

内部资料 不得外传

2000 年的中国研究资料

第 14 集

2000 年的中国气象学和大气科学

中国气象学会

中国科协 2000 年的中国研究办公室

一九八四年七月

G303
5:14

1984.7

第 14 集

2000 年的中国气象学和大气科学

中国气象学会

中国科协 2000 年的中国研究办公室

1984. 7.



前 言

按照中国科协关于组织公元2000年科技发展展望的研究和撰稿的建议和要求,中国气象学会组织了有关气象学和大气科学部分的调研和撰写工作。参加本工作的计有气象事业以及科研和教育方面的领导同志、大部分气象学者和专家以及本学会下属各专业委员会的同志约七十人,提供原始稿件数十篇,后经本学会理事会和各专业委员会讨论、研究和定稿,共得十六篇,编成本集。各稿主要反映国际上当前水平和本世纪内预测的水平,以及我国当前水平;也包括一部分今后我国发展的设想和一些展望。

十六篇中,前四篇是关于气象学和大气科学全局性问题的,由有关领导和学者组稿和撰写;第五至第十六篇各为关于某一方面的问题的,由各专业委员会或有关学者组稿和撰写。

气象学和大气科学的范围越来越广,和别的学科的交叉愈来愈多、相互促进也愈来愈明显。由于时间仓促,我们没有能够组织对本学科的所有分支或即将形成的分支进行调研和撰稿。例如海洋气象没有包括入本集中,地球流体力学也只作为动力气象的一小部分,等等。我们对本学科与别的学科的横向联系也调研不够。例如,关于信息和计算机科学、数学和物理科学、社会发展对环境和生态科学的要求及其发展、未来的重大工程问题等所有这些学科对气象和大气科学发展的影响,在本集中的有关估计都是初步的。

此外,还有许多学者在这次“二〇〇〇年的中国”研究中,对气象学和大气科学各分支学科的某些方面撰写了许多有关水平、差距、预测等方面的分析、论证材料。为了充分反映这部分研究成果,我们与国家气象局气象科技情报所经过选编,联合编印了一本“二〇〇〇年的中国大气科学预测”研究文集,作为交流的园地和这部分研究资料的补充。

我国气象学和大气科学的发展需要看清方向和道路,合理地 and 最优地选择有限的几个重点。再者,未来的事业必须有大批合格的人才去完成,为此,除本学科的人才而外,必须有比现在多得多的别的学科的人才来共同努力,这是我国有望于数理学科以及信息和计算机科学等学科的。

中国气象学会常务理事

1984年6月

目 录

前 言.....	(I)
公元2000年我国气象事业发展展望.....	(1)
对2000年我国气象业务技术体制发展设想.....	(10)
公元2000年大气科学研究发展展望.....	(17)
公元2000年气象系统教育发展设想.....	(22)
动力气象学与数值天气预报的发展和2000年展望.....	(26)
公元2000年天气学问题的预测研究.....	(34)
2000年我国气候学发展的预测.....	(40)
大气物理学的现状与展望.....	(46)
2000年大气探测站网、技术和地基遥感的发展展望.....	(49)
2000年卫星气象发展的预测.....	(55)
公元2000年大气化学和大气污染科学的发展展望.....	(61)
展望2000年的中国农业气象学.....	(66)
2000年我国航空气象科学的发展展望.....	(69)
2000年的气象现代化与信息化气象电子.....	(75)
2000年我国热带气象学发展展望.....	(78)
2000年的青藏高原气象学.....	(84)

公元2000年我国气象事业发展展望

邹竟蒙 章基嘉* (国家气象局)

面临世界新的技术革命,预测气象事业的发展前景,这是涉及正确的决策和促进我国气象事业现代化的重要问题。本文从分析现代气象科学技术的发展特点出发,对比国内外气象事业发展现状,分析世界新的技术革命对国际气象科技的发展可能产生的影响,从而对公元2000年我国气象事业的发展远景作出定性估计。

一、现代气象科学技术的发展特点

气象科学是研究大气状态及其变化规律的科学,也是一门和人类生产,生活以及社会活动密切相关的涉及许多学科的应用科学。发展气象事业的目的则是掌握和利用这些科学规律,进行天气预报,开展气象服务,以及通过其他气象服务手段,为国民经济和国防建设服务。而随着社会生产力的发展和人类生活水平的提高,人类对气象服务的需要日益迫切,要求也日益提高。因此,发展气象事业,是我国社会主义现代化建设事业中的重要环节。

气象科学属于地球物理学的范畴,它的发展是建立在整个自然科学与技术的发展基础上的,它在广泛应用中发展,在和有关科学相互渗透中前进,同时,战争时期的军事需要,也在一定程度上促进世界气象科学与技术的进步。自然科学中一些重大突破以及工业技术的不断革命,均直接或间接地在一定程度上促进了气象科学技术的发展。从气象科学的发展历史看,尽管数千年前人类在和自然作斗争的过程中已在探索大气的奥秘,积累了一些经验,但限于缺乏科学的探测手段及资料的系统积累,因而它的发展是缓慢的。只是近百年来,随着探测技术、通信技术和计算技术的发展,以及数学和物理学知识的应用,人类对大气现象的探索才逐步发展为科学的气象学或大气科学。尤其是本世纪五十年代以来,在以原子能、空间技术和电子计算机为主要标志的新技术革命的影响下,气象科学与技术许多方面,无论是深度与广度,均加速了前进的脚步。诸如大气探测技术的自动化和遥感化;天气分析和预报的客观、定量和自动化等。现代气象科学技术发展趋势是气象科学的数理化和气象技术的自动化。例如在天气预报、气候学研究、云雾物理以及农业气象的产量预报等气象科学的许多领域中较广泛地采取数值模拟;而在气象业务技术中,一些发达国家已将自动化的观测技术、数据处理技术、通信

