

Huanjing Huaxue

环境化学

陈永亨
吴颖娟
谢文彪 编著

广东高等教育出版社

环 境 化 学

Environmental Chemistry

陈永亨 吴颖娟 谢文彪 编著

广东高等教育出版社

·广州·

图书在版编目 (CIP) 数据

环境化学/陈永亨, 吴颖娟等编著. —广州: 广东高等教育出版社, 2004. 9
ISBN 7-5361-3046-5

I. 环… II. ①陈… ②吴… III. 环境化学-高等学校-教材 IV. X13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 090789 号

广东高等教育出版社出版发行

地址: 广州市天河区林和西横路

邮政编码: 510076 电话: (020) 87551101 87553335

茂名广发印刷有限公司印刷

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张: 9.75 字数: 228 千

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 3 000 册

定价 18.00 元

前 言

随着社会的发展和人类生活水平的提高，人类越来越重视其生存的环境和条件，关心和注重环境保护的呼声越来越高。然而社会发展的需要和资源环境的索取却越来越剧烈，化学工业和化学产品渗透到人类生活的各个领域，由此带来的化学污染和化学问题对人类的困扰愈加突出。因此社会对环境化学研究的要求和对环境化学人才的需要也愈加迫切。对师范院校化学系和高等院校非环境化学专业学生开设环境化学专业选修课已经势在必行，这是时代发展的需要，也是培养未来教育者必备基本素质的需要。

本教材主要讲述环境化学的基本概念、基础理论、研究对象和研究方法，大气、土壤、水体和生物等环境要素的化学问题，扼要地介绍化学污染及防治等的基本原理和一般方法。在参考其他同类教材的基础上，增加了社会经济发展带来的能源环境化学和资源环境问题以及社会可持续发展等新内容。通过本课程的学习，使读者树立明确的环境保护意识，认识现代社会环境与化学学科的密切关系和环境化学研究对人类社会发展的积极意义，了解未来社会对环境化学研究人才要求的迫切性，鼓励学生积极为环境保护事业和未来社会可持续发展做贡献。

本教材的内容根据高等师范院校化学系本科高年级学生专业选修课程而设计，也可作为环境科学系、化学系环境化学专业学生的参考教材，以及生物系、地理系高年级学生和其他环境保护科学工作者的参考读物。

本教材在编写过程中得到了蔡亚娜教授、宋光泉教授、陈迪云博士、王正辉博士、张平博士、李锦文副教授等的关心和指导，他们对教材的修改提出了许多宝贵的意见；教材的出版得到了广州大学教务处、广州市委组织部知工处专家出版基金的资助。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2003年4月 于广州

目 录

第一章 绪论	1
第一节 环境化学的基本概念及理论	1
第二节 环境化学的研究对象和研究方法	4
第二章 大气环境化学	6
第一节 大气层的形成与作用	6
第二节 大气的污染及其毒性	9
第三节 气溶胶及其毒性	20
第四节 大气污染物的来源与演变分析	24
第五节 大气污染物的防治措施	31
第三章 土壤环境化学	34
第一节 土壤的形成与对人类发展的作用	34
第二节 土壤的物理化学性质	36
第三节 土壤的污染及其污染源分析	46
第四节 土壤的改造和有效利用	59
第四章 水体环境化学	61
第一节 天然水概况	61
第二节 水的特性及其指标	65
第三节 水的污染	72
第四节 水的净化和再生利用	81
第五章 生物环境化学	86
第一节 生物对环境污染物的吸收	86
第二节 环境污染的生物富集机制	88
第三节 环境污染的生物迁移机制	93
第四节 典型重金属毒害元素的生物污染	96
第五节 生物对环境污染物的抗性	101
第六章 能源环境化学	106
第一节 能源要求与环境控制	107
第二节 化石燃料	109

第三节	核能利用·····	116
第四节	清洁能源·····	119
第七章	资源环境问题·····	125
第一节	自然资源的特点·····	125
第二节	自然资源概况·····	126
第三节	资源开发利用带来的环境问题·····	130
第八章	环境与可持续发展·····	139
第一节	可持续发展理论产生的背景·····	139
第二节	可持续发展的定义和根本问题·····	140
第三节	可持续发展的内涵和研究内容·····	142
第四节	可持续发展的战略要求和发展方案·····	144
第五节	可持续发展体系及其科学地位·····	144
第六节	可持续发展是中国解决环境问题的必然选择·····	147
参考文献	·····	150

