

重庆大庆村立交的交通拥堵分析与改善

储峰¹, 饶志鹏², 陈巧巧³

(1.中国路桥工程有限责任公司 巴基斯坦办事处, 北京 100011; 2.江西省交通设计研究院有限责任公司, 江西 南昌 330000; 3.林同棧国际工程咨询(中国)有限公司, 重庆 400074)

摘要: 为缓解重庆大庆村立交的交通拥堵状况, 基于交通工程学的相关理念, 采用调查研究与 VISSIM 仿真分析相结合的方法, 从人、车、路、环境等因素对大庆村立交交通拥堵原因进行分析, 提出相应改善方案, 并基于 VISSIM 软件选取相关评价指标对改善方案进行评价。结果显示, 导致大庆村立交交通拥堵的主要原因有规划不合理、进口道通行能力不足、信号配时不合理、公共交通及道路用户的影响等; 对交叉口空间渠化及信号相位配时进行优化设计可达到改善效果, 交通延误、停车时间与次数、排队长度均改善 50% 左右, 大大缓解了大庆村立交的交通拥堵。

关键词: 城市交通; 立交; 交通拥堵; 交通改善; VISSIM 仿真

中图分类号: U491.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2020)04-0032-06

由于中国社会经济快速发展及城市化进程加快, 交通拥堵成为城市发展的“顽疾”, 严重制约了经济发展及城市运转效率。国内外学者从交通供给与需求、交通规划与管理、经济学等多角度对交通拥堵原因及治理措施进行了研究, 揭示了致使交通拥堵的内在原因。基于路网、系统动力学、元胞自动机等理念, 从宏观和微观角度对城市交通行为与状况进行分析成为时下城市拥堵的研究热点, 促使城市拥堵问题研究不断深化。该文以重庆市江北区典型交通瓶颈区——大庆村立交为例, 对交通拥堵原因及治理进行研究。

1 交通现状

1.1 沿线路网及周围环境调查

大庆村交叉为连接重庆江北区与渝北区的南北上跨分离式立交, 沿线路况、环境复杂。四周与北环、李家坪、新牌坊等多个立交相连, 沿线立交集散流量多, 导致其交通流量大; 桥下南北向辅道与东西方向形成平面信号交叉口, 东进口附近有太石坝加油站、便利店, 南有百年馨苑, 西有东原 D7 大型生活小区, 东面还有石油大庆村小区及菜市场, 以上商业区、居民区易成为大量车流、人流聚集地, 给交叉口通行造成巨大交通压力, 致使大庆村立交区域交通异常拥堵。

考虑到大庆村立交上跨桥梁通行能力较好, 对其交通拥堵分析与改善的着眼点为桥下相位信号控制的平面交叉口。

1.2 交通量

对大庆村立交桥下平面交叉口的早、晚高峰小时交通量及过街行人流量进行调研, 结果见表 1、表 2。

表 1 早、晚高峰交通车流量 pcu/h

进口	流向	车流量		
		早高峰	晚高峰	平均
南进口	左转	439	568	503.5
	右转	414	387	400.5
	总和	853	955	904.0
北进口	左转	738	668	703.0
	右转	249	489	369.0
	总和	987	1 157	1 072.0
东进口	左转	530	361	445.5
	直行	2 341	1 711	2 026.0
	右转	71	54	62.5
西进口	总和	2 942	2 126	2 534.0
	左转	582	444	513.0
	直行	1 380	1 645	2 012.5
上跨	右转	474	373	423.5
	总和	2 436	2 462	2 949.0
	往余松路	2 080	2 152	2 116.0
	往李家坪	3 312	3 113	3 212.5

