

# 关于提高天气预报准确率的几个问题

矫梅燕

(国家气象中心,北京 100081)

**提 要:** 提高天气预报准确率是气象业务的一项基础性、系统性的工作。作者从天气预报的业务技术体系着眼,借鉴发达国家的发展经验,分析了提高天气预报准确率的若干问题,提出了发展精细化的预报技术体系,将数值预报模式、天气学预报方法、动力诊断和统计释用及基于卫星和雷达等现代探测技术的短时临近预警技术相结合的预报技术路线;提出了有利于精细化预报的业务体系,即发展以定量降水预报、台风预报和灾害性天气短时临近预警为重点的专业化预报业务体系;指出专家型预报队伍的建设是提高预报业务水平的关键环节。

**关键词:** 预报准确率 精细化预报 业务技术体系 预报专家

## The Ways to Enhance the Weather Forecast Skill

Jiao Meiyuan

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

**Abstract:** A topic discussed is the ways to enhance the weather forecasts skill. Many kinds of factors were related with the weather forecast skill. Scientifically, it is impossible to give the perfect weather forecast because of the existence of probabilities uncertainties. However, it is needed to improve our skill on the weather forecast in order to meet the meteorological service needs better. By sharing the experience of advanced meteorological centers of the world, the ways were explored to enhance the skill of weather forecast scientifically and technically. Firstly, different advanced techniques and methods should be developed and improved to support the weather forecast, not only the numerical weather prediction model, but also the synoptic method, model interpretation scheme and dynamical analysis. The related scientific and technological efforts should be made on this area. Secondly, different specialized forecast, such as quantitative precipitation forecast, storm scale weather forecast and the typhoon forecast, should be set up on the national level center to enhance the skill specially and to give strong guidance to the lower level weather forecast section. Thirdly, a forecaster expert team should be brought up both by routine forecast

practice and scientific practice.

**Key Words:** weather forecast skill technique and methods specialized forecast forecaster expert

## 1 对天气预报准确率的理解和认识

谈到提高预报准确率的问题,首先要明确提高预报准确率的相对基础和局限性。由于地球大气是一个非线性系统,以及我们难以对大气系统的初始状态和影响大气运动的因素作出精确的观测,决定了我们不可能对大气的未来状态作出准确的预测,进而就不可能有绝对完全精确的预报。因此,相对天气系统的可预报性而言,预报准确率是一个相对的概念,要在认识预报不确定性的基础上,来思考预报准确率提高的可能空间。同时,我们也有责任让政府和社会公众了解到天气预报准确率提高的局限性。

近年来,随着气象科技的进步和社会经济发展对气象服务需求的增加,“天气预报准确率”这一概念具有了更加丰富的内涵。一方面,为了表征天气预报科技水平,气象部门提出了一系列相对标准的预报准确率指标体系,如表征数值预报模式水平的距平相关系数,表征定量降水预报水平的 24、48 小时等不同时效的降水预报 Ts 评分等,这些指标体系可以历史地或横向地比较预报技术和能力的状况。另一方面,气象服务用户对天气预报准确率提出了更高的要求。应该说,随着科技的发展,天气预报准确率是在不断上升的,但用户对我们的评价却并不如此,这充分反映出当前的预报准确率与预报服务需求不相适应的状况。例如,为国家防灾减灾抗灾做好服务,需要我们对暴雨发生的地点、时间和量级以及降水可能产生的山洪和地质灾害等做出准确的预报;为人口稠密地区或大城市的居民做好服务,需要我们的气象要素预报在时间和空间上更加细致等。因此,从面向气象服务需求的角度来看,提高预报准

准确率已不仅仅是气象部门内部评价预报水平的问题,实质上是提高预报精细化程度,充分考虑气象要素与地质、地理和环境的相互作用,从而提升服务能力和效益的问题。

所谓精细化预报,应包含“精”与“细”两方面的含义。首先,预报要更精确,也就是我们常提的定时、定点与定量;其次,预报要更细致,即预报的种类要更多、预报的要素要更细,预报的时空分辨率要更高等。“鱼与熊掌难以兼得”,预报的“精”与“细”亦是如此,“细化”的预报必然对预报精度提出了新的挑战。近年来,在提及精细化预报时,我们更多地强调天气预报的时空尺度如何细化,而忽视了预报的“精”度问题。实际上,没有准确的预报作为基础,单纯的细化预报是没有意义的,甚至会带来负面作用。因此,精细化预报就是要在更加细化的基础上不断提高预报准确率。

