

昌吉地区旱涝特征分析

阿帕尔^{1,2} 尹建新² 叶尔克江³ 李玲杰²

摘要

通过 Z 指数法和降水资料对昌吉地区 8 个国家级气象观测站 37 a(1971—2007 年)的旱涝变化趋势和时空分布特征研究,发现昌吉州各地降水和旱涝变化具有一致性。20 世纪 70 年代以来,各地具有由偏旱转为偏涝的趋势,其中,西部地区的偏涝速度最快,东部地区的偏涝速度最慢。各地出现干旱的频率高于雨涝的频率,其中,西部出现干旱频率最大,东部最小;相反,西部出现雨涝的频率最小,东部最大。

关键词

旱涝指标; Z 指数; 干旱; 变化趋势

中图分类号 TH71; TG803

文献标志码 A

0 引言

气象灾害造成的影响极其巨大,在气象灾害中,旱涝灾害的影响又最为严重。根据研究对象和目的不同,旱涝的定义和指标也是多种多样。特别是干旱至今没有一个被普遍接受的通用定义。目前常用的旱涝指标中, Z 指数在国内干旱监测、旱涝研究等工作中得到了广泛应用^[1]。昌吉回族自治州(简称昌吉州)地处欧亚大陆腹地,新疆维吾尔自治区中部,天山北麓、准噶尔盆地东南部,四周环山的盆地中,降水少、干燥度大、蒸发强烈,气温变化剧烈,为典型的大陆性干旱气候。昌吉州位于 85°20′~91°35′E, 43°15′~45°31′N 之间,其主要气候特点是冬季寒冷漫长,夏季炎热,光照充足,热量丰富,气温年较差、日较差大,春、秋季气温变化剧烈,春、夏季多风。昌吉州辖有 5 县 3 市,自西向东为西部的玛纳斯县、呼图壁县,中部的昌吉市、米泉市、阜康市,东部的吉木萨尔县、奇台县、木垒县。每年这 8 县(市)范围内干旱严重,发生频率高,而且持续时间长,影响范围大,雨涝也时有发生,但旱情重于雨涝,旱涝可谓是该地区最大的自然灾害。当前昌吉州水资源严重短缺,而在西部大开发中,水也成为制约开发力度的重要因素^[2-3]。深入了解昌吉州旱涝变化特征和规律,对可能的水旱灾情做出尽可能正确的预测,对于该地区的社会经济发展具有现实意义。

1 资料和方法

旱涝是指在一定时期内降水量显著偏少或偏多,引起土壤水分缺乏或过多,从而不能满足作物正常生长所需水分的一种气候现象。降水是农田水分的主要来源,降水量的变化是造成旱涝的最直接的因素,而对于地下水水位较深而又无灌溉条件的旱地农业区,降水则为农田土壤水分的唯一来源。干旱地区的降水明显地影响甚至支配着农作物的布局及其产量的高低和稳定性。虽然降水量指标被认为是一种气象干旱指标,但是由于它是反映某一时段内降水与其多年平均降水值相对多少的指标,可以大致地反映出旱涝的发生程度和趋势。本文对昌吉州旱涝分布特征及规律进行分析时,主要以昌吉州 8 个县(市)的国家气象观测站点 1971—2007 年降水资料为依据,并利用 Z 指数法来确定旱涝指标。

Z 指数方法是用来表征旱涝的空间分布及旱涝程度的一种数学方法。就某个区域而言,月或年降水量一般并不服从正态分布。现假

收稿日期 2011-03-01

作者简介

阿帕尔,男,工程师,硕士生,主要从事气候变化研究。apar-ek@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市气象局,昌吉 831100

3 新疆信息工程学校,乌鲁木齐 830013

设某时段降水量服从 Person III 型曲线中的 Γ 分布, 其概率密度分布为

$$P(X) = [\beta\Gamma(\gamma)]^{-1} \left[\frac{(X-a)}{\beta} \right]^{\gamma-1} e^{-(X-a)/\beta}, \quad X > a.$$

根据文献[4-7], 对降水量进行正态化处理, 可将概率密度函数 Person III 型分布转换为以 Z 为变量的标准正态分布, 其转换公式为

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left(\frac{C_s X_i}{2} + 1 \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6}. \quad (1)$$

式(1)中, C_s 为偏态系数, X_i 为降水的标准化变量, 均可通过年降水量序列资料计算求得, 即:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^3}{n\sigma^3}; \quad (2)$$

$$X_i = \frac{R_i - \bar{R}}{\sigma}. \quad (3)$$

其中, n 为资料年代数, R_i 为某时段的降水量, \bar{R} 为同期降水量多年平均值, σ 为均方差, 其计算公式为

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}; \quad \bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i. \quad (4)$$

根据 Z 变量的正态分布曲线, 划分成 7 个等级并确定相应的 Z 界限值作为各级旱涝指标, 列于表 1.

