

目 录

第 1 章 绪论.....	1
1.1 环境.....	1
1.2 环境问题.....	6
1.3 环境科学.....	12
1.4 环境保护.....	15
复习思考题.....	21
参考文献与推荐阅读文献.....	21

上篇 人类环境的基础知识

第 2 章 地球与地理环境的发展.....	25
2.1 地球的形状、运动及其意义.....	25
2.2 地球环境的形成与演化.....	35
复习思考题.....	38
参考文献与推荐阅读文献.....	38

第 3 章 地球环境的基本特征.....	39
3.1 大气圈.....	39
3.2 水圈.....	49
3.3 土壤圈.....	58
3.4 生物圈.....	62
复习思考题.....	66
参考文献与推荐阅读文献.....	66

第 4 章 生态系统.....	68
4.1 生态系统的基本概念.....	68
4.2 生态系统的组成和类型.....	69

4.3 生态系统的结构与功能	71
4.4 生态系统的演替与平衡	82
复习思考题	84
参考文献与推荐阅读文献	84

中篇 人类活动与环境问题

第5章 人口与环境	87
5.1 人类发展与环境的关系	87
5.2 全球人口变化	91
5.3 人口增长的环境压力	100
5.4 人口与环境承载力	103
复习思考题	105
参考文献与推荐阅读文献	105
第6章 资源、能源与环境	107
6.1 自然资源的类型与特点	107
6.2 自然资源利用与保护	112
6.3 能源利用与环境	130
6.4 自然保护区	138
6.5 自然资源的可持续利用	141
复习思考题	144
参考文献与推荐阅读文献	145
第7章 环境污染与生态破坏	146
7.1 大气污染	146
7.2 水体污染	156
7.3 土壤污染	171
7.4 固体废物	184
7.5 噪声及其他污染	190
7.6 持续性有机污染物和新兴污染物	212
7.7 生态破坏与生态退化	222
7.8 环境污染与人体健康	227
复习思考题	236
参考文献与推荐阅读文献	237

第 8 章 城市与环境	241
8.1 城市发展与全球城镇化进程	241
8.2 城市自然环境特征	248
8.3 城市环境问题	254
8.4 城市生态与生态城市	260
8.5 城市环境保护	269
复习思考题	274
参考文献与推荐阅读文献	274
第 9 章 全球环境问题	277
9.1 全球气候变化	277
9.2 臭氧层破坏耗竭	287
9.3 全球海洋污染	293
9.4 国际跨界污染	303
复习思考题	307
参考文献与推荐阅读文献	307

下篇 环境保护对策

第 10 章 环境污染防控技术	311
10.1 大气污染物综合控制技术	311
10.2 水环境质量改善技术	319
10.3 固体废物安全处置与资源化技术	329
10.4 噪声污染控制技术	339
10.5 土壤污染修复技术	346
10.6 重点领域环境风险防控	353
复习思考题	356
参考文献与推荐阅读文献	356
第 11 章 环境管理对策	358
11.1 环境管理机构及其职能职责	358
11.2 环境管理基本原则	363
11.3 环境标准和技术规范	369
11.4 环境法及主要法律制度	374
11.5 环境管理长效机制	379
复习思考题	382
参考文献与推荐阅读文献	382

第 12 章 环境与发展战略.....	383
12.1 生态文明与可持续发展战略	383
12.2 循环经济与两型社会	389
12.3 绿色技术	392
12.4 生物多样性保护	402
12.5 环境保护产业	406
12.6 环境保护基本公共服务	408
复习思考题	410
参考文献与推荐阅读文献	411

第1章 绪 论

环境是人类赖以生存和发展的基础，对环境本身的理解，不仅是分析环境的基本要素和类型，更为重要的是理解环境结构与环境系统；理解环境问题的现象及产生的根源。唯有如此，方能了解环境科学的基础研究对象和任务，理解其产生和发展的动力，进而从深层次分析世界和中国环境问题发生、发展的历程以及解决环境问题的政策和技术体系。

1.1 环境

1.1.1 环境的概念和定义

环境（Environment）是一个应用很广泛的名词，其含义和内容极为丰富。从哲学上来说，环境是一个相对于主体而言的客体，与主体相互依存，其内容随着主体的不同而异。在不同的学科中，“环境”一词的科学定义也不尽相同，其差异源于对主体的界定。对于环境科学而言，“环境”的含义是“以人类社会为主体的外部世界的总体”。这里所说的外部世界主要指：人类已经认识到的直接或间接影响人类生存与发展的周围事物。它既包括未经人类改造过的自然界众多要素，如阳光、空气、陆地（山地、平原等）、土壤、水体（河流、湖泊、海洋等）、森林、草原和野生生物等；又包括经过人类加工改造过的自然界，如城市、村落、水库、港口、公路、铁路、航空港、园林等。它既包括这些物质的要素，又包括由这些要素所构成的系统及其所呈现出的状态。

还有一种为适应某种需要而给“环境”下的定义，例如，《中华人民共和国环境保护法》（2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订）指出：“本法所称环境，是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、湿地、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等。”这是一种把在环境中应当受到保护的环境要素或对象界定为环境的定义，其目的是从适应环境保护工作的需要出发，对环境的定义用法律的语言表述出来，以保证法律的准确实施。

