

宁夏短时灾害性天气预报服务系统设计

陆晓静^{1,2}, 周 虎², 徐阳春², 沈 阳²

(1 兰州大学大气科学学院,甘肃 兰州 730000 2. 宁夏气象台,宁夏 银川 750002)

摘 要 :为满足短时(预)报工作的需要,二次开发了新一代天气雷达产品,建立了主要以监测宁夏灾害性天气即冰雹、暴雨天气的短时预报业务显示系统。本系统主要在雷达原始观测数据进行分析的基础上,结合自动站的资料,对雷达观测参数进行本地化修订。实现了自动探测编辑发布短时预报图文文件等功能。

关键词 :新一代天气雷达,冰雹,暴雨,短时大风,短时预报

中图分类号 :P412.25

文献标识码 :A

引 言

宁夏地处中国西部,是属于生态环境脆弱的地区,每年 5~9 月强对流天气及冰雹和暴雨,严重威胁着全区人民生命财产安全,制约着西部的发展。2003 年 8 月宁夏中尺度灾害性天气监测预警系统项目经中国气象局和宁夏回族自治区政府批准后,已进入到业务运行阶段。为了作好冰雹、暴雨、短时大风天气的灾害预警和短时预报服务工作,充分发挥新一代天气雷达的作用,建立了短时灾害预警预报服务系统。此系统是在中、短期预报的天气背景下,深入开发应用研究新一代天气雷达的资料特点,熟练掌握其数据结构,并将原始数据自动转化提取出需要的回波强度及速度信息,在此基础上结合自动站资料监测宁夏短时冰雹、暴雨及短时大风天气。形成了中期、短期、短时、临近预报和警报无缝隙气象服务。本系统在 2004 年汛期投入业务,服务效率明显。并对同一类型的雷达进一步开发有一定的借鉴作用。

1 原始资料处理及应用

1.1 天气雷达原始数据格式

天气雷达观测的原始数据^[1]指天气雷达观测时采集到的回波参数、角数据、距离、采样时间等数据和观测时的雷达主要参数,包括回波强度、径向速

度、速度谱宽、仰角、方位角、时间以及雷达主要的参数。其中回波强度采用计算得出的反射率因子表示,单位采用 dBz,数据精度应 ≤ 1 dBz。径向速度数据需经过 SQI 控制、退模糊等预处理,数据取值的最大范围应与雷达的 $\pm V_N$ 值相一致,速度谱宽数据的最大取值范围应与 $V_N/2$ 值相一致。由于新一代天气雷达系统有 4 种扫描观测模式:单回波强度 PPI 扫描、3 要素(回波强度、径向速度、速度谱宽) RHI 扫描和 3 要素(回波强度、径向速度、速度谱宽)立体扫描。各种扫描方式都生成原始数据,并以文件形式在雷达站永久保存。文件采用“8.3”格式的命名方法(yyyymmddhhmmss.05v)。命名规则要求对于不同类型的数据和图像文件,不能出现重名的现象;对于相同类型的数据和图像文件,在一定的时间内也不能出现重名的现象;并且通过文件名可了解数据或图像的一些基本情况(如天线角度和体扫层数等)。因此在文件名中加入了时间、标识和状态。时间的取值为月日时分,因此在一年内相同类型的数据和图像文件不会出现重名现象。

1.2 原始数据转化程序

宁夏新一代天气雷达资料将天气雷达系统中的 3 要素(强度、径向速度、速度谱宽)立体扫描方式生成的原始数据文件进行解读可知:回波原始数据文件由文件头和多个数据记录组成。文件头记载雷达站名、站址、雷达型号、主要参数、观测时间、扫描类型、

工作状态等内容。数据记录以极坐标方式进行有序排列。利用 VC++ 语言将站址基本情况即国家名、省名、站名、区站号、雷达型号、天线所在经度、纬度、天线的海拔高度等读出。观测参数中的观测记录开始和结束的时间及数据记录中的每个数据读出。也就是说解读了雷达文件的数据结构图。包括文件头的长度:站址基本情况(170 字节),性能参数(31 字节)观测参数(共 660 个字节)等,共计 1 024 字节和数据记录的数据结构 $4\ 000 \times 360 / \text{每层} = 1\ 440\ 000$ 字节的原始文件。通过编程将雷达采集到的体扫文件自动转化为仅含本站信息和包括回波强度、径向速度、速度谱宽、仰角、方位角、时间以及雷达主要参数的文件。同时,将数据格式转换为较易处理的文本格式文件,输出以经纬度为格点的数据格式供各类技术人员二次开发使用。此原始数据自动处理软件实现了后台自动处理、数据实时处理功能。即在雷达生成体扫数据的同时,直接可选择成批或单个处理的模式,成批处理是在指定的目录下只要有体扫数据生成,就自动逐个转化为数据文件。单个处理是可选择某一体扫数据进行转化。此过程速度快捷、方便实用(图略)。

