

山区高速公路路侧安全保障理论与方法

陈宽民 李岩辉 谢晓如 著



科学出版社

山区高速公路路侧安全 保障理论与方法

陈宽民 李岩辉 谢晓如 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书针对我国江西省山区高速公路路侧安全问题,通过调查该地区部分高速公路路段的不利天气、自然环境、道路线形和事故特征等因素,系统分析了山区高速公路路侧事故的分布规律和特征及不利天气条件下路段平纵线形、长大下坡及路侧障碍物等因素对路侧事故的影响,并提出改善措施及管理制度,形成了江西省山区高速公路路侧安全管理体系。全书共11章,内容包括不利天气条件下山区高速公路路侧事故特征调查与分析、路侧事故统计特征、路侧事故的关系、道路线形和障碍物对山区高速公路路侧事故的影响、路侧安全评价、路侧事故多发点/段鉴别及成因分析、路侧事故多发点/段安全改善、高速公路车速管理、路侧事故预警、路侧事故应急技术。

本书可作为普通高等院校交通工程、交通安全方向的师生参考书,也可作为从事高速公路交通安全技术研究和交通安全设施研究的工程技术人员和科研人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

山区高速公路路侧安全保障理论与方法/陈宽民,李岩辉,谢晓如著. —北京:科学出版社,2017.6

ISBN 978-7-03-053353-1

I. ①山… II. ①陈… ②李… ③谢… III. ①山区道路-高速公路-路侧地带-安全管理-研究 IV. ①U418.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 133904 号

责任编辑:李 萍 白 丹/责任校对:刘亚琦

责任印制:张 伟/封面设计:迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年6月第 一 版 开本:720×1000 B5

2017年6月第一次印刷 印张:13 1/4

字数:200 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

山区高速公路受地形、地貌、地质条件等因素的限制，天气条件多变，部分山区高速公路路段易受雨、雾等不利天气的影响，频繁的降雨使路面湿滑，在长大下坡、急弯陡坡、隧道群及排水不畅路段，存在重大安全隐患。山区高速公路的复杂环境条件，时常导致单车掉线、撞坏护栏、翻车或坠车等典型路侧事故的发生，因此改善路侧安全环境刻不容缓。目前，国家对交通安全问题高度重视，交通科技问题研究作为一个专题被列入了国家中长期科学和技术发展规划，其中交通安全问题是三大热点问题之一，符合国家科技发展的需要。

本书从人、车、路及环境所组成的交通系统出发，系统研究了不利天气条件下山区高速公路路侧事故的分布特征、具体成因及影响因素，提出山区高速公路路侧安全的分级标准和评价方法，研究切合江西省高速公路交通状况的路侧交通安全改善与保障技术，以指导江西省高速公路的建设和运营管理，为保障高速公路交通运输安全、健康、快速发展奠定基础。研究提出的管理方案及工程技术措施将为江西省高速公路交通系统的规划、设计、维护及管理提供科学的依据。

本书内容安排如下：第 1 章介绍山区高速公路路侧事故特征调查与分析；第 2 章介绍不利天气条件下山区高速公路路侧事故统计特征；第 3 章详细介绍不利天气条件下山区高速公路路侧事故的关系；第 4 章介绍不利天气条件下道路线形对山区高速公路路侧事故的影响；第 5 章阐述不利天气条件下障碍物对山区高速公路路侧事故的影响；第 6 章主要叙述山区高速公路路侧安全评价；第 7 章介绍不利天气条件下山区高速公路路侧事故多发点/段鉴别及成因分析；第 8 章介绍不利天气条件下山区高速公路路侧事故多发点/段安全改善；第 9 章

介绍不利天气条件下山区高速公路车速管理；第 10 章论述不利天气条件下山区高速公路路侧事故预警；第 11 章主要介绍不利天气条件下山区高速公路路侧事故应急技术。

本书由陈宽民、李岩辉、谢晓如撰写，并对全书进行了统稿。另外，王龙健、辛梦阳、张俊、武艳、杨克鹏、杨权涛、夏立品等在收集与整理资料、统计与处理数据、制图等方面做了大量工作，在此表示感谢！

限于作者的水平和学识，书中不当之处在所难免，恳请专家和读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 山区高速公路路侧事故特征调查与分析	1
1.1 项目研究背景	1
1.1.1 江西省社会经济发展与自然地理环境概况	1
1.1.2 江西省高速公路现状特征与发展趋势	3
1.1.3 江西省山区高速公路运营安全概况	3
1.2 山区高速公路路侧事故特征调查	5
1.3 山区高速公路路侧事故分布特征统计	8
1.3.1 时空分布	8
1.3.2 车辆因素影响	11
1.3.3 不利天气状况影响	12
1.3.4 驾驶员因素事故特征	13
1.4 基于 Logistic 回归模型的山区高速公路路侧事故影响因素筛选	15
1.4.1 自变量的选取	15
1.4.2 Logistic 回归模型	16
1.4.3 结果分析	17
参考文献	20
第 2 章 不利天气条件下山区高速公路路侧事故统计特征	23
2.1 典型山区高速公路不利天气	23
2.1.1 事故样本	23
2.1.2 设计及交通量资料	25
2.1.3 交通环境实地踏勘	25
2.1.4 交通环境影响分析	26
2.2 雨天路侧事故特征统计	28

2.3 雾天路侧事故特征统计	32
2.3.1 雾的定义和分类	32
2.3.2 雾天行车事故形态	33
2.3.3 雾天行车事故特点	35
2.3.4 雾天行车事故原因	36
2.3.5 雾天对行车安全的影响	37
2.4 冰雪天气路侧事故特征统计	38
参考文献	44
第3章 不利天气条件下山区高速公路路侧事故的关系	46
3.1 累积降雨量与路侧事故统计指标的关系	46
3.1.1 研究区域总体降雨量特征	46
3.1.2 路面水膜与轮胎附着性能研究	47
3.1.3 降雨对交通安全的影响	50
3.1.4 影响交通安全的降雨类型	53
3.1.5 雨天能见度分析	54
3.1.6 路侧事故统计	56
3.2 雾天分布特征与路侧事故统计指标的关系	58
3.2.1 雾天要素指标分析	58
3.2.2 雾天事故特征统计指标	62
3.2.3 雾天能见度对行车速度的限制	64
3.2.4 雾天驾驶员行为特性	66
3.3 冰雪天气分布特征与路侧事故统计指标的关系	67
3.3.1 研究区域总体降雪量特征	67
3.3.2 冰雪路面附着系数	68
3.3.3 冰雪天气能见度	70
参考文献	74
第4章 不利天气条件下道路线形对山区高速公路路侧事故的影响	75
4.1 雨天道路平纵线形及组合因素对路侧事故的影响	75
4.2 雾天道路平纵线形及组合因素对路侧事故的影响	78

4.2.1 雾天事故平纵线形特征统计	78
4.2.2 雾天平纵线形组合设置原则	79
4.2.3 雾天交通安全系统的建立	81
4.2.4 雾天交通组织管理与安全行车策略	83
4.3 冰雪天气道路平纵线形及组合因素对路侧事故的影响	86
4.3.1 平曲线指标对事故的影响	88
4.3.2 纵断面指标对事故的影响	89
4.3.3 弯坡组合对事故的影响	90
参考文献	91
第5章 不利天气条件下障碍物对山区高速公路路侧事故的影响	92
5.1 不利天气条件下路侧障碍物对路侧事故的影响	92
5.1.1 路侧障碍物的定义	92
5.1.2 路侧障碍物事故特征	93
5.2 不利天气条件下驾驶员路侧视域尺度对路侧事故的影响	96
5.3 路侧安全净区范围限制	98
5.3.1 直线段视域净区限制	98
5.3.2 曲线段视域净区限制	101
5.3.3 纵坡段视域净区限制	103
5.4 路侧障碍物合理化设置建议	104
5.4.1 路侧障碍物设置原则	104
5.4.2 路侧障碍物合理化设计	105
5.4.3 路侧障碍物解体消能设计	106
5.4.4 路侧障碍物标示	107
5.5 考虑驾驶员视域尺度的路侧景观设计	108
5.5.1 山区公路景观设计基本原则	108
5.5.2 公路景观功能	111
5.5.3 山区公路空间景观设计	112
参考文献	116

第 6 章 山区高速公路路侧安全评价	117
6.1 路侧安全净区界定	117
6.2 路侧安全水平等级划分	119
6.3 路侧安全设计内容	121
6.3.1 护栏设计	122
6.3.2 路肩设计	122
6.3.3 边沟设计	123
6.3.4 边坡设计	124
6.4 路侧安全水平模糊聚类评价	124
6.4.1 评价指标处理	124
6.4.2 评价指标聚类	126
6.4.3 案例应用	127
参考文献	131
第 7 章 不利天气条件下山区高速公路路侧事故多发点/段鉴别及成因分析	132
7.1 考虑不利天气因素影响的路侧事故多发点/段鉴别方法提出	132
7.1.1 事故多发点界定	132
7.1.2 事故多发点分类	133
7.1.3 事故多发点鉴别方法	134
7.2 不利天气条件下路侧事故多发点/段成因分析	140
7.3 不利天气因素组合对路侧事故多发点/段成因的影响机理	145
7.3.1 不利天气下高速公路的脆弱性	145
7.3.2 不利天气下高速公路的不确定性	146
7.3.3 不利天气对高速公路的影响	147
7.3.4 不利天气对高速公路交通安全运行影响分析	148
7.4 不利天气条件下路侧事故多发点/段成因分析案例	148
参考文献	150
第 8 章 不利天气条件下山区高速公路路侧事故多发点/段安全改善	151
8.1 考虑降雨影响的路侧事故多发点/段的安全改善措施	151

8.2	考虑团雾影响的路侧事故多发点/段的安全改善措施	151
8.3	考虑冰雪影响的路侧事故多发点/段的安全改善措施	152
8.4	考虑不利天气组合因素影响的路侧事故多发点/段的安全改善措施	152
8.4.1	交通事故与不利天气的关系	152
8.4.2	安全改善措施	154
8.5	不利天气条件下路侧事故多发点/段安全改善案例	159
	参考文献	162
第 9 章	不利天气条件下山区高速公路车速管理	164
9.1	不利天气条件下安全车速建模	164
9.1.1	车辆制动四阶段划分	165
9.1.2	车辆安全跟驰间距	167
9.1.3	参数标定	168
9.1.4	车速限制模型	171
9.2	雨天车速限制标准建议	171
9.3	雾天车速限制标准建议	172
9.4	冰雪天气车速限制标准建议	173
9.5	不利天气条件下车速限制措施实施建议	175
	参考文献	176
第 10 章	不利天气条件下山区高速公路路侧事故预警	177
10.1	不利天气条件下路侧事故监测网络布局	177
10.1.1	预警指标体系结构	177
10.1.2	预警指标评价值域	179
10.2	不利天气条件下路侧事故预警体系框架	180
10.2.1	系统总体框架	180
10.2.2	数据采集与查询子系统	180
10.2.3	数据分析与处理子系统	182
10.2.4	报警与调度子系统	184
10.3	不利天气条件下路侧事故预警案例	185

10.3.1	数据的采集与处理	185
10.3.2	预警信号的生成与发布	188
10.3.3	预警危机的管理策略	189
	参考文献	190
第 11 章	不利天气条件下山区高速公路路侧事故应急技术	191
11.1	不利天气条件下路侧事故应急管理联动机制	191
11.2	不利天气条件下路侧事故应急管理预案	195
11.3	不利天气条件下路侧事故应急管理案例	199
11.3.1	泰赣高速应用案例	199
11.3.2	不利天气条件下事故应急管理	200
	参考文献	201

第 1 章 山区高速公路路侧事故特征调查与分析

1.1 项目研究背景

1.1.1 江西省社会经济发展与自然地理环境概况

江西省，简称赣，地处我国东南偏中部长江中下游南岸，毗邻长江三角洲、珠江三角洲和闽南三角区，省会为南昌市。自古以来，江西省物产富饶、人文荟萃，素有“物华天宝、人杰地灵”之誉，生态资源丰富。改革开放以来，江西省经济全速发展，交通四通八达，南北、东西贯通全省的高速公路网把整个江西省与全国紧密地连接在一起。自古至今，江西省一直是全国经济发展的枢纽和企业家争相投资之地。江西省发展的优势如下。

1. 区位优势

江西省是唯一与我国最具经济活力的长江三角洲、珠江三角洲和闽南三角区相毗邻的省份，并纳入泛珠三角经济圈。在陆路交通通道上，江西省已经是连接长江三角洲和珠江三角洲最便捷的大通道，这是湘、鄂、皖三省所无法比拟的。过去江西省被称为沿海的内地，现在这句话倒过来说，就是内地的前沿。过去“不东不西”的江西省，实际上处在东西部地区产业、经济合作与交流的中转地带，是承东启西、贯通南北的交通枢纽。日益开放的江西省正在发挥具有紧连粤、闽、浙，深延港、澳、台，融入全球化的独特区位优势，搭乘区域经济竞争的快车，实现更好更快发展。

2. 市场优势

江西省水、陆、空交通十分便利，随着高速公路等基础设施和配套工程的相继建成，该省不仅具备进一步加大合作、加快发展的条件，而且与全国市场

的连贯更加顺畅,“中部桥梁”的现代物流中心地位更加突出。经测算,以省会南昌市为中心的6小时经济圈内拥有4.5亿人口,至少具有12万亿元工业品消费潜力。江西省在全国经济一盘棋上,对于建立内需型经济,满足国内市场需求而言,是其他地区所无法替代的。尤其从当前来看,扩大内需,做大“国内经济大循环”,是带动我国经济发展的不可或缺的“马车”,这个“马车”的轴心不可避免地、历史地落在江西省的身上。

3. 投资环境优势

用过去的目光看,江西省发展滞后的原因就出在了人文环境和投资环境上,其实就是体制和机制的问题。这曾经是江西的劣势,但是,目前这些情形已经大为改变。江西省在营造“投资成本最低、回报最快、效率最高、信誉最好”的投资环境方面取得了明显成效,影响和知名度越来越大,已经成为国内外众多投资者关注和投资的热点地区。江西省在“中部崛起”战略推动下,形成了加快发展的良好氛围,营造了令人关注的“江西省现象”,江西省完全可以在区域板块中先声夺人并发挥作用。

4. 优越的综合自然条件和资源禀赋优势

江西省具有农业和工业全面发展的优越的综合自然条件和资源禀赋,生态环境良好,这是我国东部或西部地区所不具备的优势。我国西部农业发展条件差,生态环境脆弱,东部又自然资源缺乏,而江西省自然资源丰富,特别是全省正全力推进绿色生态江西建设,使该省正在成为海内外投资创业者的集中地。

江西省自然资源丰富,矿产资源品类多种多样。该省有色金属、贵金属和稀有稀土金属等矿产资源丰富,在全国占有重要地位。截至2007年年底,发现各种有用矿产183种(以亚种计),矿产地5000余处。其中,探明资源储量的124种,已列入矿产资源储量表的119种,矿产地1476处。对国民经济建设具有较大影响的45种主要矿产中,江西省有36种。其中,保有资源储量居全国首位的有铜、钨、重稀土、铀、钍、铷、伴生硫、化工用白云岩、麦饭石

和黑滑石 10 种；第二位的有钨、铋、银、铌、铯和碲等 8 种；第三位的有金、铍、锂、化肥用及制灰用灰岩、玻璃用砂及玻璃用砂岩和海泡石黏土等 12 种。总体来说，江西省的资源丰富，主要有以下特点：①矿产种类丰富，有色金属、贵金属和稀有稀土金属矿产资源优势明显。②主要矿产资源相对分区集中产出，有利于规划布局和规模开发。③有色金属矿床中共伴生有用矿产多，综合利用价值高。④地热、矿泉水分布广，开发利用潜力大。

1.1.2 江西省高速公路现状特征与发展趋势

1989 年 7 月，江西省第一条高速公路——南昌至九江高速公路破土动工。2004 年 1 月，江西省高速公路通车里程突破 1000km；2008 年 1 月，随着武宁至吉安高速公路基本建成通车，江西省高速公路通车里程突破 2000km；2010 年 9 月，鹰潭公路建成通车后，江西省高速公路通车里程突破 3000km，正式迈入当时全国高速公路建设前 10 位省份行列；2012 年 12 月，德兴至上饶、抚顺至吉安、吉安至莲花、赣州至崇义、龙南里仁至杨村 5 条高速公路建成通车，江西省高速公路通车里程突破 4000km，达到 4260km。至此，江西省高速公路覆盖到全省 97 个县（市、区），出省主要通道达到 20 个。江西省高速公路里程建设情况如图 1-1 所示。

1.1.3 江西省山区高速公路运营安全概况

近年来，随着我国公路交通事业的不断发展，尤其是大量高速公路的建设为构建高效通达的公路运输网络奠定了坚实的基础，极大地方便了不同地区间的联系，改变了人们的出行方式，促进了小康社会的建设。但其在产生显著的社会经济效益的同时也带来了大量的交通事故，且长期居高不下，给社会及人民生命财产带来巨大损失，不利于社会和谐发展。

现阶段江西省建设任务多数已延伸至地理地貌环境条件较为复杂的山区，由此也导致了事故多发。2010 年，江西省共发生道路交通事故 6004 起、死亡

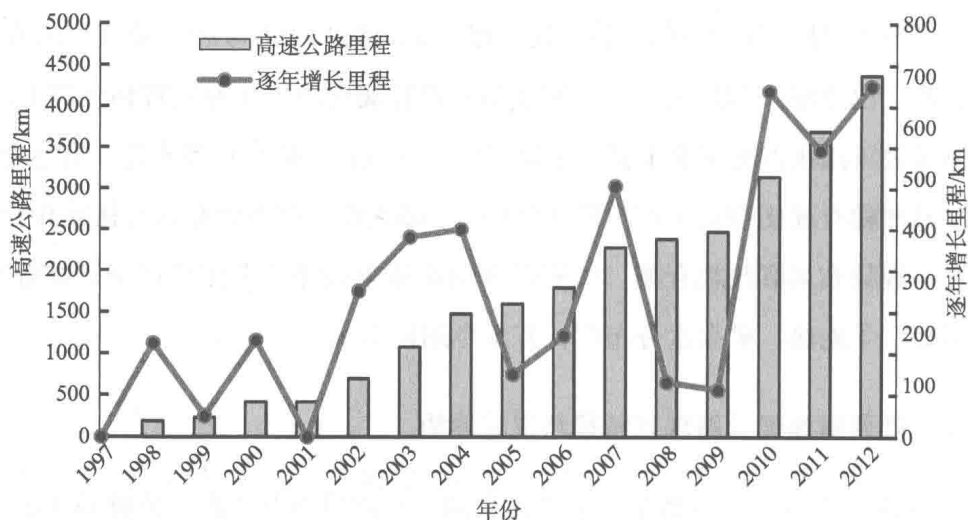


图 1-1 江西省高速公路里程建设情况

1944 人，其中全省高速公路发生事故同比上升 11.37%，高速公路改扩建期间事故同比上升 112%。路侧交通事故是指车辆在公路上行驶时，因发生意外驶离行车道而引发的交通事故，其与某些路侧设施（如护栏、路肩、边沟、边坡、标志牌立柱、中央隔离带等）或部分天然障碍物（如树木、悬崖峭壁、沟渠河流等）有关。根据美国 2002~2007 年道路交通事故统计，路侧事故数占事故总数的 15%，但死亡事故数比例却高达 42.9%，尤其是单车冲出路外事故数占全部事故数的 18%，占全部致死事故数的 44%。在我国，路侧交通事故的严重性也越来越引起重视。根据公安部 2003~2005 年交通事故统计白皮书，我国路侧事故数约占事故总数的 8%，造成了约 12% 的死亡人数，说明路侧事故严重性较高。

更为严重的是，我国在一次死亡 3 人以上的重特大恶性事故中，由于车辆冲出路外坠落陡崖或高桥的路侧事故约占重大恶性交通事故的一半。例如，2006 年 2 月 19 日，黔彭二级路黔江境内沙弯特大桥处，一辆客车冲出大桥，跌入 40 余米落差的山谷，当场造成 27 人死亡。2011 年 5 月 30 日，福银高速山阳段下口子隧道 1491km+500m 处一辆客车撞毁护栏发生侧翻事故，导致 7 死 25 伤。上述事故的共同特点都是先单车掉线、撞坏护栏，然后翻车或坠车的典型

路侧事故。可见,改善路侧安全环境刻不容缓。

山区高速公路受地形、地貌、地质条件等因素的限制,由于天气条件多变,部分山区高速公路路段易受雨、雾等不利天气影响,频繁的降雨使路面湿滑,在长大下坡、急弯陡坡、隧道群及排水不畅路段,存在重大安全隐患。雾区对山区高速公路行车安全的影响显著,其中团雾的不良影响远大于大范围的降雾。从正常路段进入浓雾区,能见度突变,驾驶员在行驶过程中难以正确接收外部环境信息并及时作出正确反应,易发生判断和操作失误,增加了车辆发生交通事故的可能性。

1.2 山区高速公路路侧事故特征调查

美国研究人员较早开展了道路交通事故特征识别方面的理论研究工作,进而可有效确定影响因素,并实施安全改善措施。早在1949年,Smeed(1972)根据欧洲20国十余年的事故资料统计,回归分析得到了事故数与机动车保有量、人口数量间的关系。Tezukayama大学研究人员系统分析了驾驶员特征(驾驶熟练程度、性别、驾驶时间、车辆状态)对事故率的影响。George等(1988)探讨了公路立交上的事故类型、多发位置及成因。Lamm等(1995)基于对山区高速公路事故特征的分析,提出了小半径曲线路段、长大下坡及视觉不良等特殊路段的设计安全标准,即设计连贯性、行驶车速一致性和驾驶协调性。Gibreel等(1999)分析了交通量与事故数的关系,确定了事故数的时间分布规律。Yu等(2013)利用贝叶斯模型对科罗拉多州I-70公路1年的事故数据进行回归分析,探讨了天气因素、道路几何条件、交通流参数对事故的影响,研究结果表明天气对山区高速公路交通事故影响巨大,尤其是降水量。根据阿提卡收费公路2003~2004年的事故统计,Kopelias等(2015)的分析结果表明下坡坡度大、曲线半径小、缺乏速度限制等均可成为山区高速事故多发的潜在影响因素,而道路几何因素与降雨、路面湿滑导致5%~10%事故的发生。同样,

Brauers 等 (2004) 认为山区高速公路事故的发生是多因素综合作用的结果。

大量研究报道表明道路交通条件对交通事故的发生及其严重程度影响显著,法国国家保险公司基于 1064 起事故样本的统计分析认为 40% 的事故发生与道路因素直接相关。瑞士等国的科研人员指出,事故成因并非单一,一起交通事故的诱发因素平均为 1.5~1.6 个,其中道路线形指标参数扮演着重要角色。俄罗斯专家巴布可夫 (1990) 致力于道路条件与交通安全关系的研究,包括道路条件对车辆行驶安全的影响、道路危险路段识别与安全改善等相关问题,着重探讨了交通量、道路几何特征 (曲线半径、纵坡度、车道数、视距等) 与交通事故的关系,据此进行了路段安全评价的研究。Haddon (1972) 将交通事故中人-车-路间的相互关系表示为 3×3 的矩阵形式,即著名的哈顿矩阵,其中任何一个元素均对事故的发生有影响。Yeo 等 (2013) 认为交通流状态受道路几何因素制约,对驾驶员的驾驶行为有显著影响,因此间接作用于事故的发生,并利用韩国 I-880 上 51km 公路路段进行了实验研究。

Polus 等 (2015) 对山区高速公路不良线形路段事故进行了统计分析,认为提高其设计一致性有助于改善交通安全状况,该观点与 Visnjic 等 (2009) 对克罗地亚小城镇公路体系的事故成因类似。同时, Council (1998) 对双车道农村公路事故分析后认为改善平曲线半径的衔接过渡也有助于提高整体安全水平。Fontaine (2008) 通过对四车道山区高速公路安全状况的长期跟踪研究,认为设置货车专用车道并严格限制其使用有助于减少超载超重货车事故的发生。Gintalas 等 (2008) 的研究结果表明雨雪天在长大下坡路段适当撒一些砂砾有助于减少车速和刹车失灵事故的发生。Shively 等 (2010) 通过贝叶斯参数模型估计了交通量、道路几何参数与事故率的量化关系。Schneider 等 (2009) 系统研究了双车道农村公路平曲线半径处的单车路侧事故,结果表明驾驶员的伤亡程度与路侧设施类型有密切内在联系,而 Sadat 等 (2008) 对该问题的研究结果表明事故严重性还与驾驶员的操作反应和行为特征有关。Montella (2009) 认为