

文章编号:1005-0523(2014)01-0023-06

预信号交叉口公交停靠站与人行横道协调设计

张笑彬¹, 郑长江¹, 郑树康²

(河海大学1. 土木与交通学院, 江苏 南京 210098; 2. 物联网学院, 江苏 常州 213022)

摘要:在信号交叉口设置双停车线配上预信号控制是实施公交优先的有效措施之一, 确定预信号交叉口条件下公交停靠站距离交叉口的最短距离, 根据停靠站位置与预信号进口道的关系, 将停靠站分为3种形式进行讨论。从乘客进出停靠站的便捷性和安全性出发, 分析了人行横道的设置位置以及相应行人信号间配时的协调关系, 最后以乘客绕行距离为主要指标, 建立了公交停靠站与人行横道协调设计模型。系统地提出了适合预信号控制下公交停靠站与人行横道的协调布置方法。

关键词:预信号; 交叉口; 公交停靠站; 人行横道; 交通设计

中图分类号:U492.11

文献标志码 A

城市道路中车辆的延误可以分为2部分: 路段延误和交叉口延误。其中交叉口延误要远远大于路段延误。在城市道路交叉口设置公交预信号能有效的减少交叉口延误, 从而实现公交优先, 达到缓解道路拥堵的目的。公交预信号策略在英国、德国等国家已经应用很多年^[1]。国内外学者对预信号^[2-5]也进行了很多研究, 但基本没有涉及到在交叉口预信号条件下公交停靠站与人行横道协调设计方面。

在设置公交预信号条件下, 公交停靠站的选址与设计将直接影响到道路通行能力和服务水平。当停靠站设置于交叉口时, 若相关行人过街设施设计不合理, 将对交通运行安全产生不利影响。为保证公交预信号的有效实施, 确保乘客的安全和便捷, 有必要对交叉口预信号条件下公交停靠站与人行横道进行协调设计。

公交专用道的布置方法按位置的不同可以分为2种: 路边型和路中型。基于提高公交车在路段上的通畅性和交叉口实现预信号的控制的考虑, 路中型公交专用道被认为是最优的方案。对于设置公交预信号的交叉口, 其公交车流量必然比较大, 公交比例一般大于0.2, 单向3车道以上^[4]。所以, 达到了布置公交专用道的条件。研究都是以道路布置路中型公交专用道为前提, 站台都设在中央分隔带上, 与社会车辆顺向行驶, 公交车左侧开门。

1 公交停靠站

1.1 公交停靠站位置

一般信号交叉口条件下, 公交站台不能紧邻主信号停车线, 要退后一段距离 L , 这个距离的长度与发车频率、信号周期等有关。但是在交叉口预信号条件下, 原本公交候驶区长度 L_{H} 至少需要40 m^[6], 同时为了保证公交车正常行驶进入预置车道区域, 同时满足公交车换道空间要求, 公交站台应适当远离预信号一段距离 L_1 , 一般最小为15 m。所以 L 至少为55 m。

站台设置可以与交叉口的渠化一体化设计, 常见的是公交站台与左转拓宽相结合(图1), 图中从左向右为正向, 从右向左为反向)正向停靠站设置在左转拓宽区域内, 反向停靠站设置在拓宽之前, 相互借用停靠空间, 相当于形成了两个港湾式停靠站。

收稿日期:2013-11-12

基金项目:国家高技术研究发展计划基金项目(2011AA110302)

作者简介:张笑彬(1988—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为交通信息管理与控制。

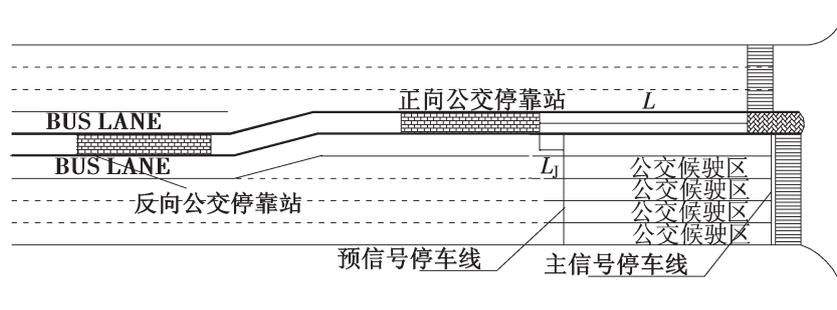


图1 停靠站与左转拓宽一体化设计

Fig.1 Integrated design of bus stops and lane widening

1.2 公交停靠站形式

根据停靠站设置位置预信号进口道的关系,介绍3种预信号交叉口停靠站的布置形式。

1) a1 停靠站分别布置在预信号进口道,相当于停靠站都设置在了交叉口进口处。这种情况下,部分公交车可以利用信号的红灯时间完成停靠,但绿灯信号时间内到达的公交车由于靠站导致部分绿灯时间不能充分利用,甚至无法通过交叉口。

