

读点**石油财经**丛书

丛书主编 王国樑

《石油! 石油!》作者最新力作

一场真正的能源革命只能从结束我们对廉价能源的渴求开始

能源新机遇

[意] 莱昂纳尔多·毛杰里 (Leonardo Maugeri) ◎ 著

周子平 ◎ 译

BEYOND THE AGE OF OIL

廉价能源对于我们这个星球的健康是不利的

人们对廉价能源的寻找使得化石燃料成了当今世界压倒性的主角

技术发展和高效能能源可以帮助我们走出能源问题的窘境

石油工业出版社

能源新机遇

BEYOND THE AGE OF OIL

[意] 莱昂纳尔多·毛杰里 (Leonardo Maugeri) ◎著
周子平◎译

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

能源新机遇 / (意) 毛杰里 (Maugeri, L.) 著; 周子平 译. —北京:
石油工业出版社, 2014. 1

(读点石油财经丛书)

书名原文: CON TUTTA L'ENERGIA POSSIBILE

ISBN 978-7-5021-9747-6

I. 能… II. ①毛… ②周… III. 石油经济—世界—现代 IV. F416.22

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第211949号

SPERLING & KUPFER EDITORI S.P.A.

Address: Corso Como, 15, 20154 Milano, Italy

CON TUTTA L'ENERGIA POSSIBILE by LEONARDO MAUGERI

Copyright: © 2008, 2011 SPERLING & KUPFER EDITORI S.P.A.

This edition arranged with SPERLING & KUPFER EDITORI S.P.A.

through Big Apple Agency, Inc., Labuan, Malaysia.

Simplified Chinese edition copyright:

2013 Petroleum Industry Press

All Rights Reserved.

本书经SPERLING & KUPFER EDITORI S.P.A.授权翻译出版, 简体中文版权归石油工业出版社
有限公司所有, 侵权必究。

著作权合同登记号 图字: 01-2013-6695号



能源新机遇

(意) 莱昂纳尔多·毛杰里 著

出版发行: 石油工业出版社

(北京市朝阳区安华里二区1号楼 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523604 发行部: (010) 64252978

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京中石油彩色印刷有限责任公司

2014年1月第1版 2014年1月第1次印刷

740×1060毫米 开本: 1/16 印张: 15

字数: 220千字

定 价: 48.00元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

在全球化的视野下，能源问题已经成为国际政治、经济、环境保护等诸多领域的中心议题，甚至成为国际政治的重心。国家间围绕世界能源的控制权所进行的激烈争夺，各国维护自身利益所制定的能源安全战略，以及各国政府积极主导的替代能源开发，使能源问题日益成为国际社会的焦点；而油价波动、低碳经济、气候变化以及环境保护诸多问题，不仅是政府首脑、智库学者的案头工作议题，而且成为切切实实的民生问题。中国在能源领域的国际合作也在不断扩大，从最初的以石油天然气为主，扩展到了煤炭、电力、风能、生物质燃料、核能、能源科技等各个方面，而伴随着能源问题的国际化，中国也从国际社会的幕后走到台前，承担的责任越来越重。

中国石油作为国有大型骨干企业，承担着履行政治、经济、社会三大责任，承担着保障国家能源安全的重要使命，围绕着建设世界水平的综合性国际能源公司这一战略目标，积极实施“资源”、“市场”和“国际化”三大战略，注重国内外资源和国内外市场的开拓，取得巨大成就。但是，能源问题不再是一个简单的经济问

题，石油企业的海外发展往往伴随复杂的国际政治、经济、社会和环境因素。引人瞩目的中俄石油管线一波三折，中海油收购美国优尼科石油公司的无果而终，无不打着深刻的政治烙印。中国石油企业的海外创业经验，给扩大国际能源合作提出了一系列亟待解决的重要课题。

