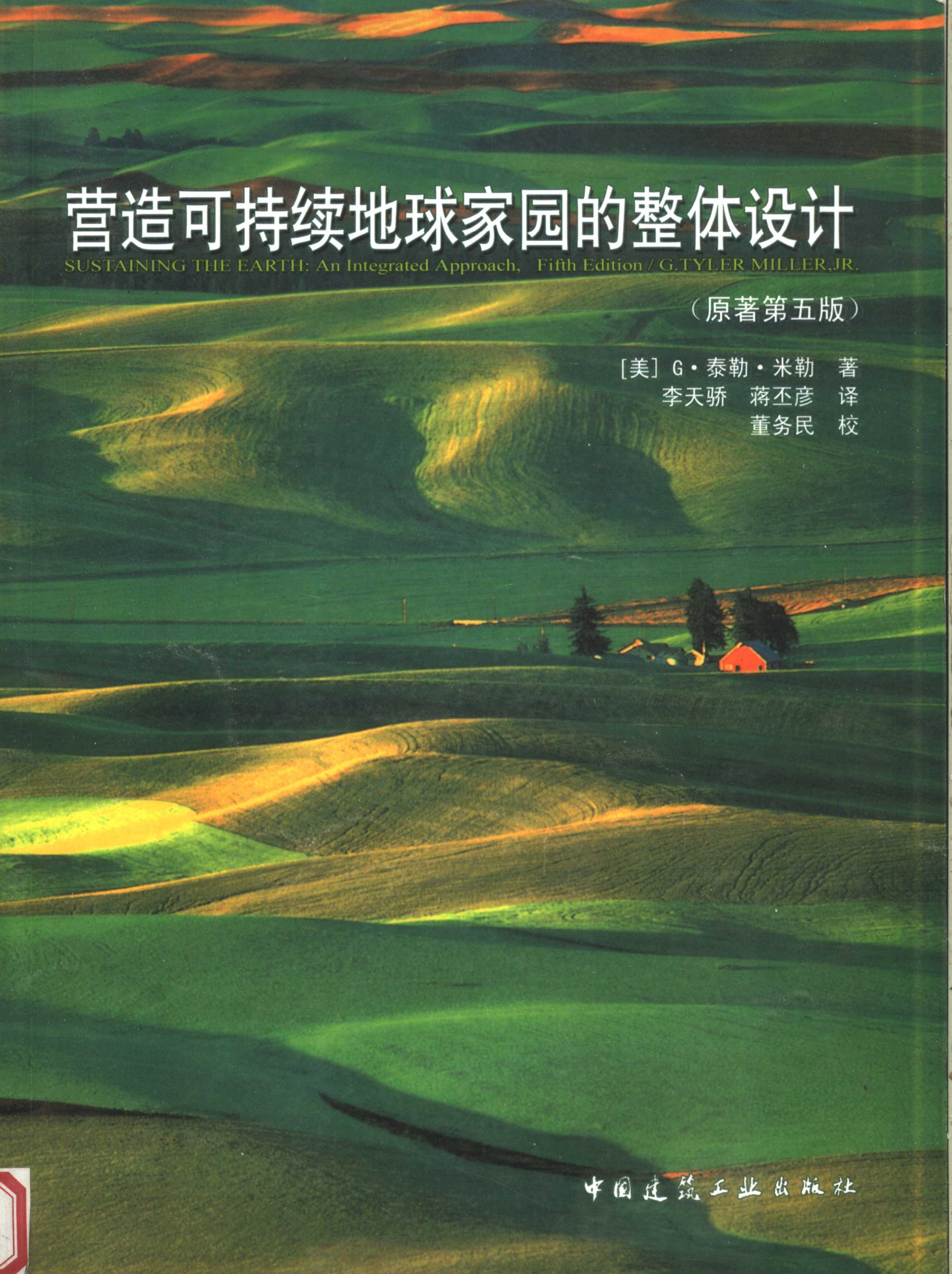




营造可持续地球家园的整体设计

SUSTAINING THE EARTH: An Integrated Approach, Fifth Edition / G.TYLER MILLER, JR.

(原著第五版)

[美] G·泰勒·米勒 著
李天骄 蒋丕彦 译
董务民 校

中国建筑工业出版社

营造可持续地球家园 的整体设计

(原著第五版)

[美] G·泰勒·米勒 著

李天骄 蒋丕彦 译

董务民 校

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字:01-2003-2630 号

图书在版编目(CIP)数据

- 营造可持续地球家园的整体设计(原著第五版)/[美]米勒著;李天骄,蒋丕彦译.董务民校.——北京:中国建筑工业出版社,2006
ISBN 978-7-112-08266-7

I. 营… II. ①米…②李…③蒋…④董… III. 环境科学 IV. X

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 033363 号

Sustaining the Earth: An Integrated Approach, Fifth Edition/G. Tyler Miller, Jr.

Copyright © 2002 Thomson Learning, Inc.

Chinese Translation Copyright © 2007 China Architecture & Building Press

All Rights Reserved.

本书经 Thomson Learning 图书出版公司正式授权我社翻译、出版、发行

责任编辑:董苏华

责任设计:郑秋菊

责任校对:王雪竹 王金珠

营造可持续地球家园的整体设计(原著第五版)

[美]G·泰勒·米勒 著

李天骄 蒋丕彦 译

董务民 校

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京金海中达技术开发公司排版

北京建筑工业出版社印刷

开本: 880×1230 毫米 1/16 印张: 29 字数: 915 千字

2007 年 3 月第一版 2007 年 3 月第一次印刷

定价: 90.00 元

ISBN 978-7-112-08266-7
(14220)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

致老师和学生们

我是如何开始研究环境问题的？在1966年，我听了一位科学家所作的关于人口过多和粗暴对待环境等问题的演讲。之后我拜访他时谈到：“如果你所讲的有任何一部分内容是真实的话，那么在道义上，我觉得我有义务放弃手中所进行的关于金属腐蚀方面的研究，而将我的后半生都投入到有关环境问题及其解决方法的研究和教学工作中来。但是，坦率地说，我并不试图相信你所说的任何一个字，而且我力图通过调查文献来证明你的讲述或者是不真实的，或者是进行了严重的歪曲。”

经过了6个月的研究，我终于认识了这些问题的严重性。从那之后，我一直在进行研究、讲授有关这些问题的的工作，并撰写了与之相关的文章。本书总结了30多年来我对环境原则、环境问题、它们之间的联系和解决方法的理解中所学到的东西。

主要特点：本书是为环境科学的初级课程而设计编写的。它将环境科学视为一种跨学科的研究，将来自（1）自然科学（如生物学、化学和地质学）和（2）社会科学（如经济学、政治学和伦理学）的理念和知识结合在一起来阐述自然界是如何运作的，以及事物是如何相互关联的广义理念。这是一种对于自然界的各种联系所进行的研究。

本书

- **以科学为基础。**共有96页（本书的25%）的内容使用了基础科学和生态学的概念、定律和原理，从而使从未受过科学训练的学生也可以对环境问题及其解决途径进行有意义的理解和思考。

- **均衡性。**本书强调了：（1）对一些有争议的环境问题的相互对立的观点都进行了恰当的阐述；（2）帮助学生们进行批判性的思考，并自行解决这些问题。我们对在处理环境问题的过程中所收集到的“好消息”和“坏消息”都进行了阐述。

- **定位于解决问题的方法。**共有147页的内容用于对环境问题的解决途径进行列举和评价。

- **以生动形象化的学习为重点。**本书的285幅插图（其中有109幅是新图）都经过精心设计，以一种容易理解的方式表达复杂的理念，并将所学的知

识与现实世界联系起来。本书还贯穿着各种特殊的专栏来促进学习。包括：（1）利与弊专栏，阐述一些有争议的环境问题的正反两个方面；（2）联系专栏，描述各种本质的联系，以及各种环境概念、问题和解决方法之间的联系；（3）解决途径专栏，对不同的分析家所设想的各种解决环境问题的途径进行总结；（4）聚焦专栏，对一些关键性的环境问题和概念进行强调和分析；（5）个体作为专栏，阐述人们为解决环境问题都做了些什么。

