第37卷 第1期 气 象 学 报 Vol. 37, No. 1
1979 年 5 月 ACTA METEOROLOGICA SINICA May, 1979

我国旱涝36年周期及其产生的机制*

王绍武 赵宗慈

(北京大学)

提 要

本文分析了近五百年旱涝资料，发现我国东部存在36年左右的周期，长江下游地区尤其明显。进一步研究了近百年大气环流的多年变化，发现赤道中太平洋地区36年周期最突出，并且与旱涝的周期变化有密切关系。利用近期的海温资料及以前不同作者的研究结果，我们提出了一个旱涝36年周期变化机制的模式：当赤道中太平洋海面温度偏低时，相应赤道中太平洋海平面气压偏高，澳洲附近气压偏低，对应南方涛动指数偏强，沃克环流强，哈得来环流东弱西强，北半球太平洋副热带高压东弱西强且西伸、位置偏南，我国长江下游地区偏涝；反之则偏旱。

一、前 言

在以前研究气候振动的工作[1]中，利用调和分析，发现上海年降水量振动主要有36年左右周期。当时根据这一周期作了廿年预报，与出现的实况对比(图1)可以看出，预报基本上是正确的。例如1956—1965年10年预报的平均值为1110毫米，实况为1154毫米；又如1966—1975年预报为1044毫米，实况为1047毫米。

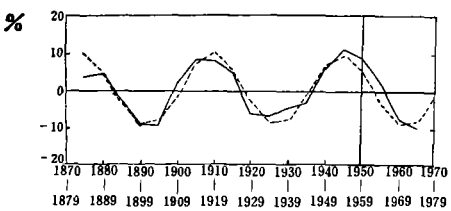


图 1 上海年降水量10年平均预报值(虚线)与实况(实线)
(每5年一个10年平均值)

由此说明，上海年降水量不但在1873—1959年期间存在明显的36年周期，而且在50年代以后仍然继续维持。

近年来，在中央气象局天气、气候研究所与南京大学、北京大学及各省、市、自治区气象局协作下，完成了我国近五百年旱涝史料分析。北京大学与黑龙江、吉林、辽宁等省气象局及长江流域规划办公室水文处协作，整理了近百年大气环流资料。因此，有可能对这个问题进一步深入分析。这里，我们只着重讨论三方面的问题：1. 旱涝的36年周期在百年以前是否存在，由此来判断它是否为一种较普遍的规律。2. 弄清楚在我国哪一些地区，这种旱涝周期最明显。3. 对比旱涝与大气环流变化，探讨36年周期产生的机制。

二、我国旱涝的36年周期

首先要说明，以汛期降水史料为主要依据划分的旱涝级别，与年降水量的变化规律

* 本文于1978年6月17日收到。

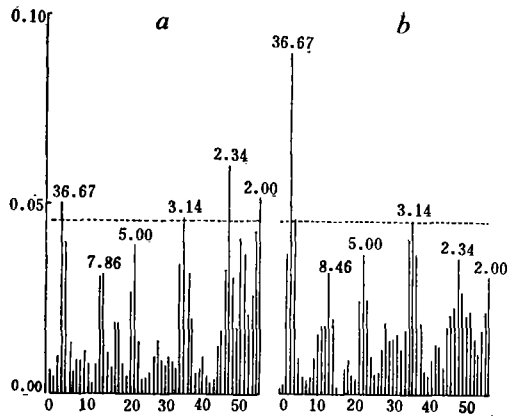


图 2　上海旱涝级别功率谱(a)及上海年降水量功率谱(b)

