

# 川滇地区气候特征与旱涝灾害变化趋势分析

杜华明, 延军平

(陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

**摘要:**以川滇地区 70 个气象观测站点 1961—2011 年的降水、气温资料为基础,采用线性回归、M—K 突变检验、反距离加权空间插值、小波变换等方法,分析了川滇地区近 51 a 来气候变化特征和旱涝灾害趋势。结果表明:(1)近 51 a 来川滇地区气温总体上呈增加趋势,气温倾向率为  $0.21\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,增温趋势系数高达 0.71,气温存在极其显著的长期增温趋势。川西高原年平均气温最低,云南省南部地区气温最高,海拔高度是影响该区气温空间差异的重要因素。(2)近 51 a 来川滇地区降水量总体上呈减少趋势,平均递减率为  $10.76\text{ mm}/10\text{ a}$ 。受西南季风与海拔高度的影响,降水量在空间分布上差异极大,川西高原与四川盆地西南周边地区降水量相对较少,四川盆地降水相对丰富,滇西南地区降水量最为充沛。(3)川滇地区气候暖干化趋势明显,分别在 1997 和 1999 年发生了增温和降水量减少的突变,旱涝灾害存在 10~15 a 和 28 a 的周期振荡,该区涝灾向旱灾转化的趋势明显。

**关键词:**川滇地区;气候特征;旱涝灾害;Z 指数;小波分析

文献标识码:A

文章编号:1000-288X(2013)06-0146-06

中图分类号:P426.616

## Climatic Characteristics and Trend of Droughts and Floods in Sichuan—Yunnan Region

DU Hua-ming, YAN Jun-ping

(College of Tourism and Environmental Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

**Abstract:** By using methods of linear regression, the Mann—Kendall test, inverse distance weighted spatial interpolation and wavelet transform, the characteristics of climate and the trend of droughts and floods were analyzed based on temperature and rainfall data collected from 70 meteorological sites in Sichuan—Yunnan region from 1961 to 2011. Results showed as follows: (1) Temperature presented an increasing change over the last 51 years in Sichuan—Yunnan region with the tendency rate of  $0.21\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ , and has a significant long-term warming trend with the warming trend coefficient as high as 0.71. The annual averaged temperature was affected most by the altitude with the lowest annual average temperature happened in Western Sichuan plateau and the highest in the Southern Yunnan Province. (2) In the past 51 years the annual precipitation showed an decreased trend in Sichuan—Yunnan region with the decreasing rate of  $10.76\text{ mm}/10\text{ a}$ . The precipitation was influenced by the southwest monsoon and the altitude with the relatively low precipitation happened in West Sichuan Plateau and the surrounding area of the Southwestern Sichuan basin, relatively abundant in Sichuan Basin and the most abundant in Southwestern Yunnan Province. (3) Climate warming and drying trend was obvious in Sichuan—Yunnan region with a sudden warming change and rainfall reduction occurred in 1997 and 1999 respectively and droughts and floods oscillation periods of 10~15 years and 28 years. The trends of disasters changed clearly from floods to droughts in Sichuan—Yunnan region.

**Keywords:** Sichuan—Yunnan region; climatic characteristics; droughts and floods; Z-index; wavelet analysis

在全球变暖的大背景下,各类自然灾害频发,对人类生存与社会可持续发展造成严重影响,各国政府及科学家对气候变化可能引起的生态环境问题给予

了高度关注。IPCC 第 4 次评估报告指出,从 1906—2005 年,全球气温上升了  $0.74\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>[1]</sup>。我国学者也对不同地区气候变化下旱涝灾害进行了研究,如刘可

收稿日期:2013-01-25

修回日期:2013-03-25

资助项目:国家自然科学基金项目“部分重大自然灾害的时空对称性:结构、机理与适应对策”(41171090)

作者简介:杜华明(1977—),女(汉族),四川省剑阁县人,博士研究生,讲师,主要从事区域环境与可持续发展研究。E-mail:dhuaoming2004@163.com。

通信作者:延军平(1956—),男(汉族),陕西省绥德县人,博士,教授,主要从事区域发展与自然灾害方面研究。E-mail:yanjp@snnu.edu.cn。

群<sup>[2]</sup>等对湖北省近50 a旱涝灾害变化及其驱动因素进行了分析。杨晓华<sup>[3]</sup>等利用Z指数指标对陇东黄土高原干旱特征进行了分析。宁向玲<sup>[4]</sup>等分析了陕北地区气温变化对旱涝灾害的影响。王富强<sup>[5]</sup>等人根据气象因素和旱涝灾害的关系,研究了东北区近250 a来旱涝灾害演变的特征,指出20世纪东北区旱涝灾害较以前都有所加重,尤其是干旱灾害。唐亚平<sup>[6]</sup>等对辽宁省旱涝时空分布特征分析指出,辽宁旱涝的空间分布特征受降水量、地理位置、海陆分布等因素的影响。白爱娟<sup>[7]</sup>等对华东地区降水特征与旱涝灾害进行研究后认为,降水量时空分布不均匀是导致旱涝灾害增多的原因。综观对川滇地区气候与旱涝灾害的研究,主要集中在气温、降水<sup>[8]</sup>、极端干旱气候<sup>[9]</sup>方面,只有廖光明<sup>[10]</sup>对四川盆地东部旱涝灾害进行了研究,因此对川滇地区旱涝灾害的研究显得尤为重要。

