

拉萨城市道路交叉路口时空资源配置优化研究

吴明哲 李嘉鑫 冉青青 任黄鑫
 西藏大学工学院 西藏拉萨 850000

摘要: 城市化进程中,城市汽车保有量增加,道路交通拥堵感知显著。本文从交叉路口相位配置和信号配时、道路渠化设计入手,提出时间和空间资源配置优化方案,以拉萨藏热南路与纳金中路十字交叉路口为例进行分析,得出时空资源配置优化可缓解拥堵的结论,期望为改善拉萨交通拥堵提供对策建议。

关键词: 交叉路口;时空资源配置;韦伯斯特法;道路渠化;优化研究

引言

交叉路口是城市交通网络的重要部分,是连接道路的节点与车辆转向、交汇的关键场所。在拉萨道路交通中,平面交叉路口易堵且事故多,解决其交通问题是关键。科学管理可保障交通秩序与安全。

李利锋^[1]对城市道路平面交叉路口的车道数及功能、行人和非机动车通行、交叉口几何设计等方面进行通行优化设计并提出措施。刘钦振^[2]针对交叉口拥堵问题,改善渠化设计和信号配时设计,提高车辆通行能力和交通服务水平。刘静等^[3]基于调研建立红绿灯配时模型以提高车辆运行的效率。张娟萍等^[4]通过信号优化控制减少行车延误并用仿真实验验证其有效性。

基于此,学者对交叉路口交通优化做了大量研究并提出多种改进措施。但大多仅针对某一方面特定优化,对交叉路口整体通行能力提升有限,且主要面向平原城市,对西部高原城市研究较少。因此,本文结合高原城市的特点,从交叉路口的时间资源配置和空间资源配置两方面对城市道路交叉路口交通组织展开研究。选取拉萨市城关区典型的十字路口作为研究对象,依据实地调研数据对该交叉路口进行优化,以期提升在高原城市交叉路口的通行效率。

一、交叉路口时间资源配置

(一) 交叉路口信号配时配置

韦伯斯特(Webster)配时法是以对交叉口车辆延误

的估计为基础,通过对周期长度的优化计算,确定相应的配时优化参数,目前这种方法在交通信号控制中被广泛采用^[5]。计算方法如下:

1. 计算最佳周期时长

$$C_0 = \frac{1.5L + 5}{1 - Y} \quad (1)$$

式中: L 为路口信号损失总时间; Y 为流量总和。

2. 计算信号总损失时间

$$L = \sum_k (L_s + I - A)_k \quad (2)$$

式中: L_s 为启动损失时间; A 为黄灯时长; I 为绿灯间隔时间; k 为一个周期内的绿灯信号时间间隔数。

3. 计算流量总和

$$Y = \sum_{j=1}^j \max[y_j, y'_j, \dots] = \max\left[\left(\frac{q_d}{S_d}\right)_j, \left(\frac{q'_d}{S'_d}\right)_j, \dots\right] (Y \leq 0.9) \quad (3)$$

式中: Y 为构成全部信号周期的各项最大流量比 y 之和; j 为路口一个周期包含的相位数;

y_j 为第 j 相的流量比; q_d 为设计交通流量; S_d 为设计饱和交通流量。

4. 计算总有效绿灯时间

$$G_e = C_0 - L \quad (4)$$

5. 计算各相位有效绿灯时间

$$g_{ej} = G_e \frac{\max[y_j, y'_j, \dots]}{Y} \quad (5)$$

6. 计算各相位的绿信比

$$\lambda_j = \frac{g_{ej}}{C_0} \quad (6)$$

7. 计算各相显示为绿灯时间

$$g_j = g_{ej} - A_j + I_j \quad (7)$$

式中: I_j 为第 j 相位启动损失时间。

基金项目: 大学生创新创业训练计划项目“拉萨城市道路交通设施配置及影响因素研究”(202410694009)

作者简介: 吴明哲(2003-),男,汉族,四川达州,本科,研究方向:交通运输。

(二) 交叉路口相位配置

道路交叉路口的一个信号周期被分割成包含绿灯、黄灯、红灯不同组合的多个信号相位，交叉口的信号灯在一定时间内按照预设的顺序变换，以确保交通的有序进行。每个相位代表着不同方向的车辆可以通行的时间段，以确保交叉口的每个进口方向都能获得通行权，保证交通的公平性和安全性^[6]。

交叉路口信号控制方案中，常见的相位类型包括两相位、三相位和四相位。设置适当的交叉口相位类型需根据具体路口条件进行考量并满足安全性、连续性、简单性等原则。合理的信号相位安排能够充分利用交叉口的时间资源，减少车辆在交叉口等待的时间，从而提高交通效率。

