

1.1 环境

1.1.1 环境的概念

环境是一个极其广泛的概念,它不能孤立地存在,是相对某一中心事物而言的,不同的中心事物有不同的环境范畴。对于环境科学而言,中心事物是人,环境的含义是以人为中心的客观存在,这个客观存在主要是指: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)、天然森林和草原、野生生物等;又包括经过人类社会加工改造过的自然界,如城市、村落、水库、港口、公路、铁路、空港、园林等。它既包括这些物质性的要素,又包括由这些物质性要素构成的系统及其所呈现的状态。

目前,还有一种为适应某些方面工作的需要,而给“环境”下的定义,它们大多出现在世界各国颁布的环境保护法规中。例如,《中华人民共和国环境保护法》对环境作了如下规定:“本法所称的环境,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、野生动植物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等。”可以认为,我国环境法规对环境的定义相当广泛,包括前述的自然环境和人工环境。此定义是一种把环境中应当保护的要素或对象界定为环境的一种工作定义,其目的是从实际工作的需要出发,对“环境”一词的法律适用对象或适用范围作出规定,以保证法律的准确实施。

1.1.2 环境要素及其属性

1. 环境要素

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

分称为环境要素,也称环境基质。主要包括水、大气、生物、土壤、岩石和阳光等。环境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。例如,空气、水蒸气、地球引力、阳光等组成大气圈;河流、湖泊、海洋等地球上各种形态的水体组成水圈;土壤组成农田、草地和林地等;岩石组成地壳、地幔和地核,全部岩石和土壤构成岩石圈或称土壤-岩石圈;动物、植物、微生物组成生物群落,全部生物群落构成生物圈。大气圈、水圈、土壤-岩石圈和生物圈这4个圈层则构成了人类的生存环境,即地球环境系统。

2. 环境要素的属性

环境要素具有非常重要的属性,这些属性决定了各个环境要素间的联系和作用的性质,是人类认识环境、改造环境、保护环境的基本依据。在这些属性中,最重要的是:

(1) 环境整体大于诸要素之和。环境诸要素之间相互联系、相互作用形成环境的总体效应,这种总体效应是在个体效应基础上的质的飞跃。某处环境所表现出的性质,不等于组成该环境的各个要素性质之和,而要比这种“和”丰富得多,复杂得多。

(2) 环境要素的相互依赖性。环境诸要素是相互联系、相互作用的。环境诸要素间的相互作用和制约,一方面,是通过能量流,即通过能量在各要素之间的传递,或以能量形式在各要素之间的转换来实现的;另一方面,是通过物质循环,即物质在环境要素之间的传递和转化来实现的。

(3) 环境质量的最差限制律。环境质量的一个重要特征是最差限制律,即整体环境的质量不是由环境诸要素的平均状态决定的,而是受环境诸要素中那个“最差状态”的要素控制的,不能因其他要素处于良好状态而得到补偿。因此,环境诸要素之间是不能相互替代的。例如,一个区域的空气质量优良,声环境质量较好,但水体污染严重,则该区域的总体环境质量就由水环境质量所决定。要改善该区域的整体环境质量,就要首先改善该区域的水环境质量。

(4) 环境要素的等值性。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,无论它们本身在规模上或数量上是如何的不相同,但只要是一个独立的要素,那么它们对环境质量的限制作用并无质的差别。例如,对一个区域来说,属于环境范畴的空气、水体、土地等均是独立的环境要素,无论哪个要素处于最差状态,都制约着环境质量,使总体环境质量变差。

(5) 环境要素变化之间的连锁反应。每个环境要素在发展变化的过程中,既受到其他要素的影响,也影响其他要素,形成连锁反应。例如,由于温室效应引起

的大气升温,将导致干旱、洪涝、沙尘暴、飓风、泥石流、土地荒漠化、水土流失等一系列自然灾害。这些自然现象互相之间一环扣一环,只要其中的一环发生改变,就可能引起一系列连锁反应。

1.1.3 地球环境的构成

1. 大气圈

大气圈是指受地球引力作用而围绕地球的大气层,又称大气环境,是自然环境的组成要素之一,也是一切生物赖以生存的物质基础。大气圈垂直距离的温度分布和大气的组成有明显的变化,根据这种变化通常可将大气划分为 5 层,如图 1-1 所示。

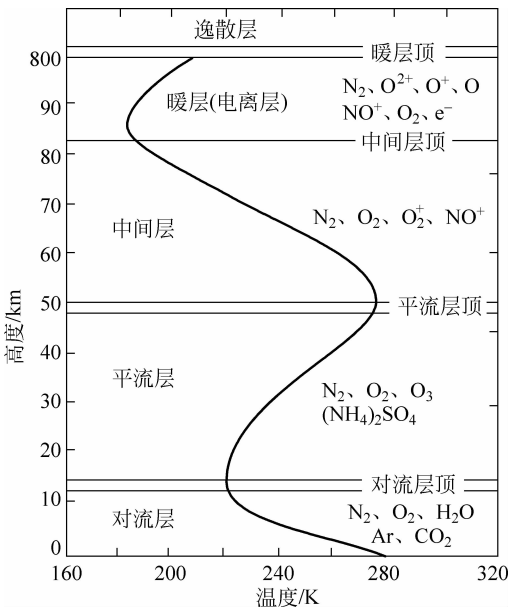


图 1-1 大气圈的构造

1) 大气圈的结构

(1) 对流层。对流层位于大气圈的最底层,是空气密度最大的一层,直接与岩石圈、水圈和生物圈相接触。对流层厚度随地球纬度不同而有些差异,在赤道附近高 15~20km,在两极区高 8~10km。空气总质量的 95%和绝大多数的水蒸气、尘埃都集中在这一层;各种天气现象,如云、雾、雷、电、雨和雪等都发生在这一层;大气污染也主要发生在这一层,尤其是在近地面 1~2km 内更为明显。在对流层

里,气温随高度增加而下降,平均递减率为 $6.5^{\circ}\text{C}/\text{km}$,空气由上而下进行剧烈的对流,使大气能充分混合,各处空气成分比例相同,成为均质层。

(2) 平流层。位于对流层顶,上界高度为 $50\sim 55\text{km}$ 。在这一层内,臭氧集中,太阳辐射的紫外线($\lambda < 0.29\mu\text{m}$)几乎全部被臭氧吸收,使其温度升高。在较低的平流层内,温度上升十分缓慢,出现较低等温(-55°C),气流只有水平流动,而无垂直对流。到 25km 以上,温度上升很快,而在平流层顶 50km 处,最高温度可达 -3°C 。在平流层内,空气稀薄,大气密度和压力仅为地表附近的 $1/1\,000\sim 1/10$,几乎不存在水蒸气和尘埃物质。

(3) 中间层。位于平流层顶,上界高度为 $80\sim 90\text{km}$,温度再次随高度增加而下降,中间层顶最低温度可达 -100°C ,是大气温度最低的区域。其原因是这一层几乎没有臭氧,而能被 N_2 和 O_2 等气体吸收的波长更短的太阳辐射,大部分已被上层大气吸收。

(4) 暖层。从中间层顶至 800km 高度,空气分子密度是海平面上的 $1/(500\text{万})$ 。强烈的紫外线辐射使 N_2 和 O_2 分子发生电离,成为带电离子或分子,使此层处于特殊的带电状态,所以又称电离层。在这一层里,气温随高度增加而迅速上升,这是因为所有波长小于 $0.2\mu\text{m}$ 的紫外辐射都被大气中的 N_2 和 O_2 分子吸收,在 300km 高度处,气温可达 $1\,000^{\circ}\text{C}$ 以上。电离层能使无线电波反射回地面,这对远距离通信极为重要。

(5) 逸散层。高度 800km 以上的大气层统称为逸散层。气温随高度增加而升高,大气部分处于电离状态,质子的含量大大超过氢原子的含量。由于大气极其稀薄,地球引力场的束缚也大大减弱,大气物质不断向星际空间逸散,极稀薄的大气层一直延伸到离地面 $2\,200\text{km}$ 的高空,在此之外是宇宙空间。

暖层和逸散层也称为非均质层。

在大气圈的这 5 个层中,与人类关系最密切的是对流层,其次是平流层。离地面 1km 以下的部分为大气边界层,该层受地表影响较大,是人类活动的空间,大气污染主要发生在这一层。

2) 大气圈的组成

大气是由多种气体、水气、液体颗粒和悬浮固体杂质组成的混合物。大气中除去液体颗粒和悬浮固体杂质的混合气体,称为干洁空气。

干洁空气: N_2 (体积约占 78%)、 O_2 (约占 21%)、 Ar (约占 0.9%),此外,还有少量的其他成分,如 CO_2 、 Ne 、 He 、 Kr 、 Xe 、 H_2 、 O_3 等,这些气体占空气总体积小于等于 0.1% 。

水气: 大气中的水气含量,比起 N_2 、 O_2 等主要成分含量所占的百分比要低得多,且随着时间、地域、气象条件的不同变化很大。在干燥地区可低至 0.02% ,在

湿润地区可高达6%。

大气中的水汽含量虽然不大,但对天气变化却起着重要的作用,可形成云、雨、雪等天气现象。

大气颗粒物:指那些悬浮在大气中由于粒径较小导致沉降速率很小的固体、液体微粒。无论其含量、种类,还是化学成分都是变化的。

2. 水圈

天然水是海洋、江河、湖泊、沼泽、冰川等地表水、大气水和地下水的综合。由地球上的各种天然水与其中各种有生命和无生命物质构成的综合水体,称为水圈。水圈中水的总量约为 $1.4 \times 10^{18} \text{m}^3$,其中海洋水约占97.2%,余下不足3%的水分布在冰川、地下水和江河湖泊等,这部分水量虽少,但与人类生产、生活活动关系最为密切。

水资源通常指淡水资源,而且是较易被人类利用、可以逐年恢复的淡水资源。因此,海水、冰川、深层地下水(大于1000m)等目前还不能算作水资源。显然,地球上的水资源是非常有限的。在水圈中,99.99%的水是以液态和固态形式在地面上聚集在一起的,构成各种水体,如海洋、河流、湖泊、水库、冰川等。通常情况下,一个水体就是一个完整的生态系统,包括其中的水、悬浮物、溶解物、底质和水生生物等。

3. 土壤-岩石圈

地球的构造是由地壳、地幔和地核3个同心圈层组成,平均半径约6371km。地表以下几千米到70km的一层称为岩石圈。岩石圈的厚度很不均匀,大陆的地壳比较厚,平均35km,我国青藏高原的地壳厚度达65km以上;海洋的地壳厚度比较薄,为5~8km。大陆地壳的表层为风化层,它是地表中多种硅酸盐矿与丰富的水、空气长期作用的结果,为陆地植物的生长提供了基础。另外,经过植物根部作用,动植物尸体及排泄物的分解产物及微生物的作用,进一步风化形成现在的土壤。土壤是地球陆地表面生长植物的疏松层,通常称为土壤圈。

4. 生物圈

生物圈是指生活在大气圈、水圈和岩石圈中的生物与其生存环境的总体。生物圈的范围包括从海平面以下深约11km(太平洋最深处的马里亚纳海沟)到地面上约9km(陆地最高山峰珠穆朗玛峰)的地球表面和空间,通常只有在这一空间范围内才能有生命存在。因此,也可以把有生命存在的整个地球表面和空间叫做生物圈。在生物圈里,有阳光、空气、水、土壤、岩石和生物等各种基本的环境要素,

为人类提供了赖以生存的基本条件。

1.1.4 环境的功能

对人类而言,环境功能是环境要素及由其构成的环境状态对人类生产和生活所承担的职能和作用,其功能非常广泛。

1. 为人类提供生存的基本要素

人类、生物都是地球演化到一定阶段的产物,生命活动的基本特征是生命体与外界环境的物质交换和能量转换。空气、水和食物是人体获得物质和能量的主要来源。因此,清洁的空气、洁净的水、无污染的土壤和食物是人类健康和世代繁衍的基本环境要素。

2. 为人类提供从事生产的资源基础

环境是人类从事生产与社会经济发展的资源基础。自然资源可以分为可耗竭资源(不可再生资源)和可再生资源两大类。可耗竭资源是指资源蕴藏量不再增加的资源。它的持续开采过程也就是资源的耗竭过程,当资源的蕴藏量为零时,就达到了耗竭状态。可耗竭资源主要是指煤炭、石油、天然气等能源资源和金属等矿产资源。

可再生资源是指能够通过自然力以某一增长率保持、恢复或增加蕴藏量的自然资源。例如太阳能、大气、森林、农作物以及各种野生动植物等。许多可再生资源的可持续性受人类利用方式的影响。在合理开发利用的情况下,资源可以恢复、更新、再生,甚至不断增长。而不合理的开发利用,会导致再生过程受阻,使蕴藏量不断减少,以致枯竭。例如水土流失或盐碱化导致土壤肥力下降,农作物减产;过度捕捞使渔业资源枯竭,由此降低鱼群的自然增长率。有些可再生资源不受人类活动影响,当代人消费的数量不会使后代人消费的数量减少,例如太阳能、风力等。

3. 对废物具有消化和同化能力(环境自净能力)

人类在进行物质生产或消费过程中,会产生一些废物并排放到环境中。环境通过各种各样的物理(稀释、扩散、挥发、沉降等)、化学(氧化和还原、化合和分解、吸附、凝聚等)、生物降解等途径来消化、转化这些废物。只要这些污染物在环境中的含量不超出环境的自净能力,环境质量就不会受到损害。如果环境不具备这种自净能力,地球上的废物就会很快积累到危害环境和人体健康的程度。

环境自净能力(环境容量)与环境空间的大小、各环境要素的特性、污染物本身的物理和化学性质有关。环境空间越大,环境对污染物的自净能力就越大,环境容量也就越大。对某种污染物而言,它的物理和化学性质越不稳定,环境对它的自净能力也就越大。

4. 为人类提供舒适的生活环境

环境不仅能为人类的生产和生活提供物质资源,还能满足人们对舒适性的要求。清洁的空气和水不仅是工农业生产必需的要素,也是人们健康、愉快生活的基本需求。优美的自然景观和文物古迹是宝贵的人文财富,可成为旅游资源。优美、舒适的环境可使人心情愉快,精神愉悦,充满活力。随着物质和精神生活水平的提高,人类对环境舒适性的要求也会越来越高。

1.1.5 环境承载力

承载力(carrying capacity,CC)是用以限制发展的一个最常用的概念。

“环境承载力”(ECC)一词的出现,最初是用来描述环境对人类活动所具有的支持能力的。众所周知,环境是人类生产的物质条件,是人类社会存在和发展的物质载体,它不仅为人类的各种活动提供空间场所,同时也供给这些活动所需要的物质资源和能量。这一客观存在反映出环境对人类活动具有支持能力。正是在认识到环境的这种客观属性的基础上,20世纪70年代,“环境承载力”一词开始出现在文献中。

环境问题的出现,具体原因是多样的:人口过多,对环境的压力太大;生产过程资源利用率低,造成资源浪费及污染物的大量产生;毁林开荒,引起生态失调等。这些均是促成环境问题形成和发展的动因。这些原因都可以归结为人类社会经济活动,因此,可以说,环境问题的产生是由于人类社会经济活动超越了环境的“限度”而引起的。

1991年,北京大学等在湄洲湾环境规划的研究中,科学定义了“环境承载力”的含义,即环境承载力是指在某一时期,某种状态或条件下,某一地区的环境所能承受人类活动作用的阈值。了解“环境承载力”的概念,对于经济发展和环境保护是十分重要的。因为不同时期、不同地区的环境,人类开发活动水平会影响该地区的社会生产力和人类的生活水平及其环境质量。开发强度不够,社会生产力会低下,人类的生活水平也会很低,而开发强度过大,又会影响、干扰以致破坏环境,反过来会制约社会生产力的发展和人类生活水平的提高。因此,人类必须掌握环境系统的运动变化规律,了解发展中经济与环境相互制约的辩证关系,了解“环境承载力”,在开发活动中合理控制人类活动的强度尽可能接近ECC,但不要超过

ECC,这样才能够做到既高速发展生产,改善人民生活水平,又不至于破坏环境,从而实现经济与环境的协调发展。

1.2 环境问题

环境科学与环境保护所研究的环境问题主要不是自然灾害问题(原生或第一环境问题),而是人为因素所引起的环境问题(次生或第二环境问题)。这种人为环境问题一般可分为两类:一是不合理开发利用自然资源,超出环境承载力,使生态环境质量恶化或自然资源枯竭;二是人口激增、城市化和工农业高速发展引起的环境污染和破坏。总之,是人类经济社会发展与环境的关系不协调所引起的问题。

1.2.1 环境问题的由来与发展

从人类诞生开始就存在着人与环境的对立统一关系,就出现了环境问题。从古至今,随着人类社会的发展,环境问题也在发展变化,大体上经历了4个阶段。

1. 环境问题萌芽阶段(工业革命以前)

人类在诞生以后很长的岁月里,只是靠采集野果和捕猎动物为生,那时人类对自然环境的依赖性非常大,人类主要是以生活活动,以生理代谢过程与环境进行物质和能量转换,主要是利用环境,而很少有意识地改造环境。如果说那时也发生“环境问题”的话,则主要是由于人口的自然增长和盲目的乱采乱捕、滥用资源而造成生活资料缺乏引起的饥荒问题。为了解除这种环境威胁,人类被迫学会了吃一切可以吃的东西,以扩大和丰富自己的食谱,或是被迫扩大自己的生活领域,学会适应在新的环境中生活的本领。

随后,人类学会了培育、驯化植物和动物,开始发展农业和畜牧业,这在生产发展史上是一次伟大的革命——农业革命。而随着农业和畜牧业的发展,人类改造环境的作用也越来越明显地显示出来,但与此同时也发生了相应的环境问题,如大量砍伐森林、破坏草原、刀耕火种、盲目开荒,往往引起严重的水土流失、水旱灾害频繁和沙漠化;又如兴修水利,不合理灌溉,往往引起土壤的盐渍化、沼泽化,以及某些传染病的流行。在工业革命以前虽然已出现了城市化和手工业作坊(或工场),但工业生产并不发达,由此引起的环境污染问题并不突出。

2. 环境问题的恶化阶段(工业革命至20世纪50年代前)

随着生产力的发展,在18世纪60年代至19世纪中叶,生产发展史上又出现

了一次伟大的革命——工业革命。它使建立在个人才能、技术和经验之上的小生产被建立在科学技术成果之上的大生产所代替,大幅度地提高了劳动生产效率,增强了人类利用和改造环境的能力,大规模地改变了环境的组成和结构,从而也改变了环境中的物质循环系统,扩大了人类的活动领域,但与此同时也带来了新的环境问题。一些工业发达的城市和工矿区的工业企业,排出大量的废弃物污染了环境,使污染事件不断发生。如 1873 年至 1892 年期间,英国伦敦多次发生可怕的有毒烟雾事件;19 世纪后期,日本足尾铜矿区排出的废水污染了大片农田;1930 年 12 月,比利时马斯河谷工业区由于工厂排出的含有 SO_2 的有害气体,在逆温条件下造成了几千人发病、60 人死亡的严重大气污染事件;1943 年 5 月,美国洛杉矶市由于汽车排放的碳氢化合物和 NO_x ,在太阳光的作用下,产生了光化学烟雾,造成大多数居民患病、400 多人死亡的严重大气污染事件。如果说农业生产主要是生活资料的生产,它在生产和消费中所排放的“三废”是可以纳入物质的生物循环,而能迅速净化、重复利用的,那么工业生产除生产生活资料外,还大规模地进行生产资料的生产,把大量深埋在地下的矿物资源开采出来,加工利用投入环境之中,许多工业产品在生产和消费过程中排放的“三废”,都是生物和人类所不熟悉,难以降解、同化和忍受的。总之,蒸汽机的发明和广泛使用之后,大工业日益发展,生产力有了很大的提高,环境问题也随之发展且逐步恶化。

3. 环境问题的第一次高潮(20 世纪 50 年代至 70 年代)

环境问题的第一次高潮出现在 20 世纪 50—60 年代。50 年代以后,环境问题更加突出,震惊世界的公害事件接连不断,如 1952 年 12 月的伦敦烟雾事件(由居民燃煤取暖排放的 SO_2 和烟尘遇逆温天气,造成 5 天内死亡人数达 4 000 人的严重的大气污染事件),1953—1956 年日本的水俣病事件(由水俣湾镇氮肥厂排出的含甲基汞的废水进入了水俣湾,人食用了含甲基汞污染的鱼、贝类,造成神经系统中毒,病人口齿不清、步态不稳、面部痴呆、耳聋眼瞎、全身麻木,最后神经失常,患者达 180 人,死亡达 50 多人),1955—1972 年日本的骨痛病事件(由日本富山县炼锌厂排放的含 Cd 废水进入了河流,人喝了含 Cd 的水,吃了含 Cd 的米,造成关节痛、神经痛和全身骨痛,最后骨脆、骨折、骨骼软化,饮食不进,在衰弱疼痛中死去,可以说是惨不忍睹。患者超过 280 人,死亡人数达 34 人),1961 年日本的四日市哮喘病事件(由四日市石油化工联合企业排放的 SO_2 、碳氢化合物、 NO_x 和飘尘等污染物造成的大气污染事件,患有支气管哮喘、肺气肿的患者超过 500 多人,死亡人数达 36 人)等,这些震惊世界的公害事件,形成了第一次环境问题高潮。第一次环境问题高潮产生的原因主要有两个:

其一是人口迅猛增加,都市化的速度加快。刚进入 20 世纪时世界人口为 16

亿,至1950年增至25亿(经过50年人口约增加了9亿);50年代之后,1950—1968年仅18年间就由25亿增加到35亿(增加了10亿);而后,人口由35亿增至45亿只用了12年(1968—1980年)。1900年拥有70万以上人口的城市,全世界有299座,到1951年迅速增到879座,其中百万人以上的大城市约有69座。在许多发达国家中,有半数人口住在城市。

其二是工业不断集中和扩大,能源的消耗大增。1900年世界能源消费量还不到10亿t煤当量,至1950年就猛增至25亿t煤当量;到1956年石油的消费量也猛增至6亿t,在能源中所占的比例加大,又增加了新污染。大工业的迅速发展逐渐形成大的工业地带,而当时人们的环境意识还很薄弱,第一次环境问题高潮出现是必然的。

当时,工业发达国家的环境污染已达到严重的程度,直接威胁到人们的生命和安全,成为重大的社会问题,激起广大人民的不满,也影响了经济的顺利发展。1972年的斯德哥尔摩人类环境会议就是在这种历史背景下召开的。这次会议对人类认识环境问题来说是一个里程碑。工业发达国家把环境问题摆上了国家议事日程,包括制定法律、建立机构、加强管理、采用新技术,20世纪70年代中期,环境污染得到了有效控制,城市和工业区的环境质量有了明显改善。

4. 环境问题的第二次高潮(20世纪80年代以后)

第二次环境问题高潮是伴随全球性环境污染和大范围生态破坏,在20世纪80年代初开始出现的。人们共同关心的影响范围大和危害严重的环境问题有3类:

一是全球性的大气污染,如“温室效应”、臭氧层破坏和酸雨;

二是大面积的生态破坏,如大面积森林被毁、草场退化、土壤侵蚀和荒漠化;

三是突发性的严重污染事件,如印度博帕尔农药泄漏事件(1984年12月)、苏联切尔诺贝利核电站泄漏事故(1986年4月)、莱茵河污染事故(1986年11月)等。在1979—1988年间这类突发性的严重污染事故就发生了十多起。

这些全球性大范围的环境问题严重威胁着人类的生存和发展,不论是广大公众还是政府官员,不论是发达国家还是发展中国家,都普遍对此表示不安。1992年里约热内卢环境与发展大会正是在这种社会背景下召开的,这次会议是人类认识环境问题的又一里程碑。

环境问题的前后两次高潮有很大的不同,有明显的阶段性:

其一,影响范围不同。第一次高潮主要出现在工业发达国家,重点是局部性、小范围的环境污染问题,如城市、河流、农田污染等;第二次高潮则是大范围,乃至全球性的环境污染和大面积生态破坏。这些环境问题不仅对某个国家、某个地区