

上海市中心城区快速路潮汐车道设置方案研究

——以南北高架为例

李思琪

(上海市市政工程设计有限公司, 上海市 200438)

摘要: 城市快速路作为城市组团之间空间联系的骨架,是中心城区路网结构的重要组成部分。目前上海市快速路网容量基本饱和,早晚高峰时段交通拥堵频繁出现。充分调研国内外关于潮汐车道的研究成果和应用案例,结合上海市中心城区快速路交通运行的时空特征,对上海市快速路网潮汐车道进行适应性分析,提出设置潮汐车道应具备的交通需求及交通设施条件。以南北高架为例,详细论证潮汐车道实施方案,分析潮汐车道管理对交通运行效率的提升效果,采用VISSIM仿真进行验证。最后,从工程实施角度提出城市高、快速路潮汐车道的实施条件、配套措施及实施风险规避等相关建议,为其他类似工程提供参考。

关键词: 中心城区;城市快速路;高峰小时;潮汐车道;南北高架;交通仿真

中图分类号: U412.37

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)05-0009-06

Research on Layout Scheme of Tidal Lanes on Expressways in Central Urban Area of Shanghai for North-South Elevated Road

LI Siqi

(Shanghai Municipal Engineering Design Co., Ltd., Shanghai 200438, China)

Abstract: As the backbone of spatial connections between urban clusters, urban expressways are an important component of the road network structure in the central urban area. Currently, the capacity of the expressways network is basically saturated, and traffic congestion occurs frequently during morning and evening peak hours in Shanghai. By thoroughly investigating the domestic and foreign research achievements and application cases of tidal lanes, and combined with the spatiotemporal characteristics of the traffic operation of expressways in the central urban area of Shanghai, the adaptability of tidal lanes of expressway network in Shanghai is analyzed, conducted, and then the necessary traffic demands and traffic facility conditions are proposed. Taking the North-South Elevated Road as an example, the applicable scheme of the tidal lane is elaborated. The effect of tidal lane management on traffic efficiency is analyzed. And VISSIM simulation is used for verification. Finally, the suggestions of implementation conditions, supporting measures and risk avoidance of tidal lanes on urban expressways are proposed from the perspective of engineering implementation, which provides the reference for other similar projects.

Keywords: central urban area; urban expressways; peak hours; tidal lane; North-South Elevated Road; traffic simulation

0 引言

随着城市的发展和机动车保有量的上升,上海市中心城区快速路在高峰时段频繁出现交通拥堵现象。根据2021年度上海市综合交通运行年报^[1],在中心城区拥堵区段中,工作日平均拥堵时间在1.1~10.9 h,其中南北高架路西侧(内环共和新路立交—鲁班路立交)工作日平均拥堵时间最长为10.9 h。路

网完善和道路拓宽改建是行之有效的改善方法,然而受中心城区土地利用和建设条件等多方面因素的限制,改善措施难以较快落地实施。在此背景下,本文研究探讨了潮汐车道管理这一相对低影响、低成本的手段,为提升城市快速路的交通运行效率提供解决方案。

1 国内外研究和应用情况

1.1 国内外研究情况

近些年,国内外关于潮汐车道的研究发展迅速,在基本设置、方案设计和实例验证方面均取得了较大突破。Alfred Guebert等^[2]结合路段标志标线设计

收稿日期: 2024-03-27

基金项目: 上海市科技创新行动计划项目(21DZ1203302)

