



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 环境与可持续发展导论

(第三版)

马光 等 编著



科学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 环境与可持续发展导论

(第三版)

马 光 等 编著

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书是一本全面系统论述环境问题及阐明可持续发展观点的教材。

全书共 10 章：第 1 章绪论；第 2 章自然生态环境；第 3 章人口、资源、能源；第 4 章大气环境；第 5 章水环境；第 6 章现代城市环境；第 7 章环境伦理观；第 8 章可持续发展的基本理论与实践；第 9 章环境经济、环境管理及国际合作；第 10 章环境保护的低碳化战略。附录部分列出国际环境公约、国际环境会议、国际环境大事记及国际环保机构。

本书可供高等学校各专业专科、本科及研究生选修采用，也可供各级领导干部及关注环境保护的教学、科技、生产管理等有关人员参阅。

### 图书在版编目(CIP)数据

环境与可持续发展导论 / 马光等编著. —3 版. —北京：科学出版社，2014. 1

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-039284-8

I. ①环… II. ①马… III. ①全球环境-环境保护-高等学校-教材  
②可持续发展-高等学校-教材 IV. ①X21 ②X22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 296133 号

责任编辑：文 杨 杨 红 / 责任校对：刘小梅

责任印制：阎 磊 / 封面设计：陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

骏主印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2000 年 2 月第 一 版 开本：787×1096 1/16

2006 年 8 月第 二 版 印张：23 1/2 插页：10

2014 年 1 月第 三 版 字数：557 000

2014 年 1 月第一次印刷

定价：48.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

祝贺环境与支持  
续发展导论出版

胡家骏

## 第三版前言

《环境与可持续发展导论》自2000年2月由科学出版社正式出版以来,已成为我国高等学校环境科学与工程学科及相关学科专业学生普遍采用的公共教材之一。本教材也适用于非环境类专业的学生接受环境意识和可持续发展思想教育的通识教育课程。

本教材第一版2000年出版发行,2006年第二版入选教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材,并被评为2007年度国家精品教材。为适应21世纪世界环境发展的需要,更新、修改、增加环境问题发展趋势及科学技术发展前沿内容,以全新视角认识环境生态可持续发展的理念,经修编后出版第三版。

本书由马光任主编,吕锡武任副主编。编写分工为:第1章马光,第2章曾苏,第3章王秋颖、陆勇,第4章魏家泰,第5章吕锡武、朱光灿,第6章李先宁、洪峰,第7章、第8章吴磊,第9章宋海亮,第10章吕锡武。全书由宋海亮整理,马光、吕锡武统稿。

在第三版编写过程中,东南大学建筑学院胡仁禄教授提供了相应资料及精美图片。东南大学能源与环境学院的研究生孔赞、梁璐、雷晓芬、贾思重、仓宁、高韵辰、李洁、谢静等参与了许多工作。在此,对他们致以诚挚的谢意!

可持续发展是环境保护的核心战略。在此次编写中提出的一些新观点、新论据,请各方面专家提出批评指教,并供读者参考讨论。

编著者

2013年6月于南京

科学出版社

东南大学 2000

## 第二版前言

《环境与可持续发展导论》自 2000 年 2 月由科学出版社正式出版以来,是我国高等学校环境科学与工程学科及其他相关学科专业的学生普遍采用的教材之一。本教材也可作为非环境类专业学生接受环境意识和可持续发展思想教育的公共任选课程的教科书。

《环境与可持续发展导论》作为环境教育基础教程教材,经过了东南大学及有关高等学校五年的教学实践。为适应 21 世纪环境形势发展的需要,经全面的修改,第二版增加了新的内容:环境自然伦理观、可持续发展实践、生态工程、水环境生态修复等环境科学与工程科技新成果。

本书由马光主编、吕锡武副主编统改。编写分工:马光,第一章(1.1~1.4)、第二章、第四章、第五章、第六章(6.1~6.4)、第八章(8.1~8.4)、第九章。吕锡武,第六章(6.5, 6.6)、第七章。吴磊,第一章(1.5)、第十章。曾苏,第三章、第八章(8.5)。李先宁,第八章(8.6)。全书文献、附录、图片的整理及全书的校对由宋海亮完成。

本书的编写工作得到东南大学环境科学与工程系系主任吕锡武和朱光灿的全力支持,并且该系参加过本门课程授课的刘致平、魏家泰、俞燕、王玉敏等教师也提出了宝贵意见和建议。

此外,本书编写过程中得到了东南大学建筑学院胡仁禄教授的大力支持。石安海先生提供了精美的自然生态环境风光图片。

第二版出版之际,我国著名的环境科学与工程界老前辈同济大学胡家骏教授再次为本书题字。

在此,特向以上诸位参与本书第二版工作的同行致以诚挚的谢意!

