

# 中天山北坡山区近30 a 气候变化特征

万瑜, 曹兴, 崔玉玲, 宫恒瑞, 贾健

(新疆乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘要:**利用中天山北坡山区的3个测站1981~2010年的逐月平均气温、降水资料,运用线性回归分析、小波分析、Mann-Kendall 突变分析等方法,对中天山北坡山区近30 a 来气温和降水量的变化趋势、周期特征、突变特征进行分析。结果表明:气温、降水量均呈波动上升,中、高山带气温线性倾向率分别为 $0.74\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $0.60\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,降水量线性增加率为 $12.9\text{ mm}/10\text{ a}$ 、 $39.0\text{ mm}/10\text{ a}$ ,20世纪80年代中后期以来,降水增加尤为显著;秋季增暖趋势显著,冬季增暖速率最小,秋季增暖对全年的贡献率最大;降水量主要集中在夏季,高山带4季降水量均呈增加态势,夏季增加显著,而中山带夏季、秋季降水量呈弱的负趋势。中山带在2001年发生显著性的增温突变,而降水为波动性的变化过程,未出现显著的突变年份。气温、降水量存在3 a 高频振荡周期以及6~7 a 准周期。

**关键词:**中天山;山区;气候;特征;突变

**中图分类号:**P462.5

**文献标识码:**A

## 引言

气候变化对全球自然生态系统以及社会经济系统具有深远的影响,已成为国际社会所关注的热点问题。据IPCC(2007)报告指出<sup>[1]</sup>,近百年(1906~2005年)全球平均气温升高 $0.74\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,近50 a 的增温速率几乎是近百年的2倍。在全球变暖的背景下,我国自1951年以来,地表平均气温上升了 $1.38\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,上升速率约为 $0.23\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,20世纪80年代以来的升温尤为显著<sup>[2]</sup>。相关研究表明中国北方地区增暖幅度最为明显,年平均气温以 $0.2\sim 0.8\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 的倾向率上升<sup>[3-4]</sup>。近40~50 a 来,我国年降水量呈减少趋势,但西部降水量具有明显的增加趋势,其中西北地区最为显著<sup>[5]</sup>。新疆地处非季风区,其气候变化与季风区气候变化特点存在明显的差异。近年来有关新疆的气候变化已有大量的研究,胡汝骥等研究认为,新疆气候变化与全球和全国气候变化趋势基本一致<sup>[6]</sup>;施雅风等研究表明我国西北气候从20世纪的暖干型向暖湿型转型<sup>[7]</sup>;何清等研究指出,40 a 年来新疆气温、降水的总趋势均呈明显上升趋势<sup>[8]</sup>;马洪亮等人对天山天池近49 a 的气候变化研究表明,气温、降水具有“暖湿型”的变化特征<sup>[9]</sup>;

李帅等人对阿勒泰地区近40 a 的气候研究也得出相似的结果<sup>[10]</sup>;袁玉江等人对近40 a 天山山区与平原的春季气候变化进行了对比研究<sup>[11]</sup>;赵勇等人对库姆塔格沙漠周边气候变化特征进行了深入分析<sup>[12]</sup>。此外,对天山山区的降水量年序列突变特征研究认为,20世纪80年代以来进入多雨时期<sup>[11]</sup>。上述研究表明新疆气候变化已成为一个区域研究的焦点,但针对小区域范围内的气候变化研究还不够全面深入,气候变化具有明显的地域特征,在全球气候变暖的大背景下,各区域的气候变化趋势与强度并不完全一致。因此对小区域气候变化的研究,尤其是对干旱气候下的山区半湿润气候变化特征的研究十分有必要。利用1981~2010年中天山北坡3个测站的气温、降水资料,对其气候变化特征进行分析,以期对山区区域气候变化研究提供一定的参考。

## 1 资料来源和方法

### 1.1 资料来源

研究所用资料为中天山北坡山区时间序列较长的3个气象站(大西沟、小渠子、白杨沟)1981~2010年逐月气温、降水实测资料,分别计算气温和

收稿日期:2012-06-27;改回日期:2012-08-08

基金项目:新疆维吾尔自治区气象局青年基金项目(201132)资助

作者简介:万瑜(1983-),女,硕士,工程师,主要从事短期天气预报及环境变化研究. E-mail:tc-alien@163.com

降水的年均值和不同年代的平均值。由于各气象站所处海拔高度以及下垫面状况的不同,对气候变化的响应程度存在一定的区域差异,因此根据海拔高度的空间变化对气象站进行了划分,大西沟站代表高山带;以小渠子、白杨沟站点的平均气候序列代表

中山带(表1)。此外,根据新疆气候实际制定的季节划分标准,统计冬(11~2月)、春(3~5月)、夏(6~8月)、秋(9~10月)4个季节的气温、降水的气候变化特征<sup>[13]</sup>。

