

LINJIN HE DUANSHI
TIANQI YUBAO JIAOCHENG

临近和短时 天气预报教程

王丽娟 等◎编著

临近和短时天气预报教程

王丽娟 江燕如 唐卫亚 侯瑞钦 编著
钱代丽 徐菊艳 龚建福 杜宁珠

内 容 简 介

本书旨在对临近和短时天气预报思路进行介绍。全书共分四章,首先对临近和短时天气预报进行了概述,然后分别介绍了短时强降水、雷雨大风(雷暴大风)、冰雹、龙卷等强对流天气的临近和短时预报思路和方法,引入了强对流天气的个例分析。此外,每章依据重点和难点,设置了相应的实习和练习。

本书可作为高等院校大气科学及相关专业的教材,也可作为基层气象台站从事预报、预测人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

临近和短时天气预报教程 / 王丽娟等编著. -- 北京:
气象出版社, 2017. 8

ISBN 978-7-5029-6614-0

I. ①临… II. ①王… III. ①短时天气预报-高等学
校-教材 IV. ①P456.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 183471 号

LINJIN HE DUANSHI TIANQI YUBAO JIAOCHENG

临近和短时天气预报教程

出版发行: 气象出版社

地 址: 北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮政编码: 100081

电 话: 010-68407112(总编室) 010-68408042(发行部)

网 址: <http://www.qxcbs.com>

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

责任编辑: 黄海燕

终 审: 吴晓鹏

责任校对: 王丽梅

责任技编: 赵相宁

封面设计: 博雅思企划

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

开 本: 720 mm×960 mm 1/16

印 张: 15

字 数: 303 千字

彩 插: 4

版 次: 2017 年 8 月第 1 版

印 次: 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

前 言

近十年是我国气象业务现代化建设发展最快的十年。为了适应气象业务现代化发展的需要,南京信息工程大学大气科学学院及时调整教学计划,增加了集中性实践课程“临近和短时天气预报”,目的是通过本课程的学习,强化理论与实践的联系,加深对理论课程的理解和消化,进一步巩固卫星气象学、雷达气象学、中尺度气象学和天气分析与预报的基本原理,掌握临近和短时天气预报的业务流程,了解临近和短时天气预报的思路和基本技能,培养学生初步具备从事气象台站临近和短时天气预报业务的基本能力。

本书基于前人的研究成果,结合业务需求和本科实践教学的特点,根据师生的意见和建议,编撰适合本科生使用的教材。根据临近和短时天气预报的思路,全书分为四章,主要介绍短时预报和临近预报的基础知识,通过个例分析,说明短时强降水、冰雹、雷雨大风(雷暴大风)、龙卷等四类强对流天气的临近和短时天气预报着眼点。

本书作者均来自南京信息工程大学大气科学学院临近和短时天气预报教学团队,具有多年从事“典型天气过程分析”“短期天气综合分析与预报”“临近和短时天气预报”等课程的执教经历。本书第1章由江燕如编写,第2章由唐卫亚、侯瑞钦编写,第3章由王丽娟编写,第4章由王丽娟、钱代丽、徐菊艳和龚建福编写,附录由杜宁珠和王丽娟整理。

本书在编写过程中得到了很多同事和朋友的支持和帮助,在此深表谢意。同时,感谢南京信息工程大学教务处、大气科学学院给予的大力支持和帮助,感谢气象出版社黄海燕编辑一直以来的关心和帮助。本教材得到了南京信息工程大学2015年度教材建设基金项目(15JCLX009)、江苏高校品牌专业建设工程资助项目(PPZY2015A016)、2015年江苏省高等教育教改研究立项课题(2015JSJG032)、江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)和2014年大气科学与环境气象实验实习教材建设项目(SXJC2014C02)的共同资助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不当之处,敬请专家、同行和读者给予批评和指正。

