

# 山东各区夏季降水的 多步预测试验<sup>①</sup>

胡桂芳

谭志华

(山东省气象科学研究所, 济南 250031) (山东省气象台, 济南 250031)

张苏平 朱平盛

(山东省气象科学研究所, 济南 250031)

## 提 要

在对山东夏季降水进行分区的基础上,用相关分析的方法分析了各区降水与前期、同期大气环流特征量及海温的遥相关关系,结果表明:山东夏季降水与大气环流特征量及海温相关性显著。在此基础上筛选因子,利用多维均生函数建模方案,对2000年前各区及全省夏季降水趋势进行预测。

**关键词:** 降水 分区 多步预测

## 引 言

山东是旱涝频发省份,全年降水主要集中在夏季。据统计,夏季6~8月降水占全年降水的60%以上。因此,作好山东夏季降水的趋势预测对我省的经济建设有着重要意义。文献[1,2]研究结果表明:大气环流变化的韵律过程对旱涝的形成有重要影响。王绍武等指出,夏季大气环流通过韵律过程接受前期大气环流的影响,尤其以冬季对夏季的韵律过程最为明显。文献[3]指出,海气之间的相互作用与韵律的形成有密切的关系。海温是长期天气预报中一个非常重要的物理因子。有的文献<sup>②</sup>则进一步说明海洋的“记忆”能力比大气长,海温能提供1~5年的预报信息。本文在对山东夏季降水进行分区的基础上,用相关分析的方法分析了前期、同期大气环流特

征量及北太平洋海温与山东省各区降水的关系,在此基础上挑选出显著相关因子,利用多维均生函数建模方案,对2000年前各区及全省夏季降水趋势进行预测。

## 1 山东夏季降水分区

本文用山东省分布均匀的13个站1951~1995年6~8月降水资料,计算了13站的两两相关系数,得到了13张两两相关系数分布图。分区的主要依据是,以信度 $\alpha = 0.1$ 的临界值 $r_c = 0.24$ 为标准,并参考文献[4]的EOF分解结果及长期预报业务中采用的分区方案,将山东省降水分为鲁西北、鲁中、鲁西南、鲁东南、半岛5个降水区,基本保证了各区降水变化特点的一致性。

## 2 山东夏季降水与500hPa环流特征量的相关普查

<sup>①</sup> 本文由省局青年基金“山东降水量的分区多步预测模型研究”课题及中国气象局短、评、快“卫星遥感资料在山东旱涝分析预测中的应用”课题资助

<sup>②</sup> 沈长泗, 山东超长时期灾害性天气预测, 单印本, 1988.

在研究了山东省降水与500hPa环流变化的基础上,选取能表征大气环流基本特征的大气环流特征量:亚洲地区月平均环流指数(纬向环流指数以  $I_z$ 、经向环流指数以  $I_M$  表示)、西北太平洋副高面积指数( $SI$ )、强度指数( $PI$ )、西伸脊点位置( $OI$ )、脊线北界位置( $LI$ )。表1为各区域降水距平百分率与上述6种参数超过信度  $\alpha = 0.05$  的相关系数。 $N=45, R_c=0.29$ 。表中  $M$  为相关月份,注明了上一年(上)或同一年(同)相关因子的月

份,  $R$  为相关系数。

由表1可见,相关显著因子大多出现在前期冬春季及同期,说明影响我省夏季降水的大气环流通过韵律过程接受前期冬春季大气环流的影响显著。且与西北太平洋副高特征量相关最为显著,而与亚洲环流指数相关性较差,相关程度以鲁东南区最强,半岛区次之,鲁西北区最弱。相关显著因子也因区域不同有较大的差异。

