

# 新疆近54年气温和降水变化特征

热孜宛古丽·麦麦提依明<sup>1,2</sup>, 杨建军<sup>1,2</sup>, 刘永强<sup>1</sup>, 郭玉川<sup>1</sup>, 何学敏<sup>2</sup>

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 教育部绿洲生态重点实验室, 乌鲁木齐 830046)

**摘要:**利用新疆50个气象站1960—2013年的月、年的平均气温和降水量资料,采用线性倾向率法、累积距平法、Mann-Kendall法等方法,对新疆近54a来的气候变化和突变现象进行了研究,利用反距离插值法分析新疆气温和降水的空间分布。结果表明:近54a来,新疆年平均气温变化在6.2~9.0℃,年平均气温在波动中逐渐上升,气候倾向率0.32℃/10a,其突变发生在1965年和1977年。新疆各站点多年平均气温为0.95~14℃,整体上表现为由南向北降低的趋势,南疆的气温最高,依次为天山山区,北疆的气温最低。新疆年降水量变化在93.20~205.80mm,整体上呈现上升趋势,气候倾向率为8.23mm/10a,新疆年降水量突变发生在1963年、1975年、1978年和1980年。新疆各站点多年降水量为34.20~261.00mm,整体上表现为由南向北增多的趋势,北疆的降水量最多,其次为天山山区,南疆的降水量最少。

**关键词:**气候变化; 气温; 降水量; 新疆

**中图分类号:** P467

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2016)02-0128-06

## Characteristics of Changes in Temperature and Precipitation in Xinjiang in Recent 54 Years

Reziwanguli · Maimaitiyiming<sup>1,2</sup>, YANG Jianjun<sup>1,2</sup>,

LIU Yongqiang<sup>1</sup>, GUO Yuchuan<sup>1</sup>, HE Xuemin<sup>2</sup>

(1. School of Resources and Environmental Science, Xinjiang University,

Urumqi 830046, China; 2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** Monthly and annual average precipitation and temperature data from 1960 to 2013 were used to study the variation trends of average temperature and precipitation on annual-scale and seasonal-scale in recent 54 years. The linear regression method, accumulative anomaly method and Mann-Kendall method and inverse distance weighted (IDW) interpolation were used in this study. The results were as follows. The annual average temperature varied between 6.2℃ and 9.0℃, and the annual average temperature rose gradually in fluctuation. The climate increasing trend rate was 0.32℃/decade over the recent 54 years, and the abrupt change in temperature occurred in year 1965 and year 1977. Those annual average temperatures were interpolated using inverse distance weighted (IDW) interpolation to reveal their spatial distributions. The results showed that the annual average temperature varied between 0.95℃ and 14℃ at each meteorological station. The temperature trend decreased from southern Xinjiang to northern Xinjiang, and the highest temperature was observed in southern Xinjiang, followed by Tianshan Mountains, and the lowest temperature occurred in northern Xinjiang. The annual precipitation varied from 93.20 mm to 205.80 mm, and the annual precipitation showed an increase trend in recent 54 years, which increased by 8.23 mm/decade. The abrupt change in precipitation occurred in 1963, 1975, 1978 and 1980. The IDW results showed that the annual precipitation varied from 34.20 mm to 261.00 mm at each meteorological station. The highest precipitation was observed in the northern Xinjiang, and then the next high precipitation occurred in the Tianshan Mountains of Xinjiang. The lowest precipitation occurred in the southern Xinjiang.

