

MYTRONS 系统在暴雨临近 预报和研究中的应用

徐双柱 项经魁 万玉发 张家国 吴翠红

(武汉中心气象台, 430074)

提 要

概述了 MYTRONS 系统在长江中游地区暴雨研究的成果和在临近预报中的应用。该系统的建成,使预报员以高时空分辨率识别出中尺度系统客体的存在及动态演变,提高了对暴雨发生和发展过程的认识,增强了灾害性暴雨的预报能力。

关键词: 暴雨预报 中尺度系统 应用研究

引 言

经过七五国家重点科技攻关,武汉中心气象台成功地研制出“长江中游暴雨监测和临近预报业务系统”^[1](MYTRONS)。该系统的建成,增强了对长江中游地区暴雨的监测能力,为开展暴雨天气的更深入的研究提供了坚实的基础,一套合理的主客观结合的临近预报方法和高效快速的预警报作业流程基本建立起来。在 1991 年 6—7 月连续暴雨期间,MYTRONS 系统连续运转,经受了严峻的考验。系统自 1989 年起试运行,1991 年起投入业务运行 3 年来,取得了显著的社会和经济效益。本文重点论述 MYTRONS 系统在暴雨临近预报中的应用和概述近几年来使用 MYTRONS 资料开展暴雨研究的成果。

1 中尺度天气预报方法的现状

Browning(1989)^[2]曾经对世界各国开展的中尺度预报方法进行了比较全面和客观的评价,指出,中尺度预报方法有:线性外推、概念模型、经验规则、中尺度气候学、专用一维模式和中尺度数值预报等。不同的预报方法在不同时段的预报处理中,其重要性是不同的(图 1),从图中可看出,人们对 3—12 小时预报仍缺乏有效的方法。

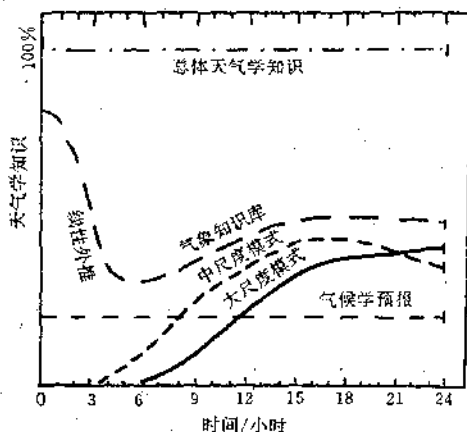


图 1 不同类预报方法对各个时段预报的有效性
(引自 Browning^[2], 1989, Fig. 17)

2 MYTRONS 系统在暴雨天气临近预报中的应用

2.1 武汉中心气象台业务化的临近预报

显而易见,利用高时空分辨率的雷达、卫星资料结合概念模型的外推预报是临近预报的主要业务方法,武汉中心气象台目前投入业务运行的临近预报就是采用这一方法。MYTRONS 系统中的 WMS、WMSS、MY-WMS 和 WDS 工作站具有日夜自动运行的能力,并高频度地提供了丰富的实时雷达和

卫星图象,以及包括天气图和数值预报产品的大尺度背景场资料^[1]。短时预报员通过对这些实时资料的监测和分析可以作出比较准确的临近预报,并以高效实时方式广泛而又快速地分发给用户(如图2)。

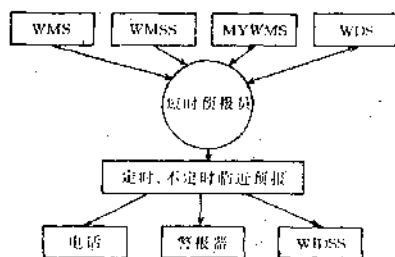


图2 临近预报的工作环境

预报员以人机交互方式在 MYWMS 和 WDS 工作站上并结合 WMS 和 WMSS 监视器制作暴雨临近预报,具体思路如图3所示。

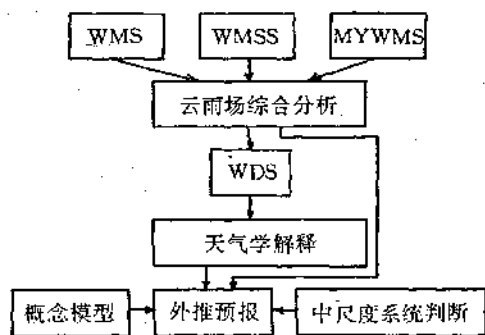


图3 临近预报工作流程

- 实时雷达回波和卫星云图连续监测和综合分析。在紧急和简单情况下可首先作出线性外推;

