

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2期 2005年12月15日

文章导读

热点·中国

- 研究显示发展中国家风能潜力超出以往估计.....1
- 世界风能协会主席：中国发展风力发电大有可为.....1
- 中国将会于2010年建立起完备的风力发电工业体系.....2
- 不理解、急功近利，中国风能推广受困扰.....3
- 牵手宁夏 拿下大单 德国 Nordex 在华再建合资公司.....3
- 中德合作研制“1.3MW风轮叶片”被国家列入国际科技合作重点项目.....4

纵深·现状

- 中国风能资源世界第三 发展潜力巨大.....5

海上风电场

- 聚焦世界首座大型海上风电场 Homs Rev：运行故障与经验总结.....8
- 德国发展海上风电雄心勃勃.....11
- 数据与图表：欧洲海上风电场.....12

研究显示发展中国家风能潜力超出以往估计

联合国日前公布的新的风能分布图显示，包括中国和尼加拉瓜在内的广大发展中国家应用风力发电的潜力大大超出以往预计。

据路透社 12 月 4 日报道，正在加拿大蒙特利尔参加联合国气候变化会议的联合国环境规划署的汤姆·哈姆林表示：“我们的研究显示，（发展中国家）13% 的陆地拥有（风力）开发潜力”。他说，根据此前的估计，只有百分之一的发展中国家被认为具有充足的风力资源，这种结论阻碍了其他发展中国家政府和投资者开发无污染能源的积极性，这些新能源可以被用来替代传统的石油、煤炭或天然气。

新的风能分布图——一项耗资 930 万美元的研究项目的一部分，是利用卫星、气球等资料模拟 19 个发展中国家风能状况而绘制成。在新的风能分布图所包括的国家中，尼加拉瓜、蒙古和越南的风能潜力最大，这些国家将近 40% 的陆地适合风力发电。这项研究认为，适合开发风力发电地区的标准是，每平方米陆地面积可以产生 300 瓦电力，也就意味着地表以上 50 米高处的风速须达到每秒至少 6.4 米至 7 米。（摘编自“国际在线”网，12 月 6 日）

世界风能协会主席：中国发展风力发电大有可为

世界风能协会主席麦卡特日前在南京参加一个绿色能源论坛时表示，中国发展风力发电大有可为。

风力发电是近年来世界各国普遍关注的可再生能源开发项目之一，发展速度非常快。1997 - 2004 年，全球风电装机容量年平均增长率达 26.1%。目前全球风电装机容量已经达到 5000 万千瓦左右，相当于 47 座标准核电站。

麦卡特认为对于拥有漫长海岸线的中国，可以大力发展近海风能。并援引其故乡丹麦在近海风能发电领域的成就来展现风力发电的光辉前景。他说：“2005

年，风能发电已经占丹麦全国电力总量的 22%，而在西北部地区，这个比例甚至已经达到 100%。预计到 2030 年，丹麦全国 40% 的电力都将来自风能。”“中国已经意识到利用可再生能源的重要性。但对于风力发电而言，还需要一系列的政策支持。”麦卡特说，“在风电上网、电价补贴等方面，都应该让企业能看到投资回报。”麦卡特高度评价了江苏东台即将建设的 20 万千瓦风电项目，这是目前世界单期建设规模最大的风力发电项目，建成后年发电量将达到 4.2 亿千瓦时。

麦卡特认为中国还应该优先考虑发展风电设备制造业。一个可供借鉴的国家是印度，2004 年印度的风力发电装机容量达 298.5 万千瓦，位居全球第五，而且建立了自己的风电设备产业。（摘编自“新华网”，11 月 12 日）

中国将会于 2010 年建立起完备的风力发电工业体系

在 2005 年 5 月 17 日结束的全国风电建设前期会议上，国家发展和改革委员会能源局决定，在 2010 年建立起完备的风力发电工业体系，风电技术水平和装备能力达到国际水平。

国家发展和改革委员会能源局局长徐锭明说，目前中国已装备风力发电机 1300 多台，建成 43 个风电场，风电装机容量为 76 万千瓦，但目前仍处在风电建设的初期阶段，风电事业受到风机制造水平较低、科技人才不足和政策措施跟不上等三大因素制约。