**Keywords:** climate change; temperature; precipitation; Xinjiang

干旱半干旱区降水稀少、水资源缺乏、生态环境极其脆弱,对全球变化的响应十分敏感<sup>[1]</sup>。新疆深居中纬度欧亚大陆腹地,各种天气系统活动频繁,沙漠、戈壁广布,距海较远<sup>[2]</sup>,很容易受到气候变化的影响。徐贵青、魏文寿等对新疆的气候变化研究得出,新疆温度变化和全国的变化较为一致,即年均温呈稳定的上升趋势,降水变化较为复杂<sup>[3]</sup>。唐湘玲、璐鑫等对新疆气候变化研究得出,年平均气温和降水呈上升趋势,平均气温每升高1℃导致冰川物质平衡变化约300 mm,冰川的融化速度将来还可能继续加速<sup>[4]</sup>。大量研究表明,新疆的气温和降水呈上升趋势<sup>[5-7]</sup>。新疆近50 a(1956—2005年)来增温速率约0.28℃/10 a<sup>[8]</sup>。新疆近50 a(1960—2005年)来降水增多速率为9.50 mm/10 a<sup>[9]</sup>。虽然上述研究已对新疆气候变化展开大量研究,但各研究使用的方法不同,而且大部分针对某一个地区,对新疆的总体研究较少,而针对新疆气温和降水的时空分布及变化规律的研究也不多,且以往的研究大多对气温或降水的单一气象要素进行分析,所用气象要素资料的长度和气象站数也不尽一致。本文利用新疆的50个气象站1960—2013年的月和年平均气温和降水量数据,采用线性倾向率法、累积距平法、Mann-Kendall法和反距离插值法,分析新疆气温和降水的趋势变化,突变特征和空间分布变化,以期进一步了解新疆气候变化规律,提高新疆应对全球变暖所带来的威胁和灾难的能力。

## 1 研究区概况

新疆位于中国的西北部,地处欧亚大陆中心,北纬34°22′—49°33′,东经73°41′—96°18′。本文将新疆划分为北疆、天山山区和南疆三大区域进行研究。

## 2 资料与研究方法

### 2.1 资料

本研究气象数据来自于中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn>)中国地面气候资料月值数据集、中国地面气候资料年值数据集。为保证各站点资料系列的同步性和具有较长的观测系列,本文使用从1960—2013年的月、年平均气温和降水数据,缺测数据太多的气象站点被剔除,最终选取新疆的50个气象站。

### 2.2 研究方法

本文对新疆气温和降水量的季节、年和年代际变化进行了研究,季节划分方法为:春季(3—5月)、夏季(6—8月)、秋季(9—11月)和冬季(12月—翌年2月)。

由于随时间变化的一系列气象数据(如气温和降水)构成了一个气候时间序列,所以采用一元线性趋势分析和累积距平分析可以诊断气候序列的变化趋势<sup>[10]</sup>。本文采用该方法对气候数据序列进行变化趋势分析,其具体计算公式可参考文献<sup>[10-11]</sup>;随时间变化气温和降水发生从一个统计特性到另一个统计特性的急剧变化,因此采用曼—肯德尔(Mann-Kendall)法对气候要素序列进行气候突变检测,其具体方法可参考有关文献<sup>[12-13]</sup>;反距离权重插值(IDW)法是一种常用而简便的空间插值方法,其计算方法可以参考文献<sup>[14-16]</sup>。本文利用GIS的空间分析功能,采用反距离空间插值方法做出新疆气温和降水量以及气温与降水倾向率的分布图。

## 3 结果与分析

### 3.1 气温与降水量的年际变化趋势

1960—2013年新疆年平均气温变化在6.2~9.0℃,年平均气温在波动中逐渐上升,气候倾向率0.32℃/10 a,线性变化趋势显著(通过 $\alpha=0.05$ 水平的F分布显著性检验)(图1),明显高于全国平均增暖速率0.22℃/10 a<sup>[17]</sup>。新疆的四季平均气温均呈现增高的趋势,其中秋和冬季增温幅度差别不大,分别达到0.38℃/10 a,0.37℃/10 a;春季次之,为0.31℃/10 a;夏季增温幅度最小,为0.21℃/10 a(图1)。全国四季均温增暖速率分别为:冬季0.36℃/10 a,春季0.23℃/10 a,秋季0.19℃/10 a,夏季0.12℃/10 a<sup>[17]</sup>,可知新疆年均温和四季均温变化趋势与全国年均温和四季均温变化趋势相同,但新疆的年均温和四季均温增暖速率却高于全国水平。

