



1961—2010年贵州冬季路面持续凝冰时间时空分布变化特征

摘要

利用1961—2010年贵州冬季的日最低地表温度以及日降水资料分析了近50 a路面持续凝冰时间的统计特征。结果表明:位于贵州26.5~27.5°N纬度带西部的地区高频发生持续凝冰,每年平均发生6~9次轻级凝冰(持续凝冰1~3 d)、3~6次中级凝冰(4~6 d)、2~4次重级凝冰(7~11 d)和1~2次特重级凝冰(12 d以上)。总体来看,在全省范围内各级凝冰发生频次都有不同程度的下降趋势。极端持续凝冰事件集中发生在1月以及2月上半月,且贵州中西部以及西北部阈值在10 d以上,受凝冻影响大。

关键词

凝冰;冻雨;时空变化;极端事件

中图分类号 P467

文献标志码 A

0 引言

雾凇和雨凇附着在路面上时,形成路面凝冰。路面凝冰危害极大,给道路交通安全带来极大威胁,也为人们的出行造成了极大的负面影响,甚至危害到人身安全。持续的冻雨天气是导致大范围、长时间路面凝冰的天气背景。为弄清并进一步筛选出导致路面凝冰的因子,需要对路面凝冰的天气背景有深刻的认识。陶诗言等^[1]研究表明:稳定的异常环流形势控制下,高空高位涡扰动不断从青藏高原西侧移到位于华南上空的静止锋上,此时低层静止锋锋生,连续不断形成降水过程,同时大量暖湿空气抬升,使得逆温层覆盖,导致严重的持续性冻雨天气。电线覆冰现象也是低温凝冻天气极易造成的灾害。关于电线覆冰的环流背景分析、气象要素变化特征以及覆冰风险评估的研究已经比较成熟,而电线覆冰与路面凝冻是相同天气过程在不同物理面上的不同响应,因此在研究路面凝冰时,可以在一定程度上参考电线覆冰的经验。江志红等^[2]给出了我国南方最易出现覆冰极值的气象条件为:日平均温度-5~2℃、日最低气温-6.5~0.5℃、日最高气温-3.5~3℃、平均风速0~3.5 m/s,相对湿度85%以上。曾皓^[3]给出了青藏高原东部边缘二郎山电线覆冰形成的天气条件。赵晓萌等^[4]的研究表明:当同时满足日最低气温在-10~1℃,相对湿度 $\geq 80\%$,日照时间 ≤ 2 h这3个条件时,最易发生电线覆冰现象。

相对于电线覆冰的研究,路面持续凝冰鲜有人做专门的研究。在前人对电线覆冰研究的基础上,并参考过去关于贵州凝冻的研究^[5-6],本文将从最低地表温度的角度研究近50 a来路面持续凝冰的变化特征。

1 资料与方法

本研究使用的资料是1961—2010年冬季(12月及次年1、2月)贵州84站日最低地表温度以及日降水资料。这84个观测站因始建年份不同以及其他原因,其资料存在不同程度的缺测情况。考虑到本文将着眼于凝冰的长期趋势以及单个持续过程的统计特征,因此以某站当年缺测时间(d)小于总时间(d)的10%为约束条件来选取站点,若不满足此条件,该年记为缺测。只要有1 a记为缺测,该站将不列为研究对象。经挑选,共有40个站满足要求。

收稿日期 2012-03-12

资助项目 国家科技支撑计划(2008BAG10B01)

作者简介

吴战平,男,高级工程师,主要从事气候变化工作.wuzp1019@sohu.com

张娇艳(通信作者),女,硕士,主要从事气候变化工作.mylove813jiaojiao@163.com

1 贵州省气候中心,贵阳,550002

2 贵州省山地气候与资源重点实验室,贵阳,550002

图1为经挑选后贵州40个观测点的分布.如图1所示,除黔东南地区站点分布较稀疏外,其余地区站点分布较为均匀.对于路面凝冰日的挑选,必须满足以下2个条件:日最低地表温度 $\leq 0^{\circ}\text{C}$;有降水,微量也在统计范畴.下面对这40个站的持续凝冰时间进行统计特征的分析.

