

地下道路复杂交织区交通组织优化及仿真

马晓萌

(北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082)

摘要: 深圳市前海地下道路是国内首条多点进出的城市地下道路, 沿线出入口匝道较多, 间距较小, 交通组织较复杂。文中针对该地下道路下行(南向北)方向主路与辅路间的复杂交织区提出两种交通组织方式, 并进行交通仿真分析与比较。结果表明, 调整出入口的布设方式, 避免车流在主路内多次交织, 能保证主路车辆行驶的安全性; 拓宽辅路车道数, 匝道在辅路完成交织, 之后再进出主路, 可使匝道至主路的车速变化更平顺, 提升出入口的通行效率。

关键词: 公路交通; 地下道路; 复杂交织区; 交通组织; 交通仿真

中图分类号: U491.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2020)03-0025-07

交织区是道路交通系统的典型瓶颈, 严重影响道路交通系统的运行效率。尤其对于地下道路进出口密集、交通组织复杂的情况, 如何确保交织区交通流组织有序, 提升道路通行能力, 避免交通拥堵是道路工程设计的重点研究内容。该文利用 VISSIM 微观仿真技术对地下道路复杂交织区交通组织进行模拟仿真和分析评价, 通过多方案比选, 确定交织区合理交通组织形式。

1 研究背景及目的

深圳前海地区的发展目标是成为具有国际竞争力的现代服务业区域中心和现代化、国际化滨海城市中心, 重点发展金融、现代物流、信息服务、科技服务和其他专业服务, 故其建筑密集程度非常高。根据其发展规划, 地下道路工程连接前海与深圳城区,

实现车流的快速到发与集散。因此, 前海地下道路在规划时就面临出入口匝道较多、间距较小等问题, 形成了地下道路复杂交织区。其中 K1+600—K2+150 段的问题最显著, 表现在: 下行(南向北)方向, 滨海大道(南山方向)入口匝道在 K2+070 处汇入主路, 周边地块入口匝道在 K1+830 处接入地下道路辅路并开始与主路并行, 主、辅路间由标线进行隔离; K1+680 处主、辅路间设置出口一处, 以便主路车流驶出与双界河路方向出口匝道联络(见图 1)。原方案主路出入口采用先入后出的设置方式, 车辆在主路内进行交织, 对主路车辆的正常通行造成影响, 且由于辅路设置为单车道, 出口处主路驶出车辆与辅路车辆合流, 易产生排队, 降低主、辅路交通流的通行效率。

根据地块衔接的要求, 需在该路段增设一处出

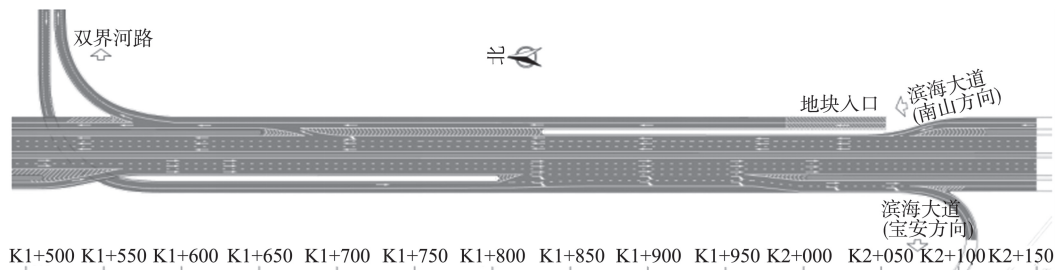


图 1 地下道路复杂交织区原设计方案

口匝道(K1+870)。针对原方案存在的问题, 新方案对出入口布设及交通组织进行优化: 在主、辅路间增加隧道墙壁隔离, 并将交织段辅路拓宽为两车道, 滨海大道(南山方向)入口匝道先接入辅路, 并与地块入口匝道合流; 主、辅路间出入口调整为先出后入

的形式, 在 K1+980 处设置一处出口, 在 K1+550 处设置一处入口, 为保障主路出入口前后的车道数匹配, 在入口之前压缩主路车道, 将三车道渐变为两车道; 在出口之前压缩辅路车道, 将两车道压缩为一车道(见图 2)。新方案出入口位置的改变可满足周