表 1 旱涝指标等级划分表
Table 1 Drought and flood ratings

等级	Z 指数	累积频率 $P/\%$	类型
1	>1.645	>95	重涝
2	$>1.037 \sim 1.645$	$>85 \sim 95$	大涝
3	$>0.842 \sim 1.037$	$>70 \sim 85$	偏涝
4	$> -0.842 \sim 0.842$	$30 \sim 70$	正常
5	$> -1.037 \sim -0.842$	$15 \sim 30$	偏旱
6	$> -1.645 \sim -1.037$	$5 \sim 15$	大旱
7	≤ -1.645	<5	重旱

2 旱涝分布特征

2.1 降水量分布概况

昌吉州是典型的大陆性干旱气候, 气候干燥, 光照充足, 热量丰富, 年蒸发量大, 年降水量少, 年降水量全区多年平均为 215.7 mm, 降水是制约当地农业生产的关键因素之一. 从昌吉地区各年降水量距平百分率和降水量时间序列(图 1) 可以看出: 降水距

平百分率存在着明显的年际变化, 1984 年之前各地区降水距平百分率除了西部 3 a (1971、1972、1979 年)、中部 2 a (1972、1979 年) 和东部 1 a (1972 年) 为正距平, 其他的都是负距平, 是明显的少雨期; 1984 年之后, 随着年份的增加负距平次数有所减少, 正距平次数有所增加; 降水距平百分率各地总的变化趋势是逐年增加的, 气候趋势系数在 0.314 2 ~ 0.460 8 之间, 倾向率为 0.744 4 ~ 1.093 7 mm / (10 a) 之间. 这 37 a 中, 降水距平百分率最大值在西部是 1999 年出现的, 为 63.8%; 中部在 1996 年出现, 为 46.7%. 最小值在西部是 1997 年出现的, 为 -41.7%; 中部和东部在 1974 年出现, 分别为 -42.2% 和 -34.1%. 降水距平百分率逐年和各年代变化分布特征与降水量变化特征是一致的, 所以下面主要统计分析降水量的分布特征.

气象学上通常将气象要素在最近 30 多年的平均值作为气象基本态, 平均值的改变表明了气候基本态的变化. 气候变化也表现在气象要素的均方差 (也称为气候变率) 的改变上, 均方差的改变往往是与异常天气的频率及强度相联系的, 因此研究气象要素均方差的长期变化是有意义的^[8]. 偏态系数用来监测观测值是否服从正态分布, 一般偏态系数越小, 服从正态分布的可能性越大. 本文对于昌吉州各县市 37 a 的降水量时间序列求均方差, 木垒最大, 为 81.5 mm, 昌吉最小, 为 42.4 mm. 各地偏态系数变量也较小(表 2), 都服从正态分布.

昌吉州各地年降水量分布不均匀, 东部地区的年降水量最多, 平均为 235.1 mm; 中部其次, 为 222.9 mm; 西部地区最少, 为 189.2 mm. 各县市最多降水量历年极值木垒最大, 为 515.1 mm, 1996 年出现; 昌吉最小, 为 291.3 mm, 1999 年出现. 最少降水量极值同样木垒最大, 为 203.4 mm, 1977 年出现; 阜康最小, 为 106.1 mm, 1974 年出现. 各县市多年平均降水量、历年最多降水、最少降水和出现年份以及干旱特征参数见表 2.