由于时间仓促,编者水平有限,本书难免存在不当之处,敬请专家、读者批评指正。

编著者

2006 年 3 月于南京

## 第一版前言

保护人类生存的环境,实施可持续发展战略,已成为21世纪国际社会“环境与发展”与“和平与发展”两个同等重要主题的内容之一。社会的进步,文明的发展,教育是关键,可谓“百年大计,教育为本”。中国实施科教兴国战略和可持续发展战略,环境意识教育则是当前高等教育素质教育的重要内容,也是全民保护环境及社会发展的基本任务。

东南大学开展环境教育多年,在全校普遍开设了各类环境课程,不仅培养了环境科学与工程方面的专门技术人才,而且在全校非环境类专业中开设了环境保护与可持续发展的各类公共选修课程。使学生具有一定评估环境质量和在本专业范围内处理和解决环境问题的能力,树立保护环境的道德观和可持续发展的世界观。

为了更广泛地适应各类院校的共同需要,编著者总结了环境科学与工程、社会经济发展等领域教学成果,搜集了20世纪90年代以来国内外有关资料,编写了《环境与可持续发展导论》一书。

《环境与可持续发展导论》是一本全面论述全球重大环境问题的环境意识教育的素质教育教材,其宗旨在于培养具有环境保护意识和可持续发展意识的高素质人才,使他们在各自领域中像绿色种子一样播撒在祖国大地,成为我国环境保护和实施可持续发展战略的骨干和核心力量。

本书在编写中得到东南大学环境工程系张林生主任的支持及初审,得到我国环境科学与工程界老前辈——同济大学环境学院胡家骏教授的指教与题字,同济大学环境学院季学李教授进行了认真的审阅,特此表示诚挚的谢意!

本书由马光主编,第一、二、四、五、七、八、九、十章由马光编写,第三章由曾苏编写,第六章由马光、吕锡武编写。书中插图大部分由东南大学研究生胡京、何宏、杨冬辉绘制,彩图除注明出处外,均由东南大学建筑系胡仁禄教授提供。

由于时间仓促,编者水平有限,不当之处,敬请专家、读者批评指正。

编著者

1999年5月于东南大学

# 目 录

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 第三版前言              | 1   |
| 第二版前言              | 2   |
| 第一版前言              | 3   |
| 第 1 章 绪论           | 1   |
| 1.1 环境与环境意识        | 1   |
| 1.2 自然生态环境         | 3   |
| 1.3 环境问题           | 7   |
| 1.4 可持续发展          | 9   |
| 参考文献               | 14  |
| 思考题                | 14  |
| 第 2 章 自然生态环境       | 15  |
| 2.1 生物物种、种群和群落     | 16  |
| 2.2 生态系统           | 21  |
| 2.3 生态系统的功能        | 26  |
| 2.4 生态平衡           | 34  |
| 2.5 生物圈及其结构        | 38  |
| 2.6 生物多样性          | 42  |
| 参考文献               | 51  |
| 思考题                | 51  |
| 第 3 章 人口、资源、能源     | 52  |
| 3.1 人口             | 53  |
| 3.2 资源             | 62  |
| 3.3 能源             | 111 |
| 参考文献               | 129 |
| 思考题                | 130 |
| 第 4 章 大气环境         | 131 |
| 4.1 大气环境与污染        | 131 |
| 4.2 碳循环破坏与地球气候变化   | 136 |
| 4.3 减缓温室效应的控制对策    | 151 |
| 4.4 酸雨的形成与控制       | 161 |
| 4.5 地球生态环境的屏障——臭氧层 | 175 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 参考文献                      | 190 |
| 思考题                       | 190 |
| <b>第5章 水环境</b>            | 191 |
| 5.1 海洋水环境                 | 191 |
| 5.2 淡水环境                  | 204 |
| 5.3 湿地水环境                 | 216 |
| 5.4 水环境生态修复               | 225 |
| 5.5 水污染控制与水质安全保障          | 239 |
| 5.6 水环境管理                 | 246 |
| 参考文献                      | 254 |
| 思考题                       | 255 |
| <b>第6章 现代城市环境</b>         | 256 |
| 6.1 城市化                   | 256 |
| 6.2 城市化对生态环境的影响           | 260 |
| 6.3 城市生态系统                | 267 |
| 6.4 现代城市环境问题              | 273 |
| 6.5 城市环境规划                | 276 |
| 6.6 城市减灾体系                | 281 |
| 6.7 低碳城市                  | 283 |
| 参考文献                      | 287 |
| 思考题                       | 287 |
| <b>第7章 环境伦理观</b>          | 288 |
| 7.1 环境伦理观的由来              | 288 |
| 7.2 环境伦理学研究的主要内容          | 289 |
| 7.3 学习和研究环境伦理学意义          | 290 |
| 7.4 环境伦理学的实践              | 291 |
| 参考文献                      | 293 |
| 思考题                       | 293 |
| <b>第8章 可持续发展的基本理论与实践</b>  | 294 |
| 8.1 可持续发展的基本理论            | 294 |
| 8.2 可持续发展指标体系             | 295 |
| 8.3 可持续发展的实践              | 303 |
| 参考文献                      | 308 |
| 思考题                       | 309 |
| <b>第9章 环境经济、环境管理及国际合作</b> | 310 |
| 9.1 环境经济                  | 310 |

