

Trend Analysis of the Meteorological Elements in the Jiuquan Basin, Gansu*

Xian Jia, Bing Shen[#], Jianwei Su

Northwest Key Laboratory of Water Resource and Environment Ecology, Ministry of Education, Xi'an University of Technology, Xi'an
Email: jiaxian727@163.com, shenbing@xaut.edu.cn

Received: Aug. 19th, 2012; revised: Sep. 2nd, 2012; accepted: Sep. 13th, 2012

Abstract: Hydrological data series from 1955-2004 in the Jiuquan basin were used to analyze the trend and mutation of temperature and precipitation Based on the cumulative anomaly and Mann-Kendall methods. The results show that the temperature in the Jiuquan basin as a whole is a certain upward trend with a slow decline between 1955-1985, then there have been a clear upward trend, while the precipitation don't have apparent change trend with frequent and large fluctuations.

Keywords: Jiuquan Basin; Cumulative Anomaly; Mann-Kendall; Temperature; Precipitation

甘肃酒泉盆地主要气象要素变化趋势分析*

贾 宪, 沈 冰[#], 苏建伟

西安理工大学西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 西安
Email: jiaxian727@163.com, shenbing@xaut.edu.cn

收稿日期: 2012年8月19日; 修回日期: 2012年9月2日; 录用日期: 2012年9月13日

摘 要: 根据酒泉地面气象站 1955~2004 年历年逐月平均气温和逐月降水量资料, 运用累积距平方法和 Mann-Kendall 方法进行酒泉盆地 50a 来气温和降水趋势和突变的分析。结果表明: 酒泉盆地气温整体上呈一定的上升趋势, 1955~1985 年为缓慢的下降, 1985 年后出现了明显的上升趋势, 而降水没有任何明显的趋势变化, 波动较大且频繁。

关键词: 酒泉盆地; 累积距平; Mann-Kendall; 气温; 降水

1. 引言

气候变化及其影响是当今世界上广泛关注的热点问题。观测资料表明: 全球平均气温在 20 世纪约升高 0.6℃, 综合多模式多排放的预估结果表明, 到 21 世纪末, 全球地表平均增温 1.1℃~6.4℃。气候变化将改变全球水文循环的现状, 引起水资源在时空上的重新分配, 并对降水、蒸发、径流、土壤湿度等造

成直接影响^[1,2]。全球的气候变化已经引起了世界各国的注意, 联合国每年举行的气候变化大会的宗旨就是在全人类的共同努力下解决气候变化所产生的问题, 因此认清气候变化的趋势对于水文水资源的合理开发利用就有着深远的意义。

2. 酒泉盆地概况

酒泉盆地位于我国西北地区甘肃省河西走廊中段, 黑河干流中游区, 是我国西北干旱内陆河流域的典型山前倾斜自流盆地之一。该盆地西起嘉峪关大断

*基金项目: 国家自然科学基金重点项目(50939004)。

[#]通讯作者。

作者简介: 贾宪(1987-), 男, 黑龙江省七台河市人, 硕士生, 研究方向: 干旱水文与雨洪侵蚀。

层, 东至高台 - 南华基底隆起区地下水汇水线与张掖盆地衔接, 南、北介于祁连山和铁塔南山、合黎山之间, 呈南东 - 北西向展开^[3,4], 地处东经 98°21'19"~99°19'6"、北纬 39°10'9"~39°59'7"之间, 总面积 3407.9 km², 行政上隶属于甘肃省酒泉市。酒泉盆地海拔 1350~1500 m, 南部是祁连山山前倾斜平原的一部分, 海拔略高, 约为 1500~1800 m, 向东北渐次降低, 到夹子山北侧为 1340 m 左右。

酒泉盆地属于半沙漠干旱气候, 其特点是气候干旱降水少, 蒸发强烈日照长, 冬冷夏热温差大, 秋凉春旱多风沙。根据酒泉气象站 1955~2004 年气象统计资料, 盆地内多年平均降水量为 83.18 mm, 多年平均气温为 7.42℃。区内年平均蒸发量 2149~2539 mm, 干旱指数达 20 以上, 全年日照时间长, 平均 3033~3193 h, 冻土极值深度 132~141 cm^[5](见表 1)。

3. 研究方法

3.1. 累积距平法

累积距平法是一种常用的、由曲线直观判断变化趋势的方法。对于序列 X , 其某一时刻 t 的累积距平表示为:

$$\hat{X}_t = \sum_{i=1}^t (x_i - \bar{x}), \quad (t=1, 2, \dots, n), \quad \text{其中 } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

将 n 个时刻的累积距平值全部算出, 即可绘出累积距平曲线进行变化趋势分析。累积距平曲线若呈上升趋势, 表示距平值增加, 若呈下降趋势则表示距平值减小。

3.2. Mann-Kendall 法

Mann-Kendall 法是一种非参数统计检验方法^[6]。非参数检验方法也称之为无分布检验, 其优点是不需

要样本遵从一定的分布, 也不受少数异常值的干扰, 更适用于类型变量和顺序变量, 计算也比较简便。因为最初是由 Mann 和 Kendall 提出了原理并发展了这一方法, 所以称其为 Mann-Kendall 法。但是, 当时这一方法仅仅用于检测序列的变化趋势, 后来经其他人进一步完善和改进, 才形成目前的计算格式。

对于具有 n 个样本量的时间序列 X , 构成一秩序列:

$$S_k = \sum_{i=1}^k r_i, \quad k = (2, 3, \dots, n), \quad \text{其中 } r_i = \begin{cases} +1 & x_i > x_j \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \\ (j=1, 2, \dots, i)。$$

可见, 秩序列 S_k 是第 i 时刻数值大于 j 时刻数值的个数的累计数。在时间序列随机独立的假定下, 定义统计量:

$$UF_k = \frac{[S_k - E_{(S_k)}]}{\sqrt{Var(S_k)}} \quad (k=1, 2, \dots, n)$$

其中 $UF_1 = 0$, $E_{(S_k)}$, $Var_{(S_k)}$ 是累计数 S_k 的均值和方差, 在相互独立的且具有相同连续分布时, 可由下式算出:

$$E_{(S_k)} = \frac{n(n+1)}{4} \quad Var_{(S_k)} = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72}$$

UF_i 为标准正态分布, 它是按时间序列 X 顺序 x_1, x_2, \dots, x_n 计算出的统计量序列, 给定显著性水平 α , 查正太分布表, 若 $UF_i > U_\alpha$, 则表明序列存在明显的趋势变化。按照时间序列 X 的逆序 x_n, x_{n-1}, \dots, x_1 , 再重复上述过程, 同时使 $UB_k = -UF_k, k=n, n-1, \dots, 1, UB=0$ 。这一方法的优点在于不仅计算简便, 而且可以明确突变开始的时间, 并指出突变区域。因此是一种常用的突变检测方法。其计算步骤及结果说明:

Table 1. Multi-year average meteorological elements in the Jiuquan and its adjacent areas
表 1. 酒泉及其毗邻地区多年平均主要气象要素统计表

地区	气温℃			降水量 mm/a	蒸发量 mm/a	大风日数(d)	沙尘暴日数(d)
	年均	极高	极低				
酒泉	6.9	38.4	-31.6	117.5	2148.8	25.1	14.7
肃南	6.5	37.2	-32.6	236.9	1664.4	23.0	15.1
高台	7.6	39.1	-28.0	113.4	2341.0	21.7	13.1
铁塔	8.0	38.2	-28.5	67.5	1909.9	40.0	27.0

1) 计算顺序时间序列的秩序列, 按公式

$$UF_k = \frac{[S_k - E(S_k)]}{\sqrt{Var(S_k)}} \text{ 计算 } UF_k。$$

2) 计算逆序时间序列的秩序列, 也按公式

$$UB_k = \frac{[S_k - E(S_k)]}{\sqrt{Var(S_k)}} \text{ 计算 } UB_k。$$

3) 给定显著性水平, 例如 $\alpha = 0.05$, 那么临界值 $U = \pm 1.96$ 。

将 UF_k 和 UB_k 两个统计量序列曲线和 ± 1.96 两条直线均绘制在一张图上。若 UB_k 或 UF_k 的值大于 0, 则表明序列呈上升趋势, 小于 0 则表示序列呈下降趋势。当它们超过临界直线时, 表明上升或下降趋势显著。超过临界线的范围确定为出现突变的时间区域。如果 UF_k 和 UB_k 两条曲线出现交点, 且交点在临界线之间, 那么交点对应的时刻便是突变开始的时间。

4. 结果与分析

4.1. 酒泉盆地气温变化趋势分析

根据酒泉盆地 1955~2004 年的年平均气温资料, 采用累积距平原理和 Mann-Kendall 原理分析该区域在这 50 年时间里的气温变化趋势(见图 1、2)。

从酒泉盆地年平均气温累积距平曲线可以看出, 从 1955 年到 1985 年, 在这期间年平均气温整体是一个下降的趋势, 其中最低年平均气温是 1967 年的 5.8℃, 而且由酒泉盆地年平均气温 M-K 曲线中的 UF 曲线可以发现, 这期间气温变化波动不是很显著, 说明在这 30 年时间里气温缓慢的下降, 但是自 1985 年开始气温逐渐回升, UF 和 UB 值均超过临界值且有交点, 说明酒泉盆地年平均气温自 1985 年后出现了显著的增加, 并且这一现象属于突变现象, 突变点是 1996 年, 其中最高年平均气温出现在 1998 年, 为 8.9℃。

4.2. 酒泉盆地降水变化趋势分析

根据 1955~2004 年的酒泉盆地降水资料可绘出该区域的降水累积距平曲线和降水 M-K 曲线。酒泉盆地的年降水量在这 50 年里出现了三个峰值, 分别是 1964 年, 年降水量 157.9 mm, 1979 年, 年降水量 165.6 mm, 1993 年, 年降水量 147.4 mm(见图 3、4)。

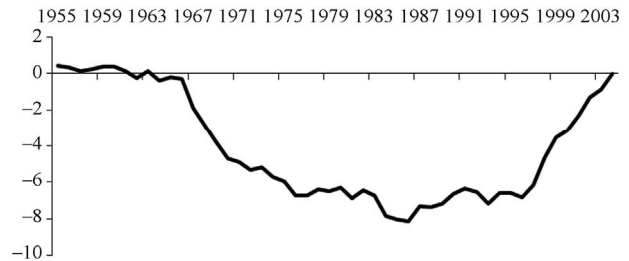


Figure 1. Average temperature cumulative anomaly curve in the Jiuquan basin
图 1. 酒泉盆地年平均气温累积距平曲线图

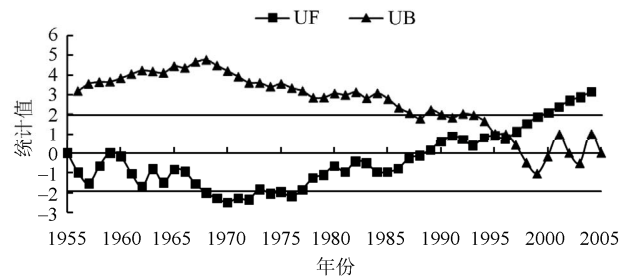


Figure 2. Annual average temperature of M-K curve in the Jiuquan basin
图 2. 酒泉盆地年平均气温 M-K 曲线图

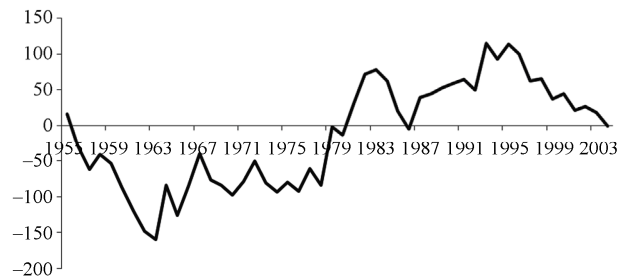


Figure 3. Precipitation accumulative anomaly curve in the Jiuquan basin
图 3. 酒泉盆地降水累积距平曲线图

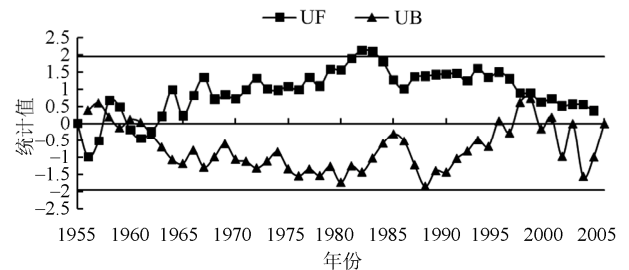


Figure 4. The M-K test curve of precipitation in the Jiuquan basin
图 4. 酒泉盆地降水 M-K 曲线图

根据累积距平曲线图分析得到, 在 1955~1963 年为下降趋势, 1963~1983 年为升高趋势, 降水增加趋势明显, 而从 1983~2004 年降水整体趋势减少, 其间波动频繁, 同时由 M-K 曲线分析得到, 50 年的时间

里酒泉盆地年降水量整体变化趋势不是十分明显, 只有 1984 年的 UF 值勉强达到临界值, 也就是说 1984 年左右降水增加的趋势相对比较显著, 这点也与累积距平曲线反映的情况相吻合。最大降水量年份是 1979 年, 降水量 165.6 mm, 最小降水量年份是 1956 年, 降水量仅有 36 mm。

5. 结论

1) 对于酒泉盆地的气温变化趋势而言, 根据 1955~2004 年的年平均气温资料表明, 在这 50 年的时间里, 酒泉盆地的气温整体上呈不明显的上升趋势, 但分阶段而言, 从 1955~1985 年有微弱的下降趋势, 但自 1985 年开始则呈现的是显著的上升趋势, 并且这一上升趋势属于突变现象, 其突变时间是 1996 年。

2) 对于酒泉盆地的降水变化趋势而言, 从 1955~2004 年的年降水量资料来看, 酒泉盆地的降水在这 50 年的时间里没有任何明显的趋势变化, 但局部变化明显, 说明这期间降水变化波动大且频繁。

参考文献 (References)

[1] HOUGHTON, J. T., MERIA FILHO, L. G., CACCANDER, B. A., et al. IPCC climate change 1995, the science of climate

change. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

[2] MCCARTHY, J. J., OSVALDO, F., CANZIANI, N. A., et al. IPCC climate change 2001, impacts, adaptation, and vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

[3] 朱利东, 王成善, 等. 青藏高原东北缘酒泉盆地的演化特征与宽台山 - 黑山断裂的性质[J]. 地质通报, 2005, 24(9): 837-840.

ZHU Lidong, WANG Chengshan, et al. Evolutionary characteristics of the Jiuquan basin and character of the Kuantaishan-Heishan fault on the northeastern margin of the Qinghai-Tibet Plateau. Regional Geology of China, 2005, 24(9): 837-840. (in Chinese)

[4] 张光辉, 刘少玉, 等. 西北内陆黑河流域水循环与地下水形成演化模式[J]. 北京: 地质出版社, 2005: 49-101.

ZHANG Guanghui, LIU Shaowu, et al. Northwest inland Heihe river basin water cycle and groundwater formation and evolution of mode. Beijing: Geological Publishing House, 2005: 49-101. (in Chinese)

[5] 穆兴民, 杨升学. 讨赖河水系水资源状况分析[J]. 农业科技与信息, 2008, 22: 12-13.

MU Xingming, YANG Shengxue. Taolai river system water situation analysis. Agricultural Science and Technology Information, 2008, 22: 12-13. (in Chinese)

[6] 施雅风, 沈永平, 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): 152-164.

SHI Yafeng, SHEN Yongping, LI Dongliang, et al. Discussion on the present climate change from warm-dry to warm wet in Northwest China. Quaternary Sciences, 2003, 23(2): 152-164. (in Chinese)