1.1.2 环境的基本类型

环境是一个非常复杂的体系,目前尚未形成统一的分类方法。通常是根据下述原则对环境进行分类。

(1) 按照环境的主体来分类。此分类目前有两种体系。一种是以人或人类作为主体,其他的生命物质和非生命物质都被视为环境要素,即环境是指人类生存的环境,或称人类环境。在环境科学中,多数人采用这种分类法。另一种是以生物体(界)作为环境的主体,不把人以外的生物看成环境要素。在生态学中,往往采用这种分类法。

(2) 按照环境的范围大小来分类。此分类比较简单。如把环境分为特定空间环境(如航空、航天的密封舱环境等)、车间环境(劳动环境)、生活区环境(如居室环境、院落环境等)、城市环境、区域环境、流域环境、全球环境和星际环境等。

(3) 按照环境要素来分类。此分类则较复杂。如按环境要素的属性可分成自然环境和环境社会两类。目前地球上的自然环境,虽然受到人类活动的影响而发生了很大变化,但其仍按自然的规律发展着。在自然环境中,按其主要的环境组成要素,可再分为大气环境、水环境(如海洋环境、湖泊环境等)、土壤环境、生物环境(如森林环境、草原环境等)、地质环境等。社会环境是人类社会在长期的发展中,为了不断提高人类的物质和文化生活而创造出来的,社会环境常依照人类对环境的利用或环境的功能再进行下一级的分类,分为聚落环境(如院落环境、村落环境、城市环境)、生产环境(如工厂环境、矿山环境、农场环境、林场环境、果园环境等)、交通环境(如机场环境、港口环境)、文化环境(如学校及文化教育区、文物古迹保护区、风景游览区和自然保护区)等。

1.1.3 环境要素

环境要素是指构成环境整体的各个独立的、性质不同而又服从总体演化规律的基本物质组分,亦称环境基质。它可分为自然环境要素和社会环境要素两种。环境科学所讲的环境要素通常是指自然环境要素,主要包括水、大气、生物、土壤、岩石和阳光等要素。这些要素组成环境的结构单元,环境的结构单元又组成环境整体或环境系统。如由水组成水体,全部水体总称为水圈;由大气组成大气层,全部大气层总称为大气圈;由土壤构成农田、草地和林地等,由岩石构成岩体,全部岩石和土壤构成固体壳层—岩石圈或土壤—岩石圈;由生物体组成生物群落,全部生物群落集称为生物圈,阳光则提供辐射能为其他要素所吸收。

环境要素不仅制约着各环境要素间互相联系、互相作用的基本关系,而且是认识环境、评价环境、保护环境的基本依据。它具有以下显著特点:

1.1.3.1 最小限制律

整个环境的质量,不能由环境诸要素的平均状况去决定,而是受环境诸要素中与最优状态差距最大的要素所控制。这就是说,环境质量的高低,取决于环境诸要素中处于“最

低状态”那个要素，而不能用其余处于优良状态的环境要素去弥补、去代替。因此，在改进环境质量时，必须对环境诸要素的优劣状态进行数值分类，循着由差到优的顺序，依次改造每个要素，使之均衡地达到最佳状态。

1.1.3.2 等值性

任何一个环境要素，对于环境质量的限制，只有当它们处于最差状态时，才具有等值性。也就是说，各个环境要素，无论其本身在规模上或数量上是如何地不相同，但只要是一个独立的要素，那么它对环境质量的限制作用就无质的差别。因此，对环境质量的制约必有主导的环境要素。

1.1.3.3 环境的整体性大于环境诸要素的个体和

一个环境的性质，不等于组成该环境各个要素性质之和，而是比这种“和”丰富得多、复杂得多。环境诸要素互相联系、互相作用所产生的集体效应，在个体效应基础上有质的飞跃。研究环境要素不但要研究单要素的作用，还要探讨整个环境的作用机制，综合分析和归纳整体效应的表现。

1.1.3.4 环境诸要素间相互联系、相互依赖

环境诸要素虽然在地球演化史上出现有先有后，但它们相互联系、相互依赖。环境诸要素间的联系与依赖，主要通过以下途径：①从演化意义上看，某些要素孕育着其他要素。在地球发展史上，岩石圈的形成成为大气的出现提供了条件；岩石圈和大气圈的存在，为水的产生提供了条件；上述三者的存在，又为生物的发生与发展提供了条件。每一个新要素的产生，都能给环境整体带来巨大影响。②环境诸要素的相互联系、相互作用和相互制约，是通过能量流在各个要素之间的传递，或通过能量形式在各个要素之间的转换来实现的。例如，地球表面所接受的太阳辐射能可以转换成增加气温的显热。这种能量形式转换影响到整个环境要素间的相互制约关系。③通过物质流在各个环境要素间的流动，即通过各个要素对于物质的贮存、释放、运转等环节的调控，使全部环境要素联系在一起。例如，表示生物界取食关系的食物链，便清楚地反映了环境诸要素间相互联系、相互依赖的关系。

1.1.4 环境结构与环境系统

1.1.4.1 环境结构

环境要素的配置关系称为环境结构。总体环境的各个独立组成部分在空间上的配置，是描述总体环境的有序性和基本格局的宏观概念。通俗地说，环境结构表示环境要素是怎样结合成一个整体的。环境的内部结构和相互作用直接制约着环境的物质交换和能量流动的功能。人类赖以生存的环境包括自然环境和社会环境两大部分，各自具有不同的结构和特点。

