

## 上海气候振动的分析\*

王 紹 武  
(北 京 大 学)

### 提 要

本文对 1873—1959 年 87 年内上海的气候振动做了详细分析,主要结果如下:

(1) 分析各气候要素 10 年滑动平均值曲线表明,相同要素在不同月份的振动有很大差异。同一月份不同要素的振动亦不一致。甚至,如气温与最高气温,或降水量与降水日数的振动也并不完全相似。这说明形成气候振动的长期天气过程是十分复杂的。

(2) 各气候要素的振动,可以从大气活动中心位置的多年变化得到解释。研究表明,大气活动中心处于一定位置时,经常盛行确定的环流形势与天气过程,后者则直接决定了各气候要素的振动。

(3) 1920 年以后观测到显著的增暖,并在 40 年代达到顶点,近 10 年气温已开始下降。

(4) 87 年来的气候振动大致可分为五个阶段,其最典型的 10 年分别为 1880—1889 年(冷湿)、1890—1899 年(冷干)、1910—1919 年(冷湿)、1930—1939 年(暖干)及 1945—1954 年(暖湿)。

(5) 周期分析表明,气候振动确实有明显的周期性,降水量振动主要有 35 年及 60 年左右周期,气温振动多为 20—25 年、35—40 年及 70—80 年周期。

(6) 根据主要周期,计算了未来 20 年(1960—1979 年)降水量及气温距平的 10 年平均値。结果发现,将来可能盛行冷干气候,而在此以后则可能转向冷湿。

### 一、引 言

近代气候振动的研究有着双重的意义,一方面由于讨论的时间尺度比地质时代及历史时代短,因此与长期及超长期天气预报有密切关系。另一方面,也有助于了解地质时代及历史时代气候变化产生的过程与原因,有助于研究气候形成的问题。

我国的气候振动,过去讨论的不多,近来才作了一些工作<sup>[1,2]</sup>。为了更深入的研究这个问题,对个别站做一些比较细致的分析也是有益的。

上海是我国唯一记录长而又完整的测站,因此我们以它做为研究的对象。对其 87 年的各气候要素进行了分析。其中 1873 年到 1953 年记录取自“上海气象资料”,1954 年—1959 年的资料取自中央气象局。分析方法与一般气候振动的研究相同:对年或月平均值求 10 年滑动平均。

在分析计算结果之前,首先要弄清一个问题:这些气候要素的变化是反映了气候振动呢还是因为观测条件改变而造成的?因此,我们根据文献[3]做了检查,结果发现,在计算

\*本文 1962 年 5 月 10 日收到

的各气候要素之中,只有风速一項,各月 10 年滑动平均曲綫几乎完全类似,而且轉折点与观测条件改变的年代正好相合,因此舍弃不用。其它要素的变化則与观测条件的改变并无任何明显关系,故可相信这是气候振动的結果。进一步研究所揭示的不同气候要素振动与大气环流多年变化的密切关系,更可証实这一点。

## 二、气候振动的概况

首先我們分析降水量的振动。图 1 給出各月及全年降水量的 10 年滑动平均曲綫。可以看出各月之間差异甚巨。振动幅度亦很大,有时两个 10 年相距不远,降水量却相差一倍以上。夏季 10 年平均值的均方差一般在 20 到 30 毫米之間(表 1),冬半年較小,但若从相对变率来看則冬半年大于夏半年。各月降水量振动都有一定的周期性。

其次,我們討論气温振动。从总的趋势来看,自本世紀初以后,各月都有不同程度的上升,并且年平均气温表現最明显(图 2)。各月振动的幅度冬半年大于夏半年(表 1)。

表 1 降水量、气温与气压的均方差

月份 要素	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	全 年
降水量(毫米)	9.5	9.4	14.1	12.6	11.7	33.9	29.1	16.7	28.4	20.6	14.0	10.0	71.1
气温(°C)	0.57	0.43	0.47	0.44	0.41	0.28	0.43	0.45	0.52	0.45	0.73	0.52	0.38
气压(毫米)	0.55	0.46	0.38	0.21	0.28	0.41	0.36	0.49	0.30	0.25	0.37	0.29	0.20

图 3 为各月气压振动曲綫,值得注意的是,隆冬与盛夏振动幅度最大,过渡季节,如 4 月、5 月及 9 月,10 月最小,这也可以从各月气压均方差的大小看出(表 1)。从图 3 还可以看出,1 月与 7 月很相似,这可能說明冬夏季风同时增強或減弱<sup>1)</sup>。年平均气压有总的下降趋势,这与其它作者对北半球研究的結果一致<sup>[4]</sup>。

为了說明这三个要素振动的关系,計算了它們之間的相关系数<sup>2)</sup>(表 2)。比較图 1—图 3 亦可以看出,气压与降水量一般为負相关。夏半年負相关最大。气压与气温各月均为負相关,但冬半年最大。气温与降水量之間冬半年为正相关,夏半年为負相关,因此全年的相关系数不大。

表 2 降水量、气温与气压的相关系数

月份 要素	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	全 年
降水量与气温	0.37	0.33	-0.10	-0.63	0.40	-0.11	-0.28	-0.55	0.02	0.33	0.04	0.62	0.18
降水量与气压	-0.40	-0.16	-0.20	0.35	-0.24	-0.40	-0.53	0.16	-0.36	-0.52	-0.15	-0.34	-0.34
气温与气压	-0.75	-0.79	-0.51	-0.12	-0.33	-0.46	-0.13	-0.05	-0.67	-0.03	-0.97	-0.47	-0.64

1) 1 月气压高自然表示冬季风強,7 月气压高則可能表示东南季风強。  
2) 用 1873—1882 年到 1950—1959 年共 78 个 10 年平均值求出。

