



中国气象局“十一五”规划教材  
ZHONGGUO QIXIANGJU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



QIXIANGXUE YU NONGYE  
QIXIANGXUE JICHU

# 气象学与 农业气象学基础

甄文超 王秀英◎主编

气象出版社

中国气象局“十一五”规划教材

# 气象学与 农业气象学基础

主 编 甄文超 王秀英  
副主编 袁淑杰 赵 岩  
编 委 (按姓氏笔画排序)  
王秀英(河北农业大学)  
王春珠(河北农业大学)  
李晓丽(河北农业大学)  
谷小平(贵州省气象局)  
赵 岩(河北农业大学)  
赵彩霞(河北农业大学)  
袁淑杰(河北农业大学)  
甄文超(河北农业大学)

气象出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

气象学与农业气象学基础/甄文超, 王秀英主编. 北京: 气象出版社, 2006. 9

ISBN 7-5029-4178-9

I. 气… II. ①甄… ②王… III. ①气象学—高等学校—教材②农业气象—高等学校—教材 IV. ①P4②S16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 098941 号

## Qixiangxue yu Nongye Qixiangxue Jichu

### 气象学与农业气象学基础

甄文超 王秀英 主编

责任编辑: 王元庆 终 审: 陆同文

封面设计: 郑翠婷 责任技编: 刘祥玉 责任校对: 张 文

出版发行: **气象出版社**

出版社地址: 北京市海淀区中关村南大街 46 号

网 址: <http://cmp.cma.gov.cn>

电 话: (010)68408046

经 销: 新华书店北京发行所

印 刷: 北京昌平环球印刷厂

开 本: 787mm×960mm 1/16

印 张: 20

字 数: 400 千字

邮政编码: 100081

E-mail: [qxcsbs@263.net](mailto:qxcsbs@263.net)

传 真: (010)62176428

印 数: 1~5000

版 次: 2006 年 9 月第 1 版

印 次: 2006 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 20.00 元

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

# 出版前言

我国幅员辽阔，自然条件复杂，是世界上自然灾害最严重的国家之一。在各类自然灾害中，气象灾害损失约占68%。据统计，我国每年因各种气象灾害造成的农田受灾面积达3400万 $\text{hm}^2$ ，受干旱、暴雨、洪涝和热带风暴等重大气象灾害影响的人口约达6亿人次，造成的经济损失约占国内生产总值（GDP）的3%~6%。此外与气象条件有关的生态、环境、地质等次生灾害所造成的损失更是难以估算。

20世纪90年代以来，在以全球变暖为主要特征的气候变化背景下，气象灾害呈明显上升趋势，对经济社会发展的影响日益加剧。随着我国经济的快速增长，气象灾害造成的经济损失越来越大。

抵御气象灾害，适应和减缓气候变化，合理利用气象资源，促进人与自然的和谐发展已成为人类社会面对的重大问题。这一问题的解决，需要全球范围的合作、多学科的交叉融合、多部门的大力协同以及全社会的共同努力。在这一历史发展进程中，中国气象事业将肩负更重大的责任。

中国气象事业是科技型、基础性社会公益事业，对国家安全、社会进步具有重要的基础性作用，对经济社会发展具有很强的现实性作用，对可持续发展具有深远的前瞻性作用。改革开放以来，我国气象事业取得了长足发展，初步建立了天气、气候、气候变化、生态与农业气象、大气成分、空间天气、人工影响天气、雷电等业务和科研体系，气象监测、预报、预测和服务水平不断提高。然而，面对世界科学技术的快速发展，面对国家日益增长的需求，我国气象事业发展还存在一定的差距，尤其是气象科技队伍的整体素质有待进一步提高。加强人才队伍建设是气象事业发展的至关重要的因素。

当今气象事业发展的全球范围合作、多学科交叉融合、多部门大力协同的特点对气象人才的素质和培养方式也提出了新的要求。中国气象局特别重视交叉学科人才的培养、引进和使用。中国气象局人事教育司和气象出版社共同进行了“中国气象局‘十一五’规划教材”的建设工作。

中国气象局“十一五”规划教材将通过分批立项、滚动建设的方式实施。在内容的安排上既要符合教学改革的要求，同时又要准确地反映我国气象事业的发展现状和方向，使学生在在学习基础知识的同时，能够尽快步入气象科技和业务发展的前沿。

