



◆ 现代大气科学丛书 ◆



现代天气学概论

孙淑清 高守亭 编著



气象出版社

现代大气科学丛书

现代天气学概论

孙淑清 高守亭 编著

气象出版社

内 容 简 介

本书介绍现代天气学的基本原理以及影响我国天气的主要系统,特别是灾害性天气系统,全球大气的平均状态及控制大气运动的基本因子;寒潮、大风等大尺度天气系统和影响我国夏季天气的季风系统及台风等;在中尺度天气学中,重点介绍暴雨、冰雹等对我国影响极大的对流系统;最后简要地介绍短期天气的预报方法。本书适宜从事气象工作和非气象专业的有大学文化程度者阅读和参考,也可作为干部进修和培训的教材。

图书在版编目(CIP)数据

现代天气学概论/孙淑清 高守亭编著.

—北京:气象出版社,2005.10

ISBN 7-5029-4030-8

I. 天… II. ①孙…②高… III. 天气学-概论 IV. P44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 111885 号

Xiandai Tianqixue Gailun

现代天气学概论

孙淑清 高守亭 编著

气象出版社出版

(北京海淀区中关村南大街 46 号 邮编:100081)

总编室:010-68407112 发行部:010-62175925

网址:<http://cmp.cma.gov.cn> E-mail: qxcbs@263.net

责任编辑:李太宇 章澄昌 终审:陆同文

封面设计: 张建永

*

北京市北中印刷厂

气象出版社发行

*

开本:787×1092 1/16 印张:13.75 字数:352 千字

2005 年 10 月第一版 2005 年 10 月第一次印刷

印数:1~1000 定价:35.00 元

ISBN 7-5029-4030-8/P·1451

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

《现代大气科学丛书》 编辑委员会

主 编 黄荣辉
副主编 李崇银 王绍武 黄美元
编 委 (以姓氏笔画为序)
王明星 刘式适 孙淑清
朱瑞兆 邱金桓 陈洪滨
郑循华 徐华英 高守亭
编 辑 耿淑兰

作者简介

孙淑清，女，浙江余姚人，1936年12月生。1958年毕业于北京大学物理系气象专业，同年进入中国科学院大气物理研究所（前地球物理所）至今。1990年晋升为研究员。政府特殊津贴获得者，博士生导师。从事和领导过大气环流、中尺度气象学及季风气象的研究，在中尺度气象学领域中连续获中国科学院1992年自然科学一等奖，1993年科技进步一等奖。国家气象局科技进步二等、三等奖等。多次领导和参加了全国性中尺度气象科研试验研究和大规模跨省市的科研协作。任中国科学院研究生院兼职教授。共完成论文60余篇，合作专著4种。近期的主要研究领域为：中尺度气象学、季风气象学及短期气候成因等。

高守亭，男，河北省丘县人，1945年9月生。1988年获博士学位。1990~1992年在英国邓迪大学作博士后。1992~1994年在美国俄克拉荷马大学作访问学者。1995年在英国邓迪大学作研究客座。1996年后为大气物理研究所研究员、博士生导师，并是中国科学院研究生院兼职教授。现为中国科学院大气物理研究所云降水物理与强风暴实验室主任。在国内外发表论文近100篇，并有波流相互作用方面的专著一部。在波流相互作用研究方面，2000年获中国科学院自然科学二等奖。

序

大气科学是研究地球大气圈及其与陆面、海洋、冰雪、生态系统、人类活动相互作用的动力、物理、化学过程及其机理。由于人类的生产和生活活动离不开大气,因此,这门科学不仅在自然科学中具有重要的科学地位,而且在国家的经济规划、防灾减灾、环境保护和国防建设中都具有重要的应用价值。

随着人类生产活动的发展和科学技术水平的提高,特别是电子计算机和气象卫星及太空遥感探测大气技术的提高,大气科学得到了迅速的发展,它已形成了诸多分支学科,如大气探测学、天气学、气候学、动力气象学、大气环境学、大气物理学、大气化学等分支学科。为了回顾近百年来大气科学的发展成就以及展望 21 世纪初大气科学的发展、创新与突破,我们编写了这套《现代大气科学丛书》。它包括《大气科学概论》、《大气物理与大气探测学》、《大气化学概论》、《大气环境学》、《动力气象学导论》、《现代天气学概论》、《现代气候学概论》、《应用气候学概论》共八卷。本书是其中的一卷。

在编写这套丛书时,内容力求简明扼要、通俗易懂,每部书的内容结构力求全面、系统。各卷还包括了对各分支学科的发展历程、研究方法和对今后的展望,以使读者对现代大气科学各分支学科有一个全面的了解。

