

# 国外长期预报业务及研究进展

王向东 李维京

(国家气候中心 100081)

**摘要** 文章对目前国外长期预报业务和有关研究的主要情况进行了简要的总结,包括长期预报的主要产品类型、制作方法和相关研究进展。指出长期预报产品的确定与各国所处的地理位置、气候背景、长期预报的现有技术水平有关。文中还从经验统计预报方法和动力数值预报两方面对目前国外主要的长期预报制作情况作了简要介绍,指出两者不同的重要地位和相辅相成的关系。此外,对国外围绕长期预报方法开展的主要研究活动也作了简要介绍,并进而认为动力和统计相结合可能是近期长期预报方法的发展方向。

**关键词** 长期预报,经验统计预报,动力数值预报

## 1 引言

目前,长期预报的业务和有关研究工作正在蓬勃发展。尽管经验和统计方法仍然是世界各大气象(或气候)中心开展业务工作的主要工具,但发展数值长期预报技术和进一步了解短期气候变化及其机制已成为目前大

气科学领域的纲领性课题。为使各成员国之间能就有关问题进行充分及时的信息交流,WMO 执行委员会在其第 44 届会议上批准对有关的最新研究和业务发展情况以长期预报年度进展报告(LONG-RANGE FORECASTING PROGRESS REPORT FOR 19XX/19XX)的形式建立定期发表制度。进

展报告的重点,一是为进一步了解物理过程所开展的研究工作的进展;二是用于长期预报业务的模式和技术的研究和改进。

此外,由美国 NOAA 发布的“试验性长超前预测公报”(EXPERIMENTAL LONG-LEAD FORECAST BULLETIN)也起着汇集不同来源的各种长期预报意见与方法、促进相互交流,提高长期预报水平的作用。尤其是公报发布的热带太平洋和印度洋地区的海温及南方涛动指数长达一年至几年的预测,对各国长期预报的制作具有重要的参考价值。

总起来看,由于技术水平的高低差异及经济发展和人民生活的不同需要,各国长期预报产品的种类也各不相同。另一方面,长期预报业务还处在发展的初级阶段,所用的方法也大都处在不断改进和更新之中。本文将主要参考 WMO 长期预报年度进展报告的第一期(1993—1994 年度)<sup>[1]</sup>,拟就以下几个方面对目前国外长期预报的发展状况作一个初步的介绍,即国外长期预报的主要产品、主要制作方法及主要发展方向。

## 2 国外长期预报的主要产品

由于各国所处的地理位置不同、气候背景各异,其经济活动和人民生活对长期预报产品的期望也各不相同;同时,长期预报产品的确定很大程度上也取决于各国长期预报的现有技术水平。因此,长期预报的产品就内容而言已形成了一个庞大的家族。仅从预报时效分大致有月或月以内的预报、季的预报(包括半年预报)。与我国不同的是国外普遍不制作年度预报。长期预报的要素主要是平均温度和降水距平。由于热带海温在长期预报中占有重要地位,其自身呈现双重身份,既是预报因子又是预报要素。

### 2.1 月长期预报产品

月长期预报通常指对下一个月平均温度和降水距平的预报。也有例外,如英国增加了月最高、最低气温和日照日数\*的预报。大

部分国家或地区仅在月底发布一次预报,但也有采取滚动预报方式的,如日本每月发布三次。这样做至少有两个作用,一是修正上次预报;二是为用户提供更加及时的长期预报服务。此外,目前普遍认为,月预报是一个对初、边值条件都有很强的依赖性的动力学问题。但由于动力模式的明显缺陷和对月尺度大气环流演变特征的难以把握,使得月预报比中短期和季预报及季尺度以上的预报更加困难。因此,有的国家并不制作月预报,如澳大利亚、印度等。

从 1992 年起,美国国家气象中心/气候分析中心就长期预报正式引进了一个新概念即长超前预报(Long-lead Forecast)。它是指预报对象不是紧接着预报制作日期,而是间隔一段时间(如两个月)以后的一个月或季的气象要素平均值。这表明长期预报的概念仍在不断发展更新。

