

西秦岭地区气候变化特征与干旱灾害趋势

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: 根据 1961—2011 年西秦岭地区 12 个气象站的逐月气温和降水资料, 利用线性回归、反距离加权空间插值 (IDW)、Z 指数法和 Morlet 小波变换等方法, 分析了近 51 年来西秦岭地区气候时空变化特征、区域干旱强度与旱涝灾害发展趋势。结果表明: 近 51 年来西秦岭地区气温呈增加趋势, 增温倾向率为 $0.26\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, 降水量呈减少趋势, 减少倾向率为 $16.04\text{ mm}/(10\text{ a})$, 气候暖干化趋势明显。近 51 年来西秦岭地区年旱涝 Z 指数呈下降趋势, 与降水量呈减少的趋势一致; 旱涝灾害主要存在 5 a 和 7 a 的变化周期, 干旱灾害极度易发, 干旱化趋势明显。西秦岭地区对全球气候变化的区域响应特征是旱灾增加。

关键词: Z 指数; 气候特征; 干旱; 小波分析; 西秦岭

中图分类号: P467

文献标志码: A

随着全球气候变暖, 干旱天气事件发生频率增加, 对人类生存和社会可持续发展带来严重影响, 引起各国专家学者的高度重视。Easterling^[1]、Potchter^[2]、Lioubimtseva^[3] 等分别对全球、亚洲和以色列等地区的干旱气象进行了研究, 研究发现, 在过去的半个世纪以来全球气温升高, 气候干旱化趋势明显, 干旱所引发的自然灾害对社会带来严重影响。国内学者也对此进行了相关研究, 如黄会平^[4] 对我国干旱灾害的研究认为, 干旱灾害发生频率在加快, 所造成的损失在逐步增加; 邓振镛等^[5] 对近 50 年来北方干旱气候变化进行了分析, 指出干旱化趋势主要发生在北方; 赵景波等^[6] 对关中地区干旱灾情的时间变化和灾害成因进行了分析; 刘引鸽^[7] 研究了西北地区旱灾特征与气候变化趋势; 陈权亮等^[8] 对 2008—2009 年冬季我国北方特大干旱进行了研究, 认为大气环流是造成干旱的主要原因; 商崇菊等^[9]

对贵州省 2009—2010 年特大干旱灾害进行研究后认为, 干旱灾害较以前呈现出持续时间更长、范围更广、旱情更重、危害更大的特点; 张万诚等人^[10] 通过对近 51 年来云南极端气候干旱的特征分析认为, 从 1970 年代以来, 云南出现严重干旱的强度及持续时间呈加重趋势。干旱灾害的研究对减少旱灾损失具有重要作用。

西秦岭一般指秦岭西延部分, 国内学者对其地理单元的划分却有较大差异, 具有代表性的是杨凤梅^[11]、冯益民^[12] 和杜子图^[13] 三位学者对西秦岭地区范围的界定。本文采用杜子图的观点, 西秦岭西起甘肃玛曲, 东至陕西略阳, 南起四川松潘, 北抵甘肃岷县^[13], 地理坐标在 $100^{\circ}40' \sim 107^{\circ}40' \text{ E}$, $31^{\circ}50' \sim 35^{\circ}20' \text{ N}$ 区域内, 地跨陕西、甘肃、青海及四川 4 省。该区域位于中国大陆腹心地带, 处于黄土高原和青藏高原的交会地带, 相对高度大, 地表环境复杂, 位

收稿日期 (Received date): 2013 - 04 - 18; 改回日期 (Accepted): 2013 - 05 - 06。

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金项目 (41171090) “部分重大自然灾害的时空对称性: 结构、机理与适应对策”。 [National Natural Science Foundation Item of China (41171090) “Space-time symmetry of major natural disasters: structure, mechanism and adaptation strategies”.]

作者简介 (Biography): 杜华明 (1977 -), 女, 汉族, 四川广元人, 博士研究生, 讲师, 主要从事区域环境与可持续发展研究。 [Du Huaming (1977 -), female, the Han nationality, born in Guangyuan, Sichuan, doctoral candidates, lecturer, mainly engaged in the research of regional environment and sustainable development.] E-mail: dhuaming2004@163.com

* 通信作者 (Corresponding author): 延军平 (1956 -), 男, 汉族, 陕西榆林人, 博士, 教授, 主要从事区域发展与自然灾害方面研究。 [Yan Junping (1956 -), male, the Han nationality, born in Yulin, Shanxi, doctor, professor, mainly engaged in regional development and natural disaster.] E-mail: yanjp@snnu.edu.cn

于东南季风边缘区域,同时又受西南季风和高原季风的影响^[14],山地灾害频发,局部地区滑坡和泥石流活动频繁,如2010年舟曲泥石流灾害给当地人民生命和财产造成重大伤害和损失;水土流失严重,属于气候变化的敏感区,生态环境脆弱^[15]。开展对该区干旱气候的研究,有利于生态环境的保护和减少干旱灾害所造成的损失,对区域经济社会的可持续发展具有重要意义。

