

能源与环境效应

鄂 勇 伞成立 编著



化学工业出版社
环境·能源出版中心

能源与环境效应

鄂勇 伞成立 编著



化学工业出版社
环境·能源出版中心

· 北京 ·

能源是人类生存和社会发展的物质基础。可持续的能源供应,能源和环境的协调,是实现社会可持续发展的基础和保证。本书阐述了有关能源科学的基础知识、化石燃料能源、核能和可再生能源,并对能源的环境效应以及未来社会的能源发展做了较为深入和系统的讨论。

本书取材新颖、内容丰富,既可供能源、环境、生态等相关学科的大专院校师生阅读,也可供科研院所的研究与技术人员、政府的决策与管理人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

能源与环境效应/鄂勇,伞成立编著. —北京:化学工业出版社,2006.5
ISBN 7-5025-8675-X

I. 能… II. ①鄂…②伞… III. 能源-环境效应-研究
IV. TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 048285 号

能源与环境效应

鄂勇 伞成立 编著
责任编辑:董琳 管德存
责任校对:郑捷
封面设计:史利平

*

化学工业出版社
环境·能源出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷有限责任公司印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 6 $\frac{3}{4}$ 字数 177 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8675-X

定 价:19.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换



前 言



能源是人类生存和社会发展的物质基础。我们全部的日常消费品，我们的交通旅行以及几乎我们的一切活动都需要能源，能源与人民生活休戚相关。能源消耗总量和能源消耗增长速度与国民经济生产总值和国民经济生产总值增长率成正比例关系。正是由于能源的大量使用促进了世界经济的极大繁荣，创造了人类历史上空前的物质文明。

但是在另一方面，伴随着世界人口的增加和经济的飞速发展，能源消费持续增长，能源开发利用和人类活动所带来的气候变暖、大气臭氧层破坏、酸雨等全球环境问题日趋严重。能源的环境效应成为困扰当今全人类的共同问题。同时，煤炭、石油、天然气等化石燃料的消耗殆尽之日已经为期不远。自 20 世纪 70 年代以来，全世界就面临着能源、环境、人口、粮食、资源等全球重大问题的挑战。能源问题又与其他全球重大问题相互关联。可持续的能源供应，能源与环境的协调，是实现社会可持续发展的基础和保证。

本书的编写目的是向广大读者介绍有关能源与环境科学领域的基本内容、世界和中国面临的有关能源与环境的各种问题等。为适应未来社会能源发展和地球环境保护的需求，对现有的能源与环境领域的知识进行总结极其必要。作者在国内外能源与环境领域最新研究成果的基础上，结合自己的研究积累和见解，探索性地编写了这本《能源与环境效应》。本书主要内容包括有关能源科学的基础知识、能源的环境效应方面的系统讨论和未来社会的能源发展。全书共分六章，其中第一章能源与环境概述、第二章化石燃料能源和第五章能源利用的环境效应由鄂勇编写，第三章核能和第四章可再生能源由伞成立编写，第六章未来社会的能源展望由鄂勇和伞成立共同编写。

本书在编写过程中，注重资料新颖、学科交叉、深入浅出、叙述简洁，力图以有限的篇幅为读者提供更多的能源与环境科学领域信息。感谢东北农业大学和黑龙江省能源研究所对本书出版的支持和帮助。此外，东北农业大学在读研究生刘春颖、安壬林、付春雷和边伟同学为本书进行了校对和资料整理工作。编写本书是一个新的尝试，难免存在着疏漏之处，诚恳欢迎读者和有关人士提出宝贵意见。

借助科学技术的飞跃发展，能源消费结构已开始从石油为主要能源逐步向多元化能源结构过渡。特别是太阳能、氢能、海洋能、风能、生物质能和地热能等新能源的开发利用已成为各发达国家优先发展的关键领域。人类展望的清洁能源时代将随之到来，社会将可持续发展，世界将变得更加美好。

编著者

2006年3月于哈尔滨



目 录



第一章 能源与环境概述	1
第一节 能量与能源.....	1
第二节 能量的发源地——太阳.....	6
第三节 能源消费与社会发展.....	7
第四节 能源问题	12
第二章 化石燃料能源	16
第一节 煤炭	16
第二节 石油	24
第三节 天然气	32
第三章 核能	36
第一节 概述	36
第二节 核燃料与核废料	41
第三节 核技术应用	48
第四节 核反应堆	51
第五节 核电站	57
第四章 可再生能源	65
第一节 水能	66
第二节 太阳能	72
第三节 风能	82
第四节 生物质能	91
第五节 地热.....	102
第六节 城市固体垃圾的能源化处理.....	110
第五章 能源利用的环境效应	120
第一节 人类对地球环境的依存关系.....	120
第二节 大气温室效应与气候变化.....	123

