

# 淮河流域夏季旱涝前兆信号及预测

符芳兵, 薛联青, 任磊

(河海大学水文水资源学院, 江苏南京 210098)

**摘要:** 淮河流域旱涝频繁, 寻找旱涝前兆信号并建立预报机制意义重大。依据淮河流域 1968 - 2017 年的降水、太平洋海温和欧亚大陆范围内的 500 hPa 高度场资料, 利用改进的 Z 指数法评定了淮河流域近 50 年来夏季旱涝的等级, 寻找了影响流域降水的海温和大气压高度前兆信号, 以其为预测因子, 建立了流域夏季旱涝指标值预测的数学模型。结果表明: 淮河流域旱涝灾情严重, 呈现出南涝北旱的特征, 旱灾有微弱的下降趋势, 涝灾相反; 海温前兆信号关键区位于千岛群岛、菲律宾海域到中太平洋地区以及 Nino4 区, 500 hPa 高度场前兆信号关键区域分布于东西伯利亚山地、东欧和西西伯利亚平原以及西亚地区; 利用逐步回归法建立的方程, 具有较好的预测精度和实用性, 能够对淮河流域夏季降水的旱涝指数进行预测, 可为流域旱涝监控和预测提供支持。

**关键词:** 北太平洋海温; 500hPa 高度; 夏季旱涝前兆信号; 预测模型; 淮河流域

中图分类号: P426.616

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2019)01-0013-08

## Precursor signals and prediction of summer drought and flood in the Huaihe River Basin

FU Fangbing, XUE Lianqing, REN Lei

(School of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** It is of great significance to find the precursory signals and establish a forecasting mechanism of drought and flood for the Huaihe River Basin due to the frequent drought and flood. Based on the precipitation data of the Huaihe River Basin, the sea surface temperature (SST) of North Pacific and the geopotential height of 500 hPa in Eurasian continent from 1968 to 2017, the improved Z - index method was used to assess the grade of summer drought and flood in the Huaihe River Basin in the past 50 years. The precursory signals from SST and geopotential height of 500 hPa that can affect precipitation were found. A mathematical model has been established for forecasting summer drought and flood index values in the Huaihe River Basin. The results showed that the drought and flood in the Huaihe River Basin were severe. The drought had a weak downward trend, but the flood was reversed. The key areas of the SST signal were located in the Thousand Islands, the Philippine Sea to the Central Pacific and the Nino4 district. The key areas of the 500 hPa height field are distributed in the east of the Siberian Mountains, the Eastern European and Western Siberian plains, and the West Asia region. The equations established by the stepwise regression method had good forecasting accuracy and practicability, and can predict the drought and flood index of summer precipitation in the Huaihe River Basin. It also can be used for monitoring and forecasting drought and flood in the basin.

**Key words:** sea surface temperature(SST) of North Pacific; geopotential height of 500hPa; precursory signals of summer drought and flood; prediction model; Huaihe River Basin

收稿日期: 2018-08-11; 修回日期: 2018-09-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(51779074, 41371052); 水利部公益性行业专项(201501059); 江苏省水利科技项目(2017027)

作者简介: 符芳兵(1995-), 男, 陕西汉中, 硕士研究生, 研究方向为水文水资源。

通讯作者: 薛联青(1973-), 女, 新疆石河子, 博士, 教授, 研究方向为水文水资源。

## 1 研究背景

全球气候变暖会导致气象灾害的增加,如干旱、洪水、极端气温等<sup>[1]</sup>,某些地区更容易出现干旱和洪涝,尤其是北半球中高纬度的环球灾害带<sup>[2-3]</sup>。旱涝影响范围广,对人类生活威胁性大,世界各地对其风险管理问题高度关注,而旱涝的识别和早期预警是其首要任务之一<sup>[4]</sup>。在我国,华东和华中地区的旱涝受灾程度分别位居第一和第二<sup>[5]</sup>,而淮河流域是我国南北气候的过渡带,在黄河夺淮的影响下,旱涝频繁<sup>[6]</sup>,易发生旱涝急转事件<sup>[7]</sup>。因此,对该流域开展旱涝发生规律的识别以及前兆信号的研究,对确保农业生产安全、减小气象灾害的影响以及保障国民经济健康发展,实现人与自然的和谐发展有重要的意义。

众多学者研究表明海温和大气环流与旱涝有密切的关系,他们已经对我国华北和南方地区旱涝的气候背景特征及前兆信号进行了分析研究。例如,彭瑞等<sup>[8]</sup>讨论了西江流域夏季严重旱涝的气候背景及前兆强信号;周晋红等<sup>[9]</sup>探讨了山西春季降水与500 hPa环流场及太平洋海温场的异常关系;吴瑶<sup>[10]</sup>通过波包传播诊断(WPD)、EEOF、相关系数等方法对西南地区连旱事件的前兆信号进行了研究;王春学等<sup>[11]</sup>采用多锥度-奇异值分解等方法,研究了四川盆地区域性暴雨的时空变化特征,并对其前兆信号进行了初步探讨。他们大部分都选取了典型旱涝年份,分析同期海温和大气环流异常变化剧烈的区域,作为旱涝的前兆信号,很少从时间尺度上考虑旱涝发生前期降水与海温、大气环流变化的相关关系,也很少建立前兆信号与旱涝关系模型,因此难以进行旱涝的预测。

