

基于 VISSIM 仿真的行人专用相位优化设计

顾迪, 韩印, 王嘉文, 巩子璇, 郑欣

(上海理工大学交通系统工程系, 上海 200082)

摘要: 在信号交叉口设置行人专用相位是一种重要的行人保护策略,但也可能会导致交叉口延误增加。文章以上海市淮海中路—黄陂南路交叉口为研究对象,在分析交叉口数据的基础上优化行人专用相位信号配时参数,运用 VISSIM 软件构建交叉口仿真模型,并对模型参数进行标定,最后对优化前后的信号配时方案进行仿真评价。结果表明:经过信号配时调整,交叉口总体服务水平由 D 提升到 B,方案可行有效。

关键词: 信号交叉口; 行人专用相位; 信号配时; VISSIM 仿真

中图分类号: U491 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 04—0151—04

随着绿色出行的倡导和机动车保有量增加,城市交叉口机动车与行人冲突日趋严重。行人专用相位的设立有助于从时间上分离行人与机动车流,避免机非冲突保障行人安全。关于行人专用相位信号控制优化,钱大琳^[1]等提出一种新的信号控制优化方案,从整体上优化行人专用相位信号配时参数。张亮^[2]选取某实际交叉口作为案例分析,利用 VISSIM 对比分析双层优化模型配时方案与 webster 法配时方案,验证了双层优化模型对行人专用相位配时优化的适用性。交通仿真技术有助于辅

助分析交叉口交通问题,具有经济性、安全性、可控性的特点。在 VISSIM 交叉口仿真优化设计方面,马晓旦^[5]等建立上海市某交叉口仿真模型,将优化前后的评价指标进行评价对比,证明优化后的方案能够有效提高交叉口通行能力,减少车辆间冲突。

故此,关于行人专用相位信号配时方案尚无统一标准可供参考,本文结合以往学者对行人专用相位信号控制优化方法研究,针对人流量较大的两相位信号交叉口,对上海市淮海中路—黄陂南路交叉口行人专用相位进行

markets[J]. The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems, 1999, 11(1): 193-197.

[2] Wang G J, Xie C, Stanley H E. Correlation structure and evolution of world stock markets: Evidence from Pearson and partial correlation-based networks[J]. Computational Economics, 2018, 51(3): 607-635.

[3] 闫新国. 基于相关与因果复杂网络的金融风险传染与冲击响应研究 [D]. 湖南大学, 2017.

[4] 陈花. 基于复杂网络的股票之间有向相关性研究 [D]. 北京邮电大学, 2012.

[5] 李延双, 庄新田, 张伟平. 股指极端波动下中国股市复杂网络结构及中心性分析 [J]. 运筹与管理, 2020, 29(07): 131-143.

[6] 王皓晴, 顾长贵. 基于复杂网络理论对长三角雾霾网络的城市节点重要性研究 [J]. 中国水运 (下半月), 2019, 19(01): 92-94.

[7] Caraianni P. Using complex networks to characterize international business cycles[J]. PloS one, 2013, 8(3): e58109.

[8] Huang C, Wen S, Li M, et al. An empirical evaluation of the influential nodes for stock market network: Chinese A-shares case[J]. Finance Research Letters, 2021, 38: 101517.

[9] 韩冬梅, 王雯. 复杂网络视角下的国际证券市场结构特征分析 [J]. 复杂系统与复杂性科学, 2014, 11(03): 50-57+78.

[10] Wang Z, Gao X, An H, et al. Identifying influential energy stocks based on spillover network[J]. International Review of Financial Analysis, 2020, 68: 101277.

[11] 汪小帆, 李翔, 陈关荣. 复杂网络理论及其应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.

[12] Goh K I, Oh E, Kahng B, et al. Betweenness centrality correlation in social networks[J]. Physical Review E, 2003, 67(1): 017101.

[13] 贺腊容, 黄创霞, 文风华, 杨晓光. 基于复杂网络的沪深 300 股票重要节点的评估和分析 [J]. 经济数学, 2016, 33(03): 1-10.

