

强对流天气的诊断模拟 及其预报应用

周后福 郑媛媛 李耀东 邱明燕 等 编著

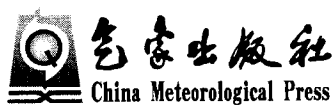


气象出版社

China Meteorological Press

强对流天气的诊断模拟及其预报应用

周后福 郑媛媛 李耀东 邱明燕 等 编著



内容提要

强对流天气研究是当前大气科学的重点领域和发展方向。本书介绍了近年来强对流天气的诊断分析、数值模拟和预报应用情况的研究成果,是作者多年来有关强对流天气的数值模拟和预报预警研究成果的总结和提炼,主要以强对流天气(包括冰雹、雷雨大风、短时强降水、龙卷风等)为研究对象,综合、系统地论述强对流天气的物理量指标、特征分析、效果评估、触发机制、短时预报技术、临近预报技术及其应用情况。

本书适于从事强对流天气等相关研究方向的业务科研人员及学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

强对流天气的诊断模拟及其预报应用/周后福等编著.

北京:气象出版社,2009.5

ISBN 978-7-5029-4730-9

I. 强… II. 周… III. 对流-气流(气象)-研究

IV. P425.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 052492 号

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

总编室:010-68407112

网址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:蔺学东 李太宇

封面设计:王伟

印刷:北京中新伟业印刷有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

字数:192 千字

版次:2009 年 4 月第 1 版

印次:2009 年 4 月第 1 次印刷

定价:25.00 元

邮政编码:100081

发行部:010-68409198

E-mail: qxcbs@263.net

终审:章澄昌

责任技编:吴庭芳

彩插:6

印张:7.75

印数:1~2000

前 言

全球变化、自然灾害是当今人类面临的重大全球性问题,正在影响社会经济可持续发展,严重威胁人类的生存安全。由于人类盲目活动对自然环境的破坏,导致自然资源和自然环境不断恶化,从而在某种程度上诱发和加剧全球异常气候变化和自然灾害频发,并进一步导致人类社会环境和自然环境的恶化。

各类自然灾害中绝大部分是气象灾害,对人类生存安全威胁最大的也是气象灾害。气象灾害在自然灾害中出现次数最多,是发生范围最大、危害面最广、造成的损失最严重的自然灾害。20 世纪 80 年代联合国在其行动纲领中明确指出,全球重大灾害中有 80% 是气象灾害或与之有关的灾害。因而减轻气象灾害造成的影响和损失已成为各国政府和科学家共同关心的话题,也是当今人类面临的一项迫切任务,必须下大功夫加以分析、研究和解决。

强对流天气是导致气象灾害常见的一类天气。它是大气对流活动强烈发展而产生的灾害性天气,其特点是空间尺度小、生命史短、突发性强、发展演变迅速、破坏力大,是各级政府和社会公众十分关注的问题,对其进行准确监测和及时预警是各级政府和社会公众的迫切需求,也是气象服务的重点和难点问题。利用当前先进的大气监测手段,结合数值预报等对强对流天气进行监测预警已成为国内外的主要发展趋势。由于强对流天气的突发性、局地性、要素场的不连续性,常规观测手段限于其时空分辨率,难以捕捉到强对流天气的有效气象信息,导致对强对流天气的预警能力较低、预报方法较少。随着大气监测手段的提高和计算机技术的发展,尤其是多普勒天气雷达、闪电定位仪以及自动雨量站的不断布设和使用,为强对流天气的预警和研究提供了极好的探测手段;先进的数值预报模式的逐步使用和多普勒天气雷达网的逐步完善,为强对流天气的短时预报和临近预报提供了最佳的预报手段和预报方法。

本书的出版,可以明显提高公众对强对流天气基本概念、强对流天气分析预报的接受能力,不断提升读者对强对流天气预警方面的认知能力,有助于地方政府、有关部门制定防灾抗灾决策,有助于公众及时采取防范措施,从而有效提高防灾减灾能力,减轻灾害造成的生命财产损失,因此具有显著的经济效益和社会效益。

作者近几年陆续主持和参与了多项强对流天气的数值模拟和预报预警项目的研制,积累了大量强对流天气的研究经验,培养了强对流天气的研究团队,通过科研人员和业务预报人员在科研过程中的密切配合,提升了强对流天气的科研应用价值。为了系统而全面地反映强对流天气的数值预报模式模拟,总结短时和临近预报预警技术,进一步发挥强对流天气的预报作用和预报效果,减轻灾害性天气造成的损失,有必要出版一本有关强对流天气诊断分析、数值模拟和预报技术等方面的专著,以便广大气象业务科研人员、学生了解和掌握强对流天气的模式模拟和预报情况,更好地服务于各级政府和社会公众。

本书分为 7 章,第 1 章是强对流天气的概述;第 2 章介绍强对流天气的基本物理量和诊

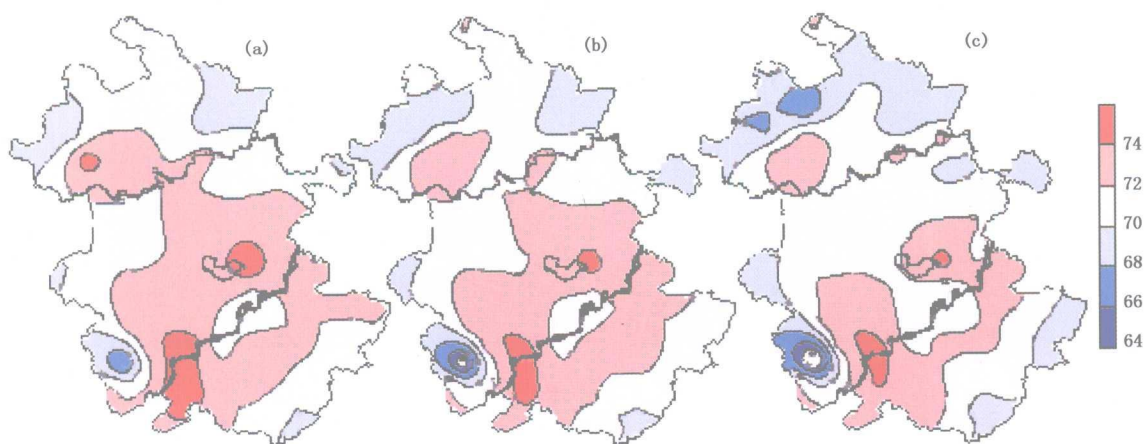
断、分析及其评估;第3章针对强对流天气进行特征分析;第4章从数值模拟角度论述常用模拟方法;第5章和第6章分别从短时、临近预报方法和监测方面介绍强对流天气的实时监测、预报思路和预报手段;第7章论述强对流天气预报应用状况。

