

短时预报

李建辉 编著

气象出版社

内 容 提 要

本书结合我国华东中尺度天气试验的工作,搜集了国内外近十年来的有关短时预报方面的研究成果和试验情况,在此基础上编写而成教学参考书,供大学天动专业本科生使用,内容包括短时天气预报系统的组成,天气探测和资料处理,预报方法,数值模式的应用,人机对话,短时预报试验等六个部分。通读全书,有利于读者对短时预报的整个技术系统有一个概括的了解,并掌握一些具体的预报方法。

本书适合于大学天气动力专业本科生使用,亦可供大专班、硕士研究生班学生和有关气象业务工作者参考。

短 时 预 报

李建辉 编著

责任编辑 成秀虎

* * *

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

中国科学技术情报所印刷厂印刷

* * *

开本: 787×1092 1/32 印张: 5.25 字数: 114千字

1991年2月第一版 1991年2月第一次印刷

印数: 1—5500 定价: 3.50元

ISBN 7-5029-0563-4/P·0322

前 言

雷暴、暴雨、冰雹、大风等灾害性天气一直是气象工作者密切注视的目标之一。而对这些天气的监测预报又以短时预报（指0—6小时以内预报）最为迫切。据统计，近十年来造成严重灾害的天气中，大尺度天气的比重下降，中小尺度天气的比重在上升。特别是世界各国单位国土面积单位时间的产值迅速提高，这些灾害性天气对国计民生的影响就越来越突出，有关部门对短时预报的要求就越来越高。

过去，人们虽然认识到了了解中尺度天气过程的重要性，但用常规的观测系统和预报方法去掌握一直见效不大。七十年代以来，随着自动化技术、遥感探测工具、高速通讯和计算机的发展，中尺度探测网和把各种探测资料快速的处理，形成三度空间大气场结构和准实时变化系统正在建立。这一系统的建立标志着短时预报进入一个新阶段。尽管这些工作目前在国内外还处于试验阶段，但已使短时预报面目一新，成为现代天气学的重要内容。气象学界认为，中尺度气象学和短时预报是未来二、三十年大气科学和天气预报发展的方向之一。

因此，近年来各技术发达国家几乎都投入大量人力物力进行短时预报系统的研制和预报试验。例如，美国进行了区域天气监测和强对流天气短时预报的试验，英国、加拿大利用雷达和卫星资料进行降水的监测和短时预报试验，日本进

行了国家天气监视和暴雨的短时预报试验。都取得了较好的效果。在我国，七十年代后期，中央气象科学研究所与湖南省气象局组织了湘中中尺度天气试验；八十年代初期，总参气象局组织了华东中尺度天气试验，也取得一些成绩。特别可喜的是一九八五年以来，国家把灾害性天气监测预报的研究列为第七个五年计划期间国家的重点攻关项目，目前正在京津冀、长江三角洲、珠江三角洲、长江三峡建立了四个实验基地，开展强对流天气等灾害性天气监测和短时预报的研究和服务工作。

为了适应短时预报的发展，我们搜集了国内外近十年来的有关研究成果和试验情况，结合华东中尺度天气试验的工作，编写了这本书作为天动专业大学本科班学员的教学参考书，同时供大专班、硕士研究生班教学和气象业务工作者参考使用。

本书共分六章、第一章系统组成、第二章天气探测和资料处理、第三章预报方法、第四章数值模式的应用、第五章人机对话、第六章短时报预试验。重点是第三章。因此，各章编排的次序和内容选择的目的是让读者对短时预报的整个技术系统有一个概括了解的基础上，掌握一些具体的预报方法。以便于日后进行短时预报的研究和日常业务工作。由于水平所限，书中必有不少缺点，望读者多加指正。

本书承蒙杨国祥、陈良栋教授审阅，并提供了宝贵的意见，谨表谢忱。

作者

一九八八年八月三十日

目 录

前 言

第一章 系统组成.....	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 短时预报系统的组成.....	(3)
第三节 几种短时预报系统的设计.....	(6)
参考文献.....	(17)
第二章 天气探测和资料处理.....	(18)
第一节 自动气象站和机场自动观测系统.....	(18)
第二节 气象雷达.....	(21)
第三节 多普勒天气雷达.....	(27)
第四节 大气廓线仪.....	(35)
第五节 气象卫星.....	(38)
第六节 闪电定位仪 (DF).....	(44)
参考文献.....	(45)
第三章 预报方法.....	(47)
第一节 用地面中尺度实况网制作短时预报.....	(47)
第二节 用雷达资料制作短时预报.....	(64)
第三节 用卫星资料制作短时预报.....	(76)
第四节 用各种资料综合制作短时预报.....	(93)
参考文献.....	(108)
第四章 数值模式的应用	(109)
第一节 局地强迫生成的中尺度系统预报模式.....	(110)

