

阿帕尔·肉孜<sup>1,2</sup> 叶尔克江·霍依哈孜<sup>2</sup> 黄玲<sup>2</sup> 王瑶<sup>2</sup> 沙那提<sup>2</sup>

## 近 50 a 昌吉市降水量与蒸发量变化

### 摘要

利用 1960—2009 年昌吉市观测站的降水量和 20 cm 口径小型蒸发皿资料,采用累积距平曲线和线性倾向估计方法,对昌吉市降水量、蒸发量的变化进行了分析.结果表明:昌吉市年、季降水量和蒸发量的年际变化明显;近 50 a 昌吉市年、季降水量都有显著的线性变化趋势,其中年、春、夏、冬季的降水量有明显的增加趋势,秋季呈略下降趋势,蒸发量均有显著的线性减少趋势,受此影响,近 50 a 昌吉市气候总体趋于干向湿发展的趋势.

### 关键词

降水量;蒸发量;气候变化;突变

中图分类号 P467

文献标志码 A

### 0 引言

降水与蒸发是气候系统中水分循环重要的组成部分.气候的干湿变化,是由于水分盈亏不平衡造成的.降水量大于蒸发量,气候相对湿润,反之气候则相对干旱<sup>[1]</sup>.新疆是典型的干旱地区<sup>[2-3]</sup>.当前新疆各地水资源严重短缺,而在西部大开发中,水成为制约开发力度的重要因素<sup>[4-6]</sup>.新疆 90% 以上的农田必须依靠灌溉,而灌溉用水根本来源是大气降水,因此弄清降水量、降水性质、降水分布规律和季节变化,不仅是了解新疆气候的需要,也是为了合理开发利用新疆水资源提供气候上的依据<sup>[2]</sup>.新疆工业生产不断发展、人口日益增长以及农业上长期的传统灌溉方法(大水漫灌),使得土地次生盐渍化面积不断扩大,农业的投入不断提高,而产出却持续低水平徘徊,造成绿洲农业生态环境的恶性循环,供水矛盾日益突出,再加上全球气候的变暖,极端气象灾害发生的频率增加,水资源紧缺的危机更为明显<sup>[6]</sup>.就昌吉市而言,蒸发量远远大于降水量,属于典型的干旱、半干旱地区.昌吉市受地理特点、气候特点、人类活动等因素影响,生态环境十分脆弱.在全球气候变暖的大背景下,昌吉市农业气候发生了显著的变化,如气温升高、降水增多、蒸发减少、洪涝灾重等.恶化的生态环境给农牧业生产、城市环境、人民生活等造成危害,伏期干旱对秋粮作物的生长发育十分不利,高温酷暑给人们正常生活带来很多不便<sup>[7]</sup>.因此,揭示昌吉市降水与蒸发的变化规律,进一步了解昌吉市生态环境的水分指标和干湿变化的农业气候状态及变化特点,对搞好农业结构调整、发展农业支柱产业和区域经济都具有十分重要的先导作用.

### 1 资料与方法

#### 1.1 资料

为了详细地研究昌吉市降水和蒸发变化的共同特点和相互间的关系,对昌吉市的 1—12 月测站各月历年自然降水量和蒸发量时间序列划分为春(3—5 月)、夏(6—8 月)、秋(9—11 月)、冬(12—次年 2 月)四季,其资料长度为 1960—2009 年共 50 a.本文采用的实时资料由新疆维吾尔自治区气象局信息中心提供.

#### 1.2 研究方法

##### 1.2.1 气候趋势分析<sup>[8-9]</sup>

用一元线性回归方程  $y(t) = ax + b$ , 求其线性趋势变化率.式中  $t$

收稿日期 2013-05-21

资助项目 新疆气象局科研课题(MS201415)