中国幅员辽阔，风能资源丰富，风电又属绿色能源，发展风电的条件很好。国家发展和改革委员会能源局计划，到 2010 年，全国风电装机容量达到 400 万千瓦，大型风电场基本立足于国内制造的装备，风电上网电价进一步降低，使风力发电基本能与常规电力相竞争。同时，研究制订促进风电发展的法规和政策，使可再生能源配额制等市场保障政策和具体措施落实到位。到 2020 年，全国风电装机容量达到 2000 万千瓦，在风能资源丰富的地区建成若干个百万千瓦级风电基地，风电在局部地区电力供应中达到较高比例，市场竞争力明显增强。（摘编自“新华网”，5 月 17 日）

不理解、急功近利，中国风能推广受困扰

给风能在中国的推广造成最大困扰的，还是人们的观念：不理解和急功近利。

根据 11 月 6 日公布的一份中国风电发展报告指出，如果充分开发，中国有能力在 2020 年实现 4000 万千瓦的风电装机容量，风电将超过核电成为中国第三大主力发电电源。这份名为《风力 12 在中国》的报告是由绿色和平组织与中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会以及欧洲风能协会共同编写的。

“目前观念的普及还很不够，风电规模化的前景在哪里，可能只有很少一部分经常读报的人会了解，”绿色和平北京联络处的风能专家余洁说。有人认为风电只有价格低才有优势，但余洁认为，只有在形成规模化之后，风电的成本优势才能体现出来，可这需要一定的时间，关系到政府扶持的决心有多大。

风力发电被普遍认为是能够有效缓解中国能源供应困局的新能源中产业化条件最为成熟的，但迟迟不能迈出关键一步，与观念有极大关系。

据中国 900 多个气象台站实测资料推算，我国近海(水深 10 米)离海面 10 米高的风能储量约为 7.5 亿千瓦，但目前我国近海风电开发仍属空白。换言之，伴随着大风呼啸而去，我国浙江、福建、广东等沿海省份近海上空几亿千瓦的巨额风能资源也被白白吹走。

即将实施的《可再生能源法》及中央政府部门近期对清洁和可再生资源的扶持态度，似乎给新能源打开局面提供了一把钥匙，不禁让人拭目以待。（摘编自《风能与太阳能：理解万岁！》，国际先驱导报，11 月 22 日，标题为编者所加）

牵手宁夏 拿下大单 德国 Nordex 在华再建合资公司

继 1999 年德国 Nordex 公司与国内西航集团合资建立风力发电设备生产厂之后，为了适应中国市场对大规模风机的需求，2005 年春季，Nordex 公司又与中航（保定）惠腾风电设备有限公司合作生产兆瓦级风轮叶片。而在刚过去的 2005 年 12 月 2 日，Nordex 同中国的本土公司再次结盟建立了合资公司，拟生产兆瓦级的大规模风力机组，并已有了 200MW 的订单。

12 月 2 日，Nordex 公司签订合作合同，在中国本土生产兆瓦级风机，合作

方为宁夏电力公司（占股 40%）和宁夏天净电能开发集团（占股 10%）。这两家国内公司为贺兰山风电场的共同所有者，而装机容量为 110MW 的贺兰山风电场，总装机容量跃居中国单个风电场之最。

Nordex 风力设备制造有限公司将在宁夏装配 15MW 的风机。合资公司目前已经接到 2009 年交货 200MW 设备的大订单。明年，将为中国市场制造完成首批 26 台风机。这批风机中的一些将仍然由德国制造，并使中国工程师在德国的这些主要工厂中获得培训机会。

在确保风机产量后，Nordex 在当地的制造范围将逐步拓展。按规定，2005 年底，设备制造国产化率应确保不低于 70%。Nordex AG 公司 CEO Thomas Richterich 表示：“我们即将达到 70% 这个水平”。合作双方下一步规划的风电场项目将使装机容量达到 600MW，如果此目标能在中期得以实现，合资公司将有能力拓展生产设施来适应年产量 200 个风机的目标。（编译自 Nordex 公司网站新闻，Nordex establishing joint venture in China: Production facility for large-scale turbines being set up / major order for 200 MW secured）

