



绿色新能源科普知识馆

YILAOYONGYI DE FENGNENG

风是一种最常见的自然现象，它时而
怒吼于旷野之中，时而咆哮于江河湖海之上

袁飞◎编

一劳永逸的 风能

风是一种最常见的自然现象，
它时而怒吼于旷野之中，时而咆哮于江河湖海之上。
江河里的木船拉起风帆乘风而去，飘在空中的风筝乘风而起。
与水能一样，风能是地球上的一种很古老的自然资源。
本书将从能源的角度介绍这种新能源——风能，
让我们一同进入风能的奇妙世界。



甘肃科学技术出版社





绿色新能源科普知识馆

YILAOYONGYI DE FENG NENG

风是一种最常见的自然现象，它时而
怒吼于旷野之中，时而咆哮于江河湖海之上

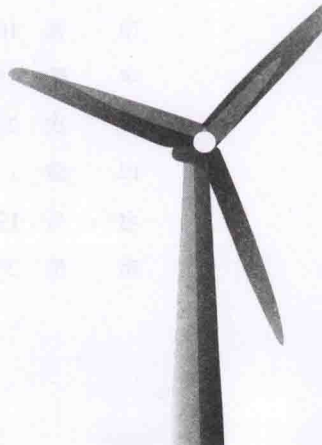
袁飞◎编

一劳永逸的 风 能

江河里的木船拉起风帆乘风而去，飘在空中的风筝乘风而起。
与水能一样，风能是地球上的一种很古老的自然资源。
本书将从能源的角度介绍这种新能源——风能，
让我们一同进入风能的奇妙世界。



甘肃科学技术出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

—劳永逸的风能 / 袁飞编. —兰州: 甘肃科学技术出版社, 2014.3

(绿色新能源科普知识馆)

ISBN 978-7-5424-1952-1

I. ①—… II. ①袁… III. ①风力能源—普及读物
IV. ①TK81-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 040813 号

出 版 人 吉西平

责任编辑 张荣 (0931-8773023)

封面设计 晴晨工作室

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

印 刷 北京威远印刷有限公司

开 本 700mm × 1000mm 1/16

印 张 10

字 数 153 千

版 次 2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

印 数 1 ~ 3000

书 号 ISBN 978-7-5424-1952-1

定 价 29.80 元



前言

REFACE

我们生活的这个精彩纷呈的地球，能源时刻都在伴随着人类的活动而存在。人类的生存离不开能源，我们每天吃饭，是为了补充体能；天冷了，要穿上保暖的衣服，是为了保存体温，不让能量外泄；我们看电视、上网、使用手机，都需要电；汽车在路上前行，需要汽油。

自工业革命以来，能源问题就开始出现。在全球经济高速发展的今天，国际能源来源已上升到了国家战略的高度，各国都纷纷制定了以能源供应为核心的能源政策。在此后的 20 多年里，在稳定能源供应的要求下，人类在享受能源带来的经济发展、科技进步等好处，但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。

当前，能源的发展、能源和环境，已成为全世界、全人类共同关心的话题，这也是中国社会经济发展的障碍。但是，当前的状况是世界大部分国家能源供应不足，不能满足经济发展的需要。这一系列问题都使绿色能源和可再生能源在全球范围内受到关注。从目前世界各国既定能源战略来看，大规模的开发利用绿色能源和可再生能源已成为未来世界各国能源战略的重要组成部分。

我们生活在同一个地球上，开发和利用新能源，缓解能源、环境、生态问题已迫在眉睫，新能源、绿色能源如太阳能、地热能、风能、海洋能、生物质能和核聚变能等，越来越得到世人的重视。不论是从经济社会走可持续发展之路和保护人类赖以生存的地球的生态环境的高度来审视，还是从为世界上十几亿无电人口和特殊用途解决现实的能源供应出发，开发利用新能源和可再生能源都具有重大战略意义。可以这么说，新能源和可再



生能源是人类社会未来能源的基石，是大量燃用的化石能源的替代能源。

实践证明，新能源和可再生能源清洁干净，只有很少的污染物排放，人类赖以生存的地球的生态环境相协调的清洁能源。

由于现阶段广大青少年对绿色新能源认识比较单一，甚至相当匮乏，多数人处于一知半解的水平，这严重影响了新能源的推广认识和绿色低碳生活的实现，基于熟知绿色新能源知识和提高低碳意识已成为广大读者的迫切需要，我们编写了本书。

本书重点讲述了新能源知识和新能源推广应用，知识版块设置合理，方便阅读、理解与记忆。

本书集知识性、趣味性、可读性于一体，是一本难得的能源环保书籍，希望本书能为你带来绿色能源环保知识，让你在新能源推广应用之路上，为我们能够拥有一个美好的明天一起加油。