1 数据来源与研究方法

1.1 资料来源

本文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。通过对西秦岭地区各气象站点的资料进行严格的筛选,选取记录齐全、没有迁站记录、代表性强的12个气象站点(图1),根据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、反距离加权空间插值等方法,对西秦岭地区气温、降水时空变化特征进行分析;根据1961—2011年西秦岭地区气温和降水资料,利用Z指数旱涝指标划分旱涝等级,并采用Morlet复小波变换分析旱涝Z指数的年际变化趋势。

1.2 研究方法

1.2.1 线性回归

用 y 表示变量气温或降水量要素的长期变化趋势,用 x 表示 y 所对应的时间,建立 y 与 x 的一元线性回归方程,即 $y = ax + b$ 。式中, $x = 1961, 1962, \dots, 2011$ (年份序号) b 为回归常数; a 为线性倾向值, a 值的大小表示气温或降水要素 y 的趋势倾向。 $a > 0$ 表示随时间 x 的增加 y 呈上升趋势; $a < 0$ 时,说明随时间 x 的增加 y 呈下降趋势^[16]。

1.2.2 Z指数法

Z指数法是使用最广的气象干旱指标法,假定该区1961—2011年降水量服从PersonIII型分布,通过对降水量进行正态化处理后,可将概率密度函数通过转换运算^[17]得到下式

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

式中 C_s 为偏态系数, Φ_i 为降水的标准化变量,均可由降水量资料序列计算求得^[18],计算公式为

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

$$\Phi_i = \frac{R_i - \bar{R}}{s} \times 100\% \quad (3)$$

采用公式(1)对西秦岭地区1961—2011年的年均降水量进行Z指数计算,根据相应Z值标准确定旱涝等级(表1)。

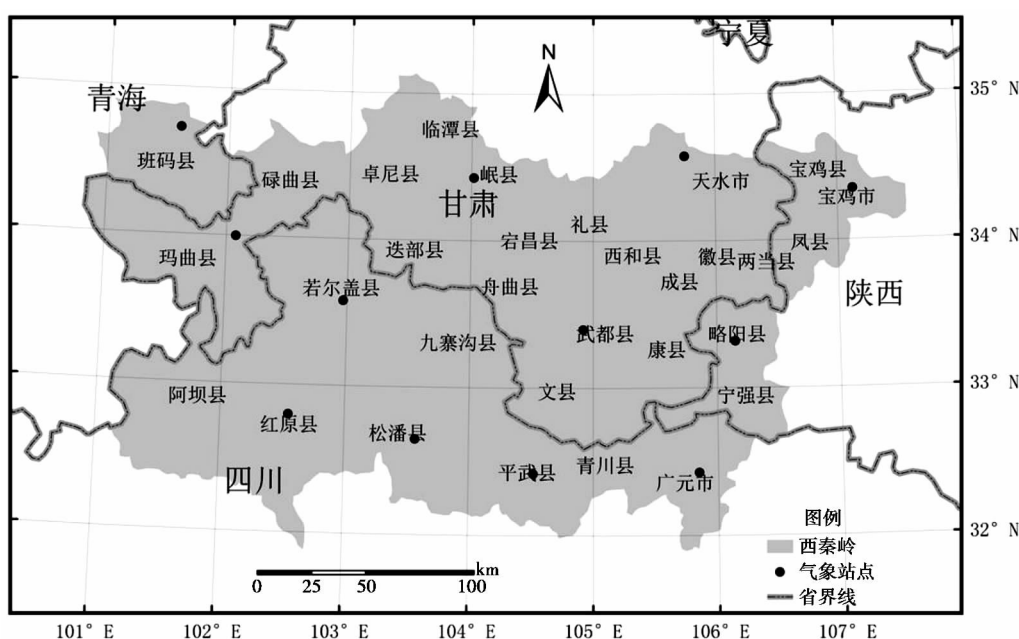


图1 研究区域及气象站点分布图

Fig. 1 The study area and distribution of meteorological station

表 1 以 Z 指数为标准的干旱等级
Table 1 Drought levels divided according to Z index

干旱等级	1	2	3	4	5	6	7
Z 值范围	$Z \geq 1.625$	$1.125 \leq Z < 1.625$	$0.625 \leq Z < 1.125$	$-0.625 \leq Z < 0.625$	$-1.125 \leq Z < -0.625$	$-1.625 \leq Z < -1.125$	$Z < -1.625$
干旱程度	大涝	重涝	偏涝	正常	偏旱	大旱	重旱

2 结果与分析

2.1 气温变化

2.1.1 气温年际、年代际、季节变化特征

1. 气温年际变化特征 近 51 年来,西秦岭地区多年平均气温为 8.55℃。最高年平均气温为 9.62℃,最低年平均气温 7.63℃,两者相差 1.99℃,气温年际变化较大。图 2 是西秦岭地区年平均气温距平变化序列,从图中可以看出,该序列以 1987 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。图中气温的六阶拟合曲线表明,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 年代处于持续增温状态,气温呈显著上升趋势,2000 年以来气温处于稳定波动状态,是近半个世纪以来最温暖的时期。西秦岭地区多年年平均气温呈上升趋势,平均增暖率为 0.26℃/(10 a),远高于中国近 50 a 气温的增温速率(0.22℃/(10 a)^[19]),该区升温主要发生在最近的 20 a,近 20 a 升温速率达 0.47℃/(10 a),这与任国玉^[20]的研究结论“我国地表气温增暖主要发生在最近 20 余年”一致,该区域增温趋势系数高达 0.78($P < 0.01$),表明该区域气温存在极其显著的长期增温趋势。

