

影响长江流域异常旱涝的因子分析

魏凤英 张先恭

(中国气象科学研究院天气动力所,北京,100081)

提 要

用相关矩分析方法,研究了赤道东太平洋海温等因子与长江流域夏季旱涝之间的关系及各因子在旱涝形成中的贡献。结果表明,所选因子的前期异常变化,对长江流域夏季降水都有不同程度的影响。它们之间的关系主要通过异常旱涝年反映出来,且海温、南方涛动指数和西太平洋副高与旱涝的相关具有一定的持续性。因子综合分析表明,前期赤道东太平洋海温、南方涛动指数、西太平洋副高及长江区*温度在长江流域旱涝形成中贡献较大。

一、引 言

长江流域旱涝预报是我国长期预报研究的重要内容之一。近年来,在长江流域旱涝形成因子的研究方面,取得了一些有意义的结果。但这些结果大多数都是单个因子与旱涝之间的相关。由于旱涝的形成是许多因子造成的,且这些因子在发展过程中相互作用、相互影响。因此,不仅要找出影响旱涝形成的因子,还要弄清各个因子在旱涝形成过程中的贡献,才能找出造成异常旱涝的主要因素,以加深对旱涝形成物理基础的认识、提高旱涝预报的准确率。本文选取一些对长江流域旱涝有影响的物理因子,研究了它们与长江流域旱涝之间的关系及各因子在旱涝形成中的贡献。

二、长江流域旱涝指数

本文沿用文献[1]的方法,对1951—1987年5—9月长江流域36个站降水距平百分率进行EOF分解,其第一特征向量占总方差的36%,第二特征向量占13%,其余各项均在7%以下。可见,第一特征向量的方差贡献比较突出。第一特征向量(图1)的各分量除成都、雅安、丽江和大理4站外均为正值,正值中心在长江下游地区。特征向量为同一符号的地区可能出现大范围多雨或少雨。为了研究长江流域大范围降水的主要趋势,本文用第一特征向量的主分量序列(图2)作为表征长江流域旱涝的指数。

1990年10月25日收到,12月28日收到修改稿。

*来自中央气象台长期科划区规定。

由于第一特征向量的各分量(成都等四站除外)几乎全部为正值,因此该向量对应的主分量(平均值为0,均方差 σ 为97.20)正值表示多水,负值则表示降水偏少。以均方差 $\pm 1\sigma$ 为标准,由图2可以确定1951—1987年间的6个大涝年(1954、1956、1969、1973、1980和1983年)和4个大旱年(1966、1976、1978和1981年),本文称这些年份为长江流域的异常旱涝年,与文献[2]的结果是一致的。

