

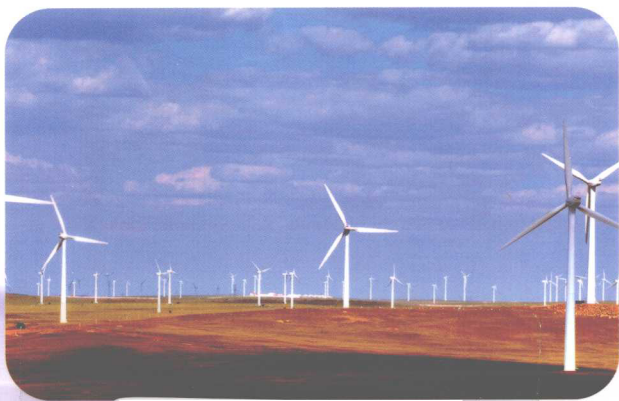


能源时代新动力丛书

无限的原始能源

风能

康宁◎著



北京工业大学出版社

 能源时代新动力丛书

无限的原始能源

风能

康 宁◎著

北京工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

无限的原始能源——风能 / 康宁著. —北京: 北京工业大学出版社, 2015.6

(能源时代新动力丛书 / 李丹主编)

ISBN 978-7-5639-4326-5

I. ①无… II. ①康… 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 (2015) 第 102555 号

无限的原始能源——风能

著 者: 康 宁

责任编辑: 邢秋玥

封面设计: 尚世视觉

出版发行: 北京工业大学出版社

(北京市朝阳区平乐园 100 号 邮编: 100124)

010-67391722 (传真) bgdcbs@sina.com

出 版 人: 郝 勇

经销单位: 全国各地新华书店

承印单位: 九洲财鑫印刷有限公司

开 本: 787毫米×1092毫米 1/16

印 张: 16.5

字 数: 194 千字

版 次: 2015 年 8 月第 1 版

印 次: 2015 年 8 月第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-5639-4326-5

定 价: 30.00 元

版权所有 翻印必究

(如发现印装质量问题, 请寄本社发行部调换 010-67391106)

前言

风，是大自然中司空见惯的自然现象。在人类的社会生产活动中，风和生活紧密相关。在很早的时候，人们就利用风的力量筛选谷物，可以成倍地节省人力。人们还利用风力推磨，风力提水灌溉等，后来，人们又借助风力推动帆船，遨游于五湖四海。

后来，随着蒸汽机的出现，人类的生产活动有了稳定的机械能和动力，有了产生推动力的新方式，风能渐渐沦为配角，不再受人们重视和依靠。

虽然蒸汽机及其他机械的运用，推动了机械工业的进步，加快了社会的发展，使得全球的 GDP 在一个世纪里增加了近 100 倍。但是，人类对能源的消耗也增长了约 50 倍。可以说，现代化的文明，是建立在消耗大量宝贵而又稀少的化石能源的基础上的。有限的、不可再生的化石能源，终究无法长期满足人类巨大的能源需求。随着对煤、石油这类有限的、不可再生的能源加剧消耗的情况，人类对新能源的探索越来越急迫。



无限的原始能源——风能

在当今世界，能源的发展、能源和环境，已经成为全世界、全人类共同关心的问题，也是我国社会经济发展的重要问题。在探索 and 开发新能源的过程中，人类再次将目光锁定在了清洁的可再生的风能方面，并在风能领域的开发、示范和推广等方面，迈出了坚实的步伐。

目前，风能的主要作用是产生电能。风电是除水电外，成本最接近商业利用的能源，也是近年来全球发展最快的新能源种类之一。

现代的风力发电机一般利用涡轮叶片将气流的机械能转为电能。根据全球风能理事会统计数据，在2001至2013年间，全球风电累计装机容量的年复合增长率为24.08%，累计总装机容量从截至2001年12月31日的23 900 MW（兆瓦）增至截至2013年12月31日的318 137 MW。

我国的风力发电始于20世纪50年代后期，初期主要是为了解决海岛和偏远农村牧区的用电问题，重点在于离网小型风电机组的建设。

20世纪70年代末，我国开始进行并网风电的示范研究，并引进国外风机建设示范风电场。1986年，我国第一座风电场——马兰风力发电场，在山东荣成并网发电，成为我国风电史上的里程碑。