表1 研究区测站地理位置及背景气候

Tab. 1 The geographic location and climatic characteristics of the study area

站点	经度	纬度	海拔/m	背景气候	资料序列
高山带 大西沟	86°50'E	43°06'N	3 539.0	高山高寒气候	1981~2010年
小渠子	87°06'E	43°29'N	1 871.8	中山带半湿润气候	1981~2010年
中山带 白杨沟	87°11'E	43°27'N	1 930.0	中山带半湿润气候	1981~2010年

## 1.2 研究方法

研究过程采用相关分析、统计和回归等常用数理统计方法分析了气温与降水的变化特征;利用小波分析法判断气候要素时间序列的周期性变化特征,以 Mann—Kendall 法对气候变化进行突变分析,并进行信噪比  $S/N$  的检验,以确定气候突变发生的时间<sup>[14]</sup>。

(1)  $S/N$  突变点检验:为检验气候要素突变分析转折是否达到气候突变的标准,对各转折年份计算信噪比,公式如下:

$$S/N = \frac{|\bar{x}_a - \bar{x}_b|}{S_a + S_b}$$

式中: $\bar{x}_a, \bar{x}_b, S_a, S_b$  分别为转折年份前后 2 段要素的平均值和标准差,规定  $S/N > 1$  时,则可以认为这个年份存在要素的突变,否则不存在突变。

(2) 利用 Mann—Kendall 法进行气候突变检测,首先定义一个统计量,并给定显著性水平,按时间顺序计算出  $UF$  的统计量序列,逆时间序列计算  $UB$  的统计量。若  $UF > 0$ ,表明序列呈上升趋势, $UF < 0$  则表明下降趋势;当超过临界线时,表明上升或下降趋势显著;超过临界线的范围为出现突变的时间区域;若  $UF$  和  $UB$  相交在临界线内,交点为突变开始时间。

(3) 气候异常判断标准:某一时段气候要素距平超过标准差的 2 倍以上,则判定为该时间段内气候要素异常。

## 2 结果与分析

### 2.1 气候年际变化趋势特征

对中天山北坡山区气候要素进行线性回归分析

(图1),并对回归系数和方程分别进行  $t, F$  检验。分析认为,近 30 a 来,气温呈显著性升高趋势,变暖态势明显,中、高山带气温变化过程相对较一致,由于海拔高度差,高山带年平均气温始终低于中山带。中山带气温均值为 2.2 °C,最高平均气温 3.7 °C,出现在 2006 年,最低平均气温 0.1 °C,出现在 1984 年,气温均值变幅为 3.6 °C,气温变化倾向率为 0.74 °C/10 a ( $P < 0.05$ ),这远高于全国及北疆其它区域的升温速率<sup>[7,12]</sup>,高山带气温均值为 -4.9 °C,年际气温均值变幅小于中山带,为 2.9 °C,变化倾向率为 0.60 °C/10 a ( $P < 0.05$ ),气温上升态势弱于中山带,说明近 30 a 来中山带气温上升速率显著,对全球气候变暖响应明显。

从中天山北坡山区降水随时间变化曲线可知(图1),近 30 a,降水呈波动上升过程,中、高山带总体趋势一致,但过程存在差异。中山带年降水量均值为 518.0 mm,是高山带的 1.1 倍;中、高山带年最大降水量分别为 632.4、691.7 mm,年最小降水量较为接近,为 300 mm 左右;中山带降水量年际间变幅为 387.0 mm,高山带为 293.4 mm,但年降水量极值出现年份不一致。中、高山带降水变化倾向率分别为 12.9 mm/10 a ( $P = 0.492$ )、39.0 mm/10 a ( $P = 0.019$ ),高山带降水量增加速率显著。以上分析表明,中天山北坡山区近 30 a 来降水增加明显,尤其是 20 世纪 80 年代中后期以来,降水增加显著;据李栋梁等人研究认为 1980 年代中期至 1990 年代,西北地区冬季(1月)西风偏弱,南风偏强,有利于源自印度洋及西太平洋的水汽输送<sup>[15]</sup>。可见,中天北坡山区降水量的显著增加,可能是受西风势力减弱和南来水汽增多的影响。

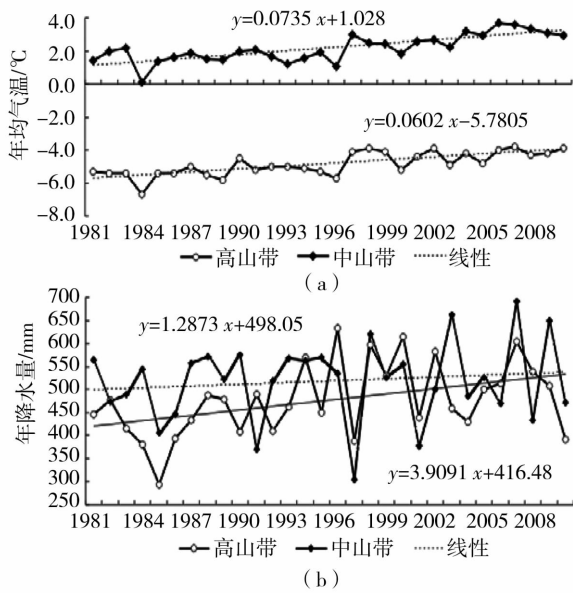


图1 中天山北坡山区年平均气温(a)及年降水量(b)年际变化

Fig. 1 The yearly variation of annual mean temperature(a) and precipitation(b) in study area

