

中 尺 度 天 气 分 析
和
预 报 译 文 集



气象出版社

中尺度天气 分析和预报译文集

长江三角洲短时灾害性天气预警系统课题组 译

气象出版社

内 容 提 要

本书是从1987年8月中尺度分析和预报国际会议预印本的120多篇论文中,选译了其中的45篇,内容包括中尺度预报问题评述、中尺度观测、中尺度分析和预报、中尺度数值预报,以及临近预报等,它全面地反映了世界各主要国家有关中尺度问题的研究成果和最新进展,对我国广大天气工作者有一定参考价值。

Mesoscale Analysis
&
Forecasting
ESA SP-282
Proceedings of an
International Symposium
Vancouver, Canada
17-19 August 1987

中尺度天气分析和预报译文集

长江三角洲短时灾害性天气预警系统课题组 译

责任编辑 杨长新

气象出版社 出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京燕文印刷厂印刷

气象出版社发行 各新华书店经售

开本787×1092 1/16 印张17.125 字数424千字

1990年2月第一版 1990年2月第一次印刷

印数1—1000 定价12.10元

ISBN7-5029-0217-1/P·0132

前 言

中尺度天气系统水平尺度较小,生命史较短,但造成的影响往往十分强烈。随着探测手段的进步,监测和跟踪能力的提高,对中尺度天气系统发生、发展机制的探讨及预报方法的研究,在世界各国气象学家的共同努力之下,近年来获得了迅速的进展。与中尺度现象有关的临近预报和甚短期预报,则是八十年代气象预报发展的主攻点。

1987年8月17日至19日在加拿大温哥华召开了中尺度分析和预报会议,这是在从前的一系列会议的基础上,首次探讨了甚短期预报问题,会议的重点是讨论分析方法和探测技术对预报进展的促进。内容包括:

- 开展临近预报和甚短期预报的必要性及其效益
- 目前甚短期预报的业务实践和存在问题
- 用于甚短期预报的新型观测方法
- 建立在外推法,统计法,概念模式,边界层模式和中尺度数值模式等基础上的甚短期预报的新方法
- 把中尺度资料引入中尺度数值模式的方法

本书根据上述会议的预印本选译了其中的45篇论文,内容涉猎了中尺度问题的各方面,也尽可能地反映各个国家当代的研究成果。

本书按论文内容的类别,分为中尺度预报问题评述、观测、分析和预报以及数值天气预报共四个部分进行编排,以便读者查阅。

本译文集由上海市气象局徐一鸣负责总编卫校。参加译校工作的还有束家鑫、马德华、虞兆国、朱永祺、唐新章、蒋德隆、金汉良、费亮、钱志春、林有任、王建极、王全发、黄炎、李小凡、胡广兴、徐叔章、刘智勇、丁金才、邹浩、杨美川、宋声平、张家澄、蒋乐贻、胡富泉、吴志根、孙松青、王宁、王以农等同志。限于水平,不当之处敬希读者指正。

长江三角洲短时灾害性天气预警系统课题组

一九八八年一月一日

目 录

中尺度预报问题评述

- 中尺度预报的今天和明天——问题和前景…………… (1)
临近预报——国民经济之需要…………… (7)

用于中尺度预报的观测

- 现代气象雷达应用于临近预报的新前景…………… (12)
在实时预报业务中用五公分多普勒雷达探测和预报强雷暴…………… (19)
先进数据系统在龙卷雷暴沿中尺度辐合带发展的短期预报中的应用…………… (24)
用VAS产品作为雷暴和局地强风暴可能发生的指标…………… (32)
从NOAA-7资料到改进初值化反演方法修正厚度场分析对天气预报的作用…………… (39)
用地球同步卫星红外资料自动探测强雷暴…………… (44)
中尺度锋生诊断分析和卫星云图在飑线形成预报中的应用…………… (48)
业务气象卫星对中尺度系统发展的观测…………… (55)
应用卫星红外资料改进地面热力场分析…………… (59)

中尺度分析和预报

- 1953-1983年间温哥华国际机场较长时间的锋后降水…………… (66)
台湾冬季季风后期锋面与地形相互作用的观测分析…………… (72)
喀尔巴阡山盆地一次中尺度对流复杂形势的详细分析…………… (78)
梅雨锋和多尺度特征的梅雨锋面扰动的概念模式…………… (86)
对流层上层中尺度波动对云雨区形成的重要作用…………… (92)
低层风切变廓线在判别龙卷和非龙卷时的重要性…………… (97)
关于天气重力波导致的探测和业务预报…………… (102)
临近预报的微机处理系统…………… (108)
FRONTIERS: 一个用于降水临近预报的业务系统…………… (112)
降水甚短期预报的业务试验…………… (120)
雷达和卫星图象临近预报系统与中尺度数值模式的交互作用…………… (124)
卫星图象和概念模式在中尺度预报中的应用…………… (128)
利用卫星资料作中尺度预报的困难及前景…………… (138)
加拿大大西洋风暴计划期间McIDAS的应用…………… (142)
加拿大大西洋风暴计划期间实施的一个短期预报试验…………… (145)
热带甚短期预报面临的挑战…………… (153)
使用于业务短期预报系统的简化模式…………… (164)
用相似统计法作甚短期预报…………… (168)
地面气象要素时间变率在短期预报中的应用…………… (176)
恶劣天气的预报软件包…………… (185)
日最高温度的短期预报…………… (193)

