

一种夏季大范围降水趋势分布的预报方法¹⁾

魏凤英 张先恭

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

提 要

综合考虑了影响夏季降水异常的大气、海洋因子和降水年际变化规律,提出了一种大范围降水异常分布的统计预报方法。用1991—1994年的独立资料检验,取得满意效果。

关键词: 降水趋势预报 EOF分析 统计预报方法

引 言

做好夏季降水趋势的长期预报,对于提早部署防洪抗旱措施,减轻自然灾害,保障人民生命财产安全和经济建设的顺利进行有着十分重要的意义。但是,由于影响我国夏季降水的因素较多且十分复杂,致使降水的长期预报难度很大。因此,影响夏季降水因子及预报方法的研究一直是长期预报研究的重要课题之一。

本文提出了一种制作夏季大范围降水趋势分布的长期预报方法。在分析近40年我国降水量场基本特征基础上,选取影响夏季降水趋势分布的预报因子,建立了一套具有一定物理基础及一定统计信度支持的预报流程,并对1991—1994年进行了预报试验。结果表明,这一预报方法具有一定的预报技巧。

1 降水量场 EOFs 的基本特征

中国大范围降水量可以分解为时间权重系数和只与空间函数有关的经验正交函数的乘积。已有研究工作表明,在一定时效范围内,不同时段特征向量基本上是稳定的。在

这个前提下,可以用某种方法作出时间系数未来时刻的预报,从而对未来降水量场作出估计。

取中央气象台长期科提供的中国160站1951—1990年6—8月降水总量作EOF分解。这里分解降水量场的目的是浓缩信息,试图用极少数几项特征向量概括中国大范围降水趋势分布状况,因此我们用原始降水量场进行展开。

前3个特征向量占了总方差的93.5%。基本上概括了我国夏季降水分布的主要特征。其中EOF1占总方差的91.2%,反映的是我国夏季降水的多年平均状况(图1a),即从东南向西北递减的降水分布。EOF2占总方差的1.5%,代表了江淮流域降水与黄河流域及华南降水的趋势呈相反分布型(图1b)。EOF3占总方差的0.9%,代表以长江为界,江南和黄淮之间的降水趋势为相反分布型(图1c)。

EOF1的各分量均为正值,它对应的时间系数亦为正值。因此,EOF1的时间系数序

1) 本工作由《长期天气预报理论和方法研究》项目资助

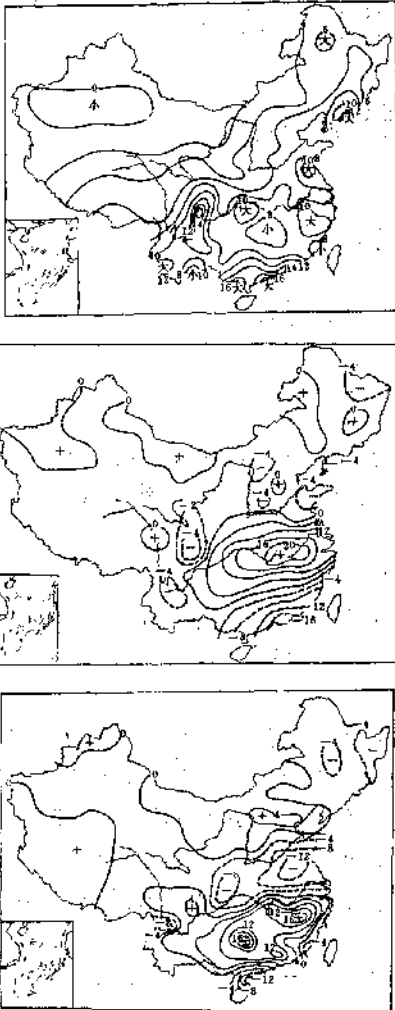


图1 6—8月降水量场的前3个特征向量

等值线间隔a为 2×10^{-2} , b和c为 5×10^{-2}

列代表我国夏季降水量年际趋势变化,数值大的年份表示这一年就全国大范围来讲,降水是偏多的,反之则是偏少的。EOF2对应的时间系数反映的是江淮流域与黄河流域及华南降水呈相反分布型式的年际变化。EOF3对应的时间系数则表征了江南与黄淮之间北方降水为相反分布型式的年际变化特征。