1.3 渠化现状

1.3.1 空间渠化

桥下的平面交叉口, 东西方向是限速 60 km/h 的双向六车道城市主干道, 进口道处扩宽至四车道, 由 2 条直行、1 条直右、1 条左转与掉头车道组成; 西

进口车道数量与东进口一致,加设四车道待行区,掉头车流在交叉口内部行驶;南北进口由右转、左转、左转与掉头三车道组成,掉头车流均未在交叉口。东西进、出口每条车道宽分别为 2.8、3.5 m,南北进口道每条车道宽 3.5 m,北出口两车道每条车道宽 3.5 m,而南出口进行了扩宽。除东进口外,西、南、北进口都有人行横道,且行人需二次过街。

表 2 早、晚高峰交通人流量 人/h

路段	人流量	
	早高峰	晚高峰
西进口由南向北人行横道	201	85
西进口由北向南人行横道	213	347
南进口由东向西人行横道	216	381
南进口由西向东人行横道	522	169
北进口由东向西人行横道	308	436
北进口由西向东人行横道	417	143

1.3.2 信号相位渠化

大庆村立交桥下受交通信号灯控制,为早起迟断类型信号,共五相位,早、晚高峰一致。图 1、图 2 分别为早、晚高峰相位图及信号配时。

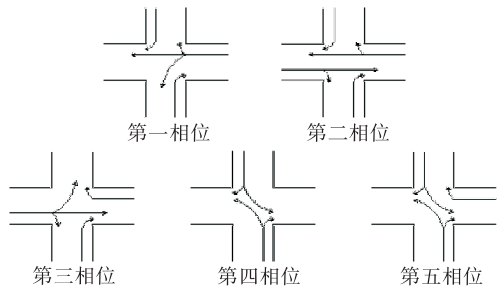


图 1 现状早、晚高峰相位图

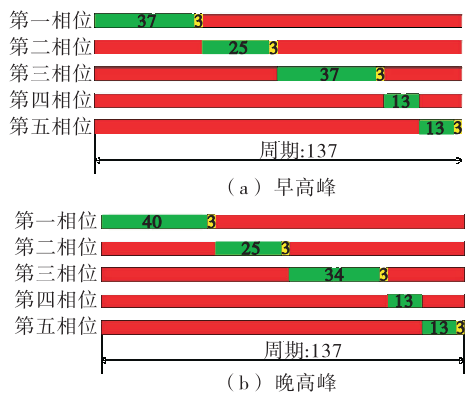


图 2 现状早、晚高峰信号配时方案(单位:s)

2 交通现状问题分析

通过实地调研,发现大庆村立交从交通规划设

计、组织管理到道路用户行为等方面都存在严重问题,致使交通严重拥堵。

2.1 交通规划不当

东进口道百米内建设有大石坝加油站,导致交叉口进口道区域交通量急剧增加,交叉口功能区内交通阻滞,交叉口通行能力、服务水平大幅度降低;加之西、南面的大型建筑物、居民区、休闲服务区等吸引大量车流、人流,致使在交叉口功能区内频繁发生交通流的交织、合流、分流和交叉冲突,延误通行时间,也易引发交通事故。先期规划设计上的不足是导致其交通拥堵的重要原因之一。

基于现状调研数据,采用国内通用的信号控制交叉口通行能力计算方法对东、西进口道的通行能力进行计算,结果见表 3。东进口道的通行能力为 2 155 pcu/h,实际早、晚高峰流量分别为 3 026、2 200 pcu/h;西进口道的通行能力为 2 150 pcu/h,实际早、晚高峰流量分别为 2 612、2 628 pcu/h。道路已达到饱和状态,东西进口道通行能力远不能满足交通需求。调查也发现南北交通通畅,东西进口交通拥堵严重。

表 3 东、西进口道的通行能力 pcu/h

进口道	设计通行能力			总设计通行能力
	直行	直右	左转	
东进口道	592	592	379	2 155
西进口道	592	592	374	2 150

2.2 信号相位设计不合理

西进口左转车流与北进口行人过街同时进行,产生交通冲突,车辆不能及时驶离交叉口,且危及行人安全。另外,西进口左转通行时间太短,早、晚高峰分别为 37、34 s,发生左转二次停车现象,通行效率低,在交通量极大的情况下,往往出现前方左转车辆排队过长,后方左转车辆未及时变道,等待变道时阻滞后方直行车辆,进而出现该左转车辆前方没有车而后面直行车辆排队成群的现象。

