

国家“十二五”重点图书出版规划项目
国家科技部: 2014年全国优秀科普作品



新能源在召唤丛书

XINNENGYUAN ZAIZHAOHUAN CONGSHU
HUASHUO FENGNE



话说风能

翁史烈 主编 祝炳和 夏期明 张道标 著



广西教育出版社

国家“十二五”重点图书出版规划项目
国家科技部: 2014年全国优秀科普作品



新能源在召唤丛书

XINNENGYUAN ZAIZHAOHUAN CONGSHU
HUASHUO FENGNE

话说风能

翁史烈 主编 祝炳和 夏期明 张道标 著



广西教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

话说风能 / 翁史烈主编. — 南宁: 广西教育出版社, 2013.10

(新能源在召唤丛书)

ISBN 978-7-5435-7577-6

I. ①话… II. ①翁… III. ①风力能源 - 青年读物
②风力能源 - 少年读物 IV. ①TK81-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 286575 号

出版人: 张华斌

出版发行: 广西教育出版社

地址: 广西南宁市鲤湾路 8 号 邮政编码: 530022

电话: 0771-5865797

本社网址: <http://www.gxeph.com>

电子信箱: gxeph@vip.163.com

印刷: 广西大华印刷有限公司

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 8.75

字数: 117 千字

版次: 2013 年 10 月第 1 版

印次: 2016 年 4 月第 5 次印刷

书号: ISBN 978-7-5435-7577-6

定价: 28.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系调换。



出版说明



科普的要素是培育，既是科学知识、科学技能的培育，更是科学方法、科学精神、科学思想的培育。优秀科普图书的创作、传播和阅读，对提高公众特别是青少年的素质意义重大，对国家和民族的健康发展影响深远。把科学普及公众，让技术走进大众，既是社会的需要，更是出版者的责任。我社成立近 30 年来，在教育界、科技界特别是科普界的支持下，坚持不懈地探索一条面向公众特别是面向青少年的切实而有效的科普之路，逐步形成了“一条主线”和“四个为主”的优秀科普图书策划和出版特色。“一条主线”即以普及科学技术知识、弘扬科学人文精神、传播科学思想方法、倡导科学文明生活为主线。“四个为主”即一是内容上要新旧结合，以新为主；二是论述时要利弊兼述，以利为主；三是形式上要图文并茂，以文为主；四是撰写时要深入浅出，以浅为主。

《新能源在召唤丛书》是继《海洋在召唤丛书》、《太空在召唤丛书》之后，我社策划、组织的第三套关于高科技的科普丛书。《海洋在召唤丛书》由中国科学院王颖院士等专家担任主编，以南京大学海洋科学研究中心为依托，该中心的专家学者为主要作者；《太空在召唤丛书》由中国科学院庄逢甘院士担任主编，以中国航天科技集团旗下的《航天》杂志社为依托，该社的科普作家为主要作者；



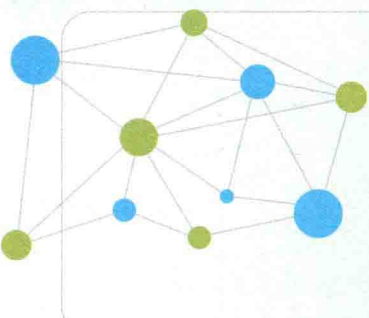
《新能源在召唤丛书》则由中国工程院翁史烈院士担任主编，以上海市科协旗下的老科技工作者协会为依托，该协会的会员为主要作者。前两套丛书出版后，都收到了社会效益和经济效益俱佳的效果。《海洋在召唤丛书》销售了五千多套，被共青团中央列入“中国青少年 21 世纪读书计划新书推荐”书目；《太空在召唤丛书》销售了上万套，获得了国家科技部、新闻出版总署颁发的全国优秀科技图书奖，并被新闻出版总署列为“向全国青少年推荐的百种优秀图书”之一。而这套《新能源在召唤丛书》，则被新闻出版总署列为了“十二五”国家重点图书出版规划项目，相信出版后同样会“双效”俱佳。

