

重庆市主城区

畸形交叉口交通治理及模拟研究

报 告

重庆交通学院

二〇〇四年四月十日

重庆市主城区

畸形交叉口交通治理及模拟研究
报 告

重庆交通学院

2004年04月10日

重庆市主城区

畸形交叉口交通治理及模拟研究

项目负责人： 朱顺应 重庆交通学院 博士 教授

技术负责人： 朱顺应 重庆交通学院 博士 教授

项目参加人员：	朱顺应	重庆交通学院	博士 教授
	王 红	重庆交通学院	硕士 副教授
	张建旭	重庆交通学院	硕士 助教
	刘 伟	重庆交通学院	硕士 助教
	赵新才	重庆市公安局交通管理局	研究员
	邵毅明	重庆交通学院	博士 教授

目 录

第一章 概述.....	1
1.1 引言.....	1
1.2 研究现状.....	2
1.2.1 国外研究回顾.....	2
1.2.1.1 交通治理措施研究.....	2
1.2.1.2 交通治理方案评价分析.....	3
1.2.1.3 交通运行仿真研究.....	5
1.2.2 国内研究回顾.....	7
1.3 本文主要研究内容.....	8
第二章 交通治理措施.....	9
2.1 畸形交叉口的分类.....	9
2.2 畸形交叉口交通运行特点及常见交通问题分析.....	11
2.3 畸形交叉口几何条件改善.....	12
2.4 交通治理框架.....	16
2.4.1 交通治理思路.....	16
2.4.2 交通治理内容.....	17
2.4.3 交叉口交通治理原则.....	18
2.5 交通渠化设计.....	19
2.5.1 渠化原则.....	19
2.5.2 渠化常用措施.....	20
2.5.3 车流渠化.....	21
2.5.3.1 车道功能划分.....	21
2.5.3.2 左转车辆交通组织.....	22
2.5.3.3 右转车辆交通组织.....	24
2.5.3.4 进出口道详细设计.....	25
2.5.3.5 交叉口内部渠化.....	26
2.5.3.6 地面公交停靠站的位置调整.....	29
2.5.4 行人交通组织.....	30
2.6 交通流控制措施.....	32
2.7 小结.....	35
第三章 畸形交叉口微观交通流仿真及分析.....	36
3.1 仿真模型的目标.....	36
3.2 仿真模型的建立.....	36
3.2.1 道路几何模块.....	37
3.2.2 车辆描述模型.....	38
3.2.3 车辆的动力特性模型.....	38
3.2.4 车辆生成模型.....	38

3.2.5 期望车速模型	41
3.2.6 车辆运行模型	41
3.2.7 交通控制模型	43
3.3 程序仿真流程	43
3.4 程序输出参数	45
3.5 仿真程序实现	45
第四章 交通治理方案评价分析	46
4.1 评价指标选取原则	46
4.2 评价方法	47
4.3 评价指标筛选	47
4.3.1 功能准则型指标选取	48
4.3.1.1 通行能力	48
4.3.1.2 饱和度	55
4.3.2 畅通准则型指标选取	55
4.3.2.1 延误	55
4.3.2.2 排队长度	56
4.3.3 安全准则型指标选取	56
4.3.3.1 冲突点面密度	57
4.3.3.2 管理严格程度	57
4.3.4 环保准则型指标选取	58
4.3.4.1 等效 A 声级	58
4.3.4.2 空气质量指数	58
4.3.5 经济准则型指标选取	59
4.3.5.1 费用现值	59
4.3.5.2 效益费用比	59
4.3.6 实施可行性指标选取	60
4.4 层次分析模型	60
4.4.1 权重计算	60
4.4.1.1 构造判断矩阵	60
4.4.1.2 层次单排序	62
4.4.1.3 层次总排序	63
4.4.2 指标归一化	64
4.5 综合评价	64
第五章 Y 形交叉口交通治理实例分析	65
5.1 Y 型交叉口现状分析	65
5.1.1 几何条件分析	65
5.1.2 交通条件分析	65
5.2 交通治理方案一	67
5.2.1 治理措施	67
5.2.2 治理效果	68
5.3 交通治理方案二	68

