

改扩建公路交通导改方案优化与现场管控实践研究

张子承

新疆公路建设（集团）有限责任公司，中国·新疆 昌吉 831100

摘要：随着我国公路基础设施全面进入存量提质与增量结构调整并重的新阶段，改扩建工程已成为提升路网通行能力和服务水平的核心手段。与新建工程不同，改扩建工程必须在维持既有道路通行的前提下实施，交通导改方案的设计与现场管控直接决定了施工安全、通行效率及社会影响。本文系统综述了改扩建公路交通导改方案优化与现场管控的理论演进、关键技术及管理创新，涵盖基于多源数据的交通流精准预测与仿真评估、动态自适应导改方案设计、智能感知与数字孪生赋能的现场管控、以及“施工—通行—应急”多维协同机制等核心维度。文章指出，当前研究与实践正从静态经验型导改向数据驱动的动态优化转变，从单一交通管制向全要素、全过程、全场景的系统集成管控升级。然而，仍面临复杂工况下仿真模型失真、导改设施标准化不足、现场响应滞后、跨部门协同机制不畅及公众信息服务精准度低等瓶颈。针对上述挑战，提出构建“感知—决策—执行—反馈”闭环的智能导改体系、发展基于实时交通状态的弹性导改策略、完善导改设施全生命周期管理与标准化规范、健全多方联动的应急处突机制等系统性对策。研究表明，交通导改不仅是技术方案的制定，更是集交通工程、安全管理、信息技术与社会治理于一体的系统工程，其成功实施依赖于对“车流精准认知、方案动态适配、现场高效执行、风险主动防控”四位一体能力的全面提升。唯有打破专业壁垒与管理惯性，实现技术方案与现场管控的深度融合，方能真正支撑改扩建工程的安全、高效、和谐推进，为我国公路网高质量发展提供坚实保障。

关键词：改扩建工程；交通导改；方案优化；现场管控；交通仿真；数字孪生；动态管控

Optimization of Traffic Diversion Schemes and On-Site Management Practices for Highway Expansion Projects

Zhang Zicheng

Xinjiang Highway Construction (Group) Co., Ltd., China Xinjiang Changji 831100

Abstract: As China's highway infrastructure enters a new phase emphasizing both quality improvement of existing assets and structural adjustment of incremental development, expansion and reconstruction projects have become the core approach to enhancing network capacity and service levels. Unlike new construction projects, expansion works must be carried out while maintaining traffic flow on existing roads, making the design of traffic diversion schemes and on-site management directly critical to construction safety, traffic efficiency, and social impact. This paper systematically reviews the theoretical evolution, key technologies, and management innovations in optimizing traffic diversion schemes and managing on-site operations for highway expansion projects. It covers core dimensions including precise traffic flow prediction and simulation evaluation based on multi-source data, dynamic adaptive diversion planning, intelligent perception and digital twin-enabled on-site control, and multidimensional coordination mechanisms integrating construction, traffic operation, and emergency response. The study highlights that current research and practice are shifting from static, experience-based diversion methods toward data-driven dynamic optimization, evolving from single traffic control measures to integrated, full-element, full-process, and scenario-based system management. However, challenges remain, such as model distortion under complex conditions, insufficient standardization of diversion facilities, delayed on-site responses, poor inter-departmental coordination, and low accuracy in public information services. To address these issues, this paper proposes systematic solutions, including establishing a closed-loop intelligent diversion system encompassing perception, decision-making, execution, and feedback; developing elastic diversion strategies based on real-time traffic conditions; improving lifecycle management and standardization of diversion facilities; and strengthening multi-party collaborative emergency response mechanisms. Research shows that traffic diversion is not merely about technical planning but represents a systemic engineering endeavor integrating transportation engineering, safety management, information technology, and social governance.

Successful implementation depends on comprehensive enhancement of four capabilities: accurate understanding of traffic flow, dynamic adaptation of plans, efficient on-site execution, and proactive risk prevention. Only by breaking down professional silos and overcoming management inertia—achieving deep integration between technical planning and on-site control—can we truly support safe, efficient, and harmonious progress in expansion projects, providing solid assurance for high-quality development of China's highway network.

