

元慧慧, 李杰, 王彦磊, 等. 2012. 1951~2007 年南疆地区气温异常的时空变化特征 [J]. 气候与环境研究, 17 (5): 541-548, doi:10.3878/j.issn.006-585.011.09094. Yuan Huihui, Li Jie, Wang Yanlei, et al. 2012. Spatio-temporal features of air temperature anomaly of South Xinjiang during 1951-2007 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 17 (5): 541-548.

# 1951~2007 年南疆地区气温异常的时空变化特征

元慧慧 李杰 王彦磊 叶明雯 马亮

中国人民解放军 61741 部队, 北京 100094

**摘 要** 采用 1951~2007 年南疆地区站点月平均气温资料和 NCAR/NCEP 气候月平均资料, 运用二项式系数加权平均法、Morlet 小波变换等方法分析了南疆地区冬季和夏季气温的季节—年际气候变化特征, 及气温异常的时空变化特征。结论如下: 南疆地区冬季和夏季气温在气候态上差异明显, 1980 年代以前的冬季主要为气温负异常, 1980 年代以后呈现气温异常升高, 到 2000 年以后又开始出现偏冷趋势; 夏季气温偏差小于冬季, 57 a 间南疆夏季气温大致出现两波振荡, 异常偏热期大致处于 1950 年代、1970 年代后期和 21 世纪初, 呈 20~25 a 振荡。冷冬年的频次多于暖冬年, 热夏年的频次多于凉夏年。偏冷年在 57 a 时间段内所占比例最多, 气温异常低的幅度大于气温异常高的幅度。南疆冬季气温存在 2 个显著振荡: 6~10 a 的年际周期和 18~20 a 的年代际周期; 夏季气温有 1 个最显著的振荡, 稳定的 20 a 为中心的周期。不同的年代和季节气温及气温偏差分布各不相同。从气温长期演变趋势来看不论冬夏南疆北部(天山山脉以南)气温升高, 塔里木盆地以及南疆南部地区气温降低。冬季升温区的升温幅度比夏季升温区大, 夏季降温区的降温幅度比冬季降温区大。

**关键词** 南疆 气候变化 气温异常 时空变化特征

文章编号 1006-9585 (2012) 05-0541-08

中图分类号 P434

文献标识码 A

doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2011.09094

## Spatio-temporal Features of Air Temperature Anomaly of South Xinjiang during 1951-2007

YUAN Huihui, LI Jie, WANG Yanlei, YE Mingwen, and MA Liang

Troop 61741 of PLA, Beijing 100094

**Abstract** With binomial coefficient smoothing and Morlet wavelet analysis, the anomaly time characteristics, inter-annual climate, and the spatio-temporal-varying characteristics of the temperature anomalies were analyzed using air temperature observations from stations in South Xinjiang from 1951 to 2007. The results show a pronounced difference in air temperature between winter and summer, mainly negative anomalies before the 1980s and a change to positive temperature anomalies after the 1980s; after 2000 a cooling trend appeared. The temperature deviation in summer was less than that in winter; this deviation appears in two waves during the 57-year period. Abnormally warm periods occurred in the late 1950s, the late 1970s, and at the beginning of this century, showing a 20-25-year oscillation. The frequency of abnormal temperature was 30% in winter and 26% in summer. There were more cold winters than warm winters, and more hot summers than cooler summers. More cold years appeared in the 57-year period than warmer ones and the extent of lower air temperature was greater than that of higher air temperature. The winter temperature in South Xinjiang showed two significant oscillations: a 6-10-year inter-annual cycle and an 18-20-year inter-decadal cycle. The summer temperature showed one significant oscillation: a 20-year inter-decadal cycle. The distribution of temperature and abnormal temperature varied with different decades and seasons. However, according to the long-term trend of air

收稿日期 2009-12-26 收到, 2010-10-12 收到修定稿

作者简介 元慧慧, 女, 1983 年出生, 工程师, 主要从事数值模拟、气候动力学的研究。E-mail: huihuiyuan83@gmail.com

temperature, the region north of South Xinjiang (southern Tianshan Mountain) became hotter, while the Tarim basin and the region south of South Xinjiang became cooler. The temperature-ascending extent in winter was greater than that in summer in the calefactive area while the temperature-descending extent in summer was greater than that in winter in the descensional area.

**Key words** South Xinjiang, climate anomaly, air temperature anomaly, spatio-temporal features

## 1 引言

气候变化问题是现今全球普遍关注的问题,我国的气候变化趋势具有明显的地区性差异(Houghton, 1998; 屠其璞等, 2000; 王会军等, 2002; 牛宁和李建平, 2007; 史军等, 2009)。新疆地处影响我国主要天气系统的上游,由于天山山脉的屏障作用,南疆与北疆的气候有很大的差别。南疆位于天山山系和昆仑山山系之间,是我国最干旱的地区,其中包含有塔克拉玛干大沙漠、塔里木盆地、吐鲁番盆地,两大盆地周围被山地环绕,地形封闭,而且盆地与周围山地高差悬殊,盆地内空气上升不易散发,而外来气流由山地下沉时,又具有干热风性质,因此白天增温迅速。南疆地区深居内陆,距海遥远,地面有戈壁沙漠,夏季日照时间长,太阳辐射几乎全部用来加热地面土壤和空气,因此成为全国夏季炎热中心。