精细化预报也是发达国家天气预报服务的发展趋势。美国近年来提出的“无缝隙”战略,就是要使气象预报在时空分布上连续无间断,在预报对象上能够涵盖和满足各种用户的需求,这实际上就是“精细化预报”。为此,美国国家环境预报中心(NCEP)在其未来 20 年的业务发展规划中提出了更加精细化的发展目标,如:龙卷风的预警时间要从平均 12 分钟提前到 40 分钟;雷暴的预警时间从平均 18 分钟提前到 5 小时;飓风登陆的预警时间从平均 20 小时提前到 4 天;洪水的预警时间从平均 43 分钟提前到 4 小时;海洋对流风暴的预警提前 30 小时等。可见,面向气象服务需求,在预报预警细化分类的基础上,对预报预警精度的要求将不断提高。

## 2 发展精细化的预报技术体系

天气预报业务在不同的发展阶段,其预报技术路线和技术手段也是不同的。气象业

务建立初期,天气预报尚处于经验性阶段,预报技术以天气学方法为主,预报员凭借对天气学知识的掌握和预报经验的积累来做预报。进入到 1990 年代,随着数值预报技术的发展成熟,天气预报业务逐渐走上以数值预报为基础的发展道路。今天,在强调提高预报准确率、促进预报精细化发展的阶段,也需要有明确的预报技术路线。

目前,数值预报已发展到了相当成熟的阶段<sup>[1]</sup>。一个重要的标志是,数值预报对天气形势的预报水平已经超过了有经验的预报员。但是,即使是国际上最先进的数值预报模式,其预报的可用性也仍然有限。现阶段,数值预报模式对气象要素的预报能力还十分薄弱;对暴雨、强对流等强天气,尚不能提供可用的预报。这体现了数值预报模式在表征天气系统发生和演变的物理过程方面存有局限性,而在弥补这些预报业务局限的过程中,恰恰是有经验的预报员在发挥着重要作用。因此,要开展精细化预报,特别是灾害性天气的精细化预报,就需要以数值预报为基础,将动力统计分析与天气学方法紧密结合起来,即建立“数值预报—天气学方法—统计释用方法—动力诊断分析—短时临近预警”相结合的预报技术路线。为此,需要建立以下预报技术体系。

## 2.1 数值预报基础业务体系

面对世界上发达的气象业务中心数值预报模式快速发展的形势(欧洲中心 2010 年的全球谱模式将是 T1024,其水平分辨率将达到 10km)<sup>[2]</sup>,我国数值预报的发展要突出重点,讲求实效。首先要明确发展战略,即数值预报发展要有可持续性,建立起具有持续改进完善能力的数值预报模式体系。鉴于目前模式的发展已经取得阶段性进展,我国未来的数值预报模式系统应该明确基础的业务体系,实现持续性发展,逐渐转变目前多系统并存、技术体系散乱的局面。其次,要明确现阶段应以资料同化应用作为重点发展任务,加

快解决多传感器卫星资料的同化,提升我国数值预报模式对卫星资料的应用能力;加强多种类观测资料融合技术的研究,建立基于区域高分辨率模式的变分同化系统上的资料快速同化预报业务系统,尽快实现大量非常规资料在业务数值预报中的应用,为灾害性天气的短时临近预报提供技术支持。

## 2.2 动力诊断和统计释用预报技术体系

预报业务精细化的发展,必然要求天气预报业务产品越来越多,预报站点和预报要素也将大幅增加,因此,高时空分辨率的气象要素精细化预报,不可能完全依赖预报员来完成。这就要求我们必须要走一条客观化的技术路线,即发展基于模式统计输出(MOS)、神经网络等统计释用技术。在数值预报业务体系中建立数值预报模式的释用订正技术系统,提高数值预报模式输出的气象要素预报水平,实现气象要素预报的客观化。

