

[文章编号] 1003-4684(2023)02-0079-05

基于 VISSIM 仿真的混行交叉口优化研究

陈厚廷, 李 昊, 张麦宣, 郭亚红, 寇乾文, 张月阳

(湖北工业大学土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] 为有效解决混行交叉口的拥堵问题,提高通行效率,改善城市路网拥堵现状,以武汉市洪山区南李路-文祥街混合交通流交叉口为例开展优化研究,通过现场调查的方式来采集其高峰时间段的交通流量及信号配时等数据,并利用 VISSIM 软件建立微观道路模型,并进行仿真模拟,得出车辆延误和排队长度等指标。此外还对影响交叉口拥堵的因素进行分析,并对其进行车道功能划分和信号配时优化,最后对比仿真前后的交通状况,发现优化后的车辆延误和排队长度均有大幅减少,交通运行状况得到显著改善,从而验证了优化方案的科学性与合理性。

[关键词] 信号配时; VISSIM; 车辆延误; 排队长度

[中图分类号] U491.2 **[文献标识码]** A

目前,国内的城市道路交叉口多数呈现混合流形式。交叉口作为城市交通路网的重要组成部分,对交通的流畅运行起着关键性作用^[1]。它是路网的重要组成部分,同时也是交通冲突的多发地^[2]。过多的交通冲突造成了交通路网的阻塞,此现象导致居民出行成本增加,降低了工作效益和生活质量^[3-5]。因此,妥善合理地处理交叉口拥堵现象,改善道路通行状况,成为当前亟需解决的问题^[6]。

针对上述出现的问题,需要在时空上合理的分配交叉口资源,以缓解交通压力。截至目前,已有多位国内外专家针对此类问题做出相关研究,李汝楠等^[2]通过 VISSIM 软件分析交通现状,对其进行车道功能划分和信号配时优化,极大地改善了交通运行情况。常争艳等^[7]对太原市桃园路口进行分析设计,建立了信号配时优化模型。该模型的指标包括停车延误、停车次数和通行能力,采用罚函数粒子群优化算法(PSO)对绿灯时间和信号周期进行重新规划,提高了道路潜在的通行能力。陈丹丹^[8]等通过设计两级模拟控制器优化四相位交叉口,运用 MATLAB 对模拟控制器进行仿真,结果表明在信号控制方面,相比定时控制,模糊控制能够更好地改善交通拥堵情况。张卫华^[9]将公交优先的概念纳入信号配时设计中,通过仿真分析表明此举可以有效地缓解交叉口的拥堵情况,提高通行效率。WONG C K^[10]等从理论概念出发,设计了一系列混合整数规划模型以寻求车道功能划分和信号配时优化的最

优解。此次研究以武汉市洪山区南李路-文祥街交叉口为例,通过对其进行车道功能划分以及信号配时优化,利用 VISSIM 仿真软件进行模拟测试,根据仿真前后的指标对比分析,得出最佳优化方案。

1 交叉口现状

1.1 平面交叉口现状布局

武汉市洪山区南李路是一条城市次干道,且方向为南北向,该道路日常高峰时间段交通量大,其与文祥街东西方向的路段连接组成十字型交叉口,此外该交叉口南进口道的车道标志由内而外分别为直行车道、直行车道、右转车道。北进口道的车道标志由内而外则依次为直左车道、直右车道。西进口道为桥面路段,宽度有限,因此仅有一条直左右合用车道。东进口道由内而外依次为直左车道、直右车道。各个进出口道均采用双黄线进行分隔。其中除了南边路段,其他三个方向的路段均有设置人行横道。在南、北、东三个方向上设有非机动车道。该处交叉口具体状况如图 1 所示。

