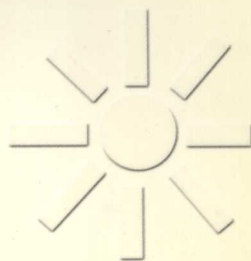
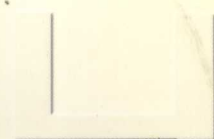
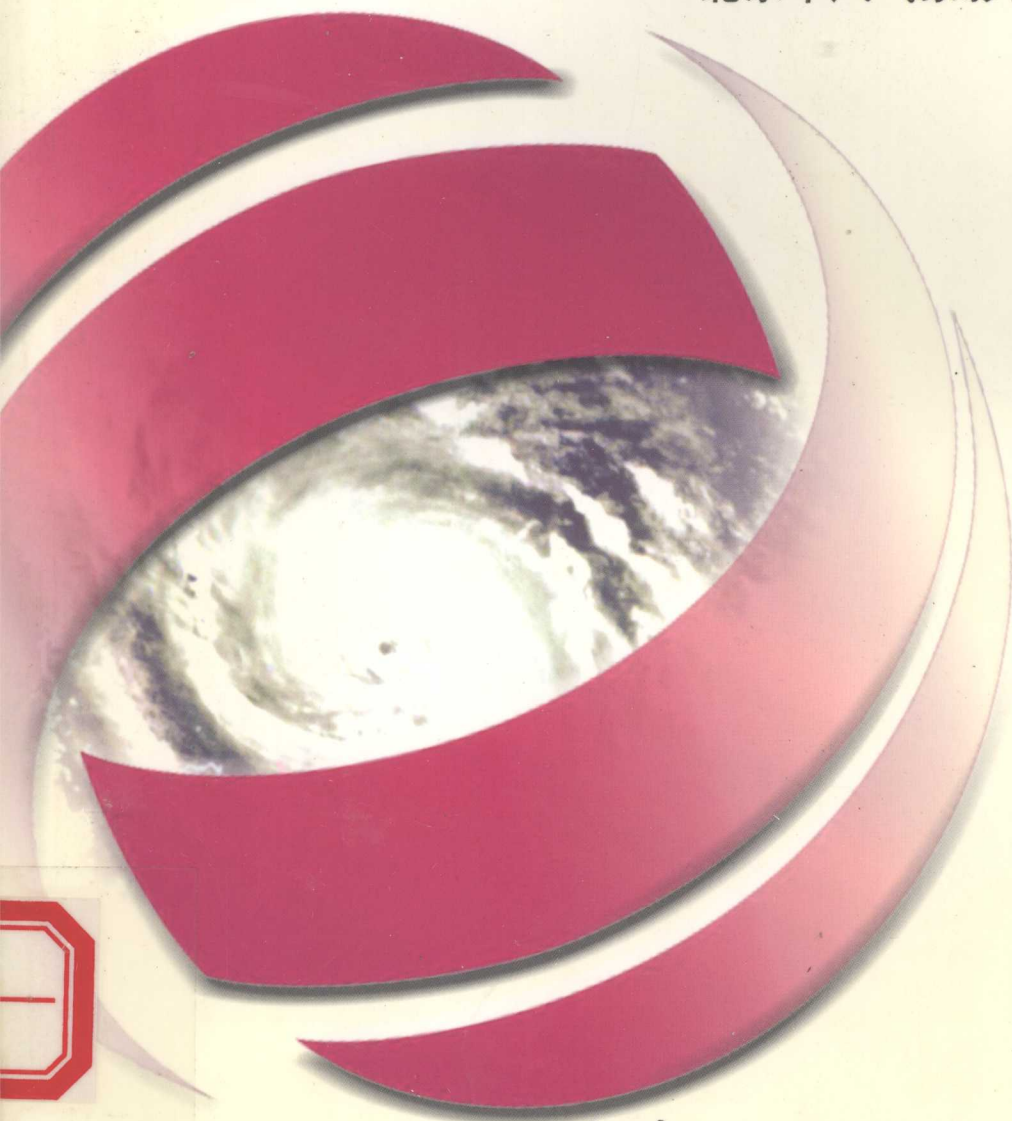


电视气象基础

北京华风气象影视信息集团



气象出版社

电 视 气 象 基 础

北京华风气象影视信息集团

气象出版社

内容提要

本书分别从地球大气、天气系统和重要天气过程、卫星气象、雷达气象、天气分析与预报、气候、气象与农业生产、环境气象等八个方面,对电视气象服务中涉及到的基础气象知识进行介绍。可供从事电视气象服务工作的各类技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

电视气象基础/北京华风气象影视信息集团公司.
北京:气象出版社,2005.7
ISBN 7-5029-3990-3

I. 电… II. 北… III. 电视-气象服务
IV. P451

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 067801 号

出版者:气象出版社

网 址: <http://cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxchs@263.net

责任编辑:俞卫平 汪勤模

封面设计:王 伟

责任校对:吴边红

印刷者:中国电影出版社印刷

装订者:三河市海龙装订厂

发行者:气象出版社

开 本: 787×1092 1/16 印 张: 16.625 字 数: 440 千字

版 次: 2005 年 7 月第一版 2005 年 7 月第一次印刷

书 号: ISBN 7-5029-3990-3/P·1427

印 数: 1—1500

定 价: 50.00 元

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮 编: 100081

电 话: 总编室: 010-68407112 发行部: 010-62175925

终 审: 周诗健

版式设计: 吴庭芳

《电视气象基础》编著委员会

顾 问：秦祥士 石永怡

主 编：毛恒青

副主编：俞小鼎 江吉喜 王建林 任福民

委员(按姓氏笔画)：

马德贞	王 静	艾婉秀	朱艳峰	李晓燕
宋 燕	宋迎波	张 明	杨祖芳	范晓青
相秀珍	信 欣	徐怀刚	高 辉	晁淑懿
章 芳	韩建钢	熊秋芬		

秘 书：左英伟

前 言

自从 1980 年 7 月,中央气象台和中央电视台首次推出电视天气预报节目,已有 20 多年的发展历史。目前在中央电视台播出的气象服务节目由原来的每天一档节目发展到每天 30 多档,与此同时,全国各省、地(市)以及许多县(市)气象部门也都开展了电视气象服务,已经在全国形成了一支从事电视气象服务的专业队伍。电视气象服务的节目内容也从原来单一的天气预报,拓展到集天气、气候、环境、科普、农业气象、交通气象、旅游气象、体育气象、生活气象、气象新闻、热点访谈等全方位的气象服务。我国电视气象服务节目的收视人数也由 1986 年的每天约 4 亿人次增加到 2004 年的约 8 亿人次,并且以中央电视台《新闻联播》后面的天气预报节目影响最大,成为中央电视台收视率最高的节目。

本书由北京华风气象影视信息集团公司组织编写,编写本书的初衷就是为从事电视气象服务的从业人员,包括气象编导、电视编导、节目主持人、记者等提供基本气象知识的参考读物。全书分为地球大气、天气系统和重要天气过程、卫星气象、雷达气象、天气分析与预报、气候、气象与农业生产、环境气象共八章,对电视气象服务中涉及到的基础的气象知识进行介绍。在编写过程中考虑到大量从事电视气象服务的非气象专业人员读者,力求通俗易懂。

第一章地球大气是最基本的知识,首先介绍了大气的基本构成和垂直分布,表征大气特性的四个基本气象要素和衡量大气状态的大气稳定度,气团、锋面、气旋、反气旋等一些概念。其次阐述了大气中的云、雾、雨、霜、露、风等现象的形成及影响变化,以及气温、湿度要素的日变化规律。

第二章天气系统是一个重点,在本书中所占的篇幅也最大。所谓“系统”是指在时间或空间上可以与其他系统区分开来的一个实体。比如大气、海洋和陆地各是一个系统,它们之间在时间和空间上相对独立。在大气这个系统内,又分出很多子系统,比如气旋或反气旋等都被看作系统。大气内部各个系统之间的相互作用、相互影响以及水汽和能量的交换等,就造成了千变万化的各种天气现象。这些造成和影响天气变化的系统称为天气系统。本章对影响我国天气变化的主要天气系统进行了介绍。

第三章卫星气象、第四章雷达气象是尖端探测技术在气象领域中的应用。并且随着探测站网和应用技术的不断完善,他们在气象服务中的优势更加明显,特别是在对重大灾害性天气如台风、暴雨、沙尘暴等的监测和临近预报方面起到了不可替代的作用,他们的各种监测产品已经成为数值天气预报基础和预报员分析预报天气的重要工具。这两章重点介绍卫星、雷达的各种监测产品以及它们在气象服务中的应用。

第五章天气分析与预报,从大气观测、天气图分析、天气预报方法概述、数值天气预报及其统计订正方法、MICAPS 系统、中央气象台天气预报业务流程六个方面介绍了从气象观测到天气预报制作的全过程,试图通过本章使读者了解天气预报业务的基本流程。

第六章气候。气候、气候变化以及由此引起的生态环境、社会发展等问题越来越成为公众关注的热点,也是电视气象服务的重要内容。而气候的魅力就在于不断有新的问题和新的发

现,它包括的内容非常丰富,不可能在这一章中全部涉及。本章只是简单介绍了最基本的气候方面的一些内容和气候预测与天气预报的差别等。

第七章气象与农业生产。我国是农业大国,气象条件是影响农业生产的最重要因素。我国地域辽阔,各地天气、气候条件差异很大。本章简要介绍了光、热、水、风等对农业生产的影响,并对我国的主要作物布局和主要的农业气象灾害进行了阐述。

第八章环境气象,重点介绍主要的气象服务指数。这些指数有别于传统意义上的天气预报产品,它是根据服务需要对天气预报的拓展,是根据天气预报的结果,综合考虑天气对环境、对人们日常生活等可能造成的影响及其影响程度而作出来的,重点是在服务,力求通过指数的形式对广大社会公众的生产、生活等各种活动提供有益的参考。

电视气象服务中涉及到的知识非常广泛,不可能在一本书中全面涵盖,本书只是提供最基础的气象知识,以供参考。书中错误和不足之处,敬请批评指正。

目 录

前言

第一章 地球大气概述	(1)
1.1 大气基本构成及垂直结构	(1)
1.2 表征大气的四个基本要素	(7)
1.3 大气稳定度	(13)
1.4 云、雾、雨、霜、露	(17)
1.5 温度和湿度的日变化规律及其预报	(24)
1.6 风的形成及其变化	(28)
1.7 地形风的产生原理及其影响	(31)
参考文献	(35)
第二章 天气系统和重要天气过程	(36)
2.1 绪论	(36)
2.2 天气系统的研究	(37)
2.3 大气环流和季节转换	(38)
2.4 急流	(47)
2.5 东亚大气环流特征	(47)
2.6 我国大气环流概况	(49)
2.7 气团和锋面	(51)
2.8 温带气旋和反气旋	(56)
2.9 西太平洋副热带高压	(58)
2.10 热带和副热带地区的天气系统	(61)
2.11 东亚冬季风和寒潮	(63)
2.12 灾害性天气	(65)
2.13 中国暴雨降水天气过程	(68)
2.14 中国降水的季节性变化	(69)
2.15 中小尺度对流系统及对流天气	(70)
2.16 中小尺度天气系统	(71)
2.17 大风	(75)
2.18 霜冻和最低温度	(77)
2.19 寒露风	(77)
2.20 干热风	(78)
2.21 沙尘暴	(78)
参考文献	(90)

第三章 卫星气象	(91)
3.1 图像成像原理及种类	(91)
3.2 卫星图像的判识方法	(96)
3.3 卫星云图在降水分析和预报中的应用简介	(116)
3.4 气象卫星对环境的监测	(128)
参考文献	(135)
第四章 雷达气象	(136)
4.1 天气雷达探测原理	(136)
4.2 我国新一代天气雷达	(136)
4.3 新一代天气雷达的应用领域	(137)
4.4 反射率因子回波特征的识别	(138)
4.5 径向速度回波特征的识别	(142)
4.6 雷达拼图	(152)
参考文献	(153)
第五章 天气分析与预报	(154)
5.1 大气观测	(154)
5.2 天气图分析	(156)
5.3 天气预报方法概述	(168)
5.4 数值天气预报及其统计订正方法	(169)
5.5 MICAPS 系统	(177)
5.6 中央气象台天气预报业务流程	(183)
参考文献	(187)
第六章 气候	(188)
6.1 气候及气候变化	(188)
6.2 气候带	(190)
6.3 几种主要气候类型的特点	(193)
6.4 季风气候	(195)
6.5 短期气候预测技术简介及其与天气预报的差别	(200)
6.6 ENSO 简介	(203)
参考文献	(210)
第七章 气象与农业生产	(212)
7.1 光照与农业	(212)
7.2 温度与农业	(214)
7.3 水分与农业	(217)
7.4 风与农业	(219)
7.5 气候与作物布局	(220)
7.6 主要农业气象灾害	(224)
参考文献	(231)

第八章 环境气象.....	(232)
8.1 着装厚度气象指数	(232)
8.2 郊游气象指数	(234)
8.3 晨练气象指数	(234)
8.4 人体舒适度	(235)
8.5 体感温度	(236)
8.6 感冒气象指数	(237)
8.7 高血压指数	(238)
8.8 心脑血管气象指数	(239)
8.9 支气管哮喘气象指数	(240)
8.10 中暑指数.....	(240)
8.11 紫外线指数.....	(241)
8.12 地质气象灾害预报.....	(242)
8.13 森林火险预报.....	(247)
8.14 空气质量预报.....	(251)
参考文献.....	(255)

第一章 地球大气概述

地球是由水圈、岩石圈、大气圈、冰雪圈及生物圈所组成。包围地球的气体外壳称为地球大气,简称大气。大气的总质量约为 5.136×10^{18} kg,仅相当于地球质量的百万分之一,为地球水圈质量的三百分之一。由于地球引力的作用,大气质量的 1/2 集中在 6 km 高度以下,3/4 的质量集中在 10 km 高度以下,99% 的质量集中在 35 km 高度以下。

大气是一种无色无味由各种气体及悬浮在空中的液态和固态微粒所组成的混合物。地球上一切有生命的东西都离不开大气,同时在大气中进行着各种不同的物理过程,产生着各种不同的物理现象。大气中有时风起云涌,雨雪纷飞,有时云消风静,晴空蔚蓝。这些过程和现象的发生发展,直接或间接地与大气的成分、结构、状态有关,同时直接影响着人类的活动,所以对大气的研究是非常重要的。

1.1 大气基本构成及垂直结构

人们都承认,地球大气是伴随着地球的形成过程,经过了亿万年的不断“吐故纳新”,才演变成今天的这个样子。从地面到 100 km 高度的大气来说,可以看作是由干洁大气、水汽及气溶胶微粒等三部分组成的。

1.1.1 干洁大气

通常把不包含水汽的纯净大气称为干洁大气。根据对地面及 30 km 以下低层大气的抽样分析,证明了组成干洁大气的主要成分是氮、氧和氩。这三种成分约占干洁大气总容积的 99.9%,还有少量的二氧化碳、臭氧、各种氮氧化物以及其他一些惰性气体,从地面到 90 km 高度,空气的主要成分氮、氧、氩,还有微量的惰性气体,氦、氢、氙及氡等之间大致保持固定的比例,基本上不随时间、空间变化,称为常定成分。其他一些气体在大气中所占的比例随时间、地点而变,称为可变成分(表 1.1)。

表 1.1 近地面的现代大气组成(体积百分比,每 100 个空气分子中,这种成分的分子个数)

不变成分		可变成分		
名称	%	名称	%	ppm(10^{-6})
N ₂	78.08	H ₂ O	0~4	
O ₂	20.95	CO ₂	0.036	365
Ar	0.93	CH ₄	0.00017	1.7
Ne	0.0018	N ₂ O	0.00003	0.3
He	0.0005	O ₃	0.000004	0.04
H ₂	0.00006	微粒(尘、烟灰等)	0.000001	0.01~0.15
Xe	0.000009	CFCs 氯氟碳化物	0.00000002	0.0001

大气主要成分有约 78% 的氮气和约 21% 的氧气, 这个比例在 0~80 km 的大气层几乎不变。大气中大部分是分子, 也包括离子(带电的原子或分子)。

氮气 N_2 : 土壤细菌靠生物过程耗费氮气, 但是动植物腐烂放出氮气回到大气。

氧气 O_2 : 与其他物质生成氧化物或呼吸作用放出二氧化碳都使氧气耗减, 但太阳光使二氧化碳和水经过光合作用使氧气增加。

水汽 H_2O : 空气中不可见, 变化很大, 如热带空气中含量可达 4%, 而在寒带几乎为零。成云雾时可见。水是地球表面正常情况下唯一能三态存在的物质。为什么大气中水汽重要? 这是因为, ①可成云致雨; ②从气态到液态水或固态冰时, 释放热量即潜热; ③属温室气体, 强烈吸收地球放射能量的一部分(类似温室的玻璃一样, 阻止了里面热量出去和外面空气混合), 在维持地球能量平衡方面起了重要作用。

二氧化碳 CO_2 : 占体积比小, 但很重要。主要是植物腐烂、火山喷发、动物的呼气, 燃料燃烧(如石油、天然气等)、毁林(燃烧、遗弃腐烂)等过程而生成。通过光合作用 CO_2 被储存到植物体内; 另外, 海洋是个大储库, 海洋 CO_2 的储量是大气总量的 50 多倍。 CO_2 是温室气体, 夏威夷观测站从 1958 年开始观测到现在已增加 15% 以上(图 1.1)。从 1800 年至今增加 25% 以上, 年平均增加 0.4% 左右, 以此增加率, 科学家估计, 21 世纪末 CO_2 含量会从目前的 365 ppm* 增加到 500 ppm。许多数学模型, 考虑了包括 CO_2 在内的温室气体的增加, 估计到 2100 年全球平均温度会上升 1~3.5℃, 直接影响到天气变化。还发现 CO_2 含量还有季节变化, 冬夏可相差 6 ppm(由于北半球大陆上的植被冬枯夏荣的结果, 也就是植物在夏季大量吸收 CO_2 因而使大气中 CO_2 浓度相对降低)。

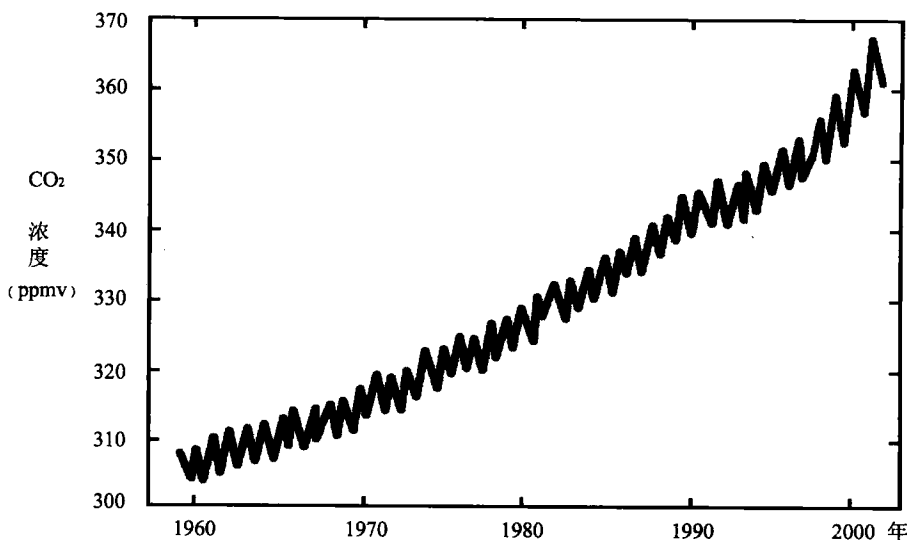


图 1.1 夏威夷冒纳罗亚(Mauna Loa)观象台测量的大气 CO_2 浓度变化

温室效应: 大气中存在二氧化碳、甲烷等多种温室气体。这些气体能够透过太阳对地球的短波辐射, 吸收地表放射出的长波辐射, 从而使得地球辐射收入大于支出, 而产生增温效果。

* 1 ppm = 1×10^{-6} 。

这种作用与温室十分相似,故称作“温室效应”。

水汽和二氧化碳不是唯一的温室气体。其他的温室气体还包括:甲烷 CH_4 、 N_2O 和 CFCs 等,当前也受到了重视,主要是因为他们的浓度在增加。

臭氧 O_3 :在干洁大气中臭氧和二氧化碳含量虽然很少,但它们的存在对人类活动及天气变化起到很大的影响。

低空的臭氧一部分从高空输送而来,另一部分是由闪电、有机物氧化而生成。但这些过程不是经常存在,所以低层大气中臭氧的含量很少并且是不固定的。在大气更高的层次中,由于紫外辐射强度很大,使氧分子接近完全分解。使臭氧难于形成。所以臭氧的分布,在近地层空气中含量极少;自 5~10 km 高度处,含量开始增加,其最大浓度出现在 20~30 km 间,称为臭氧层。根据火箭、卫星和气球观测资料所建立的北半球“中纬度臭氧分布模式”指出,臭氧数密度约在 22 km 高度上达到最大。

观测表明,在垂直气柱中所包含的臭氧总量是随季节和纬度变化的。南半球的季节变化比较小,最大臭氧带靠近中纬度。在北半球,大部分地区的臭氧层的厚度在春季最大,秋季最小,高纬度地区的季节变化更明显,最大臭氧带靠近极地。

臭氧能强烈地吸收太阳紫外辐射,因而对大气有增温作用,对空气温度的垂直分布及高层大气的加热过程有很大影响,使大气在 50 km 高度附近形成一个暖区。另外,臭氧的存在对地球上的生物有极为重要的意义,太阳辐射中的紫外线对于生物的有机体的组织有很大的危害作用,臭氧吸收了绝大部分的紫外线才使生物有机体免遭伤害。臭氧对红外部分的吸收,使地面辐射受阻,这种作用也促进了大气的增温。

1950~1970 年的测试数据表明,臭氧水平 20 年中处于稳定状态。20 世纪 70 年代以来,根据世界各地地面观测站对大气臭氧总量的观测记录,全球臭氧总量有逐渐减少的趋势,而且减少的趋势越来越明显,并推断这种减少主要发生在臭氧层。臭氧层减少的一个最明显的表现就是南极“臭氧空洞”。1985 年 2 月,英国南极考察队队长法曼(J. Farman)报道说,他们从 1977 年起就发现南极上空的臭氧总量在每年 9 月下旬开始减少,并迅速地减少一半左右,形成一个“臭氧空洞”,持续到 11 月逐渐恢复。1987 年,“臭氧空洞”的面积为南半球面积的 15%。1992 年的面积更大,使智利和阿根廷的南部处于“臭氧空洞”内。1989 年初,几个国家的 200 名科学家又到北极进行考察探测,同样发现在北极的春天,臭氧层中原子 Cl 和 Cl 的氧化物浓度升高和臭氧的浓度降低,两者之间有明显的对应关系。但没有形成像南极那样大的“臭氧空洞”。

大气气溶胶粒子及大气污染物:大气气溶胶粒子是指悬浮于空气中的液体和固体粒子。它包括水滴、冰晶、悬浮着的固体灰尘微粒、烟粒、微生物、植物的孢子和花粉以及各种凝结核和带电离子等,它是低层大气的重要组成部分。

气溶胶粒子具有很宽的粒子尺度范围,其有效直径可以从 $10^{-3} \mu\text{m}$ 一直到几十微米,它们的浓度(通常用每立方厘米空气中含有的粒子数来表示)变化范围也很大,平均约在 $10^2 \sim 10^6$ 个/ cm^3 之间。在近地层大气中数浓度一般城市大于农村,陆地大于海洋,冬季大于夏季。

大气气溶胶粒子对辐射的吸收与散射,云雾降水的形成,大气污染以及大气光学与电学现象的产生都具有重要的作用。气溶胶粒子的来源大致可分为人工源与自然源两大类。人工源为人类活动所产生,像煤、木炭、石油的燃烧和工业活动,产生大量固体烟粒和吸湿性物质;由

于核武器试验所引起的微尘和放射性裂变产物等。自然源为自然现象所产生,像土壤微粒和岩石的风化,森林火灾与火山爆发所产生的大量烟粒和微尘;海洋上的浪花溅沫进入大气形成的吸湿性盐核;由于凝结或冻结而产生的自然云滴或冰晶。另外还有宇宙尘埃,像陨石的燃烧进入大气等。

有些气溶胶粒子还是大气中的污染物质。像对人类危害较大的烟和粉尘,烟中有烟黑是致癌物质,粉尘中有大量的金属(如镉、铬、铅等)以及许多有机化合物,都对人体有一定的危害。

大气中还含有的少量放射性气溶胶粒子也是大气中的污染物。除此之外,气溶胶粒子还在大气的许多化学过程中起作用,像燃烧排出的一氧化氮、二氧化氮、二氧化硫等气体,在紫外线的照射下会氧化,遇水滴或在高温的情况下生成硝酸、亚硝酸、硫酸及各种盐类,造成严重的污染。

大气污染物不仅危及人类的健康、植物的生长,而且还影响到环境、生态、天气和气候的变化。

1.1.2 大气的垂直结构

探测结果表明,地球大气圈的顶部并没有明显的分界线,而是逐渐过渡到星际空间的。在80~100 km的高度以下的大气,尽管有稠密稀薄的不同,但它们的成分大体是一致的,都是以氮和氧分子为主,这就是我们周围的空气。而在这个界限以上,到1000 km上下,就变得以氧为主了;再往上到2400 km上下,就以氮为主;再往上,则主要是氢;这样2000~3000 km的高空可以大致看作是地球大气的上界。

观测表明,大气的物理性质不论在垂直方向或是在水平方向,都是不均匀的。不同高度范围内的大气层和不同区域的空气具有各种不同的特点。

根据大气本身的物理或化学性质,可将大气分成若干层,如按大气的成分结构,可把大气分为均质层和非均质层;如按大气的压力结构,可把大气分为气压层和外大气层(逸散层);按大气的电离结构,可把大气分为非电离层和电离层(包括磁层)。但应用最广泛的是按大气的温度结构分层,即根据大气温度的垂直分布特点对大气进行分层。描述大气温度在垂直方向上的变化,通常采用垂直温度梯度的概念。垂直温度梯度又称气温垂直递减率。它的意义是在垂直方向上每变化100 m高度气温的变化值,并以温度随高度的升高而降低为正值。通常以 γ 表示。即 $\gamma = -\frac{\partial T}{\partial z}$ 。 $\gamma > 0$ 表示气温随高度的升高而降低; $\gamma < 0$ 表示气温随高度的升高而升高,这种气层称为逆温层; $\gamma = 0$ 表示气温随高度不变,这种气层称为等温层。

根据垂直温度梯度的方向,把大气分成对流层、平流层、中间层和热层等四层。另外由于热层上部大气多为质子组成,常有向星际空间逃逸的现象,可另外分一层称为外层(图1.2)。

1.1.2.1 对流层

对流层是靠近地面的大气的最低层,根据观测,对流层的厚度随纬度和季节的不同而变化。在高纬度地区平均为8~9 km,在中纬度地区平均为10~12 km,在低纬度地区平均为17~18 km。夏季的厚度大于冬季。虽然对流层相对于整个大气层是很浅薄的一层,它的厚度

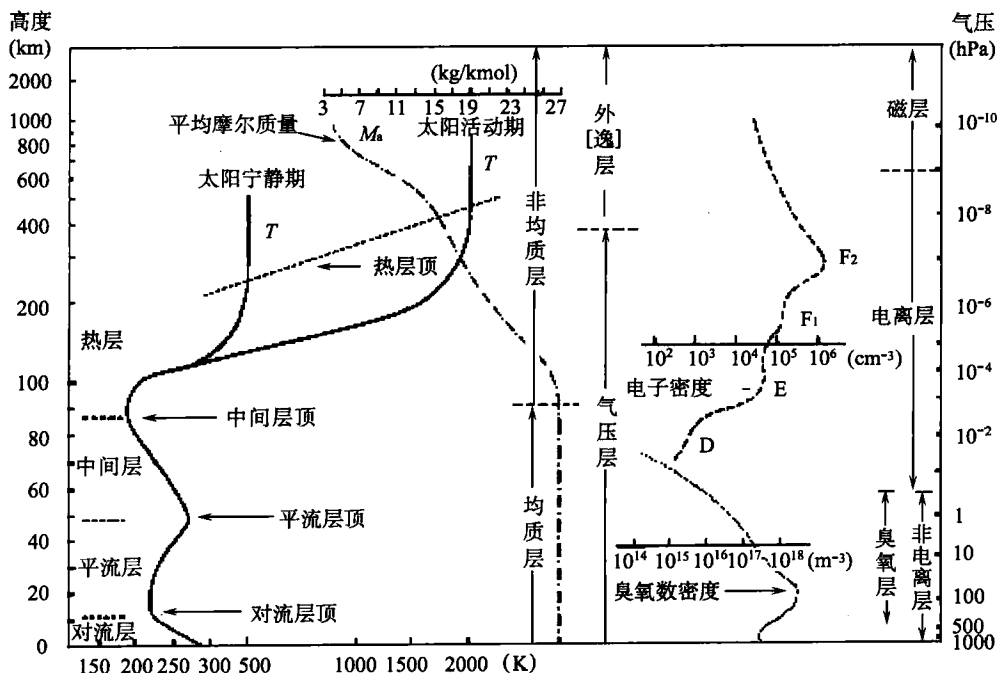


图 1.2 大气层结构示意图

还不及整个大气厚度的 1%，但是由于地球引力的作用，在对流层中集中了大气质量的 3/4。又因大气中的水汽来源于下垫面，故大气中 90% 以上的水汽集中在对流层中。对流层受地表影响最大，层内空气上下对流旺盛，大气中主要的天气现象如云、雾、雨、雪、雹等都形成在此层内，所以对流层是气象学研究的主要对象。

对流层有三个主要特征，第一是温度随高度的增加而降低。对流层空气直接吸收太阳辐射很少，主要吸收地面发射的红外辐射。低层大气受到地面加热，通过空气的对流和湍流运动，将热量输送到上层空气。所以在对流层中，一般情况下，温度随高度的增加而下降。平均而言，高度每上升 100 m，气温下降 0.65°C ，即 $= 0.65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。但是，大气的水平运动和云雾降水凝结蒸发过程中的潜热，对空气的温度也有显著影响，所以在个别情况下，在某个层次内，也会出现气温随高度的升高而不变或升高的情况。实际上，在对流层中垂直温度廓线存在着明显的纬度的和季节的变化，在对流层中，温度随纬度的增高而递减，而且递减的梯度冬半球特别陡，约为夏半球的两倍。热带对流层顶的高度比极地对流层顶要高得多和冷得多，赤道对流层顶温度最低。在对流层顶处，气温一般都在 -50°C 以下。第二是对流层大气具有强烈的对流运动和湍流运动，这是由于地面不均匀加热所引起的，通过这种垂直混合作用，使高层和低层的空气进行交换，近地面的热量、水汽和气溶胶粒子向高层输送，对成云致雨有重要作用。第三是温度、湿度等气象要素水平分布不均匀。这是由于地面的海陆和地形等分布不均匀对大气的影晌所致，主要表现在气团和锋的活动上。

