

赵珊珊, 高歌, 张强, 等. 中国冰冻天气的气候特征[J]. 气象, 2010, 36(3): 34-38.

中国冰冻天气的气候特征^{*}

赵珊珊 高歌 张强 王遵娅 殷水清

国家气候中心, 北京 100081

提 要: 研究冰冻天气的空间分布和变化规律对于冰冻灾害的预测、预估以及防灾减灾具有重要意义。利用 1961—2008 年 603 个站点雾凇和雨凇天气现象资料, 283 个站点的电线覆冰资料, 采用计算多年平均值、标准冰厚转换、EOF 以及求趋势变化等方法, 研究了我国冰冻天气的空间分布和气候变化特征。结果表明: 全国大部分地区都有冰冻天气出现; 雾凇主要出现在北方地区, 雨凇主要出现在南方。年冰冻日数随海拔高度增加而增加, 但海拔 3100 m 高度以上冰冻日数较少。冰冻厚度较大的地区位于东北东南部、华北东部、西北地区东南部、西南地区东部、江南东北部。在全球气候变暖背景下, 我国大部分地区冰冻天气发生频次减少, 但强度增强。

关键词: 冰冻, 雨凇, 雾凇, 电线结冰

Climate Characteristics of Freezing Weather in China

ZHAO Shanshan GAO Ge ZHANG Qiang WANG Zunya YIN Shuiqing

National Climate Center, Beijing 100081

Abstract: Study on climate characteristics of Chinese freezing weather is important to forecast, pre-assessment and disaster prevention. The 48-year averaged rime days and freezing rain days were computed to reflect the frequency and spatial distribution of freezing weather. The observed wire ice load was transformed into standard ice load to analyze the maximum ice load distribution. The spatial and temporal variations of freezing weather were analyzed by EOF expansion. Trends of Chinese yearly maximum ice load were studied. Results show that freezing weather appeared in most parts of China. Rime mainly appeared in northern China while freezing rain appeared in southern China. Yearly freezing days increase with elevation while less over height of 3100 m. Under the global warming background, the frequency of freezing weather decreased while the strength was stronger in most parts of China.

Key words: freezing weather, freezing rain, rime, wire ice load

引 言

冰冻现象主要由雨凇、雾凇、湿雪冻结而成的天气状况^[1]。我国大部分地区冰冻天气以雨凇或雾凇为主。随着社会经济的发展, 工农业生产及人民生活对冰冻天气也变得越来越敏感。随着电力、通讯网络的快速发展, 冰冻作为一种重要气象灾害对我

国社会经济的影响越来越大^[2]。2008 年 1 月 10 日至 2 月 2 日, 我国大部尤其南方地区连续遭受四次低温雨雪冰冻天气过程^[3-4]。据统计, 这次低温雨雪冰冻灾害天气过程共造成 1 亿多人受灾, 直接经济损失超过 1100 亿元。

中国年平均雨凇日数的分布特点是南方较北方多, 潮湿地区较干旱地区多, 山区比平原多; 年平均雾凇日数的分布形式也是高山比平原多, 湿润地区

* 国家科技支撑计划课题(2007BAC29B02)、中国气象局气象灾害风险区划项目、中国气象局行业专项(GYHY200706010, GYHY200706005, GYHY200806004)联合资助

2008 年 12 月 12 日收稿; 2009 年 7 月 24 日收修定稿

第一作者: 赵珊珊, 主要从事气象灾害影响评估. Email: zhaoss@cma.gov.cn

比干旱地区多,但北方雾凇日数比南方多^[6]。已有研究针对部分省(市)局地冰冻天气气候特征开展分析。湖南省的冰冻天气以雨凇为主,多冰区和少冰区的分布与湖南的山地走向一致,从20世纪70年代起冰冻天气的频次和强度都有减小的趋势^[6]。贵州省的冰冻日数从西向东,从中部向南北两侧递减,受地形影响较大^[7]。20世纪60年代末到20世纪80年代中期贵州冰冻天气较频繁,20世纪80年代中期开始下降^[8]。河南省东部平原的南部电线积冰发生频率高于北部,在西部山区,东部边缘丘陵区大于西部深山区;同纬度的西部山区电线积冰发生频率小于东部平原^[9]。地处鄂西和川东的三峡地区,是我国典型的雾凇覆冰区,以雾凇为主,海拔高度超过800 m的山垭口及风口,覆冰特别严重^[10]。

