

# 中国科学院大气物理研究所短期气候 预测系统的改进及其对 1998 年 全国汛期旱涝形势的预测

林朝晖 李旭 赵彦 周广庆  
王会军 袁重光 郭裕福 曾庆存

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

**摘要** 通过引入改善了地表反照率参数化方案的中国科学院大气物理研究所 (IAP) 大气环流模式, 我们对 IAP 短期气候距平预测系统 (IAP PSSCA) 中的大气模式部分进行了改进。利用改进前后的 IAP PSSCA, 我们对 1980~1994 共 15 年中国夏季降水异常进行了集合预报检验, 与实测结果比较表明, 改进后的 IAP PSSCA 对江淮和华南地区的预报技巧与原先的系统相比只是有略微的提高, 但对我国东北、华北、河套区域以及整个中国东部的预报技巧则比原系统有较大幅度的提高, 从而表明气候模式中陆面过程的正确表述可以提高模式气候预测的能力。利用改进的 IAP PSSCA 和 IAP ENSO 预测系统提供的预测海温距平, 我们对 1998 年中国夏季降水异常进行了预报 (该预测 3 月份提供给有关单位)。今与实际情况比较表明, 改进了的 IAP PSSCA 和 IAP ENSO 预测系统耦合, 对 1998 年我国夏季旱涝形势的预测与实测基本相符, 但强度较小, 说明有一定预报能力, 但也还有许多问题。

**关键词** 短期气候预测 集合预报技术 汛期降水距平预测 陆面过程

## 1 引言

随着社会和经济的发展, 严重的气候异常给世界各国的国民经济造成巨大的损失。统计资料表明, 全世界每年由于自然灾害所造成的损失超过了 600 亿美元, 其中有 70% 是由天气和气候灾害所造成的。另外, 严重的气候灾害还直接危及到人民的生命财产安全, 例如, 1997 年以来菲律宾南部遭受的严重干旱使得近百万人遭受饥荒; 与此同时印尼东部所遭受了近半个世纪以来最严重的干旱, 至少有 500 人死于干旱引起的饥荒和疾病。若能较早地对这些气候异常作出预测, 就可以尽早地采取相应的措施, 以减轻气候灾害所带来的严重后果。为此, 世界上的许多研究机构和中心纷纷开展了短期气候预测的试验和研究<sup>[1~5]</sup>。而作为世界气候研究计划 (WCRP) 在今后 15 年最主要的气候研究计划——气候变率及可预报性研究计划 (CLIVAR), 其最主要的一个目标

1998-11-12 收到

\* 本工作得到国家攀登项目“气候动力学和预测理论研究”以及国家自然科学基金项目 49794030 和 49505070 的联合资助

就是通过研究气候系统中季节至年际尺度的气候变率,最终提高季节至年际尺度气候预测的水平。

作为最早开展短期气候预测的研究机构之一,中国科学院大气物理研究所气候预测研究小组早在 1989 年就利用气候模式开展了跨季度汛期降水距平预测,并获得了初步的成功<sup>[3]</sup>;随后在此基础上发展了一套海洋四维同化方法、海气耦合积分方法、集合预测方法、可信度和概率预测方法以及订正技术等,逐步建立和完善了中国科学院大气物理研究所跨季度短期气候距平预测系统(IAP PSSCA)<sup>[6]</sup>,并对我国夏季风降水距平进行跨季度实时预测。预测结果表明,IAP PSSCA 对发生在我国的较为重大的降水异常的预测效果是较好的,如对 1991 年江苏、安徽的严重洪涝、1992 年的山东大旱、1994 年以安徽北部为中心的干旱、1995 年江南北部多雨等都预测得很好<sup>[7,8]</sup>。

但是利用 IAP PSSCA 对我国的降水距平进行预测时也存在着一一些问题。具体表现在预测效果,在我国东部比西部好,东部又以长江中下游为佳,而对于东北、华北预报技巧则相对较低。一方面,这可能是由于在中高纬地区相对而言可预报性较低的缘故;另一方面,也可能是由于模式本身的不完善所引起的,因为模式对基本气候态及其变率的模拟能力是与模式的预报能力紧密相连的。林朝晖等<sup>[9]</sup>发现通过改进 IAP AGCM 中地表反照率的参数化方案,可以大大改善模式对东亚夏季风降水的月平均及其季节突变的模拟能力。为此,作为改进预测系统的第一步,我们通过改进 IAP PSSCA 中大气环流模式来提高 IAP PSSCA 的预测技巧。在本文的第二部分我们将简要介绍 IAP PSSCA 的改进,并利用改进前后 IAP PSSCA 进行事后集合预报试验,检验其预测技巧,从而来考察模式性能的改进对预报效果的影响;在文章的第三部分将给出利用 IAP PSSCA 对 1998 年我国夏季洪涝形势的预测结果(这一预测结果 3 月份已提供给有关部门),并与实况进行比较,结果表明今年总的形势是报得较好的,全国大部分地区的正距平,尤其是长江流域、嫩江流域和北疆的大正距平都报出来了,但强度不够(不像 1991 年报的那样大)。针对今年预测结果所存在的不足之处,在文章的最后我们提出进一步改进预测效果的一些想法。