5.3.1 治理措施	69
5.3.2 治理效果	71
5.4 治理方案比选	71
5.5 结论	74
参考文献	76
附录 A 畸形交叉口微观仿真程序界面	78
附录 B 畸形交叉口治理应用实例	85
附录 C 课题研究内容查新报告	
附录 D 课题研究成果应用证明	

第一章 概述

1.1 引言

随着经济的飞速发展,个人生活水平的迅速提升,轿车逐渐进入部份工薪家庭,机动车保有量的激增带来了城市交通的拥挤问题,尤其是城市路网中的平面交叉口更是成为交通的瓶颈,机动车、非机动车和行人在有限的空间内交汇行驶,导致此处的行车秩序混乱,交通事故高发,通行能力低下。在这些平面交叉口中,不规则平面交叉口由于交叉面积较大,车辆通过时间延长,带来了车流冲突机会增加、安全所需视距不易满足、车辆转弯半径过小、行驶困难等问题,再加上低下的管理水平,所带来的交通问题就更加严峻。

重庆是我国著名的山城,高山重丘地形产生了众多畸形交叉口,特别是 X、Y 型交叉口居多,而且,其中多数位于干线上,形成了路网的“瓶颈”,加剧了交通拥挤。若要疏通“瓶颈”,保证交通畅通,畸形交叉口的交通治理至关重要。

对于此类交叉口的处理可以分为远期、近期两种处理类型。远期主要包括正交化和立交化两种处理措施:前者针对远期交通量增长不大地区的畸形交叉口,但这将会改动进口引道位置,对于寸土寸金的“山城”重庆来说,由于市区人口密度大、建筑密集,拆迁十分困难,这种治理措施实施的难度比较大;第二种适应于远期交通量增长较大地区的畸形交叉口,但这种治理措施在缓解某交叉口交通状况的同时,有可能给临近路网上的其它交叉口带来新的交通拥挤问题,而且在技术上、经济上均存在较大的困难,也将面临前所述及的征地、拆迁难度问题,因此采用这种治理措施也应该慎重。

近期治理措施主要是采取一些交通管理、交通工程措施,改善畸形交叉口的交通运行条件,并且这种治理措施对于交通量变化应有一定程度的适应能力。在现阶段,为了改善这类畸形交叉口的交通流运行质量,提高整个交叉口的通行能力,交管部门通常采取“治理——投入使用——运行状况不良——再治理”这样一种现场尝试模式,缺乏有效的事前论证,因此不合理的交通治理措施就会导致交通拥挤现象,不利于整个城市的交通设施发挥应有的最大效力,也给整个城市的经济发展带来了巨大损失,也会使驾驶员们对政府的这种经常变化的管理措施不知所措,以致对相关政府部门的效率和业务水平产生失望、不信任情绪。

因此,对于平面畸形交叉口,必须科学的制定治理方案,结合投资的合理性与治理措施对交通量变化的适应能力进行对比,从而优选出经济合理、技术可行的治理方案。本次研究准备就上述现象展开研究,提出针对重庆市畸形交叉口特

点的近期交通治理措施，并探索出畸形交叉口治理方案的优化方法，借助计算机技术实现交叉口运行的微观模拟，以显示不同治理方案下交通的实时运行状态，并依据仿真程序输出的部分交通参数，结合方案优化方法选出最佳方案。

1.2 研究现状

1.2.1 国外研究回顾

1.2.1.1 交通治理措施研究

对于畸形交叉口的治理问题已经得到了世界各国的重视，美国的《交通工程手册》关于畸形交叉口的治理情况做了详细的介绍^[1]：在条件许可的情况下，通常会采取如图 1.1-a、b 所示的改造措施，若交叉口的交叉角度小于 60° ，可通过改变交叉口进口道线形，调整交叉角度，使之位于 $70^\circ - 90^\circ$ 的范围内，以达到消除交通流运行的不利条件，同时提供必须的视距条件，保障交叉口范围内的交通安全畅通等。

