

文章编号: 2096-1618(2020)02-0214-07

四川省 1960–2017 年旱涝时空变化特征分析

罗倩^{1,2}, 李谢辉¹, 王磊¹, 陈子凡¹

(1. 成都信息工程大学大气科学学院 高原大气与环境四川省重点实验室, 四川 成都 610225; 2. 什邡市气象局, 四川 什邡 618400)

摘要:为了研究四川省的旱涝灾害,基于Z指数,利用41个气象站1960–2017年日降水量数据和线性趋势分析、Mann-Kendall突变检验、空间插值等方法,对四川省年际及四季旱涝的时空变化特征进行分析,主要得出以下结论:四川省近58年有3个特旱年和2个特涝年,夏季是四季中发生旱涝频率最高的季节;四川省整体向偏干旱的方向发展,秋季的干旱化趋势最为明显;四川中部和东北部为雨涝高发区,夏季是最易发生雨涝的季节,频次最高,四川东部和南部发生干旱的频率明显高于西部和北部。研究结果表明Z指数能大致反映出四川旱涝年际的时空分布和变化情况,但在分季节讨论时,存在有部分区域旱涝等级偏高或偏低的差异。

关键词:应用气象;气象灾害;Z指数;旱涝变化特征;频次分析;M-K突变检验

中图分类号:P426.616

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2020.02.013

0 引言

随着人类社会经济的快速发展,极端天气越来越多,直接导致旱涝区域的扩大以及旱涝程度的加强。据资料统计,2006年四川省特大干旱导致50%以上人口受灾,直接经济损失近百亿;1998年夏季,四川多地陆续遭受洪涝灾害,造成房屋倒塌、人员伤亡等,直接经济损失达123亿元。由此可见,旱涝灾害对四川省的影响重大,是造成严重损失的最主要的两种气象灾害。

近年来针对中国不同地区的旱涝事件进行了探索性研究,提高了对旱涝的认识^[1]。Li等^[2]通过谐波分析和趋势分析等方法对1969–2008年中国753个台站日累积降水数据进行了分析,得出中国南方雨季前旱涝的特征;赵莉等^[3]通过对Z指数变化趋势的研究,得出了西北地区近年来偏湿润的结论;曹永强等^[4]通过空间插值等方法对Z指数进行分析,指出辽宁省干旱程度呈现出由西北向东南递减的趋势;李永华等^[5]利用重庆市34个站点的月降水量及平均气温资料,在Z指标的基础上考虑了蒸发量的影响,通过定义一个新的指标,利用小波变换等方法,分析出重庆市旱涝变化特征;曾波等^[6]指出四川盆地及攀西年降水量为减少趋势,高原则正好相反;齐冬梅等^[7]通过分析四川省旱涝事件的空间分布,指出影响四川省旱涝事件的主要天气系统;潘妮等^[8]在研究中指出四川省历年来干旱的典型年份,并对比了干旱指数在四川省的适用

性。目前,利用Z指数分析旱涝特征的方法已被广泛应用,但是对于四川整体地区的研究相对较少。因此,本文利用Z指数,重点分析1960–2017年四川地区的旱涝变化特征。

1 资料、方法与旱涝等级划分

1.1 资料概况

气象数据主要来自中国气象网(<http://data.cma.cn/>)的日值数据集,选择时段为1960–2017年。为保证建立稳定的气候序列,最终选取了分布于四川省各地具有代表性的41个测站(图1),并对缺测数据进行一定的检测和插补处理,保证数据的连续性和准确性。文中对季节的划分为:春季(3–5月)、夏季(6–8月)、秋季(9–11月)和冬季(12–次年2月)。

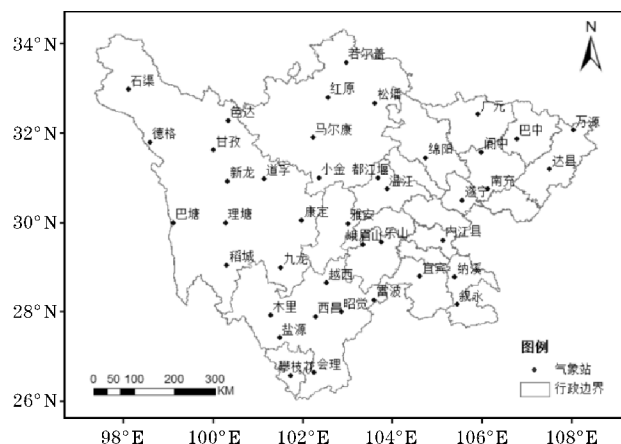


图1 所选气象站点位置和分布

收稿日期:2019-06-30

基金项目:四川省科技厅资助项目(2017ZR0043)