由于我们学识有限,加之本套丛书涉及的内容较为广泛,书中难免有不妥之处,希望读者给予指正。

本套丛书得到了中国科学院大气物理研究所的大力支持和资助,在此表示衷心的感谢。

此外,《中国现代科学全书》编辑工作委员会对本套丛书的组稿和书稿的排版做了不少工作,在此给予说明。王磊和刘春燕两同志对于本套丛书书稿做了许多工作,鲍名博士在此套丛书出版的联系方面付出许多精力,也在此表示感谢。

《现代大气科学丛书》编辑委员会

主编 黄荣辉*

2005 年 5 月 18 日

* 黄荣辉,中国科学院院士

前言

阴晴雷电、风霜雨雪等天气的变化是与人们日常生活和经济建设有密切关系的自然现象。这些现象在气象上统称为天气。天气学是研究所有天气现象的特征,发生、发展的物理机理和演变规律,探讨预报它们的方法。因此这是一门有极大实用价值的学科。各种天气现象都是大气运动的结果。它们虽然发生在某时某地,但它也受到大范围(如北半球,甚至全球)大气状态的影响和制约。这就使天气学的研究对象十分广泛。从时间尺度讲,有引起大气环流季节变化,季节内变化(30~50 天的大气变化),中期变化(5~15 天),短期变化(1~3 天),甚短期变化(6 小时)和超短期变化(1~3 小时)的运动系统。从空间尺度看,有小到几十、几百公里的天气系统,前者如龙卷,后者如台风;也有大到上千公里以上的长波、超长波,相应的天气如冬季的寒潮、夏季大面积干旱等天气过程。这些都是天气学研究的范畴。

由于常规气象观测系统的不断改善和发展,新的先进的探测技术的使用(如卫星探测、多普勒雷达以及遥感技术等),和迅猛发展的计算数学和计算机技术在气象探测、预报及数值模拟等方面的应用,近 30 年来天气学有了很大的发展和扩充。天气学与其他学科,特别是动力气象、数值预报等学科之间的互相渗透,使现代天气学进入了一个定量化、物理化的新时代。

本书在撰写时,特别注意了以下几个方面:(1)从内容上说,要全面阐述天气学的各个方面是不可能的。本书主要介绍现代天气学的基本原理以及影响我国天气的主要系统,特别是灾害性天气系统。(2)天气学发展至 21 世纪,已经不能仅停留在对天气系统形态的分析和描写上,而要进一步阐明它们的结构,发生、发展的物理图像,说明各类系统之间的相互作用。研究方法从定性描述发展至物理诊断、数值模拟等定量分析。本书只侧重于介绍各类系统的基本特征、形态及生命史,对物理特征的叙述也尽量多用图表,少用或不用数学公式和过深的物理概念,以求使读者得到一个基本的了解。(3)天气学中新的成就日新月异,本书除了介绍基本的原理和特征外,还尽可能多地介绍最新的成果,务使全书能够反映现代天气学的特点。因此实际上本书又有别于大学天气学中本学科的教科书。

本书共分八章。第一章为绪论。除介绍天气学基本特点外,还通过对与人民生活有密切关系的灾害性天气的初步描述,使读者对天气过程有一定了解;第二章为大气环流,介绍全球大气的平均状态及控制大气运动的基本因子;第三、四章为大尺度的天气系统和影响我国天气的主要系统;第五章为热带环流与系统,重点阐述与我国天气有密切关系的季风系统及台风等;第六章是中尺度天气学,重点介绍暴雨,冰雹等中尺度对流系统;第七章为短期天气预报方法,预报方法是一门专门的学科,内容广,使用的工具多,本书只介绍基本的天气图方法,并简单地展示数值预报的基本含义,卫星云图在天气分析预报中的应用;第八章是对天气学发展趋势的展望。本书的第一、五、六章及第七章的二、三节由孙淑清撰写,其余各章节则为高守亭撰写。

由于近年来天气学的快速发展,内容不断更新,有关研究成果和资料变化也很快,加上作者学识、见解等的局限,缺点错误在所难免,敬请读者批评指正。

作者

2005 年 5 月于北京

目 录

序

前言

第一章 绪论	(1)
第一节 天气学的研究对象和任务	(1)
第二节 天气学发展简史	(3)
第三节 我国主要灾害性天气概述	(4)
第二章 大气环流	(10)
第一节 大气环流研究概况	(10)
第二节 控制大气环流的基本因子	(11)
第三节 大气平均流场特征	(15)
第四节 东亚环流基本特征及其季节变化	(21)
第五节 大气环流的中短期变化	(29)
第三章 大尺度天气系统	(33)
第一节 大气长波	(33)
第二节 阻塞高压	(35)
第三节 急流	(39)
第四节 气团和锋	(44)
第五节 东亚及西太平洋锋面上的气旋	(52)
第六节 副热带高压	(66)
第四章 影响我国的大型天气过程	(74)
第一节 寒潮天气过程	(74)
第二节 大型降水过程	(85)
第五章 热带大气环流与天气	(100)
第一节 热带大气环流的基本特征	(100)
第二节 亚洲季风环流	(109)
第三节 台风	(125)
第六章 中尺度天气系统	(143)
第一节 中尺度天气系统基本概况	(143)
第二节 对流性天气形成的物理条件	(147)
第三节 暴雨	(151)

