

# 云南 1971~ 2006 年暖冬的时空变化分析

徐 虹, 余凌翔

(云南省气候中心, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 暖冬的频繁发生已经对农业生产、人类健康和生态系统产生直接的影响。根据云南省 1971~ 2006 年冬季平均气温观测资料, 采用概率气候事件划分方法确定单站暖冬阈值和暖冬强度等级标准, 得到全省逐年暖冬指数, 分析云南省“暖”冬的变化趋势和分布特征。结果表明: 云南省冬季普遍增暖, 1971~ 2006 年共出现 13 个暖冬年, 暖冬年在时间分布上很不均匀, 在 1997 年以后呈现明显变暖趋势。

**关键词:** 暖冬; 云南; 气候变化

**中图分类号:** P467      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001- 7852(2009)06- 0022- 03

气候变化是当今国际社会普遍关注的全球性问题, 全球气候变化不仅影响人类生存环境, 而且也影响世界经济发展和社会进步。进入 20 世纪 80 年代以来, 全球气候急剧变暖已是一个不争的事实。在全球气候变暖的背景下, 中国气候也出现了明显的变暖趋势<sup>[1-3]</sup>。云南地处低纬高原, 受青藏高原和东亚、南亚两支季风影响显著, 由全球和地区人类活动引起的全球气候变化是影响该区域气候变化的重要因素。近百年来云南气候出现了与全球一致的变暖趋势, 20 世纪 80 年代后期开始气温持续上升, 其中尤以 90 年代后增温最为明显。

云南气候变暖以冬春季最为明显<sup>[4]</sup>。暖冬带来的影响是全方位的, 不仅直接影响到人类及其相关活动、农业生产、生态环境和生态平衡等, 还会对政治、经济产生间接的影响。本文依据中华人民共和国国家标准《暖冬等级》<sup>[5]</sup>, 根据近 1971~ 2006 年冬季平均气温资料, 采用概率气候事件划分方法定义暖冬发生、计算暖冬指数, 分析云南暖冬的变化特征。

## 1 资料与方法

本文选取云南 124 个台站 1971~ 2006 年冬季月平均气温, 冬季定义为当年的 12 月至翌年 2 月

的平均温度。

概率方法研究气候事件是近年气候研究的主要方法之一, 它可以有效地避免不同地区因温度变幅不同而导致的区域性差异, 增加可比性。将冬季温度变化视为正态高斯分布, 并平均划分为气温偏高、正常和偏低 3 类气候事件, 即每类气候事件发生的概率均为 33.3%, 由此可以计算出不同台站的温度偏暖阈值<sup>[6-9]</sup>。

### 1.1 暖冬阈值计算

假设冬季平均气温为随机变量, 则其服从正态高斯分布, 概率密度函数为:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x - \bar{T})^2}{2\sigma^2}\right]$$

根据  $\sigma$  可以将气温概率密度平均划分为 3 等份, 即偏冷、正常和偏暖 3 类等概率气候事件, 其发生概率均为 33.3%, 由此将冷、暖气候边界阈值分别定义为  $-0.43\sigma$  和  $0.43\sigma$ <sup>[5]</sup>。

$\sigma$  和  $\bar{T}$  分别是气候平均值和标准差:

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}$$

式中： $n$ ——样本长度（取 1971~ 2000 年 30 年序列）；  
 $T_i$ ——第  $i$  年冬季平均气温。

封底图版 N 图 1 为云南 124 个台站冬季温度偏暖阈值 ( $0.43\sigma$ ) 的空间分布。不同台站的气候阈值表现出明显的区域性差异，其变化范围在  $0.22\sim 1.5\text{ }^\circ\text{C}$  不等，东部大于西部，其中滇东的曲靖市、文山州、红河州最大，滇西的大理市、丽江市、迪庆州、保山市、德宏州、临沧市最小。可见采用概率气候事件划分，确定各站冬季温度偏暖的不同阈值可以对不同区域的暖冬标准在性质上进行统一，从而消除了温度分布在不同地域的差异。

### 1.2 单站暖冬标准和强度等级

将单站暖冬强度划分为 3 个等级，详见表 1。

表 1 单站暖冬强度等级划分标准

Tab. 1 Single station warmer winter intensity rate standards

暖冬强度等级	暖冬强度名称	暖冬强度等级标准
3 级	异常暖冬	$\Delta T \geq 1.65\sigma$
2 级	显著暖冬	$0.85\sigma \leq \Delta T < 1.65\sigma$
1 级	一般暖冬	$0.43\sigma \leq \Delta T < 0.85\sigma$

