

文章编号: 1006-4710(2015)02-0231-07

陕西省 1470—2012 年旱涝灾害时空分布特征及演变趋势分析

徐小钰¹, 朱记伟¹, 解建仓¹, 刘家宏², 李占斌¹

(1. 西安理工大学 西北旱区生态水利工程国家重点实验室, 陕西 西安 710048;

2. 中国水利水电科学研究院 流域水循环模拟与调控国家重点实验室, 中国 北京 100038)

摘要: 旱涝灾害是陕西省发生频率最高的自然灾害, 研究其时空分布特征及演变趋势对区域防汛、抗旱减灾具有重要意义。本文基于陕西省 1470—2012 年的旱涝灾害史料, 结合累积距平法、滑动平均法、功率谱分析和小波分析等方法, 分陕北、关中、陕南三个地区对其旱涝灾害进行研究。结果表明, 543 年来, 陕北发生旱灾最频繁, 陕南发生涝灾最频繁, 关中发生极旱最频繁, 且整个区域持续涝灾发生的可能性高于旱灾。区域旱涝等级变化具有明显的阶段性和周期性。在近 30 年的时间尺度上, 陕北处于偏旱期, 关中、陕南处于偏涝期。

关键词: 旱涝灾害; 时空分布特征; 演变趋势; 陕西省

中图分类号: P461 **文献标志码:** A

Analysis of spatial and temporal distribution characteristics and evolution trend of drought and flood disasters from 1470 to 2012 in Shaanxi Province

XU Xiaoyu¹, ZHU Jiwei¹, XIE Jiancang¹, LIU Jiahong², LI Zhanbin¹

(1. State Key Laboratory Base of Eco-hydraulic Engineering in Arid Area, Xi'an University of Technology,

Xi'an 710048, China; 2. State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract: Drought and flood disasters are the most frequent natural disasters in Shaanxi Province. Research on spatial and temporal distribution characteristics and evolution trend of drought and flood disasters is of the vital significance to regional flood control and drought resistance. Based on the drought and flood disaster historical data of Shaanxi Province from 1470 to 2012, and combined with the accumulative anomaly method, moving average method, power spectrum analysis and wavelet analysis method, drought and flood disasters are studied from three different areas, that is Shanbei, Guanzhong as well as Shannan. The results show that the drought disasters occurred most frequently in shanbei, the flood disasters occurred most frequently in shannan, the extreme drought disasters occurred most frequently in Guanzhong, and the occurrence probability of continuous flooding is higher than that of drought in the whole district during the 543 years. The grade changes of regional drought and flood disasters have had obvious stage and multiple time scale characteristics in different regions. During the recent 30 years, Shanbei is in partial drought period, the Guanzhong and Shannan in partial flood period.

Key words: drought and flood disasters; spatial and temporal distribution characteristics; evolution trend; Shaanxi Province

近年来, 受全球气候变暖的影响, 极端气候灾害事件发生频繁, 人类的生产生活和社会经济的快速发展受到严重威胁。在众多的自然灾害中, 以旱涝

灾害发生频率最高, 危害影响最大, 因此致力于其的研究也成为灾害学领域的热点^[1]。国外对区域旱涝灾害的时空分布及演变规律的研究有较丰硕的成

收稿日期: 2014-11-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51209170, 51479160)。

作者简介: 徐小钰, 女, 硕士生, 研究方向为水资源规划与应急管理。E-mail: xautxxy@163.com。

通讯作者: 朱记伟, 男, 副教授, 博士, 研究方向为水资源管理与系统工程。E-mail: zhujwei@xaut.edu.cn。

果,且非常重视对旱涝指标模型的改进与创新^[2-4]。国内历史时期旱涝灾害资料丰富,从中提取气候信息,也逐渐成为研究旱涝灾害的主要方法之一^[5-6]。

目前,对陕西地区的旱涝灾害已有一定研究。万金红等^[7]分析了西北干旱地区1470—2008年旱涝变化特征,得出539年中陕西省洪涝多发的时段明显多于干旱;李星敏等^[8]认为陕北干旱过程持续时间较长,关中、陕南干旱时段内常出现多个干旱过程。鉴于之前的研究缺少专门针对陕西地区长时间序列下的旱涝灾害发生规律及变化特征的分析,本文基于1470—2012年的旱涝灾害史料,研究陕西地区543年中的旱涝灾害时空分布特征及演变趋势,以期为区域旱涝灾害的预测评估及制定长远的防汛抗旱减灾应对策略提供支持。

