

刘书慧, 卢德全, 李梦. 浅丘地带主要气象灾害特征及风险分析——以绵西高速公路为例[J]. 中低纬山地气象, 2023, 47(4): 31–35.

## 浅丘地带主要气象灾害特征及风险分析

——以绵西高速公路为例

刘书慧<sup>1,2</sup>, 卢德全<sup>1,2</sup>, 李 梦<sup>1,2</sup>

(1. 四川省南充市气象局, 四川 南充 637000; 2. 川东北强天气研究南充市重点实验室, 四川 南充 637000)

**摘 要:**该文应用绵西高速公路(S32)交通管制台账资料、沿途气象观测站数据,通过统计学、GIS 区划等方式,研究分析绵西高速公路道路管制情况、灾害性天气直接影响下交通管制情况分布特征、主要气象灾害风险等级。得出以下结论:(1)绵西高速公路运营以来至 2021 年,受灾害性天气及其引发的次生灾害造成的交通管制占比 77.7%,主要原因是大雾天气、强降水及其引发的路面积水;季节天气影响交通管制程度由高到低分别为冬、夏、秋、春。(2)2019—2021 年绵西高速公路由大雾造成交通管制的平均时长较强降水更长,发生时段更集中。大雾造成交通管制持续时间平均时长为 5 h,管制开始时间主要集中在 00—08 时,解除时间在 07—11 时;强降水直接造成交通管制持续时间平均时长为 3 h,管制开始时间为 08—10 时和 15—21 时,结束时间在 10—17 时。研究成果为交通运维工作提供有效的决策参考意见,有力地保障道路安全畅通,最大限度地减少因灾害性天气造成的交通事故,有利于提高生产效率和社会经济效益。

**关键词:**交通气象;绵西高速;气象服务;风险特征分析

**中图分类号:**P429 **文献标识码:**A

## Characteristics and Risk Analysis of Main Meteorological Disasters in Shallow Hills: A Case Study of Mianxi Expressway

LIU Shuhui<sup>1,2</sup>, LU Dequan<sup>1,2</sup>, LI Meng<sup>1,2</sup>

(1. Nanchong Meteorologic Bureau of Shichuan Province, Nanchong 637000, China;

2. Nanchong Key Laboratory of Strong Weather Research in Northeast Sichuan, Nanchong 637000, China)

**Abstract:** In this paper, by applying the traffic control ledger information of the Mianxi Expressway (S32), the data from meteorological observation stations along the way, and used statistics, GIS regionalization and other methods to study and analyze, obtained the road control situation on Mianxi Expressway, the distribution characteristics of traffic control under the direct influence of disastrous weather, and the major meteorological disaster risk levels. The result is: (1) from the Mianxi Expressway operation until 2021, traffic control caused by disastrous weather and secondary disasters accounted for 77.7%, mainly due to fog, heavy precipitation and road water; the influence of seasonal weather on traffic control from high to low was Winter, Summer, Autumn and Spring. (2) From 2019 to 2021, the average duration of traffic control caused by fog on Mianxi Expressway was longer than that of heavy precipitation, and the occurrence period was more concentrated. The average duration of the traffic control caused by the fog was 5 hours, with the start time of the traffic control mainly concentrated from 00:00 to 08:00 am and the ending time from 07:00 to 11:00. The average duration of traffic control as a direct result of heavy rainfall was three hours, starting from 08:00 to 10:00 and 15:00 to 21:00, and ending from 10:00

收稿日期: 2022-09-20

第一作者简介: 刘书慧(1992—), 女, 工程师, 主要从事公共气象服务工作, E-mail: 1411090932@qq.com。

通讯作者简介: 卢德全(1967—), 男, 正研高工, 主要从事公共气象服务工作, E-mail: 1693072269@qq.com。

资助项目: 高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室科技发展基金项目重点专项(SCQXKJZD2019004); 基于地理网格的高速公路气象服务系统研究; 南充市气象局气象灾害防御与科普宣传创新团队。

to 17:00. The results can be used to provide effective decision - making advice for traffic operation and maintenance work, effectively guarantee the road safety and smooth, minimize the occurrence of traffic accidents caused by disastrous weather, and help to improve production efficiency and social and economic benefits.

