

# 近 40 a 石河子地区气候暖湿化特征分析

范丽红<sup>1,2,3</sup>, 何清<sup>3</sup>, 崔彦军<sup>4</sup>, 潘晓玲<sup>1,2</sup>

- (1. 新疆大学资源与环境科学学院 绿洲生态重点实验室 新疆 乌鲁木齐 830046 ;
2. 干旱半干旱可持续发展国际研究中心 新疆 乌鲁木齐 830046 ;
3. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所 新疆 乌鲁木齐 830002 ;
4. 新疆兵团林业调查规划设计院 新疆 乌鲁木齐 830011 )

**摘 要** :分析了 40 a 气温、降水及干旱指数的变化特征 结果表明 ( 1 )近 40 a 石河子地区平均温度以  $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$  趋势上升 和全疆变化一致 该地区年、冬季、夏季气温总体呈上升趋势 20 世纪 60 ~ 70 年代年、冬季、夏季气温呈降低的趋势 80 ~ 90 年代气温呈增加趋势 80 年代冬季升温比夏季升温明显 而 90 年代夏季升温比冬季明显。( 2 )降水总体趋势上升 降水增长率为  $12.5\text{ mm}/10\text{ a}$  , 90 年代平均降水比 30 a 均值偏多 20.8%。( 3 )年平均干旱指数总体呈下降趋势 但趋势不明显 其减少率为  $-0.3/10\text{ a}$ 。( 4 )石河子地区的温度、降水及干旱指数用 Mann - kendall 方法检验分别在不同年份发生了不同程度的突变。结果指出 石河子地区气候正在趋于暖、湿化 这对于本区绿洲的发展具有有利的一面。

**关键词** :石河子地区 ;气温 ;降水 ;干旱指数 ;突变  
**中图分类号** :P467 **文献标识码** :A

## 引 言

气候作为人类赖以生存的自然环境的重要组成部分 它的任何变化都会对自然生态系统以及社会经济系统产生深远的影响。IPCC 第 3 次评估报告指出 :全球平均地表温度自 1861 年以来一直在增高 20 世纪增加了  $0.6 \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。近百年来中国气候也在变暖 通过众多气候学家的努力 对中国气候变化的研究取得了大量有价值的结果<sup>[1]</sup>。

丁一汇、戴晓苏<sup>[2]</sup>对中国近百年来温度变化的研究结果进行了综述 王绍武等<sup>[3]</sup>给出了中国百年温度序列。他们得到的较一致结论是 ( 1 )近百年来中国气候变化趋势与全球总趋势基本一致 全国气温上升了  $0.4 \sim 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ,略低于全球平均的  $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( 2 )中国 20 世纪初为冷期 其后逐步回升 到 1940 ~ 1949 年间达到最暖 之后又迅速变冷 且持续到 70 年代 然后再次出现回升。王绍武等<sup>[4]</sup>曾给出东部 35 个站百年降水序列 陈隆勋等<sup>[5]</sup>和翟盘

茂<sup>[6]</sup>对近 40 ~ 50 a 的中国降水研究表明 全国年降水量呈减少趋势 但西部降水量增长趋势明显 其中西北最为明显 而西南一些地区有减少趋势。同时 冬季降水普遍增多 秋季大部分地区降水量趋于减少<sup>[7]</sup>。丁一汇等<sup>[8]</sup>的研究表明 我国西北地区的气候变化与全球气候变化基本一致 目前仍属于暖期。施雅风等<sup>[9]</sup>提出了我国西北气候可能从 20 世纪的暖干向暖湿转型。何清等<sup>[10]</sup>研究指出 40 a 来新疆气温呈明显上升趋势 后 10 a ( 1991 ~ 2000 年 ) 比前 30 a 平均气温升高 降水变化的总趋势是增湿明显 后 10 a 与前 30 a 相比降水增加。

石河子地区地处天山北麓中段 古尔班通古特大沙漠南缘 即  $84^{\circ}58' \sim 86^{\circ}24' \text{E}$   $43^{\circ}26' \sim 45^{\circ}20' \text{N}$  , 海拔高度差异较大 属典型的温带大陆性气候 冬季长而严寒 夏季短而炎热。石河子地区主要以农业为主 并且为灌溉农业区。因此 研究石河子地区的气温、降水以及干旱指数的变化规律对本地区的农业发展具有一定的参考意义。

