

DOI:10. 3880/j. issn. 1004 - 6933. 2021. 02. 007

新疆多时间尺度干湿变化特征分析

宋玉鑫¹, 马军霞^{1,2}, 左其亭^{1,2,3}, 张志卓¹

(1. 郑州大学水利科学与工程学院, 河南 郑州 450001; 2. 郑州市水资源与水环境重点实验室, 河南 郑州 450001;
3. 郑州大学水科学研究中心, 河南 郑州 450001)

摘要:使用 1963—2018 年 CRU TS v4. 0. 3 逐月格点数据, 通过计算新疆月、季、年不同时间尺度的标准化降水蒸散指数(SPEI)对干湿变化情况进行量化, 并使用 Mann-Kendall 非参数检验、小波功率谱等方法对干湿指标的变化趋势与周期特征进行分析。结果表明:新疆在 1988 年前后表现出了干旱向湿润的转变; SPEI 变化趋势整体以上升趋势为主, 仅在新疆的西南、东南部分地区呈现出下降趋势; 不同时间尺度下, 小波功率谱的 SPEI 及其变化周期基本相同, 在 20 世纪 80—90 年代均可以在 2~4 a 和 8~16 a 周期内发现振荡的高能区。

关键词:标准化降水蒸散指数; 干湿变化; Mann-Kendall 非参数检验; 小波功率谱; 新疆

中图分类号:P338; TV213. 4 **文献标志码:**A **文章编号:**1004 - 6933 (2021) 02 - 0043 - 06

Analysis on characteristics of dry-wet variation on multi-time scale in Xinjiang // SONG Yuxin¹, MA Junxia^{1,2}, ZUO Qiting^{1,2,3}, ZHANG Zhizhuo¹ (1. School of Water Conservancy Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Zhengzhou Key Laboratory of Water Resource and Environment, Zhengzhou 450001, China; 3. Center for Water Science Research, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) at different time scales was calculated to quantify the dry-wet variation by using the CRU TS 4. 0. 3 gridded data over 1963-2018. The methods such as Mann-Kendall non-parametric test and wavelet power spectrum were used to analyze the changing trend and periodic characteristics of wet and dry indexes. The results showed that Xinjiang showed a transition from drought to humid around 1988; The overall trend of change was mainly upward, only in the southwest and southeast parts of Xinjiang showed a downward trend; In different time scales, the SPEI of wavelet power spectrum and its changing period are basically the same, with strong oscillation energy regions concentrated in 2-4 a and 8-16 a in the 1980s and 1990s.

Key words: SPEI; dry-wet variation; Mann-Kendall non-parametric test; wavelet power spectrum; Xinjiang

区域的干湿变化已受到了学者们的广泛关注, 如何量化区域干湿状况成为研究重点。由于干湿变化很大程度上与气候变化相关, 因此降水、温度、径流、蒸散发等水文要素常作为影响干湿现象的重要参数, 并以其为基础进行干湿状况量化, 即计算干湿指数。目前常用的干湿指数包括 Palmer 干旱指数 (Palmer drought severity index, PDSI)^[1]、标准化降水指数 (standardized precipitation index, SPI)^[2]、标准化降水蒸散指数 (standardized precipitation evapotranspiration index, SPEI)^[3] 等。PDSI 是基于土壤水量供需平衡的原理计算得出的, 计算过程涉

及降水、径流和土壤含水量等多个参数, 计算过程复杂, 且 PDSI 计算中的部分参数是基于美国中部地区得出的, 对于其他地区适用性较差^[4]; SPI 的计算仅需要输入降水数据, 通过降水量出现的概率来评估研究区域的干湿强度和持续时长, 相比 PDSI 更简便直观, 且可以测量地区不同时间尺度的干湿情况, 但缺点在于考虑因素较少, 如未考虑温度等影响干湿情况的因素。近年来已有许多研究表明气温的上升对干湿情况有较大影响^[5], 因此 Vicente-Serrano 等^[6]提出了 SPEI, 通过潜在蒸散发量将温度信息引入 SPEI 的计算, 达到了结合 PDSI 和 SPI 两者优点

基金项目: 国家自然科学基金(U1803241, 51779230)

