

基于正交试验的道路交叉口仿真分析及优化

蒲超伦

(重庆文理学院, 重庆市 402160)

摘要: 道路交叉口是城市交通的关键,为了提高道路交叉口的通行能力,以重庆市大学城西路一大学城南路信控交叉口为研究对象,基于正交试验的方法,对各影响因素进行水平划分,建立车道设置、渠化、信号控制的因素水平正交试验表,并通过微观仿真软件 VISSIM 进行仿真试验。以道路交叉口的延误为优化目标,结合极差分析及方差分析获得最优因素组合,并通过仿真对道路交叉口改善前后的通行效率进行对比,论证了该优化流程的可行性。

关键词: 交叉口; 正交试验; 延误; 优化; 交通管理

随着城市经济的快速发展,机动车量不断增加,交通压力日益凸显。而城市道路交叉口作为城市路网中的连接枢纽,在多个方向有交通流入,交通拥堵,冲突点多,容易造成交通拥堵甚至事故,据有关统计,车辆在城市中心行驶时,约有 1/3 的时间浪费在道路交叉口,因此,城市道路交叉口的设计研究对中国城市交通的长远发展具有十分重要的意义,很大程度上能够避免交通隐患的发生。姚佼等采用正交试验的方法对过饱和和交通状态进行了分析,通过方差分析的 F 检验,得出场景特性、大车比例以及交叉口间距对过饱和和交通状态的影响最为显著;陈昊等基于 VISSIM 仿真软

件,建立了高速公路路段上的交通事故模型,对比分析了不同交通输入量及大小车比例对车辆延误及平均排队长度随时间的变化规律的影响;张开盛等通过上海市沪闵路一剑川路的实地调研,采用正交试验及仿真技术,提出了交叉口设计流程的规范化,提高道路交叉口优化设计的效率。该文以重庆市大学城西路一大学城南路信控交叉口为研究对象,分析该交叉口的若干影响因素,建立车道设置、渠化及信号控制的三因素四水平正交试验表,并结合微观仿真软件 VISSIM 进行仿真优化,以道路交叉口的延误最小为优化目标,得到最优方案。

等为原则,推荐采用方案 2(驼峰方案),其既能满足相关规范要求,保证洪水河泄洪期间道路能够正常通行,并且对高铁桥影响较小,工程投资也较少。

6 结语

随着中国铁路及公路网密度不断提高,公路与铁路交叉的情况不可避免。但由于铁路与公路的规划、建设的不协调性导致个别情况下公铁立交设置条件较为苛刻。此时在技术可行的前提下,需要从行车安全性、经济合理性、社会影响等多个方面对方案进行综合比选,既要减少对铁路运营的干扰及潜在风险,同时避免设计方案功能不足或规模过大,努力实现道路功能发挥和经济效益与社会效益的最大化。

参考文献:

- [1] 高世强.高速铁路桥梁桥下新建公路工程的安全性分析[J].铁道标准设计,2015(4).
- [2] 黄海斌,周平,陈鹏,等.双线公路隧道下穿铁路隧道不同施工工法理论研究[J].铁道标准设计,2016(11).
- [3] 王永东.轨道交通与城市道路、高等级公路共线技术研究[J].铁道标准设计,2016(3).
- [4] JTG D20-2006 公路路线设计规范[S].
- [5] 王鲁宁.北京某市政道路穿越铁路设计方案分析[J].路桥工程,2015(11).
- [6] 卢亚洲,陈芳.旅游景区高速公路跨越铁路时桥型方案研究[J].中外公路,2013(6).
- [7] 张磊.干线公路与既有铁路交叉路线方案分析[J].交通科技,2016(3).
- [8] 赵文聘.特殊环境下上跨铁路高架桥关键技术应用研究[J].铁道标准设计,2015(4).