承蒙安徽省气象科学研究所所长、正研级高工张爱民的大力支持,使得本书得以正式出版。本书的出版,得到各位编著者的大力支持,他们包括安徽省气象台预报科部分同事,以及安徽省气象科学研究所的张建军、翟菁、丁太胜,安徽省气象台陈晓红正研级高工,安徽省气候中心钱玉萍等。同时对安徽省气象局副局长胡雯,中国科学院大气物理研究所王斌研究员、张美根研究员,中国气象局培训中心俞小鼎教授,安徽省气象科学研究所的邓淑梅、冯妍和安徽医科大学附属医院陶小珍等同志所做的帮助和支持表示诚挚的谢意。本书是作者近年来相关科研项目的总结,因此也对项目的支持单位——中国气象局、中国科学院大气物理研究所、安徽省气象局、上海区域气象中心、灾害天气国家重点实验室等表示衷心感谢。特别对本书的各位合作者表示由衷的谢意。

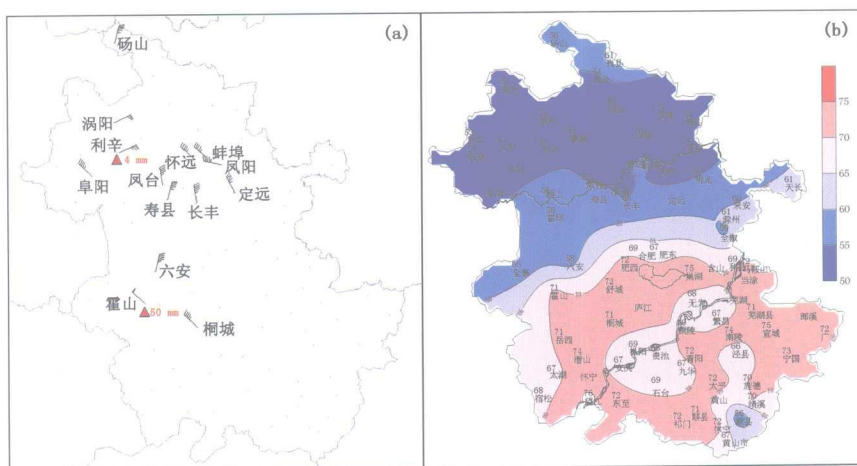
由于作者水平有限,书中错误在所难免,恳请读者批评指正。

作者

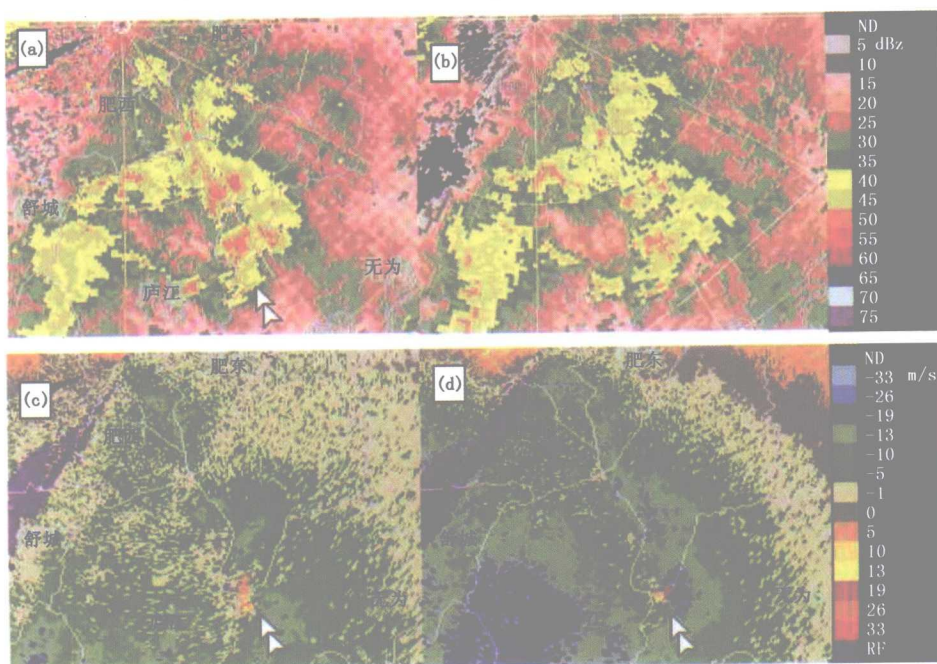
2009年4月

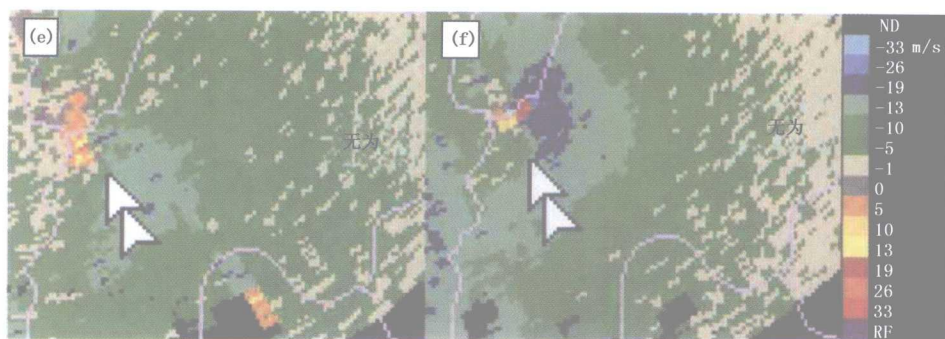


彩图 3.6 2004 年 6—8 月平均地面总能量(单位:J/kg)分布图
(a: 15 时;b: 16 时;c: 17 时)

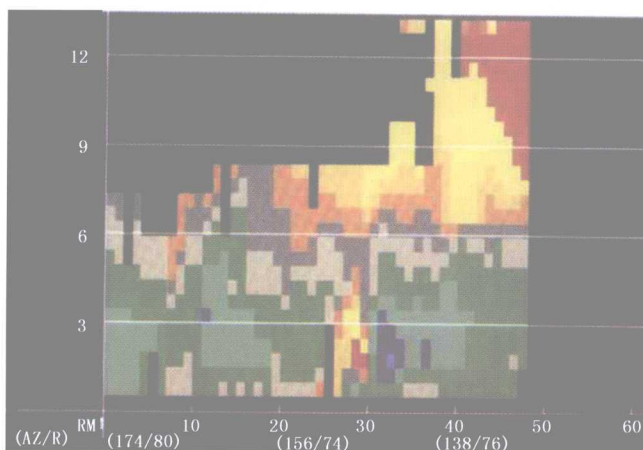


彩图 3.7 2004 年 7 月 8 日强对流天气实况(a)和 20 时地面总能量(b)(单位:J/kg)

