

平价风电专题研究之五： 风电轴承降本突围

行业研究 · 行业专题

电力设备新能源 · 风电

投资评级：超配（维持评级）

证券分析师：王蔚祺
010-88005313
wangweiqi2@guosen.com.cn
S0980520080003

联系人：王晓声
010-88005231
wangxiaosheng@guosen.com.cn

- 随着巴黎协定缔约国不断推进能源结构转型和绿色电力的发展，中国大陆、欧洲和美国等主力市场正酝酿新一轮增长动能，同时东南亚、拉丁美洲等新兴市场也展现需求爆发性。全球风电市场正迈入持续成长的平价道路，我们预期全球风电新增装机容量将从2022年的104GW增长到2025年的163GW，三年CAGR为17%。其中陆风在2022年达到91GW，2025年达到130GW，CAGR13%；海风从2022年的12.6GW增长到2025年的35.1GW，CAGR44%。风机设备全球产值从2022年的4264亿元增长至5026亿元。
- 在双碳政策的稳步推进下，国内风电行业凭借良好的经济性，2022-2025年实现海陆并举的增长节奏。陆上风电将从2022年的45GW增长到2025年的85GW，CAGR为24%；海上风电从2022年的6.5GW增长至2025年的18GW，CAGR高达40%。由于风机大型化降本效应突出，中国大陆市场风机设备产值在1700-2000亿元之间波动。
- 由于双馈技术的稳定成熟、国产化率日趋提高，以及自主创新能力不断增强，目前海上风电有重启双馈技术的趋势。同时随着机组大型化的发展，陆上风电直驱技术逐渐失去成本竞争力，企业转向成本更低的半直驱或者双馈路线。上述技术趋势的变化提高了齿轮箱的应用占比。同时在双馈机组大型化的趋势中，齿轮箱的单位成本下降速度更慢，成本占比日益提高，从2MW时期的低于10%增长到20%以上。
- 齿轮箱中主要的零部件之一为轴承，单台齿轮箱大约要使用25-30个轴承，成本占比超过30%，目前国产化率较低；同时风机主轴轴承和偏航变桨轴承也合计占风机成本超过5%。我们估计上述轴承成本每年超过200亿元，2025年或接近260亿元，提高轴承国产化率是风机企业降成本的主要路径。
- 除了提高制造国产化率以外，通过技术创新将滚动轴承改为滑动轴承，减少轴承采购成本的同时缩小零部件设计尺寸和生产物料，也是降本的新趋势。风电用滑动轴承即将在2023年开始逐步推广，理论评估更换50%的滑动轴承可以降低齿轮箱成本6-20%不等；而主轴轴承和偏航变桨轴承有望降低20%以上相关成本。

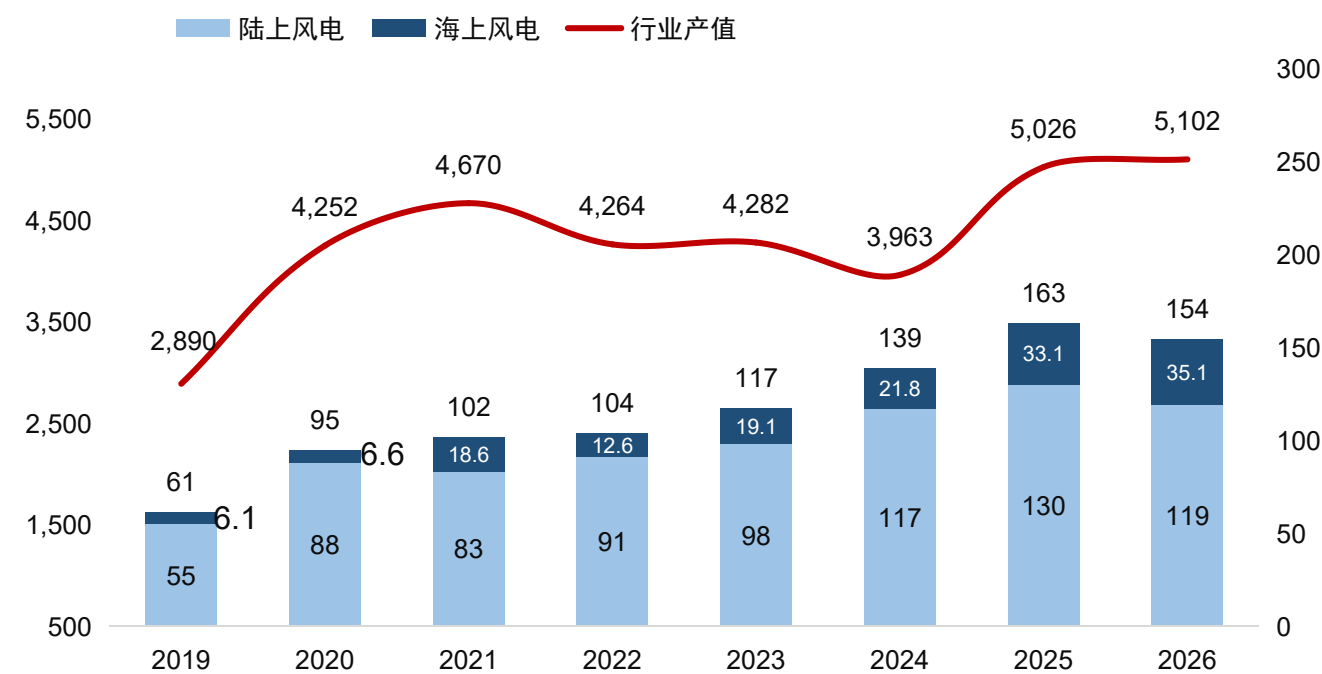
投资建议：我们看好风电行业处于海风引领，陆风托底的平价发展大时代，技术降本将持续提升产业竞争力，重点推荐 金风科技、运达股份、明阳智能。

风险提示：风电装机不达预期；原材料成本上行；产品质量风险。

一、行业概况：规模与成本展望

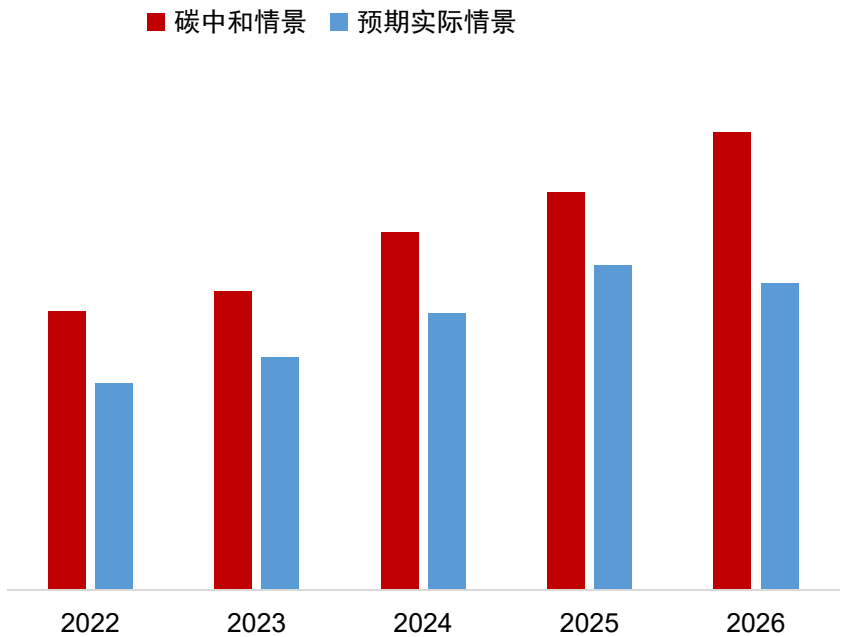
随着巴黎协定缔约国不断推进能源结构转型和绿色电力的发展，中国大陆、欧洲和美国等主力市场正酝酿新一轮增长动能，同时东南亚、拉丁美洲等新兴市场也展现需求爆发性。全球风电市场正迈入持续成长的平价道路，我们预期全球风电新增装机容量将从2022年的104GW增长到2025年的163GW，三年CAGR为17%。其中陆风在2022年达到91GW，2025年达到130GW，CAGR13%；海风从2022年的12.6GW增长到2025年的35.1GW，CAGR44%。风机设备全球产值从2022年的4264亿元增长至5026亿元。

图1：海外风电新增装机预测（GW）及风机产值预测（亿元）



资料来源：历史数据和各地区展望来自GWEC、Wind Europe、GWEC、国信证券经济研究所整理并预测

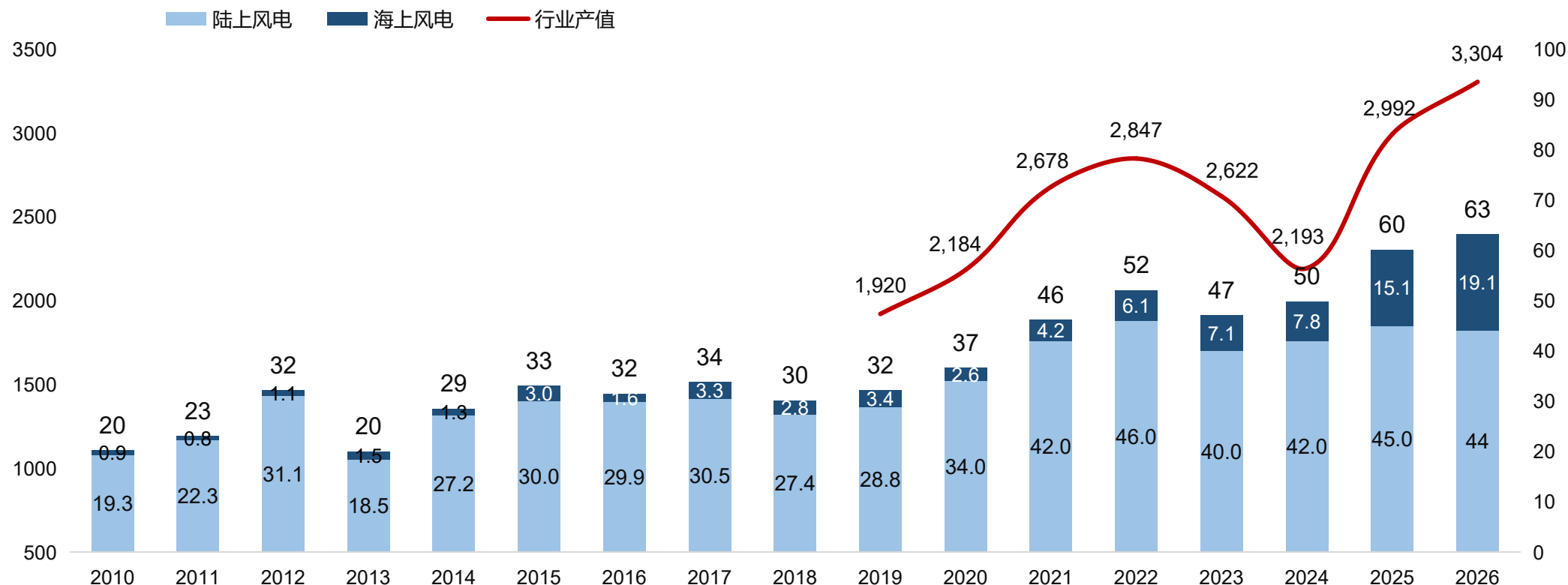
图2：海外风电新增装机预测（GW）及风机产值预测（亿元）



资料来源：历史数据和碳中和情景展望来自GWEC、国信证券经济研究所整理并预测

我们预期在拉丁美洲等新兴经济的带动下，海外陆风市场维持在40G-46GW的稳定水平，海外海上风电在欧美市场的带动下实现高速增长，装机容量从2022年的6.1GW增长到2025年的15.1GW, CAGR达到35%；海外装机规模从2022年的52GW增长到2025年的60GW，海外市场的风机设备产值维持在3000亿元附近的高位。

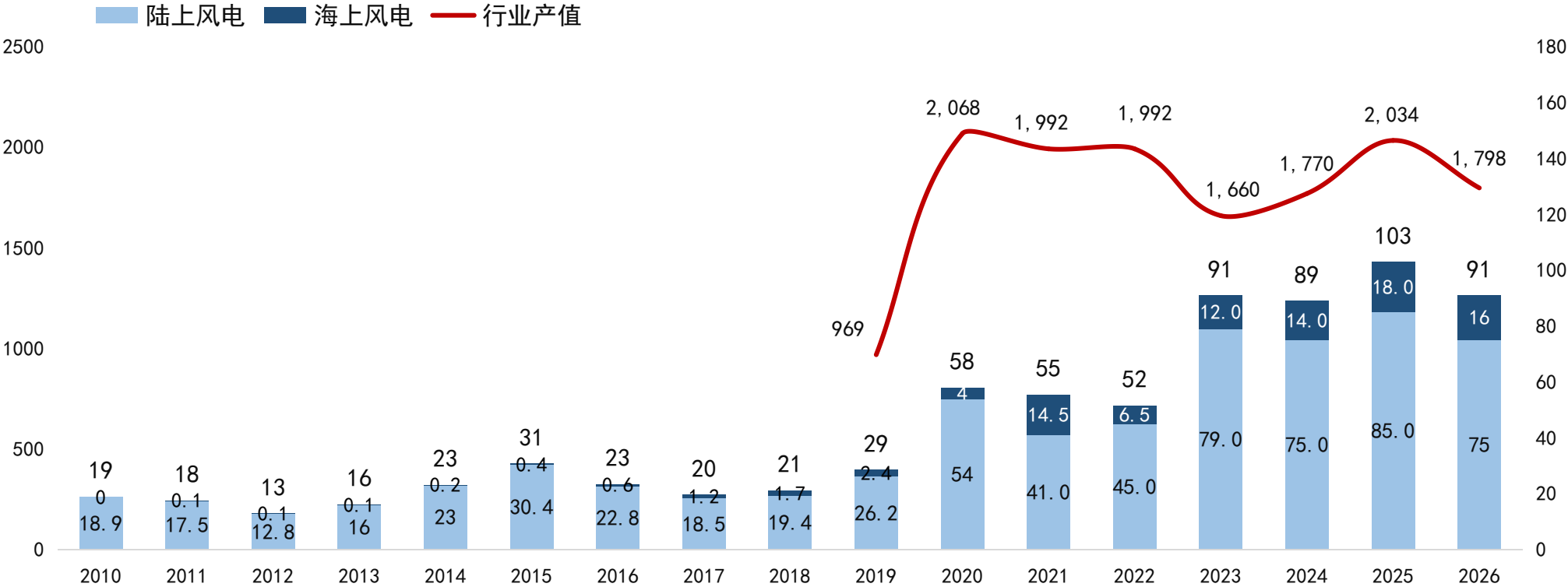
图3：海外风电新增装机预测（GW）及风机产值预测（亿元）



资料来源：历史数据和各地区展望来自GWEC、Wind Europe、CWEA、国信证券经济研究所整理并预测

在双碳政策的稳步推进下，国内风电行业凭借良好的经济性，未来四年实现海陆并举的增长节奏。陆上风电将从2022年的45GW增长到2025年的85GW, CAGR 24%; 海上风电从2022年的6.5GW增长至2025年的18GW, CAGR高达40%；由于风机大型化降本效应突出，国内风机设备产值在1700-2000亿元之间波动。

