

从而为后续的自动化寻找优良方案以及科学决策形成基础,使得改良进程得以有的放矢。

5.2 基于智能算法的优化求解策略

设计空间存在高维、非线性、多约束等特点,传统改良方法常常无法有效地解决相关问题。遗传算法、粒子群算法等智能改良算法,它们对于目标函数性状的要求比较宽松,而且具备很强的全局搜索能力,在这种类型的问题当中表现出一些优势。多目标进化算法经由单次运行,可以产生一组在目标空间里分布比较均匀的帕累托最优解集,这个解集当中的每个解均表示着一种在各个目标面前不可能再进一步一同改善的最好兼顾状况^[3]。这些智能算法给探寻复杂设计空间、找寻全局或者接近全局的帕累托最优方案提供了有力且实际的计算手段。

5.3 性能权衡分析与最优决策生成

获得帕累托最优解集之后,要按照项目具体的目标偏好来选定最终方案,这就涉及决策环节,而其中的核心在于执行性能权衡分析,也就是要综合考量各个方案的目标数值,透彻领悟不同性能指标之间的竞争关联以及替代所需的成本。决策人员可以凭借自身的工程经验或者经济性分析,确立起各个目标对应的权重,再利用加权求和之类的手段找出最为契合需求的调和结果。另外还可以采取交互式决策的方式,直接在可视化的帕累托前沿之上选取一个兼顾各方的点。这个过程会把经由计算得出的“多可能性”集合加以改善,并渐渐凝结成一个切实可行的“单方案”,从而成为关联改良理论和工程应用的重要纽带。

6 系统集成验证与性能评估

6.1 虚拟样机集成与仿真验证平台构建

完成详细设计之后,创建高度整合的虚拟样机平台以执行综合验证十分关键。这个平台把改良过的机械CAD模型、附有控制算法的动力学模型、包含驱动与传感模型以及真实的控制器硬件融合到协同仿真环境当中。利用“模型在环”或者“硬件在环”的仿真方法,便能在虚拟环境下运行完整的任务,考察系统的整体行为及其协同性能,这样就能有效地验证机械、电气、控制软件之间的接口适配情况以及工作顺序,预先显示出可能产生的物理干扰、信号矛盾等状况,进而大幅减小物理样机整合调试所面临的风险和成本,加快开发的速度。

6.2 系统关键性能指标量化评估体系

要想客观评定系统性能,就离不开全面且可量化的关

键性能指标体系。此体系需覆盖精度、动态、刚度、效率以及可靠性这些主要方面,各个指标都要明确自身的定义、考察条件和合格准则。经由对虚拟样机仿真产生的数据或者物理样机实际测量得到的数据展开处理和分析,就可以得出各指标的具体数值。这种量化评定既给判断设计是否合格赋予了客观参照,又为不同设计方案或者更新换代版本之间执行性能比较提供了科学依据,还是促使设计不断改良的数据根基,从而保障评定结果既准确又具有可比性,还能引导决策。

6.3 设计优化效果的迭代验证与闭环反馈方法

设计与改良属于一种动态且不断更新的过程,依靠虚拟或者物理样机所得到的性能评定结果,要严格参照最初的设计目的。如果察觉到关键指标未达到预期效果,就要探寻产生问题的深层次原因,并把结论准确地传达给设计流程里相关的上游步骤。这样一种“设计-改良-验证-反馈”的循环模式,可以促使系统性能经过许多次更新之后逐步加强^[4]。它把性能评定由消极的最后检测,变成成积极推动设计改良以及决策的关键部分,是保障系统最终性能得以完成甚至超出设计预期的重要因素,彰显出现代产品研制的要点所在。

7 结语

本文全面论述了自动化机械工程系统从设计、控制、建模、改良到验证的整个流程的方法论。研究表明,只有把机械、控制、仿真和改良技术紧密结合起来,用系统工程的思维去统筹,才有可能有效地解决高性能自动化装备研发过程中存在的复杂问题。创建依靠模型的虚拟设计和改良验证体系,可以明显改善设计的质量、缩减开发的时间并且减小研发的成本。未来,随着数字孪生、人工智能等技术不断被深入应用,这个领域将会朝着智能化、自主化和具有前瞻性方向不断发展,从而不断地助力高端装备制造技术取得更好的成果。

参考文献

- [1] 姜道锟.基于物联网的自动化机械加工系统设计与优化研究[J].装备维修技术,2024,(03):98-100.
- [2] 唐德佳,赵晓明.自动化技术在机械设备设计与制造中的运用策略[J].中国设备工程,2023,(01):82-84.
- [3] 周巍,陈帅,侯丹.面向大数据环境的自动化机械仪表控制系统设计[J].制造业自动化,2022,44(01):206-208+212.
- [4] 王晨.液压机械系统的自动化设计[J].中国新技术新产品,2019,(02):35-36.