|      |               |       |
|------|---------------|-------|
| 9.2  | 环境管理          | 315   |
| 9.3  | 国际合作          | 322   |
|      | 参考文献          | 328   |
| 第10章 | 环境保护的低碳化战略    | 330   |
| 10.1 | 水污染控制的低碳化     | 330   |
| 10.2 | 大气污染控制的低碳化    | 336   |
| 10.3 | 固体废弃物处理与处置低碳化 | 347   |
|      | 参考文献          | 353   |
| 附录一  | 国际环境公约        | 355   |
| 附录二  | 国际环境会议        | 359   |
| 附录三  | 国际环境大事记       | 362   |
| 附录四  | 国际环保机构        | 366   |
| 图版   |               |       |
|      | 图版1           | 1.0   |
|      | 图版2           | 2.0   |
|      | 图版3           | 3.0   |
|      | 图版4           | 4.0   |
|      | 图版5           | 5.0   |
|      | 图版6           | 6.0   |
|      | 图版7           | 7.0   |
|      | 图版8           | 8.0   |
|      | 图版9           | 9.0   |
|      | 图版10          | 10.0  |
|      | 图版11          | 11.0  |
|      | 图版12          | 12.0  |
|      | 图版13          | 13.0  |
|      | 图版14          | 14.0  |
|      | 图版15          | 15.0  |
|      | 图版16          | 16.0  |
|      | 图版17          | 17.0  |
|      | 图版18          | 18.0  |
|      | 图版19          | 19.0  |
|      | 图版20          | 20.0  |
|      | 图版21          | 21.0  |
|      | 图版22          | 22.0  |
|      | 图版23          | 23.0  |
|      | 图版24          | 24.0  |
|      | 图版25          | 25.0  |
|      | 图版26          | 26.0  |
|      | 图版27          | 27.0  |
|      | 图版28          | 28.0  |
|      | 图版29          | 29.0  |
|      | 图版30          | 30.0  |
|      | 图版31          | 31.0  |
|      | 图版32          | 32.0  |
|      | 图版33          | 33.0  |
|      | 图版34          | 34.0  |
|      | 图版35          | 35.0  |
|      | 图版36          | 36.0  |
|      | 图版37          | 37.0  |
|      | 图版38          | 38.0  |
|      | 图版39          | 39.0  |
|      | 图版40          | 40.0  |
|      | 图版41          | 41.0  |
|      | 图版42          | 42.0  |
|      | 图版43          | 43.0  |
|      | 图版44          | 44.0  |
|      | 图版45          | 45.0  |
|      | 图版46          | 46.0  |
|      | 图版47          | 47.0  |
|      | 图版48          | 48.0  |
|      | 图版49          | 49.0  |
|      | 图版50          | 50.0  |
|      | 图版51          | 51.0  |
|      | 图版52          | 52.0  |
|      | 图版53          | 53.0  |
|      | 图版54          | 54.0  |
|      | 图版55          | 55.0  |
|      | 图版56          | 56.0  |
|      | 图版57          | 57.0  |
|      | 图版58          | 58.0  |
|      | 图版59          | 59.0  |
|      | 图版60          | 60.0  |
|      | 图版61          | 61.0  |
|      | 图版62          | 62.0  |
|      | 图版63          | 63.0  |
|      | 图版64          | 64.0  |
|      | 图版65          | 65.0  |
|      | 图版66          | 66.0  |
|      | 图版67          | 67.0  |
|      | 图版68          | 68.0  |
|      | 图版69          | 69.0  |
|      | 图版70          | 70.0  |
|      | 图版71          | 71.0  |
|      | 图版72          | 72.0  |
|      | 图版73          | 73.0  |
|      | 图版74          | 74.0  |
|      | 图版75          | 75.0  |
|      | 图版76          | 76.0  |
|      | 图版77          | 77.0  |
|      | 图版78          | 78.0  |
|      | 图版79          | 79.0  |
|      | 图版80          | 80.0  |
|      | 图版81          | 81.0  |
|      | 图版82          | 82.0  |
|      | 图版83          | 83.0  |
|      | 图版84          | 84.0  |
|      | 图版85          | 85.0  |
|      | 图版86          | 86.0  |
|      | 图版87          | 87.0  |
|      | 图版88          | 88.0  |
|      | 图版89          | 89.0  |
|      | 图版90          | 90.0  |
|      | 图版91          | 91.0  |
|      | 图版92          | 92.0  |
|      | 图版93          | 93.0  |
|      | 图版94          | 94.0  |
|      | 图版95          | 95.0  |
|      | 图版96          | 96.0  |
|      | 图版97          | 97.0  |
|      | 图版98          | 98.0  |
|      | 图版99          | 99.0  |
|      | 图版100         | 100.0 |