近年,一些学者曾对干旱地区气候变化的趋势和特征进行过许多研究(吴纯渊和袁玉江, 2005; 袁晴雪和魏文寿, 2006; 白美兰等, 2006; 李景林等, 2007)。袁玉江等(2004, 2005a, 2005b)曾对天山山区及其与南北疆夏季温度变化进行对比分析,而针对更为干旱高温的南疆地区的气候异常的特征和趋势研究相对偏少。本文关注南疆地区 57 a 的气温异常,分别分析了南疆冬季和夏季气温的季节—年际气候变化特征和气温异常的时空变化特征。

## 2 资料和分析方法

本文所用资料包括:(1)国家气候中心的 1951~2007 年中国 160 站的月平均气温,其中包括南疆地区的 7 个站点:吐鲁番、库车、喀什、和田、且末、若羌、哈密;(2)1951~2008 年 NCAR/NCEP 逐月平均再分析气温资料,分辨率为  $2.5^\circ$  (纬度)  $\times 2.5^\circ$  (经度),区域范围为  $(35^\circ\text{N}\sim 45^\circ\text{N}, 72^\circ\text{E}\sim$

$93^\circ\text{E})$ 。

本文采用分析方法:(1)时间序列平滑采用二项式系数加权平均法(丁裕国和江志红, 1998; 黄嘉佑, 1999);(2)小波分析采用 Morlet 小波变换(郑自旺等, 1997);(3)气候趋势系数(施能等, 1995)采用气温趋势系数。

定义  $n$  年的气温序列与自然序列 1, 2, 3, ...,  $n$  的相关系数  $r_{xt}$ :

$$r_{xt} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(i - \bar{t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (i - \bar{t})^2}}, \quad (1)$$

其中,  $n$  为年数,  $x_i$  是第  $i$  年冬季或夏季平均气温,  $\bar{x}$  为多年平均的冬季或夏季气温,  $\bar{t} = (n+1)/2$ ,  $r_{xt}$  为正(负)时,表示气温在所计算时段内有线性增(减)的趋势。 $r_{xt} \sqrt{n-2} / \sqrt{1-r_{xt}^2}$  符合自由度  $n-2$  的  $t$  分布,从而检验气温变化是否有意义,还是一种随机振动。

## 3 气温时间变化特征

### 3.1 季节—年际变化特征

图 1 为南疆 7 个站点 1951~2007 年逐月气温距平的年际变化图,其中每个月的气温距平是指当年该月气温与 57 a 该月平均气温之差,图中还表明了 57 a 气温的月际偏差。由图可见,气温异常在每月都普遍发生,但是从强度和频次来看,以冬季(12 月、1 月、2 月)最为明显,1980 年代以前的冬季主要为气温负异常,1980 年代以后的冬季主要为气温正异常,这说明南疆地区冬季气温在 1980 年代以后呈现气温异常升高的现象。相比之下,南疆夏季(6 月、7 月、8 月)气温异常并不明显,仅在 1950 年代出现气温异常偏暖情况。此外,春季(主要是 4 月份)也有明显的气温异常变化,但是幅度较小,频率较大。由图 1 也可以得知南疆地区不同的季节,尤其是冬季和夏季气温在气候态上的差异非常明显,值得研究。下面将分别对夏季逐月平均

