

肖子牛. 我国短期气候监测预测业务进展[J]. 气象, 2010, 36(7): 21-25.

# 我国短期气候监测预测业务进展

肖子牛

国家气候中心, 北京 100081

**提 要:** 回顾了我国短期气候监测预测业务发展技术历程, 总结了业务的现状和主要进展, 根据经济社会发展对气候监测预测服务的需求, 分析了气候监测预测业务水平不高和业务能力不能满足服务需求的问题。提出了建立涵盖从延伸期(15 到 30 天)、月、季、年、年际和年代际的时间尺度的无缝隙业务的发展目标和重点任务。

**关键词:** 气候, 预测业务, 进展

## Advances of the Short-Range Climate Monitoring and Prediction in China

XIAO Ziniu

National Climate Center, Beijing 10081

**Abstract:** The history of the short-range climate monitoring and prediction operation is reviewed in the paper. The operation feature and main advances are summarized. Based on the needs from economic and social development, the shortage of the prediction skill and operation ability to service need is analyzed. The seamless operation frame covering from the extended range (15—30 days), month, season, year, interannual to decadal timescales is presented as the aim for future operation.

**Key words:** climate, prediction operation, advances

## 1 我国短期气候监测预测业务的发展

### 1.1 气候监测业务发展

气候监测是气候预测的重要基础, 由于气候的大尺度演变和复杂的相互作用的特点, 气候监测不仅是对中国范围的气象要素和其变化的监测, 还需要建立更大范围的气象和气候系统其他要素的监测业务。自 1990 年就逐步建立了中国和全球范围的气候监测诊断业务。经过近 20 年发展, 在监测内容、范围和方法上都取得了相当大的成果和进步。

在大气监测方面, 建立了比较完整的对全球地面气候基本状况、大气环流基本状况、西北太平洋副热带高压等重要系统的月时间尺度监测, 随着对极端事件的关注和精细化监测需求的增长, 气候要素的监测正在从传统意义上的月平均气温和月降水量扩展到了逐日滚动的最高气温、最低气温、平均气温

以及降水量的监测。2005 年建立了适用于开展气候业务的全球台站逐日气候资料集。2009 年, 中国气候要素的监测业务中使用的监测站网由原来的 600 多站扩展到 2000 余站, 极大地提高了监测产品的精细化程度。中国是典型的季风活动地区, 对东亚夏季风的监测一直是气候监测基本业务内容, 国家气候中心建立了一整套对东亚夏季风活动的滚动监测标准和业务, 并实现了夏季风的逐日监测, 2009 年又建立了对东亚冬季风活动的滚动监测业务。

在海洋监测方面, 基本建立了海洋表面及次表层温度基本状况的月尺度实时监测业务, 通过“九五”建立的 ENSO 业务系统, 建立了月尺度热带太平洋 ENSO 的监测和预测系统, 具备了对月尺度 ENSO 演变海气综合特征的滚动监测和预测能力。ENSO 监测和预测产品通过网络对外发布, 在海洋气候领域初步整合和搭建了西北太平洋台风活动季节综合预测系统。

在积雪和海冰监测方面,2004 和 2006 年分别建立了以月时间尺度为主的北半球积雪和南北极海冰监测业务。其中,积雪监测业务监测北半球、欧亚、中国及三大积雪区域(青藏高原、新疆、东北)的积雪日数及距平 and 不同区域积雪面积;海冰监测的主要内容是南北极月海冰密集度及距平,每月在国家气候中心网站发布相关产品,为短期气候预测提供了冰雪监测信息。

## 1.2 气候预测业务发展

我国位于东亚季风区,气候年际变化大,频繁发生的旱涝等灾害给经济和社会造成严重影响,因而气候预测工作一直是气象业务的重要组成部分。我国是最早开展气候预测业务的国家之一,目前也是气候预测系统建设最完备,业务能力处于先进水平的重要业务中心,是 WMO 确认指定的亚洲区域气候中心(BCC)、全球气候预测产品中心(GPC)、东亚季风活动中心(EAMAC)和亚洲极端事件监测中心(CEEMA)。中央气象台长期预报科从 1958 年开始正式发布长期预报,并每年组织汛期旱涝的预报会商。1995 年国家气候中心成立后,预报业务转到国家气候中心气候预测室(后改名为气候诊断预测室)承担气候预测业务。

长期以来,气候预测主要以物理统计方法为主<sup>[1-2]</sup>,其重点是分析影响中国气候异常的各种物理因素及其前兆信号,以分析海温、雪盖、季风、阻高、副高等因子对中国汛期旱涝的影响为基础做气候预测。20 世纪 80 年代后,随着短期气候预测理论研究和观测事实的不断呈现,人们在揭示影响大气气候

