

近 20 年长江中下游汛期旱涝趋势 季度预报的检验及分析

徐 群

(江苏气象科学研究所)

提 要

本文就作者近 20 年(1968—1987)长江中下游汛期旱涝趋势季度预报作了检验,预报评分显著超过了气候期望。通过对预报因子的分析,作者认为季度长期预报能达到基本可行的程度。关键是预报方法应建立在对长期天气过程形成和发展的物理分析基础上。

关键词: 长江中下游, 汛期旱涝趋势; 季度预报。

一、引 言

准确的长期天气趋势预报对国民经济各部门(特别是农业和水利)都具有相当的经济效益。本文通过对近 20 年(1968—1987)长江中下游夏季旱涝趋势预报的检验和预报因子的物理分析,指出在现有条件下,在分析研究长期天气过程发展、演变的基础上,夏季旱涝趋势长期预报能达到基本可行的水平。

二、近 20 年长江中下游夏季季度降水预报检验

1968—1978 年,作者所开展的季度降水长期预报的主要思路已刊于文献[1]。以后,作者又结合大气环流以外的一些物理因子(海温异常,火山尘和太阳活动等)对长期天气过程的影响,开展了一些研究^[7-12,14];主要的工作是预报长江中下游夏季旱涝总趋势和梅雨量。

(1) 梅雨量是指各年梅雨期五站(上海、南京、芜湖、九江和汉口)总雨量相对于 102 年(1885—1986)梅雨期总雨量平均值的相对百分率^[12]。

(2) 为了更好表征长江中下游大范围汛期旱涝总趋势,现从 113°E 以东、 $29^{\circ}\text{--}32^{\circ}\text{N}$ 范围内选出相对均匀分布的 10 站(上海、南通、南京、杭州、合肥、芜湖、安庆、九江、武汉和岳阳),以它们 6—7 月和 6—8 月的雨量距平百分率平均值反映旱涝趋势。

(3) 为了便于预报评分,预报内容和上述三种实况均按概率基本相等的三等级进行评定。

* 1986年11月17日收到,1988年4月22日收到再改稿。

(4) 分别采用美、苏两国常用的两种评分法——Heidke 评分法和 ρ 评分法。欧美各国常用的 Heidke 评分法预报技巧分

$$S = \frac{R - E}{T - E}$$

式中 E 是气候概率——盲目或持续性预报可以期望得到的成功次数, R 是成功的次数(报某级, 出现某级), T 为预报总次数。如今取 E 为常用的气候概率预报期望次数:

$$E = \sum_{i=1}^k n_i P_i$$

k 为预报量的分级数, n_i 表示第 i 级出现的总次数, P_i 为 i 级出现的气候概率。梅雨量 (M)、10 站 6—7 月和 6—8 月雨量平均距平百分率 ($M_{(6-7)}$, $M_{(6-8)}$) 的 E 值依次为 6.69、6.62 和 6.74。

近 20 年梅雨量 (M) 季度预报的等级完全报对者计有 10 年次, 因此

$$S(M) = \frac{10 - 6.69}{20 - 6.69} = +0.25.$$

若考虑订正预报(表 1), 则梅雨量完全报对者有 13 年次, 于是

表 1 近 20 年长期预报与汛期三类实况的对比

年	季 度 预 报 (3 月下旬—4 月初)	订 正 预 报	实 况			备 注
			M	$M_{(6-7)}$	$M_{(6-8)}$	
1968	偏少(3)		3	3	3	
1969	大涝(1)		1	1	1	
1970	大涝(1)		1	1	2	
1971	偏少(3)		3	3	3	
1972	偏少(3)		3	3	3	
1973	偏涝(1)		3	2	3	
1974	正常(2)		2	1	2	
1975	正常偏多(2)		1	1	1	
1976	偏少(3)	偏多(1)	2	3	3	3 月底作出订正
1977	偏多(1)		2	1	1	
1978	江淮大范围少雨(3)		3	3	3	
1979	正常(2)		2	2	2	
1980	正常偏少(2)	大涝(1)	1	1	1	6 月 21 日作出订正
1981	偏多(1)	?	3	2	2	5—6 月间作出两次相矛盾的订正, 皆无效
1982	正常偏多(2)		2	1	1	
1983	偏多(1)	大涝(1)	1	1	1	5 月初订正
1984	偏涝(1)	早梅, 雨涝(1)	1	2	2	5 月 23 日订正
1985	正常(2)		3	2	3	
1986	偏少(3)	正常—正常偏多(2)	2	2	2	4 月 30 日订正
1987	大范围雨涝(1)		2	1	1	实况为苏皖中南部夏季雨涝成灾, 但梅雨量偏多仅 2 成