- **实时性与准确性。**本书每两年更新一次。为了准备每一个新版本，我都会查阅大约10000份印制的参考文献和几千个网站。

- **与互联网相结合。**这个图标  www 用于将本

书中的材料与我们的互动网站 <http://www.brookscole.com/product/0534385354s> 联系在一起。这个网站会经常进行更新，你会找到“‘酷’事件”、“批判性的思考问题”、“浏览窍门”、为每一章准备的“互动式小测验”，还有更多的其他内容。学生与老师们还可以浏览“InfoTrac”学院版，一种在线搜寻来自700种期刊的最新文章数据库。

为了降低学生们的购买负担，本书以黑白印刷，以软皮做封面。本书还最大限度地采用了使用后的废物制成的无酸可回收纸张进行印刷，现在其价格也不高。

那些希望找到一些包含了与本书有相似内容但具有不同的侧重点、组织结构和篇幅长度的其他书籍的老师，可以使用我为各种不同的环境科学的课程所撰写的另外两本书：

- 《环境中的生存》，第12版（758页，Brooks/Cole出版公司，2002年）。

- 《环境科学》，第8版（549页，Brooks/Cole出版公司，2001年，《环境中的生存》的简略版。

第五版的主要变动：这一版是自第一版出版以来变动最大的一版，在本书的网站上和教师版的开始部分的注释材料中列出了各章节的详细修改内容。

本书内容

- 书中贯穿着最新修订的材料。

● 25 位新的评论者改进了本书在内容和均衡性方面的质量。

● 109 幅新增或改进后的插图。

● 22 幅利与弊图表以一种均衡的、易于理解的方式对解决环境问题的各种方法的优点和缺点所包含的大量综合信息进行了总结。例如：图 4-28（第 121 页），图 4-41（第 131 页），图 4-46（第 135 页），图 7-21（第 226 页）和图 11-10（第 345 页）。

● 125 个新增的论题。例如：（1）各国的生态脚印（图 1-8，第 7 页）；（2）由陆地和水体系统所形成的生态和经济服务体系，例如：图 2-39（第 56 页）和图 2-42（第 59 页）；（3）预防性的原则（第 71-72 页）；（4）基因改良食物（第 219-222 页）；（5）滴灌（第 309 页）；（6）将互联网用于节能和降低全球气候变暖（第 112 页）；（7）燃气-电能与燃料电池混合式的汽车发动机（第 109 页）；（8）小功率系统发电（第 139 页）；（9）销售服务取代产品购买（第 336 页）；（10）可持续生长的木材的认证（第 153 页）；（11）生物多样性重点地区（第 168 页）；（12）城市的合理生长（第 98-99 页），以及（13）生物圈 2 的失败（第 378-379 页）。

学习辅导

● 使用大量的经过编排和加着重号的表格使本书更易阅读，并帮助同学们对基本材料进行理解和复习。

● 以问题为各部分的标题从而激发读者的兴趣，同时又作为读者的一种学习目的的固有列表。

● 按照页码分配的横向参考材料将贯穿于本书中的概念和材料连接在一起。这既强调了将万物联系在一起的基本生态概念，又作为一个与互联网相结合的教科书的版本。

● 每一章的末尾都附有综合的复习问题。

帮助我改进本书

让我知道你认为可以怎样改进本书；如果你发现了任何的错误之处、有失偏颇之处、或者令人困惑的

阐释，请将这些意见寄到 Jack Carey，生物出版社，Brooks/Cole，10 Davis Drive，Belmont，CA 94002（电子邮件地址：jack_carey@brookscole.com）。他会将这些意见转发给我的。大多数的错误可以在这一版以后所印刷的各册中得到纠正，而不是在下一版中再进行修改。

致谢

我要感谢那些对本书的前 4 版、《环境中的生存》的第 12 版和《环境科学》的第 8 版作出贡献的学生和老师们，以及那些纠正了许多书中的错误并对改进本书提出过有益建议的人们。我还要深深地感谢那些指出过这 3 本书中的错误并提出了重要的改进意见的 200 多位审阅者。所有遗留下来的错误和不足都是我的责任。

各位杰出的出版人员的名字都列在版权页上了，他们对本书也作出了极其重要的贡献。我还要感谢：（1）编辑 Carol Anne Peschke；（2）制作编辑 Brooks Ellis 和 Hal Humphrey；（3）Eileen Mitchell，Michael Gutch，以及其他为改进本书这一版的设计并减轻了我的工作量的电子出版服务有限公司的员工们；（4）Brooks/Cole 公司中辛勤工作的销售人员；（5）帕特·沃尔多（Pat Waldo）和她的制作了与本书相关的多媒体材料的优秀的同事们；（6）理查德·K·克莱门特（Richard K. Clements）在《教师手册》中所进行的优秀的工作。

我将最诚挚的感谢给予杰克·凯里（Jack Carey），Brooks/Cole 公司的生物学发行人，感谢他的鼓励、帮助、与我的 34 年的友谊，以及其优异的审阅体系。与院校教科书出版界中最优秀的、最富有经验的编辑们合作对我有着极大的帮助。

我将本书献给我们的地球以及我的研究助手，同时也是我的未婚妻，凯思琳·保罗（Kathleen Paul）。

G·泰勒·米勒

（G. Tyler Miller, Jr.）

目录

第1章 环境问题、问题的诱因与可持续性 1

- 1.1 更加可持续地生存 1
 - 聚焦专栏 环境剧目中的演员表 2
- 1.2 人口增长、经济增长与可持续的经济发展 4
 - 聚焦专栏 当今世界人口以指数式增长 5
- 1.3 资源 7
 - 联系专栏 无限制资源与共有资源的灾劫 8
- 1.4 污染 10
- 1.5 环境问题与资源问题：诱因及联系 11
- 1.6 我们现在的发展进程是否具有可持续性？ 13
 - 解决途径专栏 与地球协作的一些指导原则 14

第2章 科学、物质、能量与生态：自然界中的联系 17

- 2.1 科学与环境科学 17
- 2.2 物质与能量 19
- 2.3 地球的生命维持系统：从生物体到生物圈 25
 - 聚焦专栏 今天你感谢昆虫了吗？ 27
 - 联系专栏 微生物：不可见的地球统治者 27
- 2.4 联系：物种在生态系统中所扮演的角色 34
 - 聚焦专栏 蟑螂：自然界的最终幸存者 35
 - 联系专栏 为什么两栖动物正在灭绝？ 37
 - 案例研究 为什么鲨鱼是重要的物种？ 38
- 2.5 联系：生态系统中的食物网与能量流 41
- 2.6 联系：生态系统中的物质循环 45
- 2.7 陆地环境和水环境中的生命 51
- 2.8 生物种群动态、演化与生物多样性 61
- 2.9 生态演替 68
 - 联系专栏 令人吃惊的生态事件 70
- 2.10 人类对生态系统的影响：向自然学习 70
 - 解决途径专栏 可持续发展的原则：向自然

学习 71

第3章 人口：数量与分布 76

- 3.1 影响人口数量的诸因素 76
- 3.2 人口的年龄结构 80
- 3.3 解决途径：影响人口规模 82
 - 案例研究 美国的外来移民 83
- 3.4 案例研究：降低印度、中国和泰国的人口增长速度 87
- 3.5 人口分布：城市化与城市交通系统 89
 - 案例研究 墨西哥城 91
 - 聚焦专栏 城市贫民 92
- 3.6 城市环境与资源问题 94
 - 利与弊专栏 有关机动车的好消息与坏消息 95
 - 解决途径专栏 巴西库里蒂巴市 97
- 3.7 解决途径：将城市区域变得更加适于居住和更具有可持续性 97

