

长江中下游夏季(6—7月)旱涝的 东亚环流背景

李永康

(南京大学大气科学系)

提 要

本文运用车贝雪夫多项式方法分析了东亚西风带(90—150°E, 35—55°N)和西太平洋副高活动区(110—170°E, 15—35°N)月平均500hPa高度场低阶车氏系数的若干特征, 探讨了两区低阶车氏系数与长江中下游6、7月雨量之间的关联。

运用车贝雪夫正交多项式方法分析区域性环流特征及其与气候要素的联系曾有许多人作过。但对单一场区进行分解较多, 如考虑西太平洋副高活动区^[1]或考虑整个东亚区^[2]。天气气候学表明, 造成长江中下游降水的大尺度环流背景是西风带长波、超长波槽脊与西太平洋副热带高压的相互作用, 这一对环流成员的异常活动是本流域出现旱涝的主要和直接原因。因此在进行典型场分析时, 同时研究南、北两场区的环流性状可能获得更多的启示。

一、处 理 方 法

运用车贝雪夫多项式方法分解区域性高度场, 其权重系数为

$$\Lambda_{ks} = \frac{\sum_{x=1}^{n_1} \sum_{y=1}^{n_2} H(x, y) \psi_k(x) \psi_s(y)}{\sum_{x=1}^{n_1} \psi_k^2(x) \sum_{y=1}^{n_2} \psi_s^2(y)}$$

式中 $H(x, y)$ 为给定区域内格点高度值。 $\psi_k(x)$ 和 $\psi_s(y)$ 为纬向和经向车贝雪夫多项式系

数。 n_1 和 n_2 分别为纬向和经向格点数,为保证理想的拟合精度^[3],取 $n_1=7$, $n_2=5$ 。 k 和 s 为纬向和经向车氏多项式的阶,有明确物理意义的是 $k \leq 2$, $s \leq 2$ 的各权重系数。其中, A_{00} 表示场区内高度平均值(即背景指数), A_{01} 表示均匀纬向环流场的比重(纬向环流指数), A_{10} 表示均匀经向环流场的比重(经向环流指数)。当 $A_{01} > 0$ 时为西风环流,当 $A_{10} > 0$ 时为南风环流。

考虑到夏季降水的大尺度环流背景,西风带区选 90°E — 150°E , 35°N — 55°N ,以下称北区;西太平洋副高活动区选 110°E — 170°E , 15°N — 35°N ,以下称南区。两个场区各构成 7×5 的经纬度网络。为讨论的方便,以下各节将北区的环流指数用 A_{ks}' 表示,将南区的环流指数用 A_{ks}'' 表示。

500hPa月平均高度及月降水量资料共取16年(1971—1986年)。

二、东亚西风带与副高活动区低阶环流指数的基本特征

对南、北两区500hPa月平均高度场进行车氏展开,可以发现历年各月低阶环流指数($k \leq 2$, $s \leq 2$)的量级有如下特点(表略):

1. 背景场指数 A_{00} 比其他低阶指数大1—2个量级;
2. $|A_{01}'| \sim |A_{10}'| \sim 10^{\circ}$, $|A_{01}''| \sim |A_{02}''| \sim 10^{\circ}$;
3. 其他各阶指数绝对值量级皆等于或小于 10^{-1} 。

历年凡 $k \leq 1$, $s \leq 1$ 的指数均有明显的年变化; A_{00}' 的年变程为单峰型,峰值多在7月; A_{00}'' 的年变程为单峰型,峰值多在8月; A_{01}' 和 A_{01}'' 的年变程为单谷型,前者谷值多在7月,后者谷值多在8月; A_{10}' 的年变程多为单峰型,峰值多在7月。各指数峰(谷)值出现月份的频率如表1。

表1 低阶环流指数极值出现月的年频率

区 指 数	北 区	南 区
A_{00}	7(9/16), 8(7/16)	6(1/16), 7(5/16), 8(6/16), 9(1/16)
A_{01}	6(6/16), 7(9/16), 8(1/16)	7(3/16), 8(12/16), 9(1/16)
A_{10}	7(10/16), 8(4/16), 9(1/16), 10(1/16)	