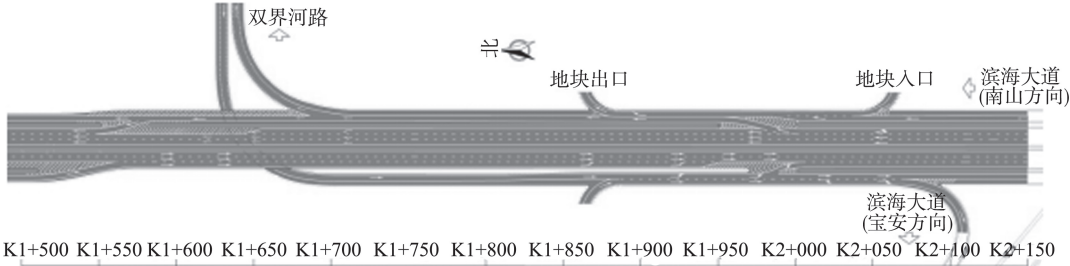


图 2 地下道路复杂交织区新设计方案

边地块增设出口的需求,提高路网的通达性。

2 车流速度仿真分析

2.1 检测器的设置

速度检测器主要检测主路、入口及出口处车辆

的速度变化。检测器的设置位置见图 3,检测内容见表 1、表 2。

2.2 结果与分析

两方案下地下道路复杂交织区下行方向主路速度、出入口处速度仿真结果见表 3~8。

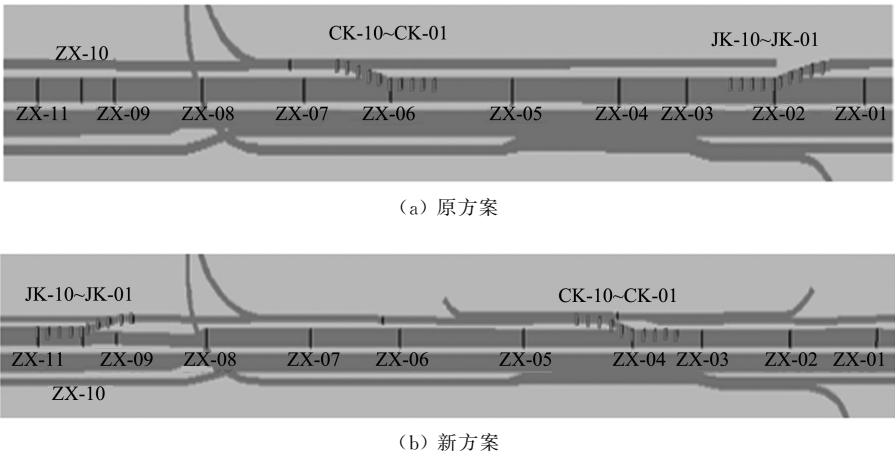


图 3 地下道路复杂交织区下行方向速度检测器设置示意图

表 1 地下道路复杂交织区下行方向原方案速度

检测器的检测内容

检测器名称	检测器编号	检测内容
主路检测器	ZX-01	主路车流正常行驶速度
	ZX-02	入口交汇点主路行驶速度
	ZX-03~ZX-05	主路车流正常行驶速度
	ZX-06	出口交汇点主路行驶速度
入口道路检测器	ZX-07~ZX-11	主路车流正常行驶速度
	JK-01~JK-03	辅路正常行驶速度
	JK-04~JK-05	辅路车辆汇入主路前的速度
	JK-06~JK-07	入口交汇点车辆行驶速度
	JK-08~JK-10	辅路车辆汇入主路后的速度
出口道路检测器	CK-01~CK-03	主路车辆正常行驶速度
	CK-04~CK-05	主路车辆驶离主路前的速度
	CK-06~CK-07	出口交汇点车辆行驶速度
	CK-08~CK-10	主路车辆驶离主路后的速度

表 2 地下道路复杂交织区下行方向新方案速度

检测器的检测内容

检测器名称	检测器编号	检测内容
主路检测器	ZX-01~ZX-03	主路车流正常行驶速度
	ZX-04	出口交汇点主路行驶速度
	ZX-05~ZX-08	主路车流正常行驶速度
	ZX-09	让行路段主路行驶速度
	ZX-10	入口交汇点主路行驶速度
入口辅路检测器	ZX-11	主路车流正常行驶速度
	JK-01~JK-03	辅路正常行驶速度
	JK-04~JK-05	辅路车辆汇入主路前的速度
	JK-06~JK-07	入口交汇点辅路行驶速度
	JK-08~JK-10	辅路车辆汇入主路后的速度
出口辅路检测器	CK-01~CK-03	主路车辆正常行驶速度
	CK-04~CK-05	主路车辆驶离主路前的速度
	CK-06~CK-07	出口交汇点车辆行驶速度
	CK-08~CK-10	主路车辆驶离主路后的速度