Keywords: Expansion project; Traffic diversion; Scheme optimization; On-site management; Traffic simulation; Digital twin; Dynamic control

0 引言

我国早期建设的高速公路及国省干线陆续进入改扩建高峰期, 此类工程普遍具有“边通车、边施工”的显著特征, 交通组织难度远超新建项目。交通导改作为连接施工与通行的关键纽带, 其方案合理性与管控有效性直接关系到作业人员生命安全、社会车辆通行效率及区域路网运行稳定性。传统导改模式多依赖设计人员经验与定性判断, 方案一旦确定便相对固化, 难以应对施工中频繁出现的交通流波动、突发事件及天气变化等动态因素; 现场管控则以人工巡查与被动响应为主, 信息传递链条长、处置时效差, 易引发二次事故或长时间拥堵。近年来, 随着交通大数据、高精度地图、车路协同、人工智能及数字孪生等技术的快速发展, 为交通导改的精细化、智能化提供了全新可能。同时, 社会公众对出行体验与安全的要求日益提高, 也对导改管理提出了更高标准。但碎片化的技术应用与局部管理改进尚未形成系统集成能力, 导改方案与现场执行“两张皮”、技术先进但落地困难等问题依然突出。因此, 亟需以改扩建工程的特殊性为出发点, 系统梳理交通导改方案优化与现场管控的关键要点, 剖析现实痛点并探索系统性解决方案。这不仅是提升单个项目品质的技术问题, 更是推动我国公路建设与运营管理模式转型升级、实现高质量发展的战略性命题。本文旨在通过综述现有研究与实践, 厘清关键问题, 展望未来方向, 为行业提供系统性参考^[1]。

1 现实审视: 交通导改方案优化与现场管控的成效与瓶颈

要推动交通导改从经验驱动走向科学精准, 必须客观评估其在改扩建工程中的实际应用效果与深层制约因素。

1.1 数据驱动与仿真技术初步提升导改方案科学性

近年来, 部分先行项目在导改方案优化方面进行了积极探索, 取得了阶段性成效。在方案设计阶段, 引入手机信令、etc 门架、浮动车 gps 等多源交通数据, 结合微观交通仿真软件 (如 vissim、paramics), 对导改前后的交通流分布、排队长度、延误时间等进行量化评估, 使方案比选

更具客观依据。例如, 某高速改扩建项目通过仿真发现原定的单向双车道保通方案在高峰时段服务水平降至 f 级, 及时调整为一侧双向四车道临时通行, 有效避免了常态化拥堵; 在设施布设方面, 采用可变信息标志、智能锥桶、声光报警等设备, 增强了导改区的警示性与引导性; 在信息发布方面, 联合导航平台推送实时绕行建议, 分流效果显著。这些实践表明, 数据与仿真能够有效弥补经验判断的盲区, 提升导改方案的预见性与适应性。更重要的是, 部分项目开始将施工计划与交通组织同步编制, 使导改方案与工序安排深度耦合。这种从“拍脑袋”到“算出来”的认知转变, 为后续动态优化奠定了实践基础^[2]。

1.2 动态适应性不足与现场响应滞后制约管控效能

尽管初期成效显著, 但导改方案与现场管控在深层次仍面临多重挑战。首要问题是仿真模型与现实工况存在偏差: 多数仿真基于理想化假设, 未充分考虑驾驶员行为异质性、恶劣天气影响、施工机械出入干扰等因素, 导致预测结果与实际运行状态脱节; 模型参数校准依赖历史数据, 对突发流量或新型交通组成 (如新能源车比例上升) 适应能力弱。其次, 导改方案缺乏弹性调整机制: 一旦批复, 变更程序繁琐, 难以根据实时交通状态快速优化; 固定式导改设施无法随车流变化动态调整车道功能或限速值, 造成资源浪费或风险累积。更深层的是, 现场管控仍以被动响应为主: 依赖人工巡逻发现问题, 信息上报、指令下达、措施落实链条长, 平均处置时间超过 30 分钟; 缺乏对导改区运行状态的实时感知与预警能力, 往往在拥堵或事故发生后才介入, 错失最佳干预窗口。这种“方案僵化”与“响应迟缓”的矛盾, 暴露出导改管理在动态适应性上的断层^[3]。