1960—2013年新疆年降水量变化在93.20~205.80 mm,年降水量在波动中上升,气候倾向率为8.23 mm/10 a,线性变化趋势显著(通过 $\alpha=0.05$ 水平的F分布显著性检验)(图1),1960—2013年新疆季节降水量都呈相同的上升趋势和不同的变化强度。夏季降水增强幅度最大,为3.58 mm/10 a;其次冬季最大,为2.03 mm/10 a;秋季为1.53 mm/10 a;春季增强幅度最小,为1.29 mm/10 a(图1)。

### 3.2 气温与降水量的年代际变化

新疆气温年代际变化呈现偏冷—变暖—偏冷的周期性,但总体上呈现上升趋势。季节温度的年代际变化也总体上呈现增暖趋势,但周期性有所不同,即春季气温呈现变暖—偏冷—变暖—偏冷的变化性;夏季是变暖—偏冷的周期性;秋季出现偏冷—变暖—偏冷—变暖—偏冷的变化;冬季一直呈现偏冷的趋势(表1)。

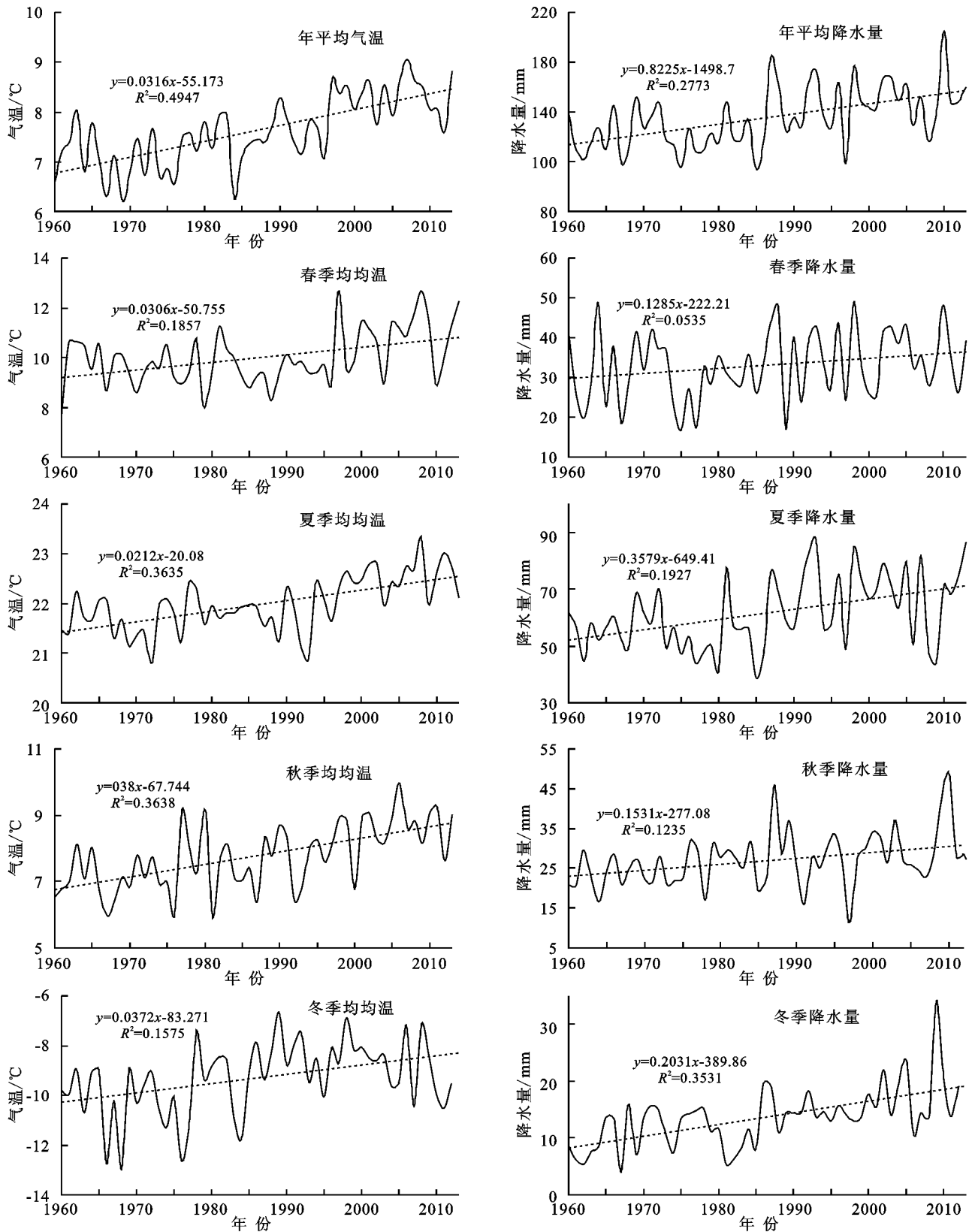


图 1 新疆气温与降水量的年、季节变化

新疆降水量年代际变化趋势是 1969—1977 年, 1987—1995 年呈现显著性减少, 1960—1968 年, 1986—1987 年呈现无显著性减少, 1996—2004 年, 2005—2013 年呈无显著性的增加, 整体上呈现出增加的趋势。春季降水量的年代际变化呈现减少的趋

势, 夏、秋和冬季降水量呈现增加的趋势(表 2)。

### 3.3 气温与降水量的空间变化

采用 IDW(反距离权重)插值对 50 个站年平均气温和降水量进行内插, 得到新疆气温和降水量变化的空间分布图(图 2)。

