

“211 工程”重点建设项目“生物多样性与区域生态安全”
生物多样性与生态工程教育部重点实验室共同资助

人类生态学

任文伟 郑师章 编著

中国环境科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

人类生态学/任文伟, 郑师章编著. —北京: 中国环境科学出版社, 2004. 9
ISBN 7-80163-935-9

I. 人… II. ①任…②郑… III. 人类生态学—高等学校—教材 IV. Q988

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 079893 号

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: www.cesp.cn
电子信箱: zongbianshi@126.com
印 刷 北京联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2004 年 9 月第一版
印 次 2004 年 9 月第一次印刷
印 数 1—4,000
开 本 787×960 1/16
印 张 21.25
字 数 380 千字
定 价 28.00 元

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

序

随着人类社会的经济发展，人口、资源、环境问题日益尖锐。如何理解以及正确处理人与自然之间的关系，已经成为当今人类保护地球资源和社会未来可持续发展的一个重要挑战。越来越多的有识之士认为：生态环境问题不仅仅是科学家的事情，也是上层决策者和普通老百姓的事情，生态环境问题的解决取决于三者的有机结合。普及生态知识，培养生态意识已成迫切需要。国内已有高等院校开设《人类生态学》课程，大学生中许多人将是我们国家未来的决策者和科学家，也是社会普及生态环境知识，提高生态环境意识的主力军。

任文伟博士和郑师章教授主编的《人类生态学》是一本很好的教材。它突出了人的作用——主观能动性，既有破坏性，又具有建设性，强调通过人的文化适应，建立生态伦理学是非常必要的；同时指出只有遵循地球生物化学循环的规律，人类社会才能达到可持续发展；并认为通过应用生态学的各项途径进行技术创新，人类社会可以改善生态环境，提高自身的生活质量。该书内容新颖、详略得当，既有必备的理论知识，又有许多生动案例分析，并对该领域的一些前沿研究做了比较合适的介绍。我希望该书的出版能为推进我国可持续发展，实现经济发展与环境改善的双赢而发挥应有的作用。

金鉴明

2004年4月14日

目 录

绪论	1
一、人类生态学的由来	1
二、人类对自然生态系统的影响	3
三、人类面临的困境和出路	6
第一章 人类社会发展的物质基础和能量来源	8
第一节 岩石圈——土地、粮食、森林和能源	10
一、岩石圈的组成和结构	10
二、土壤的形成和发展	15
三、土地资源	16
四、森林资源	20
五、矿产资源及能源	26
六、沙漠化与沙尘暴	28
第二节 水圈和水资源	35
一、水圈的形成和水循环	35
二、淡水资源	38
三、水体污染及其主要污染物的迁移转化规律	43
四、水危机	46
第三节 大气圈和全球变化	50
一、大气圈的起源和演化	50
二、大气圈的结构和性质	51
三、大气圈中的环境问题	54
第四节 生物圈和生态因子	66
一、生物圈与生物地球化学循环	66
二、生境与生态因子分类	70
三、生态因子及其效应	73
四、生态因子作用的一般特征	86

五、人类——当今世界最大的进化力量	89
第二章 人类种群的增长	99
第一节 种群生态学的基本概念——种群的增长	99
一、种群的统计特征	100
二、种群的增长模型	106
三、种群的数量变动与调节	109
四、种群的遗传与进化	111
第二节 人类种群	116
一、人类种群的增长现状与发展趋势	116
二、人口种群的调节	123
三、环境的人口容量	128
第三章 人类与生物群落	131
第一节 生物群落的基本概念	131
一、生物的种间关系	131
二、群落的基本特征	134
三、生物群落的分类	139
四、群落演替	142
第二节 生物多样性的保护	146
一、生物多样性的概念及保护生物多样性的意义	147
二、生物多样性的价值	150
三、我国生物多样性的特点	158
四、我国生物多样性受威胁的现状及其原因	159
五、生物多样性保护及生物资源持续利用的必要性和紧迫性	162
第四章 人类活动下的全球生态系统	165
第一节 人类与地球生态系统	165
一、土地的转变	166
二、海洋生态系统的退化	168
三、生物地球化学循环的变更	170
四、生物变化	173
五、人类活动下的全球生态系统	175
第二节 生态系统结构	176

