

长江下游谷物天气产量变化与大型环流准 周期性振动的分析*

汪 铎

张 鐔

(浙江省安吉气象站)

(北京大学地球物理系)

提 要

本文分析了近几十年谷物产量和百余年海平面气压场及降水资料。揭示我国东部长江下游粮产区的天气和谷物天气产量存在30—40年的长周期振动和2—3年的短周期振动,并且与特定的相一致的大型环流系统振动相配合。通过分析讨论,提出了一个“环流-天气-天气产量”同步振动模式。简言之,即当冬季贝加尔湖冷高压偏弱和澳洲低压偏强,相应地,春季赤道低压偏强以及夏季南方涛动偏强时,则长江下游处于(长周期振动的)多水期或(短周期振动的)多水年型,谷物天气产量偏低。反之,则处于少水期或少水年型,谷物天气产量偏高。

一、引 言

近年来,我们把大范围(或代表大范围)谷物产量的波动同大型环流系统的振动联系起来研究,并应用于产量预报试验,已经取得初步进展^[1,2,11]。国外也有类似工作^[3]。这些工作开始都着眼于逐年产量和环流的年际变化。随着研究的深入,在我们已提出的和正在酝酿的若干问题中,目前有两个问题值得注意。(1)产量和环流的变化都表现有相一致的阶段性,这种阶段性看来是某种准周期性振动的反映。由于前后两个阶段的产量趋势和环流形势可以完全相反,因此在分析年际变动的同时,有必要进一步研究和掌握产量和环流的长期变化情况。(2)考虑到与谷物产量相联系的大型环流差异性,集中表现在位于粮产区南北的低纬热带、副热带环流系统和中高纬西风带环流系统上,以及它们的配置关系具有一种南北耦合振动的特点。因此,在深入分析产量和环流的工作中,有必要进一步揭示天气产量和环流系统振动的普遍规律,并研究它们的特征和图象。

本文以长江下游粮产区为对象,围绕以上两个问题,按照文献[1]分析的年型关系,仍用降水天气类型联结产量和环流,找出环流(以气压为代表)-天气(以降水为代表)-产量(谷物)的准周期振动模式,为应用于农业产量的长期趋势预告做一试验性工作。

* 本文于1981年10月26日收到,1983年3月2日收到修改稿。

1) 本文作者之一(张鐔)于1979—1980年在日本京都大学东南亚研究中心曾研究东南亚地区谷物产量变化与大型环流振动的关系,其结果在该研究中心和北京大学地球物理系气象教研室分别做了报告。本文是作者关于这方面整个研究工作的一部分。这方面的工作是在谢义炳教授积极倡导、鼓励和关心下进行的。

二、气压场资料的统计分析

运用 1871—1976 年一、四、七月在 $60^{\circ}\text{N}-50^{\circ}\text{S}, 10^{\circ}\text{E}-180^{\circ}-90^{\circ}\text{W}$ 范围内的 106 年海平面气压资料¹⁾, 分区域作长序列相关普查, 主要考察区域性气压场的变化同长江下游降水量和谷物天气产量多年变化的对应关系。发现分布在南北半球的四个区域性气压场同以上海为代表的长江下游降水天气存在某种关联。这四个区域是, 亚欧大陆中高纬地区 ($40^{\circ}\text{N}-60^{\circ}\text{N}, 40^{\circ}\text{E}-120^{\circ}\text{E}$), 西太平洋及其以西赤道地区 ($10^{\circ}\text{N}-10^{\circ}\text{S}, 90^{\circ}\text{E}-180^{\circ}$), 北太平洋中部热带地区 ($10^{\circ}\text{N}-20^{\circ}\text{N}, 180^{\circ}-140^{\circ}\text{W}$) 和澳洲北部及其近海地区 ($10^{\circ}\text{S}-20^{\circ}\text{S}, 110^{\circ}\text{E}-150^{\circ}\text{E}$)。各区域气压场的表征值均采用平均气压, 即区域内 $10^{\circ} \times 10^{\circ}$ 网格点上气压值之和除以网格点数。图 1 给出了降水长期变化和气压场或组合后的

