

国内外短时天气预报的评述

唐 新 章

(上海市气象局)

提 要

本文主要介绍70年代以来由于计算机的发展及新的探测手段,尤其是遥感技术的发展,使短时预报工作在一些国家很迅速发展的情况。文章着重介绍了美国等国家在中小尺度系统的短时预报方面的工作、今后5—10年的一些打算及目前以及90年代中将出现的问题。文章在回顾了我国开展短时预报的情况后,介绍了80年代以来我国短时预报工作的进展,着重介绍了正在建设中的珠江三角洲、长江三角洲、京津冀、长江中上游四个基地建立短时预报工作站、探测网、通信网及强对流天气的分析研究及临近预报的情况。

一、引 言

70年代以来随着计算机技术和新的探测手段不断发展,为短时预报提供了高分辨时空尺度的气象资料。如垂直廓线仪的研制能自动地连续测量风、温度和湿度廓线,从而获得各个层次的温度、湿度和风的信息^[1]。声回波和电磁回波能探索大气层中各种现象和大气边界层的厚度。横向风探测器和测光天气识别器的研制用以研究光波及红外光波与大气之间的相互作用。近十多年来,在多普勒天气雷达及有关的实时信号处理和彩色显示技术改进等方面取得了重大进展。

卫星探测手段的进一步发展,为开展短时预报提供了大量信息。装置在TIROS-N上的业务垂直探测器(TOVS)能测量从地面到平流层顶的温度和湿度的垂直结构。1980年9月开始投入业务应用的地球静止卫星提供了每15分钟间隔的大气温度和水汽的变化多光谱图象。所得的垂直资料,其空间和时间分辨率分别高达75公里和1个小时,温度和湿度的时空变化精度分别为1°C和10%。美国威斯康星大学的人机对话数据存取系统(McIDAS)已具备了上述功能^[2]。

二、国外短时天气预报的进展

1. 业务与研究概况

当前,美国已能通过卫星和雷达等高分辨的直观图象资料,包括彩色显示、动画形式

等,反映出一些孤立的对流系统、大雷暴、地形影响、局地雾和低云等现象。为了使这些资料能得到充分利用,正在对人机对话型的资料进行不断改进,使预报人员能最方便地取得有关资料,用于主观的外推预报^[3]。

日本的中尺度地面观测网(AMEDAS)亦已在1979年投入业务应用。它能非常及时地收集该系统网点上的地面观测资料,其中还包括了由数码化雷达探测回波加以补充的降水资料,用于监视天气实况的演变^[4]。

近年来特别引人注目的新观测资料是VHF多普勒雷达风廓线资料和极轨卫星的温度廓线资料。法国在应用温度廓线资料时,把反演所得的温度场转化为厚度场来改进各有关等压面的高度分析。他们分析了10个个例的等压面厚度场,其分析结果与欧洲中期天气预报中心(ECMWF)的结果非常一致。

随着探测资料时空密度的大量增加,以及各种不同资料叠加成较为直观的加工产品,使中尺度系统的短时预报有明显发展。主要表现在以下几个方面:

(1)将雷达和卫星的数字化回波规定一些统计数据,用计算机程序作短期降水预报。这种预报在稳定条件下能达到最佳精度,有效时间一般为0—3小时^[5]。

(2)在一些国家已建立了中尺度系统的概念模式^[6],并根据预报人员的经验,不断完善概念模式。日本对梅雨形势下的暴雨雨团生成模式进行了研究,指出了地面辐合和高温中心能在某种条件下预示2小时后的暴雨新生。美国也建立了飑线模式和边界层等模式。

(3)用数值模式作中尺度系统预报也有一定程度的进展。Roger, A. Pielke^[7]认为用类似于有限区细网格模式的中尺度模式,就各类典型的天气形势,进行计算并分类归档,可用来指导短时预报。Carpenter^[8]利用三维的非流体静力学和可压缩运动方程组,进行有限差分近似计算,对局地强迫生成的中尺度系统建立预报模式。Warner等人^[9]则应用卫星云图和地面降水资料对数值天气预报模式初值化,并作中尺度系统预报。该三维模式采用Anthes和Warner所述的一般流体静力模式的修改方案。

