



位移型两相位平面交叉口形式设计

申振武¹, 邓 帅², 王 敏¹, 李 波¹, 邓韩聪³

(1. 武汉华科全达交通规划设计咨询有限公司, 湖北 武汉 430074; 2. 武汉市规划研究院, 湖北 武汉 430000; 3. 华中科技大学 土木与水利工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 平面交叉口是城市交通各种冲突的交汇点,亦是城市交通瓶颈之所在。传统平面交叉口通行能力存在上限,要求跳出传统优化改善思路的窠臼,在交叉口设计方法和形式上做出改变。基于交叉口冲突理论,通过分离冲突、简化相位,进而提出位移型两相位交叉口的概念,并以T型交叉口为例,探索了位移型两相位T型交叉口的基本分类和各种形式。结果表明:基于冲突点位移数量和位置差异,位移型两相位T型交叉口可分为单点位移、两点位移、三点位移共3大类7种基本形式。本文成果可为平面交叉口优化设计提供一定的借鉴与参考。

关键词: T型交叉口; 位移; 两相位; 交叉口冲突理论

中图分类号: U491

文献标识码: A

文章编号: 1673-8993(2024)03-0044-05

doi: 10.13402/j.gcjs.2024.03.036

Form-design of displacement-two phase-intersection at grade

SHEN Zhenwu¹, DENG Shuai², WANG Min¹, LI Bo¹, DENG Hancong³

(1. Wuhan Huake Quanda Transport Planning & Design Consulting Co., Ltd., Wuhan 430074, Hubei, China;
2. Wuhan Planning&Design Institute, Wuhan 430000, Hubei, China; 3. School of Civil and Hydraulic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, Hubei, China)

Abstract: The plane intersection is not only the intersection of various conflicts in urban traffic, but also the bottleneck of urban traffic. There is an upper limit to the traffic capacity of traditional plane intersection, which requires jumping out of the traditional optimization and improvement ideas and making changes in the design methods and forms of intersection. Based on the intersection conflict theory, the concept of displacement two-phase intersection is proposed by separating conflict and simplifying phase, and the basic classification and various forms of displacement two-phase T-intersection are explored by taking T-intersection as an example. The results show that, based on the number and position difference of the displacement of the collision point, the displacement-type two-phase T-intersection can be divided into 3 categories and 7 basic forms, including single-point displacement, two-point displacement and three-point displacement. The results can provide some references for the optimal design of plane intersection.

Key words: T-intersection; displacement; two-phase; intersection conflict theory

平面交叉口是多股、多种交通流汇集并实现交通转向需求的位置。相较于路段交通,交叉口处的交通成分更为复杂、流向更为多向、冲突更为集中,更易成为道路交通瓶颈之所在,这一点在城市道路交通上最为显著。因此,提高平面交

叉口通行效率、改善平面交叉口通行秩序对于城市道路交通而言具有极其重大的意义。

传统的交叉口优化改善主要有两个思路: 1) 在空间方面改变交叉口的物理结构,常用的如平面交叉改立体交叉、渠化设计^[1-2]、交通岛优

收稿日期: 2023-01-04

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2022YFC3800103-03)

作者简介: 申振武(1990—),男,工程师,从事交通规划、设计、咨询方面的工作。

化^[3-4]、左转车道优化^[5-7]等; 2) 在时间方面优化交叉口信号控制, 主要针对信号周期长度、信号相序等方面, 常用的有针对 Webster 法^[8-9]、ARRB 法^[10]、冲突点法^[11]、停车线法^[12]等定时信号配时方法的优化研究, 针对信号周期的优化研究^[13], 针对相位序列的优化研究^[14]。

然而, 无论是空间抑或是时间层面的交叉口优化研究, 都未曾跳出传统理论的窠臼。时间层面, 前期研究大都基于根据相交道路数量而制定的相位策略(三路交叉常采用三相位, 四路交叉口常采用四相位)。如: 王晓安等^[15]针对我国典型四相位信号控制交叉口, 提出了优化方法, 并对自行车与行人进行一体化设计, 有效提高了四相位信号交叉口的通行质量和行车安全; 李普照等^[16]提出了一种基于车辆延误的交叉口三相位信号配时方案, 有效减少了车辆延误时间和排队长度, 提高了城市交叉口的通行能力。空间层面, 这些研究亦是在常规信号相位控制策略和常规通行规则的基础之上来进行优化设计。如: 姬利娜等^[17]进行平面交叉口交通特性分析的基础上, 对交叉口进行合理的交通组织优化设计, 在一定程度上降低了交叉口的平均延误、排队长度和平均停车次数, 提高了服务水平和通行能力。