2 新一代天气雷达的实时监测

为了适应短时预报业务需求,依托中短期天气预报产品,主要利用新一代天气雷达进行短时 1~3 h 灾害性天气的预报及监测服务。为了突出短时预报服务快捷、准确的特点,本系统包括短时(警)文件、雷达实时监测、资料分析预报、雷达观测参数本地化修正、相关资料、设置、窗口和帮助等 7 个模块,实现了短时预报从资料处理到预报产品发布和服务一体化。

2.1 雷达实时监测模块功能

首先包括资料预处理,即调用观测数据、显示基本产品、速度产品及各种物理量产品等功能,然后进行资料分析预报。在原始资料处理后,利用 VB 语言完成了资料分析与预报的功能。包括回波的移动路径自动显示,自动站风场降水实时监测,实测降水与雨强对比,监测预报模型与重点服务区和冰雹以及暴雨天气警报功能。

在本系统软件设计与编程中重点解决了以下几个问题:

(1) 主要完成原始资料在半径为 200 km,150 km,75 km 不同范围的回波图上确定各个像素点的位置。以雷达为中心,将地理经纬度坐标映射到以雷达所在位置为坐标原点的直角坐标系中。同时将

各个像素点分别在体扫 14 层时每一层的回波强度在雷达图上显示,并根据回波强度计算雨强,而回波强度和雨强根据需要按不同的颜色显示出来。对强回波和雨强大的区域可用自定义的颜色来显示。

(2) 为了将新一代天气雷达探测的宁夏区域内回波强度和雨强在宁夏区域的范围内显示出来,地图^[2]的显示显得十分重要。根据雷达坐标生成所需的地图,包括地图中的省界、市界、县界、主要水域显示。可根据地理要素进行编辑、删除和添加。地图中站点、地名、省区界、县界和水系图可叠加在回波显示图中。用鼠标放入图中时,用下面的工具条可显示该点的方位、距离、经纬度等信息(图略)。

(3) 为了在短时效内确定强回波移动的路径,采用了每次观测数据的调图,并用鼠标点画出回波中心区域,用鼠标选择几个边缘点,以右键画出圆滑中心区域,添加了观测时间和中心强度数据。连续观测可用画出连续移动路径图,在移动路径图上,可以点画出移动预报位置,自动形成预报图,保存后提供观测数据分析调用,并自动加入到短时预报文件中。

(4) 当达到冰雹和暴雨的警报门限时,自动产生报警(以音乐响起形式出现)。根据宁夏出现冰雹、暴雨天气时最基本的反射率产品和 1 h 雨强作为警报的门限。根据宁夏气候特点,2004、2005 年出现冰雹、暴雨天气时基本的反射率产品和雨强统计,确定基本反射率为 45 dBz,雨强为 4 mm/h 作为报警门限。

(5) 暴雨的监测是利用雷达定量测量降水公式完成的。将降水分成 3 类,即层状云降水,对流性降水,地形云降水。计算雨强时用统一的 $Z-I$ 关系,即 $Z = AI^b$,其中 A 、 b 系数如下:

$$\text{层状云降水 } Z = 200I^{1.6}$$

$$\text{地形云降水 } Z = 31I^{1.7}$$

$$\text{暴雨 } Z = 486I^{1.37}$$

考虑到 A 、 b 于不同地点系数有差别,软件设计了可修改的功能。

3 观测资料精细化分析

本系统主要是在资料处理显示的基础上,较为快捷地为宁夏冰雹^[3-10]、暴雨天气^[11-13]、短时大风的监测、预报提供了工具。

(1) 为了充分发挥自动站的作用,将每一时段自动站的风场和雨量资料按照雷达图的形式将各个自动站站点资料显示出来。其中雨量站的资料调入到以雷达站为中心的区域,以各个站点为单位,将雷达计算

出来的雨强与自动站资料作一比较,直接得出差值,自动保存,为下一个时次的雨量作定量化预报的依据。本模块可根据实况与雷达观测计算的对比,一段时间后可对计算雨强的参数和最大、最小阈值进行调整。

(2)通过对近几年短时预报经验的总结,建立了短时预报模型。其中预报模型主要包括对宁夏造成较大灾害的冰雹、暴雨、短时大风天气。同时为了更加直观地监测这些天气对宁夏造成的损失,在模型图上叠加了宁夏重点防洪、防雹区。

