

文章编号: 1673-8411(2019)01-0038-04

广西持续性低温雨雪冰冻过程特征和气候成因分析

朱秋宇¹, 何慧¹, 周秀华¹, 唐熠²

(1. 广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022; 2. 桂林市气象局, 广西 桂林 541001)

摘要: 应用广西境内国家气象站逐日降水量、气温资料, 定义了区域持续性低温雨雪冰冻过程。利用 NCEP/NCAR 逐日再分析等资料, 使用合成分析等方法, 研究了广西持续性低温雨雪冰冻过程的特征和气候成因。结果表明: (1) 广西持续性低温雨雪冰冻过程在 1980s 之前平均出现次数为 $4 \text{次} \cdot 10\text{a}^{-1}$, 过程平均日数为 $40\text{d} \cdot 10\text{a}^{-1}$, 而在 1990s 之后平均出现次数为 $2 \text{次} \cdot 10\text{a}^{-1}$, 过程平均日数为 $23.7\text{d} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 。(2) 持续性低温雨雪冰冻过程期间, 亚洲大陆中低纬度地区冬季气温整体偏冷, 500hPa 位势高度距平场在亚洲 50°N 以北地区为正距平, 以南为负距平, 有大型稳定的长波斜脊横槽活动, 华南上空由低层向高层有暖平流。

关键词: 持续性; 低温雨雪冰冻过程; 特征; 气候成因

中图分类号: P468

文献标识码: A

Analysis on the characteristics and climatic causes of the persistent low temperature and snow freezing process in Guangxi

Zhu Qiuyu¹, He Hui¹, Zhou Xiuhua¹, Tang Yi²

(1. Guangxi Climate Center, Nanning Guangxi 530022;

2. Guilin Meteorological Bureau, Guilin Guangxi 541001)

Abstract: The regional persistent processes of low temperature and freezing rain weather is defined by using the daily precipitation and temperature data of the national meteorological station in Guangxi. Using NCEP/NCAR daily reanalysis data and synthetic analysis method, the characteristics and climatic causes of persistent low temperature and snow freezing process in Guangxi were studied. The results show that (1) the persistent process frequency of low temperature and freezing rain weather in Guangxi were 4 times/10a before 1980s, and the average days of a process was 40d/10a, after 1990s, the frequency was 2 times/10a, and the average days was 23.7d/10a. (2) During the period of persistent low temperature and freezing rain, the winter air temperature in the middle and low latitudes of the Asian continent is generally cold. In the north of 50°N Asia, the 500hPa geopotential height anomaly field is positive while the south is negative. Beside large and stable long-wave oblique ridges and transverse troughs, from the lower to the upper level, there are warm advections over South China.

Keywords: persistence; low temperature and freezing rain weather; characteristics; climatic causes

引言

广西受冬夏季风交替影响, 地理环境复杂,

冬季常发生持续性低温雨雪冰冻过程, 对社会经济和人民生活有重大的影响^[1-2]。2008年1月中

收稿日期: 2018-12-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(41565005)、广西自然科学基金项目(2015GXNSFAA139243)、广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻1598071-14)和广西气象局延伸期气候预测创新团队项目共同资助。

作者简介: 朱秋宇(1991-), 女, 广西贵港人, 助理工程师, 从事气候分析与预测研究, E-mail: koo-fax1991@163.com。

通信作者: 何慧(1967-), 女, 广西兴业人, 正研级高工, 从事气候分析与预测研究, E-mail: hi.hehui@163.com。

旬到 2 月初和 2011 年初广西遭遇严重低温雨雪冰冻灾害, 电力、交通、通信、农林等行业遭受重创。因此开展广西低温雨雪冰冻过程的研究, 对提高广西防灾减灾的能力具有重要的科学意义。