目 录 CONTENTS

第一章 绿色可再生的能源：风能

第一节 风能概述	002
一、风力资源化	002
二、风能的优点	005
第二节 风来自何处	008
一、生活中的风	008
二、揭秘风的形成	009
第三节 风的形成与分类	011
一、风与风带	011
二、风的种类	013
第四节 风的测量与常用术语	023
一、风向测量	023
二、风速测量	024
三、风速与风级	025
四、风与风能常用术语	028

第二章 风能的利用

第一节 风能的一般利用	032
一、风车	032



二、提水机	033
三、风能采暖	034
四、风帆助航	035
第二节 风力发电	037
一、了解风力发电	037
二、风轮机	039
三、风能的利用	042
四、生机盎然的风力田	044
第三节 风能在农业生产中的应用	046
一、风能型生态农业模式	046
二、在水产养殖中的应用	047
三、沼气池的增温加热	047
四、在其他方面的应用	047

第三章 风能资源分布与利用

第一节 全球风能资源分布与开发	050
一、全球风能开发利用和实践	050
二、欧洲风能利用现状	051
三、北美风能利用现状	057
四、亚洲风能利用现状	059
五、大洋洲风能利用现状	062
六、拉丁美洲与非洲风能利用现状	063
第二节 我国风能资源分布与开发	065
一、我国风场分布概况	065



二、我国风能资源分布	066
三、风能对于可持续发展的意义	067
四、我国风电企业发展现状与前景	069

第四章 风力机应用及其新技术应用

第一节 风力机家族成员	078
一、根据用途和标准分类	078
二、依风轮的结构及其在气流中的位置分类	079
第二节 风力发电机的主要构成	082
一、风轮	082
二、传动系统	084
三、偏航系统（对风装置）	085
四、叶尖扰流器和变桨距机构	088
五、控制与安全系统	090
六、机舱	092
七、塔架和基础	092
第三节 风力机发电的奥秘	094
一、风力机发电原理	094
二、定桨距风力发电机	096
三、变桨距风力发电机	097
第四节 风力机叶片设备及应用	100
一、风力机叶片应用的材料与技术	100
二、碳纤维风机叶片的应用	104
三、组件设备的技术应用	107



第五节 风机新技术发展与应用 111

- 一、海上风力发电 111
- 二、高空风力发电 114
- 三、小型风机系统 117
- 四、低风速风力发电技术 118
- 五、涡轮风力发电机 119
- 六、智能风力涡轮叶片 120
- 七、隐形风力发电机 120

第五章 风电场

第一节 风电场选址与可行性分析 124

- 一、风电场地址 124
- 二、风电项目可行性研究 126
- 三、大中型风电场设计建设 127
- 四、风力发电的布置 131

第二节 国外风电场及未来发展 133

- 一、概况 133
- 二、世界主要风电场国家介绍 135

第三节 国内风电场及未来发展 139

- 一、国内风电场概况 139
- 二、国内部分省份主要风电场介绍 140
- 三、风电发展展望 142

第一章

Chapter 1

绿色可再生的能源：风能

风能是流动的空气所具有的能量。风能是非常重要并储量巨大的能源，它安全、清洁、充裕，能提供源源不绝、稳定的能源。目前，利用风力发电已成为风能利用的主要形式，受到世界各国的高度重视，而且发展速度也较快。





第一节 FENG NENG GAISHU

风能概述

风能属于可再生能源,与存在于自然界中的其他一次能源(如煤、石油、天然气等)不同,不会随着其本身的转化和人类的利用而日趋减少。风能又是一种过程性能源,与煤、石油、天然气等近代广为开发利用的能源不同,不能直接储存起来,只有转化成其他形式的可以储存的能量才能储存。风能在 20 世纪 70 年代中叶以后又重新受到重视和开发利用,因此风能与太阳能、地热能、海洋能、生物质能等一起也被称为新能源。

一 风力资源化

你看到过新疆和内蒙古草原吗?如果看过的话,那成排地矗立在荒漠和草原上的巨大的机械装置是否令你感到惊奇呢?这些具有奇特的旋转手臂的机械装置傲然耸立,

它们就是用来发电的风力机。风是一种最常见的自然现象,它时而在旷野之中怒吼,时而在江河湖海之上咆哮。有时也温柔地吹拂着田野,让旌旗迎风飘扬。小船在江河里拉起风帆乘风而行,风筝飘在空中随风而起。



海洋中的风帆船

风能和水电一样,也是地球上的一种很古老的自然资源。很久以前,人类就成功地利用了风能。风帆是一种最简单的风力机械,船上如果装有风帆作为驱动前进的动力,那么这船就叫做风帆船。早在公元前 3000 年,埃及人就已经发挥其创造力第一次在帆船上利用到了风能,