## 1 资料与方法

利用 1961~2001 年石河子地区气象观测资料, 选取气温、降水、干旱指数作为研究对象, 对各气温、降水求其季节、年代平均值, 并求其季、年、年代距平值, 分析其不同季节、年代的变化特征, 用线性拟合方法分析其变化趋势, 对干旱指数做了年际的变化分析。其中 3~5 月代表春季, 6~8 月代表夏季, 9~11 月代表秋季, 12~2 月代表冬季。

## 2 研究区气温的变化特征

### 2.1 年平均气温的年代变化

由图 1 的变化趋势分析, 40 a 来石河子地区气温呈明显上升趋势, 尤以 20 世纪 90 年代的升温最为明显。40 a 的年际平均增温率达到  $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ , 其变化趋势与新疆气温的变化趋势(尤其是北疆地区)相一致<sup>[10]</sup>。说明石河子地区是我国平均气温升高较为明显的地区。

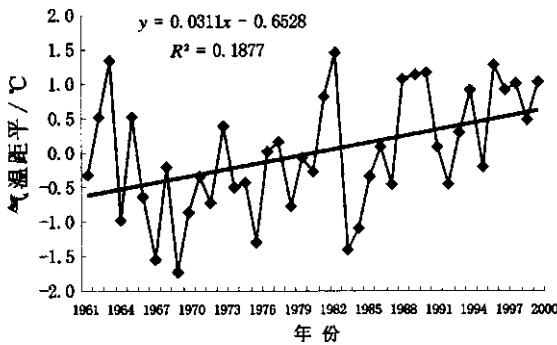


图 1 石河子地区年平均气温变化  
(折线为距平曲线, 直线为趋势线)

Fig. 1 The yearly change of annual average temperature in Shihezi region

表 1 为石河子地区年平均气温、夏季和冬季平均气温距平。从表 1 也可以看到年平均气温总体呈升高趋势, 20 世纪 60~70 年代负距平明显, 为相对偏冷期, 80~90 年代正距平显著增加, 为相对偏暖期。90 年代与 60 年代相比距平值升高  $0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 年平均气温也升高了  $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

表 1 石河子地区气温变化(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

Tab. 1 The decadal change of temperature and temperature anomalies in Shihezi region (Unit:  $^{\circ}\text{C}$ )

	年平均气温	年平均气温距平	夏季平均气温距平	冬季平均气温距平
1961~1970 年	7.0	-0.3	-0.4	-0.6
1971~1980 年	6.9	-0.4	-0.2	-0.7
1981~1990 年	7.4	0.1	0.0	0.4
1991~2001 年	8.0	0.6	0.5	0.8

### 2.2 年平均气温的季节变化

石河子地区冬季、夏季平均气温均为上升趋势, 但上升率不同。从线性拟合看, 冬季平均气温上升率为  $0.47\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ , 而夏季平均气温上升率为  $0.27\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。冬季平均气温上升率大于夏季平均气温上升率。从表 1 可以看到, 不同年代冬、夏季平均气温变化差异显著。20 世纪 60~70 年代年、冬、夏季平均气温均为负距平, 冬、夏季平均气温均较低, 为偏冷阶段, 70~80 年代年平均气温距平由  $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  升高到  $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 增温明显, 夏季平均气温距平为 0, 冬季距平为 0.4, 说明冬季增温幅度较大, 年平均气温升高主要是冬季增温的贡献。到了 90 年代冬、夏季平均气温距平均为正, 夏季增温幅度较大, 但总体看, 60~90 年代冬季增温幅度高于夏季。

## 3 研究区降水及干旱指数的变化特征

### 3.1 降水的气候变化特征

分析石河子地区 40 a 来的降水量, 发现石河子地区年降水量呈增加趋势, 按线性拟合计算, 其增长率为  $12.5\text{ mm}/10\text{ a}$  (图 2)。由图 2 可知, 年降水量总趋势增加, 但年降水量变化在各个年代、年际的情况有所不同, 可以分成以下几个阶段:

(1) 20 世纪 60、70 年代降水相对偏少, 平均距平值分别为  $-15.7$  和  $-7.0$ , 为相对干旱期。

(2) 80、90 年代降水增加, 平均距平值均  $>0$ , 尤其是 90 年代降水增加显著。

(3) 年降水量在 1969~1972、1987~1988、1993~1994、1998~1999 年偏多, 40 a 来最湿年为 1999 年, 比前 30 a 均值偏多 42.2%, 最干年为 1978 年, 比 30 a 均值偏少 72.6%, 20 世纪 90 年代平均降水比 30 a 均值偏多 20.8%。

