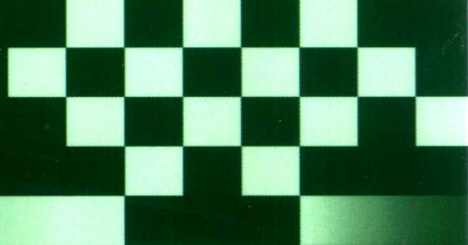




高等学校教材



环境、化学与 可持续发展

许群 主编



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校教材

环境、化学与可持续发展

许 群 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

环境、化学与可持续发展/许群主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 7

高等学校教材

ISBN 7-5025-5770-9

I. 环… II. 许… 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 068401 号

高等学校教材

环境、化学与可持续发展

许 群 主编

责任编辑: 杨 菁

文字编辑: 刘莉珺

责任校对: 凌亚男

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 11¼ 字数 270 千字

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5770-9/G · 1540

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

有关环境的讨论是当前的热门话题，人们对环境的关注已从片面的末端治理发展到将环境与发展经济进行统筹性思考，不仅注意到由于环境污染所产生的严重影响，而且要更深层次地探究环境问题产生的经济社会原因及其在此基础上的解决途径。摒弃将环境与发展经济分裂的观念，采用可持续发展为标志的绿色新思想。作者身为化学工作者，抱着弘扬环境与发展经济双赢的积极态度，从化学的角度分析了环境问题，同时又站在化学的立场列举了化学解决环境问题的办法，从而建立了将环境处理与发展经济相互协调的观念。

只有走可持续发展的道路，才能实现中国的跨越式发展。一些发达国家对自然资源的过度开发和不合理地发展经济所造成的自然资源枯竭和生态环境恶化，已成为各国政府面临的一大难题，近几年来，许多国家的政府都把环境保护提到国家的社会经济发展战略高度来考虑，他们的努力值得我们借鉴。本书的作者曾在德国 Karlsruhe 核研究中心做博士后研究，吸取了国外解决环境问题的先进经验，参考了大量有关文献资料，提供了许多很有价值的人们当前十分关注的保护环境的方法，本书的出版将对我国经济的可持续发展提供有益的途径，将使我们对环境关注从简单的忧虑走向积极有效的防治。

中科院院士 吴养洁

2004 年 6 月

前 言

环境问题已是一个引起世界关注的主题，对其关注已从环境污染的末端治理转向了对环境问题的整体性思考。很长时间以来，环境被视为外在于人类的范畴，但随着环境日益恶化，一方面人们在抱怨，一方面人们开始警醒地发现，人类与环境之间是互动的，正是由于人类的所为才导致了今天环境的恶化。值得庆幸的是人类终于有了此认识，人们认识到人与自然环境之间的和谐，不应当仅仅是人类获取更大利益的一种手段，而是人类生存的根本目的。

化学的产生及化学制品在给人们带来极丰富的物质享受的同时，也给环境带来了后患，人们在即将走向极端——诅咒或禁用化学制品时，已意识到化学同样可用来改善环境，化学家在身为化学品的的设计者同时，也在承担改善环境的义务和责任。作者身为化学工作者，经常会反思自己的工作。这种反思在自己到德国从事高访时达到了极致，不断地产生疑问，同在一个地球，为何环境有如此天壤之别？

因此在这本书里除了论述环境问题，还主要阐述了环境与化学的关系问题，从环境科学进行引申，首先在第1章和第2章综合概括技术与化学的关系问题，并将环境化学定义为研究化学物质在水、土壤、空气和生物环境中的来源、反应、运输、影响和最终命运以及在此基础上科技所造成的影响的科学；继而在第3章～第6章，将环境化学分为对土壤、空气、水和生物环境的研究以及科技产生的影响几个方面来论述；在第7章介绍了工业生态学原理，主要利用工业生态学的思想在有效利用矿物资源和能源方面给予了关注，除了传统能源，还介绍了核能、风能和太阳能等；在第8章介绍工业生态学的实践即如何避免产生废物以及废物的再利用。除了介绍大气环境、水环境、土壤环境，以及其中涵盖的与化学的关系，在第9章还介绍了一些国家在保护环境、优化环境以及节约资源方面一些值得称道的做法，这对我国发展经济而又不以牺牲环境为代价具有积极的借鉴意义。