川滇地区位于青藏高原东南缘,地质构造活动剧烈,是我国大陆最显著的强震活动区域<sup>[11]</sup>。青藏高原、云贵高原、横断山区和四川盆地等构成了该区域大陆地貌的主要特征,处在平原、高原和盆地的过渡带,具有独特的地理特征,地形、地表状况十分复杂。川滇地区受青藏高原动力和热力作用及多种季风环流影响<sup>[12]</sup>,该地区气候复杂多变,是气候变化的敏感区<sup>[13]</sup>。川滇地区由于其高原山地的特殊地理位置,决定了该区域气候变化对中国、亚洲乃至全球气候都有显著影响<sup>[14-15]</sup>。本研究利用川滇地区70个气象站点的月降水、月气温等资料,对该区气候变化特征与旱涝灾害变化趋势进行分析,为该地区应对气候变化的影响和预防旱涝灾害提供科学依据。

## 1 材料与方法

研究采用的气象数据资料均来源于中国气象科学数据服务共享网。川滇地区的气象站点共有90个,为建立稳定、均一的气候序列,对90个气象站点的资料进行严格的质量筛选,选取资料完整、无迁站记录的70个气象站点,利用气象站点1961—2011年的月气温、月降水实测资料,以1961—2011作为一个气候周期,对气温、降水要素进行年均、季节和年代平均处理以形成相应的资料序列。采用线性倾向率、5 a滑动平均等方法分析川滇地区过去51 a内的气温、降水气象要素的季节、年际和年代际变化规律;采用Mann—Kendall非参数统计检验对年均气温、降水进行突变检验;用反距离加权(IDW)空间插值法分析该区气温、降水要素的空间变化特征,探讨影响气候变化的主要因素;根据1961—2011年川滇地区逐

月降水资料,利用Z指数旱涝指标划分旱涝等级,并采用小波变换分析旱涝Z指数的年际变化趋势。

## 2 结果与分析

### 2.1 气温变化特征分析

#### 2.1.1 气温年际、年代际、季节变化特征分析

(1) 气温年际变化特征。近51 a来,川滇地区多年平均气温为 $13.52\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。最高年平均气温为 $14.52\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,最低年平均气温 $12.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,两者相差 $1.62\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,气温年际变化较大。图1为川滇地区年平均气温距平变化序列。从图1可以看出,该序列以1992年为转折点,前后趋势发生明显变化,气温由不规则平缓波动转为递增。图1中气温的5 a滑动曲线表明,年平均气温的显著上升主要是从20世纪80年代末期开始,90年代早期出现了小幅下降,从90年代中期以来呈显著上升趋势。从总体上看,川滇地区20世纪60年代初开始至90年代中期,气温变化呈不规则的平缓波动状态,20世纪90年代中期以来川滇地区增温明显,尤其是1998年开始川滇地区持续升温,存在明显的跳跃式增长。该区多年年平均气温呈上升趋势,平均增暖率为 $0.21\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,和最近50 a中国气温的增温速率( $0.22\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ <sup>[16]</sup>)接近,该区增温趋势系数高达 $0.71(p<0.01)$ ,表明该区气温存在极其显著的长期增温趋势。升温主要是在最近的20 a,这与我国地表气温增暖主要发生在最近20 a的结论一致<sup>[17]</sup>,该区近20 a升温速率达 $0.48\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。

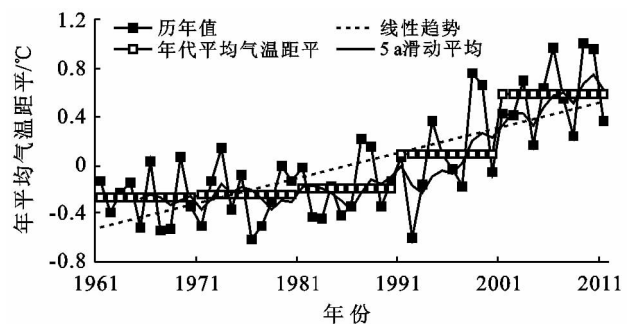


图1 川滇地区年平均气温变化

(2) 气温年代际变化特征。如图1所示,20世纪60—80年代,年代平均气温距平值均为负值;自20世纪90年代以来,年代气温距平值为正值,且数值越来越大,处于显著增温状态。该区60,70,80,90年代和2001~2011年的气温变化倾向率分别为: $-0.05, 0.06, 0.24, 0.64$ 和 $0.25\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,除60年代以外,其余各年代内的年平均气温均表现出增长趋势,其中90年代的气温变化倾向率最高,为 $0.64\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,进一步证明了川滇地区20世纪90年代以来表现出显