1.2 研究方法

1.2.1 线性回归法

定量分析 Z 指数序列在时间段内的趋势特征是否显著,当回归系数小于 0 时,表明 Z 指数序列呈减小趋势,反之则呈增长趋势。

1.2.2 Mann-Kendall 突变检验

此方法最初是由 Mann 和 Kendall 提出并发展的一种非参数统计检验方法,是一种计算简便,较常用的突变检测方法。根据魏凤英^[9]对 M-K 方法的概述,需要计算出统计量 UF_k 和 UB_k ,其中:

$$UF_k = \frac{s_k - E(s_k)}{\sqrt{\text{Var}(s_k)}}, \quad k = 1, 2, \cdots, n \tag{1}$$

$$UB_k = -UF_k, \quad k = n, n-1, n-2, \cdots, 1 \tag{2}$$

式中, $E(s_k)$ 和 $\text{Var}(s_k)$ 是秩序列 s_k 的均值和方差, s_k 为对于具有 n 个样本量的时间序列 x 而构造的一个秩序列:

$$s_k = \sum_{i=1}^k r_i, \quad r_i = \begin{cases} 1 & x_i > x_j \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad j = 1, 2, \cdots, i \tag{3}$$

可见,秩序列 s_k 是第 i 时刻数值大于 j 时刻数值个数的累计值。

分析结果时,分别绘出 UF_k 和 UB_k 曲线图,若 UF_k 或 UB_k 大于 0,则表明序列呈上升趋势,小于 0 则呈下降趋势;在给定的显著性水平 $\alpha=0.05$ 下,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突变的时间区域。如果临界线之间 UF_k 和 UB_k 出现了交点,那么交点对应的时刻就是突变开始的时间^[10]。

1.2.3 空间插值法

能从有限的样本点数据预测栅格数据中单元的值,通过填补样本点之间的数据空白,将在空间上离散的数据转化为连续的曲面数据,便于分析数据的空间分布特征,常用的空间插值方法包括样条函数法、反距离加权法和克里金法等^[11-12]。对四川省旱涝变化空间特征的分析主要采用普通克里金法进行插值。

1.3 旱涝等级划分

梁萧等^[13]对几种具有代表性的干旱指数进行了对比,研究得出对于干旱指标的原理要充分理解,选择适合本地的干旱指标。 Z 指数是中国应用比较成熟的干旱指数,由于四川省降水时空分布不均,降水差异较大,而 Z 指数与降水分布的特征密切相关^[14],因此选取 Z 指数作为衡量四川地区旱涝情况的指标来进行

分析。

Z 指数的计算和旱涝等级划分如下:

假设降水量服从皮尔逊Ⅲ型分布,根据公式(4)对降水量进行以 Z 为变量的标准正态化处理。

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left(\frac{C_s}{2} \varphi_i + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6} \tag{4}$$

其中, Z 为干旱指数, C_s 为偏态系数, φ_i 为标准化变量, C_s 和 φ_i 可分别表示为

$$C_s = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})}{\sigma^3} \tag{5}$$

$$\varphi_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \tag{6}$$

式中, σ 为标准偏差, n 为序列长度(1960–2017 年), x_i 和 \bar{x} 为降水量和降水量均值。

根据 Z 值的正态分布曲线,得出四川地区 Z 指数的旱涝等级划分,将 Z 指数分为 7 个等级(表 1)。

表 1 Z 指数旱涝等级划分

等级	类型	Z 值范围
1	特涝	$Z \geq 1.645$
2	大涝	$1.0367 \leq Z < 1.645$
3	偏涝	$0.5244 < Z < 1.0367$
4	正常	$-0.5244 \leq Z \leq 0.5244$
5	偏旱	$-1.0367 < Z < -0.5244$
6	大旱	$-1.645 < Z \leq -1.0367$
7	特旱	$Z \leq -1.645$

2 四川省旱涝的时间变化特征

2.1 旱涝典型年份及发生频次分析

由表 2 对四川省 1960–2017 年基于 Z 指数值的旱涝分级统计表可以看出,四川省 58 年中严重雨涝(特涝和大涝)年共有 7 年,占比 12%,其中包括 1960 年和 1998 年 2 个特涝年和 1961 年、1968 年、1974 年、1985 年和 1990 年 5 个大涝年;严重干旱(特旱和大旱)年共有 12 年,占比 21%,其中包括 1972、1997 和 2006 年 3 个特旱年和 1969 年、1971 年、1979 年、1986 年、1994 年、1996 年、2002 年、2009 年和 2011 年 9 个大旱年;正常年份有 22 年,占比 38%,偏涝年份有 11 年,占比 19%,偏旱年份有 6 年,占比 10%。总体有旱涝的年份占 62%,说明水旱灾害频发。