鉴于低温雨雪冰冻天气的严重影响, 国内外学者已进行大量研究。Shulski 等^[3]认为太平洋近极地环流的减弱和西伯利亚高压的增强驱动了 2007 年美国阿拉斯加州冷事件发生; 黄子芹、黄珍珠、王蕊、王记芳、黎惠金^[4-8]揭示 2008 年极端冰灾事件的气候特征、成因, 并探究其应对措施; 吴尚森、曾琮、吴乃庚、李艳玉等^[9-12]指出拉尼娜事件和异常大气环流是 2008 年持续低温雨雪天气的重要原因; 覃志年等^[13]分析蒙古低槽、孟加拉湾低槽、东北太平洋阻高持续偏强等因子组合异常, 导致 2008 年初广西异常低温雨雪天气的发生; 汤超莲等^[14]统计了 2008 年冷害期间月均海面温度距平为近 50a 最低。由此可见, 对低温雨雪冰冻事件的研究大多是从时空分布特征和对单个过程的分析, 而把历年持续性低温雨雪冰冻过程集合起来研究比较少, 为提高对低温雨雪冰冻灾害天气的预报水平及防灾减灾能力, 本文对广西持续低温雨雪冰冻过程的特征和气候成因进行研究。

1 资料和方法

1.1 资料

(1) 1960 年以前建站的广西 81 个国家气象观测站 1961 ~ 2016 年冬季逐日降水量、平均气温和最低气温。

(2) 美国国家环境预测中心 (NOAA) 提供的 NCEP/NCAR 再分析资料, 包括 500hPa 位势高度场, 700hPa 和 850hPa 水平风场, 地面气温 (Surface Air Temperature, 以下简称 SAT), 分辨率 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

所有逐日、逐月和逐季资料经过滤除多年平均值处理, 主要代表的年际变化。

1.2 方法

参考 Zhang 等^[15]把 PT 值作为指标来提取南方的冷湿事件的方法, 定义单日冷湿指数为 (1) 式; P_i 、 T_i 分别为过程第 i 日的降水量和最低气温, \bar{P} 、 \bar{T} 分别为历史同期降水量和最低气温的平均值, P_s 、 T_s 分别为历史同期降水量和最低气温的标准差。单日降水量越大, 最低气温越低, 冷湿特征越明显, PT 值越大, 反之, 降水量越小, 最低气温越高, PT 值越小。

$$PT_i = \frac{P_i - \bar{P}}{P_s} - \frac{T_i - \bar{T}}{T_s} \quad (1)$$

在区分不同气温和降水量情况下, 取日平均气温低温阈值为 4°C , 计算所有站点的 PT 值并做累加, 得到累积 PT, 即 ΣPT 。若某天有 5 个站点及以上达到低温条件 ($\leq 4^{\circ}\text{C}$), 且满足 $\Sigma PT \geq 10$, 则认为当天发生了区域低温雨雪冰冻事件。

以单日区域低温雨雪冰冻事件为基础, 对一次持续性区域低温雨雪冰冻过程定义如下:

连续 5 日有 5 个站点及以上满足单日区域低温冰冻雨雪事件定义, 之后最多允许一日中断; 第 5d 起连续两日不满足站数要求或累积 PT 值要求, 则事件结束。

在持续性区域低温冰冻雨雪过程中, 若其中一日有 41 个站点及以上 (广西一半以上站点) 达到低温条件, 则视为广西持续性低温雨雪冰冻过程。

2 结果与分析

2.1 持续性低温雨雪冰冻过程特征

表 1 是以 1.2 节为条件挑选出 1961 ~ 2016 年广西持续性低温雨雪冰冻过程 19 次。从表中可见, 这 19 次广西持续性低温雨雪冰冻过程中, 平均持续时间为 10d, 平均峰值日站点数为 54.1 站。持续时间最长的是 2008 年持续时间为 24d。影响范围最大的是 1977 年, 峰值日站点为 80 站。一年中冬季出现 2 次过程的年份是 1977、1984 和 1989 年。

从过程出现的年代看, 出现在 1970s 最多, 有 5 次, 出现在 1980s 次多, 有 4 次, 其他年代分别出现 1 ~ 3 次。从过程总日数看, 1970s 和 1980s 都在 40d 以上, 1990s、2000s、2010s 分别只有 22 ~ 25d。

表 2 给出了 1961 ~ 1970 年、1971 ~ 1980 年、1981 ~ 1990 年、1991 ~ 2000 年、2001 ~ 2010 年、2011 ~ 2016 年 (分别以 1960s、1970s、1980s、1990s、2000s、2010s 表示) 6 个不同年代际广西持续性低温雨雪冰冻过程和气温的气候特征。1960s、1970s 和 1980s 三个年代平均出现次数为 $4 \text{ 次} \cdot 10\text{a}^{-1}$, 过程平均日数为 $40\text{d} \cdot 10\text{a}^{-1}$; 而 1990s、2000s、2010s 平均出现次数为 $2 \text{ 次} \cdot 10\text{a}^{-1}$, 过程平均日数为 $23.7\text{d} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 。进一步分析可见, 在 1960s、1970s 和 1980s 广西各年代冬季平均气温偏低, 持续性低温雨雪冰冻过程出现次数和总日数偏多; 而在 1990s、2000s、2010s 广西冬季平均气温偏高, 过程出现次数和总日数都明显偏少。

