

IAP 短期气候距平预测系统的定量 评估及订正技术的改进研究*

赵彦 李旭 袁重光 郭裕福

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

摘要 采用一套多指标的评估方法, 对中国科学院大气物理所研制的短期气候距平数值预测系统 (IAP PSSCA) 方案 1 的预测性能进行了定量的、系统的评估。评估表明: IAP PSSCA 对中国汛期大尺度的、重大的降水异常预报较好; 在不同区域, IAP PSSCA 的预测能力不同, 对中国东南区域显示出较高的预报准确度和可信度; 与单个预报相比, 集合预测水平稳定, 能提高总体预测水平。另外, 还对订正技术进行了改进研究, 距平百分率订正较距平订正效果为佳。

关键词 短期气候预报 定量评估 集合预测

1 引言

在热带海洋与大气计划 (TOGA) 取得成功以后, 发展热带外地区的短期气候 (季至年际) 预报成为气候变化及其可预报度研究计划 (CLIVAR) 的重要目标之一。

中国位于亚洲季风区, 汛期 (6~8 月) 旱涝灾害频繁发生, 因此, 夏季降水异常的季到年际预测自然得到特别重视。我国汛期降水预报业务已开展了数十年, 主要基于统计或经验的方法, 其预报水平还远远满足不了国民经济发展的需要。表 1 是 1978~1995 年我国汛期降水距平百分率预报综合会商结果的试评估结果^[1], 主要反映经验、半经验统计方法的水平。从评分看, 与无技巧预报相比, 预报技巧并不高, 对异常气候的预测能力还较弱, 距平相关系数远达不到业务预报的水平。所以加强短期气候预测研究, 提高预测技巧势在必行。

虽然现阶段还主要依靠统计预报, 但是发展数值气候预报模式来制作短期气候预报具有极大潜力, 是未来的发展方向^[2]。90 年代以来, 国际上纷纷成立专门研究机构, 开展相应研究计划, 以期在此领域取得进展^[3,4]。我国在此方面也取得了一些进展^[5], 尤其是中国科学院大气物理研究所自 1988 年底第一次利用自行发展的海-气耦合环流模式成功地进行了跨季度降水距平预测^[6]以来, 从 1991 年开始每年年初进行当年汛期降水的准业务实时预测, 与此同时, 相继发展了海洋四维同化系统、订正技术、气候集合预测的理论和方法等等, 逐步建立完善了一套有理论依据的跨季度气候距平数值预测系统 IAP PSSCA (Prediction System of Short-Term Climate Anomaly)^[7], 不仅在预测理论和方法上有所进展, 而且在我国汛期降水业务预报中发挥了作用, 已开始作为独立的

1998-07-01 收到, 1998-11-06 收到修改稿

* 本研究得到国家自然科学基金 49505070 和国家科委攀登项目 95-预-21 攻关的支持

预测意见参加全国会商, 其研究成果和实际预测的成功也在国际上受到重视^[8,9]。

表 1 1978~1995 年汛期降水距平百分率预报评分

相关系数 A_{cc}		业务评分 P_c		技巧评分			
				T_{cr} (随机)		T_{cc} (气候)	
最高	平均	最高	平均	最高	平均	最高	平均
0.45	0.03	81.08	67.91	22%	-2%	31%	9%

由于 IAP PSSCA 仍处在不断改进之中, 预测个例也有限, 还未对其预测性能进行定量评估。这一方面妨碍了用户对预测产品的更有效的使用, 另一方面, 由于没有预测技巧的定量指标, 对 IAP PSSCA 的预测性能缺乏定量了解, 不利于预测系统改进工作的顺利开展。为此, 本文采用我国业务预报评分指标, 通过进行 13 年 (1982~1994) 的集合预报, 对 IAP PSSCA 方案 1 的预测性能进行定量评估。另外, 对 IAP PSSCA 的订正方案进行了改进研究。

2 资料来源与试验方案

大气初始场的资料, 1982~1989 年的取自欧洲中期数值天气预报中心 (ECMWC), 1990~1994 年的取自美国国家环境预测中心 (NCEP) 的再分析资料, 包括风、相对湿度、高度场和温度场。由于地温、地面湿度及雪盖等没有观测资料, 用 IAP 2L AGCM 模式积分第 24 年的模式气候场代替; 海表面温度场采用 Reynold 分析的 1982~1994 年全球 $1^\circ \times 1^\circ$ 海温资料^[10]。用于评估的观测降水来自中国区域 336 个站 1951~1994 年逐旬降水资料, 已插值到 $5^\circ \times 4^\circ$ 网格点上, 经与国家气象中心发布的中国夏季降水距平实况图相比较, 该格点分布能较准确地反映降水分布型, 位置也较好, 但强度略小, 对于西部, 由于站点少, 误差较大。

在 IAP PSSCA 的使用中一般采用二种方案。方案 1 (S1) 是利用 AGCM 和给定的海表温度 (SST)。这里的 SST 等于气候平均的 SST (有年循环) 加上一个已知的海表温度距平 (SSTA), 而 SSTA 保持为 2 月观测的月平均值。方案 2 (S2) 采用 AGCM 与太平洋 OGCM 的海气耦合模式, 太平洋以外区域的 SST 与 S1 中的相同。多年的预测实践表明, 二种方案的预测效果相当, 各有优劣。由于方案 1 简便易行, 本文中的试验全部采用方案 1 进行。