本文以旱涝频发的淮河流域为研究对象,采用改进的Z指数法,识别流域夏季旱涝,划分灾害等级,分析其时空变化规律和周期特征;计算研究区域50年来降水与北太平洋海温、大气环流变化的相关系数,从时空角度找出旱涝前兆信号出现的时间和地点;以这些前兆信号作为预测因子,利用逐步回归法建立旱涝指标值与预测因子的数学模型,进行旱涝指标值的预测。

## 2 资料及方法

### 2.1 研究区域概况

淮河流域地处中国东部,介于东经111°55'~121°25'、北纬30°55'~36°36'之间,跨河南、湖北、安

徽、江苏、山东五省,总面积约 $27 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。地形大体由西北向东南倾斜,流域西、南、东北部为山区和丘陵区,约占总面积的1/3,其余为平原、湖泊和洼地,约占2/3<sup>[12]</sup>。流域位于中国南北气候过渡带,属暖温带半湿润季风气候区,年平均气温在11~16℃,受特殊的地理位置和气候要素影响,旱涝频繁<sup>[7]</sup>。1949年至今,淮河流域在全流域或局部流域尺度上发生过洪涝灾害10多次,多年发生严重干旱,给人民生命财产安全造成了巨大的损失<sup>[13]</sup>。通过对降水资料的分析对比,选取了研究区域28个气象站点,区域范围与气象站点分布见图1。

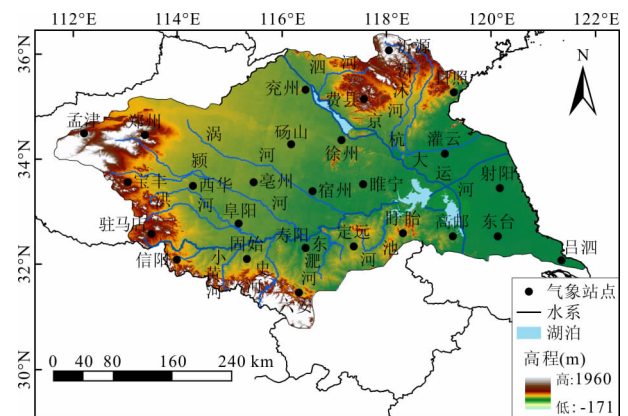


图1 淮河流域气象站点及水系分布图

### 2.2 数据来源

(1)气象资料来源于中国气象数据共享服务网提供的中国地面气候资料日值数据集(V3.0),选取了淮河流域28个气象站1968-2017年夏季(6、7、8月)的逐日降水资料。为保证资料的可靠性,在进行计算之前对其进行处理,包括缺测值的补充、异常值的剔除等。

(2)海温和500 hPa位势高度数据来源于美国国家海洋和大气管理局。其中海温数据集(COBE SST2 and Sea-Ice)为全球范围 $1^\circ \times 1^\circ$ 格点的海温,截取了北太平洋地区的数据。全球气压位势高度数据集(NCEP/NCAR再分析数据)精度为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ ,包括17个气压水平的位势高度,选取了欧亚大陆范围内的500 hPa气压对应的位势高度。

### 2.3 改进的旱涝评估方法

日降水量在时间上不服从正态分布,而采用服从Person III型正态分布的Z指数方法来拟合降水量,能得到较好的结果<sup>[14]</sup>。Z指数的大小可以反映旱涝的严重程度,但淮河流域范围较大,包含28个站点,考虑到旱涝的空间分布不均,同一时段各站的旱涝轻重程度不同,如果根据这些站点夏季降水平

均值计算整个流域的旱涝等级,势必会影响评价结果的准确性。参考鞠笑生等<sup>[15]</sup>的研究成果,对  $Z$  指数法做出了改进。

普通的  $Z$  指数法计算公式与旱涝等级划分标准如下:

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

式中: $C_s$  为偏态系数;  $J_i$  为第  $i$  年降水量标准化序列。其计算公式为:

$$C_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 / \sigma^3 \quad (2)$$

$$J_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (3)$$

式中: $x_i$  为第  $i$  年降水量,mm;  $\bar{x}$  为降水量平均值,mm;  $\sigma$  为降水量的均方差。根据上式计算出  $Z$  指数,确定不同的界限,划分旱涝等级,见表 1。

表 1  $Z$  指数的旱涝等级划分标准

$Z$ 值	等级	旱涝类型
$1.645 \leq Z$	1	重涝
$1.037 \leq Z < 1.645$	2	涝
$0.842 \leq Z < 1.037$	3	轻涝
$-0.842 \leq Z < 0.842$	4	正常
$-1.037 \leq Z < -0.842$	5	轻旱
$-1.645 \leq Z < -1.037$	6	旱
$-1.645 > Z$	7	重旱

改进的  $Z$  指数法是先利用式(1) 计算流域各个站点历年夏季降水的  $Z$  指数,再根据表 1 划分旱涝等级,然后统计出各个旱涝等级包含的站数,最后根据式(4) 计算整个流域的旱涝指标,根据表 2 划分淮河流域的旱涝等级。

$$L = 2n_1 + 1.5n_2 + n_3, G = n_5 + 1.5n_6 + 2n_7 \quad (4)$$

式中: $L$ 、 $G$  分别为雨涝指标和干旱指标;  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 、 $n_5$ 、 $n_6$ 、 $n_7$  分别为  $Z$  指数为 1、2、3、5、6、7 级的站数。系数 2 和 1.5 旱涝程度的权重,即重涝、重旱站数越多,则研究区域旱涝程度越严重。