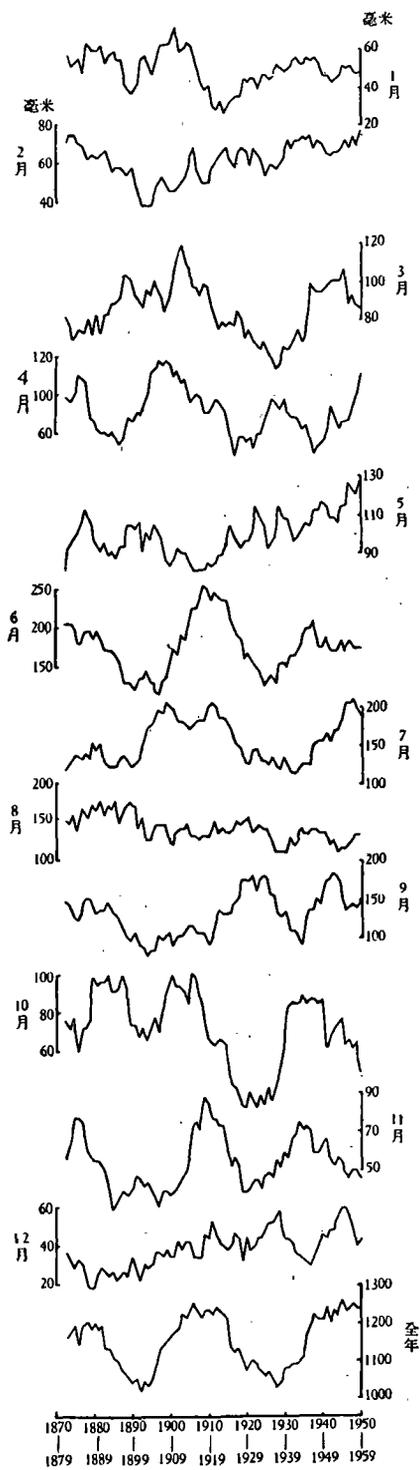


图1 降水量的振动

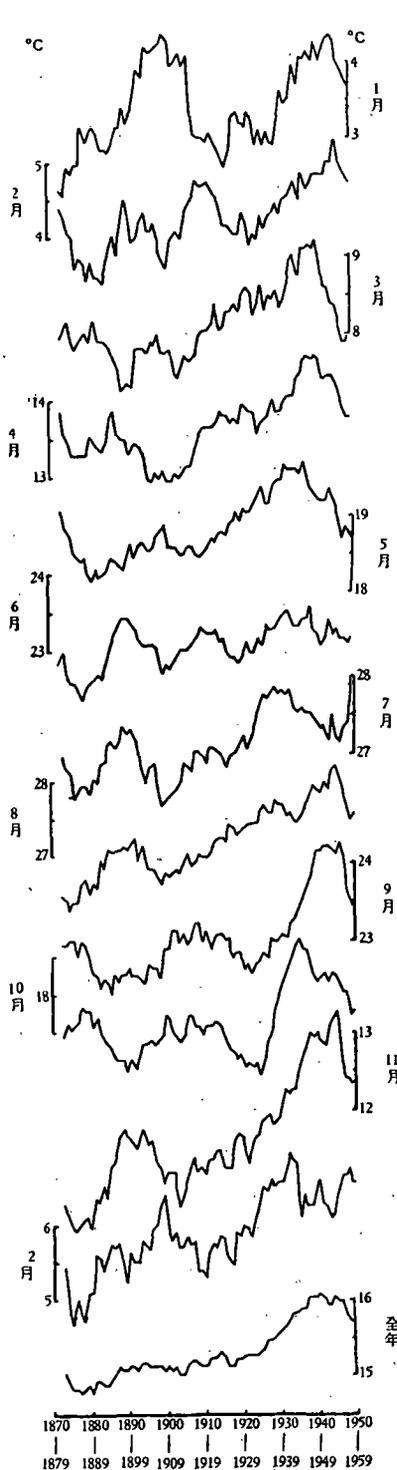


图2 气温的振动

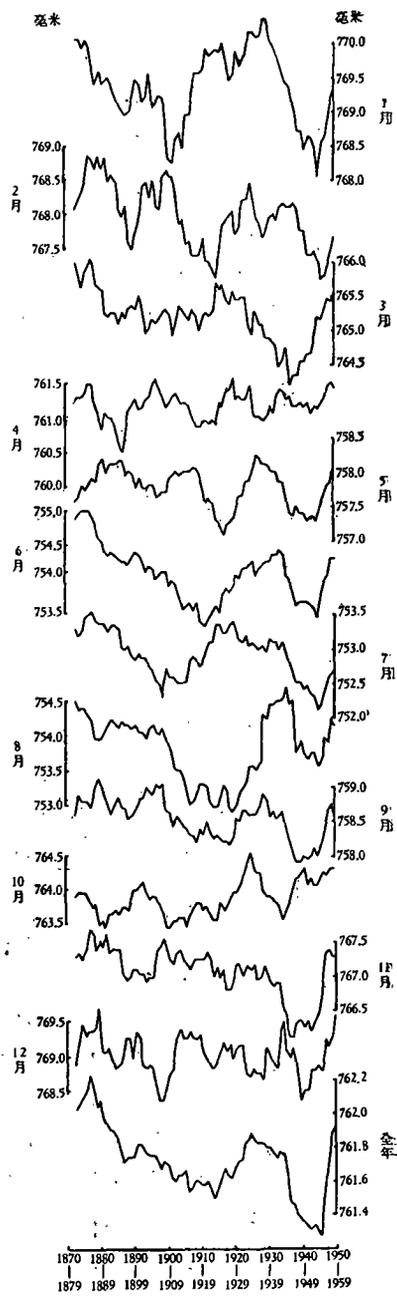


图3 气压的振动

最后,为了更清楚地了解各时期气候振动总的特征,我們將 1873—1959 年間每 10 年做一个段落,比較这九段時間,发现 1873—1882 年冬季冷而多雨,气压高,初夏雨季短而集中,整个夏季气压都高。1880—1889 年冬夏皆冷,气压高,春季少雨而秋季多雨。1890—1899 年冬夏皆少雨,梅雨期早而短促,春秋均冷。1900—1909 年梅雨期迟且短,各月皆冷,以冬末春初为最显著。1910—1919 年梅雨盛,但春秋皆少雨,冬末到盛夏气压均低,冬季冷。1920—1929 年秋季,隆冬至梅雨季均少雨,唯盛夏多雨,气压低。1930—1939 年夏季降水甚少,春季較多,各月均暖,夏季尤甚。1940—1949 年各月均多雨,以冬半年最强,各月皆暖,气压甚低且冬半年下降最多。1950—1959 年除秋季外均多雨,以春季为最明显,冬季暖而气压低。总的来講,这几十年中上海气候經過冷湿(1873—1889 年)、冷干(1890—1899 年)、冷湿(1900—1919 年)、暖干(1920—1939 年)及暖湿(1940—1959 年)几段时期<sup>1)</sup>,这与世界的气候振动趋势有一定程度的类似<sup>15,6)</sup>。

不过,如果我們再注意一下各月的情况就可以发现,有时两个 10 年年平均特征类似,但各月却可以相差很大。例如 1880—1889 年,1910—1919 年,1940—1949 年及 1950—1959 年,从年总降水量来看都是多雨时期,但是主要多雨的季节却是不同的。气温振动也有类似情况。例如 1930—1939 年与 1950—1959 年,年平均气温相同,但是前一个 10 年主要是夏季温度高,而后一个 10 年則冬季温度較高。

### 三、气候振动的环流条件

为了認識气候振动产生的根本原因,首先需要研究直接控制气候的环流条件的改变。由于資料与篇幅的限制,我們仅討論 1 月、4 月、7 月及 10 月的情况。

图 4 給出各月气候要素与大气活动中心位置的振动曲綫,1 月与 7 月的情况,作者过去曾有过簡單討論<sup>2)</sup>,4 月及 10 月的气候要素亦清楚的表现出与活动中心位置有明显关系,这里不再一一分析。

为了更清楚地說明各大气活动中心对气候振动的綜合影响,我們从上述 4 个月中各选出两个差异最大的 10 年,繪制了每 10 年东亚海平面平均气压,并求出每两个 10 年的差(图 5)。結合活动中心位置的变化,可以初步对气候振动加以解释。表 3 給出同时的气候要素平均值及其差值。

