

近50年开都河流域下游降水和气温变化特征分析

李新国^{1,2}, 阿斯耶姆·图尔迪^{1,2}, 刘彬³, 海米提·依米提^{1,2}

(1. 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054;

2. 新疆干旱区湖泊环境与资源实验室, 新疆 乌鲁木齐 830054;

3. 新疆师范大学生命科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

摘要: 采用开都河流域下游焉耆县、和静县、和硕县三个气象站1960—2009年气温和降水观测资料, 以线性趋势函数、M-K突变检验等方法, 分析开都河流域下游气温和降水的年际变化、季节变化特征。研究结果表明: (1) 焉耆县、和静县与和硕县的年平均气温呈上升趋势, 年平均气温线性拟合增长率分别为 $0.366^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.256^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.033^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。(2) 和硕县月平均最低气温呈现下降趋势, 而焉耆县与和静县平均最高气温、最低气温均呈上升趋势; 从季节年际变化来看, 三个县四季气温均有增加趋势, 冬季增温明显, 秋季平均气温的年际变化幅度与年平均气温的年际变化幅度相似。(3) 三个县年降水量距平值呈下降—上升—下降特征, 降水量有微弱增多趋势。(4) 和静县与和硕县两站气温异常, 焉耆县降水异常, 气温突变均出现在20世纪90年代, 而且突变发生较频繁。

关键词: 降水; 气温; 变化特征; 开都河流域下游

中图分类号: S161 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)03-0252-08

Variation features of precipitation and air temperature in lower reaches of Kaidu River Basin of Xinjiang during recent 50 years

LI Xin-guo^{1,2}, Asiyemu TUERDI^{1,2}, LIU Bin³, Hamid YIMIT^{1,2}

(1. School of Geographic Sciences and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China;

2. Xinjiang laboratory of lake environment and resources in arid zone, Urumqi, Xinjiang 830054, China;

3. School of life Sciences, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China)

Abstract: Through the data of air temperature and precipitation from 1960 to 2009 at the three stations of Yanqi, Hejing, and Heshuo County, and using methods of linear fitting and Mann-Kendall test, seasonal and annual changes of air temperature and precipitation in lower reaches of Kaidu River Basin were characterized in this study. The results indicated that: (1) Annual average temperature of these three counties showed an escalating trend. The linear fitting growth rates of these three counties are $0.366^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$, $0.256^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ and $0.033^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$. (2) Mean maximum temperature and the mean minimum temperature of Yanqi and Hejing County showed an ascending trend, while monthly mean minimum temperature in Heshuo county showed a decreasing trend. As for as seasonal and annual temperature alternations are concerned, seasonal temperature of all these three counties showed an increasing trend. Temperature increase in winter is significant. The inter-annual alternation extent of fall average temperature is at same range of inter-annual alternation of annual average temperature. (3) Annual precipitation anomalies of three counties appeared down-up-down trend. (4) Lapse rate was abnormal in three counties, and precipitation rate was abnormal in Yanqi county. Abrupt atmospheric temperature change occurred frequently and all of them occurred in the 1990s.

Keywords: precipitation; air temperature; change characteristics; the lower reaches of Kaidu River Basin

气候变化是当今国际社会普遍关注的全球性问题, 不仅会影响到人类赖以生存的生态环境系统, 而且会对人类社会经济发展产生深远的影响^[1-3]。近

30年来, 在全球气温突变升高的情况下, 降水和气温异常引起的干旱和洪涝灾害给区域社会经济的可持续发展造成了严重威胁, 出现水资源短缺、土壤侵

收稿日期: 2012-12-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(41061025, U1138302); 新疆维吾尔自治区高校科研计划重点项目(XJEDU2011139)

作者简介: 李新国(1971—), 男, 甘肃省玉门市人, 博士, 副教授, 主要从事干旱区资源与环境变化及其遥感应用研究。E-mail: onlinelxg@sina.com。

蚀加剧,生物多样性锐减,臭氧层耗损,大气化学成分改变,渔业产量下降等^[4-6]。政府间气候变化专门委员会(IPCC)第三次评估报告认为:全球地面平均气温20世纪升高了 $0.6(\pm 0.2)^{\circ}\text{C}$ ^[7]。对中国近代气候变化的研究表明,近百年气温上升了 $0.4^{\circ}\text{C} \sim 0.5^{\circ}\text{C}$ ^[8-9]。就中国的西部地区而言,近50a的气温以 $0.2^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 的趋势升高^[10-11]。20世纪以来,全球陆地降水增加了1%^[12-14]。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^[15-16]。新疆南部平均气温以倾向率 $0.19^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 速度上升^[17]。开都河流域下游受到焉耆盆地地形和博斯腾湖的影响,使该区域的降水和气温变化具有一定的局地特征。因此,开都河流域下游降水和气温变化特征的分析,可以为该区域社会经济的可持续发展提供可靠的科学依据,对于保障该区域的生态安全具有十分重要的理论意义和实践价值。

