

高速公路

交通气象灾害

风险评估、区划与预警



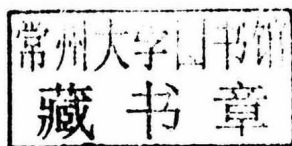
潘进军 柳艳香 田 华 李 迅 汤筠筠 包云轩 焦圣明 等 著



科学出版社

高速公路交通气象灾害风险评估、 区划与预警

潘进军 柳艳香 田 华 李 迅 汤筠筠 包云轩 焦圣明 等 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书重点介绍了极端气象因子,如降雨、低能见度、冰冻雨雪、大风,对高速公路交通运输造成影响的潜在危险性,结合承灾体环境的暴露性、脆弱性及防灾减灾能力,在孕灾环境的敏感性条件下,探索研究了评估高速公路交通气象灾害风险的指标体系和研究方法,并对全国高速公路交通气象灾害风险进行了区划研究,为公路工程设计和建设部门提供科学依据。同时,开展了高速公路交通气象灾害风险的预报预警技术的研发,模型的建立及其在重大活动和极端天气事件中的应用。因我国地势复杂气候多变,本书还重点分析了华北、华东和东北三个不同区域的高速公路交通气象灾害风险的评估和预警,并指出了我国高速公路交通气象灾害风险评估和预警研究中存在的问题。

本书可供气象、交通领域的相关科研、业务人员及有关院校师生参阅。

审图号:GS(2019)1529号

图书在版编目(CIP)数据

高速公路交通气象灾害风险评估、区划与预警 / 潘进军等著. —北京:科学出版社, 2019.6

ISBN 978-7-03-056156-5

I. ①高… II. ①潘… III. ①高速公路—气象灾害—风险评价—研究
②高速公路—气象灾害—气候区划—研究③高速公路—气象灾害—预测—研究 IV. ①P429

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第317904号

责任编辑:刘浩旻 韩 鹏 吴春花/责任校对:王 瑞

责任印制:肖 兴/封面设计:铭轩堂

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>

北京画中画印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年6月第一版 开本:787×1092 1/16

2019年6月第一次印刷 印张:18 1/2

字数:436 000

定价:248.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《高速公路交通气象灾害风险评估、区划与预警》

作者名单

主要作者	潘进军	柳艳香	田 华	李 迅	汤筠筠	包云轩
	焦圣明					
其他作者	戴至修	丰德恩	甘 露	郜婧婧	何永清	李蔼恂
	李长城	李宛育	李巧媛	廖文洲	闵晶晶	钱 玮
	宋建洋	王春玲	王宏斌	王 琳	王慕华	王 志
	吴 昊	杨 静	朱承瑛			

序

交通运输是国民经济重要基础性行业,是现代社会的血脉,对促进经济发展、社会建设、改善民生等都具有十分重要的地位和作用。现代公路交通运输对气象条件具有高度敏感性,其追求的快速、高效、安全、准时,在相当大程度上受到气象因素特别是灾害性、高影响天气的影响和制约。据统计,我国的公路交通事故中有近 30% 发生在恶劣的天气条件下。

随着中国社会经济的快速发展,高等级公路发展迅速,共 469.63 万 km,其中高速公路里程 13.1 万 km,居世界第一。未来,我国公路通车里程和车流量仍将处于高速增长期,对道路交通安全工作提出了更高的要求。据世界卫生组织预计,如果不立即采取有效行动,到 2030 年,交通事故将成为威胁人类的第五大“杀手”。交通事故造成的因素虽然是多方面的,其中恶劣天气的影响不容忽视,因此不断提升公路交通气象保障服务能力、尽可能地降低交通事故损失显得尤为必要和迫切。

2005 年起,中国气象局和交通运输部在公路交通气象监测、预报和预警领域联合开展了一系列科研开发和业务服务工作,适时面向各级政府管理部门、公众提供公路交通气象保障服务,极大地保障了我国公路运输系统的安全性、可靠性和及时性。“十二五”期间,随着防灾减灾意识的提升与能力的增强,我国道路交通事故较“十一五”期间总体呈下降趋势,其中较大以上事故、重大以上事故降幅明显。但高速公路事故占比呈现出一定的上升趋势,这说明高速公路交通运输安全更加依赖恶劣天气的防御与应对。

为进一步加强公路交通气象防灾减灾能力,依托科技部行业(气象)专项支持,中国气象局公共气象服务中心、北京市气象服务中心、交通运输部公路科学研究所、江苏省气象科学研究所及南京信息工程大学联合开展高速公路交通气象灾害风险评价技术研究,在气象灾害影响交通安全的量化评估、灾害风险区划及预报预警方法技术研究方面取得一定突破,填补了该项业务技术的空白。

该书围绕公路交通运输对气象防灾减灾服务的需求,系统介绍了强降水、低能见度、冰冻雨雪、强风等气象灾害和高影响天气可能造成的交通气象灾害风险及其评估区划、预报预警方法技术及业务服务应用,既是一部应用方法技术研究专著,也是一部业务实用工具书,这部专著的出版发行将为气象部门乃至社会各行各业相关技术人员开展研究与实际应用提供较好的指导和参考。

李泽楷

2017.7.12

前 言

交通运输是国民经济重要基础性行业，事关经济发展、社会建设和民生改善。近年来，我国高速公路得到快速发展，公路通车里程和车流量处于高速增长期，由大雾、冰冻雨雪、强降水等气象灾害引发的交通事故和交通阻断，对交通运输安全、人民生命财产造成严重影响。高速公路具有的快速、高效、安全、准时的特点对气象服务提出了更高的全方位需求。

公路交通气象灾害风险具有自然和社会的双重属性，天气现象、地质和地理状况等自然条件，路网密度、公路负荷及经济水平等社会要素，均影响交通灾害风险程度。为了有效减轻和避免气象灾害对公路交通的影响，2005年起，中国气象局与交通运输部联合开展公路交通气象预报预警服务，并针对公路交通高影响天气和交通气象灾害的风险评估、预报预警及专业化观测方法技术、信息共享标准及应急减灾对策等方面开展了一系列的研究和业务应用，在保障公路交通安全畅通方面发挥了重要作用，也积累了很多宝贵经验。

20世纪以来，政府和学术界逐渐认识到以应急救灾为主的灾后管理模式已经难以应对当前和未来不断增大的灾害风险，开展有效的灾害早期预警与风险管理可以更好地预防和减轻灾害损失。公路交通气象预警服务也需从传统的灾害监测预报向灾害早期风险预警转变，才能更有效地为交通部门防灾减灾和安全运行管理提供有力技术支撑和服务保障。

国际范围，美国国家大气研究中心 (National Center for Atmospheric Research, NCAR) 研发了路面专业气象预报系统 (Road Weather Forecast System, RWFS) 和交通决策气象系统 (Maintenance and Decision Support System, MDSS)；加拿大、法国、芬兰等多个国家建立了公路交通气象决策服务预报系统；欧洲路网受极端天气影响研究 (Extreme Weather Impacts on Transport Systems, EWENT) 项目，研究未来极端天气对于欧洲公路交通系统的影响并使用宏观风险分析方法提出消除或适应天气影响的策略。我国虽然已建立了公路交通气象监测预报预警业务体系，但是在公路交通气象灾害风险评估预警方面还处于研究和起步阶段。

本书主要依托科学技术部公益性行业（气象）科研专项《高速公路交通气象灾害风险评价技术研究》的最新研究成果撰写而成，系统介绍了降雨、低能见度、冰冻雨雪、大风等公路交通气象灾害风险指标体系、风险评价技术、风险评估系统和业务试验情况。全书分为五个部分：第一部分（第1~3章）讲述了基于我国复杂的地理气候背景确定基于层次分析和数理统计的高速公路交通气象灾害风险评估方法；第二部分（第4~10章）介绍了结合GIS实现风险评估在道路交通气象服务中的应用，包括降雨、低能见度、冰冻雨雪、大风四种灾害性天气对交通运输致灾风险评估的技术路线；第三部分（第11~14章）详述

了全国高速公路交通气象灾害风险监测、预报预警方法和系统开发,以及相关业务应用情况;第四部分(第15~17章)分别介绍了华北、华东、东北三个不同区域的高速公路交通气象灾害风险评估、区划与预报预警的相关研究成果;第五部分(第18章)总结了国省两级在高速公路交通灾害风险评估预警中存在的问题及公路交通气象服务的新需求。

希望本书能为气象部门、社会企业、科研院所及广大科技工作者进一步开展公路气象服务相关研究、业务及风险管理提供帮助和参考。鉴于本书内容是“高速公路交通气象灾害风险评价技术研究”项目组历经三年的项目研究成果的体现,在此对参加编著的中国气象局公共气象服务中心、北京市气象服务中心、交通运输部公路科学研究院、江苏省气象科学研究所、南京信息工程大学的人员,对袁成松、韩建刚、扈海波、王曙光等专家的指导,对张楷翊进行文字统稿和编辑工作,对中国工程院李泽春院士为本书作序一并致谢!

潘进军

2017年7月12日

目 录

序	
前言	
第 1 章 影响高速公路交通的气候分布特征	1
1.1 低能见度	1
1.2 冰冻雨雪	3
1.3 降雨	5
1.4 风	7
第 2 章 高速公路交通气象灾害	9
2.1 公路交通气象灾害	9
2.1.1 气象条件与交通事故	9
2.1.2 气象条件与交通阻断	9
2.1.3 气象条件引发的次生灾害与交通阻断	12
2.2 气象条件导致高速公路交通阻断灾害时空分布特征	13
2.2.1 雾霾	13
2.2.2 降雪(结冰)	14
2.2.3 降雨(积水)	16
2.2.4 时间变化	16
2.3 高速公路气象灾害风险隐患点时空分布特征	18
2.3.1 风险隐患点的主要气象灾害	18
2.3.2 风险隐患点主要气象灾害的地区分布	19
第 3 章 高速公路交通气象灾害风险评估方法	21
3.1 国际灾害风险评估方法简介	21
3.2 高速公路交通气象风险评估方法	22
3.2.1 交通气象灾害风险	22
3.2.2 交通气象灾害风险评估要素	22
3.2.3 交通气象灾害风险评估思路	24
3.2.4 灾害风险等级划分	24
3.2.5 灾害风险评估方法	24
3.3 高速公路交通气象风险评估指标构建	27

3.3.1	评估指标体系设计	27
3.3.2	指标层权重计算	32
第4章	专家咨询调查结果分析	34
4.1	专家咨询调查综合结果	34
4.2	不同地区相同行业打分结果	35
4.3	不同行业专家打分结果	36
4.4	相同地区不同行业专家打分结果	37
第5章	致灾因子的危险性	39
5.1	降雨	39
5.1.1	综合降雨危险性	39
5.1.2	极端降雨危险性	44
5.1.3	全国高速公路降雨危险性分布	46
5.2	低能见度	49
5.2.1	危险性评价因子时空分布特征	49
5.2.2	全国高速公路交通低能见度危险性	53
5.3	冰冻雨雪	60
5.3.1	影响公路交通的“冰冻强度”计算方法	60
5.3.2	冰冻雨雪交通危险性评估指标	68
5.3.3	冰冻雨雪交通危险性	69
5.4	大风	71
5.4.1	危险性评价因子时空分布特征	71
5.4.2	全国高速公路交通大风危险性	80
第6章	孕灾环境敏感性	84
6.1	高速公路强降雨气象风险敏感性	84
6.1.1	强降雨的敏感性评估指标	84
6.1.2	强降雨的敏感性分布特征	85
6.2	高速公路冰冻雨雪气象风险敏感性	88
6.2.1	冰冻雨雪的敏感性评估指标	88
6.2.2	冰冻雨雪风险敏感性特征	89
第7章	承灾体的暴露性	91
7.1	人口密度	91
7.2	车流量	92
7.3	里程密度	93
7.4	车辆保有量密度	94
第8章	承灾体脆弱性	96
8.1	交通事故	96
8.2	人员伤亡	97

8.3	经济损失	97
8.4	交通阻断	98
8.5	风险隐患点	100
第9章	防灾减灾能力	101
9.1	人均GDP	101
9.2	地均GDP	101
9.3	投入预算	103
第10章	全国高速公路交通气象灾害风险评估与区划	104
10.1	降雨	104
10.1.1	评估指标体系与模型	104
10.1.2	公路交通降雨灾害风险评估与区划	105
10.2	低能见度	109
10.2.1	评估指标体系与模型	109
10.2.2	公路交通低能见度灾害风险评估与区划	110
10.3	冰冻雨雪	112
10.3.1	评估指标体系与模型	112
10.3.2	公路交通冰冻雨雪灾害风险评估与区划	113
10.4	大风	116
10.4.1	评估指标体系与模型	116
10.4.2	公路交通大风灾害风险评估与区划	118
第11章	霾天气的遥感监测及对高速公路交通的影响	120
11.1	资料与方法	121
11.1.1	研究区概况	121
11.1.2	资料	121
11.1.3	数据反演	122
11.2	结果与分析	127
11.2.1	霾过程实况	127
11.2.2	霾过程中地面能见度的反演	129
11.2.3	遥感反演结果的验证	131
11.2.4	霾天气对交通影响分析	134
第12章	全国高速公路交通气象灾害风险预警方法	137
12.1	降雨	137
12.1.1	数据	137
12.1.2	方法	137
12.1.3	效果检验	139
12.1.4	讨论	150
12.2	低能见度	151

12.2.1	数据	151
12.2.2	方法	151
12.2.3	效果检验	152
12.3	冰冻雨雪	155
12.3.1	冰冻雨雪交通风险预警模型构建	155
12.3.2	实例分析	157
12.4	大风	163
12.4.1	数据	163
12.4.2	方法	164
12.4.3	效果检验	165
第 13 章	全国高速公路交通气象灾害风险预警系统平台	170
13.1	高速公路交通气象灾害风险预警系统设计概述	170
13.1.1	系统总体介绍	170
13.1.2	系统设计原则	170
13.1.3	系统架构	171
13.1.4	系统构建	173
13.2	高速公路交通气象灾害风险预警系统主要功能介绍	174
13.2.1	客观产品制作	174
13.2.2	交通监测	177
13.2.3	交通预报	177
13.2.4	交通预警	178
13.2.5	产品订正	182
13.2.6	产品制作	183
13.2.7	产品管理分发	185
13.2.8	系统管理	187
13.3	高速公路交通气象灾害风险预警系统实现的关键技术	190
13.3.1	气象数据可视化技术	190
13.3.2	基于混合空间缝隙的高速公路反演技术	190
13.3.3	基于自然语言的文本加工技术	192
13.3.4	基于 GIS 的工作流技术	193
13.3.5	气象制图技术	193
第 14 章	交通气象灾害风险预警应用试验	195
14.1	风险预警产品	195
14.1.1	产品预报时效及时空分辨率	195
14.1.2	产品格式	195
14.1.3	风险预警分级	196
14.1.4	图形产品样例	196

14.2	应用实例	198
14.2.1	2016年“尼泊尔”台风服务	198
14.2.2	2016年G20峰会气象保障服务	198
14.2.3	2017年一带一路峰会气象保障服务	199
第15章	华北地区高速公路交通气象灾害风险区划与预警	202
15.1	华北地区主要公路交通气象灾害	203
15.2	京津冀高速公路暴雨灾害风险评估和区划	204
15.2.1	资料来源	204
15.2.2	研究思路与方法	204
15.2.3	评估结果分析	206
15.3	京津冀高速公路冰冻雨雪灾害风险评估和区划	209
15.3.1	资料来源	209
15.3.2	研究思路与方法	212
15.3.3	评估结果分析	214
15.4	风险预警方法在业务中的应用设计	218
15.4.1	应用设计思路	218
15.4.2	应用设计	218
15.4.3	风险预警业务模块设计	220
第16章	华东地区高速公路交通气象灾害风险区划与预警	221
16.1	华东地区主要公路交通气象灾害	221
16.1.1	雾灾	221
16.1.2	强降雨	223
16.2	华东地区主要公路交通气象灾害风险评估方法	224
16.2.1	华东地区主要公路交通气象灾害风险评估方法介绍	224
16.2.2	江苏省高速公路交通气象灾害风险评估与区划	228
第17章	东北地区高速公路交通气象灾害风险区划与预警	243
17.1	辽宁省高速公路交通气象灾害数据特征	243
17.2	辽宁省高速公路交通气象灾害风险评估方法	252
17.2.1	交通事故风险模型构建	252
17.2.2	阻断风险模型构建	255
17.3	交通气象灾害风险区划	257
第18章	问题与展望	266
	参考文献	268
	附录	275

第1章 影响高速公路交通的气候分布特征

高速公路是暴露在自然环境中的人工建筑物。气象因子对高速公路及其交通运输的影响非常显著，尤其高影响天气因子对交通造成的事故频发、交通中断或延误加剧等特点，增加了出行与物流成本。对高速公路交通运输影响最大的气象因子是低能见度和冰冻雨雪，雾霾、沙尘、雨雪和风吹雪等天气造成的低能见度会导致驾驶人员的可视距离下降，对行车安全造成潜在的危险。冰冻雨雪造成道路结冰导致路面摩擦系数减小、车辆打滑打转、失去控制，刹车距离显著延长等使得路面交通安全存在极大风险。降雨对公路交通也会产生一定的影响，特别是短时强降雨或持续时间较长的降雨不仅会影响道路设施，造成路面积水、塌陷，也会造成衍生地质灾害（滑坡、泥石流）等阻断交通，影响交通的安全运行。一定强度的风尤其是侧风或横风，会使运行车辆失去平衡而倾覆，造成交通安全隐患。本章主要介绍在现今气候背景下，对高速公路交通运行有影响的气象因子的变化特征，分析影响我国高速公路及其交通运行的气候条件，为高速公路工程和高速公路交通气候区划提供科学依据。

1.1 低能见度

低能见度是包含由雾、霾、沙尘及降水（降雨和降雪）、吹雪等导致的能影响高速公路交通运行安全的能见度降低的天气现象。公路上能见度的变化，会导致驾驶员获得交通信息的准确性和及时性降低，影响驾驶员的观察力、判断力和操作力，从而影响交通安全。由于空气中雨、雾、霾、沙尘等颗粒物对光的散射和吸收，前方道路和标志标线轮廓的清晰度下降，使驾驶员产生距离错觉，可视距离下降，易造成追尾事故，存在严重的交通安全隐患。

雾滴与积灰混合，也会导致轮胎与路面的附着系数减小，特别是冬季，雾会在路面形成一层薄冰，使车的抗侧滑能力、制动能力大大降低，导致车辆容易出现行驶打滑、制动跑偏或制动距离延长等现象（丁小平等，2010；张飒、冯建设，2005；汤筠筠，2005；陈伟立，2005）。

在《高速公路交通气象条件等级》（QX/T 111—2010）标准中，能见度大于500m基本对公路交通不会产生影响，200~500m稍有影响，100~200m有一定影响，50~100m有较大影响，而小于50m则会产生严重影响。历史上中国气象局对能见度的观测是一日4次定时观测，且能见度的观测单位km，只精度到0.1km，没有小于50m的

能见度观测资料，所以在分析中将小于 100m 低能见度均归入了第 3 级（表 1.1）。

表 1.1 低能见度对高速公路影响的等级划分（卞光辉，2010）

低能见度等级	分级指标	对公路交通运行影响
第 1 级	$200\text{m} < V \leq 500\text{m}$	稍有影响
第 2 级	$100\text{m} < V \leq 200\text{m}$	有一定影响
第 3 级	$V \leq 100\text{m}$	有较大影响

注：V 为能见度

图 1.1 和图 1.2 分别给出了 1980 ~ 2014 年多年低能见度平均强度和低能见度出现的平均日数分布。在资料分析时剔掉了高山站，因为高山站低能见度出现频率较高，但对高速公路交通的影响并不大，为了真实再现低能见度的分布特征，剔除了吉林天池、安徽黄山、安徽九华山、河南嵩山、四川峨眉山等 23 个观测站。很明显，全国大部分地区的平均低能见度大于 200m，尤其在我国的北方和西部大部地区，低能见度大于 300m，且出现的年平均日数小于 5 天，北方地区的低能见度多是由于沙尘、雾霾或风吹雪（白毛风）等天气造成，对高速公路交通运行稍有影响，但影响并不很大。低能见度在 100 ~ 200m 的区域主要分布在华北南部、华东、华中部分地区及四川盆地等地区。因华北南部、华东部分地区毗邻海域，水汽相对比较充沛，另外由于雾或霾的影响，能见度较低，但是这种低能见

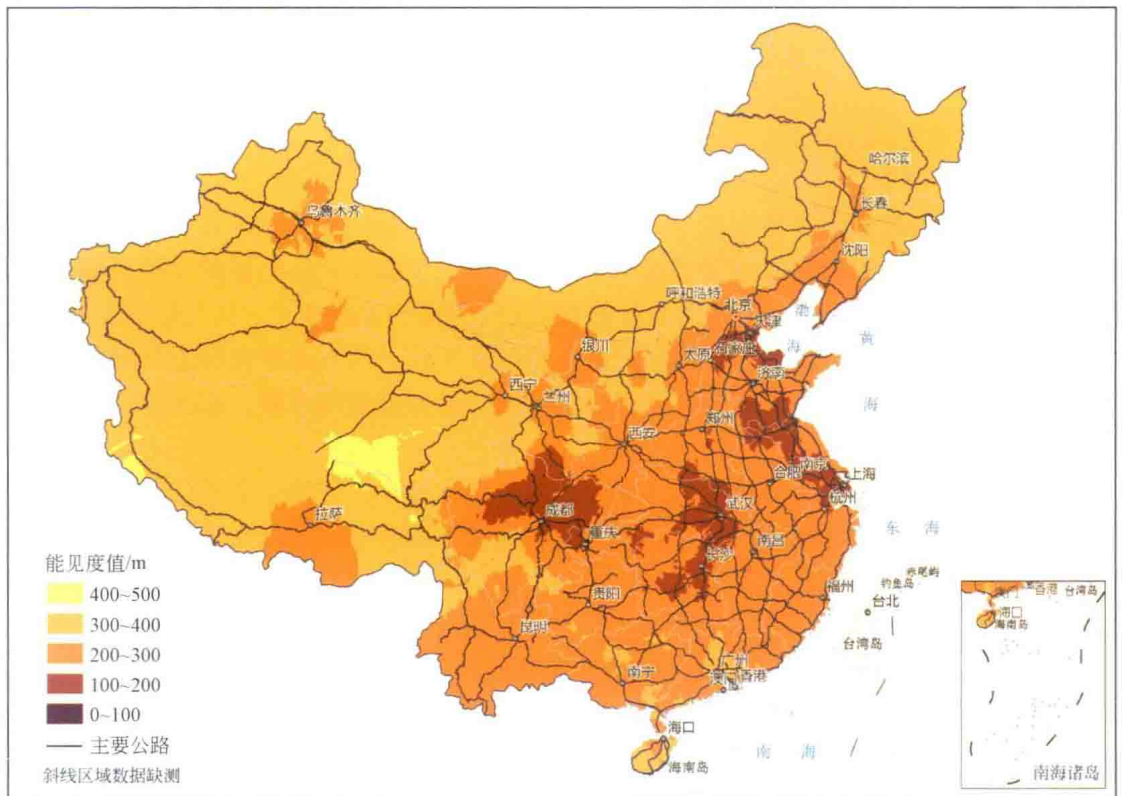


图 1.1 全国（台湾资料暂缺）低能见度年平均强度分布（1980 ~ 2014 年）

度出现的频率并不是很高，多年平均日数在 10 ~ 15 天，只有局部地区在 15 ~ 25 天。总体而言，这个强度区间的低能见度对高速公路交通运行会产生一定的影响。四川盆地是低能见度的高发地区，受周边大地形和盆地内河流的密集分布，水汽条件、层结条件都易形成盆地内大雾（朱乾根等，1981；尹球、徐绍祖，1994；顾清源等，2006）致使能见度降低，影响道路交通安全运行。华中部分地区的低能见度也在 100 ~ 200m，多集中两湖平原，靠近水体的区域。这些地区由于受周边大地形的阻挡作用，层结稳定，风速较小，易造成能见度降低，出现频率也相对较高，对高速公路交通运行会造成一定的影响。云南南部地区，低能见度出现的频率很高，但强度并不是很大，仅在 200 ~ 300m，只是对交通运行稍有影响。

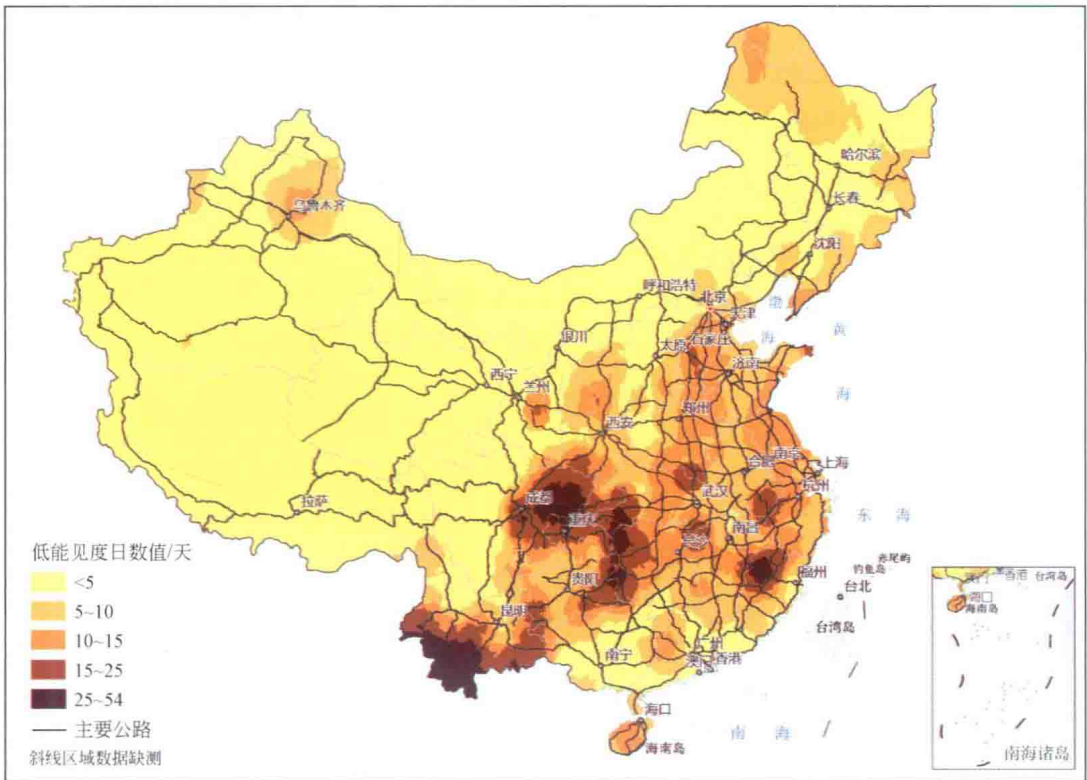


图 1.2 全国（台湾资料暂缺）低能见度年平均日数分布（1980 ~ 2014 年）

1.2 冰冻雨雪

冬季，低温、降雨、降雪、雨夹雪等天气对道路交通的影响非常大。我国北方冬季气温较低，基本以降雪为主，而南方大部分地区则是以降雨为主，当气温或地表温度较低时（低于 0℃）路面会结冰，所以冰冻雨雪对公路交通的影响非常大。首先，冰冻雨雪会对公路路基、路面及边坡造成一定的损坏，如沥青路面开裂、坑槽沉陷翻浆、面层松散、面层大量破损

等；路基也会因冻融循环影响强度降低而出现沉陷、翻浆等道路病害，而应对冰冻雨雪的撒盐对路面也会造成损伤，致使道路交通受到影响。同时，冰冻雨雪发生时，道路会产生雪阻或路面结冰，随着气温的日变化，会造成雪融、结冰等反复过程，路面易产生“黑冰”现象（黑冰是一种很薄的，覆盖在道路上难以发现的冰层。由于其厚度很薄，道路本身的柏油颜色会从其中透射出来，造成本身冰面的被视度很低，与道路融为一体，极难被发现）。黑冰会让车辆失去控制，打滑、打转、刹车距离显著延长，是最危险的道路杀手之一。

降雪使道路的能见度降低，影响了驾驶员识认交通标志和前方行车环境的速度；路面积雪或积冰使路面摩擦系数降低，严重影响了车辆的操作性能和制动性能，危及行车安全。冰雪天气下，路面附着系数为正常干燥路面附着系数的 1/8 ~ 1/4 (Paul, 2003)。附着系数的降低使车辆制动距离增大，道路通行能力降低，极易导致事故发生 (Federal Highway Administration, 2006; 裴玉龙、马骥, 2003)

图 1.3 是 1981 ~ 2010 年全国年降雪日数分布图。很明显，长江以南（包括四川盆地和江苏）地区的降雪日数基本均在 0 ~ 9 天，降雪日数最多的地区分布在黑龙江、内蒙古和新疆的北部，有 120 天以上，甚至可达 200 多天，而东北大部、内蒙古中东部、北疆和青海南部地区，积雪日数在 55 ~ 123 天，华北、西北大部、华中北部地区的降雪日数大多在 9 ~ 30 天，其余地区则在 30 ~ 55 天。

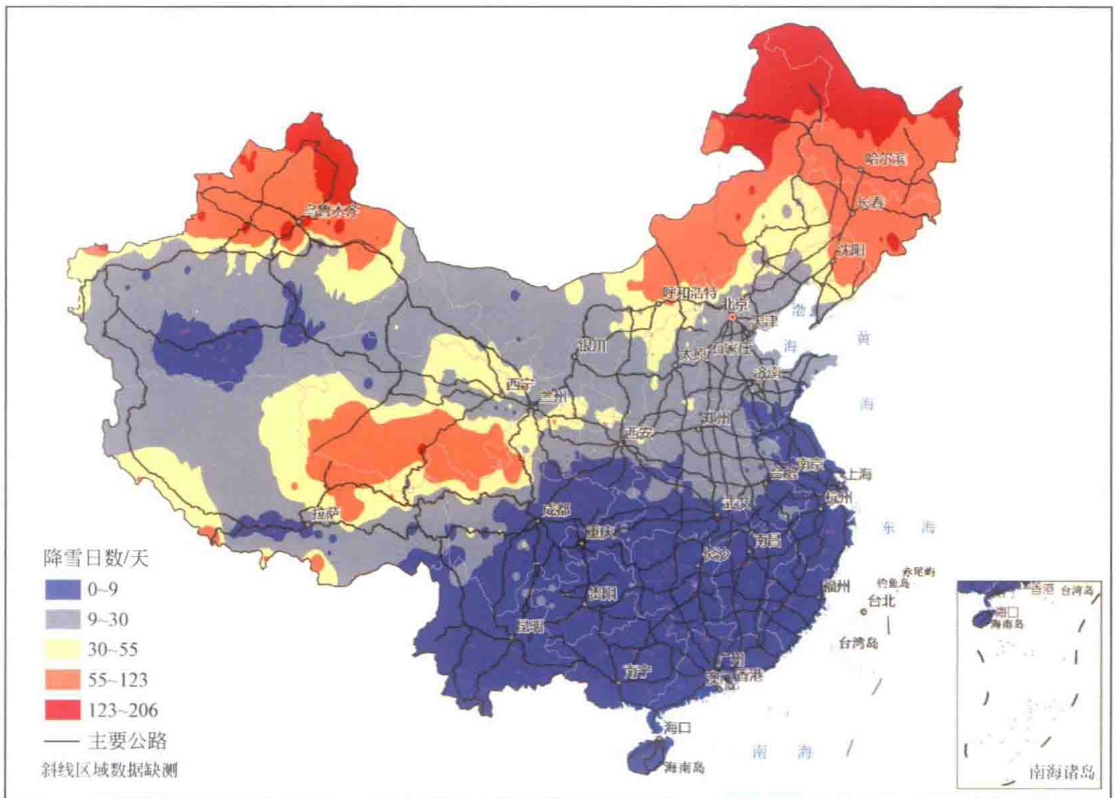


图 1.3 全国（台湾资料暂缺）年降雪日数分布 (1981 ~ 2010 年)

除了降雪天气,南方地区也会因为气温或地表温度较低,遇到降雨天气时会造成地表结冰,尤其是云贵高原、湖北、湖南部分地区,因凝冻天气或冻雨天气造成路面结冰,对高速公路交通运输产生不利影响。

1.3 降 雨

降雨对公路交通的影响非常明显,尤其是出现暴雨或短时间内降雨量较大时,可能会冲毁或淹没路基、路面、涵洞等,导致路面积水、诱发路面翻浆、开裂、塌陷和路基边坡滑塌,同时降雨对路基边坡的冲刷会形成雨沟、洞穴甚至路基掏空等灾害,严重威胁公路的使用寿命和行车安全。目前,我国高速公路基本是沥青路面,沥青混合料的强度、水稳定性等与沥青与矿料之间的黏附性息息相关,而水是影响沥青与矿料之间黏附性的主要外部因素(孙立军,2003)。沙庆林(2001)、Solaimanian等(2003)、Bahia和Ahmad(1999)研究指出水的存在是沥青路面水损害发生的必要条件,水与沥青相互作用降低了沥青的黏结力,导致沥青混合料的刚度和强度降低甚至是沥青的剥落,在车辆荷载和冻融循环的综合作用下,沥青路面就会出现坑槽、车辙等现象(Johnson and Freeman,2002)。同时,水的存在,沥青中存在的可溶物质溶入侵入的水中而随水分流失,从而使沥青变质,加速沥青老化的速度,导致公路寿命受到影响(李海军等,2005;吕伟民,2001)。

降雨不仅对公路的基础设施会造成不同程度的损害,也会对道路交通产生一定的影响,如降雨会影响驾驶员的可视距离,增加辨别道路标志标线或障碍物的难度,而潮湿路面对光线的反射作用,会造成驾驶员的视觉冲击和心理压力,导致行车速度减慢,道路交通能力降低。

中华人民共和国气象行业标准《高速公路交通气象条件等级》(QX/T 111—2010)中关于降雨强度对高速公路的影响进行了等级划分(表1.2),1小时降雨量大于10mm就会对高速公路交通产生影响,1小时降雨量在10~14.9mm对高速公路交通运行稍有影响,1小时降雨量在15~29.9mm有一定影响,1小时降雨量在30~49.9mm有较大影响,而当1小时降雨量大于50mm时就会对高速公路交通运行产生严重影响。当然,降雨产生的雨雾对道路交通也会产生一定的影响。图1.4是1991~2015年25年中最大小时降雨量分布,很明显,以98°E为界,以西地区小时最大降雨量小于10mm(除了新疆西部、西藏南部和东南部局部地区为10~14.9mm)。依据气象行业标准《高速公路交通气象条件等级》(QX/T 111—2010),对高速公路的交通运行基本不会产生影响,但对于干旱半干旱气候带的北方地区或西部地区,降雨稀少,降雨量小,再加上由于地质地貌、植被、河网及环境地形的敏感性及其脆弱性,1小时降雨量大于5mm就会对高速公路交通产生影响,特别是对于黄土高原,降雨流水侵蚀,极易产生道路积水、塌陷、边坡塌方,或滑坡泥石流、山洪等地质灾害,会对公路交通运行造成影响。特别是在西藏东南部和新疆西部部分地区的最大1小时降雨量在10~14.9mm,极易引发滑坡泥石流等地质灾害,造成道路阻断。而98°E以东地区的小时最大降雨量均大于10mm,从青藏高原东南部到内蒙古北部