但是这样我們仍然对直接决定气候振动的天气过程了解不够,所以又从上述 10 年中各选出一个典型年份做代表加以分析对比。1 月我們选出 1910 年与 1915 年,前一年月平均图上西伯利亚高压緯度在  $46^{\circ}$ ,每日天气图上这一个月,西伯利亚北岸及近极地区域为低压所控制。高压多沿西北路径进入我国,强度弱,上海降水 133.0 毫米,是 87 年中 1 月份第三个降水最多的年份。1915 年完全相反,月平均图上高压在北緯  $65^{\circ}$ 。每日天气图上西伯利亚北部及近极地区域从月初就形成一个强高压中心,在全月內整个亚洲都为此强大高压所控制,高压多由北向南进入我国,上海降水 27.0 毫米,仅达多年月平均降水量(49.2 毫米)的一半。

1904 年 4 月份是太平洋高压极偏东的 10 年中,又最偏东的一年,月平均图上高压中心在西經  $140^{\circ}$ ,而 1929 年却是最偏西的一年,中心在  $180^{\circ}$ 。从每日天气图来看,这两年

1) 这里指的是平均情况,不是个别年份都符合此总的趋势,例如 1931 年大水年就出现在暖干时期。

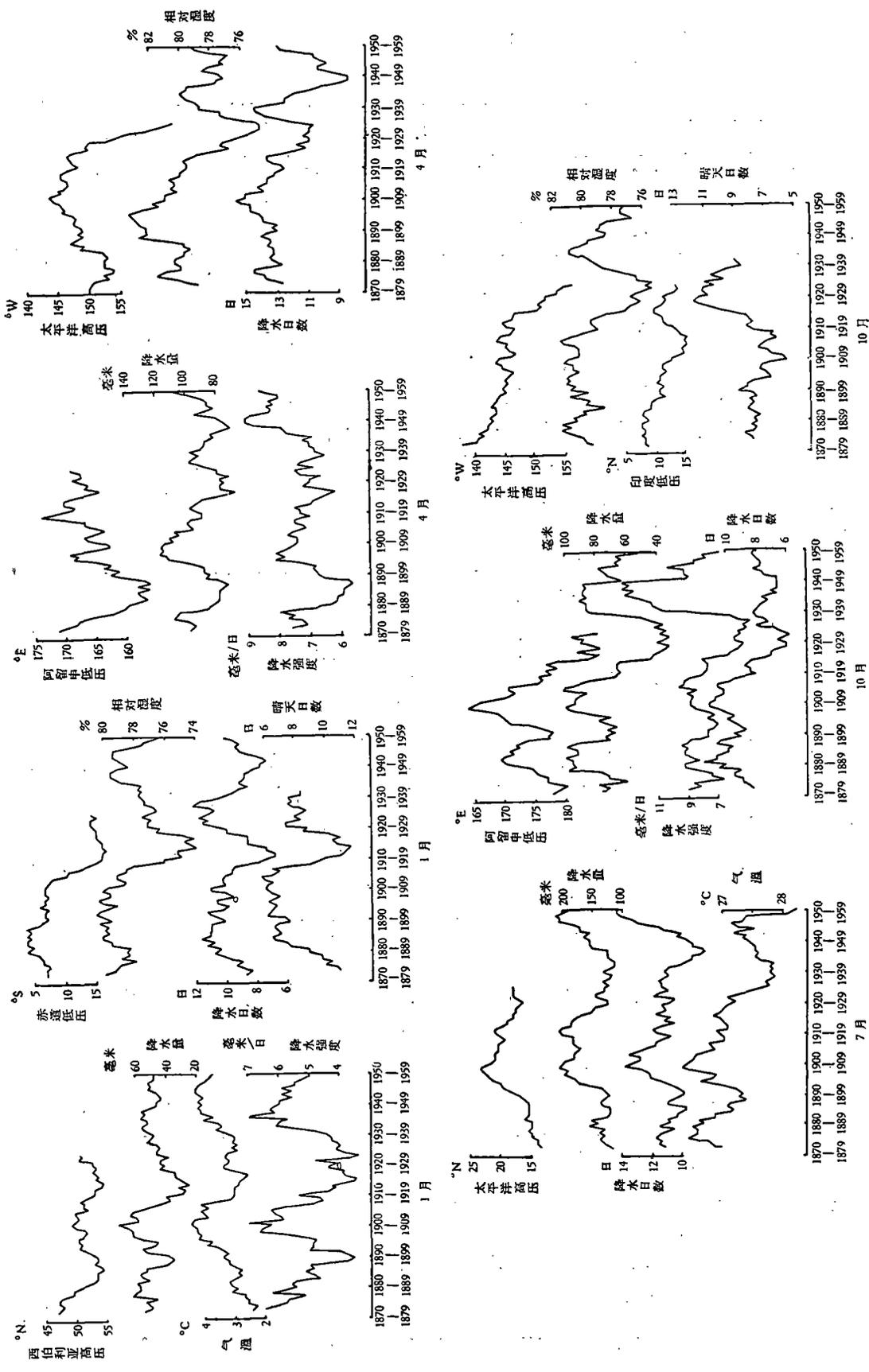


图4 大气活动中心位置与气候要素的振动

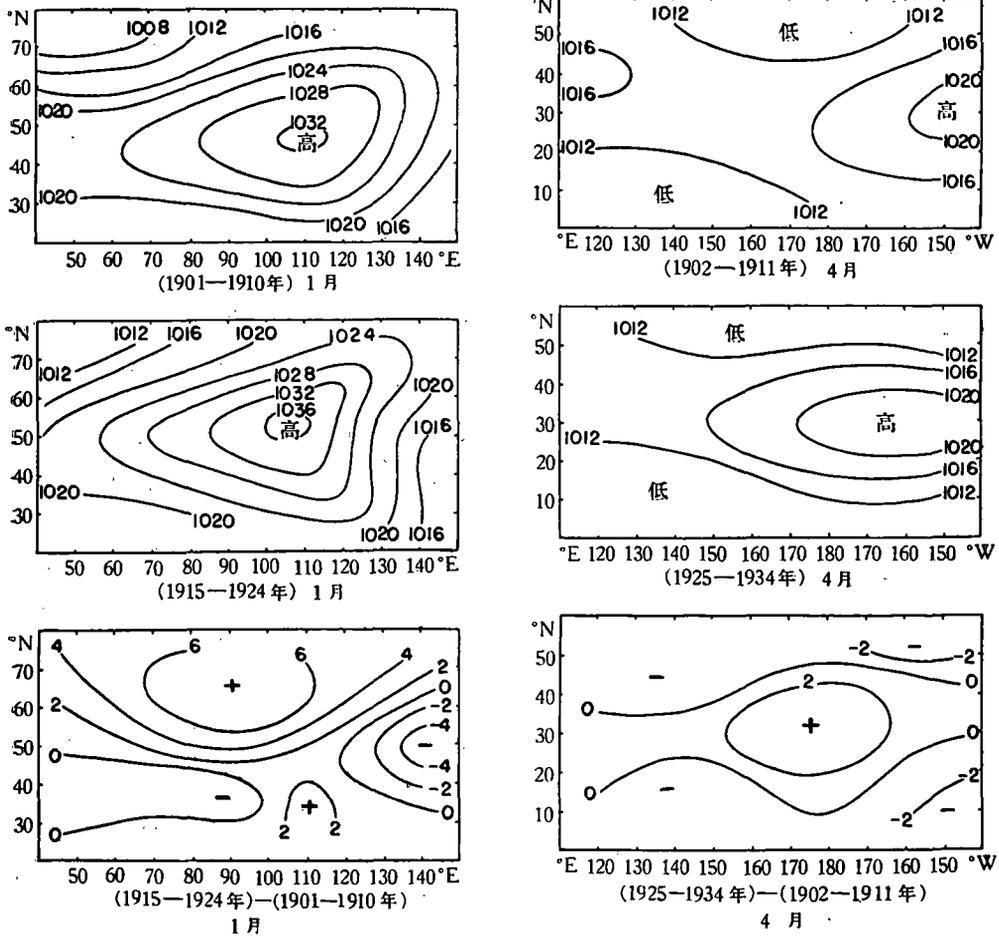
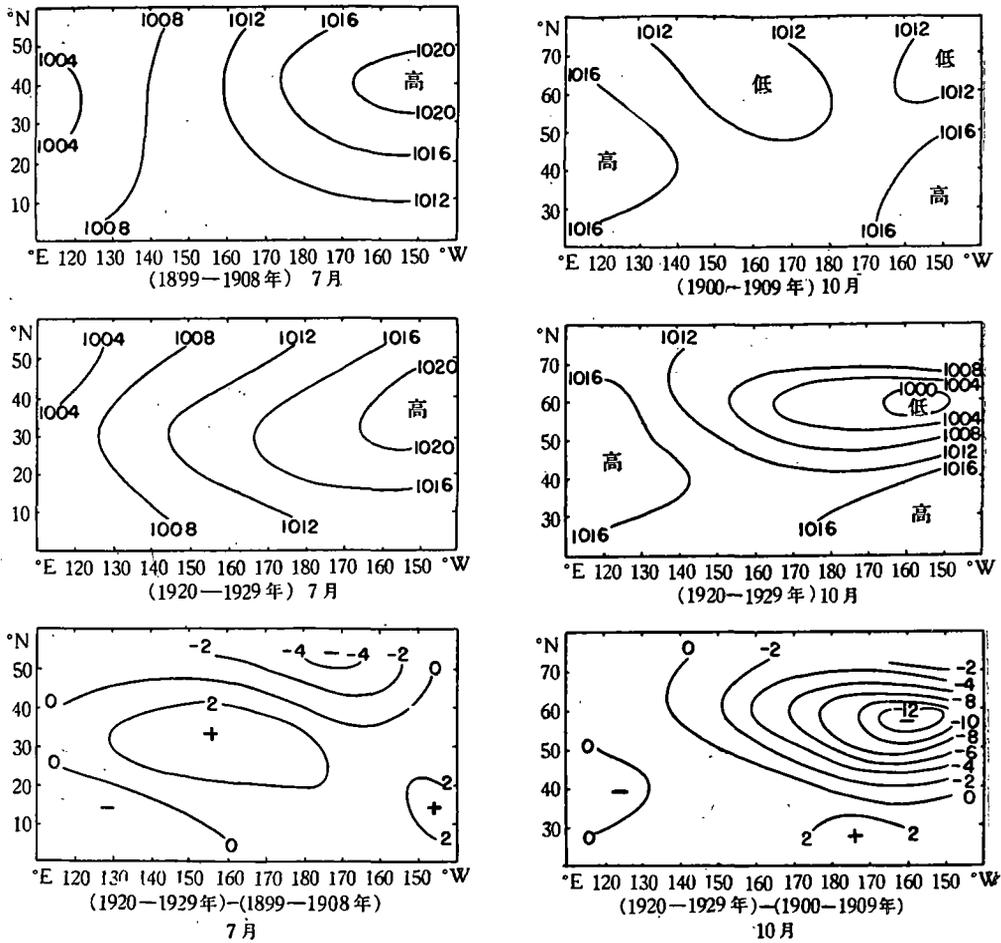


图5 东亚海平面气压分布

表3 每10年各气象要素平均值及其差值

要素 年代	气压 (毫米)	降水量 (毫米)	气温 (°C)	降水日数 (天)	降水强度 (毫米/日)	相对湿度 (%)	晴天日数 (天)	活动中心位置
1901—1910 年与 1915—1924 年 1 月								
1901—1910	768.3	71.4	4.4	10.9	7.1	79.8	6.1	50°N 西伯利亚高压
1915—1924	769.9	29.4	2.9	8.3	3.5	74.4	10.8	55
差 值	+1.6	-42.0	-1.5	-2.6	-3.6	-5.4	+4.7	+5
1902—1911 年与 1925—1934 年 4 月								
1902—1911	761.3	111.3	12.9	15.0	7.4	81.0	2.6	144°W 太平洋高压
1925—1934	761.5	87.6	13.6	11.5	6.8	74.9	5.0	164