$$S(M) = \frac{13 - 6.69}{20 - 6.69} = +0.47.$$

苏联长期预报部门常用的准确率评分法为

$$\rho = \frac{n^+ - n^-}{N}$$

其中 N 为预报总次数, n^+ 为完全报对的次数 (报某级, 出现某级), n^- 为报错的次数^[3]. 这样, $\rho(M) = (10 - 2) / 20 = +0.40$; 考虑订正预报时, $\rho(M) = (13 - 2) / 20 = +0.55$. 据此即可得出表 2.

表 2 近 20 年长江中下游汛期预报评分

评 分	M	M ₍₆₋₇₎	M ₍₆₋₈₎	国 外 水 平
季度预报 (S)	+0.25	+0.40	+0.32	西欧和美国的月—季长期降水预报未显示出任何显著的技术分数 ^[3-4] ; 日本的季节气温长期预报也仅略高于随机预报 ^[3] .
订正预报	+0.47	+0.48	+0.40	
季度预报 (ρ)	+0.40	+0.60	+0.50	以 Парася 方法为主的自然季节预报, $\rho = 0.35$ ^[3] ; Мусасянк 应用北大西洋云量制作苏联欧洲地区双月气温预报, 10 年平均, $\rho = +0.26$ ^[15] .
订正预报	+0.55	+0.60	+0.55	

从此表可见, 近 20 年长江中下游梅雨量和旱涝趋势的季度长期预报水平平均显著超过气候预报, 甚至大旱大涝也可能在一个季度或 1—2 个月前预报出来.

Madden^[5]通过对天气过程前期信息——噪音比率的估算, 对长期预报的前景曾得出悲观的论点, 他认为可预报的信息在中纬一般是很弱的, 因此很可能技术分数达到 0.10—0.20 就是超过目前长期预报技术水平的极大值. 然而, 本文表 2 所列出的各项长期预报技术评分都突破了他的“极大值”. 这说明长期天气预报的潜在可行性可能被低估了. 下面对作者的季度预报方法作一简要分析.

三、前期环流预报因子的物理含意分析

在 1968—1979 年, 作者主要应用 2—3 月间 (第 8—14 候) 500hPa 逐候平均环流图确定的西风阻塞指数 (N) 和 T—15 候中南半岛—南海上空 (15°N , 95°E — 115°E) 高度累积和组成的点聚图, 作出长江中下游梅雨量和汛期旱涝趋势的季度预报^[1], 它所指示的前期环流特点为: 2 月上旬至 3 月上旬的 N 指数若为正, 则乌拉尔以北盛行阻塞形势, 东亚沿海槽在中纬加深并西伸向我国内陆; 冷空气自西北方不断南下, 同时低纬西太平洋副高明显偏强西伸. 此种在 2—3 月间显示出的东亚内陆中纬冷空气活动和低纬暖湿气流一致偏强的特征会在初夏季节重现, 导致长江中下游丰梅和汛期雨涝; 反之, 则枯梅干旱.

另外, 1 月初至 3 月中的 500hPa 候平均图上 100°E 处, 25°N — 40°N 高度差 (ΔH) 能在相当程度上综合反映此时期中纬冷空气活动和低纬暖湿气流在东亚内陆的汇合程度.

