

## 西藏近 40 年气温变化的气候特征分析\*

杜 军 周顺武 唐叔乙

(西藏自治区气象台, 拉萨 850000)

### 提 要

应用西藏 1952~1995 年温度序列资料, 对其基本气候特征、年代变化、气候突变、振荡周期、异常冷暖、变化趋势等进行了分析. 结果表明: 年与各季气温大都具有 3 个暖期和 2 个冷期, 60 年代是最冷的 10 年, 以秋季降温最明显, 80 年代中后期至 90 年代气温偏高. 22 年、11 年、3~4 年是年与各季气温较为显著的周期. 气候突变出现在 60 年代初和 80 年代初. 60 年代、70 年代多异常偏冷年, 80 年代多异常偏暖年, 多发生在夏季和冬季, 90 年代, 大多数年份发生气温异常. 40 年来, 西藏年平均气温以  $0.065\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  的倾向率上升, 近 10 年春季增温率最大.

关键词: 气温变化 气候突变 气温异常 振荡周期

### 引 言

全球气候变暖近年来引起了国内外学者的重视<sup>[1]</sup>, 据 IPCC 1995 年针对不同 GHG 排放的最新评估, 预测 2100 年全球平均气温将上升  $1.0\sim 3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>[2]</sup>. 青藏高原的热状况一直是气象界关心的问题, 不少学者对高原温度的变化曾做过一些分析<sup>[3,4]</sup>. 为了进一步揭示近期气温变化规律, 本文以 15 个代表站 1961~1995 年逐月气温的平均值, 以及用拉萨站的气温资料订正到 1952 年为依据, 运用现代气候学统计诊断分析方法, 对西藏近 40 年季、年气温变化的气候特征进行了分析, 发现若干新事实.

### 1 资料来源及方法

在考虑站点分布和记录长度的情况下, 选取了拉萨、泽当、日喀则、江孜、林芝、波密、昌都、狮泉河、那曲、索县、嘉黎、申扎、丁青、帕里、隆子 15 个代表站 1961~1995 年逐月平均气温资料, 以上述 15 个站的逐月气温平均值为基准, 得到 1961~1995 年西藏季、年平均温度序列. 其次, 为了延伸全区季、年平均温度序列, 利用拉萨 1961~1995 年季、年平均温度序列与同时期的全区季、年平均温度序列求相关, 发现二者之间存在较好的线性关系 (见表 1). 从表 1 可知, 它们的相关系数均在 0.79 以上, 远远超过 0.1% 信度, 因此可以用

\* 1998-12-18 收到, 1999-03-20 收到修改稿.

拉萨季、年平均温度序列来延伸全区季、年平均温度序列,得到 1952~1995 年西藏季、年平均温度序列. 使用一次直线方程、 $N$  点一次滑动平均、功率谱等现代气候学统计方法进行分析.

表 1 1961~1995 年全区与拉萨温度序列的线性方程

	方 程	$r$
春季(3~5月)	$Y = 0.4693 + 0.5361X$	0.9177
夏季(6~8月)	$Y = 5.0095 + 0.4288X$	0.7960
秋季(9~11月)	$Y = -1.0226 + 0.6907X$	0.9029
冬季(12~2月)	$Y = -3.8155 + 0.6961X$	0.8743
生长季(5~9月)	$Y = 3.9078 + 0.4551X$	0.8315
年	$Y = -0.4073 + 0.5623X$	0.8957

注:  $Y$ : 全区气温,  $X$ : 拉萨气温,  $r$ : 相关系数, 各方程均通过 0.001 信度检验.

## 2 气温变化的气候特征

### 2.1 基本气候特征

按有关统计公式计算了西藏年与各季平均气温 1952~1995 年的有关统计量(见表 2), 可以看出冬季变异系数最大, 说明西藏地区冬季温度变化幅度较大, 稳定性较差; 夏季各地温度相差较小, 变异系数小, 稳定性好, 这对农业生产较为有利. 四季与年气温的偏态系数  $|g_1| < 0.8$  ( $\alpha = 0.05$ ), 峰态系数  $|g_2| < 1.2$  ( $\alpha = 0.05$ ), 表明气温遵从  $\alpha = 0.05$  信度下的正态分布.

