

分类号：U49; F5

10710-2009121437



长安大学

硕士学位论文

城市道路单向交通方案设计若干问题研究

孙 晶

导师姓名职称	王元庆教授		
申请学位级别	硕士	学科专业名称	交通工程
论文提交日期	年 月 日	论文答辩日期	年 月 日
学位授予单位	长安大学		

Research on a Number of Issues about Design of One-way Roadway

A Dissertation Submitted for the Degree of Master

Candidate: SunJing

Supervisor: Prof. Wang Yuanqing

Chang'an University, Xi'an, China

论文独创性声明

本人声明：本人所提交的学位论文是在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除论文中已经注明引用的内容外，对论文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本论文中不包含任何未加明确注明的其他个人或集体已经公开发表的成果。

本声明的法律责任由本人承担。

论文作者签名：孙晶

2012年6月8日

论文知识产权权属声明

本人在导师指导下所完成的论文及相关的职务作品，知识产权归属学校。学校享有以任何方式发表、复制、公开阅览、借阅以及申请专利等权利。本人离校后发表或使用学位论文或与该论文直接相关的学术论文或成果时，署名单位仍然为长安大学。

（保密的论文在解密后应遵守此规定）

论文作者签名：孙晶

2012年6月8日

导师签名：王作

2012年6月8日

摘 要

随着城市经济的快速发展，机动车拥有量持续增长趋势不可扭转，现有道路条件无法满足日益增长的交通需求量，交通拥堵、行车难、停车难等一系列交通问题日趋严重，影响着城市的发展和日常生活的进行。单向交通充分利用城市现有道路资源，交通管理手段简便，见效快，是实现交通顺畅最直接有效的方法，单向交通已经成为缓解交通拥堵的一种重要手段。本文在分析我国城市道路交通问题的基础上，结合国内外道路单向交通研究和实施状况，对单向交通理论、单向交通方案设计、单向交通评价指标等方面进行系统的研究分析，概括起来主要有以下几点：

(1)分析了城市交通发展情况，在总结国内外单向交通研究和实施情况基础上，分析现状研究的不足。介绍了单向交通相关概念，评价了单向交通的分级分类标准及设置条件，并进行论证。

(2)从车道设置，标志标线设计优化，解决左转流量较大交叉口拥堵问题，交叉口交通组织设计，改善单行路段公交站台，交叉口信号配时等方面进行单行交通方案设计优化，研究了联动式信号协调方法，通过具体分析计算，体现了联动式信号协调设置的重要性。总结了单行交通数据采集过程，并提出通过交通仿真对设计方案进行完善；按照方案设计效果对出行者的重要性顺序，选取评价指标，总结评价指标计算方法。

(3)最后，本文结合实例，依据前几章的研究方法，对交通方案进行改善，并通过运行指标计算进行评价。

关键词：城市道路；单向交通；方案设计；交通仿真；评价指标

Abstract

With the fast development of the economy of our country, the promotion of the urbanization process, urban population is increasing constantly, and the ownership of motor vehicle is increasing doubly. The urban traffic problems become the bottleneck restraining the city from developing further. One-way roadway system is a kind of simple and effective traffic management means. It has the advantages of increasing road capacity, raising vehicular speed and reducing traffic accident. Therefore, one-way roadway system has been used extensively to solve the problem of urban traffic congestion problems. Based on the analysis of urban traffic problems in China, the adaptation of one-way roadway at home and abroad is combined; some aspects are studied and analyzed, such as one-way roadway theory, one-way roadway impact, one-way design, and they are concluded as follows:

(1) According to the traffic engineering and traffic management & planning theory, one-way roadway theory is summarized in this thesis. The one-way roadway lane utilization effect, its weakness and strengths, the traffic characteristics of one-way roadway are analyzed from the aspects such as the complexity of intersections, the traffic signal effects, the arterial-control effects, the clockwise and anticlockwise one-way rings are discussed. The conclusions regarding advantages and disadvantages of the one-way roadway are also involved.

(2) The situation that some of drivers would change their routes on their trips with longer distance is studied in detail. And the problems of the detour routes and some other detailed are analyzed. This thesis initiates the calculation methods and the solution measures of the one-way roadway detour distance, also applies the principle of bus priority in the one-way roadway in order to reduce the adverse effect produced by it. To make sure that the emergency vehicles such as the first aid, fire fighter and so on can go through, developing traffic facilities and guarantee measures, reducing the adverse effect of commercial activity of the one-way street both sides, as well as enhancing the roadsides utilization of the one-way street at night and so on, these

aspects are taken into consideration in the thesis.

(3) Finally, taking Changsha as an example, this thesis has proposed the design method of the one-way roadway project, carried on the design of the road, and evaluated traffic results. Then one-way roadway plan is synthetically evaluated and analyzed, and the system of the evaluation index is generalized.

Key Words: Urban road; One-way roadway; Schematic design; Traffic simulation; Evaluation index

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 国内外相关研究综述	2
1.2.1 国外研究和实施概况	2
1.2.2 国内研究现状和实施概况	5
1.3 单向交通设计存在的问题	8
1.4 研究内容与思路	9
1.4.1 研究内容	9
1.4.2 研究思路	9
第二章 道路单向交通基本理论	11
2.1 单向交通的定义	11
2.2 单向交通的分类	11
2.3 单向交通的分级	11
2.4 道路单向交通的设置条件	11
2.5 本章小结	13
第三章 单向交通方案设计	14
3.1 公交车道设置	14
3.1.1 公交车道设置方式	14
3.1.2 方案优缺点分析	15
3.2 公交站台设置	16
3.2.1 常见公交站台问题	17
3.2.2 公交站台改善措施	19
3.3 标志标线设计	22
3.3.1 单行路标志牌设计	22
3.3.2 前引式左转标志牌设计	23
3.3.3 禁止通行标志设计	25
3.4 交通组织	26
3.4.1 设计方法	26
3.4.2 设计步骤	27
3.4.3 交叉口非机动车、行人交通组织	28
3.5 公交车辆逆向通行交通组织	33
3.6 左转流量大解决方案	34
3.7 路边停车问题解决方式	35
3.8 信号联动控制研究	36
3.9 触摸式信号灯设置	38
3.10 本章小结	38

第四章 单向交通仿真与方案评价	39
4.1 单向交通仿真.....	39
4.1.1 交通数据采集	39
4.1.2 交通仿真软件	39
4.1.3 交通信号仿真软件优缺点分析	41
4.2 单向交通方案评价.....	41
4.2.1 评价指标确定	41
4.2.2 评价指标计算	43
第五章 唐延路单向交通方案集成	49
5.1 实例概况.....	49
5.2 方案设计.....	51
5.2.1 方案设计目标	51
5.2.2 方案总体设计	51
5.2.3 方案交通组织	53
5.3 方案实施过程.....	56
5.4 方案评价.....	57
5.4.1 交通运行指标分析	57
5.4.2 交通服务水平指标分析	59
5.4.3 交通运行绩效改善指标	60
5.4.4 交通影响指标分析	60
5.4.5 公众意见指标	62
5.5 本章小结.....	63
结论与展望	64
参考文献	65
致 谢.....	68

第一章 绪论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

随着城市经济的快速发展，城市设施建设不断加快，城市骨架不断拉大，机动车拥有量持续增长趋势不可扭转，现有道路条件无法满足日益增长的交通需求量，交通拥堵、行车难、停车难等一系列停车问题日趋严重，影响着城市的发展和日常生活的进行。不仅大城市，近年来，各中小城市也出现了严重交通问题，交通问题严重制约着城市的发展。城市交通拥堵引起了城市交通管理部门的重视，各城市分别走进交通改善效果显著的城市，探讨和研究交通改善方法。

为缓解交通拥堵问题，城市交通研究者从多个方面提出了交通缓堵路径。具体措施主要包括：改善道路交通条件、公交引导出行、实施干道单行挖潜、优化信号设施与配时减少堵点耗时、限制与改善停车相结合、建设换乘枢纽等。各种方式主要有以下特点：

1. 改善道路交通条件包括拓宽道路、修建立交和快速路等，工程量大、见效慢，新的道路修建不仅引起拆迁等较大工程量，还会导致局部交通拥堵；
2. 公交引导出行主要通过建立公交优先道、发展快速公交、修建地铁等来实现，通过提高公交服务水平、改善公交出行环境来提高公交吸引力，引导交通方式转变，是目前广泛提倡的改善拥堵的措施，从长期发展来看，也是缓解交通拥堵的根本途径，但是需要各部门积极配合，涉及部门众多，需要政府大力支持；
3. 单向交通是缓解城市道路交通拥堵见效最快的方式，实施简单、费用低，在城市主干道、次干道、支路上广泛使用，在缓解区域交通拥堵和城市干道交通拥堵方面均有显著效果；
4. 信号优化、交通诱导等交通管理手段应该与区域交通组织结合，在一定区域内道路上进行，会取得最佳效果，但交通诱导信息系统仅在少数大城市广泛使用，中小城市交通诱导系统发展不成熟；
5. 停车管理和枢纽建设涉及到城市用地，应与周边交通情况结合，是缓解交通拥堵的辅助措施，不能直接解决交通拥堵问题。

通过以上分析，单向交通充分利用城市现有道路资源，交通管理手段简便，见效快，是实现交通顺畅最直接有效的方法。单向交通在国内外城市广泛应用，发展较为成熟，单向交通已经成为缓解交通拥堵的一种重要手段。

1.1.2 研究意义

目前，许多城市意识到单向交通的有效性，开始在支路、小区域进行单向交通组织，单向交通在国内外都有较长研究历史，很多城市较早阶段已经实施了单向交通，但是单向交通设计还不成熟，处于探索阶段，很多城市是根据道路条件经过交警对交通流观察后进行单向交通改造。根据试运行效果来决定是否实施，试运行一段时间后效果不好，就会取消单行道路管理。对于出现交通拥堵的城市，很多城市开始尝试通过实施单向交通管理来缓解交通拥堵，并取得了较大收益。对单向交通设计的科学研究，能使单向交通方案设计更完善，对改善道路交通情况、缓解城市拥堵具有重要意义。

本文通过研究单向交通发展情况，结合实例，对单向交通设计一些细节问题进行研究，完善交通方案设计，并根据“以人为本”原则提出方案评价指标，使方案设计更有利于城市交通环境的改善，对单向交通更科学合理设计具有实际意义。

1.2 国内外相关研究综述

1.2.1 国外研究和实施概况

1.2.1.1 国外研究现状

早在上个世纪初，美国已经开始研究单向交通，随着城市交通的快速发展，从 20 世纪 70 年代至今，世界各国重视并广泛应用道路单向交通，迅速发展其理论研究。道路单向交通作为一种见效快、投资少、操作简单的交通管理手段，普遍应用于大多数城市之中，纵横两个方向相关理论研究正在延伸。下面是近期内国外道路单向交通较有代表意义的研究内容，包括以下几方面。

在国外，尤其是美国，已经较为深入的对道路单向设置条件及其交通的优缺点分析等方面进行了研究。在单向交通领域中结合计算机知识并广泛应用，例如 Porsche.H，运用计算机知识分析了与单向交通道路相交的交叉口处信号灯的

设置情况^[4]。此外, Vasquez, Gabriel M.和 Taylor, Maureen 提出随着现代化城市的发展,传统的单向交通实施方法已经不再适应,只有通过科学地分析与规划,才能更好地发挥单向交通的作用^[5]。否则,面对日益拥堵的道路交通情况,即使在某些道路上实施单向交通,也不能解决现代城市日趋严重的交通拥堵状况。因此,他们提出:解决交通拥堵问题的根本是科学的单向交通方案规划方法。

Davies 和 Martin 详细分析了单向交通实施后可能带来的各种有利和不利的影 响^[6],并且为了说明了各种影响形成的原因,运用了美国各城市的具体数据,提供了分析单向交通经济效益各种影响因素的可靠数据。但是,文中缺乏建立经济效益模型和对各种利弊影响进行量化分析,并进行相应的评价。

Jain 等人提出运用非线性动力学技术解决道路单向交通对周围环境的影响问题,特别是噪声对环境的影响^[7]。这一研究结果对建模和环境影响因素的效益分析都具有参考价值,但是其在计算噪声影响值时误差过大。

1.2.1.2 国外实施概况

许多国家均认为采用单向交通来解决城市道路交通拥挤问题是切实可行的有效措施,很早便受到世界各国的重视,得到广泛应用。

世界上最初单向交通的萌芽是在伦敦。1617 年 8 月,伦敦市议会通过立法程序,在报纸上宣布“台姆兹、染织小巷等 17 条狭窄街道上实施单向交通规则”。

进入汽车时代以后,欧美各国较大城市大街小巷先后重蹈交通堵塞覆辙,于是,纷纷效仿英国伦敦在城市道路狭窄街道上实施单向交通。目前,美国一半以上的城市道路被定为单行线。1906 年,美国为解决城市中心区道路交通问题,开始采用单向交通管理的办法,并推行到各州和各大城市,人口在 5 万以上的城市有半数以上的道路已实施单向交通,100 万人口以上的城市有 80%左右的道路采用了单向交通。一些城市(波士顿、纽约、费城等)先在两条毗邻的街道上实行单向交通,到 20 世纪 20 年代就出现了整个城市中心区域内的道路单向交通系统^[8]。曼哈顿区面积 59.5km²,人口 163 万,位于纽约的中心区,是纽约市面积最小,人口最密集(密度为 2.79 万人/km²)的地区。同时也是世界上就业密度最高的地区,是纽约甚至是全美的金融、商业、娱乐中心。路网密度在 20km/km²左右,地块被道路分隔为若干个长方形的小街区,其道路大都是单行线,仅少数

干路上组织双向交通。通车道路 280 多条，其中 251 条是单行线，占 90%左右，最宽的单行线有八个车道。图 1.1 为曼哈顿一个单行交通区域，道路全长 14.5km，通过 19 个交叉口，通行线路顺畅，车速明显提高。



图 1.1 曼哈顿单行道路

同期，欧洲各国（如英国、法国、瑞典、意大利、希腊、瑞士）以及其他国家城市也开始推广了道路单向交通，法国巴黎已有 1400 多条道路实行单向交通，有的单行道甚至宽达 6 车道，其单行道路总长超过 400km，巴黎和伦敦的中心区几乎全部是单向交通道路^[9]。

20 世纪 50 年代，前苏联开始推广道路单向交通组织，已在莫斯科、圣彼得堡、考纳斯、图拉、里加、巴库等许多城市大量实施单向交通管理，并规定宽度不足 18m 的道路原则上均应实行单向交通。归纳谢尔巴科夫通过对苏联 20 个城市交通情况进行调查，总结资料说明，实施道路单向交通从根本上改善了道路交

通拥堵情况：车速提高 10~20%，道路交叉口的延误时间减少，交通事故平均减少 20~30%，有的减少 50% 以上。

1956 年，日本开始在一些城市道路中采用单向交通管理方式，东京、大阪各有 30% 和 38% 的道路实行了单向交通。在发展中国家如泰国首都曼谷，其旧城区的中心地带有 50% 以上的道路采用了单向交通方式。菲律宾等国的许多城市也广泛地采用道路单向交通^[9]。直到 1949 年，世界上公认的单向行驶（向左或向右）的标志才在日内瓦召开的联合国道路交通世界大会上诞生，成为指导驾驶员单向行驶的指南，并被各国和地区在单行道路上广泛采用。

1.2.2 国内研究现状和实施概况

1.2.2.1 国内研究现状

国内，吴元祥运用系统学理论，采用整体和局部、定性与定量相结合的方法，系统研究了道路单向交通方案设计的基本框架，分析了不同的自行车交通组织方式对单向交通网络实施效果的影响，以及理想单向交通网络形成后，公交乘客步行距离增加的定量计算模型^[10]。但是，文中没有详细给出单向交通规划方案制定的过程和具体步骤，以及规划方案优劣的评价方法，提出的单向交通网络的设计框架过于笼统。另外，与单向交通理论的复杂性相比，定量给出的计算模型过于片面，只能从某些特定角度反映系统的特征。

李荣波以双向双车道为例，分析并讨论了单向交通道路交叉口及道路路段的通行能力，其结论是：单向交通具有提高道路交叉口、道路路段通行能力以及减少交通事故、提高行车速度等优点，同时也存在不容忽视的缺点，如增加绕行距离、给乘客出行带来不便等^[2]。文中以双向双车道道路实施单向交通前后通行能力计算模型为依据，说明局部区域实现单向交通见效快、投资少，是解决道路交通拥挤的较为有效的方法之一。但是，双向双车道的道路不具有普遍性，其通行能力的降低或提高只能用于分析和讨论某一条道路或道路交叉口的交通组织状况。就单向交通道路网而言，有失代表性。

此外，马俊来对单向交通条件下信号交叉口通行能力的计算进行了探讨^[11]。在进行单向交通对道路交叉口交通影响分析的基础上，对不同信号相位、不同单向交通设置形式进行分类讨论并给出计算公式。

裴玉龙对城市单向交通组织方案设计及其评价进行了研究,在总结了设计城市单向交通方案一般性方法与步骤的基础上,重点介绍了模糊综合评价法的评价体系和评价方法^[12]。

赖比尔对城市道路单向交通规划设计进行了研究,重点用层次分析法进行城市道路交通质量各类指标单向评价及综合评价,确定实行单向通行前后的交通质量和经济效益^[13]。

李岚在道路单向交通设置方法上,借鉴公交线路规划的基本思想,在网络中形象的引进“饱和路段截面”来代替最大流最小割定理中的“最小割”概念^[14]。然后通过交通分配在路网中寻找“饱和路段截面”,对路网中的“饱和路段截面”所在路段,在遵循单向交通引入的基本原则的基础上,分析路段设置单行线的不同组合。对每种组合形式的路网,通过交通分配来寻找该特定路网的“饱和路段截面”,估算该路网容量。如果所得路网容量大于原路网容量,则说明设置合理。继续对“饱和路段截面”所在路段设置单行线,对新路网进行交通分配,寻找“饱和路段截面”,估算路网容量。如此反复,“逐步布设,优化成网”。

伊新苗对单向交通方案实施后的效益进行研究分析,分别从社会、个体、商业三个方面建立相应的效益分析模型,将指数函数和生长曲线函数应用到商业经济效益的建模中,通过综合分析,建立了一条单向交通道路的效益分析模型^[15]。通过单向交通网络效益分析方法同传统的供给方法进行比较分析,综合考虑城市实施单向交通后各种潜在的影响,建立了单向交通网络效益分析模型。此外,他还通过比较分析三种评价方法:价值分析法、单纯矩阵法、层次分析法,选择单纯矩阵法对单向交通各方案进行了综合评价。

1.2.2.2 国内实施概况

1900年初春,中国清政府巡警部总司许世英下令在北京大栅栏实行车辆只许东进西出的单向交通,是我国最早的单行线。

我国从20世纪50年代开始使用单向通行来管理城市道路交通,近年来,随着城市社会经济的发展,城市道路基础建设的步伐不断加快和城市道路交通量的快速增长,我国北京、上海、广州、天津、重庆、南京等许多大中型城市积极推广应用单向交通组织^[16]。到1980年为止,北京有24条,上海有20条单向通行

线路。1982 年香港岛拥挤的北角地区成功地实施了单行循环线计划(One-way gyratory scheme)^[17,18]。据 1991 年资料,国内城市实行单向交通的道路数为:广州 84 条、北京 156 条、上海 76 条、哈尔滨 12 条、天津 77 条、南京 33 条、济南 10 条、贵阳 5 条,还有沈阳、兰州等城市也都大量采用了单向交通。

1997 年青岛市结合本市道路特点大胆改革,采用整体规划,分布实施的方法,自 4 月 1 日至 9 月 6 日先后 8 次对 106 条道路实施了单向交通,次年又配合市政工程建设成功地对 29 条道路实施了单向交通,使青岛市区单行线道路达到 135 条,基本形成了纵穿南北、横贯东西新的单向环绕交通格局,成功实施了单向交通,使交通状况得到了明显改善,取得了较好的经济效益和社会效益^[19]。至 2006 年 3 月,青岛市共有单行线 141 条。

