





全球化石能源日渐枯竭，气候日渐变暖，当人类赖以生存的地球形势日渐严峻时，世界各国政府较之以往更加充分地认识到了清洁、无污染的再生新能源的重要性。风能作为一种清洁环保的再生能源，已成为世界再生能源中最具商业化发展前景的产业之一。

最近几年，在国家政策的大力扶持下，我国风电无论是设备产业，还是风电场建设，均以令全世界惊叹的速度在发展，即使是在经济危机严重影响其他产业发展的2008年，中国风电装机容量的累计增长依然高达106.5%。2009年，该数字再次攀升至114%。

风电产业的高速成长带来哪些问题？迅速成长为风电大国之后，我们什么时候可以成长为风电强国？如何避免风电产业发展重蹈中国的汽车发展之路？带着以上有些沉重的问题，本刊编辑部推出本期风能发展专刊，通过业内各位专家的冷静分析和清醒认识，我们期望能为中国风能这个新兴清洁能源产业的健康发展建言献策，我们期待中国的风电强国梦能早日实现！

——本刊编辑部



世界风电产业发展历史与现状分析

○ 特约记者 谭伟

自1887年美国俄亥俄州的第一台风机问世以来，风力发电技术逐渐进入了人类的生产生活。近年来，随着全球气候问题的恶化、化石能源的日渐枯竭，风力发电步入一个快速发展时期。至2001年以来，全球风电发展尤为迅速，近10年装机容量如图所示。据世界风能协会（WWEA）的统计，截至2009年底，全球风力发电新增装机容量3831万千瓦，同比增长31.7%，总装机容量达到1.59亿千瓦。在我国，风力发电发展更是势不可挡，2009年新增风电装机容量1300万千瓦，同比增幅超过100%，总量达到2510万千瓦，据相关部门估算，2020年有望达到1.5亿千瓦。风力发电在可再生能源发电领域中异军突起。

风电是近期内最具大规模开发利用前景的非



资料来源：2009年世界风能报告·世界风能协会

水可再生能源，对环境保护和能源可持续发展具有重要的意义。目前，在欧美一些发达国家，比如丹麦、西班牙、德国、美国等，风电已经占据



个雪松木制作的叶片组成，风机最大输出功率为12KW，转速较慢，能量转换效率也较低。但正是这一大胆的尝试逐渐引起了科学界和产业界的关注与跟进。随着资金、人力的投入，风力发电技术不断得以发展。到1941年时，美国Smith公司建造了由工程师 Putnam设计的大型风力发电机，该风机直径53米，额定功率1.25MW。1956年丹麦工程师J.Juul等开发了世界上第一款交流风力发电机。大容量风机的出现，可谓风力发电史上的里程碑，意味着单位千瓦造价、占地等因素将随着容量的增加而逐渐降低，风电应用前景开始逐渐显现。

20世纪70年代的石油危机再次推动了风力发电的快速发展，化石能源的枯竭促使人们坚定了向可再生能源进军的决心。1987年，美国研制出单机容量为3.2MW的水平轴风力发电机组；接着，加拿大研制出单机容量为4.0MW的立轴机组。随着技术的进步，大容量风机逐渐满足实用需求，并有效地降低了单位千瓦造价，进一步推动了风力发电的发展。上世纪90年代，风电场主流机组单机容量只有500KW左右，而步入本世纪，主流机组逐渐升级换代，兆瓦机组出现在大部分新建风电场。1995年全球风电装机容量仅为490万千瓦，而如今已超过1.5亿千瓦。短短15年间，装机容量增长了30余倍，其增长速率令人惊叹，其前景亦无法估量。

（二）欧美风力发电强国介绍

丹麦

童话王国丹麦现实生活中自然资源极其匮乏，因此，丹麦在全球范围内率先展开风力发电研究。丹麦风电开始于1891年，一次世界大战期间由于全球石油短缺，进一步刺激了丹麦在风电方面的发展。1918年底丹麦大部分乡村用电已完全依赖于风力发电。后来随着一战的平息，世界能源生产逐渐恢复正常，丹麦风电发展减缓。

二战以及70年代石油危机再次推动了丹麦风电的快速发展。早在1950年，丹麦公共电力协会就开始探讨在电力系统中大规模应用风力发电的问题。1998年丹麦风力发电量占总发电量的8.6%，而2006年这一比例大幅提高到23%，预计到2030年将可能达到75%，如果目标实现，那将是一个非常清洁的电力系统，丹麦也会成为童话中风车上的国家。

举足轻重的地位。我国目前也已出台规划，将在甘肃、新疆、河北、吉林、内蒙古、江苏六个省区打造7个千万千瓦级风电基地，可见我国在推动风电发展方面的决心。

风力发电缘何如此受到全球的青睐？风力发电的未来在哪里？本文将从风力发电的发展历程、当前的技术水平、行业环境、国际政策等方面进行探讨，对风力发电的过去、现状与未来进行简要梳理，供读者参考。

风力发电发展历程

（一）风力发电历史

1887年，第一台风机在美国问世，建造者Charles F. Brush。该风机风轮直径17米，由144

丹麦风电的快速发展，催生了一大批全球闻名的风电设备制造企业，比如Vestas，Nordtank等等。目前丹麦的风电设备占了世界市场的40%以上，位居世界第一。

德国

德国凭借其在工业领域的深厚技术功底，掌握了风力发电的绝大多数核心技术，是名副其实的风电强国。1989年德国拥有风电装机1.8万千瓦，而到1998年德国已成为全球风电第一大国，连续5年占据全球风电新增装机和总装机的头把交椅。截至2009年6月，德国共有陆地风机20674台，装机总量接近2.5万兆瓦，位居世界第3，仅次于美国和中国。德国风电已占德总发电量的6.55%，占可再生能源发电量近一半。

技术创新是德国风电发展的尖锐利器。德国政府从1994年开始，把科技政策支持的重点集中在大力发展环保和能源技术上，每年的投入近1亿欧元。现在德国风机制造技术已逐渐趋于成熟，大功率和低成本是德国风电设备制造业的努力目标，其风机制造业处于世界领先地位。在全球7家最具影响力的风机生产厂家中，德国公司占有两席：ENERCON公司和Nordex公司。

产业技术进步的成果使德国获益匪浅，特别是大尺寸大功率风机的出现使生产成本大幅下降。由于技术水平的提高以及生产规模的扩大，德国风力机的制造成本在过去10年中降低了50%，使得风能投资成本大幅度下降，企业的竞争力不断增强。

美国

无论是装机容量，还是核心技术，美国都是全球当之无愧的风电老大。2008年底美国装机容量达到2500万千瓦，一举超越德国，跃居全球第一。2009年美国装机容量再度大幅增加，达到3500万千瓦，进一步巩固了风电老大的地位。

说到美国的风电，就不得不提上世纪七八十年代加州风电热潮。1975年加州成立能源办公室，1978年通过法案，规定2000年风电占加州能源消费的1%。于是，整个80年代加州总共安装了12000多台风机，装机容量超过900MW，占全美风电总装机的95%。加州遍布的高耸风机成为其一道独特的风景线。

虽然美国风电发展如此迅速，但其落后的

电网体制在一定程度上制约了风电的持续高速发展。美国电网分为东部电网、西部电网和德州电网三大部分，但一半以上的输电网络由地区输电组织或独立运营商负责管理。由于美国电网形成“诸侯割据”的形势，风电的规划和并网问题上难以在各大电网运营商之间达成一致，因此，大部分风电仍然存在并网难的问题。

(三) 我国风电发展

我国风力资源丰富，分布广泛，仅陆地上可开发的风能资源储量就达到2.53亿千瓦。我国从上世纪50年代开始风电的探索，先后在吉林、辽宁等地建设了一批10千瓦以下的小型风电场。之后由于各种原因，风电探索处于停滞状态。而70年代的能源危机给我国的能源体系也带来了一定的影响，我国因此再度重视起风力发电。

1986年，山东荣成马兰风电场安装2台55千瓦并网风电，成为我国并网风电的里程碑。随后福建平潭4台200千瓦机组并网发电、新疆达坂城1万千瓦规模的示范风电场建成运行，从此开启了我国大型风电发展的历程。但是限于技术瓶颈，我国风电之后进入了长达10年的漫长摸索过程。

随着21世纪的到来，我国风电步入了一个全新的快速发展时期。一方面由于自主技术的掌握，另一方面依靠政府的大力扶持，我国风电装机容量实现井喷式地增长。2002年底，我国风电装机容量45万千瓦，到2009年底装机容量已超过2500万千瓦。

然而辉煌成果的背后，难以掩饰我国风电所面临的一系列问题，包括风电产业体系不健全、技术创新能力不强、关键技术和装备依赖进口、风电场盲目建设等。这些问题，如果得不到有效解决，必将制约我国风电进一步发展。

国外风电政策的启示

回顾国外风电强国的发展历程不难发现，合理、有力的政策支持是风电快速发展的重要保障。概言之，支持风电发展的政策体现在如下三大方面：

- 1) 采取风力发电无条件收购机制，确保所有风电均能被电网接纳；
- 2) 采取政府规划、公开竞标确定开发商，适当加强行业内的竞争与发展；
- 3) 政府规定可再生能源发电在总发电量中的

比例，促使发电企业提高风电的比重。政府的激励政策在风电发展过程中的作用同样举足轻重，政策措施主要有各种形式的补贴、价格优惠、税收减免、贴息或低息贷款等等。

具体而言，丹麦、德国、印度在国家政策方面扶持力度非常大，简要介绍如下：

丹麦

丹麦风电的快速发展，离不开国家政策的大力支持。70年代初丹麦能源消费的94%还是石油，绝大部分依赖进口，第一次石油危机的爆发，迫使丹麦政府寻找替代品。丹麦最先将目光锁定在核电上，但考虑到铀原料的贫乏、废料处理以及令人恐惧的安全问题，最终放弃了核电，转投风电。上世纪最后30年，丹麦政府投入超过1亿美元用于风力发电的研究与开发。同时，为鼓励个人投资，丹麦政府为每台风机提供其成本30%的补贴，丹麦政府对风力发电事业的各种补贴高达20亿美元。丹麦采用税收返还的方式，降低风电的征收。为确保风电的充分利用，丹麦环境部要求风电强制上网，由电网公司和发电企业共同承担并网费用。在电价方面，丹麦采用固定的风电电价政策，保证了风能投资者的利益。

德国

早在20世纪80年代，德国政府就开始重视风力发电的研究和开发。政府颁布《强制购电法》和《可再生能源法》，要求电网无条件接收风力发电，开放风电投资市场，允许中小投资者介入，并对于风力发电投资者提供低息贷款、发电补贴等资金支持。同时，德国政府放弃核电的进一步开发，这也给风电带来了极大的机遇。德国政府在政策上为风力发电铺平了道路，致使德国在上世纪90年代就形成了一定规模的、稳定的风电市场。

印度

印度曾是亚洲的风电“领头羊”，2008年印度风电装机容量接近1000万千瓦，位居世界第5。



印度风电的快速发展离不开政府的大力支持，最主要的政策是建立了世界上独一无二的非常规能源部。

非常规能源部权利非常大，它颁布了如下规定：电力公司允许风力开发商在电网的任何地方使用自己发出的电，仅需支付2%的传送费；开发商一年之内可在电网中储存自己发出的电量长达8个月；开发商可直接通过电网将发电卖给第三方，电网只收手续费；实行最低保护价政策，一般为每度风电6美分左右；电力公司必须为风电联网提供方便等等。

上述部分规定在其他国家可能闻所未闻，但正是这些对风电开发商来说极度优惠的规定确保了印度风电的快速发展。

结语

随着2009年哥本哈根会议的结束，全球都在为解决能源危机、环境恶化问题而苦苦寻找低碳之路。为了人类社会的可持续发展，当前最重要的事情无非是减缓化石能源的消耗，加快替代能源的寻找与利用方式的探索。目前，风力发电已经悄然走在了可再生能源发电的前列。然而风电在我国，虽然发展迅猛，却存在一系列不容忽视的问题以及尚未突破的瓶颈，如何解决这些问题，将成为今后一段时间之后从国家层面到风电行业从业人员所要共同面对的。风电发展在我国，任重而道远。☞