2) 停靠站都不设置在预信号进口道,即站台都设置在交叉口出口处,站台的设置位置与普通交叉口的设计基本相同,但是要注意的一点是,交叉口进口道设置了预信号,在高峰时间内公交车数量较多,对于直行公交车流量较大时,在一次通行时间内会有大量的公交车同时进入停靠站,由于站台容量的限制,车辆排队会蔓延至交叉口内部,这样会影响到相交道路车辆和行人的通行。此时停靠站距离交叉口的距离 L 需要适当增加。

3) a3 某一停靠站设置预信号进口道,此时相当于本向站台设置在进口道,对向站台设置在出口道。这里的停靠站形式可能会有2种:① 双侧停靠站^[7],这种站台形式可以使上下行的乘客在同一个站台换乘,大大减少了乘客的换乘距离,但由于需要双侧停靠,要求断面车道数较多;② 尾尾相接式单侧停靠站,但这种情况可能不会出现,因为双侧站台可以提高车站设施的利用率,比建设两个站台节省部分用地,减少车站建设工程量。所以优先考虑双侧站台,但是有时为了防止站台过于拥挤,在中央分隔带较窄的情况下可以考虑建设尾尾相接式单侧站台。

2 人行横道设置

2.1 人行横道位置

人行横道位置的选择主要考虑的是乘客进出公交站台便捷性和安全性,便捷性主要体现在乘客的绕行距离上。本节主要研究交叉口预信号一侧设有公交停靠站的情况。即上节内容中提到的a1、a3两种停靠站形式。

对于a1这种停靠站形式,只在本向设有站台的情况,交叉口处的人行横道设置与普通交叉口一致。但是为缩短乘客的绕行距离,可以考虑在I、II位置设置人行横道(如图2),图中 L_z 为停靠站长度, L_1 为II处人行横道与停靠站间距。

人行横道设置在I处,方便反向乘客快速进出站台,同时下车乘客可以绕到站台公交车边过街,行人视觉条件较好,有利于安全;通常情况下不应将人行横道设置在预信号停车线处,并且应安装保护栏阻止行人在此过街。但考虑到公交乘客上下站台的要求,可以通过实行信号控制,来保证行人一次性过街^[6]。II处应该为预信号停车线的位置,原因如下:如果人行横道不设置在预信号停车线处,此时社会车辆的通行会受到行人过街信号,预信号,主信号三者的影响。如果该线路的信号没有很好的协调控制,车辆通行不连续,有些相位的车辆将会停起3次,社会车辆延误增加。当人行横道设置在预信号停车线后,乘客进出

站台只需要在公交专用道区域多加观察,通过判断公交车的距离、速度来决定是否通行。由于公交车刚从站台启动,车速较慢,对于行人过街影响较小,同时因为公交车体积较大,行驶线路固定,行人观察较为方便,有利于行人安全过街;此处人行横道的设置对公交车进入公交候驶区没有什么影响。

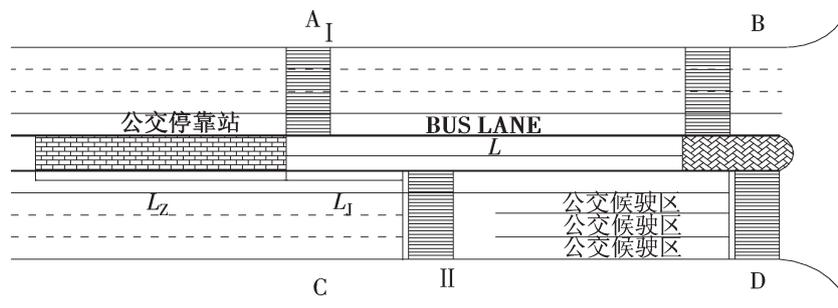


图2 人行横道设置位置选择

Fig.2 Position choice of crosswalks

预信号停车线可能是错位式的^[5], II处的人行横道也应该相应的设计成斜线式,紧靠公交专用道的普通车道停车线后退一定距离(如图3),这样的设计可以有效的解决行人安全视距问题^[8],当乘客进入停靠站的过程中,在经过公交专用道前可以更早的观察到公交车的状态,公交车司机的视距也相应增加,可以很清楚观察到行人通行情况。