注:表内数字为极值出现月,括号内数字为年频率

比较表1中北、南两区的指数极值出现月份可以看出,背景场指数 A_{00} 均以夏季为极大值,这与对流层平均温度增加气柱膨胀等压面抬升有关^[3]。纬向环流指数 A_{01} 夏季为极小值,反映了东亚地区纬向环流冬强夏弱的基本特征。还可以看出,西风带环流指数 A_{00}' 、 A_{01}' 极值出现最大频率月份均比副热带区环流指数 A_{00}'' 、 A_{01}'' 极值出现最大频率月份分别早1个月,说明北区基本流型的转折期有比南区提前1个月的趋势。

从两场区历年各月低阶指数的符号看(表略), A_{01}' 无一例外地均为正值,说明北区

恒为西风气流所控制。 A_{01}'' 仅在盛夏某一个月(多为8月)呈负值,说明南区除个别月因副高北抬,脊线越过 25°N 外,其余绝大多数月份处在副高脊线以北的偏西气流之中。 A_{10}' 仅在盛夏个别月为正值,表明北区基本上受槽后偏北气流影响。 A_{10}'' 仅在冬、春个别月呈负值,其余多数月份为正值,表明南区多处于西太平洋副高单体西侧流场之中。从这些低阶车氏系数所反映的天气气候学意义来看,长江中下游大致处于北、南两区偏北气流与偏南气流交绥地带,因此分析该两场区典型场的特征及其相互联系必然有助于深入了解流域降水的环流成因。

三、北区与南区环流的相互作用

表2给出北、南两区经向环流指数和纬向环流指数的相关系数。由该表可以看出,两区纬向环流指数存在负相关关系,除4月和10月外,其它各月均达到或超过 $\alpha=0.05$ 的显著性水平。这一密切的反相关现象是由于西风急流的南北移变以及高空阻塞形势引起的急流分支所致^[4]。这类高低纬度纬向环流的反位相关系在其他经度范围内也有不同程度的表现^{[5][6]}。

表2 两区低阶环流指数的相关系数

月 指 数	1	2	3	4	5	6
$A_{01}' \sim A_{01}''$	-0.693	-0.604	-0.773	-0.352	-0.819	-0.518
$A_{10}' \sim A_{10}''$	0.109	0.002	0.482	-0.200	-0.544	-0.067
$A_{10}' \sim A_{01}''$	-0.619	-0.261	-0.625	0.026	0.360	-0.387
月 指 数	7	8	9	10	11	12
$A_{01}' \sim A_{01}''$	-0.755	-0.761	-0.594	-0.181	-0.447	-0.790
$A_{10}' \sim A_{10}''$	0.097	0.118	-0.658	-0.155	0.044	-0.276
$A_{10}' \sim A_{01}''$	-0.625	-0.131	0.202	-0.281	-0.613	-0.535

由表2还可以看出,两场区经向环流(表中第2行)以及两场区经、纬向环流(表中末行)之间凡相关关系显著的($\alpha \leq 0.05$)数值皆为负值。

上述结果说明,东亚西风带与西太平洋副高活动区环流的低阶分量存在反相关关系,其中以两区域内纬向气流的耦合最突出。

交叉相关分析表明(统计时序1978年1月—1985年12月, $N=96$), A_{10}' 与 A_{01}'' 以及 A_{01}' 与 A_{10}'' 的时滞相关系数呈明显的年变化,这与该两个指数本身存在年变化有关。须要指出的是北区指数对南区指数的“影响”(即南区落后)和南区对北区指数的“影响”

