

长江中游暴雨监测预报 系统的设计和结构

金鸿祥 杨金政

(湖北省气象局, 武汉 430074)

提 要

自70年代起,利用高新技术,研制以监测预报中尺度灾害性天气为目标的业务化系统,已成为一个重要领域,在世界范围蓬勃兴起。80年代内,武汉中心气象台从引进美国数字化天气雷达系统开始,直到国家七五攻关课题《灾害性天气监测和短时预报系统》长江中游片的完成,基本建成了一个现代化的长江中游暴雨监测预报业务系统(MYTRONS)。作者从系统工程学角度出发,介绍其设计思想、技术策略和系统结构。MYTRONS的成功标志我国气象业务现代化的一项重大进步。

关键词: 暴雨监测预报 系统设计 技术策略 系统结构

引 言

K. A. Browning 在1980年向英国皇家学会就如何改进局地天气预报问题作过专门报告^[1]。认为,虽然短期天气预报归因于数值模式预报的进步而获得巨大进展,但12小时内的局地天气详尽变化,特别是受中(小)尺度天气系统和地形等强烈影响的短时灾害性天气预报,长期来仍无多大改进。从80年代初起,由于引入了迅猛发展的近代高新技术,主要是大气遥感探测、计算机高速处理和数据通信等技术的综合应用,才使解决短时预报的难题出现了重大转机。

自70年代末以来,一系列短时天气预报系统的研究和试验计划被纷纷提出,其目的都是为了改进局地短时天气预报的质量,即详尽度(定时和定点)及准确率。其技术策略也基本一致,认为必须综合利用现代化新技术和运用系统工程学的方法,来建立在结构和功能上与传统的短期天气预报系统有很大区别的一个全新的现代化系统。这个新系统必须能以很高的时空分辨率(几分钟和几公里)实时地探测天气,经过信息快速传输和集中,直到高速数据处理和显示图象为时不过

数分钟,目的是使常规探测系统无能力发现的中尺度天气系统的客体及其演变过程,能通过现代技术以直观形象准确、详尽、及时和动态地反映于人脑,让预报员至少能来得及用线性外推方法(即临近预报法)作出几小时内的局地天气预警报,然后用快速的方式向用户主动分发服务。整个业务工作流程必须和中尺度天气过程的节奏合拍(如英国的FRONTIERS系统运行周期规定为半小时^[2])。因此,新系统的本质特点是具有实时发现和详尽揭露中尺度天气系统的存在,并对其过程进行连续跟踪的能力。≤12小时的短时预报系统都是以≤3—6小时的临近预报系统为基础的,本文对这二个名词不严加区别。

在80年代国外所发展的该类系统中,英国Browning为首研制的FRONTIERS(Forecasting Rain Optimized using New Techniques of Interactively Enhanced Radar and Satellite)系统^[3]和美国Brean及MacDonald等首创的PROFS(Prototype of Regional Observing and Forecasting Service)系统^[4]在世界上树立了样板。

武汉区域中心在 80 年代六五期间引进美国 10cm 强功能的数字化天气雷达系统 (WSR-81S) 的基础上,接着执行了七五国家科技攻关项目。经过充分学习外国先进经验和结合自身条件,创造性地设计和研制成功长江中游暴雨监测预报业务系统 MYTRONS (Torrential Rains Operational Nowcasting System in Middle Yangtze River)^[5],并迅速投入业务应用^[6]。这个系统结合我国京津冀、长江和珠江三角洲等三个同类而各有特色的系统,共同为我国开展现代化短时天气预报业务,填补国内空白和赶上世界先进水平而作出了贡献。

1 设计思想

短时天气系统设计者的任务是明确系统监测预报的对象及其特点,在中尺度系统特征值范围中合理确定参数,然后根据自身经济和技术条件,作出系统的最佳设计。

1.1 限定目标任务优选学习对象

系统工程设计方法的一个基本原理,就是以最佳性能价格比来合适地实现由目标所限定任务的功能要求。由于受经费和技术条件的限制,人们常不可能一步建成一个完善的系统,立即实现所有的任务的目标。长江中游汛期暴雨频繁,而暴雨是在大尺度天气背景场上叠加中尺度系统形成的,局地性和区域性、突发性和连续性并存,时空变率之人所形成的复杂性,以及强度之大所造成的灾害性,这种种特点都使系统的首期目标应该是以暴雨的监测和预报为重点。因此,无论从目标、经费和规模来看,FRONTIERS 无疑要比 PROFS 更适合我们借鉴学习。

1.2 建立 3 个全新环节的新系统

Browning 曾指出,在最佳性能价格比的前提下,短时预报系统必须从中尺度天气系统的特点出发,对数据获取(探测通信)、综合处理(分析预报)和分发服务等 3 个环节进行系统化的全面新设计^[7]。如在数据获取环节,Beam 等认为对短期预报而言几可忽视的雷达却一跃成为最为关键的探测工具^[4]。在综合处理环节中,以计算机为基础的综合工作站,成为短时预报员必不可少甚至是唯一的

核心工具^[8]。又如在分发服务环节中,短期系统的传统分发方式不仅赶不上天气变化的速度,而且对短时系统而言,实况产品(特别是雷达图象)与预报产品的分发;以及预报产品的更新频率与预报本身的质量都处以同等重要的地位^[9]。并且,高频度(几分钟)和大容量(几百 kB)图象产品的分发,必然采用高效的技术途径。因此,作为长江中游的一个现代化暴雨短时预报系统,MYTRONS 必须是具有 3 个全新环节的新系统。

1.3 具有高度的业务运行能力

MYTRONS 首先要求设计成为一个具有高度运行能力的业务化系统,并且可作为在长江中游地区中尺度暴雨的试验研究基地。系统的运行能力是由系统的效率和效益两个重要因素决定的,为此尽可能作出最佳设计。

1.3.1 系统的高效率

系统的效率一般取决于系统的自动化程度以及设备和运行机制的稳定可靠性。在 MYTRONS 设计中除了对此予以重视外,还对影响短时天气预报系统运行效率的另一个重要特征因素,即系统连续运行能力和天气实况产品产出的频度提出了高的设计标准。在重要暴雨天气过程中,要求系统能以昼夜地长时间连续不停运行(如在 1991 年汛期长江中游特大暴雨期中,从 6.29—7.13 MYTRONS 连续运行了 15 个昼夜);其中,还要求长江中游数字化天气雷达网 (MYRAN) 能以 30min 为间隔周期实现自动拼图,而其中央骨干雷达即武汉数字化天气雷达能以 10min 间隔周期自动进行体积扫描。因为只有这样,系统的运行节拍才能与中尺度暴雨的时间尺度相协调,保证不遗漏一个暴雨事件,并对整个动态过程进行严密监测和完整纪录,从而使暴雨短时天气预报的业务和研究水平有大幅度的提高。

1.3.2 系统的高效益

一般而言,系统的吞吐量和输入与产出之比是系统效益的度量。对于一个短时天气业务系统而言,天气实况和预报信息产品的产出和输出的质量和数量,就决定了系统的

效益。为使系统获得尽可能大的社会和经济效益,MYTRONS 十分重视系统与用户特别是广大基层台站间的界面,即新型的分发服务环节的设计。使它具有快速实时、大容量和高频度的传输特性,并具有易于普及推广的优点,因而可快速提高和增强基层台站制作短时暴雨天气预报的能力。

2 技术策略

Bearn 和 MacDonald 曾详述过^[4],系统设计者必须以性能价格比为天平,过细衡量甚至用试验和统计方法,认真评价在系统每一环节中采用的每一种设备和方法的经济和有效性,从而作出最佳选择。简言之,面对系统目标所确定的对象,设计者必须正确回答:选用哪种设备和技术途径才是最有效和最经济的?

2.1 现象探测应优先于要素观测

相对而言,数据获取环节中的监测工具和设备价格相当昂贵,而其运行的稳定和可靠性也最为重要和难得。在资金投入有限和系统建设初期,如何正确选取是个十分重要的关键问题。中尺度天气探测也可分为要素和现象两大类,显然压温湿风 4 要素是决定中尺度天气动力和热力学发生发展的重要因子,也是中尺度天气学分析的物理基础。从中尺度气象要素观测来看,目前尚有自动气象站、风廓线雷达、辐射仪和声雷达等多种工具可用。但是,其成熟程度和价格,至今依然是国内业务应用者的疑虑和负担。如自动站由于其量多分散的特点,使稳定运行和维护十分困难。而与此相反,以探测大气云雨现象为主的天气雷达和气象卫星,虽然价格高昂,但量少集中反而易于维护,已稳定投入业务应用数十载。Conway 和 Browning 明确指出^[2],所幸者是大部分中尺度系统伴有云雨现象。因此,对于一个业务系统来说,首先通过中尺度天气现象而不是要素观测来监测预报中尺度天气,是一个实用而又策略的方法。在我国,随着经济和科技进一步发展,中尺度要素观测也必然会逐步增强和提高。

MYTRONS 根据自身条件,首先确认了最佳综合利用雷达和卫星的 FRONTIERS

的策略思想^[3]。针对长江中游汛期多暴雨洪灾的特点,把监测工具的重点首先放在数字化天气雷达网和静止气象卫星相结合的主体上,根据长江中游的条件,研制中国式的 FRONTIERS 工作站,称为 MYWMS^[10]。这对于相当细致描绘中尺度暴雨天气系统的存在,从而迅速形成业务能力是一个可行而有效的重要策略和方法。

2.2 重点研制长江中游数字化天气雷达网

多部雷达回波图象的实时合成即拼图,扩大了降水的监测范围,有助于追朔中尺度暴雨系统的源地和早期演变,对提高预报时效(从短时至短期)和洪水雨情计算等多种应用有重大意义和价值。世界上实现数字化雷达自动化联网最早的是日本,但难度和规模最大的当首推欧洲。欧共体西欧十余国从 80 年代初经过了十余年的共同努力,先后执行了 COST-72 和 COST-73 科技合作项目^[11],使多国联网雷达在 90 年代初达到了约 30 部。我国在 80 年代内曾有过区域性手工的模拟雷达联防,但图象粗糙,延时过长(约 2 个小时)且频度极低(每日数次),不能真正有助于暴雨临近预报。在 MYTRONS 中,把设计和研制长江中游数字化天气雷达自动化联网拼图作为系统建设的重点,是一项重要和富有价值的技术措施。

2.3 建立实时高效的暴雨信息分发服务系统

在分发服务环节上,虽然现代通信技术种类很多,但对中尺度系统而言,也存在着一个应选取何种为最佳的问题,因为它直接影响到系统效益的总体发挥。从中尺度天气信息的分发来看,其最佳方式应是采用计算机网络,用点对多点的数据广播方式,将大容量高频度的实况和预报产品,以经济和高效的方法主动地分发到广大的基层台站和社会用户,做到多用户实时共享,从而获得最大的社会和经济效益^[12]。

对基层台站进行天气信息的分发,短期和短时系统应采用不同的策略。大尺度信息应择要且少发,而中尺度信息应详尽而多发。如能拥有相当多的中尺度天气产品,则本地

气象台站更有利于准确制作当地的短时天气预报,这正是中尺度天气变化的特点,也是对高效实时分发系统的迫切需要。

3 系统结构

在上述设计思想和技术策略指导下,具有数据获取、综合处理和分发服务三个全新环节的MYTRONS的系统结构如图1所示:

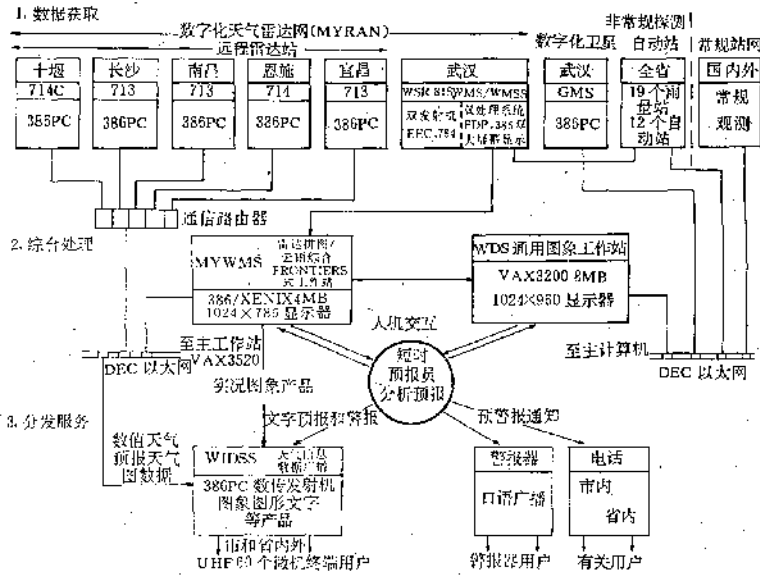


图1 长江中游暴雨监测预报业务系统MYTRONS结构示意图

3.1 数据获取(信息分系统)

在长江中游组成一个具有相当规模(武汉、宜昌、恩施、十堰、长沙和南昌等6地)的数字化天气雷达自动实时网络(MYRAN; Radar Network in Middle Yangtze River之意)和GMS卫星接收作为中尺度的主要探

测工具,并结合一些自动气象站和自动雨量站(作校正雷达数据用),参见图1及图2。其中,位在武汉的中央骨干雷达WSR-81S具有双发射机和双处理机系统(WMS & WMSS)的强大功能。

3.2 综合处理(预报分系统)

MacDonald认为^[8],作为短时天气预报系统核心的工作站,应实现水平综合(指各种探测信息源的集中)和垂直综合(指3个环节所形成的业务流程)的两大功能,参见图1。在MYTRONS系统中,提供了两种互补型的工作站,一种是具有FRONTIERS功能的云雨综合处理的专用工作站(MYWMS)^[10]。另一种是提供大尺度天气背景场的通用工作站(WDS,它是与大气所周凤仙等联合研制的)。由图1可知,预报员仍是MYTRONS系统的核心。在人机交互的方式下,将机器的特有功能和人的经验和智能有机地结合在一起,从而制作暴雨短时预警报。

3.3 分发系统(服务分系统)

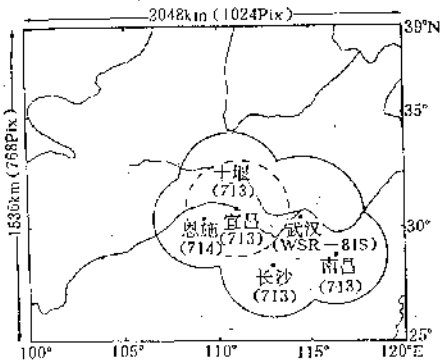


图2 长江中游数字化天气雷达网(MYRAN)与GMS卫星云图重叠区图
各站探测半径取250km

由通用警报器以及武汉天气信息分发服务系统(WIDSS)两者共同组成。WIDSS是采用超高频无线数传网络和微机终端相结合的新型高效分发服务工具,目前已形成了相当规模和强大功能的服务网络,使MYTRONS获得了显著的社会和经济效益。

4 结语

解决长江中游汛期暴雨短时天气预报问题,首要的基本关键是必须建立一个全新的现代化短时预报业务系统。经过精心设计,已研制成功的MYTRONS具有较高的性能价格比、自动化程度高、系统完整性好,并有一系列先进的技术特色,诸如:中央雷达强功能的双处理系统(WMS & WMSS),长江中游数字化天气雷达网(MYRAN)和云雨综合分析预报工作站(MYWMS)以及高效强功能的分发服务系统(WIDSS)。系统自1990起试运行并于1991年投入业务应用以来,在实践中所表现的高效率和所获得的高效益,充分标志了MYTRONS是我国气象业务现代化事业中的一项重大进步。

从当前世界的发展来看,MYTRONS还处于初级阶段,雷达网络的更大扩展,测雨的定量化和预报的客观化,中尺度气象要素探测的增强,以及设备的继续更新和系统的高度稳定性等,尚需在90年代中后期进一步改进和提高。

Design and Structure of Torrential Rains Operational Nowcasting System in the Middle Reaches of the Changjiang River(MYTRONS)

Jin Hongxiang Yang Jinzheng

(Hubei Provincial Meteorological Bureau, Wuhan 430074)

Abstract

The operational systems, using modern sophisticated technology with the purpose of monitoring and nowcasting middle scale severe weather events being a main area in meteorology, have been developing vigorously in the world since the late 1970s. In the 1980s, starting from the introduction of an American Digital Weather Radar System to the completion of the Project for «Severe Weather Monitoring and Very-short Range Forecasting System» subjected to the National Program in the 7th Five-years Plan, the Wuhan Central Weather Service had developed and established a modernized Torrential Rains Operational Nowcasting System in the middle reaches of the Changjiang River (MYTRONS). From the view point of system engineering, the author describes the design consideration, technical strategy and systematic structure. The success of MYTRONS signifies the significant progress in the modernization of operational meteorology in China.

Key Word: torrential rain nowcasting system design technical strategy system architecture

参考文献

- 1 Browning K. A., Local Weather Forecasting (Text of a review lecture at the Royal Society), Met. Office RRL, No. 16, 1980.
- 2 Conway B. J., K. A. Browning. Weather forecasting by interactive analysis of radar and satellite imagery, Phil. Trans. R. Soc. Lond. A324, 1988.
- 3 Browning K. A., The FRONTIERS plan: A strategy for using Radar and Satellite Imagery for very short range precipitation forecasting. Met. Mag. 108, 1979.
- 4 Bearn D. W., A. E. Macdonald. Designing a Very Short-range Forecasting, Nowcasting. Academic Press, 1982.
- 5 Jin Hongxiang (金鸿祥), et al., Design and Architecture of Torrential Rains Observation and Nowcasting System in Middle Yangtze River of China. 26th International Conference on Radar Meteorology, Oklahoma, 1993.
- 6 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, Virginia, 1993.
- 7 Browning K. A., System Design, Nowcasting. Academic Press, 1982.
- 8 MacDonald A. E., PROFS: An approach to improved operational weather service. Proc. Nowcasting System, Sweden, 1984.
- 9 Karpenter K. M., et al., Use of Radar Network Data for Forecasting Rain. Met. Office RRL, No. 29, 1982.
- 10 Jin Hongxiang (金鸿祥), et al., An Interactively Integrated System for Detection and Nowcasting of Precipitation in Middle Yangtze River. 25th International Conference on Radar Meteorology, Paris, 1991.
- 11 Collier C. G., International Weather Radar Networking (Final Seminar of the COST Project 73). Kluwer Academic Publishers, 1992.
- 12 杨金政, 冯斌贤等. 气象产品现代化分发技术与分发服务系统. 气象, 1992, 18(10).