

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19期 2006年11月30日

文章导读

风行中国

- 风电政策促自主研发 将在税收等多方面给予支持..... 1
- 进口风力发电机组占据中国近八成市场..... 2
- 发改委支持江苏进行风电技术创新..... 3
- 江苏“十一五”将建设 100 万千瓦风电项目 4
- 国电科环与德国 Aerodyn 公司联合设计风电机组..... 4

海外来风

- 法国风电：预计 2006 年将翻番..... 5
- 加拿大最大风电场建成..... 6
- 突尼斯加大投资 或成非洲最大风电国..... 6
- 日本研究者提出建设沿海风电场方案..... 6

纵深 · 现状

- 内蒙古风电投资降温 “非并网”或为选择 7

技术前沿

- 法国首个海上风电场青睐 Multibrid 技术 10
- 荷兰 Delft 大学研究的阶梯型小型风力发电机简介（下） 13

风电政策促自主研发 将在税收等多方面给予支持

由发改委、财政部等部委制定的《促进风电发展实施意见》已成型，不久即将面世。这一政策将着力培养具有自主知识产权的风电生产商，下一步还将具体制订给予风机场、研发中心具体补贴等政策，这一系列政策将促进风电设备制造商技术研发，对整个风电产业产生巨大影响。

纳入国家电网建设规划

实施意见将分别从风能资源评价，编制风电发展规划；风电的电网建设纳入国家电网建设规划；支持风机制造国产化和培育自主品牌；建立风电价格和税收政策等方面对风电发展给予支持。

财政部副部长曾提出，要防止“一哄而上”，盲目建设风电。分析人士说，“目前，要使一台风机产生 1 千瓦电能，其综合造价约 1 万元”。根据我国政府计划，在 2020 年风力发电能力达到 3000 万千瓦，那么，整个投资将达数千亿元。风电建设耗资甚巨，而我国风电机组制造水平尚未达到“自主”的程度，急于大规模建设风电场可能导致两个政策层不愿看到的结果：一是使用尚待改进的国内风机，导致风机场寿命缩短；二是国内风电市场为外资所垄断。

目前，国际风电设备市场基本为几大国际风电巨头所垄断。而这些国外风电制造商已纷纷在我国建厂，丹麦的 VESTAS、西班牙的 GAMESA 和印度的 Suzlon 在天津建厂，美国的 GE Wind 在沈阳建厂。这四巨头在我国的年生产能力已经超过 300 万千瓦。

“十一五”期间，政府的着力点是夯实风电发展的基础，为“十二五”时期以自主知识产权为主的风电事业展翅腾飞奠定坚实的基础。

研发能力强者受益

实施意见呈现出对自主知识产权的明显“偏向”：“十一五”期间，将建立风电设备标准、检测和认证体系；以技术开发能力较强的研究机构和企业为依托，建立国家风电机组整机和零部件技术研究开发中心；对具有自主知识产权和自主品牌的兆瓦级风电机组的整机制造企业和零部件制造企业给予资金补助等。

“使风电产业民族化”或许是这一政策的明确导向。这对于目前研发能力较强的制造商将是一个福音。但是，国内又有多少真正自主的制造商呢？为了抢占国内市场，目前以“嫁接”方式引进国外技术，成了一些公司尤其是实力不凡的上市公司的首选。湘电股份(600416)和天威保变(600550)今年都已分别“牵手”日本国株式会社原弘产和英国 GH 公司。

这种合作模式不仅是出于国内生产商争夺市场的需要，更是国外生产商为满足“风电设备国产化率需达到 70%”的政策杠杆所采取的“曲线进场”策略。诚然，这些公司在风电市场上获得了先机，但是，对于我国风电的整体发展和自主化战略来说，这种合作模式不一定是正面的。所以，此次国家出台促进风电发展的政策，对合作下产生的制造商或许受益不大。

难现爆发式增长

业内资深人士说，国内确实有一些制造商，如新疆金风、沈阳工大等坚持走自主研发之路，取得了很大进步，“在这场政策东风中，他们或许会最先受益”。

但是，即使这些公司受益，限于其技术水平，它们也将难以扛起“自主知识产权产业化”的大旗。而国内一些技术研发能力强的制造商，如国京电器等往往规模还比较小。这些新兴公司如果没有大规模的资金支持也难以出现爆发式增长。