- 实时大尺度背景场和中尺度地面资料对雷达回波和卫星云图所反映的现象进行天气学解释;

- 利用概念模型结合实况云雨场确定中尺度系统所处的阶段;

- 综合处理后作出外推预报。

在实际预报中,预报员不但应具有对雷

达回波和卫星云图的综合分析能力(包括降水回波、云图识别、强度订正等),而且还要具有对一地区中尺度系统发生、发展演变活动规律的深入认识,同时还要具有使用计算机处理和综合众多资料的能力。

另一个重要方法是,预报员应以较高的频度(如半小时或一小时)用滑动方式制作和发布未来数小时的预报,进行不断订正和修改。这对于提高短时预报质量以及应付紧急和预报难度较高的灾害性天气极为重要。

2.2 临近预报的个例分析

1990年8月14日夜,湖北省远安县城镇发生了湖北省有史以来降水强度最大的一场局地特大暴雨,过程总降水量为437mm,其中14日19时—15日01时6小时降水量达400mm。预报员利用MYTRONS系统整夜进行严密和连续监测,并完整地记录了这个过程。正是根据MYTRONS系统提供丰富的实时资料,使预报员逐时制作和发布预警报,不断进行订正,对在常规天气图上几无痕迹可寻的这次突发性、高强度的灾害性中尺度过程作出了较为正确的临近预报。

2.2.1 实时雷达回波和卫星云图的综合分析

盛夏季节,在长江中游地区时常出现一些局地性、突发性的强降水,在MYTRONS系统建立以前,对这种降水既无法监测更无法预报。MYTRONS系统建立后,这种状况才明显改善。分析发现这种强降水是在副高边缘与西风带共同作用下,发生在长江中游地区的MCC所致,它与美国中部地区的MCC的降水场特征有明显不同^[8]。

MYTRONS系统能自动地提供的实时雷达回波和卫星云图资料主要有:

①WMS和WMSS每10分钟一个周期的5种武汉数字化雷达回波图象产品(Col. Max, ZPPI, CAPPI×2, ETPPI);

②MYWMS的逐小时卫星云图(红外和可见光);

③宜昌、武汉雷达半小时周期的数字化雷达拼图；

④长江中游雷达网和GMS卫星(IR, VIS)云图每小时一次的三重叠图。

通过这些图象资料,可以细致地分析云雨场的结构和对流云团的发展。如图4所示,17时30分,红外云图上鄂北已出现多个对流云团,其中远安西北部的对流云团尺度最大,在对流云团的前沿存在不连续条状对流回波带。17时30分—20时30分连续动画发现,在对流云团中,中- β 尺度的云体强核呈反气旋式转动合并成中- α 尺度的对流云团,此时对流回波与云团强核配合一致,强回波复合体位于云团强核中心。21时30分与西

南气流对应的积云带与中- α 尺度云团的西边界汇合,汇合处有对流回波单体出现。21时30分—00时30分的卫星云图动画显示表明,中- α 尺度云团呈气旋式转动,云团的强度梯度最大曾达到 $-15^{\circ}\text{C}/10\text{km}$ 。西南气流与云团汇合处的对流单体回波不断地辐合于云团中心处的强回波复合体中。WMS10分钟周期的连续动画回波演变发现(图5),与云团中心对应的复合强单体每隔半小时进行一次分裂、合并调整过程。在合并过程中,一般是由西部或西南部的对流单体向其汇合,使得远安上空长时间稳定维持一个强辐合单体,因而强降水稳定维持。