状态的物理因子和物理机制,寻找有一定物理意义的影响气候异常因子或强信号等物理统计方法上取得了显著进展;通过对海气相互作用、陆地热状况、低频振荡、大气的遥相关、海温异常、冰雪覆盖对大气的影响的统计分析,建立了有较为清晰物理图像的预测概念模型,物理统计方法和技术得到了深化和提高。从 2001 年开始,国家气候中心开展了气候数值预测模式的业务实验,随着动力气候模式业务系统的建立,确立以物理统计方法和动力数值模式相结合开展短期气候预测的技术思路,建立了一套以逐月和汛期气候预测为主要内容的业务系统。

目前我国主要以物理统计和动力模式相结合的方式开展短期气候预测,气候预测准确率的提升并不是很明显,国际上的情况也类似。国外业务中心在开展气候预测时首先要分析有无预测技巧,对没有预测技巧的地区不发布预测,我国的预测业务从服务需求出发,一直开展全国的气候预测业务。图 1 为 1978—2008 年逐年夏季降水预测技巧评分,很明显,逐年的评分值(预报技巧)存在很大的年际差异,最高分为 80 分(1978 年),最低分为 44 分(1983 年和 1999 年)。这 31 年的平均分为 65 分,标准差为 8.7 分。从图中还可以看出,2000 年之后的评分比之前略有增加,2000—2008 年平均分为 67.9 分,而 1978—1999 年分值为 64.5 分。从分值分布看,2000—2008 年这 9 年中有 5 年在 70 分之上。而在之前的 22 年中,有一半年份在平均分之上,其中仅有 5 年在 70 分之上。这些表明,近年来汛期降水的短期气候预测水平有了一定程度的提高。

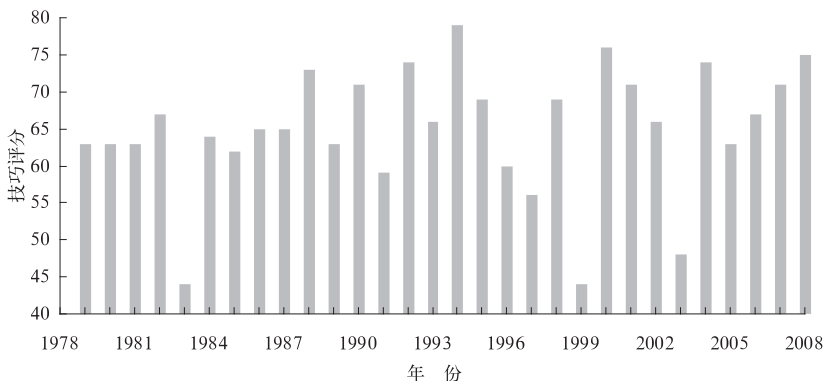


图 1 1978—2008 年逐年我国夏季降水预测技巧评分  
(国家气候中心预测室提供)

Fig. 1 The prediction skill for the summer precipitation over China during 1978—2008 (provided by National Climate Center)

最初的短期气候预测的产品主要是为农业生产服务的,随着经济社会需求增长和业务技术的发展,短期气候预测的种类不断丰富。预测对象涉及气

温、降水、台风数量、冷空气频次、沙尘频数、农业生产条件、森林草原火险等。产品包括中国范围内月、季、年时间尺度的温度、降水、冷空气、霜冻、台风,以

及春播天气条件、梅雨等专项天气气候事件的气候预测和气候趋势预测,预报的范围也不仅仅限于我国,建立了基于动力模式的旬、月、季节尺度的确定性和概率预测指导产品和全球范围环流、要素预报业务。

## 2 我国气候模式预测业务的进展

模式预测正在成为短期预测业务越来越重要的技术基础,在短期天气预报业务中的巨大成功使人们对数值气候模式的气候预测应用充满了期待,人们普遍认为,现在气候预测的水平还很低,要在预测技术上取得突破,可能的出路就在于数值气候预测模式的改进和应用。我国是最早开展数值模式气候预测业务的国家之一,自1995年国家气候中心成立以来,在“九五”国家科技项目的支持下,初步建立了一套完整的动力气候预测业务模式系统<sup>[3-4]</sup>。从2001年到2004年,国家气候中心对这一气候预测模式系统进行了不断的改进和检验<sup>[5]</sup>,开展了历史回报和3年的准业务化试验检验,2005年国家气候中心的NCC气候预测模式系统作为我国第一代短期气候预测动力气候模式业务系统投入业务运行,该动力模式预测系统主要表现在建立了一套由月动力延伸预报模式、海气耦合的全球气候模式、高分辨区域气候模式和ENSO预测模式以及前处理、后处理系统组成的月、季和年际尺度的业务动力模式系统。这套系统在进行月、季、年际时间尺度的气候预测业务试报中表现出一定的预报能力。通过近10年回报检验表明,该模式系统在季风和季风雨带的推移及演变方面有改进。在模式产品的基础上,还开展了气候动力产品解释应用方法的研究。该系统成为短期气候预测业务的主要方法之一,预测产品在我国省级气象部门气候预测业务中得到了广泛应用。

为提高对气候系统的模拟能力和对气象灾害的预测水平,从2003年开始,在中国气象局“气候系统模式发展研究”项目的支持下,国家气候中心启动了我国气候系统模式的研制和发展工作。经过几年的发展,建立了包括海-陆(生)-冰-气多圈层相互作用的气候系统模式,其中,全球大气环流谱模式BCC-AGCM2.0.1取得了一系列重要进展<sup>[6]</sup>,包括在模式物理过程参数化的发展与改进,如:发展了新的积云对流参数化方案;改进大气环流模式BCC-AGCM2.0.1中云的垂直重叠问题的处理;在BCC-AGCM2.0.1

中引入了NASA太阳辐射传输模式CLIRAD-SW等。试验结果表明,BCC-AGCM2.0.1模式对降水、气温、大气热力结构和大气环流等气候态和季节变化有较好的模拟能力,尤其是对东亚季风降水的北推过程具有较好的模拟能力,对MJO活动的模拟刻画也显示一定的潜力。2009年国家气候中心在气候系统模式BCC-CSM1.0的基础上开展第二代短期气候模式预测系统的研发工作。

与物理统计预测方法相比,气候模式的优势是充分考虑气候系统的物理过程,通过不断改进、采用集合预报等方法,气候模式的预测能力在不断提高,在业务预测中的作用和地位得到明显加强,它代表了短期气候预测方法的发展方向。但就目前来看,动力学方法的预测水平还不能满足业务预测的要求,并且对大量历史信息利用不足,预报技巧还不高,改进动力预测模式的初始场和改进与海、陆模式的耦合是未来要解决的关键问题。目前有十一个国家或中心运用动力气候模式开展全球气候预测(WMO-GPC),欧美等国的模式性能较高。研究分析表明,集合模式预测能够有效地改进预测效果,欧洲现有季节气候预报系统主要根据欧洲中期天气预报中心和欧洲各国天气局的预测结果,采用多模式集合的方法完成。

为了满足经济社会发展的需求,世界各主要气候中心今后将在继续研究改进月、季尺度预测的同时,开展月内尺度的延伸期预测、年际年代际和气候变化的预估。同时多模式集合预测也是发展的重点方向,预测结果更多以概率预报的形式发布,从而逐渐取代传统的确定性预报。

据估计分析,气候模式预测能力在今后一段时期内还不能满足业务的需要,但其提供的有用信息将会越来越丰富,动力-统计相结合的方法将成为主要的气候预测方法,它在动力气候模式输出产品的基础上,通过统计分析,对动力产品进行降尺度的统计解释应用,预测一个区域或具体地方的气候状况。

## 3 我国短期气候预测的应用服务

气候业务服务的开展始于气候信息的应用,利用气候资料开展为农业气候等领域的应用服务。1982年,国家气象中心首先建立气候影响评价业务,并在一些省份进行试点,逐步在全国范围内建立起从中央到省、地、县各级气候影响评价系统。1983

年成立了气候资料室分析科评价组,气候信息的应用成为正式业务,此后,评价逐步由定性向定量转变,并且由仅用简单的统计方法向与复杂的数学评估模型相结合的方法转变。评估领域也逐渐拓展,内容涉及农业、水资源、交通、能源、生态环境、人类健康等方面。

气候预测由于其不确定性很大,预测信息一直作为决策产品提供给政府有关部门作为参考。随着业务能力的提高,服务应用产品不断丰富,目前的预测服务产品包括月、季、年,以及汛期、盛夏关键时段温度和降水异常百分率等核心要素预测;春季沙尘暴趋势预测、北方地区初霜冻、华南春播天气条件、江南春播天气条件、东北夏季低温等月尺度预测;秋冬季森林草原火险趋势预测、台风及冷空气等重要气候趋势预测;全球、亚洲、中国干旱监测与展望、ENSO 监测与展望、MJO 监测预测、东亚季风监测与预测等。灾害影响评估也从灾后评估逐渐扩展到灾中评估和灾害预估。