著的增温趋势。2000 年以来是川滇地区近 51 a 来最温暖的时段。川滇地区气温升高是全球变暖的局地表现,反映了区域气候变化对全球气候变化的积极响应<sup>[18]</sup>。

(3) 气温季节变化特征。川滇地区近 51 a 来四季平均气温整体上都呈上升趋势,但增温幅度有所不同,其中冬季增温的趋势最为明显,气温变化倾向率为  $0.28\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ;其次为夏季和秋季,气温变化倾向率分别为  $0.14$  和  $0.19\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。春季增温趋势较小,气温变化倾向率为  $0.12\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ;由此可见,川滇地区近 51 a 来的增温主要是以冬季的显著增温为特点,夏、秋季增温相对比较缓慢。

2.1.2 气温突变 Mann—Kendall 检验 采用 Mann—Kendall 非参数统计检验方法,对川滇地区年均气温进行突变检验(图 2)。图 2 中 UF 代表正向时间序列统计值,UB 代表逆向时间序列统计值。由图 2 可知,1961—1974 年  $UF < 0$ ,说明此时间段气温呈波动下降趋势;1974 年后  $UF > 0$ ,气温回升,在 1999 年超过显著性水平  $0.05$  临界值,甚至超过  $0.001(U_{0.001}=2.56)$  显著性水平,表明 20 世纪 90 年代中期以来,气温的上升趋势是十分显著的,气温显著增加。根据 UF 和 UB 曲线的交点,确定该区域年平均气温在 20 世纪 90 年代以来的增温是一突变现象,突变年份为 1997 年。

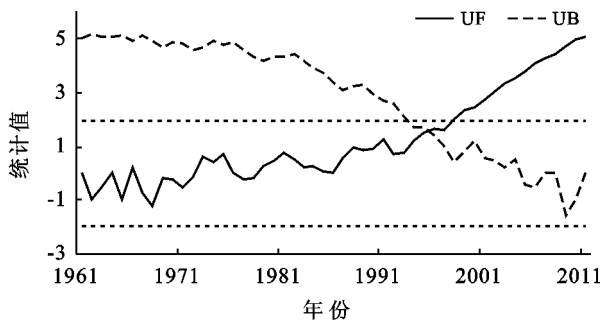


图 2 川滇地区气温突变 Mann—Kendall 检验

2.1.3 气温变化的空间差异 由附图 1 可知,川滇地区年平均气温的变化范围为  $-1.19\sim 23.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,该区气温变化总体表现为西北部地区气温低,南部气温高。川西高原属于高原山地气候,海拔高差大,气候寒冷,年平均气温最低,年均温  $-1.19\sim 7.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;其次是四川盆地、川东南缘山地与滇东北地区气温较低,年均温  $7\sim 15.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;云南省南部地区气温最高,年均温  $18.24\sim 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。空间温度的差异与海拔高度密切相关,通过川滇地区气温与海拔的相关分析,该区温度与海拔的相关性系数为  $-0.763$ ,海拔越高,气温越

低,海拔高度是影响该区气温空间分布的主要因素。

从附图 川滇地区的气温变化倾向率空间分布图可以看出,川滇地区气温增温倾向率在  $-0.15\sim 0.96\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$  之间,川东、川南和滇北局部地区气温有下降趋势,下降倾向率在  $0.03\sim 0.15\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$  之间;其余地区气温均呈增温趋势,增温最显著的是川西南山地、滇西南地区,气温增温率在  $0.34\sim 0.59\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$  之间,局部地区增温率高达  $0.71\sim 0.83\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ;气温呈显著增温趋势。增温速率不同除了与地理环境和海拔高度有关外,还与人类经济活动和自然资源开发利用强度有关。

## 2.2 降水量变化特征分析

### 2.2.1 降水量的年际、年代际、季节变化特征分析

(1) 降水量年际变化特征。根据川滇地区的气象站点 1961—2011 年的月累计降水数据,计算各年的年平均降水量距平值(图 3)。川滇地区近 51 a 的年平均降水量为  $1\ 000.93\text{ mm}$ 。其中 6—8 月降水量达  $545.38\text{ mm}$ ,占全年降水量的  $54.48\%$ ,而 12 和 1 月两个月降水量只有  $22.89\text{ mm}$ ,占全年降水量的  $2.29\%$ ,年内降水量分布极不均匀。从降水量的年际变化看,降水量最多的年份是 1961 年( $1\ 095.75\text{ mm}$ ),降水最少的年份是 2011 年( $853.02\text{ mm}$ ),两者相差  $242.73\text{ mm}$ ,降水量年际变化也较大。通过对研究区内各气象站点的年平均降水量距平分析,并用 5 a 滑动平均、线性回归等方法进行分析,几个要素均呈下降趋势。从图 3 还可以看出,1961—1972 年降水量呈大幅下降趋势,这与我国降水量变化的大背景一致<sup>[19]</sup>;1973—1991 年降水量呈较平稳的波动状态;1992—2011 年降水量显著减少。川滇地区年平均降水量趋势系数为  $-0.27(p < 0.01)$ ,表明降水量的下降趋势不明显,平均递减率为  $10.76\text{ mm}/10\text{ a}$ 。