第二节 雾和层云的数值预报模式.....	(116)
第三节 用简化的数值模式和模式的物理条件预报雷暴、 暴雨.....	(120)
参考文献.....	(129)
第五章 人机对话.....	(130)
第一节 资料存取和分析系统.....	(130)
第二节 专家预报系统.....	(135)
第三节 华东雷暴预报系统.....	(140)
参考文献.....	(147)
第六章 短时预报试验	(148)
第一节 美国区域天气观测和预报服务试验.....	(148)
第二节 日本暴雨短时预报试验.....	(154)
第三节 我国华东中尺度天气试验.....	(157)
参考文献.....	(161)

第一章 系统组成

第一节 概 述

短时预报这个词还没有公认的定义，按照我国航空气象业务工作的习惯，是指0—6小时以内的预报，其中包括了0—2小时的危险天气警报；而其他气象业务工作，也有指0—12小时预报。在国外，近二十年来兴起了临近预报（Nowcasting）和甚短期预报（Very-short-range）^{〔1〕}，按照世界气象组织（WMO）的定义，前者指对当时天气状况的监测和0—2小时的外推预报，后者是指0—12小时以内的预报。因此，本书介绍的内容，主要是指0—6小时以内的预报，当然，也要涉及到0—12小时预报。

第二次世界大战以来，随着全球大尺度探测网的建立和健全，对大尺度天气动力规律的掌握有了长足的进展，短期天气形势预报的准确率有了明显的提高，中期数值预报业务也已建立，并且取得良好的预报效果。但是对于一些急骤性的强对流天气，如雷暴、暴雨、局地大风、冰雹、龙卷、低空强风切变、恶劣能见度等中小尺度灾害性天气现象，不是无法预报就是预报准确率很低，而且长期得不到改善。原因主要有三方面：一是这类天气尺度小，为10—100公里，生命史短，为1—几小时，现有的观测站间距离，地面为几十到一百公里，高空为200—300公里，观测时间间隔为6—12小时，不是捉不住它，就是一现即逝，对它的生消演变难以

监测；二是对这类中小尺度天气缺乏必要的资料，不了解其生消演变规律，缺乏预报它们的理论基础和方法流程；三是目前用于大尺度天气预报的常规预报体系的资料传递、分析预报、警报发布等均不适应短时预报的需要。

表1.1列举了短时预报系统的特点及其与短、中期预报系统的比较，从中看到，短时预报系统的特点是：资料时空密度大，流量大；时效短，资料收集、预报制作和发布要快速及时；要求具体，预报产品需要具体时间、地点和天气；大气物理过程复杂，涉及到水份相变、对流传输、边界层效应和辐射湍流等。因此，短时预报在天气观测、通讯传递、资料处理、分析预报、警告发布等都和短、中期预报有不同的要求。设计短时预报系统时必须在经费、技术等前提条件下充份考虑这些特点和要求。

表1.1 短时和短、中期预报系统的比较

项 目	短—中期	甚 短 期
预报提前时间 着重考虑的尺度	大于8—12小时天气 尺度、行星波尺度	0—12小时中、小尺度， 并考虑与天气尺度相互作用
着眼空间范围	全球、洲	区域或局地
预报的性质	一般的天气形势预 报、县、区际的笼统天 气预报	定点(可小到10公里)、定 时段(0—3小时)的具体 天气要素预报(3—6小时 的展望预报)
站网密度	数百公里	小于50公里

续表

项 目	短—中期	甚 短 期
时间间隔	地面：8 小时 高空：6—12 小时	0.5—1 小时以下
资料量	约每小时 10^6 比特	每小时大于 10^6 比特
资料传输速度	几分钟到几小时	几秒到几分钟
分析和用于预报的时间	1—几小时	1—几分钟
观测资料	常规（现已有的）地面和高空台站网、卫星资料	需组建加密加项的地面中尺度观测网，雷达、卫星和遥感资料实况监
预报方法	数值预报方法统计预报方法	测外推，中尺度天气概念模式，物理图象识别数值预报
形成天气现象的大气物理过程的考虑	没有或粗略参数化方法表示	需仔细考虑水汽相变、云和降水、对流传输、边界层效应、辐射及中尺度湍流等物理过程
预报产品的发布	慢、被动式、公报式	及时迅速、主动传递、内容具体、警报式公众服务

