

文章编号: 1002-0268 (2011) S1-0026-05

# 公交信号优先技术助力北京公共交通发展

梁乙朝

(北京市公安局公安交通管理局, 北京 100037)

**摘要:** 针对基于路面公交系统的道路交叉口的公交信号优先需求, 通过较详细地需求分析, 概述性的介绍了由优先请求生成系统、通信系统和交通信号控制系统构成的公交信号优先系统的具体实现, 重点研究了公交信号优先控制技术与检测技术的实际应用, 由 RFID 车辆检测设备、优先申请接入设备和交通信号控制器组成了公交信号优先系统的硬件扩展, 由优先监视、设备管理、数据管理和统计分析 4 个模块组成了公交优先信号平台的软件实现。通过实例对比分析总结了公交信号优先技术应用前后公交车辆旅行时间的变化, 验证了公交信号优先技术对于北京公共交通发展有实效性的推进作用。提出了道路与路口的渠化优先、专用道的使用权保障以及交通信息发布诱导等路面保障系统是公交信号优先系统产生效益的基本保障。

**关键词:** 公交信号优先; 旅行时间; RFID 车辆检测技术; 城市公共交通

**中图分类号:** U491

**文献标识码:** A

## Bus Signal Priority—a Useful Technology for Beijing Public Transportation Development

LIANG Yichao

(Beijing Traffic Management Bureau, Beijing 100037, China)

**Abstract:** With regard to the demands for bus signal priority on intersections based on road traffic system, the deployment of bus signal priority system including priority request generation system, communication system and traffic signal control system is briefly introduced through detailed demand analysis. It focused on applications of control and inspection technologies of bus signal priority. The expanded hardware is made up of RFID vehicle detection equipment, connection equipment, and signal controller. The software platform is made up of prior surveillance, equipment management, data management, and statistic analysis. The example comparison illustrates the reduction of travel time after the usage of the bus priority technology, which proves that this technology can give impetus to development of public transportation in Beijing. It is suggested that the road safeguarding system including channel priority of path and intersection, using right guarantee of special lane, and inducement of traffic information releasing are the basis of ensuring the effectiveness of bus signal priority system.

**Key words:** bus signal priority; travel time; RFID vehicle detection technology; urban public transport

## 0 引言

城市公共交通泛指通过各种运输方式将乘客集中运送的服务, 根据车辆类型、乘客运送能力和运营环境将城市公共交通常见的服务和形式分为公共汽车、快速公交、有轨电车、轻轨和地铁等, 通过

大力发展城市公共交通系统吸引更多的市民以公共交通作为出行的主要方式是缓解城市交通拥堵公认的战略举措。早在 1937 年美国芝加哥市就提出了快速公交的系统建设方案, 目前公交优先线路已经在世界各地得到了重视与发展, 波士顿、克利弗兰、迈阿密、西雅图、渥太华、悉尼、布里斯班、波哥

收稿日期: 2011-04-18

作者简介: 梁乙朝 (1963-), 男, 北京人, 高级工程师, 硕士. (liangyichao@hotmail.com)

大、库里提巴等城市的线路更具有代表性。在采用了主要由道路优先、信号优先两大部分构成的快速公交系统的路面保障措施后,公交线路的运营情况都有了不同程度上的改观。从表1中应用实例可见,国外的快速公交系统在道路系统确定后,快速公交的效果主要依靠交通信号快速公交系统实现,交通信号快速公交系统已经成为快速公交(BRT)不可缺少的一环。