另外，目前，很多制造商还停留在模仿阶段。业内人士说，“虽然能够制造出样式差不多的风机，但是，很多风机连最基本的载荷测试都没有，更谈不上掌握核心技术了”。我国还缺乏对风机寿命测评的中介机构，甚至还缺乏一套真正意义上的“国标”。专注于风电基础数据的研究和风机设计工作也才起步不久。

打造拥有自主知识产权的风电产业这条路并不平坦，也许，我国风电真正爆发式增长还得到“十二五”时期。

（摘编自中国证券报 2006/11/28 新闻）

进口风力发电机组占据中国近八成市场

截至 2005 年底，进口风机设备占据中国风机市场 77% 的市场份额，中国风能协会理事长贺德馨表示，中国风电企业要着重做好风机设备的自主创新与研发工作。

中国风能协会理事长贺德馨 11 月 24 日在“2007 上海国际风能大会暨技术和

设备展览会新闻发布会”上说：“2005年全国新增电力装机量为50.3万千瓦，比2004年增长250%，使得全国现有总装机容量达到126.6万千瓦，而截至2005年底，进口风机设备占据中国风机市场的77%的市场份额。中国国产风机占市场总份额的22.7%，虽然2005年情况有所好转，但当年的新增机组国产化份额依然不足三分之一。国外风力设备企业纷纷抢滩中国风机市场，关键在于国内装备制造制造业很难在短时间与国外技术相抗衡。因此国内企业不仅要引进、消化和吸收好国外技术，国内企业更要做好风机设备的自主创新与研发工作。”

对于为何会有这么多国外风力设备企业抢滩中国风机市场，中国资源综合利用协会可再生能源专业委员会秘书长表示，“随着2006年年初颁布的《中国可再生能源法》及‘十一五’规划的实施，中国的风能市场将迎来快速增长期，因此国外很多企业都很看好中国市场。”他还预测，2010年我国风机装机容量将达到500万千瓦；2015年将达到1000万千瓦；2020年则会达到3000万千瓦。

（摘编自中国经济时报 2006/11/27 新闻）

发改委支持江苏进行风电技术创新

2006年10月25日，由中国宏观经济学会、中国可再生能源学会、中国风能协会、江苏省发展和改革委员会等单位举办的中国风电多元化发展战略国际研讨会在京召开。国家能源办、国家发展改革委能源局等能源主管部门的官员在会上表示，发展可再生能源是支撑我国可持续发展的必由之路，江苏具备加快发展风力发电的有利条件，支持和鼓励风力发电方面的技术创新。

江苏省发展改革委宏观经济研究院近年来紧密围绕经济和社会发展中的热点与难点问题开展课题研究，取得了一批重要成果。与会专家认为，江苏省的东台、如东、大丰三市所辖的浅海辐射沙洲具有独特的风力发电资源优势，大部分沿海岸线和滩涂均可成为建设风电场的基地。其中位于东台市、大丰市东端附近的东沙更是全球难得的建设大型海上风电场的理想场区。东台20万千瓦风电特许权项目已开工建设，这是目前国内也是世界单期规模最大的风电项目，加上江苏大丰、如东、响水、滨海、射阳风电项目已启动或获准建设，海风电场走廊将成为江苏沿海近千公里海岸线上的一个新的支柱产业，江苏将成为我国最大的风电产业基地。

(摘编自中国改革报 2006/11/3 新闻)

江苏“十一五”将建设 100 万千瓦风电项目

在 11 月 16 日召开的可再生能源规模化发展国际研讨会上，江苏省发改委主任介绍，江苏省规划“十一五”期间建设风电项目 100 万千瓦，目前在建和已确定的项目为如东一期、如东二期、东台一期、大丰风电项目。江苏省风能资源评价和大型风电场选址工作将于 2006 年底完成。

江苏拥有 954 公里海岸线，东部沿海 30 公里范围内是风力资源最为集中的地区，沿海地区具有典型的季风特征。据估算，江苏省陆上风能资源可开发量约为 238 万千瓦，浅海和海上风电场可开发量更大。

(摘编自新华网 2006/11/20 新闻)

国电科环与德国 Aerodyn 公司联合设计风电机组

11 月 1 日，国电科技环保集团与德国 Aerodyn (埃若旦) 公司 1.5MW 风力发电机组联合设计合同及国电科技环保集团龙威公司与明阳风电公司 1.5MW 风力发电机组技术共享协议签字仪式在北京举行。