2.3 公交停靠站设计形式不合理

大庆村立交东西进口道的公交线路众多,发车间隔时间短,而在交叉口附近均为直线式停靠站,公交直接停靠在机动车道,形成交通瓶颈段,对其他车辆的快速通行造成很大影响,尤其是早、晚高峰时,道路交通量接近饱和的情况下极易形成交通拥堵。

2.4 道路用户遵章率低

交通通畅是人、车、路及环境的完美结合,任何

一方问题都可能造成交通拥堵,其中道路用户(驾驶员、行人)的交通心理、交通行为对道路通畅、交通安全尤为重要。大庆村立交拥堵的交通情形易使驾驶员形成负面的驾驶情绪,致使其频繁变道、随意侵占其他车道。加之行人随意过街,道路用户遵章率低,交通拥堵程度加剧。

3 交通改善措施

3.1 交叉口渠化改善

大庆村立交东西进口道的通行能力严重不足,东西进口道早、晚高峰平均交通量为 445.5、513 pcu/h,较通行能力 379、374 pcu/h 早已达到饱和,造成交通延误,且左转车流多,导致交通冲突、交织、事故。因此,解决进口道左转交通量的饱和问题对改善整个交叉口拥堵有着至关重要的作用。对进口道附近区域进行压缩人行道、车道宽、中间带或变中间带为护栏等处理,东西进口道右侧人行道各压缩 1.05 m,每车道压缩 0.25 m,2 m 宽中央分隔带改为护栏,使东西均为每车道宽 3 m 的五车道进口道,分别为 2 条左转、2 条直行、1 条直右车道。

为提高整个交叉口效率,减小交叉口进口道流率比,扩宽北进口道宽度。由于现状北进口道较宽,每车道 3.5 m,左侧是上跨桥梁,通过压缩现状车道、人行道宽度对进口道进行扩宽。扩宽方案如下:从上跨桥梁与道路分离点到导向车道之间,向右侧人行道扩宽 1.5 m,这段混行道路路改为 3 m 每车道,由现状两车道增加为三车道,进口道处扩宽为四车道,每车道宽 3 m。改善后北进口共有 3 条左转专用车道、1 条右转专用车道。改善后交叉口交通渠化状况见图 3。

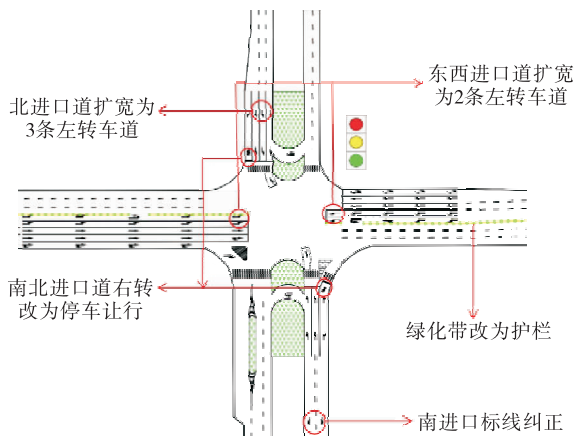


图3 改善后大庆村交叉口渠化示意图

扩宽段长度参照现状不作改变,渐变段长度按式(1)计算。东西进口道设计车速 60 km/h,横向偏移量为 3 m;南北进口道设计车速 30 km/h,北进口道横向偏移量为 3 m,南进口道横向偏移量为 3.5 m。计算得东西进口道渐变段长度 60 m、北进口道渐变段长度 30 m、南进口道渐变段长度 35 m。