由上述分析可见,我国每年夏季降水的趋势分布,可以看作是由多年平均加上不同形式的扰动两部分组成,即:

$$R = \bar{R} + R'$$

其中 \bar{R} 可由EOF1及其时间系数表示, R' 可由EOF2和EOF3及其时间系数表示。在保证大范围降水趋势预报正确的前提下,再报准扰动项的基本趋势,则这一年夏季降水的分布趋势预报就会有一定的把握。

2 预报因子的选取

依据我们及其他人研究工作的结果选取了以下几个预报因子:

2.1 已有研究工作表明^[1-2],前期赤道东太平洋海温和南方涛动指数是影响我国夏季降水趋势分布的重要因素。选取春季(前一年3—5月)、夏季(前一年6—8月)、秋季(前一年9—11月)和冬季(前一年12月—当年2月)平均的赤道东太平洋地区(0° — 10° S, 180° — 90° W)海温和美国气候分析中心给出的南方涛动指数,分别记作 SST_{3-5} , SST_{6-8} , SST_{9-11} , SST_{12-2} , SOI_{3-5} , SOI_{6-8} , SOI_{9-11} , SOI_{12-2} 。

2.2 廖荃荪等^[3]研究发现,冬季(前一年12月—当年2月)北太平洋涛动指数和1月太平洋地区极涡面积指数与我国夏季雨带分布有密切关系。将上述两个序列作为预报因子,分别记作 NOI_{12-2} , jv_1 。

2.3 长江区春季(当年3—5月)气温,记作 T_{3-5} 。

2.4 大量研究工作证实,我国夏季降水存在着不同尺度的气候振动。作者曾提出把气象要素序列本身生成的周期函数作为预报因子加到预报方程中去的长期预报方法^[4],使由于预报量及预报因子的时间趋势而引起的相关不稳定性由选入的周期性因子加以调整。周期性因子是由气象要素序列

$$x(i) = \{x(1), x(2), \dots, x(N)\}$$

按一定的时间间隔计算均值得到的,即

$$\bar{x}_i(i) = \frac{1}{n_i} \sum_{j=0}^{n_i-1} x(i+j)$$

$$i = 1, \dots, l, 1 \leq l \leq M$$

其中 n_l 为满足 $n_l \leq \lfloor \frac{N}{l} \rfloor$ 的最大整数, $M = \lfloor \frac{N}{2} \rfloor$ 为不超过 $\frac{N}{2}$ 的最大整数。对 $\bar{x}_l(i)$ 作周期性外延, 即令

$$P_l(t) = \bar{x}_l(i) \quad t \equiv i \pmod{l}$$

$$t = 1, 2, \dots, N$$

这里 mod 表示同余, 由此构成周期性预报因子。在本文中, 选取前 3 个特征向量的时间系数 2—11 年周期长度的外延序列作为预报因子, 记作 P_2, P_3, \dots, P_{11} 。

3 预报流程

制作夏季降水趋势分布预报的具体流程如下:

3.1 分别计算前 3 个特征向量的时间系数与上述预报因子之间的相关系数, 把相关系数达到给定信度 (比如: $\alpha=0.05$ 或 $\alpha=0.01$) 的因子选出来作为备选因子。

3.2 假定粗选出 K 个预报因子, 用 Furnival—Wilson 设计的算法计算出所有可能的 2^K 个回归子集^[5]。从 2^K 个回归子集中根据曹鸿兴等提出的双评分选择变量标准^[6], 选出一个最优回归子集作为预报时间系数的方程。

3.3 用预报出的未来时刻的前 3 个特征向量的时间系数乘以相应的特征向量, 就得到 6—8 月降水总量的预报。

3.4 将降水量预报值对 1951—1990 年平均求偏差, 得出降水距平百分率预报图。

4 1991—1994 年预报试验

分别对 1951—1990 年、1951—1991 年、1951—1992 年和 1951—1993 年 6—8 月降水量场进行 EOF 分解, 按上述流程, 算得 1991—1994 年夏季降水距平百分率。

表 1 给出各年粗选出的预报因子。从表中列出的预报因子可以看出:

(1) 预报量本身的周期因子在预报夏季

降水分布中起着非常重要的作用。特别是对降水量的年际趋势变化 (T_1) 的预报起主导作用。说明全国大范围降水多寡的趋势主要与长期气候振动有关。

表 1

年份	时间系数	预报因子
1991	T_1	P_7, P_{10}, P_{11}
	T_2	$ju_1, T_{3-5}, P_7, P_9, P_{10}, P_{11}$
	T_3	$SST_{9-11}, SOI_{9-11}, P_7, P_8, P_9, P_{11}$
1992	T_1	P_7, P_{10}, P_{11}
	T_2	$ju_1, T_{3-5}, P_7, P_9, P_{10}, P_{11}$
	T_3	$SST_{9-11}, SOI_{9-11}, P_7, P_8, P_9, P_{11}$
1993	T_1	P_7, P_7, P_{10}, P_{11}
	T_2	$ju_1, T_{3-5}, P_7, P_8, P_{11}$
	T_3	$SST_{9-11}, SOI_{6-8}, SOI_{9-11}, NOI_{12-2}, P_7, P_8, P_9, P_{11}$
1994	T_1	P_7, P_{10}, P_{11}
	T_2	$ju_1, T_{3-5}, P_7, P_9, P_{11}$
	T_3	$SST_{9-11}, SOI_{6-8}, SOI_{9-11}, NOI_{12-2}, P_7, P_8, P_9, P_{11}$

(2) 冬季极涡的变化和长江流域春季温度对江淮流域与华北、华南降水呈相反的雨带分布类型有重要影响。

(3) 赤道东太平洋海温、南方涛动指数和北太平洋涛动指数对南、北方降水相反分布型式有重要贡献。

为了检验降水距平百分率的预报效果, 我们用中央气象台长期科业务上用的评分办法计算逐年的预报得分, 以便与业务预报在同一标准下进行比较。评分公式为:

$$S = \frac{N + N_0 + N' + N''}{M + N' + N''} \times 100\%$$

其中 M 为检验的站数, 与中央台长期科做法一致取中国东部 100 个站; N 为同号的站数, N_0 为距平百分率绝对值 $< 20\%$ 异号的站数; N' 为距平百分率在 $20-40\%$ 的同号站数; N'' 为距平百分率 $\geq 50\%$ 的同号站数。

表 2 给出 100 个站预报降水距平百分率与实况降水距平百分率同符号的站数 (N)、

预报评分(S)及相关系数(R)。

表 2

年份	1991	1992	1993	1994
N	53	61	48	70
S	81	80	77	87
R	0.06	0.09	-0.05	0.43

从表中看出,除 1993 年的预报得分较低外,其余 3 年均均在 80 分以上,4 年平均得分 81.3,比同期中央台公开发布的预报得分 74.8 要高。尤其 1994 年从符号的准确率和预报得分来看预报技巧是较高的,预报场和实况场相关系数达 0.43。从图 2a 看出,1994 年我国夏季出现南北两条明显的多雨带,一条位于华南大部 and 江南南部地区,这些地区出现了严重的洪涝;另一条在北方,多雨区主要位于东北南部、华北北部和西北东部地区。

从图 2b 看出,南北两条雨带都预报出来了,位置也基本准确,只是降水的强度预报与实况有一定的差距,应该说,对于全国大范围降水分布趋势的预报来讲,1994 年的预报是成功的。

从 1991—1994 年预报试验结果分析,我们所设计的预报方案具有一定的预报能力。当然,这个方法还是一个很初步的,4 年的试验预报还不足对此作出全面评价。



图 2 1994 年 6—8 月降水距平百分率
a. 实况 b. 预报

参考文献

- 1 魏凤英,张先恭.影响长江流域异常旱涝的因子分析.应用气象学报,1992,3(3),321—327.
- 2 张先恭,魏凤英.我国东部旱涝变化规律及其影响因子.应用气象学报,1993,4(增刊):81—87.
- 3 廖荃荃,赵振国.我国东部夏季降水分布的季度预报方法.应用气象学报,1992,3(增刊):1—9.
- 4 魏凤英,赵霖,张先恭.带有周期分量的多元逐步回归.气象科学研究院院刊,1986,1(1):94—101.
- 5 陈希孺,王松桂.近代回归分析,1987,202—212.
- 6 曹鸿兴,牛保山.统计模型选择的双评分准则及其在气象、水文预报中的应用.数理统计与应用概率,1989,4(1):5—10.

A Method for Seasonal Forecasting of Precipitation
Anomaly Distribution in Summer over China

Wei Fengying Zhang Xiangong

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081)

Abstract

A skillfull scheme, with which atmospheric and oceanic elements are selected and periodic series of the rainfall are taken as predictors too, is suggested for seasonal forecast of rainfall in summer over China. The test results for an independent sample of 1991—1994 are satisfactory.

Key Words: precipitation trend forecasting EOF analysis statistical forecast method