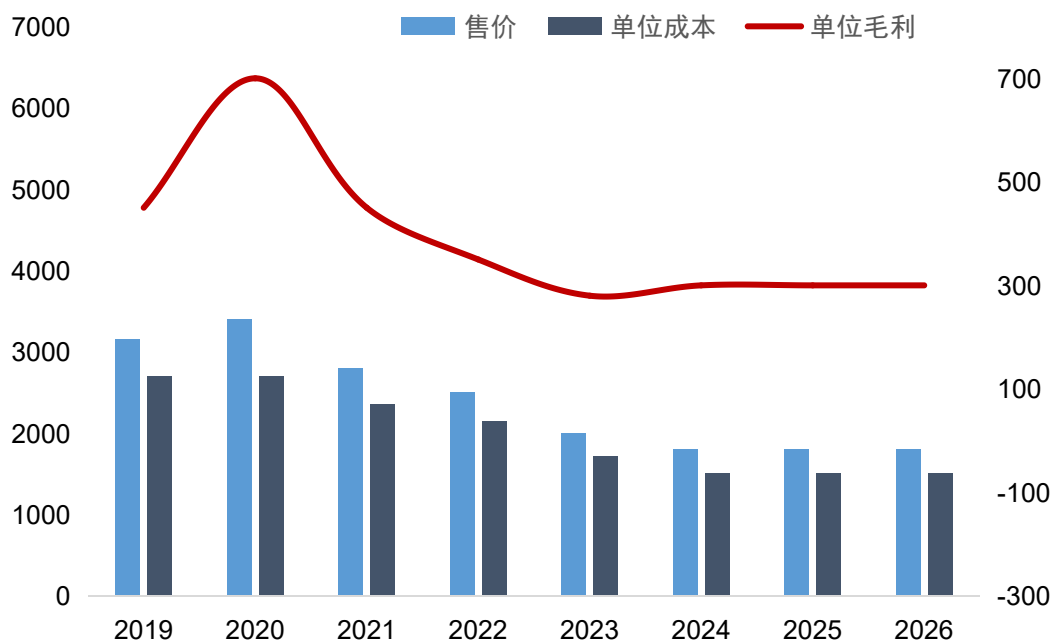
图4：中国大陆风电新增装机预测（GW）及风机产值预测（亿元）



资料来源：历史数据和各地区展望来自GWEC、Wind Europe、CWEA、国信证券经济研究所整理并预测

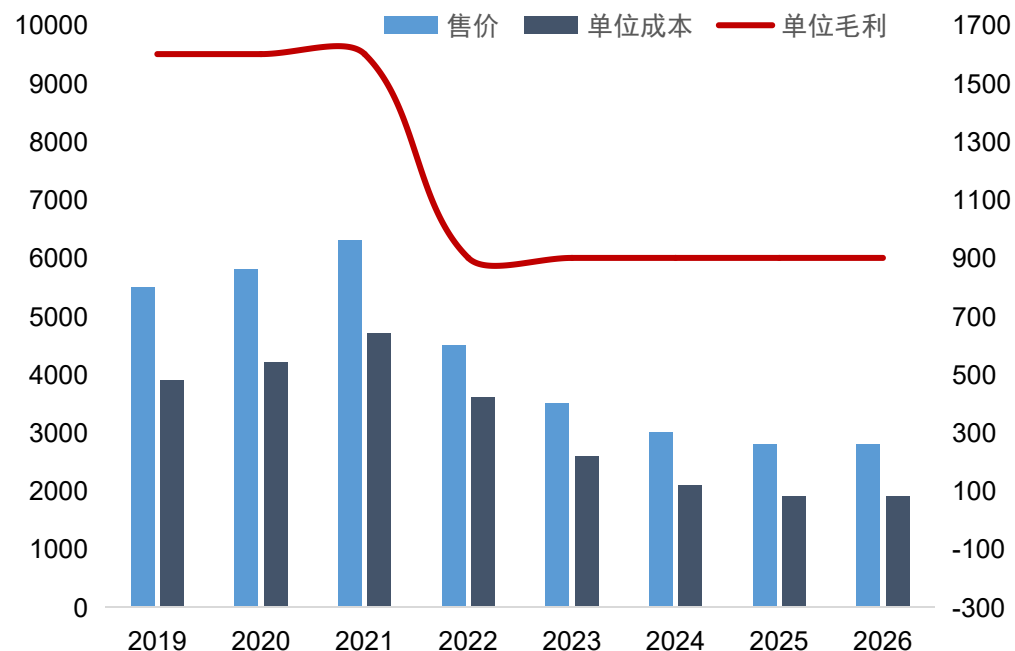
我们预计随着风机单机功率的不断上升，单位容量分摊的物料和制造费用显著下降，风机单位kW成本将下降到1600元以下；同时风机价格由于平价时代的市场竞争原因也将让出全部降本空间，装机规模的扩大提升了企业的经营杠杆，行业单位kW毛利也将有所下降，陆风毛利从原来的400元-800元下降到250-500元左右；海风单位kW毛利从补贴时代的1500-1800元下降至600-900元。

图5：陆上风电风机售价、成本与毛利预测（元/千瓦，不含税）



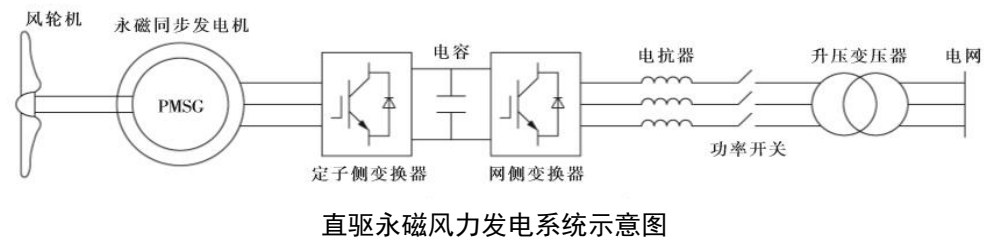
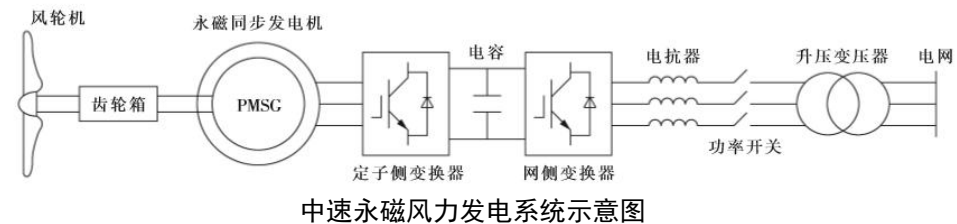
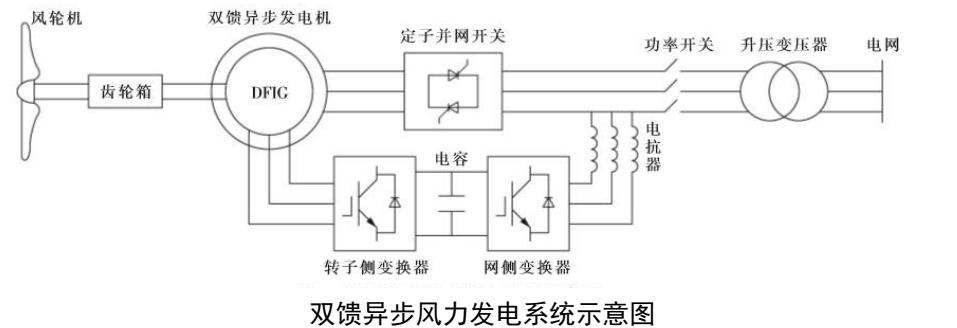
资料来源：招采网、金风科技、运达股份、明阳智能公告，国信证券经济研究所整理并预测

图6：海上风电风机售价、成本与毛利预测（元/千瓦，不含税）



资料来源：招采网、金风科技、运达股份、明阳智能公告，国信证券经济研究所整理并预测

图7：各主要风机企业技术路线梳理以及传动系统原理



陆上风机

Vestas 远景能源
SGRE 上海电气
GE 联合动力
Senvion 运达股份
重庆海装
明阳智能*

金风科技
明阳智能*

湘电风能
金风科技

海上风机

远景能源
运达股份

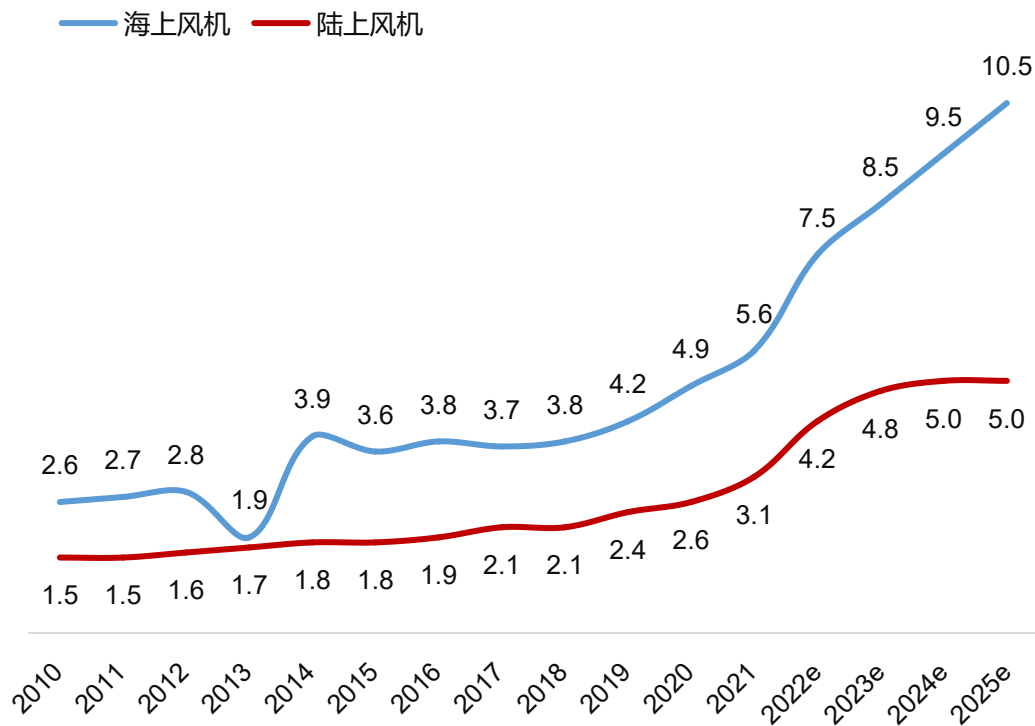
MHI-Vestas
东方电气
重庆海装
明阳智能
上海电气

GE-Alston
SGRE
上海电气
金风科技

未来风电技术发展趋势——风机大型化

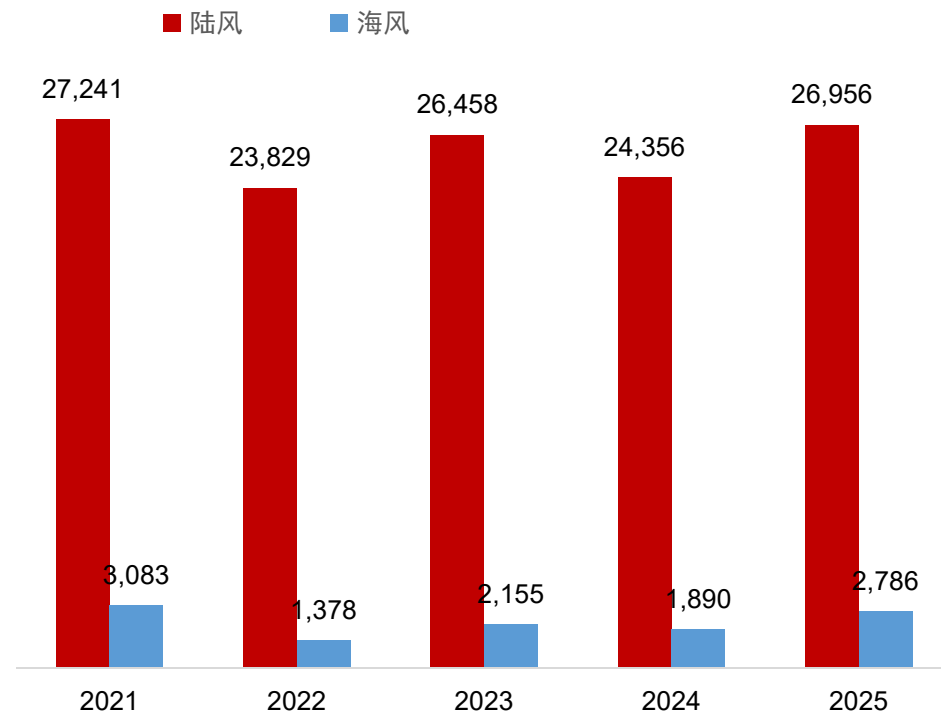
- 中国已形成较为完备的风电设备配套产业链，零部件国产化率达到 95%以上。到2021年，中国陆上风电场主流投标机型已提高到6-7MW，陆上风电机组平均单机容量达到3.1MW；海上主流投标机型达到9-10MW以上（最大为11MW），海上风电机组平均单机容量达到5.6MW。
- 我们预期全球风机出货量将从2.5万台增长至3万台，其中陆风出货台套数将从2022年的2.4万台增长至2.7万台，海上从1300-1400台增长至2700台以上。

图8：2010-2025年陆上和海上风电机组平均单机容量（MW）



资料来源：历史数据来自CWEA，国信证券经济研究所预测

图9：全球风机新增吊装台套数预测（台）



资料来源：GWEC，国信证券经济研究所预测

风机大型化对各环节价值量的影响

- 在平价上网政策驱动下，风电机组的设计技术水平不断提升，包括精细化的概念设计、先进的计算手段，不断优化的控制策略，逐步完善的智能化水平，叶片、齿轮箱、发电机、变流器等关键部件设计技术和制造工艺的创新，提升发电量，降低载荷、减少成本，使得大型化、定制化、电网友好型的风电机组具有更优的技术经济性。

表1：国内双馈技术路线大型化成本变动（元/kW）				
价值量	2MW	5MW	5MW成本占比	大型化后单位kW价值量变化
整机	2741	1880		-31%
成本	2303	1403	100%	-39%
叶片	708	354	25%	-50%
齿轮箱	442	354	25%	-20%
发电机	155	106	8%	-31%
主轴	81	51	4%	-37%
主轴承	133	40	3%	-70%
偏航变桨轴承	111	54	4%	-51%
轮毂底座	233	200	14%	-14%
变流器	115	70	5%	-39%
主控/偏变控制	81	54	4%	-33%
其他物料	244	120	9%	-51%
塔筒	885	531	N. A	-40%
法兰	135	80	N. A	-41%

数据来源：三一重能、运达股份、日月股份、新强联，国信证券经济研究所整理
注：各家企业设计不同，成本占比略有差异属于正常情况。

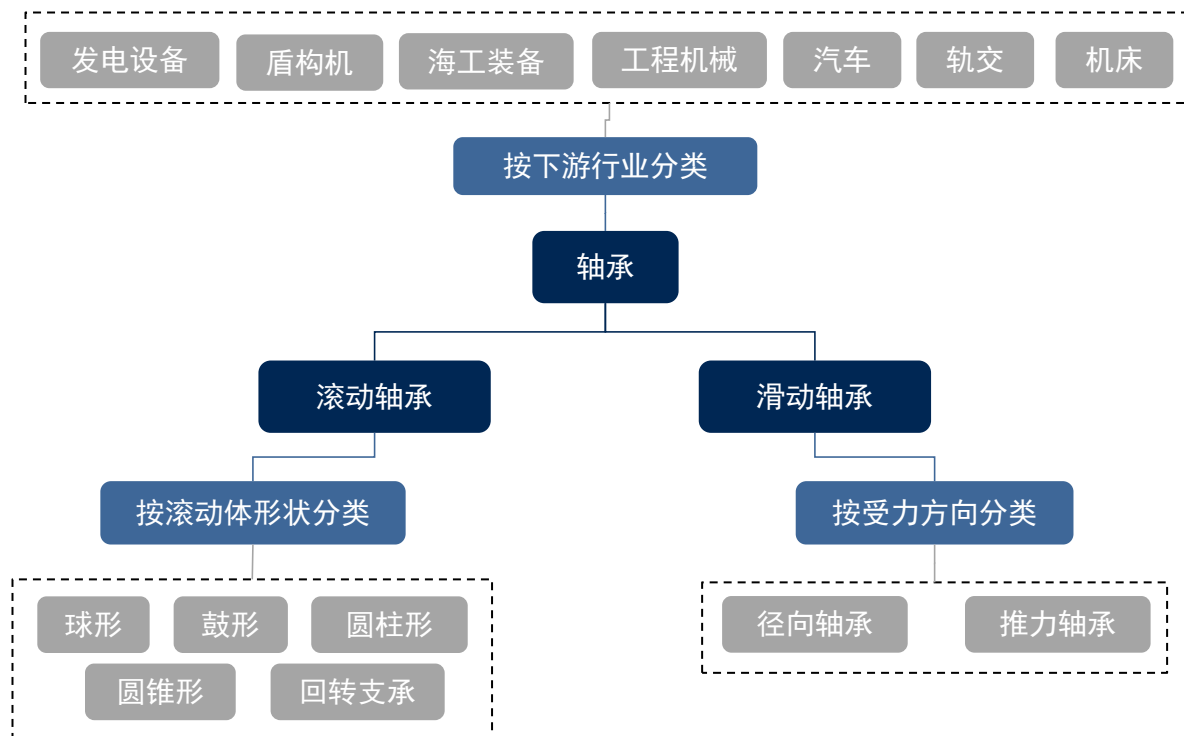
表2：未来风电降本的主要技术路径	
1	风电机组大型化、定制化和智能化
2	漂浮式海上风电技术进一步发展和应用
3	软件开发投入大幅度增加
4	风电机组设计制造趋于标准化和模块化
5	采用中速永磁同步发电机，发电机与齿轮箱集成或半集成设计技术路线，在可靠性、成本、尺寸、重量等关键因素中达到较好平衡，在超大型风电机组中展现出发展趋势
6	由于直驱技术受发电机体积、重量限制，无法进行大型化、以及双馈、鼠笼技术受齿轮箱限制，单机功率无法进一步增大；半直驱技术将在下阶段成为主流
7	大型叶片开发与风电机组整机的系统迭代优化越来越紧密，整机设计将逐渐与叶片设计融合发展
8	随着风电齿轮箱的大型化，滑动轴承在风电齿轮箱中的应用将是主要趋势。为提高传动速比，同时有利于齿轮箱体积更小，重量更轻等，齿轮箱将采用多级行星结构。

