

Research on performance evaluation of expressway project management in the new era

Zhongbo Zhao

Xinjiang Communications Investment Construction Management Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830501, China

Abstract

Highway Engineering is an important part of the national comprehensive transportation system, with large investment scale, long construction cycle and many participants. Management performance directly determines the efficiency of resource allocation and the level of value creation in the whole life cycle. In the new development stage, the restriction of land elements, the improvement of technical complexity, the strengthening of Green Governance and the rapid popularization of digital construction make the traditional result oriented management mode difficult to meet the needs of project governance. Based on the analysis framework of goal oriented management theory, value engineering and data governance paradigm, this paper studies from four dimensions: the theoretical basis of performance evaluation, the construction of evaluation index system, data-driven model path and institutional coordination mechanism, and puts forward the governance strategies of phased evaluation, digital twin empowerment and collaborative optimization of stakeholders, in order to provide method support and decision-making basis for highway project management in the new era.

Keywords

Highway Engineering; Performance evaluation; Project management; Digital governance

新时期高速公路工程项目管理绩效评价研究

赵忠波

新疆交投建设管理有限责任公司，中国·新疆 乌鲁木齐 830501

摘要

高速公路工程是国家综合交通体系的重要组成部分，其投资规模庞大、建设周期长、参与主体众多，管理绩效直接决定资源配置效率与全生命周期价值创造水平。在新发展阶段，土地要素约束、技术复杂性提升、绿色治理强化与数字化施工迅速普及，使传统以结果为导向的管理模式难以适应项目治理需求。本文以目标导向管理理论、价值工程与数据治理范式为分析框架，从绩效评价的理论基础、评价指标体系构建、数据驱动模型路径与制度协同机制四个维度展开研究，并提出分阶段评价、数字孪生赋能与利益主体协同优化的治理策略，以期为新时期高速公路项目管理提供方法支持与决策依据。

关键词

高速公路工程；绩效评价；项目管理；数字化治理

1 引言

高速公路工程项目管理绩效具有多维目标属性，其评价不再局限于造价控制、施工质量与节点进度这一传统“三要素”，而是扩展至工程安全稳定、环境友好性、供应链韧性、全生命周期经济性以及区域经济活动辐射等维度。其核心逻辑在于投资方强调资本效率及项目投资回报，政府主管部门关注公共治理责任、合规性与生态保护，承包企业追求利润目标与施工效率，运营单位关注交通通达性与服务能力。因此，高速公路工程绩效评价必然从单一维度走向多主体价值均衡的评价范式，通过综合指标体系体现不同利益目标的协同，实现“工程成果—社会效益—运营绩效”三重价

值统一。

2 高速公路工程项目绩效指标体系的构建原则与结构设计

2.1 指标体系构建原则分析

高速公路工程项目绩效指标体系的构建应以科学性为基础，通过指标与工程目标之间的逻辑一致性确保评价结果真实反映项目绩效状态。科学性首先体现于指标可度量、可解释和可验证，即指标必须与工程实体属性或管理行为存在清晰因果映射，例如路面平整度指数与摊铺温控策略呈显著相关，桥梁线形偏差能够反映张拉过程参数控制水平，供应链履约率可直接反映材料到场能力与组织协同效率。系统性要求指标体系覆盖工程建设全过程，包括策划、调查设计、施工组织、质量控制、安全治理乃至试运行阶段，使评价不单针对结果指标，而形成“输入—过程—输出—影响”的多

【作者简介】赵忠波（1985-），男，中国山东菏泽人，本科，高级工程师，从事公路工程项目管理研究。

维结构。差异化原则强调指标必须与项目情境相适应，高速公路工程受地形地貌、气候环境、资金结构及建设模式影响明显，山区隧道群项目的绩效侧重点与平原路基大断面段存在本质差异，因此指标权重与评价阈值必须根据地质风险等级、工序耦合程度与工期紧迫性进行调整，否则将导致指标“同质化”而失去治理有效性。可操作性原则则要求指标具备明确的数据获取路径、统计周期与判定标准，避免“抽象指标”或“空洞指标”，如针对施工安全绩效，不应仅以事故数量衡量，而应采用危险源识别准确率、作业许可闭环完成率、监测报警响应时效等过程指标，使评价体系具备实际管理意义。