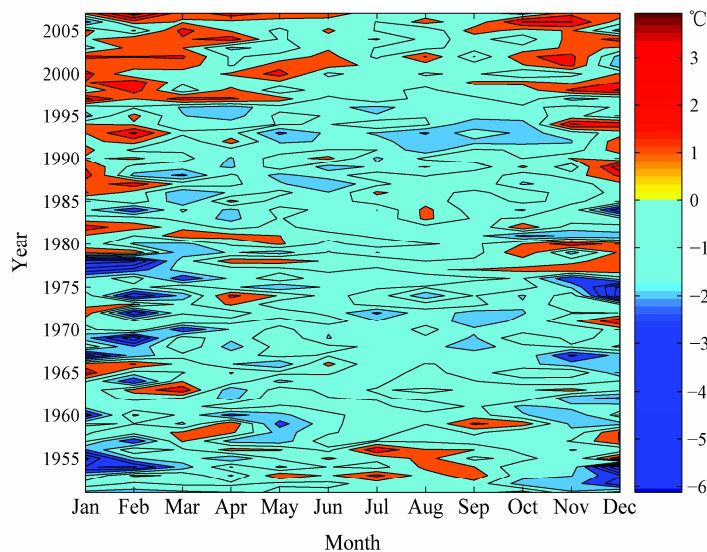


图 1 1951~2007 年南疆地区平均月气温距平变化

Fig. 1 Monthly temperature anomalies in South Xinjiang during 1951-2007

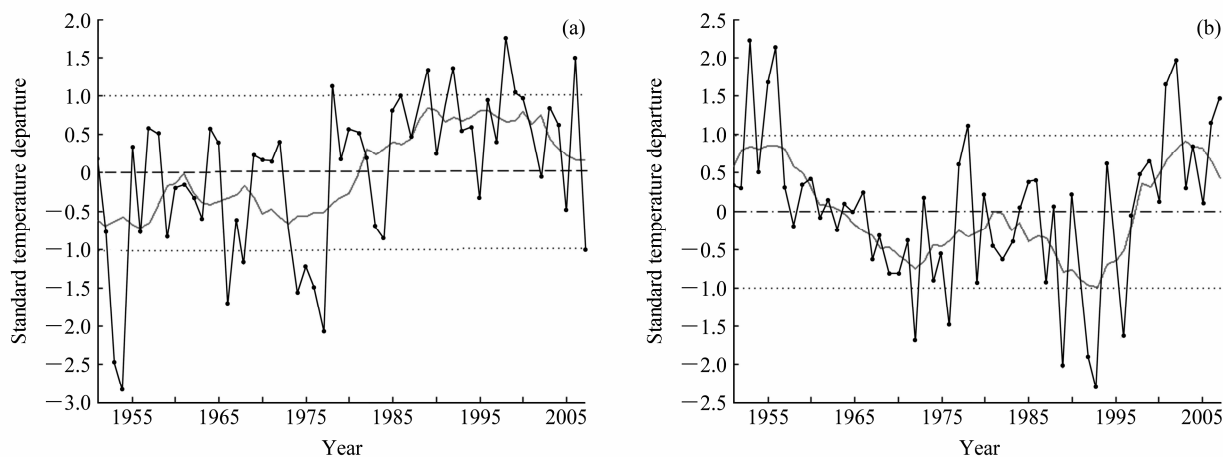


图 2 新疆 (a) 冬季和 (b) 夏季气温标准化距平曲线和 9 a 二项式平滑曲线

Fig. 2 Sequences of (a) winter and (b) summer standard temperature departures and the 9-year running average in South Xinjiang

气温和冬季逐月平均气温的气候变化特征分开来讨论。

### 3.2 气温异常年的选取

图 2 是南疆地区 7 个站点冬季和夏季平均气温标准化距平图, 由图可见 57 a 时段内南疆冬季和夏季气温的异常情况。现以平均气温标准化距平的绝对值大于 1.0 为标准 (即气温距平等于标准差), 衡量冬季和夏季气温偏高、偏低的年份 (如表 1 所示)。可见南疆地区冬季暖冬年共有 7 a (占 12%), 均在 1977 年以后, 冷冬年共有 10 a (占 18%), 均在 1978 年以前。冬季气温异常的频率共占 30%, 即平均 3.5 a 左右就有 1 a 是气温异常年 (冷冬或暖冬年), 最暖年为 1998 年, 最冷年为 1954 年; 南疆地区夏季热夏年共有 9 a (占 16%), 凉夏年共有 6 a (占 11%)。

夏季气温异常的频率共占 26%, 即平均 3.5 a 左右就有 1 a 是气温异常年 (热夏或凉夏年), 最热年为 1953 年, 最凉年为 1993 年。以上分析说明冷冬年的频次多于暖冬年, 热夏年的频次多于凉夏年。

表 1 南疆冬、夏季气温异常的年份

Table 1 The years with abnormal winter and summer temperature in South Xinjiang

|     | 年份                                                                |
|-----|-------------------------------------------------------------------|
| 暖冬年 | 1978*, 1986*, 1989*, 1992*, 1998, 1999*, 2006                     |
| 冷冬年 | 1953*, 1954*, 1960*, 1961*, 1966*, 1968, 1974*, 1975, 1976, 1977* |
| 热夏年 | 1953, 1955, 1956, 1978*, 2000*, 2001, 2002, 2006*, 2007*          |
| 凉夏年 | 1972*, 1976*, 1989*, 1992*, 1993*, 1996*                          |

\*表示平均气温标准化距平绝对值大于 1.5 的异常年份。

现以平均气温标准化距平的绝对值大于 1.5 为标准来划分气温异常情况 (见表 1), 可发现冷冬年有 7 a, 暖冬年仅有 2 a; 热夏年有 5 a, 而凉夏年有 6 a。这说明整体来看, 不论夏季还是冬季气温偏冷年在 57 a 时间段内所占比例最多, 气温异常偏低的幅度也大于气温异常偏高的幅度。

### 3.3 气温异常的年际—年代际变化特征

对南疆 57 a 冬、夏季气温的标准化距平时间序列, 运用 Morlet 小波分析方法, 将时间和频率作为独立变量在两个方向上展开, 以研究气温标准化距平时间序列中的各种频率的时间结构, 如图 3 所示。可以看到, 南疆冬季气温存在显著的 6~10 a 的年际周期和 18~20 a 左右的年代际周期。其中, 6 a 和 10 a 周期振荡信号最强且表现较稳定, 在 1970 年合并为一个 8 a 为中心的周期振荡, 这个振荡在 1990 年以后逐渐削弱并且出现周期范围逐渐扩大现象。18~20 a 的年代际周期在 57 a 的时间段内振荡范围逐渐增大, 强度略有减弱, 这也支持了严中伟 (1999) 和 Yan (1999) 的准 20 a 振荡信号自 1980 年代以来有减弱倾向的结论。夏季气温与冬季差别很大, 最显著的振荡表现为稳定的 20 a 为中心的周期, 此外还存在弱的 10 a 周期振荡, 从 1960 年便开始减弱, 周期逐渐缩小至准 4 a 周期。

图 2 中的曲线表示南疆 57 a 平均气温标准化距平值的 9 a 二项式滑动平均曲线。从冬季 (图 2a) 的曲线图中可以看出, 57 a 之间南疆冬季气温先缓