(即北区落后)有所不同, 这种差异可由图 1 看出, 图中横坐标为滞后月, 在同一相关显

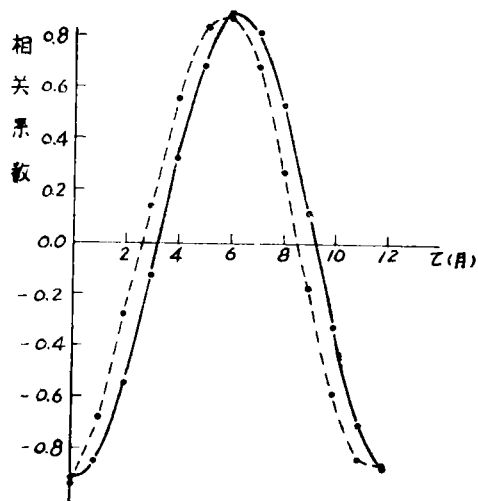


图 1 A_{10}' 与 A_{01}'' 的时滞相关曲线
实线: A_{01}'' 滞后; 虚线: A_{10}' 滞后

著性水平上, A_{01}'' 的滞后时间略大于 A_{10}' 的滞后时间, 换句话说, 在同样的相关条件下, 北区对南区的“影响”比南区对北区的“影响”有更长的时间提前量。联系到前述北区低阶系数的年变转折期早于南区低阶系数的年变转折期的特点, 可以想见, 在两个纬度带环流相互作用上, 西风带环流有更重要的意义。一些工作曾指出^[3], 北支西风指数的中期调整经常稍提前于南支西风指数的中期调整。由此看来, 西风带环流调整超前于副热带环流调整可能是大气环流中期和长期演变的共性。

四、长江中下游夏季(6—7月)旱、涝期的典型场特征

1. 两场区低阶环流指数与长江中下游夏季(6—7月)降水的关系

长江中下游一般自6月中旬至7月上旬为梅雨期, 以后是一段时期的伏旱。因此6、7月雨量的多寡在很大程度上反映了梅雨量的多寡。以南京为例, 6、7月总雨量与梅雨量之间的相关系数高达0.67(据1954—1980年资料^[7]统计)。

选取东台、南京、合肥、上海、杭州、安庆、屯溪、九江、汉口、钟祥、宜昌、岳阳和常德共13个台站代表长江中下游流域, 对该流域夏季6月和7月分别计算降水距平, 再与各阶环流指数求相关, 其同期相关系数列于表3。由该表可以看到:

表3 流域各月降水距平与诸低阶指数的相关系数

		A_{00}	A_{01}	A_{02}	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{20}	A_{21}	A_{22}
6月	北	0.170	-0.321	0.480	0.302	-0.217	-0.339	-0.133	0.112	0.052
	南	0.227	0.242	-0.341	-0.584	-0.091	0.238	-0.170	0.080	-0.229
7月	北	0.289	-0.712	0.201	-0.255	-0.684	0.640	-0.141	0.178	0.095
	南	0.463	0.677	-0.596	-0.027	0.236	-0.286	-0.346	-0.577	0.569

(1) 6月份达到 $\alpha=0.05$ 的系数是 A_{02}' (0.480)和 A_{10}'' (-0.584)。结合历年6月 A_{02}' 皆为正值和 A_{10}'' 皆为负值的特征, 表明6月雨量的多(寡)与北区纬向气旋性切变的强

(弱)和南区偏南气流的弱(强)相匹配:

(2) 7月降水与同期指数的相关性较6月明显, 且高相关因子($\alpha \leq 0.05$)较多。相关系数绝对值较大的且指数量级较大的(参阅第三节)有 A_{01}' 、 A_{01}'' 和 A_{02}'' 。不难看出7月雨量的多(寡)的优势环流结构是: 北区为弱(强)的纬向西风, 南区为强(弱)纬向西风与强(弱)纬向反气旋性切变气流的叠加。

(3) 综合考察 A_{01} 、 A_{02} 、 A_{10} 三个指数与降水的相关系数可以看出, 各月南北场区相应的相关符号皆相反, 即在多雨的6、7月, 北区为弱纬向气流与强气旋性环流以及强经向气流, 南区为强纬向西风、弱气旋性(即强反气旋性)环流以及弱偏南气流。从天气气候学的意义上看, 长江中下游频繁地受冷暖空气交错影响, 加上副热带纬度有较强反气旋性切变环流和弱的经向气流, 因此冷暖空气交错带的经向移动不大, 这是造成丰梅的环流背景。反之, 当北区为较强的纬向气流、弱气旋性环流以及弱经向气流, 南区为弱纬向西风、强气旋性(即弱反气旋性)环流, 处于南区北缘的长江中下游受单一强劲偏南气流影响, 无冷暖空气对峙的条件, 不利于长期稳定的降水, 这是形成枯梅的大尺度环流背景。