## 2 短期气候距平预测系统的改进

### 2.1 IAP PSSCA 的改进

现有的 IAP PSSCA 包括数据同化系统、气候模式、集合预报技术及订正系统。在本工作中我们将通过引进改善了地表反照率参数化方案的 IAP 两层大气环流模式(IAP AGCM 1.2)<sup>[10]</sup>来代替 IAP PSSCA 中原有的大气环流模式(IAP AGCM 1.1),从而来改进 IAP 短期气候距平预测系统中的气候模式部分,以期提高系统对我国夏季旱涝趋势的预测能力。

由于 IAP PSSCA 是气候距平预测系统,因此,参考气候态的选取对系统预测的技巧也是非常重要的<sup>[8]</sup>。由于在生成 IAP PSSCA 中的订正系统时,观测的降水距平是相对于 1951~1980 年总共 30 年平均的观测降水气候平均而言的。与此相对应,我们也选取相应时段(1950~1979)的气候平均海温<sup>[11]</sup>来驱动大气环流模式,并积分 30 年以得到新的模式气候平均态,尽量保证模式的基本气候态与观测较为协调一致。而利用

IAP PSSCA 进行预测或事后预报试验时所指的气候距平则均是相对于此模式气候态而言的。

2.2 事后预报试验方案设计

为了系统地考察 IAP PSSCA 对我国夏季风降水距平的预测能力,同时也为了考察改进前后 IAP PSSCA 预报能力的差异,我们对 1980~1994 年总共 15 年设计了两组集合预报试验来评估改进前后 IAP PSSCA 的预测技巧(具体方案见表 1)。

表 1 IAP PSSCA 集合预报实验方案设计

|      |                                                                                                  |               |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 预测系统 | IAP PSSCA                                                                                        | 改进的 IAP PSSCA |
| 气候模式 | IAP AGCM 1.1                                                                                     | IAP AGCM 1.2  |
| 预测方案 | S1                                                                                               | S3            |
| 海表温度 | $T_{ss,c} + \Delta T_{ss, Feb}$                                                                  |               |
| 大气初值 | 风场、高度场、湿度场,均取自于 NCEP/NCAR 再分析资料,并通过水平和垂直插值至大气模式 $4^{\circ} \times 5^{\circ}$ 的格点 <sup>[12]</sup> |               |
| 集合个例 | 9 个样本,取 2 月 11 日~19 日总共 9 个不同的初值进行集合预报实验                                                         |               |
| 积分时段 | 1980~1994 共 15 年                                                                                 |               |
| 观测数据 | 中国 336 个站点降水资料(1951~1994),并内值至大气模式 $4^{\circ} \times 5^{\circ}$ 的格点                              |               |

表 1 中的  $T_{ss,c}$  代表 Reynolds 月平均气候海温<sup>[11]</sup>,  $\Delta T_{ss, Feb}$  代表相对于月平均气候海温而言的当年 2 月份海温距平,亦即在事后预报试验中,AGCM 中所用的海温(SST)等于具有季节变化的气候海温,再加上一个持续性海温距平(SSTA)。对于上述的方案 S1 和 S3 而言,这里的 SSTA 在积分过程中保持不变,为预报开始时的月观测海温距平(这里为 2 月份)。

由于 IAP PSSCA 主要是预报整个夏季降水的异常,因此,在分析时,我们主要考察预报试验中 6、7、8 三个月平均的降水距平百分率。另外,在处理 9 个集合样本时,我们采用了简单的算术平均,并没有对不同的初值预报给予不同的权重。那么,从上述的预报试验,我们可以得到 1980~1994 总共 15 年期间 S1 和 S3 两种情形下每年夏季的降水距平百分率,同时与实测的降水距平百分率进行比较,就可以得到长度为 15 年的距平百分率相关系数的时间序列,具体评估方法的说明可以参照赵彦的工作<sup>[13]</sup>。

另外,由于我国幅员辽阔,在不同的区域夏季风降水的特征及其影响机制是各不相同的。王会军<sup>[14]</sup>在对我国夏季风降水的可预报性进行研究时发现,在我国的不同区域夏季风降水异常的可预报性是各不相同的,以东部和南部区域可预报性较大。因此,我们在对预报试验的结果进行分析时,主要对我国的江淮、华北、华南、东北、河套区域以及整个中国东部进行了比较分析,而对于中国的西部及西南地区,由于这些区域受青藏高原的影响太大(而我们的两层模式难于很好地表达),相对而言可预报性较低,暂时不予考虑。在技巧评估时具体区域划分的情况,可见表 2。