在此背景下，组织国内外能源领域的专家、学者，研究能源领域的前沿问题、热点问题，将学术研究与企业决策支持相结合，显得十分必要和迫切。为此，我们考虑建立一种长效机制，从国外引进一批优秀的国际石油政治、经济、金融、法律类图书，翻译出版，并与国内专家学者的研究成果结合起来，组成“读点石油财经丛书”系列，计划每年出版10种左右的图书，逐步形成一定的规模，起到一定的借鉴、参考和决策支持作用。

我希望通过“读点石油财经丛书”的陆续出版，为石油企业广大干部、员工提供国内外最新的石油财经方面的知识储备，并为大众读者拓宽能源问题的全球视野。

王国樑

中国石油天然气集团公司原总会计师、党组成员



本书是我在2007年出版的《石油！石油！》的扩展和更新，并与前一本书有着同样的写作目的：弥补某些资料的缺失。在我工作的一个时期里，我曾对各种能源的潜力和局限性进行过分析。人们到处在谈论能源，谈论能源转换，谈论化石燃料（石油、煤、天然气）的替代品。但当我准备写一篇在美国大学会议的演讲稿，谈谈获取我们所需的能源的现实前景时，我发现找不到有关这一论题的足够文献，使我能够写一篇有见识的文章。不错，很多出色的学者们出版了不少教科书，但这些教科书大多面对的是那些已经入道的高端读者群，即那些已经不仅对能源而且对物理学、化学、工程学和经济学有很深认知的人。

另一方面，又有很多草率的作者出版了一些通俗的书，但他们把装机容量与发电量混为一谈；他们低估或忽视了能量和功率密度这两个基本问题；他们不无欣喜地告诉人们可再生能源的生产比率在大幅度增加，但却没有解释这些能源的起点如此之低，以至于再增加两倍或三倍也根本影响不了整个能源大局；他们宣告神奇的发现，但对技术却不甚了解；他们甚至分不清初级能源和次级能源，譬如氢，那是需从初级能源中提取出来的。这些只是那些众多几近离奇的谬误的一小部分。知识的缺乏并没有妨碍他们愚妄地宣称化石燃料（特别是石油）末日的到来，或预言可再生能源触手可及的辉煌前景。而与此同时，世界上先进的实验室几十年来为寻求实现可再生能源未来快速发展的努力却至今没有获得令人满意的结果。

此外，还有一些有能力但却带有偏见的学者的出版物，他们在专注于一个单一目标时，没有充分顾及分析的严谨性和结论的客观性。除了一些认真的学术探讨者，很少有人致力于提供一幅不同能源的精确图景。相反，他们往往专注于一个单方面论题，如氢或生物燃料，或一个范畴，如可再生资源。这些都没有为我们提供一个现在所拥有的和未来可能有的能源全景。

我试图来弥补这一缺口，写一本通俗易懂的书，但我不愿意被指责为过于简化，或者更糟糕的——故意歪曲。我知道我的著作可能被认为是带有倾向性的，因为我碰巧是一家石油公司（埃尼集团，Eni SpA）的高管，而且已经写了不少有关石油方面的文章，虽然这些文章常常被认为是有所争议的。不过我要强调的是，我并非执意要捍卫石油。

从背景和教育来说，我是一个理性环境论者，带有抑制不住的好奇，对能源现状的各种可能替代都持开放态度。我在公司负责的工作包括科研和发明，我的任务之一是指导石油替代品的研发。虽然这一领域还有不少阻力，但我仍潜心于制订完成这一工作的中长期计划。

这一工作使我得以踏入世界重要大学和研究中心的实验室，从而对当前可利用的能源的前景和制约有所感知。它促使我得出一些结论，也使我萌生对未来的希望。是的，对于束缚我们的能源罗网——对化石燃料的依赖——的解决并没有近在眼前。但是这一天会到来，只要我们以前所未有的精力致力于研究和发明，只要有耐心，认真钻研总能从不同学科的交叉中获得益处。

要把这一切解释清楚是不容易的。能源是一个复杂的问题，懂行的人对它的描述令人费解，不懂行的人将对它的描述又过于简化。我试图尽力解决这些问题。虽然我尝试着简化数字和技术参数，但数字对于这一论题的客观解释却是不可或缺的。对每一种能源，我首先努力对它的本性作出解释，描述我们今天对它的利用，总结它的历史，以有助于我们理解它的现状。接着我指出它的潜力和局限，它的利与弊。最后，我试着对它在不太远的未来的可能状况做一探索。