# 第1章 绪 论

## 1.1 环境与环境意识

### 1.1.1 什么是环境意识

在社会经济高速发展的今天,环境保护与可持续发展是应协调统一的。因此,在经济发展的同时,应提高公众的环境概念及环境意识水平。

开辟可持续发展新的经济领域和模式,重要的是加快科学技术发展,如开发绿色技术或生态技术及其在各个生产领域的广泛应用,转变经济发展模式和经济增长方式等。

实现宣传战略的转变。在环境宣传教育领域,宣传环境保护方针、政策和管理制度;普及环境科学知识、基础理论,推广防止和治理环境污染、保护生态的技术手段,这是环境意识教育的基础工作。

经过多年的研究和实践,对环境意识问题认识不断完善,并有很大进步。随着各方面环境问题的日趋严重,将影响和阻碍经济的可持续发展。人们提出一个新的视角——加深对“环境意识”的理解,走社会经济可持续发展的道路。

### 1.1.1.1 什么是环境意识

20世纪80年代以前人们认为环境意识,仅是人类对赖以生存的生态环境这一特定的客观存在的反应。其核心是指人类对生态环境及相关问题的认识、判断、态度以及行为取向,同时这种认识、判断、态度和行为取向又能动地作用于客观存在的生态环境。

20世纪80年代中期国际上提出了“可持续发展”的概念,世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》一书中,从“人的需要”进行定义,世界自然保护联盟、联合国环境规划署和世界野生生物基金会在《保护地球——可持续生存战略》一书中则从“改善人类生活质量”进行定义。目前对原有认识的定义,必须进一步完善。正如学者们提出要追求“3E”,即环境完整(environmental integrity)、经济效益(economic efficiency)、公共秩序(equity)。它的实质是人的问题,是人类的可持续发展,包括三个相互联系的可持续性:生态可持续性、经济可持续性、社会可持续性。

环境意识是人与自然环境关系所反映的社会思想、理论、情感、意志、知觉等观念形态的总和。

### 1.1.2 环境意识的产生是人类对人与环境关系认识的一次飞跃

以往社会发展主要是经济发展满足人类自身的需要目标,没有环境目标,常以损害和牺牲环境的方式去实现人类的需要。特别是产业革命以来的200多年,人类依靠先进科学技术武装起来的强大生产力,无节制地向自然索取,掠夺式地开发自然资源,损害了地球的基本