第四节 强烈对流性中尺度天气.....	(165)
第五节 中尺度对流复合体.....	(176)
第七章 天气预报	(181)
第一节 短期天气的常规预报方法.....	(181)
第二节 数值天气预报.....	(187)
第三节 气象卫星在天气分析和预报中的应用.....	(191)
第八章 天气学的发展趋势和展望	(195)
第一节 从天气学演变的历史来展望其未来发展趋势.....	(195)
第二节 从动力理论的发展来展望天气学的发展趋势.....	(197)
第三节 从形势发展和预报实践的需求来展望天气学的发展趋势.....	(199)
参考文献.....	(202)

第一章 绪 论

第一节 天气学的研究对象和任务

一、天气与天气学

人们日常生活中所称之天气即指不断变化着的各种大气状态。大气中各种主要气象要素如温度、气压、湿度和风等的变化构成了各种天气现象,如晴、雨、风、雷电等等。这些天气现象的发生不仅仅是一时一地的局部现象,它常常成片出现,并能维持一定的时间。在某一个地区发生的一种天气现象(如降水、大风),从开始至结束为1次过程。在天气学上称之为天气过程。也就是说某地区在一定时段内出现的一种天气现象。因此,1次天气过程应包括天气特征,发生的时段及地区。如1991年发生在长江、淮河流域的洪涝灾害就是由大体上3次暴雨过程组成的。第一次过程发生在5月18~26日,降雨区主要位于长江中下游及鲁、豫、皖一带;第二次过程为6月2~19日,这是长江流域的主要梅雨期,它集中在淮河流域及太湖流域,其中又包含了两次极强的过程,即6月7~8日和12~14日,分别出现在不同的地区。第三次集中的降雨过程为6月30日~7月13日,长江流域出现了第2次梅雨期,雨带稳定在江淮流域和太湖地区。这3次集中降雨过程造成了当年江淮流域特大的洪涝灾害。

天气过程发生的突发性,持续性和地域上的不均匀性常常会造成很大的灾害,如干旱、洪涝、暴雨等,给国民经济造成程度不同的损失。

天气过程的空间尺度和时间尺度可以有很大的差别。在天气学中,把天气过程所影响范围的大小称为空间尺度,而把它从发生、发展至消亡的时间历程(即生命史)称为时间尺度。在天气学的范畴内,空间尺度小的为几十公里,大的可达万公里。短的生命史大体为几个小时,但长的可为1周。一般来说,天气系统的空间尺度越大,时间尺度也越长。大气中各种运动系统按照不同尺度可以大体上分为4类。表1.1.1给出各主要天气系统相应的尺度。

表 1.1.1 大气中不同尺度天气系统举例

时间/空间	1 周以上	几日~1 周	几日	1 日~小时
$\geq 10^4$ km	超长波系统			
$10^3 \sim 10^4$ km		长波系统 (副热带高压 赤道辐合带)		
$10^2 \sim 10^3$ km			天气尺度系统 (气旋、锋面 台风、低涡)	
$\leq 10^2$ km				中尺度系统 (飑线、雷暴群、 对流辐合体)

第一类为超长波系统。它的尺度较大,水平尺度为 10^4 km 以上,时间尺度为1周以上。如中、高纬度西风带和低纬东风带以及叠加在西风带中的波长特长的超长波系统。第二类为长波

系统。它的尺度为几千公里,生命史为1周左右。通常把它称为行星尺度系统。如中、高纬度西风带中的长波系统,副热带高压和赤道辐合带等。第三类称为天气尺度系统。它们的时间尺度为几日,水平尺度小的大致为几百公里,如台风、低涡等;大的可达千公里,如锋面、气旋等。第四类为中尺度系统。它们的尺度更小,如飑线、雷暴群,对流辐合体等大都为几百公里,生命史为日或更短。较小的中尺度系统还有如龙卷、积云单体等。它们的生命史在1 d(天)以内,范围也只有几十公里。

不同尺度的天气过程有各自不同的特征和规律,因此常常用不同的方法对它进行分析和研究。但是天气现象往往是十分复杂的。1次天气过程会包含几种不同尺度的天气系统。如1次天气尺度的温带气旋中,既有冷锋、暖锋等天气尺度的系统,又有许多寓生其中的中尺度雨带。甚至还有几十公里的更小尺度的暴雨带。这些不同尺度的系统是相互依存,相互影响的,构成了十分复杂的天气过程。