* 参加本文编写的有:段显曦、张菊生、赵开化、彭光宜、史国宁。

传输技术、以及客观分析、自动化天气预报的制作与发布结合成一个整体，构成一种高度集中的、信息化的系统工程。此外，气象科学的研究范围日益扩大，在空间上，从局部地区到半球、全球，而且从近地层到宇宙空间；在时间上则从短期、中期和长期天气预报发展到模拟几千年前的古气候状态和气候预报。同时，气象科学的研究内容也日益深入。而世界气象科学在中尺度气象学和大气化学以及气候学方面，今后可能取得较显著的进展。

二、国内外气象事业发展现状对比

建国以来，我国气象事业在党和政府的正确领导及全体气象工作者的共同努力下，迅速发展壮大，取得了较显著的成绩并积累了较丰富的经验，在为经济建设和国防建设服务，尤其是在为农业服务中作出了积极贡献。五十年代后期我国的气象科技水平与国际先进水平之间的差距是不太大的。但此后国际气象科技在世界工业革命的影响下取得了较迅速的发展，而我国由于“左”的失误，尤其是十年动乱的干扰，一度错过了五十年代后期以来技术革命的时机，从而拉大了我国气象科技水平与国际先进水平之间的差距。现将我国气象事业与国际先进水平之间主要对比情况概述如下：

· 气象探测系统

近20年来，国际气象探测系统取得了较显著的进展，其主要发展特点是：探测能力显著增强，观测自动化水平在迅速提高；重视观测方法、观测网的研究设计，讲究观测工具的最佳配合；以及直接观测、遥感和遥测等三种探测技术并存。目前，发达国家的自动气象站已发展到了第三代，结构上广泛采用集成电路并配备了微处理机，体积小，重量轻，耗电省，观测项目已扩展到十几项甚至三十几项。已组成较完善的10厘米雷达网，用户之间也有较好的传输设备。并且，目前发达国家已在发展第三代气象雷达，其主要特点是采用多普勒技术，具有对风场结构的定量探测能力。在业务气象卫星方面，极轨卫星已发展到第三代，对地静止卫星也将进入第三代。目前已建成多极轨卫星和对地静止卫星组成的全球卫星观测系统。其探测能力已发展到用扫描辐射仪获取昼夜高分辨率的云图及大气的垂直结构资料。此外，在地面和高空的常规观测和探测方面，各种感应元件的精度均有较显著的提高。总之，国际上探测系统的一个重要发展特点是逐步实现计算机化，从而显著地促进了各种自动资料获取系统的发展。

我国的气象探测系统经过30余年的建设，具备了一定的基础，在探测仪器研制方面也取得了一定成就。但与国外先进水平相比，仍存在较大的差距：我国台站常规观测仪器面貌变化不大，大多仍沿用五十年代的仪器，目测项目还占相当大的比重；在自动化气象站和遥测气象仪器方面，已研制出可测温压湿风等基本要素的自动化气象站，但不仅未形成系统，自动化水平也不高；在探测手段方面，空白缺项很多，例如至今尚未发射我国的气象卫星，没有专用的气象探测飞机，没有建立起近地层探测业务和中尺度观测网，目前已投入业务的5厘米雷达有××部、10厘米雷达×部，但还没有多普勒雷达；在观测信息的提取、处理和传输技术方面还很落后，尤其是我国西部青藏高原及

东部近海洋面上存在大面积的资料空白区，这是急待解决的问题。总的看来，我国气象探测系统与国际先进水平的差距约为 15—20 年。

· 气象通信系统

世界天气监视网的全球通信系统已在世界气象中心和区域电信枢纽之间实现高速传输（9600 比特/秒）。一些发达国家正在改革国内的气象通信体制，把普通的传真和电传打字改为使用小型计算机、软显示和数字传真，从而显著地提高了气象通信效率。目前国外气象通讯系统的主要发展特点是通信技术和计算机技术与卫星技术相结合，从而实现气象通信的自动化和高速化。例如法国以编码压缩数字传真作为关键技术，在国内建成现代化的“多点收集和分发网络（MPCD）”，1980 年起已正式使用，使全国气象台站均具备了实时获取资料的能力。使用这种网络，传一幅标准格式的天气图，只需 5 分钟（过去要用 40 分钟）。我国的气象通信系统，从建国初期无线电莫尔斯广播发展到有线电传，无线电移频广播，七十年代建立了气象传真广播，目前已有 $\times\times\times\times$ 个气象站配备了传真接收设备。1980 年北京气象通信枢纽实现了自动化，和西德奥芬巴赫之间采用了高速数据通信技术（9600 比特/秒）。我国气象通信系统的主要问题是没有专用的气象通信线路，所用电信部门的通信网络不够完备，现有的国内干线的传输速率只有 75 波特/秒，传输能力低。例如，北京气象中心收集一次全国各测站的地面观测报告约需 45 分钟，远低于国际先进水平，也尚未达到世界气象组织所规定的标准（15 分钟）。总的看来，我国目前国内气象通信系统可能相当于六十年代初的国际水平，差距约为 20 年。