3.3.1 气温的空间变化 新疆各站点多年平均气温为 0.95~14℃(图 2a),最高的温度分布在南疆,其次为天山山区,北疆的气温最低,但是增温幅度较南疆高;北疆增温幅度最高的地方的气候倾向率为 0.49~0.51℃/10 a,南疆增温幅度最低的地方的气候倾向率为 0.27~0.29℃/10 a,天山山区居中(图 2b)。

表 1 新疆年、季节温度距平年代际变化℃

季节	1960—1968 年	1969—1977 年	1978—1986 年	1987—1995 年	1996—2004 年	2005—2013 年
春	0.07	0.03	−0.09	0.08	0.04	−0.03
夏	0.01	0.11	0.00	0.04	0.04	−0.02
秋	−0.06	0.06	−0.09	0.04	0.05	−0.09
冬	−0.33	−0.33	−0.16	−0.13	−0.15	−0.20
年	−0.03	0.05	−0.06	0.00	0.06	−0.04

表 2 新疆年、季节降水量距平年代际变化mm

季节	1960—1968 年	1969—1977 年	1978—1986 年	1987—1995 年	1996—2004 年	2005—2013 年
春	−0.68	−2.93	−0.05	−1.03	0.19	−0.24
夏	−0.61	−2.69	−0.46	−0.47	0.11	1.61
秋	0.27	0.56	−0.15	−1.11	1.27	0.46
冬	0.73	0.35	0.18	−0.17	0.56	0.29
年	−1.12	−4.92	−0.87	−2.95	2.18	2.09

