

漫游科学世界

NEW!

# 绿色能源—— 氢能

刘波◎编著



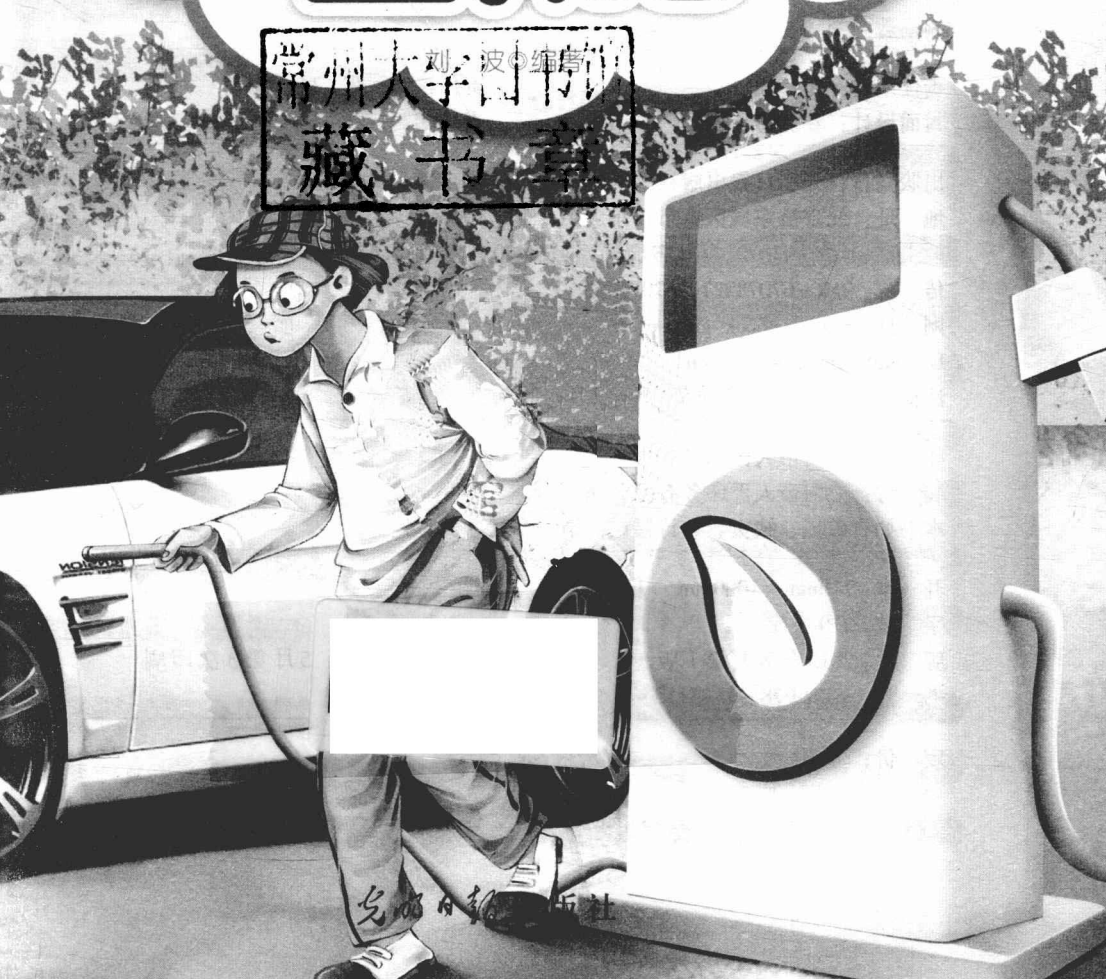
光明日报出版社

漫游科学世界

NEW

# 绿色能源—— 氢能

常州大学图书馆  
藏书章



光明日报出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

绿色能源——氢能 / 刘波编著. — 北京: 光明日报出版社, 2013. 8  
(漫游科学世界)  
ISBN 978 - 7 - 5112 - 4016 - 3