· 天气分析、预报和服务系统

本世纪五十年代以来，国际天气分析和预报的主要发展特点是客观化、量化、自动化和综合化。目前世界上已有 30 多个国家相继建立了数值预报业务，数值预报已成为主要预报工具；并且以数值预报为基础，结合统计学方法，已能作出较好的许多气象要素的客观预报。国外地方气象台主要是在国家气象中心指导预报的基础上，进行短期气象要素预报。我国天气预报长期以来主要是采用天气图方法、统计学方法以及与众经验相合。近几年来我国国家气象中心虽已建立了数值预报业务，但还有许多台站在预报中仍基本上是依靠主观方法，虽也可作出较好的预报，而预报质量往往因人而异，很不稳定。与国际先进水平相比，我国天气预报存在的差距，首先是在预报技术和方法的客观化、量化和自动化的程度上存在差距。例如在业务数值预报中，我国目前所用计算机的速度仅为主要发达国家的 1/100；模式分辨率以及物理过程的考虑也有相当差距；没有可用的资料处理和分析系统。发达国家已建成像 AFOS 这样的全国业务和服务自动化系统，地方气象台可迅速收到国家气象中心发布的大量预报指导资料，并可利用 AFOS 终端的小型计算机处理地方气象资料，而我国的地方气象台，所能收到的预报指导资料远不及发达国家，也还没有小型计算机一类的先进装备。其次在预报能力上也存在差距。例如发达国家的数值预报已能作出直至 10 天的逐日气压形势预报，而我国目前业务数值预报的最长时效仅为 3 天；发达国家已可作出直至 5 天的逐日气象要素客

观预报,其中12—48小时预报具有相当高的技术水平,而我国部分地方气象台站所作气象要素的动力统计预报,时效一般为24小时;发达国家能作出5—10天的具有一定水平的平均温度客观预报,而我国则还做不到;关于暴雨或强局地风暴的短期预报,国内外水平均不高,但在0—12小时的预报中,发达国家已达到很高的水平,对小尺度的局地强风暴可作出数分钟至一小时的预报,对飑线,锋面及成片的降水区可作出6—12小时预报,而我国限于探测和通信条件,这方面的差距是较大的,尤其是我国基本上没有开展0—2小时的短时预报。此外,国内外长期天气预报的水平均不高,这方面表面上的差距是不大的,但从长期天气过程的机理研究,大气环流模式的长期积分试验等方面的科学水平来看,我国的差距也是相当大的。总的看来,我国天气预报与国际先进水平之间的差距约为15—20年。

· 气候资料服务系统

目前发达国家气候资料服务工作均采用了现代化的信息技术,其主要发展特点是气候资料的收集,处理和检索的自动化、气候资料存储的缩微化、以及气候资料出版物的系列化。例如美国的气候资料服务工作主要由国家气候中心承担,它的基本任务是收集、加工、存储和出版全国的气象观测资料以及全球天气报和特种资料,并通过各种形式,向国内外用户提供诸如各种资料的复制品,承担用户提出的各种规模的统计计算和气候分析业务,以及向用户提供快速资料检索业务等。此外,地方气象台也提供关于当地气候资料的服务工作。我国的气候资料服务工作主要由北京气象中心气候资料室及各省局气候资料室承担,为国民经济和国防建设也提供了多方面的气候资料服务工作。例如出版了许多气候资料汇编和气候图集;对农业、工业、交通、能源等方面提供专题气候分析服务;以及近年来还开展了为用户进行专门的电子计算机加工以及函索和复印等服务工作。但与国际先进水平相比,我国气候资料服务工作的主要差距在于技术和装备的落后,尚远未能做到气候资料的收集、处理和检索的自动化和气候资料存储的缩微化,在气候资料的编辑出版方面很不及时,不能满足气象科研和业务的需要。总的看来,我国气候资料服务工作与国际先进水平之间的差距约为15—20年。

· 气象科研与教育工作

近年来国际气象科学研究的主要特点是综和性的观测试验与数值模拟相结合,在科研的组织规模上日益趋向国际或区域性协作。而且,许多气象研究和实验工作的目的性比较明确,科研工作地开展多是经过周密的计划和严密的组织。同时,国外在气象科学研究中,非常重视科研手段的建设和不断更新,例如尽量使用先进的探测技术,高速电子计算机(美国GFDL从1955年至今,电子计算机已更新9次)以及建立试验基地和成立试验室。在学科相互渗透和重视跨学科研究的情况下,目前国际气象科学研究正在开拓新的领域,例如地球流体动力学、近地层大气物理、中尺度气象学、高层大气物理,以及大气化学等,而总的发展趋势是在时间和空间尺度上向“两极”发展。七十年代以来,通过全球大气研究计划(GARP)、世界气候计划(WCP)的实施以及一些国家级的气象观测试验和数值模拟研究,国际上气象科研工作已在热带气象学、极区大