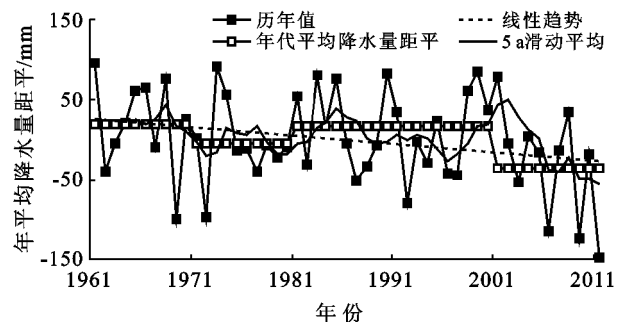


图 3 川滇地区年平均降水量变化

(2) 降水量年代际变化特征。1961—2011 年降水量的各年代分析表明,在 20 世纪的 60—90 年代,降水量呈波动变化状态,20 世纪 60 年代,年代降水量距平值高于多年平均值,降水量充沛,年代内降水

量减少趋势明显,递减率为 44.68 mm/10 a;70 年代降水量距平值为负值,80 年代降水量距平值为正值,70—80 年代代内降水量减少幅度较为接近,降水量递减率分别为 20.69 和 25.27 mm/10 a;20 世纪 90 年代降水量距平值为正值,降水量呈增长趋势,递增率为 82.44 mm/10 a;21 世纪以来年代降水量距平值为负值,降水量呈大幅减少趋势,尤其是 2001 年开始降水量显著减少,递减率为 120.92 mm/10 a。

(3) 降水量季节变化特征。川滇地区夏季降水量占全年降水量的 54.48%,其次是秋季,降水量占全年降水量的 23.63%,春季降水量占全年降水量的 17.98%,冬季降水量最少,占全年降水量的 3.91%。近 51 a 来,川滇地区春、冬季平均降水量呈上升趋势,春季降水量增加倾向率为 5 mm/10 a,冬季降水量增加倾向率为 0.18 mm/10 a;夏、秋季平均降水量呈减少趋势,夏季降水量减少倾向率为 8.6 mm/10 a,秋季降水量减少倾向率为 6.9 mm/10 a。

2.2.2 降水突变 Mann—Kendall 检验 采用非参数统计检验方法(Mann—Kendall)对川滇地区年均降水量进行突变检验(图 4)。由图 4 可知,该区域在 20 世纪 60—70 年代年均降水量处于波动减少阶段;70—90 年代中期降水量处于波动变化阶段;90 年代后期以来降水量呈显著减少状态。降水量在 20 世纪 90 年代的减少是一突变现象,根据 UF 和 UB 的交点可以确定降水量是在 1999 年开始产生突变,降水量显著减少。

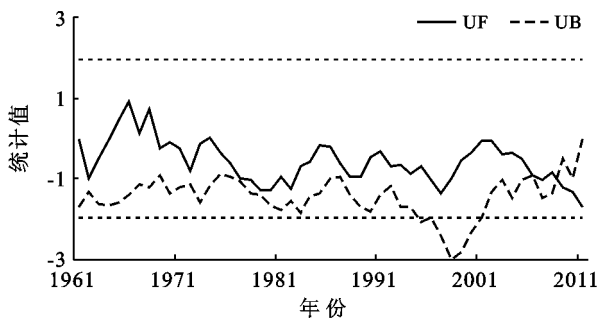


图 4 川滇地区降水量突变 Mann—Kendall 检验

2.2.3 降水量变化空间差异 川滇地区年平均降水量的变化范围为 480.74~2 239.28 mm,降水量最高的地区与最低地区相差 1 758.54 mm,由此可见,降水量的地区差异极大。由附图 2 可知,云南西南部地区降水量最高,年均降水量 1 460~2 240 mm;其次是四川盆地与川东地区降水量较多,年均降水量 870~1 460 mm;滇东、滇北地区,年均降水量 680~870 mm;川西高原地区降水量最少,年均降水量 480~680 mm。受地势与西南季风的影响,高海拔地区的

降水量明显低于低海拔地区,受西南季风影响越大的地区降水量越丰沛。云南省为低纬度高原地区,受西南季风影响较大,而滇西南地区受西南季风气候的影响最大,降水量相对最充沛,随着暖湿气团的北进,受海拔高度的影响,水汽减少,降水量亦减少;四川盆地地势平缓,受西南季风和东南涡影响<sup>[20]</sup>,盆地四周山区东南部相对较低,有利于水汽进入,而盆地西北部山区地势相对较高,不利于水汽的散失,导致空气湿度高、降水丰富;川西高原与四川盆地西南周边地区地势较高,受西南季风的影响弱,降水量相对较少。