数据来源：CWEA，国信证券经济研究所整理

二、轴承行业简介

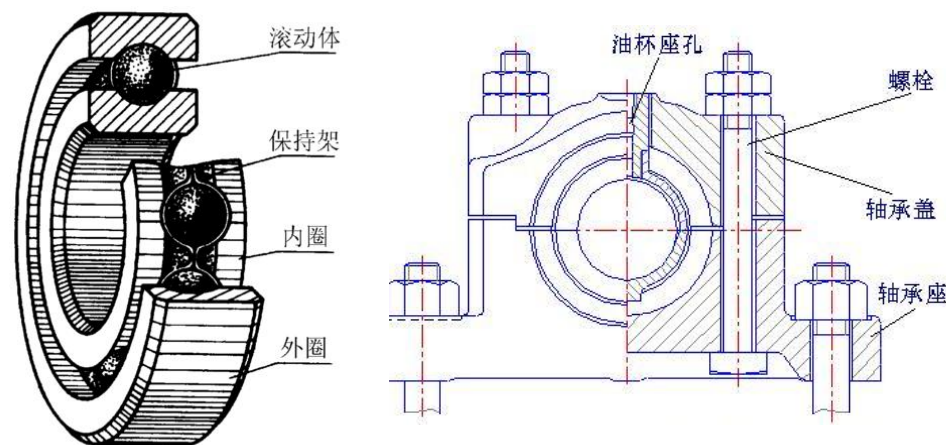
- 轴承可分为滑动轴承和滚动轴承，前者一般用于中低速、轻载荷场景，后者适用于中高速、高载荷场景且摩擦力小于滑动轴承，目前风力发电中主要采用各类滚动轴承。
- 滚动轴承通常由外圈、内圈、滚动体和保持架组成。轴承的外圈和内圈统称为轴承套圈，是有一个或几个滚道的环形零件。滚动体分为球和滚子两种。内外圈及滚动体的材料主要为轴承钢，包括高碳铬钢、铬镍合金钢和锰铬合金钢等金属材料。保持架具有分隔滚动体，使之避免相互摩擦、均匀分布载荷、改善滚动条件等作用，其材料包括钢板、黄铜、聚酰胺、玻璃纤维增强尼龙等。

图10：轴承分类



资料来源：中国轴承工业协会，国信证券经济研究所整理

图11：滚动轴承/滑动轴承典型结构示意图



资料来源：中华轴承网，国信证券经济研究所预测

轴承关键部件：套圈与轴承钢

- 轴承内圈和外圈统称为套圈，对于加工设备和加工水平要求较高，其中精加工、热处理和检测环节最为关键。
- 套圈及滚动体的材料主要为轴承钢，包括高碳铬钢、铬镍合金钢和锰铬合金钢等金属材料。轴承钢又被称为“钢中之王”，对氧含量（低于5ppm）、夹杂物浓度与尺寸（低于10 μm）、碳化物均匀度、硬度与韧性性能等要求极高。我国在轴承钢成分设计、产品系列化、标准化等方面与国外还存在较大差距。

图12：轴承套圈主要生产流程

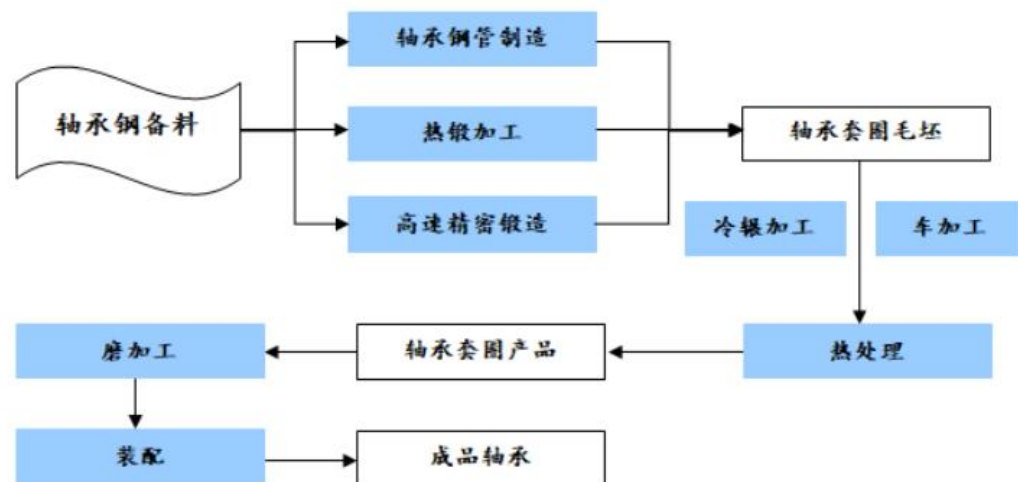
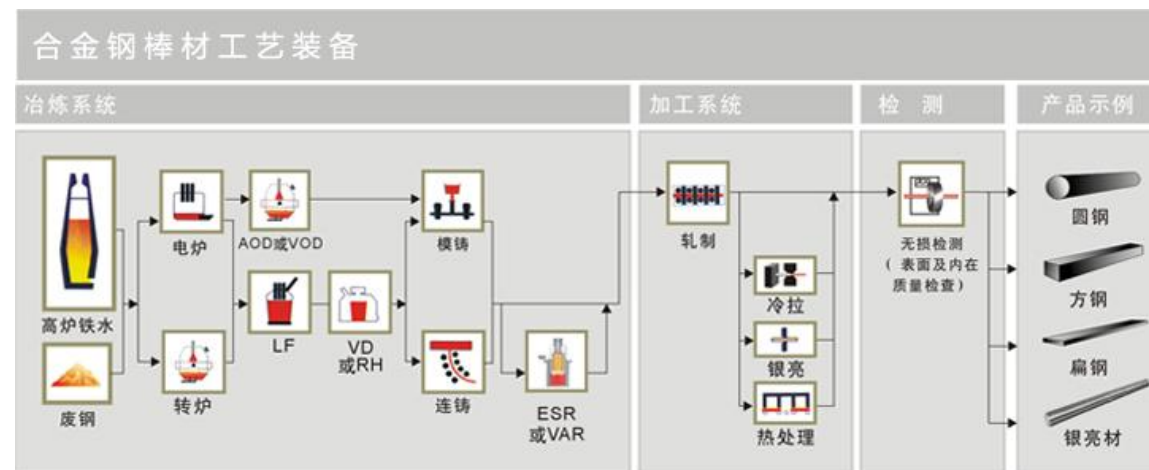


图13：合金钢棒材生产流程图

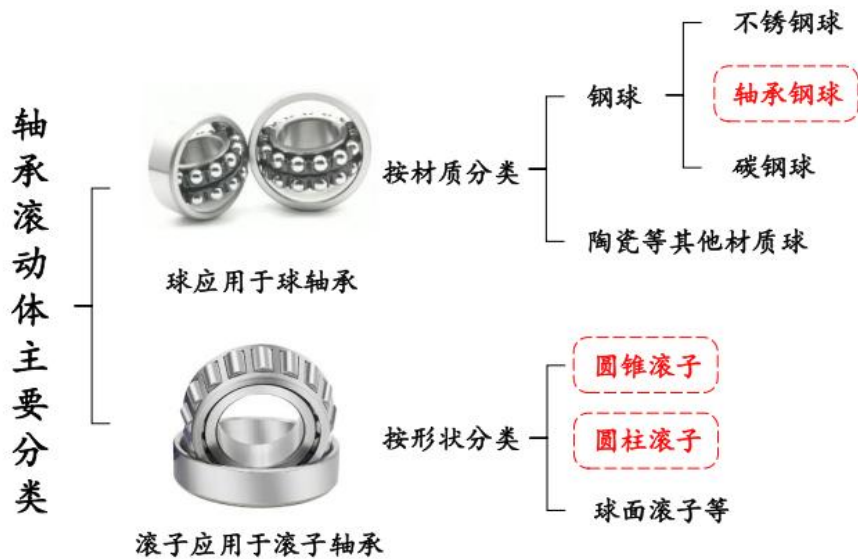


资料来源：五洲新春公告，国信证券经济研究所整理

资料来源：中信泰富特钢集团官网，国信证券经济研究所预测

- 滚动体主要分为球和滚子，对应的将滚动轴承分为球轴承和滚子轴承，其技术难度主要体现在精度、硬度、压碎载荷、残余应力、残余奥氏体比例等方面，全球范围内四大龙头企业为美国恩恩（NN）、日本椿中岛、山东东阿钢球、力星股份等。球滚动体按材质主要分为碳钢球、轴承钢球、不锈钢球和陶瓷等其他材质球四大类，其中轴承钢由于优异的性能使得其中的轴承钢球成为风电轴承用钢球的主要原材料。滚子主要包括圆柱滚子和圆锥滚子，主要采用轴承钢作为原材料。
- 风电轴承所用滚动体尺寸大、寿命要求高、工作环境恶劣，对滚动体的技术要求极高，产品附加值也较大。此外，风机单机容量越大使用的滚动体尺寸也越大，而大尺寸滚动体要达到相同的性能指标其工艺难度远高于小尺寸滚动体。国内已有部分钢球厂商能够生产风电轴承钢球，但主要集中在 5MW 以下风电钢球，对于 5MW 以上风电钢球由于技术难度高，国内生产还处于起步阶段。滚子方面，国内主要以生产Ⅲ级滚子为主，具备生产Ⅱ级、Ⅰ级滚子的企业相对较少。

图14：滚动体分类



资料来源：力星股份公告，国信证券经济研究所整理

表3：轴承钢球主要性能指标

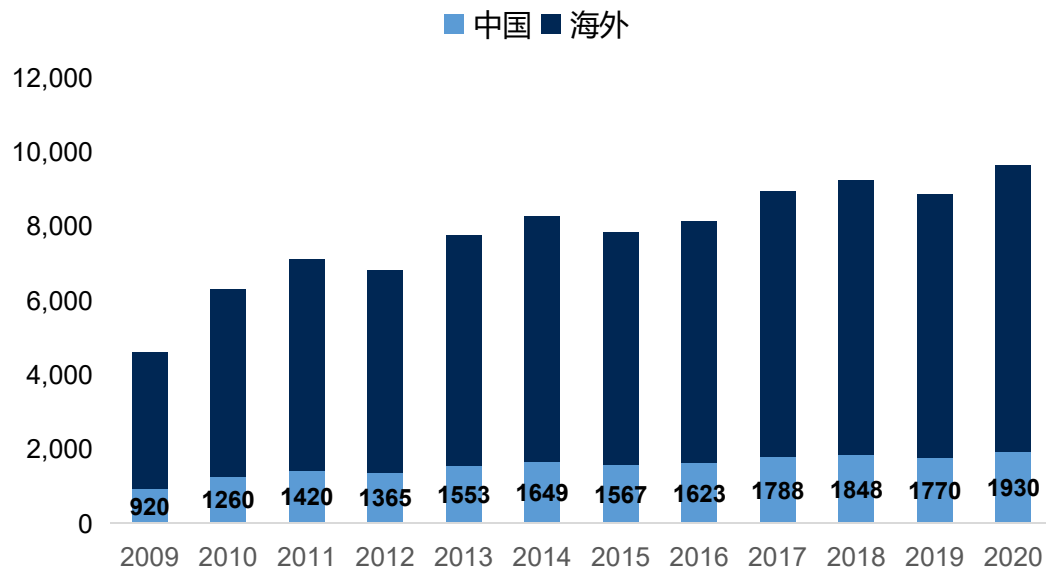
精度等级	反映钢球尺寸、形状、表面粗糙度等项目的综合指标，精度等级越高，钢球装配轴承后所能达到的转速越高、产生的噪音越低、寿命越长
硬度	指球体表面抵抗硬物压入的能力，反映钢球表面耐磨能力，在一定范围内，表面硬度越高，钢球的耐磨能力越强
压碎载荷	衡量钢球承受压力载荷的能力，数值越大，钢球承受压力载荷能力越强
表面外观	主要检测钢球表面的裂纹、凹坑、锈蚀等显微缺陷，影响钢球旋转噪音和使用寿命
残余应力	反映钢球表层抗疲劳失效能力，合理控制残余应力区间，能提高钢球抗瞬间冲击负荷的能力，延长使用寿命
残余奥氏体比例	是钢球内部的一种不稳定组织，会随时间的变化而发生相变，影响精度。该比重越低，钢球尺寸精度的稳定性越高

资料来源：力星股份公告，国信证券经济研究所预测

全球轴承行业依然以海外主导

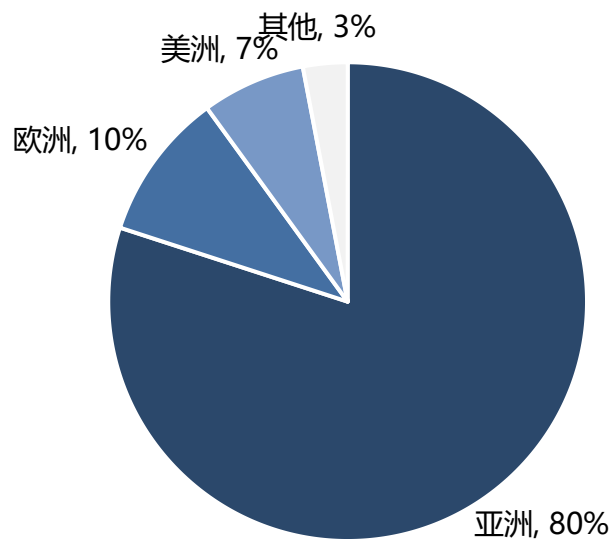
- 1880年英国开始生产轴承，1883年德国建立了世界上首家轴承公司FAG，美国于1889年建立了TIMKEN制造公司，瑞典于1907年成立了SKF公司。
- 从需求端看，全球轴承行业每年总需求约为0.8-1万亿元，其中欧洲约占25%，美洲占20%，亚洲已占到全球的50%。中国目前已经成长为全球最大的轴承消费市场，占比超过30%。
- 从供给端看，统计数据表明世界轴承市场70%的份额，被八大跨国轴承集团占据（瑞典SKF、德国Schaeffler、美国TIMKET、日本NSK、NTN、Minebea、NACHI、JTEKT）。
- 中国的轴承制造商拥有20%的全球市场份额，其中80%销往亚洲，10%销往欧洲，不到7%的轴承销往美洲。2020年我国轴承行业营收1930亿元，产量198亿套。

图15：国内与全球轴承制造行业历年营收趋势（亿元）



资料来源：中国轴承工业协会，中国占比来自新强联招股书，国信证券经济研究所估算

图16：中国轴承出口区域（%）



资料来源：新强联招股书，国信证券经济研究所预测

- 瑞典SKF公司在全球25个国家有105 家生产工厂，销售网点遍布 130 个国家和地区；德国Schaeffler公司在全球50多个国家有180多个分支机构，拥有员工79,000多名；日本NSK公司在全球24个国家和地区建立了销售网络，拥有75家生产企业；美国TIMKEN公司在全球30个国家设有运营机构和生产工厂，拥有近2万名员工。这些公司拥有一流的科技人才、加工设备和制造技术，引领着世界轴承的发展方向。

表4：2020年全球主要轴承和钢球企业概况（亿元）

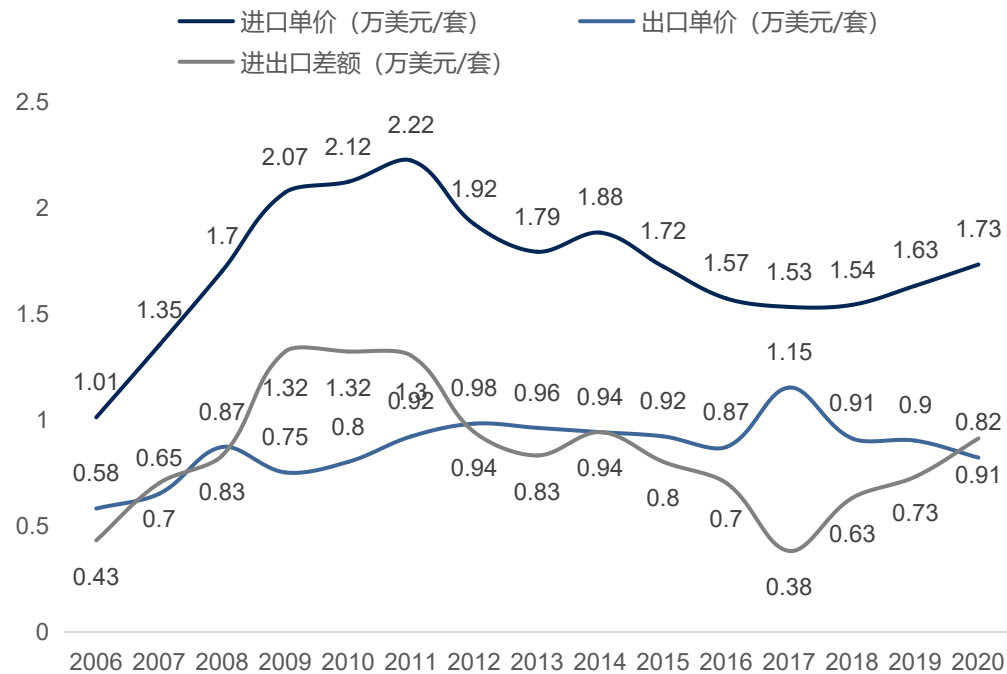
公司	市值	2020财年收入	2020财年归母净利润	代表性产品
Schaeffler	368	1011	-34.03	滚针轴承及液压顶杆，中大型圆锥圆柱滚子轴承
JTEK	245.7	742	0.48	汽车轴承、滚针轴承等
Minebea	712.6	589	23.08	办公自动化微型轴承
SKF	828.2	573	32.87	中大型冶金矿山轴承，汽车轴承等
NSK	380.1	445	0.21	小型低噪音轴承等
NTN	107.2	335	-6.93	车用等速万向节轴承、中型球轴承
TIMKEN	422.3	229	18.56	英制圆锥滚子轴承
NACHI	73.4	127	1.55	中小型球轴承
椿中岛	36.5	31	1.1	汽车、风电钢球等