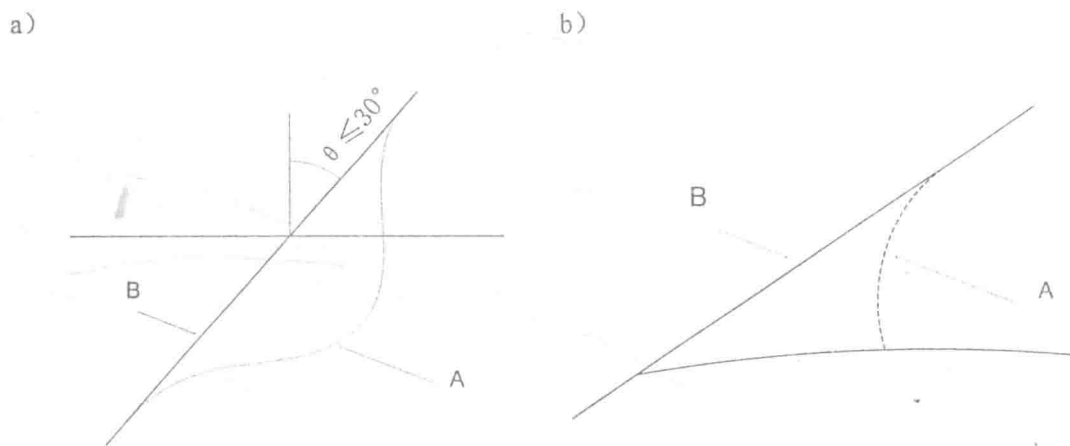


图 1.1 畸形交叉口线形改造措施

注：图中虚线 A 代表次要道路推荐线位，实线 B 代表原有线位。

若用地条件、经济条件或其它客观条件不许可，则在保持现有几何线形条件不变的情况下，通过采取以下措施达到交通安全、畅通运行的目的：

- 清除交叉口内视距障碍；
- 拓宽进口道，重新划分车道功能，并组织交通流；
- 将停车线位置提前，缩短车辆通过交叉口的时间；
- 设置交通岛，明确交通流向，渠化车辆行驶轨迹等，改善交通流的行驶条

件;

- 设置安全岛,合理组织行人、非机动车交通,减少与大部分机动车的直接干扰,提高交通安全性;
- 禁止某些对交通运行干扰大,交通安全性差,而交通量又不大的交通流向;
- 禁止转向不便的大型车辆在此类交叉口内的通行。

以上所介绍的畸形交叉口交通治理方法,是世界范围内比较通用的做法,但在实际方案改造中,具体采取那种方案还要结合各地区的实际条件和交叉口的实际状况而定,若是城市建设用地比较富裕的新兴城市,可能会采用前者所述方法,直接在交叉角度上进行改造,从根本上消除畸形交叉口的存在;若是布局相对稳定,用地比较紧张的城市,由于改锐角交叉为正交的治理方法,将牵涉在小范围内重新改变道路位置的问题,必将产生城市建设的一个老大难——拆迁问题,因此,此类交叉口的治理问题多采用后者所介绍的治理方法,英国、加拿大和日本等其它国家也基本是按照以上思路来改善畸形交叉口的交通运行问题的^{[1][2]}。

1.2.1.2 交通治理方案评价分析

美国对于交叉口交通运行服务水平的评价起步较早,表 1-1 是 HCM(通行能力手册)的不同版本对于交叉口服务水平评价指标的演变过程^[3],从中可以看出随着交通条件、道路条件的不断改善,人们出行要求、出行目的的变化,其评价指标也相应的集中到与出行时间相关的延误上。

表 1-1 服务水平的有效度量指标

设施类型	85 年版:有效度量	94 年修订版:有效度量	2000 年版:有效度量
信号交叉口	平均每车停车延误	平均每车停车延误	平均每车停车延误
无信号交叉口	储备通行能力	平均总延误	平均总延误

但交通治理方案不仅仅是为了减少出行延误,其它诸如提高通行能力、保障交通安全、工程投资经济、可行等方面都是治理方案评价所要考虑的内容,因此还应该综合各方面的要素,对交叉口治理效果进行分析、评价。

为了凸现治理效果,必须要对现状交叉口的几何和交通特性有所了解,因此还要进行交叉口现状几何特征、交通运行特征评价,了解现状存在的问题。美国联邦公路局(FHWA)开发了交叉口诊断评价专家系统(Intersection Diagnostic Review Model),简称为 IDRM 系统,该系统包含两个部分,其中一个组成部分是针对交叉口的评价模型(Intersection Review Module),它可以对交叉口的非几何因素设计进

行适宜性评价;另一组成部分还可以就交叉口的几何设计因素与美国国内目前相关方面的规范进行复核。

IDRM 模型拥有交通工程专家一样的推理能力,可以针对现有多路交叉、畸形交叉、错位 T 型交叉和 K 型交叉中普遍存在的以下问题进行分析:

- 一般交叉口视距不足问题、位于平曲线上的交叉口的视距不足问题、交叉口的进口道位于竖曲线上时的视距不足问题;
- 交叉口进口道位于平曲线、竖曲线上时的停车视距不足问题;
- 交通信号灯、停车让行标志、减速让行标志的可视性问题;
- 穿越交叉口需驶过的距离过长问题;
- 左、右转专用车道不足问题;
- 交叉口范围内的次要道路纵断面线形不平顺问题;
- 对向进口道线形差异问题;
- 停车线前的排队停车空间不足问题;
- 交叉口范围内由于频繁制动而产生的失控问题;

针对以上所提出的问题, IDRM 系统提出诸如交叉口视距模型、基于停车视距的模型、交叉口清空时间模型、转向车道模型和各种混合模型,利用这些模型对上述所提出的问题进行现状评价,判断现有交叉口几何条件、安全因素是否合理,若不合理,则该系统会推荐一系列针对性的治理措施:例如对于畸形交叉情况, IDRM 系统会推荐以下几种治理措施:

- ①对于斜交的道路要改变线形,改小锐角交叉为 75° - 90° 之间的大角度交叉;
- ②重新定位交叉位置,降低小区域内的冲突点个数;
- ③设置渠化岛,规范交通流运行秩序;
- ④禁止某些交通量不大,但运行冲突严重的支路;
- ⑤限制大客车、货车在该交叉口内的通行;
- ⑥提高交叉口内的排水性能;
- ⑦还可以采取其它诸如路面标线渠化等措施,加强交通流的诱导信息设施。

对于某一个畸形交叉口,以上部分治理措施可以相互组合成不同的治理方案,但究竟哪种治理措施能在中近期内交通需求增长的情况下,仍能适应交通安全与畅通的需求, IDRM 系统并未在这些方面给出答案。它只能对现状的交叉口几何线形、交通运行情况进行评价,但对于多种治理方案的效果对比,并没有进一步评价,因此,也未能推荐出最优化方案。

此外,由于 IRM 专家系统是交互式公路安全设计系统 (Interactive Highway Safety Design Model) 中的一个组成模块,而 IHSDM 模型最初是针对乡村双车道

公路安全性设计和交通安全评价的，因此，IDRM 模型实质是针对乡村双车道公路上的平面交叉口的问題诊断模型^[4]，对于城市干道中的畸形交叉口未必适用。

近年来，在美国，由各州的行人与自行车协会提出的“RID—Real Intersection Design”概念正在普及^[5]，该概念的提出是基于以下考虑：在城市区域交叉口相对比较狭小的空间内，自行车、小汽车、公交、一般行人、行动有障碍者和盲人共同在内部通行，相互冲突，带来了交通安全隐患，为了满足这 6 种不同团体的出行需求，保障他们安全通行的要求，交叉口的设计、管理方案就必须代表这些团体的利益。因此，在这六种团体中选拔组员，各组根据各自的需要，对交叉口的现状分别提出治理方案，最后再汇总讨论各方案的相互冲突的严重性，选择冲突不严重、或没有冲突的措施集做为最终采用方案。RID 方法的工作流程如下所示：

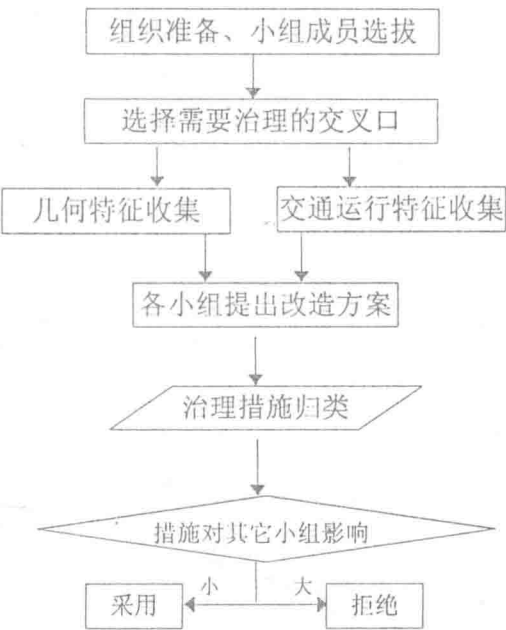


图 1.1 RID 工作流程

RID 方法的不足之处是在定性研究的层面上，推理出最优交通设计、管理方案，这不可避免的局限于方案设计人员的业务素质 and 判断能力，因此在最优方案的选择上，不能客观公正的反映出交通管理方案的优越之处。