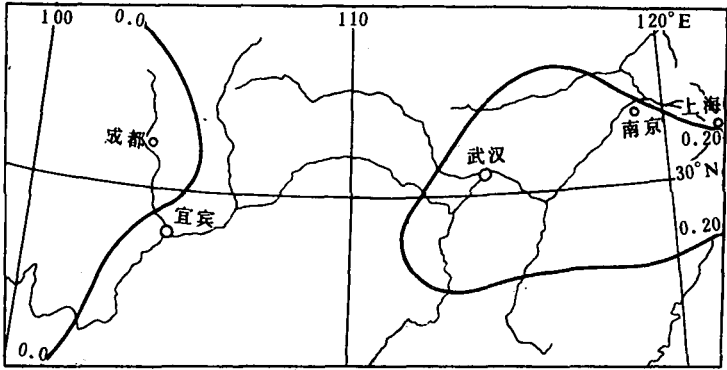


图1 长江流域降水的第一特征向量

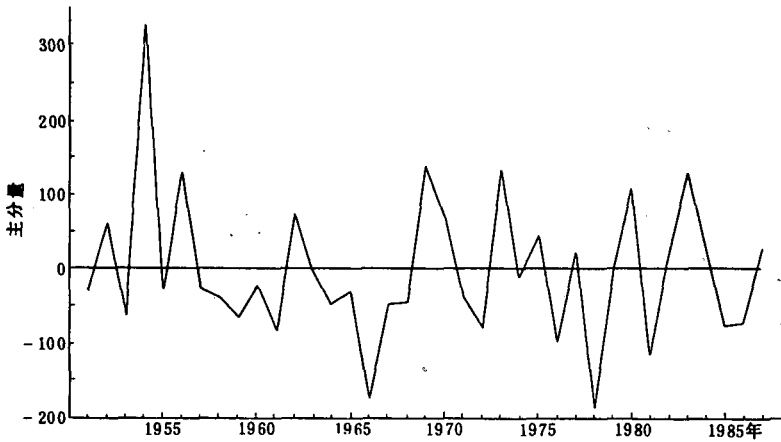


图2 第一特征向量的主分量变化曲线

三、影响旱涝的因子分析

1. 资料和方法

用提取的1951—1987年5—9月降水距平第一特征向量的主分量作为长江流域旱涝指数。采用相关矩分析方法研究物理因子的前期变化对长江流域异常旱涝的影响^[3]。

物理因子选取旱涝前期赤道东太平洋地区(0° — 10° S, 180° — 90° W)海温(SST)、南方涛动指数(SOI)、西太平洋副高面积指数(GM)、欧亚纬向环流指数(I_z)、欧亚经向环流指

数(I_M)、长江区温度等级(TC)、太阳黑子数(SI)和地球自转速率(ER)。上述因子除太阳黑子和地球自转速率用年平均序列外,其余均用夏季(前一年6—8月)、秋季(前一年9—11月)、冬季(前一年12月—当年2月)和春季(当年3—5月)的平均序列,所用资料由国家气象中心提供。

设旱涝指数序列

$$x_0(t) = \{x(1), x(2), \dots, x(N)\} \quad (1)$$

和 M 个因子序列

$$x_i(t) = \begin{pmatrix} x_1(1) & x_1(2) & \dots & x_1(N) \\ x_2(1) & x_2(2) & \dots & x_2(N) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_M(1) & x_M(2) & \dots & x_M(N) \end{pmatrix} \quad (2)$$

N 为序列长度。 $x_0(t)$ 与 $x_i(t)$ 间的相关矩定义为:

$$C_i(t) = x'_0(t)x_i(t) \quad (3)$$

这里

$$x'_0(t) = \frac{x_0(t) - \bar{x}_0}{\sigma_0}, \quad x'_i(t) = \frac{x_i(t) - \bar{x}_i}{\sigma_i}$$

即 $x'_0(t)$ 和 $x'_i(t)$ 为标准化处理序列。 σ_0 和 σ_i 分别为 $x_0(t)$ 和 $x_i(t)$ 的标准差。

显而易见, $C_i(t)$ 表示 x_0 与第 i 个因子 x_i 间 t 时刻的相关程度, $C_i(t)$ 的符号表示相关的性质。

由(3)式得到的长江流域旱涝指数与上述因子间的相关矩,表示了旱涝与因子逐年的相关状况。相关矩的标准差大多接近 1.0,它反映了相关矩的变化幅度。这里以相关矩绝对值 ≥ 1.0 作为相关显著的标准。

2. 各因子与长江流域旱涝指数相关矩的特征分析

(1) 赤道东太平洋海温 从四季海温与长江流域旱涝之间相关矩曲线(图 3),可以看到:①相关矩的年际变率较大,尤其夏秋两季最明显,春季相对小些;②各季相关矩虽不尽相同,但相关矩绝对值大的年份大致相同,说明各季海温与旱涝相关关系具有一定的持续性;③海温与旱涝的关系既有正相关(1954、1973、1976 和 1983 年),也有反相关(1956 和 1966 年)。说明前期海温与旱涝的关系不是简单的正线性相关关系。

按给定的标准选出四季海温与旱涝相关显著的年份。表 1 给出这些年份及所对应的厄尔尼诺或反厄尔尼诺出现的起讫时间^[4]。值得注意的是,相关显著的 8 年均为上面对应的异常旱涝年,无一例外。说明前期赤道东太平洋海温变化,对长江流域异常旱涝的发生有明显的影 响。而且在异常旱涝发生的当年或前一、二年又都是厄尔尼诺或反厄尔尼诺年。这一统计事实再次证明,前期海温的异常会导致长江流域大范围旱涝的发生。从表 1 看出:①秋季海温与旱涝相关显著的年份最多,其次是夏季和春季;②在旱涝发生的前一年夏季就开始出现海温异常,可持续到当年冬季,但在最临近的春季反而不明显了(参看图 3)。