表 2 预测评估时区域的划分

|    |                   |                           |                      |                      |                      |                      |
|----|-------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 区域 | 中国东部              | 东北                        | 河套                   | 华北                   | 华南                   | 江淮                   |
| 范围 | 105°E 以东<br>的中国区域 | 110°E 以东, 42°N<br>以北的中国区域 | 100~110°E<br>34~44°N | 105~120°E<br>34~42°N | 100~120°E<br>22~30°N | 105~120°E<br>26~34°N |

2.3 改进前后 IAP PSSCA 预报技巧的比较

图 1 分别给出了预报试验中,改进前后的 IAP PSSCA 所预报的我国不同区域夏季

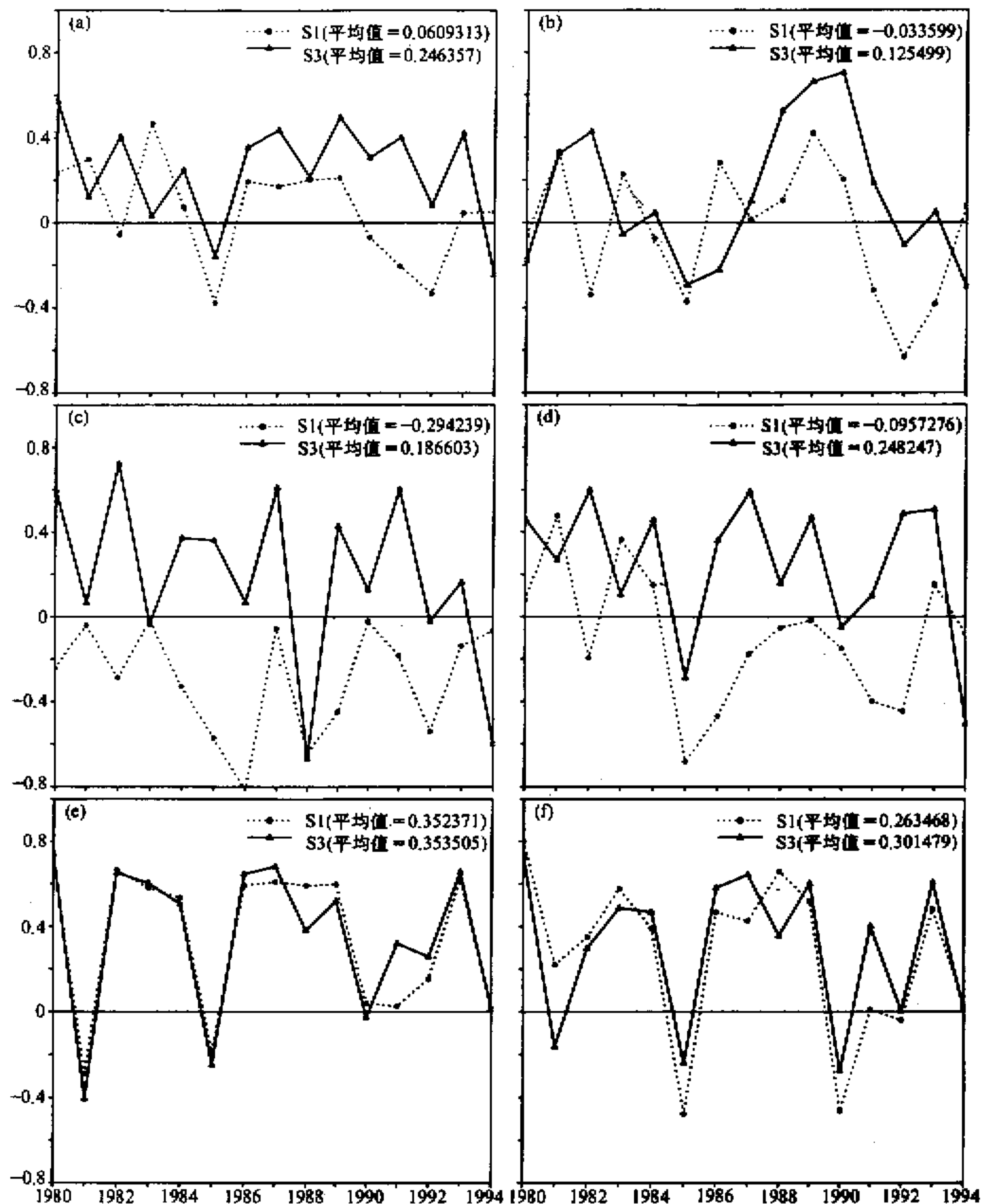


图1 改进前后 IAP PSSCA 对我国夏季降水距平百分率的预报技巧 (预报与实测间的相关系数) 的比较

虚线: S1 方案, 实线: S3 方案

(a) 中国东部; (b) 东北; (c) 河套地区; (d) 华北; (e) 华南; (f) 江淮流域

(6~8 月平均) 降水距平百分率与实测降水距平百分率间相关系数的时间序列。图 1a 代表整个中国东部的情形。从图 1a 我们可以发现, 就整个中国东部而言, 利用 S3 方案对 1980~1994 总共 15 年进行预报试验所得到的平均相关系数为 0.25, 而 S1 方案中的平均值为 0.06, 在中国东部 S3 方案的预报技巧平均远高于 S1 方案的结果。但由于中国东部的范围太大, 为了更详尽地分析 S1 和 S3 方案对我国不同地区预报技巧的不