(4)美国目前还推行一种被称为“REMOS”的预报方法^[10],即按天气系统分型来作MOS预报。他们认为中尺度系统的甚短时预报与天气系统分型有密切关系。

(5)日本自1986年6月起开始试验客观预报模式^[11]。这是一个预报雨量分布的外推模式,将雷达和AMEDAS上反映的每小时降水分布合成为模式的初始值,连续外推三个小时的降水分布作为预报产品。这一客观预报模式主要是依赖于降水的初始分布,也就是说在日本本土尚未出现降水以前是无法作降水的短时预报的。在相当长一段时期内,他们主要依靠预报人员的主观预报,对卫星云图上强烈天气的特殊云型资料特别重视。

(6)加拿大目前研究如何利用中尺度数值预报结果来改善外推预报的问题。Austin等人^[12]认为中尺度模式的初始场必须有水态物质和云物理影响,因此把卫星上的云和降水资料以垂直运动的形式输入模式的初始场。他们认为把中尺度模式的数值预报和外推预报结合起来是一条提高降水短时预报的有效途径。

2. 存在问题

尽管在资料的收集、处理以及在改进中尺度系统的短时预报方面有可喜的进展,但是

随着工作的进一步深入,还是发现了许多值得引起重视的问题:

(1)资料的增多也带来新的困难。多种测风资料之间和多种测温资料之间经常出现不一致性。

(2)预报人员如何应付越来越多的资料问题在今后将更为突出。自从交互式资料处理显示系统问世以来,资料的利用率取决于预报员灵活选用资料的能力,这种能力与对天气过程的认识是分不开的,所以鼓励预报人员钻研局地天气并积累经验显得十分重要。

(3)缺乏有效的中尺度数值预报模式。由于嵌套模式中的中尺度模式初始值来自大尺度模式的输出,这就构成了预报中尺度系统时的致命弱点。目前已掌握到的中小尺度高分辨实况资料几乎全是图象资料,尽管它们以数码化方式表示,但很难转化为模式资料。即使可以转化,在技术上还不能快速转换以适应短时预报的需要。更重要的是,当前对于中小尺度系统的实况研究还非常不够,数值模拟也还缺少模拟对象,所以还不可能开发出切实可用的预报模式。

3. 改进措施

为了对各种中、小尺度系统深入进行实况研究,在今后 5—10 年内,美国在进一步扩大实况资料来源、更新资料的传输显示系统等方面有如下打算^[3]:

(1)扩大实测资料来源。现有的美国地面及探空观测基本不变。新增的项目是中纬大陆本土上的风廓线观测网(选 31 个点),每小时可提供一次观测。飞机观测也将大量增加,每天将有 30000 次飞机报告,提供 1200 条风廓线,2400 条温度廓线。雷达观测主要由多普勒雷达提供边界层风廓线、冰雹和雷暴路径等资料。卫星观测方面,极轨卫星除提供高分辨辐射资料以外,还将提供温度垂直分布资料。东西 GOES 卫星将每隔 5 分钟提供一次全分辨的可见光和红外图片。此外还将建立国家范围的雷电探测网,建立用于诊断大气实况的客观分析系统。

(2)更新现有的美国业务和服务自动化系统(AFOS)的资料传输和显示系统。新系统将取名为 AWIPS—90,即 90 年代的先进的天气资料交互式处理系统。该系统在资料提供方面除了扩大容量提供所有的指导产品以外,还能把卫星、雷达资料融合到常规天气图资料之中加以显示。此外则充分扩展局地应用处理的功能,使预报人员能根据不同的具体需要非常灵活地调用资料。

(3)为了促进科研人员与预报人员之间的合作与协调,要建立这两类人员都参加的实验性的预报中心。另外,在发布灾害性天气预报方面要给各地区以更多的自主权,并要加强天气实况研究。

三、国内短时天气预报进展

我国甚短期预报的分析研究是从 60 年代初开始的,70 年代后期得到进一步发展。主要工作有:1979—1981 年在湖南省进行的华南前汛期暴雨试验研究;空气院在 1980 年由总参主持进行的华东中尺度天气试验,开展了用天气雷达作强对流天气短时预报的方法研究^[13];1985 年气科院关于建立京津冀地区“危害性天气监测和超短期预报试验中心”方

案正式实施,其目的是建立一个对危害性中、小尺度天气系统能进行实时监测的新技术装备和高速传输、实时处理及显示大量信息的通讯和数据处理系统,并建立以中尺度概念模式和中尺度数值预报模式为主要内容的超短时预报系统^[14];1985年上海市气象局研制的“上海地区短时灾害性天气监测、预报、服务系统”^[15],其目标是建立以数字化天气雷达为主体,上海和长江三角洲地面站网要素的及时收集,配合卫星图象资料的数值处理,组成以计算机为中心的自动化短时预报工作站,并同时开展中尺度数值模式及专家系统预报方法的研究。特别要提到的是,1986年“中期数值天气预报及灾害性天气预报研究”项目,计划在珠江三角洲、长江三角洲、京津冀、长江中上游建立四个短时预报基地,内容涉及地面自动观测网的设计、组装;高空观测网的组建;雷达探测数字化和图象处理;卫星观测数字化及图形图象处理;短时预报工作站及分站的组建;中尺度数值模拟;计算机网络、数据库、人工智能推理系统;多普勒雷达的预研;大气廓线仪的研制和应用实验;闪电定位及其探测试验;中尺度概念模式等等。

下面就短时预报工作站的建设、探测站网和通信网络的建设、强对流天气的分析研究及临近预报工作流程等方面扼要综述如下。

1. 短时预报工作站的建设

图1、2分别给出气象科学研究所和上海市气象局的短时预报工作站框图。

这两个工作站已分别在气象科学研究所和上海中心气象台初步建成,在1989—1990年已开始试运行。

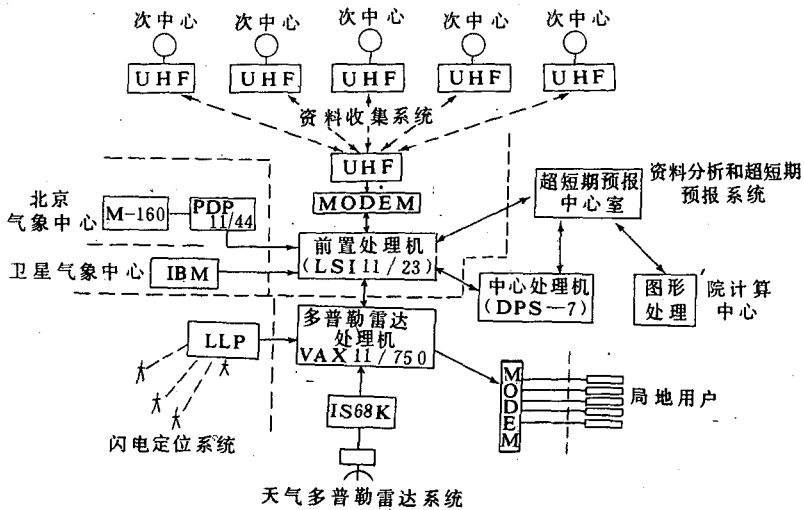


图1 气科院短时预报监测中心设备框图

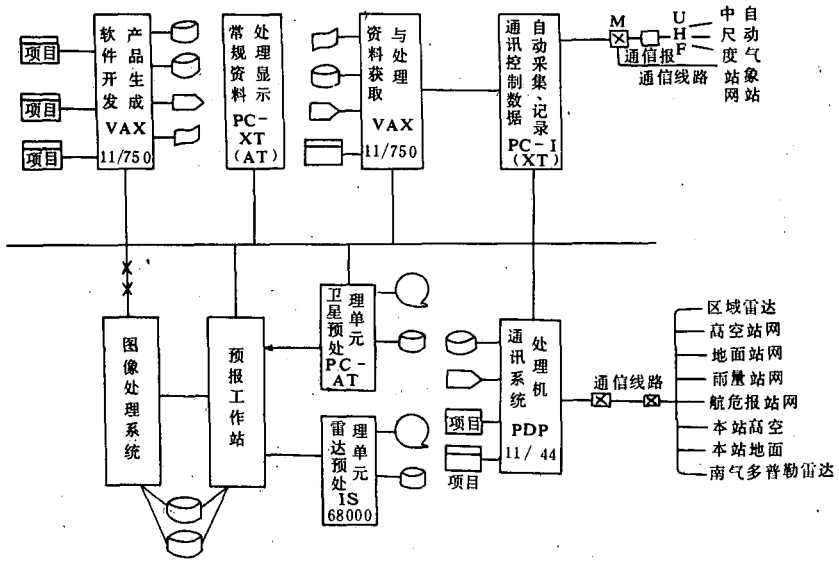


图 2 上海中心气象台短时预报工作站框图

2. 探测网的建设

(1)地面站网的建设主要是自动气象站的研制。由复旦大学、上海市气象局和气象科学研究所等设计制造的自动气象站已于 1987 年底试制成功,1988 年 3 月起已分别在上海和北京联网试用,一年多来运行稳定。这套自动站系统是专门用于采集和处理气象传感器数据,既可单独作为自动气象站系统,也可与数据信道联在一起,用作自动气象数据收集系统网络的一个终端站。这个系统有较强的人—机对话功能,操作人员可以根据需要选择菜单上内容^[16]。

(2)雷达探测。近几年在用雷达探测作短时监测预报方面的工作有很大进展^[17]。设备方面 1985 年武汉首先引进美国 EEC 公司的数字化雷达,1987 年起就已投入业务运行;1986 年天津市气象局引进同样雷达也已投入业务运行;1987 年气象科学研究所与南京气象学院已安装调试多普勒雷达,并于 1989 年开始运行。与此同时,原有的 713 雷达先后配置了数字化处理设备。

此外,气象科学研究所还正在开展多普勒天气雷达预报研究,大气风、温、湿遥感系统研制(包括晴空测风多普勒雷达的研制;双频道微波辐射计的研制;引进多普勒声雷达的消化、吸收、应用);闪电定位系统及其探测试验研究。

(3)卫星探测。80 年代初起我国先后在 NOAA、TIROS、GMS 卫星接收上进行增强显示及分层显示工作。中国科学院大气所、卫星气象中心和北京气象中心又先后引进美国威斯康星大学的 McIDAS 系统,与此同时国内一些院校和研究单位也在 IBM 机上进行卫星图象的图形处理工作。上海市气象局与交通大学协作研制的 GMS 高低分辨率云图实时接收及处理系统已用于监测台风及中尺度系统^[18]。

3. 通信网络的建设

开展短时预报业务必须要有一个与之相适应的信息实时收、转、发的通信网络。现国家通信网络、区域通信网络、省一级的通信网络运行已很稳定；有关自动气象站资料的采集已考虑了用甚高频或超高频收发，且进行了数次实地试验。

4. 中尺度天气的分析预报方法的研究

主要的工作可归纳为下面几方面：

(1)各级气象台用各种方法建立影响本地区强对流天气的大尺度和中尺度的各种概念模式^[19]。

(2)对各类中尺度天气进行中尺度分析，力求寻找中尺度系统的演变规律、机制，及其与环流背景的关系^[20]。

(3)用雷达监测及雷达回波的各种参数作强对流天气跟踪预报方法的研究^[21]，如建立回归方程、判别方程等作出预报判据、建立人一机对话的预报流程。

(4)用卫星图象的图形处理及人一机对话系统作短时预报的研究^[22]。

(5)用卫星图象、图形资料结合雷达回波作短时跟踪预报的方法研究。

(6)开展了对中尺度系统的数值模式和数值模拟的研究，武汉中心台还进行了业务试运行。

气象科学研究所、北京市气象局、上海中心气象台及一些省台根据上述一些研究工作分别结合经验预报、外推预报建立了短时预报的工作流程，使我国短时预报的业务逐步从经验外推预报向客观的半定量的方向前进了一大步。目前我国在这个领域的工作大致相当于先进国家70年代初期到中期的水平。与国际上先进国家的主要差距是，还没有建成一个为开展此项工作的台站网络，而且通信条件、通信手段较差，资料的传输等方面远不能满足需要；探测手段、跟踪手段及资料收集、处理、贮存能力及计算机配置和软件开发等方面尚不能满足需要；对中尺度系统的发生、发展、移向移速等方面的机制研究重视不够；各种预报方法（包括数值模式等）研究虽较之过去有很大提高，但作为系统投入业务运行还有一段距离，不少方法还不能真正解决短时预报时空的要求，且这些工作尚处在孤立的、分散的状态，还没形成整体的效能。

参 考 文 献

- [1] Little, C. G., 气象现时预报用的地面遥感方法, 现时预报, 65-88, 气象出版社, 1986年。
- [2] Smith, W. L., V. E. Suomi, F. X. Zhou and W. P. Mengel, 地球静止卫星大气探测资料在现时预报中的应用, 同[1], 125-139。
- [3] Schlatter, T. W., Mesoscale forecasting today and tomorrow-problems and opportunities, Mesoscale Analysis and Forecasting, 25-29, Proceedings of an International Symposium, Vancouver, Canada., 17-19 August 1987.
- [4] Tatehira, R., M. Hitsuma and Y. Makino, 日本的中尺度观测网, 同[1], 37-45。
- [5] Austin, G. L. and A. Bellon, 用雷达和卫星资料作甚短期降水预报的客观外推方法, 同[1], 46-56。
- [6] Zipser, E. J., 用中尺度对流系统生命周期的概念化模式来改善甚短期预报, 同[1], 181-195。
- [7] Pielke, R. A., 中尺度数值模式在甚短期预报中的作用, 同[1], 214-229。
- [8] Carpenter, K. M., 局地强迫生成的中尺度系统的模式预报, 同[1], 230-242。

- [9] Warner, T. T., T. C. Tarbell and S. W. Wolcott, 应用卫星云图和地面降水资料进行数值天气预报模式初值化的实例, 同[1], 243—255。
- [10] Forbes, G. S., K. A. Degrododt and R. L. Scheinhartz, Satellite imagery and conceptual models in mesoscale forecasting, 同[3], 251—261。
- [11] Takemura, Y., Y. Makihara, K. Takase and K. Aonashi, Operational experiment in very short range forecast of precipitation, 同[3], 239—244。
- [12] Austin, G. L., A. Bellon, P. Dionne and M. Roch, On the interaction between radar and satellite image nowcasting system and mesoscale numerical models, 同[3], 225—228。
- [13] 杨国祥、陈良栋等, 华东中尺度天气试验论文集, 第一、二集, 空军气象学院, 1984, 1985 年。
- [14] 气象科学研究院, 危害性天气监测和超短时预报试验中心京津冀基地筹建方案, 油印本, 1985 年。
- [15] 上海市气象局, 上海地区短时灾害性天气监测、预报、服务系统的研究, 油印本, 1985 年。
- [16] 杨铁性等, SAWS-1 自动气象站系统, 上海市气象局, 油印本, 1988 年。
- [17] 朱礼焯, 天气雷达回波外推预报方法的试验, 南京气象学院院刊, 即将出版。
- [18] 孙松青、吴志根, GMS 展宽云图实时接受和图像处理系统, 同[17]。
- [19] 邓之瀛, 一类盛夏静止锋暴雨概念模式, 同[17]。
- [20] 蒋乐怡, 盛夏季节强副高静止锋暴雨的中尺度分析与预报初探, 同[17]。
- [21] 叶燕欣等, 上海地区雷达短时预报工作站, 同[17]。
- [22] 姚祖庆, 动态定量卫星云图应用流程, 同[17]。

A REVIEW OF THE NOWCASTING OVER THE WORLD

Tang Xinzhang

(Shanghai Meteorological Bureau, Shanghai)

Abstract

This paper mainly presents the rapid development of short range weather forecast in some countries with the development of computer and new sounding measures, especially the remote sensing technique since the 1970s. The paper puts emphasis on the short range weather forecast for meso-small scale systems, some plans in 5—10 years and problems at present as well as the coming problems in the mid—1990s in the United States of America and so on. The paper reviews the general aspects of short range weather forecast in China and presents the progress of short range weather forecast in China since the 1980s stressing on the working stations, the sounding networks and the telecommunication networks which have been establishing in the four bases of the Zhujiang Delta, the Yangtse Delta, Jingjinji (Beijing, Tianjin and Hebei Province) and the middle-upper reaches of Yangtse River, as well as the analysis research on the severe convective weather and nowcasting in these four bases.