中德合作研制 1.3MW 风轮叶片 被国家列入国际科技合作重点项目

中德科技合作项目“1.3MW 风力发电机组风轮叶片研制”日前被列入国家国际科技合作重点项目。该项目由中航（保定）惠腾风电设备有限公司与世界十大风力发电机组供应商之一的德国 Nordex Energy GmbH（简称 Nodex）公司合作，共同开发研发兆瓦级风力发电机组技术，填补国内空白。该项目对于尽快研制成功兆瓦级风轮叶片并实现国产化，满足国内外风电市场需求，实现我国能源可持续发展战略具有重要意义。（摘编自保定政府网）

中国风能资源世界第三 发展潜力巨大

有业内专家坦言,《可再生能源法》明年1月1日正式实施,这对即将迎来的新一轮风电打造至关重要,但这并不意味着所有阻碍就自动消除了。事实上,当前国内电力市场的分割与壁垒依然十分严重,这有害于中国未来的替代能源发展战略。

中国可再生能源产业协会秘书长李俊峰指出:风能是目前可再生能源中一项最有效的能源技术,风能既可以化解温室效应带来的气候危机,而且也可以解决并提供稳定的能源供应。

可再生能源发展机遇空前

当前,我国的可再生能源发展恰逢前所未有的机遇。

“国家鼓励和支持可再生能源并网发电。”今年2月,国家颁布的将于明年1月1日生效《可再生能源法》明文规定。

国家发改委能源局可再生能源和农村电力处处长史立山表示,“国家支持可再生能源发展的决心是坚定的,将会采取相应措施鼓励可再生能源的发展。国家发改委已经针对《可再生能源法》在制订比较详细的实施细则。

中国可再生能源产业协会秘书长李俊峰指出:风能是目前可再生能源中一项最有效的能源技术,风能既可以化解温室效应带来的气候危机,而且也可以解决并提供稳定的能源供应。李俊峰称,在今年5月全国风电建设前期会议上,国家发展改革委能源局的规划表明,到2010年我国将建立完备的风力发电工业体系,装机总容量达到400万千瓦,风电技术和装备能力达到国际水平。

截至去年底,我国已建成43个风电场,装机总容量为76万千瓦。按照规划,今后5年我国风电规模将在现有基础上增长4倍多。

最近几年,国内风电价格正以每年15%的速度下降,平均上网电价从0.8元/千瓦时降到0.6元/千瓦时,2004年新疆风电平均上网价格已从去年每千瓦时0.53元降到0.47元,与传统电力的价格竞争优势初步显现。

根据国内风资源分布状况,国家发展改革委首次对30个省(自治区、市)

今后 5 年的风电装机容量做出具体安排。据悉各省已据此组织电网、土地、环保、气象和设计部门于 6 月启动风电场工程规划工作。

根据中国气象研究中心的估计，陆上可开发的风力资源若配合具潜力的产电容量，可达 253 百万千瓦（GW）。而海上风力资源更能进一步提供 750 百万千瓦（GW）的产电量。国内最具丰富风能的地区主要分布于东南沿岸附近的海岛、内蒙古、新疆、甘肃的河西走廊，以及东北、西北以及东南沿海地带。

李俊峰透露，国家将在河北、内蒙古、新疆、吉林等风能资源丰富地区建设若干个“百万千瓦级风电基地”，届时风电将成为华北电网和东北电网的重要电源之一。

据悉，11 月 7 日和 8 日，第二届世界可再生能源大会将在北京举行，届时，来自世界各地的部长级政府官员以及金融界和工业界的人士将共商可再生能源大计。

中国风能资源居世界第三

中国科学院院士何祚庥指出，目前中国发电能源中，火力发电（煤供电）占了 80%，水力发电占 16%，核能约占 3%，风能则仅为 0.11%。此外，煤还是我国冬季供暖的主要能源；仅按供电一项算，到 2020 年中国年需用煤量为 40 亿吨；而我国已探明的煤炭储量为 1145 亿吨，仅能维持 30 年。

