

第一情报 · 风力发电



InfoLib EXPRESS



上海图书馆上海科技情报研究所
上海情报服务平台 www.istis.sh.cn

试刊第9期 2006年4月15日

文章导读

风行中国

哈汽联姻欧洲能源 进军风电市场.....	1
华电集团签订 150 亿风力发电项目.....	1
我国自主生产风力发电机组在黑龙江并网发电.....	2
内蒙乌兰察布 2020 年风电规划装机将达 2400 万千瓦.....	2
新规则下首批风电项目开始招标.....	3
风电定价机制酝酿变局 出台即遭质疑.....	4

海外来风

Vestas 出现财政赤字，投资商仍趋之若鹜.....	5
苏司兰（Suzlon）风力发电机厂国内落户.....	6
英国海上风电场正在离开跑道.....	7

纵深 · 现状

科学时报：聚焦中国风电产业.....	7
上海绿电为何遭冷遇.....	11

纵深 · 研究

商业风机进一步大型化：6MW 投入试运行，7MW 将启动研发.....	13
丹麦风力发电的成功.....	16

哈汽联姻欧洲能源 进军风电市场

哈尔滨汽轮机厂（哈汽公司）与欧洲能源公司签订 D6 型(1250KW)风力发电机制造许可证转让合同，初期具备 100 台生产能力，标志着该公司正式进入风电制造领域。

面对发展潜力巨大的风力发电市场，以及国家建设节约型社会的要求，哈汽公司在哈电集团公司的大力支持下，前瞻性地做出发展风电的战略决策。去年 2 月，该公司正式成立风电办公室，全面开展风电产品的技术引进、市场营销、产品开发、部套采购、生产组织及售后服务工作。为了寻求技术支持，加快风电技术开发，由哈汽公司主要领导带队组成风电技术考察团，到国际知名的风电公司进行考察。经过多次谈判与技术交流，公司与 EU（欧洲能源）公司达成共识，引进了 D6 型风力发电机生产制造技术。

D6 型风力发电机是三叶片水平轴变桨控制迎风的风力发电机。其额定功率为 1205 K W。根据风场的条件和设计要求可以提供不同的转子直径和轮毂高度，D6 风力发电机具有有效利用风能、运行平稳、良好的电网兼容性、设计寿命较长等特点。该机组为有齿轮箱变频双馈机型，在较低转速及较大风力未超负荷状态下依然可以充分有效地发电，双馈感应异步电机与 IGBT 变频器结合，保证了风力电机最有效的并网。

今年，哈汽公司将发展风电技术作为企业重点规划项目之一，正在筹建面积为 6000 平方米的风力发电机组总装厂房，开工初期具备年生产 100 台 1250KW 风力发电机组的能力。3 到 5 年内达到年生产 200 台风力发电机组的能力。

（摘编自黑龙江经济报 2006/3/7 新闻）

华电集团签订 150 亿风力发电项目

中国华电集团公司（简称“华电集团”）将斥资人民币 150 亿元在中国新疆建造风力发电场。该电场一旦建成，将是中国最大的风力发电项目。华电集团和新疆吐鲁番地区行署近日签署合作开发协议，协议大致内容是，最初五年内，华

电集团将对新疆的小草湖风区投入 15 亿元，以每年 6 万千瓦的速度使风电装机容量达到 30 万千瓦。小草湖风区是新疆九大风区之一，风区面积达 1000 平方公里，风能蕴藏量为 100 亿千瓦时/年，可建装机容量 200 万千瓦。

（摘编自第一财经日报 2006/4/11/新闻）

我国自主生产风力发电机组在黑龙江并网发电

我国具有自主知识产权的 1200 千瓦风力发电机在黑龙江省穆棱市并网发电，改变了我国大型风电机组单纯依赖进口的状况。

穆棱市风力资源丰富，其中十文字和代马沟两处平均风速达到 7.5 米/秒，风功率密度 460W/平方米。2004 年 9 月，总投资 10 亿元、装机容量 11.3 万千瓦的十文字风力发电项目开始建设。目前，装机容量 2.7 万千瓦的十文字风力发电一期主体工程竣工，首批 4 台风电机组实现并网发电。今年前两个月发电量超过 360 万千瓦时，实现销售收入 280 万元。该风力发电项目采用的我国具有自主知识产权的 1200 千瓦风力发电机，风机由哈尔滨电机工业有限公司历时 8 年研制成功，它根据风速改变风轮转速，有效地提高了风能利用率，同时简化了结构，降低了噪音，增强了安全性。

今年上半年，穆棱市十文字风力发电项目有望实现 70 台机组并网发电，装机容量达到 10 万千瓦。目前，投资 6 亿元、装机容量 6 万千瓦的代马沟风力发电项目，主体工程也在建设中，预计 2007 年 4 月第一台机组实现并网发电。两个风力发电项目全部达产后，可年发电 4.16 亿千瓦时，实现销售收入 3.26 亿元，利税 1.1 亿元，成为我国最大的风力发电基地之一。同时，从穆棱市磨刀石到穆棱段的 301 国道两侧将形成一个 16 公里长、以风力发电为内容的特色旅游风景区。

（摘编自新华网 2006/4/11 新闻）

内蒙乌兰察布 2020 年风电规划装机将达 2400 万千瓦

风能资源富集区内蒙古乌兰察布市规划建设 16 处风电场，总面积达到 6828 万平方公里，到 2020 年规划装机容量 2400 万千瓦，相当于长江三峡电站的发电量。国家气象科学院统计分析表明，全国陆地可利用风资源总功率为 2.53 亿千

瓦，内蒙古占 1.01 亿千瓦。由内蒙古水利勘察设计院制作的《乌兰察布市风电发展规划》提出，乌兰察布市风电技术开发量为 4200 万千瓦，占全自治区三分之一强，风能储量丰富，极具开发潜力。据悉，内蒙古最大的风力发电场乌兰察布市辉腾锡勒风力发电场，今年又经国家特许权招标和自治区批准立项，新增装机容量 16.31 万千瓦，目前已全部开工建设。

（摘编自新华网内蒙古频道 2006/4/11 新闻）

新规则下首批风电项目开始招标

国家发改委日前已确定将河北省张北县单晶河 200MW 风电场、内蒙古自治区锡盟灰腾梁 300MW 风电场和包头巴音 200MW 风电场列入 2006 年风电特许权项目，总装机规模达到 700MW。这是《可再生能源发电有关管理规定》及《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》出台以来，国家发改委确定的第一批风电特许权招标项目。

一批特许权项目的开标时间定在今年 8 月中旬。与往年相比，新规则下首批特许权项目招标条件有些改变，主要是采用的风电机组单机容量不得小于 750kW，投标人应选择好风电设备制造商共同投标，要求风电设备制造商向招标人提交保证供应符合 70%国产化率风电机组的承诺函，投资商在中标后只能用投标书中所选的风电机组，不得再进行设备招标另选制造商。关于风电机组 70%国产化率要求中，各个部件的比例作了一些修改。评标内容包括投标上网电价等五项，投标上网电价的权重由 2005 年风电特许权项目招标的 40%降为 30%。

国家发改委从 2003 年开始在风电项目上推行特许权招标。在以前的特许权招标中，对风电机组单机容量并没有设定明确的下限，低于 600kW 的也出现过。而对国产化率的要求则是逐年提高。去年 7 月，国家发改委发出《关于风电建设管理有关要求的通知》，明确风电设备国产化率要达到 70%以上，不满足设备国产化率要求的风电场不允许建设。在最初的风电项目特许权招标中，投标上网电价曾经是风电投资商能否中标的唯一条件。2003 年，在江苏如东 10 万千瓦风电特许权招标中，出现了 0.3979 元的超低中标电价，引起业界的强烈反应。此后，上网电价在投标中的权重逐年降低。

（摘编自北京报道 2006/4/12 新闻）

风电定价机制酝酿变局 出台即遭质疑

刚刚由国家发改委颁布的风电电价招投标定价机制正在酝酿变局。国家发改委能源局主管新能源的副局长吴贵辉表示，随着可再生能源规模的不断扩大、技术不断进步、管理不断成熟，政策肯定会调整。

1月下旬，国家发改委下发《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》（下称“七号文”）。“七号文”明确了此前悬而未决却又至关重要的可再生能源发电价格形成机制问题。对于各种可再生能源中最具产业化、商业化基础，未来发展前景最为广阔的风力发电，“七号文”明确：风力发电项目的上网电价实行政府指导价，电价标准由国务院价格主管部门核准按照招标形成的价格确定。

业内人士对此反应强烈，因为此前业界普遍预期政府指导电价会是“火电电价+0.25元/度”而形成的固定电价，因而各路资本大肆“跑马圈地”。一些大型国有电力企业集团为了先一步拿到风电资源，可以降低报价，中标后再通过调高上网电价“找补回来”。这等于给不同企业设置了一个不平等的竞争条件。

吴贵辉表示：“应该说，一个非常好的办法就是把电价的确定权交给投资者、交给市场。关于风电的电价问题，从2004年、2005年起国家发改委就组织有关方面进行研究。在去年年底，有关可再生能源发电方面的一些价格政策颁布实施。现在各方面的反映来看，大家对通过特许权招投标办法确立风电电价这个问题有一些不同的看法。”吴贵辉表示，中国经济发展存在着地区的不平衡，风力资源也存在着地区的不平衡，中国东部、中部、西部经济的承受能力也存在不平衡。“考虑到这三个不平衡，国家发改委在综合了各方面的意见后认为，如果风电也确定一个标杆电价，就会出现高的高、低的低这样一个矛盾。沿海地区可能一度电达到0.80元-0.90元，西部则可能只有0.40元-0.50元。”这样从投资的角度，大家都愿意把钱投到电价高的地方，但是风力资源大部分在北方，很可能就没有人去投。”吴贵辉说，在权衡了这些条件之后，国家发改委决定，风电电价采取招投标定价的原则。“这样就把招投标定价的决定权毫无保留地交给了开发商，问题关键是投资商如何把握招投标，如何把握市场。”

吴贵辉认为，从近两年的一些招投标项目执行情况来看，风电电价招投标虽然一度出现了个别电厂报价偏低的情况，但还是逐渐在向更理性化、合理化的方向发展。“大家一定会通过招投标方式，确定一个比较客观的、合理的风电价格。

再经过一段时间，国有企业和民营企业会走到一起。”他表示，与传统的大能源相比，政府在新能源发展上采取了更加市场化、更加公开、更加透明的机制。“我们希望国有、民营、内资、外资都来参与中国可再生能源的建设和发展。在风电企业的组织形式上，也可以由国内企业和国外企业组成联合体参与建设，在这一点上是非常开放的。”

吴贵辉认为，在招投标这个办法面前，不管是国有企业、民营企业、国外企业，都是平等的参与者、竞争者，也是合作伙伴。在市场面前，应该是凭实力、凭技术、凭你的管理水平，来赢得市场、赢得项目。至于说国有大型电力企业具有比较强的实力，这是一个事实。但是我们认为，他们在运作的时候，应该也是按照成本的原则、经济的原则、合理回报的原则来组织参与可再生能源的发展。随着可再生能源规模的不断扩大、技术不断进步、管理不断成熟，政策肯定是会要调整的。就拿电价来说，可能有的要调高，有的可能要调低。我相信会存在这种情况。

（摘编自中国证券报 2006/4/3 新闻）

海外来风

Vestas 出现财政赤字，投资商仍趋之若鹜

风力发电行业设备供应商的领头羊——丹麦的 Vestas 风力发电系统公司，上月发现其正身陷漩涡之中。首先，作为风机制造商，其主要的齿轮箱供应商被竞争对手 Suzlon 能源公司收购，接着公司的管理面临 2005 年带来的重大损失。

看到 2005 年 3 月 29 日 Vestas 的年报后，董事会成员、董事和股东们都显得很紧张。2005 年的财政赤字到底会有多严重？Vestas 进一步会向其股东索要了多少现金？Vestas 的股价跳水，是否将导致该公司将被外国企业收购？

根据后来股市分析家的评论，若 Vestas 像从前那样，2006 年收入增长达 52%，且以盈利空间健康的承诺来确保 Vestas 平缓的资本增长管理，此举完成将令股价快速上扬。虽然有人担心资本上涨不够，但大多数人对于管理方面觉得很放心。Vestas 去年向全球提供了 28% 的风力发电机组，跟前年比跌落了 6%，而其最强

劲的对手——GE 公司，则相应地增长了 6%。至少目前 Vestas 已经渡过了难关，但是有一个分析家称：“这不是投资，而是掷骰子”，市场面的积极状况极有可能是短期行为。

在 Vestas 同 NEG Micon 同并之后，不仅风机销售量在下跌，齿轮箱失效也仍然时有发生。目前 Vestas 存在的一系列问题，主要是技术、产品质量、元件供应、维修成本等。归结起来主要表现在三个方面：北美项目的合同条款签订过于慷慨，导致盈利空间微乎其微；元件供应的严重短缺；接连不能兑现承诺售出风机，导致一次次提升承担起承诺的责任金额。

在 Vestas 掌舵 9 个月的首席执行官 Ditlev Engel 正在尽力说服全世界公司将会正常运转，Vestas 的管理就是最好的答案。Ditlev Engel 已经更改了公司一味追求市场份额及放低公司的风电价格这两大传统目标，取而代之的是两个新目标——使 Vestas 盈利，增加产品的可靠性。在这样一个处于麻烦中的公司——2005 年因为运行故障而产生的损失高达 1 亿欧元，产品价格飙升，Engel 保证现在起的所有项目都会有充分的盈利空间，不论公司能否顺利解决基础技术问题，公司都不会再签定会令公司蒙受损失的合同，事实上，Vestas 的产品价格已经调整提升。Engel 认为，抬高产品价格对 Vestas 并无好处，但对于整个风电产业而言是有利的，以亏损为代价出售风机，并不能保证风电产业将来的健康发展。

关于元件紧缺，他希望主要供应商的生产线产量将快速增长，并且突破瓶颈。2005 年中齿轮箱供应商几乎对风电产业带来一场瘟疫。Vestas 的主要齿轮箱供应商 Hansen 被 Suzlon 公司收购后，Vestas 目前同其下游供应商的关系比从前好得多。

关于 Vestas 第三个主要问题，Engel 坦然承认是技术失误，公司面临的压力在于风机保质期内的维护成本非常巨大，Vestas 在 2006 年的金融表现完全基于待解决问题的快速认定和执行。对此他已有一些计划来扭转目前状况。

（编译自《Windpower》期刊 2006 年 4 月刊内容）

苏司兰（Suzlon）风力发电机厂国内落户

世界第 6 大风机生产商——印度苏司兰能源公司日前投资 6000 万美元，在天津高新区建造整体风力涡轮发电机生产厂，预计今年 8 月投产。工厂将生产风

力涡轮发电机，同时对包括风轮叶片、发电机、短舱和控制面板在内的风电机主要部件进行组装，年组装容量为 60 万千瓦。其针对中国市场需求改进的产品将于明年全面上市。

（摘编自光明日报 2006/4/12 新闻）

英国海上风电场正在离开跑道

英国对海上风电的投资正在逐渐停止，陆上风电场正在以两倍于预期的速度发展。一项将提交给政府的风能产业的研究表明，2010 年建成的海上风电场数量将只有原先预计的一半左右。

早前曾有人预计英格兰东部建造的海上风电场将满足英国 25% 的电力需求，而产业界现在称到 2015 年海上风电场能提供的电力仅达 6%。

海上风电场的建造成本大约在每兆瓦 120 万英镑，在北海及爱尔兰海从事风电场建造工作的工程师们希望将其降低到 100 万英镑，但事实上成本却升至 150 万英镑。并且还存在着风机和安装设备缺乏等问题。Npower's Ryl 和 Gwynty Mor 两个风场都将在 4 年后才能建成。目前英国处于运行状态的风电场是在 Blyth, North Hoyle, Scroby Sands 和 Kentish flats 的这四个，共发电 213 兆瓦，而陆上风电场的能发电 1125MW。

目前状况同预期目标不相符合的原因主要在于建造成本和补助津贴。英国风能协会首席执行官称：“政府必须用新政策来推动海上风能的发展”。

（编译自 The Daily Telegraph 2006/4/5 新闻）

纵深·现状

科学时报：聚焦中国风电产业

编者按：从 1985 年开始研制并网型风力发电机组至今，中国并网风电产业刚刚走完 20 年的历程。2006 年 1 月正式实施的《可再生能源法》，预示着我国可再生能源将进入一个快速发展时期。随之而来的是我国风电产业各个环节的思考，各种思想纷纷见诸媒体，探讨如何稳健发展我国风电产业。《科学时报》公

开于 2006 年 4 月 4 日的系列报道，多角度探讨了我国风电现状，现摘编如下。

我国风电市场快速发展

我国风能资源储量丰富，据初步估算，我国陆上离地面 10 米高度层的风能资源总储量为 3226 万兆瓦，可开发量为 253 万兆瓦；近海（水深不超过 10 米）区域，离海面 10 米高度层的风能储量约为 750 万兆瓦。因此从宏观上看，我国具备大规模发展风力发电的资源条件。

截止到 2004 年底，我国累计安装风电机组 1292 台，共有 43 个风电场，分布在 14 个省（市、区），累计装机容量已经达到 76.4 万千瓦。与 2003 年累计装机 56.7 万千瓦相比，2004 年累计装机增长率为 34.7%。2004 年新增风电机组 250 台，装机容量 19.7 万千瓦，新增 4 个风电场。与 2003 年当年新增装机 9.8 万千瓦相比，2004 年当年新增装机增长率为 101%。至 2005 年底，我国风电装机容量已达 130 万千瓦。

风电技术取得初步成果

风电技术发展的核心是风电机组及其部件的设计制造技术。我国风电技术的主要成果有：

600 千兆瓦、750 千兆瓦定桨距失速型风电机组的产业化。我国目前已经掌握了 600 千兆瓦定桨距失速型风电机组的总装技术和关键部件，如叶片、电控、发电机、齿轮箱等的设计制造技术，并初步掌握了机组总体设计技术。600 千兆瓦失速型风电机组及其主要部件如电气控制系统、叶片等实现了国产化批量生产。750 千兆瓦失速性风电机组的产品化攻关工作也有了初步成果。

1.2 兆瓦直驱式变速运行风电机组研制。该课题采取和国外公司合作设计、在国内采购生产主要部件组装风电机组的方式进行。第一台样机已于 2005 年 5 月投入运行，国产化率 25%；第二台样机国产化率超过 90%，也即将投入运行。

1 兆瓦双馈式变速运行风电机组研制。该课题完全立足于自主设计，技术方案采取双馈发电机、电流变换器、多级增速箱、变桨距、变速技术。其中电流变换器是系统中的核心部件之一，目前已研制成功 300KVA 交直交四象限运行变流器及其控制装置（用于控制 1 兆瓦双馈发电机）。另外，研制出的兆瓦级变速恒频风电机组多功能缩比模型，填补了我国大型风电机组实验室地面试验、仿真测

试设备的空白。

大型风电场集群监控技术。目前已掌握大型风电场上百台风力机群的集群监控技术和异地远程监控技术。可以实时监测风电机组的运行状态,具有故障报警、自动生成数据报表、风速—功率曲线绘制等功能。能够实现在异地对风电场的监测和有效管理。

产业化之路由“引进”伊始

1984年前后,我国开始进入离网型风力发电机组实用推广阶段,而目前世界上处于领导地位的大型风机制造企业是从1970年代开始进行风电技术研发的,例如丹麦、荷兰、德国和美国的企业。1985年,新疆维吾尔自治区开始筹划建设风力发电场(简称风电场),1986年,达坂城引进了1台丹麦维康(Wincon)100千瓦机组。今天制造出国产兆瓦级风电机组样机的新疆金风科技股份有限公司的前身,也在那个时候开始建设风电场。金风科技公司总经济师石勤清说,通过建设运营风电场,学习国外风力发电技术,他们积累了一些对风力发电设备运行的实际经验,为后来设计制造中国自己的风电机组奠定了基础。

尽管如此,国产设备研发毕竟得以艰难起步。就在“八五”计划后期,国产化风电机组的研发和制造开始了。当时我国引进了丹麦公司10台120千瓦风电机组,基于此,最初的研发目标就是200千瓦风电机组样机。对于研制自主创新的风电机组,一种途径是引进设备,还有一种是引进技术。在以后的发展阶段里,两种途径都有支持者和实践者。1995年国家计委、经贸委和科委正在制定《中国可再生能源发展纲要》,同年5月,原电力工业部部长在北京国际风电会议上正式宣布,2000年底中国风力发电要达到100万千瓦装机容量的目标。

不断进步的技术使强弱差距越拉越大

当前,推动风电行业技术进步的因素包括:期望开发大型陆上和离岸风机技术、降低成本、提高效率、改善对电网的干扰等。中国风能协会副理事长施鹏飞指出,这些不断进步的技术也为新进入该领域的中国企业设置了门槛,使它们从一开始就要努力达到先进技术。这种情况下,就要考虑是与一种目前技术成熟的机型竞争,还是寻找另外的竞争优势。于是,后进入的企业只能停留在追赶的阶段,要想超越或取得重大技术突破非常困难,导致的结果是强弱差距越拉越大。

此外,如果政府出台政策支持使用先进技术的产品,而这些产品只能在国外

生产，那么这样的政策无疑又为风机本地化产业设置了一道障碍。例如，若政策强制要求使用国际上最好的、成熟的风电技术，而国内虽然有同类型产品，但技术水平无法与国外产品媲美，这样的政策就会使当地生产商失去市场。

缺乏技术工人和科技人员，是我国风机本地化面临的又一重大障碍。科技部高新司能源交通处处长李宝山指出，在一个缺乏风机生产经验的国家建立一个新的风机生产企业，这个风机公司就要肩负着风电技术开发的重任，制造商要么自行生产，要么进口整个风电系统的全部零部件。此外，为了保证及时的维修，要备齐全部零部件，而且要有技术熟练的机械师来进行维修。但目前我国的风电企业，极其缺乏经过良好训练的技术工人和科技人员。

知识产权问题阻碍我国引进先进技术

对于新公司来说，直接从国外先进制造商引进技术是尽快获得先进技术并开始生产的最佳途径，我国的风电企业这些年来走的就是“引进消化吸收再创新”的路子。但那些国外知名风机生产企业实际上也存在顾虑，担心转让技术会培养出自己的竞争对手。所以，目前的情况是，我国的风机生产商只能从二流或三流风电公司才能购买技术，虽然购买方付出高额的技术转让费，但知识产权仍归出售方所有。

此外，为了防止成员之间可能产生的贸易壁垒，世界贸易组织(WTO)制定了严格的贸易法规。一些国家为了鼓励进口风机零部件，将进口整机系统的税率提高，这些做法是在设置贸易壁垒，专家指出，这种贸易保护主义政策的合法性仍是亟待解决的问题。

相应法规还在进一步完善中

我国现有法律、法规和政策，对风电特许权实施的支持度大，但有效性不足。一方面，我国目前与风电特许权相关的法律、法规和政策并不少，这些法律、法规和政策为实施风电特许权的政策奠定了比较坚实的法律基础，因此，对特许权的支持程度还是相当大的。另一方面，我们也应该看到，在我国的法律体系中，在所有相关法律、法规 and 政策的条款中，对于发展风电产业的规定非常笼统，明显地缺乏可操作性。特别值得强调的是，我国地方有关风电方面的立法几乎还是空白，中央有关政策出台了，但在地方却缺少配套性实施细则，这也是导致相关法规缺乏可操作性的重要原因。

为了提高与风电特许权相关的法律法规实施的有效性，专家认为，适应我国社会与经济发 展的客观需要，以现有的相关法律法规为基础，制定并实施可再生能源发电的立法是完全必要的，必须建立强有力的法律保障来解决风电的销售问题。专家们建议考虑进行风电特许权立法。

面对严峻的挑战，我国有关部门出台了一系列政策法规，以促进本国风电产业的发展。在初步完成的《可再生能源中长期发展规划》中，要求今后我国的风电设备达到一定的国产化率。这样的政策，将使得进入当地市场的风机制造商要么将其生产基地向当地转移，要么向当地企业采购风机所需的零部件。专家指出，要求风电场使用国产风机，是促进风机本地化的一条直接途径。

提高新的风电公司的风机质量和信用等级的最根本途径，是使它们加入与国际标准接轨的认证和检测制度中。目前正在使用的风机国际标准有很多种，最为普遍采用的是丹麦的认证体系和 ISO9000 认证体系。标准能帮助增强用户对自己不熟悉产品的信心，也能帮助用户分辨产品的优劣。顺利通过这些国际通行的认证，对产品进入国际市场至关重要。

今年 3 月 21 日，北京鉴衡认证中心和英国 Garrad Hassan 公司在北京签订了战略合作协议。根据协议，双方将在风能产业的标准、检测、认证等方面开展合作，共同推进中国风能产业的健康、快速发展。

上海绿电为何遭冷遇

绿电即绿色电力，是指由风能、太阳能、地热能、生物质能、海洋能等可再生能源生产的电力。上海目前使用的绿电主要是风电，每千瓦时的售价比原来的火电要高出 0.53 元。如何让绿电的自愿认购量能够在短时期内再有所突破，又如何让绿电机制能够在上海成为一项长效机制，是相关政府部门的焦虑所在。

每度贵 5 角多钱：绿电认购进展缓慢

按照《上海市绿色电力认购营销试行办法》，单位用户以 6000 千瓦时（度）为一个单位，并以该用户上年度用电量为基准，确定最低认购额度。居民用户每单位为 12 千瓦时，每年最低认购额度为 100 个单位，即 1200 千瓦时。即，居民用户每月只要多支付 53 元，就可以用上绿电。绿电机制近一年来的运转状况显

示，这种尝试困难不少。

2005 年，15 家在上海企业通过自愿认购的方式成为首批绿色电力的用户，然而随后的第二批自愿认购绿电单位仅新增了 5 家。个人绿电用户的进展同样缓慢，到今年 2 月底也才 390 多户。前不久，上海电力职工的一次倡议性认购，才使上海绿电的个人用户数突破了 800 户，加上 20 家企业用户，上海绿电的认购总量超过 850 万千瓦时。

“但这个数字还不到计划的一半。”上海市电力公司营销部总管朱嵘告诉记者，去年上海绿色电力的发电量超过了 2000 万千瓦时。尚未认购的那部分绿电电费，目前暂时由电力公司垫付，最后究竟如何消化，至今还没有很明确的方案。

象征意义大于实际意义：绿电电费实为捐赠

国外发展绿电有两种方法，一是通过立法，将可再生能源电力高出常规电力的成本由用户分摊。2006 年 1 月 1 日起实施的《中华人民共和国可再生能源法》中就有相关条文；二是引入绿色电力机制，鼓励用户自愿认购绿电。上海借鉴的是后者。

这种机制，就是通过鼓励用户自愿认购绿色电力的方式，弥补可再生能源高出部分的成本，支持可再生能源发电的发展。上世纪 90 年代中期以来，荷兰、美国率先尝试开展绿电机制项目，随之被澳大利亚、德国等近 20 个发达国家仿效。目前荷兰有 20% 的家庭使用绿色电力，绿电用户已逾 100 万户。

不过对上海来说，至少在近期，推广绿电的象征意义远远大于它看得见的实际效益。在越来越重视环保的今天，上海成为目前国内唯一实施绿电机制的城市，同时也是发展中国家率先实施绿电机制的城市，这其中既有解决越来越紧缺的能源需求的考虑，也是建立资源节约型城市、环境友好型社会和提升城市形象的内在要求。

由于绿电实行并网销售，因此用户实际使用的并不一定就是绿电。首批个人用户、自愿认购绿电 3 年的上海化工供销公司国际贸易部经理蒋旭表示，电费账单上的绿电费用，其实就相当于公益性捐赠。

观念先行政策跟上：如何激励成关键

目前，建于上海奉贤、崇明、南汇的风力发电机组容量为 23400 千瓦，太阳能发电机组 10 万千瓦，总发电量 5368 万千瓦时。今年上海还将新建 10 台风力

发电机组，另设想在东海大桥两侧兴建风力发电机组。

其实，绿电在上海能源结构中所占的比例很小。以 2005 年上海的总用电量 960 亿千瓦时来算，2000 多万千瓦时的绿电量只占到万分之二左右。计划 5 年后的占比要达到 1%。未来 5 年，上海风力发电装机容量将达到 200—300 兆瓦，太阳能发电装机容量达到 4—5 兆瓦。随着发电量增加，估计风力发电价格会有所下降。

不过如何消化现有绿电依然是个棘手的问题。政府层面正考虑出台一些政策，来鼓励用户尤其是企业用户购买绿电。按照上海的绿电认购办法，购买绿电成绩显著的用户可获荣誉奖牌或荣誉证书，符合条件的绿电用户和绿电发电企业可在产品上使用绿色电力标志。但也有企业觉得不满足，提出能不能根据绿电认购情况适当放宽排污限制，但如果允许的话，对其它企业不公平，也有悖于发展绿电、保护环境的初衷。

有专家认为，即使不从“社会责任感”的高度来要求，有眼光的企业，也完全可以将对绿色能源的支持作为一种全新的财富。比如，将获得的绿色电力标志作为一份广告展现自己绿意盎然的形象，或许，企业可以用此来打破欧洲的“绿色壁垒”等等。

在上海正在实施的“十万太阳能屋顶”的基础上，今后还可以考虑鼓励私人投资太阳能发电设备，让人们既解决自己的用电问题，又能从中获取投资回报。无论如何，推广和发展绿色电力意义深远。集腋成裘，汇流成河，政府希望通过社会力量来促进绿色电力的发展，最终形成绿电使用的良性循环。

(摘编自人民网/人民日报 2006/4/10 新闻)

纵深·研究

商业风机进一步大型化：6MW 投入试运行，7MW 将启动研发

正如“风力发电机趋于大型化 兆瓦级容量成开发热点”一文所述，考虑到发电成本问题，商业风机的制造越来越倾向于大型化，Repower、Nordex 和 Enercon 等知名供应商的 5MW 风机还未形成真正的主力市场，6MW 的风机也已经面世

投运，7MW 的风机正欲启动研发。风电行业的市场发展在欧洲，已经颇具规模；在北美，已经蓄势待发；在亚洲，则日益兴起。风电行业的技术发展，仍处在探索阶段。

ENERCON 公司 6MW 机组试运行成功

2005 年 12 月 17 日上午 11:30，三个崭新的 E-122 型 6MW 风机在德国风能研究所（DWEI）的两个试验点，已经接入电网，投入运行。这两个试验点分别在德国 Cuxhaven（一台 E-122 风机）和 Emden（两台 E-122 风机）。这款机型因此成为全球最为高效的风机，其安装也令 ENERCON 公司——全球领先的多兆瓦级风力发电机供应商，成为首个提供单机容量为 6MW 的风机制造商。

E-112 型风机是无齿轮箱的直驱式结构、变速变桨距，叶轮为上风式、直径 114m、顺时针旋转，叶片材料为玻璃钢，并集成了防闪电装置，转速在 8-13rpm，轮毂高度 124m，结构如图 1 所示。该风机在风力发电和选址方面都开了先河，技术看点在于运输和装配方法、精确计算风机整体的各部分比例、风机数字化、以及采用最新的并网规则等。

图 1：E-112 型风机的轮毂与机舱



图片出处：ENERCON 公司网站

E-112 型风机中重约 700 吨的钢制塔架用以支撑 500 吨重的机舱，是由 ENERCON 在瑞典 Malmö 的塔架制造厂 EWP 制造。在吊装过程中，采用了高 144 米的覆带起重机，提起预先安装好的叶轮，并用绞车稳定叶轮轮毂位置，当叶轮轮毂达到钢制塔架 115 米的高度时，ENERCON 的技术人员立即将轮毂装配于机舱之中，装配过程如图 2、3 所示。投入运行之后，预计一台风机每年可输出电能 1500 万 kWh，为 4500 户家庭提供电力。

图 2：在 Cuxhaven 吊装 115 米高的钢制塔架部分 图 3：第三个安装完毕的 6MW 风机



图片来源：Enercon 公司网站

GE 公司 7MW 机组研发紧锣密鼓

2006 年 3 月，美国能源部(DOE)和 GE 公司签订了价值 2700 万美元的合同，共同完成 7MW 的大型风力发电机的设计开发，并应用于鳕鱼岬海上风电场(Cape Cod)这样较深的水域。

根据工程计划，样机总高将达 500 英尺，并在美国的东北海岸 130 英尺水域处投入试运行。研发以 GE 公司为主，该公司将此设计称作下一代风力发电机，并称试验风机的开发需要 3-4 年时间，而制造一个成熟的商业样机则还需增加几

年。

联邦能源部的官员称：该风机的研发能降低风力发电的成本，估计可从原来的每千瓦时 9.5 美分，降低一半左右，约为每千瓦时 5 美分。该项目的目标即设计、制造、试验多兆瓦级风力发电机，实现更低成本地生产洁净、可再生能源，且适用于海洋这样的严苛环境中。其中的主要研发内容是：地基创新、叶轮设计、电子元件设计等。

前期研究看，若基于充分的研究和开发支持，海上风电场将在现有能源中极具商业竞争力。美国海上风力发电容量将在今后二十多年中显著发展。

丹麦风力发电的成功

编者按：《求是》2006 年第 7 期，叙述了丹麦目前的风电水平居世界领先地位，并逐步走出一条成功之路。其经验对处于起步发展阶段的我国风电产业而言，具有学习和借鉴的价值。现摘编如下：

在可再生能源中，风能的作用越来越受到人们的重视。世界上风能资源丰富，风电是具有商业前景的成熟技术和新兴产业，并有可能成为未来世界最重要的替代能源之一。目前，全球开发利用风电的国家约 50 个，而丹麦是其中的成功典型。在这个只有 500 万人口、4.3 万平方公里的国土上，风车的数量却高达 5344 架；两万从事风电产业的人员，提供了世界上 1/2 的风机、全国 1/4 的电力。欧洲人从丹麦看到了绿色能源的希望，把风电誉为“欧洲微软”。

丹麦是最早利用风力发电的国家之一。由于丹麦缺乏自然能源，早在 1891 年就开始风电研究。第一次世界大战期间，石油短缺刺激了丹麦的风电发展。至 1918 年，1/4 的乡村发电站用的是风电，当时的风机功率多为 20—35 千瓦。一战后，石油供应恢复，风电衰落，到 1920 年仅保留了 75 台风机。第二次世界大战时，石油再度紧张，风电重又兴盛，丹麦的 Lykkegard 和 Smidth 两家风电公司一时间闻名遐迩。二战后，欧洲各国就未来欧洲的石油供应问题展开讨论，促使丹麦进一步探索如何开发利用风电。1973 年、1979 年的石油禁运、能源危机以及绿色环保意识的加强，推动了风电产业发展；加上丹麦是世界上人均二氧化

碳排放最高的国家之一，对大气变暖的关注也促进了丹麦的风能开发。

目前，丹麦风电的水平居世界领先地位，主要表现在以下几个方面。一是装机容量大。20世纪80年代，丹麦政府制定了在2005年装机容量达150万千瓦的目标。这一目标提前7年实现，到2004年装机容量已达到310多万千瓦，居世界第四（前三位是德国、西班牙和美国）。人均装机容量540瓦，是世界平均水平的71倍，是我国目前的770倍。二是风机技术提高很快。2000年每台风机平均功率为856千瓦，2002年升至1356千瓦，2003年跃至2045千瓦，功率的年均增长率高达34%。三是海上风场成为新亮点。目前，已安装和在建的海上风场有6个，装机容量超过42万千瓦。四是风电比重高居世界首位。丹麦政府在早先制订的目标中，计划到2005年风能比重达到10%，后又调整为到2003年达到16%。但早在1999年就已经达到12%，目前已经超过20%。在丹麦环境能源部的长远计划中，2015年风电比重预计达到35%，2030年则达到50%。

丹麦也是当今世界最大的风电设备生产国。早期风机制造商多数有飞机或发电机制造背景，如波音、西屋、西门子、洛克希德等；而当今世界风机制造业中名列前茅的，多数以机械制造起家。丹麦风机可谓后来居上，丹麦的农机制造商进入风机业后迅速崛起。目前，世界排名前10位的风机公司中，丹麦占4家，其中居首位的是丹麦Vestas公司，占世界总产量高达35%。现在，世界投入使用的风电设备中，有一半是丹麦制造的。近两年来，丹麦风机仍占世界市场的40%左右。丹麦风机90%以上供出口，2001年出口比重高达97%。风机年出口量3000台左右，销往40多个国家，其中前三大市场为德国占31%、西班牙占16%和美国占9%，共占56%在这三国的销售都高于丹麦本土（占7%）；在中国市场的销售占2%。上世纪90年代后期丹麦的风电制造业年均增速高达40%，近几年增速有较大起伏。

风电的普及也带动了丹麦风机业技术水平的发展，风机的功率迅速提高。早期的风机机翼旋转直径为10.6米、功率25千瓦；现在，旋转直径72米、功率2000千瓦、塔高70—80米的风机正在推广，旋翼直径126米、功率5000千瓦、离地面183米的大风机也开始商业化。目前，一台2000千瓦风机的发电量，比1980年135台风机发电量的总和还要多，不仅发电量大大增加，而且成本不断降低。

丹麦的风电发展并非一帆风顺，社会上对利用风能一直存在争论。反对者认为，风力发电分散、不稳定、地区差异大，在价格上明显高出火电，进入常规电网难。赞成者认为，除考虑发电本身的内部成本外，还要考虑运行成本和环境成本等外部成本。欧洲一项为期 10 年的研究成果表明，考虑外部成本后，煤和石油成本将增加一倍；天然气增加 30%；核电外部成本最大；风电外部成本最小，与现行价格相比几乎可以忽略不计。尽管有争议，丹麦风电支持者仍占绝大多数，达 68%，认为风电过多或已经足够的只占 25%。

丹麦政府对风力发电一直持积极的支持态度。1976 年、1981 年、1990 年和 1996 年，政府先后公布了四次能源计划。在 1996 年的能源计划中，能源远景规划扩展到 2030 年，提出了届时风电比重达 50% 的目标，并制定了一系列政策支持的具体措施：

一是支持风能研发。丹麦国家实验室的风能部门约有 50 名科学家和工程师，从事空气动力、气象、风力评估、结构力学和材料力学等各方面的研究工作。为了保证风机的质量和安全性能，丹麦政府专门立法，要求风机的型号必须得到批准，并由国家实验室审批执行。

二是财政补贴和税收优惠。政府早期资助 30% 的风机安装费，规定风电等可再生能源的最低价格，每度电 0.17 克朗的补贴和每度电 0.1 克朗的二氧化碳税返还。设有电力节约基金，政府对提高能源效率的技术和设备进行补贴。

三是实行绿色认证。丹麦政府实行绿色标识计划，鼓励消费者购买一定数量的绿色能源，以扩大风能等可再生能源的使用。《电力供应法》要求，电力公司必须以固定价格购买可再生能源；2003 年以后，全国所有消费者的可再生能源消费比重须高于 20%。

四是市场准入和上网优惠。政府通过强制措施和税收优惠等多重政策，消除风电在开发初期的市场准入障碍，建立行之有效的投融资机制。对风电上网给予鼓励。电力公司须将售电收入优先付给私人风机所有者。

上述政策支持取得了明显的效果，最直接的效果是风电成本不断下降，投资回收期缩短。风电成本是推广风能所面临的最具争议的问题之一。风电的成本主要取决于风机所在地的平均风速。丹麦地理位置比较优越，在资本运作和地区基础设施良好的情况下，大型风机的每度电成本约为 4 美分。风机的设计寿命为

20—25 年，安装后的运行及维护成本约为风机价格的 3%。因此，丹麦的风电成本下降迅速，20 多年来已减少了 4/5。1981 年风电成本为每度电 12 克朗，1999 年降到 3 克朗，现在降到 0.3 克朗左右；由于技术进步和成本优化，今后 5 年内将再下降 20%，接近石化燃料发电成本，从而可以和新建燃煤、甚至燃气电厂竞争。目前，风电的销售价格平均为 0.43 丹麦克朗 / 度(约合人民币 0.55 元 / 度)。随着各项政策支持的实施，丹麦风能的经济效益有了巨大的提高，投资回收期只有 8 年左右。在风能充足的地方，单机容量 500—600 千瓦、设计最先进的风电经济效益能够同效率最高的煤电相媲美。

以地方或社区为主建设风电项目是丹麦风电的独特组织方式，目前这类项目占总量的 81%；80% 多的风机归合作社或私人农场主所有，十多万丹麦家庭拥有风电合作社的股份或自己的风机。丹麦人普遍认为，这种与地方合作兴建的组织形式有诸多好处。比如，地方主动参与后，可增加投资，扩大装机容量；可以同当地居民直接交流，取得理解与支持，减少冲突与矛盾；可以减少输电费用，节省电能，提高技术，降低成本；可以促进居民广泛参与，使可持续发展深入人心。以我们调查的米登格兰海上风场为例，该风场是合作建设的，共有 8527 个成员（包括私人、机构和公司）40500 股，总投资 2300 万欧元，投资回收期为 8 年。风场有 20 台风机，每台 2000 千瓦，共 4 万千瓦；风机寿命 25 年，年发电 1000 万度，每度电成本 0.044 欧元。销售给股东的风电价格，前 6 年每度 0.08 欧元，第 6—10 年每度电 0.058—0.08 欧元，第 10—25 年按市场价销售；绿色标志证书可以交易。

地球上可利用的风能比可利用的水能总量要大 10 倍，高达 53 万亿千瓦时。即使到 2020 年，世界电力需求达到每年 25.6 万亿千瓦时，也只有风电资源的 1/2。我国风力资源居世界第一，但风电发展相对落后。学习丹麦经验，加快风电发展，无疑是解决我国经济社会发展中能源短缺问题的重要途径之一。

本馆所信息咨询与研究中心

张蓓文 撰稿

曾原 编审

联系电话 64455555-8904、8902；64334774