第一章 绪 论

第一节 环境化学的基本概念及理论

一、环境的概念

所谓环境是指以人类为中心的周围客观事物的总和，是直接、间接影响着人类生活和发展的各种自然因素（自然环境）和社会因素（社会环境）的总和。现在一般讨论的环境主要是指自然环境。人类生存的自然环境由空气、水、土壤、阳光和各种生物所构成。《中华人民共和国环境保护法》将环境和人的关系明确规定为：“环境是指大气、水、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生生物、名胜古迹、风景游览区、温泉疗养区、自然保护区、生活居住区等。”自然环境是人类及其他生物赖以生存的物质基础。

人类不同于其他动物，其他动物只是机械地利用外部环境，求得生存和发展，而人类则通过他所作出的改变来使自然界为自己的目的服务。所谓改造自然，就是通过自己的劳动，努力创造出适合自己生存与发展的环境。

二、人类活动与环境变化

在人类发展的历史上，有过许多重大的发明创造，每一次重大发明都推动了人类向更高的阶段发展。尤其是工业革命以来，人类经过近两个世纪与大自然的较量，积累了丰富的经验和智慧，创造了巨大的财富和科学技术知识，使社会生产力得到了极大的提高。人类的生活、工作、交流方式发生了根本的变化。特别是第二次世界大战之后，世界上一味追求经济的快速发展，“烟囱产业”被作为“朝阳”工业备受推崇，其发展指标通常以经济的增长来定义，以国民生产总值（GNP）或国民收入的增长为重要目标，以工业化为主要内容。

单纯追求经济增长导致近一个世纪以来，矿物燃料消耗量增加了30倍，而且每年仍以2%以上的速度递增。工业生产能力的4/5以上是20世纪50年代以后出现的，短短的几十年里，世界进入一个崭新的高速发展和前所未有的工业化时代。然而，正如恩格斯的告诫：“我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利，对于每一次这样的胜利，自然界都报复了我们。每一步胜利，在第一步都确实取得了我们预期的结果，但是在第二步和第三步却有了完全不同的、出乎预料的影响，常常把第一个结果又取消了。”当人类庆贺经济这棵大树结出累累硕果的同时，人类赖以生存和发展的环境却被破坏得百孔

千疮，环境污染及生态破坏，能源危机、资源危机、人口危机，带给人类广泛而严重的矛盾。科学技术发展带来了工业、农业的深刻革命，同时，使环境的污染成为新的严峻的问题。人类活动向空气中排放许多挥发性的有机化合物、烟尘和有害金属，造成了城市空气的污染。科学技术的高度发展，使自然界日益增加为人类服务的领域，耗用自然资源日益增多，使原来在自然界中处于平衡的各种物质，由于人类的活动而在不同程度上影响它们的平衡状态。人类正是在改造自然界的同时，逐步认识人类与自然界的联系。人类从环境变化的认识开始重新认识和反省自身的行为。

三、环境问题的产生

环境问题广义上是指包括一切形式的环境恶化或对生物圈的一切不利影响，具体一点，是指环境污染，即有害物质在自然环境中积累，其数量达到或超过人类和生物正常生存和生活所允许的量。随着人类社会的发展和生产力的提高，人类改造和影响自然环境的能力加强，人类活动导致自然环境的破坏，自然界给人类以报复，造成了环境污染。