作者简介: 宋玉鑫(1995—), 男, 硕士研究生, 研究方向为水文水资源。E-mail: zzusyx@163.com

通信作者: 马军霞(1968—), 女, 高级实验师, 硕士, 主要从事水文水资源研究。E-mail: majx@zzu.edu.cn

的目的,且适用于多尺度和不同的气候条件,因此该指标可以有效表征不同区域的干湿现象并获得了广泛的应用。Yang 等^[7]使用 SPEI 对加拿大干旱变化情况进行了分析,结果表明,与加拿大南部地区相比,北方地区的干旱时间更长;Wu 等^[8]研究了珠江流域 SPEI 演变情况,并分析了主要的驱动因素;Shiru 等^[9]评估了尼日利亚 SPEI 变化对当地作物的影响,结果表明在作物的种植季节干旱更容易发生。

新疆位于我国西北部,属于典型的干旱区,降水稀少,蒸发量大。年平均降水量仅为 147 mm,而年平均蒸发量达到了 1 512 mm,对气候变化的敏感程度很高,据统计,1961—2000 年新疆发生了 17 次严重干旱和 9 次重大干旱^[10]。普宗朝等^[11]基于新疆 101 个气象站点观测数据分析了新疆 1961—2008 年的干湿气候时空变化特征,结果表明,1961—2008 年新疆各地年干燥度指数均有不同程度的减小趋势,新疆的气候总体呈“变湿”趋势;胡文峰等^[12]采用新疆 55 个气象站点的月数据,计算了不同时间尺度 SPEI 指数,结果表明,新疆区域保持西北湿、东南干的格局,局部干湿有差异且新疆的干旱多以轻度干旱为主。

目前,国内对新疆区域进行干湿研究多基于气象站点数据,但是站点数据对区域代表性较低,而 CRU 格点数据集具有较高的空间代表性和连续性^[13],可以更好地反映出区域干湿变化特征。鉴于 SPEI 能比较准确反映新疆的干湿变化情况^[14],本文使用 CRU 数据集计算 SPEI 来分析新疆不同时间尺度的干湿时空变化情况,以期对新疆水资源规划和管理提供参考。

1 研究方法及数据来源

1.1 SPEI 的计算

SPEI 是使用月降水量和潜在蒸散发量的偏差来描述干旱状态的指标,能客观地描述区域的干湿变化,具体计算方法可参考文献[15]。为了反映研究区干湿变化的总体特征,分别计算月、季、年 3 种不同时间尺度下的 SPEI (SPEI-1、SPEI-3、SPEI-12) 来探讨新疆干湿变化的总体情况,其中 3 月尺度的 SPEI-3 是使用当前月和前两个月输入要素的平均值来计算的,例如 3 月的 SPEI-3 代表 1 月、2 月、3 月的干湿变化情况,因此选用 5 月、8 月、11 月以及次年 2 月的 SPEI-3 来表示春夏秋冬四季的干湿情况,而选用 12 月的 SPEI-12 来表征年际变化。SPEI 对应的干湿等级^[16-17]如下 (SPEI 的值用 I 表示): $I > 2.00$ 为极端湿润, $1.50 < I \leq 2.00$ 为严重湿润, $1.00 < I \leq 1.5$ 为轻度湿润, $-1.00 \leq I \leq 1.00$ 为正

常, $-1.50 \leq I < -1.00$ 为轻度干旱, $-2.00 \leq I < -1.50$ 为轻度干旱, $I < -2.00$ 为极端干旱。

1.2 Mann-Kendall 非参数检验

采用 Mann-Kendall 非参数检验分析 SPEI 在年与四季的变化趋势, Mann-Kendall 非参数检验不需要样本遵从特定的分布,且不受少数异常值的干扰,定量化程度高,在检验序列的变化趋势方面有很大的优势,因此得到了广泛的运用^[18-19]。

1.3 连续小波周期分析

小波变换可以将时间序列分解到时频域中以表征信号局部特征,是分析变量时间序列周期性变化的有效工具。本文使用连续小波变换 (continuous wavelet transform, CWT) 分析月、季、年 3 种尺度的 SPEI 的周期变化特征。小波分析的主要思路是由基本小波函数 (母小波) 伸缩和平移而得到的小波族函数去逼近处理信号,从而将非平稳的序列转化为平稳的时间序列,再对处理后的序列进行分析研究,继而总结出序列的变化周期及不同时间尺度下的变化趋势。本文选用 Morlet 复小波作为母小波进行分析,其优势在于可以提供连续、平滑的小波能量谱图^[20]。