第二节 短时预报系统的组成

从前面介绍的情况可以看到，短时预报系统一般由以下几个基本部份（或叫子系统）组成（见图1.1）。

1. 探测系统。这个系统主要是捕捉中小尺度灾害性天气，因此必须满足时空密度大，时效快的要求，表1.2是

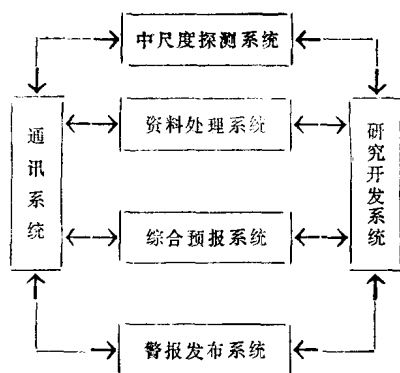


图1.1 短时预报系统的基本组成部份

表1.2 未来短时预报的观测系统

观测来源	S/NS	空间分辨率(km)	周 期
自动气象站	S	20—40	15m
雷 达	S	1— 2	15m
地球同步卫星	S	1—10	1/2h
极 轨 卫 星	NS	1—50	2—4h
微波辐射计	S	100—300	10m
甚高频雷达	S	100—300	10m
地面气象站	S	100	3h
飞 机 报 告	NS	100	1—12h
无线电探空	S	1000	12h

S, 天气观测时间
h, 小时

NS, 非天气观测时间
m, 分钟

Bodin⁽²⁾设计的九十年代短时预报的探测系统, 从中可见, 探测工具以自动的或能有较大覆盖面的遥感探测设备为主,

如自动气象站、天气雷达、声雷达、多普勒雷达、静止卫星、极轨卫星、微波辐射计等。自动气象站的空间分辨率为30公里，时间分辨率为15分钟，其它遥感探测的空间分辨率为几公里，时间分辨率为10—30分钟。其中，既有局地观测，又有区域覆盖观测；既有定时观测，又有非定时观测，从而获得一定地区的中尺度主体信息。

2. 通讯系统。这一系统是连结整个大系统的命脉。如图1.1所示，探测的各种各样资料通过长、短途通讯传到资料处理系统，资料处理系统的产品又以通讯方式传到综合预报系统，综合预报系统的产品又以长、短途通讯传给用户。按照短时预报的要求，探测资料的传递和预报发布都要迅速准确。因此，现代化的通讯技术如微机、光导纤维和卫星通讯都迅速用于这一系统。传输速率一般要求在2400比特/秒以上。同时，为了控制资料流量，过去简单的传送大量原始资料的方式已经不可取了，必须用自动化方法提取有意义的信息以减少通讯网络的负荷。

3. 资料处理系统。这一系统以微机或小型计算机为基础组成，主要进行资料存取和分析。在软件支持下，前者通过有关接口设备对各种气象资料进行收集、筛选、翻译、检误、整理，形成资料库，后者制作各种图形、图象产品，并供其他系统提取。

4. 综合预报系统。这一系统以小型或中型计算机为主组成，它通过有关接口与各系统有机联系。在软件支持下，通过计算机存放的大量预报数据、指标、图表、方程，甚至具有人工智能的预报程序，对从资料处理系统提取的现时天气资料进行分析、判断、预报，并按指定格式输出预报产

品。

5. 警报发布系统。这一系统的功能是利用有效的通讯手段,主动地向用户提供预报和警报。通常由应答式遥测通讯系统、图片传真装置、特殊用户警报信号和电视台终端等构成。前两者主要是将预报产品编成电码,启动应答式遥测系统向分中心及终端站传输,利用二级传真系统开展卫星云图、雷达拼图、实况图和各类预报产品的传真传播,开展数传服务和图象服务。后两者主要是通过天气警报终端机,向特殊用户服务,利用电视台终端即时转放实况和警报,为公众服务。

6. 开发研究系统。这个系统贯穿于整个大系统的全过程。一般包括整个系统的设计、建设、维护、更新的研究,灾害性天气分析预报的研究和中尺度气象学的理论研究等。可以说,整个系统的建立和发展主要通过开发研究来实现。

第三节 几种短时预报系统的设计

前面介绍的是短时预报系统的一般组成。但是,根据各国地理位置和经济、科技力量的不同,各国的短时预报系统大不相同。例如幅员辽阔的国家多建设地区性系统,国土不大的国家则建设全国性的系统;平原为主的国家(试验区)地面自动气象站布点较稀,丘陵和山区为主的国家(试验区)自动气象站布点较密;海岛国家(试验区)则十分重视雷达、卫星的覆盖和在监测预报的作用。下面对几种系统的设计,分别作一介绍。

