

大气环流与气候异常及其展望

北京大学地球物理系 王绍武

引 言

未来气候是否异常，对我国社会主义建设有很大影响，应当给予足够的重视。但是气候异常现象比较复杂，预报方法也不成熟。因此，需要认真研究，分析气候异常的历史及成因，寻找其演变规律，探讨预测未来气候变化的途径。

近来国外关于世界气候异常的讨论很多，主要集中讨论如下四个问题：一、极区的变冷，二、一些国家的干旱与洪涝，三、对70年代以至本世纪末气候的展望，四、气候变化的原因。这里主要围绕前三个问题，谈一谈我们初步分析的结果。目前对于产生气候异常的根本原因，人们还不能给予满意的回答。但世界上任何一个地方的气候状况均与大气环流的特征有密切关系。因此可以说：气候异常的一个最直接的原因就是大气环流的异常。当然也不应否认，下垫面的热状况，特别是海水的温度、极冰等对大气环流又有重要的反馈作用。所以，在研究气候异常时，注意分析大气环流的异常是很重要的。我们就是根据这个观点，从大气环流异常的背景上来分析近年来发生的气候异常的。

近10年气候变冷与大气环流的特点

近来国外很多作者指出：极地正在变冷，特别是1962—1963年的冬季，北半球很多地区出现了几十年未有的严冬，欧洲、北美等地不断受到暴风雪的侵袭。有人把这看作寒冷时期到来的标志。实际上北半球许多地区气温早就开始下降。据统计50年代北半球平均气温已显著低于前二、三十年。但值得注意的是，这个变冷是在变暖之后发生的。主要在本世纪20到30年代，气温上升相当普遍，尤其在极区最明显，从全球来看30年代是最暖的，所以60年代的变冷只是回到未变暖之前上世纪末、本世纪初的状况。

我国本世纪也有增暖，但是最暖时期约在40年代，到了50年代气温已显著下降。中央气象局气象台长期组对我国气温进行了等级划分。表1是1911—1970年每10年平均的年平均等级，等级值高表示冷，等级值低则暖。从表中数字可以看出，近10年是本世纪以来最冷的，与世界上其他地区的变冷是一致的。

总之，近10年北半球气温无疑是普遍下降了。我们现

表1 近60年我国的气温等级

年 代	气 温
1911—1920	2.99
1921—1930	2.90
1931—1940	2.93
1941—1950	2.73
1951—1960	3.26
1961—1970	3.31

在就分析一下，近 10 年的大气环流产生了什么变化，看看它与气温的下降有什么关系。

冬季气温变率大，所以从冬季开始分析。我们绘制了 1961—1970 年北半球 500 毫巴季高度距平图。从冬季（12 月—2 月）的图来看，经向环流的发展是十分明显的。自欧洲北部到格棱兰，阿拉斯加到北美西岸以及西伯利亚东部各有一个正距平区；北大西洋南部、北太平洋中部为广大的负距平区。这就是说在三个平均大槽位置的北部为正距平，南部为负距平。这正是阻塞形势及经向环流发展的特征。

1961—1970 年 10 年平均 1 月海平面气压图也充分说明这个特点。冰岛低压强度大为减弱，有时在个别年的图上分裂为两个中心，甚至如 1963 年 1 月，冰岛地区为冷高压所控制，冰岛低压到了南方的北大西洋中部。冰岛地区的气压距平，10 年平均为 +8.5 毫巴，北大西洋南部为广大的负距平区，中心达 -4.7 毫巴，亚速尔高压面积大为缩小，是典型的弱“北大西洋涛动”的形势，也就是强经向环流发展的形势。北太平洋也有类似情况。

事实上，这种经向环流发展的特点不止出现于 1 月也不止冬季，而是几乎包括了冬半年的大部分时间。表 2 给出近 10 年各月 500 毫巴西风指数（35—55°N）距平（%）。显然可以看出，冬半年 11 月—3 月平均西风强度约比多年平均减弱 2% 左右，但同时夏半年，自 4 月—10 月西风增强约 2%。

夏季的西风增强所反映的环流形势也是对极区及中高纬气温下降有利的。例如 1961—1970 年夏季（6 月—8 月）500 毫巴高度距平图表明：整个极区为负距平，只有自太平洋经日本到我国有一狭长的正距平带，北美西岸及欧洲亦各有一正距平区。海平面气压图也反映了这个变化。如 1961—1970 年 7 月北半球海平面气压距平，从极区到亚洲及美洲北部普遍为正距平，说明气旋活动减弱及反气旋活动增强，显然这使得极区以及中高纬气温下降。顺便指出，夏半年这种环流形势的变化是对我国降水不利的。50 年代夏半年西风显著偏弱，而有 1954 年，1956 年等大水年。但以后从 1959—1961 年的干旱之后，很少有梅雨明显的年份，有时还是空梅。近 20 年我国旱涝的变化是与北半球大气环流的变化相适应的。