(4) 降水量一般集中在春、夏、秋 3 季, 由表 2 可以看出, 各年代降水量季的变化不同, 20 世纪 60~70 年代春、秋季降水量增多而夏季减少, 70~80 年代春、夏季减少而秋季增多, 80~90 年代秋季减少而春、夏

季增多。但平均下来,降水总体呈增加趋势。

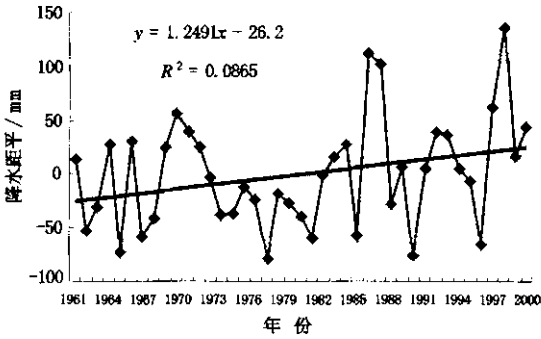


图2 石河子地区年降水量变化(折线为距平曲线,直线为趋势线)

Fig.2 The change of yearly precipitation in Shihezi region

表2 年均降水量、春夏秋冬季和年均降水距平(单位:mm)  
 Tab.2 The decadal change of average rainfall and precipitation anomalies (Unit:mm)

	年平均降水量	年均降水距平	春季降水距平	夏季降水距平	秋季降水距平
1961~1970年	186.4	-15.7	-1.2	3.7	-3.6
1971~1980年	195.1	-7.0	0.8	-0.8	-0.2
1981~1990年	208.7	6.6	-0.2	-5.0	3.4
1991~2000年	218.3	16.2	0.5	2.1	0.4

### 3.2 干旱指数的年际变化分析

干旱指数指的是年蒸发能力与年降水量之比,通常以干旱指数作为区别各地区气候干湿程度的指标。近40a石河子地区,计算发现在温度升高的同时蒸发力却下降了,蒸发力下降原因可能是由于降水量的增加,导致空气湿度增加所致。计算发现石河子地区干旱指数从20世纪70年代的8.4下降到90年代的7.4,按线性拟合计算,其减少率为-0.3/10a,下降的趋势比较平缓,如图3所示(其中1963年缺测)。

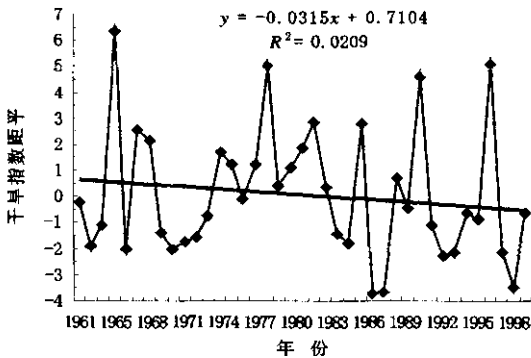


图3 石河子地区年平均干旱指数的变化  
 (折线为距平曲线,直线为趋势线)

Fig.3 The change of yearly average aridity index in Shihezi region

由图3分析可得:

(1) 石河子地区40a来年平均干旱指数为7.8,总体变化呈下降趋势,但不很明显,按线形拟合法得出其减少率为-0.3/10a,说明石河子地区干湿状况比较稳定。

(2) 年平均干旱指数年际间变化较大,最大值出现在1965年为14.1,最小值出现在1987年为4.1,二者差值为10。

## 4 石河子地区40a温度、降水及干旱指数的突变分析

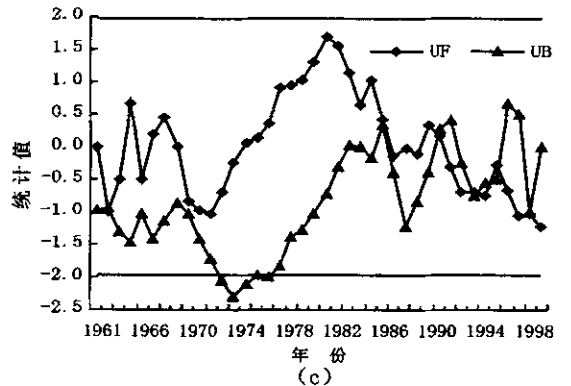
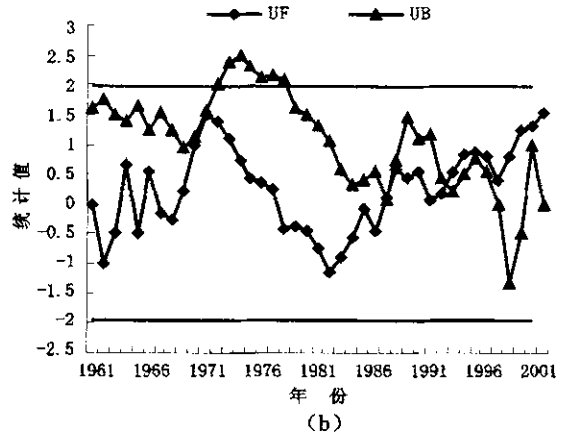
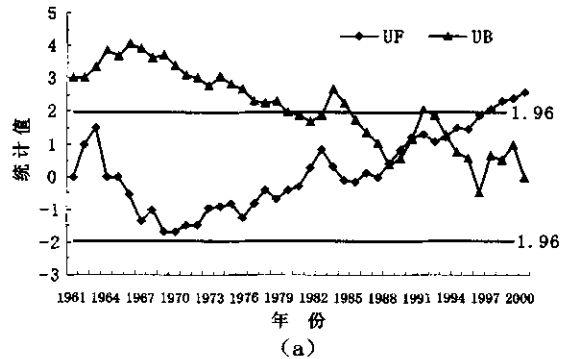