表 3 地下道路复杂交织区下行方向原方案主路速度仿真结果

检测器 编号	不同时间(h)的 速度/(km·h ⁻¹)			平均速度/ (km·h ⁻¹)	检测器 编号	不同时间(h)的 速度/(km·h ⁻¹)			平均速度/ (km·h ⁻¹)
	0~1	1~2	2~3			0~1	1~2	2~3	
ZX-01	65.6	64.1	63.8	64.5	ZX-07	65.8	64.4	64.3	64.8
ZX-02	63.9	61.2	61.0	62.0	ZX-08	65.9	64.5	64.4	64.9
ZX-03	65.5	63.7	63.6	64.3	ZX-09	65.7	64.4	64.2	64.8
ZX-04	65.7	63.7	63.5	64.3	ZX-09	65.7	64.4	64.2	64.8
ZX-05	65.1	62.1	61.9	63.0	ZX-11	65.9	64.3	64.3	64.8
ZX-06	62.9	58.6	58.6	60.0					

表 4 地下道路复杂交织区下行方向原方案入口处速度仿真结果

检测器 编号	不同时间(h)的 速度/(km·h ⁻¹)			平均速度/ (km·h ⁻¹)	检测器 编号	不同时间(h)的 速度/(km·h ⁻¹)			平均速度/ (km·h ⁻¹)
	0~1	1~2	2~3			0~1	1~2	2~3	
JK-01	28.5	26.3	26.5	27.1	JK-06	58.2	55.2	55.1	56.2
JK-02	28.5	25.8	26.1	26.8	JK-07	59.9	57.4	57.2	58.2
JK-03	27.7	24.0	24.3	25.3	JK-08	61.5	59.6	59.4	60.2
JK-04	26.9	22.0	20.9	23.3	JK-09	62.6	60.9	60.5	61.3
JK-05	37.8	35.4	34.8	36.0	JK-10	63.3	61.7	61.3	62.1

表 5 地下道路复杂交织区下行方向原方案出口处速度仿真结果

检测器 编号	不同时间(h)的 速度/(km·h ⁻¹)			平均速度/ (km·h ⁻¹)	检测器 编号	不同时间(h)的 速度/(km·h ⁻¹)			平均速度/ (km·h ⁻¹)
	0~1	1~2	2~3			0~1	1~2	2~3	
CK-01	60.2	53.1	53.3	55.5	CK-06	44.4	36.1	36.4	39.0
CK-02	59.6	52.1	52.4	54.7	CK-07	39.1	31.3	31.5	34.0
CK-03	58.8	51.1	51.4	53.8	CK-08	34.0	29.5	29.3	30.9
CK-04	57.7	50.0	50.3	52.7	CK-09	30.7	28.9	28.5	29.4
CK-05	56.3	48.3	49.0	51.2	CK-10	27.4	26.2	25.5	26.4

表 6 地下道路复杂交织区下行方向新方案主路速度仿真结果

检测器 编号	不同时间(h)的 速度/(km·h ⁻¹)			平均速度/ (km·h ⁻¹)	检测器 编号	不同时间(h)的 速度/(km·h ⁻¹)			平均速度/ (km·h ⁻¹)
	0~1	1~2	2~3			0~1	1~2	2~3	
ZX-01	65.7	64.3	64.0	64.7	ZX-07	65.4	64.1	63.8	64.4
ZX-02	65.6	63.6	63.5	64.2	ZX-08	64.8	62.3	61.5	62.9
ZX-03	65.4	63.0	62.4	63.6	ZX-09	64.5	62.3	62.2	63.0
ZX-04	65.4	63.1	62.5	63.7	ZX-10	64.7	62.9	62.9	63.5
ZX-05	65.9	64.7	64.5	65.0	ZX-11	65.2	63.9	63.9	64.3
ZX-06	65.5	64.4	64.2	64.7					

