

宁贵财,康彩燕,陈东辉,等. 2005—2014年我国不利天气条件下交通事故特征分析[J]. 干旱气象, 2016, 34(5): 753–762, [NING Guicai, KANG Caiyan, CHEN Donghui, et al. Analysis of Characteristics of Traffic Accidents Under Adverse Weather Conditions in China During 2005–2014 [J]. Journal of Arid Meteorology, 2016, 34(5): 753–762], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2016)-05-0753

## 2005—2014年我国不利天气条件下 交通事故特征分析

宁贵财<sup>1</sup>, 康彩燕<sup>1</sup>, 陈东辉<sup>2</sup>, 孙广林<sup>3</sup>,  
刘 君<sup>3</sup>, 王式功<sup>4</sup>, 尚可政<sup>1</sup>, 马敏劲<sup>1</sup>

(1. 兰州大学大气科学学院, 甘肃省干旱气候与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730000;  
2. 中国人民解放军65061部队, 辽宁 沈阳 110000; 3. 公安部道路交通安全研究中心,  
北京 100062; 4. 成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225)

**摘 要:**根据2005—2014年全国不利天气条件发生的交通事故起数、其经济损失和伤亡人数及气象观测资料研究近10 a我国不利天气条件下的交通事故特征,结果表明:(1)不利天气条件造成的交通事故起数及受伤人数雨天>雪天>雾天,造成经济损失及死亡人数较多的不利天气排序为雨天>雾天>雪天。平均每起事故造成的经济损失雾天>雪天>雨天;平均每起事故受伤人数冰雹天气>雾天>雪天;平均每起事故死亡人数雾天>沙尘>冰雹天气,雨天最少;(2)交通管理和气象部门联合开展全国交通气象预报预警服务,能有效减少雨雪和大风等天气交通事故发生起数及其经济损失和伤亡人数;(3)2008年雪天发生交通事故起数及其经济损失和伤亡人数均出现极端突变增大,当年发生百年一遇低温冰冻雨雪极端气候事件是造成上述突变的关键因素;(4)结合2005—2014年雨天、雪天、雾天条件下8种不同道路类型交通事故死亡人数分析发现,近10 a来,受雨、雪天气影响二级公路交通事故总死亡人数最多;大雾天气造成高速公路交通事故死亡人数最多。

**关键词:**不利天气;交通事故;极端气候事件;道路类型

**文章编号:**1006-7639(2016)-05-0753-10 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2016)-05-0753

**中图分类号:**P49

**文献标识码:**A

### 引 言

中国近几十年经济社会快速发展,交通需求日益增加,交通基础设施不断扩建,公路、铁路、航空、航运等运输里程迅速延伸,交通运输能力和效率不断提高。2005—2014年短短10 a中,公路里程数由193.05万 km增加至446.39万 km,机动车保有量也由13 039.45万辆增加至26 350.88万辆。交通出行和运输变得更加快捷、高效,同时交通事故危害也日益凸显,引起各级政府相关部门及社会各界高度重视。2012年7月22日国务院印发《国务院关于加强道路交通安全工作的意见》,指出“为适应我

国道路通车里程、机动车和驾驶人员数量、道路交通安全持续大幅度增长的形势,进一步加强道路交通安全工作”;2014年11月3日国务院办公厅印发了《国务院办公厅关于实施公路安全生命防护工程的意见》。可见,公路交通安全已成为政府和公众最关心的重要问题之一,与之相应的科学研究也迫在眉睫。

已有研究表明,虽然影响交通安全的因素很多,但主要分为客观和主观因素。其中客观因素包括交通环境、道路设施、交通设备状况、天气气候条件等,主观因素包括人为驾驶、交通管理等多方面的原因<sup>[1]</sup>。不利气象条件成为诱发交通事故的主要客

收稿日期:2016-07-01;改回日期:2016-09-17

**基金项目:**国家人口与健康科学数据共享平台交通安全与健康出行气象保障服务专项课题(2016NCMIZX09)、国家重点研发计划“全球变化及应对”重点专项(2016YFA0602004)、国家自然科学基金项目(41205008、41575138、41275070)和兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金(lzujbky-2015-6)共同资助

**作者简介:**宁贵财(1989-),男,江西上饶人,博士研究生,研究方向为交通气象和空气质量数值模拟。E-mail:ninggc09@lzu.edu.cn

**通讯作者:**王式功(1955-),男,山东安丘人,教授,博士生导师,研究方向为交通气象、空气污染防治和预报技术。E-mail:wangsg@lzu.edu.cn

观因素之一,交通运行安全和高效管理需求对气象条件的敏感性和依赖性日趋增大<sup>[2-4]</sup>。国内外研究发现雨、雪、路面结冰、雾、大风和高温是影响公路交通安全的主要不利气象条件<sup>[5-10]</sup>。不利气象条件主要通过影响道路摩擦系数、行车视距等相关交通安全参数进而诱发交通事故。如 Harold 等<sup>[11]</sup>研究发现雨天的交通事故率比晴天高出 2~3 倍,并且长时间晴天之后的雨天引发的事故率更高;雪天发生的车辆碰撞、刮擦事故是晴朗天气的 14 倍<sup>[12]</sup>;El-Basyouny 等<sup>[13]</sup>研究表明日降雪量和日降水量与车辆碰撞事故具有显著的正相关关系,短时强降水导致能见度骤降,容易引发交通事故<sup>[14-15]</sup>;Baker 等<sup>[16]</sup>研究大风对交通事故影响时发现,英国风暴天气将近 50% 的交通事故均为翻车事件,并且高卡车风险最高。此外,不利天气条件除了影响当地道路条件,还会影响驾驶行为<sup>[17]</sup>。如大雾天气通过降低能见度、引起驾驶员心理紧张以及降低路面附着系数导致高速公路封闭、车辆追尾事件频发<sup>[18-21]</sup>;雾天交通事故以追尾和正面相撞类型为主,受伤程度严重<sup>[22]</sup>;尤其浓雾天气,其形成机理更加复杂,对交通行驶安全危害更加严重<sup>[23-26]</sup>。高温天气不仅容易对路面、路基具有不良影响,也对人的生理、心理造成不良影响,促使司机或行人的机敏度和判断力下降,从而酿成交通事故<sup>[27-30]</sup>。