1 资料与方法

1.1 资料来源

1.1.1 研究区域

陕西省地处中国内陆腹地,位于 $105^{\circ}29' \sim 111^{\circ}15'E, 31^{\circ}42' \sim 39^{\circ}35'N$ 之间,是连接中国东、中部地区和西北、西南的重要区域。陕西省南北狭长,根据地理、气候、历史、文化、语言,可由北向南分为截然不同的三大地区:陕北、关中、陕南。省内南北气候差异显著:陕北北部长城沿线处于中温带气候;关中及陕北大部分属于暖温带气候;陕南则属于北亚热带气候。全省水资源时空分布严重不均(参考《陕西省地图集》得陕西省多年平均降雨量图,见图1^[9]),从时间分布上看,年降雨量的60%~70%集中于7~10月份,往往造成汛期洪涝成灾,春季旱灾频发;从地域分布上看,秦岭以南的长江流域,水资源量占到全省总量的71%,而秦岭以北的黄河流域,水资源量却仅占全省的29%^[10]。针对陕西省特殊的地域特点,为更好地研究该区旱涝灾害变化特征,将其按照陕北、关中、陕南三个区域分别进行研究。

1.1.2 资料处理

本文通过整理《陕西省自然灾害史料》、《陕西省自然灾害简要纪实》、《中国气象灾害大典·陕西卷》等历史文献资料,并结合《中国西北地区近500年旱涝分布图集(1470—2008)》中已有的榆林、延安、西安、宝鸡、汉中、安康六站的灾害等级资料获取陕西省1470—2012年543年的旱涝灾害史料数据,并参考《陕西水利年鉴》、《陕西救灾年鉴》等相关文献对缺资料年份进行补充^[11-16]。

在《中国西北地区近500年旱涝分布图集(1470—2008)》一书当中,用5级去划分旱涝灾害等

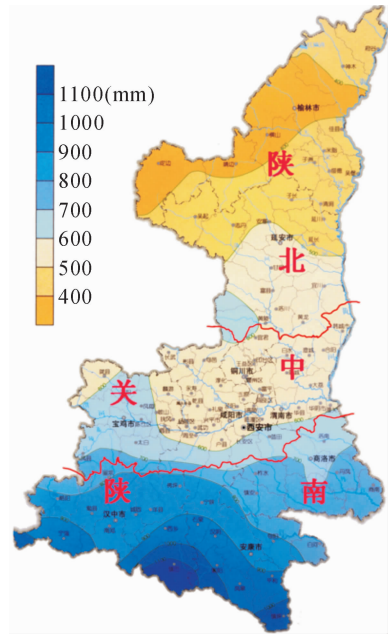


图1 陕西省多年平均降雨量分布图
Fig.1 Multi-year average precipitation distribution in Shaanxi Province

级,为更好地反映旱涝灾害的严重程度,本文在其基础上,参考《气象干旱等级》(GB/T20481-2006)国家标准、《气象灾情收集上报调查和评估试行规定》气发(2005)96号文件及《中华人民共和国水利行业标准——洪涝灾情评估标准》(SL579-2012)等相关规定,制定旱涝等级划分标准(如表1),将旱涝灾害划分为极涝(旱)、大涝(旱)、轻涝(旱)、正常等7级^[14]。

表1 旱涝灾害等级划分标准
Tab.1 Grade division standard of drought and flood disasters

灾害等级	灾害类型	评判标准
1	极涝	持续较长时间、较大范围的高强度降雨成灾,如:“漂没田庐,溺死无算”、“漂流民人,浮尸遍野”、“民多溺死”、“民相食”等。
2	大涝	大部分区域遭受较长时间的持续降雨成灾,如:“没民居百余间”、“阴雨伤稼,民饥”、“房屋多有冲塌,淹禾木无算”等。
3	轻涝	单季、单月小范围内的短时间降雨,造成局部地区洪水泛滥成灾,如:“大水”、“大雨成灾”、“水患”。
4	正常	降雨量充沛适宜,工农业生产正常进行,无水旱灾害记载。
5	轻旱	单季、单月小范围内的短时间持续干旱成灾,如:“春夏之交,雨泽缺少”、“夏旱,禾木缺水”、“收成歉薄”、“六月旱”等。
6	大旱	大部分区域遭受持续较长时间的严重干旱成灾,如:“秋木多枯死”、“麦禾皆伤,河尽竭”等。
7	极旱	大范围内,遭受持续数月的极度干旱成灾,如:“死亡载道”、“人相食”、“道殣相望,民不聊生”、“饥民流徙载道”等。

1.2 分析方法

1.2.1 累积距平法

通过累积距平曲线可以直观了解旱涝灾害随时间的变化趋势,清楚地判断旱涝灾害的阶段性。计算公式^[17]为:

$$\hat{x}_t = \sum_{i=1}^t (x_i - \bar{x}) \quad (t = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中, \hat{x}_t 为 t 时刻旱涝等级累积距平值; \bar{x} 为 $1-t$ 时刻旱涝等级平均值; x_i 为 i 时刻旱涝等级。