总之，我国近 10 年的气候特点是冷而干。产生这种气候特点的环流形势是冬季经向环流增强，夏季纬向环流增强。

从近百年大气环流的变化展望未来 30 年我国的气候趋势

既然初步了解了近 10 年我国的气候特点及其与大气环流的关系。我们试图进一步根据近百年大气环流变化的规律，预测未来的环流变化，并由此推断未来的气候。

作为描述环流的指标，我们采用海平面气压图上的大气活动中心位置及西风指数。共选 12 个指标。1 月 7 个指标：西风指数（40—70°N）、西伯利亚高压经度及纬度、阿留申低压经度及纬度、冰岛低压经度及纬度。7 月 5 个指标：西风指数（40—70°N）、太平洋高压南界及西界，印度低压北界及东界。

表 2 1961—1970 年北半球
500 毫巴西风指数距平

月 份	西风指数 %
1 月	-1.2
2 月	-1.5
3 月	-1.0
4 月	1.1
5 月	2.8
6 月	2.8
7 月	1.9
8 月	3.2
9 月	3.0
10 月	1.9
11 月	-0.9
12 月	-3.8

预报方法是把各指标做5年平均，然后对5年平均值求线性趋势项，之后再方差分（取两个周期叠代6次）做周期变化的预报。报出未来6个5年平均，即1971—1975年、1976—1980年、1981—1985年、1986—1990年、1991—1995年、1996—2000年各指标的数值。根据对各活动中心与我国气候状况的关系，估计降水及气温的总趋势。

在讨论预报结果之前，先简略地谈一谈大气环流长期变化的规律性，因为预报就是根据这些规律性做出来的。我们所研究的是时间尺度为几十年到几年的大气环流变化，一般叫做大气环流振动，相应的气候变化叫做气候振动。因为，这些变化是准周期性的。大气环流与气候振动的周期大致可分为三种：一种称为世纪周期，长度约80—90年；另一种为20—40年的周期，其中最常见到的是长度约35年的布吕克纳周期和22—23年的海尔周期，后者亦称为太阳黑子磁周；第三种是10年以内的周期，主要有5—6年的半太阳活动周期及26个月的准两年周期，5—6年的周期亦称双振动，即指一个太阳活动11年周期内有两个5—6年周期。当然也可能还有更长的周期，但是这从一百来年的大气环流资料，或二百多年的气候资料都不容易判断了。

分析大气活动中心的振动，发现有两种变化占优势，一种是比世纪周期更长的趋势，一种是布吕克纳周期。表3给出1871—1970年共100年中，每10年大气活动中心的平均位置及西风指数。从表3可以看出，1月西风指数近百年来一直在下降。阿留申低压与冰岛低压均愈来愈偏西南。仅从这些资料还不能决定这种振动周期的长度，但至少会超过一百年，所以我们预报未来30年时把这一部份做为直线趋势来处理。当然这会有误差，但只有补充其它资料之后才能进一步改进。

