

山东夏季降水量场预测模型研究及预测试验

胡桂芳 奚秀芬

(山东省气象中心, 济南 250031)

提 要

从预测山东夏季降水场的需要出发, 用山东 1961~2001 年夏季降水资料, 研究了山东夏季降水的基本分布型式及其与北半球 500hPa 月平均高度、大气环流特征量及北太平洋海温之间关系。结果表明: 不同的分布型存在不同的前期预测强信号。以这些强信号为主要预报因子结合考虑降水趋势振荡, 构建出山东夏季降水场预测模型, 并进行了预测试验。

关键词: 夏季降水 分布型 预测模型

引 言

山东地处副热带与温带的过渡地区, 特殊的地理位置和复杂的地形、地貌, 造成了山东夏季降水具有明显的局地特征。汛期处在江淮雨带和华北雨带之间, 南北两条雨带的进退均会对我省汛期的雨量多寡产生重要影响。全国性的大范围雨带位置预报, 常常与我省的降水实况相差较大, 因此我省夏季降水预测具有特殊的困难。以往对山东夏季降水预测模型研究多以区域平均降水量为预报对象, 很难满足预报服务需求。本文尝试从山东夏季降水的不同分布型入手, 寻求不同夏季降水分布型的前期预测强信号, 建立降水场的客观化定量化预测模型, 以期为我省短期气候预测业务寻求新的预报途径。

1 资料来源及预处理

本文采用 1961~2001 年山东短期气候预测业务中使用的 26 个代表站夏季(6~8 月)降水量资料, 并将其转化为降水距平百分率; 北半球 500hPa 月平均高度场(10~85°N), 并计算了逐月的差值场(后月减前月); 北太平洋海温(5°S~60°N)及 74 种环流特征量资料。

2 预报思路及建模步骤

①利用自然函数正交分解(EOF)原理,

对山东 26 个代表站的夏季降水距平百分率进行分解, 提出前几个特征向量及主分量, 以前几个主分量作为预报对象^[1]。

②计算各主分量与前期 500hPa 月平均高度场、差值场、北太平洋月平均海温及 74 种特征量的相关系数, 筛选出物理意义明确、相关显著水平在 0.01 以上的要素作为备选因子。

③采用极大熵谱分析原理及均生函数计算方案^[2]提取各主分量对应的显著周期, 计算其对应优势周期的均生函数, 并进行周期性延拓, 得到的时间序列作为备选因子。

④将上述所得 K 个因子, 首先用逐步回归进行粗选, 将因子限定在 10 个以内, 再利用最优子集回归建模原理^[3], 从 2^{10} 回归子集中根据双评分准则(CSC)确定最优子集回归方程, 选取 CSC 最大的子集回归方程作为最终预测方程。

⑤用预报出的该年前几个主分量乘以相应的特征向量, 得到全省 26 个站的降水距平百分率预报值。

3 山东夏季降水场的分布型

对山东 26 个代表站的夏季降水距平百分率场进行 EOF 分解, 计算结果表明, 第一特征向量场解释总方差的 81%, 全省降水距

平符号一致,表现出全省降水呈同多同少的分布型式,它反映了全省夏季大范围多(少)雨的分布型式;第二特征向量场反映我省降水东部多(少)西部少(多)的降水分布型式,高值中心位于鲁东南及半岛南部,低值中心位于鲁西北地区;第三特征向量场反映了南部多(少)北部少(多)的降水趋势,高值中心位于鲁南、鲁西南,低值中心位于鲁中。前三个特征向量的累积方差贡献占总方差的90%。基本上反映了山东夏季降水分布型式。

4 各主分量与前期各月 500hPa 月平均高度场的相关分析

计算前三个主分量与上年9月至当年4月的北半球 500hPa 月平均高度场的相关系数,相关信度达到 0.05 的格点数见表 1。

表 1 各主分量与前期各月 500hPa 高度场显著相关格点数($\alpha=0.05$)

主分量	-9	-10	-11	-12	+1	+2	+3	+4
I	79	109	61	69	45	80	97	150
II	54	61	38	51	25	84	41	45
III	23	60	24	97	34	38	8	12