1.4 数据来源

使用 1963 年 1 月至 2018 年 12 月的月尺度降水量与潜在蒸散发数据来计算 SPEI, 数据来源于英国东英吉利大学 (University of East Anglia) 气候研究中心开发的 CRU TS v4.03 再分析数据集 (<http://www.cru.uea.ac.uk/data/>), 其空间分辨率为 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 。该数据集已通过严格的质量控制和同质性检验,时间序列较长且具有较高的空间分辨率,在干旱分析中得到了广泛的应用^[7,21]。该数据集的潜在蒸散发是使用 FAO-56 Penman-Monteith 方法计算的,具体计算方法可参见文献[22]。

2 结果与分析

2.1 月、季、年尺度的 SPEI 时间变化

图 1 为月、季、年尺度的 SPEI 时间变化趋势。总体来看, SPEI 在短时间尺度内波动频繁,随着时间尺度拉长, SPEI 的变化情况变得稳定,干湿状态的持续时间更长。本文以 $I < -1$ 表示干旱事件开始, $I > 0$ 表示干旱事件结束, $-1 \leq I \leq 0$ 表示地区处于干旱状态, $-1 \leq I \leq 0$ 的时间长度为干旱持续时间^[23],对区域的干湿变化特征进行分析。

a. SPEI-1 为月尺度的干湿变化情况,在该尺度下, SPEI 的干湿变化较为频繁且振幅较大,其中最大值为 1.93, 出现在 1988 年 5 月,属于严重湿润状态;最小值为 -2.40, 出现在 1979 年 10 月,属于极

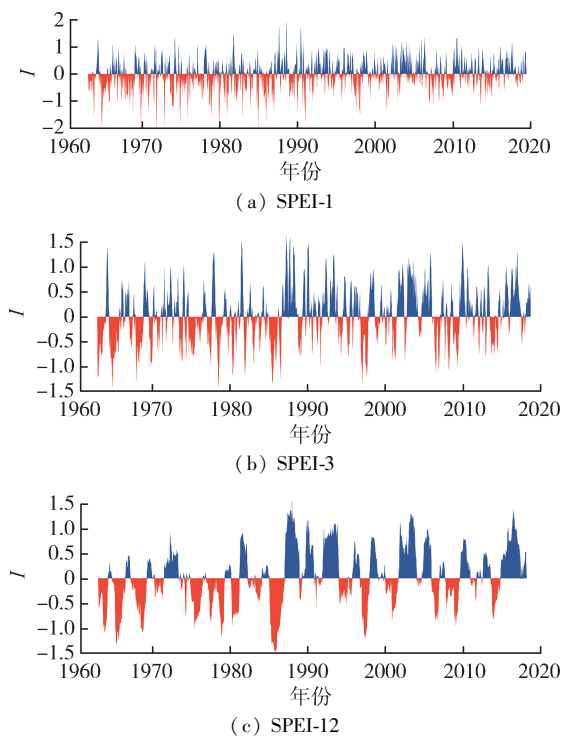


图1 1963—2018年不同时间尺度SPEI时间序列

Fig. 1 SPEI time series of different time scales from 1963 to 2018

端干旱状态;1963—2018年SPEI-1平均值为 -0.04 ,属于正常范围。整体来看,在月尺度下共发生49次干旱事件,其中轻度干旱35次,严重干旱11次,仅发生了3次极端干旱事件,分别发生在1971年10月、1979年10月和1984年10月。由此可见极端干旱事件多发生在秋季,最长干旱持续时间发生在1964年10月至1965年6月,达9个月之久。

b. SPEI-3反映不同季节的干湿变化情况,在这一尺度下,1963—2018年共发生了21次干旱事件且均为轻度干旱。SPEI-3值主要在正常的范围内波动,平均值为 0.03 ,没有严重以及极端干旱事件发生,干旱最长持续时间为13个月,于1963年2月开始到1964年2月结束。

c. SPEI-12为年尺度的干湿变化情况,在该尺度下,研究区干湿变化较为明显,由SPEI-12的时间序列可以看出新疆在1963—2018年主要呈现由干旱向湿润的转变,在1988年后呈现暖干向暖湿转型的态势,但是这种干旱与湿润的变化并不平稳,在年内均存在着干湿变化的周期性震荡。与SPEI-3相似,SPEI-12的时间序列在1963—2018年仅发生了30次轻度干旱事件,没有严重以及极端干旱事件发生,最长的轻度干旱事件达21个月之久,持续时间为1985年9月至1987年5月。