表1 山东各区夏季降水与500hPa环流特征量的相关系数

环流特征量	半岛区		鲁东南		鲁西南		鲁中		鲁西北	
	$M$	$R$	$M$	$R$	$M$	$R$	$M$	$R$	$M$	$R$
$I_z$	4(上)	0.36	4(上)	0.37			8(同)	-0.30	7(上)	0.29
$I_M$	2(同)	-0.29					12(上)	-0.37		
	6(同)	-0.39	6(同)	-0.29						
$OI$	3(同)	0.37	1(同)	0.34	1(同)	0.32	10(上)	-0.31		
			2(同)	0.35			8(同)	-0.37		
			3(同)	0.50						
$LI$	5(同)	0.30	1(同)	-0.31	3(上)	0.32	8(同)	0.35	7(同)	0.27
	6(同)	0.30	6(同)	0.37	4(上)	0.31				
	8(同)	0.43	8(同)	0.29	8(同)	0.39				
$SI$	11(上)	-0.32	11(上)	-0.43						
	1(同)	-0.33	1(同)	-0.35						
	3(同)	-0.36	2(同)	-0.35						
	4(同)	-0.37	3(同)	-0.48						
	5(同)	-0.30	4(同)	-0.44						
	6(同)	-0.32	5(同)	-0.37						
			6(同)	-0.31						
$PI$			11(上)	-0.40						
	1(同)	-0.33	1(同)	-0.34						
	3(同)	-0.38	2(同)	-0.33						
	4(同)	-0.29	3(同)	-0.49						
	7(同)	-0.33	4(同)	-0.33						
			7(同)	-0.29						

由表1还可以看出,山东省夏季降水与环流特征量的相关程度并不全都是同期大于前期,而是在部分地区出现前期大于同期的现象,这一现象在鲁东南区表现的最明显。该区与同年3月的  $OI$ 、 $SI$ 、 $PI$  相关性最强,相关系数分别为0.50,0.48,0.49,置信限均在0.001

以上。图1的鲁东南区降水与西太平洋副高西伸脊点位置的时滞相关曲线直观地揭示了这一现象,横坐标负值表示环流特征量超前,正值表示降水超前,由图中可以清楚地看出,相关系数峰值位于大气环流特征量超前4个月即同年3月,而与同期的7、8月份相关性最差,

近似为零。这一现象进一步说明了大气环流中的韵律过程。

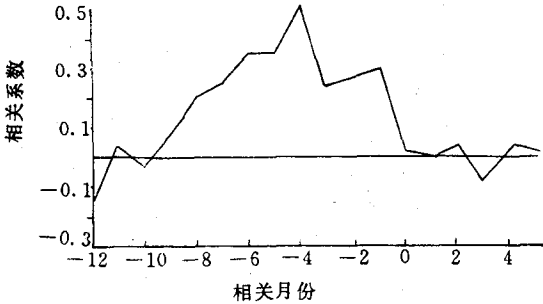


图1 鲁东南夏季降水与西太平洋副高西伸脊点位置时滞相关曲线

通过以上分析,选取相关系数高且其天气指示意义明显的因子为预报因子。选同年8月LI为半岛区、鲁西南区、鲁中区的预报因子,同年3月OI为鲁东南区的预报因子,同年7月LI为鲁西北区的预报因子。

### 3 山东夏季降水与北太平洋海温的相关普查

文献[5,6]探讨了华北、山东夏季旱涝年与大气环流异常及北太平洋海温的关系。结果表明,华北及山东夏季的旱涝与北太平洋海温有显著的相关性。本文计算了1951~1995年山东夏季区域平均降水距平百分率与前冬春及同期的北太平洋SSTa逐月相关系数,北太平洋海温资料取10°S~50°N,120°E~80°W,5°×5°经纬网格点。得到8张相关系数信度图。因篇幅所限,本文仅给出相关性最显著的同年3月及同年7月的信度图(见图2、图3)。

由图可见:与我省相关性最强区域位于赤道东太平洋(EEP)区(10°N~10°S,140~80°W)及西风漂流区(NPC)(180~150°W,30~45°N),EEP区与山东夏季降水呈稳定的负相关,相关区域及相关程度在3月份达到

最大,相关系数最大值位于5°S,140°W,信度在 $\alpha=0.001$ 以上。4月以后相关区域缩小,相关程度减弱。8月份相关程度又有所增强。NPC区与山东夏季降水呈稳定的正相关,以同期7月相关区域最大,相关程度最强,有17个相关点信度在0.05以上,4个相关点信度在0.001以上。相关性最强区域位于35°N,175~165°W。其次以前期3月相关性较为显著,1月相关性最差。除上述两高相关区外,黑潮区与我省夏季降水也存在较为显著的相关关系,前冬春季为负相关,同期为正相关,信度较低。