收稿日期:2018-03-06

作者简介:蒲超伦,男,大学本科,研究员.E-mail:1024038901@qq.com

1 道路交叉口数据采集

图 1 为重庆市大学城西路—大学城南路道路交叉口整体布局图,其交通承载量较大,交叉口周边有重庆大学、小学、产业园区、重庆绕城高速、松园等多个居民区,早晚高峰期人车流量大、重型车比重高,极易造成交通堵塞,对该交叉口进行设计优化能够减缓交通压力,更加地便民利民。表 1 为交叉口早高峰时间(07:30~08:30)采集车流量数据。在统计过程中发现,交叉口南进口道及东进口道的延误为 22.5 s 及 38.6 s。该数据将作为 VISSIM 仿真模型的校准标准以及交叉口的通行能力的评判指标。

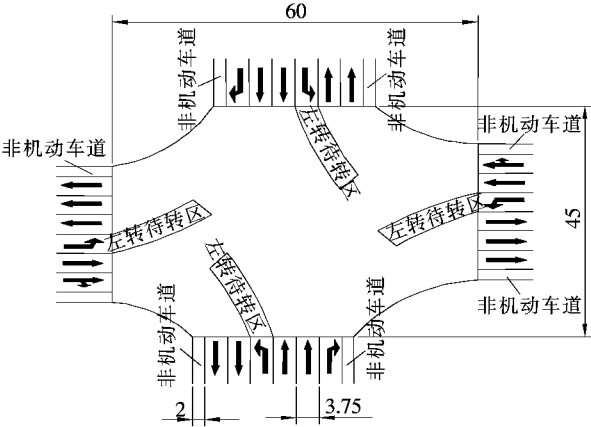


图 1 大学城西路与大学城南路交叉口整体布局(单位:m)

2 基于 VISSIM 的仿真建模

利用 VISSIM 仿真软件对大学城西路与大学城南路道路交叉口现状进行仿真模拟,按实际情况设置车道数、车道宽度,采用表1的车流量以及重车比,信号参数(各信号组红、黄、绿灯的结束时间)等。

由于初步建立的 VISSIM 仿真模型得到的车辆延误结果与现实采集的数据会存在不可避免的偏差,必须进行模型的校准以得到较为接近实际的仿真。该文

表 1 车流量及重车比

方向		重车比/%	车流量/(pcu · h ⁻¹)
东	左	4.2	232
	直	20.3	295
	右	15.4	312
南	左	2.1	261
	直	9.8	428
	右	3.2	187
西	左	7.6	387
	直	24.1	235
	右	6.6	256
北	左	12.3	199
	直	10.1	546
	右	1.8	423

将司机的驾驶行为作为可控的变量进行模型修正,将前方的可见车辆数、安全停车距离、安全距离附加因子、安全距离倍数因子、车头时距最小值以及等待换道消失时间 6 个因素作为修正参数进行正交试验,分别取 5 个水平,如表 2 所示。正交试验表及试验结果如表 3 所示,将模拟结果值与统计值的差值作为优化目标,结果可知,当前方的可见车辆数为 1 辆、安全停车距离为 1.5 m、安全距离附加因子为 1、安全距离倍数因子为 2、车头时距 min 为 1.5 m 以及等待换道消失时间为 65 s 时,模拟结果最接近实际,南进口及东进口的延误分别为 21.6 s 以及 39.4 s,在误差范围内。

3 优化方案正交试验设计

3.1 车道设置优化

从表 1 可知:西进口道左转车流量为 387 pcu/h,而从式(1)计算得知其通行能力的饱和值为 402 pcu/h,压力极大,因此将邻边的进口道设置为可变车道,在左转相位时为进口道,而在其他相位时为出道。

表 2 参数设置

因素	单位	默认值	各水平取值				
前方的可见车辆数	辆	2	1	2	3	4	5
安全停车距离	m	2	1.5	1.75	2	2.25	2.5
安全距离附加因子		2	1	1.5	2	2.5	3
安全距离倍数因子		3	2	2.5	3	3.5	4
车头时距最小值	m	0.5	0.5	0.75	1	1.25	1.5
等待换道消失时间	s	60	40	45	50	60	65

表 3 正交试验结果

项目	A 前方的可见车辆数/辆	B 安全停车距离/m	C 安全距离附加因子	D 安全距离倍数因子	E 车头时距最小值/m	F 等待换道消失时间/s	试验结果
试验 1	1	1.50	1.0	2.0	0.50	40	1.2
试验 2	1	1.75	1.5	2.5	0.75	45	2.6
试验 3	1	2.00	2.0	3.0	1.00	50	1.4
试验 4	1	2.25	2.5	3.5	1.25	60	1.5
试验 5	1	2.50	3.0	4.0	1.50	65	1.8
试验 6	2	1.50	1.5	3.0	1.25	65	2.5
试验 7	2	1.75	2.0	3.5	1.50	40	1.8
试验 8	2	2.00	2.5	4.0	0.50	45	2.2
试验 9	2	2.25	3.0	2.0	0.75	50	2.6
试验 10	2	2.50	1.0	2.5	1.00	60	2.4
试验 11	3	1.50	2.0	4.0	0.75	60	2.9
试验 12	3	1.75	2.5	2.0	1.00	65	2.1
试验 13	3	2.00	3.0	2.5	1.25	40	3.3
试验 14	3	2.25	1.0	3.0	1.50	45	2.8
试验 15	3	2.50	1.5	3.5	0.50	50	2.7
试验 16	4	1.50	2.5	2.5	1.50	50	2.2
试验 17	4	1.75	3.0	3.0	0.50	60	1.2
试验 18	4	2.00	1.0	3.5	0.75	65	3.4
试验 19	4	2.25	1.5	4.0	1.00	40	2.6
试验 20	4	2.50	2.0	2.0	1.25	45	2.2
试验 21	5	1.50	3.0	3.5	1.00	45	3.3
试验 22	5	1.75	1.0	4.0	1.25	50	2.4
试验 23	5	2.00	1.5	2.0	1.50	60	3.3
试验 24	5	2.25	2.0	2.5	0.50	65	3.2
试验 25	5	2.50	2.5	3.0	0.75	40	2.9
均值 1	1.700	2.020	2.300	2.280	2.360	2.360	
均值 2	2.300	2.420	2.740	2.740	2.890	2.725	
均值 3	2.760	2.720	2.440	2.360	2.100	2.250	
最优组合	A1B1C1D1E5F5						

$C_p = n \cdot C_b \cdot y_l \cdot y_c \cdot y_r$ (1)

式中： C_p 为实际通行能力； n 为车道数； C_b 为理论通行能力； y_l 、 y_c 、 y_r 为折减系数。

3.2 渠化优化

为了减小南进口以及东进口的延误，在南进口以及东进口设置直行待行区，长度 20 m。北进口右转车辆达到 423 pcu/h，压力较大，尝试进行右转渠化。

3.3 交通信号优化

交通信号的协调性及配时是基于道路车道以及渠化进行设置的，因此必须将以上方案组合结合 Syn-

chro 软件分别进行试验优化。

3.4 正交试验设计

将上述 4 种优化方案西进口道的可变车道、南进口道直行待行区、东进口道直行待行区以及北进口道右转渠化分别记为 A、B、C、D，由于各方案之间相互作用会对交通通行产生额外的影响，因此考虑其两两交互作用，共有 10 种因素（A、AB、AC、AD、B、BC、BD、C、CD、D），每个因素设置 2 个水平，分别为“不设置”、“设置”，记为 0、1。建立的 10 因素 2 水平优化方案正交试验表如表 4 所示。