表 2 四川省 1960–2017 年基于 Z 指数值的旱涝分级统计表

等级	类型	年份
1	特涝	1960、1998
2	大涝	1961、1968、1974、1985、1990
3	偏涝	1964、1965、1973、1980、1981、1983、1989、1999、2012、2013、2014
4	正常	1962、1963、1966、1967、1975、1982、1984、1987、1988、1991、1993、1995、2000、2001、2003、2004、2005、2008、2010、2015、2016、2017
5	偏旱	1992、1970、1976、1977、1978、2007
6	大旱	1969、1971、1979、1986、1994、1996、2002、2009、2011
7	特旱	1972、1997、2006

由图 2 四川省 1960–2017 年年际和四季不同旱涝等级次数统计结果可以看出,58 年来,未发生旱涝的正常年份出现 22 次,涝年及早年均出现 18 次,分别占比为 31%。四季中,未发生旱涝的正常季节分别为春季 21 次,夏季 16 次,秋季 26 次,冬季 22 次,其中,春季、夏季、秋季特大旱涝(包括 1 级和 7 级)发生频次较接近,分别为 6.9%、8.6% 和 8.6%,而冬季特大旱涝(包括 1 级和 7 级)出现的频次较其他 3 个季节都明显偏高,为 17.2%。除夏季外,其他 3 个季节中,出现干旱和雨涝的频次大致相当,分别为 63.8%、55.2% 和 62.1%,夏季发生干旱和雨涝的频次比最少的秋季高出 17.2%,是历年来四季中旱涝灾害最为多发的季节。而就单个雨涝和干旱频次来说,夏季是雨涝发生频次最多的季节,而秋季是干旱发生频次最多的季节。