以往的研究主要关注局地冰冻天气的分布和气候变化特征^[11-14],而对全国范围的冰冻天气的气候特征研究仍然不足。同时,在全球变暖的背景下,冰冻天气的频次和强度如何变化也值得关注。由于冰冻天气对交通运输、电力传输、通讯设施、农业及人民群众生活都会造成严重影响,研究全国范围冰冻天气的气候变化特征,将为工农业生产布局的规划提供气象依据,并为冰冻灾害的评估和预评估服务提供基础。

1 资料和方法

所用的资料包括1961—2008年全国603个站点的雨凇和雾凇天气现象观测资料,其中出现雨凇现象的站点385个,出现雾凇现象站点444个,既出现雨凇又出现雾凇现象的站点348个。1961—2008年全国603个站点的日平均风速、相对湿度和日平均气温资料。1961年以来全国623个站点的电线结冰观测资料,选取其中资料长度在30年以上的283个站点。电线结冰资料中包括南北和东西向的资料,选取两者中的最大值作为当日电线结冰重量。

利用经验正交分解方法(EOF)^[15]研究全国冰冻天气日数的空间变化特征和时间变化规律。由于电线结冰的密度在不同天气条件下有所不同,本文将实际冰厚折算为密度为 $0.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 时的冰厚值^[16],计算公式为:

$$b_{0.9} = \sqrt{\frac{W \times 10^3}{0.9\pi} + \frac{d^2}{4}} - \frac{d}{2} \quad (1)$$

其中, $b_{0.9}$ 表示密度为 $0.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 时的标准冰厚(mm); W 为每米电线的覆冰质量($\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$); D 为

电线直径(mm)。

2 冰冻天气空间分布特征

2.1 雾凇和雨凇的空间分布

冰冻天气由雨凇和雾凇组成,但雨凇和雾凇日数的空间分布有所不同。雾凇主要出现在长江以北地区,东北、华北、黄淮、江淮西部、江南北部、西北部以及内蒙古大部、四川南部、贵州西部、福建东南部等地一般有1~5天,其中,黑龙江西南部和北部、内蒙古东北部、北疆及部分高山区年雾凇日数在10天以上。北疆是我国雾凇日数最多的地区,部分地区超过30天。长江以南地区除了江南北部及贵州西部、福建东部外,大部分地区较少出现雾凇(图1)。

雨凇主要分布在西北地区东南部、黄淮西部、江汉、江南中西部、西南地区东部等地,其中西南地区东部尤其是贵州中西部的年雨凇日数在5天以上(图2)。年雨凇日数最多的台站是四川峨眉山气象

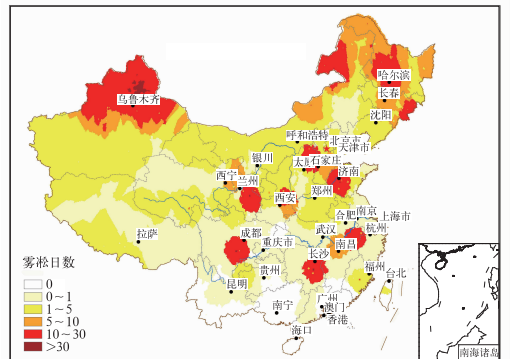


图1 1961—2008年平均全国雾凇日数(天)
Fig. 1 Distributions of averaged rime days (d) during 1961—2008

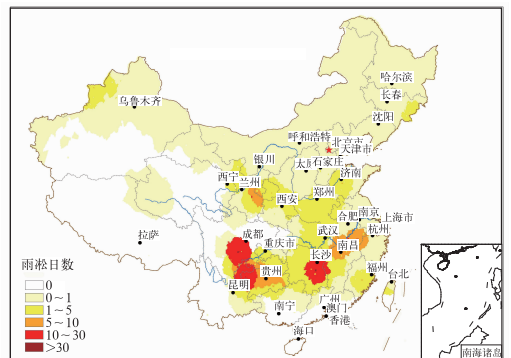


图2 1961—2008年平均全国雨凇日数(天)
Fig. 2 Distributions of averaged freezing rain days (d) during 1961—2008

站,平均每年出现 134.6 天,其次是湖南南岳站 62.27 天,第三位是贵州威宁站 48.8 天。北方地区的雨淞较少,干旱地区尤其少见。北方雨淞最多地方是甘肃通渭华家岭,多年平均 25.7 天。新疆西北部和吉林长白山区雨淞日数也相对较多。