(1) 自然环境结构。从全球的自然环境来看，可分为大气、陆地和海洋三大部分。聚

集在地球周围的大气层,约占地球总质量的百万分之一,约为 $5 \times 10^{15} \text{ t}$ 。大气的密度、温度、化学组成等都随着距地表的高度而变化,按大气的温度、运动状态及其他物理状况,由下向上可分为对流层、平流层、中间层、暖层、逸散层等。对流层与人类的关系极为密切,地球上的天气变化主要发生在此层内。陆地是地球表面未被海水侵没的部分,总面积约 $14\,900 \text{ 万 km}^2$,约占地球表面积 29.2% ,其中面积广大的称为大陆。全球共有六块大陆,按面积大小依次为欧亚大陆、非洲大陆、北美大陆、南美大陆、南极大陆和澳大利亚大陆,总面积约为 $13\,910 \text{ 万 km}^2$ 。散在海洋、河流或湖泊中的陆地称为岛屿,它们的总面积约 970 万 km^2 。陆地环境的次级结构为:山地、丘陵、高原、平原、盆地、河流、湖泊、沼泽、冰川;还有森林、草原和荒漠等。海洋是地球上广大连续水体的总称。其中,广阔的水域称为洋,大洋边缘部分称为海。海洋的面积有 $36\,100 \text{ 万 km}^2$,占地表面积的 70.8% 左右。海与洋共同组成了统一的世界大洋。全球有四大洋,即太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋。海洋的次级结构为海岸(包括潮间带、海滨、海滩)、海峡、海湾。在海洋底部,有大陆架、大陆坡、海台、海盆、海沟、海槽和礁石等。

(2) 社会环境结构。可分为城市、开发区、工矿区、村落、道路、农田、牧场、林场、港口、旅游胜地及其他人工环境。

(3) 环境结构的特点。从全球环境而言,环境结构的配置及其相互关系具有圈层性、地带性、节律性、等级性、稳定性和变异性等特点。

- ❖ 圈层性:在垂直方向上,整个地球环境的结构具有同心圆状的圈层性。在地壳表面分布着土壤—岩石圈、水圈、生物圈、大气圈。在这种格局支配下,地球上的环境系统,与这种圈层性相适应。地球表面是土壤—岩石圈、水圈、大气圈和生物圈的交汇之处。这个无机界和有机界交互作用最集中的区域,为人类的生存和发展提供了最适宜的环境。另外,球形的地表,使各处的重力作用几乎相等,使所获得的能量及向外释放的能量处于同一数量级,因此使地球表面处于能量流动和物质循环耦合在一处的特殊位置上。这对于植物的引种和传播、动物的活动和迁移、环境系统的稳定和发展,均产生积极的作用。
- ❖ 地带性:在水平方向上,球面的地表各处位置、曲率和方向的不同,使地表得到太阳辐射能量的密度在各地不同,因而产生了与纬线相平行的地带性结构格局。如从赤道到两极气候带依次为:赤道带(跨两个半球)、热带、亚热带、温带、亚寒带和寒带。其相应的土壤和植被带为:砖红壤赤道雨林带、红壤热带雨林带、棕色森林土亚热带常绿阔叶林带、灰化棕色森林土暖温带落叶阔叶林带、棕色灰化土温带针叶林和落叶林混交带、寒温带明亮针叶带、苔原带等。
- ❖ 节律性:在时间上,任何环境结构都具有谐波状的节律性。由于地球形状和运动的固有性质,在随着时间变化的过程中,都具有明显的周期节律性,这是环境结构叠加上时间因素的四维空间的表现。如地表上无论何处都有昼夜交替现象,这种往复过程的影响,使白日生物量增加,夜晚减少;白日近地面空气中 CO_2 含量减少,夜晚增加。太阳辐射能、空气温度、水分蒸发、土壤呼吸强度、生物活动的日变化等,都受这种节律性的控制。在较大的时间尺度上,有一年四季的交替变化。
- ❖ 等级性:在有机界的组成中,依照食物摄取关系,在生物群落的结构中具有阶梯

状的等级性。如地球表面的绿色植物利用环境中的光、热、水、气、土、矿物元素等无机成分,通过复杂的光合作用过程,形成碳水化合物;这种有机物质的生产者被高一级的消费者草食动物所取食;而草食动物又被更高一级的消费者肉食动物所取食。动植物死亡后,又由数量众多的各类微生物分解成为无机成分,形成了一条严格有序的食物链结构。这种结构制约并调节生物的数量和物种,影响生物的进化以及环境结构的形态和组成方式。这种在非同一水平上进行的物质能量的统一传递过程,使环境结构表现出等级性的特点。

- ❖ 稳定性和变异性: 环境结构具有相对的稳定性、永久的变异性 and 有限的调节能力。任何一个地区的环境结构,都处于不断的变化之中。在人类出现以前,只要环境中某一个要素发生变化,整个环境结构就会相应地发生变化,并在一定限度内自行调节,在新条件下达到平衡。人类出现以后,尤其是在现代生产活动日益发展,人口压力急剧增长的条件下,对于环境结构的变动,无论在深度上、广度上,还是在速度上、强度上,都是空前的。从环境结构本身来看,虽然具有自发的趋稳性,但是环境结构总是处于变化之中。