1.3 标准缺失与协同机制缺位阻碍系统化集成

导改管理的有效性最终取决于标准体系的完善与多方协同的顺畅。目前, 导改设施与设计缺乏统一技术标准: 不同省份、不同项目对锥桶间距、标志尺寸、过渡段长度等要求不一, 导致驾驶员认知混乱; 临时交安设施质量参差不齐, 反光性能、抗风等级不达标, 夜间或恶劣天气下

失效风险高；导改方案审批、变更、验收等环节无明确规范，责任边界模糊。在协同机制上，交警、路政、业主、施工、养护等单位职责交叉但联动不足，信息共享靠微信群、协调靠电话会议，应急响应缺乏预案演练与联合指挥平台；公众信息服务渠道分散，导航平台、广播电台、可变情报板信息不一致，削弱了分流效果。此外，复合型人才培养滞后：技术人员精通交通工程但不了解施工工艺，施工人员熟悉工序但缺乏交通组织知识，难以胜任接口部位的协同决策。这种“有数据无标准、有协作无机制、有工具无能力”的困境，使得导改管理难以从点状突破走向系统集成。若不打通标准链路、重构协同关系、培育复合人才，再先进的导改理念也难逃形式化命运^[4]。

2 路径探索：面向系统效能的交通导改优化创新策略

破解上述系统性难题，需以“安全、畅通、高效、和谐”为目标，重构技术体系、管理机制与数据生态。

2.1 构建“感知－决策－执行－反馈”闭环的智能导改体系

应超越静态方案设计，打造贯通全周期的动态导改智能体。首先，强化全域感知能力：在导改区部署毫米波雷达、视频 ai、气象站、车载终端等设备，实时采集车流密度、速度、车型、排队长度、能见度及施工活动状态；融合互联网导航数据与移动通信数据，获取宏观路网运行态势，构建高保真、可计算的导改区数字孪生体。其次，发展自适应决策引擎：基于强化学习与在线仿真，建立交通状态－导改策略映射模型，当实测指标偏离阈值时，自动推荐车道调整、限速变更、信号配时优化或分流诱导等策略；嵌入专家知识库与历史案例库，对推荐策略进行安全合规性校验。特别要强化执行与反馈闭环：将决策指令自动下发至可变标志、智能锥桶、信号灯等执行设备，并同步推送至管理人员移动终端；通过感知设备验证措施效果，若未达预期则触发二次优化；所有过程数据归档，用于模型迭代与知识沉淀。通过“实时感知＋智能决策＋自动执行＋效果验证”四位一体，使导改管理从预设脚本升级为动态智能系统^[5]。

2.2 发展基于实时交通状态的弹性导改设计与设施标准

必须将导改设计从“一次性成果”转变为“可演化过程”，建立面向动态适应的技术体系。在设计阶段，推行“基准方案＋弹性模块”架构：基准方案满足基本安全与通行需求，弹性模块预设多种可调参数（如车道宽度、过

渡段坡度、限速梯度），根据实时交通状态组合调用；利用多情景仿真，预演极端天气、事故、大流量等条件下的导改响应，优化弹性模块配置。在设施层面，推动导改设施标准化与智能化：制定全国统一的改扩建工程临时交通安全设施技术规范，明确材料性能、布设规则与维护要求；推广使用带 rfid/ 蓝牙定位的智能锥桶、可远程调控的 led 标志、自发光轮廓标等，支持状态监测与远程控制；开发模块化、快装式隔离设施，缩短调整时间。特别要建立导改效果后评估机制：除常规通行指标外，增加驾驶员行为合规率、设施完好率、事件响应时效等反映管控质量的评估项；引入第三方独立评估，避免自我评价偏差。通过“弹性设计＋智能设施＋效果验证”的系统方法，使导改方案真正具备随环境变化的生命力^[6]。