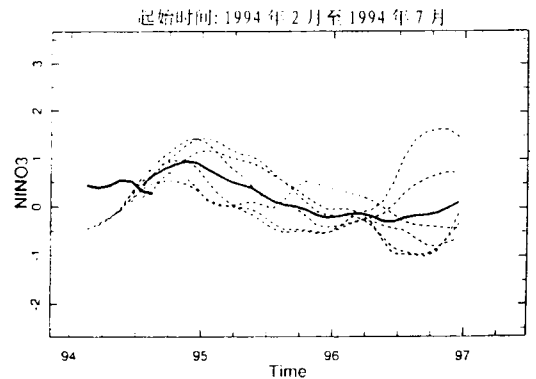


图 1 由 Cane 和 Zebiak 耦合模式制作的 Nino3 区 SST 预报的时间序列。虚线表示用 1994 年 2 月至 7 月间隔均为一个月的初始场得到的单个预报,实线则表示集合平均。左边的实线表示初始条件时间内的 SST 月平均观测值

此外,英、美、澳等国还发布超前时间从几个月到一年甚至几年的海温距平和 SOI 指数预报,如 Zebiak 和 Cane<sup>[2]</sup>制作的超前

\* 相对于正常情况下的晴、雨天百分比值

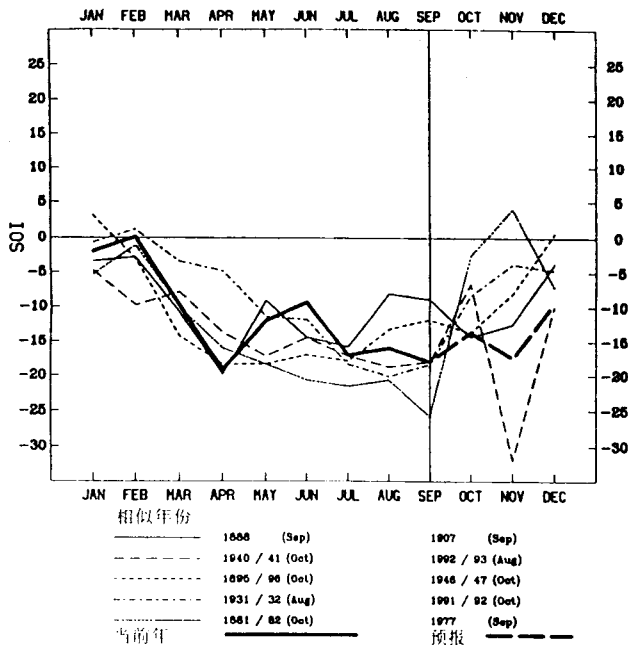


图 2 挑选出的相似时段和对应于 1994 年 9 月的三个月的预报。相似时段是以 9 个月为周期根据 RMS 的差异选择出来的, 图中只画出前五个

时间分别为 3 至 24 个月的 Nino3 区月平均海温距平预报(见图 1); 由美国 NOAA 主办的“EXPERIMENTAL LONG - LEAD FORECAST BULLETIN”(季刊)定期发布了英、美、澳等国用各种方法制作的各种超前期的 SSTa 预报。

### 2.2 季长期预报产品

季长期预报通常指对下一个季节平均温度和降水距平的预报。也有只作降水预报的, 如澳大利亚。日本气象厅季节预报产品比较特别, 分为三个月及暖季和冷季的预报。三个月的预报每月发布一次即滚动预报, 包括区域平均的月平均温度和降水及主要天气过程; 季节预报每年发布两次, 暖季预报在 3 月 10 日发布, 冷季预报在 10 月 9 日发布, 包括季节内主要天气展望。美国已在 1995 年实现多季节业务预报亦称“气候展望”(CLIMATE OUTLOOKS)。可以认为这是美国今后几年水平最高的长期预报, 它由 13 个超前时间从半个月至 12.5 个月的温度和降水

季节预报组成。

“EXPERIMENTAL LONG - LEAD FORECAST BULLETIN”也定期发布分别由 Ji 和 Leetmaa<sup>[3]</sup>制作的连续三个季的热带太平洋平均海温距平预报及 Penland 和 Weickmann<sup>[4]</sup>制作的连续五个季的热带太平洋和印度洋 SSTa 预报。

### 3 国外长期预报的主要制作方法

目前, 制作长期预报的方法比较多。总起来看可分为两大类, 即经验统计类方法和动力模式类方法。前者仍然是目前各国制作长期预报的最重要的工具, 其预报技巧在不断提高。随着计算机技术的迅速发展, 数值天气预报的水平也有了长足的进步。许多国家已开始用动力学模式制作业务或准业务的月甚至季的集合预报, 尤其是用海气耦合

