

我国北方和西南一些地区谷物天气产量 变化与大型环流长期振动的分析*

汪 铎 张 鐔

(浙江省安吉气象站) (北京大学地球物理系)

提 要

本文揭示了我国北方和西南一些粮产区的天气和谷物天气产量存在着 60—70 年的长期振动,并有特定的大型环流系统的长期振动与之相配合。提出了北方和西南的“环流-天气-天气产量”同步振动模式。简言之,当冬春季节亚欧大陆冷高压偏弱和南印度洋高压偏强,相应地,夏季赤道低压偏弱和西太平洋台风发生数偏少时,我国北方处于多水期、西南处于少水期,北方和西南地区的谷物天气产量偏高。反之,北方处于少水期、西南处于多水期,谷物天气产量偏低。

一、引 言

在分析我国东部长江下游谷物天气产量以及大型环流 30—40 年长周期振动^[1]的基础上,我们进一步分析华北、东北和西南一些地区的情况。这些地区的长期振动特点和长江下游地区类似,是以多水期与少水期阶段性交替的形式进行的。根据统计分析,结合以降水为线索划分天气类型和谷物天气产量年型的方法^[2,3],西南是水稻区,多水期谷物天气产量偏低,少水期谷物天气产量偏高;北方是旱作区(以小麦、玉米为主),情况相反,多水期谷物天气产量偏高,少水期谷物天气产量偏低。

本文作为综合分析“环流-天气-谷物天气产量”研究工作的一部分,旨在揭示 60—70 年左右长周期振动的时空分布,并分析这类振动的特征图象。试作北方和西南粮产区“环流-天气-天气产量”的长期振动模式。

我们研究的对象中,北方旱作区主要指辽宁、河北、山西、陕西和河南的大部。西南水稻区是指四川、云南、贵州和广西、湖北的西部。降水资料的选择¹⁾,在考虑到以上地区代表性的同时,尽量择取具有较长序列的测站。由于谷物产量资料条件的限制,只有 30 年资料;在区域代表性方面也有待进一步完善。

二、气压场和降水资料的统计分析

运用 1871—1976 年一、四、七月 $60^{\circ}\text{N}-50^{\circ}\text{S}$, $10^{\circ}\text{E}-180^{\circ}-90^{\circ}\text{W}$ 范围内 106 年海平面气压资料²⁾,如文献[1]方法,作长序列相关普查,主要考察区域性气压场的变化同

