

中国大百科全书

大气科学 海洋科学

水文科学

中国大百科全书出版社

北京·上海

1987.5

中国大百科全书总编辑委员会

主任 胡乔木

副主任 (按姓氏笔画顺序)

于光远	贝时璋	卢嘉锡	<u>华罗庚</u>	刘瑞龙	严济慈
吴阶平	沈 鸿	宋时轮	张友渔	陈翰伯	陈翰笙
武 衡	茅以升	周 扬	周培源	姜椿芳	夏征农
钱学森	梅 益	裴丽生			

委员 (按姓氏笔画顺序)

丁光训	于光远	马大猷	<u>王 力</u>	<u>王竹溪</u>	王绶琯
王朝闻	牙含章	贝时璋	艾中信	叶笃正	卢嘉锡
包尔汉	冯 至	司徒慧敏	吕 骥	吕叔湘	朱洪元
朱德熙	任新民	<u>华罗庚</u>	刘开渠	<u>刘思慕</u>	刘瑞龙
许振英	许涤新	孙俊人	<u>孙毓棠</u>	<u>杨石先</u>	杨宪益
苏步青	李 珩	李国豪	李春芬	严济慈	肖 克
吴于廑	吴中伦	吴文俊	吴阶平	吴作人	<u>吴学周</u>
吴晓邦	邹家骅	沈 元	沈 鸿	宋 健	宋时轮
张 庚	张 震	张友渔	张含英	<u>张钰哲</u>	陆 达
陈世骧	陈永龄	<u>陈维稷</u>	陈虞孙	陈翰伯	陈翰笙
武 衡	林 超	茅以升	罗竹风	季 龙	季羨林
周 扬	周有光	周培源	孟昭英	柳大纲	胡 绳
胡乔木	<u>胡愈之</u>	荣高棠	赵朴初	侯外庐	侯祥麟
段学复	俞大绂	宦 乡	姜椿芳	费孝通	贺绿汀
夏 衍	<u>夏 鼐</u>	夏征农	钱令希	钱伟长	钱学森
钱临照	<u>钱俊瑞</u>	倪海曙	殷宏章	<u>翁独健</u>	唐长孺
唐振绪	陶 钝	梅 益	黄秉维	曹 禺	董纯才
程裕淇	傅承义	曾世英	曾呈奎	谢希德	裴丽生
潘 菽	潘念之				

大气科学编辑委员会

主任 叶笃正

副主任 程纯枢 谢义炳 黄士松

委员 (按姓氏笔画顺序)

王鹏飞 邓根云 叶笃正 庄荫模 张家诚 周秀骥 赵柏林
高由禧 陶诗言 黄士松 巢纪平 程纯枢 谢义炳

分支学科编写组

综 论 (一) 主 编 王鹏飞
副主编 顾钧禧

综 论 (二) 主 编 程纯枢
副主编 彭光宜

大 气 探 测 主 编 周秀骥
副主编 梁奇先 张霭琛

大气物理学和 主 编 赵柏林
大气化学 副主编 唐孝炎 周秀骥 周诗健

动 力 气 象 学 主 编 巢纪平
副主编 廖洞贤

天 气 学 主 编 陶诗言
副主编 仇永炎

气 候 学 主 编 张家诚
副主编 张丕远

人工影响天气 主 编 赵柏林
副主编 游来光 胡志晋

应 用 气 象 学 主 编 邓根云
副主编 刘春达 朱瑞兆

海洋科学编辑委员会

主任 曾呈奎

副主任 赫崇本 严 恺 罗钰如 业治铮 毛汉礼

委员 (按姓氏笔画顺序)

王彬华	尤芳湖	毛汉礼	文圣常	<u>方宗熙</u>	业治铮	邢至庄
刘光鼎	刘瑞玉	关定华	纪明侯	严 恺	<u>李法西</u>	苏纪兰
吴宝铃	何恩典	陈吉余	陈则实	罗钰如	郑 重	钮因义
秦蕴珊	徐恭昭	曾呈奎	谢继哲	<u>赫崇本</u>	管秉贤	薛鸿超

分支学科编写组

综 论	主 编	曾呈奎	罗钰如			
	副主编	尤芳湖	钮因义			
海洋物理学	主 编	<u>赫崇本</u>	文圣常			
	副主编	甘子钧				
	成 员	景振华	陈宗镛	秦曾灏	苏育嵩	余宙文
		李克让	包青华	刘智深		
海洋化学	主 编	<u>李法西</u>				
	副主编	纪明侯	孙秉一			
	成 员	周家义	张正斌	顾宏堪		
海洋生物学	主 编	曾呈奎				
	副主编	<u>方宗熙</u>	刘瑞玉			
	成 员	徐恭昭	张峻甫	唐质灿		
海洋地质学	主 编	业治铮				
	副主编	谢继哲	秦蕴珊			
	成 员	何起祥	赵一阳	陈邦彦		
区域海洋学	主 编	毛汉礼				
	副主编	管秉贤	陈则实			

