

# 若羌绿洲近 55 a 气候变化基本特征

胡文峰<sup>1,2</sup>, 何清<sup>2</sup>, 金莉莉<sup>1,2</sup>, 赵聪敏<sup>1,2</sup>

(1. 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054;

2. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘要:**利用 1954~2008 年若羌气象站年平均气温、年降水量、年平均地面风速、年沙尘日数和沙尘暴日数等资料,分析了近 55 a 若羌绿洲地面气候变化基本特征。研究表明:(1)近 50 a 来若羌绿洲各气象要素综合表现为显著的暖湿化趋势,其中年平均气温增温速率普遍为  $0.25\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,高于  $0.22\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$  的全国平均水平,与全球变暖的大背景相一致;(2)年降水量表现为小幅增加趋势,降水增加速率为  $6.5\text{ mm}/10\text{ a}$ ,与新疆降水量增加的趋势一致;(3)年平均地面风速减小速率为  $0.08\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}/10\text{ a}$ ,主要是由于农林绿化的增加;(4)年沙尘日数、年沙尘暴日数都呈减少趋势,减少速率分别为  $21.6\text{ d}/10\text{ a}$  和  $4\text{ d}/10\text{ a}$ ,与降水量增加、生态改善、气候的暖湿化有关;(5)若羌绿洲的气温、降水、地面风速、年沙尘日数用 Mann-kendall 方法检验分别在不同年份发生了不同程度的突变。结果指出若羌绿洲气候正在趋于暖湿化。

**关键词:**若羌绿洲;气候变化;突变;变化趋势

**中图分类号:**P467

**文献标识码:**A

## 引言

全球气候变暖已成为气候研究的热点之一<sup>[1-3]</sup>,而全球气候与环境是长期以来人与自然关系失调的结果。工业、农业、交通运输的发展和城市化进程,使得人类对自然的干扰和破坏越来越严重。长期的累积过程导致了許多全球性的环境问题,其中最直接的就是全球气候变暖。气候是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。

第 4 次 IPCC 评估报告指出:近 100 a 全球平均地表气温上升了  $0.74\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,而过去 50 a 升温率几乎是过去 100 a 的 2 倍。中国气候近 100 a 来也在变暖,中国的气候学家对中国气候变化的研究取得了大量有价值的结果。丁一汇等<sup>[4]</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<sup>[5]</sup>等给出了中国近百年来温度序列。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  $0.4\sim 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  气温;(2)

中国 20 世纪初为冷期。其后逐步回升,在 1940~1949 年间达到最暖,之后又迅速变冷,且持续到 1970 年代,然后再次出现回升。王绍武<sup>[6]</sup>、陈隆勋<sup>[7]</sup>、翟盘茂<sup>[8]</sup>的研究表明,近几十年全国年降水量总体上呈减少趋势,但西部降水量呈明显的增长趋势,尤以西北地区最为明显,而西南一些地区有减少趋势。张强<sup>[9]</sup>研究表明 50 a 来,西北地区气温呈显著的上升趋势,降水变化空间差异突出,西北地区整体暖干化趋势明显,局部出现暖湿现象。左洪超等<sup>[10]</sup>对我国近 50 a 来的降水量变化进行了研究,得出新疆地区是降水量增加最快的地区。丁一汇等<sup>[11]</sup>指出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。同时,施雅风<sup>[12]</sup>等的研究也表明,我国西北气候可能从 20 世纪的暖干向暖湿转型。何清等<sup>[13]</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。赵鸿<sup>[14]</sup>等提出农业是对气候变化响应最为敏感的行业之一,气候变化对发展现代农业提出了前所未有的严峻挑战。

收稿日期:2011-03-16;改回日期:2011-05-19

基金项目:国家科技支撑计划课题(2008BAC40B05-01)及公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006012)共同资助

作者简介:胡文峰(1978-),男,安徽太湖县人,硕士研究生,主要从事气候变化和沙漠气象研究. E-mail:hwfeng123@sohu.com

若羌县地处欧亚大陆腹地,塔里木盆地东南部,四周为高山环抱,地形闭塞,距海远,海洋的潮湿空气不易侵入盆地,偶有潮湿空气自西部和北部进入盆地,也多以降水形式留在盆地西部和北部,到达盆地东部的暖湿空气甚少,因而降水稀少,是全国有名的干旱区。该区光热资源丰富,气温日较差和年较差大,大风风沙天气多,降水少,蒸发大,空气极端干燥。由于南部山区和北部平原地形地势相差悬殊,形成南北 2 个不同的气候区。本文分析了中部平原区的若羌绿洲地面气象要素变化规律。