目前关于不利气象条件与交通事故关系的研究较多<sup>[31-34]</sup>,对于极端气候事件与交通事故的关系探讨甚少,然而,极端气候事件增多将导致交通事故高发,Bergel-Hayat 等<sup>[35]</sup>研究发现每月平均温度上升 1℃ 将会导致当月交通事故受伤人数增加 1%~2%;全球气候正处于增暖趋势,极端气候事件逐渐增多<sup>[36-38]</sup>,迫切需求极端气候事件对交通事故影响的相关研究。国内关于不利气象条件对交通事故的影响研究,大多分析单一不利气象条件与交通事故的关系,而中国地域辽阔,地处 20°N—50°N 之间,涵盖湿润区、半湿润区、干旱半干旱区、干旱区,气候地域差异大,诱发交通事故的不利天气条件种类繁多;另外,国务院发文重点指出“要积极推进公路灾害性天气预报和预警系统建设,提高对暴雨、浓雾、团雾、冰雪等恶劣天气的防范应对能力”;因此,加强不同类型的不利气象条件与交通事故关系研究势在必行。

本文首先分析雨、雪、雾、沙尘、大风和冰雹等不利气象条件与我国近 10 a 交通事故起数及受伤人数和死亡人数的关系,并探究其经济损失;其次,结合相应的气候背景,探讨极端气候事件发生时交通

事故的突变特征;最后,利用 2005—2014 年雨、雪、雾天气不同类型道路交通事故死亡人数数据,重点分析雨、雪、雾天气不同类型道路交通事故特征,同时分析交通管理部门(以下简称交管)与气象部门联合开展全国交通气象预报预警服务后取得的成果和不足,以期交管和气象部门针对不同天气、不同类型道路以及极端天气气候事件发生时,及时开展科学交通管制、事故预防和应急响应方案的制定提供参考,最大限度地降低和减少交通事故的发生,提高交通安全和效益。

## 1 资料

2005—2014 年全国不利天气条件下的交通事故起数、交通事故经济损失数据、交通事故受伤人数、交通事故死亡人数及雨、雪、雾天气条件下 8 种不同道路类型交通事故死亡人数均为公安部道路交通安全研究中心提供的经过处理和质量控制后的数据。

2005—2013 年全国平均降雪日数、全国沙尘出现总次数、全国县(市)冰雹发生的次数、全国平均雾日数的统计数据及 2008 年我国历史罕见低温雨雪冰冻灾害气候概况数据均来自中国气象局编写的《中国气象灾害年鉴》。

## 2 不利天气条件下的交通事故特征

### 2.1 交通事故发生起数及其经济损失

由表 1 可知,2005—2014 年全国雨、雪、雾、大风、沙尘和冰雹 6 种不利气象条件下发生的交通事故共有 287 783 起,其中降雨天出现的交通事故起数占总交通事故的 86.5%;降雪天发生的交通事故起数占 6.93%,位居诱发交通事故的不利天气条件第二位;雾天出现的交通事故起数占 5.82%;大风、沙尘和冰雹天气分别占 0.58%、0.17% 和 0.01%。另外,由雨、雪、雾、大风和沙尘 5 种不利天气造成的交通事故经济损失总计为 183 072.31 万元,其中因降雨天交通事故造成的经济损失占总交通事故经济损失的 77.8%,平均每起交通事故造成的经济损失为 5 721.85 元;雾天交通事故造成的经济损失占 12.78%,平均每起交通事故造成的经济损失为 13 971.40 元,是降雨天的 2.4 倍;雪天出现交通事故造成的经济损失占 8.82%,平均每起交通事故造成的经济损失为 8 100.11 元,位居单起交通事故造成经济损失的第二位;大风和沙尘天气交通事故造成的经济损失较轻,分别占 0.48% 和 0.12%。

表1 2005—2014年不利天气条件交通事故起数及其经济损失  
Tab.1 The number of traffic accidents and their economic losses under  
the adverse weather conditions from 2005 to 2014

	雨天	雪天	雾天	大风	沙尘	冰雹
单一天气总事故总起数/起	248 939	19 932	16 742	1 644	483	43
占总事故起数比例/%	86.50	6.93	5.82	0.58	0.17	0.01
单一天气事故总经济损失/万元	142 439.19	16 145.14	23 390.91	886.13	210.94	缺
占总事故经济损失比例/%	77.80	8.82	12.78	0.48	0.12	缺
平均每起事故经济损失/元	5 721.85	8 100.11	1 3971.40	5 390.11	4 367.33	缺
排名	3	2	1	4	5	缺

由图1可知,2005—2014年雨天、雪天、雾天和大风天发生的交通事故起数和造成的经济损失均有减弱趋势。2006年与2005年相比,不利天气条件发生交通事故的起数和经济损失均大幅度降低,其中雨天交通事故起数降低11 596起,经济损失减少8 976.68万元;雪天交通事故起数降低1 963起,经济损失减少1 309.56万元。此外,2007年雨天、雪天和大风天发生交通事故的起数和经济损失相比于2006年也均有大幅度降低。2006年3月17日交通运输部与气象部门开始联合发布全国交通气象预报,2007年1月19日公安部和中国气象局又联合下发“关于建立道路交通安全气象信息交换和发布制度的通知”,2006、2007年不利天气条件下交通事故减少与联合加强道路交通安全保障工作有关。根据2013—2014年河北省雾天高速公路通行预报检验表明,京沪、黄石高速通行气象预警级别准确率分别为84%、75.9%,雾天高速公路通行预警指标体系是河北省交通气象服务及防灾减灾的重要依据<sup>[39]</sup>。

2008年雨天、雾天、大风和沙尘天气的交通事故起数及其经济损失与2007年相比均呈下降趋势,但雪天却呈现大幅度上升,2008年雪天发生的交通事故起数比2007年增加1 226起,比2009年多973起,是2007—2014年间雪天发生交通事故起数最多的年份。2008年雪天交通事故造成的经济损失为2007年的2倍,比2009年多804.93万元。2008年是2007—2014年雪天交通事故经济损失最严重的一年,这与2008年的极端气候事件密切相关。