从附图 2 川滇地区的降水量变化倾向率空间分布图可以看出,川滇地区降水量由西向东呈现减少趋势,川西高原、川东局部地区和滇西南地区降水量略有增加,增加倾向率在 4.8~17.28 mm/10 a 的范围内;东部地区降水量呈减少趋势,尤其是四川盆地、川北地区和滇东地区降水量减少的趋势非常明显,降水量减少倾向率在 32.65~82.77 mm/10 a。20 世纪 70 年代后半期开始,西南季风减弱明显<sup>[21]</sup>,降水量减少最多的区域位于季风影响较强的地区,由此可见降水量的空间变化与西南季风的减弱密切相关;另外人类经济活动的开发强度也是影响降水量空间变化的重要因素,川滇东部地区地势相对平缓,人口分布较西部密集,人类活动影响大,导致东部地区降水量呈显著减少状态。

## 2.3 川滇地区旱涝灾害趋势判断

### 2.3.1 旱涝指标确定与旱涝频次分布

(1) 旱涝指标确定。由于某一时段降水量并不一定服从正态分布,因此用 Person III 型分布拟和某一时段的降水量效果较好<sup>[22]</sup>。现假设年降水量服从 Person III 型分布,其概率密度分布为<sup>[23]</sup>:

$$P(X) = [\beta\Gamma(\gamma)]^{-1} [(X-\alpha)/\beta]^{-\gamma} e^{-(X-\alpha)/\beta}$$

式中:  $X$ ——降水量;  $\Gamma(\gamma)$ —— $\gamma$  的伽玛函数;  $\gamma, \beta, \alpha$ ——Pearson-III 型分布的形状、尺度和位置参数。

对降水量序列进行正态化处理,可将概率密度函数 Person III 型分布转换成以  $Z$  为变量的标准正态分布<sup>[24]</sup>。其转换公式为:

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

式中:  $C_s$ ——偏态系数;  $\varphi_i$ ——标准变量,均可由降水量资料序列计算求得<sup>[25]</sup>。标准化降水指数不仅考虑了降水服从偏态分布的实际,还对降水资料进行了正态标准化处理,消除了不同地区和时期的气候差异,是一个具有时空对比性的相对指标<sup>[26]</sup>,能够较客观地反映出降水量的正负异常状况。

以川滇地区 1961—2011 年的年均降水量为基准,进行 Z 指数计算,结果表明其正态分布特征很明显。计算出的 Z 值能较好地反映川滇地区的旱涝情

况,代表川滇地区旱涝的年际变化。根据 Z 变量的正态分布曲线,将旱涝程度划分为 7 个等级,并确定其相应的 Z 界限值,Z 指数各级旱涝指标详见表 1。

表 1 川滇地区 Z 指数的旱涝等级

等级	类型	Z 值	发生次数	理论频率/%	实际频率/%
1	重涝	$\geq 1.625$	2	5	3.9
2	大涝	1.015~1.625	9	10	17.6
3	偏涝	0.545~1.015	5	15	9.8
4	正常	-0.545~0.545	21	40	41.2
5	偏旱	-1.015~-0.545	8	15	15.7
6	大旱	-1.625~-1.015	2	10	3.9
7	重旱	$\leq -1.625$	4	5	7.8

根据旱涝 Z 指数的计算结果和旱涝等级指标(表 1),可以得出川滇地区旱涝灾害发生的年份(表 2),在 51 a 中,共发生重涝 2 次,大涝 9 次,重、大涝占 51 a 的 21.57%;发生重旱 4 次,大旱 2 次,所占比例为 11.7%。偏涝发生 5 次,所占比例为 9.8%,偏旱发生 8 次,所占比例为 15.7%。

表 2 川滇地区 1961—2011 年旱涝灾害分布年份

旱涝等级	发生年份
重涝	1961,1973
大涝	1965,1966,1968,1983,1985,1990,1998,1999,2001
偏涝	1974,1981,1991,2000,2008
偏旱	1962,1977,1982,1987,1988,1996,1997,2003
大旱	1972,1992
重旱	1969,2006,2009,2011

(2) 旱涝频次分布。由川滇地区近 51 a 来的旱涝发生年份变化(图 5)可以看出,1961—2011 年,每 10 a 出现大涝(指重涝、大涝。)年次数呈波动性下降趋势。川滇地区每 10 a 出现的大涝次数分别为:60 年代 4 次,平均 2.5 a 发生 1 次;70 年代 1 次,平均 10 a 发生 1 次;80 年代 3 次,平均 3.3 a 发生 1 次;90 年代 2 次,平均 5 a 发生 1 次;2000 年以来 1 次,平均 10 a 发生 1 次。川滇地区每 10 a 出现的大旱(指重旱、大旱。)年次数呈上升趋势,20 世纪 60 年代、70 年代、90 年代各出现大旱年 1 次,平均 10 a 发生 1 次;2000—2011 年出现大旱年 3 次,平均 2.7 a 发生 1 次。以 2000 年为转折点,2000 年以前该区多涝灾,2000 年后多旱灾,这与该区的气温与降水变化一致,20 世纪 90 年代末气候暖干化趋势明显,与此相应的是该区旱灾加剧。从旱涝灾害的年代变化看,川滇地区由涝灾向旱灾转化的趋势明显,因此要注意做好防旱抗旱工作。