### 1.3 全省暖冬标准和强度等级

#### 1.3.1 全省暖冬标准

全省的暖冬指数 ( $I_s$ )  $\geq 50\%$ ，定义为全省暖冬。

$$I_s = \frac{N_s}{M_s} \times 100\%$$

式中： $N_s$ ——全省范围内达到暖冬阈值的站点数；  
 $M_s$ ——全省范围内站点总数。

#### 1.3.2 全省暖冬强度等级

全省暖冬强度指数：

$$ID_{sk} = \frac{N_{sk}}{N_s} \times 100\%$$

式中： $N_{sk}$ ——省（自治区、直辖市）范围内达到某一等级以上的暖冬站点数；  
 $k$ ——暖冬等级标识。

$$\begin{cases} k=3 & \text{暖冬等级为 3 级} \\ k=2 & \text{暖冬等级为 2 级以上} \\ k=1 & \text{暖冬等级为 1 级以上} \end{cases}$$

在暖冬年份，依据由上向下（3 级 ~ 1 级）的原则，确定全省暖冬强度等级，见表 2。

表 2 全省暖冬强度等级划分标准

Tab. 2 Whole province warmer winter intensity rate standards

暖冬强度等级	暖冬强度名称	暖冬强度等级标准
3 级	异常暖冬	$\geq 50\%$
2 级	显著暖冬	$\geq 50\%$
1 级	一般暖冬	$< 50\%$

## 2 结果分析

### 2.1 暖冬的年际变化

云南暖冬指数随时间呈逐年升高趋势。通过对全省暖冬指数的线性拟合表明：36 年来全省暖冬指数变率为  $15\% / 10 \text{ a}$  说明全省冬季温度确实存在着增暖的趋势。1971~ 2006 年共出现 13 个暖冬年。暖冬强度一般和显著的分别为 4 年和 9 年，1972、1993、1997、1998、2000、2001、2002、2004、2005 年为显著暖冬，1998 年暖冬最为显著，全省 97.6% 站点冬季偏暖，51.2% 的站点冬季显著偏暖，36.8% 站点异常偏暖。

暖冬年在时间分布上很不均匀，在 1997 年以后呈明显变暖趋势。1971~ 1996 年，仅出现 4 年。连续发生暖冬年的时段分别在 1997~ 1998 年、2000~ 2005 年。暖冬年连续出现最长是 5 年（图 2）。

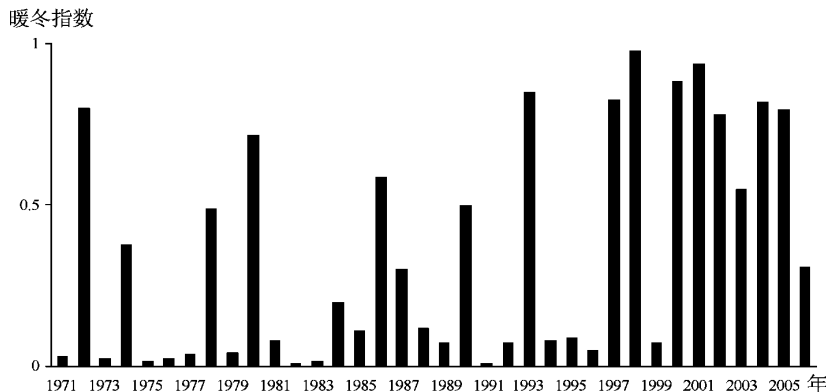


图 2 1971~ 2006 年全省逐年暖冬指数变化

Fig. 2 Change of annual warmer winter index Yunnan Province in 1971~ 2006

## 2.2 近 40 年暖冬发生的空间分布

1971~2006 年全省 124 个站点累积出现暖冬为 9~16 年次, 曲靖市、文山州西部、红河州和丽江市中东部出现暖冬最多为 13~16 年次, 迪庆州、怒江州、保山市北部、普洱市西部、昆明市中西部、玉溪市北部出现暖冬最少为 6~10 年次。其中曲靖市的会泽、红河州的建水和开远 3 个站累积暖冬年数最大为 16 年次 (见封底图版 I 图 3)。

## 3 结论与讨论

采用概率气候事件划分, 确定各站冬季温度偏差的不同阈值可以对不同区域的暖冬标准在性质上

进行统一, 从而消除了温度分布在不同地域的差异。1971~2006 年云南省暖冬指数变率为 15% / 10a 冬季温度确实存在着增暖的趋势。1971~2006 年共出现 13 个暖冬年。暖冬年在时间分布上很不均匀。