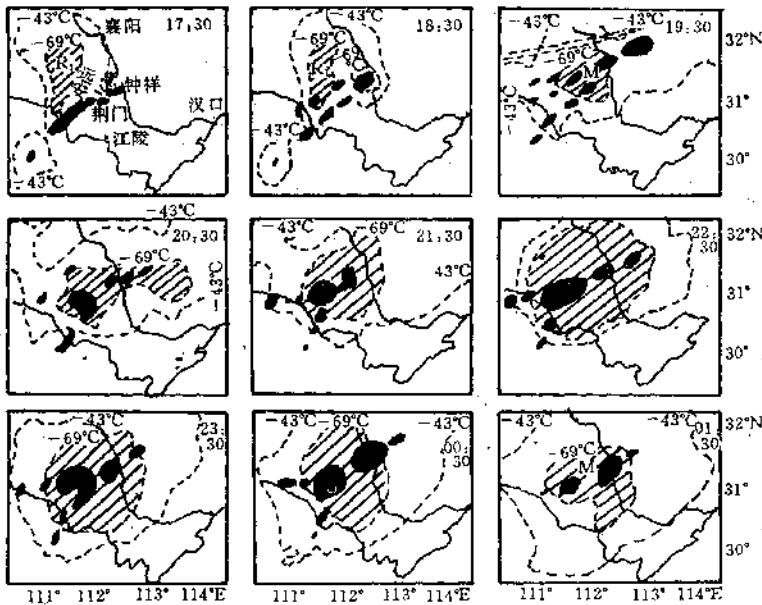


图4 1990年8月14—15日武汉与宜昌雷达回波拼图与卫星云图叠加
黑实心为30dBz以上的降水回波

2.2.2 大尺度背景场和中尺度地面资料对云雨场的天气学解释

MYTRONS系统的WDS提供了大尺度背景场和中尺度地面资料,可以方便地解释雷达、卫星资料上反映的云雨场状况。14日20时850、700hPa的切变线位于许昌—光化

一线,中低层切变线几乎是垂直的,说明中、低层有强烈的辐合,而在200hPa由槽后转为强烈的反气旋中心,在低层辐合线南侧触发形成对流云团。14日15时在枝江的西北部可分析出一个直径为100km的1002hPa的中低压,其同时又是一个暖中心,以后这个

中低压不断向北发展直至 23 时。局地特大暴雨发生地远安县的单站气压变化曲线也表明,在 19 时以前远安一直持续低气压发展,远安位于中低压的北部。从 14 日 14 时—21 时,沿常德、松滋、宜都、当阳一线维持一南北向高能舌,高能中心的总温度达 91.6°C 。从 17 时开始在豫南有一股冷空气沿襄阳、荆门

的汉江河谷南下,带来一低能区,18 时在荆门与远安、当阳之间形成密集的能量锋区,能量锋区最强时的梯度达 $-13^{\circ}\text{C}/50\text{km}$ 。云团在能量锋区的北侧形成且发展维持。特大暴雨就发生在高能轴右上侧强能量锋区上(图 6)。