资料来源：Wind，各公司官网及公告，国信证券经济研究所整理

我国轴承行业发展状况

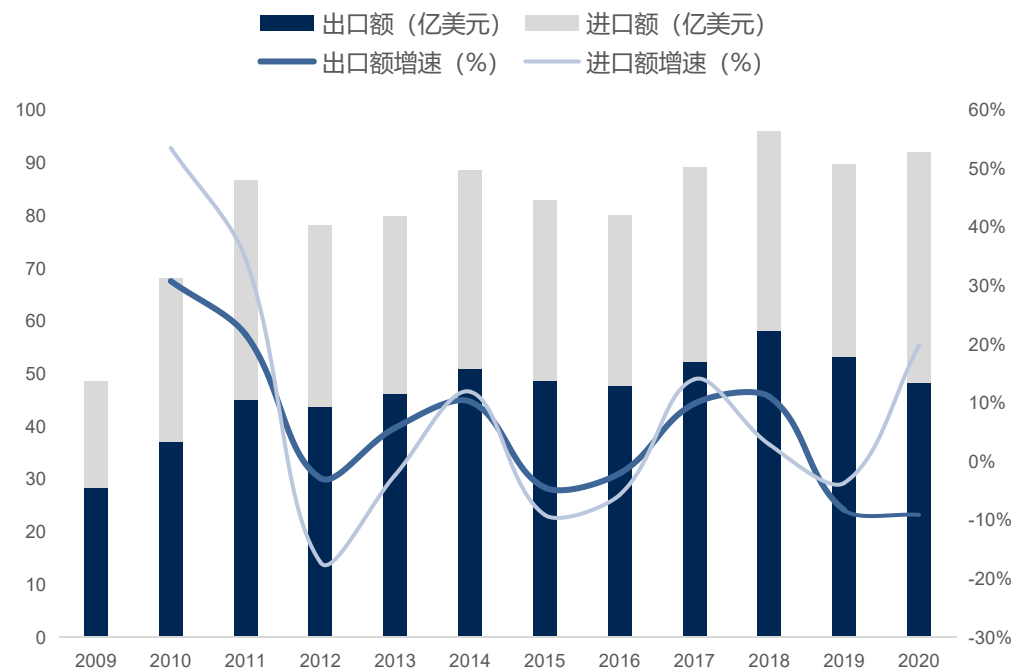
- 改革开放以来，我国轴承工业已形成一整套独立完整的工业体系，已经迈入轴承工业大国行列，位列世界第三。我国虽已是世界轴承生产大国，但还不是世界轴承生产强国，我国轴承行业的产业结构、研发能力、技术水平、产品质量、效率效益都与国际先进水平存在较大差距。
- 近五年我国轴承出口总金额已超过进口总金额，但出口单价显著低于进口单价，形成了“低端出口，高端进口”的整体局面。2020年，我国轴承进出口总额为92亿美元，其中，出口创汇48.34亿美元，同比下降9.14%；进口用汇43.66亿美元，同比增长19.78%。

图17：我国轴承行业进出口单价差较大（万美元/套）



资料来源：中国轴承工业协会，国信证券经济研究所整理

图18：2009-2020年我国轴承进出口金额及增速（亿美元、%）

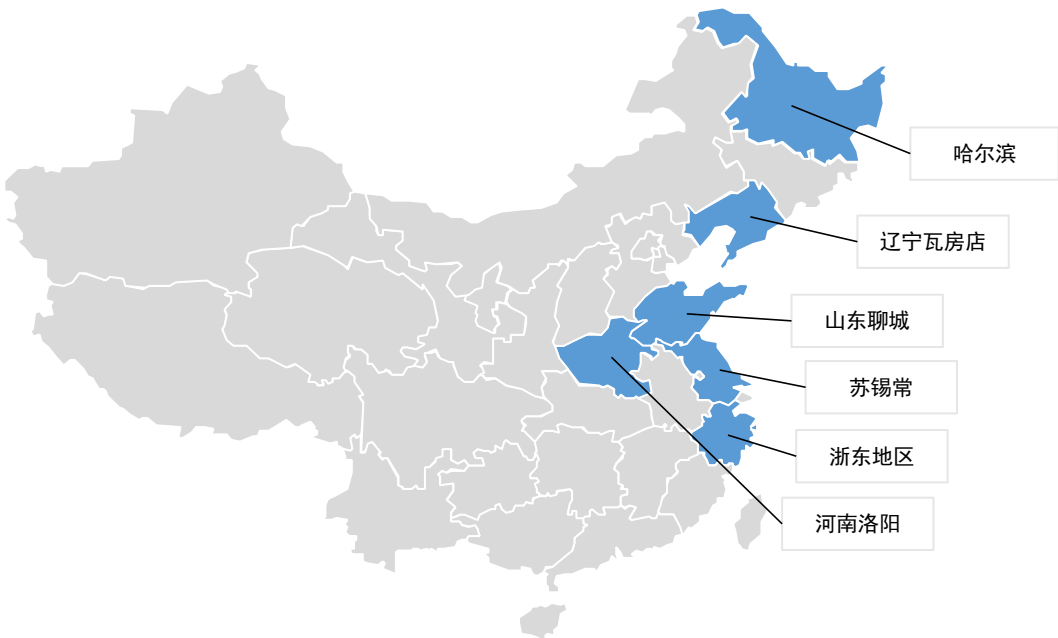


资料来源：中国海关，国信证券经济研究所整理

我国轴承行业主要企业

- 我国轴承行业主要集中在以华东地区为代表的民营和外资企业，以及以东北和洛阳地区为代表的国有传统重工业基地。
- 东北地区主要企业包括哈轴、瓦轴，洛阳地区主要企业包括洛轴LYC、洛阳轴研、新强联等，其中哈轴、瓦轴和洛轴是我国轴承行业的三大国有龙头企业。
- 哈轴：始建于1950年，哈轴拥有国家级企业技术中心，研发完成了多项国家级重点科研项目，形成了以汽车轮毂轴承、铁路客车提速轴承、精密机床主轴轴承、矿山冶金轴承、水泵农机轴承、电机轴承为主的轴承产品体系。
- 瓦轴：始建于1938年，在轴承和相关领域积累了七十多年的实践经验。主导产品是重大技术装备配套轴承、轨道交通轴承、汽车车辆轴承、风电新能源轴承、精密机床及精密滚珠丝杠、精密大型锻件的生产与制造。
- 洛轴：始建于1954年，是中国“一五”期间重点工程之一。公司拥有国家首批认定的国家级企业技术中心和轴承行业唯一的国家重点实验室，已成为中国轴承行业生产规模最大、配套服务能力最强的综合性轴承制造企业之一。

图19：全国主要轴承产业集聚区分布示意图



资料来源：新强联招股书，国信证券经济研究所整理

表5：中国轴承行业五大产业聚集区

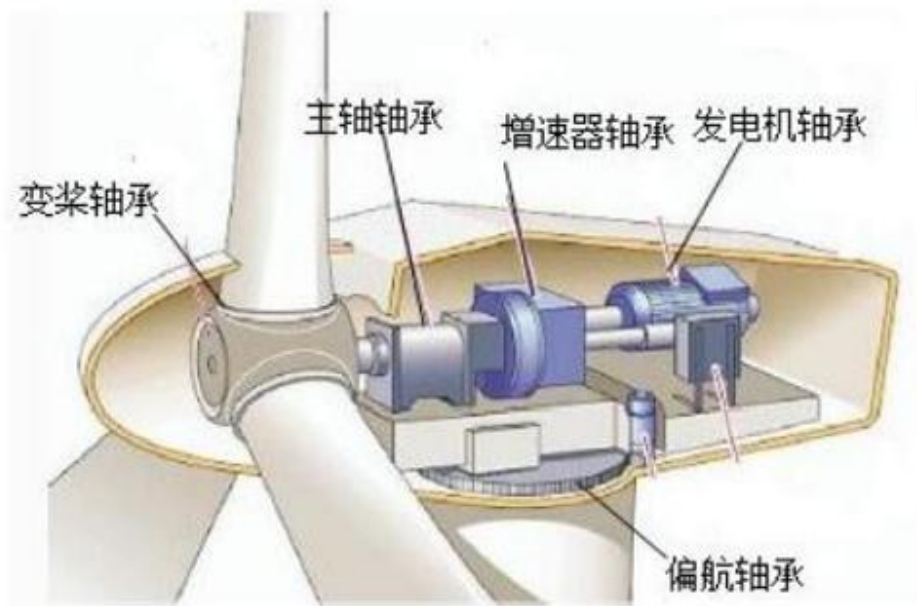
区域	产品类型
瓦房店轴承产业集聚区	产品主要特色为大型和特大型轴承，典型代表企业有：瓦轴、大冶轴、瓦冶轴等。
洛阳轴承产业集聚区	产品主要为中型、大型、特大型轴承，典型代表企业有：洛阳LYC、洛阳轴研科技、中机十院等。
苏锡常轴承产业集聚区	产品主要为小型、中型轴承，代表企业有：江苏力星、常州光洋、常熟长城等。
浙东轴承产业集聚区	产品主要特色为中小微轴承及轴承零配件。主要代表企业有：五洲新春、慈兴集团、环驰集团等。
聊城轴承产业集聚区	主要产品为轴承保持架、钢球和通用轴承，主要代表企业有：东阿钢球、聊城金帝、山东博特轴承等。

资料来源：新强联招股书，国信证券经济研究所整理

三、风电轴承与国产化市场空间

- 风电轴承主要包括**主轴轴承、偏航轴承、变桨轴承、齿轮箱轴承和发电机轴承**五大类。
- 主轴/偏航/变桨轴承由于载荷较重一般采用**回转支承**；
- 发电机轴承和齿轮箱轴承载荷相对较小一般采用**普通滚子轴承**。
- 目前3MW以下主轴轴承、独立变桨轴承国产化率为60%，3MW以上主轴轴承、独立变桨轴承几乎全部依赖进口。

图20：风电机组轴承组成



资料来源：中国轴承工业协会，国信证券经济研究所整理

表6：风电机组各类轴承单位价值量（元/千瓦）含税

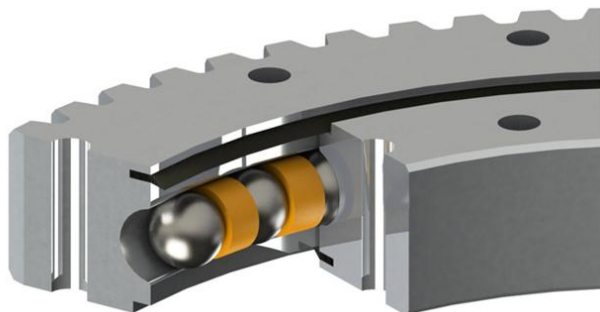
kW价值量(元)	2MW	5MW
主轴承	150	40
偏航变桨轴承	125	54
齿轮箱轴承	100	120
发电机轴承	9	6

资料来源：2MW齿轮箱轴承成本占比来自《风能》杂志，5MW齿轮箱轴承成本数据来自新强联公告，其他为国信证券经济研究所估计，各家设计不同存在一定偏差属于正常情况。

回转支承简介

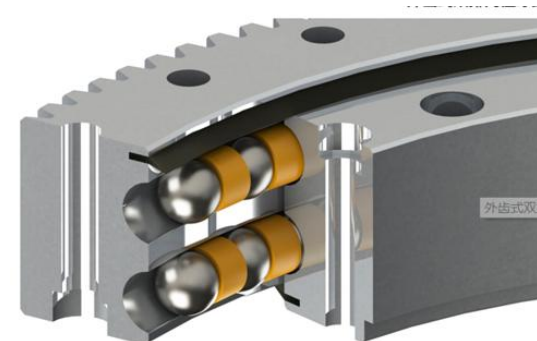
- 回转支承是一种能够承受综合载荷的大型轴承，属于滚动轴承，可以同时承受较大的轴向、径向负荷和倾覆力矩，在现代工业中应用广泛，目前下游行业主要包括工程机械、新能源装备、盾构装备和海工装备等，风电的主轴轴承主要采用回转支承轴承。
- 回转支承vs. 普通轴承：1. 回转支承需要承受综合负荷（轴向、径向、倾覆力矩）；2. 运转速度较低（通常50转/分钟以下）；3. 尺寸较大；4. 材料及热处理工艺要求更高。

图21：外齿型四点接触球回转支承



资料来源：洛阳隆达轴承官网，国信证券经济研究所整理

图22：外齿式双排同径球回转支承



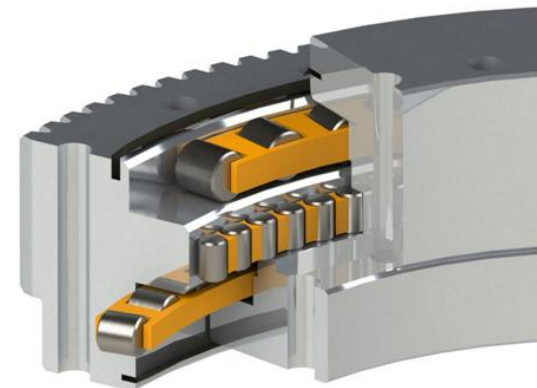
资料来源：洛阳隆达轴承官网，国信证券经济研究所整理

图23：外齿式交叉滚子回转支承



资料来源：洛阳隆达轴承官网，国信证券经济研究所整理

图24：外齿式三排圆柱滚子组合回转支承



资料来源：洛阳隆达轴承官网，国信证券经济研究所整理

- 风电主轴轴承设计难度高，风机装在百米高空，经受低温、湿热、风沙、盐雾等恶劣环境，寿命要求达到25-30年，对设备可靠性要求很高，叶轮主轴承承受的载荷大，相较其他轴承长度较厂，容易变形，需要足够高的强度、硬度、抗冲击性能，而且要控制好缺陷，防止过早疲劳。
- 风电轴承的结构并不复杂，但对于精度、寿命和可靠性、稳定性的要求极高，其中主轴轴承的产品历史表现在客户开拓中十分重要，风电轴承准入认证非常严格，验证周期长，后期一旦出现质量问题损失巨大。

图25：SKF风电用双列圆锥滚子轴承示意图

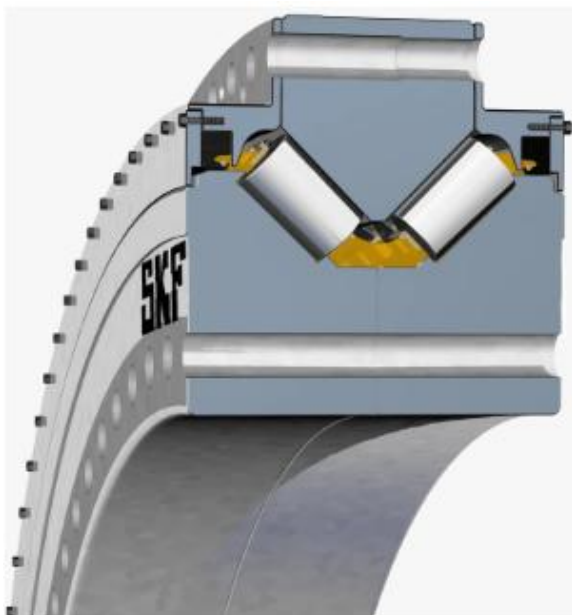


图26：风电轴承典型损伤



轴向负荷过大引起的剥离



滚动体滑动造成的擦伤



内圈与轴温差过大造成的
内圈断裂

国内风电轴承主要厂家



- 在我国风电行业高景气背景下，全球八大跨国轴承公司均已在中国设立公司，并不断加大在华投资力度，建立了多家轴承生产工厂，并在中国设立了区域总部和工程技术中心。截止目前，八大跨国轴承集团在华共有60余家生产企业。
- 国产风电轴承企业主要包括瓦轴、洛轴LYC、轴研科技、新强联、京冶轴承、大冶轴承等。