我们知道，新能源是建立现代文明社会的重要物质基础；我们更知道，一代又一代高素质的青少年，是人类社会永续发展最重要的人力资源，是取之不尽、用之不竭的“新能源”。我们希望，这套丛书能够成为“新能源”时代的标志性科普读物；我们更希望，这套丛书能够为培育科学地开发、利用新能源的新一代提供正能量。

广西教育出版社

2013 年 12 月





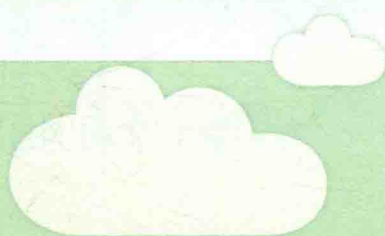
| 主编寄语 |

建设创新型国家是中国现代化事业的重要目标，要实现这个宏伟目标，大力发展战略性新兴产业，努力提高公众的科学素质，坚持做好科学普及工作，是一个重要的任务。为快速发展低碳经济，加强环境保护，因地制宜，积极开发利用各种新能源，走向世界的前列，让青少年了解新能源科技知识和产业状况，是完全必要的。

为此，广西教育出版社和上海市老科技工作者协会合作，组织出版一套面向青少年的《新能源在召唤丛书》，是及时的、可贵的。两地相距两千多公里，打破了地域、时空的限制，在网络上联络而建立合作关系，本身就是依靠信息科技、发展科普文化的佳话。

上海市老科技工作者协会成立于1984年，下设十多个专业协会与各工作委员会，现有会员一万余人，半数以上具有高级职称，拥有许多科技领域的专家。协会成立近30年来开展了科学普及方面的许多工作，不仅与出版社合作，组织出版了大量的科普或专业著作，而且与各省、市建立了广泛的联系，组织科普讲师团成员应邀到当地讲课。此次与广西教育出版社合作，出版《新能源在召唤丛书》，每一册都是由相关专家精心撰写的，内容新颖，图文并茂，不仅介绍了各种新能源，而且指出了在新能源开发、利用中所存在的各种问题。向青少年普及新能源知识，又多了一套优秀的科普书籍。

相信这套丛书的出版，是今后长期合作的开始。感谢上海老科



协的专家付出的辛勤劳动，感谢广西教育出版社的诚恳、信赖。祝愿上海老科协专家们在科普写作中快乐而为、主动而为，撰写出更多的优秀科普著作。

翁史烈

2013年11月



主编简介

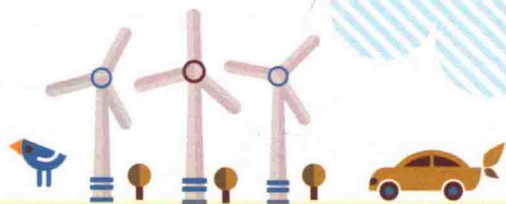
翁史烈：中国工程院院士。1952年毕业于上海交通大学。1962年毕业于苏联列宁格勒造船学院，获科学技术副博士学位。历任上海交通大学动力机械工程系副主任、主任，上海交通大学副校长、校长。曾任国务院学位委员会委员，教育部科学技术委员会主任，中国动力工程学会理事长，中国能源研究会常务理事，中欧国际工商学院董事长，上海市科学技术协会主席，上海工程热物理学会理事长，上海能源研究会副理事长、理事长，上海市院士咨询与学术活动中心主任。