生态过程,出现了滥伐森林、草场退化、沙漠扩大、土地退化、水土流失、物种灭绝等严重现象;另外,人类不断向环境排放废弃物,超越了自然净化能力,出现了大气污染、水源污染、土地污染、生物污染,以及一系列严重的全球性环境问题,威胁着人类生存,使人们首次认识到,人类在地球上的持续生存有了危险。

### 1.1.3 浅层(狭义)环境意识和深层(广义)环境意识

人类的环境意识是在世界环境保护运动中产生的。宣告“保护和改善环境是人类社会的目标”,是环境意识产生的标志。近年来人类的环境意识正在经历从浅层到深层发展的过程,其特点是环境意识从它的限制性功能向创造性功能发展,从限制污染行为向无污染的方向发展。我们从下面8个方面说明其特点。

(1) 环境保护所关注的问题。浅层环境意识主要关注小范围的环境污染,如一定区域的城市、河流、湖泊、近海、农田的污染,以及大气污染、水土污染、土地和生物污染、噪声污染等。深层环境意识关注大范围的全球环境问题,如全球气候变化、臭氧层破坏、酸雨、生物多样性消失和危险废物的全球范围转移等。

(2) 环境问题造成影响的领域。浅层意识关注环境问题的危险性在“小我”和近期影响层次上,关注的是对日常生活的影响,对某地区和国家经济增长的影响。深层次关注的不仅是它的危险性,而且还关注它带来的发展机遇,在“大我”方向关注全球性的经济与社会发展,全人类子孙后代的未来。

(3) 污染控制对策。浅层环境意识关注污染的净化处理,因而强调发展环境保护产业,生产和装备净化废物设备,以此控制污染危害;深层次关注的不是净化废物,而是减少或消灭废物。它主张环境保护努力方向不是放在生产过程的末端,而是采用清洁技术来减少废物并提高资源利用率。浅层意识是把生产和保护分为两部分完成;深层环境意识把生产和保护作为统一的过程,由同一生产者完成,在统一的工业循环中实现经济发展和环境保护的结合。

(4) 环境价值观。浅层意识是以人类为尺度,承认环境作为资源是人类的生存条件、人类的审美条件等。它是人类实现自己利益的物质基础,因而它对人类是有价值的。以人类的利益为尺度,把自然作为人类实现自己利益的工具和手段,只认识环境的外在价值,停留在人类中心主义的价值观水平上。深层意识,不仅以人类为尺度,而且是以更深的“人类与自然”系统的层次,以人类和自然的和谐发展为目标,不仅承认自然界对人类的利益价值,而且承认自身价值,即它对地球生命或生命保障系统具有的价值、对生命和自然界持续生存的价值。这是自然界的内在价值。

这就是可持续发展概念所表达的,它必须实现有相互联系三个持续性:生态可持续性,经济可持续性和社会可持续性。这样才会有人类的可持续性和地球生命系统的可持续性。

(5) 人类环境行为的特征。浅层意识在向大自然进攻,索取只是限制在生态系统能承受的限度内,以保持大自然的平衡,其特点带有退却和消极适应自然的性质。这是与人类的智慧、创造精神和主动积极的实践相悖的。深层的意识发展,不仅要限制人类行为,即限制传统价值观指导行为,而且要表现人类创造新生活的特征,建立“智慧和知识是好事”的新价值观。

(6) 对待环境资源的态度。在传统社会生活中,认为环境质量和自然资源是无限的,

是取之不尽用之不竭的；是无价值的，可以无偿使用；是大自然的恩惠，没有枯竭之虑。因此浅层的环境意识，强调环境资源是有限的、有价值的，必须有偿使用，主张限制使用环境资源。然而人口增加，又不断要求提高资源利用率，提高生活质量，因此这种限制不可能做到，必然要加大开发利用率的力度。深层环境意识要求提高资源利用效率、循环使用、减少排放，通过绿色消耗的生活达到节约资源和环境保护的目的。