差 值	+0.2	-23.7	+0.7	-3.5	-0.6	-6.1	+2.4	+20



續 图 5

續 表 3

要素 年代	气 压 (毫米)	降 水 量 (毫米)	气 温 (°C)	降 水 日 数 (天)	降 水 强 度 (毫米/日)	相 对 湿 度 (%)	晴 天 日 数 (天)	活 动 中 心 位 置
1899—1908 年与 1920—1929 年 7 月								
1899—1908	752.3	207.8	26.4	13.8	15.0	85.1	3.1	23°N 太平洋高压
1920—1929	753.4	126.2	27.2	10.7	11.8	83.5	4.8	17
差 值	+1.1	-81.6	+0.8	-3.1	-3.2	-1.6	+1.7	-6
1900—1909 年与 1920—1929 年 10 月								
1900—1909	763.4	98.3	17.8	11.3	8.7	81.1	5.6	166°E 阿留申低压
1920—1929	763.9	31.1	17.2	6.1	5.1	76.6	11.4	174°W
差 值	+0.5	-67.2	-0.6	-5.2	-3.6	-4.5	+5.8	+20

4 月虽然主要特征都是移动性高压較多,但 1929 年大陆高压較強,且大部分在北緯 30° 入海,1904 年則多在北緯 40°—50° 之間入海。高压中心經過之地自然降水日数減少,相对湿度下降。上海位于北緯 31°,所以 1904 年 4 月降水日数为 18 天,比多年平均(9.5 天)約多一倍,相对湿度为 85%。1929 年 4 月降水日数仅 9 天,相对湿度只有 68%。

7 月份,太平洋高压南界最偏南的 1917 年(在北緯 15°),上海 7 月降水量仅 8.8 毫米。1903 年 7 月南界在北緯 24°,降水 305.7 毫米。

最后我們再看两个 10 月的例子,例如 1909 年阿留申低压在东經 160°,1929 年在西經 155°,这两年大型天气过程的特征是 1909 年大陆常为一稳定高压控制,阿留申低压不发达,1929 年則多移动性高压,高压前部不断有气旋移入阿留申地区加深。同时前一年西太平洋 10 月一个月就有 7 次台风活动,并有 6 次登陆,而其中 3 次登陆我国,1929 年 10 月虽然亦有 5 次台风,但无一次登陆,都在海上轉向<sup>[7]</sup>。在这样形势下,1909 年 10 月上海降水 168.7 毫米,为多年平均(74.3 毫米)的一倍多,1929 年 10 月則仅降水 8.7 毫米。

