

# 青岛地区降水的最大熵谱分析及 降水与副热带高压、赤道海温之间的关系\*

张 必 成

(中国科学院海洋研究所)

本文论述了两部分内容：一是对青岛降水量进行了最大熵谱分析，揭示了青岛地区降水内部各种周期振动结构及它们各自的贡献大小。二是寻找影响青岛地区降水的因子，找出了它们之间的时滞关系，提出了一个长期预报方法。

## 一、资料处理、计算方法及结果

在谱分析中，最大熵谱的分析方法比一般谱分析有更多的长处<sup>[1]</sup>。这里，我们对青岛地区1939—1981年的逐月降水量采用了三种不同的处理方法，并对三种新时间序列进行了最大熵谱计算。

### (一) 资料处理

三种新的时间序列处理方法如下。

1. 总距平序列：设原序列为  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ,  $n$  为样本数。

新序列为：

$$X_i = X_i - \bar{X}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n;$$

其中,  $\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n$ 。

2. 按月距平序列：设原序列为  $X_{ij}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  年;  $j = 1, 2, \dots, 12$  月。

新序列为：

$$X_{ij} = X_{ij} - \bar{X}_j,$$

其中,  $\bar{X}_j = \sum_{i=1}^n X_{ij} / n$ 。

3. 12个月滑动平均距平序列：

设原序列为  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ 。  $n$  为样本个数, 12个月滑动平均为：

$$X_i = \left( \sum_{j=0}^{11} X_{i+j} \right) / 12, \quad i = 1, 2, \dots$$

$n-11$ 。再对  $X_i$  序列求一次总距平值, 即为新序列。

### (二) 计算方法

最大熵谱为：

$$f(\lambda) = \frac{\sigma_{k_0}^2 \Delta}{\left| 1 - \sum_{j=1}^{k_0} b_j^* e^{-ij\lambda} \right|^2}$$

式中,  $\lambda = 2\pi s \Delta$ 。当选取样本为等间隔时,  $\Delta = 1$ ;  $s$  为频率,  $s = 1/T$ ;  $T$  为周期长度;  $i$  为虚数;  $\sigma_{k_0}^2$  为对应于截止阶  $k_0$  的预报误差方差。

截止阶  $k_0$  的确定, 对谱估计的好坏关系甚大。本文运用赤池最终预报误差 (FPE) 准则来定最优  $k_0$ 。

$$(FPE)_k = \frac{1 + \frac{k}{n}}{1 - \frac{k}{n}} \sigma_k^2$$

式中,  $\sigma_k^2 = R(0) - \sum_{j=1}^k b_j^* R(j)$ ;  $R(j)$  为月相关函数;  $j = 0, 1, 2, \dots, k$ ;  $1 \leq k \leq n-1$ ,  $n$  为样本数。这里的  $n = 516$ ,  $k = 60$ 。选  $(FPE)_k$  中出现的所有小值 (极小值和最小值), 均求它们相应的最大熵谱; 比较它们的结果, 在前后两个极小值的谱估计一致时, 用前一个极小值的  $k$  数定为预报误差过滤系数的阶数的方法<sup>[2]</sup>, 这时的谱估计是正确的。

### (三) 计算结果

根据上述公式及确定截止阶  $k_0$  的方法, 设计计算程序, 计算青岛地区1939—1981年平均

\* 本文在毛汉礼教授指导下完成, 赵永平同志曾提出宝贵意见, 在此一并致谢。

中国科学院海洋研究所调查研究报告第 947 号。

逐月降水量(共43年516个样本)的最大熵谱。

运用第一种资料处理方法,因没有过滤掉年周期,所以计算结果主要是年及半年周期;长周期虽可分辨出有39个月及17个月的周期,但相对谱值小且不明显。运用第二种及第三种资料处理方法进行了滤波;虽然滤波方法不同,但谱分析的结果类同,长周期部分显著。

按月距平计算的最大熵谱,在 $T=39$ 个月时功率谱有一个极值存在;在 $T=17$ 个月时也有一个极值存在。另外,在 $T=11-12$ 个月、9个月和6个月处均有极值,但谱值相对小些。这些是高频振动的结果,表示青岛地区降水还具有这样一些周期振动。

12个月滑动平均距平资料计算的最大熵谱如图1(选用 $k_0=25$ )。从图中可见,在 $T=39$ 个月时,功率谱有一个极大值,谱值 $f(T)$ 比一般谱值大一个量级;在 $T=18$ 个月处还有一个较小的峰值,为39个月谱值的1/6。这说明用这种方法比上一种方法更能滤去小的波动,使谱分析的结果更集中,主要周期(39个月周期)更突出。