图4 石河子地区 Mann-Kendall 气候突变检验  
 Fig.4 Mann-Kendall test for the abrupt climate change with time in Shihezi region

气候突变是指在较短时期内由一种相对稳定的气候状态,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<sup>[11]</sup>。目前检测突变的方法有多种,这里采用多数人认为理论基础和应用效果好的 Mann-kendall 法,对石河子地区的气温、降水及干旱指数进行突变检验。

在 Mann-kendall 突变检测图 4 中,如果 UF 与 UB 在临界值  $\pm 1.96$  ( $\alpha = 0.05$ ) 之间有一个显著的交点,且 UF 上升超过  $+1.96$  或下降  $< -1.96$ ,则可以认为序列产生了突变,前者表示从低向高突变,后者从高向低突变,并且这个交点就是突变的开端,反之,则认为没有突变产生<sup>[12]</sup>。图 4(a)、(b)、(c) 分别是石河子地区气温、降水、干旱指数突变图。由图 4(a) 可见,石河子地区气温在 1989 年发生了由低向高的突变(UF 上升超过  $+1.96$ )。

由图 4(b)、(c) 可以看出,石河子地区降水从 1993 年发生了由低到高的突变,但突变不显著;而干旱指数自 1992 年开始发生了下降的突变,突变也不显著。针对西北地区出现的一些现象,施雅风等<sup>[9,13]</sup>捕捉到了这些现象之间的关系,并提出了西北气候可能正由暖干向暖湿转型的论断。对于本地区来说,气候趋于暖湿化以及干旱指数的下降有利于绿洲化过程。

## 5 结论与讨论

(1) 1961 年以来石河子地区年、冬季、夏季平均气温以及最低、最高气温均呈明显上升趋势。40 a 来本地区气温总体升高的主要贡献是冬季温度的升高。

(2) 石河子地区近 40 a 来的年降水量总体呈上升趋势,特别是 20 世纪 80、90 年代降水量增加较为明显,90 年代平均降水比 30 a 均值偏多 20.8%。40 a 来,干旱指数总体呈下降趋势,但变化不明显,其减少率为  $-0.3/10$  a。

(3) 40 a 来石河子地区的气温及降水呈现出由低到高不同程度的突变,干旱指数呈现下降的突变,其突变出现的时间均不同。

(4) 40 a 来石河子地区气候变化趋势与全国气温升高的变化趋势大体一致,但与全国降水减少的趋势却有所不同<sup>[14]</sup>。干旱指数的下降趋势比较平

缓,变化比较稳定,比较适宜人类活动以及绿洲的发展。石河子地区气候趋于暖湿化对本区发展农牧业以及人类居住具有正面的影响。气温、降水等气候要素以及干旱指数的变化受天文、地理等因素影响,但人为因素的影响越来越突出<sup>[15]</sup>。随着人口迅速增长,工业、运输业等的快速发展,交通运输工具增多等等,都对各地区的大气条件、环境要素产生影响,进而影响各地区气候,因此,如何在城市建设、经济发展的同时合理地改善、利用气候资源是摆在我们面前的重要课题,应该引起全社会的重视。