总之,我們可以看出,气候振动虽然复杂,但是都可以从环流条件的变化得到解释。因此气候振动的直接原因应是大气环流的多年变化。下面我們对气候振动的一些規律再做些分析。

#### 四、降水量振动的周期性

降水量振动經常表現出一定的周期性。为了較精确的研究这个問題,就需要用严格的方法求周期长度。我們用調和分析法計算了各月降水量 15 年,20 年—80 年周期的振幅,然后做出周期图(图 6)选出主要周期(方法見附录)。表 4 給出振幅值,凡主要周期之振幅值均用黑体字排出。

从图 6 及表 4 可以看出以下几点:第一,春季及夏季,特别是初夏周期比較单纯,5 月、

表 4 降水量周期振幅(毫米)

月份	周期 (年)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	$\sigma$
		1 月	2.1	6.8	<b>8.9</b>	6.7	1.3	3.8	5.7	7.2	<b>7.6</b>	6.8	4.0	4.5	5.2	4.8
2 月	7.1	0.9	1.0	7.4	6.3	<b>7.1</b>	3.7	5.7	5.4	<b>12.2</b>	8.6	9.5	9.6	11.4	9.4	
3 月	1.0	7.7	4.3	5.9	9.1	5.0	14.7	<b>18.3</b>	16.2	16.2	15.5	14.2	12.1	5.7	14.1	
4 月	3.8	7.2	9.0	<b>9.1</b>	3.9	8.4	9.2	9.7	14.1	<b>16.6</b>	14.6	11.8	11.1	8.5	12.6	
5 月	3.2	4.3	5.9	6.1	3.2	1.8	5.5	13.2	14.1	15.2	<b>15.5</b>	14.8	14.6	11.5	11.7	
6 月	6.7	9.0	24.6	38.5	<b>42.5</b>	37.3	43.4	35.7	27.7	22.5	23.3	17.8	13.0	8.4	33.9	
7 月	12.7	0.9	11.8	5.7	26.7	31.9	<b>36.2</b>	33.3	35.9	33.5	20.3	18.5	14.5	12.2	29.1	
8 月	<b>11.4</b>	10.1	9.2	9.6	<b>16.0</b>	14.4	11.7	6.8	6.8	6.9	4.2	7.2	11.2	<b>13.2</b>	16.7	
9 月	5.6	<b>25.2</b>	20.7	16.8	23.0	19.6	14.4	9.3	14.9	22.7	<b>26.5</b>	23.0	14.8	23.9	28.4	
10 月	8.9	7.6	12.4	<b>22.5</b>	18.7	12.6	12.9	19.5	<b>20.1</b>	15.6	13.5	14.2	15.8	15.1	20.6	
11 月	5.5	8.7	10.7	<b>15.4</b>	12.7	10.0	11.4	3.1	1.8	5.5	8.1	<b>10.6</b>	9.1	7.9	14.0	
12 月	1.9	<b>6.5</b>	5.7	2.9	1.2	<b>7.0</b>	5.9	3.4	2.7	3.8	5.1	6.4	7.9	<b>8.8</b>	10.0	
全 年	17.6	16.3	17.7	78.4	<b>107.9</b>	94.8	68.1	63.0	53.6	49.4	20.9	8.3	18.4	24.7	71.1	
主要周期次数		1	2	1	3	3	2	1	1	2	2	2	1	0	2	23

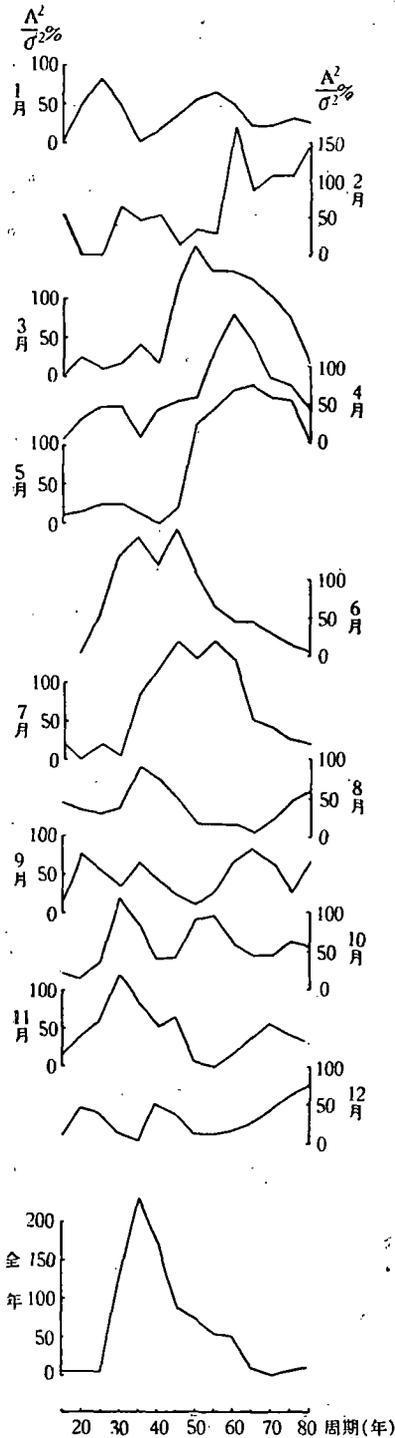


图6 降水量振动周期

6月、7月都只有一个主要周期<sup>1)</sup>，而8月到2月每个月都至少有两个主要周期。第二，各月的主要周期虽然不完全相同，但是却大致集中在两个长度附近，35年与60年。第三，35年左右周期主要出现在夏半年，并且大部分是该月的第一主要周期<sup>2)</sup>，60年左右的周期大部分出现在冬半年，特别是冬末及春季。