表 1 19 次广西持续性低温雨雪冰冻过程开始、结束和峰值时间及峰值日站点数

序号	开始时间	结束时间	峰值时间	值班时间
1	1964 年 2 月 16 日	1964 年 2 月 26 日	1964 年 2 月 24 日	55
2	1966 年 12 月 25 日	1967 年 1 月 3 日	1966 年 12 月 28 日	48
3	1969 年 1 月 29 日	1969 年 2 月 6 日	1969 年 1 月 30 日	49
4	1972 年 2 月 3 日	1972 年 2 月 9 日	1972 年 2 月 7 日	50
5	1975 年 12 月 9 日	1975 年 12 月 18 日	1975 年 12 月 13 日	71
6	1976 年 12 月 26 日	1977 年 1 月 7 日	1976 年 12 月 28 日	69
7	1977 年 1 月 27 日	1977 年 2 月 4 日	1977 年 1 月 31 日	80
8	1980 年 1 月 30 日	1980 年 2 月 8 日	1980 年 2 月 7 日	53
9	1983 年 12 月 28 日	1984 年 1 月 1 日	1983 年 12 月 29 日	46
10	1984 年 1 月 17 日	1984 年 2 月 6 日	1984 年 1 月 20 日	42
11	1989 年 1 月 12 日	1989 年 1 月 18 日	1989 年 1 月 13 日	48
12	1989 年 1 月 28 日	1989 年 2 月 3 日	1989 年 1 月 29 日	43
13	1991 年 12 月 26 日	1991 年 12 月 31 日	1991 年 12 月 28 日	56
14	1993 年 1 月 14 日	1993 年 1 月 23 日	1993 年 1 月 25 日	44
15	1996 年 2 月 17 日	1996 年 2 月 25 日	1996 年 2 月 20 日	61
16	2008 年 1 月 13 日	2008 年 2 月 5 日	2008 年 2 月 1 日	64
17	2011 年 1 月 2 日	2011 年 1 月 11 日	2011 年 1 月 11 日	50
18	2013 年 1 月 3 日	2013 年 1 月 7 日	2013 年 1 月 5 日	50
19	2014 年 2 月 8 日	2014 年 2 月 14 日	2014 年 2 月 12 日	46

表 2 广西持续性低温雨雪冰冻过程年代际统计特征

	1960S	1970S	1980S	1990S	2000S	2010S
过程发生次数 / 次	3	5	4	3	1	3
过程总日数 / d	30	49	40	25	24	22
冬季气温距平 / °C	-0.5	-0.27	-0.6	0.19	0.52	-0.06

2.2 持续性低温雨雪冰冻过程成因分析

2.2.1 气温场特征分析

由图 1a 可见, 在持续性低温雨雪冰冻过程峰值时, 亚洲大陆平均 SAT 低温区由东北向西南伸展, 华南地区位于冷舌上, 0°C 线从贵州南部延伸到华南北部, 最南端到达广西中北部, 此时广西在低温雨雪冰冻天气影响之下。

在平均 SAT 距平场 (图 1b) 上, 亚洲大陆呈现高纬度地区偏暖、中低纬度偏冷的特征, 在 60°N 以北, 平均 SAT 偏高, 而在 60°N 以南, 中国、蒙古等大部地区平均 SAT 偏低, SAT 距平分布特征正好和冬季中国东部气温一致性偏冷模态相吻合, 也是亚洲大陆冬季气温变化的最主要模态^[16]。平均 SAT 负距平中心位于长江以南到华南, 中心达到 -11°C, 可见广西持续性低温雨雪冰冻过程期间, 冷空气活动偏南, 在长江以南堆积。

2.2.2 大气环流特征分析

由图 2 可见, 在亚洲 50°N 以北地区为正距平, 而亚洲 50°N 以南包括印度洋东部、西太平洋、南

海等区域都是负距平区。在 500hPa 位势高度平均气候场上, 东亚大槽从鄂霍次克海向西南延伸至中国东部 (30 ~ 5°N, 110 ~ 170°E), 因此, 亚洲 50°N 以南的大范围负距平表明, 广西持续性低温雨雪冰冻过程期间, 对应着东亚大槽强度偏强、位置偏南偏西。在东亚大槽活动区域的西端 (30 ~ 40°N, 100 ~ 120°E) 是一个负距平中心, 距平值为 -70gpm, 表明此处为强低槽区, 处在东亚腹地, 为横槽或者长波斜槽。在此低槽的北方 (50 ~ 70°N, 60 ~ 120°E) 是正距平中心, 距平值为 80gpm 以上, 表明在广西持续性低温雨雪冰冻过程期间, 亚洲中高纬度地区有大型长波斜脊维持。Bueh 等^[17]研究表明, 大型斜脊斜槽是我国大范围持续性极端低温事件发生的关键环流系统。由于大型稳定的长波斜脊横槽移动缓慢, 东亚大槽偏强偏南偏西的环流形势维持时间长, 东亚地区有持续的偏北风异常从中高纬度一直扩展到较低纬度地区, 有利北方冷空气不断地南下, 使广西大范围低温得以持续。

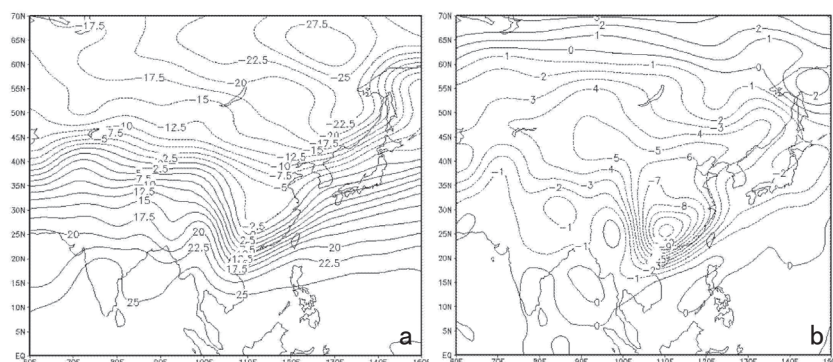


图 1 广西 19 次持续性低温雨雪冰冻过程峰值时 SAT 的平均
(a, 单位: $^{\circ}\text{C}$) 和距平 (b, 单位: $^{\circ}\text{C}$) 合成场

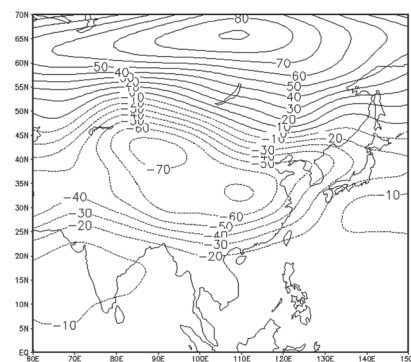


图 2 广西 19 次持续性低温雨雪冰冻过程峰值时 500hPa 位势高度距平合成图
(单位: gpm)

广西持续性低温雨雪冰冻过程是一个持续时间长的湿冷过程, 需要有冷空气不断南下影响和有利的输水汽输送条件。考察 19 次广西持续性低温雨雪冰冻过程中达到峰值时合成的 1000hPa 和 700hPa 风场距平图发现, 1000hPa 上异常偏北风从中国东北和日本以东向西南扩展到南海中部, 南海北部到华南南部是其中一个风异常中心, 中心值达到 $-4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。研究表明^[16], 当异常偏北风南界达到 10°N 附近时, 会导致中国东部大范围一致性的降温, 从而形成图 1b 所示的广西持续性低温雨雪冰冻过程期间 SAT 的变化形态。从 700hPa 风场距平图上显示, 异常偏北风北收到 25°N 以北, 南海北部到华南中部为异常偏南风, 异常值为 $2\sim 3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。从低层异常东北风转为中高层异常西南风说明, 由低层向高层有暖平流。广西上空这类上有暖湿西南风、下有干冷偏北风的层结结构, 有利低温雨雪冰冻过程的形成。

