乘下游行业景气“东风”，风电轴承成长空间广阔

——风电轴承行业专题报告

强于大市（维持）

日期：2020 年 11 月 14 日

投资要点：

- **风电装机高增长信号明显，行业有望进入倍增阶段**

2019 年全国风电新增并网容量 2574 万千瓦，同比大幅增长 25%，占全球新增装机量的约 40%。2020 年 10 月签署的《风能北京宣言》提出，在“十四五”规划中保证年均新增装机 5000 万千瓦以上，2025 年后，中国风电年均新增装机容量应不低于 6000 万千瓦，到 2030 年至少达到 8 亿千瓦，到 2060 年至少达到 30 亿千瓦。此外，全球能源互联网发展合作组织发布的《中国“十四五”电力发展规划研究》预计，2025 年全国风电装机规模有望达到 5.4 亿千瓦。风电装机量高速增长信号明显，行业有望进入倍增阶段。

- **风电轴承行业成长空间广阔，市场空间有望超百亿**

轴承属于风电设备的核心零部件，是最难国产化的两大风机零部件（轴承和控制系统）之一。一般来说，一组风电机组中需要偏航轴承 1 套、变桨轴承 3 套、主轴轴承 2 套，此外用于双馈式风电机组的轴承还包括齿轮箱和发电机中所用的高速轴承等。我们测算，2019 年全国风电轴承（变桨、偏航和主轴轴承）市场规模约 54 亿元。随着风电行业景气度的提升，预计 2021-2025 年、2026-2030 年风电轴承年均市场规模分别有望达到 106 亿元、127 亿元。对比 2019 年 54 亿元左右的市场规模，风电轴承行业成长空间广阔。

- **大机组轴承依赖进口，本土企业迎进口替代窗口期**

随着大功率风力电机的整体占比稳步提高，风电轴承的尺寸也随着风力装机容量的增加而增大，其加工难度亦成倍增加，因此风电机组的大型化趋势对轴承企业的配套能力形成了挑战。目前国内已有多家轴承厂商布局风电轴承领域，但主要集中在2MW及以下风电轴承，对于3MW及以上风电轴承，由于技术难度高，国内生产还处于起步阶段，国内大功率风机轴承市场仍被舍弗勒、SKF等国际巨头所占据。2020年突如其来的疫情缩短了风电抢装时间，推动风电主轴承供不应求，同时欧洲疫情爆发对风电轴承全球供应链造成较大影响。在风电主轴承供不应求、进口风电轴承供应受阻的情况下，本土风电轴承企业迎来进口替代窗口期。

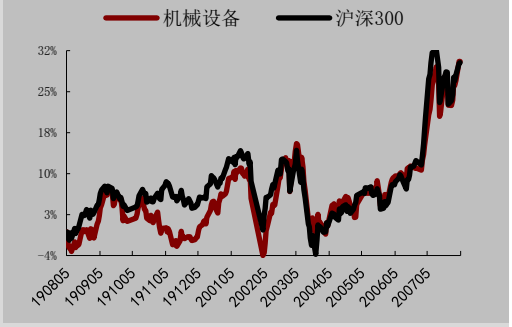
- **投资建议**

建议重点关注在大功率风电轴承领域技术领先的龙头企业。

- **风险因素**

风电装机量不及预期风险、国产替代不及预期风险、行业竞争加剧风险、原材料价格波动风险、宏观经济风险等。

机械设备行业相对沪深 300 指数表



数据来源：WIND，万联证券研究所

数据截止日期：2020 年 11 月 13 日

分析师： 江维
执业证书编号：S0270520090001
电话：010-56508507
邮箱：jiangwei@wlzq.com

研究助理： 卢大炜
电话：021-60883481
邮箱：ludw@wlzq.com.cn

研究助理： 郝占一
电话：010-56508507
邮箱：haozy@wlzq.com.cn

万联证券

目录

1、风电装机高速增长，上游零部件进入高景气周期 4
1.1 风电迅猛发展，成本持续下降 4
1.2 装机量高速增长信号明显，行业有望进入倍增阶段 6
1.2.1 “十四五”期间年均新增装机有望达到 5000 万千瓦以上 6
1.2.2 全球风电新增装机量将维持高位 7
1.3 供给侧：风机产量强势回升，本土企业积极出海 8
1.4 风机零部件进入高景气周期 10
2、机组大型化大势所趋，风电轴承挑战与机遇并存 10
3、下游景气+国产替代，风电轴承市场空间有望超百亿 12
3.1 全球轴承市场呈垄断竞争格局 12
3.2 高端风电轴承进口替代空间广阔 14
3.2.1 风电轴承：风电机组的核心部件 14
3.2.2 风电轴承的类型与应用 17
3.2.3 无软带淬火技术：解决回转支承行业痛点 20
3.2.4 大功率、主轴轴承市场被外资占领，疫情影响下风电轴承迎来进口替代窗口期 22
3.3 国内风电轴承市场空间有望超百亿 25
4、风电轴承相关标的整理 27
5、投资建议与风险提示 27

图表 1：2010-2019 年全球风电 LCOE（单位：美元/千瓦时） 4
图表 2：我国陆上风电度电成本 4
图表 3：全国风电指导（标杆）电价 5
图表 4：全国风电新增及累计并网装机容量（单位：万千瓦） 6
图表 5：《风能北京宣言》年均新增装机目标 7
图表 6：《风能北京宣言》总装机规模目标 7
图表 7：全球风电新增装机量将维持高位 7
图表 8：全国风电机组产量 8
图表 9：中国风电机组换新将在 2025 年后陆续放量 8
图表 10：中国风电机组出口金额及规模 9
图表 11：2019 年全球风电机组市场份额 9
图表 12：部分风机零部件企业业绩保持高速增长 10
图表 13：最大的商用风力涡轮机的演变 10
图表 14：不同单机容量风电机组新增装机占比 11
图表 15：各风机企业在大机组领域的布局 11
图表 16：轴承尺寸随着风机功率的增加而增大 12
图表 17：世界八大轴承制造商情况 12
图表 18：八大轴承制造商占据全球 70%以上市场份额 12
图表 19：中国轴承市场竞争层次情况 13
图表 20：我国滚动轴承进口单价远高于出口单价（单位：美元/套） 13
图表 21：中国轴承行业规模以上企业主营业务收入 13
图表 22：中国轴承行业市场集中度较低 13
图表 23：风电机组产业链 14

万联证券

图表 24：风力发电机轴承示意图（双馈式）..... 14
图表 25：风力发电机轴承示意图..... 15
图表 26：双馈式、半直驱式风机传动结构示意图（MB 即主轴轴承）..... 15
图表 27：直驱式风机传动结构示意图（MB 即主轴轴承）..... 16
图表 28：直驱式风机传动结构形式多样..... 16
图表 29：内齿式双排异径球轴承..... 17
图表 30：球面滚子轴承..... 17
图表 31：双排圆锥滚子轴承..... 18
图表 32：圆柱滚子轴承（单排、双排）..... 18
图表 33：三排圆柱滚子轴承..... 19
图表 34：三排圆柱滚子轴承..... 19
图表 35：回转支承中的软带区域..... 20
图表 36：大型回转支承的无软带加热工艺..... 21
图表 37：我国风电轴承主要发展阶段..... 22
图表 38：意大利 SAET 生产的高端回转支承加热设备..... 23
图表 39：一些厂商生产的部分风电轴承产品..... 24
图表 40：国内部分风电轴承企业相关业务情况..... 24
图表 41：明阳智能 2.0MW 风机成本结构（2018 年上半年）..... 25
图表 42：运达风电、明阳智能风电机组成本情况..... 25
图表 43：近期部分海上风电机组招标情况..... 26
图表 44：国内风电轴承市场空间测算..... 26
图表 45：风电轴承行业成长空间广阔..... 26
图表 46：风电轴承相关标的整理（数据截止至 2020/11/13）..... 27

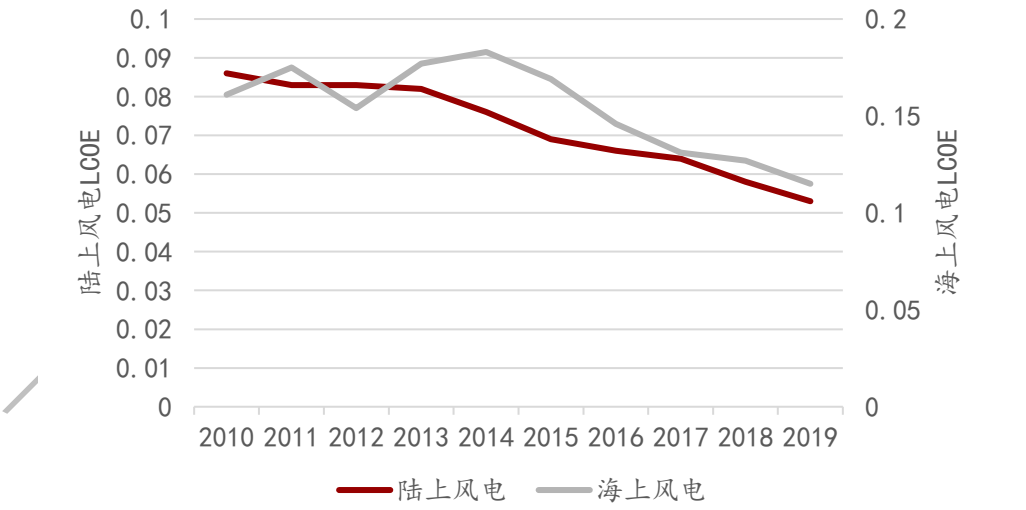
万联证券

1、风电装机高速增长，上游零部件进入高景气周期

1.1 风电迅猛发展，成本持续下降

风电作为现阶段发展最快的可再生能源之一，在全球电力生产结构中的占比正在逐年上升，拥有广阔的发展前景。较高的性价比使风电在全球主要国家已实现了大规模的产业化运营，根据IRENA的数据，2010-2019年全球陆上和海上风电成本分别下降了38%和29%，在2019年分别降至0.053美元/千瓦时和0.115美元/千瓦时。IRENA预计在21世纪20年代，海上风电的竞争力将发生巨变，价格将下降到0.05美元至0.10美元/千瓦时之间。

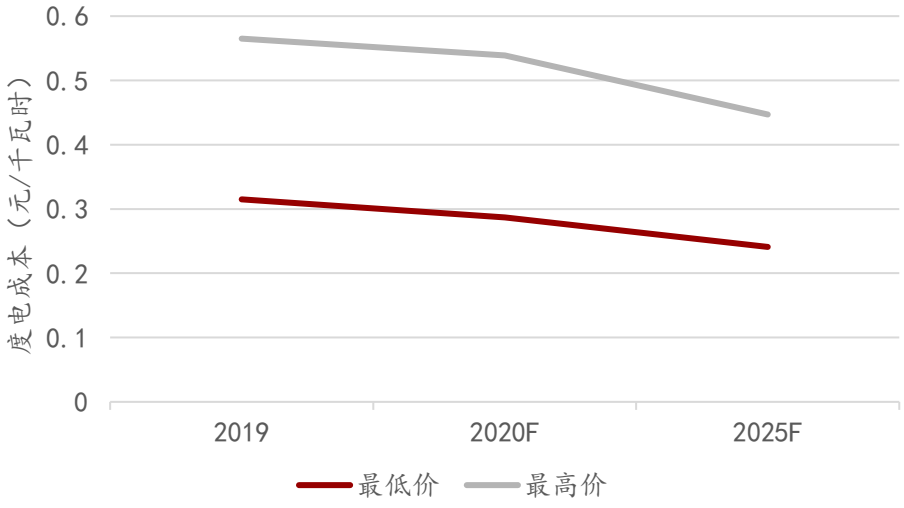
图表1：2010-2019年全球风电LCOE（单位：美元/千瓦时）



资料来源：IRENA，万联证券研究所

国网能源研究院数据显示，2019年，我国陆上风电度电成本0.315～0.565元/千瓦时，平均度电成本0.393元/千瓦时。预计到2020年，我国陆上风电度电成本将降低至0.287～0.539元/千瓦时；到2025年将继续下降至0.241～0.447元/千瓦时。

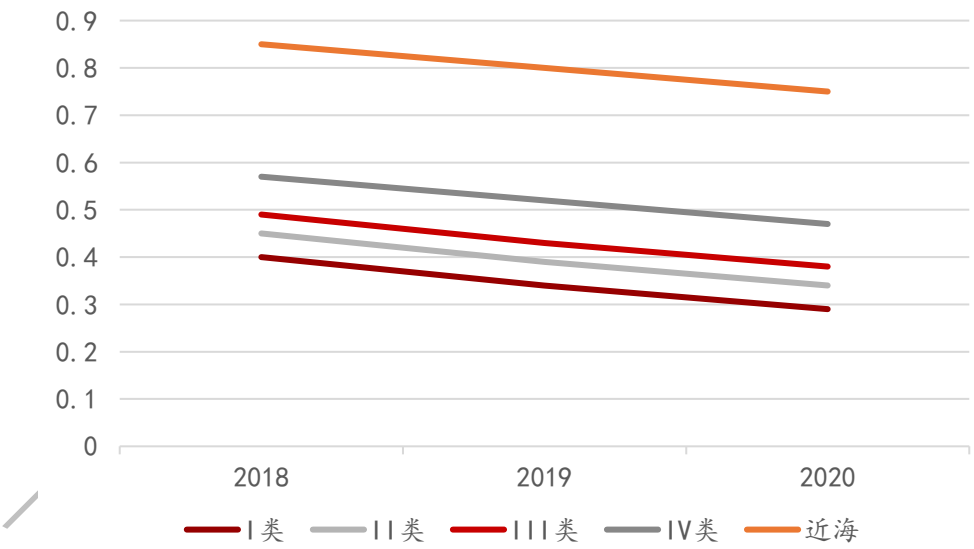
图表2：我国陆上风电度电成本



资料来源：国网能源研究院，万联证券研究所

2021年新增陆上风电全面平价，推动行业长远健康发展。2020年，我国I-IV类风电资源区指导性电价分别为0.29元、0.34元、0.38元、0.47元/kWh，较2019年指导性电价均下降0.05元。目前来看，I、II类风电资源区风电指导价已低于全国平均煤电标杆电价，达到发电侧平价水平。随着风电平价上网时代的来临，平价项目逐步成为风电装机量增长的最大推动力，2020年风电平价上网项目装机规模已达1139.67万千瓦。平价上网的压力将加速行业整合，推动行业技术进步与产业链体系优化，有利于行业长远健康发展。

图表3：全国风电指导（标杆）电价



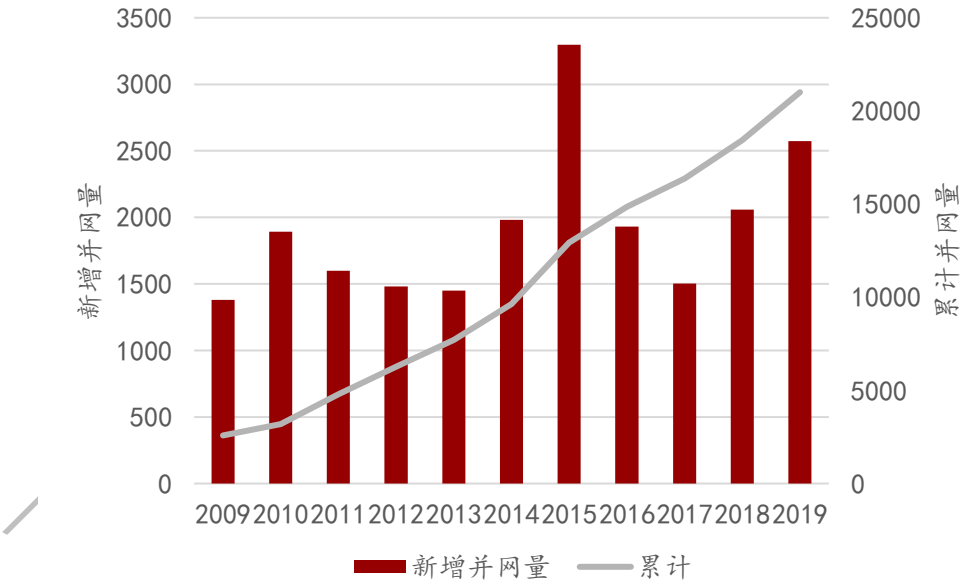
资料来源：国家发改委，万联证券研究所

1.2 装机量高速增长信号明显，行业有望进入倍增阶段

1.2.1 “十四五”期间年均新增装机有望达到5000万千瓦以上

随着成本的降低以及政策、补贴的推动，近年来我国风电发展十分迅速，截至2019年底，我国风电并网容量达到2.1亿千瓦，同比增长14%。从增量来看，2016-2017年受补贴退坡等因素影响风电新增装机量出现下滑，2018年恢复增长，2019年全国风电新增并网容量2574万千瓦，同比大幅增长25%，占全球新增装机量的约40%。

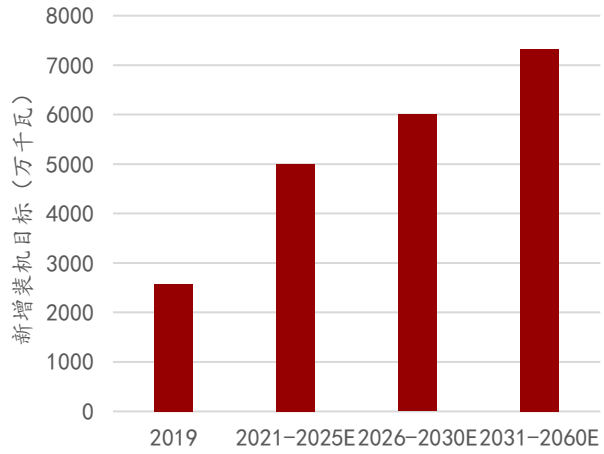
图表4：全国风电新增及累计并网装机容量（单位：万千瓦）



资料来源：国家能源局，万联证券研究所

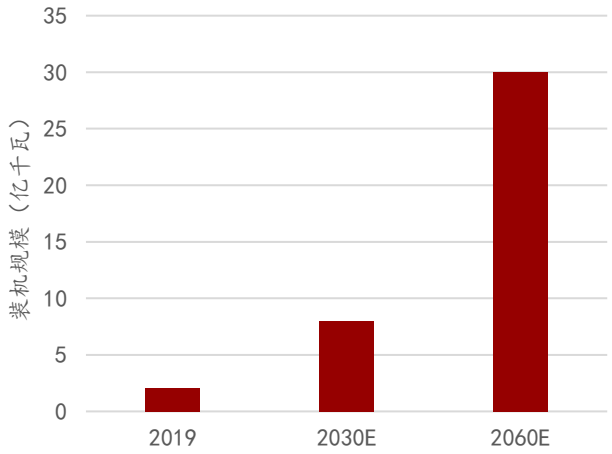
2020年9月，习主席在第75届联合国大会一般性辩论中表示：“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。”碳中和目标的提出为我国风电行业指明了方向。2020年10月，来自全球400余家风能企业的代表共同签署并发布了《风能北京宣言》，提出**在“十四五”规划中保证年均新增装机5000万千瓦以上，2025年后，中国风电年均新增装机容量应不低于6000万千瓦，到2030年至少达到8亿千瓦，到2060年至少达到30亿千瓦**。此外，全球能源互联网发展合作组织发布的《中国“十四五”电力发展规划研究》预计，2025年全国风电装机规模有望达到5.4亿千瓦。风电装机量高速增长信号明显，行业有望进入倍增阶段。

图表5：《风能北京宣言》年均新增装机目标



资料来源：《风能北京宣言》，万联证券研究所

图表6：《风能北京宣言》总装机规模目标

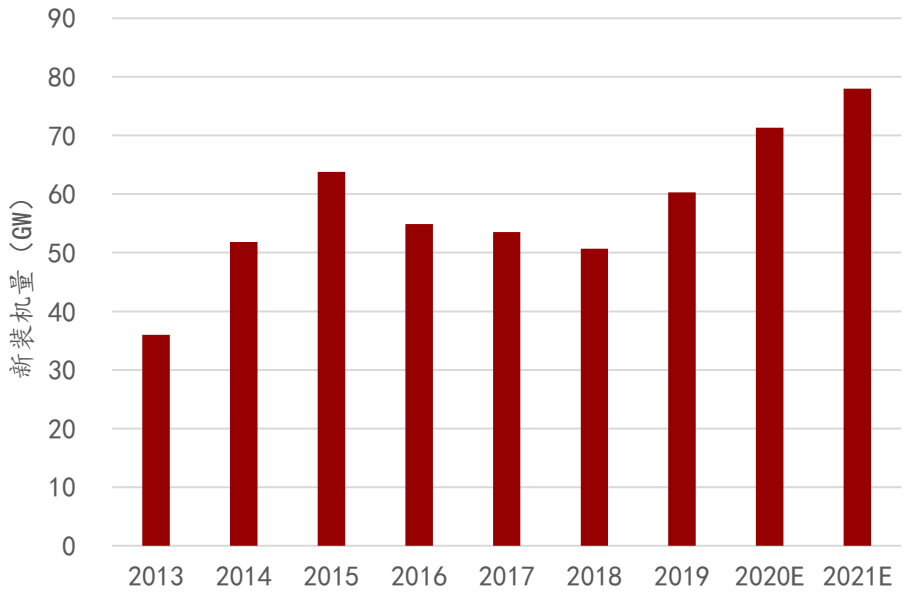


资料来源：《风能北京宣言》，万联证券研究所

1.2.2 全球风电新增装机量将维持高位

全球来看，2016-2018年风电新增装机出现小低谷，2019年恢复增长。根据GWEC数据，2019年全球新增风电装机达60.4GW，比2018年增长19%，截至2019年年底，全球风电总装机量为650GW，较上年同期增加10%。以欧洲为主的国际风电市场空间广阔，英国政府设定到2030年40%发电量来自海上风电的目标，德国政府将2030年海上风电装机容量的目标提高到20GW，丹麦、荷兰等海上风电主要市场也都发布了2030年装机目标。GWEC在2020年Q3全球风电市场展望报告中预测，2020全球风电新增装机将达71.3GW，2021年将进一步提升至78GW，2024年全球风电总装机量将超过1000GW。

图表7：全球风电新增装机量将维持高位

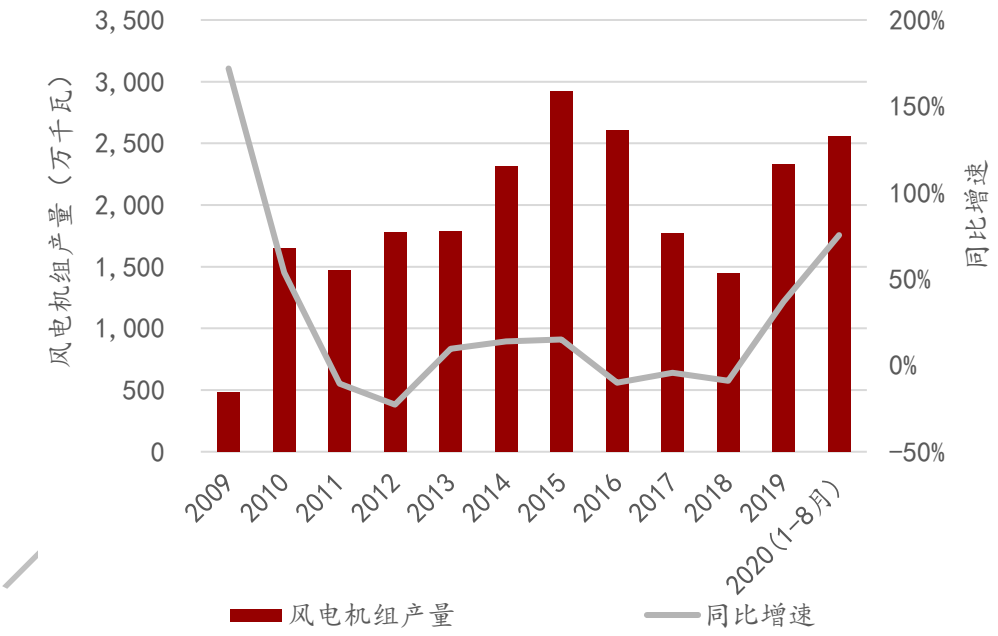


资料来源：GWEC，万联证券研究所

1.3 供给侧：风机产量强势回升，本土企业积极出海

随着2019年我国风电装机量的恢复，上游风电机组的产量也随之强势回升。根据国家统计局数据，2019年我国风电机组产量为2330万千瓦，同比增长36.9%；2020年1-8月风电机组产量达到2560万千瓦，同比大幅提升75.4%。“十四五”期间风电年均新增装机有望进入高位，风电机组行业也将持续保持高景气。

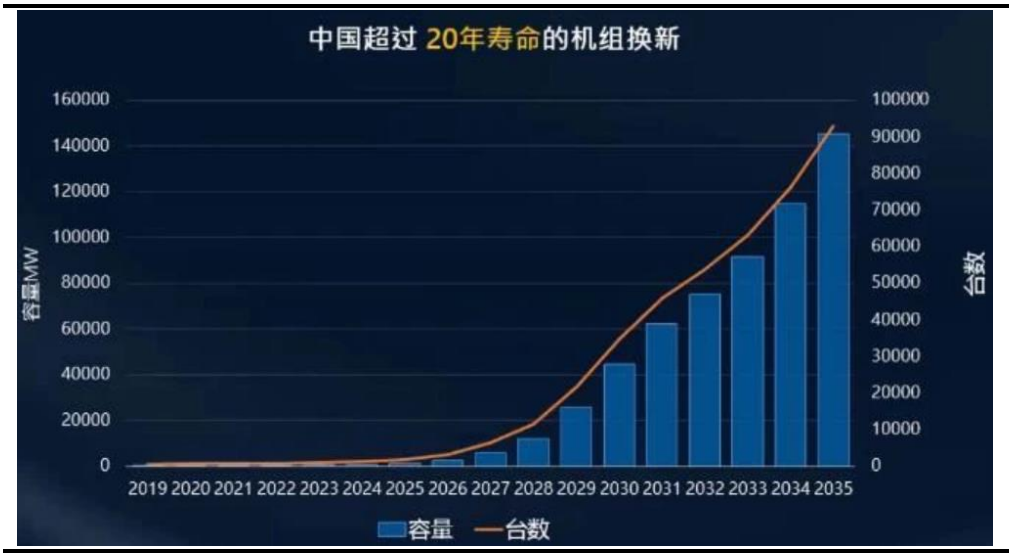
图表8：全国风电机组产量



资料来源：wind，万联证券研究所

除新增装机之外，旧机组的换新也将成为风电机组行业的重要支撑。根据CWEA数据，中国风电机组的换新将在2025年后陆续放量，2030年将突破4万兆瓦。

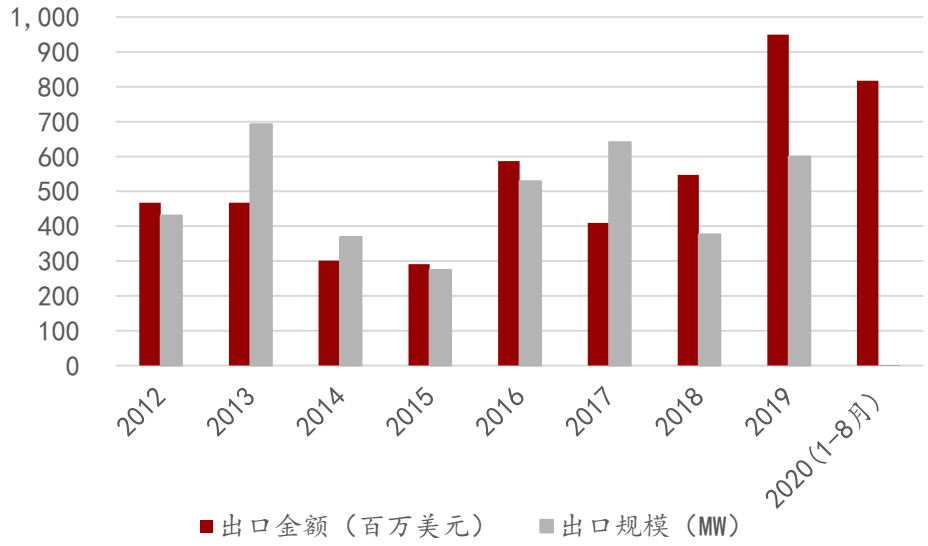
图表9：中国风电机组换新将在2025年后陆续放量



资料来源：CWEA《2020年中国风电市场》，万联证券研究所

在满足国内需求的同时，我国的风电机组也远销海外，2019年我国出口风力发电机组600MW，同比增长59.6%；出口金额达到9.49亿美元，同比增长73.4%。2020年1-8月我国风电机组出口额达到8.17亿美元，同比增长18.7%。

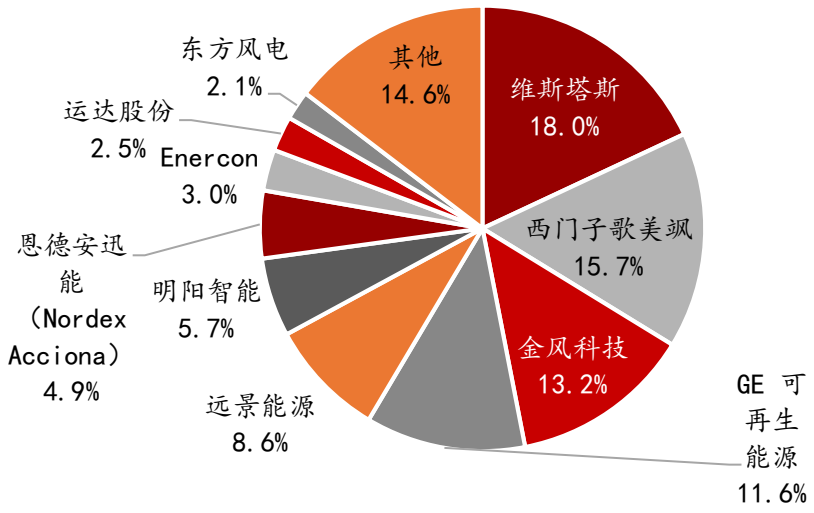
图表10：中国风电机组出口金额及规模



资料来源：wind，万联证券研究所

根据GWEC的数据，2019年全球风机制造商十五强中有八家中国企业，金风科技、远景能源等国内龙头企业的市场份额全球领先，但本土风机企业以国内市场为主，海外市场仍被维斯塔斯、西门子歌美飒、GE等企业占据。面对广阔的海外风电市场，我国本土机组供应商也开始了积极的布局：明阳智能在2020年7月份推出了针对欧洲市场的11MW海上风机，并在国外发布；金风科技在丹麦、德国等地布局了工厂或研发中心。国内风电出海前景广阔，而本土风机企业的海外拓展也将为上游风机零部件企业的国际化提供机会。

图表11：2019年全球风电机组市场份额



资料来源：GWEC，万联证券研究所

1.4 风机零部件进入高景气周期

在装机量提升、风电机组产量高速增长的背景下，上游风电轴承、风塔等零部件进入了高景气期，2019年、2020年上半年大部分风机零部件企业保持了业绩的高速增长。随着国内外新增装机量进入高位，风机零部件的需求将保持旺盛，相关企业将迎来发展黄金期。

图表12：部分风机零部件企业业绩保持高速增长

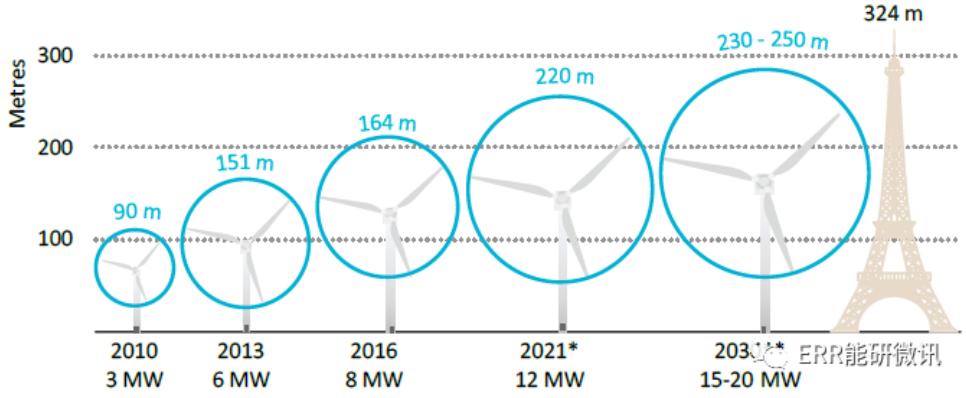
领域	公司代码	公司简称	营业收入同比增速		归母净利润同比增速	
			2019	2020Q3	2019	2020Q3
主轴	300443.SZ	金雷股份	42.3%	27.5%	76.4%	140.3%
轴承	300850.SZ	新强联	40.7%	211.0%	75.2%	359.4%
铸件	603218.SH	日月股份	48.3%	52.9%	79.8%	103.7%
铸锻件	300185.SZ	通裕重工	13.9%	45.5%	8.2%	89.8%
锻件	603985.SH	恒润股份	20.7%	69.1%	-33.6%	182.8%
结构件	832390.OC	金海股份	150.0%		649.8%	
风塔	002531.SZ	天顺风能	58.0%	43.9%	59.0%	48.2%
风塔	300129.SZ	泰胜风能	50.7%	46.3%	1358.8%	67.6%

资料来源：GWEC，万联证券研究所

2、机组大型化大势所趋，风电轴承挑战与机遇并存

风电机组越高、叶片越大，通常能从相同的风能资源中获取更多电力。虽然大机组会造成运输、安装等成本的增加，但也相对的减少了运行维护成本，最终降低发电成本，因此风机大型化已成为风机发展的必然趋势。GE将于2021年发布的12MW风电机组预计将高达260米左右，叶片直径将达到220m。国际能源署预计，2030年最大商用风机功率有望达到15-20MW。

图表13：最大的商用风力涡轮机的演变

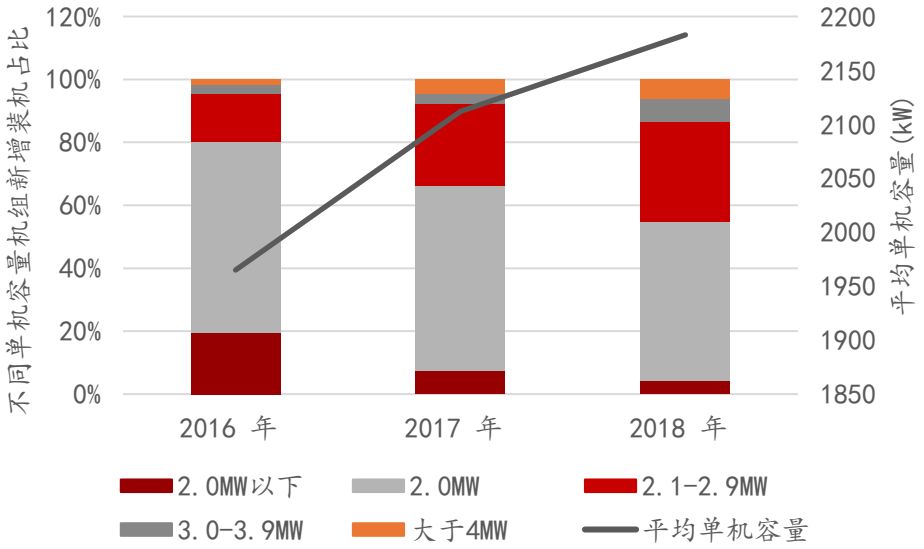


资料来源：iea，ERR能研微讯，万联证券研究所

在我国新增风电机组中，大型机组占比提升明显。2018年，中国新增装机的风电机组平均功率2.2MW，同比增长3.4%。2018年新增风电机组中，2MW以下及2MW新增装机容量市场占比分别为4.2%、50.6%，呈明显的下降趋势；2.1-2.9MW、3.0-3.9MW及大于4MW机组的占比分别为31.9%、7.1%、6.2%。根据国际能源网消息，2019年

全国新增装机的海上风电机组平均单机功率为4.2兆瓦，同比增长10.5%，新增海上风电机组中4兆瓦以上的比例达到80%。

图表14：不同单机容量风电机组新增装机占比



资料来源：CWEA，万联证券研究所

随着风电产业不断向机组大型化发展，金风科技、明阳风电、东方电气等国内主流风机企业都在积极布局5兆瓦及以上容量的风电机组。近日，金风科技6.45MW风机在南海海域成功吊装，成为南海最大海上风电机组；明阳智能首台MySE5.2-166机组在达坂城成功吊装，成为目前亚洲已吊装陆上单机容量最大风电机组。

图表15：各风机企业在大机组领域的布局

Manufacturer 制造商	6-7MW Class		8~12MW Class	Technology route技术路线
	IEC I	IEC II/III	IEC I	
东方电气		186-7.0	185-10.0	直驱
Siemens	154-6.0/7.0		167-8.0 193-10.0	直驱
GE	150-6.0		220-12	直驱
上海电气	154-6.0/7.0		167-8.0	直驱
金风科技	154-6.7	168/184-6.45	168-8.0	直驱
湘电风能	155-6.0			直驱
Vistas			164-8.0 174-10.0	中速
明阳风电	158-7.0	18X-7.0		中速
重庆海装			210-10.0	高速

Note 注：□ has prototype or bitch reference有样机或批量业绩 ■ under R&D 研发中机型 ■ got design certification without prototype 有设计认证、尚无样机

资料来源：东方电气，万联证券研究所

随着大功率风力电机的整体占比稳步提高，风电轴承的尺寸也随着风力装机容量的增加而增大，其加工难度亦成倍增加，因此风电机组的大型化趋势对轴承企业的配套能力形成了挑战。目前国内已有多家轴承厂商布局风电轴承领域，但主要

集中在2MW及以下风电轴承，**对于3MW及以上风电轴承，由于技术难度高，国内生产还处于起步阶段。**

大型风机轴承对生产企业的研发能力、生产规模等方面提出了更高的要求，为我国风电轴承行业带来挑战的同时，也有助于风电轴承市场的整合优化。同时，风机大型化也有助于风机轴承市场规模的提升：根据明阳智能披露的数据，在2018年上半年公司销售的1.5MW、3.0MW风机的成本构成中，变桨轴承的成本单价分别为3.9万元（2.6万元/MW）、9.8万元（3.3万元/MW），主轴轴承的成本单价分别为12.8万元（8.6万元/MW）、50.3万元（16.8万元/MW），**大型风机轴承的成本单价提升明显。**

图表16：轴承尺寸随着风机功率的增加而增大

轴承结构	主机功率(MW)	主轴轴承尺寸 d×D×T(mm)
调心滚子轴承	1.5	530×780×250
调心滚子轴承	2.0	600×870×272
调心滚子轴承	3	900×1280×375

资料来源：网络信息整理，万联证券研究所

3、下游景气+国产替代，风电轴承市场空间有望超百亿

3.1 全球轴承市场呈垄断竞争格局

轴承是现代工业的基础零部件，被誉为机械装备的“关节”，其主要功能是支撑旋转轴或其它运动体，引导转动或移动运动并承受由轴或轴上零件传递而来的载荷，它的精度、性能、寿命和可靠性对主机的使用性能和可靠性起着决定性的作用。

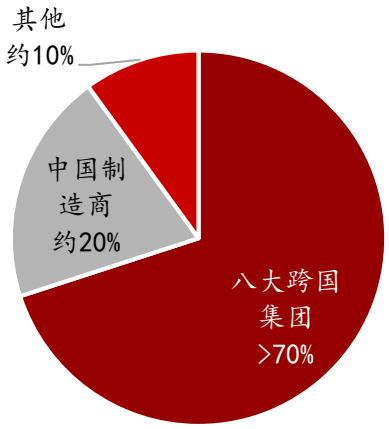
全球轴承市场目前呈现垄断竞争的格局，龙头企业包括瑞典SKF、德国Schaeffler（INA+FAG）、日本的NSK、NTN、Minebea、NACHI、JTKET和美国TIMKEN等，这八大龙头企业占据了全球70%以上的市场份额，我国的轴承制造商的全球市场份额约20%。

图表17：世界八大轴承制造商情况

国家	品牌	代表产品
瑞典	SKF	中大型冶金矿山轴承、汽车轴承等
德国	Schaeffler（INA+FAG）	滚针轴承及液压顶杆等；中大型圆锥圆柱滚子轴承等
日本	NSK	小型低噪音轴承等
	NTN	车用等速万向节轴承、中型球轴承等
	Minebea	办公自动化微型轴承等
	NACHI	中小型球轴承等
	JTKET	汽车轴承、滚针轴承等
美国	TIMKEN	英制圆锥滚子轴承等

资料来源：前瞻产业研究院，万联证券研究所

图表18：八大轴承制造商占据全球70%以上市场份额



资料来源：前瞻产业研究院，万联证券研究所

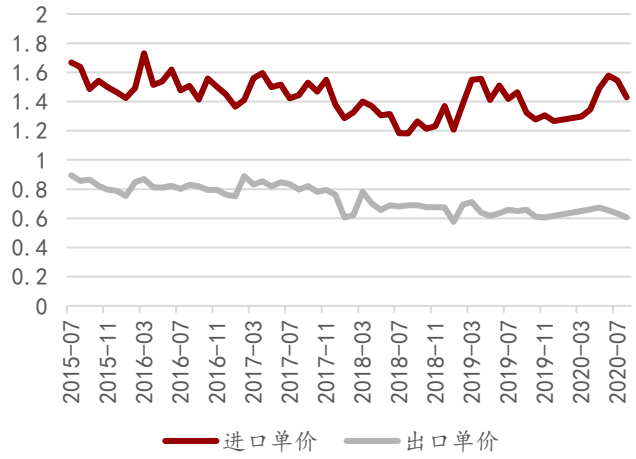
我国高端轴承市场主要由八大龙头企业占领，本土企业主要占据中低端市场，代表性企业包括人本集团、万向钱潮、瓦轴等。我国生产的轴承绝大多数是小型及中小型轴承，中大型以上的轴承产量占比不足13%，产值占比约48%（《2016年轴承行业经济年报》）。从进出口情况来看，2020年1-8月我国滚动轴承的进、出口金额均为22亿美元左右，进、出口单价分别为1.41美元、0.64美元，进口单价是出口单价的2倍以上，侧面说明进口轴承占据我国高端市场。

图表19：中国轴承市场竞争层次情况



资料来源：前瞻产业研究院，万联证券研究所

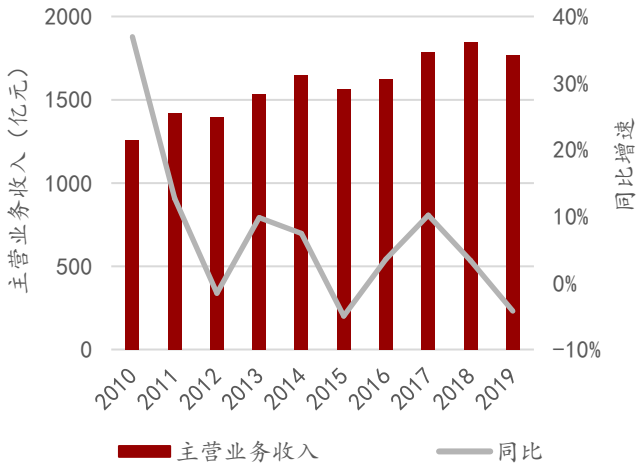
图表20：我国滚动轴承进口单价远高于出口单价（单位：美元/套）



资料来源：前瞻产业研究院，万联证券研究所

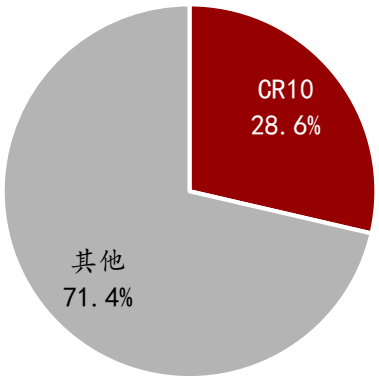
我国轴承制造行业参与者众多，属于完全竞争市场，行业市场集中度不高。根据中国轴承工业协会数据显示，2019年我国轴承行业实现营业收入1770亿元，其中排名前十的轴承制造企业实现营业收入506.7亿元，行业CR10仅为28.6%。

图表21：中国轴承行业规模以上企业主营业务收入



资料来源：中国轴承工业协会，万联证券研究所

图表22：中国轴承行业市场集中度较低



资料来源：中国轴承工业协会，前瞻产业研究院，万联证券研究所

3.2 高端风电轴承进口替代空间广阔

3.2.1 风电轴承：风电机组的核心部件

风电行业产业链主要由上游零部件制造、中游风电设备整机总装和下游风电场投资运营构成。风电机组的核心零部件包括轴承、齿轮箱、发电机、叶片、轮毂等，核心部件生产专业性强，一般由风机制造企业向专业供应商定制采购。除个别关键轴承需进口外，风机部件国内供应充足。中游的风机制造企业市场集中度较高，对上游有较强的议价能力。下游是专业的风电场投资运营企业，以大型国有发电集团为主。

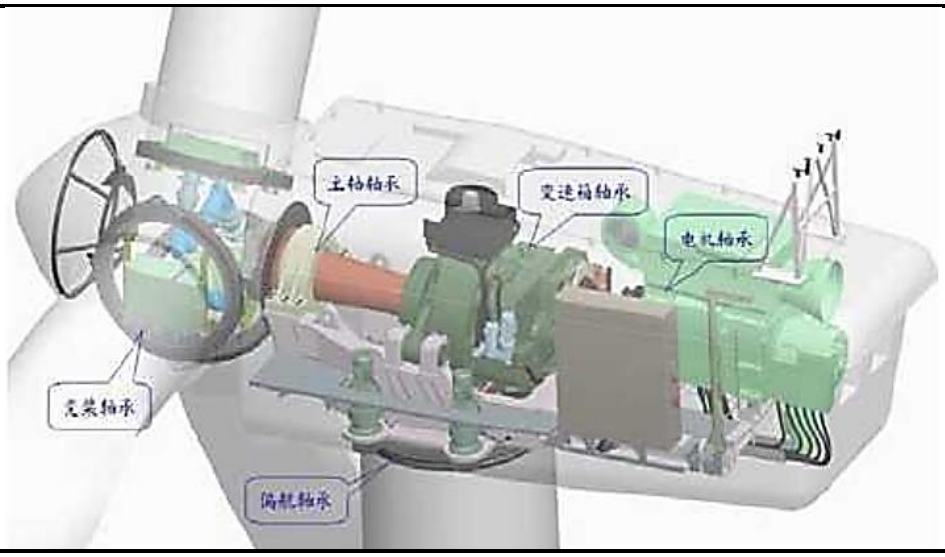
图表23：风电机组产业链



资料来源：新材料在线，万联证券研究所

风电轴承是连接机组中偏航、变桨和传动等系统转向的重要部件，分别对应偏航轴承、变桨轴承和主轴轴承。一般来说，**一组风电机组中需要偏航轴承1套（连接机舱和塔筒）、变桨轴承3套（连接叶片和轮毂），主轴轴承（支撑主轴）的数量根据技术路线的不同，一般为1-3套**。此外，用于双馈式风电机组的轴承还包括齿轮箱和发电机中所用的高速轴承等。

图表24：风力发电机轴承示意图（双馈式）

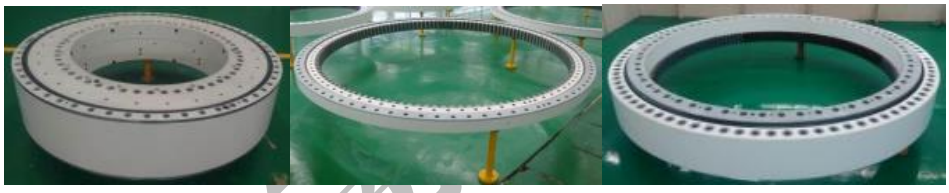


资料来源：智研咨询，万联证券研究所

主轴轴承：风电机主轴轴承主要用于支撑主轴、承载轴向径向载荷和力矩的作用。风电机组对主轴轴承的寿命、可靠性、强度和承载能力要求很高，需要无故障运行20年、可靠度达到95%以上，因此风电主轴轴承的技术含量较高。

偏航轴承、变桨轴承：偏航轴承连接机舱和塔筒，主要用于跟踪风向的变化，使风机的迎风角度始终处于90度，以确保最大的发电量。变桨轴承连接叶片和轮毂，主要用于改变叶片的桨距角，改变叶片和机组的受力情况，确保发电机组输出功率的稳定。偏航、变桨轴承需要具有低摩擦、高灵敏度等特性。

图表25：风力发电机轴承示意图



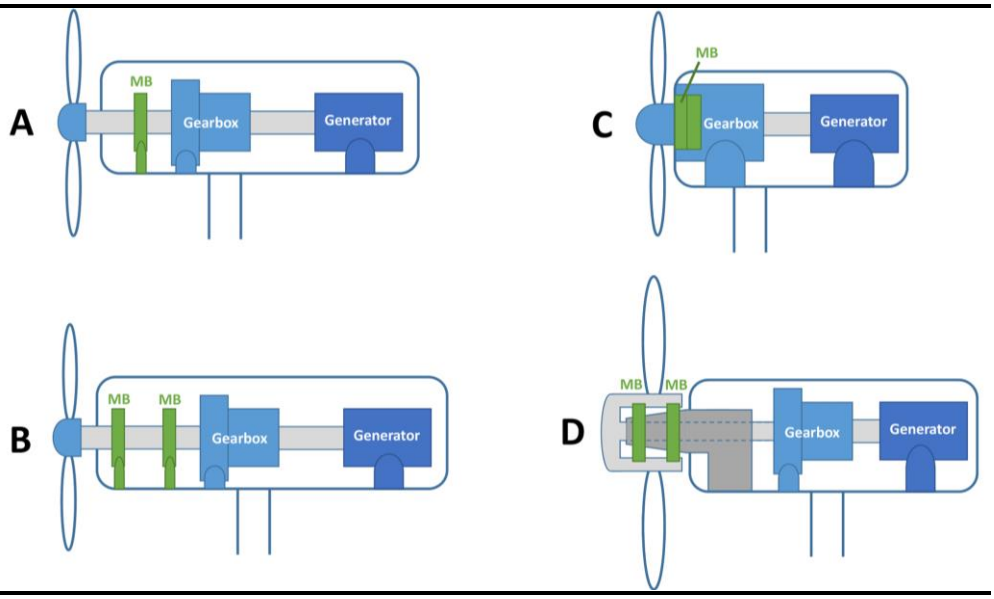
主轴轴承　　偏航轴承　　变桨轴承

资料来源：新强联招股说明书，万联证券研究所

风电机组可分为双馈式、半直驱式和直驱式等主流技术路线。三种类型的主要区别在于直驱式风机的电机与叶轮直接连接，因此无需齿轮箱；半直驱式风机的齿轮箱输出轴与发电机主轴直联，取消或缩短了低速轴。

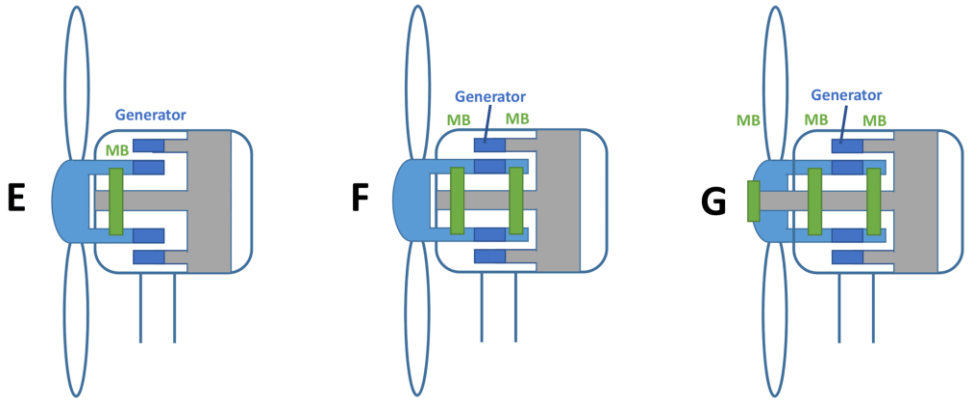
双馈式机组可分为单主轴轴承（3点支承）和双主轴轴承（2点支承）两种方案。3点支承结构一般为在风轮侧安装主轴轴承，在齿轮箱内安装耳轴，主轴与齿轮箱采用胀紧套连接，如图26-A所示。2点支承的轴承方案是指两个主轴轴承的组合，如图26-B所示，可以减少作用在齿轮箱上的载荷，但对轴承的错位比较敏感。半直驱式机组一般采用一组双排圆锥滚子轴承作为主轴轴承，如图26-C所示，两列滚子采用背对背的安装方式，可承受较大的弯矩载荷。直驱式机组可以分为单主轴轴承、双主轴轴承、三主轴轴承等形式，每种形式均有多种传动结构布局方式，如图27所示。

图表26：双馈式、半直驱式风机传动结构示意图（MB即主轴轴承）



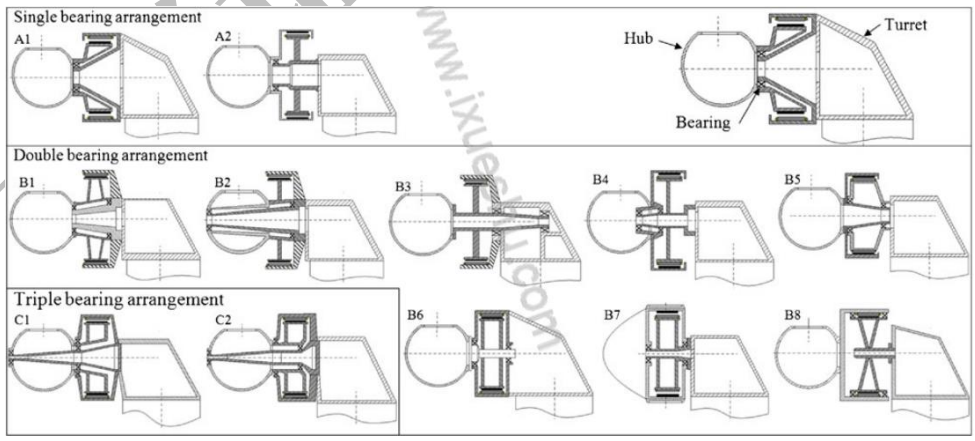
资料来源：Hart et al.（2020），万联证券研究所

图表27：直驱式风机传动结构示意图（MB即主轴轴承）



资料来源：Hart et al.（2020），万联证券研究所

图表28：直驱式风机传动结构形式多样



资料来源：Stander et al.（2012），万联证券研究所

3.2.2 风电轴承的类型与应用

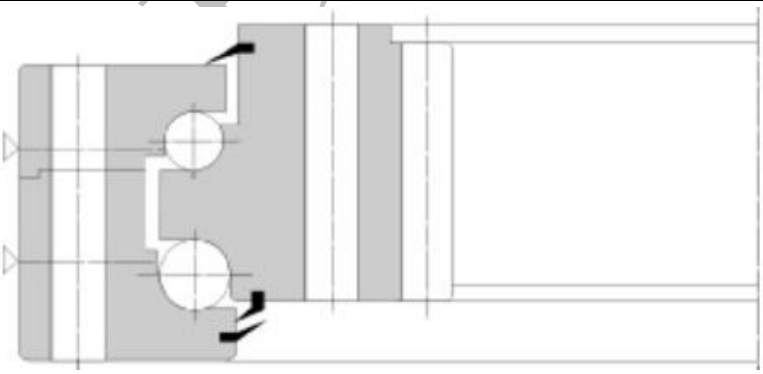
按轴承的类型分类，风电轴承一般采用球面滚子轴承、圆锥滚子轴承、圆柱滚子轴承、单排四点接触球轴承、双排四点接触球轴承等种类。

1. 四点接触球轴承：主要用作风机的变桨轴承和偏航轴承

用于风机的四点接触球轴承分为单排球、双排球两类，主要由内圈、外圈、单/双排钢球、保持架（或隔离块）、密封装置等零件组成。变桨及偏航轴承工作转速较低，转动范围小，一般在某一范围内转动频率较高，且变桨、偏航驱动电机在风力较小、过大或风向不对时需要频繁启动，因此变桨及偏航轴承采用低摩擦、高灵敏度的四点接触球轴承。

偏航轴承受到的载荷和倾覆力较大，一般采用双排四点接触回转球轴承；变桨轴承受力相对较小，先前多采用单排接触球轴承，但随着风机机型变大，现在也多采用双排接触球轴承。

图表29：内齿式双排异径球轴承

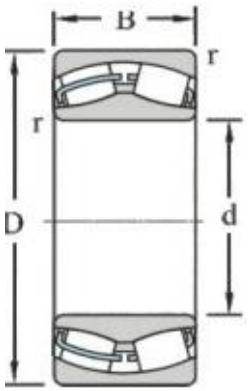


资料来源：洛轴商城，万联证券研究所

2. 球面滚子轴承、圆锥滚子轴承、圆柱滚子轴承：主要用作风机的主轴轴承

(1)球面滚子轴承：由一个带球面滚道的外圈和一个双滚道内圈、一个或两个保持架及一组球面滚子组成。由于外圈球面滚道的中心与轴承中心一致，故具有调心性能，**可以自动调整因轴与轴承座之间的角度误差所产生的倾斜或轴的挠曲。**球面滚子轴承**可以承受较大的径向载荷与双向轴向载荷**，特别适用于承受重载荷或冲击振动载荷，但调心滚子轴承允许的**工作转速相对较低。**

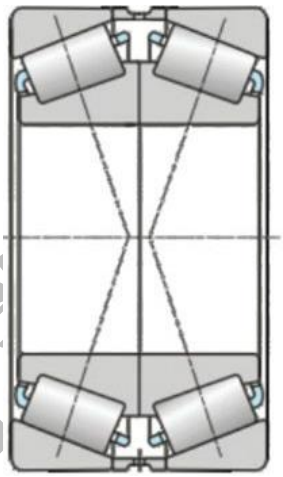
图表30：球面滚子轴承



资料来源：洛轴商城，万联证券研究所

(2)圆锥滚子轴承：圆锥滚子轴承内、外圈均具有锥形滚道，滚道之间装有锥形滚子。滚子与滚道为线形接触，**可承受较重的径向和轴向联合负荷，也可承受轴向负荷**。接外圈滚道角度越大，轴向承载能力越高。在风机中圆锥滚子轴承一般采用双排配置，以平衡轴向分力、增加径向承载能力。

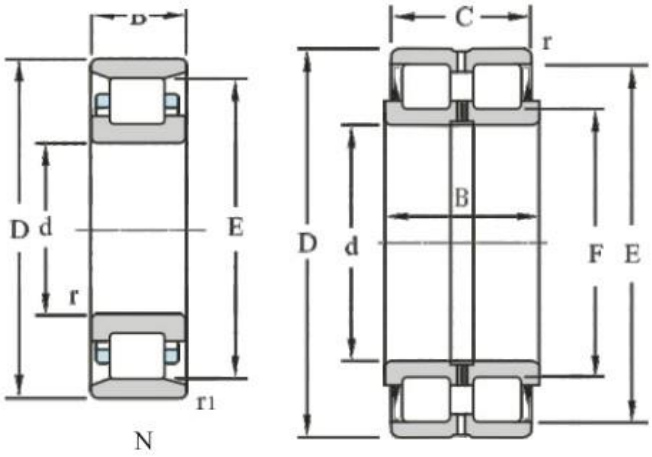
图表31：双排圆锥滚子轴承



资料来源：洛轴商城，万联证券研究所

(3)单排、双排圆柱滚子轴承：圆柱滚子轴承**能承受较大的径向负荷并适于在高速运转场合使用，但不能承载轴向负荷**。部分类型的圆柱滚子带有挡边，可承受一定的轴向负荷。圆柱滚子轴承也可以通过增加排数来提升承载能力。

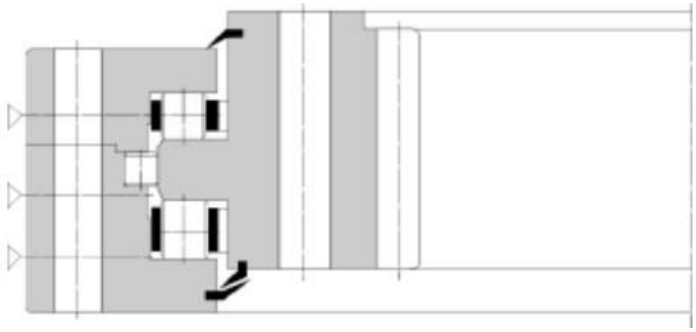
图表32：圆柱滚子轴承（单排、双排）



资料来源：洛轴商城，万联证券研究所

(4)三排圆柱滚子轴承：三排圆柱滚子组合转盘轴承主要由内圈、外圈、三排滚子、保持架（隔离块）、密封装置等零件组成。该结构的轴向载荷和径向载荷分别由不同滚子承受，其中轴向载荷和倾覆力矩由轴线水平放置的两组滚子承受，径向载荷由轴线垂直放置的一组滚子承受。**在相同外形尺寸条件下其承载能力最高，多用于大功率风电机组。**

图表33：三排圆柱滚子轴承



资料来源：洛轴商城，万联证券研究所

一般来说，3点支承的双馈式机组多采用球面滚子轴承、双排圆锥滚子轴承、三排圆柱滚子轴承作为主轴轴承。2点支承的轴承方案一般采用球面滚子轴承、双排圆锥滚子轴承作为靠近风轮侧的主轴承，采用球面滚子轴承、圆柱滚子轴承、双排圆锥滚子轴承作为齿轮箱侧主轴轴承。半直驱机组的主轴轴承一般可采用双排圆锥滚子轴承、三排圆柱滚子轴承。直驱型风电机组多采用单排或双排的圆锥滚子轴承、圆柱滚子轴承或者三排圆柱滚子轴承。

图表34：三排圆柱滚子轴承

风电机组形式		主轴轴承种类
双馈式	3点支承	球面滚子轴承、双排圆锥滚子轴承、三排圆柱滚子轴承
	2点支承	球面滚子+球面滚子、球面滚子+圆柱滚子、双列圆锥滚子+圆柱滚子、2个单列圆锥滚子轴承等
半直驱式		双排圆锥滚子轴承、三排圆柱滚子轴承等
直驱式		圆锥滚子轴承、圆柱滚子轴承、三排圆柱滚子轴承等

资料来源：华轴网，Hart et al.（2020），万联证券研究所

3.2.3 无软带淬火技术：解决回转支承行业痛点

回转支承装置的滚道一般需要进行淬火处理。回转支承套圈滚道表面经中频淬火后，具有很高的硬度和良好的机械性能，使滚道具有良好的耐磨性和承载能力；心部为调质处理组织，具有较好的机械性能和韧性，使套圈具有抗冲击性。但由于感应淬火存在有始有终现象，导致在淬火的始终衔接处存在这未经热处理的软带区域。软带的存在限制了回转支承的应用领域，降低了回转支承的使用寿命，使回转支承只能用在低速、重载的场合。且软带区域会出现早期疲劳剥落，造成回转支承过早失效。

图表35：回转支承中的软带区域

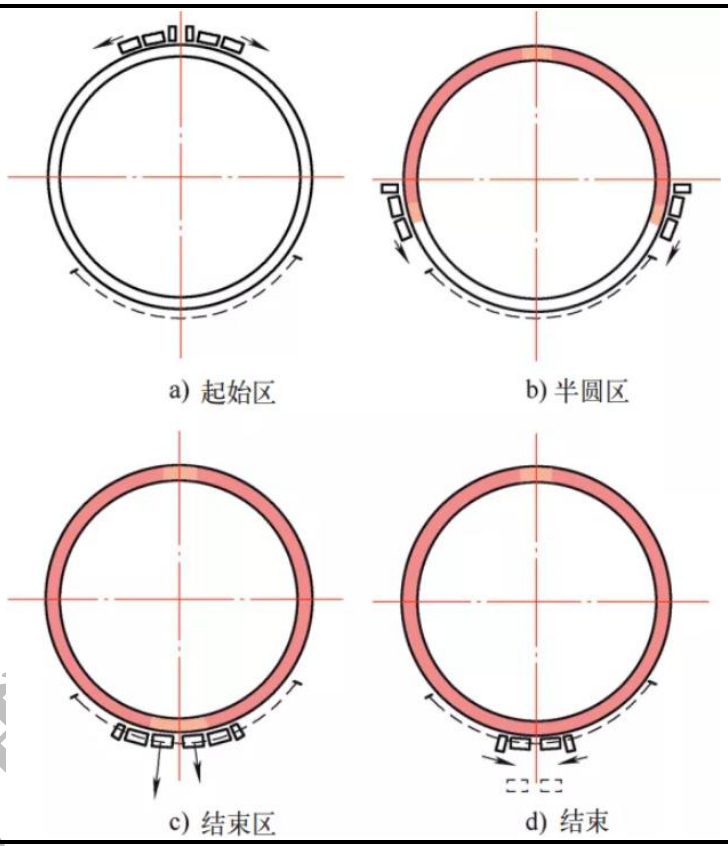


资料来源：江苏双正机械，万联证券研究所

对于应用于风电领域的大直径回转支承，目前可采用两组加热组件相互配合的方式来实现无软带：每个加热组件配有两个感应器，每个感应器都有一个独立的电源，在加热起始区旋转平台在一定范围内带动工件摆动，在加热即将结束时加热组件的两个感应器先后关闭，以实现起始区和汇合处的均匀化，实现无软带。

无软带回转支承滚道不存在薄弱环节，可提高回转支承的承载能力和可靠性，提高回转支承的使用寿命，满足高速重载的使用场合。但另一方面，大型回转支承的无软带技术中频淬火的工艺经验提出了较高的要求，而且需要进口的先进淬火机床设备，投入较大。目前新强联等国内回转支承企业已经开始了对无软带淬火技术的攻关，无软带回转支承应用前景广阔。

图表36：大型回转支承的无软带加热工艺



资料来源：意大利SAET，万联证券研究所

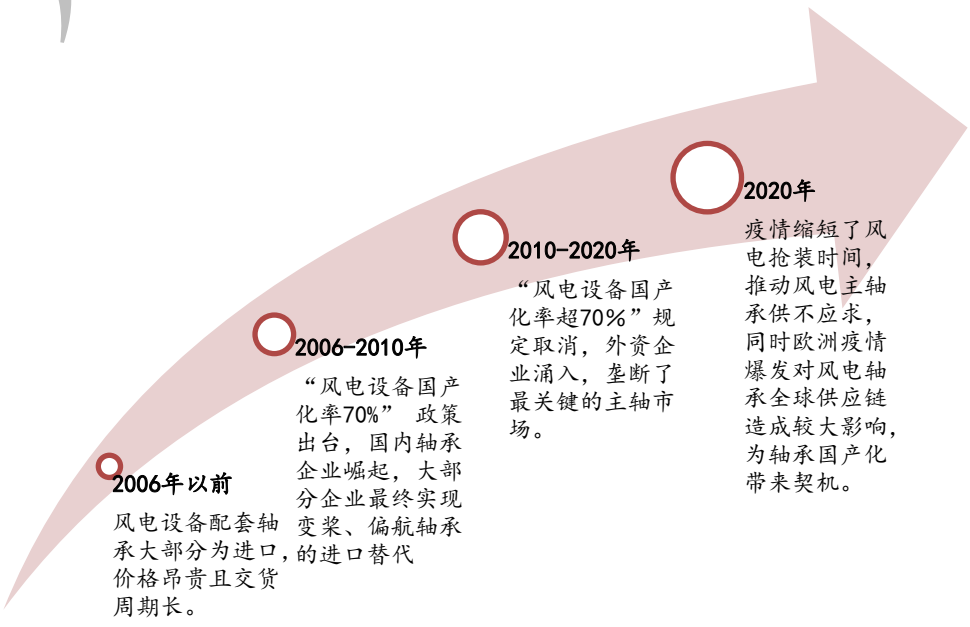
3.2.4 大功率、主轴轴承市场被外资占领，疫情影响下风电轴承迎来进口替代窗口期

轴承属于风电设备的核心零部件，由于风电设备的恶劣工况和长寿命、高可靠性的使用要求，使得风电轴承具有较高的技术复杂度，是最难国产化的两大风机零部件（轴承和控制系统）之一，成为影响我国风电制造业发展的软肋。

回顾历史，2006年之前我国风电设备配套轴承大部分为进口，价格昂贵且交货周期长。2006年，国家发改委出台“风电设备国产化率70%”的规定，国内风电轴承行业借助政策的扶持快速发展，轴承企业快速崛起，最终实现了变桨轴承、偏航轴承的国产化。2010年“风电设备国产化率70%”规定被取消，外资企业纷纷涌入中国市场，SKF、FAG、铁姆肯、舍弗勒、NTN等全球龙头相继在国内设立风电轴承厂，外资企业在大功率、主轴轴承市场占有领先的市场地位。根据北极星风力发电网消息，我国首台10MW海上风电机组的发电机轴承的是德国舍弗勒，变桨轴承和偏航轴承则由法国德枫丹（青岛）制造。直到近期，舍弗勒、SKF等国际巨头仍占据着中国约50%的风电轴承市场。

进口轴承供应受阻，为国内企业提供进口替代窗口期。2020年突如其来的疫情缩短了风电抢装时间，推动风电主轴承供不应求，同时欧洲疫情爆发对风电轴承全球供应链造成较大影响，为轴承国产化带来契机。据能源杂志消息，在风电主轴承供不应求的情况下，目前已经有风机制造企业在用瓦轴、洛轴等本土企业生产的主轴轴承。

图表37：我国风电轴承主要发展阶段



资料来源：《风电产业、风电设备及风电轴承》，北极星风力发电网，万联证券研究所

依托我国庞大的工业体量，我国轴承产业规模全球领先。2019年中国轴承产量为196亿套，经济规模位居世界第三。但我国轴承产业大而不强，高端轴承在使用寿命、可靠性、Dn值与承载能力等方面与日本、欧美存在较大差距，大功率风电轴承等高端产品依然依赖进口。

制约我国高端轴承产业发展的因素主要体现在材料和工艺方面。在材料方面，当前我国高端轴承钢产品水平与瑞典、德国、日本等制造强国差距较大，洁净度低、氧化物夹杂、碳化物不稳定等问题影响了国产轴承钢的寿命和可靠性。目前我国的轴承钢以电渣轴承钢为主，而国外已经将真空脱气冶炼超高纯轴承钢（EP钢）、夹杂物均匀化（IQ钢）、超长寿命钢（TF钢）等技术应用到轴承领域，大幅提升了轴承的寿命与可靠性。

在加工工艺方面，高端轴承制造工艺涉及材料、设计、机械加工、检测与试验等一系列技术难题，需要结合接触力学、润滑理论、摩擦学、疲劳与破坏、热处理与材料组织等领域的基础研究支持，具有极端的复杂性，需要长期的工艺经验的积累。在工艺设备方面，我国在高端轴承制造所需的高精度机床、感应加热设备等领域较为薄弱，同样限制了我国高端轴承的生产制造和技术进步。

图表38：意大利SAET生产的高端回转支承加热设备



资料来源：意大利SAET，万联证券研究所

经历多年艰苦的国产化之路，目前瓦轴、洛轴、新强联、天马等企业已经形成了一定的风电轴承国产化能力。瓦轴以20%左右的市场份额，稳居中国风电轴承市场榜首，其风电轴承产品涵盖1兆瓦到7兆瓦，年产能约8000套左右；新强联风电轴承产品涵盖主轴轴承、偏航轴承、变桨轴承，目前3MW风电轴承已实现大批量生产销售，5.5MW风电轴承正在进行小批量生产，风电轴承年产量在5000套左右。

图表39：一些厂商生产的部分风电轴承产品

企业名称	主轴承	偏航轴承	变桨轴承	发电机轴承	齿轮箱轴承
瓦轴	•	•	•	•	•
洛轴	•	•	•	•	•
京冶	•	•	•		
天马		•	•		
洛阳新能		•	•		
联合滚动		•	•		
大连冶金		•	•		
江阴嘉鑫			•		
大连毅都			•		
香港欧宝	•				
欧标柯特		•	•		
新罗轴承		•	•		
韩国金龙	•				
SKF	•	•	•	•	•
FAG	•	•	•	•	•
Rothe Erde	•	•	•		•
IMO	•	•	•		
TIMKEN	•			•	•
NKE	•			•	•
NTN	•			•	•
PSL	•	•	•		
NSK	•				
Koyo	•				
Galperti	•	•	•		
Rollix		•	•		
Mitsubishi		•			
Liebherr		•			

资料来源：《中国风电轴承市场近况》，万联证券研究所

图表40：国内部分风电轴承企业相关业务情况

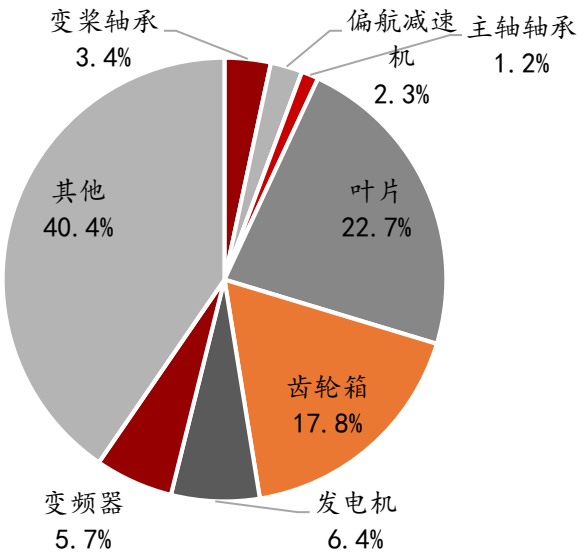
企业简称	相关业务、布局
瓦轴	偏航轴承、变桨轴承、主轴轴承、齿轮箱轴承、发电机轴承等；开发出1.5兆瓦、2.0兆瓦、3.0兆瓦、5.0兆瓦、6.0兆瓦、7.0兆瓦等系列风机配套轴承，年产能约8000套左右；国内风电轴承领域市占率20%左右；2020年上半年，风电轴承上半年实现销售收入同比增长315%。
洛轴	偏航轴承、变桨轴承、主轴轴承、齿轮箱轴承、发电机轴承等；正在加快推进5兆瓦以上的海洋风电轴承的研发。
新强联	包括风电主轴轴承、偏航轴承、变桨轴承，拥有大尺寸风电轴承的全套加工工艺，目前3MW风电轴承已实现大批量生产并销售，5.5MW风电轴承正在进行小批量生产；2MW、2.5MW直驱风机三排滚子主轴轴承可实现进口替代；公司风电轴承产品年产量在5000套左右。
徐州罗特艾德	由德国蒂森克虏伯持股60%，徐工机械（000425.SZ）持股40%，自2007年开始生产风电轴承，产品包括用于偏航、变桨系统的四点支承，用做主轴轴承的圆锥滚子轴承、圆柱滚子轴承、球面滚子轴承、三排滚子轴承等。
轴研科技	研发3MW以上大功率风电主轴轴承。
五洲新春	高性能滚针轴承和风电滚子已于2019年批量供应。
成都天马	偏航轴承、变桨轴承、主轴轴承、增速器轴承。

资料来源：相关公司公告，相关公司官网，角马能源，北极星风力发电网，万联证券研究所

3.3 国内风电轴承市场空间有望超百亿

根据明阳智能的数据，在2018年上半年公司销售的1.5MW、2.0MW、3.0MW风机的成本构成中，变桨轴承的成本占比分别为2.6%、3.4%、3.1%，主轴轴承的成本占比分别为1.9%、1.2%、6.7%，偏航减速机的成本占比分别为2.0%、2.3%、1.7%。根据CWEA数据，在2018年的新增机组中，装机容量小于2.0MW、2.0-3.0MW、大于3.0MW的占比分别为4%、83%、13%。根据以上数据，我们推断2018年变桨、偏航和主轴轴承在风电机组中的成本占比约为7.5%。随着风电机组的大型化，轴承在机组成本中的占比也有望持续提升，我们假设未来几年变桨、偏航和主轴轴承在风电机组中的成本占比将保持在8.0%。

图表41：明阳智能2.0MW风机成本结构（2018年上半年）



资料来源：明阳智能招股说明书，万联证券研究所

根据北极星风力发电网信息及相关公司公告，2019年运达风电2.0-3.0MW风电机组的单位成本约为2400-2500元/kW，2019年上半年明阳智能1.5MW、3MW风电机组的单位成本分别为2008元/kW、2474元/kW。据此推断陆上风电机组的单位成本约为2400元/kW。

海上风电方面，2019年上半年明阳智能5.5MW风电机组的单位成本为4589元/kW。另外根据近期部分海上风电机组的招标情况，海上风电的机组投资额约为6500元/kW，考虑到20%的毛利率和93%的材料成本占比，推断海上风电机组的单位成本约为4800元/kW。

图表42：运达风电、明阳智能风电机组成本情况

时间	运达风电机组单千瓦成本（元/kW）		
	2.0MW	2.5MW	3.0MW
2017年	2761		
2018年	2618	2509	
2019年	2408	2488	2453

时间	明阳智能机组单千瓦材料成本（元/kW）		
	1.5MW	3MW	5.5MW

2017 年	2301	4079	
2018 年	2594	2615	4725
2019 上半年	2008	2474	4589

资料来源：北极星风力发电网，明阳智能公司公告，万联证券研究所

图表43：近期部分海上风电机组招标情况

海上风电项目	时间	规模(万kW)	单价(元/kW)	项目
华能苍南 4 号	2020/9	20	6906	含塔筒、五年整机维护
长乐外海海上风电场 C 区	2020/9	20	6630	预中标、五年质保期运维
		10	6910	预中标、五年质保期运维
华能山东半岛南 4 号	2020/5	30	6505	不含塔筒、5 年质保维护服务

资料来源：北极星风力发电网，万联证券研究所

2019年全国新增并网风电装机2574万千瓦，其中陆上风电2376万千瓦、海上风电198万千瓦。根据上述数据估算，2019年全国风电轴承（变桨、偏航和主轴轴承）市场规模约53.5亿元，风电轴承的单位成本约为20.8万元/MW。

图表44：国内风电轴承市场空间测算

	新增装机容量（万 kW）	风电轴承市场规模测算（亿元）	风电轴承单位成本（万元/MW）
陆上风电	2376	45.6	19.2
海上风电	198	7.9	40.0
合计/平均	2574	53.5	20.8

资料来源：万联证券研究所

根据《风能北京宣言》，2021-2025年、2026-2030年年均新增风电装机容量分别有望达到5000万千瓦、6000万千瓦，**对应的风电轴承市场规模分别有望达到106亿元、127亿元**。对比2019年54亿元左右的市场规模，风电轴承行业成长空间广阔。

图表45：风电轴承行业成长空间广阔

	2019	2021-2025E	2026-2030E
年平均新增装机容量(万 kW)	2574	5000	6000
陆上风电(万 kW)	2376	4525	5430
海上风电(万 kW)	198	475	570
陆上风电轴承市场规模(亿元)	46	87	104
海上风电轴承市场规模(亿元)	8	19	23
风电轴承市场规模合计(亿元)	**54**	**106**	**127**

资料来源：《风能北京宣言》，GWEC，万联证券研究所

4、风电轴承相关标的整理

图表46：风电轴承相关标的整理（数据截止至2020/11/13）

	公司代码	公司简称	2019 财年营业收入（亿元）	2020 上半年风电相关业务占比	PE(TTM)
本土风电轴承企业	200706.SZ	瓦轴 B	18.55	较小*	-7.76
	300850.SZ	新强联	6.43	77.5%	38.33
	002046.SZ	轴研科技	20.85	较小	102.45
轴承配套产品	603667.SH	五洲新春	18.18	较小*	38.01
国际龙头	SHA.DF	舍弗勒	144.3 亿欧元	-	-
	SKFB.ST	斯凯孚	860.13 亿瑞典克朗	-	24.91
	TKR.N	铁姆肯	37.9 亿美元	-	15.72
	6473.T	捷太格特	14,185.7 亿日元	-	-77.54

资料来源：wind，相关公司公告，yahoo，万联证券研究所

**2020年上半年瓦轴B的专用轴承业务（包括风电、钢铁、水泥机械等领域）营收占比为33.1%；五洲新春募投项目完全达产后，预计风电轴承滚动体的年销售收入为5250万元，占2019年营业收入的2.9%。*

5、投资建议与风险提示

投资建议：建议重点关注在大功率风电轴承领域技术领先的龙头企业。

风险提升：风电装机量不及预期风险、国产替代不及预期风险、行业竞争加剧风险、原材料价格波动风险、宏观经济风险等。

行业投资评级

强于大市：未来6个月内行业指数相对大盘涨幅10%以上；
同步大市：未来6个月内行业指数相对大盘涨幅10%至-10%之间；
弱于大市：未来6个月内行业指数相对大盘跌幅10%以上。

公司投资评级

买入：未来6个月内公司相对大盘涨幅15%以上；
增持：未来6个月内公司相对大盘涨幅5%至15%；
观望：未来6个月内公司相对大盘涨幅-5%至5%；
卖出：未来6个月内公司相对大盘跌幅5%以上。
基准指数：沪深300指数

风险提示

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

证券分析师承诺

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的执业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

免责条款

本报告仅供万联证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

本公司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。本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。在法律许可情况下，本公司或其关联机构可能会持有报告中提到的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、财务顾问或类似的金融服务。

本报告为研究员个人依据公开资料和调研信息撰写，本公司不对本报告所涉及的任何法律问题做任何保证。本报告中的信息均来源于已公开的资料，本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。报告中的信息或所表达的意见并不构成所述证券买卖的出价或征价。研究员任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告的版权仅为本公司所有，未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、刊登、发表和引用。未经我方许可而引用、刊发或转载的，引起法律后果和造成我公司经济损失的，概由对方承担，我公司保留追究的权利。

万联证券股份有限公司研究所

上海浦东新区世纪大道1528号陆家嘴基金大厦
北京西城区平安里西大街 28 号中海国际中心
深圳福田区深南大道 2007 号金地中心
广州天河区珠江东路 11 号高德置地广场