到 2003 年 6 月止,上海中心城区实施的单行道共 388 条,总长度约为 204 公里,约占全市城市道路的 12%。这些单行道主要集中在浦西内环线内,共有 312 条,长度约为 171 公里,占单行道总长的 84%;浦东有 9 条,总长不到 4 公里。根据 2006 年 11 月“上海市中心城单向交通网络规划研究”课题报告,在综合参考和分析上海市中心城区现状和规划的道路和交通条件下,对上海中心城进行近、中、远期单向交通规划。其中,近期(2007 年前)规划单行道 92 条,中期(2007-2009 年)45 条,远期(2010 年后)69 条,届时上海中心城单行道总条数将达 614 条,总里程将达 505.8 公里。

此外,南京市至 2006 年 8 月 8 日,总共有 149 条单行线,长沙市于 2007 年 3 月 9 日单行线增至 37 条。成都市 2009 年在总结单向交通成功经验基础上,近年大力推进单行交通实施,逐步实施 9 个片区单向交通。图 1.2 为成都市两条单行路,实施单行交通组织后,道路通行能力提高了 20%以上,其中玉林路一线高峰期行车速度由 6.4 公里/小时提高到 20.7 公里/小时,芳草街一线高峰期行车速度由 6.2 公里/小时提高到 16.2 公里/小时。



图 1.2 成都市单行路段

城市发展，规划先行。要发展城市道路单向交通，必须有缜密的规划与分析作为实施依据。各国城市情况不尽相同，仅仅效仿不是可行途径。因此，针对各个城市的不同特点，制定详细的道路单向交通规划方案分析方法，是实现单向交通发挥其最大效能的最佳途径。

1.3 单向交通设计存在的问题

由于单向交通设计方法不完善，造成单向交通研究存在的主要问题：

- (1)单向交通设计方法不完善。单行车道设置、交叉口组织、信号配时等方面没有规范，引起单行交通实施后多方面不利影响；
- (2)缺少仿真分析。单行方案实施前后效果会有偏差，重要节点的选择和信

号配时等没有仿真软件分析,影响方案实施效果,方案借助仿真软件分析会更完善,使得单行实施效果更佳;

(3)单行方案设计评价指标不全面。现状评价指标主要从运行效果和服务水平方面进行评价,缺少交通影响指标和公众意见的调查分析。

本文针对现状单行方案研究的不足,从以上三个方面进行深入研究。

1.4 研究内容与思路

1.4.1 研究内容

本论文研究内容主要包括以下几个方面:

(1)第一章分析了城市交通发展情况,阐述了研究单向交通的意义,在总结国内外单向交通研究和实施情况以后,分析现状研究的不足,并提出自己的研究观点。

(2)第二章介绍了单向交通的定义、分类、分级、设置条件等相关概念,评价了单向交通的分级分类标准及设置条件,并进行论证。

(3)第三章从车道设置,标志标线设计优化,解决左转流量较大交叉口拥堵问题,从非机动车和行人优先角度进行交叉口交通组织设计,改善单行路段公交站台,根据交通流情况研究交叉口信号配时等方面进行单行交通方案设计优化,详细分析了单行交通设计中的一些细节问题;然后,研究了联动式信号协调方法,通过具体分析计算,体现了联动式信号协调设置的重要性。

(4)第四章首先总结了单向交通设计过程的4个阶段,分析了每一阶段需要调查的内容;并提出通过交通仿真对设计方案进行选取评价,完善单行方案设计。

(5)第五章从以人为本角度,按照单行交通设计效果先满足行人、非机动车,最后改善机动车出行环境的重要性顺序,选取评价指标,并总结评价指标计算方法。

(6)第六章结合实例,依据前几章的研究方法,对交通方案进行改善,并通过运行指标计算进行评价。

1.4.2 研究思路

基于上述内容,本文的研究思路如图1.3所示。

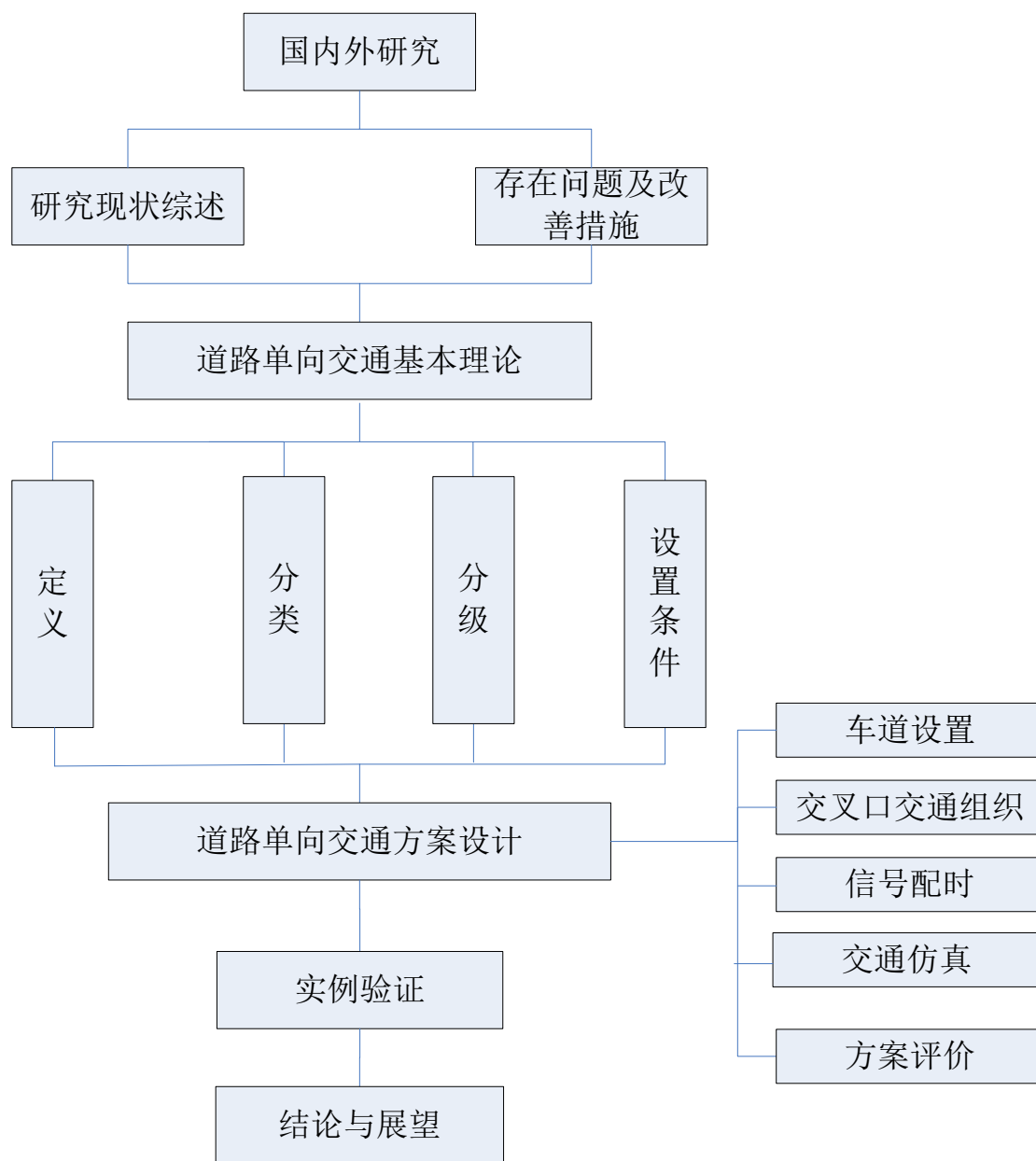


图 1.3 技术路线图

第二章 道路单向交通基本理论

2.1 单向交通的定义

道路单向交通（One-Way Roadway），或称单向通行、单行线、单行道、单向路（街），是指只允许车辆按某一方向行驶的道路交通^[20]。在城市道路系统中，组织多条道路实施单向交通，使其形成互相衔接的系统，即称为道路单向交通系统。

2.2 单向交通的分类

单向交通分为固定式、定时式、定车种式、可逆性四种。固定式由于所有车辆沿着同一方向形式，交通组织简单，单行实施效果最佳。定时式是在一定时间段内更具交通流情况来确定，具有灵活性，实施效果较好。定车种式只允许一类车辆单行行驶，限制条件较多，效果不好。可逆性是指一定时间段内某一类车辆可逆向行驶，限制条件较多，与定车种式相比较好。

2.3 单向交通的分级

单向交通通行方式分为专用道路、准专用道路、混行道路三种。专用道路是指只有机动车通行且不允许设置停车位；准专用道路是指只有机动车通行，但允许设置停车位；混行道路是指非机动车也允许通行。专用道路出行方式种类单一，没有路边停车影响道路通行能力，单行效果最佳；准专用道路由于受到路边停车位影响，降低了道路通行能力，一定程度上降低了单行效益；混行道路由于受到非机动车干扰，影响了机动车辆通行车速，单行效益不佳。

但是，从单行实施难易程度来看，专用道路对交通管理要求较高，只能在较小范围实施，且该单行路段不利于非机动车通行。混行道路实施方便，在现状道路上做改造即可，且方便非机动车和行人出行，有利于引导出行方式转变，限制小汽车出行。

2.4 道路单向交通的设置条件

1. 道路路网条件

单向交通在一对平行道路网上即可设置，对道路网形式没有特别限制，棋盘状、带状及其他形式道路网均适合做单向交通，在区域路网规划中，棋盘式道路网做单向交通组织效果最佳。

2. 道路路段条件

单向交通对路段有以下要求：(1)单行必须在两条平行且距离相近的对偶路段上实施；(2)单行必须在两条起终点相同，车道数相匹配，通行能力接近的道路上实施；(3)单行必须在间距 400 米以上的两条道路上实施，以减少公交乘客的步行距离；(4)单行道路应尽可能长，以减少单行道路末端的干扰；(5)单行应在两条路段通行能力接近道路上实施，若通行能力不相等，则通行能力小的道路至少应满足近期交通量的需求。

3. 道路断面条件

城市道路横断面形式分为一块板、两块板、三块板、四块板四种形式。一块板道路实行单向交通减少了车辆的横向干扰，会取得较好效果；两块板道路实行单向交通前后非机动车、机动车、公交车之间的相互影响并没有消除，单向交通收益不大；三块板道路单行实施后有利于提高车速和道路服务水平，但三块板一般为 4-6 车道，不适宜设置为单行道；四块板常用于城市主干道和快速路，不适合为单行道。

表 2.1 断面形式与单行设置效果

断面形式	道路等级	物理隔离	单行收益
一块板	次干道	无	较好
两块板	次干道	有	不大
三块板	主干道	有	不大
四块板	主干道/快速路	有	不大

4. 道路宽度条件

单行适用于在两种道路宽度条件下实施：一种是在道路狭窄，机非混行，人行道和车行道无法分开的道路；另外，道路宽度在 9 米以下，允许路边停车，道路宽度不够，车辆双向通行有影响的道路，适合做单向交通。

5. 道路交叉口条件

道路区域有 5 条或 5 条以上的道路相交,宜在部分或全部相交道路上组织单向交通。因为交叉口相交道路多、间距短,交通组织处理复杂、进行线协调交通信号控制困难,实施单行能很好的解决以上问题。

6. 交通流条件

道路交通流呈现以下三个特点可实施单行:(1)道路交通呈潮汐式,适合设置为定时式单向交通;(2)城市某一区域存在停车难问题时,可在一些次干道、支路上设置单向交通,在道路一侧或两侧设置临时停车场;(3)根据 O-D 调查数据,过境交通为主道路,适合设置设置单向交通。

2.5 本章小结

本章从单向交通定义、分类、分级、设置条件四个方面介绍了单向交通基本概念,并对不同分类分级形式单向交通实施情况进行了分析,对于单向交通方案设计有一定参考意义。

第三章 单向交通方案设计

3.1 公交车道设置

3.1.1 公交车道设置方式

车道设置分两种方式：一是所有车辆均单向行驶，一是公交车辆双向行驶，其他机动车单向行驶。本节针对公交车辆设置形式进行了分析，公交车道设计分为三种形式。

形式一是社会车辆单向行驶，公交车辆采用边侧式单向通行，非机动车辆和行人双向行驶，详见图 3.1。

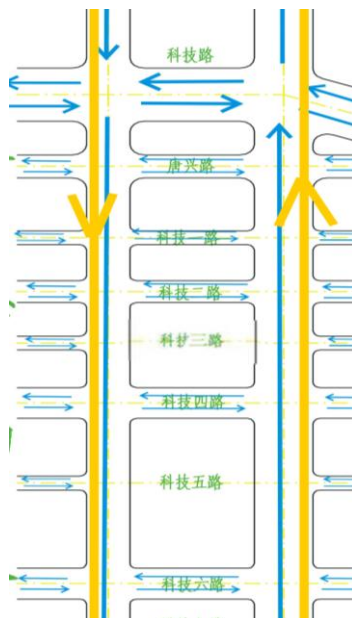


图 3.1 公交边侧式车道设置

形式二是社会车辆单向行驶，公交车辆中央式单向通行，非机动车辆和行人双向形式，公交车辆设置类似于 BRT，详见图 3.2。

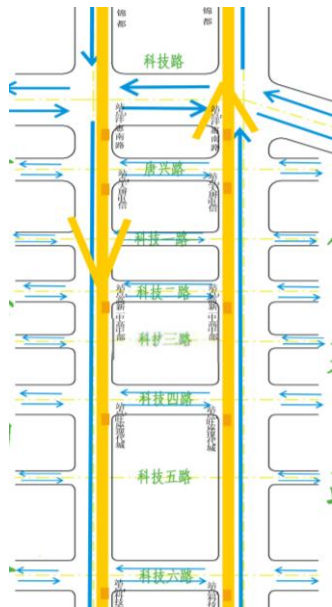


图 3.2 公交中央式车道设置

形式三是社会车辆单行行驶，公交线路较多单行路段公交车辆双向行驶，公交线路较少单行路段公交车辆单向行驶，非机动车辆和行人双向通行，详见图。具体车道布置形式详见图 3.3。

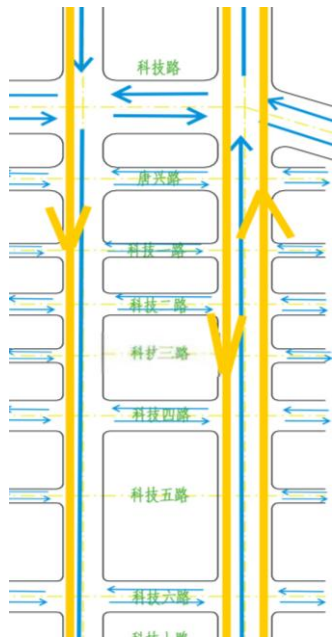


图 3.3 公交双行式车道设置

3.1.2 方案优缺点分析

形式一符合常规出行习惯，单行方案实施简便。单行实施不需要做大的变动，公交线路调整方便，为了满足市民公交出行需要，只需移动东侧道路北到南方向

公交线路至西侧道路。从交通发展角度，该种交通组织方式适合近期交通发展。但是，从长远发展看，不利于公交优先发展，不能提高公交服务水平，阻碍出行方式转变。

形式二有利于吸引公交出行，引导出行方式转变。该种交通组织将两条单行道路联合起来，作为一幅较宽的城市道路，在道路上设置中央式公交专用道，可将公交发展为 BRT 形式。从长远看，有利于公交优先发展，道路改为单行后提高了车速，改善了公交出行服务水平，增加了公交出行吸引力，改变了单行走廊周边出行环境，解决了小汽车出行引起的交通拥堵问题。但是，该种形式需进行道路施工改造。由于设置中央式公交专用道，需在公交专用道上利用绿化带做出公交站台，如果道路没有绿化带，需进行道路施工，压缩部分人行道为公交站台的设置提供道路资源。公交专用道改为初步 BRT 形式后，会吸引较大客流，为了更好的过度到 BRT 形式，公交站台应满足乘客站立需要，站台长度应足够。

形式三实施快速简便。是在单行道路公交线路较多，线路调整工作量大、近期改造难度大、线路调整影响居民出行的情况下实施的。该方案不改变现状公交线网，公交乘客乘车习惯不受影响。但是，公交车辆双向行驶使交通组织复杂化。单行交通组织减少的交叉口交通流向冲突由于公交车辆的逆行又会增加，影响单行交通组织实施效果，不利于单行的交通组织，使交叉口信号相位复杂，引起交叉口绿灯损失时间增加。

通过两种公交车辆通行方式比较发现，两种通行方式各有特点。公交车辆单向通行，由于转移道路一个方向公交线路至对偶路段，增加了乘客乘车步行距离，但是，由于对偶路段间距较小，在城市道路中不算大距离出行，而且，单行线路提高了公交车辆运行速度，改善了公交出行环境弥补了乘车步行距离增加的不足。公交车辆双向通行，严重影响了单行实施效果，交叉口车流冲突造成的延误、车速下降等无法弥补。

3.2 公交站台设置

大力发展公共交通，推行公交优先政策是最合理、最有效地解决城市交通拥堵问题的关键。通过设置公交专用道等利于公交优先的车道设计来满足公交发展，为公交车辆提供最佳的运行环境，提高公交车辆运行速度，将会大大降低道

路拥堵程度。除了专用道条件，与公交运行密切相关的公交交通设施对改变公交运行情况至关重要，公交设施主要指的是公交站台极其所处的空间环境。

3.2.1 常见公交站台问题

常见公交站台主要存在以下问题：

（1）公交车辆进站时会驶入非机动车道，从而与非机动车产生冲突点，不仅影响公交的运行效率而且会对非机动车的安全产生威胁。见图 3.4。



图 3.4 公交车辆进站与非机动车冲突

（2）公交站台位于公交专用道和非机动车道之间，有效地将公交车和非机动车进行空间分离，不仅确保了非机动车的安全，而且提高了公交车的运行效率。但是，公交站台后的非机动车道被社会车辆占用来停车，造成非机动车不得不又回到公交专用道上行驶，未能起到非机动车和公交车空间分离的效果。见图 3.5、图 3.6。



图 3.5 非机动车与公交车辆冲突



图 3.6 社会车辆占道停车

(3) 公交车站台后的非机动车道弯道处设置不合理。非机动车辆在路段行驶变道时，由于道路转弯处没有增设渐变段，给非机动车辆变道造成安全隐患，会影响公交车辆运行情况。如图 3.7 所示。