表7：国内风电市场主要轴承厂家

公司	简要介绍
舍弗勒（Schaffler）	舍弗勒旗下包括三大轴承品牌：INA、LuK和FAG；舍弗勒大中华区（含港台）拥有员工约 1.1 万人、 8 座工厂和 22 个销售办事处。
斯凯孚（SKF）	成立于 1907 年，1912年进入中国市场，目前在中国拥有员工 3,600 名， 18 家工厂，同时持有瓦轴 19.7%的股份。
铁姆肯（Timken）	1992年进入中国市场，目前在大中华区，铁姆肯公司拥有员工约 2,800 名，在 12 个主要城市设有各级办事机构，并建立了 5 家大型制造基地， 1 家培训中心。
徐州罗特艾德回转支承有限公司	成立于2002年，德国蒂森克努伯集团的罗特艾德与徐工机械成立的合资公司（分别持股60%与40%），可生产直径从 400mm 至5,050mm 的回转支承产品，2007 年开始进行风力发电回转支承的生产制造。
瓦房店轴承集团有限责任公司	始建于1938年，是中国轴承工业的发祥地，新中国第一套工业轴承在这里诞生，主导产品是重大技术装备配套轴承、轨道交通轴承、汽车车辆轴承、风电新能源轴承、精密机床及精密滚珠丝杠、精密大型锻件的生产与制造。
洛阳LYC轴承有限公司	始建于 1954 年，是中国“一五”期间 156 项重点工程之一，拥有国家首批认定的国家级企业技术中心和轴承行业唯一的国家重点实验室。
洛阳轴承研究所有限公司	成立于1958年，是我国轴承行业的国家一类综合性研究所，1999年进入中国机械工业集团有限公司，现为上市公司国机精工（002046）的子公司，拥有一个国家科研机构(国家企业技术中心)、三个产业基地。批量生产内径0.6毫米至外径6.8米的各种类型的高端轴承产品和组件。
新强联（300850）	成立于2005年，2020年7月在创业板上市（300850），以大型回转支承产品和风力发电机偏航变桨轴承及主轴承产品研发、制造、销售为主，是国内目前唯一批量生产大兆瓦直驱式风力发电机三排圆柱滚子主轴承的企业。
北京京冶轴承股份有限公司	成立于2001年，是以风力发电机轴承（包括：主轴承、偏航轴承、变桨轴承、增速箱轴承、发电机轴承）、冶金设备轴承、矿山设备轴承、石油机械轴承、工程机械及港机轴承等大型、特大型、超大型轴承产品开发、生产、销售为主的国家高新技术企业。

资料来源：五洲新春公告，新强联公告，各公司官网，国信证券经济研究所整理

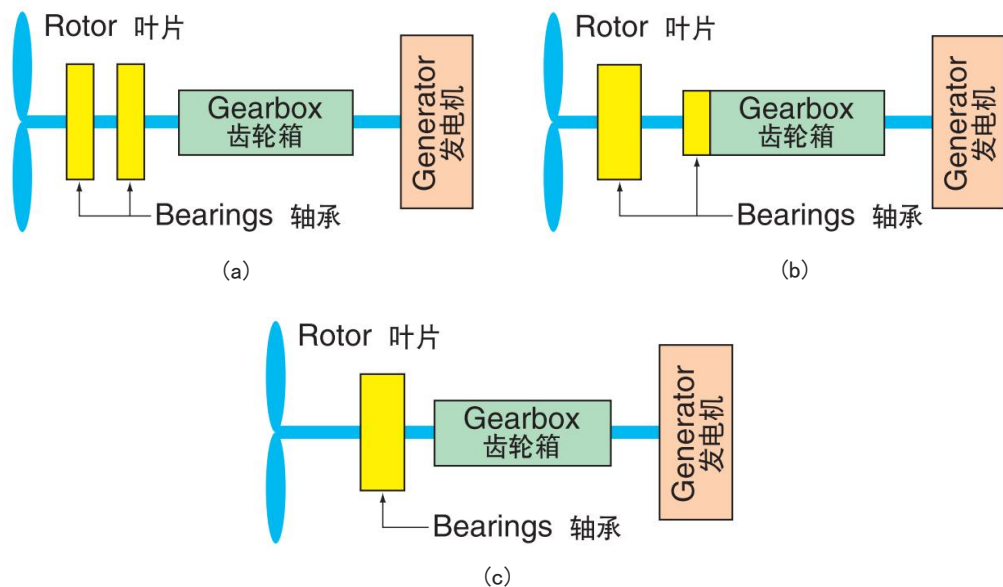
- 国内龙头企业近期纷纷布局大兆瓦配套风电轴承技术与产能，根据公司性质可以分为国有企业阵营和民营企业阵营，前者技术积淀较为深厚，已实现最大7MW风电主轴承的生产；后者介入大兆瓦风电轴承相对较晚但凭借通畅的上市融资渠道有望展现后发优势。

表8：国内风电轴承企业最新动向	
公司	近期动向
瓦轴集团	2021年8月，4MW级别风机单列圆锥主轴承样件出产并完成风电整机企业验收，标志着大兆瓦风机用单列圆锥主轴承开始国产化。2022年6月，公司宣布在大连投资7亿元建设风电轴承生产基地，主要生产可替代国外进口的风电新能源主轴承和齿箱轴承，计划在2023年12月实现投产，建成后将实现年销售收入15亿元以上。
洛轴LYC	2021年9月，与汕头市去签订投资意向协议，将在当地建厂生产风电主轴承和偏航变桨轴承；2016年3月，由公司为国家863重大科研项目配套研制的国内首套6MW风电主轴承通过项目组人员初步验收。
国机精工 002046	2021年9月，研制的7MW级别海上风电主轴承在阳江基地完成安装调试，采用两套圆锥滚子轴承布置。
大冶轴承	2021年4月，拟开展“大兆瓦海上风电智能化主轴承研制及应用”、“10MW级海上风电全尺寸轴承试验装备”等项目研究；2019年11月，首次实现对山东中车风电2.5MW-4MW风电主轴承供货。
新强联 300850	2021年8月完成定向增发，用于3MW及以上大功率风机配套轴承生产线建设；2021年5月，三排圆柱滚子主轴承供货首台海装H171-5MW海上风电机组，3MW及以上主轴承和独立变桨轴承同时在多个整机厂家进行测试和验证。2022年3月公司计划发行可转债投资11亿用于建设齿轮箱轴承及精密零部件生产项目。
力星股份	2021年9月，发布A股定增预案，计划投建适用于5MW及以上风电机组的大型轴承滚动体。
恒润股份	2021年7月，发布A股定增预案，计划建设年产4000套配套3-8MW级别的大型风电轴承生产线

资料来源：各公司公告及官网，国信证券经济研究所整理

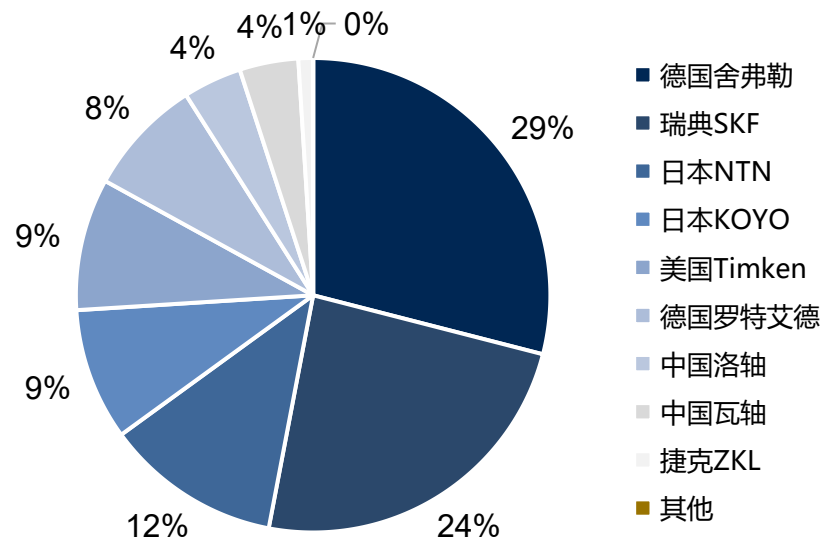
- 风电用轴承中主轴承尺寸最大，海上风电配套主轴承直径可达4米以上，套圈和滚动体制造和加工难度显著提高，需要同时承受巨大的轴向/径向载荷和倾覆力矩，在25年的使用周期中基本无法更换维修，技术难度最高。
- 全球风电主轴承板块中舍弗勒和斯凯孚共占50%以上市场份额，中国的洛轴和瓦轴各占4%的全球市场份额，且以3MW及以下产品为主。

图27：风电机组主轴承组成典型形式



资料来源：NTN，国信证券经济研究所整理

图28：2020年全球风电主轴承市场格局



资料来源：电气风电招股书，伍德麦肯兹，国信证券经济研究所整理

- 目前我国主轴轴承和偏航变桨轴承还有很大比例以来外资企业生产供应，假设国内市场全部由国产品牌供应，风机大型化后按照陆上风机主轴轴承价值量占比3%，偏变轴承占比3%、海上风机主轴轴承价值量占比4%，偏变轴承占比3%；2025年国内风电市场国产主轴轴承市场空间达到37亿元，偏航变桨轴承50亿元。
- 目前我国以中国高速传动为代表的先进齿轮箱企业已经实现对海外陆上风机市场的高比例覆盖，按照齿轮箱轴承占齿轮箱成本比例三分之一，齿轮箱占风机成本20-25%估算，2025年国产齿轮箱轴承市场规模可达到165亿元。

表9：全国风电轴承市场空间测算					
	2021	2022	2023	2024	2025
全球风电装机容量（GW）	102	102	139	136	163
国内风电装机容量（GW）	55.8	51.5	91.0	89.0	103.0
全球陆风装机容量（GW）	83.2	90.9	119.0	117.1	129.8
全球海风装机容量（GW）	18.6	11.1	19.8	19.0	33.0
全球风机出货数量（万台）	3.03	2.52	2.86	2.62	2.97
国产齿轮箱轴承市场空间（亿元）	147	143	162	151	165
国内主轴轴承市场空间（亿元）	24	18	33	32	37
国内偏航变桨轴承市场空间（亿元）	32	25	44	43	50
国产风电轴承行业市场空间（亿元）	203	186	239	226	253

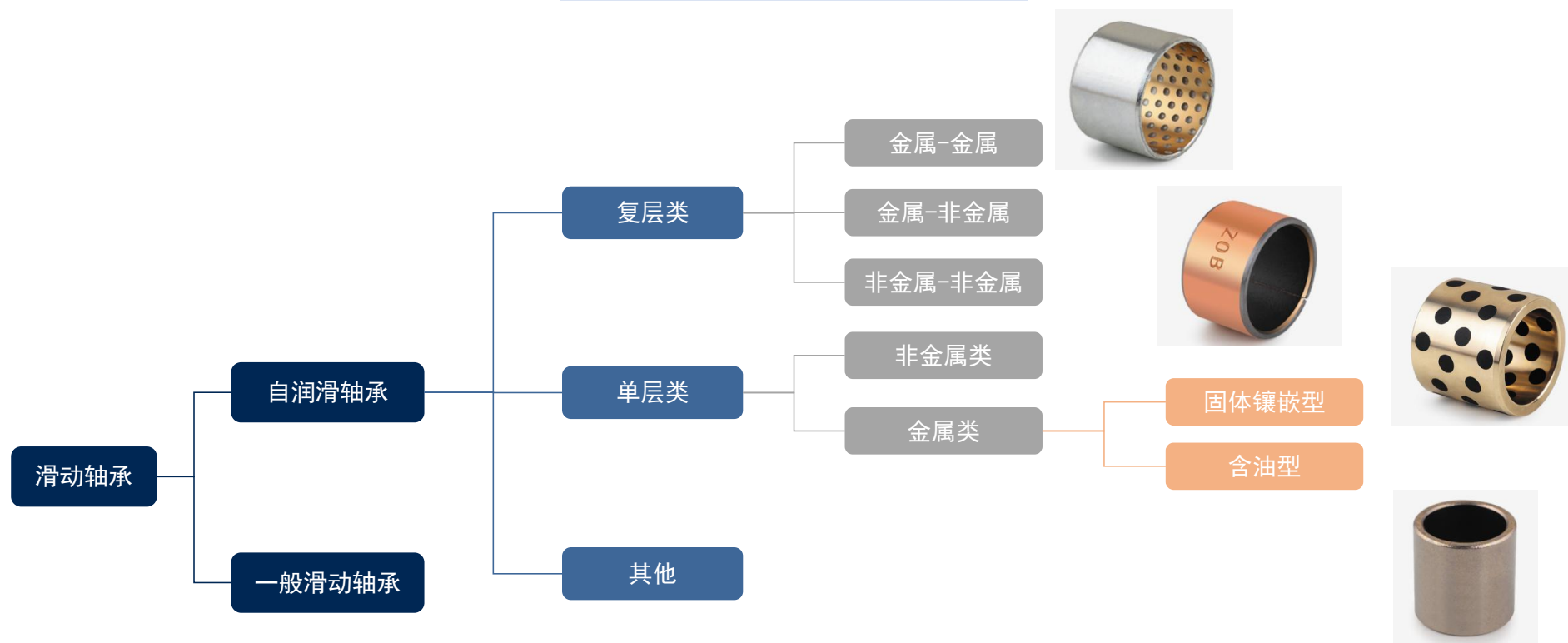
资料来源：GWEC、Wind Europe、CWEA、三一重能招股说明书、国信证券经济研究所整理并测算 注：每年新增装机平均单机容量不同，存在部分年份估算较为保守的可能性，数据仅供参考

四、滑动轴承在风电整机领域的应用

滑动轴承分类

- 按照是否需要持续补充润滑油滑动轴承可以划分为一般滑动轴承和自润滑轴承两大类。
- 自润滑轴承是指用自润滑材料制作或在材料中预先加入润滑剂，在工作时可以不加或长时期不必加润滑剂的滑动轴承。自润滑轴承特别适合在重载、低速及恶劣工况（如极端温度、真空、高空、腐蚀性等无法加油或难加油情况）下使用，目前被广泛运用于汽车、工程机械、港口机械、塑料机械、农业机械等行业。

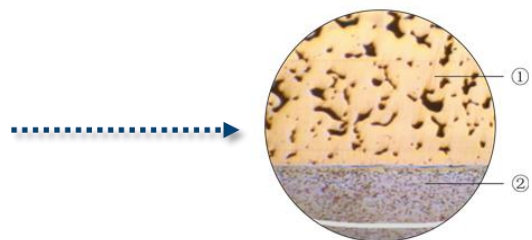
图29：滑动轴承主要分类



自润滑轴承基本结构

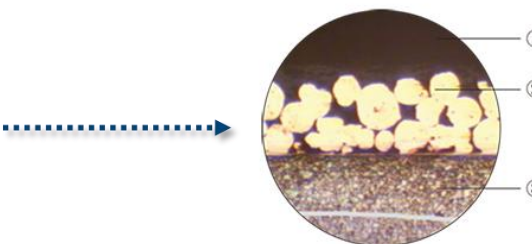
- 复层类自润滑轴承一般由基层和衬层组成，其中衬层材料起自润滑作用，基层起支撑作用，其它材料起连接过渡作用；基层包括金属和非金属两大类，金属主要为碳素钢、铜合金、铝合金、铸铁等，非金属主要为塑料、橡胶、硬木等；衬层也包括金属和非金属两大类，金属主要为铜合金、铝合金、锌合金、巴氏合金等，非金属主要为PTFE、PEEK、POM、PA、PI、酚醛树脂等。
- 单层类自润滑轴承在金属或非金属基层材料中通过嵌入固体润滑剂或润滑油实现自润滑，主要润滑剂包括石墨、二硫化钼、PTFE、铅等。

图30：自润滑轴承典型结构



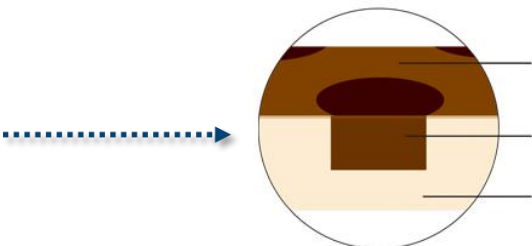
金属-金属自润滑轴承典型结构：

1. 铜/铝铅合金烧结层，作为轴承的工作层提供良好的润滑性能，具有较好的抗疲劳强度和抗咬合性能。
2. 低碳钢基板，提供轴承的承载能力和热转移作用。



金属-非金属自润滑轴承典型结构：

1. PTFE和纤维的混合物0.01~0.03mm，可形成一层很好的转移膜保护对偶件，提供了轴承的自润滑性能。
2. 铜粉层0.20~0.35mm，具有很好的承载能力和耐磨性，良好的导热性能可及时转移轴承运作过程中产生的热量。复合材料渗入到球形铜粉孔隙中，提高了结合强度。
3. 低碳钢，提供了很好的承载性能和热传递作用。