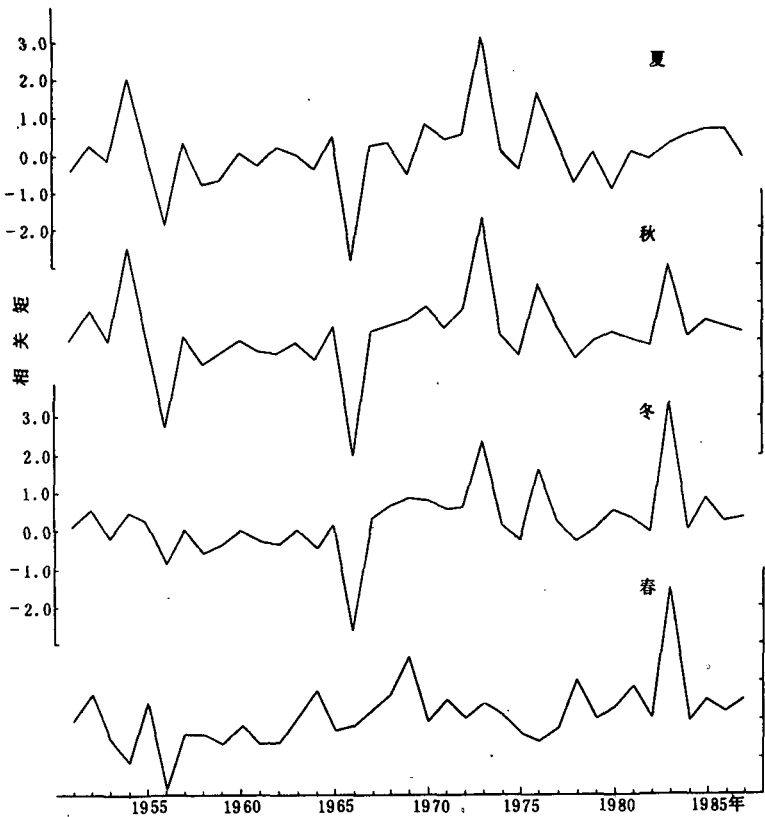


图3 四季海温与长江流域旱涝相关矩变化曲线

表1 相关显著年份的相关矩符号及厄尔尼诺或反厄尔尼诺起讫时间

年份	夏季	秋季	冬季	春季	厄尔尼诺或反厄尔尼诺起讫时间(年,月)
1954	+	+		-	▲1953,4—1953,10
1956	-	-		-	●1954,6—1956,7
1966	-	-	-		▲1965,5—1966,3
1969				+	▲1968,10—1970,1
1973	+	+	+		▲1972,6—1973,3
1976	+	+	+		●1975,5—1976,3
1978				+	▲1976,6—1977,3
1983		+	+	+	▲1982,9—1983,9

注:▲为厄尔尼诺 ●为反厄尔尼诺

(2) 南方涛动指数 南方涛动指数与长江流域旱涝指数相关显著的年份除1972年外,均为异常旱涝年,各季相关状况与海温大体相似(表略)。

(3) 副高面积指数 副高面积指数与长江流域异常旱涝年份的相关也是比较显著的。从表2所列各季相关显著的年份看出:①春季的副高与旱涝的关系最明显,其次是秋、冬季;②副高与旱涝的相关关系在某些年份亦有较好的持续性。例如:1973、1976和1978

年相关显著,从前一年秋季出现一直持续到当年春季;③从相关矩符号来看,副高与旱涝也不呈简单的线性相关关系。前期较强的副高既可以引起异常干旱亦可发生异常洪涝。

从表 2 中还可以看到,海温和南方涛动反映不明显的 1980 年和 1981 年这两个异常旱涝年,副高(夏秋和春季)都有强烈的反映,与文献[5]的结论是一致的。说明前期副高变化异常是导致这两年异常旱涝的因素之一。事实上,1979 和 1980 年夏秋及 1980 和 1981 年春季的副高都非常强。尤其 1980 和 1981 年的前一年夏季和当年春季的副高面积指数比多年平均值高出 50%—80%,是 1951 年以来少见的。

表 2 GM、 I_2 、TC、SI、ER 与旱涝相关显著年份相关矩

年份	GM($C_i(t)$)				$I_2(C_i(t))$				TC(春季)			SI	ER
	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	等级	旱涝	$C_i(t)$	$C_i(t)$	$C_i(t)$
1954		+		-	-	-	-	-	3.93	涝	+	-	+
1956	-		-			+	-		3.77	涝	+		+
1959					+								
1961					-			-					
1962					+				3.80	涝	+		
1966	+		-		-		-		2.73	旱	+	+	-
1969		-	-	+	-		-	+	2.57	涝	-		-
1970									3.97	涝	+		
1972					+								+
1973	-	+	+	+			+		2.60	涝	-		-
1976		+	+	+	+			+	3.67	旱	-	+	+
1978		-	-	-	-	-						+	+
1980	+	+		+				-	3.77	涝	+	+	-
1981	-	-		-	+		+	-	2.57	旱	+	-	
1983			+	+	-	+	+		2.70	涝	-	+	
1985							+						

(4) 欧亚纬向环流指数 这一指标除与异常旱涝年有较明显的相关外,对偏旱偏涝的 1961、1962、1972 和 1985 年也有反映。从表 2 第 3 栏看出旱涝前期各季纬向环流指数与旱涝的相关。夏季最显著,秋季最差,可见这一因子与旱涝的相关没有明显的持续性。

(5) 欧亚经向环流指数 欧亚经向环流指数与旱涝的相关主要反映在前一年夏季,其次是秋季,这与纬向环流指数有所不同(表略)。这一指标与旱涝的相关也没有明显的持续性。

(6) 长江区温度等级 尽管前期冬、夏和秋季长江区温度等级与旱涝之间的相关有些年份是显著的,但是它们之间的关系比较杂乱。唯有春季的温度与旱涝有较清晰的关系(表 2 第 4 栏)由此可见温度与旱涝基本上为正线性相关关系,即前期本地区温度低,夏季则易出现洪涝,反之亦然,而且反映在汛期最临近的春季。

(7) 太阳黑子和地球自转速率 前期太阳黑子和地球自转速率与长江流域异常旱涝

亦有明显的相关(表 2 第 5 栏和第 6 栏)。太阳黑子与旱涝间有 7 年相关是显著的(1954、1966、1976、1978、1980、1981、1983 年),其中 5 年是正相关,可见两者间基本呈正相关关系。地球自转速率与旱涝间有 9 年相关显著(1954、1956、1966、1969、1972、1973、1976、1978、1980 年),但相关性不太明朗。

3. 因子的综合分析

由上述因子各季序列(共 26 个)与 10 个异常旱涝年的相关矩构成一新的相关矩场,对这个场进行主分量分析,利用前几个主分量研究各个因子在旱涝形成中的贡献。表 3 为前 10 个主分量的方差贡献及累积方差贡献。从表中看出,第 1、2 主分量的方差贡献分别占总方差的 37%和 30%,前两个主分量的累积方差为 67%,前 10 个主分量的累积方差接近 100%。这意味着,上述诸多因子完全可以由这 10 个综合指标所替代。

表 3 前 10 个主分量的方差贡献及累积方差贡献

主分量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
方差(%)	37	30	11	5	5	4	3	2	2	1
累积方差(%)	37	67	78	83	88	92	95	97	99	100

考虑到前 4 个主分量已解释总方差的 83%,因此我们只需计算 26 个因子序列与前 4 个主分量序列之间的相关系数,以此对各因子在旱涝形成中的贡献作综合分析。由于各因子与第 4 个主分量的相关系数的显著性检验均未达到 0.05 信度(0.58),因此表 4 只给出各因子与前 3 个主分量超过 0.05 信度检验的相关系数。