图 3.7 转弯缺少渐变段

(4) 另外，还有站台和站牌分离，给乘客乘车造成一定不便，影响公交车服务水平。

3.2.2 公交站台改善措施

(1) 移动站台位置，隔离非机动车和公交车。对于人行道较宽的地方，可将人行道压缩出一条非机动车道，见图 3.8。

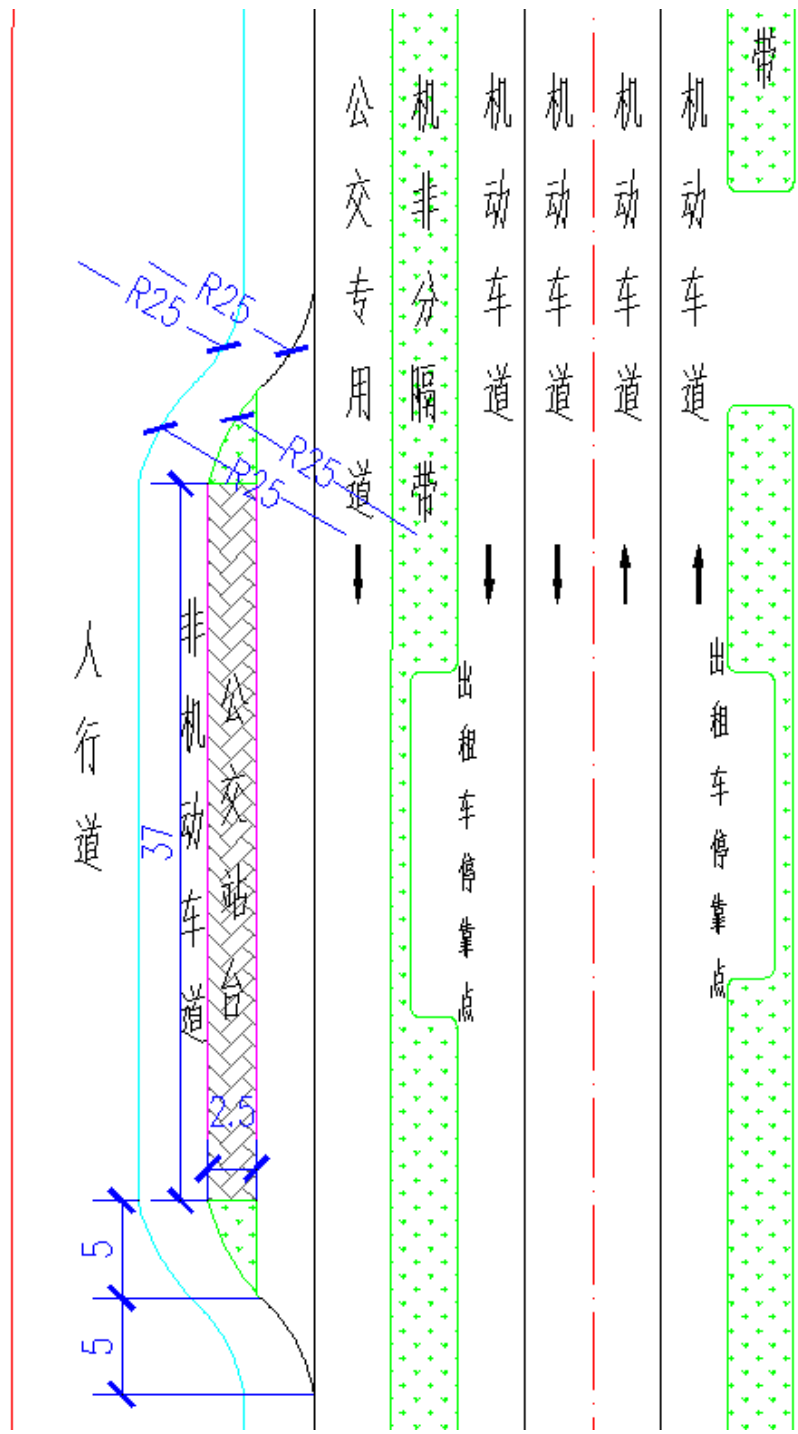


图 3.8 站台改造方案

对于人行道较窄的地方，可将机非分隔带压缩出公交车站台来，人行道和非机动车道宽度不做变化，见图 3.9。

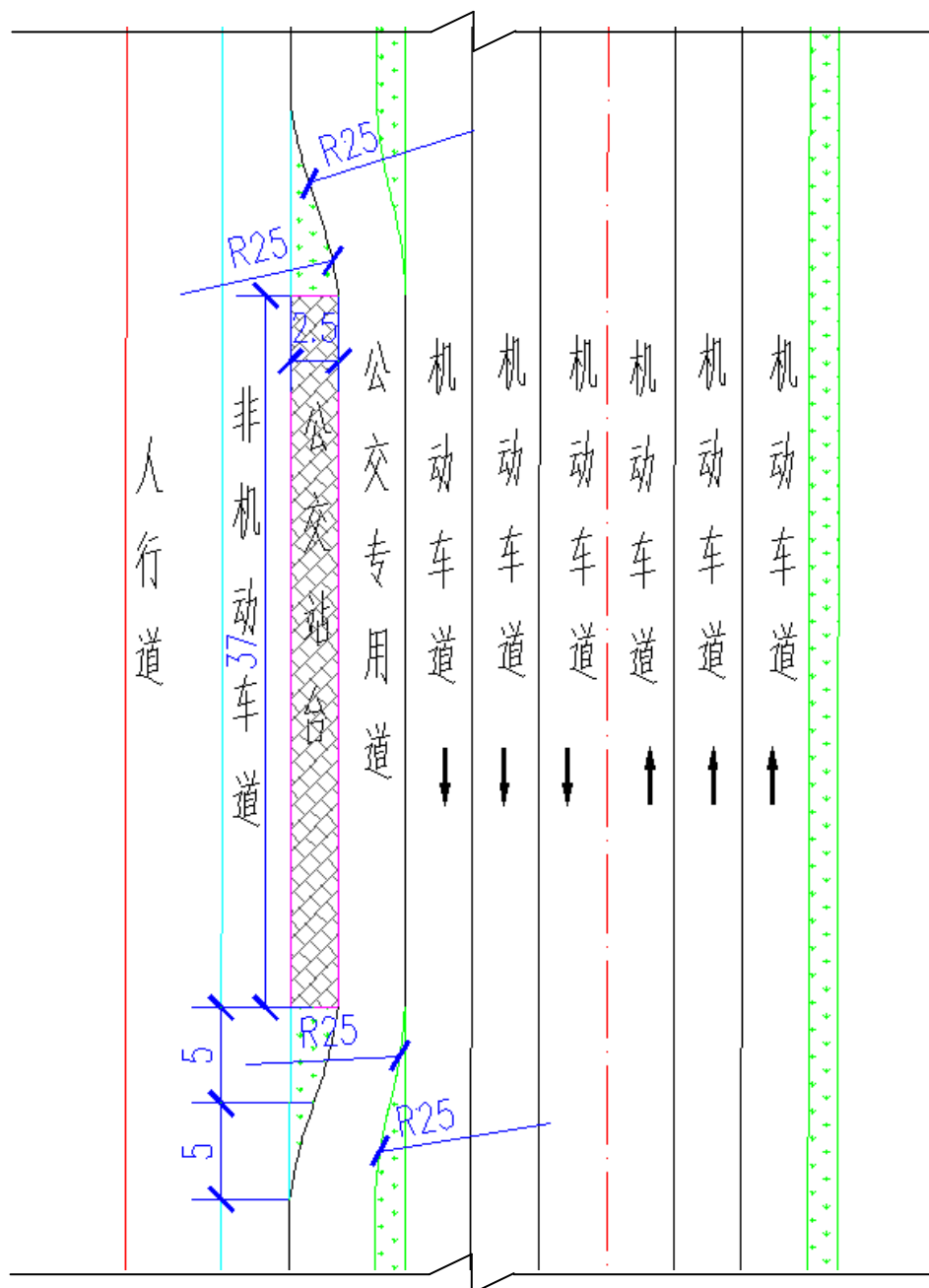


图 3.9 公交站台改造方案

以上两个方案中，公交站台长度均为 37m，可同时停靠两辆公交车，若现实条件允许，可将公交站台长度改为 52m 或 67m，则可提供三或四个停车位，其它尺寸不变。

(2) 在非机动车道上设置渐变段。对缺少渐变段道路，公交车站台后的非机动车道变道处应设置渐变段，其具体形式和尺寸可参考站台设计图。

(3) 取消路边摊位和停车。对于路边占道情况，应加强非机动车道的管理，禁止社会车辆占用非机动车道停车，取消路边摊位，以确保非机动车的安全行驶。

3.3 标志标线设计

由于道路由双行改为单行后，改变了人们的出行习惯，方案实施初期，由于路网不熟悉等情况，可能会引起一定程度的交通拥堵，需要大量的标志标线来引导出行者选择出行道路，使单向交通达到预期效果。

大区域内实施单向交通后道路交通组织复杂，单行实施初期大部分出行者不熟悉路网交通组织情况，会影响单行实施效果。为了引导居民尽快熟悉单向交通路网，安全方便出行，使单向交通组织方案效果更好的实现，标准标线的合理设计极为关键。关于标志标线设计，GB5768 有规范设计要求，标志标线在道路上应用较多，发展已经基本成熟。本章将依据规范设计要求，结合单向交通方案设计需要，从“以人为本，安全出行”角度优化标志标线设计，更好的服务出行者。

单向交通涉及到的标志牌较多，本文主要设计单向路、禁止通行、左转引导标志等。

3.3.1 单行路标志牌设计

城市道路出行参与者包括机动车、非机动车、行人，在单行路网道路上及周边道路设置完善合理的单行标志牌，意义重大。单行路标志牌的优点：**（1）能够使机动车出行者更好地选择出行路径。**出行者在单行路网末端看到单行路标志牌后会在出行路径上有较多选择，可以选择绕过单行路网或者通过，在通过单行路网时对路网交通组织情况能更快熟悉，达到更好的出行效果，也有利于单行方案的实施。**（2）能够使非机动车出行者更加遵守交通秩序。**城市道路交通拥堵部分原因是交通组织混乱，混乱的主要参与者是非机动车。双向通行道路中，非机动车熟悉了道路交通组织规则，在路段行驶及通过交叉口时往往出现占道通行、抢先通过等现象，引起交通混乱。单向交通组织中非机动车往往是双向通行，有一个方向会与机动车通行逆行，单行标志的设置会引起非机动车出行者极大关注，在路段通行及通过交叉口时会更加注意交通组织方式，使单行道路交通组织更加流畅，交叉口车辆通行更加安全。**（3）能够使行人出行更安全方便。**道路单向交通组织不影响行人出行交通规则，但交叉口行人信号灯会有调整，单行路标志的设置会使行人出行及通过交叉口时更加遵守交通规则。单向交通实施后，交通流向减少了，交叉口交通组织相对简单，行人遵守交通秩序使得道路交通更加安全。

(4) **有利于单行路网方案的宣传。**单行实施初期，出行者对路网交通组织不熟悉，在道路周边设置单行路标志会引起居民的关注，出行者会自觉关注单行方案及单行实施情况，对单行路网的宣传及实施有较大推动作用。

针对单行路标志，现状标志牌只有单行箭头，由于在交通出行者中行人占较大比例，部分出行者不了解单行标志牌意义，因而会影响单向交通的实施效果。为了使单行效益最大化，体现以人为本设计理念，实现出行安全方便化，本文对单行路标志进行了改进，使单行路标志牌更加醒目。具体方法是将规范规定的单行路标志牌与单行路 3 个字相结合，保证全部出行者理解单行标志，使出行者出行更加安全。详见图 3.10。

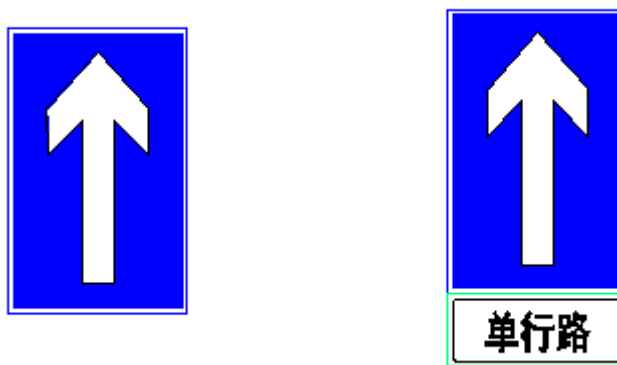


图 3.10 单行路标志牌优化图

3.3.2 前引式左转标志牌设计

交叉口交通组织主要是由于各流向交通冲突引起的，交叉口交通流交织主要有分流、合流、冲突三种，如图所示。交通流的交织引起交通混乱，交叉口交通组织主要是解决交织问题，减少交织能减少交叉口延误，增加车辆有效通过时间，合理利用交叉口。

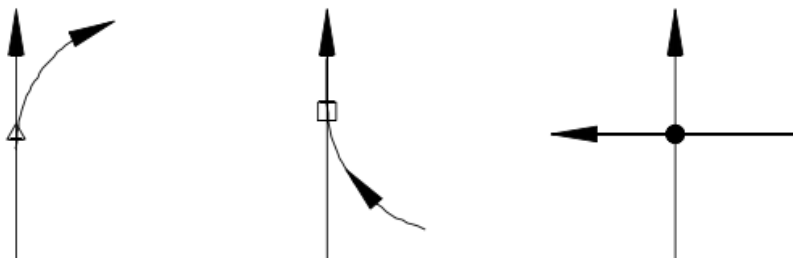


图 3.11 道路交叉口交织形式

双行道路交叉口交通组织复杂，一般用复杂性来表示交叉口复杂程度。根据

前苏联相关研究^[22]，计算复杂程度需要分流点个数、合流点各数、冲突点各数，对于各种交织需要选取相关系数，分别选取对应换算系数分流点为 1，合流点为 3，冲突点为 5，复杂性指标 A 计算公式为公式(3.1)：

$$A = n_B + 3n_M + 5n_C \quad (3.1)$$

式中： n_B 、 n_M 、 n_C ——分别为交通流在交叉口内的分流点、合流点和冲突点数。

根据交通枢纽复杂性指标来评价交叉口复杂程度。具体分类见表 3.1。

表 3.1 复杂程度表

指标 A 值	复杂程度
10~20	简单
25~55	中等
>55	复杂

交通组织方式有单行通行和双向通行两种，从图可以看出双向通行交叉口交织点很多，远远多于单向通行交叉口，单向通行交叉复杂指标远低于双向通行交叉口。单向通行 4 交叉口交织点数目小于双向通行 1 个交叉口交织点数目。

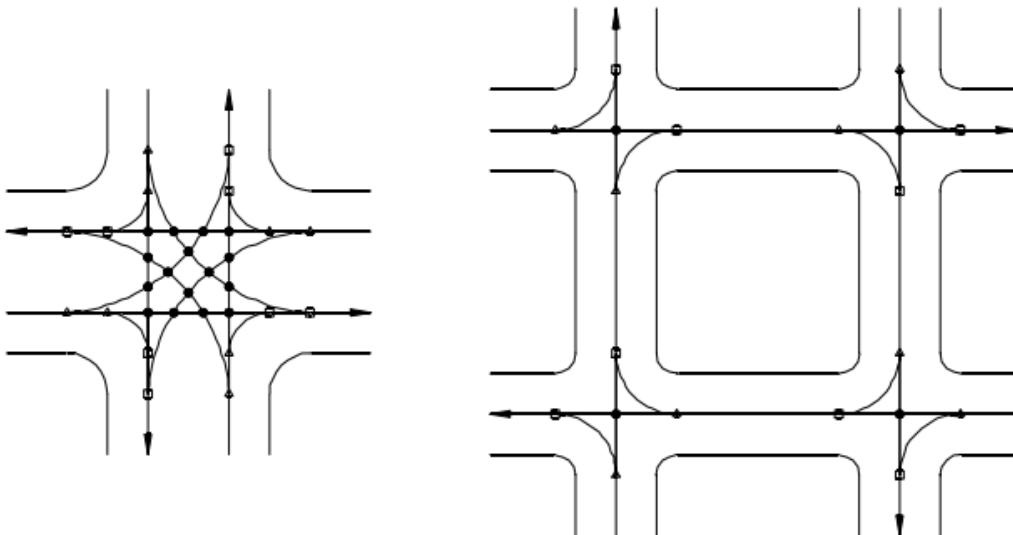


图 3.12 交叉口复杂程度比较图

从上图可以看出，单向通行 1 个交叉口分流点为 2 个，合流点为 2 个，冲突点为 1 个；双向通行 1 个交叉口分流点为 8 个，合流点为 8 个，冲突点为 16 个。考虑复杂程度计算换算系数后，单向通行 1 个交叉口复杂程度为 13，双向通行 1

个交叉口复杂程度为 112，单向通行交叉复杂程度仅为双向通行交叉口复杂程度的 12%。具体计算数值见表 3.2。

表 3.2 交叉口复杂程度计算

名称		交错点数							
		双向交通				单向交通			
		分流点 (n_B)	合流点 (n_M)	冲突点 (n_C)	合计	分流点 (n_B)	合流点 (n_M)	冲突点 (n_C)	合计
一个交叉口	实际数值	8	8	16	32	2	2	1	5
	考虑相关系数时	8	24	80	112	2	6	5	13
四个交叉口	实际数值	32	32	64	128	8	8	4	20
	考虑相关系数时	32	96	320	448	8	24	20	52

通过以上分析发现，为了简化交叉口交通组织，应当减少交叉口交织点，进行单向交通方案设计时，单行路网所有交叉口应当禁止左转。采用前引式左转分流交叉口左转交通流，交叉口左转车辆直行至下一路口时掉头后再右转实现左转。为了引导左转车辆合理选择路径，在交叉口设置左转引导标志牌，提示左转车辆选择路径分流。左转引导交通牌设计与规范设计标志结合，在规范标志牌下方加注“左转车辆请直行至下一路口掉头”，使驾驶员提前做好准备，及时分流。左转标志牌设计图见图 3.13。

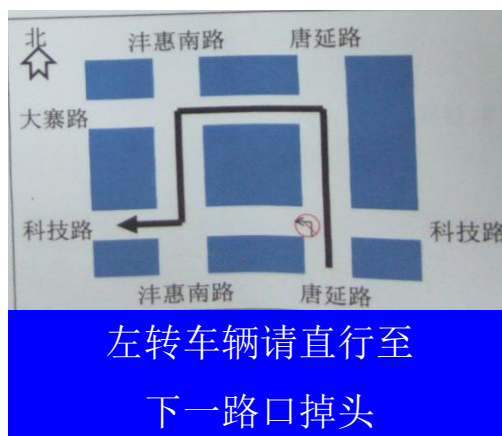


图 3.13 左转标志牌设计图

3.3.3 禁止通行标志设计

为了不影响单向交通实施效果，一般在有公交车辆通行的路段，公交车辆通

行方向应该与单行方向一致。但是，有些路段上公交线路较多，取消公交车辆双向通行会影响居民出行，公交调线会给公交运营企业带来大量繁重工作，同时会给企业造成较大损失，因此，公交线路的双改单应结合道路及交通流量实际情况来实行。针对单行路段上公交车辆双向通行，应从以下几方面来完善交通组织。

设置单向交通的路段，在与单行通行方向相反的车道上应设置禁止通行标志牌，当公交车辆逆向行驶时，会误导其他车辆通行，公交车辆转弯进入公交专用道逆向行驶时，会诱导其他车辆跟随公交车辆转弯逆向行驶，造成极大安全隐患，同时会引起交通拥堵，降低单向交通实施的交通效益。为了减少该现象引起的负面效应，本文结合单行路网情况，在规范规定的禁止通行标志牌上做了改善，将标志牌与“公交车除外”文字相结合。完善后的标志牌避免了其他车辆行驶的误解，同时，使公交车辆逆向通行更合理安全。具体标志牌设计图见图 3.14。