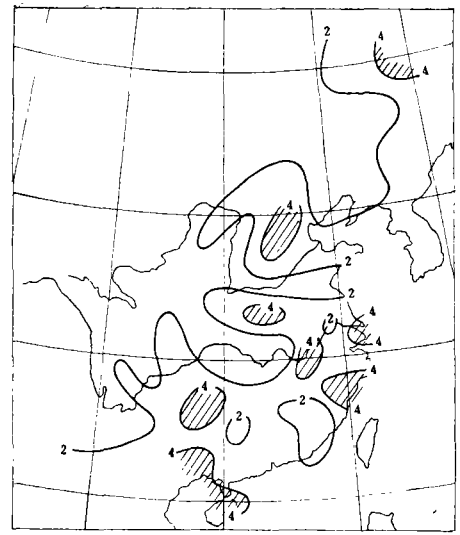


图 4　我国东部 100 个站旱涝级别功率谱 36 年周期分布图(%)

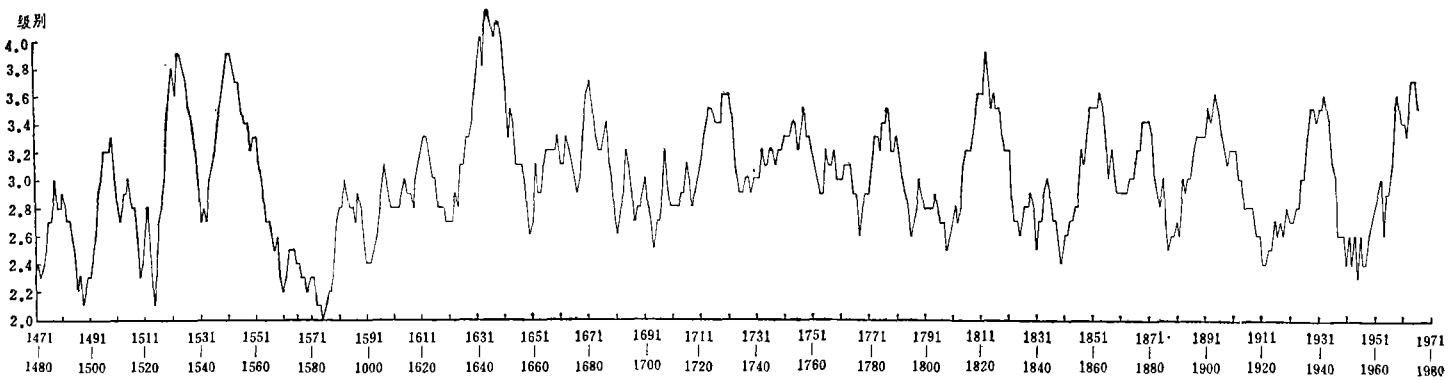


图 3　上海旱涝级别 10 年滑动平均曲线

横坐标单位为年(其中1000应为1600)

相当一致。图 2，为上海近百年旱涝级别[1]（1871—1970 年）及近百年年降水量(1873—1972 年）功率谱分析结果。上海旱涝共分五级，1 级涝、2 级偏涝、3 级正常、4 级偏旱、5 级旱。根据功率谱分析方法[2]，最大落后取 55。各序列均已标准化，谱值即相当该周期占总方差的百分比。由图 2 看到，上海年降水量与旱涝级别均存在 36 年左右的周期，其谱值都超过了 95%信度界限，一些主要周期也都相同，这说明上海旱涝级别在相当大程度上反映了年降水量的变化。年降水量资料仅有一百年，但用旱涝级别则可以分析数百年的旱涝变化。图 3 给出上海近五百年旱涝级别（1471—1975 年）10 年滑动平均曲线。从图 3 看出，上海五百年旱涝曲线明显存在着 36 年左右的周期，近四百年来尤其明显。分别作上海五百年与四百年旱涝级别功率谱分析：在四百年功率谱中，36 年左右的周期占第一位，远远超过 95%信度界限；但在五百年功率谱中，36 年周期谱值虽较大，却略低于 95%信度界限。这说明上海至少近四百余年，一直保持有明显的 36 年左右的周期。