2. 气温年代际变化特征 如图 2 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。西秦岭地区各年代内气温变化倾向率分别为:1960 年代 -0.1℃/(10 a)、1970 年代 0.01℃/(10 a)、1980 年代 0.44℃/(10 a)、1990 年代 1.03℃/(10 a)、2001—2011 年 0.07℃/(10 a),气温增温主要发生在 1980 年、1990 年代,1960 年代气温变化倾向率为负值,1970 年代处于平缓波动增温状态,从 1980 年代开始气温出现缓慢增温趋势,1990 年代持续增温,气温增幅最大,2000 年以来虽然年代气温趋向率值虽小,但平均气温却是 9.2℃,是该区 51 年来最温暖的时期。西秦岭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^[21]。

3. 气温季节变化特征 近 51 年来西秦岭地区四季平均气温均呈增温趋势,但增温幅度有所不同,其中冬季增温最显著,气温变化倾向率为 0.39℃/(10 a);其次为春季与秋季,气温变化倾向率分别为 0.22℃/(10 a)和 0.25℃/(10 a);夏季增温趋势相对较小,气温变化倾向率为 0.18℃/(10 a)。由此可见,西秦岭地区近 51 年来的增温主要是以冬季的显著增温为特点。

2.1.2 气温变化的空间差异

由图 3 可知,西秦岭地区年平均气温的变化范

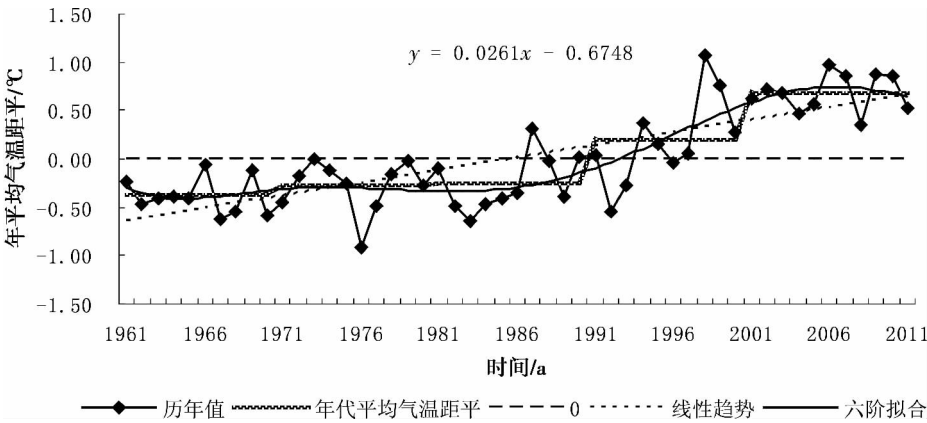


图 2 西秦岭地区年平均气温变化趋势图

Fig. 2 The annual temperature variation trend figure of west Qinling

围为 $1.19 \sim 16.22^{\circ}\text{C}$, 总体上看该区气温的空间分布具有经度地带性特征, 岷县、九寨沟、松潘一线以西地区气温较低, 以东地区气温偏高。西部地区属于高原山地气候, 海拔高差大, 气候寒冷, 玛曲至若尔盖一带年平均气温最低, 年均温 $1.19 \sim 2.84^{\circ}\text{C}$; 其次是中部地区岷县、九寨沟、松潘一带气温较低, 年均温 $2.85 \sim 6.05^{\circ}\text{C}$; 天水、礼县、舟曲一带气温较高, 年平均气温 $6.06 \sim 11.6^{\circ}\text{C}$, 东南部的平武、武都、略阳一带气温最高, 年均温 $11.07 \sim 16.22^{\circ}\text{C}$ 。空间温度的分布差异与海拔呈高度负相关关系, 相关系数高达 -0.75 , 海拔越高, 气温越低, 海拔是影响该区气温空间分布差异的主要因素。

从西秦岭地区的气温变化倾向率空间分布图可以看出, 气温均呈增温趋势, 增温倾向率在 $0.11 \sim 0.37^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。增温最明显的是西秦岭东北角地区和临潭、迭部、松潘一线以西, 增温倾向率在 $0.26 \sim 0.37^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$; 其次是甘肃陇南地区, 气温增温率在 $0.2 \sim 0.25^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, 西秦岭东南角地区增温