表 2 淮河流域旱涝等级划分

指标	等级	类型
$L - G > 25$	1	重涝
$17.5 < L - G \leq 25$	2	涝
$8 < L - G \leq 17.5$	3	轻涝
$-8 \leq L - G \leq 8$	4	正常
$-17.5 \leq L - G < -8$	5	轻旱
$-8 \leq L - G < 17.5$	6	旱
$L - G < -25$	7	重旱

## 2.4 旱涝前兆信号识别与旱涝指数预测模型

根据降水与北太平洋海温、500 hPa 大气压高度的相关关系,从海温场和大气环流场中寻找淮河流域夏季旱涝的前兆信号,将其作为旱涝指标的预测因子,利用逐步回归法建立淮河流域夏季旱涝指标值与预测因子的数学模型。1968 - 1997 年为模拟期,1998 - 2017 年为验证期。具体实施步骤如下:

(1) 裁剪出北太平洋地区 ( $120^\circ\text{E} \sim 80^\circ\text{W}$ ,  $10^\circ\text{S} \sim 70^\circ\text{N}$ ) 1968 - 2017 年  $1^\circ \times 1^\circ$  格点的海温数据和欧亚大陆范围 ( $30^\circ\text{E} \sim 150^\circ\text{E}$ ,  $10^\circ\text{N} \sim 70^\circ\text{N}$ ) 1968 - 2017 年  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  格点的 500 hPa 气压对应的位势高度数据,这些数据为淮河流域夏季(6 - 8 月)前的月尺度数据。筛选出流域 1968 - 2017 年夏季降水数据。

(2) 根据公式(5) 计算每个格点的海温或 500 hPa 气压位势高度与降水的 Pearson 相关系数,利用 ArcGIS 软件进行空间插值,生成相关系数分布图。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

式中:变量  $x$  为降水量,mm;变量  $y$  为海温, $^\circ\text{C}$ ,或者 500 hPa 气压位势高度,gpm。

(3) 对相关系数进行显著性分析,挑选出通过 99%、95% 置信度的检验的区域作为淮河流域夏季旱涝的前兆信号关键区域。

(4) 以这些前兆信号作为流域夏季旱涝指标值的预测因子,其中海温预测因子用  $H$  表示,500 hPa 高度预测因子用  $D$  表示。建立旱涝指标值  $Y$  (对应于前文中的  $L - G$  值) 与  $H$ 、 $D$  的多元线性回归模型:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 H_1 + \beta_2 H_2 + \dots + \beta_m H_m + \alpha_0 + \alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 + \dots + \alpha_m D_m + \varepsilon \quad (6)$$

式中: $\beta_0$ 、 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\dots$ 、 $\beta_m$  和  $\alpha_0$ 、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_m$  为回归系数; $\varepsilon$  是遵从正态分布( $N, \sigma^2$ ) 的残差。

将旱涝指标,海温和或 500 hPa 气压位势高度数据代入公式(6),角标  $n$  和  $m$  分别代表年份和第  $m$  个预测因子,得到如下结构式:

$$\begin{cases} y_1 = \beta_0 + \beta_1 h_{11} + \dots + \beta_m h_{1m} + \alpha_0 + \alpha_1 d_{11} + \dots + \alpha_m d_{1m} + \varepsilon_1 \\ y_n = \beta_0 + \beta_1 h_{n1} + \dots + \beta_m h_{nm} + \alpha_0 + \alpha_1 d_{n1} + \dots + \alpha_m d_{nm} + \varepsilon_n \end{cases} \quad (7)$$

求解出各项回归系数  $\beta$  和  $\alpha$  以及残差  $\varepsilon$  后,对回归效果进行统计检验,回归效果符合要求时,就可以利用回归方程对流域降水旱涝指标值进行模拟预测。

### 3 结果与分析

#### 3.1 旱涝的识别与特征分析

3.1.1 旱涝等级评价与发展趋势 利用上述改进的Z指数法计算了近50年来淮河流域降水的干旱指标和雨涝指标,并对其进行旱涝等级的划分(图2)。其中正常年份占总年份46%,雨涝年份占26%,干旱年份占28%,淮河流域旱涝严重。