若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)^[9], 那么昌吉州西部地区多雨年份为 20 a, 中部为 16 a, 东部为 12 a, 各地区多雨年份大部分都出现在 20 世纪 90 年代以后. 少雨年份西部为 17 a, 中部为 21 a, 东部为 25 a, 大部分出现在 90 年代之前. 若以年代来统计, 中西部降水 70 年代

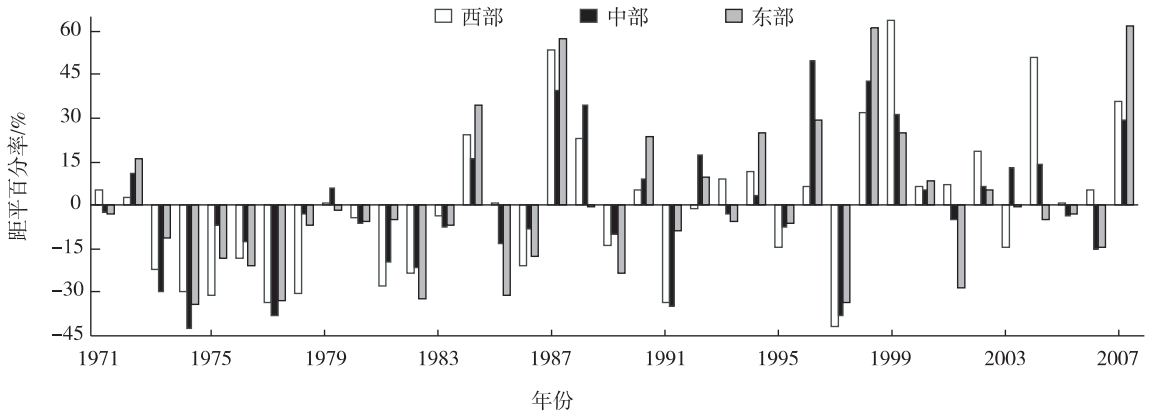


图1 昌吉州降水量距平百分率逐年变化

Fig. 1 Annual changes of the rainfall anomaly percentages of Changji areas

表2 昌吉州降水资料及特征参数 (1971—2007年)

Table 2 Precipitation and feature parameters of Changji areas (during 1971—2007)

站名	历年平均降水/mm	降水量均方差/mm	偏态系数	历年最多降水/mm	最多降水出现年份	历年最少降水/mm	最少降水出现年份
玛纳斯	198.5	47.9	0.591 7	326.2	1999	107.2	1997
呼图壁	179.8	46.4	0.616 2	293.4	1999	113.3	1997
昌吉	197.9	42.4	0.259 2	291.3	1999	122.6	1997
米泉	241.9	54.4	0.066 7	365.3	1996	138.5	1997
阜康	228.8	60.1	0.475 2	388.6	1996	106.1	1974
吉木萨尔	185.0	55.6	1.189 2	346.7	2007	108.3	1974
奇台	191.4	52.8	0.921 2	325.5	1987	115.5	1974
木垒	328.8	81.5	0.614 7	515.1	1996	203.4	1977

偏少, 80年代、90年代以及最近8a的平均降水量是偏多的. 东部降水量70年代和80年代偏少, 90年代和最近8a平均值是偏多的.

从各年代的下降、上升趋势分析发现: 70年代西部和东部呈逐年略下降趋势, 气候趋势系数分别为 $-0.366 6$ 和 $-0.272 8$, 气候倾向率分别为 $-4.072 5$ 和 $-3.728 9 \text{ mm}/(10 \text{ a})$, 中部地区呈略上升趋势, 气候趋势系数为 $0.014 1$, 气候倾向率为 $0.199 4 \text{ mm}/(10 \text{ a})$; 80年代开始昌吉州各地各年降水量呈逐年上升趋势, 其中, 80年代中部地区降水量逐年增加速度最快, 西部其次; 90年代增加趋势西部最快, 东部其次; 最近8a东部最快, 西部其次. 从1971—2007年的总体趋势来看, 西部的上升趋势较快, 气候倾向率和气候趋势系数也最大, 分别为 $2.069 0 \text{ mm}/(10 \text{ a})$ 和 $0.460 8$. 通过以上的分析可以看出, 昌吉州各地降水量呈逐段递增趋势, 气候趋势系数在 $0.314 2 \sim 0.460 8$ 之间, 倾向率为 $1.749 8 \sim$

$2.069 0 \text{ mm}/(10 \text{ a})$ 之间, 其中, 西部地区降水量随着时间增多的趋势是最快的. 各地降水距平百分率和降水量随年份变化模拟方程和气候趋势系数见表3.

