

摘要

城市公交专用道的设置会使公交车的运行干扰减少、运行速度提高,但同时也可能造成非公交车的拥堵。交通的目的是实现人与物的移动,一辆公交车的载客量是一辆小汽车的十几倍甚至几十倍,让承载更多人的公共交通优先通行,减少出行者在道路上由于交通拥堵造成的不必要的时间损失,提高整体的出行效率,施划公交专用道是实现这一目的的有效手段,因此研究公交专用道施划条件具有一定的现实意义。

论文首先对公交专用道的基本情况进行了介绍,包括公交专用道的类型、设置方式、优缺点以及国内外的实施情况,并以北京为例分析公交专用道在实施中存在的问题。

接着介绍了公交专用道设置的必要性,分析了专用道设置的基本条件和衡量专用道施划效果的约束条件,从公交车流量的角度分析并提出应当适当降低公交专用道现行施划标准。

论文对仿真模型进行了实例验证与分析。通过选取专用道运行效率的评价指标:车辆的运行速度和延误、路段的客流运送能力和人均行程时耗,在对北京市南磨房路进行现状调查的基础上,分析该试验路段公交专用道的施划条件,建立仿真路网模型,并根据实测数据验证路网模型在专用道研究中的有效性,分析了试验路段在现有条件下实施公交专用道的施划效果。

论文研究了不同施划条件对专用道施划效果的影响。通过建立不同情况下的仿真试验对专用道设置条件进行了深入的研究,分析了这些施划条件对公交专用道实施效果的影响程度,根据构建的仿真路网模型得出了影响公交专用道施划的公交车的最佳流量范围,根据仿真分析的结果并结合北京市道路现状提出适合于北京市的公交专用道施划建议,希望仿真研究得出的结果能够为道路交通决策者们提供依据参考。

关键词 公交专用道;平均延误;客流运送能力;人均行程时耗;微观仿真;

ABSTRACT

The setting of bus lane will reduce bus traveling interference and increase bus traveling speed, it also may make the jams of other vehicles. But the traffic is aimed to move the human and the objects, the capacity of the bus is 10 times or more than a car. Letting public transport which takes more people priority to access, reducing traveler's unnecessary loss of time which caused by traffic jams, and increasing the efficiency of whole road, all these are the purpose of implementing the bus lane. so, it will have some practical significance for the study on the bus lane's setting factors.

First, paper introduced the basic conditions of bus lane, which included bus lane types, the methods of establishment, the advantages and disadvantages and the implementation of the domestic and the overseas situation, and analysed the existing problems in the implementation of bus lane taking the Beijing for example.

Second, paper introduced the necessary of setting bus lane, analysed the basic conditions of setting bus lane and the binding conditions of measuring bus lane implementing effects, and tried to put forward the studying method of reducing the implementing standard from the view of the traffic of bus.

Then, paper had an example validate and analysis to the simulation model. Paper selected the traveling speed and delay, the capacity of carrying passenger and the trip time consumption as the evaluation indexes of bus lane's traveling efficiency. On the basis of status survey of Beijing Nan Mo Fang street, paper analysed the testing street's bus lane setting conditions, established the simulation network model, and validated the model's validity basing the surveying dates, and also analysed the testing street's effect of implementing bus lane.

Last, paper studied the influence of the different implementing conditions to the implementing effect of bus lane. Through establishing simulation experimentation of different conditions, paper had a deeply study on the setting factors of bus lane, and analyses the impact degree of these conditions of implementing bus lane. Basing the simulation network, paper reached the best range of bus flow which affected the implementing effect of bus lane, and with the present situation of the road in Beijing paper reached the bus lane's implementing advices of Beijing. Also, paper hoped that the results of simulation studies can provide the references for the makers of road traffic policy.

Keywords Bus lane; Average delay; Capacity of carrying passenger; Trip time consumption; Microscopic simulation

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得北京工业大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

签名：鲍小奎 日期：2007.5.24

关于论文使用授权的说明

本人完全了解北京工业大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内 容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

(保密的论文在解密后应遵守此规定)

签名：鲍小奎 导师签名：李 日期：2007.5.24

第1章 绪论

1.1 问题的提出

近些年来,随着国民经济的飞速发展和城市化进程的不断加快,大城市交通拥堵问题日益严重,其主要原因有如下几点:一是由于国民经济的持续高速增长使得城市机动车辆急剧增长,以北京为例,截至2006年底机动车保有量超过280万辆,私人小汽车亦随之飞速增长,大量挤占了并不丰富的城市道路资源,进一步加剧城市交通拥堵;二是我国经济与社会发展战略是以城市为中心,因而城市人口大大增加,出行需求急剧增加,尤其是城市中心区的高强度开发使过去住在市中心的人搬到郊区居民小区,将原住宅变成特高层办公楼、写字楼或宾馆,形成更为集中的工作通勤出行,进一步加剧对市中心区的交通压力;三是尽管从上个世纪九十年代末期,国家对城市道路建设采取积极的财政政策,增加道路建设投资,加快建设速度,提高道路供给,但道路供给与出行需求二者之间的差距日益拉大,交通拥堵已经成为各大城市普遍存在的交通问题。

城市公共交通人均占道面积小、载客量高,同时,在城市生态环境的改善、运输效率、人均燃料消耗率等方面比其他交通方式具有更大优势。我国土地资源稀缺、城市人口密集,优先发展公共交通更符合城市发展和交通发展的实际,也是贯彻落实科学发展观和建设节约型社会的重要举措。2004年建设部等六部委提出《优先发展城市公共交通意见》,意见指出优先发展公共交通是目前我国各大城市解决交通拥堵问题的最切实有效的办法。

北京长安街开辟第一条公交专用车道以来,取得了良好的社会效益和经济效益^[1],全国其它城市也在不断的计划和实行这项措施,这也使得更多的人关注公交专用车道的具体实施条件以及施划标准。同时,为城市交通决策者提供更有依据,使公交优先通行政策措施能够更有效的实施,对其中公交专用车道的设置条件和施划标准进行研究,就显得非常必要了。

1.2 研究的目的和意义

1995年11月,在北京由建设部、财政部、中国人民银行、世界银行、亚洲开发银行联合举办的“中国城市交通发展战略会议”中明确提出了城市交通的五大原则,其中第一大原则就确定了“交通的目的是实现人和物的移动,而不是车辆的移动。”由此可以看出,城市交通的目的最终是为人服务的,公共交通的优先是对居民出行的优先^[2]。

因此,本论文的研究目的是通过对公交专用车道的设置条件和施划标准进行

研究, 确定道路施划公交专用车道的设置条件, 使道路在设置公交专用车道后, 公交车的运行运营速度和准点率得到显著的提高, 从而最大限度的增加客运通行量并减少出行人员行程延误, 且在公交优先的同时不使其他交通方式运行环境恶化, 使交通系统总体出行效率最高。

我国城市公交客运方式单一, 除少数大城市有地铁、轻轨等快速轨道交通系统外, 其他城市主要以常规的地面公共汽车交通方式为主, 公共汽车现在是将来继续是大多数城市的主要公共交通手段。公交专用车道有很大的发展空间。但是, 并不是所有的道路都可以设置公交专用车道, 需要满足一定的道路条件和交通条件。如果在该设置的道路上设置了公交专用车道, 不仅道路的通行能力得不到充分的利用, 交通安全也存在隐患, 可能会出现路段非公交车辆交通过度拥挤或相连接道路交通混乱等问题。如果在应该设置的道路上没有设置, 则公交车停靠、加减速影响其他车辆, 同时公交车辆的速度也会降低。

如果公交专用车道设置合理、管理规范, 形成公交专用车道网络, 则其行车速度可以接近轻轨的水平。既能满足在经济现状还不具备建设轨道交通的条件下把常规公交迅速提高到准快速交通的需要, 又能为在条件具备时最终建成轨道交通进行较好过渡, 是适合中国国情的一种很好方式。如果一条公共交通线路上运行时间的减少值可以增加到一个发车间隔, 则在这条线路上就可以节省一辆公共汽车(包括驾驶员及其他相关人员)的投入, 从而有助于降低公交运营费用, 进一步提高了公交车辆的竞争力^[3]。

公交专用车道这种公交优先的具体体现形式对于优化使用有限的道路资源, 缓和交通拥挤、提高交通设施的综合效益起着至关重要的作用。本论文采用仿真的方法再现复杂的交通现象, 对公交专用道的施划条件进行微观模拟, 研究公交优先措施实施后的效果, 从而能够为城市交通决策者们提供依据参考。并且针对类似问题提出一套理论研究与实际结合的方法理论体系, 本论文的研究具有着很重要的应用价值和一定的现实意义。

1.3 国内外研究现状

1.3.1 国外研究现状

通常认为公交优先最早是由法国在 60 年代末提出的^[4]。二战后, 迫于汽车工业财团的压力, 法国政府采取了鼓励私人交通发展的政策, 私家车急剧发展。到 70 年代初, 城市交通几乎瘫痪。于是, 政府开始了下大力气重点优先发展公共交通。如今, 巴黎设置了 480 多条全天和部分时间禁止其它车辆使用的公共汽车专用道。其它如美国、英国等发达国家也经历了此种教训, 然后重新认识城市公交发展的作用, 一系列相关研究也相继展开。

欧美方面的研究多出现于美国的 National Cooperative Highway Research Program, CHRP)和英国的 Transport And Road Research Laboratory (TRRL)报告里。May 和 Russell 曾对专用车道的使用者与其他车道的使用者在时间数量上的比较建立模式加以评估;同期的 Scheel 和 Foote 更以理论上探讨了公共汽车专用车道的容量限度;Herman 探讨多车道专用,并将跟车行为模式加入;Luis Ferreira 在澳大利亚研究了公交优先通行措施对道路交通的影响,通过对比设置公交专用道、专用信号前后道路上车辆的延误时间,给出了不同道路交通量下,设置公交专用道的最佳公交比例和最佳公交客流量;Shinichiro Naganuma 等在日本的 Kumamot 进行了同交通管理系统相结合的公交优先信号通行系统设计,并利用设在公交专用车道上的光学监控设施来保证公交专用道的路权专有;Shahriar 等建立了公交专用车道的宏观模拟模型,考虑因素包括公交行程时间,能源消耗和尾气排放等;Shalaby 等使用 TRANSYT7F 软件对公交专用车道及其相关辅助措施的效益进行了模拟分析评价,可以较为准确地模拟出公交车辆的车速和延误^[5]。

美国研究的重点放在公交专用车道通行能力和服务水平研究方面,包括公交停靠站位置、类型对通行能力的影响^{[6][7]};能否利用邻近车道进行超车对通行能力的影响;信号交叉口处配时以及是否给公交优先信号对通行能力的影响等等^{[8][9][10]};文献[11]还对公交专用车道的安全进行初步的研究。英国的研究主要集中在轨道交通同公交专用车道的费用—效益比分析以及各自通行能力的比较方面^{[12][13]};文献[14]中阐述了以所有乘客行程时间最短为目标的各种公交优先措施的分析比较,在道路条件和交通条件一定的情况下采用何种公交优先措施所取得的效益最大;文献[15]和[16]介绍动态公交专用道的设计方法。日本研究了用不同模型模拟公交车流的运动特性^[17]。另外一些涉及公交专用车道方面的论述包括日本与巴西在公交专用车道运行方面的差异,提高公交吸引力的方法,公交优先措施等^{[18][19]}。多数文献集中在设置公交专用车道的后评估上,对于公交专用车道的设置条件提及较少。

1.3.2 国内研究现状

国内的研究多偏于定性分析,提出的设置条件也较为笼统,对不同的道路、交通情况没有针对性,适用性不强。目前对公交专用道的研究过多集中于公交专用车道设置后评价方面。在设置条件上只是大致的给出了一些量值。如同济大学的李彬、郭冠英等人提出当断面单向公共交通客流量大于 40 辆/小时或 400 辆/天以上时或公共汽车严重受阻,速度极低,很难按时刻表运行时可设置公交专用车道^[20]。邵俊、杨晓光、史春华研究了部分锯齿形公交优先进口道的交通设计与分析,包括信号设置、延误和通行能力的计算,社会车辆在预先信号停车线处的排队长度计算以及锯齿形公交进口道的尺寸设计等内容^{[21][22]}。我国同济大学、深圳

交通规划研究中心等对公交专用道的设置形式、设置条件等作了一定的研究，并对公交优先通行交叉口作了仿真模拟研究^[23]。东南大学的陆建、王伟、陈学武提出设置公交专用车道的交通条件是公交车流量应大于总车流量的 20%，研究设置公交专用道后，路段和交叉口交通运行状况改善所产生的效益，提出了效益计算方法^[24]。并没有给出设置公交专用车道的公交车流量值范围。

北方交通大学的夏青的硕士论文“北京市公交优先可行性研究—公交汽车专用道理论与模拟”中曾提到过设置公交专用道的必要条件，采用定量与定性相结合的方式。量化的基本原理是公交专用车道上运输的乘客数应比其他车道上平均运输的乘客数多，由此给出一个简单的公式计算^[25]。并未对延误及通行能力进一步深入。

哈尔滨工业大学的王兰兰的硕士论文“公交专用道设置条件研究”中研究了公交专用车道在路段上的设置条件。提出以公共汽车的运行损失时间作为公交车辆的车头时距进行换算系数的确定，在此基础上计算通过路段的人员通行能力变化以及人员总延误变化。并以人员通行能力的增加和人员总延误的减少作为衡量条件，给出具体道路条件和交通条件下路段上设置公交专用车道的公交车流量范围。给出最佳公交流量比计算方法。将计算过程用可视化程序 Visual C++实现，并结合算例演示了公交专用车道路段设置条件的计算过程^[26]。但论文并没有分析各种道路条件下公交专用道具体的施划标准。

1.4 研究内容

本论文的研究内容主要包括以下两个方面：一是以交通仿真软件 VISSIM 为开发工具，通过微观模拟的方法分析施划公交专用道的影响因素及设置条件；二是结合公交专用道发展现状探讨北京市路权优先政策建议。

对公交专用道的影响因素及设置条件的研究是本论文的核心部分，论文在分析影响公交专用道设置的基本条件和约束条件的基础上，选取速度和延误、客流运送能力和人均行程时耗等作为评价指标，对不同条件下公交专用道的设置进行微观仿真试验，结合现有标准探讨在优先发展公共交通的背景下大城市公交专用道的设置标准。

根据仿真分析的结果，结合北京市道路交通运行现状，提出了适合于北京市的公交专用道实施建议。

其中本文重点研究的是城市干道公交专用车道的设置条件，论文的仿真结果可以为设置公交专用道提供参考。

1.5 研究思路

本论文采取仿真试验与具体应用实例相结合的研究方法。根据目前大城市

(以北京市为例)在公交专用道施划中存在的问题,在分析公交专用道影响因素及设置特性的基础上,建立不同条件下的公交专用道仿真试验模型,并对专用道的施划效果进行前后对比分析。

文中分析了不同条件下道路实施公交专用道影响因素的变化情况,本着以提高道路系统的运行效率为目标,探讨适合于北京市的公交专用道施划的政策建议。

1.6 论文框架结构

第一章绪论,主要论述了研究背景以及国内外研究现状,并说明了论文的主要研究内容和思路。

第二章介绍公交专用道在国内外的的发展状况以及大城市在施划公交专用道中存在的问题,介绍了公交专用道的分类和大城市实施公交专用道的优点。

第三章介绍了公交专用道设置的必要性,分析了公交专用道设置的基本条件和约束条件,简单介绍了现行公交专用道的设置标准。

第四章选取速度和延误、客流运送能力和人均行程时耗等专用道运行效益评价指标,通过实例分析验证仿真路网模型在专用道研究中有有效性。

第五章研究不同施划条件对专用道实施效果的影响,探讨北京市路权优先中设置公交专用道的政策建议。

最后总结了论文的研究成果,指出本研究的不足和今后的研究重点。

论文的框架结构图如下图 1-1 所示:

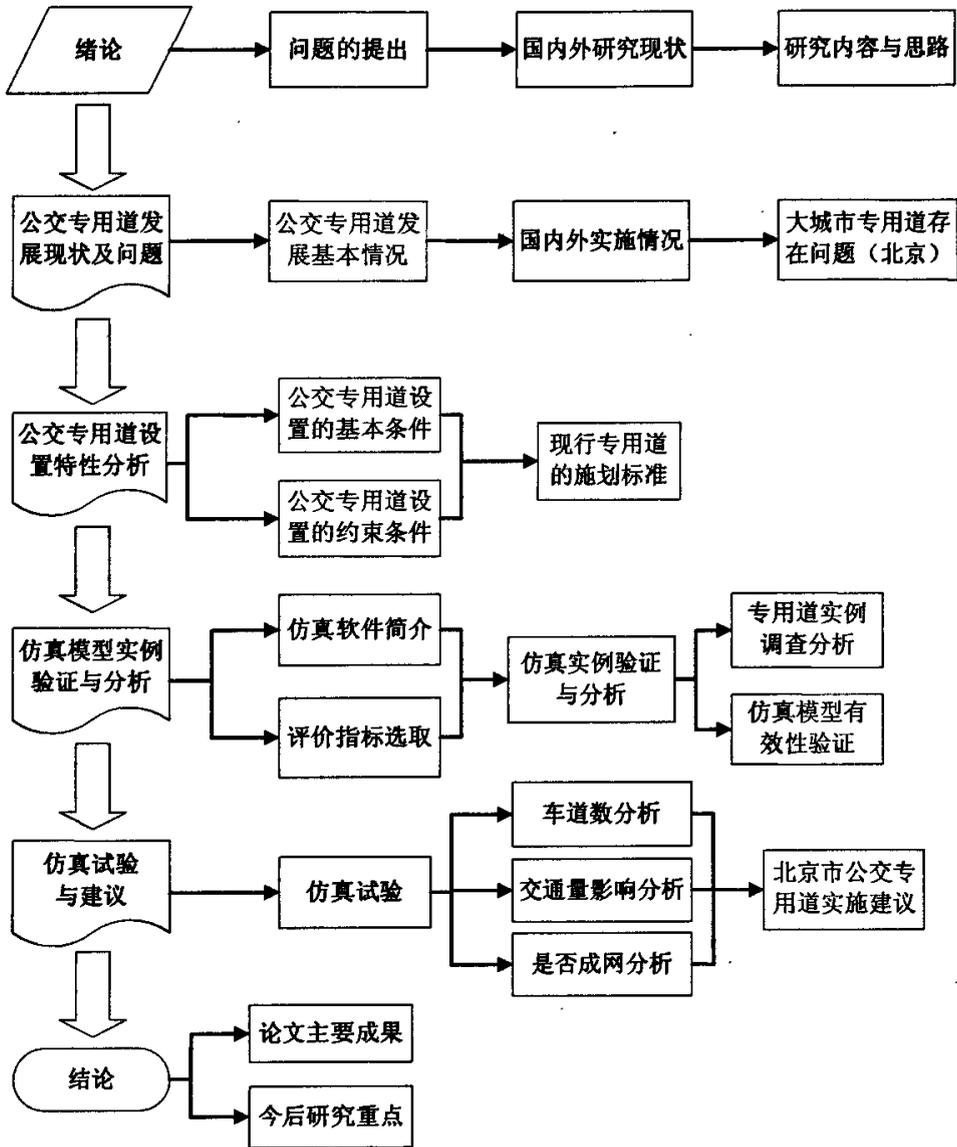


图 1-1 论文的框架图

Figure 1-1 The framework of paper

第2章 公交专用道发展状况及问题

公交专用道是指在特定路段上,通过标志、标线等划出一条或几条车道供公交车专用,其他车辆不得随意驶入;同时,公交车还享有在其它车道行驶的权利。其目的在于给公共汽车较高等级的道路专用权,提高公共交通车辆的行驶速度、缩短运行时间,从而改善公共交通车辆的运行环境,提高公共交通的运输服务水平。

2.1 公交专用道的基本情况

1. 公交专用道的类型

公交专用道按分类的标准不同可以有以下几种分类方法:

1) 按设施类型分:

专用道路(Busway):只供公共汽车行驶的道路,其他车辆一律禁止入内。在建设卫星城时可考虑建设这种道路,可以连接居住区和工厂。一般来说,专用道路是公共汽车的“高速道路”,站距长、速度快。在这种道路上要求有比其他道路更完善的交通安全设施和严格的交通管理设施。

专用车道(Bus lane):增加或重新划分车道,划定道路上的某条车道在高峰期间或全天专供公共汽车行驶。专用车道可以设在道路两侧即最外车道上,也可设在道路中央,可以是单向一条车道也可以是两条车道(公交车辆可以在专用车道上超车)。为了同其他车辆分离常采用路面交通标志或实物分离的方法。

专用街(Bus street):在这种街道上只允许公共汽车和行人通行。专用街设施简单、投资少,只要加强管理、限制其他车辆通行、采用适当的交通标志就可达到目的。市中心商业区或只有两个车道的窄街道,现有道路条件无法满足设置公交专用车道的要求,又不允许进行拆迁和拓宽,如其附近有平行的街道,可以将这种街道开辟为公交专用街道。北京的王府井大街和上海的南京路就开辟了公交专用街。

2) 按车行方向分:

顺向行驶(Regular Bus Lanes):在道路上为公共汽车保留一条或两条专用的车道,公共汽车和社会车辆同向行驶。公交专用车道一般布置在道路靠近路缘石的一侧,有时也布置在靠近中央分隔带的一侧。顺向行驶的公交专用道,不仅可以提高道路的利用率,还可以减少相互的干扰,另外,在高峰时段供公共汽车优先行驶,其他时间可供其他车辆行驶。设置费用低,但对其他的社会车辆缺乏较强的约束力。

逆向行驶(Controflow Bus Lanes):公共汽车在专用车道上与其相邻社会车辆

相向行驶。需要严格的分离措施，但能提供较高的行驶速度。其缺点是容易导致右转弯车辆与公交车辆交错，且违反人们的习惯，过路人容易判断错误。青岛市在单向道路中允许公交车辆沿公交专用车道逆向行驶，减少了公交车辆的绕行，提高了公交车辆的行驶速度^[27]

2. 公交专用道的设置方式

1) 公交专用道设置位置

公交专用道的设置位置，根据公交专用道在道路横断面上的位置关系，通常将公交专用道分为外侧式设置方法和内侧式设置方法^[28]。

①外侧式的设置方法：

公交专用车道设置机动车道行使方向道最右侧时，称为外侧式，如图 2-1，2-2 所示：

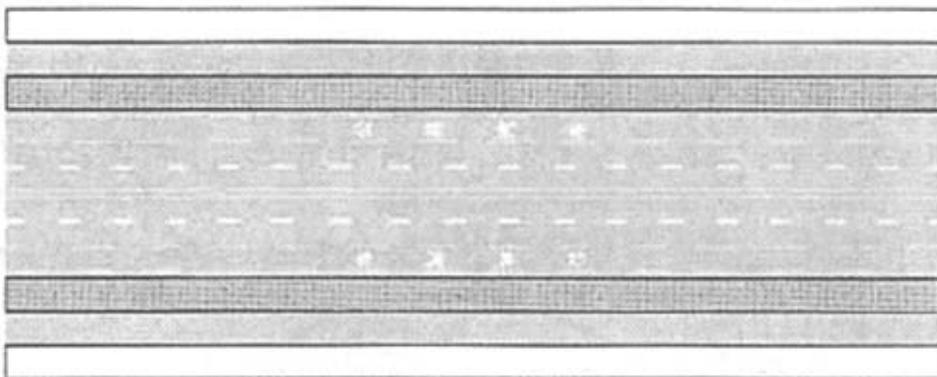


图 2-1 “外侧式”公交专用车道（有机非隔离带）

Figure 2-1 “out-side” Bus lane (with insulation of car and others)

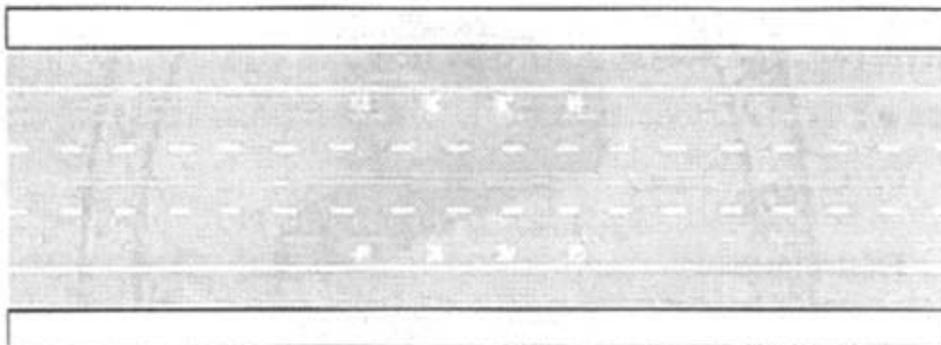


图 2-2 “外侧式”公交专用车道（无机非隔离带）

Figure 2-2 “out-side” Bus lane (without insulation of car and others)

“外侧式”公交专用道适用于右转或直行公交车流量较多，且机动车道与非机动车道之间有物理隔离，路侧机动车进出口较少，行人和非机动车干扰较小，

路侧的停靠站较密的情况。

②内侧式的设置方法：

公交专用车道设置机动车道行使方向最左侧时，称为内侧式，如图 2-3，2-4 所示：

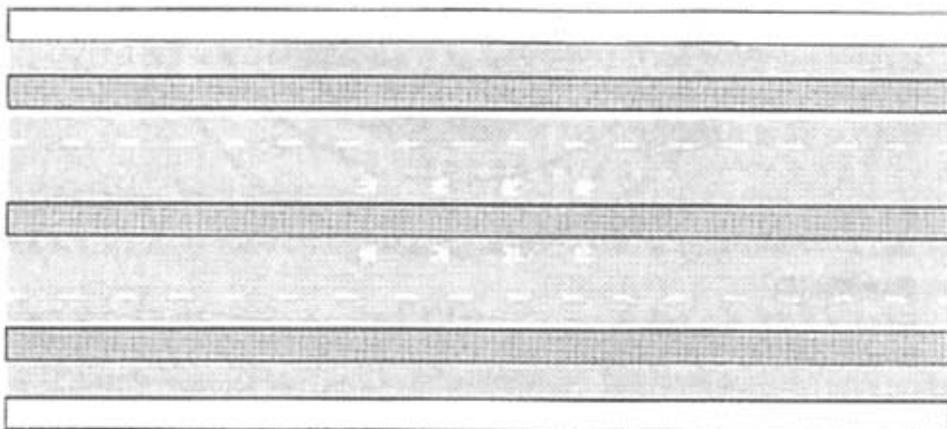


图 2-3 “内侧式”公交专用车道（有中间隔离带）
Figure 2-3 “in-side” Bus lane (with middle insulation of cars)

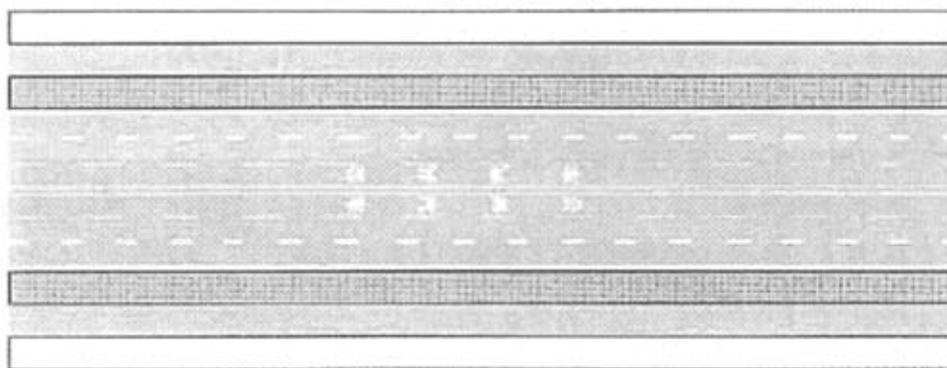


图 2-4 “内侧式”公交专用车道（无中间隔离带）
Figure 2-4 “in-side” Bus lane (without middle insulation of cars)

“内侧式”公交专用道适用于左转或直行公交车流量较多的情况，且道路中间最好有 2m 以上宽度的物理分割带（如绿化带），以方便将公交站台设置在道路中间。同时需要有与之配套的公交车，应设有左侧开乘客门，以方便乘客上下车。

2) 公交专用道的设置时间

根据公交车对专用道的特权时间，可以把公交专用道分为全天候的公交专用道和限时公交专用道。

全天候的公交专用道不允许非公交车辆行驶，特权车辆除外。全天候的公交

专用道管理比较简单,车道的使用不随时间的变化,容易制度化,公交专用道的遵章率要高一些。

限时公交专用道上允许非公交车辆在限制时间外使用公交专用道,限时公交专用道是对公交高峰时段给予公交车辆专有权,特别是在公交高峰与非公交高峰不重合的路段上,设置限时公交专用道更为高效,但在交通管理上要相对的复杂一些,同时专用道的遵章率要低一些。

3. 公交专用道的优缺点

对大城市而言,常规公交和轨道交通是城市交通的骨干。对于一个设置良好的公交专用道系统,如果在所有的交叉口都给予公交车优先控制,则运送速度和载客量之间与轨道系统的差别并不明显。除运送速度和载客量以外,公交专用道与轨道交通相比还具有下列优点^[29]。

1) 灵活性和可逆性。由于公交车可以在中途进入和离开公交专用道,许多线路可以拥有广泛的服务区域,与固定轨道系统相比,乘客换乘次数明显减少。并且,公交专用车道的通行能力和服务质量可以顺应乘客需求的变化。

2) 经济可负担性。沿着现有路权修建一条地面的公交专用道的成本受设施拆迁和其他当地因素的影响,约为 40 万-100 万美元/公里。这个价格中包括了改建公交车道和控制设备的费用。由于可以采用当地的劳动力和原材料,使用已有的公交车辆,也减少了对外汇的需求。

3) 实施速度快。公交专用道一般不需要特别的法规,其车道和车辆比起轨道系统要简单得多。建设速度和周期也更快些。

4) 后续发展的余地。可以分期建设公交专用道系统,甚至几百米长的路段也是有益的,而轨道交通则要求先有车场和一定的线路长度,才能吸引足够的乘客。公交专用道系统可以一点点扩展,也可以一步步加强(比如在重要交叉口隔离;车下票务、编排车组等)。

当然任何一种交通方式都存在其自身的缺点和应用局限性,专用道也不例外。其缺点主要体现在占用独立的道路空间,制约其它车辆使用,使本就稀缺的道路资源变得更加紧张。

2.2 公交专用道国内外实施情况

2.2.1 国外的实施情况

公交专用道的实行始于 20 世纪 60 年代初的法国,随后,许多欧洲城市也广泛应用。如果把拥有少量公交专用道的城市也计算在内,欧洲目前拥有公交专用道的城市可占到 89%^[30]。70 年代,美国也建设了公共交通专用道,但其是仅为公共汽车特别建造的隔离式道路。1997 年 9 月,英国在通向希思罗机场的快速路

上设置了第一条公交专用道,实施结果表明,早高峰时间公交车辆平均运行时间减少 9.7min。公交专用道在欧美发达国家广泛应用的同时,也得到了世界其他国家的认可,并迅速发展。其中发展最快的是南美州的巴西、亚洲的泰国和日本。他们的公交专用道在投入运营后取得了较好的效果,运营速度提高了 10%-30%,达到 20-35km/h。在巴西,不仅许多城市设有公交专用道,而且还采用了公共汽车护送制(公共汽车按计划编排在通道的开始处形成车队)。这种制度的实行使公共汽车的车速增加了 20%。泰国曼谷和日本东京分别拥有公交专用道 200km 和 238km,运行速度分别为 35km/h 和 24km/h。另外,雅加达、马尼拉、新加坡也建设了公交专用道。

表 2-1 国外部分城市公交专用道实施情况

Table 2-1 Using condition of Bus way in some foreign cities

城市	公交线路			交叉口信号	交通法规
	总长 (km)	专用道 (km)	专用道/总长 (%)	公交优先	规优先
哥本哈根	3572.0	6.7	0.2	有	无
日内瓦	224.9	16.0	6.5	有	无
赫尔辛基	1758.0	87.1	5.0	有	无
马德里	2045.0	82.7	4.0	无	无
米兰	1308.0	171.0	13.0	无	无
慕尼黑	719.0	105.3	14.6	有	有
马赛	603.4	27.1	4.5	无	无
巴黎	414.8	248.0	5.9	无	无
东京	1040.0	269.2	25.9	有	无

表 2-1^[31]是国外一些国家成功实施公交专用道方案的实例,被证明是能带来显著社会效益的重要措施。这些城市设置公交专用道后公交车在路段上的行程时间最多可节省 50%以上,配合以交叉口优先和法规优先公交车辆可在运行时间上得到更多的节省。

2.2.2 国内的实施情况

近年来,国内已有十几座大中城市提出了建设公交专用道的规划构想(如北京、上海、深圳、广州、青岛、无锡、厦门、南京、洛阳、武汉等)。北京、上海、广州、深圳、青岛、昆明等都相继在有条件的道路上开辟了公交专用道,取得了一定的效果。

国内公交专用道的主要设施类型是公交专用车道。1997年6月25日,北京在长安街一线开通了国内首条公交专用车道(从复兴门到建国门),标志着公交专用车道在国内的正式开始实施。当时长安街公交专用道全长 15km,52条大公

共汽车线路和 3 条小公共线路的共 1106 部公共汽车行驶在这条专用道上,在北京公交线路最多、交通流量最大的长安街上率先享受到了优先通行的权力。公交专用道开通后,准点率、运行间隔、运力等方面发生了积极的变化,提高了公共交通服务水平,早高峰小时完成的客运量增加实施一个月后行经长安街的公共汽车的主要技术指标较以往有较大的提高。其中,公共汽车的平均车速由开通前的 16km/h 提高到 20-23.5km/h。在高峰期间,公交车的速度高于社会车辆的速度。上点率提高了 43.6%,平均每辆公交车单程运营时间减少了 8min^[1]。并出现了高峰期公共汽车车速普遍高于社会车辆的现象。这些变化不仅仅为既有的乘客群带来了一系列的好处,同时还从其他线路和其他交通方式吸引了一些新的乘客。至 2006 年底北京市已在 62 条以上道路上施划了公交专用道,专用道总里程达到了 165 公里^[32]。目前北京市正研究在二、三环城市快速路全线施划公交专用道的可行性。

