

道路与铁道工程学丛书

道路与铁道除冰雪技术

芮勇勤 贾 蓬 李志勇 金生吉 李英娜 编著



東北大學出版社
Northeastern University Press

道路与铁道工程学丛书

道路与铁道除冰雪技术

芮勇勤 贾 蓬 李志勇 金生吉 李英娜 编著

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 芮勇勤 贾 蓬 李志勇 金生吉 李英娜 2015

图书在版编目 (CIP) 数据

道路与铁道除冰雪技术 / 芮勇勤等编著. — 沈阳: 东北大学出版社, 2015. 11
ISBN 978-7-5517-1144-9

I. ①道… II. ①芮… III. ①公路养护—冬季养护—技术 ②铁路养护—冬季养护—技术 IV. ①U418.4 ②U216.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 269274 号

内 容 提 要

本书重点研究经济、实用、高效、安全、功能强的新型道路冰雪清除机械产品、装备。具体内容包括: 路面冰雪灾害与除冰雪方法综述和路面积雪与压实冰雪物理力学性能分析; 在组合式钢丝滚刷除雪机结构与性能分析、多功能清雪机械装置与结构分析、国内外除冰雪方法分析的基础上, 认识开展组合式钢丝滚刷除雪机滚刷组件结构和振动除雪铲研究研制与推广的重要性; 组合式钢丝滚刷除雪机滚刷组件机械结构性能分析; 开展组合式钢丝滚刷除雪机滚刷组件、振动除雪铲破冰工作机理研究; 进行组合式钢丝滚刷除雪机滚刷组件、振动除雪铲破冰过程数值模拟分析; 进行组合式钢丝滚刷除雪机滚刷组件、振动除雪铲破冰除雪试验与分析; 开展除冰雪工艺与机械组配研究。本书研究成果可供相关领域工程技术人员教学、研究学习参考。

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph@neupress.com

Web: <http://www.neupress.com>

印 刷 者: 沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 19.5

字 数: 496 千字

出版时间: 2015 年 11 月第 1 版

印刷时间: 2015 年 11 月第 1 次印刷

责任编辑: 汪彤彤

责任校对: 木 子

封面设计: 刘江旸

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-1144-9

定 价: 70.00 元

序

我国的东北、西北、华北地区地处北温带,全年气温在 $-29\sim 36^{\circ}\text{C}$ 之间,平均气温 8.3°C ,而冬季最低温度可达 -30°C ,冬季不仅气候寒冷,降雪较多,而且降雪期长,平均可达4~6个月之久。当降雨、降雪时,路面极易积雪结冰。加上近些年来气温骤冷骤热交替频繁,路面雪后结冰,冰上降雪,积雪形态各异,严重影响汽车行驶安全,增加能源消耗,造成交通阻塞,增加交通事故的发生率。

降雪使得北方的寒地城市在冬季不得不面临清雪的问题,清雪需要清雪机械、融雪剂以及各种人工劳动,此外还需要对合理的清雪方式开展专门的研究,因此城市需要支付大量的费用。在一些降雪频繁的城市,城市用于清雪的费用更多,在很大程度上增加了政府的财政负担。在国外。如日本,每年除雪耗资约500亿日元(约合人民币38亿元),美国耗资约为日本的2倍,西欧则更多。

是我国北方,如沿海、山区地形复杂、气候多变、冬季路面冰雪灾害频发,伴随着我国高等级公路的发展,公路技术等级不断提高,交通量日益增大,故对其交通安全和应急保通提出了更高要求。道路、公路积雪依据所处地理位置、降雪量、气温、车路比例等情况不同,表现出的性质差异非常大。一般分为三种形式,即自然积雪、压实积雪和融冻冰雪。我国北方沈阳以南地区,冬季降雪含水量大,路面积雪经车轮碾压后呈团状,易破碎,清除阻力小,采用清除浮雪的设备基本可解决问题。如采用铲除式除雪设备、推土机等可很快恢复道路的畅通。而沈阳以北广大地区多属大陆性气候。冬季干旱,降雪含水量少,温度低,特别是城市街道易形成压实积雪,清除困难。尽管这方面已有大量研究,但是受经济条件、管理机制、路况条件、研制设备实用性等方面因素的影响,城市道路与公路冰雪清除技术的发展,尚不能适应现代交通高速发展的需求。

建立四级预警机制:日平均气温低于 0°C ,气象部门预报未来一周可能出现冰雪天气时,启动四级预警;日平均气温低于 0°C ,气象部门预报未来48h有小到中雪时,启动三级预警;日平均气温低于 0°C ,气象部门预报未来48h可能降中到大雪时,启动二级预警;当出现低温冰雪天气,日平均气温低于 0°C ,气象部门预报未来48h内有大到暴雪灾害性天气时,启动一级预警。除雪要求:小雪(降雪量在2.5mm以下)雪停后6h内,把影响市内主次干道的车行道、非机动车道、人行通道、立交桥、铁路涵洞上的冰雪清除,其他道路上的冰雪应在16h内清除;中雪(降雪量在5mm以下),要在主要道路、立交桥涵洞上下引坡及重点地区撒布融雪剂,雪停后8h内,把三环内主要道路的车行道、非机动车道、人行通道、立交桥、铁路涵洞上的冰雪清除,16h内把其他主次干道的车行道、非机动车道、人行通道上的冰雪清除,24h内将支路、背街的车行道、非机动车道、人行通道上的冰雪清除;大雪或特大雪(降雪量在6mm以下),雪停后16h内,把三环内主要道路的车行道、非机动车道、人行通道、立交桥、铁路涵洞上的冰雪清除,24h内把其他主次干道的车行道、非机动车道、人行通道上的冰雪清除,72h内将支路、背街的车行道、非机动车道、人行通道上的冰雪清除。可见,为保障道路冬季畅通,针对不同冰雪情况,加强经济、实

用、高效、安全、功能强的新型道路冰雪清除机械产品、装备的研制,是本书归纳科技创新研究的重点,也是促进国家经济快速发展的强有力保证。

本书归纳的主要研究技术内容如下:

- ①路面冰雪灾害与除冰雪方法综述和路面积雪与压实冰雪物理力学性能分析;
- ②在组合式钢丝滚刷除雪机结构与性能分析、多功能清雪机械装置与结构分析、国内外除冰雪方法分析的基础上,认识开展组合式钢丝滚刷除雪机滚刷组件结构和振动除雪铲研究研制与推广的重要性;
- ③组合式钢丝滚刷除雪机滚刷组件机械结构性能分析;
- ④开展组合式钢丝滚刷除雪机滚刷组件、振动除雪铲破冰工作机理研究;
- ⑤进行组合式钢丝滚刷除雪机滚刷组件、振动除雪铲破冰过程数值模拟分析;
- ⑥进行组合式钢丝滚刷除雪机滚刷组件、振动除雪铲破冰除雪试验与分析;
- ⑦开展除冰雪工艺与机械组配研究;
- ⑧进行技术经济分析比较,优化产品结构;
- ⑨目前取得主要成果汇总。

随着中国经济建设和人民生活水平的改善,社会、公众对快速有效地清除道路上的积雪、防止路面结冰要求越来越高。同时,随着国家对环保的不断重视,结合欧洲、北美、日本等国外发达国家和我国近年的除雪、防滑经验,就国外发达国家和地区的除雪作业理念、方式、管理、设备配置及材料选择等进行总结,力求抛砖引玉、助推我国道路与铁道除冰雪技术设备的研究,不断探索高效、经济和环保的除雪和防结冰方法、设备及材料水平。

本书得到省交通厅高速公路管理局、公路管理局和北京路桥总公司的大力支持和科研技术项目的资助。

在本书的编写过程中,借鉴了一些相关的技术设计、现场管理和软件应用,受益匪浅,在此深表感谢!

特别感谢东北大学资源与土木学院李超、陈明苹、刘一虎、王建、于洁等研究生参与第1章到第10章编写,长沙理工大学交通运输工程学院和公路工程地质灾害研究所刘威研究生参与第13章编写,沈阳工业大学土木结构工程学院张健、王艳等研究生参与第11章到第12章编写,以及沈阳天信高速公路工程有限公司给予的支持和帮助。

希望《道路与铁道除冰雪技术》一书,在实际工程中的设计、分析和仿真等方面,能给予广大读者启迪和帮助。

由于编著者的水平有限,加之时间仓促,书中难免有疏漏和错误之处,恳请读者不吝赐教。

编著者于望湖苑

2015年8月18日

目 录

第 1 章 冰雪灾害与除冰雪方法	1
1.1 冻雨雪的形成	5
1.2 路面除雪机械特点及使用条件	18
1.3 融雪剂	21
1.4 除雪机械主要生产厂家及产品性能	26
第 2 章 积雪与压实冰雪物理力学性能	29
2.1 路面冰雪的分类	29
2.2 路面压实冰雪成因与影响因素	30
2.3 冰雪的物理机械性质	31
2.4 清除压实冰雪的破坏准则	34
第 3 章 国内外除冰雪技术与设备	37
3.1 除冰雪现状	37
3.2 常用的除冰雪方法分类	37
3.3 专用除冰雪机械设备	39
3.4 建立公路除冰雪应急组织系统和配套技术	43
3.5 高速公路除冰除雪机械设备	44
第 4 章 我国破冰除雪机械专利设备	51
4.1 除雪的基本方式	51
4.2 除雪机主要类型	51
4.3 除雪剂及除雪机械专利设备	52
4.4 国内机械式除冰雪技术状况	58
4.5 机械式破冰除雪机的改进	59
4.6 破冰除雪装备的研发与创新	61
4.7 破冰除雪装备机械动力确定与结构动力设计	65
第 5 章 滚刷多功能除冰雪机械设备	67
5.1 组合式钢丝滚刷除雪机研究思路	67
5.2 国内外刷扫型清雪车的主要类型和特点	68
5.3 滚扫式清雪装备的研发现状与发展	72
5.4 滚扫式清雪装备的技术研制	74
5.5 多功能除雪机械工作装置的主要技术参数	75
5.6 浮雪清除机械装置	76
5.7 硬板状积雪清除装置	78
5.8 圆柱滚刷扫雪装置与环保安全	79
第 6 章 组合式钢丝滚刷除雪机结构工艺参数	81
6.1 组合式钢丝滚刷除雪机	81
6.2 组合式钢丝滚刷除雪机工作原理	82
6.3 钢丝滚刷材料	82

6.4	钢丝滚刷清雪	84
6.5	清雪车的生产率和清扫质量评价指标	85
6.6	钢丝滚刷刷毛排布	86
6.7	钢丝滚刷旋转速度	88
6.8	钢丝滚刷圆周转速校核	89
6.9	钢丝滚刷安装角清雪效果	92
6.10	钢丝滚刷外径确定	93
第7章	组合式钢丝滚刷除雪机工况	95
7.1	组合式钢丝滚刷与浮雪相对运动耗功	95
7.2	组合式钢丝滚刷克服路面摩擦损耗的功率	105
7.3	组合式钢丝滚刷刷毛弹性变形损耗的功率	107
7.4	组合式钢丝滚刷克服空气阻力损耗的功率	107
7.5	组合式钢丝滚刷作业过程中损耗的总功率	108
7.6	组合式钢丝滚刷转动阻力矩	109
7.7	组合式钢丝滚刷积雪输送率	112
7.8	组合式钢丝滚刷除雪机结构优化	113
7.9	组合式钢丝滚刷除雪机结构的优化模型	116
第8章	振动除雪铲破冰机理及其设备工况	121
8.1	振动除雪铲破冰机理与理论方法	121
8.2	刀具压入压实冰雪层阻力分析	125
8.3	刀具最大压入、推挤阻力分析	127
8.4	振动除雪铲破冰过程数值模拟	129
8.5	振动除雪铲车工况	150
8.6	振动除雪铲车结构	152
8.7	振动除雪铲破冰除雪试验	154
8.8	振动除雪铲运动阻力	156
8.9	振动除雪铲车牵引特性	157
第9章	道路除冰雪工艺方法与机械组配	161
9.1	道路除冰雪方法	161
9.2	除冰雪组配技术方法	161
9.3	除冰雪机械组配原则	165
9.4	除冰雪机械经济组配	166
9.5	除冰雪合理机械组配方法	167
9.6	除冰雪合理机械组配计算	169
第10章	铁道破冰除雪机理与机械结构工况	171
10.1	铁道除冰雪状况	171
10.2	铁道旋转台式清雪机/雪犁车	174
10.3	道岔电热除雪方法	180
10.4	旋切与钢丝滚刷除雪轨道车	191
10.5	道路与铁道两用除雪车	192
10.6	除冰雪预警和处置流程	194
第11章	环保型融雪剂试样配方	197
11.1	融雪剂的使用现状	198

11.2	融雪剂融雪化冰机理	200
11.3	缓蚀剂的腐蚀防护	203
11.4	融雪剂对植物的危害	205
11.5	通常使用融雪剂成分实验检测	206
11.6	环保型融雪剂配方	211
11.7	环保型融雪剂试验	215
第 12 章	环保型融雪剂特性实验与制备	221
12.1	融雪剂的研制与使用	221
12.2	金属腐蚀测定标准	223
12.3	碳钢腐蚀试验	224
12.4	混凝土强度腐蚀试验	227
12.5	对盆花影响性试验	229
12.6	植物种子发芽率影响试验	231
12.7	环保型融雪剂氯化钙的生产制备工艺	234
12.8	环保型融雪剂氯化镁的生产制备工艺	236
12.9	环保型融雪剂醋酸钙镁盐的生产制备工艺	238
12.10	环保融雪剂的使用与经济成本	241
第 13 章	气象灾害除冰雪应急管理对策	245
13.1	气象灾害应急理念	245
13.2	国外气象灾害应急管理体系建设	247
13.3	国外气象灾害应急管理案例研究	248
13.4	国外气象灾害应急管理借鉴和启示	249
13.5	气象灾害预警监测网络建设	251
13.6	气象灾害预警信息发布系统	252
13.7	气象灾害应急管理体系建设其他内容	256
主要参考文献		260
附录 A 道路除冰雪融雪剂养护系列专用产品		265
附录 B 道路除冰雪养护系列专用产品		267
附录 C 铁道除冰雪专用设备与产品		299

第 1 章 冰雪灾害与除冰雪方法

我国的东北、西北、华北等地区地处北温带,全年气温在 $-29\sim 36^{\circ}\text{C}$ 之间,平均气温 8.3°C ,而冬季最低温度可达 -30°C ,不仅冬季气候寒冷,降雪较多,而且降雪期长,平均可达4~6个月之久。当降雨、降雪时,路面极易积雪结冰。加上近些年来气温骤冷骤热交替频繁,路面雪后结冰,冰上降雪,积雪形态各异,严重影响汽车行驶安全,增加能源消耗,造成交通阻塞,增加交通事故的发生率。可见,冻雨雪给交通运输带来了极大的影响。冻雨雪天气可能造成的道路灾害一般信息得到的是:国家地方天气预报→气温升降预报→公路封堵情况反馈→对比分析→决策,如图 1.1 至图 1.4 所示。同时,冻雨雪也给交通运输带来了极大的影响,如图 1.5 至图 1.9 所示。

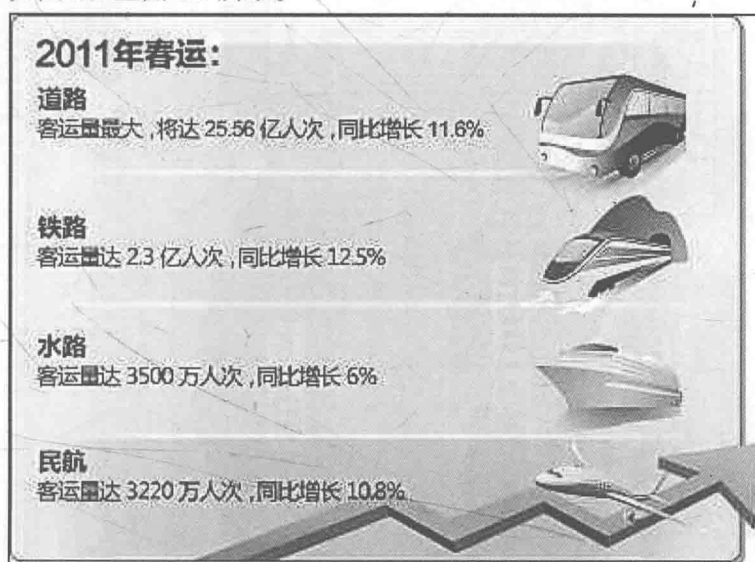
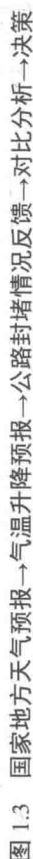


图 1.1 春运人员出行增加趋势图



图 1.2 冰雪天气动态预报示意图



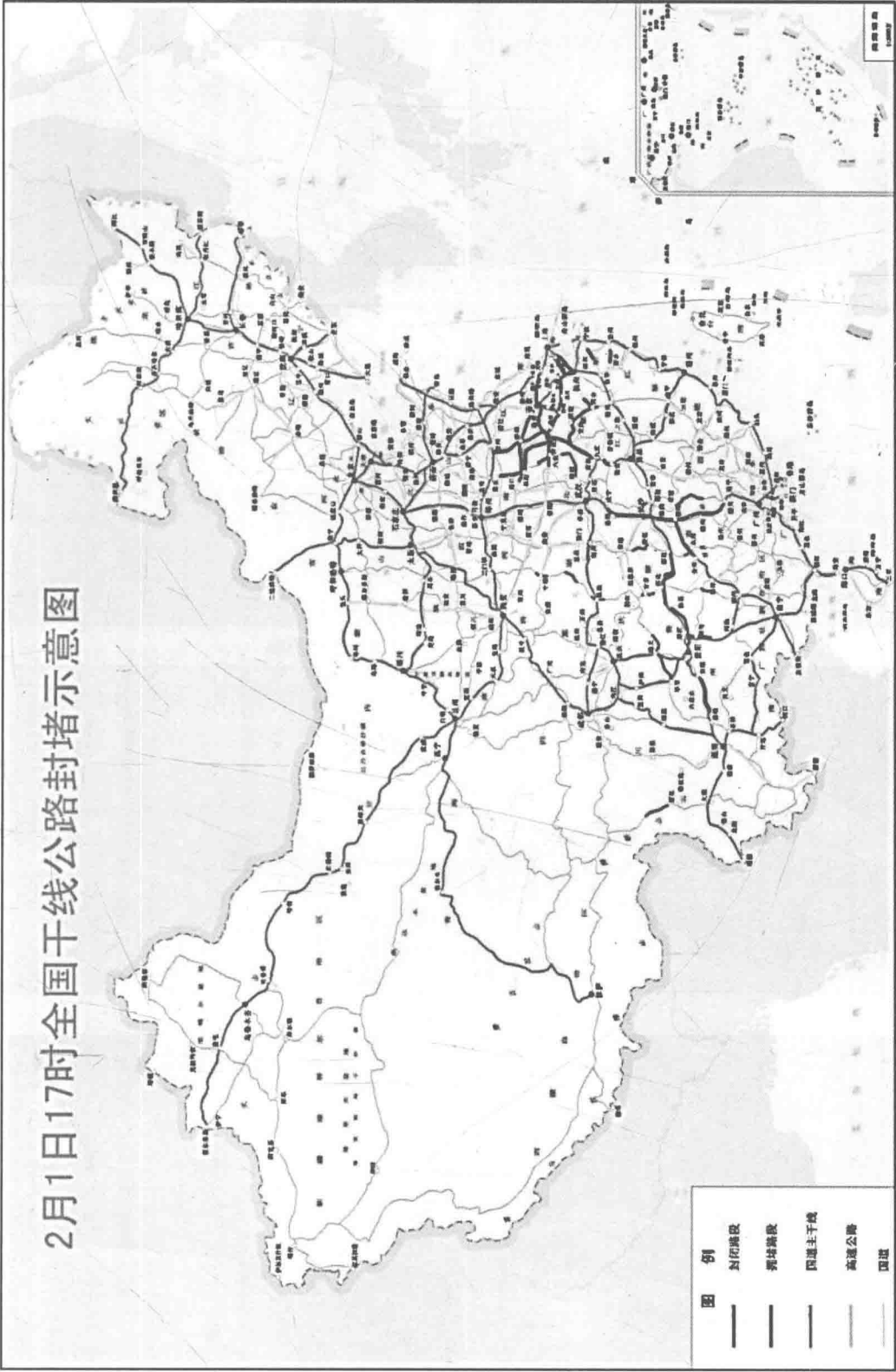




图 1.5 冻雨雪造成公路拥堵、铁路晚点

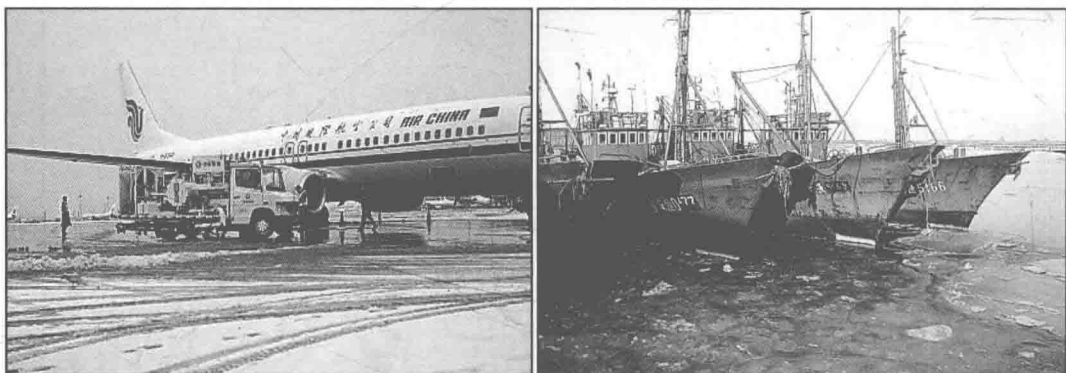


图 1.6 冻雨雪对民航和水运交通运输的影响

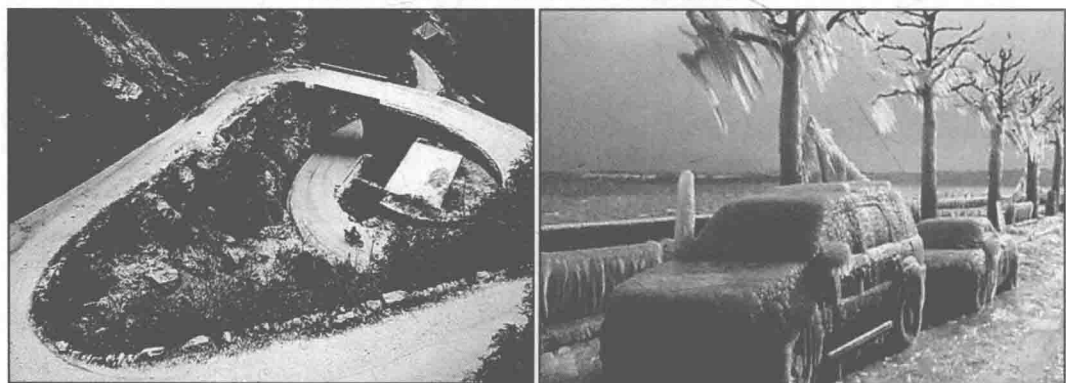


图 1.7 路面冻雨雪影响车辆停运状况

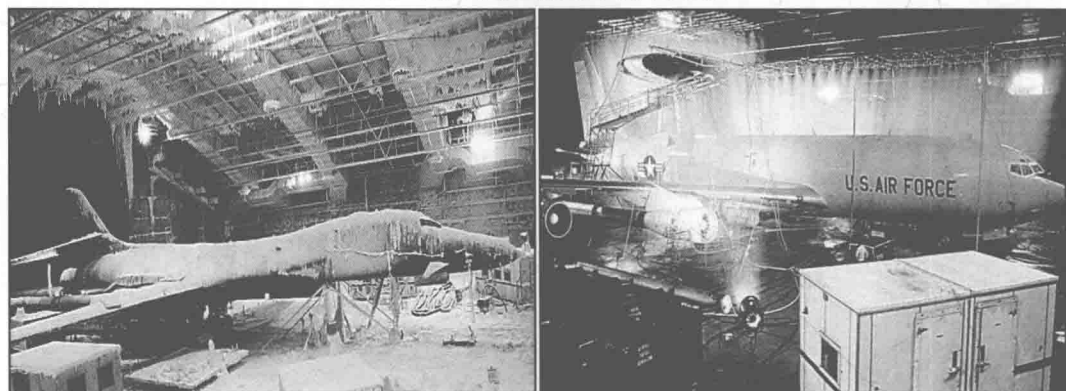


图 1.8 军用 B-1B 轰炸机低温结冰测试画面

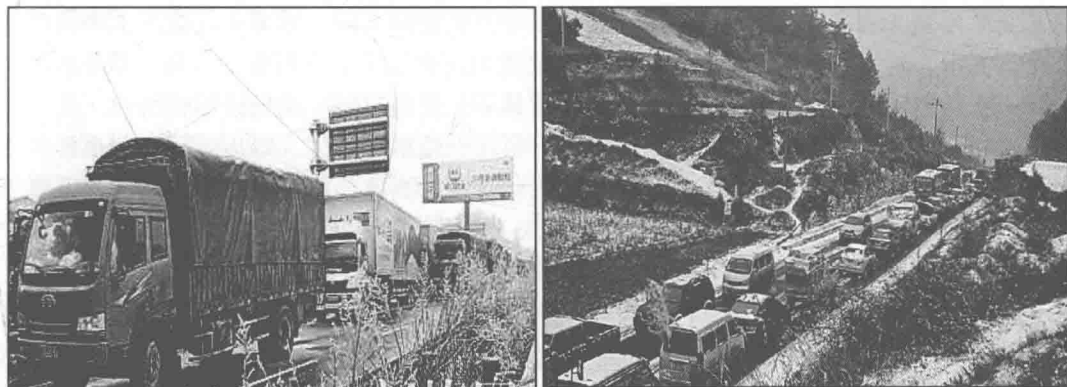


图 1.9 冰雪灾害中的大堵车

1.1 冻雨雪的形成

1.1.1 冻雨雪的形成原理及影响

(1) 冻雨雪的形成原理

过冷雨滴或毛毛雨落到温度在冰点以下的地面上相碰而即刻冻结的雨称为冻雨。水滴在地面和物体上迅速冻结而成的透明或半透明冰层，这种冰层可形成一些“千崖冰玉里，万峰水晶中”的壮美景象。我国南方一些地区将冻雨又叫作“下冰凌”，北方地区称它为“地油子”。这种雨从天空落下时是低于 0°C 的过冷水滴，再碰到树枝、电线、枯草或其他地上物，就会在这些物体上冻结成外表光滑、晶莹透明的一层冰壳，有时边冻边淌，像一条条冰柱。这种冰层在气象学上又称为“雨凇”或“冰凌”。

当较强的冷空气南下遇到暖湿气流时，冷空气像楔子一样插在暖空气的下方，近地层气温骤降到 0°C 以下，湿润的暖空气被抬升，并成云致雨。当雨滴从空中落下来时，由于近地面的气温很低，在电线杆、树木、植被及道路表面都会冻结上一层晶莹透亮的薄冰，气象上把这种天气现象称为“冻雨”。如遇毛毛雨时，则出现粒凇，粒凇表面粗糙，粒状结构清晰可辨；如遇较大雨滴或降雨强度较大时，往往形成明冰凇，明冰凇表面光滑，透明密实，常在电线、树枝或舰船上一边流一边冻，形成长长的冰挂。冻雨多发生在冬季和早春时期。我国出现冻雨较多的地区是贵州省，其次是湖南省、江西省、湖北省、河南省、安徽省、江苏省及山东省、河北省、陕西省、甘肃省、辽宁省南部等地，其中山区比平原多，高山最多。雨水从空中落下来结成冰，这种冰积聚到一定程度时，不仅有害，而且危害不浅。

(2) 冻雨雪的影响

冻雨风光值得观赏，但它毕竟是一种灾害性天气，它所造成的危害是不可忽视的。它大量冻结积累后能压断电线和电话线，严重的冻雨会把房子压塌；飞机在有过冷水滴的云层中飞行时，机翼、螺旋桨会积水，影响飞机空气动力性能造成失事。

电线结冰后，遇冷收缩，加上冻雨重量的影响，就会绷断。有时，成排的电线杆被拉倒，使电信和输电中断。冻雨发生时，风力往往较大，所以冻雨对交通运输，特别是对通信和输电线路影响较大。公路交通因地面结冰而受阻，交通事故也因此增多。大田结冰，会冻断返青的冬麦，或冻死早春播种的作物幼苗。另外，冻雨还能大面积地破坏幼林、冻伤果树等。

1.1.2 近年来冻雨雪气候灾害及预防

(1) 2008 年冻雨雪气候灾害

2008 年从 1 月 10 日开始,一场持续近 1 个月的低温、雨雪冰冻天气袭击了中国南方 19 个省区市,其影响范围之广、造成的灾害之重为历史罕见,属五十年一遇,部分地区为百年一遇。此次灾害天气是在全球气候变暖背景下,受拉尼娜极端气候影响所致。受灾害影响,中国南方大部分地区交通中断,电力、供水设施遭受重创,春运受阻,群众日常生活受到严重影响。时值春运高峰,南北交通大动脉京珠高速公路广东、湖南段被冰雪覆盖断路,积压了大批车辆,受困者有的长达十几天;广州、杭州等地的火车站大批旅客滞留,许多旅客不得不留在当地过年。几十万子弟兵和武警战士,数十万警力,18 万电力抢修人员,成千上万名干部群众都紧急行动起来。投入人员之众、物资之多,为 1998 年抗洪以来所仅见。截止到 2 月 12 日,灾害波及 21 个省(区、市、兵团),因灾死亡 107 人,失踪 8 人,紧急转移安置 151.2 万人,累计救助铁路公路滞留人员 192.7 万人;农作物受灾面积 1180 万 hm^2 ,绝收约 168 万 hm^2 ;森林受损面积近 1733 万 hm^2 ;倒塌房屋 35.4 万间;因灾直接经济损失 1111 亿元。

其中,湖南、贵州、江西、安徽、湖北、广西、四川等省(区)受灾较为严重。这一期间的冰雪气候演化如图 1.10 所示,气候的变化与冰雪路面的发生密切相关,但是气候的随机变化,使得冻雨与冰雪相互交融,使得路面更加难行,安全事故比比皆是。

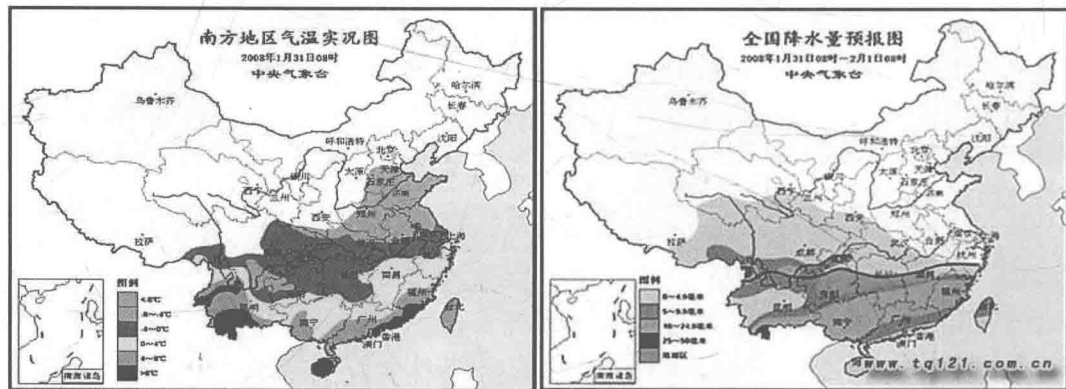


图 1.10 2008 年冰雪气候演化

(2) 2010 年冰雪气候演化

2010 年元旦以来,受冷暖空气共同影响,北京、天津、河北、内蒙古、山西等地出现强降温降雪天气,给群众生活和出行造成严重影响。国家气候中心高度重视对强降雪降温和大雾等灾害性天气防范应对工作,把防灾减灾气象服务作为当前最紧迫的任务,围绕当前确保城市运行、交通运输、农业生产、市场供应的迫切要求,加强对极端天气气候事件的监测、预测和预估工作,及时提供气候监测、预测和评估信息。

2010 年元旦后三天,长江中下游地区将有弱的雨雪天气造访。而这几天,北方的地区的最低气温都降到了 0°C 以下,最高气温也仅在 5°C 以下,尽管大部分地区天气晴好,但行走于室外感受到的仍是寒气逼人。未来几天,气温不会有明显回升,特别是新疆、内蒙古、东北、华北北部等地,4~5 级的瑟瑟寒风会让人更加体会到冬季的寒冷。而南方,特别是江淮和江南北部的最低气温也已经降到 0°C 以下,江南中南部、贵州等地的最低气温在 5°C 以下,再加上阴雨雪天气的“雪上加霜”,会让上述地区的人们感到阴冷刺骨。高原东部及长江中下游地区多雨雪天气。据中央气象台最新预报,2010 年元旦后三天,受东移冷空气影响,湖北大部、江淮大部、青藏高原东部以及新疆西部、西北地区东南部、内蒙古东北部、黑龙江西北部等地有小到中雪(雨)或雨夹雪,其中,青海东南部、川西高原西北部

的局部地区有大雪；贵州中西部等地的局部地区有冻雨；江南大部、广西北部、海南东部以及西南大部等地有小到中雨或阵雨。

另外，受冷空气影响，2010 年元旦后两天，东海南部海域、台湾海峡、台湾以东洋面和以南海域、南海东北部、中部以及西南部海域仍有 7~8 级东北风、阵风达 9~10 级；南海西北部海域、北部湾将有 6~7 级、阵风 8 级的东北风；渤海、黄海北部海域有 5~7 级西北风；东海北部海域将有 5~7 级东北风，如图 1.11 所示。

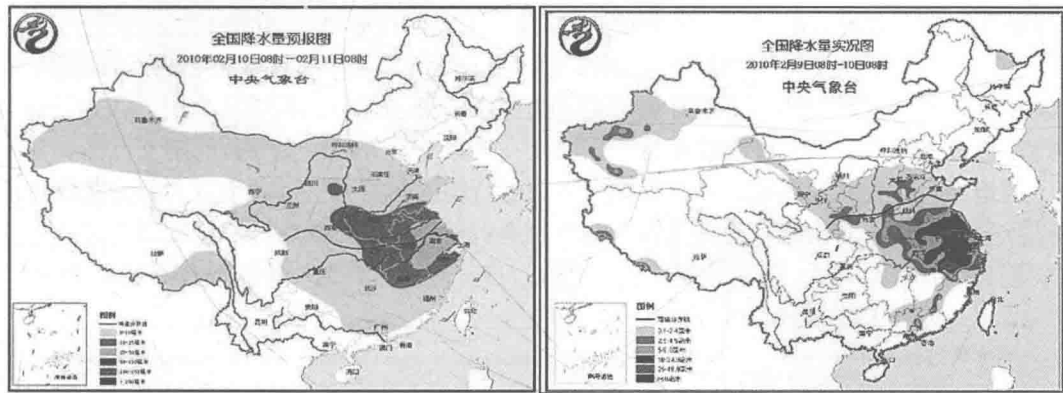


图 1.11 2010 年冰雪气候演化

(3) 2011 年冰雪气候演化

①2011 年全国大部地区出现雨雪天气。受冷空气影响，新年伊始全国中西部地区的雨雪明显增多，气温持续下降，其中贵州省出现了大范围冻雨，因路面结冰省内多条高速路封闭，数千台车辆滞留。

公安交警部门迅速启动恶劣天气应急机制，全力投入湖南、贵州冻雨恶劣天气交通应急管理。1 日起，新一轮冷空气开始侵袭新疆、青海等地，青海、甘肃、陕西等地的部分地区降下中雪，贵阳还降下了入冬以来的首场冻雨，气温普遍下降 3~8℃。此外，东北地区的雪势有所减弱，但降雪依然不停，黑龙江省会哈尔滨到 1 日已经连续 11 天出现降雪，这是哈尔滨 12 月历史上最长连续降雪纪录，同时也是哈尔滨历史排名第二位的连续降雪日数。最长的是 1972 年 11 月 19 日—30 日创造的连续 12 天有雪。伴随着雨雪，全国大部分地区的气温将继续直线下降。中央气象台预计，今天，西北地区、青藏高原东部将有 6~8℃降温，局部地区的降温幅度将在 10℃以上，并伴有 5~7 级风，其中，新疆山口地区的风力可达 8~9 级，4 日—5 日继续东移南下影响我国中东部大部地区，北方地区降温 4~8℃，局部地区降温可达 10℃。

②广西：南丹被困车辆绵延 15km。从广西壮族自治区河池市南丹县委宣传部获悉，截至 2 日 17 时，因贵新高速公路封路而滞留南丹的车辆已达 1500 辆，受困群众增至七八千人，被困车辆绵延 15km。当地政府正采取多项措施保障受困群众基本生活需要。受北方强冷空气影响，目前南丹境内气温只有 0~3℃，保障受困群众基本生活成为头等大事。为此，南丹县交通、公安、民政、医卫等各有关部门紧急联动，组织党员赶赴现场，维护车辆秩序，提供医疗服务，免费为受困群众发放食品和御寒衣物。南丹县委宣传部表示，对生活必需品，当地政府部门将“能供应多少，供应多少”，然而，由于堵车路段较长，受困群众较多，“供应难度非常大”。

③贵州：6000 多人滞留高速公路。近两日来，贵州遭遇低温雨雪冰冻灾害天气，全省高速公路路面结凝，多数高速公路全线封闭，滞留人员达 6200 多人。记者从贵州省交通运

输厅了解到,除镇胜高速公路仅部分路段封闭外,贵州其他高速公路全部封闭,此外贵州境内国省干线和县乡公路凝冻情况也比较严重。

当时,高速公路滞留车辆数千台、人员达 6200 余人,国省干线滞留至少 600 人,全省各客运站场滞留旅客约 1.18 万人。灾情发生后,贵州省交通运输厅立即启动“处置自然灾害应急预案”,各级交通运输部门已采取多项措施应对灾害。另据贵州省民政厅介绍,民政部门已在车辆滞留较多的贵新高速贵定段、马场坪段等设立了多个救助点,已发放救助棉被 550 床、棉衣 800 件、矿泉水 4000 瓶,以及饼干、面包和方便面等物资。