在人类漫长的改造自然的历史中，由于它的影响还没有超出自然界的物质平衡和生态平衡，还不足以造成对人类明显的反作用。工业革命前，生产力发展水平低，环境污染极微小，还不足以对环境的物质和生态平衡产生可觉察的影响。环境污染是随着大工业发展而产生的，因为多年来，人类的生产活动一直是围绕着资源的开发和利用进行的。18世纪产业革命到20世纪初，由于大工业发展造成以烧煤产生的烟尘、二氧化硫为主的大气污染和以采矿、冶炼、无机化工废水污染为主的环境污染问题先后发生。例如，1873年12月、1880年1月、1882年2月、1891年12月、1892年12月及1952年12月的英国伦敦接连发生烟雾事件。1909年英国格拉斯哥烟雾事件死亡1 063人。自1893年开始的50年间，日本足尾铜矿冶炼厂排放废气造成大片田园荒芜，几十万人流离失所。1920年到1950年的30年中，环境问题由于烧煤造成的污染进一步扩大，石油加工和化工等有机化学工业的发展引起新的污染，汽车等机动车排放废气的污染导致出现“光化学烟雾”等，严重的大气污染是这个阶段的特点。第三阶段是从20世纪50年代开始，工业发展迅速，污染扩大。石油的海上运输和海上石油开采引起海洋石油污染，航空工业的发展导致高空大气层的污染，核武器、核电站、核工业的发展引起放射性污染。现在污染已遍及全球，甚至在南极的企鹅和北极的驯鹿体中都发现污染物。

最为典型的是震惊世界的八大公害事件：①1930年比利时马斯（Meuse）河口重工业排放SO₂的烟雾事件中毒数近百人，死亡60余人；②1944年美国洛杉矶光化学烟雾事件，持续4天，4 000余人死亡；③1948年美国多诺拉冶炼厂的SO₂及烟尘事件，5 911人中毒，400余人死亡；④1952年伦敦烟雾事件4天内中毒死亡4 000多人；⑤1955年日本四日市重油烟雾事件，死亡36人；⑥1955年开始日本的富山县矿山的镉污染引起的骨痛病事件；⑦1956年日本水俣湾的有机汞中毒，受害居民万余人的水俣病事件；⑧1968年日本生产米糠油时，含有多氯联苯（PCB）引起的中毒事件。后4起都发生在日本，据不完全统计，受害者达17 000多人，死亡4 100多人。此外，1984年12月3日印度博帕尔农药厂毒气外泄，当场有2 500人死亡，另外3 000余人严重中毒濒

临死亡。

由于工业的发展，矿山的开采，工业的排污，大量废水、废气、废渣排入环境，有害物质急剧增加，超过自然界本身的稀释和净化能力，造成环境污染，破坏生态平衡，危害人类的生存。仅以第二次世界大战前夕到 1970 年的 40 余年为例，科学技术的发展伴随着大规模自然资源的开发利用和工业生产的急剧增长。特别在后 25 年中，工业的快速发展引起自然资源开发的迅速增加。据统计，1965 年开始，世界上每年开采和消耗 3×10^9 t 矿物煤炭、 5×10^8 t 铁矿石、 4.4×10^5 t 铝矾土、 5×10^6 t 铜等，它们的增长速度分别为 4.1%、1.8%、6.4% 和 4.6%。据美国矿山部统计，美国在 1940 ~ 1970 年 30 年间，工业所需的矿物原料大于整个人类从古罗马到第二次大战期间矿物原料的需要量。这样大规模地消耗自然界的原料，不仅引起矿物资源的枯竭，而且大量的废物引致了大气污染（有害气体和粉尘）、水体恶化（溶液、可溶性气体及颗粒物的输入）及固体废物的污染。据统计，现在世界上仅城市每年排入环境的固体废物多达 3×10^9 t，工业及生活污水 500 km^3 ，各种气溶胶 1×10^9 t，有毒气体 6×10^8 t。现在全球 CO_2 的浓度以每年 0.2% 的速度递增。

人口的增长，特别是近 80 年人口的急剧增长，为加快工农业生产的发展，不可避免地加重了工农业生产所带来的环境污染。而且大量生活污染物的排放，城市化对环境的影响，人口增长对能源需求的增长加剧对环境的影响。据统计，1800 年，世界人口经历 100 万年才达 10 亿；到 1920 年，经过 120 年，世界人口达 20 亿；1965 年世界人口达到 40 亿；预计到 21 世纪末，世界人口将超过 100 亿。人口增长对环境的影响不可避免地成为一个严重的问题。

