

# 1991年江淮大涝环流形势的季节预报<sup>①</sup>

黄建平 衣育红 王绍武 陈振华 李宏伟

(北京大学地球物理系)

## 提 要

本文应用相似-动力季节长期数值预报模式,分别以1990年12月、1991年1月和1991年2月为初始月,进行了1991年环流形势的季节预报试验。其结果表明该模式具有一定的季节预报能力。在此基础上还考察了模式滞后集合预报的准确率。此外我们还进行了长江黄河流域典型旱涝年环流形势的季节预报试验。

## 一、引 言

世界气候研究计划已把长期数值预报作为三个主攻方向之一。这是由于一个正确的长期预报,能使农业生产得到适当安排,使水库得到合理调度,使各种物资得到及时输送,具有趋利避害,提高经济效益的作用。因此,进行长期天气预报理论和方法的研究有重大实际意义。

长期以来,长期预报所使用的大都是统计及经验的方法,预报的准确率低,且无明显的改进趋势。近年来,使用大气环流模式和距平模式所作的月预报,虽有些进展,但仍未达到业务预报的水平,而季节预报是比月预报更复杂的问题,需要探索新的途径。由于长期预报的对象是统计平均值,因此,应将动力和统计方法结合起来进行预报。黄建平等人<sup>(1-5)</sup>建立的动力与统计相结合的相似-动力季节长期数值预报模式在这方面进行了一些探索。我们用此模式分别以1990年12月、1991年1月、1991年2月为初始月,进行了1991年环流形势的季节预报试验,其结果表明该模式具有一定的预报能力。在此基础上还考察了模式滞后集合预报的准确率。

## 二、模式简介

长期业务预报的经验表明,冬季环流及地表状况对夏季环流和降水有很大的预报意义。在相似的初始场和边界条件下,大气状况的演变往往也相似。但若仅仅是利用前期资料选相似,把相似年作为预报,那不过是对某段历史的简单重复,显然不会完全符合实际。这里将要预报的场视为叠加在历史相似上的一个小扰动,将海洋和大气的状态分解为基本态和扰动态,即设月平均变量 $X$ 为:

$$X = \tilde{X} + \hat{X}$$

其中基本态 $\tilde{X}$ 是根据与初值相似的原则从历史资料中选取的某一历史相似年的月平均值,它

<sup>①</sup> 国家基础性重大项目“气候动力学和气候预测理论的研究”和国家自然科学基金重大课题“长江黄河旱涝预测”课题共同资助。

有逐月的观测资料； $\hat{X}$ 是两个相似年之差，是模式的预报量。这样处理不但避免了对气候平均值季节变化的模拟，而且还扣除了与基本态相同的一部分距平值的预报，它不仅具有距平模式的优点，而且还考虑了隔季的韵律关系，使统计相似预报与动力预报有机地结合起来，从而使模式预报有可能在统计预报的基础上进一步提高。根据这一原理，黄建平等人<sup>(1-5)</sup>建立了一个考虑地气间耦合相互作用的相似-动力季节长期数值预报模式，该模式包括大气和地表两部分，大气部分的基本方程采用准地转模式，地表部分的基本方程是包含洋流平流的热传导方程。

### 三、1991年环流形势的季节预报

我们用相似-动力模式进行了1991年由冬报夏的隔季预报试验。预报分别以1990年12月、1991年1月和1991年2月为初始场预报由初始月至8月。预报的距平值是由模式预报的离差场叠加上相应基本态的距平得到。模式每积分30天输出一次，并重新起步，月预报结果为30天的平均值。

为了考察模式的预报性能，将500百帕高度和地表温度距平的预报与实况对比进行评分，评分采用中央气象台长期科规定的评分办法，即采用考虑纬度订正的距平符号一致率作为评分标准。具体的计算方法为：

对第 $j$ 纬圈，预报与实况距平符的一致率取为：

$$P_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} n_{i,j}$$

其中 $n_j$ 为第 $j$ 纬圈的格点数。当预报与实况距平符号相同时， $n_{i,j}$ 取值为1，符号相反时取值为0，均为0时也取值为1，预报与实况仅有一项为0时，取值为0.5。若取 $\phi_j$ 为纬度，则总的预报与实况距平符号一致率为：

$$P = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^n P_j \cos \phi_j, \quad K = \sum_{j=1}^n \cos \phi_j$$