慢振荡降低再缓慢振荡上升, 继而又开始振荡降低。1980 年代以前基本处于异常偏冷期, 1980 年代以后则处于异常偏暖期, 到 2000 年以后又开始出现偏冷趋势。从夏季 (图 2b) 的曲线图中可以看出, 57 a 之间南疆夏季气温大致出现两波的振荡, 异常偏热期大致处于 1950 年代、1970 年代后期和 21 世纪初, 最高值出现在 1950 年代和 21 世纪初, 基本呈 20~25 a 的振荡, 这也与图 3 的分析结果一致。

## 4 冬、夏季气温的空间变化特征

年代际气候变化作为年际和月季气候变化的重要背景, 往往影响着年际和月季时间尺度的气候特征 (李崇银等, 2002)。下面基于 1951~2008 年 NCAR/NCEP 再分析资料对南疆地区冬季和夏季气温及其异常的空间分布和变化特征分别进行讨论。

### 4.1 冬、夏季气温各年代差异

图 4 为南疆各年代冬季平均气温分布图, 可见不同的年代气温分布各不相同, 1950 年代和 1960 年代基本表现为南疆的西南部温度最高, 西北和东北部 (天山山脉附近) 温度最低; 1970 年代和 1980 年代的冬季最高温度出现在东北部和西南部, 最低温度出现在西北部和南部; 1990 年代冬季的气温分布与 1960 年代类似, 南疆南部为高温区, 北部为低温区; 2000 年以后在天山以南区域出现一条温度

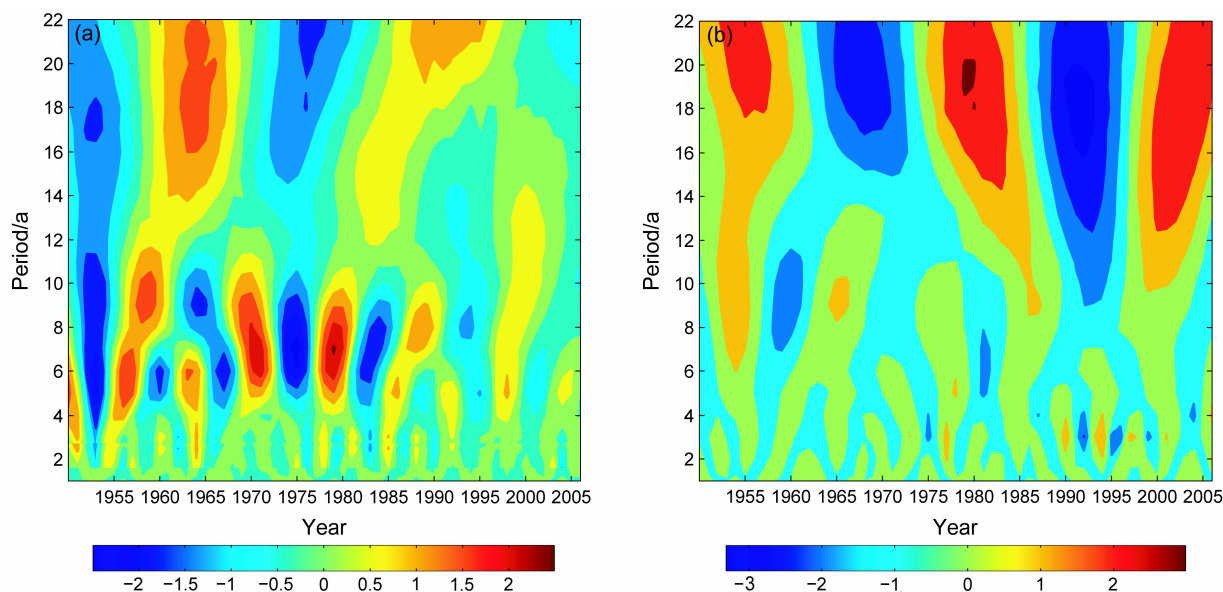


图 3 南疆 (a) 冬季和 (b) 夏季气温标准化距平时间序列的 Morlet 小波分析

Fig. 3 The wavelet analysis of normalized (a) winter and (b) summer temperature anomalies

高值带, 最大值位于库车附近, 南疆南部为相对低温区。

由南疆冬季各年代气温距平分布图(图 5)可见不同的年代气温异常的分布各不相同, 1950 年代南疆地区冬季主要表现为温度异常高, 只有喀什、库车附近区域为负距平; 1960 年代南疆的东北部为温度异常低, 最冷中心位于吐鲁番和哈密一带, 西南大部略有偏暖; 1970 年代南疆主要表现为温度异常冷, 冷中心位于阿克苏附近; 1980 年代南疆大部地区冬季均偏冷, 冷中心面积大, 基本覆盖塔里木盆地; 1990 年代冬季气温成又南向北的梯度, 沿天

山山脉一带略偏冷, 于田附近为偏暖中心; 2000 年以后天山南侧呈带状温度异常暖区, 且温度异常向南北两侧递减, 南疆南部为偏冷区。

图 6 为南疆各年代夏季平均气温分布图, 其与冬季平均气温的分布差别很大, 1950 年代南疆西南部温度最高, 有两个高温中心, 最高温度超过  $33^{\circ}\text{C}$ , 东北部温度最低, 有两个低值中心; 1960 年代南疆喀什和盆地中心区域温度最高, 南疆以南和以北温度最低; 1970 年代高温区位于阿克苏和盆地中心区域, 最大值超过  $31^{\circ}\text{C}$ , 南疆西北部为低温区; 1980 年代和 1990 年代的气温分布形式与 1970 年代类

