

福州地铁东街交叉口施工区交通组织优化方法研究

高红梅, 郑祥蕾

(福州大学土木工程学院, 福建 福州 350116)

摘要: 以福州市地铁1、4号线换乘节点东街口站施工区为例, 通过调查分析项目施工对交叉口交通的影响, 提出交通改善措施. 设计出以公交优先为理念的4个交通组织改善方案, 并运用VISSIM仿真软件和专家分析法进行方案评价, 选出最优方案.

关键词: 交叉口; 施工区; 交通仿真; 层次分析法; 福州; 地铁

中图分类号: TU45

文献标识码: A

Research of traffic organization optimization method in Fuzhou Dongjiakou interchange station intersection construction area

GAO Hong - mei, ZHENG Xiang - lei

(College of Civil Engineering, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350116, China)

Abstract: In this paper, Dongjiakou interchange station construction area of Fuzhou metro line 1 and line 4 is chosen as an example. After the investigation and analysis of traffic data, the improvement measures and 4 organization optimized schemes with the idea of bus priority are provided. Finally, the schemes are evaluated by using the VISSIM simulation software and analytic hierarchy process.

Keywords: intersection; construction area; VISSIM simulation; analytic hierarchy process; Fuzhou; subway

0 引言

交叉口是道路运行的运行瓶颈, 其通畅程度直接影响到整条道路的服务水平^[1]. 近年来, 随着城市地铁建设的开工, 位于城市交叉口的地铁站施工项目占用了城市交叉口的空间资源, 且施工时间长, 对城市交叉口交通运行造成了严重干扰.

目前我国针对城市交叉口施工区交通组织优化的研究较少, 国内相关规范主要是制定施工路段管理办法和施工路段安全标志设置和安全操作规程^[2-3], 缺乏一套成熟实用的交叉口施工区交通组织方法的标准. 目前的研究多是对路段施工区进行交通组织研究或是研究施工区的交通管理和交通安全措施, 如建立和改进占道施工区交通影响的数学模型^[4-6], 大城市施工区组织的一般技术或施工区控制车速的措施、以及改扩建工程交通组织设计的原则及方法^[7-9]. 但这些研究都没有提供完整的针对交叉口施工区的交通优化设计方法和技术路线, 本文对此进行研究, 以期达到缓解施工期间交通拥堵问题, 同时可以为后续的福州市地铁建设以及其他城市的交叉口的施工区交通组织优化提供借鉴.

1 城市交叉口施工区交通组织技术路线

以地铁总体设计和换乘站台的施工进度安排等为依据、现状交通调查为基础, 通过交通仿真模型的建立与检验、专家法和层次分析法确定交通组织优化目标, 利用 VISSIM 仿真软件进行优化评价, 推荐交通组织最优方案. 技术路线如图 1 所示.

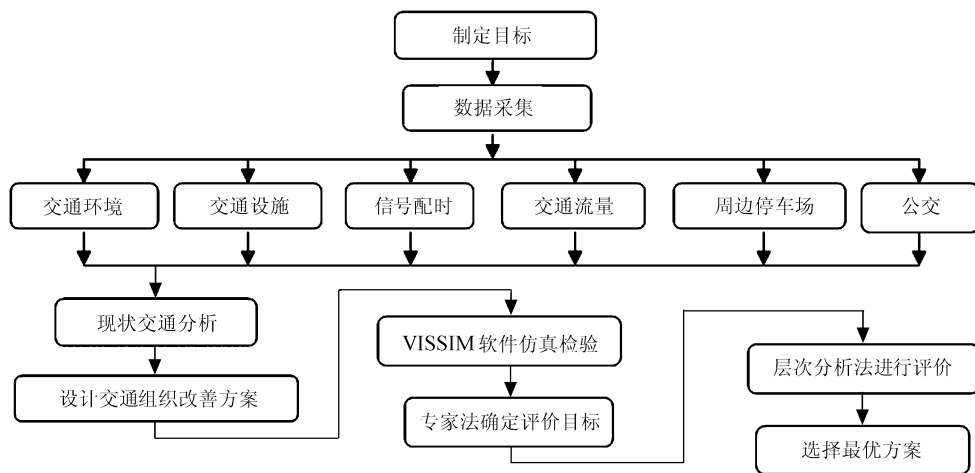


图1 技术路线图

Fig. 1 Technical route

2 数据采集与交通特性分析

2.1 数据采集

福州东街口施工区地处八一七路和杨桥东路交叉口,是福州地铁1号线和4号线换乘节点东街口站所在地,同时也是福州市最重要的商业中心.东街口周边的商业与办公区云集,全国著名的“繁华都市里的古迹群”三坊七巷也在附近.因此,该地区聚集了大量的人流和车流.目前,因地铁1号线东街口站的建设开工,施工围挡使得东街口的交通问题变得更加严峻.