对气候要素变化特征进一步分析认为(表2),气温、降水统计数据分布比正态更分散,均呈低峰负偏态,其中,中山带降水量呈明显负偏态,偏度系数为-0.35,峰度系数为-0.40。对数据的离散程度分析可以认为,近30 a来,中山带气温波动变化程度较高山带明显,离散系数为0.38;中、高山带年降水量离散系数差别不大,分别为0.16、0.17;在地理分布上,中山带降水量变率小,降水量年际变化相对稳定。在时间序列上气候存在相对异常年份,高山带气温在2006年显著偏多,但未达到异常标准,中山带显著偏暖年份为1997年,在1984年中、高山带均为气候异常偏冷年份,较30 a均值分别偏低-2.1、-1.9℃;降水量分别在1996、2007年发生异常偏多,较均值偏多34.0%、33.0%,在1985、1997年为降水异常偏少年份,较均值分别下降了41.2%、32.5%,由此可见,中、高山带由于海拔高度变化,气温、降水在时间序列上变化特征存在一定的差异。

表2 中天山北坡山区气候要素统计特征值

Tab. 2 The statistical characteristics of climatic element in study area

气候要素	均值	最大值	最小值	偏度	峰度	标准差	离散系数	气候异常年份	
年均气温/℃	高山带	-4.9	-3.8	-6.7	-0.33	-0.14	0.71	0.14	2006 <sup>+</sup> , 1984 <sup>- -</sup>
	中山带	2.2	3.7	0.1	-0.09	-0.13	0.84	0.38	2007 <sup>+</sup> , 1984 <sup>- -</sup>
年降水量/mm	高山带	477.1	632.4	293.4	-0.16	-0.26	80.74	0.17	1996 <sup>++</sup> , 1985 <sup>-</sup>
	中山带	518.0	691.7	304.7	-0.35	-0.40	86.78	0.16	2007 <sup>++</sup> , 1997 <sup>-</sup>

注: ++ 异常偏暖(偏多), + 显著偏暖(偏多), - 异常偏冷(偏少), - - 显著偏冷(偏少)

### 2.2 气候代际变化趋势

从中天山北坡山区气候代际的变化特征(表3)可以看出,气温在近30 a来呈现上升趋势,1980年代为相对低温期,1990年代表现出逐步增温的态势,至21世纪继续增温,且年代均值达到最大,中、高山带分别为3.04、-4.24℃,呈现为正距平状态;从离散系数分析认为中山带在1980年代气温变率较大,且随时间变化趋于相对稳定的增温趋势,高山带却表现出相反的特征;高山带在1990年代增温态势趋以显著,倾向率为0.87℃/10 a ( $P < 0.05$ ),中山带在1980年代增温趋势较弱,随

后逐步增强,至21世纪达到显著的增温趋势( $P < 0.05$ ),平均每10 a气温上升0.81℃。降水量的年代际变化特征相对较为复杂,高山带降水量从1980年代的421.1 mm增加到1990年代的514.1 mm,而至21世纪略微减少;中山带则表现为先减后增的年代际特征,在21世纪增加至最大值526.6 mm,离散系数也达到最大,说明在最近10 a内,降水量相对偏多,但年间变率较大,稳定性相对较差。综合30 a来气温、降水量的变化来看,可以认为气候代际变化经历了一个由“冷干—暖湿”的相对变化过程。

表3 中天山北坡山区气候要素年代际变化特征

Tab.3 The decadal characteristics of climatic element in the study area

要素	时段	均值		距平		离散系数		倾向率	
		高山带	中山带	高山带	中山带	高山带	中山带	高山带	中山带
气温/°C	1981~1990	-5.44	1.54	-0.59	-0.63	0.10	0.38	0.55	0.24
	1990~2000	-4.86	1.92	-0.01	-0.25	0.12	0.32	0.87	0.78
	2001~2010	-4.24	3.04	0.61	0.87	0.18	0.15	0.45	0.81
降水量/mm	1981~1990	421.1	514.8	-56.05	-3.22	0.14	0.11	56.2	56.2
	1990~2000	514.1	512.6	36.99	-5.38	0.17	0.19	71.1	71.1
	2000~2010	496.1	526.6	19.07	8.60	0.14	0.20	80.1	80.1

注:倾向率的单位(°C/10 a,mm/10 a)