作者简介: 李思琪(1993—),女,硕士,工程师,从事道路交通设计工作。

和交叉口信号灯协调控制,完成了对美国盐湖城潮汐车道设置方案设计;Lambert^[3]总结了潮汐车道的设置条件,选取哥伦比亚特区一条潮汐车道进行方案设计,并表明实施潮汐车道以后路网效率增加了70%。刘森等^[4]以世博会为研究对象,对世博会期间的交通流集散特征进行研究,并提出了高峰期间部分路段实施潮汐车道的必要性,对实施方案进行了设计。崔岩等^[5]分析介绍了潮汐车道交通组织的相关概念和应用现状,分析了北京朝阳路的道路状况、交通量等因素,通过实地数据调查,讨论设置潮汐车道的可行性,提出了潮汐车道设置的推荐方案和相关问题的解决措施,以缓解朝阳路早晚高峰时段的拥堵问题。杜家玉等^[6]对高架桥上设置潮汐车道的交通组织设计进行了阐述;王洁^[7]针对京通快速路晚高峰给出了潮汐车道设置方案和保障运营方案;魏双秋等^[8]基于VISSIM仿真设置潮汐车道最佳方案,以加拿大Whitemud Drive高速公路为实例,表明设置潮汐车道可大大减少重交通流方向车辆延误,提高轻交通流方向车道占有率。

1.2 国内外应用情况

潮汐车道是一种道路空间资源的动态调整技术手段,在国内外已得到较为广泛的应用。国外较出名的潮汐车道在旧金山金门大桥,上午中间隔离护栏向出城方向移动1个车道,形成4车道进城、2车道出城的模式,下午则反向设置。2004年,国内首条潮汐车道在沈阳开通;2012年,全国首条自动潮汐车道在石家庄市和平路投入使用^[7],随后大连市、上海市、乌鲁木齐市、北京市、青岛市等城市相继建设投入使用,发展十分迅速。近几年来,城市快速路和高速公路也开始有潮汐车道管理的应用案例。2016年10月,全国首台快速路自动化潮汐车道作业车在深圳开工,半年后,深圳市交管局又启用了全国首条“遥控护栏灯控”组合潮汐车道;2019年,北京首条快速路潮汐车道——莲石东路潮汐车道开通启用;2019年,上海首条“拉链式潮汐车道”在沪闵高架正式运行;2024年春运首日,沪陕高速合宁段吴庄至全椒西枢纽这一区段,安徽高速首次启用潮汐车道,以此应对春运客流,提升通行效率。

综上,潮汐车道的研究和应用已较为成熟,并且在高、快速路上也开始探索使用,在一定程度上可以改善早、晚高峰期间市区的交通压力,具备进一步研究和推广价值。

2 上海市快速路网潮汐车道适应性分析

2.1 潮汐车道设置条件

2.1.1 交通需求条件

潮汐交通最为显著的交通特性就是双向交通量在同一时段呈现较严重的差异,且具有一定的规律性和周期性,如职住分离导致的早、晚高峰流量呈现方向性,这一点在北京体现得尤为明显。

美国交通工程师协会推荐的潮汐车道设置条件如下^[7-9]:

(1) 车道数

道路上机动车道数应为双向3车道以上。

(2) 流向条件

交通量分布系数 K_D 最低为2/3,尽量在3/4以上。 K_D 指双向行车时重交通流方向的交通量与双向行车总交通量的比值,即:

$$K_D = \frac{\text{重交通流方向交通量}}{\text{双向总交通量}} \quad (1)$$

(3) 通行能力要求

在使用潮汐车道时,轻、重交通流方向通行能力均应能满足各自交通需求^[10]。

2.1.2 交通设施条件

城市快速路横断面形式分为以下几类:地面整体式断面、整体式高架断面、分离式高架断面和路堑式横断面等^[11]。其他等级的城市道路可以通过交叉口进行较为便利的车道转换,但城市快速路双向车流必须设置物理分隔,且为连续流行驶。本文认为潮汐车道在城市快速路上的设置条件还应有:

(1)城市快速路断面形式为整体式路基或高架断面,并且具备设置或改造中分带开口的条件;

(2)城市快速路主路单向车道应大于2条,并且确保在设置潮汐车道后,轻交通流方向单向行驶车道仍不少于两车道,以便于车辆正常行驶过程中的超车、变道行为或应急情况的处理;

(3)宜在车辆最大运行速度不超过50 km/h的条件下开启潮汐车道,并提前1 km进行双向提示;