这种处理方法的唯一例外是有关石油的那一章，即本书的第一章。它比其他章要长且结构有所不同，原因就在于在现代能源史上，所有其他能源的趋势

总是受石油价格的影响。特别是低水平的油价使可再生资源的扩张、能源效率及对替代能源的研究受到阻碍。原油的支配角色使得它成为任何能源未来的无可争议的仲裁者。由于这一原因，我想有必要对那些众多“为什么”的问题的回答提出一些基本的指导原则。例如，为什么石油价格总是在暴涨暴跌的循环中难以预料？为什么对石油耗竭的担忧成为一个屡屡出现（虽然没有根据）的话题？为什么我们至今不知道到底有多少石油存在？

为了不使数字拖累正文，我把与每种能源有关的数字排列成表，置于该能源章节之后。为了提供尽可能新的信息，我努力搜寻可靠的资料，但这些资料并不统一，因为我们至今没有一个一以贯之、最新和可靠的信息来源使我们能对所有能源得出一个综合的看法。因此数字之间可能略有不符，但这些小的不统一并不影响总的趋势和数量级的比较。

计量单位可能会造成麻烦，坦率地说，即使对专家们也是如此。为了统一处理各种不同能源，人们需要进行复杂的换算，把某一特殊能源转换为通常在谈到它时所不用的单位。我尽量避免这种复杂性，我希望我取得了成功。

在开始写作本书的时候，我计划把每一种重要能源的篇幅限制在20页内，其他能源不超过10页。像能源这样复杂的问题，常常会使读者勉费心力而难于终卷。我的翻译乔纳森·海因（Jonathan Hine）和我一道，努力作出概述，同时尽可能给出详细的解释，加入了新的部分，纳入更多的资料和事件。虽然我并不总能信守我的页数诺言，我希望我对每种能源的论述的篇幅是在可容忍的页数之内，同时也希望我的这种努力给读者带来更多方便。



当一个人开始写一本书的时候，他就开始积累所有那些提供帮助者的人情债：帮助策划要点者、改稿者、校读者、协助调研与核对数字者。但对那些曾经提供帮助的每一位却很难追索，有人短暂地交流过意见，有人在长时间里提供系统的帮助。为起草和完成这本书，我得益于许多人的建议、鼓励、批评和细心的修改，他们大多是我的同事与合作者。

以下是对我书中的有关章节给予了最直接影响的人：丽塔·卡兰托、马克·塞切尼、马西莫·奇德密、吉安卢卡·奇奥迪尼、埃尔维拉·迪西比奥、洛伦佐·埃斯波希托、塔尔加·匈特克、吉姆皮埃罗·马赛罗、萨尔瓦托尔·梅利、里卡多·墨丘里、弗兰科·帕勒莫、克里斯蒂诺·帕托梅里、卡洛·皮海格、马纽拉·伦多尼、玛丽安娜·罗索、斯特凡尼娅·山托毛罗。当然我还要加上埃尼集团战略与发展部中所有那些和我一同工作的人。

我特别要感谢我的合作者中的几个人，他们运用各自的专业知识对原稿一遍又一遍地加以审校。他们是：弗位塞斯卡·费拉查、瓦伦蒂娜·格鲁托、萨比纳·曼卡、吉龙赛波·萨马可、卢意吉·萨波罗、克劳迪亚·斯克格利亚、达里奥·斯皮兰查。

麻省理工学院的几位教授（和朋友），尽管他们从事着为我们的能源未来寻找出路的重要而富有挑战性的工作，仍然同意为我审阅本书的一些章节。有时我们的看法一致，有时不一致。他们的帮助对我极为重要，虽然他们有时对我的一些观点持批评意见。如果我没注意到他们评论的深度和改正我的一些观