### 2.3 气候季节变化趋势特征

在全球变暖背景下,不同区域对全球升温的响应程度有差异,并且明显升温的季节也有差异。从各个季节气温线性拟合变化趋势来看(图2),中、高山带季节气温呈现上升趋势。1980~1990年代中期,4季都处在相对较低的温度期;除夏季外,1997年其它季节出现一个相对高峰值,随后开始呈现波动的升温趋势,这种增暖过程与西北其它区域变暖趋势基本一致<sup>[7]</sup>,但增暖的幅度相对偏大。近30 a来,各季节平均气温呈增加趋势,中、高山带各季显著性水平 $P$ 均 $<0.05$ ,中山带春、夏、秋、冬线性倾向率分别为 $0.75$  °C/10 a、 $0.93$  °C/10 a、 $0.95$  °C/10 a、 $0.47$  °C/10 a;高

山带分别为 $0.67$  °C/10 a、 $0.56$  °C/10 a、 $0.79$  °C/10 a、 $0.47$  °C/10 a;中山带秋季增暖速率最大,夏季次之,春季和冬季最小,高山带秋季增暖趋势显著,其次为春季,夏季和冬季较小。对各季节与年气温进行显著性水平相关性分析发现,中、高山带相关系数均通过了 $0.01$ 的显著性水平检验,其中秋季相关系数均为 $0.67$ ,达到了极显著相关关系。说明4季气温的变化对年气温影响比较显著,相对而言,秋季增暖最为明显,冬季增暖最为缓慢。这从一个侧面说明近30 a来增暖现象主要是由于秋季升温造成的,研究结果与东北、华北等地的增暖趋势相反,却与干旱区绿洲气温季节变化趋势相一致<sup>[16]</sup>。

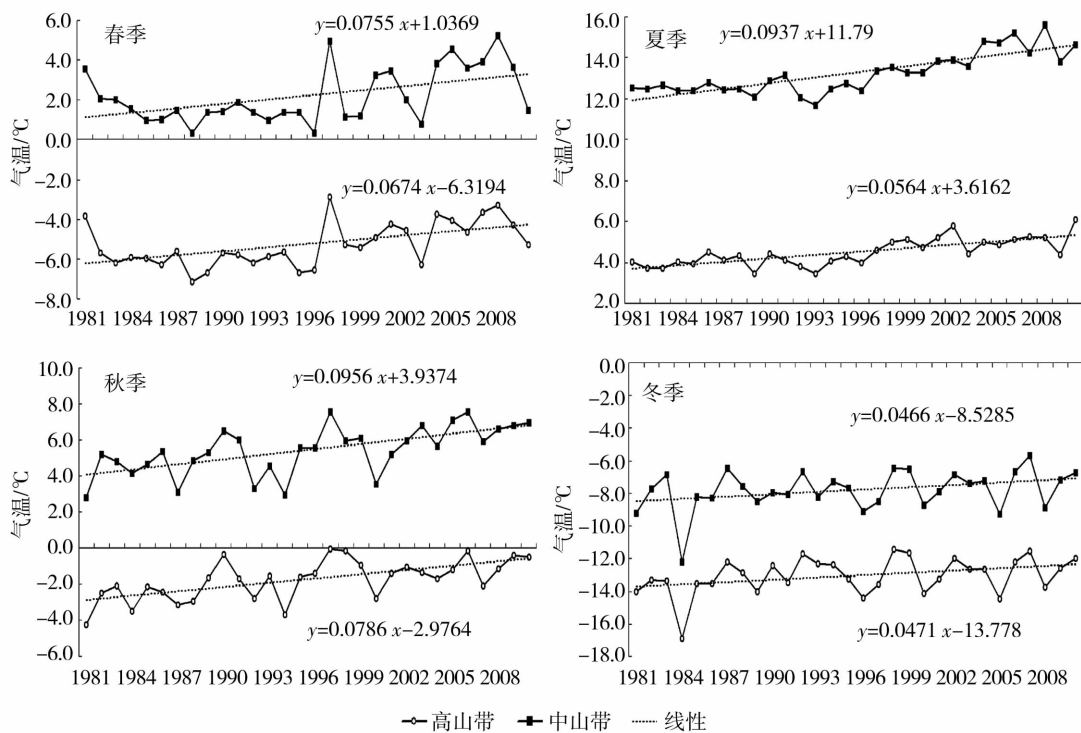


图2 中天山北坡山区气温季节变化特征

Fig.2 The seasonal characteristics of air temperature in study area from 1981 to 2010

从图 3 中看出,中、高山带各季节降水量呈波动变化过程,与降水量的年变化趋势不完全一致,季节变化差异较大。在全年的分布中,夏季降水量分别占到全年降水量的 53.0%、67.0%,其次为春季;冬季降水量最小,仅为全年降水的 3%~7%。从季节变化趋势来看,降水量在春季、冬季中山带明显高于高山带,夏季小于高山带,秋季相接近。高山带各个季节降水量均呈增加态势,其中夏季降水量增加显著,倾向率 26.59 mm/10 a ( $P = 0.094$ ),其次春季,秋季增加最为缓慢,每 10 a 略增 0.4 mm;中山带各个季节降水变化趋势存在不一致的增加过程,其中

