

直面风电繁荣背后的隐忧

行业评级

增持/ 维持评级

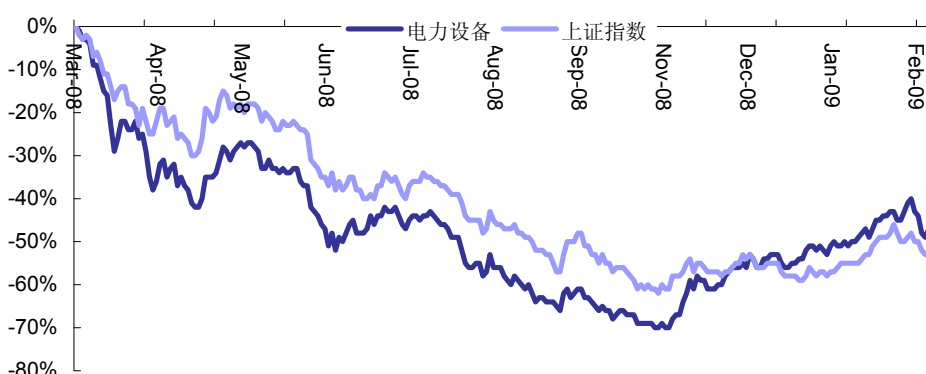
相关研究

行业研究-电力设备 090216: 风电设备需求强劲, 景气依旧 (增持)

行业研究-电力设备 090216: 海上风电, 悄然兴起 (增持)

- 目前风电机组技术有向单机容量不断增大, 风力发电效率、机组运行的可靠性、并网电能质量持续的提高和改善的方向发展趋势。
- 考虑到风电场运营的经济性和机型选择的适宜性, 风机单机容量并非越大越合适。借鉴美国、德国的风电机组平均单机容量发展情况, 结合国内风能资源条件和市场状况, 我们认为 1.5MW-2.5MW 机组是我国风电市场未来 3-4 年的主流机型。
- 通过比较分析直驱和双馈机组主要零部件的历史故障率情况, 我们认为直驱机组可靠性方面优于双馈机组, 并在可靠性提升方面有更好的潜力。
- 尽管直驱风电机组可靠性高、运行维护简单, 但由于受市场、各国政策和公司经营策略等因素影响, 近 5 年来, 直驱机组在全球的市场份额保持稳定。我们预计在未来的 3-4 年内双馈风电机组仍然是市场主流机型。
- 由于我国风电机组的技术来源的多样性和技术引进的便利性, 以致双馈机组和直驱机组的整机厂商众多。同时, 为满足市场或客户需求, 整机厂商完全可以在 2 年内生产其它技术机组, 以使自身产品多样化。因此, 直驱和双馈机组市场发展趋势的争论在中国意义不大。
- 在 2 年的风电机组质保期内, 目前国内主要整机厂商的 MW 级风电机组能够维持 95% 以上风机稳定运行, 国内主要整机厂商机组故障维护费用负担较少, 对盈利能力影响有限。
- 比较国外风电机组的运行经验, MW 级以上机组发生故障比例最高时期是第二年和第三年, 出现故障机组的最高比例在 5% 左右。随着国内风电行业逐渐发展成熟, 订单的质保期限条款将会向国际标准接近, 届时整机厂商将会受到风电机组的质量问题的严重考验。

最近 52 周股价表现



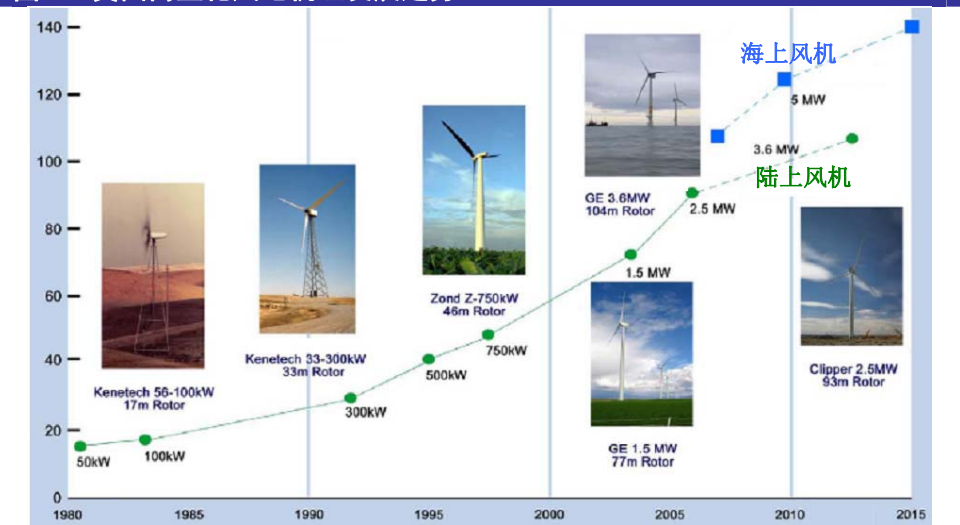
分析师
周衍长
+755-82364464
zhouyc@lhzq.com

风电技术发展趋势

目前风电机组技术发展趋势是：单机容量不断增大；风力发电效率、机组运行的可靠性、并网电能质量持续的提高和改善。

首先，风电机组单机容量持续增大。安装大容量机组能够降低风电场运行维护成本，降低整个风电场发电成本，从而提高风电的市场竞争能力。同时，随着现代风电技术的日趋成熟，风力发电机组技术朝着提高单机容量，减轻单位 KW 重量，提高转换效率的方向发展。