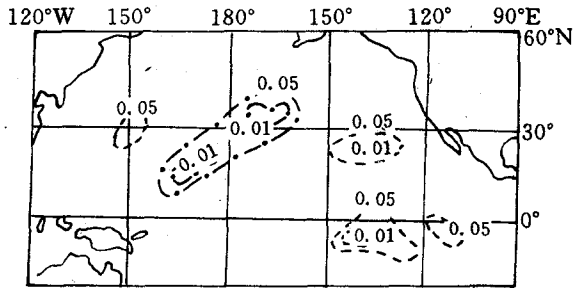


图2 山东夏季降水与同年3月北太平洋海温相关信度图

点划线:正相关 断线:负相关

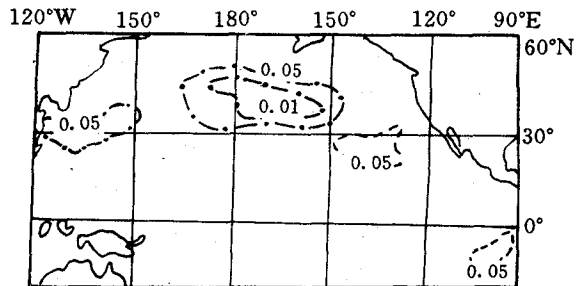


图3 山东夏季降水与同年7月北太平洋海温相关信度图

点划线:正相关 断线:负相关

通过以上分析,海温选取 EEP 区同年3月的3个连续点:5°S,135~145°W,其相关系数分别为-0.39,-0.50,-0.42,NPC 区选取同年7月的3个连续点:35°N,175~165°W,其相关系数分别为0.53,0.50,0.53。

#### 4 山东夏季降水预报

由于目前对气候变化的物理原因与机制认识尚不十分清楚,一般还是把气候演变视为一种随机过程,借助对随机序列的统计预测方法进行气候变化的预测。文献[7]提出了均生函数建模方案,它是基于系统状态前后记忆的基本思想,把原序列的前后值通过加法运算构造出一组周期函数,通过分析这组周期性函数与原序列的关系,建立相应的预测模型。在实际问题中,需要观察几个变量之间存在的相互关系,建立多维时间序列模型。本文在文献[7]的单变量主成分建模基础上,增加了因子项,建立了因子与原降水序列的联合预报方程。

#### 4.1 计算方案

##### 4.1.1 均生函数的计算

对  $L$  维的每一个标准化变量  $x_i(t)$  按一维计算其均生函数  $f_j$ , 其中  $i = 1, 2, \dots, L$ ;  $j = 2, 3, \dots, M$ ;  $M = (N/2)$ ,  $N$  为样本长度。可得到  $L \times (M-1)$  个均生函数。对所有的均生函数作周期性延拓,得到  $N \times [L \times (M-1)]$  的矩阵  $F$ 。

##### 4.1.2 均生函数的筛选

计算均生函数外延矩阵  $F$  的协方差阵  $A$ :

$$A = (a_{ij})$$

$$a_{ij} = 1/N \sum_{k=1}^N (f_{ki} - f_i)(f_{kj} - f_j)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, L \times (M-1)$$

用雅可比方法求出矩阵  $A$  的特征值  $\lambda_i, i = 1, 2, \dots, L \times (M-1)$  和特征向量  $C$ , 因  $A$  为实对

称的正定矩阵,因此  $\lambda_i > 0$ 。

计算主分量矩阵  $V: V_{ij} = \sum_{k=1}^{L \times (M-1)} f_{ik} C_{jk}$

$i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, L \times (M-1)$

计算特征向量的方差占总方差的比例:

$$H = \sum_{i=1}^k \lambda_i / \sum_{i=1}^{L \times (M-1)} \lambda_i \quad k = 1, 2, \dots$$

取  $H$  接近于1的小数得到的  $K$ , 即为截取的主成分个数,亦为回归方程中均生函数的个数。

##### 4.1.3 预测模型的建立

首先利用最小二乘法求出以  $K$  个主成分为自变量模型中的回归系数:

$$\Phi' = (V^T V)^{-1} V^T X$$

利用  $\Phi'$  与原系数  $\Phi$  之间的关系求出  $\Phi$ :

$$\Phi = C^T \Phi'$$

时间序列的预测模型为:

$$\hat{x}(t) = \sum_{i=1}^k \varphi_i f_i(t)$$

将均生函数  $f_i$  作  $q$  步周期性外延即可得  $q$  步预报模型:

$$\hat{x}(N+q) = \sum_{i=1}^k \varphi_i f_i(N+q)$$

##### 4.1.4 降水量的预报

采用上述建模方案,取  $L = 2$ , 资料长度为1951~1992共42年,1993~1996为试报年。1997~2000年为预报年。首先对各区和全省平均降水及相关因子资料进行规格化处理,计算出各变量的均生函数的延拓矩阵,用雅可比方法求出其协方差阵的特征值及特征向量,表2给出了以同年8月  $OI$  为因子作半岛区降水量预报的前14个特征向量的特征值及相应的周期及方差累计比例。

