宁夏区域精细化温度预报业务平台

丁建军[1] 胡文东[1] 丁永红[2] 陈晓娟[2] 穆建华[2]

(1 宁夏回族自治区气象局气象防灾减灾重点实验室 ,2 宁夏气象台 , 银川 750002)

摘要 介绍以宁夏中尺度数值模式温度预报为基础 ,以宁夏精细化预报系统温度预报产品为核心 ,结合自动气象站等多种资料 ,以图形方式显示 、修改和制作宁夏各站逐时温度预报业务平台 。该平台以宁夏各地区代表站与该地区其它站之间的回归方程的计算量为依据 ,在温度预报物理过程不变的情况下 ,通过修改曲线的方式 ,完成对大数据量温度预报值的订正 。该平台的建成 ,为制作高时间密度的预报提供了技术支撑 。

关键词 中尺度数值预报 精细化温度预报 业务平台 宁夏

引言

温度是非常重要的气象要素 ,与人民生活和生产 、活动关系密切 。在温度预报方面 ,尤其是利用数值预报产品方面 ,近年来取得了一系列成果 ,如朱正心等利用 T42 产品通过卡尔曼滤波方法进行温度预报[1] ,苗爱梅等利用数值产品预报分县温度[2] ,林健玲等建立了广西分县逐日滚动温度预报业务系统[3] ,武文辉利用最优气候平均态模型进行贵州月平均温度预报[4] 。

随着经济的发展和人民生活水平的不断提高 ,人们对气象预报的种类和精度要求越来越高 ,制作“定时 、定点 、定量”的客观精细预报成为天气预报发展的必然 。

2002 年宁夏气象局购置了 SGI300 高性能计算机 ,并组织力量开展了中尺度数值模式 MM5 的引进 、移植以及相关的预报技术的应用研究工作 。经过努力 ,宁夏有限区中尺度数值预报模式 NCAR-PSU/ MM5 V3 于 2003 年 5 月开始向预报人员提供产品 ,主要技术参数如表 1 所示 。

同时 ,伴随着自动气象站 、多普勒天气雷达等硬件设施的建成并投入业务运行 ,时间和空间上的观测密度较以前大幅度提高 ,初步具备了开展精细化预报的条件 。

表 1 宁夏有限区中尺度数值预报模式参数

	方 案
动力过程	非静力平衡过程
分辨率	水平格距 :20 km ,模式顶气压 :10 hPa ,垂直分辨率 :23 层
范围	46 × 61
资料	T213 分析资料 + 常规资料
物理过程	Reisner 混合相显式水汽方案
	Grell 积云参数化方案
	MRF 边界层参数化方案
	CCM2 辐射方案
侧边界	流入流出方案 ,与 T213 模式预报进行嵌套
地形和下垫面	用 5′ 全球地形资料和下垫面分类资料 ,通过中尺度客观分析方法得到 20 km 的格点地形和下垫面分类特征
时间积分步长	120 s

2003 年 7 月 ,宁夏气象台正式开展时间间隔为 6 h 的精细化预报[5] 。随着时间分辨率的提高 ,预报人员制作预报的工作量增加了 4 倍 。尤其是在制作温度预报时 ,由原来制作宁夏全区一个时段内共 50 个最高 、最低气温 ,增加为制作 4 个时段内的共 200 个最高 、最低气温 ,制作预报的时间却没有延长的余地 。如果沿用过去的预报方法和工作平台 ,则一方面使得预报人员对每个温度预报思考时间减少 ,从而造成预报质量整体下降 ;另一方面使得在数值预报精度有限的今天 ,如果不研究开发新的预报方法和工具 ,开展

中国气象局“中尺度预报数值模式和预报产品在宁夏新一代天气预报业务技术中的推广应用”项目和宁夏回族自治区自然科学基金 (AI017) 资助

作者简介 :丁建军 ,男 ,1973 年生 ,学士 ,工程师 ,主要从事短期天气预报及预报方法研究 , Email : dingjjding @sina .com

收稿日期 :2004 年 2 月 24 日 ;定稿日期 :2004 年 4 月 23 日

更小时间尺度的预报就面临更大的困难。因此,研究科学、有效的精细化温度预报制作方法,并开发业务平台是技术形势发展的必然需要。

为适应业务需求,我们开发了建立在有限区中尺度数值预报模式上的宁夏精细化温度预报业务平台。该系统使用 Visual Basic 6.0 可视化编程语言编写,在 Windows 98 以上操作系统的计算机上都可以运行。