表1 公交信号优先后的效果

Tab. 1 Effect after using bus signal priority technology

| 城市    | 信号优先实施后节省旅行时间     |
|-------|-------------------|
| 奥尔堡   | 平均减少4%            |
| 布赖顿   | 减少                |
| 加的夫   | 减少3%~4%           |
| 热那亚   | 减少7%~10%          |
| 哥德堡   | 减少13%~15%         |
| 赫尔辛基  | 减少11%             |
| 布拉格   | 减少2%              |
| 斯德哥尔摩 | 节省10%             |
| 斯图加特  | 速度从9提高到10.1mile/h |
| 塔林    | 速度提高了2 km/h       |
| 图卢兹   | 减少了5%~24%         |
| 都灵    | 减少了12%            |
| 日本    | 减少5%              |
| 悉尼    | 最高减少21%           |
| 国王郡   | 减少了5.5%~8%        |
| 洛杉矶   | 减少了6%~8%          |

在当代城市的背景下成功地将公共交通服务和城市发展形态协调在一起的“公交都市”使得城市中采用公共交通系统作为主要出行方式的人口比例达到40%~75%左右<sup>[1]</sup>。北京市截止2006年,采用公共交通系统(公共汽车和地铁)作为主要出行方式的人口比例仅为30%,这一比例与上述公共交通服务与城市形态和谐发展的“公交都市”具有相当的差距;与公共交通系统出行比例缓慢变化趋势形成鲜明对比的是机动车出行比例的迅速提高,至2006年北京市居民以小汽车作为出行方式的比例已经达到31.60%,超过公交出行比例。深入分析其中原因,乘坐公共交通工具旅行时间长、准点率无法保障和舒适性差是造成这一比例失调的内部原因,而应用公交信号优先技术能够取得的如下效果:降低公交线路行程时间,降低公交车辆交叉口延误,减少公交车辆停车次数,提高公交车辆行车稳定性

及准点率和提高公交服务水平。由于我国城市土地资源紧张,可供新建道路的空间越来越小,同时基于公共车辆具有运量大、人均占用道路面积少等优点,为了改变目前北京市居民公交出行比例低的现状,在现有交通设施的基础上开展基于交通信号控制的公交优先技术的研究具有现实意义。

## 1 公交信号优先技术需求分析

公交信号优先(Bus Signal Priority - BSP)是指在灯控路口通过调节信号灯对待通过的公交车提供区别于其他私家车的优先通行权,是旨在通过减少公交车在路口的延误时间进而缩短其旅行时间的一种信号控制策略<sup>[2]</sup>。由于仅采用公交优先道的方式,在路口的公交车辆与社会车辆的混合放行,使路口延误成为公交优先和普通公交缺少保障的重要原因,但实行公交信号优先并不是一蹴而就的,首先常规的检测手段不能准确地判断出公交车辆,其次混行在一起的车辆给信号优先配时带来极大的不确定性。通过计算机仿真方法对比实施公交信号优先控制策略后对于道路通行能力的提升在已有针对公交优先开展的研究中同样占有相当的比例,仿真结果表明公交信号优先能够为路口通行能力带来2%~10%的提升<sup>[3]</sup>。

北京市的解决交通拥堵的“惠民利民”政策中,在加紧施划公交专用道的同时,加大了交通信号控制系统的公交优先实施,分三期进行了14条线路、300个路口的交通信号控制系统公交信号优先扩展工程。目前一、二期工程的7条线路202个路口已经完成,三期已开始实施。其工程实施方案是在现有交通信号控制系统的基础上,通过给线路上的公交车辆及该路段信号机端安装的无线公交查询检测设备,使信号机识别出即将通过路口的车辆,通过对公交车辆的需求判断,交通信号控制系统可以选择性地进行在系统优化状态下的公交优先控制和系统监视下的本地公交优先控制,这种公交车辆识别与优先控制的模式,提高了安装了识别终端的公交车辆在路口的通行效率。综上所述,应用公交信号优先技术后,随着公交服务质量的提升以相对较小的成本为吸引更多城市居民采用公交出行方式做出贡献,助力城市公共交通发展和“公交都市”的建立;随着公交车辆运行效率的提升和私人车辆出行比例的下降还能够节省车辆能源消耗,助力城市绿色低碳交通系统的发展。