模式制作热带海表温度距平预报, 这对各国尤其是位于中低纬度地区国家的长期预报水平的提高有较大的促进作用。下面就两种方法分别作简要介绍。

#### 3.1 经验统计方法

在用统计方法制作长期预报时, 通常一种方案往往涉及到多种预报方法。下面将预报方案和产品相结合, 介绍几种主要的统计预报方法或方案。

##### 3.1.1 非线性时间序列分析方法和相似型技术的结合

澳大利亚制作季节降水预报就是采用非线性时间序列分析方法和相似型技术的结合的方法<sup>[5]</sup>。首先用以非线性时间序列分析方法为基础的相似型技术预报 1 至 5 个月的 SOI 指数, 再利用对应于该年 SOI 的相似年份作出综合季节降水预报(如图 2 所示)。

##### 3.1.2 典型相关分析(CCA)方法

典型相关分析方法(Canonical Correlation Analysis)是以多元因子与多元预报对象

间在均方误差最小意义下建立的相关关系为基础制作预报的方法。美国国家气象中心(NMC)目前用CCA方法作赤道太平洋的SST业务预报。过去,根据Barnston和Ropelewski(1992年)<sup>[6]</sup>的工作用全球海平面气压和几个区域的SST作为预报因子。最近对CCA方法作了较大的改进,主要是将海洋次表层因子引入预报模式。它们是20℃等温面深度距平和热带太平洋动力高度距平,从NMC的海洋资料同化系统中获取。这一改进使预报技巧有明显提高。

加拿大气象局用该方法在ENSO事件的预报中取得了成功,因而促进了用交叉相关的典型相关模式方法作加拿大季节温度距平预报业务的发展。所用预报因子为准全球平均海平面气压和赤道太平洋海表温度。

### 3.1.3 各种回归分析方法

回归分析方法是目前国外长期预报业务中应用最多的一种统计方法。例如印度气象局应用多元回归(Multiple Regression)、参数和幂回归(Parametric and Power Regression)方法结合动力随机方法和多重相关技术制作长期预报,准确率可达70%左右。目前,印度制作季风季节降水预报主要依赖参数和幂回归模式方法。它对印度连续六年来长期预报精度的提高起了重要作用。

美国的M. N. Ward和A. Calmon用多元回归与判别分析作7月—9月撒哈拉和北非地区的季降水预报;L. Greischar等也用此法作印度夏季风降水量和等概率分五级的降水等级预报,取得了较好的效果。值得一提的是科罗拉多大学的M. N. Gray根据取绝对偏差最小(而不是常用的最小二乘法)的原则来确定预报因子权重以建立回归方程,作大西洋热带风暴活动的长期预报。该预报每年作三次:上年12月、本年6月初和风暴季节开始的8月初。预报对象包括热带风暴和飓风的个数、强度和影响日数等。利用1950—1991年资料建立预报方程,计算值与实际值的复相关系数在0.7到0.85之间。

考虑到月降水量的大小在一定程度上能反映土壤温度的状态,因而在用上月温度做下月温度预报的方程中若增加上月降水因子有可能改善预报效果。为此,美国气候中心的J. Huang和H. Van den Doull利用1931—1987年的资料作统计分析,结果表明用上个月的平均温度与月降水量为因子建立回归方程所做的美国月平均温度预报,特别是对夏季的内陆地区,其预报技巧明显高于单纯用上月温度为因子的持续性预报。

此外,日本气象厅还利用多重回归方法作月平均温度和降水预报。回归方程所选的预报因子为最近7个月的北半球500hPa高度距平。

### 3.1.4 奇异谱分析(SSA)加最大熵谱分析(MEM)方法

美国的C. L. Keppenne和M. Ghil根据奇异谱分析(Singular spectrum analysis)将SOI的长期历史资料进行滤波,获得周期为两年左右和4—5年的ENSO变化分量,再对每一个频率段的资料进行最大熵谱(Maximum Entropy Method)分析和周期外推预报,然后叠加以获得SOI的指数预报<sup>[7]</sup>(如图3所示)。

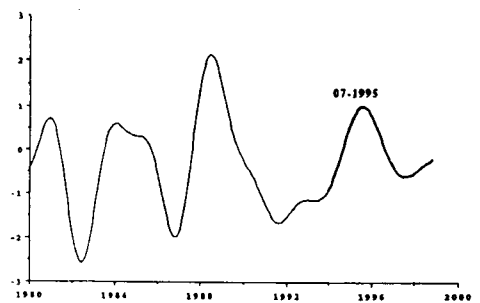


图3 1994年9月至1999年8月SOI指数的SSA—MEM预报。细实线表示1980—1999时期内经过SSA—平滑在观测段的SOI,粗实线表示随后做5年的预报

### 3.1.5 最优气候值方法(Optimal Climate Normal)或(OCN)

通常在没有可靠的长期预报情况下,往往用多年(如30年)同期的气候平均值作为

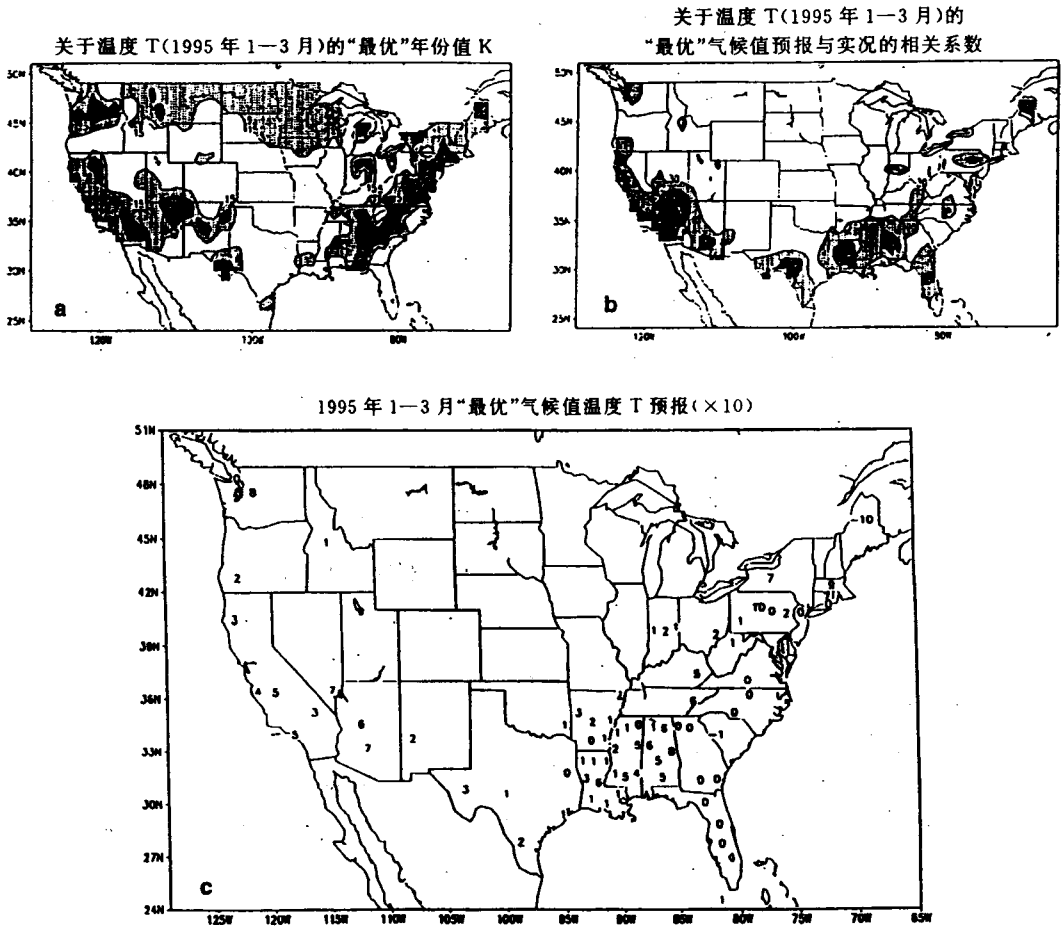


图 4 用(OCN)方法做 1995 年 1—3 月温度预报。a. 计算“最优”气候平均值所取年数的地理分布; b. “最优”气候平均值与下一年实测值的相关系数( $\geq 0.4$  的区域,  $\times 100$ ); c. 标准化温度距平的预报(标准化距平  $\times 10$ )