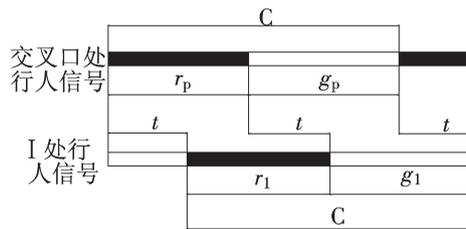


图3 公交专用道相邻车道公交车安全视距图示

Fig. 3 Safety sight distance in the adjacent lane of the bus lane

对于a3这种停靠站形式,由于双向站台都在预信号这侧,所以行人和乘客的聚集情况更加明显,为了保证乘客能够快捷,迅速的进出站台可以通过加宽人行横道以及适当位置设置过街横道以达到减少乘客绕行距离和迅速输送上下车乘客的目的。

2.2 行人过街信号设计

I处人行横道信号配时需要与上游行人过街信号相协调。很多文献研究认为I处行人过街信号与上游行人过街信号配时一致即可,但考虑到两个过街横道相距有一定距离 L_0 ,为使车辆能连续通过两个人行横道,对上述两个信号配时进行调整,图4显示的是调整后两信号配时之间的关系。为确保周期的稳定性,信号周期应该相等,可通过车辆检策器提供的信息来确定周期^[9]。图3中的 r_p , r_1 分别为交叉口处行人信号和II处行人信号红灯时长, g_p , g_1 分别为交叉口处行人信号和II处行人信号绿灯时长, C 为周期时长, t 为两信号绿时差。因此

$$t = \frac{L_0}{v_c} \tag{1}$$

式中: v_c 为车辆通过上游人行横道停车线的平均速度; L_0 两信号停车线间距。

对于II处的人行横道,行人过街信号应与预信号配时相互协调,图5中的 r_m , r_2 分别为预信号和II处行人信号红灯时长; g_m , g_2 分别为预信号和II处行人信号绿灯时长。由图5可以看出:预信号红灯与II处行人信号绿灯是同时的,只是II处行人信号红灯比预信号绿灯启亮时间要早,这主要是考虑到预信号绿灯

启亮时,社会车辆能迅速启动进入候驶区,不会受到行人信号绿灯末期行人通行的干扰。

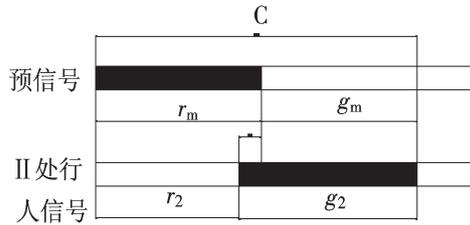


图4 交叉口处行人信号和 I 处行人信号之间的关系

Fig.4 Coordination between pedestrian signals I and intersection pedestrian signals

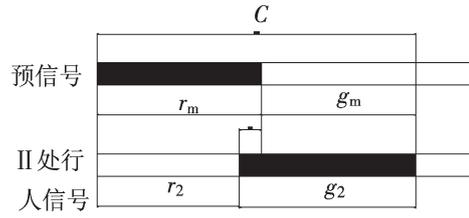


图5 预信号与 II 处行人过街信号之间的关系

Fig.5 Coordination between pre-signal and pedestrian signals II

3 协调设计

3.1 协调模型设计

在预信号交叉口条件下,停靠站与人行横道协调设计模型如下:

$$\begin{cases} \min D_b \\ \min F = \frac{F_r + n_p F_p}{n_r + n_p} \\ F_r = n_A F_A + n_B F_B + n_C F_C + n_D F_D \\ n_r = n_A + n_B + n_C + n_D \\ \text{s.t. } \max(F_A, F_B, F_C, F_D, F_p) \leq F_m \end{cases} \quad (2)$$