(3)通过对模型和对应天气移动路径图的分析,对短时天气有了初步的印象,可以制作出短时预报印象图,在宁夏地图内,点击画出预报落区。并添加预报符号(冰雹、暴雨、大风等)。此图直接保存,在制作正式预报文件时自动加入,并可进一步修改。

4 短时预报文件的制作发布与服务

4.1 预报文字的制作

通过已建立的预报模型进行分析,将结果自动输出预报理由及预报意见的文字部分,可为用户服务时直接调用。预报模型作为必须调用分析结果作预报依据,进一步进行修改,也可以重新输入新的文字预报。可以选择普通短时预报、雷雨预警、冰雹预(警)报。为了使发布预报时对资料分析预报更有依据,制作了历史雷达典型个例资料库和天气公报历史库,为短时预报员作背景天气参考。同时为了使预报更加图文并茂,制作了预报附图。

4.2 预报附图是分析结果相关的图形

有强回波中心移动路径图或预报印象图,宁夏范围的地形、水系站点信息图等项目,灾害性天气落区图和添入相应的天气符号(冰雹、暴雨、雷雨、大雨、大风、扬沙、沙尘暴等)的天气警报图。

4.3 重要电话传真服务

根据服务一览表提供用户单位、服务项目、电话号码、传真号码,点击发送,自动保存发送时间,添入接收服务单位人的姓名,保存到系统数据库中。为了制作预报文字方便,建立预报常用语模块,直接调用需要的常用文字,也可输入新的常用语保存,以便下次调用。

预报文字的发布与打印,使用网页格式,除了有预报文字外,还有预报名称,签发主班预报员、发布日期和发布单位等。

5 雷达观测参数的本地化修改

在资料不断积累完善的基础上,对应天气实况可

对软件中的短时大风、暴雨和冰雹天气进行修正。目前软件提供了此项功能。在今后工作中进一步完善。

(1)短时大风包括下击暴流和中尺度气旋参数的修正。

(2)暴雨包括暴雨参数、雨强参数等物理量进行修正。

(3)冰雹可对冰雹参数进行修正。

为了使系统符合短时预报的特点,从数据的处理到预报结果生成体现了迅速、快捷,并且系统有较强的移植性,可得到广泛地使用(图略)。

6 效果检验

为了使开发的科技成果真正地为业务工作服务,将本系统作为短时预报的工具用在2004年汛期工作中,由表1(附文后)可知本系统在宁夏2004年的冰雹、暴雨短时预报中有一定的参考价值。

从表中可以看到2004年1~3h内冰雹没有漏报。暴雨天气除了漏报1次外,其余基本正确。冰雹天气空报8次,但把雷阵雨预报成冰雹天气共8次(表略)。分析原因,冰雹天气与强雷阵雨天气十分相似,在今后工作中更要加以分析预报冰雹天气对强回波的垂直结构,减少空报率。目前短时预报工作刚刚起步,在不断改进系统的基础上,使其灾害性天气的监测预报能力有大的提高。

7 结 论

(1)宁夏短时灾害性天气预报服务系统完成了从资料观测、资料加工、预报服务工作。

(2)重点解决了与中小尺度相关的短时灾害性天气预报,并结合自动站资料,逐步实现从定性预报向定量化预报转化。

致谢:感谢成都784厂高细桥同志给予的帮助。

参考文献:

- [1]王岩,顾松山,沃伟峰,等.多普勒天气雷达地图系统的设计与实现[J].南京气象学院学报,2002,25(6):772-778.
- [2]徐芬,沃伟峰,顾松山,等.多普勒天气雷达原始资料索引数据库设计[J].南京气象学院学报,2004,27(4):471-478.
- [3]夏文梅,张亚萍,汤达章,等.暴雨多普勒天气雷达资料分析[J].南京气象学院学报,2002,25(6):777-794.
- [4]廖玉芳,余小鼎,郭庆.一次强对流系列风暴个例的多普勒天气雷达的资料分析[J].应用气象学报,2003,14(6):656-661.
- [5]冯锦明,刘黎平,王致君,等.青藏高原那曲地区雨季雷达回波降水和部分热力参数的统计特征[J].高原气象,2002,21(4):368-374.