3 评估方法

目前对短期气候预测结果的评估工作开展的很少, 特别对于异常降水预测, 国际上还没有较为公认的评估方法。本文同时选用了以下三个指标对预测试验结果进行定量评估。

3.1 同号率

同号率 r 的公式为

$$r = N_t / N, \quad (1)$$

式中, N 为评价区域的格点数, N_1 为预测与实况降水距平百分率符号相同或距平为零的格点数。过去不少长期天气预报方法都用同号率来检验预报效果。这一指标主要反映趋势项, 不能反映预报值的强度, 而短期气候预报的主要目的是要预报灾害是否出现, 强度预测的评估也应是重要的。

3.2 我国汛期降水的业务预报评分

我国自 50 年代开展长期天气预报以来, 评定汛期降水预报准确率一直采用国家气候中心预报室 (原中央气象台) 评分标准^[11], 即

$$P_c = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}{N + N_3 + N_4} \times 100\%, \quad (2)$$

式中, P_c 为预报准确率, 以百分率表示; N 为参加评定的总站数, 固定为 100 个站, 当用于格点时, N 为参加评定的总格点数; N_1 为预报与实况距平符号相同的站 (格点) 数; N_2 为预报与实况距平符号不同但降水距平百分率绝对值 $< 20\%$ 的站 (格点) 数; N_3 为预报与实况距平符号相同且降水距平百分率绝对值在 $20\% \sim 49\%$ 之间的站 (格点) 数; N_4 为预报与实况距平符号相同且降水距平百分率绝对值 $> 50\%$ 的站 (格点) 数。

这个评分公式的主要部分是趋势项, 即距平符号一致率, 但若预报正常级范围大 (即降水距平百分率 $< 20\%$), 得分就容易偏高。另外, 对夏季降水距平百分率绝对值多年平均较小 ($< 10\%$) 的地区, 如东北、西北, 得分容易高; 而对夏季降水距平百分率绝对值多年平均较大 ($> 15\%$) 的地区, 如江淮、华南, 得分相对较低。所以, 不适宜用这一指标进行不同区域的比较。

3.3 距平相关系数

这是世界气象组织 (WMO) 于 1996 年 11 月在意大利召开的第十一届工作会议上确定并建议使用的指标。用下式表示:

$$A_{cc} = \frac{\sum_{i=1}^N (\Delta R_{f,i} - \overline{\Delta R_{f,i}})(\Delta R_{o,i} - \overline{\Delta R_{o,i}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (\Delta R_{f,i} - \overline{\Delta R_{f,i}})^2 \sum_{i=1}^N (\Delta R_{o,i} - \overline{\Delta R_{o,i}})^2}}, \quad (3)$$

式中, $\Delta R_{f,i}$ 、 $\overline{\Delta R_{f,i}}$ 分别为第 i 站点 (格点) 预报的降水距平百分率值和预报的降水距平百分率的平均值; $\Delta R_{o,i}$ 、 $\overline{\Delta R_{o,i}}$ 分别为观测场的相应值; N 为评分总站 (格点) 数。由于预报场的降水距平百分率和观测场的降水距平百分率方差差别较大, 加上目前短期气候预测量级的预测能力较低, 预测中距平相关系数较低, 对于范围较小、格点数较少的区域, 用此指标评估时, 有些年份不能通过 5% 信度检验。但是, 此多年平均值应具有一定的统计意义, 由此仍可得出一些初步看法。

这样, 我们利用同号率 r 、业务预报评分 P_c 和相关系数 A_{cc} 来综合考察 IAP PSSCA 的预测能力。在使用时, 首先考察同号率 r , 只有当同号率大于 0.50, 降水的主要趋势能被反映出来时, 再考察强度预测才有意义。这时以距平相关系数为主要指标, 同号率、业务预报评分作为参考。

另外, 我们还计算集合预报的标准差 D_s , 用下式表示:

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (4)$$

式中, n 为试验个数, 本试验中, $n=5$; x_i 为第 i 个单个预测的降水距平百分率; $\bar{x}$ 为平均值, 由下式计算:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

D_s 与预测距平大小综合考虑, 可对预测结果的信度加以判别。一般来说, 标准差 D_s 大, 说明预测结果离散程度大, 可信度低; 反之, 预测结果较一致, 可信度高。标准差 D_s 是信度指标, 不用以衡量预测结果的准确度。

4 IAP PSSCA 预测试验的总体定量评估

为了考察预测技巧在不同区域的差异, 我们将全国 (68 个格点) 划分为西部 (105°E 以西, 37 个格点)、东部 (105°E 以东, 37 个格点); 又进一步分成 3 个子区域: 东北 (42°N 以北, 17 个格点)、华北 ($100\sim 120^\circ\text{E}$, $34\sim 42^\circ\text{N}$, 15 个格点)、东南 ($105\sim 120^\circ\text{E}$, $22\sim 34^\circ\text{N}$, 16 个格点, 包括江淮和华南)。需要说明的是, 由于降水观测插值在西部地区的误差较大, 因而对西部地区的评估有较大的误差, 在本文中主要考察 IAP PSSCA 对我国东部地区降水的预测能力, 这也是汛期预测的重点区域。

集合预测的结果应是多样的, 除集合平均分布图之外, 还有标准差分布、不同异常等级的概率分布图等。本文的目的之一是评估 IAP PSSCA 的总体性能, 所以主要分析、评价集合平均结果。另外, 由于本试验采用的 IAP 2L AGCM 模式的分辨率较低, 预测值反映的是大尺度的降水形势, 所以 IAP PSSCA 的预测性能是指其对大尺度降水形势的预测能力而言。