春季增加显著,倾向率为 23.6 mm/10 a ( $P < 0.05$ ),其次为冬季;夏季、秋季却呈负增加趋势,夏季降水量减小明显,可见中山带春季降水量的增加对全年降水量增加的贡献最大,一定程度上弥补了夏、秋季降水量的减少。结合近 30 a 的气温分析,得出高山带在秋季、冬季相对为一个冷干的气候特征,夏季气候趋于相对冷湿的状态;中山带春季、冬季趋于暖湿化,而夏季、秋季趋于暖干化。以上分析可以认为,中天山北坡山区降水量总体呈增加趋势,但各个季节变化趋势差异明显,年际间变率较大,降水量波动明显。

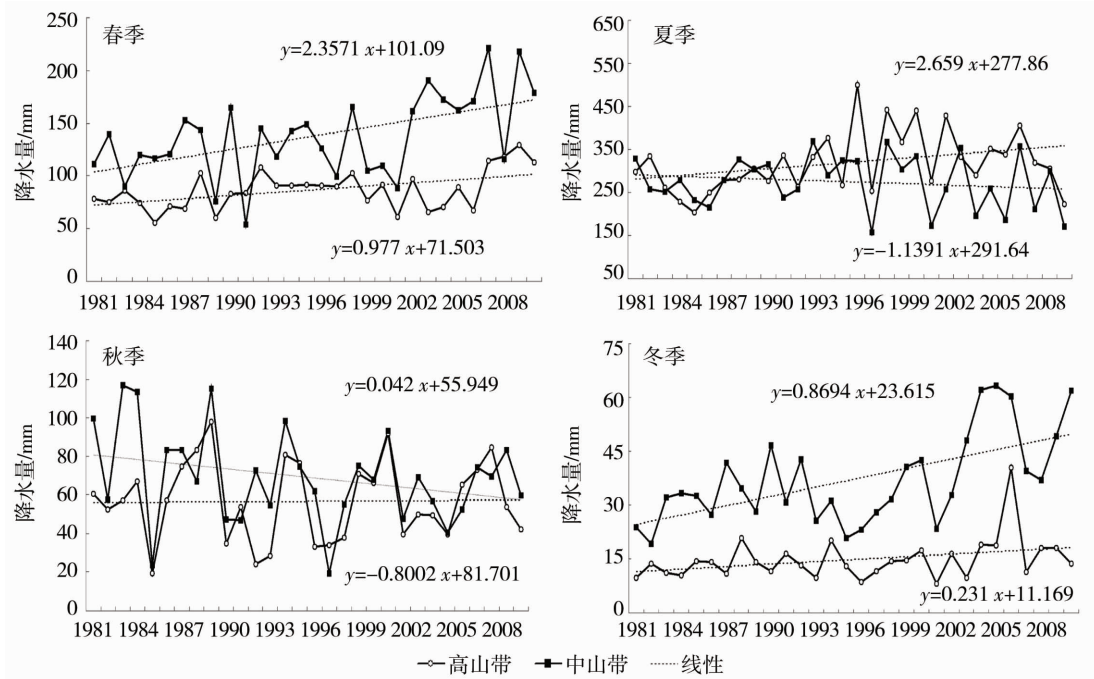


图 3 中天山北坡山区降水量季节变化特征

Fig. 3 The seasonal characteristics of annual precipitation in study area from 1981 to 2010

### 2.4 气候时间序列的突变分析

利用 Mann - Kendall 突变检验法来分析其突变点,子序列长度为 5,显著性水平 0.001 ( $U_{\alpha} = \pm 2.56$ )。由图 4 可知,中天山北坡气温总体呈上升趋势,高山带在 1980~1990 年代前期  $UF$  呈缓慢波动上升过程,1990 年代中期前后快速上升,在 1993 年与  $UB$  出现交点,并在 2000 年突破临界线,经对转折年份进行信噪比检验发现  $S/N < 1$ ,突变不明显,只能作为转折年份。中山带在 1980~1990 年代  $UF$  表现出缓慢的上升态势,在 1997 年后  $UF$  快速上升,升温显著,交点(2001 年)出现在临界线范围之内,经检验  $S/N$  的值为 1.2,可确定为气温的突变年份,突变前后气温相

差 1.3 °C,2004~2010 年为突变的时间区域。

从降水量的突变检验曲线来看,高山带降水量  $UF$  曲线在 1980 年代前期为下降趋势,1980 年代中期开始快速上升,并在 1990 年、1991 年连续出现 2 个交点( $S/N < 1$ ),突变不显著,仅表明在 1980 年代后期降水量增加趋势明显;中山带降水量的  $UF$  曲线变化相对复杂,在 1980 年代前、中期, $UF < 0$  表明降水量呈下降趋势,后期  $UF$  开始上升,并  $> 0$ ,随之出现波动上升趋势,但趋势不显著,与  $UB$  出现 5 个交点( $S/N < 1$ ),未发生明显的突变,更未出现显著的突变时间区域,交点的形成可能为降水量年际间的波动造成的。