- [6] 王锡稳,陶健红,刘治国,等.“5.26”甘肃局地强对流天气过程综合分析[J].高原气象,2004,23(6):815-820.
- [7] 伍志方,张春良,张沛源.一次强对流天气的多普勒特征分析[J].高原气象,2001,20(2):202-207.
- [8] 邵玲玲,黄炎.上海“8.5”特大暴雨的成因和特点[J].气象,2002,28(8):47-50.
- [9] 刘洪恩.单多普勒天气雷达在暴雨临近预报中的应用[J].气象,2001,27(7):17-22.
- [10] 伍志方,张沛源,张春良.714CD多普勒天气雷达和711测雨雷达探测雷云的对比分析[J].高原气象,2000,19(1):1-8.
- [11] 冯锦明,刘黎平,王致君.青藏高原地面 Doppler 雷达与 TRMM 星载雷达测云比较[J].高原气象,2001,20(4):345-353.
- [12] 赵现平,李云川,王福侠,等.2004年两次对流风暴的多普勒雷达资料对比分析研究[J].干旱气象,2005,23(1):33-37.
- [13] 徐阳春,陆晓静,沈阳,等.2003-2004年强对流灾害性天气多普勒天气雷达产品特征分析[J].干旱气象,2005,23(1):39-43.

Design of the Disaster Weather Nowcasting and Service System in Ningxia

LU Xiao-jing^{1,2}, ZHOU Hu², XU Yang-chun², SHEN Yang²

(1. Atmospheric Science College, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 2. Ningxia Meteorological Observatory, Yinchuan 750002, China)

Abstract In order to meet the need of nowcasting, the Doppler radar products were developed and an operational nowcasting display system was set up, which is for monitoring and forecasting weather disasters such as hails and rainstorms in Ningxia. Based on the analysis of the radar observation data and automatic station data, the radar working parameters were adjusted and the function of auto-monitoring, editing and releasing graphic-text files was realized.

Key words Doppler radar; hail; rainstorm; nowcasting

附表

表1 2004年短时1~3h冰雹、暴雨预报与实况对应表
Tab.1 The 1~3 h forecast of hail and rainstorm in 2004 comparing with the real cases

日期	性质	短时预报及落区	实况	提前时间
20040606	冰雹	10:50 未来平罗、陶乐有对流性降水,有冰雹	11:45 平罗一带有冰雹	1 h
20040614	冰雹	12:40 银南、中宁、中卫有冰雹	14:30~18:47 永宁、灵武、青铜峡、中卫有冰雹	2 h
20040614	暴雨	15:40 灵武、马家滩、磁窑堡有大降水	16:20分左右磁窑堡、吴忠市红寺堡开发区 13.0 mm	1 h
20040615	冰雹	12:21 大武口、石炭井有冰雹	13:10分至20分:石炭井、贺兰、盐池出现了冰雹	50 min
20040628	暴雨	15:31 马家河湾、新庄集、韦州、红寺堡有冰雹和强降水	16:20分左右,红寺堡开发区暴雨持续时间 50 min,降雨量达57 mm	50 min
20040713	冰雹、暴雨	11:30 银北、贺兰山有冰雹和强降水 14:52 大水坑一带有冰雹	12:51分至15:05分平罗县,过程降水量 达43.1 mm,盐池县16:45分出现冰雹,持 续时间20 min,最大冰雹直径12 mm	1 h 20 min
20040715	暴雨	13:20 石嘴山、银川、吴忠3市有偏北偏东地区有雷雨	7月15日15:15时至15:40分汝箕沟水文站 降雨量15.5 mm,引发山洪,山洪流量为20 m ³ /s	1 h 20 min
20040803	暴雨	09:00 吴忠、青铜峡、中卫、中宁北部有强雷阵雨,局地有大到暴雨	8月3日9:00~10:00 宁夏中宁县测站降水 量39.7 mm,1 h最大降水量30 mm	没有提前
20040818	冰雹	18:15 全区有雷雨,贺兰山沿山、中卫、中宁、同心、短时强降水,局部地区有冰雹	8月18日19:10分、23:05分红泉出现 冰雹,冰雹最大直径为3 mm,降水量为8.5 mm,香山乡出现32 mm的强雷阵雨	1 h
20040911	冰雹	00:13 崇岗有可能出现冰雹天气,未来将影响大武口	00:40 大武口出现冰雹天气	27 min
20040911	冰雹	14:59 灵武、盐池、局地有雷阵雨及冰雹天气	9月11日16:30分至17:40分,磁窑堡 镇古窑子冰雹最大直径1 cm,持续时间不足 10 min,降水量为11.7 mm	1 h 40 min
20040913	冰雹	12:12 银川市有冰雹,16:57 惠安堡、李庄子、韦州、王乐井、盐池、有冰雹	14:10分至20分,银川市永宁县出现最大 直径为3 mm左右的软雹,银川市降雹最大 直径4 mm,18:38至18:40盐池、高沙窝、王 乐井同时出现2 h冰雹天气	2 h 10 min