

高速公路主动交通流管控效益评价方法研究

林培群¹, 蔡依花²

1. 华南理工大学, 广东 广州 510641

2. 广东省交通集团有限公司, 广东 广州 510623

DOI: 10.61369/SSSD.2025160044

摘要：为落实财政部、交通运输部《关于支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级的通知》提出的示范通道通行效率提升20%的目标，本研究聚焦高速公路主动交通流管控技术效益评价问题，提出了以实际通行能力、平均行程速度为核心指标的效益评价方法。实验表明，主动管控能有效提升路段通行效率，而路网级评价需充分考虑关键路段交通流、路网OD分布的稳定性和可比性。

关键词：交通基础设施数字化转型升级；评价指标；主动交通流管控

Research on the Benefit Evaluation Method of Active Traffic Flow Management and Control on Expressways

Lin Peiqun¹, Cai Yihua²

1. South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510641

2. Guangdong Communications Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510623

Abstract： To achieve the goal of increasing the traffic efficiency of demonstration corridors by 20% as proposed in the "Notice on Supporting and Guiding the Digital Transformation and Upgrading of Highway and Waterway Transportation Infrastructure" jointly issued by the Ministry of Finance and the Ministry of Transport, this study focuses on the benefit evaluation of active traffic flow management and control technology on expressways, and proposes a benefit evaluation method with actual traffic capacity and average travel speed as the core indicators. Experiments show that active management and control can effectively improve the traffic efficiency of road sections, while network-level evaluation needs to fully consider the traffic flow of key road sections and the stability and comparability of road network OD distribution.

Keywords： digital transformation and upgrading of transportation infrastructure; evaluation indicators; active traffic flow management and control

引言

伴随着我国高速公路网规模持续扩大，交通流量快速增长，传统交通管理方式面临日益突出的拥堵问题和安全挑战。2024年4月，财政部与交通运输部联合发布的《关于支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级的通知》（财建〔2024〕96号）明确提出：通过数字化手段实现示范通道通行效率提升20%^[1]。主动交通流管控包括动态限速、匝道控制、车道动态分配、临时开放硬路肩等，可有效调节路段通行能力和交通流分布^[2-5]，然而，如何对通行效率提升效果进行测算目前尚无权威方法。

本研究围绕财建〔2024〕96号文提出的示范通道建设要求，重点探讨主动交通流管控效益评价方法。关注点包括：一是将政策目标转化为可操作的评价指标，为政策实施提供量化依据；二是推动行业决策模式从经验导向转向数据驱动。研究成果将为我国交通基础设施数字化转型升级项目的效益评价提供有益的技术参考。

一、效益评价指标

评价场景的标准化是确保结果可比性的关键。根据《公路网运行评价技术规范（送审稿）》中拥堵指数分级标准（如表1所示）。

表1 拥堵等级划分标准

定义：拥堵指数（Congestion Index）是衡量交通系统运行效率的量化指标，用于反映道路网络在特定时间内的拥堵程度。在工程应用中，将**中位行程时间与自由流行程时间之比**记作拥堵指数，也称拥堵延时比（当流量少于阈值，不统计拥堵指数记作-1）。参考《公路网运行评价技术规范（送审稿）》按照等级划分标准，将拥堵指数划分为5个等级进行评价主线（路段）、特定场景的拥堵程度，其中，I级、II级可视为畅通，III级、IV级可视为拥堵，V级视为严重拥堵。

表1 拥堵指数等级划分标准

分级	拥堵指数 T_c	
	高速公路	普通国、省道
I级	[1, 1.2)	[1, 1.5)
II级	[1.2, 1.5)	[1.5, 2)
III级	[1.5, 2)	[2, 3)
IV级	[2, 3)	[3, 5)
V级	≥ 3	≥ 5

对于 I、II 级畅通路段，管控措施的边际效益较低，不建议作为评价对象。当拥堵级别达到 III 级及以上时，实施主动管控措施才可能产生较显著的效益^[6-8]。从时间维度看，高速公路 III 级、IV 级和 V 级状态不会长时间持续存在，因为管控措施应选择合适时段，而效益评价亦是针对这些时段（如下文案例 1）。

（一）实际通行能力

实际通行能力是衡量交通设施在特定条件下疏导车流能力的核心指标之一，反映了道路在单位时间内能够通过的最大车辆数。计算公式为：

$$p = \frac{3600}{T_0} = \frac{1000v}{h_0} \quad (1)$$

其中， T_0 为最小安全车头时距， v 为车速， h_0 为最小安全车头间距。

效益计算如下：

$$\text{提升率} = \frac{P_{\text{管控后}} - P_{\text{管控前}}}{P_{\text{管控前}}} \times 100\% \quad (2)$$

