

精细化预报预警平台在深圳的试验应用

兰红平¹ 魏晓琳² 李程³

(1 深圳市气象局, 深圳 518040; 2 深圳市气象服务中心, 深圳 518040; 3 深圳市国家气候观象台, 深圳 518040)

摘要: 总结了深圳市在大城市精细化预报预警工作中的发展思路, 系统地介绍了精细化预报预警业务的设计框架、技术支撑、发布渠道及产品设计等内容, 并展望了大城市精细化预报预警业务的发展趋势。

关键词: 精细化, 预报预警, 试验, 深圳

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2013.06.003

Refined Weather Prediction and Localized Warning Experiments in Shenzhen Municipality

Lan Hongping¹, Wei Xiaolin², Li Cheng³

(1 Shenzhen Meteorological Bureau, Shenzhen 518040 2 Shenzhen Meteorological Service Center, Shenzhen 518040

3 Shenzhen National Climate Observatory, Shenzhen 518040)

Abstract: This article concludes the development train of thought of the refined prediction and warning experiment in Shenzhen, and reviews its framework, technical support, channels and design of products. Furthermore, some prospects are offered for the development of the refined prediction and warning work and its trend.

Keywords: refined, prediction and warning, experiment, Shenzhen

1 引言

近几年, 城市的气象灾害精细化预报预警发展迅速。2007年7月18日, 深圳实施了气象灾害的分区预警, 将预警信号从以全市为发布单元改变为以街道行政辖区为最小的发布单元, 将全市预警按29个街道行政区发布, 发布单元50~100km²。许多城市也在探索精细化预报的方向^[1], 典型的例子有北京市气象局提供良好的奥运气象服务, 2008年北京奥运会之前, 北京市实施分区、分片发布预警; 北京奥运会期间, 为奥运会开闭幕式和运动场馆发布定点、定时、定量预报^[2]。广州基于GRAPES中小尺度数值预报系统, 以短时临近预报系统SWIFT和精细化预报系统为基础, 提供了几分钟到7天的无缝隙、精细化预报预警产品^[3]。

全球先进国家和地区精细化预报服务十分迅速^[4-6]。如日本, 全国有一万多部自动气象站和48部雷达组成的监测网络, 将自动站资料和雷达估测降雨融合, 形成全日本1km格距的降雨分析数据和外推

预报, 同时还发展了2km格距的逐时同化中尺度模式, 将短时临近预报同中尺度模式结合起来, 建立了VSRF (Very Short Range Forecast) 系统, 每半小时订正未来6h的降雨预报, 以此为基础发展日本及其乡镇的预警。而美国从2007年10月1日结束了实施二十多年的以县级行政区域为发布单元的风暴预警, 正式改为基于风暴尺度影响范围的风暴预警发布, 风暴预警不再按县级行政区域发布, 而是根据风暴现在和将来的影响区域及范围用地理经纬度定义。香港天文台则发展了短时临近预报“小涡旋”系统, 以及集合短时临近预报和中尺度模式的“RAPIDS”系统, 将降雨预报格点化、量化, 通过手机客户端等定位手段, 将已经和可能出现的降雨预报信息推送给用户, 发展了新一代的定点降雨服务。

中国气象局对精细化预报预警工作十分重视^[7], 2007和2008年中国气象局分别实施业务建设项目“精细化气象要素预报业务系统”和“天气要素精细(乡镇)预报业务系统建设与改进”, 基于数值预报产品释用技术的气象要素预报取得了很大的进展^[8]。2011年, 中国气象局组织开展大城市精细化预报服务试点工作, 深圳与北京、上海、广州、西安、南京等城市作为试点城市开展。同时, 2011年第26届世界大学生运动会在深圳举行, 因此深圳实施全国大城市精细化

收稿日期: 2013年6月7日; 修回日期: 2013年9月22日
第一作者: 兰红平(1968—), Email: 971568608@qq.com
通信作者: 魏晓琳, Email: 120834578@qq.com
资助信息: 广东省气象局项目(201027); 深圳市科技研发资金项目(JCYJ20120618114014134)

预报服务试点工作的思路是以《现代天气业务发展指导意见》为指导，结合2011年第26届世界大学生运动会气象服务筹备，以需求引领、科技支撑，探索适应大城市气象服务需求的集约、高效、互动的精细化预报服务模式，精细化预报服务为2011年第26届世界大学生运动会提供了有力保障。2012中国气象局预报与网络司将“大城市精细化预报服务深圳模式”向全国省会以上城市气象部门推介。有文献给出精细化预报的思路和方向^[9, 10]，本文具体总结了精细化预报预警平台在深圳试用的思路和进展，并对未来的发展趋势进行了展望。

2 建设思路及系统结构

深圳市气象局根据“统一预报、分区预警、重点提示、按需服务”的原则，以“需求牵引、服务引领、科技支撑”，持续探索适应大城市气象服务需求的集约、高效、互动的精细化预报服务模式。着重在：一是不断增强精细化预报服务的科技支撑，实现监测的快速高效，灾害天气自动识别，确保精细化预报服务建立在短时临近预报系统和数值模式的科学基础上。二是实现重要场所和大运会场馆定点、定时、定量的气象要素精细化预报和个性化预报，提供未来12h的逐时预报。三是开展分区域、分时段、分人