现在，由于工农业的发展，人口的增长造成可耕地减少（全世界每年可耕地减少 0.35%），土地沙漠化（沙漠化损失农田每年约为 $6 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ），水土流失（每年约有 2.3×10^{10} t 土壤流失），森林破坏（热带林每年约毁林 $1.1 \times 10^7 \text{ hm}^2$ ），资源枯竭（人口 30 年增加 1 倍，而能源消耗或电能消耗分别为 15 年及 10 年增长 1 倍）。环境问题已经严肃地摆在人类面前。特别是进入 20 世纪 80 年代以来，从世界范围来看，人类赖以生存的环境仍在不断恶化，而且打破了区域和国家的疆界而演变为全球性的问题，局部的、暂时的问题相互贯通、相互影响而演变成长远的问题，潜在性问题进一步恶化蔓延变成公开性问题。

四、环境科学的形成和研究任务

综观世界人口、资源、能源与环境问题，来自于社会经济和发展带来的矛盾已经越来越突出，而且这种矛盾发展的趋势已经成为全人类面临的主要危机。环境污染造成的损失使人类不得不回过头来检讨过去的行动及其后果，研究环境，评价环境，环境科学就此应运而生。

环境科学的任务是以“人类 - 环境”这一系统为对象，研究人类和环境之间的关系，掌握它的发展规律，调节物质和能量的交换过程，创造人类生活的美好环境，使人类社会更加繁荣昌盛。因此，环境科学是研究人类活动对环境引起的直接后果，研究它们可能造成的潜在效应，研究污染物在环境中的运动规律及其对环境质量、生物效应和

人体健康的影响，以及控制和改善环境的原理、方法和措施。

环境科学涉及自然科学的各个领域和社会科学的许多部门。环境科学按其主要内容和任务属于自然科学，但它是综合性很强的边缘性学科，是研究人类生存环境、大气圈、水圈、岩石圈与生物圈诸自然要素的科学，是化学、生物学、物理学、地理学和医学等基础学科的交融而产生的新学科，具有多学科性和社会性等特点。我国著名环境化学家刘静宜先生指出，“环境科学是伴随着环境污染而出现的一门新兴学科”。

由于环境科学是一个发展中的学科，它的分类还很不成熟。一般将环境科学分为基础环境学、环境学和应用环境学三类（图 1.1）。

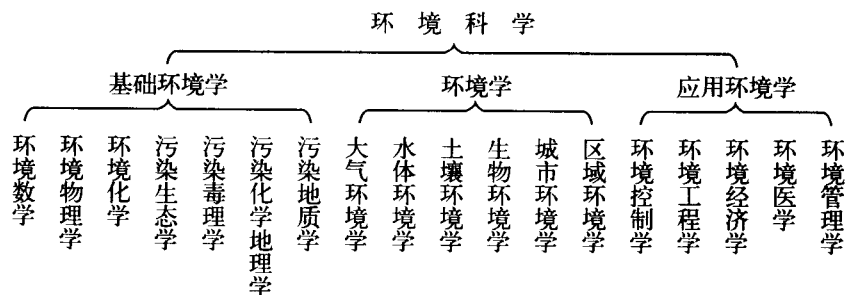


图 1.1 环境科学的分类

环境化学是基础环境学的重要分支学科。现在的时代被称为“化学时代”，化学制品渗透到人类生产和生活的各个方面，仅 20 世纪 60 年代，人类就合成了 120 万种新的化学物质。今天，化纤、聚脂等化学产品仍然层出不穷，充斥于人类的整个生活领域。大多数情况下，环境污染主要是由化学污染物造成的。美国环境化学家霍恩（Home）认为：环境化学是研究环境四大要素（岩石圈、水圈、生物圈、外层大气圈）的化学组成和其中发生的过程，特别是界面上的化学组成和过程的学科。我国环境化学家刘静宜先生认为，环境化学一般指化学污染物在自然环境中所发生的化学变化的规律。因此，环境化学是解决环境问题的“钥匙”。

第二节 环境化学的研究对象和研究方法

环境化学的研究对象是化学污染物在环境中的变化规律，研究化学污染物及其他对人类生态体系可能带来影响的化学物质在自然环境中的化学变化的规律。

环境化学的研究对象主要包括以下内容：

- (1) 化学污染物的化学，化学污染物的来源、分布、迁移、转化、归宿的化学原理；
- (2) 化学污染物的控制、治理的原理和方法；
- (3) 化学污染物的分析和鉴定。