2 冬季路面持续凝冰时间的统计特征

2.1 持续凝冰时间

根据资料与方法中日最低地表温度和降水的约束条件,挑选出贵州省1961—2010年冬季路面持续凝冰日.参考中国气象局发布的《中华人民共和国气象行业标准 冻雨等级》中对区域性冻雨的分级标准(<http://www.cmagov.cn/zcfg/qxbz/>),根据冻雨过程的持续时间,将冻雨划分为以下4个等级:轻级冻雨(1级),1~3 d;中级冻雨(2级),4~6 d;重级冻雨(3级),7~11 d;特重级冻雨(4级),12 d以上.参照以上的分级标准,将持续道路凝冰时间进行相应的分

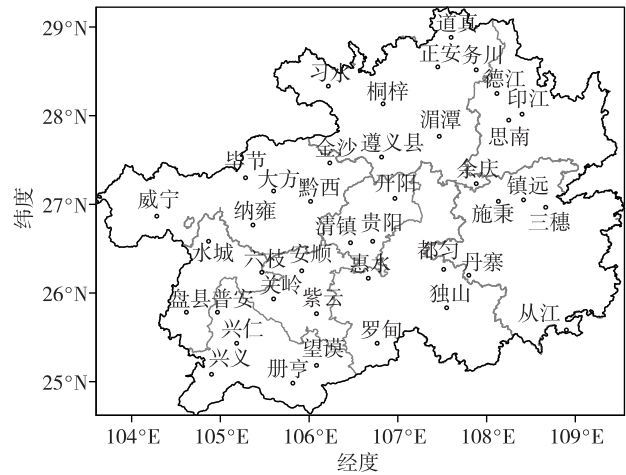


图1 经挑选后贵州40个观测站分布
Fig. 1 Distribution of the selected 40 meteorological stations in Guizhou

级.对各级凝冰的年平均发生频次进行统计,结果如图2所示.