同, 我们还在图 1b~f 中分别给出了我国东北、河套地区、华北、华南和江淮流域这 5 个不同区域的情形。

从图 1b 我们可以发现, 对于我国东北, 改进前的 IAP PSSCA (S1 方案) 在大多数年份预报试验与实测降水距平百分率间的相关系数接近于零或为负值, 因此相关系数 15 年平均值为负值, 亦即总的说来几乎没有任何预报技巧。然而, 对于改进后的 IAP PSSCA (S3 方案), 虽然在某些年份其距平百分率相关系数为负值, 但对于大部分年份而言却均为正值, 特别是对于 1988、1989 和 1990 年, 预报试验与实测的相关系数均超过了 0.50, 并且在 1980~1994 年总共 15 年间其相关系数的平均值为 0.13。与改进前的系统 (S1 方案) 相比, 改进后的 IAP PSSCA 对我国东北地区的预测能力是大大提高了。

对于河套地区 (图 1c), 改进前的 IAP PSSCA 对此地区降水距平百分率完全没有预报技巧, 在 1980~1994 年间, 其距平百分率相关系数均为负值, 15 年相关系数的平均值为 -0.29。但对于改进后的 IAP PSSCA 而言, 除了 1988、1994 年为较强负相关外, 其余年份预报试验与实测的相关系数均为正值, 且 15 年的平均值为 0.18, 改进后的 IAP PSSCA 对我国河套地区的预报技巧同样也得到较大的提高。

图 1d 给出的是我国华北地区的情形, 从图中我们可以发现在 1985 年以后, 改进前的 IAP PSSCA 对此区域同样几乎没有预报技巧 (相关系数均为负值), 而其相关系数的 15 年平均值也为负值 (-0.10)。但对于改进后的 IAP PSSCA 而言, 在 1980~1994 年 15 年间其距平百分率相关系数绝大部分均为正值, 而且在很多年份相关系数均超过了 0.50 (如 1982、1984、1987、1989、1992 和 1993 年), 其 15 年的平均值也为 0.25 左右。改进后的 IAP PSSCA 对我国华北地区的预报能力同样也得到了较大幅度的提高。

对于我国华南 (图 1e) 和江淮流域 (图 1f), 我们可以发现改进前的 IAP PSSCA 对这些区域夏季降水距平百分率的预报能力是较高的, 许多年份预报试验和实测结果间的相关系数均在 0.5 以上, 其 15 年的平均值分别为 0.35 (华南) 和 0.26 (江淮流域)。对于改进后的 IAP PSSCA, 我们可以发现距平百分率的相关系数与改进前基本相似, 但在江淮流域比改进前有略微的提高, 其距平百分率相关系数从 0.26 升高到 0.30。

从图 1 的比较结果我们可以发现, 通过引入较为完善的大气环流模式, IAP 短期气候距平预测系统对我国夏季降水距平百分率的预报能力得到了较大的提高, 特别是对我国的北方地区 (东北、华北和河套地区) 夏季降水异常的预测水平有明显的提高, 而对江淮流域和华南地区的改进并不十分明显。究其原因, 主要是由于改进后的 IAP 大气环流模式中地表反照率分布采用的是观测的具有季节变化的气候分布, 而改进前的 IAP 大气环流模式中的地表反照率分布在青藏高原和欧亚大陆与观测有较大的差异, 虽然在我国江淮流域和华南地区与观测的差异并不明显<sup>[10]</sup>。地表反照率参数化的改进使得 IAP 大气环流模式能够很好地再现出我国夏季风雨带向北突跳的特征<sup>[9]</sup>, 同时, 也就改善了模式对我国北部地区基本气候态及其变率的模拟能力, 但对我国南方地区的影响并不明显, 因此, 改进的模式对我国北部地区夏季降水异常的预测能力的提高也就更为显著。另外, 在我国江淮流域及其以南地区夏季风降水异常主要是受到赤道太平洋地区海温异常的影响, 而在 S1 和 S3 两个方案中, 我们所用的海温异常均是相同的, 这

也是改进前后的 IAP PSSCA 对我国江淮流域和华南地区预测技巧变化不大的主要原因。

### 3 IAP PSSCA 对 1998 年我国夏季旱涝形势的预测

1998 年入汛以来,我国南、北方许多地区因长时间、频繁的强降雨遭受了不同程度的洪涝灾害。长江发生的继 1954 年之后又一次全流域大洪水,东北的嫩江、松花江发生百年不遇的特大洪水,使国家和人民生命财产受到了严重的威胁。早在 1998 年 3 月份,我们就利用 IAP 短期气候距平预测系统 (IAP PSSCA) 对我国夏季旱涝趋势进行了一年一度的实时预测。在本节中将给出利用 IAP PSSCA 进行预测试验的方案设计及各种方案的预测结果,并与实测进行比较。

