

山区高速公路改扩建施工区通行能力影响因素分析

张燕明

(山西铁道职业技术学院, 山西 太原 030013)

摘要: 针对山区高速公路改扩建工程施工期间交通组织面临的严峻挑战,以桂柳高速改扩建工程为背景,通过系统界定施工区通行能力及其影响因素,为科学制定交通组织方案提供依据。基于施工区实测交通数据,构建了涵盖交通组成、车道关闭形式、限速、中央分隔带开口长度的通行能力修正系数体系,在整合上述修正系数后,提出了施工区通行能力修正模型。研究表明:小型车是该类改扩建高速的核心车型(占比超60%);1条、2条车道关闭场景下的通行能力修正系数分别为0.789、0.418;同时量化了不同限速与中央分隔带开口长度组合对应的修正系数。所构建的修正模型可支撑施工区车道配置、流量管控的量化决策,但受限于样本数据量,后续需拓展多地形样本并实现模型动态化,以提升其普适性和时效性。

关键词: 山区高速公路;改扩建;施工区;通行能力;影响因素分析

中图分类号: U418.8; TU997

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2026)05-0400-04

Analysis on Factors Affecting Traffic Capacity of Mountainous Expressway Reconstruction and Expansion Construction Zones

ZHANG Yanming

(Shanxi Railway Vocational and Technical College, Taiyuan 030013, China)

Abstract: In response to the severe challenges faced by traffic organization during the reconstruction and expansion of mountainous expressways, taking the reconstruction and expansion project of the Guilin-Liuzhou Expressway as a background, the traffic capacity of the construction area and its influencing factors are systematically defined, providing a basis for scientifically formulating the schemes of traffic organization. Based on the measured traffic data in the construction area, a system of traffic capacity correction coefficients covering traffic composition, lane closure forms, speed limits, and the length of the central median opening is established. By integrating these correction coefficients, a traffic capacity correction model for the construction area is proposed. The research results show that small vehicles are the core vehicle type in this type of reconstruction and expansion project (accounting for more than 60%). The traffic capacity correction coefficients for the scenarios of one and two lanes closed are 0.887 and 0.471, respectively. And the correction coefficients corresponding to different combinations of speed limits and the length of the central median opening are quantified. The established correction model can support the quantitative decision-making for lane configuration and traffic flow control in the construction area. However, limited by the sample data, it is necessary to expand the sample data of multiple terrains and realize the dynamic nature of the model in order to enhance its universality and timeliness.

Keywords: mountainous expressway; reconstruction and expansion; construction area; traffic capacity; influencing factor analysis

0 引言

目前,针对施工区通行能力的研究多集中于平原地区或采用理想化假设,对于山区高速公路特有的长大纵坡、小半径曲线等复杂线形条件与施工因素耦合作用下的通行能力衰减机理研究尚不深入。

本文依托桂柳高速改扩建工程实践,旨在通过系统性的多因素分析,构建一套贴合山区实际的施工区通行能力计算方法和服务水平评估体系,以期同类工程提供科学指导。

1 施工区通行能力影响因素分析

1.1 施工区通行能力

施工区通行能力的界定是进行后续分析的基础^[1]。当前我国高等级道路在改扩建期间采取的一

收稿日期: 2025-12-05

作者简介: 张燕明(1988—),男,硕士,高级工程师,从事路线、路基研究工作。

般是“通而不畅”的原则,即确保道路在一定拥堵状态下的安全通行,以达到投资建设与交通量的平衡。因此施工区通行能力的具体定义为:高速公路改扩建典型断面在单位时间内可以排队通过的最大车辆数。

1.2 关键影响因素识别

高速公路施工区通行能力受多重因素影响,本研究结合工程实践,系统归纳为以下4个方面:交通组成^[2]、限速^[3]、车道关闭形式^[4]、中央分隔带开口长度^[5]。

1.3 项目概况

桂柳高速是广西第1条高速公路,连接桂林市与柳州市,全长162 km,设计速度100 km/h,路基宽度为26.0 m,拟由双向4车道改扩建为双向8车道。

2 施工区通行能力影响因素分析

2.1 交通组成对施工区通行能力的影响

大型车相对小型车而言,存在运行速度低、占用车道长度长、危险性大的问题^[6]。虽然改扩建道路会对大型车交通流进行诱导分流,但仍然不可避免地存在大型车进入改扩建路段的情况^[7-9]。这将对改扩建道路的通行能力产生较大影响。该项目在4个观测点进行了交通流量统计,所得结果见表1。

表1 不同类型车流交通量占比 单位:%				
车型	1号点	2号点	3号点	4号点
小型车	61.8	43.9	73.5	63.4
中型车	20.1	16.1	12.8	22.3
大型车	18.1	40.0	13.7	14.3

由表1可知:小型车是改扩建高速公路的核心车型,多数监测点占比超60%,仅2号点占比偏低(43.9%);中型车占比整体偏低且波动较小,区间为12.8%~22.3%,4号点占比最高、3号点最低;大型车分布差异显著,2号点占比高达40.0%(远高于其他点的13.7%~18.1%),是该点的特征车型。

出现上述差异的原因在于不同观测点相邻的路段情况不同。1号、4号点车型占比相对均衡,属于高速常规路段,兼顾客运与一般货运需求。2号点大型车占比突出,因该路段邻近货运枢纽、工业区或承担干线货运功能,货运交通需求显著。3号点小型车占比超70%,主要是由于该观测点靠近城市出入口、服务区或旅游通道,以私家车、小型客运交通为主。

4个观测点的大型车平均占比达到了21.5%,因此需要在高速公路改扩建期间考虑大型车对施工区

通行能力的影响。

车辆交通组成对通行能力的修正系数 f_{HV} 为:

$$f_{HV} = 1/[1 + \sum P_i(E_i - 1)] \tag{1}$$

式中: P_i 为*i*种类型车辆的占比; E_i 为标准车辆换算系数,其中小型车为1.0,中型车为1.5,大型车为2.33。

最后可得4个观测点的交通组成修正系数分别为0.75、0.62、0.80、0.77。取均值后得到交通组成对通行能力的修正系数为0.74。

2.2 车道关闭对施工区通行能力的影响

高速公路改扩建方式一般包括单侧拼宽、双侧拼宽、分离加宽等多种形式。为确保施工区段道路正常通行,一般采用关闭部分车道、关闭半幅车道借助对向车道行驶的方式进行。当前我国高速改扩建一般采用4改8的形式进行^[10]。因此针对这2种情况,结合现场实测数据可得60 km/h限制速度下的通行能力,结果见表2。

表2 不同车道关闭下的通行能力

车道关闭形式(单向2车道)	通行能力/(pcu·h ⁻¹)
关闭1条车道	1 420
关闭2条车道(关闭半幅车道借助对向车道行驶)	753

由表2可知,关闭车道越多,道路通行能力越差。一般高速公路改扩建期间的限制运行速度为60 km/h,每条车道的基本通行能力为1 800 pcu/h。因此,关闭1条车道时,通行能力修正系数为0.789;关闭2条车道借助对向车道行驶时,通行能力修正系数为0.418。

2.3 限制速度对施工区通行能力的影响

高速公路改扩建期间,因为车道关闭、隔离设施等因素的影响,会设置不同的限速标准,致使现场交通流的通行能力变化明显^[11]。针对这种情况,采用仿真试验构建了不同限制速度(40、60、80 km/h)、不同车道关闭形式(关闭1条车道、关闭2条车道)的施工区通行能力研究。

不同限速场景下的通行能力见表3。

由表3可知,关闭1条车道的通行能力显著高于关闭2条车道(同一限速下,前者通行能力约为后者的2倍),说明车道数减少是改扩建期间通行能力骤降的核心因素。限速与通行能力之间存在正向关联,当关闭1条车道,限速从40 km/h升至80 km/h时,通行能力增幅约25.3%;当关闭2条车道,限速从40 km/h升至80 km/h时,通行能力增幅约27.2%;同

表 3 不同限速场景下的通行能力

关闭车道数	限速/(km·h ⁻¹)	速度均值/(km·h ⁻¹)	通行能力/(pcu·h ⁻¹)
1	40	36.25	1 425
1	60	50.15	1 613
1	80	68.47	1 785
2	40	35.12	683
2	60	45.83	768
2	80	50.12	869

时速度均值随限速提高而上升,体现了限速对实际行驶效率的正向作用。

以常见的 2 车道变 1 车道、限速 80 km/h 的通行能力为标准,可得不同限速下(40、60、80 km/h)的通行能力修正系数为 0.713 0、0.806 5、0.892 5。

建议在改扩建期间应尽量控制关闭车道数(优先仅关闭 1 条),以降低对通行能力的冲击;若需关闭 2 条车道借助对向车道行驶,则可在安全范围内适度提升限速,以部分缓解通行能力的下降幅度。

2.4 中央分隔带开口对施工区通行能力的影响

为确保交通主干线的正常通行,桂柳高速改扩建项目采用的保通策略方式有 2 种:(1)单向 2 车道,关闭 1 条车道,打开不同长度的中央分隔带,借助对向 1 条车道通行;(2)单向 2 车道,关闭 2 条车道,打开不同长度的中央分隔带,借助对向 2 条车道通行^{[[12-13]]}。上述 2 种方式下的通行能力见表 4、表 5。

表 4 中央分隔带不同开口长度下的通行能力(借助对向 1 条车道)

序号	限速/(km·h ⁻¹)	开口长度/m	通行能力/(pcu·h ⁻¹)
1	35	30	1 235
2	40	40	1 286
3	50	50	1 305
4	55	60	1 320
5	60	70	1 355
6	65	80	1 350
7	70	100	1 465
8	80	120	1 522
9	90	150	1 570
10	95	180	1 615
11	100	200	1 635

比较表 4、表 5 可知,两者基础通行能力差异明显,借助对向 2 条车道方式的通行能力基础值(最低 1 895 pcu/h)显著高于借助对向 1 条车道方式的峰值(1 635 pcu/h)。显然,借用车道数的增加是通行能力基础提升的核心驱动因素^[14-15]。同时,两者通行能力增长特征趋势基本一致,均随着开口长度和限速的提升呈上升趋势,但阶段特征有别。借助对向 1 条车道方式下,当开口长度不小于 100 m、限速不小

表 5 中央分隔带不同开口长度下的通行能力(借助对向 2 条车道)

序号	限速/(km·h ⁻¹)	开口长度/m	通行能力/(pcu·h ⁻¹)
1	35	50	1 895
2	40	60	1 970
3	45	70	2 032
4	50	80	2 085
5	60	100	2 160
6	65	120	2 265
7	70	150	2322
8	80	200	2385
9	90	250	2435

于 70 km/h 时,其通行能力增长加速,且存在因开口长度与限速匹配不足导致的局部回落;借助对向 2 条车道方式下,当开口长度不小于 100 m、限速不小于 60 km/h 时,其通行能力增长速率提升,整体增长更稳定(无局部波动)。另外,两者的参数匹配效率不同。在相同开口长度和限速区间内,借助对向 2 条车道方式的通行能力绝对增幅(50~250 m 区间增幅约 28.5%)略低于借助对向 1 条车道方式(30~200 m 区间增幅约 32.4%),但单位车道的通行效率更优(借助对向 2 条车道方式较借助对向 1 条车道方式的单车道均值提升 45%~55%)。

以项目改扩建期间最常见的关闭 1 条车道、借助对向 1 条车道的保通方式为例。在开口长度为 200 m、基准通行能力为 1 800 pcu/h 的标准条件下,计算得到了不同开口长度的施工区通行能力修正系数(见表 6)。

表 6 不同开口长度修正系数

序号	开口长度/m	修正系数
1	30	0.75
2	40	0.79
3	50	0.80
4	60	0.81
5	70	0.83
6	80	0.85
7	100	0.90
8	120	0.93
9	150	0.96
10	180	0.99
11	200	1.0

3 施工区通行能力修正模型

通过上述研究可知,交通组成、限速标准、车道关闭形式、中央分隔带开口长度等因素,都会对改扩建道路施工区的通行能力带来较大影响^[16]。结合本研究,提出了基于多因素修正系数的高速公路改扩建施工区通行能力 C_G 的数学模型:

$$C_G = C_B \times f_{HV} \times f_{cd} \times f_{xs} \times f_{zk} \times N \quad (2)$$

式中: C_B 为高速公路改扩建施工区每条车道的基本通行能力,pcu/h; f_{cd} 为关闭车道修正系数; f_{xs} 为车辆限速修正系数; f_{zk} 为中央分隔带开口长度修正系数; N 为车道数。

4 结 语

(1)针对山区高速公路改扩建工程施工期间交通组织面临的严峻挑战,以桂柳高速改扩建工程为背景,通过系统界定施工区通行能力及其影响因素,为科学制定交通组织方案提供依据。

(2)针对现有通行能力计算模型,对高速公路改扩建施工区特有场景适配性不足的问题,基于实测数据构建了交通组成、车道关闭形式、限速、中央分隔带开口长度的通行能力修正系数体系。交通组成中明确了小型车是改扩建高速公路的核心车型,占比超60%;车道关闭形式中明确了关闭1条车道、2条车道的修正系数为0.789、0.418;研究了不同限速条件下和不同中央分隔带开口长度的修正系数,最后提出了基于以上4种限制因素的施工区通行能力修正模型

(3)通行能力修正模型可支撑施工区车道配置、流量管控的量化决策。但由于样本数据量有限,后续需拓展多地形样本并将模型动态化,以提升其普适性和时效性。

参考文献:

[1] 樊祥喜,周子楚,孟凌霄,等.基于信息熵的改扩建路网运营状态

评价方法[J].公路交通科技,2020,37(4):140-147;158.