第4章 能源 102

- 4.1 对能源资源进行评估 102
- 4.2 提高能源效率 105
 - 联系专栏 利用互联网来节约能源和纸张并降低全球气候变暖 112
- 4.3 利用太阳能来提供热量和电力 112
- 4.4 太阳能-氢能革命 122
- 4.5 地热能源 125
 - 聚焦专栏 利用池塘浮渣的绿藻生产氢气 125
- 4.6 不可再生的化石燃料 126
 - 案例研究 埃克森公司瓦尔迪兹号石油泄漏事件 127
 - 利与弊专栏 北极国家野生生物保护区内是否应该允许进行石油与天然气的开发呢？ 129
- 4.7 不可再生的核能 132
 - 案例研究 切尔诺贝利核电站事故 136
 - 案例研究 存放在美国地下的高水平放射性核

废物	137	联系专栏 我们应该对雪雁做些什么?	196
4.8 解决途径:一种可持续的能源策略	139	6.6 渔业管理	196
第5章 维持陆生与水生的生物多样性:生态系统途径	143	6.7 案例研究:是否应该恢复商业捕鲸?	197
5.1 生物多样性与生物保护学	143	聚焦专栏 濒于灭绝的蓝鲸	198
5.2 美国的公共用地	144	第7章 生物多样性:土壤维护与食物生产	201
5.3 森林管理与维护	146	7.1 土壤与土壤侵蚀	201
聚焦专栏 地球的生态贡献所具有的经济价值是多少?	147	案例研究 尘碗	207
5.4 美国的森林资源与管理	152	7.2 解决途径:土壤保护	208
解决途径专栏 认证可持续生长的木材	153	案例研究 减缓美国的土壤侵蚀	211
解决途径专栏 如何提高美国联邦森林管理质量?	155	7.3 食物是如何生产出来的?	211
5.5 热带森林采伐与燃料木材危机	155	个体作为专栏 堪萨斯大草原上的多年生农作物	215
解决途径专栏 不可思议的橡树	156	7.4 食物生产、营养与环境影响	215
个体作为专栏 肯尼亚的绿带运动	160	解决途径专栏 救救孩子	218
个体作为专栏 哥斯达黎加热带干旱森林的生态恢复	161	7.5 世界食物问题的解决途径	218
5.6 牧场的管理与可持续发展	162	案例研究 中国能否养活自己众多的人口?	220
聚焦专栏 濒危的滨水地带	162	聚焦专栏 缩减世界的植物基因库	222
个体作为专栏 生态牧场主	164	联系专栏 肉类生产所导致的一些环境后果	225
5.7 国家公园的管理与可持续发展	164	聚焦专栏 国际食品援助有何意义?	227
案例研究 谁害怕大灰狼?	166	7.6 保护粮食资源:杀虫剂与害虫控制	227
5.8 自然保护区的保护与管理	167	个体作为专栏 Rachel Carson (雷切尔·卡森)	229
解决途径专栏 自然保护区	167	聚焦专栏 人工合成杀虫剂在减少农作物损失方面具有怎样的功效?	231
解决途径专栏 生物圈保护区	170	联系专栏 种瓜得瓜,种豆得豆	232
案例研究 美国国家自然土地保护体系	171	7.7 解决途径:可持续发展的农业	234
5.9 维护水生生物多样性	171	第8章 风险、毒物学与人类健康	238
第6章 维护生物多样性:物种方法	175	8.1 风险与危害	238
6.1 物种灭绝	175	8.2 毒物学	238
案例研究 旅鸽:永远消失了	178	聚焦专栏 什么是最严重的人类杀手?	239
案例研究 蝙蝠正在受到严厉的谴责	179	8.3 化学危害	241
6.2 为什么要保护物种?	179	联系专栏 荷尔蒙分裂剂和荷尔蒙模拟剂是否具有健康危害呢?	243
聚焦专栏 是否真的存在灭绝危机?	180	8.4 生物危害:发达国家和发展中国家的疾病	242
联系专栏 热爱生命的天性	182	聚焦专栏 我们是否在与传染性细菌进行的战争中失败了?	244
6.3 野生物种耗竭与过早灭绝的原因	182	8.5 风险分析	245
案例研究 候鸟的困境	184	解决途径专栏 提高发展中国家的卫生保健措施	247
联系专栏 有意引入的野葛藤	186		
案例研究 来自地狱的白蚁	187		
6.4 解决途径:保护野生物种免遭耗竭和灭绝	190		
聚焦专栏 濒危物种法案的胜利通过	192		
6.5 野生生物的管理	194		

第9章 气候变化、臭氧耗竭与空气污染 254

- 9.1 大气层、天气与气候 254
- 9.2 全球气候变暖：这个威胁有多大呢？ 258
- 9.3 影响地球平均温度变化的因素 262
- 9.4 全球气候变暖之后可能产生的后果 264
- 9.5 解决途径：对付气候变化的威胁 266
解决途径专栏 以高能效挽救地球 267
- 9.6 同温层中的臭氧耗竭 269
联系专栏 你最可能患上的几种癌症 272
个体作为专栏 雷·特纳和他的冰箱 273
- 9.7 解决途径：保护臭氧层 273
- 9.8 室外与室内空气污染的类型和来源 274
- 9.9 空气污染对有机生物和无机物质的影响 285
- 9.10 解决途径：预防和降低空气污染 286

第10章 水资源与水污染 293

- 10.1 水的重要性及其独特的性质 293
- 10.2 水资源的供应、更新与使用 293
- 10.3 水资源问题：水量过少和水量过多 297
联系专栏 居住在孟加拉国的危险洪泛平原上 300
- 10.4 解决途径：增加水资源供应量 300
案例研究 咸海调水灾难 302
案例研究 开采地下水：正在萎缩的奥加拉拉含水层 305
- 10.5 解决途径：减少水资源浪费量 306
解决途径专栏 滴灌的前景 309
聚焦专栏 内华达州拉斯韦加斯的缺水状况 310
- 10.6 水污染的类型、影响及污染源 310
- 10.7 淡水河流、湖泊和含水层中淡水资源的污染 311
个体作为专栏 追踪来自地狱的 Pfiesteria 细胞 316
- 10.8 海洋污染 318
- 10.9 解决途径：预防和减少表层水域的污染 322
案例研究 北卡罗来纳州东北部的飓风、养猪场和水污染 322
解决途径专栏 利用湿地处理污水 326
- 10.10 解决途径：实现一个更加可持续的水资源的未来 327

第11章 固体废物与有害废物 331

- 11.1 资源浪费 331

- 11.2 减少废物及污染量 332
解决途径专栏 以少致多：提高资源的生产率 334
- 11.3 解决途径：以更加洁净的生产和销售服务来取代实物生产 335
个体作为专栏 Ray Anderson (雷·安德森) 336
- 11.4 再利用 337
解决途径专栏 我们应该使用哪些购物袋呢？ 337
- 11.5 回收 338
解决途径专栏 通过制造有机堆肥来回收可生物降解的废物 340
案例研究 回收铝材 341
利与弊专栏 回收利用是否具有经济意义？ 342
- 11.6 废物的消毒、焚烧、填埋与输出 342
- 11.7 案例研究：铅与二恶英 347
- 11.8 美国的有害废物法令 349
聚焦专栏 利用蜜蜂来查探有毒污染物 349
解决途径专栏 如何改进超级资金法案？ 350
- 11.9 解决途径：实现一个低废物量的社会 351

第12章 环境经济学、环境政治学和世界观 354

- 12.1 经济体系与环境问题 354
- 12.2 解决途径：运用经济学来提高环境质量 359
解决途径专栏 将收入税和盈利税转变为污染税和废物税 363
- 12.3 减少贫困以提高环境质量和人类社会的福利 364
解决途径专栏 向贫困人口提供小额贷款 365
- 12.4 向具有环境可持续发展的经济体系过渡 365
联系专栏 就业与环境 366
- 12.5 政治与环境政策 367
个体作为专栏 环境职业 369
解决途径专栏 竞选资金改革 372
- 12.6 全球环境政策 373
个体作为专栏 校园中的环境行动 374
- 12.7 环境世界观：价值与文化的冲突 375
案例研究 生物圈2号：一个谦卑的教训 378

联系专栏 我们为什么应该关心 后代?	380	附录 3 美国主要的资源保护与环境立法	392
个体作为专栏 头脑地震: 评价一个人的环境 世界观	381	附录 4 个体作为: 你能做些什么?	394
联系专栏 向地球学习	382	术语表	397
附录	386	索引	417
附录 1 度量单位	386	译后记	455
附录 2 美国历史上的重大环境事件	388		

