

李青春, 苏德斌, 刘锦丽, 等. 2010. 短临交互预报系统在奥运会气象服务中的应用 [J]. 气候与环境研究, 15 (5): 560–570. Li Qingchun, Su Debin, Liu Jinli, et al. The application of VIPS in weather service for 2008 Beijing Olympic Games and Paralympics Games [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 15 (5): 560–570.

短临交互预报系统在奥运会气象服务中的应用

李青春¹ 苏德斌^{2,3,4} 刘锦丽³ 段树³

1 中国气象局北京城市气象研究所, 北京 100089

2 北京市气象局, 北京 100089

3 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

4 中国科学院研究生院, 北京 100049

摘 要 2008年北京奥运会、残奥会期间, 北京市气象局在各气象服务现场安装了先进的短时临近交互预报系统 VIPS (Very-short-range Interactive Prediction System)。该系统的应用为增强现场气象保障能力发挥了重要作用。以 2008 年残奥会开幕式预演气象服务为例, 介绍在开闭幕式现场通过 VIPS 系统实时调用各种监测、预报、预警信息和短时临近预报产品, 快速分析, 并及时准确地把气象预报服务信息提供给开闭幕式指挥部, 避免和减轻了降雨天气造成的影响, 为今后开展重大活动气象保障以及短时临近预报业务提供一些可借鉴的经验和思路。

关键词 短时临近交互预报系统 VIPS 奥运会气象服务 雷达回波 天气预报

文章编号 1006-9585 (2010) 05-0560-11 **中图分类号** P401 **文献标识码** A

The Application of VIPS in Weather Service for 2008 Beijing Olympic Games and Paralympics Games

LI Qingchun¹, SU Debin^{2,3,4}, LIU Jinli³, and DUAN Shu³

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

2 *Beijing Meteorological Bureau, Beijing 100089*

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

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

Abstract A Very-short-range Interactive Prediction System (VIPS) has been set up and used at several important Olympic venues by Beijing Meteorological Bureau (BMB) during the 2008 Beijing Olympic and Paralympics Games. The application of this system played an important role in enhancing the capacity of weather services. Taking the weather services of Paralympics Games Opening Ceremony rehearsal as a case, this paper discuss the implementation of acquiring real-time monitoring, early-warning information, and other forecasting products which can be easily and rapidly analyzed on-site, and then timely and accurate weather forecast information based on GIS (Geographic Infor-

收稿日期 2009-12-13 收到, 2010-06-30 收到修定稿

资助项目 科技部国家科技攻关计划“北京奥运短时临近预报实时业务系统研发”(2005BA904B05)、中央公益性科研院所基本科研项目 IUMKY200904、北京市科委科技计划“北京奥运会国际天气预报示范计划支持技术研究”(Z006279040191)、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 李青春, 女, 1962 年出生, 学士, 高级工程师, 主要从事灾害性天气机理及城市气象灾害研究。E-mail: qqli@ium.cn

mation System) can be generated for the command center in order to avoid or reduce the impact of severe weather like heavy rainfalls. This research provides an important experience and strategy for future major events as well as very-short-range forecasting operation.

Key words VIPS, meteorological service, radar echo, weather forecast

1 引言

为了全面满足北京奥运会、残奥会气象服务的需求,北京市气象局在解决天气预报关键技术方面作了大量的科技研发工作,使气象预报服务系统平台建设得到了快速发展。特别是在短时临近预报系统平台建设方面,实现了集高分辨率中尺度探测数据综合处理、预报产品自动生成与短时临近预报人机交互、服务信息发布于一体的气象预报服务体系。预报服务产品频次从分钟级到逐小时、逐3小时、6小时的滚动更新显示、制作和发布。

2008年北京奥运会、残奥会期间,对各项重大活动和体育赛事可能产生影响的天气主要有:降雨、雷电、大风、冰雹及高温闷热天气。其中,受西风带和副热带等天气系统的影响而造成的降雨天气出现的概率很大。天气系统与周边大地形的山谷风环流、海陆风环流,以及城市热岛环流的共同作用,使得降雨常常表现出局地性、突发性特点,预报难度非常大,使气象服务面临巨大的挑战。

当出现突发性天气情况时,对于奥运会气象服务决策把关领导、首席预报员、现场气象保障人员而言,因各类监测、预报信息量大而繁复,需要在较短时间内调用大量资料进行分析后,才能做出正确的判断。针对这些问题,北京市气象局在解决短时临近天气预报关键技术的同时,研发了短时临近交互预报系统 VIPS (Very-short-range Interactive Prediction System) (王玉彬等, 2006; Bally et al., 2007)。在 2008 年北京奥运会、残奥会期间除联通北京奥组委体育赛事指挥中心、国家体育场(鸟巢)开闭幕式现场指挥部和顺义水上项目比赛现场的可视化会商系统或气象网络专线外,各现场均安装了该短时临近交互预报系统 VIPS。现场气象服务人员可通过 VIPS 实时调用各种监测、预报预警和短临预报产品,

快速分析并据此做出决策。为提高奥运会气象预报和服务水平,特别是在增强现场气象保障能力方面发挥了重要作用。

本文主要以 2008 年 9 月 4 日北京残奥会开幕式预演气象服务为例,介绍在现场气象服务中结合天气形势分析、短期预报结果,充分利用 VIPS 系统的实况监测数据(雷达反射率、自动站监测、闪电定位、风廓线)、预报产品(雷达回波、反演降雨量、风暴追踪对流单体外推和 3 小时快速循环中尺度数值产品),准确预报出下午 16:00~17:00(北京时间,下同)和 19:00~19:30 的 2 次降雨的量级和对国家体育场的影响时间和结束时间。及时、准确的气象服务,使开闭幕式指挥部领导能够及时采取应对措施,避免了降雨天气对预演活动影响。

2 VIPS 系统功能及产品简介

VIPS 采用澳大利亚 TIFS 系统(雷暴交互式预报系统)的设计思想(Su et al., 2007),与澳大利亚气象研究中心合作,重新设计、开发、建立的一套适用于北京地区的短时临近预报、预警交互制作系统。该系统解决了短时临近天气预报中所需要的多种监测信息、预报产品和精细地理信息的综合叠加显示,以及天气预警信息快速制作等关键技术问题。VIPS 充分利用北京地区综合观测网丰富的探测数据和短时临近预报产品,实现了包括北京区域 4 部雷达同步观测的实时组网拼图,以及自动气象站、闪电定位风廓线仪等监测/探测数据的实时分层综合显示。可分层显示雷达回波外推、雷暴单体追踪、累计降雨量预报等北京自动临近预报系统 BJ-ANC (Beijing Auto Now Casting) 的 0~2 h 临近预报核心产品,可以显示北京区域中尺度快速更新循环系统 BJ-RUC (Beijing Rapid Update Cycle) 的 2~6 h 短时预报产品等。但实时显示的雷达资料有一定时间延迟性(约 8 min)。如 15:00 的雷达回波实况资料是