现取 ΔH 的 5 个最小值平均: $W_{(1-3)} = \frac{1}{5} \sum \Delta H_{\min}$, 西风阻塞指数 (N) 和梅雨量 (M) 有

+0.61 的相关(1953—1979 年资料),而同时期 $W_{(1-3)}$ 与 M 的相关则高达+0.75(远超过 0.001 信度),这表明综合反映 1—3 月中冷、暖气流在东亚内陆汇合程度的 $w_{(1-3)}$ 比 N 能更好地预兆随后长江中下游梅雨的盛衰,这显示出如下的遥联关系:

后冬(1—3 月中)东亚 100°E 处
中、低纬冷、暖气流均(不)
活跃

—————>

初夏东亚中低
纬冷、暖气流
皆(不)活跃

—————>

长江中下游
旱(枯)梅、
夏季偏涝(旱)

这种隔季遥联也不全是韵律关系,梅雨量和上半年各月 500hPa 高度场相关中心位置的变化(图 1)显示出从 2 月到 6 月,在中南半岛—南海区始终维持着信度达到 0.01 的正相关,其中 3 月到 6 月,此低纬高正相关区呈有规律地东移,这表明:反映西太平洋副高西伸强度的中南半岛—南海区高度场在 2—6 月具有较大的持续性,也和南海区海温距平从冬到夏的长期持续性存在有机的联系^[6]。

前期东亚中纬冷空气活动和梅雨量的联系则反映为:1 月 500hPa 高度图上在中亚内陆出现成片达到 0.01 信度的负相关区(中心在 90°E, 50°N),它于 1—5 月始终摆动于贝加尔湖附近(图 1),6 月才移至渤海湾一带。此时该处是否出现浅槽,反映出西风带冷空气南下的活跃程度,这对梅雨的丰枯自然至关重要;但从图 1 还可见:6 月渤海槽是否稳定出现是和前期东亚中纬冷空气的活跃程度密切联系的。这样,在上半年的各月 500hPa 平均图上,指示梅雨丰枯的负、正高相关区在东亚中、低纬都呈现某种东移趋势(图 1)。梅雨量因此不仅和同期 120°E 处 500hPa 副热带西风强度(w_6)直接关联,且和 5 月 105°E 处,20—40°N 的高度差(w_5)以及 100°E 处 $w_{(1-3)}$ 均存在十分显著的高正相关,如下式所示(根据 1953—1979 年资料):

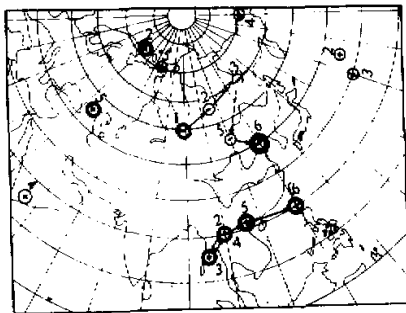


图 1 梅雨量和 1—6 各月 500hPa
高度场相关中心位置的变化

达到 0.05 和 0.01 信度的相关中心分别以单圈
和双圈表示,所注符号和数字分别为相关符号
和月份。资料:1951—1979 年。



图 2 $W_{(1-3)}-M$ 与 $W_{(1-3)}-w_6$ 两组每
20 年滑动相关值(R)

图上分别标为曲线 1 和 2, EC 与 SH
的含意见图 3。

$$\begin{array}{c}
 \xrightarrow{(+0.75)} \\
 W_{(1-3)} \xrightarrow{(+0.56)} W_5 \xrightarrow{(+0.45)} W_6 \xrightarrow{(+0.62)} \text{梅雨量大(小)} \quad (1) \\
 \xrightarrow{(+0.60)}
 \end{array}$$

这显示出从冬到夏,东亚副热带($20-40^{\circ}\text{N}$)西风强度有沿着该西风本身轴线缓慢东传的特征,且在初夏直接操纵梅雨量的强弱.可注意的是 1—3 月中 100°E 处的副热带西风强度最小值 $w_{(1-3)}$ 和梅雨量的相关值(+0.75)竟然超过了同期 120°E 处 w_6 与梅雨量的相关值,这是值得研究的.