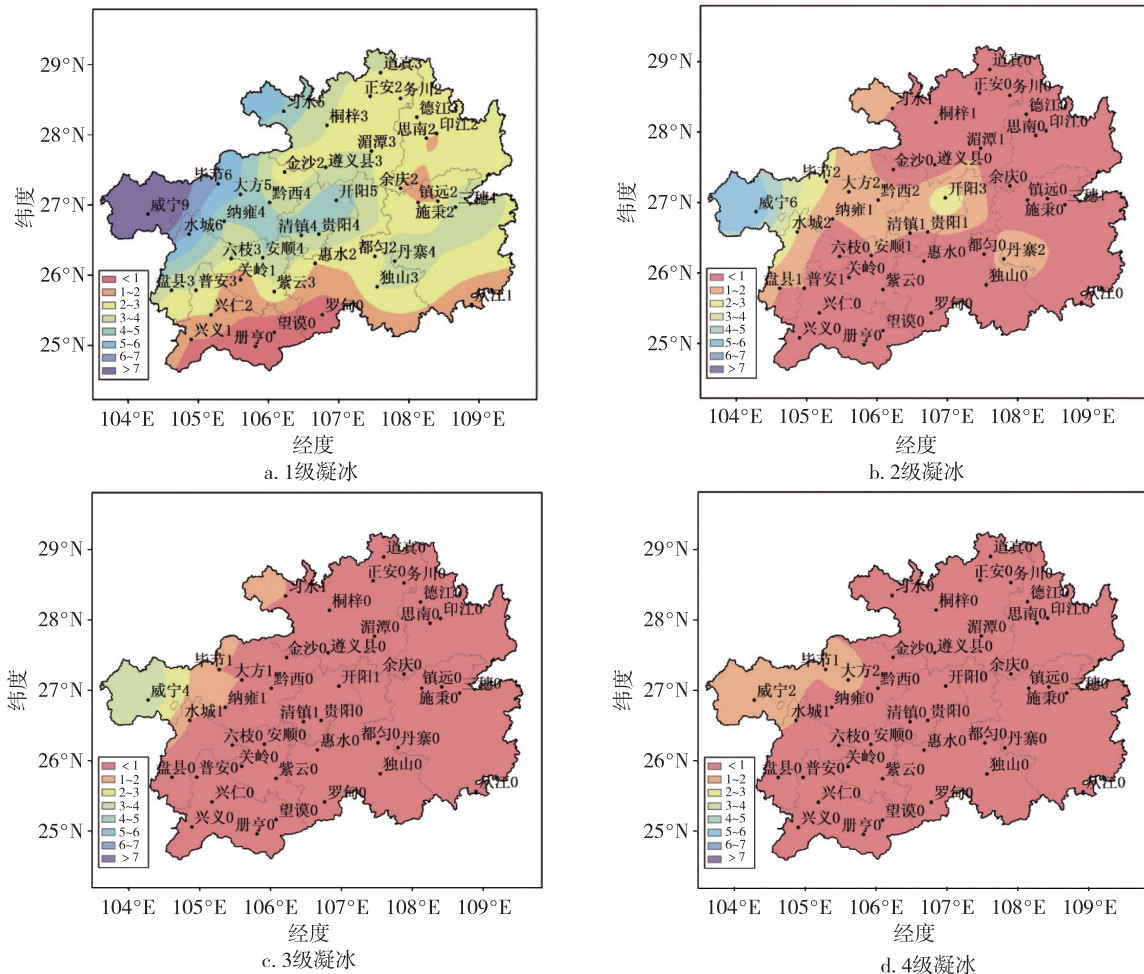


图2 1961—2010年贵州省冬季不同凝冰等级年平均发生的频次(单位:次)

Fig. 2 The annual freezing frequency at different levels in winter over Guizhou during 1961—2010

整体来看(图2),罗甸、望谟以及册亨等地所处的贵州南部边缘地区几乎没有发生过路面持续凝冰事件.轻级凝冰在贵州西部、西北部、中部以及东南部平均每年发生3次以上,尤其是威宁、水城以及毕节等所在地区平均每年发生6次以上(图2a).位于贵州25.5~27.5°N纬度带西部的地区平均每年发生1次以上的中级凝冰,威宁所处的约50 km范围内平均每年受5~6次中级凝冰的影响(图2b).毕节、大方、纳雍、水城、习水、开阳以及清镇平均每年有1次重级凝冰发生,而威宁及其附近区域平均每年有3~4次重级凝冰发生,其余地区均未发生过重级凝冰(图2c).另外,水城、大方、毕节以及威宁所在的贵州西部边缘地区平均每年都会受到1~2次特重级凝冰的影响,其余地区均未发生过特重凝冰(图2d).值得注意的是,威宁以及附近地区各级凝冰发

生的频率都很大,是路面凝冰的重灾区,应特别关注.

为了进一步弄清不同等级凝冰发生频次的变化特征,基于以上工作计算了1961—2010年贵州省不同凝冰等级发生频次的趋势,得到其分布情况,如图3所示(本部分所用的显著性检验方法是Mann-Kendall检验^[7],并利用Yue等^[8]所使用的有效样本数(Effective Sample Size, ESS)来对Mann-Kendall检验中的统计量进行改进).

轻级凝冰发生的频次(图3a)在全省大部分地区都呈现不同程度的下降趋势,下降程度以每10 a发生频率减少0~0.6次为主,贵州北部、中部偏西以及中部偏东下降趋势显著.除了在毕节北部地区,贵州南部边缘地区中级凝冰的发生频次有上升趋势外,其余地区均以下降趋势为主(图3b).金沙、独山、