上海市在公交专用道建设中提出在内环线上修建高架、内外环之间修建封闭式公交专用路的构想,经过几年的努力公交专用道里程已经达到近 70 多公里。广州市政府为解决其交通拥挤、公交出行不方便、行车难等问题,先后对全市的公路网进行优化调整,开辟了覆盖 12 条道路的公交专用车道网络,并对与之配套的道路、交叉口及公交停靠站进行改造,还制定了相应的管理措施,体现“以人为本,公交优先”的系列政策提案。宁波市专门设立了城市公交发展专项资金,在有条件的地段设立公交车专用道和转弯车道等。

昆明市在“1999 世博会”举办之前,为缓解交通,在市区内主要道路上均开辟了公交专用道和港湾式停靠站,其他如郑州、长沙等大中城市也相继实施公交专用道。青岛市认真贯彻“公交优先”原则,在交通管理中,结合单向交通特点,根据路网间隔及路幅宽度在单向道路中开辟了 40 多条允许公交车辆逆向行驶的公交专用车道,总长度达 70 多公里^[27]。这些措施的实施大大改善了公交服务水平,并提高了公交速度和效率。

而另一些公交专用车道方案则由于执行力度不够、设置不良及其他原因而没有产生效果,使得公交专用车道不仅没有发挥作用,反而限制了公交车的行驶速度。如武汉市的汉口航空路—武胜路书店路段设置公交专用车道后公交车在专用道上行驶速度比在普通车道上低三倍左右^[33]。另一些城市的公交专用车道形同虚设,公交车辆的行驶速度并没有发生改变。

2.3 目前大城市公交专用道施划存在问题

尽管许多大城市在有条件的道路上开辟了公交专用道,取得了一定的效果。但我国许多城市中公交专用道的设置还处于探索阶段,由于缺乏有效的理论作指导,还存在许多不足。下面以北京市为例,介绍一下存在的主要问题。

(1) 公交专用道未作系统规划

城市道路规划、设计与建设过程中大多没有将公交专用道纳入其中考虑。我国城市中现有的公交专用道几乎都是在道路建设完成之后，再根据交通状况来实施的，由于受道路条件的限制，往往使得公交专用道不易设置或设置得不尽人意^[34]。例如在北京市中心区域的老城区，由于历史原因，受道路条件的限制，很多路段无法有效的施划公交专用道，这样就无法连接东西和南北向的公共交通，形成市中心区域公交专用道断路的情况。

(2) 公交专用道建设不成网络

虽然北京市的公交专用道施划里程在国内处于领先水平，但从现有公交专用道分布情况看，一个最显著的问题就是专用道不成网，公交车在专用道上断断续续的运行，不能发挥网络的规模效益。专用道不成网的一个主要原因就是在全市范围内有很多路段具备施划专用道的条件却没有施划专用道。比如菜户营南路（双营路）、蒲黄榆路、远大路、海淀南路知春路、新外大街/花园东路、和平里东街、东外大街、工体北路、姚家园路、松榆南路、大羊坊路、蒲芳路、广安门南街、马东路、三里河路等。这些路段公交线路比较多，具备施划公交专用道的要求，同时道路宽度也符合施划公交专用道条件，但是到目前为止却没有施划公交专用道。以蒲黄榆路为例进行说明。

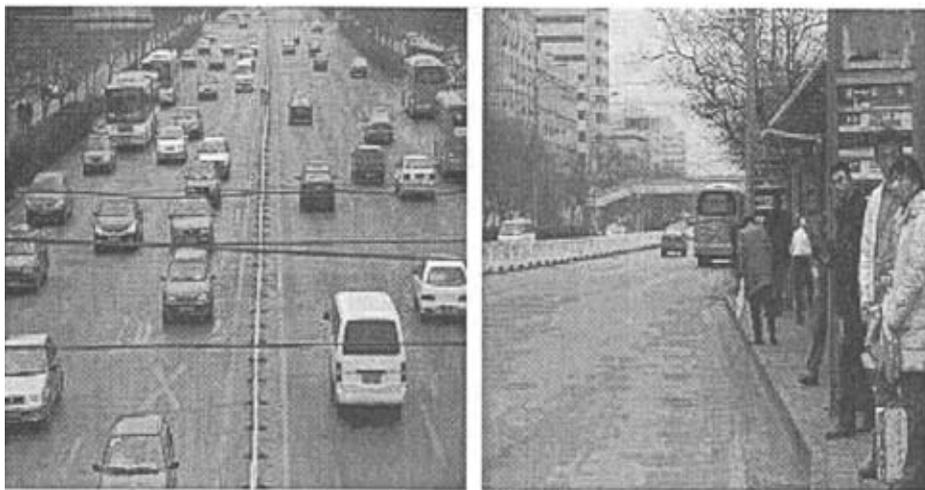


图 2-5 蒲黄榆路

Figure 2-5 PU HUANG YU Street

从图 2-5 中可以看出，蒲黄榆路为双向六车道，该路段公交线路较多，并且与该路段衔接的劲松中街路段施划了分时段的公交专用道，因此在蒲黄榆路施划公交专用道对保障公交车在连续路段畅通行使是非常有必要的。公交专用道不成网，目前已成为制约公交车运行速度提高，公交运行效率低下，公交优先无法得到保障的一个十分显著的因素。

(3) 公交专用道设置的有效使用时间较短

目前，随着道路交通压力越来越大，早晚高峰的时间段也相应的不断延长，如图 2-6 所示。因此，按照原有的标准，把专用道的时间简单的设定在早 7 点至 9 点，晚 17 点至 19 点，就不太合理了。

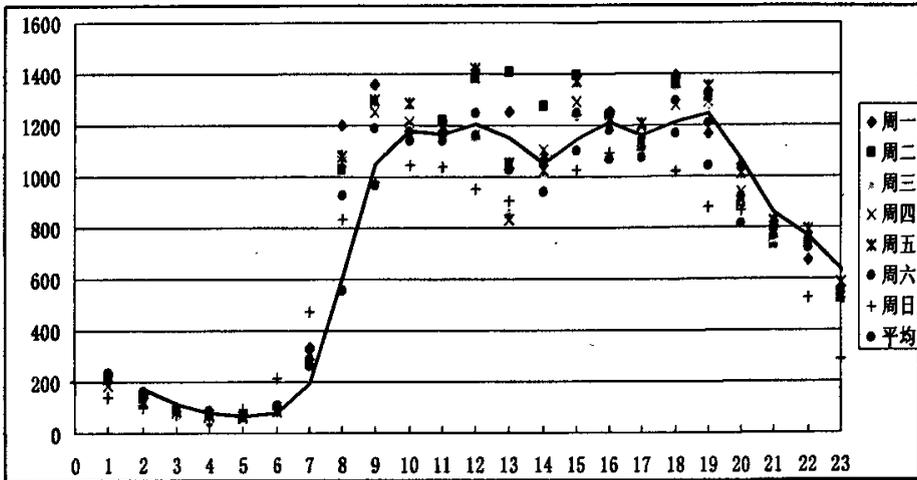


图 2-6 二环路交通流量分布图

Figure 2-6 The traffic flow distribution chart of ER-HUAN Road

2004 年以前，北京市在地铁路、朝内大街等 30 条道路设置了公交专用道，其运行时间为 7:00~8:00 和 17:00~18:00，不能够满足交通需求，公交车辆平均行驶速度提高不多。后将其运行时间调整为 7:00~9:00 和 17:00~19:00。调整后，公交车辆的平均行驶速度提高了 5%。实践证明，延长专用道的有效使用时间，可以提高公共交通的运行效率。

应该说，造成以上问题的原因是多方面的，既有在规划中对问题的研究不够透彻，也有北京市本身作为一个大都市，面积广、人口多，交通组织复杂等多方面原因造成的。当然，公交专用道在我国的发展过程中存在的问题远不只这些，在建设、使用、管理等方面都或多或少存在还存在着一些问题，这就要求城市决策者在制定城市规划时从战略的角度进行长远的考虑。本文对公交专用道施划条件的仿真研究，也是希望能为城市交通的决策者们提供一份依据参考，从而更有效合理的促进城市公共交通的发展。

2.4 本章小结

本章首先从公交专用道的类型、设置方式、使用时间、公交专用道的优缺点等方面介绍了公交专用道的一些基本情况，然后又对国内外公交专用道的发展状况进行了资料的搜集与整理，以北京市为例分析了目前我国一些主要大城市在施划公交专用道中存在的问题。

第3章 公交专用道设置特性分析

在施划公交专用道过程中，要充分考虑施划专用道的影响因素和设置条件，从而使得公交专用道施划后，能最大限度的发挥公交专用道的使用效果，起到公交优先的作用。

3.1 公交专用道设置的必要性分析

由于城市机动化水平和城市居民对交通“质”和“量”的要求与日俱增，使得城市道路供给难以满足实际需要，此时，一味的加大道路基础设施建设已力不从心，实施公交优先势在必行。由于城市交通的目的是为了实现人的移动而不是车的移动，因此，从“人”、“车”、“路”、“环境”四方面来分析实施公交优先的必要性。

(1) “路”：解决城市交通拥堵问题，最好的办法无非是加大基础设施的建设，相对于大多数城市来说，城市规模已不可能再发生大的变化，也不可能无限制的修建道路来满足城市交通需求。由于城市土地资源有限，因此需发展大容量城市公共交通系统，提高现有道路资源利用率。

(2) “车”：公共交通有其它交通方式无法比拟的优越性。公共交通具有客运量大、相对投资小、占有资源少、效率高，污染相对较少，人均占有道路少等优点，适合城市交通可持续发展的要求。运送同样数量的客人，公共汽车与小汽车相比，分别节省道路资源约 $6/7$ ，建筑材料 $4/5$ ，投资 $5/6$ ，空气污染是小汽车的 $1/10$ ，（如图 3-1 所示）；就轨道交通而言，除其投资大以外，缓解城市交通问题的效果比常规公共交通方式还要好；此外，即便是出租车，人均占道面积、人均污染量等都比私人机动交通方式小。从车的角度出发，推进城市交通节能，再加快研究开发推广低能耗汽车的同时，最重要的就是优先发展城市公共交通。

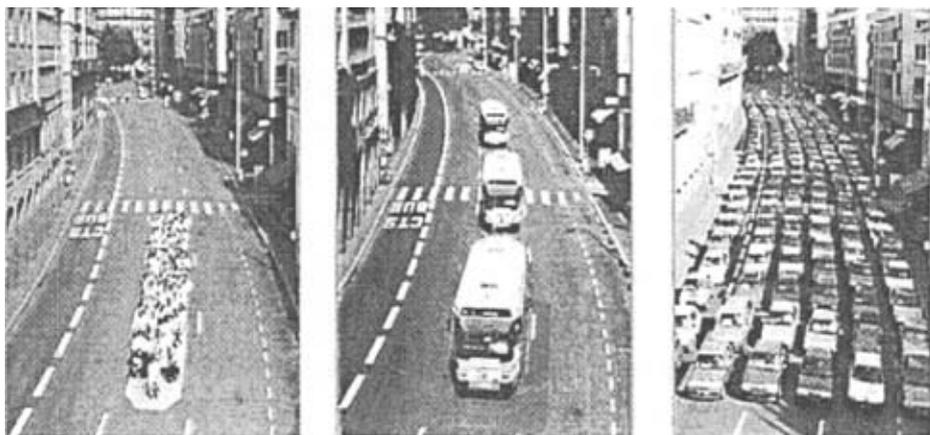


图 3-1 公共交通与私人交通对比图

Figure 3-1 The comparing chart of public traffic and private traffic

(3) “人”：公共交通体现了社会公平性。对于城市交通来说，我们所面对的中、低收入家庭占绝大多数。相对于私人交通工具而言，公共交通照顾了大多数人的利益，让更多的人得到平等的交通出行权和道路等公共资源使用权，关系到群众利益和社会公平正义。因此，优先发展公共交通代表了城市中大多数人的利益，特别是低廉的票价为低收入阶层提供了享有交通出行的权利，享有城市道路交通设施的权利，体现了城市道路发展的公益性。

(4) “环境”：这里的环境指的是经济环境。城市中必然会存在经济贸易中心，而在这些经济、贸易中心周围不可能有足够停车设施，因此要实现人的聚集，必须有一种大容量的占地少的交通工具来实现，公共交通正好适应了这一需要。

综上所述，城市公共交通人均占道面积小、载客量高；能够有效的节约能源、改善生态环境，而公交专用道的设置更是保障公共交通优先发展、体现社会公益性的必要条件。

3.2 公交专用道设置条件分析

3.2.1 公交专用道设置基本条件分析

1. 道路条件

一般认为开辟公交专用道的路段单向应具有3条以上的机动车道，但是没有给出具体的依据。是否单向2条机动车道的路段不能设置公交专用道，而单向3条以上机动车道的路段一定可以设置公交专用道，需要根据实际情况具体分析。在车道数未增加的情况下，设立公交专用道将会使其他车道的交通流量增加，造成其他车道负担加重。所以，在设置公交车专用道的路段上，道路条件必须保证在设置公交专用道后，非公交专用道的通行能力能够满足剩余交通量的需要。所以通常认为，单向3条以上机动车道的路段如果设立公交专用道会使其他两条车道内的交通量非常大，发生严重拥堵的时候，这样的道路不适合设立专用道。单向两车道的机动车道的路段如果设立专用道后，剩余的一条车道也能满足其他车辆的需要，也是可以设立专用道的。

2. 交通条件

通常认为，设置公交专用道路段的公交客流量应该比较大，这样才能确保公交专用道对道路资源占用的经济性与合理性。通常情况下，公交客流量大的路段，其公交车流量也比较大，以公交车流量为建模参数是等效的。若公交专用道的车流量过小，甚至专用道闲置，将引起非公交车对实施公交专用道政策的抵触情绪，甚至占用公交专用道行驶，导致交通违章增加，交通执法任务重，公交专用道形同虚设。所以，道路的公交流量是设置公交专用道的前提条件，也是公交专用道设置决定因素之一。

以上道路条件和交通条件的分析都是基于在道路不拥堵的前提下提出的。然而，需要说明的是本文的研究是以优先发展公共交通为前提条件的，公交的优先是建立在小汽车受限制的基础上的，虽然有一些路段设置公交专用道后会造成小汽车交通的拥挤，但由于公交车的运行效率更高，这样使得道路整体的运行效率也会更高，而且随着时间的推移会有相当多的小汽车交通转移到公共交通上来，这样公共交通就更能起到公交优先的作用，从而使得一个城市的交通向着可持续、健康的方向发展。因此，本文在研究专用道的设置条件时会考虑适当的降低专用道的设置标准。

当然，公交专用道的设置需要考虑的因素是比较多的，在考虑现状道路的道路条件和交通条件的基础上，有时还需要通过考虑道路设置公交专用道的一些约束条件来分析设置公交专用道后道路运行效率的变化。

3.2.2 公交专用道设置约束条件分析

1. 公交优先度约束

在介绍公交优先度约束条件之前，我们首先引出公交优先度这个概念。城市道路在设置了公交专用道后，公交车辆的运行效率会得到显著的提高（如运行速度提高、运行延误降低、路段的运行时间缩短等），而非公交专用道上的车辆的运行效率会有所下降（如运行速度降低、运行延误提高、路段的行程时间提高等），在设置公交专用道时不能无限制的降低非公交专用道上车辆的运行效率，以致于造成道路交通的拥堵甚至瘫痪，也就是说需要考虑非公交专用道上车辆运行效率的降低要在非公交车辆的一定的接受范围内。当然，现在各大城市都在以优先发展公共交通作为城市交通的战略方向，因此可以在一定的程度上以牺牲部分非公交车（小汽车）的运行效率来提高公交车辆的运行效率。公交优先度确定的是一个范围，而且这个范围与一个城市对优先发展公共交通的支持程度密切相关。在本论文的研究中以公交车和小汽车运行速度之间的关系来反映公交优先度这一约束条件，即：

$$V_1 = KV_2 \quad (3-1)$$

式中：K——公交优先度；

V_1 ——路段公交车的运行速度；

V_2 ——路段小汽车的运行速度；

公交优先度这一约束指标综合的反映了一个城市公交优先的发展力度，它的

具体值可根据一个城市优先发展公共交通的优先政策来决定。

2. 行程时间约束

一般来说,行程时间是车辆在道路系统内运行的一个显著的指标,城市公交优先措施的实施就是为了降低公交车辆和公交乘客的旅行时间,但也会造成非公交车辆的拥堵,我们以道路系统整体作为研究目标,以出行者的行程时间作为公交专用道实施的一个约束条件。我们知道,随着公交专用道的实施,公交车辆和非公交车辆在路段上的行程时间都要发生不同程度的变化。我们用 ΔT 表示道路系统内公交专用道设置前后所有出行者总的行程时间差值,因此,当这个值为负值时,即 $\Delta T < 0$ 时,说明设置公交专用道之后所有出行者的总行程时间比原来减少了,产生了正面效益,公交专用道的设置方案是可行的;如果 $\Delta T > 0$,则说明所有出行者的总行程时间比原来增加了,所拟定的公交专用道设置方案是不可行^[35]