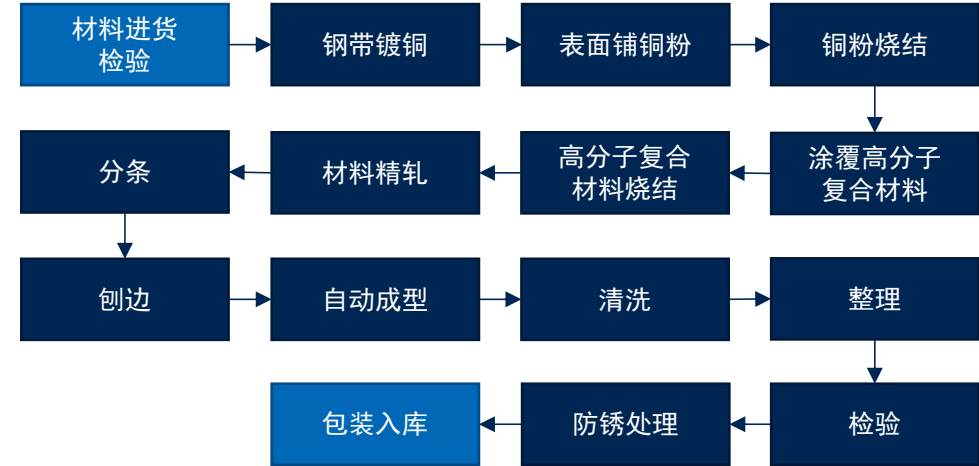


金属固体镶嵌型典型结构：

1. 根据需要设计的初始润滑膜，降低起始摩擦因数。
2. 固体润滑剂，根据运动方向有规则的嵌入排布，运行过程中释放到轴承表面形成固体润滑膜，起到降低摩擦因数提高耐磨性的作用。
3. 高强度铜合金，提供了轴承基板的承载性能，有较好的抗冲击、耐腐蚀能力。

- 各类衬层材料在单独使用时往往存在各种缺陷，以 PTFE 为例，其优点是摩擦系数小，但其热导性和耐磨性能差、承载能力低。为改善PTFE的特性并增强其稳定性，在PTFE中添加其他材料如纤维、石墨、MoS2、铜粉等复合而成的新材料能从根本上弥补PTFE材料的缺陷，组成一种较为理想的减摩材料。
- 自润滑轴承的技术核心在于润滑材料的研发生产以及不同材料的可靠稳固烧结和嵌入。

图31：金属-非金属复层自润滑轴承制造流程



资料来源：长盛轴承招股说明书，国信证券经济研究所整理

表10：典型自润滑材料特性与改进方向

自润滑基材	材料特性	改进方向
聚四氟乙烯（PTFE）	具有耐化学侵蚀性好，耐高温，摩擦因数低，通常用于轴承和密封中。	PTFE的力学性能较差，线膨胀系数大，抗蠕变性差，在PTFE中填充石墨、玻璃纤维、碳纤维、MoS2、金属和金属氧化物后硬度和耐磨性会提高，比磨损率下降至未填充的1 /100以下。
聚醚醚酮（PEEK）	力学性能优良，耐腐蚀性较好，热稳定性以及摩擦磨损性能良好，是继PTFE后另一种受欢迎的减摩耐磨材料，与 PTFE 相比具有更好的承载力和耐磨性，可在无润滑和粉尘等工况下使用。	填充PTFE、石墨等材料减小摩擦力同时兼顾材料硬度，降低磨损率。
聚酰亚胺（PI）	是目前有机高分子聚合物材料中热稳定性较好的材料之一作为综合性能优异的特种工程塑料，具有优良的热稳定性，突出的耐辐照性能和优异的减摩耐磨性能。	通过石墨等材料填充后可改善 PI 的摩擦磨损性能，当 PI 中添加成分的质量分数为特定值时，润滑材料的摩擦磨损性能最优。

资料来源：《镶嵌型滑动轴承固体润滑材料应用概况》，国信证券经济研究所整理

各类轴承特性对比

- 滑动轴承具有抗冲击性强、噪音小、体积重量小、对轴的硬度要求不高等优点，但摩擦系数一般高于滚动轴承，适用于中低速应用场景；其中自润滑轴承与一般滑动轴承相比还具有不需要补充润滑剂的优点。
- 由于自润滑轴承无需供油装置，工作过程中可以不用加油，因此可以节省大量的安装和运行成本，提高机械性能，提升使用寿命及可靠性。无油化处理无需废油回收处理，还有利于环境保护。自润滑轴承对于磨轴的硬度要求较低，从而降低了相关零件的加工难度。自润滑复合轴承结构中，表面可电镀多种金属，可在腐蚀介质中使用。此外，由于无油润滑不存在油脂挥发问题，自润滑轴承可在高温高压环境下使用。

表11：各类轴承主要特性对比

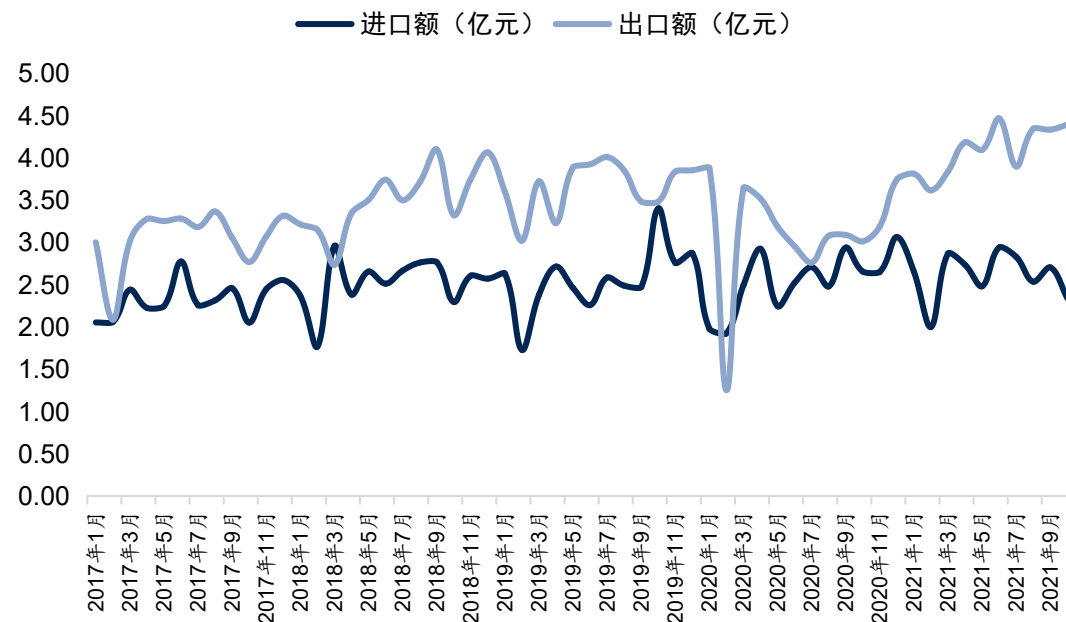
特性比较	滑动轴承		滚动轴承
	自润滑轴承	一般滑动轴承	
承载	高	高	低
速度	低速或中速	低速或中速	可高、中速运动
摩擦系数	小	大	很小
噪音	运动时几乎无噪音	运动时几乎无噪音	运动时会产生噪音
润滑	有无润滑均可	需要润滑	需要润滑
密封	有无密封均可	需要密封	需要密封
耐蚀性	好	好	不好
抗冲击性	好	好	不好
互换性	在使用条件许可的情况下，可与滚动轴承互换	在使用条件许可的情况下，可与滚动轴承互换	在使用条件许可的情况下，可与滑动轴承互换
轴的要求	对轴的硬度要求不高	对轴的硬度要求不高	要求轴有更高的硬度，需对轴进行热处理
非标尺寸定制	灵活	灵活	麻烦、成本较高

资料来源：双飞股份招股说明书，国信证券经济研究所整理

滑动轴承进出口情况

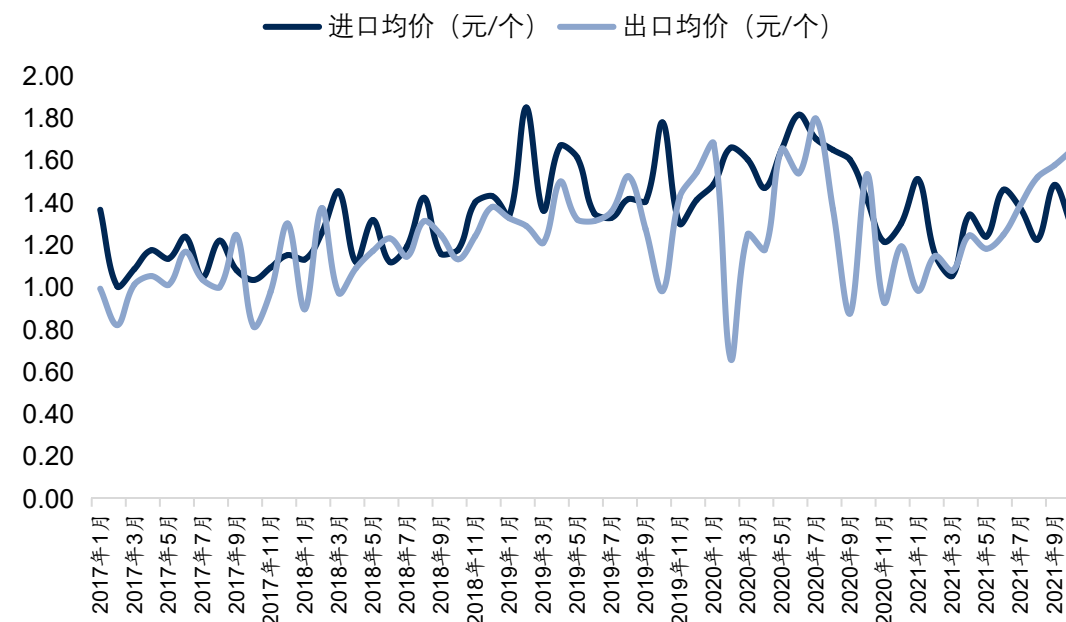
- 根据海关数据，我国滑动轴承月度出口额在2-4亿元之间波动，进口额在2-2.5亿元之间波动，进口产品均价与出口产品均价基本持平。
- 滑动轴承下游包括汽车、工程机械、各类消费产品等，目前由于大部分应用场景对于产品性能的要求不高故进口与出口单价无明显差异。

图32：滑动轴承进出口金额



资料来源：中国海关，国信证券经济研究所整理

图33：滑动轴承进出口单价



资料来源：中国海关，国信证券经济研究所整理

自润滑轴承全球主要企业

- 一般滑动轴承由于技术壁垒较低、下游应用行业广泛等原因从事的企业数量众多，但自润滑轴承由于技术壁垒高目前全球从事的企业数量较少。
- 自润滑轴承“METALINE” 1870 年在美国出现，二十世纪四十年代初期，钢-烧结铜镍合金-巴氏合金多层金属减摩材料得到了发展，从而将材料强度和所要求的轴承性能开始结合起来。二十世纪五十年代的后期，英国Glacier公司开发了一种含有 PTFE 的钢-烧结青铜轴承材料，商品被命名为 DU，这种轴承材料得到广泛的应用。五十年代中期，德国开发了一种由金属与石墨组成的干摩擦轴承材料。二十世纪六十年代后期，美国成功研制了烧结铝基轴承材料，随后研制出了耐腐蚀性良好的烧结铁基轴承材料。现有海外自润滑轴承企业主要包括MIBA、RENK、GGB、日本大同金属等。
- 上世纪五十年代初期，吴自良等成功研制了烧结青铜石墨轴承；上海材料研究所于二十世纪七十年代后期研制了添加氟塑料的钢-烧结青铜复合材料，并组织了工业生产。经过多年的发展，国内自润滑材料及轴承行业逐渐壮大，并在浙江嘉善地区形成了以长城轴承、双飞轴承和中达轴承等企业为代表的特色产业集群。

表12：国内自润滑轴承主要企业

公司名称	成立时间	简介
浙江长盛滑动轴承股份有限公司 (300178)	1995年	国内从事自润滑轴承生产最大规模企业之一，产品远销韩国、德国、英国、意大利、法国、瑞典、土耳其、印度等多个国家和地区。公司生产的产品广泛应用于工程机械、汽车、农业机械、塑料机械及港口机械等行业。
浙江双飞无油轴承股份有限公司 (300817)	1988年	国内从事自润滑轴承生产最大规模企业之一。生产的产品广泛应用于汽车、工程机械、模具、液压等行业。产品远销美国、德国、日本、意大利、韩国、法国、印度、及中东等地区。
浙江中达精密部件股份有限公司	1992年	我国自润滑轴承行业的专业生产企业，浙江省高新技术企业。公司产品销往德国、法国、意大利、英国、瑞典、荷兰、美国、韩国等多个国家和地区。
湖南崇德工业科技有限公司	1999年	以滑动轴承研发、制造为核心，同时提供传动、润滑、密封、换热等产品及服务,是国内外轴承产品及传动系统整体解决方案提供商。
大连三环复材 (871239)	1991年	专业研究、开发、制造、销售减摩与耐磨复合材料轴承的高新技术企业，生产的复合材料自润滑轴承广泛应用于发电设备、核电设备、磨煤机、船舶、冶金等行业，出口到美洲、欧洲、东南亚等多个国家。

资料来源：公司官方网站，国信证券经济研究所整理

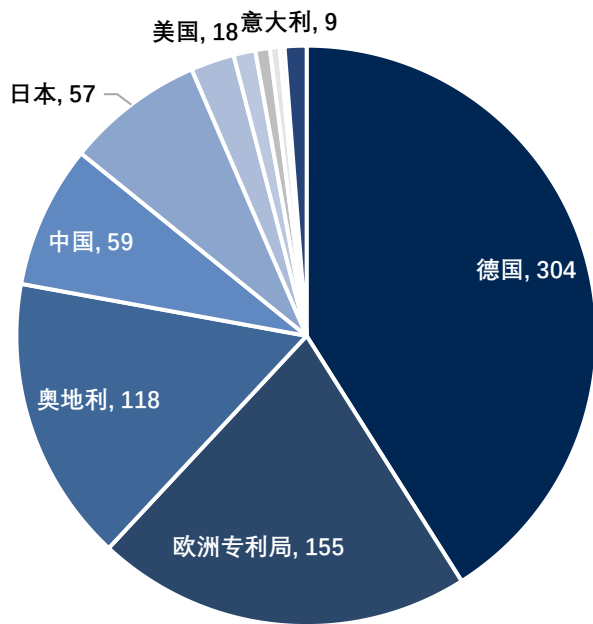
表13：海外自润滑轴承主要企业

公司名称	国家	简介
MIBA	奥地利	致力于粉末冶金，滑动轴承（轴瓦），摩擦材料及高科技涂层等主要业务领域，相关产品已应用于风电领域。
RENK	德国	主要生产制造特殊齿轮箱（Special Gear Units），汽车变速器（Vehicle Transmissions），标准齿轮箱（Standard Gear Units）和滑动轴承（Slide Bearings），相关产品已应用于风电领域。
GGB	美国	世界领先的自润滑和预润滑轴承生产厂家，在全球范围拥有多家生产基地，包括美国，德国，法国，巴西，斯洛伐克和中国。GGB 是金属塑料复合滑动轴承的全球领导者，其生产的汽车液压轴承占领着全球 50%的市场份额。
DAIDO METAL	日本	日本著名的精密轴承生产厂商，主要产品及技术有表面处理、精密加工、复合金属技术、半圆滑动轴承、汽车发动机用滑动轴承等。公司拥有 19 家海外分公司，业务遍及世界多个国家和地区。
OILES	日本	日本著名的自润滑轴承生产商，主要生产模具用轴承、滑板、直线轴承导轨组件、塑料轴承等。Oiles 在海外设立了 10 家分公司和多个办事机构。
Kolbenschmidt PierburgAG	德国	隶属于德国著名企业莱茵金属公司，是汽车零配件行业的先进企业，1970 年从 Glacier 公司购买了自润滑轴承生产技术。目前公司在欧洲、南美、北美以及中国多个国家设立了生产基地。

资料来源：各公司官方网站，国信证券经济研究所整理

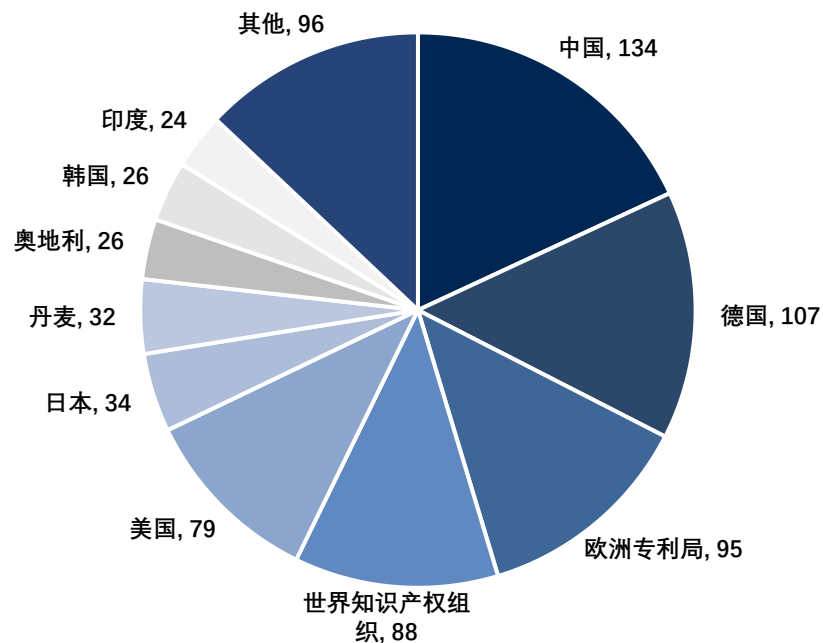
- 风电滑动轴承技术来源主要集中在德国，占到高达41%，体现德国该领域的技术创新能力和活跃程度较高；风电滑动轴承相关技术的专利申请主要集中在德国、中国和欧洲，表明上述地区风电市场受关注程度较高，未来滑动轴承有望率先在上述地区大批量应用。
- 现有专利主要集中在齿轮箱滑动轴承的结构设计、生产制造和加工安装，说明滑动轴承在齿轮箱中已有对滚动轴承的替代，涉及主轴承用滑动轴承的专利数量较少，滑动轴承在主轴承的应用尚处于起步阶段。

