

# 天山山区近 40 年冬季温度变化特征<sup>①</sup>

袁玉江 魏文寿 何清

(中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 830002)

## 提 要

利用新疆 1959~1998 年的冬季温度资料, 分析天山山区近 40 年来冬季温度变化的基本特征, 并与新疆南部、新疆北部进行比较, 所得主要结果如下: (1) 天山山区冬季平均温度在冷暖变化阶段上与新疆北部的相似性强于新疆南部。(2) 冬季平均温度空间分布的同步变化性以新疆北部为较好, 新疆南部和天山山区较差, 而冬季平均温度空间分布的反向变化性, 以天山山区和新疆南部较大, 新疆北部较小。(3) 三大区域冬季平均温度 20 世纪 60~70 年代的变化趋势是不同的, 但 70~90 年代均表现为持续升温, 90 年代为最暖。(4) 就近 40 年的显著线性增温趋势的空间分布范围看, 以最低温度表现得空间范围最广, 最高温度最差, 平均温度居中。冬季最低温度增温率以新疆北部最大, 新疆南部居中, 天山山区最小。新疆南部和新疆北部冬季平均温度存在长度分别为 27 及 29 年的相近的最佳增温时段, 增温率新疆北部大于新疆南部。(5) 新疆北部和新疆南部冬季平均温度均在 1979 年发生了由低温向高温的突变。

**关键词:** 冬季温度 最低温度 最高温度 增温率 变化特征

## 引 言

在干旱的新疆, 天山山区是重要的水源地, 其气候变化对新疆的国民经济发展具有极为重要的影响。然而, 令人遗憾的是国内以前在进行新疆气候变化及其影响研究时, 大多分新疆南部、新疆北部(因为天山是新疆气候的分界线)或分地州进行探讨<sup>[1~12]</sup>, 没有人将天山山区作为一个整体单独区分出来, 并与新疆南部、新疆北部平原区进行对比分析。本文利用天山山区现有的资料序列完整的 8 个气象站近 40 年来的冬季温度资料建立天山山区冬季温度序列, 分析其变化特征, 并与新疆南部、新疆北部相对比, 以期揭示出天山山区近 40 年来冬季温度变化特征与新疆南部、新疆北部的异同点。

### 1 冬季平均温度的年际变化

以昭苏、新源、小渠子、大西沟、巴音布鲁克、巴伦台、天池、巴里坤 8 站代表天山山区,

由阿勒泰、塔城、伊犁、博乐、乌苏、昌吉、奇台、北塔山 8 站代表新疆北部, 用哈密、吐鲁番、焉耆、阿克苏、喀什、和田、民丰、若羌 8 站代表新疆南部。计算出天山山区、新疆北部、新疆南部 40 年(1959~1998)冬季区域平均温度序列, 并用 1961~1990 年的 30 年均值作为距平比较的标准。

#### 1.1 天山山区

天山山区冬季平均温度相对于 30 年均值, 1960~1966、1979~1982、1987~1997 年偏暖, 其间的时段偏冷(图 1)。近 40 年来的实测资料表明, 天山山区冬季最暖的年份为 1979 年(-9.8℃), 最冷的年份为 1969 年(-15.3℃)。最大熵谱分析指出, 近 40 年来, 天山山区冬季平均温度具有 8、2.5 及 3.6 年的显著周期。

#### 1.2 新疆北部

新疆北部冬季平均温度相对于 30 年均

<sup>①</sup> 科技部项目(2002CCA04600), 国家自然科学基金项目(40265002)及新疆气象局课题共同资助

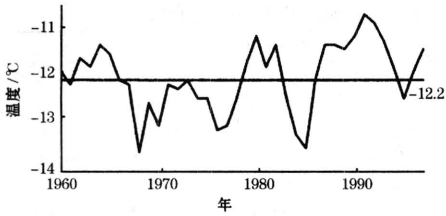


图1 天山山区冬季平均温度3年滑动平均曲线值,1961、1965~1978、1984~1986年偏冷,其间的时段及1987~1997年偏暖(图2)。近40年来的实测资料表明,新疆北部最暖的冬季为1990年(-8.7°C),最冷为1969年(-18.1°C)。最大熵谱分析指出,近40年来,新疆北部冬季平均温度具有9、2.6及40年以上的显著周期。