1.1.4.2 环境系统

地球表面各种环境要素或环境结构及其相互关系的总和称为环境系统。环境系统概念的提出,是把人类环境作为一个统一的整体看待,避免人为地把环境分割为互不相关的支离破碎的各个组成部分。环境系统的内在本质在于各种环境要素之间的相互关系和相互作用过程。揭示这种本质,对于研究和解决当前许多环境问题有重大的意义。环境系统和生态系统两个概念的区别是:前者着眼于环境整体,而后者侧重于生物彼此之间及生物与环境之间的相互关系。环境系统和人类生态系统两个概念相似,但后者突出人类在环境系统中的地位和作用,强调人类同环境之间的相互关系。环境系统从地球形成以后就存在,生态系统是生物出现后的环境系统,而人类生态系统一般是指人类出现后的环境系统。

在地球环境系统中,各种物质之间,由于成分不同和自由能的差异,在太阳能和地壳内部放射能的作用下,进行着永恒的能量流动和物质交换。各种生命元素如 O、C、N、S、P、Ca、Mg、K 等在地表环境中不断循环,并保持恒定的浓度。环境系统是一个开放系统,但能量的收入和支出保持平衡,因而地球表面温度可以稳定。环境系统在长期演化过程中逐渐建立起自我调节系统,维持它的相对稳定性。所有这些都是生命发展和繁衍必不可少的条件。在很多情况下,环境系统的稳定性取决于环境要素与外界进行物质交换和能量流动的容量。容量越大,调节能力也就越大,环境系统也越稳定;反之,就不稳定。

地球环境系统是一个动态平衡体系,有它的发生、发展和形成历史。目前地球环境与原始地球环境有很大的差别。各种环境要素彼此相互依赖,其中任何一个要素发生变化便会影响整个系统的平衡,推动它的发展,建立新的平衡。

环境系统的范围可以是全球性的,也可以是局部性的。例如,一个海岛或者一个城市都可以是一个单独的系统。全球系统是由许多亚系统交织而成,如大气—海洋系统、大气—海洋—岩石系统、大气—生物系统、土壤—植物系统等。局部同整体间有不可分割的关系,区域性变化积累起来,会影响全球。例如热带森林因为过量采伐,面积日益

缩小,将会影响全球气候。

1.2 环境问题

1.2.1 环境问题的产生和发展

全球环境或区域环境中出现了不利于人类生存和发展的现象,均称之为环境问题。环境问题的形成是多方面的,但这里所指的环境问题主要是由于人类利用环境不当,导致人类社会发展与环境不相协调。环境问题涉及的内容极为广泛,如环境污染、生态破坏与退化、资源破坏与枯竭等。环境问题的出现和日益严重,引起了人们的重视,从而促进了环境科学研究工作的发展。

环境是人类生存和发展的物质基础。人类既是环境的产物,又是环境的改造者。人类在同自然界的斗争中,运用自己的知识,通过劳动,不断地改造自然,创造新的生存条件。然而,由于人类认识能力和科学技术水平的限制以及主观上的过错,在改造环境的过程中,往往会产生当时意料不到的后果,从而造成环境污染和破坏。在早期的农业生产中,砍伐森林,开垦草原,造成了地区性的环境破坏。较突出的例子是:古代经济比较发达的美索不达米亚等地,由于不合理的开垦和灌溉,后来都变成了不毛之地。中国的黄河流域是中国古代文明的发源地,那时森林比较茂密,土地肥沃。西汉末年和东汉时期进行了大规模的开垦,促进了当时农业生产的发展,可是由于滥伐了森林,水源得不到涵养,水土流失严重,造成沟壑纵横,水旱灾害频繁,土地日益贫瘠。

在农业阶段的都市,主要是政治、商品交换和手工业的中心。都市里人口密集,物流量大,废弃物量亦大,出现了废水、废气和废渣造成的环境污染问题。如中国古城西安,公元 582—904 年隋唐在此建都 300 多年,人口稠密、排水量大,从而造成明显的地下水污染。据历史记载,宋时(公元 1104 年),西安“城内泉咸苦,民不堪食”,乃将龙首渠水“引注入城,给民汲饮”。现已证实,宋史所记苦咸水,即地下水中含硝态氮的结果,这主要是该历史时期生活污水污染的结果。

13 世纪英国爱德华一世时期,曾经有对燃煤产生“有害的气味”提出抗议的记载。城市的大气污染问题,从燃煤开始而发展起来。产业革命后,蒸汽机的发明和广泛使用,使生产力大为提高。这样,在一些工业发达的城市和工矿区,因人口密集,物流量增大,燃煤量急剧增加,导致了以大气污染为主的环境问题不断发生。如在 1873 年、1880 年、1882 年、1891 年、1892 年,英国伦敦曾多次发生可怕的有毒烟雾事件。1930 年 12 月,比利时马斯河谷工业区由于工厂排出有害气体,在逆温条件下造成了严重的大气污染事件,使几千人发病,60 人死亡。农业生产活动不当造成的生态环境破坏可以美国为例。1934 年 5 月,美国发生了一次席卷半个国家的特大沙尘暴,从西部干旱草原地区几个州的开垦土地上卷起大量尘土,以每小时 96~160 km 的速度向东推进,最后消失在大西洋上。这次风暴刮走西部草原 3 亿多 t 土壤,是美国历史上一次重大灾难。其原因是开垦了不宜开

垦的干旱草原。此后美国各地开展了大规模的农业环境保护运动。

第二次世界大战以后,全球社会生产力突飞猛进。工业的动力使用和产品种类、产品数量急剧增大;农业开垦的强度和农药使用的数量也迅速扩大。致使许多国家普遍发生了由现代工业、农业发展所带来的范围更大、情况更加严重的环境污染问题和生态破坏问题,威胁着人类的生存和持续发展。如1952年12月英国伦敦出现了另一种严重的烟雾事件,在短短4天内死亡人数比常年同期多4000人,成为闻名世界的八大公害事件之一。在日本接连出现了水俣病、痛痛病、四日市哮喘等震惊世界的公害事件。经查明,这些全是工业排放的废水、废气污染了环境所造成的。1962年美国生物学家R. 卡逊的《寂静的春天》(*Silent Spring*)一书的出版,使人们清醒地认识到由于农业大量使用杀虫剂而对环境造成的污染及其产生的严重后果。作者通过对污染物迁移、转化的描写,阐明了人类同大气、海洋、河流、土壤、动物和植物间的密切关系,揭示了污染对生态系统的影响,提出了人类环境中的生态破坏问题。随着煤、石油的消耗量急剧增大,世界上许多地区,如北欧、北美出现了酸雨危害。伴随着全球大气中 CO_2 含量的持续增加,地球的“温室效应”不断增强。目前,南极等地上空的臭氧层空洞逐年扩大,南、北极的冰层中都发现各类污染物质,由此表明当今的环境污染问题已扩展到全球范围。这是当前环境问题的一个突出特点,即普遍性与全球性。

20世纪70年代,人们进一步认识到除了环境污染问题外,地球上人类生存环境所必需的生态条件正在日趋恶化。如人口的大幅度增长,森林的过度采伐,沙漠化面积的扩大,水土流失的加剧,加上许多不可更新资源的过度消耗,都向当代社会和世界经济提出了严重的挑战。在此期间,联合国及其有关机构召开了一系列会议,探讨人类面临的环境问题。1972年6月5日至16日,在瑞典首都斯德哥尔摩召开了有各国政府代表团及政府首脑、联合国机构和国际组织代表参加的“联合国人类环境会议”(United Nations Conference on the Human Environment);会议通过《联合国人类环境宣言》,呼吁世界各国政府和人民共同努力来维护和改善人类环境,为子孙后代造福。

面临全球性的众多环境问题,许多国家政府和学术团体,都在组织力量研究和预测环境发展趋势,筹商对策。如20世纪60年代末,意大利、瑞士、日本、美国、德国等10个国家的30位科学家,在意大利开会讨论人类当前和未来的环境问题,并成立了罗马俱乐部(Club of Rome)。受该组织委托,美国麻省理工学院(MIT)利用系统动力学分析方法,研究了人口、农业生产、自然资源、工业生产和环境污染5个因素的内在联系,并于1972年发表了《增长的极限》(*The Limits to Growth*)一书。1974年罗马俱乐部又发表了以英国生态学E. 戈德史密斯为首编著的《生存的战略》一书。此后,一些国家也开展了全球性预测研究。1979年欧洲经济合作与发展组织(OECD)发表了《不久的将来》一书,1980年美国发表了《全球2000年》。这些出版物对未来预测虽然各有特点,但都指出大致相同的趋势:①人口在继续增加;②经济在继续增长;③全球粮食和农产品供应不充裕;④水的问题加大,表现在供应和污染两方面;⑤环境压力增大。

在前联合国秘书长安南的倡导下,联合国环境规划署(UNEP)分别于1997年、2000年、2003年、2007年和2012年发布了《全球环境展望》(*Global Environment Outlook*)报告。2012年发布的《全球环境展望报告5》(GEO-5)评估了世界上最重要的90个环境目

标的完成情况，发现只有4个目标取得了重大进展。报告因此警告说，如果继续保持当前的全球消费和生产趋势，可能会突破几个关键环境要素的承受能力极限，一旦超出环境的可承受范围，生命赖以生存的地球机能将发生意想不到和基本上不可逆转的改变。

1.2.2 全球主要环境问题

当前人类环境存在的主要问题是全球气候变化、酸雨、臭氧层破坏、生物多样性锐减和海洋污染、大气污染、土地荒漠化等；详细内容参见本书第八章，下面仅就一些主要问题做简要阐述。

1.2.2.1 气候变化

人类生产活动的规模空前扩大，尤其是工业革命以后，人类大量使用化石燃料并向大气层排放了大量温室气体，从而导致大气微量成分的改变，引起温室效应增强，并由此造成全球气候的变化。这种变化被认为可能会引起全球的温度增高，进而产生一系列的环境问题。

温室气体包括二氧化碳（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）、氧化亚氮（ N_2O ）、臭氧（ O_3 ）、氟氯烃类（CFCs）等。这些气体能够吸收来自太阳的少量长波辐射，所以到达地表的主要是短波辐射。地表由于吸收短波辐射被加热而升温，再以长波向外辐射，这样，大部分长波辐射被这些气体吸收并阻留在地表和大气层下部，从而引起地球表面温度升高。这种作用类似于种菜或养花的玻璃温室，所以称其为“温室效应”（Greenhouse Effect）。在这些温室气体中， CO_2 在大气中的丰度仅次于 O_2 、 N_2 和惰性气体，因此它的温室效应最为明显。