表 2 西藏 1952~1995 年年与各季平均气温有关统计量

项 目	春	夏	秋	冬	生长季	年
平均值( $^{\circ}\text{C}$ )	4.1	11.5	4.4	-4.4	10.3	3.9
标准差( $^{\circ}\text{C}$ )	0.5	0.3	0.5	0.7	0.3	0.3
变异系数(%)	12.2	2.6	11.4	15.9	2.9	7.7
偏态系数	0.1	-0.1	-0.4	0.02	0.4	-0.4
峰态系数	-0.9	-0.2	0.2	-0.6	1.7	-0.3

### 2.2 阶段性特征

(1) 年平均气温冷暖期划分 为了突出气候阶段性特征, 计算了西藏年平均气温的累积距平, 并绘制曲线图(图 1). 结合气温距平从图 1 中看出, 西藏近 40 年年平均气温可分成 5 个时期: 1952~1955 年是持续时间较短的暖期, 气温偏高  $0.3^{\circ}\text{C}$ ; 1956~1971 年是持续时间较长的冷期, 负距平年占 73.3%, 其中 1965、1967、1968 年异常偏冷; 1972~1976 年是一温度波动小的暖期; 1977~1983 年是第二个冷期, 温度没有第一冷期低, 持续 6 年; 1984~1995 年是个持续时间较长温度逐渐上升的暖期, 该时段温度平均值为  $4.2^{\circ}\text{C}$ , 较气候平均值偏高  $0.3^{\circ}\text{C}$ , 正距平年占 83%, 40 年来温度的几个最高值就出现在这一时期, 其中 1988 年偏高  $0.6^{\circ}\text{C}$ , 属于异常偏高年.

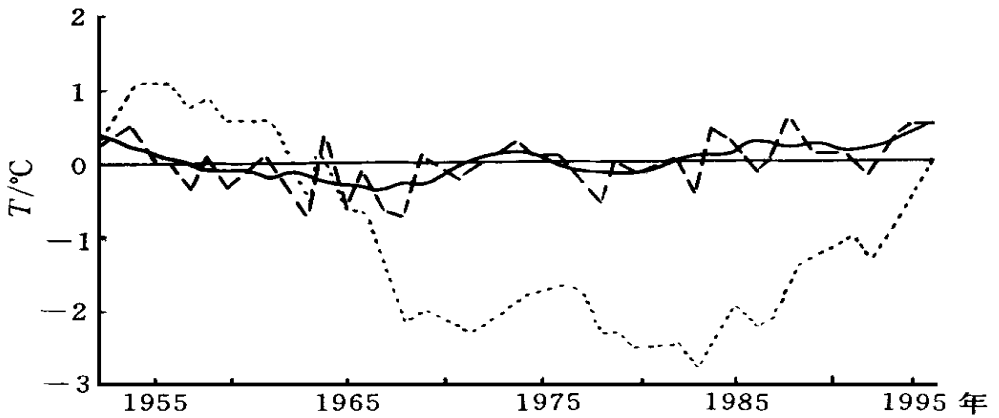


图1 西藏年平均气温距平(断线)及5年滑动平均(实线)和累积距平(点线)

(2) 各季平均气温冷暖期划分 依据气温距平、累积距平曲线(图略)划分了各季气温近40年变化的冷暖时期(见表3)。季、年气温气候平均值为1952~1995年的平均值。各季平均变化特征如下:

表3 西藏1952~1995年各季平均气温冷暖期(年)

	暖 期	冷 期	暖 期	冷 期	暖 期
春 季	1952~1956	1957~1972	1973~1974	1975~1983	1984~1995
夏 季		1952~1957	1958~1961	1962~1980	1981~1995
秋 季	1952~1955	1956~1973	1974~1978	1979~1986	1987~1995
冬 季	1952~1955	1956~1971	1972~1977	1978~1983	1984~1995
生长季	1952~1961	1962~1980	1981~1995		

春季气温累积距平变化曲线波动较大,第一暖期持续时间短,且高于第二、三暖期,较气候平均值偏高 $0.4^{\circ}\text{C}$ ,最高值出现在第三暖期,即1985年和1995年,较气候平均值偏高 $1.0^{\circ}\text{C}$ 。1957~1972年为持续时间较长的第一冷期,气温较气候平均值偏低 $0.3^{\circ}\text{C}$ ,而第二冷期89%的年份气温低于平均值,其中1983年偏低 $1.0^{\circ}\text{C}$ ,为历史最冷的一年。