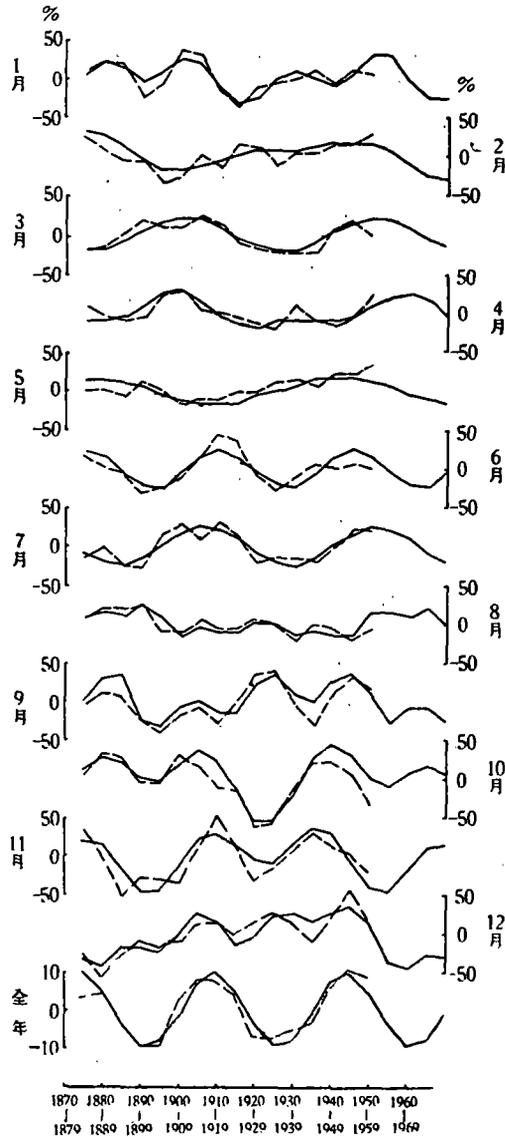


图7 降水量振动的计算值与实况

1) 图6上6月及7月都有双峰,但是我们认为这可能是计算资料选取的影响,而不是同时有两种长度很相近的主要周期。  
 2) 即主要周期中振幅最大的一个。

这样求出的周期自然还不是完全精确的。但是考虑到周期长度随时间还是会有变化的,并且从本质上讲,无论气候振动或大气环流振动都不是由严格的正弦波组成;何况资料也还不够长,所以我们没有再进一步求精确周期。但是即使这样粗略的周期,却也能在相当大的程度上描述降水量的振动。图7中给出按主要周期得到的计算值(实线)及实况(虚线)。可以看出两种曲线十分相近。经严格检查证明<sup>1)</sup>计算值确实与实况很近似(表5)。

表5 降水量振动计算的检查

月份 指标		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年	平均
		Q	0.33	0.56	0.26	0.51	0.83	0.34	0.29	0.53	0.50	0.35	0.38	0.25	0.16
ρ	计算	0.75	0.25	0.50	0.25	0.38	0.50	0.38	0.63	0.63	0.50	0.50	0.87	0.87	0.54
	气候	0.13	0.25	-0.50	0.00	0.25	0.25	-0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	-0.50	-0.03

既然如此,很容易就会想到为什么不可以利用周期性来预报气候振动呢?我们按上述主要周期,顺序算出1955—1964年,1960—1969年,1965—1974年及1970—1979年,四个10年的各月与全年降水量距平(%),绘于图7。总的讲,根据计算,未来20年降水量将普遍减少,1月到7月都有此特点,9月到12月则先减少后略回升,但仍为负距平。因此总的趋势是气候转向干燥。各月分别计算的总和与全年单独计算结果也相当一致。应当说明,这只是一个粗略的估计,本文主要目的不是专门讨论超长期预报方法,因此不再多加分析。

至于这些周期产生的原因,除20—25年周期可能与太阳活动22年周期有关外,其它如35年左右周期亦可能与太阳活动有关<sup>[9]</sup>。

## 五、增暖现象

第二节曾谈到,各月气温近几十年普遍有上升趋势,这在年平均温度上表现最明显。例如1940—1949年年平均气温16.1°C,比最冷的1877—1886年高了1.3°C。从气候角度来看,这应当说是很大的变化,为了详细研究这个现象,我们从以下几方面谈谈。

第一,从图2可以看出,虽然各月温度都上升,但程度不同,出现时期也不同。表6给出相邻10年各月气温的变化。显然,在增暖最剧烈的30及40年代,大部分月份都是上升的,只是由20年代到30年代1月及由30年代到40年代初夏气温略降。上升较多的是秋季(9月到11月)。

第二,我们同时计算了各月及全年平均最高气温与最低气温的10年滑动平均值。并

1) 采用 H. A. Барров<sup>[9]</sup> 检查长期预报的方法计算 Q 及 ρ。

$$Q = \frac{1}{N} \frac{\sum (A_n - A_\phi)^2}{\sigma^2}, \quad \rho = \frac{n_+ - n_-}{N}$$

其中 N 为计算总次数,  $A_n$  与  $A_\phi$  为计算与实况之距平值,  $\sigma$  为均方差,  $n_+$  与  $n_-$  为计算正确与错误次数。凡计算与实况之差在该月多年变幅的 20% 以内时为正确,大于变幅 20% 时为错误。

气候预报即取多年平均,故均方差即计算误差。

表 6 每 10 年气温的变化(°C)

月 份 年 代	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	全 年
(1880—1889) (1873—1882)	+0.56	-0.98	+0.07	-0.53	-0.83	-0.29	-0.50	-0.02	-0.15	+0.32	-0.26	-0.36	-0.24
(1890—1899) (1880—1889)	+0.48	+1.04	-0.75	+0.21	+0.16	+0.91	+0.34	+0.59	-0.28	-0.80	+1.20	+0.56	+0.36
(1900—1909) (1890—1899)	+0.86	-0.73	+0.50	-0.42	+0.49	-0.70	-0.93	-0.29	+0.39	+0.78	-0.48	+0.42	-0.02
(1910—1919) (1900—1909)	-1.25	+0.93	+0.21	+0.52	-0.48	+0.57	+0.59	+0.19	+0.09	-0.29	-0.03	-0.75	+0.01
(1920—1929) (1910—1919)	+0.34	-0.64	+0.31	+0.12	+0.44	-0.48	+0.18	+0.70	-0.13	-0.29	+0.49	+0.67	+0.12
(1930—1939) (1920—1929)	-0.39	+0.43	+0.23	+0.15	+0.49	+0.56	+0.66	+0.35	+0.17	+0.87	+0.33	+0.56	+0.38
(1940—1949) (1930—1939)	+1.09	+0.40	+0.57	+0.73	-0.16	-0.07	-0.39	+0.21	+1.18	+0.14	+0.99	+0.06	+0.40
(1950—1959) (1940—1949)	-0.38	-0.15	-1.08	-0.81	-0.66	-0.09	+0.83	-0.27	-0.85	-0.39	-0.60	-0.06	-0.35

计算了与气温 10 年滑动平均值的相关系数(表 7)。

表 7 气温与最高气温及最低气温的相关系数

月 份 要 素	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	全 年
气温与最高气温	0.74	0.76	0.85	0.91	0.78	0.65	0.78	0.73	0.83	0.67	0.79	0.71	0.66
气温与最低气温	0.80	0.88	0.84	0.82	0.89	0.84	0.96	0.94	0.98	0.96	0.99	0.93	0.96

从表中数字可以看出,气温在秋季与最低气温关系较密切,而春季则在更大程度上决定于最高气温。其它月份以及年平均气温均与最低气温有较大联系。

表 8 降水量与气温振动的主要周期(年)

月 份	要 素	降 水 量	气 温
1	月	25, 55	40
2	月	40, 60	20, 40, 80
3	月	50	30, 70
4	月	30, 60	25, 70
5	月	65	35, 75
6	月	35	20, 40, 80
7	月	45	20, 70
8	月	15, 35, 80	20, 80
9	月	20, 65	35, 80
10	月	30, 55	35, 70
11	月	30, 70	25, 80
12	月	20, 40, 80	25, 40, 80
全	年	35	40, 80

第三,增暖从 10 年滑动平均曲线上看得很清楚,但是这并不意味着只是 10 年平均值才有此差异,10 年以内每年的气温亦受此总趋势的影响。为了说明这点可以比较两个 10 年,看它们的差别是不是系统性的,用  $t$  检验<sup>[10]</sup>分析表明,  $P$  经常  $< 0.01$ 。即除两个 10 年差很小的情况以外,一般都是系统性的差异。年平均气温表现最明显,例如 1940—1949 年 10 年每年气温均在  $15.6^{\circ}\text{C}$  以上,而 1880—1889 年 10 年内各年气温都在  $15.5^{\circ}\text{C}$  以下,同时 87 年来最冷的 4 年 ( $14.4^{\circ}\text{C}$  以