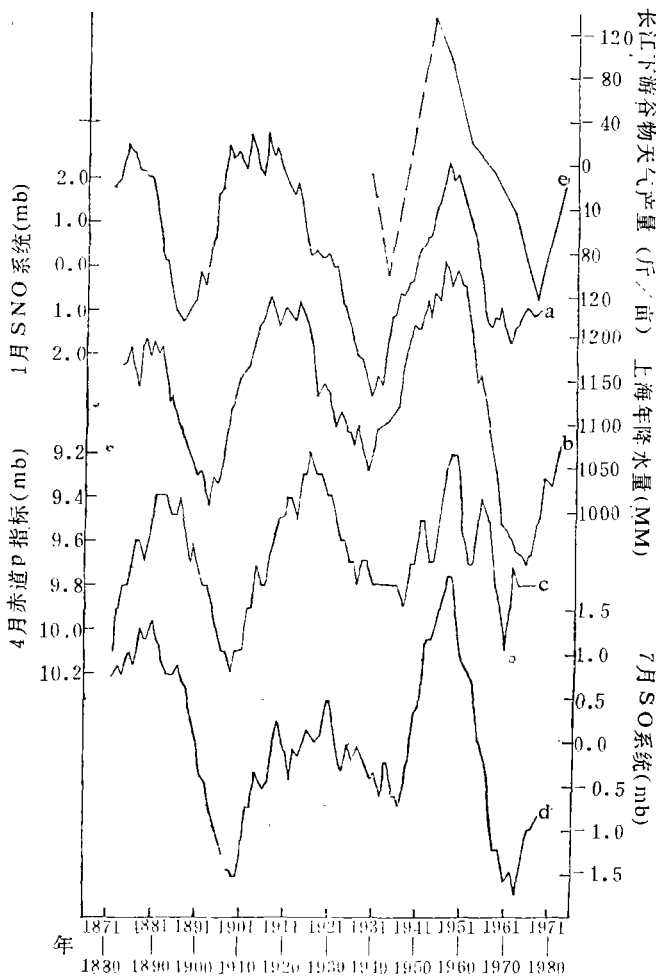


图 1 长江下游谷物天气产量(e)降水(b)及环流系统(a、c、d)长期振动曲线
图注(1月SNO系统0.0以上数字均为负数)

1) 这部分资料由北京大学地球物理系气象教研室长期组提供。

气压系统长期变化之间的对应情况。图中 *b* 是上海年降水量 10 年滑动平均曲线, *a* 是由一月亚欧大陆气压场减澳洲北部气压场组合的气压系统 10 年滑动平均曲线, 表征了南北两个半球的冷空气活动及其配置情况。从它的变化形态同长江下游降水的对应关系来分析, 可以认为这是一种大规模“南北涛动”的描述, 以下称为 SNO 系统。图中 *c* 是四月赤道地区气压场 11 年滑动平均曲线, 以下称为四月赤道 *p* 指标。那里可认为是南北半球环流直接相互作用的地区。图中 *d* 是由七月北太平洋中部气压场减澳洲北部气压场组合的气压系统 10 年滑动平均曲线, 它正好处在“南方涛动”范围内^[4], 一般称为 SO 系统。图中四条曲线基本一致的周期性变化表明, 上海降水与一月 SNO 系统、四月赤道 *p* 指标呈反相关, 与七月 SO 系统呈正相关。即上海多水(少水)期对应一月 SNO 低值(高值)期、四月赤道 *p* 指标低值(高值)期和七月 SO 高值(低值)期。表 1 是分阶段平均降水量与环流系统表征值之间对应的情况。配合图 1, 可以说明近百年来长江下游降水与环流系统具有相对应的六个完整阶段。虽然降水和环流在各阶段略有先后, 但是仍可以对比出多水期与少水期环流系统存在的明显差异。

表 1 分阶段平均的降水量和环流系统表征值对应情况

段 序	上海年降水量		一月 SNO 系统		四月赤道 <i>p</i> 指标		七月 SO 系统	
	阶段(年)	毫 米	阶段(年)	毫 巴	阶段(年)	毫 巴	阶 段	毫 巴
1	1878—1891	1201	1874—1888	-1.91	1882—1894	9.3	1877—1890	1.26
2	1892—1904	1016	1889—1900	0.64	1895—1915	9.9	1891—1908	-0.85
3	1905—1921	1244	1901—1918	-2.73	1916—1928	9.2	1909—1928	0.24
4	1922—1944	1094	1919—1940	1.42	1929—1944	9.9	1929—1945	-0.59
5	1945—1960	1252	1941—1955	-0.94	1945—1958	9.1	1946—1956	2.00
6	1961—1974	954	1956—1974	1.26	1959—1973	9.9	1957—1972	-1.24
7	1975—	偏多	1975—	偏 低	1974—	偏低	1973—	偏 高
1,3,5	多水期平均	1232	低值期平均	-1.86	低值期平均	9.2	高值期平均	1.17
2,4,6	少水期平均	1021	高值期平均	1.11	高值期平均	9.9	低值期平均	-0.89
多水期减少水期		211		-2.97		-0.7		2.06

由定性分析的六个周期性变化的阶段, 正完成三个周期。按序列长度 106 年推算, 周期的平均长度接近 36 年。有人已从旱涝研究中得出上海降水有 36 年周期的结果, 并认为同夏季南方涛动指数(取两个点的气压差)的 36 年周期变化有密切关系^[5]。我们的分析表明, 不仅与雨季(6—9 月)降水同期的夏季环流(SO 系统)有正相关关系; 而且早在冬春, “南北涛动”(SNO 系统)和赤道 *p* 指标亦已分别显示出与雨季降水有负相关关系。换言之, 从长期来看, 前期冬春季的环流特征及其演变已予示了后期降水天气的类型。