气过程、季风特征、地形影响、中层大气影响天气气候的物理过程，以及中尺度天气系统的形成和发展机制等许多方面积累了大量资料，取得了许多有价值的科研成果。此外，发达国家在气象科研投资、科研队伍的建设及人材引进方面也是非常重视的。例如美国 NOAA 所属的环境研究院（ERL）的研究费占 NOAA 总预算的 15%；它的高层大气物理实验室共 43 人，其中博士 21 人，高级人员所占比重相当大。又如欧洲中期数值天气预报中心广泛的吸收世界许多国家的气象专家参与该中心的科研工作，从而使它的中期数值预报居于世界首位。由此可见，发展气象科研工作的关键之一是科研队伍的素质，而提高队伍水平的关键又在于开展气象教育。

第二次世界大战以来，发达国家的气象教育工作发展很快。例如美国目前设有气象或大气物理或物理海洋专业的大学或学院共有 92 所，比 1963 年多了 42 所。近年来发达国家高等气象教育水平在日益提高，其发展特点之一是高等教育与科研相结合，非常重视研究生的培养，即重视培养高级人材。其次，发达国家气象教育的另一发展特点是注重“通才”与“专才”并重的综合教育思想，在课程设置上重视文理科的相互渗透和交叉，增加选修课。例如日本气象大学各类课程的比例为：教养课程：基础课程：专业课程 = 3 : 4 : 2。此外，发达国家普遍重视气象科技人员的在职轮训，不断进行知识更新。

建国以来，我国气象科研工作按照“理论与实际相结合，科研为业务服务以及科研、生产、服务相结合”的原则，在气象应用基础理论、应用研究及应用推广研究方面均取得了较显著的成就。尤其是以应用研究为主，组织了全国范围的科研协作，结合我国天气气候特点，开展了各种灾害性天气、热带天气、青藏高原气象科学试验，气候和应用气象以及农业气象、云雾物理和人工影响局部天气等多方面的研究，并参加了国际性的全球大气试验，台风、季风业务试验。我国的气象教育工作，自建国以来也取得了迅速的发展，已基本上形成了具有一定规模和能力的气象教育培训体系，但教学手段及教学实验设备比较落后，教育培训的知识面也较窄。总的说来，我国气象科研与气象教育和国际先进水平之间的差距表现在：我国气象科研工作的组织和管理工作尚不能适应现代气象科技迅速发展的要求；在科研装备和研究手段方面尚较落后；我国气象科研投资远不及发达国家；在气象科研队伍的素质和水平方面也存在较大的差距，高级人才不多。我国气象高等院校尚未能成为科研与教育的综合体，科研力量薄弱，因而所培养的研究生在数量与质量上均存在较大的差距，在科研与教学相互促进这个重要环节上还做得不够；气象高等院校专业分得过细，课程设置面较窄，对“通才”与“专才”并重的综合教育思想重视不足，因而培养出的学生有时知识面较窄，实际动手能力较低。

三、国际气象科技发展的展望

近百年来世界气象科技的发展历史表明，促进气象科技发展的重要因素之一是引进其他科技领域的新成就或新技术。目前世界正面临着以微电子技术、生物技术、新材料和新能源为主要标志的新的技术革命。这次新技术革命的主要特征是信息化，而气象科学的基础是气象信息，气象业务系统也属于信息系统，因此，气象科技的发展居于当前

和未来世界新技术革命的前沿，新技术的发展将继续有力地推动世界气象事业的前进，尤其是电子计算机、空间和遥感技术以及信息技术。

本世纪60年代世界天气监视网（WWW）的建立和发展促进了70年代世界气象科学的进步，今后世界天气监视网的全球观测系统、全球通信系统及全球资料处理系统的功能，必将随着世界新的技术革命的发展而进一步提高。70年代根据全球大气研究计划（GARP）所开展的一系列国际大型综合性观测试验以及一些国家所开展的区域性观测试验，涉及气象科学中各类尺度的许多重要问题，积累了大量资料，已经并将继续用于广泛的大气物理过程的研究，从而在一定程度上解决气象科学中的一些理论问题和方法问题。这些试验研究，对80年代并将对90年代世界气象科学的发展产生深远的影响。而80年代世界气候计划（WCP）的实施，必将促进90年代世界气候学研究以及长期天气预报的发展。从当前世界气象科学与技术的发展情况看，未来15年将是国际遥感技术大发展，气象业务系统在更高程度上实现自动化，中尺度数值预报将取得显著进步，以及气候学研究取得重大发展的15年。预计到公元2000年，发达国家的气象科技的发展概况可能如下：

· 气象探测系统

在气象资料的获取方面，除WWW的功能显著提高外，国家天气监视网及地区中尺度观测网将有显著发展。卫星和雷达探测将会取得很大进步。在卫星探测方面，将会采用主动遥感技术，分辨率将有显著提高，探测项目也将显著增加；在雷达探测方面，将实现多普勒雷达布网，从而显著提高对中小尺度天气系统的探测能力。海洋浮标，定高气球，下投式探空仪、导航测风，以及火箭探测和飞机—卫星资料中转（ASDAR）等探测技术将会广泛使用，从而显著地提高对海洋和陆地人烟稀少区域的探测能力。此外，平流层—中层雷达探测的实用化，将显著提高高层探测能力。并且所有资料将直接输入天气分析和预报系统。

