

高新技术科普丛书

可再生能源： 生物质能

KE ZAISHENG NENGYUAN
SHENGWU ZHINENG

莫尊理◎丛书总主编

牛世全 包莹 赵国杰◎编著



读者出版集团

DUZHE CHUBAN JITUAN

甘肃科学技术出版社

• 高新技术科普丛书 •

可再生能源：生物质能

牛世全 包莹 赵国杰 编著



甘肃科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

可再生能源: 生物质能 / 牛世全, 包莹, 赵国杰编著.

— 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2012. 1

(高新技术科普丛书 / 莫尊理主编)

ISBN 978 - 7 - 5424 - 1598 - 1

I. ①可… II. ①牛…②包…③赵… III. ①生物能
源—普及读物 IV. ①TK6 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 281088 号

责任编辑 毕 伟

装帧设计 林静文化

出 版 甘肃科学技术出版社 (兰州市读者大道 568 号 0931-8773237)

发 行 甘肃科学技术出版社 (联系电话: 010-61536005 010-61536213)

印 刷 北京飞达印刷有限责任公司

开 本 710mm × 1020mm 1/16

印 张 12

字 数 150 千

版 次 2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

印 数 1 ~ 10 000

书 号 ISBN 978 - 7 - 5424 - 1598 - 1

定 价 23.80 元



序

火和工具的发明开启了人类使用能源和材料的历史进程，推动了人类的进化，加速了人类文明的进步，促进了经济的发展。能源和材料，人类生存和精神发展的物质基础，决定着人类文明的发展方向。他们的发展给全球经济、政治以及精神文化带来了前所未有的变革，也使全球的生态环境伤痕累累。开发绿色能源，发明新型材料，建设资源节约型、环境友好型社会已迫在眉睫。在“十二五”规划的引领下，我国大力加快文化建设，努力建设社会主义文化强国。2012年，中国也将启动《国家能源发展战略》编制工作，提出我国能源发展的总体方略和战略图。但是，目前市场上还没有一套详细介绍新能源、新材料的科普系列丛书。为了引导读者，特别是广大青少年更好地认识和了解新能源和新材料，明确我国的能源现状和材料的发展成果，增强开发新能源、新材料的意识，激发他们为新能源和新材料事业奉献的信心和决心，培养他们的民族自信心和创新精神。普及新能源和新材料的相关知识和发展动态，必将吸引和鼓励更多青少年热爱科学，献身科学，积极投身能源和材料事业，发明更多低碳、绿色的新型材料，使我国能源结构合理，为创造我们可持续发展的绿色家园做出更大的贡献。

2011年品牌价值达到76.45亿元，名列“中国500最具价值品牌”总排行榜175位的读者出版传媒股份有限公司，依托高校及研究机构的学科和人才优势，倾力打造并推出这套“新材料、新能源系列科普丛书”。为了打造好“新材料、新能源系列科普丛书”，知名材料学专家、西北师范大学博士生导师莫尊理教授担任丛书总主编；西北师范大学等高校的教授、博士生导师担任编委；丛书各册的主编均为相关领域的专家、学者。他们是一批热爱科学、朝气蓬勃、学风严谨、勤奋探索的科技工作者，以真挚的情感和对人类社会持续发展的使命感，用朴实而又不失优美的文笔严肃认真地编撰了本丛书。

本套丛书作为新材料、新能源的科普读物，宗旨鲜明，风格独特，系统性强，认真探讨了人类与能源材料和谐的发展历程和方向。与一般科普读物相比，具有如下鲜明的特点：一是超大容量且时代感强的内容，本丛书共 18 个分册，紧扣当前能源、材料发展的困境，以新能源、新材料方面最新的研究成果及详实的资料为基础，通俗易懂的文字分别叙述了与人类生存、发展最密切的各种新能源和新材料，构成了一个完整的知识体系。从不同视角，多层次、全方位介绍了材料和能源领域的基础知识和发展动态，深入浅出，向读者朋友展示了材料和能源的发展脚步。《神通广大的第三金属》《新材料的宠儿：稀土》向你展示第三金属和稀土的魅力；《高新技术的特种钢》《取之不尽的光伏太阳能》《持续不断的风电新能源》《可再生能源：生物质能》《又爱又恨是核能》《待开发的地热能》《清洁能源：氢能》《未来无害新能源可燃冰》《无限丰富的海洋能》让你尽情领略能源的丰饶和开发前景；《异彩纷呈的功能膜》《节能减排的新动力电池》《无处不在的碳纤维》《遨游太空的航天材料》《改变世界的信息材料》《比人聪明的智能材料》《神奇的人体修复材料》向你呈现新型材料的发展动态以及带给我们的生活翻天覆地的变化。二是时尚流行的编创，本丛书语言流畅、深入浅出，配有大量精美的图片，图文并茂、通俗易懂，加上扩充知识面的小百科，使读者朋友全面了解新材料、新能源并享受着他们带来的无限魅力。