国电科技环保集团有限公司成立于 2004 年 11 月，是由中国国电集团公司对其下属的高科技产业进行整合而组建的企业集团。公司的注册资金为 2.5 亿元，股东由中国国电集团公司、国电电力发展股份有限公司和龙源电力集团公司组成，分别持有 45%，49%和 6%的股份。

德国 Aerodyn (埃若旦) 公司是全球风力发电机设计巨头，由说是工程师 Soenke Siegfriedsen 于 1983 年在 Rendsburg 创建，公司成立以来一直从事风机整机设备和风机各相关部件的开发，至今该公司已为大多数制造商的众多机型在市场上的成就作出了重要贡献，并成功进行了大量的整机设计。现今的许多创新的概念和设计都来自于 Aerodyn 公司。

(摘编自 2006/11/7 国电科技环保集团新闻)

法国风电：预计 2006 年将翻番

11 月 16 日，在法国北部城市阿米昂举行的一个研讨会上，法国环境及能源控制署主席米谢尔·帕巴拉多夫宣布，法国的风力发电近年来得到大力发展，到 2006 年年底，将达到 1500 兆瓦，与 2005 年年底的 757 兆瓦相比增长了近一倍。

因为 150 年不间断地开采和无节制地使用，全球石油市场起伏不定，价格不断上涨，以至于越来越多的观察家认为，世界已经进入“后石油时代”。虽然法国目前已是世界继美国之后的第二大核电大国，但面对新时代的挑战以及处于环境保护和可持续发展的长远考虑，法国政府近年来一直通过出台各种政策措施来鼓励发展各种绿色能源。根据 2005 年 7 月 13 日出台的法国能源发展指导法案，到 2010 年，法国电力供应中的 21% 将来自包括风电在内的可更新能源。

根据法国环境及能源控制署的资料，截止到今年 10 月底，法国风力发电能力已达到 1337 兆瓦特，预计到今年年底可突破 1500 兆瓦特。虽然法国风力发电能力近两年得到了长足发展，但和周边的欧美国家相比还有很大距离。据统计，法国的近邻德国、西班牙的风电能力都远高于法国，各自达到了 19000 兆瓦和 11000 兆瓦；童话王国的丹麦虽国土面积不大，但由于一直是欧洲风力发电领域的先锋，其风力发电量也已达到 3122 兆瓦。1995 年全球风力发电总量为 4800 兆瓦，目前已达到近 60000 兆瓦，其中欧盟 25 国的风力发电量为 40000 兆瓦。

根据法国可更新能源联合会的预测，按照现有发展计划，到 2010 年，法国风力发电能力将达到 10000 兆瓦。但该联合会也承认，要实现这个目标，需要包括政府、民众在内的各界一起排除一切阻碍风力发电的障碍。就目前而言，反对意见主要集中在风力发电对自然景观的影响及运作时产生的噪音。对此，米谢尔·帕巴拉多夫认为，虽然法国风力发电具有良好繁荣前景，但考虑到各种制约因素影响，到 2010 年，法国风力发电总量可达 5000 到 7000 兆瓦，要突破 10000 兆瓦大关应在 2010 年之后。因为从法国西海岸传来消息说，当地政府宣布将暂缓一项兴建 156 座临海风力发电站的大型计划，而该计划所涉及的风力发电总量为 702 兆瓦。

（摘编自科技日报 2006/11/20 新闻）

加拿大最大风电场建成

由加拿大电力公司 Brookfield 承建的王子风电场日前竣工，两期总装机为 18.9 万千瓦，安装 126 台风电机，占地近 2 万英亩，是加拿大迄今为止最大的风电场。Brookfield 电力公司总装机近 380 万千瓦，包括 138 个水电站，位于 49 个水系上的抽水蓄能设施，一个风电场，两座火电厂和输配电资产。首期 9 万千瓦装机 2006 年 9 月投运，二期 9 万千瓦 11 月投运。根据安大略政府对新能源供应的要求，这两期工程均享有 20 年供电合同。目前 15 名全职人员管理风电场。

Brookfield 电力公司负责人表示，首期风电开发工程完工证明公司取得进展，总装机增加到 380 万千瓦，公司在安大略新能源发展计划扩大到 120 万千瓦。该电力公司的计划是 380 万装机，包括 138 个水电站，49 个河系上抽水蓄能设施，一个风电场，2 个火电厂，输电和配电资产，主要在北美东北和南美。加拿大能源部长说，安大略现在是加拿大主要风力发电省份，这要感谢王子风电场及其电力公司 Brookfield。