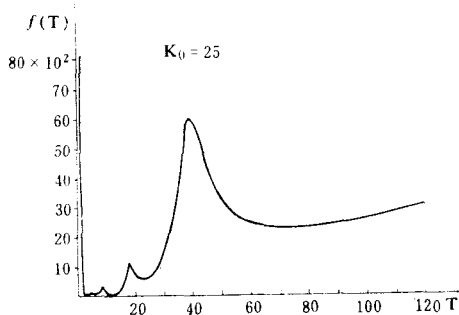


图1 青岛降水12个月滑动平均的最大熵谱

以上的计算结果可以得出:青岛降水虽然是好几种波动叠加,作为长期预报而言,主要是39个月的周期振动。这就是说,青岛地区降水是以准三年半周期周而复始地变化着的,亦可了解到其中长期趋势的变化。正是这个三年半周期启示我们去寻找影响青岛地区降水的因子,以利于更精确的预报。

## 二、青岛地区降水与副热带高压及东太平洋赤道附近海温的关系

我们用同样的方法对1954—1977年西太平洋副热带高压面积指数(下称副高面积)和东太平洋赤道附近( $130^{\circ}\text{W}$ ,  $5^{\circ}\text{N}-10^{\circ}\text{S}$ )处平均表层水温(下称赤道水温)作了最大熵谱分析。它们也都和青岛地区降水一样存在着准三年半的周期振动,这个计算结果与文献(3)一致。

### (一) 青岛降水与赤道海温的关系

图2给出1954—1977年经过6个月滑动后的青岛降水月距平线(I)及赤道海温月距平线(II)。这两条曲线存在着反相关演变趋势。

为了定量了解这两条曲线的相关程度,作者计算了两条曲线之间的时滞相关系数,绘成图3。

图3是经过6个月滑动之后的青岛逐月降水与 $130^{\circ}\text{W}$ ,  $5^{\circ}\text{N}-10^{\circ}\text{S}$ 处平均逐月海表温度的时滞相关系数变化曲线。图中纵座标是相关系数,横座标表示海温在前降水滞后的月数。图中可分为两个部分:第一,有一个负相关时段,最大相关值出现在降水落后于海温1—2个月处,相关程度达 $-0.360$ ,超过0.001的信度要求(图中虚线信度为0.001的相关系数)。第二,有一个正相关时段,最大值在降水落后于海温19个月处,其相关程度为 $+0.193$ ,超过信度0.01要求。

这样的两条信息给我们提供了如下关系:当赤道海温比正常偏暖(冷),则同期及滞后半年左右青岛降水均将比正常偏少(多)。在滞后19个月左右,青岛降水将会比正常偏多(少)。但预报近期降水将比较可靠(信度高),而预报远期降水的效果较差(信度低)。

### (二) 青岛降水与副高面积的关系

1954—1977年经6个月滑动之后的青岛地区逐月降水距平(I)与副高面积指数距平(II),这两条曲线也呈相反的演变趋势。这

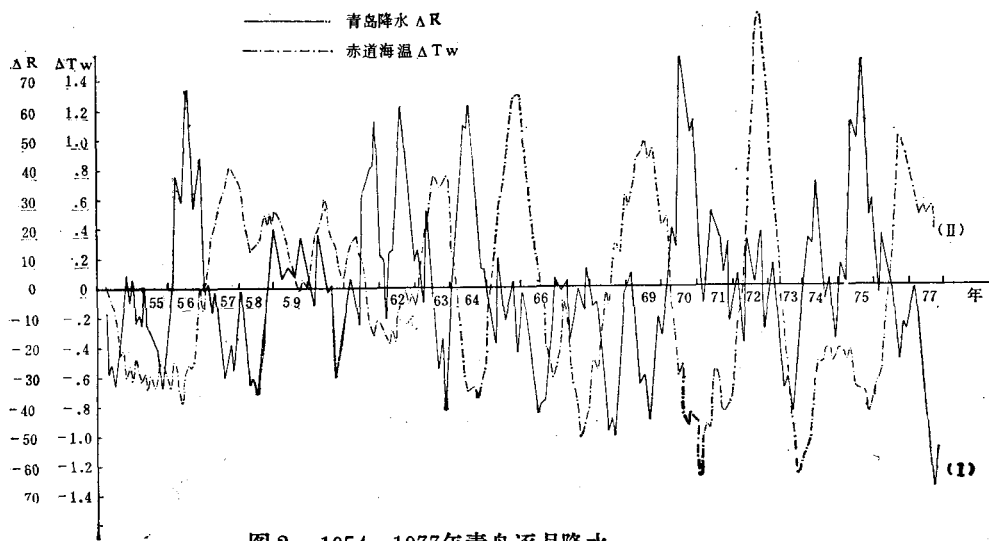


图2 1954—1977年青岛逐月降水  
(距平(I)与距平(II), 6个月滑动平均变化曲线)