施雅风等^[24]的研究表明,新疆于1987年前后出现了暖湿变化。这一现象的发生原因很可能是新

疆在20世纪70—80年代降水量从减少阶段转变为增加阶段,同时气温也一直上升,且在20世纪90年代增幅达到最大^[25]。除了降水与温度变化的影响外,季风的影响也不可忽视。东亚地区有40%~50%降水量是由东亚季风决定的,因此东亚夏季风的水汽输送对该地区的降水起着关键作用。已有的研究表明东亚夏季风于1986年经历了一次突变^[26],这也与新疆发生干湿转变的时间相近。

2.2 年和四季SPEI时空变化趋势

整体来说,新疆SPEI在1963—2018年呈现以上升趋势为主的变化,除了春季呈现显著性上升趋势的区域较少外,其他季节以及新疆全年呈现显著性上升的区域主要分布在新疆北部;呈现下降趋势的区域分布在新疆的东南以及西南等地,仅在春、秋、冬3季可以检测出显著下降趋势,且主要集中在阿尔金山和昆仑山脉。

为了更好地分析新疆地区干湿的空间变化情况,使用Mann-Kendall非参数检验来评估新疆年和四季的SPEI变化趋势。图2(a)为新疆年SPEI的变化情况,可以看出大部分地区SPEI为增长趋势,其中显著增长趋势的区域主要集中在新疆西北部;在新疆西南及东南部的部分地区表现出下降趋势,但显著性并不明显。

由图2(b)~(e)可以看出,不同季节SPEI空间分布情况不一,但整体上看增长地区范围明显大于下降地区范围。与其他季节相比,新疆春季(图2(b))SPEI呈现显著性上升的区域较少,集中分布在昌吉等地;下降趋势的区域主要分布在新疆东部的阿尔金山以及哈密北部的部分地区,这些区域呈显著的下降趋势。夏季(图2(c))新疆SPEI呈现显著上升的区域主要分布在新疆的中部以及西南部的昆仑山脉等地区,呈下降趋势的区域集中在新疆东南部,但均不显著,其空间分布与图2(a)基本一致。同春、夏季相比,秋(图2(d))、冬(图2(e))季新疆北部及南部等地区SPEI均呈现显著性的增长趋势,其中冬季尤为明显,整个新疆北部地区基本都呈现显著的增长趋势;西南以及东南部等地则呈现下降趋势,其中秋季昆仑山脉及阿尔金山脉等地区、冬季阿尔金山脉地区下降趋势显著。

2.3 周期分析

新疆不同尺度的SPEI计算结果表明,新疆地区的干湿变化波动随时间尺度增长而更加稳定,年际变化更加明显。20世纪80年代是新疆气候由干燥变为湿润的转折点。图3为不同时间尺度SPEI的小波功率谱,其中U形代表小波影响锥(COI),该范围内为有效谱值,粗黑线封闭区域(图3(c)表明通