为保证中国气象局“十一五”规划教材的科学性和规范性，我社还将积极配合合作者跟踪修订，使规划教材的内容在教学过程中不断完善和更新。

气象出版社

2006年9月

# 前 言

《气象学与农业气象学基础》是高等农业院校作物、植物遗传育种、植物病虫害防治、果树、蔬菜、观赏园艺、环保、土壤、植物营养、农田水利、土地规划、水土保持、森保、林学等专业的必修专业基础课。它的任务在于使学生掌握系统的气象学基本理论知识，熟悉气象科学与农业生产的关系，为发展农业生产，实现农业现代化服务。

该书选择与农业生物生长发育、植物病虫害的发生发展以及农业生产活动有密切关系的农业气象、农业天气、农业气候和农业小气候条件为基本内容，介绍它们形成的物理基础、变化规律以及对农业的影响，并介绍农业生物生长发育、农业生产活动对这些条件的反应以及趋利避害的途径。

农业气象部分：介绍与农业生物和农业生产活动有密切关系的大气、辐射、温度、水分、气压和风等农业气象要素，阐明这些要素的形成与变化规律以及对农业生物生长发育和农业生产活动的影响。这些内容也是学习农业天气、农业气候的基础。

农业天气部分：农业天气条件是复杂的农业气象条件的综合，它是在较短暂的时间内各种农业气象条件的综合表现。由于农业生物和大多数农业生产活动处于自然环境里，必然受制于天气的影响，即受到综合的农业气象要素的影响。为趋利避害，这部分内容介绍几种主要的天气系统和灾害性天气的形成及变化规律，介绍它们对农业生物、农业生产活动的影响以及防御措施。

气候和农业气候资源部分：在漫长的农业发展历程中，一个地区的作物种类，耕作制度和一整套农业技术措施总是在一定的生产水平下与当地农业气候相适应的。农业生产规划、作物布局、品种的搭配以及农业技术措施的采用，无不与农业气候条件的分析相联系，这部分内容主要介绍气候形成因子、农业气候资源的分布及其分析与利用。

农业小气候部分：农业生物的生长发育每时每刻都受到大气候环境的影响，同时又每时每刻地反作用于大气候环境，从而引起局地大气候环境的某些改变。但是，农业生物最直接更经常接受的却是小气候环境的影响。在生产实际中，可以通过适当的方法措施，创造最优的小气候环境，充分利用光、热、水、气资源。本章较详细地论

述农业小气候形成的物理基础和几种农业小气候特征以及改善农业小气候的方法和途径。

农业气象实习如基本气象要素的观测仪器和观测方法以及农业气候资料整理是农业气象课的重要内容，它在生产实践和科学研究中有广泛的应用价值。这部分内容基本上根据国家气候中心《全国地面气候资料（1961~1990）统计方法》、《农业气象观测规范》编写的，供教学和科学研究使用参考。

本书的原版书为中国农业科技出版社2001年版的《农业气象学》。这次，编者增加了第五章、第六章内容，重写了第七章内容，并对其余各章的内容进行了修订。

在本书编写的过程中，参阅了大量最新文献和研究成果，借鉴了国内外一些最新资料，吸取了以往同类教材之精华。其主要特点，侧重加强基础理论，传授基本知识和基本技能，注重理论联系实际。

参加本书编写人：甄文超（绪论、第四章、第六章）；王秀英、李晓丽（第二章、第七章、第八章）；袁淑杰、赵岩（第一章、第三章、第五章）；赵彩霞、谷小平（第一章、第七章的部分内容）。

气象学与农业气象学基础实习指导：甄文超、王秀英、李晓丽（绪论、实习一、实习二）；赵岩、赵彩霞（实习三、实习四）；袁淑杰、王春珠（实习五、实习六）。

由于编者水平有限，编写时间短促，不完善之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2006年8月

# 目 录

前言	
绪论	( 1 )
第一节 气象学与农业气象学	( 1 )
第二节 大气的组成	( 5 )
第三节 大气的结构	( 10 )
复习思考题	( 13 )
第一章 辐射	( 14 )
第一节 辐射的一般知识	( 14 )
第二节 太阳辐射的基本概念	( 17 )
第三节 太阳辐射在大气中的减弱	( 20 )
第四节 到达地面的太阳辐射	( 24 )
第五节 地面有效辐射	( 28 )
第六节 地面净辐射	( 30 )
第七节 太阳辐射与农业生产	( 31 )
复习思考题	( 37 )
第二章 温度	( 38 )
第一节 土壤温度	( 38 )
第二节 水层温度	( 45 )
第三节 空气温度	( 46 )
第四节 温度与农业生产的关系	( 53 )