对于提高台风、暴雨、强对流等灾害性天气的预报能力,必须要有天气系统发生发展机制及热动力条件的深入分析和认识,动力诊断技术应该成为预报这类天气的基本技术手段之一。近年来,国内外预报专家都在强调发展基于热动力学分析的动力诊断预报技术方法,美国学者提出的名为“配料法(INTEGREDIATE)”的预报方法<sup>[3]</sup>,就是这种预报思路的具体表现。法国的预报业务专家也已将动力气象学的特征量“位涡”应用到了中高纬度低涡系统的预报中,结果证明“位涡”是一个十分有效的预报参量。为此,法国每年都组织关于“位涡”应用的国际培训班。这些实例说明,天气动力学方法已越来越多地应用于灾害性天气的预报当中。所以,在我们的预报技术体系中,也需要通过科学研究,分析总结出针对不同类型的灾害性天气的热动力条件基本特征,发展建立具有地域特征的台风、暴雨、强对流等天气的动力诊断分析系统,这应该成为预报员科研总结的目标之一。

### 2.3 天气学分析预报体系

天气学的分析研究表明,灾害性天气的发生和发展都具有多种尺度天气系统相互作用特征。在数值预报能够较好地预报出未来天气形势和天气系统的基础上,分析出在不同尺度、不同类型天气系统背景条件下,灾害性天气发生发展的有利条件和区域则是预报员预报能力的真实体现。这并非易事,不仅需要预报经验的积累,更需要应用天气动力学的基本原理进行提炼和总结,将积累的经验上升为预报方法。例如陶诗言先生近年来总结出的江淮暴雨洪涝天气学模型,就被预报员广泛接受和应用<sup>[4-5]</sup>。因此,通过天气学分析和预报经验的积累,凝练出灾害性天气的预报方法,应该成为天气学预报技术发展的任务之一。

### 2.4 中尺度灾害性天气的短时和临近预警技术体系

中小尺度灾害性天气的可预报性仅有几个小时、甚至十几分钟,发展基于雷达、卫星和地面观测系统的、以监测识别技术和外推预报技术为主的短时临近预警业务系统,是预报技术体系中的重要组成部分。目前,我国的短时临近预报尚未建立起比较成熟的技术体系。美国等发达国家的发展经验表明,解决稠密资料同化中的诸如资料质量控制、云微物理过程初始化等核心技术问题,尽快建立以 1~3 小时为同化周期的资料快速同化系统、多普勒雷达网资料的全国定量降水估测系统、静止卫星云图对中尺度强对流云系的识别追踪系统、基于天气系统外推预报技术的临近预警系统等,应该成为短时临近预警技术体系建设的重点任务<sup>[6-7]</sup>。

## 3 建立专业化的预报业务体系

提高天气预报准确率,在现有技术条件下还能有多大的空间?就已达到的技术水平

而言,现阶段,这个提升的空间就是我们与发达国家预报水平之间的差距。以定量降水预报为例,2005 年,美国 NCEP 国家水文预报中心 24 小时 1 英寸(相当于大雨)定量降水指导预报的  $T_s$  评分为 29%,2 英寸(相当于暴雨)预报的  $T_s$  为 22%;而中央气象台在 2005 年的大雨预报  $T_s$  为 17%,暴雨预报  $T_s$  为 13%。尽管因地域不同、观测资料密度存在差异,预报质量评定结果并不能作为严格意义的比较,但仍能反映出预报精度上的明显差别。为什么差别会如此明显?预报业务体系及相应的业务流程不健全是一个重要因素。

美国 NCEP 的定量降水指导预报业务有其专业化的预报队伍和针对性的预报技术支持。NCEP 国家水文预报中心明确以中短期的定量降水预报和强降水预报为重点,并拥有一支 40 多人的、专门从事定量降水预报的专家队伍,每份定量降水预报的发布,都经过了五位首席预报员中一位的严格把关——预报员本身的素质与能力是预报技术水平的重要体现。同样,NCEP 国家强风暴预报、飓风预报及海洋预报中心等也均已构成了国家级、专业化的预报业务体系,这是实现其针对飓风、雷暴、龙卷等灾害性天气精细化预警预报目标的重要保证。

在我国的预报业务体系中,台风预报的专业化程度相对较高。中央气象台在 1950 年便成立了台风预报业务专门机构,组建了台风预报员队伍。多年来,作为相对独立的学科领域,台风业务的科研与技术开发一直广受重视,专业性研究所的科研成果得到了业务化应用,逐步发展了从台风路径预报模式到各种监测预报技术的专业化业务体系。近年来,虽然与发达国家的预报水平相比仍有差距,但我国的台风预报业务的进步是十分明显的,目前的台风路径预报误差仅略低于美、日两国。但是,反观我国在其它领域的预报业务,至今尚未形成明确的专业化分工,专业化的预报能力仍显不足。例如,全国各

级气象部门对强对流天气的短时和临近预报业务均十分薄弱,业务流程不清晰,技术体系没有形成,强对流领域的预报专家更是屈指可数;另外,我国拥有 3000 多公里的海岸线和广阔的海域,海洋气象服务需求不断增加,而我们的海洋气象预报业务却仍处于初级阶段。

预报业务的专业化分工符合预报业务的科学发展规律,是预报精细化的必然要求。不同天气系统的发生发展条件是不同的,既受到天气系统自身的影响,又受到地球系统其它圈层的作用。例如针对中小尺度的强对流天气预报,美国国家强风暴预报中心有一套专门的包括雷达、卫星、中尺度天气分析和动力诊断预报的技术体系,使其能够开展全国范围的强对流天气实时警戒业务和未来 4~8 天的强对流天气展望预报。在我国,目前还未真正建立起专门的中小尺度天气分析和预报技术。

由上述分析我们不难理解,发展精细化预报,从根本上是对预报技术和预报能力不断提高的必然要求,需要我们强化对诸如台风、暴雨、强对流、海洋天气等预报的专业化程度,形成有效的专业化技术手段和预报方法,重视能够“把脉老天爷不同秉性特征”的专家经验的积累,即,要建立起真正专业化的预报业务体系。

针对我国的国情和气象服务需求,专业化预报业务体系的建设要突出三个重点。一是建立国家级的专业化预报业务,并以此带动全国精细化预报业务体系的建设。围绕气象服务需求,专业化的预报业务应针对暴雨等强降水的定量预报、台风预警、强对流天气预报、海洋预报等重点领域,建立有专门的岗位设置、明确的业务流程和相对完善的业务系统。目前,中央气象台在集约化业务流程改革中,已建立了台风与海洋气象的专业化气象业务以及灾害性天气、应用气象等的业务岗位体系。应在逐步增加预报员数量的基础上,不断完善专业化的业务体系结构。二是突出以国家和省级为重点的指导预报业务

流程。我国的天气预报业务体系建设,既要考虑有限的人力资源条件,又要适应人才队伍布局的特点,应重点建立国家、省两级指导预报业务,在省级气象台建立与国家级专业预报业务相呼应的、更加精细化的预报业务体系,突出精细化的气象要素预报、短时临近预警等。三是加强专业化的研发体系建设并切实开展工作。充分发挥区域气象中心专业研究所的技术优势,加强台风、暴雨、强对流、海洋气象等专业预报的应用研究和技术开发,重点加强专业数值预报模式和预报技术方法的研究,为专业化的预报业务提供强有力的科研支撑和技术保障。针对我国强对流天气预警业务的发展需求,应考虑建立中小尺度天气研究的专业科研单位。

#### 4 培养专家型的预报业务队伍

大气科学理论和预报业务实践都已表明,天气预报不可能完全客观化,预报的不确定性将永远存在。这就决定了预报员将成为提高预报准确率的关键因素<sup>[8]</sup>。

然而,现代天气预报的发展,对预报员提出了多方面的能力要求,主要体现为:一是要有天气分析的实践能力,积累预报经验,熟悉责任区内天气气候及气象灾害特点;二是要有数值预报产品的订正和解释应用能力,使预报员的预报能够达到或高于数值预报水平;三是要有卫星、雷达等资料的分析应用能力,以开展中小尺度灾害性天气的实时监测预警;四是要有天气诊断分析和模拟能力,从热动力学的角度分析、认识灾害性天气的形成机理,以此做好强天气的预报。

天气预报业务所要求的多方面知识和能力,决定了现代天气预报业务中的预报员应该是“预报专家”而不能仅仅是“预报工匠”。事实上,随着预报业务领域越来越广泛,技术手段越来越多元化,现今的预报员已不可能成为天气预报的“全才”,正如医院里的一位医生不可能诊断和医治所有的病症,而必须

设立各种专科门诊。因此,对于提高天气预报准确率的关键环节——预报员队伍建设,应该是建立一支能够承担“专家门诊”的“预报专家”队伍。这支队伍应包括暴雨预报专家、台风预报专家、强对流预报专家等不同领域、各有所长的预报业务人员,他们能够熟练驾驭各种预报技术手段和方法,有着丰富的预报经验和专业化知识,进而对不同类型的灾害性天气进行准确的“诊断把脉”。

中央气象台近年来的预报员队伍建设实践表明,专家型的预报员绝不能仅仅有预报实践经验的积累,更重要的是要有对业务实践经验的总结和提炼能力,即将实践经验上升为实践认识的能力。因此,必要的科研训练和撰写技术论文是专家型预报员成长的重要途径。

另外,通过专业化预报员团队的建设,可以进一步促进专家型预报员的培养和成长。针对台风、暴雨、强对流等灾害性天气,建立国家和省两级预报员专业科研团队,在非业务值班时段,围绕典型天气过程个例、预报技术方法等积极开展专项研究和学术交流,促进预报员在其感兴趣的领域深入开展科研技术总结,不断积累专业化业务领域的科学认识和技术成果。

专业化预报员团队的建设可通过公开选拔招聘,组成由国家或省级首席预报员牵头的、全国性(或按气候区域划分的区域性)预报专家团队。一方面,可以充分发挥首席预报员的积极作用,强化重大天气的预报技术把关;另一方面,可以加强专业化的天气分析研究,深化预报业务认识,发展专业化的预报技术方法。经过几年时间的努力,便能够在全国范围内培养出一批分别在台风、暴雨、强对流天气等领域有影响力的预报专家。

专家型预报员的培养,需要有良好的激励促进政策环境。首先,预报员岗位的实践性特征决定了预报员的成长要确保一定的实践经验积累,因此,要通过良好的待遇和行政约束来稳定预报员队伍;其次,要建立完整的质量考核体系,明确“以预报质量论英雄”的评价标准;第三,要将预报员的预报技术总结与科研实践制度化,保证预报员有必需的时间对预报失败个例和预报实践经验及时进行总结提炼。要特别强调创造良好环境,培养预报员发表科研技术论文的积极性。对预报员所发表的论文,既不能过高要求其文章水平,也不能简单地予以否定。

提高天气预报准确率是一项长远的战略性任务。考虑到天气预报的局限性,我们还需要进一步思考未来天气预报技术的发展趋势及相应的业务体系建设。

**致谢:**感谢方宗义研究员对本文的指导和修正。

## 参考文献

- [1] Eugenia Kalnay. Atmospheric Modeling, Data Assimilation, and Predictability[R]. The Press Syndicate of University of Cambridge, 2003.
- [2] ECMWF. Annual Report[R] 2006.
- [3] Donswell C A. Flash flood forecasting: An ingredients-based methodology [J]. *Wea. Forecasting*, 1996, 11: 560-581.
- [4] 陶诗言, 倪允琪, 赵思雄. 1998 夏季中国暴雨的形成机理与预报研究[M]. 北京: 气象出版社, 2001.
- [5] 张顺利, 陶诗言. 长江中下游致洪暴雨的多尺度条件[J]. *科学通报*, 2002, 47(6): 467-473.
- [6] NWS. National Weather Service Strategy Plan for 2005-2010[R]. 2005.
- [7] WMO/TD1246. THORPEX International Science Plan[R]. 2004.
- [8] Neil A. Stuart. The future of humans in an increasingly automated weather forecast process[J]. *American Meteorological Society*, Nov. 2006: 1497-1502.