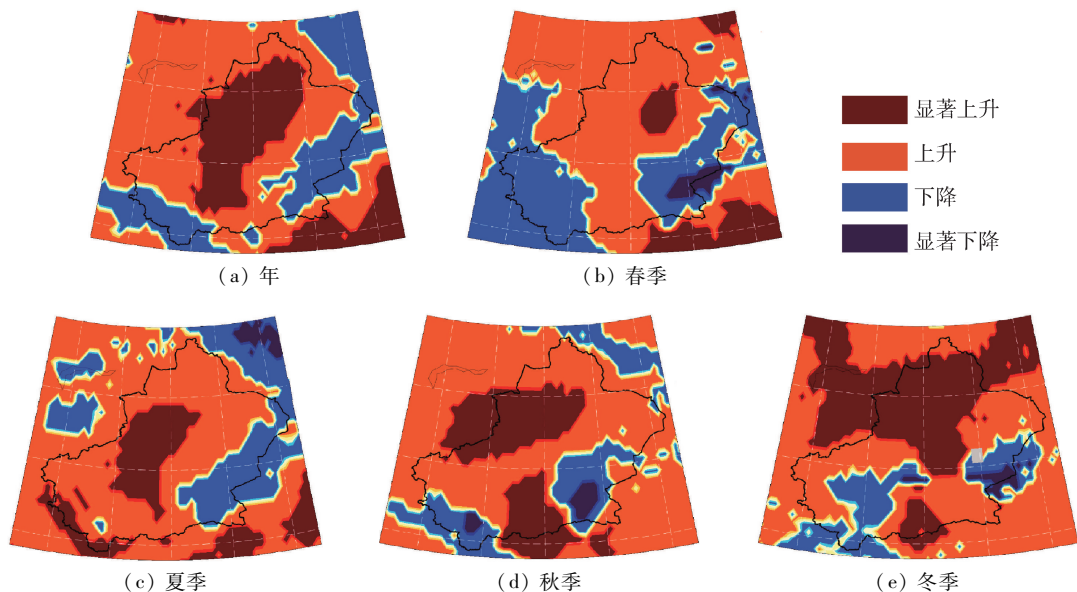


图2 年、季尺度 SPEI 变化趋势

Fig.2 Change trend of SPEI at annual and seasonal scale

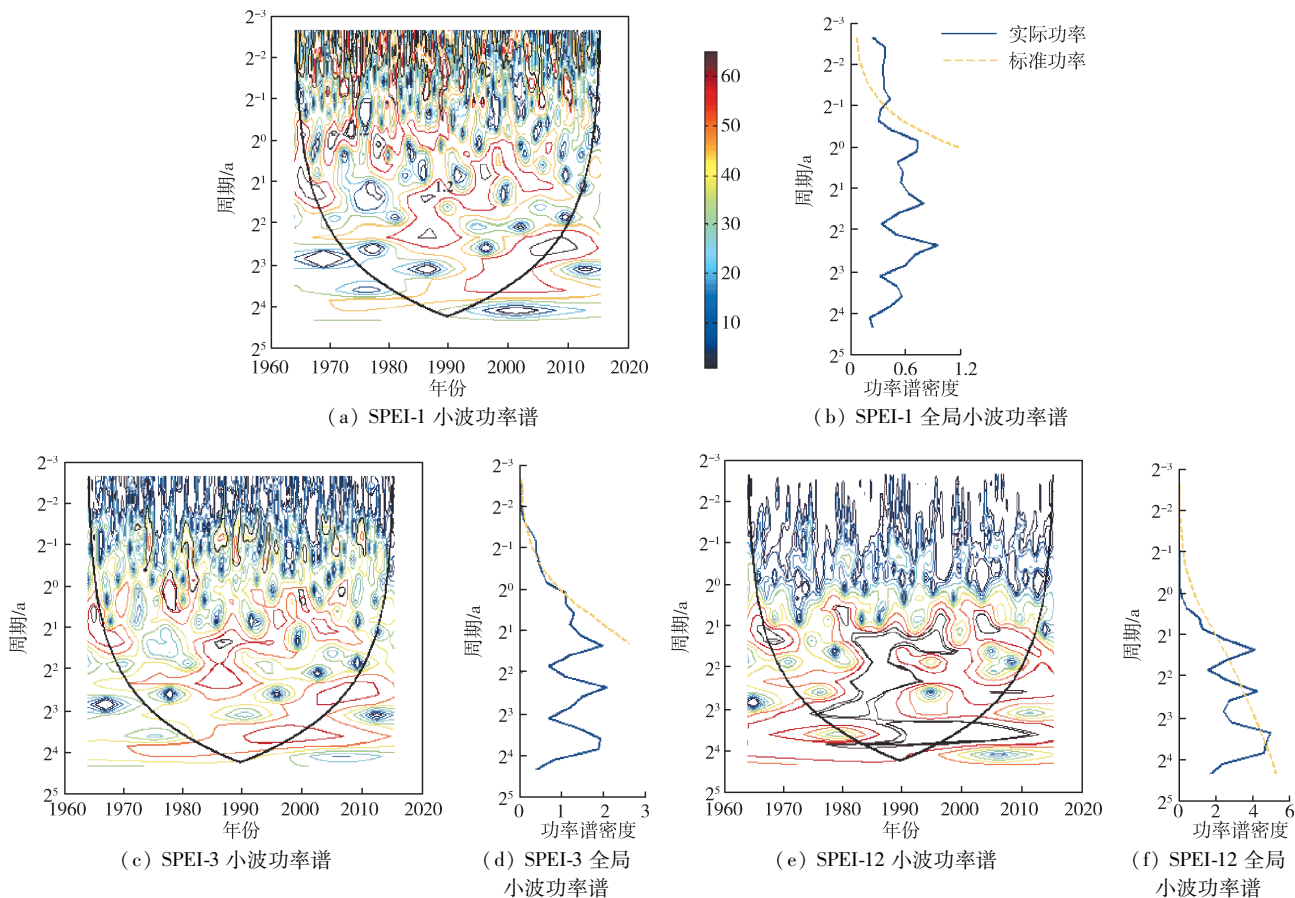


图3 不同时间尺度 SPEI 的小波功率谱

Fig.3 Wavelet power spectrum of SPEI at different time scales

过了显著性水平 5% 条件下的红噪声谱检验^[27]。①从 SPEI-1 的小波功率谱可以看出,在 1963—2018 年不同时间段内均存在着周期的变化,0.5 ~ 1.5 a 周期在 1965—1990 年振荡能量较强,在 1980—2005 年存在着 1 ~ 3 a 的周期变化,3 ~ 6 a 周期可在 20 世纪 80 年代发现,进入 21 世纪后 5 ~ 14 a 周期变化较

为明显;②SPEI-3 周期变化情况基本与 SPEI-1 一致,20 世纪 80 年代后期均存在振荡能量强烈的区域,而在 80 年代之前振荡能量较弱,仅在在 20 世纪 70 年代可检测到 1 ~ 3 a 周期范围内的强烈周期振荡,但大部分位于 COI 范围外;③SPEI-12 周期变化较为显著,在 1980—1998 年、1980—1990 年以及

1990—2010 年分别检测出了 2~4 a、4~8 a、8~16 a 周期变化,整个研究期内在 8~16 a 周期上震荡能量很强,但是仅在 1990—2010 年通过了 95% 的红噪声谱检验。

总的来说,不同时间尺度的 SPEI 在 20 世纪 80 年代之前振荡能量较小,进入 20 世纪 80 年代之后震荡显著,这种现象表明新疆在 20 世纪 80 年代中后期的由于干旱向湿润的转变受到了 SPEI 周期变化的影响。

3 结 论

a. 新疆的干湿变化以 1988 年为界,发生从干旱向湿润的转变,有干旱缓解的趋势。在月、季、年尺度上,新疆的干旱事件均多以轻度干旱为主,仅在月尺度上出现了个别极端干旱事件且发生时间多为秋季。

b. 新疆在年、季尺度上 SPEI 的变化以上升趋势为主,除春季仅可在部分地区存在显著上升趋势外,其他季节新疆北部的大部分区域表现出显著上升的趋势,尤其是在冬季,几乎整个北疆的上升趋势均通过了 95% 的显著性检验;呈现下降趋势的区域分布在新疆西南和东南等地,在阿尔金山脉和昆仑山脉可检测到显著下降趋势。