八一七路与杨桥东路均为城市主干道,交叉口采用信号控制.采用人工调查和摄像法相结合的方法,针对道路状况(包括道路宽度、进出口车道数及方向、施工区围挡、新增设施等)、信号灯配时、交通流量(机动车、非机动车和行人)、交叉口周边公交线路站点分布以及周边停车状况(停车场位置及类型、配套设施、停车泊位数、进出口个数及进出方式)等情况进行详尽的调查.

东街口施工区分为主要施工区和次要施工区.主要施工区位于西南向,施工面积1353.15 m².该部分占用了东街口将近一半的空间,造成西、南两个方向车道变形,车辆必须大角度绕行.西向车道数由原先的单向四车道锐减至两车道,且车道宽度由原先的3.5 m减少至3.0 m,原先的1.5 m非机动车道取消.在距西进口道停止线95 m处增设一座人行天桥.南向车道数保持双向2车道,车道宽度由原先的3.5 m减少至3.0 m,原先的1.5 m非机动车道取消.次要施工区位于北进口处,施工面积151.95 m².该部分占用北进口一条车道,剩余的两条进口车道宽度由原先的3.5 m减少至3.0 m,非机动车道取消,增设了北进口停止线前1 m处的人行横道及行人过街信号灯.东街口施工区对东向未产生较大影响,仅在距进口道停止线26 m处增设有人行天桥1座.

为保证施工安全,施工区范围已用约2 m高的隔离设施进行围挡.因此行车视距受到严重影响.

东街口施工区早、晚高峰时段采用了相同的固定时长信号配时方案.信号灯总时长为145 s.东街口施工区信号配时见表1.

表1 东街口施工区信号配时表

Tab. 1 Signal timing of the construction area in the Dongjiekou intersection

相位	$t_{\text{绿灯}}/s$	$t_{\text{红灯}}/s$	$t_{\text{黄灯}}/s$
第一相位	30	112	3
第二相位	30	112	3
第三相位	76	66	3
第四相位	50	92	3
周期时长	145 s		

流量调查分为早、晚高峰两个时段(即 7:30-8:30、17:30-18:30). 调查结果统计见表 2 和表 3. 由于福州市区在调查的时段内货车等车种不能通行, 因此调查的机动车只有小汽车和公交车两种.

表 2 早高峰小时交通量(7:30~8:30)

Tab. 2 Peak-hour volume in the morning(7:30~8:30)

进口道		小汽车数/辆·h ⁻¹	公交车数/辆·h ⁻¹	非机动车数/辆·h ⁻¹	行人数/个
东	左	15	15	—	—
	直	297	45	229	521
	右	90	22	—	—
南	左	38	5	—	—
	直	259	41	220	989
	右	9	9	—	—
西	左	67	11	—	—
	直	690	53	292	680
	右	26	10	—	—
北	左	203	23	—	—
	直	194	32	203	785
	右	2	2	—	—
合计		1 890	268	944	2 975

表 3 晚高峰小时交通量(17:30~18:30)

Tab. 3 Peak-hour volume in the afternoon(17:30~18:30)

进口道		小汽车数/辆·h ⁻¹	公交车数/辆·h ⁻¹	非机动车数/辆·h ⁻¹	行人数/个
东	左	50	20	—	—
	直	592	69	299	1 230
	右	136	27	—	—
南	左	72	7	—	—
	直	195	37	310	1 399
	右	26	15	—	—
西	左	77	5	—	—
	直	675	81	317	1 062
	右	59	18	—	—
北	左	213	28	—	—
	直	194	38	273	1 017
	右	47	3	—	—
合计		2 336	348	1 199	4 708

早晚高峰时段行人交通量也有明显差异, 晚高峰行人交通量是早高峰行人交通量的 1.6 倍, 这是因为早高峰时段的行人一般为工作出勤, 而晚高峰的行人除了出勤人员之外, 还有许多以逛街购物为目的的人员.