3 结论和讨论

(1) 1961~2016 年广西低温冰冻雨雪事件和持续性低温雨雪冰冻过程, 出现 19 次, 其中 1960s、1970s 和 1980s 三个年代过程平均出现次数为 4 次, 过程平均日数为 40d; 而 1990s、2000s、2010s 平均出现次数为 2 次, 过程平均日数为 23.7d。

(2) 广西持续性低温雨雪冰冻过程期间的 SAT 距平分布特征和冬季中国东部气温一致性偏冷模态相吻合, 是中低纬度亚洲大陆冬季气温整体偏冷的一种体现, 说明 SAT 的变化并不是局地性的。500hPa 位势高度距平场在亚洲 50°N 以北地区为正距平, 有大型稳定的长波斜脊横槽活动, 而亚洲 50°N 以南包括印度洋东部、西太平洋、南海等区域都是负距平区。华南上空从低层异常东北风转为中高层异常西南风, 由低层向高层有暖平流, 这类上有暖湿西南风、下有干冷偏北风的层结结构, 有利低温雨雪冰冻过程的形成。

参考文献:

- [1] 何燕, 谭宗琨, 冯源. 1999 年严重霜冻、冰冻天气对广西农业的影响 [J]. 广西气象, 2000, 21 (1): 6-8.
- [2] 蒋珍姣, 龙凤翔. 低温雨雪冰冻灾害对桂林市农业的影响 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (2): 50-51.
- [3] Shulski M, Walsh J, Stevens E, et al. Diagnosis of extended cold-season temperature anomalies in Alaska [J]. Monthly Weather Review, 2010, 138 (2): 453-462.
- [4] 黄子芹, 阳薇, 赖英度. 2008 年资源县罕见雨雪冰冻灾害及防御对策初探 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (S2): 22-24.
- [5] 黄珍珠, 杜尧东, 潘蔚娟, 等. 2008 年广东罕见寒冷灾害的特点、影响及防寒减灾对策 [J]. 广东气象, 2008, 30 (1): 8-11.
- [6] 王蕊, 徐文明, 王辛芳, 等. 2008 年 1 月河南低温雨雪天气的中期环流特征 [J]. 气象与环境科学, 2008, 31 (4): 25-28.
- [7] 王记芳, 顾万龙, 潘攀, 等. 2008 年初河南低温雨雪冰冻天气的气候特征及环流特点 [J]. 气象与环境科学, 2009, 32 (1): 51-54.
- [8] 黎惠金, 韦江洪, 覃昌柳, 等. 2008 年罕见低温雨雪冰冻天气成因及数值预报产品性能分析 [J]. 气象研究与应用. 2008, 29 (1): 16-19.
- [9] 吴尚森, 梁建茵, 黄增明. 厄尔尼诺事件及其对华南天气气候的影响 [J]. 广东气象, 1998, 20 (1): 7-9.
- [10] 曾琮, 谢炯光. 广东省寒潮、强冷空气的气候特征及 ENSO 的关系 [J]. 广东气象, 2003, 25 (1): 7-9.
- [11] 吴乃庚, 林良勋, 李天然, 等. 2008 年初广东罕见低温雨雪冰冻天气的成因初探 [J]. 广东气象, 2008, 30 (1): 4-7.
- [12] 李艳玉, 王艳兰, 蒋冬雁, 等. 2008 年初桂林低温雨雪冰冻灾害天气特征及预报技术分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (S2): 50-52.
- [13] 覃志年, 钟利华, 刘莉红, 等. 2008 年初广西异常低温雨雪冰冻天气影响因子分析 [J]. 气象, 2010, 36 (10): 14-20.
- [14] 汤超莲, 杨会, 邓文君, 等. 2008 年初广东罕见寒冷期沿岸 SST 变化特点 [J]. 广东气象, 2008, 30 (3): 4-5, 8.
- [15] Zhang H, Qin J, Li Y. Climatic background of cold and wet winter in southern China: part I observational analysis [J]. Climate dynamics, 2011, 37 (11-12): 2335-2354.
- [16] 孙淑清, 刘舸, 宋文玲, 等. 中国东部冬季温度异常偶极模态的一个前兆信号 [J]. 大气科学, 2014, 38 (4): 727-741.
- [17] Bueh C, Fu X Y, Xie Z W. Large-scale circulation features typical of wintertime extensive and persistent low temperature events in China [J]. Atmos. Oceanic Sci. Lett., 2011, 4 (4): 235-241.