

# 气象学

徐祝龄 主编

气象出版社

⊕ ⊞ ⊠ ⊡ ⊢ ⊣ ⊤ ⊥ ⊦ ⊧ ⊨ ⊩ ⊪ ⊫ ⊬ ⊭ ⊮ ⊯ ⊰ ⊱ ⊲ ⊳ ⊴ ⊵ ⊶ ⊷ ⊸ ⊹ ⊺ ⊻ ⊼ ⊽ ⊾ ⊿ ⊽ ⊿

⊕ ⊞ ⊠ ⊡ ⊢ ⊣ ⊤ ⊥ ⊦ ⊧ ⊨ ⊩ ⊪ ⊫ ⊬ ⊭ ⊮ ⊯ ⊰ ⊱ ⊲ ⊳ ⊴ ⊵ ⊶ ⊷ ⊸ ⊹ ⊺ ⊻ ⊼ ⊽ ⊾ ⊿

⊕ ⊞ ⊠ ⊡ ⊢ ⊣ ⊤ ⊥ ⊦ ⊧ ⊨ ⊩ ⊪ ⊫ ⊬ ⊭ ⊮ ⊯ ⊰ ⊱ ⊲ ⊳ ⊴ ⊵ ⊶ ⊷ ⊸ ⊹ ⊺ ⊻ ⊼ ⊽ ⊾ ⊿

# 气象学

徐祝龄 主编

气象出版社

(京)新登字046号

### 内 容 简 介

本书系统地讲述了气象学的基本概念和基本原理,除包括以往出版的气象学教科书的基本知识外,还增加了应用气象等新内容,并重视理论联系实际,注意公式推导的简洁性。对于具有一定数理基础的大气科学初学者来说,这是一本较好的教材。

本书可作为气象、农林、地理、水文、环保等方面的科技人员及大专院校师生参考。

本书经中国气象局高等学校农业气象类教材编审领导小组审查,确认为大学本科通用教材。

### 气 象 学

徐祝龄 主编

责任编辑:成秀虎 终审:纪乃晋

封面设计:牛涛 责任技编:席大光 责任校对:刘祥玉

\*

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京昌平环球印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

\*

开本:850×1168 1/32 印张:19.125 字数:484千字

1994年10月第一版 1994年10月第一次印刷

印数:1-1000

ISBN 7-5029-1657-1/P·0674 (课)

定价:13.00元

# 前 言

这本《气象学》是作为大专院校应用气象专业基础课教材而编写的。它是以北农农业大学农业气象专业使用的教材为基础，以北京气象学院气象专业《气象学》和北京大学地球物理系大气物理专业《大气物理学》为主要参考书，并参照国内外有关气象学方面的其它教材或教参编写而成。所以本书的通用性较好，可以作为大气科学的专业基础参考教材。

气象学是大气科学的主要基础之一，内容广泛，特别是近二十年来大气科学的迅速发展，使它的内容更加丰富。这本教材包括绪论、大气概论、大气静力学、大气动力学、大气中的辐射过程、大气热力学、大气静力稳定度、大气的热状况、大气中的水分、大气中的声、光、电现象和应用气象等方面的基本内容。

为了便于学习和掌握本书的内容，每章之后都附有必要的练习题。我们认为做习题是教学中的重要环节，不仅可以加深对原理的理解，更重要的是培养运用气象学原理解决大气实际问题的能力。

本书由徐祝龄任主编，裘碧梧任副主编，各章编写者有：裘碧梧（绪论、第二、三、九章）、徐祝龄、衣纯真（第一、五章）、徐祝龄（第四、六章）、段若溪（第七章）、蒋瑞宾（第八、十章）。在本书编写过程中，得到北京市气象局科学研究所苏福庆研究员的大力支持和帮助，提出了很多宝贵的意见，最后由北京气象学院章淹教授，对书稿进行了审定。