图 1、美国商业化风电机组发展趋势



数据来源：AWEA，联合证券研究所。

其次，风力发电效率持续提高。随着风电技术以及电力电子技术的进步，风力机的变桨距功率调节取代了定桨距调节，发电机的变速恒频运行取代了传统的恒速恒频运行，系统效率进一步提高。

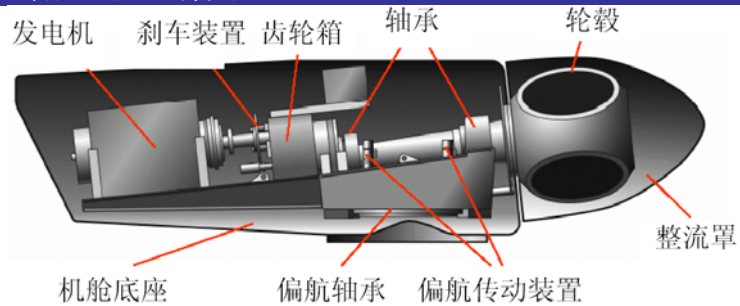
表 1、全球主流风电机组系统结构和控制方式发展路径

	80 年代	90 年代早期	90 年代晚期	2000-2008
失速调节	√		√	
主动失速调节		√		
恒速运转	√	√	√	
有限变速				√
齿轮箱驱动	√	√	√	√
变桨距调节		√		√
变速运转			√	√
无齿轮直驱		√		√
混合式（半直驱）				√
代表厂商	NEG-M Bonus Nordex	MHI Bonus NEG-M	Ecot'nia	Vestas Nordex Gamesa Vestas Enercon L'rgenwy Multibrid

数据来源：《中国风电发展报告 2008》，联合证券研究所。

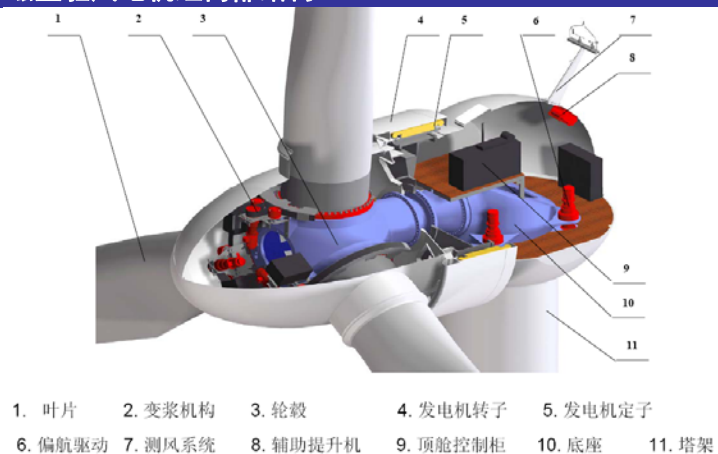
第三，机组运行的可靠性持续提升。发电机驱动方式由双馈式的基础上，开发直驱式和混合式，无齿轮箱的直驱方式能有效减少由于齿轮箱问题而噪声的机组故障，可有效提高系统运行的可靠性。