1.2.2 功率谱分析

功率谱分析是基于傅里叶变换的一种频域分析方法,其通过将旱涝灾害等级序列的总能量分解到不同频率的分量上,再根据不同频率波的方差贡献诊断出序列的主要周期^[17]。首先将旱涝灾害等级序列 x_t 展开成傅里叶级数:

$$x_t = a_0 + \sum_{i=1}^k (a_i \cos(2\pi f_i t) + b_i \sin(2\pi f_i t)) \quad (2)$$

式中, f_i 为频率, a_0 、 a_i 、 b_i 为傅里叶系数, k 为主周期及其谐波的个数。

功率谱强度计算公式为:

$$I(f_i) = \frac{1}{2} (a_i^2 + b_i^2) \quad (3)$$

式中, $I(f_i)$ 表示当频率为 f_i 时功率谱的强度,据此对应关系,可计算旱涝灾害等级序列的周期。

1.2.3 小波分析

小波分析是在傅里叶变换的基础上发展起来的对信号进行分析与处理的方法,由于旱涝灾害演变过程是一种连续且具有多时间尺度的变化,因此本节当中采用 Morlet 连续复小波变换来分析其演变周期情况^[18]。基于旱涝灾害等级函数 $f(t)$ 的连续小波变换为:

$$(W_{\psi} f)(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{\psi_{a,b}(t)} dt \quad (4)$$

式中, $(W_{\psi} f)(a, b)$ 表示 $f(t)$ 的像函数,确定了 $f(t)$ 在整个时间域上的频率特征, $\overline{\psi_{a,b}(t)}$ 为基小波函数 $\psi_{a,b}(t)$ 的复共轭函数。

2 结果分析

2.1 旱涝时空分布特征

根据表 1 的标准,判定陕北、关中、陕南三个地区 1470—2012 年的旱涝灾害等级,绘制陕西地区 543 年的旱涝等级演变图谱(见图 2)。

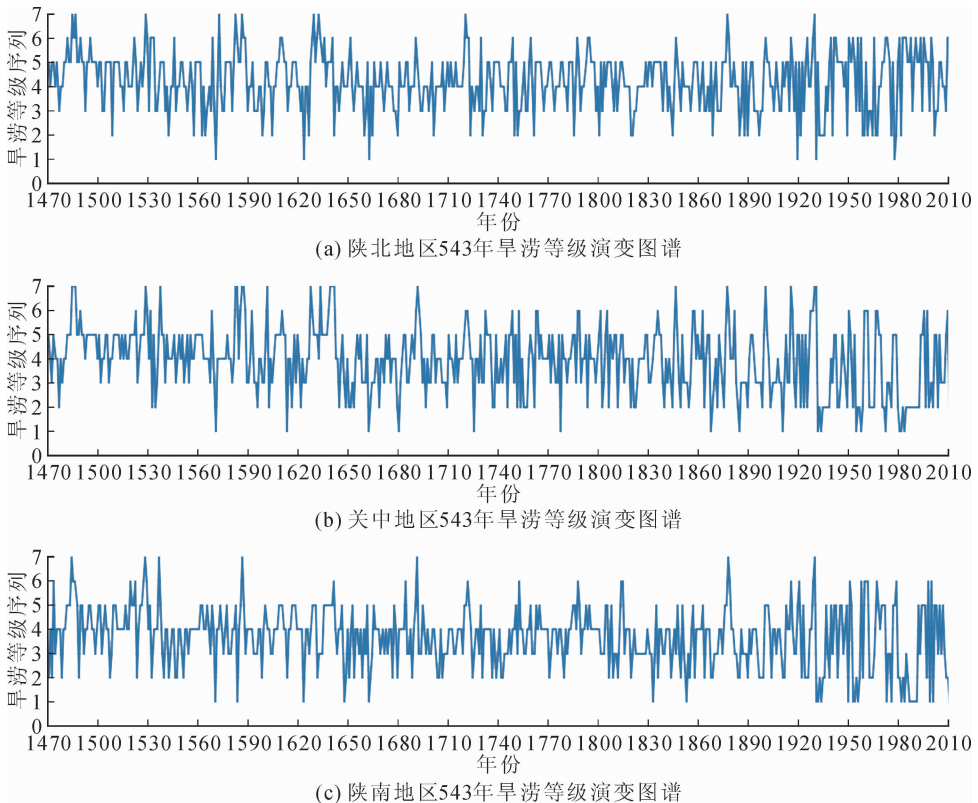


图 2 陕西省 543 年旱涝等级演变图谱

Fig. 2 Evolutional mapping of drought and flood grades in Shaanxi Province for recent 543 years

