

我国中期和延伸期预报业务现状以及发展趋势

康志明 鲍媛媛 周宁芳

(国家气象中心, 北京 100081)

摘要: 中期预报是天气预报业务的重要环节之一, 因其预报时效长, 预报可靠性也相对较高, 中期预报在防灾减灾科学决策中起着重要作用。回顾了我国中期预报的发展历史, 着重介绍了目前国家气象中心的中期预报业务现状以及主要技术手段。并通过分析和总结我国中期预报业务和国际先进国家的不同和差距, 讨论我国中期预报业务的未来发展趋势。同时, 还对国家气象中心开展的延伸期预报业务做简略介绍, 讨论其主要技术手段以及未来发展趋势。

关键词: 中期预报, 延伸期预报, 季风, MJO

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2013.01.003

Current Situation and Development of Medium-Range and Extended-Range Weather Forecast in China

Kang Zhiming, Bao Yuanyuan, Zhou Ningfang

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract: Medium-range weather forecast is an important part of the weather forecast operation. Because of relatively long forecasting valid time and high reliability, medium-range forecast plays a significant role in the decision-making process of disaster prevention and reduction. This paper reviews the history of medium-range forecast in China, and emphatically introduces the current situation and the main technical means of medium-range forecast in the National Meteorological Center. Based on the comparative analysis of the differences and gaps in the medium-range weather forecast both in China and in developed countries, the development trend is discussed. A brief introduction to the extend-ranged forecast developed by the National Meteorological Center is also given in the paper, its technical means and the development trend are also discussed.

Keywords: medium-range forecast, extend-ranged forecast, monsoon, Madden-Julian Oscillation

1 引言

按“中期天气预报”国家标准, 中期天气预报的定义为“72h以上, 240h以内天气变化的预先估计和预告”。在“延伸期预报”概念出现之前, 在10d以上, 15d以内的预报也属于中期天气预报业务范畴。

我国地处欧亚大陆东端, 北临西伯利亚高寒地带, 东临太平洋, 以及受到高达对流层中层的青藏高原的热力与动力作用的显著影响, 使我国成为复杂的季风气候区域^[1-5]。由于季风的季节性推进和大尺度特征, 我国灾害性天气具有明显的中期变化规律, 并呈区域性分布特点, 如区域性暴雨洪涝和干旱、高温热浪、沙尘暴雨和寒潮等。而区域性灾害往往涉及某个或多个流域, 多个省(市), 直接威胁到国家和人民生命财产安全。因此, 我国中期天气预报自建立之初即以旱涝、冷暖趋势以及关键性、灾害性和转折性天

气预报服务作为核心业务, 以超前的预报时效, 在充分利用各种天气气候资源及防灾减灾等国家重要决策的气象保障中占有重要地位。

中期预报是一个困难而复杂的科学问题, 既不同于长期预报, 也不是短期预报的延长, 它着重于研究行星尺度系统或者一群天气尺度系统的演变规律, 特别是天气尺度系统与行星尺度系统之间的非线性相互作用和中期物理过程。自20世纪50年代中期天气预报业务开始, 到20世纪90年代初中期数值预报发展之前的四十多年里, 我国中期天气预报专家利用有限资源探索出了一条与短期天气预报不同的发展之路: 20世纪50年代, 主要采用前苏联牟尔坦诺夫斯基等为代表的“自然天气周期法”; 20世纪60年代, 德国鲍尔倡导的“环流型预报方法”占据主导地位; 20世纪70年代中后期, 北半球天气图开始在日常预报工作中得以应用, 并对其进行时间平均或空间滤波, 以识别长波、超长波演变, 制作更长时效的中期天气预报; 20世纪80年代前期, 数值模式形势产品开始出现, 将其转化为区域性的具体天气预报, 是该时期中期天气预

收稿日期: 2012年5月28日; 修回日期: 2012年8月10日
第一作者: 康志明(1978—), Email: kangzm@cma.gov.cn
资助信息: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006018)

报业务面临的新课题。

20世纪90年代之后,随着数值预报的发展,数值产品在时效、层次、要素、范围、分辨率和准确率等方面进展迅速,中期天气预报进入飞速发展期。特别是进入21世纪,随着信息技术和大气科学的发展,以中期数值天气预报为基础,各种数值产品统计释用技术为辅助手段,传统中期预报技术与天气学经典原理、天气动力热力学前沿理论为科学理论支撑,人机交互处理系统为工作平台的现代中期天气预报体系已基本成熟,中期集合预报产品业务应用逐步推进,中期天气预报已进入新的发展时期。