20 世纪 80 年代以来，人类认识到必须永续利用地球资源，改善地球的生态环境。可持续发展成为全球性的发展主题，我们应统一规划、合理开发能源，积极开发新能源、新材料，促进人类与自然界的和谐共处与协调发展。希望这套凝聚着策划者、组织者、编撰者、设计者、编辑者等工作者的辛勤汗水和心血的“新材料、新能源系列科普丛书”给那些热爱科学，倡导低碳、绿色、可持续发展的人们以惊喜和收获，希望对我国的能源和材料事业做出一点贡献。衷心祝愿应时代所需而出版的“新材料、新能源”科普读物能得到读者的青睐。

中国工程院院士

薛群基

2012. 3



目 录

引言	001
----------	-----

一、聚焦全球热点——能源	001
二、人类文明史的见证者	003
三、走在能源的十字路口	004
四、能源危机的破解之路	006

第一章 取之不尽的宝藏——生物质与生物质能

第一节 庞大的生物质家族	009
一、揭秘生物质	009
二、阳光哺育的生物质	012
三、被遗弃的生物质	014
第二节 惊人的生物质资源量	016
一、天然生物质资源量	016
二、废弃生物质资源量	021



第三节 生物质能知多少	024
一、可再生的能量达人	025
二、“华山论剑”比高低	026
第四节 破蛹化蝶的转化技术	027
一、直接燃烧	028
二、热化学孵化	030
三、生物化学孵化	031
第五节 是非功过你来测	032
一、安全性评价	033
二、经济性评价	034

第二章 来自沼泽的气体——沼气

第一节 沼气，原来如此	035
一、你我熟知的沼气	036
二、“我”来闪光发热	038
第二节 让废物变宝气	041
一、沼气池的“工人们”	042
二、“无氧消化”	044
三、再生之路	048
第三节 “老”当益壮的沼气能	050
一、沼气的旧貌新颜	050
二、多面手的沼气发酵	053
三、沼气的锦绣前程	056



第三章 令人“醉倒”的生物质能——生物乙醇

第一节 悠悠酿造史	058
一、“酒”的故事	058
二、我国的酿酒史	061
三、燃料乙醇登上舞台	063
第二节 乙醇的“酒性”	064
一、用“水”点燃生命的美丽	064
二、“酸”而不酸的神奇物质	065
第三节 琼浆玉液人间来	066
一、兢兢业业的“酵母菌”	066
二、乙醇的生命来源	068
三、乙醇的蜕变之路	072
第四节 肩负重任的燃料乙醇	073
一、乙醇能源的应用	074
二、成长中的燃料乙醇	075
三、星火燎原	077

第四章 生物质能中的大力神——生物柴油

第一节 石化柴油的替身——生物柴油	079
一、揭开生物柴油的面纱	080
二、生物柴油的历史	081



第二节 生物柴油的“酿制”	083
一、重要的生物柴油资源	085
二、点石成金	087
第三节 生物柴油的今天和明天	091
一、柴油的又一次革新	091
二、生物柴油的“筛子”	095
三、身边的生物柴油	096

第五章 最清洁的生物质能——氢气

第一节 掀起“氢气”的盖头来	099
一、氢气的优势	099
二、氢气燃料	100
第二节 神奇的产氢生物	102
一、厌氧发酵菌	102
二、光合作用菌	103
第三节 生物魔法下的“炼氢术”	104
一、制氢的生物酶	104
二、生物制氢魔法解密	106
三、生物制氢原料	107
第四节 “氢经济时代”渐行渐近	109

第六章 探索中的生物质能——生物燃料电池

第一节 电池家族成员	112
一、各种电池各种说	112

二、微生物燃料电池	115
三、酶生物燃料电池	116
第二节 初显身手的生物燃料电池	119
一、技能精湛的能源“替补”	120
二、神奇的“末梢神经”	121
三、清洁的动力天使	123
四、生物燃料电池中的“海绵动物”	125
五、翱翔太空的梦想	126
第三节 尚在成长的生物燃料电池	127