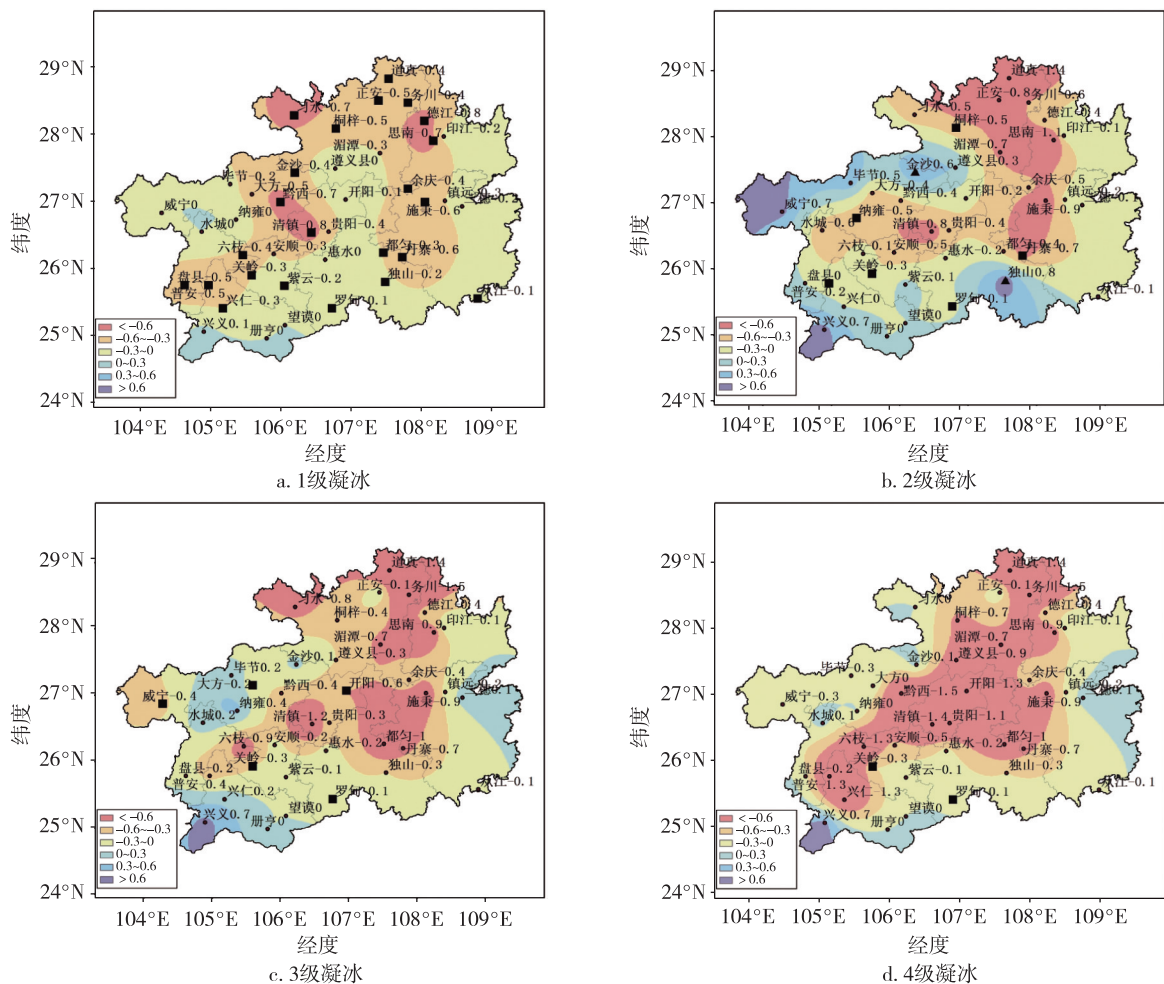


图3 1961—2010年贵州省冬季不同凝冰等级发生频次的趋势分布(单位:次/(10 a))

(三角形、正方形分别表示通过95%信度检验的上升趋势、下降趋势站点)

Fig. 3 Linear trends in annual freezing frequency at different levels for winter over Guizhou during 1961—2010 (unit in time/decade) (The triangles and squares denoting stations that are statistically significant at the 95% confidence level)