图 3.14 公交车辆逆行标志牌

3.4 交通组织

3.4.1 设计方法

在进行实地观察的情况下，根据《城市道路设计规范》和《城市道路设计手册》中的规定，按照图 3.15 所示方法，从以下 5 方面进行交叉口交通组织：

- (1) 完善交叉口几何构造；
- (2) 加强交通管制；
- (3) 完善道路标志、标线；
- (4) 完善交通控制；
- (5) 完善行人过街安全设施。

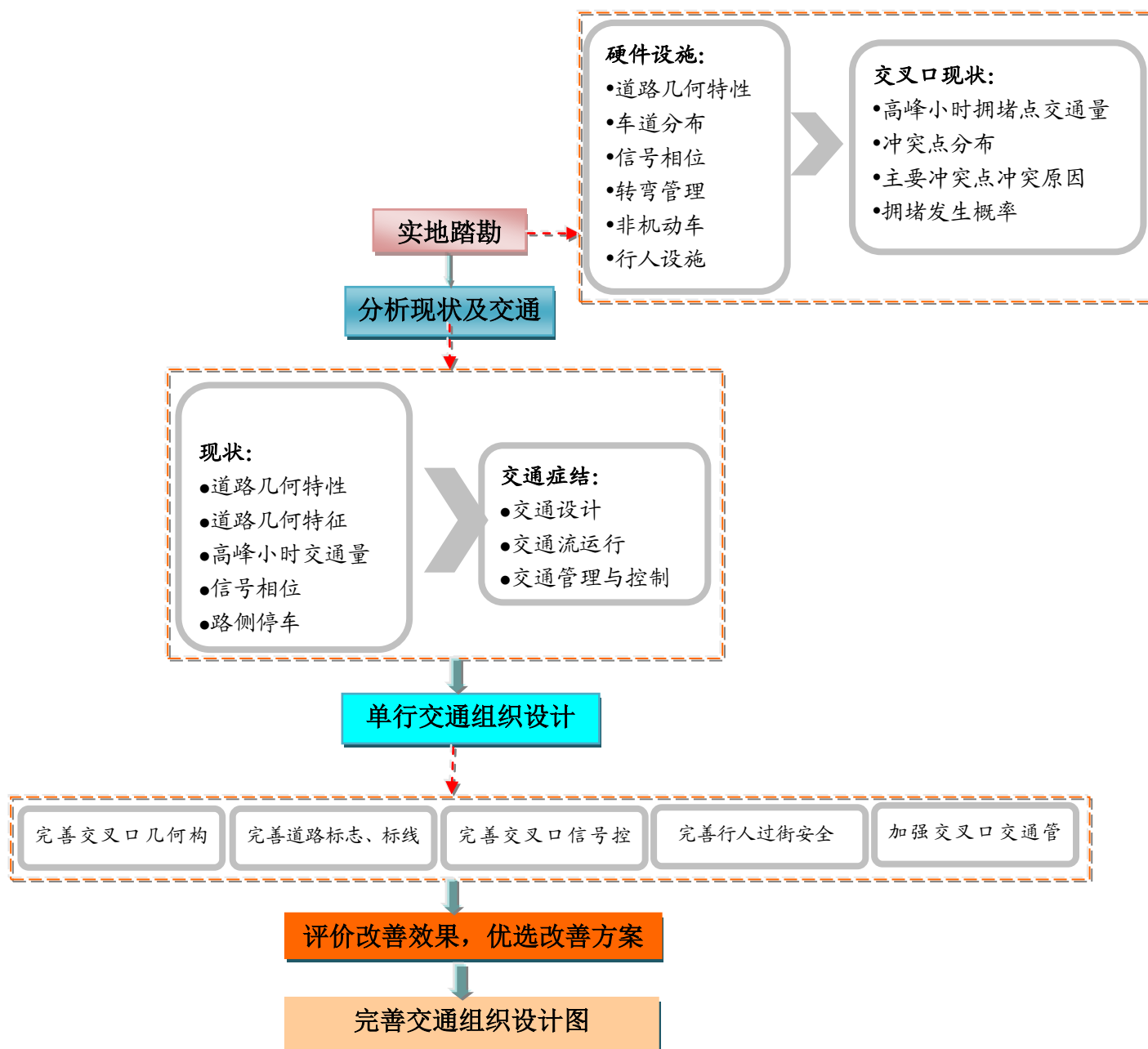


图 3.15 交叉口交通组织研究方法

3.4.2 设计步骤

交叉口交通组织设计一般经过现状普查-典型交叉口选定-方案设计-方案优化-绘制交通组织图等 5 个步骤，详见图 3.16。

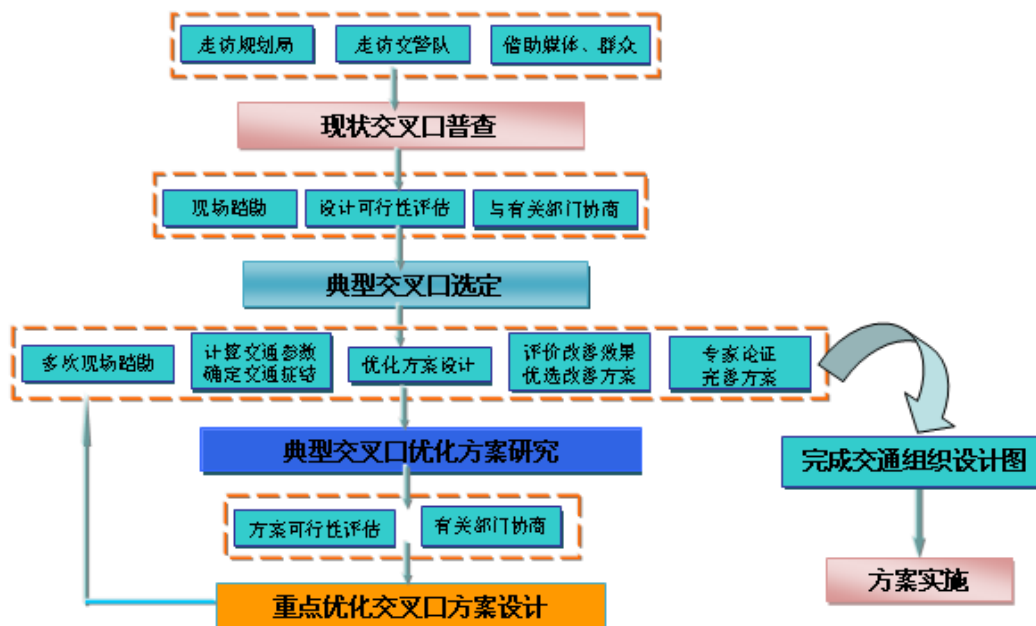


图 3.16 交叉口交通组织研究方法

3.4.3 交叉口非机动车、行人交通组织

单行道路交叉口交通组织设计主要是交叉口渠化，一般交叉口设计注重车辆通行，对行人和非机动车路权考虑不足，本文交叉口交通组织设计在考虑使机动车快速安全通过交叉口的同时，更加注重“以人为本”，细化交叉口处非机动车和行人交通组织，保障其路权，减少掉头车辆与非机动车和行人的冲突。渠化主要从包括标志标线设计、行人和非机动车交通组织、掉头车道设计、交叉口内部非机动车和行人等待区设计等方面。

(1) 标志标线设计

本文从完善标志标线设计角度，优化了规范中的标志牌等，在单行道路交叉口设置了完善的标志牌，更多从作为出行弱者的行人和非机动车角度考虑，使交叉口通行更安全。标志牌主要包括禁止左转、禁止右转、单行路、让行、掉头、左转引导、禁止通行等，如图 3.17 所示。

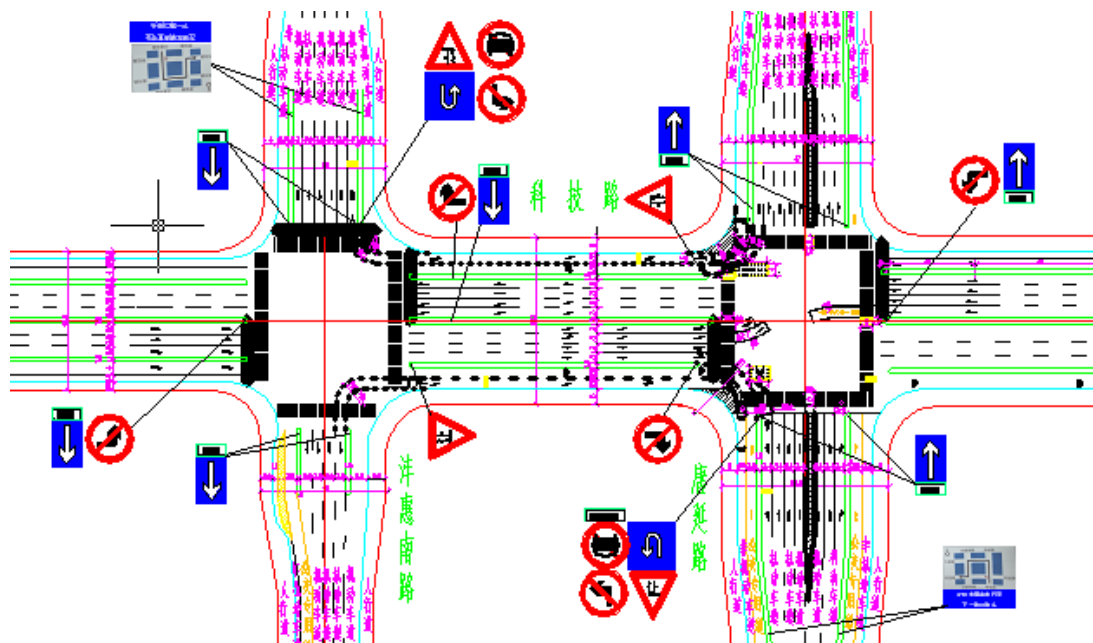


图 3.17 交叉口标志牌设计图

从上图可以看出，单行区域相连交叉口及道路周边需要设置较多标志牌，具体数据见表 3.3。

表 3.3 交叉口标志牌数目统计

标志牌名称	数量（个）
单行路	11
禁左	4
禁右	2
禁止通行	1
禁止通行（公交车除外）	1
掉头	2
让行	4
左转引导	4
合计	29

（2）掉头车道设计

为了减少交叉口处各种交通冲突，单行路段交叉口禁止左转，需要在连接两条单行道路的分幅路段上设置掉头车道，解决车辆左转问题。掉头车道设置在非机动车道内侧，沿着路缘石转弯通行。单行交叉口进口处设置掉头标线及掉头标志牌，提示掉头车辆提前换道通行，避免错过掉头车道和引起交叉口排队。

为了避免非机动车与掉头车辆冲突，采取以下方式：（1）在非机动车道与掉头车道间设置柔性柱，选取2020*120*48mm镀锌管，在镀锌管上挂上铁丝网，避免非机动车今天掉头车道。为保证非机动车安全，立柱应埋入地下1470mm；（2）在掉头车道进出口设置减速带，强制掉头车辆减速，保障道路交叉口处非机动车和行人安全。

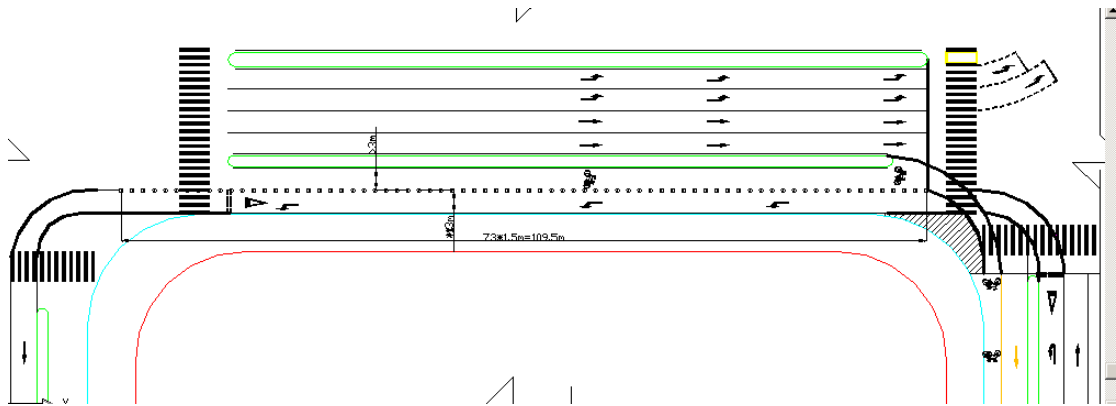


图 3.14 掉头路段设计

（3）交叉口处非机动车和掉头车道冲突解决

由于调头车道的设置，交叉口处会产生非机动车右转和掉头车辆冲突点，为了解决冲突，避免不安全行为发生，在交织点处渠化非机动车右转和车辆调投导流线，机动车转弯半径尽可能小，以降低调头车辆转弯车速，车辆运行路径必须沿着导流线，避免了冲突。另外，在交叉口进口处设置让行标志牌和停车让行标志，提示机动车避让行人和非机动车，体现“以人为本”理念。

（4）交叉口非机动车和行人交通组织

行人和非机动车通过交叉口时没有交通秩序，会引起交叉口交通混乱，影响交叉口通行能力。本文在合理渠化机动车通行线路后，对非机动车和行人交通组织进行了人性化设计，方便非机动车和行人安全通过交叉口。渠化主要包括以下几个方面：

在交叉口四个角上画出车道导流线后渠化处行人等待区，减少了行人同交叉口的距离，使行人通行更安全；

双向超过四车道的交叉口，在道路中央斑马线上设置行人等待区，宽度大于两米，长度与斑马线长度一致；

在交叉口内部渠化非机动车等待区，等待区设置在右转和直行导流线之前，

避免了与交通流向的冲突。在非机动车等待区内部根据自行车长宽尺寸分布等待区域，使非机动车排队有序，减少了混乱，使交叉口交通流向安全有序。

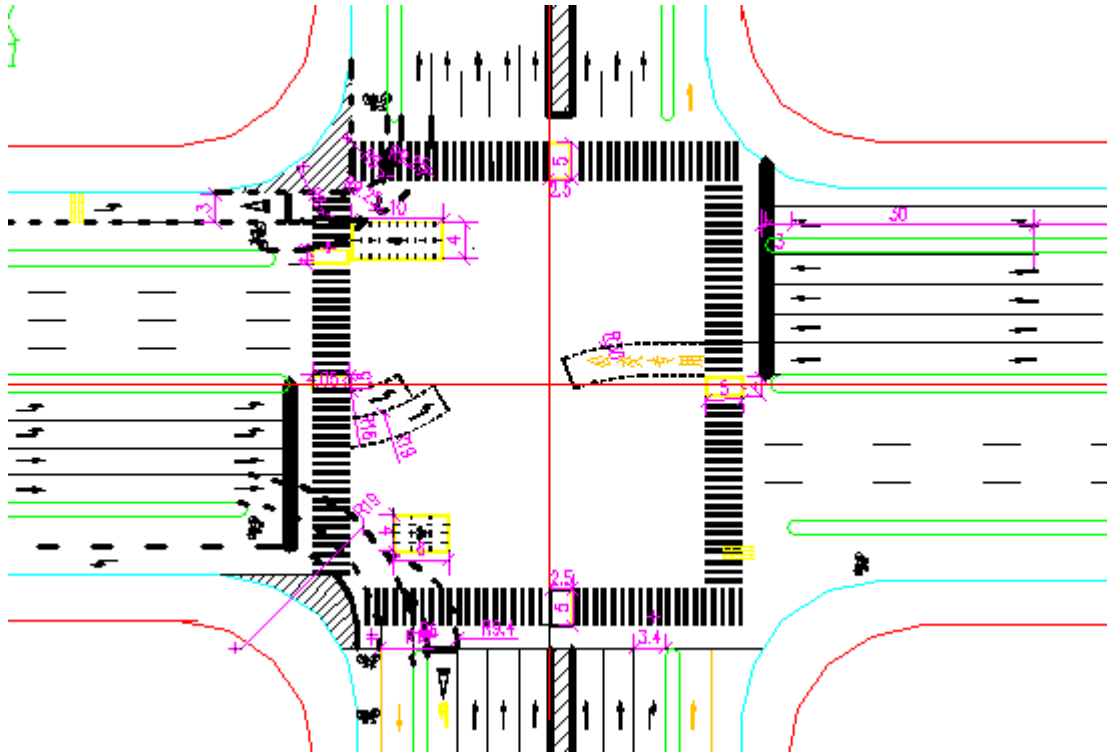


图 3.15 交叉口交通渠化图

(5) 单行端点交叉口交通组织

单行节点交通流量大，交通组织及其重要，以实例做具体分析。图中交叉口南进口为单行终点，6 车道；北进口为双向通行路口，双向 9 车道；西进口为单行起点，双向 6 车道，由于北进口交通量极大，为了使单行起点交通组织简单并满足交通量需求，将西进口道路改为由东到西单向通行。

北进口直行交通量较大，改为单行后，大部分交通量要右转至大寨路后再左转向南通行，因此，在大寨路上设置 3 个左转车道以满足左转交通量需求；由于北进口车流右转至大寨路后交通主流向为左转和直行，大寨路路段长度为 115m，为了避免交叉口交通拥堵，将大寨路车道仅设置为直行和左转，在非机动车道上设置右转车道，减少右转车流占用道路资源，增加了交叉口通行能力；南进口左转交通量较大，如果在交叉口禁止，则左转车辆绕行距离较大，因此，在交叉口渠化出左转待转区，待转区边缘线与大寨路最南侧直行车道边缘线相接，使左转车辆直接转至直行车道后向西通行，结合信号相位控制，分离了南进口左转与北

进口右转车辆，减少了冲突；南侧非机动车由西向东方向左转向北方向交通流较多，通过渠化交叉口内部非机动车专用道，使非机动车通行更安全。

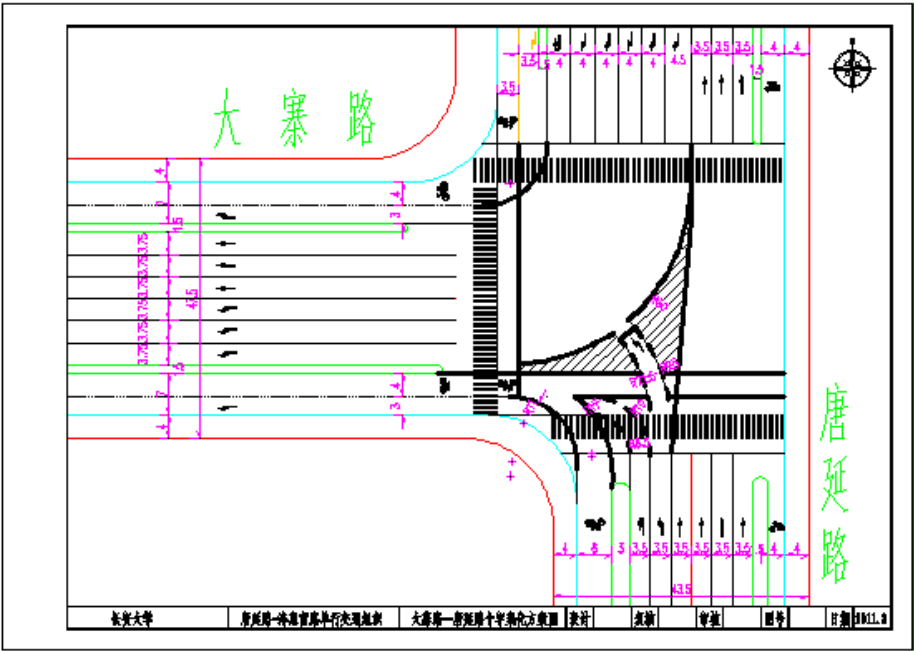


图 3.16 单行端点交叉口交通组织设计图

由于该交叉口交通量极大，信号配时应通过信号相位分离各交通流向，避免引起交通流交织，减少冲突点，降低交叉口延误时间。将两个交叉口信号配时结合起来，并设计相位差，交叉口相位差为 10s。具体配时方案如下。

表 3.4 大寨路交叉口配时方案

	大寨路-沣惠南路	大寨路-唐延路
相位一		
绿灯时间 (s)	60	56
相位二		
绿灯时间 (s)	22	26
周期(s)	88	88
黄灯时间(s)	3	3

3.5 公交车辆逆向通行交通组织

(1) 交叉组织

公交车辆逆向通行进入公交专用道时有三种流向：直行从相连接路段进入、右转进入、左转进入。如图。针对左转进入公交专用道的公交车辆，在交叉口内直行车道上设置公交车辆专用的左转待转区，为了方便左转公交车辆通行，结合左转公交车辆数数据，特别设置信号配时方案。