点，那责任在我自己。对于他们审阅过的各个章节，对于其中的思想和观点，从各种角度说都由我自己负责。按英文字母顺序，他们是（附所审章节）：罗伯特·阿姆斯特朗（天然气）、约翰·德意志（煤、二氧化碳）、约翰·海伍德（生物燃料）、罗伯特·范德·希尔斯特（石油）、恩斯特·莫尼茨（原子能）。我还要感谢尼古拉·德伯位希奥，是他使我得以和这些教授们建立联系并交流。

对我的朋友布兰柯·特尔奇克给予我的帮助和建议我也负有人情债，他曾任美国州与联邦的能源监管员，现在是德勤服务公司（Deloitte Services）能源与资源全面监管政策主任。他在答应审阅有关能源效率那一章，并很好地完成了工作，没有耽搁紧张的期限。我还要感谢我的兄弟阿历山德罗，他是一个出色的调研员，在几百种资料中不知疲倦地检索。此外，如果没有我的译者乔纳森·海因的出色工作，我的这本原本用意大利文写的书就不会有这样一个流利、准确、简明的新版本。我的前一本书《石油！石油！》（*Age of Oil*）是用英文写的，我想用英文写比起迂回的翻译校审思想和写作起来更简便。但乔纳森的做法大为出乎我的意料。我们经常交流思想，他总能抓住我意大利原文中的要点，加上我的补充和修改，使之成为一部新的著作。

有两个人我要致以特别的谢意，几年来是她们帮助我处理办公室的事务和活动：安娜·弗兰西斯奇和娜迪娅·斯吐尔曼。

一如往常，如果没有我妻子卡门的温馨守护和默默支持，我的这本书就根本不可能开始或完成。写作使我不得不在一些时间里撇下她，从这个意义上说，她也应算作一个合著者。

对于所有给予我的帮助的人，书中的错误当然不会有他们的份，本书中所表达的不论何种形式的见解和判断都属于我本人。

引言：世界上的所有能源 // 1

【第一部分 化石燃料】

第 1 章 | 王者风范：石油仍将占居中心 // 14

石油的黄金时代已经过去，但石油仍然是能源中的老大，并且很可能在一个长时期里仍将保持这一地位。石油给人类带来的既有福也有忧：一些人担心在地球表面之下是否有足够的石油，有人担心它对气候和环境的影响，还有人担心石油价格的无常变化。在未来几十年里，不论在何种能源方案下，它仍将占居中心的位置。不仅如此，它的周期将影响所有其他能源的命运，在考虑新的能源范式时，我们不能忽视石油。

第 2 章 | 功过评说：煤的光耀与苦楚 // 47

煤是初级能源中仅次于石油的“能源王子”。在发电方面它远远超过了其他能源，而且其消费量每年都在增长。煤的历久不衰至少来自三个因素：低成本、可获得性、污染有可能减小。煤把古代世界改变为现代世界，没有煤世界就不会成为今天这个样子。但是煤的污染问题却是困扰人类的一大难题，根本的难处在于其整个寿命周期，从开采、运输到燃烧使用都对环境和气候造成危害，要彻底解决煤的污染问题，当前的科技水平还达不到。

第 3 章 | 前途无量：天然气担当关键角色 // 67

目前天然气在世界能源消费中占第三位，同时也是前景看好、最有增长前途的化石能源。天然气包括最少的碳，因而是最干净的化石燃料。同

样的发电量，天然气释放的二氧化碳是煤的一半，是石油制品的大约2/3。和石油一样，天然气的价格也经常出现剧烈波动，暴涨暴跌。更为波动的天然气前景可能导致欧洲天然气市场模式的转变，整个全球市场也会出现波动，这要看液化天然气（LNG）的有效发展速度。此外，在一些大的生产者之间的天然气部门已开始出现资源国家主义并试图对生产和价格实行控制。使天然气的未来变得更为复杂的另一个大问题是，21世纪头十年的高价格使得可以把石油部门的技术应用于天然气开采，这导致美国的一些非常规天然气资源意想不到地得到大规模开发。天然气和可再生能源之间的任何竞争将依赖于在不久的将来天然气价格的演变趋势，这方面挑战的展开形式将塑造天然气的未来。

第4章 深度探索：消除二氧化碳的良方 // 93

鉴于化石燃料在满足世界能源需求方面仍将在一个长时期内起决定性作用，各国必须对它们对这个星球和大气所起的破坏作用做出应对。一方面是要减低它们对局部和地区的潜在污染，近几十年来在这方面取得了很大进步。但要继续减少危险物质的释放则需要大规模、集体性的科学技术研究，辅之以法律和长期的限制。另一方面是要限制二氧化碳排放，这是一个更为复杂的问题。人类制造的二氧化碳60%来自化石燃料的燃烧，自20世纪末以来，消除二氧化碳的最大希望在于一种碳捕集和封存工艺，这一技术所存在的最大障碍是大的二氧化碳源流与其可能的封存在地理上的不匹配，这将带来长距离运输上的问题。目前有关国家在探索的另一种方法是在原材料加工中通过化学物质反应提取二氧化碳，使之形成二氧化碳岩石，然后把这些岩石可用于建筑或其他用途。还有一种有前途的研究思路是用一种类似海绵的可吸附或吸收二氧化碳的固体材料，使这种气体得到永久储藏。由于化石燃料在未来几十年中仍将仍然在能源领域占支配地位，因此，不管有多困难，减少二氧化碳的直接排放将是一项根本性的任务。中国目前也对这一问题高度重视，加强了有关研究和购买国外技术。

【第二部分 替代能源】

第5章 安全隐忧：核能复兴还是衰落 // 102

核能是对化石燃料最可靠的补充，在总初级能源中核能占有的份额已增至6%，占世界电能消费的16%。从潜力上讲，它可能提供巨量的没有二氧化碳排放的能源。核能发电成本看来与化石燃料接近。但是有一些不可

小视的未知因素（核反应堆事故、放射性废料、环境污染、恐怖袭击等）是其发展的巨大障碍。

第 6 章 水的份量：非主导的重要能源 // 120

水除了维持人们的日常生活，自古以来就为我们提供着能源。最初只是提供机械能，自从19世纪中叶发明了水轮机以后也开始提供电能。世界各地都分布着水电力资源，这使得水在20世纪大部分时间里成为最重要的电力来源之一。水仍然可能是未来能源的希望之一，水力本身占初级能源的2%略多、世界电能消费的16%。水是干净能源，而且理论上讲是可再生的，成本也具有普遍的竞争性。

第 7 章 前景不明：生物燃料像雾像雨又像风 // 131

生物燃料的来源是生物量（biomass），生物量是仅次于化石燃料的第二大能源，约占全世界初级能源消费的10%。中国、印度和撒哈拉以南的非洲是生物量的主要消费者。但原始的能源使用方法效率低且危害健康，需采用更先进的能源转换系统。生物量毫无疑问可以成为比其他可再生能源有更多用途的能源。目前利用生物量生产热和电的技术已臻成熟，生物燃料是唯一可在交通运输部门作为石油替代品直接使用的可再生能源，这使得它们成为新的引发兴趣的东西，世界的注意力和许多有发展志向的政府都很关注生物燃料。

第 8 章 随风而去：风电的未来不是梦 // 148

两个风能增长最迅速的国家是美国和中国，但起点不高。这一快速发展对从现在起到2030年的大量初级能源需求有多大影响很难说。目前风力发电只占总初级能源消费的0.1%，占电力生产的1%。

第 9 章 阳光普照：太阳能引领真正的能源革命 // 162

太阳是未来人类最有希望的能源。每年地球从太阳那里获得数千倍于世界上人类所消费的能量，理论上说只要捕获其中的一小部分就足够提供我们所需的全部电力，而且不会改变气候、损害环境和穷竭资源。但是目前太阳能的使用不到地球上人类初级能源消费的千分之一，即使在那些太阳能发电最多的国家（德国、日本、美国），其数字也很微小，不到全部初级能源的百分之一。而如果没有为鼓励太阳能利用而制订的政府补贴和特别规定，即使这样微小的数字也不可能达到。