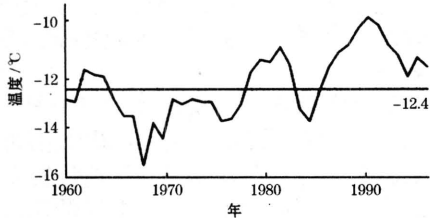


图2 新疆北部冬季平均温度三年滑动平均曲线  
1.3 新疆南部

新疆南部冬季平均温度相对于30年均值,1966~1970、1974~1979年偏冷,其间的时段及1980~1997年偏暖(图3)。近40年来的实测资料表明,新疆南部冬季最暖年为1990年(-2.6°C),最冷年为1978年(-8.1°C)。最大熵谱分析指出,近40年来,新疆南部冬季平均温度具有8、2.2及40年以上的显著周期。

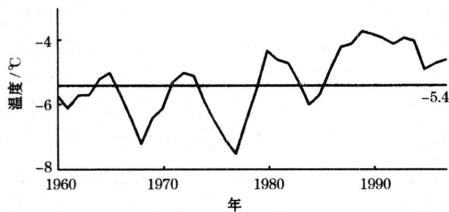


图3 新疆南部冬季平均温度3年滑动平均曲线

对比新疆三大区域的冬季平均温度变化特点可见:天山山区冬季平均温度在冷暖变化阶段上与新疆北部的相似性强于新疆南部。近40年来,天山山区冬季最暖年出现在1979年,而新疆北部和新疆南部均出现在1990年,山区与平原差别很大,但最冷年出

现的年份天山山区与新疆北部相同,与新疆南部不同。天山山区近40年冬季平均温度变化的8年的周期与新疆南部相同,与新疆北部的9年准周期相近,其2.5年周期与新疆北部的2.6年周期及新疆南部的2.2年相似。

## 2 冬季平均温度的空间分布特征

对天山山区、新疆北部、新疆南部各8个站的40年冬季平均温度序列分别进行经验正交展开,取其前两个特征向量用于分析温度的主要空间分布特征。

由表1所示新疆三大区域冬季平均温度场的特征向量元素值可见:天山山区冬季平均温度场第一特征向量占其冬季温度场总方差的72.2%,各元素符号相同,揭示了天山山区8站冬季平均温度的最主要空间分布特征是同步变化。第二特征向量占其冬季平均温度场总方差的13.0%,其中一些元素的符号相反,从绝对值较大的元素值可见,它主要揭示了新源、昭苏、小渠子与巴音布鲁克、巴伦台、大西沟、巴里坤冬季平均温度呈反向变化的空间分布特征;同理,新疆北部冬季平均温度场第一特征向量占其冬季温度场总方差的87.3%,揭示了新疆北部8站冬季温度的最主要空间分布特征是同步变化。第二特征向量占其冬季温度场总方差的5.2%,揭示了伊犁、塔城、北塔山、阿勒泰与新疆北部其余4个代表站冬季平均温度呈反向变化的空间分布特征;而新疆南部冬季平均温度第一特征向量占其冬季温度场总方差的71.3%,揭示了新疆南部8站冬季平均温度的最主要空间分布特征是同步变化。第二特征向量占其冬季平均温度场总方差的12.0%,主要揭示了吐鲁番、哈密、喀什和田、民丰、阿克苏冬季平均温度呈反向变化的空间分布特征。

对比可知:冬季平均温度空间分布的同步变化性以新疆北部较好,新疆南部和天山山区较差,而冬季平均温度空间分布的反向变化性,以天山山区和新疆南部较大,新疆北部较小。

## 3 冬季平均温度的年代际变化

天山山区从20世纪60到70年代冬季平均温度下降0.1°C,70年代到90年代持续升高1.0°C,但其升温幅度不到新疆北部同

表1 天山山区、新疆北部及新疆南部冬季平均温度场的主要空间分布

天山山区	$V_1$	$V_2$	新疆北部	$V_1$	$V_2$	新疆南部	$V_1$	$V_2$
昭苏	0.378	-0.232	阿勒泰	0.359	-0.145	哈密	0.345	-0.419
新源	0.357	-0.383	塔城	0.361	-0.322	吐鲁番	0.338	-0.510
小渠子	0.392	-0.135	伊犁	0.332	-0.549	焉耆	0.388	-0.019
大西沟	0.386	0.140	博乐	0.352	0.389	阿克苏	0.379	0.106
巴音布鲁克	0.166	0.834	乌苏	0.359	0.411	喀什	0.265	-0.316
巴伦台	0.365	0.203	昌吉	0.350	0.370	和田	0.358	0.491
天池	0.403	-0.081	奇台	0.362	0.131	民丰	0.363	0.454
巴里坤	0.322	0.134	北塔山	0.353	-0.314	若羌	0.379	0.070
方差/%	72.2	13.0	方差/%	87.3	5.2	方差/%	71.3	12.0