几十年前，中国城乡很少污染，河水清澈。春夏之交，在长江中下游，鲥鱼、刀鱼大量上市，鱼太多，小孩还不喜欢吃刀鱼，因刀鱼刺太多。可是短短的几十年后，因工厂排污，河流水质受染，长江里生存了上千年的刀鱼、鲥鱼、江豚几近绝迹，现今一条刀鱼要价几千元。居住在全国第二大淡水湖——洞庭湖边的人们，几乎无洁净水可饮（造纸厂排污，湖面上大量白色泡沫）。城市空气受汽车尾气等有害气体的污染，PM2.5 超标。人类经济活动中燃烧化石能源时释放出大量的有害气体，污染大气，加剧温室效应，是地球环境受污染的罪魁祸首。环境问题是当前人类面临的最基本问题，我们每个人是环境污染的受害者，又是环境污染的制造者。人们开始认识到，为了自己，为了子孙后代，开发清洁能源，取代化石能源，是当务之急。

本书介绍的风能，就是替代化石能源的绿色能源之一。天空中到处有风，风力作用于风机的叶片使之转动，推动发电机发电，所以天空中蕴藏着无穷的能量。我们生活的今天，化石能源日益枯竭，油价不断上涨，电价跟着上涨。许多国家发展风能，替代化石能源，同时节能减排，以挽救生态环境。丹麦目前已经用风能解决本国所需电能的 40%，并计划到 2030 年，完全不用化石能源。如今风电价格已低于核电，预测今后，风能将成为世界的主要能源。

今天的人们已认识到绿色能源的优越性，比如：一台 3 兆瓦风机一年可以提供的能量，相当于石油 1.3 万桶，减排二氧化碳 5000 吨；荷兰利用风机排水造田，建造了 1/4 的国土；一个 5 兆瓦风机可满足 500 户家庭用电，丹麦将筹建 5000 兆瓦风电，解决数百万人口用电；我国金风公司生产的风机容量，相当于每年



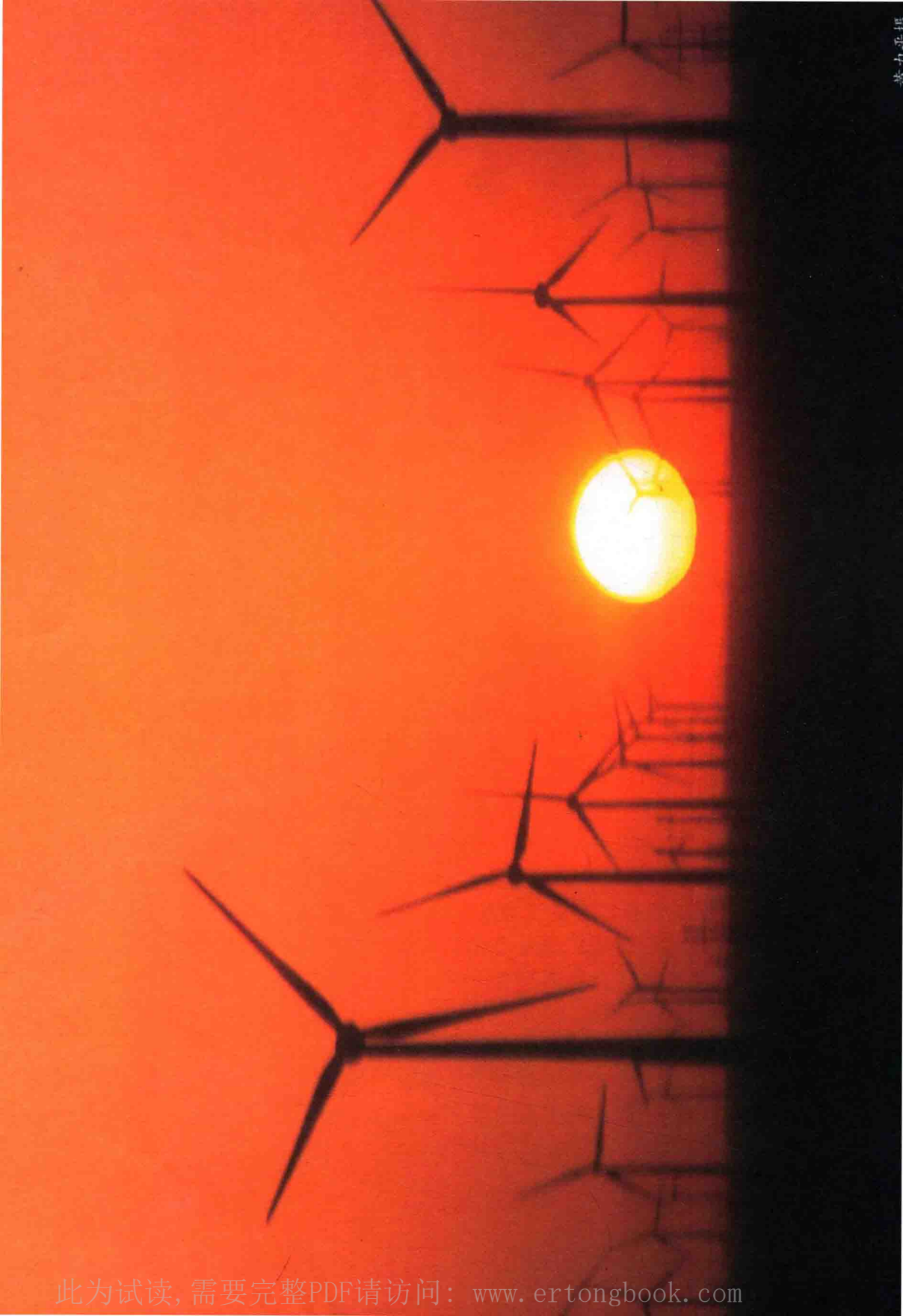
节约煤 728 万吨，或再造 994 万立方米森林；廉价风能可用于海水淡化，浙江普陀、嵊泗、舟山、杭州，山东青岛，河北，天津，福建东山及广东深圳已建成海水淡化的风电基地多处，产量从 2 万吨/天到 2600 万吨/天。