· 气象通信系统

随着世界新的技术革命的发展，发达国家的信息技术还将取得巨大的进步。到公元2000年，发达国家将在广泛使用光纤通信和卫星通信的基础上，实现气象通信的计算机化，并建成综合声音、文字、数据和图像的信息网系统，从而在更高级的程度上实现气象通信的自动化和高速化。

· 天气预报和服务系统

气象业务系统将完全计算机化。在国家气象中心，超巨型计算机的运算速度可达每秒几十亿次，在整个气象业务系统中，微型机的应用将渗透到气象业务的所有主要环节。将可用数值方法直接作出较好的短期气象要素预报，从而统计解释的重点可能性转向中期预报。中期数值预报有可能作出直至两周的逐日预报及平均预报，5—6天以内的短、中期预报可能已无需人工修改。一至二个月的平均数值预报可用于业务，但水平也不很高。至于季节或时效更长的天气预报，还要依靠统计学方法或动力——统计学方

法。那时, 各类中尺度数值预报模式已可用于某些地区的短期灾害性天气预报。此外, 热带天气预报也将有所改进。地方气象台的预报员主要的任务将是利用微型计算机, 根据各种指导资料以及卫星、雷达和中尺度观测网资料进行 0—12 小时的甚短期预报或 0—2 小时的短时预报。主要精力将用于从事天气预报服务工作以及其他关于应用气象学和应用气候学的服务工作。

· 气象科学的理论研究

现代气象科学的重要发展趋势之一是科研对象在时间和空间尺度上向两极发展, 在未来 15 年中, 气象科学的理论研究也正是将在这两个方面取得重要成就。随着多普勒雷达及卫星等先进探测手段的发展和应用, 在认识强风暴和暴雨等中尺度灾害性天气系统形成的物理机制、三维结构、触发条件及其和大尺度环流的相互作用方面将会有所突破, 从而使甚短期天气预报取得显著进展; 随着世界气候计划的实施和气候数值模拟研究的广泛开展, 以及在今后 15 年中, 数学和物理学中某些新的理论和方法, 例如耗散理论、突变理论、分数维数理论及模糊微分方程等有可能用于长期天气预报和气候研究。预计公元 2000 年在认识气候变化和变迁以及长期天气变化的物理机制方面会取得突破性的进展。此外, 在中层大气影响天气和气候的物理过程、热带气象学及大气化学的研究方面也可能取得较显著的进展。

四、我国气象事业的发展前景

党的十一届三中全会以来我国国民经济及科学技术已呈现了欣欣向荣, 加速发展的形势, 在未来 15 年中, 我国气象事业必将取得显著发展。目前我国电子工业的发展是迅速的, 到公元 2000 年, 我国电子工业的主要产品和生产技术将达到世界先进工业国家 80 年代末、90 年代初的水平, 某些技术将达到当时世界的先进水平, 这将为我国气象科学技术的迅速发展提供有利条件。到本世纪末, 我国将建成拥有气象卫星和自动气象站等许多先进设备的大气综合探测系统、运用先进信息技术的气象通信系统、以计算机为主体的气象资料和气象技术情报自动处理和检索系统、综合运用动力学和天气学以及统计学等各种预报方法制作和发布天气预报的业务系统、气候诊断分析和预测系统, 以及利用现代化传输手段的气象服务系统, 从而显著的提高气象服务质量。此外, 气象科研和教育工作也将会取得显著发展。公元 2000 年我国气象事业的概貌可能如下:

· 气象探测系统

到本世纪末, 我国将建成由气象卫星系统、地面基本气象观测站网、高空基本气象观测站网、天气雷达站网及专业性探测站网共同组成的综合站网。地面站网将基本实现遥测化和自动化, 并初步实现观测—传输—处理的自动化。高空站网将采用自动化的高空风探测装备和新型电子探空仪。天气雷达网将采用新型数字化雷达和实现雷达图像数字传输及处理, 并在东部地区中小尺度天气监测试验基地开始配备多普勒雷达。这个综合站网将能够监测我国天气尺度的灾害性天气和气候状况, 为气象预报、气候、情报、科研

及其他部门提供描述大气状态的基础资料。

· 气象通信系统

到本世纪末,我国气象通信系统将建成主干电路网并逐步发展成为计算机网络。在气象通信网中,广泛采用卫星通信技术和数字传真技术。那时,我国的气象通信能力将会显著提高,例如收集一次全国地面观测报告的时间可缩至15分钟,将危险天气预报从国家气象中心发至省台用10分钟。

· 天气预报业务系统

到本世纪末,建成以数值预报为基础的,综合运用动力学、天气学和统计学等各种预报方法制作和发布天气预报的业务系统。气压形势的短期数值预报的准确率将比现在有明显提高,有可能接近当时的国际水平。建成中期数值预报业务系统,预报质量达到80年代中期的国际水平,即可作出10天逐日预报。也可能建成长期数值预报业务,用简单模式进行月平均数值预报,预报质量可能接近当时的国际水平。随着国家气象中心和区域气象中心数值指导预报的发展,我国地方气象台将能接到远比现在项目更多、准确率更高的指导预报。地方气象台将广泛使用微型计算机、以国家和区域气象中心的指导预报为基础,结合地方预报经验及最近的观测资料,综合不同预报方法的优点,作出比现在更好的地方气象要素预报。总的说来,公元2000年我国的天气预报能力将有显著的提高,一般将达到80年代中期的国际先进水平,少数项目接近当时的国际水平。