表 4 正交试验表及试验结果

试验	A	AB	AC	AD	B	BC	BD	C	CD	D	延误/s	平均排队长度/m	停车次数/次
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58.32	29.38	2.11
2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	50.38	26.84	1.78
3	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	44.11	25.73	1.11
4	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	49.34	19.53	0.82
5	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	53.56	21.67	0.92
6	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	38.45	20.56	1.03
7	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	52.34	19.57	1.13
8	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	37.23	24.32	0.87
9	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	40.14	18.54	0.79
10	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	43.55	18.90	0.74
11	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	45.57	21.32	0.91
12	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	47.49	23.44	0.89

4 正交试验结果分析

基于 VISSIM 仿真模拟结果见表 4。由表 4 可知:试验 8 的模拟结果延误量最小为 37.23 s,试验 9 平均排队长度最短,为 18.54 m,试验 10 停车次数最小为 0.74 次。由于最优方案并不一定在模拟试验表中,因此需要进行进一步分析,以交叉口的延误为例进

行极差分析及方差分析。

4.1 极差分析

极差分析能够较为直观地反映各试验因素对结果的重要程度。极差的数值越大代表对模拟结果的影响程度越大。极差分析如表 5 所示。由表 5 可知:对延误影响程度大小依次为 CD、BC、A、D、AD、B、AC、C、AB、BD。

表 5 延误极差分析

项目	因素									
	A	AB	AC	AD	B	BC	BD	C	CD	D
均值 0	49.027	47.087	48.055	48.907	48.102	49.192	47.057	45.680	49.878	44.505
均值 1	44.387	46.327	45.358	44.507	45.312	44.222	46.357	47.733	43.535	48.908
极差	4.640	0.760	2.697	4.400	2.790	4.970	0.700	2.053	6.343	4.403

4.2 方差分析

极差分析无法估计试验误差的大小,存在一定的缺陷,而方差分析很好地弥补了这一缺陷,并且能剖析各影响因素之间的交互作用,同时也能体现各因素对延误的影响力大小,以验证极差分析的正确性,是正交试验不可缺少的一部分。交叉口延误方差分析结果如表 6 所示, F 比数值越大,表明对延误的影响力越大。

由表 6 可知:CD、BC、A、D、AD 对延误影响显著,其结果与极差分析一致。以因素在某一水平下的方案延误最小化为最优,得出最优方案为 A1B1C0D0,即试验 8。设置西进口道的可变车道,设置南进口道直行

待行区。由于各方案的平均排队长度以及停车次数与延误相比相差较小,因此选择试验 8 方案更为恰当。设置西进口可变车道后,西进口左转延误从 76 s 下降到 45 s,明显减小了交通压力。

4.3 最优方案

从以上分析得出最优方案为 A1B1C0D0,即将西进口道邻边车道设置为可变车道,南进口道设置直行待行区。具体方案如图 2 所示。信号配时采用 NE-MA 相位,信号周期为 150 s,黄灯时间 3 s,全红时间 2 s,北直 45 s、南直 45 s,北左 28 s,南左 28 s,东直 35 s,西直 35 s,东左 28 s,西左 28 s。

表 6 延误方差分析

因素	偏差平方和	自由度	F 比	显著性
A	64.589	1	1.566	显著
AB	1.733	1	0.042	不显著
AC	21.816	1	0.529	不显著
AD	58.080	1	1.408	显著
B	23.352	1	0.566	不显著
BC	74.103	1	1.797	显著
BD	1.470	1	0.036	不显著
C	12.649	1	0.307	不显著
CD	120.714	1	2.927	显著
D	58.168	1	1.410	显著
误差	453.72	10		

5 结 论

以重庆市大学城西路—大学城南路信控交叉口为研究对象,基于实际数据进行 VISSIM 建模并进行模型校准。结合正交试验,进行了车道设置、渠化以及交通信号的优化。结果表明:设置西进口可变车道后,西进口左转延误从 76 s 下降到 45 s,明显减小了交通压力。交通信号配时为:信号周期为 150 s,黄灯时间 3 s,全红时间 2 s,北直 45 s、南直 45 s,北左 28 s,南左 28 s,东直 35 s,西直 35 s,东左 28 s,西左 28 s。

