



Research and
Development Center

风机部件国产最后一环，轴承企业百花齐放

—风电轴承行业深度报告

2022年08月08日

武浩 电新行业首席分析师

S1500520090001

010-83326711

wuhao@cindasc.com

相关研究

证券研究报告

行业研究

行业深度报告

电力设备

投资评级 看好

上次评级

武浩 电新行业首席分析师

执业编号: S1500520090001

联系电话: 010-83326711

邮箱: wuhao@cindasc.com

信达证券股份有限公司

CINDA SECURITIES CO., LTD

北京市西城区闹市口大街9号院1号楼

邮编: 100031

风机部件国产最后一环，轴承企业百花齐放

2022年08月08日

本期内容提要:

◆**风电轴承是风机运动部分的枢纽，技术路线多样。**每台风电机组包括4套偏航变桨轴承、1套主轴承、20套齿轮箱轴承、2套发电机轴承。1) 主轴承: 目前常见的主轴承分为三种: 调心滚子轴承(SRB)、圆锥滚子轴承(TRB)、三排圆柱滚子轴承(CRB)。调心滚子轴承多用于双馈、5MW以下机型，大功率双馈、直驱和半直驱机型多采用圆锥滚子轴承和三排圆柱滚子轴承。2) 偏航轴承、变桨轴承起到调整迎风角度的作用。独立变桨系统通过分别动态调节三个叶片的变桨角度，使每个叶片能够获取不同的目标位置，降低动平衡载荷，独立变桨轴承有望成为趋势。3) 齿轮箱轴承主要有调心滚子轴承、圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承和交叉滚子轴承; 发电机轴承常选用深沟球轴承和圆柱滚子轴承组配方式。

◆**“十四五”风电行业高速发展，风机技术进步明显。**历史风电装机受国家电价补贴和弃风率影响，当前陆风、海风国家电补已退坡，消纳问题得以缓解，机组大型化加速风机降本，“十四五”期间风电行业有望迎来高速增长。风机行业发生两大变化: 1) 风机分为双馈、半直驱、直驱三种类型，近年因双馈机型的成本优势，双馈机型占据陆风装机较大份额，2020年占比达60.9%; 半直驱、直驱机型因其故障低的优势，多为海上风电装机的选择方案。2) 机组大型化趋势明显。2011~2021年，陆上、海上单机功率实现翻倍增长，陆上新增风机平均容量从1.5MW增加至3.1MW，海上新增风机平均容量从2.7MW增加至5.6MW。

◆**大机型轴承技术难度加大，主轴承国产化进程中。**1) 考虑机组大型化带来的轴承价值量提升，以及不同技术路线下主轴承的技术路线不同，我们测算得到2022~2025年我国偏航变桨轴承市场规模从81.35亿元增长至116.89亿元，年均复合增速12.84%; 我国主轴承市场规模从58.85亿元增长至102.15亿元，年均复合增速20.18%。2) 轴承行业壁垒包括技术与生产经验壁垒、客户认证壁垒、产业链壁垒、资金及规模壁垒。目前由于回转支承套圈的中频淬火技术存在软带区域，限制了回转支承的应用领域，降低了回转支承的使用寿命。部分轴承企业引进了意大利先进的中频淬火设备，设计高速、高可靠性的无软带回转支承。3) 2020年，偏航、变桨、主轴承的国产化率分别为63.3%、86.6%、33.0%，以新强联、洛轴、瓦轴等为代表的国内企业处于大兆瓦主轴承的研发、样机试用阶段，我们判断主轴承将逐步实现国产化。

◆**滚子为轴承的核心元件，有望打破海外垄断局面。**滚动体是滚动轴承中的核心元件，起到滚动摩擦的作用。按照滚动体的形状分类，滚动体主要分为球和滚子。滚子产品占整个风电轴承价值量的10~15%; 我们测算得到: 2022~2025年风电轴承滚动体市场规模从17.49亿元增长至29.39亿元，年均复合增速18.89%。以日本椿中岛、美国NN(被椿中岛收购)为主的外资品牌掌握全球最先进的生产技术，国内企业中，以力星股份、五洲新春为代表的企业能够满足I级精度的要求，处于快速扩产期，有望打破海外垄断的局面。

◆**相关企业: 新强联、恒润股份、五洲新春、力星股份。**

◆**风险因素: 风电装机不及预期; 国产化进程不及预期; 产能扩建不及预期; 原材料价格波动不及预期。**

与市场不同之处.....	6
一、“十四五”风电行业高速发展，风机技术进步明显	7
1.1 碳中和目标明确，风电行业迎来快速发展.....	7
1.2 风机主流路线分为双馈、半直驱、直驱机型.....	8
1.3 国内主机厂技术路线不尽相同.....	12
1.4 机组大型化趋势加速.....	15
二、风电轴承是运动部分枢纽，技术路线多样	16
2.1 风电轴承为运动枢纽，包括传动系统轴承及偏航变桨轴承.....	16
2.2 调心滚子、圆锥滚子、圆柱滚子为主轴承主要形式.....	17
2.3 独立变桨轴承有望成为主流趋势.....	19
2.4 风电齿轮箱轴承和发电机轴承可靠性要求高.....	20
三、风电轴承百亿级市场规模，主轴承国产化进程中	20
3.1 风电轴承拥有百亿级市场规模.....	20
3.2 风电轴承壁垒高，国内头部企业率先采用无软带淬火技术.....	23
3.3 我国风电轴承发展历程长，主轴承仍有较大国产化空间.....	24
3.4 我国风电轴承集中度高，部分企业正处于产品研发及产能扩产期.....	26
四、风电滚子为滚动轴承核心元件，有望打破海外垄断局面	29
4.1 滚动体为滚动轴承核心元件，具备较强的壁垒.....	29
4.2 风电滚子规模伴随轴承增长，有望打破海外垄断局面.....	32
五、相关企业：不断夯实技术实力，国内企业百花齐放	34
5.1 新强联.....	34
5.2 恒润股份.....	39
5.3 五洲新春.....	43
5.4 力星股份.....	46
六、风险因素	48

图表 1: 2009~2021 年我国陆上风电新增装机容量	7
图表 2: 2009~2021 年我国海上风电新增装机容量	7
图表 3: 2018 年至今各类风机机型投标价格 (元/kW)	8
图表 4: 2017~2021 年各季度风电机组公开招标量 (GW)	8
图表 5: 2017~2021 年陆风海风机组招标量 (GW)	8
图表 6: 双馈异步风力发电系统示意图	9
图表 7: 永磁直驱风力发电系统示意图	9
图表 8: 永磁半直驱风力发电系统示意图	10
图表 9: 三类风电机组技术路线对比	10
图表 10: 不同技术路线 3MW 风机传动系统成本对比 (千欧元)	11
图表 11: 典型 2MW 双馈机组与永磁直驱机组发电机、变流器、齿轮箱成本对比 (万元)	11
图表 12: 不同技术路线发电机活性材料+齿轮箱重量测算	11
图表 13: 风机材料使用趋势	11
图表 14: 不同风机总成本、年发电量和度电成本标么值比较	12
图表 15: 全功率范围内双馈与直驱机型效率对比	12
图表 16: 国内外各主机厂技术路线选择	12
图表 17: 国内主机厂各平台机型展示	13
图表 18: 2019~2021 年风电主机厂前十名	14
图表 19: 2021 年陆上风电整机商新增装机排名 (万千瓦, %)	14
图表 20: 2021 年海上风电整机商新增装机排名 (万千瓦, %)	14
图表 21: 2010~2020 年陆上风电机组不同技术路线新增装机占比 (%)	15
图表 22: 2011~2021 年我国陆上、海上新增风电单机容量 (MW)	15
图表 23: 2020~2021 年我国风电新增装机机型分布 (%)	15
图表 24: 风电机组轴承类型示意图	17
图表 25: 风电机组主轴承类型介绍	18
图表 26: 风电机组主轴承类型介绍	18
图表 27: 双馈机型风机使用轴承示意图	19
图表 28: 直驱机型风机使用轴承示意图	19
图表 29: 偏航轴承结构	19
图表 30: 变桨轴承结构	19
图表 31: 作用在风机上的主要力	20
图表 32: 独立变桨控制 (IPC) 结构	20
图表 33: 三一重能风机原材料成本构成 (%)	21
图表 34: 电气风电风机原材料成本构成 (%)	21
图表 35: 三一重能回转支承采购价格	21
图表 36: 三一重能主轴承采购价格	21
图表 37: 新强联募投项目营业收入测算	22
图表 38: 我国偏航变桨轴承市场规模测算	22
图表 39: 我国主轴承市场规模测算	22
图表 40: 回转支承生产壁垒	23
图表 41: 回转支承工艺流程	24
图表 42: 锻件工艺流程图	24
图表 43: 轴承滚道无软带淬火示意图	24
图表 44: 公共卫生事件对于全球风电产业链影响	25
图表 45: 风电主轴承 (陆上) 国产化率	26
图表 46: 中国轴承产业分布图	26
图表 47: 我国轴承产业集群及优势产品	26
图表 48: 风电轴承制造商情况	27
图表 49: 国产风电轴承制造商轴承进展	28
图表 50: 2017~2021 年主要轴承企业营业收入 (亿元)	29
图表 51: 2017~2021 年主要轴承企业归母净利润 (亿元)	29
图表 52: 2017~2021 年主要轴承企业固定资产 (亿元)	29
图表 53: 2017~2021 年主要轴承企业在建工程 (亿元)	29
图表 54: 深沟球轴承示意图	30
图表 55: 轴承滚动体的分类	30
图表 56: 球轴承与滚子轴承对比	30
图表 57: 钢球滚动体的加工工艺	31
图表 58: 滚子与钢球加工面对比	31
图表 59: 钢球技术标准分类	31
图表 60: 我国风电轴承滚动体市场规模测算	32

图表 61: 钢球行业市场格局.....	33
图表 62: 日本椿中岛公司产品系列.....	33
图表 63: 日本椿中岛公司的全球生产网络.....	33
图表 64: 2019~2021 年日本椿中岛营业总收入及同比增速.....	34
图表 65: 2019~2021 年日本椿中岛净利润及同比增速.....	34
图表 66: 新强联产品示意图.....	34
图表 67: 新强联股权结构 (截至 2022/05/24).....	35
图表 68: 2017~2022Q1 新强联营业收入及同比增速.....	36
图表 69: 2018~2021 年新强联收入业务构成 (亿元).....	36
图表 70: 2017~2022Q1 新强联归母净利润及同比增速.....	36
图表 71: 2018~2022Q1 公司主营业务毛利率 (%).....	36
图表 72: 2017~2019 年新强联风电轴承收入构成 (亿元).....	37
图表 73: 2020~2021 年新强联独立变桨轴承客户情况.....	37
图表 74: 公司核心风电客户行业地位及合作情况.....	37
图表 75: 2020~2021 年风电核心客户销售额及同比增速.....	37
图表 76: 新强联历次募资扩产情况.....	38
图表 77: 新强联历次募资扩产产品及产能新增情况.....	38
图表 78: 新强联旗下圣久锻件公司发展历程.....	39
图表 79: 2018~2022 年圣久锻件产能情况 (万吨).....	39
图表 80: 2018~2021 年新强联锻件营业收入及毛利率.....	39
图表 81: 恒润股份产品示意图.....	40
图表 82: 恒润股份风电塔筒法兰发展历程.....	40
图表 83: 恒润股份股权结构图 (截至 2022/6/17).....	41
图表 84: 2017~2022Q1 恒润股份营业收入及同比增速.....	41
图表 85: 2018~2021 年恒润股份收入业务构成 (亿元).....	41
图表 86: 2017~2022Q1 恒润股份归母净利润及同比增速.....	42
图表 87: 恒润股份主营业务毛利率 (%).....	42
图表 88: 恒润股份定增募投项目.....	42
图表 89: 恒润股份定增募投项目.....	42
图表 90: 五洲新春产品示意图.....	43
图表 91: 五洲新春发展历程.....	44
图表 92: 五洲新春股权结构图 (截至 2022/3/31).....	44
图表 93: 2017~2022Q1 五洲新春营业收入及同比增速.....	45
图表 94: 2018~2021 年五洲新春收入业务构成 (亿元).....	45
图表 95: 2017~2022Q1 五洲新春归母净利润及同比增速.....	45
图表 96: 五洲新春主营业务毛利率 (%).....	45
图表 97: 五洲新春募投项目情况.....	46
图表 98: 力星股份发展历程.....	46
图表 99: 力星股份股权结构图 (截至 2022/3/31).....	47
图表 100: 2017~2022Q1 力星股份营业收入及同比增速.....	47
图表 101: 2017~2021 年力星股份收入业务构成 (亿元).....	47
图表 102: 2017~2022Q1 力星股份归母净利润及同比增速.....	47
图表 103: 力星股份主营业务毛利率 (%).....	47
图表 104: 公司历次募资项目进展 (截至 2022/03/17).....	48

与市场不同之处

市场对于风电轴承行业的研究专注于个股，我们从风电机组技术路线、大型化趋势出发，总结出当前不同技术路线、不同兆瓦数机型之下主轴承选型的不同，主轴承价值量及行业规模随之变化。针对行业相关企业，我们详细梳理了新强联、恒润股份、五洲新春、力星股份轴承相关业务的发展历程及扩产情况。

一、“十四五”风电行业高速发展，风机技术进步明显

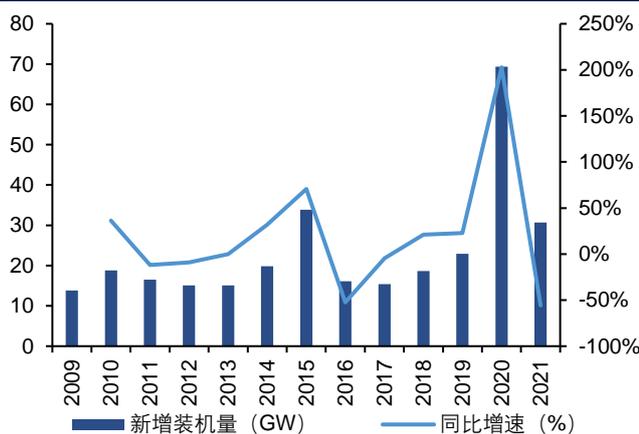
1.1 碳中和目标明确，风电行业迎来快速发展

碳中和目标明确，我国风电行业快速发展。为了应对全球气候变化，197个国家于2015年12月12日在巴黎召开的缔约方会议第二十一届会议上通过了《巴黎协定》，碳中和目标明确。为此，2020年9月，习近平主席在第七十五届联合国大会上郑重宣告，“中国二氧化碳排放力争于2030年达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”；同年12月，国家主席习近平在气候雄心峰会上表示，“中国为达成应对气候变化《巴黎协定》作出重要贡献，是落实《巴黎协定》的积极践行者”。