## 4 我国短期气候预测业务发展目标

经济社会发展对气候预测服务的需求不断增长,目前的业务能力已经难以适应需求的发展,除了气候预测的不确定性外,气候预测精细化水平不高,延伸期预测等业务空挡均是面临的主要问题。因此,努力提高预测准确率,建立涵盖从延伸期(15 到 30 天)、月、季、年、年际和年代际的时间尺度的无缝隙业务,完善有针对性的服务产品以满足经济社会发展,是我国短期气候预测业务发展的急迫目标。现代气候预测的主要任务包括加快预测模式应用研发、加强监测诊断、建立无缝隙预测业务和加强业务产品的针对性几个方面。

### 4.1 建立海陆气耦合的气候数值预测业务模式

基于中国气象局发展的气候系统模式 BCC\_CSM,建立第二代气候预测业务系统(如图 2),其中大气/陆面模式的水平分辨率达到  $1^\circ$  左右,该模式通过耦合器实现大气、海洋和陆面的耦合,对东亚季风雨带南北进退、MJO 等低频活动具有更好的模拟能力,有助于我国的降水预测的技巧达到国际领先水平。该预测系统将可用于月尺度预报、季节预测和年际预测,也可用于 10~30 天的延伸期预测,为无缝隙气候预测业务体系提供技术支撑。

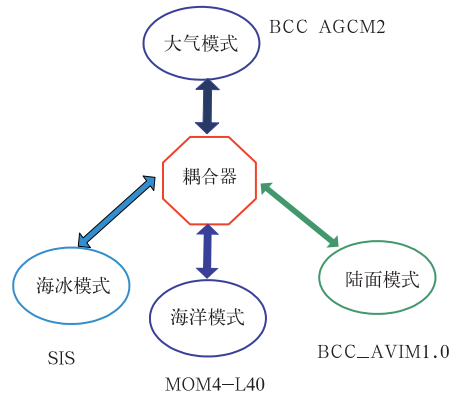


图 2 国家气候中心第二代气候预测模式业务系统结构框图

Fig. 2 The frame of NCC operational prediction model system V. 2

### 4.2 加强气候系统的多圈层多尺度监测诊断

季风与大气环流监测:要使有限的观测资料更好地发挥作用,同化技术将广泛应用于气候系统监测业务,使遥感资料与常规观测资料得以综合应用。气候系统监测时间分辨率上的细化也是发展趋势,由于气候业务发展的需要,时间尺度上分辨率越来越高,气候监测已经不只停留在月季尺度上,而是扩展到季、月、周、候、日的监测。逐步增加完善对多个大气环流特征量的监测和物理诊断量的监测分析,建立对南海季风、东亚副热带夏季风、南亚季风、澳大利亚季风的监测诊断,对气候系统产生影响的其他主要信号也是监测重点,如低频振荡(MJO)、南极涛动(AAO)、北极涛动(AO)、北大西洋涛动(NAO)、平流层(臭氧)等。此外在全球变暖的大背景下,极端气候事件发生的频次不断增多,气候极端值和异常天气气候事件影响日益严重,需要建立极端天气气候事件的监测检测体系,开展中国和全球范围的极端天气气候事件的监测业务。

陆面与冰雪监测:开展全球陆面与冰雪监测,包括地表温度监测、地表反照率监测、植被覆盖监测、土壤湿度监测、高寒地区冻土监测、高原热状况监测、积雪日数监测、积雪深度监测和海冰监测,建立全球、欧亚和中国的不同地理范围的地表温度监测产品、卫星遥感干旱监测产品、植被覆盖监测产品、青藏高原积雪监测产品、高寒地区冻土监测产品等。建立逐周积雪监测指数,针对特殊区域和高原地区,综合考虑卫星遥感信息和常规观测资料,研制多种积雪监测指标。建立南极海冰涛动指数、巴伦支海、白令海、鄂霍次克海等多个区域的海冰密集度监测指数。

海洋监测:实现全球范围的海洋监测的多时间

分辨率的无缝链接和精细化监测,建立对全球海洋气候异常具备候-月尺度滚动监测、成因诊断、预测及气候影响区识别能力的业务系统。具备对不同 ENSO 类型、印度洋 IOD、太平洋经向异常模等显著海洋异常信号的逐候(周)-季的滚动监测和预测能力。

