

文章编号:2096-5389(2018)04-0025-06

# 贵州境内高铁沿线气象灾害特征及关键服务期探讨

廖波<sup>1</sup>, 罗喜平<sup>2</sup>, 唐廷婧<sup>1</sup>, 雷坤江<sup>1</sup>

(1. 贵州省气象服务中心, 贵州 贵阳 550002; 2. 贵州省气象台, 贵州 贵阳 550002)

**摘要:**该文应用层次分析法和专家咨询法, 建立贵州境内高铁沿线风险评价指标体系, 确定影响贵州境内高铁的主要气象灾害为暴雨, 其次为雷暴、大风、凝冻、积雪等。利用贵州境内高铁沿线 23 个气象站 1961—2015 年 55 a 气象观测资料, 分析贵州境内高铁沿线主要气象灾害的气候特征, 表明暴雨日数呈上升趋势, 年平均暴雨日数为 2~4.9 d, 沪昆高铁西段是暴雨中心; 雷暴日数呈下降趋势, 年平均雷暴日数为 43.6~71.1 d, 沪昆高铁西段是雷暴频发区; 大风日数呈显著下降趋势, 沪昆高铁西段出现大风的频率最高, 年平均大风日数大于 20 d, 其余路段不足 5 d; 凝冻日数总体呈下降趋势, 沪昆高铁和贵广高铁均不在重凝冻区, 但沪昆高铁普安到晴隆段和麻江段年平均凝冻日数较多为 10~15 d; 积雪日数总体呈现波动趋势, 其线性增长率变化不大, 沪昆高铁麻江段及三穗到铜仁南段积雪日数在 5~7 d, 其余路段不足 5 d。确定高铁沿线主要气象灾害的关键服务期, 利用月平均气象灾害日数, 分析各路段气象灾害对高铁影响的关键服务期及重点路段, 对高铁气象服务具有参考意义。

**关键词:** 高铁; 气象灾害; 关键服务期

**中图分类号:** P429 **文献标识码:** A

## Study on the characteristics and critical service period of meteorological disasters along the High-Speed railway in Guizhou

LIAO Bo<sup>1</sup>, LUO Xiping<sup>2</sup>, TANG Yanjing<sup>1</sup>, LEI Kunjiang<sup>1</sup>

(1. Guizhou Meteorological Service Center, Guiyang 550002, China;

2. Guizhou Meteorological Observatory, Guiyang 550002, China)

**Abstract:** Using the AHP and Delphi method, the risk evaluation index system of high-speed railway in Guizhou was established. To determine the effects of main meteorological disasters along the high-speed railway in Guizhou is rainstorms, followed by thunderstorms, gale, freezing, snow, etc., the data of 23 meteorological stations along the high-speed railway in Guizhou from 1961 to 2015, was used to analyze the climatic characteristics of the main meteorological disasters. The results show that the number of rainstorm days is on the rise, the average annual rainstorm days is 2~4.9 d, and the west section of Shanghai-Kunming high-speed railway is the rainstorm center. The number of thunderstorms declined, and the annual average thunderstorm days is 43.6~71.1 d, and the west section of Shanghai-Kunming high-speed railway is a frequent thunderstorm area. The number of gale days shows a significant decline. The frequency of gale is the highest in the west section of Shanghai-Kunming high-speed railway, the average annual gale days is more than 20 d, and the other sections is less than 5 d. The frozen days showed a decreasing trend, Although the Shanghai-Kunming and Guiguang-Guangzhou high-speed railway in Guizhou are not heavy frozen zone, from Pu'an to Qinglong and Majiang section of Shanghai-Kunming high-speed railway, the average annual freezing days is 10~15 d. The annual average day of snow is generally fluctuating, and its linear growth rate has little change, the average annual freezing days in Majiang and Sansui to Tongren is 5~7 d, and the other sections is less than 5 d. Determining the key service period of major meteorological disasters along the high speed rail, and using the means of monthly meteorological disaster data to analyze the key service period and key section of the impact of meteorological disasters, It is of great significance to the meteor-

收稿日期: 2018-01-22

第一作者简介: 廖波(1982-), 男, 工程师, 主要从事专业气象预报服务工作, E-mail: 313699211@qq.com.

ological service of the high-speed railway.