由表2可见,前14个特征向量的方差占总方差的91%,即前14个特征向量基本可以逼近原均生函数,因此预测方程由表2中前14个周期对应的均生函数构成。计算出回归系数矩阵,便可得到降水量的预报方程。因篇幅所限,图4、5、6仅给出半岛区、鲁东南区及山东

夏季区域平均降水量的计算值(虚线)及实况值(实线)的历史演变曲线。由图可见,方程拟合效果显著,尤其对极值年有很好的拟合。1993~1996年的试报结果也较为理想。其他因子与各分区降水量联合预报方程的计算结果表明:各区方程均具有较高的拟合精度。均方根误差为50~60mm,平均相对误差为15%左右。表3为1993~1996年实况值及预报值。为了直观起见,表3给出的是降水距平百分率。趋势评分是以距平符号来衡量,量级评分是将降水量分为3个等级,距平百分率±25%以内为正常,>+25%为偏多,<-25%

为偏少。由表3可见,试报效果以全省区域平均最为理想,两种评分4年试报均正确,绝对值最大误差为50mm。其次以半岛及鲁东南区较为理想,量级评分4年试报均正确,距平评分虽有错,但二者的绝对值误差在90mm以内。鲁西南、鲁西北区试报效果较差。用各预测方程对1997~2000年降水趋势进行预测,结果表明,山东夏季平均降水量1997年偏少,1998年正常略偏多,1999年略偏少,2000年降水偏少,且偏少程度较大。各分区各年降水多少程度不同,详见表3。

表2 半岛区前14个特征向量的特征值及方差累计比

序号	1	2	3	4	5	6	7
周期	1-10	1-14	1-11	1-16	1-19	1-20	2-2
特征值	2.72	1.43	1.05	0.57	0.45	0.43	0.34
累计比	0.29	0.44	0.55	0.61	0.65	0.70	0.74
序号	8	9	10	11	12	13	14
周期	1-21	2-18	2-12	2-13	2-15	1-18	2-19
特征值	0.29	0.27	0.25	0.22	0.22	0.19	0.16
累计比	0.77	0.80	0.82	0.85	0.87	0.89	0.91

注:1-10表示降水序列的10年周期,2-2表示海温的2年周期。其余类推

表3 预报值(1993~2000年)、实况值(1993~1996年)及评分

区域		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
半岛	实况	-2%	16%	5%	20%				
	预报	19%	-1%	9%	11%	-3%	0%	-4%	1%
	趋势评分	错	错	对	对				
	量级评分	对	对	对	对				
鲁东南	实况	25%	1%	11%	-6%				
	预报	23%	7%	16%	3%	-8%	11%	-3%	1%
	趋势评分	对	对	对	错				
	量级评分	对	对	对	对				
鲁中	实况	0%	25%	24%	32%				
	预报	1%	1%	10%	3%	-7%	10%	2%	-8%
	趋势评分	对	对	对	对				
	量级评分	对	对	对	错				
鲁西南	实况	41%	-8%	42%	-28%				
	预报	10%	3%	15%	3%	9%	-6%	4%	-4%
	趋势评分	对	错	对	错				
	量级评分	错	对	错	对				
鲁西北	实况	17%	-20%	-4%	35%				
	预报	-3%	0%	17%	4%	-2%	4%	-12%	-1%
	趋势评分	错	对	错	对				
	量级评分	对	对	对	错				
全省平均	实况	15%	10%	18%	17%				
	EFP区预报	1%	8%	7%	5%	-8%	4%	1%	-7%
	趋势评分	对	对	对	对				
	量级评分	对	对	对	对				
	NPC区预报	2%	8%	7%	10%	-2%	9%	-2%	-11%
	趋势评分	对	对	对	对				
量级评分	对	对	对	对					