Research on Optimization of Material Cost Ratio in Large-section Cash-funded Expressway Projects-A Case Study of Zheng-Luo Section 3 Project

Yan Chen

CCCC First Highway Engineering Co., Ltd., Tianjin, 300450, China

Abstract

The material management work faces multiple challenges such as large project scale, high technical standards, complex geographical environment, and long construction period. The material demand covers various types of engineering materials such as roadbeds, pavements, bridges and culverts, including but not limited to asphalt, cement, steel, aggregates, traffic safety facilities, etc., with a wide variety, large quantity, and strict quality requirements. This article focuses on the optimization of the proportion of material costs for the Zhengzhou-Luoyang 3 section of the high-speed project. Effective material management in this study requires ensuring timely and controllable material supply, optimizing costs, and balancing on-site storage and logistics coordination to support the smooth implementation of the project according to design requirements and schedule. The resulting material management technology can provide theoretical support and technical reference for similar projects.

Keywords

Material cost; Cost optimization; Supply chain management

大标段现汇高速项目物资成本占比优化研究——以郑洛3标项目为例

陈岩

中交一公局第六工程有限公司, 中国·天津 300450

摘要

物资管理工作面临工程规模大、技术标准高、地理环境复杂、施工周期长等多重挑战。物资需求涵盖路基、路面、桥涵等各类工程材料,包括但不限于沥青、水泥、钢材、骨料、交安设施等,其品种多、数量大、质量要求严格。本文以郑洛3标为工程依托,具体展开大标段现汇高速项目物资成本占比优化研究,该研究有效的物资管理需确保材料供应及时、质量可控、成本优化,并兼顾现场存储与物流协调,以支撑项目按设计要求与进度计划顺利实施,形成的物资管理技术可为同类工程提供理论支撑与技术借鉴。

关键词

物资成本; 成本优化; 供应链管理

1 精准锚定项目特性, 构建差异化管控框架

郑洛高速 ZLGSTJ-3 标段(简称“郑洛3标”)由中交一公局集团有限公司主导实施,路线贯穿巩义市北山口镇、西村镇、鲁庄镇,全线采用双向六车道标准建设,路基宽度 34.5m,设计速度分段达 100-120km/h,桥涵荷载等级为公路-I级,路面轴载标准为双轮组单轴 100KN,设计交通量按 20 年使用寿命预测。

郑洛3标项目的现汇属性、六车道建设标准及跨区域施工特点,决定了物资管理需突破传统模式局限。项目路线

跨度大、施工点分散,涉及路基、桥涵等多类工程,对钢筋、水泥、沥青等主材及砂石骨料的需求量巨大且消耗不均衡;现汇模式下资金支付灵活的优势,为集中采购、锁定优质货源提供了支撑;而 20 年设计寿命的高标准要求,对物资质量的稳定性、耐久性提出了严苛要求。基于此,项目确立“质量优先、成本可控、供应稳定、数字赋能”的管控原则,建立“需求预测-采购实施-现场管理-成本监控”的全链条管理架构,确保物资管理与工程技术标准、施工进度要求精准匹配。

2 优化采购管理体系, 筑牢成本与质量双防线

2.1 科学选型采购模式, 发挥现汇优势的深度优化

本项目立足现汇支付的资金确定性优势,摒弃了传统

【作者简介】陈岩(1992—),男,中国黑龙江哈尔滨人,本科,工程师,从事施工现场物资设备经营管理研究。

项目常受制于资金压力的被动采购方式，主动构建了一套以“成本管控、质量优先、效率兼顾”为核心的“甲供为主、甲指乙供为辅”精细化采购模式。此模式的核心逻辑在于，依据物资对工程结构安全、长期性能及总体造价的影响程度，实施差异化的供应链管理策略，从而实现资源的最优配置与风险的有效隔离。

对于如钢筋、水泥、沥青等构成工程实体骨架、其性能直接决定结构寿命与安全的核心大宗材料，本项目实行严格的甲方集中采购。其优势在于多重协同：一是需求协同，依托中交一局集团强大的集采平台，将本项目需求与集团内同期其他项目需求进行整合，形成显著的采购规模，极大地增强了市场议价能力。二是战略协同，通过公开招标与综合评议，本项目与至少 3 家以上具备国家一级生产资质、信誉优良、产能稳定的行业头部企业签订长期战略供应协议。此类协议不仅实现了钢材、水泥等主材采购成本平均降低 7%-10% 的经济目标，更关键的是确保了在材料紧张时期依然能获得稳定的货源保障。三是财务协同，充分利用项目现汇资金充足、支付周期明确的特点，在与战略供应商的谈判中，将及时支付作为重要筹码，进一步争取到了诸如“现金折扣”、“保量优惠价”等财务优惠条件，使得采购总成本得以再次压缩，形成了资金优势向成本优势的直接转化。

