环境保护与节能

李荫堂　主编

西安交通大学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内 容 提 要

本书阐述了能源与环境的概况以及能源开发、利用对环境的影响，指出了节能与环境保护的关系与意义；介绍了大气污染、水污染、固体废物、噪声的危害及控制原理与技术，对锅炉和内燃机的污染排放及控制净化以专门章节予以了介绍；本书还阐述了节能原理，并具体介绍了能源动力工程方面的节能技术。

本书为能源、动力、热能类本科生的环境保护与节能课程的教材；也可供从事环境工程、能源动力、热能工程的管理及技术人员参考。

(陕)新登字 007 号

环境保护与节能
李荫堂 主编
责任编辑 王晓岚

*

西安交通大学出版社出版发行
(西安市咸宁西路 28 号 邮政编码：710049 电话：(029)3268316)
陕西省轻工印刷厂印装
各地新华书店经销

*

开本：787×1092 1/16 印张：18.75 字数：454 千字
1998 年 8 月第 1 版 2000 年 8 月第 2 次印刷
印数：1—2 000
ISBN 7-5605-1017-5/TK·61 定价：18.00 元

若发现本社图书有倒页、白页、少页及影响阅读的质量问题，请去当地销售部门调换或与我社发行科联系调换。发行科电话：(029)2668357，2667874

前　言

本书是为能源、动力、热能类专业本科生开设环境保护与节能课程而编写的。计划为 54 学时。本书可作为能源、动力、热工类专业的课程教材，也可供从事环境工程、能源动力、热能工程的管理和技术人员参考。

环境保护与节能，是与能源动力工程密不可分的综合性学科。编者广泛汲取了国内外有关文献内容的精华，并结合能源与动力工程专业的特点，既完整介绍了环境工程与节能技术的基本内容，又对与能源动力有关的内容有所侧重。书中强调了能源与环境的密切关系。本书力求在有限的篇幅中，使读者对环境保护与节能知识有全面系统的了解，并具有一定程度的解决实际问题的能力。

本书由李荫堂主编，并编写绪论及第 1、2、3 章；黄佐华编写第 4 章；金奇庭和蒋明(西安建筑科技大学)编写第 5、6 章；张建民编写第 7 章；朱其芳编写第 8 章；李崇祥编写第 9、10 章。本书由张永照教授审阅，并提出了宝贵意见。编写过程中还得到西安交通大学能源与动力工程学院有关老师的大力支持，在此一并致以衷心感谢。书中参考文献未能全部列出，特向有关作者致歉。

本书系面向非环境工程专业本科生的试用教材，限于编者水平，难免谬误，敬请读者批评指出。

编　者

1998.3.

绪　　论

世界进入了持续发展的时代。50 年代开始，随着工业国经济的快速发展，一系列污染事件发生，形成了第一轮环境问题。80 年代，新一轮经济的快速发展使环境与发展的矛盾再次突出。与第一轮不同的是，世界各国在环境与发展的协调问题上逐步取得了共识。1972 年，斯德哥尔摩人类环境会议，开始讨论了发展与环境的关系。1983 年内罗毕会议指出了发展与环境必须协调。1987 年，世界环境与发展委员会发表《我们共同的未来》的报告，提出了持续发展的纲要。1992 年在里约热内卢，联合国召开环境与发展大会，世界各国对实行持续发展战略、协调经济发展与环境保护的关系取得了共识。然而，要真正做到发展与环境相协调，尚有大量问题亟待解决。

世界性的环境与能源问题继续困扰着地球的生态环境。大气污染，温室效应，水污染，热污染，放射性污染，固体废物，噪声污染，石油污染，资源枯竭，土地减少，水土流失，农药滥用，稀有野生动植物灭绝，等等。首先，人类是首当其冲的受害者。环境污染仍然威胁人类的健康与安全，例如空气污染引起呼吸道疾病，放射性污染导致癌症，噪声破坏听力等情况依然存在。环境的破坏和能源的耗竭，危及当代人类的生存条件并殃及子孙后代。长此以往，若干年后的地球，也许人类将无法居住。其次，与人类直接有关的自然环境的破坏还在加重。例如，海洋、湖泊渔场的水污染导致商品鱼类生病或死亡，饮水水源污染使人们饮用水质下降，农药、化肥的滥用造成农产品污染，自然风景的破坏减少人们的美学享受，宁静的乡村扩展为喧嚣的城市使人们的居住环境变得拥挤、纷扰，等等。再次，是对纯自然环境的破坏。环境恶化导致某些生态系统和物种濒临灭绝或不断消失。例如填平湖泊使这里鱼虾灭绝，水鸟迁徙，草木衰败；滥伐森林使沙漠扩大，水土流失，某些动植物绝迹；大气中 CO_2 浓度升高使地球气候变暖；等等。虽然这些看来与人类无直接关系，但在这个地球上，对自然的任何破坏，总会或迟或早地以这样那样的方式危及人类。

环境科学方兴未艾。随着持续发展战略的实施和环境管理水平的提高，环境科学迅速发展成为一门多学科的综合性科学。主要学科有环境生物学、环境化学、环境地学、环境医学、环境工程等。由于环境科学仍在发展之中，学科体系尚未成熟，因而学科分类尚不统一。环境科学的特点是多学科相互结合。它充分利用多种学科的理论和技术，对环境保护、环境质量、资源利用等进行研究，指出人与环境的关系，揭示人类活动和生态环境的矛盾，提出解决人类发展与环境保护的协调方法。环境工程学运用工程技术的原理和方法，研究如何控制环境污染、改善环境质量，并对环境进行监测和质量评估。其内容包括大气污染控制工程、水污染控制工程、固体废物处理、噪声控制、环境监测与分析、环境质量评价等。本书涉及环境工程学的大部分内容。