表7 地下道路复杂交织区下行方向新方案入口处速度仿真结果

检测器 编号	不同时间(h)的 速度/(km·h ⁻¹)			平均速度/ (km·h ⁻¹)	检测器 编号	不同时间(h)的 速度/(km·h ⁻¹)			平均速度/ (km·h ⁻¹)
	0~1	1~2	2~3			0~1	1~2	2~3	
JK-01	28.4	27.9	29.1	28.5	JK-06	51.0	51.5	51.3	51.3
JK-02	28.4	28.4	29.3	28.7	JK-07	55.5	56.0	55.8	55.8
JK-03	34.6	35.5	35.5	35.2	JK-08	58.9	59.0	58.9	58.9
JK-04	42.3	43.0	42.9	42.7	JK-09	64.8	64.7	65.3	64.9
JK-05	48.4	48.9	48.8	48.7	JK-10	66.7	66.4	66.8	66.6

表8 地下道路复杂交织区下行方向新方案出口处速度仿真结果

检测器 编号	不同时间(h)的 速度/(km·h ⁻¹)			平均速度/ (km·h ⁻¹)	检测器 编号	不同时间(h)的 速度/(km·h ⁻¹)			平均速度/ (km·h ⁻¹)
	0~1	1~2	2~3			0~1	1~2	2~3	
CK-01	64.5	62.1	61.6	62.7	CK-06	63.7	61.1	60.4	61.7
CK-02	64.4	62.1	61.6	62.7	CK-07	64.2	62.2	61.9	62.8
CK-03	64.5	62.1	61.5	62.7	CK-08	64.8	63.2	63.3	63.8
CK-04	64.5	62.2	61.6	62.8	CK-09	65.3	64.0	64.2	64.5
CK-05	64.0	61.8	61.0	62.3	CK-10	65.6	65.1	65.4	65.4

2.2.1 整体速度对比

如图4、图5所示,两方案下主路交通流速度基本保持稳定;由辅路进入主路的车流速度呈递增趋势,且速度值逐渐趋于主路车流速度;由主路驶出辅路的车流速度呈递减趋势,且速度值逐渐

趋于辅路期望速度。新方案中由于连接出口辅路的为双车道,车流速度未发生改变,主路、入口和出口的车速变化幅度新方案均比原方案小,说明新方案的交通组织方式能使路段交通流速度保持较好的连续性。

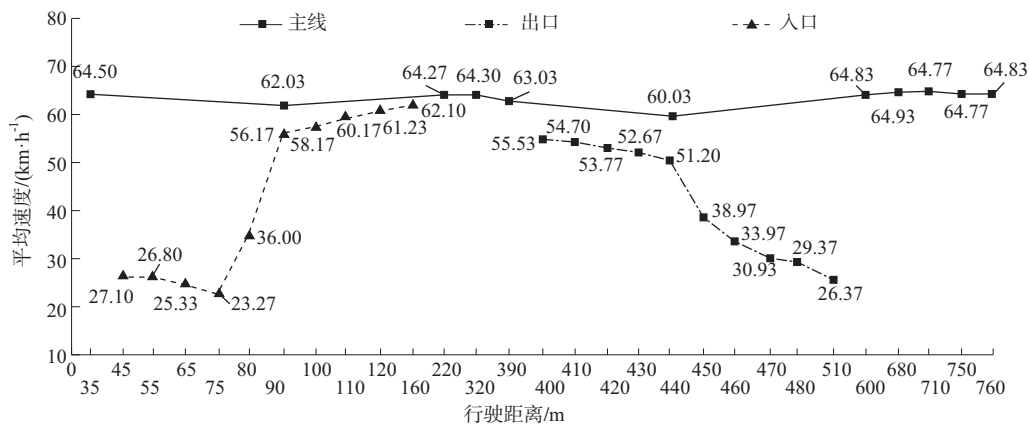


图4 地下道路复杂交织区下行方向原方案整体速度

2.2.2 主路车速对比

主路路段交通流的速度变化见图6。原方案中对主路车流速度的影响主要来自于由辅路汇入的车辆和由主路汇出的车辆,图6中检测器2、6分别代表这两处的主路速度变化,可看出在交织点主路速

度明显减小;新方案中对主路速度产生影响的主要是由于主路车道数的渐变段,检测器8、9显示渐变段的主路速度略低于正常行驶速度,但速度降低幅度小于原方案。从主路速度总体变化趋势来看,新方案更能保持主路车流速度的稳定性。