风帆捕获风中的能量以推动船只在水上航行。

很早以前，我国就借助风力驱动风帆。在《物原》一书中，可以找到我国利用风力驱动帆船的记载。

“燧人以瓠济水，伏羲始乘桴，轩辕作舟楫，……夏禹作舵加以篷碇帆樯。”意思是说，燧人氏用葫芦过河，伏羲开始乘竹木编织的小筏子过河，轩辕发明舟船，夏禹发明了船舵、船篷、系船的石墩和船帆。如果夏禹发明了船帆，那么船帆的出现，至今已有3000多年的历史了。在距今1800年以前的东汉刘熙所著的《释名》一书中，对“帆”作了这样的解释：“随风张幔曰帆”。

我国古诗中就有不少关于帆船的记载。比如唐代大诗人李白的《行路难》中就有“长风破浪会有时，直挂云帆济沧海”的诗句。诗中描写的乘风破浪的帆船，就是以风为动力的。描写帆船的还有唐代诗人王维的《送秘书晁监还日本国》一诗，



古代帆船复原图

诗中有“向江惟看日，归帆但信风”的诗句。从唐诗中对帆船的描写来看，早在唐代，帆船已经成为我国和日本之间的主要交通工具了。

埃及和荷兰是世界上较早利用风能的国家。古埃及已经利用风磨碾米。多年来有关古埃及人修建金字塔的谜底一直没有揭开，它就像古埃及的狮身人面像一样充满着神秘的气息。如果说古埃及人靠风筝修建了金字塔，人们也许多半不会相信，但美国加州理工学院一位飞行学教授证实，这很可能是真的。



埃及金字塔是古埃及的帝王（法老）陵墓。世界八大建筑奇迹之一。数量众多，分布广泛。开罗西南尼罗河西古城孟菲斯一带最为集中。在中国也有此类建筑。



首先提出风筝修建金字塔的说法是加利福尼亚一位软件顾问莫琳·克莱门斯。她在偶然翻阅一本有关古埃及建筑物的书时发现，一幅象形图画上画着一排人以奇怪的姿势站着。他们手中握着类似绳子的东西，通过某种机械装置与天空中的一只大鸟相连。她认为，这只鸟有可能是一个巨型风筝，这些人在用它来提升重物。

后来，克莱门斯等在沙漠中进行了实验，试图利用一个面积约为27平方米的风筝拉起重达4吨的石块。神奇的是，风筝在风力的作用下，提起了巨大的石块。而整个过程只用了25秒。这说明，古代埃及人很有可能利用风筝提升巨大的石块。埃及金字塔的建造，还有风能的功效。

荷兰以风车闻名于世，至今荷



荷兰风车

兰还保留900多座古老的风车，专供旅游者观赏。

许多世纪以来，风力机同水力机械一样，作为动力源替代人力、畜力，对生产力的发展发挥过重要作用。19世纪末，发电机问世，丹麦建造了世界上第一座风力发电站，为当地居民的照明和生活用电提供电力。因为20世纪50年代中东油田的发现，才使风力机的发展缓慢下来。

随着火电和水电的大规模应用，风能逐渐被人们冷落下来。煤炭和石油的大规模开采和应用，促进了工业革命的进程和生产力的发展。

但是，到了20世纪70年代，特别是最近几年，因为大量使用煤炭和石油导致的问题给人类生存带来了危机。首先是能源的危机，储存在地下的化石能源是人类史前经过数亿年才形成的，是不可能再生的，开采一些就少一些，现在已经所剩无几。日益减少的化石能源，给人类带来能源供应的危机。其次，由于人类社会近一个世纪以来对煤炭和石油的无节制应用，导致环境污染问题加剧，生态环境遭到巨大的破坏，直接威胁到人类的生存。



在这种严峻的形势下，人们认识到常规矿物能源供应的有限性和污染性，于是寻求清洁的可再生能源成为现代世界的一个重要课题。风能作为可再生的、无污染的自然能源又重新引起了人们重视。古老的风能，又焕发出勃勃生机。

丹麦的风能利用走在世界前列，多年来风力发电为丹麦的生产生活提供了大量能源，不仅缓和了丹麦能源供需紧张的矛盾，而且丹麦成为世界最大的风车生产国。荷兰重新成为世界风车的王国。英国的风