	成 员	许启望	伍伯瑜	孙湘平	沈焕庭	陈上及
海洋环境科学	主 编	吴宝铃				
	副主编	李永祺				
	成 员	廖先贵	史鄂侯	邹景忠		
海洋工程	主 编	严 恺				
	副主编	薛鸿超	邢至庄			

水文科学编辑委员会

顾问 谢家泽 刘光文

主任 施成熙

副主任 华士乾 陈道弘

委员 (按姓氏笔画顺序)

王大纯 叶永毅 叶守泽 叶秉如 华士乾 沈晋 陈家琦
陈道弘 胡煦华 胡豁咸 赵人俊 施成熙 施雅风 郭敬辉
黄胜 梁瑞驹 窦国仁

分支学科编写组

综 论	主 编	华士乾	
	副主编	陈道弘	刘国纬
	成 员	黄伟纶	
水 文 循 环	主 编	叶秉如	
	副主编	陈家琦	
	成 员	于维忠	张恭肃
地表水水文学	主 编	施成熙	
	副主编	梁瑞驹	
	成 员	胡方荣	高维真
地下水水文学	副主编	金光炎	朱学愚
	主 编	施雅风	
冰川水文学	成 员	张祥松	任炳辉

前 言

《中国大百科全书》是我国第一部大型综合性百科全书。

中国自古以来就有编辑类书的传统。两千年来曾经出版过四百多种大小类书。这些类书是我国文化遗产的宝库，它们以分门别类的方式，收集、整理和保存了我国历代科学文化典籍中的重要资料。较早的类书有些已经散佚，但流传或部分流传至今的也为数不少，这些书受到中国和世界学者的珍视。各种类书体制不一，多少接近百科全书类型，但不是现代意义的百科全书。

十八世纪中叶，正当中国编修庞大的《四库全书》的时候，西欧法、德、英、意等国先后编辑出版了现代型的百科全书。以后美、俄、日等国也相继出版了这种书。现代型的百科全书扼要地概述人类过去的知识和历史，并且着重地反映当代科学文化的最新成就。二百多年来，各国编辑百科全书积累了丰富的经验，在知识分类、编辑方式、图片配备、检索系统等方面日益完备和科学化。今天，百科全书已经在人类文化活动中起着十分重要的作用，各种类型的和专科的百科全书几乎象辞典那样，成为人们日常生活的必需品。

一向有编辑类书传统的中国知识界，也早已把编辑现代型的百科全书作为自己努力的目标。本世纪初叶就曾有人试出过几种小型的实用百科全书，包括近似百科型的辞书《辞海》。但是，这些书都没有达到现代百科全书的要求。

中华人民共和国成立之初，当时的出版总署曾考虑出版中国百科全书，稍后拟定的科学文化发展十二年规划也曾把编辑出版百科全书列入规划，1958年又提出开展这项工作的计划，但都未能实现。

直到1978年，国务院才决定编辑出版《中国大百科全书》，并成立中国大百科全书出版社，负责此项工作。

因为这是中国第一部百科全书，编辑工作的困难是可想而知的。但是，由于读书界的迫切要求，不能等待各门学科的资料搜集得比较齐全之后再行编辑出版；也不能等待各学科的全部条目编写完成之后，按照条目的汉语拼音字母顺序，混合编成全书，只能按门类分别邀请全国专家、学者分头编写，按学科分类分卷出版，即编成一个学科（一卷或数卷）就出版一个学科的分卷，使全书陆续问世。这不可避免地要带来许多缺点，但是在目前情况下不得不采取这种做法。我们准备在出第二版时，再按现在各国编辑百科全书一般通行的做法，全书的条目不按学科分类，

而按字母顺序排列，使读者更加便于寻检查阅。《中国大百科全书》第一版按学科分类分卷，每一学科的条目还是按字母顺序排列，同时附加汉字笔画索引和其他几种索引，以便查阅。

《中国大百科全书》的内容包括哲学、社会科学、文学艺术、文化教育、自然科学、工程技术等各个学科和领域。初步拟定，全书总卷数为80卷，每卷约120~150万字(包括插图、索引)。计划用十年左右时间出齐。全书第一版的卷数和字数都将超过现在外国一般综合性百科全书，但与一些外国百科全书最初版本的篇幅不相上下。我们准备在第二版加以调整和压缩。