## 2 公交信号优先技术方案

根据交通调查分析,由于路口的停车延误是公交优先车辆的行程时间最为重要的影响因素之一。如果从路口通行时间资源合理分配的角度考虑,为保障公交优先车辆的快速通行,在公交优先的规划和设计阶段,应当充分考虑交通信号控制系统所起到的影响作用。设立公交车专用车道是实现对公交优先车辆的“空间优先”,而通过为公交优先车辆提供优先信号控制,则实现对公共汽车的“时间优先”,使公交优先车辆通过道路交叉口时享有更大的通行权,以提高公交专用道的效率。公交优先信号优先控制通常有以下3种方式。

**被动信号优先:**被动优先控制策略的实施不依靠检测器获取公交车辆到达的数据,而是根据公交线路公交车辆的发车频率、行车速度等历史数据设计、协调路网内交叉口的信号配时,同时降低交叉口信号周期长度以减少公交车辆停车、延误。由于被动优先控制策略的实施以公交车辆的历史数据为依据,比较适合于公交发出频率高,交通量小,乘客出行需求稳定的线路。

**主动信号优先:**主动优先控制策略是,当检测到公交车辆存在,根据特定的公交信息、当时的交通状态以及信号控制逻辑,为公交车辆提供相应的服务。这种控制策略要一定的基础设施:(1)先进、高效的通讯技术;(2)可靠、精确的公交车辆检测技术;(3)先进的信号控制器以触发优先控制策略。但这种方式也有一定的缺点:当检测到有公交车辆存在时,会给予该相位更大通行效率,这就造成该路口信号周期频繁改变,对于路口其他社会车辆通行的影响是巨大的。尤其在道路条件较差的路口,常造成社会车辆排队长度过长甚至反溢到下游路口。

**相位差信号优先:**相位差优先控制策略是将主动优先与被动优先相结合的一种控制策略,它首先根据公交发车时刻表和公交车速,预测公交车到达路口的时间,并在信号控制程序内预置相应的信号时刻表,增加公交车无延误通过路口的机会。同时针对某些晚点的公交车辆,给予主动优先控制,但不改变路口的信号周期,保证原有道路上各路口间的相位差保持不变。最大程度的保障了公交优先车辆的高效、准点运行。

在工程实践中,某些路段适合采用相位差信号优先控制方法(如:路口距离较近,车辆在路口间的行程时间规律性很强)。在某些特殊路口(如:

BRT线路与更高级别的道路交汇,优先保障相交道路的通行;距离上下游路口较远的独立路口)仅采取主动优先的控制方法。其具体的指标如下:

(1) 路段主要采取相位差信号优先控制时的要求:路口间距小于100 m的路口(按照10 m/s的速度,旅行时间为10 s),通过保持两路口时钟同步,周期相同,相位差为零的方式来实现路口的协调控制,只在两端路口单方向安装公交优先检测设备,来检测公交车的旅行时间;当路口间距大于100 m,小于某一距离(如500 m)时,采用相位差协调方式,设置基于公交车辆旅行时间和停靠时间的相位差,公交车辆可以考虑在下一个周期进行放行(缺点:在路口相对距离较近时,将损失部分小汽车的速度优势)

(2) 在某些特殊路口仅采取主动优先的控制方法的要求:当路口间距大于某一距离(如500 m)时,采用公交信号优先请求的方式,此时公交信号优先对正常社会车流的影响会比较小。

综上所述,考虑交通信号优先控制在公交优先系统中所能发挥的巨大作用,所以在公交优先线路规划设计之初,应该从公交优先路面保障的角度出发,并结合现有道路车辆通行的交通流规律以及道路状况,设计出合理的公交优先控制方案。只有这样的信号控制系统的规划设计才能确保公交优先线路真正社会效益的产生。公交信号优先技术的实现方案由优先请求生成系统、通信系统、交通信号控制系统和公交信号优先管理平台构成,逻辑结构如图1所示。