2.2 年际及四季旱涝线性趋势分析

为分析四川省旱涝在年际和四季的变化趋势,对

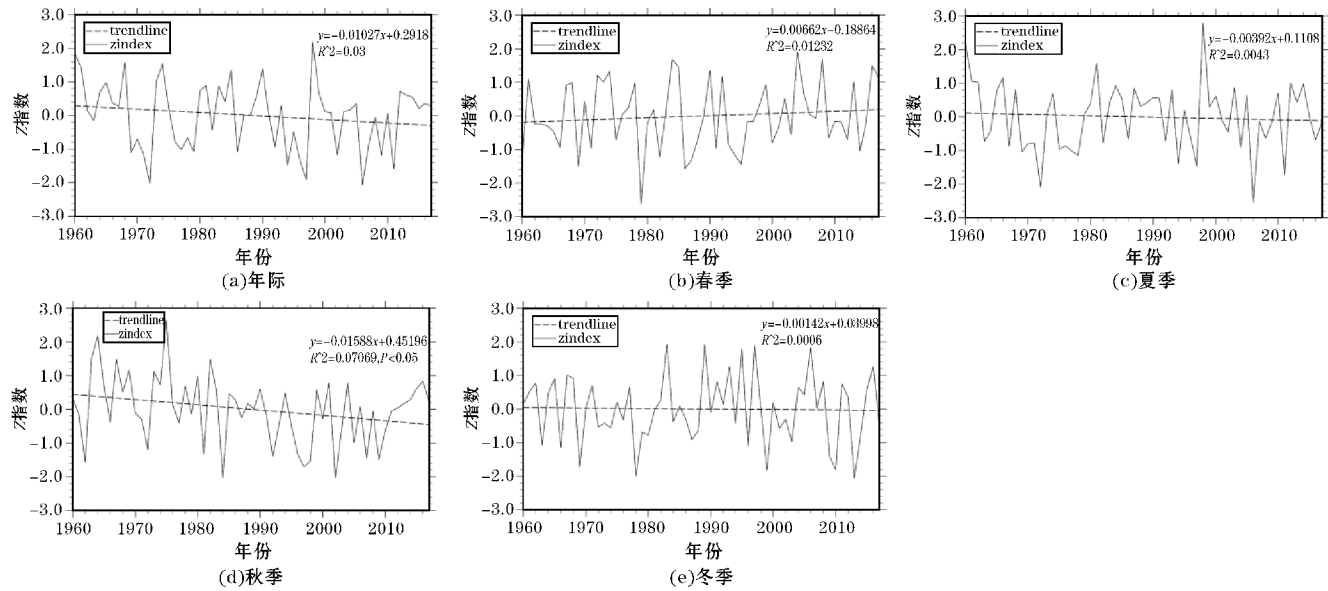


图 3 1960–2017 年年际和四季 Z 指数变化及线性趋势图

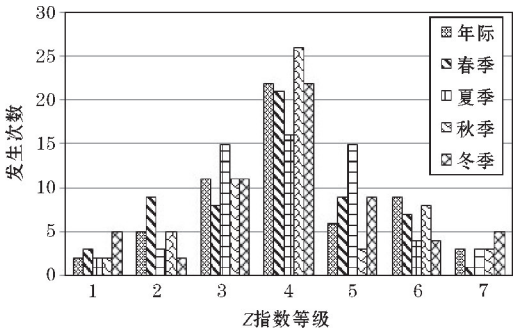


图 2 四川省 1960–2017 年年际和四季不同旱涝等级次数统计

Z 指数进行了时间序列的线性趋势分析(图 3),并设置 0.05 的显著性水平检验。从图 3(a)可以看出,虽然年 Z 指数呈周期性波动变化,旱涝交替出现,但是整体呈下降趋势,说明四川省整体向偏干旱发展,由于未通过 0.05 的显著性水平检验,因此年 Z 指数的下降趋势并不显著。四季变化中,春季(图 3b)Z 指数整体呈上升趋势,向湿润化发展,特别自 21 世纪以来,波动幅度明显减小,雨涝年多于干旱年,四川地区春季向湿润化发展,但是变化趋势不显著,此时段,夏季(图 3c)干旱的年份明显多于雨涝,Z 指数整体呈下降趋势,四川地区夏季向偏干旱的趋势发展。20 世纪 90 年代以前,秋季(图 3d)旱涝交替出现,之后,Z 指数大都为负值,说明四川秋季偏干旱,且 Z 指数呈下降趋势,表明其往偏干旱的方向发展,且通过了 0.05 的显著性水平检验,秋季 Z 指数下降趋势显著。20 世纪 80 年代中期到 90 年代中期,冬季(图 3e)Z 指数大都为正值,此年间,四川省冬季偏湿润,但是整体呈下降趋势,说明四川省冬季向偏干旱的方向发展,由于未通过 0.05 的显著性水平检验,其变化趋势不显著。

2.3 年际及四季旱涝指数突变检验

为了检验 1960–2017 年四川省年际和四季旱涝情

况有无突变发生,以 Z 指数原序列构建统计量 UF ,以其逆序列构建统计量 UB ,并设定 0.05 的显著性水平检验,对 Z 指数进行 Mann-Kendall 突变检验,结果见图 4。