《中国大百科全书》按学科分卷出版，不列卷次，每卷只标出学科名称，如《哲学》、《法学》、《力学》、《数学》、《物理学》、《化学》、《天文学》等等。

全书各学科的内容按各该学科的系统、层次，以条目的形式编写，计划收条目10万个左右。各学科所收条目比较详尽地叙述和介绍各该学科的基本知识，适于高中以上、相当于大学文化程度的广大读者使用。这种百科性的参考工具书，可供读者作为进入各学科并向其深度和广度前进的桥梁和阶梯。

中国大百科全书出版社，除编辑出版《中国大百科全书》之外，还准备编辑出版综合性的中、小型百科全书和百科辞典，与专业单位共同编辑出版各种专业性的百科全书，以适应不同读者的需要。

《中国大百科全书》的编辑工作是在全国各学科、各领域、各部门的专家、学者、教授和研究人员的积极参加下进行的，并得到国家各有关部门、全国科学文化研究机关、学术团体、大专院校，以及出版单位的大力支持。这是全书编辑工作能够在困难条件下进行的有力保证。在此谨向大家表示诚挚的感谢，并衷心希望广大读者提出批评意见，使本书在出第二版的时候能有所改进。

《中国大百科全书》编辑部

1980年9月6日

凡 例

一、编 排

1. 本书按学科(知识门类)分类分卷出版。一学科(知识门类)辑成一卷或数卷,或几个学科(知识门类)合为一卷。

2. 本书条目按条目标题的汉语拼音字母顺序排列。同音时,按阴平、阳平、上声、去声的声调顺序排列;音、调相同时,按笔画由少到多的顺序排列;音、调、笔画数相同的,按起笔笔形一(横)、丨(竖)、丿(撇)、丶(点)、一(折,包括└┘┌┐等)的顺序排列。第一字相同时,按第二字,余类推。条目标题以拉丁字母开头的,排在汉语拼音相应字母部的开头部分;条目标题以希腊字母开头的,按希腊字母的习惯发音,分别排在汉语拼音字母部的相应位置。

3. 各学科(知识门类)卷在条目分类目录之前一般都有一篇介绍本学科(知识门类)内容的概观性文章。

4. 各学科(知识门类)卷均列有本学科全部条目的分类目录,以便读者了解本学科的全貌。分类目录还反映出条目的层次关系,例如:

大气物理学.....	111
大气边界层物理.....	67
大气近地面层.....	92
大气边界层.....	67
大气湍流.....	107
大气湍流扩散.....	109

5. 学科(知识门类)与学科(知识门类)之间相互交叉的知识主题在有关学科卷中均设有条目,例如“大气消光”在《大气科学》和《天文学》卷均设有条目,但释文内容分别按各该学科的要求有所侧重。

二、条目标题

6. 条目标题多数是一个词,例如“海浪”、“径流”;很少一部分是词组,例如“海洋起源与演化”。

7. 条目标题上方加注汉语拼音,多数的条目标题附有对应的外文,例如 ^{dixiashui}地下水 (ground-water)。无通用译名的纯属中国内容的条目标题,一般不附外文名。

三、释 文

8. 本书条目的释文力求使用规范化的现代汉语。条目释文开始一般不重复条目标题。

9. 较长条目的释文,设置层次标题。层次标题较多的条目,在释文前列有本条层次标题的目录。

10. 一个条目的内容涉及其他条目并需由其他条目的释文补充的,采用“参见”的方式。所参见的条目标题在本条释文中出现的,用楷体字排印,例如“蒸发量大,径流量小是沼泽水量平衡的重要特点”。所参见的条目标题未在本条释文中出现的,另用括号加“见”字标出,例如“南海诸岛有不少是环礁组成的(见珊瑚礁)”。

11. 条目释文中出现的外国人名、地名,一般不附原文。重要的外国人名和著作名在“内容索引”中注出原文。释文中的外国人名,在姓的前面加上外文名字的缩写,即名字的第一个字母,例如 I. 牛顿, A. E. R. 阿加西。