注： $V_1$ 、 $V_2$  分别是冬季平均温度第一、第二特征向量

期升温幅度的 1/2;新疆北部冬季平均温度从 60 年代到 90 年代不断上升,共升高 2.7℃,其中 60 到 70 年代上升 0.5℃,70 年代到 80 年代升高 1.0℃,80 年代到 90 年代增温 1.2℃;新疆南部冬季平均温度 60 与 70 年代相同且偏低,从 70 年代到 90 年代持续上升,共升高 1.8℃,其中 70 年代到 80 年代升高 1.2℃,80 年代到 90 年代增温 0.6℃(表 2)。此外,最暖的 90 年代,天山山区、新疆北部及新疆南部冬季平均温度比 30 年均值分别偏高 0.8℃,1.8℃及 1.2℃。

表2 天山山区、新疆北部及新疆南部冬季平均温度(℃)的年代际变化

年代	天山山区	新疆北部	新疆南部
1960~1969	-12.3	-13.3	-6.0
1970~1979	-12.4	-12.8	-6.0
1980~1989	-12.2	-11.8	-4.8
1990~1998	-11.4	-10.6	-4.2
30 年均值	-12.2	-12.4	-5.4

对比新疆三大区域冬季平均温度的年代际变化可知:三大区域冬季平均温度 60 到 70 年代的变化趋势是不同的,但 70~90 年代均表现为持续升温,90 年代为最暖,与北半球 1990~1999 年是一千年来平均气温最高的 10 年的大气候背景相一致<sup>[13]</sup>。

#### 4 气候变暖的反映

联合国政府间气候变化工作组最新完成的一份报告草案称<sup>[13]</sup>,从 1860 年到现在,北半球的气温已经平均升高了 0.4~0.8℃,其中的 20 世纪是一千年来北半球气温升高幅度最大的一个世纪,而 1990~1999 年是一千年来北半球平均气温最高的 10 年,其中 1998 年是最热的一年。20 世纪的全球气候变暖已成为大气科学研究的一个热点。王绍武<sup>[14]</sup>利用中国气温等级资料研究了近百年中国气温变化规律,表明中国的气温变化与

全球有相同的时候,却并不总是一致。中国与全球气温的相关系数在 0.3~0.4 之间。中国东北、华北及新疆的变暖可能与北半球一致,但长江流域气温反而有所下降。这里利用新疆近 40 年的气温资料,分析在全球气候变暖的大背景下新疆三大区域冬季温度变暖的表现。

#### 4.1 近 40 年的冬季温度线性增温趋势

利用天山山区、新疆北部、新疆南部近 40 年(或 39 年)的冬季温度,分别计算冬季平均温度、冬季最高温度和冬季最低温度与对应年份的直线回归,得出增温率(斜率乘以 10)与相关系数,并对相关系数进行  $t$  检验,以显著水平达到 0.05 作为升温显著的标准,显著的增温率如表 3 所示。

表3 三大区域冬季长期增温率(℃/10 年)

	天山山区	北疆	南疆
平均气温		0.68	0.52
最高气温			
最低气温	0.43	0.87	0.61

注:表中所列增温率均达到 0.05 的显著水平;新疆南部与新疆北部计算平均温度、最高温度、最低温度增温率的年数均为 40 年(1959~1998);天山山区计算平均温度增温率的年数均为 40 年(1959~1998);计算最高温度、最低温度增温率的年数均为 39 年(1960~1998)。

就近 40 年的显著线性增温趋势的空间分布范围看:冬季的平均温度、最高温度和最低温度中,以最低温度表现得空间范围最广(三大区域均有表现),最高温度最差(三大区域均无表现),平均温度居中(在新疆北部和新疆南部有所表现)。

就冬季最低温度增温率在三大区域的大小对比而言:新疆北部最大,新疆南部居中,天山山区最小。这可能反映了冬季人为取暖加热大气及纬度对温度增加的共同影响,新疆北部增温率大于新疆南部与纬度对增温率