以上仅就上海单站作了分析，需要进一步知道这种 36 年周期在我国旱涝振动中所处的地位。下面选取我国东部（95°E 以东）100 个站近百年（1871—1970 年）旱涝级别[2]作功率谱分析，图 4 给出各站 36 年周期占总方差的百分比值。从图 4 看出，在长江下游及华东沿海北部有一个明显的 36 年周期的区域，其次在华南南部、华北东部和黑龙江省北部亦有较明显的 36 年周期的成片区域；以上几个区域，这种周期都占各站周期谱中前三位。这说明 36 年左右的周期不仅在上海明显存在，而且在长江下游等地区也比较重要。但是最突出的还是上海，所以我们下面谈到旱涝的 36 年周期时常以上海站为代表。

三、大气环流的 36 年周期

我们过去曾经分析了近百年大气活动中心位置及西风指数等指标的变化规律。根据周期分析，在 12 个指标（每个指标取两个周期）的 24 个周期之中，30—35 年周期出现 8 次，说明近百年大气活动中心及西风指数的振动存在着 36 年左右的周期。

由于旱涝主要取决于夏季降水，因此我们这里着重分析 7 月的大气环流变化。将 1871—1970 年 7 月全球海平面气压场（70°N—50°S，经度、纬度间隔为 10°，共 468 个网格点）逐点作功率谱分析（图 5），结果发现 36 年周期最大中心在赤道中太平洋地区（大致在 20°N—20°S、170°E—130°W），其它地区 36 年周期都不如这里明显。

为了与旱涝的 36 年周期具体比较，用上海旱涝级别与 7 月全球海平面气压场逐点计算相关系数（资料取 1871—1970 年）。为了区别长期变化与短期变化，把每个序列做 3 年加权滑动平均，权重系数取 0.23，0.54，0.23，这样就可以滤掉 2—3 年的周期。用这样的方法，把每个序列分为长期变化部分及 2—3 年变化部分，分别求相关系数。这样，每一对序列就可以求三个相关系数，即原序列相关系数、长期变化相关系数与 2—3 年变化相关系数。计算表明，把序列分为两部分求相关系数，其绝对值往往大于原序