#### 3.1 预测试验方案设计

在对 1998 年夏季旱涝进行实时预测时,我们分别利用了改进前后的 IAP PSSCA,另外,在预测试验中我们还同时考虑了中国科学院大气物理所 ENSO 预测系统所预报的太平洋区域海温异常的变化<sup>[15]</sup>,具体的 4 种预测方案如表 3 所示。

表 3 IAP PSSCA 对 1998 夏季旱涝趋势的预测实验方案

| 预测系统 | IAP PSSCA                                                                |                                 | 改进的 IAP PSSCA                  |                                 |
|------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 气候模式 | IAP AGCM 1.1                                                             |                                 | IAP AGCM 1.2                   |                                 |
| 预测方案 | S1                                                                       | S2                              | S3                             | S4                              |
| 海表温度 | $T_{ss,c} + \Delta T_{ss,feb}$                                           | $T_{ss,c} + \Delta T_{ss,pred}$ | $T_{ss,c} + \Delta T_{ss,feb}$ | $T_{ss,c} + \Delta T_{ss,pred}$ |
| 大气初值 | 风场、高度场、湿度场均取自于 NCEP 实时分析资料,并插值到大气模式 $4^\circ \times 5^\circ$ 的水平格点和垂直层次上 |                                 |                                |                                 |
| 集合个例 | 28 个样本,取 2 月 1 日~28 日总共 28 个不同的初值开始进行集合预报实验                              |                                 |                                |                                 |
| 积分时段 | 1998 年 2 月~1998 年 8 月 31 日                                               |                                 |                                |                                 |

与表 1 中的情形相类似,表 2 中的  $T_{ss,c}$  代表具有季节变化的气候海温<sup>[11]</sup>,  $\Delta T_{ss,feb}$  代表 1998 年 2 月份的海温距平。但对于 S2 和 S4 方案中所用的  $\Delta T_{ss,pred}$ ,在热带太平洋区域它可表示为 2 月份的观测海温距平  $\Delta T_{ss,feb}$  与 IAP 热带太平洋和全球大气耦合环流模式 (TP-CGCM) 所预报的逐月海温距平  $\Delta T_{ss,fcst}$  间的线性组合,亦即

$$[\Delta T_{ss,pred}]_n = \alpha [\Delta T_{ss,feb}]_n + (1 - \alpha) [\Delta T_{ss,fcst}]_n,$$

这里,  $n=2, 3, \dots, 12$  分别代表 2~12 月,  $[\Delta T_{ss,pred}]_n$  代表在夏季降水距平预测实验中第  $n$  月所使用的海温距平,而  $[\Delta T_{ss,fcst}]_n$  则代表 IAP TP-CGCM 所预报的热带太平洋区域逐月的海温距平<sup>[15]</sup>。同时两者间的线性组合系数  $\alpha$  是月份  $n$  的函数,且随时间  $n$  的增加而逐渐减小。若  $\alpha \equiv 1$ , 则有  $[\Delta T_{ss,pred}]_n = [\Delta T_{ss,feb}]_n$ ; 若  $\alpha \equiv 0$ , 则  $[\Delta T_{ss,pred}]_n = [\Delta T_{ss,fcst}]_n$ 。在热带太平洋区域以外地区,  $[\Delta T_{ss,pred}]_n$  保持为 2 月份的观测海温距平,即为  $\Delta T_{ss,pred} = \Delta T_{ss,feb}$ 。

我们做过不少预测试验,结果表明 S4 预测方案为最好。因此,我们主要提供用 S4 方案做出的预测结果 (但其它方案的结果也提供参考)。还必须指出的是, IAP ENSO 预测系统对 ENSO 确实有较好的预测能力<sup>[15]</sup>。

### 3.2 预测结果

图 2 给出利用 S4 方案时 IAP PSSCA 对 1998 年我国夏季 (6~8 月) 旱涝形势的预测结果, 同时还给出了相应观测的降水距平百分率 (图 2a), 这里的观测降水距平百分率是根据今年 6~8 月份的观测降水量计算而得的, 并已插值至  $1^\circ \times 1^\circ$  格点上。