2.2 “层级—维度—指标—数据源”的结构化指标体系设计

面向新时期高速公路工程治理需求，绩效指标体系建议采用“层级—维度—指标—数据源”的四层结构，以确保评价目标与项目执行状态保持一致。目标层用于锚定项目全生命周期价值，包括建设质量、投资效率、工程安全、环境友好与运营服务能力，体现绩效评价的战略指向；维度层将目标解构为可管理的核心领域，如工程质量维度涵盖结构性能、材料合格性与工序稳定性，进度维度聚焦关键节点达成

与关键路径偏差，成本维度针对资金使用效率、供应链资源占用与变更控制能力，安全维度关注事故预防、危险源控制与施工行为合规性，绿色与社会维度则纳入生态扰动、节能指标与社会接受度等内容；指标层呈现可量化对象，包括面向施工实体的硬指标，如路基压实模量、隧道衬砌强度、桩基完整性，也包括行为指标，如节点延误率、施工装备利用率、供应链到货稳定性与作业许可闭环完成度；数据源层则规定指标的采集方式，包括物联网传感器输出、试验检测数据、施工日志、人员行为数据、供应链履约记录及监测报警响应时间等，通过确定采集频率与自动化程度，使指标体系不依赖经验判断，而以客观数据构成评价依据。上述结构可实现从“指标孤岛”到“指标网络”的转变，通过指标之间的逻辑关联形成动态治理能力，使绩效评价不再停留于静态结果描述，而在项目执行过程中对偏差趋势进行识别，从而促使管理行为提前介入并形成闭环调控。

如图 1 所示，“层级—维度—指标—数据源”的四层结构将生命周期绩效目标依次分解为可管理维度与可量化指标，并通过统一的数据源体系实现客观采集与动态更新，使指标体系从静态列举走向过程化、网络化治理。