· 气象资料和气象科技情报自动处理和检索系统

到本世界末,将建成以电子计算机为主体的气象资料和气象科技情报自动处理和服务系统。在气象资料处理方面,将建成全球气象资料库系统;在气象科技情报处理方面,将建成国家级气象科技情报数据库,并形成全国气象科技情报自动检索及服务网络。

· 气象诊断、分析和预测系统

到本世纪末,我国将建成气候诊断、分析和预测系统。开展全球、全国及地区性气候变化的诊断分析,建立气候对国民经济和社会发展的影响的评价业务,开展资料、气候情报和应用气候分析服务。气候诊断和分析将成为气象部门的日常业务,并在诊断分析的基础上,建立气候预报模式,开展气候监视和预测的业务和服务。

· 气象科研与教育

到本世纪末,我国气象科学各主要分支的应用理论研究、业务技术的发展研究和推广应用研究均将获得重大进展。在灾害性天气研究方面,能够为灾害性天气的监测、预报提供所需的手段和技术方法。对气候形成和变迁的研究,能为气候预报业务的建立提供技术方法。对气候资源和农业气候资源的研究,能为资源的合理利用与改造,提高经济效益和社会效益提供依据。人工影响局部天气的研究,能在条件适合地区,提供有科学设计及效果检验的试验作业方法。

我国气象教育工作也将得到较大发展,气象高等院校将成为气象科研与教育的综合体,在研究生的培养方面将比现在有较大幅度的增长,能为各项业务技术和科研工作输送数量上和质量上相适应的各种专业人才,从而使科研和业务队伍的人才结构发生较显著的变化。预计到公元2000年,在我国气象科研和业务队伍中,研究生的比例将有较大提高,大专毕业生约占53.5%,中专毕业生约占45%。在教学工作中也将采用现代化的教学工具,从而显著地提高我国气象教育工作的水平。

结 语

随着科学与技术的迅速发展和生产力的提高,一些生产部门对天气和气候的影响会更为敏感,人类社会将要求质量更高的气象服务。据国外统计,目前全世界年平均温度只要降低摄氏一度,仅农、林、渔三项的产值就会减少近50亿美元。目前各国经济部门使用气象情报而增加的经济效益与气象业务费用之比通常在5:1到100:1之间,即气象事业对国民经济的间接贡献相当于其本身的业务费用的5倍到100倍。因此,发展气象事业对于国民经济的发展是极为重要的。为实现到2000年我国国民经济产值翻两翻的宏伟目标,在今后15年中必须努力发展我国的气象事业。

综上所述,随着世界新的技术革命的兴起,在国际气象科技发展的影响及我国气象工作者的共同努力下,到公元2000年,我国气象事业将会取得显著的进展,与国际水平之间的差距将会缩短,面貌将大为改观,服务效益也必将显著提高。而这需要我们奋发图强,以只争朝夕、努力振兴中华的革命精神,加强各方面的改革工作,尤其是要切实执行我国《气象现代化建设发展纲要》,面临世界新的技术革命,我们要分析形势,抓住时机,争取迎头赶上。在发展我国气象事业的工作中,注意扬长避短、发挥优势、重点突破、兼顾一般。在对策上应特别注意的是:要充分重视教育科研与业务的管理工作及科技情报工作,这是发达国家科技发展之所以迅速的主要因素;要积极引进和应用其他科技领域的新成就和新技术,尤其要下决心用电子计算机武装气象事业的各主要环节,国家气象中心应尽早安装亿次巨型机,地方气象台应逐步配备微型机;而更重要的是,要高度重视人才的培养及现有科技队伍的知识更新问题,尤其是关于电子计算机的应用知识的普及。此外,要加强与通信部门的协作,大力改善我国的气象通信系统。

对2000年我国气象业务技术体制发展设想

章基嘉 吴贤伟* (国家气象局)

一. 气象业务技术发展总趋势和系统性

气象业务技术系统是指气象服务和气象科学研究所赖以进行的探测、传输、资料处理、分析预报等各方面业务所组成的综合系统。由于气象工作本身是信息服务行业,它并不向社会提供物质产品,而是提供人们进行物质劳动和精神劳动时所需要的有关大气环境的历史的、现实的和未来的信息产品。因此,我们将气象业务技术系统看成是一个大气信息获取—传输—处理—分发的整体系统,而把大气信息的系统流程中各个环节分为若干子系统,按照系统工程的方法来分析发展趋势,比较合适。

作为大气信息系统的技术发展,从本世纪七十年代以来,国际上经济发达国家在气象业务中采用了许多先进的信息技术,使气象业务有了迅速的进步,面貌大为改观:

1. 建立了全球性的大气探测和监视系统,为获取全球大气信息提供了良好的基础。在这个监测网中,除了常规的地面观测站之外,还发展了多种远距离信息遥感探测工具,如气象卫星用红外、微波遥感仪器探测地球大气;采用多普勒雷达测定风(气流)及云中水滴运动;微波雷达测定细微的小尺度湍流运动;激光雷达测定大气中水汽和杂质分布等。这种空间和地面探测工具组成的综合探测网以前所未有的空间和时间分辨率和连续地提供可以剖析大气内部三维结构的信息,使人类能从全球性角度研究大气,揭露和发现许多新的事实。