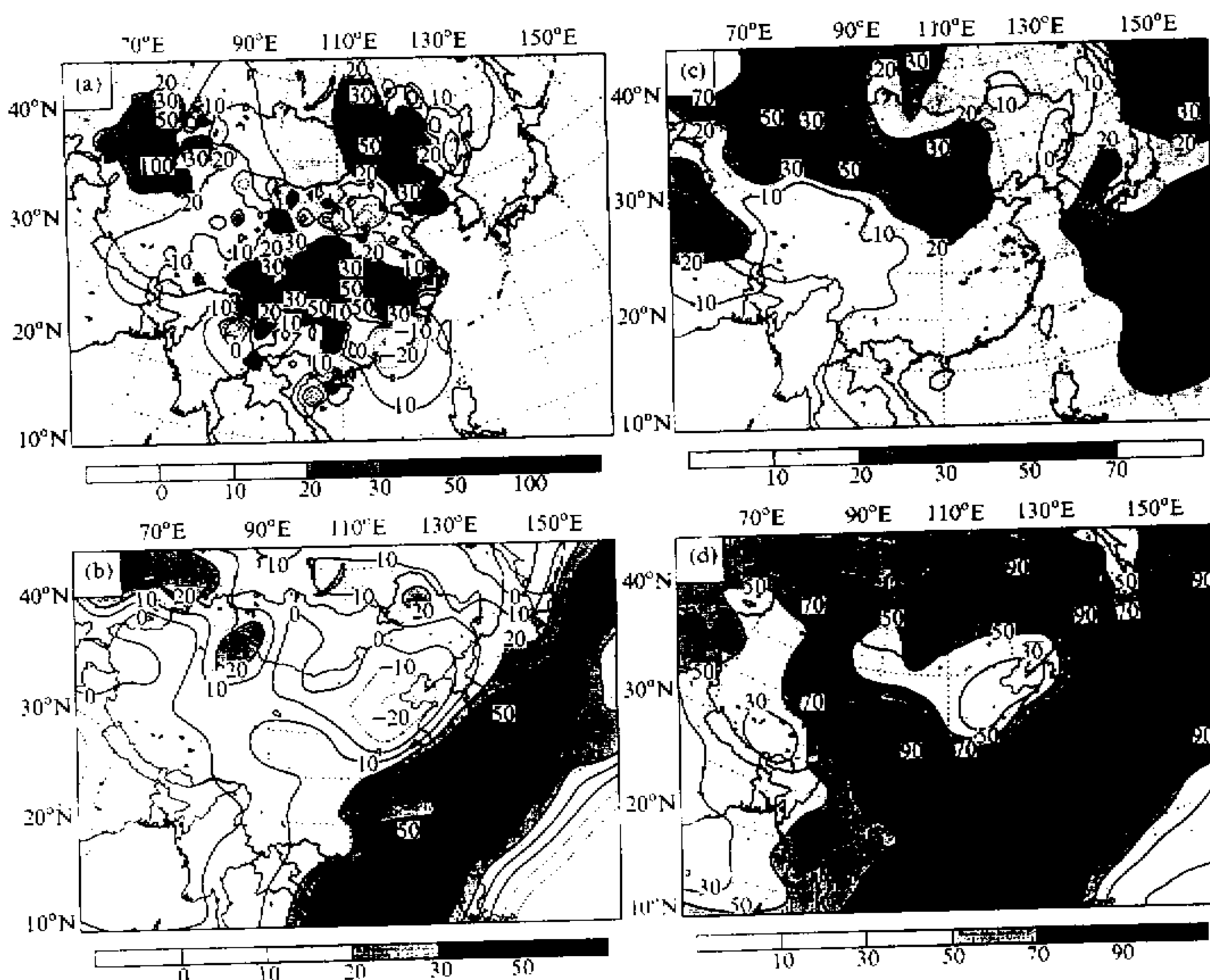


图 2 1998 夏季 (6~8 月) 全国降水距平百分率 (%)

(a) 实测结果; (b) IAP PSSCA 集合预测的结果 (S4 方案); (c) 集合预测 (28 个样本) 中降水距平百分率的标准偏差; (d) 集合预测中降水异常为正距平的概率分布

从图 2a 我们可以发现, 在 1998 年主汛期 (6~8 月) 内, 总的说来我国主要强降水中心位于整个长江流域、东北西部和内蒙古东部一带以及新疆西北部, 全国大部分地区的降水量较常年同期明显偏多, 部分地区降水距平百分率甚至超过了 100%。但在黄淮间的降水异常为小的负距平, 较常年略偏少, 同时在华南沿海地区的降水也比常年偏少。

图 2b 给出的是利用 S4 方案所预测的结果, 在此方案中所利用的预测系统是改进的 IAP PSSCA, 同时在预测过程中所用的海温异常是考虑了 IAP ENSO 预测系统所预报的海温距平的影响 (如 3.1 节所述)。从预测图上我们可以发现, 在我国的绝大部分地区预测的降水距平百分率均为正值, 只是在我国的华北 (黄淮之间) 存在着较小的负距平, 这与实测相符。同时, IAP PSSCA 还预测出了我国东北西部的强降水中心