图 2、双馈发电机组内部结构



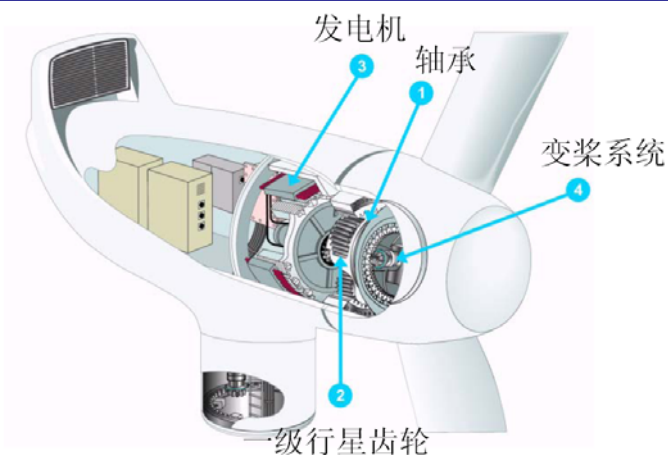
数据来源：联合证券研究所。

图 3、永磁直驱风电机组内部结构



数据来源：联合证券研究所。

图 4、混合式（半直驱）发电机组内部结构



数据来源：联合证券研究所。

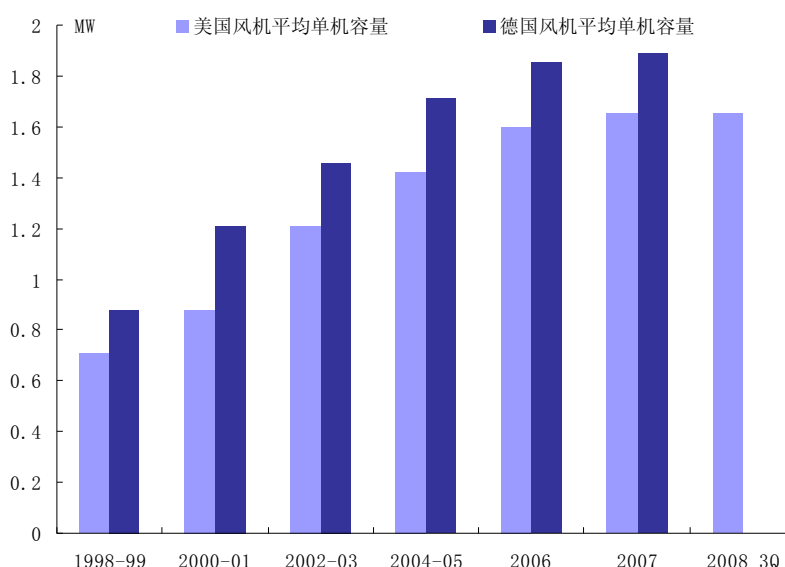
第四，并网电能质量持续提高。近年来，欧洲 ENERCON、WINWIND 等公司都发展和应用了全功率变流的并网技术，使风轮和发电机的调速范围可从 0 到 150% 的额定转速，提高了风能的利用范围，改善了向电网供电的电能质量。ENERCON 公司还将原来对每个风电机组功率因数的分散控制加以集中，由并网变电站来统一调控，实现了电网的有源功率因素校正和谐波补偿。全功率变流技术成为今后大型风电场建设的一种新模式。

1.5MW-2.5MW 是未来 3-4 年的市场主流机型

从美国和德国的风电机组平均单机容量发展情况来看,2006 年前两国风电机组大容量趋势比较明显,但最近三年,单机平均容量经历缓慢增长,2006 年美国风电机组平均单机容量已经达到 1.60MW,预计 2008 年其平均单机容量为 1.67MW 左右。受风电场资源条件的限制和出于对风电场经济性考虑,预计美国、德国未来的风电机组平均单机容量将继续缓慢增长。

2007 年美国、德国风电机组平均单机容量分别为 1.65MW 和 1.89MW

图 5、美国、德国新增风电机组平均单机容量情况



数据来源: AWEA、BWEA, 联合证券研究所。

表 2、美国新增风电机组数量分布

	98-99	00-01	02-03	04-05	06	07	08 3Q
0.5MW 以下	1.3%	0.4%	0.5%	1.8%	0.7%	0.0%	0.0%
0.51-1.0MW	98.5%	73.9%	43.4%	18.5%	10.7%	11.0%	13.1%
1.01-1.5MW	0.0%	25.4%	43.5%	56.0%	54.2%	48.6%	47.6%
1.51-2.0MW	0.3%	0.4%	12.5%	23.6%	17.6%	24.1%	20.2%
2.01-2.5MW	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	16.3%	15.0%	17.2%
2.51-3.0MW	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.5%	1.3%	2.0%

数据来源: AWEA, 联合证券研究所。

表 3、德国新增风电机组数量分布

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0.49MW 以下	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
0.50-0.99MW	15.9%	10.3%	5.0%	4.5%	4.8%	4.3%	5.6%
1.00-1.99MW	72.4%	71.5%	68.2%	44.9%	29.7%	13.5%	5.5%
2.00MW 以上	11.7%	18.2%	26.8%	50.6%	65.5%	82.2%	88.8%

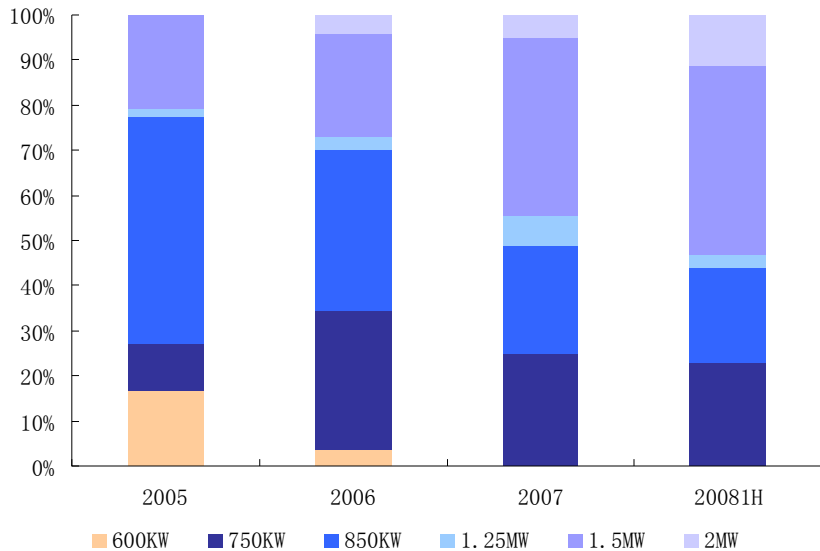
数据来源: BWEA, 联合证券研究所。

就整个风电场发电量而言,风电场的发电量与单机容量没有直接关系,而与风机每 KW 扫风面积和风速有成正比关系。因此,风电场运营商在风机选型时,更多地考虑到风电场的资源条件,风机单机容量并非越大越适宜。

风机选型需要考虑风电场经济性和适宜性，单机容量并非越大越好

根据发改委规划，我国未来风电新增装机以 1.5MW、2.5MW 为主。借鉴美国风电机组平均单机容量的发展经验，结合国内风电机组的发展情况和风能资源条件，我们认为在未来的 3-4 年内，中国的风电发电机组单机容量将以 1.5MW-2.5MW 为主。

