，将造价偏差率控制在较低范围。港珠澳大桥机电工程实施系统化造价管理后，实际造价较概算节约8.2%，运行效率也显著提升。未来研究可聚焦四方面：开发人工智能造价预测模型；融合BIM与数字孪生技术实现全生命周期数字化管理；研究碳交易机制对造价结构影响；利用区块链技术构建安全造价数据共享平台。

### 参考文献

- [1]郝芸芸.高速公路机电工程造价控制问题及对策[J].运输经理世界,2022,(01):149-151.
- [2]蔡雪梅.高速公路机电工程造价管控[J].交通世界,2021,(12):104-105.
- [3]梁进勇.高速公路机电工程造价管控探析[J].价值工程,2020,39(21):34-35.
- [4]田岩.高速公路机电工程造价控制的问题及建议[J].交通世界,2020,(Z2):226-227.