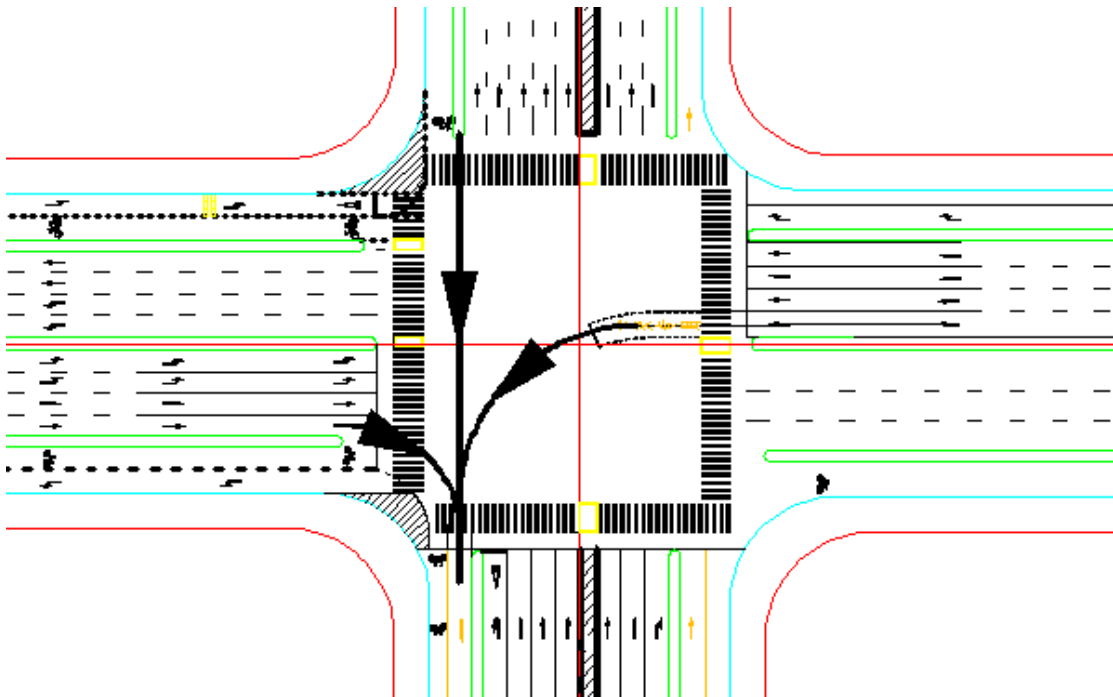


图 3.17 单行路段公交车辆进入专用道方式图

(2) 信号配时

采用三相位，第一相位为东进口方向所有类型车辆直行、右转和公交车辆左转通行，第二相位为南进口方向所有类型车辆直行、右转、掉头和北进口公交车辆直行，第三相位为西进口方向所有类型车辆直行和左转。如图所示 3.18。

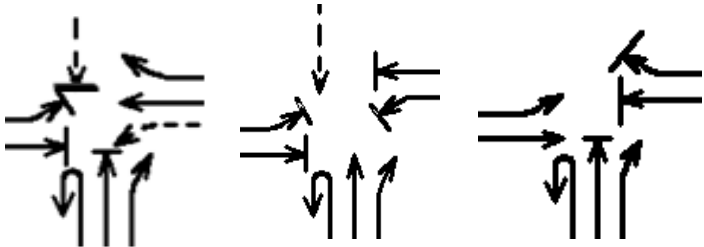


图 3.18 三相位信号相位图

3.6 左转流量大解决方案

实施单行后，由于交叉口禁止左转，使左转交通流转移至下个路口，造成部分交叉口左转交通较大，当单行对偶路段间距较小时，左转交通流排队长队会超过路段，造成交叉口拥堵，甚至影响周边道路通行，引起负面效应。

为了解决单行路网左转交通量大引起的交通拥堵问题，通过增加左转车道和调整信号来增加左转交通量通过交叉口的有效时间。如图 3.19 所示，与单行相交路段左转车辆通行时，在通过东侧单行交叉口时，由于单向交通组织，该交叉口禁止左转通行，左转车辆直行应直行至西侧交叉左转，两个交叉口的左转交通量集中在同一个交叉口，对于交通量较大交叉口，容易引起拥堵排队。

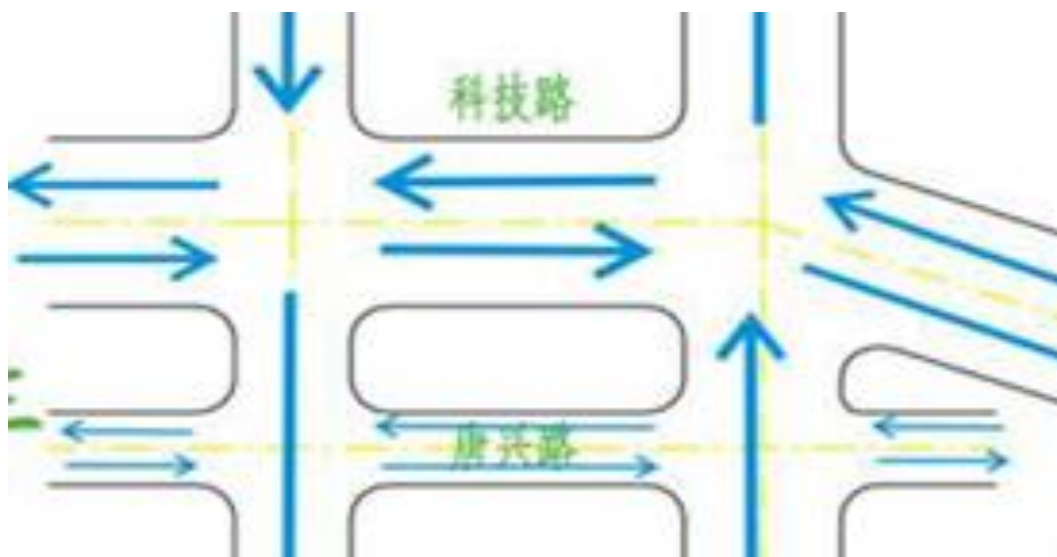


图 3.19 左转交通分流图

针对左转交通量大的问题，通过两种方式来解决：（1）在不影响直行交通流通行的情况下，增加东西方向道路左转车道，增加专左或直左标线。如图 3.20 所示。（2）在交叉口设置左转待转区；如图 3.20 所示。（3）调整信号相位。如表 3.6 所示，对于两相位交叉口，相位一东西方向通行时允许左转通行，相位二南北方向通行时，东西东进口左转车辆也可以通行，这样增加了左转车辆通过交叉口的有效时间。对于三相位交叉口，相位一东进口允许左转车辆通行，相位二北进口放行时允许东进口左转车辆通行。同时两个相邻交叉口做个信号联动，保证东边交叉口的车辆在绿灯时间内大部分能通过西侧交叉口，减少连接路段处车辆排队。

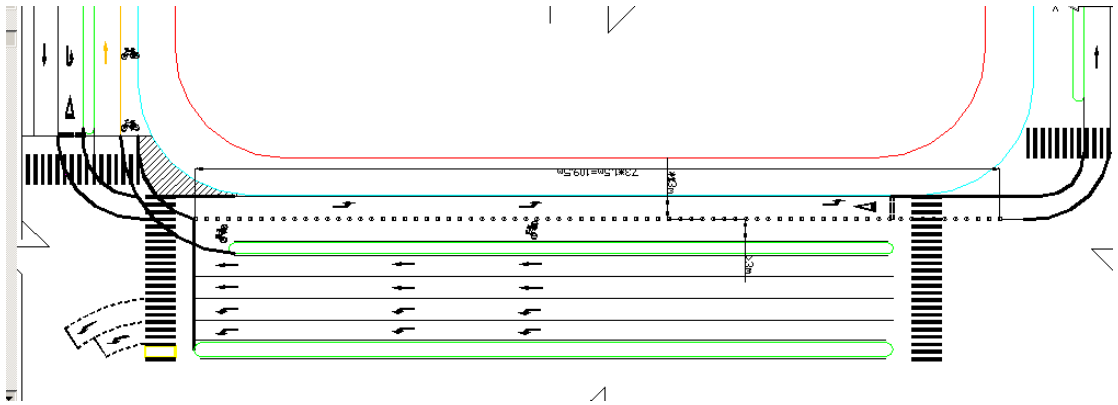


图 3.20 左转车道渠化图

表 3.6 解决左转流量信号配时

相位	相位一	相位二	相位三
两相位			
三相位			

3.7 路边停车问题解决方案

城市道路路边占道停车会影响车辆通行，造成交通拥堵。单行区域两条对偶路段车道数相同，通行能力接近时会取得较好的运行效果，当一条单行路段上由于路边停车占道降低了道路通行能力、造成部分路段交通拥堵时，会在单行区域形成拥堵节点，影响整个单行区域的通行。因此，单行路段解决路边停车问题至关重要。

单行区域路边停车有两种：一是长期路边停车，如在路边设置专用停车位等；一是临时停车，如学校周边路段上下学期间接送学生车辆。两种停车都会降低单行路段通行能力，影响通行效果，尤其是接送学生车辆，由于上下学时间为交通高峰小时，道路交通量极大，临时停靠车辆占道停车占用一个车道严重影响了单行道路通行效果。

为了解决路边停车占道问题，采取以下方式：（1）取消单行路段路边停车位；

(2) 在学校附近次干道及对道路通行影响不大区域设置限时停车位，鼓励家长即停即走，并设置限时停车标志牌，仅在上下学时间允许停车，如图 3.21 所示；

(3) 在单行路段周边区域设置停车场，增加停车位，解决单行路段周边单位停车困难问题，从根本上解决乱停车。

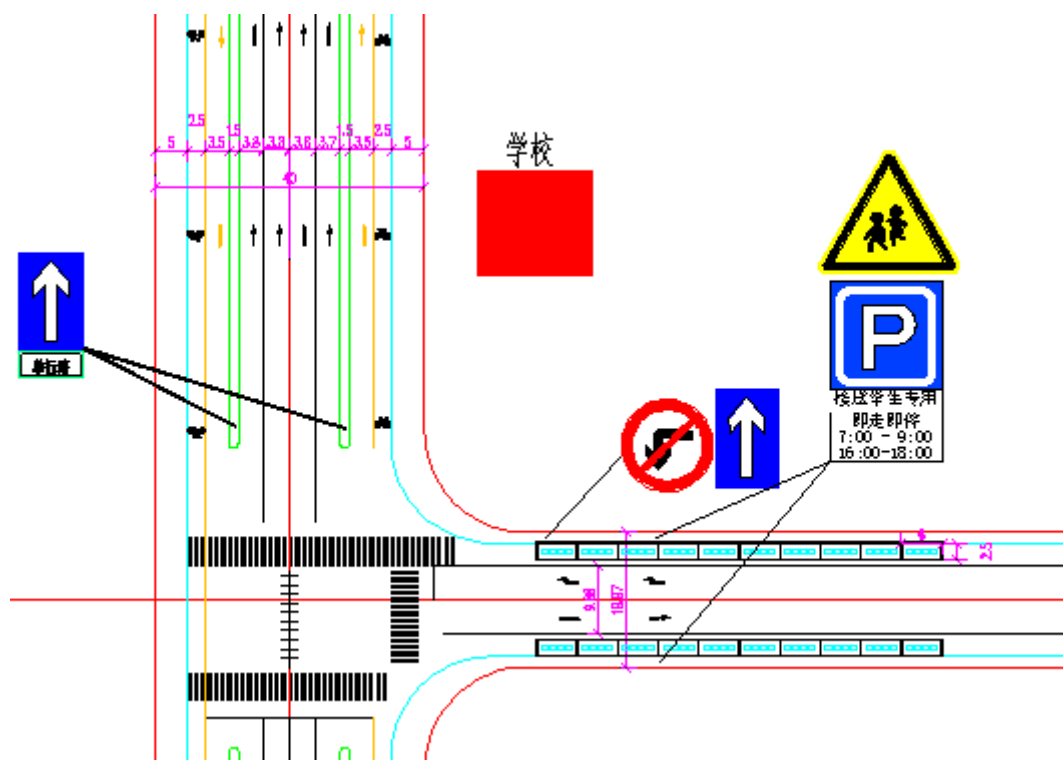


图 3.21 停车问题

3.8 信号联动控制研究

单向交通一般是根据每个交叉口交通量情况来确定信号配时方案，给交叉口之间信号协调较少考虑，但是单行路网在一定区域内交叉路段才能取得更好的效果。各交叉口信号不协调会影响交叉口通行能力，两个相邻交叉口间信号周期相差加大或者信号相位不协调会引起交叉口甚至单行路段整个区域交通拥堵，因此，单行路网信号配时考虑信号联动控制很有必要。

单向交通信号配时采用联动控制，使各交叉口协调形成绿波，降低了车辆通过交叉口的信号延误时间，提高了单行区域车速，减少了交通拥堵，增加了单向交通效益。根据具体路网情况，对信号联动控制进行研究。具体方法是各交叉口根据交通量情况结合英国法进行信号配时，依据“单行路网相邻交叉口选取接近的周期值”的原则，对根据交通量计算出来的信号配时方案进行调整，在各交叉

口周期及绿灯时间的配时方案确定后，确定各交叉口相位差。

单向交通路网交叉口相位差的确定方法为：（1）根据现状调查情况，整理各交叉口物理间距；（2）将各交叉口绿灯时间、红灯时间及黄灯时间以不同颜色表示进行叠加累积形成各交叉口信号配时图，各交叉口依次绘制好信号配时图；（3）计算斜率。斜率=单行区域长度（m）/单行区域车辆运行速度（m/s），根据调查数据，确定斜率值，斜率线方向为单行车辆运行方向；（4）移动斜率线，使各交叉口绿灯时间尽可能多的落在斜率线之间；（5）制作确定相位差的计算坐标图。以各交叉口间距离（单位为米）为横坐标、相位差时间（单位为秒）为纵坐标，将各交叉口信号配时图放在交叉口对应间距的横坐标轴上；（6）移动横坐标轴，使其与交叉口配时图上斜率线最低端的信号配时红灯时间起点相连；（7）依次量取各交叉口信号配时图红灯起始点到横坐标轴的距离，确定相位差时间值。

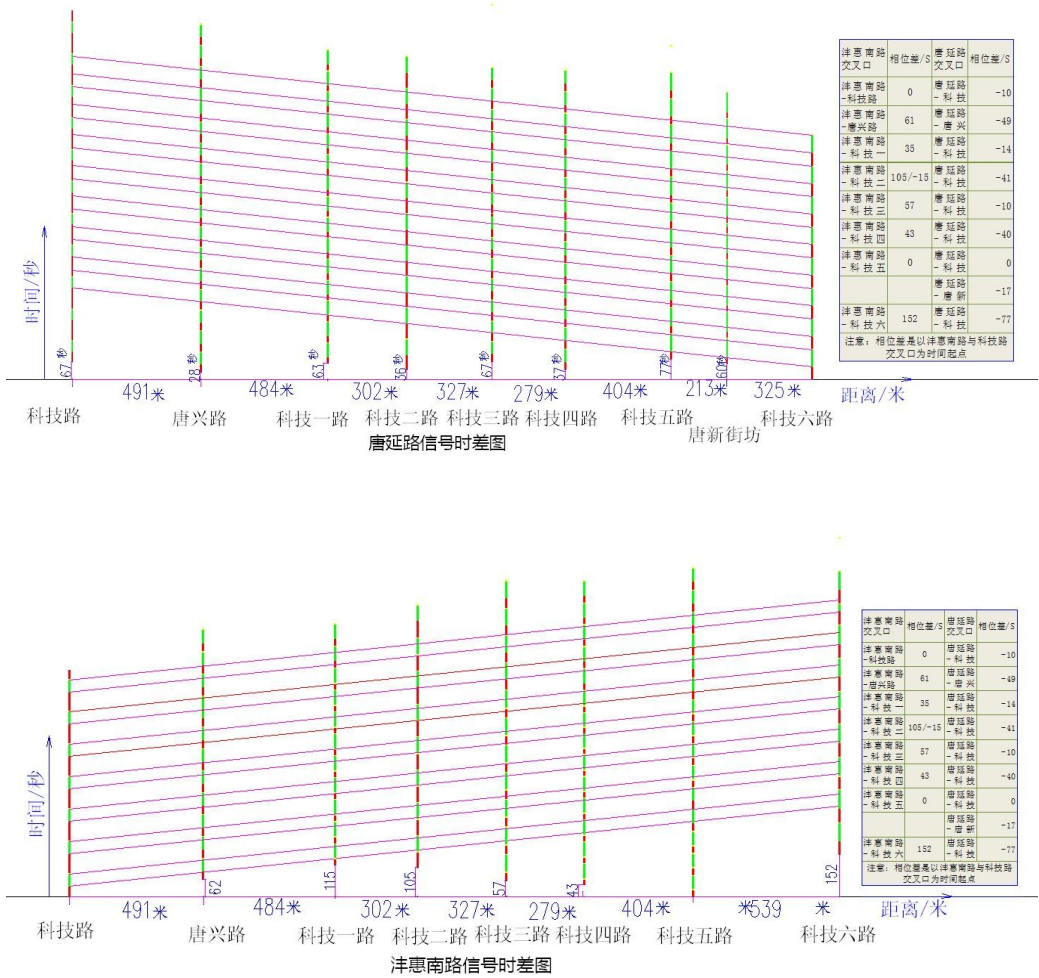


图 3.22 联动控制信号坐标图

3.9 触摸式信号灯设置

在没有车流交织的交叉口，由于有行人过街需要，需设置信号灯或者架设人行天桥使行人通行。在行人交通量较小的交叉口，行人绿灯时间应尽可能短，避免交叉口有效时间的浪费。在行人特别少的交叉口，架设人行天桥费用较高，会造成资源浪费，可设置触摸式信号灯，当行人有过街需要时可触摸信号灯，等待绿灯放行。既避免了行人混乱通过交叉口的安全问题，又增加了交叉口机动车通行的有效时间。触摸式交通信号灯应在道路两边都设置，以方便行人通行。如图 3.23 所示。

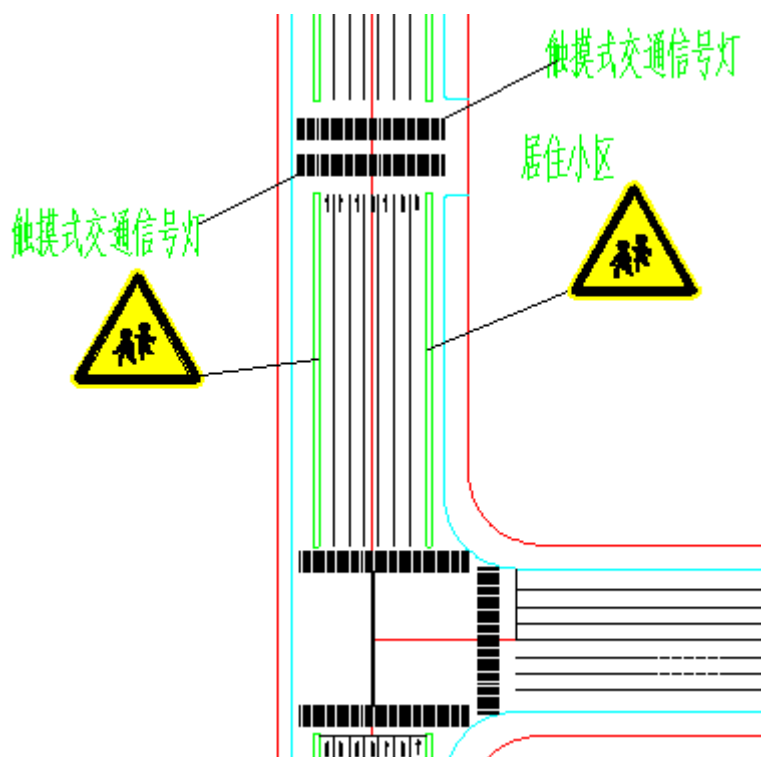


图 3.23 单行路段触摸式信号灯

3.10 本章小结

本章从车道设置，标志标线设计优化，解决左转流量较大交叉口拥堵问题，从非机动车和行人优先角度进行交叉口交通组织设计，改善单行路段公交站台，根据交通流情况研究交叉口信号配时等方面进行单行交通方案设计优化，详细分析了单行交通设计中的一些细节问题。

第四章 单向交通仿真与方案评价

4.1 单向交通仿真

4.1.1 交通数据采集

交通仿真需结合路网情况，仿真模型需建立在实际道路交通情况基础上。单行方案设计需多次进行交通调查，调查主要在以下阶段：方案研究阶段、方案设计阶段、方案完善阶段、试运行期间、方案实施后。

方案研究阶段调查内容包括：（1）单行路段沿线**交叉口交通量、信号配时、道路条件调查**，通过基础信息调查熟悉道路交通情况，为方案分析提供依据；（2）单行路段**左转较大点左转交通量**调查，选择左转交通量大点，为处理左转交通流提供依据；（3）采用车牌照法调查**单行路段起终点不同流向流量**，为单行方案交通组织中车道设置、信号配时等提供依据；（4）单行路段**过境交通量调查**，分析道路单行可行性以及单行对周边道路影响；（5）**单行路段周边道路流量、信号配时、道路条件调查**，通过了解周边道路交通情况，分析单行对周边道路影响并为完善设计方案做准备。