人类近一两百年的生产活动，已对生态环境造成前所未有的伤害，人们必须接受教训，否则我们的下一代会遇到更严重的环境问题，甚至可能清水、蓝天、健康的食物都成为稀有。我国政府对环保问题非常重视，近几年我国风能以 80%—100% 的增长率增长，进入世界前列。我国计划在 2020 年，风电建设规模相当于建 11 个三峡水电站或取代 170 个火电厂，其减排意义重大。青少年是未来的主人，愿他们在思想上建立并深化保护环境意识，认识新能源的作用，用绿色能源把祖国建设得更美好。

本书是一本风能的科普书，主要介绍人类对风能的认识和利用过程，从风的种类、特征讲起，然后叙述风能的发展及其优缺点，并详细介绍了风力发电的原理、应用方式等，特别对改变能源起重要作用的应用，书中举了多例说明，最后展望了世界及我国风能的发展前景。为了较全面反映情况，本书参阅了国内外 100 多种参考资料，希望读者通过本书对风能有一个较全面的认识。感谢戴元超、杭文根先生对本书的大力支持和张金观先生对本书提出宝贵意见。书中若有不当之处，敬请读者指正。

祝炳和 夏期明 张道标

2013 年 7 月





目录

Contents

001	开头的話
017	第一章 大自然永恒的风与风能
019	第一节 风是怎样形成的
020	第二节 地球的外衣——大气层
022	第三节 风的种类
	一 季风——给水稻、棉花充足的雨水 / 022
	二 海陆风——带来沿海风资源 / 024
	三 寒潮有益还是有害 / 025
	四 山谷风——风口是建风电场的最佳选址 / 027
	五 台风——带来水灾的祸首，驱除干旱的甘霖 / 029
	六 龙卷风——扫过之处成废墟 / 031
033	第四节 风的特征
	一 风向的测定 / 033
	二 风的分级 / 034
	三 风况 / 035
037	第五节 大自然的绿色能源——风能
	一 能源的发展及新能源的出现 / 037
	二 我国的风能资源——世界“风库”在中国 / 041