环境保护的任务就是要防止或减轻人类活动对环境的污染和破坏，保护地球环境和生态

平衡,改善人类生存环境,促进人类社会健康发展。其内容大致有两个方面:一是保护自然环境,合理利用资源;二是改善人类生存条件,提高环境质量。1972 年世界人类环境会议通过了“联合国人类环境会议宣言”,呼吁各国政府为改善人类环境而共同努力。自此,许多国家采取了一些环境保护的重大措施,建立机构,制定法规,加强科学研究,开发工程技术。二十多年来,世界环境保护取得不少成就。但许多全球性的问题仍待解决,如海洋石油污染,大气中的 CO_2 累积等。发达国家的环境保护工作已经经过了污染治理的历程,进入环境系统管理,提高环境质量,使生存环境更好的阶段。发展中国家正在加快工业化步伐,同时高度注意环境保护和经济发展的协调,努力避免重复发达国家工业化过程中先污染后治理的老路。环境保护不仅仅是环境工作者的任务,它涉及经济、法规、科学、政治、社会、文化等诸多方面的问题。煤炭利用便是一例。煤炭是人类的重要能源。从环境保护来说,燃烧煤炭造成的环境污染,要比燃用石油、天然气严重得多。但是是否以煤炭为第一能源,要视国情而定。例如,在我国,煤炭资源多于石油,加之其它原因,煤炭是第一能源。美国煤炭资源十分丰富,位居世界第二,但仍以石油为第一能源。日本煤炭、石油资源均缺,绝大部分依靠进口,所以也以石油为第一能源。如果将含有灰渣、污染严重的煤炭海运进口,显然不经济。1994 年,煤与石油消耗占本国一次能源消费总量的份额,中、美、日的煤炭消耗分别为 75%、24.3%、16.4%;石油分别为 17.4%、39.8%、57.4%。在燃煤排放污染的治理方面,目前我国与发达国家尚有一定距离。煤炭与石油开采、使用到污染治理,无一不关系到国家的经济、技术、社会等诸多因素。对于环境与能源问题,非技术因素常常具有决定性意义。实际上,不只是缺乏环境科学的理论和技术,更重要的是在各相关领域要有高度重视的领导者,和提高全民的环境保护意识。

节能具有两方面的意义:一是提高能源利用率,可减缓能源耗竭速度;二是利于环境保护。人类目前主要使用的贮存性能源是非常有限的,而目前世界消耗煤、石油、天然气的速度,超过它们自然生成速度的 100 万倍。节能在目前来说,有利于缓解能源短缺;长远来说,可延长贮存性能源的耗竭时间;另一方面,化石燃料是人类目前消耗的主要能源,也是造成环境污染的主要来源,节能使单位产值消耗燃料减少,相应减少了污染排放。1973 年石油危机以来,大多数发达国家都设法降低了单位国民生产总值的能耗。发展中国家则仍处于能源浪费时代。近年来,我国单位总产值能耗很高,能源利用率很低。大量直接地燃烧原煤,造成我国城市环境污染严重,同时各种燃烧设备的热效率又远远低于发达国家。可见,节能对中国来说是极其迫切的任务。

环境保护与节能,同能源动力工程密切相关。环境工程的大部分内容涉及能源与动力。例如,大气污染中,主要污染物来自化石燃料的燃烧排放;热污染全部来源于热能动力工程的废热损失;温室效应主要归咎于化石燃料的大量燃烧;构成放射性污染的主要危险在于核电站泄漏事故和核燃料后处理;固体废物中,大量煤矸石、煤灰渣有待更好地综合处理;等等。这些对于以煤炭为第一能源的中国更是不容忽视。本书在对环境保护的内容全面介绍的同时,还侧重阐述了与能源动力直接有关的环境问题。在第 1 章讲述了能源与环境的概况,在以后各章,对涉及锅炉、内燃机、核燃料后处理、压缩机的部分,都予以了较详细的介绍。节能本身便是能源动力的问题。本书阐述了节能原理,并具体介绍了主要的能源动力工程方面的节能技术,内容包括:工业锅炉、风机水泵、热管、热泵、余热利用、热电联产等。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　　录

前言
绪论

第 1 章　能源与环境
1.1　生态与能源 ……（1）
1.2　能源应用与环境污染……（10）
1.3　能源消耗与节能……（17）

第 2 章　大气污染与控制
2.1　大气污染……（22）
2.2　大气污染扩散……（32）
2.3　大气污染控制……（46）

第 3 章　锅炉燃烧污染与控制
3.1　锅炉燃料与污染物生成……（75）
3.2　脱硫……（80）
3.3　NO_x 控制 ……（90）
3.4　CO_2 排放控制……（98）
3.5　锅炉除尘 ……（100）

第 4 章　内燃机的有害排污及净化
4.1　内燃机的有害排放物 ……（101）
4.2　汽油机有害排放物的生成机理 ……（101）
4.3　影响汽油机有害排放的因素 ……（103）
4.4　柴油机喷注分区模型 ……（107）
4.5　柴油机有害排放物的生成机理 ……（109）
4.6　影响柴油机有害排放的因素 ……（113）
4.7　内燃机有害排放物的净化方法 ……（123）

第 5 章　水污染

5.1　水污染概述 ……（128）
5.2　水污染 ……（133）
5.3　特定水体的污染及自净 ……（146）

第 6 章　水处理

6.1　水处理的基本方法 ……（158）
6.2　物理处理法 ……（159）
6.3　生物处理法 ……（169）
6.4　化学处理法及物理化学处理法 ……（178）
6.5　水处理系统 ……（185）

第 7 章　固体废物处理

7.1　概述 ……（188）
7.2　固体废物处理方法 ……（189）
7.3　典型废物的处理 ……（199）
7.4　固体废物的综合利用 ……（204）

第 8 章　噪声控制

8.1　噪声基础 ……（211）
8.2　吸声与隔声 ……（217）
8.3　消声器 ……（222）
8.4　工业常见噪声的控制 ……（229）

第 9 章　节能原理

9.1　概述 ……（241）
9.2　节能原理 ……（243）
9.3　热平衡 ……（246）
9.4　设备的热平衡 ……（254）
9.5　㶲平衡 ……（259）

第 10 章　节能技术

10.1　工业锅炉节能技术……（266）
10.2　风机与水泵节能技术……（268）
10.3　热管及热泵技术……（275）
10.4　余热利用……（280）
10.5　热电联产……（285）

第 1 章　能源与环境

各种生物的繁衍生存都需要消耗能量。能量在生物圈中流动，被生物轮流使用、转化、贮存。太阳是地球生态的主要能源。经过漫长岁月的进化，地球已贮存了数量可观的能源。人类在相当长时间内没有意识到这些贮存能源会日渐枯竭。

自然界的生物各自在一定的环境中生存和发展。在自然环境中，人类创造了不同于其它生物的社会环境。随着人口增长、生活提高、生产发展，能源消耗在不断增加，人类活动对自然环境的影响日益加重，能源应用造成了严重的环境污染。人类需要协调环境与发展的关系。

1.1　生态与能源

1.1.1　生态系统与生态平衡

生物及其生存的环境构成一个生态系统。自然界由各种各样的生态系统所组成。在生态学研究中，通常划出一个特定的生态系统，如一片森林、一个湖泊、一条河流。它是具有一定的结构和功能的独立体系，同时它又同外界具有一定的联系。在这个生态系统中，动物、植物与环境相互进行物质、能量的交换，随时因需要而调整，处于一种动态的平衡状态。

1. 生态系统

在生态系统中，主要活动角色有生产者、消费者和分解者，它们和系统中各种无生命物质，如水、大气、矿物质等构成一个综合整体。

生产者主要是绿色植物。它们从太阳获得能量，同时从土壤吸取养分，通过光合作用，制造成高能量的物质，以化学形式贮藏于有机物分子结构中，供自己生长发育之需或供食用植物的其它生物使用。生产者又叫自养生物。在生态系统中由供养关系形成食物链，每一环叫一个营养级。生产者称为第一营养级。

消费者是食用植物的生物或互相食用的生物，主要是动物。它们直接从生产者摄取高能物质，转化为自己的能量，用于贮存和生命活动。消费者又叫异养生物。在食物链中它们属于第二、第三等若干营养级。比如食草动物以植物为食，它们是第二营养级；食肉动物又以食草动物为食，它们是第三营养级；等等。

典型的食物链例如：树叶—昆虫—鸟，草—鹿—虎，浮游植物—浮游动物—小鱼—大鱼，等等。在鸟兽虫鱼中，又各有互相食用的供养关系。从光合作用开始，到各级消费者的活动，一连串的能量转换过程中，大量的热量逐步损失，因此自然界很难存在五个营养级以上的食物链。

分解者是有分解能力的微生物，主要是细菌和真菌。它们以生物系统中的废物或死亡的动植物为食，把这些有机体转化为简单的无机物。分解者又叫腐化性生物。它们使高级消费

者分解,又回到了初级状态。生产者以日光为能源,利用这些无机物进行新的生产。

2. 生态系统中的能量流动

能量和营养物质在生态系统中流动。从生态学来看,能量流动是一种单向流失的过程。太阳能是生态系统能量的最初来源。从绿色植物的光合作用开始,各个营养级的生物,都利用能量来运动和生长,能量经历各个阶段时,不断以热量形式损失。营养物质的活动则是一种循环运动。最初由植物制造出高能物质,被其它生物食用后,有一部分以另一种有机物形式贮存起来。最终高能物质被分解为无机化合物,重新进入为植物利用的再循环运动。

从热力学来看,能量是守恒的,它从一个地方传递到另一个地方,或从一种形式转化为另一种形式,而总的能量保持不变。前述能量在生态系统中流动损失,只不过是由集中变得分散,或者说,沿着转化方向,由它所能获得的功的数量越来越少了。

食物链中的能量转换效率很低。植物通过光合作用从太阳得到能量。照到地球表面的阳光只有一少部分被植物叶子接收 进一步地,照射到植物的光线也只有少部分被吸收。在水源和营养成分充足、植物蓬勃生长的理想条件下,全部照射到叶子表面的阳光,约有 4% 被有效利用。植物由此转化的能量除本身生长所需,还有其它活动。贮存下来可供动物食用的部分约占吸收太阳能的 1%。

动物也是如此。从植物或其它动物摄取能量,其转换效率约为 10%,大部分能量或未被食用,或食用了但未被吸收。于是随营养级升高,能供养下一级使用的能量急剧减少。如前所述,更高级的营养级难以存在。

这正是热力学第二定律的一个例证。能量在食物链中移动,整个过程是熵的增加过程。制造出更复杂的生物材料的同时,需要损失更多的热量。光合作用中二氧化碳和水产生碳水化合物和氧,碳水化合物又转化为蛋白质,其转移效率总是低于第二定律规定的热力学极限。

3. 生态系统的物质循环

生态系统中每一种生物维持生命都需要多种化学元素。其中,氧、碳、氮、氢、磷五种元素是构成生命有机体的主要物质,占全部原生质的 97%,它们在生物与环境体系内进行循环。对人类生存和环境保护来说,最主要的是水、碳、氮、硫的物质循环。水的循环在第 5 章介绍。

1) 碳循环

碳在自然界中以有机和无机两种形式存在。无机形式主要有二氧化碳和碳酸盐。碳的循环如图 1.1 所示。大气中 CO_2 含量虽然只有 0.035%(体积比),但作用非常重要。绿色植物通过光合作用,将 CO_2 和水合成为有机化合物,消费者呼吸过程中又分解成 CO_2 释放回大气。死亡的生物有机体被分解,蛋白质、脂肪、碳水化合物的有机碳又转化为 CO_2 和无机盐类,重返大气。化石燃料燃烧,生成 CO_2,排向大气。火山爆发时,地下的碳酸盐岩浆迸发,向空中排放 CO_2。反之,大气中的 CO_2,一部分为江海、雨雪吸收,一部分用于植物光合作用。通常,这些循环保持了生态系统中的 CO_2 的物质平衡。

随着人类燃用化石燃料的增加,向大气排放 CO_2 的气体量迅速增加。如果这种增加超过自然界中碳循环的吸收能力,CO_2 的平衡就会破坏。近年来的观察结果表明,大气中 CO_2 的浓度确实在不断升高。过量排放的 CO_2 也被视为污染物,它对全球气候的潜在影响不可忽视。

2) 氮循环

虽然大气中含有丰富的氮,但这种自由氮不能为生物直接利用。植物通过几种途径吸收

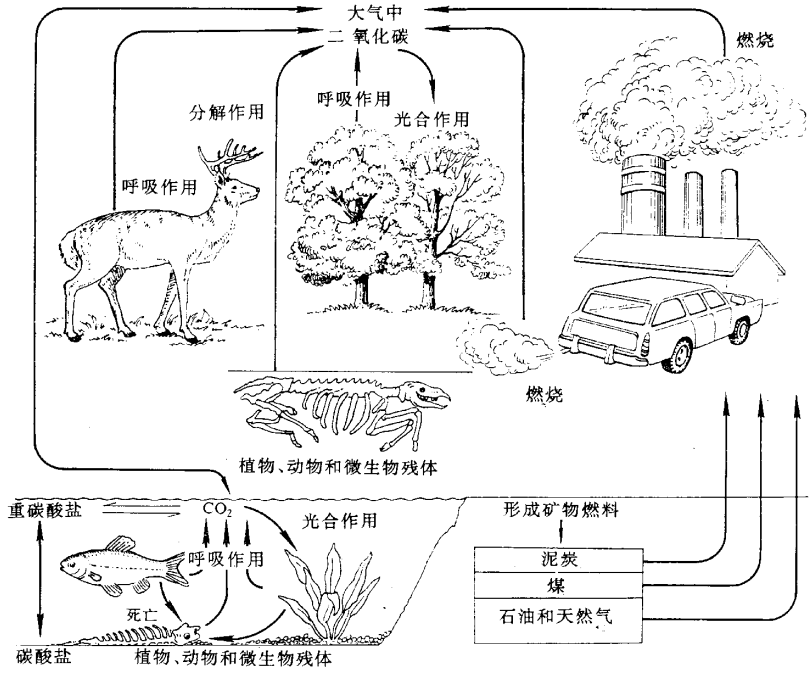


图 1.1　碳循环图

氮。寄生在豆科植物如大豆、紫苜蓿等根部的根瘤菌有固氮能力,把大气中的氮氧化为硝酸盐形式供植物吸收;水中的蓝藻也能固氮,使氮进入有机物。雷雨时通过电离作用,能将氮氧化,随雨水进入土壤,被植物吸收。死亡的有机体中的有机氮,经硝化细菌分解为硝酸盐,回到土壤中供值物吸收。人工制造氮肥,把大气中的氮合成为氨或铵盐,供植物利用。人工固定的氮远远超过自然固定的氮。

植物将硝酸盐与碳结合,合成氨基酸,继而联结构成蛋白质。动物从中摄取,作为自身的营养来源。

食物链中的分解物、排泄物分解为氨,进入土壤;亚硝化细菌和硝化细菌将其转化为硝酸盐;土壤中的反硝化细菌则把硝酸盐分解成氮分子,氮重回大气,构成循环。氮的循环示于图 1.2。

考察氮的循环,对研究环境问题十分重要。一方面,有机氮是蛋白质的主要成分,而蛋白质是动物不可缺乏的营养物质;另一方面,使用含氮化肥会污染水体;燃烧化石燃料生成氮氧化物会污染大气。

3)硫循环

硫的循环由自然作用和人类活动所推动。其基本过程是:陆地、海洋中的硫,通过生物分解、火山爆发等进入大气;矿物中含硫的化石燃料和金属矿石,被人们燃烧、冶炼,氧化成 SO_2 或还原成 H_2S,排入大气;另外也会随酸性废水进入水体和土壤。大气中的硫,通过降水、沉降和表面吸收等,回落到陆地和海洋;地表径流将硫送入河流、海洋。硫的循环如图 1.3 所示。

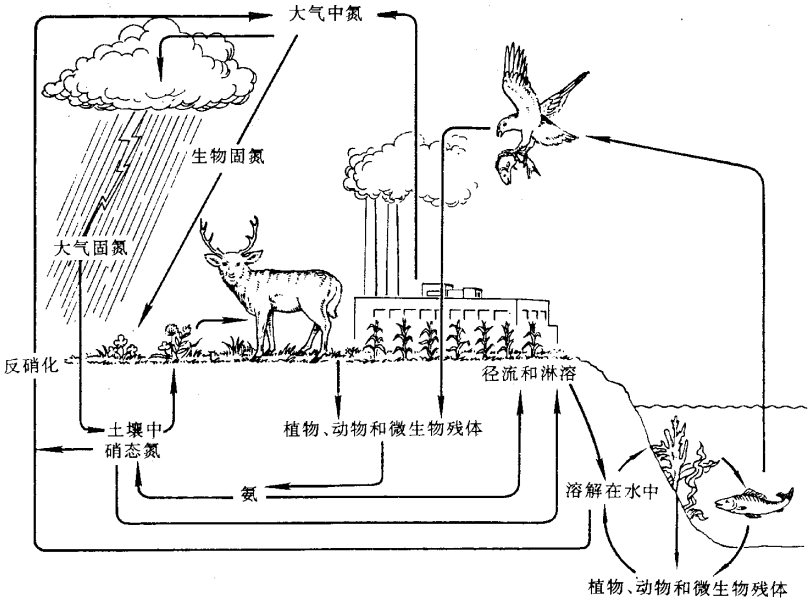


图 1.2　氮循环图

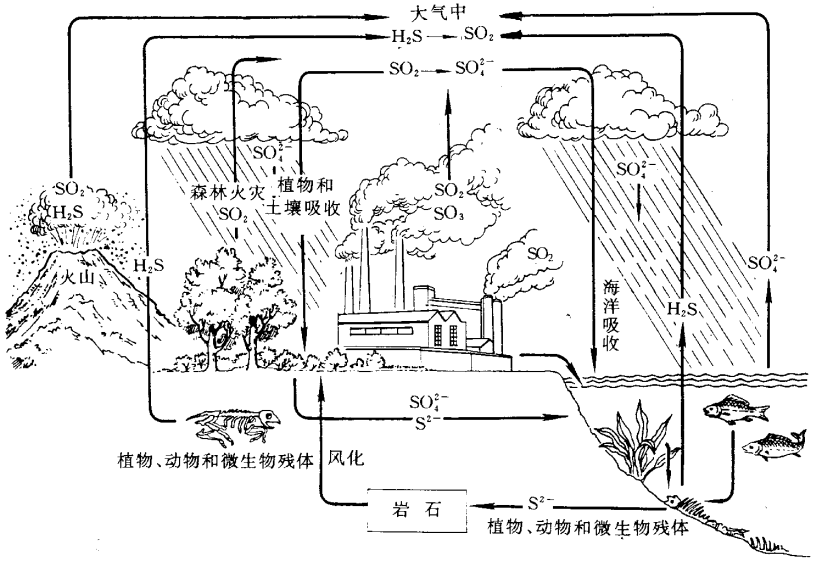


图 1.3　硫循环图

需要全本请访问 www.ertongbook.com

植物从大气、土壤、水分中吸收硫，构成植物机体。而后植物残体被微生物分解，生成 H_2S 逸入大气。地壳和岩石中的硫，随火山爆发、岩石风化，以 H_2S、SO_2、硫酸盐形式排入大气。海底火山爆发，产生的硫一部分溶于海水，一部分逸入大气；海洋中生物残体腐败，其生存时吸收的硫重新释放到海水中。海浪飞溅，使硫最终以硫酸盐形式进入大气。大气中的 SO_2 或 SO_4^{2-}，降落陆地和海洋后，或被土壤、植物和海水吸收，或随河水流入海洋，沉积海底。这种自然循环过程，在没有强烈的外界干扰时，硫的循环流动是平衡的，不会在大气中浓集 SO_2 危害人类及其它动植物。人类燃烧化石燃料，向大气排放大量 SO_2；炼制石油排放的 H_2S，进入大气也氧化成 SO_2。这些对自然界硫循环的干预，超过了自然界的吸收转化平衡能力，从而造成环境污染。

4. 生态平衡

生物同气候条件及周围其它生物通过能量流动和物质循环，调节大气圈的组成物质，保持某一平衡状态。生态系统受到一定程度的外来干扰时，具有恢复平衡状态的性能，即自我调节机制。一定的生态系统抵抗外部影响的性能，取决于该系统的生态适应能力。生态学指出，一个生态系统中，生物种类越多，与物种连接的食物链环越多，则该生态系统越稳定。例如丛林就是一个非常稳定的系统；而北极地区则非常脆弱，因为在那里食物网简单，轻微的干扰就会引起严重的生态失调。

生态平衡就是在某些特定条件下，能适应环境的生物群体相互制约，使生物群体之间及生物环境之间，维持一种恒定状态。例如，以树叶为食的某种昆虫增多，以这种昆虫为食的鸟会随之增加；于是抑制了该昆虫总数，使得枝叶再度茂盛。如果人类来喷撒杀虫剂，昆虫被杀，鸟也随之减少；天敌的减少，加上可能培养出抗药性，这种昆虫会迅速增长。当然，若将通常食用的树叶吃光，并且没有与之相关的食物可用，则昆虫又会被限于某一数量之下。

虽然生态系统对外界干扰有自动调节能力，但是干扰超过其承受能力，达到破坏生态规律的程度，就会失去平衡造成灾难。破坏生态平衡的因素，有人为的，也有自然的。自然因素如火山爆发、地震、台风、洪水、干旱等，可能引起生态平衡的破坏。

人类破坏生态平衡的某些途径如图 1.4 所示。燃烧化石燃料等造成空气污染，危害植物生长，影响人类及其它动物健康，腐蚀材料。砍伐森林，乱垦草原，缩小植被面积，扩大沙漠，严重削弱了生态系统的调节能力。农药、化肥、捕猎、污水排放、废物抛弃，都会对生态环境造成严重破坏。

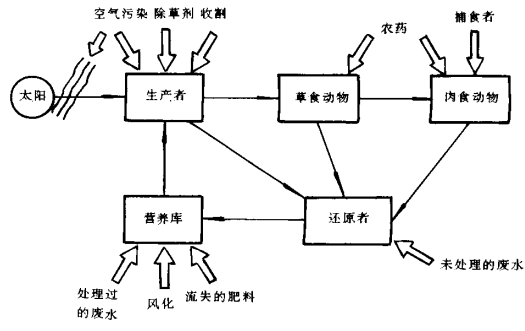


图 1.4　人类活动破坏生态平衡的某些途径

21 世纪，工业界将学习自然界的生态系统，调整生产体系和消费体系，逐步放弃对工业废物的处理，转而致力于减少废物的产生，开发无废技术。一门称为‘工业生态学’的新学科产生了。

1.1.2 能源

能源是人类赖以生存和发展的基础。人类活动的各个方面,工农业生产、交通运输、科技文化,无一不需要消耗能源来推动正常运作。随着人类社会的发展,能源的利用也随之变化。18 世纪工业革命,蒸汽机的发明,使能源由草木转向了煤炭;19 世纪末,内燃机又将能源扩展到燃用石油。二次世界大战以后,计算机时代使电能需求量急剧增长,能源利用主要依靠的化石燃料日渐枯竭,人们又大力发展核能,同时探索开发其它能源。随着经济发展速度的增长,能源消耗随之剧增。能源的生产和消费方式对环境的影响日益突出。当前,世界各国都面临着经济发展与环境保护的协调问题。

1. 能源分类

自然界中可能被人类开发利用,得到能量的自然资源称为能量资源。有的已被开发,有的尚待开发。

能量资源可分为三类:第一类是来自太阳的能量。有直接来自太阳的辐射能,即通常所说的太阳能;有间接来自太阳的能源,如化石燃料、水能、风能、海洋能。第二类是地球本身贮存的能量,如地球内部的地热能,地球上的可用铀、钍、氘、氚等裂变聚变的核能。第三类是月亮、太阳、地球之间产生的能量,如潮汐能。

在这些资源中,已有一部分正在被人类消费使用。被广泛应用的能源称为常规能源,如煤、石油、天然气、水力、核裂变。除水能外,由于化石燃料和核裂变燃料的消耗速度远大于生成速度,故称为贮存性能源。另一些由于技术、经济的限制,尚未大规模开发利用的资源,称之为新能源,如太阳能、地热能、海洋能、生物质能、核聚变等。新能源不仅数量巨大,种类繁多,而且使用清洁,不易污染环境;又因它们(除核能外)消耗与补充速度可以持平,故又称连续性能源,或可再生能源。水能也属此类。

从环境污染程度来说,目前主要的常规能源,煤、石油、核裂变燃料都是不清洁能源;天然气污染较轻;水力是清洁能源。而新能源均是清洁能源。

自然界中现成存在,可直接取用的能源称为一次能源,如煤、水力、太阳能等等。经过加工或形式转换的能源称为二次能源,如焦炭、汽油、电力、蒸汽等等。

2. 化石燃料

化石燃料指煤、石油、天然气、油页岩等。之所以叫化石燃料,是因为这类燃料是地壳内动植物遗体,经过漫长的地质年代,经历长期的化学、物理变化而形成的。化石燃料中的化学能最初来源于太阳。植物通过光合作用收集、转化了太阳能,接着转存于动植物的有机体中,成为化石燃料的原料。从数百万年前照到绿色植被的太阳能,到今天埋在地下的化石燃料的化学能,不仅需要漫长的岁月,而且转换效率极低。可见,目前地球上储存的化石燃料是多么宝贵而且有限。

1) 煤

煤是人类最早利用的矿物燃料。19 世纪末到 20 世纪初,煤成为主要能源。其间,世界煤炭产量增长很快,1870 年世界煤产量 2.5 亿 t,1910 年为 11 亿 t。近几十年来,发达国家增加石油等其他能源的消费,煤炭不再是第一能源。例如,美国的煤炭在石油、天然气之后居第三位;日本则因煤炭资源缺乏,主要能源是石油、天然气、水力和核能。但就世界范围内来说,尤其在中国,在今后十年乃至几十年内,煤炭仍将是主要能源之一。在燃用化石燃料中,燃煤对环境污染最为严重。因此,发展清洁燃煤技术是目前的迫切任务。

世界煤炭总产量如表 1-1 所示。

表 1-1　世界煤炭总产量

年　份	1910	1940	1970	1980	1985	1990	1995
年总产量(亿 t)	11	17	30	37.7	43.6	47.83	45.30

地球上煤炭的资源难以准确估计。1972 年美国艾夫里特(Paul Averitt)估计,世界煤炭资源约 16.8 万亿 t,可开采的煤储量为 7 600 亿 t,1993 年《能源》报道,世界煤资源为 8.4 万亿 t,1987 年末确认可采量为 13 113 亿 t。煤在地球上的分布很不均匀。大部分煤蕴藏在北温带。亚洲煤的资源占世界总量的一半 北美洲的煤资源则是除亚洲外其他大陆总和的一半以上。俄罗斯、美国、中国、波兰、德国、英国、澳大利亚、南非和印度等九个国家集中了世界煤炭资源的 90%以上。中国、美国、俄罗斯三国的煤产量常常占世界总产量的一半以上。

我国煤炭资源储量多,分布广而不均衡。1992 年探明煤炭保有储量约为 9 800 亿 t。中国大陆 31 省、市、自治区,除上海市外,都有煤炭资源。全国 2 000 多个县,851 个县有可观的煤炭探明储量。目前,山西、内蒙古、贵州、安徽、陕西五省区合计占全国总储量的 75%。江南 10 省区合计仅占全国总量的 2%,山西目前仍是我国最大的煤炭基地,煤炭保有储量占全国的 1/3,煤炭年产量占全国的 1/4,均为全国第一位。但是随着煤炭勘探工作发展,我国煤炭储量分布正在变化。华东、中南地区煤炭资源少,且人口和工业密集,经济发展快,长期以来存在北煤南运的问题。

我国煤炭不仅储量大,且品种多,质量较好,无烟煤、烟煤、褐煤及石煤,样样俱全。华北地区煤炭储量多而质量好,华东、中南地区储量少且煤质差。

我国煤炭年产量及其在总的能源生产量中的比重如表 1-2 所示。

表 1-2　中国原煤产量及其占能源生产总量的比重

年　份	1949	1952	1957	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1996
年总产量(亿 t)	0.324	0.665	1.3	2.32	3.45	4.82	6.2	8.7	10.8	12.9	13.7
比重(%)	96.3	96.7	94.9	88	81.6	70.2	69.4	72.8	74.1		

2) 石油

人类进入 20 世纪,从内燃机发明到目前为止,石油是人类尤其是发达国家的最重要的一种能源。石油及其产品的勘探、生产、运输、贸易、消费,不仅使石油工业成为世界上最大的工业之一,而且在环境和地质科学中,石油占据了极其重要的位置。

石油在生油层中生成,在压力作用下,迁移到颗粒粗、孔隙大的储油层中。与煤不同,石油若沿岩层渗透到地面,则会逸出外部环境而散失,因此尽管油田也是有深有浅,但最终石油总是保存于不透水层圈闭之中。美国宾夕法尼亚的第一口油井深 21.2m,而俄克拉荷马的一口井则深达 9 160m。采油时,靠自然压力或压入水、气体以增加压力,使石油从油井流出,大部分石油仍留在岩石孔缝中。采油技术不同,采出的石油占油田总储量的百分率也不同。目前

能采出油田全部储油的 1/3。在探测新油田的同时，人们还设法从现有油田中采出更多的石油。

石油的产出遍及各大洲。但目前的石油分布是不均匀的。由于经济和工业技术的原因，有的地区勘探和开采进行迅猛，有的发展缓慢——这并不意味着这些地区石油资源不丰富。新油田的发现也许会改变世界石油的布局。目前主要的产油国集中在两个石油带：一是东半球的地中海—中东—印尼一带，中东的产油大国如沙特阿拉伯、科威特、伊朗、伊拉克等；一是西半球的沿太平洋西海岸地区，从美国阿拉斯加、加拿大、美国西部、墨西哥、委内瑞拉、哥伦比亚到阿根廷。

中国被认为是贫油国家的时代虽然成为过去，但我国的石油资源看来不及煤炭资源丰富。据《能源》1994 年报道，石油总资源量为 87 亿 t。目前石油探明储量集中在黑、鲁、冀三省，其可采量约占全国总量的 70%，全国有 22 个省区发现了油、气田。主要油田有大庆、胜利、大港、任丘、辽河、克拉玛依、冷湖、玉门、南阳等。此外在沿海大陆架勘探中，先后发现了渤海、南黄海、东海、珠江口、北部湾和莺歌海六个大型含油盆地。

20 世纪前半叶，1904～1948 年的 45 年间，中国生产石油总量为 295 万 t；年产量从未超过 10 万 t。50 年代以来，我国进行了大量的石油地质勘探工作。先是西部的准葛尔、塔里木、柴达木盆地，后是松辽、渤海湾盆地，发现和开发了克拉玛依、冷湖、大庆等油田。到 1963 年，中国原油年产量达到 648 万 t，从而结束了使用洋油的历史；1965 年开始出口原油。1978 年，中国原油年产量突破 1 亿 t，进入世界主要产油大国行列。中国历年原油产量总的来说是逐年增长的（见表 1-3）；其中 1978～1983 年在 1 亿 t 徘徊。

表 1-3　中国历年原油产量

年　份	1957	1962	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1996
年总产量（亿 t）	0.014 6	0.057 7	0.113 2	0.506 5	0.770 6	1.059 5	1.249	1.38	1.49	1.59
比重（%）	2.1	4.8	8.6	14.1	22.6	23.8	20.9	19.0		

3）天然气

天然气主要指油系天然气即油田气和气田气；此外还有煤系天然气。天然气的发现通常与石油相似，但不完全相同——近年来在比石油更深的地层下发现了天然气。不论是与石油伴生的油气还是单独的气田气，天然气的成分通常是较轻的烷烃，主要是甲烷，还有乙烷、丙烷和丁烷等。燃用天然气，排放污染很轻。天然气主要用作工业、民用燃料，以及化工原料，也用于发电。例如，日本 1992、1993 年天然气发电量均占全年总发电量的 23%。

世界天然气资源所含能量，大体与石油储量相当。目前估计全球总资源量在 2.5×10^6 亿～3.5×10^6 亿 m^3 之间。主要产气国有美国、俄罗斯、加拿大、荷兰、墨西哥等。美国也是天然气消费大国，近年来的年消费量约占世界总消费量的 60%，另外的消费大户是日本和欧共体国家。

据目前报道，我国的天然气总储量为 3.3×10^5 亿 m^3。气田气主要分布在川、黔两省，其储量约占全国总量的 70%，油田气分布在辽河、大港、南阳等油田。在我国能源生产总量中，天然气所占比重很小（见表 1-4）。我国天然气绝大部分用于工业燃料或化工原料，民用燃料

约 10%，作为发电能源的部分极小。即使在将来，天然气也不会成为中国的主要发电能源。

表 1-4　中国近年来天然气的年产量及占能源生产总量的比重

年　份	1980	1985	1989	1990	1991	1992	1995	1996
年总产量(亿 m^3)	142.7	128.3	144.9	152	154	151	172	199
比重(%)	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		

3. 水能

人类以水能作为动力能源由来已久。3 000 年前中国人就在黄河沿岸架起了水车。100 年前，法国人建起了水力发电站。而今，南美洲建起了装机容量为 10 360 和 12 600MW 的大型水电站。在挪威、巴西、加拿大等国，水电是本国电能的主要部分。

水能是既清洁又可连续再生的能源。不像燃用化石燃料的火力发电，水力发电没有废热、气体、固体废物排放，无环境污染；再者，江河滔滔奔流，汇入大海，靠太阳辐射将水分蒸发，送入空中，回落大地，汇成江河，如此循环往复，川流不息。还有，水电站运行灵活，启停迅速，宜于调峰；水电将一次、二次能源同时开发，不像火电要涉及燃料供应。因此，世界各国都尽力开发本国的水力资源。

据 1993 年《世界水能资源》统计，全世界水能资源如表 1-5 所示。发达国家如日本、美国、加拿大，以及西欧各国如法国、瑞士、瑞典、意大利、挪威等，都已开发经济可开发水能资源的 50%以上，一些发展中国家如巴西、阿根廷、土耳其、印度、委内瑞拉等也已开发 13%～22%。

我国的的水力资源十分丰富(见表 1-5)。但主要集中在西南地区，占全国总量的 68%。其次是中南地区，占 15%。金沙江水力资源最丰富，从虎跳峡到向家坝，可装机 4 900 万 kw。长江干流从宜宾到宜昌，包括三峡，可建 4 级水电站，总装机可达 3 380 万 kw。雅砻江、大渡河、澜沧江、红水河、黔江都有丰富的水力资源。黄河、华东、华北、东北地区水力资源已开发不少，但仍有可观数量可供开发。就经济可开发量来说，全国 1980 年开发不到 3%；1991 年为 9.9%，继续开发潜力很大。

表 1-5　世界与中国的总水能资源　(10^4 亿 kw·h/年)

	理论水能蕴藏量	技术可开发量	经济可开发量	已开发量(1991 年)
世界总量	35	15	9.35	2.27
中　国	5.922 2	1.923 3	1.260 0	0.124 8

水电的问题在于：

(1) 分布不匀。从地理条件来说，水力资源丰富处往往在崇山峻岭之中，远离需要能量的地方，且输送困难；从自然条件来说，水能随汛期、平水期、枯水期变化，除非建造特大水库。

(2) 必须建筑水坝，形成水库，以得到一个垂直落差。这将对环境带来影响，如淹没耕地，移民，天然风景的破坏，鱼类等生物的存亡等诸多不易解决的问题。

(3) 进水有沉积物，天长日久积填水库。

4. 新能源

随着常规能源的迅速耗竭，人类不得不努力寻求可连续再生的、无污染的替代能源。这些新能源包括太阳能、风能、海洋能、地热能、生物质能、核能等。

(1) 太阳能：太阳不断地进行将氢变为氦的核聚变反应。虽然地球获得的太阳能，只是太阳辐射能量的极少部分，但其数量已足够巨大。太阳能的利用方式，有直接利用热能的水加热、太阳蒸发、蒸馏装置；有将其转化为电能的太阳能电池；有光—化学转换的化学蓄热方法。太阳能安全、清洁，又取之不尽，但目前的问题是装置成本太高。

(2) 风能：地球表面气压高低不同使空气运动形成风。太阳热辐射对赤道与极地之间、陆地与海洋之间，以及不同季节的不均匀，形成全球效应的不同的风。我国风能资源最丰富的地区是新疆西北部、内蒙、辽东半岛，年均风速 4～5m/s，我国已有数万台中、小型风力发电机在运行，如新疆达板城风力电站等。

(3) 海洋能：主要包括波浪能、潮汐能、温差能。利用海浪波动，驱动涡轮机工作，目前已用于灯塔、浮标的灯光电源。潮汐能是利用潮涨潮落造成的水落差来推动水轮发电机的。法国朗斯海湾有 24 万 kW 的潮汐发电站；我国在山东、浙江等地有 100～300kw 的潮汐电站在运行。热带海洋表层温度约 27℃，深海则为 4℃，利用这个温差可使工质蒸发、冷却，以驱动涡轮机。热带海水温差的利用目前尚在试验阶段。

(4) 地热能：地球内部蕴藏着巨大的热量，其分布随深度而增加，在合适的地质、水文条件下，形成热水或蒸汽的地热田。世界上已有不少地热电站。我国在西藏羊八井等地热点开始了发电试验，目前地热能主要用于采暖、医疗等。

(5) 生物质能：植物利用光合作用得到的有机质，如木材、农作物废料、市政地下污水等，均可用作能源。

(6) 核能：核能在我国尚未作主要能源使用，故通常划在新能源之列。但核裂变在国外已用数十年，如法国、日本、比利时、瑞典、德国，以及韩国、匈牙利等，核电占据总发电量的很大比例(30%～77%)。因此，国外已不将核裂变列入新能源范围。新能源中的核能只指核聚变。将氢原子核熔合为氦原子核，即氢的聚变反应。原料氘可从海水中提取。核聚变反应堆的建造尚在初试阶段。

与化石燃料相比，通常认为新能源不造成环境污染。然而，随着新能源的广泛使用，本来局部的影响也会给人类和自然界带来严重危害，如太阳能电池生产中使用的有毒物质、风能装置的噪声、地热能开发溢出的硫化氢等。因此，新能源的开发利用同样要充分考虑环境保护。

1.2 能源应用与环境污染

能源的开发利用过程可分为三个阶段：开采开发、能量转换、消费应用。化石燃料、核裂变燃料需要开采、加工；水能、风能、地热能等需要开发。由于目前人类活动消费能源以电能、热能形式为主，所以大规模应用的能源都需要能量形式的转换。能量转换过程造成的环境污染最为严重。

虽然环境问题已引起人们的关注，对每一问题都已经或正在考虑对策，但由于经济、技术、社会等条件的限制，目前远未达到能源应用与环境保护相协调的程度。要解决环境与发展的矛盾，为自己和后代创造一个优美的生存空间，人类尚需付出很大努力，来推动科技发展、经济

需要全本请访问 www.ertongbook.com