对 1982~1994 年跨季度预测试验进行评估, 平均预测效果见表 2。图 1 给出了预测试验的 13 年平均方差分布。

表 2 1982~1994 年汛期降水量
距平百分率跨季度预测评估表

区域	A_{cc}	r	P_c
全国	0.19	0.60	83.89
东部	0.11	0.58	79.51
东北	0.15	0.56	79.20
华北	0.06	0.55	78.50
东南	0.22	0.62	81.32

从表 2 可以看到:

(1) IAP PSSCA 具有较高的预测能力。在全国范围内, 跨季度预测各指标的评分结果如下: 相关系数 A_{cc} 为 0.19; 同号率 r 为 0.60; 业务评分 P_c 为 83.89; 高于 1978~1995 年全国汛期预报的平均水平 ($A_{cc}=0.03$, $P_c=67.91$)。

(2) 从区域来看, IAP PSSCA 在东南区预测效果最好。特别是相关系数, 东南区域的相关系数 A_{cc} 为 0.22, 明显高于东部平均值 0.11, 其它评分指标之间差别没有这样大。

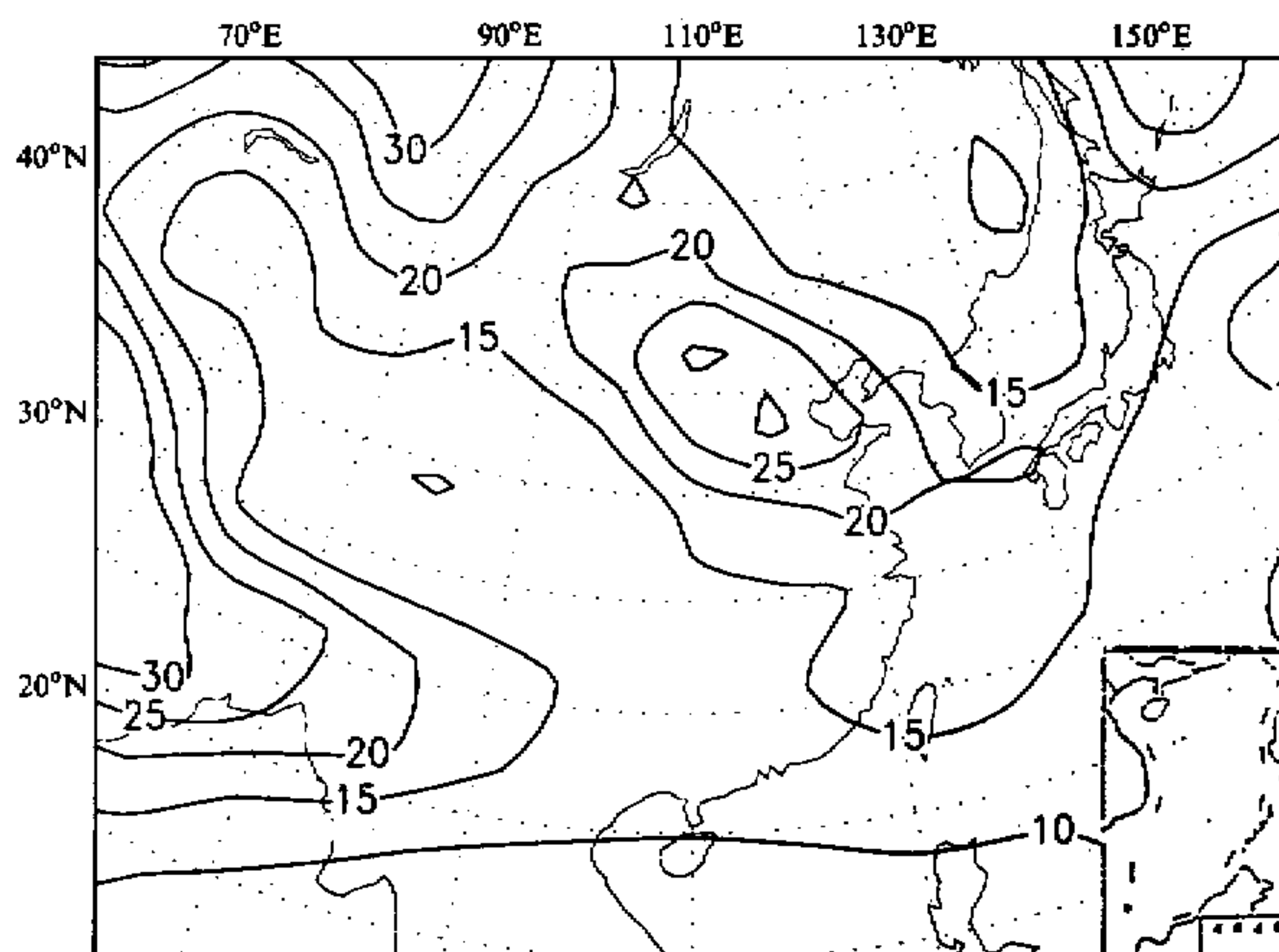


图1 1982~1994年跨季度降水距平百分率的平均方差分布

(3) 从方差分布上看,江淮、华南方差小(10%~15%),预测可信度高;东北、华北方差大(20%~25%),预测可信度较低;西北方差虽然小(10%~20%),但降水距平本身也小,应用预报结果时要更为谨慎。

5 单个预报与集合预报的比较

对跨季度预测而言,大气内部的混沌行为使得从某一个初始场出发得到的结果也许只表示一种可能出现的状态,从不同的初始场积分所得结果可以很不相同,这些因素给气候预测带来很大的不确定性,因此,IAP PSSCA 采用了集合预报^[12,13],即对若干个不同初值积分结果进行集合。本文的集合采用对5个积分进行算术平均。