研究表明，过去100年间，人类通过化石燃料的燃烧，约排入大气4150亿t的 CO_2 ，结果使大气中的 CO_2 含量增加了15%。政府间气候变化专门委员会（IPCC）第二工作组第四次评估报告指出，在20世纪的100年中，全球地面空气温度平均上升了 $0.4\sim 0.8^\circ\text{C}$ 。根据对不同的气候情景模拟估计，在未来的100年中，全球平均温度将上升 $1.4\sim 5.8^\circ\text{C}$ 。在过去的100年中，由于气温升高导致海洋热膨胀和冰川融化，全球海平面平均每年上升了 $1\sim 2\text{ mm}$ ，预计到2100年全球海平面将上升 $9\sim 88\text{ cm}$ ，虽然在这些认识中不可避免存在着不确定性，但国际社会已经对气候变化的现实和它未来的趋势基本达成共识。

全球气候变暖，将导致全球环境的重大变化，带来一系列的影响。气温升高会使极地或高山上的冰川融化，引起海平面上升，以致淹没沿海大量的城市、低地和海岛。全球气候变暖也可能影响到降雨和大气环流的变化，使气候反常，易造成旱涝灾害，这些都可能对生态系统发生变化和破坏。IPCC第四次评估报告指出，现有中等可信度的证据显示，如果未来全球平均增温达到 $1.5\sim 2.5^\circ\text{C}$ （相对于1980—1999年），在评估的物种中将有 $20\%\sim 30\%$ 可能面临灭绝的风险；如果升温幅度超过 3.5°C ，该比例将高达 $40\%\sim 70\%$ 。

尽管仍有人对温室效应提出种种怀疑，然而，由于 CO_2 等气体的浓度增长是无可辩驳的事实，所以其影响已引起了全球的普遍关注。1992年6月，有154个国家参加了在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会，并通过了《气候变化框架公约》（United Nations

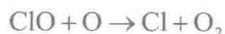
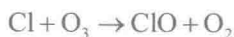
Framework Convention on Climate Change)。1997年12月,170多个国家的政府首脑聚集在日本京都,就人类密切关注的全球气候变化问题达成了具有世界性的协议,通过了《京都议定书》,对签署的发达国家规定了具有约束力的减排目标,希望共同采取一致的行动,控制CO₂的排放量以及气候变化的发展趋势。

2007年12月,在印度尼西亚巴厘举行的联合国气候变化会议上,通过了《巴厘行动计划》,涉及加强全球应对气候变化的4个关键组成部分:减排、适应、技术和筹资。2009年12月,114个国家通过了《哥本哈根协议》,这项协议规定发展中国家和发达国家都必须进行减排,还必须建立筹资机制来支持发展中国家的减排努力。2012年11月,联合国气候变化框架公约第18次缔约方会议在卡塔尔多哈召开,会议对《京都议定书》第二承诺期作出决定,要求发达国家在2020年前大幅减排,并增加资金投入。

1.2.2.2 臭氧层破坏

处于大气平流层中的臭氧层是地球的一个保护层,它能阻止过量的紫外线到达地球表面,以保护地球生命免遭过量紫外线的伤害。然而,自1958年以来,发现高空臭氧有减少趋势,20世纪70年代以来,这种趋势更为明显。在过去10~15年间,每年春天南极上空平流层臭氧都会发生急剧的大规模的耗损,极地上空臭氧层的中心地带,近95%臭氧被破坏。从地面向上观测,高空的臭氧层已极为稀薄,与周围相比像是形成了一个“洞”,直径达上千米,故称其为“臭氧洞”。1987年10月,南极上空的臭氧浓度降到了1957—1978年的一半。此后,臭氧洞的面积和深度仍在继续扩展,如臭氧洞的发生期间,1995年为77天;1996年为80天;1998年达到了100天,且臭氧洞面积比1997年增大约15%;2000年9月6日,当天的空洞面积则达到2990万km²。美国国家海洋和大气管理局(NOAA)和美国宇航局的观测发现,2012年,南极上空的臭氧层空洞面积平均约为1790万km²,最大值出现在9月22日,为2120万km²。最新的研究表明,在北极上空和其他中纬度地区也出现了不同程度的臭氧层损耗现象。2010年冬至2011年春天,北极地区15~23 km的高空臭氧严重减少,最大幅度减少发生在18~20 km的位置,减少幅度超过80%,面积最大时相当于5个德国。

南极臭氧洞的发现,立即引起了全世界的高度重视。据研究,人工合成的一些含氯和含溴的物质是造成南极臭氧洞的元凶。最典型的物质是氟氯碳化合物,即氟氯烃类(CFCs)和含溴化合物哈龙(Halons)。也就是说,氯和溴在平流层通过化学催化过程破坏臭氧是造成南极臭氧洞的根本原因。在平流层中,CFCs和Halons分子在强烈的紫外线照射下发生解离,释放出高活性原子态氯和溴,这种氯和溴的原子自由基对臭氧的破坏是以催化的方式进行的:



据估算,一个氯原子自由基可以破坏10⁴~10⁵个臭氧分子,由Halons释放的溴原子自由基对臭氧的破坏能力是氯原子的30~60倍。而且,当氯和溴同时存在时,其破坏臭氧的能力要大于两者的简单加和。氯原子的催化作用可以解释所观测到的南极臭氧破坏的