由于编者水平所限，本教材还存在许多不足之处，错误也在所难免，诚恳地希望读者给予批评和指教。

编者

1993年12月

# 绪 论

## 一、气象学的研究对象

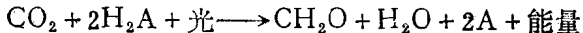
众所周知，地球可以分成大气圈、水圈、岩石圈和生物圈。大气圈是由于地球的引力作用而围绕在地球表面的连续气层。大气圈与水圈、岩石圈和生物圈之间有着密切的相互关系。

大气圈在地球表面水圈循环过程中起着巨大的推动作用。江、河、湖、海中的水不断蒸发到空中，形成大气降水，降落到地面，成为地面水流和地下水。如此循环往返，决定着水圈的分布和水圈的动态。

大气圈和水圈对岩石圈时时刻刻都产生物理的和化学的影响。在空气和水的作用下，岩石崩裂、风化、溶解，造成各种地形，形成各类土壤母质。

地球上生命的那一部分构成了生物圈。生物圈能量循环的原始动力来自太阳辐射。生物圈的物质循环则离不开大气圈、水圈和岩石圈。

无机物转化为有机物的启动过程是光合作用。光合作用可以用一个简单的反应式加以概括：



在光合作用的原料中， $\text{CO}_2$ 来自大气， $\text{H}_2\text{A}$ 是 $\text{H}_2$ 的供体，一般说是指水( $\text{H}_2\text{O}$ )，在光合硫细菌中， $\text{H}_2\text{A}$ 则是 $\text{H}_2\text{S}$ 。在光合作用的产物中， $\text{CH}_2\text{O}$ 代表最简单的有机化合物， $\text{H}_2\text{O}$ 和A（指各种元素）又回到水圈和大气圈中去。

生物圈中的水循环、碳循环和氧循环就是在光合作用和与之相反的呼吸作用中实现的，而氮循环和矿质循环则是通过动植物的吸收作用和排泄作用完成的。

大气圈，大气的组成、大气过程的变化同样也受到水圈、岩石圈和生物圈的影响。譬如，陆地和水面对辐射能的收支和大气环流起着重要的作用。植被的有无和疏密也影响着天气的变化。

人类生活在大气圈的底层。大气和人类休戚相关。人类的生活和生产离不开温、光、水、气等气象条件。人类为了更好地生活和生产，既要顺应和利用有利的气象条件，又要克服和改造不利的气象条件。人类的活动，对于生态环境可能产生有利的影响，也可能产生不利的影响。例如，在我国大范围营造“三北”防护林，大大地改善了北方各省区的气象条件，减轻了气象灾害，提高了作物产量。相反，大量的污染物质排放到大气之中，正在改变着太阳辐射、云量、降水和气温，给人类带来危害。

气象与农业生产的关系极为密切。例如，我国是季风气候非常发达的国家，对我国的农业布局有多种影响，季风气候使喜热需水的水稻在我国可以一直种到最北部北纬 $52^{\circ}$ 黑龙江的呼玛，是世界上大面积种植水稻界限最北的国家；棉花种植北界可以达到北纬 $44^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 的新疆玛纳斯垦区，这在世界上也是罕见的。我国气候类型多样、气候资源丰富。但是，我国也是世界上气象灾害频繁发生的国家，约占所有自然灾害的60%以上，因此，合理利用开发气候资源，做好气象服务，趋利避害，对我国高产、优质、高效农业的发展有十分重要的作用。

气象学是一门研究大气的科学。它是人们用来了解大气中各种现象的形成原因、时间空间分布和变化规律的科学，是大气科学的主要部分，也是地球物理学的重要分支。从动力学、物理学、化学和生物学等方面研究大气中各种现象和过程，揭示它们的本质和内在联系及规律。气象学的研究对象是大气中各种自然现象（风、云、晴、雨、干、湿、冷、暖、雷、电等）及其过程。气象学研究通常是用气象要素（如温度、湿度、气压、风、降水等）来表示的。对大气现象和过程进行定量的观测和分析，进而揭示其发生发展的规律，是气象学的研究任务。而运用这些规律