1）资料取自上海中心气象台。

2）资料取自我国近五百年旱涝史料分析。

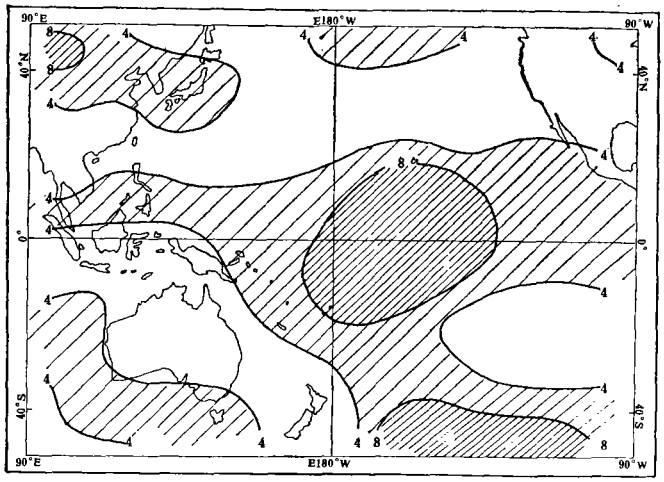


图 5　7 月海平面气压 36 年周期功率谱（%）

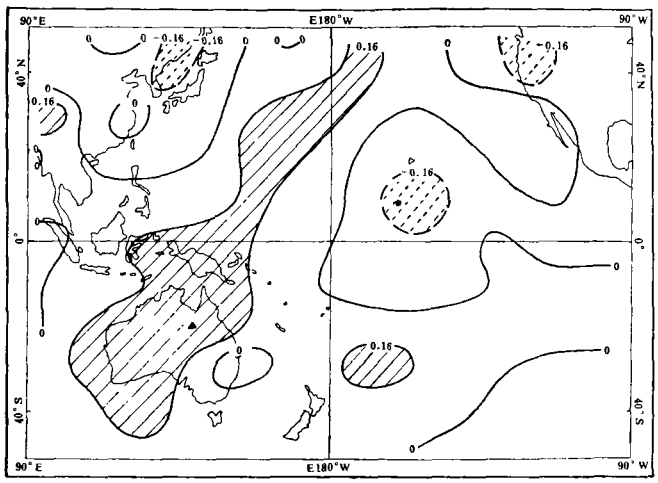


图 6　上海旱涝级别与 7 月海平面气压场长周期相关系数分布图

列的相关系数，这说明长期变化的相关与 2—3 年变化的相关不同。这里，我们主要讨论长期变化相关。图 6 给出上海旱涝级别与 7 月海平面气压长周期相关系数分布。从图 6 看出，在赤道中太平洋地区有一负相关较大的区域，中心相关系数是−0.24，这个区域与赤道中太平洋存在的明显 36 年周期的区域基本一致。在南半球的澳大利亚及邻近区域至 10°N左右，有一明显正相关较大的区域，其中心相关系数达 0.29，都超过了 95%信度要求。即当赤道中太平洋 7 月海平面气压偏高时，对应上海降水易出现偏涝；气压偏低时，上海降水则易出现偏旱。而在澳洲附近这种关系却相反，气压偏高时，上海易出现偏旱；气压偏低时，上海则易出现偏涝。

分析赤道中太平洋及澳洲附近两个相关大的区域中，相关系数大的两个点（见图 6 中·与▲），即 20°S，140°E 及 10°N，160°W 的功率谱。发现在 10°N，160°W 点存在着明显的 36 年左右的周期，其次是准两年左右的周期；而在 20°S，140°E 点则主要

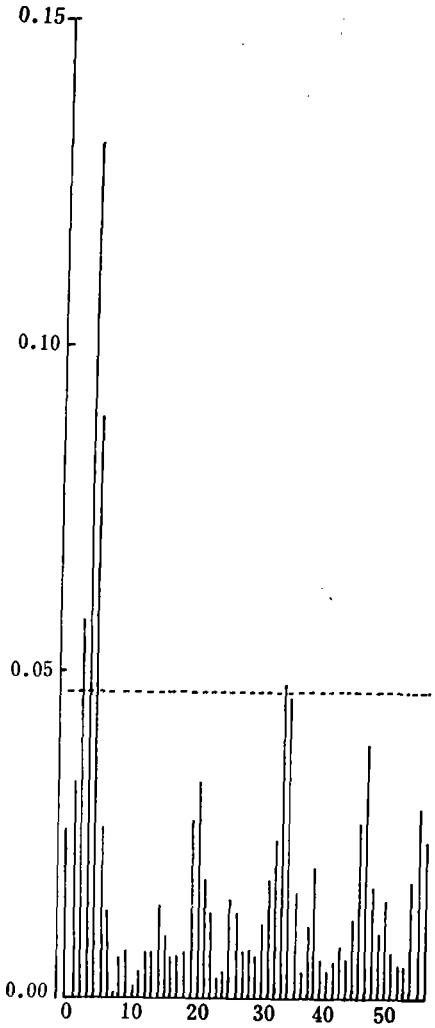


图 7 南方涛动指数功率谱

(图中虚线上方最长竖线的标值为36.67，最短竖线的标值为3.33)