对于非标预埋件、特殊功能的装饰材料、地域性强的辅助建材等物资，则采用更为灵活的“甲指乙供”模式。在此模式下，甲方的管理重心由“直接操作”转向“标准制定与过程监督”。本项目通过发布详细的《甲指乙供物资技术规格书》，明确限定产品的品牌范围（短名单制）、关键性能参数、技术标准及验收方法^[1]。施工单位（乙方）在甲方划定的框架内，行使采购执行权，负责具体的合同洽谈、物流组织与现场验收，但必须将采购合同、质量证明文件及发票报甲方备案审核。这一模式有效释放了现场管理灵活性与效率，避免了甲方陷入琐碎的零星采购事务，同时通过设定技术门槛和品牌范围，牢牢锁定了最终产品的质量底线，实现了“可控的灵活性”。这种权责清晰的划分，既保证了工程整体质量的统一性，又激发了供应链末端的积极性，是对集中采购模式的有力补充与完善。

2.2 建立分级供应商体系，强化源头管控的系统构建

为确保供应链的长期稳定与优质高效，本项目建立了一套科学、动态、闭环的分级供应商管理体系，其核心在于“量化评价、分级管理、激励与约束并存”，旨在从源头构建一道坚固的质量与风险防火墙。

首先，本项目制定了全面且可量化的供应商绩效考核标准体系。该体系超越传统的“低价中标”思维，从交货绩效（准时交货率、订单完成率）、质量绩效（到货验收合格率、现场使用不良率、第三方检测达标率）、服务绩效（技术响应速度、售后问题处理时效、协同配合度）及商业绩效（价格竞争力、成本优化建议贡献度）等多个维度进行季度与年

度综合考评。基于考评得分，将供应商清晰划分为三个层级：战略合作供应商、优先供应供应商和合格备选供应商。对于最高层级的战略合作供应商，本项目给予最大程度的订单倾斜（在框架协议内优先分配采购份额）、最优惠的付款条件（如更短的支付账期）以及深度参与新产品、新技术试用合作的优先权，旨在培育长期稳定、互利共生的战略合作生态。

其次，该体系具备强大的动态调整与前瞻性风险管理能力。本项目建立了敏感的价格监测与联动机制，当钢材、沥青等大宗商品的市场价格指数波动幅度超过 $\pm 5\%$ 时，系统自动触发价格复核与协商流程，依据长期协议中的调价公式进行公允调整，保障合作双方利益。更重要的是，本项目引入了基于项目全寿命周期成本（LCC）的管理视角。结合本项目长达 20 年的交通流量预测与养护规划，对关键材料（如高性能沥青、耐腐蚀钢材）的长期性能需求进行预判，并据此指导供应商的早期选择与产品定型。通过与战略供应商签订附带技术升级条款的长期供货意向，甚至采用“远期锁定”或“产能预订”等方式，提前规避因市场资源紧张或原材料价格剧烈波动带来的供应风险与成本失控风险，确保了项目长期运营期内的材料可追溯性与质量一致性。

最后，本项目严格执行源头准入审核，筑牢第一道防线。所有潜在供应商必须通过严格的资格预审，本项目不仅核查其营业执照、生产许可证、产品认证等基础资质，更着重审查其过往同类项目的供货业绩、用户评价以及第三方权威机构出具的产品型式检验报告。特别是对于沥青、玄武岩集料等对路面质量起决定性作用的关键材料，本项目要求其技术指标必须完全符合乃至优于《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）等国家及行业强制性标准，并要求供应商提供完整的生产工艺流程说明及质量控制体系文件。对于重要材料，本项目还会组织技术人员进行实地工厂考察，对其生产设备、实验室能力及质量管理过程进行现场评估，确保其具备持续稳定供应合格产品的能力，从而将质量管控的关口前移至生产源头，为打造百年品质工程奠定坚实的物资基础。

3 强化现场全流程管控，保障供应高效有序

3.1 构建精细化需求预测体系，实现供需动态平衡

为确保项目建设过程中物资供应与施工节奏的高度协同，避免因供需失衡导致的成本浪费或进度延误，本项目建立了以数据驱动、滚动调整为核心的精细化需求预测管理体系。该体系的核心在于将宏观的施工计划转化为精准的物资需求语言，并动态响应现场变化。

本项目摒弃了粗放式的总量预估，创新性地实施“月度精准计划+季度滚动调整”的双层预测机制。

针对砂石骨料、土方等受地域资源、天气和运输条件影响较大的地材，本项目的预测管理进一步前置。不仅预测需求量，更将供应链韧性纳入规划。本项目会同物流部门，提前规划并评估多条运输路线，运用交通大数据平台分析常