70%左右,氯和溴原子的协同作用可以解释大约 20%。由于 CFCs 和 Halons 在大气中具有很长的寿命,这就意味着它们对臭氧层的破坏将是一个持续漫长的过程。

臭氧层破坏会使其吸收紫外辐射的能力大为减弱,导致到达地球表面的紫外线强度明显增加。研究表明,平流层中臭氧浓度减少 10%,地球表面的紫外线强度将增加 20%,这将对人类健康和生态环境带来严重的危害。实验证明,紫外线辐射能破坏生物蛋白质和基因物质脱氧核糖核酸,造成细胞死亡;引起人类皮肤癌发病率增高;引发和加剧眼部疾病,如白内障、眼球晶体变形等。据分析,如果平流层臭氧减少 1%,全球白内障的发病率将增加 0.6%~0.8%,由此引发的眼睛失明的人数将增加 10 000~15 000 人;如果照射到地面上的紫外线强度增加 1%,美国恶性黑色瘤的死亡率将上升 0.8%~1.5%。紫外线的增加会影响陆地和水体的生物地球化学循环,从而改变地球—大气系统中一些重要物质在地球各圈层中的循环。另外,臭氧层的减薄还会引起地面光化学反应加剧,使对流层臭氧浓度增高、光化学烟雾污染加重。臭氧也能吸收部分的红外线,使大气层加热。所以,臭氧浓度的变化也影响到全球气候的变化。

为了保护臭氧层,1987 年 9 月 16 日,世界各国在加拿大蒙特利尔通过了《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》(*Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*),并于 1989 年 1 月 1 日生效。该议定书对氯氟碳物质提出了停止生产、使用和控制的具体时间表,目前已有 173 个国家加入该协定,被认为是“联合国历史上最成功的条约”。经过不懈努力,南极臭氧层空洞近年来趋向于稳定,并可能缓慢恢复。根据美国宇航局地球观测站的观测数据显示,1979 年南极上空的臭氧层空洞达到 110 万 km^2 ,其中臭氧浓度最小的地方只含有 194 DU*;1987 年,南极臭氧层空洞的面积达到了 2 240 万 km^2 ,臭氧浓度最小处的臭氧含量下降至 109 DU;2006 年是臭氧损耗最严重的一年,南极臭氧层空洞面积达到 2 960 万 km^2 ,臭氧浓度最小处仅含 84 DU;2011 年,南极臭氧层空洞缩小至 2 600 万 km^2 ,臭氧浓度最小处臭氧含量上升至 95 DU。

1.2.2.3 生物多样性锐减

生物多样性锐减是全球普遍关注的重大生态环境问题。生物多样性是指地球上所有生物(动物、植物和微生物)及其所构成的综合体。它包括 3 个层次,即物种多样性、遗传多样性和生态系统多样性。物种多样性是指动物、植物和微生物物种的丰富性。物种是组成生物界的基本单位,其由许多种群构成。不同的种群显示了不同的遗传类型和丰富的遗传变异。遗传多样性是指存在于生物个体内、单个物种内以及物种之间的基因多样性。生态系统多样性是指生物群落和生境类型的多样性。

自 38 亿年前地球上出现生命以来,就不断地有物种的产生和灭绝。物种的灭绝有自然灭绝和人为灭绝两种过程。前者是一个以地质年代计算的缓慢过程;后者是伴随着人类的大规模开发产生的,特别是当今人类活动大大加快了物种灭绝的速度和规模。物种多样性的丢失涉及物种灭绝和物种消失两个概念。物种灭绝是指某一个物种在整个地球上的丢失;物种消失是指物种在其大部分分布区丢失,而在个别地区仍有存活。物种消失可以恢

* 1 DU= 10^{-3} cm 臭氧层厚度(见本书 9.2.1)。

复,但物种灭绝不能恢复,从而导致全球生物多样性的减少。

近几个世纪以来,人类对自然资源的开发规模和强度增大,人为物种灭绝的速率和受灭绝威胁的物种数量大为增加。人类活动已经引起全球 700 多个物种的灭绝,其中包括 100 多种哺乳动物和 160 种鸟类。2012 年 6 月世界自然保护联盟(World Conservation Union)公布的“濒危动物名单”(Red List of Threatened Species)显示,33%的动物种类面临灭绝危险;在调查的 55 926 种动物中,18 351 种有灭绝危险,比 2011 年增加了 1 060 种;在受调查的已知物种中,21%的哺乳动物、30%的两栖动物、12%的鸟类、28%的爬行动物、37%的淡水鱼和 35%的无脊椎动物存在灭绝危险。在中国,大约有 200 个物种已经灭绝;约有 5 000 种植物处于濒危状态,占中国高等植物总数的 20%;还有约 398 种脊椎动物处于濒危状态,占中国脊椎动物总数的 7.7%。