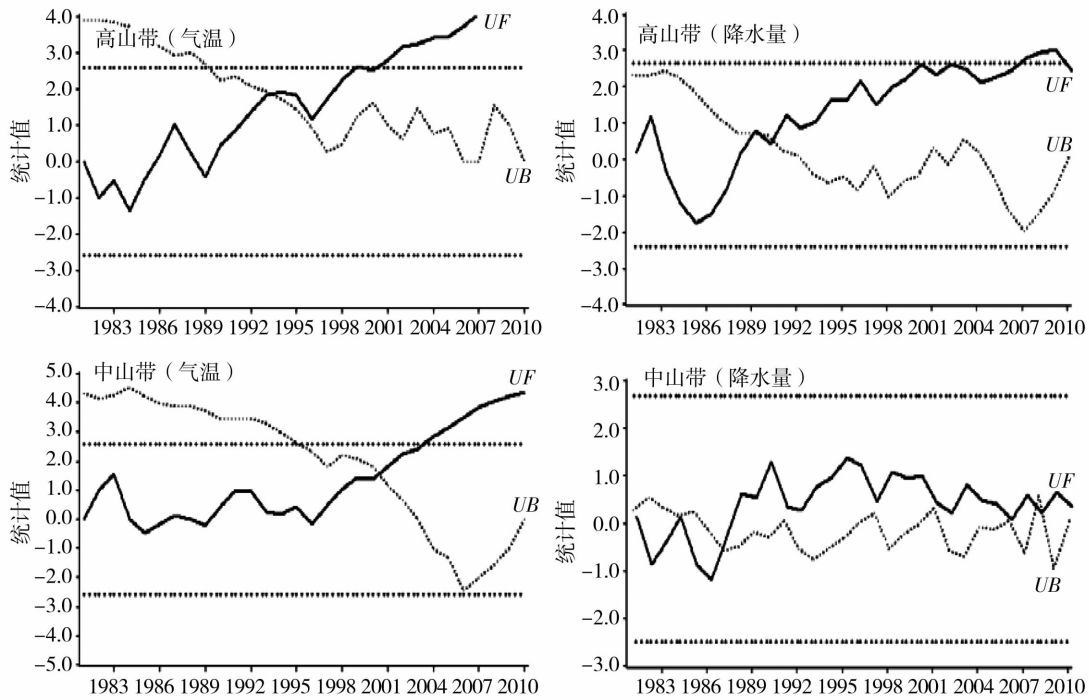


图 4 中天山北坡山区气候要素 Mann - Kendall 突变检验

Fig. 4 The Mann - Kendall mutation analysis of climatic element in the study area

### 2.5 气候变化的周期分析

为了探讨中天山北坡山区气候要素的周期振荡特征,对气温、降水量进行小波分析,频率取样起始值

设定为 0, 取样间隔 3, 等值线条数 10(图 5)。研究表明,近 30 a 来中天山北坡山区气温、降水具有一定的周期性变化规律,高山带气温存在 3 a、6~7 a 的振荡