### 4.3 建立无缝隙预测业务

建立无缝隙预测业务,重点任务是加强 15~30 天延伸期预测能力,建立月内尺度的过程预测业务,提高季节和年预测能力,开展年际以上的年代际预测。

延伸期预测以客观化动力模式预测为主,采取动力模式和统计相结合的方法,可考虑开展多模式集合预测,核心和关键技术是开发能够模拟 MJO 等低频活动的气候预测业务模式。最近的一些工作研究了 MJO 等低频活动对我国降水的影响,并基于对 MJO 等低频活动的诊断分析,初步开展了预测业务试验,检验表明,对 30 天内的过程预测具有参考价值。此外,应用动力和统计相结合的方法,我们基于现有业务模式的产品,分析了其可预报稳定分量,研究了模式变量与 10~30 天的时间尺度上可预报的支撑其吸引子的变量相互变换的方法,探索建立针对稳定分量的预报方程和数值框架。通过上述技术途径,有望建立起具有可用性的 10~30 天延伸期预测业务。

月预测主要目标以动力模式预测为基础,逐步提高月尺度短期气候预测准确率,并将月尺度预测细化到过程,同时提高预测产品的分辨率,开发动力气候模式解释应用产品,开展概率预测技术研究,对预测产品不确定性进行定量化评估,发布包含对信息不确定性进行分析的预测产品和概率预测产品。

季节预测要进一步深化动力统计相结合的技术思路,不仅要努力提高预测的准确率,也要提高精细化的水平。季节预测要研究发展集合预测技术和动力模式技术相结合的季节尺度集合预测技术体系,建立滚动季节尺度预测业务,在加强汛期预测和冬季预测的基础上,要加强对春秋季节预测的动力机制研究,逐步建立精细化到逐月的季节预测业务,同时也要加强季节动力气候模式集合预测、概率预测能力。

年际和年代际尺度预测要进一步提高预测预估的水平,也要加强基于物理统计方法研究,建立集合预测技术和动力应用技术相结合的年际尺度集合预测技术体系,逐步形成年际和年代际尺度预测产品。

## 5 小 结

尽管我国短期气候预测业务走过了 50 多年的业务历程,但气候业务产品要成为与天气预报一样的广泛应用和认可,还有很长的路要走。经济社会需求的增长和气候科研成果的不断涌现,给气候预测业务的发展带来了巨大的挑战,同时也是巨大的机遇。第三次世界气候大会提出了建立全球气候服务框架,让气候信息和预测更好地为决策服务,并提出要促进气候信息的应用,加强业务和用户的沟通,构建气候信息应用平台,使气候信息主流化,成为社会的基础性公共信息。政府和社会各行业要能充分地应用气候信息和气候预测,首要问题是要不断提高气候预测的准确率。其次要加强气候业务和用户的沟通互动,加强有特定服务对象专业气候服务<sup>[7]</sup>,提高气候预测产品终端用户对气候预测准确率的认知,让用户准确了解预测产品包含的所有信息。包括不确定性的信息,从而提高气候预测信息可用性和效益。

气候预测模式的不断改善和进步,是提高气候预测业务能力的必由之路,但应该看到,气候模式预测准确率的提高还有很长的路要走,坚持动力模式预测技术和统计技术相结合的有中国特色的气候预测业务发展方向,是提高预测准确率的关键,坚持在物理统计指导下的动力模式方法,和在动力模式产品基础上的物理统计方法,建立包含延伸期和年代际时间尺度的无缝隙气候预测业务,努力满足经济社会不断增长的需求,是气候科研和业务努力的方向,同时需求的存在和不断增强也是推进气候业务发展的不竭动力。

## 参 考 文 献

- [1] 陈桂英.我国现有短期气候业务预测方法综述[J].应用气象学报,2000,11(增刊):11-20.
- [2] 魏凤英.气候统计诊断与预测方法研究进展—纪念中国气象科学研究院成立 50 周年[J].应用气象学报,2006,17(6):736-741.
- [3] 丁一汇.我国短期气候预测业务系统[J].气象,2004,30(12):11-16.
- [4] 罗勇,林本达,王绍武,等.距平模式月际旱涝异常的诊断及预测试验[J].气象学报,1998,56(5):540-550.
- [5] 丁一汇,李清泉,李维京,等.中国业务动力季节预报的进展[J].气象学报,2004,62(5):598-612.
- [6] Wu Tongwen, Yu Rucong, Zhang Fang. A modified dynamic framework for the atmospheric spectral model and its application[J]. Climate Dynamics, 2008,65(7):2235-2253.
- [7] 叶笃正,严中伟,戴新刚,等.未来的天气气候预测体系[J].气象,2006,32(4):1-10.