复习思考题	( 58 )
<b>第三章 大气中的水分</b>	( 59 )
第一节 空气湿度	( 59 )
第二节 蒸发	( 64 )
第三节 水汽凝结	( 67 )
第四节 降水	( 73 )
第五节 人工影响天气	( 77 )
第六节 水分循环和水分平衡	( 79 )
第七节 水分与农业生产	( 81 )
复习思考题	( 84 )
<b>第四章 气压与风</b>	( 86 )
第一节 气压和气压场	( 86 )
第二节 空气的水平运动——风	( 91 )
第三节 大气环流	( 98 )
第四节 地方性风	(106)
第五节 风与农业	(109)
复习思考题	(110)
<b>第五章 天气与天气预报</b>	(111)
第一节 天气系统	(111)
第二节 天气预报	(124)
复习思考题	(127)
<b>第六章 农业气象灾害</b>	(128)
第一节 农业气象灾害概述	(128)
第二节 由水分条件异常引起的气象灾害	(129)



## 目 录

第三节 由温度异常引起的气象灾害·····	(136)
第四节 由光照异常引起的气象灾害·····	(142)
第五节 由气流异常导致的气象灾害·····	(143)
复习思考题·····	(150)
<b>第七章 气候与农业气候资源·····</b>	<b>(151)</b>
第一节 气候的形成·····	(151)
第二节 气候带和气候型·····	(160)
第三节 气候变迁·····	(167)
第四节 中国气候特征和中国农业气候特点·····	(173)
第五节 中国农业气候资源·····	(180)
第六节 农业气候生产潜力分析·····	(187)
第七节 气候要素的一般表示方法·····	(191)
第八节 季节与物候·····	(194)
复习思考题·····	(196)
<b>第八章 小气候·····</b>	<b>(197)</b>
第一节 小气候形成的物理基础·····	(198)
第二节 农业小气候环境的改善·····	(201)
第三节 农田小气候·····	(206)
第四节 设施农业小气候·····	(221)
第五节 农田防护林小气候·····	(231)
复习思考题·····	(234)
<b>附录 1 太阳赤纬 (<math>\delta</math>, 单位:°) ·····</b>	<b>(235)</b>
<b>附录 2 中纬度地区每月 15 日的日出日没时刻 (地方时) ·····</b>	<b>(236)</b>
<b>附录 3 西北太平洋和南海热带气旋命名表 (2000 年 1 月 1 日执行) ·····</b>	<b>(237)</b>

气象学与农业气象学基础实习指导	(238)
绪论	(238)
实习一 土壤温度和空气温度的测定	(242)
实习二 空气湿度观测与查算	(252)
实习三 降水、蒸发、风和日照的观测	(261)
实习四 气候资料的统计与整理	(274)
实习五 农业气候资料整理	(277)
实习六 农业小气候观测	(285)
复习思考题	(299)
附表 1 日照时间表 (日出至日落间之时数)	(300)
附表 2 最大水汽张力表 (hPa)	(302)
附表 3 湿球温度订正值 ( $\Delta t'$ )	(303)
附表 4 水汽压 $e$ (hPa) 查取露点温度 $T_d$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	(304)
附表 5 通风干湿表用湿度表	(305)
附表 6 公历平年各日顺序累积天数表 (日期序列表)	(307)
附表 7 空气相对湿度查算表 (百叶箱干湿表用)	(308)
参考文献	(309)

# 绪 论

## 第一节 气象学与农业气象学

气象学亦称为大气物理学。随着研究领域的扩大，20世纪60年代气象学已发展为大气科学。

由气象学为农业生产服务，解决农业生产中的气象问题发展起来的农业气象学，是应用气象的一个重要分支，也是农业的基础学科之一。农业工作者必须了解其所从事的农业对象在全生产过程中的气象问题及其解决途径，才能合理地利用气候资源，达到高产优质低耗的目的。