* 本文于 1982 年 1 月 16 日收到,1983 年 2 月 15 日收到修改稿。

1) 降水量资料取自中央气象局出版的《中国降水资料》。

2) 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。

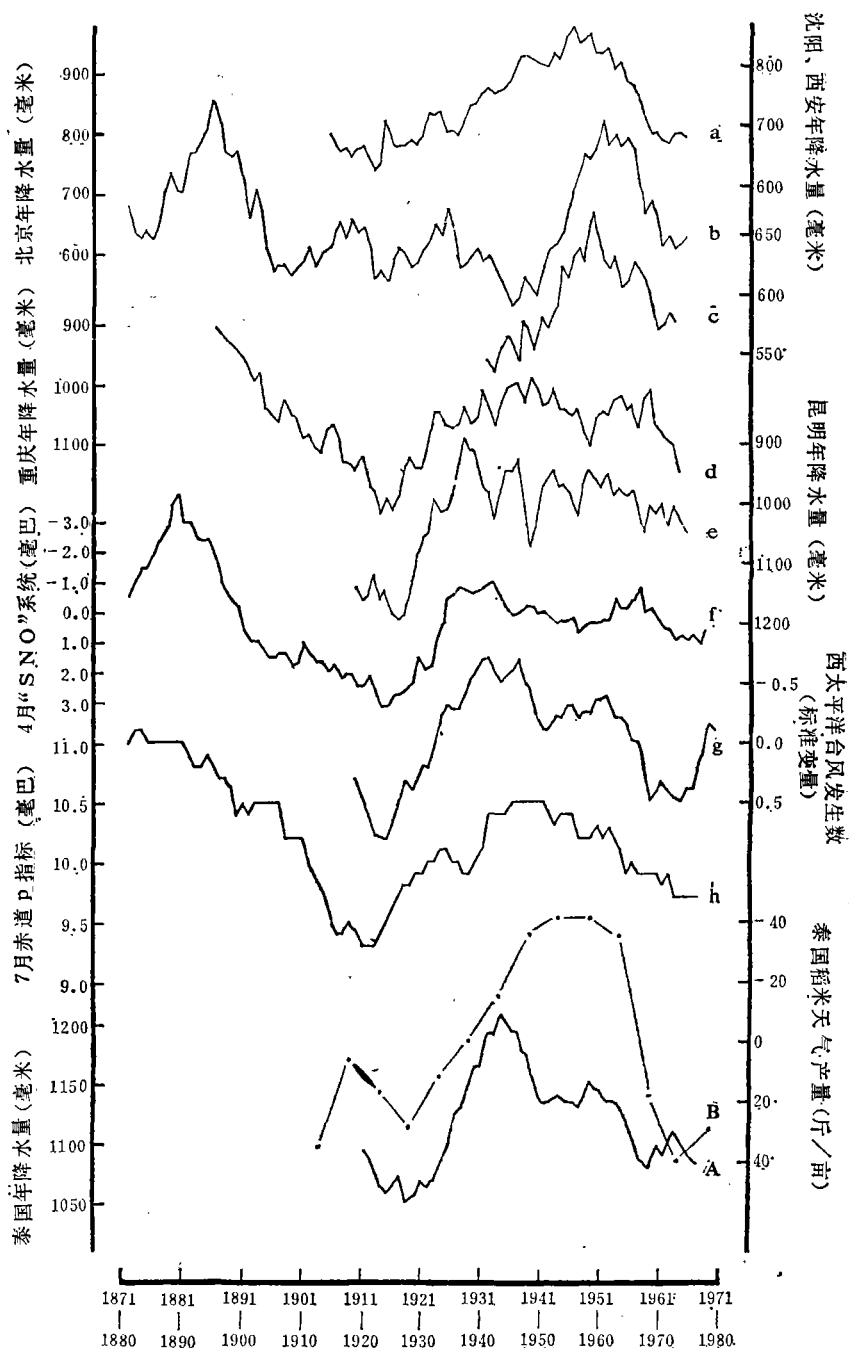


图 1 沈阳(a)北京(b)西安(c)重庆(d)昆明(e)各站年降水量 10 年滑动平均曲线和四月 SNO(f)、七月赤道 p 指标(h)、西太平洋台风发生数(g) 10 年滑动平均曲线,以及泰国年降水量(A)和稻米天气产量(B)长期振动曲线。

北方降水量和西南地区降水量及谷物天气产量的多年变化的对应关系。位于北方的沈阳、北京、西安三个代表站的年降水量长期变化基本一致,其中北京稍有落后(见图 1 a—c),但北京降水资料最长最完整。西南地区以重庆和昆明为代表,两站的年降水量长期变化基本一致,并同北方降水长期变化反位相(见图 1 a—e)。

分析发现,亚欧大陆中高纬地区(40°N — 60°N , 40°E — 120°E)、西太平洋及其以西赤道地区(10°N — 10°S , 90°E — 180°)和南印度洋副热带地区(20°S — 30°S , 30°E — 120°E)这三个区域的气压场同北方和西南的降水具有较明显的关联。各区域气压场的表征值均采用区域平均气压值。图 1 给出了降水长期变化和季节性气压系统长期变化之间的对应情况。图中 a—e 是沈阳、北京、西安、重庆、昆明的年降水量 10 年滑动平均曲线。图中 h 是七月赤道地区气压场 11 年滑动平均曲线,以下称为“七月赤道 p 指标”。它反映了南北两个半球大型环流的直接作用。图中 f 是四月亚欧大陆气压场减南印度洋气压场组合成的气压系统 10 年滑动平均曲线,它描述大规模“南北涛动”,以下称为“四月 SNO 系统”。“七月赤道 p 指标”和“四月 SNO 系统”分别是北方或西南雨季同期和前期大型环流特征的数值概括。

图中降水曲线与环流系统曲线基本一致的周期性变化表明:(1)北方降水与“四月 SNO 系统”呈反相关,与“七月赤道 p 指标”呈正相关。即北方多水期(少水期)对应四月 SNO 低值期(高值期)和七月 p 指标高值期(低值期)。(2)西南降水与“四月 SNO 系统”呈正相关,与“七月赤道 p 指标”呈反相关。即西南多水(少水)期对应四月 SNO 高值(低

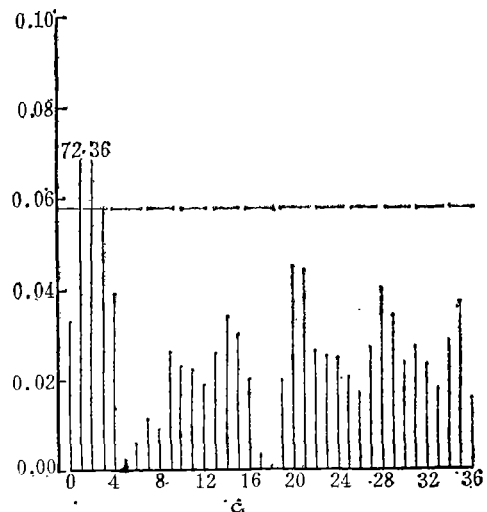
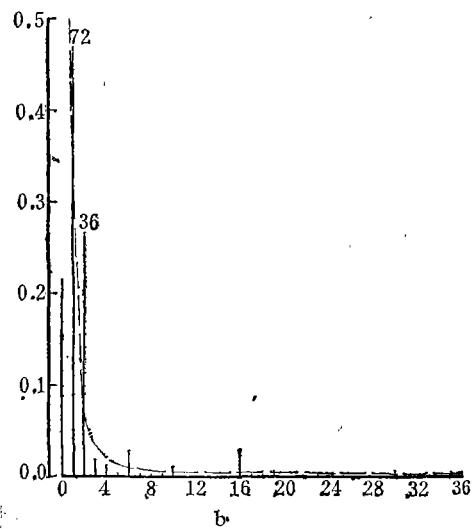
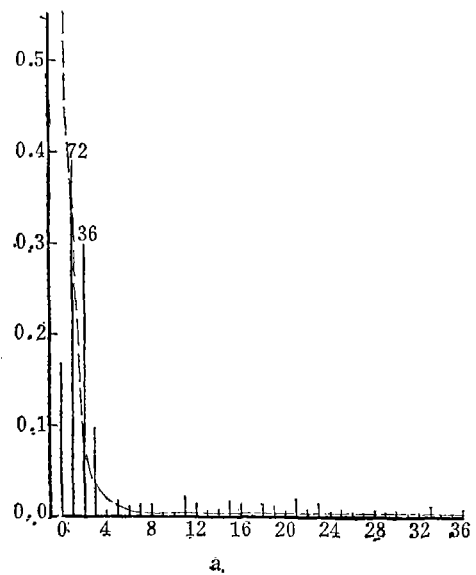