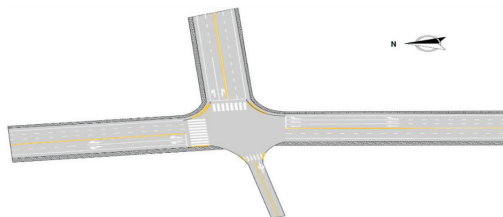


图 1 南李路-文祥街交叉口现状

[收稿日期] 2022-11-02

[第一作者] 陈厚廷(1995-),男,江苏南通人,湖北工业大学硕士研究生,研究方向为交通安全工程、系统优化与决策

[通信作者] 李 昊(1986-),女,湖北黄冈人,工学博士,湖北工业大学,研究方向为交通安全工程,系统优化与决策

1.2 路段车速测试

车速测试可以反映出对应路段车速分布情况^[11],此外也能间接体现该处交叉口的车辆通行状况,通过对南李路—文祥街交叉口南北方向总长为300 m的路段进行早高峰时间段车速测试,得出在测试时段内经过该处交叉口的车辆速度分布态势,具体的车辆速度频率分布情况如图2所示。

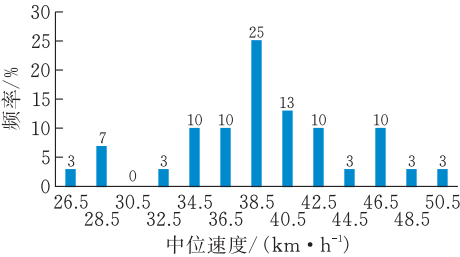


图2 车辆速度频率分布

由图2可以看出,该路段的车速总体呈现正态分布,且均低于道路限速值60 km/h,车速频率峰值出现在38.5 km/h,且主要集中在40 km/h左右,这表明该路段处于较拥堵状态,而且根据现场观察可知,该路段上车辆频繁出现走走停停的现象,通行状况出现显著拥堵,因此需对路段进行优化设计。

1.3 现状信号配时

南李路—文祥街交叉口的信号配时是两相位控制方式,该处相位周期为116 s,第一相位为南北进口直行车辆及左转车辆通行,绿灯时间为84 s。第二相位为东西进口直行车辆及左转车辆通行,绿灯时间为26 s。相位之间间隔的黄灯时间为3 s。现状相位配时如图3所示。

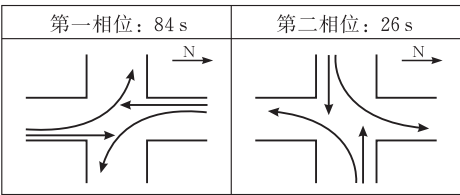


图3 交叉口现状相位配时

1.4 交叉口流量数据

此次在南李路—文祥街交叉口展开的交通流量统计由四名调查员组成,调查员均匀分布在四个进口道,对通过的车辆流向进行观察并记录实时转向数据。本次现场调查时间为早上8:00~10:00,由于该时间段为早高峰时期,道路车流量较大,因此所测得的数据更具有代表性。考虑到高峰期的车流量难免受到外在因素的影响,存在着许多偶然性,所以此次交通量统计分几天进行,最后将多次统计的结果取平均值^[12]。作为早高峰时段小时交通量,以保证数据的准确性。与此同时,统计出通过该交叉口的各种车型占比,小汽车占据90%,货车占据5%,

公交车占据5%。南李路—文祥街交叉口现状交通流量如表1所示。

表1 现状交通流量

进口道	车道	流量 (pcu/h)	通行能力 (pcu/h)	流量比
南进口	直左	911	1835	0.49
	直行	864	1527	0.56
	右转	239	761	0.31
北进口	直左	604	1650	0.36
	直右	457	1057	0.43
东进口	直左	240	458	0.52
	直右	162	578	0.28
西进口	直左右	160	680	0.23

根据表1的交通流量等数据可以看出,南李路—文祥街交叉口各个方向路段的通行能力充足,在满足现有车辆通行的前提下,仍有很大冗余,然而,由于不合理的规划,导致交通资源浪费,其中北进口和西进口的流量不及通行能力的一半,因此有待进一步优化。

1.5 VISSIM 现状仿真

通过VISSIM仿真软件对南李路—文祥街交叉口交通情况进行仿真分析。首先,将先前调查的交通流量和信号配时等数据输入软件,然后设置交通控制模块和交通流量模块^[13]。设置仿真时间为600 s,每300 s输出一次结果,采用节点检测的方法,得出交叉口各个进口道的车辆延误和排队长度^[14]。仿真流程如图4所示,仿真现状如图5所示,仿真现状数据如表2所示。