从淮河流域夏季旱涝类型可以看出,1978、1988、1999和2014年为严重干旱年份,1991、2003、2005和2007年为严重洪涝年份。1978年,黄淮海流域发生特大旱,5月初仅山东、山西、河北三省受旱面积就达 $881.46 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,其中山东 $500 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,9月初,安徽、江西、江苏三省受旱面积 $336.66 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,其中安徽农作物枯死 $16.66 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。1988年6-7月中旬,鄂北、皖中、苏北地区发生重旱,湖北到7月底受旱农田面积达 $286.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,100余万人饮水困难。1999年6-9月,长江以北地区出现罕见的大旱,武汉36万人饮水告急,安徽境内淮河干流几乎断流。2014年6-8月,黄淮等地区持续高温少雨,淮河上中游来水偏少7-8成,主汛期发生严重夏伏旱<sup>[18]</sup>。1991年5-7月梅雨期间,受暴雨和大风袭击,淮河流域冬小麦大面积倒伏,部分农田出现渍涝,仅河南、安徽、江苏等地受灾农作物就达 $200 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。2003年,淮河流域发生了新中国成立以来仅次于1954年的大洪水,洪涝受灾面积达 $384.69 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,成灾面积 $259.14 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,绝收面积 $112.95 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,受灾人口 $3729.7 \times 10^4$ 人,因灾死亡29人,倒塌房屋 $75.7 \times 10^4$ 间,直接经济损失 $285.8 \times 10^8$ 元。2005年7月,淮河上游发生较大洪水,淮河支流洪汝河发生大洪水,淮北中南部及江淮北部大部分地区降雨量达200~400mm,仅安徽省受灾人口达 $797.9 \times 10^4$ 人,农作物受灾面积 $80.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,绝收 $19.0 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,倒塌房屋 $2.14 \times 10^4$ 间,直接经济损失 $23.72 \times 10^8$ 元。2007年,我国气候异常,降雨分布不均,东部地区呈中间多、南北少的态势,淮河流域降雨偏多,发生流域性大洪水,沿淮河南、安徽、江苏三省,洪涝受灾面积 $257.70 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,其中因涝农作物受灾面积 $236.70 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,洪涝受灾面积的91.8%。

图2反映了淮河流域夏季旱涝指标及对应的旱涝等级随时间的变化。从图2中可以看出,淮河流域夏季旱指标呈下降趋势,下降速率为 $-0.44/10\text{a}$ ,涝指标呈上升趋势,上升速率为 $0.03/10\text{a}$ 。这也印证了全球气候变暖,降水量增多这一观点。虽然旱涝指标

线性趋势变化很小,但涝灾年代间变化大,具有周期性,从80年代中期到90年代末,淮河流域夏季干旱发生频率高,90年代中期到2010年左右洪涝严重。

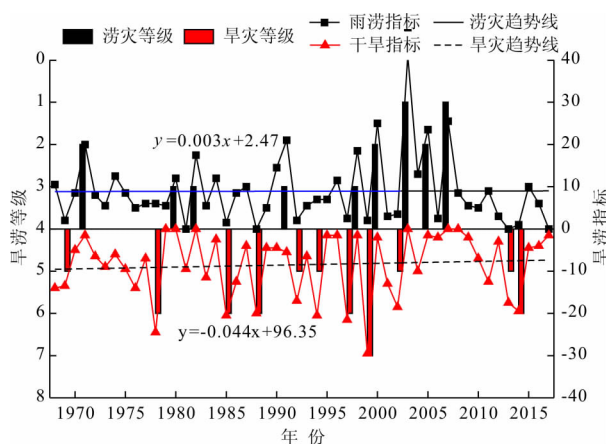


图2 淮河流域夏季旱涝指标及旱涝等级变化

3.1.2 旱涝的空间分布 由淮河流域旱灾频率空间分布图(图3(a))可知,淮河流域整体上干旱频率中部低,东西两边高,其中安徽北部地区干旱频率最低。以秦岭-淮河线为界,淮河以北地区干旱频率较高,17个站的干旱频率均值达25%,淮河以南地区干旱频率均值为23.8%。28个站点中有4个站干旱频率达30%以上,有11个站干旱频率达25%以上。山东的兖州地区和江苏的射阳地区干旱频率最高,达32%,河南的郑州、西华和江苏的高邮地区干旱频率最低,都在17%左右。

从淮河流域涝灾频率空间分布图(图3(b))可以看出,河南信阳地区和山东费县地区雨涝频率最高,分别为32%和30%,安徽亳州地区和江苏东台地区雨涝频率最低,分别为18%和16%。28个站中虽然只有2个站雨涝频率在30%以上,但在25%以上的有15个站。秦岭-淮河线以北地区平均雨涝频率为24%,淮河以南地区为25.3%。在河南省东南部,山东省西南部,江苏省北部形成了3个明显的雨涝高值区,而安徽地区各站的雨涝频率都比较均匀。

总体来说,淮河流域呈现出南涝北旱的特征,但旱涝频率差别不大。全流域平均雨涝频率大于干旱频率,分别为24.6%和24.3%。河南信阳地区干旱和雨涝频率都很高,说明该地区降水量年际间变化相差大,应该特别注意旱涝和用水安全。河南西华地区旱涝频率均比较低。