我们知道,一般在高峰小时和非高峰小时,公交车的客流量差别较大,而社会车辆的差值较小,如果在非高峰小时,公交车的客流很少,而社会车辆的流量很大,则有可能在这些时段设置公交专用道会产生负面效益,若大于高峰时段的正面效益,则会出现全天总的平均效益为负的现象,在这种情况下,可以考虑设置分时段的公交专用道,既可以解决高峰时间内公交车的准点通行问题,保证大多数出行者的利益,又可以使道路资源发挥最大的效用。

3. 车道利用强度约束

公交专用道的设置改变了道路上车辆自由选择行驶的车道,人为的规定了车道的使用类型,但是公交专用道设置后要保证公交专用道得到充分的利用,不能出现公交专用道闲置的现象,否则会使公交专用道设置后各条车道利用的均衡程度改变太大,在造成道路资源浪费的同时,还会导致拥挤车道的驾驶员产生抵触情绪,从而影响公交专用道的社会形象和实施效果。

定义车道利用强度为单位长度的每条车道在单位时间服务的交通单元数。车道利用强度是用来反映道路为交通参与者服务的强度的指标^[39]。

$$I = \frac{Q}{nTL} \quad (3-2)$$

式中: I——车道利用强度;

Q——在时间 T 内通过路段的交通单元数;

L——路段的长度；

n——路段的车道数。

公交专用道和非公交专用道的车道利用强度条件可表示成为：

$$\eta \leq \left[\frac{Q_1}{(n_1 TL)} \right] / \left[\frac{Q_2}{(n_2 TL)} \right] \leq 1 \quad (3-3)$$

即：

$$\eta \leq \left[\frac{Q_1}{(n_1)} \right] / \left[\frac{Q_2}{(n_2)} \right] \leq 1 \quad (3-4)$$

式中： η ——公交专用道与非公交专用道之间的利用强度的不均衡系数，具体取值根据公交专用道设置的位置，参考车道不均匀系数和公交优先的程度确定，一般取 0.5~1.0；

n_1, n_2 ——路段上公交车和非公交专用道的车道数；

Q_1, Q_2 ——公交车和非公交车的交通量。

公交专用道的设置，不能过度地增加非公交专用道的利用强度，或者过度的提高公交专用道的利用强度，因为利用强度提高可能导致服务水平的降低而影响道路的服务质量，与设置公交专用道缓和交通拥挤的目的相违背，北美的第一条 HOV 车道就由于非 HOV 车道严重堵塞而被取消。

4. 交通量的约束

设置公交专用道不能造成其它车道的过渡拥堵，道路交通量应在一个合理的范围内，可以说道路交通量的约束条件是公交专用道设置的前提和基础。公交专用道的设置要充分考虑道路的交通量，尤其是公交车的流量，公交车流量较小的路段可以考虑暂时不施划公交专用道。道路交通最终是为人服务的，在运送客流能力方面公共交通无疑具有绝对的优势。公交车的流量是施划公交专用道时需要考虑的一个很重要的因素，在以往对公交专用道设置标准的研究中一般都是以路段的公交车流量作为参考依据的，本文也是以公交车流量为依据通过仿真实验的方法来研究适当降低现行公交专用道的施划标准。

3.3 现行专用道施划标准

目前公交专用道的实施依据是公安部于 2004 年出台的《公交专用车道设置》(GA507-2004) 施划标准，于 2004 年 10 月 1 日开始实施，颁布的标准规定：

城市主干道满足下列全部条件时应设置公交专用道：

1) 路段单向机动车道 3 车道以上 (含 3 车道), 或单向机动车道路幅总宽不小于 11m;

2) 路面单向公交车运量大于 6000 人次/高峰小时, 或公交车流量大于 150 辆/高峰小时;

3) 路段平均每车道断面流量大于 500 辆/高峰小时。

城市主干道车道数满足下列条件之一宜设置公交专用道:

1) 路段单向机动车道为 4 车道以上 (含 4 车道), 断面单向公交车流量大于 90 辆/高峰小时;

2) 路段单向机动车道为 3 车道, 单向公交客运量大于 4000 人次/高峰小时, 或断面单向公交车流量大于 100 辆/高峰小时;

3) 路段单向机动车道为 2 车道, 单向公交客运量大于 6000 人次/高峰小时, 或断面单向公交车流量大于 150 辆/高峰小时;

3.4 本章小结

本章分析了公交专用道设置的必要性, 分析了专用道设置的基本条件和衡量专用道施划效果的约束条件, 并引用了公安部颁布的现行专用道设置标准。从而为下文选取评价指标对专用道的设置条件进行仿真研究提供了依据。

第4章 公交专用道仿真模型实例验证与分析

本章在对上述公交专用道设置特性进行分析的基础上,将开始通过仿真的方法对公交专用道的施划条件进行微观模拟。为了能够使公交专用道的微观仿真研究更加具有说服力,仿真路网模型的建立与应用需要经过实测数据的有效性验证。本章通过对北京市南磨房路现状调查,构建现状道路的仿真路网模型,通过实测数据对路网模型进行了有效性验证,并在此基础上分析了试验路实施公交专用道的效果。在仿真分析之前,对仿真软件做一基本介绍。

4.1 仿真软件简介

VISSIM 是一个离散的、随机的、采用时间驱动、以人一车单元为基本单元的微观仿真软件。车辆的纵向运动采用了心理—生理跟驰模型;董佩明在对城市快速路交通流行为阈值模型研究中对大量的国内外跟驰模型进行了分析,认为生理—心理模型中的行为阈值模型与其它模型相比最符合实际的车辆跟驰特性^[36],而且,它有两种模型既可用于城市道路又可用于公路。横向运动采用了基于规则(Rule-based)的算法。不同驾驶员行为的模拟分为保守型和冒险型。VISSIM 提供了图形化界面,用 2D 和 3D 动画向用户直观显示车辆运动。可以利用 PTV 公司的规划软件 VISUM 或其他规划软件生成的 OD 矩阵,运用动态交通分配进行路径选择。此外,VISUM 还可以直接将路网模型导入 VISSIM,既可以减少 VISSIM 的工作量,又能达到宏观规划与微观仿真的完美结合,这也是优于其它仿真软件之所在。北京交通大学的高永、褚琴利用 VISSIM 对公交专用道的实施效果进行过相关的研究,证明 VISSIM 可以很好的应用于城市道路公交专用道施划条件研究中^[37]。

4.1.1 VISSIM 仿真系统基本原理

VISSIM 软件系统内部由交通仿真器和信号状态发生器两大程序组成,它们之间通过接口来交换检测器的呼叫和信号状态。“交通仿真器”是一个微观的交通流仿真模型,它包括跟车模型和车道变换模型。“信号状态发生器”是一个信号控制软件,它以仿真步长为基础不断地从交通仿真器中获取检测信息,决定下一仿真时刻的信号状态并将这信息传送给交通仿真器。模拟系统的内部结构组织如图 4.1 所示。

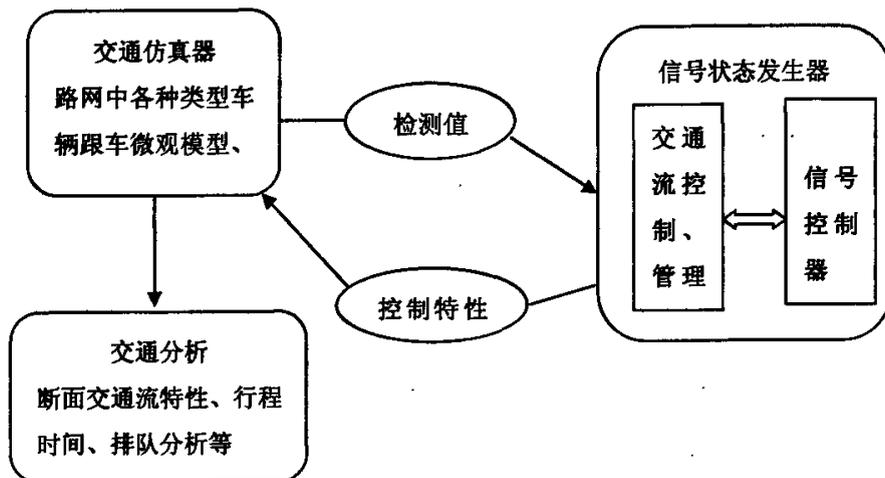


图 4-1 VISSIM 系统模拟结构图

Figure 4-1 The system simulation frame of VISSIM

由德国 Wiedemann 教授提出的“心理—生理跟驰模型”将跟驰状态通过 6 个阈值分为 4 个区域，驾驶员在 4 个区域中有不同的跟车特性。模型视驾驶员—车辆单元(driver-vehicle-units)为一个统一体。它通过在交通网络上移动驾驶员—车辆单元来仿真交通流。车辆以由用户定义或从 VISSIM 软件输入的数据而确定的方式移动。经过交通网络的每一个驾驶员的驾驶行为依附于特定的车辆，依赖于该车辆的技术性能。驾驶员在多车道上不仅受前车的影响，而且还受相邻车道上行驶车辆的影响。其行为特性采用速度随机分布与车间距临界值的随机分布来表示。在模型中，驾驶员加速行为可视为速度、速度差、距离、驾驶员与车辆个体特性等因素综合作用的结果。一旦达到某一临界值时，驾驶员即从一种模式变换到另一种模式。该临界值是速度差和距离的综合表现。

4.1.2 VISSIM 仿真系统基本功能

VISSIM 可以作为许多交通问题分析的有力工具，它能够分析在诸如车道特性、交通组成、交通信号灯等约束条件下交通运行情况，不仅能对交通基础设施实时运行情况进行交通模拟，而且还可以以文件的形式输出各种交通评价参数，如行程时间、排队长度等。因此，它是分析和评价交通基础设施建设中各种方案的交通适应性情况的重要工具。

VISSIM 能够模拟城市道路和郊区公路的交通状况，特别适合于模拟各种城市交通控制系统。以下是 VISSIM 的主要交通分析功能：

- 1、固定式信号灯配时方法的开发、评价及优化。
- 2、能对各种类型的信号控制进行模拟，例如：定时控制方法、车辆感应信号控制方法、SCATS 和 SCOOT 控制系统中的信号控制等。在 VISSIM 中，交通

信号配时策略还可以通过外部信号状态发生器（VAP）来进行模拟，VAP 允许用户设计自己定义的信号控制方法。

- 3、可用来分析慢速区域的交通流交织和合流情况。
- 4、可对各种设计方案进行对比分析，包括信号灯控制以及停车控制交叉口、环形交叉口以及立交等
- 5、分析公共交通系统的复杂站台设施的通行能力和运行情况。
- 6、可用来评价公共交通优化处理的各种方案。
- 7、可运用内置的动态分配模式分析和评价有关路径选择的问题。例如：各种信息牌对交通带来的冲击。
- 8、架设轻轨的可行性评价。
- 9、受非机动车干扰的交叉口运行状况分析。

VISSIM 仿真软件在进行仿真操作中的具体流程如下表所示：

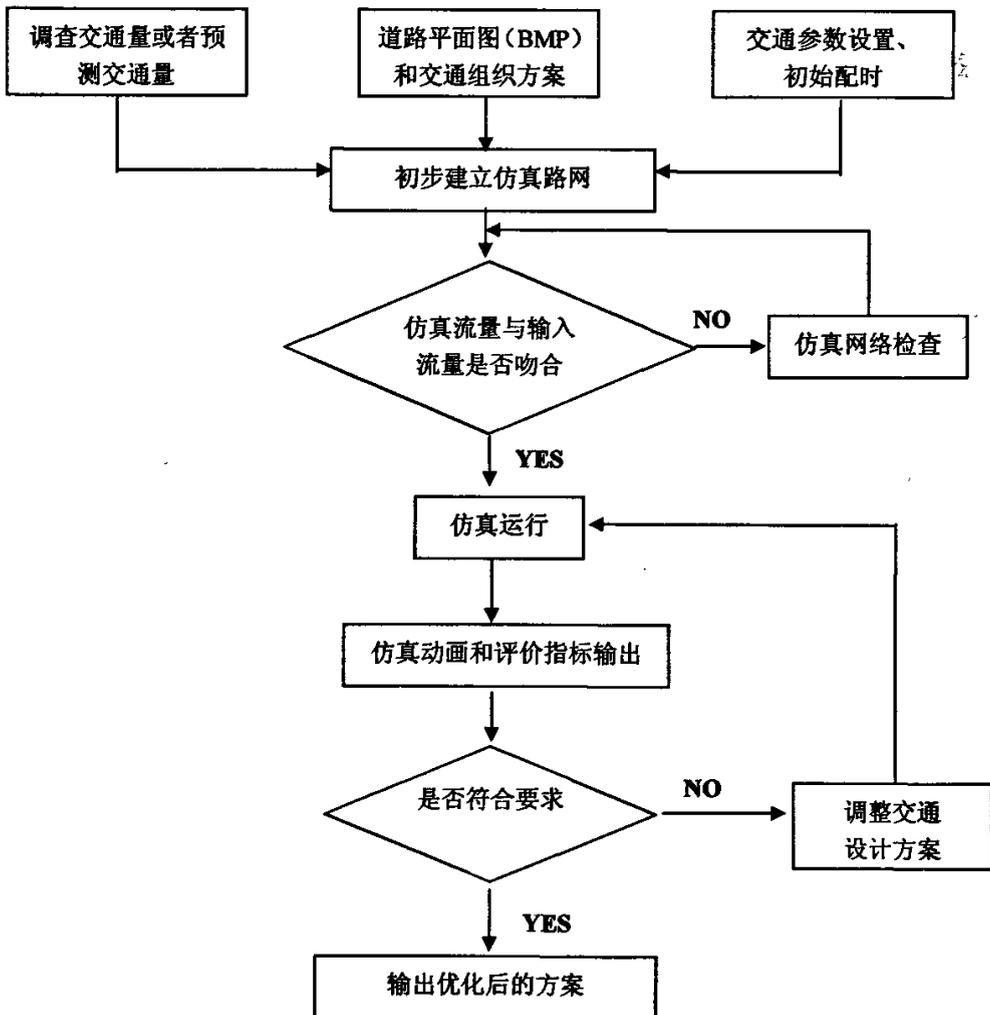


图 4-2 VISSIM 软件仿真流程

Figure 4-2 The simulation flow of VISSIM software

Wiedemann 的跟驰模型是迄今用于计算机交通仿真的最为精确的模型之一。就这一点来说，基于这一理论基础而开发的微观交通仿真软件 VISSIM 应能较真实地反映和重现实际交通状况。VISSIM 软件不但对公交车辆的组成及运行特点作了特别详细的考虑，而且还在交通流组成中考虑了摩托车、自行车及行人等。

4.1.3 VISSIM 仿真系统界面与输出

1. 用户界面

VISSIM 提供了非常友好的图形化界面，可以用 2D 和 3D 动画向用户直观显示车辆运动，见图 4-3，可以将自定义三维模型导入 VISSIM，还可以将运行过程录制成 AVI 电影文件。在运行过程中，可以以不同颜色动态显示出路段的密度或运行速度以及车辆的换车道、制动、排队情况，从而直观的看出路段的拥堵情况。



图 4-3 VISSIM 图形化界面

Figure 4-3 VISSIM windows

2. 仿真输出

VISSIM 的有些评价指标可以在软件运行同时在窗口中显示，有些可以输出到文本文件中，进而转化成电子数据表（如 Excel）进行进一步处理。有些指标两者均可。VISSIM 可以输出的评价指标主要有：

通行时间；

延误;

信号控制及信号转变;

排队长度及停车次数;

换车道的时间地点;

通过数据采集点,分车型采集车辆的交通量以及速度、加速度等运行参数;

通过车辆记录,采集详细的车辆数据,包括车型,各种速度、加速度值,废气排放量等。

通过路段评价,可以得到路段的密度,废气排放量等指标。

4.2 现状路仿真模型标定与验证

本文选取北京市南磨房路的一个具体路段,通过现状调查得到的实测数据验证仿真路网模型在公交专用道研究中的可行性。

4.2.1 现状路调查分析

1. 现状调查

南磨房路为北京市东西向的城市主干道,向西延伸连接东三环、向东延伸连接东四环,目前已成为连接三环、四环的主要通道,道路交通压力日益严重。本文选取的路段长度约为 2km,线路走向东至平乐园 52 路总站红绿灯交叉口处,西接武圣北路交叉口处。

为了能够真实的反映现状道路交通的运行状况,本文在研究中对所选取路段进行了早晚高峰的现状调查,调查的内容主要包括:道路的几何条件、沿途红绿灯布设、公交线路以及公交车停靠时间、公交车辆的高峰小时流量和运行速度、社会车辆的高峰小时流量和运行速度。

通常数据调查有两大类方法:自动采集和人工调查。由于本论文需要分别采集社会车辆和公交车辆的交通量、行驶车速等数据,现有的自动调查仪器不能实现社会车辆和公交车辆的识别,无法分别采集数据,因此在本文的研究中采用的是人工调查法。