来年该要素的估计值,但研究表明 30 年的平均不一定具有最好的代表性。美国气候中心的 J. Huang 和 H. Van den Doul 对美国的每个气候区都进行统计,依次取前 1—30 年的平均作为来年的预测值,以预测值与实况最接近为标准统计出各区(站)每年“最优”的平均年数,然后取“最优”平均年数频率最高的年数作为计算该地区(站)“最优”气候平均值应取的年数。图 4 给出了制作 1995 年 1—3 月平均温度预报时的年份分布图,相应预测值与各年实况的相关系数和季平均温度距平的预报<sup>[8]</sup>。

### 3.1.6 相似和反相似预报方法

日本气象厅用相似和反相似方法制作月平均温度预报,预报相似因子为北半球 30 天平均的 500hPa 高度场和 Nino3(4°N—4°S, 90—150°W)最近 12 个月的 SST 月平均海温序列。

总之,各国长期预报业务所用的方法是名目繁多、不胜枚举。以上所列仅仅是这个庞大家族的一个缩影。从长远来看,经验统计方法正在朝着更加客观化、量化、系统化和自动化方向发展。

### 3.2 动力数值模式方法

目前,用数值模式方法作长期预报的基本情况是,对大气部分主要用中期预报模式

作 10 天至一个月的业务形势预报,即所谓动力延伸预报;也有用数值模式作试验性季平均要素预报的。对于季和季以上的预报,一般采用海气耦合模式,重点是热带海温或 EN-SO 事件的预报,为用经验统计方法作相应要素预报提供预报信息。

### 3.2.1 用数值模式作月预报

用数值模式作月预报实际上是将月预报作为大气动力学的初、边值问题,利用 GCM 模式进行延伸积分来实现。之所以能够这样作是基于以下两个理由,首先,业务预报所要求的是月平均统计量(如月平均环流);其次, GCM 模式通常都包含了变化相对缓慢的物理过程,随着预报时间的增长,这些缓变的物理过程变得更为重要。地球表面的许多重要物理过程的时间尺度都超过两周的确定论理论可预报性的界限,如果所用的 GCM 模式能够较好地描述海温、土壤湿度、积冰(雪)等许多缓变物理过程对大气的影 响和有关相对长记忆的物理因子,就可能增加长期预报的实际可预报性界限。目前,用数值模式作月积分的基本情况是,第一句技巧(距平相关)通常在 0.6 左右;第二句明显低于第一句;第三句则往往失去业务参考价值。因此,一些国家或气象机构在开展月数值预报业务时,仍然或多或少借助于统计方法,且各具特色。下面介绍几种具有代表性的方法。

日本气象厅制作月数值预报的方法是,头 10 天的预报直接用数值预报室用 T63L21 全球谱模式作的积分结果;第二及第三个 10 天的预报则利用与 15 天数值预报时间滞后相关建立的回归方程来制作。此外,日本气象厅正在研究利用集合预报方法建立 1 个月的数值预报,初始场采用最佳扰动方法,头 10 天集合预报的距平相关达 0.6 以上,达到了实际应用水平,此后预报的技巧需参考集合成员的离散程度。今后几年主要是改善月动力延伸集合预报,为发布更可靠的月预报提供数值方面的指导。

俄罗斯月长期预报的显著特点是以确定

气候的阶段性的指导思想。阶段性可以理解为空间尺度不小于天气尺度,生命史在“中期( $>10$ 天)”以上。由此将长期预报的问题转化为对大气环流大尺度扰动演变之阶段性的判别和追踪上。因此,目前月预报业务包括以下流程:

- 从每月开始的头三天用 T40L15 模式进行积分以获取与各稳定阶段有关的特征量;
- 考虑到:1)计算机资源限制;2)每月中旬 500hPa 高度场的旬平均与其所在月的月平均的相关达 0.7 以上,对全年各月都是如此,故只进行 20 天积分;
- 将头 10 天的积分结果进行某种特定的处理,用来代表占主导地位的阶段;
- 利用统计过滤方法找出预报时效内几种主要的环流特征,取中旬的环流参数作为基本参数即权重最大;
- 进行同样时间和初始场的 T21L1 正压模式积分,其结果用于作综合预报时参考,其权重则需根据对头 10 天积分的环流的斜压性和第二个 10 天环流的正压性来决定;
- 最后输出的产品当作月平均或头两旬平均的 500hPa 位势高度场,并附有可信度说明。