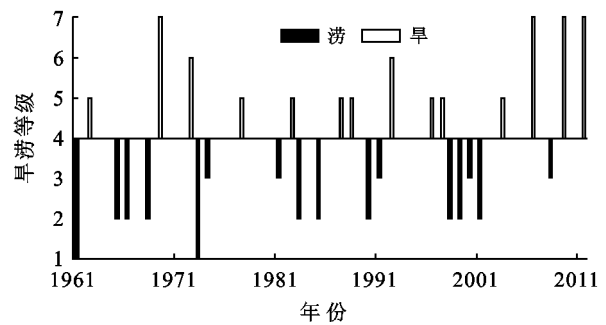


图 5 川滇地区 1961—2011 年旱涝指数等级变化

2.3.2 旱涝灾害的时间尺度特征分析 川滇地区年旱涝指数小波分析见图 6。图 6 中上半部分为低频,等值线相对稀疏,对应较长尺度周期的振荡;下半部分是高频,等值线相对密集,对应较短尺度周期的振荡。川滇地区年旱涝指数序列的小波分析显示,该区在 20 世纪 60 年代存在约 12 a 的高频振荡;70 年代存在约 15 a 的高频振荡;20 世纪 80—90 年代存在约 28 a 的低频振荡,2000 年以来年旱涝指数的周期性变化不明显,主要以高频振荡为主。

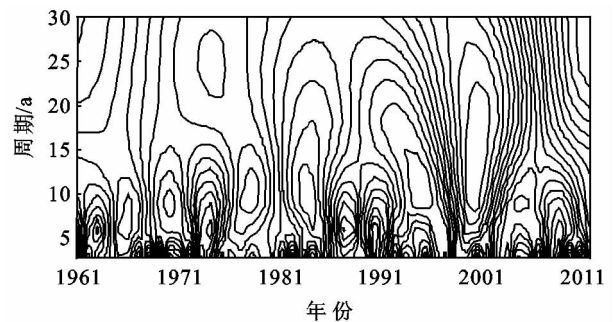


图 6 川滇地区年旱涝指数小波分析图

从图 6 中还可以看出,2000 年以前该区旱涝 Z 指数的周期性变化规律很强,主要以涝灾为主,2000 年以后主要以旱灾为主,这与前面的气温、降水量变

化分析结果一致。因此,可以认为在2000年以前,涝灾严重且在一定周期范围内波动;但在2000年以来,气候暖干化趋势明显,气温升高,降水量锐减,可以看出气候暖干化的结果直接导致了旱灾加剧。

### 3 结论

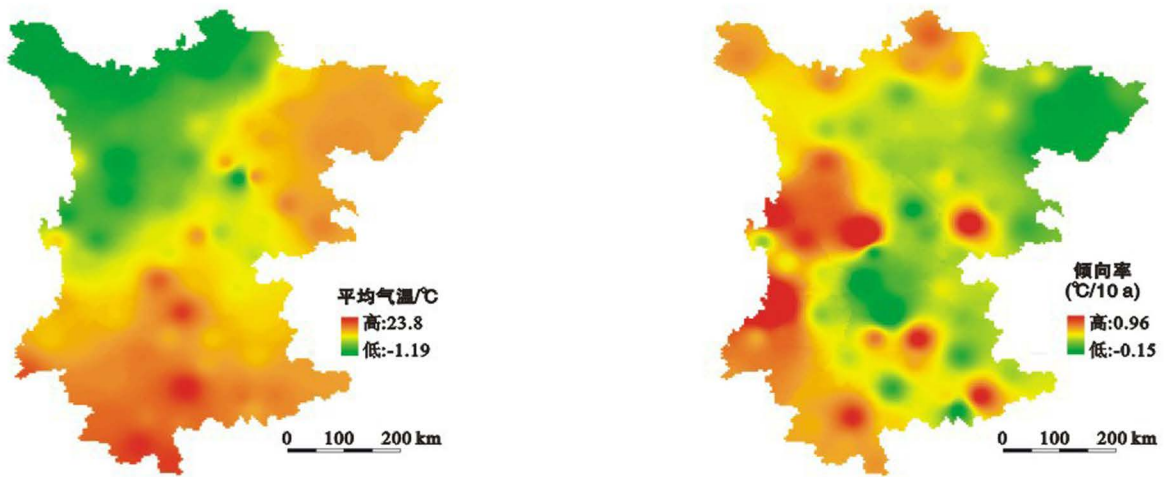
川滇地区年平均气温存在极其显著的长期增温趋势,平均增暖率为 $0.21\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,增温趋势系数高达0.71。受海拔高度的影响,气温的空间分布总体表现为西北部地区气温低,南部气温高。川滇地区气温增温倾向率表现为川东、川南和滇北局部地区气温有下降趋势,其余地区气温均呈增温趋势,增温最显著的是川西南山地、滇西南地区。