2.2 旱涝分布概况

总体而言, 昌吉州出现干旱(含重旱、大旱、偏旱)的频率还是要高于雨涝(重涝、大涝、偏涝)的频率. 从干旱的程度看: 大旱出现的频率最高, 在 $2.7\% \sim 21.6\%$ 之间, 其中, 西部最多, 中部最少, 各县市中, 呼图壁最大, 米泉最小; 重旱发生频率在 $0 \sim 10.8\%$ 之间, 其中, 中部最多, 西部最少, 各县市中, 米泉最大, 呼图壁最少; 偏旱出现频率最小, 其中, 东部最多, 西部最少, 偏旱出现频率除了吉木萨尔外, 其他各县市都在 2.7% 以下, 而且呼图壁和奇台没有出现偏旱. 从雨涝的程度看: 重涝发生频率各县市都在 $5.4\% \sim 8.1\%$ 之间, 其中, 东部较多, 西部较少, 各县市中, 东部3县、阜康和玛纳斯较多, 呼图壁、昌吉和米泉等较少. 大涝发生频率为 $2.7\% \sim$

表3 昌吉州降水量距平百分率、降水量及旱涝等级的逐年变化回归方程

Table 3 Regressive analysis result of the rainfall anomaly percentages, precipitation, drought and flood rates of Changji areas

地区	降水量距平		降水量		旱涝等级	
	模拟方程	趋势系数	模拟方程	趋势系数	模拟方程	趋势系数
西部	$R_p = 1.0937Y - 20.779$	0.4608 ^②	$R = 2.0690Y + 149.87$	0.4608 ^②	$G = -0.0550Y + 5.0991$	-0.4213 ^②
中部	$R_p = 0.7917Y - 15.042$	0.3749 ^①	$R = 1.7640Y + 189.31$	0.3749 ^①	$G = -0.0465Y + 4.8829$	-0.3461 ^①
东部	$R_p = 0.7444Y - 14.143$	0.3142	$R = 1.7498Y + 201.82$	0.3142	$G = -0.0311Y + 4.5090$	-0.2546

注: R_p 为降水量距平百分率, Y 为年份, R 为降水量, G 为旱涝等级; ①和②分别表示 $P=0.05$ 和 $P=0.01$ 水平上显著。

13.5%, 其中, 中部最多, 东部最少, 各县市中, 昌吉最多, 吉木萨尔和木垒最少; 偏涝发生频率为 0~5.4% 之间, 其中, 西部最多, 东部最少。昌吉州东部地区雨涝出现的频率最大, 其中奇台县最多, 木垒最少; 相反, 干旱出现的频率木垒最大, 奇台最少。中部与西部出现干旱和雨涝频率比较接近, 而且干旱出现的频率同样比雨涝出现的频率大, 其中, 呼图壁重旱和偏旱出现的频率为零, 大旱出现的频率最大, 为 21.6%, 重旱出现的频率米泉最大, 为 10.8%。

表4 昌吉州地区旱涝出现的频率表(1971—2007年)

Table 4 Drought and flood frequency of Changji areas during 1971—2007 %

站名	重涝	大涝	偏涝	正常	偏旱	大旱	重旱
玛纳斯	8.1	5.4	5.4	62.2	2.7	13.5	2.7
呼图壁	5.4	8.1	5.4	59.5	0	21.6	0
昌吉	5.4	13.5	2.7	59.5	2.7	13.5	2.7
米泉	5.4	8.1	5.4	64.9	2.7	2.7	10.8
阜康	8.1	8.1	2.7	64.9	2.7	8.1	5.4
吉木萨尔	8.1	2.7	5.4	59.5	8.1	10.8	5.4
奇台	8.1	8.1	2.7	62.2	0	16.2	2.7
木垒	8.1	2.7	0	62.2	2.7	18.9	5.4

由图2可见, 昌吉州各地旱涝等级呈逐年下降趋势, 而且全区旱涝变化趋势具有很好的一致性, 各区旱涝等级逐年变化模拟方程是负相关的, 其模拟方程和气候趋势系数见表3。其中, 西部地区下降的速度较快, 气候倾向率为 $-0.055(10a)^{-1}$, 气候趋势系数为 -0.4213 ; 东部地区下降的速度较慢, 气候倾向率为 $-0.0311(10a)^{-1}$, 气候趋势系数为 -0.2546 。总体来看: 中西部偏涝级及以上的年份少于偏旱级及以上的年份, 东部偏涝级以上的年份多于偏旱级以上的年份; 各地区 20 世纪 80 年代以来, 偏涝级以上的年份有所增多, 偏旱级以上的年份有所减少, 到了 2000 年后除了东部出现一次大旱(2001 年)就从未有过干旱发生。这可以说明昌吉州各地 20 世纪 80 年代初以前为明显的旱年时段, 80 年代初以后为明显的涝年时段。

3 结论

迄今为止, 许多学者都认为用 Person III 分布拟合某一时段的降水量效果较好, 而 Z 指标方法恰恰假设某时段降水量服从 Person III 型分布, 所以算出的结果比较符合实际, 但由于受地理位置和下垫面等因素的影响, 也存在部分偏差^[10]。本文通过对昌吉州降水资

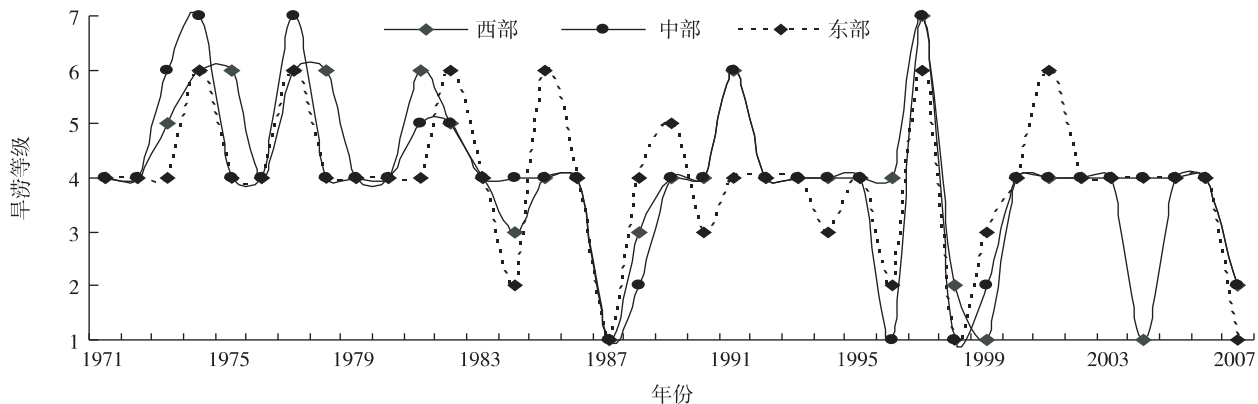


图2 昌吉州地区旱涝等级逐年变化

Fig. 2 Change of the drought and flood rates of Changji areas during 1971—2007

料和旱涝情况分析研究, 得出以下基本结论.

1) 昌吉州地区东部年降水量最多, 中部其次, 西部最少; 中西部 20 世纪 80 年代以前、东部 90 年代以前是少雨期, 中西部 80 年代以后、东部 90 年代以后是多雨期. 各地降水量呈逐段递增趋势, 其中, 降水量较少的西部地区随着时间推移, 降水增多的趋势最明显.

2) 昌吉州出现干旱的频率高于雨涝的频率, 其中大旱发生的频率最高, 重旱其次, 偏旱最少; 对雨涝而言, 大涝和重涝的出现频率比偏涝的出现频率高. 昌吉州各县市旱涝等级呈逐年下降趋势, 而且旱涝趋势变化具有很好的一致性, 旱涝等级逐年变化模拟方程呈负相关, 其中, 东部地区下降的速度较慢, 西部地区下降的速度较快.

3) 涝年数与旱年数比值显示: 中西部偏涝级及以上的年份少于偏旱级及以上的年份, 东部偏涝级及以上的年份多于偏旱级及以上的年份; 各地区 20 世纪 80 年代以来, 偏涝级以上的年份有所增多, 偏旱级以上的年份有所减少.

众所周知, 旱涝一直是我国农业和经济面临的最重要的自然灾害, 随着国民经济的持续发展, 造成的损失将越来越大^[11], 而旱涝灾害的形成与许多因素有关, 其孕灾本底环境概括起来可以分为气象因素和下垫面因素 2 大类. 其中: 气象因素主要包括气温和降水; 下垫面因素主要包括地形地貌、植被条件、水系分布、水库等. 本文因资料有限并没有考虑气温、蒸发、下垫面状况等其他因素^[6], 而是用年降水量和常见的 Z 指标来划分昌吉州各地旱涝等级, 通过对比分析, 得出了较好的结果.