调查时间选取早晚两个高峰时段,时间为早 7 点-9 点,晚 16 点-19 点,交通流量统计时间间隔取 5 分钟。调查表格如下:

路段车速调查表:

表 4-1 路段车速调查表

Table 4-1 The survey chart of road speed

路段名称:	起点:	终点:
路段长度:	车道数:	车道宽度:
调查时间	公交车通过时间 (s)	社会车辆通过时间 (s)

路段交通量调查表:

表 4-2 路段交通量调查表

Table 4-2 The survey chart of road traffic flow

路段名称:	起点:	终点:		
交叉口间距:				
调查时间	小型车 (辆)	中型车 (辆)	大型车	
			公交车 (辆)	非公交车 (辆)

公交车停靠站停车调查表:

表 4-3 公交车停靠站停车调查表

Table 4-3 The survey chart of bus stop

路段名称:	停靠站名称:	是否有港湾:
调查时间	进站时间 (s)	出站时间 (s)

2. 调查分析

对调查数据进行汇总分析, 得到如下结果:

表 4-4 调查数据汇总表

Table 4-4 The chart of survey date

运行速度 (km/h)		交通量 (辆/高峰小时)		公交车平均停靠 时间 (s)
公交车	小汽车	公交车	小汽车	
16	27	130	1600	20

根据调查结果, 下面我们从道路条件和交通条件两个方面对现状路(南磨房路)的做如下说明:

道路条件。南磨房路道路现状为双向六车道, 机动车道宽度为 3.5 米, 道路上下行以栏杆分割, 未设有中央分割带。设有辅路, 辅路车道宽度约为 5 米, 主路与辅路设置有约 2 米左右的绿化带。选取路段道路两侧的建筑以服务行业为主, 通过现场的实际调查发现, 在早晚高峰时段进出主路的机动车辆并不是很多, 辅路交通以非机动车为主, 对主路交通的干扰不大。由于没有专门的过街天桥, 为了保障行人安全通过马路, 沿途有三处专为行人过街设置的红绿灯, 红绿灯的位置多与公交站台相结合, 乘客过街或者换乘较为方便。沿途公交线路较为密集, 52 路公交总站设置在道路的一侧, 总站出入口设有红绿灯, 路段共设有三处公交停靠站, 均为非港湾式。

交通条件。通过分析早晚高峰调查的实测数据, 研究路段的交通流量以小汽车和公交车辆为主, 其中小汽车的流量达到 1600 辆/高峰小时(其中中型车和大型车按车辆换算系数折合为标准小汽车)。沿途公交线路密集, 有多达 10 几条公交线路经过该路段, 公交车流量达到 130 辆/高峰小时。同时调查发现, 高峰期间社会车辆运行速度约为 27km/h, 而公交车辆由于没有自己的专用路权, 受到小汽车的干扰比较严重, 造成公交车辆的运行速度只有 16km/h, 公交车辆的运行效率较低。

同时通过调查得到, 路段全天社会车辆和公交车流量都非常高, 道路交通流量全天趋于平缓, 早晚高峰车流与全天各个时段的交通流量相差不大, 这样由于路段没有施划公交专用道, 社会车辆对公交车的相互干扰比较明显, 严重影响了公交车辆的运行效率。因此, 在研究路段施划公交专用道, 提高公交运行效率, 就显得很有必要了。

4.2.2 现状路仿真路网模型标定

由于 VISSIM 是针对国外交通流特性开发的交通仿真软件, 所以在利用它分析我国交通的实际问题时, 要充分考虑国内外交通特性的差异, 并对相应软件参数进行调整。在 VISSIM 中有众多的模型参数, 本文针对我国城市道路主要特征以及与国外交通存在的主要差别, 结合研究路段现状调查的实际情况, 标定研究路段的车辆特性、驾驶行为及道路方面的关键参数, 构建研究路段现状道路的仿

真路网。

1. 构建路网模型的基本要素

构建现状道路的仿真路网模型要充分结合实际情况，在具体研究中需要考虑的要素包括：

1) 道路的几何条件

根据上述调查分析，研究路段的几何条件如下：

主路双向 6 车道，车道宽度为 3.5 米，无中央分割带；

沿途设置有三处专为行人过街设置的红绿灯，和三处非港湾式公交站台；

虽然实际道路设有辅路，但在构建仿真路网中不考虑辅路的影响。原因如下：调查发现，研究路段辅路的车辆对主路的干扰不大，同时考虑到本研究采用前后对比分析的方法，为简化研究路段现状的复杂程度，故在建立仿真路网时不考虑辅路的影响；

2) 车辆的驾驶行为

认为车辆在同一车道内横向任意位置行使，同一车道内不得超车。

3) 车辆构成

通过现状实际调查，研究路段的车辆构成主要以小汽车和公交车辆为主，其他类型的车辆较少，为了简化计算，在构建路网中把其他类型的车辆按照车辆折算系数折合成标准小汽车。在仿真路网中，按照调查得到的道路交通量作为仿真试验的基本输入值。

4) 期望车速

期望车速是指在一定的道路条件下，没有其他车辆的干扰，车辆自由行驶状态下将采用的车速。其大小主要受驾驶员特性、车辆性能、道路条件三因素的影响。Wiedemann 模型中的期望车速是按一定的分布形式随机的赋予人车单元。期望车速是一个至关重要的参数，会直接影响到通行能力和车辆的运行速度。如果没有其他车辆干扰，驾驶员将以期望车速运行（有小幅度的随机扰动）。车辆间的期望车速差别越大，就越容易产生排队现象，当车辆行驶速度低于其期望车速时就会寻找机会超车。模型中采用实测自由流速度均值，结合城市主干路的限速要求，作为研究路段车道的期望车速。通过对现状路自由流车速的调查分析，得出研究路段的期望车速，自由流车速调查表如 4-5 所示：

根据下表的分析结果，并考虑实际路段的限速要求，得到研究路段的期望速度取值如下：其中小汽车的期望速度范围在 35~45km/h 之间，公交车辆的期望速度在 25~35km/h 之间。

表 4-5 路段自由流速观测表

Table 4-5 The speed of free flow

	公交车辆 (km/h)	小汽车 (km/h)
车速平均值	30.8	41.4
方差	3.63	8.62
最大值	37.1	48.6
最小值	24.2	36.9

5) 信号交叉口

研究路段东与西大望路相交, 信号交叉口为四相位信号设置, 信号周期为 150 秒, 研究路段主路绿信比为 2:3, 其中直行直行方向绿灯时间约为 60 秒, 同时设有专用左转相位, 左转时间为 30 秒。

研究路段西与武胜北路相交, 信号交叉口同为三相位设置, 信号周期为 120 秒, 其中在研究路段方向上绿灯时间约为 40 秒, 同时设有专用左转相位, 左转时间为 20 秒。

同时研究路段沿途设有三处专供行人过街设置的红绿灯, 通过调查得到这三处红绿灯的信号周期为 290 秒, 行人过街时间约为 30 秒。

6) 公交停靠站

研究路段公交线路较为密集, 其中 52 路总站即设置该路段的道路一侧, 该路段共设有三处公交停靠站。为了简化研究, 在构建仿真路网时公交车辆的停靠时间采用公交车的平均停靠时间。通过现状实际调查得到, 早晚高峰时段公交车的平均停靠时间约为 20 秒。

2. 路网模型中公交专用道的设置

在构建好基本路网的基础上, 需要进一步的对道路设置公交专用道, 对仿真路网进行对比分析。VISSIM 中对公交专用道的设置有两种方法: 方法一, 如果公交专用道与其它交通系统完全分离, 有独立的行驶空间 (例如有轨电车), 用单独的 Link 设置专用道; 方法二, 如果是在路段上专门划出某条车道作为公交专用道, 则不能采用单独的 Link, 这主要是考虑车辆实际行驶要求。通常, 在公交专用道的公交车在需要时可以进入其它车道, 并且在某些路段、路口会出现其它车辆和公交车交织或共用车道的情况。这些都表明所谓专用道并非是与其它交通在空间上完全分离。

在了解 VISSIM 的基本组件 LINK 和 CONNECTOR 功能的基础上, 本文采用车道关闭的方法设置公交专用道。车道关闭这一功能可以将一条车道对某些车辆类型关闭, 禁止驶入, 路段上公交专用道的设置就是通过关闭除公交车辆以外的所有车辆, 从而将道路作为公交车的专有车道。需要注意的是, 在具体设置时要

分析专用车道不同路段的具体情况，比如有些地方最外侧的公交车专用道在进口道处也允许右转车辆行驶，这时候就不能将此处专用道对所有非公交车关闭，否则右转车辆将无法驶入。本文在研究中采用在交叉口前 30—50 米的地方断开公交专用道的方法，允许所有车辆通行。

由于本文采用的是前后对比分析的方法，为了简化仿真模型，对公交站台的设置均采用非港湾式公交站台，站台的长度、位置和相应的通行能力在专用道施划前后均采用同一标准，同时也不考虑行人流量和出租汽车停车等因素的影响。

综合以上分析，结合现状实际调查，构建得到研究路段的仿真路网模型，路网形式如下图所示：

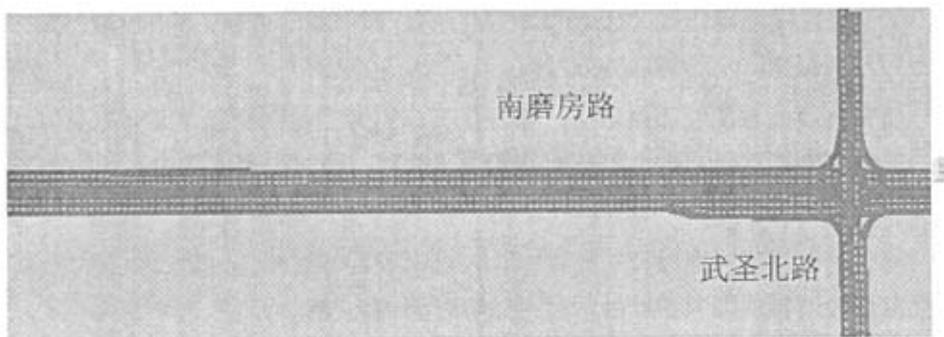


图 4-4 南磨房路仿真路网图

Figure 4-4 The simulation road of NAN MO FANG street

4.2.3 现状路仿真路网模型有效性验证

在构建的仿真路网投入使用之前，必须对其进行有效性检验，以使其具有应用上的可行性。通过仿真结果与实测数据的对比分析可对仿真路网的有效性进行检验。为此，需要对所研究路段进行了多次仿真试验。并从社会车辆的流量和速度、公交车辆的流量和速度与现状道路等方面对仿真结果进行检验。

1. 检验方法

本论文构建的仿真路网检验采用双样本假设检验，对于实测样本和仿真样本，建立假设检验问题：

取 n 对实测值和仿真值 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$ ，令 $D_1 = X_1 - Y_1$ ， $D_2 = X_2 - Y_2, \dots, D_n = X_n - Y_n$ ， D_n 是由同一因素引起的，可认为它们服从同一分布，今假设 $D_i \sim N(\mu_D, \sigma_D^2)$ ， μ_D, σ_D^2 未知

$$\text{建立原假设 } H_0: \mu_D = 0 \quad (4-1)$$

$$\text{备择假设 } H_1: \mu_D \neq 0 \quad (4-2)$$

下面做检验水平 $\alpha = 0.01$ 的 t 检验，

$$\text{拒绝域} |t| = \left| \frac{\bar{d}}{s_D / \sqrt{n}} \right| \geq t_{\alpha/2}(n-1) \quad (4-3)$$

检验过程中分别对均值进行检验。其中，均值检验采用基于成对数据的 t 检验。虽然 t 检验属于正态总体检验，但在大样本的情况下也可以应用于其他样本的检验。

2. 有效性检验

本文需要进行检验的指标参数包括：

路段公交车辆的运行速度、小汽车的运行速度、公交车流量和小汽车流量

以实测数据作为输入值，通过对仿真软件相关参数的调试，进行多次仿真试验，得到一系列仿真数据，拿这些得到的仿真数据与实测值进行比较，进行 t 检验。对仿真结果与实测结果随机抽取一定量的样本，成对数据进行数学检验（选取显著水平 $\alpha = 0.01$ ），得到以下结果：

表 4-6 仿真路网指标标定检验表

Table 4-6 The parameter demarcate survey chart of road simulation

指标	样本量	t 值	拒绝域
公交车辆的运行速度	25	0.624	t ≥ 2.4851
小汽车的运行速度	25	1.258	
公交车辆的流量	16	1.589	t ≥ 2.5835
社会车辆的流量	16	1.885	

经检验认为研究路网的车速和流量的仿真结果与实测数据间可以做到无显著差异，而且通过对仿真路网的调试，可以做到仿真样本与实测样本能够较好的吻合，从而验证了构建的仿真路网模型在进行专用道施划条件微观研究中是有效的。

4.3 现状路专用道实施效果分析

4.3.1 评价指标选取

设置公交专用道的目标，即使得交通设施的使用权和资源向公共交通方式转移，从而使得客流的移动逐步趋向有序，使得以人为单位的出行效益最佳。本文在研究中对公交专用道的评价主要采用前后对比分析的方法，即对公交专用道优先措施实施前后研究路段整条道路运行效益的变化进行定量、定性评价。评价对象针对所有车辆，在考虑公交车辆运行效益改善的同时，还应考虑到社会车辆运行效益的下降，并从整体的角度分析道路系统内所有出行者的平均出行效益的变化。为此，对公交专用道施划效果的评价从公交车辆和社会车辆两个方面进行，同时为了简化道路交通车辆的组成形式，在论文的仿真研究中社会车辆主要以小

汽车为主。

根据评价方法，本文在对公交专用道施划效果进行评价时，主要的评价指标包括：公交车辆和小汽车速度延误的变化、路段的客流运送能力和人均行程耗时等。

1. 车辆速度、延误

车辆的运行速度和延误是评价道路系统内车辆运行效率最直接的评价指标之一。考虑到设置公交专用道后，最明显的变化就是公交车辆在道路空间中有了自己的专有路权，在行驶时受到其他车辆的干扰减少，运行延误降低、运行速度得到显著的提升；同时，由于道路资源是有限的，道路施划出一条车道作为公交专用车道后，意味着小汽车的活动空间减少，车辆的拥挤将会增加，从而造成小汽车的运行速度可能会有所下降、运行延误相应增加。但公交优先最终是为人服务的，不是为车辆服务的，同时对公交专用道实施效果的评价应从道路系统的总体进行考虑，因此选用道路系统内公交车辆与社会车辆的平均运行速度和平均运行延误作为两个主要的评价指标。

其中需要说明一的点是，由于本文主要研究的是路段公交专用道的实施效果，对交叉口公交专用道的相关情况没有进行深入研究，路段在设置公交专用道之前，公交车辆与社会车辆是混合行驶的，相互之间存在干扰。因此车辆的平均速度主要是指研究路段内车辆的平均运行速度、车辆的平均延误主要是指由车辆之间相互干扰造成的行程时间的损失，未包括交叉口信号灯的影响。

2. 客流运送能力

道路施划公交专用道后，公交车的运行有了保障，由于公交车能够承载更多的人出行，因此道路在运送客流能力方面将得到显著提高。客流运送能力指在统计时期内乘客乘坐里程总和，一般统计时间取1小时，单位是万人公里/小时。考虑道路系统主要是由小汽车和公交车辆组成，因此客流运送能力可用下列公式^[38]计算得到：

$$C_p = C_b + C_c = Q_b V_b P_b + Q_c V_c P_c \quad (4-4)$$

式中， C_p ——道路每小时客流通通过能力，万人公里/小时；

C_b 、 C_c ——公交车和小汽车客流通通过能力，万人公里/小时；

Q_b 、 Q_c ——公交车和小汽车的流量，辆/小时；

V_b 、 V_c ——公交车和小汽车的平均运行速度，公里/小时；

P_b 、 P_c ——公交车和小汽车的平均载客量，人/小时。

3. 人均行程时耗

客流出行时耗节省量是国际上通行的评价公交专用道设置前后实施效果的关键指标。设置公交专用道后，公交车和其他车辆的出行时耗均发生变化，将以车单位的出行时耗节省扩展到车上乘客。客流出行时耗是指统计时间段内乘客通过整条道路所需的时间。城市客运交通是以人的出行为核心的系统，设置公交专用道的目标是使承载更多人的公交车优先通行，减少更多人的出行时耗。

道路的直接使用者是车辆，但服务的对象是出行者，公交优先通行的目的也是要使出行者的总延误减少，而不是车辆的总延误，因此在进行公交专用道设置的效益评价分析时，要以人为本，将车辆的行程时间换算为所有出行者的总行程时间，以人均行程时耗为评价指标，如果设置公交专用道之后的人均行程时耗小于设置专用道之前，则认为专用道的设置方案是可行的。因此本文把以人为单位的交通参与者出行时耗(人均行程时耗)做为公交专用道施划效果的一项评价指标。人均行程时耗可采用如下形式进行定义：

$$s = \frac{P_b Q_b t_b + P_c Q_c t_c}{P_b Q_b + P_c Q_c} \quad (4-5)$$

其中， s ——为系统的人均行程时耗；

t_b ——小汽车的平均运行时间；

t_c ——公交车的平均运行时间；

其它字符的含义同上。

在进行不同道路专用道设置效果对比时，应将上述指标平摊到单位长度（一般取 1m）才具有可比性。另外，节省的时间效益还可以进一步得到经济效益。按照平均每人单位时间创造的经济产值可推算得到总客流节省的时间创造的经济效益指标，对于这一点本文不做深入研究。