此种隔季高相关在 1980 年以后出现显著下降趋势, $w_{(1-3)}-M$ 的每 20 年滑动相关值(图 2, 曲线 1)在资料延伸到 1980 年及以后时,即出现显著下降. $w_{(1-3)}$ 与 w_6 的每 20 年滑动相关(曲线 2)也呈现出相似的演变趋势.看来这与 1980 年以来的大火山爆发有关^[8-10],下面就作进一步分析.

四、大火山爆发对汛期东亚长期过程的影响

强火山爆发喷射至平流层的大量火山灰和硫化气体会显著减弱抵达下垫面的太阳直接辐射,从而对长期天气过程的发展起显著影响.这给长期预报工作带来相当的困难;然而若能及时监测大火山爆发及相应的太阳直接辐射变化,仍能作出成功的长期预报.

1980 年 3 月下旬根据前期环流特征曾预报长江中下游汛期雨量正常偏少(表 1); 5 月 18 日出现 St. Helens 火山(46.2°N , 122.2°W)大爆发,大量火山云喷入平流层^[8]. Lamb(1970)的研究指出,强火山爆发后的第一年 7 月,因高空火山灰对太阳直接辐射的显著减弱作用,副极地低压带在西欧范围会比常年偏南 3—6 个纬度^[13];再考虑到该年正处于太阳活动峰年的特点,作者于 6 月 21 日向有关单位发出订正预报,指出浓火山云有可能迫使盛夏我国季风雨带反常南移,长江中下游梅雨期异常延长而形成大涝,实况证实了这种估计.

根据一定标准,冬夏各选用 5 站资料,作者^[10]作出 1961 年以来我国晴空太阳直接辐射(前冬和夏季的平均)的逐年演变(图 3S)并和北半球中纬晴空太阳直接辐射(S')逐年演变^[14]相对照,可见正是 1980 年的 S 和 S' 分别比上年减少 5% 和 2%,其中 1980 年 S' 比常年(1883—1981 年平均)偏少 6.8%,达到 1914 年以来的最低值.

夏季极地—赤道间温度梯度较小,水平环流较弱,因此太阳辐射这个加热因子能起较大的作用;尤其是大陆的热容量小,东亚中纬大陆夏季太阳辐射加热的异常减少,势必导致盛夏西太平洋副高—季风雨带的异常南撤^[8-9].

统计资料证实了此一论点.1961—1985 年 S 和同年 7—8 月西太平洋副高(在 $110-130^{\circ}\text{E}$ 处)脊线 $>26^{\circ}\text{N}$ 的候数(K_n)有 +0.51 的相关(达到 0.01 信度).在 $S-S'$ 受大火山爆发影响显著下降的年份(1965, 1975, 1980, 1982 和 1983 年),盛夏西太平洋副高均显著偏南, K_n 皆显著偏少(图 3),我国盛夏季风雨带因此南移,出现北旱南涝现象.

为了在预报时充份考虑火山云的影响,作者另作出火山云影响年的预报图(图 4),即当我国冬季晴空太阳直接辐射距平百分率(S_w) $<-6\%$ 时,不再应用遥联(1)式,而用图 4 制作汛期预报.3 月全国气温等级(T_3)对初夏的冷空气活动有一定的指示性;结合火山云的影响,两者都指示夏季冷空气活动较频繁的特点.2—3 月南海区($90-115^{\circ}\text{E}$, $15-20^{\circ}\text{N}$)6 格点 500hPa 高度距平和(H)与初夏西太平洋副高西伸程度—孟加拉湾西南暖湿气流强度有密切联系.因此图 4 表明在火山云显著影响年,前期冷、暖气流的活跃程度仍然能很好地预兆汛期长江中下游梅雨的盛衰.

