

现代短时天气预报系统运行稳定性问题的探讨

金 鸿 祥

(武汉中心气象台)

提 要

本文从总结武汉中心实验室临近预报分系统在1989年预试验运行的情况出发,结合国外同类系统运行的经验,对系统运行稳定性问题作了初步讨论,提出了影响运行稳定性的几种因素及其认识。

一、引 论

现代化短时天气预报系统(Modernized Weather Nowcasting System, 下简称MWNS),在英国以FRONTIERS为代表,美国以PROFS为代表,都是以利用现代先进技术为基础的多种技术装备组成的一个工程体系^[1]。

MWNS由各分系统综合构成,一般为数字化和多普勒化的天气雷达网、气象卫星接收站和自动气象站网等,共同构成外场的探测分系统;以小型和超级微型机为基础,组成多种信息源的分布式数据处理分系统;人机交互式图象工作站,作为综合显示、处理和分发各种实况和预报产品的中央工作台;远程数据通信网以及局域以太(ether)网组成的通信传送分系统。所有这些高科技设备(含软、硬件)的系统化组合,都围绕一个特定的目标,用高速和高频度来获取、处理、传输多种大容量的中尺度数据和产品,以适应强对流性天气剧烈变化的需要。

MWNS的出现和发展,使气象工作从整体上完全溶入于现代化的系统和设备之中。气象技术人员从来没有面临过那么多的机器、接近并紧密依赖于机器。毫无疑问,系统与设备是MWNS的基础,作为其上层建筑的短时预报和服务,则显然与系统及其运行的稳定休戚相关。

二、预试验期系统运行情况小结

一个尚在继续研制中的武汉临近预报分系统,在1989年汛期(6月15日—8月15日)投入预试验运行。它不是由目标规定的最终工程模型,而是利用现有研制成果为预试验提供的一个雏型功能模型。旨在试验三种信息源的通信连接、图象处理显示和综合监测等功能,其结构如图1所示。

有关其特点和初次运行情况归纳如下:

1. 数字化天气雷达。虽未联网拼图，但有武汉（引进的 10cm）和宜昌（国产 5cm）两部数字化天气雷达传图，并列地实时显示彩色回波图象。

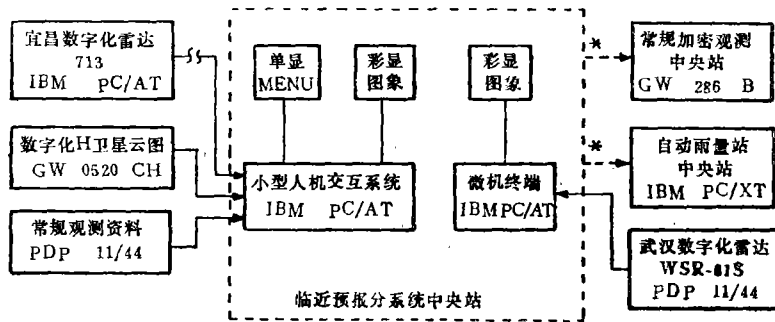


图 1 1989年汛期武汉临近预报系统雏型功能模型结构示意图

* 表示尚未联接，但可方便地去邻室访问数据

宜昌数字化天气雷达今年运行正常。回波图经三报一话（1200baud）线路，以每小时一次的频率准实时向武汉传送。试验期内收到的图象有80%十分清晰，表明远程传图基本成功，效果令人鼓舞。但因属初次试验，远程传输质量尚不稳定，缺、坏图约占20%。

武汉雷达每10分钟送图一次，探测范围盛夏半径可达450公里，有功能很强的三维结构产品。试验期内在A、B区内利用本站雷达探测预报暴雨的成功率为5/6。

2. 数字化H卫星云图。该产品从短期天气会商室分支传来，共收图705幅。运行基本稳定，效果较好，但由于该设备没设专门的操作和维护人员，偶也有些故障出现。

3. 小型人机交互系统。在原计划的VAX3520图象工作站尚未引进前，暂由为宜昌分中心研制的小型综合显示系统代替。它能汇集处理三种实时资料。本机在预试验内硬、软件运行稳定，效果良好，发挥了较大的监测作用。

这个雏形初级系统是在当前条件下的一个较为合适的设计，系统实时运行能基本实现，表明在技术总体上是基本成功的，为今后完成系统研制的最终工程目标奠定了必要的技术基础和认识，这是成功的方面。然而，值得令人十分注意的另一面是，在预试验期内系统的整体运行还不够稳定，连续监测有时不能顺利进行，资料不能完整积累。这是因为现代化系统是由众多的环节所紧密组成，其中一个或几个出现常发故障，就会影响到系统运行的整体效果。为今后长久计，从现在起就必须认真考虑这个问题：如何才能保证系统运行的可靠性？也就是如何才能保障系统尽可能有最长的MTBF（平均故障间隔时间）和最短的MTTR（平均修复时间）？这就是现代化系统运行的稳定性问题。

三、MWNS的运行稳定性因素

从现代技术观点看，系统可视为硬软件两者的复杂统一体。其运行稳定性可由系统的MTBF和MTTR两个参数综合为SORE（运行可靠率）= $MTBF / (MTBF + MTTR)$ 表示。当MTBF越大和MTTR越小时SORE越大，表示系统运行效率越高。显然，影响SORE的因素很多，但可归纳为内在外在的两大类。前者表示系统本身固有的性

能, 由系统的总体和电路设计、器件质量、制造工艺、安装调试等决定, 可统称为制造因素; 后者由系统应用单位的多种自身条件和环境决定, 可称为应用因素, 本文只对后者从宏观角度进行若干讨论。

显然, 应用因素也十分复杂, 涉及到人才、技术、物资、管理和环境等一系列范畴。下表给出其中几个重要因素, 并简要列出其必要和充分的两种级别的条件。

因素类别	范畴								
	人 员 和 技 术		管 理		物 资		环 境		
条 件	1	2	3	4	5	6	7	8	
	维修开发力量	维修技术	后备支持	运行和维护管理	机器配置	备 用 件	电源条件	机房条件	
必要 条 件	基本维修队伍		故障检测/机电支持为主		一般制度方式	单 机	基本备用件	稳定市电	普通级机房
充 分 条 件	开发维修队伍	自动诊断	迅速派员支持	科学程序管理法	双(多)套机	全套备用件	UPS电源	高级标准机房	

以下着重对几个重要因素加以分析讨论。

1. 维修及开发力量。实质上这是一个现代化系统的人才结构问题。在MWNS中工程技术人员(包括软、硬件的操作、维修、开发和系统管理)和预报类人员应各占多少比例为宜? 从引论中可看出, 一个 MWNS 工程实体必需要有一支数量充实和素质较高的技术队伍来支撑, 否则就难以维持系统稳定运行并有所发展。

以美国PROFS为例, 下表给出1987和1988年度在其中央机构(位在Boulder, 不包括外场)的人员数和比例数^[4]。可见它的系统工程与预报人员数比近似3:1。

年 度	人 数 及 比 例	人 数		比 例(%)		合 成 比 (%)		
		37	88	87	88	87	88	平均
部 门 名 称	行 政 管 理	13	10	11	7	11	7	9
	设 备 及 开 发	41	48	35	35			
	数 据 处 理 及 合 成	11	18	10	13			
	• 预 报 系 统 试 验	7	10	6	7	66	69	63
	系 统 设 计 和 实 施	17	19	15	14			
总 计	分 析 和 预 报	11	13	10	9	23	23	23
	预 报 研 究	15	19	13	14	23	23	23
总 计		115	137					