天气学就是要研究天气现象与天气过程的物理本质以及它们的机理,从而掌握它的发生和演变的规律,以达到对天气进行较准确预报的目的。它是气象学的重要分支,同时也是其他分支特别是动力气象和数值预报、大气物理学的基础。

天气的变化密切关系着人们日常生活和经济建设,特别是一些灾害天气如台风、暴雨、寒潮、低温等有很大的破坏作用。随着现代化建设的发展,不仅工、农业生产,军事活动等都与天气有很大的关系,现代科学技术的发展,如火箭发射、人造卫星探测等都离不开气象保障和天气预报。因此天气学在国民经济和国防建设中有着重要的作用,努力提高对天气过程的认识,加强对天气学的研究,以便较准确地作出天气预报,是天气学工作者十分重要的任务。

二、天气学的主要内容和研究方法

如前所述,天气学是研究天气现象、天气过程特征及其规律,并建立相应的天气预报方法的一门学科。它的内容十分广泛,首先是天气学的基本原理,它包括基本理论和基本概念;其次是各类主要天气系统特征、结构的研究,如气团、锋面与气旋、大尺度系统如西风带长波扰动、阻塞高压、副热带高压等,以及台风、涡旋等较小尺度的系统;第三是对一些特殊天气,特别是易于造成重大灾害天气的系统与过程的研究,如大风、降温、洪涝、干旱等,各国气象学家们都十分重视这类天气过程的分析,把它们作为主要的研究对象。对我国天气有重大影响的天气过程有:寒潮、连阴雨、暴雨、台风及亚洲季风等。此外,青藏高原对东亚大气环流及我国天气有重大的影响,它已经成为一门独立的学科。以上这些都是中国气象学家重点研究的主要内容。天气学最后一部分内容是天气分析与天气预报方法的研究。前者是天气学的基本研究手段,后者则是天气学研究的最终目的。本书也大体上按照这几个方面进行阐述和介绍。

天气图是天气学的主要研究方法。人们用实际观测到的气象资料,按一定的规则填绘于特定的图上,以各种不同类型的天气图来识别和研究三维空间中的天气系统及它们的结构。垂直剖面图和用各种动力学、热力学要素制作的各类辅助图表也是从不同侧面研究天气系统的不可缺少的手段。关于天气图的分析方法,将在后面作专门的介绍。此外,由于气象卫星及雷达探测技术的发展,由卫星资料和雷达资料所构成的各种分析图表,也是天气学分析的重要辅助手段。

天气图方法对揭露和描述天气系统较为简明和直观,它已经沿用了几十年,但是它主要是一种定性的方法。它以揭露天气过程的三维形象和对形态的描述为主,因此有较大的局限性。

随着其他气象学分支特别是动力气象学、数值预报等学科的迅速发展,可以利用理论气象上的成果和现代计算技术来探讨天气形象的物理本质,建立更准确的天气学模型。它用各种气象要素和物理参量对天气过程进行定量的计算和分析,从而较深入地研究天气过程发展的规律,并给天气预报提供物理依据。因此诊断分析方法已经成为近代天气学重要的研究手段,它不仅用于天气学的研究,也在日常天气预报工作中得到广泛的应用。各国条件的预报业务系统大都在预报系统中进行各种大气物理量的计算和分析。

把大气运动搬进实验室,对它进行可控制的试验研究是气象工作者的理想。20世纪50年代开始,国外已有较为成熟的实验室模拟。70年代后期,中国科学院大气物理研究所用转盘试验进行了大气环流演变,青藏高原影响以及台风路径等多方面的模拟试验。这类工作和研究方法可以通过控制实验中的各种参量来研究天气过程的性质,极大地补充了观测和理论研究的不足。但是这种方法也有一定的困难和较大的局限性。最主要的是人们还无法在实验室中真实地描写和重现大气中复杂的过程。随着数值预报和计算技术的迅速发展,一种新的试验方法诞生了,这就是数值模拟。它是把物理学上的理论方程组应用到实际大气中,根据观测到的各种气象要素,通过繁杂的计算(这些计算可由大型电子计算机来快速完成)模拟出大气的实际状态,以致作出预报。这样人们就可以通过计算方案的设计,方程中参量的改变等人工控制手段来研究大气变化的物理过程。这种数值模拟方法的出现,使大气科学研究进入了一个新纪元,目前它已经成为一门独立的学科。天气学研究也广泛地吸收了这种研究方法,这为天气学向物理化、定量化和自动化提供了十分有效的手段。