说明: - 表示上年, + 表示当年

由表 1 可见,前期 500hPa 月平均高度场与各主分量存在显著的相关关系,但相关区域、时间及程度有明显差异,对第一主分量的影响最为显著。相关信度在 0.001 以上的区域主要分布在前冬、当年春季的 25°N 以南

低纬地区,说明前期低纬地区的环流异常对我省夏季降水有显著影响,以前春 4 月的环流异常的影响最为显著(见图 1a)。由图 1a 可见主要影响关键区为北美西北部至格陵兰、10~25°N 的中太平洋、阿拉伯海。三者均呈显著的负相关。与巴芬湾地区极涡相关最强,相关信度超过 0.001 的格点数为 26,另外,在 35~45°N、130°~150°E 存在一弱的正相关区。说明前期 4 月极涡偏向西半球,东亚大槽偏弱,欧亚中高纬环流比较平直,冷空气势力较弱,低纬印度西部高压及西太平洋副高偏弱时,利于山东夏季多雨。影响第三主分量的以前冬 12 月 500hPa 高度场相关比较显著(见图 1b),其它各月均比较弱。主要关键区位于西伯利亚、欧洲西部、印度地区及北大西洋的副热带地区,前两个正相关,后两个为负相关,与上年 12 月亚洲经向环流指数相关系数为 0.46,与 110°W~60°W 的副高面积指数、北界位置相关系数分别为 -0.54、-0.51,进一步说明当前冬 12 月西伯利亚高压脊加强,东亚冬季风偏强,印度高压、大西洋副热带高压偏弱时,利于次年山东夏季降水呈南多北少分布趋势。这与文献[4]的分析结论类似,即:前冬欧亚到太平洋地区的经向环流发展,预示着盛夏东亚地区有阻高建立,雨带位置偏南。上述结论说明

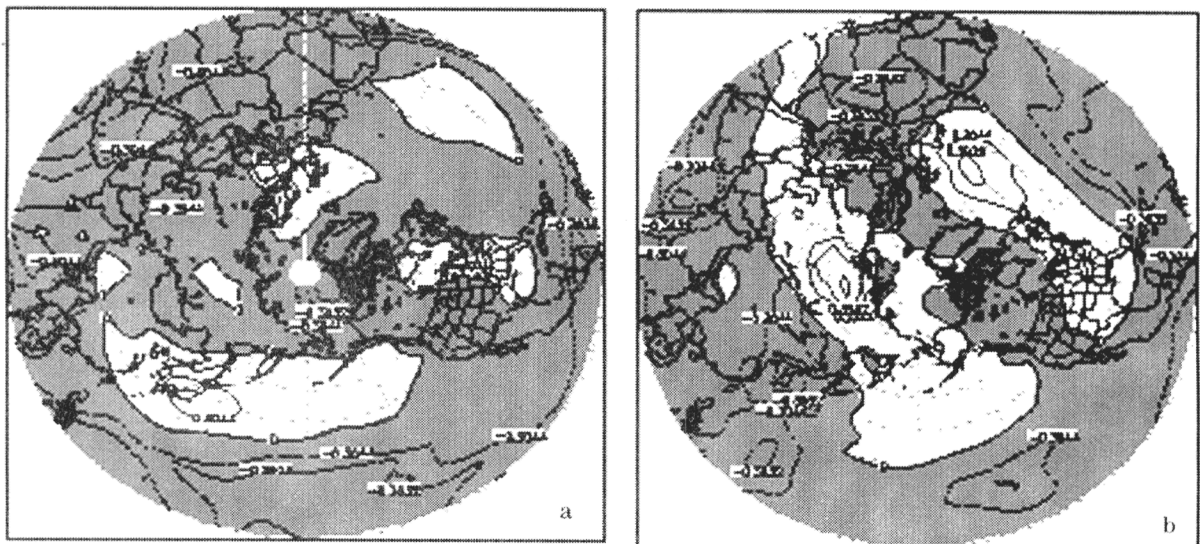


图 1 a 第一主分量与同年 4 月 500hPa 高度场的相关;B 第三主分量与上年 12 月 500hPa 高度场的相关

大气环流存在明显的隔季相关现象,山东夏季降水南多北少的分布趋势预测可借鉴全国Ⅲ类雨型的预报经验。第二主分量与前期500hPa月平均高度场相关程度较弱,信度在0.01以上格点大多不成片,相对而言以同年3月的西太平洋地区最为显著,二者呈显著的负相关。与西太平洋副高面积指数、脊线位置、北界位置均呈显著的负相关,而与西伸脊点呈正相关。说明前春3月西太平洋副高偏弱,位置偏南,西伸脊点偏东,有利于山东东部多雨。

