

单站寒潮自动预警系统的设计与实现

脱宇峰¹, 张丽娟², 邱 凯¹, 杨继红¹

(1. 中国人民解放军63880部队气象室, 河南 洛阳 471003; 2. 洛阳市气象局, 河南 洛阳 471000)

摘要: 基于欧洲中心数值产品, 设计开发了单站寒潮自动预警系统。系统可自动提取和计算单站相关数值预报产品, 并根据单站寒潮标准, 自动发布168 h内寒潮及降雨(雪)、大风等预警信息。经2006年10月—2007年3月试用, 系统对寒潮的漏报率为0%, 空报率为34.2%, 准确率为65.8%。

关键词: 数值产品; 单站; 寒潮; 预警系统

中图分类号: P456.1; P456.2; TP311.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-7148(2007)04-0037-04

引言

寒潮天气是我国重要的灾害性天气之一。在寒潮天气过程中, 往往伴随着大风、霜冻、降雪、强烈的降温等恶劣天气现象^[1], 大雪、冰冻、雨淞等常使交通堵塞、电信中断; 沿海地区大风造成风暴潮及海上翻船事故; 强降温对农作物、瓜果及热带作物的冻害尤为严重; 寒潮天气对部队航天器和导弹的成功发射、武器装备和车辆的维护保养以及官兵的生产生活同样具有很大的影响。因此, 能提前准确发布寒潮天气预警, 具有相当重要的意义。

长期以来我们对寒潮的预报是根据天气学基本概念和一般天气模型, 人工分析天气实况图做预报。随着数值天气预报准确率的提高, 欧洲中心数值产品在中期形势预报中得到了广泛应用^[2]。但在利用该产品制作寒潮预警时, 仍需对数值预报结果进行人工分析和判断, 难以做到实时、客观、定量, 更不能自动化。应用欧洲中期数值预报产品设计开发的单站寒潮自动预警系统(以下简称系统), 可以对未来168 h内影响单站的强冷空气进行自动监测, 并能对单站可能出现的寒潮强度及伴随的恶劣天气自动进行预警。

1 系统工作原理及构成

由于寒潮强度标准由日平均气温变化体现, 而欧洲中心数值产品的850 hPa温度场对寒潮具有很

好的预警指示性, 因此系统根据欧洲中心850 hPa温度预报值的24 h变化量, 跟踪监测冷空气强度及变化, 制作单站寒潮预警。此外, 伴随强冷空气的寒潮过程已经具备了产生降水的动力条件, 能否形成明显降水主要取决于湿度条件。寒潮暴发时, 如果无暖湿空气配合, 仅形成降温; 如果同时有暖湿空气配合, 就会形成较明显的降水。因此在降温过程中欧洲中心数值产品的700 hPa和850 hPa湿度场对降水(雪)有很好的预警指示性。另外伴随寒潮出现的大风天气过程, 在欧洲中心数值产品的850 hPa风场上表现为 u 、 v 分量的合成风速较大。系统通过对这些要素场单站预报值的提取和计算, 来进一步分析和判断寒潮可能给单站带来的降雨(雪)、大风等天气过程。系统在自动预警的状态下可以24 h不间断运行和监测, 保证在第一时间读取最新接收的欧洲中心数值产品, 并根据其对单站的数值预报结果实时刷新预警信息。

系统采用模块化设计, 由综合设置、单站寒潮预警标准设置、单站数值预报结果提取显示、单站寒潮自动预警、天气实况输入、历史预警信息查询及系统帮助7大模块组成。

2 系统主要功能及实现方法

2.1 综合设置

系统综合设置模块为用户提供将系统设置为计算机启动后自动运行、运行后将程序窗体最小化至

系统托盘以及是否将系统运行信息写入日志文件等自定义功能,保证了计算机启动时系统能及时运行,并且在运行过程中不被用户误关闭。由于目前欧洲中心数值产品的发布时次是每日两次(世界时 00 时和 12 时各一次),而通过气象情报传输网络下传到各气象台站的时间滞后,为保证系统预警的时效性,用户可将系统设置为自动预警,即将系统综合设置中的“系统运行后自动进行单站寒潮监测和预警”一项选中,此时系统要求用户进一步设置本站能够接收最新发布欧洲中心数值产品的时间(精确到分钟)。系统被设置为自动预警后,除系统运行后自动进行一次寒潮监测外,还间隔 1 min 读取一次计算机系统时间,当计算机系统时间到达用户设置的读取最新欧洲中心数值产品的时间时,系统便读取最新预报结果进行寒潮监测,从而达到实时刷新预警信息的目的。若设置为手动预警,则由用户来选择欧洲中心数值产品的起报日期和时间。