### 一、气象学的定义和研究内容

地球表面被一层厚厚的气体包围着，这层气体通常称为地球大气。在地球大气中经常发生着各种各样的物理过程（如大气的增热与冷却、水分的蒸发与凝结等），也产生了很多物理现象（如风、云、雨、雪、冰雹、冷、暖、干、湿、雷电等），气象学就是研究大气中各种物理过程和现象的形成原因及其变化规律的科学。

气象学与群众生活、国家经济建设和国防事业息息相关，例如，农业生产多在露天进行，它直接受气象条件的影响和制约；航空事业随时都需要气象情报来保证安全飞行；城市的建设与规划也需要了解当地的各种气象信息和资料……随着气象科学的不断发展与广泛应用，我们人类可更充分地利用气象条件，防御不利气象因子的影响。

由于气象学研究的问题很广泛，处理方法也有差异，所以，气象学在发展过程中分成了许多分支。

#### （一）物理气象学

它从物理学方面来研究大气中的过程和现象，揭露这些过程和现象发展的物理规律。内容包括大气动力学、大气热力学、大气光学、大气声学、大气电学等。

#### （二）天气学

在一定地区和一定时间内，由各项气象要素一定的结合所决定的大气状态，称为

天气。研究天气过程发生发展的规律，并运用这些规律预报未来天气的学科，就是天气学。

### （三）气候学

气候是在一较长时间阶段中大气的统计状态，它一般用气候要素的统计量表示。但是，这种统计量往往随着阶段的转换而发生明显的变化，这就是气候变化。研究气候形成和变化的规律、综合分析与评价各地气候资源及其与人类关系的学科，就是气候学。

### （四）微气象学

微气象学是研究大气层及其他微小环境内空气的物理现象、物理过程及其规律的科学，是物理气象学的一个分支。

以上只是气象学的四个主要部分，在现代气象学中分支学科已大大增多，但以上四个分支仍不失为气象科学的主体部分。

## 二、气象要素

表示大气状况和天气现象的各种物理量统称为气象要素。主要的气象要素有气压、温度、湿度、降水、蒸发、风、云、能见度、日照、辐射以及各种天气现象。

在气象要素中和农业生产相关的称农业气象要素，重要的农业气象要素有辐射、温度、湿度、风、降水等。

## 三、农业气象学的定义、任务及研究方法

农业气象学是研究气象条件与农业相互关系及相互作用的一门学科。它一方面研究与农业有关的气象条件的发生、变化和分布规律，另一方面也研究受气象条件影响和制约的有关农业问题及其解决途径。

农业生产既决定于生物本身的特性，也决定于气象、土壤等环境因子，而光、热、水、气等气象条件是影响农业生产诸多环境因素中最重要、最活跃的因素。如一个地方种植制度的形成和调整，在很大程度上要以当地气候条件为依据；某一作物的栽培技术，也要和当地的天气与气候条件相适应；新品种的引种、推广，只有在与当地气候较为适应的基础上才能获得成功；除此之外，农业生产的丰、歉年，农产品品质的优劣，农业经济效益的高低，病虫害的发生与流行等，都与气象条件的适宜与否有着密切的关系。

### （一）农业气象学的基本任务

#### 1. 农业气象监测

利用常规及先进的仪器，进行农业气象要素及生物生长发育状况的观测，及时而准确地掌握农业气象条件的变化规律与特点，研究农业生产对象与过程对有关气象条件的反应，并将有关数据、资料进行处理与加工，是农业气象工作的基础。

## 2. 农业气象预报与情报

包括农业气象灾害的情报、预报和警报，动植物病虫害的有关预报，物候期预报；产量与品质，雨情，墒情和农情等情报。

## 3. 农业气候分区、区划、规划与展望

光能、热能、水分、大气中的  $\text{CO}_2$  是植物生长所必需的能量和物质，是重要的气候资源。我国有多种多样的气候，气候资源非常丰富，从开发、利用与保护的观点出发，分析和说明一个地区气候资源的特点，为农业的区域化、专业化，农、林、牧、副、渔的全面发展，种植制度的改善，荒地的开发利用，优良品种的引种等提供可靠的依据。