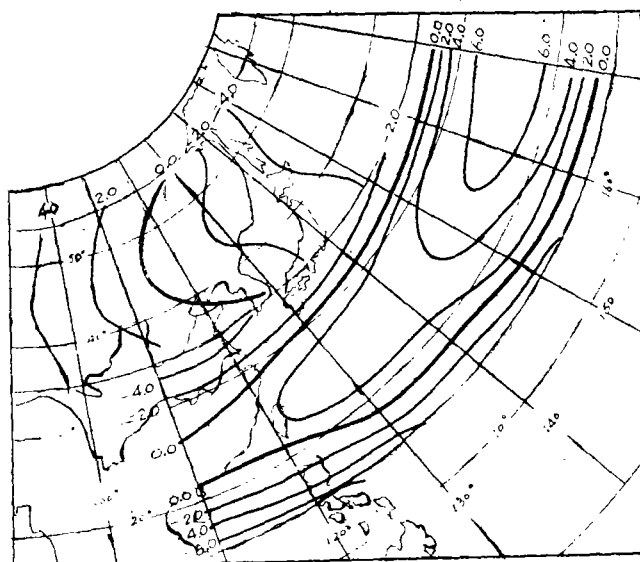
作者曾在分析修河中上游初夏旱、涝时期的东亚大尺度环流特征时指出^[6], 涝6月与旱6月的500hPa地转西风 $(\bar{u}_g)_{涝}$ 、 $(\bar{u}_g)_{旱}$ (指100—130°E平均)随纬度的分布有明显差异, 大致在40°N以南的副热带纬度 $(\bar{u}_g)_{涝} > (\bar{u}_g)_{旱}$; 在40°N以北的西风带纬度则相反 $(\bar{u}_g)_{涝} < (\bar{u}_g)_{旱}$ (图略)。文献[8]从天气学分析所得结果与本文从典型场分析所得结果是一致的, 这说明南北两个纬度带内高空经纬向环流的相互作用对长江中下游夏季降水的影响是明显的。

2. 旱、涝时期典型场特征

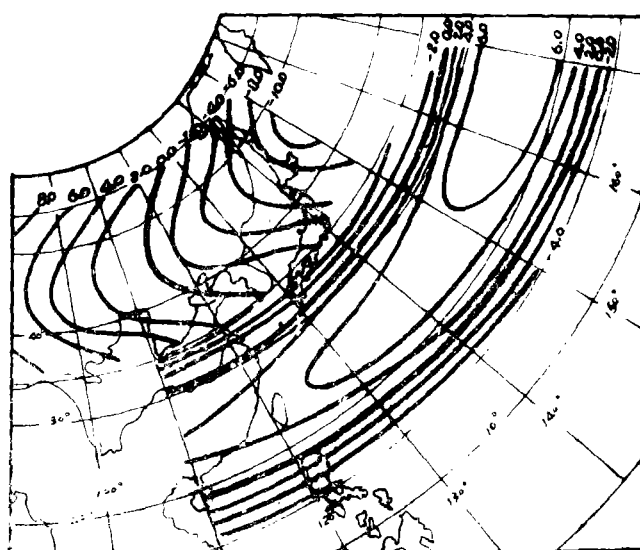
1972、1978年以及1980、1983年分别为长江中下游典型的夏旱年和夏涝年, 其天气气候特征过去已有许多分析。为突出旱、涝期环流背景的基本差异, 选择那些与降水相关显著的且环流指数“权”的作用较大(即绝对值较大)的若干低阶系数, 再将它们叠加拟合合成典型场, 即得到图2和图3。前者北区与南区均为 A_{02} 与 A_{10} 的合成场; 后者北区为 A_{01}' 与 A_{11}' 的合成场, 南区为 A_{02}'' 与 A_{21}'' 的合成场。

由图2可以看到, 6月北、南两区均为轴对称流场, 但旱年(如图2a)指数梯度明显比涝年(如图2b)小, 说明在 A_{02}' 与 A_{10}' 两种典型场的叠加中, 而又以 A_{10}' 为主要成分(参见表4)的经向气流涝年比旱年强; 在 A_{02}'' 与 A_{21}'' 两种典型场的叠加场中, 而又以 A_{02}'' 占主要成分的反气旋切变气流涝年比旱年强。