（二）平均行程速度

平均行程速度是指车辆在高速公路特定区间内行驶距离与所用时间的比值，是反映高速公路通行效率的另一个核心指标。计算公式为：

$$v_{\text{avg}} = \frac{L}{T_{\text{actual}}} \quad (3)$$

其中， L 为行程距离， T_{actual} 为行程时间。

效益计算如下：

$$\text{速度提升率} = \frac{v_{\text{avg,管控后}} - v_{\text{avg,管控前}}}{v_{\text{avg,管控前}}} \times 100\% \quad (4)$$

二、案例分析

（一）路段案例

本研究以广州市南二环高速公路为例，选取其上下行方向共计 20 个主线基本路段作为研究对象。基于 2024 年 1 月至 2025 年 2 月的车辆通行流水，采用断面小时流量作为基础分析单元，通过 V/C 指标对路段拥挤程度进行量化评估。结果表明：在持续 14 个月的数据观测周期内，广州南二环高速整体交通运行呈现明显的时空不均衡特征，其中张松互通 - 顺德东互通、顺德东互通 - 张松互通等 2 个关键路段的服务水平仅为六级，表明这些路段在观测期内持续处于严重拥堵状态。

表 2 货车服务水平分析

路段	高峰小时货车交通量 [pcu/(h · ln)]	V/C 值	服务水平
张松互通 - 顺德东互通	1895	0.902	五级
顺德东互通 - 张松互通	1614	0.769	四级

具体时段方面，由图 1 可知，晚高峰车辆停车次数最大，宜采取主动交通流管控。经研究本文对张松互通 - 顺德东互通、顺德东互通 - 张松互通 2 个关键路段晚高峰时段实施了“动态限速 - 匝道控制”组合管控措施。结果表明：车辆平均速度提升 25.1%，路段实际通行能力提升 14.5%；数据说明所采取的管控措施效果显著。

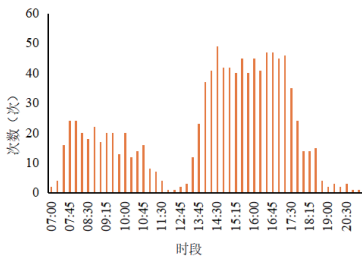


图 1 管控路段拥堵次数时间分布图

（二）路网案例

在上述广州南二环高速案例之外，本研究进一步对包含该路段在内的整个区域骨干路网（如图 2 所示）进行评价。



图 2 区域路网图

1. 交通量较大的路段

为深入分析区域路网交通运行特征，利用车辆通行流水对各路段分担情况进行分析，结果如图 3、图 4 所示。数据分析结果表明：广深高速占路网总流量超过 10%，是路网中的关键通道，改扩建施工造成局部分流，使其整体占比下降 1.87%（占区域总量的比例下降 0.2 个百分点）；同时段中，开展改扩建工程的广珠东线的路网流量比例也出现下降趋势，改扩建后占比下降 17.85%（占区域总量的比例下降 0.5 个百分点）。相关路段的管控和改扩建施工对整个路网将产生较大的影响。

对于具体施工路段，统计广深高速改扩建路段（门架 4C012D 与 4C011B 区间，约 6.7 公里）的车辆通行流水，结果发现：2024 年 4 月开始实施改扩建工程，车辆平均行程时间显著增加，7 月之后交通流发生了转移，行程时间又开始下降；7-12 月相比 3-6 月交通量下降 16.79%，车辆平均行程时间下降了 3.89%，如图 4、图 5 所示。

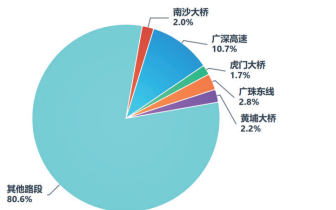


图 3 改扩建前路网各路段流量占总流量的比例

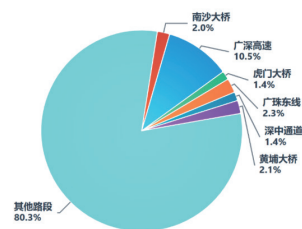


图4 改扩建后路网各路段流量占总流量的比例

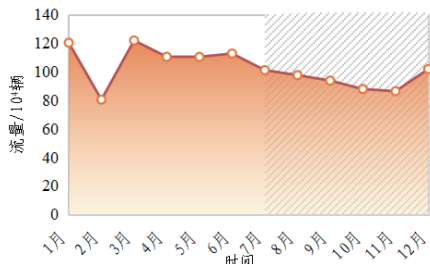


图5 广深高速观测区段2024年各月平均流量分布

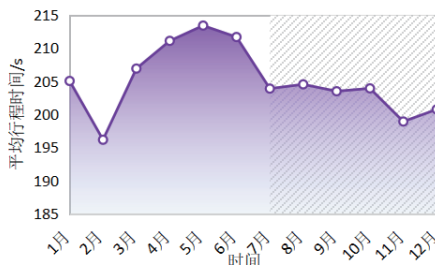


图6 广深高速观测区段2024年各月平均行程时间分布

2. 过江通道路段

基于车辆通行数据，本文对案例路网中的过江通道进行 OD 矩阵统计，据此分析深中通道开通前后路网交通流分布的变化，如图7、图8所示。由图可知，过江通道为路网的关键通道，其通行情况变化将显著影响路网 OD 分布^[9]。虎门大桥拟于2025年底进行改扩建施工，届时势必显著影响区域路网交通流分布，导致路网通行效率评价缺乏前后可比性^[10]。

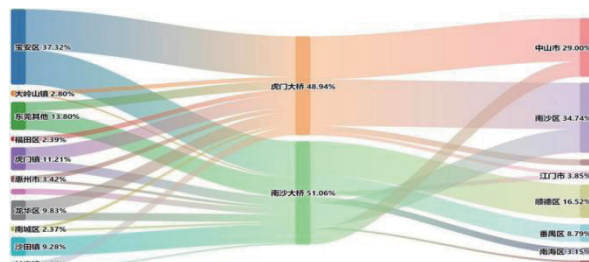


图7 深中通道开通前几条过江通道 OD 分布

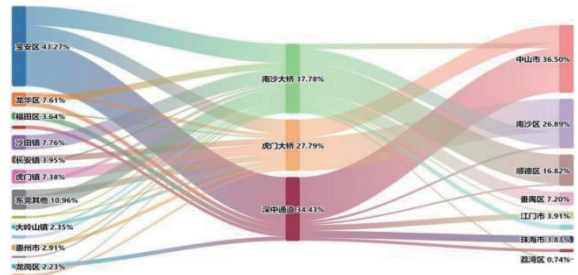


图8 深中通道开通后几条过江通道 OD 分布

3. 总结

路网中关键路段实施（或即将实施）改扩建工程，导致路段车道数、实际通行能力、通行需求量等指标持续发生变化，使得案例路网不具备通行效率提升幅度评价的基本条件。

三、结 语

本研究围绕高速公路主动交通流管控效益评价问题展开，通过分析我国高速公路数字化转型的目标和基础数据特点，采用平均行程速度、实际通行能力2个指标衡量通行效率提升情况。案例研究表明：主动交通流管控技术在提升路段通行效率方面具有较大潜力；此外，数据表明路网层面评价应充分考虑关键通道的通行条件和交通流稳定性，确保相关指标具有前后可比性。

参考文献

- [1] 财政部，交通运输部. 关于支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级的通知 [J]. 中华人民共和国财政部文告，2024(4): 42-45.
- [2] 赵伟，王锦锐，王羽然，等. 基于 RBF 神经网络的高速公路交通流预测研究 [J]. 交通世界，2024(15): 14-17.
- [3] 俞杰，杨胜垚，田胜雄. 基于 AI 视频分析的高速公路事件检测系统应用 [J]. 中国交通信息化，2025,(08):94-97.
- [4] 郭建，刘华，赵守阳. 高速公路巡检的未来趋势——基于人工智能的多模态数据融合与分析 [J]. 交通科技与管理，2024，5(24): 1-4.
- [5] 杨伟，祝凯. 交通强国背景下的城市智慧交通评价指标体系研究 [J]. 安徽建筑，2024，31(4): 149-152.
- [6] 冯蔚东. 基于自组织理论的交通流及其管控研究 [D].: 天津大学，1998.DOI: 10.7666/d.Y281867.
- [7] 彭飞，杜猛. 智慧高速交通流管控关键策略 [J]. 中国交通信息化，2023(S01):40-44.
- [8] 刘建蓓，王佐，许甜. 高速公路运行风险智能管控技术及应用 [M]. 上海科学技术出版社，2023.
- [9] 袁琛. 基于交通冲突的高速公路实时安全分析方法 [D]. 中南大学，2023.
- [10] 谢智英，罗石贵. 基于多级交通协同管控策略的智慧高速公路典型场景仿真与评价研究 [J]. 公路，2024(9).