信号配时参数调整,在确保行人安全的基础上,减少交叉口延误,确保行人与机动车运行效益。

1 交叉口现状调查

1.1 交叉口现状

本次调查的路口为上海市淮海中路－黄陂南路交叉口,该路口位于上海市商圈中心,如图 1 所示。交叉口周围人流量巨大,设有行人专用相位,交通拥堵问题严重,因此本文对该行人专用相位信号配时进行研究。通过调查,交叉口现状渠化图如图 1 所示。

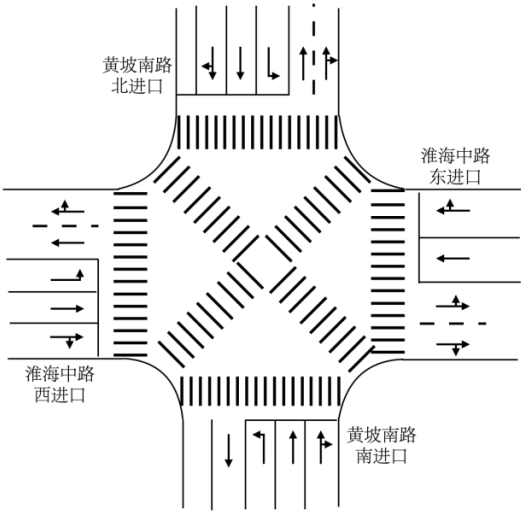


图 1 交叉口现状渠化图

1.2 交通调查

为了分析该交叉口存在的问题,需要采集交叉口的几何特性、交通流量和信号配时等数据。选取某一工作日的 8:00–9:00 时间段,即早高峰时段对该交叉口的车流和行人进行无人机录像拍摄,在统计阶段将各个车型统一换算成当量交通量,早高峰小时交通量如表 1 所示,现状信号配时方案如图 2 所示:

表 1 高峰小时交通流量

方向	车流量/(pcu · h ⁻¹)			非机动车 /pcu	行人/ 个
	直行	左转	右转		
东	456	114	63	633	158
西	315	126	53	494	135
北	397	79	74	550	103
南	382	121	139	642	482

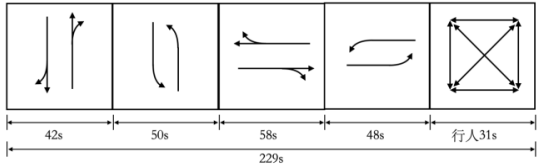


图 2 现状信号配时图

2 交叉口现状分析

2.1 模型标定

为了提高 VISSIM 模型可信度,使仿真运行结果和实际统计结果尽量接近,需对 VISSIM 模型参数进行标定。首先,建立根据实际交通流调查结果,在 VISSIM 中建立交叉口几何布局,如图 3 所示,模型参数采用针对单个交叉口的 Wiedemann 74 跟驰模型。然后,将调查的早高峰小时交通量、现状信号配时方案和平均车速输入系统进行仿真。之后,对跟车模型参数、饱和流率和车辆最小间距进行多次调整,直至筛选出 GEN 值小于 5 的参数组合,完成 VISSIM 模型的标定,GEN 值计算公式为:

$$GEN(i,t)=\sqrt{\frac{2[F_s(i,t)-F_r(i,t)]^2}{F_s(i,t)+F_r(i,t)}}$$

式中: i 表示检测器断面序号; t 表示时段; F_s 为仿真输出流量、F_r 为实测流量。GEH(i,t) 取 85% 分位值作为 GEH。

标定后的模型参数为:平均停车间距为 1.5m,安全距离的附加部分为 3.26,安全距离的倍数部分为 4.79,安全距离折减系数为 0.65。

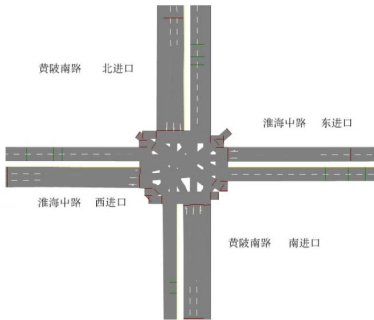


图 3 交叉口 VISSIM 仿真图

2.2 现状分析

设置节点后运行仿真 3600s,改变随机种子取值进行 5 次仿真实验,仿真数据具体如表 2 所示:

表2 淮海中路—黄陂南路交叉口仿真数据

车流	排队长度/m	排队长度(最大)/m	车辆/pcu	人均延误/s	静态停车延误/s	停车次数/次
东-北	3.57	13.17	13	70.99	54.35	1.08
东-西	75.74	119.69	67	88.12	70.44	1.09
南-东	5.08	25.08	16	47.64	37.34	1.25
南-北	42.87	84.02	40	64.63	55.97	0.93
南-西	3.86	24.31	12	54.16	42.6	1.5
北-东	5.22	19.52	8	73.96	64.84	1
北-南	25.25	56.73	25	81.46	73.18	0.84
北-西	5.4	18.69	8	57.21	51	0.75
西-东	14.45	65.73	36	64.71	57.24	0.75
西-南	2.56	17.84	3	99.79	86.57	1
西-北	10.48	65.86	13	69.03	59.9	1.08

观察图中数据可得,各进口道直行方向的排队长度都不短,直行方向的人均延误较之左转及右转车辆的人均延误而言,问题更为突出,东西方向的人均延误最高为88.12s,北南方向次之为81.46s。综合以上分析可得,直行方向的延误及排队长度最为突出,在接下来的仿真实验中将重点观察这几项数据是否得到了改善。

3 行人专用相位信号配时优化

3.1 行人专用相位

行人专用相位是为了解决交叉口行人与车辆相互交织提出来的,以此减少冲突点保障过街行人安全。按其类型不同分为两种,其一为按空间分隔车辆与行人,当进口行人经过时,禁止与之相冲突的交通,反之当车辆通行时禁止行人通过,见图4(a)。其二则为按时间分离车辆与行人的通行,使用整个交叉口地处于行人特定通行时间,当交叉口处于行人专用相位时,4个方向的人行横道以及对角线方向的行人均允许通行,此时所有方向机动车禁止通行,见图4(b)。本文通过VISSIM 仿真研究第二种情形即拥有对角线的行人专用相位配时优化方法。

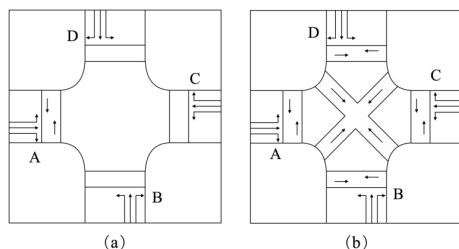


图4 交叉口行人专用相位

3.2 优化参数的信号配时方法

本次信号配时优化采用 Webster 信号配时方法,在添加了一个单独的行人专用相位时长后,对绿灯损失时间的计算步骤进行重新调整,将调整后的每周期总损失时间代入周期时长计算公式,从而得出新的周期时长。调整后的总信号损失时间计算步骤如下:

(1) 行人过街最短绿灯时间按下式计算:

$$G_{\min} = 7 + \frac{L_p}{V_p} - I$$

式中: $G_{\min}$ 为行人过街所需的最短绿灯时间, s; L_p 为对角人行横道长度, m; V_p 为行人步行速度, 取 1.25m/s; I 为绿灯间隔时间, s。

(2) 调整后的总信号损失时间按下式计算:

$$L' = L + 0.2G_{\min}$$

式中: 0.2 为行人专用相位调整系数, 是通过实测得到的数据计算得出周期时长, 具体计算结果见表3.1, 周期与系数间的对应趋势图见图5。本文选取与110s周期时间对应的0.2作为系数。

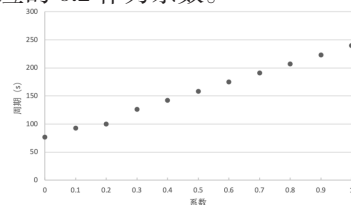


图5 行人专用相位调整系数与周期关系图

根据调整后的信号配时参数计算行人过街最短绿灯时间和信号周期时长,进而计算出优化后的信号配时方案:信号周期110s,其中第一相位有效绿灯时间30s,黄灯3s;第二相位有效绿灯时间31s,黄灯3s;第三相位有效绿灯时间14s,黄灯3s;行人专用相位26s。

4 优化方案仿真与评价

选取排队长度、人均延误、静态停车延误作为仿真评价指标,利用 VISSIM 软件对优化前后的信号配时方案进行仿真评价。改变随机种子仿真6次取平均值,归纳整理后得出的数据具体见图6、7、8:

信号调整平衡了各个进口道排队长度之间的差距,尤其是东西和南北方向的排队长度明显缩减。各方向的人均延误均有所缩减,左右转方向的

延误缩减程度更为明显，有效提升了通行效率。

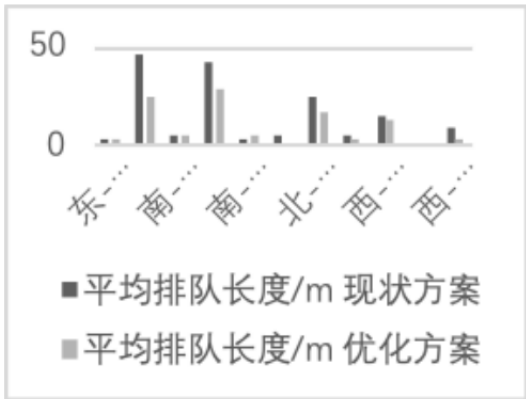


图6 优化前后平均排队长度

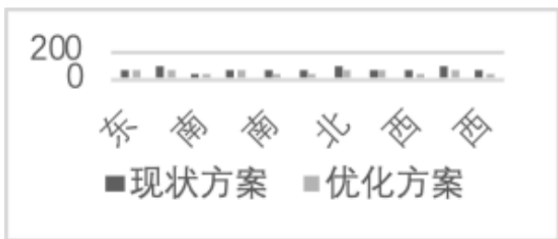


图7 优化前后人均延误

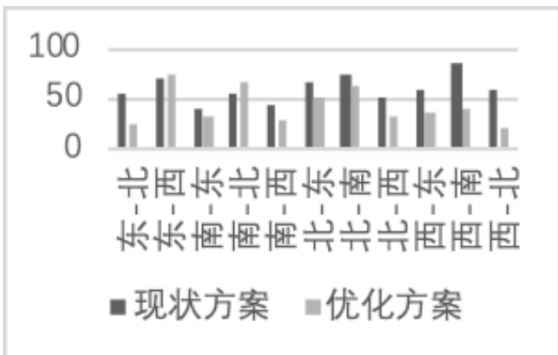


图8 优化前后静态停车延误

从静态停车延误上来看，各个方向上的静态停车延误均有不同程度的缩减。参考美国 HCM 信号交叉口服务水平，交叉口四个进口道总体服务水平由 D 提升到 B。综合以上分析和仿真案例可以得出，利用优化后的行人专用相位配时方案可以有效提升交叉口运行效率缓解交通拥堵，表明本文所提出的优化方法的可行性。

5 结论

行人专用相位作为一种有效保护行人的控制策略，正在全世界范围内被广泛使用，对行人专用相位的合理优化是十分必要的。国外与我国城市混合交通和慢行交通特征有很大差别，人口、地域因素不相兼容，对国外的交叉口理论研究不能直接借鉴而需要进一步研究。

因此，本文以现有的行人专用相位研究为基础，选取上海市淮海中路－黄陂南路交叉口作为研究案例，通过现场调查交通流数据及仿真实验分析交叉口所存在的问题，在 webster 方法基础上优化信号配时方案。运用 VISSIM 建立仿真模型并对模型参数进行标定，结果表明，本文优化方案缩短了各进口道延误与排队长度，论证了优化方案的可行性。

参考文献：

[1] 钱大琳, 陈小红. 基于行人专用相位的交叉口信号控制优化模型 [J]. 中国公路学报, 2013, 26(05): 140-147. DOI: 10.19721/j.cnki.1001-7372.2013.05.019.

[2] 张亮. 行人专用相位交叉口信号控制优化研究 [D]. 深圳大学, 2019. DOI: 10.27321/d.cnki.gszdu.2019.000417.

[3] 王嘉文, 陈超, 金杨等. 考虑人车交互的两相位信号控制交叉口行人专用相位设置条件 [J]. 公路交通科技, 2020, 37(01): 96-103.

[4] 杜阳. 基于 VISSIM 仿真的环形交叉口改造方案研究 [J]. 中国水运 (下半月), 2017, 17(06): 272-273+322.

[5] 马晓旦, 刘杰. 基于 VISSIM 的控江路与敦化路交叉口优化设计 [J]. 物流科技, 2019, 42(07): 68-70.

[6] 王嘉文, 邹林志, 杭佳宇. 考虑人车交互的两相位信号控制交叉口的配时优化方法 [J]. 中国水运 (下半月), 2020, 20(01): 80-82.