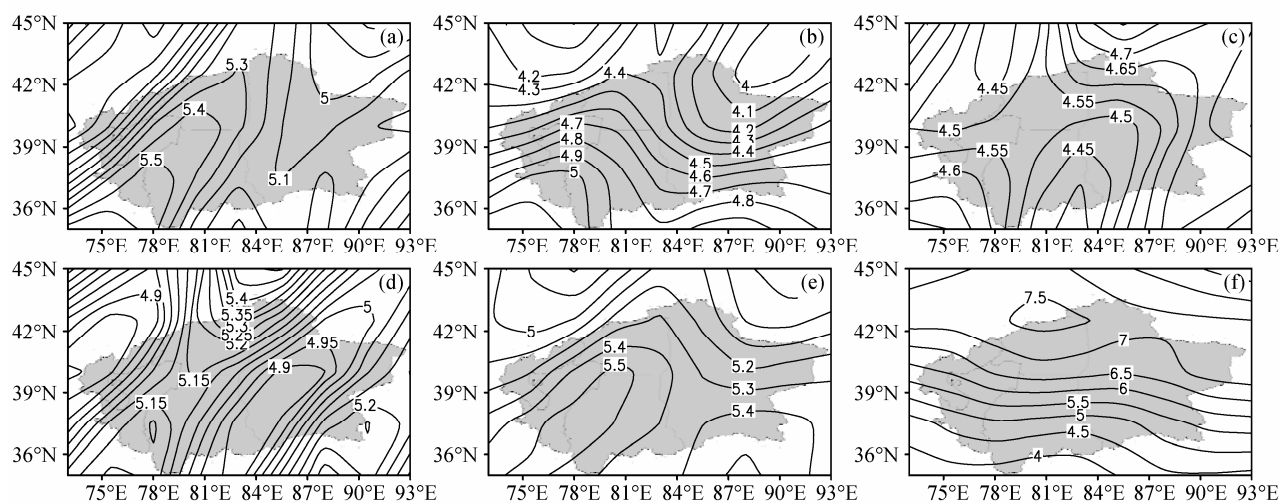


图 4 南疆各年代冬季平均气温(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )分布图: (a) 1950 年代; (b) 1960 年代; (c) 1970 年代; (d) 1980 年代; (e) 1990 年代; (f) 2001~2007 年

Fig. 4 Distribution of the winter air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) in every decade: (a) The 1950s; (b) the 1960s; (c) the 1970s; (d) the 1980s; (e) the 1990s; (f) 2001-2007

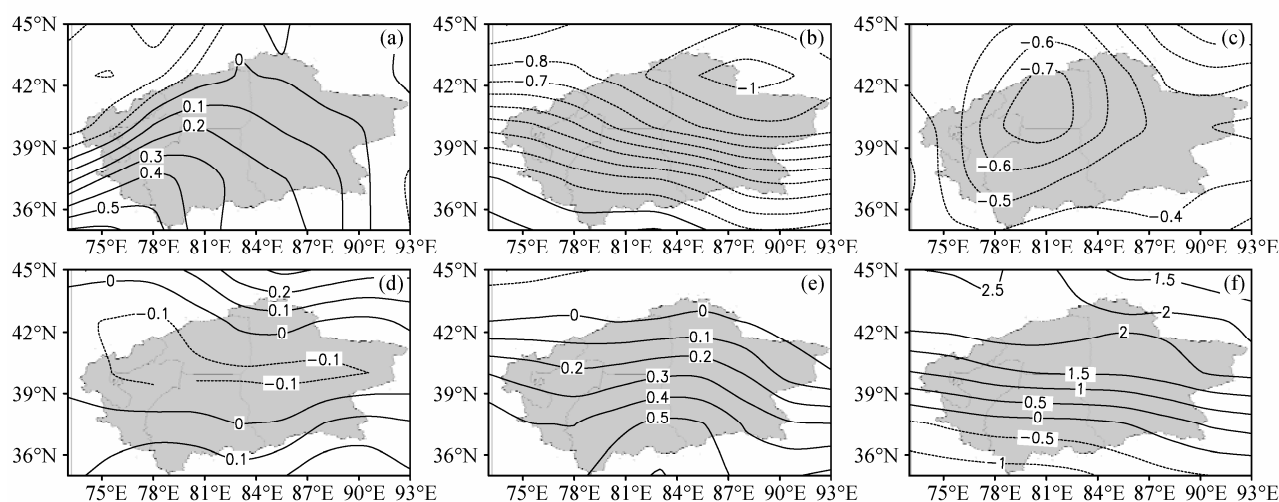


图 5 南疆各年代冬季气温距平(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )分布图: (a) 1950 年代; (b) 1960 年代; (c) 1970 年代; (d) 1980 年代; (e) 1990 年代; (f) 2001~2007 年

Fig. 5 Distribution of the winter air temperature anomalies ( $^{\circ}\text{C}$ ) in every decade: (a) The 1950s; (b) the 1960s; (c) the 1970s; (d) the 1980s; (e) the 1990s; (f) 2001-2007

似, 只是高温中心移至喀什以西和于田附近, 1980 年代最高温度升至  $31.4^{\circ}\text{C}$ , 1990 年代最低温度降至  $30.3^{\circ}\text{C}$ , 泽普和田河附近各出现低温中心; 2001 年以后高温区出现在喀什以北区域, 最高温度达到  $32.3^{\circ}\text{C}$ , 吐鲁番地区出现高温中心 (最高温度  $31.6^{\circ}\text{C}$ ), 其间为一低温带, 最低温度区域位于南疆西南部。