另外从周期分析的结果来看布吕克纳周期非常明显。12个指标每个指标二个周期共24个周期之中30—35年周期出现8次，即有三分之一有这种周期的变化（表3）

表3 近百年大气活动中心的變化

年 代	活动中心		西伯利亚高压		阿留申低压		冰岛低压		1月西 风距平 (%)	北太平洋高压		印度低压		7月西 风距平 (%)
	经度 °E	纬度 °N	经度 °W	纬度 °N	经度 °W	纬度 °N	南界 °N	西界 °E		北界 °N	东界 °E			
1871—1880	100.5	49.0	172.0	60.0	24.0	68.0	42.3	12.0	164.5	56.5	117.0	-37.5		
1881—1890	108.0	51.0	170.0	61.5	23.5	68.5	68.4	15.5	173.5	42.0	111.5	6.8		
1891—1900	107.5	52.0	171.5	57.5	28.0	64.5	21.2	18.5	175.5	41.0	116.0	-4.3		
1901—1910	106.5	49.5	171.0	53.0	25.5	69.5	53.5	21.5	170.0	41.5	118.9	31.9		
1911—1920	108.0	53.0	170.0	50.5	34.0	62.5	-24.2	21.0	166.5	45.5	116.5	-3.8		
1921—1930	103.0	53.0	175.0	54.5	29.5	65.5	26.7	17.0	172.0	43.5	113.5	24.1		
1931—1940	100.5	53.0	172.5	52.0	34.0	61.0	-20.8	16.5	161.0	49.5	115.0	-2.3		
1941—1950	102.0	52.0	180.0	52.0	35.0	59.5	-32.2	13.0	164.0	49.5	113.0	13.5		
1951—1960	100.0	48.5	174.5	50.5	33.5	59.5	-46.2	14.0	167.5	43.0	118.5	-1.7		
1961—1970	97.0	46.5	177.5*	50.5	35.5	54.0	-80.6	17.5	167.5	42.5	116.0	-12.2		
第一周期 (年数)	30	25	45	25	35	45	25	15	15	35	45	10		
第二周期 (年数)	50	45	40	40	15	30	20	35	35	15	30	30		

* 为东经 °E

表4 7月活动中心及早涝趋势预报

年 代	太平洋高压		印度低压		多雨地区	少雨地区
	南界 °N	西界 °E	北界 °N	东界 °E		
1971—1975	+*	+	-	0	东部, 长江下游, 东北	西部
1976—1980	-	-*	+	-	江南, 西部	东北, 黄河下游
1981—1985	-	-	+*	0	江南, 华北北部, 东北	黄淮
1986—1990	+	0	-*	+	黄淮	江南
1991—1995	-	0	0	+*	长江下游, 江南	中部, 东北南部
1996—2000	-	+	0	+*	华东, 东北北部	黄河中游

表4是未来30年7月大气活动中心的预报, 以及对多雨少雨地区的估计。表中+、-、表示活动中心经纬度的正、负偏差(南、北界+表示偏北, -表示偏南; 东、西界+表示偏东, -表示偏西), 0表示正常。有*号的表示这5年之中起主要作用的活动中心。

表5 1月活动中心及冷暖趋势预报

年 代	阿留申低压		西伯利亚高压		我国的气温
	经度 °W	纬度 °N	经度 °E	纬度 °N	
1971—1975	+	0	0	+*	暖, 东北冷
1976—1980	-	+*	0	0	北冷, 南暖
1981—1985	0	0	+	-*	正常
1986—1990	0	-	+*	0	东冷西暖
1991—1995	+	-	-*	0	冷
1996—2000	-*	-	+	+	冷

表5是未来30年1月大气活动中心的预报, 以及对我国冷暖的估计。表中符号与表4同。

表6 二十世纪我国的气候趋势

年 代	1901— 1910	1911— 1920	1921— 1930	1931— 1940	1941— 1950	1951— 1960	1961— 1970	1971— 1980	1981— 1990	1991— 2000
降 水	干	湿	干	湿	干	湿	干	湿	干	湿
气 温	暖	冷	冷	暖	暖	冷	冷	(暖)	(暖)	冷

如果要对我国过去几十年的气候状况做一个概括的话, 可以大致综合如表6。根据对我国资料年代较长的站的分析证明, 气温振动的周期略长, 而降水的周期以海尔周期为最突出, 只有上海等地降水有35年周期。所以把气温与降水联系起来, 大约有暖干-冷湿-冷干-暖湿-暖干的变化顺序。依此来对照表4与表5可以预报未来70年代是暖湿, 80年代为暖干、到90年可能转向冷湿。但是考虑到还有更长的周期振动, 特别是极地变冷的长期趋势, 未来的暖期可能不够明显, 而只表现为气温的一定回升。同时即使有这几个阶段也不一定都是10年, 所以从表6只能看出总的趋势。

“南涝北旱”与未来几年的降水趋势

我国继去年夏季大旱之后，从去年秋季到今年春季出现了“南涝北旱”的形势，我们就从“南涝北旱”与未来几年降水的关系出发，对1973—1980年降水趋势进行估计。

1972年夏一直到8月我国南方大部份地区都是少雨的。但是从9月开始有了明显的改变，江南开始变为多雨。而江北，主要是黄河以北仍维持少雨，这种降水分布一直持续到今年5月。从秋(9月—11月)，冬(12月—2月)及春(3月—5月)三个季的降水距平分布来看，大体是一致的。比较突出的正中心在九江到屯溪之间。季降水量距平最大在700毫米以上。三个季降水量总和在黄河以南、105°E以东的广大地区比多年平均偏多20—50%，个别站偏多100%，而华北与黄河中上游地区偏少20—50%。长沙、芷江、桂林之间以及杭州、屯溪之间9个月之中有8个月降水量为正距平。华北的石家庄一带，东北的通辽附近，9个月之中则仅有1—2个月降水量为正距平。这个“南涝北旱”的形势是很突出的。