第二节 天气学发展简史

天气学的发展与其他学科一样是随着社会和经济建设的发展和需要而逐步发展的。天气学的发展经历了以下的过程。

气象测量仪器特别是气压表和温度表的发明与应用,使天气现象有了可供观测和分析的科学资料和依据。1820年人们利用地面观测资料绘制了第一张天气图。以后各国开始陆续绘制本国的天气图,它以地面气压场或温度场的分析为主要特征。这样,气象工作者的目光从对一时一地的关注扩展到大范围形势的研究,并开始用外推法制作简单的天气预报。天气学有了自己的雏形。由于渔业和航海业的发展,特别是第一次世界大战后,气象工作者可以获得更多相应的资料。挪威气象学家率先提出了气团和锋面的学说,建立了气旋的模型,对气旋中相关联的天气现象进行归纳和系统化,提出了著名的锋面理论和气旋波动学说,构成了所谓的挪威学派。这时候,天气预报也有了较好的天气概念作为它的基础和依据。

20世纪30年代以后,由于高空探测技术的发展,无线电探空仪的应用,使人们不仅可以有地面的气象资料,而且还可获得高空的气象情报,因而出现了高空图和各种剖面图。这样,对天气过程与天气系统的认识逐渐从地面拓宽至三维空间,对天气系统有了较准确的物理图像。40年代以来,世界性气象观测网逐渐建立和完善,它为天气学的发展提供了十分有利的条件。这时,出现了以罗斯贝(Rossby)为首的芝加哥学派,他们提出了大气长波理论,给出了系统运动和发展的动力学,这也给大尺度天气预报提供了理论基础,使天气学取得了突破性的进展。20世纪40年代,前苏联气象学家基培尔等建立了平流动力理论,提出了气压、温度局地变化的计算方法,不仅揭开了近代动力、数值预报的序幕,也为天气系统移动和发展提供了简便的

分析判断方法,为天气预报实践所利用。佩特森(Petterssen)在1956年发表的天气学原理一书,综合了气团、锋面学说和长波理论,把锋面外推法用于天气预报,对个别天气系统的移动给出了计算公式,建立了运动学的预报方法。为天气学及天气预报理论提供了一个全面而实用的理论概括,对天气学的发展起到了积极的推动作用。

20世纪60年代以后,气象探测手段发生了深刻的革命。多普勒雷达的应用使气象学家有可能了解云中的三维流场,改善了中尺度研究中资料不足的困难。气象卫星的出现和遥感技术的应用更使气象工作者获得了大量宝贵的非常规的资料,得到非定时,定点的云系状态、水汽分布、系统中三维风场结构等信息。这些信息不受地理条件的局限(如高山、海洋、边远地区),也不受固定时间的限制。因此为天气学的发展提供了十分有利的条件,同时也为天气预报开辟了广阔的前景。

随着气象学其他分支学科如动力气象学、数值预报的发展,近代天气学已不完全停留在以天气图为主要分析工具上。它利用动力气象中的理论结果以及计算数学与大型电子计算机提供的快速计算的条件,建立了物理诊断的方法,它以定量的分析,研究天气过程的物理特性。20世纪70年代以后,天气学中逐渐引进数值模拟的方法,它可以对复杂的天气过程中各种物理因子的作用进行控制性的对比试验,以更好地了解天气,建立各种天气学模型。这些研究方法的应用使现代天气学进入了定量化、物理化的新时代。

第三节 我国主要灾害性天气概述

一、我国气象灾害的基本情况

如前所说,天气学的根本任务是进行天气预报,尤其是那些可能造成很大灾害的天气过程,更是天气学工作者重点关心和研究的对象。

自然灾害严重地威胁人民的生命财产和经济建设,是世界性关注的重大问题。据联合国有关部门的统计,“在20世纪70年代至80年代中,全球各种自然灾害已使300万人丧生,8亿多人受害,经济损失达千亿美元。”据我国公布的材料,1989至1996年,我国每年由自然灾害造成的经济损失占国民生产总值的3.9%,占国家财政收入的27.4%,其中重灾年1991年占34%,1994年为36.2%,1996年为39.1%,这是一个十分惊人的数字。在自然灾害中,气象灾害占据了最重要的位置,它发生频繁,突发性强,造成损失最为严重。表1.3.1给出1954年以来我国重大自然灾害造成经济损失超过50亿元以上的个例。由表可见,在所列的15项中,除1976年唐山大地震,1987年大兴安岭森林火灾外,全是属于气象灾害。因此研究由各种天气过程造成的气象灾害是天气学的重要任务。

影响我国的气象灾害大体上有干旱、洪涝、台风、低温(包括霜冻、雪灾、低温阴雨)等。其中干旱和洪涝对我国影响最大。由表1.3.1可见,洪涝对我国经济损失当属首位。但就受灾面积及持续性而言,干旱却是一项十分严重的气象灾害,它占全国受灾面积60%以上。全球有35%土地和20%人口受到干旱和沙漠化的威胁。因此研究干旱过程也是当今气象工作者十分重要的任务。