由南疆夏季各年代气温距平分布图 (图 7) 可见, 1950 年代夏季南疆地区温度整体异常偏高, 西南部温度偏高达  $2.0^{\circ}\text{C}$ ; 1960 年代夏季南疆地区整体异常偏凉, 最小偏差也达  $-1.0^{\circ}\text{C}$  (阿克苏南部), 西南部为最凉中心, 偏差达  $-2.0^{\circ}\text{C}$ ; 1970 夏季南疆地区整体略为偏凉, 最凉中心偏差  $-0.5^{\circ}\text{C}$  (叶城), 最小偏差中心  $-0.1^{\circ}\text{C}$  (吐鲁番); 1980 年代

夏季南疆又整体偏热, 只有西北部略微偏凉; 1990 年代夏季南疆大部整体略偏凉, 最凉中心  $-0.2^{\circ}\text{C}$  (阿拉尔市) 和南疆东南部地区, 西南地区略偏热 (偏差达  $0.3^{\circ}\text{C}$ ); 2001 年以后南疆西北部和东部地区夏季气温明显偏高, 最高达  $1^{\circ}\text{C}$ , 西南部气温偏低, 达  $-0.2^{\circ}\text{C}$ 。

## 4.2 气温趋势系数的空间分布

由气温趋势系数的空间分布图 (图 8) 可知南疆地区气温变化的长期演变趋势。可见不论冬季 (图 8a) 还是夏季 (图 8b) 南疆北部主要为气温升高的趋势, 存在两个升温中心; 塔里木盆地以及南疆南部地区主要为气温降低趋势。对比图 8a、8b 两图发现冬季升温区的升温幅度比夏季升温区大, 而夏季降温区的降温幅度比冬季降温区大。