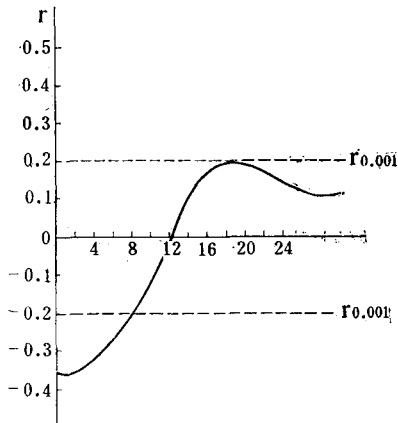


图3 青岛降水与赤道海温  
之间的时滞相关系数的变化曲线

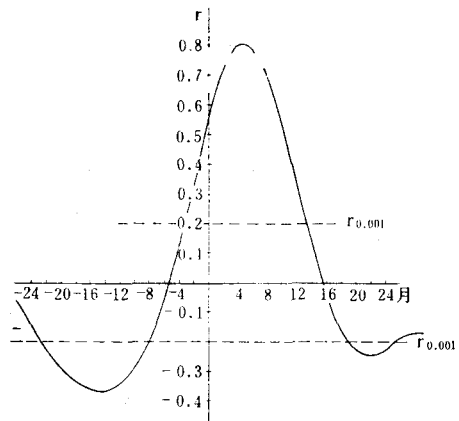


图5 赤道海温与副高面积  
指数的相关系数变化曲线

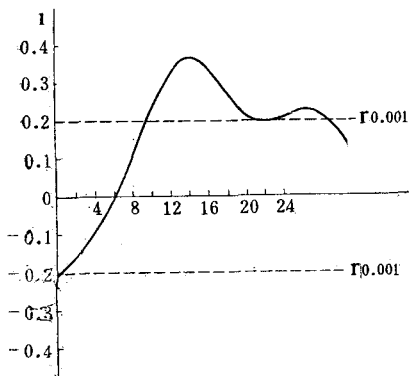


图4 青岛降水与副高面积指数时滞相关系  
数的变化曲线

里计算了两条曲线的时滞相关并绘成图4。

图上横座标表示副高面积在前的降水滞后

的月数。虚线还是0.001信度时的相关系数。由图4可见:青岛降水与同期副高面积成反相关,相关系数为-0.208。它给我们的信息是:副高面积比正常偏大(小),同期青岛降水量则比正常偏少(多)。从图上还可以看到,当降水滞后于副高面积14个月时有最大的正相关,其相关系数为+0.363,比前者还大。这就说明:副高面积可以预报降水,直接根据目前副高面积比正常偏大(小)来预报未来14个月左右青岛降水将比正常偏多(少),无需象人们通常那样先作出副高面积预报再推断降水大小的做法。

### (三) 赤道海温与副高面积之间的关系

把海温与副高曲线绘在同一张图上,可发

现它们有较好的相同变化趋势且有明显的时间滞后。为了显示相关程度,同样进行了这两条曲线的时滞相关计算,将计算结果绘成图5。图上正的月份表示赤道海温在前、副高面积滞后;负的月份则表示副高面积在前、赤道海温滞后。虚线也是0.001信度时的相关系数。

从图上可以看出,它们是正相关,正相关系数最大出现在副高面积落后于赤道海温4—5个月之间;相关系数高达+0.802, +0.804,大大超过了信度为0.001的相关要求。这种遥相关是那么密切,完全可以用赤道海温变化来预报副高面积的变化。当赤道海温比正常偏高(低),4—5个月后的副高面积指数将变得比正常偏大(小)。这个结果与文献〔3〕也一样。

从图5还可以看到副高面积反过来影响赤道海温。在副高面积变化以后的14—15个月之间(负时滞),两者有较好的负相关,其相关系数为-0.358, -0.357,都超过0.001的信度要求;亦可以用副高面积指数来推测后期赤道海温变化趋向。

### 三、结 语

赤道海温暖(冷)与青岛降水少(多)、副高面积大(小)三者之间都存在着相关,赤道海温变化是主要的,对副高的影响也是显著的,但有4—5个月的时滞;其相关系数高达+0.804,对青岛地区降水有影响(-0.360),只需1—2个月的时滞,可能由于青岛位于副高边缘,副高面积稍有变动就能影响到青岛降水,使青岛降水对赤道海温的响应比副高面积指数显得敏感。反过来,副高面积影响赤道海温需要14—15个月的时间(负相关),可能是相互影响而组成了准三年半的周期振动。

### 参 考 文 献

- 〔1〕 曹鸿兴、罗乔林,1979.科学通报24(3): 351—355。
- 〔2〕 缪锦海,1979.气象学报 37(4): 1—8。
- 〔3〕 中国科学院地理研究所长期预报组,1977.科学通报 22(7): 313—317。

## A MAXIMUM ENTROPY ANALYSIS OF THE PRECIPITATION IN QINGDAO AND THE EFFECT OF THE EAST EQUATORIAL PACIFIC SURFACE TEMPERATURE AND SUBTROPICAL HIGH ON QINGDAO PRECIPITATION

Zhang Bicheng

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

### Abstract

In this paper, Qingdao precipitation was analysed with maximum entropy method. Its vibration with a main period (three and half Years) and a subperiod (One and half years) was revealed.

Monthly data of Qingdao precipitation and east equatorial Pacific surface temperature and subtropical high in 1954-1977 were used. The time lag correlations between them were analysed. It is indicated that when the east equatorial Pacific surface temperature is lower or higher than normal, the subtropical high appears to be lower or higher correspondently and the Qingdao precipitation is consequently greater or smaller.