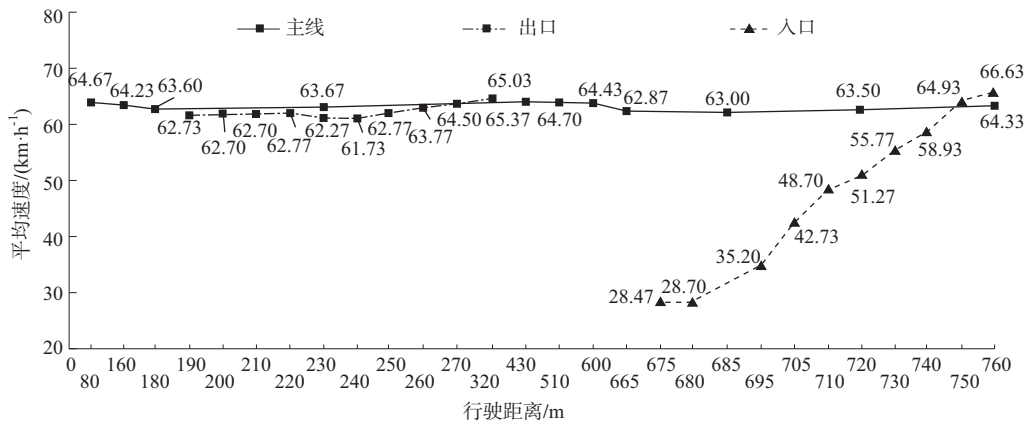


图5 地下道路复杂交织区下行方向新方案整体速度

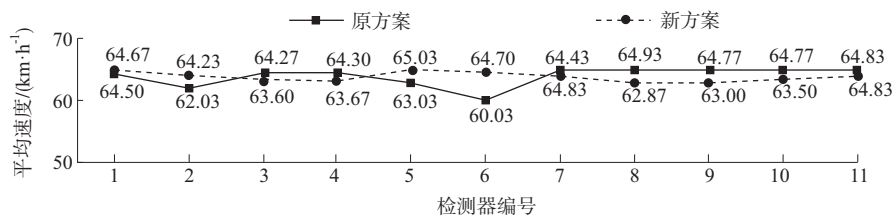


图6 地下道路复杂交织区下行方向原方案与新方案主路速度对比

2.2.3 入口处辅路车速对比

图7为辅路交通流汇入主路过程中辅路车辆的速度变化情况,其中检测器6表示辅路入口交织点的断面速度。由图7可知:辅路车辆的正常行驶速度新方案高于原方案,在汇入主路前,原方案辅路交通流

速度出现急剧增长趋势,与主路车流交汇后速度增长趋势变缓;而新方案辅路交通流速度在汇入主路前后保持稳定的增长趋势,直至达到主路期望速度。说明新方案的交通组织方式使辅路交通流的速度变化更连续合理,由辅路汇入主路的车辆速度过渡更平稳。

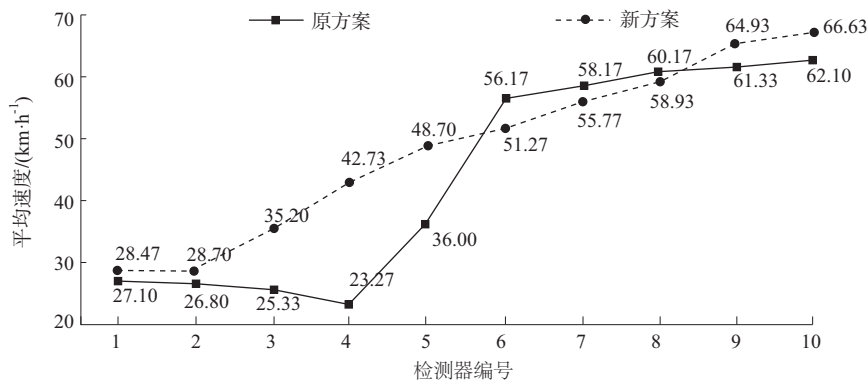


图7 地下道路复杂交织区下行方向原方案与新方案入口辅路速度对比

2.2.4 出口辅路速度对比

图8为车辆驶出主路过程中的速度变化情况,其中检测器5表示辅路出口交织段的断面速度。由图8可知:原方案驶出主路的车辆通过该断面后速度逐渐减小至辅路期望速度;而新方案中由于连接出口辅路的为双车道,为车流快速驶离主路提供了条件,新方案出口辅路的车流速度整体