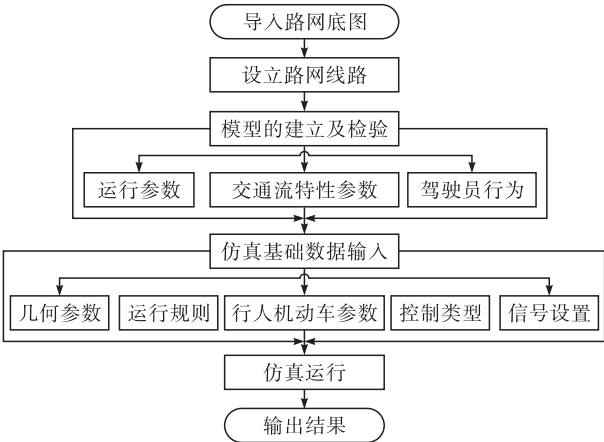


图4 VISSIM 仿真流程

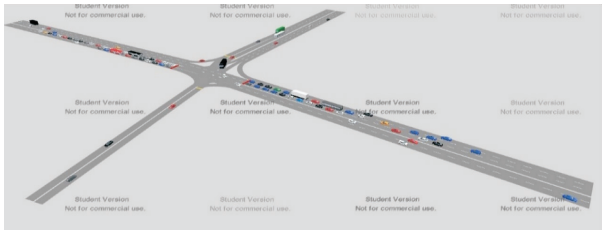


图5 VISSIM 仿真现状

表 2 VISSIM 仿真现状数据

路口 转向	南进口			北进口			东进口			西进口		
	左	直	右	左	直	右	左	直	右	左	直	右
排队长度/m	66	78	52	42	59	27	18	9	0	7	7	0
车辆延误/s	56	36	20	63	54	4	45	23	8	44	31	25

从图 5、表 2 可以看出南李路—文祥街交叉口南北方向的交通状况比较拥堵,该方向路段在中国道路服务水平中处于三级道路水平,经过具体分析,可知有如下原因,第一,南进口存在左转和掉头车辆,但是却未设置相应的车道标志。导致车辆混行现象严重。第二,信号配时设计的不科学,致使交叉口未能在相位周期内清空车辆,当第一相位南北车辆同时放行时,南北进口的左转车辆会因避让对向行驶的直行车辆而未能及时转弯,导致后续车辆拥堵在交叉口,造成堵塞。第三,根据调查可知,该处交叉口并不是主要交通集散地,行人稀少,设计者却在此设置了人行横道,但又未设置相应的行人相位,致使行人过街安全性没有保障,容易造成堵塞。本文以南李路—文祥街交叉口南北方向为主要研究对象进行优化。

2 交叉口优化

2.1 车道功能划分

原南进口道的车道数保持不变,将该处的车道标志依次更改,由内而外分别为直左车道、直行车道、右转车道。与此同时,对道路宽度进行压缩。新增一条南出口道。原北进口新增一条进口车道,将该处的车道标志依次更改,由内而外分别为左转车道、直行车道、直右车道。将其车道宽度依次进行适当压缩。将原南北方向的双黄线改为隔离栏。东西进口道路旁设置行人让行标志。取消北进口人行横道,行人可选择去上游的南李路—武梁路交叉口或下游的南李路—712 研究所处过街。其他方向的道路保持现状,原南李路南进口方向设置禁止掉头标志,掉头车辆可选择去上游南李路—武梁路交叉口掉头。交叉口优化设计如图 6 所示,横断面设计如图 7 所示。