**Key words:** the high-speed railway; meteorological disaster; the critical period of service

## 1 引言

高速铁路,简称高铁,在不同国家不同时代有不同规定。据1985年5月联合国欧经会标准,客运专线300 km/h、客货混线250 km/h以上称为高速铁路。国际铁路联盟(UIC)给出的标准是新线250 km/h以上、既有线改造200 km/h以上称为高速铁路。目前国际上公认列车最高运行速度达到200 km/h及以上的铁路称为高速铁路。

随着贵州省高铁的迅速发展,奠定了贵州作为西南地区陆路交通的枢纽地位。2014年12月26日贵广高铁开通运营,标志着贵州正式进入“高铁时代”,2016年底沪昆高铁贵州段相继开通,渝黔高铁2018年初建成通车、成贵高铁预计2018年底建成通车。贵州十三五规划将继续推进高铁建设,计划开通3条省级高铁、3条城际铁路,力争建设省内1 h经济圈,融入周边2 h经济圈,实现三环八射铁路网。届时,贵州省将全面进入高铁时代。

日本早在1965年就制定了“线路灾害警戒标准规程”,经过后期的不断完善,制定了一系列气候恶劣条件下铁路运输规程,为新干线的安全运营保驾护航。我国高铁建设运营时间较短,与高铁相关的气象研究不多,目前高铁气象服务相关研究正处于探索阶段,现有的研究成果也多倾向于气象灾害监测防控和分布特征、气象灾害风险评估及气象灾害预警指标。马淑红<sup>[1]</sup>等建立了高铁沿线距轨面4 m最大瞬时风速预测模式,提出了强风灾风险评估与区划方法;马韞娟<sup>[2]</sup>等研究得出我国高铁沿线最大风速垂直分布遵循幂指数规律;张廷龙<sup>[3-4]</sup>等分析了铁路沿线的气象灾害的特征;谢静芳<sup>[5]</sup>等分析了高铁气象服务需求;王志<sup>[6]</sup>等采用GIS技术计算大风风险指数区划图;崔新强<sup>[7]</sup>等开展了高速铁路安全运行高影响天气条件等级标准研究。以上的研究成果多集中在东北、华北、华东、华中地区,贵州开展高铁气象灾害研究甚少,仅吴安坤<sup>[8]</sup>等利用地闪数据,分析了贵广高铁沿线9个市州的雷电活动特征,因此,研究贵州山区特殊地形地貌条件下高铁沿线主要气象灾害分布特征及关键服务期,对高铁运营调度具有十分重要的现实意义。

## 2 资料选取和方法使用

运用层次分析法和专家咨询法,建立贵州境内

高铁沿线气象灾害风险评价指标体系,对构成风险的因子赋予权重,确定主要气象灾害因子。

利用贵州境内贵广高铁沿线及沪昆高铁沿线23个气象站近55 a气象资料,运用统计学方法分析影响贵州境内高铁沿线的主要气象灾害暴雨、雷暴、大风、积雪、凝冻的气候特征,确定高铁沿线主要气象灾害的服务关键期。

## 3 高铁沿线主要气象影响因子

应用层次分析法和专家咨询法,建立贵州境内高铁沿线风险评价指标体系,对构成风险的因子赋予权重,确定主要影响因子,评价指标体系分为:目标层(A)、指标因子层(B),指标因子层从暴雨( $B_1$ )、积雪( $B_2$ )、凝冻( $B_3$ )、雷暴( $B_4$ )、大风( $B_5$ )、大雾( $B_6$ )、强降温( $B_7$ )7方面考虑。