第三节	臭氧层破坏·····	135
第四节	酸雨·····	140
第五节	热污染·····	143
第六节	生物多样性锐减·····	146
第七节	大气污染的健康危害·····	151
第八节	能源开发和运输过程所致的环境效应·····	158
第六章	未来社会的能源展望·····	168
第一节	氢能·····	169
第二节	21 世纪的核能技术 ·····	175
第三节	海洋能开发·····	181
第四节	天然气水合物·····	187
第五节	空间太阳能展望·····	190
第六节	未来的能源战略·····	192
主要参考文献·····		201

第一章 能源与环境概述

第一节 能量与能源

能源与人类的生存、人类社会的形成和各种生活活动密切相关。能源是现代社会一切物质和文明的基础，也是社会经济发展水平的重要标志。人类利用能源的每一次发现都将人类支配自然的能力提高到一个新的水平。能源科学技术的重大变革必然会极大地推动世界范围的经济发展和社会的进步。

一、能量与能量单位

科学史观认为，世界是由物质构成的。运动是物质存在的形式，也是物质固有的属性。世界上不存在没有运动的物质也同样不存在没有物质的运动。由于物质存在各种不同的运动形态，而能量作为物质运动度量的尺度，它也就具有不同的形式。

能量是什么呢？物理学把能量定义为做功的本领。例如，用一个力 F 推动物体沿某一方向移动一定的距离 S ，则对物体所做的功为力 F 与距离 S 的乘积，即 $W = F \cdot S$ 。广义地讲，能量就是产生某种效果或变化的能力。我们这里认为，如果一个系统或者一个物体能够做功或者提供热量，就可以说它具有能量。例如，我们说汽油具有能量是因为我们能够利用它驱动汽车行驶，或者我们将汽油燃烧时它可以提供热量。

到目前为止，人类对所认识的能量可以分为如下六种形式。

(1) 机械能

机械能是与物体宏观机械运动或空间状态相关的能量。它包括

固体和流体的动能、势能、弹性能和表面张力能等。

(2) 热能

构成物质的微观分子运动的动能和势能总和称之为热能。从微观水平上讲，它反映了分子运动的强度。从宏观水平上，它表现的是物体温度的高低。

(3) 电能

电能是与电子流动和积累有关的一种能量，通常是由化学能或者机械能转换得到。

(4) 辐射能

它是物体以电磁波形式发射的能量。例如地球表面所接受的太阳能就是辐射能的一种。

(5) 化学能

化学能是物质结构能的一种，即原子核外进行化学变化时放出的能量。煤炭、石油等燃料中储存的可燃物质就是人类利用最普遍的化学能。

(6) 核能

它是蕴藏在原子核内部的物质结构能。对原子核进行裂变或聚变时可以获得巨大数量的核能。

在国际单位制中，能量的单位通常都用焦耳 (Joule) 表示，简称焦 (J)。焦耳单位是多大呢？不妨想像一下，一只跳蚤在跳跃时耗费的能量是 10^{-7} J；擦燃一根火柴所释放能量的千分之一大约是 1J；一个人一天所需要的食品所具有的能量大约是 10^7 J。在大量的能量转换过程中单位 J 显得太小，人们还常用千焦 (kJ) 和兆焦 (MJ) 等单位来表示能量的大小。 $1\text{kJ}=10^3\text{J}$ ， $1\text{MJ}=10^6\text{J}$ 。表 1-1 列出的是常用能量国际单位制中的词冠。

在涉及分子、原子或原子核的微观水平上的能量变化时，人们更情愿用电子伏特 (eV) 或它的倍数来表示能量。 $1\text{eV}=1.6\times 10^{-19}\text{J}$ 。在化学元素发生反应中的能量大小通常是几个 eV，在核反应中能量大小要超过 MeV。这些规模的能量很小，但是在常规数量的物质中分子数量巨大，因而发生反应的总体能量却是相当的

大。例如，构成天然气主要成分的甲烷气体，其 1 克分子仅重 16g 却含有 6.02×10^{23} 个分子。

单位时间内所做的功或吸收（释放）的热量则称之为功率，单位为瓦特（Watt），简称为瓦（W）。 $1\text{W}=1\text{J/s}$ 。同样在能量的转换和使用中瓦的单位太小，因而更多的是用千瓦（kW）或兆瓦（MW）。在能源研究中还会用到的更大功率单位是 GW 和 TW 等。

表 1-1 常用能量国际单位制词冠

幂	国际代号	词 冠	幂	国际代号	词 冠
10^{-18}	a	阿托 atto	10^{18}	E	艾可萨 exa
10^{-15}	f	飞母托 femto	10^{15}	P	拍它 peta
10^{-12}	p	皮可 pico	10^{12}	T	太拉 tera
10^{-9}	n	纳诺 nano	10^9	G	吉珈 giga
10^{-6}	μ	微 micro	10^6	M	兆 mega
10^{-3}	m	毫 milli	10^3	k	千 kilo
10^{-2}	c	厘 centi	10^2	h	百 hecto
10^{-1}	d	分 deci	10^1	da	十 deca

在电学领域里，人们还经常使用瓦时（Wh）以及它的倍数能量单位。每瓦时（Wh）代表 1J/s 所持续 1 个小时的能量，即 $1\text{Wh}=3600\text{J}$ 。同样 $1\text{kW} \cdot \text{h}=10^3\text{Wh}$ ，而 $1\text{MWh}=10^6\text{Wh}$ 。应当注意的是不要将瓦时（Wh）等能量单位同上述的瓦特（Watt）等功率单位相混淆。

在工程应用和热力学中，还会见到其他一些单位，如卡（calorie）、大卡（kilocalorie）、标准煤当量吨（tce）、标准油当量吨（toe）、百万吨煤当量（Mtce）、百万吨油当量（Mtoe）等。它们的换算关系是： $1\text{cal}=4.18\text{J}$ ；1 公斤标准煤当量（kgce）=7000 大卡；1 公斤标准油当量（kgoe）=10000 大卡。

二、有关能量的基本定律

研究能量属性及其转换规律的科学是热力学。从热力学的观点，能量是物质运动的量度，运动是物质存在的形式，因此一切物

质都有能量。尽管物质的运动多种多样，但就其形态而论或者说从微观角度上而言，能量可以是以有序的形式或无序的形式存在。以有序形式存在的能量被称之为有序能，而以无序形式存在的能量则被称之为无序能。所有宏观整体运动的能量和大量电子定向运动的电能都是有序能，而表现为物质内部分子无规则的热运动则是无序能。如同上述我们所说的汽油做功时所具有的能量就是有序的形式，而当它燃烧时释放的热量所具有的能量则是无序的形式。人类通过长期的实践经验总结出有关能量和能量转换的基本热力学定律。

能量守恒与转换定律又称为热力学第一定律。这条定律认为：自然界的一切物质都具有能量；能量既不能创造，也不能消灭，而只能从一种形式转换成另一种形式，从一个物体传递到另一个物体；在能量转换与传递过程中能量的总量恒定不变。世界上的物质既不能被创造也不能被消灭，作为物质属性的能量也一样不能创造和消灭。一切运动着的物体所具有的能量都具有不同的形式并且这些形式之间可以相互转化。能量守恒和转换定律是自然界最普遍、最基本的规律，这一定律和细胞学说以及达尔文的进化论被称之为19世纪自然科学上的三大发现。

热能是自然界广泛存在的能量形式，机械能、电能、核能等其他形式的能量能够转换成热能。热能与其他形式能量之间的转换也必然遵循能量守恒和转换定律，即热能作为一种能量，可以与其他形式的能量相互转换，在转换过程中能量总量保持不变。

热力学第一定律说明了某一个变化过程中的能量关系。事实上自然界进行的能量转换过程是有方向性的。在温差传热的典型例子中，热量只能自发地从高温物体传向低温物体，却不能自发地由低温物体传向高温物体。即温度高的物体失去热量，温度低的物体得到热量。热力学的第二定律认为：能量的流动总是从集中到分散，从能量高向能量低的方向传递，在传递的过程中总会有一部分能量成为热能释放出去。