丹麦的风力发电设备

力发电至少能满足本国 20% 的电力需要；美国至今总装机容量已经超过 2000 兆瓦。

二 风能的优点

风能获得新生，除了世界各国普遍面临能源危机和环境污染这两个严重问题之外，还因为风能具有明显的优点。

1. 风能取之不尽，用之不竭。

风的产生是由太阳辐射引起的，因此，风能来源于太阳能。大约有 2% 的太阳能可以转化为风能。只要有太阳，就有风能。全球的风能资源总量是极其惊人的，目前已被开发的仅仅是微不足道的一小部分。据估计，地球上近地面的风能总量约为 1.3 万亿千瓦，其中可利用的就达 200 亿千瓦，是可供开发利用的水能的 10 倍。仅陆地上的风能就相当于目前全部火力发电量的一半以上。据中国气象科学研究院对我国 900 多个气象站的观测资料进行的分析，我国可供开发利用的风能总量为 2.53 亿千瓦，接近于目前我国所有的发电站包括火电、水电、核电等的装机容量的总和。



常规能源的污染

2. 风能是清洁的、无污染的能源。空气不仅对人体无害，而且人和一切生物都时时刻刻少不了它，风能不污染环境，利用它不会构成社会公害。在风能的利用过程中，对环境没有任何污染物排放，风能是一种绿色能源。

3. 不需花钱购买。风能来自大气空间，没有勘探、采掘、加工和运输问题，不需要投入资金购买。

合理利用风能不仅对发展农牧业生产有很大的作用，而且对保护自然环境，免受其他能源生产所导致的公害，都具有重要意义。

目前对于风能的利用，世界上有两种方式：一种是采用机械装置

把风能直接转化为机械能，直接为人们所用，例如，利用风力提水灌溉；另一种是利用风力发电装置将风能转化为机械能，再把机械能转变为电能，也就是风力发电。目前来看，风力发电是风能利用的最重要的方式。

全世界每天都有数万台风力机在运行，作为辅助能源正在发挥着巨大的作用。利用风力发电存在调速、调向、蓄能等特殊要求。

随着风力发电的不断发展，风力机的制造技术不断得到提高。新的风力机具有很多优点：能够抗风暴，使用寿命延长；具有自动调节



海上风力机



尽管风能具有很多明显的优点，但是风能也存在不可忽视的缺点。风能的缺点是不经常性和不定向性，这在风能利用中需要加以考虑。当前风能的利用仅限于发电、提水和海水淡化。



和控制功能，利用计算机控制转速；近代航空技术得到运用，使机械效率大大提高。

但风力机仍存在许多不足之处。首先是能量输出不稳定，特别是大型风力机的利用率较低，还不具备作为独立能源的条件；其次，

风力机的安全可靠性能尚无充分保障；另外，风力机的成本较高，在短期内尚不足以与矿物燃料相竞争。但是，随着科学技术的不断发展，在不久的将来，上述问题一定会得到解决。风能为我们呈现出更加美好的利用前景。



第二节 FENG LAIZI HECHU

风来自何处

风是一种最常见的自然现象，汹涌的海浪、怒吼的林涛、飘扬的旌旗，都是风作用的结果。春风和煦，给万物带来生机；夏日阵风，令人心旷神怡；秋风拂过，带来丰收的喜悦；北风怒吼，迎来寒冷冬季。一年四季，风有时给人们带来欢乐，有时也会给人们带来灾害。

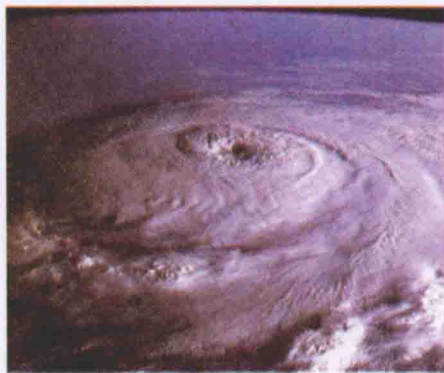
一 生活中的风

风，从古至今，吹得土地黄沙莽莽，吹得“一川碎石大如斗，随风满地石乱走”。特别是强烈风暴，刮得天昏地暗，飞沙走石，毁坏房屋，中断交通，给人类带来灾难。然而，这猛烈、怒吼的风，唤起了人类对它的驯服的愿望，让它顺应人的意志，为人类服务。

那么，风为何物，它为什么有这么大的本领呢？

大家知道，地球的表面是由一层厚厚的大气包围着的，这层气体也叫空气，它的总厚度大约为 1000 千米。根据不同的物理特性，大气层可划分成对流层、平流层、中间层、

热层和散逸层。风这种自然现象就产生在对流层里。在对流层的上部，由于温度低，冷空气就会沉到下部，下部的暖空气就会浮升向上，于是空气就会发生上下翻腾，形成空气对流现象。同时，太阳光照射到地球上，由于各地辐射能量不均衡，地球表面各地区吸热能力不同，便



卫星拍摄的大气活动