I. ①绿… II. ①刘… III. ①氢能 - 青年读物②氢能 - 少年读物 IV. ①TK91 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 020276 号

---

## 绿色能源——氢能

编 著: 刘 波

责任编辑: 邓茗文  
封面设计: 叁棵树

责任校对: 张 咏  
责任印制: 曹 净

出版发行: 光明日报出版社

地 址: 北京市东城区珠市口东大街 5 号, 100062

电 话: 010 - 67078244 (咨询), 67078870 (发行), 67078235 (邮购)

传 真: 010 - 67078227, 67078255

网 址: <http://book.gmw.cn>

E-mail: [gmchs@gmw.cn](mailto:gmchs@gmw.cn) [zhuning@gmw.cn](mailto:zhuning@gmw.cn)

法律顾问: 北京市天驰洪范律师事务所徐波律师

---

印 刷: 三河市人民印务有限公司

装 订: 三河市人民印务有限公司

本书如有破损、缺页、装订错误, 请与本社联系调换

---

开 本: 710mm × 1000mm 1/16

字 数: 210 千字

印 张: 14.5

版 次: 2013 年 8 月第 1 版

印 次: 2014 年 5 月第 3 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5112 - 4016 - 3

---

定 价: 28.80 元

版权所有 翻印必究

# 前言 PREFACE

绿色能源——氢能

人们常常提到的绿色能源，如太阳能、氢能、风能等，但另一类绿色能源，就是绿色植物给我们提供的燃料，我们就管它叫做绿色能源，又叫生物能源或物质能源。其实，绿色能源是一种古老的能源，千万年来，我们的祖先都是伐树、砍柴烧饭、取暖、生息繁衍。这样生存的后果是给自然生态平衡带来了严重的破坏。沉痛的历史教训告诉我们，利用生物能源，维持人类的生存，甚至造福于人类，必须按照它的自然规律办事，既要利用它，又要保护它，发展它，使自然生态系统保持良性循环。

绿色能源也称清洁能源，它可分为狭义和广义两种概念。狭义的绿色能源是指可再生能源，如水能、生物能、太阳能、风能、地热能和海洋能。这些能源消耗之后可以恢复补充，很少产生污染。广义的绿色能源则包括在能源的生产及其消费过程中，选用对生态环境低污染或无污染的能源，如天然气、清洁煤（将煤通过化学反应转变成煤气或“煤”油，通过高新技术严密控制的燃烧转变成电力）和核能等等。

氢能是通过氢气和氧气反应所产生的能量。氢能是氢的化学能，氢在地球上主要以化合态的形式出现，是宇宙

中分布最广泛的物质，它构成了宇宙质量的 75%，二次能源。氢能在二十一世纪有可能在世界能源舞台上成为一种举足轻重的二次能源。它是一种极为优越的新能源，其主要优点有：燃烧热值高，每千克氢燃烧后的热量，约为汽油的 3 倍，酒精的 3.9 倍，焦炭的 4.5 倍。燃烧的产物是水，是世界上最干净的能源。资源丰富，氢气可以由水制取，而水是地球上最为丰富的资源，演绎了自然物质循环利用、持续发展的经典过程。

氢能被视为 21 世纪最具发展潜力的清洁能源，人类对氢能应用自 200 年前就产生了兴趣，到 20 世纪 70 年代以来，世界上许多国家和地区就广泛开展了氢能研究。中国对氢能的研究与发展可以追溯到 20 世纪 60 年代初，中国科学家为发展本国的航天事业，对作为火箭燃料的液氢的生产、 $H_2/O_2$  燃料电池的研制与开发进行了大量而有效的工作。将氢作为能源载体和新的能源系统进行开发，则是从 20 世纪 70 年代开始的。现在，为进一步开发氢能，推动氢能利用的发展，氢能技术已被列入《科技发展“十五”计划和 2015 年远景规划（能源领域）》。