15:00 开始扫描, 15:06 分基数据收集完毕, 15:07 资料质量控制完成, 15:08 完成拼图。应在 15:08 之后完成雷达回波外推预报及风暴追踪产品, 一般应在 15:10 左右完成 (文件时间为资料生成时间)。

VIPS 根据服务需求可显示不同范围的地理信息、相关气象监测/探测实况、短时临近预报产品的数据和图形。其中, 3 种不同范围的地理信息包括: 华北区域、北京区域和奥运场馆区域底图。

实况信息包括: (1) 雷达反射率: 由北京周边 4 部雷达 (北京观象台、天津塘沽、河北石家庄、河北张北) 同步运行, 每 6 min 生成雷达反射率立体拼图。(2) 自动站: 包含每 5 min 的北京、天津、河北大监站和北京地区所有加密自动站探测的各类气象要素信息。(3) 闪电定位: 北京 SAFIR3000 三维闪电定位仪, 包含北京怀柔、河北丰润和河北永清 3 个子站, 可以探测北京周边云闪、地闪信息。有闪电发生时随时更新数据, 系统按照每小时发生闪电的时间先后顺序显示不同颜色。(4) 雷达风廓线仪: 显示每 6 min 一次的北京市观象台、延庆、海淀 3 部风廓线雷达探测的不同高度的风向、风速, 探测高度最高依次为 12 km、8 km 和 3 km。

预报产品包括: 雷达回波外推预报, 基于临近预报系统 BJ-ANC 生成的未来 30 min、未来 60 min 雷达回波外推预报及累积降雨量预报; 风暴追踪预报, BJ-ANC 系统生成的包含风暴单体尺度、移动速度及移动方向的预报; 数值预报产品, 快速更新循环中尺度数值预报系统 (BJ-RUC) 生成的短时预报产品。

3 VIPS 总体应用情况

VIPS 系统以图层方式将多种监测资料 (雷达拼图、自动站、风廓线、闪电定位)、短时临近预报产品和精细地理信息叠加显示。精细的地理信息能准确定位降雨回波的强度变化和移动情况, 及时掌握自动站实时降雨量大小、雨区移动变化情况。特别是 VIPS 的降雨量预警功能, 能清楚反映天气影响区域。成为现场气象保障、场馆服务, 以及人影作业主要的天气监测、预报预警的重要依据和实用工具; 各种监测/探测数据或图形

以及临近预报产品直观、明了。鉴于以上优势从 2008 年 7 月 30 日奥运会开幕式第一次预演开始被切换到开闭幕式现场指挥室的监控大屏幕上, 由现场气象保障人员随时向指挥部决策领导汇报和解释天气变化情况。

在奥运会开幕式前期的 3 次预演、8 月 8 日、24 日奥运会开闭幕式, 以及残奥会开幕式预演、残奥会开闭幕式等一系列重要活动的气象保障中, VIPS 发挥了极其重要的作用。其中, 7 月 30 日奥运会开幕式第一次预演, 在中短期未报降雨的情况下, 在预演进行中出现了短时明显降雨天气。现场气象服务小组经与气象台反复会商、沟通, 并利用 VIPS 的实况监测数据和短时临近预报产品, 提前近 1 个半小时进行了订正预报, 较准确预报出了国家体育场出现降雨的时间, 并及时通报开幕式运行指挥部以及各部门。之后, 又较为准确的预报出降雨结束时间, 并提醒总指挥部降雨将对仪式和观众散场将有一定影响, 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, 现场气象保障小组通过 VIPS 的监测实况、雷达回波外推预报的分析结果, 多次向现场指挥部领导汇报降雨云带的移动变化情况以及人工消雨作业效果情况, 协助开闭幕式运行指挥部做好应急预案的启动工作。9 月 4 日残奥会开幕式预演, 利用 VIPS 准确预报出预演准备阶段的两次短历时降雨的起止时间及降雨量级, 为圆满完成开闭幕式各项气象保障任务发挥了重要的技术支撑作用。

4 VIPS 应用典型个例

2008 年 9 月 4 日是北京残奥会开幕式预演, 北京奥运会气象服务中心提前一周开式准确预报了这次降雨过程, 前期发布的预报见表 1。考虑到预演期间现场有几万名观众, 开闭幕式运行指挥部意见为: 如果遇到降雨天气, 不能影响演出仪式正常进行, 但又需要进行全力防护。具体地说如果降雨出现在 19:30 之前, 需要对场内地面设施进行防护 (场内的地面设施如果遇雨浸泡或受潮, 会因变形而影响 9 月 6 日残奥会开幕式的正式演出)。19:30 之后观众已经入场, 仪式前演出已

表 1 2008 年 9 月 4 日预报与实况比较
Table 1 Comparison of forecasted and observed on 4 Sep 2008

起报时间	预报	实况
9 月 1 日、2 日	3~4 日，受东移高空槽影响，将有一次降雨天气过程，国家体育场多云转阴有阵雨	9 月 4 日下午 16:05 前，国家体育场出现小雨，持续时间 50 min 左右，距离鸟巢附近奥体中心站降雨量为 0.2 mm。
9 月 3 日 17 时	4 日白天：多云转阴，傍晚有雷阵雨，最高气温 29℃ 夜间：阴有雷阵雨转多云，最低气温 17℃	晚 19:00 前后，出现小雨天气，持续时间 30 min 左右，奥体中心站降雨量为 0.4 mm
9 月 4 日 06 时	09 时至 15 时，多云间晴，24~30℃ 15 时至 18 时，多云转阴，有雷阵雨，30~28℃ 18 时至 21 时，阴有雷阵雨，28~24℃ 21 时至 24 时，雷阵雨转多云，24~21℃	
9 月 4 日 15 时之前	09 时至 17 时，晴转多云，24~30℃ 17 时至 18 时，多云转阴，30~26℃ 19 时至 24 时，雷阵雨，26~23℃ 24 时至 02 时，雷阵雨转多云，22~20℃	

经开始，防护措施尽可能取消。由于预演活动的稍许变动，会影响到方方面面，因此降雨出现在 19:30 之前和之后（20:00 预演正式开始）造成的影响是不同的，开闭幕式现场指挥部采取的应对措施也完全不同。因此，对天气预报的精确性和准确性要求极高，现场气象服务任务艰巨。

从北京 9 月 4 日 14~20 时的降雨量实况分布图看（图 1），降雨主要出现在北京的南部和北部，国家体育场包括在南部降雨区的北缘。国家体育场的降雨时间出现在 16:00~17:00 和 19:00~19:30，其附近奥体中心、奥林匹克公园、奥林匹克网球中心自动气象站的逐时降雨量见图 2，距离最近的奥体中心站两个时段降雨量分别为 0.1 mm、0.4 mm，为小雨量级。

4.1 天气形势及预报服务难点

从 2008 年 9 月 4 日 08 时高空天气形势图看（图 3），500 hPa 和 700 hPa 河套附近有高空槽东

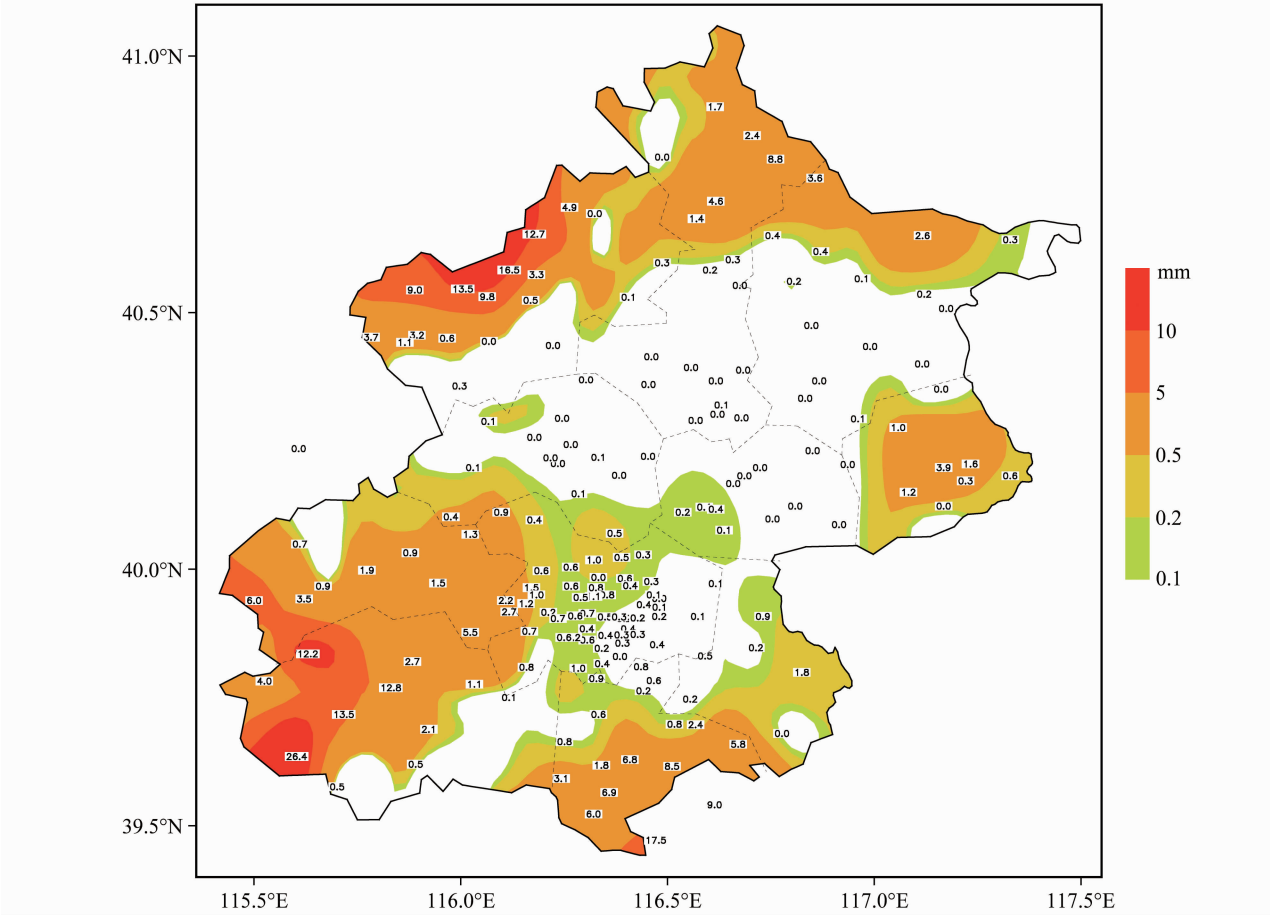


图 1 2008 年 9 月 4 日 14 时至 20 时北京地区降雨量分布图
Fig. 1 The rainfall distribution in Beijing area from 1400 LST to 2000 LST on 4 Sep 2008

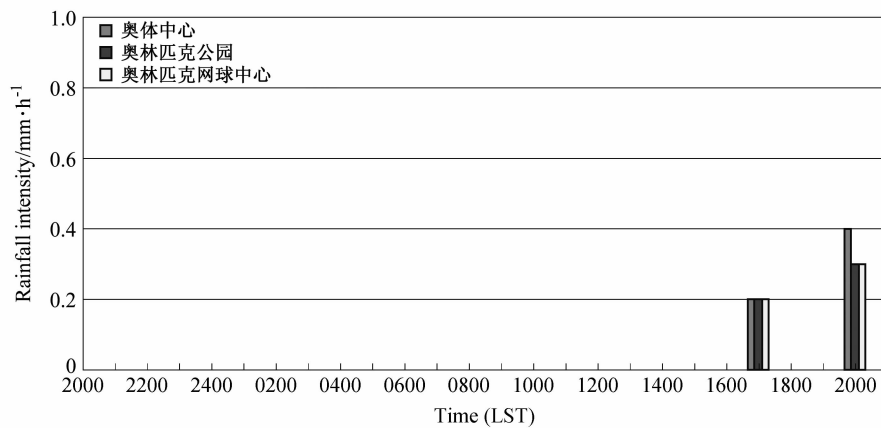


图2 2008年9月3日21时~4日20时国家体育场(鸟巢)附近自动气象站逐时降雨量图

Fig. 2 The hourly rainfall observed at the National Stadium from 2100 LST 3 to 2000 LST 4 Sep 2008

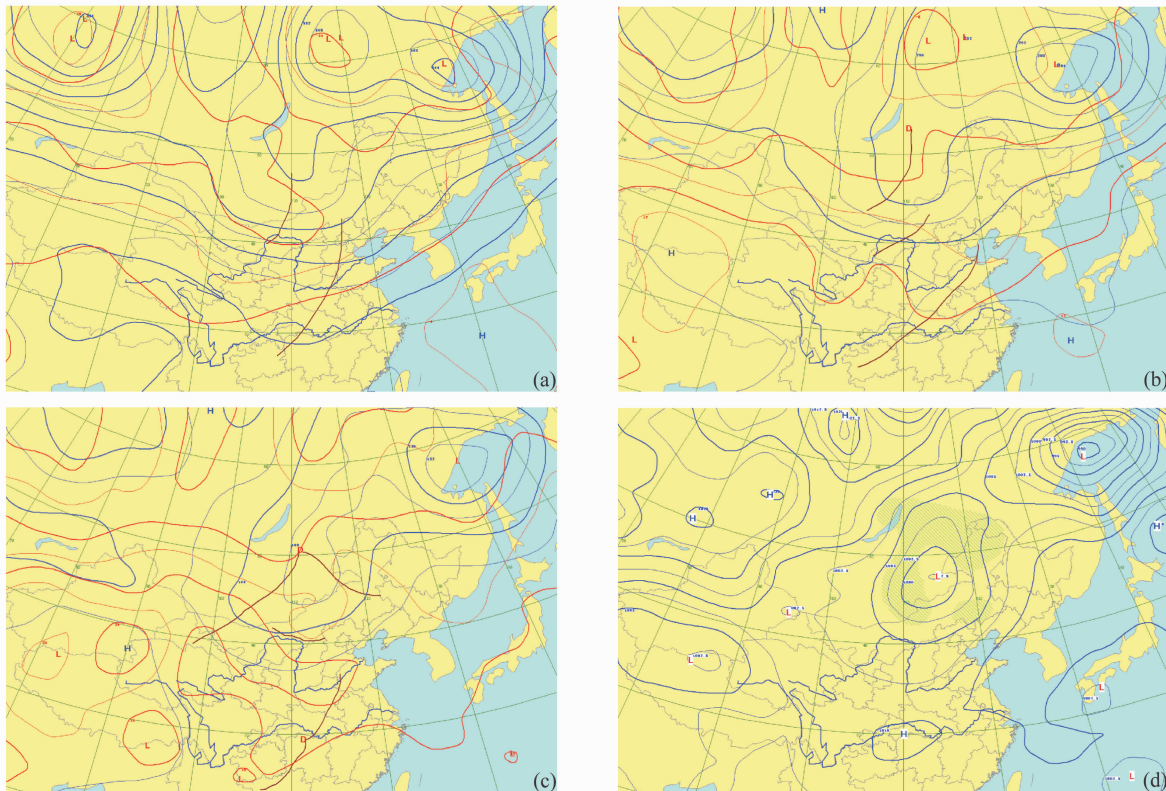


图3 2008年9月4日08时高空天气形势图和14时地面天气形势图: (a) 500 hPa; (b) 700 hPa; (c) 850 hPa; (d) 地面

Fig. 3 The weather map at (a) 500 hPa, (b) 700 hPa, and (c) 850 hPa at 0800 LST, and (d) the surface weather map at 1400 LST on 4 Sep 2008

移, 500 hPa 伴有冷空气, 850 hPa 河套附近有横向切变线。地面图上北京处于低压东南部的辐合区中。考虑到对流性天气的强弱在很大程度上取决于大气的热力不稳定(浮力)、风的垂直切变和水汽的垂直分布。对流有效位能(CAPE)正比于

气块上升曲线和大气层结曲线从自由对流高度(LFC)到平衡高度(EL)所围成的面积(俞小鼎等, 2006)。由4日08时探空曲线(图略)分析得出, CAPE为负值。计算的K指数为26, 沙式指数为3.0。14时探空曲线分析的CAPE为负值,

K 指数为 18, 沙氏指数为 5.8。

表明本站大气层结稳定, 不利于强对流天气的发生。另外分析 850 hPa 等比湿线, 本市南部有湿舌北伸, 并且本站低层 600 hPa 以下湿度较大。因此需要关注未来是否有辐合系统作用导致降雨天气的发生。在中、短期天气预报已经预报傍晚前后有降雨的情况下, 降雨具体出现时间、是否会影响位于城区北部的国家体育场取决于辐合系统的位置和影响时间。

4.2 现场 VIPS 的应用

从 VIPS 的短时预报产品 (BJ-RUC) 看, 4 日 08 时地面 1 h 降雨量预报图上 (见图 4a-d), 预报 15 时前后北京的西南部地区有雨区, 16 时雨

区发展并向东北方向移动, 17 时前后到达城区西北部, 但主体偏西且雨量不大。雷达反射率因子预报图上, 预报 15 时至 16 时有雷达回波从西南向东移动, 预报 16 时至 17 时有小块回波影响城区北部 (见图 5)。

从 VIPS 的雷达回波监测实况图看, 下午 13:00 开始北京西部上游地区有小块零散云团生成。14:00 云团东移发展, 回波中心强度为 35~40 dbz (图 6a)。14:30 回波前缘进入北京门头沟区, 回波明显发展成带状, 云高 10 km 左右 (图 6b)。15:00 以后回波中心进一步加强为 50~55 dbz, 但强回波中心位置较为偏南 (图 6c)。从闪电定位资料看 (图略), 13:10 左右在北京西部上游的河北