以交叉口延误最小为优化目标,采用 VISSIM 软件进行微观仿真,通过极差分析及方差分析选取最优方案,最优方案为A1B1C0D0,设置西进口可变车道、

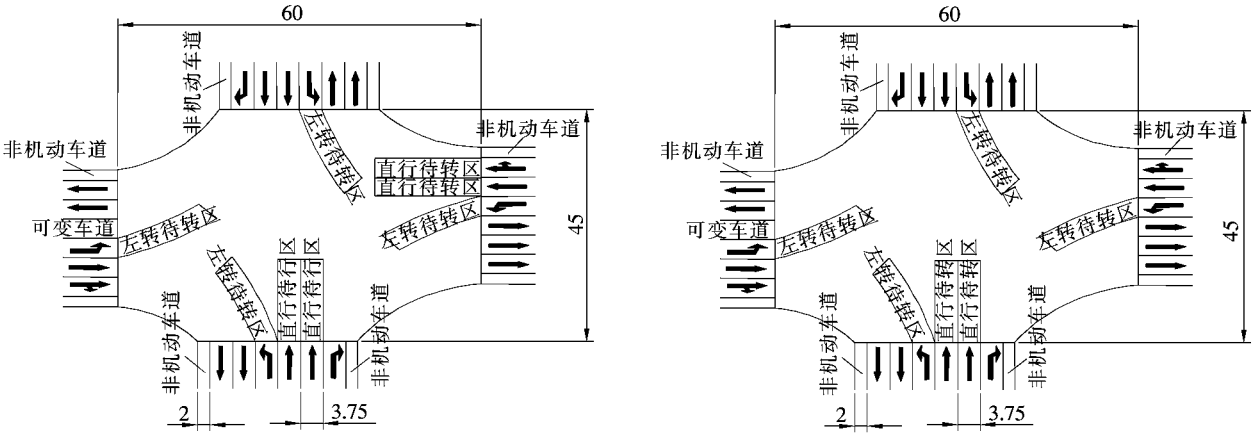


图 2 最终优化方案(单位:m)

东进口道直行待行区。结果表明:基于正交试验结合模拟仿真对道路交叉口优化是可行的,对交通管理部门的治理工作具有一定的指导作用。

参考文献:

[1] 李良,房涛,王田田.基于 Vissim 仿真的动态交通分配[J].交通与运输:学术版,2014(1).
[2] 彭力,李旭宏,陈大伟.城市道路交叉口交通治理措施[J].河南科技大学学报:自然科学版,2004(4).
[3] 姚佼,徐洁琼,惠致富.基于正交试验的过饱和交通状态关键因素辨识[J].物流科技,2016(1).
[4] 陈昊,陆建.基于 VISSIM 仿真的高速公路事故交通影响[J].长安大学学报:自然科学版,2015(S1).
[5] 张开盛,孙健.基于正交试验的城市信控交叉口仿真分析

及优化[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2017(8).
[6] 孙超,徐建闽.基于 VISSIM 的城市交叉口改善优化研究[J].广东公路交通,2010(3).
[7] 高姝敏.基于 VISSIM 环境下的道路交叉口优化[J].交通世界,2017(12).
[8] 李金花,刘莉,张宁,等.基于仿真的城市道路交叉口交通安全评价[J].中国安全科学学报,2016(12).
[9] 秦焕美,关宏志,赵红征,等.基于仿真的畸形交叉口交通组织优化研究[J].交通信息与安全,2010(4).
[10] 王浩,王红彩.城市交通协调控制系统的相位相序优化设计[J].中国科技论文,2017(8).
[11] 潘兵宏,霍永富,高健强.基于 VISSIM 仿真的改进型环形平面交叉口研究[J].中外公路,2018(1).
[12] 邹黎琼,吴朴,杨杰.干线公路平面交叉口合理间距研究[J].中外公路,2017(4).