**Key words:** traffic meteorology; Mianxi Expressway; meteorological services; risk characteristics analysis

## 0 引言

随着社会经济的发展,公路交通网络不断完善,各行各业对交通气象服务的需求与日俱增,气象条件对道路安全的影响也日益明显。灾害性天气对交通安全有着巨大的影响与威胁,交通气象保障服务的重要性尤为突出。近年来,由于高速公路的发展,因气象因素造成的交通事故频发,高速管理部门、交管部门、运输部门等对道路交通气象服务重要性的认识加强。据统计,道路交通事故有 30% 是由恶劣天气影响引发的<sup>[1]</sup>,其中低能见度、降雨、高温、道路结冰、大风等天气都可能导致公路交通事故,甚至造成人员伤亡的恶性事故。

在国内外研究中<sup>[2-3]</sup>,影响公路交通的气象要素监测、预报预警和服务系统的研究取得明显的成效。不同地区不同气候背景下,导致交通事故发生的气象条件也不同,气象条件对公路安全的影响也存在明显的季节性和地域性特征。不少学者<sup>[4-9]</sup>通过研究灾害性天气等对道路交通的影响及预报技术方法,不仅考虑到灾害性天气对交通安全造成的直接影响,还总结出灾害性天气导致次生灾害的间接影响。如强降水或持续的降水会引发道路路基沉降、道路周边滑坡、泥石流等次生灾害。他们针对本地天气情况分析高影响天气对道路交通影响的时空分布特征,并进行了综合研究,有助于了解不同高影响天气对交通的危害程度,进一步摸清公路交通气象灾害状况,为改进交通气象保障服务和降低交通气象灾害风险等提供参考依据。

也有学者<sup>[10-13]</sup>通过问卷、实地调研、专家评估、原始数据结合气象历史数据返查,在充分考虑致灾因子、孕灾环境、承灾体等多因素影响的基础上,研究建立本地化交通灾害风险评估模型,构建相关交

通气象灾害预警指标和预报模型<sup>[14-19]</sup>,为运营管理部门制定针对性的公路交通防灾措施提供客观依据,最大程度地减轻和避免气象灾害造成的损失。

## 1 数据来源及研究方法

本文基于绵西高速公路监控中心提供的 2018 年 12 月 29 日(自运营)—2021 年 12 月绵西高速公路交通管制台账数据 2400 余条,通过筛选剔除应急演练、警备任务、节假日车流量大、疫情防控等人为因素,研究分析主要由气象灾害影响交通管制的时间变化特征。针对浅丘地带主要出现的气象灾害,对绵西高速公路沿线不同路段存在的气候差异,统计绵西高速公路沿途气象观测站点 2019—2021 年逐日降水量、逐日最低气温等实况观测数据及各收费站大雾封路的频次数据,结合站点地理信息资料,采用 ArcGIS 软件自然断点法,根据不同阈值范围将绵西高速公路主要气象灾害风险从高到低划分为 5 个等级,绘制 1 比 400 万绵西高速公路大雾、强降水、道路结冰等灾害天气风险等级图,分析研究其相关特征。

## 2 绵西高速公路灾害天气影响下交通管制分析

### 2.1 运营以来至 2021 年交通管制情况分析

分析绵西高速公路 2018 年 12 月 29 日—2021 年 12 月 31 日实行交通管制数据(表 1),发现灾害性天气及引发的次生灾害(含施工)是造成绵西高速公路交通管制的重要原因,占 77.7%。其中,大雾天气占 47.2%,交通事故及车辆故障占 22.3%,强降水及其引发的路面积水占 20.3%,道路结冰占 1.3%,滑坡、沉降等地质灾害或施工处理占 8.9%。

表 1 绵西高速公路 2018 年 12 月 29 日—2021 年 12 月 31 日实行交通管制情况(单位:次)

Tab. 1 The traffic control on Mianxi Expressway from December 29, 2018 to December 31, 2021 (unit: time)

| 年份   | 大雾  | 强降水、路面积水 | 道路结冰 | 滑坡、沉降等地质灾害或施工处理 | 交通事故及车辆故障 | 合计  |
|------|-----|----------|------|-----------------|-----------|-----|
| 2018 |     |          | 2    |                 |           | 2   |
| 2019 | 47  | 18       |      | 10              | 45        | 120 |
| 2020 | 36  | 16       |      | 9               | 11        | 72  |
| 2021 | 61  | 28       | 2    | 8               | 12        | 111 |
| 合计   | 144 | 62       | 4    | 27              | 68        | 305 |