整体来看, 前期研究对于相关理论的完善是极其有意义的, 但也多是被动的。因此, 本文提出位移型两相位平面交叉口, 在交叉口形式和通行规则方面试图做出新的探索, 以期为平面信号交叉口的优化设计提供借鉴。

1 相位数量与通行能力的关系

在两相位相关研究基础上, 展开对位移型两相位交叉口的探索。依据排队长度、通行能力的

理论计算公式, 通过对两相位、三相位、四相位分别建立仿真模型进行分析。模型如图 1 所示。

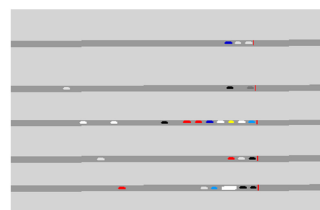


图 1 vissim 仿真建模示意

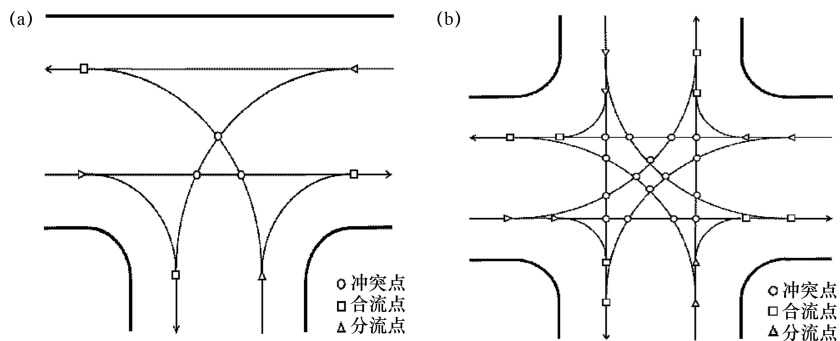
通过仿真建模分析可知: 1) 在同等相位时长下, 相位数的增加会导致对应相位的绿信比降低, 从而导致进口道排队长度增加, 且累积效应更明显; 2) 在近似的排队水平下, 相位数越多, 其通行能力越低, 同时相位数越多, 固定延误较大, 进而延误越大, 服务水平越低。因此, 两相位交叉口的设计意义在于, 在相同车道数的情况下, 通行能力提高一倍, 且延误大大降低, 服务水平大大提升^[18]。

2 交叉口交通流冲突分析

在常规的三路或四路交叉口平面交叉口范围内, 以机动车流为例, 共存在 3 种交通流现象, 即分流、合流与冲突, 具体如图 2 所示。

在右行规则、所有车流均可正常转向的交叉口内, 右转车流与其他车流仅存在分流交互现象, 对交叉口通行影响较小; 左转与直行车流之间出现冲突现象, 其中左转行为速度慢、距离长, 对交叉口影响最甚。因此, 合理处理交叉口内的左转车流是提高交叉口整体通行效率的关键。

常见的针对左转车流的优化思路是在交叉口内对左转车流禁限并远引。以十字路口为例(图 3), 假设车流自南侧驶来, 则 $L_1 \sim L_5$ 点分别对应车流左转中前置、左置、右置、后置及中置决策



(a) T 型交叉口流线; (b) 十字交叉口流线

图 2 T 型交叉口与十字交叉口交通流线分析

点: 1) 一般而言, 车流在 L_5 点通过左转相位完成左转, 即左转中置; 2) 若交叉口内禁止左转, 车流先右转后在 L_3 点掉头后完成左转, 即左转右置; 3) 若交叉口内禁止左转, 车流先直行后在 L_4 点掉头后完成左转, 即左转后置; 4) L_1 、 L_2 点适用于位移法, 即车流在 L_1 点位移至左侧, 行驶至 L_2 点后再位移至右侧。

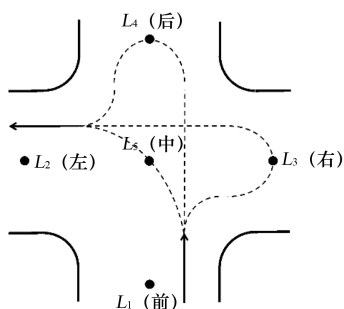


图3 十字路口左转位置及轨迹示意

3 位移型交叉口分析

左转右置与后置虽在交叉口内避免了左转相位, 但在 L_3 、 L_4 处仍增加了掉头相位, 此消彼长之下, 系统效率提升并不显著。位移法是在传统的交叉口冲突流线基础之上, 改变冲突位置, 实现交叉口冲突点的充分分离。以 T 型交叉口为例(图 4), 介绍位移型交叉口的基本原理, 其中 C_1 为横向道路东进口左转车流与横向道路西进口直行车流冲突点, C_2 为横向道路东进口左转车流与纵向道路南进口左转车流冲突点, C_3 为横向道路西进口直行车流与纵向道路南进口左转车流冲突点。

图 4(a) 为传统 T 型交叉口冲突点示意图。由图 4(a) 可知: 3 个冲突点之间距离较近, 极易产生相互干扰出现二次冲突。此外, 同一相位下仅能放行一股车流的特性决定了路口需采用三相位

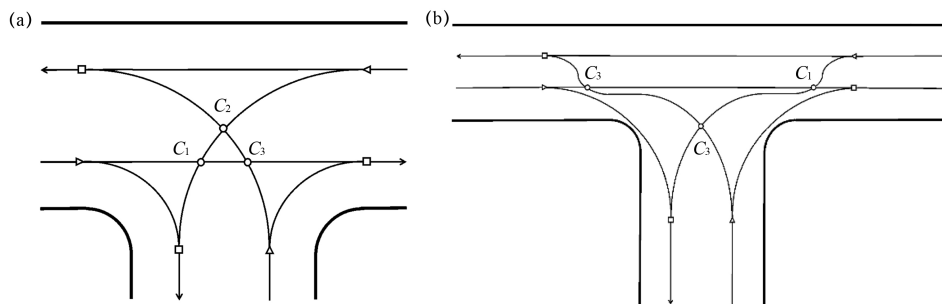
方能保证通行安全和规避冲突。图 4(b) 为位移型两相位 T 型交叉口冲突点示意图。与传统 T 型交叉口相比, 位移型交叉口将冲突点进行分离: 1) 3 个冲突点之间的间距增大, 减少了相互干扰, 冲突点之间的空间也可作为排队蓄车使用; 2) 将三相位分解为 3 组冲突点处的两相位控制, 从而实现 T 型交叉口信号由三相位到两相位的简化。

4 位移型两相位交叉口基本形式及变化

位移型两相位交叉口是通过换道行为将原发生于交叉口中心处的三相位冲突简化为进口道处的两相位冲突, 即车辆驶入交叉口时, 先从右侧利用两相位信号控制换道至左侧, 驶出交叉口时再利用两相位信号控制换道至右侧行驶。图 4(b) 中展示的是 T 型交叉口 3 个方向均进行换道位移的情形, 而在实际应用过程中, 当交叉口用地受到限制时, 位移型两相位 T 型交叉口的形式也可因地制宜进行演变。根据对冲突点实施位移的数量和位置的不同, 将位移型两相位 T 型交叉口分为 3 种类型, 共 7 种基本形式。

4.1 单点位移两相位 T 型交叉口

单点位移是指将传统 T 型交叉口中 3 个冲突点中的一个进行位移换道。根据位置的不同, 分为“右移”(C_1)、“下移”(C_2)、“左移”(C_3) 3 种情形。图 5 为“右移”单点位移示意图。将横向道路东进口左转车流与横向道路西进口直行车流冲突点 C_1 右移, 其他冲突点位置不变。 C_1 右移之后, C_1 与 C_2 、 C_3 之间的距离拉大并可作为东进口左转车流、西进口直行车流排队蓄车空间, 从而弱化了冲突点之间的相互干扰。显而易见, “右移”单点位移适用于交叉口东进口用地相对宽裕的情形。



(a) T 型交叉口冲突点; (b) 位移型两相位 T 型交叉口冲突点

图4 位移 T 型交叉口演变示意

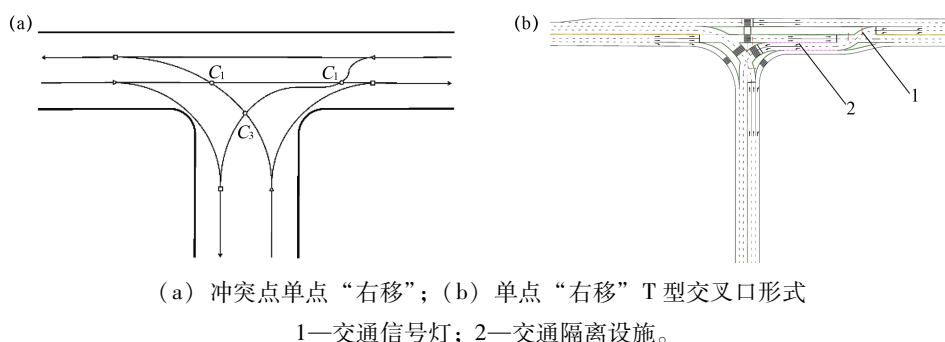


图5 单点“右移”两相位T型交叉口示意

同理分析可得到单点“下移”、单点“左移”两相位T型交叉口的形式,如图6、7所示。“下移”单点位移适用于交叉口南进口用地相对宽裕的情形;“左移”单点位移适用于交叉口西进口用地相对宽裕的情形。

此外,以上3种位移型交叉口的适用还需综合考虑各进口道流量流向和信号放行方式,根据各进口道流量流向比例、车辆二次排队长度等多种因素选择合适的“位移”形式和对应的相位方案。

4.2 两点位移两相位T型交叉口

两点位移是指将传统T型交叉口中3个冲突点中的两个进行位移换道。根据位置的不同,分为“右下移”(C₁、C₂)、“左下移”(C₂、C₃)、“左右移”(C₁、C₃)3种情形,如图8所示。适用

条件方面,相对于单点位移,两点位移方案对用地的需求更大。其中,“右下移”两点位移适用于路口东、南进口用地较宽裕的情形,“左下移”两点位移适用于路口西、南进口用地较宽裕的情形,而“左右移”两点位移适用于路口西、东进口用地较宽裕的情形。此外,位移方案的选用仍需考虑除用地之外的流量流向、放行方式等限制因素。

4.3 三点位移两相位T型交叉口

三点位移是指将传统T型交叉口中3个冲突点均进行位移换道,如图9所示。从形式上来看,左转车流均需完成两次换道行为,实现冲突点的充分分离;从空间上来看,3个冲突点之间的距离均被拉大,冲突点间的相互干扰被最大程度弱化,但三点位移方案用地需求最大。

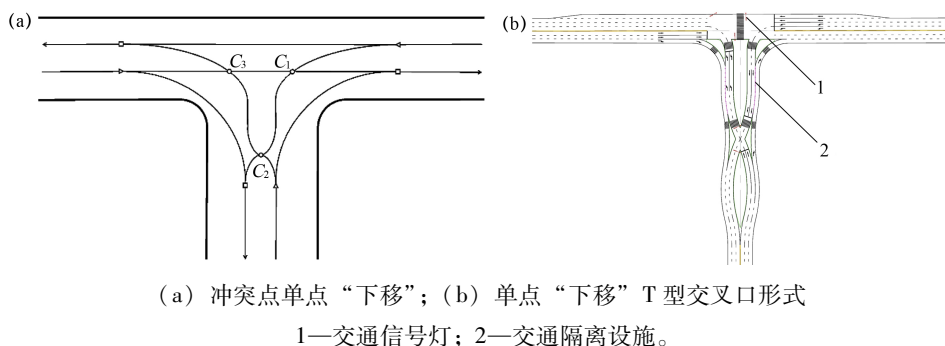


图6 单点“下移”两相位T型交叉口示意

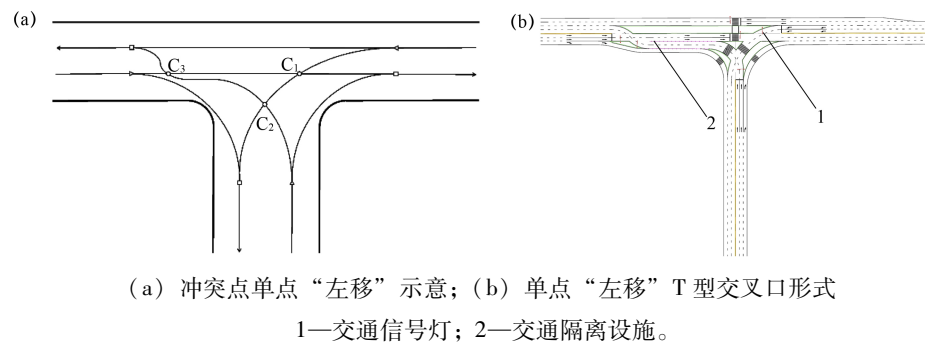
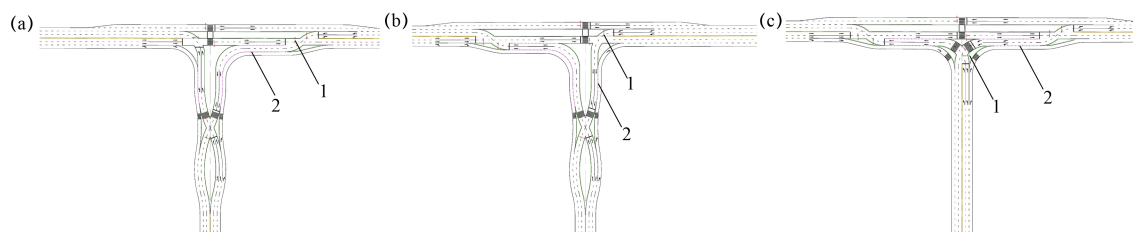


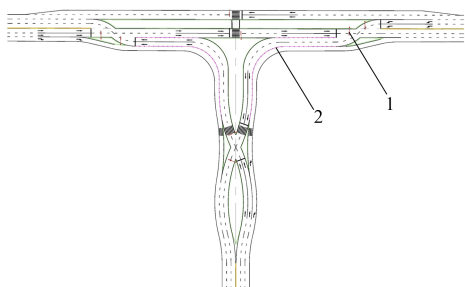
图7 单点“左移”两相位T型交叉口示意



(a) 右下移; (b) 左下移; (c) 左右移

1—交通信号灯; 2—交通隔离设施。

图 8 两点位移两相位 T 型交叉口示意



1—交通信号灯; 2—交通隔离设施。

图 9 三点“左右下移”两相位 T 型交叉口示意

5 结 论

(1) 位移型交叉口的基本原理是基于传统交叉口冲突理论,通过改变冲突位置,将交叉口冲突点进行充分分离。

(2) 冲突位置改变后,冲突点之间的距离增大,相互干扰被弱化,冲突点之间的空间可作为车辆排队蓄车使用。

(3) 位移型两相位交叉口通过控制冲突点处的两股车流来实现两相位。冲突点位置改变并具备二次排队空间条件后,多相位信控路口可简化为二相位进行控制。

(4) 基于冲突点位移数量和位置差异,位移型两相位 T 型交叉口可分为单点位移、两点位移、三点位移共 3 大类 7 种基本形式。

(5) 不同类型和形式的位移型两相位交叉口均在传统交叉口基础上进行了一定程度地优化,亦各有利弊。具体形式的选择主要考虑交叉口用地、排队长度等因素。

(6) 位移型两相位交叉口增加了慢行交通过街距离,慢行交通组织考虑以二次过街为主,需结合交叉口形式、渠化岛位置、机动车交叉换道位置综合设置,以保障过街安全性和整体效率。

参考文献:

- [1] 孔旭,汪信骏. 城市道路平面交叉口优化设计与评价研究[J]. 有色金属设计,2022(3):73-76.
- [2] 宋博文,王吉昌,徐嘉诚. 城市道路平面交叉口渠化设计要点[J]. 山东交通科技,2021(1):127-128.
- [3] 戈永刚. 城市交叉口交通岛设计浅谈[J]. 宁波工程学院学报,2013,25(4):26-29.
- [4] SUN J D,JIANG Y S. Design comparison and selection of traffic island considering right turn traffic at intersection[J]. Journal of Transportation Engineering & Information,2013,11(2):88-94.
- [5] 宋浪,王健,杨滨毓,等. 双开口式出口道左转交叉口信号配时优化模型[J]. 吉林大学学报(工学版),2023,53(10):2826-2838.
- [6] 孙彪. T 型交叉口借道左转设置研究[J]. 山东交通科技. 2020(4):116-119;125.
- [7] 何高杰. 城市道路信控交叉口左转车道通行能力研究[D]. 长沙:湖南大学,2014.
- [8] 赵雨旸,冯雨芹,杨忠良,等. 信号交叉口 Webster 法延误计算修正模型[J]. 黑龙江工程学院学报(自然科学版),2010,24(2):8-10;17.
- [9] LU T, ALEXANDER S, BEI X X. Comparison of the effectiveness of common cycle computing models [J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2014 (138): 358-367.
- [10] 张雷元,树爱兵,谌华金,等. 基于关键交通流向的道路交叉口信号配时方法[J]. 城市交通,2012,10(6):80-85.
- [11] 杨佩昆. 用冲突点法确定交通信号配时[C]//中国交通工程学会代表大会. 上海:同济大学,1985.
- [12] 徐立,吴聪,杨兆升,等. 信号交叉口通行能力计算方法[J]. 交通运输工程学报,2001,1(1):82-85.
- [13] 杨兆升,林赐云,龚勃文. 信号周期时长优化方法研

(下转第 54 页)

条 40 mm × 4 mm 镀锌扁钢作为保护接地干线。制冷机房内设防静电接地保护措施。对于所有需要作等电位接地的设备房间,设辅助等电位联结端子箱。对于特定的场所,如手术室、ICU 在就地配电箱末端设隔离变压器,采用医疗场所局部 IT 系统供电,以保障医院供配电系统的安全可靠。

3 供配电系统在实际应用中的问题及解决方案

(1) 大型医院电力需求较大,用电负荷复杂。同时接入城市市电、自备发电机组等多个电源,保证供电的可靠性和稳定性,降低停电可能造成的人身伤亡及财产损失的风险。

(2) 用电负荷波动较大。采用可调式配电系统,根据不同时段、不同场所的用电量需求进行调整。对于用电量大的场所,需要单独设计配电系统。

(3) 配电设备容量大。选择适合的设备规格和型号,并安装在干燥无积水、通风良好等条件较好的场所。

(4) 电力电子器件谐波电流畸变率高、频谱宽。对于自带隔离变压器的设备,在谐波源集中处设置对应的就地滤波装置,配电系统中增加有源滤波装置等。

(5) 设备维护和保养难度大。做好供配电设备的安装,同时定期对设备进行维护和保养,及时发现和排除设备故障。

(6) 故障或异常情况的发生。配备应急开关、备用电源等设备,以确保医院正常运行。定期进行全面检查和测试,及时发现并处理电气安全隐患,加强安全管理^[9]。

4 结 语

大型医院供配电系统设计,应全面考虑用电需求、设备特点、安全稳定和环保节能等因素,并结合实际情况制定具体的设计方案,以实现设计目标。同时,在具体实施过程中,应保证电气设备在满足现行规范和标准的前提下,具备经济性、可操作性和维修便捷性等特点,以确保供配电系统能够长时间稳定运行,为医院设施的正常运转提供可靠保障。

参考文献:

- [1] 刘建,陈海勇,罗鸿宇.大型综合医院配电系统方案优化设计探讨[J].中国医院建筑与装备,2012,13(10):78-80.
- [2] 徐宏.医院供配电系统优化设计与常见故障应对探讨[J].低碳世界,2014(3):84-85.
- [3] 陈定志.医院供配电系统的合理设计与应用[J].科技风,2014(3):64;84.
- [4] 建筑电气与智能化通用规范:GB 55024—2022[S].北京:中国建筑工业出版社,2022.
- [5] 医疗建筑电气设计规范:JGJ 312—2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [6] 全国民用建筑工程设计技术措施:电气(2009版)[M].北京:中国计划出版社,2009.
- [7] 综合医院建筑设计规范:GB 51039—2014[S].北京:中国计划出版社,2014.
- [8] 周银双,张宏.大型综合医院配电系统优化设计探讨[J].低压电器,2009(22):51-55.
- [9] 查慧勤.大中型医院建筑供配电系统设计[J].安徽建筑,2016,23(3):214-216.
- [10] 三相相位信号控制及 VISSIM 仿真[J].青岛科技大学学报(自然科学版),2017,38(S1):180-183.
- [11] 姬利娜,晏永廷,晏子.城市道路平面交叉口交通组织优化设计[J].交通工程,2022,22(1):60-66.
- [12] 邓帅.位移型两相位交叉口设计方法研究[D].武汉:华中科技大学,2015.
- [13] 王晓安,熊坚,郭凤香,等.典型四相位信号交叉口交通组织优化应用研究[J].科学技术与工程,2010,10(23):5818-5822;5830.
- [14] 李普照,吕云凯,池燕虎.基于车辆延误的城市交叉

(上接第 48 页)

究[J].交通信息与安全,2009,27(3):35-38.

[14] 黄必栋.城市交通信号控制和优化系统研究[D].南京:东南大学,2007.

[15] 王晓安,熊坚,郭凤香,等.典型四相位信号交叉口交通组织优化应用研究[J].科学技术与工程,2010,10(23):5818-5822;5830.

[16] 李普照,吕云凯,池燕虎.基于车辆延误的城市交叉