该模型有2个优化目标,即公交车平均延误最小和行人平均绕行距离最短。式中 D_b 为公交车延误; F 为行人平均绕行距离; n_A, n_B, n_C, n_D 分别为四个行人聚集点乘车人数; n_p 为不乘车过街人数; F_A, F_B, F_C, F_D 分别为行人聚集点乘客绕行距离; F_p 为过街行人绕行距离; n_r 为乘客总数; F_r 乘客绕行总距离。

在预信号交叉口的条件下,公交车的平均延误主要受信号控制的影响。行人平均绕行距离主要与停靠站位置,人行横道位置有关。所以可以根据式(2)进行协调设计。

3.2 模型计算

根据前面几节的分析,对于 a1 停靠站形式。人行横道设置如上图 2 所示,对乘客绕行距离进行计算,结果如表 1。

表1 不同人行横道情况下乘客绕行距离(a1)

| 行人集 聚点 | 乘客绕行距离 | | | |
|-----------|--------|----------------------|-----------------|-------------|
| | I 处设置 | II 处设置 | I, II 处同时设置 | I, II 处都不设置 |
| A | 0 | 2L | 0 | 2L |
| B | L | L | L | L |
| C | 2L | 2(L-L _j) | 2L _j | 2L |
| D | L | L | L | L |

由表 1 可以看出,在 I 处设置人行横道使得行人聚集点 A 处乘客的进出站台的绕行距离减少了 2L,绕行距离减少明显,对交通通行影响较小; II 处设置使得行人聚集点 C 处乘客的进出站台的绕行距离减少了 2(L-L_j),预信号条件下此处设置行人过街横道有其自身的优势。I、II 处人行横道同时设置不会改变 B、D 点的乘客绕行距离。综上,在这种停靠站的情况下,推荐 I、II 处人行横道同时设置,交叉口整体也较为美观。

对于 a3 停靠站形式,双向站台在设置在同一位置时,形成一个双侧站台,虽然这时乘客的乘车方向不同,但是乘客进入的是同一个站台,所以这种情况下人行横道的设置与上述 a1 时情况基本一致;当双向站台不设置在同一位置,形成尾尾相接式单侧站台,由于乘客乘车方向的不同,使得乘客选择进入的站台也就不同。

当反向停靠站设置在正向停靠站左侧时(如图6)。人行横道可以选择直接设置在反向站台处,方便反向乘客快速进出站台,还可以选择直接设置在正向站台处,方便正向乘客快速进出站台。在不同位置设置人行横道情况下,对行人绕行距离进行计算,结果如表2。

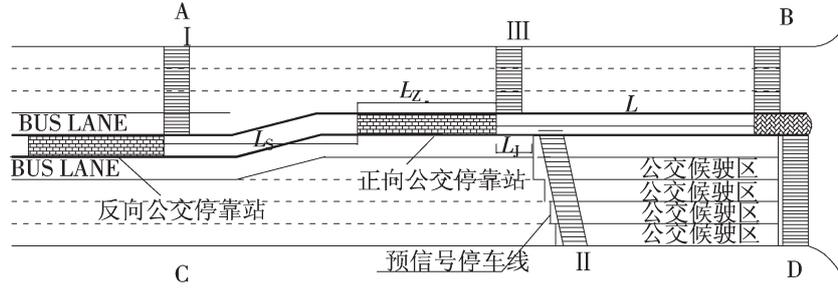


图6 尾尾相接式停靠站

Fig.6 Tail to tail stops

表2 尾尾相接式站台不同人行横道情况下乘客绕行距离(a3)

Tab.2 Comparisons of passenger detour distance for different position choices of crosswalks (a3)

| 行人集聚点 | 乘客乘车方向 | 乘客绕行距离 | | | | | |
|-------|--------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| | | I 处设置 | III 处设置 | II 处设置 | I、II 处设置 | III、II 处设置 | I、II、III 处都不设置 |
| A | 正向 | L_s | $L_z + L_s$ | $2L + L_s + L_z$ | L_s | $L_z + L_s$ | $2L + L_s + L_z$ |
| | 反向 | 0 | $2(L_z + L_s)$ | $2L + 2L_s + 2L_z$ | 0 | $2(L_z + L_s)$ | $2L + 2L_s + 2L_z$ |
| B | 正向 | L | L | L | L | L | L |
| | 反向 | $L + L_z + L_s$ | $L + L_z + L_s$ | $L + L_z + L_s$ | $L + L_z + L_s$ | $L + L_z + L_s$ | $L + L_z + L_s$ |
| C | 正向 | $2L + L_s + L_z$ | $2L + L_s + L_z$ | $L_z + L_s + 2L_j$ | $L_z + L_s + 2L_j$ | $L_z + L_s + 2L_j$ | $2L + L_s + L_z$ |
| | 反向 | $2L + 2L_s + 2L_z$ | $2L + 2L_s + 2L_z$ | $2(L_z + L_s + L_j)$ | $2(L_z + L_s + L_j)$ | $2(L_z + L_s + L_j)$ | $2L + 2L_s + 2L_z$ |
| D | 正向 | L | L | L | L | L | L |
| | 反向 | $L + L_z + L_s$ | $L + L_z + L_s$ | $L + L_z + L_s$ | $L + L_z + L_s$ | $L + L_z + L_s$ | $L + L_z + L_s$ |