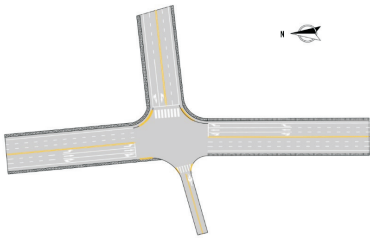


图 6 南李路—文祥街交叉口优化

2.2 信号配时优化

信号灯的配时优化采用阿氏最佳周期长进行计

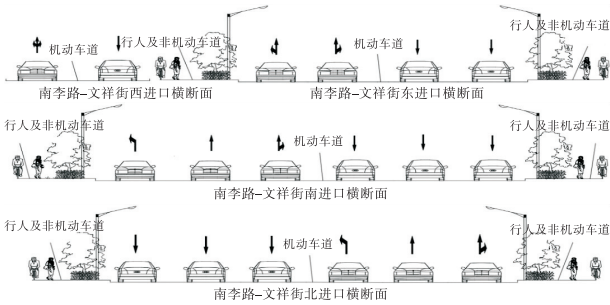


图 7 南李路—文祥街横断面设计

算,该计算方法是在传统的 Webster 方案配时的基础上进行优化,使用平均停车次数和延误时间作为评价配时的综合指标。综合指标 P 可以表示为:

$$P = d + K \times h$$

式中, K 的含义表示为停车补偿系数。根据以往的研究可以发现, K 取不同的值有不同的实际意义, K 的取值为 0.4 时,可以使得汽车油耗最小; K 的取值为 0.2 时,可以使得交叉口路段的运营开支最少; K 的取值为-0.3 时,可以使得交叉口路段的排队车辆最少,此次优化设计目的是为了减少排队长度,所以 K 值取-0.3,经过求导演算之后,优化后的最佳信号周期公式为:

$$C_o = \{ (1.4 + K) \times L + 6 \} / (1 - Y)$$

首先,运用阿氏最佳信号周期长确定南李路—文祥街交叉口优化周期,然后对各个相位的配时进行设计,将黄灯时间设置为 3 s,最后,在周期时长内,将可用的有效绿灯时间在不同的相位之间进行合理分配,以此来实现相位和相序的优化。南李路—文祥街交叉口的配时方案如表 3 所示。周期内的总有效绿灯时间:

$$G_e = C_o - L$$

式中: L 为周期总损失时间,s; C_o 为信号控制最佳周期长,s。

周期内各相位有效绿灯时间

$$g_{ei} = G_e \frac{\max(y_{i1}, y_{i2}, \dots)}{Y}$$

式中: g_{ei} 为第 i 相位有效绿灯时间,s; G_e 为总有效绿灯时间,s; Y 为组成周期的全部相位最大流量比之和。

周期内各相位实际显示绿灯时间

$$G_i = g_{ei} - A_i + l_s$$

式中: G_i 为第 i 相位实际显示绿灯时间,s; l_s 为第 i 相位启动损失时间,s; A_i 为黄灯时间,s。

表 3 交叉口优化信号配时方案

	第一相位	第二相位	第三相位
绿灯时间/s	65	12	20
黄灯时间/s	3	3	3
合计时间/s	68	15	23

南李路—文祥街路口优化后为三相位方案,周期为 106 s。第一相位为南进口直行、左转车辆及北进口直行车辆通行,绿灯时间为 65 s。第二相位为北进口左转车辆通行,绿灯时间为 12 s。第三相位为东西进口直行及左转车辆通行,绿灯时间为 20 s,优化相位如图 8 所示。

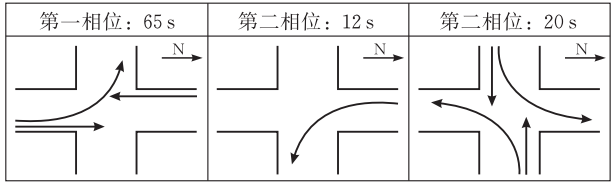


图 8 交叉口优化相位配时

2.3 VISSIM 优化仿真

通过对南李路—文祥街交叉口进行优化设计之后,使用 VISSIM 软件对其进行仿真模拟,重新调整交通控制模块和交通流量模块,继续采用节点模拟进行仿真,得到优化过后的车辆延误和排队长度,优化后的仿真图如图 9 所示。南李路—文祥街交叉口优化后仿真数据如表 4 所示,交叉口优化前后的对比数据如图 10、图 11 所示。