是什么环流条件造成我国的“南涝北旱”呢？我们绘制了1972年秋到1973年春北半球500毫巴季高度距平图，与9个月平均高度距平图。发现去年秋季整个北太平洋，特别是北太平洋的西南部为一广大正距平区，同时非洲，北美南部墨西哥湾亦有正距平中心。冬季我国南部到印度支那半岛，太平洋中部、北非、北美东岸直到墨西哥湾亦为正距平区。到今年春季北太平洋仍为广大的正距平区所控制，其西缘一直伸展到我国西藏高原，同时北非仍维持明显的正距平。因为是在秋、冬、春三季，副热带高压偏南，所以上述地区正的高度距平正好相当副高偏强。我国多雨的地区就在正距平中心北侧，距平零线附近。因此，我们初步认为去秋以来我国的“南涝北旱”是副热带高压偏强造成的。当然同期极区为负距平，冷空气偏强也可能有一定作用。

同时我们还注意到，我国的“南涝北旱”并不是孤立的现象。中非的撒哈拉沙漠以南的国家同一时期经受了60年来最严重的干旱。而亚洲南部的印度、太平洋对岸的中美洲国家都十分干旱。但北美密西西比河正在泛滥。欧洲的地中海沿岸，亚洲的巴基斯坦等地却多雨。很明显可以看出，这些干旱地区正好在高度正距平中心附近，而多雨带则在正距平中心之北，与我国的情况类似。这就是说，不只东亚地区，整个北半球在这段时间副热带高压维持偏强，这也从另一方面证明我国的“南涝北旱”与西太平洋的正高度距平的关系不是偶然的。

为了进一步了解这种副高的增强有什么规律性，是否是经常出现，我们选了一些关键区进行分析。表7给出110—120°E，20°N 500毫巴高度距平在9月到第二年5月的9个月之中正距平月数，以及长沙降水量在同一时期的正距平月数，两者关系是很好的。这又一次说明自秋到

表7 我国南方降水与副热带高压的关系

年 份	高度正距平月数	长沙降水正距平月数
1951—1952	2	6
1952—1953	2	3
1953—1954	7	7
1954—1955	5	4
1955—1956	1	2
1956—1957	3	3
1957—1958	3	4
1958—1959	2	3
1959—1960	2	4
1960—1961	6	5
1961—1962	3	4
1962—1963	4	4
1963—1964	5	4
1964—1965	0	2
1965—1966	6	7
1966—1967	3	6
1967—1968	0	2
1968—1969	4	4
1969—1970	2	4
1970—1971	2	5
1971—1972	0	2
1972—1973	7	8

表 8 北京降水与太阳活动的关系

降水级别 第几周	太阳黑子周期年													m
	m	+1	+2	-2	-1	M	+1	+2	+3	-3	-2	-1		
1	3	2	2	3/2	2	1	1	3			1	2	3	
2	3	2		2	3	1	1	2			2	3	2	
3	2	2			3	2	2	1	1		3	2	2	
4	2	1		2	3	2	1	2	3/3	2/1	3/2	2	2	
5	2	2	2	1	3	2	2	3	1	2	1	1	2	
6	2	2/3	3/2		2	1	3	2	1	1	2	1	1	
7	1	2	1	2/3	2	2	3	2				3	3	
8	3	1	2		3	2	3	2	1		2	2	2	
9	2	2	1	2	3	1	2	3	3/2	1	3	2	1	
10	1	3		2	2	3	2	2		1/3	2	3	2	
11	2	1			3	2	1	2	1	2/3	2	3	2	
12	2	1		3/2	2	1	3	2		1	3	2	2	
13	2	1	3		2	1	1	3	2	2/2	3	3	1	
14	1	2	3	2	3	2	2	2	3	2	1	1	2	
15	2	2		1	2	1	2	2		3	3	1	3	
16	3	1		1/3	2	2	2			3	2	2	1	
17	1	1	3	3	1	2	2	2		3	2	2	3	
18	3	2		2	2	3	1	1	3		2	2	1	
19	1	2	1		3	2	1	2		2	3	2	1	
20	1	3	2	2	3	1	2	2	3	1973	1974	1975	1976	
21	1976	1977	1978	1979	1980	1981								
1	6	7	3	3	1	8	7	2	5	5	3	4		
2	9	11	5	10	9	10	9	3	2	7	9	10		
3	5	3	4	5	10	2	4	4	9	6	7	5		
和	20	21	12	18	20	20	20	19	13	18	19	19		
级	1	1		3	3	1	1				3	3		

