

引用著录:张鹏,张鹏翔,赵雨暘,等.基于公交优先的单点交叉口信号配时研究[J].交通科技与经济,2018,20(1):11-14.

DOI:10.19348/j.cnki.issn1008-5696.2018.01.003

基于公交优先的单点交叉口信号配时研究

张 鹏,张鹏翔,赵雨暘,吴丽娜

(黑龙江工程学院 汽车与交通工程学院,黑龙江 哈尔滨 150050)

摘 要:为有效缓解城市交通拥堵、促进土地集约利用,公交优先理念已为我国社会所共识。传统的交叉口信号配时方案的信号周期是用车辆总延误最小来确定,没有给公交车以优先权,没有体现“以人为本”的思想。提出一种新的交叉口信号配时方法,该方法以公交车辆的人均延误最小为决策目标,并将其运用在实际的交叉口上进行配时优化研究。以哈尔滨市红旗大街—东直路交叉口为研究对象,对其现有配时数据和交通量进行实地调查,应用公交优先的配时方法进行配时,提高公交车的运行效率,降低公交车在交叉口的延误。

关键词:公交优先;交叉口;周期时长;绿信比;公共交通

中图分类号:U491.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-5696(2018)01-0011-04

Research on signal timing of single intersection based on bus priority

ZHANG Peng,ZHANG Pengxiang,ZHAO Yuyang,WU Lina

(College of Automobile and Traffic Engineering, Heilongjiang Institute of Technology, Harbin 150050, China)

Abstract: To effectively alleviate the urban traffic congestion, and promote more intensive utilization of land, the idea of bus priority has turned out to be the social consensus. The traditional intersection signal timing scheme of signal cycle is used to determine the minimum of total vehicle delay, for which there is no priority for bus and does not reflect the thought of "people-oriented". This paper presents a new method of intersection signal timing which is a public transport vehicle per capita minimum delay as the decision-making objectives, and applies it to the intersection of the actual timing optimization research. This paper, taking the intersection of Hongqi Street and Dongzhi Road in Harbin as research objects, conducts the field work of the existing timing data and traffic volume, and applies timing method of bus priority to signal timing, thus improving the operation efficiency of bus and reducing the bus in the intersection delay.

Key words: bus priority; intersection; cycle length; green signal ratio; public transportation

目前,城市交通面临的主要问题是交通拥挤,解决这个问题的重要途径是优先发展公共交通。城市道路资源有限和机动车数量的急剧增长严重影响了公共交通的发展,很多城市公共交通出行比例很低,服务水平不能满足乘客要求,对城市交通的便捷作用没有完全发挥出来^[1-3]。特别是在城市交通的节点信号交叉口处,公交车辆与社会行驶车

辆拥有共同的行驶权,由于没有将公交车辆载客率高的特点考虑进去,人员的总延误很大,造成公交车的总延误增加,无法充分满足乘客对服务舒适度和公交车准点效率的要求^[4-6]。

1 公交优先配时概述

在对交叉口的信号进行配时研究中,主要的设计参数为信号周期和绿信比。以前进行交叉口信号配时,是用车辆的总延误最小来确定配时的周期时长,用相位的流量比确定配时的绿信比。在传统的配时方法中,公交车辆没有特权,和其他车辆具有相同的作用。显然,社会车辆的单车载客数量远远小于公交车的单车载客数量,如果某一相位的公

收稿日期:2017-11-21

基金项目:黑龙江省大学生创新训练重点项目(201611802085);黑龙江工程学院博士基金(2015BJ04);黑龙江省教育厅项目(12521443);黑龙江省青年科学基金(QC2016075)

第一作者简介:张 鹏(1979—),男,讲师,工学博士,研究方向:交通管理与控制、交通运输规划与管理。

交车辆在交通流量中所占比例较大,此时仍采用传统的配时方法,对乘坐公交车的乘客来说就没有任何公平性,也没有体现出“以人为本”的思想。为此,本文提出一种新的交叉口信号配时方法,该方法体现出“公交优先”的思想,通过计算出最优的信号周期和绿信比,从而减少公交车辆通过交叉口的延误^[7-9]。

1.1 公交信号优先的延误计算

信号交叉口车辆的延误计算过程如下:

第一,分别估算交叉口每个进口道、每条车道的平均每辆车的延误;

第二,计算每个进口道平均每辆车的延误,它是由各车道延误的加权平均值;

第三,计算整个交叉口平均每辆车的延误,它是各进口道延误的加权平均值。

各车道延误可用下式表达

$$d = d_1 + d_2 + d_3. \quad (1)$$

式中: d 为每条车道每辆车的平均延误, s/pcu; d_1 为均匀延误, s/pcu; d_2 为随机附加延误, s/pcu; d_3 为初始排队附加延误, s/pcu。

对现有的交叉口做延误评估时,应考虑初始排队延误,计算公式为

$$d_1 = d_s \frac{t_u}{T} + f_a \frac{T - t_u}{T}. \quad (2)$$

式中: d_s 饱和延误; d_u 不饱和延误; t_u 在 T 中积余车辆的持续时间, h; Q_b 为分析期初始积余车辆, 辆; f_a 为绿灯期车流到达率校正系数; P 为绿灯期到达车辆占整周期的到达量之比。

$$d_s = 0.5C(1 - \lambda). \quad (3)$$

$$d_u = 0.5C \frac{(1 - \lambda)^2}{1 - \min[1, x]\lambda}. \quad (4)$$

$$d_2 = 900T \left[(x - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{8ex}{CAP \cdot T}} \right]. \quad (5)$$

$$d_3 = \begin{cases} 3\,600 \frac{Q_b}{CAP} - 1\,800T\{1 - \min[1, x]\} & t_u = T, \\ 1\,800 \frac{Q_b t_u}{T \cdot CAP} & t_u < T. \end{cases} \quad (6)$$

式中: C 为周期时长, s; λ 为所计算车道的绿信比; x 为所计算车道的饱和度; CAP 为所计算车道的通行能力, pcu/h; T 为分析时段的持续时长, h, 取 0.25 h; e 为单个交叉口信号控制类型校正系数, 定时信号取 $e=0.5$ 。

由各进口道中各车道延误的加权平均数得出各进口道平均信控延误, 公式为

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^i d_i q_i}{\sum_{i=1}^i q_i}. \quad (7)$$

式中: d_A 为进口道 A 的每辆车平均延误, s/pcu; d_i 为进口道 A 中第 i 车道的每辆车平均延误, s/pcu;

q_i 为进口道 A 中第 i 车道的小时交通量换算为高峰 15 min 的交通流率(辆/15 min)。

各进口道延误的加权平均获得整个交叉口的平均信控延误, 公式为

$$d_l = \frac{\sum_{A=1}^A d_A q}{\sum_{A=1}^A q}. \quad (8)$$

式中: d_l 为交叉口每辆车的平均延误, s/pcu; d_A 为进口道 A 的平均每辆车延误, s/pcu。

用公交优先模型优化所得信号配时时长, 根据式(1)计算公交信号优先的延误。

1.2 周期时长优化

由于社会车辆的单车载客量远远小于公交车辆每一辆车的载客量, 因此, 本文交叉口的信号周期是由人总延误最小确定, 改变了传统信号配时方法中依据车辆总延误来计算信号周期^[12-13]。这种方法将公交车和社会车辆区别对待, 大大提高了公交车所占的比重, 因此, 这种方法是基于“公交优先”通行。

公交优先信号配时的最长周期计算公式为^[10-11]

$$C_{\max} = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n r_{i\max} - L \right). \quad (9)$$

式中: C_{\max} 为相位允许的最大红灯时长, s; $r_{i\max}$ 为相位允许的最大红灯时长, s; L 为交叉口一个周期总损失时间, s。

周期时长也不能太短, 应能保证车辆安全通过交叉口及行人顺利过街, 因此, 最短周期时长的计算公式为

$$C_{\min} = \sum_{i=1}^n g_i^{\min} + L. \quad (10)$$

式中: C_{\min} 为最短周期时长, s; g_i^{\min} 为相位所需最短绿灯时间, s。

进行公交优先的信号配时方案设计, 就是寻找最长周期和最短周期中使交叉口人总延误最小周期为信号的配时方案。

1.3 绿信比优化

过去的交叉口信号配时方法利用流量比来将绿灯时间分配到每个相位中, 这种分配方法的优点是能够满足每个进口道方向具有相同的饱和度, 缺

点是不利于公交车辆出行。

公交优先的信号配时的目的是降低交叉口的入总延误,绿信比与乘客流量比、机动车饱和度两个指标有关^[14-15]。也就是说某相位的乘客流量增加,相应的绿信比也随着增加,而不是随车流量的增加而增加。按照上面的方法计算,对于客流量比较少的相位来说,可能会出现这样一种情况,就是绿灯时间小于最小绿灯时间;还有就是当某相位的饱和度较大,超过 0.9 左右时,这个相位到达交通量非常大将很难被处理。为避免这两种情况的出现,本文为确定合理的绿信比提出两个约束条件,分别是相位饱和度不大于某一给定值(建议取 0.9)和相位绿灯时间不小于最小绿灯时间,公式为

$$x_i = \frac{y_i}{\lambda_i} \leq x_p. \quad (11)$$

式中: y_i 为相位 i 的车辆流量比。

$$\lambda \geq \frac{g_i^{\min}}{C}. \quad (12)$$

i 相位的最小绿信比为

$$\lambda_i^{\min} = \max(\lambda'_i, \lambda''_i). \quad (13)$$

通过式(14)可以判断是否还有过剩绿时间,前提条件是交叉口满足最小绿信比。

$$\Delta G = C - L - C \sum_{i=1}^n \lambda_i^{\min}. \quad (14)$$

式中: ΔG 为交叉口过剩的绿灯时间。

当 $\Delta G < 0$ 时,表示现有交通需求较大,交叉口处于拥挤状态,没有过剩的绿灯时间;当 $\Delta G = 0$ 时,表示交叉口的交通供给正好满足交通需求,没有过剩的绿灯时间。当 $\Delta G > 0$ 时,表示现有的交通需求不大,交叉口处于畅通状态,且有过剩的绿灯时间。

当交叉口有过剩绿灯时间时,需要将多余的绿灯时间分配给每个相位,分配时间的多少是按本相位客流量在交叉口总客流量中所占比例大小来计算,公式为

$$g_i = \Delta G \frac{P_i}{P_t}. \quad (15)$$

式中: g_i 为分配给相位的过剩绿灯时间, s; P_i 为相位的客流量, 人/s; P_t 为交叉口总的客流量, 人/s。

相位的基本绿灯时间可以定义为用最小绿信比计算出的相位绿灯时间,一个相位总的绿灯时间等于相位基本绿灯时间与过剩绿灯时间之和,如下

$$g_i = \lambda_i^{\min} C + \Delta g_i. \quad (16)$$

由于公交车单车载客量远远大于社会车辆,上述确定绿信比的方法可使更多的公交车辆通过交叉口,是基于公交优先通行的一种绿信比分配方法。

2 数据调查与处理

2.1 交通调查

本文以哈尔滨市红旗大街—东直路交叉口为研究对象,该交叉口的信号配时方案为四相位,表 1 为相位配时表,表 2 为交通量数据。各相位公交车所占比例如图 1 所示。

表 1 红旗大街—东直路交叉口现有信号配时表 s

相位	周期 C		
	绿灯 G	黄灯 A	红灯 R
东西左转(第一相位)	30	3	167
东西直行(第二相位)	63	3	134
南进口直行左转(第三相位)	57	3	140
北进口直行左转(第四相位)	35	3	162

表 2 红旗大街—东直路交叉口进口道交通量调查表

进口	东	西	南	东
车道				
直	1 026	818	825	1 223
左	1 031	1 457	907	864
右	1 055	1 503	937	845
小计	3 112	3 778	2 669	2 932