# C CONTENTS

目录

绿色能源——氢能

LYSE NENGYUAN LI QI JI JING

## 世界能源问题

什么是能源 ..... 2

能源危机与希望 ..... 7

中国面临的能源危机 ..... 12

21 世纪能源危机迫在眉睫 ..... 19

世界能源消费预测 ..... 22

能源的可持续发展 ..... 24

新能源发展现状和趋势 ..... 26

## 揭开神秘的面纱——氢的点滴

拨云见日——氢的发现 ..... 32

神秘的背后——氢的常识 ..... 36

灵活多样——氢的形态 ..... 42

瑕不掩瑜——氢的性质 ..... 51

洁净能源——氢能的特点 ..... 56

新能源之星——氢能 ..... 59

## 绿色、永恒的代言人——氢能的特性

高效无污染的能源 ..... 64

理想且永恒的能源 ..... 66

## 不断进步——氢的制取

传统制氢方法 ..... 72

新的制氢方法 ..... 80

## 氢气的储运和纯化

氢气的储存 ..... 92

氢气的纯化 ..... 97

氢气储运及使用安全问题 ..... 101

## 风韵独特——氢能的用途

天上地下——作为燃料 ..... 108

方便快捷——用于发电 ..... 114

核聚变 ..... 118

氢弹 ..... 121

氢气球 ..... 136

氢能的其他用途 ..... 140

## 氢与燃料电池

燃料电池概述 ..... 146

燃料电池发展状况 ..... 153

作为便携式电子产品的电源 ..... 157

### 尘世的奇葩——氢能汽车

伟大的预言 ..... 162

氢能汽车的应用类型 ..... 163

氢能汽车的现在与未来 ..... 166

### 群雄逐鹿——氢能的开发与利用

氢能在国外 ..... 182

氢能在中国 ..... 185

风光无限——氢能的未来 ..... 188

氢能和氢经济 ..... 190

徘徊在争论中的氢经济 ..... 200

氢能有望取代石油铺路 ..... 205

### 附录 发现氢的几位主要化学家 及其趣闻轶事

海尔蒙特 ..... 207

卡文迪许 ..... 212

安托万·洛朗·拉瓦锡 ..... 218

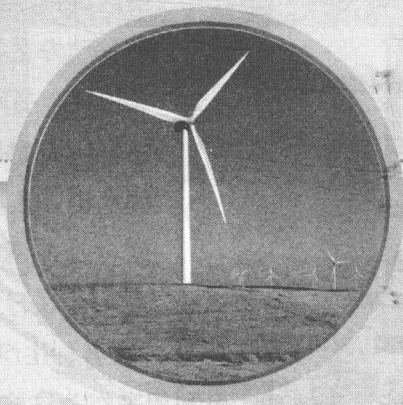
绿色能源——氢能

## 世界能源问题

LVSE NENGYUAN QINGNENG

世界能源问题是当今社会必须面临的重大难题，也是对人类生存与发展的重大考验。从非传统安全的视角看，不论是能源资源的开发还是分配，都不仅对世界经济产生巨大的冲击，也直接导致国际关系的微妙变化，能源外交已经成为各国外交战略不可忽视的重要方面。

为深入探讨能源问题对国际关系、尤其是国际安全的影响，本书特意单设一章，为的是详细阐述世界能源的方方面面。有了这章的叙述，相信对人们更好的站在全球视野审视能源问题具有启发和借鉴价值。





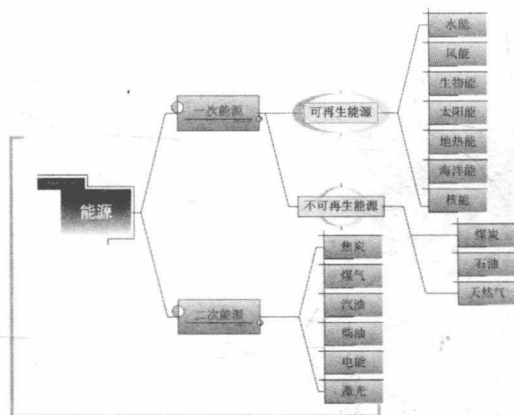


## 什么是能源

能源是物质、能量和信息是构成自然社会的基本要素。

“能源”这一术语，过去人们谈论得很少，正是两次石油危机使它成了人们议论的热点。能源是整个世界发展和经济增长的最基本的驱动力，是人类赖以生存的基础。自工业革命以来，能源安全问题就开始出现。在全球经济高速发展的今天，国际能源安全已上升到了国家的高度，各国都制定了以能源供应安能源全为核心的能源政策。在此后的二十多年里，在稳定能源供应的支持下，世界经济规模取得了较大增长。但是，人类在享受能源带来的经济发展、科技进步等利益的同时，也遇到一系列无法避免的能源安全挑战，能源短缺、资源争夺以及过度使用能源造成的环境污染等问题威胁着人类的生存与发展。