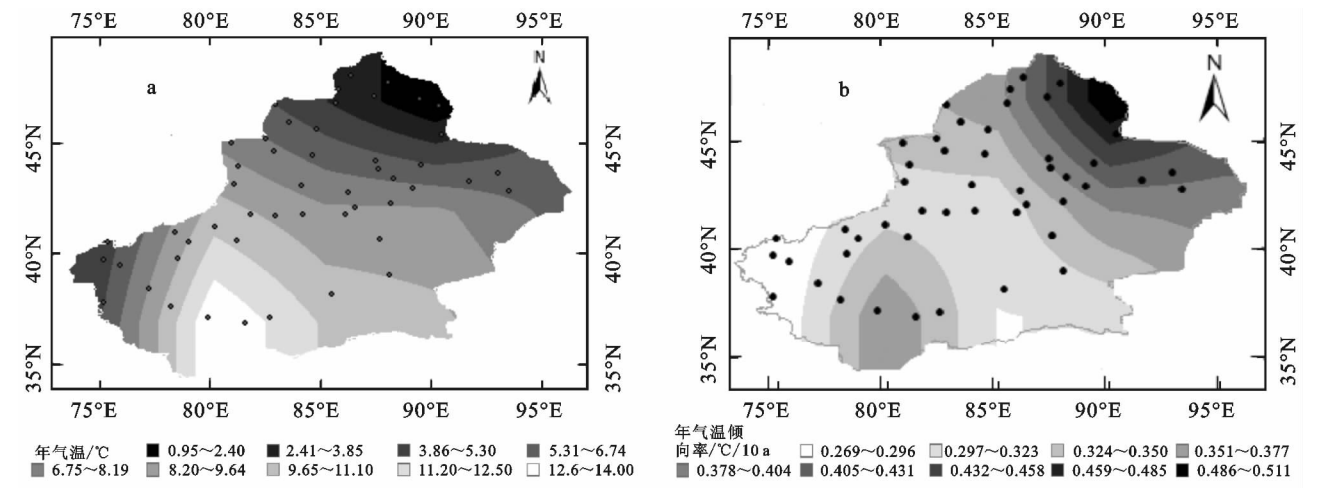


图 2 新疆 50 个气象站 1960—2013 年年平均气温和气温倾向率的空间分布

3.3.2 降水量的空间变化 新疆各站点多年降水量为 34.20~261.00 mm(图 3a),整体上表现为由南向北增多的趋势,从大的范围来看,其中北疆的降水量最多,其次为天山山区,南疆的降水量最少;北疆降水量增多幅度最高的地方的降水倾向率为 11.20~12.10 mm/10 a,南疆降水量增多幅度最低的地方的降水倾向率为 3.07~4.07 mm/10 a,天山山区居中(图 3b)。

3.4 年均气温和年降水量累积距平分析

年均气温累积距平分析结果显示,1960—2013 年新疆年平均气温累积距平从整体上呈现“V”字形变化,1960—1989 年内温度处于低值阶段,1990—2013 年内气温处于高值阶段,说明新疆温度经历了低值—高值的变化阶段(图 4)。降水量累积距平分析结果表明,1960—2013 年新疆年降水量累积距平呈现“V”字形变化(图 5)。1960—1986 年内年降水

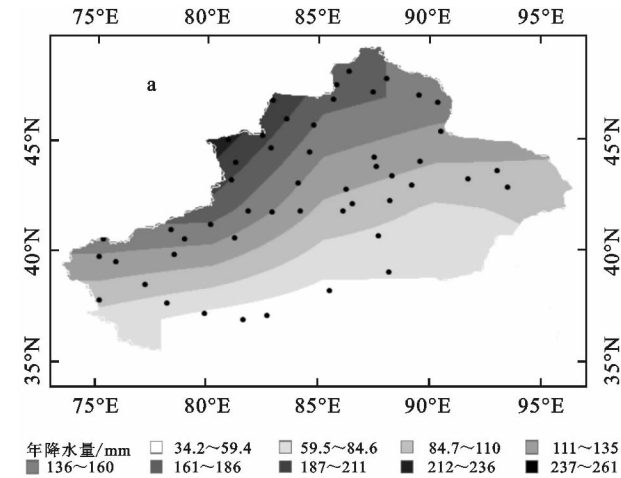
量处于低值阶段,其中,1968—1972 年出现一个缓和的阶段,1987—2013 年内年降水量处于高值阶段。

3.5 年均气温和年降水量突变检测

用 Mann-Kendall 法对新疆 1960—2013 年平均气温进行突变检验分析(图 6)。由图 6 可以看出,UF<sub>k</sub> 曲线在 1960—1963 年前呈现波动上升的趋势,1964—1970 年呈现波动下降趋势,1974—1976 年呈现波动下降趋势,之后呈现波动上升趋势,1991 年之后这种上升趋势超过了显著性水平 0.05 的置信水平。UF<sub>k</sub> 曲线在置信区间内与 UB<sub>k</sub> 曲线有两个交点(1965 年、1977 年),说明 1965 年和 1977 年是气温发生突变的年份。

年降水量的 Mann-Kendall 检验结果显示(图 6),UF<sub>k</sub> 线在 1960—1962 年、1967—1968 年、1973—1980 年、1985—1986 年呈现波动下降趋势;1963—1966 年、1969—1972 年、1981—1984 年呈现波动上升趋势,这种