去预测未来大气的发展过程和局部控制天气的演变，充分利用环境资源，则是气象学的研究目的。

## 二、气象学的主要分支

气象学同其他自然科学一样，在形成之初，内容十分广泛，几乎包罗万象。随着科学的发展、技术的进步以及应用的需求，气象学形成了许多分支。由于侧重角度的区别，其划分也有所不同。

按传统的划分方法，气象学可分为：

(1) 大气物理学 研究大气的组成和结构，大气中的辐射过程，地球的热量收支，大气光学、电学、声学、云雾物理学、人工影响局部天气及高层大气物理学、大气化学等问题。

(2) 天气学 对广阔地理空间上同时刻大气运动状况进行分析并作出预报的学科，又可分为天气分析学和天气预报学。近代大型电子计算机用于天气分析和预报中，又发展成为一门独立的学科——数值天气预报学。

(3) 动力气象学 应用物理学定律研究大气运动的动力过程、热力过程，以及它们之间相互关系，从理论上探讨大气环流、天气系统演变和其它大气运动过程的学科。

(4) 气候学 研究气候形成及气候特征在空间分布和时间演变的学科。大气科学的一个分支。主要研究气候要素在地球上的分布，区域气候特征，过去气候变化规律，以及太阳辐射、大气环流、地表及人类活动制约地球气候等问题，以期利用气候资源、改善气候条件，并避免气候不利影响。按研究尺度可分为大气候学、中气候学和小（微）气候学等；按研究所用原理和方法可分为天气气候学、物理动力气候学和自然气候学等；按研究时段及所用资料可分为古气候学（地质时期气候学）、历史时期气候学和近代气候学等。

(5) 大气探测学 研究大气探测的原理及温度、气压、湿度、辐射能、大气质点等测量方法，并对获得的记录进行整理。根据探

测的对象和范围,大气探测可分为地面气象观测、高空气象观测和专业性气象观测。地面气象观测是以目力或仪器对近地面层的大气状况进行观察和测定。高空气象观测是利用气球、无线电探空仪、气象探测飞机、气象火箭、气象卫星等对自由大气的温、压、湿、风等要素进行探测。专业性或特殊项目的观测是根据各种不同的专业研究的需要而进行的大气探测工作,如大气污染监测、农业气象观测、中高层大气探测等。近几十年来,作为主动遥感的各种气象雷达探测和作为被动遥感的气象卫星探测,以及地面微波辐射探测等能获得较多信息的探测方法,极大地丰富了大气探测的内容。

根据研究内容和研究方法,可将气象学分为:

(1) 理论气象学 包括大气物理学和动力气象学。大气物理学又可分为近地层大气物理学、自由大气物理学和高层大气物理学。

(2) 实验气象学 包括大气探测、高空气象学、雷达、卫星气象、云雾物理、大气环流实验等。

(3) 应用气象学 包括农业气象学、森林气象学、水文气象学、航空气象学、海洋气象学、医疗气象学以及污染气象学等。

从地理分布上看,可分为热带气象学、极地气象学、南半球气象学、高原气象学等等。

近年来,由于对灾害性天气,诸如暴雨、干旱、冷害、台风和冰雹等,引起了广泛的重视,人工降水、人工防雹等的理论研究和技術迅速发展,正在形成相对独立的应用技术学科。

### 三、气象学发展简史

当社会发展到新石器时代,也就是到我国相传的神农、黄帝、尧、舜时代,人类生活方式已进入以原始农业和畜牧业为主的社会。由于农牧业生产的发展,人们对天气变化、四季寒暑已经有了认识。我国最早的气象记录见于商朝(约在公元前17世纪到11世纪)的甲骨文。当时的卜辞中已有丰富的气象天气现象,如晴、阴、



雾、雨、雪、雷、电、晕、虹等。表示天气现象程度的，则有大雨、大风、大雪、小雨等等。

人们对一年四季寒暑往来规律的认识也由来已久。关于两“至”（夏至、冬至）、两“分”（春分、秋分）的记载始见于春秋时代的《左传》。随着农业生产的发展，需用的节气越来越多。秦代的《吕氏春秋》一书中已涉及到十二个节气的名称。到了汉代，在刘安的《淮南子》一书中已记有完全的二十四个节气的名称了。

从气象学的角度来说，我国古代学者对许多气象现象作过比较合乎科学的解释。譬如，东汉的王充在谈到云和雨的性质时写到：“夫云则雨，雨则云矣。初生为云，云繁为雨。”唐代的孔颖达认为，阳光照射雨滴，会有虹生，他说：“若云薄漏日，日照雨滴则虹生。”后来，北宋的孙彦先对虹的形成说得更明确：“虹乃雨中日影也，日照雨则有之。”这句话虽然未说出光的折射原理，却指出了光的作用。

在欧洲，古代的底格里斯（Tigris）河和幼发拉底（Euphrates）河流域的楔形文字碑上，有关于天气的记载。古希腊哲学家亚里斯多德（Aristotle）于公元前350年写过《气象学》，对于一些天气现象作过适当的解释。古希腊医生希波克拉底（Hippocrates）所著《空气、水和地方》（成书于约公元前400年）是一篇较好的气候志。

在我国，关于历代水旱灾情和特殊天气的记载，除史书中有遗存外，多见于地方志。记述气象现象颇多且详尽的，有北宋沈括所著的《梦溪笔谈》。该书记述的龙卷风、雨、雹、虹、海市蜃景，有重要的史料价值和科学价值。我国第一部气象学著作是清初游艺所撰写的《天经或问》。作者在书中以问题辑答的形式，归纳了七十二个问题，比较系统而周全地阐述了天地事物变化的道理，有一定的科学意义，是前所未见的。游艺正确地解释了地球上不同地区昼夜长短的原因，运用热力学的观点说明了云、雨、露、霜、雾、雹的形成。作者对风、雷、电、雪、霰以及霞、虹、

晕、霾等气象现象，也从实际出发，分析了其形成和变化的物理本质。《天经或问》是我国气象学的启蒙著作。

随着科技的进步和生产力的发展，人类对气象现象的认识逐渐由感官的识别进入到使用仪器进行定量观测的时代。我国西汉《淮南子》一书中说：“悬羽与炭而知燥湿之气”，这是利用炭吸湿和散湿性强的特性测量空气湿度的装置。而欧洲达·芬奇(De·Vinci)设计的湿度计的时间是在15世纪。东汉张衡最先使用“相风铜鸟”来观测风向，欧洲的“候风鸡”则是在此后的千多年才开始采用的。南宋秦九韶在其《数书九章》一书中有“圆罍测雨”、“竹器验雪”等算题，这是测量降水的最早的明确记载。明代黄履庄是一位发明家，他发明的“验冷热器”能“分别气候”，“验燥湿器”可“预证阴晴”。这两种仪器实际上就是温度表和湿度表。欧洲伽利略(Galileo)于16世纪末制成了验温器；费狄南(Ferdinand)第二制造酒精温度计的时间是在1660年；华伦海(Fahrenheit)于1714年制成水银温度表，而B·索修尔(B·Saussure)发明毛发湿度表是在1783年。

明朝中期以后，欧洲耶稣(Jesus)教士东来，他们把西方的科学技术传到我国。到了清朝，更有欧洲近代气象仪器输入我国，大大地推动了我国气象事业的发展。在我国最早进行气象观测的西方人是法国天主教士哥比(Gaubil)，他于1743年在北京设立了测候所。此后耶稣(Jesus)教士阿弥倭(Amiot)于1755—1760年在北京进行过六年的气温、气压、云量、雨量、风向等项观测。自19世纪30年代至80年代，俄国教会和俄国科学院曾先后派人在我国北京建立地磁气象台，后来，法国人、英国人、德国人分别在上海、台湾、青岛等地也建立了观象台。

19世纪末期是气象学迅速发展的时期。1879年苏本(Span)出版了第一幅世界温度分布图；1882年卢米斯(Loomis)提出了世界降水量分布图；1883年泰塞伦克(Teisserenc)作出了第一幅显示季节性的反气旋和气旋的平均气压图，其中的“活动中心”成