最慢, 增温率在 $0.11 \sim 0.19^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。

2.2 降水量变化

2.2.1 降水量年际、年代际、季节变化特征

1. 降水量年际变化特征 根据对西秦岭地区 16 个气象站点 1961—2011 年降水量数据的分析, 得到该区多年年平均降水量为 672.43 mm 。年均降水量值最大的年份是 1981 年, 降水量为 879.63 mm , 最小的年份是 2002 年, 年降水量为 500.31 mm , 极值比为 1.76, 降水量年际变化较大。通过对多年月平均降水量的分析发现, 年内降水量大多集中在 7—9 月, 这 3 个月降水量占全年总降水量的 50.8%, 其中 7 月所占比例最大, 占全年降水量的 18.26%; 而 1—2 月降水量最少, 占全年降水量的 1.79%。西秦岭地区 1961—2011 年的逐年与 6 阶拟合平均降水量如图 4 所示, 从 51 a 降水量的六阶拟合来看, 年降水量存在缓慢下降趋势。以 1981—1985 年的年平均降水量最高, 为 747.53 mm , 1996—2000 年的最小, 为 610.14 mm , 两者相差 137.39 mm 。

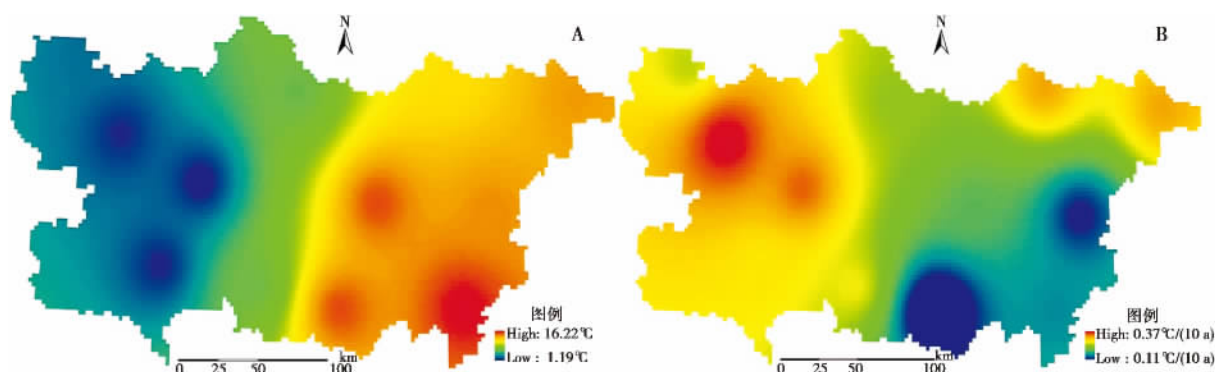


图3 西秦岭地区年平均气温(A)及倾向率(B)空间分布图

Fig.4 Spatial distribution of annual precipitation and its change trend rate of west Qinling

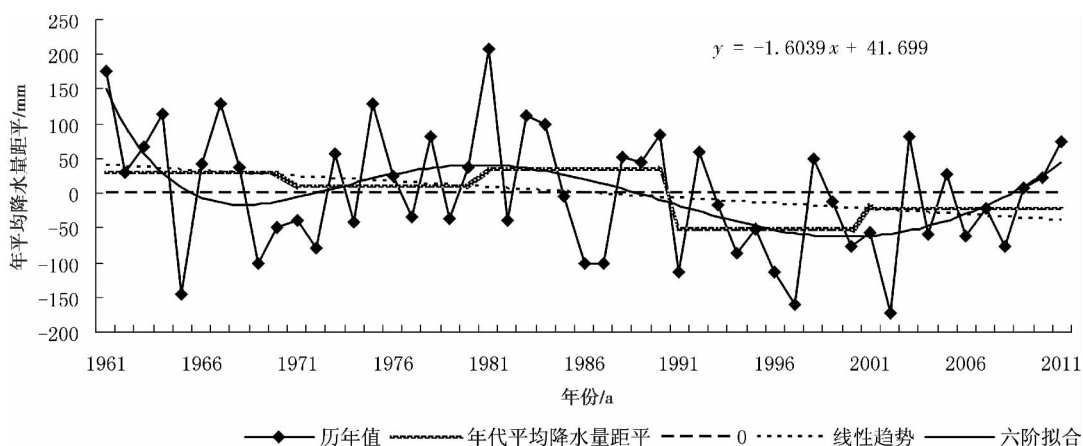


图4 西秦岭地区年平均降水量变化趋势图

Fig.4 The annual precipitation variation trend figure of west Qinling

该区降水量总体呈减少趋势,递减率为 $16.04 \text{ mm}/(10 \text{ a})$ 。

2. 降水量年代际变化特征 通过对 1961—2011 年各年代降水量的分析,降水量的丰枯趋势大致可分为:1960 年代、1970 年代和 1980 年代,年代平均降水量距平值为正值,1960 年代和 1980 年代降水量偏多;1970 年代偏少;1990 年代和 2000 年以来降水量距平值为负值,1990 年代降水量最少,2000 年以来降水量有回升趋势,但降水量仍低于年代平均降水量值。总体上看,该区降水量年代际变化较大,且分配不均匀,并呈现出周期性。