那么，究竟什么是“能源”呢？



能源分类

关于能源的定义，目前约有 20 种。例如：《科学技术百科全书》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》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》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中



的各种载体，称为能源”；我国的《能源百科全书》说：“能源是可以直接或间接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。”

### 知识小链接

#### 《大英百科全书》

《大英百科全书》，又称《不列颠百科全书》，是由私人机构大英百科全书出版社所出版的英语百科全书，被认为是当今世界上最知名、最具权威的百科全书，是英语世界俗称的ABC百科全书之一。大英百科全书的条目是由大约100名全职编辑及超过4000名专家为受过教育的成年读者所编写而成的。它被普遍认为是最有学术性的百科全书。它在1768年至1771年间在英国爱丁堡首次面世，平均13年左右出一个新版。2012年3月停印。

可见，能源是一种呈多种形式的，且可以相互转换的能量的源泉。确切而简单地说，能源是自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源。能源亦称能量资源或能源资源。是指可产生各种能量（如热量、电能、光能和机械能等）或可做功的物质的统称。是指能够直接取得或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源，包括煤炭、原油、天然气、煤层气、水能、核能、风能、太阳能、地热能、生物质能等一次能源和电力、热力、成品油等二次能源，以及其他新能源和可再生能源。

能源亦称能量资源或能源资源，为人类的生产和生活提供各种能力和动力的物质资源，是国民经济的重要物质基础，未来国家命运取决于能源的掌控。能源的开发和有效利用程度以及人均消费量是生产技术和生活水平的重要标志。

能源种类繁多，而且经过人



### 你知道吗

#### 新能源

新能源又称非常规能源。是指传统能源之外的各种能源形式。指刚开始开发利用或正在积极研究、有待推广的能源，如太阳能、地热能、风能、海洋能、生物质能和核聚变能等。



类不断的开发与研究，更多新型能源已经开始能够满足人类需求。根据不同的划分方式，能源也可分为不同的类型。

主要有以下七种分法。

按来源分为三类：地球本身蕴藏的能量通常指与地球内部的热能有关的能源和与原子核反应有关的能源。

①来自地球外部天体的能源（主要是太阳能）。除直接辐射外，并为风能、水能、生物能和矿物能源等的产生提供基础。人类所需能量的绝大部分都直接或间接地来自太阳。正是各种植物通过光合作用把太阳能转变成化学能在植物体内贮存下来。煤炭、石油、天然气等化石燃料也是由古代理在地下的动植物经过漫长的地质年代形成的。它们实质上是由古代生物固定下来的太阳能。此外，水能、风能、波浪能、海流能等也都是由太阳能转换来的。

#### 基本 小知识

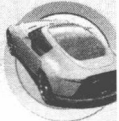


#### 地热能

地热能是由地壳抽取的天然热能，这种能量来自地球内部的熔岩，并以热力形式存在，是引致火山爆发及地震的能量。地球内部的温度高达7000℃，而在80至100千米的深度处，温度会降至650℃至1200℃。透过地下水的流动和熔岩涌至离地面1至5千米的地壳，热力得以被转送至较接近地面的地方。高温的熔岩将附近的地下水加热，这些加热了的水最终会渗出地面。运用地热能最简单和最合乎成本效益的方法，就是直接取用这些热源，并抽取其能量。地热能是可再生资源。

②地球本身蕴藏的能量。如原子核能、地热能等。

③地球和其他天体相互作用而产生的能量。如潮汐能。温泉和火山爆发喷出的岩浆就是地热的表现。地球可分为地壳、地幔和地核三层，它是一个大热库。地壳就是地球表面的一层，一般厚度为几千米至70千米不等。地壳下面是地幔，它大部分是熔融状的岩浆，厚度为2900千米。火山爆发一般是这部分岩浆喷出。地球内部为地核，地核中心温度为2000度。可见，地球上



的地热资源贮量也很大。

按能源的基本形态分分类，有一次能源和二次能源。前者即天然能源，指在自然界现成存在的能源，如煤炭、石油、天然气、水能等。后者指由一次能源加工转换而成的能源产品，如电力、煤气、蒸汽及各种石油制品等。