与中期预报相比,延伸期预报是一项新的预报业务。延伸期天气预报时效为10~30d,它衔接了天气预报(1~10d)和气候预测(月尺度以上)的“时间缝隙”。在中短期数值天气预报取得成功的基础上,世界上主要的数值预报中心均试图延长预报时效,而大气系统是一个高度非线性的混沌系统,这使得数值模式对初始时刻的误差非常敏感,即非常小的误差,随着时间的延长,误差会不断扩大。因此,在理论上决定了延伸期预报非常困难,利用数值预报对其预报有很大难度,统计预报也存在局限性。目前国内外延伸期预报业务的开展主要从两方面进行,一是对气象要素(气温、降水)在某段时间的平均值或距平值进行预报;二是针对持续性环流异常造成的重大天气过程进行预报。

近年来,我们在中期预报业务的发展上取得了一定的进展,延伸期预报业务也初步建立。然而,社会经济的快速发展,对中期、延伸期预报也提出了更高的要求。2008年1月,南方地区持续性低温雨雪冰冻天气造成的灾害和影响,体现出现代社会对灾害天气,特别是持续性异常极端事件预报时效尽量提前的需求越来越强。同时,与发达国家相比,我国中期、延伸期预报业务虽然有自身的特色,但也不可否认仍存在很大差距。2011年开始,国家气象中心推动现代天气业务建设,本文对中期、延伸期预报业务近年来取得的进展进行回顾,并对国内外在中期、延伸期预报方面的研究进展和主要技术手段给出总结,在此基础上,探讨我国中期、延伸期预报业务的发展趋势。

2 中期天气预报业务现状和发展趋势

2.1 中期天气预报业务的现状

2.1.1 发达国家中期天气预报业务现状

目前,欧美国家的天气预报业务中心依托其数值模式产品开发了大量的中期精细化预报产品。如美国国家环境预测中心(NCEP)主要集中制作3~7d

精细化的气象要素预报产品,具体包括3~7d最高和最低气温预报,3~7d 12h和24h间隔降水概率预报,4~7d 6h间隔降水可能性指数、露点、风、云量和天气等格点预报等;英国气象局(Met-Office)中期时段(3~5d)为逐日具体要素预报,如天空状况、最高气温、最低气温、降水量、风速、风向和能见度等;日本气象厅的中期预报业务产品为1~7d天逐日站点趋势预报,其中降水为概率形式。Met-Office还对6~15d以及16~30d预报主要以文字描述的形式给出未来天气趋势、温湿特征等,同时也指出某些区域可能出现的极端天气事件。

此外,天气预报尤其中期预报出现由确定性向概率预报转变的趋势,NCEP的水文气象预报中心每日发布中期基本气象要素概率预报产品,气候预测中心发布延伸期降水和气温异常概率预报产品等。这些概率产品的生成多以客观为主,在技术支持上除了集合预报产品的应用外,还发展了蒙特卡洛等一系列统计预报方法来充分考虑预报的不确定性。概率产品覆盖多种尺度天气和预报时效,为用户科学认识天气预报的不确定性,并且将这种不确定性转化为可供经济用户使用的概率信息,这无疑是天气预报业务发展的里程碑。

2.1.2 我国国家级中期天气预报业务现状

相对于欧美国家以逐日精细化要素预报为主要业务产品,国家气象中心中期天气预报以防灾减灾和公众服务为重心,承担着大量的不定期的决策服务。预报的核心是对未来中期时段内全国总体降水、气温趋势的把握,以及灾害性、转折性和关键性天气过程的预报。

业务产品主要有“中期天气公报”(未来10d天气趋势预报)、“中期旬报”以及各种供政府决策的服务材料,其内容包括冷暖趋势(平均气温距平)、降水趋势和主要天气过程预报,特别是灾害性天气(区域性寒潮、暴雪、暴雨、高温、沙尘暴和霜冻等),转折性天气(持续性旱涝天气的转换、持续高温起讫、低温雨雪冰冻的持续与结束等)和关键性天气(华南前汛期暴雨、梅雨、华北暴雨和华西秋雨等)过程预报。在逐日预报方面,中央气象台主要为气温(以MOS客观产品为主)和降水(落区)预报,时间间隔为24h。

与发达国家相比,国家气象中心中期天气预报在预报产品的精细化程度和产品种类上都有明显差距。同时,集合预报应用程度不高,应用水平相对还比较低,概率预报业务发展缓慢。近年,国家气象中心中期现代天气业务建设在中期灾害性天气预报和中期概

率预报方法进行了业务拓展,开始设计并发布更有针对性的中期预报产品,如过程降水量预报、夏季逐日高温、冬季未来一周极端最低气温预报、气温距平和降水距平概率预报等。

2.2 中期预报技术方法

2.2.1 我国天气趋势、重大天气过程及灾害性天气的中期天气预报技术方法

鉴于我国中期天气预报重点在于天气总体趋势和重大天气过程,其决定性的天气环流因素主要有西风带锋区位置和强度变化,阻塞高压的建立和崩溃,冬半年南支西风扰动以及夏半年西北太平洋副热带高压等各亚澳季风系统成员的活动等。因此,探索这些天气环流和关键天气系统的演变规律和机制是中期天气预报技术的核心。中期天气预报的难点在于未来环流形势预报参考信息的不确定,为减少这种不确定性,需要增加较多基于中期预报基础理论的数值预报产品的再加工提炼产品,这是降低中期预报不确定性的重要途径。

从20世纪90年代以来,我国中期预报员继承和总结过去各个时期有效的预报技术经验和成果,广泛吸收现代气象科学前沿理论成果,利用信息化技术手段,针对我国各季节天气特点及其主要影响系统,深度开发中期数值预报产品;在中期数值模式预报产品中提炼能反映天气环流、关键天气系统的总体特征和演变趋势的特征物理量场和指数时间序列,并结合实况和历史观测资料、数值模式再分析资料分析其与气候态的偏差,以此预报未来中期时效内天气的总体变化趋势,形成了具有中国特色的中期预报技术方法。如通过500hPa平均高度与距平、Rossby指数(南北半球西风环流指数)、地转风、季风指数、副高指数等中期预报特征场和特征指数滤去短波,突出大尺度环流总体形势与气候态的偏差以及超长波、长波、急流和关键天气系统的活动特点,在我国气温和降水趋势预报、重大天气过程等中期和延伸期预报中有着非常重要的指示意义。

由于我国地域辽阔,天气气候复杂,灾害天气种类繁多。国家气象中心中期预报主要制作以下灾害性天气预报:北方地区冬春连旱、江南春季低温阴雨、北方春季沙尘、北方麦区初夏干热风、麦收期间连阴雨、华南前汛期暴雨、江淮梅雨、北方暴雨、长江中下游伏旱、夏季大范围持续性高温、东北夏季低温冷害、华西持续秋雨、江南深秋寒露风、冬季冷空气过程、台风、霜冻等等。大尺度环流形势的持续稳定和调整,是造成灾害性天气的主要环流背景。因此,准确判断大气运动不同阶段的环流和天气的演变趋势,

是中期灾害性天气预报的关键问题。我国中期预报员通过多年来实践经验总结、个例研究、天气动力学和统计学等综合分析,并吸收借鉴学术界的研究成果对上述各项灾害性天气形成了涵括天气环流背景、关键天气系统分布、天气三维动力热力结构以及关键气象要素阈值的天气学概念模型。在预报业务中,通过数值预报产品性能分析和订正,充分发挥预报员的经验和决策能力,形成成熟的中期灾害性天气预报业务流程,在防御气象灾害,科学合理地安排工农业生产等方面做出了积极贡献。

2.2.2 集合预报在中期天气预报中的应用

美国国家环境预报中心(NCEP)和欧洲中期天气预报中心(ECMWF)的集合预报系统1992年投入业务运行后,集合预报迅猛发展。集合预报的优势在于揭示天气过程非线性不确定性因素,与中期预报的最大困境——数值预报产品和天气过程的不确定性不谋而合,因此集合预报对于中期预报尤为重要。国家气象中心于1999年建立基于国产神威计算机的集合预报系统,2005年底,建立在全球T213L31模式基础上的全球集合预报系统,并投入实时运行,其产品率先在中期预报业务中应用。

目前,中国气象局与欧洲中期天气预报中心(ECMWF)和美国国家大气研究中心一起成为TIGGE(the THORPEX Interactive Grand Global Ensemble)资料交换的三个全球中心,每天接收(ECMWF)、(NCEP)和加拿大气象中心等国家的集合预报资料,预报时效达到10~16d。国家气象中心依托TIGGE资源,结合中期预报理念和技术方法积极开发中期业务产品。

在国家气象中心实时业务中应用的概率预报产品包括基于T213集合预报模式、ECMWF、NCEP GFS等集合预报模式开发的产品,主要有:(1)关键标准层的高度、风矢量及急流等逐日集合平均和距平及离散度产品;(2)逐日各等级降水量等气象要素集合平均及概率产品;(3)反映各集合预报成员对关键天气系统预报的发散度的特征等值线面条图;(4)任一时段平均形势场和要素场的集合平均和离散度;(5)反映天气环流转变的特征指数及格点要素时间序列的盒须图;(6)任一时段平均气温距平、降水量等及其距平等的集合平均及离散度以及各等级概率预报产品;(7)基于气象要素阈值判别分析的灾害性天气概率预报;(8)基于天气系统和天气型识别的中期概率预报;(9)极端天气概率预报等。通过集合预报产品的开发和应用,中期预报技术和能力得到进一步发展。

2.2.3 中期数值预报产品的动力统计解释应用技术

基于天气气候、动力统计等方法的中期数值预报产品的解释应用技术是国际上对于气象要素预报的最为通行的预报技术。国家气象中心基于MOS技术的中期(3~10d)逐日最高气温、最低气温产品为各级气象台站逐日站点天气预报和与气温相关的灾害性天气预报提供了科学依据,取得了良好的成效。

针对中期气温趋势,基于主流模式中中期预报数值产品和历史天气气候观测资料和气象要素再分析资料,利用车贝雪夫、自然正交法、多元线性回归和动力相似等技术开展中期客观预报技术方法研究,研发的“未来10天平均气温距平”、“未来10天降水量及其距平”等要素客观预报产品。

对模式降水的客观订正目前仍是中期天气预报的一大难题。长期以来,国家气象中心中期降水落区预报主要依靠预报员对模式降水的主观订正。由于中期时效内,雷达、云图、地面和高空观测等资料大都失去指示意义,数值模式误差增长也导致影响降水的诊断物理量几乎不可用;没有客观科学的支撑工具以及预报员个人知识背景差异等因素造成对模式降水订正的随意性较大,订正能力不高。2011年,中期预报团队开展了降尺度订正预报方法研究,针对汛期主要雨带,利用历史实况资料,分析我国盛夏典型强降雨过程样本的雨带分布特征,凝练雨带的主要模态;采用相关分析、EOF分解等数理分析方法和中期预报技术方法分析研究各主要降水模态和降水强度的大尺度环流特征和主要气象要素的强度和分布特征,形成雨带位置和强度的客观预报因子,并建立各主要模态雨带位置的客观预报方程。从而在数值预报模式基础上,利用大尺度环流特征和雨带的关系对数值模式降水预报进行客观订正,为提高中期降水预报能力提供技术支撑。

为充分挖掘中期预报中的不确定信息,提高小概率极端天气事件及高影响天气的预报能力,国家气象中心加大了中期概率预报产品的研发力度。目前,概率预报开发主要有两条技术路线。其一为基于集合预报产品的概率预报技术;另一路线为基于确定性预报的降尺度概率预报技术,即统计较长时间历史资料,形成包括实况观测资料和模式再分析资料的历史样本集,利用天气动力学分析、数理统计和合成等技术手段提炼历史资料 and 中期数值模式预报产品信息,利用客观动力相似等降尺度预报技术(或基于物理量诊断分析的配料概率生成技术),在主流模式确定性预报的基础上研发中期灾害性天气和气象要素客观概率预报技术,并形成产品以供业务参考。

2.2.4 中期天气预报业务平台

随着探测技术与数值预报的发展,预报员越来越面临着如何消化急剧膨胀的信息的难题,计算机可视化技术不仅为综合大量信息以及形象化的显示提供了有效的手段,还帮助预报员从新的视角分析认识天气系统的机理,从而推进了天气预报技术的发展。利用计算机建立天气预报业务系统,实现资源整合、流程优化和新技术开发是天气预报业务发展的必然之路。世界各国气象部门非常重视天气预报业务系统建设,如法国的“SYNERGIE”,美国AWIPS高级天气交互处理系统,澳大利亚AIFS预报业务系统,中国气象局MICAPS系统等。

各国业务预报系统的主要功能在于对雷达、卫星、各种观测资料的分析和可视化、实时数值预报产品的显示和加工处理以及预报产品的制作和发布,其主要优势功能模块在于中尺度模式产品和短期、短时临近预报。而中期天气预报技术开发较为薄弱,其在业务系统中的功能模块非常单薄,主要为中期数值模式逐日产品的调阅和中期预报制作。各国对中期预报系统开发的不重视,主要原因之一为有的国家地域狭小,影响天气系统较为单一,有的国家灾害性天气的中期变化规律不显著,如低纬度国家,某些国家如美国的主要灾害系统为爆发性气旋等中尺度系统,只能通过实时监测和中尺度模式模拟;另一重要原因是中期预报难度大,雷达等新资料除改进模式初始场之外,对中期预报意义不大,中期数值预报模式准确率随时效延长迅速下降,只能描述大尺度环流形势变化趋势,但已出现误差,其基于诊断分析的物理量因环流形势和天气尺度系统的误差几乎不可用。

我国灾害性天气季节性变化具有明显的中期变化规律,并呈区域性分布特点,因此我国区域性灾害天气的中期预报是非常重要而且是可行的。近年,国家气象中心天气预报室中期科为弥补MICAPS业务系统对中期预报的不足,开发了针对中期天气预报的中期预报系统,该系统整合了中期预报的所有资源,初步建立全国以日、候、旬为时间尺度单位的历史背景资料库,开发了基于有中国特色的中期预报理论为基础的中期数值预报再处理产品,初步开发了基于中期数值预报产品统计释用技术的中期预报客观预报产品,并形成了数值模式产品的统计学和天气学检验,实现了实时数据的自动录入、自动加工处理和入库以及各种产品的便捷图形显示。该系统基于可移植性、更新能力强,引起各省气象局的关注,正向全国各省气象局推广。

2.3 我国中期天气预报的未来发展方向

我国国家级中期延伸期预报业务的发展应在保持自身特点的同时,借鉴并充分吸收发达国家先进经验。要继续强化在国家防灾减灾决策气象服务中的主导地位,不断提升服务能力;逐步建立和完善中期延伸期概率预报业务;培养一支具有较高业务和科研能力的专业化人才队伍;业务发展和专业技术在全国起到引领和示范作用;逐步建设成为国内有影响力的国家级中期延伸期预报服务和技术研究中心。

为达到此目标,未来需要加强以下几项工作:

(1) 加强中期预报核心业务能力建设

针对中期灾害性、关键性和转折性天气,完善历史数据库建设,以全球中期模式产品为基础,基于动力统计释用技术,研究重大天气过程的客观(概率)预报方法,提升中期预报业务能力。

(2) 改进和完善现有中期业务预报产品,提高产品针对性和实用性

突出中期时段总体降水和冷暖趋势预报产品,进一步发展中期过程降水量预报业务,改进4~5d降水落区预报。“中期天气公报”预报时效延长至未来两周,对两周以内的主要天气过程给出趋势预报。

通过科技攻关、流程优化,在模式产品检验分析、集成分析等关键技术的支撑下,形成有效的中期气象要素预报订正分析方法和客观预报技术,力争大量级降水TS评分比模式有所提高。

(3) 发展概率预报业务,丰富灾害性天气预报产品

改进现有的降水距平、气温距平概率预报,发展基于集合预报的概率预报技术和动力统计结合的客观概率预报技术,进一步拓展中期概率预报业务。

开发6~10d有无降水以及大量级降水概率预报产品,开展中期灾害性天气(高温、低温、强降水、大风、霜冻和寒露风等)概率预报。

(4) 建立中期模式预报性能评估和分析业务

根据中期预报特点,研究数值模式大型环流形势、影响天气系统和中期气象要素等预报性能的检验评估方法,逐步建立并开展中期模式产品性能评估分析业务。

(5) 中期、延伸期综合业务平台建设

根据中期、延伸期业务需求,建立中期气象要素、模式再分析产品的历史资料库,建成中期灾害性、关键性和转折性天气过程的典型大气环流型及相对应的气象要素状况分布的历史资料库。建设集成气候资料库和中期延伸期预报方法的预报业务新平台。

(6) 丰富中期预报产品,提升影响力

开展大气环流系统的监测和未来10d的预报分析,包括极涡、南亚高压、副热带高压、高低空急流、中高纬阻塞高压、季风活动、南支槽、MJO等指数的监测和未来预报分析。

充分发挥网络的作用,建成集大气环流监测、模式性能分析、客观预报产品和概率预报产品等为一体的中期(延伸期)预报业务网站,力争成为国内最有影响力的中期(延伸期)预报专业服务网站,提升国家级业务中心地位。

3 我国延伸期预报业务现状和发展趋势

3.1 国内外延伸期预报业务发展情况

从2002年开始,国家气象中心利用历史资料 and 我国月动力延伸模式预报产品和中期数值预报产品,通过分析冬季寒潮天气过程的大气持续异常特性、大气周期变化性质以及利用相似延伸预报模型,研发了国家级延伸期监测应用和预报模型,并建立了延伸期预报业务系统。2005年9月,延伸期预报业务开始准业务化,主要制作未来第二旬和第三旬的降水量及其距平百分率、温度及其距平预报。2008年开始,国家气象中心进一步推进延伸期预报业务的建设,开发新的预报方法,制定了预报规范和预报流程。2010年5月,国家气象中心和国家气候中心建立了联合会商机制和流程,统一了延伸期预报业务规范、流程和产品等。预报频次由每旬增至每候,由两个业务中心通过会商联合发布延伸期预报,产品内容包括未来第11~20d的降水量、温度距平、降水距平百分率以及相应时段的主要天气过程。

ECMWF将10~30d延伸期预报又称为月预报,预报产品基于集合预报系统数值预报产品。为延长预报时效,将中期预报进行动力延伸,并在预报起始日的第10d后开始考虑海气耦合作用。具体做法是,在第10d前模式中海温保持恒定,从第10d开始利用风应力驱动海洋模式来产生海洋的初始场,热通量和EP通量由集合预报成员产生。输出的产品有500hPa位势高度场、海平面气压、12h累积降水和850hPa温度场,以气象要素的周平均值及其概率形式给出,预报时效为未来5~11d(第1周),未来12~18d(第2周),未来19~25d(第3周)以及未来26~32d(第4周)。

NCEP自1988年6月6日开始,NCEP下属的气候预测中心(CPC)开始负责6d以上预报的研究探索。目前CPC的延伸期预报业务主要是发布6~10d和8~14d的趋势预报,即偏高、偏低或等于同期气候值。具体产品为地表2m温度、降水百分率等。除预报产品

外, CPC还发布大量监测类产品, 比如海温等外强迫条件监测、风暴路径和阻塞高压等环流系统监测等。NCEP的延伸期模式预报开始于2004年8月13日, 采用海气耦合模式, 大气部分为NCEP的全球预报系统(GFS), 水平分辨率为T62L64。海洋部分为GFDL海洋模式。NCEP以不断提高延伸期预报技巧、提高产品通俗性、可用性以及精细化水平、预报预测由平均态向极端事件拓展为其未来发展目标。

总的来看, 与发达国家(以美国为例)相比, 我国延伸期预报业务还有很多不足, 体现在: 美国延伸期预报业务相对成熟, 我国还处于起步阶段; 美国延伸期业务产品丰富, 我国延伸期业务产品相对单一; 美国全球集合预报系统为延伸期预报核心技术, 我国全球集合预报系统还无法满足延伸期预报业务需要。

3.2 延伸期预报主要技术方法

3.2.1 动力延伸预报

延伸期预报大部分是基于数值模式展开, 即动力延伸预报。虽然延伸期的预报非常困难, 然而, 研究普遍认为该预报时段存在一些可预报的信息源, 如来自于低纬度大气低频变化, 特别是MJO^[6], 以及平流层和对流层的相互作用^[7, 8]等, 这为该时段的预报提供了基础。最近十多年来, 中期数值天气预报取得了很大的进展, 特别是资料同化技术和模式的性能都有了很大的提高, 模式的耦合技术也有了进一步发展, 这些都有利于延伸期预报的改进。

1995年, 中国气象局以原有的试验性动力延伸预报为基础, 开发建立了一套中期集合数值预报系统(DERF), 并于1996年9月开始投入业务试验运行, 此后经历多次升级和改进。目前我国数值模式水平与发达国家之间的差距明显缩小, 为开展延伸期预报奠定了基础。

3.2.2 统计预测方法

相似的天气形势反映了相似的物理过程, 因此相似预报方法是延伸期预报较早常用的预报方法之一。此外, 作为高频天气变化的重要背景, 周期为30~60和10~30d左右的大气低频振荡是联系天气与气候的直接纽带, 可作为开展延伸期预报的主要预报方法, 国内在这方面做了很多工作^[9, 10]。研究表明, 我国东部洪涝很大程度上与大气低频振荡有关, 特别是长江中下游、华南地区降水与低频振荡及其传播联系密切^[9, 11]。孙国武等^[12, 13]提出了基于时间滤波的低频天气图方法开展延伸预报, 并投入到上海、兰州和沈阳的汛期延伸期预报业务应用中; 此外, 季忠萍等^[14]以大气低频振荡原理和特性为依据, 根据影响广州天气关

键区的大气低频的演变和配置, 对广州等地的延伸期天气过程做出预报。近年来国内外学者也通过研究热带MJO不同时空分布与气温和降水的关系来做延伸期预报, 并取得了一些成果^[15-17]。上述研究结果部分已经在国家级延伸期预报业务中得到运用。

3.3 延伸期预报业务未来发展趋势

为了满足气象防灾减灾的迫切需求, 深化延伸期预报业务, 中国气象局提出大力发展延伸期预报。目前我国的延伸期预报业务建设的发展主要围绕以下几个方面展开:

(1) 目前业务中使用的T639和T213集合预报产品在1~10d已经有较好的预报能力, 将中期(集合)数值模式的预报时效延长到15d, 是今后发展的重要目标之一。

(2) 近些年, 资料同化技术和模式的性能都有很大的提高, 这些可能有利于延伸期预报的改进。基于目前性能较好的全球模式, ECWMF月预报系统显示了不错的预报效果, 这有助于促进延伸期预报的进一步发展。因此, 月动力延伸数值模式在2周以上至月尺度可预报性研究及应用技术开发十分重要。同时, 加强数值模式预报产品的解释应用技术研究。

(3) 虽然统计方法有一定的局限性, 但目前数值预报对延伸期预报还存在很大的不确定性, 因此采用动力与统计相结合的方法仍是改进延伸期预报的发展方向。因此, 相似分析、多元回归和概率统计等天气气候统计方法在延伸期预报技术上的应用研究仍十分必要。

(4) 已有的研究表明大气低频系统是开展包括中期—延伸期时间尺度在内的次季节尺度预测的物理基础之一, 但无论是中期预报还是延伸期预报国内对其应用都很少, 主要原因之一是缺乏一个客观的、实时提取演变信息(比如强度和位置)的方法; 另外一方面是因为低频振荡作为大气内部动力过程, 其可预报性本身存在很大的不确定性, 预报手段也比较缺乏, 因此限制了其在预报业务中的应用。但近几年, 国际上在上述两个方面的研究都取得很大进展, 因此, 基于大气低频振荡规律, 包括中高纬度大气低频振荡和热带低频振荡等在我国延伸期预报中的应用技术研究是比较有效的方法。

(5) 加强延伸期预报平台建设, 建立延伸期预报规范化的业务流程。建立集动力延伸模式产品分析和统计预报技术等为一体的业务平台对延伸期预报业务发展至关重要。同时, 根据延伸期预报科学认识, 建立规范化的延伸期预报业务流程, 设计业务产

品,将有助于更好地发挥延伸期预报的社会效益。

总的来说,延伸期预报准确率的提高,离不开数值模式预报时效的延长。随着近年来集合预报的广泛应用,模式产品释用技术的发展,预报员对延伸期天气过程认知程度的加深,以及大气低频变化信号在延伸期预报中的应用等方面的研究发展,延伸期要素预报和重要天气过程预报的能力将有很大的提高。

4 结语

通过对我国中期、延伸期预报业务的回顾和分析,可以看到,我国中期天气预报业务经过几十年的发展,形成了有中国特色的预报技术方法,并在气象服务中发挥了重要的作用。但是,面对服务需求的快速增长,中期预报,尤其是延伸期预报业务能力的提高刻不容缓,业务水平与国际发达国家相比仍有一定差距。20世纪90年代以来,集合预报快速发展,中期、延伸期预报的不确定性得到了更为科学的定量描述,概率预报取代确定预报已经成为一种趋势。中期、延伸期预报业务必将迎来大的变革,同时也是中期、延伸期预报业务发展的好机遇。