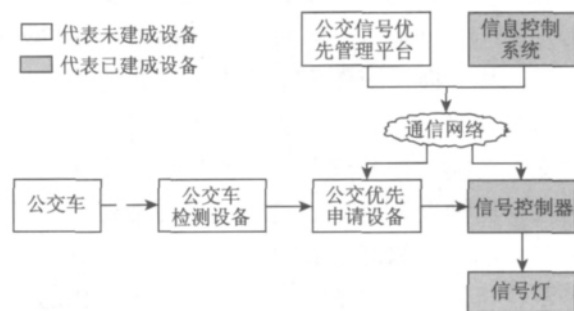


图1 公交优先系统总体逻辑结构

Fig. 1 General logical structure of bus signal priority

### 2.1 公交车辆检测和优先信号申请

根据公交车辆的检测原理不同,目前的公交车辆检测方法主要有基于感应线圈的检测、基于光学的检测、基于声波的检测、基于射频(RFID)的检测、基于视频的检测和基于全球定位系统(GPS)的车辆检测。在众多检测方法中,基于射频

(RFID) 或基于全球定位系统 (GPS) 的车辆检测技术最为成熟、应用最为广泛。

以基于射频 (RFID) 的车辆检测技术为例, 如图 2 所示: RFID 有源标签设置在公交车辆上, RFID 阅读器设置在路口。当公交车辆接近路口时, 有源标签射频装置向路边的 RFID 阅读器发送公交车辆相关信息, 包括: 公交车辆的 ID 编号, 出行线路、优先级别、出行方向、时间等, RFID 阅读器经过识别、校验后将该信息传送给路口的信号优先申请接入设备。在获得车辆的 ID 信息后, 根据 ID 信息与当前时间信息, 按照合理的逻辑进行车辆优先与否判断, 只有满足条件的车辆才会向信号控制器生成优先申请信号。车辆检测子系统能提供可被信号控制器接受的优先申请信号, 从而触发信号控制器中的优先控制逻辑, 信号控制器根据当前的运行状态对请求进行响应, 并提供相应的优先响应信息。当产生优先请求时, 针对不同的情况, 将采取不同的优先措施。

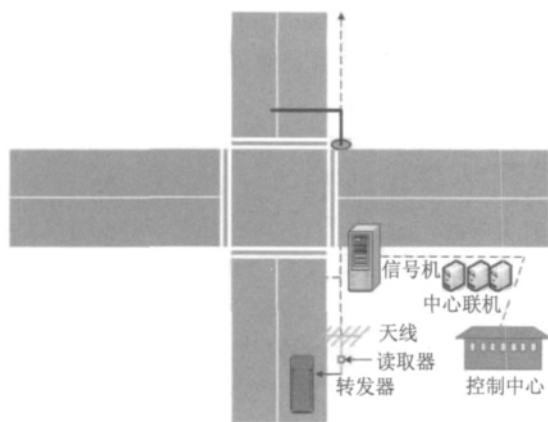


图 2 射频 RFID 检测示意图

Fig. 2 RFID detection system

## 2.2 公交信号优先管理平台设计

实现公交信号优先管理功能的软件平台功能结构如图 3 所示, 平台能够接收控制数据并实时展现公交车辆动态信息, 同时还能够完成公交优先历史数据挖掘与分析, 提供对路口设备的管理功能。

## 2.3 公交信号优先技术方案

完成实现公交信号优先所需要的软硬件技术相关分析后, 结合实际工程需求设计公交信号优先技术整体实现方案。

读卡器通过串口 RS232 与无线通信模块连接, 同时路口的优先申请设备也通过 RS232 与无线通信设备连接, 读卡器读到 RFID 标签的数据后, 经 RS232 传送至无线通信模块, 无线通信模块通过无