通过方案研究，对单行路段交通情况了解后，方案设计阶段分流点选择、交通拥堵点解决办法等问题需进一步对部分交叉口交通情况进行调查，调查内容主要是**交叉口交通量、信号配时、道路条件**。

方案设计完成后，会与国内交通专家、交通规划部门、交通管理部门、交警队、公交公司等交通相关部门进行多次讨论，针对各方面意见需对设计方案进行完善，对设计中考虑不足的方面需进一步调查道路交通情况，细化完善交通设计方案。主要包括：交叉口道路断面、车道分布、公交站点、红绿灯相位、转弯管理、非机动车、行人设施、停车设施等方面硬件信息调查。

方案完善后，需要在现状道路上试运行一段时间，根据试运行情况，进一步完善方案，并对方案运行效果进行评价。调查内容主要包括：a) 单行路段沿线各交叉口交通量调查；b) 单行路段沿线交叉口延误调查；c) 单行路段沿线交叉口信号配时调查；d) 单行路段车速调查；e) 单行路段存在问题及解决方案。

4.1.2 交通仿真软件

（1）道路交通情况仿真软件

交通运行情况仿真主要采用德国 PTV 公司的 VISSIM 软件对现状及方案进行比较。在仿真中，模型的参数选择非常重要，主要影响指标包括 t （饱和流平均车头时距）/s 和 V （期望车速）/km·h⁻¹，指标参数值根据交叉口的实际调查选取。

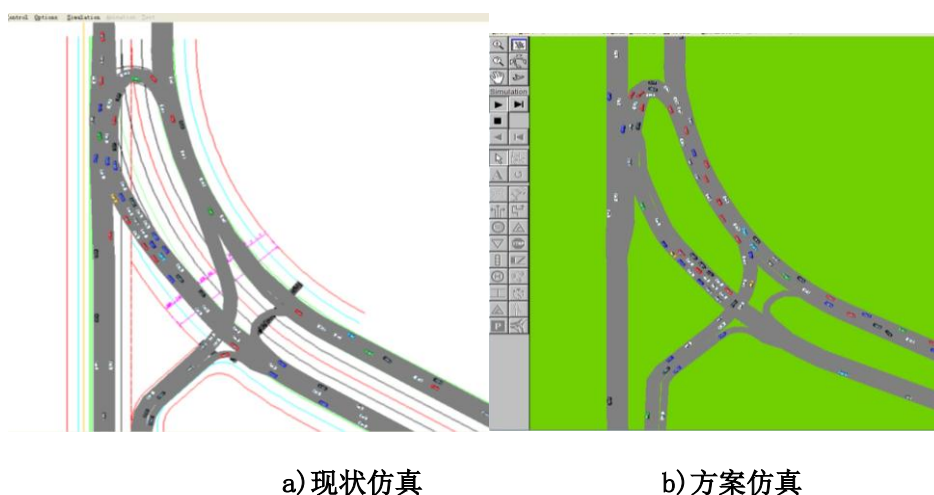
仿真步骤：

- 根据现状路网，建立仿真路网；
- 设置仿真模型车速、车头时距、信号优先、通行优先的参数；
- 输入交通流数据；
- 根据路网运行交通仿真模型；
- 输出延误、通行能力等运行评价指标数据；
- 根据模型评价指标数据调整信号配时、方案设计等具体细节。

（2）交通信号配时仿真软件

交叉口信号配时及单行路网中信号差主要采用台湾的 Synchro 软件进行调整，该软件在路网运行效果最佳基础上给出各交叉口的最佳配时方案及各交叉口相位差。

利用交通仿真软件，对唐延路道路交通仿真。对科技路、大寨路交叉口进行交通仿真，通过延误数据分析科技路更适合作为分流点；对单行后部分交通节点进行仿真。单行后冲突点处主要交通流量变化不大，单行后对交通影响不大。对单行节点进行交通仿真，评价单行交通效果，对交叉口交通组织及信号配时进行优化。图 4.1 为唐延路盘道交通仿真。



a) 现状仿真

b) 方案仿真

图 4.1 唐延路盘道交通仿真

4.1.3 交通信号仿真软件优缺点分析

仿真软件为方案选择和优化提供了参考依据，但是由于仿真模型参数众多，理论与设计存在一定误差，仿真效果只能参考不能完全依靠，方案的优化要更注重道路交通实际情况。通过仿真软件研究，发现一般仿真软件存在以下特点：

优点：

- VISSIM 软件能较好的反映道路交通运行情况，为单行道路节点选择、关键道路节点交通运行组织、信号相位选择提供合理依据；
- Synchro 软件在信号配时方面功能强大，能在道路最佳运行基础上给出最优信号配时方案，包括信号相位、信号时间及相位差，在单个交叉口信号配时中结论较准确。

缺点：

- VISSIM 软件软件运行参数较多，参数对运行指标影响较大，调整运行参数，引起运行效果较大变动；
- VISSIM 软件不能自动提供最佳信号配时方案；
- Synchro 软件不能提供多种道路功能的交通仿真，提供的信号配时周期较多，与实际交叉口信号相位不服。

总体来说，VISSIM 软件仿真效果更佳。

单向交通方案目标的实现情况如何，需要通过试运营期间大量的观察与交通运行指标、服务水平指标、交通运行绩效改善指标、交通影响情况的测算，为是否应该全面实施单行方案的决策提供充分而有效的信息。需要在试运行期间对区间交通量、车速、交叉口车辆延误时间、方案运行期间存在问题及改进建议、市民媒体意见与建议等多方面信息收集后完成。方案评价的目的是通过对大量准确、全面的交通信息的反映为决策提供依据。

4.2 单向交通方案评价

4.2.1 评价指标确定

在方案设计过程中，评价可以引导决策者作出较优的方案，作为设计者的一个辅助工具。本文主要从技术、经济、环境三个方面选取交通运行指标、服务水平指标、交通运行绩效指标、交通影响指标、公众意见指标五个指标来反映单行

方案的好坏。

交通运行指标选择高峰小时交通量和车速两个指标,并将交通量细分为通道高峰小时里程加权平均交通量、走廊出入口高峰小时交通量、路段高峰小时交通量、高峰小时断面平均交通量及因为绕行需要多走一定里程,在交通量统计中会较原来增加半个街区的交通量—无效交通量,将车速细分为社会车辆车速与公交车车速对方案交通运行质量进行全面的分析。服务水平指标选择交叉口车辆延误、通行能力及饱和度三个指标进行分析。交通运行绩效指标采用高峰小时南北走廊耗时、高峰小时南北走廊耗油量、高峰小时南北走廊污染物排放量变化三个指标进行细致分析。交通影响指标重点反映方案实施后对区域内外出行者在交通生活方面所产生的影响。公众意见指标主要搜集沿途市民和媒体所报道的正反两方面意见,经过现场核对,重点反映好坏两方面已经产生的变化,如图 4.2 所示。

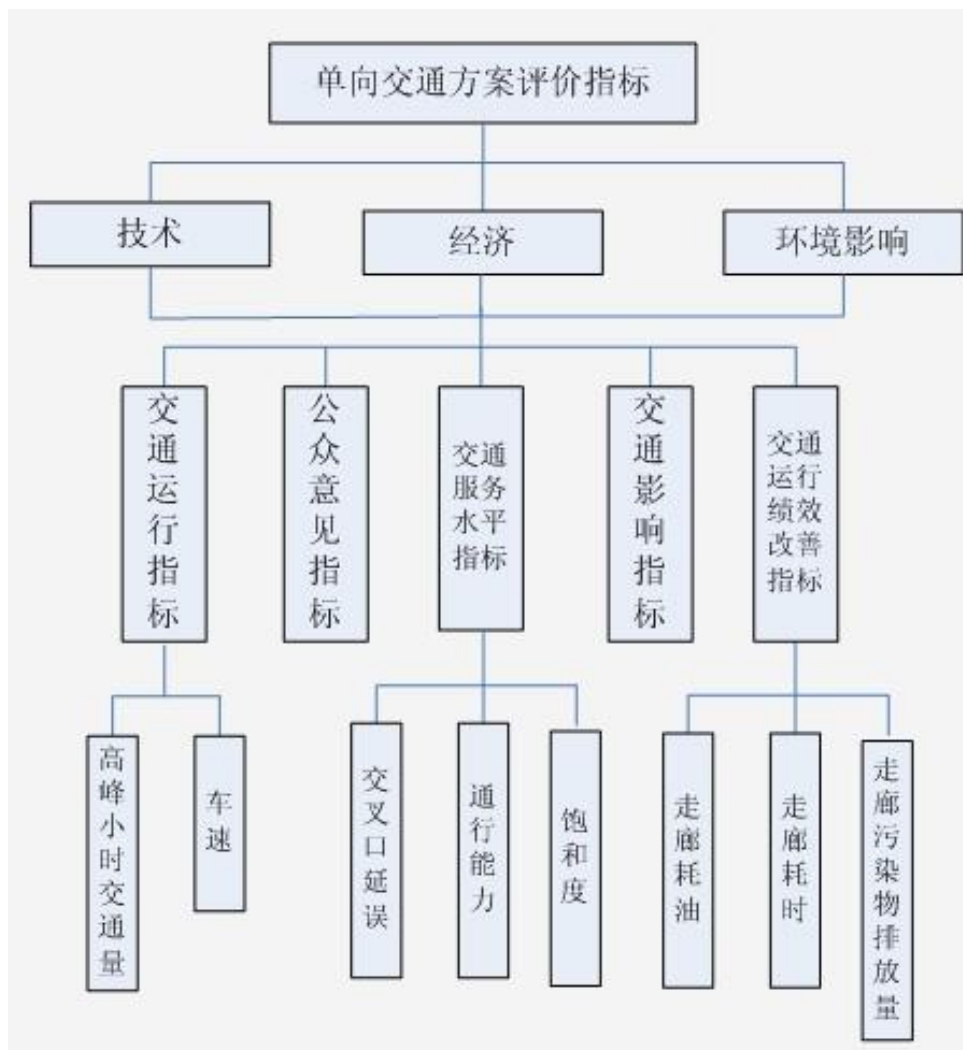


图 4.2 道路单向交通方案评价指标体系

4.2.2 评价指标计算

4.2.2.1 交通运行指标计算

交通运行指标选择高峰小时交通量和车速两个指标。

1. 交通量

交通量细分为南北通道高峰小时里程加权平均交通量、走廊出入口高峰小时交通量、路段高峰小时交通量、东西方向高峰小时断面平均交通量及因为绕行需要多走一定里程，在交通量统计中会较原来增加半个街区的交通量一无效交通量。

- 南北通道高峰小时里程加权交通量：指单行区间南北方向各路段高峰小时交通量里程加权平均值。计算需要各路段高峰小时交通量、路段长度等数据。
- 走廊出入口高峰小时交通量：指单行区间走廊南北出入口高峰小时交通量。
- 路段高峰小时交通量：指各路段高峰小时交通量。
- 东西方向高峰小时断面平均交通量：指单行区间内与单行路段相交的东西方向道路高峰小时断面平均交通量。计算需要东西方向各路段高峰小时交通量数据。
- 高峰小时无效交通量：指单行路段可掉头路段高峰小时掉头交通量里程加权平均值。计算需要掉头路段高峰小时掉头交通量及掉头路段长度。

计算公式：

$$\text{南北通道高峰小时里程加权交通量} = \frac{\sum_i \text{南北方向各路段高峰小时交通量} * \text{路段长度}}{\text{通道长度}} \quad (4.1)$$

$$\text{东西方向高峰小时断面交通量} = \frac{\sum_i \text{东西方向各路段高峰小时交通量} * \text{路段长度}}{\text{通道长度}} \quad (4.2)$$

$$\text{高峰小时无效交通量} = \frac{\sum_i \text{掉头路段高峰小时交通量} * \text{掉头路段长度}}{\sum_i \text{掉头路段长度}} \quad (4.3)$$

2. 车速

车速细分为社会车辆车速与公交车辆车速对方案交通运行质量进行全面的分析。行程车速：指单行路段行驶方向平均行驶车速。计算需要各路段长度、行程时间等数据。车速计算公式如下：

$$\text{车速} = \frac{\sum_i \text{路段长度}}{\sum_i \text{各路段行驶时间}} \quad (4.4)$$

4.2.2.2 交通服务指标计算

服务水平指标选择交叉口车辆延误、通行能力及饱和度三个指标进行分析。

1. 交叉口车辆延误

交叉口的延误：是指车辆在交叉口入口引导上行驶时，因前方信号或已有排队车辆而开始减速行驶的时间与车辆畅行行驶通过引道的时间之差。

1. 道路交叉口平均信控延误计算方法

(1) 各车道平均信控延误可用下式计算：

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \quad (4.5)$$

式中：

d ——各车道每车平均信控延误(s/pcu)；

d_1 ——均匀延误，即车辆均匀到达所产生的每车平均信控延误(s/pcu)；

d_2 ——随机附加延误，即车辆随机到达并引起超饱和周期所产生的附加每车平均信控延误(s/pcu)；

d_3 ——初始排队附加延误，即在延误分析期初停有上一时段留下剩余车辆的初始排队使后续车辆承担的附加每车平均信控延误(s/pcu)。

对于 d_1 ，可按下式计算：

$$d_1 = d_s \frac{t_u}{T} + f_a d_u \frac{T - t_u}{T} \quad (4.6)$$

式中： d_s ——饱和延误(s/pcu)，可用下式表示：

$$d_s = 0.5C(1 - \lambda) \quad (4.7)$$

d_u ——不饱和延误(s/pcu)，可用下式表示：

$$d_u = 0.5C \frac{(1 - \lambda)^2}{1 - \min[1, x]\lambda} \quad (4.8)$$

t_u ——在 T 中剩余车辆的持续等候时间(h)，可用下式表示：

$$t_u = \min \left[T, \frac{Q_b}{CAP[1 - \min[1, x]]} \right] \quad (4.9)$$

Q_b ——分析期初始剩余车辆排队数(辆)，须现场实测；

f_a ——绿灯期车流到达率校正系数，按下式计算：

$$f_a = \frac{1 - P}{1 - \lambda} \quad (4.10)$$

P ——绿灯期到达车辆占整周期到达量之比，可实地观测；

T ——分析时段的持续时长(h)，取 0.25h，即 15min；

C ——周期时长(s)；

λ ——所计算车道的绿信比；

x ——所计算车道的饱和度；

CAP ——所计算车道的通行能力(pcu/h)。

对于 d_2 ，可用下式计算，即：

$$d_2 = 900T \left[(x - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{8ex}{CAP \cdot T}} \right] \quad (4.11)$$

式中： e ——单个道路交叉口信号控制类型校正系数，定时信号取 $e = 0.5$ ；

感应信号 e 随饱和度与信号周期中绿灯延长时间而变，信号调整中当绿灯延长时间为 2~5s 时，根据建议的平均 e 值来取值。

对于 d_3 ，其随前式计算的在 T 中剩余车辆的持续等候时间 t_u 而定，按下式计算：

$$d_3 = \begin{cases} 3600 \frac{Q_b}{CAP} - 1800T \{1 - \min[1, x]\} & \text{若 } t_u = T \\ 1800 \frac{Q_b t_u}{T \cdot CAP} & \text{若 } t_u < T \end{cases} \quad (4.12)$$

(3) 单行区域道路交叉口的平均每车信控延误

按道路交叉口中各进口道平均每车信控延误的加权数计算，如下所示：

$$d_1 = \frac{\sum_{A=1}^A d_A q_A}{\sum_{A=1}^A q_A} \quad (4.13)$$

式中：

d_1 ——道路交叉口的平均每车信控延误(s/pcu)；

q_A ——道路交叉口进口道 A 按高峰 15min 计算的高峰小时交通流率(pcu/15min)。

表 4.1 道路交叉口平均每车信控延误—信号控制道路交叉口服务水平关系

服务水平等级	平均信控延误时间 (s)	服务水平等级	平均信控延误时间 (s)
A	≤ 10	D	36~55
B	11~20	E	56~80
C	21~35	F	> 80

2. 通行能力

➤ 道路通行能力计算

城市道路某路段的通行能力，是指在一定的道路、交通、环境条件下，道路上某一断面在单位时间内能通过的最大车辆数。

$$C_D = C \cdot \gamma \cdot \eta \cdot \beta \cdot n^t \quad (4.14)$$

式中：

C_0 ——设计通行能力(pcu/h)；

C ——理论通行能力(pcu/h)；

γ ——自行车影响修正系数；

η ——车道宽影响修正系数；

β ——交叉口影响修正系数；

n' ——车道数修正系数。

表 4.2 城市道路路段服务水平评价技术标准

道路服务水平	V/C	运行情况
A	<0.35	自由流
B	0.35~0.55	接近稳定车流
C	0.55~0.75	稳定车流
D	0.75~0.95	接近不稳定车流
E	0.90~1.00	不稳定车流
F	>1.00	阻塞车流

4.2.2.3 交通运行绩效改善指标

交通运行绩效改善指标采用高峰小时走廊耗时、高峰小时走廊耗油量、高峰小时走廊污染物排放量变化三个指标进行细致分析。

1. 高峰小时走廊耗时

指车辆通过走廊时，所有车辆所消耗的时间和。计算需要路段长度、路段区间车速及高峰小时交通量等数据。

$$\text{高峰小时路网耗时} = \sum_i \text{路段}i\text{长度} / \text{路段}i\text{车速} \quad (4.15)$$

2. 高峰小时南北走廊耗油量

指车辆通过走廊时，所有车辆燃油消耗量的总和。耗油量越小，说明路网整体的车速较高，拥堵越弱；反之，说明车速较低，常处于停车、刹车、启动等不平稳状态。计算需要路段区间车速、路段长度、断面交通量、不同车速下百公里油耗等数据。

$$\text{高峰小时耗油量} = \sum_i \text{路段}i\text{的平均车速所对应的百公里油耗量} * \text{路段}i\text{长度} \quad (4.16)$$

3. 高峰小时路网污染物排放量

指车辆通过该单行走廊时，污染物（二氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物）排放总和。该值越小，说明车辆运行速度较高、运行较平稳，停车等待、刹车、启动等行为越少，拥堵程度减轻。计算需要断面交通量、路段油耗量、污染物排放因子等数据。

$$\text{高峰小时污染量} = \sum_i \text{路段}i\text{的燃油消耗总量} * \text{污染物}s\text{的排放因子} \quad (4.17)$$

4.2.2.4 交通影响指标

交通影响指标重点反映方案实施后对区域内外出行者在交通生活方面所产生的影响。重点是受到影响的市民对出行、生活质量两方面的感受。通过谈话、媒体搜集市民对出入单行走廊、单行走廊出行生活方面的意见后，经整理分析形成交通影响指标。

4.2.2.5 公众意见指标

公众意见指标主要搜集沿途市民和媒体所报道的正反两方面意见，经过现场核对，重点反映好坏两方面已经产生的变化。重点反映公众及媒体对单行好坏、单行改进两方面的意见。通过调查员交谈、搜集媒体意见核对后形成。

第五章 唐延路单向交通方案集成

5.1 实例概况

西安市主城区的道路交通拥堵严重，现状交通情况已经成为制约西安市社会经济发展的一个重要障碍。作为西安市发展先行一步的高新区，城市发展迅速、机动化水平提高快，单位面积吸引车辆数量多，交通接近通行能力突然，缺乏应对经验，区内交通问题从 2006 年就开始凸显，主要表现为：交通流量分布不均匀，主干道交通拥堵；高新区路网对外衔接处交通拥堵；区内路网建设不完整，断头路较多；路边停车影响行车。交通问题引起西安市高新区政府极大重视，相关部门开展公交规划、交通改善研究、停车场规划、区内道路单行及微循环改造等多项交通研究与实践措施来缓解区内交通拥堵。为改善西安市现有道路交通条件，缓解交通拥挤问题，采取在城市中心区道路网内的部分道路实行单向交通的交通管理手段。

本研究以西安市高新区唐延路和沣惠南路实施单向交通方案设计为例，验证道路单向交通方案设计优化的方法。应用交通仿真技术，对实例道路单向交通方案进行验证分析，并结合方案设计评价指标对单行实施效果进行分析，详细总结道路单向交通实施前后的优缺点。