从东街口站开始施工以来, 交通部门已对途径东街口的部分公交线路及其站点分布进行了调整. 共取消 1 个站点和 9 个车次的施工区附近站点停靠. 但是交叉口附近的东街、南街和双抛桥站点均为路边式停靠站, 车站长度均为 15m, 频繁的车次停靠造成严重的交通拥堵.

福州东街附近具有较密集的停车场分布, 主要作为大型商业的附属配套, 包括聚春园酒店、海峡影城、大洋百货以及东百和东方百货停车场, 总数可达约 660 个停车位, 多为地下停车位, 除东百和东方百货停车场提供了可变停车信息情报板外, 其他停车场均无提供.

通过对调查数据的分析, 东街口施工区的主要交通问题表现如下: ① 施工围挡后的车道划分不合理; ② 信号周期配时不合理, 周期过长 145 s; ③ 东、西向左转与直行车流相互干扰严重; ④ 部分人行道和非机动车道被占用; ⑤ 路边式公交场站设计不合理, 无法满足该地区公交停靠需求; ⑥ 施工围挡过高严重

影响行车视距;⑦ 交叉口范围缺乏施工标志,不利于行车安全;⑧ 交叉口附近部分停车场缺乏实时停车泊位情报板,导致停车车辆往复前往.

2.2 城市交叉口施工区交通特性

城市交叉口施工区人员交通特性主要包括驾驶员、乘客、行人、骑自行车者、施工人员等的交通特性.在交叉口施工区驾驶员具有复杂性、模糊性、自学性、时变性、随机性等特性,所以在交叉口施工区要求驾驶员具有较好的心理素质^[10].城市交叉口施工区,由于施工区域的不规则性,导致改造后的道路线形不够合理,延误有所增加,行人过街问题显得十分突出.如果没有合理安排其他的过街通道,在增加行人的绕行距离的同时,还会导致行人随意过街.

施工区行车特性包括完全占道施工行车特性和部分占道施工行车特性.福州市交叉口地铁站施工区行车特性属于部分占道施工.这种情况下部分车道被封闭,最重要的行为为合流,其具有强制性.合流过早和过晚都会对交通运行造成影响.

3 方案设计与评价

3.1 优化方案设计

方案依据不同交通条件分为早、晚高峰时段设计方案.以早高峰时段的交通组织优化方案为例,包括4个方案.

方案1:主要包括交通渠化、增设标志设施及信号配时调整.

1)交通渠化:与原交叉口相比,施工区交叉口畸形,交通组织空间十分有限,不利于交通通行.所以畸形交叉口渠化的思路可用于交叉口施工区交通渠化组织^[11],东、西向禁止社会车辆左转;东进口直右车道改为直行车道;撤销东进口的原人行横道,东进口道处的东街人行天桥改为行人、非机动车两用天桥;

2)公交场站改造:将东街站、南街站以及双抛桥站这三个站点设计为港湾式车站,车站长度设计为25 m,宽度为3.5 m;

3)增设标志设施:增设未配置停车泊位情报板的停车场在各路段相应位置设置情报板;在交叉口南、西、北进口道附近设置凸面镜,改善行车视距;增设施工区指示、减速、限速标志;

4)减少周期时长.根据韦伯斯特最佳周期的计算公式进行信号优化配时.改善后的周期时长减少为95 s.

优化后配时方案如表4.

方案2:在方案1的基础上加入公交优先设计.在杨桥东路段和东街路段右侧设置路边型公交专用道(仅限高峰时段),同时配合设计锯齿形公交专用进口道.设置了锯齿形公交专用进口道之后,在红灯期间内到达交叉口的公交车可以优先在各进口车道排队等候.锯齿形公交进口道和主、预先信号的协调控制,使公交车能优先通过交叉口,有效降低了公交车在交叉口施工区的延误.在一定程度上也能减少公交车对社会车辆的干扰^[12].东进口锯齿形公交专用进口道如图2.

1)公交候驶区长度 L 的设置.假设公交车是线性到达,那么在每个信号周期内公交车的最大排队车辆数为5辆.即每车道最多停靠3辆公交车.单个公交车辆停靠长度取为14 m.则公交车候驶区长度最少为42 m.为了预留一定排队空间,东、西进口道的公交候驶区长度可设为50 m.

2)预信号与主信号的相互协调设置.定义主、预信号相位差 $t = t_1 = t_2$,公交候驶区长度初始值 L_0 为50 m,社会车辆在施工区的车速一般为 $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,即 v_0 取 $8.33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$t = \frac{L_0}{V_0} = \frac{50}{8.33} = 6.002 \text{ s}$$

故取 $t = 6 \text{ s}$.

表4 早高峰优化配时

Tab.4 Timing optimization at peak-hour in the morning

相位	$t_{\text{绿灯}}/\text{s}$	$t_{\text{红灯}}/\text{s}$	$t_{\text{黄灯}}/\text{s}$
第一相位	40	52	3
第二相位	20	72	3
第三相位	23	69	3
周期时长		95 s	

为了充分利用公交候驶区,规定公交车辆在候驶区必须遵循的停靠规则:当主信号红灯亮时,左转公交车进入直左车道排队,右转公交车进入直右车道排队,直行公交车必须先进入直左车道停靠,在直左车道已经没有停靠空间的情况下才能停靠直右车道。

方案 3: 在方案 2 的基础上,调整主、预相位差,调整步长 d 取 2 s, 相对相位差 $t = t_0 - d = 6 - 2 = 4$ s, 方案 3 的优化配时各相位显示时间与方案 2 相同。

方案 4: 在方案 2 的基础上,调整主、预相位差,调整步长 d 取 2 s, 相对相位差 $t = t_0 + d = 6 + 2 = 8$ s, 方案 4 的优化配时各相位显示时间与方案 2 相同。

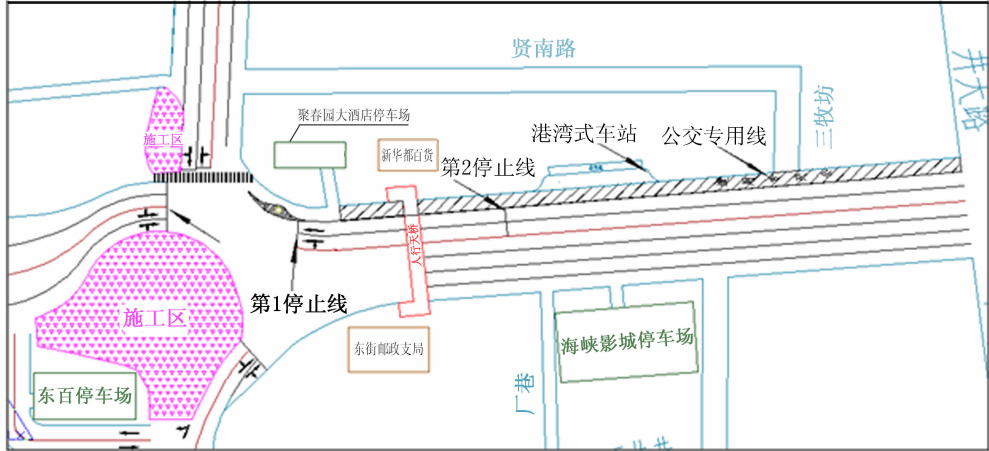


图 2 东进口锯齿形公交专用进口道设计图

Fig. 2 Zigzag bus lanes design at the east entrance

3.2 仿真评价

运用 VISSIM 仿真软件进行交叉口施工区交通组织仿真评价,内容包括:道路设施评价、运行效率评价、交通安全评价及环境影响评价.针对交叉口施工区的运行效率进行定量分析来评价交通组织优化的效果,选取平均停车次数、平均延误、平均排队长度、公交车等待时间作为评价指标。

通过咨询专家意见,采用层次分析法计算出来的各项指标权重如表 5。

确定出各项指标的权重之后可定义一个综合评价指标 Z :

$$Z = 0.1912 \times N_{\text{平均}} + 0.3850 \times D + 0.2455 \times L_{\text{平均}} + 0.178 \times t_w \quad (1)$$

根据 Z 值评判交通组织最优方案. Z 值越小说明方案的优化效果越好。

表 5 交叉口施工区各项评价指标权重

Tab. 5 The weight of evaluation indexes in the intersection construction area

评价指标	权重
平均停车次数 $N_{\text{平均}}$	0.1912
平均延误 D/s	0.3850
平均排队长度 $L_{\text{平均}}/m$	0.2455
公交等待时间 t_w/s	0.1783

表 6 早高峰现状及优化方案评价指标汇总

Tab. 6 Summary of evaluation indexes for the current situation and optimized scheme at peak - hour in the morning

比选项目	现状	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
平均停车次数 $N_{\text{平均}}$	1.00	0.87	0.76	0.82	0.82
平均延误 D/s	39.95	26.08	27.02	26.78	27.36
平均排队长度 $L_{\text{平均}}/m$	112.5	89.25	60.75	78.75	84.00
公交等待时间 t_w/s	28.64	26.775	24.492	24.944	25.131
综合评价指标 Z	48.33	36.89	29.83	34.25	35.79

运用 VISSIM 软件对东街口现状及改善方案进行仿真并输出 4 个评价指标的数值. 其中仿真软件模型

参数是根据现状调查数据以及优化方案中的信号配时和相位步长进行设定. 根据公式(1)计算出综合评价指标 Z . 数据汇总见表6. 由表6可知,早高峰4个优化方案较之现状都有一定程度的优化,其中方案2综合评价指标 Z 最小为29.83,是最优方案.

同理可以寻求到晚高峰交通改善最佳方案. 晚高峰交通组织设计方案与早高峰方案仅信号配时不同. 根据韦伯斯特最佳周期的计算公式算得晚高峰周期时长为120s,其他改善措施与早高峰改善方案相同. 由表7可知,晚高峰方案3综合评价指标 Z 最小为36.178,是最优方案.

表7 晚高峰现状及优化方案评价指标汇总

Tab.7 Summary of evaluation indexes for the current situation and optimized scheme at peak-hour in the afternoon

比选项目	现状	方案1	方案2	方案3	方案4
平均停车次数 $N_{\text{平均}}$	1.19	0.822 5	0.790 83	0.762 5	0.893 33
平均延误 D/s	44.74	29.283 3	27.191 7	27.233 3	28.441 7
平均排队长度 $L_{\text{平均}}/m$	100.25	96.75	91	86.5	93
公交等待时间 t_w/s	32.784	30.734	23.964	23.964	23.964
综合评价指标 Z	47.909	40.663	37.233	36.178	39.109

4 结论

以地铁总体设计和换乘客站的施工进度安排等为依据,现状交通调查为基础,通过交通仿真模型的建立与检验、专家法和层次分析法确定交通组织优化目标,利用 VISSIM 仿真软件进行优化评价,交通组织最优方案如下:

1)对交叉口施工区进行交通组织优化,和现有交通情况相比,其最终优选方案在平均停车次数,平均延误、平均排队长度和公交等待时间等方面都有较大改善,节省时间接近25%.

2)交通组织优化方案综合了交通渠化、增设标志设施及信号配时调整,以及公交优先设计等多种方法共同实施协调配合,有效实现交通优先.特别是考虑了锯齿形公交专用道设计的优化方案明显优于其他方案.对于流量小的早高峰,对应的优化方案主、预信号相位差取6s,而流量大的晚高峰取4s,其优化方案最优.

参考文献:

- [1] 叶如海,吴贇良. 城市设计中的交通组织——以淮安市淮海南、北路城市设计为例[J]. 城市建筑,2007(2): 46-48.
- [2] 全国交通工程设施(公路)标准化技术委员会. GB5768-1999 道路交通标志与标线[S].
- [3] 公安部交通管理局. GA182-1998 道路作业交通安全标志[S].
- [4] 陈瑜. 高速公路作业区安全分析及交通组织管理方法研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2006.
- [5] Federal Highway Administration. A guide for addressing unsignalized intersection collisions[R]. Washington D C: National Cooperative Highway Research Program, 2003.
- [6] Sisipiku V E, Lyles R W. Study of speed patterns in work zones[C]// The 78th Annual Meeting Transportation Research Board, 1999: 978-992.
- [7] 毛慧,谢志明. 大城市地铁施工期间道路交通组织的方法探讨[J]. 重庆交通学院学报,2001(2): 54-57.
- [8] 吴新开,吴兵. 高速公路养护维修作业区行车速度控制方法探讨[J]. 公路,2004(7): 132-137.
- [9] 张小玲. 配合城市道路改扩建工程的交通组织设计方法[J]. 大众科技,2010(9): 70-71.
- [10] 冯杰. 道路施工区交通组织分析[J]. 交通标准化,2009(6): 54-57.
- [11] 严建,张水潮. 基于 VISSIM 仿真的畸形交叉口渠化设计方法研究[J]. 交通标准化,2009(4): 120-123.
- [12] 杨晓光,白玉,马万经,等. 交通设计[M]. 北京:人民交通出版社,2010.