根据所建立的层次指标体系,采用Delphi法,将指标因子列成判断矩阵表,用成对比较法和1~9尺度,对上述7个因子的重要性作两两( $C_i:C_j$ )比较判断,其比较标准:1为同等重要,3为稍微重要,5为重要,7为明显重要,9为绝对重要,2、4、6和8为中间过渡,不重要程度则用倒数表示。利用判断矩阵表,先后向8位专家(4位气象部门专家、4位高铁部门专家)开展咨询调查。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} & a_{17} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & a_{24} & a_{25} & a_{26} & a_{27} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & a_{34} & a_{35} & a_{36} & a_{37} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 & a_{45} & a_{46} & a_{47} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & 1 & a_{56} & a_{57} \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & a_{64} & a_{65} & 1 & a_{67} \\ a_{71} & a_{72} & a_{73} & a_{74} & a_{75} & a_{76} & 1 \end{pmatrix}$$

分别将调查的8份资料中7个因子两两对比系数构建判断矩阵A,其中 $a_{ij}$ 为因子*i*与因子*j*的对比系数,且 $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ ,输入层次分析法得出8份调查资料均通过判断矩阵一致性检验,分别计算各判断矩阵的权重系数,再对8份资料中7个因子的权重系数求平均,从而确定各影响因子权重:

$$A = 0.29B_1 + 0.12B_2 + 0.14B_3 + 0.17B_4 + 0.15B_5 + 0.08B_6 + 0.05B_7$$

通过层次分析法和专家咨询法,表明影响贵州境内高铁的主要气象灾害为暴雨,其次为雷暴、大

风、凝冻、积雪等。大雾对高铁的主要影响为视程障碍和“雾闪”,由于高铁是有轨运行,且供电方式是“电网”,因而雾对高铁的运行影响不大。

### 4 高铁沿线主要气象灾害特征

本部分对高铁沿线主要的气象灾害暴雨、雷暴、大风、凝冻、积雪的气候特征进行分析,并叠加高铁 GIS 信息显示,以期找出主要灾害的重点防御路段,给高铁气象服务提供气候背景依据。

#### 4.1 暴雨的特征

制作贵州境内高铁沿线年平均暴雨日数分布图(图 1),贵州高铁沿线暴雨日数为 2~5 d,沪昆高铁平坝—晴隆段、贵广高铁都匀—三都段年平均暴雨日数为 4~5 d,以晴隆年平均暴雨日数最多为 4.9 d,其余高铁沿线年平均暴雨日数为 2~3 d,以三穗最少为 2 d;可见,贵州境内沪昆高铁西段处于贵州暴雨中心附近,贵广高铁都匀段也是贵州次暴雨中心。近 55 a 高铁沿线暴雨日数总体呈上升趋势(图 2),其线性增长率为 0.12 d/10 a,其中 1962 年暴雨日数最少为 1.4 d,2015 年最多达 6 d。

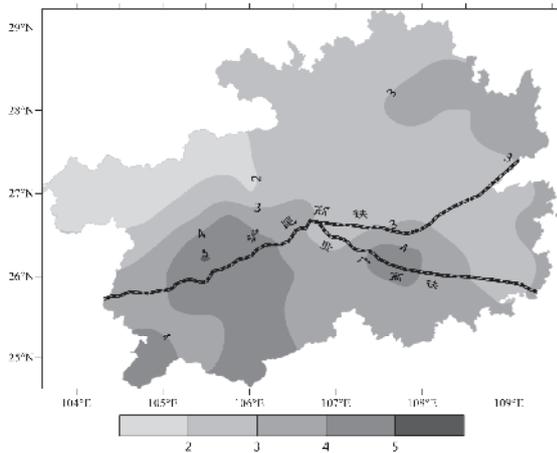


图 1 贵州境内高铁沿线年平均暴雨日数分布图  
Fig.1 The annual average days of rainstorms along the line of high-speed railway in Guizhou

#### 4.2 雷暴的特征

贵州境内高铁沿线年平均雷暴日数为 43.6~71.1 d(图 3),贵州境内沪昆高铁西段是雷暴频发区,关岭—盘州段年平均雷暴日数为 60~71 d,以盘州年平均雷暴日数最多为 71.1 d,贵广高铁沿线、沪昆高铁玉屏—镇宁段年平均雷暴日数为 43~55 d,以龙里最少为 43.6 d。55 a 来高铁沿线暴雨日数年际变化总体呈下降趋势(图 4),其线性增长率为 -3.2 d/10 a,2012 年雷暴日数最少为 27.3 d,1968 年最多,达 70.2 d。