第10章 地热不“热”：成本高昂的地核能源 // 176

地热能是唯一与太阳没有联系的能量资源，水力、风力和生物量都与太阳有联系，太阳能当然更有联系。目前地热对世界能源组合的影响甚微，但地热的利用在少数有优厚自然资源的地区如冰岛、新西兰和一些中美洲国家有较大影响。它虽然是一种有一定发展前景的有意义的资源，但让这种来自地球核心处的能量在满足世界能量需求中起重要作用是困难的，至少在近期是这样。

第11章 干净能源：氢技术与电动车的希望 // 185

氢不是初级能源，与电一样，即它是从其他资源通过能量的使用而获得的。近年来有大量文章、著作、言论，预言以氢为基础的能源革命的到来，但以这样简单的形式描述的革命与事实相差实在太远，因为以经济上可接受的水平生产、运输、储存和配送氢的问题还没有解决。

第12章 能源效率：看不见的新能源 // 197

把能源使用效率视为一种能源是因为它意味着利用较少能源达到同样效果（如从用白炽光改为紧致荧光灯可只用1/4的电量），或是从同样原料中获得更多电能。从本质上说，它意味着少投入多产出。能源效率是一种最重要的可再生能源，因为它可以带来两方面的好处：降低消费和减少温室气体排放的最佳短期效果；在许多潜在用途中可获得最佳性价比。但能源效率的弊病在于很难评估其有效性潜力，提倡者很容易踏入吸引人的创意和其实实施之间差距的误区。因此了解能源效率的正反两方面问题，是使其效益最大化和避免使其沦为空洞甚至有害口号所必须的。

结 语 我们如何走出能源误区？ // 210

化石燃料作为能源的无可争议的优点，使它们的竞争者望而却步。除核能外，化石燃料比其他任何所知的能源单位体积所释放的能量大得多，而且他们可以随时需要，随时得到。化石燃料的黄金时代不会在短时期内由于短缺而结束。

面对当前这种局面，在未来一个长时期内可再生能源不得不与化石燃料共存。只能通过大力研发、制订法规和提高公众意识，一方面从源头上使化石燃料的污染可能性降至最小，减小它们从开采到燃料过程对气候的威胁；另一方面提高可再生能源的竞争力，从源头上摆脱能源困境。

引言：世界上的所有能源

如果没有化石燃料（石油、煤、天然气），世界就不会像今天这个样子，21世纪人类的生存不可能没有这三种非可再生资源。今天，全世界所消费的初级能源（存在于自然界中的、未经人类转变或转化的能源）的80%是由石油、煤和天然气提供的。化石燃料直接通过燃烧而产生能量。化石燃料的统治地位正在引起人们的担忧，而这种担忧是不无道理的。不断增长的对化石燃料的使用，对我们的生存环境和我们这个星球有着负面影响。煤、石油、天然气（依照其对环境影响的次序）在燃烧的时候散放很多污染物质，促使全球变暖。统计数字和预测引起科学家们的激烈辩论，一些人警告人们黑色、灾难性未来即将到来，另一些人则否认会有任何危险。

我们的星球正遭受着人类对化石燃料的依赖的损害是毋庸置疑的。我们对我们的星球造成毁损的最明显的证据就是大气中二氧化碳（CO₂）量的增加。从不同深度提取的冰的样本中我们得知，在直到18世纪中叶的大约一万年间，大气中的二氧化碳存量始终保持在相当稳定的百万分之280。但是在过去的250年间其浓度却猛增到百万分之390，并且仍在增长。有许多其他迹象表明，自“工业革命”以来人类活动就在损害着我们的星球，这一指标是确凿无误的。