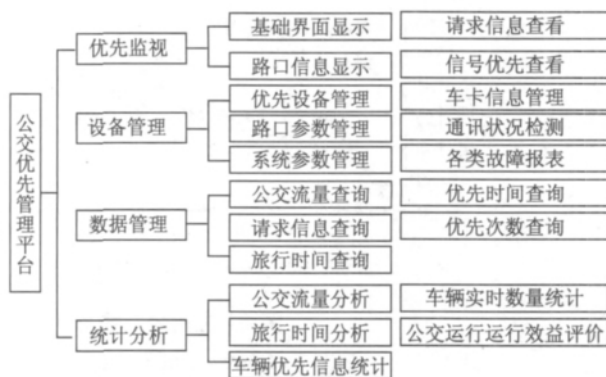


图 3 软件平台功能结构图

Fig. 3 Functional structure of software platform

线传输至无线接收模块, 并进一步通过串口 RS232 传输至优先申请设备。若一个路口有多个方向需要进行公交信号优先控制, 则需要安装多个读卡器, 也就需要多路通道与优先申请设备连接, 如图 2 所示。优先申请设备一方面通过 I/O 接口与信号机相连接, 向信号控制器发送干信号代表的优先请求, 另一方面, 通过综合接入设备, 利用 2M 的光纤带宽, 接入传输网络。

公交优先数据经由通讯网络传输至指挥中心后, 分别接入交通信号控制系统的通信服务器和公交优先管理平台服务器, 再经由指挥中心内部局域网将公交优先数据传输至现有的信号管理控制平台。

## 3 公交信号优先技术应用实例

基于公交信号优先技术方案实现的公交优先系统平台, 对公交优先控制的数据进行采集, 实时展示公交优先的动态数据信息, 对历史的公交优先数据进行分析与决策, 同时提供对设备的管理功能以及系统的管理功能。

以一期建设完成的中关村大街为例, 通过对路口实施公交信号优先前后车辆旅行时间的对比分析, 描述实施公交优先后所取得的效果。公交信号优先技术应用前后中关村大街 10 个路口 9 条路段公交车辆的旅行时间统计如表 2 所示, 将其中数据进行对比分析如图 4 所示。

从表 2 和图 4 中的对比分析不难看出, 中关村大街交叉口公交信号优先项目实施以后, 无论是早高峰还是晚高峰, 公交车辆的旅行时间都在一定程度上有所减少, 早高峰的效果更加明显一些。由四道口南至新科口路段, 早高峰 (7:00—8:00) 时段公交优先实施后的旅行时间为 1 140 s, 优先前的旅行时间为 1 332 s, 优先后旅行时间共减少 192 s, 较

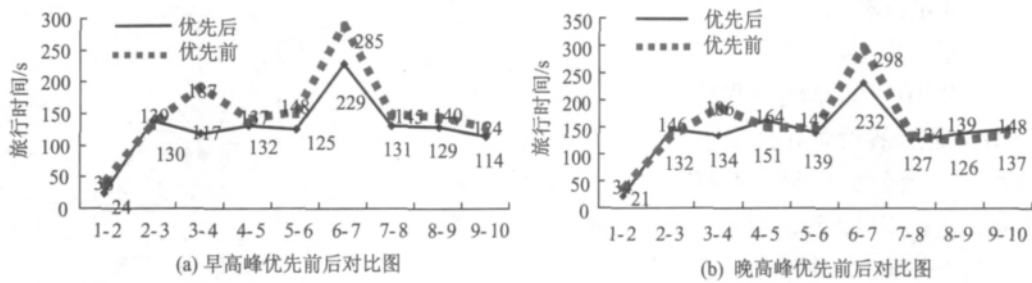


图 4 应用公交信号优先技术前后公交车辆旅行时间对比分析

Fig. 4 Contrast of bus travel time pre and post applying bus signal priority

表 2 应用公交信号优先技术前后公交车辆旅行时间统计  
Tab. 2 Statistics of bus travel time pre and post applying bus signal priority