川滇地区年平均降水量总体呈减少趋势,平均递减率为 $10.76\text{ mm}/10\text{ a}$ 。受西南季风与海拔高度的影响,降水量在空间分布上差异极大,川西高原与四川盆地西南周边地区地势较高,降水量相对较少;四川盆地地势平缓,降水相对丰富;滇西南地区受西南季风的影响最大,降水量相对最充沛。川滇地区的降水量变化倾向率空间分布表现为由西向东呈现减少趋势,川西高原、川东局部地区和滇西南部分降水量略有增加,其他地区降水量均呈减少趋势。

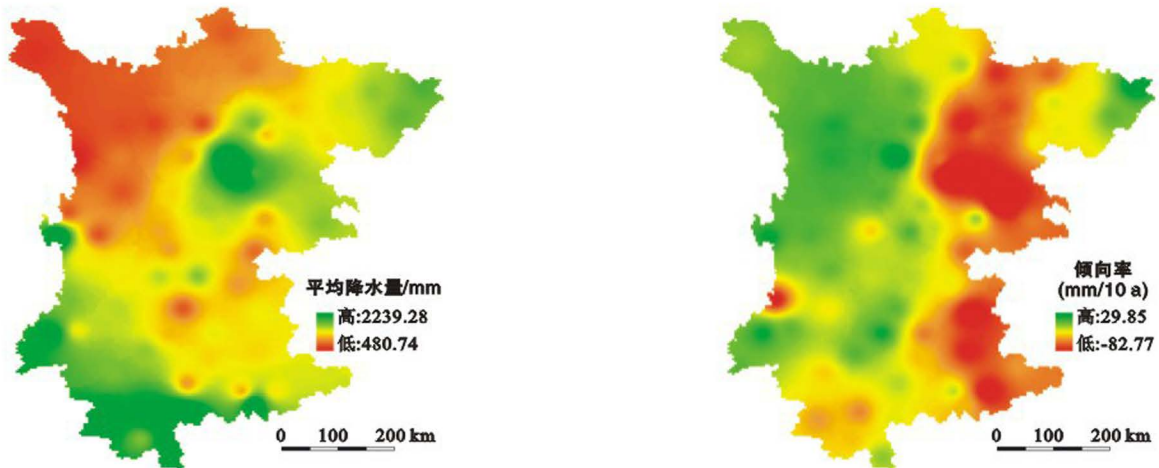
(3) 川滇地区气候暖干化趋势明显,近51 a来出现8 a偏旱,2 a大旱,4 a重旱,2000年以来发生3次重旱,川滇地区对全球气候变化的区域响应特征是旱灾增加。该地区年旱涝存在约10~15 a和28 a的周期振荡,从旱涝灾害的发展趋势看,涝灾向旱灾转化的趋势明显,因此应积极采取相应措施,注意做好防旱抗旱工作。