图 6、国内风电机组市场装机容量占比情况



数据来源：中国风能协会，联合证券研究所。

直驱和双馈技术发展趋势之争

在全球风电整机市场上，德国的 Enercon 公司是唯一大批量供应直驱机组的厂商。目前西门子公司也研制出了 3.6MW 直驱永磁风电机组安装在丹麦在试验运行。芬兰的 Winwind 公司研制出 Multibrid（混合式、半直驱）技术机组。

直驱机组在可靠性方面优于双馈机组

我们认为，直驱机组取消齿轮箱结构，在机组运行的可靠性方面优于双馈机组，并在后续的可靠性提升方面有更好的潜力。

表 4、参考风电机组的技术参数

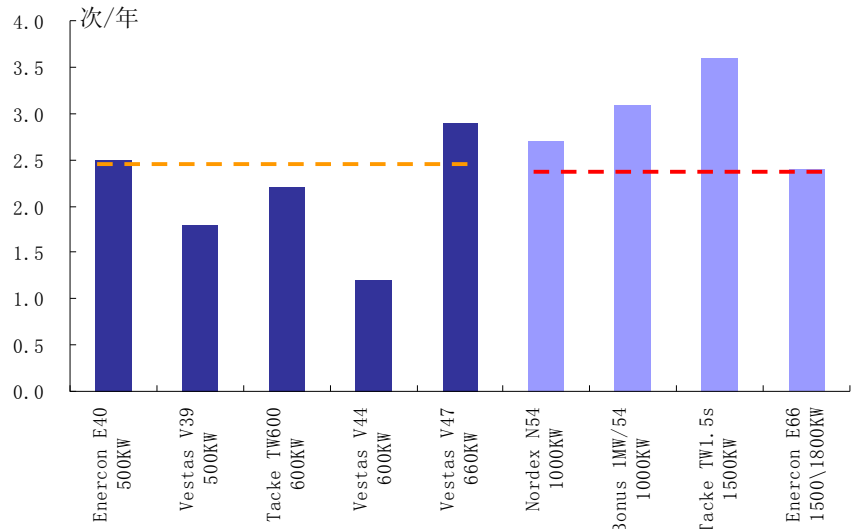
速度控制	桨距控制	驱动方式	风电机组型号
定速	定桨距	齿轮箱	Tacke TW600
定速	定桨距	齿轮箱	Vestas V27, Nordex N52/54
有限变速	变桨距	齿轮箱	Vestas V39
变速	变桨距	齿轮箱	Tacke TW1500, Bonus 1MW/54
变速	变桨距	直驱	Enercon E40/E66

数据来源：Tavner & Spinato，联合证券研究所。

由于双馈机组发展较早，在成熟度上优于直驱机组，因此在直驱机组发展初期，其故障率远高于双馈机组。随着直驱技术的不断发展，特别是 Enercon 在后期的直驱机组上采用全功率变流技术，避免使用控制偏航和变桨的液压系统，降低了故障率，提升机组运行的可靠性。从统计结果来看，MW 级以上机组中，直驱机组的故障频次较少。