表 9 气温振动计算的检查

指标	月份												全年	平均	
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月			
Q	0.25	0.24	0.26	0.24	0.10	0.20	0.56	0.45	0.25	0.39	0.48	0.52	0.16	0.32	
P	计算	0.63	1.00	0.63	0.75	1.00	0.63	0.38	0.38	0.75	0.63	0.50	0.50	0.87	0.67
	气候	-0.63	0.00	0.25	0.13	-0.38	-0.25	0.13	0.13	0.13	0.00	0.13	0.00	0.00	-0.03

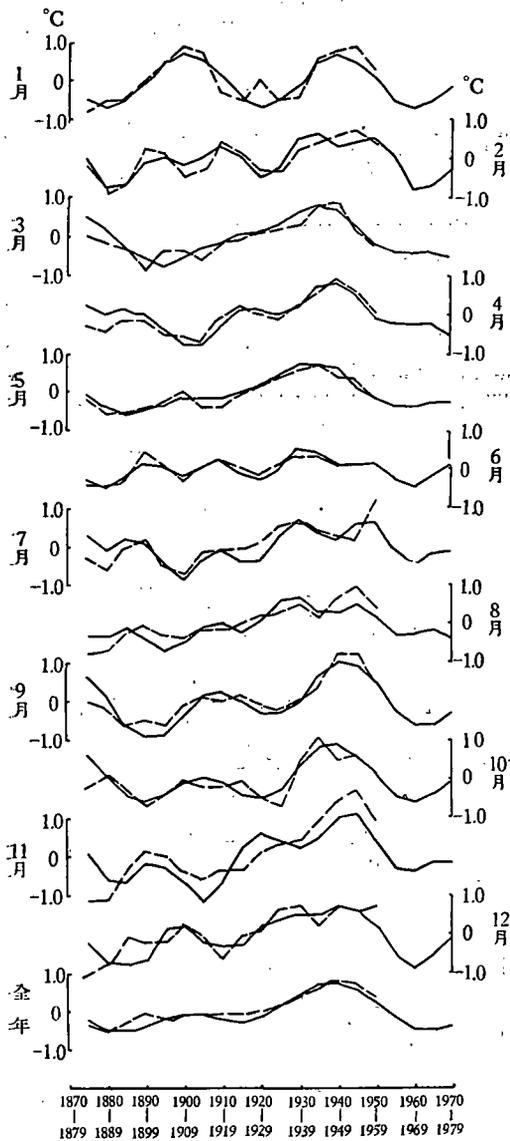


图 8 气候振动的计算值与实际

下)都出现在这 10 年以内,最暖的 5 年(16.2°C 以上)则有 4 年出现于 1940—1949 年以内。

第四,为了估计未来 20 年气温振动的趋势,我们用上节所述的方法,找出各月气温振动的主要周期(表 8)。同样,检查结果说明这些周期基本上能描绘出气温振动的主要特征(表 9)。所以按主要周期算出未来的 20 年气温距平。从计算结果(图 8)来看未来气温将下降,而且冬半年下降最多,到 1970—1979 年又可能略微上升,但仍低于多年平均值。有趣的是根据计算,1955—1964 年,1960—1969 年,1965—1974 年及 1970—1979 年年平均气温距平分别为 -0.2°C, -0.5°C,

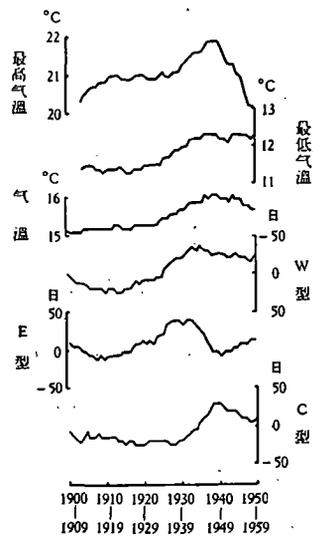


图 9 年平均气温与环流型日数的振动

-0.5°C 及 -0.4°C 而 12 个月计算结果平均为 -0.3°C, -0.5°C, -0.4°C 及 -0.2°C。当然气温振动也可能还有更长的周期,因此以上只能认为是一个很初步的推算。

第五, 楊鉴初曾用欧洲环流型 (W, E, C) 的多年变化来说明我国某些地区 (包括上海) 的增暖<sup>[11]</sup>. 章基嘉亦曾用 E 型环流增强解释上海、北京、沈阳年平均气温的振动<sup>[12]</sup>. 但是分析近来 W, E, C 三型环流日数的变化<sup>[13]</sup> 发现 E 型并未显著减少, 反而有所增加, 而近 10 年气温已在下降<sup>1)</sup>. 况且 1940—1949 年并不是 E 型最多的 10 年. 把环流型日数亦做 10 年滑动平均, 可以看出 C 型与气温的关系更好一些. 1940—1949 年正是 C 型最多的 10 年, 此后 C 型减少 (图 9).

自然, W 型与 E 型对气温也有影响, 同时各月的情况也不一样. 所以我们又计算了各月三型环流与气温的相关系数 (表 10)<sup>2)</sup>. 总的来说, W 型与气温为负相关, E 型及 C 型为正相关.

表 10 气温与环流型日数的相关系数

环流型 \ 月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	全年
W	0.04	-0.13	-0.25	0.45	-0.70	-0.26	-0.64	-0.84	-0.56	-0.49	-0.63	-0.73	-0.91
C	0.63	0.13	0.72	0.24	0.15	0.06	-0.35	-0.33	0.48	0.45	0	0.53	0.48
E	-0.47	0.02	-0.77	-0.50	0.51	0.23	0.71	0.77	0.23	0.11	0.54	0.41	0.46

致謝: 北京大学肖女俊同志为本文繪图, 陈振华, 閻永泉, 董德惠等同志先后协助完成部分计算工作, 謹此致謝, 地球物理所楊鉴初先生, 上海气象台高士秀先生都曾对本文提出宝贵的意見, 一并致以深切謝意.

## 附 录

A. Schuster 曾經提出一个检查周期可靠性的标准, 即任何周期之偶然性概率  $F = e^{-\left(\frac{A}{E}\right)^2}$ ,  $A$  为该周期振幅,  $E = 2 \sqrt{\frac{\sum_{j=0}^{n-1} \delta_j^2}{n(n-1)}}$ ,  $\delta$  为要素距平,  $n$  为观测年数. 当  $A \geq 3E$  时,  $F \leq \frac{1}{8103}$ , 則周期认为可靠. 在我們現在的情况下,  $n$  为 78, 均方差即根据这 78 个值求出. 这样当  $\frac{A^2}{\sigma^2} \geq 46\%$  即滿足上述要求. 图 7 說明不少周期均超过此值, 有时  $\frac{A^2}{\sigma^2}$  甚至可达 200%. 現在我們再进一步討論这个問題.