1971~2006 年云南省 124 个站点累积出现暖冬分别为 9~16 年次, 曲靖市、文山州西部、红河州和丽江市中东部出现暖冬最多为 13~16 年次, 迪庆州、怒江州、保山市北部、普洱市西部、昆明市中西部、玉溪市北部出现暖冬最少为 6~10 年次。其中曲靖市的会泽、红河州的建水和开远 3 个站累积暖冬年数最大为 16 年次。

## 参考文献:

- [1] HONGTUN JT, DING Y, GRIGGS DJ et al. Climate Change 2001: The Scientific Basis [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 881-884.
- [2] 任国玉, 初子莹, 周雅清, 等. 中国气温变化研究最新进展 [J]. 气候与环境研究, 2005, 10 (4): 702-716.
- [3] 唐红玉, 翟盘茂, 王振宇. 1951~2002 年中国平均最高、最低气温及日较差变化 [J]. 气候与环境研究, 2005, 10 (4): 728-735.
- [4] 程建刚, 解明恩. 近 50 年云南区域气候变化特征分析 [J]. 地理科学进展, 2008, 27 (5): 19-25.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 21983-2008 中华人民共和国国家标准暖冬等级 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [6] GONG D Y, PAN Y Z, WANG J A. Change in Extreme Daily Mean Temperatures in Summer in Eastern China During 1955~2000 [J]. Theoretical and Applied Climatology, 2004, (77): 25-37.
- [7] 王凌, 张强, 陈峪, 等. 1956~2005 年中国暖冬和冬季温度变化 [J]. 气候变化研究进展, 2007, (1): 26-32.
- [8] 缪启龙, 许遐祯, 潘文卓. 南京 56 年来冬季气温变化特征 [J]. 应用气象学报, 2008, 19 (5): 620-626.
- [9] 贺皓, 罗慧, 高红燕, 等. 陕西冷暖冬年的标准及平均环流特征分析 [J]. 高原气象, 2007, 26 (4): 759-754.

## SPATIAL-TEMPORAL CHANGES OF WARMER WINTER IN YUNNAN DURING 1971~2006

XU Hong YU Ling-xiang

(Yunnan Province Climate Center, Kunming 650034, Yunnan, China)

**Abstract** The frequent occurrence of warm winters had direct impact on agricultural production, human health and ecosystems and so on. The method of the weather events probability was applied in determining warmer winter threshold and intensity of single station based on the data of the winter average temperature Yunnan Province 1971~2006. Then the warm index of Yunnan Province could be achieved. Warmer winter variation and trend of Yunnan province was discussed. The results showed that winter was widely warmer in Yunnan Province, 1971~2006 there were 13 warm winters, the warm winter in the time distribution is very uneven, since 1997 distinct warming trend.