(7) 人口政策。浅层意识认为人口增长过快、人口过多是环境破坏的重要原因之一。深层意识认为不但要控制人口的增长数量，而且更重要的是要提高人口质量、人口素质。

(8) 环境科学技术意识。浅层意识按着传统科学模式，把主要注意力集中在发明、制造和使用净化废物的装置上，通过运用工作手段净化废物以达到控制的目的。深层意识强调科学模式转变，这就是科学技术发展的“生态化”，使整个科学技术的发展具有生态保护的方向。第一，科学价值观的变革，由认识、改造的能力发展生态化，寻求人类与自然和谐的发展途径和方法，为人类可持续发展服务。第二，科学观的变革，即从机械论的科学观转变为整体论的科学观。第三，不断完善科学技术成果的应用，使它沿着符合生态保护的方向发展。

环境意识作为一种现代化意识形态是人类思想的先进观念。浅层思考对指导环境保护具有启蒙性的意义。只有由浅层向深层发展，才能给人类未来生活提供先导作用。

#### 1.1.4 环境意识是实践可持续发展战略的基本条件

“可持续发展”是社会发展模式的必然规律。“生态可持续发展”是最基本的，如果没有良好的全球环境，可持续发展就是不可能的。检验可持续性有两个方面：生态系统是生态可持续性；人类系统是人类需要及文化多样化。如果有了可持续发展环境，那么从长远来看发展才将是可持续的。

环境意识通过环境教育来建立，这是一项全民性的任务，不仅受教育的学生应接受教育，而且各层次的政策决策者，尤其是最高决策者都需要接受教育。社会经济的发展使人们对环境意识的认识也向深度和广度发展。环境浅层意识和环境深层意识的内涵是我们必须理解的，为此环境意识就是本章的基本内容。

### 1.2 自然生态环境

#### 1.2.1 地 球

地球是太阳系的一员，太阳系的行星中，水星、金星、地球、火星为地球型行星，其密度为  $5\text{kg}/\text{m}^3$ ，缺乏轻元素（氢、氦等），体积大的木星、土星、天王星、海王星称为木星型行星，其密度为  $1\text{kg}/\text{m}^3$ 。

地球型行星在大小、密度（元素组成）上都很相似，但是具备生物生存条件的，目前认为仅有地球。行星的表面温度取决于距太阳的距离、大气的组成及其含量。水星和金星是灼热的世界，即便有水，也不能认为在地球上所能看到的复杂的有机物能稳定地存在；相反，火星温度过低，其环境是否能适合生物生存，也正在探讨。地球型行星的有关性质见表1-1。

表 1-1 地球型行星性质表

| 行星 | 半径/km | 相对体积 (地球=1) | 相对质量 (地球=1) | 密度/(kg/m <sup>3</sup> ) | 表面温度/K  |
|----|-------|-------------|-------------|-------------------------|---------|
| 水星 | 2440  | 0.056       | 0.055       | 5.43                    | 620     |
| 金星 | 6050  | 0.857       | 0.815       | 5.24                    | 741     |
| 地球 | 6371  | 1.000       | 1.000       | 5.22                    | 290     |
| 火星 | 3397  | 0.151       | 0.107       | 3.93                    | 210~240 |

资料来源：不破敬一郎，1995

### 1.2.2 地球的起源

150 亿年前宇宙诞生，50 亿年前太阳系诞生，地球的年龄据地质考证认为距今已有 46 亿年，在太阳系形成时，地球和太阳及其他行星一起几乎同时生成。但是，地球上年代最古老的岩石是格陵兰 Isua 地方的沉积岩，距今约 39 亿年；最古老的矿物是澳大利亚发现的锆石，距今约 43 亿年；具有 46 亿年龄矿石样品，在地球上尚未发现。把太阳系的年龄定为 46 亿年的数值是从陨石考证得来的。

46 亿年前，构成地球的元素在太阳系形成时作为宇宙云存在。可以认为这些元素是太阳系形成以前，经过长时期在银河系内各种星球中合成物质的集合。这些元素合成时期，经计算为 60 亿~80 亿年。如进一步考虑氢和氦，其起源可追溯到原始火球宇宙成因说，这样地球的起源也可以追溯到宇宙的最初形成期。