地球到底能经受多少损害众说纷纭，但有一件事是确定的：病人需要治病。虽然我们不能确定病情的发展，但我们不能坐视它夺去病人的生命。

谨慎的做法要求我们寻找一种摆脱对化石能源深度依赖的途径，但这是不

容易的，因为没有一种替代能源有能力撼动化石燃料的主导地位。只有沼气显示了某种进展，但在这一范畴能源对环境、大气及人类生活质量的影响却存在着很多误解。

沼气并不是我们想象中的乙醇汽车燃料，它主要是由木头、植物残余、干粪等自然物质或垃圾发酵而来的。由于缺乏其他更有效的替代品，那些最贫困的人口（主要在亚洲和非洲）仍然在大量使用它们作燃料。这种史前遗留的残留物不能为当今提供解决办法。

人类能源组合构成表中的下一个是原子能，虽然与化石燃料相比它的初期成本甚高。但这种现代能源在一个不太长的时期里（50年左右）就立稳了脚跟，它也是一种干净的能源，至少在不产生有害排放物这一点上可以这样说，虽然其放射性废料需要做妥善处理。然而，尽管核能的成本在今天比50年前要便宜得多，但人们仍怀疑它能否为人类近期的能源问题提供一个令人信服的解决办法。在过去50年里这方面的怀疑导致核能在全世界能源需求中的比重有所下降。

在我们这个星球剩下的能源中最后一个起重要作用的是水力发电，即水流冲动涡轮机发电。作为一种能源，它干净、可再生，且在一定条件下非常经济。世界上现仍存有大量可开发的低成本水电能源。但是在很多情况下，它们看起来的可利用性只是理论上的，实际上，由于环境、地理、社会等因素，可能利用的只是其中的一小部分。

近来，另两种决策者和公众对之寄以很大希望的资源是日光和风力，它们目前所占的比重甚微。比太阳能和风能略微重要一点的是地热能，这是一种可再生能源，是由地球深部以蒸汽和热水的形式上升的热流。最后，潮汐所起的作用是微乎其微的。

如果只从电力生产（为可再生能源特选的部门）来看，情况并没有多少改变。表1中的数字是不解自明的，百分比上应加上多位小数，以使占比重小的资料也能显示出来。

表0.1 按资源排列的世界发电量（2008）

| 资源 | 发电量（万亿瓦时） | 份额（%） |
|-------|-----------|-------|
| 煤 | 8243 | 41.0 |
| 天然气 | 4277 | 21.3 |
| 水力发电 | 3216 | 16.0 |
| 原子能 | 2734 | 13.6 |
| 石油 | 1084 | 5.4 |
| 沼气与废料 | 259 | 1.3 |
| 风力 | 216 | 1.1 |
| 地热 | 62 | 0.3 |
| 太阳能 | 9 | 0.0 |
| 潮汐与浪 | 1 | 0.0 |
| 其他 | 4 | 0.0 |
| 总计 | 20105 | 100.0 |

关于可再生资源发电的问题有一点需要注意。媒体、政治家和一些自称的专家们常常把发电装机容量与实际发电量混为一谈，从而对许多可再生资源的实际潜力提供了误导的数字。例如有两个相邻、装机容量相同的发电站，譬如说5000万千瓦。第一个的动力来自天然气，第二个的动力是光电太阳能电池或风力涡轮机，虽然装机容量相同，但是天然气（或石油、煤、核能）厂生产的电将是风力电厂的3倍以上，因为后者只有在有太阳或风的天气才能发电。

氢受到人们的广泛关注，但它不是初级能源而是次级能源（即它提供由其他能源获得的能）。在不久的将来，获得氢的最经济的办法是从化石燃料（特别是天然气）中“提取”。目前世界上95%的工业用氢是用这种方法提供的。

当前除水力以外的全部可再生资源（风能、太阳能、地热、潮汐能）对世界能源消费的贡献只占1%。这一令人沮丧的数据很快会引出一个问题：为什么？通常的回答是，它们的成本仍然很高，但这并不只是它们才有的问题。为了得到一个全面的答案，我们要强调在公共辩论中常常被忽略或无视的要素：能量密度和功率密度。这是两个影响我们生活质量的能量方面的易混淆问题。

能量密度测量的是一个燃料单位中所包含的能的多少（通常用每千克兆焦