2.2 单站寒潮预警标准设置

由于我国不同地区定义寒潮时使用的降温幅度及要求降温所达到的最低温度标准不同,而且因各台站海拔高度不同,850 hPa 温度相同时地面温度也不尽相同,因此系统提供单站寒潮预警标准的本地化设置。系统根据 850 hPa 单站 24 h 降温幅度,将影响单站的冷空气按强度分为 3 个等级进行预警:寒潮蓝色预警、寒潮黄色预警和寒潮橙色预警(见图 1)。同时系统也提供了降水、大风预警标准的本地化设置,用户可根据本地区的统计指标进行修改。寒潮暴发的同时,如果单站 700 hPa 及 850 hPa 湿度大于用户设定的预警指标时,同时发布“伴有降雨(雪)”的预警信息;如果 850 hPa 风速大于用户设定的大风预警指标时,系统同时发布“伴有大风”的预警信息。

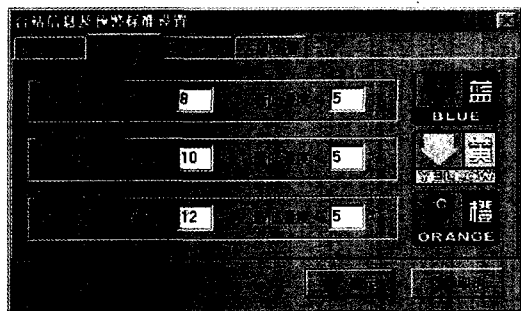


图 1 系统台站信息及预警标准设置界面

2.3 单站欧洲数值预报结果提取显示

由于目前欧洲中心数值产品为二进制的 grib

码,不能直接打开读取其格点数据。因此,掌握 grib 码欧洲中心数值产品的数据格式和获取 grib 码欧洲中心数值产品格点数值的方法是该系统开发的基础,这里不再详述。

系统提取格点数据时,首先根据要素场类型及最新欧洲中心数值产品的起报日期和起报时间,按照其文件命名规则构造文件名,根据用户设置的产品存放路径打开文件,最后按照数据存放规则提取相应的格点数据。由于 grib 码欧洲中心数值产品为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 的网格化资料,大部分气象台站所处的经纬度都不在其格点上,因此对单站预报值不能直接提取,需要根据用户设置的台站经纬度,自动计算、选择和读取距离该台站最近的 4 个格点的值,利用插值法进行近似计算,并将计算结果输出显示,同时将计算结果提供给寒潮自动预警模块做预警判断(见图 2)。系统按照图 1 设置的预警标准,对 2007 年 3 月 6 日 20 时(北京时)发布的欧洲中心数值产品进行监测,预报洛阳 2007 年 3 月 9 日 20 时 850 hPa 温度为 4.7°C ,2007 年 3 月 10 日 20 时 850 hPa 预报温度降为 -4.7°C ,24 h 降温超过 8°C ,且最低温度小于 5°C ,符合本地寒潮蓝色预警标准,故系统发布了本地寒潮蓝色预警信号。因当天湿度和风速均未达到预警标准,故未同时发布“伴有降雨(雪)”或“伴有大风”的预警信息。

系统对单站数值预报结果的输出方式有两种:变化曲线和数据列表。系统绘制的变化曲线为单站要素预报值随时间的变化曲线,通过分析这些曲线使用户对单站要素预报值未来 168 h 的变化趋势一目了然。数据列表将单站要素预报结果进行集中显示,以便用户对单站各要素预报结果进行综合分析。在系统被设置为自动预警的情况下,无论系统是否发布了预警信号,只要用户将系统由托盘恢复为窗体显示时,系统就会直观显示欧洲中心对单站的最新数值预报结果。

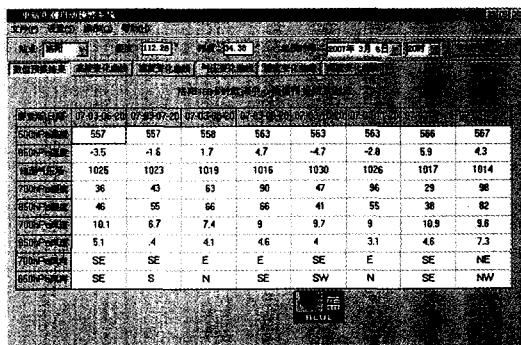


图 2 系统对单站欧洲数值预报结果显示界面

2.4 单站寒潮自动预警

系统附带有 Microsoft Access 数据库表 alarm.mdb, 包括 Station、ForecastTime、AlarmMessage、Response、WeatherConditions 和 Result 6 个字段, 分别用于存放台站名称、起报时间、预警信息、预警后用户是否响应、天气实况和预警结果。其中前 4 个字段的内容由系统在发布预警信号时自动添加, 后 2 个字段内容需根据本站实况进行人工判别和输入。同一台站同一预报时次的预警信息不允许重复添加。预警信息数据库表 alarm.mdb 同应用程序一起安装, 系统运行时自动连接, 在 C++ Builder 中使用 ADOQuery 控件实现监控信息的添加、查询和删除等操作。