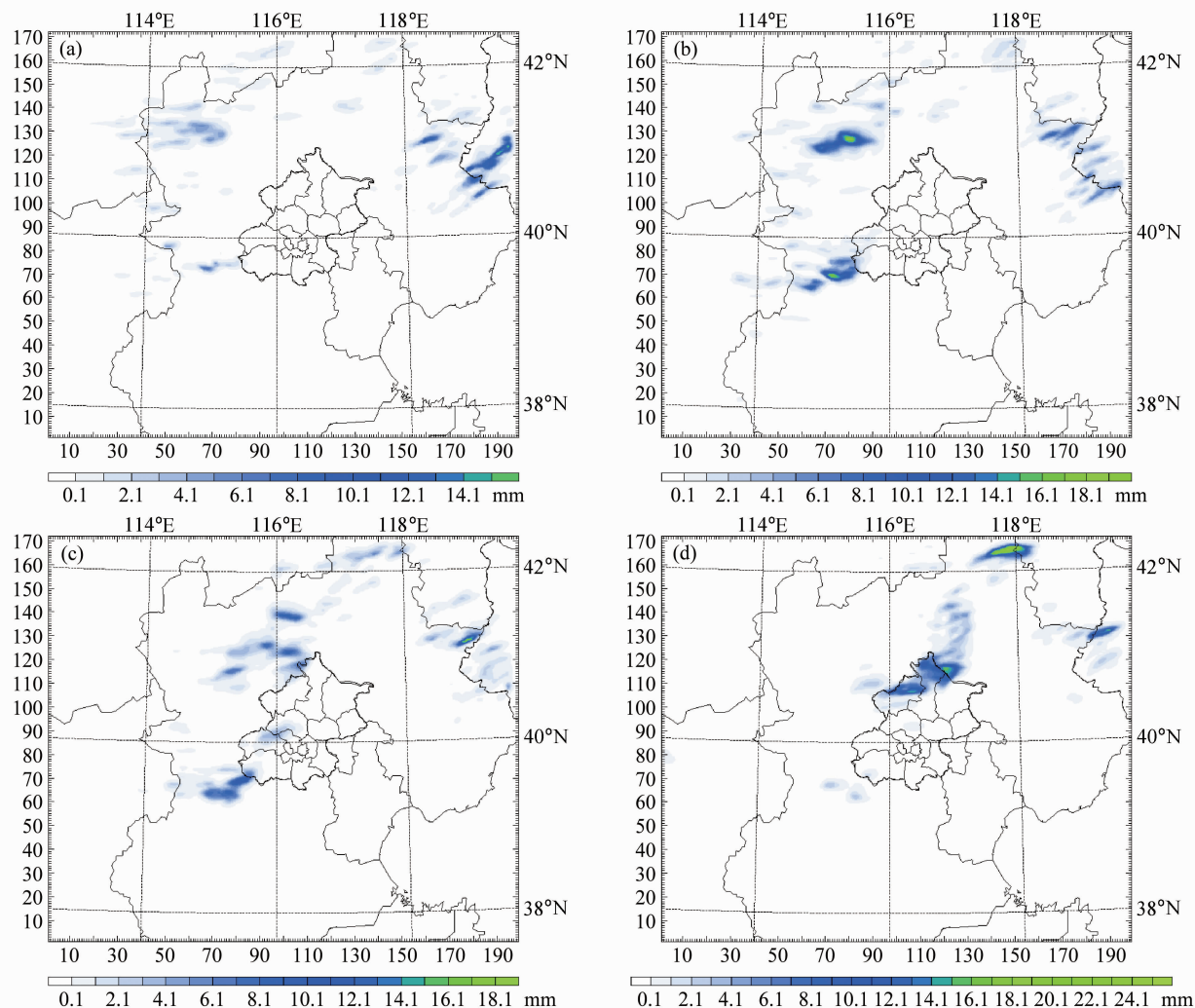


图 4 9 月 4 日 08 时的 3 h 快速循环同化中尺度数值预报产品 1 h 降雨量预报图: (a) 15: 00 预报图; (b) 16: 00 预报图; (c) 17: 00 预报图; (d) 18: 00 预报图

Fig. 4 The forecasted 1-h rainfall from 3-h BJ-RUC at 0800 LST 4 Sep 2008: (a) 1500 LST; (b) 1600 LST; (c) 1700 LST; (d) 1800 LST

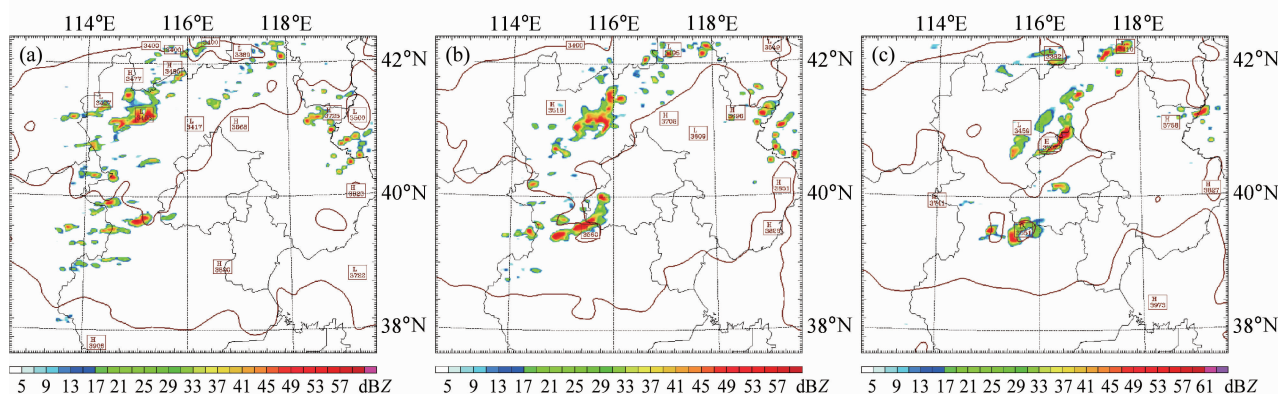


图5 9月4日08时的3 h快速循环同化中尺度数值预报产品—雷达反射率因子预报图: (a) 15:00 预报图; (b) 16:00 预报图; (c) 17:00 预报图

Fig. 5 The forecasted reflectivity from 3-h BJ-RUC at 0800 LST 4 Sep 2008: (a) 1500 LST; (b) 1600 LST; (c) 1700 LST

出现闪电, 15:00 门头沟至房山区中、西部山区出现闪电。按照 Lemon (1977) 提出的风暴反射率因子结构特征, 非超级对流单体、非超级对流单体强风暴和超级对流单体强风暴 3 类概念模型, 属于非超级对流单体的结构特征, 但低层反射率因子等值线在一侧有较大梯度。根据回波的移动特征与对流系统的尺度大小存在密切关系, 小尺度风暴趋向于随平均风移动 (陈明轩等, 2004), 分析北京观象台风廓线仪观测的 5000~6000 m 为偏西风 (图略), 判断引导气流使云带主要以东移为主。通过对回波的移速分析发现, 回波移动速度较快, 以半小时 44 km 左右的速度移动。回波前缘距离城区北部的国家体育场约有 0.6 个经距, 按定常移速推断, 回波将在 45 min 至 1 h 后开始影响城区北部的国家体育场。

另外, 从 15:00 雷达回波外推和风暴追踪对流单体 30 min 外推预报图看 (图 7a), 与雷达回波相配合的对流单体未来将向东—南—东方向移动。15:00 降雨量未来 30 min 预报北京门头沟至房山西部地区有 4~6 mm 的降雨区 (图 7d)。说明降雨主体偏南、雨量不大。

综合考虑各种监测、预报信息后, 15:00 现场气象保障小组向开闭幕式现场指挥部领导汇报: 降雨云带将在 1~2 h 内对国家体育场产生影响, 将出现小阵雨天气, 同时提醒现场各相关部门采取防护措施。

15:15 西斋堂自动站 5 min 降雨量 0.2 mm。15:45 妙峰山自动站降雨量 0.2 mm。15:30 的降

雨回波东移且强度继续加强, 中心强度达 55~60 dbz, 回波中心位置仍有些偏南 (图 6d)。15:40 以后观象台的风廓线仪观测的 5000~6000 m 的风向由偏西风转为西—南西风 (图略), 说明引导气流将更加有利于雨带影响城区及城区北部的国家体育场。

15:30 风暴追踪对流单体的移向移速以及雷达回波强度 30 min 外推预报图上 (图 7b), 与雷达回波中心相配合的对流单体以东移为主, 移速较快, 回波强度在东移过程中明显加强。16:00 预报对流单体快速东移, 但回波强度明显减弱 (图 7c)。15:30 降雨量 30 min 预报图上, 北京房山北部地区预报有大于 6 mm 的降雨区 (图 7e), 16:00 预报降雨区进入西部城区并向北发展 (图 7f)。

综合判断结果: 降雨云带将在 30 min 至 1 h 以内开始影响国家体育场。15:45 现场气象保障小组再一次向开闭幕式现场指挥部领导汇报, 并向现场工作组发布气象服务提示短信: 30 min 以后将开始出现雷雨天气, 对开幕式预演活动有影响, 请注意防护。现场指挥部领导及时针对降雨天气启动《残奥会开幕式预演降雨天气应急预案》。迅速调集工作人员对地面道具、设备进行防护, 场内的各项准备活动待命。16:05 分左右国家体育场降雨开始。

16:00 雷达回波高、中、低层反射率因子大致垂直, 根据 Lemon (1977) 提出的 3 类风暴反射率因子结构特征, 判断回波强度减弱。根据回

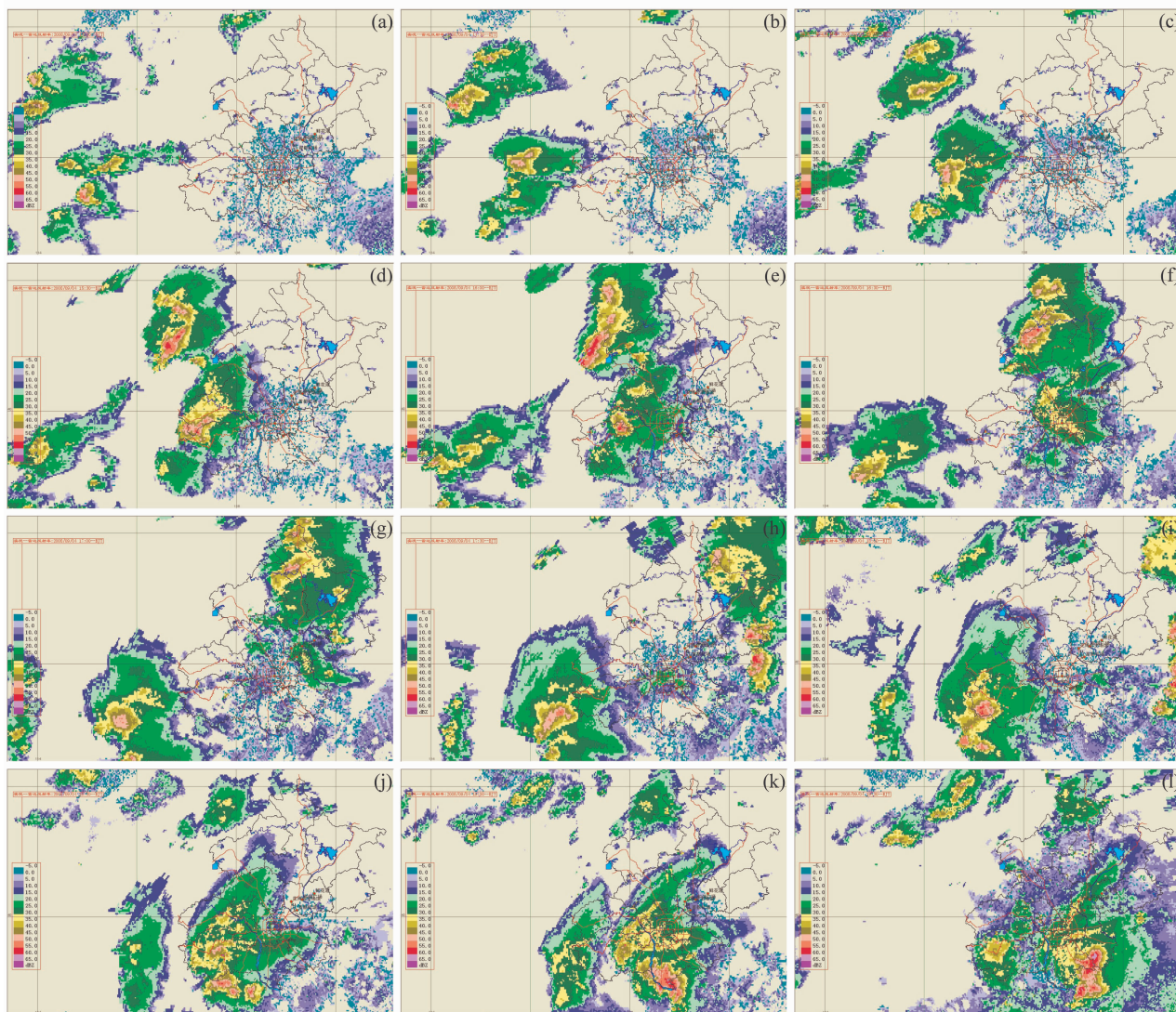


图 6 9月4日 VIPS 系统显示的 14:00~19:30 间隔 30 min 的雷达回波监测图：(a) 14:00；(b) 14:30；(c) 15:00；(d) 15:30；(e) 16:00；(f) 16:30；(g) 17:00；(h) 17:30；(i) 18:00；(j) 18:30；(k) 19:00；(l) 19:30

Fig. 6 The reflectivity of radar every 30 min from 1400 LST to 1930 LST on 4 Sep 2008: (a) 1400 LST; (b) 1430 LST; (c) 1500 LST; (d) 1530 LST; (e) 1600 LST; (f) 1630 LST; (g) 1700 LST; (h) 1730 LST; (i) 1800 LST; (j) 1830 LST; (k) 1900 LST; (l) 1930 LST

波后边界位置、回波宽度（图 6e-f）和移速分析推断，降雨持续时间大约 1 h 左右。随后向开闭幕式指挥部进行了汇报，同时还提醒：后部仍有云带东移。16:50 分奥体中心站降雨量 0.2 mm。17:00 左右降雨结束，应急响应解除，开幕式预演的各项准备活动继续。

17:00 前后的雷达回波图上（图 6g），北京房山西部的又一云带明显发展，回波位置主体偏南。对应的河北蔚县出现降雨，雨量为 0.1 mm。观象台风廓线仪 17:30 之前观测的中层 700~500 hPa

风观测资料为西南风（图略），判断降雨云带发展将向东北发展，但主体偏南。17:30 雷达回波中心向东北移动、发展，强度达 50~55 dbz，以半小时 33km 左右的速度移动（图 6h）。18:00 回波前缘距离国家体育场约 0.7 个经距，估计回波前缘可能在 1 h 后开始影响国家体育场（图 6i）。波宽度约 0.7 个经距，推断降雨约持续 1 h 左右，降雨量与前一次的降雨量值相当，估计为小阵雨（小于 1 mm）。

综合考虑实况监测和临近预报产品，18:00

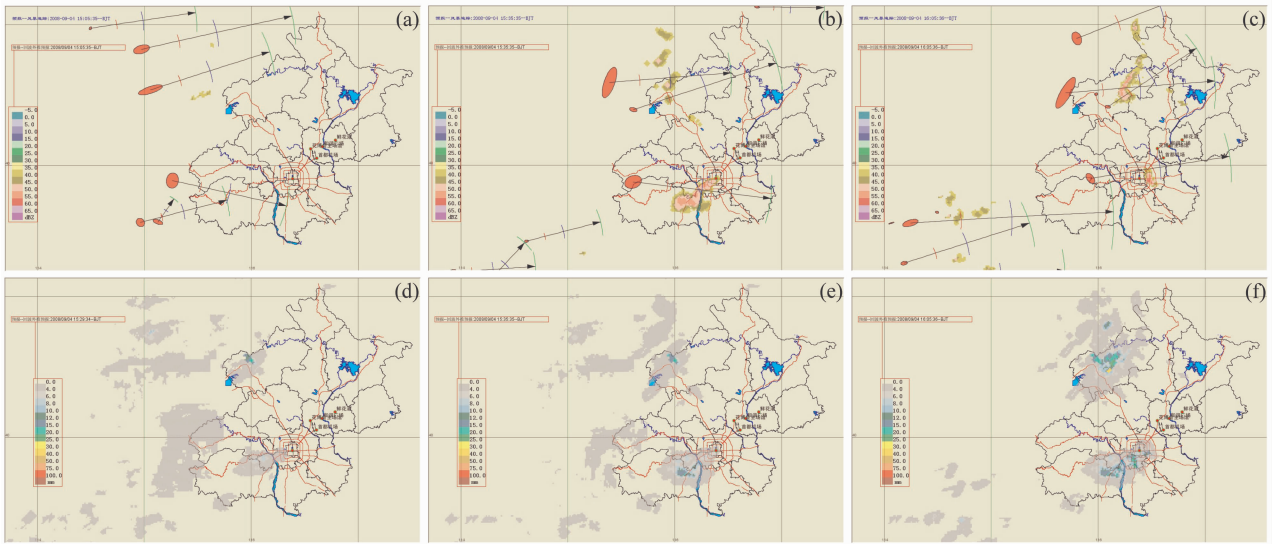


图7 雷达回波和风暴追踪对流单体 30 min 外推、降雨量 30 min 累计预报图: (a) 15:00、(b) 15:30、(c) 16:00 雷达回波强度和风暴追踪对流单体 30 min 外推预报图; (d) 15:00、(e) 15:30、(f) 16:00 降雨量 30 min 累计预报图

Fig. 7 Forecasted radar reflectivity and storm tracking products from BJ-ANC, and forecasted rainfall every 30 min from 1500 LST to 1600 LST on 4 Sep 2008; Forecasted reflectivity and storm tracking products from BJ-ANC (a) 1500 LST, (b) 1530, and (c) 1600 LST; forecasted rainfall at (d) 1500 LST, (e) 1530 LST, and (f) 1600 LST

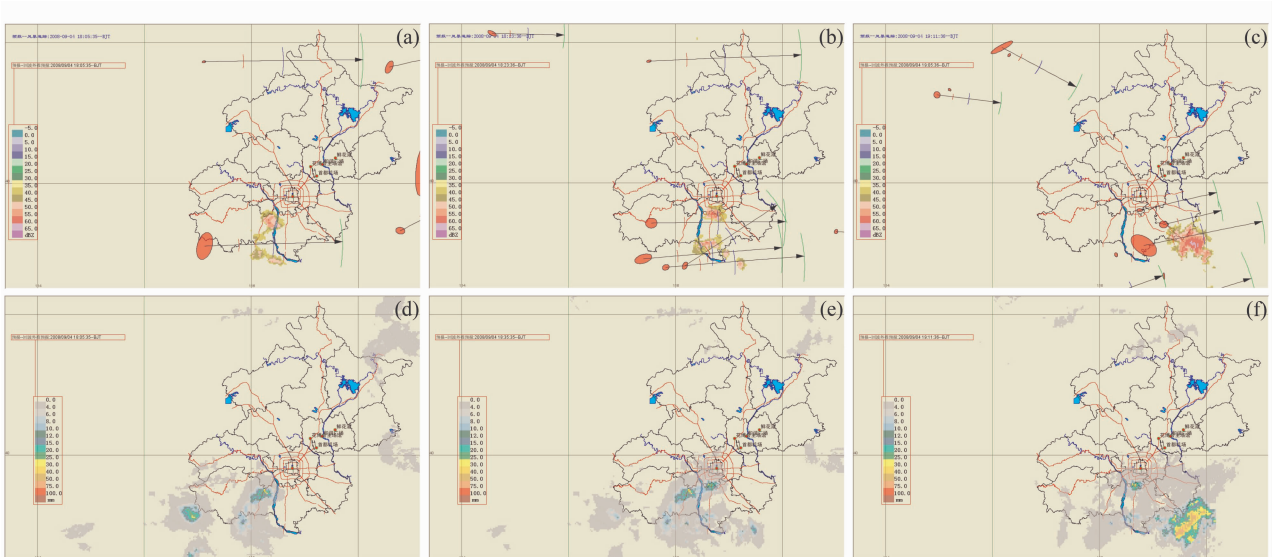


图8 雷达回波强度和风暴追踪对流单体 30 min 外推、降雨量 30 min 累计预报图: (a) 18:00、(b) 18:30、(c) 19:00 雷达回波强度和风暴追踪对流单体 30 min 外推预报图; (d) 18:00、(e) 18:30、(f) 19:00 降雨量 30 min 累计预报图

Fig. 8 Forecasted radar reflectivity and storm tracking products from BJ-ANC, and forecasted rainfall every 30 min from 1800 LST to 1900 LST on 4 Sep 2008; Forecasted reflectivity and storm tracking products from BJ-ANC (a) 1800 LST, (b) 1830, and (c) 1900 LST; forecasted rainfall at (d) 1800 LST, (e) 1830 LST, and (f) 1900 LST

左右向开闭幕式指挥部领导汇报: 预计 1 h 以内, 国家体育场将再次出现降雨。

从 VIPS 的临近预报产品 (BJ-ANC) 看 18:00 的风暴追踪对流单体移向移速和回波强度 30 min

外推预报图上 (图 8a), 与雷达回波相配合的北京房山西部云带明显发展, 但对应的对流单体范围小强度弱, 且位置偏南。但从预报对流单体在东移中有所北抬, 北京西南房山地区预报有大于

4 mm 的降雨区 (图 8d) 位置偏南。

18:30 根据气象台发布的雷电黄色预警, 随后现场气象保障小组向现场总指挥部和演出仪式指挥部发送服务提示信息: 预计 30 min 后将出现降雨天气, 降雨时间和降雨量与上次相当, 对准备活动有影响, 请注意防护。开闭幕式运行指挥部又一次启动了《残奥会开幕式预演降雨天气应急预案》, 调集工作人员对地面道具、设备进行防护。

18:30 降雨量预报雨区在东移过程中向北发展 (图 8e), 19:00 雷达回波图上, 强回波移近城区, 国家体育场开始出现阵雨 (图 6k)。

19:00 降雨量预报图上雨量明显减小 (图 8f)。19:20 现场气象保障小组向现场总指挥部和演出仪式指挥部发送服务提示信息: 10~20 min 后降雨云带将移出。实况是 19:30 左右雨停 (雷达回波图上, 回波明显减弱, 见图 6l)。

开闭幕式运行指挥部调集场内工作人员开始清理现场、撤掉遮雨布, 恢复开幕式预演的各项准备活动, 20:00 预演正式开始。

5 经验与问题讨论

VIPS 是一个实时监测和短时临近预报产品的集成系统, 要充分发挥其在短时临近天气预报或气象服务中的作用, 必须与天气形势分析、数值预报产品结合使用, 以确定是否存在有利于对流天气产生的环境条件, 包括: 大气层结的稳定度、风的垂直切变、水汽条件和抬升 (触发) 机制。抬升 (触发) 机制主要包括: 边界层切变线、天气尺度的冷锋或露点锋、中尺度的海陆风辐合带或由地表特征空间分布不均匀造成的辐合带等等。在此次降雨过程的预报中, 本站的大气层结较为稳定, 但低层湿度较大, 而且高空有东移的西来槽影响。从海淀风廓线仪的实况分析显示出在 4 日 16:12~16:42 左右 1500~2580 m (850~700 hPa)、19:30~16:42 左右 2460 m 以上 (约 700 hPa 以上) 有切变线移过本地区 (测站), 与两时段相对应出现降雨天气。

在此基础上, 分析最新时次的中尺度数值预报产品, 包括: 各层风、温、湿场、地面风场及其变化, 确定各层天气系统的可能影响时间, 分

析有无中尺度系统 (如切变、涡旋) 及风场特征; 利用对流有效位能 CAPE (陆汉城和杨国祥, 2000) 预报, 分析大气的热力稳定度条件, 以确定对流不稳定的强度、降雨量的大小等; 雷达发射率因子预报和降雨量预报相结合, 两种产品降雨预报结果相一致时, 或者 1 小时、3 小时降雨预报结果相一致时, 应引起高度注意。

按照 Lemon (1977) 提出的 3 类风暴反射率因子结构特征概念模型判断回波的强度类型, 以此分析降雨回波造成的影响强度。风廓线中层 5000~6000 m 的风向对回波未来的移向有较好的指示性。回波的移动是平流和传播的合成, 因此既要考虑回波承载层的平均气流, 及回波某侧有新生单体所引发的传播的影响; 自动站出现降雨时间、5 min 和 1 h 降雨量大小、降雨量预警信息, 有助于确定降雨的量级和出现时间, 同时需要参考雷达回波外推、累计降雨量预报及回波单体预报。

从整个奥运会期间的应用情况看, 临近预报产品的雷达回波、累计降雨量及回波单体的移速预报系统性偏慢, 但对回波强度的预报较好, 对预报有重要参考意义。

短时临近交互预报系统是建立在方便、快捷、直观、界面友好基础上的, 需要监测数据的快速采集和处理时间延迟尽可能小。最重要的是 VIPS 所调用的短时临近预报产品的准确性要高, 需要进一步提高短时临近预报产品的预报准确性。应用系统的预报员, 应深入了解监测和预报产品的物理意义, 并在应用中不断总结经验, 才能使 VIPS 真正发挥作用。

致谢 在此对苗世光博士和卢丽萍博士给予的热忱帮助表示衷心感谢!

参考文献 (References)

- Bally J, Bannister A J, Scurrah D. 2007. TIFS development inspired by the Beijing 2008 FDP [C]. 33rd Int. Conf. on Radar Meteorology, Amer. Meteor. Soc.
- 陈明轩, 俞小鼎, 谭晓光, 等. 2004. 对流天气临近预报技术的发展与研究进展 [J]. 应用气象学报, 15 (6): 754-766.
- Chen Mingxuan, Yu Xiaoding, Tan Xiaoguang et al. 2004. A brief review on the development of nowcasting for convective storms

- [J]. Journal of Applied Meteorological Science (in Chinese), 15 (6): 754-766.
- Lemon L R. 1977. New severe thunderstorm radar identification techniques and warning criteria [C]. A preliminary report NO-AA Tech. memo. NWS-NSSFC1, 60, NTIS No. PB-273049.
- 陆汉城, 杨国祥. 2000 中尺度天气学原理和预报 [M]. 北京: 气象出版社, 198-199. Lu Hancheng, Yang Guoxiang. Mesoscale Synoptic Theory and Forecast [M] (in Chinese). Beijing: Meteorological Publishing Company, 198-199.
- 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.
- Su D, Wang J, Wang Y, et al. 2007. A Brief Introduction of B08FDP for Beijing 2008 Olympics [C]. 33rd Int. Conf. on Radar Meteorology, Amer. Meteor. Soc.
- 俞小鼎, 姚秀萍, 熊廷南, 等. 2006. 多普勒天气雷达原理与业务应用 [M]. 北京: 气象出版社, 92-95. Yu Xiaoding, Yao Xiuping, Xiong Tingnan, et al. Doppler Weather Radar Theory and Its Operation Application [M] (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 92-95.