#### [ 参 考 文 献 ]

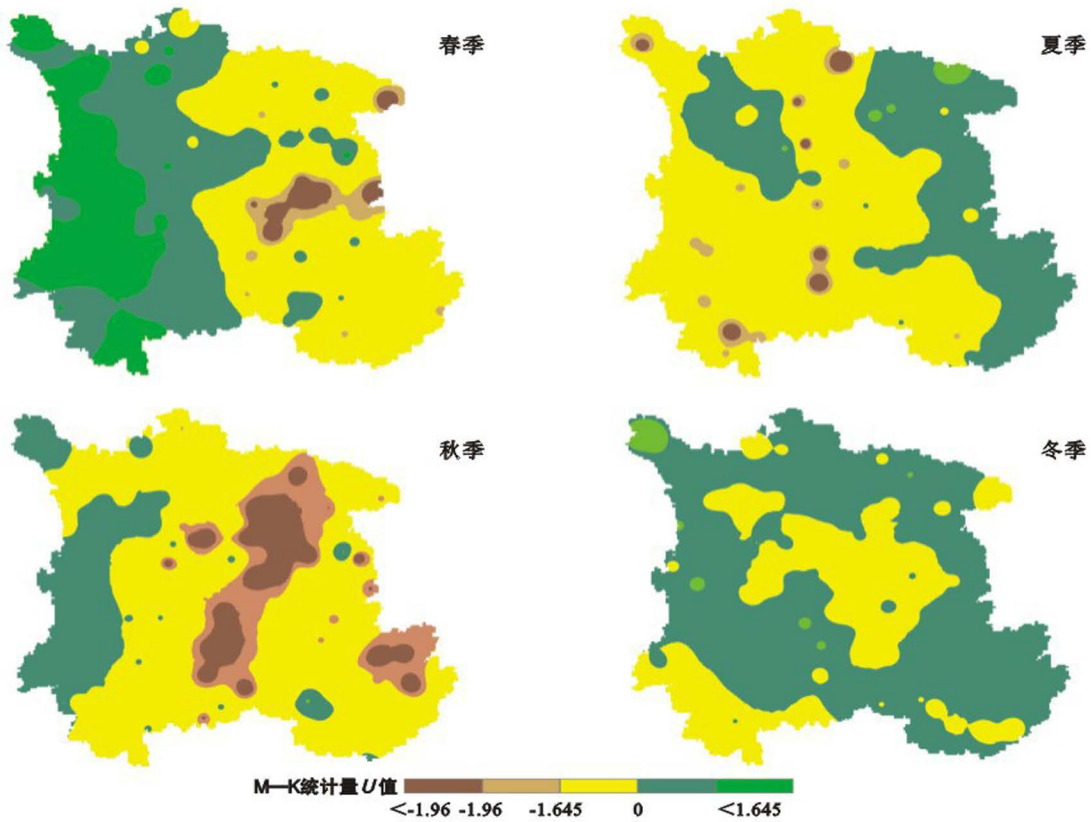
- [1] 赵宗慈,王绍武,罗勇. ICPP 成立以来对气温升高的评估与预估[J]. 气候变化研究进展,2007,3(3):183-184.
- [2] 刘可群,陈正洪,周金莲,等. 湖北省近50年旱涝灾害变化及其驱动因素分析[J]. 华中农业大学学报,2010,29(3):326-332.
- [3] 杨晓华,杨小利. 基于Z指数的陇东黄土高原干旱特征分析[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(3):248-253.
- [4] 宁向玲,董婕,延军平. 陕北地区气温突变及其对旱涝灾害的影响[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(12):102-106.
- [5] 王富强,许士国. 东北区旱涝灾害特征分析及趋势预测[J]. 大连理工大学学报,2007,47(5):735-739.
- [6] 唐亚平,张凯,李忠娴,等. 1964—2008年辽宁省旱涝时空分布特征及演变趋势[J]. 气象与环境学报,2011,27(2):50-55.
- [7] 白爱娟,刘晓东. 华东地区近50年降水量的变化特征及其与旱涝灾害的关系分析[J]. 热带气象学报,2010,26(2):194-200.
- [8] 马振锋,彭骏,高文良,等. 近40年西南地区的气候变化事实[J]. 高原气象,2006,25(4):633-642.
- [9] 贺晋云,张明军,王鹏,等. 近50年西南地区极端干旱气候变化特征[J]. 地理学报,2011,66(9):1179-1190.
- [10] 廖光明,延军平,胡娜娜,等. 四川盆地东部近50年降水与旱涝时间序列分析[J]. 长江流域资源与环境,2012,21(9):1160-1166.
- [11] 龙小霞,延军平,孙虎,等. 基于可公度方法的川滇地区地震趋势研究[J]. 灾害学,2006,21(3):81-84.
- [12] 王同美,吴国雄,万日金. 青藏高原的热力和动力作用对亚洲季风区环流的影响[J]. 高原气象,2008,27(1):1-9.
- [13] 吴迪,裴源生,赵勇,等. IPCC A1B 情景下中国西南地区气候变化的数值模拟[J]. 地理科学进展,2012,31(3):275-284.
- [14] 梁潇云,刘屹岷,吴国雄. 青藏高原隆升对春、夏季亚洲大气环流的影响[J]. 高原气象,2005,24(6):837-845.
- [15] 黄荣辉. 青藏高原对我国和世界气候环境的影响[J]. 地球科学进展,1988,2(1):25-26.
- [16] 任国玉,初子荧,周雅清,等. 中国气温变化研究最新进展[J]. 气候与环境研究,2005,10(4):701-716.
- [17] 任国玉. 近50年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报,2005,63(6):942-956.
- [18] 延军平. 秦岭南北环境响应程度比较[M]. 北京:科学出版社,2006:3-9.
- [19] 王英,曹明奎,陶波,等. 全球气候变化背景下中国降水量空间格局的变化特征[J]. 地理研究,2006,25(6):1031-1040.
- [20] 熊光洁,王式功,尚可攻,等. 中国西南地区近50年夏季降水的气候特征[J]. 兰州大学学报,2012,48(4):45-52.
- [21] Wang Huijun. The weakening of the Asian monsoon circulation after the end of 1970's[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2001,18(3):376-386.
- [22] 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.
- [23] 刘剑刚. 基于Z指数的辽宁省洪涝灾害时空分析[J]. 沈阳师范大学学报:自然科学版,2012,30(3):409-413.
- [24] 张成才,周勇. 3种旱涝指标在郑州市干旱分析中的对比研究[J]. 安徽农业科学,2010,28(1):102-106.
- [25] 陆桂荣,郑美琴,周秀君. 山东日照市2种干旱指标的应用对比[J]. 干旱气象,2005,39(4):2005-2006,2024.
- [26] 鲍媛媛,康志明,金荣花. 川渝地区夏季旱涝与海温异常浅析[J]. 气象,2007,33(5):89-93.



附图1 川滇地区地区年平均气温及变化趋势空间分布



附图2 川滇地区年均降水量及变化趋势空间分布



附图3 1996—2011年西南地区四季干旱指数变化趋势