普安、关岭、纳雍、罗甸、丹寨以及桐梓的中级凝冰变化趋势显著.全省重级凝冰发生频次仍以减少趋势为主,尤其是冰冻灾害较强的威宁、大方以及开阳地区显著减少,分别为-0.4、-0.2、-0.6次/(10 a)(图3c).值得注意的是虽然减少幅度不大,但在威宁、大方以及开阳这些重灾区只要持续凝冰的频次有小幅减少趋势,仍能减少不少损失.图3d表明在过去50 a

中特重凝冰的发生频次也在全省范围内不同程度地减少.南部边缘地区(如册亨、望谟等地)因极少发生凝冰事件,因此凝冰发生频次无显著变化(图3).

总体来说,在全省范围内各级凝冰的发生频次都呈现不同程度的减少趋势.

根据1961—2010年贵州省冬季年平均路面凝冰时间的分布状况(图略),由年平均凝冰时间的大

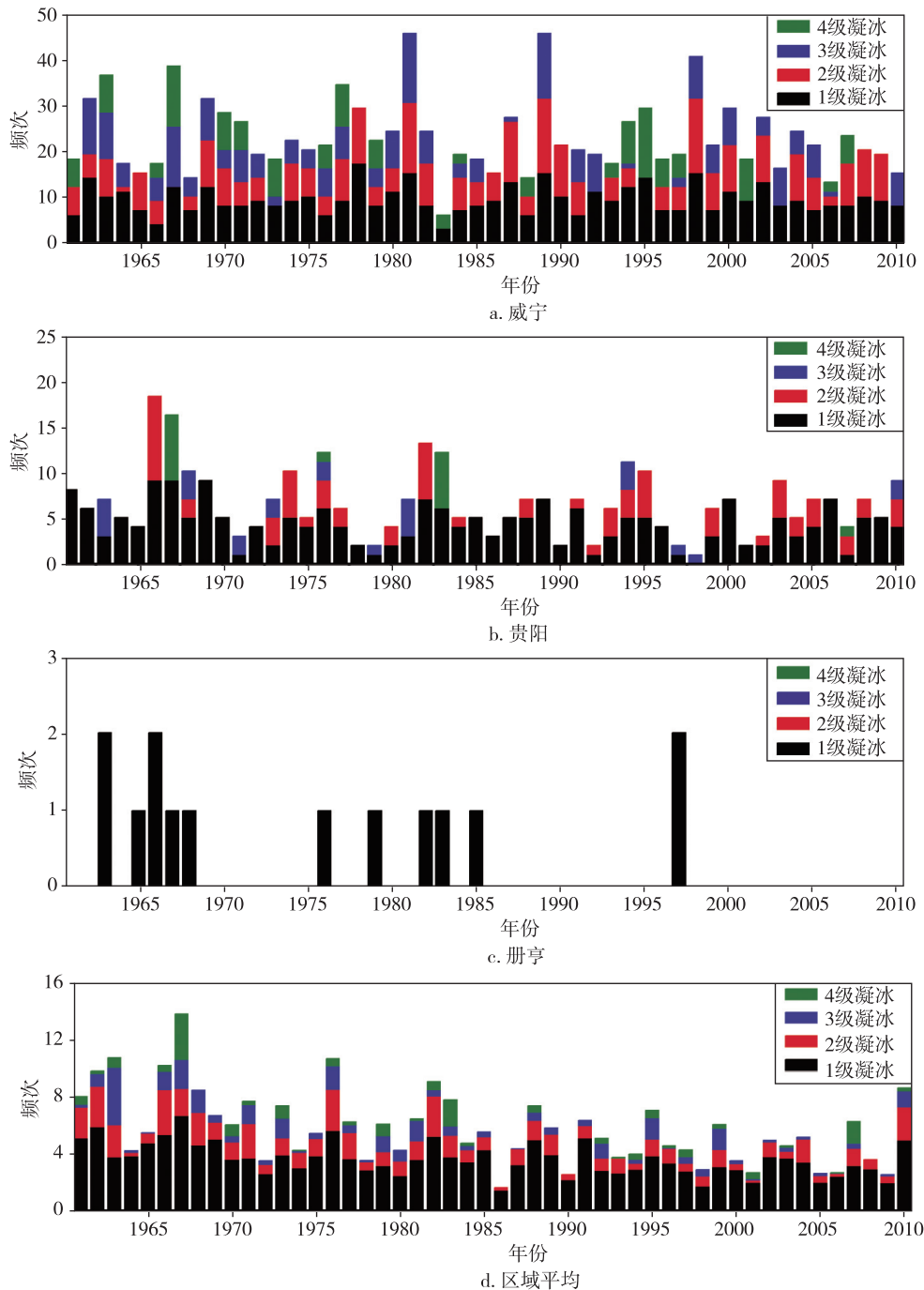


图4 1961—2010年冬季代表站以及区域平均不同凝冰等级发生频次的年际变化

Fig. 4 Time series of freezing frequency at different levels for winter in representative stations and regional average during 1961—2010

小挑选出凝冰时间长(41 d)、中(12 d)、短(0 d)的威宁站、贵阳站和册亨站为代表站,分析代表站以及区域平均不同凝冰等级发生频次的年际变化特征(图4).在各代表站以及区域平均中轻级凝冰的发生具有明显的年际振荡(图4).另外综观4种等级的凝冰,威宁站平均都维持在较高的发生频次上,且年际变化震荡剧烈.