上升趋势在 1992 年超过了显著性水平 0.05 的置信水平。 $UF_k$  曲线在置信区间内与  $UB_k$  曲线有四个交点



(1963 年、1975 年、1978 年、1980 年),说明 1963 年、1975 年、1978 年、1980 年是降水量发生突变的年份。

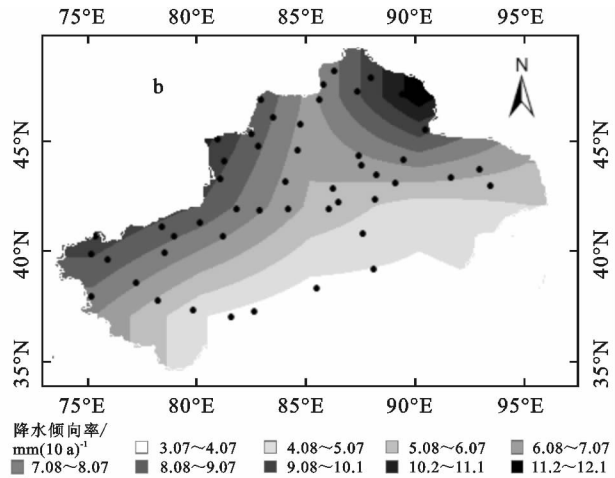


图 3 新疆 50 个气象站 1960—2013 年年降水量与降水倾向率的空间分布

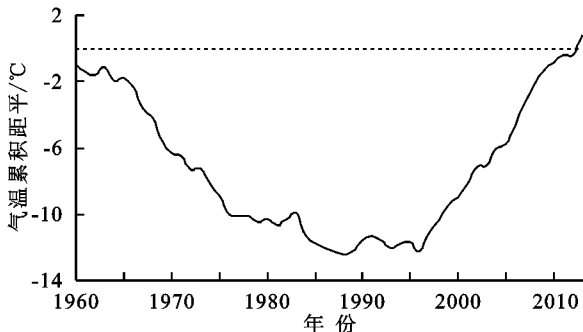


图 4 新疆年平均气温累积距平值

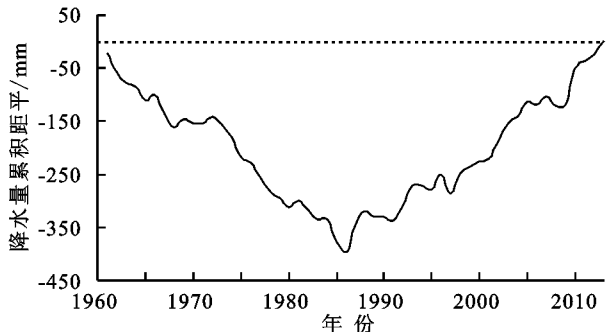


图 5 新疆年降水量累积距平值

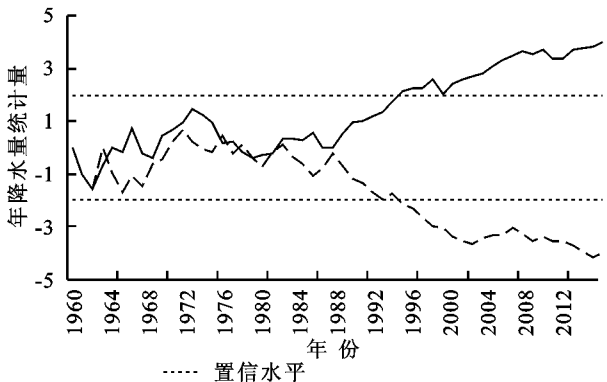
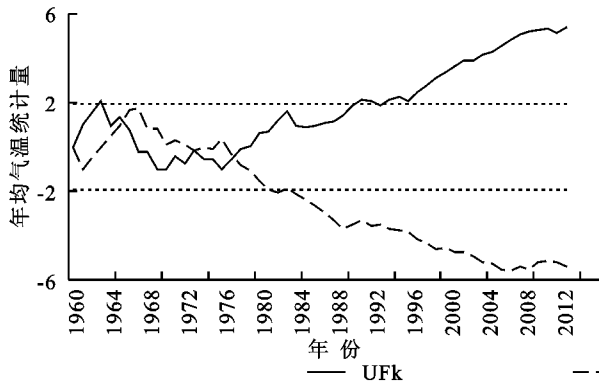