高于原方案。

综上,与原方案相比,新方案下主路的运行速度更稳定,对于提高车辆行驶安全性具有显著作用;新方案对于提高出入口的车流平均速度也有显著作用,其中出口车速增长趋势最明显;新方案在入口处压缩主路车道数的措施对主路车速的影响小于原方案在主路设置交织段对车速的影响。

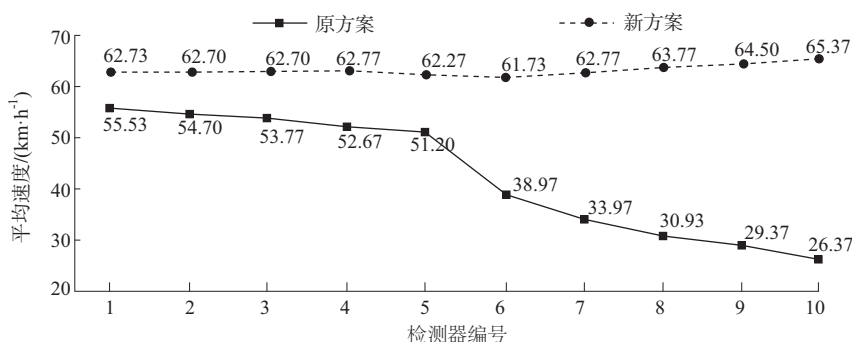


图8 地下道路复杂交织区下行方向原方案与新方案出口辅路速度对比

3 排队长度仿真分析

3.1 检测器的设置

排队长度检测器的设置位置见图9。其中:检测器CK-01、JK-01分别用来检测车辆在出入口的排队长度;检测器CK-02用来检测连接出口辅路上的排队;检测器FD-01用来检测新方案中辅路车辆并线时产生的排队;检测器ZX-01用来检测新方案中主路车辆并线时产生的排队。

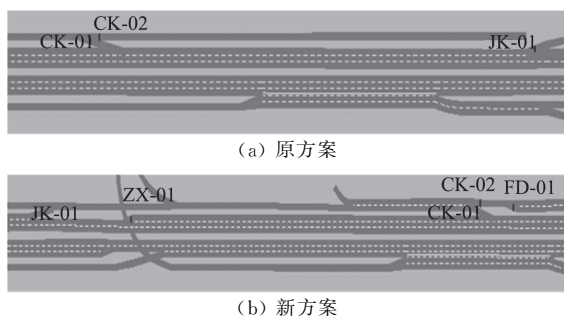


图9 地下道路复杂交织区下行方向排队长度检测器设置示意图

3.2 结果与分析

两方案下地下道路复杂交织区下行方向最大排队长度见表9。

表9 地下道路复杂交织区下行方向新旧方案

		最大排队长度			
方案	检测器 编号	不同时间(h)的			平均最大排 队长度/m
		最大排队长度/m			
		0~1	1~2	2~3	
原方案	JK-01	20	34	32	28.7
	CK-01	11	48	62	40.3
	CK-02	9	44	70	41.0
新方案	JK-01	0	0	0	0.0
	CK-01	0	0	0	0.0
	CK-02	0	0	0	0.0
	FD-01	0	0	0	0.0
	ZX-01	5	0	26	10.3

由表9可知:实施主路压缩车道,将三车道变换为两车道,主路外侧车道并线时会产生10.3 m排队,但出口处辅路压缩车道的交通组织方式并未影响辅路车流的正常行驶,出入口处的排队长度均为零,主路及辅路的交通压力均得到缓解。

4 行程时间仿真分析

4.1 检测器的设置

行程时间及延误检测器的设置见图10。其中:检测器ZX-01用来检测车辆通过主路路段的总行程时间,反映由于出入口设置位置的差异引起的主路车辆延误;检测器ZX-02用来检测主路车辆通过入口汇流区的行程时间,主要反映入口处主路车辆延误;检测器ZX-03用来检测主路车辆通过出口分流区的行程时间,主要反映出口处主路车辆延误;检测器JK-01用来检测车辆由辅路进入主路过程的行程时间,主要反映入口处的车辆延误;检测器CK-01用来检测车辆驶出主路、辅路过程的行程时间,主要反映出口处的车辆延误。