（摘编自中国能源网 2006/11/28 新闻）

突尼斯加大投资 或成非洲最大风电国

在石油价格不断上涨的情况下，突尼斯政府加大新能源如风电投资。15 年前，该国 Sidi Daoud 风电场装机为 8700 千瓦，2007 年扩机之后，该风电场可望达到 3.4 万千瓦。虽然与燃油或燃气电厂相比，突尼斯当前的风电场数目不多，但其作用不可忽视：它可节省费用 1000 万第纳尔。除了节约资金之外，它能减排 11.3 万吨碳进入大气，与 2.35 万辆汽车排放量相当。

近来突尼斯国家电力公司决定再建三座总装机为 12 万千瓦的风电场，这将使突尼斯风电总装机达 18 万千瓦。如此，突尼斯将成为非洲最大的风电使用国。

（摘编自中国电力新闻网 2006/11/21 新闻）

日本研究者提出建设沿海风电场方案

经东京大学和东京电力公司联合进行研究认为，在关东地区建设大型沿海风电场，日本可以得到本国所需 10% 以上的电力。结论称，日本可以通过风电场每

年发电 1000 亿千瓦时，并为化石燃料找到替代品。由东京大学副教授率领的研究小组计划在 11 月 22 日开始的研讨会上宣布他们的提议。

通过两年观察和对气象资料的研究，研究小组认为关东地区风力足够强大。小组提出的预选厂址排除渔业和风景区。研究者认为，日本如果设立大型风电场，安装 1.2 万台风电机，每个装机 2400 千瓦，年发电量可达 1000 亿千瓦，超过该国年耗能的 10% 多。但由于绝大多数风电机将安装在沿海，也引来一些批评。批评者说，这将对环境造成不好影响。

（摘编自中国电力新闻网 2006/11/13 新闻）

纵深·现状

内蒙古风电投资降温 “非并网”或为选择

在过去二年内，有关内蒙古风电投资热潮的报道不断见诸媒体。以至于这种投资“过热”的局面，还一度引起国家相关部门的高度关注。然而目前许多风电投资商正在纷纷撤离内蒙古。

近两年到内蒙古考察风力发电的中外投资商至少有上百家，最后签订协议的也有 50 多家。而事实上，“在已签订协议的企业中，目前真正进行建设的只有十来家，一些企业还在观望，而一些企业已决定撤出”。计划撤出的投资商，大部分都已基本办齐手续，如华睿集团、瑞士 Adxia 公司、中加合资的希力方舟等。而西班牙 EHN、美国金州等公司，目前在内蒙古建立风电厂的前期工作也已基本完成，但因没有拿到电价，目前仍在观望。

招标定价引发投资退潮

什么原因导致内蒙古风电投资在短短时间内出现“冰火两重天”的局面？业内人士称：“这些企业普遍对目前中国在风电领域实施的招标电价制不满，因为低价中标的结果是几乎无利润可言。”因为招标定价实际上是以“出最低价者为中

标者”的标准来定价的，所以导致中标的上网电价远低于合理范围。在我国长江以北地区，合理的风电价格应不低于 0.56 元/千瓦时，长江以南地区应在 0.60 元/千瓦时以上。如果低于这个价格，企业将无利可图。

但是，从目前四期招标结果来看，中国风电特许权中标价全都低于合理价格。2003 年如东项目中标的华睿公司中标价为 0.436 元/千瓦时(其他 5 家公司的投标价在 0.607 元—0.715 元/千瓦时之间)，2004 年如东二期项目中标的龙源公司中标价为 0.51 元/千瓦时，通榆项目中标的龙源和华能公司中标价为 0.509 元/千瓦时。

而在近期结束的第四次招标中，内蒙古辉腾锡勒项目的中标者北京国际电力新能源有限公司的中标价格更是创出了全国最低价 0.382 元/千瓦时。正是由于招标电价过低，使风电投资商难以赢利，所以许多投资商已经对在内蒙古投资风电失去兴趣。

“七号文件”争议

今年 1 月下旬国家发改委下发的《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》(下称“七号文件”)。“七号文件”明确规定：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。“7 号文件”的内容大大出乎业内的预料。据了解，国家之所以最后确定了招标定价的方式，主要是考虑到各地区经济发展不平衡。