## 1 资料与方法

用若羌气象站 1954~2008 年年平均气温、年总降水量、年地面风速、年沙尘天气及沙尘暴日数等资料,统计出了若羌气象站逐年年平均气温、年总降水量、年地面风速、年沙尘天气及沙尘暴日数,运用气候趋势分析及 Mann-Kendall 突变检测<sup>[15]</sup>等方法分析年平均气温、年总降水量、年地面风速、年沙尘天气及沙尘暴日数的变化。

## 2 年平均气温

### 2.1 趋势分析

由图 1a 可知,55 a 的年际平均增温率达到 0.25 °C/10 a,说明 55 a 来若羌绿洲气温明显呈上升趋势,这一变化趋势与我国西北地区、新疆气温的变化趋势相一致,尤以 1997 年以后的升温最为明显,说明若羌绿洲是我国平均气温升高比较明显的地区<sup>[16]</sup>。20 世纪 60~80 年代中期年平均气温负距平明显,为相对偏冷期,1980 年代中期到 1990 年代中期为过渡时期,这一时期年平均气温距平较小。1990 年代中期以后,年平均气温正距平显著增加,为相对偏暖期。1990 年代到 20 世纪初与 1960 年代相比距平值升高 0.9 °C,年平均气温也升高了 1.3 °C。

### 2.2 突变检测

从若羌绿洲年平均气温第一特征向量时间系数序列 Mann-Kendall 统计量曲线(图 1b)可以看出,1976 年以前气温呈小幅度降低,自从 1970 年代中期开始,年平均气温开始缓慢增加,而从 1985 年开始以明显的趋势增加,自 1997 年开始增加的趋势更加显著,曲线 UB 和 UF 在 1997 年发生相交,确定 1997 年是增温突变年,比 1987 年西北地区气温出现突变的时间晚 10 a<sup>[17]</sup>。近 55 a 来若羌绿洲年平

均气温增加趋势明显。这与整个西北地区年平均气温增加并在 20 世纪 90 年代存在突变的大背景相一致<sup>[17]</sup>。

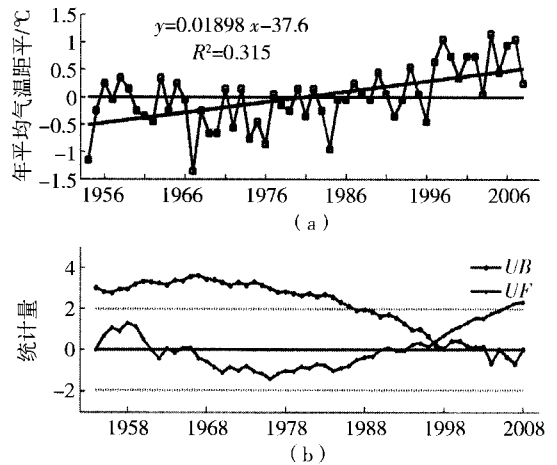


图 1 若羌绿洲年平均气温变化(a)

(折线为距平曲线,直线为趋势线)

及 Mann-Kendall 突变检测曲线(b)

Fig. 1 The yearly change of annual average temperature(a) and Mann-Kendall test for the abrupt of temperature in Ruoqiang Oasis

## 3 年降水量

### 3.1 趋势分析

若羌绿洲近 55 a 来的降水量呈增加趋势,按照线性拟合方法计算其增长率为 6.5 mm/10 a(图 2)。由图 2 可知,年降水量总趋势是增加的,但年降水量在各个年代、年际的情况是不同的。1954~1980 年间降水相对偏少,距平值分别为 -23~+6 mm,为相对干旱期。1981~2008 年间,年降水量增加显著,这一时期为相对湿润期。年降水量在 1981 年、1988 年、1992~1993 年、1998 年、2003 年和 2005 年有显著增加。1981 年、2005 年降水异常增多,尤其是 1981 年 7 月 4~5 日的暴雨,降水总量达到 73.5 mm,对当年降水总量影响突出。并且降水主要集中在夏季。这与新疆大部分地区的降水都集中在夏季相一致,也与当地农林植被的增加、生态环境的改善有关。

前面分析可知,若羌绿洲暖湿化突变显著。针对西北地区出现的一些现象,施雅风等<sup>[18-20]</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