2.2 冰冻日数的分布特征

我国大部分地区都有冰冻天气出现,东北中部、华北东部、西南地区东南部以及新疆北部、内蒙古东北部、甘肃南部、陕西中部、安徽南部等地年平均冰冻日数在 10 天以上。冰冻日数最多的台站是四川峨眉山,平均每年出现 148.0 天,其次是吉林天池 95.8 天,第三位是山西五台山 89.2 天。

我国冰冻天气主要发生在 11 月至 3 月,1 月的频数最大,12 月次之。冬季(12—2 月)的冰冻日数最多,全国大部分地区都有冰冻发生,新疆北部、内蒙古东部局地、四川南部局地冻日数有 5~10 天,新疆北部的部分地区在 10 天以上。春季和秋季冰冻天气发生频数相对较小。春季,冰冻天气主要发生在吉林东南部、山西北部。秋季,冰冻天气主要发生在山西北部和吉林东南部。夏季(6—8 月)冰冻的发生频数最小,我国大部分地区没有冰冻发生,只有高海拔地区受地形影响有冰冻发生。

很多研究指出冰冻天气受气温、湿度和风速影响较大^[17-18]。利用全国 603 个站点的历史日平均气温、湿度和风速,发现有利于冰冻发生的日平均气温集中在 $-26 \sim 3$ °C 之间,0 °C 最适宜冰冻生成。日平均风速集中在小于或等于 $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内,冰冻发生频次最大的日平均风速为 $1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。日平均相对湿度集中在大于等于 70% 的范围内,冰冻发生频次最大的日均相对湿度为 80%。可见,低气温、较小的风速和高湿条件有利于冰冻的生成。因此冰冻天气大多发生在高海拔和相对湿度较大地区,发生季节主要在冬季。

冰冻天气的危害程度与冰冻天气持续时间有关。最长持续冰冻日数在 10 天以上的区域位于东北中部以及新疆北部、内蒙古东部、陕西中部、四川南部、湖南。全国最长连续冰冻日数出现在高海拔地区,四川峨眉山从 1969 年 11 月 11 日至 1970 年 4 月 6 日共持续 144 天(图 3)。

冰冻天气受地形、地貌影响较大。一般而言,山区比平原多,高山最多。年冰冻日数 30 天以上的台站海拔高度都在 500~3100 m。随着海拔高度的增

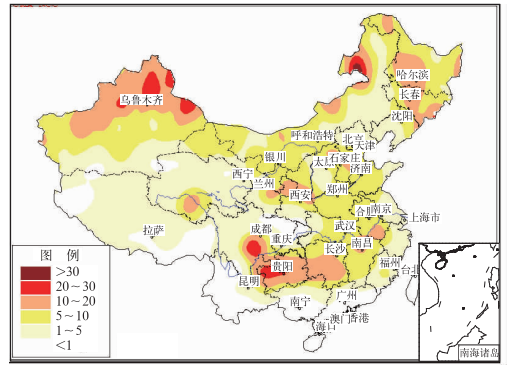


图 3 1961—2008 年全国最长连续冰冻日数分布

Fig. 3 Distributions of longest persistent ice days during 1961—2008

加,冰冻日数也有增加趋势,最大冰冻日数出现在海拔 3084.6 m 的峨眉山,但海拔 3100 m 高度以上站点出现冰冻天气日数不超过 20 天。雾淞受海拔高度影响比雨淞更为显著。

3 电线结冰厚度的气候分布

由于冰冻天气导致的电线结冰对电网的安全运行威胁很大,电线结冰厚度的空间分布规律尤其是重冰区的区划对输电线路的设计具有重要意义。电线结冰厚度较严重的区域主要位于东北东南部及山西北部、山东西部、安徽南部、重庆东部、湖北西部等地,其中重庆东部和湖北西部最为严重。