5 各主分量与前期北太平洋海温场的相关分析

各主分量与上年9月到当年4月北太平洋海温逐月相关显著度在0.05以上的格点数列于表2。

表2 各主分量与前期各月北太平洋海温场显著相关格点数($\alpha=0.05$)

	-9	-10	-11	-12	+1	+2	+3	+4
I	51	41	50	41	40	61	74	80
II	22	37	24	34	21	20	15	24
III	54	49	50	37	34	37	24	10

说明同表1

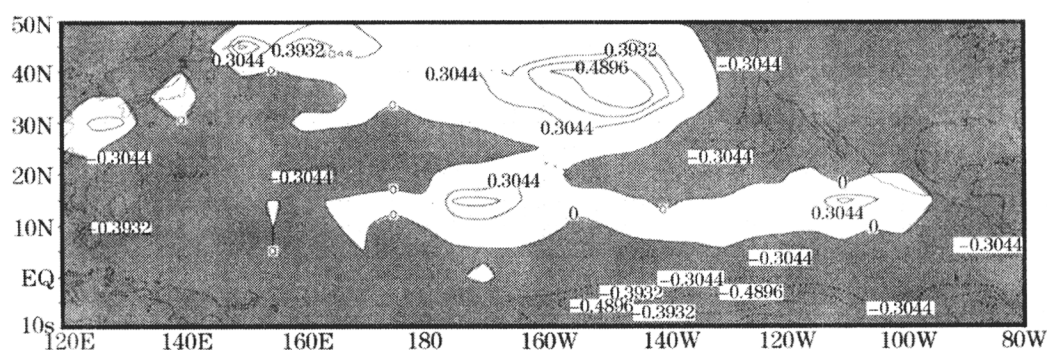


图2 第一主分量与同年4月SST相关场

6 各主分量优势周期分析

采用极大熵谱分析原理分别计算了前三个主分量的显著周期,前三个主分量的显著周期分别为准13年、6~7年;准3年、5年及准4年、13~14年。为了计算结果的可靠性,本文又采用了均生函数主成分计算方案对各主分量进行优势周期提取,以方差贡献的大小作为衡量优势周期的标准,前三个主分量的第一、二优势周期分别为13、16年;

由表2可见,海温对山东省夏季降水影响显著。对第一主分量影响最显著的区域为赤道东太平洋、西风漂流区。赤道东太平洋与第一主分量呈稳定的负相关。影响从上年9月开始,10月至当年2月表现为时强时弱,3月突然增强,4月进一步增强,信度超过0.01的格点数为18,最大相关系数为-0.58,最显著区域位于 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{S}$ 、 $155^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{W}$ 的NINO C区,见图2。西风漂流区的影响从当年2月呈稳定增强趋势,4月达到最强,二者呈显著的正相关,影响最显著的区域 $35^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 、 $160^{\circ}\sim 145^{\circ}\text{W}$,相关系数最大值为0.63。此外黑潮暖流区、加利福尼亚寒流区对第一主分量的影响也较为显著。海温对第三主分量的影响以赤道中东太平洋相关最为显著。但影响区域比第一主分量的偏西、偏北,影响程度也有所减弱。相对而言,以上年9月影响最为显著,相关最显著区域位于 $5^{\circ}\text{N}\sim 10^{\circ}\text{S}$ 、 $180^{\circ}\sim 145^{\circ}\text{W}$,相关系数最大值为-0.50。海温对第二主分量影响最弱,相关区域比较零散,不成片。

10、11年及4年、13年。因长周期对应的均生函数与原序列相关性较好,所以均生函数方案所选的优势周期常常为长周期,用长周期做因子,预报结果往往接近平均值,所以具体选因子时应兼顾二种方案的计算结果。