目录

Contents

	三 风力发电有什么优势和缺点? 风能是否将成为新能源的主角? / 045
051	第二章 风是怎样发电的
052	第一节 风力发电的特点及原理
063	第二节 风力发电机的新发展
066	第三节 风电应用方式和联网
	一 风电应用的主要方式 / 066
	二 风电场的电如何接入电网及智能电网的建立 / 068
073	第三章 风能的应用
074	第一节 风能早期的应用
	一 农业: 精选谷物及风车提水 / 074
	二 军事: 诸葛亮借东风胜曹操, 郑成功借季风收复台湾 / 079
	三 交通: 从风帆助航到船运漕粮 / 082
084	第二节 风能新的应用发展
	一 寒风也可以用来取暖——风能制热 / 084
	二 装在墙壁上的风力发电机 / 086
	三 风筝也可以发电——供给一个城市的电力 / 087
	四 人造龙卷风发电 / 088

	五 从大烟囱冒烟启发出的发电方法—— 大烟囱造风发电 / 089
	六 巴林世贸中心——中东的新型风塔 / 091
	七 迪拜的能源塔 / 093
	八 风能驱动的汽车 / 094
	九 利用风力推动的船舶和快艇 / 095
	十 风光互补绿色照明 / 097
	十一 美丽的“风电之花” / 098
	十二 高空风电受青睐 / 099
101	第四章 风能的发展前景
102	第一节 风能与环境以及人类对风能认识的深化
	一 风能与环境 / 102
	二 人类对风能的认识 / 105
107	第二节 世界风能的发展
115	第三节 我国风能的发展
123	结尾的话





开头的话

数亿年形成的煤和石油，人类只用了两三百年，现已所剩无几、行将耗尽（估计天然气 60—80 年、石油 30—50 年、煤 100—200 年将用完）。人类对自然的无限索取，使环境受污染、生态遭破坏，威胁到人类生存。为了子孙后代，人类应与自然和谐相处，逐步使用绿色能源是当务之急。人类的一切活动离不开能源，能源的竞争与维护，几乎成了一切国际事务产生的直接或间接原因，甚至引发战争。选择什么样的能源，还会影响我们的子孙后代。了解能源发展的历史现状和趋势，对能源做出正确选择，对国家安全和人民生活都很重要。本书对风能展开科普介绍，先回顾一下历史。

歌颂风能（上海泰胜公司）

伸出如椽巨臂，挺起塔样脊梁，
是你邀来九天风神，为人类奉献无限风能。
张开洁白的翅膀，搏击雨雪风霜，
是你驱走黑色污染，为地球输送绿色能源。

人类离不开风，风是自然界最大的搬运工。风作为能源，很早被人类所利用。三千年前夏禹时期古人用风力来驱动帆船。汉代用风车来磨面碾米、引水灌田。唐代往来于中日的帆船五六天可到达。人类最早的航海家郑和掌握了帆船和季风规律，带领 27800 名船员及多艘大船，经南海、印度洋，直达红海及非洲东岸，访问 30 多个国家，



航程 30 万千米，完成空前航海盛举。明代徐光启曾记载用风轮提水灌田。扬州等地以风车提水，便于耕种。江苏沿海地区用风力提水供灌溉、养殖、制盐及人畜用水。我国西北牧区难通电网，风力机可为人畜饮水、灌溉饲草及人工草场服务，它是草原畜牧业提高抗自然灾害能力的重要措施，用风能灌溉，既节约能源又保护环境。