图 6 新疆年平均气温和年降水量的 Mann-Kendall 突变判别曲线

## 4 讨论

本研究中新疆年平均气温上升趋势显著,年平均气温以  $0.32^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ (通过  $\alpha=0.05$  水平的  $F$  分布显著性检验)的速率上升。中国气候变化趋势分析得出,到 2020 年中国的气温比至今上升  $1.3\sim 2.1^{\circ}\text{C}$ ,到 2050 年的时候比以前升高  $2.3\sim 3.3^{\circ}\text{C}$ <sup>[18]</sup>,本研究气温上升趋势与其结果相一致。新疆 45 a(1961~2005)温度变化特征得出,新疆的增温速率为  $0.29^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ <sup>[19]</sup>,与本研究有差异,原因是时间序列和气象站数量的不同所引起。年平均气温累积距平经历了“V”字形的变化过程,气温的最低值出现在 1987 年。新疆的气温突变

点为 1965 年和 1977 年,与其他人得出的结果有较小的差异<sup>[20]</sup>,原因首先是时间序列和气象站数量有差别,其次上述研究按北疆、天山区、南疆来分析突变点,对全疆气温突变点分析的研究较少。

新疆降水量整体呈现上升趋势,气候倾向率为  $8.23\text{ mm}/10\text{ a}$ (通过  $\alpha=0.05$  水平的  $F$  分布显著性检验)。邓振镛、张强等通过中国北方 50 a 来的降水资料分析得出新疆近 50 a 降水量呈现增多趋势<sup>[21]</sup>,该结果与本研究结果相一致。张生军、王天明等得出 1960—2005 年降水增长率为  $9.50\text{ mm}/10\text{ a}$ <sup>[9]</sup>。普宗朝、张山清等的计算结果表明全疆平均年降水量以  $9.123\text{ mm}/10\text{ a}$  的倾向率增多<sup>[22]</sup>。上述结果与本研

究结果基本相一致。普宗朝和张山清对新疆夏半年(1961—2008年)降水变化特征得出,近48a降水总体上以5.882 mm/10 a的倾向率增多<sup>[23]</sup>,与本研究结果有差异的原因是时间长度和气象站数量有差异所引起。累积距平经历了低值—高值的变化阶段,降水最低值出现在1986年。新疆降水的突变点是1963年、1975年、1978年、1980年。目前为止新疆整体的降水突变点分析的研究几乎没有,大部分研究将新疆分为北疆、天山区、南疆,所以与本研究得出的突变点有差异。

新疆气候变化与全球和全国气候变化趋势基本一致,但又具有显明的区域性特点<sup>[24]</sup>与本文新疆近54a温变暖较明显的地区为南疆,北疆地区偏冷较明显的结果相一致。降水量较多的地区为北疆和天山山区。韩雪云、杨青等对新疆天山山区降水变化特征结果表明,天山山区的降水量呈上升趋势,降水量在南疆地区分布最少<sup>[25]</sup>与本文结果相一致。

## 5 结论

(1) 新疆年平均气温上升趋势显著,年平均气温以0.32℃/10 a(通过 $\alpha=0.05$ 水平的 $F$ 分布显著性检验)的速率上升,其突变发生在1965年和1977年。四季平均气温均呈现增高的趋势,其中秋季和冬季增温幅最大。气温年代际变化呈现偏冷—变暖—偏冷的周期性,季节温度的年代际变化也总体上呈现增暖趋势,但周期性有所不同,即春季气温呈现变暖—偏冷—变暖—偏冷的变化趋势;夏季是变暖—偏冷的周期性;秋季出现偏冷—变暖—偏冷—变暖—偏冷的变化;冬季一直呈现偏冷的趋势。

(2) 新疆年降水量变化较明显,整体呈现上升趋势,气候倾向率为8.23 mm/10 a(通过 $\alpha=0.05$ 水平的 $F$ 分布显著性检验),新疆年降水量突变发生在1963年,1975年,1978年和1980年。四季都呈现上升趋势,夏季降水增强幅度最大,冬季为其次,春季增强幅度最小。新疆降水量年代际变化整体上呈现出增加的趋势,春季降水量的年代际变化呈现减少的趋势,夏、秋和冬季降水量呈现增加的趋势。