图34：全球风电滑动轴承专利技术来源



资料来源：IP Monthly，国信证券经济研究所整理

图35：全球风电滑动轴承专利申请区域

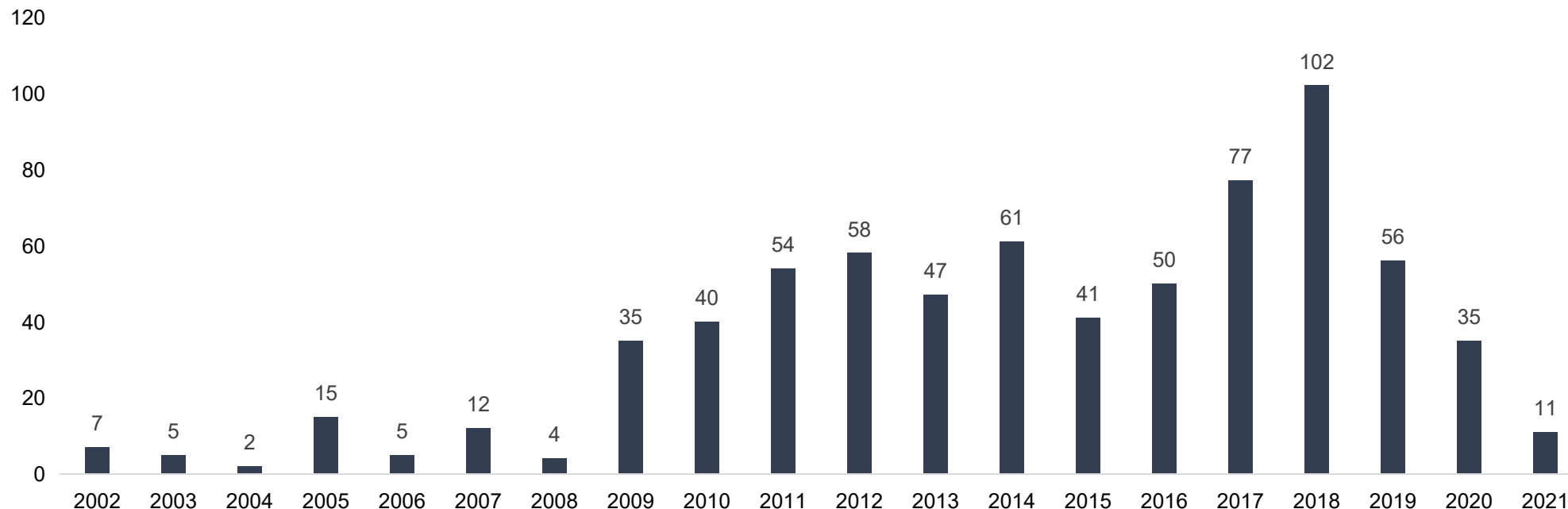


资料来源：IP Monthly，国信证券经济研究所整理

风电滑动轴承领域的专利申请趋势大致可以分为以下四个时期，各时期划分以公开的申请量增长率变化为标准。

- **萌芽期（2008年及以前）**：这一时期风电滑动轴承技术刚开始发展，主要涉及滑动轴承结构设计。早期的专利申请人主要为滑动轴承供应商如RENK和SKF。
- **第一次增长期（2009年至2014年）**：这一时期风电滑动轴承专利数量平稳上升，技术主要涉及滑动轴承结构设计、润滑、位置布置，轴承类型主要为主轴承和齿轮箱轴承。这一时期的专利申请人相较于上一时期出现了更替，排名靠前的主要是整机厂商，如三菱重工、西门子，之后为滑动轴承供应商如ZF、MIBA。
- **第二次增长期（2015年至2018年）**：这一时期风电滑动轴承专利数量再次快速增长，2018年突破100件，ZF和MIBA的专利申请量超越西门子等整机厂商，ERERCON再次开始滑动轴承的专利布局。此阶段的专利技术仍以结构设计、齿轮箱轴承为主。材料/制造的专利数量有所上升，主要来自于RENK和MIBA的贡献。
- **回落期（2019年至今）**：从2019年开始，专利申请量出现回落趋势，此阶段的专利申请主要来源于MIBA和RENK，而ZF的专利申请量仅为1件。整机厂商中东方电气、电气风电和远景能源申请了少量专利。此阶段的专利技术仍以结构设计、材料/制造为主，轴承类型主要为主轴承。

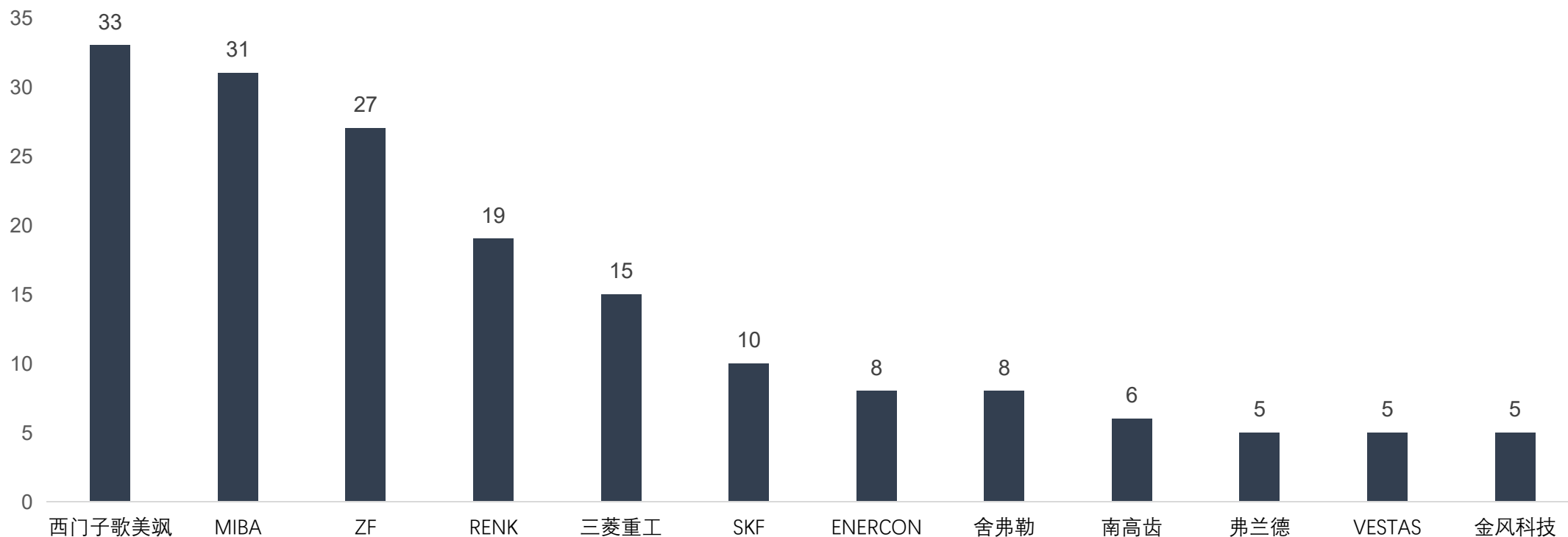
图36：全球滑动轴承专利历年申请数量



资料来源：IP Monthly，国信证券经济研究所整理

各个时期的主要专利申请人和技术点均有不同，从近年来的趋势来看RENK和MIBA是主要的专利申请人、专利技术则集中于齿轮箱轴承的结构设计；在前12名专利申请人中，滑动轴承供应商占据7席，整机企业占据5席，其中中国企业南高齿和金风科技上榜。

图37：专利权人申请数量排名



滑动轴承典型专利之整机滑动（主轴承、偏航变桨轴承）

- 未来滑动轴承有望在风电行业中得到一定程度的应用，其中齿轮箱轴承尺寸、重量较小、承受载荷相对较轻，滑动轴承已有较大规模的测试和应用，主轴承由于尺寸、重量大、载荷高，可靠性要求更高等原因，目前滑动轴承的应用尚处于起步阶段。
- 主轴承采用滑动轴承与滚动轴承相比可以大幅降低大兆瓦风机配套轴承的制造和加工难度，提高轴承运转可靠性，同时，滑动轴承体积和重量更小，且滑动轴承可以制造成分块结构，可以实现主轴承的快速、高效更新或替换。

图38：主轴承用滑动轴承安装位置示意图

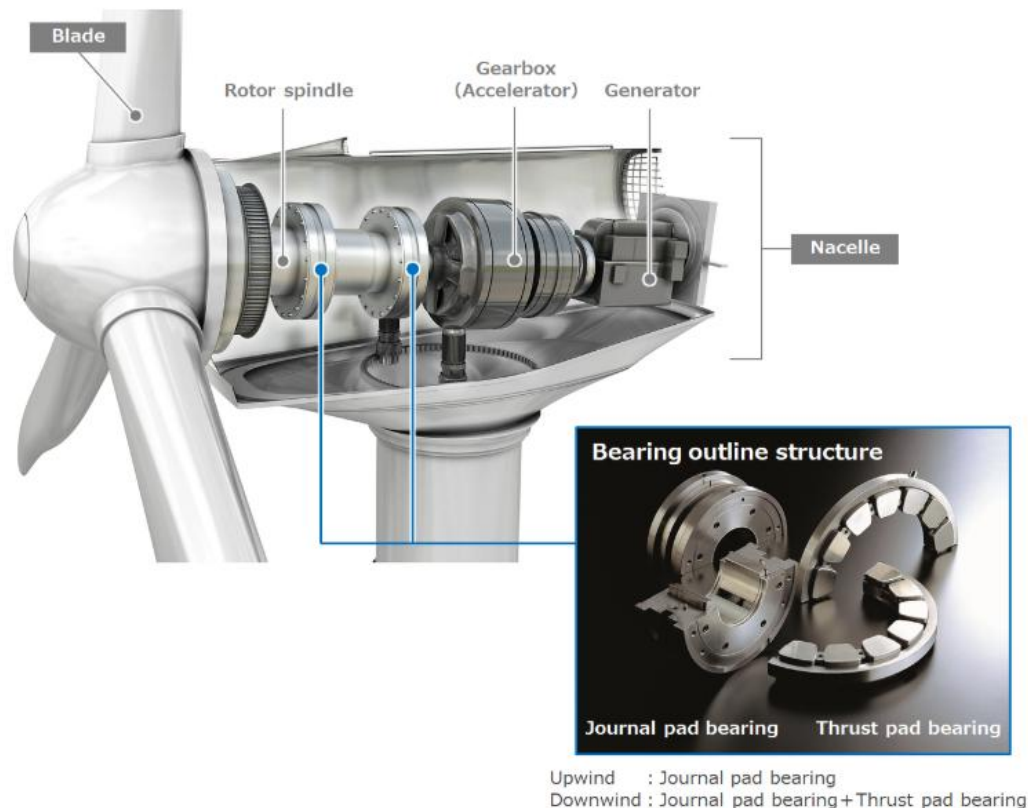
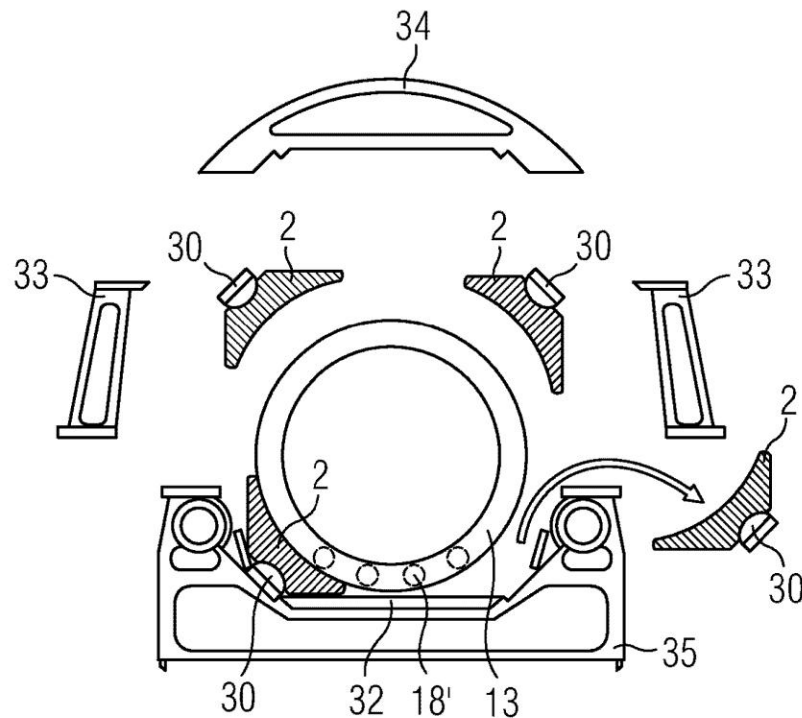


图39：西门子歌美飒滑动主轴承专利原理图



风电整机滑动轴承市场空间测算



结合目前风电整机企业研发与测试进展，预计2023-2025年主轴轴承滑动渗透率分别达到2%、10%和15%，偏航变桨轴承滑动渗透率分别达到5%、15%和25%，风电整机滑动轴承市场空间2023-2025年分别为2.8/9.7/18.1亿元。

表14：国内偏航、变桨轴承以及主轴轴承风电滑动替代市场空间测算（亿元）不含税

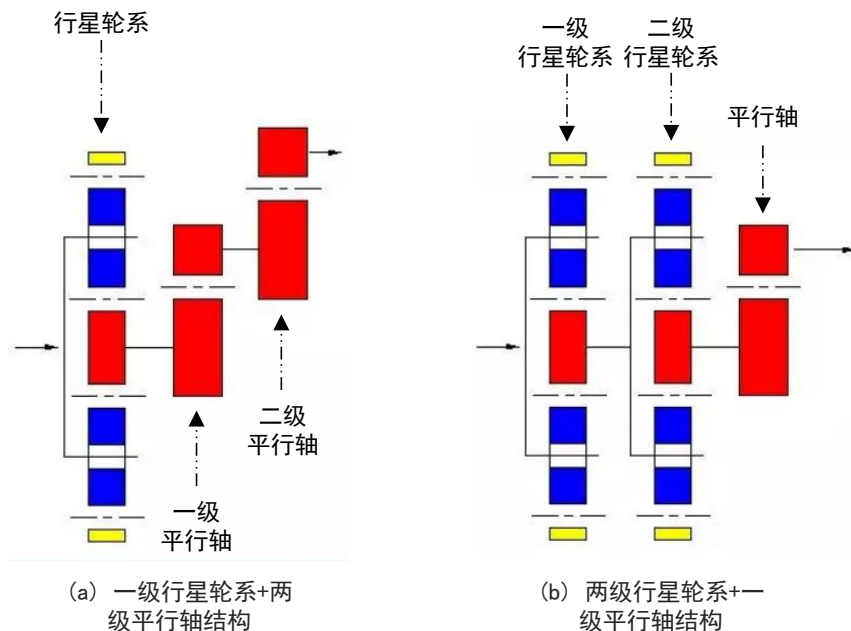
	2021	2022	2023	2024	2025
全球风电装机容量（GW）	102	102	139	136	163
国内主轴轴承市场空间（亿元）	24	18	33	32	37
国内偏航变桨轴承市场空间（亿元）	32	25	44	43	50
主轴轴承滑动渗透率			2%	10%	15%
滑动主轴轴承市场空间（亿元）			0.65	3.21	5.60
偏航变桨轴承滑动渗透率			5%	15%	25%
滑动偏航变桨轴承市场空间（亿元）			2.2	6.5	12.5
整机滑动轴承市场空间合计（亿元）			2.8	9.7	18.1

资料来源：GWEC, CWEA, Wind Europe, 国信证券经济研究所预测 注：每年新增装机平均单机容量不同，存在部分年份估算较为保守的可能性，数据仅供参考