能量转换或传递的方向性反映了能量有品质的高低。当能量转

换或传递过程中有无序能参与时就会产生转换的方向性和不可逆性问题。例如在摩擦生热这种现象中，由于摩擦机械能转换为热能，即有序能变成了无序能。虽然能量的总体数量上看没有变化，但品质却降低了，即摩擦使高品质的机械能贬值为低品质的热能。所以，热力学的第二定律在实质上也是能量贬值原理。它意味着，能量转换过程总是朝着能量贬值的方向进行。

能量贬值是自然界的普遍现象。能量品质提高的过程不可能自发地单独进行。还是以热能和机械能之间的转换为例，机械能可以自发地无条件地转换为热能，热能转换为机械能或电能则是有条件的、不完全的。在转化过程中总是伴随着某种形式能量的损失，即有一定的转化效率。也就是说部分热能从高温传向低温作为补偿条件，才能实现热能转换为机械能这一能量品质提高的过程，并且这种热能转换为机械能的热机效率都必定小于100%。

三、能源的常用分类

能源的分类方法有很多种。能源按获得的方法分为一次能源和二次能源。一次能源是从自然界开采取得而直接加以利用的能源，如煤炭、石油、天然气、风能、水能、天然铀矿等。二次能源是由一次能源经过加工、转换而来的能源，如电力、蒸汽、焦炭、煤气等，它们便于运输和使用，是相对品质高污染少的能源。

能源按其能否再生分为可再生能源和非再生能源。可再生能源包括太阳能、生物质能、水能、氢能、风能、海洋能等，可再生能源不会由于它本身的转化或人类的利用而日益减少。非再生能源亦称枯竭性能源，它在地球上的储量有限并且随着人类的利用而越来越少，如煤炭、石油、天然气等化石能源。

能源按其开发利用的程度不同可分为常规能源和新能源。常规能源一般是指已经被人类广泛利用的能源，如煤炭、石油、天然气、水能、核电等。新能源一般是指借助新技术可以开发利用的可再生能源，如太阳能、生物质能、氢能、天然气水合物等。

能源按其本身的性质不同可分为含能体能源和过程性能源。含能体能源是指其本身就是可提供能量的物质，亦称为载体能源。其

特点是可以储存且便于运输，如矿物燃料、核燃料、氢等。过程性能源是指能够提供能量的物质运动所产生的能源，它不能直接储存，存在于某种过程之中，如电能、太阳能、风能、潮汐能等。

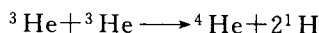
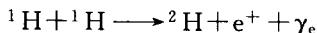
能源按其在使用过程中所产生的污染程度不同，也可将其分为清洁能源和非清洁能源。清洁能源是利用现代技术开发的对环境无污染或污染小的新能源，如太阳能、氢能、风能、潮汐能等。非清洁能源是指对环境污染较大的煤炭、石油等能源。

此外，能源按其是否作为商品流通还可分为商品能源和非商品能源。商品能源是指经过商业流通环节大量消费的能源，主要有煤炭、石油、天然气、电力等。非商品能源是指不经商业流通环节而自己生产和消费的能源，如林区的薪柴、农业的秸秆等。非商品能源在亚洲和非洲占有较大的比重。

第二节 能量的发源地——太阳

根据科学界的共识，太阳大约是在 45 亿年之前形成的一个巨大的炽热球体。它的半径约为 $6.96 \times 10^5 \text{ km}$ ，质量约为 $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$ 。太阳的表面温度为 5780 K ，而其中心温度可以达到 $1.5 \times 10^7 \text{ K}$ 。太阳中心的密度和压力分别为 148000 kg/m^3 和 $2.3 \times 10^{16} \text{ Pa}$ 。太阳的构成主要为元素周期表中较轻的元素，其中 71% 为氢，27% 为氦。此外还有少量的碳、氧和铁这些较重的元素。

主要是在太阳平均半径为 20% 的中心区域内进行着由氢聚合成稳定的氦原子核的热核反应，同时不断地释放出巨大的能量。氢聚合成氦反应是按照以下 3 步反应完成的：



第一步反应发生的概率为 85%，并释放出 26.2 MeV 的能量。第二步反应发生的概率为 15%，并释放出 25.7 MeV 的能量。而最后的第三步反应发生的概率仅为 0.02%，并释放出 19.1 MeV 的