实例单行区域处于高新区的核心地带，道路交通便捷且复杂，道路周边人流和车流密集，区域路网内道路承担着城市交通和过境交通的作用，道路交通通行压力较大，该两条主干道交通通行的畅通对目前高新区的发展至关重要。为了满足单向交通方案设计的需要，本次唐延路和沣惠南路单向交通方案设计影响范围为北到大寨路、南到科技七路，详见图 5.1 所示。

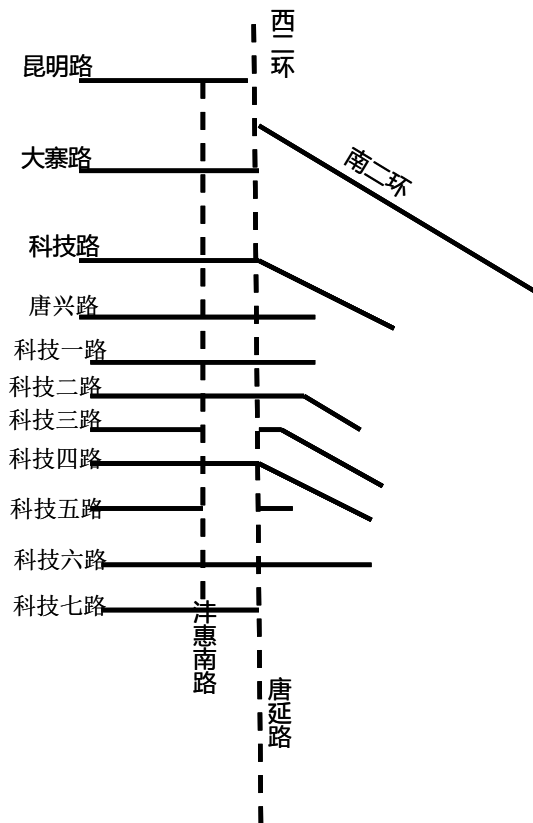


图5.1 实例单行

方案设计影响范围

单行区域现状道路基本情况详见表 5.1。沔惠南路 4 车道，唐延路 4 车道，均为城市主干道；沔惠南路、唐延路间距为 115m，路段长度为 3275m；路网密集，连通性好，有实施单行的条件。影响范围内道路网现状道路均为双向行驶，单行影响区域共 24 个交叉口，路段均有公交线路，唐延路设有公交专用道。

表 5.1 实例单行范围内现状道路表

道路等级	道路名称	单行区域路段名称	单行道路走向	道路红线/车行道设置
主干道	唐延路	大寨路-科技路	南北向	40m/双向 6 车道
	唐延路	科技路-科技七路	南北向	40m/双向 4 车道+双向公交专用道
	沔惠南路	大寨路-科技七路	南北向	30m/双向 4 车道
	大寨路	沔惠南路-唐延路	东西向	47.5m/双向 6 车道
	科技路	沔惠南路-唐延路	东西向	53m/双向 7 车道

	唐兴路	沣惠南路-唐延路	东西向	30m/双向 4 车道
	科技二路	沣惠南路-唐延路	东西向	47.5m/双向 6 车道
	科技四路	沣惠南路-唐延路	东西向	40m/双向 4 车道
	科技六路	沣惠南路-唐延路	东西向	50m/双向 4 车道
	科技七路	沣惠南路-唐延路	东西向	40m/双向 7 车道
次干道	科技一路	沣惠南路-唐延路	东西向	20m/双向 2 车道
	科技三路	单行区域外	东西向	20m/双向 2 车道
	科技五路	单行区域外	东西向	20m/双向 2 车道

5.2 方案设计

5.2.1 方案设计目标

单向交通方案设计目标主要有：

- 1) 通过合理分配唐延路-沣惠南路交通走廊交通量，提升高新区南北向城市主干道路的通行能力，减少交叉口交通矛盾，缓解交通拥堵现状，治理该区域的交通拥堵问题，营造和谐、有序、畅通、低碳、安全的道路交通环境；
- 2) 通过交通改善提高车速，减少公交乘客乘车时间，提高公交服务水平，减少沿途市民出行的交通时间成本；
- 3) 通过优化行人、非机动车交通组织，增加标志标线等交通设施，提高行人、非机动车出行安全；
- 4) 充分发挥唐延路-沣惠南路这一高新区万亿现代服务产业带交通主动脉的带动优势，改善周边环境，为高新区经济实力的整体提升提供交通条件。

5.2.2 方案总体设计

单向交通初步方案设计为唐延路由南向北单向通行，起点从与科技七路的交叉口开始，至与南二环的交叉口结束；沣惠南路由北向南单向通行，起点从与大寨路的交叉口开始，至与科技七路的交叉口结束；大寨路由东向西单向通行，起

点从与唐延路的交叉口开始，至与沣惠南路的交叉口结束；科技七路由西向东单向通行，起于与沣惠南路相交的交叉口，终于与唐延路相交的交叉口。

单行区域设计具体为唐延路以 4 条机动车道由南向北单行，另外设置 2 条双向的公交专用车道，非机动车双向行驶；而沣惠南路则以 3 条机动车道由北向南单向通行，另外设置 1 条顺行的公交专用车道，非机动车与机动车同向单向行驶。单向交通方案设计示意如图 5.2 所示，唐延路与沣惠南路断面设置如图 5.3 所示。

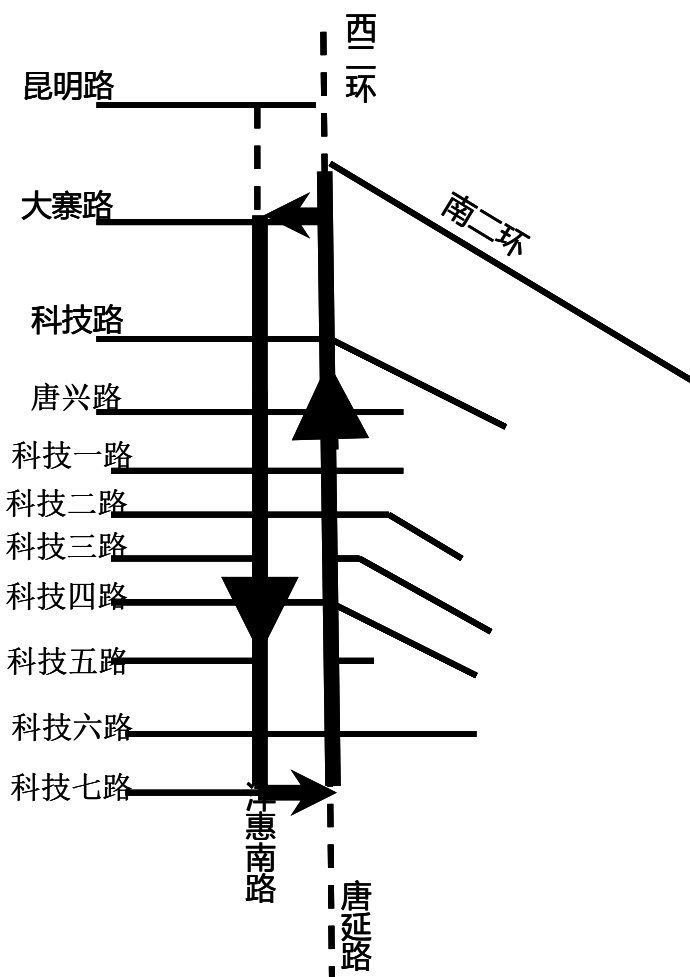


图 5.2 实例单向交通方案设计示意图

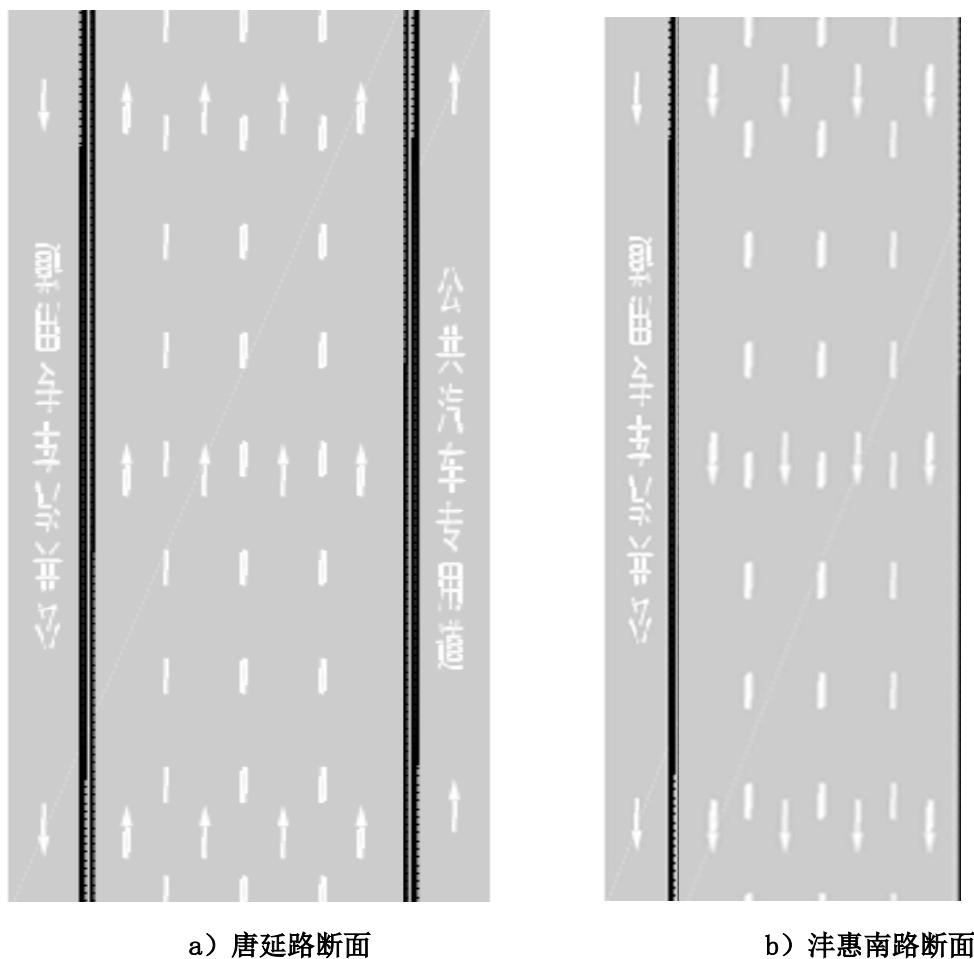


图 5.3 实例单向交通方案设计断面车道分布图

5.2.3 方案交通组织

➤ 单行分合流点选择

单行区域末端交通流量大、组织复杂，应选择合适的单向交通端点。通过分析交通调查数据，科技路东西向流量饱和且交叉口处交通组织复杂，不适合作为单行合流点；科技路与大寨路区间较长，单行车流经过科技路后，可在该区间分离部分车流，减小单行末端道路压力；大寨路口为 T 型交叉口，交通组织和信号配时较简单。因此，选择大寨路作为北端节点更优。

南分流点交通流向单一，交通组织简单，因此选择科技七路作为南分流点。

➤ 单行区域交通组织

1) 交叉口渠化

总体设计：单行区域内南北方向全线禁左，东西方向禁右；东西方向道路设置掉头车道；单行区域外东西方向与单行相交道路禁左。

通过行人安全岛、人行天桥、车辆待驶区、公交站点等设施的优化设置，提高交通设施服务水平，在保证道路总体景观不受破坏的同时，保证居民出行及日常生活功能不受负面影响。

道路沿线交叉口均施划斑马线，部分交叉口采用触摸式交通信号灯。掉头车道与非机动车道间设置隔离护栏，确保行人安全。

道路沿线交叉口均设置单行路、禁左、禁右、掉头、绕行等标志牌，地面施划掉头标志及掉头车道导流线。

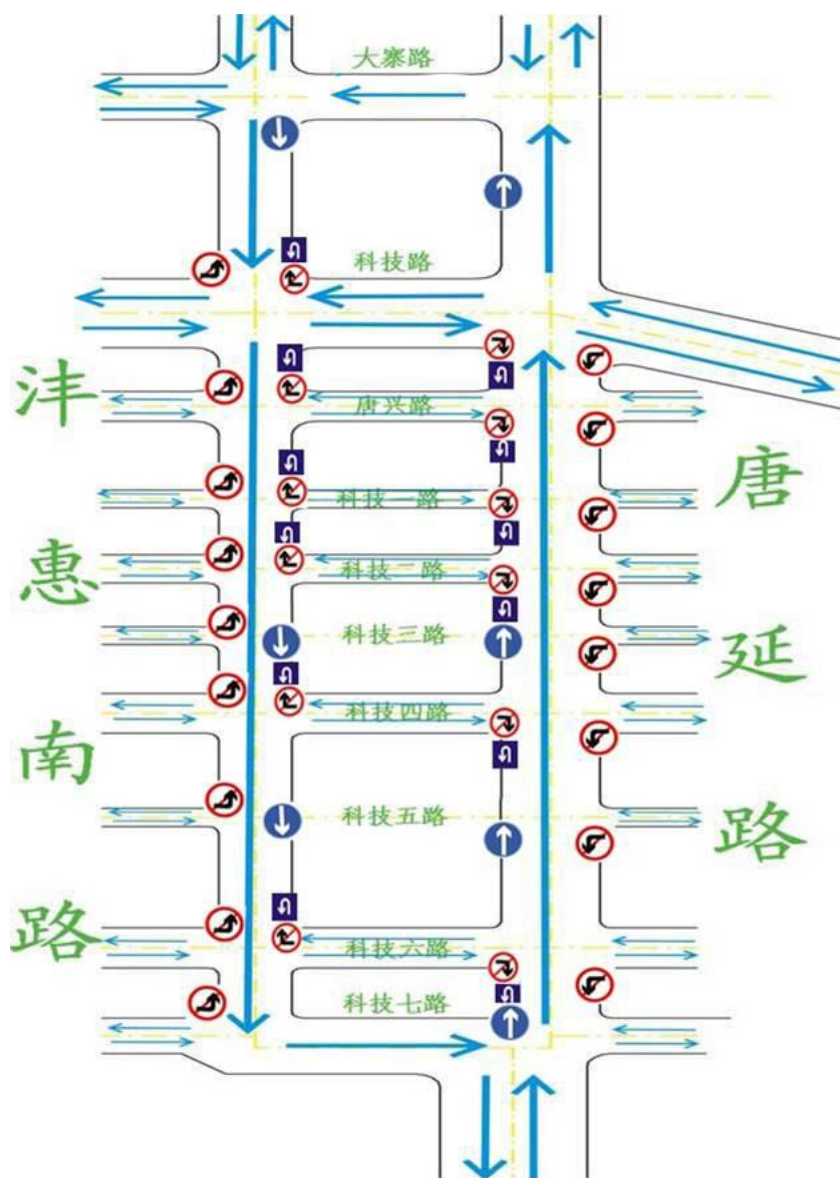


图 5.4 实例单行区域标志牌设置图

2) 公交线路调整

公交线路交通组织总体设计：

单行区域公交车辆在唐延路(科技路至科技七路)双向行驶于非机动车道上,大寨路至科技路段的唐延路由北向南方向不设公交线路;在沣惠南路沿西侧由北向南单行,路段设置隔离护栏;沣惠南路东侧公交线路调整至唐延路东侧,公交站点移至唐延路东侧。

大寨路北进口公交车辆交通组织:

由于大寨路口单行交通组织需要,公交车直行将增加交叉口冲突点,降低右转至大寨路车辆速度,影响交叉口通行能力,增加交叉口延误,不利于单行方案实施。北进口直行公交车辆右转至大寨路再左转至沣惠南路,由科技路右转至唐延路;在沣惠南路上大寨路至科技路段增加公交站点,满足乘客出行需求并提高公交公司运营效益。线路走向调整后公交车辆需绕行 230m,但交叉口延误会大大降低。

沣惠南路公交线路调整:

单行方案实施后,沣惠南路公交车辆单行,需取消沣惠南路东侧(大寨路至科技七路段)由南向北方向公交线路,调整站点位置。将沣惠南路由南向北方向公交车辆移至唐延路东侧非机动车道上,将沣惠南路东侧站牌调整至唐延路东侧。

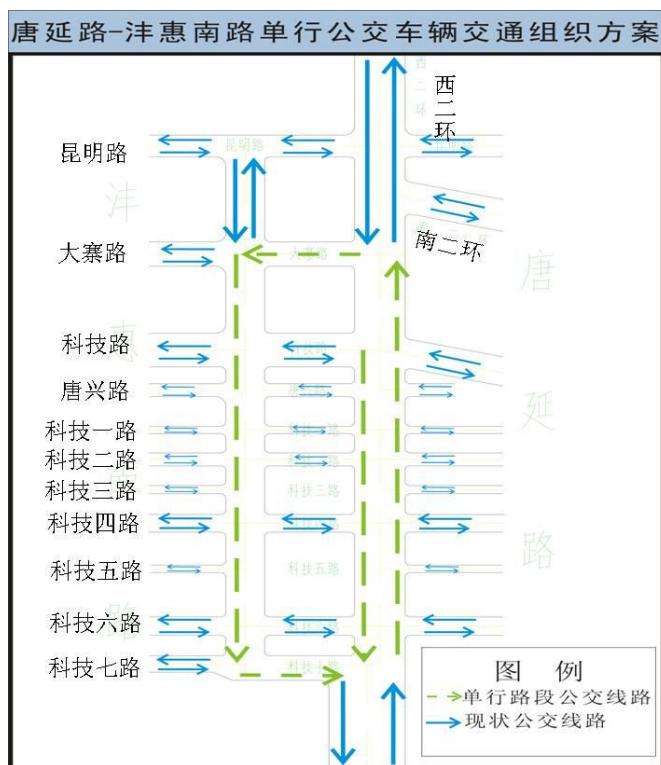


图 5.5 公交线路调整图

3) 信号配时

大寨路-沔惠南路交叉口、科技路-唐延路交叉口、科技路-沔惠南路交叉口采用 3 相位,其他交叉口均采用 2 两位信号配时。单行区域采用联动式信号控制,东西方向、南北方向交叉口均实现信号绿波。交通量较大交叉口信号周期采用 120s,交通量较小交叉口信号周期采用 80s。

5.3 方案实施过程

2011 年 4 月 25 日,高新区内部对方案进行汇报讨论,筛选本项目作为交通改善实施优先项目;

2011 年 5 月 17 日,邀请国内著名交通管理专家中规院副总工孔令斌,哈工大教授、博导裴玉龙,上海市规划院交通所所长张雁,昆明规划局原总工游翀,美国能源基金会博士、可持续交通专家王志高对单行方案进行论证,认为本项目是可行的;

2011 年 7 月 13 日,向市交警支队王海玲、赵亚平等支队领导及相关部门汇报方案,交警支队要求进行试运行后再行决策;

2011 年 8 月 10 日由高新区杨明瑞副主任主持召开唐延路-沔惠路单行方案实施准备会,明确实施相关单位分工;

2011 年 8 月 16 日由高新区杨明瑞副主任主持召开唐延-沔惠单行项目试运行前最后一次会议,确定试运行实施时间及部门协调分工;

2011 年 8 月 22 日开始实行唐延路-沔惠南路单行方案,期间于当日 11 时再次举行全体参与单位分析会,提出完善分工及组织方式。

2011 年 8 月 22 日开始进行为期一周的试运行,通过对交通出行者的告知和宣传教育,设施的不断优化,掉头车道与非机动力人道的隔离,信号灯配时的反复调试,标线施划,标志牌完善;对二环北出口流量过大控制调整后,科技路、唐兴路、科技二路、科技四路、科技六路东西通行能力大幅提高,运行效果越来越好。试运行期间,对道路交通量、交叉口延误、区间车速进行调查。试运行结束后单行正式实施。

5.4 方案评价

5.4.1 交通运行指标分析

表 5.2 南北通道高峰小时里程加权交通量

高峰小时交通量	单行前	试运行（晚高峰）	现状（晚高峰）
南北通道	5092	5932（5533）	5999（5339）
增长比例		16.5%（8.7%）	17.81%（4.85%）