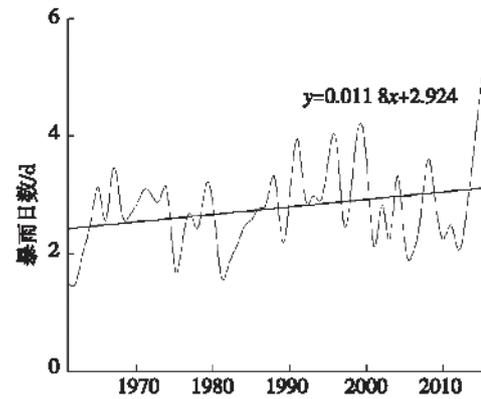


图 2 1961—2015 年高铁沿线暴雨日数年际变化  
Fig.2 The annual variations of rainstorms days along the line of high-speed railway in Guizhou from 1961 to 2015

#### 4.3 大风的特征

贵州春季多热低压大风、秋冬季多冷锋低槽大风,制作贵州境内高铁沿线年平均大风日数分布图(图 5),沪昆高铁晴隆—盘州段年平均大风日数 > 20 d,其中沪昆高铁盘州段是贵州境内大风频发区,年平均大风日数最多为 37.3 d,沪昆高铁其余路段及贵广高铁沿线大风日数均在 5 d 以下,贵定年平均大风日数最少,仅 0.2 d。55 a 高铁沿线大风日数年际变化总体呈显著下降趋势(图 6),其线性增长率为 -2.1 d/10 a,1999 年和 2001 年大风日数最少,为 1.1 d,1966 年最多,达 18.5 d。

#### 4.4 凝冻的特征

凝冻是贵州冬季影响最大的气象灾害之一,贵州境内高铁沿线年平均凝冻日数分布图(图 7)看,贵州高铁沿线均不在重凝冻区,但沪昆高铁普安—晴隆段和麻江段年平均凝冻日数为 10 d 以上,麻江段最多为 14 d,贵广高铁三都从江段年平均凝冻日数为 1~2 d,榕江段最少为 0.3 d。近 55 a 高铁沿线凝冻日数总体呈下降趋势(图 8),其线性增长率为 -0.6 d/10 a,2015 年凝冻日数最少为 4.1 d,1984 年最多达 36 d。

#### 4.5 积雪的特征

制作贵州境内高铁沿线年平均积雪日数分布图(图 9),沪昆高铁麻江段及三穗—铜仁南段在 5~7 d,三穗最多为 6.9 d,贵广高铁三都—从江段年平均积雪日数不足 1 d,三都年平均积雪日数最少为 0.5 d,其余高铁沿线年平均积雪日数为 1~5 d。近 55 a 高铁沿线积雪日数呈现波动趋势(图 10),其线性增长率变化不大,1987 年积雪日数最少为 0 d,2011 年最多达 9.9 d。

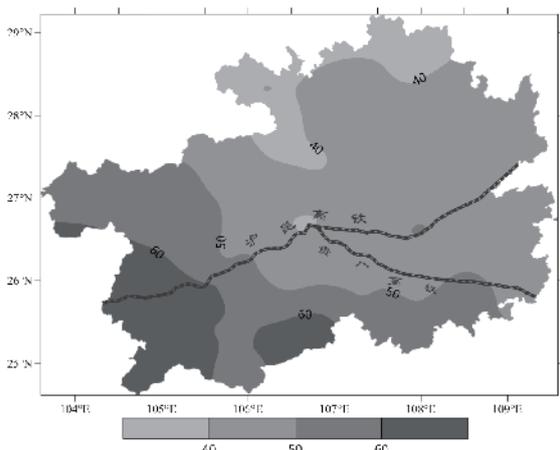


图 3 贵州境内高铁沿线年平均雷暴日数分布图  
Fig. 3 The annual average days of thunderstorm along the line of high - speed railway in Guizhou