能量。

太阳的外部是一光球层，这就是人们肉眼所看到的太阳表面。它是由强烈电离的气体组成，太阳能量的绝大部分辐射都是由此向太空发射的。太阳热量以辐射和对流的方式由太阳的核心向表面传递，温度也从中心逐渐降低。由核聚变可知，氢聚合成氦并释放出巨大能量的同时伴随着氢的质量消耗。氢对于太阳来说是一种不可更新的燃料能源，根据目前太阳产生核能的速率计算，其氢的储量足够维持 50 亿年，因此太阳能可以说是用之不竭的。50 亿年之后，耗尽了氢的太阳将会膨胀成为巨大的红色球体，地球也将会伴随着太阳的膨胀过程而毁灭。

太阳的能量是取之不尽、用之不竭的。虽然从太阳辐射到地球大气层的能量仅为其总辐射能量（约 $3.75 \times 10^{26} \text{ W}$ ）的 22 亿分之一，但已高达 $1.73 \times 10^{17} \text{ W}$ 。这个能量意味着太阳每秒钟照射到地球上的能量相当于 500 万 t 标准煤。除了核能和地热能以外，地球上的其他所有能源，包括风能、水能、潮汐能以及通过光合作用和食物链转化的生物质能都是来源于太阳。地球上的煤炭、石油和天然气这些化石燃料从根本上说也是远古时代存储下来的太阳能。

第三节 能源消费与社会发展

回顾人类的历史，可以明显地看出能源总是人类社会发展的一个主要因素。人类的能源消费自从第一次工业革命开始，特别是在 20 世纪当中得到了迅速发展。然而同现代社会相比，我们的祖先在过去几千年的漫长岁月中能源的消费发展却是相当缓慢的，能源的消费水平也是相当低下的。

人类的第一能源消费自然是食物。食物为人类生存和延续后代提供需要的能源。每个居民每天所消费的食物能源值平均为 $2.7 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。全世界消费的食物能源每年大约 $500 \sim 600 \text{ Mtoe}$ ，大约为全世界所消费的初级能源的 6%。对于原始人来说，食物代表了他们所消费的能源中的基本部分。食物这种必不可少的能源消费同

时要辅助以在人类社会的发展过程中逐步变得重要的其他形式的能源消费。

绿色植物经光合作用把二氧化碳和水变成生物体所需要的有机分子，太阳能便被转化成植物中的化学能。进入大气层的太阳能除了被反射到太空和被大气层吸收的以外，只有少部分到达地面，真正被绿色植物利用的只占辐射到地面上的太阳能的 1% 左右。地球上的绿色植物利用这部分太阳能进行光合作用

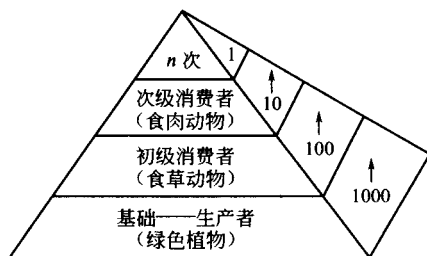


图 1-1 能量传递的 1/10 律

(祝延成等, 1993)

制造的有机质，每年可达 (1500~2000) 亿 t。这种化学能可以作为食物形式直接被人体利用或者再经过食物链的逐级转移后再被人体利用。在食物链的逐级转移过程中，能量的利用效率也很低，每一个营养级要把 90% 左右的能量，以热量形式散失到环境中去，而储存在组织中或向更高的营养级转换的能量仅占 10% 左右。这就是人们通常所说的“十分之一法则”，常用能量金字塔来表示的能量流动方式。如图 1-1 所示。

人类社会已经经历了三个能源时期，即薪柴时期、煤炭时期和石油时期。

大约在 60 万年之前人类学会了利用火。原始人利用火在夜间照明、抵御寒冷，还学会了利用火来恐吓、驱赶野兽以及利用火烧煮食物。就这样逐渐开始了刀耕火种的生活，由此人类步入了原始农业社会。

在漫长的人类历史中，人类以薪柴、秸秆和动物的排泄物等生物质燃料来烧饭和取暖，并且以人力、畜力和一些简单的风力与水力机械作动力，从事生产活动。薪柴是一种可再生能源，并且数量巨大，操作技术简单，因此这个以薪柴等生物质燃料为主要能源的时代，延续了长达 1 万年之久的时间。在这个历史时期，薪柴、畜