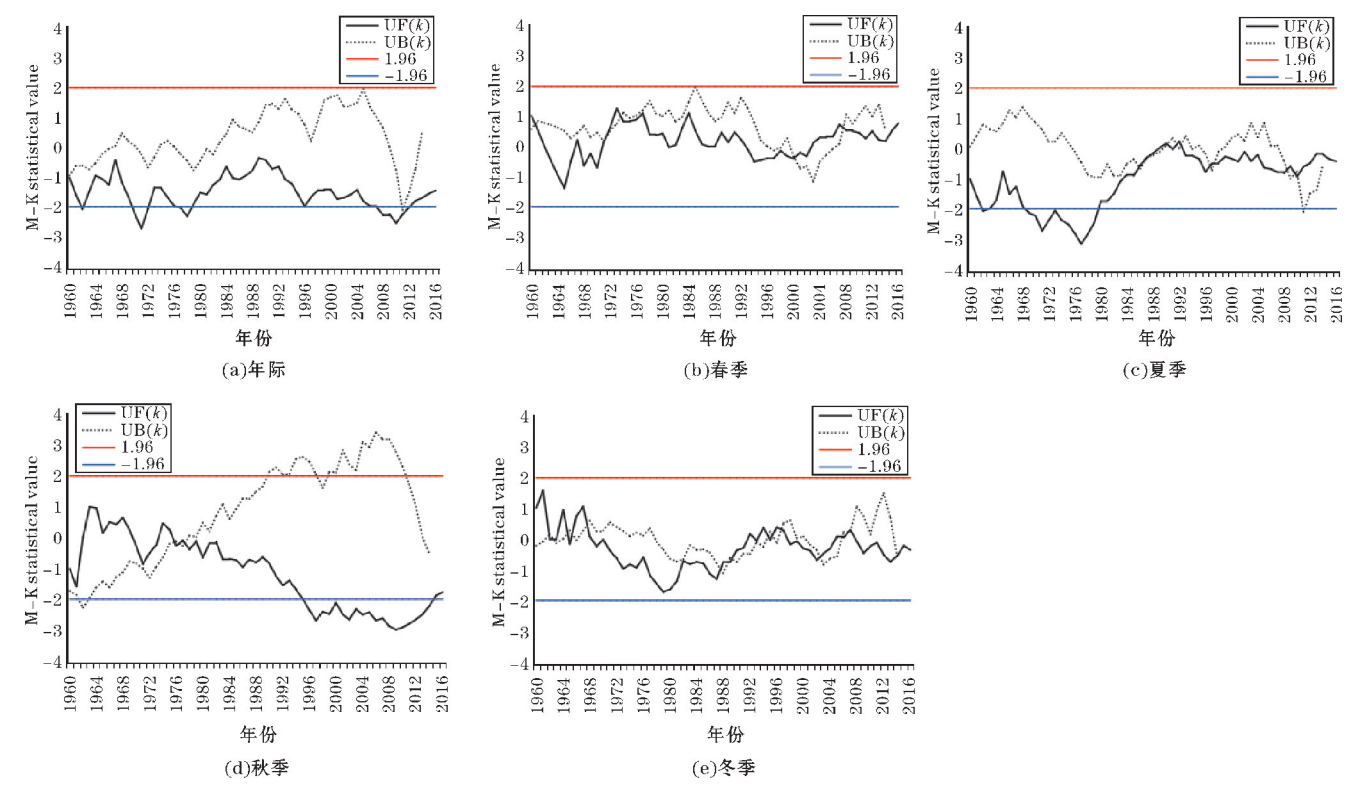


图 4 1960–2017 年年际和四季 Z 指数的 M-K 检验

由图 4(a)可以看出, UF 的值均小于 0,说明年 Z 指数呈下降趋势,但不显著,此结果与图 3(a)中线性趋势分析结果一致,检验图中没有出现 UF 与 UB 曲线的交点,表明四川省年 Z 指数变化趋势不存在突变。在季节变化上,春季(图 4b)在 20 世纪 60 年代至 70 年代, $UF<0$ 呈下降趋势,70 年代至 90 年代 $UF>0$ 呈上升趋势,且在临界线内两曲线在 1972 年、1974 年、2000 年、2008 年均存在交点,说明春季四川省 Z 指数在这 4 年可能存在突变,结合图 3(b)的变化趋势,认为 1972 年、2000 年、2008 年为可能突变点,但突变不显著。夏季(图 4c) UF 基本都小于 0,说明 Z 指数呈下降趋势,干旱化趋势明显,1969–1980 年通过了 0.05 的显著性检验,说明该时段内 Z 指数下降趋势十分显著, UF 和 UB 曲线在 1987 年、1992 年、1998 年、2010 年均存在交点,且都在临界线内,结合图 3(c)的变化趋势,可以认为 1998 和 2010 年为可能突变点。秋季(图 4d)在 20 世纪 70 年代中期后 $UF<0$ 为下降趋势,21 世纪前后都通过了 0.05 的显著性检验,部分时间段甚至通过了 0.01 的显著性检验,说明 Z 指数下降趋势

显著,两曲线在 1976 年出现交点并且在临界线以内,表明秋季 Z 指数可能在 1976 年发生了突变,且突变后的下降趋势明显,结合图 3(d)的变化趋势,认为 1976 年为可能突变点。冬季(图 4e)在 20 世纪 70 年代后, $UF<0$ 为下降趋势,且在临界线内 UF 和 UB 曲线存在多个交点,结合图 3(e)的变化趋势可以看出,可能存在的突变年份为 1968 年、1989 年、1997 年和 2007 年。综合可知,除春季外, Z 指数近年来呈下降趋势,干旱化趋势明显。

3 四川省旱涝变化的空间特征

3.1 多年及四季雨涝频次空间分布

对四川省 41 个站点 1960–2017 年和四季 Z 指数进行统计,基于不同等级出现的次数,将旱涝等级 1 ~ 3 级(表 1)划分为各级雨涝,以雨涝出现的次数为变量进行空间插值,得到 1960–2017 年四川省多年及四季雨涝频次空间分布如图 5 所示。