编著者

2017年5月于南京

目 录

前言

第 1 章 临近和短时天气预报概述	(1)
1.1 临近和短时天气预报的基本概念	(1)
1.2 临近和短时天气预报思路	(4)
1.3 灾害天气短时临近预报系统(SWAN)	(7)
实习 1 灾害天气短时临近预报系统(SWAN)操作	(9)
第 2 章 强对流天气的短时预报	(11)
2.1 我国强对流天气的气候学特征	(11)
2.2 我国强对流天气形势的分类	(24)
2.3 短时预报中的天气型分析	(36)
2.4 短时预报中动力、热力条件分析	(42)
实习 2 强对流天气的潜势分析	(59)
第 3 章 强对流天气的临近预报	(62)
3.1 卫星云图在临近预报中的应用	(62)
3.2 雷达资料在临近预报中的应用	(82)
3.3 其他新型探测资料在临近预报中的应用	(134)
3.4 临近和短时天气预报和预警的发布	(145)
实习 3 卫星云图及雷达图在临近预报中的应用	(149)
实习 4 预警信号的制作	(157)
第 4 章 强对流天气个例分析	(158)
4.1 2009 年 9 月 24 日安徽短时强降水天气过程	(158)
4.2 2005 年 6 月 14—15 日江淮地区强冰雹天气过程	(163)
4.3 2007 年 8 月 3 日上海地区下击暴流天气过程	(171)
4.4 2005 年 7 月 30 日安徽灵璧 F3 级强烈龙卷天气过程	(178)
参考文献	(191)

附录 A 中央气象台强对流天气预报产品 (199)

附录 B 气象灾害预警信号及防御指南 (215)

附录 C 预报预警用语简表 (228)

附录 D 中央气象台气象灾害预警简表 (230)

第 1 章 临近和短时天气预报概述

我国强对流天气频发,常常导致人员伤亡和财产损失。据统计,2001—2007 年,强对流天气所造成的直接经济损失每年均在 110 亿元以上,占气象灾害全部损失的 6%~15%;2009 年,强对流天气是我国第三大气象灾害,仅次于干旱和暴雨洪涝。

导致强对流天气的系统属于中小尺度天气系统,具有时空尺度很小、突发性强等特点,其可预报性一般只有几十分钟到十几个小时,所以,一般的短期天气预报方法并不适用,必须发展新的预报方法。

1.1 临近和短时天气预报的基本概念

1.1.1 临近和短时天气预报的定义

1981 年,大气科学委员会(CAS)天气预报工作组提出,天气预报按时效分为长期、中期和短期预报,其中短期预报含临近预报和甚短期预报,甚短期预报即我国通常所指的短时预报。

世界气象组织(WMO)定义:短时预报(very short-range forecasting, VSRF),是指 0~12 h 的天气预报;而临近预报(nowcasting)只是 VSRF 中的特定内容,专指当时的天气监测和 0~2 h 的简单外推预报。中国气象局印发的《全国短时临近预报业务规定》中指出:短时预报是指对未来 0~12 h 天气过程和气象要素变化状态的预报,预报的时间分辨率应 ≤ 6 h,其中 0~2 h 预报为临近预报。

临近预报是使用现代观测系统,包括卫星、多普勒雷达、风廓线仪、闪电定位仪等观测工具,对中小尺度天气进行观测、监测,通过更新周期短的资料作简单外推。中小尺度天气的有效外推时间,依赖于天气现象的种类和系统及系统的发展阶段。它可以短于或长于 2 h,即从十几分钟(如龙卷)到数小时(如中尺度雨带),有效外推时间一般不超过系统生命周期的 1/4。外推是临近预报中用到的最基本的方法。对于雷暴,外推的有效期限为 15 min~1 h。对于系统性的降水(如锋面降水),外推的有效期可以达 3 h,而 3~6 h 的系统性降水预报需要将外推和高分辨率的数值预报模式

结合。除了外推,天气学概念模型和经验规则在临近预报中也起着重要作用。

对于 6~12 h 的短时预报,随着预报时效的增加,需要考虑系统的发展变化,预报不能仅靠外推,还需依赖于其他预报技术,特别是数值预报技术。对于强对流灾害性天气,短时预报只能给出强天气潜势预报,而对于系统性降水可以参考高分辨率数值天气预报的产品给出具体的预报。

1.1.2 临近和短时天气预报的内容

临近和短时天气预报的内容,包括降水、温度、湿度、风、云和能见度等具体要素预报,以强对流灾害性天气(如冰雹、雷雨大风、龙卷和暴洪等)和降水预报为主。

《全国短时临近预报业务规定》中指出:短时临近预报业务的工作重点是监测预警短历时强降水、冰雹、雷雨大风、龙卷、雷电等强对流天气。

(1)短历时强降水:又称短时强降水,主要指发生时间短、降水效率高的对流性降水,1 h 降水量 ≥ 20 mm。与一般性暴雨不同,短历时强降水突出的是“短”字。一般的暴雨指 24 h 降水量为 50 mm。短历时强降水常常造成城市积涝和严重的交通拥堵,发生在山区的短历时强降水甚至会造成山洪、泥石流、滑坡等灾害,造成重大伤亡和财产损失。

(2)冰雹:是指强烈发展的雷雨云中出现固体降水的现象。降雹过程的强弱,常常用冰雹直径(D)大小和单位面积内雹粒多少来衡量。我国冰雹等级按冰雹直径分为四类,即弱冰雹($D < 5$ mm)、中等强度冰雹($5 \text{ mm} \leq D < 20$ mm)、强冰雹($20 \text{ mm} \leq D < 50$ mm)和特强冰雹($D \geq 50$ mm)。

(3)雷雨大风:是指伴随强雷暴天气出现的强烈短时大风,即在电闪雷鸣时出现风速大于 17.2 m/s(即 8 级以上)的瞬时大风,确定为对流性强风。为了与系统性大风区别,这类大风常被称作“雷暴大风”或“雷雨大风”。

(4)龙卷:是指强烈发展的雷雨云底部高速旋转的空气涡旋,龙卷的水平直径为几米到几十米,移动距离为几百米到几千米,持续时间为几分钟到几十分钟。

(5)雷电:与其他强对流天气相比,雷电是最常见的,时常伴随冰雹、对流性大风、短历时强降水出现。雷电的强度可用雷电频数(即某一时间内的雷电个数)或密度(即单位面积内的雷电个数)来衡量。

1.1.3 临近和短时天气预报系统的业务现状

1.1.3.1 国外

美国气象开发实验室(MDL)发展了 SCAN 预报系统,进行雷暴和强雷暴 0~3 h 预报;美国国家强风暴实验室(NSSL)开发的 WDSS-II 强对流天气预报系统已经应用于美国国家级强对流天气预报中心(SPC);美国国家大气研究中心(NCAR)发展

了 ANC 进行 0~2 h 临近预报;英国的 NIMROD 预报系统融合了基于雷达等资料的外推预报与中尺度模式预报,将预报时效提高到 6 h,空间分辨率可达 2 km;加拿大建立了 MAPLE 预报系统进行 0~8 h 降水预报,CARDS 系统进行 0~1 h 雷暴预报;澳大利亚建立了 STEPS 预报系统进行 0~6 h 降水预报,TIFS 系统进行 0~6 h 雷暴预报;法国建立了 SIGOONS 系统进行 0~4 h 雷暴、降水、雾、风的预报;日本建立了 VSRF 系统进行 0~6 h 降水预报。以上这些先进的临近和短时天气预报系统大多参与了 2000 年悉尼奥运会和 2008 年北京奥运会的 FDP 项目试验,极大地推动了临近和短时天气预报技术的发展。

SPC 进行时间尺度从几十分钟到 8 天的强对流天气(如龙卷、冰雹和对流性大风)的展望和警戒预报,美国地方气象局进行 2 h 内的临近警告预报,在这种有效的协作下,2000 年,美国爆发性洪水预报提前时间为 43 min;2005 年,提前时间为 54 min,预报准确率为 90%。2004—2006 年,龙卷预报提前时间平均为 12.5 min,预报准确率平均为 76%。

1.1.3.2 国内

国内从 2004 年开始逐步开展了强对流天气的临近和短时预报业务,但至今尚未形成比较完善的业务。目前的业务产品还不能区分短时强降水、雷雨大风和冰雹等各类强对流天气;对龙卷的实时监测和预报也有较大的困难,很难预报该类天气;没有统一的强对流天气预报产品检验和质量评定方法。

2009 年 3 月,国家气象中心成立了强天气预报中心,专门负责强对流天气预报,每天发布 3 次强对流 12 h 预报指导产品,以带动全国的强对流天气预报业务发展和预报技术研发。这是国内首个组建的专门强对流天气预报队伍,也带动了国内部分省、市组建专门的强对流天气预报部门。

香港天文台从 20 世纪 90 年代开始建设“小涡旋”SWIRLS 系统进行降水短时临近预报;广东省气象局建立了综合临近预报系统 GRAPES-SWIFT,其核心技术建立在 GRAPES 数值预报模式提供的高分辨率数值预报产品、新一代多普勒天气雷达探测资料、自动气象站和风云气象卫星资料等基础上;湖北省气象局建立了 MYNOS 临近预报系统;上海市气象局建立了 NOCAWS 临近预报系统进行雷达回波和闪电活动的外推预报;北京市气象局引进并建设和本地化美国 NCAR 的 ANC 短时临近预报系统,该系统在 2008 年北京奥运会气象保障和日常业务预报中发挥了重要作用。