力、风力与水力等天然能源的直接利用一直占主导地位，生产和生活水平低下，社会发展迟缓。一直到18世纪中叶，木材在世界一次能源的消费结构中还占据首位。

18世纪中叶从英国开始的工业革命促使世界能源结构发生第一次重要的转变，从薪柴时期转向煤炭时期。18世纪中叶开始的工业革命的主要标志是1765年瓦特发明蒸汽机，人类社会步入了蒸汽时代，蒸汽机成为生产的主要动力。随之纺织、冶金、交通和机械等工业得到迅速发展。蒸汽机的应用也推动了煤炭工业的兴起，工业的蓬勃发展以及铁路和航运的开通均需要大量的煤炭。于是，近代煤炭工业在英国、美国、德国、法国等国家伴随产业革命迅速兴起，世界能源结构以薪柴为主转向以煤炭为主，使煤炭在整个19世纪成为资本主义工业化的主要能源。世界煤炭产量增加迅速，到1920年，煤炭已占世界商品能源构成的87%。

从20世纪20年代开始，世界能源结构发生第二次重要转变，从煤炭时期转向石油和天然气时期。这一转变首先在美国出现，1859年在美国的宾夕法尼亚州打出世界上第一口油井，标志着近代石油工业的开始。从1876年德国的奥托发明火花点火四冲程内燃机开始，以内燃机为动力的移动式机械设备获得了广泛应用，尤其是拖拉机、汽车、内燃机车、飞机等发展迅速。由此导致石油使用量大大增加，世界能源消费结构中煤炭的比重逐渐下降。

20世纪50年代，美国、中东、北非相继发现了巨大的石油和天然气矿藏，石油资源的开发开始了能源利用的新时期。首先在西方发达国家开始，以煤炭为主的能源结构转换到以石油和天然气为主的能源结构。1965年在世界能源消费结构中，石油首次取代煤炭占据首位。汽车、飞机、内燃机车和远洋巨轮迅猛发展，促进了世界经济的极大繁荣，创造了人类历史上空前的物质文明。

20世纪50年代和60年代，许多国家正是依靠充足的石油供应使劳动生产力有了很大增长。特别是到19世纪末期，电力开始进入社会的各个领域，人类步入了电气时代。电动机代替了蒸汽机，电力成为工业生产上的主要动力和日常生活上照明的主要来

源。由于电力的使用，社会生产力开始了大幅度增长，人类的生活和文化水平也有极大的提高。但这时的电力工业主要还是依靠煤炭作为主要燃料。最近 30 年以来，世界能源的消费仍然是以石油为主。2001 年世界原油的消费量仍占能源消费总量的 43.0%。

石油和天然气能够替代煤炭，技术的进步是主要的原因。20 世纪 20 年代以管线焊接技术制成的大直径有缝钢管，为石油和天然气的远距离输送创造了条件。随着油田勘探规模的扩大和开采技术的改进，石油生产成本不断下降。同煤炭相比，石油和天然气热值高，运输、储存和使用方便，同时又是理想的化工原料。所有这些都促使能源结构从煤炭转向石油和天然气，这种转变对社会经济的发展具有十分重要的意义。

石油取代煤炭完成了能源的第二次转换。但是地球上石油和天然气的储量有限，按照目前的开采和消费速率，其耗尽之日已为期不远。世界能源向石油以外的能源物质转换已势在必行，核能是最有希望取代石油的重要能源。1954 年前苏联建成了世界上第一座核电站，这是人类利用核能的起始点。核能技术的发展是人类科技发展史上的重大成就。目前，核裂变能已经为人类提供了世界能源总消费量的 6%。在核电最发达的法国，四分之三的电力生产是来自核能。将来，当快中子增殖堆和核聚变能得到工业化规模应用后，人类将从根本上缓解能源紧张的问题。

能源消费结构已开始从石油为主要能源逐步向多元化能源结构过渡。特别是太阳能、氢能、海洋能、风能、生物质能和地热能等新能源的开发利用已成为各发达国家优先发展的关键领域。天然气水合物能和空间太阳能也是人类展望的未来能源领域。

自从工业革命以后由于大量地使用化石性燃料能源，人类的文明程度得到了空前的发展。直到现在，还没有一个国家不是通过增加能源的消费而大幅度地发展增加其经济和财富的。全世界初级能源的消费由 20 世纪初大约 0.95Gtoe 上升到 20 世纪末的 10Gtoe。如此大量地使用能源对人类生活水平的提高产生了重要影响。事实上，从我们全部的日常消费品，到我们的交通旅行以及几乎我们的一切