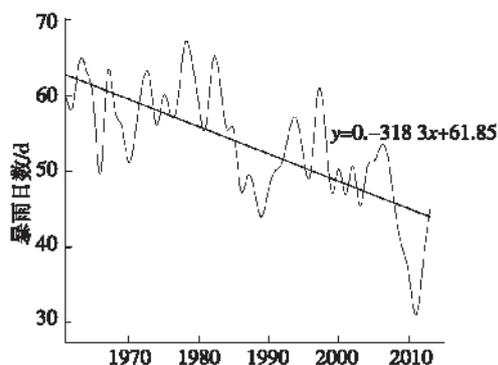


图 4 1961—2015 年高铁沿线雷暴日数年际变化  
Fig. 4 The annual variations of thunderstorm days along the line of high - speed railway in Guizhou from 1961 to 2015

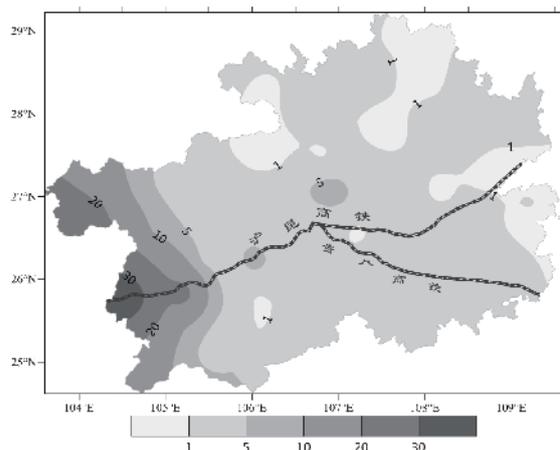


图 5 贵州境内高铁沿线年平均大风日数分布图  
Fig. 5 The annual average days of gale along the line of high - speed railway in Guizhou

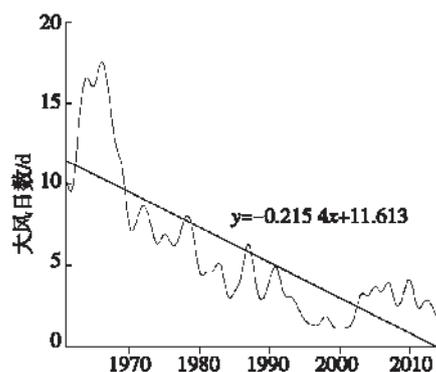


图 6 1961—2015 年高铁沿线大风日数年际变化  
Fig. 6 The annual variations of gale days along the line of high - speed railway in Guizhou from 1961 to 2015

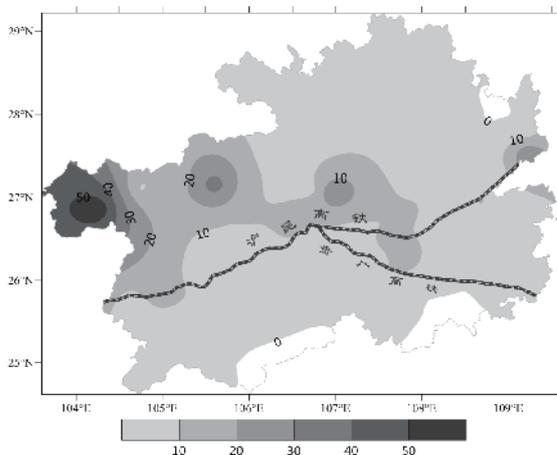


图 7 贵州境内高铁沿线年平均凝冻日数分布图  
Fig. 7 The annual average days of freezing along the line of high - speed railway in Guizhou

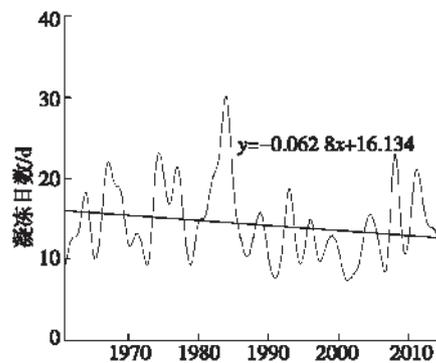


图 8 1961—2015 年高铁沿线凝冻日数年际变化  
Fig. 8 The annual variations of freezing days along the line of high - speed railway in Guizhou from 1961 to 2015