由图3可以看到, 北区的形势为南北反对称, 以“南高北低”成分为主, 但旱年纬向气流比涝年强盛得多。南区由于是 A_{02}'' 与 A_{21}'' 两种成分的叠加, 因此结构稍复杂, 但因系数 A_{02}'' 比 A_{21}'' “权”大得多(参见表4), 所以反气旋切变还是很清楚的。比较旱、涝年南区典型场, 后者反气旋式环流非常明显, 而旱年几乎处于均压场之中, 这正反映了1972、1978年7月西太平洋副高稳定控制了长江中下游及其邻域。

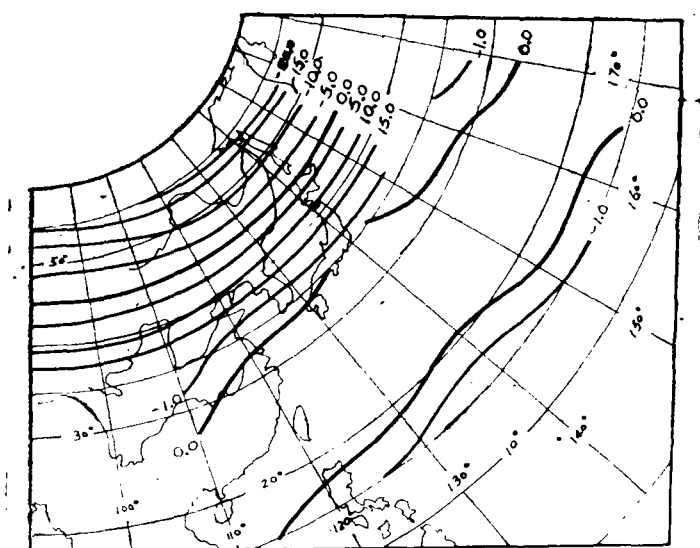


a) 旱

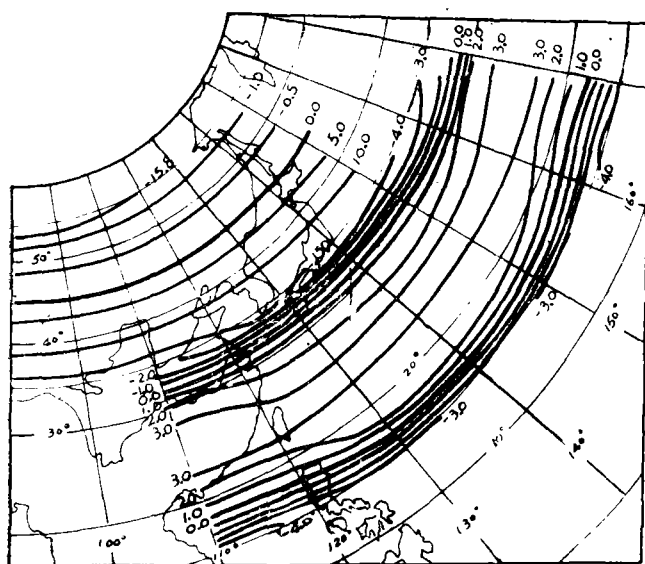


b) 涝

图2 6月合成场



a) 旱



b) 涝

图3 7月合成场

表4 特早、特涝年低阶环流指数

月	年 指数	1972	1978	1980	1983
6月	A_{02}'	0.224	0.061	0.265	0.755
	A_{10}'	-1.964	-1.386	-0.786	-1.921
	A_{02}''	-1.010	-0.888	-1.122	-1.347
	A_{10}''	0.621	0.600	0.450	0.314
7月	A_{01}'	4.729	5.500	3.257	4.243
	A_{11}'	0.036	0.400	-0.379	-0.132
	A_{02}''	-0.296	-0.061	-0.867	-1.041
	A_{21}''	0.038	0.064	-0.060	-0.064

五、前期低阶环流指数特征

普查流域6、7月降水与前期各月(自1月至当月)诸低阶指数的相关结果表明,有相当多的指数与降水距平为同号相关的持续性很好。表5给出了同号相关系数至少为5个月的各指数,表中括号内为相关系数符号。从表中可以看到,6月前期 A_{02}' 的相关符号(+)的持续性最好,启示我们当东亚西风带环流分量中纬向气旋式切变气流长时期持续异常强盛时,应考虑6月将出现多雨,反之少雨。从表5还可以看到,7月前期 A_{00}'' 和