2.2 灾害性天气直接影响下交通管制月变化特征

对 2019—2021 年绵西高速公路受灾害性天气直接影响的交通管制进行统计(图 1)发现,受灾害性天气直接影响而采取交通管制的情况存在季节差异,冬季占全年的 43.06%,其次是夏季 24.88%、秋季 22.49%、春季 9.57%。12 月、1 月、8 月、11 月、2 月、7 月是绵西高速公路受灾害性天气直接影响采取交通管制事件的高发月份,合占全年 79.9%。

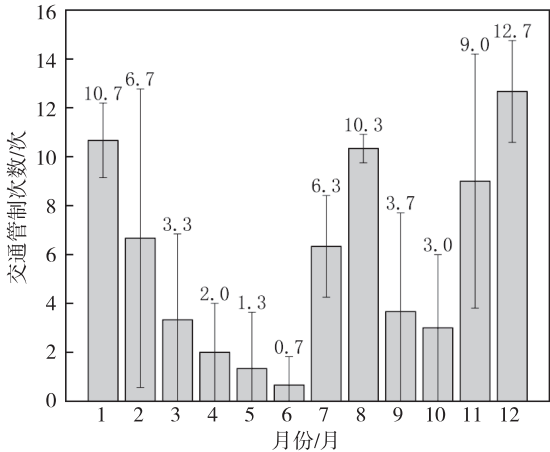


图 1 绵西高速公路 2019—2021 年灾害性天气直接影响下逐月交通管制情况统计  
Fig. 1 The monthly traffic control on Mianxi Expressway under the direct impact of catastrophic weather from 2019 to 2021

分析其原因:11 月—次年 2 月是绵西高速公路大雾出现的高频期,12 月—次年 1 月也是绵西高速公路气温最低的月份,易出现低温雨雪冰冻天气。对高速道路通行产生明显影响的强降水及引发地

质灾害的时段主要集中在 7、8 月,而 9 月开始降雨强度减弱,出现致灾现象的概率降低。

2.3 灾害性天气直接影响下交通管制日变化特征

从绵西高速公路 2019—2021 年大雾造成交通管制开始时间分布情况(图 2a)看,交通管制主要集中在 00—08 时,占总数的 87.8%,高峰期出现在 07—08 时(占 38.1%)。绵西高速公路受大雾直接影响交通管制解除时间集中在 07—11 时(图 2b),占总数的 95.7%。

绵西高速公路由于大雾造成的交通管制持续时间通常在 8 h 内(图 2c),占总数的 84.8%,平均时长 5.05 h,只出现过一次持续 17 h 的大雾天气。

大雾造成行驶过程中能见度降低,驾驶员不易及时避开行驶障碍,并容易对行车距离进行误判,造成交通安全事故发生。四川盆地由于特殊的盆地地形原因和湿润的气候特征,容易产生辐射雾,常出现在秋冬两季的后半夜到上午,使得该时段高速公路道路封闭频繁。

由于塌方沉降及施工与持续降水引发的地质灾害存在一定的偶发性和滞后性,不作为强降水造成交通管制的日变化情况讨论分析。图 3a、3b 为 2019—2021 年绵西高速公路强降水直接造成交通管制开始、结束时间的日变化情况,看出强降水引发交通管制开始时段有 2 个高峰期:08—10 时、15—21 时,结束时间集中在 10—17 时。

绵西高速公路由于强降水直接导致交通管制时间(图 3c)持续时间通常在 4 h 内,占总数的 85%,平均时长为 3.07 h,符合本地的强降雨时段较短的气候特征,且多发生在清晨和炎热的夏季午后。