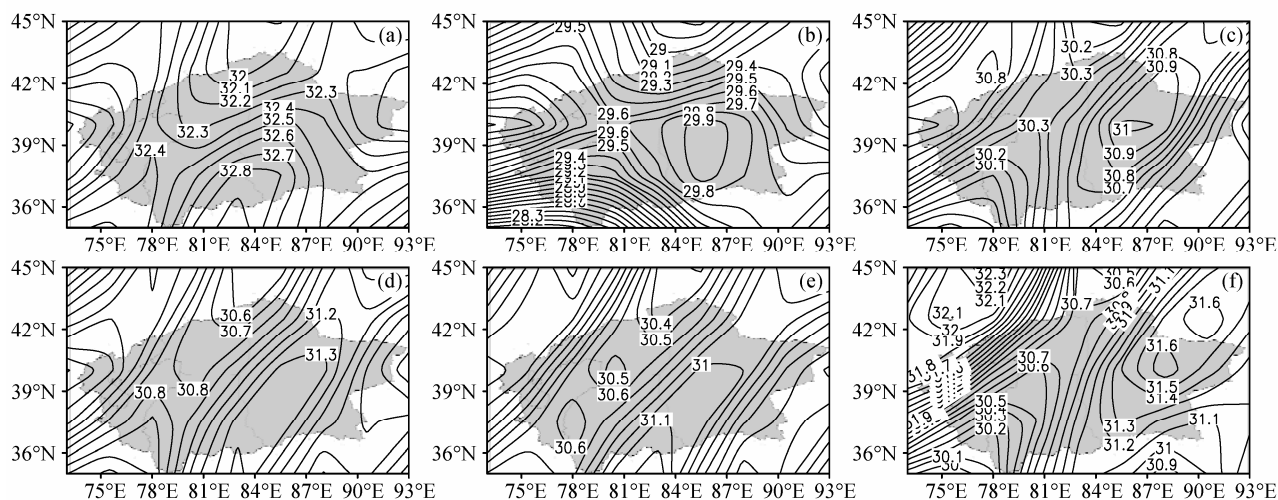


图 6 同图 4, 但为夏季

Fig. 6 Same as Fig. 4, but for summer

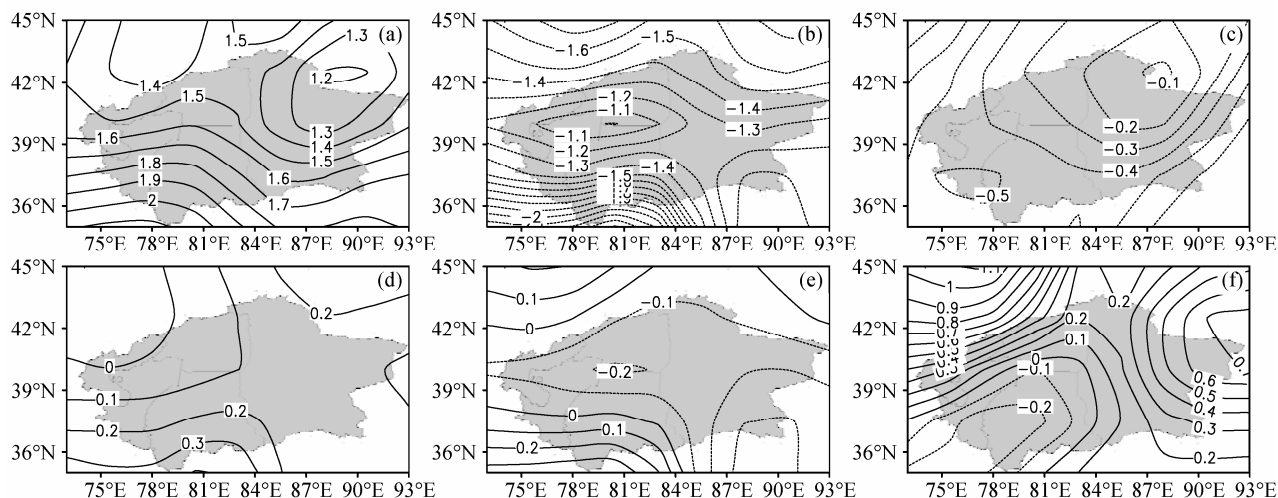


图 7 同图 5, 但为夏季

Fig. 7 Same as Fig. 5, but for summer

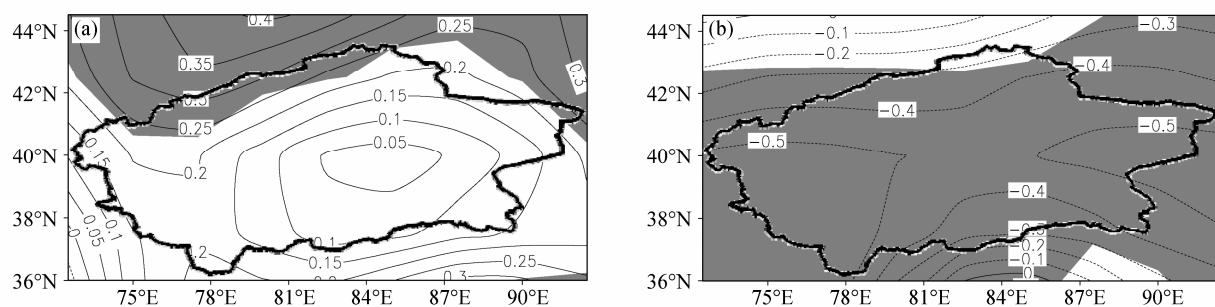


图 8 南疆 (a) 冬季和 (b) 夏季气温趋势系数的空间分布 (阴影区为置信度大于 95% 的区域)

Fig. 8 Spatial distribution of (a) winter and (b) summer temperature trend coefficients in South Xinjiang (shaded areas indicate the confidence level more than 95%)

## 5 结论

本文以南疆地区 1951~2007 年的气温为研究对象, 分别分析了南疆冬季和夏季气温的季节—年际气候变化特征, 并重点分析了气温异常的时空变化特征。结论如下:

(1) 南疆地区冬季和夏季气温在气候态上的差异明显: 1980 年代以前的冬季主要为气温负异常, 以后呈现气温异常升高, 到 2000 年以后又开始出现偏冷趋势; 夏季气温偏差小于冬季, 57 a 之间南疆夏季气温大致出现两波的振荡, 异常偏热期大致处于 1950 年代、1970 年代后期和本世纪初, 最高值出现在 1950 年代和 21 世纪初, 基本呈 20~25 a 的振荡。

(2) 57 a 之中, 冬季气温异常的频率共占 30%; 夏季气温异常的频率共占 26%。冷冬年的频次多于暖冬年, 热夏年的频次多于凉夏年。不论夏季还是冬季气温偏冷年在 57 a 时间段内所占比例最多, 气温异常偏低的幅度也大于气温异常偏高的幅度。

(3) 南疆冬季气温存在 2 个显著振荡: 6~10 a 的年际周期和 18~20 a 左右的年代际周期。其中 6 a 和 10 a 周期振荡信号最强且表现较稳定, 在 1970 年合并为一个 8 a 为中心的周期振荡, 这个振荡在 1990 年以后逐渐削弱; 18~20 a 的年代际周期在 57 a 的时间段内振荡范围逐渐增大, 强度略有减弱。夏季气温与冬季差别很大, 仅有 1 个最显著的振荡: 稳定的 20 a 为中心的周期, 此外还存在弱的 10 a 周期振荡, 从 1960 年便开始减弱, 周期逐渐缩小至准 4 a 周期。

(4) 不同的年代、不同的季节气温和气温偏差分布各不相同, 但从气温长期演变趋势来看不论冬

夏南疆北部(天山山脉以南)主要为气温升高的趋势, 塔里木盆地以及南疆南部地区主要为气温降低趋势。冬季升温区的升温幅度比夏季升温区大, 而夏季降温区的降温幅度比冬季降温区大。