表 4 各因子与主分量的相关系数

主分量	SST				SOI				GM				I _z			
	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春
第 1 主分量	0.86	0.92	0.76		-0.97	-0.95	-0.77		0.67	0.76						
第 2 主分量			-0.63	-0.66		0.61	0.65			-0.60	-0.78			-0.82	-0.69	-0.63
第 3 主分量									-0.61							

主分量	I _m				TC				SI				ER			
	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春
第 1 主分量	0.83							-0.66		-0.63						
第 2 主分量			0.75	0.90	0.64										0.81	
第 3 主分量								-0.78	-0.69							

从表 4 看出,在 26 个序列中有 4 个与其中的两个主分量相关系数超过信度,按相关系数绝对值的平均值大小排列依次为:冬季 SST(0.695)、冬季 SOI(0.690)、冬季 GM(0.680)和春季 TC(0.675)。其余因子按相关系数绝对值大小排列依次为:夏季 SOI、秋季 SOI、秋季 SST、夏季 TC、夏季 SST、夏季 I_m、秋季 I_z、ER、春季 GM、春季 I_m、冬季 I_z、秋季 GM、春季 SST、春季 SOI、……。由此可见,前期 SST、SOI、GM 及 TC 与长江流域异常旱涝的发生有密切的关系,是应该考虑的主要物理因子。海温对异常旱涝的影响从上一年的夏季开始,一直持续到冬季,以冬季反映最明显,秋季次之,春季较差。SOI 对旱涝的影响与 SST

基本相同,也是从上一年夏季开始,冬季反映最强烈,春季较差。 GM 对旱涝的影响比 SST 和 SOI 晚些,它从上一年秋季开始有较明显的反映,直至当年春季,以冬季反映最显著,春季次之。长江区 TC 这个指标从上一年夏季开始,直至当年春季均对旱涝有影响,但以春季反映最突出。前期冬季 SST 、 SOI 和 GM 的变化与夏季长江流域旱涝这种显著的相关正是隔季相关的表现^[6],而本地区春季温度也是影响异常旱涝不容忽视的一个要素。

本文只根据有限的因子,从统计上给出了它们在长江流域异常旱涝形成过程中的相对贡献,对进一步研究长江流域旱涝形成的物理机制有一定参考价值。但由于在每次旱涝形成过程中,各因子的相对贡献可能是不同的,如果我们能给出不同背景下对旱涝形成起主导作用的因子,则将进一步提高我们对长期天气过程形成的认识和对异常旱涝的预报能力。

参 考 文 献

- [1] 魏凤英、曹鸿兴,长江流域旱涝趋势的主分量预测模型,气象,16,8,1990。
- [2] 冯佩芝等,中国主要气象灾害分析,7—8,气象出版社,1985年。
- [3] 黄嘉佑,赤道东太平洋海温与我国夏季雨日的相关矩分析,气象学报,47,4,1989。
- [4] ENSO 监测小组,厄尔尼诺事件的划分标准和指数,气象,15,3,1989。
- [5] 施能,黄河、长江中下游季月降水场区划、旱涝特征及其与 ENSO 的若干关系,气象科学,2,1991。
- [6] 王绍武、赵宗慈,近十年我国长期天气预报的进展,气象科技,1982年第2期。

AN ANALYSIS ON CONTROL FACTORS OF DROUGHT/FLOOD IN THE CHANGJIANG VALLEY

Wei Fengying Zhang Xiangong

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, SMA, Beijing, 100081)

Abstract

The relationships between the probable control factors, such as the sea surface temperature (SST) in the equatorial Eastern Pacific and the subtropical high etc., and drought/flood in the Changjiang valley are studied by using the related moment analysis. The contribution of each factor to the formation of drought/flood is also discussed. The results show that the abnormal change of all factors in the earlier stage has influence, to a different degree, on the variation of precipitation in summer. The relationship is shown principally by the abnormal drought/flood years. The correlation of the SST, SOI and subtropical high with the drought/flood is persistent to a certain degree. The synthetical analysis of the factors indicate that SST, SOI, subtropical high and the temperature in the Changjiang valley area have greater contribution to the formation of drought/flood.