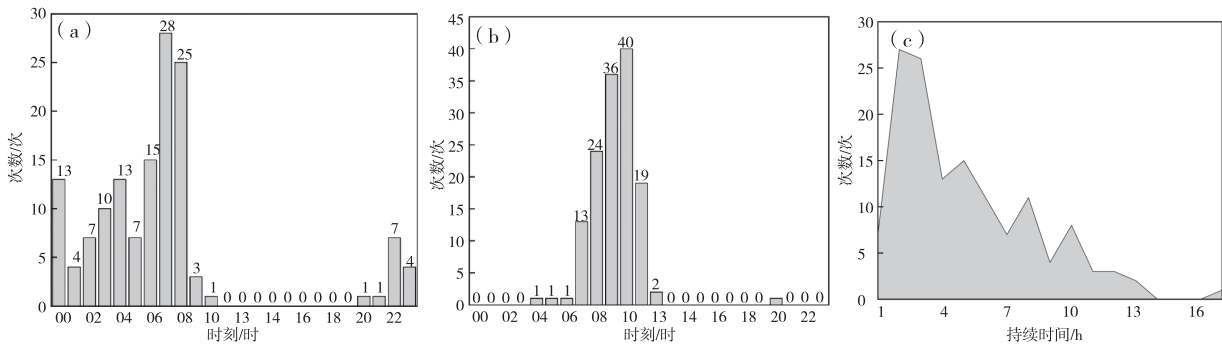


图 2 2019—2021 年大雾造成绵西高速公路交通管制开始时间(a)、结束时间(b)和持续时间(c)分布情况  
Fig. 2 The distribution of beginning time(a), ending time(b) and duration time(c) of traffic control on Mianxi Expressway caused by heavy fog from 2019 to 2021

强降水直接影响交通管制的原因:一是雨势较强,容易影响驾驶人员状态及干扰路面驾驶视线;二是降雨使路面摩擦系数减小,车辆在高速行驶过

程中易出现侧滑影响行驶安全;三是路面积水或雨水倒灌隧道导致车辆无法通行。除了降水导致视线受阻和道路路面湿滑影响行驶安全外,6—9 月出

现的持续降水或强降水天气容易引发滑坡、泥石流等地质灾害或路面塌陷,使得行驶道路受阻,增加交通行驶风险。

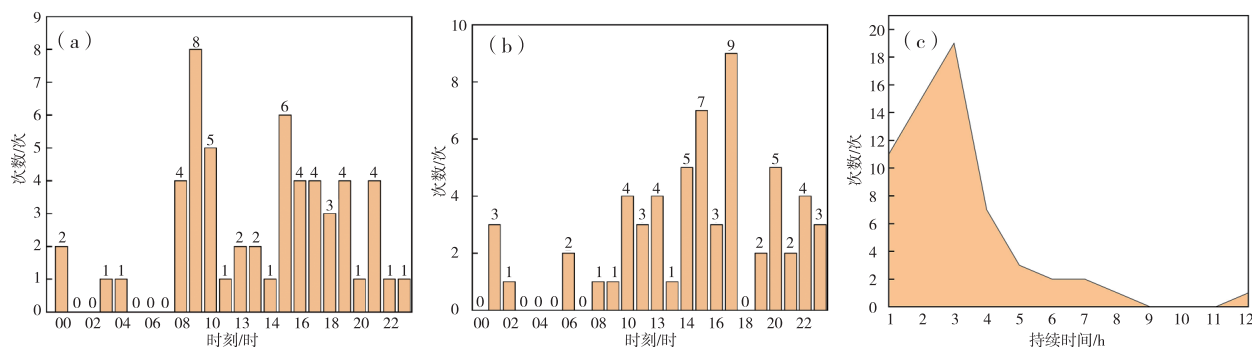


图 3 2019—2021 年强降水造成绵西高速公路交通管制开始时间(a)、结束时间(b)和持续时间(c)分布情况

Fig. 3 The distribution of beginning time(a), ending time(b) and duration time(c) of traffic control on Mianxi Expressway caused by heavy precipitation from 2019 to 2021

### 3 绵西高速公路气象灾害风险等级分析

#### 3.1 大雾风险等级分析

统计 2019—2021 年绵西高速公路沿途收费站点因大雾造成的交通管制频次,通过自然断点法运用 ArcGIS 软件绘制绵西高速公路大雾风险等级图(图 4)。绵西高速公路大雾风险等级由中轴区域(玉溪站—黄甸站)向东西两侧逐级递减,其中柏梓站—仁和站为较高风险区,涵盖高风险区(云溪站—黄甸站),柏梓站—塔山站为中等风险区(低风险区忠孝站包含在其中),中太站和晋城站为大雾低风险区域。