21世纪以来，风能越发受到人们的重视，世界各国不仅建造了很多大规模的具有利用价值的风电场，还使风力发电设备的科技含量更上一层楼，相信在不久的将来，风电在新能源利用的领域，定然能够撑起一片广阔的天空。

本书知识全面，内容丰富，以通俗的语言为读者详细介绍了风的性质及人类对风探索与利用的历程。也从全球的视角，开放

性地描述了全球风能的利用、风机制造、风力发电设备和技术的研究成果以及风能利用的前景，这是一本认识新能源，了解新能源应用状况和未来发展趋向的科普读物。

目

录

第一章 “风”情万种

第一节 走进风的空间	003
一、风的流动	003
二、季风	005
三、风媒风雨	006
四、功过评说	007
第二节 风力怎样量	012
一、风速和风速表	012
二、测量风向	015
三、速度和高度	017
四、随时间变化	021
五、天气背景和空间	022
第三节 了解世界风	024
一、风有多少种	024



二、风带与季风、信风	026
三、信风和季风的区别	030
四、风能资源	031
第四节 最炫中国风	033
一、“十里不同风”	033
二、年平均风速	036
三、年平均风功率密度	038
四、风电资源评估	041

第二章 能“吹”的就是好风

第一节 直挂云帆济沧海	047
一、帆船的故事	047
二、风帆助航大事记	048
第二节 颗颗饱满——风的选择	052
一、“扬”法筛选	052
二、人造风与风扇车	054
第三节 好风凭借力，送我上青云	056
一、几种典型的风筝	056
二、好风凭借力	057
三、文化底蕴	060
四、妙用风筝	061
第四节 风车的故事	065
一、中国风车	065
二、风车之国荷兰	066

三、欧洲风车	068
四、风轮机	072
第五节 风力提水灌溉	075
一、风力直接提水	075
二、风力发电提水	077
第六节 海水淡化，风马牛不相及	083
一、传统海水淡化方法	084
二、风能淡化海水	088

第三章 风力发电，这事儿靠谱

第一节 风力发电从头说	095
一、风力发电简史	095
二、再度聚焦风力发电	098
三、新时代，新机遇	100
第二节 风驰电掣	103
一、话说风力发电	103
二、原理和系统	104
三、风力发电深探	106
四、海风发电	108
第三节 储存风电	109
一、电能储存	109
二、其他储存方法	113



第四章 神奇的风力机

第一节 风力机的家族成员	119
一、风力机的分类	120
二、新概念风力机	122
第二节 拆解风力机	125
一、塔架与基础	125
二、风力机主要工作部件	126
三、风力发电的神经中枢	130
第三节 小型风力发电系统	133
一、小型风电系统的前世今生	133
二、小型风力发电系统选址应用	137

第五章 风 电 场

第一节 生机盎然的风电场	143
一、中国风电事业	143
二、风电场基本要求	146
三、海上风电场	147
四、国外海上风电场	150
五、海上风电的特殊要求	152
第二节 风电场选址，是门大学问	156
第三节 陆地风电与海上风电	161

一、风电迅猛增长	161
二、海上风电功率更高	164
三、技术有待完善	165
第四节 风电场与电网	167
一、并网风险	167
二、应对措施	170
三、保护控制	171
第五节 离网并网，别一概而论	172
一、离网风电	172
二、飞轮储能电池	174
三、并网风电	176

第六章 春风得意马蹄疾

第一节 丹麦——汇聚世界风机	181
第二节 德国——风电王国	186
第三节 英国——后起之秀	190
一、英国全力发展风电	190
二、海上风电	192
第四节 美国——廉价的诱惑	194
一、美国风电状况	194
二、风电政策	197
三、提供就业	198
四、应用设想	198



五、政策支持	199
六、风电更清洁	200
第五节 中国风，中国梦	203
一、我国发展风力发电的条件	203
二、说一说过去的事	204
三、中国风电还在路上	206
四、并网风电	209
五、海上风电和风机出口	210
六、2020 年风电规划	212
七、我国当今风电开发存在的问题	213