7 模型的建立及预测试验

7.1 因子的选取

选取物理意义明确、相关信度 $\alpha \geq 0.01$ 的因子作为备选因子,并且区域格点数不小

于6。各主分量选取的备选因子列于表3。500hPa月平均高度场对第一主分量影响显著,在考虑各主分量自身趋势振荡时,因海温、
著,关键区较多,对第二、三主分量的影响较

表3 各主分量预报因子

第一主分量					
序号	时间	类别	范围	格点数	$R_{\max}$
X_1^*	同1	h500	15~25°N, 120~140°E	6	-0.48
X_2^*	同2	h500	15~25°N, 120~90°W	7	-0.51
X_3^{**}	同2	h500	10~15°N, 40~65°E	7	-0.66
X_4^*	同3	h500	40~60°N, 120~100°W	11	-0.52
X_5	同3	h500	45~50°N, 65~10°W	10	-0.51
X_6	同4	h500	70~85°N, 140~10°W	26	-0.60
X_7	同4	h500	10~15°N, 40~55°E	6	-0.63
X_8	同4	h500	10~25°N, 140°E~55°W	14	-0.54
X_9^{**}	上9	h500	65~75°N, 55~35°W	8	-0.48
X_{10}	上9	h500	10~20°N, 40~150°E	19	-0.63
X_{11}^*	上12	h500	10~20°N, 35~100°E	13	-0.60
X_{12}	上12	h500	15~25°N, 100~80°W	9	-0.55
X_{13}	上9	SST	10~5°S, 110~80°W	9	-0.70
X_{14}^{**}	上11	SST	35~40°N, 140~125°W	7	-0.59
X_{15}^{**}	上12	SST	30~35°N, 165~180°E	7	-0.52
X_{16}	同4	SST	35~40°N, 165~145°W	9	0.63
X_{17}^{**}	同4	SST	10~5°S, 150~80°W	16	-0.58
X_{18}^{**}			13年均生函数		
第二主分量					
序号	时间	类别	范围	格点数	$R_{\max}$
X_1	同2	h500	45~55°N, 110~95°W	6	-0.45
X_2^*	同3	h500	20~30°N, 110~140°E	10	-0.55
X_3^{**}	同4	h500	20~30°N, 155~125°W	9	-0.49
X_4	上10	h500	15~25°N, 45~25°W	10	-0.50
X_5^{**}	上12	h500	15~25°N, 35~25°W	7	-0.50
X_7^{**}	上11	SST	10~5°S, 180~170°W	6	-0.50
X_8^{**}	同4	DEX	C型环流		-0.37
X_9^{**}	上10	DEX	20°W~60°E副高北界		-0.52
X_{10}^{**}			10年均生函数		
X_{11}^{**}			3年均生函数		
第三主分量					
序号	时间	类别	范围	格点数	$R_{\max}$
X_1^{**}	上12	h500	60~70°N, 75~110°E	9	0.50
X_2^*	上12	h500	10~25°N, 85~45°W	13	-0.49
X_3	同2	h500	20~30°N, 110~135°E	12	-0.48
X_4^{**}	同2	C500	10~25°N, 135~110°W	8	0.51
X_5^{**}	上9	SST	10~5°S, 165~135°W	8	-0.51
X_6	同4	DEX	欧亚经向环流指数		0.47
X_7^{**}	上10	DEX	青藏高原指数A		-0.43
X_8	同4	DEX	印缅槽指数		-0.41
X_9^*	上12	DEX	亚洲经向环流指数		0.46
X_{10}^{**}			4年均生函数		
X_{11}^{**}			13年均生函数		

说明: * 逐步回归选入的因子, ** 最优子集回归选入的因子。h500: 500hPa月平均高度, SST: 海平面温度, DEX: 特征量资料。同1: 同年1月, 上9: 上年9月, 其余类推。