夏季气温变化与其它各季及年气温变化有明显的不同,呈两升两降特点,前30年冷暖趋势相反,第一冷暖期持续时间短,第二冷期持续时间近20年,40年来最冷的几年就出现在这一时期,其中1976年偏低 $0.8^{\circ}\text{C}$ ,为历史最低值;第二暖期持续了15年,较气候平均值偏高 $0.3^{\circ}\text{C}$ ,其中1994、1995年连续两年偏高 $0.5^{\circ}\text{C}$ 。

秋季气温的冷暖变化类同于春季,但波动性不大。第一、二暖期持续时间短,且温度较第三暖期高,最高值出现在1974年,偏高 $0.7^{\circ}\text{C}$ ;秋季气温的低值区大都出现在第一冷期,1967年为最低值,偏低 $1.3^{\circ}\text{C}$ ,第二冷期没有前一冷期低,波动性较大。

冬季气温变化曲线与年平均气温变化曲线很相似,1956~1971年为持续时间较长的第一冷期,负距平年占87.5%,最大负距平为 $-1.1^{\circ}\text{C}$ ,出现在1963、1968年,而最冷年出

现在第二冷期的 1983 年, 偏低  $1.4^{\circ}\text{C}$ ; 高值区大都出现在近 10 年, 较气候平均值偏高  $0.5^{\circ}\text{C}$ , 1984、1988 年为近 40 年最高值, 偏高  $1.4^{\circ}\text{C}$ 。

生长季气温累积距平曲线基本上呈两升一降型, 1952~1961 年为第一暖期, 持续时间相对较长, 达 10 年。此后进入较长的冷期, 持续时间达 19 年, 最冷年出现在 1976、1977 年, 偏低  $0.6^{\circ}\text{C}$  左右; 高值区出现在第二暖期, 呈波动上升趋势, 最高值出现在 1994、1995 年, 较气候平均值偏高  $0.8^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 气温年代变化特征 分析各年代气温变化特征是了解气温变化最基本的方法, 表 4 给出了西藏各年代年与各季平均气温特征值。

表 4 西藏各年代气温的均值、增值及距平值(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

		1952~1959	1960~1969	1970~1979	1980~1989	1990~1995
春季	均值	4.3	3.9	4.0	4.0	4.2
	距平	0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0.1
	增值		-0.4	0.1	0.0	0.2
夏季	均值	11.5	11.4	11.3	11.7	11.7
	距平	0.0	-0.1	-0.2	0.2	0.2
	增值		-0.1	-0.1	0.4	0.0
秋季	均值	4.6	4.1	4.5	4.4	4.6
	距平	0.2	-0.3	0.1	0.0	0.2
	增值		-0.5	0.4	-0.1	0.2
冬季	均值	-4.4	-4.7	-4.3	-4.2	-4.0
	距平	0.0	-0.3	0.1	0.2	0.4
	增值		-0.3	0.4	0.1	0.2
生长季	均值	10.4	10.2	10.1	10.4	10.6
	距平	0.1	-0.1	-0.2	0.1	0.3
	增值		-0.2	-0.1	0.3	0.2
年	均值	4.0	3.7	3.9	4.0	4.1
	距平	0.1	-0.2	0.0	0.1	0.2
	增值		-0.3	0.2	0.1	0.1

从表 4 可看出, 50 年代年与各季平均气温, 较气候平均值偏高或正常; 60 年代是最冷的 10 年, 气温较 50 年代偏低  $0.3\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ , 以秋季降温最为明显; 进入 70 年代, 夏季和生长季气温偏低, 为近 40 年最低的 10 年, 其它各季较 60 年代有较大幅度的增温, 主要表现在秋冬季; 80 年代夏季增温明显, 较 70 年代增高  $0.4^{\circ}\text{C}$ , 生长季气温相应增高了  $0.3^{\circ}\text{C}$ , 其它各季变化不大; 90 年代夏季变化不大, 其它各季呈现一致性的增温趋势。60 年代至 90 年代冬季气温依次增高。