c. 不同时间尺度的小波功率谱表明 20 世纪 80 年代后在 2~4 a 周期上存在振荡能量强的区域,同时,20 世纪 90 年代的高振荡能量区多存在于 8~16 a 周期范围内,这表明新疆 20 世纪 80 年代后期由于干旱向湿润的转变是年代与年代际变化共同影响的结果。

参考文献:

[1] 马柱国,符淙斌,杨庆,等. 关于我国北方干旱化及其转折性变化[J]. 大气科学,2018,42(4):951-961. (MA Zhuguo, FU Congbin, YANG Qing, et al. Drying trend in Northern China and its shift during 1951-2016 [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2018, 42(4): 951-961. (in Chinese))

[2] 周帅,王义民,畅建霞,等. 黄河流域干旱时空演变的空间格局研究[J]. 水利学报,2019,50(10):1231-1241. (ZHOU Shuai, WANG Yimin, CHANG Jianxia, et al. Research on spatio-temporal evolution of drought patterns in the Yellow River Basin [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2019, 50(10): 1231-1241. (in Chinese))

[3] 齐乐秦,栗晓玲,冯凯. 西北地区多尺度气象干旱对环流因子的响应研究[J]. 干旱区资源与环境,2020,34(1):106-114. (QI Leqin, SU Xiaoling, FENG Kai. Response of multi-scale meteorological drought to circulation index in northwest China [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2020, 34(1): 106-114.

(in Chinese))

[4] GUTTMAN N B, WALLIS J R, HOSKING J R M. Spatial comparability of the palmer drought severity index [J]. Journal of the American Water Resources Association, 1992, 28(6): 1111-1119.