表5 流域6、7月降水距平与前期环流指数的关联

	6月				7月				
	A_{01}'	A_{02}'	A_{12}'	A_{01}''	A_{02}'	A_{00}''	A_{01}''	A_{11}''	A_{20}''
n	5(-)	6(+)	5(-)	5(+)	6(+)	7(+)	6(+)	6(+)	7(-)

A_{20}'' 的持续性最好,启示我们当西太平洋副高活动区环流分量中平均高度持续为正距平、经向反气旋式切变气流持续强盛时,应考虑7月有涝的趋势,反之有旱的趋势。需要指出 A_{00}'' 反映了西太平洋副高面积指数的大小,副高面积又与副高强度相联系,因而 A_{00}'' 的持续增强实际上意味着副高强度持续为正距平,这里不难得到的结论是,当西太平洋副高强度持续数月为正距平时,7月多雨的可能性是较大的。我们在分析修河中上游7月降水的工作中发现*,1—4月副高强度指数累积距平与修水站7月降水量的正相关很明显,这与本文的结论是一致的。此外,诸如表5中给出的各种因子的持续相关性正

* 李永刚,西太平洋副高活动区与修河中上游7月降水关系,气象学报No.12(拟稿),1985

是长期天气预报中所关注的前期因子的累积效应, 进一步研究有待开展。

六、结 语

通过以上分析, 可得到以下主要结果:

1. 东亚西风带低阶典型流场的调整时间要早于西太平洋副高活动区低阶典型流场;
2. 北、南两区经纬向环流分量有明显的关联, 其中纬向环流的相关尤为突出;
3. 长江中下游夏季 6、7 月降水多(寡)的同期背景是, 北区为弱(强)纬向气流、强(弱)经向气流以及强(弱)纬向性气旋式环流; 南区为强(弱)纬向西风、弱(强)偏南气流以及强(弱)纬向性反气旋式环流;
4. 长江中下游夏季 6、7 月降水多(寡)的前期背景是, 6 月降水多(寡)与前期北区纬向性气旋式环流累积因素关联, 7 月降水多(寡)与前期南区平均高度的持续偏大和经向性反气旋式环流持续加强相联系;
5. 利用相关性显著、“权”重大的某些低阶车氏系数拟合高度场, 可以突出旱、涝年环流背景的基本差异。

参 考 文 献

- [1] 许金镜, 西太平洋副高活动区域环流特征的客观分析, 气象, 1986, 11, 21—24.
- [2] 陈玉琼等, 车贝雪夫系数与我国温度、降水关系的初步探讨, 气象学报, 38卷, 3 期, 227—232, 1980.
- [3] 章基嘉等, 中长期天气预报基础, 46—50, 气象出版社, 1983.
- [4] 仇永炎等, 中期天气预报, 192页, 科学出版社, 1985.
- [5] 钱纫炯等, 春季500毫巴西风指数循环及其与角动量输送和能量变化的关系, 气象学报, 43卷, 3 期, 284—294, 1985.
- [6] Elliot, P.D. and T. Smith, A study of effects large blocking high on the general circulation of the northern hemishperic westerlies, J. Meteor. Vol. 6 (1949), 67—85.
- [7] 向元珍等, 长江下游地区的四季天气, 145页, 气象出版社, 1983.
- [8] 李永康, 修河中上游初夏环流特征分析与五、六月份降水预报, 气候学论文集, 79—88, 南京大学出版社, 1985.

AN ANALYSIS OF THE TYPICAL FIELDS AT 500hPa IN THE WESTERLIES OVER EAST ASIA AND WESTERN PACIFIC SUBTROPICAL HIGH

Li Yongkang*

ABSTRACT

In this paper, the height of 500hPa in the area 90°E — 150°E , 35°N — 55°N and 110°E — 170°E , 15°N — 35°N are resolved with Chebyshev polynomials. The features of Chebyshev's coefficients and relationships between some of the coefficients and precipitation in the middle and lower reaches of the Changjiang River are analysed.

* Affiliated with the Department of Atmospheric Sciences
Nanjing University