图 2 四月 SNO 系统(a)七月赤道 p 指标 (b)和北京年降水量(c)功率谱

表 1 分阶段统计降水量和环流系统平均值的对照分析

段 序	沈 阳	北 京	西 安	重 庆	昆 明	4 月 SNO 系统	7 月赤道 p 指标
1		1871—1894 753				1871—1893 -0.8	1873—1897 10.9
2	1906—1935 669	1895—1945 583	1923—1936 527	1896—1929 1117	1908—1930 1084	1894—1930 1.9	1898—1930 9.8
3	1936—1964 811	1946—1964 740	1937—1964 611	1930—1961 1025	1931—1963 935	1931—1965 -0.3	1931—1961 10.3
4	1965— 少水	1965— 少水	1965— 少水	1962— 多水	1964— 多水	1966— 高值	1962— 低值
3—2	142 (19%)	157 (25%)	84 (14%)	-92 (-9%)	-149 (-15%)	-2.2	0.5

注：表中 1—4 行给出各阶段起迄年限和阶段平均降水量（毫米）或环流系统平均值（毫巴），末行 3—2 是第 3 段减第 4 段之差值，括号中是差值百分率。

值)期和七月 p 指标低值(高值)期。

根据图 1 曲线显示的高低各个阶段，可分别统计阶段平均值。表 1 是分阶段平均降水量与环流系统平均表征值之间的对应情况。配合图 1，可以说明近百年来，北方或西南地区降水和相应的环流系统基本形成三个阶段。两类不同阶段(多水期与少水期)的环流系统具有明显的差异。将降水和环流系统的序列首尾作适当延伸，就完成相互交替的四个阶段(两个周期)。可推算周期的平均长度为 60—70 年左右。“四月 SNO 系统”“七月赤道 p 指标”和北京年降水量的功率谱分析(图 2 a—c)证实，70 年左右周期是北方降水(60 年左右周期是西南降水)及相联系的环流系统的低频振动所具有的主要周期。

三、北方和西南谷物天气产量的长期振动

按照文献[1,4,5]关于谷物天气产量的含义、处理方法和求算公式，分别计算了北方六个地(市)县的小麦、玉米天气产量和西南两个水稻产区的水稻天气产量¹⁾。并将各地天气产量分阶段统计，作多水期和少水期谷物天气产量的对比分析。分析结果列于表 2 (其中 1961 年社会因素的影响较大，不参加统计)。表中五十年代初至六十年代前期这一段正是表 1 中第 3 段(北方多水期、西南少水期)的后一阶段。自六十年代中期至七十年代后期这一段是表 1 中第 4 段(北方少水期、西南多水期)的前一阶段。前者(第 3 段)在北

表 2 不同阶段北方、西南及泰国粮产区谷物天气产量(斤/亩)的对比分析

天气 产量 阶段	天津市 小 麦	河北省 巨鹿县 小 麦	山西省运 城地区 小 麦	陕西省 岐山县 小 麦	大连市 玉 米	北京市 水 稻	川 东 中 稻	滇 中 水 稻	泰 国 稻 米
五十年代初一 六十年代前期 (表 1 中第 3 段)	4.8	7.3		9.0	7.0	-27.0	15.0	36.0	-26 (1929—1960年)
六十年代中期— 七十年代后期 (表 1 中第 4 段)	-1.3	-6.7	-20.0	-14.2	-1.2	44.0	-19.0	-7.0	29 (1961—1974年)
第 1 行减第 2 行差值 (差值百分率)	6.1 (5.3%)	14.0 (19.4%)		23.2 (8.8%)	8.2 (2.2%)	-71.0 (-14.2%)	34.0 (7.7%)	43.0 (7.7%)	-55 (-25.3%)

1) 产量资料长度除运城地区为 1961—1980 年 20 年外，其余均为 1951—1980 年 30 年。各地产量资料来源，一部分取自 1981 年成都全国农业气象预报会议材料，一部分由各地同行提供。

方,小麦和玉米的天气产量平均每年每亩增产 7—8 斤,高产年型占优势,而北方水稻则是低产年型占优势。同期在西南地区,水稻天气产量处于高产期。后者(第 4 段)在北方,小麦和玉米的天气产量处于低产期,水稻则是高产年型占优势。同期在西南地区,水稻天气产量处于低产期。多水期对比少水期,北方小麦和玉米天气产量年增产率为平均产量的 10—20%¹⁾,少水期对比多水期,西南水稻天气产量年增产率为平均产量的 8% 左右。