[5] WANG W, ZHU Y, XU R, et al. Drought severity change in China during 1961-2012 indicated by SPI and SPEI [J]. Natural Hazards, 2015, 75(3): 2437-2451.

[6] VICENTE-SERRANO S M, BEGUERÍA S, LÓPEZ-MORENO J I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index [J]. Journal of Climate, 2010, 23(7): 1696-1718.

[7] YANG Y, GAN T Y, TAN X. Spatiotemporal changes of drought characteristics and their dynamic drivers in Canada [J]. Atmospheric Research, 2020, 232: 104695.

[8] WU Jiefeng, TAN Xuezhong, CHEN Xiaohong, et al. Dynamic changes of the dryness/wetness characteristics in the largest river basin of South China and their possible climate driving factors [J]. Atmospheric Research, 2020, 232: 104685.

[9] SHIRU M S, SHAHID S, CHUNG E S, et al. Changing characteristics of meteorological droughts in Nigeria during 1901-2010 [J]. Atmospheric Research, 2019, 223: 60-73.

[10] LI Yi, SUN Changfeng. Impacts of the superimposed climate trends on droughts over 1961-2013 in Xinjiang, China [J]. Theoretical & Applied Climatology, 2017, 129: 3-4.

[11] 普宗朝,张山清,王胜兰,等. 近 48a 新疆干湿气候时空变化特征 [J]. 中国沙漠,2011,31(6):1563-1572. (PU Zongchao, ZHANG Shanqing, WANG Shenglan, et al. The spatial-temporal variation characteristic of dry-wet climate in recent 48 years in Xinjiang, China [J]. Journal of Desert Research, 2011, 31(6): 1563-1572. (in Chinese))

[12] 胡文峰,陈玲玲,姚俊强,等. 近 55 年来新疆多时间尺度干旱格局演变特征 [J]. 人民珠江,2019,40(11):1-9. (HU Wenfeng, CHEN Lingling, YAO Junqiang, et al. Evolution characteristics of drought patterns at multiple timescales in Xinjiang for last 55 years [J]. Pear River, 2019, 40(11): 1-9. (in Chinese))

[13] 冯怡,薛联青,张敏,等. 基于两种 SPEI 序列的淮河流域干湿特征变化 [J]. 水资源保护,2019,35(1):35-40. (FENG Yi, XUE Lianqing, ZHANG Min, et al. Change of dry-wet characteristics in Huaihe River Basin based on two SPEI sequences [J]. Water Resources Protection, 2019, 35(1): 35-40. (in Chinese))

[14] 慈晖,张强,肖名忠. 多种气象干旱指数在新疆干旱评价中的应用对比研究 [J]. 中山大学学报(自然科学版),2016,55(2):124-133. (CI Hui, ZHANG Qiang, XIAO Mingzhong. Evaluation and comparability of four meteorological drought indices during drought monitoring in Xinjiang [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2016, 55(2): 124-133. (in Chinese))