## 参考文献:

- [1] 王遵娅,丁一汇. 近 50 年来中国气候变化特征的再分析[J]. 气象学报, 2004, 62(2): 228-236.
- [2] 丁一汇,戴晓苏. 中国近百年来温度变化[J]. 气象, 1994, 20(12): 19-26.
- [3] 王绍武,叶瑾琳,龚道溢. 近百年中国气温序列的建立[J]. 应用气象学报, 1998, 9(4): 392-401.
- [4] 王绍武,龚道溢. 全新世几个特征时期的中国气温[J]. 自然科学进展, 2000, 10(4): 325-332.
- [5] 陈隆勋,邵永宁,张清芬,等. 近四十年来中国气候变化的初步分析[J]. 应用气象学报, 1991, 2(2): 164-173.
- [6] 翟盘茂. 中国降水极值变化趋势检测[J]. 气象学报, 1999, 57(2): 208-216.
- [7] 王绍武,董光荣. 中国西部环境特征及其演变[A]. 秦大河主编. 中国西部环境演变评估(第一卷)[M]. 北京:科学出版社, 2002. 29-70.
- [8] 丁一汇,王守荣. 中国西北地区气候与生态环境概论[M]. 北京:气象出版社, 2001. 77-154.
- [9] 施雅风,沈永平,胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨[J]. 冰川冻土, 2002, 24(2): 219-226.
- [10] 何清,杨青,李红军. 新疆 40 a 来气温、降水和沙尘天气变化[J]. 冰川冻土, 2003, 25(4): 423-427.
- [11] 杨余辉,魏文寿,杨青,等. 新疆三工河流域山地、平原区气候变化特征对比分析[J]. 干旱区地理, 2005, 28(3): 320-324.
- [12] 魏凤英. 现代气候诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社, 1999. 69-72.
- [13] 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.
- [14] 徐影,丁一汇,赵宗慈. 近 30 年人类活动对东亚地区气候变化影响的检测与评估[J]. 应用气象学报, 2002, 13(5): 513-525.
- [15] 谢庄,曹鸿兴. 北京最高和最低气温的非对称变化[J]. 气象学报, 1996, 54(4): 501-506.

## The Climatic Analysis on Weather Modification in Mid – section of Qilian Mountain and Available Weather Patterns

LI Zong – yi , YANG Jian – cai , LI Rong – qing , CHENG Ying

( Lanzhou Central Meteorological Observatory , Lanzhou 730020 , China )

**Abstract** In this paper , the climate and weather characteristics in Suñan station which is located at the foot of the mid – section of Qilian mountain are analyzed in order to find the available weather patterns and days for weather modification. Results show that the annual precipitation in mid – section of Qilian mountain is much larger than that in Hexi basin , and the precipitation increases with the height above sea level , the annual average days available for weather modification are 146.4 d , the monthly rainy ( snowy ) days are more than 10 d from March to October in a year , it is convective rainfall mainly in May to August.

**Key words** Qilian mountain ; rainfall enhancement ; climatic analysis ; the available days for weather modification

( 上接第 17 页 )

## Analysis on the Climate Change towards Warming – wetting Trend in Shihezi Region in Recent 40 Years

FAN Li – hong<sup>1 2 3</sup> , HE Qing<sup>3</sup> , CUI Yan – jun<sup>4</sup> , PAN Xiao – ling<sup>1 2</sup>

( 1. Resource and Environment Science College , Key Laboratory of Oasis Ecology , Xinjiang University , Urumqi 830046 , China ;

2. International Center for Sustainable Development in Semi – arid and Arid Region , Urumqi 830046 , China ;

3. Institute of Desert Meteorology , CMA , Urumqi 830002 , China ;

4. Academy of Forest Inventory and Planning , Forestry Administration of Xinjiang Corps , Urumqi 830011 , China )

**Abstract** The changing characteristics of temperature , rainfall and aridity index in recent 40 years in Shihezi region were analyzed in this paper. The results show : ( 1 ) The changing trend of temperature there is on the increase of 0.3 °C/10 a , which is consistent with that in the whole region of Xinjiang ; the annual , winter and summer mean temperatures descended from 1960s to 1970s , ascended from 1980s to 1990s , and rose more obviously in winter than that in summer in 1980s but just the reverse in 1990s. ( 2 ) The rainfall increased generally , and the increasing rate is 12.5 mm/10 a , the mean precipitation in 1990s is 20.8% more than that in the past 30 years. ( 3 ) The annual mean aridity index descended generally , but the trend was not obvious , the descending rate is –0.3/10 a. ( 4 ) There were some abrupt changes with different degree in temperature , rainfall and aridity index in different years tested by Mann – Kendall means , all these showed that climate in Shihezi region was becoming warm and wet , and this is in favor of oasis development there.

**Key words** Shihezi region ; temperature ; rainfall ; aridity index ; abrupt change