生态系统多样性的锐减主要表现在各类生态系统的数量减少、面积缩小和健康状况的下降。生态系统多样性的主要威胁是野生动植物栖息地的改变和丢失,如当前全球的热带森林、温带森林和大平原以及沿海湿地,正在大规模地转变成农业用地、私人住宅、大型商场和城市。野生动植物栖息地的这种改变和丢失,同时也意味着物种多样性和遗传多样性的丢失。在中国,生态系统多样性锐减主要是森林生态系统和湿地生态系统多样性的锐减。中国的原始森林已被砍伐得所剩无几,其主要分布在东北和西南的天然林区。中国公布的第一批珍稀濒危植物有 389 种(约占我国珍稀濒危植物总数的 1/7),绝大多数属森林野生种,它们的分布区在萎缩,种群数量在下降。中国的湿地被不断地围垦、污染和淤积,面积在不断缩小,使湿地生态系统多样性受到严重破坏。据初步统计,在过去 40 年中,中国沿海地区围垦滩涂面积达 $100 \times 10^4 \text{ hm}^2$,相当于沿海湿地面积的 50%。围海造地工程使中国沿海湿地以每年 $2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的速度在减少。

生物多样性锐减的残酷现实及其对生态环境带来的影响,已使人类认识到生物多样性保护的重要性。1992 年 6 月,联合国通过了《生物多样性公约》(Convention on Biological Diversity)。中国和 135 个国家(地区)在公约上签字。这表明全球对生物多样性的保护和生物资源的持续利用已达成了广泛共识,并成为全球的联合行动。但 2012 年的《全球环境展望报告 5》(GEO-5)发布的数据显示,自《千年生态系统评估》和《全球环境展望 4》(GEO-4)发布后,生物多样性的丧失依然在持续,未来的生物多样性保护仍然充满挑战。

1.2.2.4 海洋污染

海洋污染是目前海洋环境面临的最重大问题。海洋污染主要发生在受人类活动影响广泛的沿岸海域。据估计,输入海洋的污染物,有 40%是通过河流输入的,30%是由空气输入的,海运和海上倾倒各占 10%左右。

在人为造成的海洋污染中,尤以海洋石油污染最为引人瞩目。在石油大规模开采、运输和使用过程中,特别是大型油轮的事故性泄漏,都使相当数量的石油进入海洋环境。大型油轮失事以后,常常流失原油几万吨到几十万吨。例如,1968 年 Torrey Canyon 号在英国海岸失事,流失原油 10^5 t ;1978 年 Amoco Cadiz 号在法国海岸失事,流失原油 $21.6 \times 10^4 \text{ t}$ 。估计每年在海运过程中流失的石油可达 $150 \times 10^4 \text{ t}$ 。2010 年 4 月,英国石油公司在美国墨西哥湾的外海钻油平台发生故障并爆炸,导致了严重的漏油事故;据估计,每天平均有

12 000~100 000 桶原油漏到墨西哥湾, 导致至少 2 500 km² 的海水被石油所覆盖。2011 年 6 月, 中海油渤海湾一油田发生漏油事故, 同样带来严重的污染。据联合国环境规划署报告, 每年进入海洋的石油为 $(200\sim2\,000)\times10^4\text{ t}$ 。另据估计, 每生产 1 000 t 原油就有 1 t 流失到海洋中。

海洋污染已成为一种全球性污染现象。南极企鹅体内脂肪中已检出 DDT, 说明海洋污染影响的范围之广。海洋石油污染给海洋生态带来一系列有害影响, 如石油在海洋表面形成的油膜降低了藻类光合作用的效率, 使海洋的产氧量减少; 海面浮油对浮游生物、甲壳类动物等的生理和繁殖会产生毒害作用; 油轮失事泄漏的大量原油会对海鸟产生严重伤害, 每年都有数以十万计的海鸟死于石油污染。海洋污染引起浅海或半封闭海域中 N、P 等营养物聚集, 促使浮游生物过量繁殖, 以致发生赤潮。近年来我国近海水域频繁发生赤潮, 给海洋渔业和生态环境造成了严重影响。因此, 赤潮的广泛发生可以看做是世界海洋污染广泛、污染加重和海洋环境质量退化的一个突出特征。

1.3 环境科学

1.3.1 环境科学及其研究的对象和任务

环境科学是在现代社会经济和科学发展过程中, 在环境问题日益严重的情况下产生和发展起来的一门综合性学科。它是一个由多学科到跨学科的庞大科学体系组成的新兴学科, 也是一个介于自然科学、社会科学和工程技术科学之间的边际学科。随着环境保护工作的迅速扩展和环境科学理论研究的不断深入, 其概念和内涵得到日益丰富和完善。目前, 环境科学可定义为“是一门研究人类社会发展活动与环境演化规律之间相互作用关系, 寻求人类社会与环境协同演化、持续发展途径与方法的科学”。这样, 环境科学的研究对象是“人类和环境”这对矛盾之间的关系, 其目的是要通过调整人类的社会行为, 保护、发展和建设环境, 从而使环境为人类社会经济的可持续发展提供良好的支持和保证。

环境科学的研究领域, 在 20 世纪 70 年代以前, 侧重于自然科学和工程技术方面, 目前已扩大到社会学、经济学、法学等社会科学方面; 对环境问题的系统研究, 要运用地学、生物学、化学、物理学、医学、工程学、数学以及社会学、经济学、法学等多种科学知识。所以, 环境科学是一门综合性很强的科学。从宏观上, 环境科学研究人类同环境之间的相互作用、相互促进、相互制约的对立统一关系, 探讨人类社会经济与环境可持续发展的途径和方法; 从微观上, 它研究环境中的物质, 尤其是人为排放的污染物在环境中或有机体内迁移、转化和蓄积的过程及其运动规律, 探索它们对生命的影响及其机理等。

环境科学的主要任务有: