

## 和田市近 40 年蒸发量的变化特征

买买提·阿布都拉 玉苏甫·阿布都拉 刘海涛 帕提曼

(新疆和田地区气象台, 848000)

**提 要:** 利用和田市气象站 1961—2000 年 20cm 口径蒸发量资料, 对蒸发量的年、季、月变化趋势、年代际变化特征、突变和周期等气候变化作了较全面分析。结果表明: 40 年来各季、月蒸发量呈现不同程度的上升趋势, 年蒸发量以 48.52 mm/10a 的倾向率增多, 偏多趋势主要表现在春季、秋季, 其中 5 月份蒸发量偏多趋势最明显。年蒸发量在 20 世纪 60 年代为相对偏少期, 80 年代为相对偏多期。采用累积距平曲线和标准 Morlet 小波方法对年总蒸发量进行突变检验和周期分析表明, 年蒸发量在 1978 年发生一次突变, 蒸发量变化具有 4~6 年、11 年和 22 年左右的年周期变化。

**关键词:** 蒸发量 年代际变化 趋势 突变 小波分析

## Characteristic Analysis on Evaporation in Hotan City for Recent 40 Years

Maimaiti Abudula Yusup Abudula Liu Haitao Patiman

(Hotan Meteorological Office, The Xinjiang Uygur Autonomous Region 848000)

**Abstract:** Based on the evaporation data of Hotan weather station from 1961 to 2000, the Climate changes, such as annual, seasonal, monthly and the inter-decadal changes, sudden changes and so on, of the evaporation are completely analyzed. The results indicate that the seasonal and monthly evaporation present different up-trend in recent 40 years, but annual evaporation is increasing at the trend rate of 48.52mm/10a, and the increases mainly occur in spring and autumn, especially in May. in 1960s, total annual evaporation is relatively less and more in 1980s. Total annual evaporation is tested using the methods of standard Morlet

wavelet analysis and accumulative anomaly curve. It indicates that there is a sudden change in 1978. There are about 4 to 6-year, 11-year or 22-year of the periods in the evaporation changes.

**Key Words:** evaporation inter-decadal change trend sudden change wavelet analysis

## 引言

近几年来,全球性气候变化已引起人们的普遍重视,目前对温度、降水等气候变化进行统计分析的人越来越多<sup>[1]</sup>,已从不同的时空尺度作了大量的研究,并取得了一些共识,但气候状况的另一个重要的因子——蒸发量的变化研究较少。蒸发既是地表热量平衡的组成部分,又是水量平衡的组成部分,是水循环中最直接受土地利用和气候变化影响的一项。因此,进行蒸发量变化的研究,对深入了解气候变化规律及探讨气候变化的原因,对和田市的生态环境治理和经济的发展都具有十分重要的意义。

## 1 资料与方法

利用和田市气象站1961—2000年20cm口径蒸发量资料。统计方法:(1)蒸发量距平变化及5年滑动曲线图;(2)10年阶段分析;(3)线性趋势倾向系数由最小二乘法求得;(4)突变分析和小波分析。

## 2 蒸发量变化特征

### 2.1 蒸发量的年代际变化特征

从表1统计数据可以得出,和田市年、春(3—5月)、夏(6—8月)、秋(9—11月)、冬(12月—次年2月)季平均蒸发量

1971—2000年较1961—1990年的标准气候均值分别增加了45.5mm、19.9mm、7.0mm、9.6mm、9.1mm。从1961—2000年共40a平均蒸发量为2682.5mm,其中夏季蒸发量最多,达到1118.1mm;其次为春季,蒸发量为873.8mm;最少的季节为冬季,蒸发量只有163.9mm。年代际蒸发量在年和春、夏、秋季为20世纪60年代最少,80年代最多;冬季60年代最少,而90年代最多。年和春季蒸发量经历了一个“少—多—多—多”的历史演变过程;夏季蒸发量经历了一个“少—多—多—少”的历史演变过程;秋、冬季蒸发量经历了一个“少—少—多—多”的历史演变过程。以1961—2000年的40a平均值为基准,和田市蒸发量不论是年还是四季,在70年代末都有明显的偏多时段(见图1)。年蒸发量最多年份是1980年(为3137.3mm,距平值454.8mm),春季和夏季最多年份出现在1980年,秋季和冬季出现在1979年。最少年份出现在1995年(为2218.9mm,距平值-463.6mm),春季、夏季、秋季最少年份出现在1995年,冬季出现在1967年。

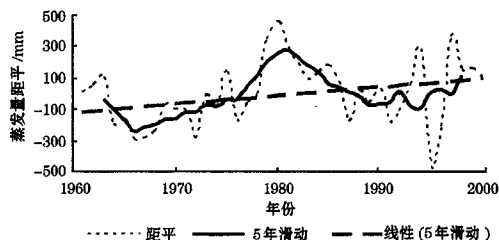


图1 和田市近40年蒸发量变化趋势

表 1 和田市年、季蒸发量的年代际变化特征 (单位: mm)

年代	1961—1970 (距平)	1971—1980 (距平)	1981—1990 (距平)	1991—2000 (距平)	1961—2000 (平均)	1961—1990 (平均)	1971—2000 (平均)
年	-118.6	22.1	78.5	18	2682.5	2676.5	2722.0
春季	-48.2	13.8	23.1	11.4	873.8	870.0	889.9
夏季	-38.5	27.3	28.6	-17.6	1118.1	1123.9	1130.9
秋季	-21.1	-5.2	18.7	7.6	526.7	524.2	533.8
冬季	-10.8	-13.8	8.1	16.6	163.9	158.4	167.5

## 2.2 蒸发量的年和季变化趋势

和田市过去 40a 的蒸发量总体呈增多趋势, 其倾向率为 48.52mm/10a (见图 1), 与艾比湖流域蒸发量倾向率 -52.731mm/10a 的倾向率相反<sup>[2]</sup>, 冬、春、夏、秋季蒸发量变化倾向率为正值, 分别为 10.79、16.94、8.43、12.36mm/10a。其中春、秋两季倾向率大于冬、夏季倾向变化率。而年蒸发量与春季蒸发量之间的相关系数为 0.23; 与夏季之间的相关系数为 0.11; 与秋季之间的相关系数为 0.32, 通过 0.05 的显著性水平检验; 与冬季之间的相关系数为 0.43, 通过 0.01 的显著性水平检验; 与年蒸发量之间的相关系数为 0.28, 通过 0.1 的显著性水平检验。年蒸发量的 5 年滑动曲线反映出 1962—1977 年, 1987—1995 年蒸发量偏少; 1975—1985 年, 1996—2000 年蒸发量偏多。

## 2.3 蒸发量的各月变化趋势

表 2 给出各月平均蒸发量、线性倾向和相关系数。从表 2 可以看出, 40 年来蒸发量最多的月份出现在 6 月, 平均蒸发量为

399mm, 蒸发量最少的月份出现在 1 月和 12 月, 平均蒸发量分别为 43mm 和 45mm。而且各月蒸发量均有不同程度的上升趋势, 其中 5 月蒸发量的上升趋势较明显, 倾向率为 9.15mm/10a, 其次为 2 月和 9 月, 倾向率分别为 7.44mm/10a、7.20mm/10a, 上升趋势最少月份为 6 月, 倾向率为 0.001mm/10a。为了诊断蒸发量的各月变化特征, 用年和逐月蒸发量进行相关分析, 由 1—12 月逐月蒸发量的相关系数可知, 2、4、5、8、9、11、12 月份的相关系数大于 0.2 以上。1、3、7、10 月份的相关系数大于 0.04 以上。而 6 月份的相关系数为 0.0004, 9、11 月份均超过 0.05 的显著性水平检验, 只有 2 月份超过 0.01 的显著性水平检验。

## 3 蒸发量的突变分析

### 3.1 突变检验

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密切的关注, 而且成为气候变化中的重要研究课题, 气候突变

表 2 各月平均蒸发量、线性倾向和相关系数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\bar{X}$	43	76	197	305	372	399	385	334	254	178	94	45
$b$	0.1	0.74	0.13	0.65	0.92	0.00	0.16	0.68	0.72	0.10	0.42	0.24
$r$	0.11	0.43***	0.05	0.22	0.25	0.00	0.05	0.25	0.31**	0.07	0.35**	0.25

注:  $\bar{X}$  为月平均蒸发量,  $b$  为倾向值,  $r$  为相关系数, \*, \*\*, \*\*\* 分别表示超过 0.1、0.05、0.01 的置信水平

是气或变化过程中存在的某种不连续现象，因此常用气候要素累积距平曲线来确定它，即使用指标：

$$C(t) = \sum_{i=1}^t (Z_i - \bar{Z})$$

若指标绝对值达最大值时，则所对应的  $t$  为突变年份。

为了检验转折是否达到气候突变的标准，于是对各转折年份计算了它们的信噪比<sup>[3]</sup>，信噪比的定义是：

$$S/N = \frac{|\bar{X}_a - \bar{X}_b|}{S_a - S_b} \tag{1}$$

式中， $\bar{X}_a$ 、 $\bar{X}_b$  和  $S_a$ 、 $S_b$  是转折年份前后两阶段要素的平均值和标准差，规定  $S/N > 1$  时，可认为该要素在这个年份存在气候突变，否则突变不显著。

3.2 年蒸发量的突变分析

图 2 给出了蒸发量的距平累加曲线 (a) 和时间变化曲线 (b)，由图 2a 可见，蒸发量累积距平曲线的绝对最大值分别在 1978 年、1996 年前后，这两次转折都是蒸发量从偏少期转为偏多期，1996 年后的偏多期至今仍在持续。为了检验上述转折是否都达到气候突变的标准，对上述各转折年份计算了它们的信噪比。根据式 (1) 计算了蒸发量在各转折年份的信噪比，得知 1978 年和 1996 年蒸发量的两次转折的信噪比分别为 2.05 和 0.95，这表明 1978 年蒸发量的信噪比值大于 1，可以认为是气候突变年，而 1996 蒸发量的信噪比值小于 1，突变不明显，只能作为气候转折年份。

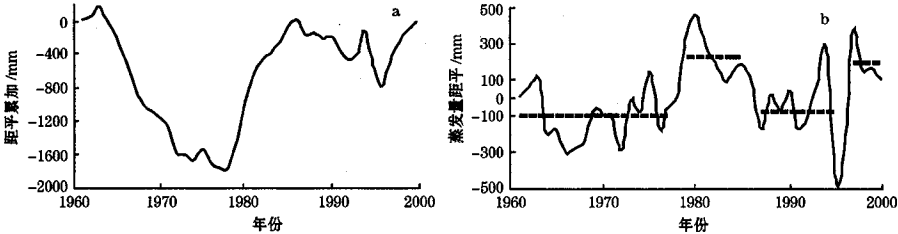


图 2 和田市近 40 年蒸发量距平累加 (a) 及时间变化曲线 (b)  
虚线为突变前、后各气候阶段的平均蒸发量

3.3 蒸发量的小波分析

用 Morlet 小波分析方法对和田市近 40 年蒸发量的年际变化进行了分析，小波指数正值表示处于多蒸发时期，反之处于少蒸发时期。分析发现，蒸发量存在较长周期，长周期中又包含短周期，这表明蒸发量的气候变化是由不同周期的振荡叠加而成的。图 3 为 Morlet 小波系数的实部，它综合体现了蒸发量变化的信号强度和位相两个方面的信息，可以清楚地看出和田市的蒸发量变化存在多时间尺度结构。由图 3 可见，和田市的

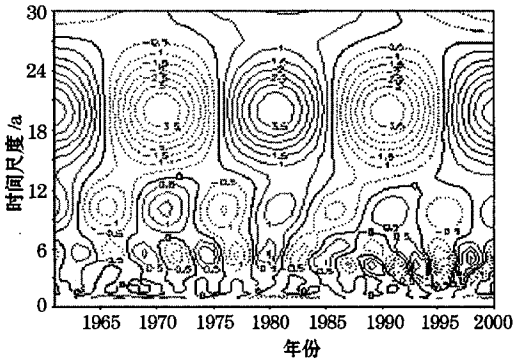


图 3 和田市近 40 年蒸发量的小波分布图

蒸发量变化存在着明显的年代际尺度的周期

性变化,以22a左右的周期信号最强,也存在4~6a和11a左右的周期变化。年代际尺度的周期中蒸发量变化表现为两个偏少期和三个偏多期。

#### 4 结 论

(1)和田市过去40a的蒸发量总体呈增多趋势,其倾向率为48.52mm/10a,冬、春、夏、秋季蒸发量变化倾向率为正值,分别为10.79mm/10a、16.94mm/10a、8.43mm/10a、12.36mm/10a。其中春、秋两季倾向率大于冬、夏季倾向变化率。各月蒸发量也有不同程度的增多趋势,其中5月份蒸发量的增多趋势最为明显,其次为2月和9月,最少月份为6月。

(2)年蒸发量在1978年附近存在突变现象,表现为1978年后蒸发量增多。

(3)和田市的蒸发量变化存在着明显的年代际尺度的周期性变化,以22a左右的周期信号最强,也存在4~6a和11a左右的周期变化。年代际尺度的周期中蒸发量变化表现为两个偏少期和三个偏多期。

#### 参考文献

- 1 张家宝,史玉光专著.新疆气候变化及短期气候预测研究[M].北京:气象出版社,2002.
- 2 杨青,何清,李红军等.艾比湖流域沙尘气候变化趋势及其突变研究[J].中国沙漠,2003,23(5):505.
- 3 黄嘉佑.气候状态变化趋势与突变分析[J].气象,1996,21(5):56-57.