四、插 图

12. 本书在条目释文中配有必要的插图。

13. 彩色图汇编成插页,并在有关条目释文中注明“(参见彩图插页第××页)”。

五、参考书目

14. 在重要条目的释文后附有参考书目,供读者选读。

六、索 引

15. 本书各学科(知识门类)卷均附有全部条目的汉字笔画索引、外文索引和内容索引。

七、其 他

16. 本书所用科学技术名词以各学科有关部门审定的为准,未经审定和尚未统一的,从习惯。地名以中国地名委员会审定的为准,常见的别译名必要时加括号注出。

17. 本书字体除必须用繁体字的以外,一律用《简化字总表》所列的简化字。

18. 本书所用数字,除习惯用汉字表示的以外,一般用阿拉伯数字。

大 气 科 学

叶 笃 正

大气科学是研究大气的各种现象(包括人类活动对它的影响),这些现象的演变规律,以及如何利用这些规律为人类服务的一门学科。大气科学是地球科学的一个组成部分。它的研究对象主要是覆盖整个地球的大气圈。此外,还研究太阳系其他行星的大气。大气圈,特别是地球表面的低层大气,以及和它相关的水圈、岩石圈、生物圈是人类赖以生存的主要环境。大气的各种现象及其变化过程,既可带来雨泽和温暖,造福人类;也可造成酷暑严寒,以至旱涝风雹等灾害,直接影响人类的生产和安全。人类在生产和生活的过程中,也不断地影响着自然环境(包括大气)。如何认识大气中的各种现象,如何及时而又正确地预报未来的天气、气候,并对不利的天气、气候条件进行人工调节和防御,是人类自古以来一直不断探索的领域。随着科学技术和生产的迅速发展,大气科学在国民经济和社会生活中的巨大作用日益显著,其研究领域已经越出通常所称的气象学的范围。本文仅对大气科学的研究对象、研究特点、学科分支、同其他学科的关系以及发展状况作一概括描述,大气科学丰富的内容和悠久的历史则由本卷其他有关条目介绍。

研 究 对 象

覆盖整个地球的大气,质量约 5.3×10^{21} 克,约占地球总质量的百万分之一。由于地心引力的作用,大气质量的90%聚集在离地表15公里高度以下的大气层内,99.9%在48公里以内。2000公里高度以上,大气极其稀薄,逐渐向星际空间过渡,无明显上界。大气本身的可压缩性、太阳辐射、地球的形状和它的重力、地球的公转和自转、地球表面的海陆分布和地形起伏、地球的演化和地球生态系统等是造成地球大气特定组分、特定结构和特定运动状态的主要自然条件。人类活动及其对生态因素所起的作用,是影响大气组分、大气结构和大气运动的人为条件。

地球大气的组分以氮、氧、氩为主,它们占大气总体积的99.96%。其他气体含量甚微,有二氧化碳、氦、氟、氖、甲烷、氢、一氧化碳、氙、臭氧、氡、水汽等。大气中还悬浮着水滴、冰晶、尘埃、孢子、花粉等液态、固态微粒。太阳系的九大行星,都存在大气(见行星大气)。地球大气中的氧气是人类赖以生存的物质基础,氧气的出现及其含量的变化,同地球的形成过程和生物的演化过程密切相关(见地球大气演化)。大气中的水汽来自江河、湖泊和海洋表面的蒸发,植物的散发,以及其他含水物质的蒸发。在夏季湿热处(如高温的洋面或森林),大气中水汽含量的体积比可达4%,而冬季干寒处(如极地),则低于0.01%。水汽随着大气温度发生相变,成云致雨,成为淡水的主要资源。水的相变和水文循环过程不仅把大气圈同水圈、岩石圈、生物圈紧密地联系在一起,而且对大气运动的能量转换和变化有重要影响(见大气环流的能量平衡和转换)。大气中的二氧化碳含量受植物的光合作用、动物的呼吸作用、含碳物质的燃烧以及海水对二氧化碳的吸收作用所影响,在工业发展、化石燃料(如煤、石油、天然气)燃量增加、森林覆盖面积减少的情况下,已观测到二氧化碳含量与年俱增。大气中本来没有或极少存在的如甲

烷、一氧化二氮等气体,由于人类活动的影响,近年来它们的含量也迅速增加。这些有温室效应的气体含量的变化对大气温度的重要影响,已成为研究现代气候变化的一个前沿课题。大气中臭氧的含量很少,即使在离地表20~30公里的浓度最大处,其含量也不到这层大气的十万分之一。然而大气臭氧层能够大量吸收太阳紫外辐射中对生命有害的部分,起着对人类十分重要的保护作用。另外,大气臭氧层的存在,对平流层大气的温度也有重要作用。由于人类活动对高空光化学过程的影响会引起臭氧含量的变化,人类活动对臭氧含量影响的研究,已成为医学界和气象学界共同关注的问题。

地球大气的密度、温度、压力、组分和电磁特性等都随高度而变化,具有多层次的结构特征。大气的密度和压力一般随高度按指数律递减;温度、组分和电磁特性随高度的变化不同,按各自的变化特征可分为若干层次。

地球大气按温度随高度的变化,由地表向上,依次分为对流层、平流层、中层和热层。对流层紧邻地表,其中温度随高度增加而降低,平均每升高1公里约减少 6.5°C ,至对流层顶温度降到极小值。对流层中的对流运动显著,是热量铅直输送的主要控制因子,云和降水主要发生在这一层。对流层顶的高度在赤道地区约18公里,中纬度地区约12公里,极地地区约8公里。平流层位于对流层之上,平流层顶离地表约50公里。平流层中的臭氧层吸收太阳紫外辐射,是使这层大气温度随高度增加而上升的主要因子。这层大气温度层结非常稳定,其中的热量铅直输送以辐射传输为主。中层位于平流层之上,中层顶离地表约85公里,层内温度随高度增加而下降。热层位于中层之上,热层顶离地表约500公里。这层大气由于吸收太阳紫外辐射,温度随高度增加而上升。热层顶以上为外逸层,那里大气已极稀薄,每立方厘米不到 10^7 个原子(海平面处每立方厘米约 10^{19} 个原子)。

地球大气按组分状况可分为匀和层和非匀和层。离地表约85公里高度以下为匀和层,层内的大气组分比例相同,平均分子量为常数。约110公里高度以上为非匀和层,层内大气组分按重力分离后,轻的在上,重的在下,平均分子量随高度增加而减小。离地表85~110公里为匀和层到非匀和层的过渡层。

地球大气按电磁特性可分为中性层、电离层和磁层。由地表向上到60公里高度为中性层。离地表60公里到500~1000公里高度为电离层。离地表500~1000公里以上为磁层。电离层能反射无线电波,对电波通信极为重要。磁层是地球大气的最外层,磁层顶是太阳风动能密度和地磁场能密度相平衡的曲面。

地球大气的运动非常复杂。地球的自转和公转运动以及地球自转轴的方向产生了地球上的昼夜交替、四季变化和温度自赤道向两极递减的规律。由于海陆分布和地貌等的不均匀性,地表的温度并不完全按纬圈带分布,而呈现出非带状的不均匀分布。大气的温度、压力和密度之间有密切的关系。大气压力分布(即气压场)的不均匀会导致大气的运动,大气的运动又会引起气压场的重新调整。大气的水平辐合运动和辐散运动会引起大气在铅直方向的上升运动和下沉运动,大气的铅直运动也会影响大气的水平运动。大气通过机械运动、热运动等多种运动形式进行水平方向和铅直方向的物质和能量的传输和转换。整个大气圈通过各种机制相互紧密地联系在一起,形成了空间尺度小至几米以下、大至几千公里甚至上万公里,时间尺度短至几秒、长至数十天或更长时间的多种大气运动系统。在影响大气运动的因素中,人为的因素在变化着(如工农业生产引起大气中有温室效应的气体增加,大面积森林砍伐等),自然的因素也在变化着(如火山爆发等引起辐射能的变化,地球自转轴方向的变化等)。有些变化是有规律

的,有些变化是无规则的。大气的运动也就呈现出既有规律性又有随机性的特征。

大气科学的研究对象——地球大气,无论它的组分,它的结构,还是它的运动,都存在着确定性和不确定性两个方面。这正是大气科学研究复杂性的一面。天气变化、气候异常以及大气质量变化同人类的生活和生产活动休戚相关,正确的天气预报、气候预测以及改善大气污染情况对人们具有极大的迫切性,这正是大气科学研究为人类紧迫所需的应用性的一面。这种艰巨而有意义的科学事业不断吸引着人们去探索地球大气的奥秘。

研究特点

大气科学研究不能仅限于大气圈 在地球表层,除大气圈以外,还存在着水圈、冰雪圈、岩石圈和生物圈,这些圈层组成一个综合系统。大气圈中发生的各种变化都受其他圈层的影响;反之,大气圈也影响着其他圈层的变化。研究大气运动的能源,大气中的物质循环、能量转换和变化过程,大气环流及天气、气候的分布和变化,都必须考虑大气圈同水圈、冰雪圈、岩石圈、生物圈之间的相互影响和相互作用。如:大气运动的根本能源是太阳辐射。但大气直接吸收的太阳辐射能仅占到达大气上界辐射能的19%,大部分太阳辐射能(约51%)是被地表吸收后,再通过感热通量、潜热通量和辐射通量方式供给大气的。这些通量受近地层大气状态、地表的状态(如海洋、陆地、植被、冰雪)及其热力特性等所控制。又如:大气的组分及其物理和化学性质,除受大气内部物理、化学过程的影响外,还受水圈、冰雪圈、岩石圈和生物圈的影响。海洋通过水的相变、水汽通量和感热通量过程,植被通过光合作用和散发过程,土壤通过水汽通量和感热通量过程等影响大气的温度、水汽和二氧化碳等的含量。火山爆发和人类活动等影响大气中气溶胶含量、大气成分和辐射过程等。再如:地形起伏和植被状况对气流的摩擦作用,影响着地表和大气之间的动量交换(见大气角动量平衡);大地形对气流的强迫绕流和强迫爬升及下滑作用,影响着大气的环流特征;海陆分布的不均匀性,影响着大气环流和天气、气候的非带状分布和南北半球的非对称分布。