(4)具备设置潮汐车道条件的路段长度不宜过短,建议不小于2 km,避免车辆短距离频繁识别和变道。

2.2 上海市中心城区快速路交通特征分析

2.2.1 容量基本饱和,高峰特征明显

2021年上海市综合交通运行年报^[1]显示,2021年全市中心城区快速路网总体吸引量较上年同比有所

增长,疫情影响基本消除。中心城区快速路网容量基本饱和。现状浦西中心区快速路早、晚高峰饱和度分别为0.80、0.76,浦东中心区快速路早、晚高峰饱和度分别为0.81、0.70。快速路网工作日高峰特征明显,双休日的出行需求显著增长,午间车速低于工作日。

2.2.2 部分快速路高峰时段具有潮汐交通特征

根据2021年上海市综合交通运行年报^[1]关于中心城区快速路早、晚高峰的车速情况(见图1、图2),部分拥堵快速路的高峰时段具有潮汐交通特征。经梳理,潮汐交通特征较明显的路段和节点见表1。其中南北高架全段、大柏树立交以及中环西南、东南折点在早、晚高峰时段均具有潮汐交通特征,具备设置潮汐车道的背景交通条件。

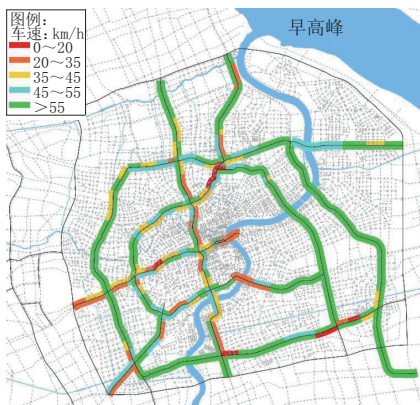


图1 2021年中心城区快速路早高峰运行车速示意图

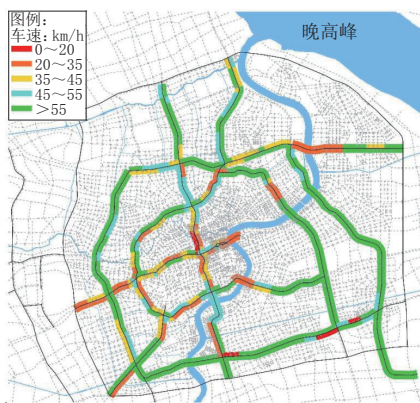


图2 2021年中心城区快速路晚高峰运行车速示意图

表1 上海市中心城区快速路具有明显潮汐特征的段落梳理

编号	名称	段落	所处高峰时段
1	南北高架	蕴川路—共和新路	早、晚高峰
		共和新路—鲁班路	早高峰
		鲁班路—济阳路	早、晚高峰
2	大柏树立交	内环(广中路—逸仙路)	早、晚高峰
		逸仙路(中环—场中路)	早、晚高峰
		中环(国定路—广粤路)	早高峰
3	中环	漕宝路—沪闵高架路	早、晚高峰
		罗山路—申江路	早、晚高峰

2021年,上海市共有19个快速路区段工作日高峰时段平均拥堵指数达到50以上,其中南北高架占据4个区段^[1],分别是:南北高架东侧(鲁班路立交—内环共和新路立交)、南北高架西侧(内环共和新路立交—鲁班路立交)、南北高架东侧(济阳路—鲁班路立交)和南北高架西侧(蕴川路立交—内环共和新路立交)。

本文选取南北高架作为研究对象,对其潮汐车道设置方案进行进一步细化讨论。

3 南北高架潮汐车道设置方案研究

3.1 背景交通量调查

本文选取2023年6月某工作日对南北高架浦西段部分段落的早、晚高峰流量进行调查。基础数据见表2。根据公式(1),求取交通量分布系数 K_D ,其中有3个段落基本满足设置潮汐车道的条件,分别为:

(1)场中路—呼玛路(18:00—19:00), $K_D=0.61\sim 0.64$;

(2)广中路—中环共和立交(7:00—10:00), $K_D=0.63\sim 0.71$;

(3)永兴路—内环共和立交(7:00—10:00、16:00—19:00), $K_D=0.62\sim 0.65$ 。

3.2 潮汐车道设置可行性论证

南北高架为城市快速路,设计车速为80 km/h,标准断面为双向6车道,如图3所示。部分立交节点之间设置1~2条辅助车道。若采用潮汐车道,须论证双向高峰小时服务水平是否满足要求。根据《城市道路设计规程》(DGJ08-2106-2012),一条车道基本能力为2 100 pcu/h,在采用三级服务水平的前提下,设计通行能力为1 750 pcu/h。通常在计算断面通行能力时,考虑车道数和车道宽度的折减。

3.2.1 场中路—呼玛路(18:00—19:00)

南北高架(场中路—呼玛路)标准断面为双向6车道。区间内共包含3对平行匝道:上匝道为一般平行式匝道,局部增加1条车道;下匝道一般为直接式匝道。图4为南北高架(场中路—呼玛路)路段示意图。

在采用潮汐车道的情况下,南向北为重交通流方向,西侧调整为2车道,东侧调整为4车道,则晚高峰(18:00—19:00)该段均可满足三级服务水平要求(见表3),因此实施潮汐车道是合适的。

表2 南北高架(浦西段)工作日早、晚高峰流量调查数据

单位:pcu/h

方向	路段	早高峰流量				晚高峰流量			
		7:00	8:00	9:00	10:00	16:00	17:00	18:00	19:00
南向北	共江路—呼玛路	3 341	3 434	2 534	2 392	3 082	3 326	4 000	3 056
北向南	呼玛路—共江路	2 731	2 836	2 819	2 422	2 888	2 714	2 334	1 812
南向北	临汾路—共江路	3 484	3 584	3 143	3 168	4 066	4 478	4 330	4 349
北向南	共江路—场中路	4 153	4 118	4 126	3 918	4 258	4 063	2 761	2 473
南向北	中环共和立交—临汾路	5 498	5 500	4 506	4 457	5 093	5 268	5 706	5 252
北向南	场中路—中环共和立交	5 795	5 584	5 755	5 392	5 636	5 626	3 983	3 436
南向北	广中路—中环共和立交	7 642	5 479	5 895	5 990	5 529	5 938	3 752	4 405
北向南	中环共和立交—广中路	3 158	2 884	3 474	3 552	4 058	4 589	3 706	3 894
南向北	延长路—广中路	3 244	3 247	3 391	3 433	4 259	4 176	3 854	4 040
北向南	广中路—洛川路	2 558	2 263	2 387	2 471	3 697	3 906	3 545	2 814
南向北	永兴路—内环共和立交	5 573	4 853	4 752	5 236	5 908	6 054	5 288	5 584
北向南	内环共和立交入口—永兴路	3 308	2 834	2 909	2 802	3 510	3 206	3 072	3 143
南向北	北京西路—新闸路	5 816	5 072	4 771	5 034	5 364	5 143	4 453	4 579
北向南	新闸路—北京西路	5 566	3 713	3 906	4 453	3 634	3 962	3 476	3 624
南向北	徐家汇路—淮海中路	6 230	6 474	5 840	6 388	5 346	4 300	3 203	3 620
北向南	淮海中路—徐家汇路	6 851	6 373	6 101	6 101	5 687	5 743	5 418	4 952
南向北	鲁班立交—徐家汇路	6 310	5 546	4 974	5 135	5 160	4 339	3 433	3 007
北向南	徐家汇路—鲁班立交	4 838	4 966	4 624	4 876	4 853	5 009	4 956	4 895

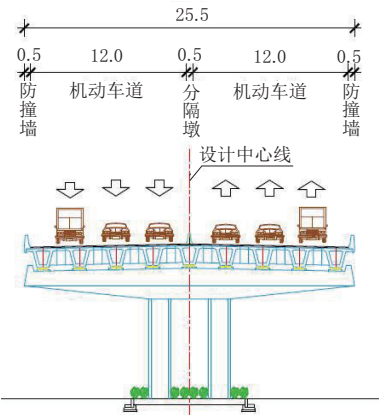


图3 南北高架标准横断面设计图(单位:m)

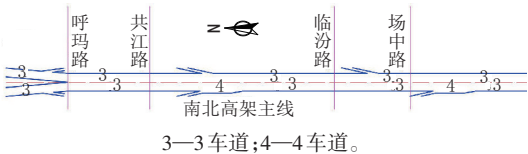


图4 南北高架(场中路—呼玛路)段落示意图

表3 南北高架(场中路—呼玛路)潮汐车道
方案服务水平计算

单位:pcu/h

段落	方向	流量	设计通行能力	是否满足三级服务水平
场中路—共江路	南向北	4 000	5 600	是
共江路—呼玛路	北向南	2 334	3 238	是
共江路—呼玛路	南向北	4 330	5 600	是
呼玛路—共江路	北向南	2 761	3 238	是

3.2.2 广中路—中环共和立交(7:00—10:00)

南北高架(广中路—中环共和立交)标准断面为双向6车道。区间内共包含1对立交转向匝道,一

对平行匝道,上、下匝道均为平行式匝道,局部增加1条车道,如图5所示。

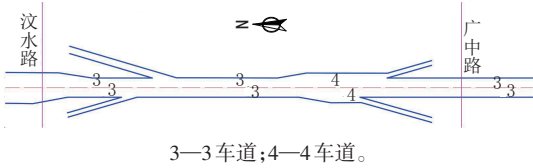


图5 南北高架(广中路—中环共和立交)段落示意图

在采用潮汐车道的情况下,南向北为重交通流方向,西侧调整为2车道,东侧调整为4车道。调整后车道服务水平计算见表4。

表4 南北高架(广中路—中环共和立交)潮汐
车道方案服务水平计算

单位:pcu/h

段落	方向	流量	设计通行能力	是否满足三级服务水平
广中路—中环立交	南向北	7 642	5 600	否,为四级(强制流)
中环立交—广中路	北向南	3 158	3 238	是

实施潮汐车道后,轻交通流方向可以满足三级服务水平要求,但重交通流方向增加1条车道后饱和度(VIC)仍然大于1,需要同步采取拓宽改建或交通需求控制管理等措施,方可有效缓解南向北的交通拥堵。

3.2.3 永兴路—内环共和立交(7:00—10:00、16:00—19:00)

南北高架(永兴路—内环共和立交)标准断面为双向7车道(西侧3车道,东侧4车道)。区间内共包含1对立交转向匝道,1对平行匝道,两出入口间增

加 1 条辅助车道,如图 6 所示。

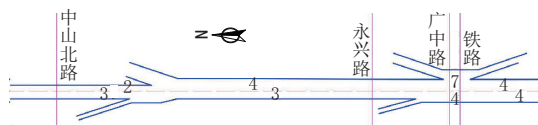


图6 南北高架(永兴路—内环共和立交)段落示意图

在采用潮汐车道的情况下,南向北为重交通流方向,西侧调整为 2 车道,东侧调整为 5 车道。调整后车道服务水平计算见表 5。

表5 南北高架(永兴路—内环共和立交)潮汐

车道方案服务水平计算

单位:pcu/h

段落	方向	流量	设计通行能力	是否满足三级服务水平
永兴路—内环共和立交(早高峰)	南向北	5 573	6 475	是
	北向南	3 308	3 238	否,为四级(饱和流)
永兴路—内环共和立交(晚高峰)	南向北	5 908	6 475	是
	北向南	3 510	3 238	否,为四级(饱和流)