可见从长期看,北方旱作与雨水为表征的天气类型有较好的正相关,即多水期(少水期)小麦和玉米的天气产量偏高(偏低)。无论是西南还是北方,水稻与天气类型有较好的负相关,即多水(少水)期水稻天气产量偏低(偏高)。

为了进一步说明谷物天气产量这种具有阶段性的长周期振动的持续性,我们引用了泰国降水和稻米产量(70 年资料)的长期变化²⁾。图 1 A, B 分别给出泰国年降水量 10 年滑动平均曲线和稻米产量距平值的 10 年平均曲线(每五年一个 10 年平均数)。这两条曲线具有一致的长期变化形态表明,泰国稻米天气产量与降水天气同样有显著的负相关关系。显而易见,泰国的曲线与北方降水曲线同位相,与西南降水曲线反位相。即泰国多水(少水)期稻米低产(高产)阶段正对应我国北方多水(少水)期旱作高产(低产)阶段,和西南少水(多水)期水稻高产(低产)阶段。因此可以认为,我国北方和西南地区以及沿孟加拉湾的泰国等广大地区,谷物天气产量均一致存在着 60—70 年周期的长期振动。并且,同东部长江下游地区的分析一样,谷物天气产量的这种长期振动与天气及其相联系的环流系统的长期振动是密切关联的。若把“谷物天气产量-天气-环流”看成一个广义的自然生态系统,在北方和西南具有 60—70 年的长期振动可概括为多水期和少水期之间的准周期性转换。北方多水期(少水期)的含义是,连续若干年(30 年左右)的一个阶段内,天气类型为雨水偏多(偏少)、低温冷害等农业气象灾害较少(较多),相联系的环流系统表现为“四月 SNO 系统”低值(高值)和“七月赤道 p 指标”高值(低值);这阶段北方旱作的天气产量偏高(偏低)。西南多水期(少水期)指的是连续若干年的一个阶段内,天气类型为雨水偏多(偏少)、低温冷害等农业气象灾害较多;环流系统表现为“四月 SNO 系统”高值(低值)和“七月赤道 p 指标”低值(高值);水稻天气产量偏低(偏高)。

四、“环流-天气-天气产量”长期振动的特征图象

北方和西南地区谷物天气产量、天气及其相联系的环流 60—70 年长期振动,用多水

表 3 从表 1 中 2,3 两个阶段各取连续 10 年的北方、西南降水(毫米)与环流(毫巴)对照

10年平均值 项目 阶段	沈 阳	北 京	重 庆	昆 明	4 月 SNO 系统	7 月赤道 p 指标
	1913—1922 年北方少水段 (表 1 第 2 段中 10 年)	637	567	1218	1163	3.2
1947—1956 年北方多水段 (表 1 第 3 段中 10 年)	847	768	1088	967	0.3	10.2
北方多水段减少水段差值	210	201	-130	-196	-2.9	0.9

1) 天津、大连等大城市周围的水利设施条件优越,谷物产量的天气效应就弱一些,多水期对比少水期,天气产量年增产率低于 10%。

2) 这部分资料由日本京都大学东南亚研究中心有关人员提供。

期和少水期两种类型概括,它们的特征和差异在大范围海平面气压场上表现得十分明显。我们着重分析海平面气压场的特征图象。在上述三个阶段的2,3两个阶段中各选取连续10年,1913—1922年一段代表北方少水期(西南多水期),1947—1956年一段代表北方多水期(西南少水期)。表3给出了这两段的降水和环流系统的对比情况。分别作出两段的一、四、七月海平面气压10年平均图和多水段减少水段(代表多水期减少水期)的气压差图。以下只需针对北方多水期和少水期作对比分析和讨论,西南地区的情况正相反。

1. 图3是一月气压形势,代表冬季的情况。图中a是北方多水期平均图,b是北方少水期平均图,c是多水期减少水期气压差图。两类不同阶段的差异主要是:(1)南半球沿 20°S — 30°S 的高压,在印度洋上一环(马斯克林高压)多水期偏强,少水期偏弱。气压差图上,澳洲西南方的印度洋上有一个正中心。(2)位于澳洲北部到印度尼西亚群岛一带的赤道低压,多水期向北扩展、范围较大,少水期则相反。气压差图上赤道两侧为一片负气压差,两个负中心分别在阿拉伯海和伊里安岛附近。(3)北半球亚欧大陆冷高压的范围,少水期较多水期有明显向外围扩展的趋势,气压差图上除蒙古附近有一正中心外,大陆四周均为负值。(4)北太平洋中部高压,多水期偏强、少水期偏弱,在 20°N — 40°N

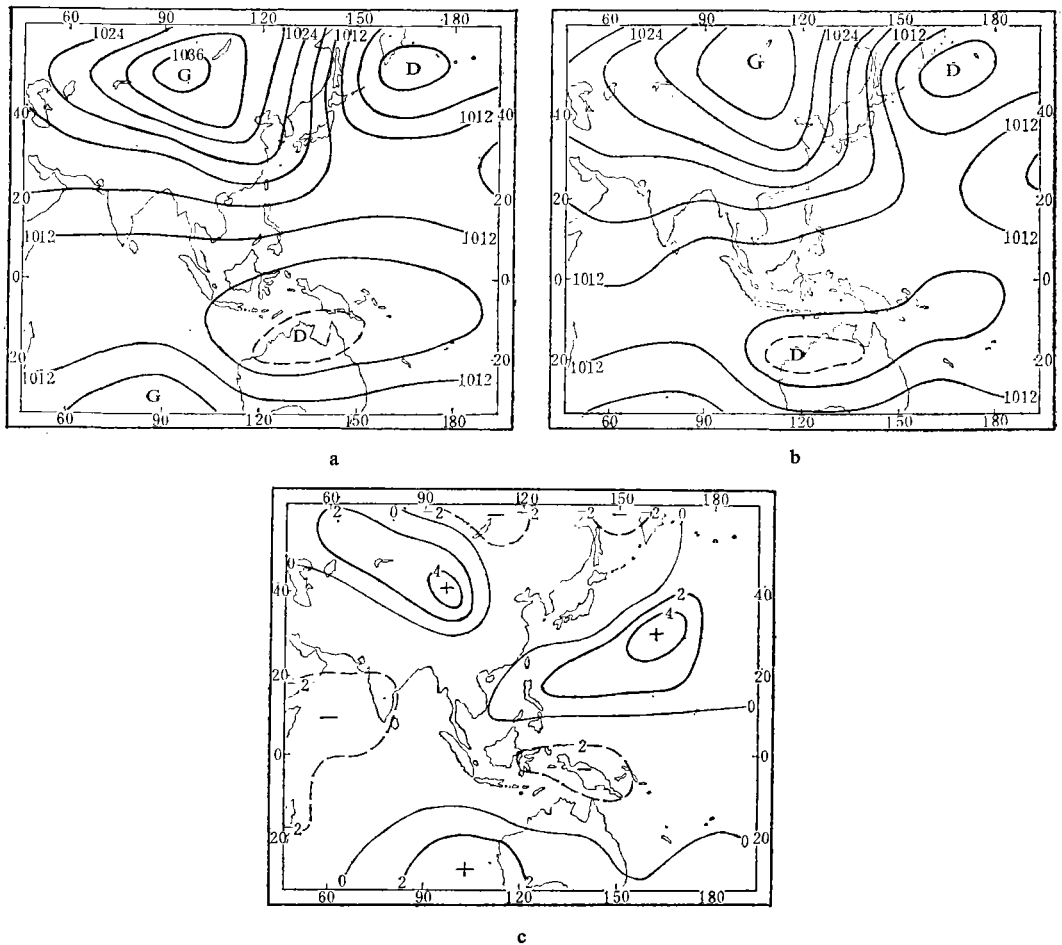
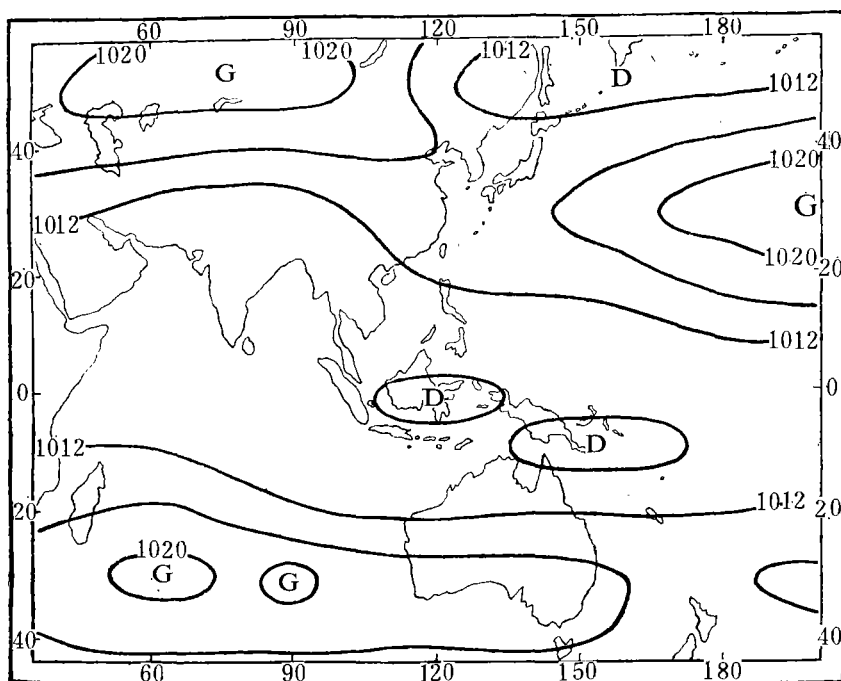
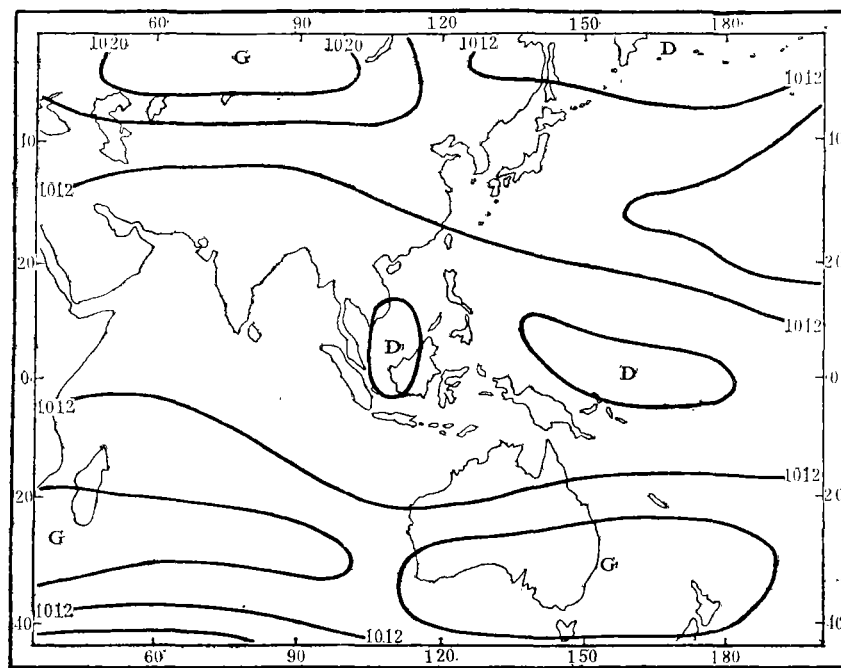


图3 1月北方多水期(a)、少水期(b)气压形势和多水期减少水期气压差分布(c)



a



b

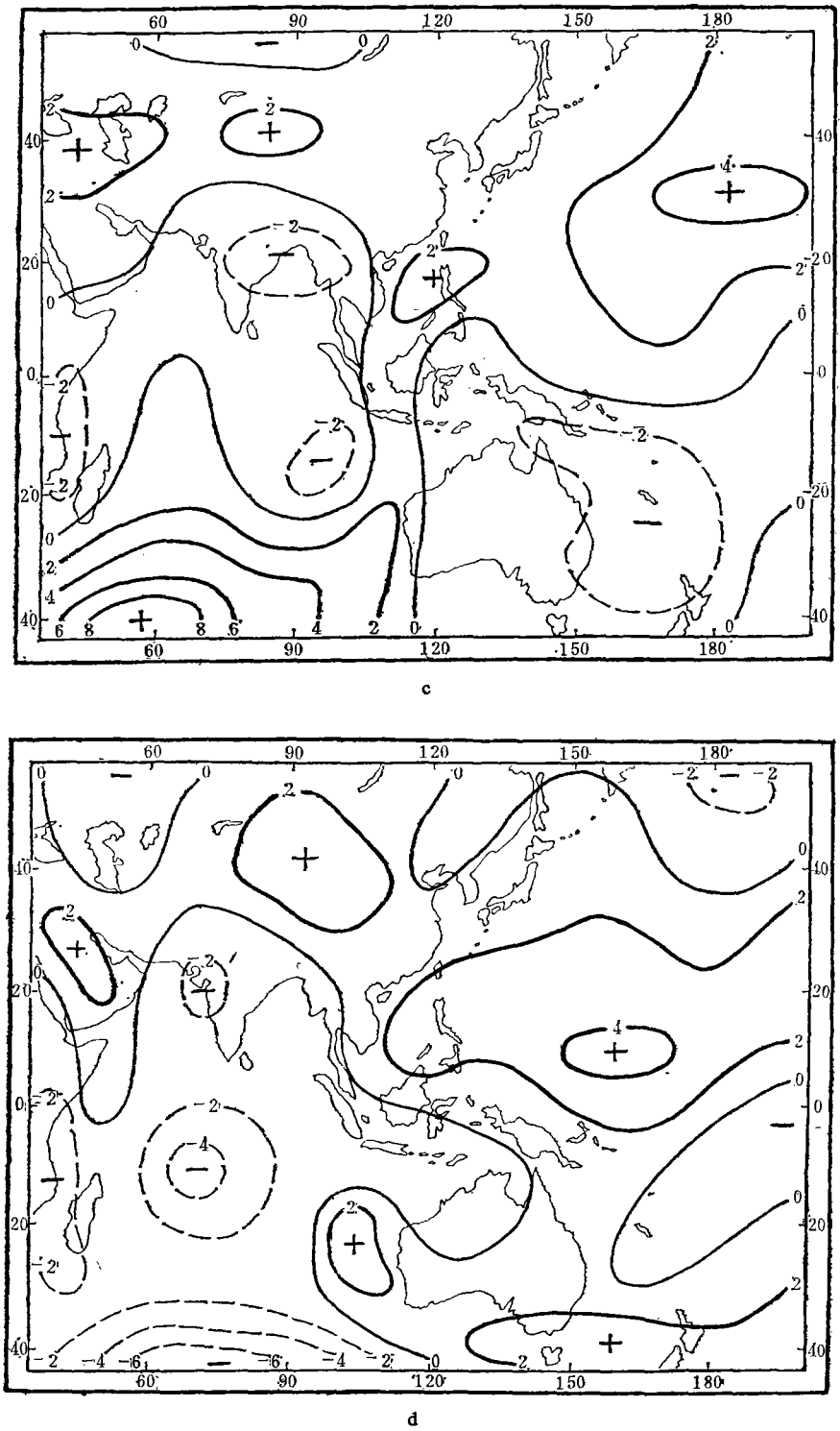


图 4 4 月北方多水期(a)、少水期(b)气压形势和 4 月(c)、7 月(d)多水期
减少水期气压差分布

洋面上为一片正气压差。

2. 图 4 a—c 是四月(代表春季)的情况。两类不同阶段的差异主要是:(1) 南半球沿 20°S — 40°S 的高压带,印度洋上一环多水期(少水期)明显偏强(偏弱),气压差图上那里是一片正值区;澳大利亚及其以东洋面上一环,多水期偏弱、少水期偏强,气压差图上,那里是一片负值区。(2) 低纬热带和赤道附近的低压环流,多水期偏强、少水期偏弱,在印度次大陆及其以南洋面上和非洲东海岸附近,这种差异尤其显著。气压差图上那里是一片负值区。(3) 亚欧大陆冷高压多水期偏南,表现为 1016 等压线越过 40°N ;少水期偏北,在气压差图上大陆 60°N 一带为负值区。(4) 北太平洋中部高压,多水(少水)期明显偏强(偏弱),位置偏西(偏东),气压差图上那里是一片正值区。

3. 七月气压形势(图略)代表夏季情况。两类不同阶段的主要差异是:(1) 南半球高压带在印度洋上一环多水期偏弱、少水期偏强。在东太平洋上一环则相反。气压差图上(图 4 d)印度洋自南而北为一片负值区。(2) 位于亚洲大陆的高原热低压,多水(少水)期低压中心略偏强(偏弱)、位置偏西南(偏东北),气压差图上印度次大陆有一负中心。表明,自印度洋到次大陆范围内的季风低压环流,多水期较少水期偏强。(3) 西太平洋赤道两侧的低压带,多水期偏弱而少水期明显偏强。这一点还可以从西太平洋全年台风发生数多水期较少水期偏少得到证实(如图 1 中曲线 g)。(4) 北太平洋中部高压,多水期明显偏强、少水期偏弱;这个高压的轴多水期呈东北-西南向,(少水期的赤道低压带呈西北-东南向),气压差图上那里一片正值区。

综上所述,“环流-天气-天气产量”系统的 60—70 年长周期振动的特征图象可概括为:冬春季节,北半球亚欧大陆冷高压多水期较少水期弱,冷空气活动多水期偏弱,少水期偏强。位于南半球印度洋上的高压带,多水期较少水期明显偏强。这是一种“北弱南强”的南北半球气压环流耦合涛动形势,在四月表现得最明显,用四月 SNO 系统多水(少水)期低值(高值)来表征。到了夏季,形势发生倒转,南半球印度洋上的高压带多水期较少水期偏弱。北半球亚洲大陆的高原热低压,多水期较少水期偏南偏强。这种“北强南弱”的南北半球气压环流形势在赤道两侧发生直接相互作用,表现为多水(少水)期印度季风低压环流偏强(偏弱),而西太平洋上的赤道低压带偏弱(偏强),北太平洋中部高压偏强(偏弱),这时期西太平洋台风发生数偏少(偏多)。这种明显的差异可用“七月赤道 p 指标”多水(少水)期高值(低值)来描述。以上是针对北方的情况。

同时注意到,环流的 60—70 年周期的长期振动同 30—40 年周期的长期振动一样,也存在着一种南北半球大型环流的季节耦合振动现象。可见,季节振动确实是普遍存在的。这方面问题待今后进一步讨论。

五、“环流-天气-天气产量”长期振动模式

上述分析结果表明,可以把环流系统 60—70 年长周期振动同我国北方和西南的天气类型以及天气产量的长期振动有机地联系起来,并给出有关主要环节,即北方多水期或西南少水期:

冬春环流“北弱南强” {亚欧大陆冷高压偏弱} → 夏季环流“北强南弱”
 (以 4 月 SNO 低值表征) {南印度洋高压带偏强} (以 7 月赤道 P 指标高值表征)

{亚洲高原热低压偏强} → 强夏季风时期 {北太平洋高压偏强} →
 {南印度洋高压带偏弱} {亚洲大陆气压偏低}

我国北方及孟加拉湾沿岸 我国北方和西南地区
 (泰国)多雨期、西南少雨期 → 主要谷物天气产量偏高

(北方少水期或西南多水期则相反)。

由此可见,影响我国北方和西南地区天气类型及谷物天气产量长期变化的因素中,南半球高压带印度洋上一环(马斯克林高压)的强弱形势,及其与亚欧大陆高纬的冷空气强度和活动之间的关联,无疑是关键的。此外,北太平洋中部高压也起关键作用。它们的过程和机制,有待深入研究。

根据以上得出的基本联系和主要环节,我们给出针对北方和西南产粮区的“环流-天气-天气产量”的长期同步振动模式。图 5 是这一模式的示意图解。按照 60—70 年长周期振动的趋势,八十年代前期和中期北方仍处在少水期、西南处在多水期,主要谷物的天气产量偏低。预计八十年代后期和九十年代将转入北方多水期、西南少水期,主要谷物天气产量将偏高。