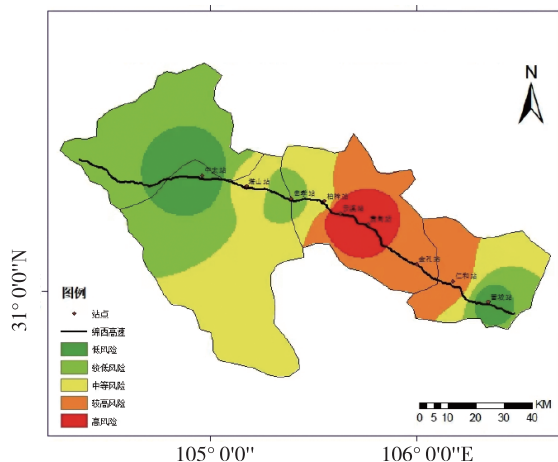


图 4 绵西高速公路大雾风险等级图(比例:1 比 400 万)

Fig. 4 The fog risk level of Mianxi Expressway (ratio: 1 to 4 million)

大雾发生具有较强的局地性,结合绵西高速公路大雾高风险等级图了解大雾风险等级,为运营及

管理部门在制定日常巡逻计划时,对高风险路段增配人手、增加巡逻频次;也为今后交通监测站点选址时根据情况合理安排点位及空间密度。

#### 3.2 强降水风险等级分析

从气象数据中筛选出 24 h 降雨量  $\geq 50$  mm 的降雨情况,得到各站点出现频次,通过自然断点法运用 ArcGIS 软件绘制绵西高速公路强降水风险等级图(图 5)。从图中看出,绵西高速公路强降水风险等级大致从西到东逐级递减。强降水高风险路段集中在西充县境内的晋城镇—仁和镇;强降水较高风险路段出现在仁和镇—金孔镇;黄店镇—永明镇之间为强降水低风险或较低风险区。上述分析表明,西充县境内发生的暴雨概率在绵西高速公路整段中占比最重,金孔镇—仁和镇次之。

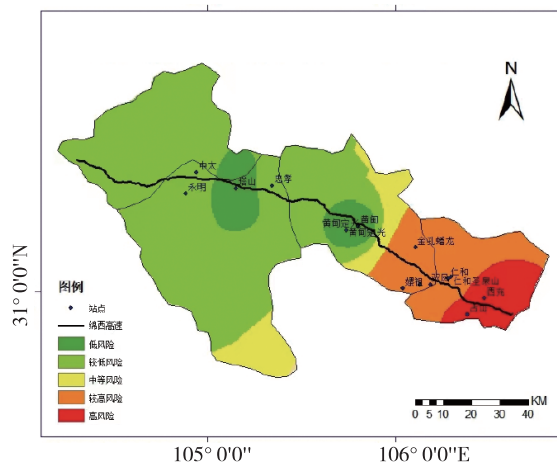


图 5 绵西高速公路强降水风险等级图(比例:1 比 400 万)

Fig. 5 The risk level of heavy precipitation on Mianxi Expressway (ratio: 1 to 4 million)

降雨量大意味着雨强高、激发力大,很容易产

生溪河洪水、滑坡塌方、路基塌陷、隧道积水等灾害<sup>[20]</sup>。建议高速公路运营及管理部门在排查整治隐患时,着重注意相关点位的辅坡加固及维护、路面地质结构勘察整治、隧道下水管网清理维护等。

### 3.3 道路结冰风险等级分析

由于冬季夜间空气相对湿度较大,低温的早晨,特别是雨雪天气后,在缺乏阳光照射的潮湿或有积水的桥面、路面情况下都较容易造成结冰。王遵娅等<sup>[21]</sup>指出:气温 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右、相对湿度70%以上、平均风速 $4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下最有利于冰冻的产生。 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 是水的固态和液态转换的临界值,冬季路面温度较气温偏低,因此本文将最低气温 $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 作为道路结冰灾害的判定标准。

获取绵西高速公路沿途具有气温观测条件的10个气象站点2019—2021年逐日最低气温数据,筛选出 $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的站点数据频次,通过自然断点法运用ArcGIS软件绘制得到绵西高速公路道路结冰风险等级图(图6)。从图中看出,绵西高速公路道路结冰风险等级呈东高西低势态,金孔镇—西充县境内为道路结冰低或较低风险区。而在绵阳境内,高风险等级的忠孝镇—塔山镇向东西两侧逐等级下降,大致呈对称分布。