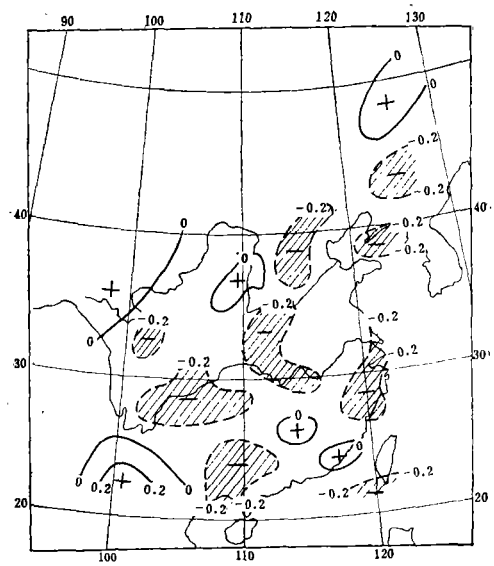


图 8 南方涛动指数与我国旱涝的长期相关

周期是3年左右的周期，36年左右的周期谱值较大，但没有超过95%信度界限。这两个点，正好处于南方涛动[3]范围内。所以，我们把这两个点的气压相减，用太平洋减澳大利亚气压差代表南方涛动。为了区别于沃克的原始定义，称为南方涛动指数。图7给出南方涛动指数的功率谱，36年周期十分明显。为了说明与我国旱涝的关系，计算近百年（1871—1970年）南方涛动指数与我国100个站旱涝的长期相关（图8）。图中斜线区为相关系数绝对值超过0.20的区域，可见涛动强时我国长江流域及其它一些地区偏涝（级别低时涝，故为负相关）。

由此看来，夏季大气环流尤其南方涛动36年周期十分明显，而且与我国的旱涝有密切关系。

四、我国旱涝36年周期产生的物理机制

从以上两节看出，我国旱涝36年周期与中太平洋大气环流关系密切。中太平洋距上海约有七、八千公里，人们不仅要问，为什么不是距上海最近地点的气压与上海旱涝关系最密切，而是距离遥远的中太平洋关系最好呢？这两者之间，又是通过一个什么样的机制联系起来的呢？我们在这里尝试提出一个可能的物理机制的模式。在谈到模式之前，我们先看一看以前我国及国外有关的著作，可以给我们什么启示。

涂长望早在1937年，就分析了中国夏季雨量与同时南方涛动的相关[4]，发现华中

雨量与南方涛动呈正相关，其中心武汉盆地相关系数达+0.41(44年资料)，而我国东南部雨量与南方涛动呈负相关，其中心东南海滨相关系数达−0.32(28年资料)，这说明我国雨量与南方涛动之间存在一定的相关关系。徐群通过分析冬春南方涛动与初夏东亚环流、长江中下游入梅迟早的关系得到，冬春秘鲁沿海海温剧升时，4月南方涛动弱，沃克环流东支退缩，6月西太平洋副高偏东，长江中下游入梅推迟；反之则入梅早。认为冬春南方涛动，对初夏东亚环流和大范围旱涝分布有显著影响。陈烈庭[5]在分析东太平洋赤道地区海水温度异常，对热带大气环流及我国汛期降水的影响时，提出东太平洋赤道地区海温影响我国汛期降水的机制：当东太平洋赤道地区海温偏低时，赤道太平洋沃克环流发展，赤道缓冲带反气旋不发展，哈得来环流发展并偏南，西太平洋副高加强西伸并偏南，因之江淮流域多雨；反之则少雨。J. 毕耶克尼斯[6]曾提出过，赤道东太平洋降温时，沃克环流发展，哈得来环流减弱的假设。符淙斌计算了赤道海温异常暖的1972年12月和异常冷的1973年12月30°N—30°S，120°E—120°W的经圈环流，结果：赤道东太平洋异常冷时，哈得来环流消失，出现完全相反的"赤道环流圈"，纬圈平面上的垂直环流加强，促使赤道低压填塞、副热带高压减弱；反之副高加强。上海中心气象台许以平在1978年全国汛期预报讨论会上亦指出，热带海温上升时，哈得来经圈环流加强，无沃克环流，副热带高压加强，上海偏旱；反之偏涝。

上述分析结果有不少共同之处，也有一些矛盾。为了便于比较，我们将其列成表1。首先要说明，有的工作所研究的是相差数月的非同时的关系，但是由于海温持续性较大，我们讨论的又是几十年的长期变化，所以还是可以放在一起比较。其次，从表1可以看出，海温偏冷时，究竟哈得来环流是强还是弱，副高到底有什么反映，似乎结论