的影响有关,天山山区人少,人为加热作用弱,造成其增温率最低。

从同一区域看,新疆北部和新疆南部冬季最低温度的增温率均大于冬季平均温度的增温率。这与北半球及我国增温主要表现在冬季的夜间相一致。

#### 4.2 平均温度的最佳线性增温时段

40年只能是便于对比分析或研究尽可能长时期升温趋势的一个固定时段,它并不一定是增温表现得最为显著的时段(或称最佳时段),为此这里使用1959~1998年天山山区、新疆北部、新疆南部的冬季平均温度资料,采用滑动相关技术,取最小的年代跨度为10年,计算冬季温度与对应年份的直线相关,并对相关系数进行 $t$ 检验。为找到比40年时段更显著的增温时段,将最低显著水平取为0.01,从众多显著相关时段中选出显著水平最高的一个时段,作为最佳增温时段。

新疆北部冬季平均温度最佳的增温趋势出现在1967~1993,增温率为 $1.76^{\circ}\text{C}/10$ 年,显著水平达0.00088;新疆南部冬季平均温度最佳的增温趋势出现在1967~1995,增温率为 $1.07^{\circ}\text{C}/10$ 年,显著水平达0.00022。三大区域中,天山山区冬季平均温度没有出现最佳增温时段,但新疆南部和新疆北部却存在长度分别为27及29年的相近的最佳增温时段,增温率新疆北部大于新疆南部。

#### 4.3 冬季平均温度的突变性增温

气候突变是指在较短时期内由一种相对较为稳定的气候状态过渡到另一种气候状态的变化,它是气候系统非线性性质的一种表现。自80年代初以来,各种尺度的气候突变的事实不断被揭示。那么新疆三大区域的冬季平均温度变化是否存在突变?

目前检测突变的方法有多种,这里采用检测范围宽、定量化程度高,且多数人认为理论基础和应用效果较好的Mann-Kendall法<sup>[15]</sup>,对新疆三大区域的冬季平均温度进行突变检测。

在Mann-Kendall突变检测图<sup>[15]</sup>中,如果 $C_1$ 和 $C_2$ 在临界值 $\pm 1.96$ ( $\alpha=0.05$ )之间有一个显著的交点,且 $C_1$ 上升超过 $+1.96$ 或下降低于 $-1.96$ ,则可以认为序列产生了突变,前者表示由低温向高温突变,后者指示

从高温向低温突变,并且这个交点就是突变的开端。反之,则认为没有突变产生。

从图4和图5可见,新疆北部和新疆南部冬季平均温度均在1979年发生由低温向高温的突变。

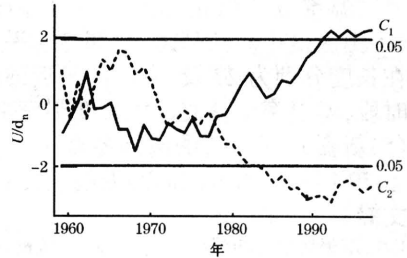


图4 新疆北部冬温 Mann-Kendall 检验

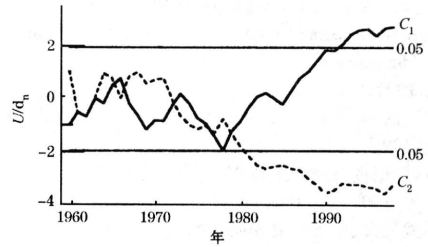


图5 新疆南部冬温 Mann-Kendall 检验

### 5 小结

本文利用新疆1959~1998年的冬季温度资料,分析了天山山区近40年来冬季温度变化的基本特征,并与新疆南部、新疆北部进行了比较。所得的主要结果如下:

(1)天山山区冬季平均温度在冷暖变化阶段上与新疆北部的相似性强于新疆南部。近40年来,天山山区冬季最暖年出现在1979年,而新疆南部和新疆北部均出现在1990年,山区与平原差别很大,但最冷年出现的年份天山山区与新疆北部相同,与新疆南部不同。天山山区近40年冬季平均温度变化的8年周期与新疆南部相同,和新疆北部的9年准周期相近,其2.5年周期与新疆北部的2.6年周期及新疆南部的2.2年相似。

(2)冬季平均温度空间分布的同步变化性以新疆北部为较好,新疆南部和天山山区较差,而冬季平均温度空间分布的反向变化性,以天山山区和新疆南部较大,新疆北部较小。

(3)三大区域冬季平均温度20世纪60

~70 年代的变化趋势是不同的,但 70~90 年代均表现为持续升温,90 年代为最暖。

(4)就近 40 年的显著线性增温趋势的空间分布范围看,以最低温度表现得空间范围最广,最高温度最差,平均温度居中。冬季最低温度增温率以新疆北部最大,新疆南部居中,天山山区最小。新疆南、北部冬季平均温度存在长度分别为 27 及 29 年的相近的最佳增温时段,增温率新疆北部大于新疆南部。