作者简介

阿帕尔,男,硕士,工程师,主要从事气候变化研究.apar-ek@sohu.com

叶尔克江(通信作者),女,工程师,从事农业气象研究工作.erke-ap@sohu.com

1 兰州大学 大气科学学院,兰州,730000

2 新疆维吾尔自治区昌吉州气象局,昌吉,831100

为年序,  $a$  为线性方程的斜率, 也就是气候要素的线性变化趋势和速率,  $a > 0$  表示降水量和蒸发量随时间变化呈增加趋势,  $a < 0$  表示其变化呈下降趋势,  $10a$  被称为每 10 a 降水量随时间变化的倾向率,  $b$  为常数, 可通过最小二乘法求取。

### 1.2.2 变差系数<sup>[10]</sup>

变差系数能描述气象要素在不同年代的相对变化。通过对比不同年代的变差系数可以知道要素变化的大小及其变化的稳定性。变差系数为标准差 ( $S$ ) 与平均值 ( $\bar{x}$ ) 之比, 即

$$V_p = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (1)$$

### 1.2.3 降水距平百分率

降水距平百分率反映了某一时段降水与同期平均状态的偏离程度。其公式为

$$\Delta R = \frac{R - \bar{R}}{\bar{R}} \times 100\%. \quad (2)$$

### 1.2.4 气候突变分析<sup>[11-12]</sup>

气候突变是指在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。气候突变现象是气候系统的非线性反应, 近几年来得到越来越多的关注, 而且成为气候变化中的重要研究课题。检验气候突变的方法有多种, 本研究采用累积距平曲线来确定, 即使用指标

$$C(t) = \sum_{i=1}^t (X_i - \bar{X}), \quad (3)$$

式中  $C(t)$  为累积距平值,  $X_i$  为气候要素的第  $i$  年的值,  $\bar{X}$  为气候要素的多年平均值。  $C(t)$  绝对值达到最大时所对应的  $t$  为突变年份。为了检验转折是否达到气候突变的标准, 计算各转折年份的信噪比, 其定义是

$$\frac{S}{N} = \left| \frac{\bar{X}_a - \bar{X}_b}{S_a - S_b} \right|, \quad (4)$$

式中  $\bar{X}_a$ 、 $\bar{X}_b$  和  $S_a$ 、 $S_b$  分别是转折年份前后 2 个阶段要素的平均值和标准差。规定  $\frac{S}{N} > 1$  时, 可认为此要素在该年份存在气候突变, 否则突变不显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 降水量气候变化特征

近 50 a 来昌吉市降水量年际变化较为显著, 旱涝交替发生, 同时伴有总体趋势上升。图 1 给出了昌

吉市各年降水量、降水量 5 a 滑动值以及降水距平百分率的变化曲线, 表 1 给出了昌吉市多年和各年代降水量逐年变化气候趋势系数及线性变化速率。从中可以清楚地看到昌吉市年降水量的变化特征, 近 50 a 昌吉市年降水量以 0.892 mm/(10 a) 的倾向率增多(通过 0.05 水平的显著性检验), 与全球降水量有增加的趋势<sup>[13-14]</sup> 结论相一致, 与我国降水量逐年减少<sup>[15-17]</sup> 的结论相反, 与新疆降水变化趋势是增加<sup>[18-19]</sup> 的结论相一致, 说明昌吉市降水变化趋势与全国不同步, 与新疆变化趋势同步。昌吉市年降水量逐段递增趋势方程为  $y = 0.892x + 169.05$ ,  $R = 0.3173$ , 式中  $y$  为降水量,  $x$  为年份,  $R$  为气候趋势系数(下同)。1960—2009 年昌吉市的多年平均降水量为 191.8 mm, 降水量最多的年份是 1999 年, 为 219.3 mm, 最少的是 1997 年, 为 122.6 mm, 相差达 96.7 mm(表 2), 年降水量距平百分率为 -36% ~ 52%, 表明年降水量的年际变化较大, 容易形成干旱夏季内涝。年降水量距平百分率 30% 以上的年份分别发生在 1987、1988、1998 和 1999 年, 年降水量距平百分率在 -30% 以下的年份分别发生在 1973、1974 和 1987 年。近 50 a 内正距平 23 a, 负距平 23 a, 其中, 1960—1979 年负距平较多, 正距平只有 6 a, 1980 年以后正距平较多, 共有 17 a。各年份正距平出现频率 20 世纪 80 年代开始偏多, 1990 年开始明显增加。

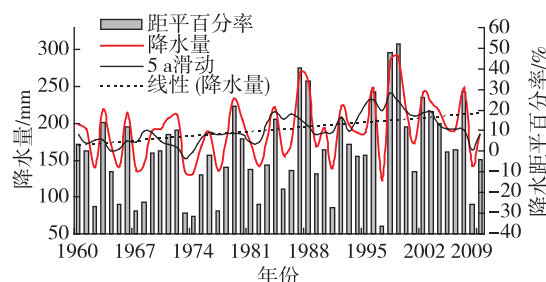


图 1 昌吉市年降水量过程及线性趋势  
Fig. 1 Change of the annual precipitation and its linear tendency in Changji

定义某地区某年降水量平均值超过该地区多年平均值一个标准差为多雨年份(年代), 某年降水量地区平均值小于该地区多年平均值一个标准差为少雨年份(年代)<sup>[7,20]</sup>。相对于 50 a 平均值, 昌吉市降水量 20 世纪 60 和 70 年代偏少, 是相对少雨期, 进入 80 年代开始降水偏多, 为相对多雨期(表 1)。同样, 各季度各年代降水量跟各季度 50 a 平均值相比, 20 世纪 80 年代以前大多数偏少, 80 年代以后是偏多,

而且 20 世纪 90 年代和 21 世纪初的平均降水量较多年平均值明显偏多.但各年代年降水量的变差系数差别较小,变差系数 90 年代最大,其余 4 个年代较小,表明昌吉市降水量 20 世纪 90 年代变化频繁、波动较大,其他年代降水量变化较平稳,且年际差异较小.这说明昌吉市降水量 20 世纪 80 年代开始偏多,而且 90 年代以后增加量较为明显.

为了更好地反映降水和蒸发量各季逐年变化趋势,表 3 给出各季降水量和蒸发量气候趋势方程及气候趋势系数.

昌吉市降水量季节变化也很大,年内降水基本集中在夏季,因此,雨季和干季十分明显,冬季少雨,降水量为 24.9 mm,夏季雨水集中,降水量为 137.4 mm.由于每年夏季风的强弱和早迟不同,雨季的早晚、雨量的多寡也有很大差别,导致昌吉市降水的年际差异较大.从表 3 可以看出,昌吉市春季、夏季和冬季降水量呈上升趋势,秋季呈略下降趋势,其中,冬季降水量增加的趋势最明显(通过 0.001 水平的显著性检验),夏季其次,春季不太明显.

## 2.2 蒸发量气候变化特征

由蒸发量逐年变化曲线(图 2)可知,蒸发量逐年变化曲线与降水量逐年变化曲线明显不同,蒸发量是逐年下降的趋势,年际变化也不明显,蒸发量下

降趋势除了 21 世纪初的年代趋势系数通过 0.01 水平上的显著性检验外,其他各年代、各季都没有通过显著性检验(表 1、表 3).昌吉市年最大蒸发量为 1965 年的 2 165.8 mm,年最少蒸发量为 1980 年的 1 429.3 mm(表 2).年代际气候变化不显著,跟多年平均值相比 20 世纪 60 年代蒸发量相对偏大,与降水量相反,70 年代略偏少,80 和 90 年代略偏多,21 世纪初蒸发量最少(表 1).各年代年蒸发量的变差系数差别很小,变差系数 90 年代最大,其余 4 个年代较小,21 世纪初最小,表明昌吉市蒸发量 90 年代变化频繁、波动较大,其他年代变化较平稳,且年际差异较小.

季蒸发量逐年变化趋势(图 2、表 3)也与相应季降水量逐年变化趋势不同,年际变化不明显,而且各季升降趋势也都平缓下降,下降倾向率相互接近,其中,夏季蒸发量减少的趋势较快,秋季其次,冬季不太明显.

## 3 降水量和蒸发量突变分析

从图 3 可以看出,降水量累积距平曲线在 1987 年前呈波动上升变化,且变化幅度较大,20 世纪 60 年代初期到 70 年代后期急剧上升,之后快速下降.

表 1 降水和蒸发资料及特征参数

Table 1 Precipitation and evaporation data and characteristic parameters

参数	20 世纪 60 年代	20 世纪 70 年代	20 世纪 80 年代	20 世纪 90 年代	21 世纪 10 年代	1960—2009 年	
降水量	变差系数	0.077 6	0.084 0	0.092 1	0.113 2	0.211 5	
	平均值/mm	174.9	178.2	195.0	207.3	191.8	
	趋势系数	0.268 9	0.01	0.360 3 <sup>②</sup>	0.5107 <sup>①</sup>	0.01	0.317 3 <sup>④</sup>
	变化速率	-2.841 2	-0.092 1	5.035 6	9.328 5	-0.092 1	0.892 0
蒸发量	变差系数	0.0433	0.037 7	0.045 0	0.050 4	0.0234	0.090 7
	平均值/mm	1 831.4	1 720.6	1770.7	1 773.9	1 702.4	1 759.8
	趋势系数	0.076 2	0.105 8	0.187 6	0.087 2	0.363 3 <sup>②</sup>	0.180 3
	变化速率	-4.682 4	5.344 2	11.645	-4.793 3	-11.301	-1.995 4

注:“-”为下降速率;①、②、③和④分别表示在  $P=0.001$ 、 $P=0.01$ 、 $P=0.02$  和  $P=0.05$  水平上显著;线性变化速率单位为  $\text{mm}/(10 \text{ a})$ .

表 2 降水量和蒸发量年、季最大和最小值及出现年份比较

Table 2 Comparison of maximum and minimum values for annual and seasonal precipitation and evaporation

参数	年		春季		夏季		秋季		冬季	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
降水量/mm	122.6	291.3	13.0	142.6	21.9	137.4	19.9	86.3	1.4	70.1
出现年份	1997	1999	1965	1998	1976	1999	1977	1979	1967	1999
蒸发量/mm	1 429.3	2 165.8	402.1	668.7	736.5	1 095.9	226.0	391.6	20.3	60.9
出现年份	1980	1965	1960	1965	1980	1965	1992	1997	1980	1962

表3 昌吉市降水量和蒸发量各季气候趋势方程及气候趋势系数

Table 3 Climate change trend equations and climate tendency factors of precipitation and evaporation in each season in Changji city

参数	季节	趋势方程	趋势系数
降水	春季	$y=0.174 3x+55.093$	0.103 9
	夏季	$y=0.425 3x+51.489$	0.251 2
	秋季	$y=-0.038 6x+46.07$	0.034 6
	冬季	$y=0.368 3x+15.489$	0.470 4 <sup>①</sup>
蒸发	春季	$y=-0.365 7x+524.81$	0.074 8
	夏季	$y=-1.110 1x+931.01$	0.193 6
	秋季	$y=-0.460 6x+321.77$	0.204 2
	冬季	$y=-0.053 4x+32.861$	0.115 3

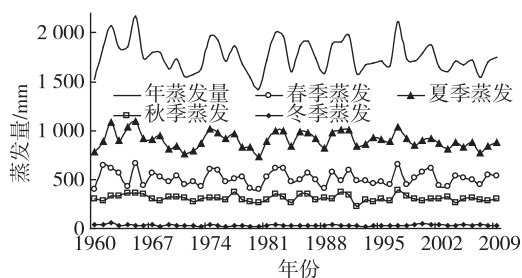


图2 昌吉市年、季蒸发量过程及线性趋势  
Fig. 2 Trends of the annual and seasonal evaporation in Changji city

降水量累积距平的绝对最大值出现在1987年,这次转折是降水量从偏少期转为偏高期;1987年后的偏高期持续到21世纪初期,在2006年达到最低值,2006年后降水开始快速减少,这次转折是降水量从偏多期转为偏低期.为了检验上述转折是否达到气候突变的标准,对1987、2006年降水量计算信噪比.对1987年降水量计算信噪比: $\bar{X}_a = 177.2$ ,  $\bar{X}_b = 206.2$ ,  $S_a = 30.3$ ,  $S_b = 43.2$ ,得知1987年降水量转折的信噪比值为2.25,大于1,可以认为是气候突变年,突变年前后平均值的差值为29 mm;对2006年降水量计算信噪比: $\bar{X}_a = 191.8$ ,  $\bar{X}_b = 191.4$ ,  $S_a = 40.8$ ,  $S_b = 43.3$ ,得知2006年降水量转折的信噪比值为0.16,小于1,所以2006年降水量突变不明显.

蒸发量累积距平曲线在20世纪60年代呈波动下降变化,1961年有个极大值,蒸发量累积距平的绝对最大值出现在1969年,这次转折是蒸发量从偏高期转为偏少期;20世纪70到80年代初期呈波动上升变化,且变化幅度较大,1982年出现一个次大

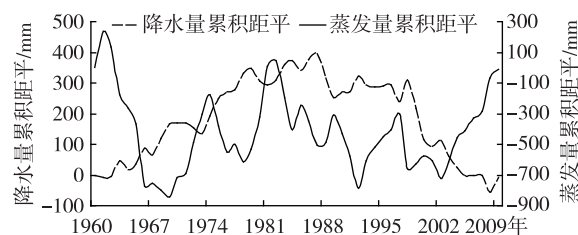


图3 1960—2009年昌吉市降水量和蒸发量累积距平变化曲线

Fig. 3 Trends of the cumulative anomalies of precipitation and evaporation during 1960—2009 in Changji city

值,1982年到21世纪初期呈波动下降,2002年开始快速上升.为了检验上述3个转折是否达到气象突变的标准,对1969、1982、2002年蒸发量计算信噪比.对1969年蒸发量计算信噪比: $\bar{X}_a = 1 853.1$ ,  $\bar{X}_b = 1 741.9$ ,  $S_a = 173.6$ ,  $S_b = 149.8$ ,得知1969年蒸发量转折的信噪比值为4.66,大于1,可以认为是气候突变年,突变年前后平均值的差值为111.2 mm;对1982年蒸发量计算信噪比: $\bar{X}_a = 1 757.8$ ,  $\bar{X}_b = 1 752.5$ ,  $S_a = 178.6$ ,  $S_b = 138.0$ ,得知1982年蒸发量转折的信噪比值为0.13,小于1,所以1982年蒸发量突变不明显;对2002年蒸发量计算信噪比: $\bar{X}_a = 1 777.0$ ,  $\bar{X}_b = 1 671.7$ ,  $S_a = 166.5$ ,  $S_b = 67.8$ ,得知2002年蒸发量转折的信噪比值为1.07,大于1,可以认为2002年是蒸发量另一个气候突变年份,但相比1969年突变并不明显.

## 4 结论

1) 昌吉市降水量变化具有明显的阶段性特点.昌吉市年、春季、夏季和冬季降水量都呈上升趋势,其中,冬季降水量增加的趋势最大(通过0.001水平的显著性检验),夏季其次,春季不太明显,秋季降水量呈略下降趋势.昌吉市降水量20世纪60和70年代偏少,是相对少雨期,进入80年代开始各年代降水偏多,为相对多雨期,而且90年代以后增加量较为明显.昌吉降水量1987年存在突变,并通过突变检验,说明从1987年开始昌吉市降水量进入明显的增加趋势.

2) 近50 a 昌吉市蒸发量呈逐年减少趋势,趋势并不剧烈,但季节性明显,夏季蒸发量减少的趋势较快,秋季其次,冬季不太明显.昌吉市蒸发量20世纪90年代开始偏少,且较为明显.昌吉市蒸发量在1969和2002年发生突变,并通过突变检验,其中,

1969 年的突变比较明显.说明 1969 和 2002 年开始蒸发量明显偏少,蒸发量从偏高期转为偏少期.

3) 昌吉市近 50 a 降水量呈逐年增加趋势,蒸发量呈逐年减少趋势,受此影响,近 50 a 昌吉市气候总体趋于更加湿润.

## 参考文献

### References

- [ 1 ] 吴文娟,王刚,黄丕新,等.近 50 a 海口市降水量与蒸发量变化[J].气象研究与应用,2009,30(1):19-22  
WU Wenjuan, WANG Gang, HUANG Pixin, et al. Variation of precipitation and evaporation in Haikou city in recent 50 years[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2009, 30(1): 19-22
- [ 2 ] 李江风.新疆气候[M].北京:气象出版社,1991:1-4, 97-101  
LI Jiangfeng. Climate of Xinjiang[M]. Beijing: China Meteorological Press, 1991: 1-4, 97-101
- [ 3 ] 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  
XUE Yan, HAN Ping, FENG Guohua. Change trend of the precipitation and air temperature in Xinjiang since recent 50 years[J]. Arid Zone Research, 2003, 20(2): 127-130
- [ 4 ] 阿帕尔,叶尔克江,阿斯玛.昌吉市气候干旱指标对比分析[J].沙漠与绿洲气象,2009,3(3):22-25  
Apar, Erkejan, Asima. Comparative analysis on climatological drought indices for Changji city[J]. Desert and Oasis Meteorology, 2009, 3(3): 22-25
- [ 5 ] 姚俊强,杨青,韩雪云,等.天山及周边地区空中水资源的稳定性及可开发性研究[J].沙漠与绿洲气象,2012,6(1):31-35.  
YAO Junqiang, YANG Qing, HAN Xueyun, et al. Research of stability and exploitability of water vapor resource in Tianshan Mountains[J]. Desert and Oasis Meteorology, 2012, 6(1): 31-35
- [ 6 ] 叶尔克江,阿帕尔,尹建新,等.新疆近 50 年自然降水量气候变化特征分析[J].石河子大学学报:自然科学版,2011,29(6):737-741  
Erkejan, Apar, YIN Jianxin, et al. Characteristic analysis the precipitation in Xinjiang in the past 50 years[J]. Journal of Shihezi University: Natural Science, 2011, 29(6): 737-741
- [ 7 ] 叶尔克江,阿帕尔,华宛江.昌吉市夏季气候要素及旱涝变化特征分析[J].石河子大学学报:自然科学版,2007,25(6):697-701  
Erkejan, Apar, HUA Wanjiang. Analysis on the climatic character, drought and flood of Changji city[J]. Journal of Shihezi University: Natural Science, 2007, 25(6): 697-701
- [ 8 ] 格日乐,邹学勇,吴晓旭,等.近 45 年内蒙古乌审旗气候变化对沙尘天气的影响[J].干旱区研究,2009,26(5):613-620  
Gerile, ZOU Xueyong, WU Xiaoxu, et al. Climatic change and its effect on dust weather in Uxin Banner of Inner Mongolia in recent 45 years[J]. Arid Zone Research, 2009, 26(5): 613-620
- [ 9 ] 普宗朝,张山清,王胜兰,等.近 36 年天山山区潜在蒸散量变化特征及其与南、北疆的比较[J].干旱区研究,2009,26(3):424-431  
PU Zongchao, ZHANG Shanqing, WANG Shenglan, et al. Study on the change of annual potential evapotranspiration in the Tianshan Mountainous in recent 36 years and its comparison with that in South Xinjiang and North Xinjiang[J]. Arid Zone Research, 2009, 26(3): 424-431
- [ 10 ] 周浩,杨宝钢,程炳岩.重庆近 46 年气候变化特征分析[J].中国农业气象,2008,29(1):23-27  
ZHOU Hao, YANG Baogang, CHENG Bingyan, et al. Analysis of characteristics of climate change over last 46 years in Chongqing[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2008, 29(1): 23-27
- [ 11 ] 普宗朝,张山清,杨琳,等.1961—2008 年新疆克拉玛依市气候变化分析[J].新疆农业大学学报,2009,32(4):55-60  
PU Zongchao, ZHANG Shanqing, YANG Lin, et al. Climatic change in Karamay city of Xinjiang during 1961—2008[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2009, 32(4): 55-60
- [ 12 ] 刘然,杨东,郭红霞.近 26 年合肥市气温降水变化特征及突变分析[J].安徽农业科学,2009,37(28):13697-13699  
LIU Ran, YANG Dong, GUO Hongxia, et al. Analysis on the variation characters of temperature and precipitation and abrupt change in Hefei in recent 26 years[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(28): 13697-13699
- [ 13 ] 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  
WANG Shaowu. Diagnostic studies on the climate change and variability for the period of 1880—1990[J]. Acta Meteorologica Sinica, 1994, 52(3): 261-273
- [ 14 ] 刘普幸.近 54 年民勤绿洲气候变化趋势与周期特征[J].干旱区研究,2009,26(4):471-476  
LIU Puxing. Study on the trend and period characteristics of climate change in the Minqin oasis since recent 54 years[J]. Arid Zone Research, 2009, 26(4): 471-476
- [ 15 ] 林学椿,于淑秋.近 40 年我国气候趋势[J].气象,1990,16(10):16-21  
LIN Xuechun, YU Shuqiu. Climatic trend in China for the last 40 years[J]. Meteorological Monthly, 1990, 16(10): 16-21
- [ 16 ] 李茂松,李森,李育慧.中国近 50 年旱灾灾情分析[J].中国农业气象,2003,24(1):7-10  
LI Maosong, LI Sen, LI Yuhui, et al. Studies on drought in the past 50 years in China[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2003, 24(1): 7-10
- [ 17 ] 李海涛,于贵瑞,袁嘉祖.中国现代气候变化的规律及未来情景预测[J].中国农业气象,2003,24(4):1-4  
LI Haitao, YU Guirui, YUAN Jiazuo. Pattern and cause of current climate change in China and prediction of climate scenarios[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2003, 24(4): 1-4
- [ 18 ] 普宗朝,张山清,李景林,等.近 36 年新疆天山山区气

- 候暖湿变化及其特征分析[J].干旱区地理,2008,31(3):409-415  
PU Zongchao, ZHANG Shanqing, LI Jinglin, et al. Facts and features of climate change into warmth and damp in the Tianshan Mountains area in the recent 36 years[J]. Arid Land Geography, 2008, 31(3): 409-415
- [19] 杨勇, 普宗朝, 张山清, 等. 近 48 年新疆博州地区气候变化趋势的分析[J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2010, 28(4): 446-452  
YANG Yong, PU Zongchao, ZHANG Shanqing, et al. Analysis of the climatic change in the Bortala region in the last 48 years [J]. Journal of Shihezi University: Natural Science, 2010, 28(4): 446-452
- [20] 阿帕尔, 尹建新, 叶尔克江, 等. 昌吉地区旱涝特征分析[J]. 南京信息工程大学学报: 自然科学版, 2011, 3(4): 354-359  
Apar, YIN Jianxin, Erkejan, et al. Research on climatological drought and flood index of Changji areas [J]. Journal of Nanjing University of Information Science and Technology: Natural Science Edition, 2011, 3(4): 354-359

## Variation of precipitation and evaporation in Changji in recent 50 years

Apar Ruzi<sup>1,2</sup> Erkejan Hoyhazi<sup>2</sup> HUANG Ling<sup>2</sup> WANG Yao<sup>2</sup> Sanat<sup>2</sup>

1 College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000

2 Changji Meteorological Bureau of Xinjiang, Changji 831100

**Abstract** The precipitation and evaporation (measured by 20cm caliber) observation data during 1960—2009 in Changji city are analyzed using the methods of cumulative anomalies and linear tendency estimation. The results indicate obvious interannual variations in Changji's precipitation and evaporation at both annual and seasonal level. In the past 50 years, the annual and seasonal precipitations changed in significant linear trends, with increasing trend in the whole year, spring, summer and winter, while a slight decreasing trend in autumn. The evaporation decreased in significant linear trend in Changji city during 1960—2009. Thus, it can be concluded that the climate in Changji was generally getting wet in the past 50 years.

**Key words** precipitation; evaporation; climatic change; abrupt change