1 研究区概况

开都河流域下游位于新疆焉耆盆地西北部,行政区域上包括和静县、和硕县、焉耆县、博湖县及新疆生产建设兵团农二师22团、23团、24团、25团、27

团和223团,地理位置 $85^{\circ}42' \sim 87^{\circ}47' \text{E}$, $41^{\circ}35' \sim 42^{\circ}30' \text{N}$,如图1所示。研究区所在的焉耆盆地地势总体呈现为四周向盆地倾斜的形态;气候特征表现为热量充足,日照时数长,降水稀少,蒸发强烈;年均气温 $8.0^{\circ}\text{C} \sim 8.6^{\circ}\text{C}$,夏季月平均气温 22.8°C ,冬季月平均气温 -9.0°C ,绝对最高气温 39.0°C ,最低气温 -30.4°C ,无霜期176~200d;年平均降水量 $50.7 \sim 79.9 \text{mm}$,蒸发量 $2000.5 \sim 2449.7 \text{mm}$,属于南北疆过渡的大陆荒漠性气候;研究区内土壤类型主要有草甸土、沼泽土、灌耕潮土、盐土、棕漠土、风沙土等;自然植被多为芨芨草、芦苇、胡杨等,人工植被以农作物、果林和田间防护林为主^[18]。研究区内地下水资源较为丰富,地下水位多在1.0~2.0m,地下水化学特征具有较强的地带性分异规律^[19]。

2 资料来源与研究方法

2.1 资料来源

选用开都河流域下游的焉耆县、和静县与和硕县三个气象站1960—2009年月观测资料,包括气温和降水量。在进行气温和降水量的季节变化分析时,以12~2月、3~5月、6~8月、9~11月分别代表冬、春、夏、秋四季,以突出四个季节典型气候变化特征。

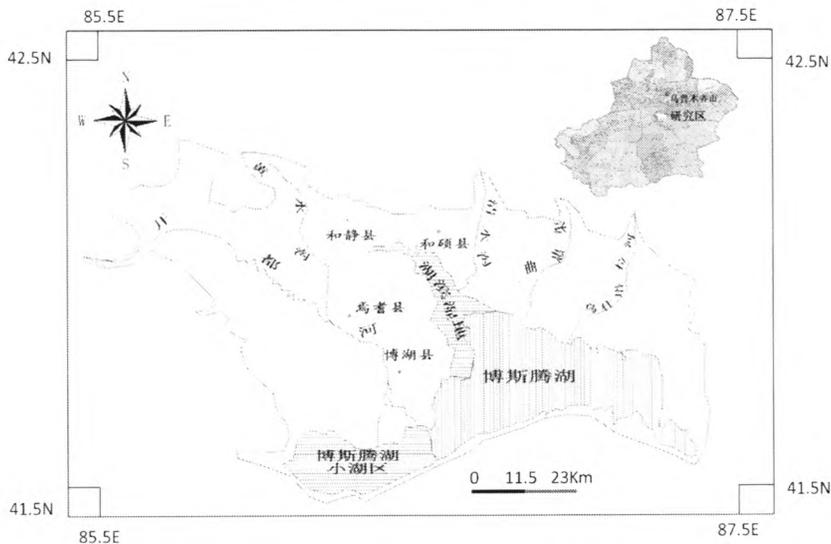


图1 开都河流域下游地理位置示意图

Fig. 1 The map of the lower reaches of Kaidu River Basin

2.2 研究方法

2.2.1 线性趋势分析 线性趋势倾向系数由最小二乘法求得^[20]。设某站某个气象要素时间序列为:

$y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$, 它总可以用一个多项式来表示:

$$y(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_p t^p (p < n)$$
(1)

t 为时间,单位为年。一般而言,温度和降水的气候

趋势用一次直线方程或二次曲线方程就基本能满足,故本文采用一次方程来描述,即:

$$y_t = a_0 + a_1 t \quad (2)$$

其趋势变化率方程为:

$$\frac{dy(t)}{dt} = a_1 \quad (3)$$

将 $a_1 \times 10$ 作为气候变化倾向率,单位为: $^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 或 $\text{mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 。 $a_1 > 0$ 时,表示某气候要素序列

随时间递增,否则递减。绝对值越大,趋势越明显,否则无明显变化趋势。方程(1)、(2)中的 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ 可以用最小二乘法求得。

2.2.2 Mann-Kendall 突变检验 气候突变是气候运动渐变过程的中断,是从一个相对稳定态到另一相对稳定态的不连续跳跃现象,表现在时空上就是统计特性的显著变化^[20]。Mann-Kendall 统计检验方法常用来预测如水质、径流、气温、降水等水文气象时间序列资料的长期变化趋势^[21]。本文采用 Mann-Kendall 法对气温和降水进行突变检验。

在原假设 H_0 : 气候序列没有变化的情况下,设此气候序列为 $x_1, x_2, \dots, x_N, m_i$ 表示第 i 个样本 x_i 大于 $X_j (1 \leq j \leq i)$ 的累计数。统计量 $d_k = \sum_{i=1}^k m_i$ 在原序列的随机独立等假定下, d_k 的均值,方差分别为:

$$E(d_k) = k(k-1)/4$$

$$var(d_k) = k(k-1)(2k+5)/12, 2 \leq k \leq N$$

将 d_k 标准化得到, $u(d_k) = (d_k - E(d_k))/\sqrt{var(d_k)}$ 。

这里, $u(d_k)$ 为标准分布,其概率 $\alpha_1 = prob(|$

$u| > |u(d_k)|)$ 可以通过计算或查表获得。给定一显著性水平 α_0 , 当 $\alpha_1 > \alpha_0$ 时,接受原假设 H_0 , 当 $\alpha_1 < \alpha_0$ 时,则拒绝原假设,它表示此序列将存在一个强的增长或减少趋势。所有 $u(d_k) (1 \leq k \leq N)$ 组成一条曲线 c_1 , 通过置信度检验可知其是否有变化趋势。