为研究大气环流的基础。

从本世纪初期开始，气象学已成为一门独立的物理科学。在1920年前后，贝叶克尼斯(Bjerknes)、索尔伯格(Solberg)、贝吉隆(Bergeron)等提出了气旋形成的极锋学说。30年代，贝吉隆-芬得生(Bergeron-Findeison)提出了云中雨滴形成过程的理论，这一理论为人工影响局部天气奠定了基础。40年代，罗斯贝(Rossby)和拜尔斯(Byers)、纳米亚斯(Namias)等通过对大气环流的研究，提出长波理论，使气象学由两度空间发展成为三度空间的科学。50年代以后，气象卫星的出现给大气研究提供了更有力的工具，使人们有可能把大气作为一个整体来研究；电子计算机的应用，使人们有可能对大气现象进行数值模拟试验，使气象科学进入了定量研究各种大气物理过程的新阶段。

与欧美气象学进展相比，在一个相当长的时间里，我国的气象事业发展较为缓慢。1911年，我国在北京成立了中央观象台，1927年在南京中央研究院设置了气象研究所，1941年在重庆成立了中央气象局。直到1949年之前，我国还未建立起统一的气象台站网，也没有一套完整的气象服务系统。在气象学理论研究方面，竺可桢研究了季风强弱与雨量的关系、台风的频率、地面大气运行等；涂长望研究了我国的气团和锋面；赵九章研究了信风主流的热力学问题等等。

#### 四、当代中国的气象事业

新中国成立后，我国气象事业取得了显著的成绩。

(1) 我国已经建成一个具有现代化水平的种类齐全的气象台站网，包括气候、天气、高空气象、航空天气、农业气象、太阳辐射、天气雷达、卫星气象等各类专业气象探测网以及区域大气本底、污染观测和降水酸碱度观测点，民航气象站、海洋气象站、农业林业气象站、盐业气象站、水利电力、石油勘探、地质勘探、石油化工、大型厂矿、治沙、改良盐碱地、臭氧观测站等特殊项

目观测站。从常规地面观测发展到观测项目比较齐全的探测体系。开展了云雾物理观测、边界层观测、平流层气球探测等新的探测项目，遥感技术、计算机在气象探测技术中的应用等。在气象仪器生产方面，由最简单的雨量器、温度表发展到较高难度的新型天气雷达、多普勒雷达、自动气象站和综合遥测仪器等先进设备。另外，建国以来，围绕提高测报质量、开展了观测方法、台站合理布局、记录整理等试验研究。一些探测新技术，象激光雷达、微波辐射计、光和红外观测仪器、声波遥感、雷暴和闪电观测仪器也用于大气探测。1988年我国自己研制的气象卫星“风云1号”发射成功，并获得出高质量的云图。综上所述，我国的探测技术、设备和观测质量已基本接近或达到世界先进水平。它们有力地促进了天气预报和气象服务水平的迅速提高。

(2) 卫星气象是适应气象卫星的诞生而发展起来的一门新型学科，气象卫星的发射并投入业务使用，是六十年代以后气象观测手段现代化的一个重大突破。自1960年世界上第一颗气象卫星诞生以来，我国科技人员在卫星遥测理论、实验技术、数据处理和应用、接受设备以及气象卫星研制方面，进行了大量试验研究工作。通过气象卫星资料的分析和应用填补了青藏高原、西太平洋地区等资料的空白区。对影响我国的主要天气系统，如台风、热带天气系统、高原天气系统有了新的认识。使我国的天气预报，特别是对台风、暴雨等灾害性天气的监视和预报手段有了明显地改进。目前，气象卫星资料已经成为进行天气预报、监测森林火灾、海冰等和专业气象服务，以及开展气象科学研究的重要工具之一。

(3) 在气候资料工作方面，定期和不定期出版了各类气象气候资料，包括各种历史天气图、中国地面气象记录月报、中国高空气象记录月报、中国气候图集、太平洋气候图集、印渡洋气候图集、大西洋气候图集以及大量省、市、自治区气候资料、图集、气候区划图集、灾害性天气资料、图集等。天气预报、气候分析