### 2.3 振荡周期特征

对西藏年与各季气温序列作功率谱(图略)分析, 最大落后时刻取 11, 通过  $\alpha=0.05$ ,  $\alpha=0.1$  红噪音的检验, 得到西藏年与各季平均气温变化存在以下主要周期: 西藏年平均气温存在着 22 年的显著周期; 春季气温存在 3~4 年的短周期; 夏季气温的第一显著周期是 22 年的长周期, 11 年和 7.3 年、2.8 年的短周期亦显著; 22 年是秋季气温的第一显著周期, 11 年和 2.2 年的周期也较为显著; 冬季气温存在着 22 年、3.7 年的显著周期; 生长季

气温的周期类同于夏季. 众所周知, 海尔周期和我国气温变化周期为 22~ 23 年, 太阳黑子活动周期为 11 年, 副热带高压、极涡等环流系统活动周期为 3~ 4 年, QBO 周期为 2~ 2.9 年. 这说明西藏温度变化不仅与太阳活动、我国气温变化有关, 还与大气环流系统变化有关.

#### 2.4 气候突变特征

气候突变分析的方法较多, 这里使用信噪比<sup>[5]</sup>, 计算公式如下:

$$S/N = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{S_1 + S_2} \quad (1)$$

式中  $\bar{X}_1$ 、 $\bar{X}_2$  为两气候阶段内的平均值,  $S_1$ 、 $S_2$  为两气候阶段内的标准差.

利用式(1)计算了西藏年与各季气温序列气候突变的时间, 序列的长度取 10、15、20 年. 1951~ 1995 年  $S/N$  皆小于 1.0, 为了增加突变信息, 取连续  $S/N \geq 0.5$  的峰值为突变点<sup>[6]</sup>, 通过  $t$  检验<sup>[7]</sup>. 若序列长度取 10,  $S/N \geq 0.5$  相当于  $t_0 > 1.581$ , 达到 85% 信度以上的水平; 若序列长度取 15,  $S/N \geq 0.5$  相当于  $t_0 > 1.936$ , 达到 90% 信度以上的水平; 若序列长度取 20,  $S/N \geq 0.5$  相当于  $t_0 > 2.236$ , 达到 95% 信度以上的水平. 计算得出, 序列长度为 20, 年与各季气温无突变点, 表 5 列出了西藏年与各季气温较强的突变年份.

应当说跃变后气温可能产生冷暖转化, 而没有产生冷暖期转化的跃变, 意味着气温持续跳跃式上升(或下降). 从表 5 可知, 冬季气温跃变就属于跳跃式上升, 其它各季跃变的性质主要形成了气温的振荡性. 西藏的春季、夏季、生长季、年平均气温在 60 年代初、80 年代初出现了气候突变; 1970 年前后秋冬季气温出现气候突变.

表 5 西藏年与各季气温较强的突变年份

	突 变 年 份		序 列 长 度
	序 列 长 度		
春 季	1962(-)	1984(+)	
夏 季	1962(-)	1981(+)	1981(+)
秋 季	1971(+)		
冬 季	1969(+)	1984(+)	1981(+)
生 长 季	1962(-)	1981(+)	
年	1962(-)	1984(+)	1981(+)

注: (+) 表示变暖, (-) 表示变冷.

#### 2.5 气候异常特征

世界气象组织对气候异常提出两种判别标准, 一是距平超过标准差的两倍以上, 二是它出现的几率为 25 年以上一遇. 这里采用距平大于标准差的 2 倍作为异常, 大于标准差的 1.5~ 2 倍为接近异常来分析西藏气温的异常冷暖(表 6).

从表 6 可看出, 60 年代温度异常(含接近异常, 以下类同)四季均可发生, 占该时期的 60%, 其中异常偏冷年有 4 年; 70 年代异常偏冷年主要出现在夏季; 80 年代多异常偏暖年, 主要发生在夏季和冬季; 进入 90 年代, 6 年中就有 5 年发生异常, 异常偏暖年主要发生在夏季和冬季. 在 1980 年前年平均气温多异常偏冷年, 之后多异常偏暖年.

表 6 西藏年与各季平均气温异常冷暖年份

	接 近 异 常			异 常	
春 季	1954(+)	1963(-)	1967(-)	1985(+)	1995(+)
	1983(-)	1990(-)			
夏 季	1961(+)	1965(-)	1972(+)	1981(+)	1968(+)
	1983(+)	1986(+)	1994(+)	1995(+)	1977(-)
秋 季	1974(+)				1964(+)
冬 季	1963(-)	1968(-)	1984(+)	1990(+)	1965(-)
	1992(-)	1993(+)			1967(-)
生长季	1989(+)				1997(-)
					1977(-)
					1994(+)
					1995(+)
年	1954(+)	1978(-)	1984(+)		1963(-)
	1988(+)	1994(+)	1995(+)		1965(-)
					1967(-)
					1968(-)

注: (+)表示偏暖年, (-)表示偏冷年.