趋于暖湿化有利于绿洲化过程。

### 3.2 突变检测

图2b为若羌绿洲年降水量第一特征向量时间系数序列 Mann-Kendall 统计量曲线,从图中可以看出,1958年以前年降水量呈小幅度降低。从1958年开始到1970年,年降水量增加趋势明显,而从1971年开始年降水量增加速度放缓,UB和UF曲线在1971年、1973年都发生了相交,表示在这期间发生了年降水量增长突变,由于相交点位于临界线附近,突变不是很明显。1970年代后,若羌绿洲年降水量稳步增加。所以说,近55 a来若羌绿洲年降水量增加趋势明显。

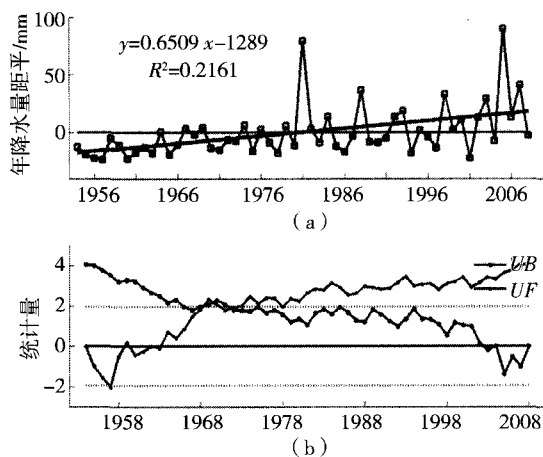


图2 若羌绿洲年降水量变化(a)及 Mann-Kendall 突变检测曲线(b)  
(折线为距平曲线,直线为趋势线)

Fig. 2 The yearly change of annual precipitation and Mann-Kendall test for the abrupt of annual precipitation in Ruoqiang Oasis

## 4 年地面风速

### 4.1 趋势分析

由图3a可知,若羌绿洲地面风速呈减小趋势,但这种趋势不太明显,其减小率为  $0.08 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/10 \text{ a}$ ,小于我国同时期其他站点。1955~1976年为第1个增减过程。1969年以前为年地面风速增加阶段,尤其是1964~1969年风速显著增加。1969~1975年风速显著降低,并降到这一阶段的最低值。1977~1990年为第2个增减过程。1980年以前为年地面风速增加阶段,尤其是1979年增长幅度最大,为  $0.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}/\text{a}$ 。1980~1990年风速为递减趋势。并于1990年降到55 a来的最低值。1990~2008年为

第3个增减过程。1991~1993年年地面风速迅速增加,增长幅度较大。1994年之后风速具有明显的减小趋势。

### 4.2 突变检测

图3b为若羌绿洲年地面风速第一特征向量时间系数序列 Mann-Kendall 统计量曲线,从图中可以看出,1973年以前年地面风速呈增长状态。从1974年开始到2008年,年地面风速呈降低趋势,这与整个西北地区年地面风速降低的大背景相一致<sup>[13]</sup>。UB和UF曲线在1986年、1991年、1996年相交,表示这几年是风速的突变年。

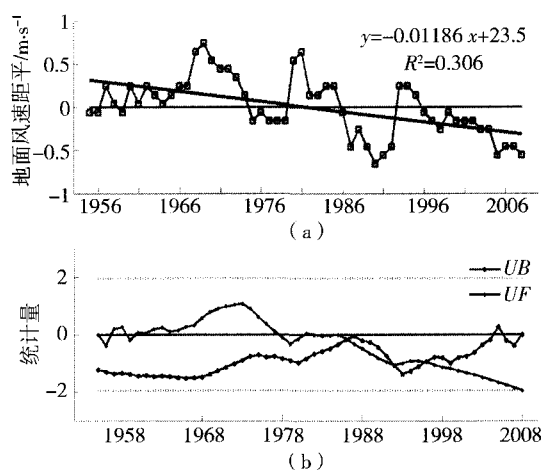


图3 若羌绿洲年地面风速变化(a)及 Mann-Kendall 突变检测曲线(b)  
(折线为距平曲线,直线为趋势线)

Fig. 3 The yearly change of annual average wind speed and Mann-Kendall test for the abrupt of its in Ruoqiang Oasis

## 5 年沙尘日数和沙尘暴日数

### 5.1 趋势分析

图4为若羌绿洲年总沙尘日数和年总沙尘暴日数变化趋势,拟合趋势线方程分别为  $y = -2.162x + 4368$  (相关性为  $R^2 = 0.6181$ ),  $y = -0.4042x + 815.1$  (相关性为  $R^2 = 0.4667$ ),两者都呈明显减少趋势,减小速率分别为  $21.6 \text{ d}/10 \text{ a}$  和  $4 \text{ d}/10 \text{ a}$ 。1994年之前年沙尘天气日数大部分在100 d以上,1994年以后年沙尘日数迅速减少,降低到100 d以下。2000年以后,年沙尘日数更是减少到50 d以下。年沙尘暴日数变化趋势与年沙尘日数变化相似。比较近55 a来沙尘天气和沙尘暴年平均日数不同年代的差异,可以得出,两者都是在1950年代

最高,其中沙尘天气日数在 1950 年代不断减少,到 1960 年代又有所增加,1970 年代、1980 年代年沙尘天气日数都维持在 100 d 以上。但沙尘暴日数 1960 年代减少,之后 1970 年代又有回升的趋势,到 1980 年代又减少,1990 年代最少,其中从 1980 年代到 1990 年代的变化率最大。

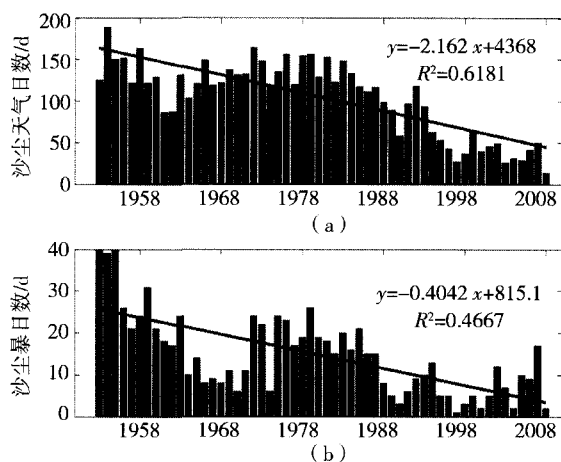


图 4 年沙尘日数(a)及沙尘暴日数(b)变化

Fig. 4 The change of yearly average dust days(a) and dust storm days(b)

## 5.2 突变检测

图 5 为若羌绿洲年沙尘天气日数和年沙尘暴日数第一特征向量时间系数序列 Mann - Kendall 统计量曲线,从图中可知,1953 ~ 1965 年年沙尘日数为

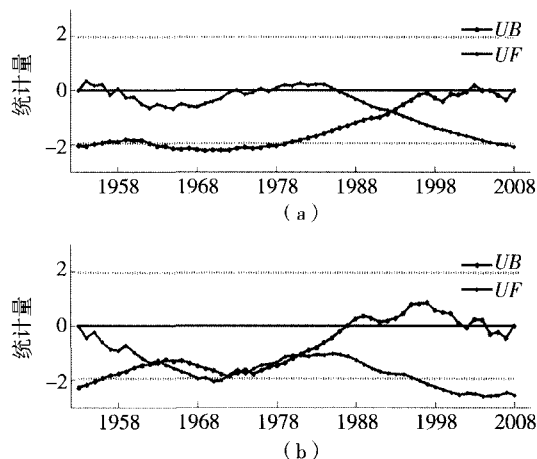


图 5 年沙尘日数(a)及沙尘暴日数(b)

Mann - Kendall 突变检测曲线

Fig. 5 Mann - Kendall test for the abrupt of yearly average dust days(a), and dust storm days(b) in Ruoqiang Oasis

减少趋势,1966 ~ 1984 年年沙尘日数呈缓慢增长状态。但自 1984 年开始到 2008 年,年沙尘日数呈迅速减少趋势,UB 和 UF 曲线在 1993 相交,表示 1993 年是其突变年。年沙尘暴日数变化相对比较复杂,1953 ~ 1965 年年沙尘暴日数增加迅速,1966 年以后沙尘暴日数则略微减少,这种减少趋势一直维持到 1971 年,1972 年开始年沙尘暴日数又有所增加,但增加速度比较缓慢。从 1985 年开始,年沙尘暴日数为迅速减少的趋势,并且在 1981 年发生突变。