飚线中最大风速的预报..... (196)

用常规观测资料作中尺度地面场分析..... (199)

中尺度数值天气预报

用地面观测资料评价中尺度预报系统及其与大尺度预报系统的比较..... (205)

应用探空资料, 地面中尺度观测资料和专家系统预报中尺度雷暴..... (210)

挪威中尺度数值天气预报系统..... (216)

一个垂直嵌套区域预报系统的研制和试验..... (222)

通过与卫星探测资料耦合的数值模式作中尺度分析和临近预报..... (229)

中尺度客观分析的可能性和问题..... (235)

等熵面中尺度分析系统..... (243)

卫星资料应用于中尺度数值预报模式的方法..... (250)

中尺度资料对中尺度数值模式的作用..... (260)

地面地转风和气压分析方法的改进..... (262)

中尺度模式的四维初值化..... (267)

中尺度预报的今天和明天

——问题和前景

[美] Thomas W. Schlatter

一、引言

最近30年来,数值天气预报模式的精确度和分辨率已有了稳定的进展。可是不管这些模式怎样好地描述了大气的大尺度流场,预报员们却仍痛苦地意识到,在0000和1200GMT时刻常常没有捕捉到的中尺度系统都可能在两次模式运行之间的时间内生成和消亡,从而使本来很好的数值预报产生出乎意料的错误。

孤立的深厚对流,大暴雨中的对流运动,丘陵和山地造成大气流场的变化,甚至低云和雾等都是数值预报伤脑筋的问题。但是气象工作者已经可利用精确的雷达和卫星资料开始作成功的临近预报和业务数值预报范围外的时间和空间尺度的外推预报。

在诊断中尺度天气特征和制作甚短期预报时,预报员能胜过数值模式的原因至少有三个:首先,甚高分辨率的资料绝大部分是用图表示的,其显示形式的但在彩色及活动性方面计算机不能以快速同化的形式把它显示出来,而人对这种表现形式似无多大困难。其次,即使表现图象的直观资料被转化成适合数值预报模式的数字化形式,而收集和快速集中这些大容量资料放入模式,在有效时间以前作出预报并传播出去是不可能的。第三,即使有足够的及时的资料,也不能保证有好的数值预报结果。

当数值预报模式对细致具体天气不能提供很多帮助的情况下,预报员们能够并且应该为他们的服务对象提供中尺度天气特征的指导预报,特别是最初几个小时的预报。本文阐述了这一观点。但是这种讨论仅局限于美国的一些业务和交互工作站所能提供的那类信息——促进主观判断的信息。中尺度模式有很大潜力。由于综合的中尺度资料能进一步弄清楚这样的一些天气特征,如飚线后部的流入气流,中尺度对流系统结构,地形引起的边界层环流等,我们的认识得到了增长。当这种了解成熟后,就能用中尺度模式的物理参数化形式来表达它们,从而改进预报。

二、中尺度系统预报的可能性

由于有新的资料;比较好的计算机设备;客观诊断分析的应用和专门的计划,使中尺度主观预报的改进成为可能。

1. 资料来源迅速扩大

今天,在美国引入的气象资料容量已经很大了,在今后5年内,这些资料还将显著增加:

1)地面观测的数量(每小时多达1000个)维持原样,自动地面观测(ASOS)会取代

某些目前手工操作的地面航空观测。

2) 定时无线电测风观测的数量(约75个)和频数(每12小时一次)将大致维持不变。

3) 1989年后,由31个风廓线观测网仪组成的观测网将在美国中部建立,这些资料将提供至少一小时一次详细的对流层风的观测结果(Strauch等,1984)。这种观测网很可能扩展到大陆本土的48个州。

4) 飞机报告数目会大大增加。如果装备有惯性的或奥米茄远程导航系统的商业飞机还能再配备有能自动地测量并报告飞行中大气情况(8400—12600米)的系统,那么美国每天得到的飞机报告可增加到3000次,从半夜前后3小时内的1150次到早晨后和傍晚前最忙3个小时期间的7000次。另外,当飞机爬升或下降时,每天能制作大约1200条风廓线和2400条温度廓线,所以在白天,主要的线路中心点提供了几乎连续的探空最新资料。