一、系统论与生态学系统.....	177
二、生态系统的概念.....	180
三、生态系统的结构.....	181
第三节 生态系统中生物地球化学循环.....	189
一、物质循环的一般特点.....	190
二、全球生物地球化学循环.....	192
第四节 人工生态系统.....	201
一、农业生态系统.....	201
二、城市生态系统.....	207
三、航天器生态系统.....	218
四、自然生态系统、农业生态系统与城市生态系统之间的比较.....	220
第五节 保护生态平衡.....	222
一、生态平衡.....	222
二、盖娅假说.....	222
三、生物圈二号.....	223
四、保护地球、维护生态平衡.....	225
第五章 人类、环境与健康.....	226
第一节 环境、环境污染与环境疾病.....	226
一、环境.....	226
二、环境污染.....	229
三、环境疾病.....	234
第二节 环境问题与人类健康.....	235
一、主要的全球性环境问题与人类健康.....	235
二、主要环境污染与人体健康.....	243
第三节 健康与环境的整合——生态大众健康.....	255
一、健康与环境：一个共同的框架和一个共同的实践.....	255
二、将健康因素放到更大的生态环境背景中来讨论.....	257
三、环境与健康的整合.....	261
四、生态经济学：健康与可持续发展.....	266
五、持续、公正、和平与（绿色的）健康政策.....	271
第六章 人类社会可持续发展的生态途径.....	275
第一节 生态工程.....	275

一、概述	275
二、生态工程、环境工程和生物工程	277
三、生态工程学原理	279
四、生态工程案例	287
第二节 生态经济	291
一、概述	291
二、生态价值评估	293
三、将资源核算纳入国民经济核算体系	297
第三节 生态设计	300
一、概述	300
二、生态设计的原理	304
三、生态设计与城市生态学及景观生态学	307
第四节 工业生态	309
一、概述	309
二、生态工业学的产生	311
三、案例分析：卡伦堡生态工业共生体系	314
四、生态工业与生态工业园区	317
五、生态工业与循环经济	318
第五节 生态伦理	319
一、概述	319
二、当代生态伦理学的主要思想	321
三、文化多样性与生态伦理	329
参考文献	330

绪论

一、人类生态学的由来

生态学 (ecology) 一词源于希腊文 oikos, 其意为“住所”或“栖息地”。从字义上讲, 生态学是关于居住环境的科学。生态学一词是 1869 年由德国动物学家海克尔 (Ernst Heinrich Haeckel, 1834—1919) 首先创立, 并定义为: “生态学是研究动物与有机物及无机环境相互关系的科学”。1935 年, 李顺卿曾建议把 ecology 译成环象学, 但最后大多数学者还是采用日本东京大学教授三好学 (1861—1939) 1895 年的翻译, 即把 ecology 译成生态学, 经武汉大学张挺教授介绍到我国, 并使用至今。一百多年来, 生态学在许多方面得到很大的发展, 但在前期人们更多的是站在第三者的立场上, 以动物、植物和微生物为对象, 研究它们的个体和群体的生态学规律。1935 年英国生态学家坦斯利首创了生态系统的概念, 把生物与其环境之间的关系作为一个不可分割的整体进行研究, 从此生态学发展进入了一个新的阶段。

虽然, 生存环境关系到每个人以及子孙后代的切身利益, 但是起先人们并不感到存在什么问题。第二次世界大战以后, 人类生活更加安定, 人口数量增长进入了新的高峰, 随着科学技术的发展, 生产力的提高, 一系列问题相继出现, 全世界面临着人口爆炸、资源枯竭、能源危机、粮食短缺、环境污染等五大问题的挑战。恩格斯曾经说过: “科学的发生和发展一开始就由生产所决定的”。现代生态学就在这样特定的历史条件下, 即有社会需求的动力牵引, 又有相邻学科发展的感召效应, 更有生态学本身的自我完善, 在诸多因素的共同作用下蓬勃发展起来。

1962 年美国海洋生物学家卡逊 (Rachel Louise Carson, 1907—1964) 撰写的《寂静的春天》(Silent Spring) 一书在波士顿出版。书中披露了美

国广泛使用有机氯杀虫剂(DDT)而造成环境污染的情况,毒物经过流动、转移过程,最终严重危害到人类自己,原先生机勃勃的春天,陷入了一片“寂静”。这本书的问世轰动了全美,并传播到全世界。