2.3 健全多方协同与公众服务长效机制

技术落地需制度保障与社会共治双重发力。应由交通运输部门牵头，制定《改扩建公路工程交通导改技术指南》与《临时交通安全设施管理办法》，明确各方职责、工作流程、数据共享义务及应急联动机制，填补制度空白。推动建立“一路多方”联合指挥中心：整合交警、路政、业主、施工、救援等单位资源，实行集中办公或虚拟协同；设立导改专职协调岗，负责日常监测、策略调整与应急处置；将导改绩效纳入合同考核与信用评价，建立利益共享、风险共担机制。在公众服务上，打造一体化信息发布平台：统一对接导航 app、广播、社交媒体、可变情报板等渠道，确保信息同源、同步、同口径；提供个性化出行建议，如基于 od 的绕行路线、预计延误时间、施工区风险提示等；建立公众反馈渠道，收集用户对导改措施的意见，用于持续优化。特别要加强能力建设：开展跨专业培训，培养既懂交通又懂施工的复合型人才；编制导改典型案例集与操作手册，促进知识传承；定期组织应急演练，提升实战能力。唯有将导改管理嵌入制度、组织与社会之中，方能实现从项目级探索到行业级推广的跨越。

3 结语

改扩建公路工程交通导改方案优化与现场管控，绝非简单的交通管制或施工组织，而是一场涉及工程哲学、管理范式与社会治理的深刻变革。它要求我们超越“保通即完成任务”的狭隘视角，重新定义导改的本质——不是对交通流的强制约束，而是对施工与通行矛盾的动态平衡与系统调和。在这一进程中，既要追求方案的科学严谨，也要敬畏交通系统的复杂性与人的行为不确定性；既要相信数据与算法的强大，也要珍视一线人员的经验直觉与现场

智慧；既要关注技术指标的达成，更要心系每一位出行者的安全感受与社会的整体福祉。真正的优化，诞生于对每一处交通冲突点的细致洞察，成型于对每一个导改环节的精心把控，升华于对生命至上与人民满意理念的真诚践行。我们应当以谦卑之心对待每一次导改实践，它们承载着工程的理性、管理的温度与社会的期待，是公路改扩建中不可替代的守护时刻。这不仅是技术的精进，更是对“安全、便捷、高效、绿色、经济”现代综合交通运输体系理念在存量时代的重新诠释与坚定践行。当数据精准描绘车流的脉搏，当设施柔性引导通行的节奏，当多方在信任中协同守护，那便是对中国公路高质量发展最踏实、最沉默、也最有力的注解。这条通往导改管理卓越的道路注定充满挑战与反复，但每一步基于系统思维、实证精神与人文关怀的探索，都在为中国公路网的可持续未来奠定更加坚实、更加智慧、更加负责任的基石。

参考文献：

- [1] 张浩. 改扩建公路工程路基施工技术研究[J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2026(14): 159-161. DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202614052.
- [2] 王勇. 公路改扩建为城市道路的横断面设计研究[J]. 城市建设, 2026(10): 36-38.
- [3] 彭卫东. 新建高速公路水泥稳定碎石透层、粘层施工方案设计[J]. 汽车画刊, 2026(3): 200-202.
- [4] 骆翔. 数智化技术在公路改扩建工程施工中的应用[J]. 建材发展导向, 2026, 24(4): 37-39. DOI:10.16673/j.cnki.jcfzdx.2026.0178.
- [5] 饶凯凯. 高速公路改扩建路基拼宽施工关键技术研究[J]. 运输经理世界, 2025(32): 13-15.
- [6] 邓国煌. 改扩建公路工程造价主要影响因素分析及控制措施[J]. 中国科技投资, 2025(21): 43-45.