二、交叉口空间资源配置

(一) 进出口车道数量及功能划分

确定车道数量涉及到进出口车道规划。除了交叉路口路面条件，车道数量测算还应考虑到交通流量和转向流量的变化。随着交通流量增长需要相应增加车道数以保证交通效率，同时路面宽度越大，可容纳的车道也越多。进口车道数量确定公式如下：

$$n_{j1} = \left[\frac{q_l}{C} + 1 \right] + \left[\frac{q_i}{C} + 1 \right] + \left[\frac{q_r}{C} + 1 \right] + 1 \quad (8)$$

$$n_{j2} = \left[\frac{q_l}{C} + \frac{q_i}{C} + \frac{q_r}{C} \right] + 1 \quad n_{j1} \leq n_j \leq n_{j2} \quad (9)$$

式中： n_{j1} 、 n_{j2} 为1个方向进口的最大、最小车道数； n_j 为目标车道数； q_l 、 q_i 、 q_r 分别为左转、直行和右转的标准交通量； C 为1条车道的通行能力。

(二) 交叉路口内部区域优化

交叉路口内部区域是车辆发生交汇冲突的地方，对交叉路口内部空间资源进行合理设计，减少车辆延误时间，确保车辆在交叉路口稳定、顺畅地行驶。

1. 交叉路口导向标志优化

交叉路口内部导向线依据各方向交通流量设计，注重安全且保证交通效率，标志标线简洁清晰。城市大型路口，车辆路径分布广、面积大，增加碰撞风险，影响交通流调控管理。多相位控制路口，采用直行导流线引导车辆，左转弯导向线引导转弯车辆，确保顺畅行驶，减少混乱，提升安全性和效率。

2. 交叉路口交通组织优化

交叉路口交通组织可通过设置交通岛优化，交通岛由路缘石围合高出地面，能引导分离车流，提升通行效率和利用空间资源，可有效分离交汇车流、限制车速和优化行驶路径，分为导流岛、安全岛、分隔岛和中心岛。

在流量大的交叉路口设置人行天桥或地下通道，可分隔行人和车辆，减少交通信号变化和车辆减速，减少拥堵，方便行人快捷穿越道路，提高通行效率。

三、实例分析

(一) 交叉路口概况

我们选取拉萨市城关区典型十字路口藏热南路与纳金中路进行交叉路口时空资源配置研究。

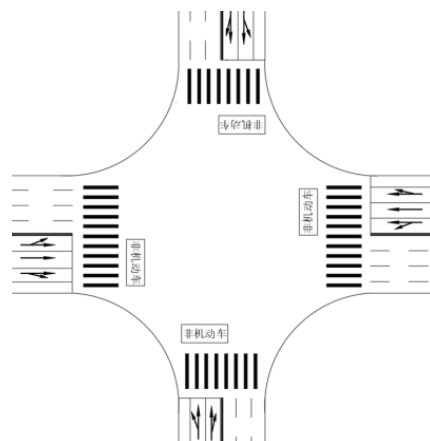


图1 藏热南路与纳金中路的平面交叉口示意图

由图1可知，藏热南路与纳金中路的平面交叉口位于拉萨市区较为繁华的地段，并且该交叉口为垂直相交型十字路口。藏热南路为南北走向双向四车道，纳金中路为东西走向双向六车道，两条主干道均设有非机动车专用车道。交叉路口相位和信号配时如下表所示。

表1 交叉口信号配时表

相位	第一相位	第二相位	第三相位	第四相位
	南进口直行 左转弯	东进口直行 左转弯	北进口直行 左转弯	西进口直行 左转弯
红灯时间 (S)	76	106	76	102
黄灯时间 (S)	3	3	3	3
绿灯时间 (S)	25	34	25	38

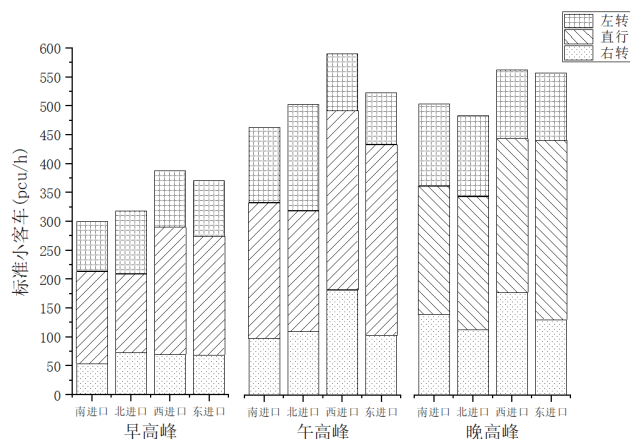


图2 交叉路口交通量分向统计图

本文选取藏热南路与纳金中路交叉路口高峰时段进行交通流量的调查,采用人工计数法分小组按车辆类型分类记录观测时间段每个相位车流量和流向,并填写统一设计的调查记录表。依据《城市综合交通体系规划标准》交通量换算采用小客车为标准车型,得到各个进口流量的簇状柱形图。

图表分析进口方向交通量,西、东进口交通量大,进口直行方向最大。行人交通量早高峰东进口最多、北进口最少;午高峰东西进口高;晚高峰西、南进口高。

(二) 交叉路口时空资源优化

通过实地调研该十字路口车道划分,符合当前交通量要求。非机动车停车区域划分较小,在高峰时段不能满足庞大的非机动车停车需求,可以在不影响其他相位车辆正常行驶的前提下,适当拓宽非机动车停车区域。东西方向行人流量较大,可以修建地下通道供行人通行使用,地下通道同时也可以减少行人受到紫外线的照射提供阴凉的步行环境。十字路口内部标志导线存在磨损褪色的情况,应该定期维护并评估交叉路口的交通情况,并根据需要对导向标志进行更新和调整,以确保其始终能够满足交通管理的需要。

该交叉路口为东西方向双向六车道,南北双向四车道并配有非机动车道。相位初始设计如下图所示:

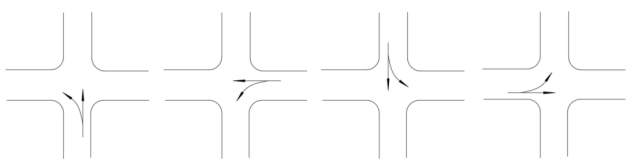


图3 交叉路口初始相位图

通过对交叉路口交通量的调查得到东西方向交通量明显高于南北方向交通量,故原交叉路口采用轮流式放行的方案存在一定不合理性,结合上述分析可以得出东西方向上可以设置东西左转、东西直行两个相位进行优化。优化后相位图如下所示:

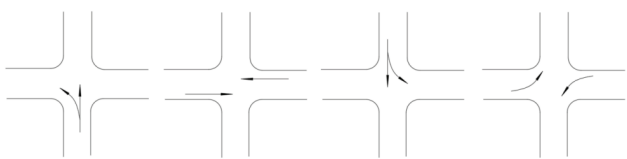


图4 交叉路口优化相位图

结合优化后交叉路口相位,根据调查数据和以上公式,求得藏热南路与纳金中路的各个相位的绿灯时间和

周期时间,如下表所示:

表2 交叉路口优化后相位配时

相位	绿灯时间	绿灯间隔时间	绿信比	总周期
南直行及左转	22s	3s	0.222	99s
东西直行	26s	3s	0.263	
北直行及左转	20s	3s	0.202	
东西左转	19s	3s	0.191	

在对交叉路口的相位及信号配时进行优化之后,我们借助VISSIM软件进行仿真分析。通过该软件的模拟计算,我们得到了具体的评价指标值。实践数据表明,优化后的交叉路口平均延误从优化前的17.12s下降至15.27s,通行能力有所提高,表明优化方案的有效性。

总结

本文针对城市道路拥堵现状,对城市道路交叉路口时空资源配置进行优化,时间资源优化方面主要通过结合韦伯斯特法优化交叉路口信号配时,空间资源优化方面主要通过改善交叉路口道路渠化设计以减少车辆冲突提高车辆通行效率。选取拉萨市城关区典型十字路口藏热南路与纳金中路进行实例分析,通过对该交叉路口相位及信号配时进行重新调整并优化交叉路口渠化设计,使得交叉路口通行效率得以提高。

参考文献

- [1] 李利锋. 市政道路平面交叉口的优化设计要点[J]. 中国高新科技, 2024(01): 126-128.
- [2] 刘钦振. 城市十字交叉路口的交通优化措施研究[J]. 天津城市建设学院学报, 2013, 19(02): 104-108.
- [3] 刘静, 魏瑞轩, 张善文. 城市交叉路口交通优化模型[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2003(S1): 10-13.
- [4] 张娟萍, 韩函. 城市交叉路口智能控制与协同优化算法[J]. 机械设计与制造, 2022(12): 168-171.
- [5] 郭宏玉, 高媛, 姚树森. 城市道路交叉口交通信号配时优化研究[J]. 汽车实用技术, 2016, (09): 3-5+9.
- [6] 张军, 刘克非. 基于遗传算法的交叉口信号配时优化研究[J]. 黑龙江工业学院学报(综合版), 2023, 23(10): 82-88.