五、滑动轴承在风电齿轮箱中的应用 与市场空间

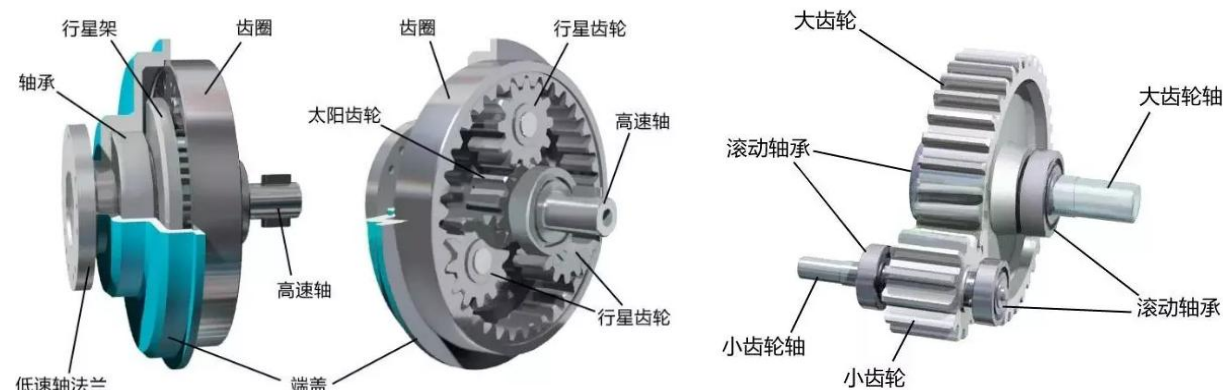
- 目前风电齿轮箱传动结构主要包括一级行星轮系加两级平行轴结构、两级行星轮系加一级平行轴结构，此外还包括RENK型复合行星齿轮、GE型复合行星齿轮、博世力士乐Redulus结构等企业定制化齿轮箱结构。
- 齿轮箱结构虽然形式多样但基本都是由行星轮系和平行轴系构成，行星轮系与平行轴相比的优点在于结构紧凑、体积小、质量小、承载能力强、噪音小，但其缺点在于结构较为复杂、加工和装配技术要求较高，实际应用中需要综合考虑。

图40：风电齿轮箱典型结构形式



资料来源：安维士，北极星风力发电网，国信证券经济研究所整理

图41：行星轮/平行轴基本结构

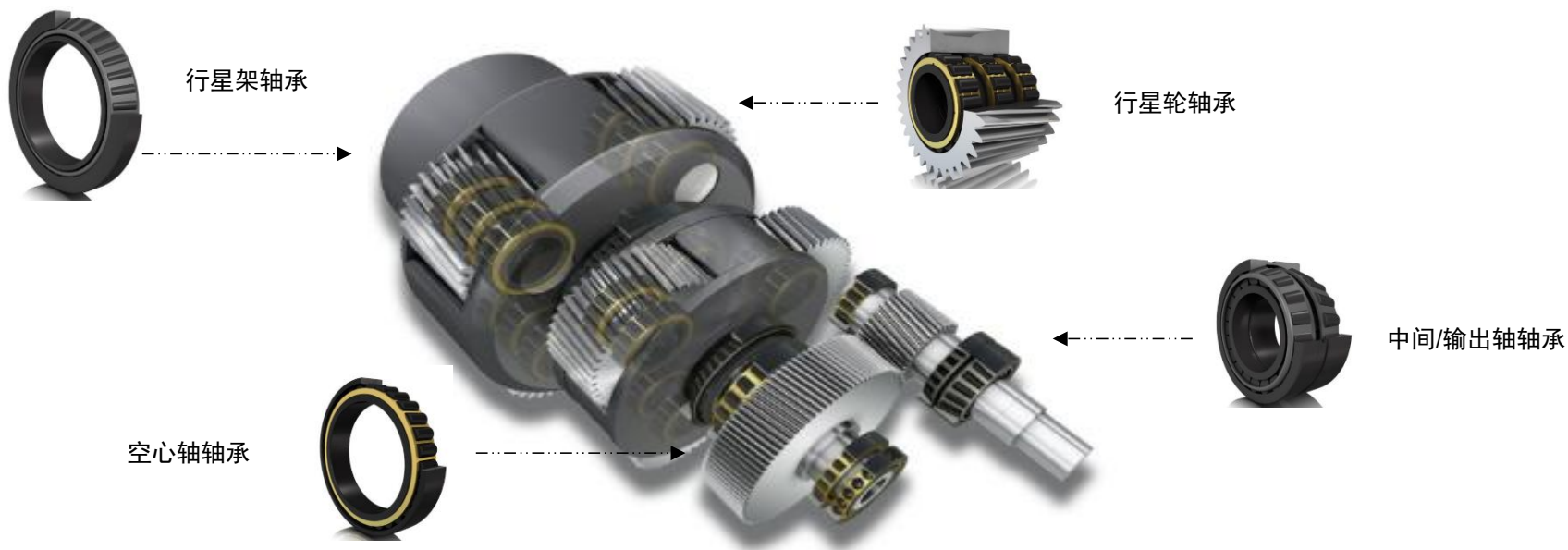


资料来源：电力微安全公众号，国信证券经济研究所整理

齿轮箱中轴承的使用

- 风电齿轮箱中轴承主要使用在行星架、行星轮、空心轴、中间轴和输出轴部位，各部位由于转速、载荷的特点不同使得对于轴承性能的要求有所不同，其中行星架轴承尺寸和价值量最大但承受载荷相对较低，其他轴承尺寸较小但需要承受较大载荷。
- 现有风电齿轮箱中主要使用滚动轴承，且大兆瓦机型配套齿轮箱中以进口轴承为主。

图42：两级行星轮+一级平行轴齿轮箱轴承使用位置

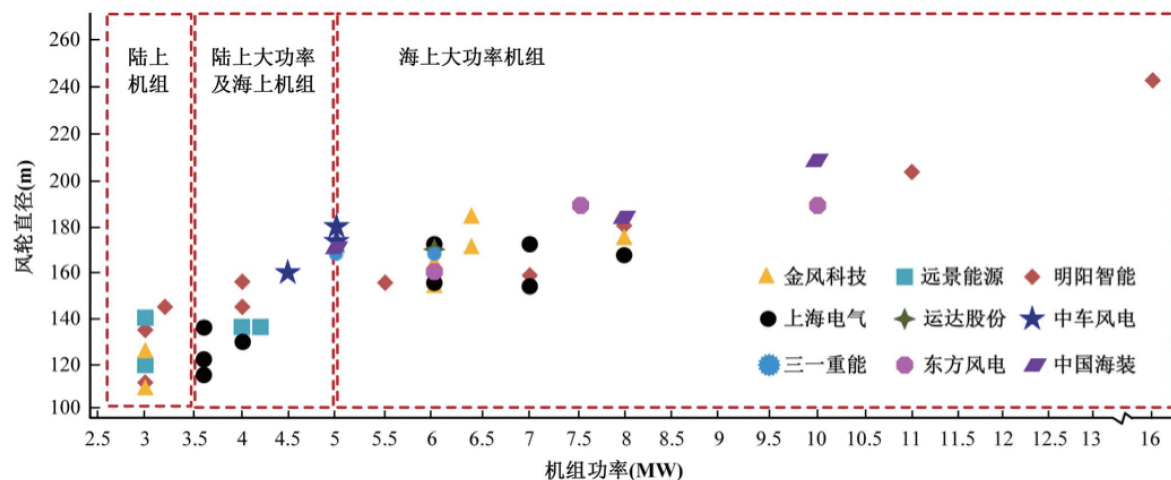


资料来源：舍弗勒官方网站，国信证券经济研究所预测

齿轮箱中滑动轴承的替代

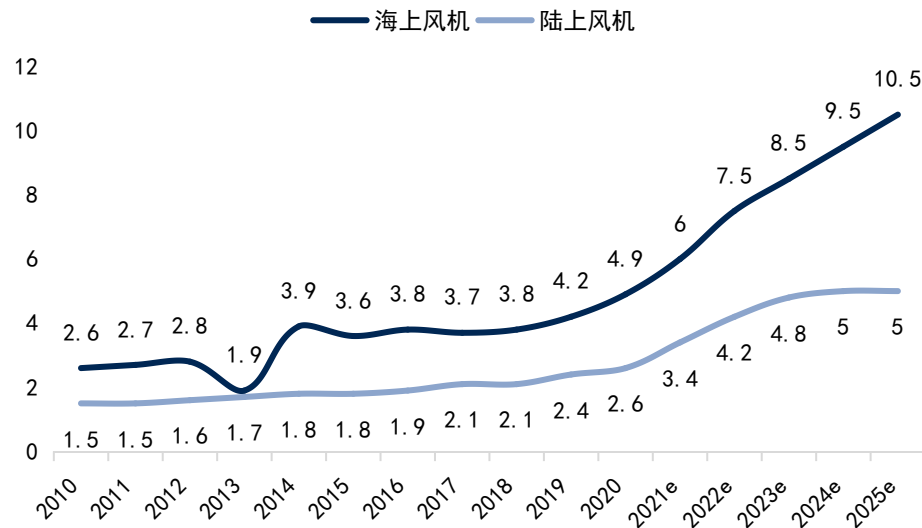
- 在风电齿轮箱中轴承是重要的零件，其发生故障的比例较大，其失效常常会引起齿轮箱灾难性的破坏，滚动轴承由于具有尺寸标准化、选型方便、质量稳定、互换性好的优点，目前在风电齿轮箱中大量使用。
- 据美国国家可再生能源实验室（NREL）统计，风电齿轮箱故障失效造成了整机近60%的停机时间，其中超过67%的故障是由滚动轴承失效引起的。
- 随着风电机组大型化进程的加快以及对于海上风电高可靠性的迫切需求，若仍全部采用进口滚动轴承，不仅会使滚动轴承径向尺寸过大，增大风电齿轮箱故障失效率，还将增加风电齿轮箱成本，严重制约其性价比。滑动轴承可以使齿轮箱使用寿命提高，增加齿轮箱的可靠性，同时减小齿轮箱体积、降低齿轮箱质量，使齿轮箱更好地满足风力发电机组的要求。

图43：国内部分整机厂商的单机功率



资料来源：《滑动轴承在风电齿轮箱中的应用现状与发展趋势》，国信证券经济研究所整理

图44：我国海上/陆上风机平均单机容量回顾与预测（MW）

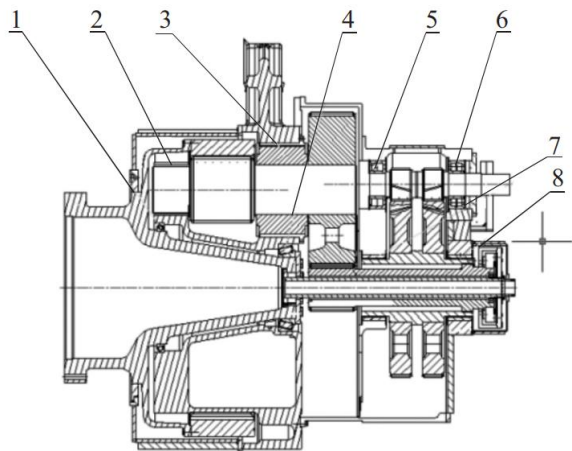


资料来源：历史数据来自CWEA，国信证券经济研究所预测

齿轮箱中滑动轴承的替代

- 根据文献，相较于采用滚动轴承的风电齿轮箱，采用滑动轴承的风电齿轮箱扭矩密度可提升25%，传动链长度能减少5%，齿轮箱重量可降低5%，成本相应降低15%。
- 威能极已开发出3~5.xMW半直驱型滑动轴承风电齿轮箱，已实现8MW滑动轴承风电齿轮箱研制。美闻达开发出5MW及以上滑动轴承风电齿轮箱，将所有滚动轴承替换为滑动轴承，扭矩密度提升了35%。采埃孚开发出4~5MW滑动轴承风电齿轮箱，将扭矩密度提高到175Nm/kg。南高齿开发出3.X MW滑动轴承风电齿轮箱。
- 太原重工开发出2MW级滑动轴承风电齿轮箱，进行了5年以上的风电场运行验证。整体上来看，目前国内滑动轴承风电齿轮箱研发与国外并跑，均处于样机开发与测试阶段，应用滑动轴承已逐渐成为全球风电齿轮箱行业的共识，并具有朝10MW+功率等级应用的趋势。

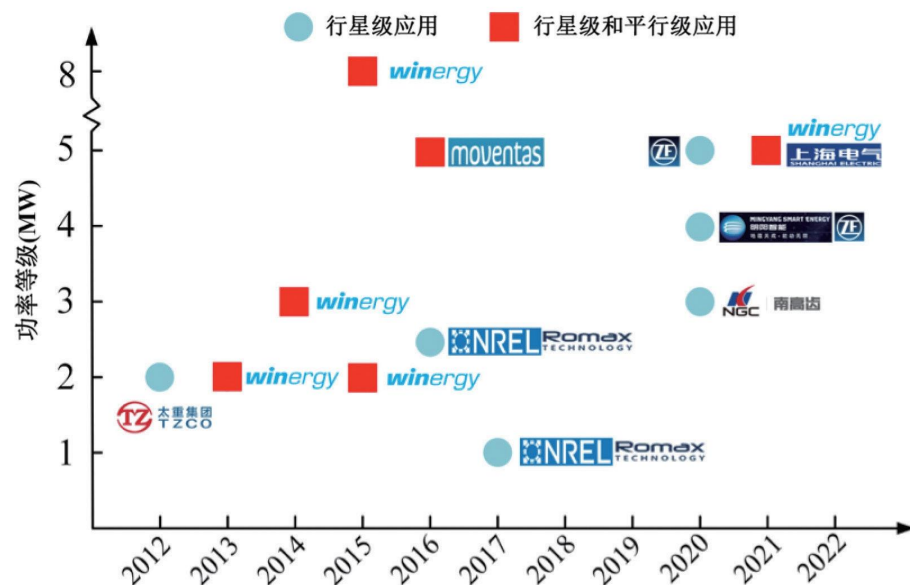
图45：风电齿轮箱中滑动轴承使用典型位置



1、4、5、6—输入级和高速级的滚动轴承；2、3、7、8—滑动轴承

资料来源：太原重工，《滑动轴承在风力发电齿轮箱中的应用》，国信证券经济研究所整理

图46：部分国内外滑动轴承风电齿轮箱样机的功率等级与进度



资料来源：《滑动轴承在风电齿轮箱中的应用现状与发展趋势》，国信证券经济研究所整理

风电齿轮箱滑动轴承市场空间测算

- 我们假设到2025年25%的齿轮箱滚动轴承部分被滑动轴承替代，预计2025年全球风电齿轮箱用滑动轴承市场空间约为14.4亿元，如果100%的齿轮箱滚动轴承被滑动轴承替代，那么2025年市场空间可以达到58亿元。

表15：全球风电齿轮箱用滑动轴承市场空间测算 不含税

	2021	2022	2023	2024	2025
全球风电装机容量（GW）	102	102	139	136	163
假设渗透率100%					
陆上风电			52	48	52
海上风电			4	5	5
合计			56	53	58
假设渗透率逐年提高分别为			5%	15%	25%
陆上风电			2.6	7.2	13.1
海上风电			0.2	0.7	1.3
合计（亿元）			2.8	7.9	14.4

资料来源：GEWC、Wind Europe、CWEA、新强联公告、国信证券经济研究所整理并测算 注：每年新增装机平均单机容量不同，存在部分年份估算较为保守的可能性，数据仅供参考

- 我们预计随着风电滚动轴承的国产化进程逐渐加快，和滑动轴承对于滚动轴承的逐渐替代，将进一步助力平价大时代风电整机的降本，风电整机企业有望进一步受益。重点推荐 金风科技、运达股份、明阳智能。

表16：相关公司估值表（截至2022. 6. 27）

公司代码	公司名称	投资评级	收盘价（元）	总市值（亿元）	EPS			PE		
					2021A	2022E	2023E	2021A	2022E	2023E
002202	金风科技	增持	14. 12	597	0. 82	0. 96	1. 24	17. 3	14. 8	11. 4
300772	运达股份	买入	24. 90	135	1. 45	2. 07	2. 27	27. 6	19. 2	17. 5
601615	明阳智能	增持	31. 54	664	1. 59	1. 87	2. 17	21. 4	16. 8	14. 5

资料来源：Wind，国信证券经济研究所预测

- 风电装机不达预期

风电开发具有较强的规划属性，若后续由于土地审批、环境保护、并网消纳等原因的制约，风电装机容量增速存在不达预期的风险。

- 原材料成本上行

风电上游原材料主要包括钢铁、铜、玻纤、树脂等，且在风电成本中占比较高，上述原材料受到宏观经济、国际贸易、关税、汇率、其他下游行业需求、上游原材料供给等因素的共同影响，若后续原材料成本大幅上行，将限制轴承国产替代和技术升级对于风电整机降本的作用。

- 产品质量风险

风电轴承技术含量较高，在国产替代和技术迭代的早期过程中可能存在产品质量风险，造成整机企业采取较为保守的策略，限制风电整机的降本速度。

国信证券投资评级		
类别	级别	定义
股票投资评级	买入	预计6个月内，股价表现优于市场指数20%以上
	增持	预计6个月内，股价表现优于市场指数10%-20%之间
	中性	预计6个月内，股价表现介于市场指数±10%之间
	卖出	预计6个月内，股价表现弱于市场指数10%以上
行业投资评级	超配	预计6个月内，行业指数表现优于市场指数10%以上
	中性	预计6个月内，行业指数表现介于市场指数±10%之间
	低配	预计6个月内，行业指数表现弱于市场指数10%以上

分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道；分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券并进行交易，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。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。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。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。



国信证券

GUOSEN SECURITIES

国信证券经济研究所

深圳

深圳市福田区福华一路125号国信金融大厦36层

邮编：518046 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路1199弄证大五道口广场1号楼12楼

邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街6号国信证券9层

邮编：100032