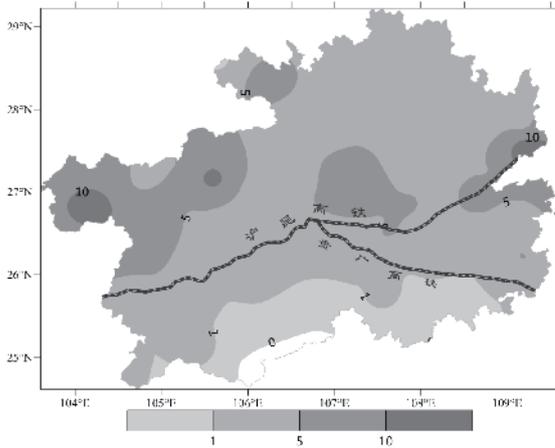


图9 贵州境内高铁沿线年平均积雪日数分布图  
Fig.9 The annual average days of snow along the line of high-speed railway in Guizhou

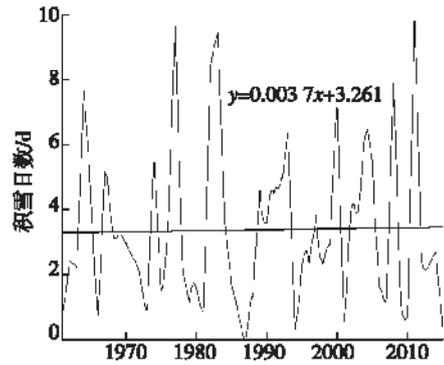


图10 1961—2015年高铁沿线积雪日数年际变化  
Fig.10 The annual variations of snow days along the line of high-speed railway in Guizhou from 1961 to 2015

从以上5种灾害性天气分布特征看,贵州境内沪昆高铁西段及贵广高铁都匀段需重点防范暴雨灾害,沪昆高铁西段关岭—盘县段需重点防范雷暴灾害,沪昆高铁晴隆—盘州段需重点防范大风灾害,沪昆高铁普安—晴隆段和麻江段需重点防范凝冻灾害,沪昆高铁麻江段及三穗—铜仁南段需重点防范积雪灾害。

### 5 高铁沿线主要气象灾害的关键服务期

为减少对高铁安全运营的影响,提高气象保障服务质量,提高服务针对性。根据高铁沿线主要灾害性天气发生的级别及特点,以及对铁路安全运营可能造成的影响,将灾害性天气服务分为3个服务关键期<sup>[9]</sup>即特别关键期、关键期、次关键期(表1)。

表1 灾害性天气服务关键期划分标准  
Tab.1 The standard for critical period division of disaster weather service

灾害类别	特别关键期	关键期	次关键期
暴雨	$1 \leq D$	$0.5 \leq D < 1$	$0.3 \leq D < 0.5$
雷电	$10 \leq D$	$5 \leq D < 10$	$2 \leq D < 5$
积雪	$5 \leq D$	$3 \leq D < 5$	$1 \leq D < 3$
凝冻	$5 \leq D$	$3 \leq D < 5$	$1 \leq D < 3$
大风	$5 \leq D$	$3 \leq D < 5$	$1 \leq D < 3$

注:表中D为贵州境内高铁沿线主要气象灾害1961—2015年月平均日数(单位:d)

按照灾害性天气服务关键期划分标准,利用高铁沿线各气象站55 a月平均灾害日数进行统计分析,制作贵州境内高铁沿线各气象站暴雨、雷电、大风、凝冻、积雪关键服务期(如图11~15),由图可见气象灾害对高铁的影响具有时段和路段差异性的