2008年受热带太平洋海温和大气异常状况影响,形成了一次强拉尼娜事件,导致我国南方地区出现了百年一遇的低温冰冻雨雪灾害<sup>[40-43]</sup>。我国南方地区2008年1月10日—2月2日期间连续经历4次低温雨雪冰冻天气过程,涉及全国将近2/3的

省份(直辖市、自治区),西北中东部、华北西部、黄淮西北、长江中下游地区、西南东部等地区均出现5~20 d气温低于1℃的冰冻日且伴有降水,期间降温幅度大、气温异常偏低、降雪量异常偏多。其中安徽、贵州、湖北、湖南和江西5省温度连续低于1℃的低温日数多达19 d,较常年同期5 d偏多近3倍,是自1951年以来低温冰冻灾害性最强的一年<sup>[44]</sup>。因此,2008年发生的百年一遇低温冰冻雨雪极端气候事件是造成上述突变的关键因素。

## 2.2 交通事故受伤和死亡人数特征

分析表2可知,2005—2014年雨天、雪天、雾天、大风、沙尘和冰雹天气条件下交通事故受伤人数高达344 690人。其中雨天最多,交通事故受伤人数占总受伤人数的86.38%;其次是雪天,交通事故受伤人数占6.99%;雾天交通事故受伤人数占总受伤人数的5.95%,位于第3位。不利天气条件下,平均单起事故受伤人数最多的是冰雹天气,其次是雾天、雪天。

另外,2005—2014年雨天、雪天、雾天、大风、沙尘和冰雹天气交通事故死亡人数高达82 064人。其中雨天交通事故死亡人数占总死亡人数的81.86%;其次是雾天,占9.57%;雪天仅次于雾天,占7.55%。不利天气条件下,平均单起事故死亡人数最多的是雾天,其次是沙尘天气、冰雹天气,平均每起事故导致死亡人数最少的是雨天。

图2为2005—2014年不利天气条件下交通事故受伤人数及其死亡人数分布。可以看出,除发生极端低温冰雪灾害事件的2008年外,雨天、雪天、雾天、沙尘和大风天气的交通事故受伤人数和死亡人数总体呈减少趋势。2006、2007年除局地性很强的冰雹、雾和沙尘天气外,因雨雪和大风天气发生交通事故导致的受伤人数和死亡人数与2005年相比均有大幅度下降。2006年与2005年相比,雨天交通

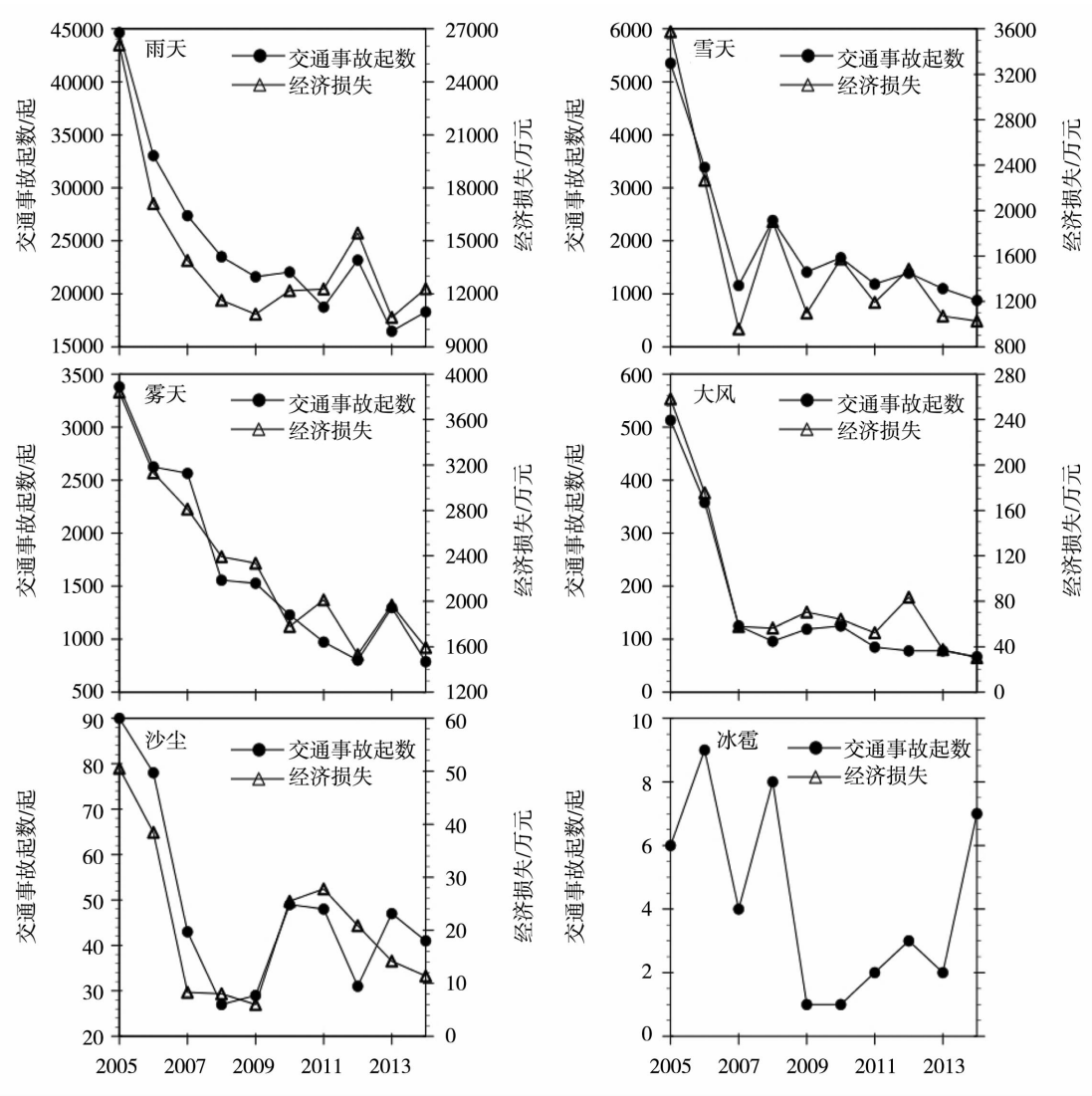


图 1 2005—2014 年不利天气条件交通事故起数和经济损失变化

Fig.1 Variation of the number of traffic accidents and their economic losses under the adverse weather conditions from 2005 to 2014

表 2 2005—2014 年不利天气条件交通事故受伤人数和死亡人数

Tab.2 The number of the injured and the deaths due to the traffic accidents under the adverse weather conditions from 2005 to 2014

	雨天	雪天	雾天	大风	沙尘	冰雹
单一天气事故总受伤人数	297 737	24 097	20 497	1 765	537	57
占总受伤人数比例/%	86.38	6.99	5.95	0.51	0.16	0.02
平均单起事故受伤人数	1.20	1.21	1.22	1.07	1.11	1.33
排名	4	3	2	6	5	1
单一天气事故总死亡人数	67 174	6 198	7 854	599	220	19
占总死亡人数比例/%	81.86	7.55	9.57	0.73	0.27	0.02
平均单起事故死亡人数	0.270	0.311	0.469	0.364	0.455	0.442
排名	6	5	1	4	2	3

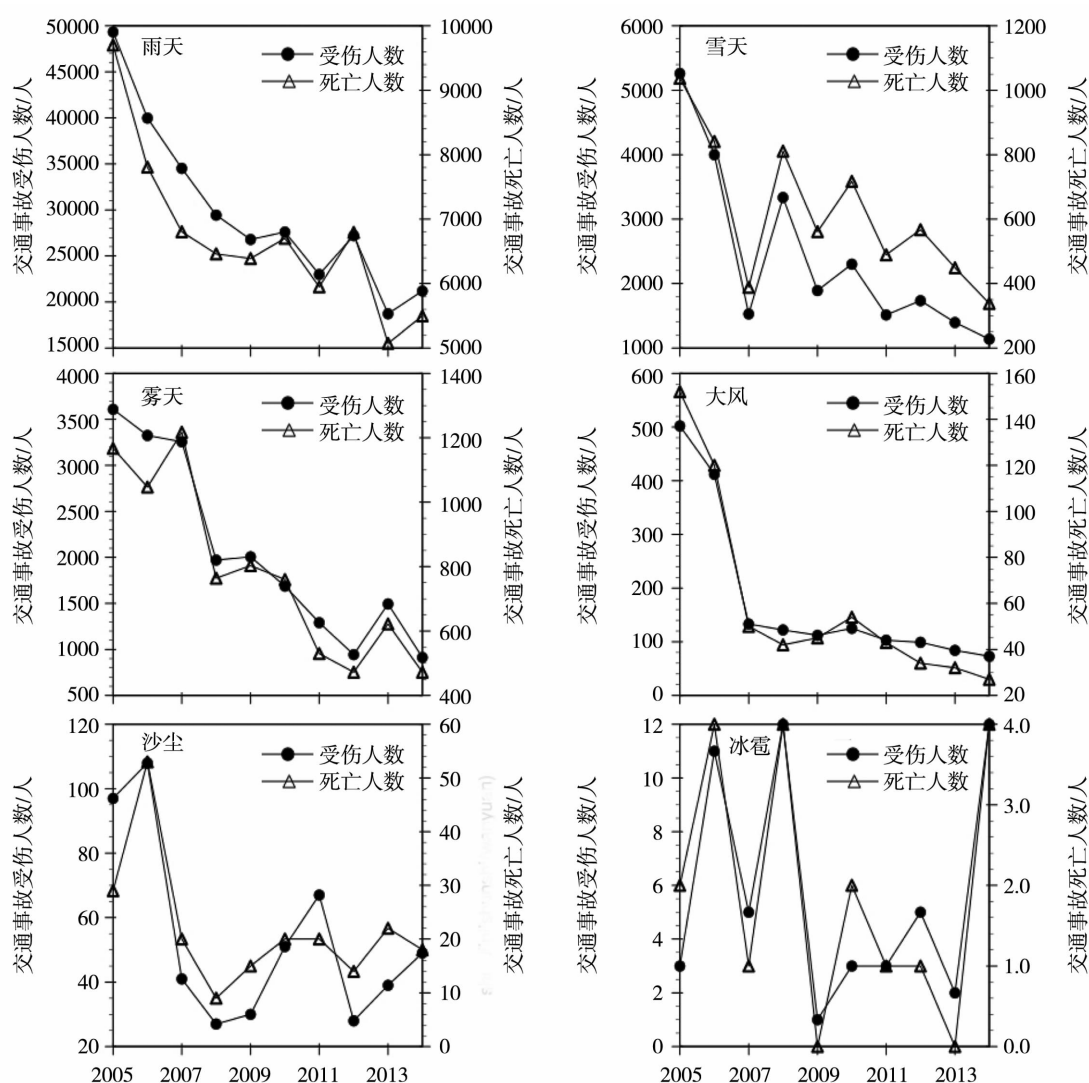


图2 2005—2014年不利天气条件交通事故受伤人数和死亡人数变化

Fig. 2 Variation of the number of the injured and the deaths due to the traffic accidents under the adverse weather conditions from 2005 to 2014

事故受伤人数减少 9 352 人,死亡人数减少 1 894 人;雪天交通事故受伤人数减少 1 260 人,死亡人数减少 196 人。这与 2006 年 3 月交通运输部和气象部门首次联合发布交通气象预报、2007 年 1 月公安部和中国气象局联合开展加强道路交通安全保障工作有关。结合不利天气条件交通事故发生起数及其经济损失特征,气象部门同交管部门的协作大大降低了雨天、雪天和大风天气的交通事故起数,并且造成的经济损失及其伤亡人数也呈现大幅度减少趋势,但是雾天、沙尘和冰雹天气的作用不显著。这是由于雾、沙尘、冰雹天气的预报准确率低于雨天、雪天和大风的缘故。因此,迫切需要提高雾、沙尘、冰雹等灾害性天气的预报效果;同时,也要大力加强雾、沙尘和冰雹等灾害性天气对交通事故影响机理的研究,提高交通应对灾害性天气的综合管理水平

和应急处置能力。对于雨天、雪天和大风天气,则需要重点加强该类天气条件出现时交通管制、危险防护等相关研究,减少交通事故的发生。2008 年雪天交通事故造成的受伤和死亡人数比 2007 年有大幅增长,并且是 2007—2014 年受伤人数最多的一年,这与 2008 年百年一遇低温冰冻雨雪极端气候事件密切相关。

### 3 雨、雪、雾天气条件下不同道路类型交通事故特征

#### 3.1 雨天不同道路类型交通事故特征

图 3 为 2005—2014 年雨天高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路、等外公路、城市快速路和一般城市道路等 8 种道路类型交通事故死

亡人数分布。由图3可知,近10 a雨天每年都是二级公路交通事故死亡人数最多(高达18 268人),其次是一般城市道路,接下来依次为三级公路、高速公路、一级公路、四级公路、等外公路和城市快速路。分析年际变化可知,除一般城市道路和高速公路外,其它道路类型雨天交通事故死亡人数近10 a呈下降趋势;2007—2012年高速公路雨天交通事故死亡

人数呈上升趋势,从2007年的586人上升到2012年的898人;一般城市道路(除2012年外)年变化波动较小,2012年一般城市道路交通事故死亡人数比2011年的1 087人增加307人,2013年又降到1 119人;城市快速路交通事故死亡人数2010—2014年连续5 a呈现持续下降趋势,由2010年的303人降低至2014年的128人。

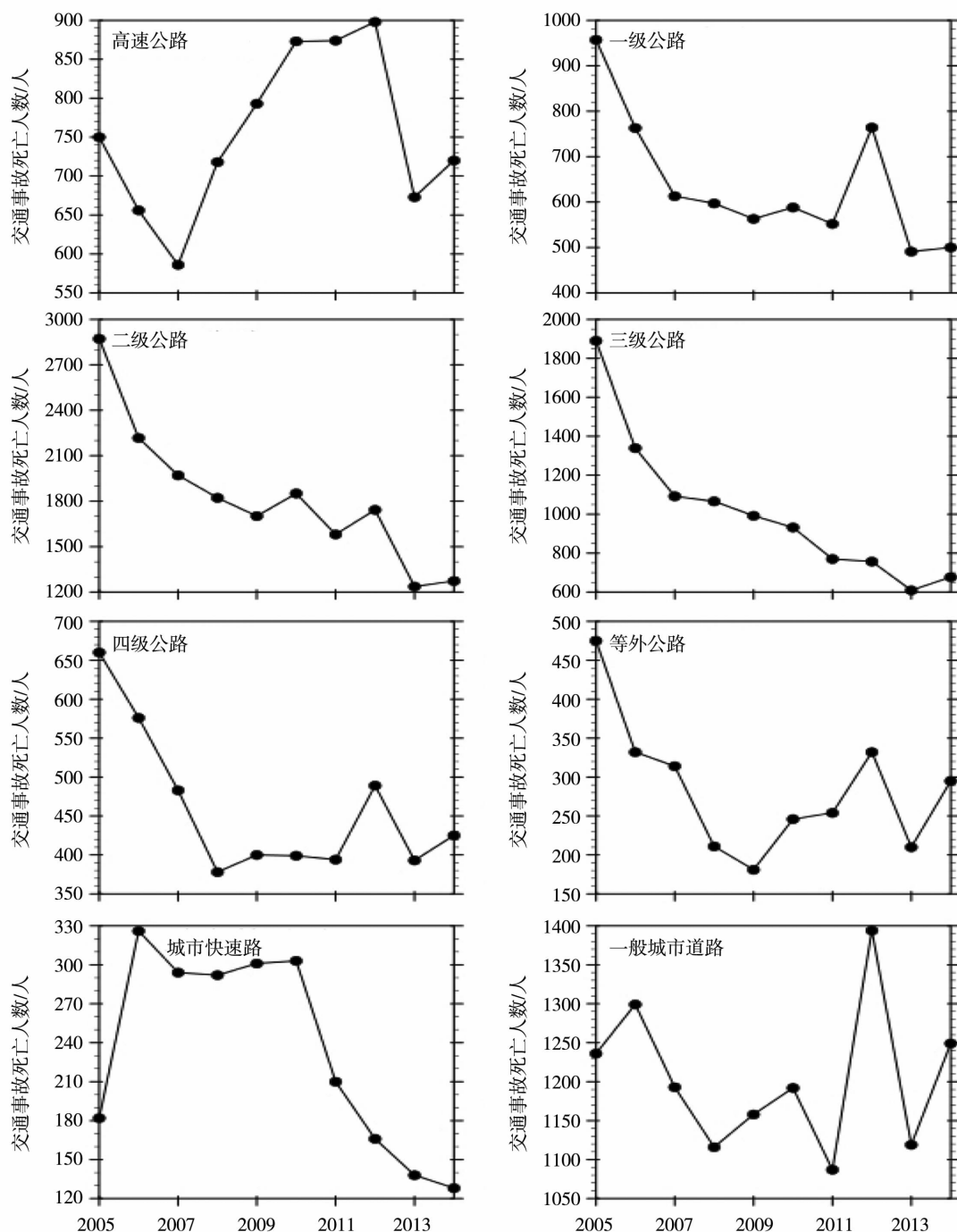


图3 2005—2014年雨天不同道路类型交通事故死亡人数分布

Fig. 3 The variation of the number of the deaths due to the traffic accidents on rainy days for different kinds of road from 2005 to 2014

### 3.2 雪天、雾天不同道路类型交通事故特征

图4为2005—2014年雪天及雾天高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路、等外公路、城市快速路和一般城市道路等8种类型道路交通事故死亡人数分布。可以看出,近10 a,雪天二级公路交通事故总死亡人数最多(高达1 092人),其次是三级公路、高速公路、一般城市道路、一级公路、四级公路、等外公路、城市快速路。2005—2011年每年

交通事故死亡人数最多的为二级公路;2012—2014年,每年交通事故死亡人数最多的道路类型为高速公路。2005—2014年一级公路、二级公路、三级公路、等外公路、城市快速路和一般城市道路交通事故死亡人数均呈现下降趋势,而高速公路和四级公路交通事故死亡人数呈上升趋势,高速公路2010年交通事故死亡人数最多为157人,2007年最少为43人。

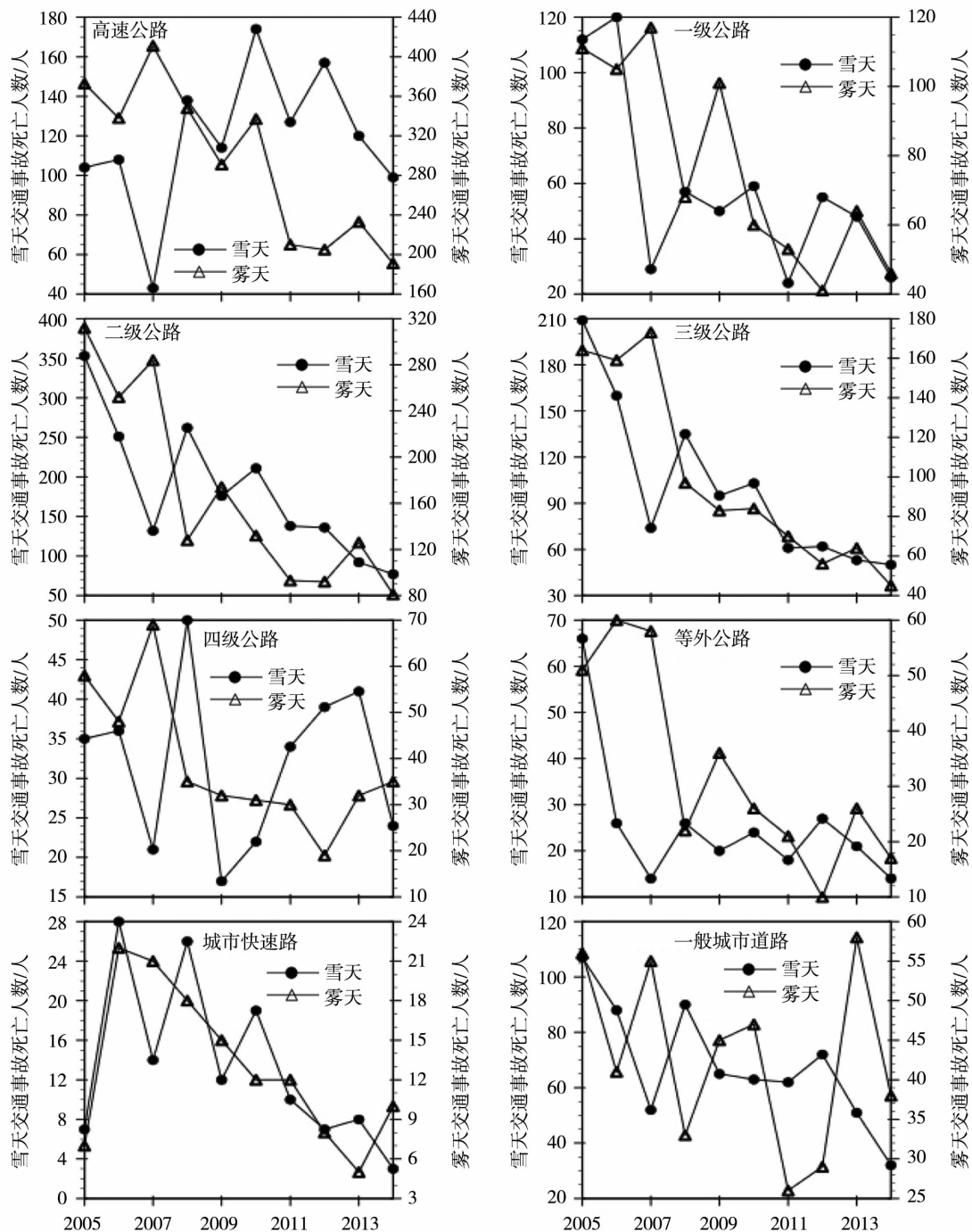


图4 2005—2014年雪天、雾天不同道路类型交通事故死亡人数分布

Fig. 4 The variation of the number of the deaths due to the traffic accidents on snowy and foggy days for different kinds of road from 2005 to 2014

近 10 a 来,雾天交通事故总死亡人数最多的为高速公路(高达 2 937 人),其次是二级公路,接下来依次为三级公路、一级公路、一般城市道路、四级公路、等外公路和城市快速路。2005—2014 年间,高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路、等外公路和城市快速路交通事故死亡人数均呈现明显下降趋势,但一般城市道路交通事故死亡人数却出现较大波动,2013 年达到 58 人,与 2012 年的 29 人相比,增加了一倍。

## 4 结 论

(1)雨天出现的交通事故起数最多高达 248 939 起,雪天为 19 932 起,雾天为 16 742 起;造成的经济损失雨天最多高达 142 439.19 万元,雾天为 23 390.91 万元,雪天为 16 145.14 万元。平均每起事故造成的经济损失雾天最多,高达 13 971.40 元,雪天次之为 8 100.11 元,雨天为 5 721.85 元;平均每起事故受伤人数最多的是冰雹天气,高达 1.33 人/起,其次是雾天(1.22 人/起)、雪天(1.21 人/起);平均每起事故死亡人数位于前 3 的分别是雾天(0.469 人/起)、沙尘(0.455 人/起)和冰雹天气(0.442 人/起),雨天最少(0.27 人/起)。

(2)交管部门与气象部门联合开展全国交通气象预报预警服务有效降低了雨天、雪天和大风天气交通事故发生起数及其造成的经济损失和伤亡人数。2006 年与 2005 年相比,雨天交通事故起数降低 11 596 起,经济损失减少 8 976.68 万元,受伤人数减少 9 352 人,死亡人数减少 1 894 人;其中雪天交通事故起数降低 1 963 起,经济损失减少 1 309.56 万元,受伤人数减少 1 260 人,死亡人数减少 196 人;但是对于雾天、沙尘和冰雹天气效果不显著,迫切需提高这 3 类天气的预报准确率。

(3)2008 年雪天发生的交通事故起数为 2 385 起,比 2007 年增加 1 226 起,比 2009 年多 973 起,2008 年是 2007—2014 年间雪天发生交通事故起数最多且经济损失最严重的年份,造成的经济损失为 1 902.76 万元,是 2007 年雪天交通事故经济损失的 2 倍。2008 年发生的百年一遇低温冰冻雨雪极端气候事件是造成上述突变的关键因素。

(4)雨雪天气,二级公路近 10 a 交通事故总死亡人数最多,分别高达 18 268 人和 1 092 人;除一般城市道路和高速公路外,其它类型道路雨天交通事故死亡人数近 10 a 呈现下降趋势。2005—2011 年,雪天每年交通事故死亡人数最多的均为二级公路,而 2012—2014 年为高速公路最多;近 10 a 来,雾天

交通事故总死亡人数最多的为高速公路(高达 2 937 人),除一般城市道路外,其它 7 种道路类型雾天交通事故死亡人数呈明显下降趋势。

交通是现代生活的命脉,恶劣天气会造成不良的路面交通状况,影响车辆的正常驾驶,造成翻车或碰撞等交通事故。通过分析近 10 a 不利天气条件下交通事故起数及其造成的经济损失和伤亡人数数据,结合相应气候背景,综合考虑交管和气象部门相关协作政策及措施,探讨了不利气象条件及极端气候事件下的交通事故特征,重点探究了雨、雪、雾天气条件下 8 种不同道路类型的事故特征,以期交管部门针对不同天气、不同道路类型进行科学交通管制、事故预防等提供参考依据。

## 参考文献

- [1] 翟雅静,李兴华. 灾害性天气影响下的交通气象服务进展研究[J]. 灾害学,2015,30(2):144-147.
- [2] 冯民学. 高速公路交通气象智能化监测预警系统研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2005.
- [3] 罗慧,李良序,胡胜,等. 公路交通事故与气象条件关系及其气象预警模型[J]. 应用气象学报,2007,18(3):350-357.
- [4] 吉廷艳,胡跃文,唐延婧,等. 贵州高等级公路气象特征及预报[J]. 气象科学,2011,31(2):223-227.
- [5] 张利,汪林. 不利气象条件对公路交通安全的影响及对策[J]. 公路交通科技,2011,28(1):120-123.
- [6] Keay K, Simmonds I. The association of rainfall and other weather variables with road traffic volume in Melbourne, Australia[J]. Accident analysis & prevention, 2005,37(1):109-124.
- [7] Andersson A, Chapman L. The use of a temporal analogue to predict future traffic accidents and winter road conditions in Sweden[J]. Meteorological Applications, 2011,18(2):125-136.
- [8] 赵慧霞,王维国,李泽椿,等. 雾对我国交通运输的不利影响及对策[J]. 气象与环境学报,2010,26(2):58-62.
- [9] 刘聪,卞光辉,黎健,等. 交通气象灾害[M]. 北京:气象出版社,2009.10-48.
- [10] 王丹,高红燕,黄少妮,等. 西一咸机场高速公路灾害性天气特征[J]. 干旱气象,2016,34(4):731-737.
- [11] Brodsky H, Hakkert A S. Risk of a road accident in rainy weather. Accident Analysis & Prevention[J]. 1988,20(3):161-176.
- [12] 卢涛,张义,高建平. 冰雪天气下高速公路运营安全管理系统研究[J]. 科技创新导报,2009(1):87-87.
- [13] El-Basyouny K, Kwon D W. Assessing time and weather effects on collision frequency by severity in Edmonton using multivariate safety performance functions:Transportation Research Board 91st Annual Meeting[C]. 2012.
- [14] 吴建军,袁成松,周曾奎,等. 短时强降雨对能见度的影响[J]. 气象科学,2010,30(2):274-278.
- [15] 汤继涛,袁成松,包云轩,等. 一次苏南大暴雨过程数值模拟及其对交通能见度的影响[J]. 气象科学,2014,34(3):275-281.



- [16] Baker C J, Reynolds S. Wind - induced accidents of road vehicles [J]. *Accid Anal Prev*, 1992, 24(6): 559 - 575.
- [17] Cools M, Moons E, Wets G. Assessing the impact of weather on traffic intensity[J]. *Wea Climate Soc*, 2010, 2(1): 60 - 68.
- [18] 莫振龙. 不利气候对高速公路交通安全影响分析及对策[J]. *中国水运月刊*, 2013, 13(1): 59 - 61.
- [19] 吴兑, 邓雪娇, 毛节泰, 等. 南岭大瑶山高速公路浓雾的宏微观结构与能见度研究[J]. *气象学报*, 2007, 65(3): 406 - 415.
- [20] 吴兑, 赵博, 邓雪娇, 等. 南岭山地高速公路雾区恶劣能见度研究[J]. *高原气象*, 2007, 26(3): 649 - 654.
- [21] 吴兑, 邓雪娇, 游积平, 等. 南岭山地高速公路雾区能见度预报系统[J]. *热带气象学报*, 2006, 22(5): 417 - 422.
- [22] Abdel - Aty M, Ekram A A, Huang H, et al. A study on crashes related to visibility obstruction due to fog and smoke[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2011, 43(5): 1730 - 1737.
- [23] 邓雪娇, 吴兑, 唐浩华, 等. 南岭山地一次锋面浓雾过程的边界层结构分析[J]. *高原气象*, 2007, 26(4): 881 - 889.
- [24] 邓雪娇, 吴兑, 史月琴, 等. 南岭山地浓雾的宏微观物理特征综合分析[J]. *热带气象学报*, 2007, 23(5): 424 - 434.
- [25] 万小雁, 包云轩, 严明良, 等. 不同陆面方案对沪宁高速公路团雾的模拟[J]. *气象科学*, 2010, 30(4): 487 - 494.
- [26] 包云轩, 丁秋冀, 袁成松, 等. 沪宁高速公路一次复杂性大雾过程的数值模拟试验[J]. *大气科学*, 2013, 37(1): 124 - 136.
- [27] 潘娅英, 陈武. 公路交通事故引发的气象条件分析[A]. 浙江: 平安浙江气象保障学术论坛论文集[C]. 2005.
- [28] 吴晟, 吴兑, 邓雪娇, 等. 南岭山地高速公路路面温度变化特征分析[J]. *气象科技*, 2006, 34(6): 783 - 787.
- [29] 朱承瑛, 谢志清, 严明良, 等. 高速公路路面温度极值预报模型研究[J]. *气象科学*, 2009, 29(5): 645 - 650.
- [30] 康延臻, 王式功, 杨旭, 等. 高速公路交通气象监测预报服务研究进展[J]. *干旱气象*, 2016, 34(4): 591 - 603.
- [31] Manual H C. Transportation research board[J]. National Research Council, Washington DC, 2000, 113.
- [32] Agarwal M, Maze T H, Souleyrette R. The weather and its impact on urban freeway traffic operations: Proceedings of the 85nd annual meeting of the Transportation Research Board [C]. Washington DC, 2006.
- [33] Edwards J B. Speed adjustment of motorway commuter traffic to inclement weather[J]. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 1999, 2(1): 1 - 14.
- [34] 潘娅英, 朱占云, 沈萍月, 等. 浙江省高速公路交通事故特征及不良天气条件影响分析[J]. *公路*, 2013, 12: 157 - 160.
- [35] Bergel - Hayat R, Debbah M, Antoniou C, et al. Explaining the road accident risk: Weather effects[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2013, 60: 456 - 465.
- [36] IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. United Kingdom and New York: Cambridge University Press, 2014. 1535.
- [37] 李佳秀. 西北干旱区极端气候事件的变化特征与时空分布规律[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2015.
- [38] 徐雨晴, 苗秋菊, 沈永平. 2008年: 气候持续变暖, 极端事件频发[J]. *气候变化研究进展*, 2009, 5(1): 56 - 60.
- [39] 张金满, 谭桂容, 武辉芹, 等. 灾害性天气交通事故特征及雾天公路通行预警指标体系[J]. *干旱气象*, 2016, 34(2): 370 - 375.
- [40] 丁一汇, 王遵亲, 宋亚芳, 等. 中国南方2008年1月罕见低温雨雪冰冻灾害发生的原因及其与气候变暖的关系[J]. *气象学报*, 2008, 66(5): 808 - 825.
- [41] Zhou B, Gu L, Ding Y, et al. The great 2008 Chinese ice storm: its socioeconomic - ecological impact and sustainability lessons learned[J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2011, 92(1): 47 - 60.
- [42] 钱维宏, 张宗婕. 南方持续低温冻雨事件预测的前期信号[J]. *地球物理学报*, 2012, 55(5): 1501 - 1512.
- [43] Wang D H, Liu C J, Liu Y, et al. A preliminary analysis of features and causes of the snow storm event over the southern areas of China in January 2008[J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2009, 23(3): 374 - 384.
- [44] 肖子牛. 中国气象灾害年鉴(2009)[M]. 北京: 气象出版社, 2009. 6 - 10.

## Analysis of Characteristics of Traffic Accidents Under Adverse Weather Conditions in China During 2005 – 2014

NING Guicai<sup>1</sup>, KANG Caiyan<sup>1</sup>, CHEN Donghui<sup>2</sup>, SUN Guanglin<sup>3</sup>,

LIU Jun<sup>3</sup>, WANG Shigong<sup>4</sup>, SHANG Kezheng<sup>1</sup>, MA Minjing<sup>1</sup>

(1. College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730000, China; 2. Unit of 65061 of Chinese People's Liberation Army, Shenyang 110000, China; 3. Road Traffic Safety Research Center of the Ministry of Public Security, Beijing 100062, China; 4. College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

**Abstract:** Through analysis of the number of traffic accidents, the economic losses of traffic accident, the injured number, the deaths number due to traffic accidents under adverse weather conditions and the meteorological observations from 2005 to 2014, the results are as follows: (1) The number of traffic accidents and the injured occurring on rainy days was most, second for snowy days and third for foggy days. The economic losses and the deaths due to traffic accidents happened on rainy day were largest, second for foggy days and third for snowy days. The average economic losses for each accident were largest on foggy days, then for snowy days and rainy days, the average injured due to traffic accidents was most on hail days, then for foggy days and snowy days, the average deaths number due to traffic accidents was most on foggy days, then for sand days and hail days. (2) Considering the related cooperation policy between the traffic administration and the meteorological department, the number of traffic accidents and their economic losses, the injured and the deaths number were reduced effectively on rainy days, snowy days and windy days. (3) Due to the unprecedented disasters of low temperature, persistent rain, snow and ice storms in 2008, the number of traffic accidents and their economic losses, the injured and the deaths number increased obviously on snowy days in this year. (4) Through analysis of the traffic death toll on eight types of road under rainy days, snowy days and foggy days from 2005 to 2014, the largest traffic death toll in recent ten years happened on the secondary roads under rainy days or snowy days, but under foggy days, the traffic death toll was most on the highway.

**Key words:** adverse weather; traffic accident; extreme climate event; road type

## 欢迎订阅 2016 年《干旱气象》

《干旱气象》由中国气象局兰州干旱气象研究所、中国气象学会干旱气象学委员会主办,是我国干旱气象领域科学研究的专业性学术期刊,反映有关干旱气象监测、预测和评估的最新研究成果,充分展示干旱气象领域整体的研究和应用水平。期刊主要刊载干旱气象及相关领域有一定创造性的学术论文、研究综述、简评,国内外干旱气象发展动态综合评述、学术争鸣以及相关学术活动。具体包括:国内外重大干旱事件分析、全球及干旱区气候变化、干旱气象灾害评估及对策研究、水文、生态与环境、农业与气象、可再生能源开发与利用、地理信息与遥感技术的应用等。本刊还免费刊载干旱气象研究成果、研究报道、学术活动、会议消息等。《干旱气象》已被《中国学术期刊(光盘版 CAJ-CD)》、万方数据-数字化期刊群、中国核心期刊(遴选)数据库、中国科技论文统计源期刊、重庆维普中文科技期刊数据库、教育阅读网、台湾华谊线上图书馆等全文收录。

《干旱气象》内容丰富、信息量大、研读性强,适合广大气象科研业务工作者、各相关专业技术人员、大专院校师生阅读。

《干旱气象》为双月刊,国内外公开发行。2016 年正刊 6 期,每期定价 36 元,全年 216 元。欢迎广大读者订阅,并可以随时邮局款汇购买,款到开正式发票。

编辑部地址:甘肃省兰州市东岗东路 2070 号 中国气象局兰州干旱气象研究所 《干旱气象》编辑部

邮政编码:730020 联系电话:0931-2402270 电子信箱:ghs\_ghqx@sina.com

银行汇款:兰州市工商银行拱星墩分理处 户 名:中国气象局兰州干旱气象研究所

帐 号:2703001509026401376

邮 汇:兰州市东岗东路 2070 号 中国气象局兰州干旱气象研究所 《干旱气象》编辑部