下面将对几种主要影响我国的气象灾害做简单的介绍。

表 1.3.1 1954 年以来中国重大突发性天气灾害一览表(王昂生,1998)

年,月	重大灾害名称	损失(亿元)
1954 年夏	长江流域暴雨洪涝	>100
1963 年 8 月	河北暴雨洪涝	>60
1975 年 8 月	江淮流域暴雨洪涝	>100
1976 年 7 月	唐山大地震	>100
1981 年 8 月	四川暴雨洪涝	>50
1985 年 8 月	辽宁暴雨洪涝	47
1987 年 5 月	大兴安岭森林火灾	~50
1991 年 6~7 月	江淮流域暴雨洪涝	>500
1992 年 8 月	16 号台风	92
1994 年 6 月	华南暴雨洪涝	~300
1994 年 8 月	17 号台风	170
1995 年 6~7 月	两湖地区暴雨洪涝	>300
1995 年 7~8 月	辽宁、吉林暴雨洪涝	460
1996 年 6~7 月	两湖地区暴雨洪涝	>300
1996 年 7~8 月	华北暴雨洪涝	546

二、我国主要气象灾害天气简介

(一) 干旱

干旱是我国气象灾害中影响面积最大的一种,约占 60%,占气象灾害经济损失的 50%左右。它发生的范围广,持续时间长,危害大。我国旱灾大多发生在华北、黄河流域、长江上游、南岭及云贵高原一带,这正是主要的粮食产区。

1978 年长江中、下游发生了大面积的严重干旱,受害农田达 $5.4 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。由于蓄水量的减少,新安江水电站发电量比常年要减少 60%。又如 1986 年黄河流域大旱,受灾面积为 $20 \times 10^6 \text{ hm}^2$,成灾率达到 50%以上。华北地区是我国干旱的多发区。从影响程度看,20 世纪 50~80 年代就有 1955 年、1957 年、1960 年、1962 年、1965 年、1968 年、1972 年、1978 年、1980 年出现了十分严重的区域性干旱。20 世纪 80~90 年代,干旱更是频繁发生。年降水量减少了 1/3。持续的气候性的干旱带来了严重的问题。它不仅影响了人民日常生活,而且使土地盐碱化和沙化,影响了该地区的工业布局。

表 1.3.2 近年来黄河断流情况(高季章等,1999)

年份	断流次数	断流天数	断流长度(km)
1991	2	16	131
1992	5	53	303
1993	5	60	278
1994	4	74	308
1995	3	122	683
1996	1	136	579
1997	3	226	704

近 20 年来,黄河流域出现了断流,北方地区大范围持续的干旱是造成断流的气象原因。自 70 年代至 90 年代末期,黄河上游的西北地区及其中游黄、淮、海地区都处于降水量偏少的干旱期。进入 90 年代,黄河下游每年都要出现断流。90 年代以来,黄河断流的情况可见表 1.3.2,可以看出,断流天数逐年增多,断流长度也逐年增长。黄河出海口几乎无水入海。这是世界大

河所罕见的现象。因断流造成的供水不足使农业歉收,工业停产。据初步统计,自1972~1997年,因断流造成的经济损失在400亿元以上。干旱和断流也造成了严重的环境问题。它改变了平原地区的地下水状况,使它与河流量间形成了恶性循环。无水入海也使海口地区环境日益恶化。

由此可见,干旱少雨天气造成的灾害影响面大,后果是十分严重的。

(二) 暴雨、洪涝灾害

暴雨、洪涝也是我国十分重要的气象灾害,它的影响面积仅次于干旱。从天气学角度看,造成洪涝的天气过程主要为持续性的降雨和暴雨。由于暴雨过程的突发性强,强度很大,给预防工作带来很大的难度,因此成灾程度往往居其他气象灾害之首。从表1.3.1中可见,暴雨、洪涝灾害发生频率高,造成的经济损失大。

我国地处季风区,是世界上暴雨多发的国家之一。日降水量超过1 000 mm的暴雨区不仅发生在南方及沿海地区,而且也在内陆地区发生。如1977年8月初在陕西与内蒙交界的毛乌素沙漠地区曾出现了历史上罕见的特大暴雨。日降雨量超过100 mm的面积达到8 000 km²,最大降水中心的降雨量竟达到1 000 mm以上。此外,像东北平原,四川盆地,陕甘宁地区等也是暴雨的多发区。近年来,我国各大流域如长江、黄河、珠江甚至松花江等都相继发生过极为严重的洪涝灾害。因此对我国暴雨、洪涝灾害的研究不仅是我国气象工作者也是世界各国气象学家们共同关心的问题。