[2] 李晓东,车思亮,何木,等.高速公路改扩建期S型切换长度及限速值计算方法[J].公路,2025,70(2):263-270.

[3] 徐松,郭强.高速公路改扩建项目互通式立交设计思路[J].公路,2025,70(1):71-74.

[4] 王少华,唐媛,陈嘉熙,等.改扩建期间开放车道宽度对高速公路碳排放影响分析[J].公路,2025,70(10):308-313.

[5] 张阿玲,马云,梁亚平,等.高速公路改扩建中桥梁中央分隔带混凝土护栏加劲结构研究[J].公路,2024,69(12):342-347.

[6] 虞安军,张洋,刘志远,等.面向高速公路改扩建区域导改点的安全事件识别方法研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2025,44(4):106-112.

[7] 杨巍,渝龙,魏云凤,等.面向改扩建高速公路不断交施工场景的智慧小站研发及应用测试[J].公路,2025,70(3):473-478.

[8] 谢可,李锋利.基于交通流特性分析的高速公路复杂路段改扩建方案研究[J].公路,2024,69(7):262-268.

[9] 邵长桥,黄群龙.高速公路改扩建施工区交通流特性[J].北京工业大学学报,2021,47(9):1036-1047.

[10] 陈继禹,方明山,宋浪,等.高速公路改扩建分离式立交左入导改匝道控制方法[J].公路,2023,68(12):59-65.

[11] 程国柱,程瑞,薛长龙,等.高速公路改扩建的渐变安全限速设置方法[J].哈尔滨工业大学学报,2020,52(9):185-192.

[12] 王学军,刘健斌,代萱,等.基于模糊综合模型的高速公路改扩建施工组织方案评价研究[J].公路,2023,68(7):10-15.

[13] 程金生,张彦宁,孟凌霄,等.高速公路改扩建施工期车辆强制变道持续时间研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2021,40(12):42-46.

[14] 李星,张立.高速公路改扩建工程中交通拥堵路段改造方案研究[J].公路,2021,66(6):294-297.

[15] 陈敬科,何玉杰,张遥.基于驾驶模拟的高速公路改扩建中分带转换区合理长度[J].公路交通科技,2024,41(增刊2):298-307.

[16] 李自豪.无路侧干扰条件下公路基本路段通行能力研究[D].山东交通学院,2023.

(上接第382页)

[3] 郭力群,房敏安,徐芳超,等.相邻桩锚基坑开挖变形相互影响数值分析[J].华侨大学学报(自然科学版),2020,41(6):737-743.

[4] 张来安.复杂条件下基坑施工对周边环境及支护结构的影响分析[J].施工技术,2018,47(8):82-86.

[5] 宋建学,李力剑,全元通.土钉墙-桩锚-内撑复合支护体系监测与分析[J].建筑科学与工程学报,2018,35(4):120-126.

[6] 陈伟,吴裕锦,彭振斌.广州某基坑抢险监测及坍塌事故技术原因分析[J].地下空间与工程学报,2006(6):1034-1039.

[7] 庄少煌,余银银.珠海市软土地区某桩锚支护基坑工程险情分析处理及经验教训[J].广东建材,2019,35(8):37-39.

[8] 王飞飞.邯郸市武安某事故基坑支护设计与数值模拟研究[D].邯郸:河北工程大学,2015.

[9] 程雪松,张润泽,郑刚,等.局部超挖或超载作用下桩锚支护基坑连续垮塌试验研究[J].岩土工程学报,2024(10):2078-2088.

[10] 谭鑫,金永乐,黄明华,等.桩锚支护基坑对邻近建筑影响实测及

三维数值分析[J].土木工程学报,2023(7):126-136.

[11] 李国金,李霞,郭淑琴,等.地下式污水处理厂发展历程及工程设计注意要点[J].城市道桥与防洪,2018(8):161-165.

[12] 万玉生,叶雅丽,王长祥,等.某全地下式污水处理厂结构设计的关键技术及相关问题[J].特种结构,2014(2):34-37.

[13] 孙仕敏.超大型半地下污水处理厂基坑设计与分析[J].城市道桥与防洪,2021(7):329-332.

[14] 聂东清,翟之阳,刘溢.无支撑支护在软土地区地下式污水厂深基坑中的应用[C]//中国土木工程学会.中国土木工程学会2019年学术年会论文集,2019.

[15] 沈丹,王艳华,陈志真,等.地下污水处理厂造价指标分析[J].价值工程,2023,42(19):68-70.

[16] 徐久红.地下污水处理厂深基坑支护造价指标及应注意的问题[J].中华建设,2020(11):134-135.

[17] DB33/T 1096—2014 建筑基坑工程技术规程[S].