中国气象科学院研究员、风能专家朱瑞兆提供的另一组数字则令人兴奋——中国风能资源仅次于美国和前苏联，居世界第三。

“已探明的中国风能理论储量为 32.26 亿千瓦，可利用开发为 2.53 亿千瓦。风能是水能的 10 倍，只要能够将地球 1% 的风能利用好，就能满足全球的能源需要。”朱瑞兆肯定地说。

事实上，全球风能发电正以年增长 35% 的速度发展，德、美、意等国高达 50%，成为发展大趋势，全球风力发电年产值已超 50 亿美元。欧洲风能联盟（EWEA）2004 年度报告指出：到 2010 年，风能发电将占欧洲用电需求的 5.5%；到 2020 年，则可达到 12%。

德国复兴信贷银行（KfW）受德国政府委托，为我国海南省东方市提供 580 万欧元贷款，兴建东方市风力电厂。海南省东方市风力发电厂目前每千瓦上网电价为 0.65 元人民币，略有赢余。德国政府支援的风电厂项目在中国共有 5 个，分布在浙江、广东、山东和内蒙古。据德国专家考察，中国华北地区和东南沿海

地区都具有良好的风力资源，非常适于这类风电项目的实施。

据介绍，用德国政府贷款引进的 18 台风机共 8700 千瓦的装机容量，与相同容量的火电机组相比，每年可节约标准煤 9046.4 吨，节约水 54016.7 吨，少向大气层排放有害物质烟尘 64.57 吨，二氧化碳 148.82 吨、氮氧化物 81.23 吨。

风电发展亦面临困难

2005 年 8 月下旬，神华集团旗下的国华能源投资有限公司斥资 90 亿元，选择河北省沧州沿海地区打造一个装机容量 100 万千瓦的风电厂。而这是中国首个海上风电厂，它标志着中国风能的开发与应用正在提速。

中国可开发风能资源超过 10 亿千瓦。但截至今年上半年中国进入联网的 43 个风电场总装机容量仅 76 万千瓦。

对风能建设不足，中科院电工研究所博士王亦楠一针见血指出，当前，缺乏激励风电发展的各种配套政策，而风电与电网的连接、储能技术薄弱，加之风电规模小、机组依赖进口、开发一次性投入较大、价格比煤电和水电要高、市场化运作存在较大难度，因此，风电的发展还面临一些困难。

为此，专家建议不妨借鉴欧美国家的成功经验：“德国风力发电开发初期，由于其成本比常规电力高出近 50%，导致企业不愿投资、消费者不愿购电。后经实施《可再生能源法》，对这一领域实施补贴，使风能发电工业成倍增长并在去年首次超过了水力发电量。”

实际上，中国风力发电市场存在空间巨大。目前风力发电只占中国总发电量的 0.01%；风力灌溉尚占不到国内总灌溉面积的 0.001%。而精明的海外商家对此觊觎已久，它们对替代能源市场的热衷丝毫不亚于对化石能源市场。

前几年，当国内投资替代能源“无钱可赚”之时，海外能源巨头壳牌、BP 捷足先登。风电设备世界第一的丹麦 Vestas 集团在天津泰达开发区设厂，投资 3000 万美元，生产长度为 39 米的 V80 型 2 兆瓦风机叶片。据中国风能协会最新统计，去年累计总装机市场份额中，国内企业只占 18%，进口企业竟然占到了 82%。

或许是遭遇高油价触发的能源危机，或许是看到替代能源市场正在凸现，近两年中国企业纷纷转向风电开发。据悉，中国大唐集团公司第一个风电项目内蒙古自治区赛罕坝风电场一期 3 万千瓦机组已在 1 个月前投产，而规划装机 10 万千瓦的漳州六鳌风电场已开工，一期工程计划明年底投产。据中国大唐负责公共

关系的黄源经理披露，目前公司正在实施的风电项目有 5 个，其中两个是分别与澳大利亚最大的风电开发商及水坝业主塔斯马尼亚洲水力发电公司和韩国电力公社合作的。预计到 2010 年将有 50 万千瓦以上的水电项目投入运行。（摘编自法制早报，9 月 29 日）

海上风电场

在近期聚焦世界首座大型海上风电场荷斯韦夫（Horns Rev）的系列文章中，已经介绍了该风电场的基本建设状况和环境影响评估。本文根据期刊《Modern Power Systems》中的相关文章，报道荷斯韦夫海上风电场在投入运行后不久，很快显露的该风场在海域极端工程环境下的所经受的意想不到的影响力。



聚焦世界首座大型海上风电场 Horns Rev：运行故障与经验总结

如果说丹麦风电产业的目的是证实在迅猛而多变的近海建设大型风场的耐用性和可靠性，那么，除了荷斯韦夫，别无他选。该风场距海岸 14~20 公里，海域平均风速 9.7 米/秒，而最高风速达 53.8 米/秒。另外，浅海的高洋流进一步助长着汹涌的海浪——8 米的海浪不足为怪。该风电场共安装 80 台 2 兆瓦的 Vestas V80 型风力发电机，分成五组，年发电 600 百万千瓦时。同时，建造了一座离岸平台，用于安装 34/150KV 变电站与相应的开关设备，所有风机输出电缆汇集于此，经变压后用一根电缆输送到陆地。当初预算的投入建设费用为 2.7 亿丹麦克朗（约为 4272 万美元），其中，从风机到接入陆地电网的装备费用为 4000 万丹

麦克拉 (约为 633 万美元)。

一波三折

2002 年 7 月 29 日上午 8:20，荷斯韦夫海上风电场的第一台机组投入运行，产出的第一波电力传输至国家电网。5 组风机中的首组 16 台发电机原定于 2002 年 7 月投入使用，但主电缆故障造成延期，不得不接入一段 150 米长的新电缆。当时计划于 2002 年底之前将全部 80 台风机投入运行，事实上，到该期限，这些机组均已启动。2002 年 11 月 4 日，该项目中采用的此类型 1 台试验风机由于安全系统故障而损坏时，荷斯韦夫离岸风电场的开发工作暂停。这是几天中第二台此类风机遭受损坏。损坏的部件都是风机的叶片，造成的原因是人为干扰了控制系统，引起叶片超速。在风速较低时 (约 10m/s)，控制系统的失效会导致风机的超速。本应在这种情况下停止风机的安全系统却失效了。然而，风机的第二个应急系统却在此时制动了转子。其结果是使转子承受了极高负载，造成 3 个叶片全部受损。80 台强大的荷斯韦夫矩阵中，13 台当时投入运行的风机由于安全原因而停止运行，直到查明故障原因。最后，制造商 Vestas 确定的原因是：造成故障的原因是人为因素，10 月 24 日员工在改动风机控制器的连接时出错，因此，此问题仅限于单台风机，没有理由认为这种问题会发生在同类型的其它机组上。然后，荷斯韦夫离岸风电场的风机重新启动。Vestas 决定修改试验风机的改动步骤。到 2003 年 2 月，所有风机均开始了它们的合同试运行期。

但给人的感觉是在接下来的一年半运行中，这 80 台机组同时运行的时间仅为半小时。统计表明，在这一年半时间中总计出勤维护约 75000 次，即每台风机每天维护 2 次。每当需要另一件扳手或者新电路板时，不得不要另一架直升飞机送来。设备维护人员已习惯于乘坐在维修车辆中待命。

运营商 Elsam 未曾想到荷斯韦夫项目会面临如此众多的挑战。其一，尽管该风机技术已经过实证，它是安装在英国 Blyth 作为技术测试、运行良好的两台离岸 Vestas V66 风机的放大机组，但当地流行的录像片段揭示了破碎浪跃过发电机舱顶部的情形。其二，该现场处于新开辟的处女地和运行着把风电场电力输出的高压电网的条件之中，这也是值得关注的重大挑战。其三，与航海、航空当局之间的联络则是更重要的考虑因素。

运行故障

2003 年 8 月变压器开始出现技术故障，到那年冬天受影响的变压器约达到

20-30%，原因是综合性的——制造问题、离岸的气候条件、空气中侵蚀变压器的盐份，以及来自陆上储存变压器的后期影响。在第一年内，当五分之一风机受到影响时，Elsam认为：最终所有的变压器都会发生故障，为此决定更换所有变压器。除了变压器之外，发电机也发生了故障，但数量比变压器少。然而，其原因仍然是显而易见的制造问题，Elsam同样决定予以全部更换。