1.2.1.3 交通运行仿真研究

在利用交通仿真技术研究交通流运行质量方面，国外已经开发出来了比较多的大型仿真程序，例如德国的 PTV 公司开发的 Vissim 软件^[6]，是一款基于 0.1s 时钟步长的微观交通流仿真软件，可用于城市交通网络和公共交通网络的运行仿真，也可单独用于信号灯控制交叉口和无信号控制交叉口的交通运行仿真，程序内部

集成了车道功能配置、可穿插间隙、车道变换,跟车模型等一系列的车辆微观动作,此外还考虑了现实生活中驾驶员的心理生理影响因素,将驾驶员的行为模式分为以下4种:

- 自由行驶,任一车辆不受其它车辆的干扰,可以自己期望的车速行驶;
- 接近行驶,由于受前面低速行驶车辆的影响,驾驶员采取减速的行为调整两车的速度差,直到两车保持安全间距为止;
- 跟随行驶,驾驶员为了紧随前车行驶,而无意识的采取加速、减速动作;
- 制动,当两车间的距离低于驾驶员期望的安全距离时,驾驶员会采取较大的减速度降低车速,以避免碰撞。

其中对于无信号控制交叉口的仿真,借鉴了目前无控交叉口通行能力分析方法之一——可穿插间隙理论,采用设置优先车流的方法,以车头间距、车头视距等参数对此类交叉口的交通运行特征进行有效的模拟。

此外,仿真程序具有专门的数据收集功能,可以得到一些反映交通运行质量、交通管理效率的指标,如下列所示:

- 行程时间及延误时间;
- 分车型统计交通量及各自的地点车速、行程车速;
- 交叉口排队长度;
- 信号灯控制交叉口的交通信号状态,有效绿灯信号期内的车流排放率;
- 环境废气排放影响因子大小;
- 车辆行驶过程中的加减速状态统计等。

这些指标既包括反映路网运行效率的指标,又包括单一交叉口内的交通运行质量、管理效率指标,它们若是采用现场收集的方法,必将非常的费时费力,而Vissim则可以在仿真结束之后,非常方便的得到这些指标。

利用仿真模型收集的指标,可以方便地用于交叉口交通设计、交通管理方案的评价,例如信号灯配时控制方案、停车让行控制方案、环形交叉控制方案和立体交叉控制方案等方案的对比分析,从而定量地描述出最优控制方案。

但是,在Vissim仿真模型中,还存在一些不足之处,例如交叉口的转向车道半径不易准确模拟;车辆的到达服从单一的分布;交通量的加载是以路段通行能力而定的,如果设定的交通量大于路段的通行能力,则多余的车辆会被放入堆栈中,直到有足够的空间供它们行驶,才会被释放出来,否则这些交通量将会被清除出仿真系统,这就取决于路段通行能力、交叉口进口道通行能力大小的计算,由于我国混合交通严重,且车辆性能较差,国外的通行能力计算公式不能完全适应我们国家的实际情况,因此,Vissim不一定能实际模拟国内车辆的到达状况和交通拥挤情况;此外,Vissim还不能准确反映出由于采用交通岛渠化而对于交通

改善的影响等^[6]。

类似的大型仿真软件还有很多,例如美国联邦公路局开发的 CORSIM 软件,苏格兰 Quadstone Limited 公司开发的 PARAMICS 微观可视化仿真软件,TSS 公司的 AIMSUN 微观流仿真软件等,这些软件主要是针对整个区域路网的交通运行仿真,因此它们的优势不在交叉口仿真模型上,尤其是针对畸形交叉口的仿真方面。

用于交叉口仿真分析的软件也有很多,例如 TrafficWare 公司开发的 SYNCHRO,是一款针对路网中的信控交叉口进行信号配时优化以及交叉口运行评价的软件^[7],该软件的生成文件可以作为 SimTraffic 软件的输入,从而能动态的演示路网中的交通运行情况。