1961—2008 年全国电线结冰最大厚度的空间分布与多年平均冰冻厚度、冰冻日数、最长持续冰冻日数的空间分布具有一致性(图 4)。最大厚度在 20 mm

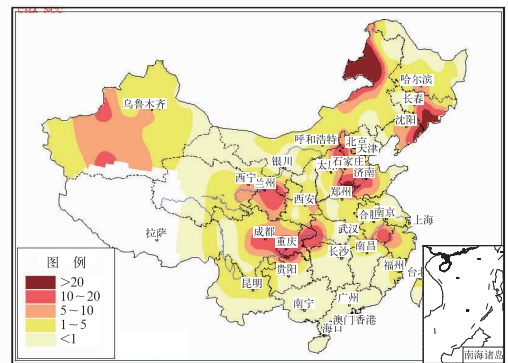


图 4 1961—2008 年最大电线结冰厚度的空间分布

Fig. 4 Distributions of maximum ice load during 1961—2008

以上的区域主要出现在东北东南部及内蒙古东北部、河北南部等地。全国最大冰冻厚度出现在2004年12月28日湖南南岳。影响电线结冰厚度的因素较多,如地形地貌、地理环境、海拔高度、风向、风速等^[19]。由于本文所用资料来自气象站点的电线结冰观测,而气象站点大多数位于人口居住地,海拔高度较低或受城市下垫面影响,不能完全反映我国冰冻强度的空间分布情况。

4 冰冻日数及电线结冰最大厚度的变化趋势

在全球变暖的气候背景下,冰冻天气的发生频次和强度的变化特征值得关注。对1961—2008年全国年冰冻日数做EOF分析,EOF第一模态方差贡献为46.0%,第二模态方差贡献为8.2%,第三模态方差贡献为6.3%。EOF第一模态的空间特征为全国大部分地区一致性变化,其中新疆北部、黑龙江、吉林、山西北部等地变化振幅较大。新疆、甘肃、辽宁南部、黄淮、西藏南部的部分地区有反位相的变化特征(图5)。EOF第一模态对应的时间序列在20世纪80年代末从正位相转变为负位相,表明全国大部分地区年冰冻日数有减少的趋势。年冰冻日数最大值11.2天发生在1964年。

1961—2008年全国年最大结冰厚度的长期变

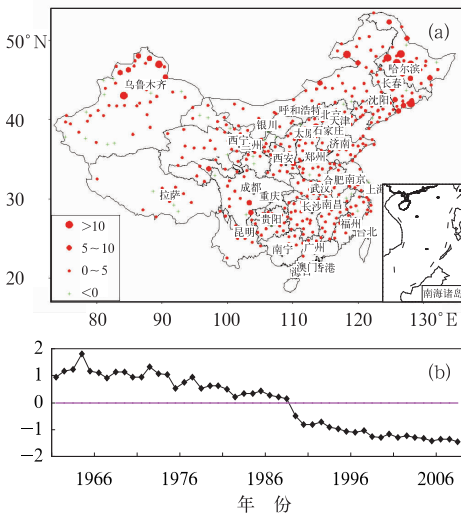


图5 1961—2008年全国冰冻日数EOF分解第一模态空间型(a)和对应的时间序列(b)
Fig. 5 The EOF1 spatial pattern (a) and corresponding time series of ice days (b) during 1961—2008

化趋势分析表明,全国大部分地区年最大结冰厚度有增加趋势,尤其是东北南部以及贵州、湖南、安徽南部等地;但华北西部、黄淮西部、江淮西部等地的年最大结冰厚度有减小趋势(图6)。

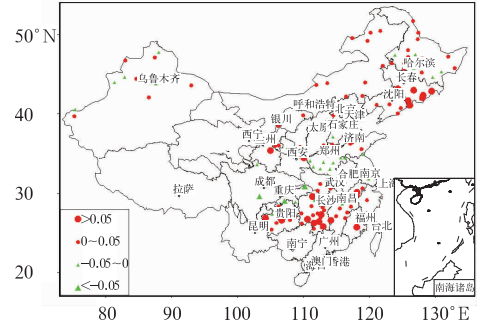


图6 全国年最大结冰厚度变化趋势的分布图

Fig. 6 Distributions of the change trend of yearly maximum ice load

5 总结和讨论

本文利用1961—2008年全国雨淞、雾淞天气现象观测资料,研究了全国冰冻天气的气候特征和变化规律。此外,还利用全国电线结冰资料,研究冰冻天气对电线结冰的影响。结果表明:

全国冰冻天气主要出现在东北大部、华北、西南地区东南部、西北地区东南部以及新疆北部、内蒙古中东部;其中雾淞主要出现在北方地区,雨淞主要出现在南方。年冰冻日数随海拔高度增加而增加,但海拔3100 m高度以上冰冻日数不超过20天。