近年来，澳大利亚和英国地质学家发现了一种生活在 34 亿年前的单细胞有机体化石，并声称这是地球发现有细胞的最古老的化石，预示着火星上可能存在生命。

地球的质量（包括所有小行星）只不过是太阳系总质量的 0.0003%，太阳系几乎全部的质量（99.87%）都集中在太阳上。太阳系质量与太阳质量基本上是相等的，所以可以认为太阳系的元素组成和太阳的元素组成近似相等，而太阳的元素组成是通过太阳光谱的分光分析求得的，误差较大。实际上，许多元素是从陨石的化学分析数值推定的。

从 46 亿年前生成的原始地球的演变过程分析，诞生初期的 7 亿年间是地球历史的“空白时期”，有许多不明确之处待研究。而从月球岩石的研究得知，其间巨大的陨石相继落下。探研最古老的 39 亿年前的地球岩石是沉积岩，这表明当时 43 亿年前“海”已存在。认为“海”是地球诞生后，较早出现在地球上的。在地球的历史中，“海”出现之后，即开始地球大气层的演化。地球形成初期的大气组成和现在截然不同，其氧气含量极低。大气的氧分压上升到现在的大气组成是距今约 21 亿年前的事情。氧气、二氧化碳通过生物作用迅速变化。此时，正好最初的超大陆产生。可以认为，同时地幔对流也从从前的土层对流向全地幔对流变化，之后超大陆相继出现，如在 6 亿年前出现了冈瓦纳大陆，2 亿年前出现泛古大陆。

地球的大气成分与金星、火星不同。地球大气中含有大量的氧气及少量二氧化碳，表 1-2 表明地球形成初期大气中并不存在氧气，大量氧气来自生物的光合作用。在有光合作用之前，地球的大气是还原型的，其主要成分为二氧化碳和氮气。海水中溶解了由岩石风化供给的钠、钙、铁等元素。生物生成的氧被海洋吸收，使铁氧化，形成被称为条纹状铁矿层的大规模的堆积物，即现代重要的铁资源。

表 1-2 行星大气的化学组成

| 成分   | 体积: %                |      |      |
|------|----------------------|------|------|
|      | 金星                   | 地球   | 火星   |
| 氩    | $19 \times 10^{-6}$  | 0.93 | 1.6  |
| 氮    | 3.4                  | 78   | 2.7  |
| 氧    | $6.9 \times 10^{-5}$ | 21   | 0.13 |
| 二氧化碳 | 96                   | 0.03 | 95   |
| 水蒸气  | 0.14                 | 0.5  | 0.02 |

资料来源：不破敬一郎，1995

20 亿年前，海洋中的还原性物质全部被氧化，从那时起氧在大气中累积起来，在大气中形成臭氧层，起到了保护地面生物，吸收有害的太阳紫外线的作用。

二氧化碳和海水中的钙离子结合，生成碳酸钙（石灰岩）从大气中除去，溶解度相对较大的  $Mg^{2+}$ （镁）残存下来，随着时代推移，光合生物在海洋中出现，光合作用所产生的氧把原始海洋中的  $Fe^{2+}$  氧化成  $Fe^{3+}$ （铁），生成铁的沉淀物，从而使铁从海洋中去除。经过长时期化学变化过程，生成如同现在的海洋水，这需要十几亿年的时光。从 17 亿年前起，石灰岩存在量急剧增大。以石灰岩、白云岩等碳酸盐形成被固定的二氧化碳量有  $3 \times 10^{20} \text{ kg}$ ，去除量相当于现在大气中二氧化碳总量（ $2.7 \times 10^{15} \text{ kg}$ ）的  $10^5$  倍。地球的大气、水、岩石就是这样进行碳交换的。

