

建设中尺度天气业务平台的若干科学技术问题 I: 科学问题与基本架构

倪允琪

(中国气象科学研究院 灾害天气国家重点实验室, 北京 100081)

提 要: 针对要建设中尺度天气业务平台所涉及的科学技术问题进行了深入的研讨, 在此基础上提出解决这些科学技术问题必须采用的新技术与新理论, 从而提出中尺度天气业务平台的建设思路和总体架构。

关键词: 灾害天气 业务平台 中尺度

Some Problems on Setting up Meso-scale Synoptic Operational Platform I: Scientific Problems and Basic Structure

Ni Yunqi

(State Key Lab of Severe Weather Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract: Several scientific problems related to setting up meso-scale synoptic operational platform are discussed. A series of new techniques and new theories must be used to solve these proposed scientific problems. Therefore, the idea of setting up a meso-scale synoptic operational platform has been put forward.

Key Words: severe weather operational platform meso-scale

1 中- β 尺度强对流系统是造成中尺度灾害天气的主要天气系统

暴雨引发的洪涝灾害是我国主要的气象灾害之一, 它对我国社会发展和经济、国防建设的影响日益加剧。最近 10 年因暴雨引发的洪涝灾害造成粮食损失平均每年为 200 亿

公斤, 经济损失达 2000 亿元人民币, 相当于国民经济生产总值(GDP)的 1%~2%。例如, 1998 年长江流域因持续性暴雨引发的全流域性洪涝造成直接经济损失达 2500 亿元人民币, 死亡人数超过 3000 人, 给国家经济与人民生命财产造成巨大损失。为此, 我国各级政府非常关注这类气象灾害的发生和持续的时间以及造成的灾害及其对社会、经济

的影响。因此,深入了解暴雨的形成机理和开展对暴雨监测、预测理论和方法研究一直是我国科学家极为关注的重要气象研究方向,也是提高我国减灾防灾总体能力的国家重大需求。

然而,造成这类暴雨的天气系统往往都是空间尺度几十公里到几百公里,时间尺度几小时到10多小时的中尺度强对流系统,尤其是中- β 尺度强对流系统。例如,2004年7月12日,一个空间尺度只有几十公里的强对流云团侵袭上海,引发上海地区狂风、暴雨,造成7人死亡、20多人受伤,城市积水,局部地区交通堵塞。2005年3月22日一次飚线过程由广西东移横扫广东省,造成广州市暴雨、强风,甚至落下直径有10mm的冰雹。更为甚者,2006年8月14—15日登陆的碧利斯热带气旋,在湖南、广西、广东、福建等省造成暴雨,引发洪涝和泥石流灾害,死亡人数超过800人之多,而造成这次持续暴雨的也正是登陆的碧利斯热带气旋内形成的一系列中尺度强对流系统。近几年由于这些中尺度强对流系统的活跃,致使我国许多地方屡屡发生这类局地性的激烈的天气灾害。目前,传统气象观测网和预报系统很难实施有效的监测和准确的预报,这是我国当前天气监测与预报业务所面临的最大挑战,即使是当前国际最为先进的数值预报模式也由于模式初始场中不包含有丰富的中尺度信息、模式系统中描写这类中尺度过程的物理过程还不甚完善,因此同样很难做出较为准确和精细的中尺度灾害天气发生、发展和影响区域与影响范围的定点、定量与定时预报。目前我们的监测与预报、预警能力还不能满足国家的需求,因此,如何建设能提高对中尺度灾害天气监测、预报与预警能力的业务平台,是目前我们各级业务部门和研究单位正在探索的重要任务和要实现的重大目标。这就是我国各级业务部门和研究单位面临的重大挑战。

2 提高中尺度灾害天气监测、预测与预警能力所面临的关键科学技术问题

上述情况充分说明,我们目前传统的气象观测网很难捕获这类中- β 尺度系统的三维结构资料。正因为如此,我们对中尺度强对流系统的结构、形成与发展机理不可能进行深入与翔实的研究,尤其是对与强对流系统发生、发展以及引发中尺度灾害天气的物理过程了解甚少;同时,由于数值模式的初始场中没有包含丰富的中尺度信息,很难对中尺度灾害天气做出正确的预报与预警。这就是我国各级业务部门所处的实际状况与遇到的实际困难。由此可见,提高对中尺度灾害天气的监测、预报与预警能力的关键科学问题是深入了解中尺度强对流系统的结构与机理及其监测、预报与预警理论和方法。而要解决这些关键科学问题首先要有具有中- β 尺度(空间尺度20~200km、时间尺度几小时)分辨率的描写中尺度强对流系统三维结构及其随时间演变的四维气象资料,其中包括:(1)中尺度强对流系统的三维结构及其演变的气象资料;(2)强对流系统内的描写对流云的微物理过程的参数。