实施潮汐车道后,轻交通流方向无法满足三级服务水平要求。对于早高峰而言,维持既有车道规模,交通流量小于设计通行能力,运行情况相对稳定;对于晚高峰而言,既有车道规模重交通流方向的交通量依然超出设计通行能力,即无论实施潮汐车道与否,均无法同时满足双向服务水平要求。因此,对于南北高架(永兴路—内环共和立交段),早高峰维持现状车道规模,晚高峰潮汐车道需要结合拓宽改建或交通需求控制管理等措施同步实施。

4 仿真验证

4.1 潮汐车道方案描述

根据本文第 3 章结论,选取南北高架(场中路—呼玛路)晚高峰作为应用案例进行 VISSIM 仿真,更好地验证潮汐车道方案实施效果。

仿真对象为快速路主线路段,路线长度约为 3.5 km,基本断面为双向 6 车道,仿真数据仍选取 2023 年 6 月某工作日晚高峰时段的交通流量数据。为尽量延长潮汐车道段落长度,案例选取路段的起始点作为潮汐车道的驶入、驶出点。

仿真方案设计如下:

(1)时间区间 1(17:00—17:40,常规运行模式):南向北 3 车道,北向南 3 车道。

(2)时间区间 2(17:40—18:00,潮汐车道切换时间/拉链车作业时间):南向北 3 车道,北向南 2 车道。

(3)时间区间 3(18:00—19:00,潮汐车道运行):南向北 4 车道,北向南 2 车道。

4.2 潮汐车道模型建立

根据方案设计建立模型,通过设置重叠路段实现潮汐车道,确保同一时间只有一个方向可以使用潮汐车道。仿真模型如图 7 所示。



图7 仿真模型建立与运行情况

4.3 仿真结果分析

4.3.1 车速分析

整理数据采集的评价文件,得到启用潮汐车道前后平均车速的对比情况(见表 6)。启用潮汐车道后,北向南(轻交通流)方向平均车速略有下降,南向北(重交通流)方向平均车速有所上升。这表明设置潮汐车道可以提升重交通流方向的运行速度,并且基本不影响轻交通流方向的运行。

表6 设置潮汐车道前后平均车速对比表 单位:km/h

方向	未启用潮汐车道	启用潮汐车道
南向北	49.14	49.26
北向南	50.28	50.02

4.3.2 车道占有率

VISSIM 仿真可采集到车道占有率情况。从表 7 可以看出,设置潮汐车道可以明显提高轻交通流方向的车道占有率,同时使轻、重交通流两个方向的车道占有率趋于均衡,从而更加充分地利用车道资源。

表7 设置潮汐车道前后车道占有率对比表 单位:%

方向	未启用潮汐车道	启用潮汐车道
南向北	39.80	33.46
北向南	28.13	32.05

4.3.3 行程时间

整理数据采集的评价文件,得到启用潮汐车道前后的平均行程时间对比情况(见表 8)。启用潮汐车道后,北向南(轻交通流)方向平均行驶时间有较为明显的增加,南向北(重交通流)方向平均行驶时间有所下降。这表明设置潮汐车道对轻交通流方向的运行会产生一定程度的不利影响,但可以缓解重交通流方向的交通拥堵现象。

从以上仿真结果来看,设置潮汐车道有利于提

表8 设置潮汐车道前后行程时间对比表 单位:s

方向	未启用潮汐车道	启用潮汐车道
南向北	206.00	204.93
北向南	204.81	209.91

升重交通流方向的运行速度,降低平均行程时间(见表8),并且可以提高断面的车道利用率,是一种有针对性的效果较为良好的交通拥堵解决方案。由于以上仿真仅模拟了主线运行情况,排除了匝道运行干扰,仿真结果相较于现状运行情况偏乐观。但是,通过设置潮汐车道前后数据结果的对比,仍验证了潮汐车道的设置对道路运行效率具有提升作用,可为后续进一步研究提供理论依据。