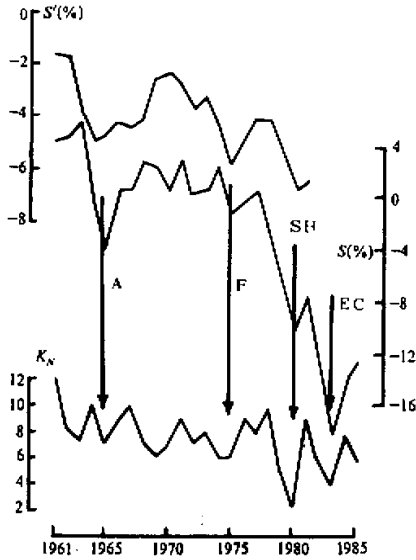


图 3 晴空太阳直接辐射和盛夏(7—8月)

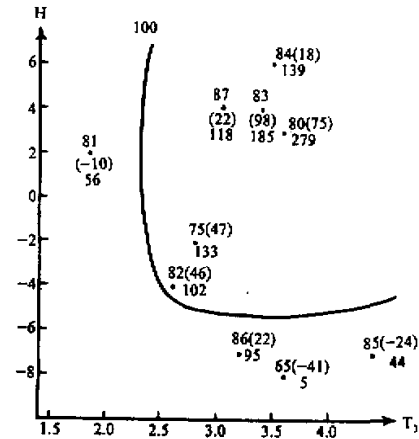
西太平洋副高偏北候数(K_p)的逐年变化 S' : 北半球中纬太阳直接辐射距平百分率^[14]. S : 我国(前冬和夏季两季平均)直接辐射距平百分率(相对于 1961—1980 年平均).A: Agung 火山(8.5°S , 115.5°E), 1963 年 3 月.F: Fuego 火山(14.5°N , 91°W), 1974 年 10 月.SH: St. Helens 火山(46.2°N , 122°W), 1980 年 5 月.EC: El-Chichón 火山(17.3°N , 93.2°W), 1982 年 4 月初.黑箭指示这 4 次大火山爆发形成的 $S-S'$ 低谷.

图 4 火山云影响年的汛期预报图

 T_3 : 3 月全国气温等级, H : 2—3 月南海区

500hPa 高度距平和, 括号内数字为 6—7 月长

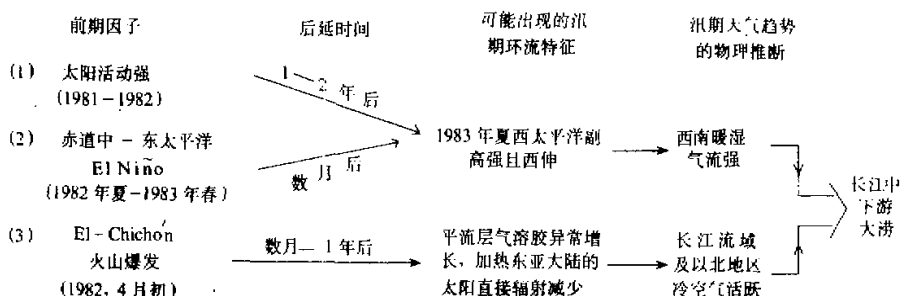
江中下游 10 站雨量距平百分率, 下划线数

字为梅雨量.

五、外在物理因子的综合后延影响

除火山云外, 大尺度海—气作用和异常的太阳活动等也会对汛期长期天气过程产生显著的长期影响. 1983 年春在制作长期预报时, 作者即注意到有三种外在物理因子皆处于十分异常的状态: (1) 1982 年 4 月初喷发的本世纪以来最大的、含硫量最丰的 El-Chichón 火山云在平流层正向两极扩散, 显著减弱北半球太阳直接辐射(S); 1982—1983 年冬我国 5 站 S 和日本 14 站 S 分别比常年偏少 14.5% 和 20%^[16]. (2) 1982 年夏—1983 年春出现了本世纪以来最强大的 El Niño 现象. (3) 前 1—2 年(1981—1982 年)太阳活动异常偏强^[11—12]. 在充分研究这三个外在因子的后延影响后, 作者决定不仅应用图 4, 且按如下的长期天气——物理联系推断并作出 1983 年夏长江中下游大涝的长期预报^[16].