新疆北部、内蒙古东部、陕西中部、四川南部、贵州中部最长持续冰冻日数在10天以上。冰冻厚度较大的地区主要位于东北东南部、华北东部、西北东南部、西南地区东部、江南东北部。

1961—2008年全国大部分地区年冰冻日数有减少趋势,20世纪80年代末后尤其显著。但我国大部分地区年最大冰冻厚度有增加趋势。这表明,在全球气候变暖背景下,我国大部分地区冰冻天气发生频次减少,但强度增强。

由于现有的电线结冰观测点数量较少,并且大多位于低海拔地区,不能完全反映高海拔和地形复杂地区的冰冻天气情况。例如青海大部分地区气候干燥,覆冰较轻,但局地由于湖泊、地形等影响,形成局部湿润气候,也属于重覆冰区^[20]。已有研究表明

冰冻天气的发生与日平均气温、相对湿度和风速有关^[21-22],但冰冻厚度与日平均气温、相对湿度、风速的定量关系还不清楚。因此,有必要进一步根据气象要素和电线结冰厚度之间的关系建立电线结冰模型,从而更好地反映全国冰冻天气强度的空间分布。这对于输电线路、交通线路的规划设计等具有重要意义。

参考文献

- [1] Lasse, Makkonen. Models for the growth of rime, glaze, icicles and wet snow on structures[J]. The Royal Society, 2000, 358: 2913-2939.
- [2] 许金义. 六盘水地区的导线覆冰[J]. 气象, 1985, 11(2): 22-24.
- [3] 王遵娅, 张强, 陈峪, 等. 2008年初我国低温雨雪冰冻灾害的气候特征[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4: 63-67.
- [4] 王凌, 高歌, 张强, 等. 2008年1月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析 I: 气候特征与影响评估[J]. 气象, 2008, 34(4): 97-102.
- [5] 张家诚. 中国气候总论[M]. 气象出版社, 1991: 199-201.
- [6] 李军, 禹伟, 许源, 等. 基于湖南省冰冻分布及气候特征的思考[J]. 湖南电力, 2004, 24(2): 16-19.
- [7] 杨利群. 贵州暴雨洪涝、秋绵雨和凝冻的气候特征及灾情分析[J]. 贵州气象, 1999, 23(4): 3-8.
- [8] 张宇发. 贵州气候灾害近 50 年变化趋势[J]. 成都气象学院学报, 1999, 14(1), 88-92.
- [9] 刘军臣, 郭二凤, 康雯琪. 河南电线结冰气候特征及对架空线路的影响[J]. 河南气象, 1999, 1: 27-28.
- [10] 蒋兴良, 孙才新, 顾乐观, 等. 三峡地区导线覆冰的特性及雾凇覆冰模型[J]. 重庆大学学报, 1998, 21(2): 16-19.
- [11] 黄小玉, 黎祖贤, 李超, 等. 2008年湖南极端冰冻特大灾害天气成因分析[J]. 气象, 2008, 34(11), 47-53.
- [12] 陈天锡, 陈贵发, 穆晓涛. 驻马店地区冻雨天气特征的分析 and 预报[J]. 气象, 1993, 19(2): 33-40.
- [13] 王晓兰, 李象玉, 黎祖贤, 等. 2005年湖南省特点冰冻灾害天气分析[J]. 气象, 2006, 32(2): 87-91.
- [14] 王崇洲, 贝敬芬. 一次暴雪、雨淞、冰雹天气过程的综合分析[J]. 气象, 1992, 18(4): 48-52.
- [15] 黄嘉佑. 气象统计分析预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 2004: 140-139.
- [16] 西南电力设计院, 电力工程气象勘测技术规程[M], DL/T 5158-2002.
- [17] 谭冠日, 严济远, 朱瑞兆. 应用气候[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985: 3-56.
- [18] 王守礼. 云南高海拔地区电线覆冰问题研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1993: 7-44.
- [19] 王守礼. 影响电线覆冰因素的研究与分析[J]. 电网技术, 1994, 18(4): 18-24.
- [20] 赵延安. 关于青海高原输电线路覆冰几个问题的探讨[J]. 青海电力, 1997, 2, 4-11.
- [21] 龙立宏, 胡毅, 李景禄, 等. 输电线路冰害事故统计分析及防治措施研究[J]. 电力设备, 2006, 12(7): 26-28.
- [22] 吴兑. 关于冻雨和雨淞、雾凇之我见[J]. 广东气象, 2008, 30(1): 11-12.