由于目前模式动力预报的局限性,对 GCM 模式的输出结果必须进行统计过滤和解释工作。这种过滤应该能够分辨出大尺度长期异常过程,而解释工作则是对不同环流阶段性的特征和演变及主要基于 GCM 的预报特征的综合分析。因而可对预报技巧本身事先进行估计。

英国气象部门的月长期预报按 1—5 天、6—10 天和 16—30 天等三个阶段提供。对 1—5 天主要参考气象预报中心的数值预报结果;后两阶段的预报又分为两步,首先是阶段平均的海平面气压场预报,然后根据预报的气压场反演出天气参数。目前第一步主要由降低分辨率的业务模式的 9 个成员的集合预报来完成;并用两种统计方法:地面气压特征向量回归和判别分析方法作相应的预报,

作为对集合预报的补充,尤其当集合预报的离散度较大因而不大可靠时用来取而代之。

此外,还有加拿大、匈牙利、南非等国家的气象部门也开始用 GCM 模式和集合预报方法制作月长期预报。

### 3.2.2 用海气耦合模式作热带海温的长期预报

各国大量数值试验表明,当积分时间超过一个月以上时,模式的大气部分输出结果已失去业务参考价值。但在海气耦合模式中,对海温的超前期为季甚至年的月平均或季平均预报仍有较高的技巧。由于海温对各国尤其是对中低纬地区国家的长期预报具有重要的参考价值,目前围绕海温尤其是热带太平洋海温或 ENSO 事件的试验性模式业务预报工作相当丰富,并不断得到改进。

#### 3.2.2.1 用复杂的海气耦合模式作热带太平洋地区 SST 预报

美国 NMC 用一个由海洋环流模式和大气模式组成的耦合模式来制作常规的热带太平洋海温预报<sup>[3]</sup>。其中海洋环流模式是引进 GFDL 的海洋模式,由一个活动的太平洋海盆模式构成,垂直方向分 28 层。大气模式的动力框架由长期预报业务模式 T126L18 移植过来,分辨率降阶为 T40,在物理过程和参数化方面根据气候预测的要求和热带环流特点作了修改。这个耦合模式的应用结果表明,模式大气的响应在热带地区是好的,温带地区则稍差,但在 ENSO 的 SST 条件下,温带地区大气的响应也较好。目前,重点放在 ENSO 事件本身,每个月都制作未来九个月的太平洋地区海温预报,如图 5 所示。然后再根据海气耦合条件考虑环流异常的预报问题。

#### 3.2.2.2 用简单海气耦合模式作热带太平洋地区 SST 预报

Zebiak 和 Cane<sup>[2,9]</sup>设计并实现了用简单海气耦合模式作 Nino3 区 SST 距平的长期预报,目前已在美国 NOAA 的试验性长超前预测公报(Experimental Long-Lead Forecast Bulletin)定期发表。图 6 为发表在 1994 年 9

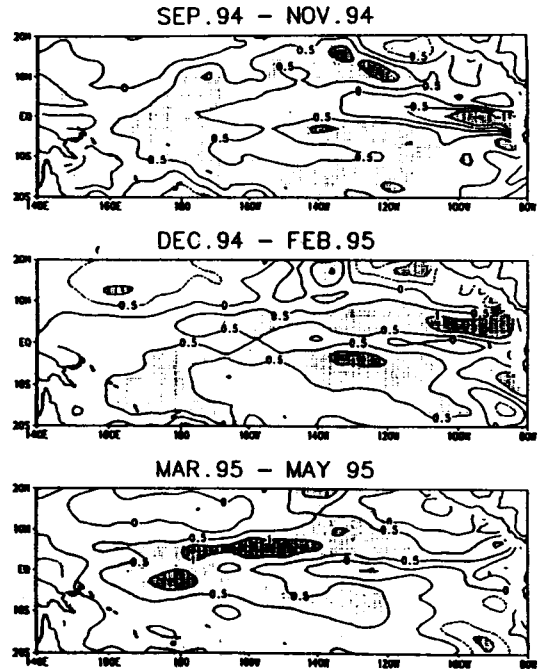


图 5 美国 NMC 耦合模式制作的 1994 年 9—11 月、1994 年 12 月—1995 年 2 月和 1995 年 3—5 月 SST 距平预报。每个预报都是三个单个月的集合预报平均,集合的成员为 2—4 个由相隔 1—2 周 SST 作初始条件制作的预报