环境化学研究对象具有以下特点：

- (1) 环境物质数量大，品种多，样品复杂；
- (2) 化学污染物质的含量低 (10^{-6} 、 10^{-9} 或 10^{-12} 数量级)；
- (3) 环境中的化学反应具有难控性；
- (4) 影响环境中化学变化的因素极多，包括物理的、化学的、生物的、机械的；
- (5) 环境是一个多组分和多变的开放体系；
- (6) 基本数据缺少，学科年轻，数据缺乏系统性。

由于环境化学是一门新兴的边缘杂交学科，在研究方法上主要采用化学方法，同时配合物理的、气象的、生物的及数学的方法。

当前，环境化学重大研究领域主要集中在下列方向：

- (1) 污染对人体健康的影响及其减轻或消除的措施；
- (2) 化学物质在环境中的积累和降解；
- (3) 污染对环境的影响及其防治；
- (4) 元素和水文过程的地球化学循环及其保护；
- (5) 无污染或少污染的生产新工艺的研究；
- (6) 环境监测、评价和管理。

化学生产是造成环境污染的重要原因，化学技术又是净化环境的主要手段。“解铃还需系铃人”，寻找解决人类开发活动与环境保护之间矛盾的科学途径，今天历史地落到了环境化学研究者的肩上。

第二章 大气环境化学

大气是环境一切物质循环流动的通道和载体。没有大气就没有生物，就没有我们所说的环境，也就没有今天的世界。

大气是空气、水蒸气和其他一些物质组成的混合物，围绕在地球周围，总厚度达 1 000 km。估计大气总量为 6×10^{15} t，其中 95% 集中在地表面上空的对流层中。

大气环境化学主要研究化学污染物在大气环境中的迁移转化行为、状态、分布及其归宿。

第一节 大气的形成与作用

一、大气层的形成

第一阶段

在混沌初开的天体中，由于行星质量的原因，质量大的行星捕获原始行星大气多，质量小的则捕获得少。对于类地行星，由于距太阳较近，大部分原始挥发性大气在行星形成的初期逃逸了。地球和金星由于它们的质量所决定的气体逃逸速度，可将各种气体捕获在行星的外围，它们的大气有着复杂的组成和较大的密度。火星由于质量较小，大气密度很小，惰性气体不足地球的 1%。木星、土星等大质量的行星捕获大量气体物质而成为“富气”行星。

原始地球大气层由一部分原始大气和来源于地球火山的喷发气体构成，原始大气主要由氢、氦及少量甲烷和惰性气体组成。火山喷发气体主要有 H_2 、 H_2O 和 CO 及少量 CO_2 、 N_2 和 H_2S ，原始地球大气具有还原性（如图 2.1）。

在地球环境的演化和生物进化过程中，在还原性地球环境条件下，只有类似发酵细菌这样的生物才能生存，它们依靠酵解有机物获得能量，这类生物是地球上最早的主人。

第二阶段

随着地球内部金属铁不断向地心移动，地幔中的气体物质与还原性铁接触的机会减少，因而由火山喷发到地表的气体越来越富有氧化性，火山气体成分逐渐变为以水、 CO_2 和 SO_2 等为主，这些气体在高度还原的地球表面很快消失， H_2O 不断凝聚汇集到海洋，酸性氧化物（ CO_2 、 SO_2 ）则与碱性地壳矿物质起反应而消除，例如 CO_2 与硅酸钙反应生成碳酸钙：