5) 廿世纪九十年代美国国家天气局114警报和预报机构多数将使用新一代雷达。这些多普勒扫描雷达可以在每几分钟内提供一次全容量扫描(增加倾斜角顺序扫描)。径向速度和反射率资料的分辨率是方位角1度,距离最大为250米。根据全容量扫描资料可得到许多有用的产品,如边界层风的廓线,冰雹可能性,风暴路径,雨量估算及中尺度气旋的探测等,甚至还可能根据一部多普勒雷达的观测结果描绘出近似的水平风场。

6) 泰罗斯极轨卫星提供高分辨率可见光和红外图象。当卫星处于追踪天线所能探测到的范围内的15分钟时间中,还可用先进的甚高分辨辐射仪和泰罗斯业务垂直探测器(TOVS)接收资料,分别为4兆字节和0.1兆字节。TOVS中有一个仪器是4通道的微波光谱分析仪,可以反演非降水层下面的温度资料。

7) 继当前一系列美国地球同步卫星之后的新一代地球静止业务环境卫星(GOES-NEXT),预期能以每秒32000比特的速度传送辐射率资料。如果用35分钟扫描邻接的48个州,每个辐射率以2个字节储存,那么美国每一个静态探测扫描需要有约10兆字节的存储器。和当前的GOES一样,新一代的GOES也可以每5分钟得出一张可见光和红外图片。在九十年代,准备根据东、西卫星所提供的资料,统一地每5分钟一次为美国本土48个州东部和西部地区提供全分辨率的可见光和红外云图图片。可见光图片需要很大存储器,大约是20兆字节,当地部门将提取他们所需要的那部份图象。

8) 现在有两种不同结构的闪电探测系统为美国大部份地区提供云层对地面的闪电资料。国家雷电探测网格正在讨论之中。

这些各种各样的资料将对计算机及存储器提出很高的要求,幸运的是,先进的计算机设备可以用来及时满足这些要求。

2. 较好的设备

计算机的速度逐年地趋于加快,体积变得较小。现在有可能购置装在一块板上的台式计算机,它可执行每秒一百万次指令。物理学家们在不断地发现能在越来越高的温度条件下具有超导特性的物质。由于新的计算机设备将装有这些超导物质,所以冷却要求就比较小。这样允许计算机进一步的小型化,计算机速度相应增加。最近提出的解决分析和模式初始化问题,按现今标准会受由于计算机上原因而无法进行。但是值得欣慰的是这些问题在廿世纪九十年代将变得容易处理了。

仅仅为处理和显示图象资料,尤其是根据新一代雷达和地球静止业务环境卫星(GOES)得到的资料就需要有相当大的储存。今后的同化技术不但需要储存当前的现时资料,还要按

时间先后排列的历史资料。并且，同化需要的维数很易达到 10^5 ，因此要解决这些问题需要有大量储存。现有的联机存储介质能允许在具有几千兆字节的存储器中很快地进行存取，至于需要这样巨大的存储，这是容易理解的。

显示技术已超过气象的需求，电影制作工业的制造卡通片和外空惊险电影中的活动性还使用了很复杂的显示设计。虽然最好的设备很昂贵，但是它已经可能从近乎连续的一系列颜色在甚高分辨率屏幕上显示图像，在图象上叠加等值线资料，并可让一长串画面循环显示。

3. 使用客观分析作单纯的诊断

历史上已经使用的客观分析方法有两个目的：为对实际大气和模拟大气进行诊断研究时提供网格点资料；为数值天气预报模式提供初始条件。有限区域细网格模式（LEM），套网格模式（NGM）和初始方程（PE）谱模式与全球和区域预报密切相关，美国国家气象中心对这三个模式传送初始场。这样做的好处是预报员可将初始场和点绘出来的资料进行比较并使两者协调，并据以衡量以后所作预报的准确度。不利方面是初值化过程往往使所分析的要素场，特别是风场，与实测值的偏差大到无法接受的地步。

客观分析本身对诊断实时大气状况，航空飞行或估计对流的可能性等是有价值的。当前已可建立一个每一小时一次的资料同化系统，非常规资料很快将足以支承这个系统。将每小时对流层分析叠加在卫星云图上，能容易地确定最近预报和实况的缓慢偏移程度。希望在于同化系统用在经常性的分析上的计算要求比用在高级模式预报上的计算要求要小得多，前者用比较简单的动力模式就可以运行得比较好，它只是把大气状态从某一时刻推移到下一个时刻。