在后续的可靠性提升方面，直驱机组优于双馈机组

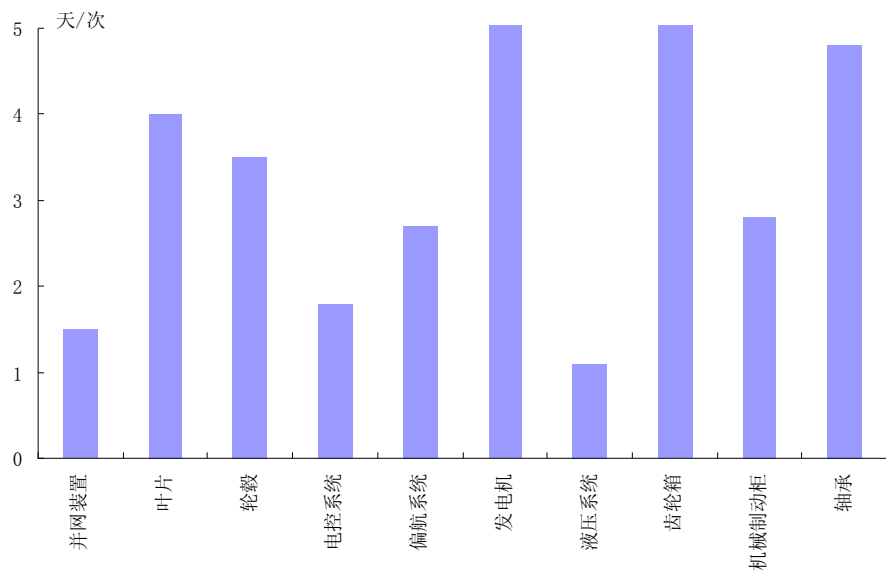
图 7、1993-2004 年风电机组平均故障频次情况



数据来源 Tavner & Spinato, 联合证券研究所。

在风电机组的叶片、轮毂、发电机、齿轮箱和轴承等零部件一旦出现故障，维修时需要卸载并重新安装，因此维修停机时间比较长。

图 8、风机零部件故障维修的停机时间

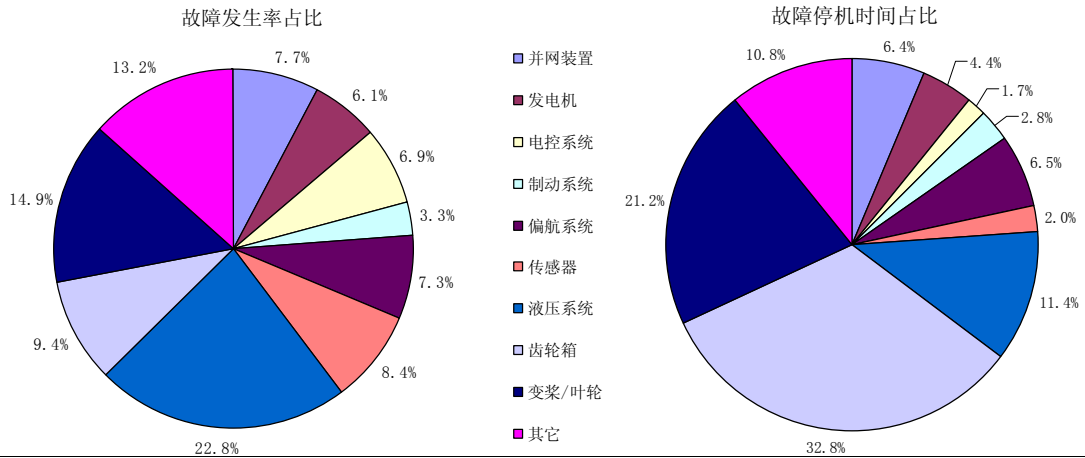


数据来源: ISET, IWET, 联合证券研究所。

双馈机组齿轮箱故障停机时间占总停机时间 1/3 左右

双馈风电机组中的液压系统故障发生率最高，其次是变桨系统和叶轮系统。齿轮箱故障发生率占 9.4% 左右，然而齿轮箱维修的时间较长，一次故障停机时间需要 5 天左右，因此在机组故障停机时间占比最多，大概占 32.8%。相对于直驱机组而言，这是双馈机组在可靠性上的最大劣势所在。

图 9、双馈机组主要零部件故障频率及故障停机时间占比情况（2000-2004）

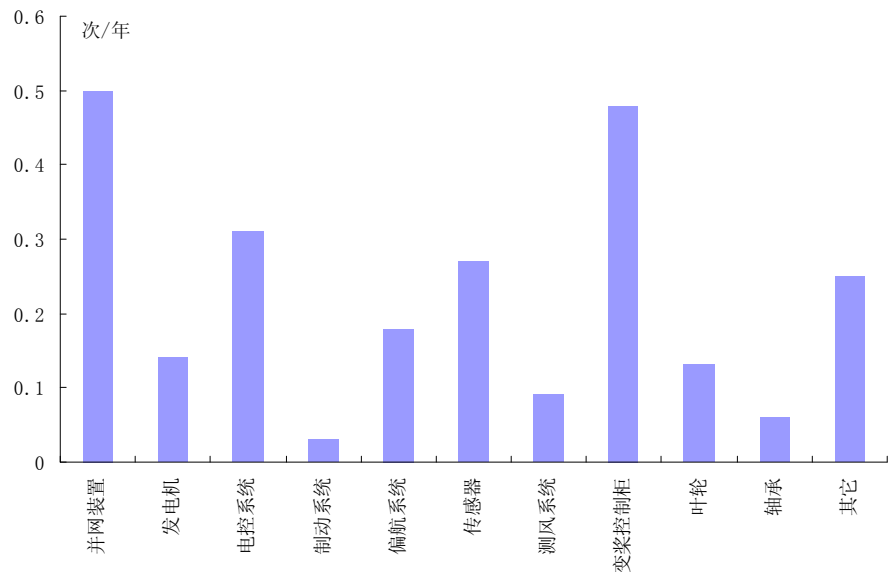


数据来源: Johan Ribrant, 联合证券研究所。

直驱机组输出功率需进行功率变换器并网发电，其并网系统的故障率最高

直驱风电机组取消了齿轮箱传动轴，减少因传动磨损和漏油所造成的机械故障，减少在机组故障频率，同时也带来直驱机组的输出功率质量较差的不利因素，输出功率必须经过功率变换器并网发电。因此，直驱机组的并网装置和电控系统的出现故障的频率比双馈机组频繁。