然而，即使有其合理的因素，但风电招标定价体制最终导致的结果，显然是令投资者大受打击。10 月 26 日，中国可再生能源委员会、世界风源协会和绿色和平组织专门就中国风电价格政策组织中外相关企业召开研讨会。会上绝大多数代表认为，目前世界上许多发达国家都已经采取了风电政府定价的政策，中国应向这个方向靠拢。

内蒙古自治区发改委专家组另一位成员赵逵也表示，特许权招标对发展风电并不合适。因为，特许权招标是指对不可再生的、稀有的矿物质招标、是要有计划去开采的。但风能是可再生的，而且分布广、范围大、资源多，是应该大力支持鼓励的。此外，现阶段我国风力发电还没有形成产业，市场尚不成熟，全国去年风电装机容量仅占整个电力装机的千分之二，在这种情况下，不能把它全面推向市场，而应小心培育。国家发改委能源局则表示，目前我们还不能跟欧美发达

国家相比，“招标是促进竞争，谁有能力谁来干”。

低价后遗症

“我们正考虑把项目移到别的国家去。”在“2006 长城世界可再生能源论坛”上一位外商代表激动地说。一些代表更质疑，为了降低标价，不少投资企业不得不各出奇招，如过高评估风能资源和上网电量，设定较高的第二段电价，低估设备价格、风电机组基础成本和消减运行维护费等。有的投标企业还与本公司在境外注册的企业组成所谓的“中外合资企业”享受外商优惠政策，形成不公平的竞争。

据中国可再生能源委员会以及绿色和平组织对中国近三年来风电招标的统计看，最后能够中标的绝大部分都是国企，而民营和外资企业则微乎其微。以第四期项目为例，此次参加投标的开发商共有 17 家，都是清一色的国有电源公司。

统计报告还指出，这些企业依托集团的强大后盾，往往报出很低的投标价，结果达不到吸引民营和外国投资者、实现风电开发多元化的目的，从而阻碍了风电产业整个产业链的健康发展，最终与培育风电这个新兴产业的初衷相违背。

最令人担心的是，根据内蒙古自治区的规划，到 2010 年要实现风电装机容量 400 万千瓦，完成全部项目投资至少需要 400 亿人民币。内蒙古自己没有钱，只能招商引资，但是利润空间的有限性影响了投资的积极性。

（摘编自 21 世纪经济报道新闻 2006/11/6 新闻）

技术前沿

法国首个海上风电场青睐 Multibrid 技术

2005 年 9 月,法国产业部对外公布了已确定的国内首个海上风电场工程的招标结果情况。令人惊讶的是,在十个投标中仅一个获得通过。该工程名为 Enertrag Côte d'Albâtre SAS,是 Enertrag Aktiengesellschaft 的一个子工程,与获得 Multibrid 风力发电机技术的德国 Prokon Nord 公司合作。具体地理位置见图 1 所示。