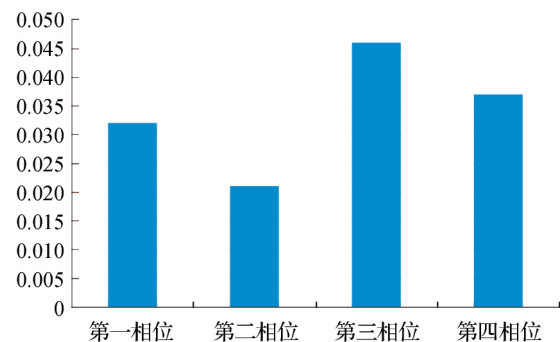


图 1 红旗大街—东直路交叉口各相位公交车所占比例

2.2 公交信号优先配时

根据表 1 和表 2 数据,根据式(9)一式(16)计算公交信号优先模型优化后所得的配时方案(见表 3)。

2.3 延误分析与比较

根据延误的计算公式,分别代入现有配时方案、上海综合算法以及公交信号优先的周期时长,得出红旗大街—东直路交叉口三种配时方案的延误(见表 4)。

通过表 4 可知,公交信号优先的配时方案,无论是车均延误还是人均延误都大幅度地降低了,交叉

口的服务等级提高了,在缩短信号周期的同时,也提高了运行效率。

表 3 红旗大街—东直路交叉口公交优先配时表

周期 C 相位	100		
	绿灯 G	黄灯 A	红灯 R
东西左转(第一相位)	24	3	73
东西直行(第二相位)	37	3	60
南进口直行左转(第三相位)	24	3	73
北进口直行左转(第四相位)	44	3	53

表 4 三种配时延误结果

交叉口名称	现状			基于车延误最小(上海综合算法)			基于人延误最小(公交信号优先)		
	周期	车均延误	人均延误	周期	车均延误	人均延误	周期	车均延误	人均延误
红旗大街—东直路交叉口	200	117.6	40	109	31.6	11	100	29.4	10

3 结束语

本文为满足公共交通的优先通行,提高公交车的运行效率,降低公交车在交叉口的延误,以交叉路口的延误为目标建立了公交优先控制模型,并利用哈尔滨市—东直路交叉口实例进行研究分析。结果表明红旗大街与东直路交叉口现状车均延误为 117.6s,人均延误为 40s,上海综合算法优化后的周期为 109s,车均延误为 31.6s 人均延误为 11s,公交优先模型优化后的周期为 100s,车均延误减小至 29.4s,人均延误减小到 10s,服务水平由 F 级优化为 C 级。由此可见,实施公交优先信号配时在降低信号周期的同时,车均延误和人均延误都降低了原来的 1/4,对公交运行情况的改善效果明显,保证了交叉口的整体交通效益。

参考文献:

- [1] 黄秋霞,张仁坤.城市公交优先发展战略相关问题及对策[J].管理观察,2017(12):91-92.
- [2] 张鹏翔,赵雨暘,张鹏.哈尔滨市公交优先发展实施策略研究[J].对外经贸,2017(8):13-15.
- [3] 乔文鑫,王锐.基于交叉口可靠性的公交优先信号配时优化模型[J].交通运输系统工程与信息,2017(2):54-59.
- [4] 郭静丽,王思佳.西安城市公交优先发展对策研究[J].对外经贸,2017(1):93.
- [5] 邹巍.基于综合延误的公交优先信号控制方法研究

[D].重庆:重庆交通大学,2015.

- [6] 邓翠萍.单交叉口公交信号优先控制策略建模研究[J].交通科技与经济,2015,17(1):103-106.
- [7] 温旭丽,胡紫晗,马宇辰.城市道路交叉口公交优先方案设计与仿真[J].公路交通科技,2014(1):242-245.
- [8] 周宁.城市道路公交信号优先协调控制方法研究[D].北京:北方工业大学,2016.
- [9] 刘昱刚,李佳励.考虑行人过街的地铁站邻近交叉口公交优先信号控制方法[J].中国公路学报,2017(7):110-118.
- [10] 张桐.城市公交优先信号控制方案设计与仿真研究[D].成都:西南交通大学,2016.
- [11] 崔笑川,寇磊,陈京荣.基于人均延误的公交优先信号交叉口配时研究[J].交通科技与经济,2015,17(2):1-4.
- [12] 肖泉,周扬,臧骁,王宇俊.信号交叉口的公交优先控制方法研究[J].重庆三峡学院学报,2013(3):110-114.
- [13] 郭海锋,周悦,袁鑫良,等.短时预测下单点自适应公交信号优先控制方法[J].浙江工业大学学报,2017(1):23-31.
- [14] 王西.公交优先策略下城市交通交叉口信号配时方法研究[J].吉林建筑大学学报,2015(6):22-25.
- [15] 王保菊.城市道路公交优先信号控制方法及仿真研究[D].北京:北京工业大学,2015.
- [16] 徐华兵.城市公交优先发展影响因素分析[J].交通科技与经济,2010,12(6):5-8.

[责任编辑:王 欣]