从图中可知,543 年来陕西省各地旱涝灾害发生频繁,旱涝等级序列存在多次转折与突变,旱涝阶

段往往交替出现,极涝、大涝、极旱、大旱等严重旱涝灾害多发且集中。如:陕北地区 1623—1633 年的 10 年间,就发生极(大)涝灾害 2 年,极(大)旱灾害 5 年;关中地区 1621—1653 年间,连续 3 年的洪涝灾害之后,出现了长达 9 年的偏旱期;陕南地区 1928—1935 年间、1959—1969 年间,连年极(大)旱灾后都发生了严重的涝灾。三个地区中,陕北地区干旱灾害发生频率远高于洪涝灾害,陕南地区洪涝灾害发生频率远高于干旱灾害,关中地区发生极旱灾害的频率远高于其它两个地区。

进一步统计不同时间段上不同区域旱涝灾害等级的分布情况(见表 2)。

表 2 陕西省 543 年不同程度旱涝灾害发生次数统计
Tab. 2 Frequency of different degrees of drought and flood disasters appeared in Shaanxi Province for recent 543 years

区域	起止年份	旱涝发生次数/次					
		极涝	大涝	轻涝	轻旱	大旱	极旱
陕北	1470—1599	1	6	23	50	14	6
	1600—1699	2	6	12	26	9	2
	1700—1799	0	7	17	33	8	1
	1800—1899	0	9	23	35	2	1
	1900—2012	3	18	17	36	26	1
关中	1470—1599	1	4	19	46	8	9
	1600—1699	3	12	19	26	5	7
	1700—1799	2	11	20	25	9	0
	1800—1899	2	17	24	24	8	2
陕南	1900—2012	9	43	18	22	12	4
	1470—1599	2	13	17	29	7	4
	1600—1699	3	10	20	23	2	1
	1700—1799	0	11	24	13	3	0
	1800—1899	2	18	35	11	3	1
	1900—2012	19	27	15	27	12	1

就陕北而言,543 年中共发生洪涝灾害 144 年,干旱灾害 250 年。其中发生极涝灾害 6 年,平均 90.5 年发生一次;发生极旱灾害 11 年,平均 49.4 年发生一次。在所有的时间段中,1900—2012 年发生旱涝灾害最频繁,共计发生 101 年,平均 1.1 年发生一次。就关中而言,543 年中共发生洪涝灾害 204 年,干旱灾害 207 年。其中发生极涝灾害 17 年,平均 31.9 年发生一次;发生极旱灾害 22 年,平均 24.7 年发生一次。在所有的时间段中,1900—2012 年发生旱涝灾害最频繁,共计 108 年,平均 1.0 年发生一次。就陕南而言,543 年中共发生洪涝灾害 216 年,

干旱灾害 137 年。其中发生极涝灾害 26 年,平均 20.9 年发生一次;发生极旱灾害 7 年,平均 77.6 年发生一次。在所有时间段中,1900—2012 年发生旱涝灾害最频繁,共计 101 年。由此可见,陕西地区旱涝灾害具有明显的阶段性和区域性,不同时间段、不同区域的旱涝灾害发生情况不尽相同,同时旱涝灾害的发生还具有同步性,极(大)旱灾多发时段,极(大)涝灾往往也多发。

2.2 旱涝演变趋势分析

2.2.1 旱涝变化阶段性特征

为了解陕西地区的旱涝灾害总体变化趋势和阶段性特征,对陕北、关中、陕南三个地区 1470—2012 年的旱涝等级序列分别进行累积距平,并计算 21 年的滑动平均,以此滤去小于 21 年高频分量振动的影响,体现较大周期尺度下的变化趋势,最后根据结果绘制累积距平曲线和滑动平均曲线如图 3。定义曲线的上升表示偏旱期,曲线下落表示偏涝期。从图 3 可知,3 个地区的旱涝等级序列均有较明显的上升下降变化趋势。进一步利用滑动 T 检验法判断相邻变化阶段是否具有显著差异,转折点是否具有突变性,结果表明:陕北地区在超过 $t_{0.01}$ 显著性水平下存在 1542 年、1648 年、1782 年、1804 年、1974 年等 5 个突变点,此外在 1573 年处也有明显变化,超过 $t_{0.05}$ 显著性水平;关中地区在 $t_{0.01}$ 显著性水平下仅存在 1648 年 1 个突变点;陕南地区在 $t_{0.01}$ 显著性水平下,存在 1554 年、1646 年、1747 年、1769 年、1781 年、1818 年、1871 年、1880 年 8 个突变点,此外在 1573 年处也有明显变化,超过 $t_{0.05}$ 显著性水平。据此划分陕西地区旱涝阶段(见表 3):陕北可划分为 4 个偏旱期和 3 个偏涝期,其中偏旱期、偏涝期最长持续时间分别为 74 年和 169 年,最短持续时间分别达到 21 年和 30 年,即偏涝期的持续性远远强于偏旱期;关中地区可划分为 1 个偏旱期和 1 个偏涝期,偏旱期和偏涝期的持续时间分别为 178 年和 364 年,且偏旱期与郭瑞等^[19]提出的 1470—1639 年是泾河流域旱灾多发时段的研究结果相一致;陕南地区可划分为 5 个偏旱期和 5 个偏涝期,其中偏旱期、偏涝期持续最长时间分别为 91 年和 132 年,持续最短时间为 8 年和 11 年,偏旱期、偏涝期平均发生年数分别为 44.6 年、62.2 年。且目前陕北处于偏旱期,关中和陕南处于偏涝期。由此可知,543 年中陕西各地区旱涝灾害交替出现,且差异显著,其中发生偏涝期的持续性较偏旱期强,即持续洪涝灾害发生的可能性高于干旱灾害,这与万金红等^[8]得出的陕西旱涝变化特征结果相同。

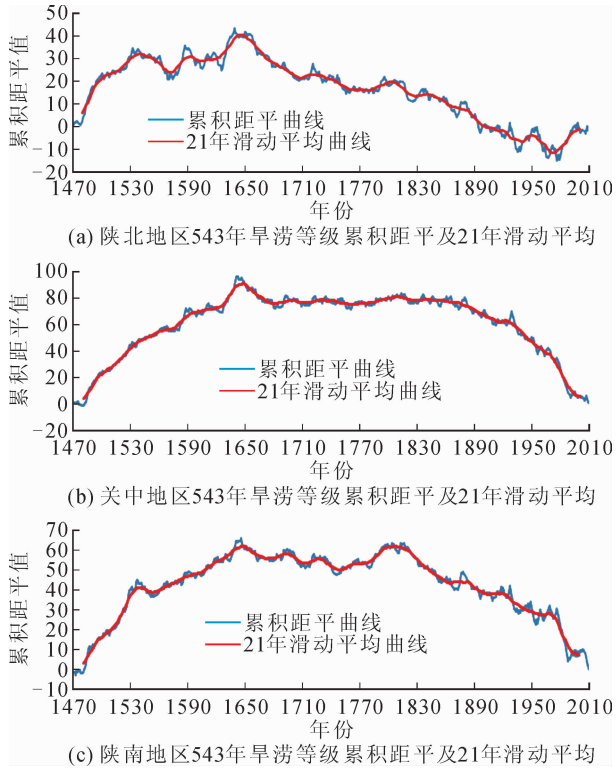


图3 陕西省 543 年旱涝等级累积距平及 21 年滑动平均
Fig. 3 Accumulative anomaly and moving average for 21 years of drought and flood grades in Shaanxi Province for recent 543 years

表3 陕西省 543 年旱涝等级阶段性

Tab. 3 Stage of drought and flood grades in Shaanxi Province for recent 543 years

区域	偏旱期 起止年份	持续年数/年	偏涝期 起止年份	持续年数/年
陕北	1470—1541	72	1543—1572	30
	1574—1647	74	1649—1781	133
	1783—1803	21	1805—1973	169
	1975—2012	38	—	—
关中	1470—1647	178	1649—2012	364
	1470—1536	67	1538—1553	16
	1555—1645	91	1647—1746	100
陕南	1748—1768	21	1770—1780	11
	1782—1817	36	1819—1870	52
	1872—1879	8	1881—2012	132

2.2.2 旱涝变化的周期性特征

旱涝灾害不仅存在阶段性、突变性以及多时间尺度的结构,还具有趋势性和周期性。本文利用功率谱和基于 Morlet 函数的小波分析方法分析陕西地区 1470—2012 年的不同区域不同时间尺度上的旱涝灾害等级序列,以揭示隐藏在灾害等级序列中的多种变化周期,充分反映灾害在不同时间尺度下的变化情况。根据式(2)~(3)计算功率谱频率强度,绘制旱涝灾害等级序列的功率谱分析图,如图