表 3 确定 1983 年夏长江中下游汛期预报的物理思路



实况证实了上述的物理推断, 1983 年 6 月中旬—7 月中旬, 长江中下游的确出现了大范围雨涝^[16]。

1987 年 3 月底, 作者根据图 4 再次预报夏季长江中下游将出现大范围雨涝; 实况是当年夏长江中下游 10 站雨量比常年偏多三成, 苏皖两省中南部涝灾较重, 预报趋势正确, 但入梅迟至 7 月 1 日, 梅雨量比常年偏多近二成, 并未显著偏多。1987 年夏并未出现 1983、1969 年规模的大涝, 估计和前期太阳活动及 $w_{(1-3)}$ 均较弱有关。

为了全面揭示出近 36 年 (1953—1986) 内逐年 $w_{(1-3)}$ 与梅雨量 (M) 的遥联关系, 作出图 5, 可见大多数年份的 $w_{(1-3)}$ 与梅雨量呈准线性遥联, 但 A、B 两组年份的位置与遥联中轴线呈现明显偏离状态, 它们均与外在物理因子的作用有关 (表 4)。

A 组的 1980 和 1983 年均深受火山云影响 (我国晴空太阳直接辐射 S 均异常偏低), 同时上年太阳活动也异常偏弱 (据 1953—1984 年 wolf 数平均作出距平)。火山云对夏季大陆显著的冷却作用以及上年太阳活动对夏季西太平洋副高的高正相关^[11], 使得东亚夏季冷、暖气流均十分显著且持久汇合于长江中下游地区^[8, 16], 形成该两年夏季的雨涝。因此 A 组反映出火山云、太阳活动两因子一同加强促使梅雨量异常偏强的特征。

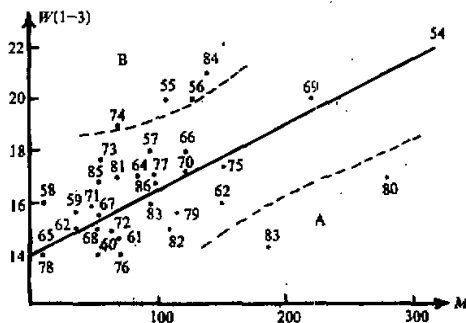


图 5 $w_{(1-3)}$ 与梅雨量 (M) 的遥联
关系 (1953—1986)

图中数字为公元年份的后两位数

表 4 A、B 两组各年重要
物理因子距平的对比

组	A		B			
年	1980	1983	1955	1956	1974	1984
上年 wolf 数距平	+69	+56	-74	-40	-40	-10
S	-10.8	-18.7	(+)	(+)	+2.4	-13.6
夏季西太平洋副高面积	+32	+40	-11	-23	-30	-16
冬季 SOI	-0.6	-8.4	+1.9	+3.2	+5.4	+0.3

B 组各年总的特点为: (1) 上年太阳活动均偏弱, (2) 冬季南方涛动 (SOI) 均偏强。此两因子一致促使 B 组各年夏季西太平洋副高均偏弱^[11, 16]; 因此夏季冷、暖气流未能持久稳

定汇合于长江中下游上空,因此梅雨量较同样 $w_{(1-3)}$ 水平的其它年份为弱,偏于图 5 中轴线的左侧。

综上所述,火山云、太阳活动和前期南方涛动都会分别通过对夏季东亚冷、暖气流活动的影响,对 $w_{(1-3)}$ 与梅雨量的准线性遥联关系产生破坏作用。因此,今后在继续利用大气环流的遥联制作长江中下游汛期旱涝趋势预报的同时,还应着重研究、考虑不同外在物理因子的综合后延影响。

六、结 论 和 讨 论

(1) 近 20 年长江中下游汛期预报实践表明,无论从梅雨量或夏季旱涝趋势进行评定,预报评分均超过气候期望。这说明即使在目前的条件下,长期预报也具有相当的潜在可行性。

(2) 长江中下游梅雨量与前期大气环流特征存在明显的相隔 1—2 季的准韵律关系,即 1—3 月中 100°E 处中低纬冷暖气流均活跃 ($25^{\circ}\text{--}40^{\circ}\text{N}$ 处 500hPa 副热带西风强),则随后的初夏季节中低纬冷、暖气流在 120°E 处也活跃,梅雨显著,长江中下游易出现雨涝;反之,则少雨干旱。