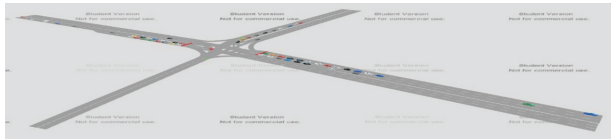


图 9 VISSIM 仿真优化图

表 4 VISSIM 仿真优化数据

路口 转向	南进口			北进口			东进口			西进口		
	左	直	右	左	直	右	左	直	右	左	直	右
排队长度/m	38	42	12	7	20	0	16	11	0	3	3	0
车辆延误/s	20	22	8	26	22	7	50	34	12	38	8	4

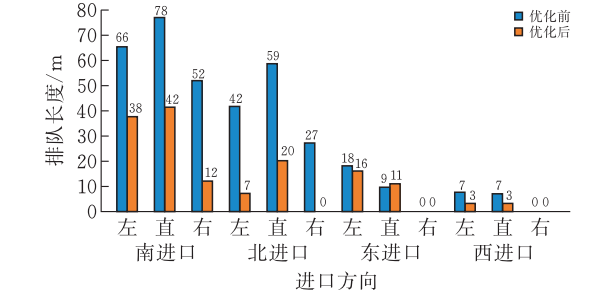


图 10 优化前后排队长度对比

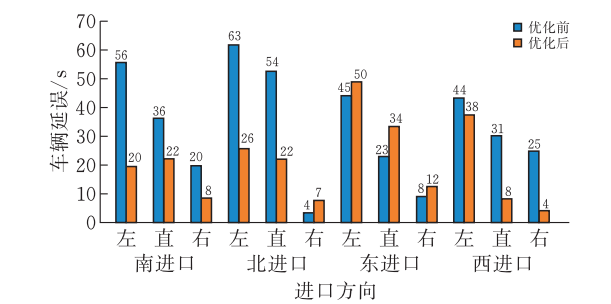


图 11 优化前后车辆延误对比

3 优化方案分析

通过对南李路—文祥街交叉口优化前后的仿真数据进行对比,可以观察到该交叉口经过优化后,原先交通最拥堵的南北方向各个进口道的排队长度和车辆延误均有明显的减少。北进口左转方向的排队长度从 42 m 降至 7 m,改善度为 83%,直行方向的排队长度从 59 m 降至 20 m,改善度为 66%。南进口左转方向的排队长度从 66 m 降至 38 m,改善度为 42%,直行方向的排队长度从 78 m 降至 42 m,改善度为 46%。南北进口左转、直行方向的车辆延误同样也得到了减少。与此同时,东进口左转、直行、右转方向的车辆延误分别增加了 11%、47%、50%,不过由于这几个车道交通状况良好,所以总体影响甚微,优化过后,南李路—文祥街交叉口整体的道路服务水平也由三级提升为二级,该处的交通情况也得到了明显改善。

4 结论

针对武汉市洪山区南李路—文祥街交叉口高峰时间段出现的交通拥堵现象,本研究通过现场调查结合 VISSIM 仿真的方式,分析了该交叉口现存的问题,随后,对该交叉口进行车道功能划分和信号配时优化,将其优化前后的排队长度和车辆延误进行对比、分析。结果表明,关键车道上的两项指标的数值均有明显的减小,证实了此交叉口的设计优化是可行的,能够缓解此处的交通拥堵,有助于提高车辆通行效率和道路交通服务水平。

[参 考 文 献]

[1] 周诚.城市中心区道路交叉口优化改造[J].交通世界, 2021(07):11-13.

[2] 李汝楠,晋民杰.基于 VISSIM 仿真信号交叉口优化研究[J].太原科技大学学报,2021,42(01):59-63.

[3] 刘肇湛,黎建辉,谢尚东,等.基于 VISSIM 干道协调交通信号配时优化设计——以市南大道为例[J].科学技术创新,2021(06):135-137.

[4] 甘杨杰.混合交通流环境下交叉口多目标配时优化研究[D].北京:北京交通大学,2016.