大自然是大气科学研究的实验基地 大气圈不是孤立的。在空间和时间上具有宽广尺度谱的各种大气现象也不是孤立的。它们种类繁多,相互叠加又相互影响。即使同一类现象,其结构也不尽相同。影响这些大气现象的因素非常复杂,人类至今还很难在实验室内用人工控制的方法对它们进行完整的实验和研究。只能以大自然为实验室,组织从局地到全球的气象观测网,运用多种观测手段(如气象卫星、气象雷达、飞机等)对大气现象进行长期的连续的观测,特别是定量的观测,以获取资料;对有关气候现象还需搜集地质考查、考古发掘和历史文献等资料。大气科学家们通过对大量资料的综合,提炼出量与量之间的定性的或定量的关系,归纳出典型现象的模式特征,如锋面、气旋、大气长波等,在模式的基础上运用已知的物理学和化学的基本原理以及数学工具和计算技术进行理论上的演绎和模拟,导出新的结论。理论模式是否合理,还需回到大自然的实验室中进行检验,有些理论模式还有待于新的观测资料加以证实。经实践检验的理论才可指导实践(如指导天气预报等)。大气科学正是通过大自然这个实验室,遵循观测(实践)—理论—观测(实践)这个基本法则不断发展,不断为社会的生产和人类的生活服务的。

国际合作是推动大气科学发展的必要途径 全球大气在不停地运动着,而且是一个整体,一个地区的大气运动受着其他地区大气运动的影响,不同尺度的大气运动又相互作用着,其变化之快、变化范围之广、变化形式之多,是自然界突出的。为掌握大气运动变化快、范围广、形

式多的特征,就必须对大气进行连续的、高频率的、全球性的观测。为掌握全球大气的各种信息,必须在站网布局、观测项目、资料处理规范、信息传输等方面作出统一规划和求得协调。全球数以万计的为天气预报进行观测的气象站,要在相同的时间、用接近相同的仪器和观测方法,在全球各地进行同步观测;由气象卫星、气象雷达等探测手段观测的大量资料,凡用于天气预报业务的资料还要作同步处理。这些资料都要在观测完毕后的短短数十分钟内迅速集中到世界气象中心和各国的气象中心。再加上为数更多的水文气象站的观测资料。资料的范围之大、数量之多、传递之快是惊人的,这是自然科学中的奇观。这一切只有通过国际间的密切合作才能实现。大气科学研究中的这种高度分散(观测站点)、高度集中(资料迅速集中)、高度协调(观测站址、观测仪器和方法)、高度合作(国际间合作)的特点,是其他学科无法比拟的。

学 科 分 支

大气科学的分支学科主要有大气探测、气候学、天气学、动力气象学、大气物理学、大气化学、人工影响天气、应用气象学等。

大气探测是一门研究探测地球大气中各种现象的方法和手段的学科。按探测范围和探测手段划分,大气探测有地面气象观测、高空气象观测、大气遥感、气象雷达、气象卫星等次一层分支。探测手段的飞跃往往带来以往难以预计的重大发现,在大气科学的发展进程中,大气探测起了十分重要的作用。

气候学是一门研究气候的特征、形成和演变以及气候同人类活动相互关系的学科。研究内容包括气候特征、气候分类、气候区划、气候成因、气候变化、气候与人类活动的关系、气候预报和应用气候等。20世纪70年代以来,全世界发生几次气候异常,不少地区粮食产量大幅度下降,引起世人对气候的严重关注。工业生产引起大气中二氧化碳和其他有温室效应的气体(如甲烷、一氧化二氮等)含量逐年增加,若干年后它们对地球气候将发生什么影响,也是非常令人关切的问题。电子计算机的采用,促进了对气候变化物理因子和气候模拟的研究,气候预测已不再是虚无缥缈的难题,而已成为一个具有战略意义的课题了。

天气学是一门研究大气中各种天气现象发生发展的规律以及如何应用这些规律来制作天气预报的学科。研究内容包括天气现象、天气系统、天气分析和天气预报等。气候学和天气学研究的成果,不但为大气科学提供丰富的研究课题,而且还直接为国民经济服务。

动力气象学是一门应用物理学和流体力学定律及数学方法,研究大气运动的动力和热力过程及其相互关系的学科。研究内容包括大气热力学、大气动力学、大气环流、大气湍流、数值天气预报和数值模拟等。动力气象学的发展对更深刻地认识大气运动的机理、掌握天气和气候变化的规律有十分重要的作用,它是大气科学的理论基础学科。

大气物理学是一门研究大气的物理现象、物理过程及其演变规律的学科。研究内容包括云和降水物理学、大气光学、大气电学、大气声学、大气辐射学等。大气物理学也是大气科学中的理论基础学科。50年代以后,也有人把动力气象学包括在内都称为大气物理学。

大气化学是一门研究大气组成和大气化学过程的学科。研究内容包括大气微量气体及其循环、大气气溶胶、大气放射性物质和降水化学等。

人工影响天气,研究如何通过影响云和降水的微物理过程使某些大气现象、大气过程发生改变的技术和方法。如人工降水、人工防雹、人工消雾等。人工影响天气是人类改造自然的一个组成部分。

应用气象学是将气象学的原理、方法和成果应用于农业、水文、航海、航空、军事、医疗等方面,同各个专业学科相结合而形成的边缘性学科,也是充分开发利用气候资源的重要领域。

大气科学的各个分支学科彼此不是孤立的,如天气学和气候学与动力气象学相结合,产生了天气动力学和物理动力气候学。探测手段的不断革新和痕量化学分析技术的发展,推动了对大气的物理性质和化学性质的分析研究,促进了大气化学的发展。尤其是大气中二氧化碳和甲烷等微量气体对气候影响的日益显著,以及大气污染和酸雨问题的出现,不仅使人们更加认识到大气化学在大气科学中的重要性,而且随着研究的深入,更认识到大气化学过程和大气物理过程的相互作用,从而促进了这两个分支学科的相互结合。气象卫星探测与天气分析相结合产生了卫星气象学,气象雷达探测与云和降水物理学相结合产生了雷达气象学。大气科学学科分支又分又合的过程,反映了大气科学的不断深入发展。

大气科学在很长的历史发展过程中,先是以气候学、天气学、大气的热力学和动力学问题以及大气中的物理现象(如电象、光象、声象)和比较一般的化学现象等方面为主要研究内容,传统称之为“气象学”(meteorology,此词源于希腊文 meteoros 和 logos,意为“上空的”和“推理”)。随着现代科学技术在气象学中的应用,其研究范畴日益扩展,因而从 20 世纪 60 年代以来,“大气科学”术语的应用日益广泛,它大大扩充了传统气象学的研究内容。近年来,由于人类越来越认识到大气圈与水圈、冰雪圈、岩石圈和生物圈之间相互作用和相互影响的重要性,要了解大气变化过程就不能不深入到其他圈层变化过程的研究。因此,大气科学的研究内容越来越广泛,与其他学科之间的相互渗透也越来越深入。

与其他学科的关系

大气科学依据物理学和化学的基本原理,运用各种技术手段和数学工具,研究大气的物理和化学特性、大气运动的各种能量及其转换过程、各种天气气候现象及其演变过程、天气以及其他某些现象的预报方法、影响某些天气过程的技术措施、大气现象各种信息的观测和获取以及传递的方法和手段等。和其他学科一样,大气科学是同许多学科相互渗透、相互借鉴的。诸如:研究大气运动,需同流体力学、热力学、数学密切合作;研究太阳辐射以及太阳扰动在大气中引起的各种机制,需同高层大气物理学、太阳物理学和空间物理学密切合作;研究水分循环、海洋和大气的相互作用,需同水文科学、海洋科学密切合作;研究地球大气的演化、地球气候的演变,需同地球化学、地质学、冰川学、海洋科学、生物学和生态学密切合作;研究大气化学、大气污染,需同化学、物理学、生物学和生态学密切合作;研究大气问题的数值模拟、数值天气预报等,需同计算数学等密切合作;研究大气探测的手段和方法,需同有关的技术科学密切合作;在大气探测、天气预报等自动化的进程中,大气科学还不断同信息理论、系统工程等科学技术领域密切合作。在相互合作和相互渗透的过程中,大气科学不断汲取其他学科的养料;大气科学特定的要求又不断为其他学科开辟新的研究前沿,不断丰富着其他学科的内容。

发展概略

大气科学是一门古老的学科。有关天气、气候知识起源于长久的生产劳动和社会生活的经验之中。早在渔猎时代和农业时代,人们就逐渐积累起有关天气、气候变化的知识。中国在公元前 2 世纪见于《淮南子·天文训》和《逸周书·时训解》的二十四节气和七十二候,就是从生产和生活实践中总结出来的,它又被用来指导农事活动。后来的工农业生产活动,军事活

动,航海、航空、航天活动,以及对海洋、冰川、高原、空间等考察的发展,都为大气科学不断提出新的课题,推动着大气科学的发展。

17世纪以前,人们对大气以及大气中各种现象的认识是直觉的、经验性的。17~18世纪,由于物理学和化学的发展,温度、气压、风和湿度等测量仪器的陆续发明,氮、氧等元素的相继发现,为人类定量地认识大气的组成、大气的运动等创造了条件。于是,大气科学研究开始由单纯定性的描述进入了可以定量分析的阶段。这是大气科学发展进程中的一次飞跃。1820年,在气压、温度、湿度、风等气象要素的测定和气象观测站网逐步建立的条件下,H.W.布兰德斯绘制了历史上第一张天气图,开创了近代天气分析和天气预报方法,为大气科学向理论研究发展开辟了途径。这是大气科学发展史上的又一次飞跃。1835年科里奥利力的概念和1857年C. H. D.白贝罗提出的风和气压的关系,成为地球大气动力学和天气分析的基石。1920年前后,气象学家J.皮耶克尼斯、H.索尔贝格和T. H. P.伯杰龙等提出的锋面、气旋和气团学说,为天气分析和预报1~2天以后的天气变化奠定了理论基础。1783年,法国J. A. C. 查理制成了携带探测气象要素仪器的氢气气球。20世纪30年代无线电探空仪开始普遍使用,这就能够了解大气的铅直结构,真正三度空间的大气科学研究从此开始。根据探空资料绘制的高空天气图,发现了大气长波。1939年气象学家C.-G.罗斯比提出了长波动力学,并由此引出了位势涡度理论(见大气动力方程)。这不仅使有理论依据的天气预报期限延伸到3~4天,而且为后来的数值天气预报和大气环流的数值模拟开辟了道路。1946年I.朗缪尔、V. J.谢弗和B.冯内古特的“播云”试验,探明了在过冷云中播撒固体二氧化碳或碘化银,可以使云中的过冷水滴冰晶化,增加云中的冰晶数目,促进降水,从此进入了人工影响天气的试验阶段。

50年代以前,大气科学虽然取得了很大的进展,但因受海洋、沙漠等人烟稀少地区缺乏资料的限制以及计算上的困难,还不能摆脱定性或半定性的研究状态。50年代以后,各种新技术特别是电子计算机和气象卫星的采用,大气科学有了突飞猛进的发展,主要表现在以下两个方面:

① 不断采用新的探测技术,使大气科学研究进入了宏观愈宏、微观愈微的新阶段。由于采用气象卫星、气象火箭和激光、微波、红外等遥感探测手段以及各种化学痕量分析手段等新技术,对大气的观测能力增强了,观测空间扩展了。如赤道上空五个地球同步卫星和两个极轨卫星几乎能提供全球大气同时间的情况,不再存在气象资料的空白地区。气象多普勒雷达可观测云的细微结构。气象卫星、新型气象雷达、飞机等探测手段联合应用,为开展各种规模的综合观测试验,为早期发现和追踪台风及生命史短至几小时的小尺度灾害性天气系统,为提高短期和短时(1、2小时至12小时)预报水平,以及改进中期预报提供了条件。气象卫星在大气层外探测大气,不仅加大了观测范围,而且极大地丰富了观测内容,如广阔洋面的温度、云的微观结构、大气的辐射平衡等。气象卫星已成为现代大气科学发展的支柱之一。

② 电子计算机的使用,使大气科学研究进入了定量和试验研究的新阶段。大气的各种现象,大至全球的大气环流,小至雨滴的形成过程,都可以依照物理和化学原理以数学形式表达,然而只有用电子计算机才可能进行运算并模拟这些现象的发生、发展和消亡的过程。大气中各类现象的相互影响,以及大气现象中的跃变形式(如飚线),都存在非常复杂的非线性问题。由于数学上的困难,以往大都是在某种假定下,首先把非线性的数学模式线性化,然后求解;大型高速电子计算机的问世,为解非线性方程提供了条件。此外,科学技术的发展,人类往往需要了解几星期、几个月甚至一年以上大气可能出现的状态。这也需依靠高速计算机获取和处理