一、我国京津冀灾害性天气监测系统的设计¹⁾

我国幅员辽阔，在全国建立短时预报系统在本世纪是不可能的。因此，目前主要是在一些中尺度灾害性天气频繁，经济发达的地区建立监测预报系统。如京津冀、长江三角洲、珠江三角洲、长江三峡的监测预报系统。它们之中，以京津冀系统最有代表性，现介绍如下。

京津冀试验基地建立的目标是在现有站网、设备条件基础上充分采用先进的探测手段，通过高速数传技术迅速收集资料，运用计算机处理和图形处理技术，构成一个对本地区灾害性天气进行有效监测和资料收集的网，在此基础上开展对灾害性天气的短时预报和警报的研究。

京津冀试验基地的结构从组织形式将是由基地中心、地区分中心、站构成。从性能结构上则分成四个子系统，探测系统、资料收集和计算机通讯系统、短时预报和警报分发系统 and 研究发展系统。

1. 探测系统包括了地面气象观测、高空探测、天气雷达及闪电定位等子系统。地面气象观测子系统主要对现有站网进行技术改造实现观测自动化。满足一小时一次的观测要求，在边远和山区建立自动气象站构成一个适应中尺度探测要求的地面站网。高空探测系统在基地建设的初期主要应用现有站网进行适量加密探测，同时研制和发展遥感探测设备，包括UHF多普勒雷达和微波遥感测温测湿设备，最终将建立适应中尺度探测要求的遥感测温、湿和UHF多普勒雷达测风的高空探测系统。天气雷达系统是由两种等级的网构

1) 葛润生、蒋尚诚，研究京津冀冰雹、局地暴雨、雷雨大风等规律建立监测和0—12小时预报系统（油印本），（1986）。

成，一是数字化天气雷达网，将由四个雷达构成提供基地覆盖范围上分辨率达 $1 \times 1 \times 1$ 公里³的定量雷达探测，另一是由两个多普勒天气雷达构成的网，可以获得降水云体中三维风场结构及更为细致的强度分布结构。闪电定位系统由三个探测站和一个中心处理站构成可以监测基地内雷电活动、位置。卫星云图资料的收集主要依赖国家气象局的卫星气象中心。

2. 资料收集和计算机通讯系统。基地的资料收集分成两级，一级是站至地区分中心，第二级是分中心至基地中心，分中心主要收集所在地区地面站网的资料，为适应每小时一次的探测、处理要求，至少开通300波特以上的通讯线路。分中心至中心的通讯，除了地面资料还有天气雷达资料高空探测资料等，考虑到分中心还将收集基地中心的产品，分中心至基地中心的通讯将需采用2400波特以上的速率。站至分中心、分中心至基地中心及基地中心内各计算机间存在着大量的数据交换，实现基地对灾害性天气的监测和短时预报的发送主要依赖这一系统。

3. 短时预报和警报分送系统，这一系统的主要任务是对收集到的资料快速整编、分析、处理，形成各种实况分析产品，同时对收集到资料进行进一步的处理，形成多种短时预报和警报产品，向各分中心分发，为实现这一目标需要进行两方面的研究工作：一方面建立适应高速处理运算的计算机网络、数据库软件包及图形库等；另一方面进行短时预报的研究，建立短时预报概念模式、预报流程及各种处理软件模块，并对预报进行检验。

4. 研究发展系统。这一系统目的是通过基地的设备开

展对中小尺度天气进行深入的探测和多种试验,在此基础上进行中尺度数值模拟,认识寻找其预测的数学物理方法,同时对新的探测技术和方法进行研究。

上述系统的建成,预计要用10—15年的时间。“七五”期间应达到的目标如下:

1. 建成北京分中心所管辖的地面自动气象站网。
2. 北京、天津、张家口的数字化天气雷达,实现组网探测和数字化拼图,开展数字化天气雷达的局地警戒服务工作。
3. 开展多种遥测遥感新设备(多普勒雷达、UHF多普勒雷达测风、微波遥感测温、测湿等)的研制和预先研究工作,为“八五”期间基地采用先进探测设备打下基础。
4. 初步建成基地中心的计算机处理系统,实现基地中心计算机的局地网络,使探测资料(地面、高空、雷达卫星云图)的收集、整理、处理图形产品、输出自动化。并开通高速数据通讯线路至北京分中心,将基地中心产品送往北京分中心,雷达拼图产品送天津、河北。
5. 初步建成北京分中心的计算机处理系统。实现收集局地资料,接收基地中心产品,图形再现等功能的自动化,并具备一定的再处理能力,使北京分中心成为基地面向业务的主要窗口。
6. 建成基地中心的短时预报室,开展预报方法的研究,建立中尺度概念模式和预报流程,并向用户开始发送预报产品。
7. 开展中尺度数值模拟试验,检验中尺度数值预报的可行性和能力,为业务上开展中尺度数值预报作准备工作。