在对公交专用道的评价指标进行定义时，需要说明的一点是：在客流运送能力和人均行程时耗这两个评价指标中都涉及到公交车辆和小汽车的平均载客人数这两个参数，根据调查统计结果和北京市具体情况，为了研究的需要，我们做如下假设：小汽车的平均载客量为 2 人/辆^[39]，公交车的平均载客量为 72 人/辆（公交车标台的载客人数）。

综上所述，为了对公交专用道在不同条件下的实施效果进行量化分析，本文在研究中分别选取了研究路段内车辆（公交车和小汽车）的平均运行速度和平均

运行延误、研究路段的客流运送能力和人均行程时耗作为主要的评价指标，并拟通过仿真的方法得到公交专用道在不同的施划条件下相应评价指标具体参数的变化值，并采用对比分析的方法对下文公交专用道的施划条件的的研究进行定性和定量分析。

4.3.2 效果分析

在上一节构建了现状道路的仿真路网，并通过与现状数据的比较对仿真路网进行了有效性验证，证明了仿真路网具有一定的现实应用性。下面我们就利用仿真分析的方法，首先对现状道路在现有实测条件下实施公交专用道的效果进行研究。

对现状道路实施公交专用道的建议是：在道路最外侧设置专用道，从而让承载更多人的公交车辆在道路上具有优先通行权。

我们知道，实施公交专用道后公交车和社会车辆的运行效率将发生不同程度的变化，我们通过上述构建的仿真路网来对实施公交专用道后道路交通各相关指标进行定量的分析和评价。

在进行仿真试验时，为了消除仿真试验结果的偶然性，可以通过修改仿真因子等一些仿真参数的值并进行多次仿真试验。由此，得到的仿真数据如表 4-7 所示：

表 4-7 仿真路网模拟交通数据变化表

Table 4-7 The traffic date of road simulation

		流量 (辆)	平均速度 (km/h)	平均用时 (s)	平均延误 (s)
公交车辆	专用道施划前	128	16.8	629.1	427.1
	专用道施划后	133	22.1	379.4	163.1
小汽车	专用道施划前	1445	27.8	472.1	371.6
	专用道施划后	1356	21.3	643.2	525.8

注：上述数据均为仿真路网的路段数据，未包括交叉口

分析上述仿真结果，南磨房路实施公交专用道前公交车辆的运行速度为 16.8km/h，实施公交专用道后公交车辆的运行有了保障，运行速度达到 22.1km/h，运行速度提高了 31.5%。专用道的施划，减少了社会车辆对公交车辆的干扰，从而使得公交车的延误也大大降低，由实施公交专用道前的 427.1s 降低到 163.1s，降低了 61.8%。由此可见，公交专用道的施划使得公交车辆的运行效率得到了明显地提高。

同时通过分析，我们也看到该路段在实施公交专用道前小汽车的运行速度为 27.8km/h，实施公交专用道后小汽车的运行空间减少（由原来的三个车道变成两

个车道),运行速度降到 21.3km/h,运行速度降低了 23.4%。而且由于专用道的施划,在造成小汽车运行速度降低的同时还使得小汽车的运行延误增加,小汽车的运行延误在实施公交专用道前为 371.6s,实施公交专用道后增加到 525.8s,延误增加了 41.5%。

以上分别分析了研究路段在实施公交专用道前后公交车、小汽车的运行速度和运行延误的变化情况,但考虑到道路交通最终是为人服务的,只有让更多人的出行效率提高了才能说明公交专用道实施的有效性。本文把研究路段的仿真路网作为一个出行系统,在计算公交专用道运行效率指标之前对公式(4-4)、(4-5)中的公交车辆和小汽车的平均载客辆根据前文提到的假设,说明如下:

- (1) 小汽车的平均载客量为 2 人/辆;
- (2) 公交车的平均载客量为 72 人/辆(公交车标台数);

由此按照前文提到的公式(4-4)、(4-5)计算研究路段内客流运送能力和道路交通参与者的人均行程时耗。得到路段的运行效率如表 4-8 所示:

表 4-8 路段运行效率指标表

Table 4-8 The movement efficiency of road simulation

	施划专用道前	施划专用道后
客流运送能力(万人公里/小时)	23.5	26.9
人均行程时耗(s)	591.6	437.6

由此得到研究路段客流运送能力由实施公交专用道前的 23.5 万人公里/小时,变为实施公交专用道后的 26.9 万人公里/小时,提高了 14.6%,同时所有道路交通参与者的人均行程时耗在实施公交专用道前为 591.6s,实施公交专用道后人均行程时耗变为 437.6,降低了 26%,从而使得道路在实施公交专用道后在客流运送能力和人均行程时耗等方面都得到提高,道路系统的运行效率得到显著提高。

通过上述分析可以看到,南磨房路实施公交专用道后公交车的运行效率得到了明显的改善,虽然小汽车的运行效率有所下降,但从道路交通整体考虑,由于公共交通承载更多的人出行,让公共交通优先通行,能够使道路交通参与者整体的人均行程时耗得到降低,从而实现了道路施划公交专用道要达到的效果,同时也验证了公交专用道在城市交通中的显著作用。

通过仿真试验的方法得到了实施公交专用道前后各相关指标的量化分析结果,从而能够为道路交通决策者们研究公交专用道的施划效果并制定相应的政策措施提供了一种研究方法。

4.4 本章小结

本章首先对仿真软件的功能原理做了一下基本的介绍。选取本文在研究公交

专用道运行效率时采用的评价指标，包括：车辆的运行速度和延误、路段的客流运送能力和路段的人均行程时耗。在对北京市南磨房路进行现状调查的基础上，分析该路段公交专用道的施划条件，建立仿真路网模型，根据实测数据验证路网模型在专用道研究中的有效性，并进一步对试验路在在现有条件下实施公交专用道的施划效果进行了仿真分析，从而为下文公交专用道施划条件的研究做好了铺垫。

第5章 公交专用道施划条件研究

通过第四章的仿真验证与分析,发现构建的仿真路网模型在研究公交专用道的交通运行状况时是有效的。为了深入研究各种条件对公交专用道施划效果的影响程度,本文采用实测数据→模型验证→设置条件→仿真试验→数据分析这一技术路线,并以车辆的运行速度和延误、路段客流运送能力、路段人均行程时耗为指标,研究了不同交通量、车道数和是否成网等情况下专用道的施划效果,从而深入分析不同施划条件对专用道的影响程度。并在此基础上,结合北京市公交优先现状,探讨北京市路权优先中施划公交专用道的政策建议。

5.1 路段交通量对实施公交专用道的影响

在第三章我们分析了城市道路施划公交专用道的基本条件以及约束条件,其中路段交通量是影响专用道施划的一个至关重要的因素。在第四章构建的仿真模型中,我们分析了现状路在现有交通条件下的施划效果。下面我们就通过设置不同交通量条件下的仿真试验研究路段交通量对施划公交专用道的影响进行仿真模拟。

利用上文构建的三车道路网模型,在保持其它条件不变的情况下,对构建的路网模型输入不同组合的交通量。交通量以公交车和小汽车为主。在《公交专用车道设置标准》(GA507-2004)中规定断面单向公交车的流量达到100辆/高峰小时满足专用道的施划条件,因此我们确定研究公交车的输入流量范围在80辆/时~150辆/时之间(每隔10辆取值),同时根据城市道路设计规范对小汽车的流量分别取1200辆/时、1600辆/时和2000辆/时,研究各种组合状态下施划公交专用道后车辆的运行状况和道路系统的运行效益情况。

其中在构建的现状路的仿真路网模型中,根据上述调查实例分析,小汽车的期望速度范围在35~45km/h之间,公交车辆的期望速度在25~35km/h之间。根据研究需要,选择的路段交通量的不同组合值情况如下表所示:

表 5-1 路段交通量组合表

Table 5-1 The compounding chart of road traffic

小汽车流量 (辆/时)	1200/1600/2000							
公交车流量 (辆/时)	80	90	100	110	120	130	140	150

分别将上述交通量不同组合值输入仿真路网模型中,经过多次仿真试验,得到公交专用道实施效果的各评价指标:运行速度和延误、路段客流运送能力和人均行程时耗随路段交通量的变化关系。仿真试验分析结果依次如下图 5-1、5-2、

5-3、5-4 所示:

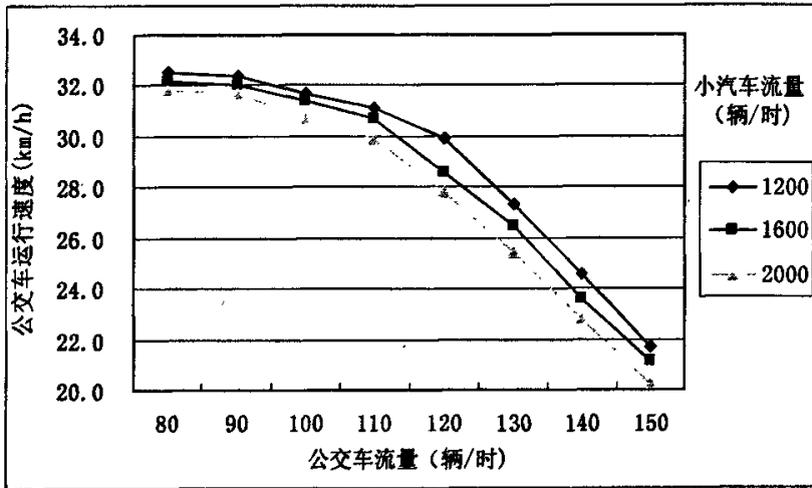


图 5-1 不同流量条件下公交车运行速度变化图

Figure 5-1 The changing chart of bus traveling speed with different traffic flow

从上图可以看出,随着公交车流量的增加,路段小汽车的流量在 1200、1600、2000 辆/时三种情况下,构建的仿真路网模型中公交车辆的运行速度均呈现出不同程度的下降趋势。当公交车的流量介于 80 辆和 90 辆之间时,公交车辆的运行速度变化较为平缓。随着交通量的增加,尤其是小汽车的流量在 2000 辆/时的情况下,当公交车的流量达到 100 辆和 120 辆之间的时候,公交车的运行速度开始呈现一定程度的下降趋势,公交车流量超过 120 辆后公交车的运行速度开始明显的下降,当公交车的流量到 140 辆和 150 辆时,由于道路车辆过多,相互之间的干扰加剧,公交车辆的运行速度显著下降,从而造成公交专用道的利用效率降低,使用效果不明显。

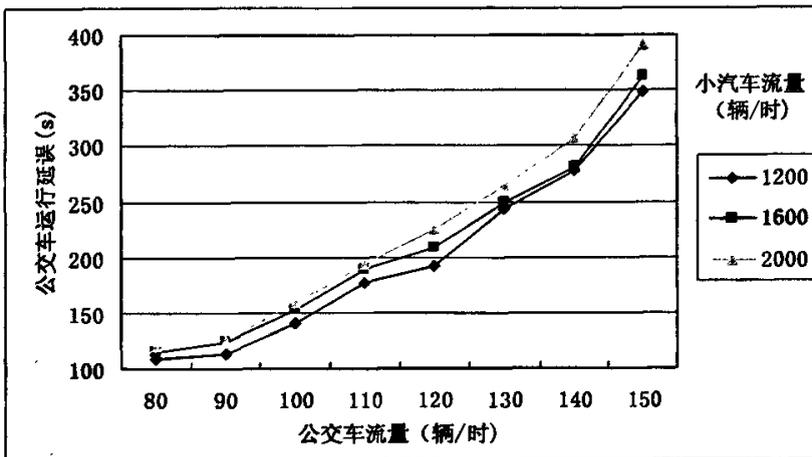


图 5-2 不同流量条件下公交车运行延误变化图

Figure 5-2 The changing chart of bus traveling delay with different traffic flow

从上图可以看出，在路段交通量中小汽车的流量为 1200、1600、2000 辆/时的三种情况下，随着路段公交车流量的增加，构建的仿真路网模型中公交车辆的运行延误均呈现出不同程度的上升趋势。当公交车的流量介于 80 辆至 90 辆之间时，公交车辆的运行延误增长的较为缓慢，当公交车流量介于 100 辆和 120 辆之间时，公交车辆的运行延误的增长速率开始加快，当公交车的流量超过 130 时，公交车的运行延误增长的十分明显。其中当路段小汽车流量为 2000 辆/时，公交车辆运行延误的增长速率变化更为明显。

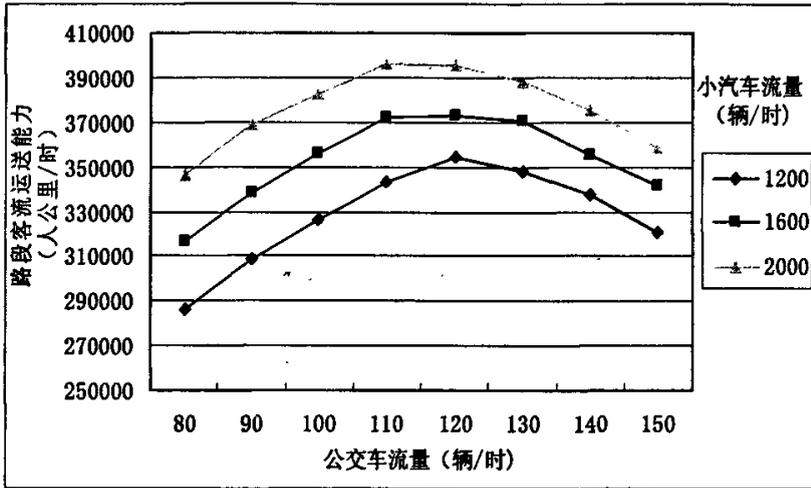


图 5-3 不同流量条件下路段客流运送能力变化图

Figure 5-3 The changing chart of road capacity of carrying passenger with different traffic flow

从上图可以看出，在路段交通量中小汽车的流量为 1200、1600、2000 辆/时的三种情况下，随着路段公交车流量的增加，构建的仿真路网模型中仿真路段的客流运送能力均呈现出先增长后降低的相同的变化趋势。分析三条曲线达到峰值的不同情况我们发现，随着公交车流量的增加，路段的客流运送能力也随之开始增加。当公交车辆的流量介于 100 辆和 120 辆之间时，仿真路段的客流运送能力能够达到最大值，其中小汽车流量为 1600 辆和 2000 辆时最大值的取值范围介于 100 辆~120 辆之间，小汽车流量为 1200 辆时最大值的取值范围在 120 辆这个峰值左右。当公交车辆流量超过 130 辆时，车辆的运行速度下降，拥堵开始增加，路段的客流运送能力也开始随之降低。

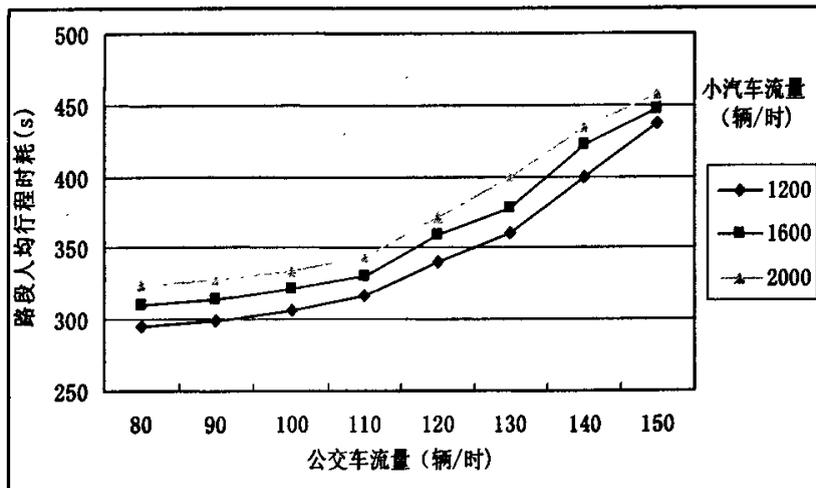


图 5-4 不同流量条件下路段人均行程时耗变化图

Figure 5-4 The changing chart of road average trip time consumption with different traffic flow

从上图可以看出，在路段交通量中小汽车的流量为 1200、1600、2000 辆/时的三种情况下，随着路段公交车流量的增加，构建的仿真路网模型中仿真路段的人均行程时耗均呈现出不同程度的上升趋势。当公交车的流量在 80 辆至 100 辆之间的时候，路段人均行程时耗增长的较为平稳。当公交车流量超高 120 辆的时候，随着道路交通量的增多，路段人均行程时耗的增长速度加快，其中由以路段小汽车流量为 1600 辆和 2000 辆时，路段客流运送能力的增长速率变化更为明显。