Vestas 认定最根本的原因是零部件的问题，而这并不是一个新问题，前一年已经发现问题出在变压器，绝缘不正确，绝缘故障引起短路。发电机的问题则在于线圈没有发挥其功能。而零部件供应商则认为荷斯韦夫受盐份侵蚀的程度比其它风电场严重得多。

补救方式

运营商 Elsam、风机制造商 Vestas，以及变压器与发电机供应商 ABB 分析了这些情况，并最终认为：盐水进入发电机和风机变压器，加之制造不当显现出来的问题是导致决定将全部发电机舱运回工厂拆卸，然后，调换变压器和部分发电机的主要原因。由于直到 2004 年春天，显而易见的问题是几乎所有的机舱都有可能发生故障，另外，由于浮吊的成本问题，放置于 Tjaereborg 陆上的全部 80 台风机和测试的机舱被运到岸边。直到 10 月底，船只齐备、气象预报良好时，Elsam 决定在岸边开工。同时，将风机叶片送回到制造工厂清洁，修复被雷电击坏之处。

结果，从 7 月份开始到 10 月份结束的原定计划顺利进行。Elsam 希望 10 月底此项维修工作全部完成，在他们看来，这些费用微不足道。至于风机，Vestas 负责为期 5 年的可靠性担保。

对于发电机的缺陷和变压器绝缘的失效，Elsam 认为存在技术问题，Vestas 对其质量保证也表明了承担责任的态度，虽然变压器的问题已经解决，然而据称发电机失效是因为出厂时就存在的安装问题，并非设计缺陷。

点滴启示

在许多问题解决之前，有关荷斯韦夫风电场的发电机与变压器问题，以及精确性有问题的机械，至今尚未彻底搞清结症所在。但共同的想法是质量与制造问题在其中扮演着重要角色。而迄今为止，这些问题似乎已经在其它 V80 离岸机组中被避免，例如在英国的北霍伊尔和史阔碧沙洲风电场，那里的风力发电机并没有使用相同的发电机和变压器，而是 V80 的升级版。

Horns Hev 风电场设备的建造迫于极其紧凑的日程安排，至少对于首例此类项目而言，时间实在是过于紧张。它所采用的是新一代 V80 离岸海上风电机。这是一款相对而言新型的机组，直到开始制造，仍在“澄清事实和进行开发”，甚至在制造中，还增加最后阶段开发与决定的“附加插件和项目专用零部件”。制造量的增加比预期困难的多，再加之运送人员的时间等，使日程安排遇到的挑战更趋复杂化。

荷斯韦夫风电场教训引出的一项设计变化是：修改风机的冷却进气通道，避免变压器暴露在进入的含盐水空气流中。

经验总结

由荷斯韦夫风电场的设计、运行经验推广到其它风电场的设计、运行，可总结出如下经验教训：不要仓促改变设计和增加新特性。即使是很小的改动，如未在风机上实时验证，都会产生巨大影响；必须明白，质量管理是重要事项，对于离岸项目，由于进入困难且费用高，更显得极其重要；设备的每个方面都要检测；即使增加成本，也必须把设计评估和风险评价视作最基本步骤，且采用更多离岸用特殊零部件。

德国发展海上风电雄心勃勃

在海上风电场的建设方面，德国的规划可谓气势宏伟。根据德国政府 2002 年公布的战略纲要，2006 年安装的海上风机容量至少在 500MW，2010 年安装量将增至 3000MW，2030 年的长期目标中，包括德国海岸地区、专属经济区（EEZ）和国土外围 12 英里范围内将达到 25000MW 的安装容量，产生 70-85TWh 的电力，达到同比 1998 年全德电力需求的 15%。

由于缺乏合适的场地，德国陆上风电场的新建工作将在今后十多年中减缓，因此转向海上风电场的强制建设。

计划开发风电场开发商的名单冗长，其中主要是在 EEZ 和海岸线外围的野生和航运等近海区域。离岸距离意味着大多数的开发商正在期待高于 4MW 的大容量机组能在风电场开始建设之前面市应用。

表：德国海上风电发展阶段规划

Phase	Period	Potential capacity	Potential power yield
Preparation	2001 - 3	—	—
Initial construction	2004 - 6	Up to 500 MW	c. 1.5 TWh p.a.
First expansion	2007 - 10	2,000 - 3,000 MW	c. 7 - 10 TWh p.a.
Additional expansion	2011 - 30	20,000 - 25,000 MW	c. 70 - 85 TWh p.a.