④湖南:35 县市出现冰冻。从湖南省气象台了解到,截至 2 日 8 时,湖南省 35 县市出现冰冻,27 县市出现降雪,其中湘西北局部大雪,湘西部分地区出现冻雨,怀化、邵阳等地冰冻范围较广,湘北降雪较明显。据湖南省气象专家分析,受分裂的南支低槽和分股南下的地面冷空气共同影响,这三天湖南省出现持续的雨雪天气,湖南省大部分路段有道路结冰现象出现,对道路交通安全有影响。湖南省气象台发布信息称,这次雨雪过程持续时间较长,但降水不强,属于过程性雨雪天气,中间有短暂升温,难以形成类似 2008 年严重的冰灾,如图 1.12 所示。

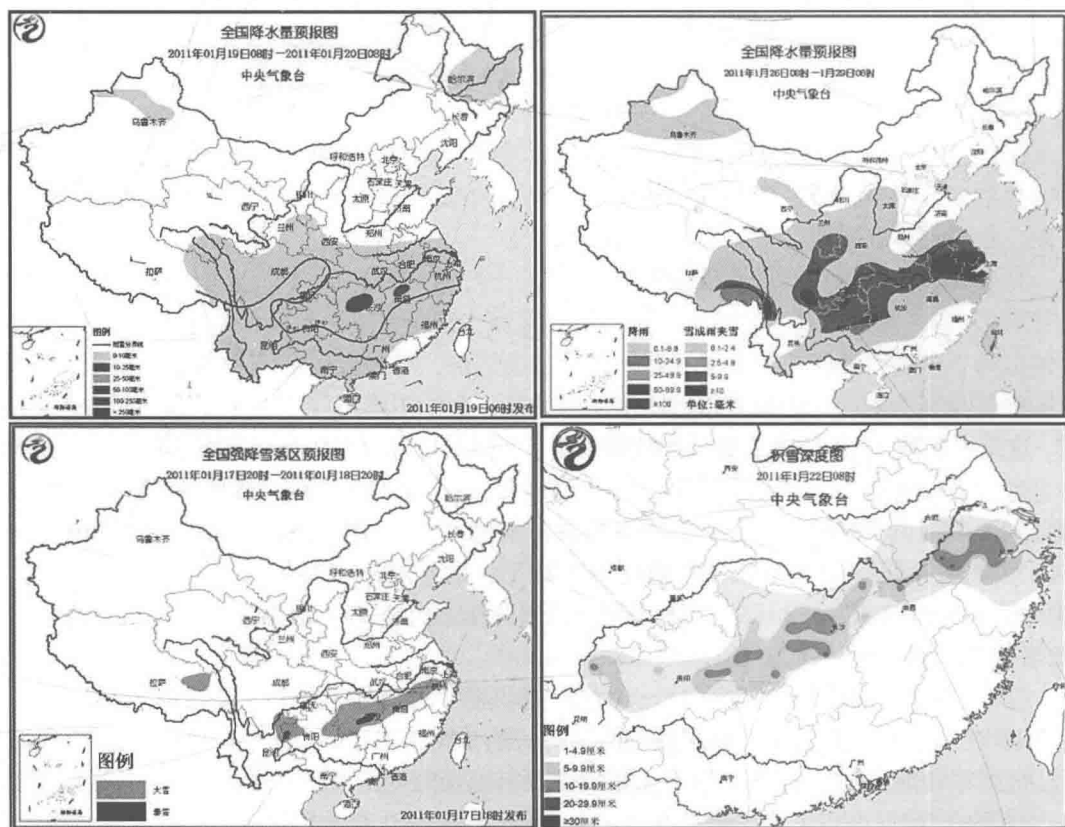


图 1.12 2011 年冰雪气候演化

2008 年至 2011 年抗击冰雪灾害中的大堵车现象见图 1.13、交通事故见图 1.14。降雪使得交通和城市在冬季不得不面临清雪的问题,清雪需要清雪机械、融雪剂以及各种人工劳动。但是,随着快速道路与铁道特别是高速公路、机场与铁路等的迫切运营要求,对合理的清雪方式开展专门的研究迫在眉睫。

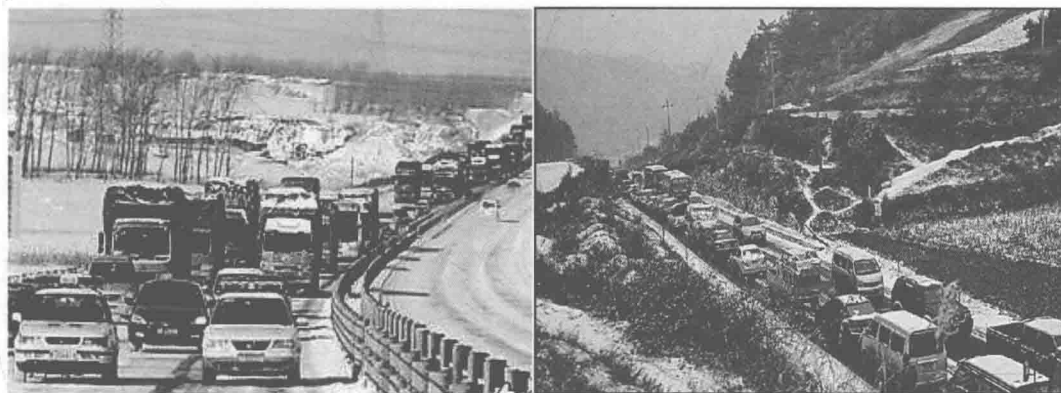


图 1.13 冰雪灾害中的大堵车



图 1.14 冰雪灾害中的交通事故