暴雨、洪涝造成的灾害是十分严重的。以长江、黄河流域为例,除1998年外,近百年来共发生过3次特大洪涝灾害。其中1931年受灾的耕地面积为 18.5×10^6 hm²,受灾人口在1亿以上。1954年分别为 3.7×10^6 hm²耕地和0.2亿人口,1991年则为 14.8×10^6 hm²耕地和1.2亿人口。而1998年,不仅长江流域遭受了本世纪以来除1954年外的全流域性的特大洪水,先后出现8次大的洪峰,有的河段超过警戒水位达80 d(天)。东北嫩江和松花江流域也发生了持续性超历史纪录的洪涝,先后出现3次大洪峰,无论是水位、流量还是持续时间,都超过了历史纪录。据不完全统计,全国共有29个省、市、自治区遭受灾害,受灾面积达 $2\,578 \times 10^4$ hm²,受灾人口2.3亿人。初步估计的经济损失达2 484亿元,其中湖北、江西、湖南、黑龙江、吉林、内蒙古等地受灾较重。因此,暴雨、洪涝灾害对我国国民经济和人民生命财产的威胁是十分严重的。

造成洪涝天气最主要的气象因素是强降水。以1998年长江流域洪涝过程为例,6~8月,在鄱阳湖、洞庭湖及湘、资、沅、澧水系流域中,持续了1个1 000~2 000 mm的强降水区,其中江西、湖南地区连续出现持续性暴雨天气。如6月13~15日历史上罕见的连续暴雨,最大日雨量为315 mm。又如7月下旬中、下游地区(湖北、江西等省)出现日降雨量在200 mm以上的持续暴雨,个别测站超过了500 mm(颜宏,1998)。这样高强度的持续降水势必给江湖堤坝带来极大的压力。造成堤坝被冲,河水泛滥。

暴雨过程常常突发性大,强度大,给预防造成很大困难。如1975年8月上旬发生在江淮流域的1次特大暴雨过程。整个过程只集中在8月5~7日短短的几日内。但其来势十分凶猛,3 d最大降水量达1 605 mm,1 d的最大降水量为1 005 mm,超过400 mm的降雨面积约 2×10^4 km²。因此,虽然过程短,但由于来势猛,强度大,引起河水泛滥,水库垮坝,造成了重大损失。

由此可见,对于暴雨过程的研究及由此研制出相应的预报方法,是天气学特别是中尺度气象学的一个十分艰巨而重要的任务。

(三) 台风

台风是世界上破坏强度最大的一种天气系统。它发生在热带海洋上,但常常向大陆移动。当它移近大陆或登陆深入内地时就会带来灾害。我国地处西北太平洋地区,这是全球台风发生频率最高,强度最大的地域。北到辽宁,南到广西,都有可能遭到台风的袭击。因此我国也是台风灾害最严重的国家之一。

从近 44 年登陆我国台风的次数统计(1949~1992 年),每年平均约有 7 次台风登陆。图 1.3.1 为各年登陆台风次数的曲线。可以看出,多则 12 次(1971 年),少则 3 次(1950,1951 年)。台风登陆大多集中在 7,8,9 月 3 个月,占全年登陆台风总数的 76%。因此这是一种季节性很强的灾害系统。台风登陆的地区大多集中在东南沿海各省,其中主要集中于广东、台湾、海南、福建和浙江等省。他们分别占登陆台风总数的 31.8%,20.7%,17.3%,16.0%和 5.7%。但是台风对我国造成的灾害却远不只东南沿海诸省。全国有 25 个省、市、自治区可以直接受到台风的袭击和危害。它包括东北地区的吉林、辽宁等。而间接受其影响的则北可至黑龙江、内蒙古,西可达山西、陕西等地区,影响范围是十分广阔的。

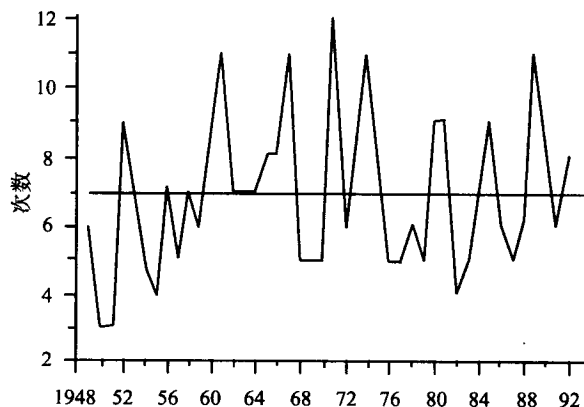


图 1.3.1 各年台风登陆次数

台风登陆在我国造成的主要灾害天气大致可为如下 3 个方面:

(1) 强风 强风是台风系统最重要的标志。根据我国中央气象台 1989 年起采用世界气象组织统一的规定,将习惯上统称的台风分成以下几级:当最大风力达到 8~9 级(相当风速为 17.2~24.4 m/s)时称为热带风暴;而最大风力为 10~11 级(24.5~32.6 m/s)时称为强热带风暴;最大风力为 12 级(32.7 m/s)时称为台风。但在日常生活及研究中,仍把这 3 类统称为台风。强台风中心的最大风速有时可达 100 m/s 以上。如此强烈的风速会造成海上船只的倾覆,庄稼、树林、房屋的毁坏,以致人员的伤亡。据报道,有的台风中心经过的地区,“整片树林被齐腰截断,水牛被抛入海中,甚至大块钢板被吹得在空中飞舞。”

(2) 暴雨 台风常常伴随着十分强烈的暴雨过程。1 次台风常可有 100 mm 以上的暴雨,有的甚至超过 1 000 mm。如前一节中曾经提到过的 1975 年 8 月河南等地的大暴雨过程就是由台风登陆引起的。过程总降水量为 1 631 mm。由于降水量集中,造成江河横溢,水库垮坝,带来巨大损失。因此,台风暴雨也是一种危害极大的天气。

(3) 风暴潮 台风移近海岸时,大量海水在海岸附近堆积,造成海水涌升。又因为台风是一

个很强的低气压系统,中心气压比周围要低,由于辐合使海面升高,造成强烈的风暴潮。如果这时正与月球引力造成的潮汐相一致危害就更大。风暴潮可在海上造成巨浪,沿岸海水倒灌,淹没农田房屋,冲垮港口设施,还会使土地盐碱化。

我国沿海各省是我国经济比较发达的地区,又是台风危害最大的地区,因此加强对台风的警戒和预报,致力于对台风的成因、移动路径和台风天气等各方面的研究,有着十分重要的科学和实用价值。

(四)低温冷害

低温冷害是由于强烈降温引起的各种灾害。包括寒潮、霜冻、雪灾等。对我国造成低温灾害的天气过程往往与农牧业紧密联系在一起。由降温造成的灾害随着地区和季节的不同而各异。除了冬季大范围的寒潮天气外,对我国影响较大的还有华南地区的秋季寒露风及冬季的寒潮天气,江淮流域的初霜冻,东北地区的夏季冷害以及我国北方特别是3大牧区的雪灾等,都可以给农牧业造成巨大的危害。下面仅就几类最重要的冷害天气作一些介绍。

华南地区虽然属于低纬地区,但是经常受到寒潮的袭击,造成强降温和霜冻天气,影响了越冬作物特别是热带、亚热带经济作物的生长。因此华南地区冬季低温是该地区农业遇到的重要灾害。华南地区1次寒潮过程的平均降温可达 12°C ,最大降温幅度为 25.7°C ,列全国之首。这种剧烈的降温对作物的影响是严重的。如1975年12月上旬的1次强寒潮,它的影响范围很大,持续时间长达10d左右,降温为 $20\sim 22^{\circ}\text{C}$ 。降雪线南界距两广海岸仅 $100\sim 150\text{ km}$ 。华南高山地区出现严重积雪和霜冻。这不仅给热带、亚热带经济作物造成损害,也使交通、通讯等设施遭到破坏。

另一类冷害是东北的夏季低温。这种夏季低温可以造成我国这片主要产粮区粮食的大幅减产。东北地区粮食产量的丰歉与夏季气温有直接的关系,即高温丰收,低温歉收。它的歉收往往是大面积的,因此危害更大。在夏季5~9月的5个月中,会发生连续的温度负距平,一般的低温冷害年最大的降温幅度可在 7°C 以上,月平均温度的下降幅度也可在 2°C 以上。下降持续的低温对作物生长造成危害,带来大面积歉收。据统计,1949年以来5个最严重的夏季低温年(1954,1957,1969,1972和1976年)使东北地区粮食平均减产在30%以上。如1972年的冷夏造成整个东北地区粮食减产 $63\times 10^8\text{ kg}$,1976年则为 $47.5\times 10^8\text{ kg}$,1986年东北三省玉米平均每亩^①减产 20.58 kg 。近年来对这种灾害的严重性有了足够的认识,并开展了一系列的多侧面的分析和研究。

北方地区冬季雪灾则又是另一类严重的冷害,它对我国北方特别是广阔的畜牧业区威胁尤大。由于我国主要牧区目前仍以天然草场放牧为主,因此冬半年的积雪情况(如积雪深度,持续时间)及雪后的大风、降温等将直接制约着畜牧业的发展。雪灾成为牧区冬半年主要的天气灾害。

表 1.3.3 1961~1990年3大牧区冬季雪灾频次(陈峪等,1996)

牧区名	站次	频率(%)
新疆牧区	102	23
青藏高原牧区	70	16
内蒙古牧区	26	6
合计	198	15

① 1亩=公顷/15