## 参考文献 (References)

- 白美兰, 郝润全, 邸瑞琦, 等. 2006. 气候变化对浑善达克沙地沙漠化影响的评估 [J]. 气候与环境研究, 11 (2): 215~220. Bai Meilan, Hao Runquan, Di Ruiqi, et al. 2006. Assessment of climatic variation impact on desertification of Onqin Daga Sandland [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 11(2): 215~220.
- 丁裕国, 江志红. 1998. 气象数据时间序列信号处理 [M]. 北京: 气象出版社, 194~201. Ding Yuguo, Jiang Zhihong. 1998. Signal Processing for Time Series of Meteorological Data (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press, 194~201.
- Houghton T. 1998. 全球变暖 [M]. 北京: 气象出版社, 1~20. Houghton T. 1998. Global Warming (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1~20.
- 黄嘉佑. 1990. 气象统计分析与预报方法 [M]. 北京: 气象出版社, 274~283. Huang Jiayou. 1990. Statistic Analysis and Forecast Methods in Meteorology (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press, 274~283.
- 李崇银, 朱锦红, 孙照渤. 2002. 年代际气候变化研究[J]. 气候与环境研究, 7 (2): 209~219. Li Chongyin, Zhu Jinhong, Sun Zhaobo. 2002. The study interdecadal climate variation [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 7 (2): 209~219.
- 李景林, 郑玉萍, 刘增强. 2007. 乌鲁木齐市低空温度层结与采暖期大气污染的关系 [J]. 干旱区地理, 30 (4): 519~525. Li Jinglin, Zheng Yuping, Liu Zengqiang. 2007. Relation between the low altitude temperature stratification and the heating period atmospheric pollution in Urumqi City [J]. Arid Land Geography, 30 (4): 519~525.
- 牛宁, 李建平. 2007. 2004 年中国长江以南地区严重秋旱特征及其同期大气环流异常 [J]. 大气科学, 31 (2): 254~365. Niu Ning, Li Jianping. 2007. The features of the heavy drought occurring to the south of the Yangtze River in China as well as the anomalies of atmospheric circulation in Autumn 2004 [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences

- (in Chinese), 31 (2): 254-365.
- 史军, 丁一汇, 崔林丽. 2009. 华东极端高温气候特征及成因分析[J]. 大气科学, 24 (2): 347-358. Shi Jun, Ding Yihui, Cui Linli. 2009. Climatic characteristics of extreme maximum temperature in East China and its causes [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 24 (2): 347-358.
- 施能, 陈家其, 屠其璞. 1995. 中国近100年来4个年代际的气候变化特征 [J]. 气象学报, 53 (4): 431-439. Shi Neng, Chen Jiaqi, Tu Qipu. 1995. 4-phase climate change features in the last 100 years over China [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 53 (4): 431-439.
- 屠其璞, 邓自旺, 周晓兰. 2000. 中国气温异常的区域特征研究 [J]. 气象学报, 58 (3): 288-296. Tu Qipu, Deng Ziwang, Zhou Xiaolan. 2000. Studies on the regional characteristics of air temperature abnormal in China [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 58 (3): 288-296.
- 王会军, 周广庆, 林朝晖. 2002. 我国近年来短期气候预测研究的若干进展 [J]. 气候与环境研究, 7 (2): 220-226. Wang Huijun, Zhou Guangqing, Lin Xiaohui. 2002. Reviews on study of the short-term climate prediction in China [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 7 (2): 220-226.
- 吴纯渊, 袁玉江. 2005. 天山山区近40年冬季降水变化特征与南、北疆的比较 [J]. 干旱区资源与环境, 19 (2): 87-90. Wu Chunyuan, Yuan Yujiang. 2005. Comparison of features of winter precipitation change among Tianshan Mountainous area 2005, southern and northern Xinjiang in recent 40 Years [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment (in Chinese), 19 (2): 87-90.
- 严中伟. 1999. 华北降水年代际振荡及其与全球温度变化的联系 [J]. 应用气象学报, 10 (增1): 12-22. Yan Zhongwei. 1999. Interdecadal oscillations of preeipitation in North China and its relation with glohal temperature change [J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology (in Chinese), 10 (Supp11): 12-22.
- Yan Zhongwei. 1999. Quasi-bi-decadal oscillations in global climate [J]. Korean Journal of Quaternary Research, 149-157.
- 袁晴雪, 魏文寿. 2006. 中国天山山区近40年的年气候变化 [J]. 干旱区研究, 23 (1): 115-118. Yuan Qingxue, Wei Wenshou. 2006. Annual climate change in the Tianshan Mountainous since teced 40 years [J]. Arid Zone Research (in Chinese), 23 (1): 115-118.
- 袁玉江, 魏文寿, 穆桂金. 2004. 天山山区近40年秋季气候变化特征与南、北疆比较 [J]. 地理科学, 24 (6): 674-679. Yuan Yujiang, Wei Wenshou, Mu Guijin. 2004. Features of autumn climate change in Tianshan Mountainous area for the recent 40 years and comparison with those in the southern and northern Xinjiang [J]. Scientia Geographica Sinica (in Chinese), 24 (6): 674-679.
- 袁玉江, 魏文寿, 何清. 2005a. 天山山区近40年冬季温度变化特征[J]. 气象, 31 (5): 156-160. Yuan Yujiang, Wei Wenshou, He Qing. 2005a. Winter temperature change for last 40 years in Tianshan Mountain [J]. Meteorological Monthly (in Chinese), 31 (5): 156-160.
- 袁玉江, 谢国辉, 魏文寿, 等. 2005b. 天山山区与南北疆夏季温度变化对比分析 [J]. 气象科技, 33 (2): 152-155. Yuan Yujiang, XieGuohui, Wei Wenshou, et al. 2005b. Similarities and differences between summer temperature changes in Tianshan Mountainous region and Southern and Northern Xinjiang. Meteorological Science and Technology (in Chinese), 33 (2): 152-155.
- 郑自旺, 尤卫红, 林振山. 1997. 子波变换在全球气候多时间尺度变化分析中的应用 [J]. 南京气象学院学报, 20 (4): 505-510. Zheng Ziwang, You Weihong, Lin Zhenshan. 1997. Application of wavelet transformation to analysis of multiple time scale climate change [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology (in Chinese), 20 (4): 505-510.