群、分行业的城市精细化预报服务，重点应对大城市高影响天气在重点场所、重要时段、重要地区（路段）和重要人群的影响预报服务，这是大城市精细化预报预警服务的核心所在，也是在现阶段精细化预报预警的重中之重。四是精细化预报预警服务向对城市安全有重要影响的地质灾害气象风险预警、城市积涝风险预警预报等衍生次生灾害的精细化预报预警延伸，提高城市防灾的针对性和有效性。五是建立和优化精细化、智能化预报服务流程和平台，建立一体化、集约化和自动化的精细化预报服务平台，适应大城市对气象服务精细化、高效率、高频次以及广覆盖的需求。这是大城市精细化预报预警的基础和可持续发展的关键。大城市精细化预报服务工作，技术和平台支撑是基础，产品设计和表现方式是核心，服务渠道是关键。

和传统的预报预警模式相比，“精细化、高效率、高频次、广覆盖”的业务需求使得精细化预报预警业务面临一系列挑战，其主要体现在产品的时空尺度更小、精准度要求更高、发布频次更密，制作难度和时间成本加大。构建深圳精细化预报预警业务时，秉承“以准确率为基础，以产品为核心，以效率为优先”的设计理念。精细化预报业务框架设计见图1，

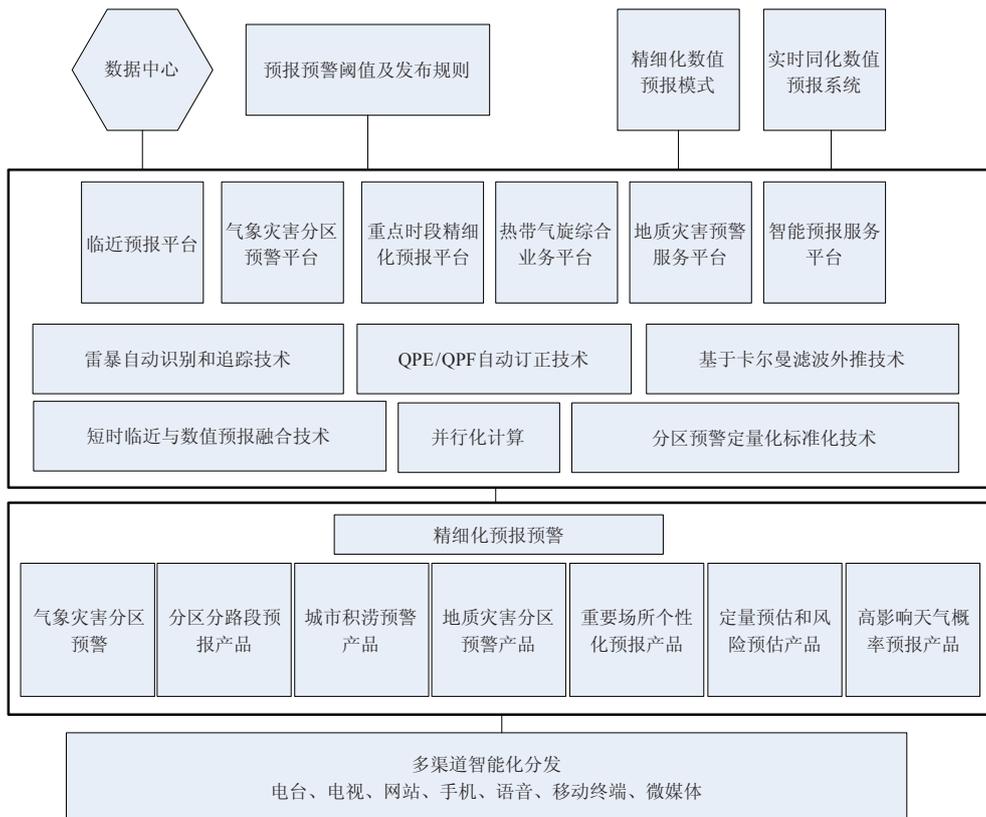


图1 精细化预报业务框架设计

主要包括如下特点:

(1) 以数据和产品为中心。建立气象业务数据中心, 集中管理各种数据和产品, 围绕数据中心开发业务和服务系统, 为预报预警业务提供了坚实的数据支撑和良好的安全机制。

(2) 业务系统前后台分离。产品的制作和显示在同一个系统常常导致产品效率低、服务效果差。前后台分离的策略, 向后台的计算资源要效率, 观测和预报资料一旦收集到, 服务器端负责数据分析和提取、数据并行化计算、图形处理及预报预警产品分发等功能。客户端负责信息综合展示以及气象业务流程图形化、流程化和人机交互制作等。不仅系统的安装维护的成本低, 而且显示效率极高。

(3) 并行化计算设计。精细化气象服务产品类型多、频次高, 对计算资源的要求越来越高, 传统基于PC服务器或小型机的后台数据处理模式已不能满足日益增长的计算需求, 深圳建设的高性能计算机其运算速度达到34万亿次/s, 具有大容量存储以及万兆双核心交换, 通过对核心算法进行并行化设计, 提高运行效率, 打开提升预报预警业务和服务能力的通道。

(4) 智能化预警和流程设计。建设集约化、自动化的智能预报平台也是城市精细化预报预警的核心手段之一。一是预报流程自动提示, 将预报任务按时间流提醒并展现给预报员。二是流程可视化的预报预警产品编辑制作模式, 以“图文并茂, 以图成文, 同步制作”简化产品制作流程。三是根据实况监测和短临系统, 当实况和预报出现超过阈值标准时, 自动形成分区提示预报员发现并发布预警, 重要情况则通过智能电话拨打和短信通知, 减少错漏的可能。在预计可能出现灾害形成危险的情况下, 直接将灾害信息拨打给防灾责任人。

(5) 多渠道智能化、自动化分发。精细化预报预警产品制作发布系统与各分发渠道建立了标准的指令接口, 依据预报预警业务规则和发布类别智能选择发布渠道, 当发布指令时, 被智能选择的各分发渠道同时自动启动, 以多线程并发模式按业务要求将各种预报预警产品一次性分发出去, 以保障较高的分发效率。

3 预报核心技术

3.1 雷暴自动识别和追踪预报技术

基于高时空分辨率雷达资料的雷暴云团识别、追踪及预警技术是目前最重要的临近预报预警技术之一^[11]。深圳市气象局自主研发了雷暴自动识别和追踪预报技术, 其核心算法是边界相关法^[12]。在此基础上建立的雷暴自动识别和追踪系统, 可以基于地图系

统选取指定云团, 获得云团空间位置信息、发展轨迹、演变特征和未来预测, 也可对云团预报结果进行定量分析和验证。边界相关法预报引入交叉相关法或者光流法计算的风场, 作为雷暴云团的运动矢量进行外推。

3.2 基于卡尔曼滤波的雷达回波外推技术

交叉相关方法是目前雷达回波外推的主流方法, 但仅利用最新两个时次的雷达回波获得的风场是不稳定的, 基于该风场的外推预报结果也具有不稳定性 and 较大误差; 出现这种误差的主要原因是云带本身的波动性, 雷达标定及其参数不稳定, 地物及异常传播的影响, 电磁波受到障碍物遮挡、衰减、雷达波束的不完全充塞等随机因素; 业务检验表明, 单时次的风场在某具体格点的风速风向具有上述因素带来的高斯白噪声。抑制风场中的这种噪声干扰是提高回波预报质量稳定性和准确性的重要途径。利用卡尔曼滤波技术^[13, 14]改进雷达回波交叉相关算法, 考虑过去0.5~1h的回波趋势, 可以提升回波预报的稳定性(改进效果见图2)。卡尔曼滤波方法是针对随机过程状态最优估计而设计的方法。由于交叉相关风场的抖动源自噪声干扰, 而实验表明噪声服从“随机行走过程”, 因此可以设计离散的卡尔曼滤波来消除这种干扰。

卡尔曼滤波技术改进交叉相关风场的思路如下: 利用交叉相关法获得最近1h的速度矢量场序列, 每个速度矢量场包括两个分量 u , v 。设速度矢量场上有一点 (x, y) , 该点在时刻 t 的速度分量为 $U(x, y, t)$ 和 $V(x, y, t)$ 。假定该点在 $(t+\Delta t)$ 时运动到 $(x+\Delta x, y+\Delta y)$, 在很短的时间间隔 Δt 内速度分量值保持不变, 即 $U(x, y, t+\Delta t)=U(x, y, t)$ 和 $V(x, y, t+\Delta t)=V(x, y, t)$ 。根据这个特点, 对速度场中每个格点 (x, y) 分别设置两个卡尔曼滤波器 $K(x, y, u)$ 和 $K(x, y, v)$, 其中卡尔曼滤波器的状态方程为常数。观测方程为: $U(x, y, t)=\{u_1, u_2, \dots, u_t\}$ 和 $V(x, y, t)=\{v_1, v_2, \dots, v_t\}$, 分别是格点 (x, y) 在 $0\sim t$ 时刻某格点速度矢量场 u 和 v 分量的集合, 观测数据进入卡尔曼滤波器的顺序是最新的观测数据最后进入, 这样可以确保最新数据的影响较大。经过有限时次的滤波, 会得到每个格点稳定的 u 和 v 分量, 进而合成稳定的矢量速度场, 进行外推预报。

以2013年5月16日的爬线过程为例(图2), 有卡尔曼滤波的回波1h外推预报(图2a), 回波强中心保持收敛状态; 无卡尔曼滤波的回波1h外推预报(图2b)系统强降雨中心已经扩大散开。在系统性的天气过程, 有卡尔曼滤波的3h回波预报仍然可用; 无卡尔曼滤

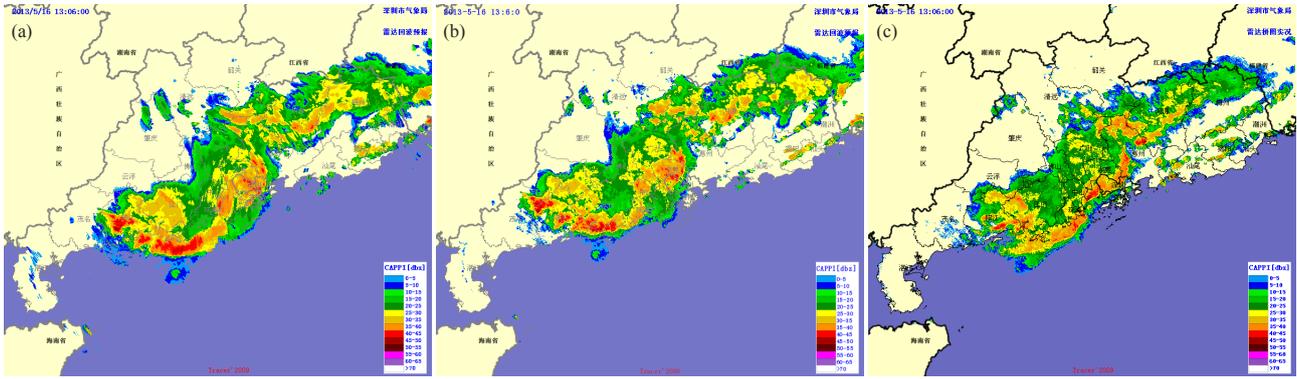


图2 有卡尔曼滤波的1h雷达回波外推 (a)，无卡尔曼滤波的1h雷达回波外推 (b)，与实况2013年5月16日13时06分雷达回波 (c) 的对比

波，回波发散很快，1h之后预报可用性就很差。1h回波预报评分（表1）说明，使用卡尔曼滤波后回波更收敛，虽然击中率比不滤波的要低，但伪警率大幅下降，从而带来成功临界指数的提高，因为卡尔曼滤波可以提高风场的稳定度，能有效剔除无效的风矢量，进而提高预报质量。

3.3 QPE/QPF 动态订正技术

精确的QPE和QPF是短时临近预报和精细化预报的关键技术，雷暴云团自动识别和追踪系统的QPE/QPF动态订正技术为经过吸收借鉴国内外先进技术基础上优化发展的重要技术，该项技术综合应用了动态调整Z-R降水估测技术、卡尔曼滤波偏差校准技术以及最优插值法订正技术，形成定量降雨估测QPE和0~3h定量降水预报QPF。卡尔曼滤波校准方法主要针对各种因素造成测雨误差进行订正，首先根据历史资料和实时资料动态更新雷达探测区域内的Z-I关系场。设偏差校准因子： $f(t)=G(t)/R(t)$ 为一随机变量，G为某一时刻雨量计测得的降水强度，R为同一时刻雷达测得的降水强度。若随机变量f的两个独立估计值 f_1, f_2 可以由不同的方程而获得，则f的最佳估计值与 f_1, f_2 有如下关系： $f=wf_1+(1-w)f_2$ ，确定权重w的准则是要以使得校准后的最佳估计值的方差最小。根据有关的原理，设计相应的卡尔曼滤波器对若干时段进行滤波运算，最后得到稳定的雷达降雨的订正场。雷达回波实况数据通过Z-I关系场运算得到降雨场后，经过订正场订正可以获得QPE，雷达回波预报数据通过Z-I关系场运算得到降雨场后，经过订正场订正可以获得QPF。订正场是逐6min或者逐30min滚动更新的。

3.4 分区预警定量化标准化技术

实现定量精细化预警需要临近预报系统和精细化预警平台的有效对接，并完善标准和规范等细节。分区预警的实施细则量化了各类预警信号的分区预警标准，以暴雨信号为例，深圳全市自动站代表站有60个，全市预警的标准是全市1h内可能或者已经有20个以上的雨量指标自动站小时雨量达到20mm，分区预警标准是1h内可能或者已经累计有5个以上指标自动站的小时雨量达到20mm以上。系统根据监测实况和临近预报系统的量化产品自动形成分区预警级别和区域提示。以暴雨黄色预警为例：当监测实况出现或短临系统提示5个以上标准自动站小时降雨量将达20mm，系统就自动发出分区预警提示。当监测实况或短临系统提示20个以上标准自动站小时降雨量达20mm，系统就自动发出全市预警提示。

除暴雨预警量化标准外，还制定了雷电、台风、大风、高温、寒冷、大雾和灰霾预警量化标准。通过分区预警标准的制定实现预警信号的发布从完全人工决策发布过渡到预警信息自动智能化提示。依据分区预警评分标准，根据监测实况和临近预报产品可以制作形成分区预警的区域。

3.5 并行计算技术

传统基于PC服务器或小型机的后台多线程数据处理模式已不能满足日益增长的计算需求，为了充分利用计算资源提高预报预警的时效性，设计时空并行算法，使原有的插值算法、滤波算法、外推算法和同化算法具备时间并行与空间并行运算的能力，以显著提高运行效率。并行计算主要采用时间并行、空间并

表1 使用卡尔曼滤波与不使用卡尔曼滤波的评分对比

个例	方法	预报时长	击中率 (POD)	伪警率 (FAR)	成功临界指数 (CSI)
2013年5月16日 12时0分起报	使用卡尔曼滤波	60min	0.82	0.14	0.70
	不使用卡尔曼滤波	60min	0.86	0.30	0.65

行及任务并行模式,时间并行即流水线技术,空间并行使用多个处理器执行并发计算,根据业务计算所要达到的目的和时效性要求,并行计算根据不同的业务分别采用数据并行和任务并行。数据并行把大的任务化解成若干个相同的子任务,然后并发处理,比如泛华南的自动站等值面产品,采用数据并行算法简单、高效且可靠。临近预报QPE/QPF适合采用任务并行,每个任务目标不同,部分任务可以并发执行,例如QPE任务可以和TREC任务并发执行,等QPE和TREC任务完成后,QPF和雷电预报任务又可并发执行。对于大范围格点数据,并行化的思路实际上就是将预报区域进行分解,同时对各子区域进行计算,通过消息传递交换边界,然后合并成一个整体。不同区域分解方式的并行计算速度有明显差别,根据业务系统的目标,选择合适的分解方式、消息传递的规模。并行计算与串行计算时效对比见表2,其中串行运算4路4核的CPU,每CPU运算速度为2.4GHz,总运算能力为38.4GHz,而并行运算采用4路6核的CPU,每CPU运算能力为0.8GHz,总运算能力为19.2GHz。从表2可以看出,在总运算只有串行运算能力一半的情况下,采用并行计算以后临近报总处理时间降低4倍以上,大幅提高预警的提前量。

尽管在精细化预报预警技术上有了长足的进步,但科技支撑能力的薄弱仍然是当前大城市精细化预报预警的软肋,基于短临预报系统的精细化预警的提前量严重不足,有些甚至是“现报”或“迟报”。短临临近预报的技术潜力已经临近极限。未来3~24h的定时定点和定量化预报准确率的提高将主要取决于中尺度数值天气预报技术的发展。

表2 并行计算与串行计算时效对比

类别	泛华南雷达拼图	QPE和TREC*	泛华南QPF	自动站产品	合计
并行计算	8s	10s	15s	10s	43s
串行计算	30s	61s	40s	50s	181s

注: *为QPE、TREC在进行内部并行运算外还进行任务并行。

4 系统支撑平台

精细化预报预警的实现需要高度集约的业务体系作为强力支撑,利用科技力量,深圳建立了智能化、自动化、集约化的六大业务系统:

(1) 临近预报决策支持平台(PONDS)。该平台将北京、香港、美国及深圳等地自主开发的BJ-ANC、SWIFT、WDSSII、TRACER等多个临近预报系统按统一规格、统一标准集成,并采用客观评分方法实现在线对比检验。不断完善精细化临近预报网格产品数据库,不仅包括1km网格距0~3h逐6min精细

化定量降水估测和基于4km网格距0~6h逐小时定量降水估测产品,还包括重要时段精细化预报滚动更新产品,形成格点数据库并开展短时临近精细化预报业务实时在线客观检验和评估,是目前0~3h精细化预报预警的主要支撑平台。

(2) 实时同化数值预报系统(HAPS)。重点引进和优化美国俄克拉荷马大学风暴预测研究中心的三维变分方法改进版本的WRF模式及集合预报模式。模式格距为4km,范围为泛华南区域,逐时同化泛华南区域的23部多普勒雷达资料、自动气象站、GPS水汽、风廓线等观测资料,预报时效为24h,是深圳3~24h精细化预报预警的主要支撑技术。

(3) 气象灾害分区预警平台(LWS)。基于短时临近与数值预报融合技术,进一步完善台风、暴雨、雷电和高温等灾害性天气的分区自动预警技术,优化定量判断指标、突出自动信息提示,提高自动预警的准确率和提前时效,实现系统自动分区预警提示和预报员人工干预相结合的气象灾害分区预警发布系统,降低预警信号的漏报率和空报率,加大预警信号发布的提前量。

(4) 重点时段精细化预报服务平台。综合利用短时临近预报及雷达资料实时同化中尺度数值预报结果,开发重点时段分区预报制作系统,针对上下班高峰等重点时段发布降水、能见度、高温等高影响天气的精细化分区预报产品。系统可自动识别降水落区,预报人员采用人机交互方式,图文并茂编辑技术,完成定量分区预报图形和文字产品,并实现产品以短信、电台、网站多种方式自动高效同步发布。基于地理信息系统GIS空间分析技术叠加深圳及广东主要交通干线,采用人机交互制作交通气象精细化产品,自动生成图像、文字等信息显示在网站及电子地图上,使用户可指定任意一条交通干线查询获取道路天气最新预报预警信息。

(5) 热带气旋综合预报服务平台(TOP)。开发数值预报产品台风自动客观识别定位技术,自动跟踪热带气旋的移动和发展,客观定量对比主客观预报的准确率,统计分析不同季节、不同强度和不同移动路径台风对深圳天气的影响,实现热带气旋的业务标准化、预报客观数值化、预估定量化和服务精细化。

(6) 智能预报服务平台。初步建设了智能预报服务平台。一是系统集约化和自动化,预报服务流程,预报预警的制作、发布统一在一个平台上;流程全面可监控,提醒预报员完成相应的任务,减少错漏。二是智能化,智能预报平台上与数值预报、短时

临近预报以及各种预报工具、方法和指标对接,发挥科技系统对预报服务支撑,下与发布平台和发布渠道对接,形成信息发布的一体化和高效率。三是将预报与服务对接,根据在相关区域的预警信息和灾害性天气实况信息通过短信和电话等方式,按级别通知值班预报员、处长、局领导等相关人员。突发灾害性天气具有发生速度快、致灾性强等特点,智能预报服务平台与语音自动外呼系统和短信系统无缝集成,及时将局内业务平台系统生成的气象灾害预警信息和灾害性天气临近提示信息自动形成音频或短信并自动传递给特定用户群,对内可进行灾害性天气业务提醒,对外可以推送给关心突发灾害性天气的部门如基层防灾责任人,有效实施点对点服务。

具有针对性的产品和服务系统是进行高精细化程度的时空要素预报技术上的一个巨大进步,目前6大业务系统已经基本覆盖了精细化预报预警的各个层面,但未来仍需在产品和平台的专业化、个性化上下功夫。灾害天气系统的突发性、局地性;服务对象的多元化、个性化和专业化,服务渠道的多元化,精细化预报预警的高速度、高频次、广覆盖的要求,探测系统的高时空高密度,以及支撑系统的多元化和专业化,决定了大城市精细化预报预警必须建立在高度智能化预报平台的基础上。

5 产品及发布渠道

5.1 主要产品设计

(1) 气象灾害分区预警。2007年7月深圳实施气象灾害分区预警业务,分区预警以街道行政辖区为最小发布单元,实现预警精细至街道,其将短时临近预报系统融入分区预警平台,实现分区预警的量化、标准化和自动化,优化分区预警的表现形式。通过多年的实践,分区预警已经成为深圳市民所接受,特别是高级别的暴雨预警,局地性强,经常采用分区发布的模式,有效地提高了预警发布的针对性。

(2) 重点时段的分区分路段预报。大城市气象灾害带来“放大效应”趋势日益明显,对气象条件更加敏感,经常几毫米降雨也容易诱发全市的交通大堵塞,尤其在上下班等重点时段;重点时段的分区分路段预报意义重大。降雨精细化预报主要根据临近预报系统QPE和QPF,对QPF人工干预后,图文联动,快速形成当前的降雨实况和未来3h的降雨预报精细到街道辖区的降雨分布图,同时形成精细到街道的短时预报服务文本。雷电精细化预报服务产品包括根据雷暴云团(35dBz以上)自动识别和追踪系统预报未来1h云团的移动方向和影响区域。表现形式为雷电影响区

域图和文字说明。重点时段交通干线高影响天气短时临近预报:主要是降雨、能见度,系统自动在人工干预QPF后,自动形成未来2h按交通干线分路段降雨预报产品。春运期间则提供出入本省4个方向交通要道的天气实况和未来6h的交通干线预报。在发布原则上,按影响程度、重点时段、重点地区的优先级发布。

(3) 暴雨风险及防御明白卡和城市积涝风险精细化预警。城市积涝是深圳最重要的暴雨衍生灾害之一,2010年深圳市气象局同三防办联合在全市140个社区推广“社区暴雨灾害风险及防御明白卡”,每一个社区明白卡都有导致积涝发生的日雨量和小时雨量阈值,以及防灾责任人。我们开展定点积涝短临预报试点。当监测到或短临预报易涝点达到提示阈值时,对易涝点的防灾责任人进行短信提示和电话通知。其次,根据积涝经验值,系统自动形成积涝高风险分布图,在微博等渠道上发布。

(4) 地质灾害分区预警。2005年深圳气象部门与国土部门开始联合发布全市统一的地质灾害预警。但降雨分析的不均匀造成全市统一发布地质灾害预警针对性不强,已经不能满足地质灾害防御要求。2012年开展深圳市地质灾害分区预警工作。根据QPE、QPF和地质灾害的降雨阈值,对全市的重要地质灾害易发区进行预警分区提示,预报员进行订正、编辑后进行制作与发布分区的地质灾害预警。将地质灾害预警精细到区一级,更贴近基层防灾人员需求。

(5) 重大天气过程的定量预估和风险预估。提前两天为政府防灾部门和市民提供台风、大暴雨、强降温和高温天气过程定量预估灾害天气的影响程度和等级,为防灾提供决策建议。对灾害天气过程的风、温、雨的定量预估和影响程度进行预估,以气象信息快报、天气通报、新闻通稿的形式发布。

5.2 发布渠道

“最后一千米”问题一直是气象灾害预警和气象服务的根本问题,也是精细化预报服务关键问题之一。在发挥电台、电视等传统媒体优势的同时,更加突出网络、移动互联网等新媒体的作用,真正体现快速度、高频次、广覆盖的城市精细化预报预警发布的目标。精细化预报预警,突出在“快”字,首先,在电台直播间设立电台直播气象服务网页,针对电台用户的需求,实时刷新气象监测实况和更新气象灾害精细化预警,开发了交通干线天气预报以及上下班重点时段天气预报。还通过政府文件规定,高级别预警信号发布时,不仅加密直播预警信息,最高密度达到5min发布一次。最高级别暴雨和台风预警时,还调

整整个电台播出的风格,连续播出预警信息和防御指引。其次,是在“主动”发布上,开发“深圳天气”手机客户端,市民可自主在智能手机上下载使用,气象局主动推送预警信息和上下班等重点时段的天气信息,目前“深圳天气”客户端下载量已经突破100万。第三是在“高频率”和互动服务方面,开通“深圳天气”官方微博,台风暴雨等重要预警时,10~15min就更新一次微博信息,对引导社会各种自媒体发布预警信息,具有非常显著的效果,在台风“韦森特”期间,“深圳天气”的权威性、高频率和网络化,吸引各种官方和具有影响力的微博大量转发“深圳天气”的台风预警信息,达到“广覆盖”的目标,目前粉丝也已经达100万,成为预警信息发布的重要渠道。近期还挖掘了“微信”的传播功能,发挥微信的“互动”功能,在微信上开发了多种类型的预警预报产品,市民不仅可以获得气象台推送的预报信息,也随时主动以互动方式索取所需要的预警服务信息。另外,符合市民需求的深圳市气象局网站手机版也得到市民的欢迎。目前,气象服务信息公众有效覆

盖率已经达95%以上,建立了高效的预警信息传播平台,与手机小区广播系统、短信平台、网站、传真系统和电台直播间等传播分发渠道自动联动,实行并发机制,预警信号发布时间也从35min缩短到3min,提高了12倍。

5.3 精细化预报预警实例

智能化的预报预警技术平台在日常业务工作及重大气象保障服务的精细化预报预警服务工作中发挥了极其重要的作用。以2011年世界大学生运动会海上运动赛区发生的一次雷雨过程为例,综合雷达回波外推等预报依据,认为赛区(赛区位于深圳东部大鹏半岛东向开口的约20km²的海湾内)将受到雷电的影响,于11时40分通知赛场人员,预计中午13时左右比赛场地将有雷暴(11时36分雷达回波见图3a),在12时30分发布了针对赛区的雷电预警信号(图3b),12时48分全体人员撤回安全区域(图3c),13时30分赛区受到了雷雨云系的直接影响(图3d)。这次精细化到定点,提前量达到40min的雷电预警取得了非常好的服务效果。

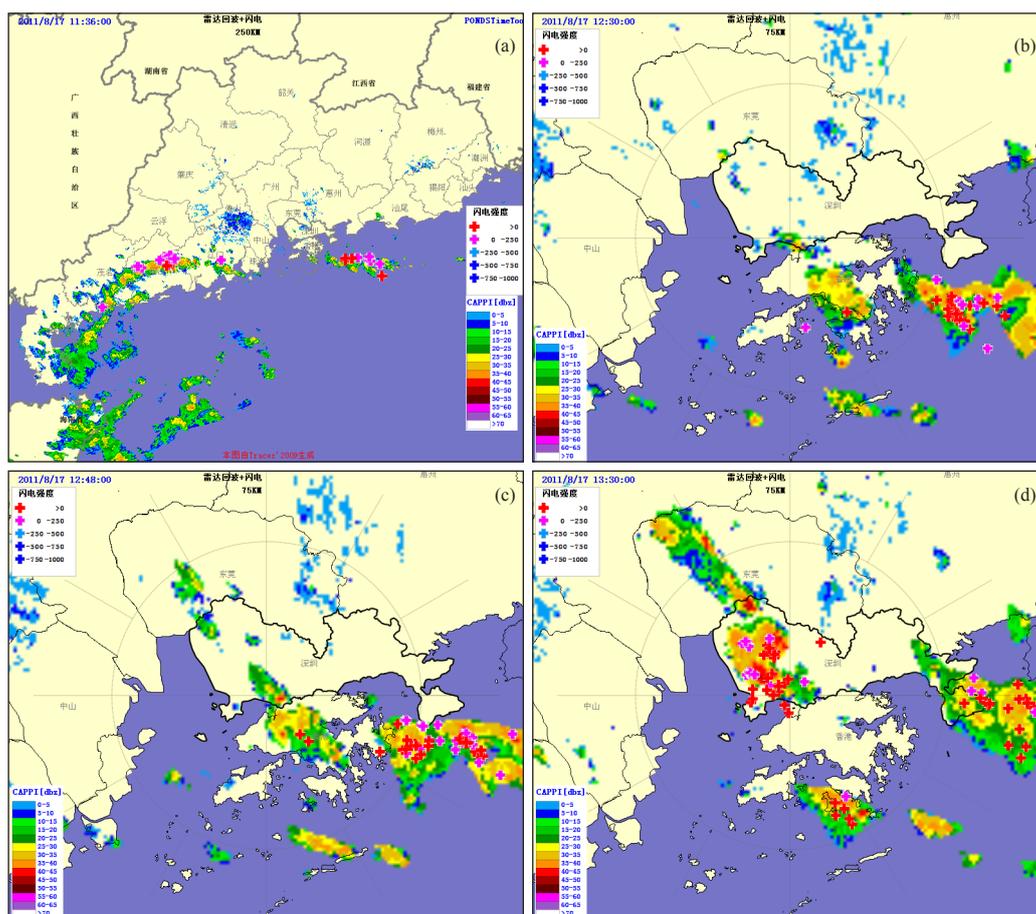


图3 2011年8月17日一次雷暴天气过程的精细化预报预警服务实例,11时36分(a),12时30分(b),12时48分(c)和13时30分(d)的雷达回波监测

6 大城市精细化预报预警服务趋势和展望

高时空密度的雷达和自动气象站等监测网络是短时精细化服务的基础,提升短时临近预报系统,挖掘雷达和自动气象站在灾害天气的识别和临近预警已经逐步发挥巨大的作用,大城市精细化预报预警未来将更多地依赖于中尺度数值天气预报和同化技术的发展。雷达资料等高时空密度探测资料的逐时同化和中尺度模式的集合预报等的发展已经取得初步的成效,因此深入发展资料同化技术和中尺度集合预报技术是一个不可逆转的趋势,美国和欧洲等先进国家和地区目前已经在大力发展集合预报技术,同时,短时临近预报和中尺度模式产品的融合也是一个重要趋势。

大城市精细化预报预警服务将向专业化、个性化和多元化发展。以精细化要素预报和格点预报为基础,城市精细化预报预警服务要与城市重点防灾减灾需求结合起来,开发中小河流和水浸、地质灾害等灾害隐患区的精细化预报预警服务产品和系统,开发符合社区安全防灾的精细化服务产品。城市精细化预报预警服务与市民生活需求结合起来,加强与市民每天息息相关的精细化服务,开发和完善上下班等重要时段预报预警服务和重要交通干线和路段的服务。城市精细化预报预警服务要与重点行业和人群结合起来,开发油、气、电、旅游和交通等城市生命线的精细化产品和服务,与行业需求相结合,开发适应公共交通、旅游等重要和重点行业的专业化、个性化的精细化服务产品和系统。

大城市精细化预报预警发布将越来越多地依靠移动互联网,多种渠道互为补充。以手机为代表的移动互联网已经成为市民获取各种信息的主渠道。研究表明,市民浏览移动互联网的时间已经超过观看电视的时间,市民在移动互联网的时间也超过了电脑上网的时间。同时,以暴雨、强对流天气等对城市影响剧烈的天气系统都具有突发性、局地性等特点,影响时间短,传统的发布渠道和传播模式无法适应需求,移动互联网便捷性、及时性和高效性将无可替代地在未来

精细化预警发布中发挥核心作用。但移动互联网与传统渠道有很大的差异,包括屏幕小、网速低、变化快、视频和图文等多元的特点,与现有的服务产品区别较大,因此开发适合移动互联网特点的精细化预报预警产品将成为当前和今后相当长时间内的重点任务。

总之,以信息流为基础,以产品为中心,将各种预报预警技术、产品制作技术、预警提示技术、渠道发布技术集成起来,建立智能化预报平台,提高业务的集约化和自动化,提升科技支撑、预报预警效率和发布时效,减轻预报员的工作强度,将是未来发展大城市精细化预报预警的重要趋势。

参考文献

- [1] 吴秦. 城市精细化预报系统建设的必要性与重点、难点. 武汉区域气象中心城市群发展气象服务工作论坛优秀论文汇编, 武汉: 武汉区域气象中心, 湖北省气象学会, 2008: 160-162.
- [2] 王令, 丁青兰, 卞素芬, 等. 奥运气象服务中的短时预报及预警. 气象, 2008, 34(S1): 263-268.
- [3] 曾沁, 林良勋, 陈炳洪, 等. 广州亚运气象预报系统介绍. 广东气象, 2010, 31(1): 封2-封3.
- [4] 章国材. 美国国家天气局天气预报准确率及现代化计划. 气象科技, 2004, 32(5): 81-82.
- [5] Glahn B, Gilbert K, Cosgrove R, et al. The gridding of MOS. *Weather and Forecasting*, 2009, 24(2): 520-529.
- [6] Glahn H R, Ruth D P. The new digital forecast database of the national weather service. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2003, 84(2): 195-201.
- [7] 端义宏, 金荣花. 我国现代天气业务现状及发展趋势. 气象科技进展, 2012, 2(5): 6-11.
- [8] 赵声蓉, 赵翠光, 赵瑞霞, 等. 我国精细化客观气象要素预报进展. 气象科技进展, 2012, 2(5): 12-21.
- [9] 矫梅燕. 关于提高天气预报准确率的几个问题. 气象, 2007, 33(11): 3-8.
- [10] 冯业荣. 关于提高预报准确率——提高预报技术水平的一些思考. 第四届全国灾害性天气预报技术研讨会论文集, 北京: 国家气象中心, 中国气象局应急减灾与公共服务司, 2007: 58-60.
- [11] 林铍德, 支树林, 罗树如. 雷电落点和强度临近预报方法初探. 气象与减灾研究, 2007, 30(4): 57-60.
- [12] 陈明轩, 王迎春, 俞小鼎. 交叉相关外推算法的改进及其在对流临近预报中的应用. 应用气象学报, 2007, 18(5): 690-701.
- [13] Welch G, Bishop G. An Introduction to the Kalman Filter. (1997-09-17) http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/WELCH/kalman.html.
- [14] 兰红平, 孙向明, 梁碧玲, 等. 雷暴云团自动识别和边界相关追踪技术研究. 气象, 2009, 35(7): 101-111.