在对流层与平流层之间，还存在一个厚度为数百米到 1~2 km 的过渡层，称为对流层顶。

在对流层顶内气温随高度不变或少变。对流层顶对对流层中的对流运动有阻挡作用,从而使下边输送上来的水汽尘粒等聚集在其下方,并使该处大气的混浊度增加,因此人们可以观测到积雨云的顶部被平衍成砧状。

1.1.2.2 平流层

自对流层顶向上到 55 km 左右的气层称为平流层。

平流层的主要特征为:1)在平流层内气温最初随高度的升高不变或微升,大约到 30 km 左右温度随高度的升高增加很快,到平流层顶部气温可升到 $-3\sim-17^{\circ}\text{C}$ ($270\sim 290\text{ K}$)。气温的这种分布主要是由于在平流层中,空气不再受下垫面的影响,该处臭氧的密度大,吸收的紫外辐射能转化为分子的动能所致。2)在此层内气流比较平稳,空气的垂直混合显著减少,特别是上半部,几乎没有垂直气流。3)平流层中水汽含量很少,天空晴朗,很少有云出现,另外空气中尘埃很少,大气透明度较高,加之气流稳定,很适于飞机的飞行。

1.1.2.3 中间层

中间层是指平流层顶到 85 km 高度左右的大气层。在中间层内气温随高度的升高而降低,其顶部温度可降到 $-113\sim-83^{\circ}\text{C}$ ($160\sim 190\text{ K}$),这是由于大气对太阳辐射的吸收很少。该层中垂直温度梯度很大,有相当强烈的垂直混合,气压和空气密度随高度升高降低的程度远慢于低层大气。

中间层(mesosphere)是大气按垂直温度划分为对流层、平流层、中间层、热层和外[逸]层等 5 个层次的第 3 层,中间的一层。如笼统地将大气分为高、中、低三层,则中层(middle atmosphere)大气通常指 10~100 km 高度范围内的大气,注意两者的异同。

中间层内水汽极少,几乎没有云层出现,仅在高纬地区的黄昏前后,在 75~90 km 的高度处会观测到一种薄而带银白色的夜光云,但出现机会很少,这种夜光云是由什么粒子组成目前还不十分清楚,有人认为是由极细微的尘埃组成。

1.1.2.4 热层

热层又称热成层。中间层顶以上为热层,这一层温度随高度的增高迅速升高。由于太阳辐射中波长小于 $0.17\text{ }\mu\text{m}$ 的紫外辐射几乎全部被该层中的分子氧和原子氧吸收,并且吸收的能量大部分用于气层的增温,加之气层内分子稀少,热量无法通过热量传输的方法传递出去,因此在热层内温度可达 1000 K 以上。热层的高温仅表明分子平均动能很大。这一层的温度与太阳活动有关,当太阳活动加强时,温度随高度增加很快,这时 500 km 处的温度可增至 2000 K,当太阳活动减弱时,温度随高度增加较慢,500 km 处的温度也只有 500 K。

热层没有明显的顶部,通常认为温度从增温转为等温时,为热层顶。在太阳宁静时,热层顶的高度约为 260 km,当太阳活动强烈时,热层顶的高度约为 500 km,即热层顶的高度变化于 250~500 km 左右。另外,在高纬度地区晴朗的夜晚,在热层中可出现瑰丽的极光,这种彩色光象的出现,可能是由太阳发出的高速带电粒子使高层稀薄的空气分子或原子激发后发出的光。这些高速带电粒子在地球磁场的作用下向南北两极移动,所以极光常出现在高纬地区。

1.1.2.5 外层

外层也称外逸层。是指热层以上的大气层,为大气圈向星际空间的过渡地带。这里空气极度稀薄,温度随高度很少变化。由于那里地球引力很小,空气分子运动的平均自由程很大,使一些高速运动的空气质点不断地向星际空间逃逸,所以又称外逸层。

1.2 表征大气的四个基本要素

大气中的物理现象和物理过程是用许多物理量来表征的,综合各种物理量的特征,便能描述大气的各种状况。因此,我们把这些物理量称为气象要素。有的气象要素表示空气性质,如气压、气温和湿度;有的表示空气运动状况,如风向、风速;有的描述大气中的一些现象,如雨、雪、露、霜、雷电等。本节主要介绍表征大气的四个基本要素,即气温、气压、湿度和风。