3. 降水量季节变化特征 西秦岭地区四季降水分配极不均匀,夏季年平均降水量为 360.99 mm ,受东南季风、西南季风与高原气候的共同影响,夏季降水量占全年降水量的 52.6% ,冬季降水量较少,仅 15.72 mm ,占全年降水量的 2.29% ,春、秋季降水量分别占全年降水量的 21.34% 和 23.77% 。该区春、夏、秋季降水量均呈减少趋势,夏、秋季降水量减少趋势最为显著,递减率分别为 $18.42 \text{ mm}/(10 \text{ a})$ 和 $8.25 \text{ mm}/(10 \text{ a})$ 。春季降水量呈不明显减少趋势,递减率为 $1.24 \text{ mm}/(10 \text{ a})$;冬季降水量有少许增加,递增率为 $0.76 \text{ mm}/(10 \text{ a})$ 。由此可见,夏季降水量减少是导致该区域总降水量呈下降趋势的主要影响因素。

2.2.2 年降水量空间分布差异

根据西秦岭地区各气象站点 51 a 的年平均降水量进行空间插值,如图 5。西秦岭地区年平均降水量的变化范围为 $462.08 \sim 955.09 \text{ mm}$,降水量最高的地区是最低地区的 2.07 倍。该区远离海洋,大气环流从海洋带来的水分较少,降水量分布的南北区域差异大,总体表现为北部地区降水量低,南部地区

降水量高。该区冬季主要受蒙古高压控制,少量水汽主要来自西伯利亚,夏季主要受东南季风和西南季风的影响,水汽主要来自孟加拉湾,也接受来自太平洋的少量水汽,降水主要集中于夏季。从图 5 可看出,东南部地区降水量相对较多,主要是受西南季风的影响明显,降水量相对丰沛,如广元、平武、略阳等地的年均降水量分别为 955.09 mm 、 811.46 mm 、 792.88 mm 。西秦岭北部地区属于典型的大陆性气候,越往北边,大气环流从海洋带来的水分越少;东北和西北部地区处于内陆,位于我国季风区的边缘,东北边处于东南季风西行的末梢,西北部地区也处于西南季风行使的末端区域。另外,由于青藏高原的阻挡,受季风气候的影响小,降水量稀少,降水量较低的地方主要是武都、天水、岷县等地,多年平均降水量分别为 462.08 mm 、 514.54 mm 、 573.76 mm 。

从图 5 可以看出,西秦岭地区降水量总体呈减少趋势。临潭、迭部、松潘一线以东降水量减少幅度大,尤其是西秦岭地区东南角,如平武、广元、略阳等地,降水量减少速率分别为 $34.96 \text{ mm}/(10 \text{ a})$ 、 $32.9 \text{ mm}/(10 \text{ a})$ 、 $27.27 \text{ mm}/(10 \text{ a})$,其次是甘肃陇南地区,降水量减少速率均在 $10 \sim 26 \text{ mm}/(10 \text{ a})$;临潭、迭部、松潘一线以西降水量呈弱减少趋势,降水量减少倾向率在 $2.5 \sim 10 \text{ mm}/(10 \text{ a})$ 。通过对该区降水变化倾向率与气温、海拔的相关分析,发现年均降水量变化倾向率和年均气温呈负相关关系,相关系数为 -0.63 ,气温越高的地区降水量减少越多;降水倾向率与海拔的相关系数为 0.46 ,海拔对降水量也有一定影响。另外,王会军认为季风减弱是该区降水减少的主要因素^[22],除此之外,植被覆盖率、居民生活方式、经济发展模式等因素可能对降水量的变化也具有一定影响,值得进一步深入研究。

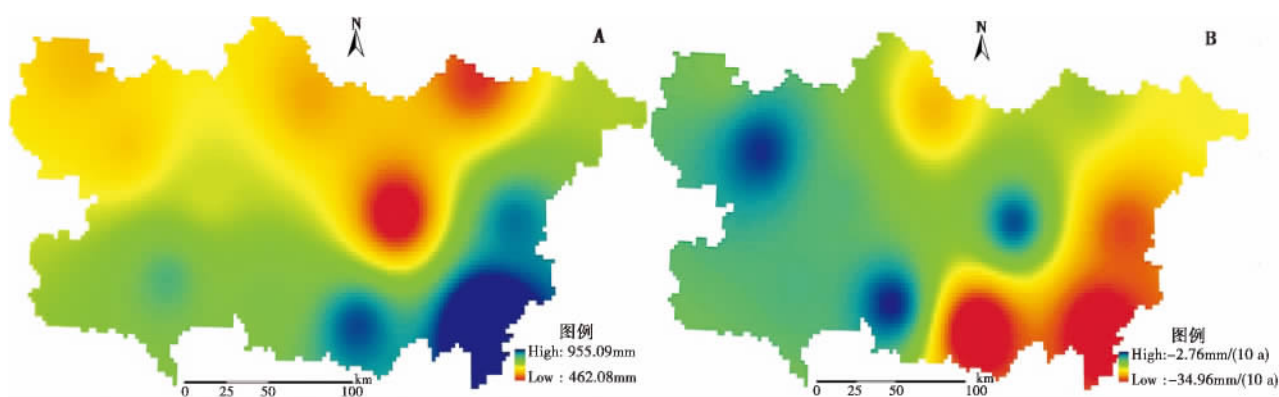


图 5 西秦岭地区年均降水量及倾向率空间分布图

Fig. 5 Spatial distribution of annual precipitation and its change trend rate in west Qinling