由表2可知,在 I, III 处设置人行横道的区别在于行人集聚点 A 乘客绕行距离的减少。I 处设置人行横道方便反向乘客的快速、便捷的进出站台,同时减少了双向乘客的绕行距离。III 处设置人行横道只方便了本向乘客到站后快速出站的要求,没有减少乘客的绕行距离。所以当行人集聚点 A 处聚集效应明显时,很有必要在 I 处设置行人过街横道;II 处设置人行横道可以有效减少集聚点 C 处双向乘客的绕行距离,同时由于其设置位置的优势,对正向车流没有影响。所以 II 处设置人行横道非常合适。综上所述,在这种停靠站的情况下,推荐 I, II 处人行横道同时设置;反向停靠站设置在正向停靠站右侧,一般不会出现这种停靠站的设计,这里不做讨论。

4 结语

对预信号交叉口条件下公交停靠站与人行横道协调进行了系统的研究,同时提出了比较全面的协调设计方案,研究结果有利于发挥预信号控制的优势,保证乘客进出公交停靠站的安全,便捷和公交车的通

行效率。

参考文献:

- [1] TRANSIT SIGNAL PRIORITY (TSP). A planning and implementation handbook [R]. California: the United States Department of Transportation, USA 2005: Part I :7-8.
- [2] BENERRLLI, DAVID A. Bus pre-signals assessment and design guidance [J]. Transit Cooperative Research Program Transportation Research Board National Research Council, 2005, 15B(2):127-138.
- [3] 张卫华, 陆化普. 公交优先的预信号控制交叉口车辆延误分析[J]. 中国公路学报, 2005(4):45-47.
- [4] 季彦婕, 邓卫. 交叉口预信号公交优先方案及效益评价[J]. 华中科技大学学报, 2003(1):41-42.
- [5] 张卫华, 王炜. 基于公交优先通行的交叉口预信号设置方法研究[J]. 公路交通科技, 2004, 21(6):19-23.
- [6] 徐笑晓, 保丽霞. 城市道路交叉口公交预信号控制方法及其应用研究[J]. 交通信息与安全, 2011, 29(2):19-22.
- [7] 马莹莹, 杨晓光, 马万经. 快速公交站台形式及位置最佳布置方法[J]. 城市交通, 2006, 4(4):50-54.
- [8] 曾滢, 杨晓光, 白玉, 等. 公交专用道路段停靠站与人行横道协调设计[J]. 同济大学学报, 2009, 37(11):1477-1481.
- [9] 袁春华, 史峰. 利用冲突点的车流特点确定信号控制周期[J]. 华东交通大学学报, 2002, 19(4):14-16.

Coordinated Design of Bus Stops and Crosswalks under the Control of Pre-signals

Zhang Xiaobin¹, Zheng Changjiang¹, Zheng Shukang²

(1. Hohai University, College of Civil and Transportation Engineering, Nanjing 210098, China; 2. Hohai University, College of Internet of Things Engineering, Changzhou 213022, China)

Abstract: Setting pre-signal control at the signal intersection is one of the effective measures to execute bus priority. This paper studies the shortest distance between the bus stop and the intersection and discusses 3 types of bus stops according to the relationship between the bus stops and pre-signal intersections. Then, from the perspective of the passengers' convenience and safety, the coordination for pedestrian signal planning is analyzed. Finally, the paper establishes a coordinated design model for bus stops and crosswalks based on passenger detour distance, proposing systematic coordinated design methods.

Key words: pre-signal; intersection; bus stop; crosswalk; traffic design