第七章 生物质能的新生力量

第一节 生物乙醇的孪生姐妹——生物甲醇	129
一、蜕变中的“甲醇”	129
二、活在当下，赢在未来	130
第二节 逐渐受人青睐的清洁燃料——甲醚	134
一、替代能源的又一奇葩	134
二、脂肪“迷”引起的革命	136
第三节 液体燃料家族的老大哥——生物丁醇	140
一、阴错阳差的巧合	140
二、战略家的选择	141
第四节 英雄辈出的生物质能	143
一、森林深处的秘密	143
二、隐身的“超人”	144
三、生物质的“减肥”术	145
四、淘尽生活垃圾中的宝藏	147



第八章 吟唱时代赞歌——生物质能与可持续发展

第一节 生物质能与循环经济	149
一、循环经济的概念	150
二、循环经济的基本原理与方法	151
三、农业循环经济与生物质产业	152
四、循环经济下的生物质能发展	153
第二节 生物质能与可持续发展	155
一、可持续发展及其基本要求	156
二、实现可持续发展的途径	160
三、开发生物质能的意义	161
第三节 生物质能的未来	162
一、发展生物质能的绊脚石	163
二、生物质能发展的明天	164
三、我国生物质能的现状与前景	165
参考文献	170



引言

一、聚焦全球热点——能源

神奇的大自然威力无穷，提供给了人类色彩斑斓的世界和各种便利、舒适的生活，而这种力量则源自于蕴藏在自然界中的特殊资源——能源。对于人类社会来说，没有能源就没有人类生活的绚丽多彩，也就没有人类社会高度发展的今天。也可以说，能源是人类社会发展的柱石，牢固地支撑着社会的进步和发展。当今人类社会的发展更需要大量优质新能源的出现和先进能源技术的应用，能源问题已经成为全人类进一步向前发展的支点，因而也成了全球共同关心的热点。

那么，究竟什么是“能源”呢？其实对于能源的定义有很多种说法。例如：《科学技术百科全书》中说：“能源是可从其获得热、光、和动力之类能量的资源”；《大英百科全书》中说：“能源是一个包括着所有燃料、流水、阳光和风的术语，人类用适当的转换手段便可让它为自己提供所需的能量”；《日本大百科全书》中说：“在各种生产活动中，我们利用热能、机械能、光能、电能等来做功，可利用来作为这些能量源泉的自然界的各种载体，称为能源”；我国的《能源百科全书》中说：“能源是可以直接或经过转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源。”由此可见，能源就是一种储存能量的，并且各能量之间可以相互转换的源泉。准确地说，能源是自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源，各种能够直接取得或者通过加工、转换后取得有用能量的资源。凡是能够为人类提供大量能量的物质资源我们都能称之为能源，如各种燃料，燃烧时会放出热量供人类使用。流水也是一种能源，水从高处流下时可以带动轮机的转动产生电能，从而为人类提供能量。晴朗的天气，明亮的阳光也是一种能源。这些都是能够为人类服务的能源。

能源是维持人类生存和物质文明发展的动力之源，但常识告诉我们，任何事物都有两面性，能源有时候也会成为破坏人类文明的恶魔。13 世纪著名意大利旅行家马可波罗曾经在游遍中国后写的《马可波罗行记》中描写到：“中国的燃料，既非木，也非草，却是一种黑石头”。其实他描写的那种物质就是现在我们至今大量使用的煤，那个时代的煤被人们用来烧火做饭，给人们提供了很大的方便。但是随着社会的发展，当代的世界因为使用过多的煤炭等化石燃料，已经变得“乌烟瘴气”、“面目全非”了。同一种能源，在给人们带来便利的同时也带来了麻烦，所以如何正确驾驭能源这匹“野马”，更好地为人类服务，是自古以来人们都在一直追求的目标。