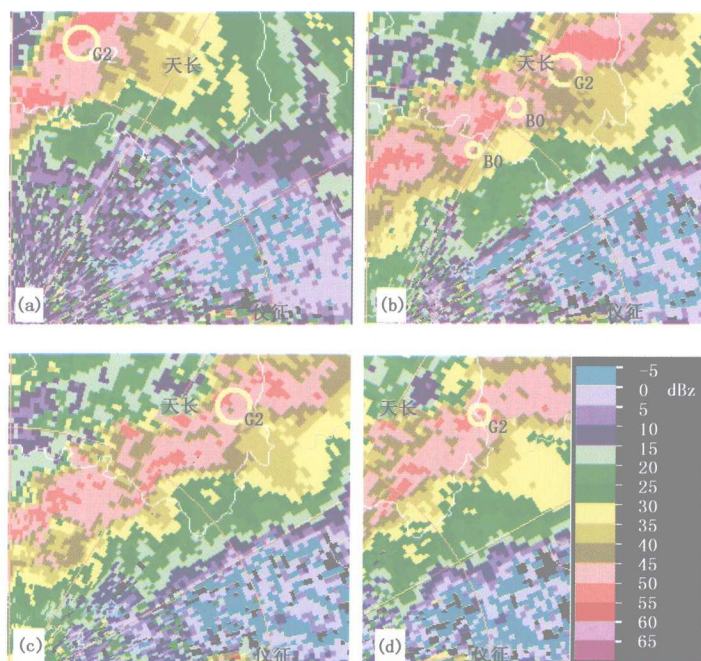




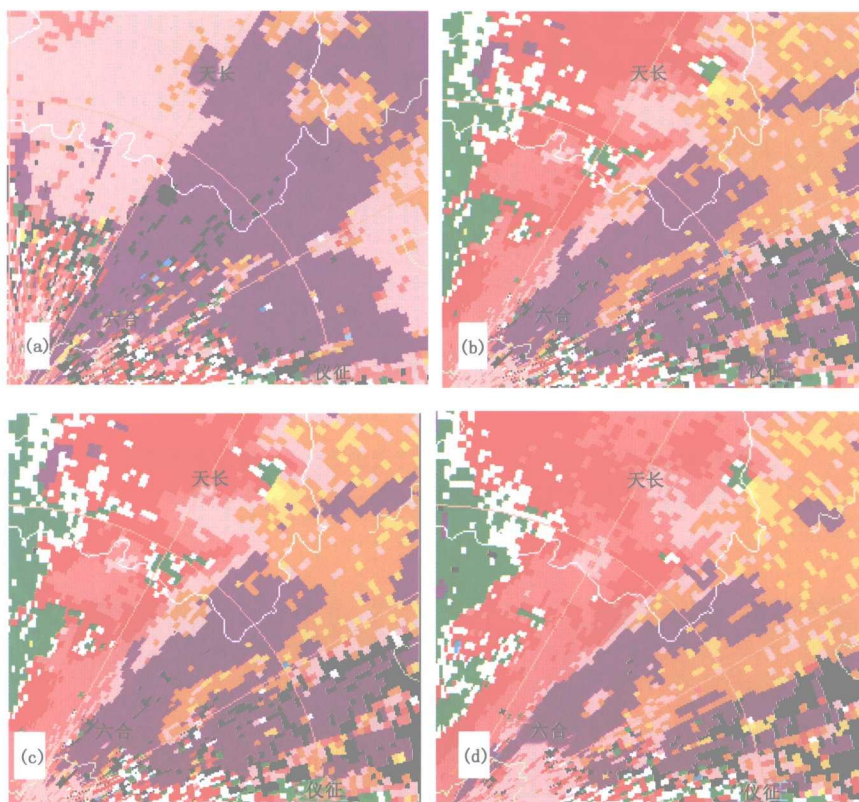
彩图 3.18 2003 年 7 月 8 日 23 时 12 分合肥多普勒雷达回波
(a:0.5°仰角反射率因子;b:1.5°仰角反射率因子;c:0.5°仰角径向速度;d:1.5°仰角径向速度;
e:c 图局部放大;f:d 图局部放大)



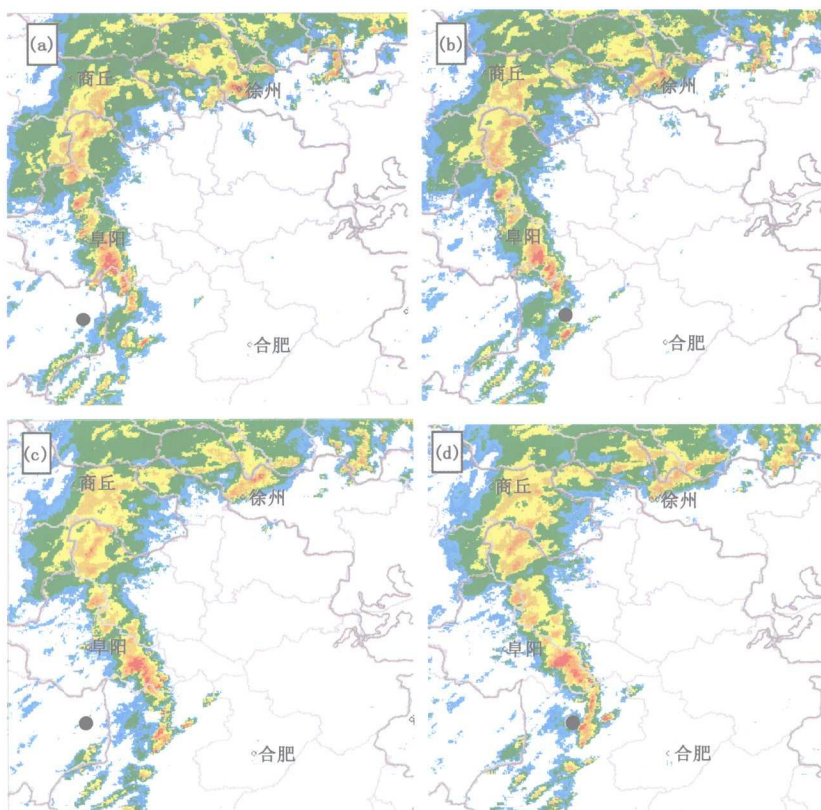
彩图 3.19 通过图 3.18 中小尺度涡旋正负速度对中心且与雷达径向垂直的空间剖面