二、瑞典的业务气象情报系统的设计^(3,4)

瑞典国土不大，周围又有较多气象设施，因此，他们在全国建设短时预报系统。整个系统由中央系统和6个区域系统组成。计划共配备300个自动气象站，90个混合天气站（自动气象站加上监测云、能见度等天气要素的观测员），16—20个高空站（配备常规探空或垂直探测遥感系统），16部天气雷达或多普勒雷达。

中央系统设在中央气象台，装备中型计算机，其速度达到每秒执行1000万条指令。系统包含一个附加的15兆字节的实时资料库和一个静电绘图仪，4个字符显示器，3个彩色显示器和一个数字式扫描器，以便把人工画出的图形输入到系统中。系统负责6个地区资料的收集、存取、处理、分析，并把经过处理的各种资料和预报产品输向各地区和有关部门。

区域系统的中心设在地区气象台，负责本地区天气监测、通讯传递、资料处理和预报发布。技术系统设计成统一的标准组件，包括一个8兆字节的基本资料库和图形显示器，字符显示器、静电绘图仪、彩色显示器、打印机等（见图1.2）。

每个地区观测网包括：50个自动观测站、15个混合天气站、1—2个高空站、2—3个雷达站以及一些声探测器、和一些特殊地区（山路、公路）附加自动气象站。卫星资料由中央系统提供。飞机报告由军民航供给。

区域系统的观测网的时空密度、资料处理能力、预报方法和发布内容见表1.3。

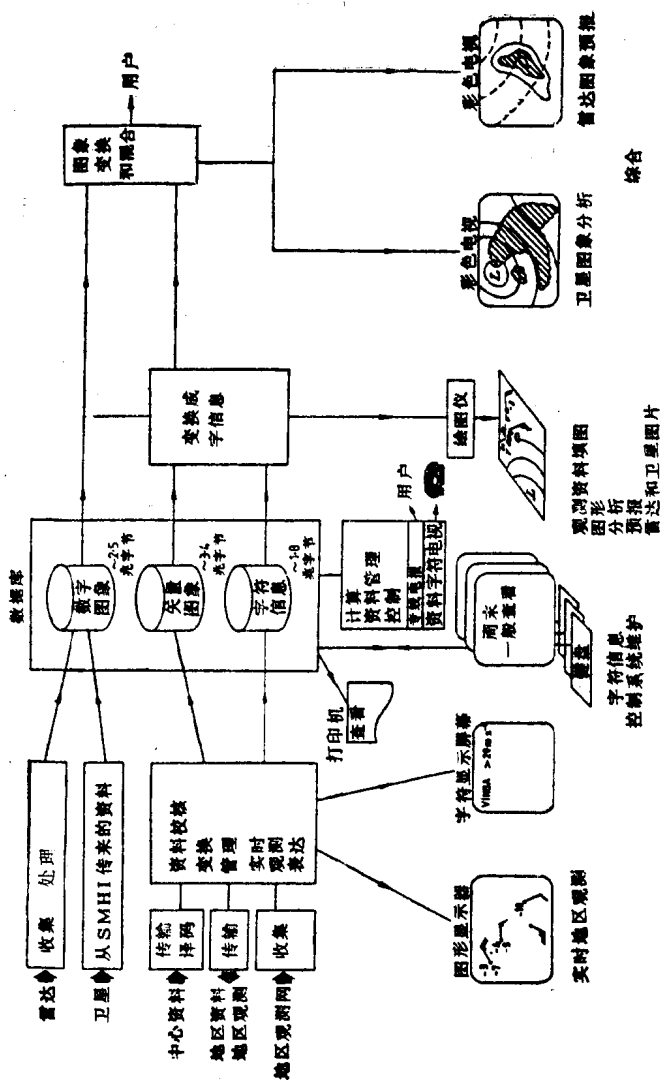


图1.2 瑞典地区气象台短时预报系统 (SHMI表示瑞典气象与水文研究所)