把此方法引用到反序列中, \bar{m}_i 表示第 i 个样本 x_i 大于 $x_j (i \leq j \leq k)$ 的累计数, 当 $i = N + 1 - i$ 时, 如果 $\bar{m} = m_i$, 则反序列的 $\bar{u}(d_i)$ 由下式给出: $u(d_i) = -\bar{u}(d_i), i = N + 1 - i (i, j = 1, 2, \dots, N)$, $u(d_i)$ 在图中以曲线 c_2 表示。

当曲线 c_1 超过信度线, 即表示存在明显的变化趋势时, 如果曲线 c_1 和 c_2 的交叉点位于信度线之间, 这点便是突变点的开始^[21]。

3 结果分析

3.1 年际平均气温与季节平均气温分析

从三站的年际及季节平均气温的变化来看(表 1), 不同年际及其冬、春、夏、秋的平均气温变化较大。

表 1 开都河流域下游三站平均气温与气温距平/℃

Table 1 The average temperature and temperature anomaly in three sites in the Downstream of Kaidu River Basin

地点 Site	时段 Period	年 Year		冬季 Winter		春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn	
		平均气温 Average temperature	距平 Anomaly								
焉耆 Yanqi	1960—1969	7.83	-0.69	-9.44	-1.01	11.23	-0.31	22.03	-0.34	7.80	-0.80
	1970—1979	8.10	-0.41	-9.32	-0.89	11.18	-0.36	22.16	-0.21	8.40	-0.20
	1980—1989	8.45	-0.07	-8.19	0.24	11.16	-0.46	22.45	0.09	8.37	-0.23
	1990—1999	8.93	0.42	-7.26	1.17	11.63	0.09	22.36	-0.01	8.99	0.40
	2000—2009	9.26	0.75	-7.93	0.50	12.47	0.94	22.84	0.47	9.43	0.83
和静 Hejing	1960—1969	8.92	-0.10	-7.21	0.48	12.26	0.04	22.98	0.04	8.68	-0.14
	1970—1979	8.49	-0.53	-9.00	-1.30	11.82	-0.40	22.60	-0.34	8.52	-0.30
	1980—1989	8.68	-0.34	-7.74	-0.05	11.76	-0.47	22.54	-0.40	8.14	-0.67
	1990—1999	8.93	-0.09	-7.25	0.44	11.89	-0.34	22.37	-0.57	8.71	-0.10
	2000—2009	10.09	1.07	-7.27	0.42	13.40	1.17	24.20	1.27	10.02	1.21
和硕 Heshuo	1960—1969	8.90	0.22	-8.68	-0.33	12.31	0.27	23.53	0.74	8.77	0.46
	1970—1979	8.39	-0.29	-9.34	-0.99	11.78	-0.26	22.58	-0.21	8.54	0.23
	1980—1989	8.52	-0.17	-8.30	0.05	11.70	-0.33	22.64	-0.15	8.02	-0.29
	1990—1999	8.68	0.00	-7.44	0.91	11.77	-0.27	22.39	-0.40	7.98	-0.33
	2000—2009	8.92	0.24	-7.99	0.36	12.62	0.58	22.82	0.03	8.24	-0.07

三站年平均气温均呈上升趋势, 线性拟合增长率分别为 $0.366\text{ }^\circ\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.256\text{ }^\circ\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.033\text{ }^\circ\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 。焉耆县气温 20 世纪 60—80 年代多呈负距平, 20 世纪 90 年代和 21 世纪初呈正距平。四个季节气温总体在波动中呈上升趋势。而和静县与和硕县在 20 世纪 60—90 年代多呈负距平, 21 世纪初呈

正距平, 四个季节气温总体在波动中呈先下降后上升趋势。

秋季平均气温的年际变化与年平均气温相似。焉耆、和静、和硕三站最低气温分别出现在 20 世纪 60 年代、70 年代和 80 年代; 夏季气温变化除了 21 世纪初变化明显以外, 其它时期较为平缓, 其中和静

20 世纪初年平均气温为 24.20℃,增温趋势最明显,是三站 50 年来的最高气温;春季焉耆和和静气温均呈上升趋势,而和硕呈下降;后上升的趋势。冬季增温最为显著,其中焉耆 20 世纪 60 年代年平均气温为 -9.44℃,是三站 50 年来最低气温;三站最高气温出现在和静,最低气温出现在焉耆。三站春季和秋季升温比较弱,冬、夏季比春、秋季增温明显,和硕相比其它两站比较气温变化趋势比较复杂,说明三