第七章 异想天开，未来的风

第一节 人造龙卷风	217
第二节 全永磁悬浮风	223
一、关于磁悬浮	223
二、上海磁悬浮列车	225
三、全永磁悬浮风	226
第三节 风筝发电	228
第四节 文丘里效应和高楼发电	236
一、文丘里效应	236
二、高楼发电	238
第五节 风力提水和风水互补发电	240
一、开发风力提水发电的价值	241

二、风水互补发电	242
三、内蒙古和新疆的风水互补电站	243
参 考 文 献	246

第一章 “风”情万种



风，犹如大自然中风情万种的行者，徒步游历于地球上的每个角落。风，有着自己的情感变化，春风柔和，夏风暖热，秋风清凉，冬风寒冷。风游历到不同的环境中时，又会展现出不同的衣着妆容。

有时，风像水一样，依势而流；有时，风附着花草枝叶，婀娜多姿；有时，风又顺着山峰峻岭，舞至苍穹；有时，风又会导致天昏地暗，飞沙走石，甚至裹挟着海水，掀起滔天巨浪，倾覆万吨巨轮，给人类带来巨大的灾难。

风的存在，也与人类的生存息息相关。小小的花粉要“溜进”风的行囊，以便让那些娇艳漂亮的花朵成功孕育新的生命；风也可以帮助植物的种子飘游四方，定居他乡。风还可以拨动风车的巨扇，发出源源不断的电能，照亮黑夜，推动各种机械的运转。万种“风”情，只看我们对哪一种更加钟情。

第一节 走进风的空间

轻盈柔和的风，轻抚着枝叶、花草，轻吻着清澈湖水。狂野浩荡的风，舞动着沙石、浪涛，席卷着皎洁云朵。天地之间有了风，使得人世间的景色变得更加生动迷人。

虽然，每个人都能在日常生活中，有意或无意地感受到风的存在，但是，风到底是从哪里来的，却很少有人能真正了解。

风没有形状，它是由空气流动引起的一种自然现象。太阳光照射在地球表面上，使地表温度升高，地表的空气受热膨胀变轻而往上升，形成一定的空洞。由于大气压强的作用，热空气上升后，低温的冷空气横向流入，上升的空气又因逐渐冷却变重而降落，由于地表温度较高又会加热空气使之上升，这样不停地循环，空气不停地流动，就形成了风。

一、风的流动

从上文我们知道，风的形成是空气流动的结果。从科学（气象学）的角度来看，风常指空气的水平运动分量，包括方向和大小，即风向和风速。但对于飞行来说，还包括垂直运动分量，即



所谓垂直或升降气流。

地球上的风与水源也有关系，准确地说，风与水以及水蒸气的胀缩相关联。夏天地面上温度高时，空气、水蒸气膨胀上升，要由海面比重大的空气、水蒸气补充地面空气空间，这时，风就从海洋吹向陆地。海面温度低时，空气收缩，就要由地面上温度高的膨胀上升的空气、水蒸气补充海面空气空间。这时，风就从陆地吹向海洋。冬天海面温度高时，海面空气上升，地面温度低时，空气比重大，所以，风也是从陆地吹向海洋。

在赤道和低纬度地区，太阳高度角大，太阳辐射强度强，日照时间长，地面和大气接收的热量多，温度较高。在高纬度地区，太阳高度角小，日照时间短，地面和大气接收的热量小，温度低。这种高纬度与低纬度之间的温度差异，就形成了南北之间的气压梯度，风就会沿水平气压梯度方向吹，即垂直于等压线从高压带向低压带吹。

地球在自转，使空气水平运动发生偏向的力，称为地转偏向力。这种力使北半球气流向右偏转，南半球向左偏转。所以地球大气运动除受气压梯度的影响外，还要受地转偏向力的影响。可以说，大气运动是这两力综合影响的结果。

实际上，地面风不仅受这两个力的支配，因为地表地形起伏不定，空气在流动过程中，要经过复杂的地形，所以，风的运动也会在很大程度上受到地形和海陆因素的影响。山隘和海峡能改变气流运动的方向，还能使风速增大，而丘陵、山地却因为表面粗糙，摩擦力大，会使风速减小；而孤立山峰却因海拔高使风速增大。因此，风向和风速的时空分布较为复杂。

除了这些，还有人们经常提到的海陆风。所谓的海陆风是白昼时，大陆上的气流受热膨胀上升至高空流向海洋，到海洋上空