此外有2点值得关注:一是在1、2、3级凝冰中都存在同一年份因站点不同、频次变化位相不同的情况.比如1级凝冰中1976年威宁站为极小值,而贵阳站在序列中处于极大值,该情况在同年2级凝冰中仍然存在;又如3级凝冰中1973年也出现了类似状况.可见因区域不同,凝冰状况应慎重对待(图4a、b).二是需重点关注4级凝冰所导致的灾害.比如2008年初(2007年冬季)南方遭受大范围雨雪冰冻灾害的影响,贵阳站也受到了此次事件的影响,但是2007年冬季贵阳站1、2、3级凝冰的发生频次与其他年相比较少(图4b),因此其严重的凝冻灾害来源于1次特重凝冰对贵阳站的影响,可见长时间持续不间断的凝冰灾害危害巨大.

2.2 最长持续凝冰时间

本文计算了1961—2010年贵州省年平均最长持续凝冰时间(分布状况图略),毕节西部地区以每年平均8 d以上的最长持续凝冰时间位居首位.贵州省东北部以及南部边缘地区最长持续凝冰时间均在3 d以下,其余各地最长凝冰时间维持在3~7 d.从其变化趋势(图略)来看,全省最长持续凝冰时间有减小的趋势,每10 a减少不到1 d,显著变化的站点广泛地分布于贵州省的北部和南部.

2.3 极端持续凝冰事件

本研究所定义的极端持续凝冰事件如下:某持续凝冰时间超过历史各年内持续凝冰时间最大值序列第95百分位值时,该持续凝冰时间为极端持续凝冰事件,其阈值分布如图5所示.大方、威宁以及开阳的极端持续凝冰时间阈值分别为28、25以及21 d,位居全省前3位,凝冰持续时间将近1个月,危害巨大.册亨、望谟以及罗甸鲜有凝冰发生,因此阈值为1 d.贵州东北部、东南部以及南部边缘地区持续凝冰时间阈值在10 d以下,贵州中部、西部以及西北部持续凝冰时间阈值在10 d以上,受凝冻影响大.