在交通运行评价方面,SYNCHRO 软件内置了两套交叉口分析评价软件,其中一个为 ICU^[8] (Intersection Capacity Utilization),是对信号控制交叉口、菱形立交和城市的单点立交等的服务水平进行评价,软件中考虑了行人交通对交叉口车流行驶的影响问题,对于交叉口服务水平的主要评价参数是 v/c ,计算的精度可以达到 $\pm 10\%$,并以 v/c 值的不同,把交叉口的服务水平分为 A-H 共 8 级,用来代表交叉口不同的拥挤程度。

另一个软件是 HCS——一款可以对城市道路、高速公路、无控交叉口和信号控制交叉口等道路设施的通行能力及服务水平进行分析的软件,且服务水平的衡量标准依据道路设施种类不同而有所区别,对于无信号控制交叉口是以平均每车总延误,对于信号控制交叉口则是以进口道每车总延误为衡量标准。但 SYNCHRO 软件包的评价指标是依据美国的交通条件、道路条件及环境条件而定的,不一定适合中国的交通情况。

针对单一交叉口设计和治理效果分析的软件还有很多,如英国交通运输研究实验室开发的 PICADY,可用于 3 路相交或 4 路相交的无信号控制交叉口的设计和治理工作,并根据现状交通流特点进行交通量加载,估计出该交叉口的通行能力、车辆延误和交叉口车辆排队长度,并动态演示车辆排队长度随时间的变化情况,以此对交叉口设计或治理的效果进行评价。该实验室还开发了 OSCADY (用于信号控交叉口的设计与治理评价)、ARCADY (用于环行交叉口的设计与治理评价) 等软件,但这些软件都是针对正交的交叉口进行评价,尚不能反映出畸形交叉口内的交通运行特征。

1.2.2 国内研究回顾

参照国外治理畸形交叉口的经验,国内也采取改善道路交叉角度、拓宽进口道、科学划分车道功能以及科学确定交通控制方案等措施,对畸形交叉口现存的交通问题进行针对性的治理^{[9][10]}。

在交叉口设计方案或治理措施的效果评价方面,国内也进行了相关的研究,但大部分研究侧重于信号灯控制交叉口服务水平评价方面,不同的研究选择的评价指标不尽相同,有的选用延误,有的选用饱和度、负荷系数等,将交叉口划分为不同的服务等级,但这种划分方法没有综合考虑治理措施在安全、通行能力等方面的改善。例如同济大学智能交通系统研究中心开发的交叉口交通设计评价辅助系统,通过对不同设计方案下交叉口的通行能力、饱和度及延误等的计算与分析,确定出交叉口的服务水平,从而准确的反映交通设计的效果,以最终定出合理的设计方案^[10]。但这些评价方法很少能比较客观、公正的从交通管理者、交通使用者、周围居民等不同的角度反应交叉口治理方案的优劣。

在交叉口的仿真模型研究上,国内的研究较多的侧重于信号灯控制的规则交叉口,如参考文献[11]就是利用微观计算机仿真技术,从信号灯控交叉口的几何设计、交通组织设计以及信号配时三方面进行研究,并利用 SIMSIO 仿真软件,构造研究对象的道路、交通环境,模拟其中车流运行状态及其随时空变化的过程,然后通过对仿真运行过程的观察和仿真结果的统计,得到该信号交叉口的交通运行效果参数,最后利用此输出参数对设计方案进行评价;参考文献[12]运用伊迪跟车模型,详细研究了交叉口内车辆冲突情况,建立车流运行仿真模型,像这样以交通仿真技术为手段,对信号灯控制交叉口交通优化方案的评价分析的研究还有很多,在这里就不过多列举了。但是对于畸形交叉口微观仿真的研究、以及对无控制方案和信号控制方案对比分析的研究,国内的交通流微观仿真模型较少涉及。

在这里需要提出的是,对于国内外有条件的地区,他们已经采取工程措施,将路网上的大部分畸形交叉口改造为规则交叉口,因此已有研究成果大都侧重于比较规则交叉口的方案优化问题,而重庆由于地形条件所限,改畸形交叉口为规则交叉口难度较大,因此,前述的研究成果尚无法直接应用于市内的大量不规则交叉口上。

