



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

环境保护 与可持续发展

钱 易 唐孝炎 主编



高 等 教 育 出 版 社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

环境保护 与可持续发展

钱 易 唐孝炎 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材和教育部环境科学和环境工程学科“九五”规划教材,同时也是全国高等学校非环境专业环境教育公共课教材。本书由中国工程院钱易院士和唐孝炎院士主编,以可持续发展为主线阐述人类、环境与生态系统问题,当代资源和环境问题,可持续发展战略的理论与实施,环境伦理观,环境保护的主要途径,以及旨在预防污染的清洁生产等。本书的特点是融社会科学和自然科学为一体,既揭露问题、总结教训,又论述了人类对这些问题进行严肃思考的结论,阐明了解决问题、寻求光明前景的战略和措施。

本书可作为高等学校非环境专业环境教育公共课教材,也可供从事环境保护的管理人员和关注环境保护事业的人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

环境保护与可持续发展/钱易,唐孝炎主编. —北京:
高等教育出版社,2000

ISBN 7-04-007975-5

I. 环… II. ①钱… ②唐… III. ①环境保护—研究
②可持续发展—研究 IV. X22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 21353 号

环境保护与可持续发展
钱易 唐孝炎 主编

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
电 话 010-64054588
网 址 <http://www.hep.edu.cn>

邮政编码 100009
传 真 010-64014048

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京外文印刷厂
纸张供应 山东高唐纸业集团总公司

开 本 787×960 1/16
印 张 24
字 数 440 000

版 次 2000 年 7 月第 1 版
印 次 2000 年 7 月第 1 次印刷
定 价 20.30 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

第一篇

地球环境与生态系统

第一章 地球环境的基本特征

第一节 地球环境的圈层构造

一、地球环境及其组成

环境科学所研究的是人类所赖以生存的地球环境,地球上的其他生物和非生物物质被视为环境要素,与人类息息相关。

人类环境有别于其他生物的环境,它包括自然环境和社会环境两部分。自然环境包括人类赖以生存的环境要素,例如空气、阳光、水、土壤、矿物、岩石和生物等,以及由这些要素构成的各圈层,如大气圈、水圈、土壤圈、生物圈和岩石圈。这些要素和圈层构成了人类的生存环境和地理环境。社会环境是指人类的社会制度等上层建筑条件,包括社会的经济基础、城乡结构以及同各种社会制度相适应的政治、经济、法律、宗教、艺术、哲学的观念和机构等。有人认为这些社会要素组成了另一圈层——智能圈或人类圈(noosphere)。

二、地球环境的独特性

在茫茫宇宙中,地球是迄今发现存在智能生物的唯一天体。地球环境丰富多样,适合生物的生存和繁衍:地球上存在着大气、陆地和海洋;距地面 15~40 km 处有一个臭氧层,保护着地球不受高能紫外线的侵袭;大气中含有一定数量的 CO₂,使地表保持适中的温度,有利于生物的生长;地表上覆盖着一层或厚或薄的土壤,为植物提供营养和生长的基地;甚至地壳的厚度也很适中,它厚到足

以把岩浆覆盖在地下足够的深度,又薄到足以维持一定的构造运动和火山活动,使地壳深部和浅部之间保持一定的物质交流。

长期以来,人们一直认为,正是由于具备了这种“优越”条件,所以地球才拥有生命。地球的独特性就在于它具备其他天体所不具备的上述条件。

近年来,科学研究的进展,使一些科学家提出了不同的看法。他们反因为果,认为地球的独特性在于它是一个靠生命来捕获、转移和储存太阳辐射能,靠生命活动来驱动地球表层的物质元素循环,靠生命过程来调控并保持其远离天体物理学平衡的开放系统。这就是说,不是地球上“优越”的环境条件创造了生命,而是生命活动创造了今天地球的环境。这种观点被称为盖娅(Gaia)假说或盖娅理论。

地球表层物质和能量的循环、转换是靠生命活动实现的。如果没有生命捕获、转移和储存太阳能,则来自太阳的辐射能将会散失。生命活动在太阳能的捕获与储存和地球表层物质的迁移转化方面的巨大作用,远远超乎人们的想象。据粗略估算,地质历史上所有生物的累计总质量是地球质量的1 000倍以上;水圈中全部的水每2 800年通过生物代谢过程一次;大气圈中的氧气每1 000年全部通过生物代谢过程一次;沉积岩中全部的碳都是生物固定的,如果没有生物,就没有石灰岩等碳酸盐岩的形成;如果没有生物吸收人类工业化以来排放的 CO_2 ,则今天大气圈的 CO_2 将增加1 000倍,浓度达到30%以上,在温室效应作用下,地球早已不适合人类和其他一切生物的生存了。

因此,地球的现状是生命参与地质历史过程的结果,地球现在的状态也是靠生命活动调节、控制和维持的。

三、地球各圈层的发育

地球在大约46亿年前形成的时候,是一个炙热的大火球,还没有圈层的分化。地球外面包围着原始大气,主要由 H_2 、 CH_4 、 NH_3 和水蒸气等组成,是一个还原性的大气圈。我们今天所见的地球各圈层,是经历了亿万年的发育才形成的。

水的出现是地球发育史的第一个重大事件。大约在38亿年以前,在某种机制的作用下,地球上出现了水。水分的蒸发和降雨,降低了地表的温度,产生了河流、湖泊和海洋,为地球生命的出现创造了最基本的条件。

地球史上第二个重大事件是生命的出现。尽管对生命起源的机制也有种种不同看法,但一般都认为生命起源于海洋,因为当时还原性的大气圈还不能向地球提供必要的保护,使之免遭强烈紫外线的袭击。频率高达 10^{22}Hz 的太阳辐射足以毁灭一切生命,除非这些原始生命处于海洋水层的保护之下。

早期细菌通过发酵作用取得能量,并在生命过程中放出 CO_2 ,逐渐改变了原始大气的组成。到大约20亿年前,出现了更为进化的细菌和蓝藻等生物。从

此,开始了一种新的生命过程——光合作用,大气圈中首次出现 O_2 。

经过大约 4 亿年的积累,到距今 16 亿年以前,一个含氧的大气圈终于形成。性质极其活泼的 O_2 对大气圈进行了一场“氧革命”,导致还原性的原始大气逐渐向含有 CO_2 、 H_2O 和 O_3 的氧化性大气转化。这一过程不仅进一步改变了大气圈的组成,而且 O_3 在高空的积累逐渐形成了保护地球的臭氧层,为更高等的海洋生物进化和生命登陆创造了条件。

此后,生物进化的过程加速。12 亿年前出现最早的真核细胞。5 亿年前出现海洋无脊椎动物,4.5 亿年以前,在温暖湿润的河口地带,一种叫做顶囊蕨的植物开始登陆。哺乳类动物出现在 2 亿年前。今天,大约有 500 万至 5 000 万种生物组成了五彩缤纷的生物界,构成了包括人类在内的生物圈。

生物的出现,将大气圈中大量的 CO_2 转移到岩石圈中,形成了大量的碳酸盐岩石,不仅改变了岩石圈的组成,而且生物与岩石风化物的相互作用,在地表上形成了土壤。可见,土壤圈的形成是与生物圈息息相关、互相促进的。

从地球各圈层发育的过程中,我们又一次看到生物的能动作用。可以毫不夸张地说,地球今天的面貌是生物创造的。爱护和保护生物圈,就是爱护和保护地球的现在和未来。

第二节 人类与地球各圈层的关系

人类经过 200 万年左右的进化和发展,现在已经达到近 60 亿人口,成为地球上占统治地位的物种。

人类自其诞生之日起,就和地球各圈层发生密切的关系。人类毕竟是生物圈的成员,是大自然的儿子,与地球环境有着千丝万缕的联系。

一、人类与大气圈

大气圈是地球外面由各种气体和悬浮物组成的复杂流体系统,是在生命活动参与下长期发育而形成的。

(一) 大气圈的结构

地表以上大气的浓度随着高度逐渐减少。因此,大气圈的上限难以精确确定。根据流星和北极光的最高发光点推算,地球表面 800 km 以上高空仍有稀薄的空气存在。

大气圈的总质量估计为 5.2×10^{15} t,相当于地球质量(5.974×10^{21} t)的百万分之一。大气质量在垂直方向上的分布极不均匀,在地心引力作用下,大气的质量主要集中在大气圈的下部,其中 50% 集中在距地表 5 km 以下,75% 在 10 km 以下,90% 在 30 km 以下。

按照其分子组成,大气可分为两个大的层次:均质层和非均质层(或称同质层和非同质层)。

均质层是从地表至 90 km 高度的大气层,虽然其密度随高度增加而减小,但除了水汽的含量变化较大以外,其他组分的比例大体稳定。这种均质性是大气低层的风和湍流运动的结果。

非均质层位于均质层之上,根据其气体成分又可分为四个层次:氮层(距地表 90~200 km)、原子氧层(距地表 200~1 000 km)、氦层(距地表 1 100~3 200 km)和氢层(距地表 3 200~9 600 km)。四层之间都存在过渡带,但没有明显的分界面。

根据大气的物理和化学性质,大气圈又可以分为光化层和离子层,这两层大致以平流层顶为界。

目前世界普遍采用的大气圈分层方法是 1962 年世界气象组织(WMO)执行委员会正式通过的国际大地测量和地球物理联合会(IUGG)建议的分层系统,即根据大气温度垂直变化特征,将大气圈分为对流层、平流层、中间层、热成层和逸散层(图 1-1)。

1. 对流层

对流层位于大气圈的最下层,平均厚度为 12 km,是大气圈中最活跃的一层,存在强烈的垂直对流作用和水平运动。对流层中水汽和尘埃含量较高,雷电、雨雪、云雾、霜、雹等天气现象与过程都发生在这一层,对人类影响也最大。通常所指的大气污染就是对此层而言。尤其是在 1~2 km 高度范围内,因地形、生物等影响,空气运动更是复杂多变。对流层的另一重要性质是大气温度随高度增加而下降,其平均递减率为 $-6.5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 。

2. 平流层

平流层位于对流层顶至大约 50 km 的高度,也叫同温层。其下部有一明显的稳定层,温度基本不随高度而变化,近似等温状态。稳定层以上,温度又随高度增加而上升,这主要是由于地表辐射影响的减少和氧及臭氧对太阳辐射吸收加热,使大气温度上升。这种温度结构抑制了大气的垂直运动,大气以水平运动为主。由于水汽和尘埃含量极少,平流层中没有云雨等天气现象。在大约 50 km 的高度上气温达到最高值,这就是平流层顶。

3. 中间层

中间层位于平流层顶到大约 80 km 的高度,温度随高度增加而下降,到中间层顶达到最低值,是大气圈中最冷的一层。该层中又有大气的垂直对流运动。虽然水汽浓度极低,但由于对流运动的发展,在某些条件下能出现夜光云。在约 60 km 高度,大气分子开始电离。因此,60~80 km 高度是均质层向非均质层的过渡层。

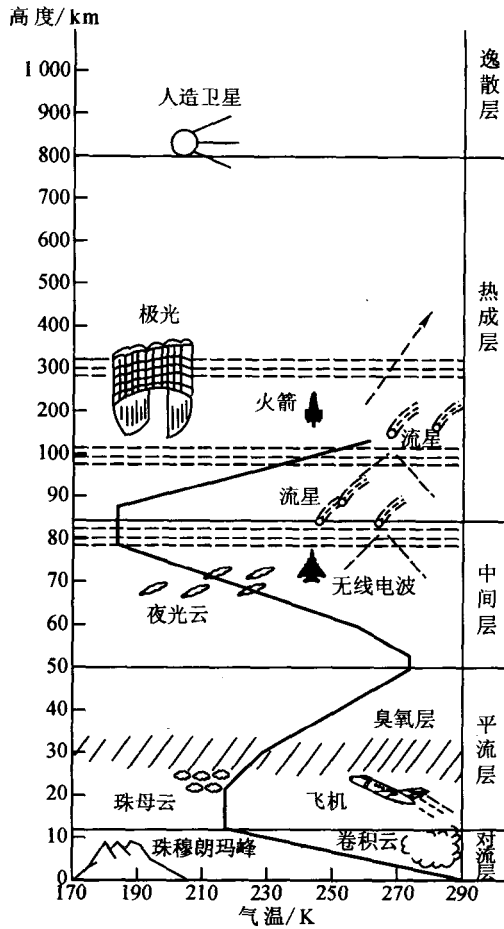


图 1-1 地球大气的热分层和各层的主要特征

4. 热成层

热成层位于中间层顶以上,又称增温层或电离层,温度随高度增加急剧上升,到约 1000 km 高度时,白天温度可达 1 000~1 750 K。该层空气分子在各种射线作用下大都发生电离,成为原子、离子和自由电子,电离层之名因此而得。

5. 逸散层

逸散层位于热成层之上,也称外大气层,是大气圈的最外层,大约延伸至 800 km 的高度。这里大气极其稀薄,地心引力微弱,大气质点之间鲜有碰撞。有些运动速度较快的质点完全摆脱地球引力而逸入宇宙空间。

(二) 地球大气的精细平衡

地球大气的主要成分是氮和氧,这种组成在太阳系九大行星中非常特殊。

组成地球大气的多种成分可分为稳定组分和不稳定组分。前者包括氮、氧、氩、氦、氙、甲烷、氢、氙等,这些气体之间的比例,从地表到 90 km 的高度范围内都是稳定的。大气的不稳定组分包括二氧化碳、二氧化硫、臭氧和水汽等。此外,大气中还含有一些固态和液态杂质,主要是火山、地震、岩石风化、森林火灾和人为活动产生的烟尘、硫化物和氮氧化物等。

地球各圈层,尤其是生物圈各组分,与大气圈保持着十分密切的物质和能量的交换,使大气各组分之间保持着极其精细的平衡。目前下层大气中氧气的浓度为 21%,这是亿万年来生物圈进化与大气圈相互作用的结果。30 亿年前,大气圈中氧浓度只有现在的千分之一,原始的生命为了躲避紫外线致命的伤害,只能存在于水下 10 m 深处。到距今 6 亿年时,氧浓度达到现水平的百分之一,出现了臭氧的保护,生命开始出现在水面上,成为生命史的第一个关键浓度。到 4 亿多年前,氧浓度达到现水平的十分之一,臭氧的浓度进一步增加,生命才能从海洋登上陆地,这是生命史上的第二个关键浓度。

如果大气中氧浓度下降,则不仅生活在低海拔的人会经受高山反应之苦,而且氧化反应受到抑制,燃料燃烧产生的一氧化碳等有毒气体将积累在大气圈。相反,如果大气中氧浓度增高,譬如从现有的 21% 增高至 25%,则雷电就能把嫩枝和草地点燃,造成连绵不断的火灾,使全球植被遭到破坏。

目前还没有观测到大气氧浓度的这种戏剧性变化。然而,作为大气微量组分的一些气体浓度已经发生实质性变化则是不争的事实。其中最引人注目的是 CO_2 和 O_3 等气体浓度的变化。

20~30 亿年以前,大气圈中 CO_2 的浓度很高,约为今天 CO_2 浓度的 10 倍。到 16 亿年前,随着含氧大气圈的形成,大气 CO_2 的浓度逐渐下降到今天的水平。一定浓度 CO_2 的存在,对地表温度的调节至为重要。因为 CO_2 和某些气体具有能让太阳辐射中的短波辐射通过而吸收地表长波辐射、从而使地表增温的效应,即所谓“温室效应”,此类气体称为“温室气体”。若无这些温室气体的存在,有关计算推断地球的年平均温度应为 -18°C ,而不是现在的 $13\sim 15^\circ\text{C}$ 。就是说,天然的温室效应使全球温度上升了 $31\sim 33^\circ\text{C}$ 。

大气圈中另一种敏感的微量组分是甲烷,俗称沼气。目前,其浓度低于百万分之二。如果其浓度过高,在现有的氧浓度下就会因闪电而燃烧。更为重要的是,甲烷的温室效应比二氧化碳强 300 多倍,它所造成的增温作用占全球人为增温作用的 $1/4$ 。天然沼泽和人工的水稻田是产生甲烷的主要场所。有人认为反刍动物产生的甲烷可能是大气圈甲烷的重要来源之一。为此美国科学院专门立项研究牛群打嗝所排出甲烷对大气圈的影响,成为环境科学研究的趣闻。

综上所述,大气圈各组分之间保持着精细的平衡,这是地球环境亿万年来发育的结果。保持这种平衡乃是维护生物圈所必须,破坏这种平衡就是破坏生命

的基础。然而,人类社会实现工业化以来,规模和强度日益加大的人类活动正在破坏这种平衡,这是人类面临的重大环境问题之一。

二、人类与水圈

海洋和陆地上的液态水和固态水构成一个大体连续的圈层覆盖在地球表面,称为水圈。它包括江河湖海中一切淡水、咸水、土壤水、浅层和深层地下水以及南北两极冰帽和各大陆高山冰川中的冰,还包括大气圈中的水蒸气和水滴。大气中的水是全球水循环中的一个重要环节。

水是一种神奇的物质,地球之所以能够成为一颗智慧星球,水是一个关键因素。各种生命起源的假说都少不了水这一要素。如今地球表面的 70% 以上覆盖着水,大多数生物体内水的含量也达 2/3 以上。研究还发现,人体血液的矿化度为 9 g/L,与 30 亿年前的海水是相同的。静脉点滴用的生理盐水为浓度为 0.9% 的 NaCl 溶液,与原始海水一致。这似乎在告诉我们,现代人的身体内仍然流动着几十亿年前的海洋水。在自然界的植物体内,水分含量更高,有些甚至高达 95%。这一切都充分表明地球上生命的产生和进化都离不开水。

人们的日常生活更是时时处处与水紧密联系,从生活、娱乐到工业生产和农业灌溉,无一不体现出水的重要性。

水的优异的自然性质决定了它对人类和生态环境的特殊意义:

① 水是无色透明的,它允许太阳光中的可见光和波长较长的紫外线部分可以透过,使光合作用所需的光能够到达水面以下的一定深度,而对生物体有害的短波紫外线则被阻挡在外。这不仅在地球上生命的产生和进化过程中起了关键性的作用,今天对生活在水中的各种生物也具有重要意义。

② 水是一种极好的溶剂,为生命过程中营养物和废弃物的传输提供了最基本的媒介。而且水的介电常数在所有的液体中是最高的,使得大多数离子化合物能够在其中溶解并发生最大程度的电离,这对营养物质的吸收和生物体内各类生化反应的进行具有重要意义。

③ 除液氨外,水的比热是所有的液体和固体中最大的,为 $4.18 \text{ J}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。此外,水的蒸发热也极高,在 20°C 下为 $2.4 \text{ kJ}/\text{g}$ 。正是由于这种高比热、高蒸发热的特性,地球上的海洋、湖泊、河流等水体,白天吸收到达地表的太阳光的热量,夜晚又将热量释放到大气中,避免了剧烈的温度变化,使地表温度长期保持在一个相对恒定的范围内。月球表面都是岩石,石头的比热只有水的 20%,所以月球表面的气温变化可以从 $+120^{\circ}\text{C}$ 到 -150°C 。

④ 水在 4°C 时的密度最大,这一特性在控制水体温度分布和垂直循环中起着重要作用。在气温急剧下降的夜晚,水面上较重的水层向水底沉降,与下部水层更换,这种循环过程使得溶解在水中的氧及其他营养物得以在整个水域分布

均匀,当水体趋于一种稳定状态,水底温度是 4°C ,在这一层中水生物可以幸存。

⑤ 冰轻于水。冰的密度比水小,只有 0.92 g/cm^3 ,可以浮在水面上。这一特性对水下生物具有十分重要的意义。否则,气温降低时水面结成的冰会沉入水底,从而导致整个水体完全冻结,给水下生物带来灭顶之灾。

地球是一个水量丰富的“水球”,全世界的总水量约有 $14 \times 10^8\text{ km}^3$ 之多,但是它的存在形式多种多样,如海洋水、冰川水、湖泊水、沼泽水、江河水、土壤水、大气水和生物水等。水在地球的分布很不均匀,水质也很不相同。地球上海洋面积占全球面积的71%,含盐的海洋水占全部水资源的97.3%,人类难以直接利用;2.7%的淡水中,又有68.7%是以冰川和冰帽的形式存在于南北极和高山地区,亦难以被人类直接利用(表1-1)。

表 1-1 地球上水量分布

单位: %

总水量分布		淡水分布	
海水	97.3	冰盖、冰川	77.2
淡水	2.7	地下水、土壤水	22.4
		湖泊、沼泽	0.35
		大气	0.04
		河流	0.01

按海陆之间的水量平衡计算,每年流经陆地进入海洋的总水量约为 $4 \times 10^4\text{ km}^3$ 。但是,其中的70%,即 $2.8 \times 10^4\text{ km}^3$ 为洪水径流,一般在一天至数天内宣泄入海,非人力可以挽留。另有 $0.5 \times 10^4\text{ km}^3$ 流经无人区(如热带丛林和寒带冻原),无人问津。可供人类利用的稳定径流量只有 $0.7 \times 10^4\text{ km}^3$ 。为了截取洪水径流,人们修筑了许多大小水库。迄今全世界水库的总库容达到了 $0.2 \times 10^4\text{ km}^3$,约占全球总径流量的16.7%,使人类可利用的淡水量达到 $0.9 \times 10^4\text{ km}^3$ 。然而,受气候和地理条件的影响,地球上不同国家水资源的分布都极不均匀,冰岛、厄瓜多尔、印度尼西亚等国水资源丰富。而北非和中东许多国家,如埃及和沙特阿拉伯等国,降水量少、蒸发量大,因此径流量很小,人均和单位面积土地的淡水占有量都极少。我国也属缺水国家。

近代人类在其生产活动中,给水圈带来各种各样的影响,这些影响有:

(1) 兴建大型水库:人类在远古时代就学会了拦河取水,灌溉农田。20世纪科学技术的发展,使人类有可能修建库容以亿立方米计的大型水库,迄今全世界水库的总库容已达 $2\ 000\text{ km}^3$,成为一种稳定可靠的水源。但是,水库也常常产生一些不良的生态效应,甚至触发地震。

(2) 大量开采地下水:在可资利用的淡水资源中,地下水以其水量丰富、水质优良和供应稳定而备受青睐,成为许多地区的主要水源。然而,地下水的过度

开采造成了严重的环境问题。最明显和最严重的问题是地下水位大幅度下降乃至地下含水层的枯竭。此外,过度抽取地下水的另一环境效应是地面沉陷。我国不少沿海城市已发生这种现象。大幅度地面沉陷带来一系列问题。例如,地表渠道与地下管线损坏;道路与建筑物破坏等。

(3) 小河流渠道化:浚河筑堤和河道裁弯取直是自古就有的水利工程。随着工业化的进展,一些高度工业化国家以其巨大的财力物力,进行大规模的小河流渠道化工程。所谓渠道化(channelization)就是为了防洪的目的把整条小河流或某一河段取直、加宽、挖深。渠道化的最大利益就是有利于排水防洪,使两岸农田和城镇,免遭洪水威胁。河道取直以后留下原来的河曲形成一些小湖沼,可能具有娱乐价值或可成为野生动物的栖息地。但是,渠道化改变了河流的物理特性,并有可能对水生生态系统带来灾难性影响。

(4) 湖泊的湮灭:从地质学角度看,湖泊的存在只是一种过度现象,因为它终究会被入流的泥沙和湖泊中的水生生物残体充填,逐渐演变为沼泽直至最后消亡。但是,这种自然过程由于人类活动而大大加速了。人为影响之一是土壤侵蚀使人湖泥沙增加;其二是湖内营养物质增加(富营养化)使藻类与水草丛生;其三是围湖造田使湖泊面积缩小以至消亡;其四是大量引水和入流河流改向使入流量急剧减少。由于以上原因,湖泊面积和水量往往在短时期内(20~50年)发生戏剧性变化,甚至导致一些湖泊完全干涸。湖泊面积缩减、水量减少往往导致湖水矿化度增加,使水质变劣。

三、人类与土壤圈

土壤是地球陆地上能供植物生长与繁殖的疏松表层。除了江河湖海等水体和两极冰盖与高山冰川覆盖的地区以外,几乎都有土壤存在。即使在岩石出露或流沙覆盖的地方,也可能有原始土壤和风沙土的发育。因此,各种土壤在地球表面形成一个断续分布的圈层,覆盖于岩石圈之上,其厚度由几厘米至几米不等。在炎热湿润的热带、亚热带地区,有些土壤的厚度可能达几十米。

土壤圈是与大气圈、水圈同样重要的第三大环境要素。土壤和岩石共同构成了大地,但土壤和岩石是有区别的。土壤由岩石演化而来,并覆盖在岩石的表面,土壤与岩石最大的不同在于它具有肥力,即提供和调节水、气、热和营养元素的能力,为植物的生长提供了必要的条件。地球半径约为6400 km而地表土壤的厚度仅为几十厘米,相比之下微乎其微,但却正是这薄薄的一层土壤,才使得地球上有了广阔的森林、农田和草场,人类得以从中获得宝贵的生产和生活资源。

尽管人类日益紧迫地面临土地匮乏的问题,但是,人类在其经济、政治和军事活动中仍然有意无意地伤害关系到人类衣食住行的土壤圈。人类对土壤圈较

严重的影响包括荒漠化、水土流失、盐渍化和水涝,以及土壤污染等方面。

荒漠化、水土流失以及土壤污染将在本书第二篇中涉及。下面仅介绍土壤的盐渍化和水涝。

水浇地约占世界耕地的 18%,其单产常比旱作高一二倍。因此,世界粮食产量有 1/3 来自水浇地。盐渍化和水涝是水浇地上普遍发生的土地退化现象。

一般而言,当土壤含盐量达到占干土重 0.2% 时,作物生长受阻,这种土壤称为盐渍化土。灌溉水把渠道和土壤中的盐分溶解出来,随着水分的蒸发,数量不等的盐分便积累在土壤表面。土壤学上把这种过程称作次生盐渍化。当土壤含盐量达到 2% 以上时,大多数作物无法生长,这类土壤就是盐土。次生盐渍化影响范围广泛,而且仍有发展的趋势。据估计当前世界水浇地的 14% 受盐渍化影响。

常常与盐渍化伴生的另一种现象是水涝,即沼泽化。传统灌溉技术,如沟灌和渠灌,常有过量水分下渗至底土,在排水不良的地形部位上潜水位逐渐提高,使土壤表层和表下层水分过多,造成缺氧环境,妨碍作物生长,俗称水涝。

据世界观测研究所估算,盐渍化与水涝使世界粮食减产 1%,每年减产粮食达 100×10^4 t 之多。

四、人类与岩石圈

岩石圈是人类生存环境中最下面的一个圈层,又是地球内部各圈层的最外层。众所周知,地球内部也分成几个圈层。从地心向外,分别是固态内核、液态外核、地幔和地壳(图 1-2)。本书将岩石圈看作地壳的同义语,包括地球最外层的岩石、风化壳,平均厚度为 33~35 km。

现代科学技术已能毫无困难地把人送上 10 km 的高空,把少数人发射到月球上作短暂的停留,数以百计的人造卫星在轨道上作环球飞行,少数航天器甚至飞向火星和更遥远的星系。然而人类向地球内部的进军却困难得多,迄今只有少数钻孔能达到 10 km 的深度,可谓“上天有路,入地无门”。但是人类的种种活动毕竟给岩石圈带来一定影响,在某些地方这种影响还相当强烈,甚至造成严重后果。

岩石圈对人类的发展也具有重要的价值,向人类提供了丰富的化石燃料和矿物原料。

(一) 化石燃料

从人类全部历史来看,化石燃料大规模使用的历史尚不足 200 年。历史上长期使用的燃料是薪柴、木炭、作物秸秆和畜粪。进入 20 世纪以后,煤炭才开始占主导地位。石油更是一个后来者,从 1920 年起其开采量大幅度上升,开始了能源供应的“石油时代”。从 1929 年至 1971 年,世界煤炭产量增长了 70%,同

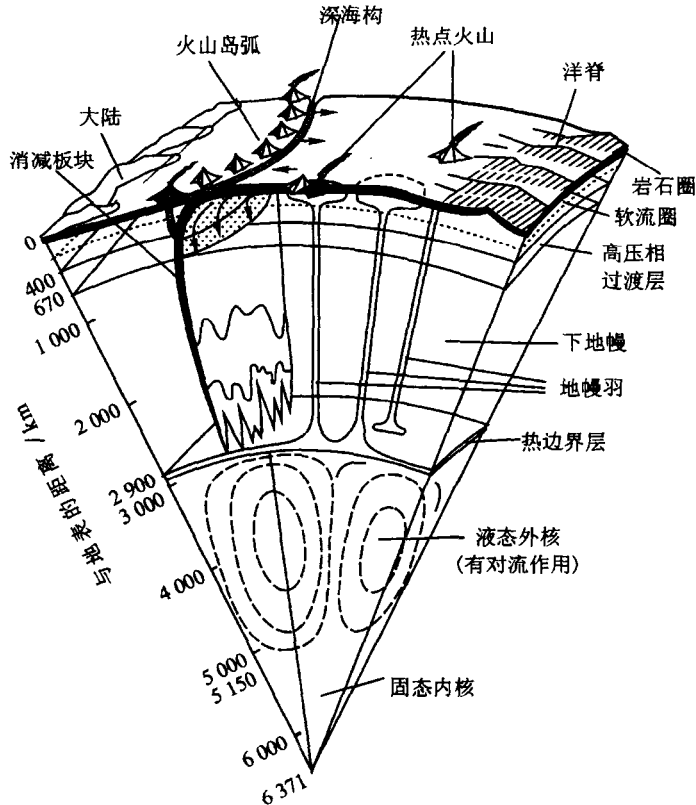


图 1-2 地球内部各圈层 (Stroach, 1991)

期石油产量增长了 1 000%。

岩石圈的化石燃料在工业革命以来的人类社会发展过程中发挥了重要作用,已探明的化石燃料储量估计为 9.15×10^{12} t(煤当量);作为核裂变原料的铀矿,按照现有核电站的生产水平,可以维持全球 120~490 a 之需。

化石燃料是在漫长的地质年代里形成的,属于不可再生能源。为了维持人类社会的可持续发展,必须尽快把能源消费从不可再生能源转变为可再生能源。因为新能源的开发,新技术与新设备(如核聚变与太阳能发电等)也要消耗大量能量,现存的能源应该用以实现这种转变。因此,未来几十年能源的利用可能决定人类文明的未来。

(二) 矿物原料

人类利用矿物原料的历史不算长,大约在公元前 6 000 年人类首次学会从矿石中提取金属,进入青铜时代。公元前 1600 年又学会了提炼更坚硬的铁,进入铁器时代。3 000 年以后,到了公元 1709 年,英国人达比发明了用焦炭作燃料

熔炼铁,才进入近代的钢铁时代,钢铁也成了现代一切工业的基础。

岩石圈内的矿物资源随人类开发能力的增强而不断满足着人类的需要,人类利用矿物原料的种类与数量与日俱增:原始人一生只需要几千克至几十千克石头打制石器;农业社会的农民一生也只需要几千克铁和铜制造简单的农具,迄今许多发展中国家的农民依然使用着极其简单的农具;工业化社会对矿物资源的消费却大得多,20世纪70年代一个美国公民每年要消费钢铁9.4 t、有色金属约6 t(其中铅7.25 kg,主要用作汽油添加剂,现已废止)、沙砾石3.55 t、水泥227 kg、粘土91 kg、盐91 kg,总计各种金属和非金属物料约20 t。

应该强调指出,人类对矿物资源的利用也呈指数增长趋势。从更长远的角度看,发展中国家的消费量必将有可观的增长。现在占世界人口1/4的发达国家消费着世界3/4的资源,而广大发展中国家的矿物消费量仅占世界的10%。如果他们的消费水平增长至发达国家的一半,对世界资源的压力必将大大增加。

人类开发利用化石燃料和矿物原料的同时,也对环境造成一定程度的影响。

总之,岩石圈是人类所需要的矿物原料和化石燃料的储藏所,其储量是巨大的。但是,由于人口的持续增长和技术的迅速进步,对矿产与能源的需求与日俱增,传统原料与燃料行将耗竭。如何迅速实现向新材料与新能源的转变,已经成为关系到人类未来生存与发展的要务。

另一方面,岩石圈又是其上面各圈层的基础,并且与各圈层相互作用,进行着物质与能量的交流。对岩石圈的任何干预,也必将对其他圈层发生影响。

五、人类与生物圈

生物圈的概念是1875年奥地利地质学家休斯(Eduard Suess)首次引进自然科学的,但直至1920年苏联地球化学家维尔纳茨基(В.И. Вернадский)在苏联(1926年)和法国(1929年)作了题为“生物圈”的两次讲演之后,才引起人们的重视。

生物圈是指地球上所有的生物,包括人类及其生存环境的总体。这个概念尽管简明,却不甚明确。因为在一些极端环境下,例如大气圈上层(9 000 m以上)、非常干旱的荒漠中、严寒(-190℃)和酷热(140℃)的环境中,虽然难以维持代谢过程的进行,但在这些地区仍能找到真菌的孢子。因此,除了我们周围生机勃勃的生物圈以外,还存在一个界限不甚明确,有着某些休眠形式生命的“副生物圈”(parabiospere)。

生物圈的发育经历了大约30亿年的历程。从30亿年前出现原始细菌开始,20亿年前出现了能进行光合作用的固氮生物,释放出氧气,并在约16亿年前形成了含氧气的大气圈。陆续出现了多细胞生物(7亿年前),无脊椎动物(5亿年前),以及哺乳类动物(2亿年前),见表1-2。在这漫长的历史长河中,由于

地壳的变化、气候的变异和其他种种原因,有些物种消亡了,新的物种产生了,形成了今天由大约 10^7 物种组成的五彩缤纷的生物圈。

生物圈是地球上最大的生态系统,包括从海平面以下 10 km 到海平面以上 9 km 的范围。在这个范围内有正常的生命存在,生态系统内部不断进行着物质、能量和信息的交换与循环。有关生态系统的基本概念,将在第二章中讲述。

在大约 46 亿年的地球史中,虽然生命史历时很长,大约有 30 多亿年,但人类的出现只是最近 $(200 \sim 300) \times 10^4$ a 的现象。如果地球是一位百岁老人,则人类的“年龄”只有 20 d。人类作为生物圈的新成员,在其历史 99% 以上的时间里,同大自然的威严相比,她一直是个弱者,是生物圈里谦恭的成员。人类从农业社会进入工业社会后,掌握了可以同大自然相抗衡的力量。尤其是最近半个世纪以来,科学技术迅猛发展,终于使人类从大自然的奴隶变成了主人,但人类在过去相当长的时期处处以胜利者和占领者的姿态出现,破坏了人类同大自然的平衡与和谐。

表 1-2 生物圈大事年表

距今时间/(10^8 a)	大事记	地质构造(地层)	化石
0	人类	锡伐利克地层(印度)	拉马古猿
—	最早的陆地动物	上志留纪拉德洛统(英国)	顶囊蕨
—	最早的多细胞动物	艾狄卡拉山地层(澳大利亚)	Springgina
10	最早的真核细胞	上贝客泉地层(美国加州)	未定名
—	氧化大气圈形成		
20	最早的光合和固氮生物	燧石藻地层(加拿大安大略省)	燧石藻
—			
30	最早的已知生物	无花果地层(非洲)	原始细菌
—	地壳中最初的岩石		
—	海洋形成		
40	地壳、地幔与地核分化		
—	地壳收放射性加热熔融		
45	地球形成		

注:本表引自 G. E. Hutchinson. 生物圈. 北京:科学出版社,1974。

第二章 生态系统

第一节 生态系统的基本概念

由各自独立又相互联系、相互作用的组分构成的统一整体,就是一个系统。小至细胞、大至宇宙,都是系统。生态系统是一定空间内由生物成分和非生物成分组成的一个生态学功能单位。自然界中生态系统多种多样,大小不一。小至一滴湖水、一条小沟、一个小池塘、一个花丛,大至森林、草原、湖泊、海洋以至整个生物圈,都是一个生态系统。从人类的角度理解,生态系统包括人类本身和人类的生命支持系统——大气、水、生物、土壤和岩石,这些要素也在相互作用构成一个整体,即人类的自然环境。除了上述自然生态系统以外,还存在许多人工生态系统,例如,农田、果园等以及宇宙飞船和用于生态学试验的各种封闭的微宇宙(亦称微生态系统,例如美国的生物圈一号)。

任何生态系统都具有以下共同特性:

① 具有能量流动、物质循环和信息传递三大功能。生态系统内能量的流动通常是单向的,不可逆转。但物质的流动是循环式的。信息传递包括物理信息、化学信息、营养信息和行为信息,构成一个复杂的信息网。

② 具有自我调节的能力。生态系统受到外力的胁迫或破坏,在一定范围内可以自行调节和恢复。系统内物种数目越多,结构越复杂,则自我调节能力越强。

③ 是一种动态系统。任何生态系统都有其发生和发展的过程,经历着由简单到复杂,从幼年到成熟的过程。

一、生态系统的组成、结构和类型

1. 生态系统的组成

生态系统中包括以下六种组分:

- (1) 无机物:包括氮、氧、二氧化碳和各种无机盐等。
- (2) 有机化合物:包括蛋白质、糖类、脂类和土壤腐殖质等。
- (3) 气候因素:包括温度、湿度、风和降水等,来自宇宙的太阳辐射也可归入此类。
- (4) 生产者:指能进行光合作用的各种绿色植物、蓝绿藻和某些细菌。又称为自养生物。