参考文献

- [1] 章基嘉. 中长期天气预报基础. 北京: 气象出版社, 1982.
- [2] 盛华, 陶诗言. 青藏高原和落基山对气旋的动力影响. 气象学报, 1988, 45(2): 130-141.
- [3] Tao S Y, Chen L X. A review of recent research on the east Asian summer monsoon in China. Monsoon Meteorology, Monogr Geol Geophys, Vol 7. Oxford: Oxford University Press, 1987.
- [4] 梁潇云, 刘屹岷, 吴国雄. 青藏高原隆升对春、夏季亚洲大气环流的影响. 高原气象, 2005, 24(6): 610-614.
- [5] 王同美, 吴国雄, 万日军. 青藏高原的热力和动力作用对亚洲季风环流的影响. 高原气象, 2008, 27(1): 1-9.
- [6] Waliser D K, Lau W S, Jones C. Potential predictability of the Madden-Julian oscillation. Bulletin of the American Meteorological Society, 2003, 84: 33-50.
- [7] Baldwin M P, Dunkerton T J. Stratospheric harbingers of anomalous weather regimes. Science, 2001, 294: 581-584.
- [8] Baldwin M P, Stephenson D B, Thompson D W J, et al. Stratospheric memory and skill of extended-range weather forecasts. Science, 2003, 301: 636-640.
- [9] Chen L X, Zhu C W, Wang W. Analysis of the characteristics of 30-60 day low-frequency oscillation near Asia during 1998 SCSMEX. Adv Atmos Sci, 2001, 18(4): 623-638.
- [10] 李崇银, 龙振夏, 穆明权. 大气季节内振荡及其重要作用. 大气科学, 2003, 27(4): 518-533.
- [11] 王遵亲, 丁一汇. 夏季长江中下游旱涝年季节内振荡气候特征. 应用气象学报, 2008, 19(6): 710-715.
- [12] 孙国武, 信飞, 陈伯民, 等. 低频天气图预报方法. 高原气象, 2008(s): 64-68.
- [13] 孙国武, 信飞, 孔春燕, 等. 大气低频振荡与延伸期预报. 高原气象, 2010, 29(5): 1142-1147.
- [14] 纪忠萍, 谷德军. 广东省前汛期暴雨与500hPa关键区准双周振荡. 应用气象学报, 2010, 21(6): 671-684.
- [15] Jia X L, Chen L J, Ren F M, et al. Impacts of the MJO on winter rainfall and circulation in China. Adv Atmos Sci, 2011, 28(3): 521-533.
- [16] Zhang L N, Wang B Z, Zeng Q C. Impacts of the Madden-Julian Oscillation on summer rainfall in southeast China. J Climate, 2009, 22: 201-216.
- [17] 丁一汇, 梁萍. 基于MJO的延伸预报. 气象, 2010, 36(7): 111-122.

会议信息

- ◆ 大气—海浪—海冰—海洋短期到中期耦合预报学术会: 状态、需求和挑战 (Workshop on Short- to Medium-range coupled prediction for the atmosphere-wave-sea-ice-ocean: Status, needs and challenges), 2013年3月19—21日, 美国, 华盛顿 (<https://www.godae-oceanview.org/science/task-teams/short-to-medium-range-coupled-prediction-smrcp-tt/>)
- ◆ 第四届WGNE天气和气候模式系统误差学术会 (4th WGNE workshop on systematic errors in weather and climate models), 2013年4月15—19日, 英国, Exeter (<http://www.metoffice.gov.uk/conference/wgne2013>)
- ◆ 第35届国际遥感环境大会 (35th International Symposium on Remote Sensing of Environment), 2013年4月22—26日, 北京 (<http://www.isrse35.org/>)
- ◆ 国际季节到10年预报学术会 (International workshop on seasonal to decadal prediction), 2013年5月13—16日, 法国, 图卢兹 (<http://www.meteo.fr/cic/meetings/2013/s2d/index.html>)
- ◆ 第21届ESA欧洲火箭和气球探测项目和相关研究学术会 (The 21st ESA Symposium on European Rocket and Balloon

Programmes and Related Research), 2013年6月9—13日, 瑞士 (<http://spaceflight.esa.int/pac-symposium2013/index.html>)

- ◆ WCRP/CLIVAR第二届边界流动力学国际会议 (WCRP/CLIVAR Second International Symposium on Boundary Current dynamics), 2013年7月8—9日, 云南, 丽江 (<http://www.clivar.org/organization/indian/activities/wcrpclivar-second-international-symposium-boundary-current-dynamics>)
- ◆ 第三届中国科学院超级计算应用大会, 2013年8月11—17日, 安徽, 黄山市 (<http://sea2013.csp.escience.cn/dct/page/1>)
- ◆ 北京全球变化研讨会 (Beijing Symposium on Global Change), 2013年9月23—25日, 北京 (<http://bjsgc2013.csp.escience.cn>)
- ◆ 第三届全球华人空间/太空天气科学大会, 2013年10月15—21日, 广西, 桂林 (<http://guilin2013.csp.escience.cn>)
- ◆ 地球科学与环境保护国际会议 (ICESEP2013), 2013年10月18—20日, 昆明 (<http://www.icesep.org/home.html>)
- ◆ 区域气候国际会议 (International Conference on Regional Climate - CORDEX 2013), 2013年11月4—7日, 比利时, 布鲁塞尔 (<http://cordex2013.wcrp-climate.org/index.shtml>)