若系统监测到单站的数值预报结果达到用户设置的预警条件时, 会通过两种方式发布预警信号: 一是播放系统自带的 alarm.wav 的声音资源文件, 通过计算机扬声器发出声音警报, 向用户进行提示, 并将预警信息写入预警信息数据库, 将发布预警信号的时间等信息根据用户设置写入日志文件; 二是系统托盘图标在 Windows 任务栏右下角开始不断闪烁, 以引起用户注意, 直至用户响应后托盘图标才停止闪烁, 并将预警后用户已经响应的信息写入预警信息数据库。当用户鼠标移至系统托盘上方时, 若系统没有发布预警信号则显示提示语“单站寒潮自动预警系统”, 发布预警信号后提示语则改为“单站寒潮自动预警系统 - 监测到有寒潮, 请点击查看”。

3 系统特点

3.1 操作简单

系统采用面向对象的可视化编程语言 Borland C++ Builder 6.0 软件开发^[3], 系统界面美观, 所有操作符合 Windows 用户习惯。系统有完整的安装程序, 用户只需运行安装程序, 根据提示即可完成系统安装。所有配置参数有较通用的默认设置, 并制作有完善详尽的系统帮助。

3.2 准确高效

系统读取格点数据迅速、准确。在普通 PC 机上运行, 完成单站欧洲数值预报结果的提取、计算和输出全过程不到 1 s。系统利用相对较少的几个数值预报场, 通过计算机的快速计算和处理, 实现对单站寒潮及其伴随的恶劣天气现象的自动判断、监测和预警, 预警时效长达 168 h, 且能在单站接收完最新欧洲中心数值产品的第一时间刷新预警信息, 具

有很强的时效性。

3.3 实用性强

系统利用的是普通气象台站通过卫星气象数据广播接收系统或 PCVSAT 单收站接收到的资料, 而且是在实际预报工作中得到充分肯定的欧洲中心数值产品。系统在设计开发过程中没有针对具体的台站, 而是根据用户设置的台站的经纬度自动选取其附近的 4 个格点来计算该站的要素预报值, 并根据用户的自定义指标来预警, 在不同的气象台站均可适用。

3.4 可移植性强

系统的可执行程序采用全编译, 可在 Windows 98 及以上操作系统下直接运行。系统虽用数据库存放预警信息, 但充分考虑了可移植性, 采用不依赖于数据库服务器, 而是由系统自身附带数据库表来完成数据库的存放, 并且系统运行时可自动连接数据库。

4 系统运行情况及存在问题

系统在 2006 年 10 月—2007 年 3 月试用中, 运行稳定, 预警及时。依据本地实况对系统预警准确率进行了评判, 系统对洛阳本地寒潮预警漏报率为 0%, 准确率为 65.8%, 空报率为 34.2% (均因降温幅度未达到寒潮标准), 实现了对未来 7 d 侵袭当地强冷空气的自动监测和预警, 增强了寒潮天气预报工作的自动化水平, 提高了预报员的工作效率。

当然, 系统利用计算机将欧洲中心数值产品对单站的预报结果自动进行提取和判断, 是对数值预报结果的应用和较为客观的反映, 预警准确率与欧洲中心数值预报准确率密切相关。另外, 由于寒潮实际强度由地面日平均气温变化量判定, 与 850hPa 降温幅度仍有一定差别, 而且冷空气开始影响时间和影响时间的长短以及影响时的天气现象等也是决定地面降温幅度的因素, 这些都会影响到预警准确率, 因而系统尚需进一步完善。

参考文献

- [1] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 1992.
- [2] 孔玉寿, 章东华. 现代天气预报技术[M]. 北京: 气象出版社, 2000.
- [3] 刘华. Borland C++ Builder 程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.

Design and Realization of the Early Warning System for the Single Station Cold Wave

Tuo Yufeng¹, Zhang Lijuan², Qiu Kai¹, Yang Jihong¹

(1. Meteorological Office of People's Liberation Army 63880 Troop, Luoyang 471003, China;

2. Luoyang Meteorological Bureau, Luoyang 471000, China)

Abstract: Based on the European numerical forecast products, we design and develop the automatic early warning system for the single station cold wave, which can achieve and calculate automatically the single station correlation numerical forecast products and early warn automatically if there maybe appear the cold wave and the simultaneous phenomena of the bad weather, such as rainfall (snow), gale in 168 hours. The practical analysis during October, 2006 to March, 2007 shows the alarm dismissal rate is 0%, the false alarm rate is 34.2% and the accuracy is 65.8%.

Key words: numerical products; single station; cold wave; early warning system