



“十二五”国家重点图书规划项目

第4卷

国际可持续发展百科全书

主任 倪维斗

# 自然资源和 可持续发展

## Natural Resources and Sustainability

【美】丹尼·E·瓦齐 等 主编

殷 杉 王志民 高 岩 吴亚妮 袁运生 等 译

刘春江 周 培 刘群录 校



上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



中国低碳经济发展促进会

“十二五”国家重点图书规划项目

第4卷

国际可持续发展百科全书

主任 倪维斗

# 自然资源和 可持续发展

Natural Resources and Sustainability

【美】丹尼·E·瓦齐 等 主编

殷杉 王志民 高岩 吴亚妮 袁运生 等 译

刘春江 周 皓 刘群录 校



上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



中国低碳经济发展促进会

内容提要

本书是“国际可持续发展百科全书”第4卷。全书以条目的形式，综述了世界重要自然资源储藏量、空间分布格局和利用现状，叙述了全球可持续发展理论和自然资源利用历史，讨论了国际和多个国家污染防治技术和政策，介绍了当地社区参与资源利益分享和保护的方式和重要意义。本书内容丰富，叙事风格深入浅出，适合有关研究人员、决策机构和公众的阅读和获取信息。

©2010 by Berkshire Publishing Group LLC  
All rights reserved. Permission to copy articles for internal or personal non-commercial use is hereby granted on the condition that appropriate fees are paid to the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA01923, U.S.A., telephone +19787508400, fax +19786468600, e-mail info@copyright.com. Teachers at institutions that own a print copy or license a digital edition of *Natural Resources And Sustainability* may use at no charge up to ten copies of no more than two articles (per course or program).  
上海市版权局著作权合同登记章图字：09-2013-911

图书在版编目 (CIP) 数据

自然资源 and 可持续发展 / (美) 丹尼·E. 瓦齐等主编；  
殷杉等译. —上海：上海交通大学出版社，2017  
(国际可持续发展百科全书；4)  
ISBN 978-7-313-14186-6

I. ①自… II. ①丹… ②殷… III. ①自然资源—可  
持续性发展—研究 IV. ①F062.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第164278号

自然资源 and 可持续发展

主 编：[美] 丹尼·E. 瓦齐 等  
出版发行：上海交通大学出版社  
邮政编码：200030  
出 版 人：谈 毅  
印 制：苏州市越洋印刷有限公司  
开 本：787mm × 1092mm 1/16  
字 数：939千字  
版 次：2017年9月第1版  
书 号：ISBN 978-7-313-14186-6/F  
定 价：588.00元

译 者：殷 杉 等  
地 址：上海市番禺路951号  
电 话：021-64071208  
经 销：全国新华书店  
印 张：47.5  
印 次：2017年9月第1次印刷

版权所有 侵权必究  
告读者：如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系  
联系电话：0512-68180638

# 国际可持续发展百科全书

## 编译委员会

顾 问

郭树言

主 任

倪维斗

委 员 (按姓氏笔画顺序)

王文华 朱娅玥 刘春江 孙承兴

李 鹏 张天光 张 靓 周伟民

周伟丽 周 培 赵 旭 董启伟

支持单位

中国长江三峡集团公司

中国中煤能源集团有限公司

神华集团有限责任公司

# 英文版编委会

## 主编

丹尼·E. 瓦齐 (Daniel E. Vasey)  
萨拉·E. 弗雷德里克斯 (Sarah E. Fredericks)  
沈磊 (SHEN Lei)  
雪莉·汤普森 (Shirley Thompson)

圣言学院  
北得克萨斯州大学  
中国科学院  
曼尼托巴大学

## 副主编

帕特丽夏·伍特斯 (Patricia Wouters)

邓迪大学水法律、政策和科学中心

## 咨询委员会

雷·C. 安德森 (Ray C. Anderson)  
莱斯特·R. 布朗 (Lester R. Brown)  
约翰·埃尔金顿 (John Elkington)  
埃里克·弗雷福格尔 (Eric Freyfogle)  
路易斯·戈麦斯-埃切韦里 (Luis Gomez-Echeverri)  
布伦特·哈达德 (Brent Haddad)  
丹尼尔·M. 卡门 (Daniel M. Kammen)  
阿肖克·寇斯勒 (Ashok Khosla)  
陆恭蕙 (Christine Loh)  
谢丽尔·奥克斯 (Cheryl Oakes)