$$l_d = v \Delta w / 3 \quad (1)$$

式中: l_d 为渐变段长度(m); v 为设计速度(km/h); Δw 为横向偏移量(m)。

3.2 信号相位渠化改善

3.2.1 相位设计

当左转车流量大于 200 pcu/h 时,一般需设置左转保护相位。大庆村立交的 4 个进口道均需对其左转进行相位保护。考虑到东、西进口左转流量相差不大,设置对称式的左转保护相位。由于北进口道设置了 3 条左转专用车道,车道平均左转车流量与南进口道相差不大,且右转专用车道均不受灯控,也设置对称式的左转保护相位。采用图 4 所示早、晚高峰三相位设计,从通行时间上错开冲突交通流,确保交通安全。

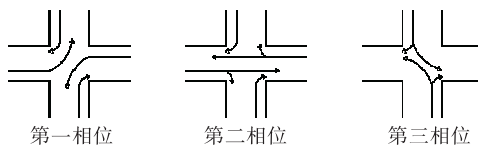


图4 改善后早、晚高峰相位图

3.2.2 车道组直行当量、关键流率及流率比的确定

依据相应的直行、左转车道数及左转保护相位,确定 4 个进口道左转车流直行当量系数均为 1.05。右转车流直行当量系数由右转行人流量决定,考虑东西进口无人行横道线,南北进口道的右转车流直行当量系数为 1.18,基于早高峰东西方向过街行人流量,查询并通过线性插值得东西进口道右转车流直行当量系数分别为 1.428、1.709,晚高峰类似。早、晚高峰车道组直行当量分别见表 4、表 5。

表4 早高峰车道组直行当量计算

进口方向	转向	流量/(pcu·h ⁻¹)	直行当量系数	直行当量/(pcu·h ⁻¹)	车道组直行当量/(pcu·h ⁻¹)	平均单车道直行当量/(pcu·h ⁻¹)
南进口	左转	439	1.050	461	461	231
	右转	414	1.180	489	489	489
北进口	左转	738	1.050	775	775	258
	右转	249	1.180	294	294	294

续表 4

进口方向	转向	流量/ (pcu · h ⁻¹)	直行 当量 系数	直行 当量/ (pcu · h ⁻¹)	车道组直 行当量/ (pcu · h ⁻¹)	平均单车 道直行当 量/(pcu · h ⁻¹)
东进口	左转	530	1.050	556	556	278
	直行	2 341	1.000	2 341		
	右转	71	1.428	101	2 442	814
西进口	左转	582	1.050	611	611	306
	直行	1 380	1.000	1 380		
	右转	474	1.709	810	2 190	730

表 5 晚高峰车道组直行当量计算

进口方向	转向	流量/ (pcu · h ⁻¹)	直行 当量 系数	直行 当量/ (pcu · h ⁻¹)	车道组直 行当量/ (pcu · h ⁻¹)	平均单车 道直行当 量/(pcu · h ⁻¹)
南进口	左转	568	1.150	596	596	298
	右转	387	1.180	457	457	457
北进口	左转	668	1.050	701	701	234
	右转	489	1.180	577	577	577
东进口	左转	361	1.050	379	379	190
	直行	1 711	1.000	1 711		
	右转	54	1.410	76	1 787	596
西进口	左转	444	1.050	466	466	233
	直行	1 645	1.000	1 645		
	右转	373	1.395	520	2 165	722

绘制相位控制图,分析比较各相位的关键车流。对于东西进口道,车道宽为 3 m,无纵坡,符合理想条件,其理想直行饱和流率为 1 650 pcu/h。计算流率比,早、晚高峰各相位关键流率及流率比见表 6,流率比总和均满足小于 0.9 的要求。

表 6 早、晚高峰关键流率及流率比

时段	相位	关键流 率方向	关键流率/ (pcu · h ⁻¹)	流率比
早高峰	一	西进口左转	306	0.185
	二	东进口直右	814	0.493
	三	北进口左转	258	0.156
晚高峰	一	西进口左转	233	0.141
	二	西进口直右	722	0.438
	三	南进口左转	298	0.181