弱,所以第一主分量取第一优势周期作为备选因子,第二、三主分量分别取前两个优势周期作为备选因子。

7.2 预测模型的建立及预测试验

首先对表3至表5的备选因子用逐步回归进行粗选,将因子限定在10个以内,再利用最优子集回归建模原理;从 2^{10} 个回归子集中根据双评分准则(CSC)确定最优子集回归方程,选取CSC最大的子集回归方程作为最终预测方程。计算过程中,1961~1998年资料用于建模,1999~2001年用作试报。

前三个主分量的预测方程、CSC评分及复相关系数如下:

$$Y_1 = 7791.139 - 30.265X_3 - 7.579X_5 - 8.143X_{14} - 6.307X_{15} - 8.528X_{17} + 12.234X_{18}$$

$$(CSC = 50.48 \quad R = 0.90)$$

$$Y_2 = 1799.306 - 5.076X_3 - 7.299X_5 - 2.484X_7 - 1.008X_8 - 2.230X_9 + 1.050X_{10}$$

$$(CSC = 73.45 \quad R = 0.89)$$

$$Y_3 = 1796.674 + 2.239X_1 + 6.901X_4 - 3.561X_5 - 1.494X_7 + 20.934X_{10} + 29.530X_{11}$$

$$(CSC = 64.42 \quad R = 0.91)$$

将前三个主分量的预报值与相应的特征向量相乘,即可得到降水量距平百分率的预报值。计算结果表明:模型对降水分布趋势及降雨中心有很好的拟合。如1964年山东大部地区降水较常年异常偏多,有许多台站出现了历史极值,但山东南部地区降水仍较常年偏少,模型对降水分布的拟合效果较好。1999~2001年的试报结果表明,模型对降水的分布趋势具有较好的预测能力。1999年山东异常干旱,预报结果为除鲁中个别台站降水为正距平外,其余台站降水距平均在

-40%以下,与实况非常接近。2000年山东大部地区降水偏少或接近常年,仅鲁南、鲁西南地区的部分台站降水偏多,预报值为全省降水较常年略偏少,与实况稍有偏差。2001年实况全省大部分降水接近常年或偏少,鲁中及半岛降水偏多,模型预报为鲁中地区多雨,其它地区接近常年或偏少,与实况基本吻合,但半岛的多雨中心没有报出来。1999~2001年三年26站预报与实况的距平符号一致率分别为:0.92、0.73、0.42。用该模型对2002年山东省降水趋势进行预测,其结果为:大部地区为正常到略偏少趋势,偏少程度在两成以内,鲁东南偏少程度较大,较常年偏少4成。

8 结 论

(1)山东夏季降水存在三种不同的降水分布型,全省同多(少)型、南多(少)北少(多)型及东多(少)西少(多)型。不同降水分布型在前期大气环流、海温等环境场中表现出较大差异,且以半年左右的韵律最为显著。前冬大气环流异常对山东夏季降水预报的指示意义,还有待进一步研究。

(2)该模型既考虑了影响山东降水的物理因子,又结合考虑降水的自身周期振荡,把二者结合起来构建预测模型,在预报思路和方法上是一个改进。

(3)模型对大部分站点的降水趋势有较好的预报能力,但对降水中心的预报能力较差,还有待于今后进一步改进。

参考文献

- 1 魏凤英.夏季降水趋势分布预测新方法的研究及其预测试验.山东气象,2001.3:8~9.
- 2 魏凤英,曹鸿兴.长期预测数学模型及应用.北京:气象出版社,1990.
- 3 黄嘉佑.气象统计分析与预报方法.北京:气象出版社,2000.3.
- 4 陈兴芳,赵振国.中国汛期降水预测研究及应用.北京:气象出版社,2000.3.

Study of Summer Rainfall Prediction in Shandong Province and Its Experiment

Hu Guifang Xi Xiufen

(Shandong Meteorological Center, Jinan 250031)

Abstract

Based on the data from 1961 to 2001 the basic patterns of the summer rainfall in Shandong and its relationships with, the North Hemisphere height of 500hPa, atmospheric circulation characteristics, and the North Pacific SST are investigated respectively. The results show that there are strong signals in previous stage in the different patterns. Regarding the strong signals as main predictors and combining them with rainfall oscillation, a statistical prediction model of summer rainfall in shandong has been built. Finally, the prediction experiments are carried out.

Key Words: summer rainfall distribution patterns model of prediction