由此可见,实施有效的中尺度观测,获取中尺度四维资料是提高中尺度灾害天气监测、预报与预警能力所面临的首要科学技术问题。

要解决上述科学技术问题我们必须开展四个方面的研究工作:

(1) 建立具有适应性功能的中尺度观测网。所谓适应性功能是指:确定影响暴雨预报区的预报精度的敏感区,并实施目标观测;建立追踪观测系统;建立观测与预报的互动。

(2) 融合、同化各种探测手段获取的各种资料,形成高时空分辨的中尺度再分析场,其中包括云分析场。

(3) 深入研究中尺度灾害天气系统(中- β 尺度强对流系统)的三维结构及其形成、发展机理。

(4) 探索建设新型的中尺度灾害天气的监测、预报与预警业务平台。最终我们要实现的科学目标是:建设新型的能提高中尺度灾害天气的监测、预报与预警能力的中尺度业务平台,全面提高中尺度灾害天气的监测、预报与预警能力。

3 新型的中尺度灾害天气监测、预报与预警业务平台的基本架构

要针对提高中尺度灾害天气监测、预报与预警能力为目标,解决上述的科学技术问题,新型的灾害天气监测、预报与预警业务平台的架构必须要由以下五部分组成:

3.1 建立具有适应性功能的高时空分辨率的中尺度观测网

3.1.1 中尺度观测网的建设

什么是适应性功能?适应性功能是指观测网具有3个特点:第一,要确定影响预报区预报精度的最敏感的区域,也就是说这一敏感区的观测误差对预报区的预报误差的增长影响最为明显,我们把这一区域称为敏感区,换句话说,敏感区的观测精度的提高,有望提高预报区的预报精度。第二,为了节省财力、物力与人力,建立追踪观测系统,利用具有移动能力的、高时空分辨能力的观测系统,随着中尺度灾害天气系统的移动而在其相应的敏感区或灾害天气系统所在区域实施加密观测,以达到对预报最有影响的局部区域里实施高时空分辨的加密观测。在国家层面上或区域中心层面上建立这样具有追踪观测能力的观测系统,其中包括车载雷达、车载风廓线仪与微波辐射仪,以及移动探空等装备,最有效的是(飞)机载下投式探空与机载雷达等。

第三,建立观测与预报互动系统。根据上述思想必然会提出既然我们的观测区随灾害天气系统移动而要有所变动,这就涉及到我们的加密观测或局部加密观测的前提要有比较可信的预报,要有比较可信的预报必须要及时更新初始场,从而得到最新、最可信的模式预报。要实现这一点,这就要求我们建立观测与预报的互动。

具有上述三个功能的观测系统即具有适应性功能的观测系统,高时空分辨率的中尺度观测网包括具有高时空分辨的地面观测站网、常规业务探空观测站的时间加密,有条件的可建设空间加密的探空站,实施空间加密的探空观测。利用遥感观测工具,例如卫星、雷达、GPS/Met、风廓线仪等遥感手段实现高时空分辨率的观测与监测。目前这些观测手段各省、地区都可实现。

3.1.2 资料的质量控制

仅仅有了中尺度观测能力是不够的,关键问题是如何有效发挥中尺度观测网的作用,其本质问题是观测资料的质量是否可靠,是否可用于业务预报与中尺度研究工作。因此重视观测资料的质量控制是十分重要的,也是各级台站必须十分重视的问题,我们一定要确保每一个观测资料都能在业务和研究中应用,都能在业务和研究中发挥必要的作用。

3.1.3 中尺度灾害天气数据库

建立一个质量优良、使用方便、管理规范的中尺度灾害天气数据库是十分必要和十分需要的,有了这样的数据库才能保证所获取的数据的质量与对资料的科学管理,从而为用户提供可靠的资料源。

3.2 发展中尺度气象再分析系统,形成高时空分辨的气象再分析场

上述多种观测工具所获取的以不同物理量来表征大气运动状态,如卫星给出不同时

刻的卫星云图和各种气象卫星产品,雷达给出径向风速、回波强度等,而常规气象探测网获取的是温度、湿度、气压、风等。通过一个中尺度同化系统把上述多种观测手段获取的不同气象资料融合、同化为一个高时空分辨的中尺度气象再分析场(格点气象资料,包含有云分析场),这种融合同化系统我们称为中尺度气象再分析系统。

有了这样的再分析系统,就可以把卫星、雷达、GPS/Met、常规气象资料等融合、同化为一个中尺度气象再分析场。图1给出了引进美国的中尺度再分析系统(LAPS,已能同

化雷达、卫星、常规观测资料等各种资料)的分析结果。由图1可以清楚地看到包含有雷达资料同化的850hPa的位势高度场(图1c)上明显反映出与图1a降水分布图上强降水区对应的中尺度低值系统。可以看出,有了这样的再分析格点气象场既可以提供给预报员一套不同高度的中尺度区域天气形势图,其水平分辨只有3~5km或者10km,又可以为中尺度数值模式提供包含有丰富中尺度气象信息的初始场,其科学意义与应用价值十分重要。

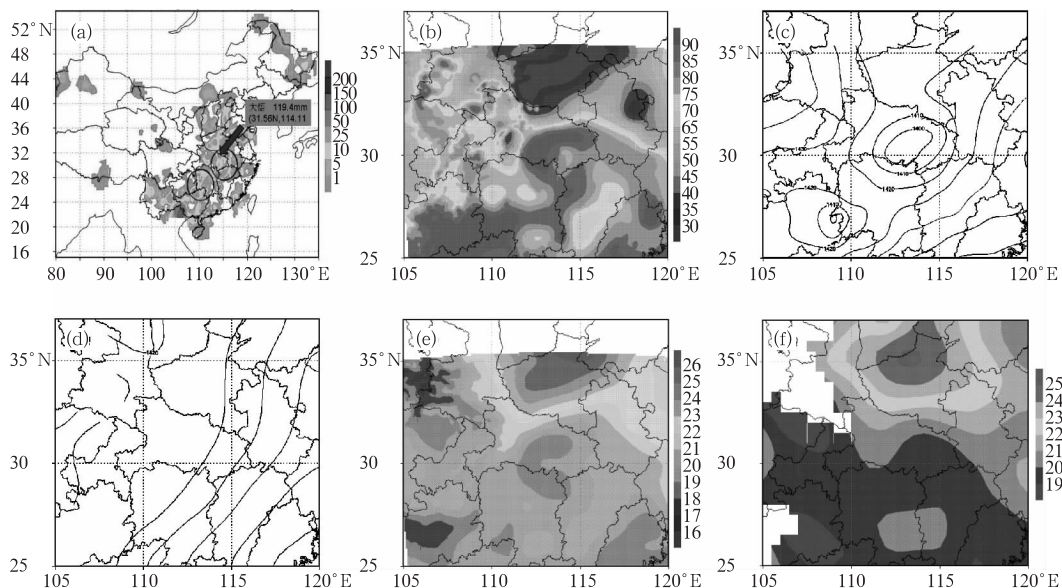


图1 2007年6月27日24小时降水实况(a),26日08时850hPa引进美国的中尺度再分析系统(LAPS)相对湿度(b)、位势高度(c)、温度(e)分析场及未包含雷达同化资料的850hPa位势高度(d)和温度(f)分析场

3.3 充分应用卫星遥感资料及其产品,提高对中尺度强对流系统监测的能力

气象卫星产品具有很高的空间、时间分辨率,有的气象卫星产品其空间分辨仅有几百米,如MODIS,仅250m,有的气象卫星产品15分钟一张图输出(如风云2C),这样高的时空分辨率的气象卫星产品完全可以把中

尺度强对流系统的强度、活动与演变展示给气象业务人员与研究人员,而且气象卫星资料还可以反演大气中(有云区域)的温度、湿度的垂直廓线,甚至给出中尺度强对流系统或台风的温、湿三维结构,还可以清楚地揭示大气高、中、低三层的流场特征,根据这些流场特征,我们可以分析与推断强对流系统的未来发展^[1]。由此可见,利用卫星遥感资料

是完全有可能提高我们对中尺度强对流系统的监测能力,当然我们的同化系统还可以同化气象卫星资料,提高同化分析的精度。加强卫星遥感资料的应用能力,是提高我们对中尺度灾害天气监测、预报与预警能力的重

要工具。我们从2004年7月12日袭击上海的一次对流系统的TBB资料所显示的它的发生、发展、东移和影响上海的过程清楚地看到气象卫星资料应用的重要性和它的应用前景(如图2a、b、c)

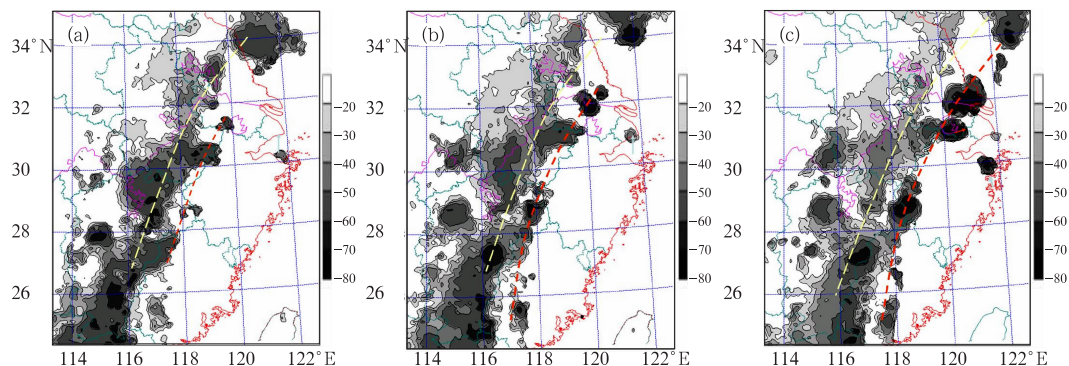


图2 2004年7月12日15:25(a)、16:25(b)与17:25(c)的TBB资料反映的一次强对过程

3.4 建立与观测互动的预报系统

建立观测与预报的互动,其关键在于建立与观测互动的预报系统。

最新的理论研究表明,梅雨锋上的中尺度暴雨的可预报性可能只有几个小时到十多个小时^[2],这就意味着对中尺度强对流系统的预报而言,发展短时(6~12小时)临近(0~6小时)预报系统和精细的短期(24小时和36小时预报)中尺度数值预报系统是十分重要的。这里涉及两个基本科学问题:一是如何形成这类中尺度数值模式的初始场。从暴雨的可预报性理论来看,前者主要用来预报暴雨云团与暴雨过程的演变和移动,而短期预报系统主要用来预报有利于生成暴雨云团的环境背景条件。二是如何改进我们数值模式的物理过程,其中包括云物理过程、边界层过程、陆面过程等。目前的技术主要有如下几种:

(1) 发展基于雷达回波演变外推的临近预报系统,其预报时效不超过2小时,因此,

发展基于雷达回波外推与数值模式产品相结合的临近预报是具有很好前景的技术。

(2) 发展包含有云参数初始场的中尺度数值模式的初始场来启动高时、空分辨的中尺度云分辨数值模式(即模式的热启动技术),这样的数值模式的所有物理变量被调整到相互完全协调的时间(即Spin up time)只要0.5~1小时。因此,可以利用这样的技术发展短时临近预报,其预报时效可达6~12小时。

(3) 发展快速循环分析与预报技术,即实时及时更新模式初始场的观测资料,来提高模式的计算精度,这类技术可用来发展中尺度再分析或短时、临近预报的数值模式系统,提高短时、临近预报能力。

(4) 发展精细的云分辨模式,即把模式中的对流参数化改为显式计算的云模式,把原有的动力学模式框架与云模式耦合组成云分辨数值模式,同时对边界层模式与陆面过程的数值计算进一步精细化,构成精细的云分辨数值模式。利用这样的模式可以发展中

尺度暴雨的临近、短时、短期预报,提高对强降水的预报能力。

(5) 发展集合预报技术,通过集合预报来消除或减小模式或初值引起的不确定性,提高模式对这类灾害天气预报的能力,同时考虑原来把中尺度灾害天气预报看成是确定性预报改变为概率预报,提高预报的使用价值。

所谓观测与预报互动是指数值预报模式及时使用实时观测资料更新模式初始场,通过改进数值模式初值场的质量来提高数值模式的精度,同时用模式预报结果指挥观测系统,下一时刻什么地方的资料对提高中尺度灾害天气预报精度最为有效,观测系统就到新目标观测区(敏感区+预报区)去采集下一时刻资料再提供模式使用,通过这种互动,实现模式初始场资料的及时更新来提高对中

尺度灾害天气的预报能力。

3.5 监测、预报产品实时图形图像显示系统

建立把上述监测、预报产品实时的图形图像显示的显示系统,为最终发布预报的业务预报部门服务。

上述五方面的技术完全构成了新型的中尺度灾害天气监测、预报与预警业务平台。

参考文献

- [1] 张文建,许健民,方宗义等. 2004:暴雨系统的卫星遥感理论和方法[M]. 北京:气象出版社, 2004.
- [2] Bei Naifang, Zhang Fuqing, Impacts of initial condition errors on meso-scale predictability of heavy precipitation along the Mei-Yu front of China[J]. Q. J. R. Meteor. Soc., 2007, 133: 83-99.