* 按原定义, 该部门的任务为: 制定先进的气象系统在恶劣条件下运行的业务功能要求, 管理和实施, 并参与工作站(如AWIPS-90)的功能、气象产品及其一系列应用的开发研究。

其实, 只要细察我国早已形成的常规短期天气预报系统在各省级以上气象台的人员结构配置, 其通信、填图和卫星接收人员与预报员的比例, 也大体与此相当。看来, 近

似3:1似乎是一个较为科学和合理的数据。

应该注意到，至今为止，发展已有近十年的世界各国的MWNS都仍处于研究或业务试验性阶段，还未到成熟和定型时期。为此，各国系统都保持有一支相当数量的工程研究开发队伍，以适应不断出现的新目标和新技术的竞争和挑战，以求日益更新和发展系统。

2.备用系统。一般而言，不论是对付系统出现的随机性或固定性故障，最快速的恢复响应也即最小的MTTR，必定是采用切换备用系统的方法。所以对于所有的连续运行实时业务系统而言全都是双机备用的。

英国 FRONTIERS 系统于1986年7月迁入英国气象局投入业务性试验几个月后就增加了备用系统^{[2], [3]}，形成了新的系统结构如图2所示，大为减少了初投入运行时头几个月内，软、硬件故障较为频繁和中断运行的困扰问题。

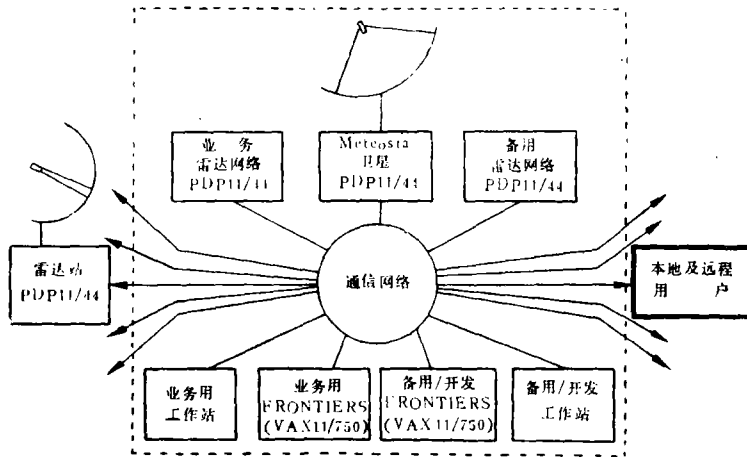


图2 FRONTIERS结构框图。虚线内表示位在Bracknell英国气象局的位置

美国PROFS自1984年以来，在中央处理部门一直不断增加中小型机以满足备用和开发的需要。至1987年已拥有包括从VAX 8800至780、750的处理机共7台以及多台的VAX图象工作站，形成了一个VAX-cluster^[3-5]。并且还研制了启用备用系统的跨越故障机制(fail over mechanism)以缩小MTTR值。

针对影响系统运行的关键环节和部位，采用备用分系统和各种规模的备用机也是常用和较为节省的方法。PROFS为保障在VAX-cluster上能有效无误地访问22个磁盘驱动器和3个高密度磁带驱动器，在数年内先后增加了三个高性能的多级存贮控制器(HSC)，这就大大增加了系统的可靠性，使在1987年内没有发生过由此造成的系统运行停顿^[4]。

武汉数字化雷达系统也有成功的类似经验。在成都784厂协助下成功地研制了备用国产发射机，组成了可切换的并列双发射机系统。一年来事实证明，这不仅切实保障了发射部分运行的可靠性，而且还大部分节约了购置极其昂贵的同轴磁控管的外汇。今年内即将安装由南大研制的以386微机为主并配有大屏幕(1024×1024)的辅助处理系统，

预计不仅可大为解除原PDP11/44处理系统可能故障造成的停机威胁,而且还可将原雷达的图象产品性能提高一个等级,可保持80年代后期的先进水平。

3.运行的维护管理。任何设备的性能保持和使用寿命,很大程度上取决于使用单位的管理水平。研究和制定 MWNS 系统科学和严密的管理制度和方法是十分重要的因素。

系统管理基本可分为运行和维修两大类。而前者易被忽视,认为既然是自动化运行就不必多加管理,这是一种错误观点。美国PROFS 为了提高对外围站图象工作站提供数据流的可靠性,从1987年起专门设立了全时制的操作运行管理员岗位^[4]。其职责是对各外围站负责联系,监视系统参数变化,对整个系统性能指标实施管理,维护估价系统性能,并协助操作员排除临时性故障等。位在Boulder的PROFS中央站设备是24小时由操作员监护运行的。由于健全和严格了运行管理制度,PROFS系统的运行可靠率SORE在1987年已超过了95%,1988年达到了97%。PROFS还研制了一种计算机为基础的故障查询系统(on-call system),能使操作员在软硬件出现故障时较快获得必要的专门修理技术知识。事实上,强化和完善运行管理,必定会给维修和整个系统带来日积月累的好处。

四、结 语

1. MWNS的维护、修理和管理工作任务十分庞大和艰巨,维持系统运行的高可靠率和稳定性就成为一个迫切的首要问题。否则,无法保障有效监测中小尺度天气的剧烈演变过程,以及作好灾害性天气的预警报;也无法完整积累多种高密度大容量的探测数据以满足研究工作的需要。根据各国经验,随着系统的初步建立,必须对系统运行稳定性问题及时进行分析研究和统筹规划,创造条件,对各重要影响因素有步骤地予以逐项改进和完善,运行稳定性问题是可以得到控制和提高的。

2. 有多种技术和非技术的复杂因素,综合影响表征系统稳定性SORE及其包含的两个特征参数MTBF和MTTR。衡量系统SORE的高低程度,可划分必要和充分的两个级别。一个系统在各个重要环节上若不能满足各主要因素的必要条件,其运行稳定性是无法确实保障的。

3. 根据现代化系统人员结构的固有特点,应该注意科学和合理地规划和配置系统工程技术人员与预报员的比例。一个认为凡是预报系统其人员数量上就应以预报员占多的观念,不仅是陈旧的而且也不合气象界传统的实际情况。比例不当,基础力量不足和薄弱,有可能使系统效益降低甚至瘫痪。

4. 备用(分)系统和备用机是使MTTR参数成为最小的有效办法,对于MWNS特别需要,这个措施已被英美等国家系统广泛采用。对此我们不仅应予重视并应尽可能走备用系统(机)的国产化道路。这不仅能大量节约外汇,而且还能节约时间,易于维修和培养人才。

参 考 文 献

- [1] K.A.Browning, 1982, Nowcasting Academic Press.
- [2] B.J.Conway, 1987, FRONTIERS, AN OPERATIONAL SYSTEM FOR NOWCASTING PRECIPITATION Symposium, WAFC Canada.
- [3] B.J.Conway and K.A.Browning, 1988, Weather forecasting by interactive analysis of radar and satellite imagery Phil.Trans.R.Soc.Lond.
- [4] PROFS Annual Report by 1987 and 1988, NOAA ERL.
- [5] Robert C. Lipschutz etc. 1988 PROFS' 1988 REAL-TIME DOPPLER PRODUCTS SUBSYSTEM 24th Conf. on Radar.

ON THE OPERATIONAL STABILITY OF THE MODERN WEATHER NOWCASTING SYSTEM

Jin Hongxiang*

ABSTRACT

Based on the pre-experimental operation results of the nowcasting subsystem in the Wuhan Central Laboratory and comparing the operational conditions of the same type at home and abroad, preliminary investigations are made of the operational stability of the system. Thereafter, several factors affecting the operational stability and the knowledge of them are discussed.

* Affiliated with the Wuhan Central Meteorological Observatory