特点,各高铁段暴雨的服务关键期主要集中在5—8月,但沪昆高铁西段(平坝—盘州)延长到9月份,特别关键期在6—7月,重点关注沪昆高铁盘州—平坝、麻江及贵广高铁的都匀—榕江等路段;雷暴的服务关键期较暴雨时间长为3—9月,但沪昆高铁西段(关岭—盘州)延长到10月份,特别关键期在6—8月,重点关注沪昆高铁西段(关岭—盘州);大风的服务关键期及关注路段是所有灾害中最少的,关注路段只有沪昆高铁晴隆—盘州段,关键服务期主要在2—5月,盘州段12—1月也需要关注,特别关注期在2—4月,重点关注沪昆高铁普安—盘州路段;凝冻的服务关键期主要在冬季(12月、1月、2月),特别关键期在1—2月,重点关注沪昆高铁沪昆高铁三穗、贵阳、盘州路段及贵广高铁黎平路段,尤其是三穗路段12月到2月都属于特别关注期;积雪的服务关键期为1、2月,贵州全路段没有特别关注期,另外沪昆高铁镇宁到关岭、盘州路段及贵广高铁榕江到从江段无服务关键期。掌握高铁沿线主要气象灾害服务关键期,针对服务关键期内即将出现的气象灾害提前24~48 h对高铁部门进行专项服务,提高服务质量。

### 6 讨论与结论

①通过层次分析法和专家咨询法,表明影响贵州境内高铁的主要气象灾害为暴雨、雷暴、大风、凝冻、积雪等,尤其是暴雨引发的山洪、泥石流、崩塌等次生灾害对高铁影响最大。

②按照灾害性天气服务关键期划分标准,通过近55 a高铁沿线气象灾害资料分析,气象灾害对高铁的影响在关键服务期和路段上存在较大差异,贵

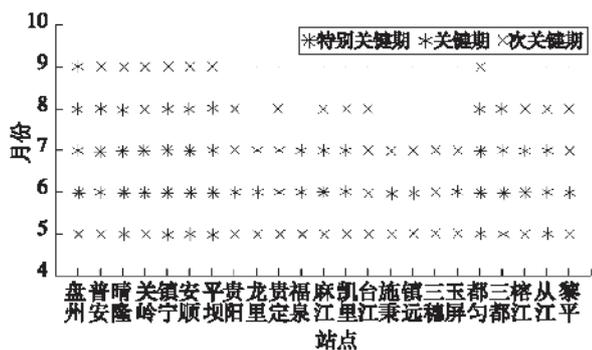


图 11 贵州境内高铁沿线各气象站暴雨关键服务期

Fig. 11 The key service period of rainstorms in meteorological stations along the line of high-speed railway in Guizhou

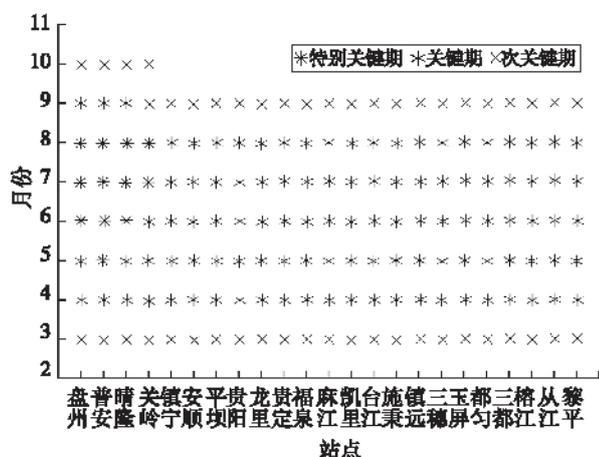


图 12 贵州境内高铁沿线各气象站雷电关键服务期

Fig. 12 The key service period of thunderstorm in meteorological stations along the line of high-speed railway in Guizhou

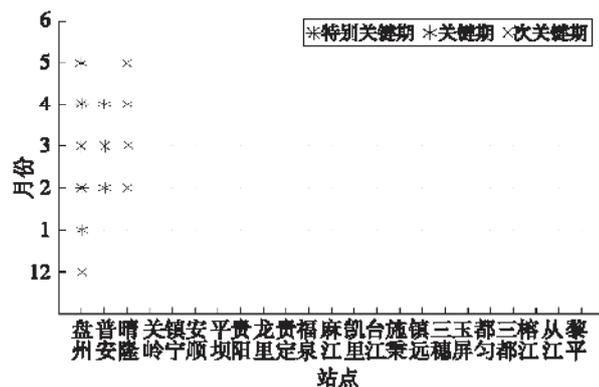


图 13 贵州境内高铁沿线各气象站大风关键服务期

Fig. 13 The key service period of gale in meteorological stations along the line of high-speed railway in Guizhou