英特飞公司  
地球政策研究所  
可持续性战略咨询公司  
伊利诺伊大学香槟分校  
联合国开发计划署  
加州大学圣克鲁兹分校  
加州大学伯克利分校  
世界自然保护联盟  
香港思汇政策研究所  
杜克大学



## 序 言

随着世界人口膨胀、资源能源短缺、生态环境恶化、社会矛盾加剧,可持续发展已逐步成为整个人类的共识。我国在全球化浪潮下,虽然经济快速发展、城市化水平迅速提高,但可持续问题尤为突出。党中央、国务院高度重视可持续发展,并提升至绿色发展和生态文明建设的高度,更首度把生态文明建设写入党的十八大报告,列入国家五年规划——十三五规划。

如何进行生态文明建设,实现美丽中国?除了根据本国国情制定战略战术外,审视西方发达国家走过的道路,汲取他们的经验教训,应对中国面临的新挑战,也是中国政府、科技界、公众等都需要认真思考的问题。因而,介绍其他国家可持续发展经验、自然资源利用历史、污染防控技术和政策、公众参与方式等具有重要的现实意义。

“国际可持续发展百科全书”是美国宝库山出版社(Berkshire Publishing Group LLC)出版的,由来自耶鲁大学、哈佛大学、波士顿大学、普林斯顿大学、多伦多大学、斯坦福大学、康奈尔大学、悉尼大学、世界可持续发展工商理事会、国际环境法中心、地球政策研究所、加拿大皇家天文学会、联合国开发计划署和世界自然保护联盟等众多国际顶尖思想家联合编撰,为“如何重建我们的地球”提供了权威性的知识体系。该系列丛书共6卷,分别讲述了可持续发展的精神;可持续发展的商业性;可持续发展的法律和政治;自然资源和可持续发展;生态管理和可持续发展;可持续性发展的度量、指标和研究方法等六方面的内容。从宗教哲学、法律政策、社会科学和资源管理学等跨学科的角度阐述了可持续发展的道德和价值所在、法律政策保障所需以及社会所面临的商业挑战,并且列举了可持续研究的度量、指标和研究方法,提出了一些解决环境问题的方法。总而言之,这套书以新颖的角度为我们阐述了21世纪环境保护所带来的挑战,是连接学术研究和解决当今环境问题实践的桥梁。

这套书的引进正值党的十八大召开,党中央和国务院首度把“生态文明建设”写入工作

报告重点推进,上海交通大学出版社敏锐地抓住这一时机,瞄准这套具有国际前瞻性的“国际可持续发展百科全书”。作为在能源与环境领域从事数十年研究的科研工作者,我十分欣赏上海交通大学出版社的眼光和社会担当,欣然接受他们的邀请担任这套丛书的编译委员会主任,并积极促成中国低碳经济发展促进会参与推进这套书的翻译出版工作。中国低碳经济发展促进会一直以来致力于推进国家可持续发展与应对气候变化等方面工作,在全国人大财政经济委员会原副主任委员、中国低碳经济发展促进会主席郭树言同志领导下,联合全国700多家企业单位,成功打造了“中国低碳之路高层论坛”、“中国低碳院士行”等多个交流平台,并以创办《低碳经济杂志》等刊物、创建低碳经济科技示范基地等多种形式为积极探索中国环境保护的新道路、推动生态文明建设贡献绵薄之力。我相信有“促进会”的参与,可以把国际上践行的可持续理论方法和经验教训,更好地介绍给全国的决策者、研究者和执行者,以及公众。

本系列丛书的翻译者大多来自著名高校、科研院所的教师或者翻译专家,他们都有很高的学术造诣、丰富的翻译经验,熟悉本领域的国内外发展,能准确把握全局,保证了丛书的翻译质量,对丛书的顺利出版发挥了不可替代的作用,我在此对他们表示衷心的感谢。