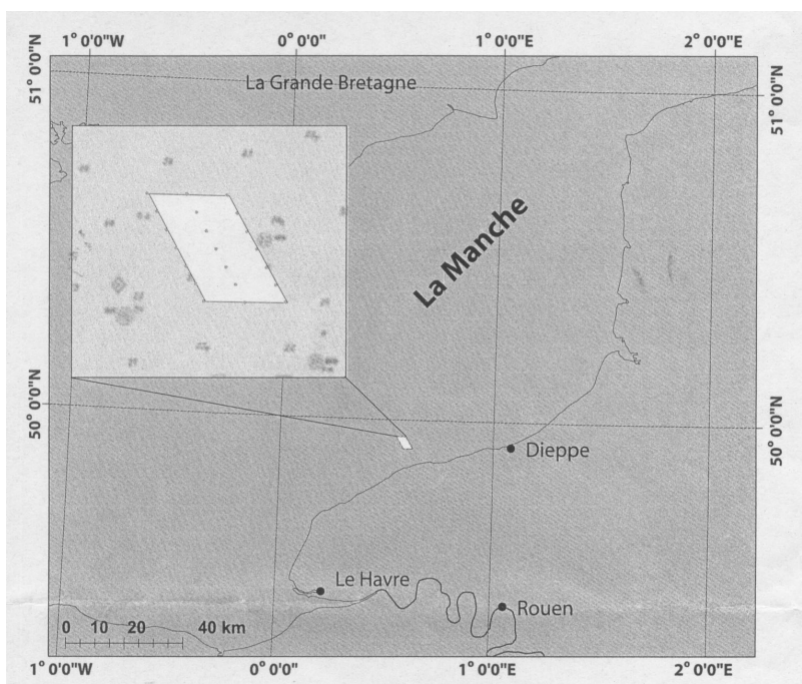


图 1. 法国首座海上风电场的地理位置

该工程距离 Seine-Maritime 海岸 7 公里,水深约 23 米,拟在 2007/2008 年间兴建,计划安装 21 台 5MW 的 Multibrid 的 M5000 型机组,M5000 是专用于离岸状况的风机。自 2005 年春季以来,一台 M5000 型样机在德国的 Bremerhaven (陆上)成功试运行,已于 2005 年 5 月投入正式运行。此外,当地设有 Multibrid 的机组制造厂家。

像 Ecotecnia, Dewind 等制造商一样, Multibrid 为也是拥有一定技术能力的峰巅制造商,擅长风力转换器等部件制造。Multibrid 作为竞标成功的公司,对于该工程的建造做了长期、细致的规划,其中还特别考虑了生态环境、旅游业,这是他们成功的主要因素。该规划是由法国的 Enertrag 完成,选址的工作则由

Prokon Nord 参考来自德国和英国兴建海上风电场的经验调整完成。另一个因素是 Multibrid 降低了机组的重量，连叶片在内总质量是 310t（实际安装时的最大起吊重量会更轻），同样作为 5MW 机组的 Enercon 公司的机组质量为 530t，Repower 公司的机组质量为 420t。



图 2. 位于 Bremerhaven 的 M5000 于陆上正式运行

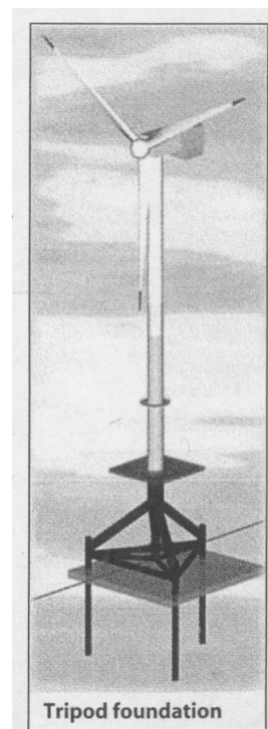


图 3. 三角架式基础

Multibrid 的策略是尽可能在岸上安装尽可能多的机组，然后才安装至海上。因此，第二台 M5000 型机组于 2006 年 10 月/11 月又在德国的 Bremerhaven 进行装配。这次将采用三角架式基础，该技术是海上风机安装的一个重要新起点，是 Multibrid 公司安装离岸风机时优先采用的技术方案。公司计划于 2007 年初再在 Bremerhaven 兴建两台岸上机组。基于上述岸上机组运行经验，2007 年，Multibrid 还将德国国家北海测试基地安装 4 台 M5000 型离岸机组，该基地位于 Borkum 海岸以外 45 公里处，其它制造商业会提供 8 台机组。这些都将成为法国 2008 年的首个离岸工程累计不少所需的经验。

M5000 型机组额定功率 5000kW，转子直径 116m(扫风面积 10000m²)，风机采用变转速、全变桨调节。轮毂高度风速为 10m/s 时的年发电量测算值达到 2200 万 kWh。“Multibrid”的设计符合德国劳艾德标准以及国际电工协会一级风电场标准。

开发 Multibrid M5000 型机组的过程中，最重要的内容是降低机舱和叶轮的

重量，但同时又必需最大化机组可靠性。主要的指导方针即是，将旋转部件的数量最小化，仅采用两处啮合。低转速和少量的旋转部件以及滚柱轴承可降低将驱动链的损坏风险降至最低。滚柱轴承、齿轮系统及发电机的集成令设计变得格外紧凑，自叶轮至塔架顶部的负载路径变短。

M5000 的机舱和轮毂受到密封，由此可以防止海洋空气的进入。机组中的空气处理系统安装于塔架底部，过滤海洋空气，能够分离周围空气中的水分和盐粒，确保风电机组内部不受盐分和潮气影响。叶片具有极高的硬度，采用碳纤维支架因而重量轻，其空气动力学设计可达到高性能，低噪音的效果。三个独立的电子变桨距系统确保动态调整叶片角度，且完整置于密封叶轮轮毂中。在塔架和机舱中还装有过压保护器确保进入机组的流量得到控制。