#### 3.2 旱涝前期海温、大气环流信号

3.2.1 北太平洋海温关键区和关键时段 从淮河流域夏季降水与前期各月北太平洋海温的相关关系



出发,从空间尺度上寻找出海温关键区,从时间尺度上寻找出海温关键时段。图 4 给出了淮河流域夏季降水与前期(上一年 12 月 - 本年 5 月)各月海温场

的相关系数分布。本文原本从上一年 9 月份开始研究淮河流域夏季降水与海温的关系,但上一年 12 月之前的相关系数不显著,图略。

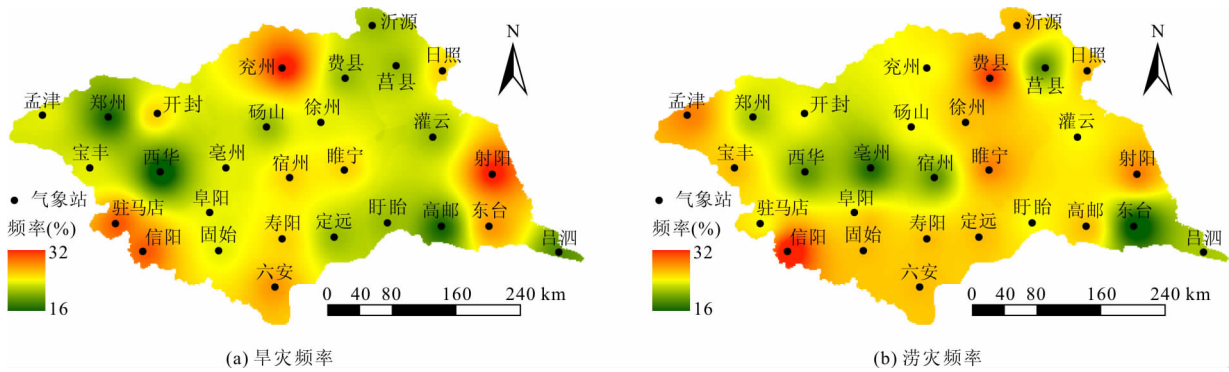


图 3 淮河流域旱涝频率空间分布

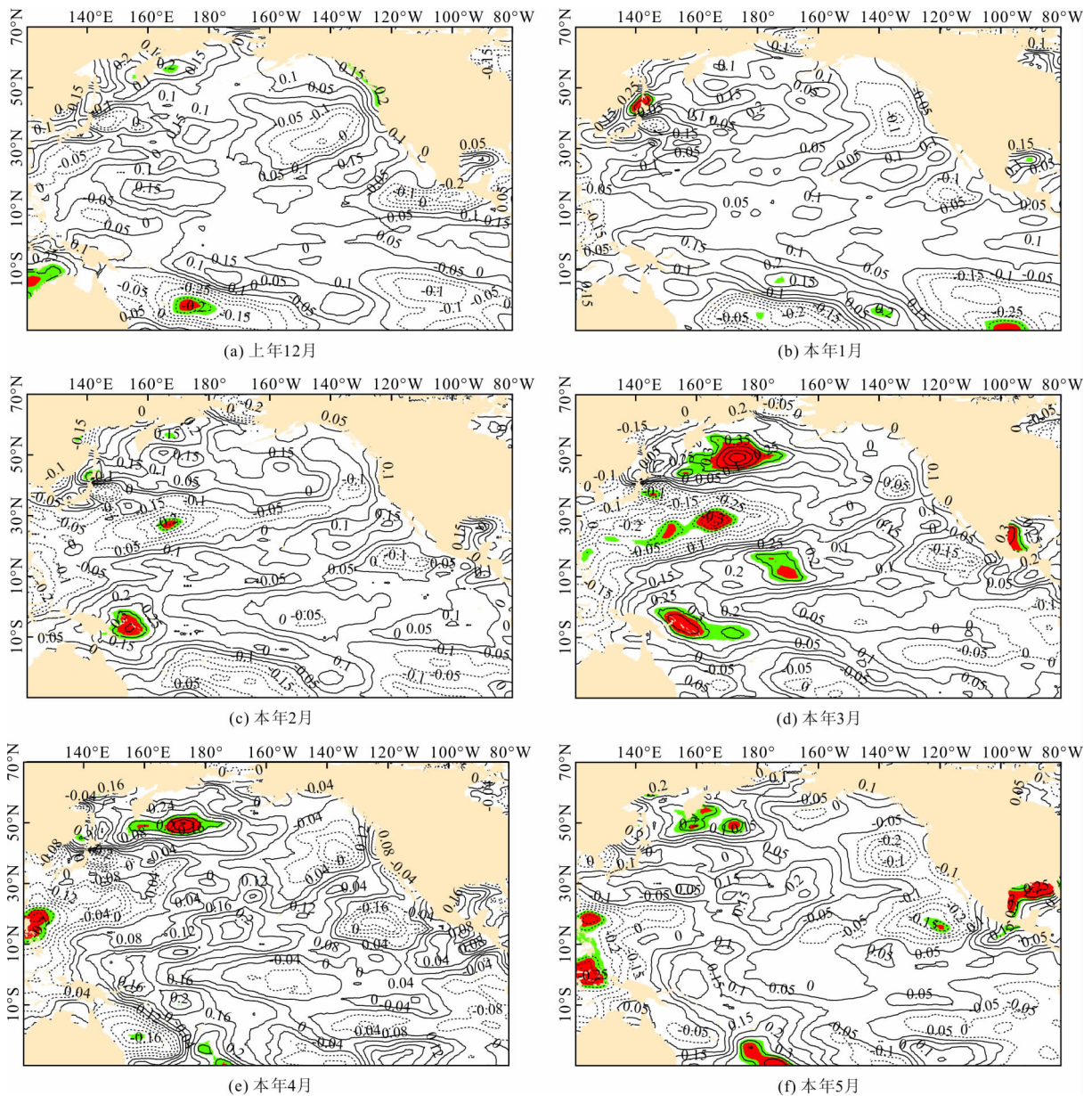


图 4 淮河流域夏季旱涝与海温场的相关系数分布(红色和绿色分别代表通过 99%、95% 置信度的检验)

总体来说从上一年12月到本年5月,北太平洋海温与淮河流域夏季降水相关性越来越高,相关区域也越来越大。上一年12月,赤道西南太平洋出现了显著的负相关区域,千岛群岛附近出现正相关区域;1月开始,千岛群岛附近的显著性增加,正相关区域面积也增大;2月开始,南部赤道附近的Nino4区出现显著的正相关区域;3月份,千岛群岛附近,中太平洋地区和Nino4区的显著性达到最大,相关区域面积也达到最大;4月到5月中太平洋地区的负相关区域逐渐向西南移动,到达菲律宾海附近。海温关键区域大致都分布于 $180^{\circ}$ 经线以西的西太平洋地区。从北部的千岛群岛附近,到中部的菲律宾海附近,到南部赤道附近的Nino4区,相关系数呈“+ - +”的分布结构。在3、4和5月份这一规律更加明显,这个3个月相关程度最高,相关区域也最大,因此以这3个月作为海温关键时段。

3.2.2 500 hPa 高度场关键区和关键时段 为了从大气环流方面找出影响淮河流域旱涝发生的关键区域和关键时段,与海温相同,研究了夏季降水与前期(上一

年12月-本年5月)各月500 hPa 高度场的相关性。图6给出了欧亚大陆范围内各月500 hPa 高度场与淮河流域夏季降水的相关系数分布。

由图5可知,上一年12月份,东欧平原地区的500 hPa 高度场与淮河流域夏季降水为显著的负相关关系,西西伯利亚一带出现显著的正相关区域;1月份,西亚地区出现显著的正相关区域;2月份开始,东西伯利亚地区变成了正相关区域;3月份,西北太平洋地区出现显著的负相关区域;4月份,东欧平原地区的负相关区域已变成显著的正相关区域,西亚地区的正相关区域也变成了负相关区域,而东西伯利亚一带的正相关区域依旧显著;5月份,西亚地区的负相关区域向东移动,而西亚以西的地中海地区出现显著的正相关区域,东西伯利亚一带的正相关区域显著性达到最强。从相关关系的移动方向来看,可以总结一个规律:从上一年12月份开始,东欧平原500 hPa 高度场的负相关区域逐渐向东南方向移动,东西伯利亚一带的正相关区域逐渐向西移动,且越来越显著。

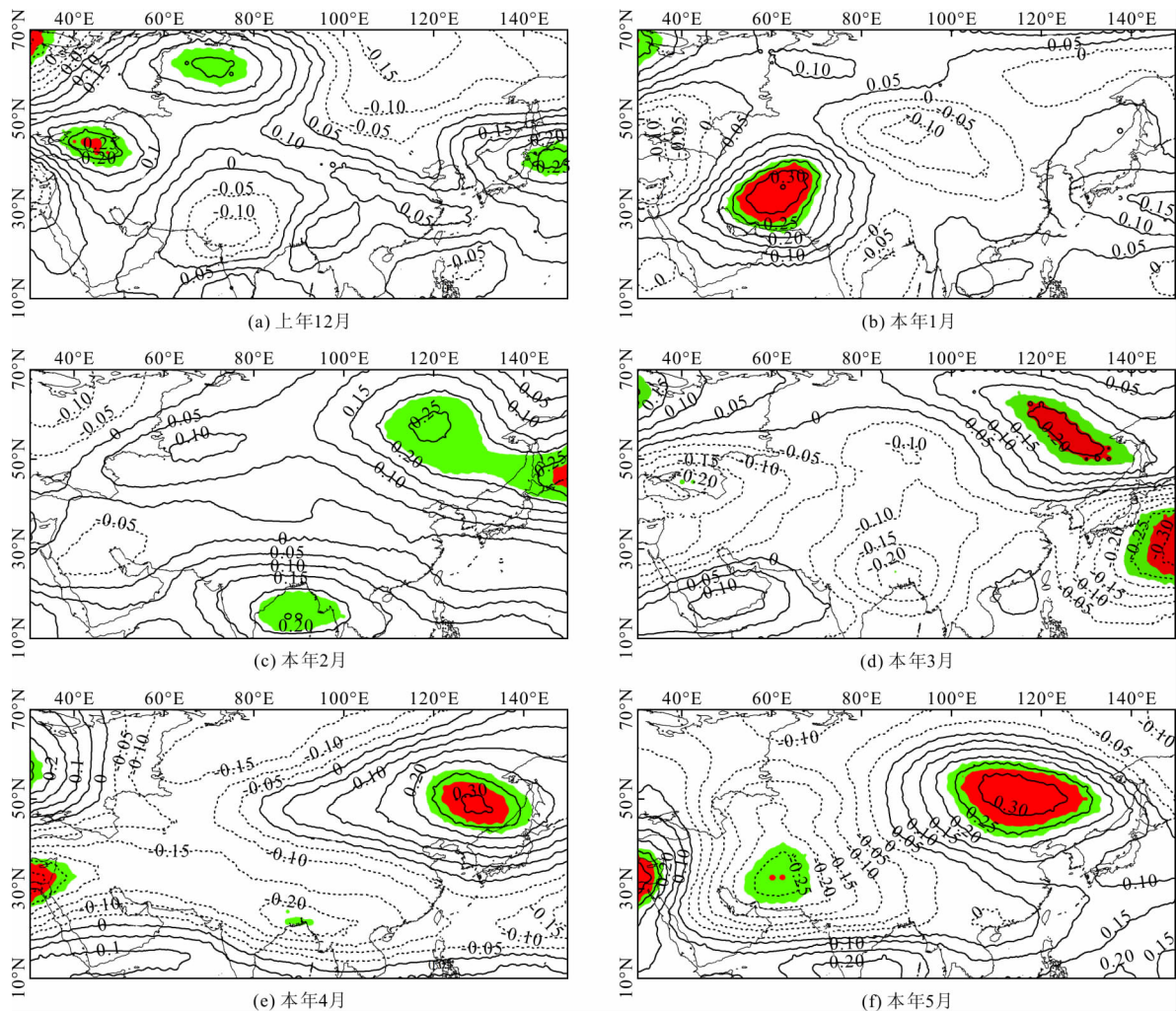


图5 淮河流域夏季旱涝与500 hPa 高度场的相关系数分布(红色和绿色分别代表通过99%、95%置信度的检验)



对图 5 的分析可知影响淮河流域夏季旱涝的 500 hPa 高度场关键区域大致分布于东西伯利亚山地、东欧和西西伯利亚平原以及西亚地区。旱涝与前期各月 500 hPa 高度场都有一定的相关性,但在 3-5 月份相关系数分布相似,也比较稳定,与海温相同,以这 3 个月为 500 hPa 高度场关键时段。

### 3.3 旱涝的预测模型及效果检验

3.3.1 预测因子的选取结果 前一小节分析了影响淮河流域夏季降水的海温和大气环流方面的前兆信号,得到 8 个海温和 500 hPa 气压高度关键区域,以其作为流域夏季降水预测因子,前期关键时段(3、4 和 5 月)各月的预测因子不同,见下表 3。

表 3 旱涝的预测因子

3 月			4 月和 5 月		
因子符号	经纬度	因子名称	因子符号	经纬度	因子名称
H <sub>1</sub>	160E-180E;45N-55N	西北太平洋海温	H <sub>1</sub>	160E-180E;45N-55N	西北太平洋海温
H <sub>2</sub>	150E-170E;20N-35N	中太平洋海温	H <sub>4</sub>	120E-130E;5S-20N	菲律宾海海温
H <sub>3</sub>	150E-160E;5S-5N	Nino4 区海温	H <sub>5</sub>	175E-170W;20S-30S	南斐济海盆海温
D <sub>1</sub>	100E-140E;45N-65N	东西伯利亚 500hPa 高度	D <sub>1</sub>	100E-140E;45N-65N	东西伯利亚 500hPa 高度
D <sub>2</sub>	30E-50E;60N-70N	东欧平原 500hPa 高度	D <sub>3</sub>	30E-50E;30N-40N	西亚 500hPa 高度

3.3.2 旱涝的逐步回归预测效果 利用选取的关键时段(3、4 和 5 月)各月的预测因子,使用 SPSS 统计软件建立淮河流域夏季旱涝指标值 ( $L-G$ ) 预测线性模型。其模型方程如下:

3 月:

$$Y_1 = 0.541H_1 - 6.441H_2 + 18.619H_3 + 723.265D_1 + 485.982D_2 - 6792.057 \quad (8)$$

4 月:

$$Y_2 = 1.115H_1 - 64.806H_4 + 37.276H_5 - 6448.784D_1 + 5496.505D_3 + 4260.61 \quad (9)$$

5 月:

$$Y_3 = 3.206H_1 - 18.555H_4 + 3.155H_5 - 232.083D_1 + 9583.62D_3 - 53416.032 \quad (10)$$

其中海温的单位为℃,500 hPa 气压高度的单位为  $10^3 \text{ gpm}$ 。

根据模型方程模拟出淮河流域夏季降水旱涝指数,与实际计算值进行对比发现(图 6、7),模拟期和验证期内 4、5 月份的模型方程较 3 月份模拟效果好,能够拟合出绝大部分极值。由 F 检验临界值表查出,  $F_{0.01}(5,30) = 3.70$ ,3 月、4 月、5 月模型方程的 F 检验值分别是  $F_1 = 4.2$ 、 $F_2 = 9.6$ 、 $F_3 = 7.8$ ,均大于  $F_{0.01}$ 。所以建立的预测方程是显著的,方程式是可行的。用复相关系数检验模型方程的优劣,3 个模型方程的在模拟期和验证期的复相关系数(表 4)均在 0.7 以上,表明模型的适用性也较好。