4. 中尺度预报的专门计划

美国国家天气局主要现代化方案的目的是改进投资效果，提供更及时、准确的中尺度预报，重点是改进各类危险天气警报。

现代化方案有二个部份：第一部份是改组区域部门结构，给予地方部门在发布灾害性天气警报方面有更多的自主权，增加每个机构内具有受过高等教育和良好训练的气象学家的百分比。第二部份是改进通信传递和显示能力，这被称为A WIPS-90，即九十年代应用的先进的天气资料交互处理系统。AFOS（业务和服务自动化系统）原是为了显示矢量图形、点绘资料、电文以及编制和传输情报而设计的。美国气象部门目前依靠它来显示大部分经集中加工的产品。由于AFOS没有彩色，大部分单位另外配备雷达彩色显示器和卫星图象硬拷贝打印机以为补充。当前不可能显示活动性图象。

A WIPS-90预期达到下述要求：

- 1) 将雷达和卫星资料融合进目前由AFOS处理的常规资料。
- 2) 能具有充分扩展的局部应用处理。
- 3) 能用于对所有的气象和水文指导性产品和资料的分发。
- 4) 使用一个能适应扩充的系统结构。

作为初步设计的设计要求已提交给美国工业部门。

为应付中尺度天气，今后几年内国家计划的重要部份是国家风暴尺度的业务和研究气象（STORM）方案，它补充了刚才描述的国家气象局的现代化规划。STORM有两个目的：

- 1) 使国家和私人机构中的气象学家由于时间性和精确度的改进，能够观测和预报小尺度天气现象的发生。

2) 将改善的预报能力和认识应用于保护公众, 为国家经济服务的任务并满足防灾的要求。

为达到这些目的, 需要发展对观测、分析、预报和传递中尺度天气情报所必需的技术, 此外, 还需要一个强有力的研究、开发和教育计划。以适应下列这些次要目标:

- 1) 加深对风暴尺度天气的了解,
- 2) 改进风暴尺度的天气预报,
- 3) 改进业务(包括现场研究)观测和资料分析系统的结构和设计,
- 4) 提高风暴尺度信息的有效使用,
- 5) 训练一批具有风暴尺度天气现象知识, 能利用这种资料的专业气象学家。

国家STORM计划的要点有以下三个基本部分:

1) 四维资料同化的工作应仔细地在美国国内范围协调, 优先考虑那些能使用从现代化观测站网得到的资料流的地方的改进的同化实践。为了在同化和数值预报技术被用于业务以前作出改进, 必须建立国家的检验设施。

2) 为了促进业务预报员和科研人员之间的合作和协调, 应该建立一些实验预报中心, 这些中心应设置在靠近这两类气象人员集中的地方。通过使用先进的交互式显示系统和室内计算设施, 这些中心的工作人员可增加对中尺度天气现象的了解并知道如何来预报它们。

3) 现代化的国家天气观测网增强科研工作的潜力在于它具有更频繁地对大气层进行观测并具有前所未有的更加详细的观测能力。因而, 使研究人员能方便地使用资料的综合档案是STORM方案的一个关键部分。

三、问题和任务

1 如何融合不同类型的资料

为预报员需要而提供的所有资料信息来源并不是单一的, 所以在同一地图投影上显示不同类型资料的能力是极其重要的。

夏天, 在雷达平面位置显示器(PPIS)上反映微弱的回波线常常表示标志着低层的辐合, 如果当回波线从雷达屏幕上移走时, 经向速度从“后退”突然变为“靠近”, 则证实了辐合的存在。从密集地面台站网得到的测风纪录能提供风的垂直于经向的分量, 而这种资料在一部多普勒雷达上是测不出的。因此地面测风纪录有助于对雷达探测资料的判断和解释。

同时, 可见光和红外云图还描出了云的位置, 并给出云顶高度的相对测量值。如果增加由无线电测风仪测得的温度与高度的关系, 那么就能得到绝对云顶高度。

雷达和卫星资料是相互补充的, 可见光云图上显示发展着的积云线比在雷达上反映的要早, 而以后, 在卫星云图上, 当大雷暴积雨云砧遮蔽了活跃对流的视域时, 雷达回波却显示了强降水的位置。

把前面二个不同类型信息相结合进行一次显示的例子是成功的。第三个例子出现了问题: 重新绘制的标准算法不能正确地测定相对于地球表面的云高, 造成云和相应雷达回波的位置之间不一致。

其它的例子正在研究。了解云对地的雷击对山区很有价值, 因为在山区雷达覆盖面很差。闪电活动或许和中尺度对流复合体及单独强风暴的生命时期有关。与云的微物理过程是肯定有关系的, 但对于这种关系是如何建立的科研人员仅仅刚开始了解, 敏感的雷达和雷击

资料给出了独立的启示。

当自动飞行报告和风廓线资料可更为广泛地取得时，显示这两种对流层上层资料是有意义的。用取决于精确测量扰动的风廓线仪来测量急流中心的风是有困难的，因为那里的空气常常是平稳的，商业喷气式飞机经常在急流中心附近飞行，所以能提供一些补充测量资料。

如何将卫星获得的平稳的温度廓线资料与从测风廓线雷达获得的高分辨风廓线资料融合目前是一个活跃的研究课题，Bleck等（1984）提出了解决这个问题的一个方法。然而有一点已经很清楚，即从廓线仪得到的测风资料和从卫星得到的温度资料不一定满足热成风近似。

与将不同观测系统资料融合有联系的另一一些问题正等待满意地解决。例如，无线电测风、风廓线仪、飞机资料和云的移动情况等对风的估计都有帮助，但即使在2—3m/s范围内得出的测量值也很少一致。卫星、地基辐射仪和无线电测风仪等都直接或间接地测量温度，但是辐射仪的测量值容易发生偏差。这样，要么试图除去这种偏差，要么只用梯度资料。未来几年内如何成功地融合不同类型资料，将是一个挑战性的课题。

2. 如何对付过多的情报信息

在AWIPS-90的年代，预报员们将不得不对付那些使人手足无措的不同的产品，根据工作站的节目单所有这些产品都能获得。一旦预报员对预报问题作出了决断，那么这些产品完全可能就不列入进一步考虑之列。

毫无疑问，预报成功的关键在于选择产品的能力。例如当剧烈天气出现这天，各种产品的恰当混合会随时发生变化。在早晨看到的区域尺度的产品可让预报员确定那些受强雷暴威胁的地区，同时由于短波可以触发雷暴的活动，所以要仔细察看高层气流。在中午时，当预报员要寻找对流活动的早期征兆时，卫星图片及地面观测资料被优先利用。一旦大的风暴形成，预报员为弄明旋转，强烈流出气流或确定回波形状等可能研究多普勒雷达和地面风观测资料。

3 关于进一步提高认识

许多关键的科学争论集中在尺度之间的作用问题上，如较大和较小的大气扰动之间，能量是如何来回传送的。对于中尺度问题，一些更重要的争论是：

- 1) 雷暴单体如何合并形成一个中尺度对流系统（MCS）；
- 2) 大尺度环境流场如何有利于MCS的发展；
- 3) 中尺度地面热通量和湿度通量在大尺度系统，如气旋，气流阻塞和气候变化中的作用；
- 4) 地形对锋面、干线、冬季气旋、冷空气阻塞和中尺度对流系统生成等的作用；
- 5) 地面特性，如反射率，粗糙度，土壤湿度，和它们的空间梯度等对中尺度环流的影响；
- 6) 行星边界层与中尺度现象，如低层急流锋面、雷暴的流出气流，和爆发性的海洋气旋生成等的相互作用；
- 7) 云系与可见光和红外辐射，包括由有云与无云区边界引起的中尺度环流之间的相互作用。

九十年代的美国观测系统将有把握弄明白上述这些问题。但是那些即使是只能暂时得到较高分辨率测量的现场实验，在研究中也仍旧起到重要作用。模拟某些观测能力仍较差的较

小尺度过程的数值模拟也起到一定作用。

4. 教育和训练

这里所说的，训练指的是获得技术，而教育指的是获得知识。训练预报员使用那些一个小时项目单的资料信息。为了使预报员能理解为多普勒雷达显示这种不熟悉的资料信息，训练时间相当长。但是，大约一个月之内，雷达图象的一些确定的形状和运动肯定能与特定的天气事件联系起来。回顾有趣的例子有利于业务训练。

弄清楚与资料特征有关的物理意义和动力特性的教育工作更加困难。许多情况下这些关系还不清楚。在办公室用录象带可部份达到上述目的。但是最好的办法是短期的特定课程或大学课程。

为了帮助大学接触、分析和显示大量的大气情况资料，从1983年开始由大气研究大学协会设计了一个国家范围的计划UNIDATA。由国家科学基金会支持，UNIDATA提供软件和其它一些帮助，使研究室和教室内能使用个人计算机和更有效的工作站。

(唐新章译 束家鑫校)

临近预报——国民经济之需要

[捷] D. Podhorsky

一、引言

临近预报的技术(气象雷达网、基本卫星资料的处理、对气象资料各种来源进行全面综合评价、实时为用户提供分析和预报信息)为定性地改变气象服务与国民经济之间的相互关系创造了有利的先决条件。

迄今为止,捷克斯洛伐克水文气象局的产品仅作为一种参考资料为经济管理部门所收集,同经济管理并没有直接的关系。随着工业、农业和交通事业的快速发展,一些关键性和极端气象现象的影响更为显著,因而这一切为改变目前这种服务情况奠定了基础。

天气警报和甚短期预报逐渐成为管理系统中一个有用的组成部分,在捷克斯洛伐克,临近预报的经济效益主要表现在以下几个领域中:

- (1) 农业生产活动的调度,尤其在收割季节,受益面积约为20万公顷,
- (2) 冬季期间公路和铁路的养护,
- (3) 捷克斯洛伐克领空范围内的航空交通管理。

二、临近预报在农业中的应用

临近预报专用长波传真机(传呼讯号OLT-22,输出功率100kW,频率124.6kHz)的引进为接收整个欧洲地区的图表和图象资料创造了条件。设在布拉迪斯拉发斯洛伐克水文气象研究所世界气象组织甚短期天气预报业务中心的不断工作,使用户接收静止气象卫星(METEOSAT)的原始资料成为可能,该中心还每小时发送一次由中欧雷达特征确定的雷达回波顶高综合图和天气现象,同时传送的还有地球表面雷达回波强度等值线图。有5个站每天发送两次高空分析产品。

另一台传真机的频率为111.8kHz,输出功率80kW,传呼号OLT-21,它主要具有“天气学特征”,即其传送的主要产品为分析过或未分析过的天气图、高空图和预报图。但是,根据91个站编码为SYRED和其他非定点雷达站资料得到的捷克斯洛伐克及其邻近地区逐时图却具有特殊重要的意义。

为了安排收割活动,预报台直接设置在地区收割指挥部内。这些台配有传真接收机、电传机和与该地区各农业部门连络的无线电话系统,此外还配有无线传真机,它与收割区内每10分钟测量一次降水强度的可移动性气象雷达HRL-1($\lambda=3.2\text{cm}$)相联结。

发预报的时间定在清晨,区收割指挥部利用这个时间安排一天的日程,预报包括:未来12小时的甚短期天气预报和未来3天的短期天气预报,包括露水预报。此外,预报台还通过无线电话网在06:00—18:00时之间向各农业单位直接提供2小时内风暴、阵雨和雨量的警报或预报。

收割指挥部根据预报、雨量资料的综合处理和HRL-1传真机的资料，决定气象条件是否适合联合收割机开往收割区或按照气象学家提供的资料决定是否暂停收割。

由于约三分之一的粮食在一定时间内仍在露天储藏，因而临近预报对保护已经割起的粮食作物也有重要的意义。

在我们用气象服务指导农业收割活动的6年实践中，我们的用户报告说，收割损失减少了3—5%，即在20万公顷的密植谷物地区内，减少损失达3千万捷克克朗。

以下是1986年8月18日的个例分析

1986年8月下半月，尤其在8月16—19日这几天中，中欧地区发生的一例天气形势，对安排农业生产活动特别复杂。8月16日下午，波希米亚东北部的风暴带来了16—24mm的雨量；晚上，在摩拉维亚北部，第2个最大的对流活动降下了10—27mm的雨量。8月17日，风暴继续加强，摩拉维亚北部的总降水量增至29—38mm，易北和瓦河流域的雨量亦达13—22mm。

这次风暴活动是在中欧的一个斜压区中发展起来的，8月18日发展到其最强盛的阶段，在该日午后，波希米亚西部和西德、奥地利的多瑙河流域上空形成了一些超级单体(图1)。

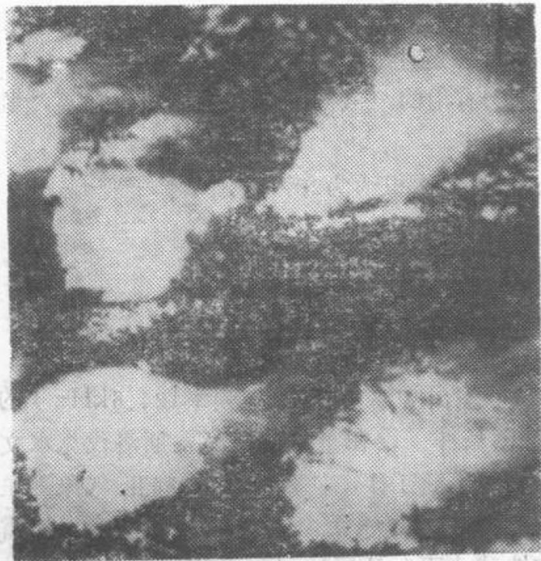


图1 1983年8月18日13:25(世界时,下同)在中欧西部上空的超级单体(P为布拉格地区)

通过详细分析雷达和卫星资料并综合处理高空和地面站的资料，我们可准确地分析出这些单体的动力过程。根据METEOSAT静止卫星的初始资料，利用METEOTREND方法计算了每小时的平流-对流活动，即按等温线(等密度线)关系推算出云场运动。计算了 $32 \times 32 \text{ km}$ 范围内云场运动的方向矢量(单位为 km h^{-1})和 $8 \times 8 \text{ km}$ 范围内第一次METEOSAT读数后云顶高度的温度变化。等密度相关方法是基于这样的假定，即两个相互紧接时次的云图中的相同等密度值之间存有一定的关系。在这个基础上，计算出卫星云图上各点的位移，作为等密度(等温)相关点的位置差异。等密度值的数目可由气象人员按垂直场强迫力、对流强度、雷达最大反射率等来选择。目前，最佳的试验结果

是用3—4个控制的等温值获得的。

然后，有可能根据估算的运动场作外推来预报未来1—2小时的云场位置。

1986年8月18日，METEOTREND方法比较成功，准确率达90—95%， $1024 \times 1024 \text{ km}$ 范围(中欧)内未来1小时(17:00—18:00世界时)的云场预报达94.32%，云顶温度预报分别为19.13% (-2 — 2°C)，18.66% (3 — 7°C)和11.39% (8 — 12°C)，这表明预报的温度低于实际温度。

仅就摩拉维亚地区而言，预报成功率达100%，云顶温度成功率分别为29.33% (-2 — 2°C)，25.04% (3 — 7°C)，22.81% (8 — 12°C)。

对流活动的变化(尤其在单体消散阶段和单个积雨云消散阶段)，与1km高度处的雷达反射率强度密切相关。换言之，对流趋势中具有一定的可预报性，尤其在云类及其现象的

动力学识别方面。

三、临近预报在公路和铁路养护中的应用

1975—1982年冬季期间，根据雷达特征的垂直廓线，利用层状降水云的识别规则，向布拉迪斯拉发市技术局提供有关的情报。

为满足各管理和执行部门改进冬季公路养护的需要，八十年代中期，通过对地面、高空、卫星和雷达资料的综合处理，制作了一种警报和甚短期天气预报的系统。目前，在对公路交通有危险的各类现象中，可以预报的有：结冰、路面冰层和结冰、大雪、吹雪以及雾。预报每天二次，如发警报，则由预报服务部门向用户提供。

通过5年来的使用实践，用户们都很赞赏上述灾害性现象的甚短期预报。同时应该指出，仍有不少空报现象（10—15%），而在最近3年1—2小时的临近预报中，还没有发现大雪的漏报现象。

目前正在筹备一项由计算机发送彩色图象预报的计划，这个计划可为捷克斯洛伐克近100个管理和调度中心提供实时预报，包括制作电传广播的预报。

以下是1987年1月26日的个例分析

影响这次中欧天气的主要气压系统是发生在莫斯科地区的一个中心气压为967hPa的强大气旋，气旋与锋面系统相连，锋系的冷锋部分在当天早上到下午的时间内通过捷克，移向西南。开阔地区的降雪伴有20m/s的西—西北阵风。捷克—摩拉维亚高原上和斯洛伐克东西部地区均有吹雪。下午的温度在 -3°C 到 2°C 之间。

同时，极地冷空气开始沿气旋中央的后缘从斯堪的纳维亚通过波罗的海向中欧内陆地区渗透。

在06:30的甚短时预报中，预计未来12小时冷锋将加速移动。

根据12:00和18:00维也纳和布达佩斯的高空资料分析，对流层底层和中层的气流方向为 $280-300^{\circ}$ ，以后逐渐右转。1月27日12:00时和00:00时的气流速度剧增，气温明显下降。12:00时维也纳850hPa高度上的温度为 -5.3°C ，风向 300° ，风速19m/s，12小时以后，温度降至 -9.9°C ，风向 325° ，风速增至39m/s。在700hPa高度，温度下降了 4°C ，风速从23m/s增至45m/s。

500hPa高度上的降温更为明显，从 -26.3°C 降至 -36.9°C ，风向从 295° 转至 315° ，风速从38m/s增至51m/s。各种有利于对流发展的条件均已形成。

此外，在整个冬季期间，降水终止的预报对公路和铁路的养护调度也具有同样重要的意义。

四、临近预报在空运管理中的应用

目前，捷克斯洛伐克的空运管理系统由布拉格和布拉迪斯拉发的气象服务中心进行协助。布拉迪斯拉发机场在其空运管理中心配有输出产品监视仪（如需要，还可使用录相机）、查询系统、飞机专用控制系统、航空气象人员，并与斯洛伐克的气象主中心有联系。