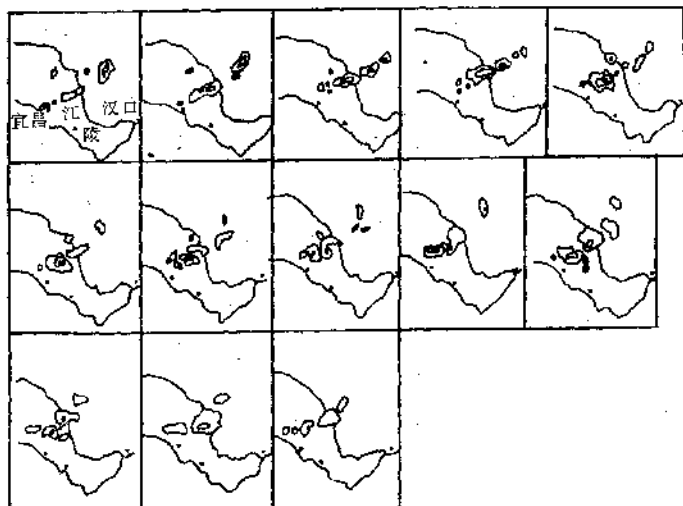


图 5 1990 年 8 月 14—15 日远安县复合强单体的形成与演变

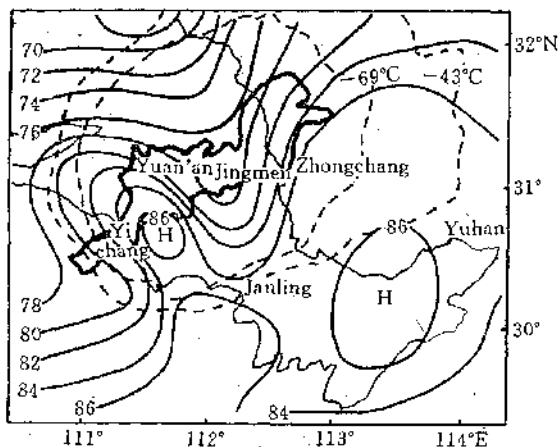


图 6 1990 年 8 月 14 日 20 时地面能量场、23 时红外云图和雷达回波图

2.2.3 中尺度系统的判断结合概念模型进行外推预报

远安特大暴雨与中- α 尺度对流云团和辐合强单体的稳定维持紧密相关。中尺度低压的发生和“ Ω ”型能量锋区都表明,中尺度系统处于有利的发展阶段。已往的概念模型研究认为复合强单体和 MCC 云团的生命史在 6 小时左右,根据以上分析判断可比较准确作出外推预报。

3 MYTRONS 系统用于长江中游地区的暴雨研究

暴雨是一种中尺度现象,这已为众多研究所共识。由于 MYTRONS 系统提供了详细的云雨场中尺度结构,广泛用于暴雨研究,揭示出有关暴雨的许多新的现象和规律。如冷

锋暴雨的中尺度结构、梅雨锋暴雨中尺度雨团、西南急流中垂直于冷锋的平行雨带、MCC云团和东风波中移动迅速的雨带等。

MYWMS 工作站中的卫星(IR, VIR)和雷达网(MYRAN)三重叠图产品,清楚表明暴雨带位在 TBB(-47℃红外云带的北侧而与可见光高值区(VIR)0.49)近乎重合,揭示了梅雨锋系降水场中的强对流机制。金鸿祥^[6]等从 MYTRONS 积累的云场资料库发现,即使是一般常称谓在梅雨锋系上的连续性大暴雨,实际也是呈间歇的脉动形式,而每场暴雨的突发,都是在静止锋背景场上,由多个初生的中尺度雨团(其上对应云团)在低、中层发生辐合或涡旋运动,合并加强而形成较大范围的强对流带所致(图7)。虽然这种因雨团合并加强造成暴雨的过程与另一种常见的局地突发暴雨具有一致的特征,但如何在工作站上识别在梅雨锋系上中尺度雨团的发生以及监视其运动特征是一个较为困难的问题,因为这种辐合和涡旋运动的周期较长,可达10个小时左右,位置视觉比较和短系列动画效果均不甚明显。

郑启松等^[3]利用 MYWMS 资料对“91.

7”江淮梅雨锋上特大暴雨进行了系统分析,发现特大暴雨一般由两段降水组成:即前一段强降水表现为受低槽或低涡云系(团)影响,一般可产生50—100mm降水,且范围较大。后一段强降水发生于下半夜到次日早晨,受MCC尾部新生强云团影响,强度大,范围狭小,造成影响区总量>200mm的特大暴雨。在制作TBB≤-54℃的日变化合成云图上也表明,三汉地区在02b前后有强云团频次较高且稳定维持的特点。胡伯威等^[4]利用WMS提供的雷达回波资料分析了1987—1989年长江中游地区春、夏季节暴雨过程,将它们划分为5种类型,归纳出暴雨过程中的中尺度回波现象,为暴雨的短时监测预报提供一些线索。项经魁^[5]、万玉发^[6]和徐双柱^[5]等分别利用WMS、WMSS系统资料分析了暴雨回波的演变特征,概括出暴雨回波生成、发展演变的概念模型。所有这些研究都为长江中游地区暴雨短时预报提供了重要依据。

4 结语

4.1 雷达、卫星资料是目前唯一能够在业务条件下详细描述中尺度系统活动情况的资料。利用雷达回波和卫星云图结合概念模型的外推预报,是目前可以投入业务化运行的一种有效的中尺度预报方法,并将维持相当长一段时间。待今后中尺度数值预报得到较大发展时,可探求二者的结合,英国目前的NIMROD系统^[9]正在开展这方面的研究。

4.2 MYTRONS系统在长江中游地区暴雨临近预报中发挥了极其重要的作用,同时也大大提高了预报员对中尺度系统的认识。新一代监测和预报业务系统为中尺度预报提供了极大的机会但也极富有挑战性。预报员不但要具有综合分析雷达、卫星资料的能力,还

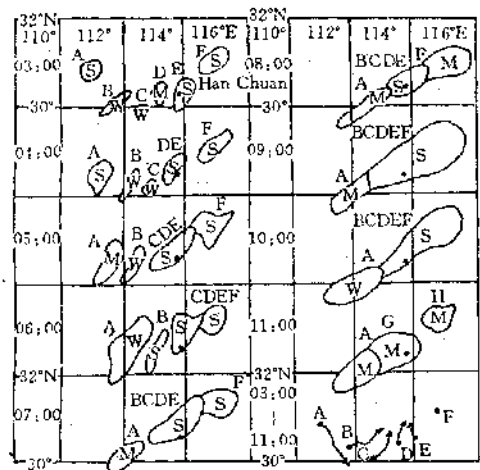


图7 1991年7月9日武汉、宜昌雷达回波拼图
雨量演变

W表示强度弱, M表示强度中等, S表示强度强

要具有对某一特定地区的中尺度系统活动规律的深入认识。此外还要具有使用计算机处理和综合众多资料的能力。所以,预报员的知识 and 加强学习现代化技术就显得十分重要。

4.3 短时预报必须走客观化、定量化和智能化道路。一方面要充分利用雷达、卫星资料进行深入研究和开发,另一方面要改进中尺度观测系统,例如陆基风廓线仪网和发展具有较高时空和谱分辨率的星载探测系统等,从而改进中尺度数值预报的初值问题,发展中尺度数值预报。

致谢:本文承蒙湖北省气象局副总工程师金鸿祥同志的指导,在此表示感谢!

参考文献

- 1 金鸿祥,杨金玖.长江中游暴雨监测预报业务系统(MYTRONS)的设计和结构.气象,1994.
- 2 K. A. Browning. The mesoscale data base and its use in mesoscale forecasting, Q. J. R. Met. Soc. 1989. Vol. 115.

PP717-762.

- 3 郑启松等.用MYWMS实时云雨监测资料分析江淮梅雨锋上的特大暴雨,International symposium on torrential Rain and Flood, Huangshan, Anhui, China, 1992.
- 4 胡伯威等.湖北省春、夏季节暴雨中尺度对流回波系统初探.南京气象学院学报,1990,13(4).
- 5 项经魁.武汉数字化天气雷达回波特征和短时预报应用.南京气象学院学报,1990,13(4).
- 6 万玉发.长江中游暴雨的回波形势及动态.长江中上游灾害性天气监测预报研究文集(二),1990.
- 7 徐双柱.暴雨数字化云图和回波特征的比较.长江中上游灾害性天气监测预报研究文集(二),1990.
- 8 Jin Hongxiang (金鸿祥) et al., Operational Very Short range Forecasting System and Its Application for Torrential Rains in Middle Yangtze River of China. 13th Conference on Weather Analysis and Forecasting with Symposium on Flash Flood. Vienna, 1993.
- 9 Collier, C. G., NIMROD-A System for Nowcasting and Initialization for Modelling Using Regional Observational Data. 25th Conference on Radar Meteorology, Paris, 1991.

The Application of MYTRONS to Nowcasting and Studies of Torrential Rain

Xu Shuangzhu Xiang Jingkui Wan Yufa Zhang Jiaguo Wu Cuihong

(Wuhan Central Weather Service, 430074)

Abstract

The application of MYTRONS to nowcasting and studies of torrential rain in the middle reaches of the Changjiang river is described. As MYTRONS was established, the forming knowledge and the forecasting ability of torrential rain were improved. Obvious social and economic benefits have been obtained.

Key Words: torrential rain application nowcasting