2.3 干旱特征

2.3.1 干旱指数的年际特征

根据旱涝 Z 指数的计算结果和旱涝等级指标 , 可以计算出西秦岭地区旱涝灾害发生的年份(表 2) 。近 51 年来 , 该区干旱年有 15 a , 平均每 3.4 a 就出现一次干旱。其中 , 偏旱 7 次 , 大旱 5 次 , 重旱 3 次。干旱最严重的年份是 1965 年、1997 年和 2002 年 , 其他较为严重的年份还有 1969 年、1986 年、1987 年、1991 年和 1996 年。1994—2006 年是年干旱发生频率最高的时段 , 13 a 间出现干旱年 8 次。1986—1987、1996—1997 年都是连续 2 a 干旱。2000—2002 年连续 3 a 出现干旱。该区年干旱变化呈现出一定的阶段性 20 世纪 60—70 年代中期 , 旱涝灾害年际波动变化很大 , 大旱、大涝交替出现; 1970 年代中期到 1980 年代中期偏涝 , 1980 年代末期开始 , 干旱化趋势明显增强 , 尤其是从 1990 年代干旱强度加剧 , 1990 年代出现干旱年 4 次 , 2000—2011 年出现干旱年 6 次。由此可知 , 西秦岭地区干旱化趋势非常明显 , 并具有持续增强趋势 , 这种向干旱趋势的发展是对全球变暖的一种响应。

表 2 西秦岭地区旱涝灾害分布年份

Table 2 Years of drought-flood in West Qinling

旱涝等级	发生年份
重涝	1961、1981
大涝	1964、1967、1975、1983、1984
偏涝	1963、1973、1978、1990、1992、2003、2011
偏旱	1972、1994、2000、2001、2004、2006、2008
大旱	1969、1986、1987、1991、1996
重旱	1965、1997、2002

2.3.2 干旱的时间尺度特征

图 6 为西秦岭地区 1961—2011 年年旱涝 Z 指数的 Morlet 复小波变换系数的实部图 , 能反映旱涝灾害在不同时间尺度上的周期变化 , 进行周期分析。图中正值代表偏涝 , 负值代表偏旱。总的变化看 , Z 指数呈下降趋势 , 线性倾向值为负值 , 由此可知 , 近 51 年来西秦岭地区总体趋势是向干旱化方向发展的 , 发生旱灾的趋势增强。