第 1 章 环境问题、问题的诱因与可持续性

在太空中绝无仅有，拥有独一无二的生命维持系统，由不可思议的能量支持推动着，将所有这些通过最微妙的调节传递给我们，如此的不稳定、如此的不可预测，但在最大程度上又具有丰富的营养、充沛的活力和丰饶的资源——这难道不是我们所有生命的宝贵家园吗？这难道不值得我们去爱护吗？

——巴巴拉·沃德 (Barbara Ward) 和 瑞恩·杜伯斯 (Rene Dubos)

1.1 更加可持续地生存

环境、生态学和环境科学有什么区别呢？

环境是影响一种有机生命（任何独一无二的生命形式）的所有事物。生态学是研究有机生命体与其环境间的关系的一门生物科学。

本书是环境科学的一本引导性教科书。环境科学是一门多学科交叉性科学，运用了来自生态学、

生物学、化学和地质学等自然科学和经济学、政治学和伦理学等社会科学的一些概念和信息，这既有助于我们理解地球是如何运作的，又可以使我们了解人类活动是如何影响支持我们人类自身和其他生命形态的地球生命维持系统（环境）的，还可以提出解决我们所遇到的环境问题的方法并对其进行评估。很多不同的组织机构都在关注环境问题（聚焦专栏，第 2 页）。

什么是指数式增长？

在巴比伦曾经有两个喜欢下象棋的国王，他们商定胜者可以向负者提出一个要求作为奖励。在一次比赛之后，获胜的国王要求战败的国王在棋盘的第一个格子里放一粒小麦，在第二个格子里放两粒小麦，在第三个格子里放四粒小麦，以此类推，并将这所有的粮食都付给他。每个格子中小麦的数量都是前一个格子的 2 倍，直至将棋盘中所有的 64 个格子都摆满为止。

那个战败的国王觉得这很容易做到，就高兴地答应了。但这却成了他一生中所犯的最大一个错误。他穷其国力仍旧不能偿付自己所答应这笔如此巨大得不可思议的粮食的数量。事实上，这笔粮食的数量可能比他的国家曾经收获的所有小麦的数量还要多！

这就是一个指数式增长的例子，其中数量的增长是以整数的某一个固定百分数的倍数来进行的。正如那个战败的国王最终所领悟到的那样，指数式增长很有欺骗性。开始时它增长缓慢，但在翻过几倍

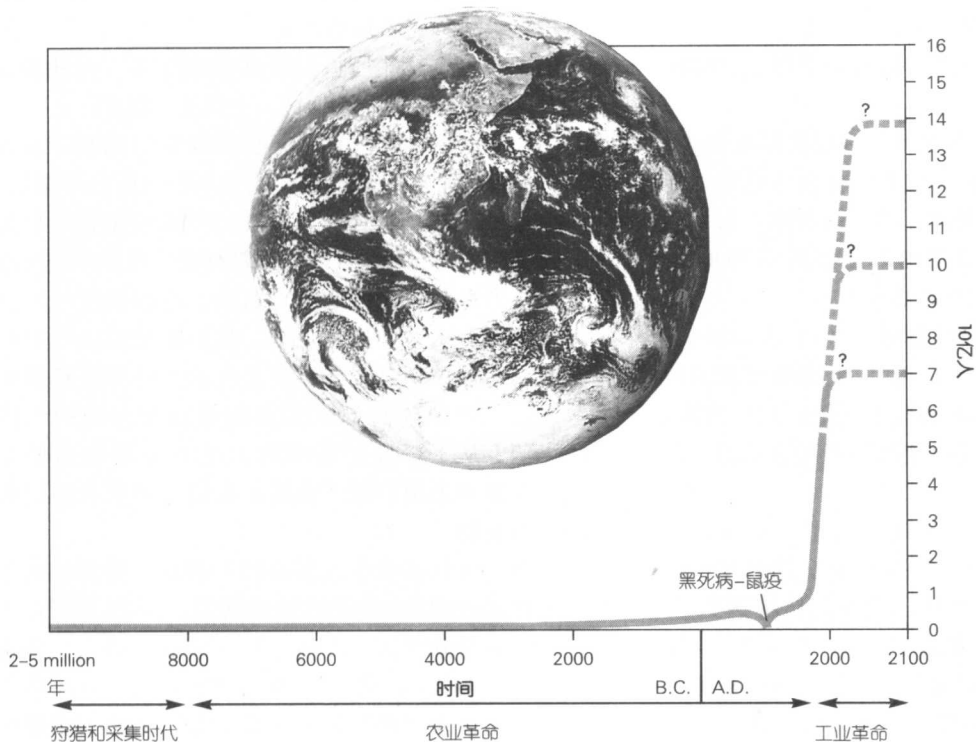


图 1-1 是过去地球上人口的指数式增长所形成的 J 形曲线，并对 2100 年之后的人口增长作出了预测。请注意，指数式增长开始时增长很缓慢，但随着时间的推移，该曲线变得越来越陡峭。在 21 世纪，现在 61 亿的世界人口将会增长到 80 亿至 150 亿 [本图并非按比例绘制] (数据来自世界银行和联合国；照片来自美国航空航天局 (NASA))



环境剧目中的演员表

聚焦专栏

你将在本书中遇到的主要演员，如下：

- 生态学家，研究有机生命体与其环境之间关系的生物科学家。

- 环境科学家，运用来自物理学和社会科学中的信息来理解地球是如何运作的，了解人类是如何与地球相互作用的，并探求解决环境问题的途径的科学家。

- 生物保护学家，他们在 1970 年代创建了一门多学科互动的科学，来

考察人类对地球上的生命多样性（生物多样性）所产生的影响，并探求保护这种生物多样性的可行性方案。

- 环境学家，他们关注环境质量并坚信某些人类活动正在损害地球的部分生命维持系统。他们的某些对付环境问题的信念和建议都是以科学的信息和理念为基础的，而有些则是基于他们所秉承的社会和伦理的环境信念（环境世界观）。环境学家是来自各种不同经济群体的一个宽泛的整体（富有的，中产阶级的，贫穷的），他们怀有不同的政治信仰（保守的或自

由的）。

- 保存主义者，他们主要关注对未损害的自然物产进行保存和保护，使其免受有害的人类活动的破坏。

- 保护主义者，他们关注以一种可维持这一代和未来的人类和其他生命形式的生存的方式来运用自然区域和野生生物。

批判性思考

在这些组织中，你最认同哪一个或哪些？为什么？

之后就会变得异常巨大，因为每一次翻倍的结果都比前面所有数量之和都大。

任何以某一固定的百分数进行增长的数量，即使小到 0.001% 或 0.1%，都是一种指数式增长。如果这种增长持续下去，随着基数的不断翻番，最终所得到的将是一个极其巨大的量。如果用一张图来表示的话，任何数量的持续的指数式增长，如人口规模的增加，最终都会得到一幅形如字母 J 一样的增长曲线（图 1-1）。

再举一个例子，将一张纸对折以使其厚度增加 1 倍。如果你可以这样对折 42 次，它将会从地球延伸到 386400 公里（240000 英里）之外的月球。如果你可以对折 50 次的话，它几乎可以延伸到 149000000 公里（93000000 英里）之外的太阳！

我们所遇到的环境问题包括：（1）人口增长；（2）资源消耗量的增加；（3）野生生物栖息地的破坏与侵蚀；（4）植物与动物的过早灭绝；（5）贫困，以及（6）污染。所有这些问题都是相互联系的，而且都是以指数式增长。

例如，世界人口在 49 年中增长了 1 倍多，从 1950 年的 25 亿增长到 2000 年的 61 亿。除非死亡率大幅度增长，否则到 2028 年，世界人口将达到 80 亿，到 2054 年将达到 90 亿，到 2100 年将达到 100 亿—150 亿（图 1-1）。全球经济产量是自然资源使用量的一个粗略的衡量指标，其中大部分都是对环境有害的。从 1950 年至今，几乎增长了 5 倍。