### 3 气温变化的趋势分析

将西藏年与各季气温序列分成 3 个时段(44 年、30 年、近 10 年), 用一次直线方程作趋势线(图略), 并计算了年与各季气温倾向率(见表 7)。

近 40 年来, 全国年平均气温以  $0.04^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  的倾向率上升<sup>[8]</sup>, 而西藏年平均气温是以  $0.065^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  的倾向率上升, 高于全国. 近 10 年年平均气温上升的更快, 倾向率达到  $0.339^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ .

春、秋季气温倾向率在 3 个尺度上的变化规律同年气温倾向率的变化规律是一致的, 但近 10 年春、秋季的增温率远大于年气温的增温率. 可以说, 近 40 年来, 年平均气温的上升趋势来源于春、秋两季. 在过去 40 年中, 平均气温最大倾向率出现在冬季, 为  $0.13^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ , 大于春季气温倾向率一个数量级. 近 10 年冬季倾向率为负值, 夏季增温明显减弱, 生长季气温倾向率与夏季气温倾向率不一致, 说明这一时期生长季气温的上升趋势主要来源于 5 月和 9 月.

表 7 西藏年与各季气温倾向率( $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ )

	年	春 季	夏 季	秋 季	冬 季	生长季
1952~ 1995 年	0.065	0.013	0.085	0.032	0.130	0.054
1966~ 1995 年	0.195	0.144	0.209	0.210	0.206	0.184
1986~ 1995 年	0.339	0.909	0.042	0.709	- 0.248	0.552

### 参 考 文 献

- 1 王绍武. 全球气候变暖与未来发展趋势. 第四纪研究, 1991, (3): 269~ 276.
- 2 IPCC. Climate Change: The Science of Climate Change. Eds: by Houghton J T, Callander B A, Harris N, et al. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 572.
- 3 张顺利. 西藏 30 年温度变化的气候特征. 气象, 1997, 23(2): 21~ 24.
- 4 夏日彬. 西藏近 30 年温度、降水变化分析. 全国气候变化诊断分析会议论文集. 北京: 气象出版社, 1991. 125~ 128.

- 5 黄嘉佑. 气候状态变化趋势与突变分析. 气象, 1995, 21(7): 54~ 57.
- 6 丁瑞. 天津百年年平均气温变化特征的初步诊断分析. 天津气象, 1995, (3): 15~ 18.
- 7 符淙滨, 王强. 气候突变的定义和检测方法. 大气科学, 1992, 16(4): 482~ 493.
- 8 林学椿, 于淑秋. 近 40 年我国气候趋势的诊断分析. 全国气候变化诊断分析会议论文集. 北京: 气象出版社, 1991. 14~ 19.

## ANALYSIS ON THE CLIMATIC CHARACTERISTICS OF TEMPERATURE VARIATION IN TIBET DURING THE PAST FORTY YEARS

Du Jun      Zhou Shunwu      Tang Shuyi

(*Xizang Meteorological Observatory, Lhasa 850000*)

### Abstract

Using the mean annual temperature data from 1952 to 1995, the climatic characteristics, interdecadal variation, climate accident, oscillation period, abnormal warm and cold variation trend are analyzed. The results show that there exist three warm periods and two cold periods for annual and seasonal temperature, 1960's was the coldest decade, the temperature decreasing was most obvious in autumn, and the temperature was higher during the period of mid and last 1980's and 1990's. The periods of 22-year, 11-year and 3 or 4-year variation were significant. Climate catastrophes occurred in the early 1960's and 1980's. There were more anomalous cold years in 1960's and 1970's, whereas anomalous warm years in 1980's. In 1990's, the mean annual temperature of most years was anomalous. In addition, the linear trend of the warming for mean annual temperature over Tibet during the last forty years indicated an increase of  $0.065^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  and the greatest warming trend occurred in the spring and autumn of the last 10 years.

**Key words:** Temperature variation    Climate accident    Temperature anomaly    Oscillation period