春我国南方的多雨是与副热带高压的增强有关的。并且从表中还可以看出，类似去秋以来情况的，过去 22 年中至少还有三年，即 1953—1954 年，1960—1961 年以及 1965—1966 年。当然立刻我们会想到，这三年的夏季我国南方降水是否仍持续较多呢？从总的趋势看这三年的夏季特别是 6 月—7 月降水仍较多。但北方降水普遍增加，所以，根据这种分析，“南涝北旱”现象到今年夏季会有转变。自然要估计今年的旱涝要多方面的分析，这里只是从前期副热带高压的活动特点提供一些线索。

对 1974—1980 年间的降水趋势又如何估计呢？我们对北京的降水进行了一些分析。主

要应用的资料是北京的“故宫晴雨录”。水文局水文研究室曾把大雨小雨及降雨时数的记录按同时有观测的资料对比, 换算为降水量。自 1724 年到 1903 年共约 180 年。我们又采用了北京的观测记录, 补足一个自 1724 年—1972 年的序列。其中有近代仪器观测的尽量采用观测记录。既无晴雨记录, 又无观测的, 就参考县志旱涝记载插补, 1903 年之后用通县与天津的资料插补。这样虽然会带来一定误差, 但做趋势分析还是可以的。降水量用 6—9 月降水总量。

分析方法是寻找与太阳活动的关系。先把太阳黑子按 11 年周期排表, 太阳黑子的每一个周期开始记为 m 年, 太阳黑子最大年 (用三年加权滑动平均决定) 记为 M 年。考虑太阳黑子 11 年周期上升段短下降段长排成表 8 [1]。第 1 周开始为 1755 年, 到 1972 年共 217 年。表 8 中给出 20 个太阳黑子 11 年周期的北京降水量级别, 1 级代表多雨, 2 级正常, 3 级少雨。分级标准是考虑出现频率, 使 1 级与 3 级各占 25% 左右, 2 级占 50% 左右。同时分级不是全部资料同时划分, 而是按每个 11 年周期划分, 这样可以在一定程度上除去降水量更长周期振动及资料来源不一等影响。

表 8 中下面几行给出在 11 年周期中的每个位置上各级出现次数及总和次数。最后一行给出综合占优势的级。即 m 年, $m+1$ 年, M 年, $M+1$ 年北京降水比较容易正常偏多年, $M-2$ 年, $M-1$ 年及 $m-2$ 年, $m-1$ 年经常出现正常偏少年。把前四种年划为 A 组, 后四种年定为 B 组。A 组共 81 年, 其中 1 级 28 年, 2 级 39 年, 3 级 14 年, B 组共 76 年, 1 级 11 年, 2 级 39 年, 3 级 26 年。用 χ^2 检验两组信度均超过 10%, A 组达到 5%。因此可以说北京的降水是与太阳活动有一定关系的。我国其它站的降水资料不过一百年左右, 统计起来有一定困难。但初步分析也可以看出长江流域如上海基本与北京为负相关。

未来太阳黑子的第 21 周估计以 1975 年开始, 这样大约到 1980 年达到 M 年。从表 8 判断近两年北京降水可能是正常偏少, 到 1975—1976 年降水可能正常偏多。1978—1979 年降水又较少。当然还要注意: 一方面降水还有更长的周期振动, 例如我国许多站降水量的 22 年周期就比较明显。另一方面太阳黑子的极值年预报也不一定十分准确, 需要随时注意订正。

结 论

从以上工作可以得到初步结论, 1. 去年秋季以来的“南涝北旱”形势可能在 1973 年夏季有所缓和, 2. 1974—1975 年北方降水可能正常偏少, 1976—1977 年可能多雨, 1979 年—1980 年少雨; 南方降水有大致相反的趋势。3. 70 年代特别在后期, 我国降水总的趋势是比过去 10 年有所增加, 气温略有回升。80 年代降水又有所减少。从 80 年代后期到 90 年代气温可能进一步下降。

以上只是初步的分析, 还需进一步研究。特别对今后的预报, 要不断修订。

[1] 表 8 的排法可参阅本期第 34 页表 5。——编者注。