1.2.3 地球的内部构造及元素组成

地球具有层状构造。大气层在最外层，地球表面的 70% 被海洋覆盖，地球的固体部分可分为地壳、地幔、地核（图 1-1），地球各构造部分数据见表 1-3。

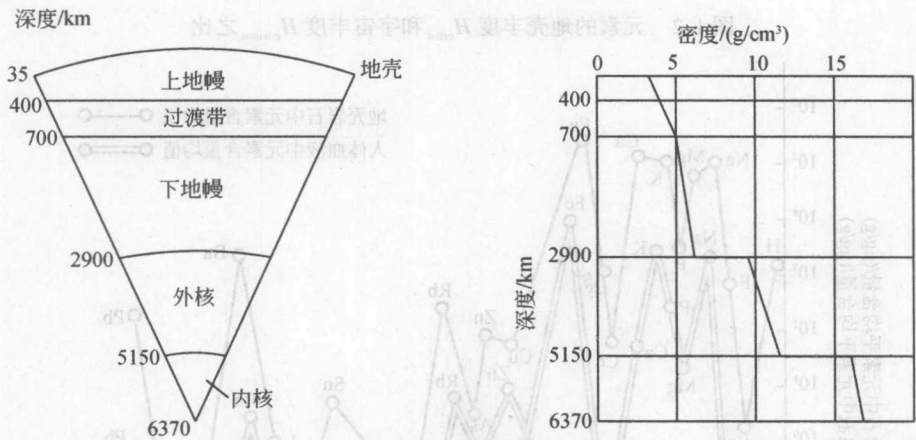


图 1-1 地球断面和内部的密度分布

表 1-3 地球各构造部分数据

| 项目 | 厚度/km | 体积/ $10^9 \text{ km}^3$ | 密度/ $(\text{kg}/\text{m}^3)$ | 质量/ $10^{21} \text{ kg}$ | 质量/%     |
|----|-------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|----------|
| 大气 | —     | —                       | —                            | 0.0053                   | 0.000089 |
| 海洋 | 3.8   | 173                     | 1.03                         | 1.41                     | 0.024    |
| 地壳 | 17    | 8                       | 2.8                          | 24                       | 0.4      |



### 1.3 环境问题

#### 1.3.1 环境问题的产生

当人类使用火,开始农业耕种,人类对自然施加的影响便开始了。环境问题起源于史前时期,然而,掀起第一次环境浪潮的是在工业革命以后,由于科学发明和科学技术进步使得社会生产力迅速提高,创造了巨大的物质财富。人类干预和现代工业生产与自然环境之间的物质交换以惊人速度发展,社会经济、文化艺术因之空前繁荣。但是由于对自然资源的过度开发利用已使其难以恢复和再生,急剧增加的排向环境的有害、有毒废物导致生态环境不断恶化,使生物生态系统受到严重破坏。

20世纪70年代中期以来殃及全球的温室效应、臭氧层破坏、酸雨、生态环境退化等给人类生存和发展带来空前的威胁,从而推出第二次环境浪潮。长期以来,一味追求经济产值的发展模式,使我们赖以生存的地球以及建立在资源废墟上的文明正在面临危难。当我们拥有主宰地球的能力并用以自毁家园畸形发展时,不堪重负的地球生态环境总是遭受一次次沉重的打击。

#### 1.3.2 环境问题的分类

从引起环境问题的根源来划分,环境问题分为两类:由自然力引起的原生环境问题,称为第一环境问题,主要指地震、洪涝、台风、飓风、海啸、火山爆发等自然灾害问题,是目前人类技术水平和抵御能力薄弱、难以战胜的环境问题。其次是人类活动引起的次生环境问题,也称第二环境问题,它分为环境污染、生态破坏两类。

按环境问题的影响和作用范围来划分,有全球、区域和局部等不同等级。全球环境问题,包括全球气候变化、臭氧层破坏、酸雨危害、有毒有害的废弃物的越境转移和扩散、生物多样性锐减、海洋污染等。

全球环境问题具有综合性、广泛性、复杂性和跨国界特点。保护全球环境是全人类的共同利益和共同责任。全球各国必须携手合作、同舟共济,才能保护全球环境,走可持续发展的道路。这正是联合国环境与发展大会为人类将达成保护地球环境共识的《里约热内卢环境与发展宣言》的宗旨。从1992年在巴西里约热内卢召开联合国环境与发展大会到2012年再次在巴西里约热内卢召开联合国环境与发展大会,达成保护地球环境共识的《里约热内卢环境与发展宣言》的宗旨。这20年间地球环境发生了以下变化。

(1) 人口增长。与1992年相比,地球总人口增加了将近27% (15亿人口), 西亚、非洲、南美洲是人口增长最多的区域。

(2) 地球温度上升。据估计,地球温度上升了4℃。北极和俄罗斯一些地区的温度上升尤为明显。历史上地球温度最高的10年出现在1998年以后,如2012年是全球各地温度异常高的时期。

(3) 特大城市增多。人口超过1000万以上的城市称为特大城市。1992年全球只有10座,如今(2012年)已有21座,20年唯一没有变化的是,日本东京依然雄踞全世界人口