3.2.3 确定黄灯、全红、绿灯间隔时间及信号损失时间
依据道路、交通参数计算相应的信号灯时间,结合驾驶员的操作可行性,确定表 7 所示黄灯、全红、

绿灯间隔时间及信号损失时间。由于所有相关参数均未变,早、晚高峰各信号灯时间取值相同。

表 7 早、晚高峰相位信号灯时长 s

相位	黄灯时间	全红时间	绿灯间隔时间	信号损失时间
一	4	2	6	5
二	4	2	6	5
三	3	4	7	7

3.2.4 确定周期、绿灯时间、信号配时方案

参照相关理论与公式分别计算早、晚高峰最短、最佳及最实用周期,对各相位有效绿灯及显示绿灯时间进行分配,结合显示绿灯时间与损失时间对周期时间进行验算及调整,确定早、晚高峰各周期时长及相应绿灯时间(见表 8)。基于各信号灯时长,得到早高峰最短周期信号配时及晚高峰最实用周期信号配时方案(见图 5)。另外,考虑行人过街安全,对以消除机动车冲突为主确定的相位设计及配时方案进行复核,结果显示各机动车相位绿灯时间均大于相应的行人过街最短时间,行人过街安全得到保障,相位信号配时合理。

表 8 早、晚高峰各周期时长及相位绿灯时长 s

时段	周期	相位	有效绿 灯时间	显示绿 灯时间	周期 时长
早 高 峰	最短周期	一	11	10	75
		二	33	32	
		三	14	14	
	最佳周期	一	20	20	127
		二	63	62	
		三	26	26	
	最实用周期	一	27	26	85
		二	72	71	
		三	24	24	
晚 高 峰	最短周期	一	20	19	105
		二	52	51	
		三	17	16	
	最佳周期	一	37	37	184
		二	99	98	
		三	30	30	
	最实用周期	一	27	26	140
		二	72	71	
		三	24	24	

4 VISSIM 仿真评价

4.1 现状仿真

将大庆村立交设置为节点,输入道路和交通现状

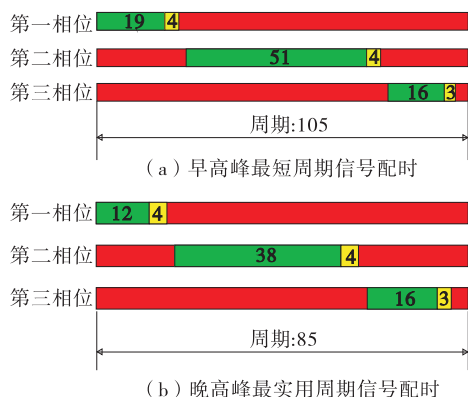


图5 改善后的信号配时方案(单位:s)

参数,设置人均延误、停车次数、停车时间、平均排队长度和最大排队长度等参数为评价指标进行仿真。结果如下:1)早高峰大庆村立交的人均延误为88.9 s,平均停车次数1.59次,平均排队长度55.5 m,最大排队长度284.6 m。排队情况最严重的是东进口至西出口的直行车流,其次是东进口至南出口的左转弯车流,然后是北进口至东进口的左转弯车流。2)晚高峰的拥堵情况比早高峰稍好,人均延误74.1 s,平均停车次数1.27次,平均停车时间38.7 s,平均排队长度37.8 m。其中东进口左转弯车流平均排队最长,其次是东进口直行车流,然后是南进口左转弯车流。

4.2 改善后仿真

分别对按最短、最佳、最实用周期确定的信号相位改善方案进行仿真,通过对比选取最优改善方案。结果显示:1)早高峰改善以最短周期方案为最优,人均延误30.3 s,停车次数0.68次,平均停车时间19.6 s,平均排队长度16.3 m,最大排队长度144.2 m,各项指标数据均表明以最短周期方案改善后道路通行能力最好。2)晚高峰改善则以最实用周期为最佳,人均延误25.6 s,停车次数0.63次,平均停车时间14.3 s,平均排队长度9.4 m,最大排队长度99.4 m,其延误时间、停车次数及排队长度比其他两种方案大幅度减小。