环境方面有着大量的坏消息。根据一些杰出的生态学家和环境科学家的信息，（1）森林面积正在缩减；（2）草地正因家畜的过度放牧而被毁坏；（3）土

壤正在受到侵蚀；（4）动植物物种正在消失；（5）渔业正在走向崩溃；（6）河流正在干涸；（7）一些国家正在为共同的但十分有限的水资源的获取而发生冲突；（8）地下水正在以快于可补充的速度被开采使用；（9）湿地正在消失；（10）珊瑚礁正在死亡；（11）全球气温正在升高；（12）冰川正在消融。国际保护组织的研究者最近所做的研究表明大约 73% 的可栖息的地球表面土地（不包括裸露岩石、冰地或流沙）已经部分地或严重地被人类活动所损害。

在本世纪，地球的气候会变得非常温暖，以致（1）损害农业生产率；（2）改变水资源的分配结构；（3）使大量的物种灭绝；（4）由于燃烧化石燃料所排放入低层大气的某些气体以及森林破坏而导致经济混乱。开采和燃烧化石燃料（石油、煤和天然气）会污染空气和水体并损害土地。我们施加到大气中的其他一些化学物品会漂移到大气上层并损耗掉那些可以过滤掉大量源自太阳的有害紫外线的气体（臭氧）。从工厂和矿场中排出的有毒废物会使空气、水体和土壤中毒。农用杀虫剂污染了我们的饮用水和食物。

但还是有很多令人兴奋的好消息。主要是由于卫生质量的提升和药品疗效的增强，在 20 世纪，人们的平均寿命增长了 1 倍，而全球婴儿的死亡率也下降了将近 2/3。从 1960 年代开始，全球食品生产量已经超过人口增长量，主要是由于采用了新型的高产的农业形式缘故。

由于采矿技术的提高，从 1950 年代开始，已探明的地球上几乎所有的化石燃料和矿产资源的储量都有了大幅度的提高。由于新的污染控制法案的通

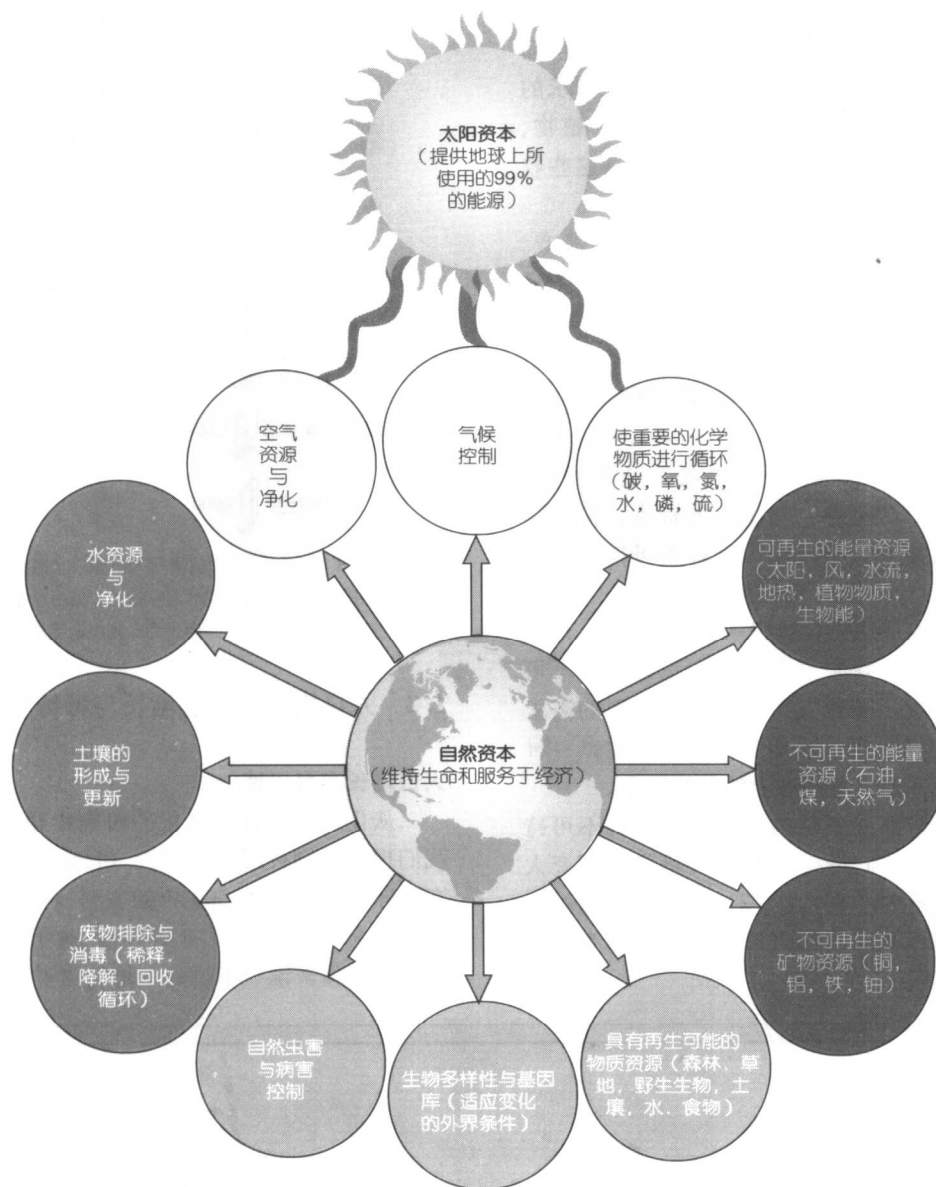


图 1-2 来自太阳的能量（太阳资本）和自然资源（自然资本）支撑并维持着地球上所有的生命和所有的经济体

过和新技术的采用，从 1970 年代开始，大多数工业化国家的空气和水污染的程度都有所下降。近年来，工业国家已经拓展了国际条约以逐步淘汰会损耗上层大气中的臭氧层的化学产品。

是什么维持我们生存？

我们的生存、生活方式和经济状况全部依赖于太阳和漆黑虚空的太空中蓝色和白色的小岛——地球。对于经济学家来说，资本就是用于维持一个企业并产生更多财富的财富。同样地，我们可以将来自太阳的能源视为太阳资本，而将地球这颗行星上的空气、水、土壤、野生生物、矿产和自然净化、回收和害虫控制过程等视为自然资源或自然资本

（图 1-2）。太阳能被宽泛地定义为既包括直接的阳光，又包括间接的太阳能形式如（1）风能；（2）水能（水流产生的能量）；（3）生物能（转化为化学能并存储在生物资源中的直接的太阳能，如木材）。

什么是环境的可持续社会？

为了生存并维持良好的健康状况，所有的生命形式都必须获得充足的食物、清新的空气、洁净的水分，以及遮蔽来满足基本需求。对于人类来讲还需要令人尊敬而且安全的工作、医疗护理、娱乐、文化契机、教育，以及免受身体损伤。你能再想出一些自己所需的其它基本需求吗？

一个环境的可持续社会可以满足该社会中人们的各种基本需求而不会耗尽或损害其自然资源从而妨碍现在和将来的人们及其他物种对其基本需求的满足。可持续地生存意味着不依赖由土壤、植物、空气和水所补充的自然收入，也不耗费提供这些收入的自然资本（图 1-2）。

例如，想像一下你继承了 100 万美元的遗产。将这笔资本以年息 10% 进行投资你就会获得一个可持续的 10 万美元的年收入而不会耗尽你的资本。如果你每年花费 20 万美元，你的 100 万美元会在第 7 年初就用完了；即使你每年仅花费 11 万美元，你也会在第 18 年的年初破产。

这是一个古老的教训：不要杀死下金蛋的鹅，或者叫做保护自己的资本。耗尽你的资本，你就从一种可持续的生活方式堕落成为一种不可持续的生活方式了。

同样的教训也适用于自然资本（图 1-2）。环境学家们和一些杰出的科学家相信我们正以一种不可持续的方式生存着，随着人口和对地球资源的需求以及生命维持过程以指数式增长，我们正在以一种加速的速度消耗并损害着地球上的自然资本。