**Key words** Yunnan, warmer winter, climate change

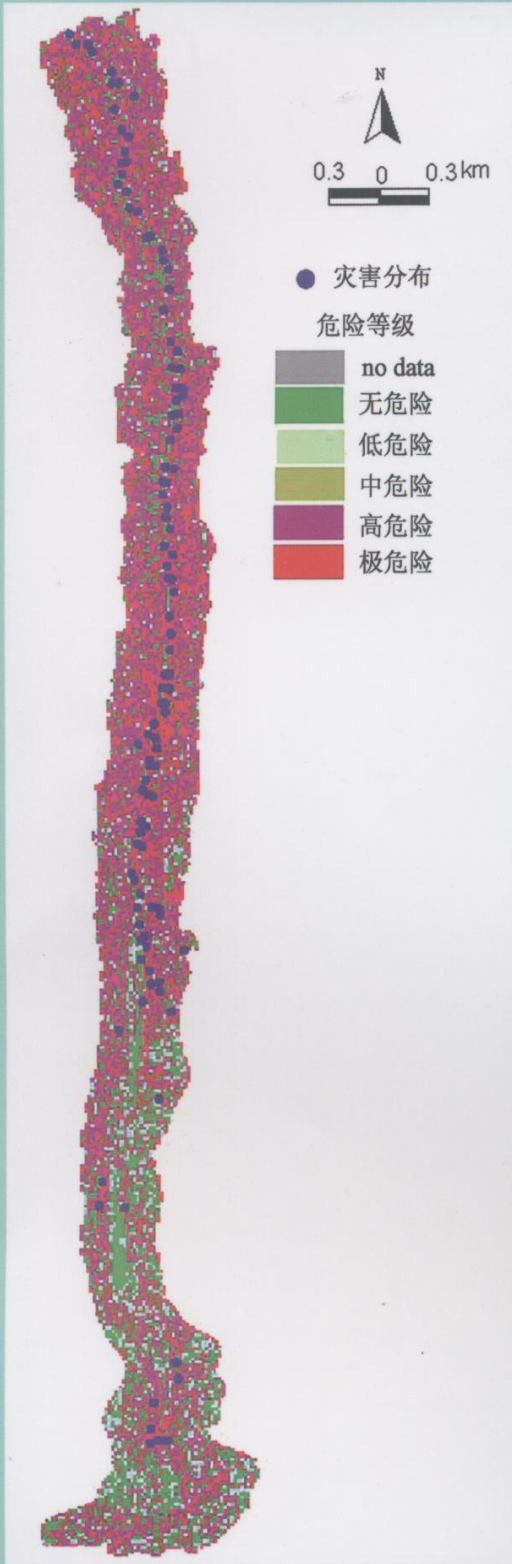


图 1。怒江下游区滑坡危险性区划  
Fig.1 Regionalization of the landslide dangers in the Nu River watershed

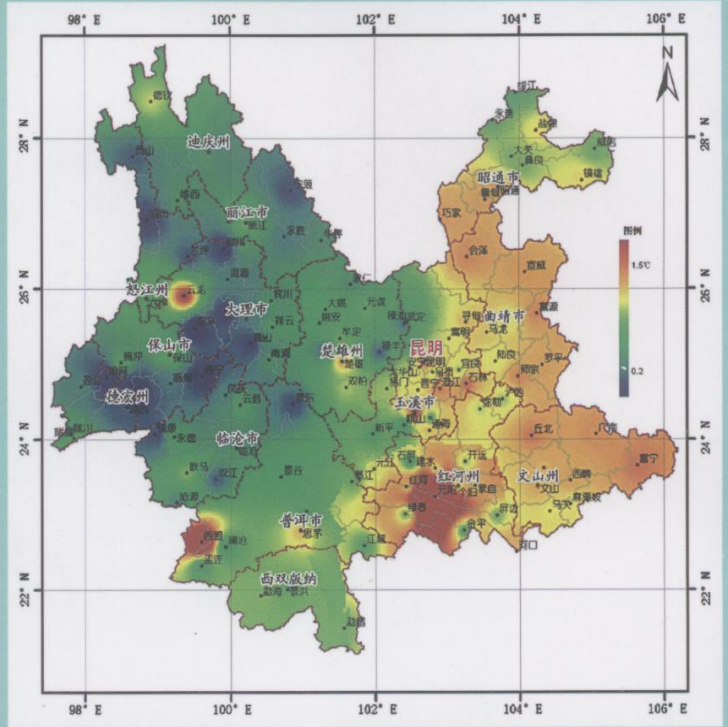


图 1 云南省暖冬阈值分布  
Fig.1 Spatial distributions of warmer winter temperature thresholds of Yunnan

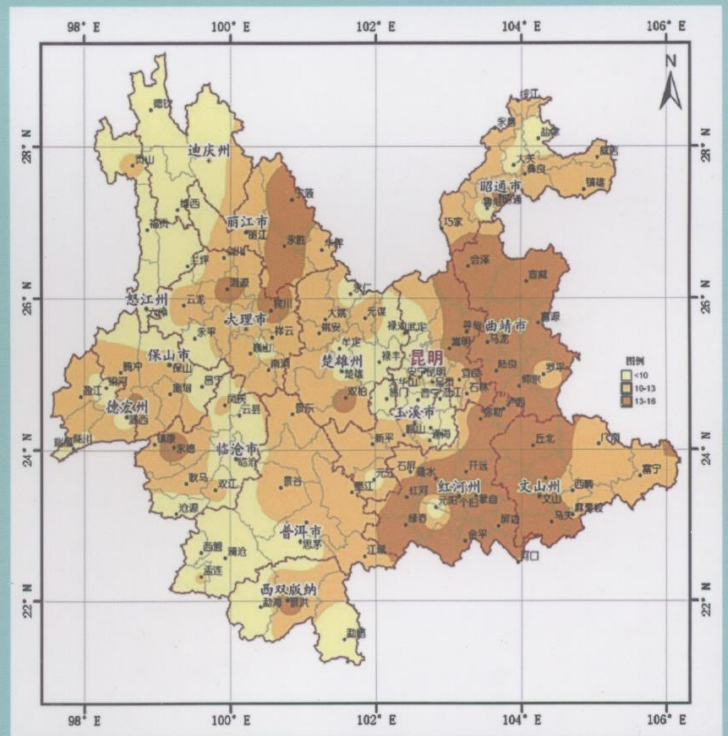


图 3 云南省各县市暖冬出现频次分布  
Fig.3 County spatial distributions of occurrence frequency of warmer winter in Yunnan