(5)新疆北部和新疆南部冬季平均温度均在 1979 年发生由低温向高温的突变。

### 参考文献

- 1 袁玉江.新疆北部近 30 年来的气候变化.新疆大学学报,1984,1(1): 80~86.
- 2 Li Jiangfeng, Yuan Yujiang and Wang Chengyi. Temperature sequence and its change for recent 200 years in the middle reaches of the Tarim river. Acta Meteorologica Sinica, 1991, 5(1): 118~112.
- 3 袁玉江,韩淑媿.新疆北部 500 年干湿变化特征.冰川冻土,1991, 13(4):315~312.
- 4 吕斌,纪良,仲勤.新疆 35 年冷暖变化的若干事实.新疆气象,1991, 14(10):19~22.
- 5 郑孟良.试论巴州夏季降水特点及其洪水的防治.新疆

- 气象,1991, 14(1):25~26.
- 6 李德洋.塔城地区近 40 年气温变化特征分析.新疆气象,1992, 15(5):35~37.
- 7 Yuan Yujiang, Li Jiangfeng, and Ye Wei. The wet-dry changes in recent 40 years in Taklimakan area. Chinese Geographical Science, 1999, 9(1):57~62.
- 8 杨青,何清.塔里木河流域下游的气候变化与生态环境.新疆气象,2000, 23(3):11~14.
- 9 袁玉江,叶玮,董光荣.天山西部伊犁地区 314a 降水的重建与分析.冰川冻土,2000,22(2):121~127.
- 10 Yuan Yujiang, Li Jiangfeng, and Zhang Jiabao. 348-year precipitation reconstruction from tree-rings for the north slope of the middle Tianshan mountains. Acta Meteorologica Sinica, 2001, 15(1):95~104.
- 11 袁玉江,桑修诚,龚原,等.新疆气候对地表水资源影响的区域差异性初探.应用气象学报,2001, 12(2):210~217.
- 12 袁玉江,邵雪梅,李江凤等.夏干萨特树轮年表中降水信息的探讨与 326 年降水重建.生态学报,2002, 22(12):2048~2053.
- 13 卢苏燕.专家称人为因素是气候变化的重要原因.科学时报,2000 年 11 月 9 日.
- 14 王绍武.近百年气候变化与变率的诊断研究.气象学报,1994, 52(3):261~273.
- 15 符焯斌,王强.气候突变的定义和检测方法.大气科学,1992,16(6):482~493.

## Winter Temperature Change for Last 40 Years in Tianshan Mountain

Yuan Yujiang Wei Wenshou He Qing

(Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002)

### Abstract

With the winter temperature data of Xinjiang during 1959—1998, the features of winter temperature change for the recent 40 Years in Tianshan Mountain are analyzed and compared with those in the Southern and Northern Xinjiang and the main conclusions are as follows: (1) The similarity of warm-cold stage of winter mean temperature between Tianshan Mountain and the Northern Xinjiang is greater than that between Tianshan Mountain area and the Southern Xinjiang. (2) The synchronous variability of spatial distribution of winter mean temperature is best in the Northern Xinjiang, and better in Southern Xinjiang and Tianshan Mountainous area. The reversed variability of spatial distribution of winter mean temperature is best in Tianshan Mountainous area and the Southern Xinjiang, better in Northern Xinjiang. (3) The change trends of winter mean temperature are different for three large regions during 1960s—1970s, but they all show continual warming from 1970s to 1990s, it is the warmest in the 1990s. (4) As to the extension of spatial distribution of the significant linear warming for the recent 40 years, the minimum temperature show the largest spatial extension, mean temperature larger and maximum temperature small. The warming rate of winter minimum temperature is the greatest for Northern Xinjiang, greater for Southern Xinjiang and the least for Tianshan Mountainous area. There are similar optimal periods of winter mean temperature, 27 and 29 years for Southern and Northern Xinjiang respectively. And the warming rate for Northern Xinjiang is greater than that for Southern Xinjiang. (5) A abrupt change of winter mean temperature, from low to high, occurred for Northern and Southern Xinjiang in 1979.

**Key Words:** winter temperature minimum temperature maximum temperature warming rate