随着世界经济的现代化，化石能源，如石油、天然气、煤炭与核裂变能被广泛的投入应用。然而，这一经济高速发展的资源载体将在 21 世纪上半叶迅速地接近枯竭。根据目前的石油储量综合估算，可支配的化石能源大约为 1180 亿 ~ 1510 亿吨，以 1995 年世界石油的年开采量 33.2 亿吨计算，石油储量大约在 2050 年左右宣告枯竭。天然气储备估计在 131 800 兆 ~ 152 900 兆立方米，年开采量维持在 2300 兆立方米，将在 57 ~ 65 年内枯竭。煤的储量约为 5600 亿吨，1995 年煤炭开采量为 33 亿吨，可以供应 169 年。铀的年开采量目前为每年 6 万吨，根据 1993 年世界能源委员会的估计可维持到 21 世纪 30 年代中期。化石能源与原料链条的中断，必将导致世界经济危机和冲突的加剧，最终葬送现代市场经济。事实上，近 10 年来，中东、海湾地区及非洲的战争都是由石油的重新配置与分配而引发。这种军事冲突，今后还将更猛烈、更频繁。被看做是替代石化能源最有希望的核能，在 2011 年日本东海岸大地震中给人类上了沉重的一课。在我国，也可能出现由于能源短缺和价格高涨而引发的许多新的矛盾和冲突。总之，能源危机迟早会爆发，而且距离我们已越来越接近……



马可波罗眼中的“黑石头”

随着化石燃料使用量的逐年增加，20 世纪 60 年代以后，地球环境危机开始向人们敲响了警钟。1987 年联合国提出了“可持续发展”的战略方针，并在全球范围内达成了共识。保护地球、保护我们共同的家园、人类只有一个地球、我们同住地球村！



二、人类文明史的见证者

从人类的整个文明史来看，能源一直推动着人类前进的车轮。自从人类出现之后，就开始依靠自然界提供的动植物来摄取能源，维持生命的延续。能源是人类生存的物质基础，人类社会的一切活动都离不开能源，从低级需求的衣食住行，到高级需求的娱乐，都要直接或间接地消耗一定的能量。如果按



钻木取火

照人类对能源的利用情况来划分人类历史的话，可以把人类历史分为三个阶段：火种利用时代、化石燃料时代和多元能源时代。

发现火种前的很长一段时期，世界的夜晚可谓是一片“漆黑”，原始的远古人类“未有火化，食草木之实，鸟兽之肉，饮其血，茹其毛，未有麻丝，衣其羽皮”。虽然当时人们对能源的利用很简单很低级，但也摆脱不了对能源的依赖。没有能源的供给，人们就不能保证体力的充沛，最基本的日常生活也都无法进行。偶然中的必然，人类发现了火种，火苗的燃烧也彻底划清了人与动物的界限。关于火种的来源，中外都有着不同的神话故事。在古代中国，有妇孺皆知的燧人氏“钻木取火”的传说，而在古希腊有一位叫普罗米修斯的神为人类窃取火种的神话。其实，为人类取来火种的既不是燧人氏，也不是普罗米修斯，而是人类自己的聪明智慧。有了火源之后，人类开始利用火来加工食物，还逐渐学会了照明取暖，又学会冶炼矿石、制取青铜器和铁器，使人类逐渐从石器时代进入到青铜器时代、铁器时代，推动人类一步一步进入到了现代信息文明社会。

在人类利用能源的历史上，很长一段时间人们仅仅只会利用自然界中的风、水、牲畜、木材等比较直接的天然能源资源，长期以来木材的使用量在能源消耗总量中一直占据着主要地位。18 世纪蒸汽机的



一次能源：原煤





出现促进了产业革命，加速了煤炭的大规模开采和利用。到 19 世纪下半叶，出现了第一次能源消费的转换，人们使用的能源逐渐由木材转向了煤炭等化石燃料，这些化石燃料都是古生物在地下历经数亿年沉积变迁而形成的。1860 年，煤炭在世界一次能源消费结构中约占 24%，1920 年就上升为 62%，从此世界进入了化石燃料时代。



小百科

能源的分类

人类可以获取多种不同的能源，这些能源在被利用时有着不同的转换传递形式。如果按能量转换传递的不同进行分类的话，就可以把这些能源分成一次能源和二次能源。

一次能源是指在自然界中天然存在的，不经过人工加工能直接使用的各种能量和资源，像原煤、原油、天然气、水能、风能、核能、海洋能、太阳能和生物能等；有时为了满足生产生活的需要，一些能源常常需要加工后才能被使用。二次能源是指由一次能源经过加工转换以后得到的能源产品，像电力、蒸汽、煤气、沼气、氢气、焦炭和各类石油制品等。

事实上，一次能源和二次能源是相对而言的。大部分一次能源都需要转换成容易输送、分配和使用的二次能源，来满足利用者的需要。二次能源经过输送和分配，然后在各种设备中被利用。这样一来就大大提高了能量的利用效率。

19 世纪 70 年代，随着电能开始走上世界能源舞台，带动了其他多种能源如太阳能、水能、风能、潮汐能、海洋能、核能和生物质能等争先恐后地汇聚到了庞大的能源家族中。从此，世界能源进入一个多元化发展时代，并推动人类社会进入了快速发展。