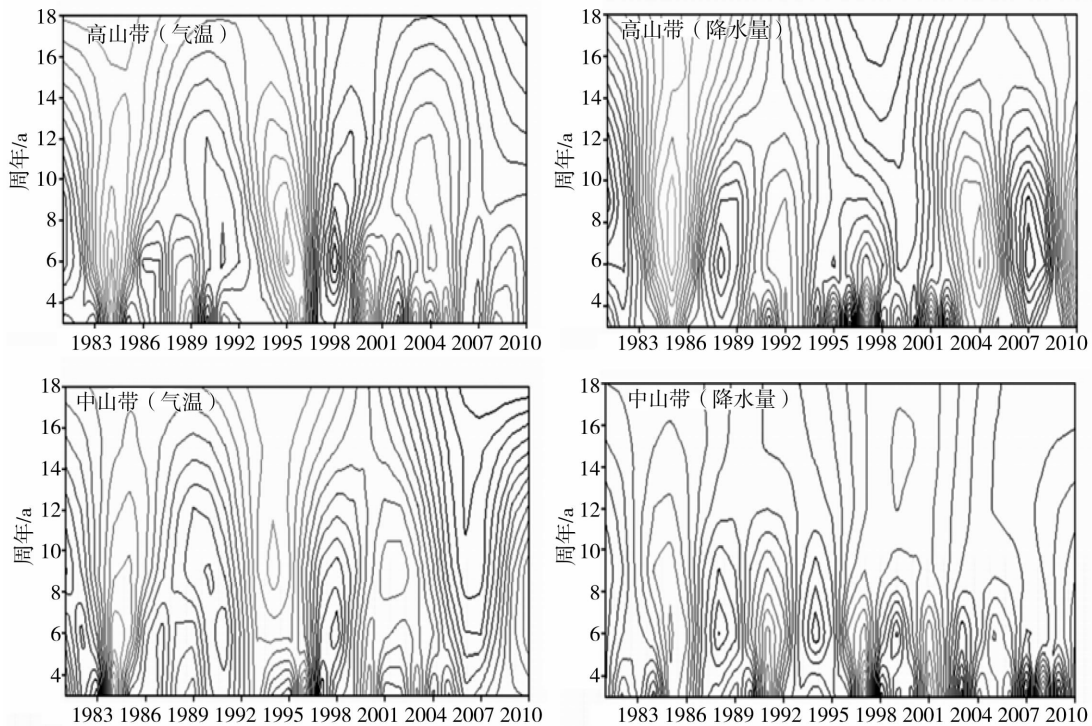


图 5 中天山北坡山区气候要素小波周期分析

Fig. 5 The wavelet analysis of climatic element in the study area

周期,其中在1980年代前期以6~7 a大振幅周期为主,中后期3 a短周期变化趋于明显,1990年代以后振荡周期由长变短,振幅变大;中山带气温存在3 a,7 a的相间周期振荡变化,至21世纪,振荡振幅明显变大,且<18 a的周期性不显著。从降水的周期分析可知,高山带在1989~2002年间,基本上是以明显的3 a周期为主,其它时间段以6~7 a为周期变化;中山带降水量振荡周期较为复杂,在1980年代中前期以7 a为主,随着时间的推移,周期逐步变短,至21世纪3 a周期显著。进一步的小波方差分析表明,气温、降水均存在准3 a、准7 a的周期。

### 3 结果与讨论

(1)近30 a来,中天山北坡山区气温呈显著性升高趋势,中、高山带气温变化倾向率分别为0.74 °C/10 a、0.60 °C/10 a;降水量变化倾向率分别为12.9 mm/10 a、39.0 mm/10 a。

(2)1980年代为相对低温期,1990年代逐步增温,21世纪气温相对偏高;高山带的降水量年代际变化为先增后略减,中山带却是相反的过程;在近30 a气候经历了一个由“冷干—暖湿”的变化过程。

(3)中、高山带各季节气温随时间变化呈增加趋势,中、高山带秋季增暖趋势显著。降水主要集中在夏季,高山带夏季降水量增加明显;中山带春季倾向率为23.6 mm/10 a,其次为冬季,夏季、秋季却呈负增加趋势。

(4)突变检验和周期分析表明,高山带气温在1993年发生转折,但突变不明显( $S/N < 1$ ),中山带气温在2001年发生显著性的增温突变;降水未出现显著的突变年份。中、高山带气候要素3 a高频振荡周期明显,6~7 a的周期振荡一致性较好。

中天山北坡地处中纬度欧亚大陆腹地,远离海洋,气候干燥,年降水量少,蒸发强烈,属于大陆性干旱气候,而天山山区由于受海拔高度变化的影响,形成了干旱气候环境下特殊的山地气候,山区相对湿润的气候环境与戈壁、沙漠、绿洲城市气候有着非常显著的差异。在全球变暖和水分循环加快的背景下,增加了气候突变的可能性,中天山北坡山区的气候变化与全国和新疆气候变化趋势基本一致,但又具有明显的区域性特点,近30 a来,山区增温速率远远高于全球<sup>[1]</sup>、全国<sup>[2]</sup>的平均速率,甚至高于我国北方地区平均增速<sup>[7]</sup>。相关研究认为我国增温主要发生在冬季和春季<sup>[2]</sup>,中天山山区秋季增温显

著,冬季却是增温最为缓慢的,但与地域相邻的绿洲城市石河子的季节增温特点相似<sup>[16]</sup>。在小区域范围内由于海拔高度变化的差别,多年平均降水量中山带是高山带的1.1倍,但近30 a高山带降水量增速是中山带的3倍之多,且季节变化特征不一致。高山带在冬季为一个相对冷干的气候特征,夏季气候趋于相对冷湿的状态,中山带冬季趋于暖湿化,而夏、秋季趋于暖干化,这与绿洲城市暖湿化季节相似,暖干化季节不同<sup>[16]</sup>。山区由于海拔、下垫面与周围大环境存在显著的差异,对全球气候变化的响应有着其特点,因此研究与大背景气候具有显著差异的山区气候变化,可以完善区域气候变化的精细化研究,加深对气候变化的认识和理解。