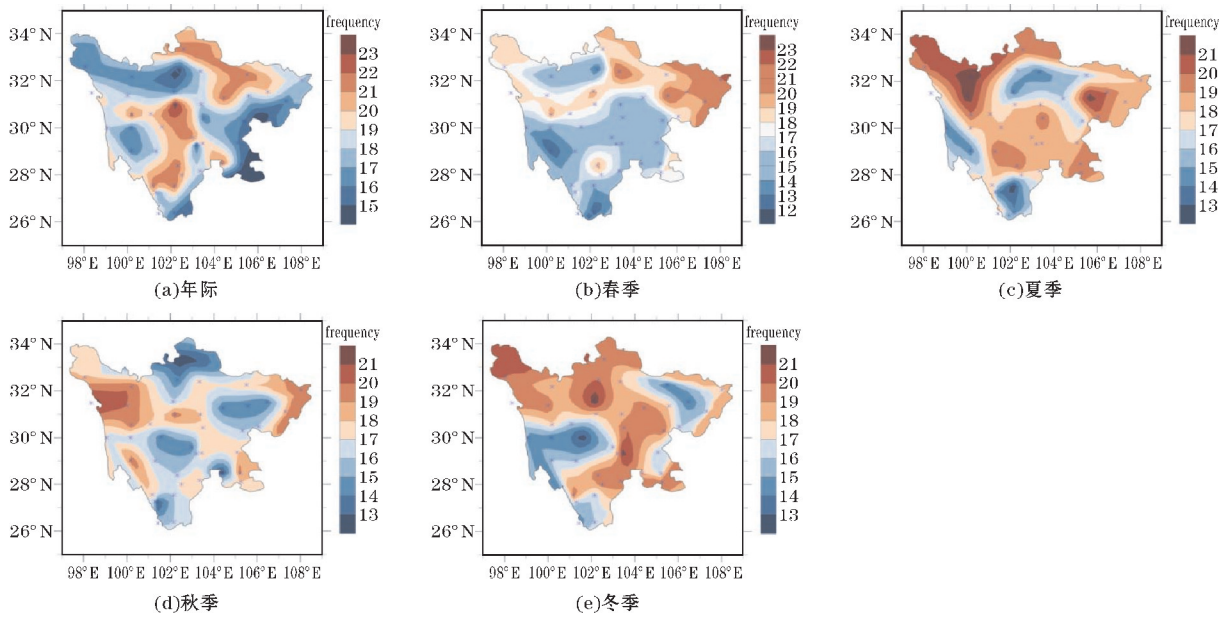


图5 四川省 1960–2017 年多年及四季雨涝频次空间分布

可以看出,四川省年雨涝(图 5a)分布较分散,有两个明显的高值区,分别位于四川省中部阿坝到雅安、峨眉山以及到西昌一带和东北部广元到巴中一带,其中,四川中部发生雨涝的频率最高,在以小金站为代表的地区近 58 年来雨涝次数最多,高达 24 次。春季期间(图 5b),川西北部色达到北部红原站一带以及四川南部大部分地区雨涝较少,大致在 15~16 次,不易发生雨涝,高发区位于以达县、万源、巴中为代表的四川盆地东北部地区,越往东出现雨涝的频率越高。夏季(图 5c)雨涝频次最高,是最易发生雨涝的季节,高发区主要位于川盆地东北部的南充和达州,甘孜北部地区,盆地的西部以及东南地区,发生雨涝的次数只有少

数地区小于 17~18 次。秋季(图 5d)雨涝的分布最为分散,在阿坝北部有一明显低值区,发生雨涝次数小于 13 次,川南部雨涝次数较中部明显偏少。冬季(图 5e)雨涝频次也较高,低值区主要位于川西甘孜和川西南的山地区。

3.2 多年及四季干旱频次空间分布

同样,对四川省 41 个站点 1960–2017 年和四季 Z 指数进行统计,将旱涝等级 5~7 级(表 1)划分为干旱,以干旱出现的次数为变量进行空间插值,得到四川省多年及四季干旱频次空间分布如图 6 所示。

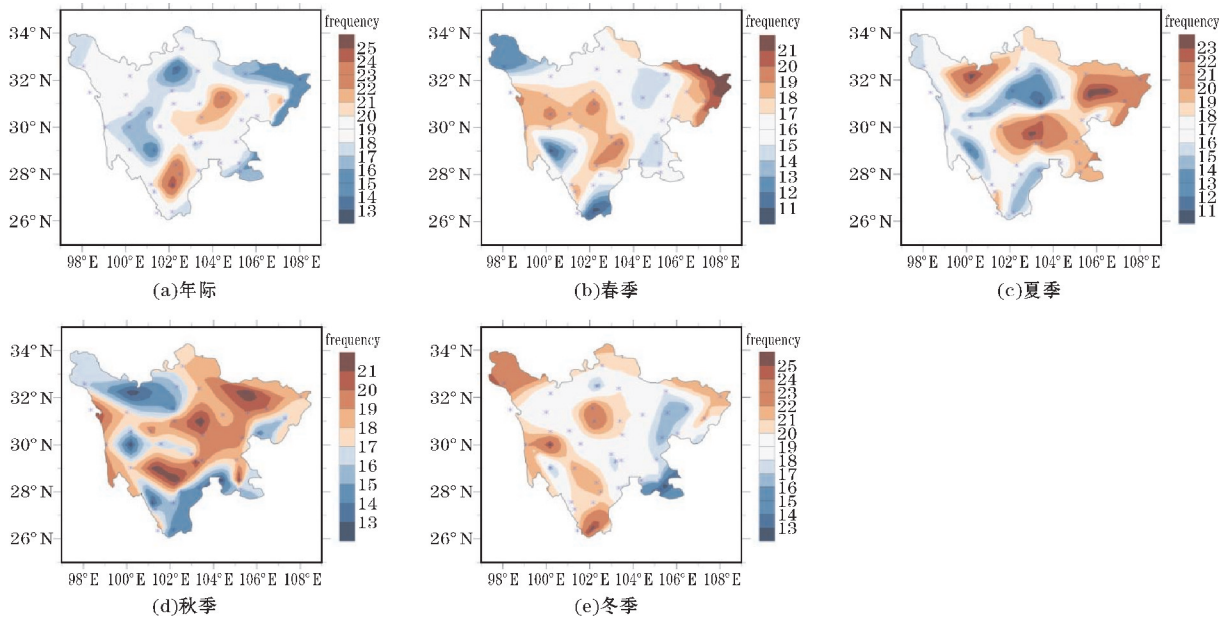


图6 四川省 1960–2017 年多年及四季干旱频次空间分布

可以看出,58年间,四川省东部和南部发生干旱的频率明显高于西部和北部(图6a),干旱高发区主要位于绵阳、西昌等地区,大部分地区发生干旱的频率较低,次数大致在18~20次左右。春季(图6b)时大范围的干旱位于四川省中部地区,在东部边缘万源一带也易发生干旱,其余地区发生干旱的频率较低。夏季(图6c)干旱分布较为离散,总体来看,四川省夏季东部地区发生干旱的频率高于西部地区,四川东部的广元、巴中、达州、南充,中东部的雅安,北部的色达等地为夏季干旱的高发区。秋季(图6d)易旱区域较广,伏旱频发,川盆地东部和中部地区是干旱的高发区,南部凉山州和西北部的甘孜和阿坝北部发生干旱的频率较低。冬季(图6e)发生干旱的次数大部分在18~20次左右,干旱易发区位于四川省中部、南部,整体川西部出现干旱的频率相对高于川东部地区。

4 结论与讨论

基于以上研究得到以下结论:

(1)1960–2017年,根据 Z 指数统计出四川省有1960年和1998年2个特涝年,以及1972年、1997年和2006年3个特旱年。58年中,正常年份有22年,占38%,有旱涝的年份为36年,总占比为62%,水旱灾害频发。

(2)四季中,春季、夏季、秋季特大旱涝发生频次较接近,而冬季特大旱涝出现的频次较其他3个季节偏高,夏季出现干旱和雨涝的频次最高,是历年来四季中旱涝灾害最为多发的季节。而就单个雨涝和干旱频次来说,夏季是雨涝发生频次最多的季节,而秋季是干旱发生频次最多的季节。

(3)四川省旱涝交替出现,但年 Z 指数整体随时间序列呈下降趋势,向偏干旱的方向发展。四季中,除春季有向偏湿润发展的趋势外,其他3个季节向偏干旱方向发展,秋季的干旱化趋势最为显著。

(4)结合年际变化和M-K检验结果,年 Z 指数变化趋势在58年中不存在突变,春季 Z 指数可能存在3次突变,分别是1972年、2000年和2008年,夏季在1998年和2010年可能存在突变,秋季的可能突变年为1976年,冬季在1968年、1989年、1997年和2007年可能有突变。总体上,除春季外, Z 指数近年来呈下降趋势,干旱化趋势明显。

(5)四川省58年雨涝频次空间分布上有两个明显的高发区,分别位于四川省中部阿坝到雅安、峨眉山以及到西昌一带和东北部广元到巴中一带;春季高发区位于以达县、万源、巴中为代表的四川盆地东北部地

区,越往东出现雨涝的频率越高;夏季是最易发生雨涝的季节,频次最高,高发区主要位于川盆地东北部的南充和达州,甘孜北部地区,盆地的西部以及东南地区;秋季雨涝分布最为分散,在阿坝北部有一明显低值区,川南部雨涝次数较中部明显偏少;冬季雨涝频次也较高,低值区主要位于川西甘孜和川西南的山地区。

(6)四川省东部和南部发生干旱的频率明显高于西部和北部,干旱高发区主要位于绵阳、西昌等地区。春季大范围的干旱主要位于四川省中部,在东部边缘万源一带也易发生干旱;夏季干旱分布较为离散,东部地区发生干旱的频率高于西部地区;秋季伏旱频发,川盆地东部和中部地区是干旱的高发区;冬季干旱易发区位于四川省中部和南部,川西部出现干旱的频率相对高于川东部地区。