三、走在能源的十字路口

莎士比亚说“生存还是毁灭，这是个问题”，很久以来人们总是会漫不经心地对待这句话。但是在 2010 年年初，很多人开始从心里开始思考“生存还是毁灭”这个问题了。小岛屿国家联盟的成员国之——图瓦卢是一个位于太平洋南部，由珊瑚岛群组成的国家。但是由于近年来



温室效应引起的海平面上升，使得这个国家面临着“灭顶之灾”，很多居民已经被迫背井离乡，远走他方。现在如果不能及时制定出应对海平面上升问题的政策，图瓦卢将会从地图上永远消失，成为第一个真实的水下宫殿。流浪在斐济苏瓦的图瓦卢居民 Mitiana Trevor 接受一位记者采访时突然说：“我觉得，地球上 60 亿人都应该向我们说抱歉。”这句话迅速被传播到世界各地，引起了很大的轰动，仿佛一时间所有人都意识到了环境保护已迫在眉睫。与图瓦卢有相同命运的还有海拔仅 1.2 米的印度洋岛国马尔代夫，如果海平面上升问题不能得到及时解决，它也会在未来 50 年后从地球上消失。



空中俯瞰图瓦卢，整个国土已是狭长的一条



海洋也开始对美丽的马尔代夫虎视眈眈

自从进入工业社会以后，煤炭、石油等成了工农业生产和人们生活的主要能源。全球化石燃料的储量有限，按目前的消耗速度，世界上的化石燃料将在几十年或二百年内逐渐耗尽。同时化石燃料在给人类带来前所未有的工业发展和物质财富的同时，也给人类造成了难以承受的环境压力。除了温室效应之外，还带来了各种污染，包括酸雨、褐云和灰尘等重要的污染物，这些都严重影响着人类的身心健康。

除了严重的环境污染之外，化石燃料必将被取代的原因还有它越来越昂贵的价格。在当前复杂多变的国际经济金融形势下，国际市场石油价格的大起大落已成常态。并且从历史上来看，每一次石油价格的上涨都对全球经济造成很大的冲击。这主要就是由于能量来源的过度单一，对化石燃料的过度依赖所引起的。

化石燃料的这些限制因素严重影响着能源的正常供应，也使得人们逐渐开始寻找新能源。如果不能及时找到新型能源来替代化石燃料，人



类的文明也必将戛然而止。人类利用能源发展到了现在的程度，也将人类置于一个很尴尬的境地：如果不寻求能源来源的改变，这样的形势将会继续发展下去，严重危机人们的健康和生存；如果选择放弃化石能源，返回到能源利用初级阶段，将意味着世界上大部分的工厂都会停产，人们的生活也会倒退到刀耕火种的原始状态，显然这是不现实的。

人类社会是不断发展进步的，人们决不能容忍由于能源匮乏而使得的社会倒退，唯一的出路就是开发出新能源，人们必须赶在化石能源用尽之前，开发出各种新能源，以替代化石燃料。寻找解决能源危机的对策已迫在眉睫。



小百科

小岛屿国家联盟

1991年，受全球变暖威胁最大的小岛屿和低海拔沿海国家组成了“小岛屿国家联盟”(The Alliance Of small Island States, AOSIS)，图瓦卢和马尔代夫就是联盟的成员国。联盟拥有全球五分之一的领海面积，国际地位不容忽视。他们一直将全球变暖、海平面上升等作为其关注的焦点问题。

众所周知，全球变暖的最大凶手是广大的发达国家，他们的工业很发达，每年都排放大量的温室气体。但发达国家并没有很好地处理这些温室气体，有些国家甚至不负责任地随意排放温室气体，导致温室效应越来越严重。而无辜的小岛屿国家却要承受温室气体带来的海平面上升问题，于是它们四处奔走呼吁各国的节能减排。

事实上自联盟成立起，就一直在不同场合呼吁各国为控制全球变暖尽快付诸行动。在2009年哥本哈根世界气候大会，小岛屿国家联盟在此次大会上再次提出了联盟的立场：生存是不可谈判的。他们也将哥本哈根大会视为“拯救地球最后的机会”，但是，结果却让所有的人都失望了。

四、能源危机的破解之路

美国总统贝拉克·奥巴马在他的《无畏的希望》中写道：“一个控制不了自己能源的国家也控制不了自己的未来”。由此可见，能源在国家安