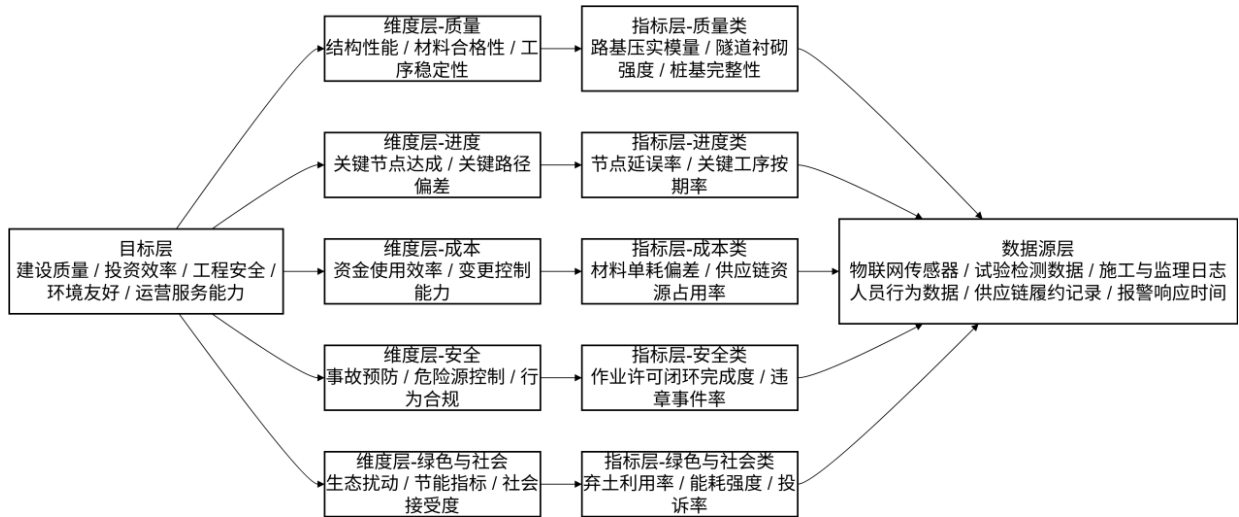


图 1 高速公路建设绩效评价的结构化指标体系

3 高速公路施工与交付阶段的动态治理机制

3.1 施工节点：过程质量闭环与风险释放控制

施工阶段处于高速公路生命周期治理的执行中心，其核心任务不仅在于实现设计图纸的实体化，更在于在动态环境中控制质量偏差、吸收前期阶段可能累积的技术与组织风险。传统施工管理侧重事后验收与规范校核，忽视施工过程的动态波动性，使得质量偏差在阶段内难以及时发现，从而在竣工后表现为结构性能的不确定性。现代施工治理应以过程闭环管理为理念，通过实时监测、模型预测与反馈调节构建“目标—执行—验证—修正”的动态机制。

施工治理的另一关键维度是质量责任链与数据可追溯体系的构建。材料性能、施工机具状态、工序衔接质量与环境因素均需纳入统一的质量评价体系，通过数字化工具实现信息同步采集与自动校核，从而避免人为经验“掩盖”质量波动。质量数据应建立跨主体共享机制，使监理单位、设计单位与建设单位均能基于同一数据源实现实时校核，形成施工行为的透明化治理结构。同时，施工阶段的风险释放应通过精细化组织管理来实现，包括对关键工序设定风险阈值、建立动态调度机制、强化分包责任边界等，以防止因组织不协调导致工程节点性风险扩大。通过上述路径，施工节点能够实现质量偏差的即时反馈与风险的提前释放，使工程实体

性能在施工阶段即得到有效保障。

3.2 交付节点：性能量化评估与责任边界转移

竣工交付节点在高速公路生命周期中具有制度转换与责任重构的双重功能，其治理核心不在于“项目完成”，而在于是否能够在工程性能、质量责任与未来维护机制之间形成清晰的界面。传统交付模式往往依赖外观检查、局部指标测试和结构完整性评定，无法充分反映工程长期服役能力，使得部分潜在缺陷在运营期才逐步暴露，导致维护压力加剧甚至风险事件发生。因此，交付节点应从静态验收向性能导向评估转型，通过综合量化指标体系评估工程实体的长期耐久性与服务能力。交付阶段的治理逻辑还体现在责任边界的制度化划分中。设计单位应对寿命预测误差承担相应责任，施工单位需对潜在工艺缺陷提供质量保证，运营单位则需在明确的性能基准下开展维护活动。通过绩效约束机制，可将责任主体在全生命周期中的行为纳入统一评价体系，使其激励方向与长期性能目标保持一致。与此同时，交付节点应通过信息回收机制，将施工过程数据、材料批次信息与现场测试结果纳入数字孪生平台，使工程的初始状态能够在虚拟模型中得到准确表达，为运营期性能仿真、病害预测与维护策略优化提供数据基础。最终，交付节点由单一质量认定环节转变为全生命周期治理的制度枢纽，使工程资产在进入运营阶段前即具备透明、可靠与可追溯的性能基础。

4 运营维护阶段的价值回流与生命周期治理工具体系

4.1 结构衰退机理模型与维护干预策略

高速公路运营阶段的核心特征在于结构性能随时间呈现衰退趋势，这一过程受荷载谱变化、环境暴露等级、材料老化行为及施工偏差等多源因素共同影响。路面结构中，车辙增长、疲劳裂缝扩展与表面抗滑性能衰退是最典型的病害，其演化路径具有明显的累积性与不可逆性。基于 Pavement Management System (PMS) 的预测模型，可通过车流增长率、等效标准轴载、温度梯度及材料粘弹系数构建车辙增长与裂缝扩展曲线，使维护行为从经验性判断转向定量化调控。在此基础上，可根据关键性能指标变化率确定最佳干预窗口，例如在车辙发展曲线的加速段前实施薄层罩面，可显著降低未来养护成本，并避免因结构损伤叠加导致的整体翻修。