站气温变化相比较,存在差异性和一致性。

通过表 1 和图 2 可以看出,近 10 年来焉耆、和静、和硕三站年及四季平均气温与 50 年同期均值相比均呈明显的增暖趋势,线性趋势均呈上升趋势,其中焉耆县线性趋势最明显,以 $0.366\text{℃}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 速度上升。除冬季平均气温比 20 世纪 90 年代略低外,其余均高于 90 年代同期气温。总体来说,近 10 年是焉耆、和静、和硕三站 50 年中最高暖的时期。

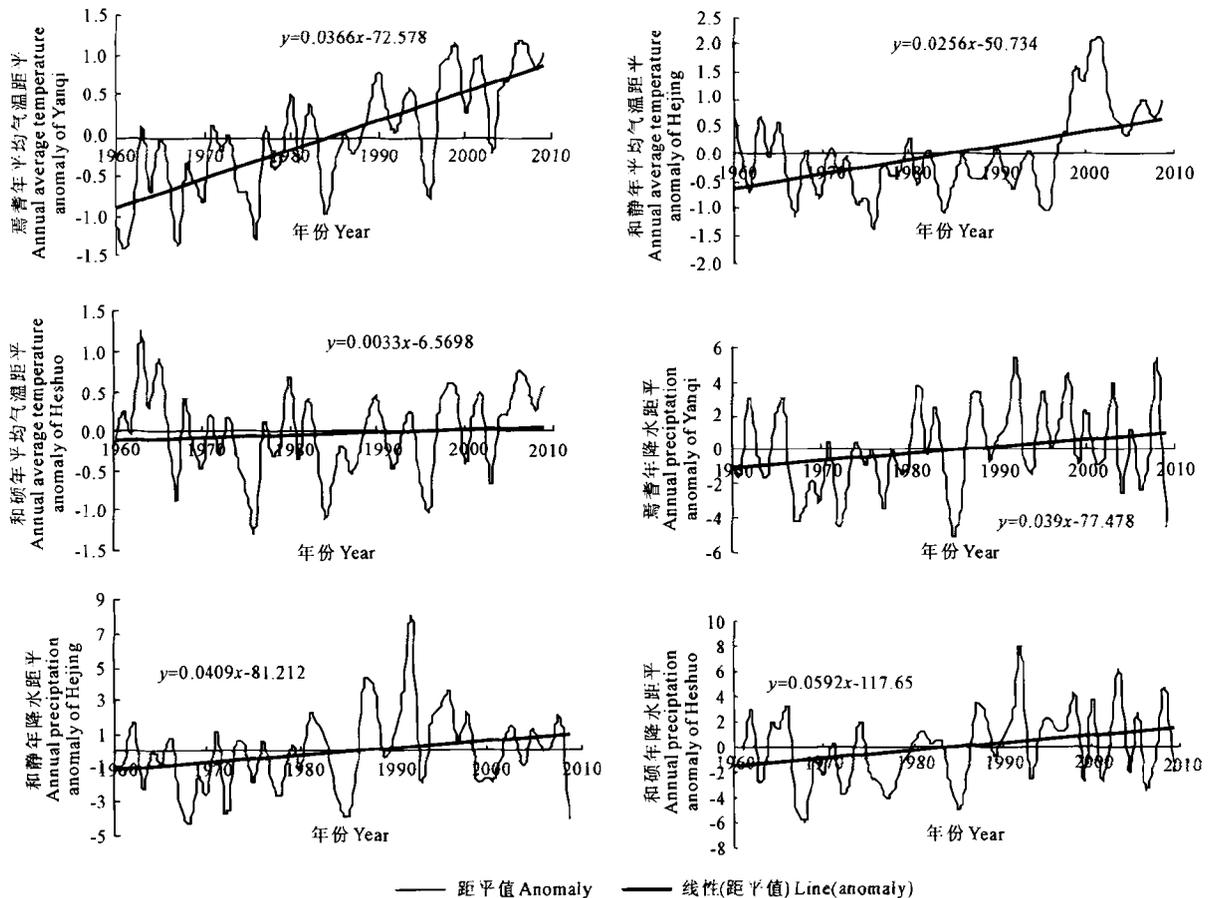


图 2 气温、降水距平变化曲线

Fig. 2 The curves of temperatures and precipitation anomaly

3.2 不同年代际最低(高)气温的变化特征

由表 2 可以看出,三站月平均最高、最低气温线性拟合增长率除了和硕外均呈增加趋势,月平均最高气温增长率分别为 $0.207\text{℃}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.201\text{℃}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $-0.144\text{℃}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。月平均最低气温增长率分别为 $0.362\text{℃}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.278\text{℃}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.3\text{℃}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。月平均最高气温均出现在 21 世纪初。

焉耆、和静、和硕三站 50 年代月平均最高气温分别为 23.06℃、23.71℃、23.53℃,和硕县月平均最高气温最高,20 世纪 60 年代到 80 年代气温呈逐渐上升趋势,20 世纪 80 年代到 90 年代气温稍有减少,

21 世纪初呈上升趋势。月平均最低气温均出现在 21 世纪初间段,但各年代际间差距不大。其中气温变化最明显的是和静县,21 世纪初月平均最高气温为 24.75℃。

焉耆、和静、和硕三站不同年代月平均最低气温分别为 -11.51℃、-10.98℃、-11.62℃,和硕县月平均气温最低,焉耆、和静不同年代际月平均最低气温也呈逐年代际增加趋势,20 世纪 90 年代最低气温达到最高期。21 世纪初呈下降趋势。而和硕月平均最低气温呈持续升高趋势。21 世纪初月平均最低气温出现最高时期。

表 2 月平均最高(低)气温
Table 2 Month maximum and minimum temperature/°C

时段 Time	要素 Elements	地点 Site	60 年代 1960s	70 年代 1970s	80 年代 1980s	90 年代 1990s	2000—2009
1 月 January	平均最高 气温 Main maximum temperature	焉耆 Yanqi	22.56	22.75	23.42	23.15	23.41
		和静 Hejing	23.58	23.36	23.59	23.27	24.75
		和硕 Heshuo	24.15	23.17	23.67	23.28	23.40
7 月 July	平均最低 气温 Main minimum temperature	焉耆 Yanqi	-12.49	-12.40	-10.80	-10.76	-11.11
		和静 Hejing	-10.36	-12.16	-10.24	-10.63	-10.42
		和硕 Heshuo	-12.19	-12.66	-11.08	-10.86	-11.29

3.3 年降水量与季节降水量分析

多年与各季节降水量的年代际变化分析表明(图 1 和表 3),开都河流域下游年降水量分布不均匀,多年降水量的变化趋势与四季平均降水量不同。三站年降水量线性拟合增长率分别为 $0.39^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.409^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.592^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 。三站不同年

代际冬季平均降水量为最少,夏季降水量为最多。20 世纪 90 年代是全年和夏季平均降水量最丰富的时期,夏季平均降水量分别为 19.76、19.56、23.24 mm。20 世纪 60 年代冬季平均降水量为最少时期,冬季平均降水量分别为 0.59、0.53、0.71 mm。

表 3 开都河流域下游三站降水量与降水量距平

Table 3 The precipitation and precipitation anomaly in three sites in the Downstream of Kaidu River/mm

地点 Site	时段 Period	年 Year		冬季 Winter		春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn	
		降水量 Precipitation	距平 Anomaly								
焉耆 Yanqi	1960—1969	5.81	-0.55	0.59	-0.79	4.98	0.05	14.37	-0.81	3.29	-0.92
	1970—1979	4.94	-1.42	1.61	0.23	2.29	-1.64	12.86	-2.32	2.99	-1.21
	1980—1989	6.65	0.29	0.79	-0.59	5.32	0.39	13.60	-1.58	6.88	2.67
	1990—1999	7.83	1.48	1.71	0.33	5.82	0.89	19.76	4.58	4.04	-0.17
	2000—2009	6.55	0.20	2.20	0.82	6.23	1.00	15.31	0.13	3.84	-0.37
和静 Hejing	1960—1969	4.33	-1.05	0.53	-0.74	3.26	-0.16	10.63	-2.49	2.68	-0.79
	1970—1979	4.43	-0.96	1.38	0.12	1.15	-2.27	11.20	-1.91	2.72	-0.75
	1980—1989	5.56	0.17	0.66	-0.61	4.30	0.88	11.63	-1.48	5.57	2.10
	1990—1999	7.33	1.94	2.00	0.74	4.43	1.01	19.56	6.45	3.15	-0.32
	2000—2009	5.19	-0.20	1.68	0.41	3.94	0.52	12.30	-0.82	3.14	-0.33
和硕 Heshuo	1960—1969	6.80	-0.56	0.71	-1.43	8.18	1.78	14.95	-1.31	4.20	-0.80
	1970—1979	5.38	-1.98	2.48	0.34	2.71	-3.23	13.34	-2.92	3.24	-1.76
	1980—1989	7.14	-0.22	1.59	-0.55	5.94	-0.46	12.26	-4.00	8.78	3.78
	1990—1999	9.13	1.77	1.90	-0.24	6.33	-0.07	23.24	6.99	5.06	0.06
	2000—2009	8.31	0.94	3.86	1.72	8.84	2.44	17.74	1.49	3.63	-1.37

和静县与和硕县两站年平均降水量逐渐增加,而焉耆年降水量呈减少-增多-减少的降水特征。三站降水量均呈先下降后上升的趋势。20 世纪 90 年代到 21 世纪初除了和硕冬季平均降水量以外,其它各季节焉耆、和硕、和静三站平均降水量均呈现出下降趋势。

焉耆、和静、和硕三站年降水量距平值呈下降-上升-下降特征。20 世纪 70 年代前期,年降水量距平呈现明显下降趋势,后期缓慢增加至 20 世纪 90 年代呈现显著增加趋势。冬季和春季正距平较

多,夏季和秋季负距平较多。冬季降水量距平变化幅度不大;20 世纪 70 年代,春季三站降水量均呈负距平,而且距平值下降最明显;三站降水量最高负距平值和最低负距平值都出现在夏季;80 年代秋季年降水距平变化趋势与年降水距平变化趋势相似,距平值最高。

3.4 气温与降水异常分析

对开都河流域下游三站年平均气温及降水量的异常分析采用如表 4 距平级别标准。

按此标准,近 50 年来,三站气温、降水均有异常

发生。

(1) 焉耆县气温、降水异常分析

气温无异常偏暖、显著偏暖、偏暖年份和异常偏冷、显著偏冷年份,1960、1961、1967、1976年份为偏冷年份。

降水量异常偏多年份依次为1981、1987、1988、1991、1992、1995、1996、1998、2008共9年,1962、1982、1994年份为显著偏多年份,偏多年份依次为1971、2002、2003、2005年。异常偏少年份为1963、1967、1968、1970、1972、1977、1978、1984、1985、2009年,显著偏少年份为1986、1993、1999、2000、2001年,仅1969年为偏少年份。

(2) 和静县气温、降水异常分析

气温异常偏暖年份依次为1962、1965、1966、1981、1983、1987、1988、1992、1995、1998、2000、2003、2008共13年,仅1997年为显著偏暖年份,偏暖年份为2005年。异常偏冷年份为1967、1968、1970、1972、1977、1985、1986、2004、2006、2009年,显著偏冷年份为1964年和1969年,偏冷年份为1961、1979、1984及1994年。

降水量无异常偏多和显著偏多年份,仅1963年为偏多年份。无异常偏少和显著偏少年份,偏少年份为1976年和1984年。

(3) 和硕县气温、降水异常分析

气温异常偏暖年份为2001年和2002年,1999年为显著偏暖年份,2000年为偏暖年份。无异常偏冷和显著偏冷年份,1967、1976、1984、1996年为偏冷年份。

降水量异常偏多年份依次为1962、1966、1987、1988、1991、1992、1995、1998、2000、2002、2003、2005、2008年,1964、1965、1974、1997年为显著偏多年份,1981、1994、1996年为偏多年份。异常偏少年份为1963、1967、1968、1970、1972、1973、1975、1976、1977、1978、1984、1985、1986、1993、1999、2001、2004、2006年,无显著偏少年份,1979年为偏少年份。

从以上分析结果可以看出,降水异常主要发生在焉耆、和硕两站,异常情况多出现在70年代、90年代和21世纪初,而和静以气温异常为主,多出现在60年代、80年代和21世纪初。

表4 年平均气温(降水)距平级别^[22]

Table 4 The grades of the anomalies of mean annual temperature and precipitation

级别 Level	距平范围 Anomaly range	级别 Level	距平范围 Anomaly range
异常偏暖(多)(3级) Anomaly slants warm(more)(level 3)	$\Delta \geq 2S$	偏冷(少)(-1级) Slants cold(few)(Level -1)	$-1.5S < \Delta < -1S$
显著偏暖(多)(2级) Significant slants warm(more)(level 2)	$1.5S \leq \Delta < 2S$	显著偏冷(少)(-2级) Significant cold(few)(Level -2)	$-2S < \Delta \leq -1.5S$
偏暖(多)(1级) Slants warm(more)(level 1)	$1S < \Delta < 1.5S$	异常偏冷(少)(-3级) Anomaly cold(Level -3)	$\Delta \leq -2S$
正常(0级) Normal(level 0)	$-1S \leq \Delta < 1S$		

注:Δ为某要素的距平值,S为其相应的标准差。 Note: Δ represents anomaly value, S represents the standard deviation.

3.5 年际气温与年际降水量突变检验

在Mann-Kendall突变检验中,如果UF(虚折线)与UB(虚实线)在信度线(临界值±1.96)之间有一个显著的交点,UF上升超过+1.96或降低低于-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,并且这个交点是突变的开端。反之,则认为没有发生突变。

从图3中可以看出,UF曲线和UB曲线在临界线内存在多个交点,说明降水量和气温存在明显的突变现象。焉耆、和静与和硕三站气温均以90年代和21世纪初为突变发生比较频繁的时期。和硕气温以60年代中期、90年代后期及21世纪初为突变发生比较频繁的时期。自90年代中期,焉耆、和静气温均有明显增加趋势。90年代初是焉耆县降温

期,90年代后期则焉耆县和和静县增温趋势明显增强。和硕县1966年有一个明显的气温下降趋势,21世纪初略有波动,突变不明显。根据UF曲线和UB曲线的交点位置,确定焉耆、和静与和硕三站80年代中期年降水量增多趋势是一个突变现象。具体是从1985年开始的。而20世纪末三县年降水量均呈现微弱减少趋势。

4 讨论与结论

1) 开都河流域下游焉耆、和静、和硕三个县年平均气温呈增加趋势,21世纪初为最暖期。50年来,其年平均气温线性拟合增长率分别为 $0.366^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.256^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.033^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 。从季节来看,冬季、夏季比春季、秋季增温明显,降水量有微弱

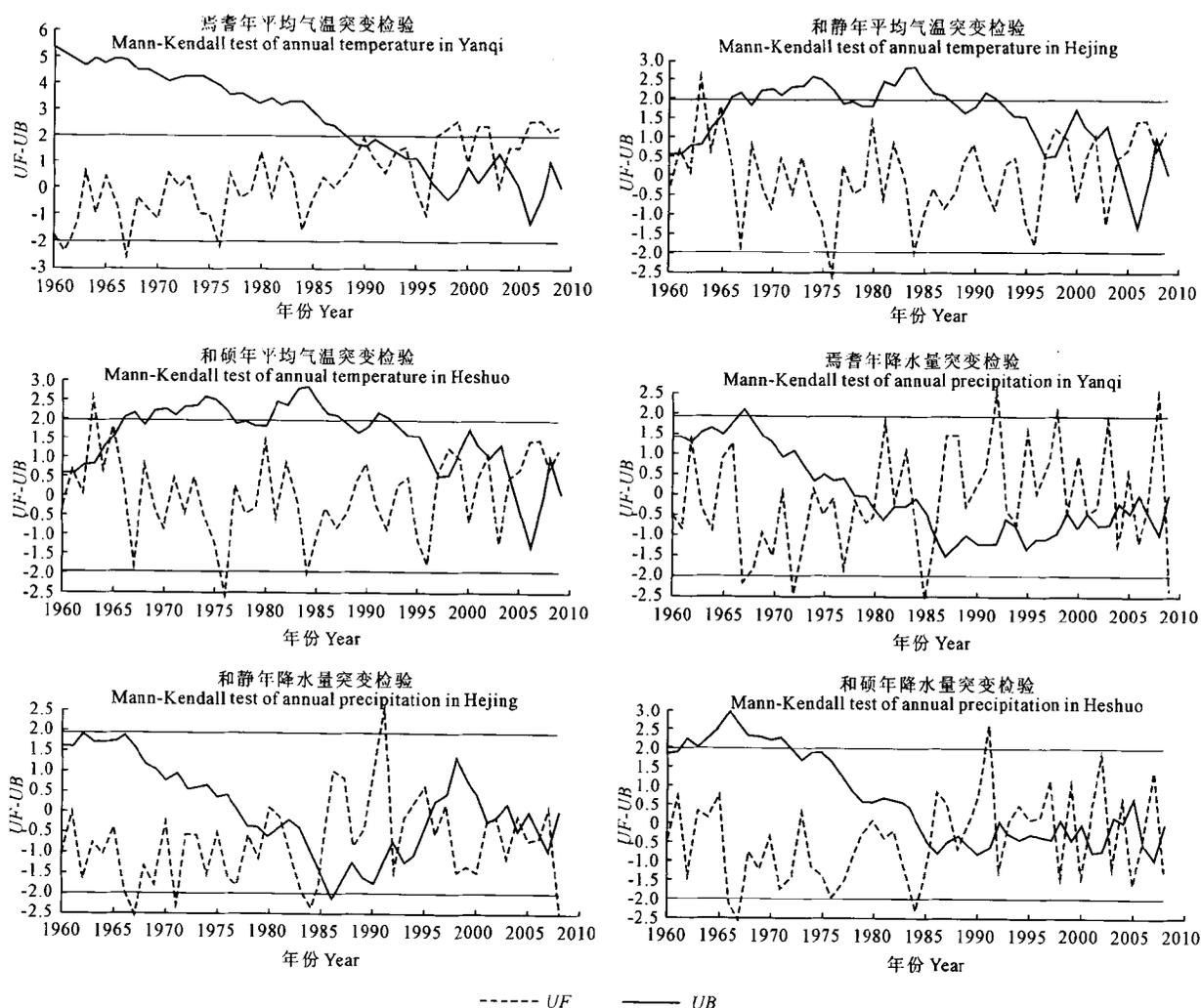


图 3 Mann-Kendall 气候突变检验

Fig.3 The Mann-Kendall test of the sudden climate change

增多趋势,表明开都河流域下游三个县呈现气温升高、降水增多的趋势。因此,采取有效得当的农业技术应对气候变化,诸如选用抗逆性强的农作物新品种,发展节水农业种植技术,推行喷灌、滴灌和管道灌等灌溉技术,发展设施农业技术(塑料大棚、温室和雨水积蓄技术等),可以提高农业适应气候变化的能力。

2) 焉耆与和静月平均最高、最低气温线性拟合增长率呈增加趋势,而和硕县月平均最高、最低气温线性拟合增长率呈下降趋势,月平均最高气温增长率分别为 $0.207^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.201^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $-0.144^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。月平均最低气温增长率分别为 $0.362^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.278^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.3^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。对于绿洲灌溉区,气温升高,光照充足,又有较充足的灌溉条件,有利于发展喜热喜湿的农业产品,因此,有选择地发展红枣、香梨、苹果、葡萄等水果与甘草、苁蓉等药材特色产品,结合棉-牧-果等利用模式,高效建设生态农业。

3) 三站气温均有异常,降水异常主要发生在焉耆、和硕两站,有异常偏暖(冷)、显著偏暖(冷)年份,异常情况多出现在 70 年代、90 年代和 20 世纪初。和静以气温异常为主,多出现在 60 年代、80 年代和 20 世纪初。Mann-Kendall 突变监测表明,气温、降水均有突变发生。20 世纪 90 年代均是气温突变点的开始,20 世纪 90 年代至 21 世纪初突变发生比较频繁,而 20 世纪 80 年代是降水突变点的开始。因此,加强农业灾害天气的预警与响应能力建设,完善气象综合监测体系,为农业生产提前做好防范,可以最大限度地减少气候异常对农业生产的不利影响。

参考文献:

- [1] 史激光,谢东,辛志远,等.锡林郭勒地区近 50 年气候变化分析[J].中国农学通报,2010,26(21):318-323.
- [2] IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis[R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001:140-165.
- [3] 张丹梅.近 50 年阜新地区气候变化特征分析[J].气象与环境学报,2007,23(1):27-29.

- [4] 辛渝,陈洪武,张广兴,等.新疆年降水量的时空变化特征[J].高原气象,2008,27(5):993-1003.
- [5] 秦大河,丁一汇,苏纪兰,等.中国气候与环境演变评估(1):中国气候与环境变化及未来趋势[J].气象变化研究进展,2005,1(1):4-9.
- [6] 林培松,李森,李保生.近50年来海局西部气候变化初步分析[J].气象,2005,31(2):51-54.
- [7] Houghton J T, Ding Y H, Griggs D G, et al. Climate Change 2001: The Scientific Basis [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001:11-23.
- [8] 姜晓勇,张勃,张遇春.张掖地区近35年来气温和降水的变化[J].干旱区资源与环境,2008,22(2):81-86.
- [9] 钱维宏,符娇兰,张玮玮,等.近40年中国平均气候与极值气候变化的概述[J].地球科学进展,2007,22(7):673-684.
- [10] 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(3):219-226.
- [11] 宋文娟,熊黑钢,戚冉.新疆奇台县近42a气候变化特征分析[J].干旱区资源与环境,2009,23(4):100-106.
- [12] 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.
- [13] 薛燕,韩萍,冯国华.半个世纪以来新疆降水和气温的变化趋势[J].干旱区研究,2003,20(2):127-130.
- [14] 辛渝,张广兴,张欣,等.新疆博州地区近46年来的气候变化特征[J].干旱区地理,2006,29(2):194-200.
- [15] 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.
- [16] 博玮东,姚艳丽,李迎春.吉木萨尔县45年气候变化特征分析[J].气象,2007,33(6):96-101.
- [17] 张宝军,马金珠,赵鑫,等.近50年来民勤县气温变化特征及其原因分析[J].干旱地区农业研究,2007,25(2):226-229.
- [18] 李新国,樊自立,李会志,等.开都河下游灌区土壤盐渍化特征分析[J].干旱地区农业研究,2011,29(2):147-151.
- [19] 刘延锋,靳孟贵,金英春,等.新疆焉耆盆地土壤盐渍化特征分析[J].水土保持通报,2004,24(1):49-52.
- [20] 杨余辉,魏文寿,杨青,等.新疆三工河流域山地与平原区气候变化特征对比分析[J].干旱区地理,2005,28(3):320-324.
- [21] Kendall M G. Rank correlation methods[M]. London: Charles Griffin, 1975:10-35.
- [22] 辛渝,张广兴,张新,等.新疆博州地区近46年来的气候变化特征[J].干旱区地理,2006,29(2):193-200.

(上接第236页)

育进程加快,营养体生长受阻,植株矮小,影响后期养分向籽粒转换,可能降低千粒重。虽然4月上旬关中地区的整体旱情暂时得到缓解,但为了防御旱情继续发展和促进冬小麦正常生长,面对目前如此严重的旱情,建议在关中灌区通过合理调配水源,及时开展春灌;在渭北旱塬气象条件成熟时及时开展人工增雨作业,增加有效降水;同时还要做好春季田间管理,及时查看苗情、墒情,适当采取中耕等措施,减少土壤水分的散失。

4 结论

通过对关中地区2013年春旱的监测与分析,进

一步证实了应用遥感数据可得到实时和宏观的干旱监测结果,尤其适用于对干旱过程的动态监测和决策。

参考文献:

- [1] 黄弘,王鹏新,李俐.关中平原小麦生长期 VTCI 加权估算及其与产量的相关性研究[J].干旱地区农业研究,2011,29(6):173-178.
- [2] 陕西气象局.陕西重大气象灾害干旱Ⅲ级响应服务专题.
http://www.sxmb.gov.cn/news_25773_112_1.htm,2013年4月24日.

Real-time monitoring and analysis of spring drought in Guanzhong plain in 2013

WANG Peng-xin¹, LIN Qiao¹, ZHANG Shu-yu², XIE Yi¹, WU Gao-feng¹

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Shaanxi Provincial Meteorological Bureau, Xi'an, Shaanxi 710014, China)

Summary: There were serious drought occurrences in early spring of 2013 in the Guanzhong plain, Shaanxi Province, PR China, and the third category level (Ⅲ) of drought emergency response was issued by the Provincial Meteorological Bureau on April 1, 2013 and was deactivated on April 24, 2013. A remotely sensed drought monitoring approach called vegetation temperature condition index (VTCI) was applied to monitor the drought occurrences using Aqua MODIS data products, MYD09GA and MYD11A1. The results showed that there were extreme drought occurrences in the first ten days and the middle ten days of March 2013 in the whole plain, and the droughts of the first ten days were more serious. The droughts were released in the last ten days of March 2013, and there were severe droughts in east and west of the plain. The droughts were further released in the first ten days of April 2013, while the droughts were aggravated in the middle ten days of April 2013 in east of the plain. These drought monitoring results were in good agreement with periodical thematic reports issued by the Shaanxi Provincial Meteorological Bureau, and indicated that the remotely sensed VTCI approach is a real-time drought monitoring approach.