月该公报上的自 1994 年 8 月起超前期分别为 3、6、9、12 和 15 个月的 Nino3 区海温距平预报。

#### 3.2.2.3 用中间动力的海洋-经验大气耦合模式作热带太平洋 SST 距平预报

牛津大学大气海洋和行星物理学系用于作热带太平洋 SST 距平预报的模式比较特别,是一个所谓的中间动力的海洋-经验大气耦合模式<sup>[10]</sup>。它由一个具有两个活动层的热带太平洋海洋模式与一个统计模式耦合而成。该统计模式就季节气候学而言与 SST 距平、热容量距平及表面风应力距平有关。海洋模式首先由 1961—1991 年间观测到的风应力来驱动,其输出结果用来建立统计大气模式,并假定风应力距平是模式 SST 和热容量距平的头 6 个主分量的线性函数,随季节变化而变化。

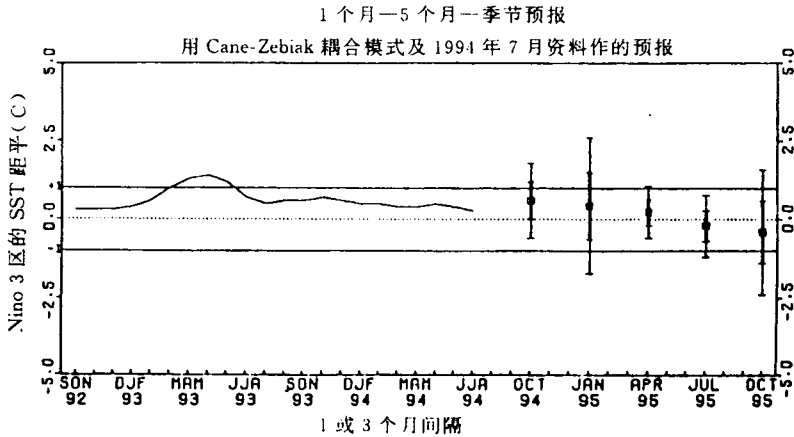


图 6 由 Zebiak 和 Cane 耦合模式制作的超前期分别为 3, 6, 9, 12 和 15 个月 Nino3 区海温距平预报。线段中央的小方框为预报值, 粗、细竖线段分别表示一、二倍标准差。实线表示观测海温

总的来说, 海气耦合模式还处于发展阶段, 不同的模式对同样的预报对象所得到的预报结论也往往存在着很大的差异, 还有待于从各方面进行改进和提高。

#### 4 国外有关长期预报的主要研究活动

大量的业务实践已使人们认识到通过经验统计方法的改进已很难使长期预报的水平有根本性的提高, 因此, 动力模式方法和动力与统计相结合的长期预报方法已越来越受到重视, 并迅速发展起来。有关动力方法研究的一个首要问题是目前各种模式可预报能力的研究。首先是模式气候的有效性检验, 即是否具有正确的平均值、变异、变异最大值的分布及恰当的年变化。作为 Hadley 中心 20 世纪气候计划的一部分, 澳大利亚气象局利用其研究中心气候谱模式 (R31L9) 和 Hadley 中心统一模式 (Unified Model) 作长达几十年 (1950—1991) 的长期积分, 以分析确定模式对当前全球气候特点的再现能力, 尤其是对澳大利亚气候和季节降水年际变率的模拟能力。

在加拿大有一个所谓的“大气模式相互比较计划”。作为该计划的一部分, 对现行谱模式从气候模态角度进行了检验。利用观测的海温及冰雪盖对模式进行了十年 (1979—

1988) 积分, 以考察模式气候是否与实际气候相似。

在季节预报能力的研究方面, 欧洲中期预报中心利用连续 5 年的 SST 观测值制作 120 天积分的集合预报, 每年的特点用 SOI 的符号和强度来表征。结果表明, 对于 SOI 大的年份季时间尺度的预报技巧较高; 对北半球热带外地区集合预报技巧在春季最高, 此时, 单个成员离散度也最小。为了评估季节尺度可预报性, 分析了利用事先给定的 SST 进行的 9 个成员的集合预报结果。结论是在欧洲上空对于 SOI 位相相反的年份的夏季和春季, 气温具有明显的可预报性, 降水稍差。这方面的工作还在继续深入。