## 4. 农业气象措施、农业小气候、农业气象灾害及其防御手段的研究

研究各种趋利、避害、防灾增产的农业气象措施，研究在不同气象条件下最合理有效地调控农田、园圃、保护地、畜舍、运输与贮藏设施等小气候条件的方法与措施。

## 5. 农业气象指标、规律、机制与模式的研究

### (二) 农业气象学的研究方法

农业气象学的研究是通过调查、观测、试验等的结合来完成的。除应用一般的科学方法外，对栽培作物而言，须在进行生长发育状况和产量构成观测的同时，也要在同地进行主要气象要素、农田小气候要素、农业气象灾害的观测和田间管理工作的记载等，称为平行观测或联合观测法。这是不同于农业研究和气象研究的主要特点之一。通过对平行观测资料的对照分析，我们就能确定天气、气候对栽培作物生长发育和产品质量的影响，就能对生长期间的农业气象条件作出正确的评价。

为了缩短观测年限，迅速取得研究、分析所需要的资料，在平行观测的普遍原则的指导下，农业气象学还常常采用下列方法。

### 1. 地理播种法

在气候条件不同的若干地点上，选择土壤条件尽可能相同的地段，采用同一种农业技术措施，在各地最适宜的时期播种同一品种作物，并按照统一计划进行平行观测。这样，在一年里便可得到同一品种在若干处不同气候条件下的生长发育资料，达到缩短观测年限的目的。

### 2. 地理移置法或小气候栽种法

常用来研究植物生长发育与环境气象因子的关系。这种方法是先将我们要研究的作物栽种在条件相同的地段上，等其长到一定的发育期，然后将它们带上移栽到地形、方位及其他条件不同的几个地段上。选来移栽的地段应当相距较近，大气候背景相同，但在同一时间，在这些地段上，所要研究的气象因子，例如，近地面最低气温

和土温的强度及持续时间，都有显著差异。这样，在所有地段进行平行观测后，能够在比较短的时间内，得出不同强度的低温对于所研究植物的影响，在确定某些作物越冬性的气候指标时，常应用这种方法。

### 3. 分期播种法

在同一地方，每隔 5 或 10 天播种同一种作物，根据研究的任务，可以播 5~10 期或更多一些。这样，在一年内就可获得 5~10 种或更多种不同的天气对该种作物某发育期影响的资料，从而可以应用数理统计的方法求出该种作物在各个发育时期对于气象条件要求的数量指标。

### 4. 地理分期播种法

是将地理播种和分期播种结合起来的一种试验方法。它兼有地理播种法和分期播种法的优点，也弥补了单纯地理播种法很难取得地形、土壤、栽培技术完全一致与分期播种只在一个点上进行试验的不足，是一种比较完善的田间试验方法，20 世纪 70 年代末 80 年代初，全国杂交水稻气象科研协作组在南方 13 个省（市、自治区）的 17 个点上进行的“杂交水稻气候适应性的研究”，是应用地理分期播种法获得满意的结果的例子。

### 5. 人工气候实验法

现在人工气候室或人工气候箱都已能模拟近似太阳光谱的人工光源，控调到需要的温度、湿度，并根据研究的需要，增设人工降雨、CO<sub>2</sub> 浓度增减及风速变化等附属装置。这样，我们就可模拟各种气象条件，以满足农作物生长发育的需要，得出农作物要求的定量指标；也可模拟极端气象条件对作物生育和产量质量的影响，研究防御措施的气象效应；还可探索在自然情况下得不到的最优气象条件，为未来农业工厂化提供不可缺少的数据资料。

### 6. 气候分析法

在具有适当的农业资料和气候资料时，可以采用统计学中广泛使用的图解法或分析法来求得作物产量与天气和气候之间的关系。在这里，我们普遍地采用逐年产量和天气条件的对比分析以及作物自然分布界限的气候分析法。

至于应用哪种方法最好，则取决于研究的目的和任务，要求的精确程度和期限等。

此外，卫星遥感和计算机分析的一些新方法，如聚类分析、线性规划、模糊数学、系统论、决策论等，亦已广泛地应用于农业气象研究中。

## 四、我国气象及农业气象学的发展简史

我国历史悠久，在古代就有了比较发达的农业，对气象与农业气象的观察和研究较之其他国家要早。在商朝故都（河南安阳）出土的、远在 3000 多年前的甲骨文上，即有许多关于天气的记载。在东周列国时期，对一年四季的划分，以及春分、夏至、