这套丛书由上海交通大学出版社和中国低碳经济发展促进会两单位共同组织人员编译,在中国长江三峡集团公司、中国中煤能源集团公司、神华集团有限责任公司的协助下,在专家学者的大力支持下,历时三年,现在终于要面世了。我希望,该书的出版,能为相关决策者和参与者提供新的思路和看待问题新的角度;该书的出版,能真正有益于高等学校,不论是综合性大学的文科、理科、工科还是研究院所的研究工作者和技术开发人员都是一部很好的教学参考资料,将对从事可持续发展的人才培养起很大的作用;该书的出版,能为刚刚进入该领域的研究者提供一部快速和全面了解西方自然资源开发史的很好的入门书籍;该书的出版,能使可持续发展的观念更加深入人心、引发全民思考,也只有全民的努力才可能把可持续发展真正付诸实施。



(中国工程院院士 清华大学教授)



## 译者序

如何避免自然资源过度开发和利用、防治环境污染、走可持续发展道路,是人类面临的重要问题。目前,在全球化浪潮下,我国经济快速发展、城市化水平迅速提高,因而,这些问题在我国也更加突出。审视西方发达国家走过的道路,汲取他们的经验教训,应对中国面临的新挑战,是中国政府、科学界、公众等都需要认真思考的问题。因而,介绍其他国家的可持续发展经验、自然资源利用历史、污染防控技术和政策、公众参与方式等,具有重要现实意义。

应上海交通大学出版社之邀,上海交通大学农业与生物学院的师生组织翻译了宝库山出版社“国际可持续发展百科全书”的《自然资源和可持续发展》卷。该书适合高等学校、科研院所的研究工作者和技术开发人员参考;对刚刚进入该领域的研究生而言,快速和全面了解西方自然资源开发历史、存在问题和今后发展方向,则是一部很好的入门书籍。由于该书深入浅出的叙述风格,丰富多彩的内容,令人反思的环境事件,并且涉及了许多国际机构和国家的环境政策,因而也是政府工作人员和公众开卷有益之读本。

周培、刘春江、殷杉和朱鹏华负责翻译的组织工作,刘春江、刘群录和周培对翻译条目进行了校对工作。最后由周培对各个条目进行了统稿和润色工作。章旭毅对索引部分进行了整理加工。

在本书中,条目排列顺序按照原书的顺序而定。各个条目翻译分工如下(按译者的姓氏笔画排列):

丁济娜: 制冷供暖; 氢燃料; 室内照明; 天然气

王志民: 农业——遗传工程化作物; 农业—有机与生物动力学; 苜蓿; 咖啡; 棉花; 粮食作物; 水稻; 大豆; 甘蔗

王鲁梅: 蜜蜂; 昆虫的益处; 昆虫的害处; 有害生物综合管理

王舒婷: 矿砂; 太阳能; 水能; 风能

杜红梅: 草原; 大麻; 球根类作物; 橡胶

杜高尚: 煤

朱顺英: 渔业; 食品历史; 食品安全; 食品和冷冻; 食品及其附加值; 牧场

吴雅妮: 地下蓄水层; 生物能源与生物燃料; 产品和工业设计; 毒品的生产和贸易; 地热能; 黄金; 药用植物; 纳米技术; 银; 茶

刘娇月: 钨钼铁矿; 电子产品的原材料; 石油; 铂族金属

刘群录: 前言; 铝; 铜; 水淡化处理; 重金属; 铁矿石; 铅; 镍; 食盐; 沙子和二氧化硅; 钍; 铀

陈 丹: 保护的价值; 生态旅游; 山地; 海洋公园和保护区; 国家公园和保护区; 荒野区域公园和保护; 偷猎; 户外游憩; 旅游; 湿地

秦娇龙: 藻类; 竹; 丛林肉; 可可; 粪; 纤维作物

初少华: 水坝与水库; 大洋与海; 河流; 水(综述)

杨 达: 采矿业——金属矿床开采; 非金属矿业; 锡

姬华伟: 铬; 冲突矿物; 矿产资源稀缺性; 稀土元素; 钛

高 岩: 发展中国家的农业; 绿色革命; 本土与传统资源管理; 工业生态学; 自然资源经济学; 自然资源法; 回收利用; 合理利用运动

袁 婧: 施肥/肥料; 氮; 磷; 钾; 硫; 废物处理

袁运生: 畜牧; 锂; 本地化食品运动; 营养失调; 锰; 动物粪肥; 人的粪便; 替代材料

殷 杉: 碳的捕获和固定; 森林产品——非木材林产品; 森林产品——木材; 绿化带; 温室气体; 土壤

蔡施泽: 冰川; 鸟粪肥

由于我们翻译水平有限, 交稿时间较紧, 译文中不妥之处在所难免。欢迎大家批评指正。



## 前言

在19世纪和20世纪,全球范围内人类消耗的自然资源成倍增加,且多以不可持续的方式进行。如果我们现在开发可再生资源,而不是耗尽诸如化石能源这样的不可再生资源,那么现有资源可以供养多少人? 供养到何种程度? 可供养多长时间呢? 本书是“国际可持续发展百科全书”第4卷,对每个从事相关行业的人或对可持续发展感兴趣的人来讲,这是一部非常重要的工具书。