在大气探测技术发展中,对未来有重要意义,因而值得注意的动向是:以地面为基础的向上垂直遥感的剖面探测器(Profilometer)和以空间为基础的卫星向下遥感地球大气。剖面探测器利用微波辐射仪探测水汽及温度,并利用多普勒雷达对风场进行三维测定。剖面探测器能连续对大气垂直结构取样,获取信息。极轨气象卫星采用先进的微波探测器,温度及湿度探测的水平及垂直分辨率将大大提高,对全球气候演变有重要意义的极地冰雪覆盖图象信息也将增强。静止气象卫星探测信息的应用,过去着重于大尺度天气预报,预计随着仪器的改进,静止卫星将在了解及预报中尺度现象方面作出重要贡献。利用卫星上设置的激光雷达来得到风的断面资料,是很有希望的,从而可以大大提高现有天气预报精确度。

2. 一种以新的信息处理技术为基础(电子计算机为核心)的天气分析、诊断及预报

* 易仕明、纪乃晋、李松梅参加了编写。

系统已将气象工作由传统的手工操作转为自动操作流程。数值天气预报业务化标志着气象学已在理论或实用上都成为日趋成熟的物理科学。目前数值天气预报业务已成为观测资料收集与预报处理、资料质量检查、资料客观分析与初始化、预报模式计算与输出、模式输出结果的翻译与后处理、结果的分发、初始场与预报场资料归档及检查、业务调度及管理（实时监督与误差检查等）而组成的完整的作业系统。这是气象业务系统性的最典型的体现，大气信息从观测站开始，经过通信传输，到达信息处理中心的计算机系统内，完成各种处理，最后再得出分析预报信息传给各界。

3. 通信技术及通信网的组织对气象业务现代化有重要影响。由于观测手段增加，观测资料量也急剧增加，交换量也随之膨胀。同时，数值预报过程中所产生的格点资料也将成为通信交换的内容，使加工资料的传输量激增。而图象资料加入交换还将增加通信传输的复杂性。气象业务现代化要求传输高速化、图象资料数字化、传输多路化（提高线路利用率），并要求数据通信与数据处理紧密结合。

这些技术趋势反映了新的技术革命对气象工作发展所产生的影响，促使气象业务和组织管理由松散的联系转为紧密结合的系统。无论从该系统组成要素间的集合性、相关性来看，还是从其与大气系统之间信息交换，以及它存在于整个大气系统和社会的环境之中，必须极好地适应环境变化的角度来看，气象业务系统都具有典型的系统特性。

气象业务系统的目标性能是明确的：

（1）系统必须能收集、获取自然界大气系统每时每刻或长年累月活动所发出的各种时空尺度的复杂信息。而判断性能的通用基准是迅速、准确，并根据使用要求，分成各种级别的具体判断基准。

（2）系统必须能及时传输，分析处理所收集到的大气信息，并按各种类别的需求和性能目标提供处理结果。其判断的标准，除了迅速、准确之外，还要加上切合最佳使用需求的多种形式。

（3）系统必须适应社会环境活动需要，提供经济、军事、社会及人民群众在大气环境中活动时所需要的有关大气运动的分析、预报信息。系统目标性能判断的主要标准应该是系统输出信息所能达到的经济效益和社会效益。

（4）系统的管理子系统必须能适应环境的改变（包括大气本身变化和社会需求变化），随时改变自己的决策方法和决策过程，要求它能以很高的效率、最低的成本、灵活的适应性来适应整个业务系统。

二. 我国 2000 年的综合观测系统

我国到 2000 年将建成一个综合的观测网，这个观测网将具有以下特点：

1. 尽量满足四个现代化各方面的要求。到 2000 年，我国四个现代化建设已有相当规模，对气象的要求也更高。我们需要建立一个综合的观测系统。所谓综合，就是每一种观测系统要为多种目的服务，同时每一种目的又要求多种观测系统为之提供资料。预计到 2000 年我们将有表 1 所示的观测系统，并达到应有的密度。（见表）

表 1 2000 年我国观测系统预测

观测系统名称	主要使用对象	2000 年 目 标
极轨卫星		业务使用, 相当现在的 TIROS—N, 发展多种用途。
静止卫星		业务使用, 相当现在日本的 GMS, 发展多种用途。
高空探测系统(包括 ASDAR)	中期数值预报 (大尺度及行星尺度)	主要提高精度及自动化西部及海上增加少量网点。
低空探测系统(包括边界层)	短期预报	主要用低空探空及微波等遥感技术加密现有的探空网点。到 2000 年将有大量发展。
雷达观测系统	短时预报	维持现有体制, 但将更新一代, 提高质量, 采用数字终端, 雷达传播及拼图。到 2000 年将有少量的多普勒作业业务试用, 并提出推广意见。
地面观测系统	天气分析及气候分析	数量还将大增, 但主要增加自动天气站及自动气候站, 建成并完善标准气候站网, 提高仪器精度及自动化水平。
海上观测系统	专业应用 (农业航空等)	大量发展商船用自动气象站及少数船用自动探空站。参加 WWW 计划的海上漂浮站。
辐射观测系统		在现在站网上增加观测项目如紫外及太阳光度计、等, 一般气象站及农业试验站视需要增加总辐射量单项观测。
本底污染监测系统(包括大气污染及大气化学)		完成计划站网并增加某些大气化学观测, 另在全国增加某些大气污染及大气化学观测。
农业气象监测系统		发展多种农业试验站, 结合需要进行试验观测, 要提高观测的自动化水平及采用新技术。
其它专业观测系统		包括航空、林业、卫生、盐业等或附属在气象站内或专设根据需要进行观测。
中小尺度观测网	主要为短时预报	主要为短时预报用, 要使用前面提到的为短时预报用的加密地面观测站网, 低空及雷达探测系统。用自动化通讯网络把各观测系统联系在一起, 到 2000 年全国将有十个这样的系统。