我们比较了集合预测和单个预测的多年平均效果。图2给出全国、东部、西部以及东北、华北和东南区域的单个预测(分别以2月11、13、15、18、19日作初值)和集合预测的13年统计平均结果。由图2可以看到:

(1) 集合预测明显好于单个预测。集合预测的各种指标均处于中上水平,距平相关系数在全国、西部都较单个预测高,同号率和业务评分尤其明显。

(2) 单个预测也有效果较好的,在本试验中,2月13日作初值的单个预测的技巧较高,特别是相关系数在许多地区明显高于其它个别预报。而19日作初值的预测三种指标在许多地区都处于偏低或最低的水平。但仅从本实验尚看不出单个预测的效果有何统计规律。

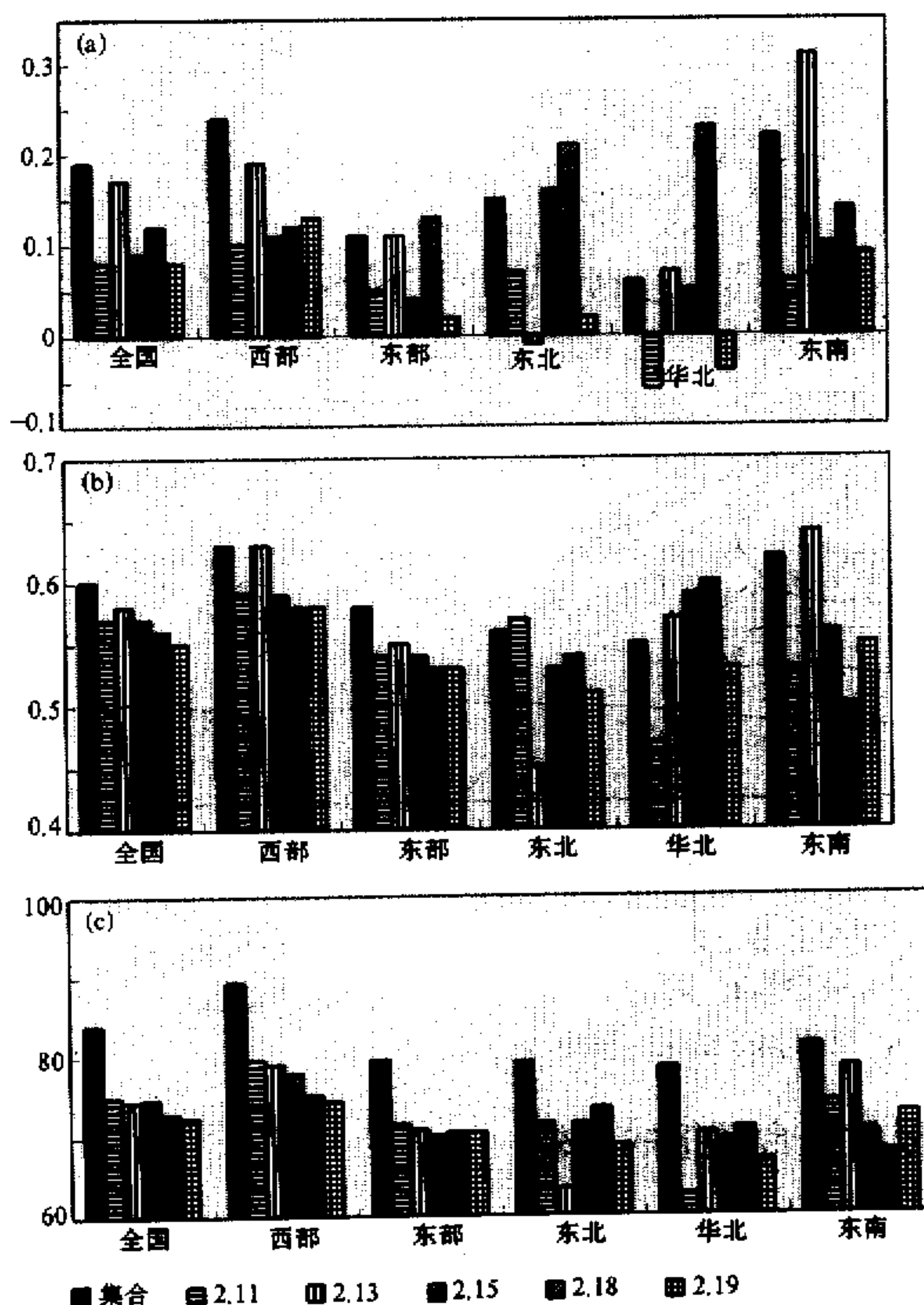


图2 集合预测和单个预测在各区的预报技巧评分
(a) A_{∞} ; (b) r ; (c) P_c .