维护环境，发展经济，打破资源与环境的瓶颈制约，必须坚持科学的发展观，走可持续发展的道路，在本书的最后一章，介绍了什么是可持续发展及其涉及的诸如循环经济、清洁生产、绿色GDP等有关内容。

在本书的编著过程中，编者参阅并引用了大量专著及相关文献，在此对有关作者表示深深的感谢，尤其要感谢潘岳、曹凤中等老师，因为他们的著作给予了深刻的影响和启发。

另外，也要感谢本人的两名研究生彭琦和李建波，在大量外文文献的查阅过程中他们给予了本人无私的帮助。

最后需要说明的是由于本人水平有限，书中疏漏之处在所难免，敬请专家及读者给予批评和指正。

许 群

2004年5月于郑州大学

内 容 提 要

本书将环境科学分为对土壤、空气、水和生物环境的研究以及对科技产生的影响几个方面来论述。第1章从总体上解释了环境科学,综合概述了环境科学、技术与化学的关系问题。第2章介绍了人类的住房、运输、通讯、农业和制造业对人类的健康和周围环境的影响,总结了人类活动圈对地球和整个环境的作用,并介绍了工业生态学的基本概念。第3章讲解大气和大气化学,介绍了大气的组成、物理特性、能量和物质转移以及大气中的化学反应。第4章讲解人类活动对大气圈的影响,分别分析了温室气体、全球变暖、酸雨、臭氧层破坏、光化学烟雾以及核冬天的起因和危害,并进行了反思和提出相应的对策。第5章讲解水污染及水处理,介绍了自然界和人类制造的各类水污染物(微量元素、放射性元素、金属、无机物、有机污染物和农药等)对水质的破坏作用,阐述了天然水、城市用水和工业用水的净化处理和循环利用技术。第6章讲解土壤环境化学,土壤和农业、土壤的本质和组成等。第7章介绍了工业生态学及其实施,期望在减少不可再生资源 and 能源的消耗的同时提高环境质量。第8章讲述废物最小化,并讨论不可避免产生废物的处理方法。在最后两章中分别介绍了国外环境保护措施及有关可持续发展的内容。

本书适用于高等院校化学化工专业的高年级学生以及研究生阅读,同时适用于关注环境的化学工作者以及社会科学工作者,亦可作为理、工、农、医等专业教育的参考用书。

目 录

1 环境、技术和化学	1
1.1 环境科学概述	1
1.2 环境化学和环境生物化学	2
1.3 水、空气、土地、生物和技术	3
1.4 生态学和生物圈	4
1.5 能量和能量循环	6
1.6 物质和物质循环	8
1.7 人类的影响和污染问题	13
1.8 科技——提出的问题 and 解决的方法	13
参考文献	14
2 人类活动圈、工业生态系统和环境化学	16
2.1 人类活动圈	16
2.2 技术和人类活动圈	16
2.3 基础设施	17
2.4 住房	19
2.5 运输	19
2.6 通讯	20
2.7 食物和农业	20
2.8 制造业	21
2.9 人类活动圈对地球的影响	22
2.10 人类活动圈对整个环境的作用	23
2.11 人类活动圈和工业生态学	24
2.12 环境化学	25
参考文献	27
3 大气和大气化学	28
3.1 概述	28
3.2 大气的重要性	29
3.3 大气的物理特性	29
3.4 大气中的能量转移	32
3.5 大气的物质转移、气象学和气候	33
3.6 逆增与大气污染	36
3.7 全球气候与微气候	37
3.8 大气中的化学和光化学反应	38
3.9 大气中的酸-碱反应	43
3.10 大气中氧气的反应	43

3.11	大气中氮的反应	46
3.12	大气中的二氧化碳	47
3.13	大气中的水	48
4	遭受危害的全球大气	49
4.1	人类对大气圈的影响	49
4.2	温室气体和全球变暖	50
4.3	酸雨	51
4.4	臭氧的破坏	52
4.5	光化学烟雾	53
4.6	核冬天	54
4.7	反思与对策	55
	参考文献	56
5	水污染及水处理	57
5.1	自然与各类水污染物	57
5.2	微量元素	58
5.3	重金属	58
5.4	准金属	60
5.5	有机边界金属和准金属	60
5.6	无机物	61
5.7	海藻营养物和富营养化	62
5.8	酸、碱和盐	62
5.9	氧、氧化剂和还原剂	63
5.10	有机污染物	63
5.11	水中的农药	65
5.12	多氯联苯	67
5.13	水生环境中的放射性元素	68
5.14	水处理及使用	71
5.15	城市用水处理	71
5.16	工业用水处理	71
5.17	污水处理	71
5.18	工业废水处理	74
5.19	除固体	74
5.20	除钙和其他金属	75
5.21	除溶解有机物	77
5.22	除溶解无机物	78
5.23	污泥	80
5.24	水消毒	81
5.25	天然水净化	82
5.26	废水利用和循环	83
	参考文献	83