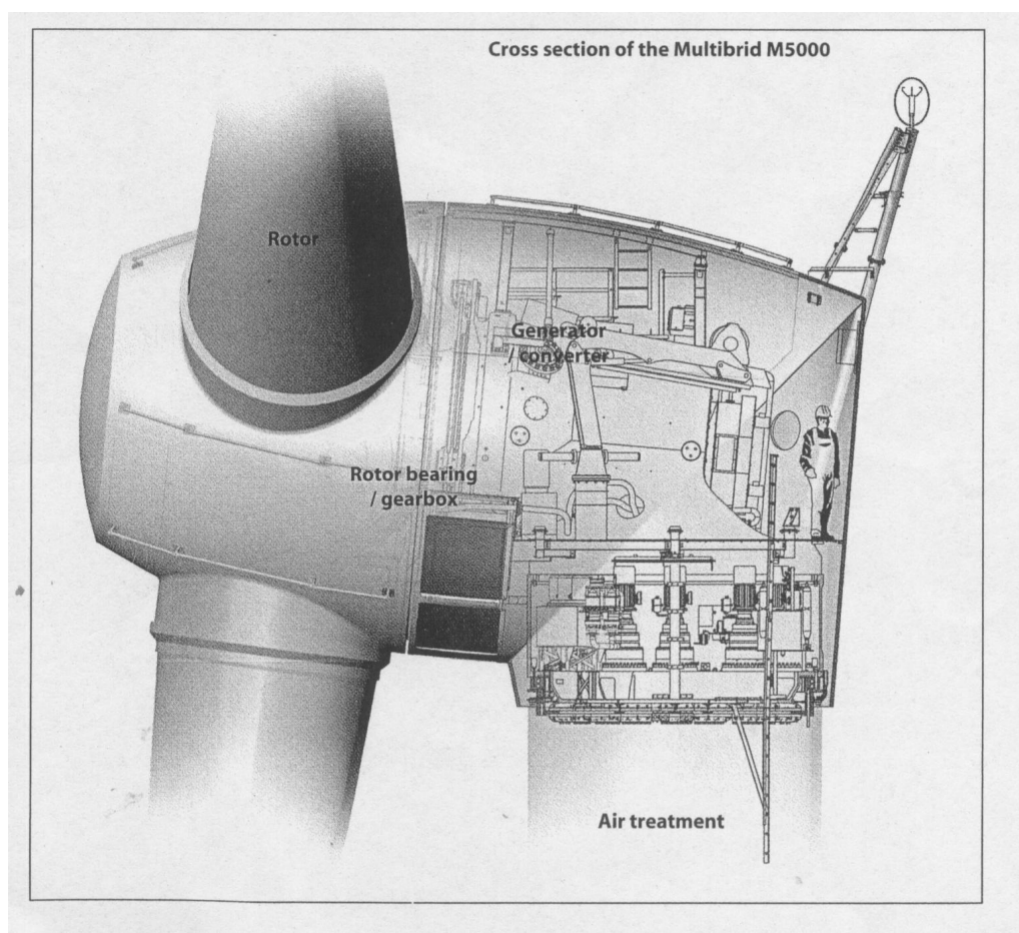


图 4. Multibrid M5000 型机组的机舱剖面

(编译自“Modern Power Systems”2006年第五期)

荷兰 Delft 大学研究的阶梯型小型风力发电机简介（下）

Laddermill 机组技术要求

Laddermill 的概念利用了像风筝、翼状物这样的能高空飞行的物体与电缆相连接，电缆的长度则可以通往高空，电缆的低端部分（约总长度的 10%）与地面电站的滚筒相连。由风筝在空中飘动时所产生的拉力使电缆拖动滚筒，驱动电机。

当风筝攀升时可产生很大的提升力，强大的提升力还可以通过侧风和增加风力切入的角度来促成。一旦电缆被拖动，滚筒随之被带动，电缆必须获得补偿。为了使能量有所剩余，必须减少风筝的提升量，这可以通过避免使用侧风或者减少风力切入的角度来实现。

风筝攀升时电缆所产生的拉力和风筝下降时电缆所产生的拉力之间的高比例将会提高动力输出和 Laddermill 的运行效率。正常运行过程中 90% 的电缆高端部分将处于空中，如果在没风的条件下，Laddermill 则不运行。预先的模拟调研显示这种情况每年约发生 40 次。