原始地球的火山喷发剧烈而频繁，氧化性大气的不断喷发，逐渐改变了地球的大气

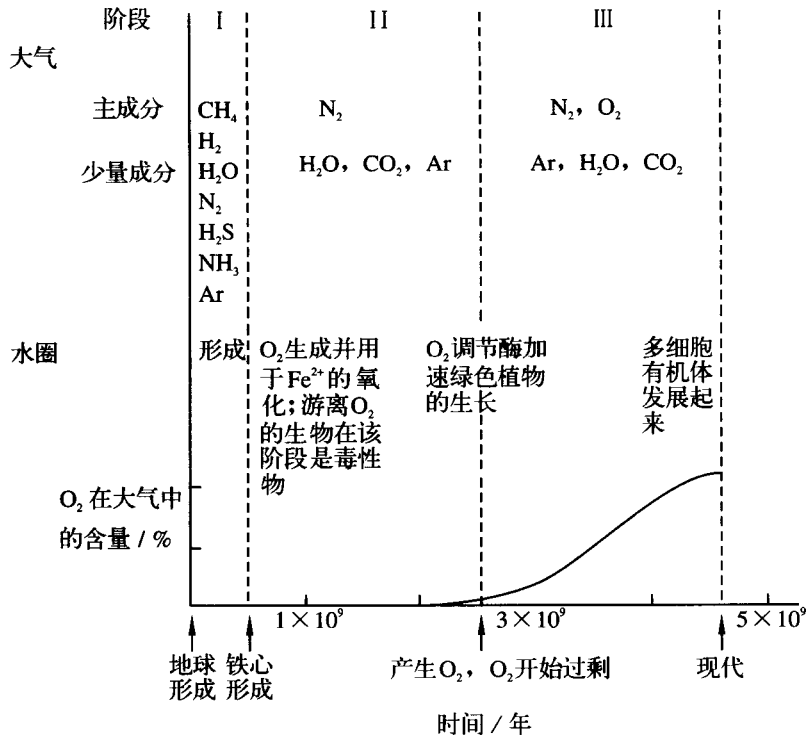


图 2.1 大气圈和水圈发展阶段图

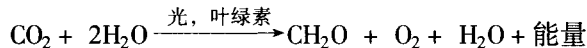
成分，还原性大气成分（CH₄、NH₃）开始氧化，自由氧（O₂）出现，原始地球大气终于由还原性向氧化性过渡。

原始地球大气的这种转变，对原始地球生物产生了巨大的影响，还原性环境中生存的厌氧性生物逐步死亡，能进行光合作用的生物大量繁衍，获得空前发展。

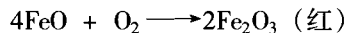
第三阶段

大约 32 亿年前，最早的光合作用生物蓝藻对地球表面的早期演化可能起到过特别重大的作用。

光合作用是一种生物吸收空气中的二氧化碳和水分进行光合放氧的过程：



水的光解也释放出游离氧。这些氧一部分对原始大气圈的成分进行缓慢氧化，使甲烷、CO、NH₃ 等逐渐氧化，另一部分对水中的还原性物质进行氧化。距今 19 ~ 20 亿年前，水圈中出现第一个红层，这是游离氧化 Fe²⁺ 的结果：



这是大气中游离氧出现的明证，是地球原始大气由还原性向氧化性转变的标志，此后，大气中氧积累的速度迅速增加。

约 14 ~ 15 亿年前，一个稳定的富氧大气圈基本形成。

二、大气的组成

大气组成为 N_2 占 78.08%， O_2 占 20.95%，Ar 占 0.93%， CO_2 占 0.03% ~ 0.04%。

地球大气质量在铅直方向上分布极不均匀，总厚度约 1 000 km，地表 5 km 内大气质量占 50%，12 km 内占 90%，30 km 内占 99%，80 km 内占 99.999%。在地表 80 km 内，大气成分相对是均匀的。

三、大气层的分层结构

以温度特征划分，大气层的结构如图 2.2。

(1) 对流层（最低层），厚度随纬度不同而异，赤道附近 16 ~ 18 km，中纬度 10 ~ 12 km，集中了大气中空气 90.9%。水分总量约 1.3×10^8 t，主要的天气现象如云、雾、风、降水等，都发生在对流层，大气污染物的产生、迁移和转化也发生在这一层。

对流层的特点是下热上冷，温度递减率为 $6.4 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{km}^{-1}$ ，顶部温度在 $-50 \text{ } ^\circ\text{C}$ 以下。