#### 参考文献:

- [1] IPCC. Summary for Policymakers of the Synthesis Report of the IPCC Fourth Assessment Report[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- [2]《第二次气候变化国家评估报告》编写委员会. 第二次气候变化国家评估报告[M]. 北京:科学出版社,2011.
- [3] 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报, 1994,52(3):261-273.
- [4] 林学椿,于淑秋. 近40年我国气候趋势分析[J]. 气象,1990,16(10):16-21.
- [5] 秦大河. 气候变化的事实与影响及对策[J]. 中国科学基金, 2003,17(1):1-13.
- [6] 胡汝骥,樊自立,王亚俊,等. 近50a新疆气候变化对环境影响评估[J]. 干旱区地理,2001,24(2):97-103.
- [7] 施雅风,沈永平,李栋梁,等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究,2003,23(2):154-164.
- [8] 何清,杨青,李红军. 新疆40年来气温、降水和沙尘天气变化[J]. 冰川冻土,2003,25(4):423-427.
- [9] 马洪亮,马燕,薛福民. 天山天池近49年气候变化特征[J]. 气象科技,2010,38(2):209-213.
- [10] 李帅,李祥余,何清,等. 阿勒泰地区近40年的气候变化研究[J]. 干旱区研究,2006,23(4):637-642.
- [11] 袁玉江,穆桂金. 新疆天山山区近40年春季气候变化特征与平原区的比较[J]. 干旱区地理,2004,27(1):35-39.
- [12] 赵勇,何清,霍文. 库姆塔格沙漠周边气候变化特征分析[J]. 干旱气象,2010,28(3):291-296.
- [13] 任宜勇. 新疆决策气象服务手册[M]. 乌鲁木齐:新疆大学出版社,2006.
- [14] 魏凤英. 现代气候诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,1999.
- [15] 李栋梁,魏丽,蔡英,等. 中国西北现代气候变化事实与未来趋势展望[J]. 冰川冻土,2003,25(2):135-142.
- [16] 蒲云锦,赵桢柳,韩春光. 新疆石河子近40a气候变化特征[J]. 干旱气象,2008,26(4):56-60.

## Analysis of Climate Change Tendency in Northern Piedmont of Middle Tianshan Mountain over Recent 30 Years

WAN Yu, CAO Xing, CUI Yuling, GONG Hengrui, JIA Jian

(Urumqi Meteorological Bureau of Xinjiang, Urumqi 830002, China)

**Abstract:** Based on the monthly temperature and precipitation data in the northern piedmont of middle Tianshan Mountain from 1981 to 2010, the climate change trend was analyzed by using linear fitting method, Mann – Kendall test and wavelet analysis method. The results showed that temperature and precipitation presented increasing tendency with the rate of 0.74, 0.60 °C/10 a and 12.9, 39.0 mm/10 a in the middle and the top of middle Tianshan Mountain, respectively. From the middle – later of the 1980s, precipitation increased significantly. It had an obviously warming trend in autumn, and precipitation mainly concentrated in summer and in four seasons it presented increasing trend in the high region of the middle Tianshan Mountain, and more significant in summer. However, precipitation in the middle region of the middle Tianshan Mountain showed a decreasing trend in summer and autumn. Air temperature appeared an abrupt increase in 2001 in the middle zone of the middle Tianshan Mountain. There were three years and six to seven years oscillation cycles for temperature and precipitation.

**Key words:** middle Tianshan Mountain; mountain area; climate; characteristic; abrupt change

.....

(上接第 562 页)

## Analysis on Structure Characteristic of Two Cold Vortex Processes

JING Ying<sup>1,2</sup>, MIN Jinzhong<sup>1</sup>, LI Zongtao<sup>3</sup>, FAN Rong<sup>4</sup>, ZHAO Na<sup>5</sup>

(1. Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 2. Hebei Provincial Meteorological Bureau, Shijiazhuang 050021, China; 3. Hebei Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050021, China; 4. Xinle Meteorological Station of Hebei Province; Shijiazhuang 050021, China; 5. Hebei Meteorological Service Center, Shijiazhuang 050021, China)

**Abstract:** Based on the NCEP/NCAR 1° × 1° reanalysis data, conventional meteorological data and automatic observations, the two strong convective weather processes caused by cold vortex on June 17, 2010 and May 31, 2005 were analyzed. The three – dimensional structure characteristic analysis showed that cold vortex and strong convective weather were all located in southwest quadrant of 4 – 7 latitudes departing from the center of the cold vortex. The greater inclination of positive vorticity column was more advantageous to the hail weather generation. Low – level convergence, high – level convergence, and strong vertical velocity were favorable for hail weather occurring. If temperature advection on 500 hPa and 850 hPa in the southeast quadrant of cold vortex were warm, convective weather would mainly bring precipitation, but if temperature advection on 500 hPa in the southeast quadrant of cold vortex was cold, and warm on 850 hPa, convective weather would mainly bring strong wind and hail. And there was good corresponding relation between the low – level strong frontogenesis region and strong convective weather areas. North side of the positive frontogenesis function center often occurred a wide range of hail weather. Strong convective weather generation in the two weather processes were due to the superposition of the ground cyclonic convergence center and temperature frontal zone. The ground cyclonic convergence center played a well dynamic lifting role in the thunderstorms trigger and development processes.

**Key words:** cold vortex; hail; storm; structural features