参考文献

References

- [1] 车少静, 李春强, 申双和. 基于 SPI 的近 41 年 (1965—2005) 河北省旱涝时空特征分析 [J]. 中国农业气象, 2010, 31(1): 137-143
CHE Shaojing, LI Chunqiang, SHEN Shuanghe. Analysis of drought-flood spatial-temporal characteristics based on Standard Precipitation Index (SPI) in Hebei province during 1965—2005 [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2010, 31(1): 137-143
- [2] 余卫红, 方修琦. 近 50 年我国北方地区旱涝的时空变化 [J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2001, 37(6): 838-842
YU Weihong, FANG Xiuqi. The temporal and spatial change of drought-flood in northern China for the last 50 years [J]. Journal of Beijing Normal University: Natural Science, 2001, 37(6): 838-842
- [3] 高鸿, 施能, 白彬人, 等. 1948—2001 年全球陆地 12—2 月降水旱涝长期变化 [J]. 气象科学, 2004, 24(4): 387-397
GAO Hong, SHI Neng, BAI Binren, et al. Secular variation of precipitation and change of flood/drought of global land in Dec-Feb. during 1948—2001 [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2004, 24(4): 387-397
- [4] 李金义, 银燕, 张影, 等. 抚顺地区旱涝分析及对粮食产量的影响 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(21): 11308-11309
LI Jinyi, YIN Yan, ZHANG Ying, et al. Drought and food analysis and impact on food production in Fushun [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(21): 11308-11309
- [5] 袁文平, 周广胜. 标准化降水指标与 Z 指数在我国应用的对比分析 [J]. 植物生态学报, 2004, 28(4): 523-529
YUAN Wenping, ZHOU Guangsheng. Comparison between standardized precipitation index and Z-index in China [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2004, 28(4): 523-529
- [6] 鞠笑生, 邹旭恺, 张强. 气候旱涝指标方法及其分析 [J]. 自然灾害学报, 1998, 7(3): 51-57
JU Xiaosheng, ZOU Xukai, ZHANG Qiang. The method of the climatic drought-flood index and its analysis [J]. Journal of Natural Disasters, 1998, 7(3): 51-57
- [7] 魏凤英, 张先恭. 1991—2000 年中国旱涝等级资料 [J]. 气象, 2001, 27(3): 46-50
WEI Fengying, ZHANG Xiangong. Dryness and wetness grades series during 1991—2000 in China [J]. Meteorological Monthly, 2001, 27(3): 46-50
- [8] 张秀丽, 郑祚芳, 何金海. 近百年武汉市主汛期降水特征分析 [J]. 气象科学, 2002, 22(4): 379-386
ZHANG Xiuli, ZHENG Zuofang, HE Jinhai. The character of summer rainfall variation of Wuhan city during recent 95 years [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2002, 22(4): 379-386
- [9] 叶尔克江, 阿帕尔, 华宛江. 昌吉市夏季气候要素及其旱涝变化特征分析 [J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2007, 25(6): 697-702
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): 697-702
- [10] 邵晓梅, 刘劲松, 许月卿. 河北省旱涝指标的确定及其时空分布特征研究 [J]. 自然灾害学报, 2001, 10(4): 133-136
SHAO Xiaomei, LIU Jingsong, XU Yueqing. Determination of drought-flood index and its temporal and spatial distribution in Hebei province [J]. Journal of Natural Disasters, 2001, 10(4): 133-136
- [11] 陆桂荣, 郑美琴, 袁安芳, 等. 日照市旱涝变化特征分析 [J]. 中国农业气象, 2009, 30(3): 436-439
LU Guirong, ZHENG Meiqin, YUAN Anfang, et al. Characteristic of flood and drought changes in Rizhao city [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2009, 30(3): 436-439

Research on climatological drought and flood index of Changji areas

Apar^{1 2} YIN Jianxin² Erkejan³ LI Lingjie²

1 College of Atmospheric Science ,Lanzhou University ,Lanzhou 730000

2 Changji Meteorological Bureau ,Changji 831100

3 Xinjiang Information Engineering School ,Urumqi 830013

Abstract Drought is one of the major natural hazards in Changji areas. By using the method of Z-index and precipitation data of 37 years (from 1971 to 2007) of 8 representative meteorological stations in Changji areas ,this paper studies the change of the drought and flood tendency and the distribution characteristics. The results indicate that the precipitation and characteristics of drought and flood in Changji areas is consistent ,and the tendency is changing from drought to flood after mid-1970s ,which is most significant in west and least significant in east. Frequency of drought in Changji areas is higher than that of flood ,and frequency of drought is higher in west than in east ,while frequency of flood is lower in west than in east.

Key words drought and flood index; Z-index; drought; change tendency