[5] 周国志.面向信号交叉口的微观交通仿真系统开发[D].北京:北京交通大学,2019.

[6] 徐琛辉,马明辉,王栋.城市道路混合交通流道路交叉口信号配时优化方法[J].农业装备与车辆工程,2021, 59(04):106-109.

[7] 常争艳,贾志绚,武美先.信号配时与交通设计协同优化[J].太原科技大学学报,2010,31(01):38-41.

[8] 陈丹丹,贾娟.城市交叉口的智能控制策略[J].物流科

技,2011,34(04):109-112.

[9] 张卫华,石琴,刘强.公交优先信号交叉口延误计算与配时优化方法[J].华中科技大学学报(城市科学版),2004(04):30-33.

[10] WONG C K, HEYDECKER B G. Optimal allocation of turns to lanes at an isolated signal-controlled junction[J]. Transportation Research Part B, 2010, 45(04):667-681.

[11] 陈铭,王雪松.城市主干路车速影响因素研究[J].交通与运输(学术版),2011(02):20-24.

[12] 魏子凯,梁梦凯.基于 VISSIM 仿真的交叉口信号配时优化分析[J].西部交通科技,2021(02):174-176.

[13] 韩义磊,韩印,胡荣.基于 VISSIM 仿真的交叉口交通组织优化设计[J].物流科技,2021,44(09):83-86.

[14] 屈文秋,张淳,张昊,等.基于 VISSIM 的交叉口配时优化研究[J].电子测试,2021(12):41-43.

Research on Mixed Intersection Optimization
based on VISSIM Simulation

CHEN Houting, LI Hao, ZHANG Maixuan, GUO Yahong, KOU Qianwen, ZHANG Yueyang
(School of Civil Engin.,Architecture and Environment ,Hubei Univ. of Tech.,Wuhan 430068,China)

Abstract: In order to effectively solve the congestion problem of mixed intersections, improve their traffic efficiency, and better the congestion status of urban road network, this paper takes the mixed traffic flow intersection of Nanli Road Wenxiang Street in Hongshan District, Wuhan City as an example to carry out optimization research, collects the traffic flow and signal timing data during peak hours through on site investigation. This study uses VISSIM software to establish a microscopic road model, and simulates to obtain vehicle delays and queue lengths. In addition, this study also analyzes the factors affecting intersection congestion, optimizes the lane function division and signal timing, and finally compares the traffic conditions before and after the simulation, and finds that the optimized vehicle delay and queuing length have been greatly reduced, and the traffic operation status has been significantly improved, thus verifying the scientific and rationality of the optimization scheme.

Keywords: signal timing; VISSIM;vehicle delay; queue length

[责任编辑: 裴 琴]

(上接第 60 页)

Study on the Preparation of Multi-porous Polystyrene Microspheres
with Internal and External Penetration

HU Xi, ZHANG Gaowen
(Hubei Provincial Key Laboratory of Green Materials for Light Industry ,
School of Material Science and Chemical Engin., Hubei Univ. of Tech., Wuhan 430068, China)

Abstract: In this paper, on the basis of the synthesis of monodisperse polystyrene seed microspheres, through a two-step swelling method and Friedel-Crafts alkylation reaction, multi-porous polystyrene microspheres with internal and external penetration are prepared. The chemical structure, morphological structure, particle size and distribution, pore size and distribution, etc. were studied. The results show that when the monomer styrene concentration is 15% and ethanol is used as the solvent, the seed microspheres have good monodispersity, with an average particle size of 3.75 μ m; the SEM results show that the microspheres have rough surface and obvious pore structure. The analysis of the specific surface area also showed that the hierarchical porous polystyrene microspheres are rich in macropores, mesopores and micropores, and the specific surface area reaches 575.3 m²/g, indicating the formation of a hierarchical pore structure with internal and external connections; with the function of sodium p styrene sulfonate With the increase of monomer dosage, the zeta potential on the surface of the microspheres increased significantly.

Keywords: polystyrene microspheres; hierarchical pores; internal and external penetration; swelling method; super cross-linking

[责任编辑: 张 众]