其中 $n$ 为总纬圈数（本文取为15，15—85°N）。

表1、表2分别给出了不同初始月1991年5月至8月北半球及欧亚地区500百帕位势高度距平（ $\phi'$ ）和地表温度距平（ $T_s'$ ）的模式预报准确率。

由表1可以看出，66.7%的月份模式预报的效果都高于随机预报水平（50%）。500百帕的预报准确率超过60%的占41.7%，其中最高的达73.6%；而地表温度距平的预报准确率最高达65.3%。但从北半球来看， $\phi'$ 预报比 $T_s'$ 预报准确率要高。

由表2可以看出，54.2%的月份模式预报的效果高于随机预报水平（50%）。500百帕的预报准确率超过60%的占50%，其中最高的达75.9%；地表温度距平的预报准确率最高达67.3%。但总的来讲与北半球相比，欧亚地区预报并无明显优势。

此外，由表1和表2还可以看出，不同的初始月模式的预报效果差异较大。例如，北半球500百帕高度距平预报准确率最高的为73.6%，最低只有46.3%；而欧亚地区差异更大，就500百帕来说，最高达75.9%，最低只有32.0%，地表温度距平也存在同样的问题。

图1至图3分别给出了以1991年2月为初始月，预报的1991年6月至8月500百帕位势高度距平的预报场与实况场。经比较可以看出，主要的距平分布形式和主要距平中心位置都报出来了。

图1a是以2月为初始场1991年6月的预报场。乌拉尔山地区有一个40—60位势米的正距

表1 北半球500百帕高度距平、地表温度距平模式预报准确率

初始月	预报月	5月	6月	7月	8月	平均
	预报量					
12月	$\phi'$	0.666	0.463	0.677	0.485	0.573
	$T_s'$	0.632	0.475	0.519	0.400	0.507
1月	$\phi'$	0.506	0.503	0.544	0.554	0.527
	$T_s'$	0.476	0.479	0.518	0.459	0.483
2月	$\phi'$	0.652	0.573	0.733	0.736	0.674
	$T_s'$	0.496	0.583	0.508	0.653	0.560
平均	$\phi'$	0.608	0.513	0.651	0.592	0.591
	$T_s'$	0.535	0.512	0.515	0.504	0.517

表2 欧亚地区500百帕高度距平、地表温度距平模式预报准确率

初始月	预报月	5月	6月	7月	8月	平均
	预报量					
12月	$\phi'$	0.635	0.456	0.622	0.320	0.508
	$T_s'$	0.657	0.443	0.479	0.438	0.504
1月	$\phi'$	0.456	0.524	0.363	0.606	0.487
	$T_s'$	0.405	0.544	0.561	0.498	0.502
2月	$\phi'$	0.642	0.589	0.699	0.759	0.672
	$T_s'$	0.486	0.586	0.479	0.673	0.556
平均	$\phi'$	0.578	0.523	0.561	0.562	0.556
	$T_s'$	0.516	0.524	0.506	0.536	0.521

平, 美洲北部及太平洋地区为-50—110位势米的正距平, 欧洲有一个80位势米的负距平中心。图1(b)是91年6月北半球500百帕的实况图, 可以看出, 乌拉山地区有40—80位势米的正距平, 西伯利亚沿海一带, 亦有40—80位势米的正距平区, 美洲北部有一40—90位势米的正距平区, 欧洲地区为150位势米的负距平中心。