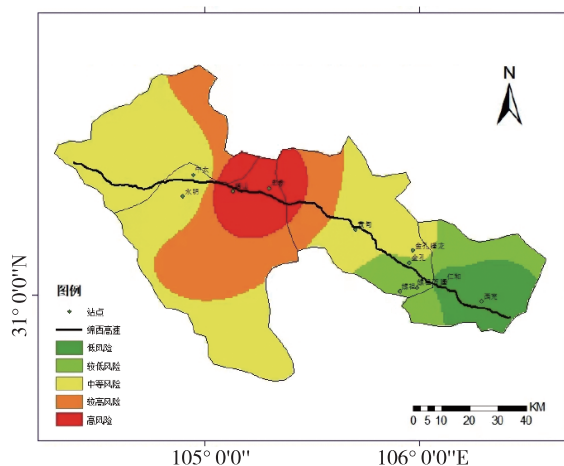


图6 绵西高速公路道路结冰风险等级图(比例:1比400万)

Fig. 6 The risk level of road icing on Mianxi Expressway (ratio: 1 to 4 million)

道路结冰的风险等级取决于路面的温度,这与各路段海拔高度有直接关系。通过道路结冰风险等级能掌握冬季的日常巡逻及维护着重路段,也能合理安排融雪剂等路面防冻物质的配置调度。

## 4 讨论与结论

(1)绵西高速公路运营以来至2021年,受灾害性天气及引发的次生灾害(含施工)造成的交通管

制占比77.7%。主要交通管制原因依次是大雾天气,交通事故及车辆故障,强降水及引发的路面积水,滑坡、沉降等地质灾害或施工处理,道路结冰。

(2)2019—2021年绵西高速公路受灾害性天气直接影响的情况存在季节差异,冬季最多,其次夏季、秋季,春季最少。12月、1月、8月、11月、2月、7月是绵西高速公路灾害性天气直接影响下交通管制事件的高发月份。

(3)2019—2021年绵西高速公路大雾造成交通管制持续时间平均时长5.05 h,交通管制开始主要集中在00—08时;解除管制时间集中在07—11时(占95.7%)。强降水直接造成交通管制持续时间平均时长3.07 h,引发交通管制开始时间段为08—10时和15—21时,结束时间在10—17时之间。

(4)从绵西高速公路大雾风险等级图中看出,绵西高速公路大雾风险等级由中轴区域(高风险区为玉溪站—黄甸站)向东西两侧逐级递减。从绵西高速公路强降水风险等级图中看出,高风险的路段集中在西充县境内,风险等级大致是从西—东逐级递减。从绵西高速公路道路结冰风险等级图中看出,忠孝镇—塔山镇为高风险等级,道路结冰风险等级大致呈东高西低势态。结合灾害天气风险等级图,为高速公路日常巡逻维护和监测站点选址提供了有价值的参考。

## 参考文献

- [1] 王志,韩焱红,李嵩恂,我国公路交通气象研究与业务进展[J]. 气象科技进展,2017,7(1):17-19.
- [2] AL-KAISY A, EWAN L. Prioritization scheme for proposed road weather information system sites: montana case study[J]. Frontiers in Built Environment, 2017, 3: 45.
- [3] ZHAO L H, CHIEN S I, LIU X B, et al. Planning a road weather information system with GIS[J]. Journal of Modern Transportation, 2015, 23(3): 176-188.
- [4] 李薇,苏宇,王文兵,等. 山区公路雾天分布特征及相关性研究[J]. 中低纬山地气象, 2020, 44(2): 9-16.
- [5] 李迅,甘璐,丁德平,等. G2京津塘高速公路交通气象安全指数的预报研究[J]. 气象, 2014, 40(4): 466-472.
- [6] 吴彦,陈春艳,路光辉. 沿天山高速公路冰雪灾害分析及其对交通安全的影响[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(5): 66-70.
- [7] 狄靖月,王志,田华,等. 降水引发的西南地区公路损毁风险预报方法[J]. 应用气象学报, 2015, 26(3): 268-279.
- [8] 卢舟,刘钟中,李昱,等. 高速公路交通气象监测系统研究[J]. 气象水文海洋仪器, 2021, 38(4): 16-19.
- [9] 德庆卓嘎,王曙东,次仁,等. 西藏道路安全气象指数的预报研究[J]. 高原科学研究, 2018, 3(2): 50-58.
- [10] 张晓美,吕明辉,王毅,等. 我国公路交通气象灾害风险隐患特征分析[J]. 灾害学, 2019, 34(4): 19-24.

(下转第59页)