本书约2/3的章节涉及特定的初级资源,即那些我们用作原材料或能源的资源,比如“矿产资源稀缺性”一章就综述了采矿业的生实践、生产技术、矿藏可及性经济学(economics of mineral accessibility)、21世纪初期矿产资源的供求情况(特别是亚洲,尤其是中国的)以及采矿限制对矿产地理供应(geological supplies)的影响。另一方面,在“天然气”一章则详细分析了这种世界消费量第3、最近得以广泛应用的化石能源,由于开采、加工和运输方法的改进,是如何变得越来

越易于开发的。本卷中涉及的初级资源分为可再生和不可再生资源,两者中,可再生资源看起来更有利于资源的可持续性利用。但是我們也需要考虑其他一些因素,比如资源的利用方式对生物圈的影响。

本卷其他章节所涉及的范畴仅列举了两个例子,其中包括生产方法(如畜牧业)、终端产品与服务(如食品安全、替代材料)、天然地貌和生态系统(如海洋)、技术及促进资源可持续利用的运动(如生态旅游、循环利用)或者缓解资源消耗的不利影响(如碳捕获与碳储存、废物处理)。

### 资源消耗何时才能可持续?

人类长期以来以不可持续的方式消耗着自然资源,以至于森林砍伐殆尽,矿产资源枯竭。考古学家们发现几个世纪前还是植被繁茂的土地已被侵蚀得沟壑纵横、寸草不生,人们流离失所,城池荒废。

为了避免重蹈前人的覆辙,不使那些人

类引以为傲的摩天大楼和工厂变成空空荡荡的废墟,专家们一直呼吁工业文明的发展历程必须做出改变,其中包括人类生态学家威廉·卡顿(William Catton),他于1980年出版了他的经典著作《超越:革命性变化的生态基础》;还有贾雷德·戴蒙德(Jared Diamond),他于2005年出版了畅销书《崩溃:社会如何选择成败》。这两本书中都列举了一些例子,他们的人口和文明兴盛一时,而随后衰落,如复活节岛和古典玛雅文明。像我们一样,他们拥有精巧的技术和集约的生产形式,然而他们无法维持那样的消费水平。

从技术上讲,所有不可再生资源的消耗都是不可持续的。但是资源消耗是否会引起我们的关注取决于资源的储量。对于那些储量巨大的资源,通常意味着或我们认为这种消耗是不足为虑的。的确有些不可再生资源的储量远超过人类的需求。比如石灰岩构成了整个山脉,占据了广袤无垠的土地。采石活动也许是不可持续的,因为那会对堆放地的土地产生不利影响;但是对资源本身影响甚微。“没有免费的午餐”这句谚语适用于所有的资源。目前,我们在获取大部分资源时都不可避免地消耗其他不可再生的资源。例如,风力涡轮机和水利大坝建设,油井钻探,矿石开采等项目所需的设备及工业生产中所用的燃料都会需要不可再生的资源。如用柴油拖网渔船捕鱼就是一个例子。

资源更新不一定能完全弥补资源开发所造成的损失。当然,也有些更新是可以的。如阳光照耀和风吹拂,这些自然力量会减轻我们以前对生态造成的危害。比如我们从大气中获取氮元素用于制作化肥和其他工业品,这些

氮元素通过降解作用又能重新回到大气中。另一方面,人类破坏生态系统,过度捕捞,滥砍滥伐,不合理耕作造成土地贫瘠,这些损害则难以完全恢复。

那些被人类过度开发利用的资源或许能够恢复,但是需要经历漫长的过程。遭到严重破坏的森林会转变为退化的生态系统,并持续几十年,甚至数百年。如果土壤侵蚀造成岩石裸露,恢复所需的时间可能与最初形成土壤一样长。在某些环境下,这可能需要几千年的时间。

然而需求量的不断增加对于那些我们曾经认为几乎可以无限供应的资源也构成了威胁。煤炭就是一个很好的例子。根据世界煤炭协会网站2011年的数据,全球煤炭储量是目前年销量的119倍。有些研究者认为煤炭储量比这要多,并考虑其他煤炭供应的可能性。然而多少煤炭储量在经济上才具有开采价值,大家在这一问题上还有很大的分歧。众多估测值中的中间值认为可开采储量为目前年消耗量的175倍。

如果这一估计值是正确的话,也并不意味着在未来175年中我们一直有充足的煤炭供应。因为我们还要考虑到消耗量会逐年增加。美国能源信息署在他出版的《国际能源展望2010》中预测在2007年到2030年间,煤炭的消耗量平均每年将会增加1.6%。如果这种增长趋势一直延续到2030年以后,那么煤炭175年的供应期将缩减到仅有的83年。在现实世界中,可开采煤炭也不会一直有增无减地供应,直到全部资源耗竭的那一刻。而在这83年流逝之前,煤炭的年消耗量会出现一个峰值或平台期,随后是漫长的下降期。因为老

矿采空后,新矿不能弥补空缺,当今的人们就能感到煤炭短缺所造成的影响。

其他从地下开采的资源也有类似的问题。大众媒体和博客圈中充斥着宣称某种资源将可持续供应多少多少年的故事。但是仔细审查这些消息的来源,就会发现这些研究都是以当前资源的消耗率计算的。报告中所称剩余的资源供应年限,错误地暗示这些资源可一直如常供应这么多年。

## 资源供应的“峰值”

几种开采于地下的重要资源与现在的消耗量相比似乎供应充足。但是有预测表明这些资源供应的峰值将在未来数十年中出现。当然也有人对此持不同意见。除了煤炭外,开采于地下的重要资源包括石油、天然气、铁矿石和磷矿石。这些都是本卷中所要阐述的主题。

乐观主义者认为峰值的概念没有意义,或者认为峰值只会出现在遥远的未来,现在无须杞人忧天。他们坚信资源探查和技术进步将会扩大已探明石油、天然气和煤炭的储量,认为诸如铁矿石这些非燃料矿产资源大量存在于地壳中,人类的消耗量显得微不足道。而那些预计峰值会更早到来的人反驳说,易于探测的资源储量正在急剧下降。随着资源开采转向那些低品级、难以企及或地处偏远的矿藏,资源供应流将会变慢。开采成本的上升和能耗的增加,将会使这些资源变得不具开采价值。

如果资源真的变得短缺,或短缺发生之前想采取一些行动,那么我们能采取哪些措施呢?可能的措施就是资源替代和回收利用。显然化石能源一经燃烧就灰飞烟灭了,只能用

核能、可再生能源或其他化石能源代替。

尽管对短缺程度意见不一,但是大部分的专家一致认为,在所有化石能源中,石油供应相对来说是最短缺的。使用另一种化石能源作为替代品将会更容易一些。已有成千上万的汽车使用压缩天然气。工厂已经可以将煤炭或天然气转变为液体燃料。与装备等量的太阳能、风能和核能生产设施,以及改变相应的终端利用方式相比,这些技术的成本更为低廉。但是合成液体燃料的效率低下。如果以煤炭为原料,加工过程中将会损失原来能量的一半以上。那么这种转化方式将会使所有化石能源短缺之日提前到来。但是有一个例外,就是将难以开采的煤矿在原位转变为气体,再将气体转为液体。不过这一过程的净效率很低,煤矿的潜在能源供应能力也会相应地降低。

铁是可以回收利用的,在许多应用中都可以用其他金属代替。废钢的回收率随着铁矿石价格的起伏而波动。收集大块儿的废钢是可行的,这种回收利用也是高效的。但是有些铁,比如掉落的铁锈和散落的小件难以回收就最终消耗了。因此如果没有了铁矿石的供应,现代工业经济还能否为继,这很值得怀疑。替代金属的性价比较低。铝是铁的主要替代品,其生产需要消耗大量的能源。

如果没有磷矿石,农业生产将受到很大的限制。90%的磷矿石用以生产磷肥。磷是植物生长必需的元素,无可替代。来源于磷矿的磷肥对于当今农业的高产是不可或缺的。在磷的循环过程中会有大量的损失。只要我们还利用土壤进行种植,这一过程就无可避免,并最终耗尽磷矿资源。磷可通过化肥、粪

肥或堆肥的形式施入到土壤中,并能持续供应数年。但是随着水土流失,磷元素会进入水体中。庄稼从土壤中吸收的大部分磷进入了收获的粮食中。最终粮食中的磷散落到各处的垃圾场中,或者沉积在消费这些粮食的家畜和人的骨骼中,排泄物中。

关于那些处于压力下的可更新资源,本卷中包括土壤和渔业各一章,涉及林业产品的有两章。如果我们复垦那些坡度大和风蚀严重的土地,那么这些土壤最终将会被冲入大海,或者沉降在那些不可耕种的土地上。随着自然渔业的衰落,人们代之以人工养殖,原来免费的鱼食现在需要用粮食来生产了。纸张是一项重要的林产品,其循环利用正在取得进展。人工合成的纸张替代品充斥在我们周围。其中最常见的是塑料,而其主要原料是不可再生的石油。这是此类纸张替代品的缺憾。

### 可持续资源消耗的经济学

许多自由经济学家的观点认为,当资源需求超过供应时,资源价格就会上升,随后是充分的调整。已有的经验支持这一观点。当资源价格上升时,金矿就会重新开始开采,石油和天然气公司就会探索和应用强化的开采技术,使老矿区焕发新的活力,并开发新的矿区。

正因为这些原因,过去认为的许多资源极限值都被证明是虚幻的。在19世纪中期英国经济学家威廉·斯坦利·杰文斯(William Stanley Jevons)出版了《煤的问题》。在这部书中,他告诫说如果国内已探明的煤炭资源耗尽将会抑制英国的经济增长。相反,英国成功地利用了国内不易开采的煤

炭资源和国内外资源石油和天然气资源成功渡过了难关。然而在现实世界中,资本不能无限地解决资源问题。这套百科全书的第2卷《可持续发展的商业性》(*The Business of Sustainability*)中有两个章节“生态经济学”(Ecological Economics)和“自然资本主义”(Natural Capitalism)说明了这种解决方式只存在于工业革命的早期。

如果某种至关重要的资源出现短缺,又没有可用的替代品,资源的进口国将会面临供应量降低,或价格上升,也可能两者兼而有之。出口国终将损失一些收入,但也不一定。因为那些重要的、全球交易的资源价格会上升,完全可以弥补甚至超过供应量降低带来的损失。过去的石油危机就是很好的例子。这样那些出口紧俏资源的国家就会积累大量的资本。一个有趣又有些令人不安的猜测是如果这些出口国的资源枯竭后,他们何以自处呢?

### 即将到来的时代: 可持续发展的不确定预测

家庭、社区和生活方式可采取哪些形式实现可持续性呢?未来并非完全不可预知。从人口和基本需求的角度出发,利用我们现有的知识可以对未来进行一定的预测。联合国经济和社会事务部人口司2010年出版的《世界人口展望》2010版预计,到21世纪末世界人口将由如今的70亿增加至100亿。死亡率和出生率的微小变化使估计值产生巨大偏离,但是这一估计值给我们提供了一个参考。

乍看起来,这100亿人的基本需求似乎很容易满足。如今一些可耕地变得荒芜,一些

有效的耕作方式也被放弃。尽管如此,现在诸如渔业和畜牧业提供的食物足够供养两倍于当今的人口。这在《可持续发展的商业性》一卷中的“农业”一章中阐述了这一观点。在本卷中讨论了食物的生产和供应,相关的章节包括“发展中国家的农业”、“农业——遗传工程化作物”、“农业——有机和生物动力学”、“食品历史”、“食品安全”、“食品和冷冻”、“食品及其附加值”和“本地化食品运动”。

如果仔细分析的话就会发现很多问题。粮食得以高产的手段是不可持续的,并且越来越多的粮食不是直接用作食物。农业生产及杀虫剂、除草剂和化肥的生产都依赖于化石能源。磷肥生产源于磷矿石,其储量备受争议。谷物和甘蔗被用于生产乙醇生物能源,粮食还用以饲喂牲畜,在此过程中其原材料中所含的能量和蛋白质都会有所损失。对肉和奶制品的需求增长超出了生产的增长。食物与生物能源的竞争已经扩展到了对荒地的利用。柳枝稷是一种很受吹捧的生物质能源,因为它可以在不适宜种植一年生农作物的土地上旺盛地生长。同时柳枝稷也是一种很好的牧草,这些牧草可以减少对粮食的需求。

除了满足人的基本需求以外,各种的现代设施也需要消耗越来越多的资源,这些设施对维持我们的生活方式必不可少。资源消耗最多的行业包括重型工业、建筑(包括供暖)、农业和交通等,如今几乎我们做任何事情都会消耗一些资源。如果100亿人都要住宽房大屋、周游世界,成为一个现代的能源消费者,这将使世界上的资源供不应求。

充足的能源为建筑、交通、农业和工业提供动力,从而为所有人提供了便利。有了充足

的能源就可以支持一定范围内的金属回收利用和低品矿的开采,从而延长金属资源的供应期。一些环保主义者设想建立大型的水培农场,以基本消除粮食生产过程中磷的损失,这需要投入巨额资本和大量的能量。但是从哪里获得如此多的能源?又如何持续供应呢?

高能源未来的设想大多集中在核能上,但是当今主流核反应堆的原料铀能量转化率不到1%,即使将使用过的核燃料棒再加工,总的转化率也仅有2%。如果不改变这种状况,未来的核能设想也只能是水中月。如果21世纪末的100亿人口的人均能耗与2011年美国、加拿大和澳大利亚的人均能耗持平,并且2/3的能量来源于核能,那时我们所需的核能约是现在核产能的60倍。切尔诺贝利和福岛核事故,及其规模较小的三哩岛核事故引起了人们对大规模使用核能的疑虑。除非使用增殖反应堆,否则核燃料很快就会消耗殆尽。而投入运营的增殖反应堆目前还寥寥无几,并且成本高昂。但是这种反应堆可以将几乎全部的铀转化为能量,并且可以利用储量更为丰富的放射性元素——钍作为燃料。相关的说明和进一步的讨论请参阅本卷中“铀”和“钍”,以及《可持续发展的商业性》一卷中的“能源工业——核能”。

另一个极端就是逆增长。持这种观点的人并不排斥所有的现代技术,他们强调清心寡欲的生活方式和简单的解决方案;平均地权,建立自给自足的社区,而不是城市;保护自然而不是征服自然;建立手工业和轻工业而不是重工业。许多人提倡降低人口数量。这项运动的根源包括圣雄甘地的简单生活哲学和E. J. 密山(E. J. Mishan)和尼古拉斯·乔治斯

库-罗根(Nicholas Georgescu-Roegen)等人撰写的《增长的极限》(第1卷《可持续发展的精神》中“可持续性理论”一章讨论了1972年罗马国际智囊团俱乐部发表的报告《增长的极限》,“增长极限”的理念在第6卷《可持续性的度量、指标和研究方法》中也有论及)。

在基于核能的大型城市和自力更生的村落之间的解决方案是提倡能源高效利用,并强调可再生能源的作用。支持者认为可再生能源能在现有能耗水平上甚至更高水平上代替化石能源。至于可再生能源的效率,那些坚定的支持者甚至认为可再生能源可以同时实现社会的可持续发展和民众生活水平的普遍提高。诸如乌帕塔尔气候和环境研究所(the Wuppertal Institute for Climate, Environment)与落基山研究所(the Rocky Mountain Institute)的研究人员设想了一款超轻型的汽车,强调了被动式太阳能和地热的利用,构想了舒适、节能的建筑,设计了缩短原料运输距离的方法。当然,世界各地的文明自古以来就会利用太阳能和地热资源了。本卷中,“太阳能”一章探究了太阳能收集、储存和传输方面的创新,以及这些技术革新如何使某些原来认为不切实际的应用现在变得切实可行。“地热能”一章描述了地表下的热水是如何发现的,比如温泉和间歇泉,或者将水注入炽热的岩石中形成。这些热水被导入加热和制冷系统中用以发电。“制冷与供暖”一章阐述了许多这方面的应用和面临的挑战。

无论何种能量来源,系统最终都必须能够自我维持,能够产生另一种形式的能量。核能和可再生能源产生的电能能够产生高温用以加工金属、粉碎岩石,将其烧结成水泥。电

能还可以将水分解为氢气,用以熔化金属。但是这一系统的建造费用和运行费用是多少?需要消耗多少电能?这些问题都有待解决。

一些尚需进一步实证的新兴技术,或许可以改变人们对可再生能源或核能的预期。例如通过生产气态或液态能源,人工光合作用可以浓缩和存储丰富但是分散而易变的太阳能,从而消除发展太阳能的障碍。如果以钍为燃料的熔盐增殖反应堆证明经济可行,它将比现在的反应堆更安全,其产生的废料中长半衰期的放射性同位素含量也较低,同时还可将钍转化为大量的能源。最后,可实用的核聚变还在遥远的地平线上,在过去的60年中一直在那里徘徊不前。

转变消耗化石能源和可能出现短缺的资源现状需要一个过程。利用现有的技术,如建造核反应堆、风电场、钢铁厂等需要耗时数年。更换基础设施和开发新技术则可能要经历几十年。为了尽快利用可再生能源而采取的应急措施可能会带来严重的后果。许多设备的使用寿命都达到10至30年之久,如果将其提前替换将会使成本升高。如果价格飙升的化石能源推高了水泥、钢铁,以及太阳能电厂、风力发电机和核反应堆组件的价格,那么替代能源的建设步伐可能会推迟。

然而,研究者和科学家还在致力于研究(或构想)革命性的技术以节约和保护自然资源。纳米技术就是这样一个引发了无数遐想的领域。正如迈克尔·斯泰因费尔特(Michael Steinfeldt)在本卷中所阐述的那样,“激进的绿色愿景”认为纳米技术是解决所有环境污染的关键因素,但是另一些人则预测会出现“地球全部生命被疯狂的纳米机器

人摧毁”的“极端恐怖的场景”。斯泰因费尔特承认制造和(或)操纵“原子和介观层次间的尺度上”的物体确存在一定的风险。但是他提供的证据也表明基于纳米科技的产品和加工工艺有潜力减轻对环境的压力。

人们对适时启动可再生资源利用的愿望从来没有如此的强烈。1999年的畅销书《自然资本主义》的作者保罗·霍肯(Paul Hawken)、埃默里·罗文斯(Amory Lovins)和亨特·罗文斯(Hunter Lovins)指出,单靠市场的

力量就可以推动企业家和消费者对资源的高效和可持续地利用。其他方面的努力还有政府的行动以及各国的各种补贴,包括从可再生能源、核能到住房保暖和自然资源勘探。

如果过去的预测具有一定的指导意义,那么现在对未来可持续发展和过渡期的预测则没有一个是完全正确的。宝库山出版社策划的这一百科全书纵览了一些最新的有关信息和观点。如果学者们在2050年或2250年检验这套百科全书时,希望他们能看到在通往可持续发展的道路上我们采取了正确的步骤。



## 致 谢

我们首先要感谢莫纳什大学的加文·M. 穆多(Gavin M. Mudd), 皇后大学的J. 安德鲁·格兰特(J. Andrew Grant)和戴安娜·巴尔拉杰(Dianne Balraj), 以及世界银行的约翰·巴菲斯(John Baffes), 感谢他们能在极短的期限内承担了多项文章的撰写任务。我们非常感谢他们的辛勤工作以及奉献精神。我们同时需要感谢以下诸位在各种问题中提供的帮助和建议:

莱斯特·R. 布朗(Lester R. Brown)地球政策研究所

戴维·克里斯蒂安(David Christian)麦考瑞大学

菲利浦·查尔斯·弗朗西斯·克劳森(Phillip Charles Francis Crowson)邓迪大学

迈克尔·L. 多尔蒂(Michael L. Dougherty)

伊利诺伊州立大学

凯文·福布斯(Kevin Forbes)美国天主教大学

里德·J. 利弗赛特(Reid J. Lifset)耶鲁大学

朱莉·纽曼(Julie Newman)耶鲁大学

欧拉德勒·奥根塞坦(Oladele Ogunseitan)加州大学欧文分校

马丁·罗伊斯(Martin Reuss)美国陆军工程部队(已退休)

比约恩·桑登(Björn Sandén)查尔姆斯理工学院

约翰·E. 蒂尔顿(John E. Tilton)科罗拉多矿业大学

大卫·冯·太舍(David Van Tassel)土地研究所

德克·冯·齐尔(Dirk Van Zyl)英属哥伦比亚大学