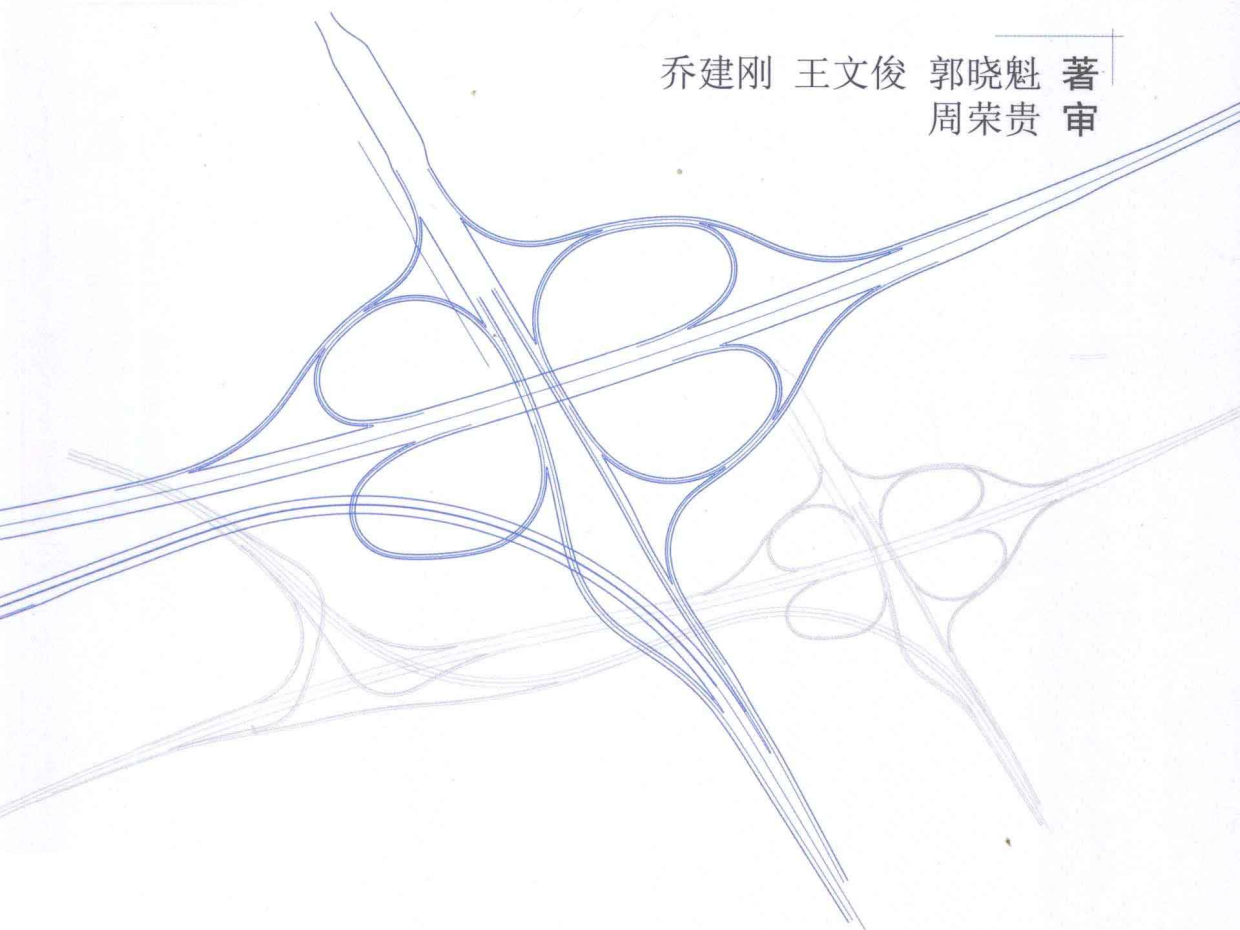


LIJIAOQIAO ANQUAN PINGJIA LILUN YU FANGFA

立交桥安全评价

理论与方法

乔建刚 王文俊 郭晓魁 著
周荣贵 审



中国建材工业出版社

立交桥安全评价 理论与方法

乔建刚 王文俊 郭晓魁 著
周荣贵 审

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

立交桥安全评价理论与方法/乔建刚,王文俊,郭
晓魁著. —北京:中国建材工业出版社,2011.10
ISBN 978-7-5160-0014-4

I. ①立… II. ①乔… ②王… ③郭… III. ①跨线桥
—安全评价 IV. ①U448.17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 176482 号

内 容 简 介

本书将心理学和速度一致性等理论应用于立交桥安全评价领域,重点论述了立交桥评价的实验设计及数据采集方法、安全评价的基本原理和方法、立交桥安全设计评价方法、立交桥设计参数评价方法、立交桥景观评价等内容。

本书重点突出、语言精练、评价方法便于掌握,适合交通工程、交通运输、道路与桥梁工程等专业的本科生和交通运输工程学科研究生使用。也可供从事道路交通管理、设计、研究、施工、养护等的科技人员学习。

立交桥安全评价理论与方法

乔建刚 王文俊 郭晓魁 著

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街6号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:10.5

字 数:195千字

版 次:2011年10月第1版

印 次:2011年10月第1次

书 号:ISBN 978-7-5160-0014-4

定 价:30.00元

本社网址:www.jcbs.com.cn

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010) 88386906

前 言

为疏导缓解交通阻塞问题、提高道路通行能力、保障行人安全，目前在城市和公路上都面临着修建立交工程的迫切需求。互通式立交是高速公路的重要组成部分，是具有空间多层结构形态和立体交通转向功能的专用空间建筑物。其几何线形元素的连续、自然、顺适和相互协调才能构造出互通立交的整体空间效果，更好地发挥互通立交的基本功能和延伸功能。

作者以道路线形、驾驶行为、交通安全互动关系为核心，在交通部科技项目（2008 318 223 12-5）、西部交通建设科技项目（2007 318 223 25）、山西省科技厅攻关科技项目（2007031174）、河北省交通运输厅科技项目（Y-90238）、辽宁省交通厅科研项目、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金（2008-903）等资助下，通过大规模的实地调查立交桥的设计参数、环境景观、安全状况，从驾驶员紧张度和速度一致性的角度对我国互通立交桥的安全性、设计参数等进行了研究，发表了《互通立交桥安全影响因素研究》、《基于层次分析法的互通立交安全评价体系的研究》、《基于虚拟现实的驾驶员紧张度研究》、《基于最大熵原理的互通立交桥间距研究》、《基于投影寻踪的节约型互通立交桥形式研究》、《基于人性化的立交桥景观评价体系的研究》等科技论文，为《公路路线设计规范》中有些条文和设计指标的规定的不足和缺陷，提供了修改理论依据和具体建议。目前国内外还少有关于立交桥安全评价方法的专著和教材。作者认为有必要将自己在实际研究中获取的评价方法成果进行归纳总结，写一本从工程应用角度介绍安全评价方法的书，以推动道路和立交桥安全评价的进程，为关心交通安全的朋友提供一些参考。

本书写作的目的就是対互通式立交桥进行安全评价理论的研究，以减少互通立交桥上交通事故的发生率，从而提高整个高速公路系统的安全性、畅通性。本书共分为七个章节，具体内容如下：

第一章 概述。主要论述了立交桥安全评价目的和意义，系统分析了国内外研究成果与发展现状，提出了本书撰写的必要性。

第二章 互通立交数据采集方案。主要是针对立交桥安全评价从调查目的、内容、地点、时间和样本量的选取进行叙述，就采集仪器和设备及仪器布

设进行了详细说明,并设计数据采集方案和相应的调查表格和调查问卷,为互通立交桥数据采集提供了依据。

第三章 安全评价基本原理。主要介绍了道路安全评价的基本理论和方法,包括速度一致性原理、驾驶员紧张度分析、安全评价理论基础、系统论、决策论、控制论、事故致因理论等相关原理。

第四章 安全特性分析。主要从立交区安全特性的几个方面进行描述。分别对互通立交区主线、匝道的运行特性、互通立交桥的安全影响因素进行了研究,构建了互通立交安全评价指标体系;从竞技法出发提出了互通立交桥事故黑点评判准则;以速度一致性原理和驾驶员舒适特性为理论依据,建立了变速车道和匝道的安全评判模型,并提出了基于组合预测法的公铁立交桥交通量预测方法;进行了基于大车混入率的互通立交桥通行能力和主线收费站通行能力研究。

第五章 立交桥设计参数评价。主要是应用最大熵原理展开对互通立交安全间距的分析;采用投影寻踪原理,构建了投影指标函数,得到了最佳的立交桥形式;通过运行速度差方法和驾驶员舒适特性法,研究了安全的匝道半径和变速车道长度设计指标值。

第六章 景观与其他评价。主要对路侧生态宽容性进行了研究,以人性化观点出发,对立交桥景观进行了评价;同时对立交桥水泥路面病害、公路桥梁的软土地基的处理、旧桥梁加固处理等进行了分析研究;对互通立交桥设计指标进行了安全评价研究。

第七章 结论。本章节主要是对本研究工作进行了总结论述。

特别要感谢交通运输部公路科学研究院周荣贵研究员在审稿过程中给予的意见和建议,感谢李娟、杨宁、郝雅建、温影影、宋敏、王春云、王雅琼、乔婧等同学辛勤的数据采集与整理工作,感谢交通部科技项目、辽宁省、河北省交通厅的科研项目、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金等科研项目对本课题的资助,最后也要对参考文献的作者表示感谢。由于水平有限,书中尚有不妥之处,敬请批评、指正。

乔建刚

2011.7

序

2011年夏天，河北工业大学的乔建刚教授带着一本书稿来找我，邀请我做审稿人，当看到《立交桥安全评价理论与方法》，感觉比较新颖，而且值得其他专家和学者深思研究，再加上乔教授为人踏实勤奋，刻苦钻研学术知识，这本书的另外两个作者王文俊、郭晓魁在道路桥梁研究方面刻苦努力，为人朴实无华，便欣然地接受了他的邀请。

立交桥安全评价作为一个炙手可热的问题，已经越来越受到众多专家学者的关注了，这本书的出版正好恰逢其时。自20世纪90年代初期以来，随着改革开放的进一步深化和经济的快速发展，我国高速公路建设事业以前所未有的速度快速增长，截至2010年年底，我国高速公路通车里程突破7.4万km。作为高速公路必不可少的组成部分，立交桥自然也大量应运而生，其交通事故的发生也越来越频繁。

互通立交桥是高速公路的重要组成部分，是具有空间多层结构形态和立体交通转向功能的专用设施。作为高速公路网中的枢纽和结点，互通式立交起着转换交通流量、梳理和控制车流的作用，在路网中占有极其重要的地位。该书以大量实测数据为基础，以安全评价基本原理为依据，从安全特性、立交桥设计参数、景观与其他评价几个方面进行综合考虑分析，对高速公路互通立交桥安全评价有了更深层次的认识与了解。

该书从心理学和速度一致性理论出发，提出了以驾驶员的心率增长率和运行速度作为评价立交桥的重要指标，在理论和方法上打破了传统的交通事故事后评价道路的局限，做到防微杜渐，确有独到和创新之处。

该书结合实地采集动态数据，以经典理论层次分析法、最大熵、投影寻踪法、遗传算法、计算机仿真法直到创新的竞技法等方法，对立交桥展开安全评价，突出了立交桥安全设计、立交桥设计参数、立交桥景观评价和其他相关的内容，为我国立交桥的安全评价提供了新的思路。

我国地域辽阔，人口分布较广，西方国家的评价方法不能适应我国的国情，亟待结合我国的实际情况开展研究和创新，这一领域的研究在我国的安全评价中还处于空白。该书作者勇于自立创新、集成创新的科研精神值得肯定。

本书的另一大特色是以人为本，在对互通立交桥进行安全评价时，从驾驶员舒适性进行考虑，用心率增长率来衡量人的紧张程度，通过驾驶行为实验系统，定量研究驾驶员紧张程度和实际操作的关系。

本书内容丰富，立意新颖，值得阅读、学习、借鉴。

周荣贵

2011.7

目 录

第一章 概述	1
1.1 意义	1
1.2 作用	2
1.3 目的	2
1.4 国内外研究进展	3
1.4.1 国内研究现状	3
1.4.2 国外研究现状	4
1.5 本章小结	5
第二章 互通立交数据采集方案	6
2.1 目的	6
2.2 调查内容	6
2.3 调查地点及样本的选择	7
2.4 数据采集设备以及布设方案	7
2.4.1 基本路段的仪器布设	8
2.4.2 加速车道的仪器布设	8
2.4.3 减速车道的仪器布设	9
2.4.4 匝道的仪器布设	9
2.4.5 调查所需人员及设备	10
2.5 本章小结	10
第三章 安全评价基本原理	11
3.1 速度一致性原理	11
3.2 驾驶员紧张度的分析	12
3.3 安全评价理论基础	13
3.4 系统论相关原理	17

3.5	决策论相关原理	17
3.6	控制论相关原理	18
3.7	事故致因理论	19
3.8	本章小结	25
第四章	安全特性分析	26
4.1	运行特性分析	26
4.1.1	互通立交区主线运行速度模型	26
4.1.2	互通立交区匝道运行速度模型	29
4.2	互通立交桥安全影响因素研究	31
4.2.1	引言	31
4.2.2	匝道的安全性分析	31
4.2.3	变速车道的安全性分析	34
4.2.4	景观附属设施安全性分析	35
4.2.5	立交构造安全性分析	35
4.2.6	结论	36
4.3	基于组合预测法的公铁立交桥交通量预测的研究	37
4.3.1	引言	37
4.3.2	研究的方法	37
4.3.3	交通量发展预测	39
4.3.4	预测验证	41
4.3.5	结论	42
4.4	基于大型车混入率的互通立交桥通行能力的研究	42
4.4.1	引言	42
4.4.2	数据采集	43
4.4.3	交通组成与运行速度分析	44
4.4.4	大车混入率与速度的关系	47
4.4.5	大车混入率与实际通行能力的关系	48
4.4.6	结论	50
4.5	高速公路主线收费站通行能力的研究	50
4.5.1	引言	50
4.5.2	数据采集与理论分析	51
4.5.3	数据分析	52
4.5.4	结论	55

4.6	立交桥区域安全性分析	56
4.6.1	引言	56
4.6.2	立交桥区域安全的研究现状	56
4.6.3	立交桥区域安全的影响因素分析	57
4.6.4	立交桥区域安全性分析的方法	59
4.6.5	立交桥区域安全性评价	61
4.6.6	结论	62
4.7	基于层次分析法的互通立交安全评价体系的研究	62
4.7.1	引言	62
4.7.2	建立评价指标体系	62
4.7.3	层次分析法确定权重	64
4.7.4	结论	67
4.8	基于竞技法的互通立交桥事故黑点评判准则研究	68
4.8.1	引言	68
4.8.2	立交桥事故数据调查及安全性分析	68
4.8.3	立交桥事故黑点判别	69
4.8.4	结论	71
4.9	立交区运行安全评价模型研究	72
4.9.1	变速车道安全模型的建立	72
4.9.2	匝道安全模型的建立	77
4.9.3	心率增长率模型的说明	83
4.10	基于虚拟现实的驾驶员紧张度研究	83
4.10.1	引言	83
4.10.2	实验	83
4.10.3	数据分析	85
4.10.4	验证	86
4.10.5	结论	86
4.11	本章小结	87
	参考文献	87
第五章	设计参数评价	90
5.1	基于最大熵原理的互通立交间距研究	90
5.1.1	引言	90
5.1.2	熵的基本原理	91

5.1.3	最大熵模型与立交间距适应性分析	92
5.1.4	节地立交桥间距的确定	93
5.1.5	结论	94
5.2	基于投影寻踪的节约型互通立交形式研究	94
5.2.1	引言	94
5.2.2	立交桥节地影响因素分析	94
5.2.3	投影寻踪模型的建立	95
5.2.4	投影指标函数的求解	96
5.2.5	投影指标函数的验证	98
5.2.6	结论	100
5.3	互通立交桥匝道圆曲线半径的研究	100
5.3.1	引言	100
5.3.2	数据采集	100
5.3.3	匝道的运行速度分析	101
5.3.4	驾驶员的紧张度阈值分析	102
5.3.5	匝道圆曲线半径的选取	102
5.3.6	实例验证	104
5.3.7	结论	104
5.4	互通立交桥加、减速车道长度的选取	105
5.4.1	引言	105
5.4.2	研究方法	105
5.4.3	变速车道长度的研究	106
5.4.4	结论	110
5.5	本章小结	111
	参考文献	111

第六章 景观与其他评价 113

6.1	路侧安全评价研究	113
6.1.1	引言	113
6.1.2	路侧生态宽容性分析	113
6.1.3	宽容设计的模型构建	116
6.1.4	结论	119
6.2	基于人性化的立交桥景观评价体系的研究	120
6.2.1	引言	120

6.2.2	评价指标体系的建立	120
6.2.3	实际应用	124
6.2.4	结论	125
6.3	水泥路面病害分析及防治措施	125
6.3.1	引言	125
6.3.2	数据采集方法	126
6.3.3	病害成因分析	126
6.3.4	水泥路面病害防治对策	129
6.3.5	结论	130
6.4	公路软土地基处理方法的选择与应用研究	130
6.4.1	引言	130
6.4.2	软土层的特点及成因	130
6.4.3	常用处理软土路基方法及其应用	131
6.4.4	工程实践	132
6.4.5	结论	134
6.5	碳纤维加固 T 型桥梁技术研究及应用	134
6.5.1	引言	134
6.5.2	碳纤维加固原理	135
6.5.3	碳纤维加固桥梁的计算	135
6.5.4	加固计算实例	136
6.5.5	结论	138
6.6	基于交通仿真的互通立交桥设计指标安全评价	139
6.6.1	引言	139
6.6.2	研究方法的介绍	139
6.6.3	数据处理	140
6.6.4	建立层次结构模型	143
6.6.5	仿真试验分析	144
6.6.5	结论	147
6.7	本章小结	147
	参考文献	148
第七章	结束语	150
	后记	153

第一章 概 述

1.1 意 义

互通式立交作为道路系统中重要的交通节点，起着车流转换和道路之间连接的作用，是车辆合流、分流、交织运行的集中发生地，并直接影响路网系统的运行效果。随着经济的发展，各地的汽车保有量和交通量大幅度增加，为了消除在交叉口的交通拥挤、交通阻塞，降低交叉口的交通事故，立交的数量越来越多。

1928 年，美国新泽西州修建了第一座公路立交，为全苜蓿叶式。至 1936 年，美国已建成 125 座立交。50 年代中期，美国、英国、法国、德国和日本等国开始大量修建高速公路，立交向多层化方向发展。从第一座立交的修建到 50 年代中期，立交的形式显著增加。到目前，各国陆续修建了大量的立体交叉，国外立体交叉正向着多层定向式方向发展。我国修建互通立交的时间较国外短。1955 年武汉在滨江路上修建了我国第一座互通立交，为部分苜蓿叶式。我国道路立体交叉的建设形式在 20 世纪 80 年代以后进入了鼎盛时期，有苜蓿叶形、菱形、环形以及定向式、互通式、组合式等。桥型和结构比较复杂，通常需要建造弯桥、坡桥、斜桥以及异型桥面的结构。

近年来，我国交通基础设施建设资金投入不断增加，高速公路、城市快速路迅猛发展，城市化、机动化进程迅速加快，我国的机动车拥有量及道路交通量急剧增加，拥堵成为不可避免的现实。同时，交通事故隐患逐渐增加，在城市间的高速公路和城市内的快速路上，立交的交通事故率占很大比例。据有关部门统计，1994 年 1 月至 1995 年 6 月一年半的时间沈大高速公路上的 26 座立交桥就发生了 261 起交通事故，而基本路段上发生的交通事故数为 751 起。由此可见，立体交叉道路上发生的交通事故占总体的 34.8%。因此，对互通立交进行安全评价，提出更合理的立交安全设计方法，具有重大的现实意义。

1.2 作 用

我国已经开始对道路交通安全评价进行系统研究,对某些道路交叉口也实施了初步的道路交通安全评价。事实证明,道路交通安全措施的评价研究是一种非常好的研究方法:

(1) 提高公路的安全水平与运营效率;更好地预防和减轻公路交通事故,形成更安全的公路网;

(2) 强化公路安全设施的应用与安全管理;体现“以人为本、为车服务”的设计理念;

(3) 快速转换交通流,发挥立交的功能和特点,保证出入口畅通,使全线服务水平保持一致;

(4) 系统全面的交通安全评价与通行能力分析,是我国公路建设和管理水平向现代化过渡的标志。

1.3 目 的

道路安全评价按照评价对象分为宏观评价和微观评价两种,宏观评价主要研究较大范围的问题,如以国家或省、市为对象;微观评价主要是研究具体的问题,如某一条或一段道路、一个交叉口。按照评价时间,又分为事前和事后评价,目前我国的研究集中在事后评价上。以下将重点总结微观的事前评价方法,即对某一条或一段道路、一个交叉口在设计阶段就进行其安全度的评价,从而优化设计,具有一定的应用价值。

立交的安全评价是从使用者行车安全的角度对立交设计进行评价,并通过优化设计以达到减少交通事故、降低事故危害程度的目标。目前,随着设计理念中人文意识的不断加强,优秀的立交设计已不再简单满足于达到规范要求,而是在此基础上结合具体项目的具体要求,对立交线形进一步优化,力求在设计阶段即消除或减少事故多发点,提高立交设计的优越性及安全性,实现立交行驶中安全、方便、舒适、愉悦的和谐统一。

通过调查现有的立交的设计参数、环境景观、安全状况、交通运行特征,通过大规模的实地调查,构建立交区的安全评判准则和立交区安全评价模型,同时对于《公路路线设计规范》中有些条文和设计指标的规定的不足和缺陷,通过本次研究可以对规范中有关条文的制定和修改提供理论依据和具体建议。最终在满足通行能力的前提下,分析影响安全评价的线形指标、环境等因素,

提出同时可以达到减少事故的目的，综合的互通立交的线形设计指标，具体如下：

(1) 优化公路网互通立交的形式与布局

对高速公路网络效益的发挥、出入口畅通和行车安全的保证、路网流量的平衡、各级路网的衔接、路网总体运输效率的提高等具有重大影响。

(2) 构建互通立交的设计指标

互通立交形式确定后，匝道设计指标的取用大小，基本决定了立交占地的多少和拆迁量的大小。如果匝道采用相对较低的设计指标能够较好的适应地形变化，且由于与立交区前后的主线平纵面指标的采用相对应，因此对行车安全不会造成很大的影响，经通行能力验算后如能够满足要求，就可以采用较低的设计车速和平纵指标。

(3) 提出合理的立交区景观设计

道路景观是道路环境因素的重要组成部分，它不仅直接影响驾驶员的视线视距，同时道路景观的构成将对驾驶员的心理活动产生较大的影响。合理的立交区域景观设计，能起到减少事故、提高交通安全的作用。

(4) 构建立交区的安全评判准则

通过大规模的实地调查，构建立交区的安全评判准则和立交区安全评价模型，为事故黑点的确定提出新的方法，为降低交通事故、预防交通事故的发生提出强有力的依据。

1.4 国内外研究进展

互通立交的安全问题由于其严重程度的加剧正越来越受到人们的关注，因此，对于互通立交安全性的评价非常必要。线形设计主要涉及道路几何形状空间构成问题，是研究汽车行驶与道路各个几何要素的关系，以保证在设计车速、预计交通量及经过地形环境条件下，实现行车安全、经济、舒适和路况美观，不同的设计速度应考虑不同的设计控制因素，采用不同的设计方法，目前国内外的研究机构的专家、学者对此进行了研究与探讨，现分述如下。

1.4.1 国内研究现状

与国外相比，国内交通安全的研究工作起步较晚。国内的互通式立交安全性评价作为公路工程安全评价的重要章节也有所体现，但仅停留在规范符合性检查阶段，最多深入至运行速度的分析。我国关于互通立交安全性的研究具体如下：

2009 年范素芹等人通过分析影响立交安全的因素,提出匝道的出口从正线行车道的右侧分流驶出匝道和从正线行车道的右侧进入较安全,且当车速较高时匝道半径越小,事故率就越高;并给出了一种基于模糊可信度的互通立交安全评价的数学模型。2009 年胡圣能等人建立了平原微丘区二级公路车辆运行速度预测模型,提出了线形设计的安全评价标准,同时提出了将运行速度安全标准运用到公路设计的具体方法。2007 年李世武教授利用加权算术平均的方法将专家咨询和模糊一致矩阵评价方法相结合,建立了高等级公路全线路侧景观对交通安全影响的综合评价模型。2008 年陈松灵等人以系统论基本理论为基础,研究道路交通系统各组成因素相互作用诱发事故的机理,提出三种基本的交通事故发生机理:差错性事故发生机理、突变性事故发生机理以及综合性事故发生机理,从而分析影响道路交通安全的深层次原因。2009 年北京工业大学的高丽梅应用基于交通冲突的安全分析方法对互通立交出入口进行安全分析,并建立了基于交通冲突的安全分析预测模型。2010 年北京交通大学的王颖等人通过分析北京市快速路系统立交主要形式和种类,提出了用平均行程车速、合分流点交通量和交织车速为指标,分别确定立交主线、匝道、交织区服务水平的方法,并提出了评价标准。2007 年,北京工业大学周建等人以天津市卫昆互通立交为研究对象,应用仿真软件——VISSIM,在仿真模型标定和验证工作的基础上,通过仿真实验设计,得到了立交桥区各部分及整体的通行能力值。2007 年,肖忠斌、王伟等人分析了影响城市快速路互通立交间距的各种因素,采用概率论、可接受间隙理论以及运动学的方法,综合考虑互通立交变速车道长度及车辆完成车道变换所需要的基本路段的长度,从系统的角度构建了互通立交最小间距模型,计算得出城市快速路互通立交适宜的最小间距为 110~210km。2008 年,哈尔滨工业大学的孟祥海等人建立了基于三层 BP 神经网络的城市干道路段事故多发点鉴别模型,考虑了交通事故七个方面的影响因素,并能将常规鉴别方法不易识别出的多发点鉴别出来。

1.4.2 国外研究现状

美国在进行正式的道路交通安全评价之前,已开展了包括微观安全评价模型、危险区段识别与改造、各种交通设施安全性能分析等相关性研究。美国联邦公路局(FHWA)2000 年推出了辅助进行相关工作的“交互式公路安全设计模型”(Interactive Highway Safety Design Model)的测试版,可以作为实施道路交通安全评价的辅助决策平台。该模型集成了美国迄今为止最核心的交通安全微观数学模型,推动了《道路安全手册》(Highway Safety Manual, HSM)的研究与编制,2003 年又推出了路侧安全分析程序(Roadside Safety Analysis

Program, RSAP), 使公路安全性评价从定性评价方式过渡到了定性与定量评价相结合的方式。

互通式立交安全性问题作为其中的重要组成部分也包含在上述的研究与程序内。如美国联邦公路局 (FHWA) 1992 年总结认为影响立交范围内道路安全的关键因素为特征、交通量、间距, 并对立交的事故模型进行了大量的调查研究。20 世纪 60 年代美国联邦公路局 (FHWA) 建立了事故数据库, 利用该数据库分析了匝道和苜蓿叶立交外侧连接匝道的事故平均值与曲率和交通量的关系, 认为公路立交匝道的曲率越小事故率越高; 并总结了不同类型匝道和匝道特征参数与事故率的关系, 认为菱形匝道具有较低的事故率, 剪刀形连接具有最高的事故率。AASHTO《道路安全设计与操作指南》认为很大一部分事故发生在高速公路的立体交叉区, 一定的设计特征组合在一起也会产生安全问题, 均衡性、车道的连续、适当的通行能力、视距、标志、速度差异最小化、对驾驶员的要求最小化和不打乱驾驶员的预想等因素都是立体交叉设计和运营管理时所需考虑的重要因素。此外, 国外的一些专家学者的研究成果列举如下:

1992 年, 美国的 M. Easa 专家首先推导出立交桥曲线或切线位置几何关系, 这些关系有助于立交的视距的确定, 然后推导出可用的最小视距。2004 年, 法国的 Girma Berhanu 制定了以亚的斯亚贝巴主干道收集的数据为基础的事故预测模型, 将泊松和负二项式回归方法用于分析关联的道路和交通流数据的离散事故, 表明现有的道路基础设施不足和恶劣的道路交通行动是这次在亚的斯亚贝巴的公路运输不断增长的挑战的主要因素。1994 年, 美国的 Reagan Jerry A 介绍了交互式公路安全设计模型, 这个模型可以帮助设计者从安全的角度评价公路的设计。2005 年, 美国的 Dursun Delen, Ramesh Sharda 和 Max Bessonov 应用了一系列人工神经网络来模仿事故严重程度和事故有关的因素之间的潜在的非线性关系, 之后在神经网络模型中进行敏感性研究来确认事故相关因素的重要性顺序, 此方法适用于不同的伤害严重程度。

综上所述: 目前国内外学者对立交区的研究不太多, 而从研究成果来看, 都集中在构建理论模型、事后评价等方面, 实用性较差, 缺乏前瞻性和可操作性, 为此对立交区安全评价技术的研究显得尤为重要。

1.5 本章小结

本章节首先描述了研究互通式立交桥安全评价方法的意义、作用和目的, 然后综合国内外现状, 总结国内外各研究机构的专家、学者的研究成果、经验, 指出不足以及有待改善的地方, 说明对立交安全评价技术研究的必要性。