1 逐时温度相关性分析及预报方程建立

1.1 思路

目前,预报人员在制作温度预报时,通常先参考各种数值预报和其它业务预报工具产品,根据经验制作出各地区代表站的预报。然后根据自己在长期预报工作中积累的代表站与其它各站温度之间的关系,完成其它测站预报制作。陈晓光等[6]研究发现:宁夏各测站之间,逐日最高、最低气温的相关系数都大于 0.93,具有很好的相关性。宁夏全区基本上属于一个自然区域,没有显著的区域差别。王广辉发现[7]:宁夏气温变化大致可以分为 3 个区,即吴忠以北区、吴忠到海原区、固原区,其中固原区气温变化特征与其它两区受天气系统影响的程度差异较大。因此,可以通过建立宁夏 4 个地市代表站(大武口、银川、吴忠、固原),与该地区其它各站之间的逐时温度预报方程,来定量地取代预报人员主观经验。

1.2 逐时温度相关系数分析

宁夏目前有 2 个国家基准站、7 个基本站、16 个气候站。除银川、固原两个国家基准站通过月报表获得逐时气温外,其它各站均通过人工读取自记资料获得,共收集了 2002 年 7 月到 2003 年 10 月全区各站逐时气温资料。

分别计算大武口与石炭井、惠农、平罗和陶乐,银川与贺兰、永宁和灵武,吴忠与青铜峡、中卫、中宁、盐池和同心,固原与海原、西吉、隆德、泾源和彭阳之间的相关系数。发现银川与贺兰 16:00(北京时,下同)气温相关系数最大,为 0.998;固原与彭阳 06:00 气温相关系数最小,为 0.947。24 h 各站平均相关系数最大为银川与贺兰,为 0.995,最小是固原与彭阳,为 0.970。

从区域上看,相关性最好的地区为银川市,其相关系数都在 0.99 以上;最差的为固原市(如图 1),但最低相关系数也在 0.94 以上。同时可以看出,夜间(00:00 ~ 06:00)的相关系数明显低于 10:00 ~ 20:00。

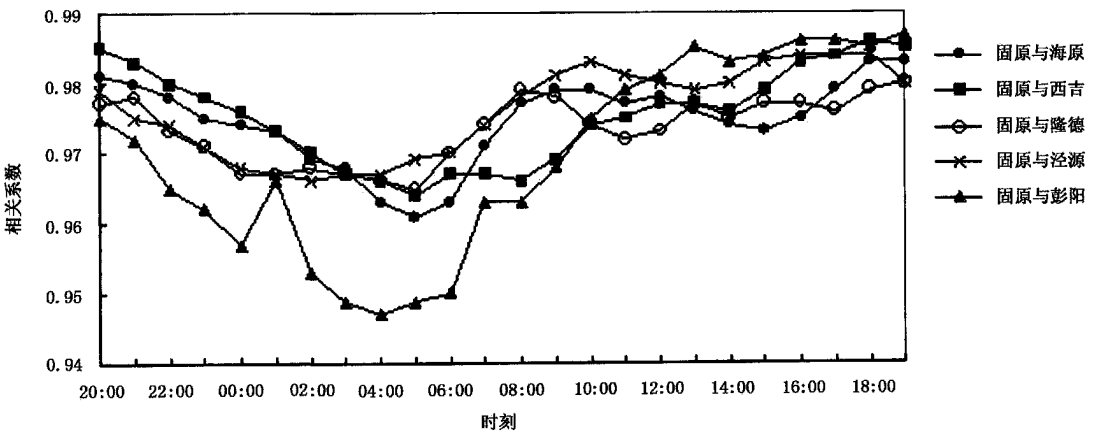


图 1 固原站与固原市其它测站之间温度逐时相关系数

1.3 逐时温度方程建立

分别用大武口、银川、吴忠、固原 4 个地区代表站作为预报因子,用一元回归方法分别建立其它各站的逐时预报方程。方程形式为:

$$y = ax + b \tag{1}$$

1.4 效果检验

利用 F 检验来分析回归方程的显著性,计算公式为[8]:

$$F = \frac{r^2}{\frac{1 - r^2}{n - 2}} \tag{2}$$

其中,r 为相关系数,n 为样本长度(488)。

从计算结果来看,固原与彭阳 23:00 方程的 F 值最小,为 18506.28,远大于 F 分布在 $\alpha = 0.05$、分子自由度为 1、分母自由度为 200 时 $F = 3.89$ 的值,因此,用这种方法建立的全区各站的回归方程是显著的。