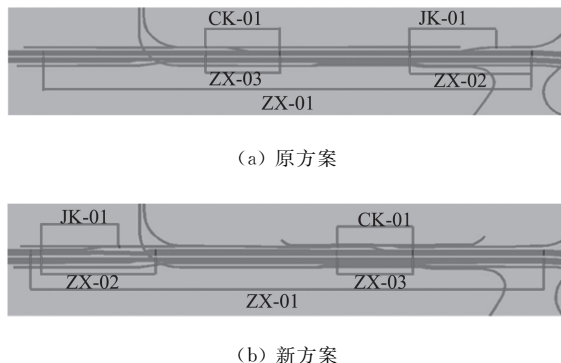


图10 地下道路复杂交织区下行方向行程时间及延误检测器设置示意图

4.2 结果与分析

两方案下地下道路复杂交织区下行方向行程时间和延误仿真结果见表10~13和图11。

表 10 地下道路复杂交织区下行方向原方案
行程时间仿真结果

检测器 编号	不同时间(h)的行程时间/s			平均行程 时间/s
	0~1	1~2	2~3	
ZX-01	46.5	47.7	47.9	47.37
ZX-02	11.3	11.6	11.6	11.50
ZX-03	6.9	7.2	7.3	7.13
JK-01	19.5	23.0	22.6	21.70
CK-01	12.3	16.0	16.7	15.00

表 11 地下道路复杂交织区下行方向新方案
行程时间仿真结果

检测器 编号	不同时间(h)的行程时间/s			平均行程 时间/s
	0~1	1~2	2~3	
ZX-01	45.3	46.8	47.0	46.37
ZX-02	11.5	11.9	12.0	11.80
ZX-03	6.8	7.1	7.2	7.03
JK-01	18.9	18.6	18.1	18.53
CK-01	7.2	7.9	8.3	7.80

由表 10~13 和图 11 可知:新方案下主路车流在通过入口汇流区的行程时间和延误(ZX-02)比原方案略有增加,这是由新方案中主路车道数压缩所致;其余四处路段的行程时间及延误新方案均小于原方案,其中通过出口的行程时间改善幅度最大。

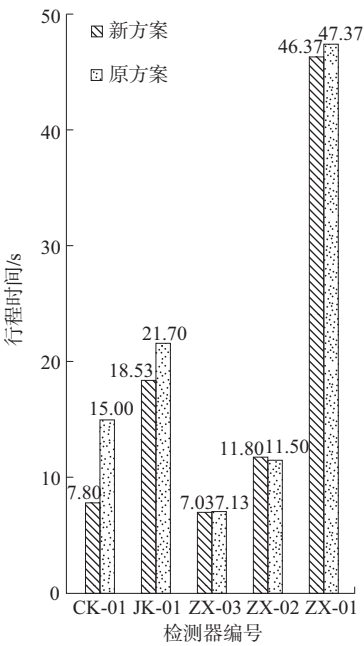
表 12 地下道路复杂交织区下行方向原方案
延误仿真结果

检测器 编号	不同时间(h)的延误/s			平均延误/s
	0~1	1~2	2~3	
ZX-01	0.9	2.3	2.7	2.20
ZX-02	0.2	0.5	0.6	0.43
ZX-03	0.2	0.5	0.7	0.47
JK-01	1.6	4.3	4.4	3.43
CK-01	1.8	5.7	6.3	4.60

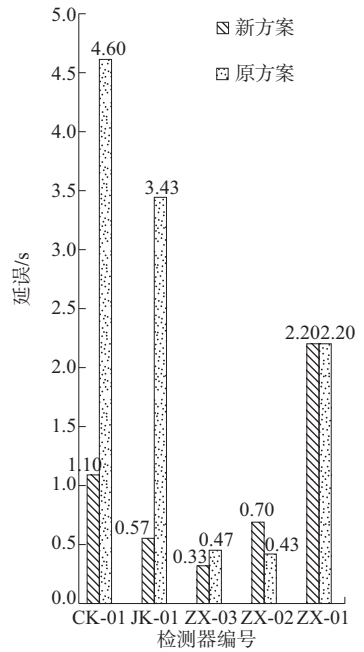
表 13 地下道路复杂交织区下行方向新方案
延误仿真结果

检测器 编号	不同时间(h)的延误/s			平均延误/s
	0~1	1~2	2~3	
ZX-01	1.1	2.4	2.8	2.20
ZX-02	0.4	0.8	0.9	0.70
ZX-03	0.1	0.4	0.5	0.33
JK-01	0.8	0.6	0.3	0.57
CK-01	0.5	1.2	1.6	1.10