综上所述,淮河流域夏季降水的旱涝指数可以用前期 3、4 和 5 月 3 个模型方程及其预测因子进行预测,而 4、5 月份的模型方程最为准确。

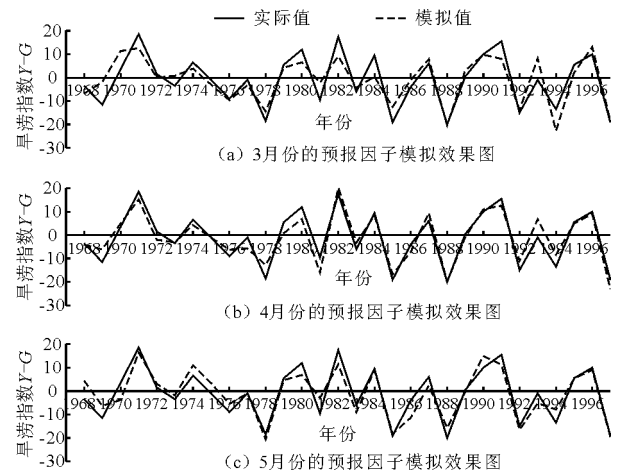


图 6 模拟期淮河流域 1968-1997 年夏季降水旱涝指数模拟效果图

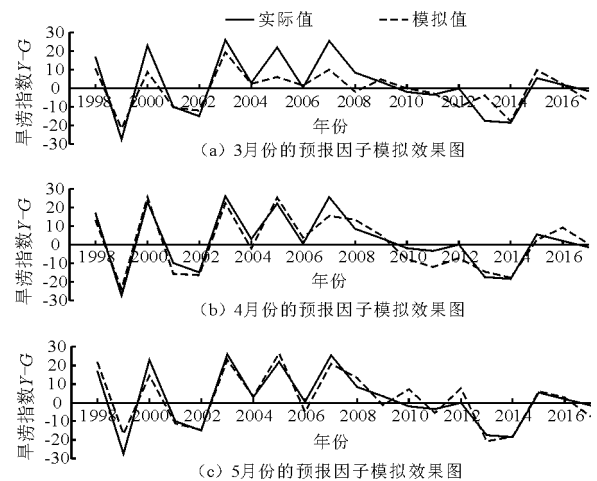


图 7 验证期淮河流域 1998-2017 年夏季降水旱涝指数模拟效果图

表4 回归方程的效果检验

预测模型	时间	复相关系数 $R$
$Y_1$	模拟期(1968-1997年)	0.737
	验证期(1998-2017年)	0.713
$Y_2$	模拟期(1968-1997年)	0.874
	验证期(1998-2017年)	0.862
$Y_3$	模拟期(1968-1997年)	0.833
	验证期(1998-2017年)	0.823

## 4 结论与讨论

利用改进的Z指数法对淮河流域近50年来旱涝等级进行了评估,根据逐步回归法建立了旱涝指标值的预测模型,得出以下主要结论:

(1)旱涝等级评价结果中的严重旱涝年份与淮河流域历史旱涝年份是对应的,说明评估方法较为准确。

(2)淮河流域旱涝灾害年份占总年份的54%,旱涝灾情严重,呈现出南涝北旱的特征,河南信阳地区干旱和雨涝频率都很高,河南西华地区旱涝频率均比较低。流域夏季旱指标下降速率为-0.44/10a,涝指标上升速率为0.03/10a,周期变化以1990年为界限。

(3)影响淮河流域夏季旱涝的海温关键区大都分布于180°经线以西的西太平洋地区,从南到北分别为千岛群岛,菲律宾海到太平洋中部,Nino4区。500 hPa高度场关键区大致分布于东欧平原和西西伯利亚平原、东西伯利亚山地以及西亚地区。3、4和5月份是海温和500 hPa高度场信号的关键时段。

(4)利用逐步回归法建立的方程,具有较好的预测精度和实用性,能够对淮河流域夏季降水的旱涝指数进行预测,其预测结果将在今后的实际工作中得到进一步检验。

### 参考文献:

[1] ALEXANDER L V, ZHANG X, PETERSON T C, et al.

Global observed changed in daily climate extreme of temperature and precipitation[J]. Eos Transactions American Geophysical Union, 2006,111:1-22.

- [2] 方海义,杨书运. 一次北半球中高纬度地区冬季气象灾害分析[J]. 高原气象,2012,31(3):723-730.
- [3] 史培军. 灾害系统复杂性与综合防灾减灾[J]. 中国减灾,2014(21):20-21.
- [4] 周波涛,於 珺. 管理气候灾害风险推进气候变化适应[J]. 中国减灾,2012(3):18-19.
- [5] 姚亚庆,郑粉莉,关颖慧. 近60年我国旱涝灾情时空特征分析[J]. 干旱地区农业研究,2017,35(1):228-232+263.
- [6] 颜 敏,方国华,闻 昕,等. 基于可变模糊理论的气象干旱风险评价模型[J]. 水资源与水工程学报,2018,29(1):236-241.
- [7] 王 胜,田 红,丁小俊,等. 淮河流域主汛期降水气候特征及“旱涝急转”现象[J]. 中国农业气象,2009,30(1):31-34.
- [8] 彭 端,温坚培,唐 洁. 西江流域夏季严重旱涝的气候背景及前兆强信号[J]. 广东气象,2006(3):27-30.
- [9] 周晋红,荆肖军,任慧龙,等. 山西春季降水与500 hPa环流场及太平洋海温场异常的关系[J]. 高原气象,2012,31(2):470-476.
- [10] 吴 瑶. 西南地区持续性气象干旱事件次季节尺度前兆影响信号特征的研究[D]. 成都:成都信息工程学院,2013.
- [11] 王春学,马振峰,王佳津,等. 四川盆地区域性暴雨时空变化特征及其前兆信号研究[J]. 气象,2017,43(12):1517-1526.
- [12] 潘扎荣,郭东阳,唐世南. 淮河流域径流时空变化特征分析[J]. 水资源与水工程学报,2017,28(5):8-14.
- [13] 高 超,陈 实,翟建青,等. 淮河流域旱涝灾害致灾气候阈值[J]. 水科学进展,2014,25(1):36-44.
- [14] 王学哲,孙才志,曹永强. 基于修正Z指数的黑龙江省旱涝时空特性分析[J]. 水电能源科学,2017,35(10):1-4.
- [15] 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.
- [16] 段海霞,王素萍,冯建英. 2014年全国干旱状况及其影响与成因[J]. 干旱气象,2015,33(2):349-360.