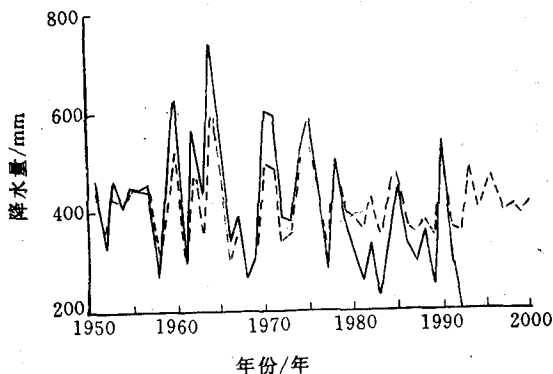


图4 半岛区夏季降水实况值(实线)及计算值(断线)

相关最显著的区域为EEP区及NPC区,前者与我省夏季降水呈稳定的正相关,相关程度以前期3月最大,后者为稳定的负相关,相关程度以同年7月最大。

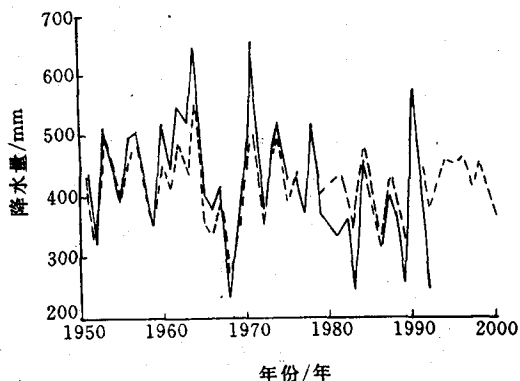


图6 山东省夏季降水实况值(实线)及计算值(断线)

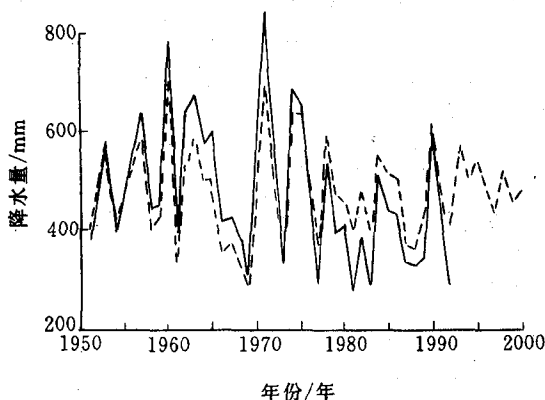


图5 鲁东南区夏季降水实况值(实线)及计算值(断线)

5.3 考虑相关因子的多维均生函数建模方案有较高的拟合精度和预报准确率,用各区预报方程对各区夏季降水的预报结果表明:2000年以前山东省夏季降水以偏少为主,以1997,2000年降水偏少程度较大。

### 参考文献

- 1 王绍武,赵宗慈. 近十年来我国长期预报的进展. 气象科技,1982,(5).
- 2 廖荃荪,赵振国. 东亚阻塞形势与西太平洋副高的关系及其对我国降水的影响. 长期天气预报论文集,北京:气象出版社,1990:125~135.
- 3 章基嘉等. 中长期天气预报基础. 北京:气象出版社,1983.
- 4 顾润源等. 山东降水的 EOF 分析. 山东气象,1992,(2).
- 5 朱平盛等. 华北夏季旱涝与前期大气环流异常及北太平洋的关系. 应用气象学报,1997,8(4).
- 6 张苏平等. 山东夏季降水与大气环流异常及北太平洋海温的关系及预测. 气象,1997,23(4).
- 7 魏凤英,曹鸿兴. 长期预测的数学模型及应用. 北京:气象出版社,1990.

## 5 结语

5.1 影响山东夏季降水的大气环流通过韵律关系接受前期冬春季大气环流的影响,以西太平洋副高的影响最为显著,鲁东南区受其影响的程度最大,鲁西北区最小。

5.2 海温是影响山东夏季降水的重要因子,

# The Experiments of Multi-step prediction for Summer Rainfall in Shandong Province

Hu Guifang Tan Zhihua Zhang Suping Zhu Pingsheng

(Sandong Meteorological Institute, Jinan 250031)

## Abstract

By dividing Summer rainfall in Sandong province, the teleconnections between precipitation in each divisions and the circulation characteristics in and before summrs and the sea surface temperature are studied by means of correlative analysis. The results show that the correlations between summer rainfall and circulation characteristics and SST are significant. Based on the above analysis, the factors are selected, and the prediction models of multidimension mean generation function are developed. Finally, the summer rainfall tendencies before the year of 2000 in each division and the whole province are given.

**Key Words:** summer rainfall circulation characteristics multi-step prediction