图 10、Enercon E66（直驱）零部件平均故障频次（1998-2004）



数据来源: Tavner & Spinato, 联合证券研究所。

双馈机组仍是市场主流

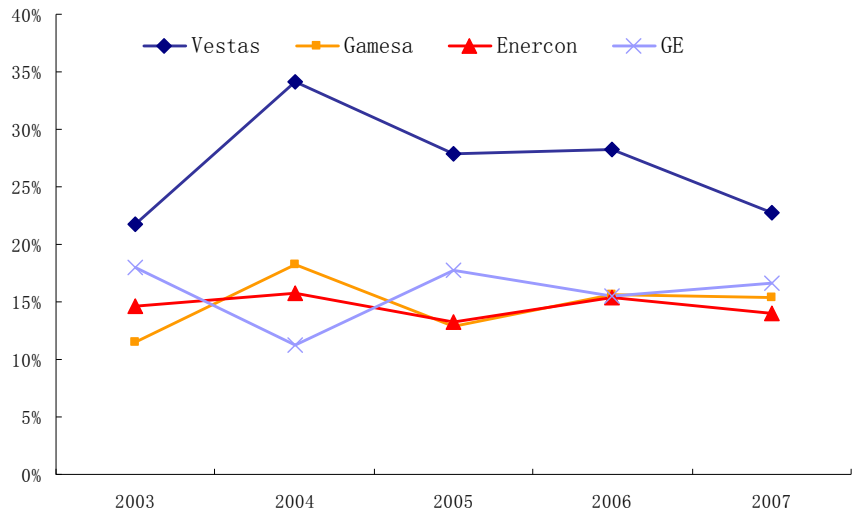
预计在未来的 4-5 年内双馈风电机组仍然是市场主流机型。

尽管直驱风电机组可靠性高、运行维护简单，但由于双馈风电机组技术相对比较成熟，生产厂商较多，并且具有较高的性价比，尤其适合变速恒频的风力发电系统，风电场开发商在选择机型时有着更多余地。另外，各国都存在地方保护倾向，优先发展本地企业，同时，受直驱风电机组制造商在经营策略层面影响，近 5 年来，直驱机组在全球的市场份额保持稳定。预计在未来的 3-4 年内双馈风电机组仍然是市场主流机型。

直驱风电机组在全球的市场份额维持原有水平

双馈风电机组发展较早，运行经验比较丰富，在维护和开拓渠道方面有着一定优势，近几年，市场份额保持稳定。另外，Enercon 公司注重于欧洲风电市场的开发，没有在全球风电新增装机容量贡献最大的美国和中国进行布局，导致近几年 Enercon 公司的直驱风电机组在全球的市场份额维持在原有水平。

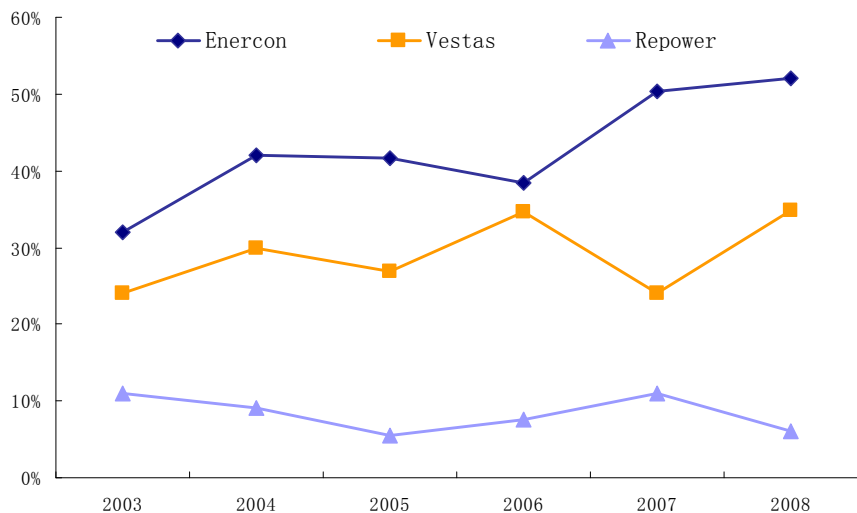
图 11、主要风机厂商在全球新增装机容量占有率情况



数据来源：联合证券研究所。

Enercon 公司在德国风电整机市场份额有进一步的提高的趋势

图 12、主要风机厂商在德国新增装机容量占有率情况



数据来源：联合证券研究所。

国内各种机型百花齐放

国内风电市场长期供不应求的状态，吸引了众多企业加入风电整机制造行业，据中国风能协会最新统计，中国风电整机制造厂商目前已经达到 67 家。国内风电整机研发基础比较薄弱，除了少数厂商或研究机构能够自主研发外，其余厂商技术基本上来源于技术许可证或购买设计。

由于技术来源的多样性和技术引进的便利性，导致国内整机技术和机型比较多样化，双馈机组和直驱机组的整机厂商众多。同时，为满足市场或客户需求，

整机厂商完全可以在 2 年内生产其它技术机组，以使自身产品多样化。东方电气就在具备大规模生产双馈机组的基础上，购买 Aerodyn 公司的机组设计技术，开发直驱机组和混合式（半直驱）机组。

因此，在国内风电整机厂商是否采用双馈或直驱技术对厂商长期发展影响不大，关键在于能否为客户提供适合多样化运行条件的产品，并能够保证风电机组的质量。

双馈和直驱技术之争在中国意义不大

表 5、国内主要整机厂商 MW 级以上风机技术情况

企业名称	单机容量	技术来源	样机下线时间
双馈机组			
华锐风电	1.5MW	Furlander 德国	技术许可证
	3.0MW	Windtec 奥地利	联合开发
	5.0MW	Windtec 奥地利	联合开发
东方电气	1.5MW	Repower 德国	技术许可证
	1.0MW	Windtec 奥地利	联合开发
	2.5MW	Windtec 奥地利	联合开发
上海电气	1.25MW	EU 英国	技术许可证
浙江运达	1.5MW		自主研发
华仪风能	1.5MW	Aerodyn 德国	联合开发
常牵新誉	1.5MW	沈阳工业大学	技术转让
保定惠德	1.0MW	Furlander 德国	技术许可证
银星能源	1.0MW	三菱 日本	技术许可证
保定天威	1.5MW	GH 英国	委托设计
直驱机组			
金风科技	1.5MW	Vensys 德国	消化吸收
	2.5MW	Vensys 德国	消化吸收
东方电气	1.5MW	Aerodyn 德国	联合开发
	1.65MW	Aerodyn 德国	联合开发
上海电气	2.0MW	Aerodyn 德国	联合开发
湖南湘电	2.0MW	原弘产 日本	联合开发
常牵新誉	2.0MW		自主研发
长征电气	2.5MW	RSB Counsult 德国	联合开发
其它机组			
东方电气	2.5MW 半直驱	Aerodyn 德国	联合开发