秋分、冬至的日期，已确定得相当准确。到西汉初年（公元前 2 世纪），二十四节气和七十二候已能完全确定，并开始记载大旱、严寒、霜雪、冰雹等特殊的天气、气候现象。又如测量空气湿度、风和降水量的仪器都是我国最早发明的。公元前我国便可利用羽毛、木炭等物吸湿特性来进行空气湿度的测量，在西方，则在 15 世纪才用类似方法来测量空气湿度……但是由于长期封建制度的束缚，到了明朝初年以后就停滞不前了。直到 1743 年法国传教士在北京设立测候所，才开始用近代仪器进行测候，至解放前，气象与农业气象科学的发展较为缓慢。新中国成立后，各地相继建立起气象台站，地面和高空气象测报网也基本建成，如今，我国气象站星网棋布，服务也深入全国各地，近年来气象卫星、雷达、电子计算机等先进技术的应用，已使我国的气象科学跨入世界先进行列。

农业气象由于与农业生产密切相关，自古就被人们广泛重视，我国劳动人民在长期生产实践中，积累了丰富的农业气象知识和经验，为世界农业科学及农业气象学的发展做出了重大贡献。农业气象作为学科的历史并不长，20 世纪 50 年代后才在世界范围得到迅速发展，我国农业气象也随之走上迅速发展之路，目前，不仅健全了农业气象台站网，而且在合理利用农业气候资源，利用现代技术开展农业气象预报、情报服务方面也做了大量工作。

## 第二节 大气的组成

气象学既然是研究大气的科学，首先对大气的组成成分、垂直结构、重要物理性状要有所了解。

### 一、大气的组成

大气是由多种气体混合组成的，按其成分可以概括成三类：干洁空气、水汽和气溶胶粒子。

#### （一）干洁空气

干洁空气是气体的混合物。对由地面伸达 20~25km 高度的样品分析，证明了组成空气的基本气体都是氮（ $N_2$ ，容积占 78.09%，质量占 75.52%）、氧（ $O_2$ ，容积占 20.95%，质量占 23.15%）和氩（Ar，容积占 0.93%，质量 1.28%）。还有含量不定的二氧化碳（ $CO_2$ ，容积平均占 0.03%，质量占 0.05%）、臭氧（ $O_3$ ）和各种氮的氧化物。此外，还含有很少量的氟、氯、氙、氦、氢等。据观测在距地面 100 至 120 km 高度以下，由于空气湍流及水平运动结果，大气各成分的比例基本上不变，组成干洁空气的各种气体的沸点都很低，在自然条件下，永无液化的可能，干洁空气又称永久气体。

下洁空气中对人类活动影响较大的为氮、氧、二氧化碳和臭氧，其作用简述如下。

### 1. 氮和氧

氮是大气中含量最多的气体，是地球上生命体的基本成分，以蛋白质的形式存在于有机体中，大气中的氮，植物不能直接吸收，豆科植物可借助根瘤菌的作用固定氮，闪电能将大气中的氮和氧结合成氮的氧化物，然后随降水进入土壤，被植物吸收、利用。氧是干洁空气中次多的气体，是维持人类及动植物生命极为重要的气体，在大气中进行各种化学变化时，氧起重要作用。

### 2. 臭氧

大气中的臭氧是氧分子在太阳紫外线辐射的作用下分解成氧原子 ( $O_2 \rightarrow O + O$ )，然后又和氧分子化合而成 ( $O_2 + O \rightarrow O_3$ )。在近地面空气层中，臭氧含量很少，自 5~10 km 高度，含量开始增加，在 20~25 km 处达最大浓度，形成明显的臭氧层，至 55 km 逐渐消失。大气中臭氧含量虽很少，按容积算只有百万分之一。但它能强烈吸收太阳紫外线，由于紫外线对动植物有杀伤作用，因此，臭氧层的存在，对地球上有机体的生存起了保护作用。另外，臭氧层因吸收紫外线而引起的增暖，可影响大气温度的垂直分布。近年来，科学家发现，由于制冷剂——氯氟化碳的使用，高空臭氧层有不断减少的趋势，在南极和北极上空出现了“臭氧空洞”，这对地球上的生命是一种威胁，已引起人们的极大关注，保护臭氧层是全人类共同的义务。