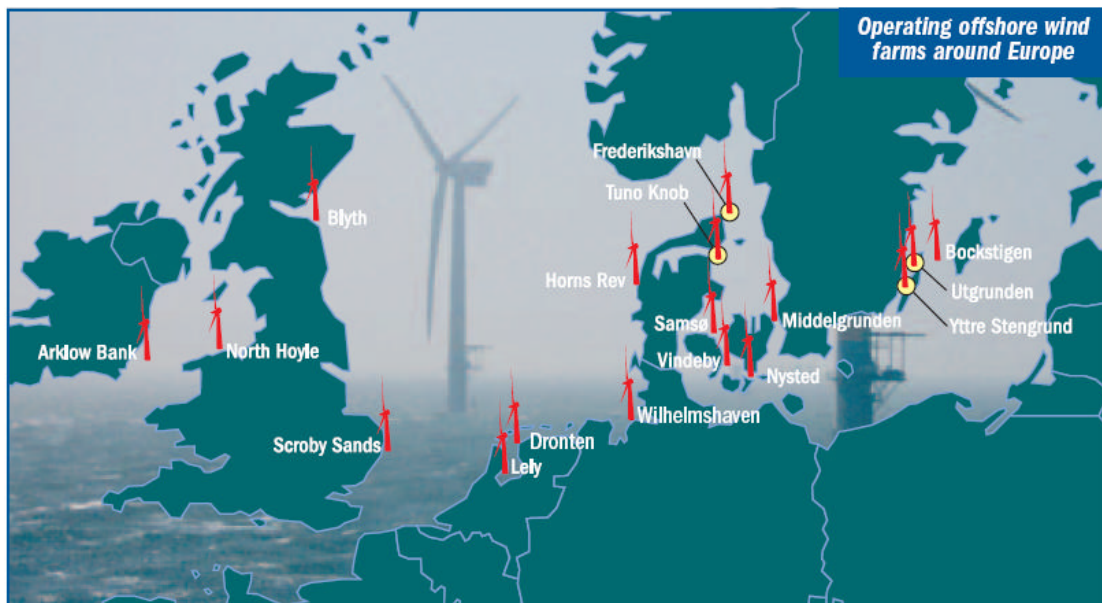
Source: German government strategy, January 2002

数据与图表：欧洲海上风电场

海上风电场的建设对于风电行业的新发展而言是一个重要阶段，可以吸引大量项目资金的筹集。目前为止，欧洲地区有十三座离岸距离超过 1km 的风电场成功投入运行。海上风能利用的经验仍然较为有限，已经建成的真正意义上的海上风电场仅 5 个，分别是 Horns Hev ,Nysted ,North Hoyle ,Arklow Bank 和 Scroby Sands，这些风电场方可视作未来海上风电场的代表。

但若能从之前的运行经验中有所收获，则对该行业的建设和发展更为专业化。我们发现：花费在陆上规划、设计、工程中的细节制造等方面的人工对确保海上电场的高效运行而言是一项非常重要的投资。对股东和缔约者的早期管理也有助于项目进程，同样很有必要。