数据来源：公司公告，联合证券研究所。

目前风电机组维护费用对整机厂商盈利能力影响有限

目前中国的风电市场主要的订单均只要求 2 年的质保期限，远低于国际通行的 5 年左右的标准，质保期间风电机组出现故障维修费用由整机厂商和零部件厂商全额承担；质保期后出现的故障维修费用由风电场运营商承担，整机厂商提供有偿维修服务。

在 2 年的风电机组质保期内，目前国内主要整机厂商的 MW 级风电机组能够维持 95% 以上的可利用率，因此，目前国内整机厂商机组故障维护费用负担较少，对盈利能力影响有限。

比较国外风电机组的运行经验，MW 级以下机组发生故障比例最高时期是在机组运行后的第一年，MW 级以上机组发生故障比例最高时期是第二年和第三年，出现故障机组的最高比例在 5% 左右。随着国内风电行业逐渐发展成熟，竞争的

加剧将会迫使订单的质保条款向国际标准接近，届时质保期限的延长和 95% 的可利用率条件限定对风电机组的质量来说是个严重的挑战。

MW 级以上机组发生故障比例最高时期出现在运行后第二年和第三年

通过对德国 MW 级以上风电机组的故障统计分析，可以发现 MW 级以上风电机组发生故障的比例高峰出现在机组运行的第二年和第三年，随后故障比例逐年下降，并在第六年达到最低点。同时，随着风电机组制造技术的提升和经验的积累，风电机组第一年运行出现故障的比例逐年降低。

图 13、MW 级以上出现机组故障比例与运行年限的分布情况

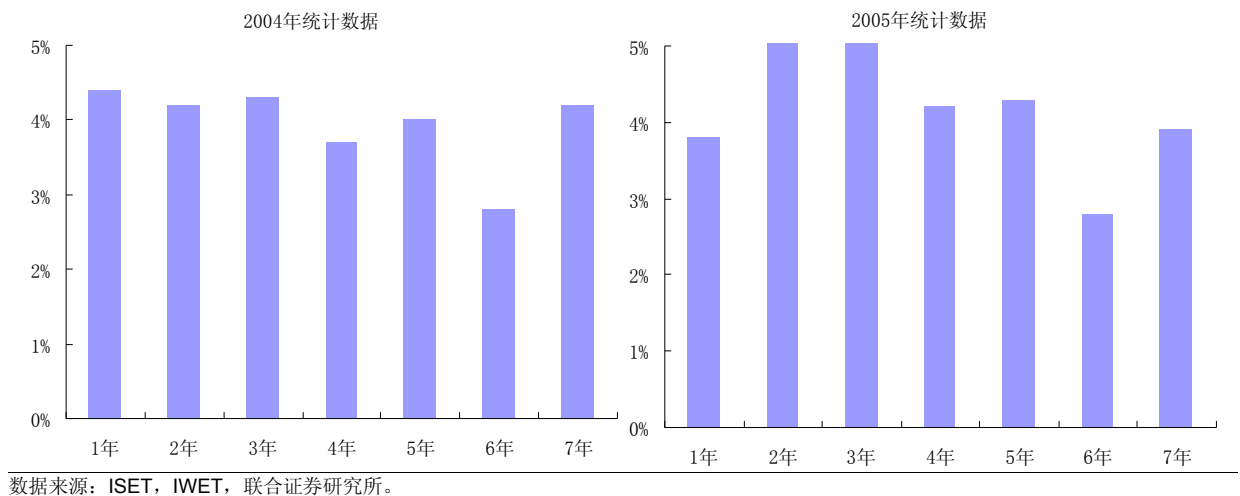
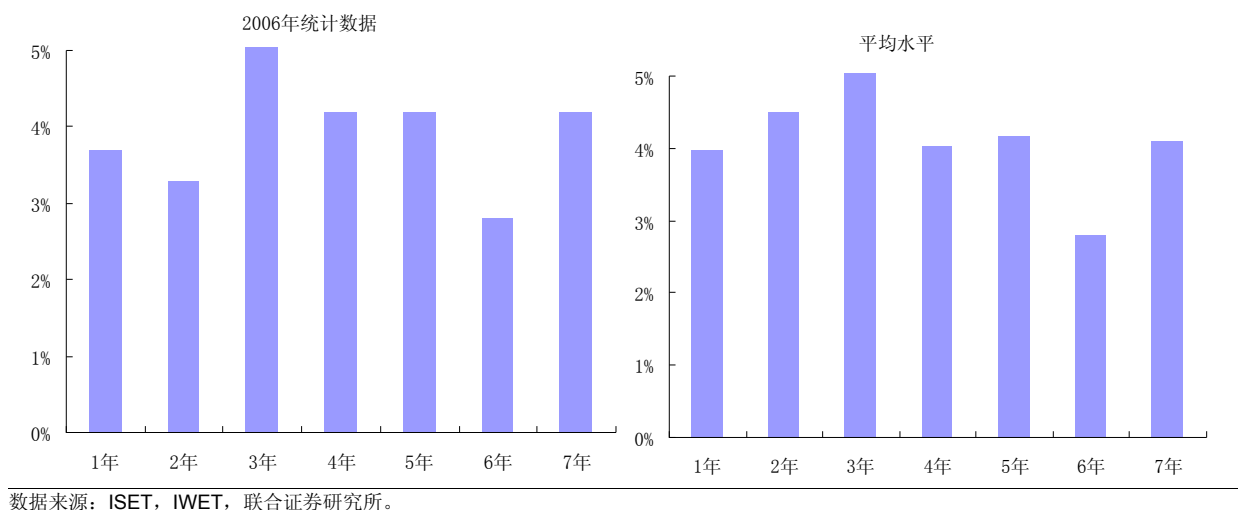


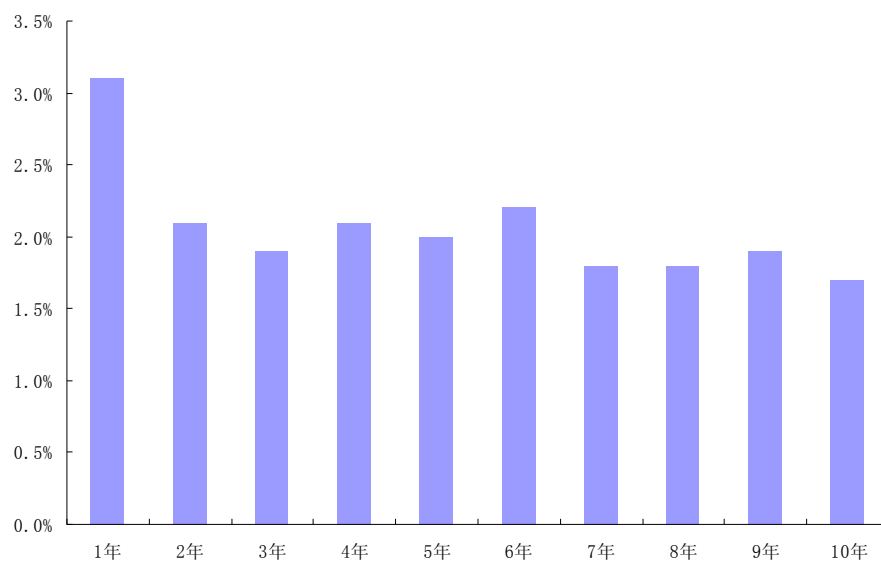
图 14、MW 级以上出现机组故障比例与运行年限的分布情况



MW 级以下的机组技术成熟，运行经验丰富，对零部件的质量要求相对较低，机组在运行时出现的故障率较低。一般来说，在运行后的第一年机组发生故障比例最高，随后几年故障比例有所降低，并在最高运行年限前几年故障率会有所提高，其故障比例的分布呈典型的“U”型结构。

MW 级以下机组发生故障比例最高时期出现在运行后第一年

图 15、MW 级以下机组出现故障比例与运行年限的分布情况



数据来源：ISET, IWET, 联合证券研究所。

联合证券股票评级标准

增 持	未来 6 个月内股价超越大盘 10%以上
中 性	未来 6 个月内股价相对大盘波动在-10% 至 10%间
减 持	未来 6 个月内股价相对大盘下跌 10%以上

联合证券行业评级标准

增 持	行业股票指数超越大盘
中 性	行业股票指数基本与大盘持平
减 持	行业股票指数明显弱于大盘

深 圳

深圳罗湖深南东路 5047 号深圳发展银行大厦 10 层
邮政编码: 518001
TEL: (86-755) 8249 2212 FAX: (86-755) 8249 2062
E-MAIL: lzrd@lhqz.com

上 海

上海浦东银城中路 68 号时代金融中心 17 层
邮政编码: 200120
TEL: (86-21) 5010 6028 FAX: (86-21) 6849 8501
E-MAIL: lzrd@lhqz.com

免责声明

本研究报告仅供联合证券有限责任公司（以下简称“联合证券”）客户内部交流使用。本报告是基于我们认为可靠且已公开的信息，我们力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更。我们会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。

本报告所载信息均为个人观点，并不构成所涉及证券的个人投资建议，也未考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。本文中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。某些交易，包括牵涉期货、期权及其它衍生工具的交易，有很大的风险，可能并不适合所有投资者。

联合证券是一家覆盖证券经纪、投资银行、投资管理和证券咨询等多项业务的全国性综合类证券公司。我公司可能会持有报告中提及公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。

我们的研究报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发。我们向所有客户同时分发电子版研究报告。

©版权所有 2009 年 联合证券有限责任公司研究所

未经授权，本研究报告的任何部分均不得以任何形式复制、转发或公开传播。如欲引用或转载本文内容，务必联络联合证券研究所客户服务部，并需注明出处为联合证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。