从图 6 可知 , 年旱涝指数在短时间尺度上主要表现为 5 a 和 7 a 左右的周期变化规律 , 周期变化不

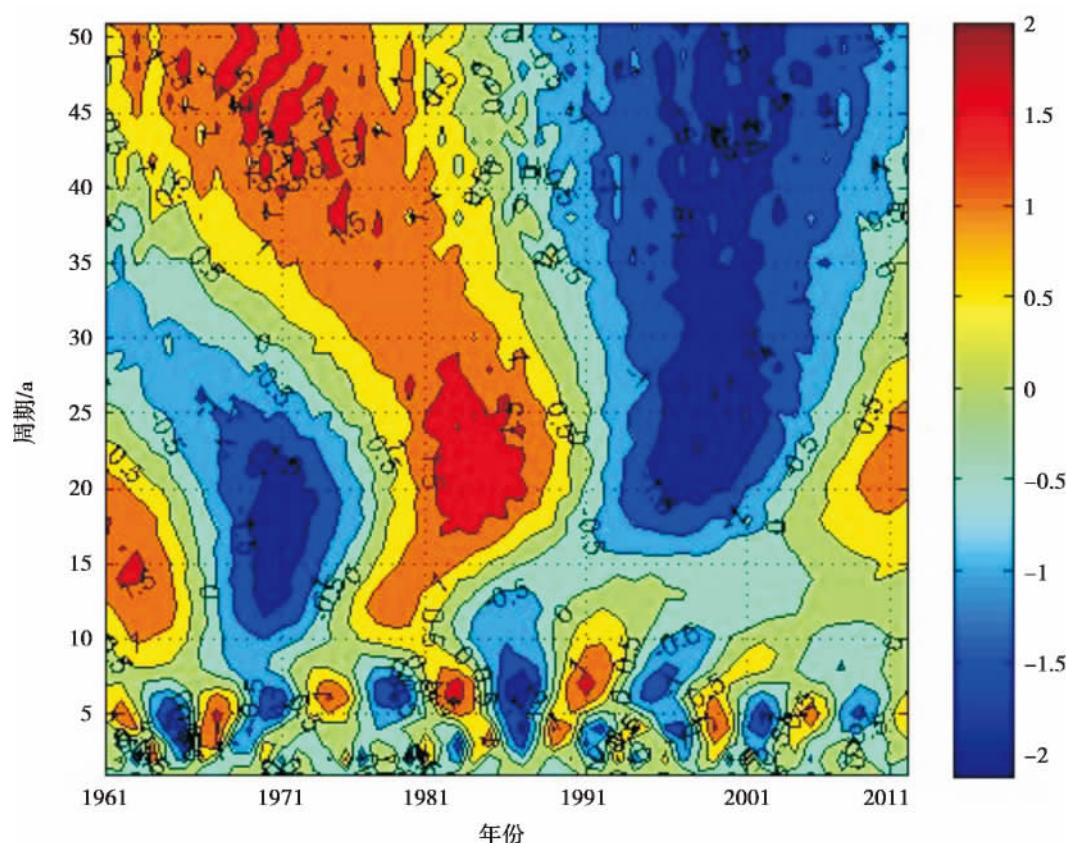


图 6 西秦岭地区年旱涝指数小波变换图

Fig. 6 Wavelet transformation of drought-flood index in west Qinling

明显,周期性规律差,降水变化复杂,导致旱涝灾害极度易发。1961—1970年旱涝灾害发生的周期性非常明显,主要表现为5 a时间尺度周期变化;1971—1995年表现为规律性较强的7 a变化周期,存在6个完整的循环交替;1996年开始旱涝变化的周期性减弱,1996—2011年以5 a左右的周期变化为主,旱涝灾害的周期性时间在缩短,出现偏旱的迹象。在长时间尺度上看,旱涝灾害存在15~23 a的周期变化规律,存在着涝—旱—涝—旱—涝5个较完整的交替循环。1960年代偏涝,1970年代偏旱,1980年代偏涝,1990年代偏旱,2000年以来降水量有回升趋势,周期性变化不强。

3 结论

通过对西秦岭地区近51年来降水量时空变化特征的分析以及旱涝灾害趋势的讨论,主要得到以下结论:

1. 近51年来,西秦岭地区气温存在极其显著的长期增温趋势,平均增暖率为 $0.26^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$,增温趋势系数高达0.78,气温存在极其显著的长期增温趋势。从气温变化倾向率空间分布看,西秦岭地区气温均呈增温趋势,增温最明显的是该区东北角地区和临潭、迭部、松潘一线以西。

2. 西秦岭地区近51年来年降水量总体上呈显著下降趋势,减少速率为 $16.04\text{ mm}/(10\text{ a})$ 。该区降水量分布的南北区域差异大,总体表现为北部地区降水量低,南部地区降水量高。临潭、迭部、松潘一线以东地区降水量减少幅度大,以西地区降水量减少幅度小。

3. 近51年来西秦岭地区出现干旱15次,出现频率为29.41%。该区总的趋势是向干旱发展,与降水量以 $16.04\text{ mm}/(10\text{ a})$ 的速率呈减少趋势一致。20世纪60年代,旱涝灾害年际波动变化很大,大旱、大涝交替出现。从20世纪70年代以来,旱涝灾害程度不断加强,旱灾程度明显增大,尤其是从20世纪90年代开始该区干旱强度明显加剧,并表现出持续性。

4. 西秦岭地区旱涝灾害存在着不同的年际和年代际周期变化特征。年旱涝指数在短时间尺度上主要表现为5 a和7 a左右的周期变化规律,周期变化不明显,周期性规律差,降水变化复杂,导致旱涝灾害极度易发。在长时间尺度上看,旱涝灾害存在15

~23 a的周期变化规律,周期性变化不强,干旱化趋势明显。

参考文献(References)

- [1] Easterling D R, Horton B. Recent trends in maximum and minimum temperature trends for the globe[J]. *Science*, 1997, 277: 364–367
- [2] E Lioubimtseva, R Cole, J M Adams, et al. Impacts of climate and land-cover changes in arid lands of central Asia[J]. *Journal of Arid Environments*, 2005, 62(2): 285–308
- [3] O Potchter, D Goldman, D Kadish, et al. The oasis effect in an extremely hot and arid climate: the case of southern Israel[J]. *Journal of arid Environments*, 2008, 72(9): 1721–1733
- [4] Huang Huiping. Analysis of the characteristics and causes of drought in China from 1949 to 2007[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2010, 32(4): 659–665 [黄会平. 1949—2007年我国干旱灾害特征及成因分析[J]. *冰川冻土*, 2010, 32(4): 659–665]
- [5] Deng Zhengyong, Zhang Qiang, Yin Xianzhi, et al. Response of drought damage to arid climate change[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2007, 29(1): 114–118 [邓振镛, 张强, 尹宪志, 等. 干旱灾害对干旱气候变化的响应[J]. *冰川冻土*, 2007, 29(1): 114–118]
- [6] Zhao Jingbo, Yu Yaochuang, Wang Changyan. Research on droughts disaster of Guanzhong area from 1850 to 1949[J]. *Journal of Shaanxi Normal University: Natural Science Edition*, 2006, 34(4): 99–103 [赵景波, 郝耀闯, 王长燕. 1850—1949年关中地区干旱灾害研究[J]. *陕西师范大学学报: 自然科学版*, 2006, 34(4): 99–103]
- [7] Liu Ying. Research on the drought disaster and climatic trend in the northwestern China[J]. *Journal of Arid Land Resources & Environment*, 2003, 17(4): 113–116 [刘引鸽. 西北干旱灾害及其气候趋势研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2003, 17(4): 113–116]
- [8] Chen Quanliang, Hua Wei, Xiong Guangming, et al. Analysis on the causes of severe drought in north China in winter of 2008–2009[J]. *Arid Zone Research*, 2010, 27(2): 182–187 [陈权亮, 华维, 熊光明, 等. 2008—2009年冬季我国北方特大干旱成因分析[J]. *干旱区研究*, 2010, 27(2): 182–187]
- [9] Shang Chongju, Wang Qun, Hao Zhibin. Discussion on the reason, character and impact of the serious drought disease in 2009 and 2010 in Guizhou province[J]. *China Water Resources*, 2010(17): 11–13 [商崇菊, 王群, 郝志斌. 贵州省2009—2010年特大干旱灾害成因、特点及影响浅析[J]. *中国水利*, 2010(17): 11–13]
- [10] Zhang Wancheng, Zheng Jianmeng, Ren Juzhang. Climate characteristics of extreme drought events in Yunnan[J]. *Journal of Catastrophology*, 2013, 28(1): 59–64 [张万诚, 郑建萌, 任菊章. 云南极端气候干旱的特征分析[J]. *灾害学*, 2013, 28(1): 59–64]
- [11] Yang Fengmei. Research on tourism in West Qinling and its neighbor regions[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2009: 15–20 [杨凤梅. 西秦岭及毗邻地区旅游地理学研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2009: 15–20]
- [12] Feng Yimin, Cao Xuanduo, Zhang Erpeng, et al. Tectonic evolution framework and nature of the west Qinling orogenic belt[D]. North