4。从图中可知,陕北地区存在 2~5 年、8 年、11 年、13~14 年、22~24 年、37 年、49 年等显著周期;关中地区存在 4~5 年、7~11 年、13~16 年、22~25 年、28 年、45 年等显著周期;陕南地区存在 2~5 年、7~11 年、13 年、25 年~29 年、38 年、47 年等显著周期。由此可知,陕西地区 1470—2012 年间,旱涝灾害变化具有明显的周期性,不同区域其周期长度不尽相同,但均具有 4~5 年、8 年、11 年、13 年左右时间尺度的周期,其中 4~5 年和 11 年的周期分别与厄尔尼诺(3~7 年)和太阳黑子活动(11 年)的周期相对应,因此可推断太阳黑子和厄尔尼诺现象对陕西地区旱涝灾害发生存在一定的影响^[20]。

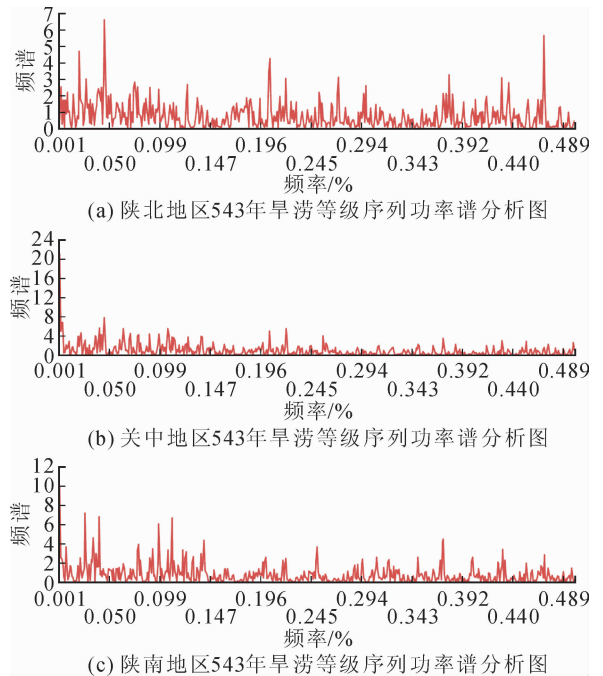


图4 陕西省 543 年旱涝等级序列功率谱分析图
Fig. 4 Power spectrum analysis of drought and flood grades in Shaanxi Province for recent 543 years

利用式(4),计算连续小波变换系数的实部,并根据结果绘制陕西地区 1470—2012 年旱涝等级序列小波分析图,如图 5。为便于分析,对不同的计算值用不同的颜色加以区分,并用“+”表示正值中心,代表旱期;用“-”表示负值中心,代表涝期^[21]。从图中可清楚地看到,543 年来陕西各地区的旱涝灾害变化存在明显的多时间尺度特征。就陕北地区而言,在全时间尺度上存在 2~5 年、7~11 年、13~15 年的显著周期,其中 1470—1560 年间存在 8 年和 49 年、1560—1680 年间存在 7~14 年和 24 年、1820—2012 年间存在 4~6 年和 8~14 年的高频周期振荡。就关中地区而言,在整个时间尺度上存在 22~25 年、34~39 年、45 年的显著周期;其中

1550—1640年间存在34~39年的高频周期振荡,具有旱涝交替的准3次振荡;1640—1710年间存在13年、22~25年、39年的高频周期振荡;1720—1800年间存在20~24年、31~34年的高频周期振荡;1830—2012年间存在11~16年、22~25年、34~39年的高频周期振荡,其中11~16年的时间尺度上出现了旱涝交替的准3次振荡。陕南在全时间尺度上存在24~29年、38年的周期,其中1470—1530年间存在47年、1865—1895年间存在24~26年、1925—2012年间存在13年和38~43年的高频周期振荡。进一步读图可判断,目前陕北处于早期,关中、陕南处于涝期,这与阶段性分析的结果相同。

综合功率谱方法和小波分析的结果可知,陕北地区主要存在2~5年、8年、11年、13~14年的周期,其中2~5年周期与甘肃旱涝准4年周期相对应;关中地区主要存在22~25年、45年的周期,其中25年的周期与兰州地区旱涝灾害变化的25~26年的周期相对应;陕南地区主要存在25~29年、38年的周期,其中25~29年周期与中国北方旱涝变化存在20~30年时间尺度的周期振荡相对应^[22-24]。

3 结论

1) 从旱涝时空变化特征上看:543年来陕西省各地旱涝灾害发生频繁,在空间分布上,陕北是旱灾发生最频繁的地区,陕南是涝灾发生最频繁的地区,与多年降雨量南多北少的趋势相吻合。在时间分布上,三个地区的旱涝灾害的发生具有一定的一致性。

2) 从旱涝灾害阶段性特征上看:543年中陕西各地旱涝灾害交替出现且差异显著,并具有明显的阶段性和区域性。其中:陕北地区可划分为4个偏旱期和3个偏涝期;关中地区可划分为1个偏旱期和1个偏涝期;陕南地区可划分为5个偏旱期和5个偏涝期。同时,整个区域持续洪涝灾害发生的可能性高于干旱灾害。