(3) 新疆近54a新疆气温变暖较明显的地区为南疆,北疆地区偏冷较明显。新疆降水量较多的地区为北疆和天山山区,南疆的降水量最少。

### 参考文献:

[1] 黄建平,季明霞,刘玉芝,等.干旱半干旱区气候变化研究综述[J].气候变化研究进展,2013,9(1):9-14.  
[2] 李培月,刘璐,高晓花.也谈全球气候变暖问题[J].环境科学与管理,2009,34(11):4-49.  
[3] 徐贵青,魏文寿.新疆气候变化及其对生态环境的影响[J].干旱区地理,2004,27(1):14-18.

[4] Tang X, Lv X, He Y. Features of climate change and their effects on glacier snow melting in Xinjiang, China[J]. Comptes Rendus Geoscience, 2013,345(2):93-100.  
[5] 李珍,姜逢清.1961—2004年新疆气候突变分析[J].冰川冻土,2007,29(3):351-359.  
[6] 刘波,冯锦明,马柱国,等.1960—2005年新疆气候变化的基本特征[J].气候与环境研究,2009,14(4):414-426.  
[7] 张延伟,魏文寿,姜逢清,等.近50a新疆气温和降水量变化及其与NAO指数的交叉小波谱分析[J].高原气象,2012,31(4):974-982.  
[8] Li Qihu, Chen Yaning, Shen Yanjun. Spatial and Temporal Trends of Climate Change in Xin Jiang, China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2011,21(6):1007-1018.  
[9] 张生军,王天明,王涛,等.新疆近50a来降水量时空变化及其突变分析[J].中国沙漠,2010,30(3):668-674.  
[10] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007.  
[11] 贺伟,布仁仓,熊在平,等.1961—2005年东北地区气温和降水变化趋势[J].生态学报,2013,33(2):519-531.  
[12] 符淙斌,王强.气候突变的定义和检测方法[J].大气科学,1992,16(4):482-493.  
[13] 孙秀忠,孙照渤,罗勇.1960—2005年东北地区降雪变化特征研究[J].气象与环境学报,2010,26(1):1-5.  
[14] 吴文玉,马晓群,陈晓艺,等. GIS支持下安徽省近35a参考作物蒸散量的时空变化[J].农业工程学报,2010,26(2):251-256.  
[15] 何清,袁玉江,魏文寿,等.新疆地表水资源对气候变化的响应初探[J].中国沙漠,2003,23(5):17-20.  
[16] 邓晓斌.基于ArcGIS两种空间插值方法的比较[J].地理空间信息,2008,6(6):85-87.  
[17] 任国玉,郭军,徐铭志,等.近50a中国地面气候变化基本特征[J].气象学报,2005,63(6):942-956.  
[18] Qin Dahe, Ding Yihui, Su Jilan, et al. Assessment of Climate and Environment Changes in China(I): Climate and Environment Changes in China and Their Projections[J]. Advances in Climate Change Research, 2006(2):1-5.  
[19] 胡春丽,艾丽坤.新疆45a温度变化特征[A].中国气象学会,2007.  
[20] 甘艳露,李宏,马勇刚,等.近50a新疆北疆地区气候变化趋势分析研究[J].云南地理环境研究,2012,24(6):80-86.  
[21] 邓振镛,张强,尹宪志,等.干旱灾害对于干旱气候变化的响应[J].冰川冻土,2007,29(1):114-118.  
[22] 普宗朝,张山清,王胜兰,等.近48a新疆干湿气候时空变化特征[J].中国沙漠,2011,31(6):1563-1572.  
[23] 普宗朝,张山清.1961—2008年新疆夏半年干湿气候时空变化[J].干旱区资源与环境,2011,25(9):138-144.  
[24] 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.  
[25] 韩雪云,杨青,姚俊强.新疆天山山区近51a来降水变化特征[J].水土保持研究,2013,20(2):139-144.