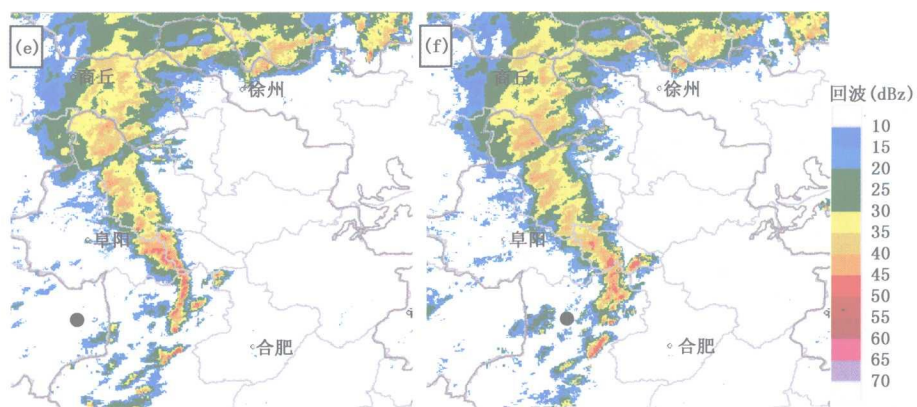
彩图 3.21 南京雷达 7 月 3 日 0.5°仰角的回波强度图



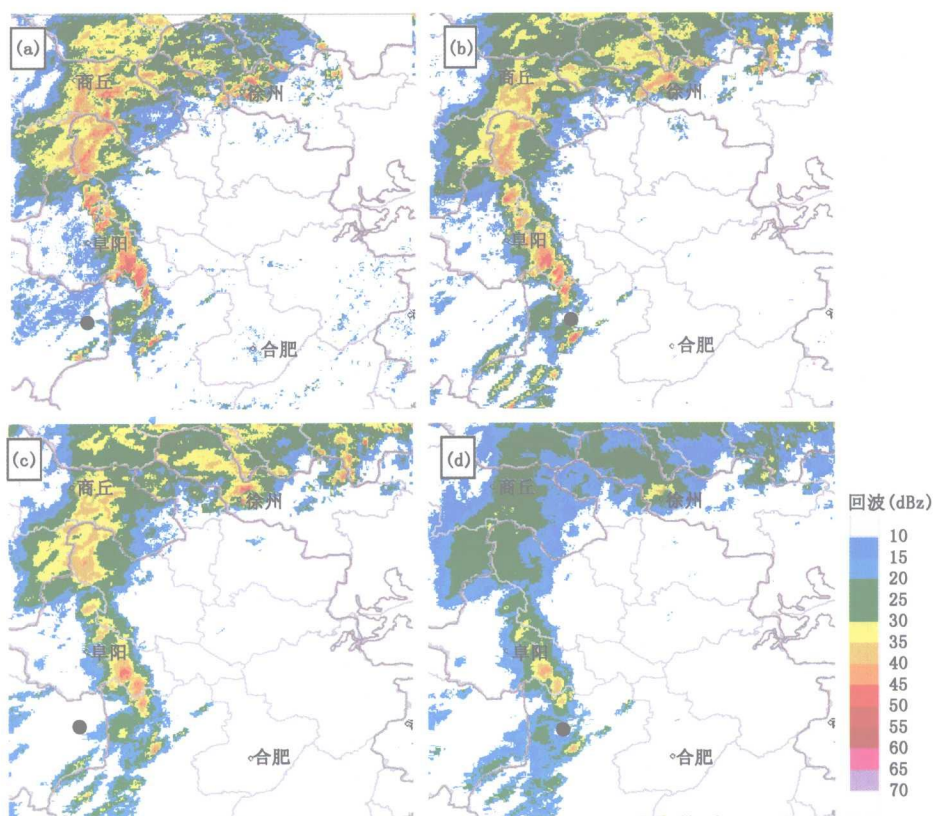
彩图 3.22 南京雷达 7 月 3 日 0.5°仰角基本速度图



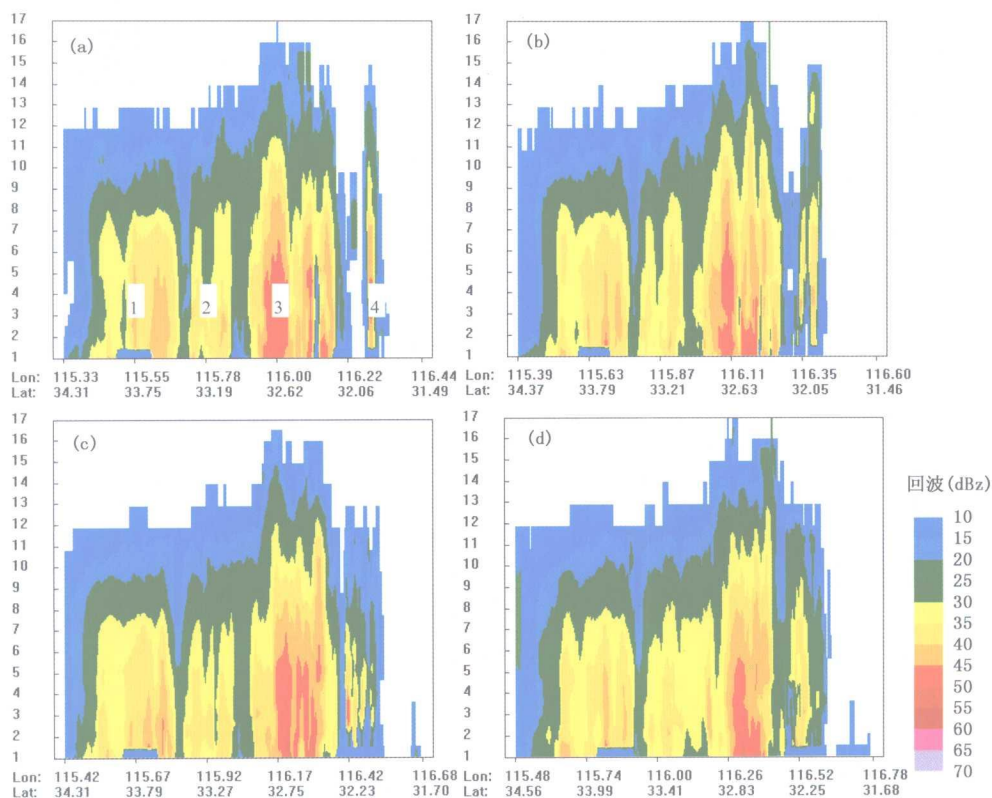
彩图 3.23 南京雷达 7 月 3 日 0.5°仰角基本回波图



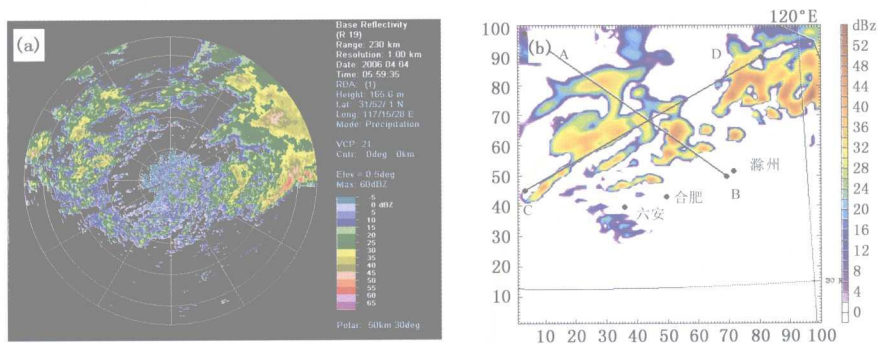
彩图 3.24 2008 年 7 月 23 日 6 个时次的 3 km 高度雷达拼图
(a; 13:00;b;13:12;c;13:24;d;13:36;e;13:48;f;14:00)



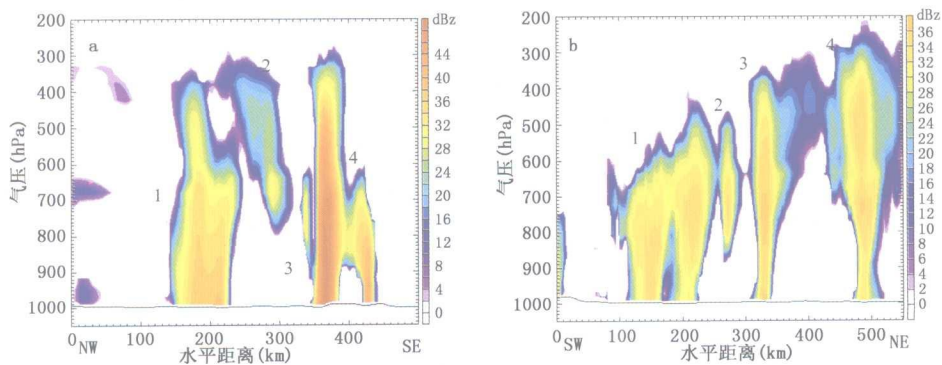
彩图 3.25 2008 年 7 月 23 日 13 时 12 分各高度雷达拼图
(a; 1 km;b;3 km;c;5 km;d;8 km)



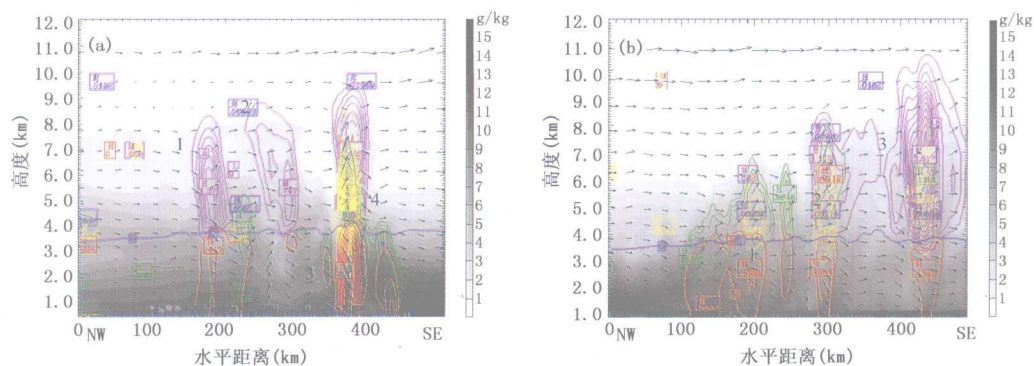
彩图 3.26 2008 年 7 月 23 日雷达回波垂直剖面图(a;13:00;b;13:12;c;13:24;d;13:36)



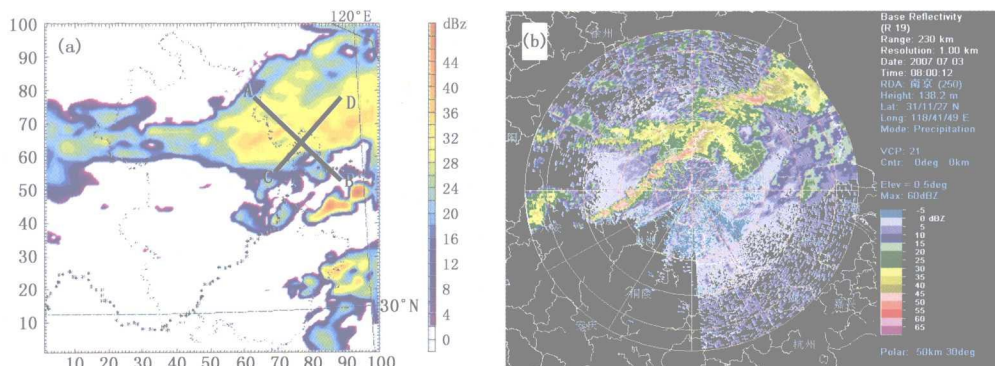
彩图 4.5 2006 年 4 月 4 日雷达回波及其模拟回波
(a: 05 时 59 分 35 秒实际回波;b: 06 时模拟 3 km 回波)



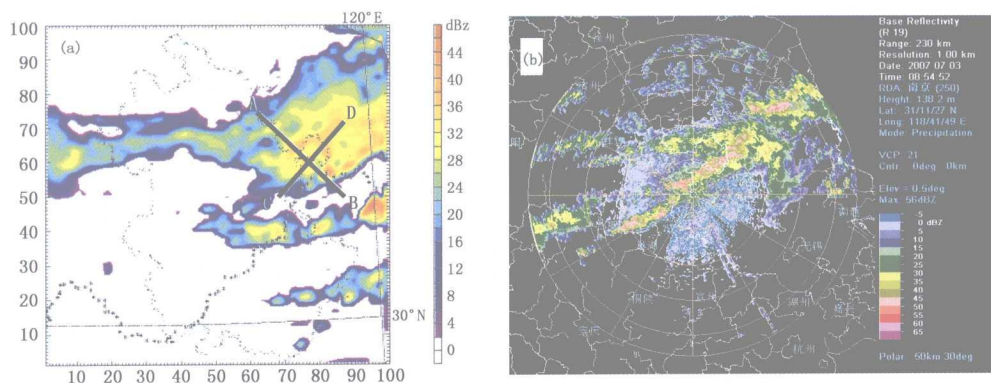
彩图 4.6 2006 年 4 月 4 日 06 时模拟雷达回波(a: AB 段;b: CD 段)



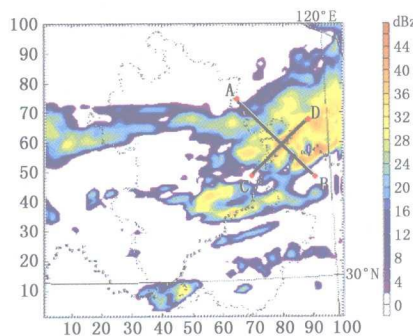
彩图 4.8 2006 年 4 月 4 日 06 时模拟雷达回波剖面图(a: AB 段;b: CD 段)



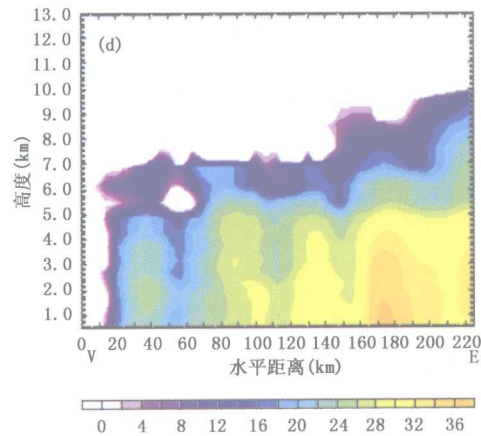
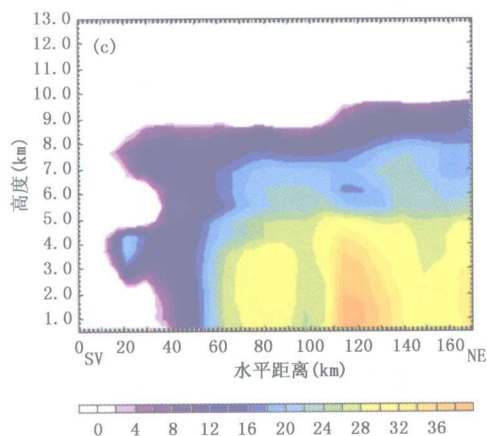
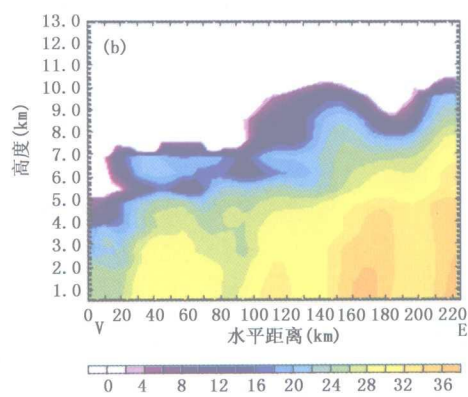
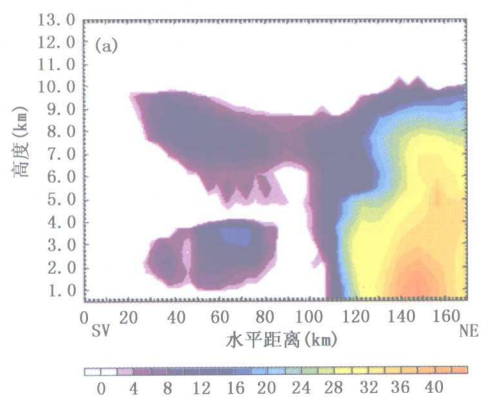
彩图 4.11 2007 年 7 月 3 日 16 时模拟雷达回波和实际雷达回波
(a:16 时 3 km 高度;b:16 时 00 分 12 秒 0.5°仰角)



彩图 4.12 2007 年 7 月 3 日 17 时模拟雷达回波和实际雷达回波
(a:3 km 17 时高度;b:16 时 54 分 52 秒 0.5°仰角)

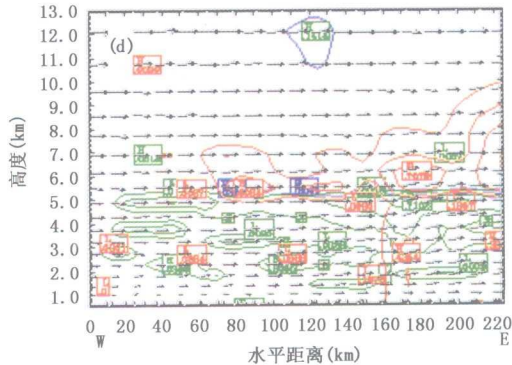
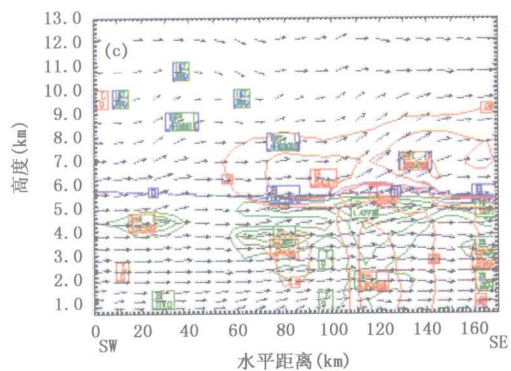
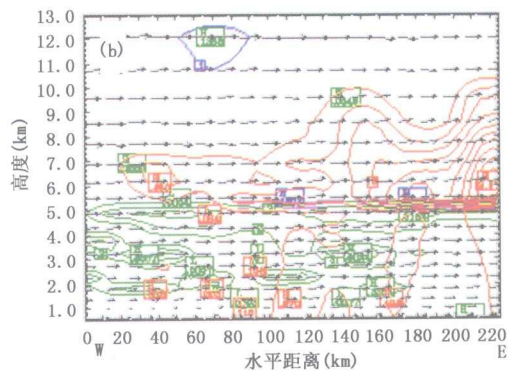
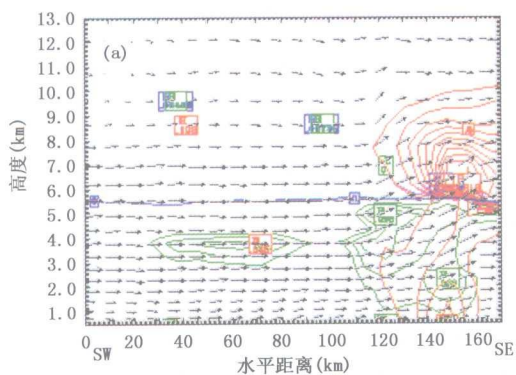


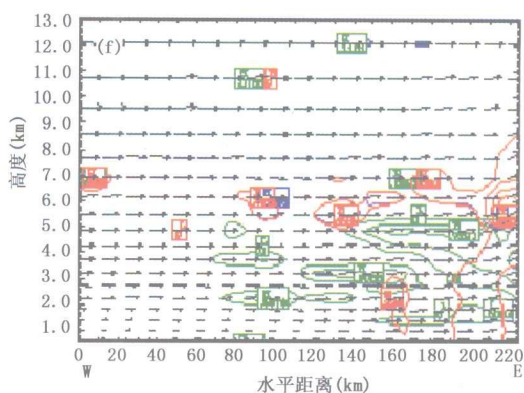
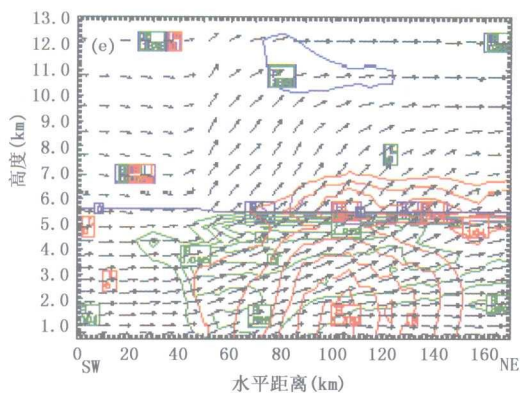
彩图 4.13 2007 年 7 月 3 日 18 时 3 km 高度模拟雷达回波



彩图 4.14 2007 年 7 月 3 日模拟雷达回波垂直剖面图

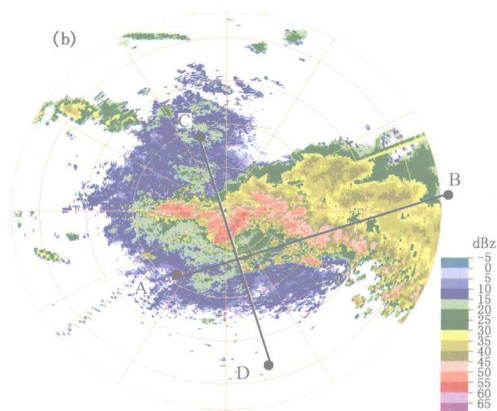
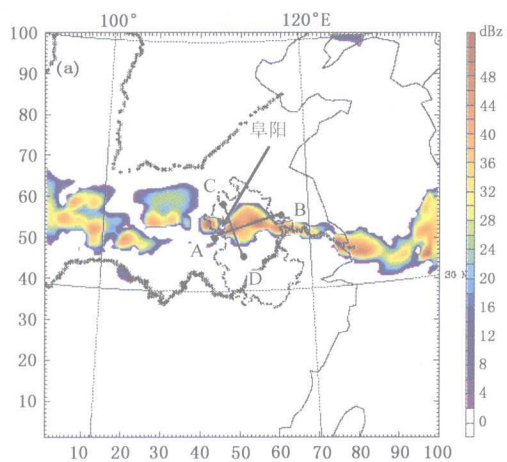
(a: 16 时 AB; b: 16 时 CD; c: 17 时 AB; d: 17 时 CD)





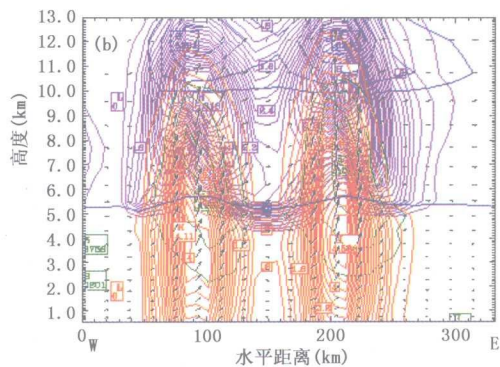
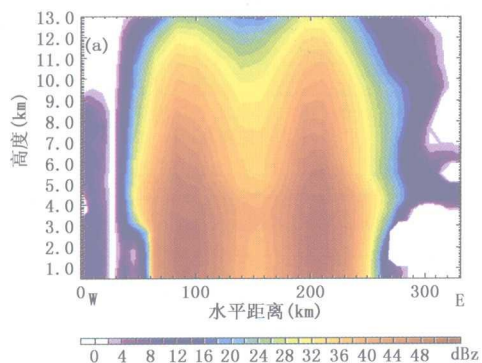
彩图 4.15 2007 年 7 月 3 日物理量垂直结构剖面图

(a: 16 时 AB; b: 16 时 CD; c: 17 时 AB; d: 17 时 CD; e: 18 时 AB; f: 18 时 CD)

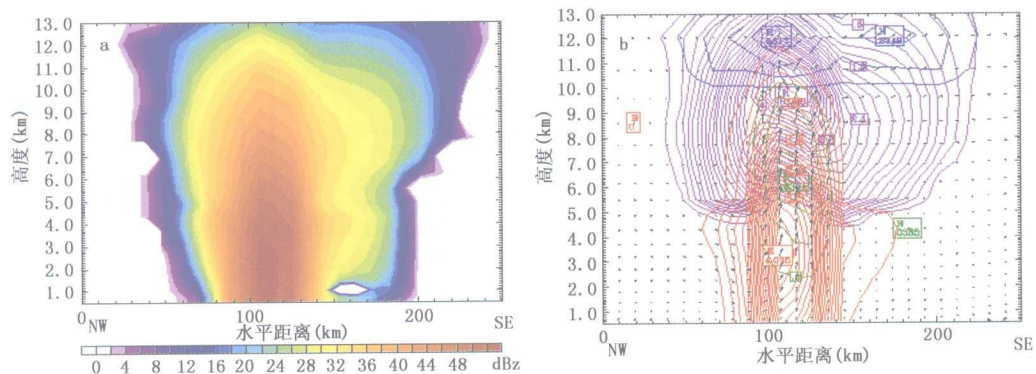


彩图 4.17 2007 年 7 月 8 日模拟回波和实际回波

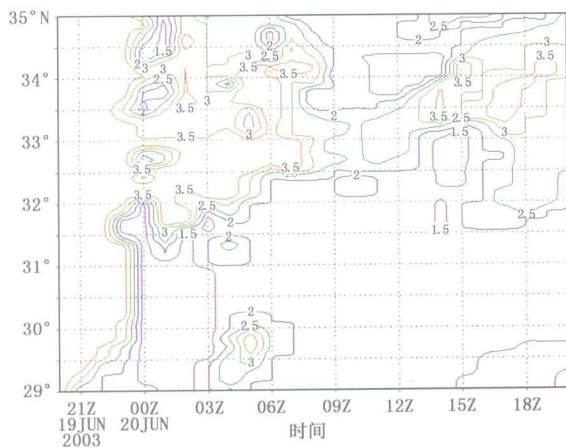
(a: 08 时 3km 高度模拟雷达回波; b: 阜阳 08 时 04 分组合反射率)



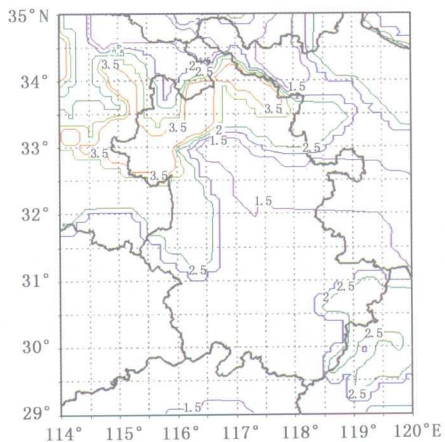
彩图 4.18 AB 连线剖面图(a: 雷达回波; b: 微物理量)



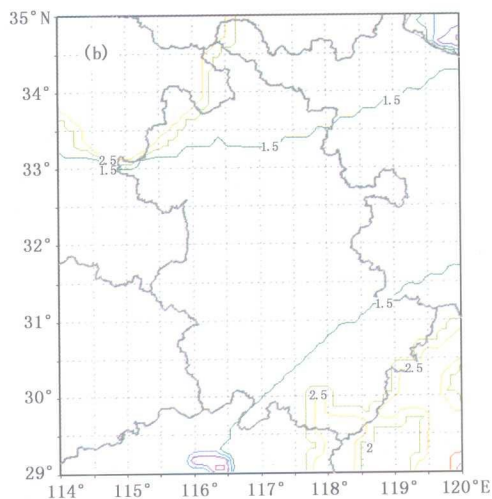
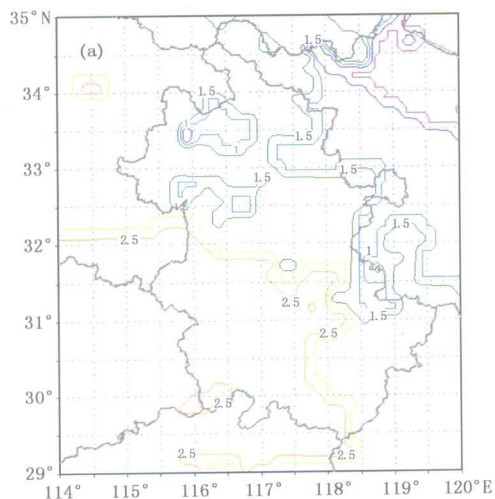
彩图 4.19 CD 连线剖面图(a:雷达回波;b:微物理量)