一次能源又分为可再生能源（水能、风能及生物质能）和非再生能源（煤炭、石油、天然气、油页岩等）。根据产生的方式可分为一次能源（天然能源）和二次能源（人工能源）。一次能源是指自然界中以天然形式存在并没有经过加工或转换的能量资源，一次能源包括可再生的水力资源和不可再生的煤炭、石油、天然气资源，其中包括水、石油和天然气在内的三种能源是一次能源的核心，它们成为全球能源的基础；除此以外，太阳能、风能、地热能、海洋能、生物能以及核能等可再生能源也被包括在一次能源的范围内。

二次能源则是指由一次能源直接或间接转换成其他种类和形式的能量资源，例如：电力、煤气、汽油、柴油、焦炭、洁净煤、激光和沼气等能源都属于二次能源。能源分类按能源性质分有燃料型能源（煤炭、石油、天然气、泥炭、木材）和非燃料型能源（水能、风能、地热能、海洋能）。人类利用自己体力以外的能源是从用火开始的，最早的燃料是木材，以后用各种化石燃料，如煤炭、石油、天然气、泥炭等。现正研究利用太阳能、地热能、风能、氢能、潮汐能等新能源。



你知道吗

### 可再生能源

可再生能源是指在自然界中可以不断再生、永续利用的能源，具有取之不尽，用之不竭的特点，主要包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能和海洋能等。可再生能源对环境无害或危害极小，而且资源分布广泛，适宜就地开发利用。相对于可能穷尽的化石能源来说，可再生能源在自然界中可以循环再生。可再生能源属于能源开发利用过程中的一次能源。可再生能源不包含化石燃料和核能。

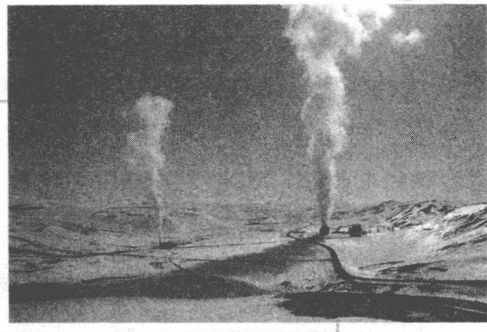


## 知识小链接

## 钍

钍，元素中文名称钍，元素英文名称 Thorium。原子序数 90，钍原子量 232.0381，元素类型为金属，是天然放射性元素。核内质子数 90，核外电子数 90，核电核数 90，质子质量  $1.5057E-25$ ，质子相对质量 90.63，所属周期为 7，所属族数为 IIIB，摩尔质量 180。

当前化石燃料消耗量很大，但地球上这些燃料的储量有限。未来铀和钍将提供世界所需的大部分能量。一旦控制核聚变的技术问题得到解决，人类实际上将获得无尽的能源。根据能否造成污染分根据能源消耗后是否造成环境污染可分为污染型能源和清洁型能源，污染型能源包括煤炭、石油等，清洁型能源包括水力、电力、太阳能、风能以及核能等。根据能源使用的类型又可分为常规能源和新型能源。利用技术上成熟，使用比较普遍的能源叫做常规能源。包括一次能源中的可再生的水力资源和不可再生的煤炭、石油、天然气等资源。新近利用或正在着手开发的能源叫做新型能源。新型能源是相对于常规能源而言的，包括太阳能、风能、地热能、海洋能、生物能、氢能以及用于核能发电的核燃料等能源。由于新能源的能量密度较小，或品位较低，或有间歇性，按已有的技术条件转换利用的经济性尚差，还处于研究、



地热能

发展阶段，只能因地制宜地开发和利用；但新能源大多数是再生能源。资源丰富，分布广阔，是未来的主要能源之一。

人们通常按能源的形态特征或转换与应用的层次对它进行分类。世界能源委员会推荐的能源类型分为：固体燃料、液体燃料、气体燃



料、水能、电能、太阳能、生物质能、风能、核能、海洋能和地热能。

其中，前三个类型统称化石燃料或化石能源。已被人类认识的上述能源，在一定条件下可以转换为人们所需的某种形式的能量。比如薪柴和煤炭，把它们加热到一定温度，它们能和空气中的氧气化合并放出大量的热能。我们可以用热来取暖、做饭或制冷，也可以用热来产生蒸汽，用蒸汽推动汽轮机，使热能变成机械能；也可以用汽轮机带动发电机，使机械能变成电能；如果把电送到工厂、企业、机关、农牧林区和住户，它又可以转换成机械能、光能或热能。商品能源和非商品能源凡进入能源市场作为商品销售的如煤、石油、天然气和电等均为商品能源。国际上的统计数字均限于商品能源。非商品能源主要指薪柴和农作物残余（秸秆等）。1975年，世界上的非商品能源约为0.6太瓦年，相当于6亿吨标准煤。据估计，中国1979年的非商品能源约合2.9亿吨标准煤。再生能源和非再生能源人们对一次能源又进一步加以分类。凡是不断得到补充或能在较短周期内再产生的能源称为再生能源，反之称为非再生能源。风能、水能、海洋能、潮汐能、太阳能和生物质能等是可再生能源；煤、石油和天然气等是非再生能源。地热能基本上是非再生能源，但从地球内部巨大的蕴藏量来看，又具有再生的性质。核能的新发展将使核燃料循环而具有增殖的性质。核聚变的能比核裂变的能可高出5~10倍，核聚变最合适的燃料重氢（氘）又大量地存在于海水中，可谓“取之不尽，用之不竭”。核能是未来能源系统的支柱之一。

## 能源危机与希望

能源与人类的生存密切相关，它是提高人民生活水平，发展世界文明和征服自然的物质基础。如果我们正视现实，那就不得不承认，我们正面临着前所未有的能源危机。



目前广泛使用的能源主要是煤、石油和天然气，但是这些化石燃料的储量十分有限，可供使用的时间已屈指可数，据估计用不了 100 年即将耗尽而不能再生！因此能源危机绝不是危言耸听，开发利用新能源已是迫在眉睫的任务了。



## 广角镜

## 环境污染

环境污染是指人类直接或间接地向环境排放超过其自净能力的物质或能量，从而使环境的质量降低，对人类的生存与发展、生态系统和财产造成不利影响的现象。具体包括：水污染、大气污染、噪声污染、放射性污染等。随着科学技术水平的发展和人民生活水平的提高，环境污染也在增加，特别是在发展中国家。环境污染问题越来越成为世界各个国家的共同课题之一。

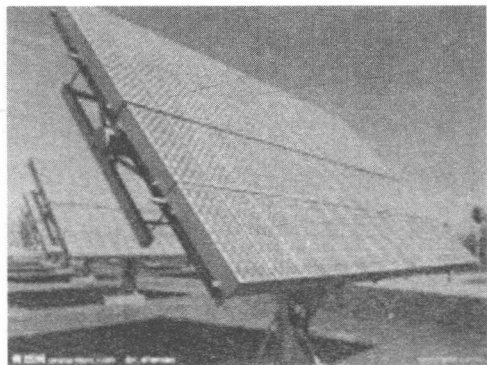
所谓能源危机包括两方面：枯竭和污染。关于新能源的开发，目前除太阳能之外，最有发展前途的当属核能。核能的开发有两条途径：重核的裂变和轻核的聚变。概念上，可再生能源确定为“风能、太阳能、水能、生物质能、地热能、海洋能等非化石能源”。而通过低效率炉灶直接燃烧方式利用秸秆、薪柴、粪便等方式，则被排除在外。国务院发展研究中心最近所作的一份研究报告表明：中国未来 20

年能源领域将面临一系列挑战。研究报告认为，到 2020 年中国将实现经济翻两番，届时人均 GDP 超过 1 万美元。这一时期是实现工业化的关键时期，也是经济结构、城市化水平、居民消费结构发生明显变化的阶段。反映到能源领域，中国面对的情况要比发达国家在同一历史时期经历的情况复杂得多。人均储量低能耗高中国人均能源可采储量远低于世界平均水平。2000 年人均石油可采储量只有 2.6 吨，人均天然气可采储量 1074 立方米，人均煤炭可采储量 90 吨，分别为世界平均值的 1.1%、4.3% 和 55.4%。从能源利用效率来看，中国单位产品的能耗水平较高。2001 年，中国终端能源用户能源消费的支出为 1.25 万亿元，占 GDP 总量的比例为 13%，而美国仅为 7%。中国单位产品的能耗水平较高，目前 8 个高耗能行业的单位产品能耗平均比世界先进



水平高 47%，而这 8 个行业的能源消费占工业部门能源消费总量的 73%。能源安全尤其是石油安全越来越突出。

随着人均收入水平的提高，中国石油消费量显著增加。中国石油对外依存度从 1995 年的 7.6% 增加到 2000 年的 31.0%。到 2020 年，



太阳能

石油消费量最少也要 4.5 亿吨，届时石油的对外依存度可能接近 60%。能源需求增长迅速中国已经成为世界上第二大能源消费国。据中国石化高级副总裁牟书令介绍，未来 20 年，中国石油天然气需求增长较快，预计到 2020 年，中国石油需求量为 4 亿吨，年均递增 12%。

天然气消费结构中，天然气发电、城市燃气增长最快，到 2020 年，天然气在一次能源消费中，所占比例将由目前的 2.7% 增长到 10% 以上。为了保障油气资源的可持续发展和安全稳定供给，中国石油天然气发展必须开源节流，立足国内，加强油气勘探开发，保持石油产量持续稳定。同

### 你知道吗

#### 天然气的使用优点

**绿色环保：**天然气是一种洁净环保的优质能源，几乎不含硫、粉尘和其他有害物质，燃烧时产生二氧化碳少于其他化石燃料，造成温室效应较低，因而能从根本上改善环境质量。

**经济实惠：**天然气与人工煤气相比，同比热值价格相当，并且天然气清洁干净，能延长灶具的使用寿命，也有利于用户减少维修费用的支出。天然气是洁净燃气，供应稳定，能够改善空气质量，因而能为该地区经济发展提供新的动力，带动经济繁荣及改善环境。

**安全可靠：**天然气无毒、易散发，比重轻于空气，不宜积聚成爆炸性气体，是较为安全的燃气。

**改善生活：**随着家庭使用安全、可靠的天然气，将会极大改善家居环境，提高生活质量。





时,要加快建立海外油气生产基地。以节能为突破口未来20年,工业部门仍然是中国最大的用能部门,也应该是获得节能效应最为显著的部门。国务院发展研究中心来有为博士近日在一次演讲中说,从节能的实现方式看,通过调整行业和产品结构实现的节能约占工业部门节能潜力的70%至80%,依靠技术进步降低单位产品能耗实现的节能占20%至30%。

因此,工业部门节能应实行技术进步与调整行业、产品结构相结合。通过修订节能设计规范,实行企业能源审计和报告,推进节能技术进步,建立能源管理信息系统,推行绩效合同等政策和措施,促进工业部门的节能。

### ◎ 关于能源危机

能源危机是指因为能源供应短缺或是价格上涨而影响经济。这通常涉及石油,电力或其他自然资源的短缺。能源危机通常会造造成经济衰退。

从消费者的观点,汽车或其他交通工具所使用的石油产品价格的上涨降低了消费者的信心和增加了他们的开销。其对经济的影响尤其大,市场经济的能源价格是受供需关系的影响,而供需关系中的供或需改变都可以导致能源价格的突然变化。虽然一些能源危机是由于市场应对短缺的价格调节而产生,但在某些情况下,危机可能是市场的流通不畅通,缺乏自由市场而导致。很多学者认为世界能源危机的主要原因是石油价格过于便宜,以至于使世界对其产生了过度的依赖性而迅速消耗殆尽,他们主张减少对化石燃料的依赖,增加研究经费用于对能源、燃料替代用品的研究。

#### 知识小链接

##### 潮汐能

潮汐能是指海水潮涨和潮落形成的水的势能,其利用原理和水力发电相似。潮汐能是以势能形态出现的海洋能,是指海水潮涨和潮落形成的水的势能与动能。它包括潮汐和潮流两种运动方式所包含的能量,潮水在涨落中蕴藏着巨大能量,这种能量是永恒的、无污染的能量。