表1 1961—2010年冬季极端持续凝冰事件在各时段出现的频次

Table 1 Frequency of extreme events of persistent freezing at different period in winter during 1961—2010

台站	12上	12下	1上	1下	2上	2下	台站	12上	12下	1上	1下	2上	2下
威宁	1	1	3	2	2	0	镇远	0	0	2	2	3	0
水城	0	0	3	3	3	0	纳雍	0	0	6	6	6	0
普安	2	2	3	1	1	0	黔西	0	0	3	3	3	0
盘县	0	0	2	0	2	0	安顺	0	0	3	3	3	0
桐梓	0	0	2	2	3	0	六枝	1	1	3	2	2	0
习水	0	0	3	3	3	0	清镇	1	1	4	3	3	0
道真	0	0	2	1	4	0	贵阳	1	1	3	2	2	0
正安	0	0	2	2	3	0	都匀	0	0	2	1	2	0
务川	0	0	2	1	2	0	丹寨	0	0	4	4	6	0
德江	0	0	2	2	3	0	三穗	0	0	2	2	4	0
毕节	1	1	3	2	2	0	兴仁	1	0	1	0	1	0
大方	1	1	3	2	2	0	关岭	4	0	5	2	10	0
金沙	0	0	2	2	3	0	望谟	3	0	8	0	2	0
遵义	0	0	2	2	3	0	兴义	1	0	2	0	0	0
开阳	0	0	3	3	3	0	册亨	2	0	6	0	5	0
湄潭	0	0	3	2	3	0	紫云	1	1	3	1	3	0
余庆	0	0	1	1	3	0	惠水	0	0	1	0	2	0
思南	0	0	1	0	2	0	罗甸	1	0	3	0	7	0
印江	0	0	1	0	3	0	独山	0	0	3	3	3	0
施秉	0	0	3	1	2	0	从江	0	0	2	1	3	0

注:12上、12下、1上、1下、2上以及2下分别表示12月上半月、12月下半月、1月上半月、1月下半月、2月上半月以及2月下半月。

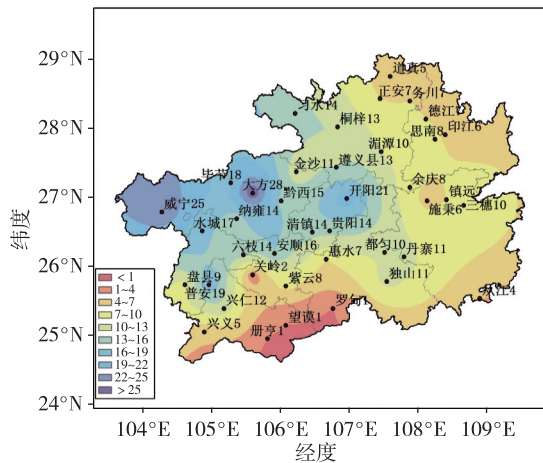


图5 1961—2010年冬季极端持续凝冰时间阈值(第95个百分位值)的空间分布

Fig. 5 Thresholds for the 95th percentile of the number of days about persistent freezing in winter during 1961—2010

根据极端持续凝冰事件出现的时间,计算了1961—2010年冬季极端持续凝冰事件在各时段出现的频次(表1)。统计的时段包括12月上半月、下半年;1月上半月、下半年;2月上半月、下半年共6个时段,对于跨越2个以及2个以上时段的个例可重复计数。从表1可以看出极端持续凝冰事件集中出现在1月以及2月上半月,而2月下半年从未出现过极端持续凝冰事件。在12月,贵州出现的极端持续凝冰事件均出现在贵州省中西部地区。

3 结论

本文基于日最低地表温度以及日降水资料对1961—2010年冬季贵州40个测站的路面持续凝冰时间的变化特征进行了分析。研究结果表明:

1) 若将路面凝冰划分为4个等级:轻级,1~3 d;中级,4~6 d;重级,7~11 d;特重级,12 d以上。位于贵州26.5~27.5°N纬度带西部的地区为各级凝冰高频发生的区域,平均每年分别发生6~9次、3~6次、2~4次和1~2次。

2) 从变化趋势来看,在全省范围内各级凝冰的发生频次总体上都存在不同程度的减少趋势。以代表站的变化状况来看,轻级凝冰年际变化振荡剧烈。

3) 从极端持续凝冰事件来看,贵州中部、西部以及西北部持续凝冰时间阈值在10 d以上,受凝冻影响大。根据该事件出现的时间,计算可知极端持续凝冰事件集中出现在1月以及2月上半月,贵州中西部12月也曾出现过极端事件。