1.3 本文主要研究内容

本次研究拟借鉴前人的研究成果,提出一套比较切实可行的畸形交叉口交通治理方案优化方法,主要的研究内容如下:

1. 畸形交叉口交通治理措施研究;
2. 畸形交叉口微观仿真模型研究;
2. 畸形交叉口评价体系研究。

第二章 交通治理措施

近年来,随着西部大开发给重庆带来的种种政策、资金及项目支持,重庆的经济前进了一大步,经济的发展带动了交通运输业的空前繁荣,也给本来就薄弱的城市交通带来了更沉重的压力,城市交通拥堵成为影响城市形象、限制城市发展的最大障碍。解决城市交通问题的本质就是使交通畅行无阻,即消除路网中的瓶颈地段,而交叉口正是路网中的瓶颈,车辆通常在交叉口处行驶速度较慢,甚至遇到严重阻塞状态,因此城市交通的畅通问题也就是围绕如何缓解交叉口的拥堵状况,提高交叉口的通行能力等方面。

这一方面可以通过加快平行道路建设规划,以分流部分交通,另一方面就是采用先进的科学技术,用现代化的、科学的管理手段提高交叉口的通行能力,前者是一种积极主动的外延型发展思路,但这受到道路建设资金和城市土地空间的限制,城市的道路系统建设不可能和交通需求同步,这是一个既普遍,又不可能在短时间内解决的问题,因此我们除了用有限的资金修新路以外,还更要采取其它投资小,见效快的办法用好路^[13],而本文所要研究的交通治理工作恰巧就是基于这种考虑的解决方法。

这种投资小、见效快的方法对于重庆市尤其适合,重庆是全国出名的山城,整个城市依地势而建,形成了道路两两不规则相交的局面(所谓不规则交叉口,指的是相交两条道路中心线形成的夹角不是直角的交叉口,这些不规则交叉口在本文中,我们称之为畸形交叉口),这些畸形交叉口四周不是陡峭的山崖,就是高耸的楼房,若采取正交化处理或立交化处理,必将带来相当长的施工周期和资金难度,而采用现代化的交通控制措施、科学的治理方案,就可以提高这些畸形交叉口的通行能力,从而满足一定时期内的交通需求。

本次研究实质上就是将畸形交叉口的治理技术,与先进的仿真技术、评价技术有效的结合,其目的主要有两个方面,一是通过将专业领域知识引入仿真模型,大大增强仿真建模能力,二是利用仿真建模的有关知识,去引导或辅助进行交叉口治理方案的优选。

2.1 畸形交叉口的分类

相交道路的等级决定了交叉口的重要程度,相交道路的条数、交叉角度决定了交叉口的面积大小,也决定了交通流在通过交叉口区域时,暴露在冲突域中的时间长短,因此畸形交叉口除了可以按照交叉口的形状分类以外,还可以按照相交道路的等级、相交道路的车道数,交叉角度等分类。

按形状分类

为了简化研究对象的复杂形式, 选择比较有代表性的交叉口形式进行研究, 在此根据相交道路所形成的交叉形状, 将畸形交叉口分为 X 形、Y 形、K 形三种类型。X 形交叉主要指的是在主要道路的两侧都有次要道路或同等级道路交汇, 或者是两条道路相互交叉通过而成的交叉区域; Y 形交叉主要指的是一条道路的尽头以比较小的夹角, 设置在另外一条道路上而形成的交叉区域; K 形交叉主要指的是两条次要道路或同等级道路以较小的夹角交汇在主要道路的同侧而形成的交叉区域。鉴于重庆市主干道上以 X、Y 形交叉口居多, 故本次研究主要针对这两类交叉口。

按相交道路等级分类

城市道路一共划分为四个等级: 快速路、主干道、次干道、支路, 不同等级的道路相交就形成了不同重要性的交叉口, 因此, 对于畸形交叉口, 也可以按照相交道路的等级, 划分畸形交叉口的类型, 从而对于不同重要性的畸形交叉口采取不同的治理措施。按照相交道路等级, 可以将畸形交叉分为: 主干道与主干道交叉、主干道与次干道交叉、主干道与支路交叉、次干道与次干道交叉、次干道与支路交叉等形式 (城市快速路由于车速较快, 通常设有中央分隔带, 在一些交叉区域不是已经采用立交的形式, 就是采用了近似高速公路进出口的设计, 冲突较少, 因此可以忽略快速路与其它等级道路形成的交叉)。鉴于重庆市主要干道上交通需求较大, 交通运行质量受畸形交叉口影响严重, 因此本次研究对象为主干道上的畸形交叉口。