车辆在出口的通行效率提高后,驶出主路的车流不再产生停车延误,避免了对分流区内主路车流的影响,主路车辆的行程时间及延误总体上相应降低。



(a) 行程时间对比



(b) 延误对比

图 11 地下道路复杂交织区下行方向原方案与新方案
行程时间及延误对比

5 结论

- (1) 调整主路出入口位置,采用先出后入的布
(下转第 36 页)

续表 12

评价指标	合成权重	专家打分	评价得分
公交专用道里程	0.027 2	100	2.7
公交专用道监管	0.009 1	100	0.9
公交站牌完好率	0.014 9	89	1.3
公交车万人拥有率	0.091 4	25	2.3
车容车貌	0.014 9	94	1.4
服务质量	0.091 4	81	7.4
职工保障	0.042 0	47	2.0
驾驶员配备	0.042 0	72	3.0
智能化水平	0.042 0	83	3.5
综合得分			73.6

3.3 评价结果

如表 12 所示,A 市城市公交发展水平的综合评分为 73.6 分,为中上等水平。从单项指标情况来看,首末站配建率、新(清洁)能源车配套设施、公交专用道里程、公交专用道监管四项指标为满分,说明这 4 项指标符合有关标准的规定。而资金投入得分为 62 分,低于综合评分,且其权重约占 20%,对总得分的影响较大;公交车万人拥有率得分为 25 分,职工保障得分为 47 分,与及格线差距较大,需进一步提升。

4 结语

基于 AHP 法建立城市公交发展水平考核评价模型,通过汇总各指标情况,计算得出城市公共交通

综合评分,可从多方面和角度对城市公交发展情况进行客观评价,既可评价城市公共交通发展水平,也可与其他城市或地区进行横向对比,分析城市公共交通发展的不足之处或优势所在,从而进行有针对性的改进。

参考文献:

- [1] 匡星.城市常规公共交通服务水平评价研究[D].长春:吉林大学,2004.
- [2] 陆化普.城市交通管理评价体系[M].北京:人民交通出版社,2003.
- [3] 魏华.城市公交服务质量与可靠性评价研究[D].西安:长安大学,2005.
- [4] 李铁柱.城市公共交通首末站综合评价[J].交通运输工程学报,2005,15(1).
- [5] 邵祖峰.基于神经网络的城市公共交通服务质量评价[J].城市交通,2006(4).
- [6] 曹茂林.层次分析法确定评价指标权重及 Excel 计算[J].江苏科技信息,2012(2).
- [7] 安晶,李香静,刘好德,等.面向公交优先绩效考核的城市公交发展水平评价指标体系研究[J].公路与汽运,2015(1).
- [8] 肖鹏.成都市二环路快速公交的适应性评价[J].公路与汽运,2015(1).
- [9] 钱喆.大城市公交评价指标体系和公交竞争力指数研究[J].城市交通,2015(4).
- [10] 吕强.关于城市公共交通发展水平综合评价指标的探究[J].黑龙江交通科技,2010(5).

收稿日期:2019-10-11

(上接第 31 页)

置方式,不仅满足增设地块出口的需求,提高路网的通达性,还可避免主路交通流与汇入、汇出车辆的交织,主路车辆运行速度更平稳,主路交通流的安全性提高。

(2) 将交织段辅路拓宽为两车道,使辅路车流汇入主路前、主路车流分流至辅路后都能及时调整车速,从而缩小辅路与主路交通流的速度差,使出入口处的车流速度变化更平稳,车辆的平均速度提高,通行时间减少,交通流通行效率提升。

(3) 改善后设计方案对提高路网总体运行效率具有显著作用,能保证主路交通流的行车安全,并显著提高出入口交通流的通行效率。但主路在车道数渐变段形成一定长度的排队,通行时间略有增加。

建议延长主路车道渐变段长度,以减小延误,提高主路的通行效率。

参考文献:

- [1] 美国交通研究委员会.道路通行能力手册(HCM2000)[M].任福田,刘小明,荣健,等,译.北京:人民交通出版社,2007.
- [2] 陈金川,刘小明,任福田,等.道路交织区运行分析研究进展[J].公路交通科技,2000,17(1).
- [3] 李劲夫,胡少帅,向健.多路畸形交叉口交通组织渠化设计研究[J].公路与汽运,2019(6).
- [4] 庞明宝,裴亚男.道路交织路段交通流优化控制仿真研究[J].计算机仿真,2017(5).

收稿日期:2020-02-21