1.2.1 气温

1.1.2.1 气温的概念

气温是表示空气冷热程度的物理量。通常我们所说的气温是指距离地面 1.5 m 高处的空气温度。它通过设置在百叶箱内的温度表进行测量。把温度表放入百叶箱内,百叶箱使温度表面不受阳光的直射,又能保持通风,所示读数可以正确反映周围空气的温度。常规地面气温观测的项目有定时气温、日最高气温、日最低气温。使用的仪器有温度表、温度计等。我国常用摄氏温度,英、美等国常用华氏温度,而理论工作常用绝对温度。三种温度单位之间的换算关系为:

$$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{5}{9}(t'_{\text{F}} - 32)$$

$$T(\text{K}) = t^{\circ}\text{C} + 273.15$$

$$t'_{\text{F}} = \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C} + 32$$

式中 t , t' 及 T 分别为摄氏温度、华氏温度及绝对温度的数值。

气温实际上是空气分子平均动能大小的反映。当空气获得热量时,分子运动的平均速度增大,平均动能增加,气温也就升高;反之,当空气失去热量时,分子运动的平均速度减小,平均动能减小,气温也就降低。

1.1.2.2 气温的空间变化

气温在地球表面的平均分布主要与季节、地理纬度、海陆分布、下垫面的性质、海拔高度等因素有关(图 1.3 和图 1.4)。

由图可见,①低纬之间温度差小,海洋上最小,而亚洲大陆与北美洲大陆中高纬度之间温差最大。②北半球冬季气温最低,最低温度出现在北半球的高纬度大陆上,亚洲东北部和格陵

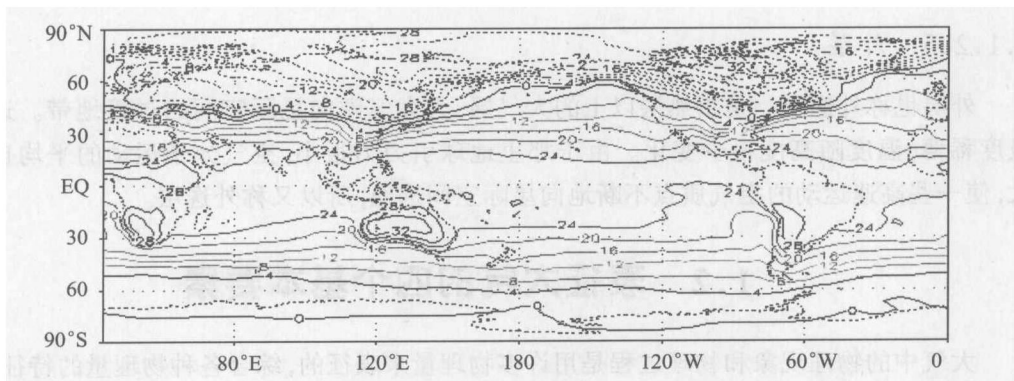


图 1.3 世界 1 月份海平面气温分布(℃)

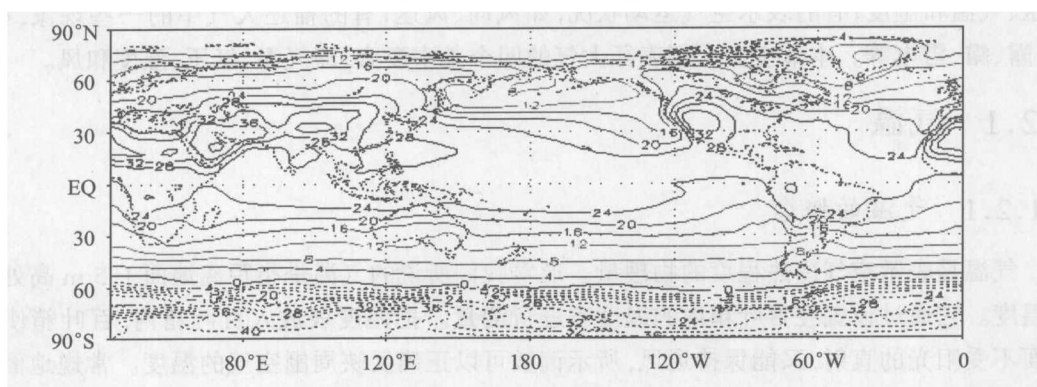


图 1.4 世界 7 月份海平面气温分布(℃)

兰特别寒冷。而最暖区域在通过澳大利亚中部、南非和南美的南回归线附近。③北半球夏季时,最高温度出现在北半球的低纬大陆上。最热的地方在亚洲内部、伊朗、阿拉伯、撒哈拉和加利福尼亚一带的沙漠地区。

1.2.2 气压

1.2.2.1 气压的概念

气压就是大气压强,是指与大气相接触的面上,空气分子作用在每单位面积上的力,这个力是由空气分子对该面碰撞而引起的。在气象上,气压通常用观测高度到大气上界单位面积上垂直空气柱的重量来表示。

气压的单位在气象上是用 mm 水银柱高(mmHg)来表示。并规定气温在 0℃ 及标准重力加速度 $g = 9.80665 \text{ m/s}^2$ 下 760 mm 高水银柱所具有的压强为一个标准大气压。1 个大气压 = 1013.25 hPa。气象上以前曾用毫巴作为气压的单位,1 毫巴 = 100 帕斯卡或 1 mb = 1 hPa。

1.2.2.2 全球海平面气压分布特征

图 1.5 是根据多年观测得到的全球海平面气压和风随纬度的平均分布示意图,它表示了