本文对道路持续凝冰时间的统计特征进行了初步分析,仍缺乏对其成因的足够认识,还需进一步研究。

参考文献

References

- [1] 陶诗言,卫捷.2008年1月我国南方严重冰雪灾害过程分析[J].气候与环境研究,2008,13(4):337-350
TAO Shiyan, WEI Jie. Severe snow and freezing-rain in January 2008 in the southern China[J]. Climatic and Environmental Research, 2008, 13(4): 337-350
- [2] 江志红,杭月荷,刘冬,等.我国南方输电线路覆冰极值序列重建试验[J].气候与环境研究,2013,18(3):407-413.
JIANG Zhihong, HANG Yuehe, LIU Dong, et al. Reconstruction of an extreme wire icing series in southern China[J]. Climatic and Environmental Research, 2013, 18(3): 407-413.
- [3] 曾皓.青藏高原东部边缘电线覆冰的特征及天气成因[J].四川气象,2004,24(3):4-6
ZENG Hao. The reasons of formation and characteristics of electrical wire coated by freezing-rain over easterly edge of Qinghai-Tibet Plateau[J]. Journal of Sichuan Meteorology, 2004, 24(3): 4-6
- [4] 赵晓萌,李栋梁,熊海星,等.西南地区覆冰气象要素的变化特征及综合评估[J].自然资源学报,2011,26(5):802-813
ZHAO Xiaomeng, LI Dongliang, XIONG Haixing, et al. Variations of meteorological factors concerning icing and comprehensive assessment in southwest China[J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(5): 802-813
- [5] 许丹,罗喜平.贵州凝冻的时空分布特征和环流成因分析[J].高原气象,2003,22(4):401-404.
XU Dan, LUO Xiping. Time and space characters of congeal in Guizhou and circulation features analyses [J]. Plateau Meteorology, 2003, 22(4): 401-404
- [6] 严小冬,吴战平,古书鸿.贵州冻雨时空分布变化特征及其影响因素浅析[J].高原气象,2009,28(3):694-701
YAN Xiaodong, WU Zhanping, GU Shuhong. Analyses on the space-time distribution characteristics and their influence factors of freezing rain in Guizhou province [J]. Plateau Meteorology, 2009, 28(3): 694-701
- [7] Kundzewicz Z W, Robson A. Detecting trend and other changes in hydrological data [M]. World Climate Program-Water, WMO/UNESCO, WCDMP-45, WMO/TD 1013, Geneva, 2000

- [8] Yue S, Wang C Y. The Mann-Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series [J]. *Water Resources Management*, 2004, 18(3): 201-218

Spatial and temporal variation characteristics of persistent land surface freezing in winter of Guizhou during 1961—2010

WU Zhanping^{1,2} ZHANG Jiaoyan^{1,2} YAN Xiaodong¹

1 Guizhou Climate Center, Guiyang 550002

2 Guizhou Key Laboratory of Mountainous Climate and Resources, Guiyang 550002

Abstract Using daily minimum temperature of land surface and precipitation data in winter of Guizhou province during the period of 1961—2010, the characteristics of spatial and temporal variations on the persistent land surface freezing are investigated. Results show that persistent freezing occurred in high frequency in the west part of 26.5-27.5°N regions of Guizhou, including 6-9 slight freezings (lasting for 1-3 days), 3-6 moderate freezings (4-6 days), 2-4 heavy freezings (7-11 days) and 1-2 torrential freezings (over 12 days) annually. Overall, there are downward trends in the freezing frequency at different levels in most parts of Guizhou. The extreme events of persistent land surface freezing always occurred in January or the first half of February, with the thresholds as exceeding 10 days in the central, west and northwest of Guizhou accompanied by serious hazards.

Key words freezing; freezing rain; spatial and temporal variations; extreme events