

苏德斌, 孙成云, 余东昌, 等. 2010. 短临交互预报系统 VIPS 设计开发与应用 [J]. 气候与环境研究, 15 (5): 571-578. Su Debin, Sun Chengyun, Yu Dongchang, et al. 2010. The development and application of a very-short-range interactive prediction system [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 15 (5): 571-578.

短临交互预报系统 VIPS 设计开发与应用

苏德斌^{1,2,3} 孙成云¹ 余东昌¹ 李青春⁴ 吕达仁²

1 北京市气象局, 北京 100089

2 中国科学院大气物理研究所中层大气与全球环境探测开放实验室, 北京 100029

3 中国科学院研究生院, 北京 100049

4 中国气象局北京城市气象研究所, 北京 100089

摘要 介绍了短时临近交互预报系统 VIPS (Very-short-range Interactive Prediction System) 的设计理念、开发思路及其功能实现。该系统设计基于开放理念, 采用 Java 语言及开源软件, 可跨平台运行, 便于系统的开发及升级维护。以开源地理信息软件 OpenMap 为核心, 将丰富的实况探测资料 (如区域雷达资料、自动站资料、闪电定位资料)、雷达外推预报和风暴追踪产品及 0~6 小时数值预报产品与精细的地理信息以图层形式进行叠加, 可对风暴的发生、发展在短时临近时间段内进行综合分析。基于对短时临近预报相关实况探测资料及短时临近预报产品的综合分析, 可实现预警产品的人机交互快速编辑、制作精细化的预警产品并快速分发, 满足了北京奥运会气象预警制作发布及现场服务等需求。

关键词 短时临近 交互 预警 OpenMap VIPS

文章编号 1006-9585 (2010) 05-0571-08 **中图分类号** P458.2 **文献标识码** A

The Development and Application of a Very-Short-Range Interactive Prediction System

SU Debin^{1,2,3}, SUN Chengyun¹, YU Dongchang¹, LI Qingchun⁴, and LÜ Daren²

1 *Beijing Meteorological Bureau, Beijing 100089*

2 *Laboratory for Middle Atmospheric Layer and Global Environment Observation, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*

3 *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049*

4 *Institute of Urban Meteorology, China Meteorological Administration, Beijing 100089*

Abstract For the purpose of providing high temporal and spatial forecast for 2008 Olympic weather service, a new system named as Very-short-range Interactive Prediction System (VIPS) for weather warning making and dissemination was developed. The design, development, and function of VIPS system were introduced. Based on the opening concept, VIPS was developed using open source community resources like Java and OpenMap, and it is easy to migrate and upgrade. Also, it is possible to combine data from observations like regional Doppler Radar mosaic,

收稿日期 2009-11-20 收到, 2010-06-11 收到修定稿

资助项目 科技部国家科技攻关计划 2005BA904B05、北京市科委科技计划 Z006279040191 和中国科学院知识创新工程重要方向项目 KZCX2-YW-206-1

作者简介 苏德斌, 男, 1966 年出生, 博士研究生, 高级工程师, 主要从事大气物理与大气环境研究。E-mail: debin.su@mail.iap.ac.cn

automatic weather stations, lightning detection system, and forecasting products from radar echo extrapolation and storm cell tracking, together with 3 km resolution Numerical Weather Prediction (NWP) products with layered data technology support. VIPS can be used to help forecasters to review realtime weather information with the detail GIS (Geographic Information System) information as a background and make a rational composite analysis according to the data sources focusing on nowcasting warning issues. Forecasters can then make a warning based on the analysis. After circling the warning area, venue information can be easily extracted from GIS layer and then with the support of XML (eXtensible Markup Language) templates predefined, different kinds of warning and specified products (like webpage, PDF file, text file) can be generated according to user's requirement. Effective actions can then be taken with combination of accuracy and specificity in time and space. VIPS system played a successful role in the 2008 Olympics' weather service and was used as an operational platform after the Olympics.

Key words very-short-range forecasting, interactive, warning, OpenMap, VIPS

1 引言

近年来,气象现代化水平得到很大改善,特别是探测系统建设得到长足发展。同时政府部门防灾减灾要求越来越高,气象部门需要针对灾害性天气及时进行各类天气预警的发布,但短时临近预报的时空精细化水平及预警的制作发布能力一直制约着此项业务的开展(王玉彬等,2006,2008),预报员与大量快速更新的观测数据和预报产品之间缺少一个有效的交互平台工具,辅助预报员进行快速综合分析和精细预警产品的制作。鉴于2008年奥运会精细化气象预报服务及北京城市运行的需求,北京市气象局组织开发了短时临近交互预报预警系统 VIPS (Very-short-range Interactive Prediction System)。该系统设计基于开放理念,采用 Java 语言及其他开源软件系统模块,以开源地理信息软件模块 OpenMap 为核心,将丰富的实况探测资料(如区域雷达资料、自动站资料、三维闪电定位资料等)、雷达外推预报和风暴追踪产品及 0~6 小时数值预报产品以图层形式进行叠加,可对风暴的发生、发展在短时临近时间段内进行综合分析(Lakshmanan et al., 2006a, 2006b, 2007; Smith and Lakshmanan, 2006)。系统采取 NetCDF (Network Common Date Form) 及 XML (eXtensible Markup Language) 等标准数据格式引入各种探测数据及预报产品,预报员可利用独立的交互制作图层进行预警制作,最终可与探测产品及地理信息共同构成多种预报、预警及服务产品。基于对短时临近预报相关实况探测资料及短时临近预报产品的综合

分析,系统可实现精细化预警产品的人机交互编辑、制作和快速分发。

2 系统设计

2.1 设计思路

从2005年开始,世界气象组织开始在北京实施 WWRP/FDP (世界天气研究计划/预报示范项目,以下称为 B08FDP),其主要目的是在北京奥运会期间展示并应用世界最前沿的短时临近预报技术。参与的系统包括中国、美国、加拿大、澳大利亚、香港等多个国家和地区的短临业务或准业务系统。其中大部分系统以雷达资料为基础进行雷暴单体的识别、外推预报,可以给出 QPE (定量降水估计)、QPF (定量降水预报,30 分钟及 1 小时)、雷暴单体追踪等产品,而其中的 TIFS (Thunderstorm Interactive Forecast System) 系统是一个多短临预报系统产品的综合显示及预警发布平台(Bally et al., 2007),主要用于2000年悉尼奥运会综合显示 FDP 产品并进行预警制作与发布。在 B08FDP 项目中,TIFS 增加了基于多个预报系统外推预报产品的集合功能。由于各个系统主要是短临预报产品的生成系统,大多数难以直接作为预报人员,特别是现场服务人员直接提供服务的工具。为有效综合各类 FDP 参与系统产品,同时直接提供满足奥运会服务需求的天气预警产品,需要在 TIFS 等系统功能基础上开发一个面向预报服务人员的软件系统平台(Su et al., 2007)。

在天气预警业务中,近年来探测系统建设(包括自动站及天气雷达网等)取得了很大进展,

但一直困扰预报人员的是如何最大程度地有效利用这些装备所收集的海量探测数据，以及依据这些数据制作的客观预报产品，在很短的时间内最大程度地提前发布准确的预警信息。此外，预报产品的时间、空间的精细化程度不足，使得其服务效果受到很大制约。因此，针对短时临近预报及预警发布业务选择具有重要指示意义的探测数据及预报产品在较短时间为预报员构建一个综合的预报图像显得尤其关键。同时，考虑到预报员经验在预报服务中的决定性作用，需要建立便捷、快速、有效的人机交互平台，充分发挥人的决策作用。

在充分考虑奥运会预报服务需求及系统性能的基础上，VIPS 系统的设计选择对短时临近天气预警发布有重要指示意义的气象探测资料，与雷达外推预报产品、中尺度数值预报 3 km 分辨率精细化预报产品结合；采用图层技术将探测、预报数据进行图层综合叠加显示，并基于精细化的地理信息系统，从地理图层中提取场馆或重要地点位置信息；针对服务对象差异，利用 XML 预警产品模板通过人机交互方式快速编辑、制作多样式的预警、服务产品。

2.2 系统模块设计

VIPS 系统的程序设计基于 MVC (Model-View-Controller) 模型设计模式，设计模式框架如图 1 所示。

“模型”是对基于 NetCDF 及 XML 标准数据格式探测数据和预报产品的数据处理过程，借助于 NetCDF 和 XML 的 Java 开发软件包对数据文件进行解析处理。

“视窗”基于 OpenMap 图层概念模型，将每

一类数据设计为一个特定图层，借助于相应气象数据地理位置信息，以地理信息地图为基础图层，实现数据的叠加显示。

“控制器”即系统操作界面，通过响应用户对系统的交互操作，实现系统的流程控制，是系统功能的主要体现。

VIPS 系统的核心程序模块如图 2 所示。其中 xxxDecoder.java 对特定的数据进行解码， xxxLayer.java 是该类数据图层的显示操作代码， xxxControlPanel.java 是该类数据的显示控制代码。OpenMap MapBean 是图层显示的一个容器，各个数据图层及预警制作图层可通过图层句柄 MapHandler 与 MapBean 交互。如需要增加新的数据源，可以简单地仅增加相应的处理代码，即可处理新的数据项。

由于显示模块由多个图层构成，原则上只要系统硬件处理能力许可，可以增加任意多的图层，以满足用户需求。此外，在预报或预警制作过程中，增加相应的模板，可以生成多种个性化的用户产品，是系统具有很强的可伸缩性。

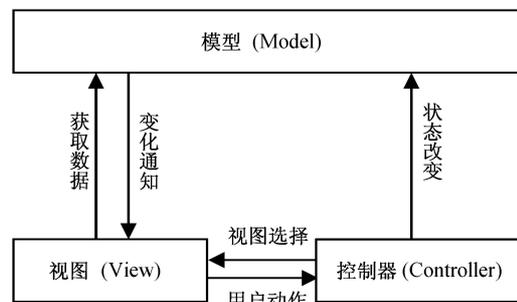


图 1 MVC 模型设计模式

Fig. 1 Diagram for Model-View-Controller (MVC) design pattern

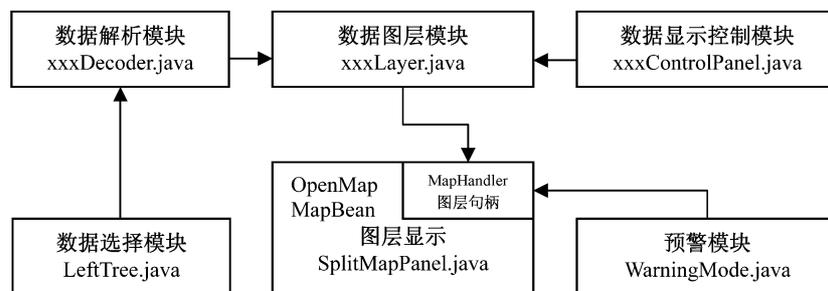


图 2 VIPS 系统程序模块图

Fig. 2 Block diagram for VIPS system

3 技术实现与系统功能

3.1 技术实现

系统设计基于开放理念,从开发语言、开发工具到系统使用的地理信息系统模块等均选用目前最为流行的开源软件系统,有利于开发人员获取最广泛的软件开发资源,使系统具有较强的扩展性能并便于系统的升级维护。

系统采用 Java 语言开发,开发工具选用 Eclipse,地理信息模块采用 OpenMap。Java 语言是一种被广泛使用的网络编程语言,具有简单、面向对象、可移植、分布性、解释器通用性、健壮、多线程、安全及高性能等语言特性。此外,Java 语言还提供了丰富的类库,同时有大量的可用开源模块,使得系统开发中模块的可选择性大大增强。Eclipse 是一款优秀的、高度可扩展的应用软件开发平台。OpenMap 软件包是一个基于 JavaBeans 的开源地理信息应用工具包,用户可以在此平台上,自行开发各种针对地理信息的网络应用系统。OpenMap 提供了允许用户查看和操作地理空间信息的方法,VIPS 系统通过 OpenMap 模块功能以图层叠加的方式实现了多种数据的综合显示。

系统主要采取 NetCDF 及 XML 标准数据格式引入各种探测数据及预报产品,便于各种类型数据的规范化处理。

3.2 系统功能

系统主要功能包括探测数据、预报产品的综合显示,预警产品制作、发布。系统具体功能模块如图 3 所示。系统界面如图 4 所示。

VIPS 系统的数据源主要包含 NetCDF、XML 和文本格式,借助于 NetCDF 和 XML 的 Java 开发软件包对数据文件进行解析处理,通过 OpenMap 模块接口,实现了数据的图形显示。由于雷达三维立体拼图数据的特殊性(包含 21 个不同高度层,每层包含 $902 \times 880 = 793760$ 个格点,每个文件中共包含有 $902 \times 880 \times 21 = 16668960$ 个格点数据),为改善大数据量绘图显示速度,系统采用了内存双缓冲技术以改进系统性能。

人机交互式制作预报、预警时,借助于精细的地理信息,利用 OpenMap 图形操作接口,预报

员可以标注出重要的预警区域。但 OpenMap 自身提供的标记圈画区域的功能操作不够流畅,在对 OpenMap 相关功能进行详细分析后,实现了预警区域圈画标注的快速便捷操作。系统能自动提取圈画标注区域的地理信息内容,并自动填写到预警编辑文本中。在预警制作与发布过程中,预报员可以根据服务对象的差异,在预警产品上叠加不同的种类的探测数据产品,提供最终服务产品。

VIPS 系统以“模板”形式实现了预警信息的自动编辑,预报员通过选择不同的天气预警模板即可实现相应预警提示信息的自动生成。系统还提供了产品格式模板,利用预先设计的产品格式模板,将预警区域圈画标注生成的图片和预警信息模板中自动生成的预警内容相结合,可生成图文并茂的天气预警产品文件(网页、PDF 等格式)。系统生成的天气预警产品经预报员确认后,根据系统配置自动分发到相应部门。

4 业务应用及效果

4.1 业务流程

VIPS 系统通常运行于实况探测资料监视模式,主要显示包括区域雷达实时拼图、自动气象站、闪电定位等实况资料产品。短时临近岗位预报员可以通过不同实况探测资料的综合叠加分析(在同一平面上叠加显示高时空密度的多传感器探测资料),判断是否有影响预警责任区域的重要天气系统过程或局地强天气过程的发生,如有类似情况发生,通过叠加显示雷达回波追踪产品及包括模式输出的其他短临预报产品,可进一步确定是否可以针对责任区域发布不同级别的天气预警,如满足预警发布条件,则通过快速圈画预警影响区域,系统根据预警模板自动生成图文预警产品,迅速实现预警的发布。预警制作与发布的业务流程如图 5 所示。

4.2 业务应用

2008 年 7 月,为满足北京奥运会、残奥会气象服务需要,北京市气象局在国家体育场开闭幕式运行指挥室安装了 VIPS 系统,现场气象保障人员和开闭幕式运行指挥人员通过系统可实时查阅北京市气象局的各种实况气象监测、预报与预警产品。

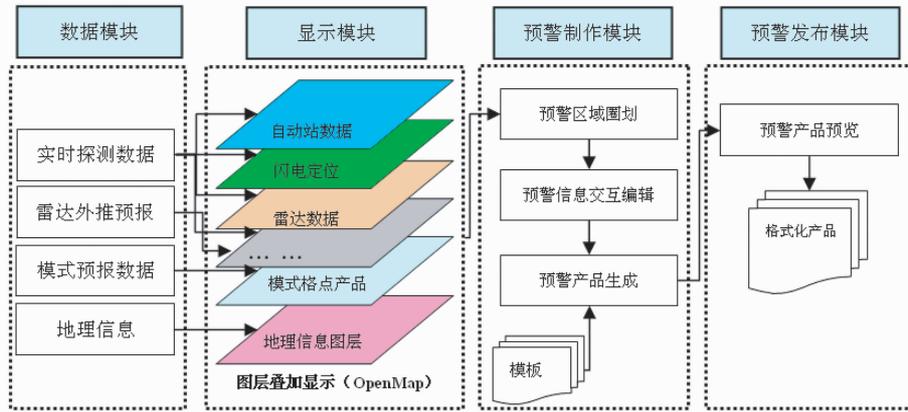


图 3 软件功能模块
Fig. 3 Block diagram for system function

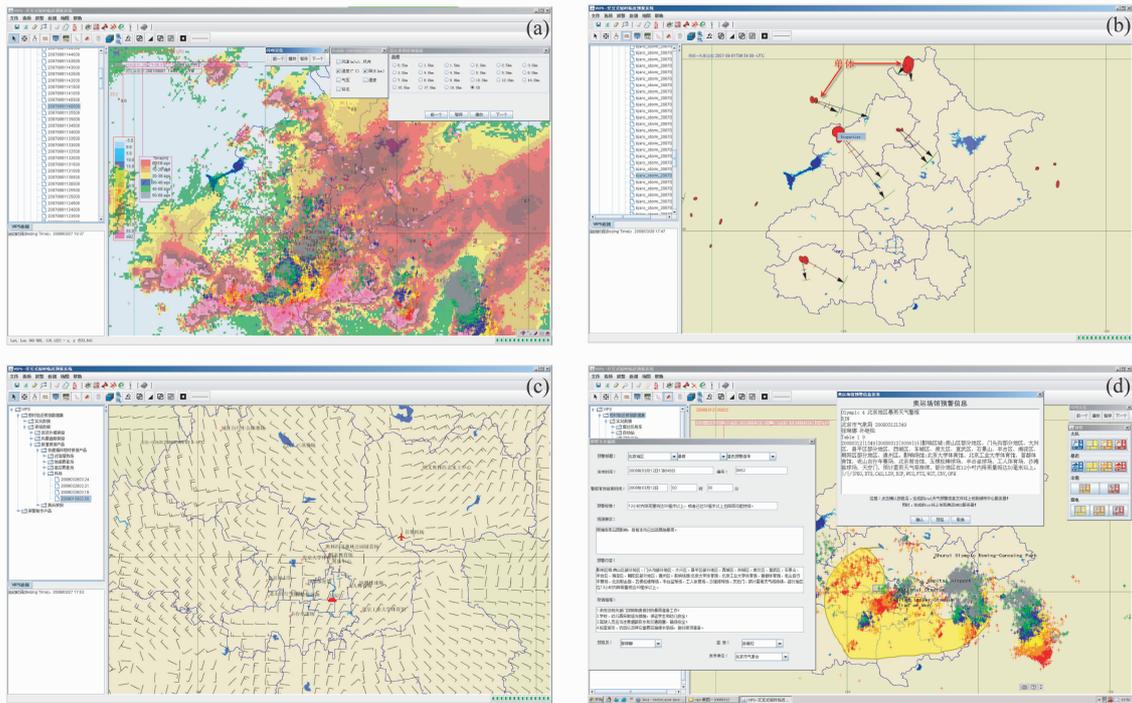


图 4 系统界面：(a) 图层综合显示；(b) 风暴追踪产品；(c) 模式产品；(d) 基于地理信息的预警产品制作
Fig. 4 VIPS Graphical User Interface (GUI): (a) Composite display; (b) storm tracking product; (c) NWP (Numerical Weather Prediction) wind product; (d) GIS (Geographic Information System) based warning product

根据开闭幕式要求，在奥运会开闭幕式、残奥会开闭幕式期间，VIPS 系统产品被切换到运行指挥部监控屏幕上，便于运行指挥人员随时了解天气变化情况。在开闭幕式前期的 3 次预演（7 月 30 日、8 月 2 日和 8 月 5 日），8 月 8 日开闭幕式当天、转场，残奥会开闭幕式前期的排练、预演和转场，以及残奥会闭幕式当天等一系列重要活

动的现场气象保障中，VIPS 系统作为现场气象保障人员重要的预报工具，发挥了极其重要的作用。

7 月 30 日开幕式第一次预演，在中、短期未预报降雨的情况下，预演进行中出现了短时明显降雨天气。现场气象保障人员利用 VIPS 系统的实况监测数据（雷达反射率、闪电定位等），监测到本市东南方向有小块降雨云团向城区移近并发

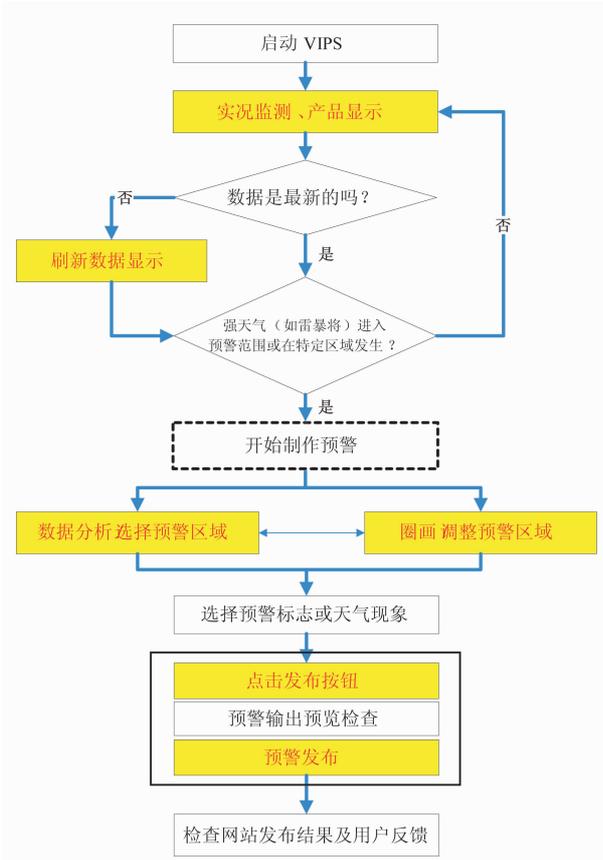


图 5 预警制作与发布业务流程
Fig. 5 Flow chart for warning making and dissemination

展, 根据雷达回波外推、风暴追踪及快速循环短时预报产品 (1、3 小时累计雨量预报), 提前 30 分钟至 2 小时进行订正预报 (见图 6 和图 7), 并通报开幕式运行指挥部及相关各部门, 较为准确地预报出降雨结束时间, 提醒总指挥部降雨对仪式和观众散场将有一定影响, 开闭幕式总指挥部启动了雨天散场方案, 减小了降雨天气对预演活动的影响。

8 月 8 日奥运会开幕式当天天气十分复杂, 根据 VIPS 系统的实况监测数据 (雷达反射率、自动站降雨量和降雨量预警)、回波外推预报等产品的分析结果, 现场气象保障人员多次向开幕式运行指挥人员汇报降雨云带的移动和变化情况, 对奥运会开幕式现场气象保障和开幕式运行指挥人员实时启动《气象风险应急预案》发挥了重要技术支撑作用。9 月 4 日残奥会开幕式预演当天, 根据 VIPS 系统的实况监测数据 (雷达反射率、自动站雨量监测、风廓线资料以及风暴追踪的强度、

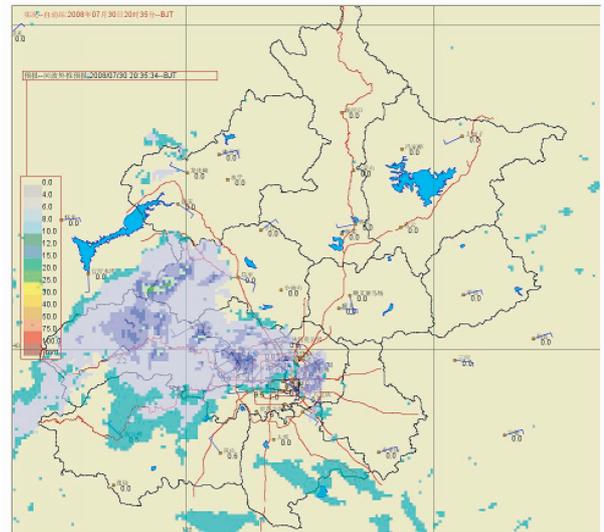


图 6 7 月 30 日 20 时 35 分 (北京时间, 下同) 未来 1 小时降水预报图
Fig. 6 1-h accumulated rainfall forecast at 2035 LST 30 Jul

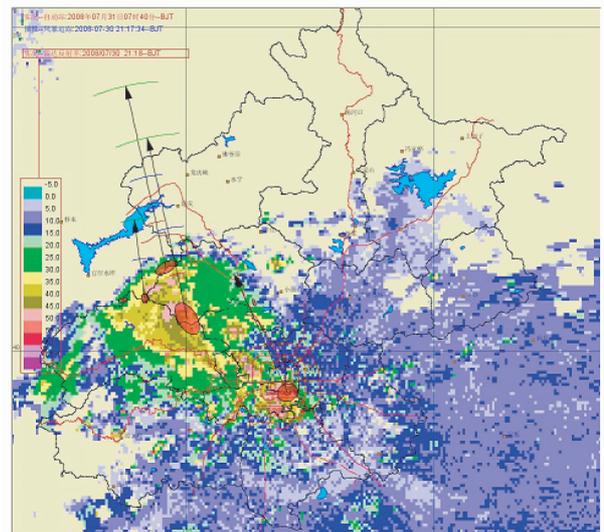


图 7 7 月 30 日 20 时 18 分雷达拼图及回波追踪产品
Fig. 7 Radar mosaic and storm tracking product at 18 LST 30 Jul

移向移速预报), 现场气象保障人员准确预报出下午 16 时和 19 时前后降雨云带对国家体育场影响的时间和结束时间, 开闭幕式运行指挥部及时针对天气情况启动了《残奥会开幕式预演降雨天气应急预案》, 避免了降雨天气对预演活动的影响。

自 2008 年 6 月, VIPS 开始在北京市气象台投入业务运行, 作为北京市气象局的强天气预警制作与发布平台, 奥运会期间共发布各类预警 117

次。系统还安装在奥运大厦、顺义水上中心、北京市人工影响天气办公室等场所,在奥运会期间的每个关键时段都发挥了重要作用,是现场气象保障人员进行短时临近预报的主要工具。

4.3 讨论

2008 年奥运会期间天气复杂,降水天气较为频繁,统计结果表明 8 月 8~24 日异常偏多。平原地区(观象台、丰台、房山、昌平、密云、顺义 6 个代表站平均)降水量累计 151.7 mm,比常年同期降水(80 mm)偏多 90%,仅次于 1994 年同期降水量(158 mm)(郑国光等,2009)。因此,气象服务保障及其效果面临严峻考验。

在此期间,参加 B08FDP 的短临预报系统都有较好表现。在 VIPS 系统中,引入了 BJ-ANC 等各个短临预报系统的短临预报产品,基于这些产品,特别是结合各种实况信息,如区域雷达三维立体拼图、三维闪电定位资料、5 分钟自动气象站资料及风廓线资料分析,通过预报员的积极参与,多次服务表明在 0~2 小时内,预报服务人员可以对天气变化发展有较好的把握。初步分析显示出多元实况信息在同一业务平台上的综合应用与快速人机交互技术对于快速决策及信息发布起着重要的作用,同时,也显示出以雷达、自动站等探测系统信息为基础的短临预报技术与短时预报技术具有较大差异,有效地对多种新型探测数据进行质量控制并加以应用是提高短临预报技术的关键环节。

5 结论

(1) 基于开源软件及 Java 软件开发技术,设计、建立了北京奥运会短时临近交互预报预警软件系统,为北京奥运会气象预警服务提供了重要的技术支撑平台,并据此建立了北京地区短时临近预报预警业务流程,系统初步具备了业务应用能力。

(2) 每一种探测资料、预报产品,都从不同的侧面反映了天气系统的发展变化过程,因此既有针对性也有其局限性。在短时临近预报预警业务中,选择对短临天气预警发布具有重要指示意义的气象探测资料,与雷达外推预报产品、中尺度数值预报 3 km 分辨率精细化预报产品结合,采

用图层技术实现探测、预报数据的人机交互图层综合叠加显示,为预报员提供了重要的预警决策依据。

(3) 基于精细化地理信息系统及图层对象抽取技术,从地理图层中提取场馆或重要地点位置信息,与天气预警气象信息共同构成预警服务内容,可以满足奥运场馆预警服务的精细化需求。

(4) 针对服务对象差异,利用 XML 预警产品模板技术,VIPS 系统可以实现预警产品的人机交互编辑、制作及多样式预警服务产品的快速分发。利用图层形式综合不同探测资料和预报产品,可以根据服务对象的差异生成多种形式的探测产品,利用精细地理信息,结合气象探测及预报产品,可以为用户提供信息内容翔实,地点明确的天气预报预警内容,用户可据此采取有效的应对措施。

(5) VIPS 系统已在北京奥运会服务及城市运行保障的实践中得到成功应用,并在北京周边省市得到推广,同时还需在业务应用中针对短时临近预报业务需求进一步完善、改进,成为短时临近预报服务人员不可或缺的分析与服务工具。

致谢 感谢北京市气象局王玉彬正研高工、王建捷研究员和王迎春研究员对短时临近预报预警平台 VIPS 系统建设的大力支持。同时还要感谢 WWRP/FDP 工作组各位中外专家,特别是澳大利亚气象研究中心 John Bally 先生的指导。

参考文献 (References)

- Bally J, Bannister A J, Scurrah D. 2007. TIFS development inspired by the Beijing 2008 FDP [C] // 33rd International Conference on Radar Meteorology. Atlanta: American Meteorological Society.
- Lakshmanan V, Smith T, Cooper K, et al. 2006a. High-resolution radar data and products over the Continental United States [C] // 22nd Conference on Interactive Information Processing Systems. Atlanta: American Meteorology Society.
- Lakshmanan V, Smith T, Hondl K, et al. 2006b. A real-time, three dimensional, rapidly updating, heterogeneous radar merger technique for reflectivity, velocity and derived products [J]. *Weather and Forecasting*, 21: 802-823.
- Lakshmanan V, Smith T, Stumpf G J, et al. 2007. The warning decision support system—integrated information (WDSS-II) [J]. *Weather and Forecasting*, 22: 596-612.
- Smith T M, Lakshmanan V. 2006. Utilizing Google Earth as a

- GIS platform for weather applications [C] //22nd Conference on Interactive Information Processing Systems. Atlanta: American Meteorological Society.
- Su D, Wang J, Wang Y, et al. 2007. A brief introduction of B08FDP for Beijing 2008 Olympics [C] //33rd Conference on Radar Meteorology. Atlanta: American Meteorological Society.
- 王玉彬, 周海光, 苏德斌, 等. 2006. 天气预警系统技术基础及设计 [M]. 北京: 气象出版社, 3 - 14.
- Wang Yubin, Zhou Haiguang, Su Debin, et al. 2006. Technology and Design Basis for Weather Warning System [M] (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 3 - 14.
- 王玉彬, 周海光, 余东昌, 等. 2008. 奥运短时临近预报实时数据处理 [J]. 气象, 34 (7): 75 - 82.
- Wang Yubin, Zhou Haiguang, Yu Dongchang, et al. 2008. Real time data processing technique on very short range and nowcasting for Beijing 2008 Olympic Games [J]. Meteorological Monthly (in Chinese), 34 (7): 75 - 82.
- 郑国光, 许小峰, 沈晓农, 等. 2009. 2008年北京奥运会及残奥会气象服务报告 [M]. 北京: 气象出版社, 117pp.
- Zheng Guoguang, Xu Xiaofeng, Shen Xiaonong, et al. 2009. 2008 Weather Service Report for Beijing Olympic and Paralympic Games [M](in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 117pp.