按相交道路行车道条数分类

根据目前重庆市相交道路的特点, 道路多为两车道、四车道、六车道等形式, 对于六车道以上 (包括六车道) 的道路通常设有中央分隔带, 且这些中央分隔带在一些支路交叉处通常是连续的, 交叉口特征不明显, 中央分隔带仅在与某些相同等级或次要道路的平面交叉处设有开口, 且这种交叉形成的畸形交叉较少, 不是本文的研究重点。在此次研究中, 主要讨论两车道、四车道类城市道路两两相交形成的畸形交叉口, 因此按相交道路条数划分, 畸形交叉可分为两车道与两车道相交、两车道与四车道相交、四车道与四车道相交三种型式。

按交叉角度分类

图 2.1 中的角度 θ 表示交叉角度 (θ 是一个小于等于 90° 值, 在本文后面的研究中, 若无特殊说明, θ 均表示相交道路交叉角度), θ 的取值将会影响交叉口面积的大小、车辆通过交叉口所需临界间隙的大小, 交叉口视距三角形的边长等一系列问题, 因此研究畸形交叉口的治理, 就必须从交叉角度研究畸形交叉口的几何特点和交通运行特点。

根据美国《公路设计手册》上关于交叉角度的处理, θ 大于 75° 的交叉口在交通运行方面比较类似于正交交叉口, 不会过大程度的增加车辆通过交叉口所需行驶的距离, 也不会影响用来保障交通安全的视距; 另据参考文献[14]规定: “道路相交时宜采用正交, 必须斜交时交叉角应大于或等于 45° ”, 由于重庆地形特殊, 形成的道路网格中小于 45° 的交叉口还存在一定的数量, 因此若按交叉角度划分畸形交叉的类型, 可以把 75° 和 45° 作为分界点, 分为 $\theta > 75^\circ$ 、 $75^\circ > \theta > 45^\circ$ 、 $\theta < 45^\circ$ 三种类型。

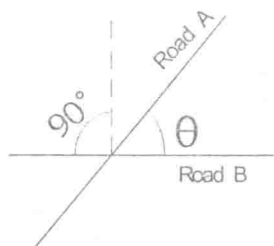


图 2.1 交叉角度示意图

2.2 畸形交叉口交通运行特点及常见交通问题分析

畸形交叉口常见的交通问题主要有两个方面, 交通拥挤和交通事故, 当然, 这两个问题在目前的道路系统中是普遍存在的, 但是鉴于畸形交叉口自身几何特征的局限性和交通运行特征的不利方面, 这两个方面的交通问题尤其突出。

图 2.2a、b 代表了畸形交叉口一般的几何特征, 总结如下: 交叉角度较小、交叉面积较大、部分缘石半径较小、部分象限内不能满足视距要求等, 这些不利的几何特征也带来了交通运行特征的特殊化。

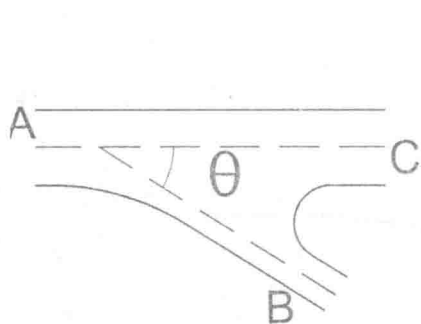


图 2.2a Y 形交叉口几何特征示意图

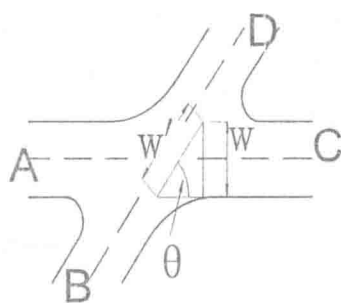


图 2.2b X 形交叉口几何特征示意图

注: 图中 A、B、C、D 代表方向, θ 代表交叉角度, W 代表 AC 道路的行车道宽度, W' 代表 BD 交通流向穿越道路 AC 时所行驶过的距离

在交通运行特征方面, 畸形交叉口表现出以下特点: