

新疆库车县近 40 a 来气温与蒸发量变化趋势分析*

胡 伟, 姚 磊

(新疆库车县气象局, 新疆 库车 842000)

摘 要:通过对新疆库车县 1971– 2006 年气温与蒸发量变化趋势的分析,发现年平均气温及四季(春季、夏季、秋季、冬季)平均气温 36 a 来无明显变化,均在多年平均值上下波动。年蒸发量和 4 个季节平均蒸发量均呈显著下降的趋势,其中年蒸发量的下降率为 35 mm/a,4 个季节的下降率以夏季最大,冬季最小。并在此基础上,对库车县蒸发量下降的原因进行了分析。

关键词:库车县; 气温; 蒸发量; 变化趋势

中图分类号: P423.3; P426.2 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2008)03-0093-03

The Trend Analysis on Air Temperature and Evaporation in
Kuche County During Recent 40 Years

HU Wei, YAO Lei

(Kuche Bureau of Meterology, Kuche, Xinjiang 842000, China)

Abstract: Based on the trend analysis on air temperature and evaporation in Kuche County, Xinjiang from 1971 to 2006, the following results were acquired. Annual mean air temperature and mean air temperature of four season (spring, summer, autumn and winter) showed no changes and fluctuated around multi year's average value. Yearly evaporation dropped obviously at the rate of 35 mm per year. Evaporation of four season also decreased with that of summer decreased the most and the winter the least. The reasons of evaporation decrease were also analyzed.

Key words: Kuche county; air temperature; evaporation; change trend

温室效应导致的气温升高是目前全球最为关注的环境问题之一。在我国,关于气温变化也已在不同地域尺度上进行了大量的分析研究,如陈文海等对中国 1951– 1997 年气候变化趋势的季节特征研究^[1];苏宏超等对新疆近 50 a 来气温变化趋势的研究^[2];刘新春等对新疆三工河流域近 40 a 来气温变化的研究^[3],这些在不同地域尺度上的研究均表明气温有升高的趋势。但由于大气环流及下垫面条件的差异,不同区域气温变化特征并不相同。

蒸发是水文循环、水量转化中的一个重要环节,水面蒸发量是反映当地蒸发能力的重要指标。气温是影响蒸发的最主要因子,由于影响蒸发的因素复杂,不同地域的蒸发变化也各有其特点。新疆库车县是新疆第二大县,也是全国重点产棉县和优质采棉县之一。研究其气温及蒸发两个关键气候要素的变化特点,对于该县农业生产、环境保护与生态环境建设均具有一定的指导意义。

1 研究地区及方法

1.1 研究区概况及资料来源

库车县地处天山中部南麓,塔里木盆地北缘,地理位置为东经 82°34′–84°25′,北纬 40°49′–42°38′。属于大陆性暖温带干旱气候,光照充足、降雨稀少、夏季炎热、冬季干冷。全县人口 44 万人,总面积 1.52 万 km²。全年无霜期为 227 d,≥10℃的年积温为 4 264.14℃。多年平均气温为 11.3℃,多年平均降雨量和蒸发量分别为 76.1、2 219.4 mm。

库车县气象站位于库车县城以北 1.5 km 处,海拔高度 1 081.9 m,建站于 1950 年 6 月 1 日,为国家基准气象站。本研究利用该站 1971– 2006 年逐月平均气温与蒸发资料,其中气温为干湿球温度计观测,水面蒸发采用 E601B、61.8 cm 口径套盆式蒸发器(4– 10 月)和 20 cm 小径蒸发器(11 月– 翌年 3 月)观测,20 cm 蒸发器观测资料先经过校正转换,然后统一用 E601B 观测值代表当地的蒸发能力。主要研究方法为线性回归、Mann-Kendall 趋势检验结合 Sen 坡度估计法,采用 2 种分析方法的目的是为相互验证比较。

1.2 分析方法

1.2.1 线性回归法

通过建立气候要素序列 x_i 与相应的时序 i 之间的线性回归方程,进而检验时间序列的趋势性,该方法可以给出时间序列是否具有递增或递减的趋势,并且线性方程的斜率还在一定程度上表征时间序列的平均趋势变化率,其不足是难

* 收稿日期: 2007 09 03
基金项目: 国家自然科学基金重点项目(编号: 30230290)
作者简介: 胡伟(1968–),男,安徽砀山县人,工程师,主要从事高空探测与雷达机务工作。E-mail: kchuwei@163.com

以判别序列趋势性变化是否显著,这是目前趋势性分析中最简便的方法,线性回归方程为

$$x_i = a \cdot i + b$$

(1)

式中: x_i ——时间序列; i ——相应时序; a ——线性方程斜率,表征时间序列的平均趋势变化率; b ——截距。

1.2.2 Manr Kendall 检验法及 Sen 坡度估计法

Manr Kendall 检验是一种非参数统计检验方法,变量可以不具有正态分布的特征,常用来检验趋势的显著性,在水文学上应用普遍^[4-5]。假定 x_1, x_2, \dots, x_n 的时间序列变量, n 为时间序列的长度, Manr Kendall 方法定义统计量 S

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

式中: x_j, x_k —— j, k 年相应的测量值,且 $k > j$ 。

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & x_j - x_k > 0 \\ 0 & x_j - x_k = 0 \\ -1 & x_j - x_k < 0 \end{cases}$$

$$\text{VAR}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S+1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S-1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & S < 0 \end{cases}$$

式中: Z ——一个正态分布的统计量,正值表明有上升的趋势,负值表示有下降的趋势。本研究选定 2 个显著水平 $P=0.01$ 和 0.05 ,分别用* * 和* 表示。

如果确定了变化趋势,再用 Sen 坡度估计法计算变化趋势的大小^[6],趋势函数如下:

$$f(t) = Qt + B$$

式中: Q ——变化的趋势大小; B ——常数。

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k}$$

式中: $j > k$ 。如果时间序列长度为 n ,那么将得到 $N = n(n-1)/2$ 个 Q_i ,最终的 Q 由 N 决定:

$$Q = \begin{cases} Q_{[(N+1)/2]} & N \text{ 为奇数} \\ \frac{1}{2}(Q_{[N/2]} + Q_{[(N+2)/2]}) & N \text{ 为偶数} \end{cases}$$

2 结果分析

2.1 气温年际与代季变化特征

图 1 为库车县 1971—2006 年年平均气温的年际变化。36 a 间,年平均最高气温为 12.1℃,发生在 1980 年;年平均最低气温为 10.5℃,分别出现在 1976 年和 1996 年;多年平均气温为 11.3℃。整个气温表现出波动变化。5 a 滑动平均可以减弱异常年份气温或观测误差对多年平均气温变化的干扰,从而更好地反映气温的变化趋势。从图 1 可看出,5 a 滑动平均曲线波动幅度明显变小,且均在多年平均气温值上下波动。线性回归与 Manr Kendall 非参数检验均未达到显著,表明 36 a 来,库车县年平均气温无明显变化。

图 2 为库车县年代季气温变化。春季(3—5 月)、夏季(6—8 月)和秋季(9—11 月)及冬季(12 月—翌年 2 月)平均

气温变化均不明显,分别在 14.1℃、24.3℃ 和 11.3℃、-3.2℃ 的多年平均值上下波动。线性回归与 Manr Kendall 非参数检验亦未达到显著,表明 36 a 来库车县年代季平均气温无明显变化。

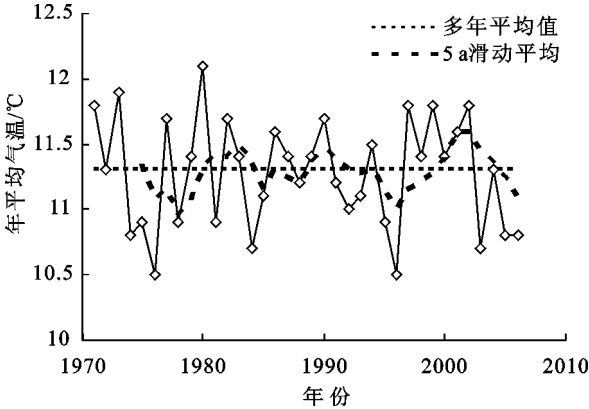


图 1 库车县气温的年际变化

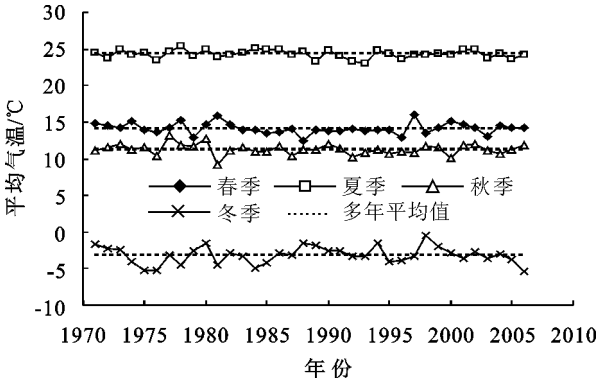


图 2 库车县平均气温的季节变化

2.2 蒸发量年际与代季变化特征

图 3 为库车县蒸发量的年际变化。从中可以看出,库车县 36 a 来的蒸发量为 1 400~2 820 mm,呈现出波动式下降的趋势,平均年蒸发量为 2 219 mm。线性回归与 Manr Kendall 非参数检验均达到极显著水平,表明 36 a 来,库车县年蒸发量呈现明显的下降趋势。线性回归法求得的下降率为 35 mm/a, Sen 坡度值亦为 35 mm/a,2 种方法求得的结果一致。

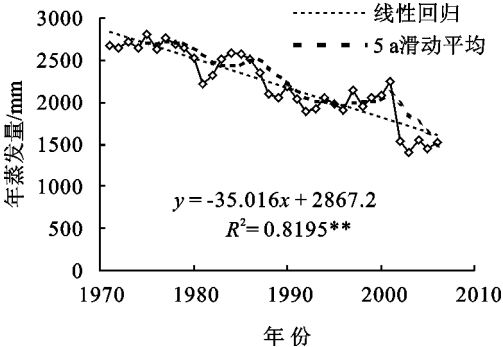


图 3 库车县蒸发量的年际变化

库车县全年蒸发量中,春季、夏季、秋季、冬季的蒸发量分别占 32.1%、44.7%、18.7% 和 4.5%。图 4 表明 36 a 来各季节的蒸发量均呈明显下降的趋势。各季节线性回归与

Manr Kendall 非参数检验也均达到极显著。线性回归法求得的春季、夏季、秋季、冬季蒸发量的下降率分别为 11.1、16.1、6.5、1.3 mm/a, Sen 坡度值分别为 12.2、16.0、6.6、1.2

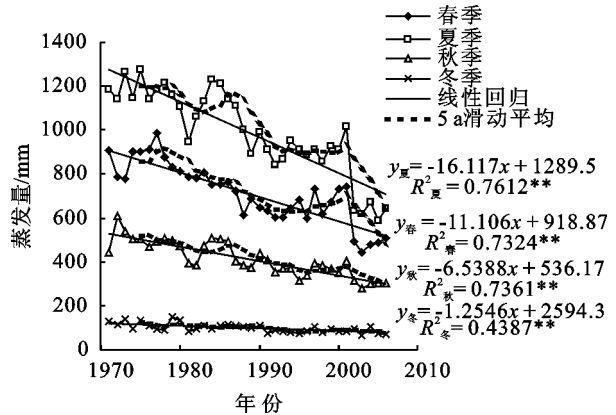


图 4 库车县蒸发量的季节变化
mm/a, 2 种方法求得的蒸发量下降率基本一致。

2.3 库车县气温与蒸发量的关系

库车县年蒸发量与年平均气温无明显相关关系, 但月蒸发量与月平均气温呈现极显著的指数关系。该指数曲线的一阶导数即为蒸发量随温度的变率。在气温为 0℃、10℃、20℃时, 变率分别为 49.2、113.3、261.1 mm/℃。在气温低于 10℃时, 月蒸发量的变化不是很大, 而当温度超过 10℃

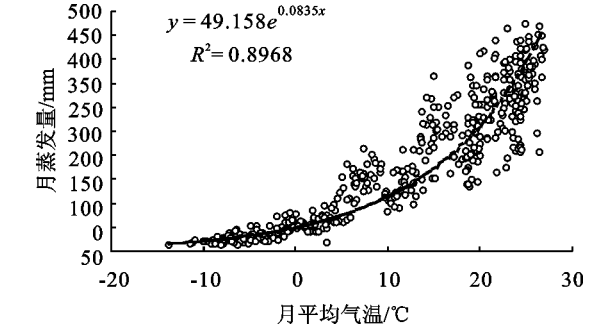


图 5 库车县月蒸发量与月平均气温的统计关系

3 结论与讨论

本研究表明: 从 1971–2006 年, 库车县年平均气温及代季平均气温均无明显变化, 表明全球气候变化尚未影响到该地区。这与苏宏超等报道的近 50 a 来新疆气温呈增加的态势, 平均气温增加速率为 0.27℃/10 a^[2] 及新疆三工河流域气温呈上升趋势^[3] 不同。在已发现的年平均气温上升研究中, 冬季气温增加趋势明显。由于新疆冬季该地大气中有严

重的逆温层存在, 从而导致热量不易扩散, 加重了温度增加趋势, 因此可能高估了因全球气候变暖导致的温度增加。年蒸发量和 4 个季节蒸发量均呈现显著的下降趋势, 下降幅度以夏季最大, 而冬季最低。温度是引起蒸发量变化的重要原因(图 5), 本研究中年平均温度与代季温度无明显变化, 但年平均蒸发量和各个季节的蒸发量均明显下降, 表明温度变化不是蒸发量下降的主要原因。影响蒸发量的因素很多, 包括降水、日照强度、日照时数、风速等, 分析该地蒸发量下降的原因, 可能主要与降水量呈现增加态势, 导致空气湿度增加, 饱和水汽压差减小从而降低蒸发; 大规模开垦种植、城市绿化与退耕还林(草)造成植被覆盖度增加, 改善了小气候, 降低了风速; 大规模农业灌溉可能改变了当地的水循环, 增加了空气湿度等有关。各个季节蒸发量下降率不同与不同时期大气活动的影响及人类生产活动有密切的关系。

该研究采用线性回归与 Manr Kendall 非参数检验得到的研究结果基本一致, 通过线性回归得到的气温无变化及蒸发量的变化率与 Sen 坡度值基本一致, 未发现两种方法存在明显差异, 表明两种方法均能较好地描述气候要素的变化。由于线性回归方法难以判别序列趋势性变化是否显著, Manr Kendall 非参数检验结合 Sen 坡度估计方法在描述气候要素的长期变化时可能更适宜。

参考文献:

[1] 陈文海, 柳艳香, 马柱国. 中国 1951~1997 年气候变化趋势的季节特征[J]. 高原气象, 2002, 21(3): 251-257.

[2] 苏宏超, 魏文寿, 韩萍. 新疆近 50 a 来的气温和蒸发变化[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 174-178.

[3] 刘新春, 杨金龙, 杨青. 三工河流域 40 年来气温、降水变化特征分析[J]. 水土保持研究, 2005, 12(6): 54-57.

[4] Yue S, Paul P, George C. Power of the Manr Kendall and spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series[J]. Journal of Hydrology, 2002, 259: 254-271.

[5] 张菲, 刘景时, 巩同梁, 等. 喜马拉雅山北坡卡鲁雄曲径流与气候变化[J]. 地理学报, 2006, 61(11): 1141-1148.

[6] Allan S. A brief and biased overview of time analysis or how to find that evasive trends[R]// In WMO Report No. 133: WMO/EMEP Workshop on Advanced Statistical Methods and Their Application to Air Quality Datasets. 1998.