同时利用上述仿真分析结果，我们得到当仿真路网模型中公交车的流量条件分别是 80 辆、90 辆、100 辆、110 辆、120 辆、130 辆、140 辆、150 辆这 8 种不同的组合时（小汽车 1200 辆），对应的公交优先度的值依次为 0.78、0.78、0.77、0.76、0.74、0.71、0.65、0.60，根据计算结果我们通过图表的形式来分析公交优先度这一约束条件的变化情况，公交优先度变化表如图 5-5 所示：

分析图中的数据我们发现，当公交车的流量在 80 辆至 90 辆之间时，公交优先度的变化幅度不大，当公交车的流量超过 120 辆时，公交优先度的变化则呈现出明显下降的趋势，从而说明了公交车的运行速度受到社会车辆之间的干扰比较大，公交车的速度无法得到保障，公交优先力度不大，公交优先无法得到充分保障。

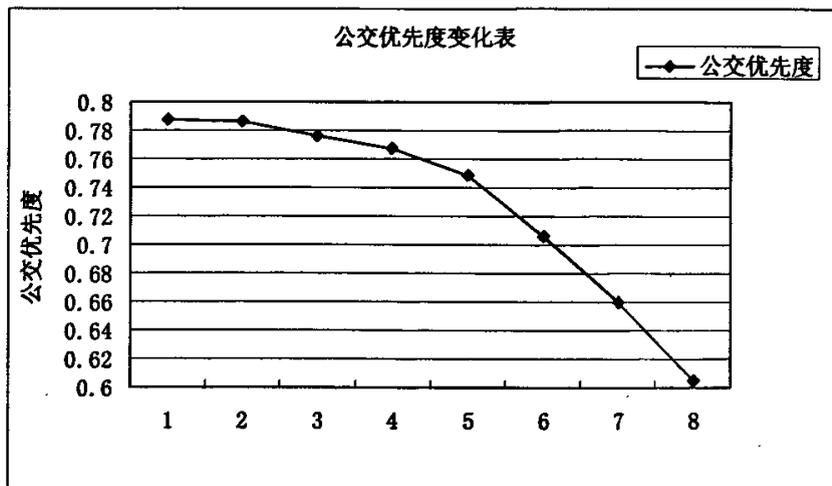


图 5-5 公交优先度变化表

Figure 5-5 The chart of bus priority degree

综合以上分析，路段的交通量对于道路施划公交专用道，充分发挥公交专用道的使用效率起着非常重要的作用。研究发现，对于单向三车道的仿真路网模型，当公交专用道的流量介于 80 辆~100 辆之间时，公交专用道运行效率的各评价指标随交通量的变化较为平缓；而当公交车辆介于 100 辆~120 辆之间时，公交专用道运行效率的各评价指标变化开始明显，同时在这个范围内仿真路段的客流运送能力达到最大值；当公交车辆的流量达到 150 辆以后，公交专用道的运行效率大幅度降低，说明公交专用道的施划已不能满足现状道路交通量的要求，这时就需要考虑采取其它的运输方式（如大容量快速公交系统）来保证公交车辆的运行，这里不做深入研究。

同时通过上述仿真分析，我们通过对路段客流运送能力这一评价指标的分析并结合其它评价指标的变化情况，得出了在设置公交专用车道时影响专用道施划效果的公交车的最佳流量范围。以本文构建的现状路三车道仿真路网模型为例，公交车辆的最佳流量范围介于 100 辆至 120 辆之间，在这个流量范围内公交专用道能够被充分有效的利用，同时整个路段系统内的运行效率能够达到相对最佳的状态。当然，对于不同的道路交通流量条件，公交车的最佳流量范围是不同的，这个流量范围与路段的机动车数量、公交专用车道的通行能力、社会车辆及公交车辆的平均载客量等因素有着密切的关系。

公交专用道公交车的最佳流量范围可为设置公交专用车道、公交线网规划、以及公交公司的运营调度等提供一定的理论依据。

5.2 路段车道数对实施公交专用道的影响

5.2.1 单向三车道及以上路段

在公安部颁布的《公交专用车道设置标准》(GA507-2004)中规定断面单向公交车的流量达到 100 辆/高峰小时才满足专用道的施划条件,但我们看到为了解日益增长的交通压力,各大城市纷纷把优先发展公共交通作为城市交通发展的战略主题,本论文的研究就是这一基础上,本着公交优先的原则研究适当降低公交专用道的施划标准,因此论文通过分析公交车的流量低于 100 辆时道路施划专用道后的运行效率来探讨现行公交专用道的施划标准。

在上一节我们分析了不同流量条件下公交专用道的施划效果,参考上述分析结果并在充分考虑公交专用道施划的基本条件和约束条件的基础上,本文根据研究的需要,拟建立三车道仿真路网模型,具体的路网形式如图 5-6 所示:

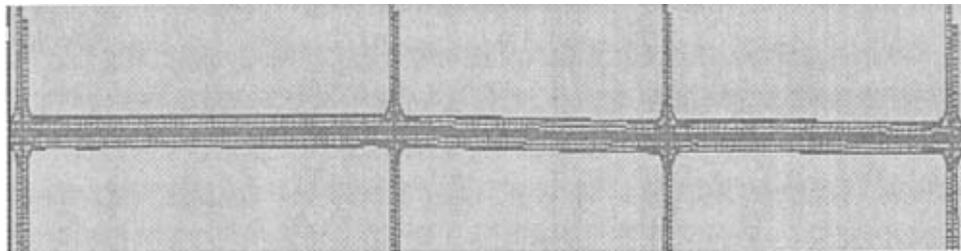


图 5-6 三车道路网模拟图

Figure 5-6 The road simulation of three lanes

对构建的三车道仿真路网模型说明如下:

研究路段为双向 6 车道的城市干道,包含四个十字路口,设置六个公交站台。其中在两侧的交叉口与城市主干道连接,城市主干道设置为双向 6 车道,在中间的两个交叉口与城市次干道连接,城市次干道设置为双向 4 车道。在信号灯设置上,与城市主干道相连接的十字路口采用两相位信号控制,信号周期为 150 秒,研究路段方向上绿灯时间为 80 秒;与城市次干道相连接的十字路口采用两相位信号控制,信号周期为 120 秒,主路绿信比为 2:3。模拟路段长度约为 1.6km,道路车辆主要分为公交车和小汽车两种车型,交叉口的交通分配按直行:左转:右转=7: 1: 2 设置。小汽车的期望速度范围在 35~45km/h 之间,公交车的期望速度在 25~35km/h 之间。

在路网模型中公交车的流量为 80 辆,小汽车的流量为 1500 辆,进行仿真研究,得到道路系统内相应的仿真数据如表 5-2 所示:

表 5-2 仿真路网模拟交通数据变化表

Table 5-2 The traffic date chart of road simulation

		流量(辆)	平均速度 (km/h)	平均用时 (s)	平均延误 (s)
公交车辆	专用道施划前	78	21.8	485.7	335.2
	专用道施划后	83	32.1	269.4	114.7
小汽车	专用道施划前	1445	29.8	298.1	232.6
	专用道施划后	1356	20.3	443.2	451.6

结合仿真数据分析专用道的运行效率,选取的运行效率指标包括:客流运送能力和人均行程时耗。

根据公式(4-4)、(4-5)以及得到的仿真数据计算研究路段运行效率的评价指标表,如表 5-3 所示:

表 5-3 路段运行效率指标表

Table 5-3 The movement efficiency of road simulation

	施划专用道前	施划专用道后
客流运送能力(万人公里/小时)	20.8	24.7
人均行程时耗(s)	421.9	323.4

由此得到路段客流运送能力由实施公交专用道前的 20.8~~550.8~~ 万人公里/小时,变为实施公交专用道后的 24.7 万人公里/小时,提高了 18.4%,同时道路交通参与者的人均行程时耗在实施公交专用道前为 421.9s,实施公交专用道后人均行程时耗变为 323.4s,降低了 23.3%。由此可得仿真路段在实施公交专用道后在客流运送能力和人均行程时耗等方面都得到改善,道路系统的运行效率得到显著提高。

同时通过对北京市道路现状实际情况的调研分析,目前三车道以上的城市主干道(如二环、三环)在早晚高峰时段客流量都比较大,为了优先发展公共交通建议在单向三车道以上的城市主干道全部施划公交专用道,从而充分体现北京市公交优先的战略思想。

5.2.2 单向两车道路段

我们知道两车道的路段在实施公交专用道后就剩下一条车道由非公交车辆行驶,会造成车辆的拥堵,这样如果专用道的施划没有得到充分的利用就会造成道路资源的浪费,因此在对单向两车道的路段进行研究时要充分考虑公交车的流量范围。

在公安部颁布的《公交专用车道设置标准》(GA507-2004)中规定断面单向公交车的流量达到 100 辆/高峰小时才满足专用道的施划条件,下面我们继续来探

讨两车道路段公交车流量低于 150 辆时路段施划专用道的效果。构建的两车道路网模型如图 5-7 所示:

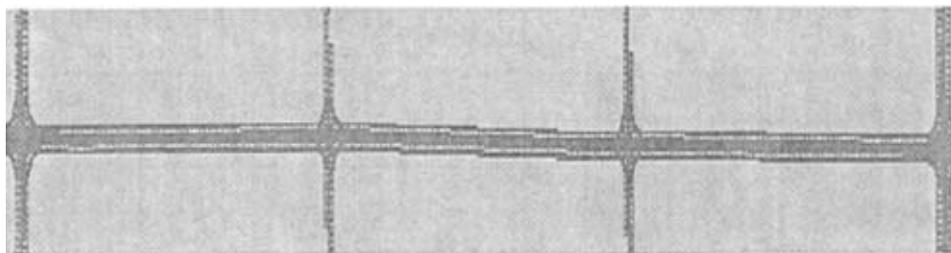


图 5-7 二车道路网模拟图

Figure 5-7 The road simulation of two lanes

研究路段为双向 4 车道的城市道路, 包含四个十字路口, 设置六个公交站台。其中在两侧的交叉口与城市主干道连接, 城市主干道设置为双向 6 车道, 在中间的两个交叉口与城市次干道连接, 城市次干道设置为双向 4 车道。在信号灯设置上, 与城市主干道相连接的十字路口采用三相位信号控制, 信号周期为 150 秒, 研究路段方向上的绿灯时间为 60 秒, 城市主干道设有专用左转相位, 左转时间约为 20 秒; 与城市次干道相连接的十字路口采用两相位信号控制, 信号周期为 120 秒, 研究路段方向上的绿灯时间为 60 秒。模拟路段长度约为 1.8km, 道路车辆主要分为公交车和小汽车两种车型, 交叉口交通分配按直行: 左转: 右转=7: 1: 2 设置。小汽车的期望速度范围在 35~45km/h 之间, 公交车辆的期望速度在 25~35km/h 之间。

在路网模型中设公交车的流量为 120 辆, 小汽车的流量为 1000 辆, 进行仿真研究, 得到道路系统内相应的仿真数据如表 5-4 所示:

表 5-4 仿真路网模拟交通数据变化表

Table 5-4 The traffic date chart of road simulation

		流量(辆)	平均速度 (km/h)	平均用时 (s)	平均延误 (s)
公交车辆	专用道施划前	117	15.2	781.1	415.2
	专用道施划后	121	23.5	656.5	274.7
小汽车	专用道施划前	945	25.8	598.1	332.6
	专用道施划后	896	16.3	843.2	651.6

并根据公式 (4-4)、(4-5) 以及得到的仿真数据计算研究路段运行效率的评价指标表, 如表 5-5 所示:

表 5-5 路段运行效率指标表

Table 5-5 The movement efficiency chart of road simulation

	施划专用道前	施划专用道后
客流运送能力(万人公里/小时)	17.7	23.4
人均行程时耗 (s)	747.5	688.3

由此得到路段客流运送能力由实施公交专用道前的 17.7 万人公里/小时, 变为实施公交专用道后的 23.4 万人公里/小时, 提高了 32.3%, 同时道路交通参与者的人均行程时耗在实施公交专用道前为 747.56s, 实施公交专用道后人均行程时耗变为 688.35s, 降低了 7.9%。

分析数据的变化, 我们发现仿真路段实施公交专用道后在客流运送能力和人均行程时耗均得到不同程度的改善, 但由于专用道的施划使非公交车辆拥堵增加所以造成系统整体的人均行程时耗变化的幅度比较小, 但由于公共交通能够承载更多的人出行因此客流运送能力得到了显著提高。因此对于单向两车道的路段而言, 适当降低专用道标准(但要保证公交车具有一定的流量)可以使道路的运行效率得到提高。

5.3 是否成网对实施公交专用道的影响

利用上文构建的三车道路网模型, 对路网输入数据做相应改变: 设计模拟周期内主路小汽车流量为 2000 辆, 公交车辆约 100 辆, 相交道路小汽车 1000 辆。分三种情况进行仿真分析:

1. 模拟路网未施划公交专用道

路段没有施划公交车专用道, 道路上公交车辆和社会车辆混行。模拟结果, 系统内车辆运行混乱, 公交车的停车干扰比较大, 易造成交通拥堵。

2. 模拟路网施划了不连续(未成网络)的公交专用道

在原有路网的基础上, 在道路的最外侧施划公交专用道, 但施划不连续, 没有形成网络, 原有交通流量不变。模拟结果, 施划专用道的路段, 公交车辆受社会车辆的干扰减少, 车速有了一定的提高, 但由于施划不连续, 公交车辆的运行依然无法得到充分保障, 同时社会车辆运行相对拥挤。

3. 模拟路网施划了连续(形成网络)的公交专用道

在系统主干道范围内施划连续的公交专用道, 形成专用道网络, 原有交通流量不变。模拟结果, 公交车有了连续行使的专有路权, 车辆运行速度有了保障, 但社会车辆活动空间减少, 车辆运行比较拥挤。

根据仿真结果对相应评价指标进行分析, 得到以平均运行延误和平均运行速度指标变化的专用道施划效果图, 如图 5-7、图 5-8 所示:

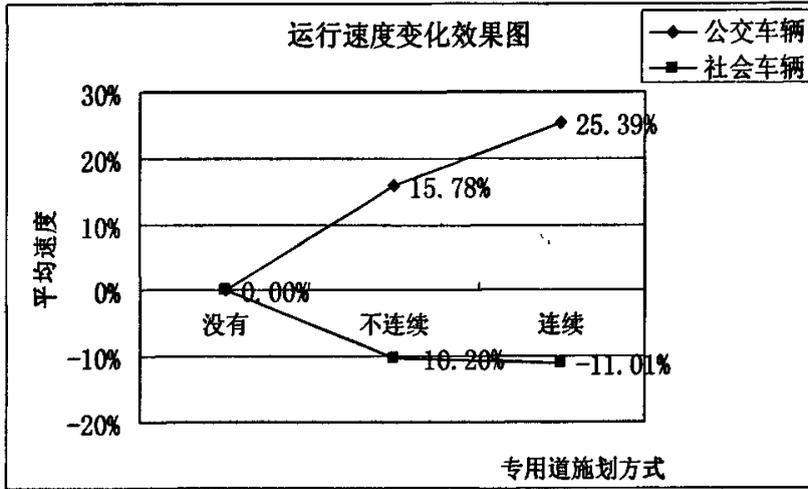


图 5-8 运行速度变化效果图

Figure 5-8 The effect chart of movement speed

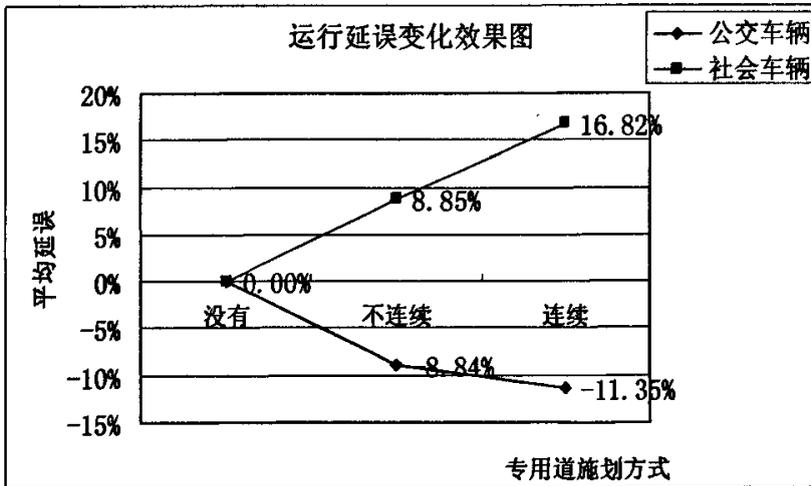


图 5-9 运行延误变化效果图

Figure 5-9 The effect chart of movement delay

对比分析图 5-8、图 5-9 中的数据，施划不连续的公交专用道公交车辆的运行速度提高 15.78%、运行延误减少 8.84%，社会车辆的运行速度降低 10.20%、运行延误增加 8.85%；而施划连续的公交专用道形成专用道网络后，公交车辆的运行速度提高 25.39%、运行延误减少 11.35%，社会车辆的运行速度降低 11.01%、运行延误增加 16.82%。由此可见，施划连续的公交专用道起到的效果更加明显。

经过分析得到，公交专用道的施划使公交车辆的运行延误降低，运行速度加快，公交车辆的运行效率得到显著提高，同时也造成社会车辆运行延误提高，运行速度下降。但如果把模拟路网作为一个出行系统，根据公式 (4-4)、(4-5) 及

得到的仿真数据计算整个系统内的客流运送能力和人均行程时耗的路段运行效率，如表 5-6 所示。

表 5-6 路段运行效率指标表

Table 5-6 The movement efficiency of road simulation

	没有施划专用道	没有连续施划	连续施划
客流运送能力(万人公里/小时)	31.65	36.66	41.56
人均行程时耗 (s)	271.4	240.5	224.2

由此得到路段客流运送能力在没有实施公交专用道的情况下的值为 31.65 万人公里/小时，施划不连续公交专用道的值为 36.66 万人公里/小时，实施连续的公交专用道的值为 41.56 万人公里/小时，分别提高了 15.8%和 31.3%。道路交通参与者的人均行程时耗在实施公交专用道前为 271.4s，施划不连续公交专用道的值为 240.5s，施划连续的公交专用道后的值为 224.2s，分别降低了 11.4%和 17.4%。

分析数据的变化可以看到，施划公交专用道对于提高公交车辆的运行速度、减少车辆延误，提高运行效率，有着非常显著的作用，而施划连续的公交专用道，形成专用道网络，效果会更加明显。

综上所述，通过上述仿真试验，我们对公交专用道的施划条件进行了仿真研究，得出了不同条件下施划公交专用道的效果，并分析了这些条件的在实施公交专用道中的影响程度，下面我们根据仿真研究得出的一些结论来探讨北京市公交专用道的实施建议。

5.4 北京市公交专用道施划建议

北京市公交专用道的发展目标是逐渐使公交专用道成网，公交的平均运行速度由现在的 14km/h，提高到 20km/h。按照公交快线走廊规划方案要求，规划公交专用道网络，未来要达到的目标总长度约 440 公里，即需在现有基础上新增约 300 公里。本文对公交专用道的设置条件进行了研究，在此基础上提出了一些适合于北京市的公交专用道实施建议，希望能够为科学合理的实施公交专用道提供一份依据参考。

1. 适当降低城市干道公交专用道施划标准

论文本着大多数人优先的原则，在对北京市现状道路交通运行状况调研分析的基础上，通过仿真分析的方法，以断面公交车流量为依据，适当降低专用道的施划标准。

通过对道路车辆流量条件的仿真研究，对照公安部提出的专用道施划标准，针对北京市的实际情况，提出本研究在公交专用道施划条件上的建议，如表 5-7 所示：

表 5-7 专用道施划建议表

Table 5-7 The advising chart of bus lane implement

	单向车道数	单向公交车流量/ 单向公交客运量	施划建议
条件 1	≥ 4	大于 90 辆/高峰小时	必须
条件 2	3	大于 100 辆/高峰小时 大于 4000 人次/高峰小时	必须
条件 3	2	大于 150 辆/高峰小时 大于 6000 人次/高峰小时	大于 120 辆/高峰小时

建议说明:

(1) 对于单向四车道和四车道以上的城市干道, 原有的施划标准为断面单向公交车流量大于 90 辆/高峰小时。通过研究分析, 针对北京市的道路情况建议单向四车道和四车道以上的城市干道全部施划公交专用道。

(2) 对于单向三车道的城市干道, 原有的施划标准为单向公交客运量大于 4000 人次/高峰小时, 或断面单向公交车流量大于 100 辆/高峰小时。通过第四章的仿真研究, 降低专用道的施划标准, 使更多的路段具备施划公交专用道的条件, 可以从整体的角度提高道路的运行效率。而且, 通过对北京市道路现状实际情况的调研分析, 目前三车道以上的城市主干道(如二环、三环)在早晚高峰时段客流量都比较大, 为了优先发展公共交通建议在单向三车道以上的城市主干道全部施划公交专用道, 从而充分体现北京市公交的战略思想。

(3) 对于单向两车道的城市干道, 由于车道空间有限, 施划公交专用道要考虑公交车辆具备一定的流量。原有的施划标准为单向公交客运量大于 6000 人次/高峰小时, 或断面单向公交车流量大于 150 辆/高峰小时。第四章的仿真试验模型, 分析了适当降低公交车的流量为 120 辆/高峰小时后道路的运行效率的变化, 根据相应评价指标的变化并且结合北京市现状道路的实际运行状况推荐公交车的流量为 120 辆/高峰小时的时候作为单向两车道城市干道施划公交专用道的建议值。

2. 加大公交专用道建设力度, 形成专用道网络, 发挥网络的规模效益

通过第四章专用道是否成网对公交专用道实施效果的仿真分析, 我们可以看到连续的公交专用道使公交车的运行更有保障, 行车速度加快, 从而能更好的提高道路系统的运行效率。因此, 建议在符合条件的道路系统中连续的施划公交专用道, 形成专用道网络。

当然对于北京市而言, 由于道路上各路段流量、速度的不同以及各种条件的限制, 在实际的实施中可根据具体情况, 采取分期、分段、分线路的方式逐步实

施公交专用道，以完善城市公交专用车道的路网结构，逐步专用道网络。北京市公交专用道未来要达到的规模如下图所示。



图 5-10 公交专用道远期规划图

Figure 5-10 The planning chart of bus lane

从图中我们可以看出，未来公交专用道建成以后，北京市中心城区主干道几乎全部施划了公交专用道，形成了公交专用道网络，可充分发挥网络的规模效益，使公交车通行更加顺畅、更加便利，充分体现了公交优先的作用。

3. 延长专用道的使用时间

根据对实际路段公共电汽车通行的调查^[40]，目前北京市机动车通行的早晚高峰已不仅仅局限在上午 7 时到 9 时和下午 17 时到 19 时这一时段，早晚高峰的峰值不在过于明显，而是呈现出全天趋于平缓的趋势，而且交通流量普遍比较大，这样公交专用道的设置时段还设置成上午 7 时到 9 时和下午 17 时到 19 时就不能充分满足公共电汽车优先通行的需要了。

通过上述的研究我们看到施划公交专用道对于提高道路系统的运行效率可以起到非常明显的作用，因此建议以道路不同时段的交通流量为基础，延长专用道的使用时间，使道路资源更多的向公共交通方式转移，从而更好的发挥专用道的实施效果。

5.5 本章小结

本章对通过建立不同仿真试验的方法对影响公交专用道的施划条件进行分析，研究了这些施划条件对公交专用道实施效果的影响程度，通过对比分析公交专用道施划前后专用道各评价指标的变化情况，研究从路段交通量的角度适当降低专用道的施划标准，针对构建的三车道仿真路网模型得出了影响公交专用道施

划效果的公交车的最佳流量范围。希望通过仿真研究的结果能够为道路交通决策者们提供依据参考。

依照仿真分析的结论，结合北京市当前道路系统的运行状况，提出了适合北京市的专用道实施建议：

- ①适当降低专用道的施划标准，加大专用道的建设力度
- ②形成专用道网络，发挥网络效益
- ③延长专用道的使用时间

当然，还可以通过很多措施来提高公交专用道的使用效率，如实现路口信号优先、合理设置专用道的位置、加强专用道的使用管理等。

结 论

本文采用仿真的方法对公交专用道的施划条件和设置标准进行了研究。通过仿真实验,分析公交专用道运行效益的评价指标:车辆运行速度和延误、客流运送能力和人均行程时耗在专用道实施后的变化,得出了专用道施划条件的相关研究结果。

论文的主要成果

(1) 在对现状道路进行调查分析的基础上,对路网仿真模型进行了有效性验证并对现状道路实施公交专用道进行了效果分析。

(2) 分析了道路交通量(公交车流量和小汽车流量)对实施公交专用道的影响,得出公交车流量对道路系统运行效率的变化关系,以及道路施划公交专用道的公交车的最佳流量条件。

(3) 分析了路段不同的车道数在施划公交专用道要考虑的因素,并从路段交通量的角度通过设置不同的仿真试验研究适当降低公交专用道的设置标准。

(4) 分析了专用道成网对公交专用道实施效果的影响,得出公交专用道成网对提高道路运行效率的必要性。

(5) 根据仿真分析的结果,结合北京市道路交通运行现状,提出了适合于北京市的公交专用道实施建议。

(6) 根据本论文的研究方法,针对类似问题,提出一套理论与实际相结合的方法理论体系应用于指导实践。

今后的研究重点

本论文主要是应用仿真的方法对路段公交专用道的施划条件进行了研究,为了研究的需要在构建的仿真模型中对许多条件进行了简化,如假设公交站台平均停靠时间为一定值、仿真路网未设置辅路、不考虑行人流量和出租汽车停车等因素的影响。因此,在对实际道路进行公交专用道规划时,还要涉及到许多具体问题,将来还需要在以下几个方面做进一步的研究:

(1) 论文主要研究了城市干道公交专用道的施划条件,今后在研究中可充分考虑城市不同区位、土地利用性质、道路等级和出入口控制模式等不同情况对实施专用道的影响,选取多个样本路段,使仿真分析结果更有代表性,是今后需要深入研究的重点。

(2) 论文主要是对路段公交专用道的施划条件进行了仿真的分析,对于如何

深入研究路段交叉口的信号优先，让公共交通真正的实现公交优先成为今后研究的方向。

论文用仿真的方法对公交专用道的施划条件进行了微观模拟，由于本人知识和水平有限，文中的成果在以后的理论研究和实际应用中还要不断深化和完善。

参考文献

- 1 于春全, 孙大伟. 现代化城市交通管理的重大举措——论北京市开辟公交专用车道. 城市交通. 1997,3:1215
- 2 杨涛. 城市交通新世纪的挑战与对策. 第一版. 东南大学出版社. 2001年12月
- 3 陈学武, 李淑娟. 城市公共交通优先权的目标、效果与措施. 中国市政工程. 2001,6:1517
- 4 各国解决城市交通拥堵的法宝——“公交优先”. 网页: <http://bbs.8684.cn/read.php?tid=16469>
- 5 黄艳君. 城市公共交通路段优先通行技术及评价方法研究. 东南大学硕士学位论文. 2003
- 6 Rudolf Mathar and Krzysztof Pawlikowski. Performance analysis of the pi-persistent protocol in unidirectional bus networks. Computer communications 20(1997)536-543
- 7 Joy Dahlgren. High occupancy vehicle lanes: Not always more effective than general purpose lanes. PII: S096543564(97)00021-
- 8 Joy Dahlgren. High-Occupancy/Toll Lanes: Where Should They Be Implemented? Transportation Research Part-A. 2002:239-255
- 9 Ronghui Liu, Dirck Van Vliet and David Watling. Microsimulation models incorporating both demand and supply dynamics. Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 40, Issue 2, February 2006, Pages 125-150
- 10 Michael Eichler and Carlos F. Daganzo. Bus lanes with intermittent priority: Strategy formulae and an evaluation. Transportation Research Part B 40 (2006) 731-744
- 11 G. Clark and P. Mehta. Artificial intelligence and networking in integrated building management systems. Automation in Construction 6 (1997) 481-498
- 12 Andriw H Spencer, Wang Andong. Light Rail or Busway? A Comparative Evaluation for A Corridor in Beijing. Journal of Transport Geography. 1996, Vol.4, No.4:239—251
- 13 Brendan Finn. An International Perspective on The Changing Structure of The Urban Bus Market. TRB2001 Annual Meeting. No01-2024
- 14 David Meignan, Olivier Simonin. Simulation and evaluation of urban bus-networks using a multiagent approach. Simulation Modelling Practice and Theory
- 15 Ryoichi Nagai, Takashi Nagatani and Naoki Taniguchi. Traffic states and jamming transitions induced by a bus in two-lane traffic flow. Physica A
- 16 Jose Viegas and Baichuan Lu. The Intermittent Bus Lane Signals Setting within An Area. IFAC 2000
- 17 Akashi Nagatani, Jin Yoshimura. Dynamical Transition in A Coupled-map Lattice Model of A Recurrent Bus. Physica A 316(2002) 62563
- 18 Michael Eichler and Carlos F. Daganzo. Bus lanes with intermittent priority: Strategy

- formulae and an evaluation. *Transportation Research Part B: Methodological*, Volume 40, Issue 9, November 2006, Pages 731-744
- 19 Wu Jianping. Bus priority using pre-signals *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 32, Issue 8, November 1998, Pages 563-583
- 20 李彬, 郭冠英, 杨东援. 城市公共交通专用道规划研究. *合肥工业大学学报*. 1999, 6: 57-6
- 21 邵俊, 杨晓光, 史春华. 部分锯齿形公交优先进口道的交通设计与分析. *同济大学学报*. 2001, 10: 1175-1180
- 22 史春华, 杨晓光, 曾松. 城市公交专用道的设置与设计. *城市轨道交通*. 2000, 2: 4952
- 23 范文毅. 公交优先模型的建立和计算机仿真分析. *上海交通大学学报*. 200
- 24 陆建, 王伟, 陈学武. 公交专用车道设置条件与效益分析. *东南大学学报*. 1998, 5: 103-107
- 25 夏青. 北京市公交优先可行性研究—公交汽车专用道理论与模拟. 北方交通大学硕士论文. 1998: 2728
- 26 王兰兰. 公交专用道设置条件研究. 哈尔滨工业大学硕士论文. 2004
- 27 刘洪滨. 青岛城市交通可持续发展的思考. *海岸工程*. 2001, 9: 606
- 28 《公交专用车道设置标准》(GA507-2004)
- 29 G Gardner, P R Cornwell, J A Cracknell. 发展中城市公共交通专用道的运行情况. 戴彦欣摘译. *国外城市规划*. 1999, 1: 14-20
- 30 周玉民. 公交专用道的应用和发展前景. *北京规划建设*. 2000, 6: 45-4
- 31 易汉文, 刘有军. 城市公共交通专用道规划与设计. *武汉城市建设学院学报*. 1999, 1: 1-7
- 32 北京大动作推动公交优先. *中国交通报*. 2006, 12, 8
- 33 石崧, 陈娴. 武汉主城区交通瓶颈透视及科学规划管理探讨. *城市交通*. 2002, 3: 7477
- 34 张卫华, 黄艳君. 城市公共交通专用道设置标准的探讨. *交通标准化*, 2003(7): 33~36
- 35 D. Jepson, L. Ferrira, Assessing travel time impacts of measures to enhance bus operations, part 2: Study methodology and main findings
- 36 董佩明. 城市快速路交通流行为阈值模型研究. 北京工业大学硕士论文
- 37 高永, 褚琴. 城市公交专用道微观模拟分析[J]. *城市公共交通*, 2004, (01)
- 38 吴叶, 陈小鸿. 公交专用道规划设计的交通效益评价方法. *公共交通*, 2005, (12)
- 39 刘伟, 别牧, 张建旭, 朱顺应. 设置公交专用道的流量条件研究[J]. *重庆交通学院学报*. 2005, (06)
- 40 史扬. 北京市公交专用道现状调查分析. 北京工业大学学位论文

攻读硕士学位期间发表的学术论文

- 1、鲍小奎，关宏志，严海，韩艳. 公交专用道施划效果仿真实例分析.《第十届多国城市交通学术会议论文集》,科技出版社出版.
- 2、鲍小奎，关宏志，严海，韩艳. 公交专用道施划效果仿真分析.《系统仿真技术及其应用》第九卷(2007 系统仿真技术及其应用学术年会论文集).

致 谢

值此论文完成之际，我要衷心地感谢我的导师关宏志教授，严海老师。在跟随关老师学习的三年时光里，关老师严谨的治学态度、渊博的专业知识、忘我的工作精神，以及对学生的关心爱护都让我铭记在心。在完成论文期间，始终得到了关老师的精心指导和严格要求；老师的谆谆教诲，让我受益匪浅；勤恳钻研、无私奉献的敬业精神更是我终生学习的榜样。难忘每次与导师对研究的深入探讨，关老师富有远见的指导使我受益终生。谢谢您，关老师！

感谢交通实验室的任福田教授、刘小明教授、陈艳艳教授、张金喜教授、杨孝宽教授、荣建教授、石建军老师、贺玉龙老师、邵长桥老师、陈永胜老师、张智勇老师、胡江碧老师的指导和帮助。

感谢韩艳老师在三年来的项目研究以及后期的论文写作中给予我的帮助和支持，感谢秦焕美老师在我三年的研究生阶段给予我的关心。

还要感谢与我住在一起的兄弟周建、赵光华、宫建三年来一贯的帮助和支持。感谢同窗陈淑红、王鑫、王雪、尹立娥，师兄王山川，师姐姚丽亚，师弟李世民、杨柳、黄浩丰、黄杉，师妹耿雪，是你们营造了一个愉快活泼的学习和研究的环境。特别感谢师弟高超在仿真软件学习中给予我的巨大帮助。所有的友情都值得我永远的珍惜和怀念，谢谢你们。

感谢我远在他乡的父母和家人，你们的深爱 and 期望是我努力学习、奋发向上的最大动力，是你们的支持使我顺利的完成自己的学业。

祝愿我以前、现在和未来相识的所有朋友们永远幸福、开心！

鲍小奎

二零零七年五月