中国气象局从 2007 年底开始大力建设灾害天气短时临近预报系统 SWAN,2009 年,SWAN1.0 已经建设完成并向全国推广。SWAN1.0 系统以中国气象局业务平台 MICAPS3.0 为基础开发完成,其主要功能有:灾害性天气显示和报警,二维和三维雷达拼图,雷达定量估测降水,区域追踪(TREC)及回波外推预报,降水 0~1 h

外推预报,6 min 风暴单体识别以及 30 min 和 60 min 外推预报等。SWAN1.0 系统在上海世博会 WENS 第一次演练中表现稳定,并在 2009 年第十一届全运会气象保障工作中发挥了重要作用。

此外,我国自主研发的气象信息处理系统 MICAPS4.0 在 2016 年 6 月 5 日开始正式运行。基于 MICAPS4.0 框架的灾害天气短时临近预报系统(SWAN)1.6 版本也已在全国进行推广使用,为精细化预报提供了有力支撑。

2016 年 2 月发布了 SWAN2.0 测试版,7 月发布了 SWAN2.0 正式版。主要建设成果有:优化服务器,集成新算法,基于 MICAPS4.0 框架开发 SWAN2.0 客户端。其临近和短时预报算法已经通过专家组评审,在全国具有先进性。SWAN2.0 着重开发和引入以下模块:高时空分辨率的中尺度数值模式预报数据;强对流天气分类识别和预报技术;卫星资料在强对流云团快速识别和云团对流特征参数分析中的应用技术;LAPS 快速融合和分析系统生成的基本要素三维分析场和云分析算法等。

1.2 临近和短时天气预报思路

临近和短时天气预报需要在短期预报的基础上,依靠短时预报和临近预报方法来定时、定点、定量地做出确切的天气预报,其中短时预报一般是在事件发生前做出,主要运用常规观测资料和中尺度数值预报分析其发生的可能性,进行潜势预报;而临近预报通常是在事件已经在进展时做出,主要是运用非常规的雷达、卫星、自动站加密观测等资料进行中尺度系统的监测和预报预警,及时捕捉信号,及早发布灾害性天气预警信号。图 1.1 是临近和短时天气预报流程。

1.2.1 短时预报思路

中尺度强对流天气系统是在一个有利的大尺度环流背景下发生发展起来的,所以,要对未来 12 h 后强对流天气是否出现以及出现的可能性进行预报,必须对不同季节有利于强对流天气的环流背景有清楚的认识,这样才可能做好强对流天气短期和短时预报,减少空报和漏报。例如,东北冷涡和华北冷涡对华北、黄淮、江淮地区强对流的影响;蒙古高压脊前横槽对华北地区降雹的作用;副热带高压边缘由于水汽条件充足且层结常常不够稳定容易出现强对流天气,等等。2009 年,国家气象中心开展天气系统的中尺度分析,正是基于这个目标,对业务中有效识别强对流天气的天气类型和经验模型非常有效。