州境内高铁全路段需重点防范暴雨、雷电灾害。

③统计分析贵州境内高铁沿线主要气象灾害的服务关键期,暴雨的服务关键期为5—8月,雷暴的服务关键期为3—9月,大风只有沪昆高铁盘州—晴隆端存在关键服务期为2—5月,凝冻的服务关键期为1月、2月、12月,积雪的服务关键期为1月、2月。

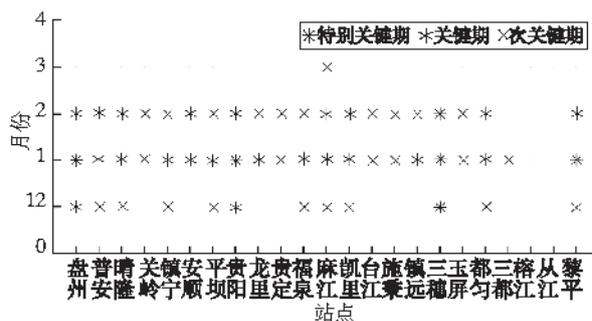


图 14 贵州境内高铁沿线各气象站凝冻关键服务期

Fig. 14 The key service period of freezing in meteorological stations along the line of high-speed railway in Guizhou

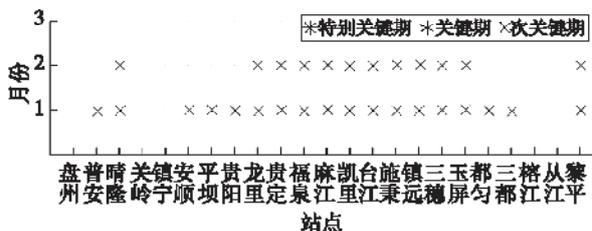


图 15 贵州境内高铁沿线各气象站积雪关键服务期

Fig. 15 The key service period of snow in meteorological stations along the line of high-speed railway in Guizhou

参考文献

- [1] 马淑红,马韞娟.我国高铁强风灾风险评估与区划方法研究[J].轨道交通,2013,(6):94-95.
- [2] 马韞娟,马淑红.我国高速铁路客运专线桥梁设计风速研究[J].铁道技术监督,2009,37(10):34-37.
- [3] 张廷龙,鄢秀书,袁铁,等.青藏铁路沿线闪电活动的时空分布特征[J].高原气象,2004,23(5):673-677.
- [4] 张强,杨贤为,张永山,等.京沪沿线强降水频率及大风频率分布特征[J].气象科技,2003,31(1):45-49.
- [5] 谢静芳,施舍,王宝书,等.哈大高速铁路运营气象服务需求探讨[J].吉林气象,2013(4):38-40.
- [6] 王志,田华,冯蕾,等.基于GIS的高速铁路大风风险区划研究[A]/第十四届中国科协年会第14分会场:极端天气事件与公共气象服务发展论坛论文集[C],2012.
- [7] 崔新强,周小兰,付佳,等.高速铁路安全运行高影响天气条件等级标准研究[J].灾害学,2016,31(3):26-30.
- [8] 吴安坤,刘波,张淑霞,等.贵广高铁沿线雷电活动特征分析[J].贵州气象,2016,40(3):70-74.
- [9] 孙丽,李岚,李志江,等.哈大高铁辽宁段不良气象条件分析及服务探讨[A].第31届中国气象学会年会论文集[C],2014.
- [10] QX/T 334-2016.高速铁路运行高影响天气条件等级[S].
- [11] 明惠青,张凯,侯亚红,等.辽宁境内高铁沿线不良气象条件时空分布特征[J].气象与环境学报,2016,32(6):160-165.
- [12] 日本高速铁路安全对策资料选译[R].北京:京沪高速铁路技术研究总体组,2000.
- [13] 日本法国德国高速铁路运营安全专题资料汇编[R].北京:铁道部,2010:249-252.
- [14] 杨尚英.“西-宝”高速公路不良气象条件分析及对策[J].防灾科技学院学报,2008,10(4):47-48.