### 3. 二氧化碳

大气中二氧化碳来源于海洋及陆地上有机物的腐烂、分解，动植物的呼吸作用及石油、煤等矿物质的燃烧。由于这些作用都发生在大气底层，因此，二氧化碳多集中于大气底部 20 km 的气层内，在低层大气中的含量，随时间和地点而不同，其变化与二氧化碳的产生及消耗（主要是绿色植物的光合作用）有关，一般夏季含量少、冬季多；白天少、夜间多；农村少、城市、工矿多，在大工业城市，含量可达 0.05% 以上，而农村低至 0.02%。随着全球性森林面积的急剧减少，对二氧化碳的吸收能力降低，而工业化进程的加快，排放到大气中的二氧化碳越来越多，使大气中二氧化碳浓度日趋升高。据观测，大气中二氧化碳浓度 1800 年为  $260 \sim 285 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ，1984 年上升到  $345 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ，目前已达到  $365 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  左右。

二氧化碳是植物进行光合作用制造有机物质不可缺少的原料，大气中现有的含量，对作物的高产要求是不够的，很多研究指出，增加空气中二氧化碳浓度，能提高农作物产量，但在目前技术水平下，要保持农田上较高的  $\text{CO}_2$  浓度是困难的。

二氧化碳能强烈吸收和放射长波辐射，使之不能射出大气层以外。如果大气中二氧化碳含量不断增加，将会导致温度上升，并使全球气候发生明显变化，这一问题，已引起全人类的重视。



## (二) 水汽

水汽是实际大气的重要组成部分，主要集中在低层大气，随高度升高很快减少，在 1.5~2 km 高度上，空气中水汽含量减少为地面的 1/2，到 5 km 高度，已减少为地面的 1/10。大气中水汽含量随时间、地点而不同，沙漠或寒冷干燥的陆面上，其含量几乎接近于零，在热带洋面上空，水汽含量按体积计算可高达 4%。

水分从海洋和陆地表面蒸发出来进入大气，通过空气的垂直运动和水平运动带到高空和遥远的地方，在高空中凝结成云，以降水形式返回地面和海洋。大气中的水汽含量虽不多，按体积算还不足 0.5%，但它却是天气变化的一个重要角色，大气中的各种凝结物，如云、雾、雨、雪等都是由于有水汽存在而产生的，水汽，液态水滴和固态的冰晶在不断相互转换，转换过程中伴随着潜热的吸收和释放，不仅引起大气湿度的改变，同时也引起热量的转移。大气中的水汽能强烈吸收地面长波辐射，它和二氧化碳一起，对地面保温起着重要的作用。

## (三) 气溶胶粒子

实际大气中除含有上述气体成分和水汽外，还含有一些固态或液态的微粒，将悬浮在大气中的这些固态或液态的粒子称为气溶胶粒子，它包括水滴、冰晶、燃烧产生的烟粒，被风卷起的尘土、海洋中浪花溅起在空中留下的盐粒，火山爆发后进入大气中火山灰，流星燃烧后的灰烬，以及植物的花粉、微生物和细菌等。微粒直径从  $10^{-3}$   $\mu\text{m}$  到几十  $\mu\text{m}$ ，多集中于大气底层，含量随时间、地点和高度而异，通常城市多于农村；陆地多于海洋；冬季多于夏季，随高度的增加而迅速减少。它的存在可使大气能见度变坏，但它能充当水汽凝结核，对云、雨的形成起着重要作用，气溶胶粒子还能吸收一部分太阳辐射和阻挡地面放热，对地面和空气温度也有一定的影响。

## 二、大气污染问题

### 1. 定义

大气污染也称空气污染是指因人类的生产和生活活动使某种物质进入大气，使大气的化学、物理、生物等方面的特性改变，影响人们的生活、工作，危害人体健康，影响或危害各种生物的生存，直接或间接地损害设备、建筑物等的现象。

### 2. 污染物及污染等级

空气污染的污染物有：烟尘、总悬浮颗粒物（TSP）、可吸入悬浮颗粒物（飘尘）（ $\text{PM}_{10}$  或  $\text{PM}_{2.5}$ ）、二氧化氮（ $\text{NO}_2$ ）、二氧化硫（ $\text{SO}_2$ ）、一氧化碳（CO）、臭氧（ $\text{O}_3$ ）、挥发性有机化合物等。我国目前衡量空气质量所依据的污染物有三项：二氧化硫（ $\text{SO}_2$ ）、二氧化氮（ $\text{NO}_2$ ）和可吸入颗粒物（ $\text{PM}_{10}$ ）。

为了提高人们的环保意识，保护我们生存的环境，1997 年首先在包括北京、上海、重庆、大连、厦门在内的 13 个重点城市发布城市空气质量周报。2000 年开始在