以及新疆西北部的强降水中心, 虽然其中心略有偏移, 中心强度比实测的略偏小。从预测图上我们还可以发现, 在整个长江流域预测的降水距平百分率均为正值, 同时在长江下游还存在着降水正距平的大值区, 这都与实测较为相符, 但预测的长江中、上游降水幅值偏小。另外, 从图 2b 我们还可发现在中国东部海域以及日本均为降水正异常区, 这与日本气象厅的观测资料<sup>[16]</sup>相比, 也是十分相符的。从图 2c 集合预测的离差图我们还可以发现, 在我国东部以及江淮流域以南的广大区域, 集合预报的离差均很小 (小于 20%), 在我国东北地区集合预测的离差也同样很小, 这说明在这些区域 IAP PSSCA 预测的结果是较为可信的。另外, 我们还在图 2d 中给出了集合预测试验中降水距平为正的分布, 从图中我们可以看到, 相应于观测到的我国东北西部、长江上游以及中下游地区的强降水距平区, 在图 2d 中我们均可以找到相应的概率分布的极值中心, 在这些中心降水距平为正的分布概率均大于 90%, 这从另一方面说明了在这些区域出现降水正距平的可能性是最大的。因此, 总的说来, 当采用 S4 方案时, 改进的 IAP PSSCA 基本上很好地预报出了 1998 年我国夏季大范围的旱涝形势, 虽然在幅值以及细节上预测结果与实测有一定的差异, 而这可能主要是由于模式较粗的水平分辨率以及模式所未能很好考虑的其它因子 (如高原积雪异常等) 所造成的。

总之, 从图 2 的预测结果 (包括集合预测、可信度和概率预报) 来看, IAP PSSCA 的预测效果是较好的。1998 年夏季我国大部分地区多雨, 尤其是长江流域、嫩江流域和新疆西北部的大正距平, 以及黄淮间的小负距平都报出来了, 只是长江流域正距平的幅度报得不够 (不像 1991 年的幅值报得那样好)。

## 4 结论及其讨论

通过引入改善的 IAP 大气环流模式来改进 IAP 短期气候距平预测系统 (IAP PSSCA), 从 1980~1994 总共 15 年的集合预报试验以及 1998 年实时预测结果, 我们可以发现改进后的 IAP PSSCA 有较好的预测能力, 尤其是对中国的华北、东北以及整个中国东部的预报技巧有明显的提高, 但在江淮和华南地区, 预报技巧的变化并不大 (不过那里本来的预测技巧就不低)。这说明在我国江淮流域以及东南部地区夏季降水异常受海温影响较大; 而在我国的北部地区陆面过程可能起更大的作用, 若气候模式中陆面过程的参数化方案得到了改善, 也就可以提高利用该模式进行气候预测的能力。另外, 从上面的结论我们还可以得到有益的启示, 那就是当利用气候模式进行可预测性研究时, 一定要注意到的结论很可能是依赖于模式的, 只有对所用模式的性能及缺点有十分详尽的了解, 才可能得出正确的结论。

许多研究结果表明, 对于我国夏季旱涝形势, 热带太平洋区域的海温异常是起十分重要的作用的, 尤其是对我国的江淮流域和华南地区夏季降水异常的预报。这在我们的预测系统中已考虑到了, 尤其是 S4 方案能给出比较正确的热带太平洋地区的海温变化趋势, 所以对我国夏季降水异常的预测水平得到较大的改善。

同时应该注意到的是, 虽然采用 S4 方案时 IAP PSSCA 所预测的 1998 年我国夏季降水距平百分率的大尺度型式与观测较为相符, 但从细节上来看, 还存在一些缺点。例如在东北和江淮流域所预报出来的降水距平的强度均比观测的要来得弱。一方面, 这可能

与模式本身的不完善有关, 另一方面, 还可能是由于我们在预测过程中只考虑了海温异常的影响, 而对于初始时刻地表状况(如土壤湿度、积雪、反照率等)的异常却未加以考虑的缘故。观测资料表明在 1997 年 12 月到 1998 年 2 月青藏高原大部分地区降雪异常偏多, 出现了历史上罕见的大雪灾, 致使冬春季青藏高原积雪异常偏多, 到 1998 年 4 月青藏高原地区依然明显偏多; 另外, 在 1997 年秋末至 1998 年初春, 我国南方异常多雨, 部分地区甚至出现了罕见的冬春汛, 从而造成冬春季地表土壤含水量持续偏多。许多研究均表明青藏高原冬春积雪的异常对我国夏季季风降水是有很影响的<sup>[17,18]</sup>; 另外, 地表土壤湿度对大气环流的影响也是显著的<sup>[19,20]</sup>。因此, 在下一步我们将以 1998 年为个例, 在利用改进的 IAP PSSCA 及预测的热带太平洋海温异常的前提下, 同时考虑到冬春积雪的异常, 以及华南地区春季土壤含水量偏多的情形, 重新进行集合预报试验, 并与用原 S4 方案的结果进行比较, 以期对导致 1998 年中国特大洪水的物理机制能有更进一步的了解, 以利于我们今后在预测过程中引进陆面状况的初始化过程, 进一步改进 IAP 短期气候距平预测系统。