单行前，南北通道高峰小时平均交通量最大值为 5092pcu/h。

试运行期间，南北通道早高峰小时平均交通量为 5932pcu/h，较单行前增加 16.5%；晚高峰小时平均交通量为 5533pcu/h，较单行前增加了 8.7%。

设施完善后，南北通道早高峰小时平均交通量为 5999pcu/h，较单行前增加 17.81%；晚高峰小时平均交通量为 5339pcu/h，较单行前增加了 4.85%。

设施完善后与试运行期相比，南北通道高峰小时平均交通量变化不大，早高峰交通量增大，晚高峰稍有减少。

➤ 走廊出入口高峰小时交通量

单行区间走廊北出入口早高峰小时交通量为 7793pcu/h，较单行前增加 2770pcu/h；晚高峰小时交通量为 8079pcu/h，较单行前增加 3056pcu/h。

走廊南出入口早高峰小时交通量为 6638pcu/h，较单行前增加 1082pcu/h；晚高峰小时交通量为 5863pcu/h，较单行前增加 307pcu/h。

➤ 路段高峰小时交通量

试运行期间，沣惠南路（科技六路-科技七路）路段较单行前增加最多，早高峰增加了 137.7%，晚高峰增加了 48.5%。唐延路（科技路-大寨路）路段早高峰较单行前降低最多，减少 27.3%，唐延路（科技五路-科技四路）路段晚高峰较单行前降低最多，减少 28.6%。

设施完善后，沣惠南路（科技路-科技二路）路段较单行前增加最多，早高峰增加了 137.6%，沣惠南路（科技六路-科技七路）路段较单行前增加最多，晚高峰增加了 78.08%。唐延路（科技路-大寨路）路段较单行前降低最多，早高峰降低了 22.08%，晚高峰降低了 23.52%。

表 5.3 东西方向高峰小时断面平均交通量

高峰小时交通量	单行前	试运行（晚高峰）	现状（晚高峰）
东西通道	13315	16655（14563）	13265（12668）
增长比例		25.1%（9.4%）	-0.38%（-4.86%）

注：科技路地铁建设影响通道交通量

单行前，东西通道高峰小时断面平均交通量最大值为 13315pcu/h。

试运行期间，东西方向早高峰小时合计断面平均交通量为 16655pcu/h，较单行前增加 25.1%；晚高峰小时平均交通量为 14563pcu/h，较单行前增加了 9.4%。

设施完善后，东西方向早高峰小时合计断面平均交通量为 13265pcu/h，较单行前减少 0.38%；晚高峰小时平均交通量为 12668pcu/h，较单行前减少了 4.86%。

表 5.4 小汽车平均车速

高峰小时车速	单行前	试运行	现状
沔惠南路（km/h）	35	32（28）	28.7（29.8）
唐延路（km/h）	11	32（23）	26.4（23.8）

单行前，沔惠南路小汽车平均车速 35km/h，唐延路小汽车平均车速为 11km/h。

试运行期间，早高峰唐延路小汽车平均车速 32km/h，较单行前提高了 21km/h；沔惠南路平均车速 32km/h，较单行前降低了 3km/h。晚高峰唐延路小汽车平均车速 23km/h，较单行前提高 12km/h；沔惠南路平均车速 28km/h，较单行前降低 7km/h。

设施完善后，早高峰唐延路小汽车平均车速 26.4km/h，较单行前提高了 15.3km/h；沔惠南路平均车速 28.7km/h，较单行前降低了 6.3km/h。晚高峰唐延路平均车速 23.8km/h，较单行前提高 12.8km/h；沔惠南路平均车速 29.8km/h，较单行前降低 5.2km/h。

由于试运行期间为暑假，设施完善后高新二小和高新一中已开学，对采集车速数据有一定影响，早高峰时段高新二小门口拥堵，导致高峰时段车速降低；晚高峰没有二小门口停放车辆影响，车速较试运行期间略大。

表 5.5 公交车平均速度

高峰小时车速	单行前	试运行	现状
唐延路 (km/h)	<11	18 (19)	27.1 (26)

试运行期间，唐延路走廊公交车早高峰平均车速为 18km/h，晚高峰平均车速为 19km/h。其中，早高峰唐延路公交车南到北方向平均车速 17.1km/h，北到南方向平均车速 18.4km/h；晚高峰唐延路公交车南到北方向平均车速 16.8km/h，北到南方向平均车速 21.1km/h。

设施完善后，唐延路走廊公交车早高峰平均车速为 27.1km/h，晚高峰平均车速为 26km/h。沣惠南路平均车速为 18km/h。其中，早高峰唐延路公交车南到北方向平均车速 29.1km/h，北到南方向平均车速 25km/h；晚高峰唐延路公交车南到北方向平均车速 26.8km/h，北到南方向平均车速 25.1km/h。

设施完善后公交车速较试运行期间有所提高。

5.4.2 交通服务水平指标分析

表 5.6 延误

	总延误 (小时)	较单行 (小时)	
沣惠南路	331	+21.2	现状
唐延路	464.6	-60.6	27.1 (26)

单行后，唐延路高峰小时交通总延误为 464.6 小时，较单行前节约了 60.6 小时，车均延误降低了 4.32 秒；沣惠南路的高峰小时交通总延误 331 小时，较单行前增加了 21.2 小时，车均延误增加了 2.68 秒。

沣惠南路延误增加是由于单行后唐延路原来的的部分车辆转移到沣惠南路，导致沣惠南路交通量比单行前增加了 17.85%，沣惠南路路边停车、接送学生上下学车辆占道问题比较严重，影响车辆通行能力。

➤ 通行能力

单行后，唐延路的道路通行能力为 102958 辆/小时，较单行前提高了 36.1%。沣惠南路的道路通行能力为 69812 辆/小时，较单行前提高了 30.3%。

5.4.3 交通运行绩效改善指标

➤ 高峰小时南北走廊耗时

单行前，高峰小时走廊总耗时为 1569h。其中唐延路高峰小时走廊耗时为 1282h，沱惠南路高峰小时走廊耗时为 287h。

单行后，高峰小时走廊总耗时为 942h，较单行前减少 627h。其中唐延路高峰小时走廊耗时为 497h，较单行前减少 62%；沱惠南路高峰小时走廊耗时为 445h，较单行前增加 55%。

➤ 高峰小时南北走廊耗油量

单行前，南北走廊高峰小时断面总交通量为 53202pcu/h，油耗量为 3307L/h。其中，唐延路高峰小时耗油量为 2454L/h，沱惠路高峰小时耗油量为 853L/h。

单行后，南北走廊高峰小时断面总交通量为 55636pcu/h，油耗量为 2465L/h，节约油耗量为 842L/h。。其中，唐延路高峰小时耗油量为 1318L/h，较单行前减少 48%；沱惠路高峰小时耗油量为 1147L/h，较单行前增加 34%。

分析数据为南北走廊有效交通油耗量及南北走廊内掉头交通油耗量，由于车流速度提高，停车、启动、刹车次数减少，燃油消耗量降低。

➤ 高峰小时南北走廊污染物排放量

单行前，南北走廊高峰小时断面总交通量 53202pcu/h，高峰小时污染物排放 7644 kg/h。其中，唐延路高峰小时排放 5671 kg/h，沱惠路高峰小时排放 1973 kg/h。

单行后，南北走廊高峰小时断面总交通量 55636pcu/h，高峰小时污染物排放 5697 kg/h，污染物排放减少 1947kg/h。其中，唐延路高峰小时排放 3045 kg/h，较单行前减少 48%；沱惠路高峰小时排放 2651 kg/h，较单行前增加 34%。

5.4.4 交通影响指标分析

➤ 走廊外部影响

优点：走廊单行后，西二环在大寨路出口处车辆快速进入单行走廊，提高了西二环通行能力，缓解了西二环拥堵；走廊南北车流通畅，吸引了高新路、高新二路车辆选择该路段通行，缓解了高新路等走廊周边道路的拥堵情况。

缺点：由于走廊沿线东西方向交叉口通行能力提高，导致车流快速拥至东西

方向其他路段，导致东西方向交叉口交通量增加，高峰小时出现拥堵；走廊诱增了昆明路由东向南左转至沔惠南路交通量，导致昆明路交叉口直行与左转车流冲突增加，昆明路十字拥堵。

➤ 对居民步行影响

优点：走廊单行后，唐城墙遗址两侧居民步行路权与单行前没有变化，在部分路段增加了行人斑马线，更加重视行人通行路权。行人过街时只需注意一个方向车流，更加方便。

缺点：走廊南北方向车流速度较快，引起过街行人不安全感心理。大寨路十字由北向西右转和有东向南左转车流量大，与南北方向行人过街冲突严重，造成大寨路附近锻炼的居民过街困难。

➤ 对非机动车影响

优点：走廊单行后，沔惠南路设置了非机动车道，取消了单行前非机动车道上的非法停车，增加了非机动车通行路权；设置了机非分隔隔离护栏，提高了非机动车通行安全。

缺点：走廊东西方向部分路段非机动车道较窄，非机动车通行困难；非机动车与掉头车辆在交叉口处交织存在安全隐患；大寨路十字北口南北方向非机动车与右转车辆冲突，过街困难。

➤ 对居民乘坐公交影响

优点：走廊单行后，沔惠南路设置了公交专用道，提高了公交路权，使公交出行方式更有吸引力；车速提高，减少了乘车等待时间和车上时间，提高了出行效率。

缺点：增加了前往公交站牌的行走距离。

➤ 对小汽车出行影响

优点：区内交通顺畅，提高了车速，减少了出行总耗时，减少了油耗；单行前易初莲花、高新一中门口两车道，高峰小时路段拥堵严重，单行后四车道，车辆在该路段延误明显减小。

缺点：增加了绕行距离，大寨路-科技路路段间绕行距离远；沣惠南路缺少典型建筑指示标志，对部分司机选择出行路线有影响；走廊北出口拥堵，延误大。

➤ 对周边环境影响

走廊单行后，车辆通行能力提高，污染物排放量减少，空气质量提高；路段及交叉口车流更加有序，改善了出行环境。

5.4.5 公众意见指标

正面报道：

- 1) 实行单行以来，西二环的车速明显提高了，南入口的拥堵情况得到明显改善，对南出口的交通运行影响不大。
- 2) 路网的可靠性显著提高，即使在暴雨等紧急情况下交通状况依然良好。
- 3) 包括科技路，科技六路，科技四路和唐延路在内的道路的通行能力有明显增加，道路服务水平极大提高。
- 4) 公交车速提高了，对于公交乘客来说，公交耗时减少，公交服务水平也相应的提高了。
- 5) 高新区走廊及周边道路的出行者从中受益，无论是车速，道路服务水平都有显著提高，现有道路可为更多的出行者服务。

负面报道：

- 1) 由于南北单行以来服务水平显著提高，因此吸引了大量周边的交通量，在高峰时段会造成西二环出口不畅。
- 2) 交通量的增加对沿线居民的生活产生一定负面影响，如：噪音增加，行人晨练过街不方便。
- 3) 有些交叉口没有设置行人过街信号灯，交通量增加后，导致过街不便、不安全。因此，应当在交叉口进行渠化，布设行人天桥和地下通道等。
- 4) 由于改单行，在沣惠南路上的公交站点进行了迁移，导致了公交步行距离增加，造成了出行者的不便。

5.5 本章小结

单行后效益显著，效果良好，总体是成功的。优化了行人、非机动车交通组织，出行更顺畅；保留发挥安全岛作用的唐延路中央绿带，使行人过街更安全；单行后公交车运营平均车速稳定在 26km/h 以上，车速提高显著，公交乘客耗时减少显著，车辆运行效果良好，道路更通畅、出行时间少、可靠度高；走廊高峰小时车辆时耗、油耗、污染物排放均减少，体现了低碳理念；道路服务水平提高，区内拥堵显著缓解；走廊及联通道路的出行者从中受益，车速、服务水平显著提高，可为更多的出行者服务。

同时，还有需要改进的方面：部分东西通道非机动车道较窄；交通量的增加导致居民晨练过街不方便，应在十字设置人行天桥，在各交叉口安装触摸式行人信号灯；在距离较远交叉口口间开辟掉头车道，减少掉头车辆绕行距离。

结论与展望

本文根据我国城市道路交通的特点,结合国内外道路单向交通研究和实施现状,对道路单向交通理论及其影响、道路单向交通方案设计方法等方面进行系统的分析和研究,取得以下成果:

(1)分析了城市交通发展情况,阐述了研究单向交通的意义,在总结国内外单向交通研究和实施情以后,分析现状研究的不足。

(2)介绍了单向交通的定义、分类、分级、设置条件等相关概念,评价了单向交通的分级分类标准及设置条件,并进行论证。

(3)细化道路单向交通方案设计中的一些设计细节,在对道路单向交通优缺点和交通特性有深刻认识的基础上,分析公交车道设计对单行实施效果影响,提出单行交通标志标线设计、交叉口交通组织、信号配时的方法。

(4)应用交通仿真技术,对方案实施前后进行交通模拟仿真,优化单行方案及信号配时。

(5)从以人为本角度,按照单行交通设计对出行者的重要性顺序,选取评价指标,并总结评价指标计算方法。本文道路单向交通设计方案实施效果评价主要由交通运行指标、服务水平指标、交通运行绩效指标、交通影响指标、公众意见指标五个指标子系统组成。

由于论文研究时间较短及水平有限,本文中仍存在许多不足与缺陷,敬请各位老师、读者批评指正。

参考文献

- [1]宋景禄.交通工程学概论.北京:机械工业出版社,1984,338-346
- [2]李荣波.关于单向交通通行能力的探讨.中国市政工程,1998,(3):1-6
- [3]吴兵,李晔.交通管理与控制.北京:人民交通出版社,2005,59-64
- [4]Porsche,H.Velocity changes of the Giotto spacecraft induced during the flybys of the comets P/Halley and P/Grigg-Skjellerup.Aerospace Science and Technology.February,1999,3(2):107-110
- [5]Vasquez,Gabriel M.;Taylor,Maureen.What cultural values influence American public relations practitioners Public Relations Review.1999,25(4):433-449
- [6]Davies,MarinJ.One-WayTraffic.Trends in Biotechnology.July 1,2001,19(7):244-260
- [7]Jain,V.K.,Srivastava,A.K.,Anup,Rai,Vikas.Evidence of Low-Dimensional Dynamics in a Traffic Noise Time Series.Chaos,Solitons and Fractals.January 4,2001,12(5):859-864
- [8]王湛湛.单向交通—解决北京城市交通堵塞的有效办法.公路,2002,(3):110-114
- [9]王克新.充分发挥单向交通管理优势解决城市的交通拥挤.新疆工学院学报,1999,(3):214-217
- [10]吴元祥.单向交通网络系统分析.科技管理,1999,25-28
- [11]马俊来,王炜,边扬.单向交通条件下信号交叉口通行能力计算方法.公路交通科技,2005,22(4):103-107
- [12]裴玉龙,伊新苗.城市单向交通组织方案规划及其评价研究.东北公路,2003,26(3):118-120
- [13]赖比尔.城市道路单向交通规划研究:[长安大学硕士学位论文].西安:长安大学,2000,47-81
- [14]李岚.城市道路单向交通设置方法研究:[吉林大学硕士学位论文].吉林:吉林大学,2001,33-50
- [15]伊新苗.城市单向交通效益分析与方案评价:[哈尔滨工业大学硕士学位论文].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2002,44-77

- [16]张宇飞.城市单向交通组织的发展和特点.中国市政工程, 2003, (5): 5-7
- [17]黄良会, 叶嘉安.保持城市交通畅通—香港城市交通管理.中国建筑出版社, 1996, (4): 66-70
- [18]David Laque. One-Way traffic. Far Eastem Review, Hong Kong: 2001, (6): 17-19
- [19]高臣辉, 单向交通盘活了城市道路资源.管理百业, 2000, 20(1): 63
- [20]GA/T486-2004.城市道路单向交通组织原则.北京: 中国标准出版社, 2004, 4-5
- [21]张雨化, 道路勘测设计.北京: 人民交通出版社, 2001, 189-191
- [22]姚祖康, 张树升.道路与交通工程系统分析.北京: 人民交通出版社, 2001, 37-52
- [23]徐吉谦, 交通工程总论.北京: 人民交通出版社, 1996, 144-147
- [24]杨佩昆, 张树升.交通管理与控制.北京: 人民交通出版社, 1995, 24-29
- [25]James A. Bonneson & Joel W. Fitts. Delay to Major Street through vehicles at two-way stop-controlled intersection. Transportation Research Part A 33, 1999, 237-253
- [26][美]W.S. Homburgor, J.H. Kell. 交通工程基础.北京: 中国建筑工业出版社, 1990, 218-222
- [27]Wolfgang S. Homburger & James H. Kell. Fundermental sof Traffic Engineering, 1988, 3-1—33-11
- [28]李京, 王伟.对城市公交优先的思考.内蒙古: 内蒙古出版社, 2000, 21-23
- [29]张卫华, 陆化普, 石琴等.公交优先的信号交叉口配时优化方法.交通运输工程学报, 2004, (9): 49-53
- [30]季彦婕.交叉口公共交通优先通行方法研究: [东南大学硕士学位论文].南京: 东南大学, 2003, 10-21
- [31]张卫华, 王伟.基于公交优先通行的交叉口预信号设置方法研究.公路交通科技, 2004, 21(6): 101-104
- [32]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, (2): 15-17
- [33]Chua, C.S., Fisher, A.J. Performance measurements of local area traffic management: a case study. Australian Road Research. 1991, 21(2): 16-34

- [34]吴元祥.上海单向交通系统.科技管理, 1999, (2): 14-18
- [35]王炜, 邓卫, 杨琪等.公路网络规划建设与管理方法.北京: 科学出版社, 2001, 48-51
- [36]Wong S.C., Tong C.O.Estimation of time-dependent origin-destination matrices for transit networks.Transportation Research,1998,32B:121-133
- [37]Dial R.B.A probabilistic multipath traffic assignment model which obviates path enumeration.Transportation Research 5,1971,83-111
- [38]Florian M, Fox B.On the Probabilistic Origin of Dial' Multipath Assignment Model.Transpn.Res-B,1976,10B:339-341
- [39]Wang Wei.An Improved Method for Estimating O-D Matrix from Traffic Counts.Procs.of 6th WCTR,1992,15-18
- [40]王炜.路段交通量与 O-D 出行量互算关系的研究.南京工学院学报, 1988, (1): 34-35
- [41]王炜, 徐吉谦, 杨涛等.城市交通规划.南京: 东南大学出版社, 1999, 92-93
- [42]吴娇蓉.交通系统仿真及应用.上海: 同济大学出版社, 2004, 58-63
- [43]任福田, 刘小明, 容建等.交通工程学.北京: 人民交通出版社, 2003, 171-174
- [44]何光里.汽车燃油经济性检测技术关键.汽车维护与修理, 2006, (11): 38-39
- [45]西安市唐延路-沣惠南路单向交通组织设计研究.交通规划项目, 2011

致 谢

在即将毕业之际，在此向一直以来给予我大力支持、鼓励与帮助的老师、同学及家人致以衷心的感谢！

首先向我的导师王元庆教授致以最诚挚的谢意！王老师严谨的治学态度、精深的学术造诣、广博的知识、活跃的创新思维、开阔的视野、敏锐的洞察力、平易近人的待人风格和宽容的心怀给我带来了很大影响，让我终生受益。三年学习中，王老师给了我大量的项目实践机会，让我有幸深入接触到交通规划、设计和运营的方方面面，他对论文理论的精辟建议和论文质量的严格要求，都是我顺利完成论文研究的关键。恩师严谨的治学风范和求实的工作作风，更是对我的学业和研究产生了深刻的影响，让我受益匪浅，使我深受感动和启发。

感谢论文评阅与答辩老师、专家们的辛勤付出！

感谢各位同门的热情帮助和支持。

最后，我要衷心感谢家人对我学业的支持和鼓励，谨以此文献上对他们深深的谢意！