对于桥梁与隧道等结构性工程，疲劳裂纹萌生、钢筋腐蚀扩散及耐久性衰退规律更具复杂性。腐蚀环境指数、氯离子扩散模型、钢筋失重率与混凝土碳化深度等指标可用于构建剩余寿命评估模型，通过分段线性拟合或概率可靠性分析预测结构耐久性边界。采用健康监测系统 (SHM)，通过布设应变计、加速度传感器、位移计与湿度监测节点，可实时捕捉结构响应的微小变化，实现对病害萌生阶段的提前识别。在维护策略制定中，不仅需考虑技术层面的恢复效果，

还应综合区域交通功能、社会成本与施工扰动等外部约束。

4.2 生命周期治理的数字化与制度化实现路径

全生命周期治理的现代化进程依赖数字化工具体系与制度结构的协同构建。数字化方面，BIM 与 GIS 的融合技术能够实现空间信息、材料参数、地理环境及施工记录的可视化整合，使工程实体的几何特征、材料性能与施工过程状态在三维空间中同步表达。在运营阶段，通过与传感器网络、视频识别系统与交通流监测平台联动，数字孪生系统可实时呈现结构性能演化与交通负荷变化，实现工程实体在虚拟空间中的即时映射。通过对虚实模型间偏差的持续分析，可进行病害趋势预测、维护策略模拟与风险场景再现，从而显著提高养护决策精准度。

制度框架是生命周期治理得以落地的关键保障。传统竣工验收制度以阶段性评价为主，难以覆盖结构全寿命的性能要求，因此需要构建以“性能目标”为核心的长期治理制度。性能合同机制要求设计、施工与运营主体在合同中明确寿命指标、结构耐久性阈值与维护责任边界，使治理目标从短期交付转向长期性能；责任链制度通过全过程质量追溯与问责体系，确保各主体在决策、设计、施工与维护阶段承担一致的绩效责任；全生命周期成本 (LCC) 核算体系则通过将建设成本、维护成本与社会经济成本纳入同一评估框架，引导投资主体从“短期造价最低”转向“长期成本最优”。当制度保障与数字化工具形成协同后，高速公路建设便可实现从线性治理向循环治理、从经验判断向预测管理的深层转型，为工程资产的长期稳定与价值最大化提供系统化支撑。

5 结论

新时期高速公路工程项目管理绩效评价呈现从事后验证向过程治理、从单一目标向多维价值、从经验判断向数据驱动的深度演化趋势。科学指标体系必须锚定全生命周期价值，并通过数据采集、模型反馈与制度协同形成治理闭环。实践证明，动态数据驱动评价不仅能降低工程偏差风险，还能提升供应链效率、施工组织能力与安全韧性，是当代高速公路建设实现高质量发展的关键路径。未来研究应进一步引入碳排放指标、数字孪生结构监测与风险博弈机制，为绩效评价提供更加精准与前瞻的决策基础。

参考文献

- [1] 王恩雨.高速公路项目中机电工程监理的精细化成本控制方法[J].运输经理世界,2025,(14):154-156.
- [2] 邓媛媛,蒋雨航,陈惺,等.基于云模型的高速公路工程项目母子公司协同水平评价研究[J].工程管理学报,2025,39(3):71-77.
- [3] 王青娥,彭玉珍,樊金婵,等.高速公路工程品质影响因素作用机理[J].公路交通科技,2025,42(4):85-93.
- [4] 程万里,吴建平,吴赞平,等.高速公路养护工程项目管理规范创新[J].交通企业管理,2025,40(6):37-39.
- [5] 曹成龙.浅析智慧高速公路机电工程项目管理[J].中国设备工程,2025,(11):26-28.