

崔世杰,毛玉琴. 陇东塬区不同量级降水的气候变化特征[J]. 干旱气象, 2013, 31(4): 726-731, doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0726

陇东塬区不同量级降水的气候变化特征

崔世杰¹, 毛玉琴²

(1. 南京信息工程大学, 江苏 南京 210044; 2. 甘肃省张掖市气象局, 甘肃 张掖 734000)

摘 要:利用西峰站 1951~2010 年逐日降水观测资料,根据划分的雨量级别分析了近 60 a 来陇东塬区西峰年降水量及分级降水雨量谱的气候变化特点,并利用累积距平法和 Mann-Kendall 方法对气候突变进行分析检测。结果表明,近 60 a 西峰的年降水量有明显的下降趋势,其中小雨、中雨、大雨均为正贡献,暴雨为负贡献。而 1986~2010 年期间年降水有弱的上升,主要是大雨级的雨量增大、雨日增多和雨强增强所致;进一步分析得出,上述变化仍属于年际变化范畴,因此不能说突变已经发生,但有上升迹象。

关键词:陇东;雨量谱;气候变化趋势

文章编号:1006-7639(2013)-04-0726-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0726

中图分类号:P426.61⁺4

文献标识码:A

引 言

“董志塬”位于陇东黄土高原中南部的沟壑区,是黄土高原保存较为完整的塬面,也是黄土高原最大的塬面,面积达 910 km²,号称华夏黄土第一塬。其气候、土壤和地形地貌对陇东黄土高原粮食主产区具有一定的代表性。该区黄土层深厚,生态环境脆弱,处于半湿润气候向半干旱气候过渡的地带^[1],自然降水不足,地下水位较深,土壤季节性缺水明显^[2-3],地表植被稀少,上层涵蓄水源缺乏^[4-7],是西北地区典型的旱作雨养农业区。干旱是该区域主要的农业气象灾害。随着全球气候变化的影响,塬区的生态环境变的更加脆弱,区域生态环境和水资源问题十分严峻^[8-9]。塬区黄土中的潜水(浅层地下水)全靠大气降雨渗入补给。1983 年以前董志塬地下水静储量为 20.04 亿 m³^[10],2000 年降为 16.24 亿 m³;2007 年,庆阳市开采地下水 7 064 万 m³。这些开采的地下水,基本上来自于南部黄土塬区的地下潜水,进而导致塬区地下水位大幅下降,30 a 来下降了 30 m,塬边泉水相继干枯,生态环境逐渐恶化,给农业生产和城市供水带来严重影响。因此,只有充分认识自然降水特征,才能准确评估水资源的脆弱性和干旱灾害程度,从而提出科学、合理的抗旱对策。以往关于西北降水特征

研究成果很多^[11-21],但多集中在降水量方面。然而,在气候变暖的大背景下,不同级别降水异常变化也是气候变化的一个重要因子。另外,在西北东部干旱、半干旱区,降水时间、降水场次以及降水强度对其脆弱的生态环境影响很大。只有在正确认识各级别降水量、降水日数以及降水强度特征的基础上,才能合理利用自然降水,充分开发空中水资源,提高趋利避害的能力。

1 资料和方法

本文使用位于“董志塬”的西峰气象站 1951~2010 年逐日降水资料(来自甘肃省气象档案馆)。将逐日降水量按中国气象局《全国气候影响评价》的标准分 4 个等级划分归类,其划分标准为:日降水量 0.1~9.9 mm 为小雨;10.0~24.9 mm 为中雨;25.0~49.9 mm 为大雨; ≥ 50.0 mm 为暴雨。

采用了距平法、线性趋势法、累积距平法^[22]及 Mann-Kendall 法^[22]对西峰不同级别的降水量进行特征分析。其中,距平计算是以 1951~2010 年共 60 a 的平均值作为基准;Mann-Kendall 法是用来判断气候序列是否发生了突变,它被认为是理论基础和应用效果较好的方法^[23-25]。Mann-Kendall 检验中,UF、UB 分别表示正、反向统计量,并给出显著性