在有利的环流背景条件下,首先需要关注对流性天气的三个基本条件:水汽、不稳定层结和抬升机制。其中水汽条件对于冰雹和短时强降水的发生发展十分重要,

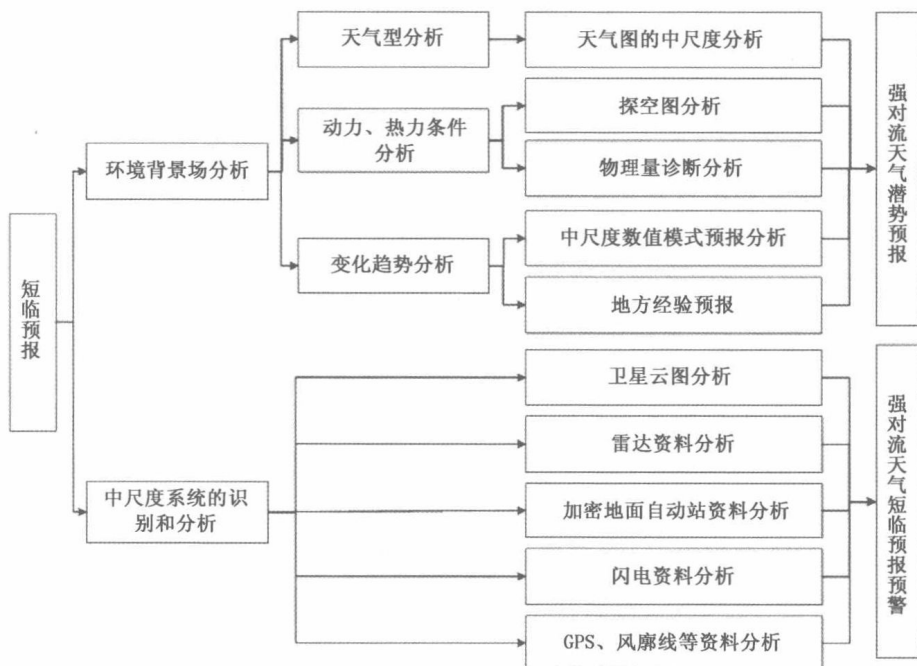


图 1.1 临近和短时天气预报流程(姚学祥,2011)

而雷雨大风天气也需要低层有较好的水汽条件;不稳定层结条件主要通过各种实况和物理量指数进行判断,实况常使用高空探测的温度对数压力图,物理量指数有 K 指数、CAPE、SI 指数、850 hPa 和 500 hPa 温差等,同时还需要注意高低层冷暖平流的配置情况;抬升机制主要包括地形抬升、锋面抬升、露点锋抬升、海陆风辐合抬升、局地热力抬升等各种能够将水汽从底层抬升至自由对流高度的动力、热力条件。

判断天气形势有利于产生对流天气后,再判断有无强对流发生发展的有利条件,包括逆温层、前倾槽、低层辐合高层辐散、高低空急流等。

强对流天气及其落区判定后,可以根据各种强对流天气的不同之处,继续判断其类型。针对不同类型的强对流天气,在有利的动力、热力条件下,尤其要抓住其有别于其他类型强对流天气的主要影响因子,做出分类型的强对流天气预报。例如,有利于冰雹生成的环境条件是上干下湿,具有较强而深厚的垂直风切变和强上升气流(大的对流有效位能),适宜的 0°C 层和 -20°C 层高度。一般而言, 0°C 层高度在 4 km 左右、 -20°C 层高度在 7.5 km 附近或以下有利于冰雹生长。需要注意的是,不同的季节和地区,适宜的 0°C 层和 -20°C 层高度略有不同。

短时强降水则需要充沛的水汽。通常情况下,850 hPa 比湿在 13 g/kg 以上,且湿层较深厚。与冰雹天气不同,短时强降水的对流有效位能均不大,大部分在 $400\sim 1500\text{ J/kg}$,属于中等强度。暖云层厚度较厚。K 指数能较好地指示短时强降水,出

现短时强降水前 K 指数平均值为 37°C 。短时强降水的 0°C 层高度在 5000 gpm 左右,高于冰雹发生时的 0°C 层高度。

雷雨大风天气时,大气层结垂直结构有一个明显的特征:对流层中层存在一个相对干的气层,对流层中下层的环境温度直减率较大,且越接近于干绝热直减率越有利。龙卷产生的有利条件是低的抬升凝结高度和近地面层(0~1 km)较大的垂直风切变。龙卷的垂直风切变远远大于冰雹和雷雨大风,尤其是中低层的风切变。整体而言,风暴相对螺旋度的高值区对龙卷有一定的指示预警作用。

1.2.2 临近预报思路

临近预报是在短时预报的基础上,进一步利用雷达、卫星和自动站等资料进行的以外推方法为主的预报预警。上游强对流天气实况是临近预报最主要的参考依据,因此要加强区域联防,及时了解上游强对流天气实况。

预报员进行临近预警时,常常用到如下经验和方法:

短时强降水主要取决于雨强和降水持续时间,雨强可根据低层的反射率因子判断。通常将对流性降水系统划分为大陆强对流型和热带降水型,前者回波的强反射率因子扩展的高度较高,后者强反射率因子主要集中在低层。降水持续时间则根据单体的生命周期、所处环境位置和移动方向进行判断,如回波单体排列的列车效应是短时强降水的重要判据。

冰雹识别应关注雷达反射率因子或组合反射率因子,强冰雹天气雷达探测和预警的主要指标是高悬的强回波,通常要求 50 dBz 以上的强回波扩展到 -20°C 等温线以上,同时 0°C 层到地面的距离原则上不超过 5 km。在中等以上垂直风切变条件下,除了高悬的强回波,典型的雹暴还呈现出低层强的反射率因子梯度、入流缺口、弱回波区和中高层回波悬垂。在超级单体风暴情况下还会出现有界弱回波区。除了以上因子,雷暴的旋转、三体散射、风暴顶强辐散和 VIL 的相对大值(通常在 30 kg/m^2 以上)也是强冰雹预警的辅助指标。

雷暴大风大多数情况下是由对流风暴内的强下沉气流造成的,对流层中层存在明显干层和对流层中下层温度直减率较大有利于雷暴大风形成。小范围的下击暴流引发的雷暴大风在雷达上的前兆是不断下降的反射率因子核心和突然出现的云底以上的径向速度辐合,而区域性的雷暴大风通常出现在中等强度以上的垂直风切变环境中,导致雷暴大风的系统可以是飑线、弓形回波形状的多单体风暴和超级单体风暴,在雷达上的预警指标主要是弓形回波、中层径向辐合和中气旋。当雷暴在距离雷达 65 km 以内时,除了弓形回波、中层径向辐合和中气旋,主要看低空是否有径向速度超过 20 m/s 以上的大值区存在。

对于龙卷,除了有利超级单体风暴发生的条件外,有利于 F2 级以上强龙卷发生

的特殊环境条件是强烈的 $0\sim 1\text{ km}$ 的垂直风切变和低的抬升凝结高度,而在雷达上的预警指标是在径向速度图上识别出强中气旋或识别出底高不超过 1 km 的中等强度中气旋,若同时伴有龙卷涡旋特征,可发布龙卷预警。

雷暴(产生对流性天气的雷暴)生成的临近预报在层结稳定度和水汽条件满足的情况下主要考虑边界层辐合线抬升和中尺度地形抬升。雷暴倾向于在边界层辐合线附近生成,而两条辐合线相交的区域雷暴生成的概率最高。雷暴生成后,有利于上升气流垂直发展的底层垂直风切变将促进雷暴的维持和发展,雷暴合并一般导致雷暴增强发展,若雷暴与其出流边界或其他类型的辐合线的距离一直保持不变,则倾向于维持或发展,若逐渐远离则趋于消散。

总之,我国地形条件复杂,不同地区不同季节强对流天气的出现具有明显的差异,在做临近和短时天气预报的时候首先需分析本地强对流天气的时空分布特征;其次,充分了解不同季节造成强对流天气的主要影响系统及其配置,在潜势预报基础上,重点关注是否具备强对流天气的触发机制;在分析有利的热力、动力条件基础上,抓住不同类型强对流天气的主要影响因子和明显特征,进一步结合雷达、卫星和自动站等资料,开展强对流天气的临近预报。

1.3 灾害天气短时临近预报系统(SWAN)

随着卫星、雷达探测技术的发展,早期的自动临近业务预报系统从 20 世纪 70—80 年代开始在欧美最先发展起来。例如,加拿大 1976 年开发了雷暴和降水临近预报系统;英国气象局开发了基于雷达和卫星资料的降水临近预报系统 FEONTIER,后来该系统还融入了数值预报资料,更名为 NIMROD(Golding,1998)。

随着多普勒天气雷达的业务应用,20 世纪 90 年代开始,临近预报系统开始侧重于多普勒径向速度资料的分析应用。如美国国家强风暴实验室(NSSL)在研究了多种强对流探测算法的基础上,构建了警报决策支持系统 WDSS-I (Warning Decision Support System),对中气旋算法和龙卷涡旋特征算法进行了改进,增加了下击暴流探测算法,后来 WDSS-II 增加了多部雷达资料应用的综合算法。美国国家大气研究中心(NCAR)基于雷暴生成、加强和消散的机制,采用模糊逻辑方法建立了具有雷暴生成、加强和消散等功能的临近预报系统 Auto-Nowcaster。在这些研究的基础上,美国国家气象局(NWS)开发了对流分析和临近预报系统 SCAN,成为美国气象局预报员工作平台 AWIPS 的一个组件。

中国气象局在 2009 年推出了第一版灾害天气短时临近预报系统 SWAN(Severe Weather Analysis and Nowcasting),吸收了一些新一代天气雷达算法,产品包括组

合反射率因子 CR、垂直累积液态水含量 VIL、冰雹指数 HI、中气旋 M 等,资料来源于新一代天气雷达,综合其他因子如区域自动站观测资料和常规观测资料,建立强对流天气自动报警系统。

1.3.1 系统简介

SWAN 系统是中国气象局 2008 年业务建设项目“灾害性天气短时临近预报预警业务系统建设与改进”的成果,是我国自主知识产权的灾害天气短时临近预报业务系统,具有对灾害天气自动报警、实况监视和分析、风暴追踪、雷达三维拼图、三维显示和分析、定量降水估测(QPE)、定量降水预报(QPF)、反射率因子预报、反演的回波移动矢量(COTREC 风)、降水临近预报和预报实时检验、预警信息制作等功能,并具有地理信息数据支持。

SWAN 系统是构建在传统 MICAPS 框架上的短时临近扩展组件,引入产品服务器,建立一个高频次、短间隔的实时资料处理流程,形成了 MICAPS 产品服务器+MICAPS 基础版+短时临近算法+短时临近产品显示扩展的框架和流程。SWAN 的客户端操作习惯和界面基本布局上与 MICAPS3.0 基础版保持完全兼容,用户需要掌握关于 SWAN 独特功能。

SWAN 在 MICAPS3.0 基础版上做了双向扩充,一方面在资料处理上,另一方面在资料显示和交互上。资料处理上,SWAN 系统引入了高频次、短间隔、多路并行的实时产品服务器平台,并且产品服务器可以通知客户端资料更新情况。SWAN 产品服务器在平台上安装了短时临近模块,形成短时临近产品生成能力。在资料显示和交互上,针对短时临近的产品,在客户端以 MICAPS3.0 模块的标准增加了对产品的显示和分析功能,并且可以实时监听服务器发来的产品消息,更新用户指定的产品。SWAN 的扩展主要包括针对雷达基数据的 1 h 临近产品处理和显示及基于雷达、自动站和卫星云图等实况分析、显示功能。

SWAN 客户端的基本界面保持和 MICAPS3.0 一致,基本的菜单栏、工具条,左侧是报警列表,浮动窗口包括资料监控和检验结果显示窗体(图 1.2)。

1.3.2 主要产品

SWAN 系统的主要产品有分析产品、临近预报产品、实况监测和报警产品、对流云识别产品、强对流识别产品和预报检验分析产品等几大类。

基于雷达基数据的分析产品包括:多层 CAPPI 拼图(三维拼图)、组合反射率拼图、回波顶高拼图、垂直积分液态水含量拼图、1 h 降水估测、TREC 风场反演。

基于雷达基数据的临近预报产品包括:1 h 回波外推(6 min 间隔)、1 h 降水预报、基于 SCIT 的风暴识别和外推、基于 TITAN 的风暴识别和外推。

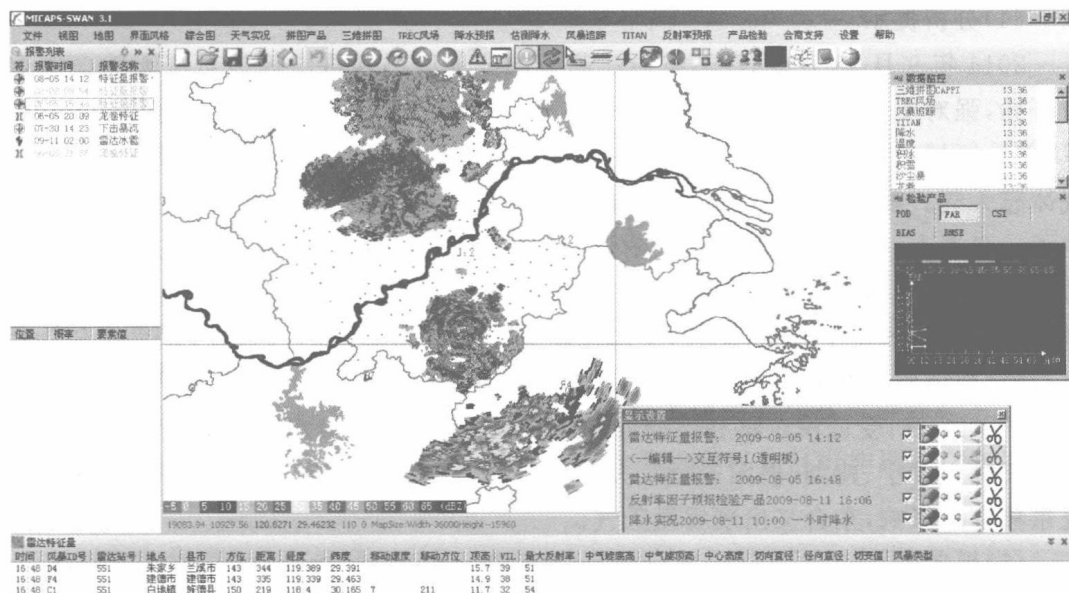


图 1.2 SWAN 系统界面

基于雷达导出产品、自动站和常规观测资料的实况监测和报警产品:温度和高温报警、雨量和强降水报警、风和大风报警、雾及沙尘和能见度报警、积雪结冰报警、龙卷和冰雹报警、雷达特征量报警、雷达强回波报警、雷电实况。