其他一些分析家并不认为我们正以一种不可持续的方式生存着。他们辩称：（1）环境学家们夸大了人口和环境问题的严重性；（2）我们所遇到的任何人口、资源和环境问题都可以通过人类的智慧和技术的进步来克服。

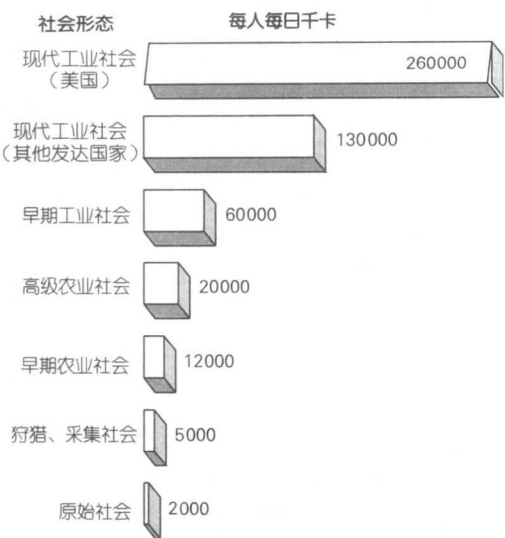


图 1-3 在人类文明发展的不同阶段人均每日直接及间接能源的平均使用量。现代工业社会中的一个普通人所消耗的能源是狩猎、采集时期人均消耗能源量的 65—130 倍

1.2 人口增长、经济增长与可持续的经济发展

人口增长有多迅速？

从化石和对古代文化的研究中得出的证据表明我们现在的物种形式，智人（Homo sapiens），仅仅在地球上走过约 60000 年的岁月（近来的一些证据表明是 90000 年到 17.6 万年），对于存在了大约 46 亿年的地球来说只不过是一瞬间罢了。

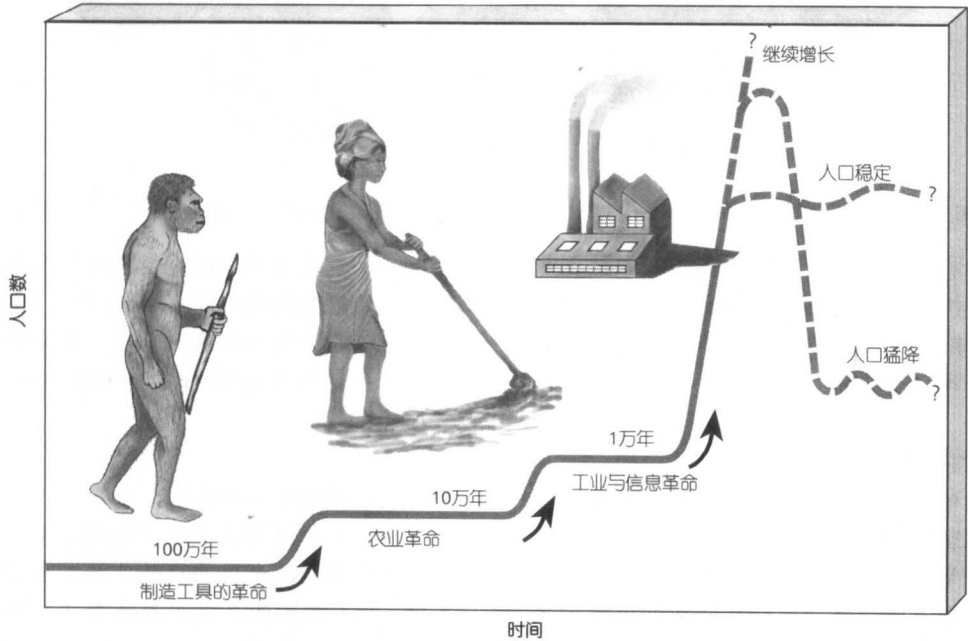
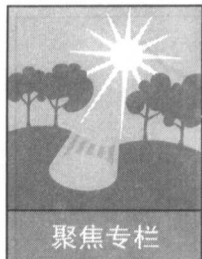


图 1-4 技术革新使人类对自然界的其他部分具有更强的控制力，并促进了人口增长。虚线表示出三种人口发展趋势：（1）继续增长（上面的虚线）；（2）保持稳定（中间的虚线），和（3）猛降并保持一个低水平的稳定



当今世界人口以指数式增长

聚焦专栏

世界人口正在以每年约 1.35% 的速率呈指数式增长。这架人口时钟所发出的无情的滴答声意味着在 2000 年, 61 亿的世界人口将会增长 8200 万 ($61 \text{ 亿} \times 0.0135 = 8200 \text{ 万}$), 日均增长量为 225000 人, 或每小时 9400 人。

以这个每年 1.35% 的速率呈指数型增长的话, 大约

- 5 天就会增加相当于在美国参

与的所有战争中死亡的总人数。

- 2 个月就会增加相当于居住在洛杉矶盆地中的人口总量。

- 1.6 年就会增加 1.29 亿人, 相当于在过去的 200 年中的所有战争中死亡的人口总量。

- 3.4 年就会增加 2.81 亿人 (2000 年美国的人口)。

- 15 年就会增加 12.6 亿人 (2000 年中国的人口, 世界上人口最多的国家)。

10 亿是多少? 如果你可以活 10 亿分钟的话, 你就会有 1902 岁。要

行走 16 亿公里 (10 亿英里) 的话, 你就会环绕地球 40000 次。

批判性思考

有些经济学家认为人口增长是一件好事情, 因为这可以提供更多的工作者、消费者和解决问题的人以保持全球经济的增长。环境学家却认为人口增长会通过增加污染和环境破坏而对各国的经济和地球的生命维持系统产生威胁。你怎么认为? 为什么?

世界人口达到		
10亿	1804年	
20亿	1927年	(123年后)
30亿	1960年	(33年后)
40亿	1974年	(14年后)
50亿	1987年	(13年后)
60亿	1999年	(12年后)
世界人口将会达到		
70亿	2013年	(14年后)
80亿	2028年	(15年后)
90亿	2054年	(26年后)

图 1-5 世界人口里程碑 (数据来自联合国人口机构, 世界人口展望, 1998 年)

直到大约 12000 年前, 我们人类主要以狩猎和采集的方式生存, 根据寻找生存所需食物的需求而进行迁移。从那时起, 经历了 3 次主要的文明变革: (1) 农业革命 (开始于 10000 至 12000 年前); (2) 工业革命 (开始于约 275 年前), 以及 (3) 信息与全球化革命 (开始于约 50 年前)。

这些主要的文明变革:

- 给予了我们人类更多的能源 (图 1-3) 和新技术, 使我们可以更多地改变和控制我们的星球以满足我们的基本需求和不断增长的需要。

- 使人口得到增长, 主要是因为食物供给的增加和寿命的延长 (图 1-4)。

- 加剧了我们对环境的影响, 这是由于资源使用量的增加, 污染, 以及环境衰退。

持续增长的人口规模便是指数式增长的一个例子 (图 1-1, 图 1-4 和图 1-5, 以及本页顶端的聚焦专栏)。如果这种指数式增长持续下去 (即使是一个较低的年增长百分率), 那么最终, 人口增长曲线会弯一个弯并几乎以直线向上发展, 形成一个 J 形的曲线 (图 1-1)。过去 100 年中人口迅速增长的一个主要原因是死亡率的降低程度大大高于出生率 (主要是因为食物供应量的增加和更好的健康和卫生条件)。

什么是经济增长?

几乎所有国家都在追求经济增长: 一种为人民的最终使用而提高的商品和服务的供应能力。这种

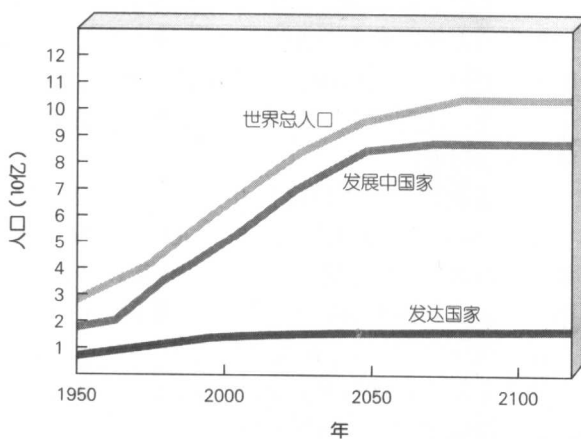


图 1-6 发达国家、发展中国家和全世界在过去和未来的规模, 1950—2120 年。1990—2030 年所增长的 36 亿人口中的 95% 将产生在发展中国家 (数据来自联合国)

提高是通过人口增长（更多的消费者和生产者）、更多的人均消费，或者两者同时增长而实现的。

经济增长通常以几项指标的增长来衡量：

- 国民生产总值（GNP）：在一年之中，一个国家国内和国外的所有企业为最终的使用而生产的所有商品和服务的总和折合成美元的市场价值。

- 国内生产总值（GDP）：在一年之中，一个国家国内的所有企业为最终使用而生产的所有商品和服务的总和折合成美元的市场价值。

- 人均国民生产总值：国民生产总值被总人口除所得的结果。它给出了每个人的经济产量的平均值。

经济发展是通过经济增长而实现的生活水平的提高。联合国主要按照各国的工业化程度和人均国民生产总值将全世界在经济上划分为发达国家和发展中国家。

发达国家包括美国、加拿大、日本、澳大利亚、新西兰，以及欧洲的所有国家。它们大多都是高度工业化的国家并具有较高的人均国民生产总值（除了东欧的工业化国家和北欧和南欧的一些国家外，都高于每年10000美元）。这些国家的总人口为12亿（在2000年，占全球人口的20%），（1）占有着全球85%的财富和收入；（2）消耗着全球约88%的自然资源，而且（3）制造着全球约75%的污染和废物。

其他的所有国家都属于发展中国家，其中大多数在非洲、亚洲和拉丁美洲。他们拥有49亿人口（在2000年，占全世界人口的80%），（1）却仅拥有大约15%的全球财富和收入；（2）消耗着约12%的自然资源。一些国家属于中等收入的中等发达国家，每年的人均国民生产总值在1000美元至10000美元之间。例如南非、墨西哥、阿根廷、巴西、沙特阿拉伯、马来西亚和泰国。其他国家都属于低收入国家，每年的人均国民生产总值在1000美元以下。包括印度、中国、孟加拉国、巴基斯坦、越南、尼加拉瓜、海地、玻利维亚，以及非洲西部、东部和中部的的大多数国家。

预计超过95%的人口增长量将发生在发展中国家（图1-6），每5天增长约100万人口。发展中国家如此迅速的人口增长速度（发展中国家1.7%，发达国家0.1%）主要归因于大量的15岁以下的人口量（在2000年为34%，而发达国家为19%）。在接下来的几十年中，这些年轻人便进入了主要的生育年龄，他们加剧了人口的快速增长。

什么是环境可持续发展的经济模式？

一些分析学家提倡以一种强调环境可持续发展的经济模式来取代传统上强调以各种基本形式的经

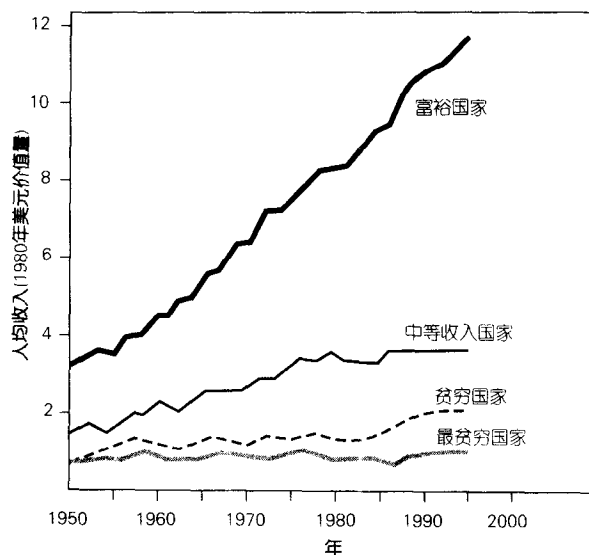


图 1-7 财富差距：高收入、中等收入、低收入和极低收入国家人均国民生产总值的分配变化，1950—1996 年。自 1980 年的经济恶化以来，大部分因经济增长而带来的收入都有所增加而不是减低。10 多亿人却靠每天不足 1 美元来维持生活（数据来自联合国）

济增长来促进的经济发展模式。这种发展模式（1）鼓励各种形式的环境可持续的经济增长来满足现今一代的人类和其他物种的各种基本需求而不妨碍未来各代的人类和其他物种满足他们的各种基本需求，（2）限制对环境有危害的和不可持续的各种经济增长形式。换句话说，环境可持续发展的经济是环境可持续社会的一个经济组成部分。

什么是财富差距？

从 1960 年开始，特别是 1980 年以来，富裕国家、中等收入国家和贫穷国家的人均国民生产总值之间的差距已经拉大了（图 1-7）。根据联合国的数据，大约 12 亿人口——每 5 个人中就有 1 人——属于饥饿和营养不良，而且缺乏净水、适宜的房屋和充分的医疗护理。每 3 个人中就有一人缺乏足够的燃料用于取暖和烹煮食物，而且没有任何电源。大约 2/3 的人口缺乏卫生的厕所，每 4 个成年人（13 亿人）中就有一人是文盲。

对于地球上大约 1/2 的人来说，每天的生活就是一种艰苦的挣扎，只能靠每日 1~3 美元的收入来生存。很多贫穷的父母靠多生孩子来作为生活的经济保证，（1）可以帮助他们增加食物的收入；（2）可以收集燃料（主要是木材和粪肥燃料）；（3）可以帮他们搬运饮用水；（4）可以帮他们照料牲口；（5）可以工作挣钱；（6）可以在街上乞讨；（7）可以在自己年老的时候（大约 50 岁或 60 岁）赡养他们。贫穷的人们

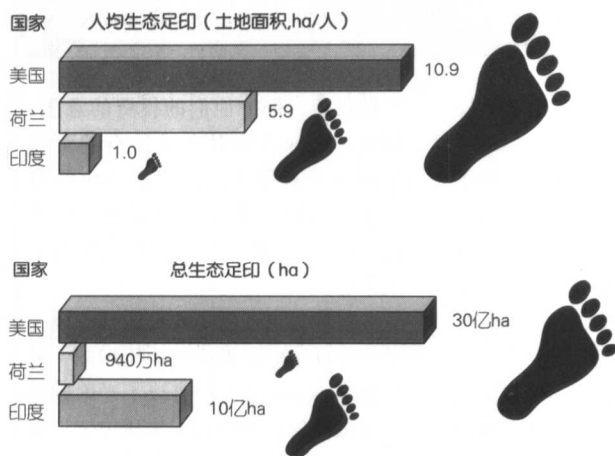


图 1-8 美国、荷兰和印度的生态脚印比较。生态脚印是指在一个国家中为满足一个普通人的需求所需的土地的量。荷兰 1600 万人的生态脚印是其国土面积的 15 倍。事实上，如果全球 61 亿人消耗与美国的 2.81 亿人同样数量的资源的话，则所需的土地面积为地球土地面积的 3 倍

- 会消耗和破坏本地的森林、土壤、草地、野生生物和水源供应以寻求短期的生存，即使他们知道从长远来讲，这会导致灾难。

- 通常不得不住在那些空气和水体污染严重的地区和那些很容易发生自然灾害的地区，这些灾害包括洪水、地震、飓风和火山爆发。

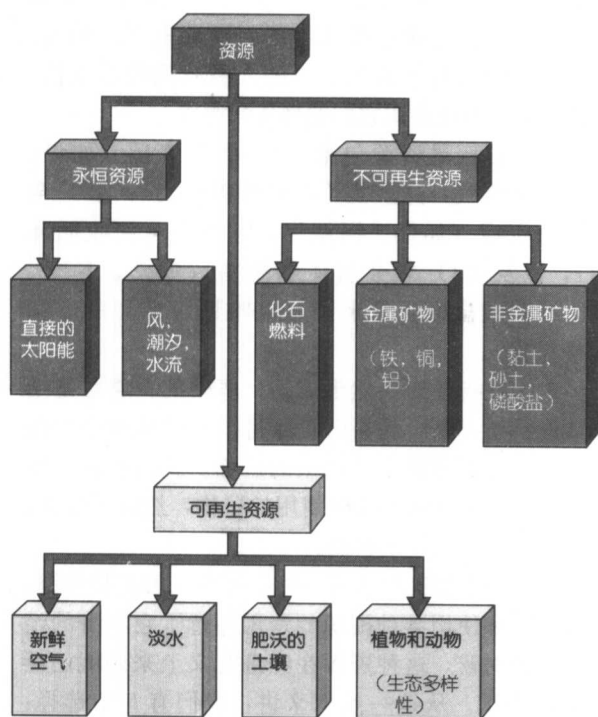


图 1-9 物质资源的主要类型。本图并非最终结果；如果以一个高于自然过程所能更新的速率来消耗一段延长了的时间的话，可持续资源也会变成不可持续资源

- 平均每天用 4—6 小时的时间来寻找和搬运燃料木材，平均每周用 4—6 小时的时间来提水和运水。

- 不得不在不健康也不安全的工作条件下从事一些报酬很低的工作（如果能够找到这类工作的话）。

根据世界卫生组织（WHO）的数据，每年至少 1000 万极其贫困的人过早地死亡，主要因为（1）营养不良（缺乏蛋白质和其他良好健康所需的营养成分）；（2）由于营养不良而导致的虚弱的抵抗力所引起的对传染病越来越低的抵抗力，以及（3）因为饮用了受污染的水而染上各种传染病。每天会有大约 27400 人过早的死亡，相当于每天坠毁 69 架满载着 400 人的大型喷气式客机而无一人生还。其中一半是不足 5 岁的儿童。

主要由于发达国家对自然资源的高使用量，与发展中国家相比，发达国家的人均环境危害或生态足印程度要大得多（图 1-8）。

1.3 资源

什么是资源？

从人类的视点来看，资源是指从环境中获得的可以满足人类需求和需要的任何事物。包括食物、水、掩蔽所、人类生产的各种产品、交通、通信和娱乐。从人类短暂的存在时间来讲，我们把从环境中获得的各种物质资源划分为（1）永恒资源；（2）可再生资源，或（3）不可再生资源（图 1-9）。

有些资源，如太阳能、新鲜空气、风、表层淡水、肥沃的土壤和可食用的野生植物，都是可以直接获得的。其他一些资源，如石油（原油）、铁、地下水（在地下发现的水体）和现代农业的谷物，是不可以直接获得的。只有通过一些人为的劳动和技术上的创造才能使它们造福于人类。例如，在人类懂得了如何探测、开采并将其转制（提炼）成汽油、采暖用石油和其他价格合理的产品之前，石油一直都是一种神秘的液体。

什么是永恒资源和可再生资源？

太阳能被称为一种永恒资源，因为从人类的时间跨度来看，它持续不断地进行着更新。由于太阳的生命可以维持至少 60 亿年，所以太阳能也可以持续相同的年限。

从人类的时间跨度来讲，一种可再生资源可以通过各种自然过程相当迅速地（从若干小时到几十年）进行补充，只要在获得替代资源前该资源未被耗尽。这些都是流动资源，流经各种植物体、经济



联系专栏

导致环境恶化的一个原因就是
对共有资源和无限制资源的过度使用。这些资源并不是被某个人所占有（或被某个国家或地区的人们共同占有），而是对任何人来说都可以以一笔较小的费用或免费来使用。

例如包括（1）洁净的空气；（2）开放的海洋和其中各种鱼类；（3）候鸟；（4）野生生物物种；（5）公众拥有的土地（如国家森林，国家公园和野生生物保护地）；（6）低层大气，以及（7）太空。

在1968年，生物学家盖瑞特·哈迪恩（Garrett Hardin）将可再生无限制资源的恶化称为共有资源的灾劫。每个消耗者都辩称：“如果我不消耗的话，也会有别人消耗的。我所消耗或污染的这一点并不算什么，

这种资源是可再生的。”灾劫便发生了。

如果消耗者的数量不多，这种逻辑还可能适用。但是，很多人对无限制资源的共同开发所造成的累积影响最终会耗尽或毁掉全部资源。所以，没有人能从中受益，而灾劫便降临了。

有两个解决这一问题的途径：

- 通过减少人口数量、规范使用方式，或两者同时采用来以低于所预计的可持续产出或超负荷极限的速率来使用无限制资源。这种禁止的方法几乎不被采纳，因为（1）这需要建立并强化各种法规以限制资源的使用和人口的增长；（2）确定一片森林、一片草地或一群动物的可持续产出是非常困难又非常昂贵的，因为这些产出随天气、气候和诸多不可预测的生物因素的影响。

- 将无限制资源转为私人占有。理由是土地和其他资源的拥有者具有

一种强烈的保护他们的投资的意愿。但是，这种方法对全球共有的资源来讲并不适用（如大气、开放的海洋、大多数的野生生物物种，以及候鸟），它们都不能被分割或转为私人占有。

经验显示了另一种可能性。因为某一个社区可以很便利地使用某一种资源并不意味着人们可以不受限制或不按照任何法令的规定来使用这一资源。有很多关于社区建立了一套规定和制度来规范对一些共有资源的使用，如渔场、放牧地和森林，这样的例子有很多。

批判性思考

举出3个你如何引起环境恶化从而导致了共有资源的灾劫的例子。我们应如何处理这个问题？解释一下。

体和其他系统。它们仅以大自然所赋予的速率进行着无休无止的更新。例如（1）森林；（2）草地；（3）野生动物；（4）淡水；（5）新鲜空气和（6）肥沃的土壤。

然而，可再生资源也会被耗尽或损害。可持续资源可以被无限制地使用而不减低其有效供应力的最大使用率被称为可持续产出。

如果超出了资源本身的自然更新率，其有效的供应力就会开始下降，形成一种被称为环境恶化的过程。这种变化过程的例子包括：（1）耕地的城市化；（2）土壤的淹涝和盐碱化；（3）表层土的过度流失；（4）森林砍伐；（5）地下水的过度抽取；（6）牲畜对草地的过度啃食；（7）栖息地消失和物种灭绝而引起的地球野生生物种类（生物多样性）的减少，和（8）污染。

这些形式的环境恶化会将可用的、可再生资源转变为不可再生的或不可用的资源。可再生资源环境恶化的主要诱因是一种被认作共有资源的灾劫现象（联系专栏，第8页）。

什么是不可再生资源？

蕴藏在地壳中的数量或储量有限的资源就被称

为不可再生资源。从几百万年到几十亿年的时间跨度来讲，地质运动过程可以更新这些资源。但是，从短得多的几百年到几千年的人类时间跨度来讲，这些资源的消耗会比它们的形成快得多。

这些可耗尽资源包括（1）能量资源（如煤、原油和天然气，这些是不可回收循环的）；（2）金属矿物资源（如铁、铜和铝，这些是可回收循环的），以及（3）非金属矿物资源（如盐、黏土、砂土和磷酸盐，通常来讲是很难回收循环的，且代价昂贵）。

矿物是指任何自然形成的、坚硬的、通常是结晶体的物质。我们现在已经懂得了如何从地壳中探寻和开采100多种不可再生的矿物。我们将这些生材加工成很多日常生活中使用的器物，然后再抛弃、重复使用或回收使用它们。

人类尚未消耗任何一种不可再生的矿物资源，但当开采和使用某种资源的费用超过了它本身的经济价值的时候，这种资源在经济意义上来讲就已经被消耗光了。从这一点上来讲，我们有6个选择：（1）寻找更多的资源；（2）回收或重复使用现有资源（除了不可再生的能量资源，这些是不能循环或重复使用的）；（3）减少浪费量；（4）减少使用量；