等气象资料、气象情报为国民经济各行业提供了服务。在农业服务方面包括农业气象情报预报、农业气候区划、农业气象研究成果和技术使用、林业、牧业、农业多种经营服务和技术咨询。另外，我国各地气象部门十分重视开展行业服务，象军事、航运、渔业、勘探、石油开发、航空、铁路、交通、施工、水利、防汛、供电、仓储等，取得了十分显著的经济效益和社会效益。

(4) 近年来，我国的气象科学研究也取得丰硕成果和新的突破。除了在历史气候、天文气候、季风、应用气候、数值天气预报、高原气象、农业气象、人工影响天气、气象探测、污染气象等原有气象科学领域不断获得明显进展外，根据我国气象事业现代化和气象科学发展的需要，全面开拓了动力气候、气候模拟、长期数值天气预报、中尺度气象学、极地气象、大气化学、气象探测自动化、多普勒气象雷达和大气遥感等许多新领域并有突破性进展。建立了各类大型实验室、如强风暴实验室、云雾环境实验室、大气化学实验室、大型风洞等。此外还设立了专业气象实验基地和长城、中山二个南极气象站，为我国的气象科研发展奠定了良好基础。

(5) 为适应社会主义市场经济的发展，1992年我国制定了《气象事业发展纲要（1991~2020年）》和《气象事业发展十年规划（1991~2000年）》，提出了气象事业发展的主要目标，重点任务和总体蓝图。其中气象科学研究和技术开发，要面向气象业务、面向经济建设、面向未来，重视前沿学科和关键技术的科技攻关，为气象事业和发展提供科学保证，要不断深化气象科技体制改革，大力推进科技成果向现实生产力转化，有计划、有重点地发展高新技术、稳定加强基础研究。气象服务工作坚持以公益服务为主，以农业和农村经济建设为重点、大力发展专业有偿服务和科技服务。为实现总体目标，即实现气象事业与国民经济建设同步发展，在某些方面适度超前，使气象事业登上一个新台阶，总体水平达到同期中等发达国家水平。

## 五、气象科技发展的趋势和面临的任务

当前气象科技的发展趋势，大致上可以归纳为两个特点：

第一，随着气象卫星的应用，人类已经进入了“从地球之外看地球”的时代。任何一个局部的天气和气候都与大气环流甚至全球环流有关。因此，要研究局部的天气和气候变化规律，必须获得大范围乃至全球大气环流和运动特征的观测资料，这样就势必促进气象科学研究的国际化。

第二，随着电子计算机的应用和大气探测技术的自动化、数学化和遥感化，正在促使天气预报过程，从要素观测、资料收集、数据处理、通信传输、形势分析直到预报制作走向全面自动化。

有资料表明，气象科技面临的新课题是，必须加强对于大气环境质量的化学研究。人类的活动已经对大气圈产生了巨大的影响。从1860年到现在，由于矿物燃料的燃烧，大气中 $\text{CO}_2$ 浓度约从290ppm增加到了320ppm，即增加了10%。另据 Scripps 海洋研究所的估计，在1958至1968年的10年内， $\text{CO}_2$ 含量增加了6ppm。过了本世纪之后，可能增长到400ppm，到2020年则可能达到500ppm或更多。 $\text{CO}_2$ 分子有强烈的吸收谱带，特别是在波长自12—18微米之间光谱的红外区域。地球表面和大气下层的温度会因此而增高，温度的增高不仅会增加水分蒸发，而且也将改变云量。云量的变化还会增加太阳光的反射率。

除了 $\text{CO}_2$ 的增加外，由燃烧矿物燃料所产生的五种空气污染物，即一氧化碳、二氧化硫、甲烷、氮的氧化物（ $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ ）和颗粒等正在对生物圈和人类产生严重的威胁。

我国幅员辽阔，地形复杂，气候多变，旱涝灾害频繁，尤以旱灾为甚，给国民经济带来巨大的损失。我国一般年份受灾农田约为3千万公顷，其中有一半农田成灾。今后应加强对旱涝形成机理的研究，并作好监测预报工作。