1968年意大利经济和工程公司经理、菲亚特汽车公司总经理佩切伊(Peccei)博士在罗马的林赛科学院主持召开了有意大利、前西德、美国、瑞士、日本等10多个国家30多位学者、专家和企业家出席的国际学术会议,讨论了与生态形势密切相关的各种全球性问题,提出了人类在当代面临的困境以及未来的前途命运问题,并成立了以研究这一重大问题为己任的非官方国际学术团体——罗马俱乐部。该团体还在不断地发展壮大,并在世界上产生了广泛的影响。

1972年美国麻省理工学院的一些科学家受罗马俱乐部委托发表了一份研究报告——《增长的极限》。这一报告的问世产生了爆炸性的影响,掀起了一场持续至今的,关于人类命运与前途问题的大论战,并且在西方触发了一系列环保运动。

世界上最大的国际组织——联合国也十分重视生态环境问题。1964年实行了IBP计划,要求生态学在为解决人类面临的实际问题中做出有益的尝试;1970年联合国科教文组织主持成立了“人与生物圈”(MAB),目前已有100多个国家加入该组织,我国已于1997年参加了这个组织。MAB规划是一个国际性、政府间的多学科的综合研究计划,是IBP的继续。它的主要任务是研究在人类活动的影响下,地球上不同区域各类生态系统的结构、功能及其发展趋势,预报生物圈及其资源的变化和这些变化对人类本身的影响,其目的是通过自然科学和社会科学两个方面,共同研究人类今天的行动对未来世界的影响,为培养全球人与环境的相互关系提供科学依据,确保在人口不断增长的情况下,合理管理与利用环境与资源,保证人类社会持续协调地向前发展。

1972年6月联合国在瑞典首都斯德哥尔摩召开了人类环境会议,有113个国家参加了这个会议,会议通过了“联合国人类环境宣言”,并通过了一个保护全球的行动计划,包括109项具体建议,会议的口号是“只有一个地球”。保护和改善人类的环境已经成为人类的一个紧迫的任务。

综上所述,到了20世纪70年代,人类再也不是站在第三者的立场上客观地研究生物(主要是动物和植物)与环境的相互关系,而是把人类自身放在生态系统中,正确、全面地看待人在生态系统、在整个生物圈中的地位 and 作用;协调人类既是自然人又是社会人的双重性之间的相互关系,以求达到人类社会经济生产和环境保护之间的协调发展,这一切都标志着

生态学的发展已经进入了人与生物圈时期，也标志着一个以研究人类为主体，以自然—经济—社会复合生态系统为重点的人类生态学的诞生。

二、人类对自然生态系统的影响

著名生态学家奥德姆(E. P. Odum)在《生态学原理》一书中指出：“当然，为了满足自己的直接需要，人类比任何其他生物更多地企图改变物理环境；但是，在改变环境的过程中人类对自己生存所必需的生物成员的破坏性，甚至是毁灭性影响也越来越增加。因为人类是异养性的和噬食性的，接近复杂的食物链末端，无论人类的技术怎样高超，对于自然环境的依赖性仍然保留着，从空气、水和食物，即我们合适地称之为‘生活资源’着眼，大城市仍然不过是生物圈的寄生者而已，城市越大，对周围地方的需要越大，对自然环境（‘寄主’）的危害威胁也就越大，至今，人类是过分忙于‘征服自然’，而很少考虑到去调节由于人类在生态系统中的双重作用——操纵者和栖居者——而产生的矛盾”。从以上的论述中可以看到奥德姆对人类在生态系统中的地位和作用的概述是比较全面的、辩证的。既看到自然人的一面，广义地说，人也是一个物种，它从动物进化而来，在生态系统中扮演的是消费者的角色，即栖居者的一面；同时又看到人的社会人的一面，人类的生活环境不只是自然环境，还包括社会环境，进行社会经济生产活动。同时，社会经济生产活动又不断地改变着环境。因此，人与环境的关系，本质上区别于其他生物，它是栖居者，也是操纵者。但是在相当长的一段时间里，人类过分地强调了操纵者的一面，夸大了主观能动性的作用，时常看到的总是人类战胜自然的丰功伟业，而很少看到作为栖居者因违背自然规律而受到惩罚的沉痛教训，当前人类面临困境的根源就在于此。

翻开人类的发展史，不难看出，由于人口的增加，生活水平的提高，人类对环境的压力不断加强，人类社会的发展过程相对于自然生态系统的稳定发展是一种“偏离”的过程。

人类生态系统的发展一般可分为四个阶段：

(1) 原始生态阶段。现代人即智人，起始于 5 万年之前，人类从树上到地面，主要依靠采集和狩猎为生，人口与环境之间靠低密度、小群体保持平衡，它是人类历史中最为漫长的阶段。这个阶段人类与杂食的哺乳动物之间差别不大，人类社会自身系统与自然生态系统没有多大区别。

就人口与环境关系而言，人口的变动对环境的影响微乎其微，而环境

对人口的制约则是这种关系中的主要方面。当时的生态系统中，人类还只是普通的成员，人类以采集和狩猎为生，人口增长受生态系统总规律的调节，这种格局在整个漫长的原始生态阶段没有产生本质的变化。变化缓慢的原因是，人口密度低、群体小、劳动力少、不可能出现劳动分工，人类的力量还不可能克服自然环境的约束，更谈不到改造环境。只是人开始使用简单的工具，并开始学会使用火，揭开了人类利用外能流的序幕。火是人的朋友，它带来了光明，也带来了文明。人类不仅用火抵制猛兽，也用火开始煮熟食物，从而减少了疾病。人类开始对环境的支配力量提出挑战。

(2) 早期农牧阶段。大约在 1.2 万年前，当人口增长到 1 000 万逼近了当时生态系统的最高容纳量。唯一的解决办法是寻找一种能在同样空间内支持更多人的途径，原始农业应运而生。原始农业可以将人口密度从 0.05 人/平方公里提高到 25 人/平方公里。人口密度与接触频度成正比，由于人口的增加，接触频繁，经济得到交流，人们开始初步的分工。动、植物的驯化，使人们得到稳定的食物供应，减少游牧，开始定居，也开始了改变地球的过程。随着驯化范围的扩大和农牧技术的进步。这一阶段火已经被应用于制陶、冶金中，工具得到更新。水磨、风车、帆船的发明扩大了体外能流的使用范围，大大增加了人类对自然生态系统的冲击强度。可以这样认为，农业的起源实质是人类完成了从依赖自然生态系统而建立由自己控制的人类生态系统的划时代转变。人类从生态系统的一般成员，转变为生态系统的中心，成为生物圈的主人。

但是，农田生态系统与自然生态系统相比较存在着很大的差别：农田生态系统是一种简单的生态系统，一般由几种农作物组成；农田生态系统是一种短命或者说是年轻的系统；同时它是一种远离平衡态的不稳定系统，需人们大量的输入才能维持和发展。对自然环境而言，开始出现自然植被退化，森林面积减少，水土流失，肥力下降等问题。

(3) 早期城市阶段。约在 6 000 年前，在美索不达米亚平原出现了人口集中的居住地，不久，在世界其它地方相继出现早期城市。人口积聚的初始化过程，把人类历史导入了一个新的生态阶段，在生态系统中物质循环也发生了多方面的变化。

首先，绝大多数居民脱离了农业生产，食物要靠郊区农民提供，市民的食品单调，实际上也是食物链上的一个重要问题，带来了由于缺少某些成分而产生的疾病，如脚气病、佝偻病、坏血病及其它传染病。

随着人口密度的增加、劳动工具的改进和劳动技能的提高，人们的消费水平也不断提高，由于劳动分工专门化，人们改造自然环境的欲望更加

强烈，出现了不合理开发，因此，人类与自然之间和谐共存的关系变得难以维持。于是大自然开始惩罚它的“主人”——人类。

最早的人类文明——巴比伦文明发生在底格里斯河和幼发拉底河平原，即美索不达米亚、现今的伊拉克。在 12000 年前就开始了农业生产，早在新石器时代，这里的土壤植被、生物群落就已经发生变化。公元前 3500 年当地农业达到鼎盛阶段。但是 1000 年后，土地受到盐碱化的严重威胁，不耐盐碱的小麦退出了这片土地，自然生态环境进一步恶化，粮食产量继续下降。这时候，两河流域灿烂的文明再也无法维持下去。古文明的消失是一面历史的镜子，值得全人类永远记取。

(4) 现代的工业阶段。工业革命以后，在科学和技术进步的推动下，人类社会进入了一个全新的生态阶段，当今世界人口倍增的时间越来越短，人们对生活的要求越来越高，对环境的压力越来越大。

首先，对空间资源的竞争日趋紧张。历史上曾是传统农业的适宜地区，现在已经人满为患，尤其是温带平原、河谷地带和三角洲地区。而且随着工业、交通和城市的发展，传统的农业体系正逐步为厂矿、道路、机场和各类市政建筑所取代。为了弥补农田的损失，索取更多的粮食和其它农产品，人们不得不砍伐更多的森林，更大规模地开发边缘地区。从本质上说，数量不断增大的人口与其它生物竞争空间资源，结果就加速了其它生物的栖居地的丧失，导致资源枯竭，使生物加速灭绝。同时，采用不适当的措施强化利用原有耕地，导致土壤侵蚀和腐殖质的损失，加速了土地的沙漠化和盐渍化。

其次，人口对其它资源的压力也大大加强。这些资源包括淡水、能源和矿产资源等。由此造成了两个方面的主要影响，一方面是供求关系的矛盾激化；另一方面由于数量庞大的非生物能源和物质进入生态系统的能量流动和物质循环的过程中，干扰了正常的生物地球化学循环，造成了环境污染。

随着交通运输的发展和商业活动的加强，区域间的关系更加密切。从生态学的意义说，一个地区人口对环境压力的增量，可以被传递到其它地区，而某一地区的人口—环境关系中的不稳定因素也可能来自相距很远的其它地区。举世瞩目的亚马逊流域热带雨林遭到大面积砍伐，并不完全是巴西政府的责任，很大程度上是由木材需求市场引起的。日本等工业强国本国森林管理良好，对森林砍伐的限制极为严格；同时，这些工业强国又是巴西、东南亚和西非商品木材的最大买主。因此从某种意义上说，环境问题是全球性的问题，没有国界。

三、人类面临的困境和出路

人类今天遇到的种种困难都是由昨天的错误决策造成的，错误的决策来源于错误的态度和认识。关于人类面临的困境有多种不同总结和观点，但对其核心是人口爆炸的认识是一致的。从人类发展史中不难看到，人口的不断增长给环境带来的压力越来越大。但是对“人口增长”将带来的后果，就有不同的看法。我国的传统观念是“多子多福”，在长期的自然经济条件下，广大农村提倡“多生一个小孩，增加一个劳动力”；而封建思想的遗毒——重男轻女、不生一个男孩就没有人传宗接代，所以不生出男孩不罢休。没有计划的生育在广大农村中有着根深蒂固的思想基础。但还是有一些科学家、经济学家具有先见之明。大约在 200 年前，马尔萨斯就看到了人口无限制的增长将带来的潜在危机。他在《人口论》中指出：“地球所能给人类提供的资源远远低于人类的需求，人口种群在不受抑制的情况下呈指数增长，而资源（这里指的是可更新的自然资源）只是以线性增长”。但当时他的预言不仅没有被接受，还受到了批判。同样在我国马寅初教授早在 20 世纪 50 年代中期，对我国的人口问题进行了认真和详实的调查，并提出了新的人口论。他主张控制我国人口的增长，以取得经济发展的平衡。但是，由于众所周知的历史原因，“人多力量大”、“人多好办事”的思想在当时占据着统治地位，马寅初教授的真知灼见非但没有被采纳，他本人反而被冠以“马尔萨斯信徒”的称号受到打击。2001 年我国第五次人口普查结果公布：中国总人口达到 12.95 亿。庞大的人口基数已成了我国不可忽视的基本国情，同时也是我国迈向现代化的沉重包袱，这就是错误决策付出的巨大代价。

在人类与环境相互关系的问题上，也有一个发展变化的过程。同样，人对环境的态度和认识也有一个发展变化的过程。最初，人与环境的关系和动物与环境的关系没有很大差别。可以说人类受环境支配，完全是“听天由命”、“靠天吃饭”。但是，由于学会了使用火，人类不断更新自己的工具，开始了改造环境的劳动，并逐渐地摆脱了环境的支配。而后，人类获得了一些主动和自由，但由于当时还没有超过环境的限度，也就得到了大自然的容忍。接着，工业革命中，人类掌握了变革大自然的强大力量，创造了前所未有的物质文明。这时候，不少人“被胜利冲昏了头脑”，错误地认为地球之广、容量之大、资源之无穷尽，足够人们任意挥霍、排污纳垢，并且提出了一些似是而非的口号，如“人定胜天”等。对这里的“天”

有着不同的理解：有的人理解为“天敌”，正因为我们战胜了“天敌”，人口种群才没有得到限制、膨胀得更快、对环境的压力更大；如果把“天”理解为自然规律，那就更糟了，如果认为人可以不受大自然规律的约束、无法无天、为所欲为、任意摆布自然，那就大错特错了。在这种观念的支配下，不可避免地导致人类与自然之间的对立达到了极限。恩格斯曾经说过：“我们决不要过分地陶醉于我们对自然界的胜利，对于每一次胜利，自然界都报复了我们”。严酷的现实使得一部分有识之士逐渐认识到人类对自然界的开发不是无限度的，人类要走出困境首先要抛弃“人类是自然之主”的虚妄意识。

1984 年联合国第 38 届大会为了迎接人类未来将要面临的挑战，委托以挪威前首相布伦特夫人为首的、由世界最优秀的环境与发展方面的专家所组成的“世界环境与发展委员会”对全球进行了为期三年的实地考察。1987 年，在第 42 届大会上发表并通过了题为《我们共同的未来》的总结报告。这份报告就当前世界环境与发展的基本矛盾和关键问题，提出了未来的希望在于经济发展必须立足于环境资源的持续发展。

广大生态学家认识到生态学的前途在于应用。不仅要加强宣传教育，提高全民的生态环境意识；另一方面更要应用生态学原理解决当前的实际问题。于是，近年来蓬勃兴起了生态经济、生态产业、生态规划、生态设计、生态工程、生态恢复、生态管理、……，并且在全球和我国取得了初步成绩。正如《我们共同的未来》一书中所指出的：“只要能够科学地认识世界，按客观规律办事，世界人口、发展、资源和环境的矛盾问题是可以逐步得到解决的，人类的前途是光明的”。

思考题：

- [1] 从人类生态系统发展的四个阶段来思考我们面临的生态困境。

第一章 人类社会发展的物质基础和能量来源

1972 年联合国在瑞典首都斯德哥尔摩召开了人类环境会议，会议上第一次通过了《人类环境会议》，并提出了“只有一个地球”的口号。会议的召开以及口号的实质是提醒人们：生命，包括人类在内，它的存在是有条件的。迄今为止，发现只有地球上才有这种条件，而且这种条件是可以被改变的，也就是说这种条件是可以被破坏的。在此，人们不仅要问什么是生命？而且还要问，生命的存在需要什么条件？用一句非常通俗的话来回答，生命是“活的东西”。所谓“活的”，就是指生命可以不断地与周围环境进行物质和能量的交换，即新陈代谢。一旦新陈代谢停止，生命也就不复存在了。在浩瀚无垠的宇宙中，有千千万万个星球，但迄今被证实有生命存在的只有地球。换句话说，只有地球才具备生命存在与发展的条件。生命的存在需要各种各样的条件，但归根结底不外乎能量和物质两大条件。

首先，这与地球和太阳之间的距离相关。地球上的最初能源——光和热来自太阳。地球接受太阳的辐射适中，光、温适合于生物的生存。金星离太阳太近，温度高于水的沸点，酷热炎炎的环境让生命无法忍受；而火星离太阳太远，温度太低、寒气凛冽，同样生命难以生存。

其次，气圈与水圈的存在则与地球本身的质量相关。地球质量达 5.98×10^{24} 千克，具有一定的地心引力，使得地球不仅有固态的物质界面，而且还有大量的液态水围绕在地球外部。地球外部还存在有不同密度的大气圈。以上所列举的水、土、气都是生命存在的物质基础。

地球表面在生命出现之前，大气的主要成分是 H_2O 、 H_2S 、 N_2 、 CH_4 、 NH_3 及 H_2 等还原性大气，缺少 O_2 ，也不存在臭氧层。当时不仅紫外线强烈，而且昼夜温差和季节温差都很大。这些条件对今天的生物而言十分有害，但却是原始生命得以形成的条件。1952 年，美国科学家米勒（S.L. Miller）在实验室中将混有 NH_3 、 CH_4 和 Cl_2 的水，流过一个电弧（模拟太阳紫外线），一周后在溶液中得到了甘氨酸、丙氨酸等氨基酸。不少人重

复实验也得到了类似的结果。大气中形成的这些有机物质在海洋中积累，那时候既没有生物的消费，也没有氧气的分解，尤其是在海洋的中层不会受到紫外线破坏。随着时间的推移，简单的有机物愈来愈多，有的形成了复杂的化合物。在太阳紫外线的辐射作用下，化合物越来越复杂，原始的生命得到了产生和发展，逐渐演化产生了光合生物。

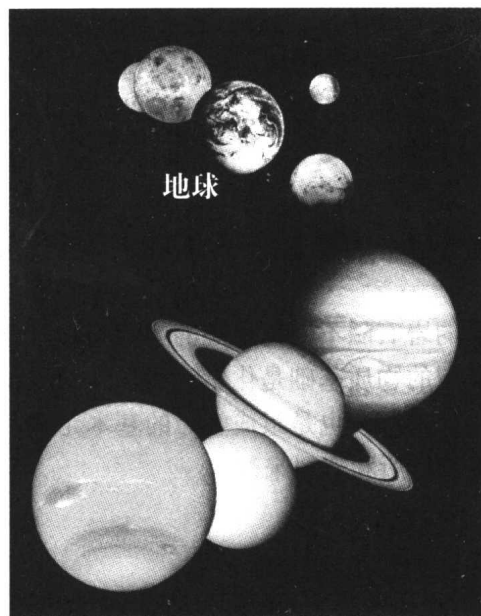


图 1.1 太阳系与九大行星

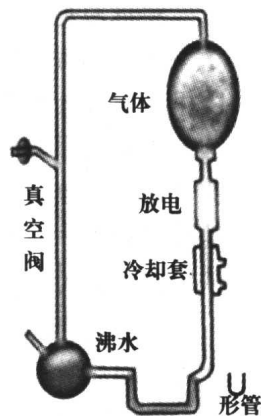


图 1.2 原始地球环境与米勒试验

从南非斯瓦茨兰的前寒武纪中期岩石中得到的最早的光合细菌和蓝绿藻的化石,证明了大约在 35 亿年前已经形成了能够进行光合作用的生物。具有叶绿体的生物在原始海洋中逐渐地繁殖、蔓延,二氧化碳(CO_2)逐渐地被消耗,终于产生了分子氧。几乎是经过了 20 亿年的这一过程,才出现了氧化性的大气。再经过进一步的物理和化学作用,又产生了臭氧层。从此促进无生命物质演变为有生命的环境条件不复存在,化学演替过程也到此结束。因为臭氧层可以抵挡强大的紫外线辐射,水生的原始生物就有条件着陆并发展成为陆生生物,正像奥德姆(E.P. Odum)指出的那样:“作为一个整体生物的进化,主要是‘制伏’日射,利用其有用的部分,减缓或消除它的危险作用”。

第一节 岩石圈——土地、粮食、森林和能源

地球表面的岩石圈不仅是水圈的牢固基础,也是所有陆生生物的栖息地。组成岩石圈的物质基础是化学元素,它们不仅是土壤圈的成土母质、海洋盐类的最初来源,也是组成生命的基本元素。岩石圈还是人类生活和生产活动的基本场所和资料来源。

一、岩石圈的组成和结构

(一) 岩石圈的化学组成

地球原是一个炽热的火球,经过漫长的地质年代表面逐渐冷却,形成了坚硬的地壳。地壳由各种岩石组成,称作岩石圈。全球平均厚度为 17 公里,但各处厚薄不一。最薄处是太平洋马利亚纳海沟不足 5 公里;而我国的青藏高原其厚度达 50~70 公里。在地壳下面,是高温涌动的岩浆,称作地幔,核心部分称作地核,地壳和地核之间的距离大约为 2 900 公里。地核又分外、内两层,据推测地核外层可能是液体的,而地核内层则是由铁、镍组成的(还包含有少量硅和硫),类似于陨石,厚约 3 400 公里。

组成地壳的化学元素已知有 92 种,它们的相对丰富度极不平均。1924 年美国地质学家克拉克(F.W. Clarke)等人收集了 6 000 块有代表性的岩石,并对这些岩石进行了化学分析,计算出岩石中各种元素相对平均含量,称作克拉克值。其中氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁 8 种元素约占地壳中化学元素总量的 97.13% (参见表 1.1)。