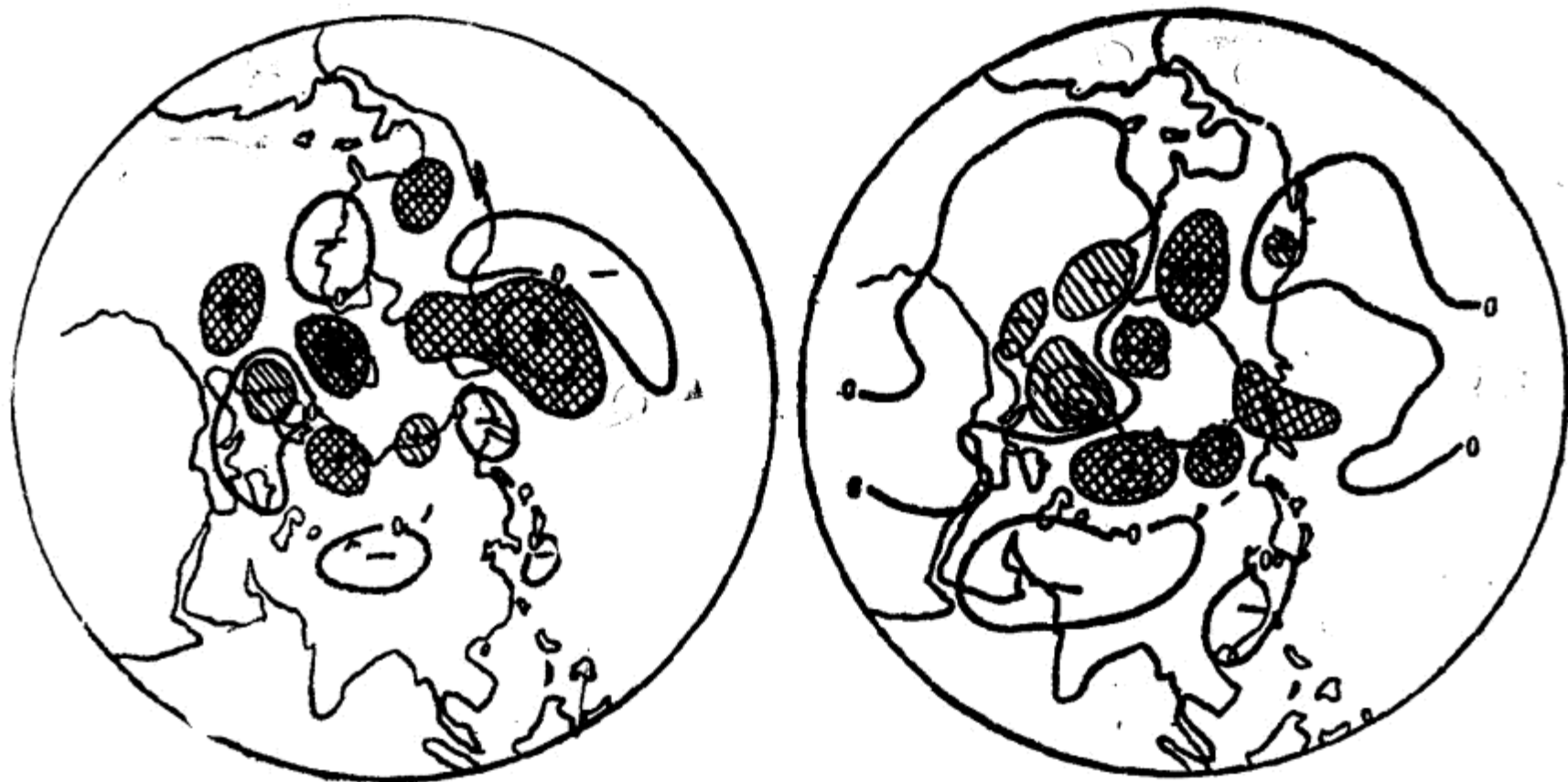
图2(a)是以2月份为初始场1991年7月的500百帕预报场。图(b)是实况场, 可以看出, 在亚洲东北部地区均为正距平区, 预报场的中心值为70位势米, 实况场的中心值为120位势米。

图3(a)是以2月为初始场1991年8月500百帕预报场。可见乌拉尔山地区为80位势米的负距平中心, 蒙古及西伯利亚地区有110位势米的正距平中心, 美洲北部有120位势米的正距平中心; 而图3(b)的实况图显示出在格陵兰半岛上空有100位势米的负距平中心。贝加尔湖至华北北部, 东北地区西部有50位势米以上的正距平, 美洲北部有50—90位势米的正距平区。

从以上的分析中可以看出, 预报场和实况场有许多相似之处, 总的环流形势大体相同。

#### 四、滞后集合预报

从表1、表2中我们已看到，不同的初始月模式的预报效果差异较大。这说明预报效果还不太稳定，为了改变这种情况，我们采用了滞后集合预报的方法，它是将多时刻的初始场资料用大气环流模式和边界条件相结合，在相空间中得到有限条相路的集合预报方法。它是由预报集合计算出样本统计量，其中每一个集合预报样品是预报前某一时刻所取的初始条件