6 土壤环境化学	84
6.1 土壤和农业	84
6.2 土壤的本质和组成	85
6.3 土壤中的酸碱和离子交换反应	90
6.4 大量营养素和微量营养素	91
6.5 氮、磷、钾	92
6.6 土壤中的微量营养素	94
6.7 化肥	94
6.8 土壤中的排泄物和污染物	95
6.9 土壤流失和降解	97
6.10 基因工程和农业	98
6.11 农业和健康	98
参考文献	99
7 工业生态学、资源与能源	100
7.1 前言	100
7.2 地质圈中的矿物	100
7.3 提取与开采	101
7.4 金属	102
7.5 金属资源和工业生态学	104
7.6 非金属矿物资源	107
7.7 磷酸盐	108
7.8 硫	108
7.9 木材	109
7.10 能源问题	110
7.11 世界能源	111
7.12 能量守恒	111
7.13 能量转化过程	111
7.14 石油和天然气	113
7.15 煤炭资源	114
7.16 核裂变能	116
7.17 核聚变能	117
7.18 地热资源	118
7.19 太阳能	119
7.20 生物质能源	120
7.21 未来的能源资源	121
7.22 通过应用工业生态学获得更多的能源	122
参考文献	123
8 废物最小化	125
8.1 引言	125
8.2 废物的减少和最小化	126

8.3 循环利用	126
8.4 废物处理的物理方法	128
8.5 废物处理的化学方法	131
8.6 光化学反应	134
8.7 热处理方法	134
8.8 生物降解法	136
8.9 土地填埋和堆肥化	137
8.10 废物预处理	137
8.11 废物后处理	139
8.12 渗滤液和喷出的气体	139
参考文献	140
9 环境保护及其措施	141
9.1 重视环境跨学科研究	141
9.2 形成环保应用技术体系	141
9.3 推崇绿色技术	142
9.4 注重企业环保	143
9.5 整治城市环境	143
9.6 美国的水质保护措施	145
9.7 德国的绿色文明	145
9.8 以色列——“关爱环境”的国度	147
9.9 澳大利亚的湿地保护	149
9.10 韩国的环境发展战略中的前沿技术和节能技术开发	151
10 可持续发展	154
10.1 循环经济	155
10.2 绿色消费	158
10.3 绿色 GDP	160
10.4 清洁生产	163
全书参考文献	168

1 环境、技术和化学

1.1 环境科学概述

本书阐述的是关于环境与化学的关系问题。为了很好的理解这个主题，有必要从总体上解释一下环境科学。从广义上讲，环境科学是研究发生在陆地、大气层、海洋、生物和人类环境之间复杂的相互作用的科学，它包括所有影响或描述这些相互作用的学科，如化学、生物学、生态学、社会学和管理学。书中将从土壤、大气、水和生物环境的研究以及科技产生的影响等几个方面来论述。在对生物有机体开展其生命循环的方式和地点的探究中，环境科学在很大程度上得到了发展。自然历史这门学科在近几年发展成为生态学，它主要研究影响有机体的环境因素和有机体与这些环境因素以及这些环境因素之间的相互关系^[1]。

人类居住的环境在科技的影响下发生了不可逆转的改变，这种改变可能向好的方向发展，也可能向坏的方向发展。在本书中，主要讲述科技如何影响环境以及通过什么样的方式将环境科学知识运用到其中去，才能给所有生命赖以生存和发展的地球带来益处，而不是造成破坏。

如图 1.1 所示，大气、水、土壤、生物和科技之间存在着紧密的联系。因此，从某种意义上可以说该图概括和总结了全书的主要内容。

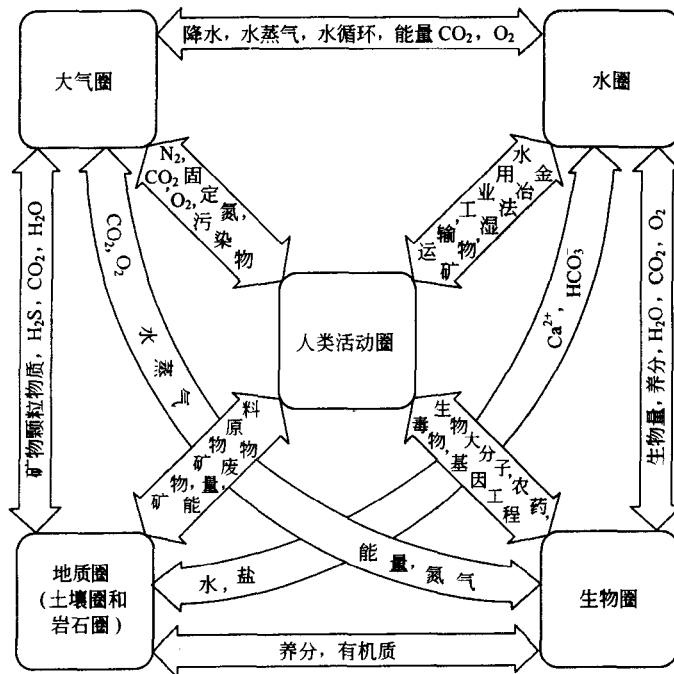


图 1.1 大气圈、水圈、地质圈以及生物圈之间的联系

对于环境科学的研究从传统意义上可以被分为四个方面：大气圈、水圈、地质圈（土壤圈和岩石圈）和生物圈。大气圈是指覆盖地球表面的一薄层气体，它不仅是气体的仓库，还具有调节地球表面温度、吸收太阳光能量并破坏紫外线辐射、从赤道地区运输能量和作为水循环中水蒸气运动途径的作用。水圈包括地球上所有的水，其中 97% 以上是海水，在余下的淡水中，绝大多数是以冰川形式存在的。因此，地球上的水实际上只有很小一部分参与了陆地、大气和生物循环过程。除了海水以外，水可以通过发生在大气层的环境过程和循环形式如以地下水形式和以小溪、河流、湖泊、池塘和水库等地表水的形式参与循环。地质圈由固体泥土组成，包括支持大多数植物生长所必需的土壤。地质圈与大气层、水和生物相互作用，其中直接参与到环境过程中的那一部分是固体岩石圈，它的厚度在 50~100km 之间。岩石圈中最重要的是与环境中其他领域相互作用的部分，这也正是人们所关注的，它主要是由轻度硅酸盐化的矿物质组成的很薄的一层，被称作地壳。地球表面的所有生物构成了生物圈。

1.2 环境化学和环境生物学

环境化学包括许多不同的学科。从对平流层中氟利昂反应的研究到对海洋沉积物中 PCB 沉淀的分析，都属于这个范畴，同时它也囊括了由厌氧型细菌生物合成的具有挥发性和可溶性的金属有机化合物的化学和生物化学学科，除此之外，人们还可以给出成千上万种其他环境化学现象的例子。人们把环境化学定义为研究化学物质在水、土壤、空气和生物环境中的来源、反应、运输、影响和最终命运，以及在此基础上科技所造成的影响的科学。

环境化学并不是一门新兴的学科。从 20 世纪初到 1970 年为止的大半个世纪里，有无数研究人员在这个领域中取得了杰出的成就，他们大多来自于研究学院或工业团体，许多成果的发明者，他们所受的基本教育甚至不是化学。因此，当杀虫剂被合成出来的时候，是生物学家首先观察到杀虫剂的使用会造成一些不良的影响；当清洁剂被研制出来的时候，是公共卫生工程师看到在几米厚的泡沫覆盖下，废物处理工厂的通风口消失时感到大吃一惊；而湖泊学家则对原本正常的湖泊突然之间被发臭的藻菌植物堵塞感到迷惑不解。面对这些长期存在的环境影响以及近年来出现的更为严重的问题，例如有毒废物造成的影响，说明仍然有一些化学家在研制新材料时没有将环境化学考虑在内。

(1) 环境化学和环境化学家

近年来许多化学家开始投入到环境问题的调查研究中去，这是一个鼓舞人心的趋势。各学校的化学系已经注意到环境化学课程开始受到学生们的欢迎，许多研究生也被吸引到环境化学的研究中去。在众多的招聘化学专业人才的招聘广告中，吸引了相当数量的环境化学家。训练有素的环境化学家至少可以帮助避免环境管理部门的麻烦，而且在开发有利的污染控制产品和工艺过程中也是有帮助的。

每一位化学专业的学生都必须了解环境化学的一些背景知识，而化学家们必须掌握生态学知识，否则是相当危险的。化学家们必须注意到他们的产品和工业过程有可能对环境造成的影响。而且，在化学产品和化学工艺过程的广泛应用中，必须想方设法解决造成的所有环境问题。

环境化学与传统的化学有很大区别，它并不是仅将其改换了封面和题目。它处理的是自然系统的问题，比纯粹的化学更加复杂和困难。有时候学生会觉得它很难掌握，一些教师觉

得也是如此，因为他们都习惯了那些相对简单的、规定明确的鲜明的概念，而觉得环境化学的定义含糊不清。通常情况下，很难想出一个简单的方法来解决环境化学问题。但是，随着知识体系的不断增加，环境化学家可以对环境系统是如何运行的作出合理的判断。

(2) 环境化学中的化学分析

环境化学需要解决的一个主要的问题是环境中具体污染物质的性质和数量的确定，因此，化学分析是环境化学研究中至关重要的第一步。对于许多环境污染物质的分析是非常困难的。空气污染物质的显著水平可能小于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ；对于许多水污染物质，质量分数占到百万分之一（实质上是 $1\text{mg}/\text{L}$ ）时，含量就已经很高了；还有一些环境污染物质的显著水平可能在每兆分之几。因此，用于研究一些环境系统的化学分析仪器需要有很高的灵敏度。

然而，环境化学并不等同于分析化学，分析化学只是研究环境化学的众多分支学科中的一个。对于环境控制，人们采取了很多费力的方法，包括试图控制每一种可能污染物的每一个环境功能、增加化学家的雇佣和提高分析仪器的销量等，这些用于探测和解决环境问题的方法是很麻烦的，而用于环境保护的可靠方法应该比那些聪明得多。为了让化学为解决环境问题作出最大的贡献，化学家需致力于对环境中化学物质的来源、反应和运输的理解上，分析化学是这个工作中最基本和至关重要的部分。

(3) 环境生物化学

关注环境最终的目的还是对于生命本身的关注。环境生物化学就是具体涉及到环境化学物质对于生命的影响的学科。与之相关的毒物化学是研究有毒物质的化学，重点放在它们与生物组织和生命有机体之间的相互作用上^[2]。

1.3 水、空气、土地、生物和技术

鉴于以上的定义，可以从图 1.1 中概括的水、空气、土地、生物和人类之间相互作用的观点来考虑环境化学。下面这一部分总结了五个环境圈以及它们之间的相互关系。

(1) 水和水圈

水的化学分子式为 H_2O ，它是所有环境体系中最重要的一种物质。水覆盖了地球约 70% 的表面，它存在于所有的环境中——海洋是一个巨大的海水库；它以河流湖泊形式存在于地表；以地下水形式存在于地下；以水蒸气形式存在于大气中；以固体冰的形式存在于极地冰川中。此外，它还存在于人类生活的方方面面，例如锅炉或城市水分配系统中。水是所有生命系统所必需的，是生命赖以生存和发展的媒介。

能量和物质通过水在环境的不同区域内转移。水从矿物质中过滤出可溶解的成分，将其携带到海洋中或者沉积到某处；水通过植物根部将植物营养素传输到植物体中；海水蒸发吸收的太阳能以潜热形式转移并释放到陆地上，潜热的释放提供了大量的能量，从赤道地区传到极地。

(2) 空气和大气层

大气层就像一层保护膜，它哺育了地球上所有的生命，保护它们不受外太空恶劣环境的损害。它是植物光合作用所需 CO_2 和呼吸作用所需 O_2 的来源；它为固氮细菌和制氮工厂提供了 N_2 ，用于生产生物分子的基本成分——化学键合的氮；作为水循环的基本部分，大气层将水从海洋带到陆地，就像是巨大的太阳能蒸馏器的冷凝器一样。大气层可以吸收太阳发射的有害的紫外线，稳定地表的温度，起到了一个重要的保护作用。

大气学是研究大气层、大气热平衡、大气化学组成和反应中气团的运动情况的科学。

(3) 土地

土地是地球上人类居住和获取食物、矿物和燃料的部分。土地可以被分为多层：固体、富铁内核、熔融外核、地幔和地壳。环境科学主要关注的是岩石圈这一部分，岩石圈由外地幔和地壳组成。地壳是最接近人类的地球的外层皮肤，和地球的直径比起来，地壳的厚度很薄，只有 5~40km。

地质学是研究地球的科学，它研究的主要是地壳中的固体矿物质，同时也必须考虑到水，因为水在岩石风化和矿物质的形成中起着重要的作用。大气层可与地质圈进行物质和能量交换，对其有着深刻的影响。生命系统大多存在于地质圈之中，因而对它也有着重要的影响。地质学应用在化学上就是地质化学，它用于解释地质物质的性质和行为；应用于物理学中，可以解释物质的机械行为；应用于生物学，可以解释地质圈和生物圈之间的相互作用^[3]。现代科技对地质圈也有深刻的影响，例如利用现代科技手段可以移动大量的尘土和岩石。

(4) 生物

生物学是研究生命的科学。它是基于生物合成的化学物质之上的，其中有许多是以大分子形式存在的。人类最关心的还是环境与生命之间的相互作用，因此，生物学是环境科学和环境化学的关键。

(5) 人类活动圈和科技

科技是指人类利用物质和能源的方式。在现代，科技在很大程度上是基于科学原理发展产生的，科学是有关能量、物质、时间和空间相关的自然现象理论的发现、解释和发展。工程学是在基础科学上，为达到具体的实用目的提供计划和方法，科技再利用这些方法来实现所需的目标。

在研究环境科学时，有必要考虑科技、工程学和工业活动，因为它们对环境有着巨大的影响。人类利用科技可以获得生存和健康所需的食物、住所和商品。人们面临的一个挑战是如何将科技与一些出于环境和生态学方面的考虑融为一体，使二者互相促进，而不是处在一个对立面上。

如果科技能够得到合理的运用，可以对环境保护起到巨大的积极作用，最明显的体现在空气和水的污染控制中。科技在发展高效的能量转化过程、可再生能源的利用和原材料转化为成品时得到最小毒副产物中的应用日益增加。在运输领域，例如将科技合理地运用到高速火车运输中，可以极大地提高运载人和货物的速度、能效和安全性。

直到最近，人们在追求技术进步的同时才开始留意其对环境的影响。如今，最大的技术挑战是如何协调科技和其对环境造成的影响。人类和地球的生存需要将已建立的科学和技术的两向联系转变为科学、技术和环境保护这三者之间的联系。

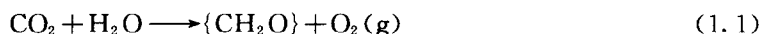
1.4 生态学和生物圈

(1) 生物圈

生物圈是指由有机生物和活的生物材料组成的环境部分。实际上所有的生物圈都包含在地质圈和水圈与大气层交界的一层很薄环境区域内，尽管在海洋深处也有一些特殊的生命形式，但它们仍然是很接近大气层界面的。

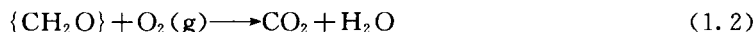
生物圈和环境的其他部分之间是互相影响的，通常认为有机生物是促使地球从原来稀薄的大气层转变为富氧大气层的原因，这个过程同时也导致了大量氧化物沉淀的形成，例如铁以 Fe_2O_3 的形式沉淀下来。可以进行光合作用的有机物从大气中吸收 CO_2 ，从而可以避免地球表面温室效应的失控。有机生物对水体有强烈的影响，它可以产生水中生物所需的物质，调节水中的氧化-还原反应。有机生物在地质圈的岩石风化过程中也发挥作用，使岩石可以转化为土壤。地衣由藻类和真菌共生而成，它们紧紧依附在岩石上，并释放出某种化学物质，可以将岩石缓慢地溶解掉，同时又能保持岩石表面的潮湿，从而加速它的风化。

生物圈是以植物的光合作用为基础的，光合作用是将太阳能和来自于大气 CO_2 中的碳固定在高能物质中，由 $\{\text{CH}_2\text{O}\}$ 表示：

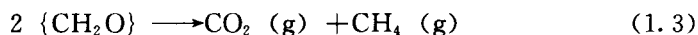


植物和藻类都是自养生物有机体，它们都是利用太阳能或化学能，将简单的非生命的无机物转变为构成有机体的复杂的生物分子。与之相反的生物降解过程，可在有氧或无氧条件下进行。

有氧呼吸条件下：



无氧呼吸条件下：



有氧和无氧条件下都可以降解生物，并向大气中释放 CO_2 ，无氧条件下发生的反应是大气中 CH_4 的主要来源。这些过程中不可降解的部分作为有机物质残留在水生沉淀物和土壤中，对这些固体的性质产生了重要的影响。通过光合作用固定的氮是地质圈中所有化石燃料的基础。

生物圈和人类之间有着紧密的相互联系，人类从生物圈中获取食物、燃料和原材料，人类对于生物圈的影响也在不断变化着。化肥、农药和耕作活动极大地增加了生物、谷物和食品的产量。栖息地的破坏正导致着大量生物的灭绝，甚至还包括一些尚未被人们发现的生物。利用 DNA 重组技术的有机体的生物工程和古老的选择和杂交技术正在使有机体的性质发生巨大的改变，在将来还可能出现更惊人的变化。人类有责任利用自己的智慧去改变和保护生物圈。

(2) 生态学

生态学是研究生物有机体与它们的物理环境之间以及它们各自之间的关系的科学^[4]。可以从以下两个方面来了解生态学：①环境以及环境对其中的有机生物的需求；②有机生物以及它们如何适应环境条件。一个生态系统由互相作用的有机生物和可进行物质相互循环交换的环境组成。生态系统中除了能源和物质与能源交换的途径以外，还具有物理的、化学的和生物的组成。特定的有机体生存的环境被称作它的栖息地，有机体在栖息地中的作用被称作它的功能。

为了方便研究生态学，通常将环境分成四大类：陆地环境是由陆地上的生物群落区组成的，例如草地、热带大草原、沙漠或许多种森林中的一种；淡水环境可被分为死水栖息地（湖泊、水库）和流动水栖息地（小溪、河流）；海洋环境是以海水为特征的，大体上可分为浅海区域和海洋区域，前者由大陆架的浅水构成，后者由更深的海洋构成；共生环境是两种或多种有机体为了互相的利益而在一起共同生存的环境。

描述生态系统时，一个重要的因素是群落，它是由占据特定栖息地的特定物种的数量组成的。种群的数量可能是稳定的，也可能呈指数增长，称作数量爆炸。当数量爆炸难以控制时，将导致资源枯竭、废物积聚和由过度掠夺食物造成的种群数量突然下降的现象，被称作数量崩溃。区域内的行为，如等级制、领地、社会压力和给养形式对决定种群的命运起着巨大的作用。

现代生态学的两个主要分支是生态系统生态学和种群生态学，前者将生态系统看作一个大的单元，而后者试图从个体单元的性质来解释生态系统的行为。实际上，这两种方法通常是配合使用的。描述性生态学用于描述生物有机体和它们的生存环境的类型和本质，重点在于生态系统和群落的结构；功能性生态学用于解释生态系统如何运作，包括种群如何适应环境的改变以及物质和能量如何通过生态系统进行传递。

在现代工业化的社会里对生态学的理解是很有必要的，使之与环境保护相互协调发展。应用生态学可以预测科技和发展的影响，对于哪些活动会对生态系统有最小的负面影响，哪些会有正面影响提出建议。

1.5 能量和能量循环

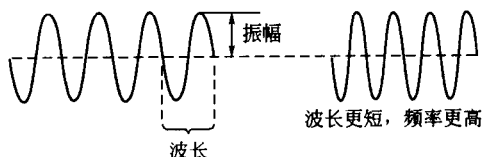
生物化学循环和地球上几乎所有的其他过程都是由太阳能驱动的。太阳作为一个所谓的太阳黑子发射体，其有效表面温度为 $5780\text{K}^{[5]}$ ，它以电磁辐射形式向地球发射能量，最大能量流大约为 500nm ，处在光谱的可见光区。在太阳光线垂直照射的 1m^2 的区域上，最上方大气层接收到的能量速率为 1340W 。

(1) 光和电磁辐射

电磁辐射，尤其是光，是环境系统中最重要的可以供人们利用的能量。因此，以下列出了需要注意的与电磁辐射相关的重点内容。

- 能量在空间中可以通过电磁辐射的形式，包括可见光、紫外辐射、红外辐射、微波、无线电波、 γ 射线和X射线，以光速传播（在真空中为 $3.00 \times 10^8 \text{m/s}$ ）。

- 电磁辐射具有波的特性，波以光速 c 传播，描述波的性质的参数有波长 (λ)，振幅和频率 (ν)，如下图所示：



波长是波前进一个完整的周期所需的距离，频率是单位时间内波前进的周期数，它们之间的关系用下式来表示：

$$\nu\lambda = c$$

式中， ν 的单位是 s^{-1} （称作赫兹 Hz）， λ 以米 (m) 为单位。

- 电磁辐射不仅具有波的行为，还具有微粒的性质。

- 电磁辐射的波粒二象性是电磁辐射的量子理论的基础，该理论指出能量是不连续的，存在着能量的最小单元（光量子或光子），物体发射或吸收的能量必须是这个最小单元的整数倍，而且是一份一份地按不连续的方式进行的。每个光子的能量为 E

$$E=h\nu$$

式中, h 是普朗克常数, 为 $6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 。

从以上可以看出, 相关的波的频率越高 (波长越短), 光子的能量也就越高。

(2) 生命系统中的能量流动和光合作用

物质通过生态系统可以循环使用, 但是有用的能量的流动实质上却是一个单向过程。到达地球的太阳能可以被看作高级能, 因为它能引发有用的反应, 如太阳能电池中的电的产生和植物体中的光合作用。如图 1.2 所示, 绿色植物捕获的太阳能产生叶绿素, 叶绿素继而又促进代谢过程, 将水和二氧化碳转化为碳水化合物。这些碳水化合物是储存化学能的仓库, 它们可以转化为热量, 通过代谢作用, 在有机体中与氧气反应而工作。最后, 大多数能量被转化为低级的热量, 这些热量最终又通过红外辐射, 从地球上辐射出去。

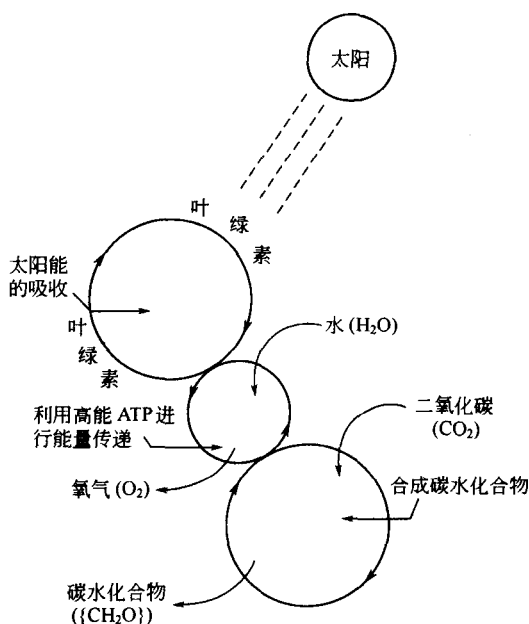


图 1.2 通过光合作用进行的能量转化与传递

(3) 能源利用

在近两个世纪中, 不断增长的庞大的人口数量对于能源利用的影响, 导致了人类目前面临许多环境问题。这段时期中, 人们对于能源的利用发生了一个巨大的转变, 从对能量的单一的利用 (通过植物的光合作用捕获太阳能, 然后转化为化学能的形式加以利用, 例如用食物提供肌肉动力, 用木材提供热量) 发展到现在, 在所有的商用能源中, 化石燃料汽油、天然气和煤的利用占 90%, 核能利用占 5%。尽管化石能源的实际数量极大地超过了 19 世纪 70 年代“能源危机”期间所作出的悲观的估计, 但是它们仍然是很有限的, 况且其潜在的污染问题也是很严重的。此外, 一个尤为重要的事实是所有的化石燃料都可以产生温室气体 CO₂, 因此, 人们有必要转移到对包括太阳能和生物能在内的可再生能源的利用上去。在环境科学中, 对于能源利用的研究是至关重要的, 本书其后将对工业生态学、资源和能量之间的关系进行详细的讨论。