气象卫星从太空俯视地球大气，在云图上生动地显示出天气

系统的宏观图像及其发生、发展直至消亡的过程，成为短期天气预报的有力工具。今后的任务是拓宽气象卫星的应用领域。譬如，在数值天气预报中应用卫星数字资料，在气候和环流监测以及灾情监测中应用卫星资料，都将会提高监测和预报的准确率。

## 六、学习气象学的目的和方法

气象学是气象专业和农业气象专业的主干专业基础课。这门课程所讲授的大气概论、大气静力学、大气动力学、大气中的辐射过程、大气热力学、大气静力稳定度、大气热状况、大气中的水分、大气中的声光电及应用气象等均属于基本的气象科学原理、理论和知识。学习气象学可以为学习其他专业课和以后进行气象研究或从事农业气象工作奠定不可缺少的理论基础。

气象学的内容很广泛，涉及到大气中的各种现象和过程。学习气象学，首先要养成关心天气，注意天气变化和观察大气现象的习惯，要善于应用理论知识去解释所观察到的大气现象和天气变化。

学习气象学，还要深入理解教材中的每一个概念和每一个理论，了解理论原理公式的推导，学会逻辑思维。

为了理解和巩固所学的知识，努力培养分析问题和解决问题的能力，必须认真地独立地对各章之后所附的练习题作出正确答案。

# 目 录

前言

绪论

<b>第一章 大气概论</b> .....	( 1 )
第一节 大气的组成.....	( 1 )
第二节 大气的结构.....	( 11 )
第三节 气象要素.....	( 23 )
第四节 大气的基本性质.....	( 36 )
第五节 大气污染与气象条件.....	( 43 )
练习题.....	( 45 )
<b>第二章 大气静力学</b> .....	( 48 )
第一节 大气静力学基本方程.....	( 48 )
第二节 压高公式.....	( 56 )
第三节 重力位势.....	( 64 )
第四节 气压的空间分布.....	( 69 )
第五节 气压梯度.....	( 79 )
第六节 气压随时间的变化.....	( 81 )
练习题.....	( 93 )
<b>第三章 大气动力学基础</b> .....	( 95 )
第一节 大气运动方程.....	( 95 )
第二节 自由大气中的风.....	( 106 )
第三节 地转风随高度的变化.....	( 119 )
第四节 摩擦层中的风.....	( 127 )
第五节 大气环流及局地环流.....	( 132 )
练习题.....	( 144 )



<b>第四章 大气中的辐射过程</b> .....	( 147 )
第一节 太阳和地球.....	( 147 )
第二节 太阳高度角和可照时间.....	( 153 )
第三节 辐射的基本知识.....	( 169 )
第四节 太阳辐射的理论分布.....	( 184 )
第五节 太阳辐射在大气中的削减.....	( 190 )
第六节 到达地面的太阳辐射.....	( 204 )
第七节 太阳辐射的光谱成份.....	( 212 )
第八节 地球辐射.....	( 215 )
第九节 地球的净辐射.....	( 227 )
练习题.....	( 235 )
<b>第五章 大气热力学基础</b> .....	( 237 )
第一节 热力学第一定律在气象上的应用.....	( 237 )
第二节 干空气与未饱和湿空气的绝热过程.....	( 241 )
第三节 饱和湿空气的绝热过程.....	( 252 )
第四节 温度-对数压力图解及其应用.....	( 264 )
练习题.....	( 284 )
<b>第六章 大气静力稳定度</b> .....	( 286 )
第一节 大气静力稳定度的判定方法.....	( 287 )
第二节 对流和不稳定能量.....	( 296 )
第三节 补偿气流和卷挟过程对稳定度的影响.....	( 303 )
第四节 影响大气层结稳定度的其它过程.....	( 313 )
第五节 大气能量方程.....	( 321 )
练习题.....	( 324 )
<b>第七章 大气的热状况</b> .....	( 327 )
第一节 地球表面和地气系统的热量平衡.....	( 327 )
第二节 影响下垫面温度变化的因子.....	( 336 )
第三节 土壤温度.....	( 342 )
第四节 水面温度.....	( 348 )