改善后早晚高峰人均延误、停车次数、排队长度等指标均降低50%左右(见表9、表10),改善效果良好。因此,推荐采用由最短周期及最实用周期确定的信号相位配时方案对早、晚高峰交通状况进行改善。

表9 早高峰改善前后评价指标对比

时间	人均 延误/s	停车 次数/次	平均停 车时间/s	平均排 队长度/m	最大排 队长度/m
改善前	88.9	1.59	52.1	55.5	284.6
改善后	30.3	0.68	19.6	16.3	144.2

表10 晚高峰改善前后评价指标对比

时间	人均 延误/s	停车 次数/次	平均停 车时间/s	平均排 队长度/m	最大排 队长度/m
改善前	74.1	1.27	38.7	37.8	231.5
改善后	25.6	0.63	14.3	9.4	99.4

5 结语

城市道路交叉口交通拥堵的改善与治理是一个涉及城市规划、道路设计、车辆工程、景观环境及心理行为等多学科的复杂工程。从交通工程角度来看,交通由人、车、路、环境等多种元素组成,交通拥堵是系统中元素间或元素与整体间矛盾不断加深的结果,影响因素复杂多变。该文通过对重庆大庆村立交周围环境、交通渠化、交通流量、交通信号控制的调查,分析造成其交通拥堵的主要原因为规划不当、交通标志标线有误、信号相位设计不合理、公共交通数量多、道路用户遵章率低。但研究数据是某日早高峰和晚高峰的交通数据,未考虑数据的动态变化,当考虑交通数据的变化时,配时方案对变化的交通量会产生一定的不适应。

基于交通拥堵原因,结合交通规划、道路设计等提出相关改善措施,采取扩宽进口道、优化交通标志标线及信号相位设计对现状交通状况进行改善。VISSIM仿真结果表明改善后交叉口交通顺畅,道路通行能力显著增强,交通延迟、阻滞明显减弱,交通拥堵现象大幅改善。为使今后对城市交通拥堵问题的研究更加彻底、有效,还应从片区路网层面对拥堵问题进行全面系统分析,结合周边区域城市道路及交通规划,如对公交线路的规划优化等,以弥补局部交通视角的片面性。另外,VISSIM仿真算法与道路用户主体行为的不一致可能导致仿真结果误差,有待进一步优化。

参考文献:

- [1] 陆化普.城市交通拥堵机理分析与对策体系[J].综合运输,2014(3):10-19.
- [2] 朱灿阳.城市交通拥堵问题研究[D].西安:长安大学,2009.
- [3] MCKNIGHT E J. Transportation 2020. Opportunities and challenges[J]. Professional Engineering, 1993, 6(3): 29-31.
- [4] 赵蕾.城市交通拥堵治理:政策比较与借鉴[J].中国行政管理,2013(5):84-87.