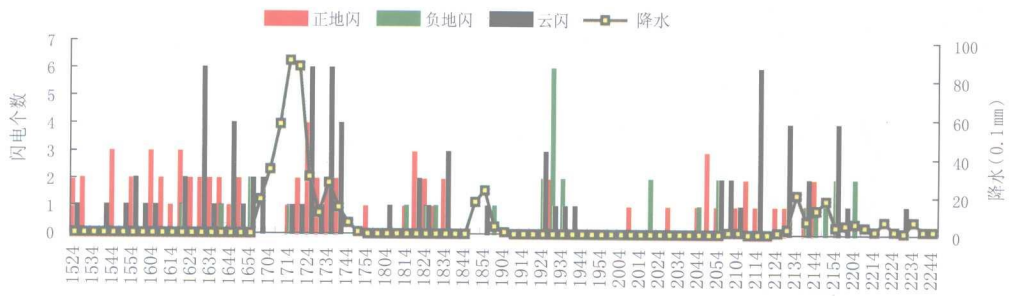
彩图 5.8 沿 117°E 预警指标时序结果



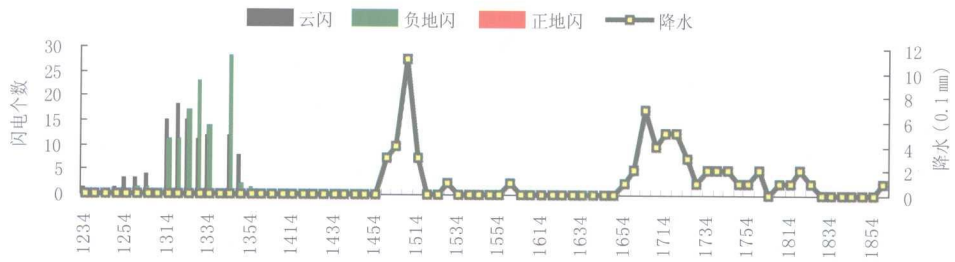
彩图 5.9 预警指标分布图(20 日 15 时)



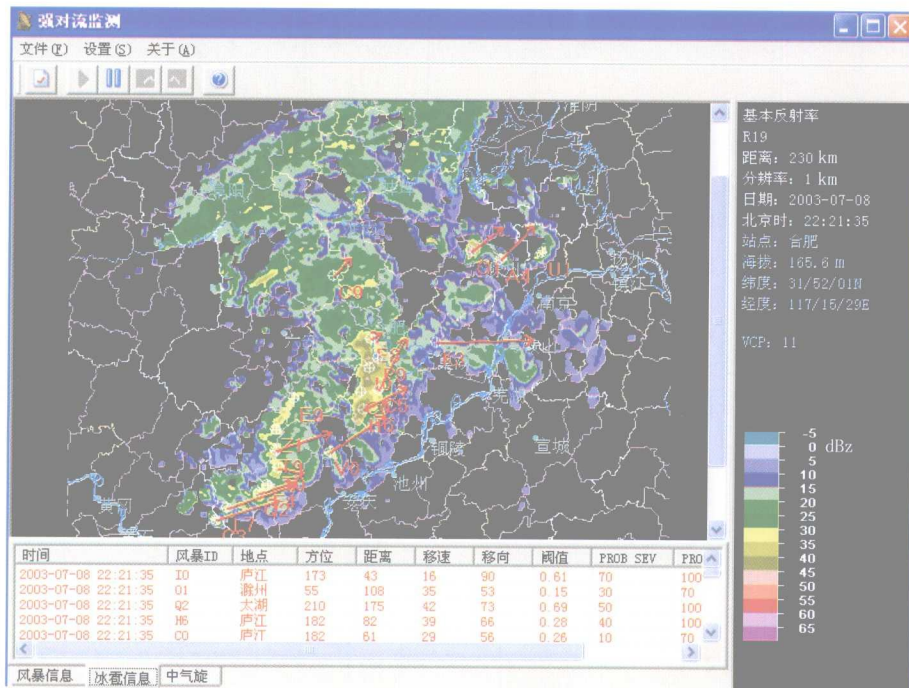
彩图 5.21 预警指标分布图(a:2003 年 5 月 6 日 16 时;b:2003 年 7 月 5 日 15 时)



彩图 6.4 2002 年 5 月 27 日冰雹过程的闪电、降水时序图



彩图 6.5 2004 年 8 月 24 日滁州闪电、降水时序图



彩图 6.7 雷达监测预警界面图

(编号为识别的强风暴编号,箭头为风暴未来移向,长短代表移速,下同)

目 录

前言

第1章 强对流天气概述	(1)
1.1 强对流天气的概念	(1)
1.2 强对流天气国内外研究进展	(2)
1.3 强对流天气损失概述	(5)
1.4 强对流天气的主要预报技术	(6)
参考文献	(8)
第2章 强对流天气的物理量指标及诊断评估	(10)
2.1 物理量指标和评估方法简介	(10)
2.2 强对流天气的能量指标	(11)
2.3 强对流天气的对流不稳定指标	(12)
2.4 强对流天气的综合指标	(13)
2.5 强对流天气的诊断分析	(14)
2.6 强对流天气的效果检验评估	(19)
参考文献	(20)
第3章 强对流天气特征分析	(21)
3.1 安徽省强对流天气时空分布	(21)
3.2 强对流天气总能量分布特征	(25)
3.3 连续强对流天气诊断分析	(29)
3.4 强雷暴大风个例分析	(33)
3.5 龙卷风的中尺度分析	(36)
3.6 强对流天气的触发机制分析	(45)
参考文献	(48)
第4章 强对流天气的数值模拟	(50)
4.1 强对流天气的数值模拟概述	(50)
4.2 短时强降水的 MM5 模式模拟	(51)
4.3 短时强降水的 AREM 模式模拟	(54)
4.4 强对流天气微物理量的 MM5 模式模拟	(56)
4.5 强对流天气动力因子的 MM5 模式模拟	(65)
4.6 雷暴大风的 ARPS 模式模拟	(68)

参考文献	(82)
第5章 强对流天气的短时预报技术	(83)
5.1 主要技术思路和技术流程	(83)
5.2 指标选择分析	(85)
5.3 0~12 h 强对流天气预警系统	(86)
参考文献	(95)
第6章 强对流天气的监测、临近预报	(96)
6.1 基于闪电资料的强对流天气监测预警	(96)
6.2 基于雷达资料的强对流天气监测预警	(101)
6.3 雷达资料的 0~1 h 临近预报系统	(102)
参考文献	(103)
第7章 强对流天气的预报应用情况	(104)
7.1 业务运行情况	(104)
7.2 预报效果回顾	(114)
参考文献	(116)