- Western Geology 2003 36(1): 1 – 10 [冯益民, 曹宣铎, 张二朋, 等. 西秦岭造山带的演化、构造格局和性质 [J]. 西北地质, 2003 36(1): 1 – 10]
- [13] Du Zitu. Study on tectonic systems and their controlling to the gold deposits distribution in the region of West Qinling [D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 1997: 1 – 2 [杜子图. 西秦岭地区构造体系对金矿分布规律的控制作用 [D]. 北京: 中国地质科学院, 1997: 1 – 2]
- [14] Luo Zhexion. Arid climate dynamics introduction of northwest China [M]. Beijing: Meteorological Press, 2005: 1 – 3 [罗哲贤. 中国西北干旱气候动力学引论 [M]. 北京: 气象出版社, 2005: 1 – 3]
- [15] State Environmental Protection Administration of China (SEPA). Investigation and assessment of the ecological status in China [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2006: 192 – 241 [国家环境保护总局. 全国生态现状调查与评估 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006: 192 – 241]
- [16] Wei Fengying. Modern climatic statistical diagnosis and prediction technology [M]. Beijing: Meteorological Press, 2001: 37 – 104 [魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术 [M]. 北京: 气象出版社, 2001: 37 – 104]
- [17] Liu Jiangang. Analyzing temporal and spatial distribution of flood calamity in Liaoning province using Z index [J]. Journal of Shenyang Normal University: Natural Science Edition, 2012 30(3): 409 – 413 [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]
- [18] Lu Gui rong, Zhang Mei qin, Zhou Xiu jun, et al. Application and comparison of two kinds of drought indices in Rizhao of Shandong province [J]. Journal of Arid Meteorology, 2005 39(4): 2005 – 2006 2024 [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]
- [19] Ren Guoyu, Chu Ziyang, Zhou Yaqing, et al. Recent progresses in studies of regional temperature changes in China [J]. Climatic and Environmental Research, 2005 10(4): 701 – 716 [任国玉, 初子英, 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]
- [20] Ren Guoyu, Guo Jun, Xu Mingzhi, et al. Climate changes of China's mainland over the past half century [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2005 63(6): 942 – 956 [任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 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]
- [21] Yan Junping. A comparative study on environmental response over the northern and the southern regions of the Qinling mountains [M]. Beijing: Science Press, 2006: 3 – 9 [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]
- [22] Wang Huijun. The weakening of the Asian monsoon circulation after the end of 1970 s [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2001, 18: 376 – 386]

Characteristics of Climatic Change and Trend of Aridity in West Qinling

DU Huaming, YAN Junping

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

Abstract: By using methods of linear regression, inverse distance weighted spatial interpolation, Z index and Morlet wavelet transform, the characteristics of precipitation, drought intensity and the trend of drought were analyzed based on temperature and rainfall data from 1961 to 2011 collected from 12 meteorological sites in west Qinling of China. Results showed as follows: temperature presented an increasing trend over the last 51 years in west Qinling, the temperature tendency rate was $0.26\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, precipitation presented a decreasing trend, the precipitation tendency rate was $16.04\text{ mm}/(10\text{ a})$, climate warming-drying trend was apparent. The trend of Z index showed a downward trend, the decreasing trend was consistent with the precipitation; the drought-flood had a 5 years and 7 years periodic oscillation, it was extremely prone to drought, the drought trend was obvious. The characteristics of regional response to global climate change was drought increased in west Qinling.

Key words: Z – index; climate characteristics; drought; wavelet analysis; west Qinling