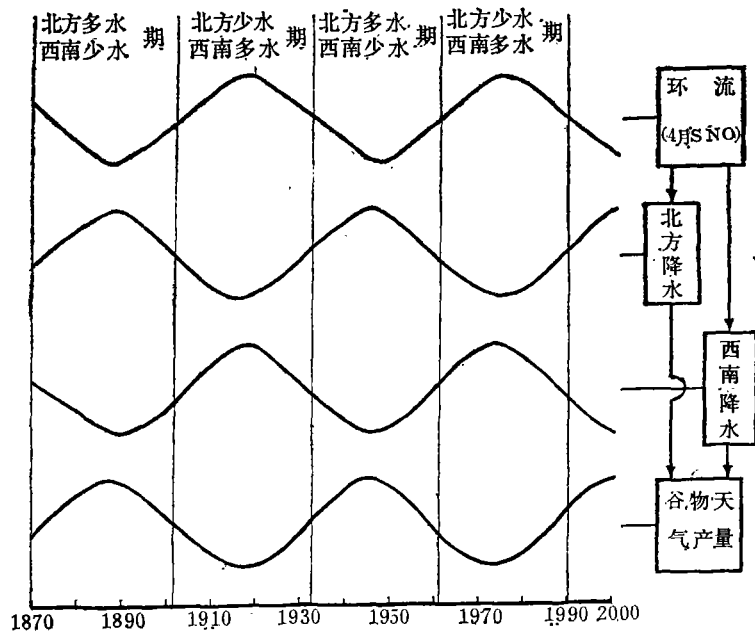


图 5 北方和西南一些地区“环流-天气-天气产量”长期振动模式示意图

六、结 语

作者继东部长江下游“环流-天气-天气产量”30—40 年长周期振动的分析研究后,本文对北方和西南一些地区的“环流-天气-天气产量”60—70 年长周期振动做了分析。今

后还将讨论我国南方和其它有关地区存在的长周期振动（这方面已有不同于已有结果的初步分析）。尽管分析中受谷物产量资料的限制，分析结果还有待进一步补充和完善。但已经可以看出，在分析“环流-天气-天气产量”系统的长期振动方面，有一个不同频域分布问题需要研究；在展望我国谷物产量的长期趋势或讨论天气类型的长期变化时，应引起注意。

分析表明，不同地区具有同一周期范围的长期振动，相联系的环流系统组合形式（如涛动）是特定的。而周期范围不同的长期振动，相联系的环流系统组合形式是不同的；或表现在不同季节上。已获知与东部长江下游 30—40 年周期相关联的环流组合是“7 月 SO 系统”、“4 月赤道 P 指标”和“1 月 SNO 系统”；与北方或西南 60—70 年左右周期相关联的环流组合是“7 月赤道 P 指标”和“4 月 SNO 系统”。从中注意到，“赤道 P 指标”是同一个区域气压场，因季节不同，相关联的长期振动频域也就不同。对于“SNO 系统”，不同季节时组合也起变化。同东部 30—40 年周期关联的“1 月 SNO 系统”中采用澳洲北部附近的气压场参加组合；而同北方（或西南）60—70 年左右周期关联的“4 月 SNO 系统”中采用南印度洋副热带地区的气压场参加组合。看来，从东部到北方和西南，周期由 30—40 年变为 60—70 年；相应地，南半球关键性区域气压场自澳洲附近向西推移到印度洋上。这一事实可能意味着，在南半球大气环流影响北半球环流和天气时，南半球不同区域的环流和不同路径的越赤道气流（“通道”）影响北半球的地区是很不同的。并且，由于南半球不同区域的环流在同北半球环流组合和相互作用中，有着不同频域的长期振动规律。因此，影响到不同地区的天气和大田作物的天气产量，也就相应地存在着不同周期范围的长期振动。这种设想的细节，有待进一步探讨。

此外，西南降水的长周期振动和北方（及泰国）降水的长周期振动同周期、反位相。其原因或许同西南地区所处的特殊地理位置有关（如高原屏障作用）：使偏南气流（尤其在强度发生变化时）对西南的影响同它对泰国和北方的影响很不同；同样使偏西气流和冷空气活动对西南的影响也不同于对北方和泰国的影响。这些问题也尚待进一步分析和澄清。

参 考 文 献

- [1] 汪铎、张谭，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，气象学报（即将发表）。
- [2] 汪铎，太湖平原（浙江省北部）粮食作物产量波动的长期天气分析，气象学报，39(3)，1981。
- [3] 汪铎等，试用环流特征因子作丰欠年景预报，气象，1982，4。
- [4] 汪铎、许宏根，晚稻〈天气-产量〉模式探讨，农业气象预报文集，气象出版社，1983。
- [5] 汪铎，作物气象产量探讨（一）——气象产量的统计学特征，农业气象科学，2(2)，1982。

**ANALYSIS ON THE LONG-TERM FLUCTU-
ATION OF THE LARGE-SCALE CIRCULA-
TION AND CORN YIELD IN THE
NORTH AND THE SOUTH-
WEST OF CHINA**

Wang Duo Zhang Tan

(Anji Meteorological station) (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 yield of corn in the north and the south-west of China, the 60-70-yr. long-term fluctuation for the system of «Circulation pattern—Weather—Corn yield» were analyzed. A fluctuation model on the system was developed.