(3) 此种准韵律振荡实质上展示出一种清晰的物理图象:沿着起波导作用的东亚西风急流轴 (Branstator, 1983)^[18],东亚副热带西风强度距平从后冬季 (1—3 月中) 的 100°E 处缓慢东移,在初夏抵达 120°E 处,从而操纵梅雨的盛衰。

(4) 1—3 月中 100°E 处副热带西风强度最小值 $w_{(1-3)}$ 与梅雨量隔季准线性遥联在一些年出现了破坏,这都和外在物理因子的作用有关。在火山云影响年份,如前期太阳活动也较强,则长江中下游夏季易出现水涝 (如 1980、1983 年);而在上年太阳活动偏弱,同时冬季南方涛动偏强的年份,此两因子均指示夏季西太平洋副高较弱^[11,17]冷、暖气流因此不能在初夏持久,稳定地汇合于长江中下游,因此相应各年梅雨要比 $w_{(1-3)}$ 所预兆的为弱。

参 考 文 献

- [1] 徐群, 1979, 旱涝长期预报工作的一个有益试验, 中长期水文气象预报文集, 水利电力出版社, 110—118.
- [2] 徐群, 1965, 近八十年长江中下游的梅雨, 气象学报, 35卷4期, 507—518.
- [3] 王绍武、赵宗慈, 1982, 长期天气预报的进展, 气象科技, 6期, 1—8.
- [4] Nap. J. L., et al., 1981, A verification of monthly weather forecasts in the Seventies, *Mon. Wea. Rev.*, Vol.109, No.2, 306—312.
- [5] Madden, R. A., 1976, Estimates of the natural variability of the time-averaged sea-level pressure, *Mon. Wea. Rev.*, Vol.106, 279—295.
- [6] 罗绍华、金祖辉、陈烈庭, 1985, 印度洋和南海海温与长江中下游夏季降水的相关分析, 大气科学, 9卷3期, 314—320.
- [7] 徐群、吴贤坂, 1986, 北太平洋纬向热力差对长江中下游梅雨的影响, 大气科学, 10卷1期, 97—105.
- [8] 徐群, 1986, 1980年夏我国反常的天气气候与 St. Helens 火山爆发的联系, 气象学报, 44卷4期, 426—431.
- [9] 徐群, 1986, 太阳活动和火山云对1980年夏我国异常气候的综合影响, 气象科学, 1期, 17—26.
- [10] 徐群, 1985, 近百年北半球中纬度火山灰尘幕指数的估量, 地球物理学报, 28卷6期, 558—568.
- [11] 徐群、李瑞芸、曹鸣兴, 1984, 太阳活动对夏季副热带高压强度的显著影响, 气象科学, 1期, 1—11.
- [12] 徐群、金龙, 1986, 太阳活动与北半球副热带高压强度的耦合振荡, 大气科学, 10卷2期, 204—211.

- [13] Lamb, H. H., 1970. Volcanic dust in the atmosphere, *Phil. Trans. Roy. Soc., A*, 266, London, 426—533.
- [14] Логинов, В. Ф., Пивоварова, З. И., Кравчук, Е. Г., 1983, Оценка вклада естественных и антропогенных факторов в изменчивость солнечной радиации на поверхности земли, *Метеорология и Гидрология*, № 8, 55—60.
- [15] Мусаелян, Ш. А., Федунова, Т. М., 1986, Экспериментальные долгосрочные прогнозы двухмесячной аномалии приземной температуры воздуха, *Метеорология и Гидрология*, № 5, 5—13.
- [16] 徐群, 1985, 1983年气候异常的成因和长江中下游汛期长期天气预报, *自然杂志*, 8卷8期, 589—594.
- [17] 徐群, 1986, 南方涛动与汛期(6—10月)西太平洋副高活动特征的相关分析, *科学通报*, 20期, 1567—1569.
- [18] Branstator, G., 1983, Horizontal energy propagation in a barotropic atmosphere with meridional and zonal structure, *J. Atmos. Sci.*, Vol.40, 1689—1708.