

马 浩,樊高峰,李正泉,等.延伸期天气过程预报在线展示系统的设计与实现[J].干旱气象,2015,33(1):167-173, [ MA Hao, FAN Gaofeng, LI Zhengquan, et al. Design and Implementation of the On-line Displaying System Associated with the Extended-range Synoptic Processes Forecast [J]. Journal of Arid Meteorology, 2015, 33(1):167-173 ], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-01-0167

# 延伸期天气过程预报在线展示系统的设计与实现

马 浩,樊高峰,李正泉,毛裕定,雷 媛

(浙江省气候中心,浙江 杭州 310017)

**摘要:**近年来极端天气气候事件频发,对人民生产生活造成了严重影响,延伸期天气预报得到了空前的重视。随着低频天气图方法在全国的推广和普及,延伸期天气过程预报在我国各地得到了蓬勃开展。为了与过程预报的服务需求相适应,浙江省气候中心设计研发了延伸期天气过程预报在线展示系统。本文从设计思想、系统架构、未来设想3个方面对在线展示系统进行了详细介绍。该系统立足于以预报对象为导向的原则,设置了强降水过程和强降温过程2个栏目。强降水过程栏目涵盖预报与实况对比图形、预报文稿、动态评分表格、实况简述表格、实况详述表格5部分内容,强降温过程栏目展示内容与强降水过程栏目类似,但不包含动态评分表格。未来拟从强降温过程指标判别的合理性、强降温过程评分方案、拓展预报体系3个方面对系统功能进行改进和优化。

**关键词:**延伸期天气过程预报;设计思想;平台架构;强降水过程;强降温过程

**文章编号:**1006-7639(2015)-01-0167-07 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-01-0167

**中图分类号:**P45

**文献标识码:**A

## 引 言

如今,延伸期天气预报已经不再是一个新鲜的名词。随着国民经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,人们迫切希望延长天气预报的时效,从而能对较长时间范围内的天气变化进行整体把握;另一方面,在全球气候变暖的背景下,极端天气气候事件频发<sup>[1-2]</sup>,高影响天气事件导致的气象灾害越来越重<sup>[3]</sup>。从防灾减灾的角度出发,对灾害性天气过程的预报时效越长,则抗灾部署越充分、气象灾害防御效果越好<sup>[4]</sup>。气象防灾减灾的实际需求呼唤着延伸期天气预报的开展与应用。

从时间尺度而言,延伸期天气预报一般是指10~30 d时间范围内的天气预报。由于混沌效应的存在,数值天气预报难以突破2周的预报时效上限<sup>[5-7]</sup>,因此在延伸期尺度内进行逐日预报面临着几乎不可逾越的困难。从防灾减灾的实际需求而言,延伸期时段内的重要天气过程是政府和公众最为关心的问题。1988年,孙国武等<sup>[8]</sup>提出了“低频

天气图”思想,通过在逐日天气图上进行30~50 d的Butterworth带通滤波,将普通天气图转化为低频天气图,尝试开展延伸期天气过程预报。2007年开始,在中国气象局新技术开发项目“低频天气系统预报技术业务化应用”的支持下,低频天气图方法不断成熟和完善<sup>[9-14]</sup>,在上海市气候中心的业务应用取得了较好的效果,对汛期强降水过程的预报效果良好,在2010年上海世博会气象服务中发挥了突出作用<sup>[11-12]</sup>。2012年,中国气象局现代气候业务试点项目“月内重要过程趋势预测系统”正式立项,延伸期天气过程预报自此在全国各地得到了蓬勃的开展,基于低频天气图方法制作汛期强降水过程预报进入业务应用阶段<sup>[15-17]</sup>。按照中国气象局的统一部署,浙江省气候中心从2011年开始尝试开展汛期强降水过程的延伸期预报,2013年开始正式发布业务预报。

在延伸期天气过程预报的早期实践中,预报结果多用文字形式加以呈现(“××时段将发生何种强度的降水过程”),表现形式较为单一;由于缺少

收稿日期:2014-03-11;改回日期:2014-05-11

基金项目:国家自然科学基金项目“登陆台风风场三维高分辨率结构模拟与分析研究”(90815028)、浙江省气象科技计划项目“热带印度洋海温变异对浙江省短期气候预测的指示意义及应用研究”(2012QN04)共同资助

作者简介:马浩(1984-),男,安徽省合肥市人,理学博士,高级工程师,主要从事延伸期天气预报、短期气候预测和海洋一大气相互作用研究。E-mail: mahao20032003@aliyun.com

图形化显示界面,对下指导和对外服务功能都显得较为薄弱。如何全面展示预报结果、并对预报质量进行检验是当前业务预报中面临的技术瓶颈,也是形成业务产品关键环节。在这种情况下,我们萌生了研发延伸期天气过程预报在线展示系统(即网页平台)的想法。

## 1 延伸期天气过程预报在线展示系统的设计思想

对业务平台而言,设计思想是其灵魂和核心所在<sup>[18]</sup>。在系统研发之初,我们确定了2条原则:(1)在线展示系统展示的内容是延伸期天气过程预报的结果及对结果的检验情况;(2)在线展示系统以预报对象(重要天气过程)为导向,根据预报对象设置栏目内容。本系统不涉及预报结果的生成过程,即无法借助本系统制作延伸期过程预报,仅展示预报结果和检验情况。不同的预报对象将会有不同的显示页面,从而达到个性化显示的目的。

明确了这2条原则之后,进一步确定了展示对象:汛期强降水过程和冬春季强降温过程。这2大过程是对浙江影响最重的2类季节性致灾过程。浙江省气候中心自2011年夏季开始开展汛期强降水过程的尝试性预报,至今已有3 a经验;自2013年10月开始发布强降温过程预报,至今也累积了一定的预报结果。因此,结合业务实践,选取了汛期强降水过程和冬春季强降温过程作为展示对象。

针对每一个展示对象,应当采用何种手段、展示哪些内容呢?分析认为,应当采用图形、文字和表格相结合的方案进行展示,将文字与数据、文字与图形有机地结合起来。经过研究,为强降水过程设计了5部分展示内容:预报与实况对比图形、预报文稿、动态评分表格、实况简述表格、实况详述表格;强降温过程的展示内容与强降水过程类似,但略去了动态评分表格(由于评分方案尚不完善)。下面进行详细说明。

在强降水过程栏目中,预报文稿是对预报结果的呈现(将发布的预报文稿内容复制到网页上),图形和表格则是预报和实况相结合的产物。如何用图形来展示延伸期过程预报与实况的对比情况,一直以来是一个较为困难的技术问题,这是因为预报的内容是强降水过程发生的时间段,而作为实况的降水量具有空间分布的特点,时空如何取得统一?一种方案是实况取逐日全省平均降水量,这样预报与实况在时间维度上取得了统一,但却面临着一个问

题:全省平均降水量不能作为强降水过程的判别指标。在全省平均降水量较大的情况下,固然可以认定发生了强降水过程;在全省平均降水量较小的情况下,是否一定没有强降水过程呢?答案显然是否定的。某些区域性降水仅仅分布在部分地区,即使局部降水量很大,由于分布区域较小,全省平均降水量仍然可能较小。因此,用逐日全省平均降水量来表征实况是不恰当的,该指标不能指示强降水过程。经过分析和研究,确定了另外一种方案:用不同量级降水对应的常规站点数目来反映实况。由于强降水过程一般是指中雨以上(日平均降水量达到10 mm以上)的降水过程,故选取的也是中雨以上量级降水的站点数目。如果某日无中雨以上降水(站点个数为0),则可以认为该日无强降水;如果某日有中雨以上降水且站点个数达到一定数目(一般应达到站点总数的30%以上),则认为该日有强降水。在图形化显示界面,基于这种设计思路,预报与实况能够得到清晰的比对,在本文的第2部分将结合实例作进一步分析。关于预报结果的检验,除了图形显示以外,还设计了动态评分、实况简述、实况详述3张表格。其中动态评分表格是基于Zs和Cs的2种评分方案,对每期预报中的逐个站点给出评分结果。实况简述表格采用文字描述的形式,对预报文稿进行检验,检验结果大体可分为“预报正确”、“空报”、“漏报”3类。实况详述表格展示了逐日不同量级降水的站点数目,与图形中的实况信息相对应。

强降温过程栏目设置了4部分展示内容:预报与实况对比图形、预报文稿、实况简述表格、实况详述表格,各部分的含义与强降水过程栏目类似。值得注意的是,在强降温过程预报中,降温过程的指标判别是一个重要问题,暂采用48 h降温作为判别指标。若假定48 h降温幅度为 $\Delta T < -4^{\circ}\text{C}$ 定义为较弱降温过程; $-4^{\circ}\text{C} \leq \Delta T < -6^{\circ}\text{C}$ 为中等降温过程; $-6^{\circ}\text{C} \leq \Delta T < -8^{\circ}\text{C}$ 为较强降温过程; $\Delta T \geq -8^{\circ}\text{C}$ 为强降温过程。根据这一定义,通过提取逐日各个等级降温的站点数目,能够反映强降温过程延伸期预报与实况的对比情况。

延伸期天气过程预报在线展示系统的总体设计框架见图1。

## 2 延伸期天气过程预报在线展示系统

### 2.1 技术准备

作为业务系统,必然需要计算机、网络以及相关软件的支撑。因此首先从硬件和软件2个方面对系统开发的技术准备进行简单介绍。在硬件方面,需

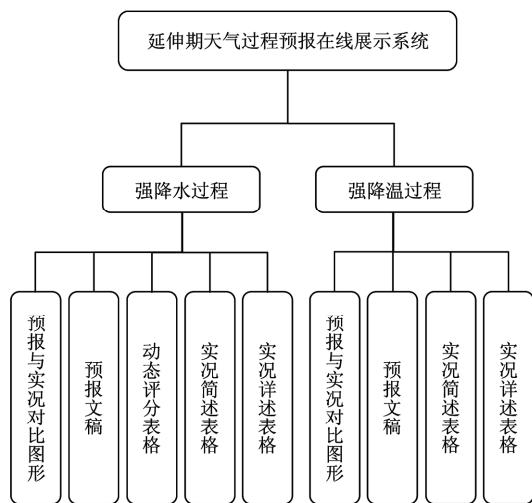


Fig. 1 General design framework of the extended - range synoptic processes forecast on - line displaying system

要购置 IBM 服务器一台,预先安装 Windows Server 2008 操作系统(或更高级版本的操作系统)。在软件方面,由于开发对象为网页系统,因此软件配置及开发语言均应切合网络环境的需要。同时采用 HTML 与 JavaScript 2 种语言,前者能够充分照顾程序的通用性,使程序对于浏览器的要求大大降低;后者考虑了人机交互需求,使网页中地区选择、时间选择、期数选择等功能得以实现。在综合考虑系统整体框架和实际开发量的基础上,Web 页面采用 Spine MVC 架构。在数据资料获取环节,后台数据获取采用 Web service 接口,采用微软提供的 Visual Studio 2012 作为开发工具,数据资料(如逐日降水、降温数据)通过 SQL Server 数据库获取,文档资料(如强降水过程和强降温过程预报文稿)通过 FTP 获取。换言之,业务人员将相关数据资料和文档资料分别导入 SQL Server 数据库和 FTP,系统即可生成相关图形、文字和表格,在网页上进行展示。为了保证网页的实时性和同步性,系统每天早晨 07:30 更新一次,及时增补最新的数据和文档。考虑到当前用户的网络使用习惯,系统同时兼容微软(IE7 以上版本)和谷歌(Google Chome)2 种浏览器。整体而言,网页系统的技术架构结构清晰、兼容性佳,能够在满足开发需求的同时保证开发效率。

## 2.2 强降水过程栏目

按照业务要求,强降水过程的延伸期预报实行逐旬滚动发布(每个月 3 期),因此网页显示方案与

此相一致,在网页上选择年、月、期数(每个月上旬末、中旬末、下旬末发布的 3 期预报分别对应第 1 期、第 2 期、第 3 期),即可展示当期预报的全部内容。下面以 2013 年 8 月第 3 期预报为例进行介绍。

强降水过程栏目主要展示预报与实况对比图形、预报文稿、动态评分表格、实况简述表格、实况详述表格共 5 部分内容。

图 2 是 2013 年 8 月第 3 期预报与实况对比图形,图 3 是对应的预报文稿。由图 3 可见,该期预报在延伸期时段内(9 月中旬至下旬)共预报了 3 次过程,分别发生于 9 月 11~14 日、20~24 日、27~29 日。这 3 次预报的过程在图形中用粗柱体加以表现,黄色代表中到大雨过程、橙灰色代表大到暴雨过程(见预测图例);逐日实况用细柱体表示,浅蓝色、深蓝色、粉红色和红色分别表征中雨站数、大雨站数、暴雨站数和大暴雨站数(见实况图例)。不难看出,所预报的 9 月 11~14 日、20~24 日 2 次过程在实况中均得到了反映,而 9 月 27~29 日的过程为空报。

这里产生了一个问题:在图 2 中,9 月 19 日附近也预报了一次过程,而在当期预报中并没有这次过程,如何理解这一矛盾呢?这是因为,在每期的图形中展示的是 3 期预报与实况的综合结果,即第 N 期预报对应的图形实际上是第 N-2 期、第 N-1 期、第 N 期共 3 期预报及其对应的实况。这种显示方案的优点在于保持了预报结果的历史延续性、避免各期预报彼此独立,以便预报员不仅能够直观地看到当期预报的结果,也能够了解前 2 期预报的优劣,在比较分析中思考预报的成败得失。基于这种考虑,每期预报对应的图形时间跨度为 40 d 左右(在图 2 中,8 月第 3 期预报对应的图形时间跨度为 8 月 21 日至 9 月 30 日,共 41 d),而 9 月 19 日附近的过程实际上是 8 月第 2 期所预报的,与当期预报无关。不难看出,8 月 21 日至 9 月 30 日这 41 d 的整体预报效果较好,强降水过程基本落在预报区间内,特别是 8 月 21~31 日期间,预报时段与强降水时段几乎完全吻合。需要注意的是,由于“预报在先、实况在后”,因此每期图形的生成顺序都是先生成预报结果(粗柱体),待实况产生后再在图形上填补实况结果(细柱体)。

图 4 给出了当期预报的动态评分结果。按照 Zs 和 Cs 2 种评分方法,对每个站点分别评分(浙江省共有 71 站参加评分)。之所以称为“动态评分”,是因为每期预报中的各个站点都会有对应的评分,评分结果随着期数更新而发生动态变化。实况简述

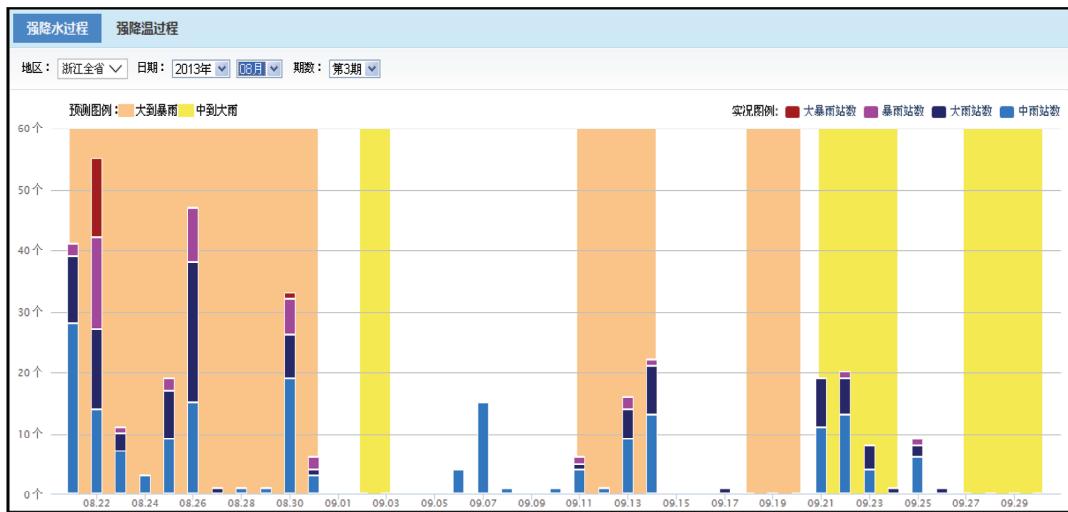


图2 强降水过程预报与实况对比图形

Fig. 2 The figure comparison between extended - range forecast of the heavy rainfall processes and the actual state

预测文档 导出

### 2013年9月中旬至下旬浙江省强降水过程预报

根据亚洲范围内8个天气关键区大气低频系统（对700hPa水平风场进行30~50天滤波得到）的演变趋势，运用低频天气图预报方法，预计未来10~30天可能发生3次强降水过程：

- (1) 9月11~14日，全省大部中到大雨，其中，沿海地区大到暴雨；
- (2) 9月20~24日，全省大部大雨，其中沿海地区和浙南地区部分暴雨；
- (3) 9月27~29日，全省大部中到大雨，部分大到暴雨。

图3 强降水过程预报文稿

Fig. 3 The extended - range forecast document of the heavy rainfall processes

表格(图5)和实况详述表格(图6)从不同角度给出了预报和实况的对比情况。2张表格的设计思想有一个共同的原则,即“实况为先”,用实况来检验预报。在实况简述表格中,结合最新的强降水过程实况,对以往的2期预报进行检验(第N期预报检验的是N-3和N-2期预报结果),检验结果用文字描述的方式加以呈现。实况详述表格将强降水过程预报的结果分解到每一天,结合最近20 d的逐日降水量(包括小雨站数、中雨站数、大雨站数、暴雨站数、大暴雨以上站数、降水总站数),对强降水过程预报进行检验。为了业务使用方便,图4、图5、图6中的所有内容都可以Excel表格形式导出。

站点	预报过程降水量(单位:mm)	实况降水量(单位:mm)	ZS评分	CS评分
定海	0911~0914 30	4	33	16
	0920~0924 30	34		
	0927~0929 30	0		
东阳	0911~0914 20	23	33	8
	0920~0924 30	14		
	0927~0929 30	0		
洞头	0911~0914 40	45	33	8
	0920~0924 50	12		
	0927~0929 30	0		
奉化	0911~0914 25	3	25	15
	0920~0924 30	24		
	0927~0929 30	0		
富阳	0911~0914 25	60	66	33
	0920~0924 30	42		
	0927~0929 30	0		

图4 动态评分表格

Fig. 4 Table of dynamic scores of the extended - range forecast results directed against the heavy rainfall processes

为了更好地对下指导,在网页上提供了地区选择菜单,可以根据业务需要选择“浙江全省”(涵盖浙江全省71个常规站点)/“浙北地区”(涵盖浙北地区33个常规站点)/“浙中地区”(涵盖浙中地区22个常规站点)/“浙南地区”(涵盖浙南地区16个常规站点)。当选择不同地区时,图2、图4和图6与该地区的情况相对应,图3和图5则不发生变化。

### 2.3 强降温过程栏目

强降温过程栏目主要展示预报与实况对比图形、预报文稿、实况简述表格、实况详述表格共4部分内容。

实况		7月30日预报	8月9日预报
8月18夜至19日晨,热带低压云团影响,浙北、浙中地区发生明显强降水,其中浙北部地区暴雨到大暴雨		(2) 8月18~20日,东南沿海地区大到暴雨,预报正确。但落区有一定差异	
8月21~23日受台风影响,全省大部有大雨,沿海和浙南有暴雨到大暴雨			(1) 8月20~23日,全省大部中到大雨,东部沿海地区大到暴雨,预报正确
8月25日前东北的部分地区有大雨到暴雨,26日全省大部中到大雨,台州和浙北两地的部分暴雨		(3) 8月23~26日,全省大部中到大雨,沿海部分地区大到暴雨,预报正确	
8月26日全省大部中到大雨,浙北和台州两地的部分暴雨,8月30日受台风外围和冷空气影响,我省部分地区的中到大雨,浙南部分地区的暴雨到大暴雨。			(2) 8月26~31日,浙北、浙中大部、浙南地区中到大雨,东部沿海地区大到暴雨,预报正确。
8月9~15日,全省无明显降水过程,仅浙中、浙南、浙西北局部地区发生阵性降水(小到中雨)		(1) 8月11~15日,全省大部中到大雨,浙北部分地区大到暴雨,预报正确。	

图5 实况简述表格

Fig. 5 Table of brief description of the realistic observation

预报检验(实况详述)									
预报年	预报月	预报日	总站数	小雨站数	中雨站数	大雨站数	暴雨站数	大暴雨以上站数	延伸期分值预测
2013	9	11	23	17	4	1	1	0	中到大雨
2013	9	12	20	19	1	0	0	0	中到大雨
2013	9	13	54	38	9	5	2	0	中到大雨
2013	9	14	61	39	13	8	1	0	中到大雨
2013	9	15	4	4	0	0	0	0	无降水
2013	9	16	0	0	0	0	0	0	无降水
2013	9	17	1	0	0	1	0	0	无降水
2013	9	18	6	6	0	0	0	0	无降水
2013	9	19	4	4	0	0	0	0	无降水
2013	9	20	19	19	0	0	0	0	中到大雨

图6 实况详述表格

Fig. 6 Table of detailed description of the realistic observation

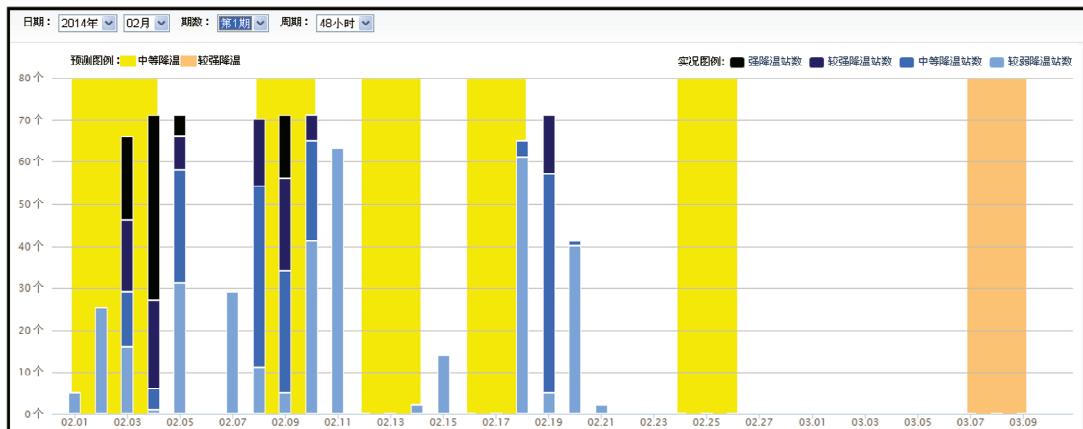


图7 强降温过程预报与实况对比图形

Fig. 7 The figure comparison between extended-range forecast of the intensive air-temperature reduction processes and the actual state

总体而言,强降温过程栏目与强降水过程栏目的设计思想和展示方案大体相似,在预报与实况对比图形中,分别用粗柱体和细柱体来表征预报过程和降温实况,每期的图形显示3期结果(图7)。预报文稿、实况简述表格、实况详述表格等环节也与强降水过程栏目类似(图略)。需要指出的是,强降水过程和强降温过程2个栏目在时间上相互承接,每年的5~10月发布强降水过程预报,10月至次年4月发布强降温过程预报,这与浙江省的气候特点相符:汛期是强降水过程的多发季节,因此发布强降水过程预报;冬春季的冷空气过程是导致气象灾害的

重要因子,因此发布强降温过程预报。

### 3 未来优化和改进设想

当前,延伸期天气过程预报在线展示系统已经初具规模,但仍有许多不完善之处,今后需要在以下几个方面加以改进:

(1)研究强降温过程指标判别的合理性。当前,主要发布48 h 降温过程预报,用48 h 温度变化幅度 $\Delta T$ 来表征过程强弱, $\Delta T < -4^{\circ}\text{C}$ 、 $-4^{\circ}\text{C} \leq \Delta T < -6^{\circ}\text{C}$ 、 $-6^{\circ}\text{C} \leq \Delta T < -8^{\circ}\text{C}$ 、 $\Delta T \geq -8^{\circ}\text{C}$ 分别定义为较弱降温过程、中等降温过程、较强降温过

程和强降温过程。这里有 2 个问题:第一,对  $\Delta T$  的这种划分是否合理;第二,48 h 降温是否能够很好地代表浙江境内的强降温过程?24 h 降温与 72 h 降温的表现如何?这 2 个问题值得认真思索,在实践中不断优化强降温过程的指标和判据。

(2) 研制适用于强降温过程的评分方案。对强降水过程而言,中国气象局已经下发了 Zs 和 Cs 2 种评分方案,对强降温过程而言,如何评分仍是一个难题。评分能够直接反映预报质量的优劣,为了更好地评估强降温过程的预报结果,需要在深入研究的基础上,通过探索、试用和不断修正,研制出切实可行的强降温过程评分方案。同时,从业务角度考虑,后期我们将在网页上增加针对评分的图形显示内容,展示强降水过程和强降温过程评分的空间分布图,以及评分结果的时间演变曲线,从而了解哪些地区在哪些时段的预报技巧较高/较低,分析其中的原因,制订相应的对策。

(3) 进一步拓展延伸期过程预报的业务体系。尽管强降水过程和强降温过程的预报具有重要意义,然而仅涵盖这 2 个过程远远不能满足延伸期预报的业务需求。冬春季的持续低温过程、雨雪冰冻过程、连阴雨过程、雾霾过程,针对这些过程的延伸期预报难度很大,然而服务需求也很迫切,特别是雾霾已经成为不容忽视的气候现象<sup>[19~21]</sup>,对雾霾过程的延伸期预报有着显著的生态和社会效益。在今后的业务发展过程中,我们将在力所能及的范围内努力拓展延伸期过程预报的业务体系,同时针对不同过程设计各具特色的个性化网页,更好地满足服务需求。

## 4 小 结

随着低频天气图的推广和普及,延伸期过程预报在全国各个省市得到了蓬勃的开展。针对延伸期过程预报结果展示性不强的问题,浙江省气候中心研发了延伸期天气过程预报在线展示系统。该系统已投入业务应用,较好地提升了延伸期过程预报的服务效果。本文从设计思想、系统架构、未来设想 3 个角度对在线展示系统进行了介绍。该系统立足于以预报对象为导向的原则,对延伸期过程预报结果进行展示,包含强降水过程和强降温过程 2 个栏目。强降水过程栏目涵盖预报与实况对比图形、预报文稿、动态评分表格、实况简述表格、实况详述表格 5 部分内容;强降温过程栏目涵盖预报与实况对比图形、预报文稿、实况简述表格、实况详述表格 4 部分

内容。未来拟从强降温过程指标判别的合理性、强降温过程评分方案、拓展预报体系 3 个方面对系统功能进行改进和优化。

### 参考文献:

- [1] Rahmstorf S, Coumou D. Increase of extreme events in a warming world[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2011, 108(44):17905~17909.
- [2] Peterson T C, Hoerling M P, Stott P A, et al. Explaining extreme events of 2012 from a climate perspective[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2013, 94(9):S1~S74.
- [3] 杨秋明. 10~30 天延伸期天气预报及发展趋势[J]. 中国新技术新产品, 2008(7):96~97.
- [4] 马浩, 毛燕军, 雷媛, 等. 10~30d 延伸期天气预报研究进展综述[J]. 干旱气象, 2012, 30(4):514~521.
- [5] Lorenz E N. A study of the predictability of a 28-variable atmospheric model[J]. Tellus, 1965, 17(3):321~333.
- [6] Lorenz E N. Atmospheric predictability as revealed by naturally occurring analogues[J]. Journal of the Atmospheric Sciences, 1969, 26(4):636~646.
- [7] Lorenz E N. Atmospheric predictability experiments with a large numerical model[J]. Tellus, 1982, 34(6):505~513.
- [8] 孙国武, 陈葆德. 青藏高原上空大气低频波的振荡及其经向传播[J]. 大气科学, 1988, 12(3):250~256.
- [9] 孙国武, 信飞, 陈伯民, 等. 低频天气图预报方法[J]. 高原气象, 2008, 27(增刊):64~68.
- [10] 孙国武, 信飞, 孔春燕, 等. 大气低频振荡与延伸期预报[J]. 高原气象, 2010, 29(5):1142~1147.
- [11] 孙国武, 冯建英, 陈伯民, 等. 大气低频振荡在延伸期预报中的应用进展[J]. 气象科技进展, 2012, 2(1):12~18.
- [12] 孙国武, 李震坤, 信飞, 等. 延伸期天气过程预报的一种新方法——低频天气图[J]. 大气科学, 2013, 37(4):945~954.
- [13] 孙国武, 冯建英. 低频天气图预报方法的思索[J]. 干旱气象, 2013, 31(3):558~560.
- [14] 孙国武, 李震坤, 信飞, 等. 用低频天气图方法进行延伸期预报的探索[J]. 气象科技进展, 2013, 3(1):6~10.
- [15] 蒋薇, 孙国武, 陈伯民, 等. 江苏省汛期强降水过程的延伸期预报试验[J]. 气象科学, 2011, 31(增刊):24~30.
- [16] 陈伯民, 信飞, 沈愈, 等. 月内重要天气过程与气候趋势预测系统及应用进展[J]. 气象科技进展, 2013, 3(1):46~51.
- [17] 胡春丽, 李娟, 陈伯民, 等. 低频天气图方法在辽宁夏季延伸期强降水预报中的应用[J]. 气象科技进展, 2013, 3(1):64~67.
- [18] 马金仁, 纪晓玲, 邵建, 等. 宁夏灾害性天气短时临近监测预警平台简介[J]. 干旱气象, 2013, 31(3):616~621.
- [19] 胡亚旦, 周自江. 中国霾天气的气候特征分析[J]. 气象, 2009, 35(7):73~78.
- [20] 吴兑, 吴晓京, 李菲, 等. 1951~2005 年中国大陆霾的时空变化[J]. 气象学报, 2010, 68(5):680~688.
- [21] 孙彧, 马振峰, 牛涛, 等. 最近 40 年中国雾日数和霾日数的气候变化特征[J]. 气候与环境研究, 2013, 18(3):397~406.

## Design and Implementation of the On – line Displaying System Associated with the Extended – range Synoptic Processes Forecast

MA Hao, FAN Gaofeng, LI Zhengquan, MAO Yuding, LEI Yuan

(Zhejiang Climate Center, Hangzhou 310017, China)

**Abstract:** Recently, frequent occurrence of extreme weather and climate events had caused serious impacts on people's production and livelihood, so the extended – range weather forecast attracted more and more attention. With the national spread and promotion of the low – frequency synoptic chart, extended – range synoptic processes forecast was developing vigorously throughout the country. To better satisfy the service need of synoptic processes forecast, an on – line displaying system associated with the extended – range synoptic processes forecast was developed in Zhejiang Climate Center. In this paper, the design philosophy, detailed structure, and the thoughts of future improvement and optimization were introduced extensively. The on – line displaying system included two columns, i. e. , the heavy rainfall processes and the intensive air – temperature reduction processes based on different objects of forecast. The column of heavy rainfall processes consisted of the figure comparing between forecast and the actual state, forecast document, table of dynamic scores, table of brief description of the realistic observation, and table of detailed description of the realistic observation. The contents of intensive air – temperature reduction processes column were similar to that of the heavy rainfall processes, but the table of dynamic scores was omitted. In the future, the system will receive more improvement and optimization through designing more suitable indices and establishing the marking scheme for intensive air – temperature reduction processes and expanding the components of extended – range synoptic processes forecast.

**Key words:** extended – range synoptic processes forecast; design philosophy; structure of platform; heavy rainfall processes; intensive air – temperature reduction processes

\*\*\*\*\*

(上接第 148 页)

## Study of Local Heavy Rain Initiated by Gravity Waves in Shijiazhuang of Hebei Province

MENG Kai<sup>1</sup>, ZHANG Yingxin<sup>1</sup>, YAO Jie<sup>2</sup>, TIAN Zhiguang<sup>1</sup>

(1. Hebei Provincial Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050021, China;  
2. Shanxi Provincial Meteorological Service Center, Taiyuan 030002, China)

**Abstract:** This paper dynamically discussed the development mechanisms of local rainstorm triggered by gravity waves, and proposed a feasible method, which was verified by a case study, to forecast the propagations of gravity waves. The results showed that: (1) the propagation of gravity waves strictly consistent with the potential temperature ridge, and by analyzing the isentrope, the forecasting of the generation and evolution of gravity waves would be more effective; (2) the waves could travel from higher potential temperature to lower side, or propagate in reverse orientation; (3) there were corresponding relations between the propagation path of gravity waves and the surface convergence line. Though the waves propagated along with the convergence line, it did not generate the gravity waves; (4) in a case of rainstorm on 9th August 2011 in Shijiazhuang, the gust front generated the gravity waves as a triggering mechanism, and brought about strong rainfall in the west urban.

**Key words:** gravity waves; gust front; surface convergence line; local heavy rain; mesoscale