3) 从旱涝灾害周期特征上看:543年来陕西各地区的旱涝灾害变化存在明显的多时间尺度特征。其中,陕北地区主要存在2~5年、8年、11年、13~14年的周期;关中地区主要存在22~25年、45年的周期;陕南地区主要存在25~29年、38年的周期。目前陕北处于偏旱期,关中、陕南处于偏涝期。

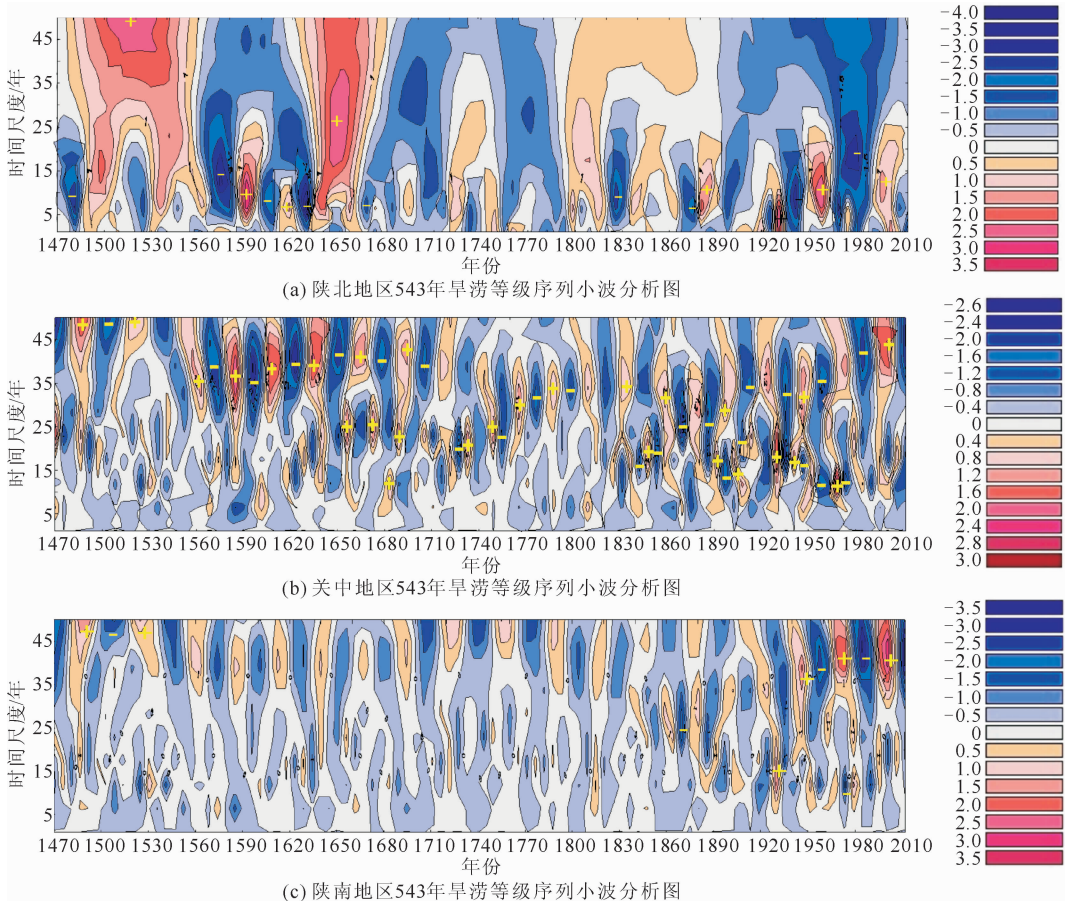


图5 陕西省543年旱涝等级序列小波分析图

Fig. 5 Wavelet analysis of drought and flood grades in Shaanxi Province for recent 543 years

参考文献:

- [1] 盛海洋. 我国自然灾害特征及其减灾对策[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 249-261.
Sheng Haiyang. Characteristic of natural hazards in China and study of protection and control of disasters [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2003, 10(4): 249-261.
- [2] Woodhouse C A, Overpeck J T. 2000 years of drought variability in the central United States [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1998, 79(1998): 2693-2714.
- [3] Myronidis D, Stathis D, Ioannou K, et al. An integration of statistics temporal methods to track the effect of drought in a shallow mediterranean lake[J]. Water Resources Management, 2012, 26(15): 4587-4605.
- [4] Zarch M A A, Sivakumar B, Sharma A. Droughts in a warming climate: A global assessment of standardized precipitation index (SPI) and reconnaissance drought index (RDI)[J]. Journal of Hydrology, 2015, 526(7): 183-195.
- [5] 郝志新, 葛全胜, 郑景云. 过去 2000 年中国东部地区的极端旱涝时间变化[J]. 气候与环境研究, 2010, 15(4): 388-394.
Hao Zhixin, Ge Quansheng, Zheng Jingyun. Variations of extreme drought/flood events over eastern China during the past 2000 years[J]. Climatic and Environmental Research, 2010, 15(4): 388-394.
- [6] 包红花, 宝音, 乌兰图亚. 科尔沁沙地近 300 年旱涝时空分布特征研究[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(4): 100-107.
Bao Honghua, Bao Yin, Wulantuya. Characteristics of drought/flood spatial and temporal distribution in Horqin sandy land during the last 300 years[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2008, 22(4): 100-107.
- [7] 万金红, 吕娟, 刘和平, 等. 1470—2008 年中国西北干旱地区旱涝变化特征分析[J]. 水科学进展, 2014, 25(5): 625-631.
Wan Jinhong, Lyu Juan, Liu Heping, et al. Drought-flood variation characteristics and trends in arid north-western China during 1470-2008[J]. Advances in Water Science, 2014, 25(5): 625-631.
- [8] 李星敏, 杨文峰, 李红梅, 等. 相对冷暖背景下两次干旱事件的比较——以陕西为例[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(01): 238-245.
Li Xingmin, Yang Wenfeng, Li Hongmei, et al. Comparison of two drought events on relatively warm and cold climate background——A case study in Shaanxi Province[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2012, 30(01): 238-245.
- [9] 星球地图出版社编制. 陕西省地图集[M]. 北京: 星球地图出版社, 2009.
- [10] 陕西省地情网. 陕西省情概况 [EB/OL]. <http://www.sxsdq.cn/sqgk/zhjs/>, 2015.
- [11] 陕西省气象局气象台编篡委员会. 陕西省自然灾害史料[M]. 西安: 陕西省气象局气象台, 1976: 25-63, 74-145.
- [12] 《历史自然灾害简要纪实》编委会. 陕西省历史自然灾害简要纪实[M]. 北京: 气象出版社, 2002.
- [13] 温克刚. 中国气象灾害大典·陕西卷[M]. 北京: 气象出版社, 2005.
- [14] 白虎志. 中国西北地区近 500 年旱涝分布图集(1470—2008)[M]. 北京: 气象出版社, 2010.
- [15] 《陕西水利年鉴》编纂委员会. 陕西水利年鉴[J]. 武汉: 长江出版社, 2010-2011.
- [16] 《陕西救灾年鉴》编纂委员会. 陕西救灾年鉴[J]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2004-2012.
- [17] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术(第 2 版)[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [18] 高成等. Matlab 小波分析与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [19] 郭瑞, 查小春. 泾河流域 1470—1979 年旱涝灾害变化规律分析[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2009, 37(03): 90-95.
Guo Rui, Zha Xiaochun. Analysis on the change law of drought and flood disaster in Jinghe River basin from 1470 to 1979[J]. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition), 2009, 37(03): 90-95.
- [20] 宋春英, 延军平, 张立伟. 陕西秦岭南北旱涝灾害时空变化趋势分析[J]. 干旱区研究, 2011, 28(06): 944-949.
Song Chunying, Yan Junping, Zhang Liwei. Temporal and spatial trends of drought and flood in the south and north of the Qinling Mountains in Shaanxi Province [J]. Arid Zone Research, 2011, 28(06): 944-949.
- [21] 李艳玲, 畅建霞. 基于 Morlet 小波的径流突变检测[J]. 西安理工大学学报, 2012, 28(03): 322-325.
Li Yanling, Chang Jianxia. Detection of the abrupt changes in runoff based on the Morlet wavelet[J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2012, 28(03): 322-325.
- [22] 王燕, 王润元, 王毅荣, 等. 近 37 年甘肃省夏季旱涝特征分析[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(03): 214-220.
Wang Yan, Wang Runyuan, Wang Yirong, et al. Study on characteristics of drought-flood in summer in Gansu Province for recent 37 years[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2009, 27(03): 214-220.
- [23] 霍云霈. 兰州地区近 540 年旱涝灾害研究[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(05): 1-5.
Huo Yunpei. Study on drought-flood disasters in Lanzhou area for recent 540 years[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2012, 26(05): 1-5.
- [24] 朱亚芬. 530 年来中国东部旱涝分区及北方旱涝演变[J]. 地理学报, 2003, 58(S1): 100-107.
Zhu Yafen. The regional division of dryness/wetness over eastern China and variations of dryness/wetness in northern China during the last 530 years[J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(S1): 100-107.