图：欧洲运行中的海上风电场

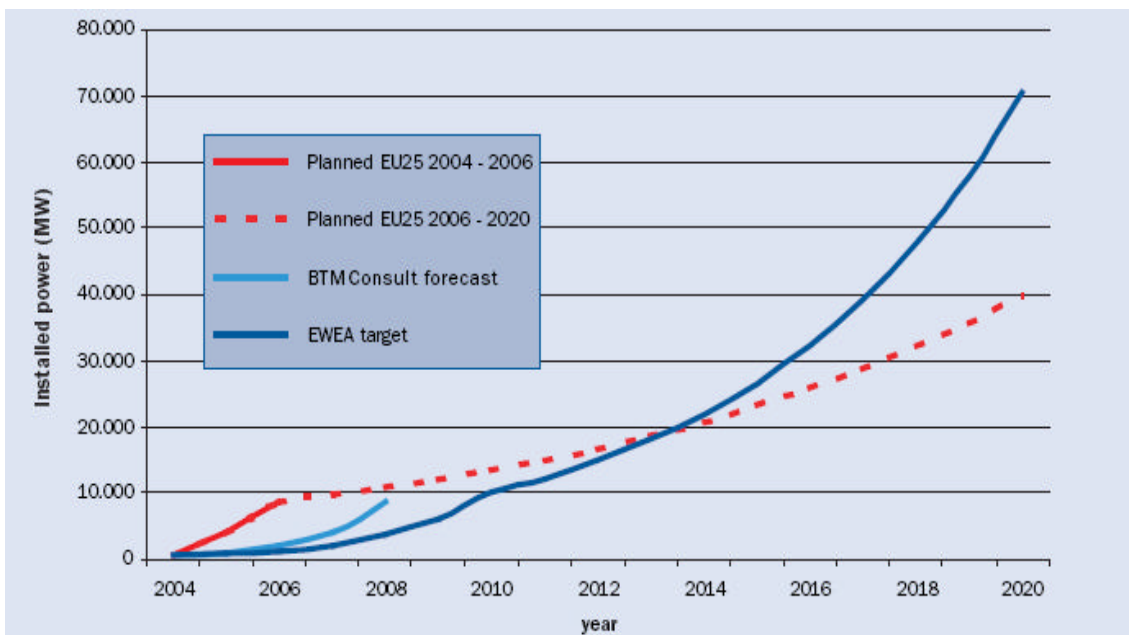


表：欧洲 13 座海上风电场基本参数

Construction and operation specifications, offshore wind farms over 1 km from shore							
Location	Build	Turbines (capacity)	Dist. from shore	Water depth	Hub height	Foundation type	Output kWh/m ² /y (kWh /y)
Vindeby, Denmark	1991	11 Bonus (5 MW)	1.5-3 km	2.5-5 m	37.5 m	Concrete caisson	1,130 (11,200,000)
Tunø Knob, Denmark	1995	10 Vestas V39 (5 MW)	6 km	3-5 m	40.5 m	Concrete caisson	1,046 (12,500,000)
Bockstigen, Sweden	1998	5 Wind World 37 (2.8 MW)	4 km	6 m		Drilled monopile	1,544 (8,300,000)
Utgrunden, Sweden	2000	7 Enron Wind 70 (10.5 MW)	12 km	7-10 m		Driven monopile	1,370 (36,900,000)
Blyth, UK	2000	2 Vestas V 66 (4 MW)	1 km	6 m (5 m tide)	58 m	Drilled monopile	1,754 (12,000,000)
Middelgrunden, Denmark	2001	20 Bonus 76 (40 MW)	2-3 km	2-6 m	60 m	Concrete caisson	1,100 (99,000,000)
Yttre Stengrund, Sweden	2001	5 NEG-Micon 72 (10 MW)	5 km	8 m	60 m	Drilled monopile	1,475 (30,000,000)
Horns Rev, Denmark	2002	80 Vestas V 80 (160 MW)	14-20 km	6-14 m	70 m	Drilled monopile	1,493 (600,000,000)
Samsø, Denmark	2003	10 Bonus 82 (23 MW)	3.5 km	11-18m	61 m	Monopile	1,480 (78,000,000)
Nysted, Denmark	2003	72 Bonus 82 (165.6 MW)	9 km	6-10 m	70 m	Gravity base	1,600 (595,000,000)
Arklow Bank, Ireland	2003	7 GE 3.6 (25 MW)	7-12 km	5 m	74 m	Monopile	1,600 (95,000,000)
North Hoyle, UK	2003	30 Vestas V80 (60 MW)	7-8 km	12 m (8 m tide)	67 m	Monopile	1,600 (240,000,000)
Scroby Sands, UK	2004	30 Vestas V80 (60 MW)	2.3 km			Monopile	

Source: Wind farm operators

图：欧洲规划中的海上风电市场增长



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 021-64334774