所有处理过的高空、地面、雷达和卫星资料都储存在斯洛伐克水文气象研究所业务资料库（METEOSYS/DB）中。

以下是1985年5月15日的个例分析

1986年经互会国家共记录到13起飞机遭雷击的事件，而1985年的数目几乎高出一倍。

1985年5月15日11:45时，布拉格—布达佩斯航线上有一架飞机（机号TU134A，航班号OK862）在刚飞至捷克斯洛伐克—匈牙利边境上空时被闪电击中。

众所周知，闪击高度一般在500—6000m之间，可能性最大的是在1500—3000m，约有30%的例子出现在500—4000m，其平均温度为 -3°C 左右。

这天，中欧上空有一个浅低压区。在这松散的气压场中，有一条锋线，它把欧洲东南部的暖湿空气与东德、西德和奥地利上空的冷空气分隔开来。5月15日清晨，从雷达和卫星资料中可以看到，这条分隔线向波兰南部、斯洛伐克中部和匈牙利东部延伸。第一批积雨云于8:30时在布拉迪斯拉发以东150km处形成，云层高度90km，不到一个小时，形成一个多单体系统，积雨云的云顶达到对流层顶（11.8km）。根据布拉迪斯拉发MRL-5雷达的测量，最强盛的发展阶段出现在10:00和11:00时之间，此时有些孤立的积雨云伸到13.4—15.2km的平流层高度。雷达测量与METEOSAT静止卫星的资料很相一致。资料的接收间隔为30分钟。

用2条（ -35°C 和 -22°C ）、3条（ -45°C 、 -35°C 和 -22°C ）和4条（ -45°C 、 -35°C 、 -22°C 和 -15°C ）控制等温线计算了平流和对流的变化。对11:42时1小时温度场的最成功的预报是用4条等温线（09:42到10:42时）计算出来的。在布拉迪斯拉发与匈牙利中部之间的区域，预报成功率达90.63%，其中， -7 到 -3°C 的温度范围为10.03%， -2 到 2°C 为25.68%， 3 — 7°C 为9.84%。图2给出了用两条控制等温线的平流-对流变化作出的预报结果。与实况相比，图2中分隔锋线处的对流云场出现北移现象。其1小时预报准确率下降了3%，这例中，积雨云顶温度中各个范围的成功率有明显的差异， -7 到 -3°C 的成功率为6.79%， -2 到 2°C 仅为12.35%， 3 到 7°C 为19.86%， 8 到 12°C 为11.13%。

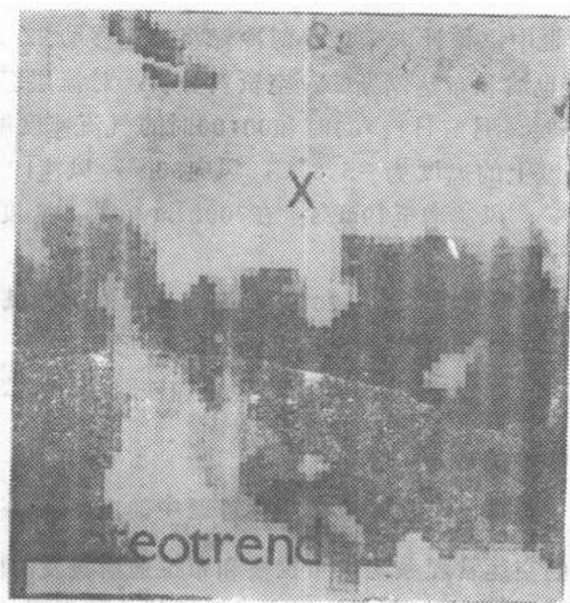


图2 1985年5月15日11:42时(TU134A飞机接近布达佩斯机场并遭雷击和霰击的时刻)计算的云顶温度场预报(×表示飞机飞行点)

从METEOTREND方法的分析可以断定，飞机航线上强对流云的发展至少可以在1小时之前成功地预报出来。

五、结 论

根据雷达或卫星或同时根据两者的两个连续时次的云图进行简单外推以及使用临近预报,就他们的经济效益来说,结果是令人鼓舞的。

目前根据等密度线及预报与时间轴之间的关系并以两维空间(像素)云型识别理论为基础的METEOTREND方法,对于从云物理学和降水角度来考虑是不能令人满意的,因而导致人们引入三维空间的应用,即朝容积元素(VOXEL)方向发展。扩展原来在计算平流-对流变化中所用的软件,即从原来2条控制等温线发展到3条或4条等温线,使人们能把云场空间分为若干个垂直图象,从而能直接研究容积元素中与时间有关的云发展。只要从物理学角度上来正确选出控制的等温线,那么这个方法会提高云顶温度场预报的成功率。

MRL-5长波雷达(测量间隔每7分钟一次,水平分辨率 $4 \times 4\text{km}$,垂直分辨率 $1 \times 1\text{km}$)和METEOSAT卫星资料的综合处理为多维容积元素中的云型识别理论提供了先决条件。这个方法不仅对云顶温度场,而且对云类及其相关联的现象的近几小时预报都会比较成功。

(马德华译 徐一鸣校)