- [5] 郭海锋,张昌世,穆元杰,等.基于改进 PageRank 算法的路网重要交叉口筛选方法[J].西南交通大学学报,2016,51(5):925—930.
- [6] WU J J, SUN H J, GAO Z Y. Cascading failures on weighted urban traffic equilibrium networks[J]. Physica A (Statistical Mechanics & Its Applications), 2007, 386(1): 407—413.
- [7] LONG J C, GAO Z Y, REN H L, et al. Urban traffic congestion propagation and bottleneck identification [J]. Science in China Series F (Information Science), 2008, 51(7): 948—964.
- [8] 邵俊豪.交叉口群过饱和现象形成机理及疏散优化方法研究[D].武汉:华中科技大学,2015.
- [9] 朱明皓.城市交通拥堵的社会经济影响分析[D].北京:北京交通大学,2013.
- [10] 杨浩雄,李金丹,张浩,等.基于系统动力学的城市交通拥堵治理问题研究[J].系统工程理论与实践,2014,34(8):2135—2143.
- [11] 范宏强.基于元胞自动机的若干类型城市道路交叉口交通流特性研究[D].北京:北京交通大学,2015.
- [12] DAOUDIA A K, MOUSSA N. Numerical simulations of a three-lane traffic model using cellular automata [J]. Chinese Journal of Physics, 2003, 41(6): 671—681.
- [13] PEDERSEN M M, RUHOFF P T. Entry ramps in the Nagel-Schreckenberg model [J]. Physical Review E (Statistical Nonlinear & Soft Matter Physics), 2002, 65(5): 705—714.
- [14] MENG J P, DAI S Q, DONG L Y, et al. Cellular automaton model for mixed traffic flow with motorcycles[J]. Physica A (Statistical Mechanics & Its Applications), 2007, 380: 470—480.
- [15] 陈峻,徐良杰,朱顺应,等.交通管理与控制[M].北京:人民交通出版社,2010:69—242.
- [16] 全国交通工程设施(公路)标准化技术委员会.道路交通标志和标线:GB 5768—2009[S].
- [17] SULLMAN M J M. An observational study of driver distraction in England [J]. Transportation Research Part F (Traffic Psychology and Behaviour), 2012, 15(3): 272—278.
- [18] BAKIRI S, GALERA C, LAGARDE E, et al. Distraction and driving: Results from a case-control responsibility study of traffic crash injured drivers interviewed at the emergency room[J]. Accident Analysis & Prevention, 2013, 59: 588—592.
- [19] Hu T Y, Xie X, Li J. Negative or positive? The effect of emotion and mood on risky driving[J]. Transportation Research Part F (Traffic Psychology and Behaviour), 2013, 16: 29—40.
- [20] SHI J, BAI Y, TAO L, et al. A model of Beijing drivers' scrambling behaviors[J]. Accident Analysis and Prevention, 2011, 43(4): 1540—1546.
- [21] 仇锦.基于 VISSIM 仿真的信号交叉口优化研究[D].济南:山东建筑大学,2013.
- [22] 周海娟.基于 VISSIM 仿真的城市信号交叉口交通组织优化研究[D].西安:长安大学,2015.

收稿日期:2019—12—09

(上接第31页)

提出一种集约化利用土地资源的环城高速公路服务区升级改造新思路,在保障服务区基本功能的基础上,释放城市发展用地,高效利用城市土地资源,并对环城高速公路服务区的功能规模、总体布局进行了探讨与总结,可为国内类似环城高速公路服务区升级改造提供参考。

参考文献:

- [1] 广州市交通规划研究院.2015 广州市交通发展年度报告[R].广州:广州市交通规划研究院,2016.
- [2] 廖惠红.土地释放型立交改造案例:东圃立交市政化改造[J].建筑知识,2017(13).
- [3] 邓立瀛,俞敏健,廖芳龄,等.公路市政化改造关键节点交通规划设计[J].现代交通技术,2017,14(3):255.

- [4] 何迎坤.高速立交市政化改造:东圃立交市政化改造[J].低碳世界,2018(5):268—269.
- [5] 卢静,何本万,王婷.城市环线高速公路服务区开放式布局探讨[J].公路与汽运,2013(2):207—209+210.
- [6] 张颖.高速公路服务区设计解析:关于高速公路服务区设计的思考[J].安徽建筑,2010(4):119—120.
- [7] 陈培.高速公路服务区布局与合理规模研究[D].天津:河北工业大学,2011.
- [8] 韦栋.浅议高速公路服务区布局规划[J].北方交通,2006(7):22—25.
- [9] 陈国梅,陈芳.服务区建设新思维探讨[J].公路交通技术,2016,32(2):149—153.
- [10] 张延军.高速公路新型服务区方案研究[D].杭州:浙江大学,2014.

收稿日期:2020—03—17