基于云图的分析产品:对流的识别产品。

强对流识别产品:基于雷达基数据的下击暴流识别和冰雹探测算法。

预报检验分析产品:反射率预报检验、SCIT 风暴追踪检验、降水预报检验、降水估测检验等。

实习 1 灾害天气短时临近预报系统(SWAN)操作

(1) 实习目的和要求

通过学习,基本掌握 SWAN1.6 系统的主要功能。能够在 SWAN1.6 平台上,学会调用该系统的主要产品并且能够给出相应的解析。

(2) 实习内容

熟悉 SWAN1.6 的安装及其主要产品和功能。

(3) 实习资料

2014 年 9 月 28 日的 SWAN 资料。

(4) 分析提示

2014 年 9 月 28 日晚,江苏省沿江苏南部分地区出现雷电等强对流天气。从 18 时开始,强对流天气在南京持续了 3 个多小时,期间 4 波强降雨伴随雷电依次扫过南京,部分区域出现了冰雹,最大的跟一元硬币差不多,这也是 2014 年夏天南京首次出现冰雹天气。在风雨雷电中,玄武湖内解放门向太平门一段,有 10 多棵松树倒伏,砸中了一名老人,被 120 急救车送往附近医院抢救。大雨造成南京多条主干道积水严重,对道路交通秩序造成一定影响。20 时左右,在玄武门附近快车道上的积水已经淹没了小轿车的半个车轮,此外,中山北路靠近玄武湖隧道的入口处,积水也较为严重,这对中山路全线的交通都产生了影响。北京东路一线,积水都没过了路牙。

9 月 28 日,受低槽东移和中低层切边低涡的影响,盐城市自北向南出现了中到大雨天气。阜宁、建湖、射阳、盐城、大丰境内都出现了雷暴天气。29 日早晨,随着系统东移南压影响,东台又出现雷暴天气。

(5) 思考题

分析冰雹发生前,雷暴的多层 CAPPI 拼图(三维拼图)、组合反射率拼图、回波顶高拼图、垂直积分液态水含量拼图上的主要特征是什么?

分析冰雹发生时,雷暴的多层 CAPPI 拼图(三维拼图)、组合反射率拼图、回波顶高拼图、垂直积分液态水含量拼图上的主要特征是什么? 判断雷暴的移动路径。

第2章 强对流天气的短时预报

本章根据短时预报的思路,从强对流天气的成因入手,介绍短时强降水、冰雹、雷暴大风和龙卷这四类强对流天气的气候学特征,我国强对流天气形势的分类,短时预报中的天气型分析以及动力和热力条件分析。通过上述内容的分析可判断未来 12 h 强对流天气是否会发生、强度如何、以何种天气类型出现以及最可能出现在何处。

2.1 我国强对流天气的气候学特征

2.1.1 短时强降水的气候学特征

短时强降水的地理分布、季节分布与我国季风活动和主要雨带的移动密切相关。从全国年平均短时强降水日数的地区分布可知,短时强降水主要分布在西南地区东部、西北地区东南部及我国中东部大部地区,从东北地区、华北、黄淮、江淮、江汉到长江以南地区,短时强降水日数逐渐增多,其中华南沿海是短时强降水最多发的地区。一般来说,南方短时强降水日数多于北方,短时强降水多发区主要集中在华南、江南和云贵高原南部、四川盆地,每个观测站的年平均短时强降水日数在 3~8 d,其中华南地区达到 6~20 d;而西北地区东部、华北北部、东北地区中北部年短时强降水日数每个观测站一般不足 2 d(图 2.1)。

年短时强降水日数极大值在我国的分布表明,我国短时强降水日数自北向南逐渐增多。西北地区东部、华北北部一般为 2 天左右;华北东部、东北地区南部和西部、黄淮以及淮河以南地区为 4~8 d,其中江汉、江南、华南、贵州南部的部分地区短时强降水日数有 10~12 d,华南大部可达 14~20 d(图 2.2)。

1991—2009 年,我国短时强降水年发生站次维持较为稳定的趋势,年际变幅不大,基本稳定在 1710 站次。但这期间,1994 年、1998 年出现了两个短时强降水的峰值(图 2.3),这与江淮流域、长江流域的夏季大洪水年份相对应。