对流层的空气对流有利于污染物扩散。若在某些因素作用下形成下冷上热的逆温现象，将不利于污染物扩散，造成污染事件。

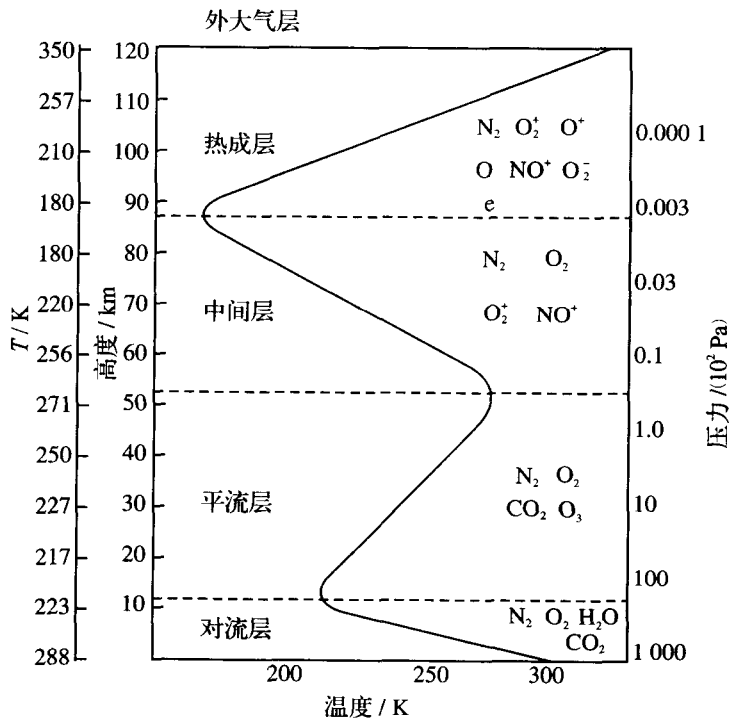


图 2.2 大气层的结构

(2) 平流层（同温层），10 ~ 50 km，特点是温度分布随高度增加而增加，平均递增率为 $1.4 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{km}^{-1}$ 。在 15 ~ 35 km，形成 20 km 厚的臭氧层，臭氧层形成过程中有放热现象。同时，臭氧吸收波长 290 nm 以下的太阳辐射。平流层温度为 $-50 \sim 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

平流层的特点是下冷上热，没有对流扩散，大气稳定。污染物进入此层，停留时间长，可达数年。超音速飞机、宇宙飞船散发的 CO、NO 等污染此层，对臭氧层造成破坏。估计每年发射 60 个宇宙飞船，O₃ 减少 0.5%。

(3) 中间层，50~85 km，温度随高度而降低，这是由于高空吸收辐射物质，尤其是臭氧浓度减少所致。在 85 km 处温度降至 -90℃ 以下。

(4) 暖层（热成层），85~120 km，也称电离层，大气（主要是氧）强烈吸收波长小于 180 nm 的太阳紫外线辐射，迅速增温。大气温度增高，上缘达 80℃ 以上。在热成层里，大气在太阳紫外线和宇宙射线作用下发生电离，氮、氧变成带电荷的离子，故称电离层。

(5) 外大气层（逸散层），120 km 以上，空气稀薄，地心引力小，与星际空间没有截然的界限。

四、大气层对人类的作用

地球上的能源主要来自于太阳的辐射，太阳是一个炽热的气体球，表面温度 6 000℃，内部约 2×10^7 ℃。估计太阳每秒将 6.57×10^8 t 的氢转变为 6.53×10^8 t 氦（核聚反应），失掉的 4×10^6 t 质量转变成能量，散射到宇宙空间。地球接受太阳辐射能量仅占 5×10^{-10} ，太阳辐射到地球的能量绝大部分被反射回宇宙空间，大气层是阻挡过多太阳能进入地球的一道天然屏障。

太阳辐射的光和能分为 3 个部分：

(1) 可见光，波长 380~770 nm，主要起照明作用。

(2) 红外线，波长 770 nm~30 mm，肉眼看不见，但热作用很强，可用于医疗、通讯。

(3) 紫外线，波长 6~380 nm。紫外线又可分为 3 个部分：波长最长，也就是大于 320 nm 的称为紫外线 A (UV-A)；波长为 290~320 nm 的称为紫外线 B (UV-B)；波长小于 290 nm，也就是整个太阳光谱中波长最短的部分称为紫外线 C (UV-C)。

紫外线 A 对人类是有益的，例如，可以杀菌以及使人体内转化合成维生素 D，防止佝偻病等。紫外线 C 可以杀死地面上一切生命，所幸这部分紫外线被高空臭氧层完全地吸收掉了。紫外线 B 只可以严重损伤地球上的生命，但其中波长最短的有害部分基本上被臭氧吸收。臭氧层能够吸收 99% 的高强度紫外线，从而阻挡了紫外线伤害人类及生存环境。因而，臭氧的存在对于地球上的生物是至关重要的。有人形象地把臭氧层比喻为地球的“保护伞”。