收稿日期:2013-07-03;改回日期:2013-07-15

作者简介:崔世杰(1993-),男,甘肃山丹县人, E-mail:314129454@qq.com

通讯作者:毛玉琴(1964-),女,甘肃山丹县人,高工,主要从事灾害性天气预测与研究, E-mail:997511564@qq.com

水平 $\alpha = 0.05$ 的临界线 (± 1.96)。

2 降水级别的谱特征

各级别降水量的统计表明,1951~2010年间西峰平均年降水量为544.0 mm。其中,小雨、中雨、大雨及暴雨分别占年降水量的35.9%、34.9%、21.6%和7.6%。另外,1951~2010年日降水量谱分级的统计结果显示,年总降水日数为97.1 d,其中,小雨、中雨、大雨及暴雨日数分别为80.7 d、12.3 d、3.5 d、0.6 d,分别占年总降水日数的83.1%、12.7%、3.6%、0.6%。由此看出,陇东塬区的降水是以小雨和中雨为主,暴雨发生概率很小。

3 降水量变化特征

3.1 变化趋势分析

近50 a来,我国西北地区年降水量的变化是波浪式地上升,1986年前后存在着明显的跃变。1986年以后年降水量距平百分率比1986年以前上升了5.2%,且大雨及以上级别的降水明显增加^[26]。那么,陇东塬区降水的气候变化趋势如何?为此,这里也给出了1986年以来的分析。

为量化陇东塬区降水的气候变化,采用了线性趋势法分别分析了西峰日降水为小雨、中雨、大雨和暴雨4个级别的降水量、降水日数、降水强度的变化趋势(表1)。表1可以看出,1951~2010年间西峰年降水呈下降趋势,其年降水量、降水日数、降水强度线性变化趋势分别为 $-8.9 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 、 $-0.6 \text{ d}/10 \text{ a}$ 、 $-0.1 \text{ mm}/(\text{d} \cdot 10 \text{ a})$;1986~2010年间,年降雨量和雨强的变化趋势与1951~2010年的相反,整体均表现为增加趋势,线性变化趋势分别为 0.2

$\text{mm}/10 \text{ a}$ 、 $0.2 \text{ mm}/(\text{d} \cdot 10 \text{ a})$,而降水日数的变化趋势相同,只是减少的幅度有所增大,其线性变化趋势为 $-3.0 \text{ d}/10 \text{ a}$ 。

另外,从西峰各个级别的降水量、降水日数和降水强度的变化趋势来看,1951~2010年暴雨雨量增加,雨强增强,但雨日变化不大;小雨、中雨、大雨雨量和雨日均减少;小雨、中雨雨强变化不明显,大雨雨强变弱。1986年以来,西峰各级别降水的变化趋势不尽相同,小雨、中雨和暴雨雨量均呈减少趋势,中雨雨量减少幅度相对较大,其线性变化趋势分别为 $-0.5 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 、 $-12.8 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 、 $-1.4 \text{ mm}/10 \text{ a}$,而大雨雨量却明显增加,其变化趋势为 $15.1 \text{ mm}/10 \text{ a}$,较多年平均值 $-4.9 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 的变化速率高出2倍多;与雨量的变化趋势相似,中雨、小雨日数减少,暴雨日数变化不大,而大雨日数增加,但变化幅度均较小,其小雨日数线性变化趋势为 $-2.7 \text{ d}/10 \text{ a}$ 、中雨日数为 $-0.7 \text{ d}/10 \text{ a}$ 、大雨日数为 $0.4 \text{ d}/10 \text{ a}$ 。可见,1986以来各级别降水日数的变化趋势均大于多年的变化趋势;就雨强而言,1986年以来各级别降水强度的变化趋势与多年的正相反,中雨和暴雨强度变弱,小雨和大雨强度变强,且大雨增强的幅度为小雨的9倍。

综上所述,近60 a来陇东塬区的年降水长期变化呈下降趋势,其中小雨、中雨、大雨均为减少趋势,而暴雨则为增加趋势,但1986年以来,暴雨和大雨变化趋势有所转变,其中暴雨无论是雨量,还是强度都有所减弱,而大雨的雨量和雨强、雨日均增加。这种变化与西北地区降水变化趋势一致^[26]。然而,各级别降水的变化趋势均未通过显著性检验,表明这是大区域尺度的长期气候变化趋势的表现。

表1 西峰站各级别降水的线性变化趋势

Tab. 1 The linear trends of different levels precipitation in Xifeng

	雨量/(mm/10 a)		雨日/(d/10 a)		雨强/(mm/(d·10 a))	
	1951~2010	1986~2010	1951~2010	1986~2010	1951~2010	1986~2010
小雨	-1.8	-0.5	-0.1	-2.7	0.0	0.1
中雨	-5.6	-12.8	-0.4	-0.7	0.0	-0.1
大雨	-4.9	15.1	-0.1	0.4	-0.2	0.9
暴雨	3.4	-1.4	0.0	0.0	0.3	-4.1
年雨量	-8.9	0.2	-0.6	-3.0	-0.1	0.2

3.2 阶段性与突变分析

采用Mann-Kendall法将西峰60 a来的年降水量、降水日数、降水强度作突变检验,并结合累积距

平法判断气候要素长期显著的演变趋势及持续性变化。从降水量累积距平图(图1a)上发现,20世纪50年代前期年降水量呈一致下降趋势;1950年代中

期至 1970 年代后期,年降水量总体呈上升趋势;1970 年代末至 1990 年代前期,年降水量呈短周期波动;1990 年代中期以后,降水量持续下降,最低点仍高于 1950 年代中期水平;进入 21 世纪,年降水量再次出现一个小幅度的起落,降水量又回落到 2000 年的水平。西峰年降水量的 Mann - Kendall 检验(图 1b)显示, UF 曲线在 1995 年以前主要为上升趋势,之后变为下降趋势,但正反检测序列都没有超过置信区间,这说明西峰 1951 ~ 2010 年以来年降水量处于一种非突变的自然变化状态。年降水日数累积距平曲线显示(图 1c),20 世纪 50 年代中期以前降水日数呈一致下降趋势;1950 年代后期至 1990 年代前期,年降水日数波动上升;此后,年降水日数整体呈下降趋势,但在 21 世纪初有一个小回升。降水

日数的 Mann - Kendall 检验显示(图 1d), UF 曲线 1950 年代呈上升趋势,1960 年代至 1990 年代前期变化幅度不大,处于平稳状态,1990 年代中期以来开始下降,2000 年以后 UF 和 UB 曲线出现了交点,但交点之后的 UF 值未超过置信区间,未出现突变现象。与年降水日数累积距平曲线相比,1990 年代以来年降水日数呈减少趋势,但这种趋势并不显著。从降水强度累积距平图上看(图 1e),1960 年代中期以前,降水强度波动起伏,没有明显的变化趋势;此后急剧持续上升,至 1970 年代前期强度明显增强;1970 年代末至 21 世纪初整体呈下降趋势;2002 ~ 2010 年,又有小幅度的起落。Mann - Kendall 检验结果显示(图 1f),年降水强度也未发生明显的突变。

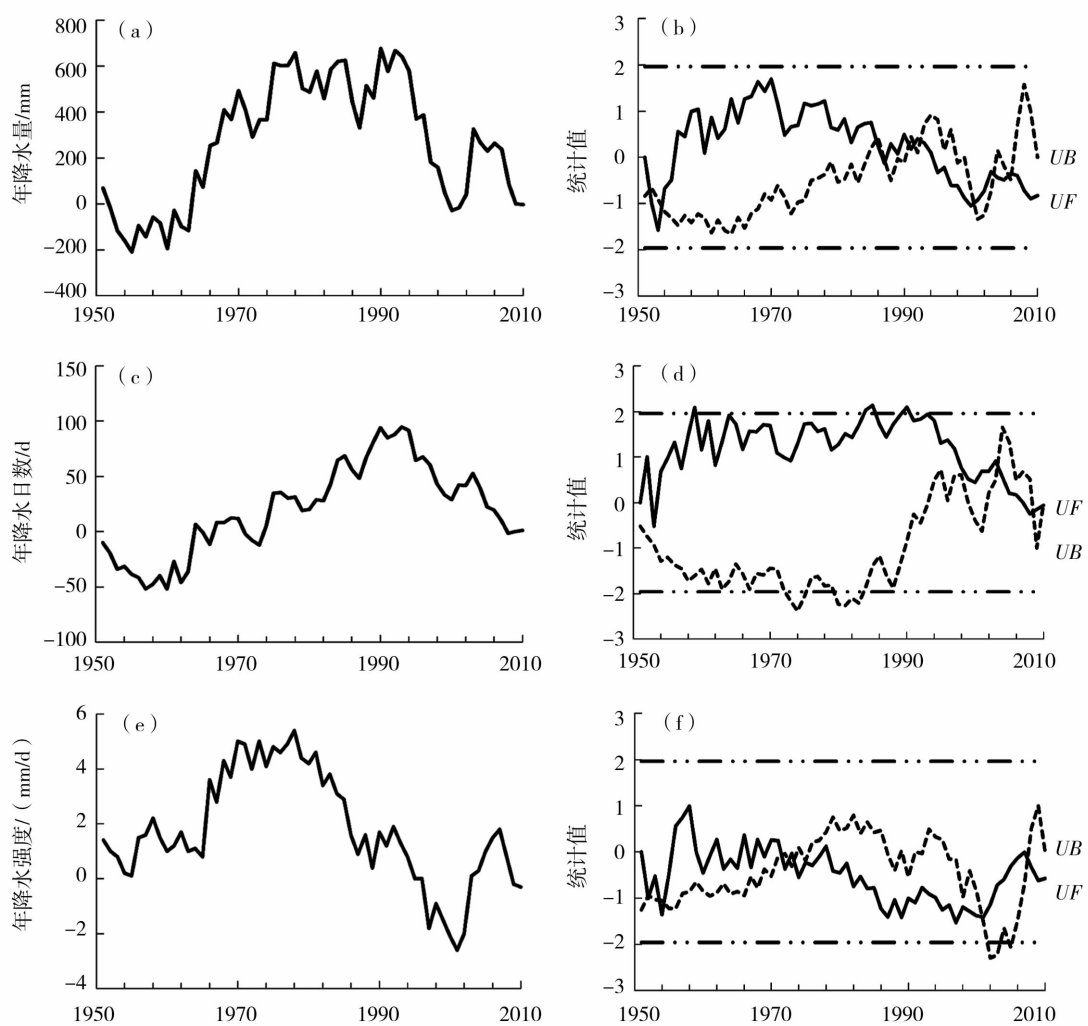


图 1 1951 ~ 2010 年西峰站年降水量、降水日数和降水强度的累积距平和 Mann - Kendall 检验

(实线为 UF 正序列,虚线为 UB 反序列,点滑线为 95% 的置信度)

Fig. 1 Accumulative anomaly and Mann - Kendall test of rainfall, precipitation days and precipitation intensity from 1951 to 2010

(Solid and dashed line means positive and negative series, dotted line means the confident level of 95%)

根据上述 3.1 节的结论“暴雨和大雨在 1986 年前后其变化趋势均有所转变”,且考虑到大雨雨量、雨日、雨强均有所增加增强,为此对大雨级别的降水也进行了突变分析。从图 2 西峰大雨雨量、日数和雨强的累积距平和 Mann-Kendall 检测的曲线可以看出,大雨雨量 UF 和 UB 曲线均未超过 1.96 的信度线,正序列线在 1987 年以前主要为上升趋势,之后变为下降趋势,大雨雨量的这种变化趋势未通过显著性检验,表明在这一时期大雨雨量未发生突变。大雨日数的 UF 曲线在 1950 年代至 1970 年代初,呈上升趋势,并在 1970 年代

左右 UF 曲线超过了信度线,说明大雨日数的增加是显著的,1970 年代中期以后 UF 曲线开始下降,且未超过信度线。仅在 2008 年左右有一个交点,此后 UF 曲线也未能超过信度线,故不能定为突变点。从 1951 ~ 2010 年西峰大雨强度的 Mann-Kendall 统计量曲线中 UF 曲线只在 1951 ~ 1963 年、1968 ~ 1985 年和 2001 ~ 2005 年 >0 ,说明在这些时间段大雨强度呈上升趋势,在其他时间段大雨强度均呈下降趋势,而正、反序列都没有超过信度线,这种变化趋势不显著。因此,大雨雨强也未出现突变点。

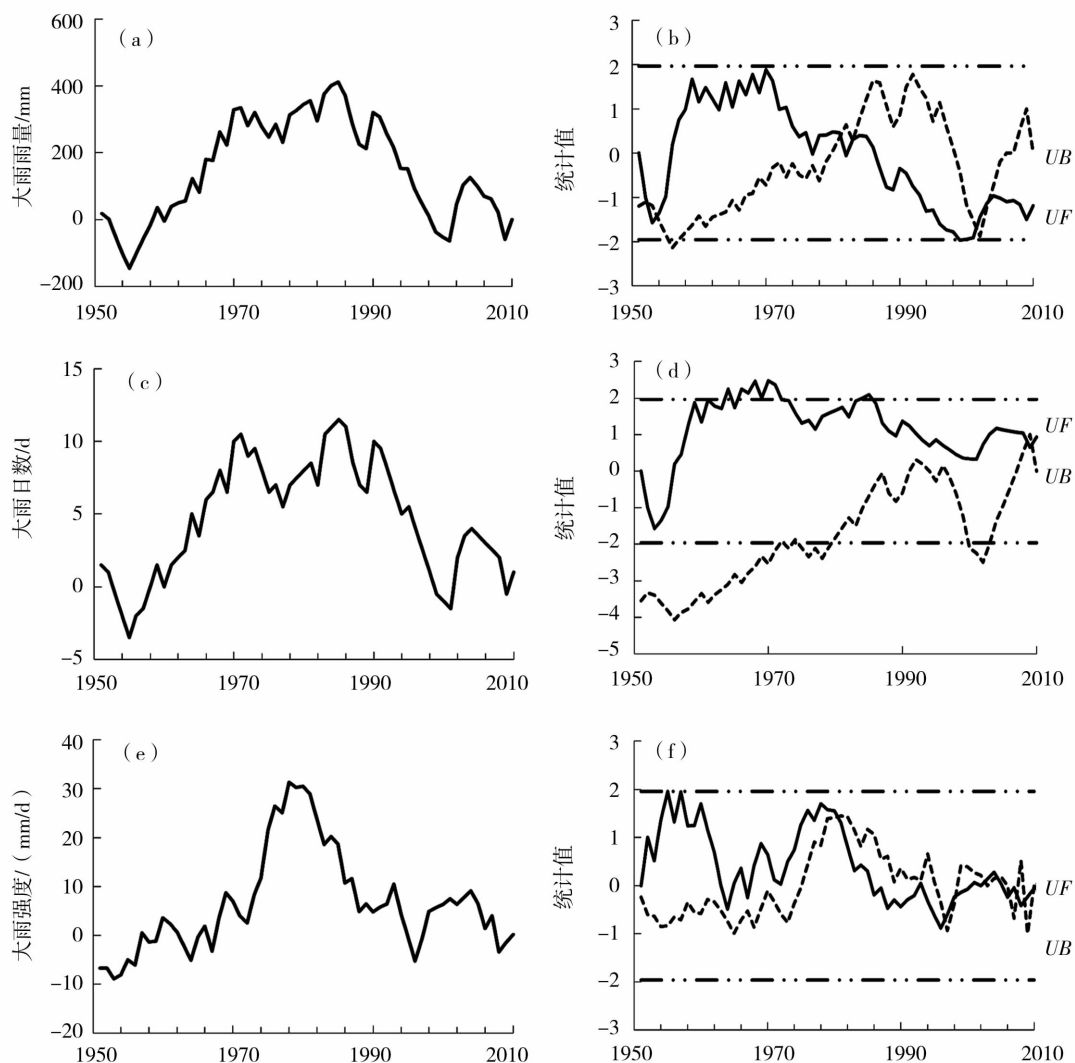


图2 1951~2010年西峰站大雨级降水量、降水日数和

降水强度的累积距平和 Mann-Kendall 检验曲线

(实线为正序列,虚线为反序列,点滑线为 95% 的置信度)

Fig. 2 Accumulative anomaly and Mann-Kendall test of rainfall, precipitation days and precipitation intensity of heavy rain from 1951 to 2010

(Solid and dashed line means positive and negative series, dotted line means the confident level of 95%)

以上分析表明,年降水量、降水日数和强度是在减少,其中暴雨对此贡献并不明显,而小雨、中雨、大雨 3 个级别的降水的减少贡献是主要的。1986 年以后,年降水量略有增加,其中大雨级别的降水的增加贡献是主要的。但这种变化仍属于年际变化范畴。因处于低值反弹状态,总体仍低于气候平均值,故其突变的信度水平通不过 $M-K$ 检验。因此不能说突变已经发生,但有上升迹象。

4 结 论

(1) 陇东塬区西峰的年降水量为 544.0 mm,其雨量谱特征为:小雨占 35.9%,中雨占 34.9%,大雨占 21.6%,暴雨占 7.6%。年降水日数为 97.1 d/a,其中小雨占 83.1%,中雨占 12.7%,大雨占 3.6%,暴雨占 0.6%。

(2) 近 60 a 来,陇东塬区的降水量以 8.9 mm/10 a 速率下降,降水量的变化大致经历了 20 世纪 70 年代以前的上升期、70 年代至 90 年代前期的稳定期及此后的下降期;年降水日数的长期变化趋势为 -0.6 d/10 a,降水日数在 1990 年代初以前增加,1990 年代中后期短期下降,21 世纪初再次增加;年降水强度在 1970 年代末到 1990 年代末期间减弱和 21 世纪初增强。以上各变化趋势均属非突变的自然变化,不能说突变已经发生,但有上升或下降的迹象。

(3) 1986~2010 年,陇东塬区大雨级别的降水量增多,变化趋势为 15.1 mm/10 a。在此期间,大雨雨量大致经历了 20 世纪 80 年代中期至 90 年代末雨量的减少和 21 世纪初以来的增加的变化;大雨日数、降水强度的变化趋势分别为 0.4 d/10 a、0.9 d/10 a,这种变化是一种自然波动。

(4) 近 60 a 来,陇东塬区的年降水长期变化有明显下降趋势,其中小雨、中雨、大雨均为正贡献,暴雨为负贡献。1986~2010 年的近 25 a 年降水有弱的上升,主要是大雨级的雨量增大、雨日增多和雨强增强所致。

参考文献:

- [1] 李栋梁. 中国农牧交错带的气候特征与演变[J]. 中国沙漠, 2002, 22(5): 483-488.
- [2] 陈少勇, 董安祥. 中国黄土高原土壤湿度的气候响应[J]. 中国沙漠, 2008, 28(1): 66-72.
- [3] 杨小利. 陇东黄土高原土壤水分演变及其对气候变化的响应[J]. 中国沙漠, 2009, 29(2): 305-310.
- [4] 刘心彪, 崔旭东, 张彦林, 等. 陇东盆地水资源承载力分析[J]. 水资源与水工程学报, 2006, 18(5): 43-45.
- [5] 张胜利, 李靖. 中国西北地区农业水土环境问题及对策[J]. 水土保持学报, 2002, 16(4): 78-81.
- [6] 屈建军, 马立鹏, 刘从. 甘肃省沙漠化现状、成因及其防治对策[J]. 中国沙漠, 2002, 22(5): 520-524.
- [7] 郭海英, 万信, 杨兴国, 等. 陇东塬区周年水资源分布及对农业生产的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(5): 977-980.
- [8] 贡力, 靳春玲. 西北地区生态环境建设和水资源可持续利用的若干问题[J]. 中国沙漠, 2004, 24(4): 513-517.
- [9] 张强, 胡隐樵, 曹晓彦, 等. 西北干旱气候的若干问题[J]. 中国沙漠, 2000, 20(4): 357-362.
- [10] 赵红岩, 张旭东, 王有恒, 等. 陇东黄土高原气候变化及其对水资源的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(6): 262-268.
- [11] 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.
- [12] 任朝霞, 杨达源. 近 50a 西北干旱区气候变化趋势研究特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究, 2006, 26(2): 152-164.
- [13] 赵传成, 王雁, 丁永建, 等. 西北地区近 50 年气温及降水的时空变化[J]. 高原气象, 2011, 30(2): 385-390.
- [14] 陈隆勋, 周秀骥, 李维亮, 等. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制[J]. 气象学报, 2004, 62(5): 634-644.
- [15] 贾小琴, 尹宪志, 任余龙, 等. 甘肃临夏地区近 43 a 来的气候特征[J]. 干旱气象, 2012, 30(2): 249-254.
- [16] 许何也, 李小雁, 孙永亮, 等. 近 47 a 来青海湖流域气候变化分析[J]. 干旱气象, 2007, 25(2): 50-54.
- [17] 王遂缠, 李栋梁, 王谦. 青藏高原东北侧夏季降水的气候特征分析[J]. 干旱气象, 2005, 23(2): 13-18.
- [18] 纳丽, 李欣, 朱晓炜. 宁夏夏季降水集中程度与旱涝关系的研究[J]. 干旱气象, 2012, 30(2): 215-219.
- [19] 孙永亮, 李小雁, 许何也. 近 40 a 青海湖流域逐日降水和气温变化特征[J]. 干旱气象, 2007, 25(1): 7-13.
- [20] 伊万娟, 李小雁, 崔步礼, 等. 青海湖流域气候变化及其对湖水位的影响[J]. 干旱气象, 2010, 28(4): 375-383.
- [21] 张强, 张存杰, 白虎志, 等. 西北地区气候变化新动态及对干旱环境的影响[J]. 干旱气象, 2010, 28(1): 1-7.
- [22] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999, 42-59.
- [23] 符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(6): 482-493.
- [24] 符淙斌. 气候突变现象的研究[J]. 大气科学, 1994, 18(3): 373-384.
- [25] 吕少宁, 李栋梁, 文军, 等. 全球变暖背景下青藏高原气温周期变化与突变分析[J]. 高原气象, 2010, 29(6): 1378-1385.
- [26] 于淑秋, 林学椿, 徐祥德. 我国西北地区近 50 年降水和温度的变化[J]. 气候与环境研究, 2003, 8(1): 9-18.

Climatic Changes of Different Level Precipitation in the East of Gansu Province

CUI Shijie¹, MAO Yuqin²

(1. *College of Atmospheric Sciences, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China*;
2. *Zhangye Meteorological Bureau of Gansu Province, Zhangye 734000, China*)

Abstract: Using the daily precipitation observational data at Xifeng meteorological station located in the east of Gansu Province from 1951 to 2010, the climate change characteristics of the precipitation and its spectrum in recent 60 years were analyzed, and the climate mutation of precipitation was detected by using cumulative anomaly and Mann – Kendall test. The results show that the annual precipitation presented an obviously decreasing trend, and light, moderate and heavy rain had positive contribution to the total rainfall, while rainstorm had negative contribution in recent 60 years. The annual precipitation displayed a weak increasing trend during 1986 – 2010 due to the increasing rainfall, increasing rain days and enhancing rainfall intensity of heavy rain. These changes still belong to the category of annual variation. Therefore, it is believed that the mutation of precipitation hadn't occurred yet, but the precipitation since 1986 showed increasing signs.

Key words: the east of Gansu; precipitation spectrum; climate change tendency



(上接第 694 页)

Temporal – spatial Evolution Feature of Summer Heavy Rainfall in Shandong Province and Causes Analysis

GAO Li¹, HU Guifang¹, SUN Shasha²

(1. *Shandong Climate Center, Jinan 250031, China*; 2. *Shandong Provincial Meteorological Observatory, Jinan 250031, China*)

Abstract: Based on the summer precipitation data at 26 meteorological stations of Shandong Province during 1961 – 2012, and combined the characteristic indexes of the Western Pacific subtropical high, the statistical methods were used to analyze the characteristic of summer heavy rainfall in Shandong Province. The result indicated that the total heavy rainfall days in the mass reduced and had a climate jumping around 1989. The contribution percentage of heavy rainfall days presented increasing trend and was especially obvious in the north part of Shandong peninsula, it achieved a high level and fluctuated acutely in recent twenty years, and also had a climate jumping before and after 1989. The intensity of heavy rainfall became stronger, while rainstorm intensity became weaker, and both of them achieved the highest level in the 1990s. The maximum value of rainfall intensity was found in Shandong peninsula and southeast coast of Shandong Province. The changes of heavy rainfall could be related to the variation of the Western Pacific subtropical high, when the subtropical high ridge in summer moved north, more heavy rainfall days appeared, when it moved south, there were less heavy rainfall days. In addition, the heavy rainfall caused by typhoons was also a key factor influencing rainfall intensity in the southeast coast of Shandong Province.

Key words: Shandong; summer; heavy rainfall; temporal – spatial distribution; causes