假定降水量 10 年滑动平均距平值只是单一的时间正弦函数,

$$R = A \sin(\theta + \theta_0),$$

則不难用积分求出其均方差平方 (为簡便起見取一个周期).

$$\sigma^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [A \sin(\theta + \theta_0)]^2 d\theta = \frac{A^2}{2}.$$

所以  $\frac{A^2}{\sigma^2} = 200\%$ . 例如年总降水量 35 年周期  $\frac{A^2}{\sigma^2}$  即在 200% 左右.

如果降水量振动包括两种周期, 且一个周期的长度为另一个的一倍. 那末当这两种周期振幅亦成比

- 1) 由于近 10 年气温距平仍为正值, 如果象文献[12]一样取距平做累积曲綫, 則近 10 年曲綫仍上升, 但显然不恰当的.
- 2) 用 1891—1959 年共 60 个 10 年平均值求出.

例时,

$$R = A \sin(\theta + \theta_1) + nA \sin(2\theta + \theta_2).$$

其均方差平方

$$\sigma^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [A \sin(\theta + \theta_1) + nA \sin(2\theta + \theta_2)]^2 d\theta = \frac{1+n^2}{2} A^2,$$

即  $\frac{A^2}{\sigma^2} = \frac{2}{1+n^2}$ . 可见这时均方差不受周期初位相及振幅与周期长度关系的影响, 而只决定于两种周期的振幅比.

$$\text{如 } n = 1, \quad \text{则 } \frac{A^2}{\sigma^2} = 1, \quad \frac{n^2 A^2}{\sigma^2} = 1;$$

$$\text{又 } n = 2, \quad \text{则 } \frac{A^2}{\sigma^2} = \frac{2}{5}, \quad \frac{n^2 A^2}{\sigma^2} = \frac{8}{5}.$$

10 月的情况就与此相当, 其主要周期为 30 及 55 年, 长度相差近一倍, 且振幅相差不多, 按以上计算  $\frac{A^2}{\sigma^2}$  及  $\frac{n^2 A^2}{\sigma^2}$ , 即长短周期振幅平方与均方差平方之比都应为 100%, 这与实况十分一致. 又如 4 月有 60 年及 30 年周期, 而前者振幅比后者约大一倍才适合  $n = 2$  的情况, 由图 7 可以看出,  $\frac{A^2}{\sigma^2}$  分别为 170% 及 50% 与估计  $\frac{8}{5}$  及  $\frac{2}{5}$  相差无几.

我们再讨论降水量振动由三个周期组成的情况, 如果这三个周期长度成一定倍数且振幅成比例, 则

$$R = A \sin(\theta + \theta_1) + nA \sin(2\theta + \theta_2) + mA \sin(4\theta + \theta_3).$$

其均方差平方

$$\sigma^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [A \sin(\theta + \theta_1) + nA \sin(2\theta + \theta_2) + mA \sin(4\theta + \theta_3)]^2 d\theta = \frac{1+n^2+m^2}{2} A^2,$$

$$\text{即 } \frac{A^2}{\sigma^2} = \frac{2}{1+n^2+m^2}.$$

$$n = 1, \quad m = 1, \quad \frac{A^2}{\sigma^2} = \frac{2}{3}, \quad \frac{n^2 A^2}{\sigma^2} = \frac{2}{3}, \quad \frac{m^2 A^2}{\sigma^2} = \frac{2}{3};$$

$$n = 1, \quad m = 2, \quad \frac{A^2}{\sigma^2} = \frac{1}{3}, \quad \frac{n^2 A^2}{\sigma^2} = \frac{1}{3}, \quad \frac{m^2 A^2}{\sigma^2} = \frac{4}{3}.$$

12 月就有三个主要周期; 20 年, 40 年及 80 年, 振幅均相差不多, 正适合上述  $n = 1, m = 1$  的情况, 根据计算三个周期振幅平方与均方差都应当为  $2/3$ . 实况与之完全符合.

在过去的工作中<sup>[14,2]</sup>, 作者曾采用  $\frac{A^2}{\sigma^2} = 1$  左右的周期为主要周期, 因为大气活动中心一般只有两种主要周期, 且大多数为  $n = 1$  的情况.

## 参 考 文 献

- [1] 楊鑑初, 气象学报, **31** (1961) 360—370.
- [2] 王紹武, 气象学报, **32** (1962) 19—36.
- [3] 上海气象手册, 上海中心气象台, 1959.
- [4] Brier, G. W., Bull. of Amer. Meteor. Soc., **28** (1947), 237—242.
- [5] Wheeler, R. H., Bull. of Amer. Meteor. Soc., **21** (1940), 46—58.
- [6] Willett, H. C., J. Meteor., **8** (1951), 1—6.
- [7] 高由禧, 曾佑思, 颱风的路径图及其一些统计, 1957.
- [8] Баргов Н. А., Метео и Гидро, № 11, 1958.
- [9] Эйгенсон М. С., Очерки физико-географического проявления солнечной активности Львов. 1957.

- [10] Brooks C. E. P., Handbook of statistical methods in meteorology, 1953.  
[11] 楊繼初, 天气月刊, 1958 年第 1 期, 34—37.  
[12] 章基嘉, Труды ГГО вып. 90, 1960, 63—78.  
[13] 欧洲大型环流档案, 中央气象科学研究所长期预报组.  
[14] 王紹武, 气象学报 31 (1961), 304—318.

## О КОЛЕБАНИЯХ КЛИМАТА ШАНХАЯ

Ван Шо-у

(Пекинский университет)

### Резюме

В работе проведён детальный анализ колебаний климата Шанхая за последние 87 лет (1873—1959гг.). Основными выводами являются:

(1) Колебания одного и того же климатического элемента в разных месяцах отличаются значительно друг от друга. Это ясно появляется в кривых десятилетних скользящих значениях соответственных элементов, как количества осадков, температуры, давления воздуха и т. д. Кроме того, даже в одном месяце тоже имеется определённое расхождение между колебаниями различных элементов, хотя бы таких, как температуры и её максимального значения или количества осадков и числа дней выпадения осадков. Всё это отражает сложность макро-синоптических процессов, формирующих колебания климата.

(2) Колебания климата можно объяснять многолетним изменением местоположений центров действия атмосферы. Выяснилось, что с последними сопровождаются определённые синоптические ситуации и процессы, определяющие непосредственно колебания климата.

(3) После 1920г. наблюдалось сильное потепление, достигнутое своего максимума в сороковых годах настоящего столетия. Но в последние 10 лет оно замедлялось и средняя годовая температура начала снижаться.

(4) Колебания климата Шанхая за последние 87 лет может разделить на 5 этапов. Их характерными десятилетиями являются 1880—1889гг. (холодно-влажное), 1890—1899гг. (холодно-сухое), 1910—1919гг. (холодно-влажное), 1930—1939гг. (тепло-сухое) и 1945—1954гг. (тепло-влажное).

(5) Колебания количества осадков и температуры имеют ясную цикличность. Расчёты показывают, что главными циклами являются 35-летний и 60-летний для количества осадков, 20—25-летний, 35—40-летний и 70—80-летний для температуры.

(6) По главным циклам рассчитаны отклонения количества осадков и температуры от многолетних значениях по 1960—1969гг. и 1970—1979гг. Казалось, что за этот период в основном будет холодно-сухой климат. После этого может быть наступать период с холодно-влажным климатом.