表1　长江流域旱涝的物理机制

赤道中太平洋海温	南方涛动	沃克环流	哈得来环流	太平洋副高	长江流域降水	作　者
	强(弱)				多雨(少雨)	涂长望
冷　(暖)	强(弱)	西伸(东退)			入梅早(迟)	徐　群
冷　(暖)		发展(不发展)	发展(不发展)	西强(东强) 东弱(西弱)	多雨(少雨)	陈烈庭
冷　(暖)		强　(弱)	弱　(强)			J. 毕耶克尼斯
冷　(暖)			消失　(强)	减弱　(强)	多雨(少雨)	符淙斌
冷　(暖)		强　(弱)	消失　(强)	减弱　(强)	多雨(少雨)	许以平
冷　(暖)	强(弱)	强　(弱)	西强(东强) 东弱(西弱)	东弱(东强)	多雨(少雨)	王绍武、赵宗慈

不一样。其实，关于哈得来环流，意见基本上是一致的；陈烈庭计算的是105°—130°E，而符淙斌计算的是120°E—120°W。众所周知，太平洋低纬哈得来环流明显，而夏季东亚低纬则存在一反环流[7][8]。显然，太平洋中部及东部低纬环流的变化不会与东亚一致。况且，结合沃克环流来看，中太平洋暖时西太平洋经常较冷，这就意味着如中太平洋哈得来环流强时，东亚可能哈得来环流弱或反哈得来环流较强。关于副热带高压，我们觉得也应当明确指出其地理位置。章淹等曾指出，西太平洋副热带高压东部与西部变化不尽一致。副高主体减弱，也并不妨碍西部脊向西伸。考虑到这些差异，我们将其综合为表1最下面一行。这可以看做是对长江下游旱涝36年周期发生过程的一种设想。

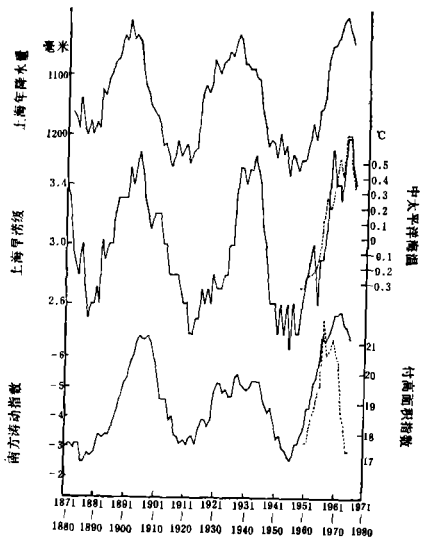


图 9 上海年降水量（上图）、上海旱涝级别（中图实线）、赤道中太平洋海温（中图点线）、南方涛动指数（下图实线）、西太平洋副高面积指数（下图点线）10 年滑动平均曲线

图 9 给出，近百年的上海年降水量、上海旱涝级别、南方涛动指数、赤道中太平洋海温和副高面积指数的 10 年滑动平均曲线。由图 9 看出，五条曲线的变化趋势基本一致。尽管赤道海温与副高资料太短，但也可以看出一些线索：即赤道中太平洋海面温度偏低，赤道中太平洋海平面气压偏高，澳洲附近海平面气压偏低，对应南方涛动指数偏强，沃克环流强，哈得来环流东弱西强，北太平洋副热带高压东弱西强且西伸位置偏南，我国长江下游地区偏涝；反之则偏旱。

为了更清楚地看一看这几个环节的关系，我们着重分析一下近 20 年的情况（即比较 50 年代与 60 年代）。图 10 给出，近 20 年 7 月全球海平面气压场差值（1961—1970 年减1951—1960 年）。由图 10 看出，赤道中太平洋是减压区，表示该区域 60 年代较 50 年代的气压明显偏低；而在澳洲附近则是加压区，表示 60 年代气压较 50 年代偏高。图 11 给出近 20 年太平洋与澳洲附近海温差值图[1)]。由图 11 中看出，在赤道中太平洋是增温区，而西太平洋与澳洲附近都是减温区；这说明 60 年代赤道中太平洋海温较 50 年代高，而西太平洋与澳洲则是 60 年代海温较 50 年代低。同时，反映沃克环流及南方涛动在 60 年代较 50 年代弱。

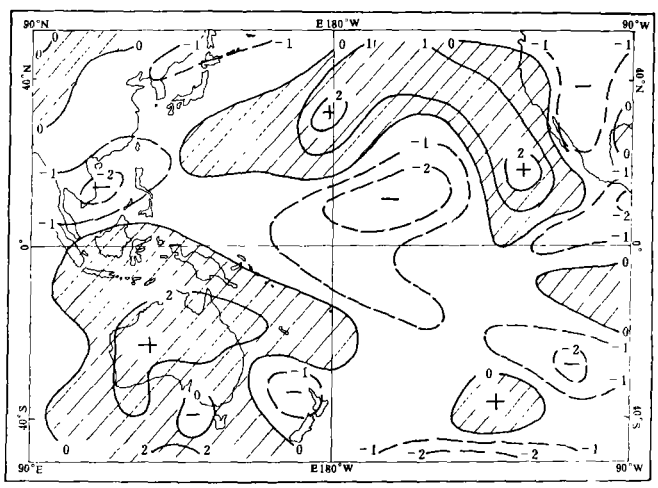


图 10 7 月海平面气压差值图（1961—1970 年减 1951—1960 年）

1) 图中：海洋部分为海温差（据上海中心气象台提供的记录），其余地区为气温差（据World Weather Records 及 Monthly Climatic Data for the World 计算得到的）。

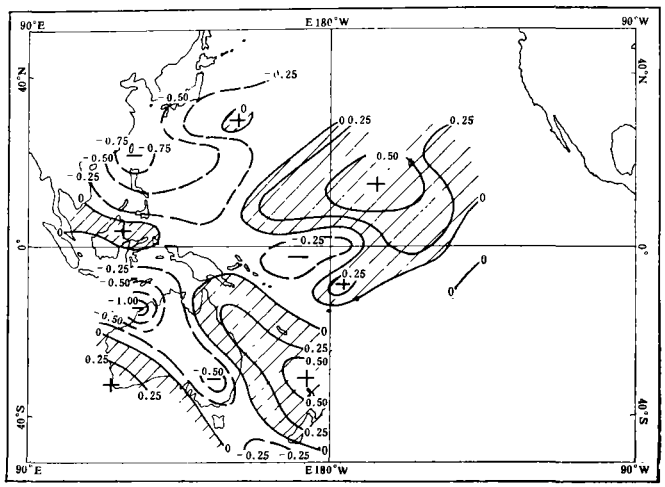


图 11　7 月海温差值图(1961—1970 年减 1951—1960 年)

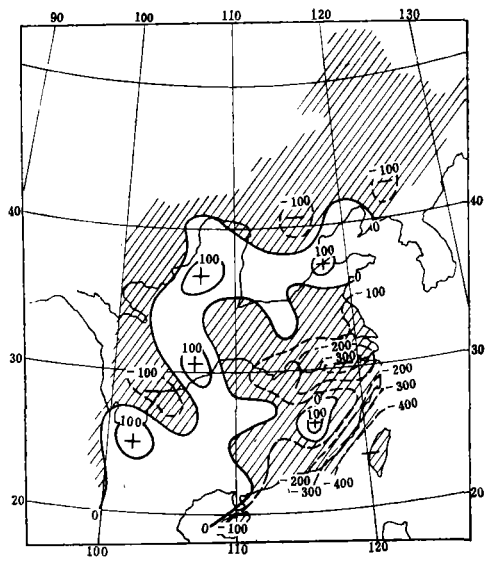


图 12　我国年降水量差值图(1961—1970 年减 1951—1960 年)

图 12 给出，近 20 年我国东部(95° E 以东)60 年代与 50 年代年降水量差值分布[1)]。由图 12 明显看出，在长江流域(尤其在长江中、下游地区)东南沿海以及东北、华北的大部分地区是降水减少区，即 60 年代以上地区年降水量的 10 年平均值较 50 年代明显偏少；而在渤海沿岸、黄河流域以及华西、西南的部分地区降水量增加，即 60 年代年降水量的 10 年平均值较 50 年代要大。

上述情况，可概括为表 2。表 2 中，副热带高压资料取自中央气象局气象台长期预报科。配合图 9 可以看出，这两个 10 年差异是十分明显的，这说明 60 年代我国的干旱

1) 取自中国降水量资料(1951—1960 年，1961—1970 年)，中央气象局。

表 2 20世纪50年代与60年代环流与气候的比较
(除最后一项外，均为7月的数值)

年 代	160°W 50°N水温	西太平洋副高			南方涛动	澳大利亚布鲁姆	上 海
		面积指数	强度指数	西伸脊点	指 数	(122°E17°S)气温	年降水量
1951～1960	−0.26°C	17.7	33.2	118.5	+0.85	21.5°C	1217.6毫米
1961～1970	0.53°C	20.6	35.8	120.5	−2.95	20.5°C	1039.5毫米

与南方涛动的减弱有关。

五、结 语

综上所述，我国旱涝的36年周期的存在是无可怀疑的。世界上其它一些地区的气候，早就有人发现了这种周期，一般称为布吕克纳周期[9]。另外，如日本的降水量变化的36年周期也很清楚[10]，孟加拉湾低压也可能有这种周期[11]。如果注意到南方涛动有这种周期，那也就不值得奇怪了。这就是说，对于东亚，36年周期可能是比较重要的气候变化规律之一。

但是，对于36年周期设想的模式，还有两个问题需要进一步研究：1．沃克环流与南方涛动有什么关系；2．为什么这个发展过程要36年，又是什么原因支配它这样循环往复的。这两个问题都还需要进行大量工作，才能准确地回答。虽然有的作者认为36年周期与太阳活动有关[12]，但是看来理由是不充分的。从以上的初步分析也可以看出，36年周期与海洋状况有很密切的关系，因而这个过程大约是与海气互相作用不可分割的。我们准备继续进行研究，以求逐步认识这个重要的长期天气变化过程。

参 考 文 献

[1] 王绍武，气象学报 **32** (1962)，322—336.
[2] Climatic Change WMO Technical Note, №: 79 (1966).
[3] Montgomery, R. B. *Mon Wea. Rev.*, **39** (1939).
[4] 涂长望，气象杂志，**13** (1937)，11期.
[5] 陈烈庭，大气科学，**1** (1977).
[6] Bjerknes. J., *Mon. Wea. Rex.*, **97**(1969), 163—172.
[7] 陈秋士等，气象学报，**34** (1964)，51—61.
[8] 杨金锡，地理集刊，第九号 (1965)，113—127.
[9] 王绍武，气象学若干问题的进展，科学出版社，1963年.
[10] 日本气象厅，季节预报指针，1971年.
[11] Raghavendra, V. K. *Indian J. Met. Geophys*, **24** (1973), 125—130.
[12] Эйгенсон, М. С. Очерки физико-географических проявлений солнечной активности издательство львовского университета, 1957.

THE 36-YR. WETNESS OSCILLATION IN CHINA AND ITS MECHANISM

Wang Shao-wu　Zhao Zong-ci

(Department of Geophysics, Peking University)

Abstract

The wetness data at 100 stations were carefully examined by means of spectrum analysis. A pronounced spectral peak in the 36-yr. was observed in the data for Shanghai and the adjacent region. The geographical distribution of relative spectral power for sea-level pressure at different grid points in Northern and Southern Hemispheres showed a stronger peak in 36-yr. at central Pacific Ocean. This 36-yr. peak for general circulation was found to be closely related with the wetness of China. The South Oscillation's index were obtained from pressure differences between grid points 160°W, 10°N and 140°E, 20°S. A clearly 36-yr. oscillation was also revealed in the long-period variation of S.O. index. The mechanism of the 36-yr. oscillation was discussed.