运用谱分析定量计算了一月 SNO 系统和上海年降水量的功率谱(图 2)以及四月赤道 *p* 指标和七月 SO 系统的功率谱(图略)。进一步证实 36 年周期是上海降水和与之相联系的环流系统的低频振荡的主要周期。协谱还揭示了一月 SNO 系统与上海年降水量在 30—40 年周期上负相关最显著, 并且在整个中低频域上, 负贡献占优势。这些结果同前面的定性分析是一致的。功率谱分析还指出, 上海降水和环流系统存在着 2—3 年周期的短期振动。

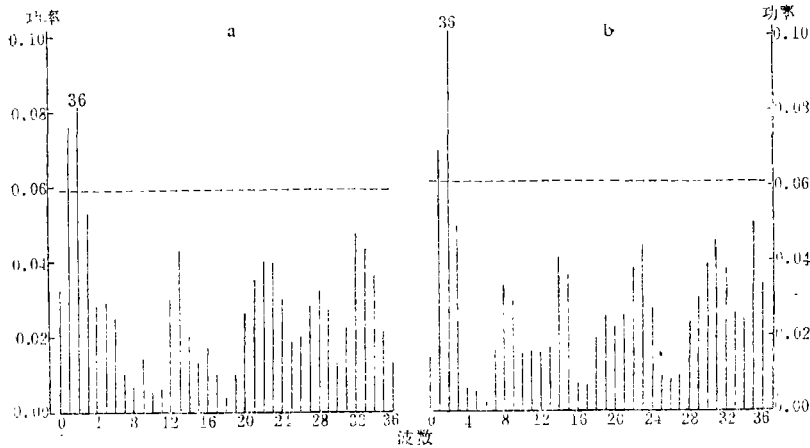


图 2 一月 SNO 系统功率谱(a)和上海年降水量功率谱(b)

三、长江下游粮产区天气产量的振动

谷物的天气产量是指受天气气候影响引起谷物产量变化的波动成份。表示成

$$Y_w = Y - Y_t \quad (1)$$

Y_w 为天气产量, Y 为谷物实际产量, Y_t 为时间趋势产量。单位均取斤/亩。(1) 式是把非天气气候影响所构成的趋势产量从实际产量中滤去。目前对时间趋势项没有统一的处理方法, 这里采用较常见而又接近客观分析的分段线性拟合法^[6,7], 来模拟趋势产量。公式写成

$$Y_{it} = a_0 + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n a_j (t_i - t_{i-1}) \quad (2)$$

Y_{it} 为趋势产量序列, a_0 为产量基数, a_j 为 j 段的参数, t_i 为年代, i 为年序, $1, 2, \dots, n$, j 为段序, $1, 2, \dots, m$, ($m < n$)。联合运用(1)、(2)式, 可以模拟天气产量序列。

表 2 自南而北对长江下游地区 1950—1980 年三十年来谷物天气产量与降水量作分期对照分析。可见, 水稻天气产量与天气类型有一致的负相关, 即多水期产量低, 反之少水期产量高。三麦天气产量在沿江一带与天气类型成明显负相关, 淮河流域变成正相关。表 2 中的多水期和少水期分别同表 1 中的 5, 7 两段和第 6 段相一致。另外, 根据一些记载和调查, 获知本世纪三十年代中后期, 以太湖平原为代表的谷物年景相当好; 这一阶段同表 1 中第 4 段(少水期)吻合。因此, 可以推测长江下游谷物天气产量亦存在着 30—40 年周期的长期振动。图 1 e 是沿江天气产量 10 年平均曲线¹⁾(每五年一个 10 年平均值)。可见, 谷物天气产量的长期振动与天气以及相联系的环流系统的长期振动是密切关联的。

进一步对上海近 30 年天气产量做短序列功率谱分析, 将取得的主要周期列于表 3。表中还对对照列出降水和环流系统短期振动的显著周期, 以及上海水稻生长季积温短期变

1) 沿江天气产量取上海稻麦三熟年产量、浙北嘉兴地区 10 县和苏南昆山县的水稻、三麦产量共三十年资料统计处理, 并参考解放前记载、调查材料, 综合而成。

表 2 长江下游地区谷物天气产量(斤/亩)与降水量(毫米)分阶段平均对照分析

分析对象	浙江省 嘉兴地区(10个县)			上海市 (10个县)		江苏省				
	水稻	三麦	年降水量	三熟作物	年降水量	昆山县		淮阴县		
						水稻	三麦	水稻	三麦	年降水量
多水期	-12.6	-3.3	1235	-14.4	1206	-11.2	-14.4	-8.4	2.4	1020
少水期	44.3	12.5	1051	57.6	948	39.8	8.2	33.6	-6.6	910
多水期减少水期	-56.9	-15.8	184	-72.0	258	-51.0	-22.6	-42.0	9.0	110
变率	-5.9	-10.3		-7.2		-8.3	-11.8	-16.7	6.6	

注: 表中末行变率是指多水期减少水期谷物天气产量差值与谷物平均产量之比的百分比值。

化的显著周期^[8]。可见, 长江下游谷物天气产量的短期振动与天气的短期振动以及相联系的环流系统的短期振动均具有一致的 2—3 年周期。天气类型不仅反映雨水, 还反映温度、日照等因子。如所周知, 生长季雨水、热量、光照条件与水稻天气产量有密切关系, 雨水偏多、光照和热量偏少对稻作的生长和成熟不利。

由以上分析, 可以把谷物天气产量-天气-环流看成一个广义的自然生态系统。这个系统的准周期性振动可概括为长周期振动的多水期和少水期(或短周期振动的多水年型和少水年型)之间的准周期转换。多水期(或多水年型)的含义是连续若干年的一个阶段内(或一年内)天气产量偏低、多水天气类型占优势、并有相联系的环流系统对应。少水期(或少水年型)则相反。

表 3 上海谷物天气产量、天气和与之联系的环流系统短序列功率谱分析结果

分析对象	谷物天气产量	年降水量	10°C积温	一月 SNO 系统	四月赤道 P 指标	七月 SO 系统
主要周期(年)	2.6	2.3	2.1	2.3	2.4	3.0

四、环流-天气-产量的长期振动

长江下游谷物天气产量和天气以及与之相联系的环流存在着阶段性和 30—40 年周期的长期振动, 用多水期和少水期两种类型概括, 它们的特征和差异性可以从两方面来描述:

1. 阶段性在南北半球大范围海平面气压场上都有表现。我们在上述六个阶段中选取两个阶段(表 1 中 4, 5 两段), 代表少水期和多水期。分别作一、四、七月海平面气压的 10 年平均图和相应的多水期减少水期气压差图(多水期由 1945—1954 年 10 年合成, 少水期由 1933—1942 年 10 年合成)。一月气压形势(图 3 a, b)表明, 冬季气压场的差异主要是, 位于南半球的澳洲低压多水期较少水期偏强; 北半球贝加尔湖附近的冷高压和阿留申附近的低压, 多水期较少水期均明显偏弱。于是构成一月 SNO 系统多水期(少水期)为低值(高值), 即“南北涛动”弱(强)。在一月气压差图上(图 3 c), 从亚洲大陆到东南亚为一片负值区, 意味着冬季东亚冷空气活动多水期较少水期偏弱。四月气压形势(图略)和

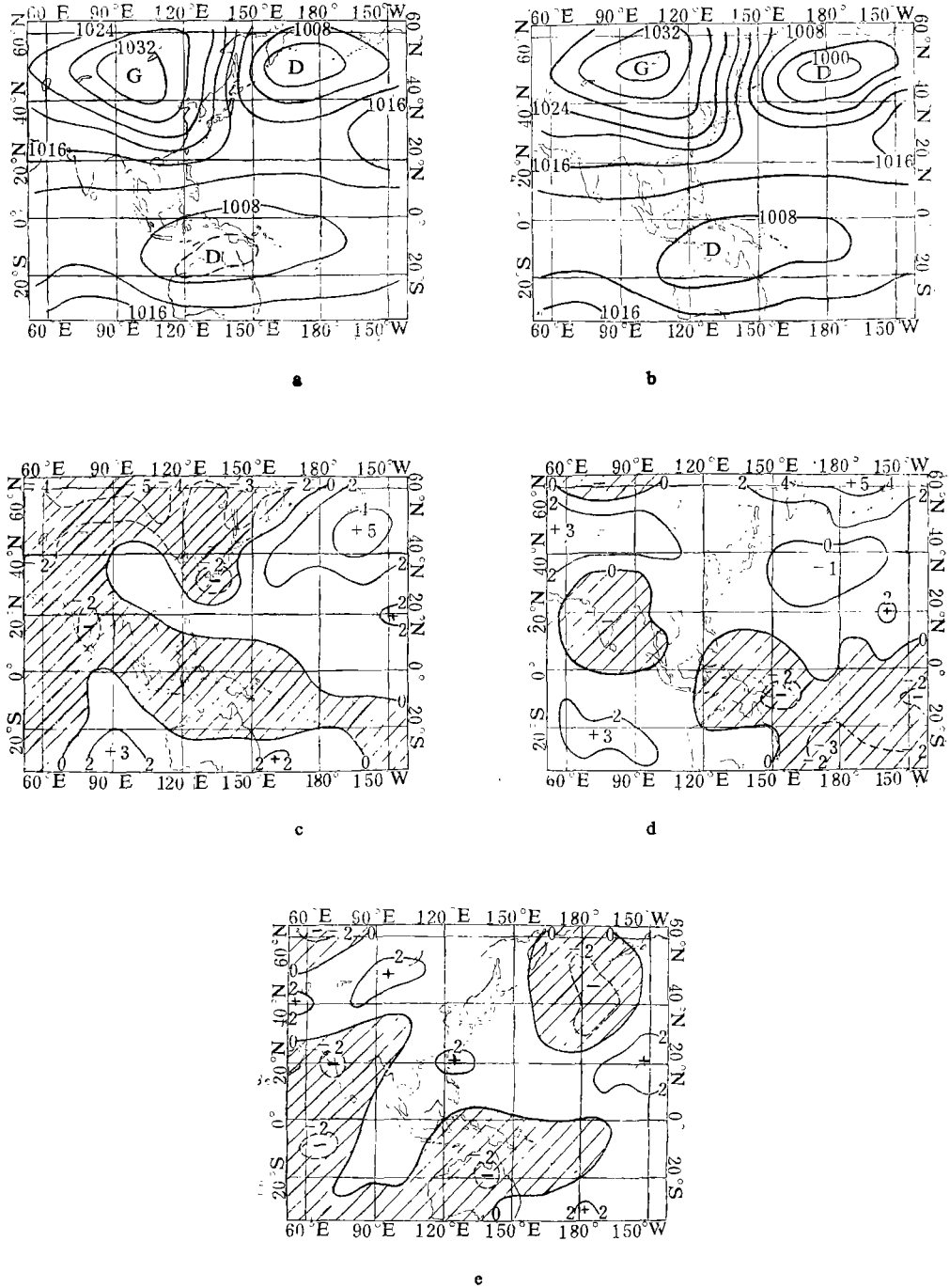


图3 1月多水期(a)和少水期(b)海平面气压形势图及多水期减少水期的1,4,7月海平面气压差分布图(c,d,e)
 (多水期: 1945—1954年连续10年平均,少水期: 1933—1942年连续10年平均)

气压差图(图 3 d)表明, 贝加尔湖以西有一片正气压差, 意味着春季的大陆冷空气活动多水期明显偏强; 澳洲北部伸向南亚次大陆有一片负气压差, 该地区的低压环流多水期四月仍持续偏强, 赤道 p 指标为低值。七月气压差图上(图 3 e), 印度洋到南亚次大陆有一片负值区, 表明夏季印度低压环流多水期较少水期明显偏强。南半球低纬从印度洋经澳洲到太平洋的高压带多水期较少水期偏弱, 也即南半球澳洲附近的冷空气活动多水期偏弱。于是, 七月 SO 系统为高值(南方涛动强)。少水期则相反。若从南北半球的冷空气活动着眼, 可归纳为多水期冬季“北弱南强”, 春夏转为“北强南弱”。少水期则相反。

上述诸差异还可以从不同经度带上的不同阶段气压场对比中显示出来。这里多水期扩充为两个同类型阶段, 由 1907—1916 年和 1945—1954 年 20 年资料合成; 少水期也扩充为 1933—1942 年和 1961—1970 年 20 年资料合成。图 4 给出一、四月(七月图略)沿 $60^{\circ}\text{E}-70^{\circ}\text{E}$, $110^{\circ}\text{E}-120^{\circ}\text{E}$, $150^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{E}$, $170^{\circ}\text{W}-160^{\circ}\text{W}$ 四个经度带的气压廓线。可看出主要差异同样是, 亚欧大陆多水期(少水期)一月气压明显偏低(高); 反之, 四、七月偏高(低)。而在北太平洋上, 多水期(少水期)一月气压明显偏高(低); 反之, 四月偏低(高)。在西太平洋赤道地区(包括澳洲北部), 多水(少水)期气压一、四、七月持续偏低(高)。在东太平洋热带地区, 多水(少水)期气压一、四、七月持续偏高(低)。

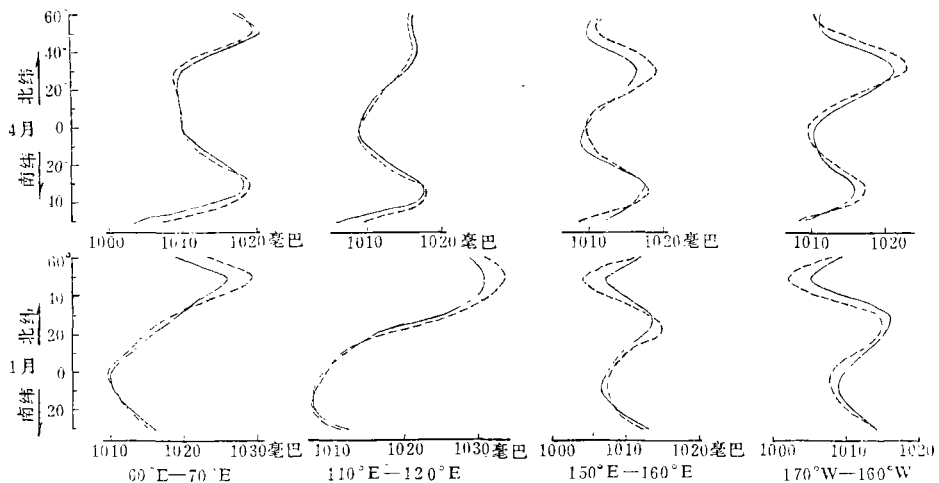


图 4 沿四个经度带 1 月和 4 月海平面气压廓线多水期(实线)与少水期(虚线)差异

以上大范围气压形势多水期与少水期的对比差异性, 正是长江下游天气和产量及相联系的环流系统长期振动的主要特征图象。

2. 高空环流形势也具有阶段性的特点。由于高空资料有限, 我们仅对 1951—1980 年 500 毫巴环流特征作初步分析。最近三十年大致为一个周期, 接近两个阶段长度。即五十年代(表 1 第 5 段的中后期)同七十年代中后期(表 1 第 7 段前期)合并统计, 对应多水期; 六十年代初至七十年代前期(表 1 第 6 段)对应少水期。表 4 统计了这两个不同类型的北半球极涡位置和强度、西太平洋副高的强度、西伸脊点和脊线位置、5 月亚洲地区

西风指数与经向度之比等特征量¹⁾。可见多水期与少水期的 500 毫巴环流形势是很不同的。多水期极涡位置的优势,冬春季节偏在西半球,进入初夏(6月)偏在东半球。极涡强度冬夏持续偏弱。少水期则相反。多水期上半年的副高西伸脊点持续性偏西,盛夏副高强度偏弱,脊线偏南。少水期相反。多水期 5 月亚洲地区西风偏弱,盛行经向环流;少水期西风偏强,盛行纬向环流。

为了比较不同阶段高空急流的差异性,计算和绘制了亚洲上空 500 毫巴的平均地转风廓线。图 5 是沿 90°E 的情况(沿 120°E 图略),从晚冬到晚春(2,4,5月)位于较低纬度的强西风带,多水期强度偏强,且 120°E 处位置偏南。反之,少水期偏弱偏北。位于中高纬度的强西风带,多水期偏弱、少水期偏强。初夏(6月)强西风带合成一支,多水期沿 90°E 处位置偏南,120°E 处强度偏强。少水期则相反。低纬的东风带,4、6月多水期偏强,少水期偏弱。

从以上气压场和高空环流长期振动的分析看到,存在着一种 4—6 个月的季节性振动。这种振动在大陆冷高压和极涡上表现得尤其明显。这一点以后还将作分析和讨论。

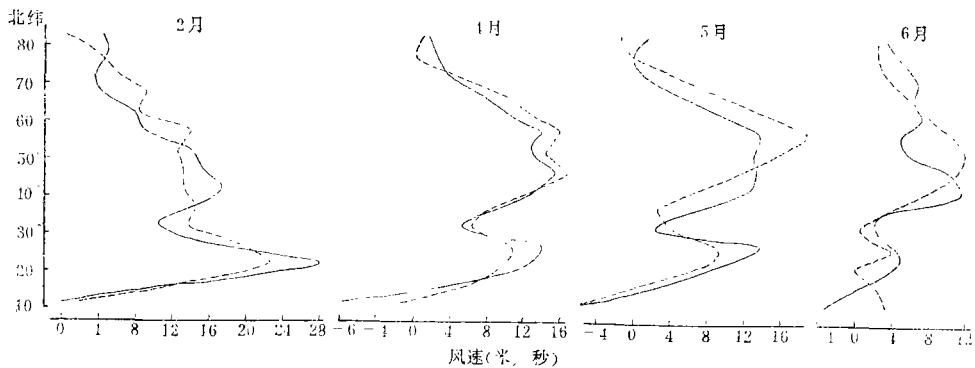


图 5 北半球 500 毫巴沿 90°E 月平均地转风速廓线多水期(实线)与少水期(虚线)差异性(多水期由 1951—1962 年平均合成,少水期由 1963—1972 年平均合成)

表 4 近三十年分阶段统计 500 毫巴环流特征量和环流指数

	北半球极涡中心位置偏向情况		极涡中心强度 (月距平累计)		西太平洋副高特征(月距平累计)			5 月亚洲地 区西风指数/ 经向度
			(月距平累计)		强度指数	脊线位置	西伸脊点	
	2、4 月	6 月	11—6 月	6—8 月	6—8 月	7—8 月	12—6 月	
多水期	偏西:偏东=7:1	偏在 60°E 以东 占 17/21	9.2	1.8	-5	-2.4	-34	2.33
少水期	偏西:偏东=2:3	偏在 60°W 以西 占 7/9	-8.2	-4.8	16	1.8	95	3.15
多水年型 (1954年)	偏 西	偏 东	7	15	-5	-2	偏西	1.54
少水年型 (1953年)	偏 东	偏 西	-15	-10	24	-1	偏东	2.12

1) 均采用中央气象台公布的 500 毫巴环流特征资料。

五、环流-天气-产量的短期振动

从长江下游天气和环流系统的长序列功率谱的高频部分所揭示的显著周期，以及谷物天气产量的短序列功率谱分析所揭示的显著周期来看，都是 2—3 年。东南亚和澳洲的降水功率谱分析^[9]也指出存在这一类周期。北极极涡变化的分析表明^[10]，极涡的准两年振动与热带 50 毫巴上空准两年的西风极大值出现时间有显著对应关系。所有这些统计事实说明，2—3 年周期是一类相当普遍的振动现象。

我们选取 1954 年和 1953 年的一、四、七月海平面气压图，分别代表多水年型和少水年型的冬、春、夏不同季节的环流形势。这两年上海年降水量距平分别为 267 毫米和 -138 毫米，即 1954 年比 1953 年偏多 400 毫米。图 6 给出一月气压场的主要差异是，贝加尔湖附近冷高压和阿留申低压多水年型偏弱，少水年型偏强。位于澳洲北部的低压多水年型明显偏强、范围较大，少水年型则相反。由此形成 2—3 年振动的冬季特征为多水(少水)年型“北弱南强”(“北强南弱”)。四月气压场(图略)的主要差异是，澳洲北部的低压和南印度洋的高压带，多水年型均偏强而少水年型偏弱。亚洲大陆冷高压中心多水年型较少水年型偏南、强度偏弱。七月(图略)，大陆冷高压多水年型较少水年型偏强；以高原为中心的热低压，多水年型较少水年型偏强、中心偏西。南印度洋伸向澳洲的高压带多水年型明显偏弱，即那里的冷空气活动偏弱。少水年型则相反。2—3 年振动的夏季特征概括为多水(少水)年型“北强南弱”(“北弱南强”)。

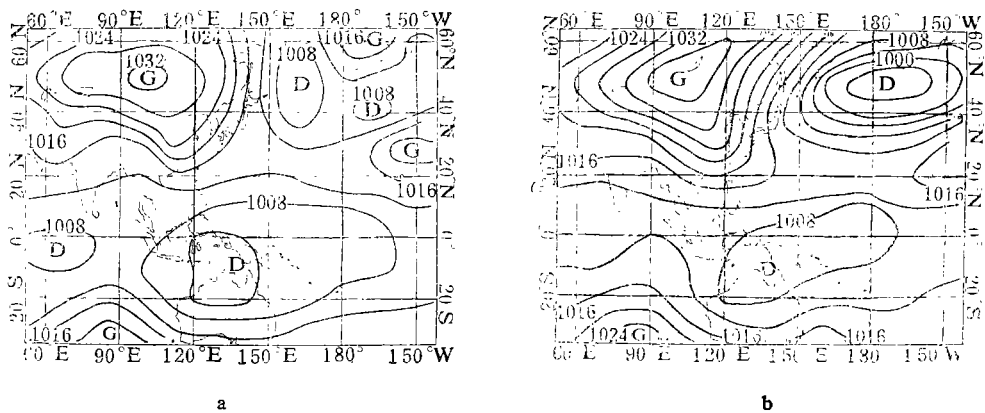


图 6 1 月多水年型(a)和少水年型(b)海平面气压形势

从两类年型的高空 500 毫巴环流特征对比来看(表 4 末两行)，多水年型：北极涡冬春偏在西半球，夏季偏在东半球，且强度持续偏弱。西太平洋副高强度夏季偏弱，脊线偏南。亚洲地区 5 月为低指数。少水年型则相反。

可以看出，两种年型在海平面气压场和高空环流上这种差异，同前述的多水期与少水期所显示的差异是相当一致的。也即 2—3 年周期的短期振动和 30—40 年周期的长期振动所表现的环流特征图象基本相同。可以设想，两种振动的大气环流机制可能存在着某些内在联系。应说明，在多水期或少水期中都含有两种年型，而多水(少水)期中多水(少

水)年型占优势。另外还看出,多水期与少水期(或两种年型)的含义同纯粹的旱涝概念不一样。

六、环流-天气-谷物天气产量振动模式

回顾以上分析,环流系统的准周期性振动与长江下游天气和天气产量准周期性振动的可能联系概括为:

多水期或多水年型(少水期或少水年型)

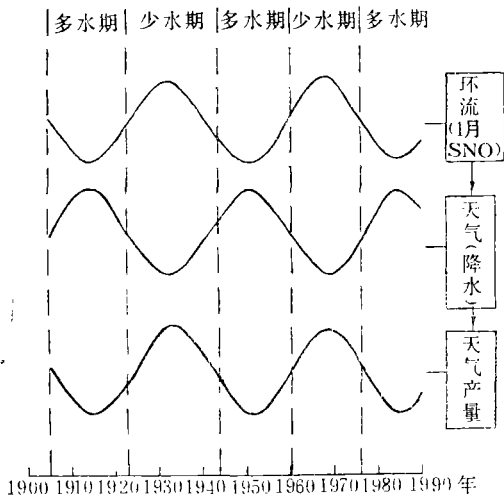
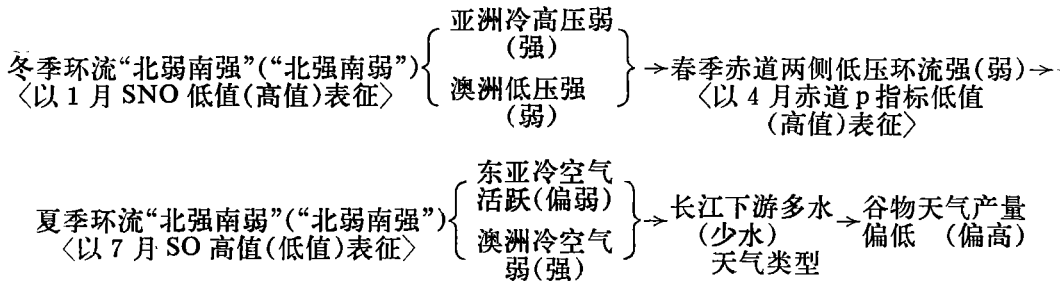


图 7 长江下游环流-天气-天气产量长期振动模式示意图

由此获得的印象是,影响长江下游降水天气类型的因素有两个,一个是冬夏冷空气活动的强弱,包括一半球冷空气活动对另一半球的影响。另一个因素是赤道两侧低纬热带环流对北半球副热带环流的影响。近几年在环流影响天气的许多研究有助于我们比较系统地认识和考虑问题。其中, Wright 对南方涛动有比较全面的阐述^[11],指出南方涛动同全球气压场和温度场的变化动态有关联。文献[5]曾综合各家有关研究,提出了一个影响长江流域降水的环流模式。另外,对于冷空气活动这一因素的估价^[9,12],认为在南北半球大型环流变化及其相互影响中起着积极作用。并且,这种相互影响和作用在东亚到澳洲一带最显著。

带最显著。

综上所述,有关环流系统的振动如何影响长江下游天气和谷物产量的过程和机制,固然有待进一步研究和澄清,但是它们之间的基本联系和大体环节是比较明确的。因此,有可能针对长江下游粮产区,建立一个环流-天气-天气产量的长期振动模式。图 7 是这个模式的图解。按照 30—40 年周期振动趋势,八十年代处在多水期,谷物天气产量面临偏低阶段。

七、结 语

通过分析，长江下游谷物天气产量和天气类型及其相联系的大型环流系统的准周期性振动之特征图象是比较清楚的。给出的模式尚处在试验阶段，如何应用于具体的产量预报尚须进一步研究。因为，模式所展示的是谷物天气产量的趋势，距离预测预报谷物产量，中间还有一些环节需要研究解决。

关于大气环流的长周期振动，据初步研究看起来，应该是指特定区域和固定环流系统组合的(如涛动)；并且同季节有关。换言之，不同区域和不同环流系统组合，在不同季节，长期振动的周期是不尽相同的：或 30—40 年周期显著；或较短的周期(如 20—30 年)显著；或许还存在更长的(如 50—60 年或 70—80 年)重要周期。天气和谷物天气产量的周期亦然，并同地理位置关系密切。这些令人感兴趣的现象，我们将继续研究。

参 考 文 献

- [1] 汪铎，太湖平原(浙江省北部)粮食产量波动的长期天气分析，气象学报，39(3)，1981。
- [2] 汪铎等，运用环流特征因子预报谷物年景的探讨，气象，1982.4。
- [3] Steyaert, L. T. et al, Agricultural Meteorology, 19,23—34,1978。
- [4] Montgomery, R. B., Mon. Wea. Rev., 39,1939。
- [5] 王绍武、赵宗慈，我国旱涝 36 年周期及其产生的机制，气象学报，37(1)，1979。
- [6] 汪铎、许宏根，晚稻<天气-产量>模式探讨，农业气象预报会议论文集，1983。
- [7] Starr, T. B. et al, J. Appl. Meteor., 17,1101—1115,1978。
- [8] 王馥棠，10°C 积温及其持续期的中短期分析，气象学报，39(3)，1981。
- [9] 赵宗慈、王绍武，南北半球大气环流与气候的相互作用，气象学报，37(2)，1979。
- [10] Angell, J. K. et al, Mon. Wea. Rev., 105,19—25,1977。
- [11] Wright, P. B. et al. Climate Change and Variability, 180—184, Cambridge University Press, 1978。
- [12] 郭其蕴，从海平面气压场的波谱分析比较南、北半球大气环流的变化，气象学报，39(3)，1981。

THE QUASI-PERIODIC FLUCTUATION OF LARGE-SCALE CIRCULATION AND GRAIN YIELD IN THE LOWER YANGTZE

Wang Duo

(Anji Meteorological Station)

Zhang Tan

(Peking University)

Abstract

Using monthly mean sea-level pressure field over the Eastern Hemisphere during 1871—1976, the data of yearly precipitation and of yearly grain yield in the Lower Yangtze are analyzed, and 36-yr. and 2—3-yr. quasi-periodic fluctuations in the circulation pattern—weather—yield system has been found. A fluctuation model is proposed.