第二节 大气的污染及其毒性

一、大气的污染

(一) 大气中 CO₂ 含量的变化

今天的大气层再也没有初始的洁净和清纯，污染的现象非常严重。

1850年前，工业革命时，大气层中 CO_2 含量为 $290 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ，1977年上升到 $330 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ，1990年已上升到近 $350 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ （如图 2.3）。预计 2050 年， CO_2 含量将增加 1 倍，达 $600 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

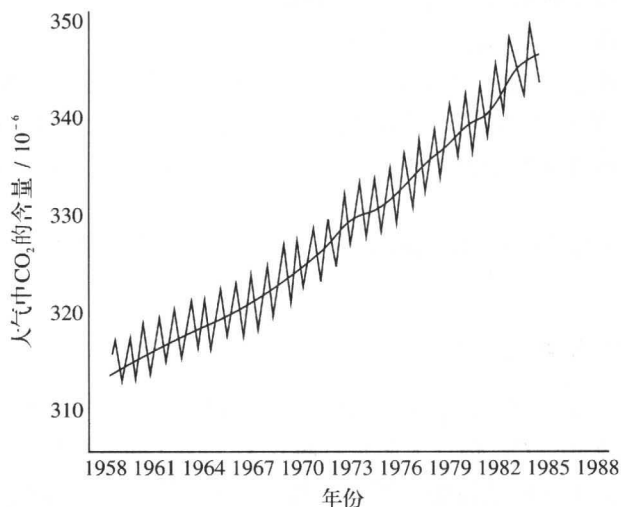


图 2.3 在夏威夷冒纳罗亚火山测定的过去的大气层中的 CO_2 含量

据分析，大气中 CO_2 含量升高的原因有：

(1) 世界矿物燃料消耗量增加。20 世纪初每年世界消耗矿物燃料不到 $1.5 \times 10^9 \text{ t}$ ，70 年代消耗量达到 $7 \times 10^9 \sim 8 \times 10^9 \text{ t}$ ，估计今后每年按 2% 递增。

(2) 大面积森林消失。众所周知，森林是吸收 CO_2 、制造氧气的超大型加工厂。森林的破坏在加剧，地球上原始森林的覆盖面积曾占陆地的 $2/3$ ，估计为 $7.6 \times 10^9 \text{ hm}^2$ ；到 1862 年减少至 $5.5 \times 10^9 \text{ hm}^2$ ；20 世纪 50 年代以来，又减至 $2.6 \times 10^9 \text{ hm}^2$ 。特别是对调节全球气候起着重要作用的热带雨林，现仅有 $1 \times 10^9 \text{ hm}^2$ （图 2.4）。拉丁美洲亚马逊原始森林是世界上最大的热带雨林，木材蕴藏量占世界总量的 45%。20 世纪 70 年代这块原始森林被 29 个跨国公司用现代化工具进行大面积采伐，随后放火焚烧。1969 ~ 1975 年间就毁掉 $1.1 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 森林。最近几年内，沿着巴西东海岸的丰富森林因砍伐而剩下

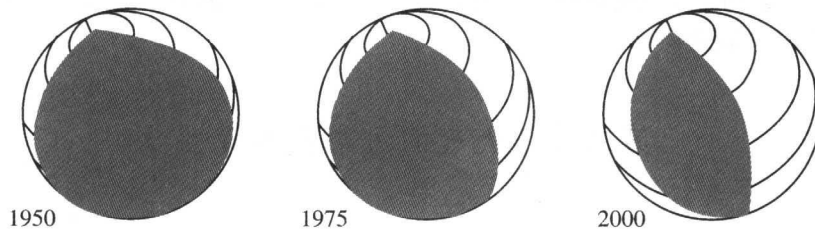


图 2.4 地球森林覆盖量的减少

20 世纪中叶，地球的大陆块还约有 $1/4$ 被森林覆盖着，今天覆盖率只有 20%。据专家估计，到 2050 年全世界保留的森林将不足 15%