将以上研究结果与历年灾情记录《中国气象灾害大典(四川卷)》^[15]、《四川水旱灾害》^[16]以及相关参考文献^[7,17]进行对比后发现,基于 Z 指数反映的四川旱涝时空变化特征整体上与实际情况相吻合,能大致反映出四川旱涝年际的时空分布和变化情况,但在分季节分析时,存在例如对特大旱涝出现频次统计、雨涝和干旱频次空间分布出现冬季过于偏高,以及川西北高原区雨涝频次偏高,而东部盆地干旱频次偏低的差异。由于四川省地形条件差异悬殊,气候类型多样,而旱涝是某地区水分的缺余,其不仅与降水量有关,还与温度、蒸发量、地形、大气环流等因素有关,因此如仅用基于降水量数据的 Z 指数进行研究势必会有偏差,而偏差的程度有多少,基于不同地形区的偏差是否显著,针对整个四川省和不同的地形区其适用性有多高,以及对 Z 指数的后续改进等问题还有待更进一步深入和细致的后续考证和探讨。

参考文献:

- [1] 唐宝琪,延军平,李双双,等.近55年来华东地区旱涝时空变化特征[J].长江流域资源与环境,2016,25(3):497–505.
- [2] L P Li, K M. Zhang, T Luo, et al. An analysis of the drought and flood hazard characteristics and risks during the pre-rainy season in South China[J]. Nat Hazards, 2014, 71: 1195–1213.
- [3] 赵莉,李吉,石启富.基于 Z 指数分析西北地区干旱的时空特征[J].农业气象,2016:42–60.
- [4] 曹永强,路璐,张兰霞,等.基于 Z 指数的辽宁省气象干旱时空特征分析[J].资源科学,2012,34(8):1518–1525.

- [5] 李永华,毛文书,高阳华,等. 重庆区域旱涝指标及其变化特征分析[J]. 气象科学,2006,26(6): 638-644.
- [6] 曾波,谌芸,王钦,等. 1961-2016年四川地区不同量级不同持续时间降水的时空特征分析[J]. 冰川冻土,2019,41(2):1-13.
- [7] 齐冬梅,李跃清,陈永仁,等. 近50年四川地区旱涝时空变化特征研究[J]. 高原气象,2011,30(5):1170-1178.
- [8] 潘妮,卫仁娟,詹存,等. 干旱指数在四川省的适用性分析[J]. 干旱水北调与水利科技,2017,15(4):71-78.
- [9] 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术[M]. 北京:气象出版社,1999:69-71.
- [10] 张盛霖,邓高燕,黄永奇. Mann-Kendall 检验法在 Excel 中的实现和应用[EB/OL]. 北京:中国科技论文在线,2014-06-27.
- [11] 李楠,孙培良,韩莎莎,等. 基于 Z 指数的聊城地区干旱时空特征分析[J]. 中国农学通报,2016,32(5):152-158.
- [12] 李军龙,张剑,张丛,等. 气象要素空间插值方法的比较分析[J]. 草业科学,2006,23(8):6-11.
- [13] 梁箫,常小雅. 几种具有代表性的干旱指标研究概况[J]. 吉林农业,2019(2):38.
- [14] 鞠笑生,杨贤为,陈丽娟,等. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究[J]. 应用气象学报,1997,8(1):26-33.
- [15] 詹兆渝. 中国气象灾害大典(四川卷)[M]. 北京:气象出版社,2006:8-306.
- [16] 四川省水利电力厅. 四川水旱灾害[M]. 成都:科学出版社,1996:29-228.
- [17] 周长艳,岑思弦,李跃清,等. 四川省近50年降水的变化特征及影响[J]. 地理学报,2011,66(5):619-630.

Analysis of Spatial and Temporal Change Characteristics of Drought and Flood in Sichuan Province from 1960 to 2017

LUO Qian^{1,2}, LI Xiehui¹, WANG Lei¹, CHEN Zifan¹

(1. College of Atmospheric Sciences, Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Shifang Meteorological Bureau, Shifang 618400, China)

Abstract: In order to study the drought and flood disasters in Sichuan Province, based on Z index, by using daily precipitation data and linear trend analysis of 41 meteorological stations from 1960 to 2017, Mann-Kendall mutation test, spatial interpolation and other methods, the spatial and temporal change characteristics of inter-annual and seasonal drought and flood in Sichuan Province were analyzed. The main conclusions were as follows: There were three special drought years and two special flood years in the last 58 years. Summer was the season with the highest frequency of drought and flood in the four seasons. Sichuan Province as a whole tended to be drought, while the trend of drought in autumn was the most obvious. The high-incidence areas of rain and flood is in central and northeastern Sichuan Summer was the season with the highest frequency of flood. The frequency of drought in eastern and southern Sichuan was obviously higher than that in western and northern Sichuan. The results show that Z index can roughly reflect the space-time distribution and variation of drought and flood in Sichuan province, but there are some differences of higher or lower drought and flood grades in some regions when discussing seasons.

Keywords: applied meteorology; meteorological disasters; Z index; change characteristics of drought and flood; frequency analysis; M-K mutation test