| 编号   | 路段名称      | 7:00—8:00 旅行时间/s |       |      | 17:00—18:00 旅行时间/s |      |     |
|------|-----------|------------------|-------|------|--------------------|------|-----|
|      |           | 优先前              | 优先后   | 差值   | 优先前                | 优先后  | 差值  |
| 1-2  | 四道口南-老铁道口 | 36               | 24    | -12  | 34                 | 21   | -13 |
| 2-3  | 老铁道口-白石桥  | 130              | 139   | 9    | 132                | 146  | 14  |
| 3-4  | 白石桥-气象局   | 187              | 117   | -70  | 186                | 134  | -52 |
| 4-5  | 气象局-大慧寺   | 137              | 132   | -5   | 151                | 164  | 13  |
| 5-6  | 大慧寺-魏公村   | 148              | 125   | -23  | 147                | 139  | -8  |
| 6-7  | 魏公村-四通桥   | 285              | 229   | -56  | 298                | 232  | -66 |
| 7-8  | 四通桥-大华西口  | 145              | 131   | -14  | 134                | 127  | -7  |
| 8-9  | 大华西口-海东口  | 140              | 129   | -11  | 126                | 139  | 13  |
| 9-10 | 海东口-新科口   | 124              | 114   | -10  | 137                | 148  | 11  |
| 合计   |           | 1 332            | 1 140 | -192 | 1345               | 1250 | -95 |

未应用公交信号优先技术时节省旅行时间 14.4%；晚高峰（17:00—18:00）时，公交优先实施后的旅行时间为 1 250 s，优先前的旅行时间为 1 345 s，优先后的旅行时间共减少了 95 s，较未应用公交信号优先技术时节省旅行时间 7.1%。

4 结论

- (1) 硬件构成方面，由车辆检测设备，优先申请接入设备和交通信号控制器组成的公交信号优先申请子系统实现对公交优先请求的判别、优先申请信号生成以及车辆检测信息的传输等功能。
- (2) 软件实现方面，公交优先信号平台分为优先监视、设备管理、数据管理和统计分析四个模块，将各个模块和层次的功能进行完整的封装，并为上

层提供足够的接口支持，保证系统结构的合理性。

(3) 实施效果方面，通过改造路口信号控制设备在道路交叉口实施公交信号优先技术后公交车辆平均旅行时间下降约为 5% ~ 15%。

与此同时，为保障公交信号优先系统的运行，应该逐步建立全面的公交优先的路面保障系统，包括道路与路口的渠化优先、专用道的使用权保障以及交通信息发布诱导等，都要在公交信号优先系统的规划设计阶段进行系统的统筹考虑，通过系统保障使市民交通出行方式发生良性的改变，这是发展“公交优先”，解决城市交通拥堵的真正意义所在。

参考文献：

References:

[1] 瑟夫洛. 公交都市 [M]. 宇恒可持续交通研究中心, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.  
CERVERO R. The Transit Metropolis: a Global Inquiry [M]. Yuheng Sustainable Transportation Research Center, translated. Beijing: China Building Industry Press, 2007.

[2] CISCO B A, KHASNABIS S. Techniques to Assess Delay and Queue Length Consequences of Bus Preemption [J]. Transportation Research Record, 1995, 1494: 167-175.

[3] YAO D, SU Y, ZHANG Y, et al. Control Strategies for Transit Priority based on Queue Modeling and Surrogate Testing [J]. Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning and Operations, 2009, 13 (3): 142-148.

(上接第 25 页)

[7] 刘燕, 吴波, 唐彩梅, 等. 基于运行效率与安全的城市平面交叉口综合评价研究 [J]. 交通科技, 2008, (4): 88-90.

LIU Yan, WU Bo, TANG Caimei, et al. Study of Comprehensive Evaluation for Intersection based on Operating Efficiency and Safety [J]. Transportation Science & Technology, 2008, (4): 88-90.