从方差上看,大武口与石炭井 15:00 预报方程的方差最大,为 0.09,银川与永宁 16:00 预报方差最小,为 3.1×10^{-7}。从平均绝对误差上看,最小值出现在用银川气温计算永宁 16:00 气温的方程中,为 2.5×10^{-5} ℃。最大值出现在用大武口气温计算石炭井 15:00 气温中,为 0.014 ℃。从图 2 中可以看出,方程拟合的曲线和实际温度曲线基本上一致。但当温度出现剧烈变化的时候,拟合气温和实际气温的差别较大,其中,拟合气温和实况气温差值在 2 ℃以上的为 67 次,占总数的 13.7%。总体来看拟合效果比较满意。

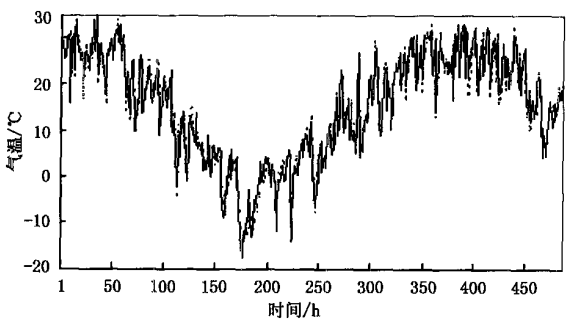


图 2　石碳井 2003 年 7 月 1 日到 12 月 31 日 15:00 实况气温(实线)和利用回归方程计算得到的气温(虚线)

因此,通过上述分析证实了我们设想,即通过建立宁夏 4 个地市所在地的代表站(大武口、银川、吴忠、固原)与本地区其它各市县之间的逐时温度预报方程,用定量模型代替预报人员主观经验预报,具有统计学根据,而且效果也相当理想。

2　温度曲线图修改设计

对 2002 年 7 月到 2003 年 10 月宁夏中尺度模式预报的逐时气温评定(图略)表明,1 ~ 24 h 内逐时气温平均绝对误差最小的是贺兰,为 1.8 ℃,最大的是海原,为 3.1 ℃,平均为 2.2 ℃;25 ~ 48 h 内逐时气温平均绝对误差最小的是中卫,为 2.1 ℃,最大的是海原,为 3.2 ℃,平均为 2.5 ℃。可见模式对气温具有一定的预报能力[9],为精细化温度预报业务提供了坚实的产品支持。目前宁夏已建成了 9 个自动气象站,可进行每小时观测。对这样高时间密度的温度资料,只有使用图形方式,才能方便、直观、快捷地使预报人员掌握温度变化规律。因此,开发利用图形方式,显示、修改和制作预报的工作平台势在必行。

气温的变化是一个复杂的物理过程,与季节、天空状况、气团性质、湿度等很多要素有关[6]。因此,当修改某一时次的温度后,为保证其连续性,其它各点的变化很难从物理角度上使用简单方法来模拟解决,因此,我们设计了下面的数学模型解决这个问题。

首先,以中尺度模式预报的温度作为精细化温度预报的基础。其次,从银川站 2002 年 7 月到 2003 年 10 月逐时气温平均变化曲线上看(图略),05:00 到 15:00 是气温的上升区,在 15:00 达到最高值;15:00 到次日清晨 05:00 是气温的下降区,到 05:00 达到最低点。因此,必须在预报基础中找出最高最低气温和其对应的时间,并利用最高、最低气温将气温曲线划分为几个单调增区间和单调减区间,确定各区间预报值的个数。第 3,当修改值大于最大拐点值或小于最小拐点值时,修改值作为新的拐点值和新的拐点对应时次,并生成新的单调区间。与拐点相邻的单调增区间和单调减区间的值也要作出相应的改变,其各点的计算公式为:

$$T' = T + (T_1 - T_2)(N - R)/N \qquad (3)$$

其中,T 为单调区间内某一点的值,T' 为拐点修改后该点对应变化后的值,T_1 为修改值对应原曲线上的值,T_2 为修改后拐点的值,N 为 T 所在的单调区间内所有点的个数,R 为 T 距修改点的点数。第 4,当修改值在最大最小拐点之间时,拐点值保持不变,只修改其相应单调区间内所有点的值,计算公式同式(3),其中,T 为单调区间内某一点的值,T' 为修改点修改后 T 点的订正值,T_1 为修改点原来的值,T_2 为修改点修改后的值,当 T 值小于在原修改点值时,N 为修改点距最小拐点的个数,反之,N 为修改点距最大拐点的个数,R 为 T 距修改点的点数。

温度曲线图修改流程如图 3 所示。这样做的优点在于:①长期以来,预报人员只预报最高气温和最低气温,对这两个值预报订正能力很强。因此,在订正完最高最低气温后,要求它们的值不能再随其它点的改变而改变。公式(3)可以保证一个拐点改变

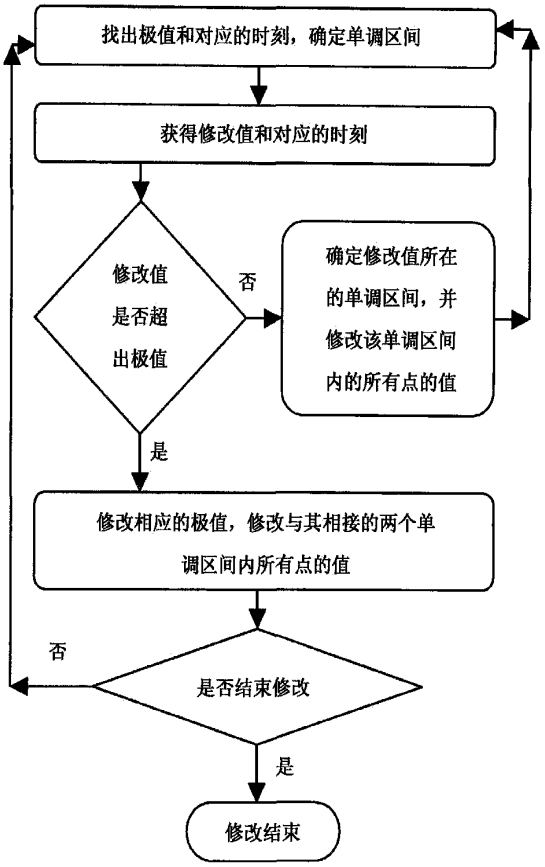


图 3 温度曲线修改流程图

时,另一个拐点不会改变,而且修改单调区间内某一点的值时,两个拐点值都不会改变。②模式预报的温度是根据大气物理过程计算出的,各个时次温度之间的关系是建立在一定物理基础上的。当某一时次温度改变后,其它各点的温度也应作出相应的变化,在一定程度上适应这个物理过程。③采用公式(3)计算时,距修改点近的点变化幅度较大,距离远的变化幅度较小。④采用本方案,预报人员避免了对温度逐点进行修改,只需对一些关键点进行修改,其它各点的值由系统自动调节完成。