Laddermill 的装机功率可以比传统的风力机的装机功率高，因为在高空中的 Laddermill 翼状物，其尺寸不像传统风机的叶片那般受到限制。装机功率较高的 Laddermill 需要直径更大的电缆以及更大行的地面发电机与之相匹配。单机输出功率的增大有望降低每度电的发电成本。

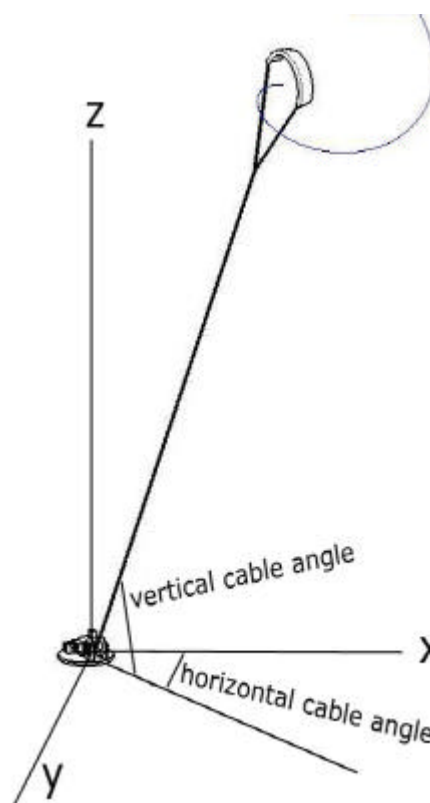


图 5 电缆角度

Laddermill 地面电站的技术要求

根据 2004 年制造的 2 kW 阶梯型发电机地面电站而来的一些经验，设计出了一个 4 kW 阶梯型发电机地面电站。考虑到未来 Laddermill 设计的大型化提出一些技术要求。随着电缆厚度的增加，需要滚轴直径的增大，应将会导致电缆变形的滚轴数量降至最低。电缆角度确认见图 5 所示。

地面电站应该允许垂直电缆具有较大的角度范围，约 0 至 12 度；地面电站应该允许水平电缆具有 360 度的角度范围；地面电站应配备绞盘式滚筒，使电缆能在滚筒上盘绕。采用聚合物电缆时，绞盘式滚筒通常用缆绳安装。直径为 12 米的滚筒上绕有 30 厘米厚的电缆，如图 6 所示。

初步技术方案

通常由绞盘完成高负载电缆的旋转，如图 7 所示。这个设计可以应用于 Laddermill，采用绞盘驱动发电机，然后在另一个分离的滚筒上存储处于低拉伸状态下的电缆。绞盘直径的确定是根据电缆直径来确定，绞盘直径应该是电缆厚度的 20 倍。Laddermill 的电缆直径为 0.1 米，则绞盘直径应该是 2 米。绕绞盘一圈大约可以存储 6 米的电缆，电缆大约绕 10 圈可有效降低绞盘卷绕过程中的拉力，因此绞盘中大约存储 60 米电缆。



图 6 绞盘式滚筒



图 7 绞盘

关于垂直电缆的角度，可通过两个方案确定，一是水平轴的电缆导向确定；二是通过滚筒自身，由于滚筒是水平轴电缆导向，因此也能采用。关于水平电缆角度，可通过三个方案确定，一是在旋转平台上安装滚筒；二是通过滚筒顶端的旋转向导，如图 8 所示，指引电缆；三是根据两组水平轴电缆导向确定，如图 9 所示。尽管垂直电缆角度将会保持高出 30 度左右，这个概念也可以用来处理垂直电缆角度确定的问题。

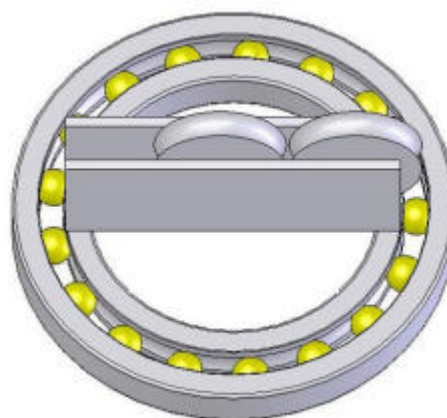


图 8 旋转向导

(摘编自“Design of a 4kW groundstation for the laddermill”论文)

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 64455555-8418、8406 ;64379318