### 参 考 文 献

- 1 Cane, M.A., S.E. Zebiak and S.D. Dolan, 1986, Experimental forecasts of El Niño, *Nature*, **321**, 827~832.
- 2 Ward, M.N. and C.K. Folland, 1991, Prediction of seasonal rainfall in the North Nordeste of Brazil using eigenvectors of sea surface temperatures, *Int. J. Climatol.*, **11**, 711~743.
- 3 曾庆存、袁重光、王万秋、张荣华, 1990, 跨季度气候距平预测实验, *大气科学*, **14**(1), 10~25.
- 4 Ji, M., A. Kumar and A. Leetmaa, 1994, A multi-sea climate forecast system at the National Meteorology Centre, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **75**, 569~577.
- 5 Palmer, T.N. and D.L.T. Anderson, 1994, The prospects for seasonal forecasting, *Q. J. Roy. Meteor. Soc.*, **120**, 755~793.
- 6 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, 136pp.
- 7 Zeng Qingcun, 1994, Experiment of seasonal and extraseasonal prediction of summer monsoon precipitation, *Proceedings of the International Conference on Monsoon Variability and Prediction*, Trieste, Italy, 9~13, May, 452~459.
- 8 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**(2), 150~159.
- 9 Lin Zhaohui and Zeng Qingcun, 1997, Simulation of east Asian summer monsoon by using an improved AGCM, *Advances in Atmospheric Sciences*, **14**(4), 513~526.
- 10 林朝晖, 1995, 气候模式中的反馈机制及模式改进的研究, 中国科学院大气物理研究所博士论文, 224pp.
- 11 Reynolds, R.W. and T.M. Smith, 1995, A high resolution global sea surface temperature climatology, *J. Climate*, **8**, 1571~1583.
- 12 Kalnay, E. et al., 1996, The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**(3), 437~471.
- 13 赵彦, 1997, 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, 中国科学院大气物理研究所硕士论文, 53pp.
- 14 王会军, 1997, 试论短期气候预测的不确定性, *气候与环境研究*, **2**(4), 333~338.
- 15 周广庆、李旭、曾庆存, 1998, 一个可供 ENSO 预测的海气耦合环流模式及 1997/1998 ENSO 的预测, *气候与环境研究*, **3**(4), 349~357.
- 16 Japan Meteorological Agency, 1998, *Monthly Report on Climate System*, No.98-10, 45pp.
- 17 Yeh, T-C, R.T. Wetherald and S. Manabe, 1983, A model study of the short-term climatic and hydrologic effects of the sudden snow-cover removal, *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 1013~1024.
- 18 Yang, S. And L. Xu, 1994, Linkage between Eurasian winter snow cover and regional Chinese summer rainfall, *Int. J. Climatol.*, **14**, 739~750.

- 19 Yeh T.C., et al., 1984, The effect of soil moisture on the short-term climate and hydrology change - A numerical experiment, *Mon. Wea. Rev.*, **112**, 474~490.
- 20 Yamazaki, K., 1989, A study of the impact of soil moisture and surface albedo changes on global climate using the MRI GCM-I, *J. Meteor. Soc. Japan*, **67**, 123~146.

### **An Improved Short-Term Climate Prediction System and Its Application to the Extraseasonal Prediction of Rainfall Anomaly in China for 1998**

Lin Zhaohui, Li Xu, Zhao Yan, Zhou Guangqing,  
Wang Huijun, Yuan Chongguang, Guo Yufu and Zeng Qingcun

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

**Abstract** By introducing the modified IAP AGCM with improved surface albedo parameterization, the IAP Prediction System of Short-term Climate Anomaly (IAP PSSCA) has been updated. Two sets of ensemble hindcasts of the summer rainfall anomaly over China have been performed with both the original and modified IAP PSSCA during the period 1980~1994. Comparison results show that, the predictive skill of the modified IAP PSSCA is generally higher than the original one over the North China, Northeast China and Hetao region, and this indicates the important role of the land surface processes in the improvement of the predictive skill over extratropical region. However, over the Huaihe and Yangtze River valley, the difference of the predictive skill between the modified and original IAP PSSCA are small, and this may suggest that the summer rainfall anomaly over these regions are dominated by the equatorial Pacific sea surface temperature anomaly (SSTA). Another improvement of the climate prediction system consists of the use of the predicted SSTA provided by IAP ENSO prediction system and such improved climate prediction system is the so-called S4 scheme. By using S4 scheme, the prediction of 1998 summer rainfall anomalies over China was issued in March 1998. The verification shows that the predicted pattern of rainfall anomaly agrees quite well with the observation (the Pacific SSTA was also well predicted), although the strength of the predicted positive anomalies are rather weak and the strong positive rainfall anomaly over Yangtze River valley does not extend westward enough. The prediction will be reanalyzed and re-examined by using better initialization of the land surface characteristics in order to have better understanding of the influencing factors and make further improvement of the prediction system.

**Key words** short-term climate prediction    ensemble technique    summer rainfall anomaly prediction    land surface process