2. 自动化水平: 到 2000 年我国观测系统及资料收集系统将达到相当高度的自动化水平, 有相当数量的自动气象站及自动气候站, 高空探测站基本自动化, 各种观测系统普遍使用计算机将资料及时处理成所需要的 II 级资料。

到 2000 年, 争取在观测后 15 分钟内通过多种渠道集中全国资料。此外还有大约十个左右的中小系统观测网, 能及时综合处理、集中、分发地面、高空、雷达及卫星资料, 并能作短时天气预报和警报。

3. 观测项目大大增加。由于客观需要多样化, 因此观测的项目也要发展。

4. 观测方法的更新。其特点是“技术新、价格低、能耗省、使用方便”。特别要提到的是遥感技术及新的感应元件的应用。

三. 综合气象电信网

随着电子、电信技术, 特别是计算机技术的迅速发展, 气象电信网的结构也有了很大变化。在六十年代末之前, 气象电信网结构在所有国家都是星形阶梯结构或称辐射式

结构。即一个国家气象电信中心连接若干个区域电信枢纽，再与广大气象台站相连接。技术先进国家与发展中国家的差别在于所用的传输技术。六十年代以后，不少技术先进国家都采用计算机控制通信的数据通信方式，使气象通信实现了自动化，而其它国家仍然采用低速有线或无线电传及无线传真广播。

七十年代以来，计算机网络技术迅速发展，数据通信与数据处理紧密结合起来形成综合一体的系统。过去局限在数据交换的数据通信系统功能逐步扩大成为既能交换数据又互相能共享资源（包括大型计算机的机时，存贮空间，数据库等）的分布式处理系统。美国气象业务系统在七十年代末设计、实施的闭环式数据传输网络就是属于这一类系统。在这种网络中，无论是全国性的中心或小的环节点（地区气象台）都作为整个环路上一个分支点，可以向环路投入数据，或从整个数据流中截获所需数据。

我国目前处于低速电传为主的阶段，网络结构属于星形阶梯结构，这是由目前邮电部门线路情况及通信技术水平决定的。今后的气象业务，有几个发展趋势将给气象电信网提出新的要求：

（1）气象信息种类逐步增多，观测原始数据量将随着使用新探测手段而急增，加工后的信息量则更大。信息传输将包括字符电报、数据文件、视频图象信号、声音、静止图象等多种形式；

（2）由于计算机广泛应用于气象工作的各项业务，输入数据与输出结果的最有效的方式是互相联机，形成分布式处理和共享资源的整体系统。这样，高一级气象中心（如国家及区域）的数据库中形成的信息要用多点传输方式分发出去，而各级中心又希望与高级中心点对点连接，进行查询检索、存取数据库、远距作业输入等工作。

（3）卫星通信技术的应用将克服地形、通信距离限制等困难，并非常适合一点发射，多点接收的用途。若再采用时分多路存取（TDM）技术，还能实现点对点连接的需求。

据上面分析，预计我国气象电信网结构到本世纪末将采取如下形式：

（1）**国家级主干网**：以北京为中心连接区域性气象中心及若干边疆省（区）气象台，开始为点对点辐射式结构，信道视条件采用陆缆、微波或卫星信道。逐步向环形结构和卫星信道连接方式过渡，在主干网中，将采用中、高速数据连接，能适应多工传输（字符、图象、视频数据、语音等传输）的要求，还能完成计算机远程网络的功能要求（如数据文件传送、数据库检索、远程作业输入等）。最终形成气象部门主要业务中心的计算机网络，把数据通信与数据处理系统结合成一体。

（2）**区域性气象电信网**：是以区域气象中心（即国家气象主干网的通信枢纽）为主，连接所属区域内省气象台的星形辐射式网。这个网的主要任务是传递、分发区域气象中心的产品（包括文字，数据及图象等）及集中收集各省气象台站的观测数据。由于信息量相对减小，而且以加工图象产品传输为主，因此，可采用有线话路。

（3）**省（市、自治区）内气象电信网**：是以省气象台为中心连接地区（州、盟）气象台，然后连接县（市、旗）气象站的树形辐射式网。这个网将担负气象观测资料收集、传输、分发及预报产品，服务材料的传递，成为基层气象台站与省气象台之间传递信息、进行会商联系的通信网络。省内气象电信网络拓扑（电信网连接的几何形状）将