3 预报平台实现

为适应业务发展的需要,根据逐时温度预报方程和图形修改方案,采用 Visual Basic 6.0 可视化编程语言,开发了温度预报业务工作平台。

本平台分为温度顺序制作区、单站制作选择区、实况温度显示区、温度图形修改区和预报时段最高、最低温度显示区 5 部分(图 4)。

3.1 温度顺序制作区

温度顺序制作区位于平台下端右侧。单击“下一个站”顺序完成对全区所有测站温度预报的制作。

按宁夏全区自北向南的石嘴山、银川、吴忠和固原4个地市为顺序,首先制作石嘴山市的代表站大

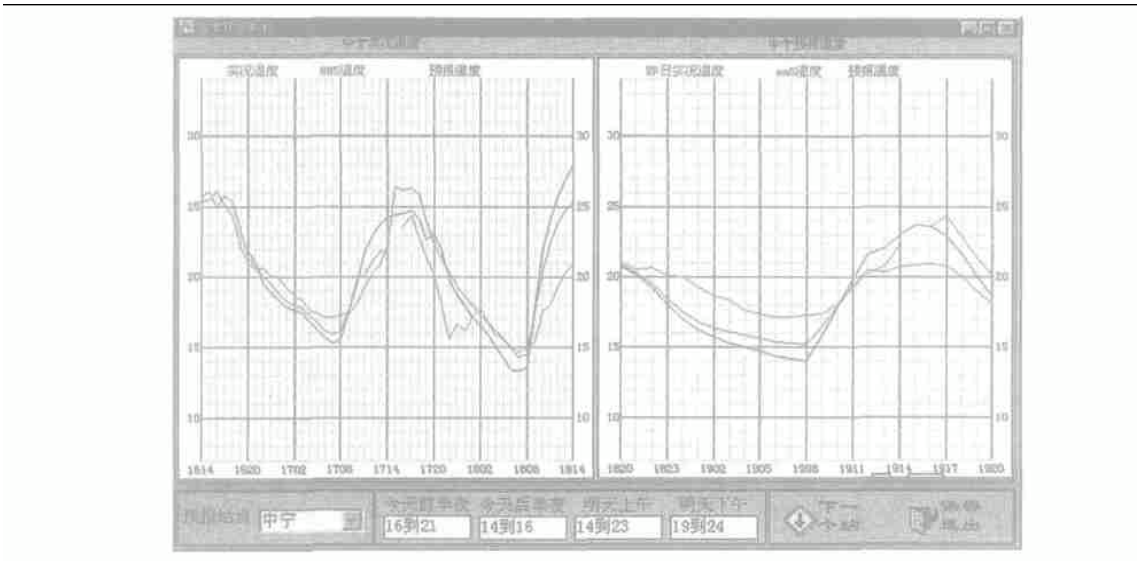


图 4 宁夏精细化温度预报工作平台

武口的温度。然后以大武口站预报温度为因子,利用大武口和石嘴山市其它站之间的回归方程计算其它站的温度,作为其它各站制作预报的基础。当完成石嘴山市所有站点的预报后,开始制作银川市各站的预报(流程如图 5),重复上述步骤,直到完成全部测站的预报。从 1.4 节的分析可知,回归方程有

很好效果,从而大幅度减少预报人员的工作量。

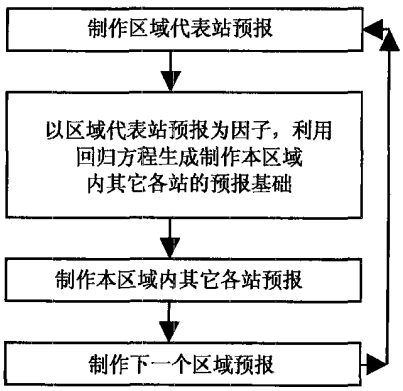


图 5　温度顺序制作流程

3.2　单站制作选择区

单站制作选择区位于平台下端左侧。选择"站点预报"下拉框中需要修改的测站,在温度修改区内实现对单个测站温度的修改。在修改时仅仅改变当前测站的温度,特别是在修改区域代表站的温度时,并不采用回归方程修改区域内其它测站的温度。

3.3　实况温度显示区

位于平台图形区的左侧。用不同颜色的曲线显示前两天的实况、MM5 预报和预报员预报值,使得预报人员在制作预报时,能快捷、直观、最大信息量地掌握实况温度、MM5 数值温度预报效果和前期预报员制作的温度预报效果,为制作当前预报提供依据。

在本区域中,对有自动站的测站在图表中的时间间隔为 1 h;对未实现自动观测的气象站,在图表中将 08:00、14:00、20:00 三个有天气报时次的温度连接起来,构成折线。MM5 模式预报和预报员预报也选取相应时次的温度连接起来。

当缺少某一时次的温度时,系统会自动提示,在图上该点与其前后点之间无连线,表现为不连续线段。

3.4　温度图形修改区

温度图形修改区位于平台图形区的右侧,完成对 24 h 逐时温度的修改工作。

本区域内有三根线,包括 MM5 预报值,前一天温度实况值和温度制作修改线。对区域代表站来讲,温度制作修改线和 MM5 预报值重合;其它站根据区域代表站的预报温度,用回归方程计算得到结果进行显示。

修改时用鼠标完成所有工作。鼠标左侧文本框中显示鼠标所在位置的时间值,右侧文本框中显示当前鼠标所在位置的温度值。当移动鼠标到所需修改的时间和预报温度值时,单击左键,系统调用图 3 中所述的修改方法,完成对温度曲线的一次修改,重复上述工作,可迅速完成对 24 h 内逐时温度的修改。

3.5　预报时段最高最低温度显示区

预报时段最高最低温度显示区位于平台下侧中部。目前,宁夏的精细化预报对外发布的时间间隔为 6 h,每日有 4 个预报时段。因此,预报人员在进行修改的同时,系统自动根据订正后的逐时温度,挑选出预报时段内的最高最低气温,显示在本区域。

4　结论

(1) 自动气象站、宁夏中尺度预报模式提供了高时间密度的资料,通过图形方式能够方便、快捷、直观地显示这些资料,使预报人员在最短的时间内获取最大量的多种预报相关信息。

(2) 计算表明宁夏各站之间的温度具有非常好的相关性。以各地区代表站的温度作为因子,用线性回归方法建立的方程,具有很好的拟合效果。可以用方程输出值定量地取代预报人员经验预报,从而最大程度地减少预报人员的工作量。

(3) 通过对曲线修改方案的研究与设计,使预报人员只需对一些关键点温度进行订正,其它各点温度值自动随之调整,可高效地完成逐时预报制作。

(4) 建立在有限区中尺度数值预报模式上的宁夏精细化温度预报业务平台,提供了高时间密度的自动站资料、MM5 预报资料,以及前期模式预报产品、发布的预报和实况之间的对比,为预报人员制作温度预报提供了大量参考信息。

(5) 本平台操作方便,直观、快捷,具有很好的可移植性,为制作高时间密度的精细化温度预报提供了强大的技术支撑。

参考文献

1　朱正心,杨秋明,徐竞平,等.以 T42 产品为因子用卡尔曼虑波方法作温度预报.气象科学,1995.15(1):85-88

2　苗爱梅,胡永祥,郭玉玺,等,以数值产品为基础的省级分县预报方法.气象,1998,24(9):41-46

3　林健玲,覃丹宇.广西分县逐日滚动温度预报业务系统研究.广西气象,2003,23(2):24-26

4 武文辉 .最优气候平均态模型在贵州月平均温度预报中的应用 . 贵州气象 ,2002 ,26(6) : 33 - 34
5 胡文东 ,丁建军 ,陈晓光 , 等 .宁夏精细化预报产品显示与评价业务系统 . 气象科技 ,2004 , 32(5) :367 - 371
6 陈晓光 , 丁永红 , 刘庆军 . T63 要素预报场与宁夏最高最低气温的相关分析和预报 . 宁夏气象 ,1997 , (3) : 1 - 9
7 王广辉 .宁夏年季 、冬季气温场时空结构特征客观分析 .宁夏气象 ,1996 ,(4) : 47 - 52
8 丁建军 . 宁夏精细化预报产品评价 . 宁夏气象 , 2005 , 待发表
9 黄嘉佑 .气象统计分析与预报方法 .北京 :气象出版社 , 2000

Operational Platform of Refined Regional Temperature Forecasting for Ningxia Province

Ding Jinajun[1] Hu Wendong[1] Ding Yonghong[2] Chen Xiaojuan[2] Mu Jianhua[2]

(1 Ningxia Key Laboratory of Meteorological Disaster Preventing and Reducing,
2 Ningxia Provincial Meteorological Office, Yinchuan 750002)

Abstract: An operational platform of refined temperature forecasting was developed based on a meso-scale numerical weather forecast model for Ningxia Province. It can produce, modify and display the hour-to-hour air temperature forecasts for all the stations of Ningxia Province in graphic mode. By means of the regression model of the central meteorological station and the other stations in the same area, the temperature forecast adjustment for all the stations in Ningxia Province can be conducted easily by adjusting temporal curves under the condition of the physical processes relative to temperature forecasting keeping unchanged. It provides a sound support to the system of refined weather forecasting.

Key words: numerical weather forecast, refined temperature forecast, operational platform, Ningxia