就业务角度而言, 关于月数值预报方法的研究包括两个重要方向, 一是 GCM 模式本身的改进, 这是个需要长期艰苦努力的研究问题; 二是集合预报方法的研究, 包括两个方面, 一是初始场的构造, 二是集合方法的最优设计。许多国家正在做这方面的尝试, 如日本、法国、英国等。此外, 在用海气耦合模式作更长时间的预报时也大都采用集合预报方法, 以便在一定程度上减小由多种原因造成的具有随机特性的预报误差。可见在用动力方法作预报时, 统计方法的引入可以弥补动力方法某些不足。可以预见, 在未来一段时间

的长期预报业务中,动力和统计相结合的方法将起到越来越重要的作用。

总的来说,要从根本上提高气候预报模式的性能,首先必须进一步了解气候变化的物理机制;其次是在数值模式中恰当地反映和描述这些机制。这也是今后相当长一段时期气候预测研究的核心问题。

## 5 结束语

从以上介绍的情况来看,近几年来世界上主要发达国家或地区在长期天气预报的研究和业务应用方面作了大量的工作,并取得了较大的成绩,这也说明长期天气预报的可行性和效果已得到越来越多的承认,长期天气预报作为气象研究领域一个十分复杂和困难的学科已经并将继续获得巨大的进展。

由目前各国制作长期预报的方法来看,经验统计方法仍然占有主导地位。这说明今后一段时间内,经验统计方法仍将是长期天气预报的主要方法。用动力学模式方法制作长期预报的试验研究近年来已取得很大进展,首先是月动力延伸预报和集合预报的业务或准业务应用对月预报的提高有明显的促进作用。另外,在海气耦合动力模式方面,目前只在实时的 SST 预报方面取得一定进展,而距离制作环流和天气预报还有一段相当艰苦的路程,但毕竟已迈出了坚实的一步。

总而言之,长期预报是一门涉及多种学科、综合性极强的科学。每前进一步都需要我们付出巨大的努力。随着对气候变化物理机制认识的不断深入,长期预报的水平必将迈上新的的台阶。

## 参考文献

1 WMO. Long-Range Forecasting Progress Report for

1993/1994, WEATHER PREDICTION RESEARCH PROGRAMMES, TECHNICAL DOCUMENT, LRFP REPORT SERIES NO. 1, WMO/TD-No. 675. 1995

- 2 Zebiak S Z, and Cane M A. Forecast of Tropical Pacific SST Using a Simple Coupled Ocean-Atmosphere Dynamic model. *Experimental Long-Lead Forecast Bulletin*, 1994, 3(3): 7-9
- 3 Ji M and Leetmaa A. Forecast of Tropical Pacific SST Using a Complex Coupled Ocean-Atmosphere Dynamical model. *Experimental Long-Lead Forecast Bulletin*, 1994, 3(3): 4-6
- 4 Penland C, M Ghil and K M Weickmann. Forecast of Pacific-Indian Ocean SST Using Linear Inverse Modeling. *Experimental Long-Lead Forecast Bulletin*, 1994, 3(3): 16-17
- 5 Drosowsky W. Analogue (Non-Linear) Forecasts of the Southern Oscillation Index Time Series. *Experimental Long-Lead Forecast Bulletin*, 1994, 3(3): 19-21
- 6 Barnston A G and C F Ropelewski. Prediction of ENSO episodes using canonical correlation analysis. *J Climate*, 1992(5): 1316-1345
- 7 Keppenne C L and M Ghil. Singular Spectrum Analysis followed by the Maximum Entropy Method (SSA-MEM) to predict the SOI to 1999. *Experimental Long-Lead Forecast Bulletin*, 1994, 3(3): 18
- 8 Huang J and H M Van den Dou. Optimal Climatic Normals Prediction of U. S. Surface Climate through Jan-Feb-Mar 1995. *Experimental Long-Lead Forecast Bulletin*, 1994, 3(3): 24-27
- 9 Zebiak S Z and M A Cane. A model El Nino-Southern Oscillation. *Mon Wea Rev*, 1987, 115, 2262-2278
- 10 Balmaseda M A, Anderson D L T and M K Davey. ENSO prediction using a dynamical ocean model coupled to statistical atmospheres. *Tellus*, 46A, 1994, in press (August issue)