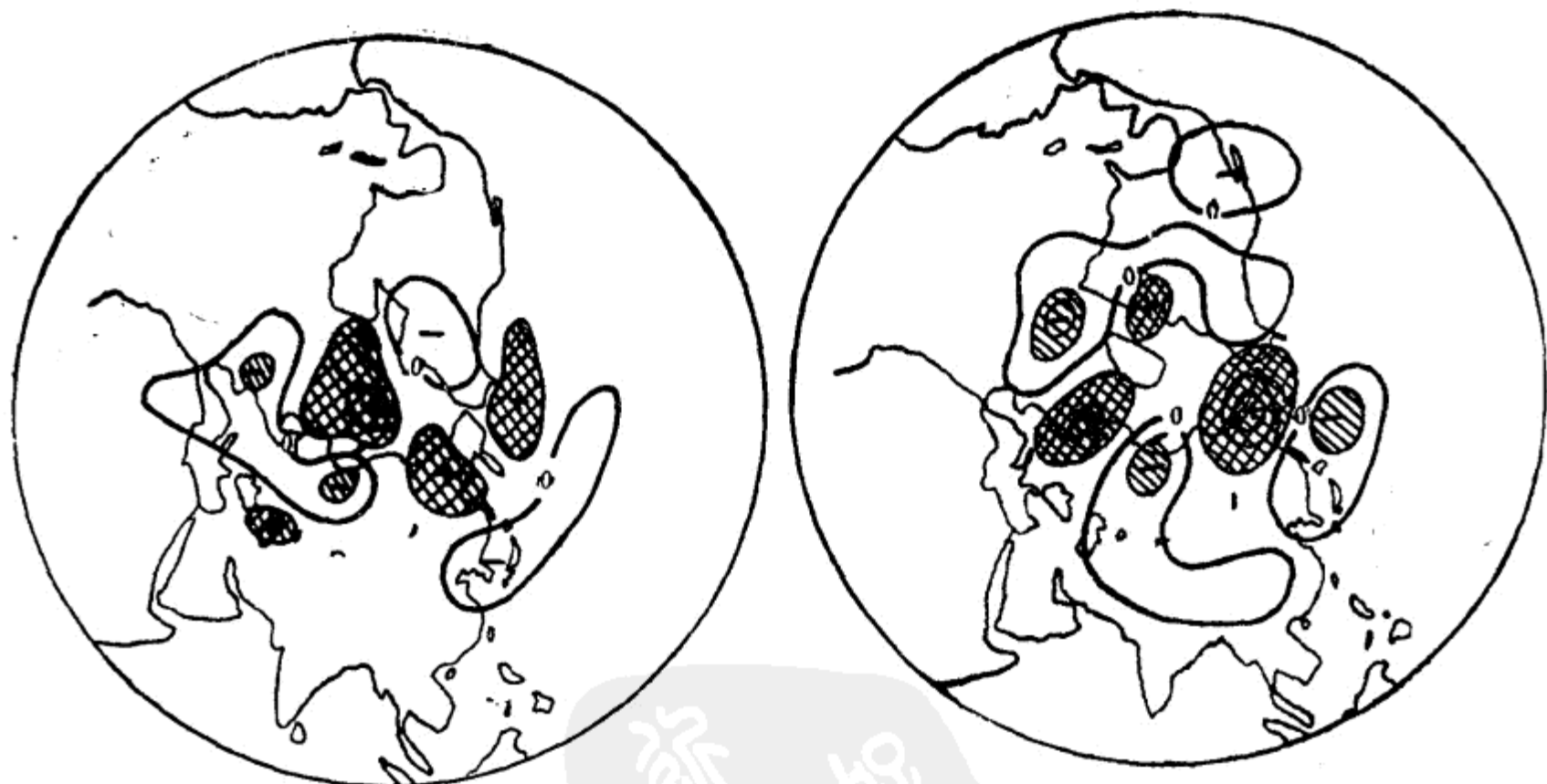


(a) 预报

(b) 实况

图1 1991年6月500百帕位势距平预报与实况的比较

(图中方格区为大于40位势米的区域，斜线区为小于-40位势米的区域，下同)



(a) 预报

(b) 实况

图2 1991年7月500百帕位势距平预报与实况的比较



(a) 预报



(b) 实况

图3 1991年8月500百帕位势距平与实况的比较



(a) 预报



(b) 实况

图4 1983年7月500百帕位势距平预报与实况的比较

出发的动力预报。当这些动力预报取 $t = 0, -t, \dots, -(N-1)t$ 时的初值, 然后根据动力模式进行时间积分, 并在某一特定的预报时段内进行平均, 就得到一个集合平均预报。利用这种方法, 我们对1991年5月至8月北半球及欧亚地区500百帕高度距平、地表温度距平作了预报。预报以1990年12月、1991年1月和2月为初始月的预报在相应的月份求平均得到。表3、表4分别列出了计算后得到的预报准确率。将其与单个模式预报准确率的平均值作比较, 发现北半球500百帕高度距平、欧亚地区地表温度距平的预报准确率反倒比单个模式预报的降低了, 而北半球地表温度距平及欧亚地区500百帕高度距平的只比单个预报准确率模式预报的略有提高。



## 五、长江黄河流域典型大旱大涝年环流形势的季节预报

为了进一步检验模式对旱涝年环流形势的预报能力，我们还进行了长江黄河流域典型旱涝年环流形势的季节预报试验。预报均由冬季1月开始预报至夏季8月。表5给出了北半球500百帕位势高度距平 ( $\phi'$ )、地表温度距平 ( $T_s'$ ) 模式预报准确率。可以看出模式的预报效果是比较好的，有三年500百帕位势距平的平均预报准确率达到60%，最差的88年也有57%，说明模式对伴有大范围异常天气的环流形势确有一定的预报能力。

图4 (a)、(b) 分别给出了1983年7月500百帕位势高度距平的预报与实况场。可以看出，主要的距平分布形式和主要距平中心的位置都报出来了。对跨季节的预报来说，预报具有一定的参考价值。

表3 北半球滞后集合预报准确率

预 报 量	预 报 月				平均
	5月	6月	7月	8月	
$\phi'$	0.529	0.538	0.597	0.599	0.566
$T_s'$	0.493	0.531	0.516	0.511	0.528

表4 欧亚地区滞后集合预报准确率

预 报 量	预 报 月				平均
	5月	6月	7月	8月	
$\phi'$	0.646	0.584	0.683	0.602	0.629
$T_s'$	0.440	0.465	0.547	0.529	0.495

表5 长江黄河流域典型旱涝年的预报准确率

流域	典型旱涝年	预 报 量	预 报 月				平均
			5月	6月	7月	8月	
长 江	1983 (涝)	$\phi'$	0.53	0.59	0.70	0.62	0.61
		$T_s'$	0.57	0.59	0.56	0.59	0.58
	1985 (旱)	$\phi'$	0.65	0.56	0.62	0.55	0.60
		$T_s'$	0.50	0.55	0.53	0.52	0.53
黄 河	1988 (涝)	$\phi'$	0.51	0.50	0.69	0.57	0.57
		$T_s'$	0.51	0.53	0.58	0.57	0.55
	1986 (旱)	$\phi'$	0.64	0.59	0.60	0.56	0.60
		$T_s'$	0.53	0.50	0.61	0.55	0.55

## 六、结 语

我们所作的预报试验表明,模式具有一定的季节预报能力。模式利用历史资料提供的信息不仅部分弥补了纯动力模式的缺陷,而且使动力与统计方法有机地结合起来。但模式的预报效果不够稳定,不同初始月模式的预报效果差异较大,采用滞后集合预报的方法也未能使预报效果得到明显改进。因此,还需从模式本身入手,进一步改善非绝热加热过程的参数化和下垫面过程的描述,使预报水平得到进一步提高。

## 参 考 文 献

- [1] 黄建平、丑纪范,海气耦合系统相似韵律现象的研究,中国科学B辑,(9),1001—1008,(1989)。
- [2] 黄建平、王绍武,相似-动力模式的季节预报试验,中国科学B辑,216—224,(2),(1989)。
- [3] 黄建平、衣育红、王绍武,相似-动力模式由夏季到冬季的季节预报试验,(气象学报即将发表)。
- [4] Huang J.P., et al, The monthly prediction experiments using a coupled analogy-dynamical model, *Acta Meteorologica Sinica*, Vol. 5, No. 1, 8—15, (1991).
- [5] Huang J. P., et al., The analogy—dynamical long—range NMP with historical evaluation consideration. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, (1993),