我们再以2月13日和19日为例,考察单个预测与集合预测的逐年预测效果。由图3可以看到,在东南区域,集合预测的评估指标相关系数、同号率、业务评分的变化较为平缓,而以2月13、19日为初值的单个预测在某些年份效果较差,对大多数年份,集合预测评分仍高于单个预测,尤以业务评分最为明显。

对其它区域做同样的考察,可以得到类似的结论,这里不再一一说明。由此看来,集合预测不仅可以通过方差分布来判断预测的可信度,还可以减少单个初始场积分结果可能出现的较大误差,提高总体预测水平,而且预测水平较稳定,所以对于短期气候异常做集合预测是十分必要的。

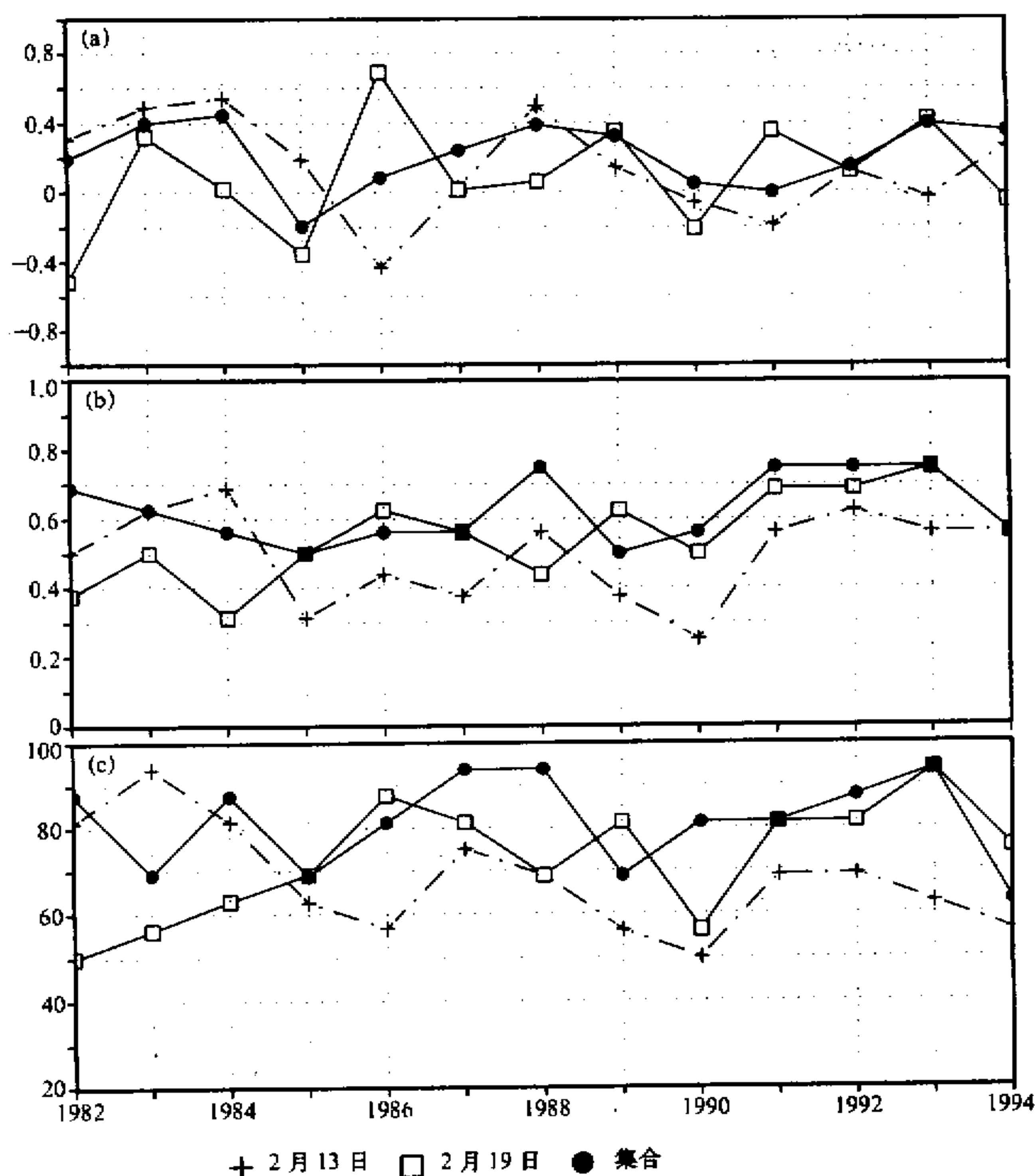


图3 集合预测和单个预测在东南区域的预报技巧逐年演变曲线
(a) A_{cc} ; (b) r ; (c) P_c

6 订正技术的改进研究

任何模式都有系统误差, 对模式预测值进行订正能改进预测效果^[14]。订正值应是多年统计结果, 除了受所用观测资料的插值方案、订正年代等的影响, 还与订正方案有关。

为了考察订正方案是否有系统性偏差, 我们将降水分为两种类型: 江淮多雨型 (包括 1982、1983、1984、1987、1989、1991、1993 年) 和江淮少雨型 (包括 1985、1986、1988、1990、1992、1994), 分别检验订正效果。

IAP PSSCA 原来使用的是距平订正方法（称为订正方案 1），对降水量距平 a 做如下订正：

$$a'_i = a_i - \varepsilon, \quad (6)$$

其中， a'_i 和 a_i 分别为订正前后第 i 年的距平； ε 为距平总体平均误差。若记 b 为观测距平，则

$$\varepsilon = \langle a - b \rangle_h, \quad (7)$$

$\langle \cdot \rangle$ 表示总体平均， h 对应 1982~1994 年 13 年的模拟平均：以每年 2 月 11~19 日中的 5 天观测大气为初值 $\{I\}_h$ ，在当年实测海表温度 $\{T_s\}_h$ 强迫下，AGCM 积分至当年 8 月 31 日，即可得到第 2 季度（6、7、8 月）的距平预测。

若将第 i 年观测和预测状态分别记做 $f_{o,i}$ 和 $f_{p,i}$ ，则

$$a_i = f_{p,i} - \langle f \rangle_{rm}, \quad (8)$$

$$b_i = f_{o,i} - \langle f \rangle_{ro}. \quad (9)$$

于是，

$$\varepsilon = \langle a - b \rangle_h = (\langle f \rangle_{hm} - \langle f \rangle_{rm}) - (\langle f \rangle_{ho} - \langle f \rangle_{ro}). \quad (10)$$

对预测对象降水距平百分率 p_i 做订正，则

$$p_i = \frac{a'_i - \varepsilon}{\langle f \rangle_{rm}} = \frac{a'_i}{\langle f \rangle_{rm}} - \frac{\varepsilon}{\langle f \rangle_{rm}}, \quad (11)$$

其中， $\langle f \rangle_{rm}$ 为“模式参考气候”的平均态，式中前项为未订正的模式预报值，后项为对距平百分率 p_i 作的订正。

ε 通常不等于零，因为：（1） $\langle f \rangle_{ro} \neq \langle f \rangle_{ho}$ ，下标 o 表示观测。这是因为两个总体平均对应的样本集不同， $\langle f \rangle_{ro}$ （用于计算实时预测和 13 年模拟期的观测距平）是几十年的平均值，对中国降水，为 1951~1980 年的平均； $\langle f \rangle_{ho}$ 则为 1982~1994 年 13 年平均。（2） $\langle f \rangle_{rm} \neq \langle f \rangle_{hm}$ ，下标 m 表示模式。这是因为：（a）与（1）同理；（b） $\langle f \rangle_{rm}$ 由 $\{T_s\}_c$ （下标 c 表示气候平均值，这里所用为 70 年代以前资料）决定； $\langle f \rangle_{hm}$ 则由 $\{I\}_h$ 和 $\{T_s\}_h$ 决定，因此大气初值和 SST 年代际和年际变动也是 $\langle f \rangle_{rm}$ 和 $\langle f \rangle_{hm}$ 不等的原因。订正前和采用订正方案 1 订正后的预测效果评估分别列于表 3 和表 4。

表 3 未订正的 1982~1994 年跨季度降水距平百分率预测效果评估

指标		全国	东部	东北	华北	东南
A_{α}	平均	0.08	-0.05	-0.04	-0.12	0.00
	少雨型	0.06	-0.18	-0.01	-0.29	-0.20
	多雨型	0.10	0.05	-0.06	0.03	0.17
r	平均	0.57	0.53	0.51	0.52	0.54
	少雨型	0.57	0.48	0.45	0.49	0.49
	多雨型	0.57	0.57	0.56	0.54	0.58
P_c	平均	80.01	75.56	73.32	74.89	77.47
	少雨型	79.31	71.68	67.69	73.38	75.00
	多雨型	80.61	78.89	78.15	76.19	79.58

表 4 方案 1 订正后的 1982~1994 年跨季度降水距平百分率预测效果评估

指标		全国	东部	东北	华北	东南
A_{cc}	平 均	0.18	0.10	0.16	0.05	0.20
	少雨型	0.12	0.03	0.16	-0.08	0.10
	多雨型	0.23	0.19	0.17	0.15	0.29
r	平 均	0.60	0.58	0.57	0.54	0.61
	少雨型	0.59	0.52	0.48	0.51	0.57
	多雨型	0.61	0.63	0.64	0.56	0.64
P_c	平 均	82.22	79.92	79.20	79.53	81.79
	少雨型	80.64	75.82	73.57	74.53	79.26
	多雨型	83.58	83.44	84.03	83.81	84.11

可以看到, 订正后的全国及各区域 13 年平均结果均较订正前有提高, 特别是相关系数提高最为明显。从雨型上看, 在全国大部分地区, 对多雨型降水的订正效果远好于少雨型, 特别是在东部及其东南区域, 表明采用订正方案 1 后, IAP PSSCA 的预测效果有系统性偏差。

为什么采用订正方案 1 后, IAP PSSCA 对多雨型降水的预测能力较强而对少雨型降水的预测能力较弱呢? 我们进一步分析订正方案 1。从公式 (11) 可以看到, 距平订正方案实际上只对降水距平百分率的分子, 即降水距平作了订正, 而对分母“模式参考气候”的平均态未订正, 导致订正存在一定的不协调, 这样做相当于对模式预测值减去一个 $\varepsilon / \langle f \rangle_{rm}$ (即加上 $-\varepsilon / \langle f \rangle_{rm}$)。图 4a 给出了 $-\varepsilon / \langle f \rangle_{rm}$ 的分布, 由图 4a 可以看到, 在中国东部、特别在江淮区域, 其订正值达 20%, 与模式预报值相当, 这样对江淮少雨型这种形势就不易报出来。所以, 我们用订正方案 2 (距平百分率订正) 来加以改进, 即直接对预测对象距平百分率做订正。做法如下:

$$c'_i = c_i - \delta, \quad (12)$$

其中, c'_i 和 c_i 分别为订正前后第 i 年的距平百分率; δ 为距平百分率总体平均误差。若记 d 为观测距平百分率, 则 $\delta = \langle c - d \rangle_h$ 。若将第 i 年观测值和预测值分别记为 $\langle g \rangle_{o,i}$ 和 $\langle g \rangle_{p,i}$, 则

$$c_i = \frac{g_{p,i} - \langle g \rangle_{rm}}{\langle g \rangle_{rm}} = \frac{g_{p,i}}{\langle g \rangle_{rm}} - 1, \quad (13)$$

$$d_i = \frac{g_{o,i} - \langle g \rangle_{ro}}{\langle g \rangle_{ro}} = \frac{g_{o,i}}{\langle g \rangle_{ro}} - 1, \quad (14)$$

于是,

$$\delta = \langle c - d \rangle_h = \langle c \rangle_h - \langle d \rangle_h = \frac{\langle g \rangle_{hm}}{\langle g \rangle_{rm}} - \frac{\langle g \rangle_{ho}}{\langle g \rangle_{ro}}. \quad (15)$$

图 4b 给出了 $-\delta$ 的分布。 δ 通常不等于零, 原因同订正方案 1。

由图 4b 可以看到, 由订正方案 2 产生的误差订正 δ 的分布在我们所关心的东部区域, 订正值一般不超过 10%, 低于模式预报的强度, 从而可消除因订正值过强而带给预报结果的某种倾向性。经方案 2 订正后的预测效果评估见表 5。

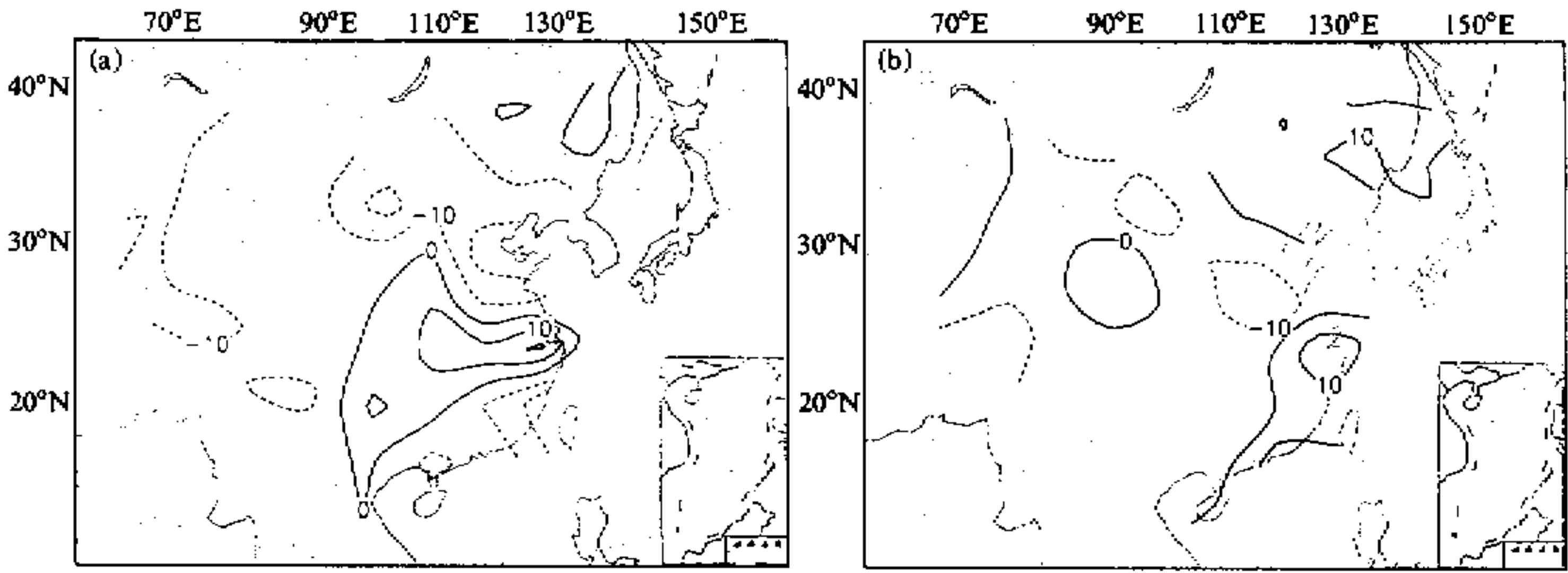


图4 两种订正方案的订正量分布
(a) 方案1: $-\varepsilon/\langle J \rangle_{rm}$; (b) 方案3: $-\delta$

表5 方案2订正后的1982~1994年跨季度降水距平百分率预测效果评估

指标		全国	东部	东北	华北	东南
A_{cc}	平均	0.19	0.11	0.15	0.06	0.22
	少雨型	0.16	0.10	0.13	-0.06	0.14
	多雨型	0.21	0.13	0.17	0.15	0.29
r	平均	0.60	0.58	0.56	0.55	0.62
	少雨型	0.59	0.53	0.47	0.54	0.61
	多雨型	0.61	0.63	0.64	0.56	0.63
P_c	平均	83.89	79.51	79.20	78.50	81.32
	少雨型	81.92	74.93	73.57	72.31	79.23
	多雨型	85.58	83.44	84.03	83.81	83.11

比较表4和表5, 可以看到不同订正方案对预测效果的改进不同, 订正方案2较订正方案1效果为佳。采用订正方案2后, 在全国、东部及其东南区域, 对少雨型的预测效果有所改善, 并且平均预测技巧略有提高, 距平相关系数的变化分别为: 0.18→0.19、0.10→0.11、0.20→0.22, 同号率和业务评分也有基本一致的变化。采用订正方案2后, 误差订正还存在很多问题, 例如不协调仍未完全消除, 统计年限不够长, 订正值不稳定, 在所有情况下都减去同一个误差订正效果不一定好, 等等。本文工作只是初步的, 进一步的订正要涉及到坐标变换, 还可采用 EOF 分析等方法来进行。

7 结论与讨论

本文利用一套多指标的评估方法, 对中国科学院大气物理研究所研制的短期气候距平预测系统(IAP PSSCA)方案1的预测性能进行了定量的、系统的评估, 并对这一系统中的订正技术进行了改进, 得到以下初步结论:

(1) IAP PSSCA 对中国汛期降水具有较高的预测能力, 对大尺度的、重大的降水

异常预报较好。

(2) IAP PSSCA 对不同区域的预测能力不同, 对东南区域显示出较高的预报准确度和可信度。

(3) 与单个预测相比, 集合预测水平稳定, 能提高总体预测水平。对于短期气候做集合预测是必要的。

(4) 对预测结果进行订正是重要的, 不同订正方案所得到的订正效果不同, 现在的订正方案还需进一步改进。

同时, 我们认为以下问题需要进一步探讨:

(1) 几种评分指标所反映的预测水平应当是一致的, 但各指标评价的重点不同, 当样本不足够大时, 它们对预测水平评估的结果也有所差异, 这时采用哪一指标或如何综合考虑这些指标来衡量评估结果, 还有待进一步讨论。

(2) 降水观测资料的选用对评估结果有一定影响。模式的预报结果代表此面积上的平均降水量, 观测资料则是很小面积上的降水, 直接将此二者进行比较是不合适的, 应该将观测资料大尺度化, 然后再与模式结果相比较。所以根据预报尺度的不同, 选用适当的观测资料评价预报结果, 也有待进一步讨论。

参 考 文 献

- 1 陈桂英、赵振国, 1997, 短期气候预测评估方法和近二十多年来短期气候预测业务初估, 气候预测评论, 141~149.
- 2 叶笃正、曾庆存、郭裕福, 1991, 当代气候研究, 北京: 气象出版社.
- 3 Stern, W. and K. Miyakoda, 1995, The feasibility of seasonal forecasts inferred from multiple GCM simulations, *J. Climate*, 8, 1071~1085.
- 4 Ji, M., A. Kumar and A. Leetmaa, 1994, A multiseason climate forecast system at National Meteorological Center, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 75, 569~577.
- 5 王绍武, 1996, 气候预测研究, 北京: 气象出版社.
- 6 曾庆存、袁重光、王万秋、张荣华, 1990, 跨季度气候距平数值预测试验, 大气科学, 14(1), 10~25.
- 7 李旭, 1992, 短期气候异常的数值模拟与预测研究, 中国科学院大气物理研究所博士论文.
- 8 Zeng Qingcun, 1994, Experiment of seasonal and extraseasonal prediction, *Proceedings of the International Conference on Monsoon Variability and Prediction*, Trieste, Italy, 9-13, May, 452~459.
- 9 Zeng Qingcun, 1995, Prediction anomalies by using GCMs, *Proceedings of International Scientific Conference on Tropical Oceans Global Atmosphere*, 2-7 April, 1995, Hilton-on-the-Rark Hotel, Melbourne, Australia.
- 10 Reynolds, R. W., 1988, A real-time global sea surface temperature analysis, *J. Climate*, 1, 75~86.
- 11 赵振国, 1996, 我国汛期旱涝趋势预测进展, 气候预测研究, 北京: 气象出版社, 84~93.
- 12 Palmer, T. N., 1994, Chaos and predictability in forecasting the monsoon, *Proc. Indian Nat. Sci. Acad.*, 60(A), 57~66.
- 13 袁重光、李旭、曾庆存, 1996, 跨季度气候距平数值预测研究小结, 气候与环境研究, 1(1), 150~159.
- 14 Zeng Qingcun, Zhang Banglin and Yuan Chongguang et al., 1994, A note on some methods suitable for verifying and correcting the prediction climatic anomaly, *Adv. Atmos. Sci.*, 11(2), 121~127.

Quantitative Assessment and Improvement to Correction Technology on Prediction System of Short-Term Climate Anomaly

Zhao Yan, Li Xu, Yuan Chongguang and Guo Yufu

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract Prediction capability of prediction system of short-term climate anomaly (IAP PSSCA) is quantitatively evaluated after a set of 13-year and 5-member ensemble experiments have been carried out. It is shown that IAP PSSCA demonstrates encouraged prediction capability of summer precipitation anomalies in China, especially for strong summer precipitation anomalies which caused climate disasters, such as severe drought or flood in East China. The predictive effects have apparent difference between regions, for example, Southeast China including the region of the Yangtze River and South China has the highest skill over the country. Ensemble prediction is essential for short-term climate prediction because ensemble prediction is more stable than single prediction. Furthermore, improvement to correction technology is also undertaken.

Key words short-term climate forecast ensemble prediction quantitative assessment

书 讯

《城市生态调控方法研究》将出版

城市是物质文明的源,也是生态破坏的汇。城市问题的科学实质是人与自然关系的生态问题,包括资源代谢在时间、空间尺度上的阻滞与耗竭,体制耦合在结构与功能关系上的错位和失谐,社会行为在经济与环境利益上的冲突和无序。本书是国家自然科学基金会课题“城镇及人类活动密集区生态调控的方法论”研究的部分成果汇集。作者是中国科学院生态环境研究中心的王如松博士、周启星博士、胡聃博士。全书共分理论与方法、生态过程,以及生态调控案例研究3篇共10章。理论与方法包括城市复合生态系统原理、生态规划方法、生态工程技术及生态管理手段;生态过程研究介绍城镇化过程对物理环境、生物多样性、人体健康及微生物的生态胁迫效应的辨识和对人体健康、系统发展的生态风险评价方法;案例部分以华北及华东地区不同规模和类型的城镇复合生态系统为例,从技术、体制、行为多方面介绍了城镇生态调控的方法。本书为城市社会、经济、环境领域从事规划、建设、管理、研究与教学的决策管理人员、专业技术人员和大专院校师生提供了一本前沿性、科学性、实证性和系统性的案头参考书。本书将于2000年1月由气象出版社出版。

(郭彩丽供稿)