[15] 王卫光,黄茵,邢万秋,等. 基于 SPEI 的海河流域干旱

- 时空演变特征及环流成因分析[J]. 水资源保护, 2020, 36(3): 8-13. (WANG Weiguang, HUANG Yin, XING Wanqiu, et al. Analysis of spatial and temporal evolution characteristics and circulation causes of drought in Haihe River Basin [J]. Water Resources Protection, 2020, 36(3): 8-13. (in Chinese))
- [16] 张钦, 唐海萍, 崔凤琪, 等. 基于 SPEI 的呼伦贝尔草原干旱变化特征及趋势分析[J]. 生态学报, 2019, 39(19): 1-14. (ZHANG Qin, TANG Haiping, CUI Fengqi, et al. SPEI-based analysis of drought characteristics and trends in Hulun Buir Grassland [J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(19): 1-14. (in Chinese))
- [17] 陈子燊, 黄强, 刘曾美. 1962—2007 年广东干湿时空变化特征分析[J]. 水科学进展, 2013, 24(4): 469-476. CHEN Zishen, HUANG Qiang, LIU Zengmei. Analyzing the spatial-temporal variation of wet and dry spells during 1962-2007 in Guangdong Province [J]. Advances in Water Science, 2013, 24(4): 469-476. (in Chinese))
- [18] YUE S, PILON P, CAVADIAS G. Power of the Mann-Kendall and Spearman's Rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series [J]. Journal of Hydrology, 2002, 259: 254-271.
- [19] JIANG R, WANG Y, XIE J, et al. Assessment of extreme precipitation events and their teleconnections to El Niño Southern Oscillation: a case study in the Wei River Basin of China [J]. Atmospheric Research, 2019, 218: 372-384.
- [20] TORRENCE C, COMPO G P. A practical guide to wavelet analysis [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1998, 79(1): 61-78.
- [21] 王豪杰, 左其亭, 郝林钢, 等. “一带一路”西亚地区降水时空特征及空间均衡分析[J]. 水资源保护, 2018, 34(4): 35-41. (WANG Haojie, ZUO Qiting, HAO Lingang, et al. Anglysis of spatial-temporal characteristics and spatial equilibrium of precipitation in West Asia area of “Belt and Road” [J]. Water Resources Protection, 2018, 34(4): 35-41. (in Chinese))
- [22] 毛飞, 张光智, 徐祥德. 参考作物蒸散量的多种计算方法及其结果的比较[J]. 应用气象学报, 2000(增刊1): 128-136. (MAO Fei, ZHANG Guangzhi, XU Xiangde. Several methods of calculating the reference evapotranspiration and comparison of their results [J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 2000(Sup1): 128-136. (in Chinese))
- [23] 郭燕云, 胡琦, 傅玮东, 等. 基于 SPEI 指数的新疆天山草地近 55 a 干旱特征[J]. 干旱区研究, 2019, 36(3): 670-676. (GUO Yanyun, HU Qi, FU Weidong, et al. Drought trend over the grasslands in the Tianshan Mountains, Xinjiang in recent 55 years based on SPEI [J]. Arid Zone Research, 2019, 36(3): 670-676. (in Chinese))
- [24] 施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究, 2003(2): 152-164. (SHI Yafeng, SHEN Yongping, LI Dongliang, et al. Discussion on the present climate change from warm-dry to warm-wet in Northwest China [J]. Quaternary Science, 2003(2): 152-164. (in Chinese))
- [25] 薛燕, 韩萍, 冯国华. 半个世纪以来新疆降水和气温的变化趋势[J]. 干旱区研究, 2003, 20(2): 127-130. (XUE Yan, HAN Ping, FENG Guohua. Change trend of the precipitation and air temperature in Xinjiang since recent 50 years [J]. Arid Zone Research, 2003, 20(2): 127-130. (in Chinese))
- [26] PEI Fengsong, WU Changjiang, QU Aixue, et al. Changes in extreme precipitation: a case study in the middle and lower reaches of the Yangtze River in China [J]. Water, 2017, 9(12): 943-947.
- [27] TORRENCE C, COMPO G P. A practical guide to wavelet analysis [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1998, 79(1): 61-78.

(收稿日期: 2020-06-27 编辑: 熊水斌)

· 征稿启事 ·

“黄河流域生态保护和高质量发展”专题征稿

黄河流域生态保护和高质量发展是习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上提出的新的重大国家战略, 它同京津冀协同发展、长江经济带发展、粤港澳大湾区建设、长三角一体化发展一样, 是重大国家战略。为了响应这一研究热点, 《水资源保护》继开展“长江大保护”专题征稿以后, 继续开展“黄河流域生态保护和高质量发展”专题征稿, 请广大专家、作者积极撰写相关文章, 录用文章将在 2021 年《水资源保护》正刊专栏发表。征稿事项如下:

1. 征稿范围: 黄河国家战略面临的机遇、挑战与对策建议; 黄河流域生态空间格局及规划; 黄河流域湿地生态保护体系建设与水生生态系统修复; 黄河流域水土流失治理及水土保持建设; 黄河流域水资源保护与高效利用; 智慧黄河; 黄河流域水文水资源变化及对人类活动和气候变化的响应; 黄河流域典型河湖环境评价及水污染综合防治; 黄河流域水源地及排污口监督管理与布局优化; 黄河流域高质量发展与区域协调发展等。

2. 征稿时间: 即日起至 2021 年 6 月 30 日。

3. 论文格式: 同《水资源保护》正刊文章, 具体要求见 <http://jour.hhu.edu.cn/szybh/ch/index.aspx>。

4. 投稿网址: <http://jour.hhu.edu.cn/szybh/ch/index.aspx>, 投稿时请注明“黄河流域生态保护和高质量发展”专题征稿。

本刊编辑部