## 6 结论与讨论

(1)在全球变暖的大背景下近 55 a 来若羌绿洲气候变化的总趋势是气温升高、降水增加、地面风速减小、年沙尘日数减少、年沙尘暴日数减少。其中气温升高速率为  $0.25\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,年降水增加速率为  $6.5\text{ mm}/10\text{ a}$ ,年地面风速减小速率为  $0.08\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}/10\text{ a}$ ,年沙尘日数减少速率为  $21.6\text{ d}/10\text{ a}$ ,年沙尘暴日数减少速率为  $4\text{ d}/10\text{ a}$ 。

(2)55 a 来若羌绿洲的气温及降水呈现出由低到高不同程度的突变,其突变出现的时间均不同。其中,年平均气温突变出现于 1997 年;年降水量突变出现于 1971、1973 年;年地面风速突变不太明显,但可确定在 1980 年代末、1990 年代初发生了突变;年沙尘日数突变发生在 1993 年;年沙尘暴日数突变发生于 1981 年。

55 a 来若羌绿洲气候变化趋势与全国气温升高的变化趋势大体一致,尤其与北疆绿洲的石河子地区气候变化趋势相一致<sup>[20]</sup>。但与全国降水减少的趋势却有所不同<sup>[21]</sup>。若羌绿洲气候趋于暖湿化对本区发展红枣种植业以及人类居住具有正面的影响。气温、降水等气候要素的变化受天文、地理等因素影响,但人为因素的影响越来越突出<sup>[22]</sup>。随着人口迅速增加,工业、运输业等的快速发展等等,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和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] 邹旭恺,张强. 近半个世纪我国干旱变化的初步研究[J]. 应用气象学报,2008,19(6):679-687.
- [2] 边多,杜军. 近 40 年西藏“一江两河”流域气候变化特征[J]. 应用气象学报,2006,17(2):169-175.
- [3] 缪启龙,许退祯,潘文卓. 南京 56 年来冬季气温变化特征[J].

- 应用气象学报,2008,19(5):620-626.
- [4] 丁一汇,戴晓苏. 中国近百年来温度变化[J]. 气象,1994,20(12):19-26.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 张强,张存杰,白虎志,等. 西北地区气候变化新动态及对干旱环境的影响[J]. 干旱气象,2010,28(1):1-7.
- [10] 左洪超,吕世华,胡隐樵. 中国近 50 年气温及降水量的变化趋势分析[J]. 高原气象,2004,23(2):238-244.
- [11] 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.
- [12] 施雅风,沈水平,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.
- [13] 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.
- [14] 赵鸿,王润元,王鹤龄,等. 西北干旱区棉花对气候变化响应的评价指标体系[J]. 干旱气象,2008,26(4):29-34.
- [15] 魏风英. 现代气候诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,1999. 69-72.
- [16] 王鹏祥,杨金虎,张强,等. 近半个世纪来中国西北地面气候变化基本特征[J]. 地球科学进展,2007,22(6):649-656.
- [17] 孙永亮,李小雁,许何也. 近 40 a 青海湖流域逐日降水和气温变化特征[J]. 干旱气象,2007,25(1):7-13.
- [18] 施雅风,沈水平,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.
- [19] 施雅风,沈水平,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.
- [20] 范丽红,何清,崔彦军,等. 近 40 a 石河子地区气候暖湿化特征分析[J]. 干旱气象,2006,24(1):14-17.
- [21] 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.
- [22] 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.

## Climate Change Characteristic of Ruoqiang Oasis During Recent 55 Years

HU Wenfeng<sup>1,2</sup>, HE Qing<sup>2</sup>, JIN Lili<sup>1,2</sup>, ZHAO Congmin<sup>1,2</sup>

(1. College of Geographical Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China;

2. Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China)

**Abstract:** Some characteristics of climate change was obtained by analyzing annual mean temperature, annual precipitation, annual mean surface wind speed, annual dust days and sand storm days in Ruoqiang oasis during 1954-2008. The results are as follows: (1) The annual mean temperature presented increasing trend with the rate of 0.25 °C/10 a, which was consistent with that of the other region of Xinjiang; (2) The annual rainfall also increased generally with the increasing rate of 6.5 mm/10 a; (3) The annual mean surface wind speed decreased but the trend was not obvious; (4) The annual dust and sand storm days decreased also with the rate of 21.6 d/10 a and 4 d/10 a; (5) There were some abrupt changes in annual temperature, rainfall, wind speed, dust and sand storm days in different years obtained from Mann-Kendall test. All these showed that climate in Ruoqiang oasis was becoming warm and wet.

**Key words:** Ruoqiang oasis; climate change; abrupt change; change trend