5 城市快速路潮汐车道实施及风险管理

5.1 实施难点

经论证,对于具备潮汐车道实施条件的整体式路基或高架断面,在潮汐车道两端取消40~50 m中央分隔带或隔离设施,设置中分带开口并加设移动护栏,同时在潮汐车道与对向车道之间增加一道硬隔离。目前国内外较为认可的是“拉链车”的作业方式,但对于上海市城市快速路而言,存在以下实施难点:

(1)中央隔离墩一般与桥面板结合设置,不可随意拆除移动,因此需要对潮汐车道段落的隔离墩形式进行改造或更换,方可移动作业;

(2)由于潮汐车道与对向车道间的中央隔离设施是可移动的,因此基本不具备防撞功能,仅有物理分隔功能,对于城市快速路行驶车辆而言,存在一定的安全隐患;

(3)“拉链车”需要从上、下匝道驶入和驶出主路,在交通拥堵时段可能无法顺利抵达并完成作业,需要匹配更加智能化的作业和管理手段。

5.2 风险管理建议

针对城市快速路实施潮汐车道的问题及风险,本文给出以下建议:

(1)采用智能化设备启闭潮汐车道,通过电子显示屏发布信息,提前进行预警和车道引导;

(2)车辆运行速度超过50 km/h时不宜启用或宜及时关闭潮汐车道,避免不熟悉路况的车辆误判车道方向,无法及时驶出或刹停;

(3)原高架快速路上的中央分隔墩不宜取消,虽直接增设一道分隔栏会压缩车道宽度,但通过保留原分隔墩仍可以对对向车流形成防撞和保护作用;

(4)相关部门应做好现场管理、信息发布和车道引导,使驾驶员普遍适应潮汐车道的管理习惯。

6 结 语

本文充分调研了国内外关于潮汐车道设置的研究和应用情况,提出了城市快速路潮汐车道设置条件。基于上海市中心城区快速路交通运行特征,初步梳理出交通拥堵路段中具有潮汐交通特征的段落。进一步选取南北高架(浦西段)作为研究对象,根据潮汐车道设置条件及早、晚高峰流量数据给出潮汐车道设置方案及其适应性情况,并通过VISSIM仿真进行方案设计和效果验证。最后,针对城市快速路潮汐车道的工程实施方案可能存在的问题和风险提出了相关建议。

潮汐车道方案可以用较低影响、较小的工程代价在一定程度上缓解交通拥堵,对于城市快速路“治堵”具有很好的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 邵丹,陈欢,范瑛,等.2021年度上海市综合交通运行年报[J].交通与运输,2022,38(4):102-104.
- [2] GUEBERT A. Introducing. The 2008 ITE international board of direction [J].ITE Journal-Institute of Transportation Engineers, 2008, 78(1): 6-19.
- [3] LAMBERT L, WOLSHON B. Characterization and comparison of traffic flow on reversible roadways[J].Journal of advanced transportation, 2010, 44(2): 113-122.
- [4] 刘森,朱伟,蔡逸峰.2010年上海世博会入园客流总体特征分析[J].交通与运输(学术版),2011(2):25-28.
- [5] 崔研,刘东.北京市朝阳区可变车道交通组织研究[J].道路交通与安全,2006,6(9):21-24.
- [6] 杜家玉,吴海.贵阳都司高架桥潮汐车道交通组织的研究[J].山东交通学院学报,2010,18(4):35-38.
- [7] 王洁.京通快速路晚高峰潮汐车道方案选择[D].北京:北京工业大学,2014.
- [8] 魏双秋,潘义勇.基于VISSIM仿真的潮汐车道设置方案优化[J].物流科技,2020,43(7):82-87.
- [9] 梁伯栋,罗怡文,向怀坤.深圳二线关潮汐车道设置的方案论证——以梅林关和布吉关为例[J].深圳职业技术学院学报,2013,54(3):51-54.
- [10] 张起森,张亚平.道路通行能力分析[M].北京:人民交通出版社,2002:113-116.
- [11] CJJ 129—2009,城市快速路设计规程[S].