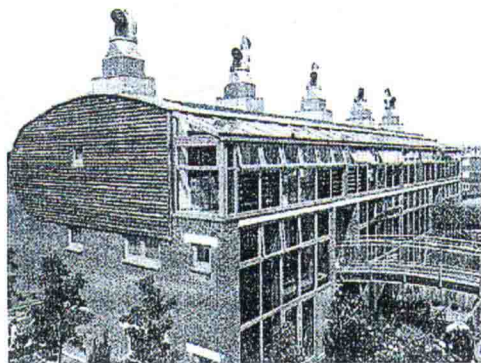
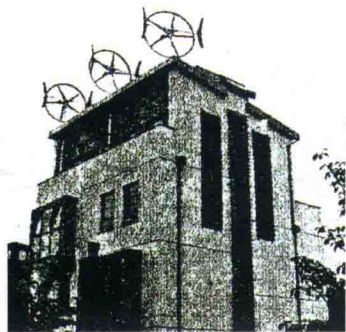


荷兰的风车



风车约在公元 7 世纪时出现于伊朗。8 世纪，欧洲出现风力提水机。1492 年，哥伦布利用帆船发现新大陆。荷兰许多地区地势低于海平面，1836 年有 12000 座风车用于排水，以保护荷兰 $\frac{2}{3}$ 的国土。1850 年，美国已有上万台风车。

蒸汽机出现之前，风能是当时重要的动力来源，对人类文明作出很大贡献。1873 年发电机、电动机出现后，全世界兴起电力热潮。风力发电机随之出现，1887 年英国、法国和 1888 年美国均出现风力发电机，功率在 3 千瓦到 12 千瓦，用于照明，一台风力发电机可点燃 350 个白炽灯。1908—1940 年，出现了许多小型风力发电机。风力发电走进居民住宅，迎风的院墙前矗立着微型风电机，随着叶片转动，风能转化为电能，为人们的生活提供电力。



住宅和厂房上的微型风能电机

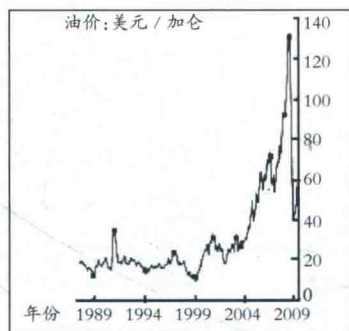
2007 年，上海市天山路青年公寓安装了一个 3 千瓦垂直轴风力发电机，加上光伏电池，为大楼提供电力。世界上很多边远农牧地区安装电缆不大可能，因此当地盛行小型风力发电机发电，价格不贵，两千元左右。

1950 年中东发现油田后，风力发电机受到冷落。20 世纪 60 年代，核电崛起，也影响风力发电。1974 年和 1979 年两次石油危机后，油价上涨，人们又开始重视风能。



你知道吗

1973年10月，石油输出国组织（OPEC）对一些国家停止石油运输，同时将石油价格增加4倍，造成动力源切断，引起全球经济危机，物价飞涨，经济停滞，股市暴跌。第二次石油危机发生在1979—1980年，“两伊战争”使石油产量锐减，油价上涨，造成西方经济全面衰退。我国曾经遇到缺油的困难，1960年在公共汽车上装上大气包。由于城市交通运输离不开石油，一旦石油涨价，人民生活立刻受影响。



近年来油价的变动情况

近年来，为了加大风能功率，风力发电机尺寸不断增大。1982年前后开始发展“风电场”，一个风力机发电少，多个风力机集中在一个大区域内就形成了“风电场”。英国在托马斯河口建立风电场，发电量达一千兆瓦，可满足伦敦25%的住宅用电。丹麦仅数百万人口，却是风力发电及风轮制造大国。世界许多国家采用丹麦的风能技术。以色列和西班牙利用免费风能进行海水淡化，技术处于世界领先。澳大利亚拥有世界上最大的海水淡化厂。我国江苏大丰已建成日产百吨海水淡化工厂。欧洲各国土地狭窄，1990年大量开发近海风