历史复盘：我国风电行业发展20余年，国内主机厂及相关配套产业快速崛起。“十一五”期间属于我国风电产业的快速崛起期，但伴随而来突出的电网适配问题使得行业弃风率高企，运营商投资经济性不高，叠加国家电价补贴的陆续退坡，“十二五”“十三五”期间我国风电装机出现较大波动。“十二五”期间，随着风电建设规划趋于规范，以及电网调度能力加强，弃风率从2011年的16.2%下降至2014年的8.0%，叠加2015年是电价退坡的最后一年，2015年迎来一轮抢装潮，实现34.2GW的高装机量。受抢装潮影响，“十三五”初期再次迎来弃风率的攀升，随着《关于有序放开发用电计划的通知》与《关于建立健全可再生能源电力消纳保障机制的通知》政策出台，风电消纳问题得到改善，弃风率快速下降，基本维持在5%以内；2020年为陆风电价补贴的最后一年，当年迎来69.32GW的陆风新增装机，创历史新高。

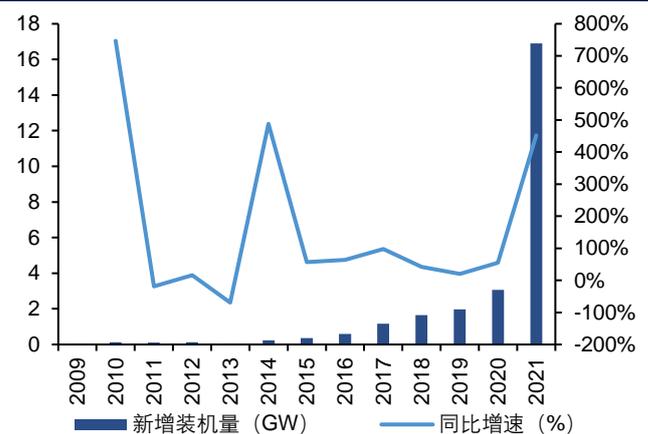
相较于陆上风电，我国海上风电发展较晚，且增加了海缆、基础桩、海上工程等零部件及步骤，施工难度较大，造价普遍较高，长期以来需要依靠电价补贴维持投资回报率。2020年1月财政部、国家发改委、国家能源局联合发布《关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见》，提出新增海上风电不再纳入中央财政补贴范围，按规定完成核准（备案）并于2021年12月31日前全部机组完成并网的存量海上风力发电项目，按相应价格政策纳入中央财政补贴范围。受此影响，2021年末迎来海上风电的抢装行情，2021全年海上风电新增装机量16.90GW，同比增长452.29%，创历史新高；累计装机量达到26.39GW。

图表 1：2009~2021 年我国陆上风电新增装机量



资料来源：国家能源局，信达证券研发中心

图表 2：2009~2021 年我国海上风电新增装机量

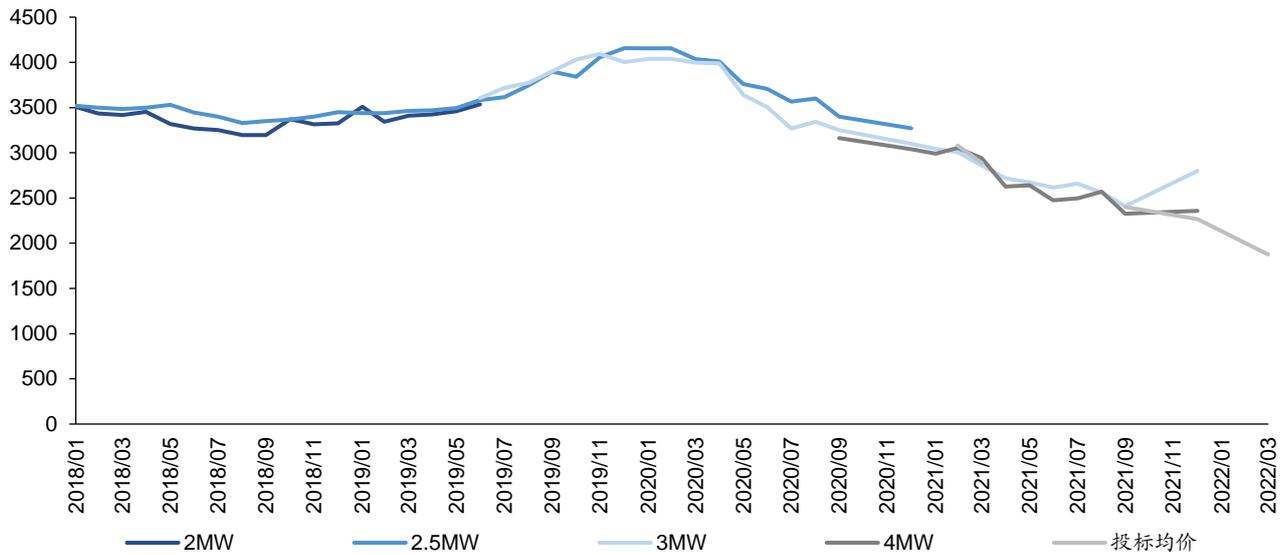


资料来源：国家能源局，GWEC，信达证券研发中心

风电产业日趋成熟，大型化提升风机降本曲线斜率，行业迎来成长期。风电抢装潮后，行业机组招标价格持续下降：以3MW风机为例，机组招标价格从2019年最高4093元/kW下降至2021年末2798元/kW，4MW及以上机型逐步成为招标的主流机型，2021年12月4MW风机招标价下探至2359元/kW。根据金风科技官网，2022年3月风机公开投标均价已跌至1876元/kW。伴随着风机造价的下降，风电运营商投资回报率向上突破，装机热情

高企。2022年起，随着海风技术与经验的成熟，风机、海缆、基础平台等造价成本的下降有望提升运营的盈利性，“十四五”海上风电有望迎来快速成长期。

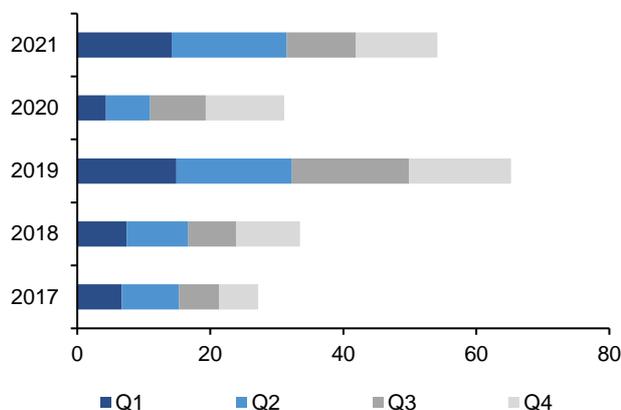
图表 3: 2018 年至今各类风机机型投标价格 (元/kW)



资料来源: 金风科技官网, 信达证券研发中心

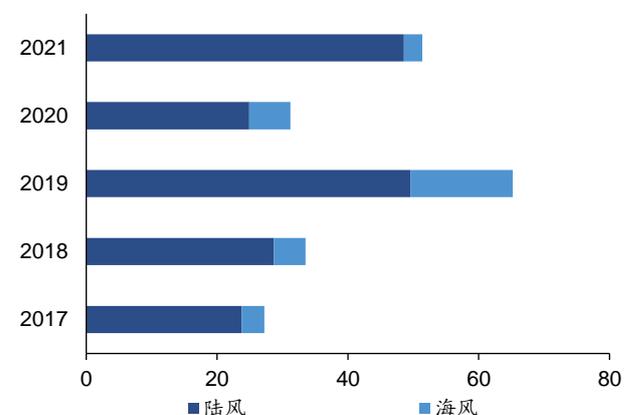
风电招标持续高景气。从招标量来看, 2021 年全年风电机组公开招标量达到 54GW, 同比增长 74%; 其中, 陆上新增招标容量 51.37GW, 海上新增招标容量 2.79GW。根据风电之音公众号统计, 2022 年 1~6 月, 风电项目招标规模达 53.46GW, 已接近去年全年的招标量。

图表 4: 2017~2021 年各季度风电机组公开招标量 (GW)



资料来源: 金风科技官网, 信达证券研发中心

图表 5: 2017~2021 年陆海风电机组招标量 (GW)



资料来源: 金风科技官网, 信达证券研发中心

1.2 风机主流路线分为双馈、半直驱、直驱机型

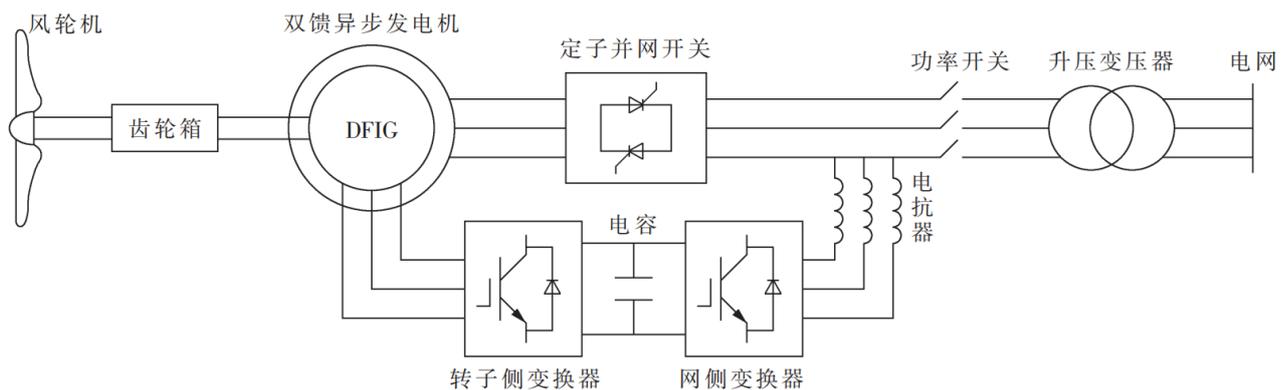
根据《海上风电机组机型发展的技术路线对比》，按照发电机的结构和工作原理，风电机组可分为异步和同步风电机组，异步风机按其转子绕组结构可分为笼型异步风机和绕线式双馈异步风机，同步风机按其转子励磁方式可分为永磁同步风机和电励磁同步风机，其中按照风轮机和永磁发电机的传动方式，永磁同步风电机组可分为永磁直驱风电机组和永磁半直驱风电机组。随着机组单机容量增大，风力发电机组从早期应用的恒速恒频鼠笼式异步风机发展为变速恒频的高速传动双馈式异步风机，随后出现无齿轮增速箱的直驱式永磁同步风机和半直驱式永磁同步风机。

双馈异步风力发电机组：风轮机需通过增速齿轮箱连接至转速较高的双馈异步发电机转子，转子的励磁绕组通过转子侧和网侧变换器连接至电网，定子绕组直接并网。双馈发电机系统通过励磁变换器控制转子电流的频率、相位和幅值间接调节定子侧的输出功率，具有调速范围较宽、有功和无功功率可独立调节、转子励磁变换器的容量较小（约 30%发电机额定容量）等优点，在陆上和海上风电场中都有广泛应用。

永磁直驱风力发电机组：风轮机与永磁同步发电机直接相连，发电机的定子绕组通过定子侧和网侧变换器连接至电网。永磁直驱式风电机组与双馈风电机组相比，转子为永磁体励磁，无需外部提供励磁电源，消除励磁损耗。风轮与发电机转子之间省去了增速齿轮箱，转子转速低，发电机的极对数很多，通常在 90 级以上，因而发电机体积较大。永磁直驱风机系统具有效率较高、噪音低、低电压穿越能力较强等优点，已广泛应用于陆上和海上风电场。

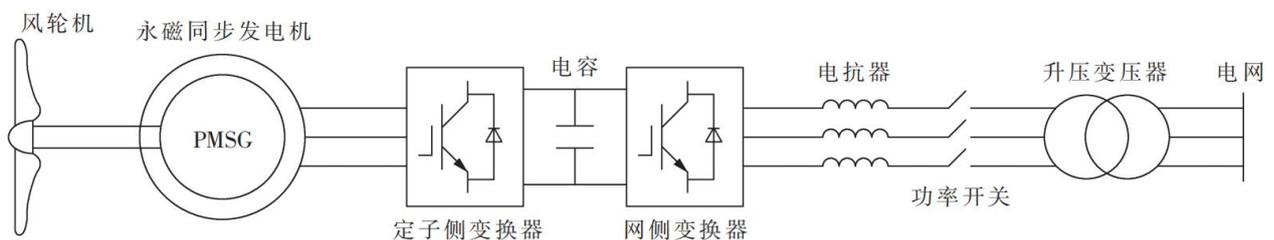
永磁半直驱风力发电机组：风轮机通过低变速比（一般 $k < 40$ ）齿轮箱与永磁同步发电机转子连接，发电机的定子绕组仍通过全功率变换器连接至电网。永磁半直驱式风电机组风轮经增速齿轮箱连接至发电机转子，转子转速比永磁直驱式风电机组的高。因此，可以减少永磁电机转子磁极数，有利于减小发电机的体积和质量，降低风机的吊装难度，同时保留了永磁直驱风电机组容量大、低电压穿越能力较强等优点。国内外诸多风机厂家大容量海上风电机组均采用永磁半直驱的技术路线，已有较多成功商业运行的案例。

图表 6：双馈异步风力发电系统示意图

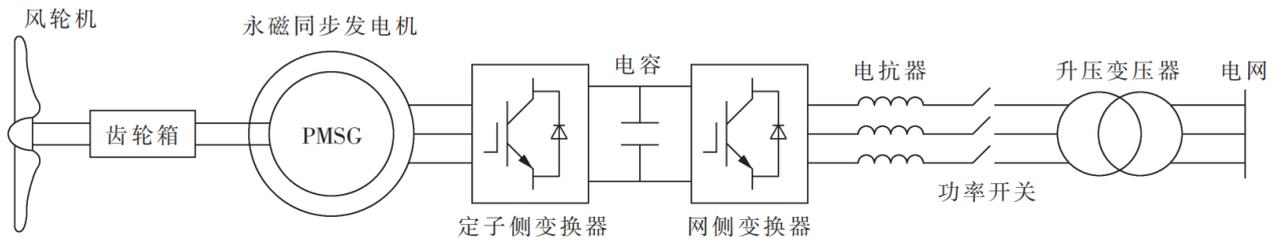


资料来源：《海上风电机组机型发展的技术路线对比》，信达证券研发中心

图表 7：永磁直驱风力发电系统示意图



资料来源：《海上风电机组机型发展的技术路线对比》，信达证券研发中心

图表 8: 永磁半直驱风力发电系统示意图


资料来源:《海上风电机组机型发展的技术路线对比》, 信达证券研发中心

根据《海上风电机组大型化技术路线分析》, 发电机、齿轮箱、变流器三大部件是双馈、直驱、半直驱技术路线的主要区别。

发电机: 直驱型永磁机组可靠性最高, 但发电机体积较大、造价较高且维修难度较大, 在一定程度上对风电机组的进一步大型化造成制约; 半直驱型中速永磁机组齿轮箱传动比低、可靠性较高, 且发电机体积有效减小, 有利于风电机组进一步大型化的推进方向; 双馈型机组技术成熟、成本低、重量轻, 但存在碳刷、滑环系统, 可靠性较低、维护工作量大。

齿轮箱: 双馈型、半直驱型机组均通过齿轮箱来将风轮转速实现增速传动, 以提高发电机转速, 但长期处于高速运转的齿轮箱易存在磨损、胶合、断齿、漏油等风险; 直驱型机组无齿轮箱, 风轮直接驱动发电机转子旋转, 不存在齿轮箱故障, 可靠性高。

变流器: 双馈型机组采用 1/3 全功率的变频器, 容量小、价格低; 直驱型、半直驱型机组采用全功率变频器, 容量大、价格较高。但随着电力电子元器件的高速发展, 目前变流器技术更加成熟, 价格逐步降低, 其造价在机组整体价格中的比重已不大; 同时, 变流器也正朝着中压方向发展, 中压变流器可进一步减小体积, 降低损耗, 能更好地满足大型化的发展需求。

图表 9: 三类风电机组技术路线对比

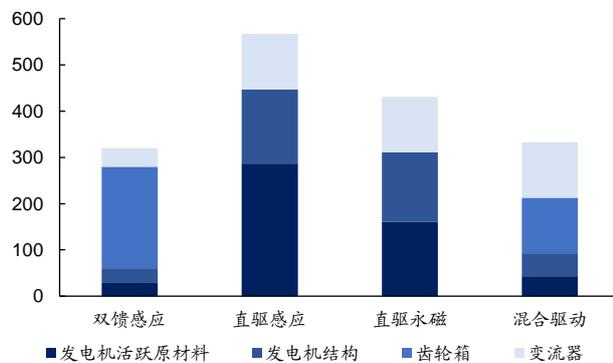
类别	直驱型	半直驱型		双馈型	
		高速永磁	中速永磁	高速双馈	中速双馈
结构	无齿轮箱, 机械可靠性好	有齿轮箱, 故障率较高	低速齿轮箱, 故障率略低	有齿轮箱, 有滑环, 故障率高	有滑环, 低速齿轮箱, 故障率较高
控制	控制回路少, 控制简单	控制回路较多, 控制相对复杂		控制回路多, 控制复杂	
电机种类	永磁电机, 体积大, 吊装困难	永磁发电机, 体积较小	永磁发电机, 体积较大	碳刷、滑环的故障率高	
变流器		全功率		全功率的 1/3	
电机造价/尺寸/重量	最高/最大/最重	较高/较大/较重	高/大/重	低/小/轻	较低/较小/较轻
可靠性	最高	较高	高	低	较低
可维护性	维护工作量小, 维护费用低; 海上发电机拆卸困难	齿轮箱维护频繁且易发生故障; 电机等大件拆卸相对容易, 可维护性较好		齿轮箱维护频繁且易发生故障; 发电机等大件拆卸相对容易, 可维护性较好; 有碳刷、滑环, 增加维护工作量	

资料来源:《海上风电机组大型化技术路线分析》, 信达证券研发中心

齿轮箱、发电机和变流器是造价成本的主要变量。从传动系统成本对比来看，以 3MW 风机为例，三类技术路线的造价成本排序为直驱型（43 万欧元）>半直驱型（33 万欧元）>双馈型（32 万欧元）；据《双馈风电机组与永磁直驱机组对比分析》，典型的 2MW 双馈机组较永磁直驱机组成本低 20 万元左右，即 100 元/kW。

直驱型机组造价成本偏高的原因有以下两个方面：1）双馈机组因转速高、转矩小，发电机尺寸较小、重量较轻；永磁直驱机组体积和重量大，随着单机容量的增加，直驱机组重量增加特别明显，随之带来机组制造、运输吊装成本增加；2）从发电机和齿轮箱材料来看，直驱机型对于铜、永磁材料的使用量较大，根据《Wind Turbine – Materials and Manufacturing Fact Sheet》，与 2001~2005 年相比，2006~2010 年风机机舱内永磁材料的使用量大幅增加，其主要原因是使用了具有更大发电机的直驱和半直驱机型，双馈机型的使用比例在逐步减小。近几年铜、稀土原材料的价格快速上涨使得直驱型电机的造价成本大幅提升，根据金力永磁投资者关系活动记录表，半直驱永磁风力发电机单位磁材用量大约是直驱永磁风力发电机的 1/4~1/3，于是部分大兆瓦机型选择了半直驱这类折中的方案。

图表 10：不同技术路线 3MW 风机传动系统成本对比（千欧元）



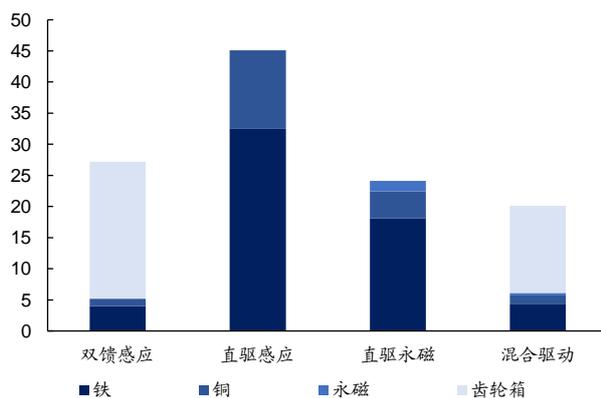
资料来源：彭博社调研报告，信达证券研发中心，注：混合驱动即半直驱机型，下同

图表 11：典型 2MW 双馈机组与永磁直驱机组发电机、变流器、齿轮箱成本对比（万元）

成本拆分	双馈机组	永磁直驱机组
发电机成本	40	140
变频器成本	40	60
齿轮箱成本	100	0
合计	180	200

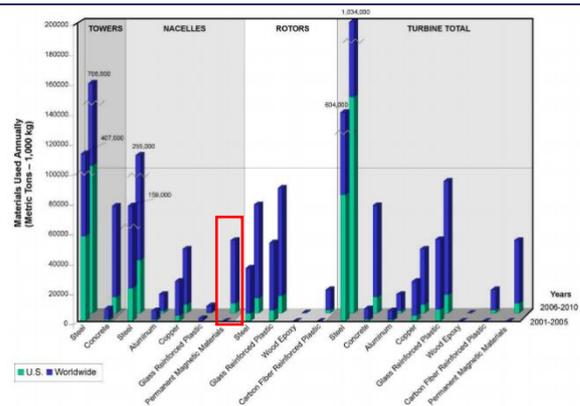
资料来源：《双馈风电机组与永磁直驱机组对比分析》，信达证券研发中心

图表 12：不同技术路线发电机活性材料+齿轮箱重量测算



资料来源：彭博社调研报告，信达证券研发中心

图表 13：风机材料使用趋势



资料来源：《Wind Turbine Materials and Manufacturing Fact Sheet》，信达证券研发中心

发电效率方面，根据《海上风电机组机型发展的技术路线对比》，永磁直驱、电励磁直驱风机的年发电量最高，其次是永磁半直驱、双馈异步风机。**维护保障方面**，从维护和故障维修方面看，双馈机组有齿轮箱和发电机滑环、碳刷，增加了故障点和更换易耗件的成本。直驱机组由于没有齿轮箱和发电机滑环、碳刷，会减少相对应的故障率。若考虑不同技术路线风机的初始造价、运行维护成本以及发电效率，半直驱机组的度电成本最低，其次是双馈异步、

永磁直驱机组。

图表 14: 不同风机总成本、年发电量和度电成本标么值比

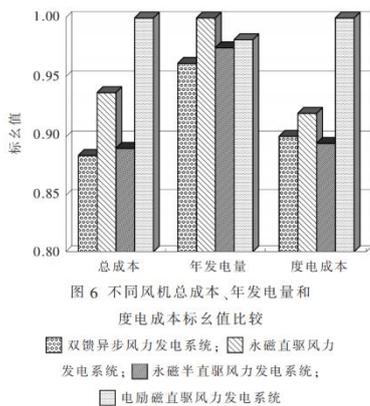
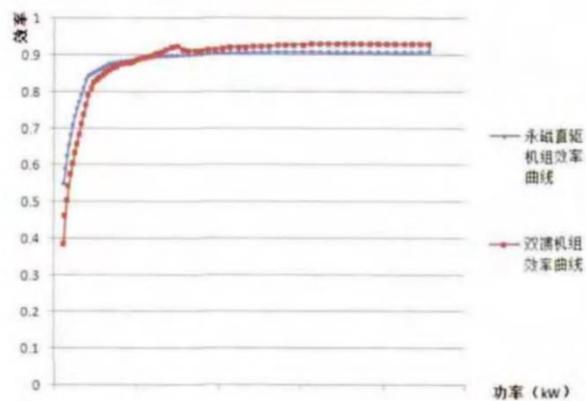


图 6 不同风机总成本、年发电量和度电成本标么值比较

图例：
 ■ 双馈异步风力发电系统；
 ■ 永磁半直驱风力发电系统；
 ■ 永磁直驱风力发电系统；
 ■ 电励磁直驱风力发电系统

资料来源:《海上风电机组机型发展的技术路线对比》，信达证券研发中心

图表 15: 全功率范围内双馈与直驱机型效率对比



资料来源:《双馈风电机组与永磁直驱机组对比分析》，信达证券研发中心

1.3 国内主机厂技术路线不尽相同

国内厂商选择的技术路线不尽相同。金风 2007 年第一台直驱永磁风电机组安装在中海油位于渤海的钻井平台上，2021 年对现有直驱永磁平台及产品进行了优化和升级，并发布了 15 款中速永磁平台旗舰机型；明阳智能则相对坚定地走半直驱路线，2006 年曾经引进和应用双馈技术，但是基于对现有和未来市场的分析，明阳智能董事长毅然决然地转向半直驱技术路线；电气风电此前主要为双馈机型，2021 年完成了半直驱传动链技术开发及产品应用；东方电气此前 2.5MW 机型（含）的技术路线为双馈机型，2.5MW 以上（不含）机型都采用了直驱机型，2021 年也开发了 4MW 双馈机型；中车风电机组类型包括 1.5~3.0MW 双馈系列机组、2.0~6.0 中速永磁系列机组；其他主机厂（远景能源、运达股份、三一重能、联合动力）则主要采用双馈路线。

图表 16: 国内外各主机厂技术路线选择

主机厂	双馈	直驱	半直驱	技术路径演变
Vestas	✓		✓	早期陆上和海上风电机组多采用双馈机组，2014 年前后 MHI-Vestas 改走用永磁半直驱的技术路线，在丹麦研发测试了公司 8MW 半直驱海上风电机组，随后顺利将其应用于英国、丹麦、美国等国海域。
西门子歌美飒	✓	✓		2018 年明确 3 年战略增长计划，陆上机型全面推行双馈技术
GE	✓	✓		-
金风科技		✓	✓	2007 年第一台直驱永磁风电机组安装在中海油位于渤海的钻井平台上；2021 年对现有直驱永磁平台及产品进行了优化和升级，并发布了 15 款中速永磁平台旗舰机型
远景能源	✓			已构建完整的双馈风电机组供应链体系
明阳智能			✓	2006 年明阳已经引进与应用双馈技术路线两年，但基于对现有和未来市场的分析，明阳转向半直驱技术路线
运达股份	✓			-
电气风电	✓		✓	2021 年完成半直驱传动链技术开发及产品应用
东方电气	✓	✓		此前 2.5MW 机型（含）的技术路线为双馈机型，2.5MW 以上（不含）机型都采用了直驱机型；2021 年 4MW 双馈型风力发电机组完成总装、整机联调
中国海装			✓	2021 年发布 16MW 海上风机
三一重能	✓			-
中车风电	✓		✓	-
联合动力	✓			-

资料来源：各公司官网，各公司公告，国际新能源网，北极星风力发电网，电缆网，数字能源网等，信达证券研发中心整理

图表 17：国内主机厂各平台机型展示

主机厂	平台一	平台二	平台三	平台四	平台五	平台六
金风科技	GW 1S 系列产品	GW 2S 系列产品	GW 3S/4S 系列产品	GW 5S 系列产品	GW 6S/8S 系列产品	全新中速永磁系列产品
	GW82-1.1MW	GW150-3.0MW	GW136-4.2MW; GW136-4.8MW; GW155-4.5MW; GW165-3.6MW; GW165-4.0MW	GW165-5.2MW; GW165-5.6MW; GW165-6.0MW	GW175-8.0MW; GW184-6.45MW	GWH 系列: 3.85~12MW
远景能源	2MW 平台智能风机	3MW 平台智能风机	4MW 平台智能风机	5MW 平台智能风机	6MW 平台智能风机	
明阳智能	MY1.5MW/ MY2.0MW	MySE3.0MW	MySE4.0MW	MySE6.0MW		
	MY1.5-77; MY1.5-82; MY1.5-89; MY2.0-121; MY2.0-104 (抗台); MY2.2-121	MySE2.5-135; MySE2.5-145; MySE3.0-112; MySE3.0-121; MySE3.0-135; MySE3.2-145; MySE3.6-135	MySE4.0-145/156; MySE5.0-166	MySE5.5-155; MySE6.45-180; MySE7.25/7.0-158; MySE8.3-180		
运达股份	2.X MW 系列产品 2.0-2.3 MW	2.5MW 系列产品 2.5MW	3.X MW 系列产品 3.0MW-3.6MW	4.X MW 系列产品 4.2MW-4.8MW	5.X MW 系列产品 5.0MW-5.5MW	6.X MW 系列产品 6.0MW-6.6MW
电气风电	陆上 W3.XMW 系列	陆上 W4.XMW 系列	海上 D8 风电机组	海上 W3600/4000 风电机组	海上 4MW 风电机组	海上 D6/D7 风电机组
	W3450-146; W3450-155	W4500-155; W4800-146	8.0-167 机组	3.6/4MW	4.0-130; 4.0-146	6/7MW-154; 6.XMW-172
中国海装	H2.X 平台	H3.X/4.X 平台 H146-3.2MW; H140-3.2MW;	H5.X/6.X 平台	H8.X/10.X 平台	H16.X 平台	
	H120-2.0MW; H136-2.2MW; H150-2.5MW; H146-2.5MW; H140-2.5MW	H146-3.4MW; H160-3.4MW; H140-3.4MW; H160-4.0MW; H155-4.5MW; H155-5.0MW; H165-5.0MW	H171-5MW; H151-5MW; H171-6.2MW; H152-6.2MW; H185-6.5MW;	H2XX-7.XMW; H185-8.0MW; H171-8.0MW; H210-10.XMW	-	
三一重能	3.X MW-4.X MW 平台风电机组 SE15533/SE16033 ; SE16X335; SI-16X365; SI-171405	4.X MW-6.X MW 平台风电机组 SE15642/45; SI-16X50; SE-17250; SE-17260				
	1.5MW 双馈系列机组	2.0MW 双馈系列机组	2.0MW 中速永磁系列机组	2.5MW 双馈系列机组	3.0MW 双馈系列机组	3.0MW 中速永磁系列机组
中车风电	3.6MW 机组	4.0MW 机组	6.0MW 中速永磁系列机组			

资料来源：各公司官网，信达证券研发中心

我国基本完成风机的国产化，2019~2021 年风电装机前十名均为国产主机厂，集中度较高，2021 年 CR3 为 47.4%、CR5 为 69.4%，CR10 为 95.1%。从陆上、海上分布来看，陆上风电新增装机排名前五为：金风科技（直驱）、远景能源（双馈）、运达股份（双馈）、中车风电（双馈、半直驱）、三一重能（双馈），双馈机型具备更低的制造成本而被广泛用于陆上风电；海上风电新增装机排名前五为：电气风电（双馈、半直驱）、明阳智能（半直

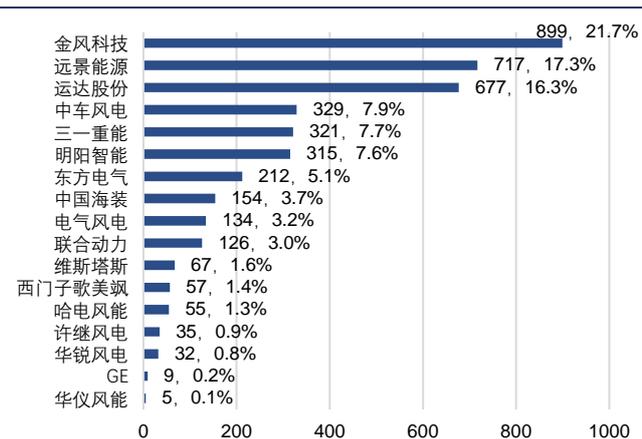
驱)、金风科技(直驱)、中国海装(半直驱)、东方电气(双馈、直驱),海上风电技术的选择则不尽相同。

图表 18: 2019~2021 年风电主机厂前十名

序号	主机厂	2021 年		主机厂	2020 年		主机厂	2019 年	
		新增装机量 (万千瓦)	占比 (%)		新增装机量 (万千瓦)	占比 (%)		新增装机量 (万千瓦)	占比 (%)
1	金风科技	1138	20.40%	金风科技	1228	22.57%	金风科技	801.4	29.92%
2	远景能源	815	14.60%	远景能源	913	16.78%	远景能源	513.8	19.18%
3	明阳智能	693	12.40%	明阳智能	551	10.12%	明阳智能	361.1	13.48%
4	运达股份	677	12.10%	电气风电	461	8.47%	运达风电	159.9	5.97%
5	中国海装	555	9.90%	运达股份	365	6.71%	东方风电	130.8	4.88%
6	电气风电	353	6.30%	中车风电	349	6.41%	上海电气	125.7	4.69%
7	中车风电	329	5.90%	东方电气	310	5.70%	中国海装	110.5	4.13%
8	三一重能	321	5.70%	三一重能	303	5.57%	联合动力	104.6	3.91%
9	东方电气	313	5.60%	中国海装	295	5.42%	中车风电	91	3.40%
10	联合动力	126	2.20%	联合动力	201	3.69%	三一重能	70.4	2.63%
合计	-	5320	95.10%	-	4976	91.44%	-	2469.2	92.18%

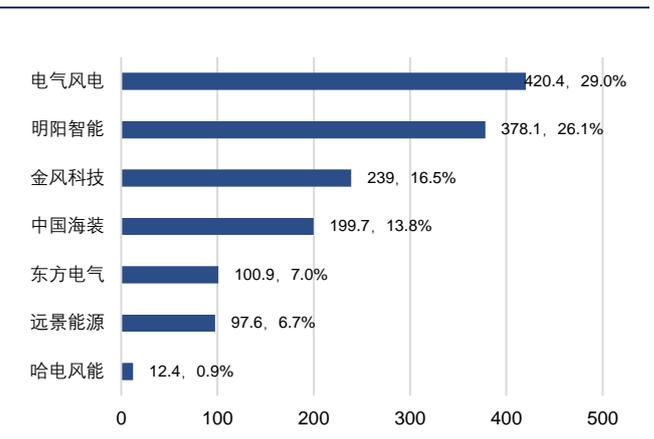
资料来源: CWEA, 信达证券研发中心

图表 19: 2021 年陆上风电整机商新增装机排名(万千瓦, %)



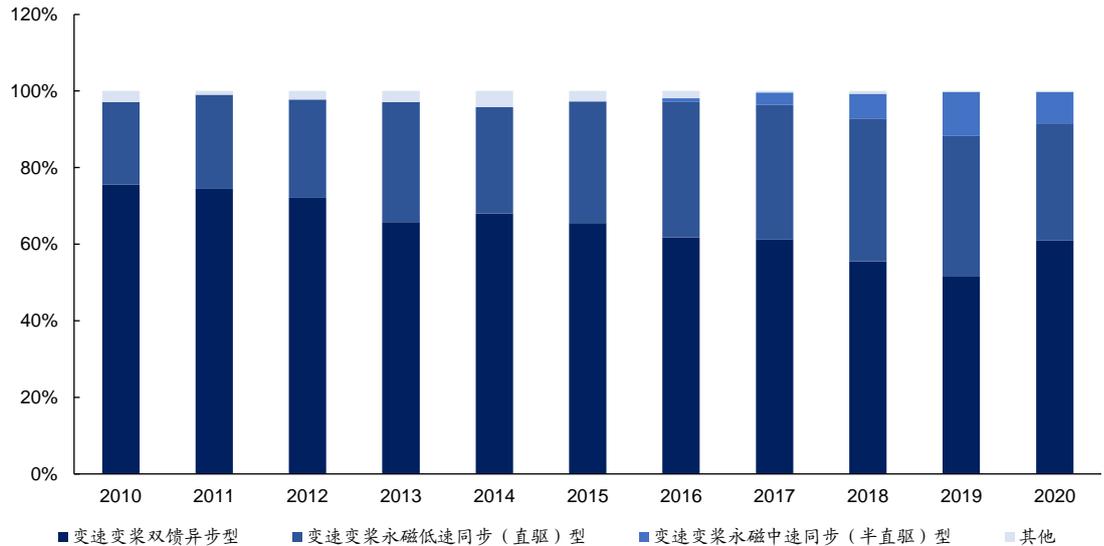
资料来源: CWEA, 信达证券研发中心

图表 20: 2021 年海上风电整机商新增装机排名(万千瓦, %)



资料来源: CWEA, 信达证券研发中心

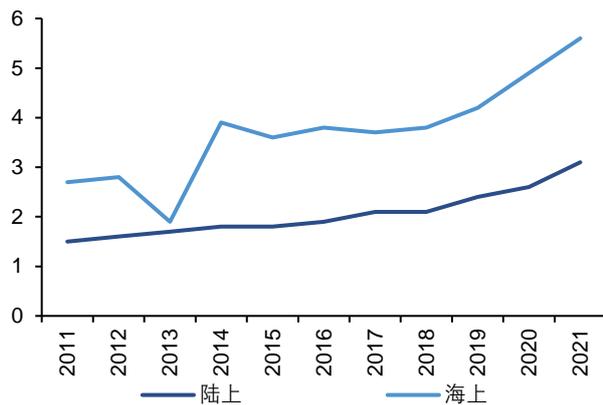
从中国风能协会统计的数据来看,双馈异步型仍然占据陆上风电新增装机较大的份额。从 2020 年情况来看,双馈异步型新增装机占陆上风电新增装机的 60.9%,相比 2019 年提升 9.4pct;直驱型风机占比 30.5%,相比 2019 年下降 6.3pct;半直驱风机占比 8.4%,相比 2019 年下降 3.1pct。

图表 21: 2010~2020 年陆上风电机组不同技术路线新增装机占比 (%)


资料来源:《风电回顾与展望 2021》, 信达证券研发中心

1.4 机组大型化趋势加速

2011~2021 年, 陆上、海上单机功率实现翻倍增长, 陆上新增风机平均容量从 1.5MW 增加至 3.1MW, 海上新增风机平均容量从 2.7MW 增加至 5.6MW。根据 CWEA 统计的数据, 2021 年新增装机主力机型已从 2020 年的 2.0~3.9MW 提升至 3.0~4.9MW, 2021 年海风新增装机较多, 海风主力机型分布在 5.0~6.9MW。参考 2022 年以来项目风机机组招标信息来看, 陆风招标机型已扩大至 5~6MW, 海风招标机型已扩大至 8~9MW, 个别项目将采用 10~11MW 机型。

图表 22: 2011~2021 年我国陆上、海上新增风电单机容量 (MW)


资料来源: CWEA, 信达证券研发中心

图表 23: 2020~2021 年我国风电新增装机机型分布 (%)

机型	2021 年	2020 年
2MW 以下	0.21%	1.00%
2.0-2.9MW	19.73%	61.10%
3.0-3.9MW	40.11%	27.80%
4.0-4.9MW	16.53%	6.20%
5.0-5.9MW	8.14%	2.40%
6.0-6.9MW	12.13%	1.50%
7.0MW 及以上	3.14%	0.00%

资料来源: CWEA, 信达证券研发中心

二、风电轴承是运动部分枢纽，技术路线多样

2.1 风电轴承为运动枢纽，包括传动系统轴承及偏航变桨轴承

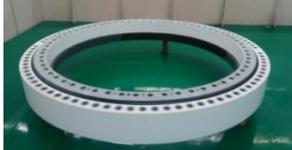
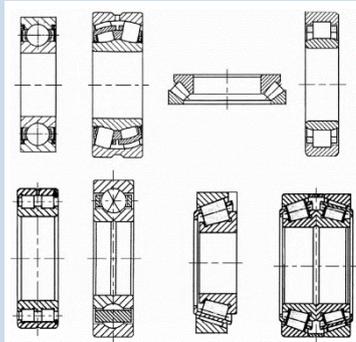
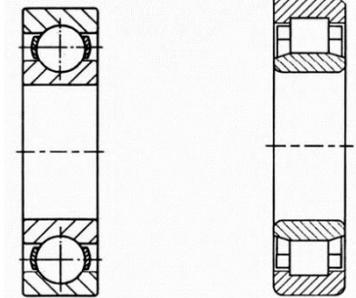
风电轴承是风机所有运动部位的枢纽，作为风机的核心部件，风力发电机的受力和振动情况复杂，必须能够承受巨大的冲击负荷，在腐蚀、风沙、潮湿和低温环境下工作，同时要满足20年使用寿命和高可靠性的要求。轴承行业在“十二五”规划中占有重要地位，在2010年国家工信部发布的《机械基础零部件产业振兴实施方案》中，风力发电机轴承被列为七大类需要重点突破的关键零部件之首。

根据《风力发电机用轴承简述》，风电机组轴承包括：

- 1) 传动系统轴承：风力发电机主轴承、齿轮箱轴承和发电机轴承。**风力发电机组的主轴又称低速轴或叶轮轴，起到连接叶轮与齿轮箱或发电机、以及传递扭矩的作用。主轴由主轴承支撑，因而主轴上的作用力以及变形都影响到主轴承，其受的力主要包括风叶及轮毂的重量、主轴自重、主轴承的支承力、推力轴承的止推力、风通过风叶及轮毂作用在主轴的力，因而主轴承主要承受径向力，也受部分由于风力而产生的轴向力。齿轮箱起到将旋转叶片传递的较低转速提高到发电机的额定转速；此外，风力发电机完成机械能到电能的转化，内部结构同样用到轴承。
- 2) 偏航、变桨系统及其轴承：**偏航轴承是偏航系统中的重要部件，其位于机舱的底部，承载着风力发电机主传动系统的全部质量，并传递气动推力到塔架，用于准确适时地调整风力发电机的迎风角度。变桨距系统用于调整叶片的迎风方向；变桨轴承安装于叶片和轮毂之间，内、外圈通过螺栓分别与叶片和轮毂联结，使叶片可以相对其轴线旋转以达到变桨的目的。

根据《论我国重大技术装备轴承的自主安全可控》，每台风电机组包括4套偏航变桨轴承、1套主轴承、20套齿轮箱轴承、2套发电机轴承。

图表 24: 风电机组轴承类型示意图

轴承类型	单台风机轴承个数	使用轴承品种	示意图
主轴承	1	调心滚子轴承、单列圆锥滚子轴承、圆柱滚子轴承、双列圆锥滚子轴承	
偏航轴承	1	单列四点接触球转盘轴承、双列四点接触球转盘轴承	
变桨轴承	3	单排四点接触球转盘轴承、双排四点接触球转盘轴承、交叉圆柱滚子转盘轴承或三排滚子转盘轴承	
齿轮箱轴承	20 (仅限双馈、半直驱机型)	满滚子圆柱滚子轴承、调心滚子轴承、圆锥滚子轴承、四点接触球轴承	
发电机轴承	2	深沟球轴承、圆柱滚子轴承	

资料来源:《论我国重大技术装备轴承的自主安全可控》,《风力发电机用轴承简述》,《新强联招股说明书》,信达证券研发中心

2.2 调心滚子、圆锥滚子、圆柱滚子为主轴承主要形式

据《风电机组主轴承选型与设计分析》,按照支承点的个数分类,风电机组主轴承的布置选型可分为三点支承、两点支承和单轴承。

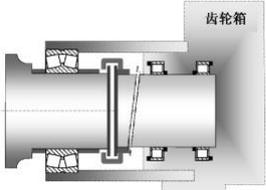
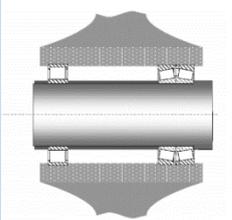
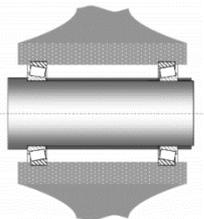
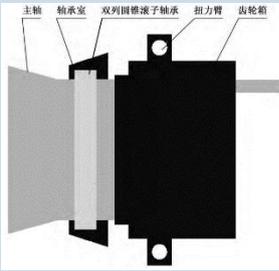
1) 三点支承即“主轴承+齿轮箱中的轴承”,是双馈机组的常用布置形式。三点支承的轴承结构一般为在风轮侧设计为独立轴承室,轴承室内安装 1 个调心滚子轴承,主轴与齿轮箱采用胀紧套连接,2 个圆柱滚子轴承安装在齿轮箱内,而齿轮箱采用扭力臂进行支承。该布置形式轴承室通常使用调心滚子轴承。

2) 两点支承: 主轴被 2 个轴承支承,齿轮箱和主轴之 2 间的连接采用胀紧套或螺栓联接,齿轮箱内无需支承。常见形式包括: 双列圆锥滚子轴承+圆柱滚子轴承、两个单列圆锥滚子

轴承。

3) 单轴承: 主轴被 1 个大直径的双列圆锥滚子轴承支承, 主轴一般为直径大且比较短的结构, 齿轮箱和主轴之间的连接采用胀紧套或螺栓联接。近年来在全球风电主轴承中的比例呈上升趋势。

图表 25: 风电机组主轴承类型介绍

布置方式	选用轴承类型	优点	缺点	示意图
三点支承	调心滚子轴承	可以承受齿轮箱所要求的较大偏转角, 轴承本身的设计和制造难度低于圆锥轴承	轴向游隙比较大, 轮毂在轴向的定位不好, 其轴向位移可能超出联轴器等部件的限制; 轴向力较大时, 双列调心滚子轴承变为只有单列受载, 使受载列的载荷大大增加; 作用在调心滚子上的轴向力会产生 5 倍左右的径向力, 造成内外圈变形过大。	
两点支承	双列圆锥滚子轴承+圆柱滚子轴承	1) 两点支承的跨距大, 可以用相对较小尺寸的轴承来承受很大的弯矩, 适用于大兆瓦风机; 2) 可以承受很大的轴向力, 不像调心滚子轴承那样对轴向力敏感	轴系重量较大, 装配工艺相对复杂。	
两点支承	两个单列圆锥滚子轴承	跨距大, 可以承受大的弯矩, 适用于大兆瓦风机; 可以承受很大的轴向力, 不会像调心滚子轴承那样因为轴向力过大而失效 在负游隙状态下运行, 不会像调心滚子轴承那样出现大的轴向位移	没有浮动端, 无法消除热胀冷缩造成的应力, 需要在设计和安装时准确调节轴承的轴向游隙, 使其在各种温度下都保持合理的负游隙; 安装时要仔细测量每个面的尺寸, 难度和复杂度较大。	
单轴承	双列圆锥滚子轴承	易于安装, 可以降低轴系重量和零部件数量	轴承的尺寸上限受到热处理和加工设备的限制; 随着轴承直径的增大, 滚子线速度也随之增大, 会带来发热温升的问题。	

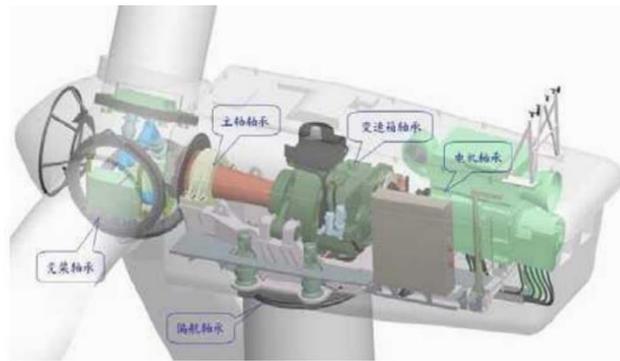
资料来源: 《论我国重大技术装备轴承的自主安全可控》, 《风力发电机用轴承简述》, 信达证券研发中心

目前常见的主轴承分为三种: 调心滚子轴承 (SRB)、圆锥滚子轴承 (TRB)、三排圆柱滚子轴承 (CRB)。调心滚子轴承多用于双馈、5MW 以下机型, 其优点在于抗挠动性比较强。直驱和半直驱机型多采用圆锥滚子轴承和三排圆柱滚子轴承, 适用于更大单机容量的机组。目前, 圆锥滚子轴承是国内企业研发的重点。

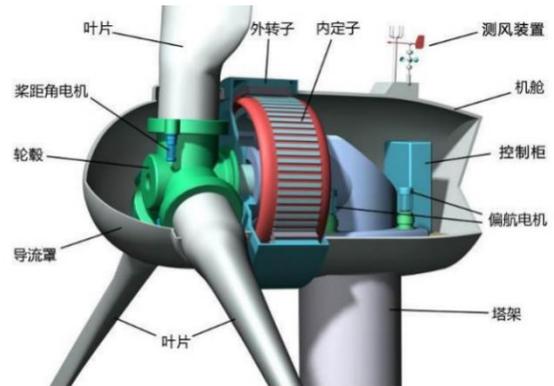
图表 26: 风电机组主轴承类型介绍

机型	调心滚子	单列圆锥滚子	双列圆锥滚子	三排圆锥滚子
结构形式				
轴向承载能力	极强	强	极强	极强
径向承载能力	普通 (可双向承载)	强 (单向承载强)	极强 (可双向承载)	极强 (可双向承载)
刚性	/	强	极强	极强
调心性	极强	弱	弱	弱
高速运载能力	普通	普通	普通	/

资料来源: CWEA, 信达证券研发中心

图表 27: 双馈机型风机使用轴承示意图


资料来源:《新强联招股说明书》, 信达证券研发中心

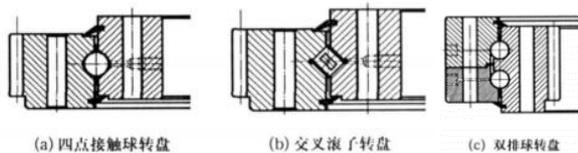
图表 28: 直驱机型风机使用轴承示意图


资料来源:《新强联招股说明书》, 信达证券研发中心

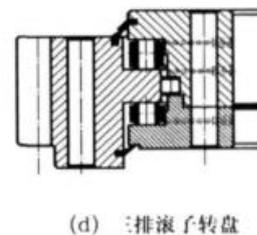
2.3 独立变桨轴承有望成为主流趋势

根据《风力发电机用轴承简述》, 偏航轴承是偏航系统中的重要部件, 其位于机舱的底部, 承载着风力发电机主传动系统的全部质量, 并传递气动推力到塔架, 用于准确适时地调整风力发电机的迎风角度, 因而偏航轴承是风力发电机及时追踪风向变化的保证。根据偏航轴承的受力特点(同时承受轴向载荷、径向载荷和倾覆力矩), 偏航轴承通常采用单排四点接触球或双排四点接触球转盘轴承, 也有采用交叉圆柱滚子转盘轴承的。

变桨距系统由变桨轴承、驱动机构、原动机及其他附件组成。根据变桨轴承的工作特点, 要求变桨轴承应具有高可靠性、运转灵活并且寿命超过 20 年。此外, 变桨轴承的齿轮也有较高的要求, 同时还要求变桨轴承应具有良好的密封性能。另外, 考虑到变桨轴承在风力发电机上的安装位置, 一般还要求对其进行表面防腐处理。变桨轴承通常采用单排四点接触球转盘轴承、双排四点接触球转盘轴承、交叉圆柱滚子转盘轴承或三排滚子转盘轴承。其性能比偏航轴承的要求更加严格。

图表 29: 偏航轴承结构


资料来源:《风力发电机用轴承简述》, 信达证券研发中心

图表 30: 变桨轴承结构


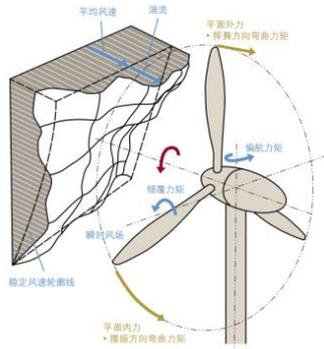
资料来源:《风力发电机用轴承简述》, 信达证券研发中心

对于变桨系统而言, 变桨控制意味着叶片可以在 0° 到 90° 之间转动。在风速低于额定速度(通常为 12m/s)时, 风轮叶片会转动到完全朝向风向, 即桨距为 0° 。当风速增大时, 可以控制叶片桨距, 将风机的输出功率调整到其额定值。当风速达到预定极限时(通常为 28m/s), 风机将叶片转动到 90° , 停止发电。集中变桨控制会将所有叶片的桨距同时调整到相同角度。相反, 独立变桨控制(IPC)可以动态而独立地调整每个叶片的桨距。这种桨距调整可以根据不同叶片的负载实时进行。

IPC 通过分别动态调节三个叶片的变桨角度, 使每个叶片能够获取不同的目标位置, 降低动平衡载荷, 并对不对称转子载荷补偿, 从而调节风机速度进而控制风机的输出功率。独立变

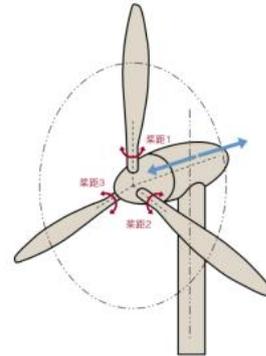
桨系统也能够作为刹车使用，通过转动叶片来使桨叶停止运作。此外，变桨控制，特别是独立变桨控制系统，还能够降低风机构件上的疲劳负载。IPC 模式的主要优势是能够降低叶片、轮毂、主体框架和塔架的疲劳负载。为了平衡这些负载，尤其是不均匀风场引起的不对称负载，必须独立调整每个叶片的桨距，最终实现更轻量化的设计并延长风机使用寿命。

图表 31：作用在风机上的主要力



资料来源：《独立变桨控制及其对风机设计、性能与运行的影响》，信达证券研发中心

图表 32：独立变桨控制（IPC）结构



资料来源：《独立变桨控制及其对风机设计、性能与运行的影响》，信达证券研发中心

独立变桨轴承有望成为主流趋势。据《新强联定增第二轮审核问询函的回复》，2021 年公司配合远景能源和中船海装风电等下游客户的独立变桨系统而新研发的独立变桨轴承批量销售；公司独立变桨轴承销售收入从 2020 年的 82.51 万元增加至 2021 年的 1.79 亿元。

2.4 风电齿轮箱轴承和发电机轴承可靠性要求高

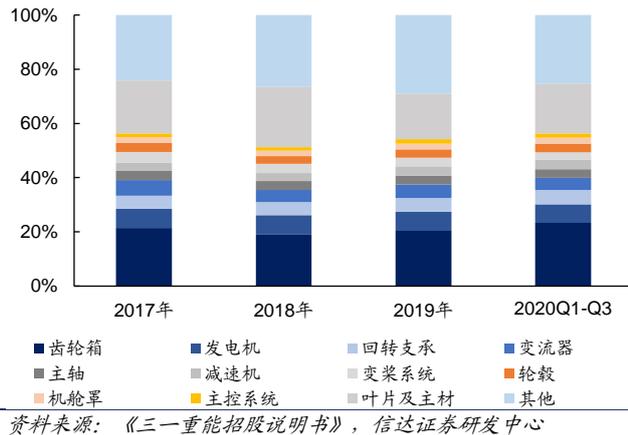
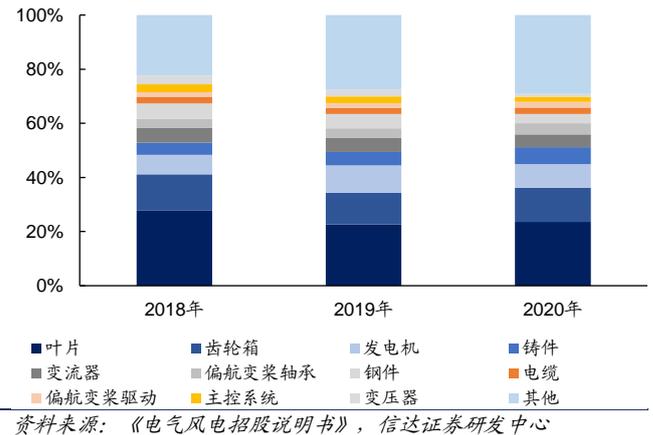
齿轮箱轴承主要有调心滚子轴承、圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承和交叉滚子轴承，其中多采用调心滚子轴承。齿轮箱工况恶劣，对轴承的要求是运行平稳、振动噪声小、可靠性高和寿命长达 20 年。

发电机轴承既要承受主轴自重的径向载荷，又要承受主轴自重倾角方向引起的轴向载荷，通常选用深沟球轴承和圆柱滚子轴承组配方式作为发电机支承轴承。

三、风电轴承百亿级市场规模，主轴承国产化进程中

3.1 风电轴承拥有百亿级市场规模

根据《三一重能招股说明书》，2017~2019 年回转支承（即偏航变桨轴承）占风机原材料成本的 4.81%、4.81%、5.02%；根据电气风电 2020 年数据，仅偏航变桨轴承就占据风机原材料成本的 4.15%。

图表 33: 三一重能风机原材料成本构成 (%)

图表 34: 电气风电风机原材料成本构成 (%)


根据《三一重能问询函回复公告》, 以 3.0MW 风机为例, 2018~2020 年三一回转支承向洛轴的采购价格分别为 47.78、42.24、44.72 万元, 按照一台风机需要 1 个偏航轴承、3 个变桨轴承计算, 对应单个轴承单价为 11.95、10.56、11.18 万元; 2020 年 4MW 洛轴回转支承价格为 55.99 万元, 单个轴承单价为 14.00 万元。主轴方面, 以 3MW 风机为例, 2020 年向洛轴采购主轴承的价格为 11.59 万元, 4MW 采购价格为 19.91 万元。

图表 35: 三一重能回转支承采购价格

	2018 年				2019 年				2020 年				2021 年 1-6 月			
	洛轴	瓦轴	新强联	SKF	洛轴	瓦轴	新强联	SKF	洛轴	瓦轴	新强联	SKF	洛轴	瓦轴	新强联	SKF
2.0MW	23.54	24.06	-	-	22.38	-	-	-	-	-	-	-	22.37	-	22.83	-
2.5MW	30.45	-	-	-	22.46	-	24.65	-	27.37	27.97	26.53	-	-	-	-	-
3.0MW	47.78	-	-	-	42.24	-	38.74	-	44.72	46.59	41.60	-	35.40	-	35.60	-
4.0MW	-	-	-	-	-	-	-	-	55.99	-	50.62	-	-	-	-	-

资料来源:《三一重能问询函回复公告》, 信达证券研发中心

图表 36: 三一重能主轴承采购价格

	2018 年				2019 年				2020 年				2021 年 1-6 月			
	洛轴	瓦轴	新强联	SKF	洛轴	瓦轴	新强联	SKF	洛轴	瓦轴	新强联	SKF	洛轴	瓦轴	新强联	SKF
2.0MW	-	5.25	-	9.17	-	5.37	-	9.12	-	5.37	-	9.12	-	7.01	-	10.36
2.5MW	6.93	-	-	13.94	6.90	-	-	12.00	8.48	7.79	-	12.00	-	-	-	-
3.0MW	-	-	-	-	-	-	-	-	11.59	15.93	-	16.57	-	-	-	15.80
4.0MW	-	-	-	-	-	-	-	-	19.91	-	-	29.20	-	-	-	-

资料来源:《三一重能问询函回复公告》, 信达证券研发中心

此外, 根据《新强联向特定对象发行股票募集说明书(修订稿)》, 根据新强联项目规划, 3MW~4MW 主轴承销售单价(不含税)约为 50 万元, 4MW~6MW 主轴承销售单价(不含税)约 60 万元, 与上述三一重能采购价出现差异, 我们判断主要原因为新强联与洛轴的轴承品种存在差异。新强联完成了 2-5MW 风力发电机三排圆柱滚子主轴承、3-6.25MW 风力发电机无软带双列圆锥滚子主轴承的研发设计并实现了量产, 已完成了 3-7MW 风力发电机单列圆锥滚子轴承的研发设计并实现了小批量生产, 可见其主供的主轴承为三排圆柱滚子轴承及单轴承结构中使用的双列圆锥滚子轴承; 而洛轴的技术路线则以调心滚子轴承为主, 两者在制作工艺、生产难度上具备较大的差异。

偏航变桨轴承方面, 3~4MW、4~5MW、5~6MW 偏航变桨轴承单价分别为 12.95、17.98、25.88 万元, 与三一重能的采购价保持一致。

图表 37: 新强联募投项目营业收入测算

序号	产品类型及型号	年产量 (个)	销售收入 (万元)	
			单价 (不含税)	总价 (不含税)
风力发电机主轴轴承				
1	3MW≤N<4MW	1200	50.00	60,000
2	4MW≤N<6MW	300	60.00	18,000
	小计	1500	-	78,000
风力发电机偏航变桨轴承				
1	3MW≤N<4MW	3240	12.95	41,958
2	4MW≤N<5MW	1620	17.98	29,132
3	5MW≤N<6MW	540	25.88	13,976
	小计	5400	-	85,065
	合计	6900	-	163,065

资料来源:《新强联向特定对象发行股票募集说明书(修订稿)》,信达证券研发中心

综上,我们认为:1) 机组大型化带来主轴承、偏航变桨轴承直径、尺寸增大,单个轴承的价值量将随着机组兆瓦数的提升而增加;2) 不同技术路线、不同兆瓦数的风机使用主轴承的技术路线不同,同等风机大小下,双列圆锥滚子轴承的价值量比调心滚子轴承更高,需要着重考虑陆风、海风机型的主轴承选型。

我们对 2022~2025 年国内陆风、海风新增装机量进行预测,随着单机功率的逐步增大,机组数量减少,对应偏航变桨轴承、主轴承使用数量减少,但相应的单套轴承的价格将有所提升,并且海上机组所处环境更加恶劣,对于轴承使用钢材、制作精度要求更高,单价将有所提升。据此测算:2022~2025 年我国偏航变桨轴承市场规模从 81.35 亿元增长至 116.89 亿元,年均复合增速 12.84%;我国主轴承市场规模从 58.85 亿元增长至 102.15 亿元,年均复合增速 20.18%。

图表 38: 我国偏航变桨轴承市场规模测算

项目	2018A	2019A	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E	2025E
我国陆上风电新增装机量 (GW)	18.62	22.9	69.32	30.67	50	56	64	73
单机平均功率 (MW)	2.1	2.4	2.6	3.1	4.3	5.5	6.0	7.0
机组数量 (个)	8867	9542	26879	9849	11628	10182	10667	10429
偏航变桨轴承个数 (个)	35467	38167	107515	39396	46512	40727	42667	41714
偏航变桨轴承单价 (万元/个)	13	13	13	12	16	20	21	24
我国陆上风电偏航变桨轴承市场规模 (亿元)	44.33	48.47	139.77	48.85	74.42	80.85	89.60	100.11
同比增速 (%)		9.33%	188.35%	-65.05%	52.34%	8.64%	10.82%	11.73%
我国海上风电新增装机量 (GW)	1.65	1.98	3.06	16.9	5	10	15	19
单机平均功率 (MW)	3.8	4.2	4.9	5.6	7.5	9.0	11.0	13.0
机组数量 (个)	434	471	624	3018	693	1110	1355	1446
偏航变桨轴承个数 (个)	1737	1886	2498	12071	2773	4440	5418	5785
偏航变桨轴承单价 (万元/个)	19	20	25	30	25	27	28	29
我国海上风电偏航变桨轴承市场规模 (亿元)	3.30	3.77	6.24	36.21	6.93	11.99	15.17	16.78
同比增速 (%)		14.29%	65.58%	479.90%	-80.85%	72.90%	26.55%	10.58%
我国偏航变桨轴承市场总规模 (亿元)	47.63	52.24	146.01	85.07	81.35	92.84	104.77	116.89
同比增速 (%)		9.68%	179.49%	-41.74%	-4.37%	14.12%	12.86%	11.57%

资料来源:国家能源局,信达证券研发中心

图表 39: 我国主轴承市场规模测算

项目	2018A	2019A	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E	2025E
我国陆上风电新增装机量 (GW)	18.62	22.9	69.32	30.67	50	56	64	73
单机平均功率 (MW)	2.1	2.4	2.6	3.1	4.3	5.5	6.0	7.0
机组数量 (个)	8867	9542	26879	9849	11628	10182	10667	10429
其中:双馈机型占比 (%)	55.50%	51.50%	60.90%	62.00%	60.00%	63.00%	65.00%	67.00%
其中:直驱机型占比 (%)	37.20%	36.80%	30.50%	28.00%	27.00%	24.00%	23.00%	21.00%

其中：半直驱机型占比 (%)	6.60%	11.50%	8.40%	10.00%	13.00%	13.00%	12.00%	12.00%
双馈机型中调心滚子轴承占比 (%)	75.00%	75.00%	70.00%	65.00%	60.00%	50.00%	40.00%	30.00%
双馈机型中圆锥滚子轴承占比 (%)	25.00%	25.00%	30.00%	35.00%	40.00%	50.00%	60.00%	70.00%
直驱/半直驱使用圆锥滚子轴承 (%)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
调心滚子轴承数量 (套)	3691	3685	11458	3969	4186	3207	2773	2096
单列圆锥滚子轴承数量 (套)	1230	1228	4911	2137	2791	3207	4160	4891
双列圆锥滚子轴承数量 (套)	3884	4609	10456	3743	4651	3767	3733	3441
调心滚子轴承单价 (万元/套)	10	10	12	14	19	24	25	29
单列圆锥滚子轴承单价 (万元/套)	28	29	33	34	44	56	61	71
双列圆锥滚子轴承单价 (万元/套)	45	47	54	53	70	89	97	113
我国陆上风电主轴轴承市场规模 (亿元)	24.55	28.85	86.42	32.55	52.61	59.19	68.72	79.81
同比增速 (%)		17.50%	199.57%	-62.33%	61.63%	12.50%	16.10%	16.14%
我国海上风电新增装机量 (GW)	1.65	1.98	3.06	16.9	5	10	15	19
单机平均功率 (MW)	3.8	4.2	4.9	5.6	7.5	9.0	11.0	13.0
机组数量 (个)	434	471	624	3018	693	1110	1355	1446
圆锥滚子轴承数量 (套)	434	471	624	3018	693	1110	1355	1446
圆锥滚子轴承单价 (万元/套)	50	55	64	85	90	107	131	154
我国海上风电主轴轴承市场规模 (亿元)	2.17	2.61	4.03	25.65	6.24	11.87	17.70	22.33
同比增速 (%)		20.00%	54.55%	537.10%	-75.67%	90.19%	49.15%	26.17%
我国风电主轴轴承市场总规模 (亿元)	26.72	31.45	90.44	58.20	58.85	71.06	86.42	102.15
同比增速 (%)		17.71%	187.55%	-35.65%	1.11%	20.73%	21.62%	18.20%

资料来源：国家能源局，信达证券研发中心

3.2 风电轴承壁垒高，国内头部企业率先采用无软带淬火技术

轴承行业壁垒包括技术与生产经验壁垒、客户认证壁垒、产业链壁垒、资金及规模壁垒。

图表 40：回转支承生产壁垒

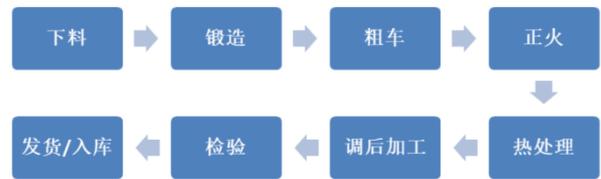
壁垒	具体内容
技术与生产经验壁垒	中高端轴承（如风电主轴轴承、盾构机主轴轴承、大型重载回转支承等）的研发、生产流程复杂，需要充足的技术积累和长期的反复试验。锻造和热处理过程具有高温、高压、非稳态成型、影响因素多、变化大等特点，很难检测控制，必须采用高科技检测手段，经过长期的理论分析与试验研究才能掌握核心技术及核心工艺。
客户认证壁垒	轴承是机械设备中关键的基础零件，轴承的性能以及轴承与相关机械部件间的装配直接影响着机械设备的工作性能，下游客户对于已形成稳定合作关系的供应商具有一定的依赖性，一般不会轻易更换供应商。风力发电机组要求可靠使用寿命在 20 年以上，因此整机制造商在选择零部件供应商时，对零部件供应商均实施严格认证。
产业链壁垒	高端精密重载轴承对加工技术及加工工艺、过程控制要求很高，特别是对原材料、锻造、车加工、热处理要求非常高，尤其是对锻造、热处理的管控更严，因为这两者对轴承的可靠性、寿命有着重大影响。
资金及规模壁垒	轴承行业属于资金高度密集化的行业，其生产需要进行锻造、车加工、热处理、磨加工、装配等各类机械加工。进入轴承生产领域需要大量的专用高端设备，尤其是数控化、高精度、高效率的专用自动生产线，同时需要大量的生产加工厂房。整机生产商在选择供应商时，除产品质量和成本外，对供应商的批量供货能力也有很高要求，这就决定了供应商必须拥有较大的产能。因此轴承制造企业固定资产尤其是机器设备的投资额较大，本行业的新进入者需要一次性投入大量的资金。

资料来源：《新强联招股说明书》，信达证券研发中心

回转支承的工艺流程从锻件进厂开始，中间需经过粗车、钻孔、精加工、淬火回火、车磨等关键步骤；前期的锻件工艺包括下料、锻造、粗车、正火和热处理等。回转支承可承受较大的轴向载荷、径向载荷和倾覆力矩，其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。

图表 41: 回转支承工艺流程

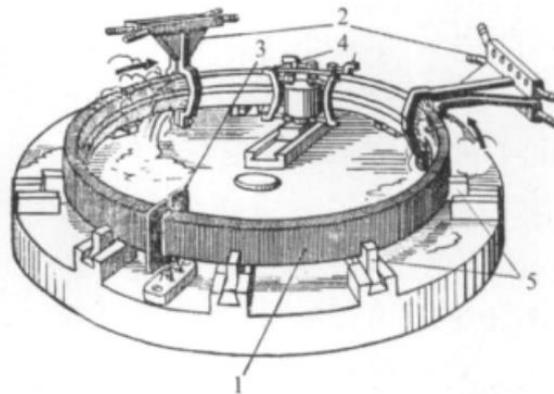

资料来源:《新强联招股说明书》, 信达证券研发中心

图表 42: 锻件工艺流程图


资料来源:《新强联招股说明书》, 信达证券研发中心

但是, 目前由于回转支承套圈的中频淬火技术存在软带区域, 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。而无软带回转支承, 由于中频淬火后没有软带区域, 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。由于中频淬火成本较低, 热处理过程稳定, 如替代原来渗碳淬火轴承的加工技术, 推广应用到钢厂的轧机轴承、铁路轴承等领域, 可大大降低轴承的生产成本, 增加产品的可靠性。

目前国内轴承企业中, 以新强联为代表引进了意大利先进的中频淬火设备, 设计高速、高可靠性的无软带回转支承和原来采用渗碳淬火的其它轴承, 使无软带回转支承应用到风电主轴轴承、盾构机主轴轴承、大型离心浇铸机轴承和钢厂的轧钢轴承。

图表 43: 轴承滚道无软带淬火示意图


资料来源:《感应淬火技术的近期发展》, 信达证券研发中心

3.3 我国风电轴承发展历程长, 主轴承仍有较大国产化空间

中国轴承产业起步于 1938 年, 当时日本 NTN 轴承制造株式会社在瓦房店建立了“满洲轴承制造株式会社”, 即瓦轴集团的前身。随后瓦轴集团又先后建立了如今的哈轴集团和洛轴集团, 这是我国最早的一批轴承企业, 为中国轴承工业奠定了基础。

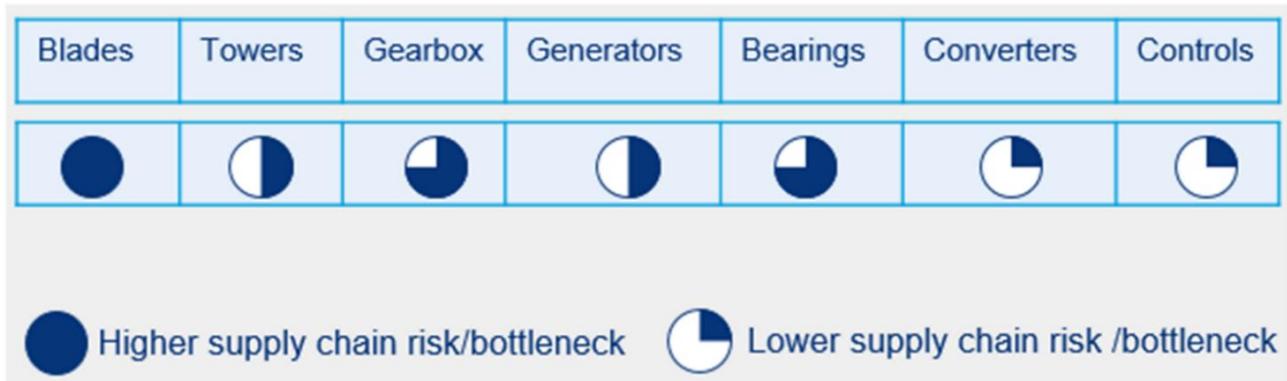
我国国产化风电轴承发展分为三个阶段: 1) 风电产业发展初期, 配套轴承大部分依赖进口, 国产化率基本为 0, 价格昂贵且交货周期长。国产化风电轴承替代高潮起于 2006 年, 国家发改委出台“风电设备国产化率 70%”政策规定, 使得国内风电轴承行业借助政策的扶持快速发展, 轴承企业快速崛起, 最终实现了变桨轴承、偏航轴承的国产化。2) 随着 2010 年发

改委取消“国产化率 70%”的规定，国外轴承企业纷纷涌入中国风电市场，SKF、FAG、铁姆肯、舍弗勒、NTN 等国际轴承龙头企业相继在中国设立风电轴承厂，凭借着轴承领域积累的技术和经验优势，迅速霸占国内市场。3) 此后的 10 年内，轴承产业主管部门国家发改委、工信部以及中国轴承工业协会通过制定、完善相关行业政策及规划，从而驱动我国轴承产业技术进步。

目前来看，我国风电偏航、变桨轴承国产化率较高，但主轴承的工作环境差、制造难度大，我国风电主轴承国产化率仍然较低。近几年，风电抢装、进口轴承供应受阻、外资轴承企业产能受限，据 Wood Mackenzie 数据，2020 年公共卫生事件对全球风电轴承供应链产生较大影响，这为风电轴承的国产化带来巨大契机。

图表 44: 公共卫生事件对于全球风电产业链影响

Global wind turbine supply chain impact in 2020 due to coronavirus



资料来源: Wood Mackenzie, 信达证券研发中心

根据中轴协轴承工业公众号，2020 年全国风电机组装机 20401 台，共需配套轴承 479424 套；据不完全统计，天马、洛轴、新强联、瓦轴、大冶轴、京冶轴承、洛轴所等国内轴承企业共产销风电轴承 77948 套，占比 16.3%。按照应用部位来说，1) 偏航轴承：国产轴承产销 12918 套，合 12918 台份，占总需求量的 63.3%；2) 变桨轴承：国产轴承产销 52974 套，合 17658 台份，占总需求量的 86.6%；3) 主轴承：国产轴承产销 10090 套，合 6727 台份，占总需求量的 33.0%；4) 增速器轴承：国产轴承产销 1902 套，合 119 台份，占总需求量的 0.58%；5) 发电机轴承：国产轴承产销 91 套，合 45 台份，占总需求量的 0.2%。

据洛轴 LYC 轴承有限公司总经理于海波介绍：“国内主轴轴承从设计到生产制造，和国外产品的差距在缩小。以洛轴为代表的国内主要轴承制造企业，主流机型所用的 3-6.25MW 主轴轴承已大批量装机使用，10MW 以下的海上风电机组主轴轴承也进入研发、样机试用阶段。预计 2022 年，主轴轴承(陆上)国产化率可提高到 40%。随着主机招标价格大幅走低，整机商对轴承等各零部件的成本关注度都在提升，主轴轴承国产化已是大势所趋。”

图表 45: 风电主轴承（陆上）国产化率

年份	2018	2019	2020	2021
装机量 (GW)	20.6	25.7	71.7	47.6
国产化率	10%	15%	47%	32%

资料来源：洛阳 LYC 轴承有限公司，信达证券研发中心

3.4 我国风电轴承集中度高，部分企业正处于产品研发及产能扩产期

我国轴承工业具有较为显著的区域化发展特色，主要形成了瓦房店、洛阳、长三角、浙东和聊城五个轴承产业集群。1) 瓦房店轴承产业基地是中国最大的轴承产业基地，基地依托中国最大的轴承生产企业——瓦轴，始建于 1938 年，新中国第一套工业轴承在这里诞生。2) 河南洛阳轴承产业聚集区是我国技术积淀最深厚的轴承产业集聚区，集聚区内洛阳 LYC 轴承有限公司是国家“一五”时期 156 项重点工程之一的洛阳轴承厂的延续和继承，是中国轴承行业规模最大的综合性轴承制造企业之一。3) 长三角是我国轴承生产主要地区，轴承生产主要分布于苏州、常州、无锡、上海等地。4) 浙东轴承产业基地以常山县、杭州、宁波、绍兴为核心，北部与江苏轴承产业基地相邻。5) 聊城轴承产业基地以山东聊城为中心，是我国最大的轴保持架生产基地和最大的轴承贸易基地。

图表 46: 中国轴承产业分布图


资料来源：《新强联招股说明书》，信达证券研发中心

图表 47: 我国轴承产业集群及优势产品

产业集群	优势产品
辽宁瓦房店地区	大型、特大型重大装备类轴承
河南洛阳地区	中型、大型、特大型重大装备类轴承
浙东地区	精密中小型轴承
山东聊城地区	轴承架
长三角地区	深沟球轴承、调心球轴承、圆柱滚子轴承、调心滚子轴承

资料来源：《新强联招股说明书》，信达证券研发中心

我国风电轴承制造商包括新强联、洛轴、瓦轴、天马等，其中：1) 洛轴、瓦轴开发风电轴承种类最全，包含主轴承、偏航变桨轴承、齿轮箱轴承和发电机轴承；2) 新强联目前已覆盖主轴承、偏航变桨轴承，齿轮箱轴承正在研发中。3) 其余几家（天马、大冶、烟台天成、京冶轴承）覆盖种类较少。

图表 48: 风电轴承制造商情况

公司	成立年份	简介	主轴承	偏航变桨轴承	齿轮箱轴承	发电机轴承
瑞典 SKF 集团	1907	SKF 集团是一家轴承及轴承单元、密封圈制造、机电一体化、维护和润滑产品、服务和解决方案供应商，产品和服务应用于 40 多个行业。1912 年在上海设立首家 SKF 代理商，1916 年在上海设立首家 SKF 销售子公司。目前，在中国拥有员工 3600 名，18 家工厂，同时持有瓦轴 19.7% 的股份。	✓	✓	✓	✓
德国 Schaeffler 集团	1883	全球领先的综合性汽车和工业产品供应商，提供高精密的发动机、变速箱及底盘部件和系统，以及滚动轴承和滑动轴承解决方案。Schaeffler 集团于 1995 年开始在中国投资生产，目前舍弗勒大中华区拥有员工约 1.1 万人、8 座工厂和 22 个销售办事处。	✓	✓	✓	✓
美国 TIMKEN 公司	2003	生产制造轴承和机械动力传动组件，包括齿轮传动装置、联轴器、皮带和链条。在大中华区，铁姆肯公司拥有员工约 2800 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 家培训中心和多个物流、工程技术以及增值工业服务中心。	✓		✓	✓
新强联	2005	已完成 2~5MW 三排圆柱滚子主轴承、3~6.25MW 无软带双列圆锥滚子主轴承的研发设计并实现了量产，已完成 3~7MW 单列圆锥滚子主轴承的研发设计并实现了小批量生产	✓	✓	✓	
恒润股份	2003	2021 年定增募资投资于年产 4000 套大型风电偏变轴承生产线项目		✓		
洛轴	1954	国产风电轴承的先行者，成立之初主要生产通用轴承，2009~2012 年完成 2MW 风电主轴承等高端轴承的研发攻关，2019 年生产第一套 3MW 主轴承，并开始量产。	✓	✓	✓	✓
瓦轴	1997	国内最大的轴承技术与产品研发和制造基地，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。	✓	✓	✓	✓
国机精工（轴研所）	1958	重点为国民经济建设各领域关键主机及国防建设研制“高、精、尖、特、专”轴承产品的高新技术企业。公司批量生产内径 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。产品广泛应用于航空航天、舰船兵器、机床工具、风力发电、矿山冶金、石油化工、医疗器械、汽车与轨道交通、工程机械等各个领域，远销欧美等 20 多个国家和地区。	✓	✓		
天马	2002	拥有 50 余年专业从事精密轴承及重型数控机床制造经验，产品涉及风力发电、铁路、航空、船舶、汽车、机床、电机、矿山冶金等多个行业。		✓		
大冶轴	1984	国内外冶金钢铁、水泥建材、矿山机械、传动机械、工程机械、石油机械、煤炭机械、港口机械、造纸机械、军工机械、风电设备等重大装备配套轴承的专业制造商，产品全部拥有自主知识产权，具有 10 大类型、5000 多个品种、200 多万套轴承的年生产能力。		✓		
烟台天成	2015	致力于风电大直径轴承设计与制造，现拥有三座专业生产工厂，主要产品是应用于兆瓦级风力发电机上的偏航轴承、偏航齿圈，变桨轴承和主轴承和盾构机主轴承。	✓	✓		
京冶轴承	2001	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	✓	✓		
人本集团	1991	生产内径 1mm 至外径 6000mm 范围内各类轴承三万余种，年轴承产量超过 18 亿套。产品广泛应用于汽车、家电、电机、摩托车、工程机械、电动工具、农林机械、纺织机械、工业机器人、风电、医疗器械等行业，为 40 多个行业的客户提供可靠产品和解决方案。	✓		✓	✓

资料来源：各公司官网，各公司公告，信达证券研发中心

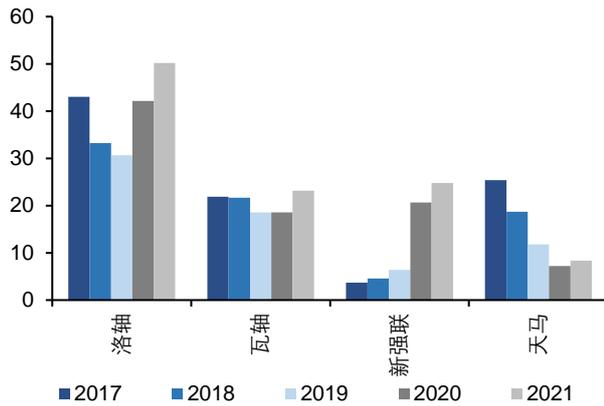
图表 49: 国产风电轴承制造商轴承进展

公司	偏航变桨轴承进展	主轴承进展
新强联	先后研制了 1.5、2、2.5、3、5.5MW 变桨和偏航轴承，成为国内变桨、偏航轴承的主要供应商	覆盖 3.0MW 及以上型号，已向核心客户供应 5.5MW 风电轴承产品
恒润股份	拟投资 11.58 亿元于年产 4000 套大型风电轴承生产线项目，建成后实现年产 4000 套偏航变桨轴承的生产能力	-
洛轴	-	2016 年为国家 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
瓦轴	2017 年，5MW 偏变轴承顺利通过中国海装能力审核，具备批量为其配套的能力	2021 年完成 4.XMW 平台风机单列圆锥主轴承的研制
国机精工 (轴研所)	携手东方电气签署 6.25MW 风电主轴承和偏航、变桨轴承项目	2021 年 7MW 海风主轴承助力广东海上风电
天马	2022 年 2 月，天马轴承集团高端轴承制造项目举行现场开工仪式，项目重点开发 15-20MW 大功率海上风力发电轴承（主轴、偏航、变桨、增速箱）；大型高端海洋装备轴承；大型工程机械用高端重载轴承；新能源汽车长寿命轴承；高端精密数控机床轴承等系列产品。	2021 年下线 8MW 海上风电主轴承样品，已发送至西门子歌美飒在丹麦的试验台架进行测试
大冶轴	-	2019 年向山东中车风电有限公司批量交付大兆瓦级风电主轴承
烟台天成	-	2021 年 5MW 主轴承下线，装机哈电风能的风机；2022 年新研发的 SRB 4MW 风力发电机用主轴承正在进行最后的交付检验
京冶轴承	-	2022 年与长江三峡集团举办会议进行海上风电 5.5/7.0MW 主轴承产品鉴定
人本集团	拟公开发行 A 股投资 6.55 亿元于盾构机主轴承、3 兆瓦及以上风电机组“卡脖子”轴承产业化项目，实现年产 3 兆瓦及以上风电主轴承 4400 套、盾构机主轴承 100 套、风电增速箱和电机轴承 10000 套的产能	拟公开发行 A 股投资 6.55 亿元于盾构机主轴承、3 兆瓦及以上风电机组“卡脖子”轴承产业化项目，实现年产 3 兆瓦及以上风电主轴承 4400 套、盾构机主轴承 100 套、风电增速箱和电机轴承 10000 套的产能

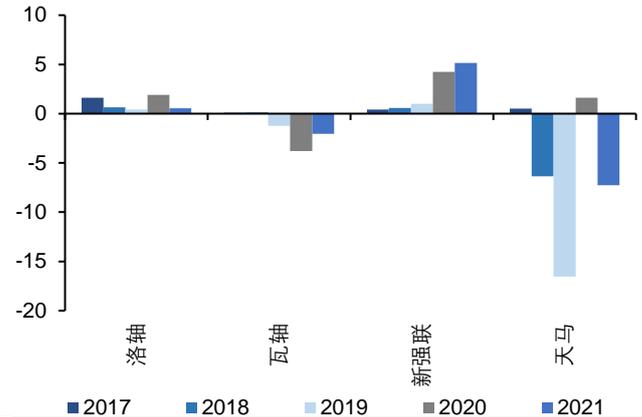
资料来源：各公司官网，各公司公告，国际风力发电网等，信达证券研发中心整理

以洛轴、瓦轴、天马为主的国产轴承企业从事多领域的轴承研发及生产销售工作，销售规模较大，2021 年三家企业分别实现营业收入 50.20、23.19 和 8.38 亿元，同比增长 19.07%、24.74%和 16.07%。新强联则以风电轴承生产为主，2020 年因国内风电抢装获得份额的快速提升，2021 年实现营业收入 24.77 亿元，同比增长 20.01%。利润方面，新强联具备更强的成本控制能力，业绩保持持续增长，2021 年实现归母净利润 5.14 亿元，而洛轴、瓦轴、天马的归母净利润波动较大。

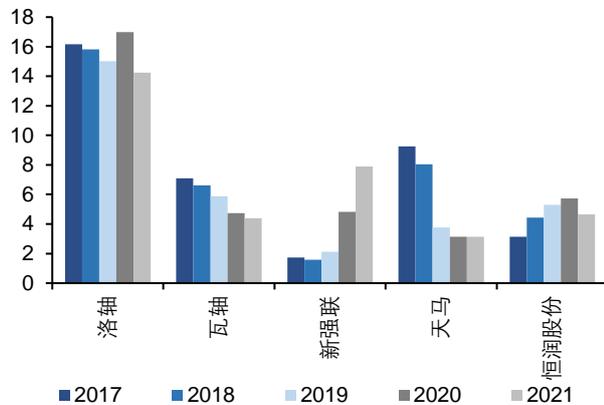
我们从洛轴、瓦轴、新强联、天马、恒润股份的固定资产和在建工程观测企业扩产情况，洛轴维持 14~16 亿元的固定资产，近几年在建工程维持在 3 亿元左右；瓦轴的扩产相对较少，在建工程处于 0.5 亿元以下；新强联上市后实现快速扩产，2021 年固定资产 7.88 亿元，在建工程高达 3.69 亿元；恒润股份同样处于扩产期，2021 年在建工程达 1.68 亿元。

图表 50: 2017~2021 年主要轴承企业营业收入 (亿元)


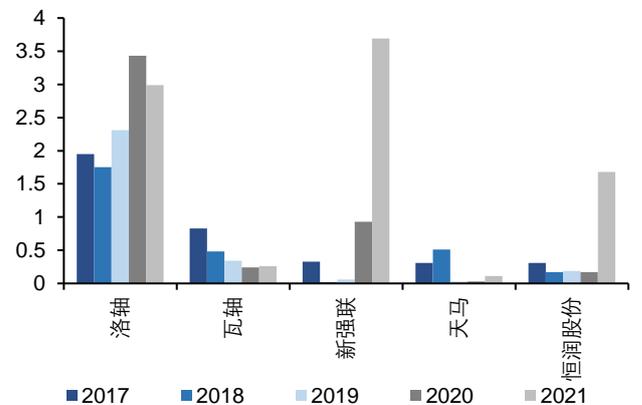
资料来源: Wind, 信达证券研发中心

图表 51: 2017~2021 年主要轴承企业归母净利润 (亿元)


资料来源: Wind, 信达证券研发中心

图表 52: 2017~2021 年主要轴承企业固定资产 (亿元)


资料来源: Wind, 信达证券研发中心

图表 53: 2017~2021 年主要轴承企业在建工程 (亿元)


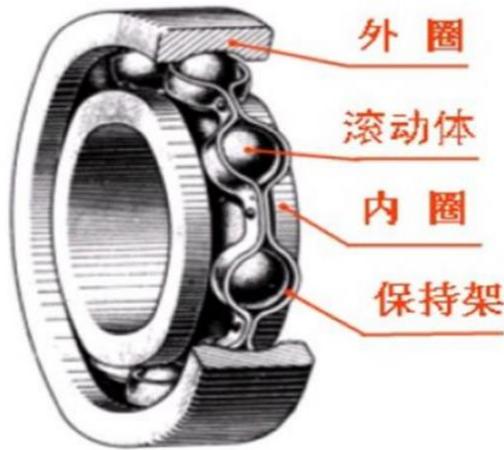
资料来源: Wind, 信达证券研发中心

四、风电滚子为滚动轴承核心元件，有望打破海外垄断局面

4.1 滚动体为滚动轴承核心元件，具备较强的壁垒

滚动体是滚动轴承中的核心元件，由于它的存在，相对运动表面间才有滚动摩擦。滚动轴承通常由外圈、内圈、滚动体和保持架组成。外圈和内圈统称为轴承套圈，是具有一个或几个滚道的环形零件；其中，外圈是指滚道在内表面的轴承套圈，内圈是指滚道在外表面的轴承套圈，滚动体就位于外圈和内圈之间。

图表 54: 深沟球轴承示意图

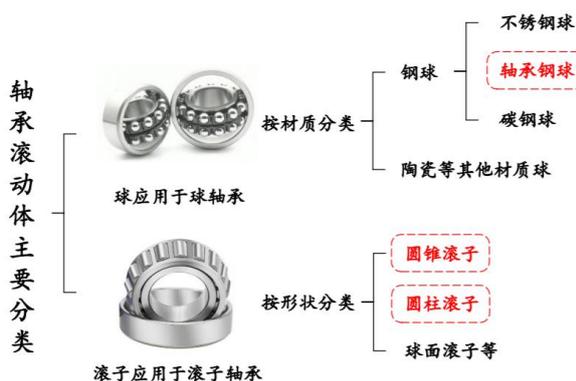


资料来源:《五洲新春招股说明书》, 信达证券研发中心

按照滚动体的形状分类, 滚动体主要分为球和滚子。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; 滚子则主要分为圆锥滚子和圆柱滚子。

对应的滚动轴承分为球轴承和滚子轴承。其中球轴承产量占比超过七成, 主要是由于钢球在旋转速度、加工精度、噪音控制等方面具有比较优势, 使得球轴承能更广泛的适用于装备制造各个领域。圆柱滚子轴承根据轴承滚动体的列数不同, 可分为单列、双列和多列圆柱滚子轴承。此类轴承刚性强, 径向承载能力大, 受载荷后变形小, 根据套圈挡边的结构也可承受一定的单向或双向轴向负荷。此类轴承大多应用于变速箱、空调压缩机、大中型电动机、内燃机、轧钢机以及起重运输机械等。圆锥滚子轴承主要用于承受以径向载荷为主的径向与轴向联合载荷。轴承承载能力取决于外圈的滚道角度, 角度越大承载能力越大。该类轴承属分离型轴承, 根据轴承中滚动体的列数分为单列、双列和四列圆锥滚子轴承。圆锥滚子轴承广泛用于汽车、轧机、矿山、冶金、塑料机械等行业。

图表 55: 轴承滚动体的分类



资料来源: 力星股份公告, 信达证券研发中心

图表 56: 球轴承与滚子轴承对比

	与滚道接触方式	优点	缺点
球轴承	<ol style="list-style-type: none"> 1. 球与轴承圈滚道进行点接触; 2. 随着作用于轴承的载荷越来越大, 接触点变成一个椭圆形区域; 3. 接触区域小可使滚动摩擦变小, 从而使得球轴承能够在适应高速的同时限制其承载能力。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 启动摩擦小且工作摩擦合适。 2. 能承受径向和轴向联合载荷。 3. 对润滑的中断不敏感。 4. 无自激失稳现象。 5. 低速启动容易。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 含油轴承在长时间使用以后, 其中的油脂挥发。 2. 轴承磨损。 3. 后期噪音会很大。 4. 寿命也短。
滚子轴承	<ol style="list-style-type: none"> 1. 滚子与轴承圈滚道进行线接触。 2. 随着作用于轴承的载荷越来越大, 接触线会变成一种矩形。 3. 由于接触区域变大以及由此导致的摩擦变大, 与同尺寸的球轴承相比, 滚子轴承可承受更重的载荷, 但速度更低。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在一般工作中, 滚动摩擦系数小, 不会随着摩擦系数的变化而变化, 比较稳定。 2. 启动、运转力矩小, 功率损失小, 效率高。 3. 径向游隙小, 而且可以通过轴向预紧的方法进行消除, 所以运转精度高。 4. 轴向宽度小, 有的轴承同时承受径向和轴向的复合载荷, 结构紧凑, 组合简单。 5. 是标准化部件, 标准化程度高, 可以成批生产, 所以成本低, 价格较便宜。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 滚动体和管道接触面积小, 径向游隙比较大, 造成振动和噪声较大。 2. 在高速、重载情况下, 寿命降低。 3. 内外圈采用整体式结构, 不能采用部分结构, 造成长轴中间的轴承安装比较困难。

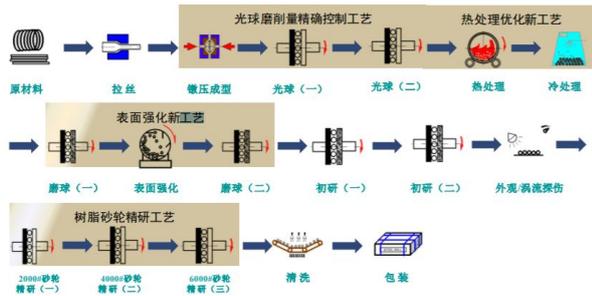
资料来源: 让云轴承, 信达证券研发中心

滚动体行业具有较高的技术壁垒。钢球方面, 钢球的生产加工较为复杂, 需要经历原材料锻压、光球、热处理、磨球、强化、初研、外观检测、涡流探伤、精研等多个环节, 且各个工序中不同尺寸规格的钢球所需采用的工艺参数不同, 如各尺寸钢球的磨削深度、热处理的淬火回火时间以及钢球表面强化的时间与强化层深度等, 具有较高的技术难度。随着国家对轴承国产化率要求的提高, 将拉动对高附加值精密钢球的市场需求, 而精密钢球的生产研发

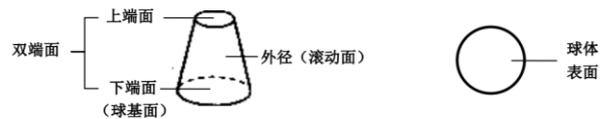
需要长期的技术积累，通过改进钢球锻压、热处理、强化、精研磨等工序的生产工艺来满足高端精密钢球的性能要求，具有较高的技术壁垒。

滚子方面，滚子属于非标准件定制加工，生产过程中所需加工的面较多，检测的项次较多，对于生产装备、工艺技术、操作人员技术的要求较高。按照公差等级，滚子分为分为 0、I、II、III 级四个等级，精度依次由高到低，主要反映滚子制造尺寸、公差、表面粗糙度等的综合指标。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，相较于国际先进的滚子生产加工技术，国内的滚子行业的整体技术工艺还有待提高。

图表 57: 钢球滚动体的加工工艺



图表 58: 滚子与钢球加工面对比



资料来源:《力星股份招股说明书》，信达证券研发中心

资料来源:《力星股份招股说明书》，信达证券研发中心

定制化的技术标准是高端精密轴承钢球和滚子的主要衡量标准。当前对于钢球的技术标准主要有以下三类：一是通用行业标准，如国内的《GB/T308—2002 滚动轴承钢球》、日本的《JISB1501 球轴承用钢球》等，为国际上钢球企业生产的基本技术标准；二是部分特殊指标所适用的行业标准，如振动值、表面粗糙度等；三是下游知名轴承客户对钢球某些性能上的内部质量标准。随着轴承客户对滚动体的加工精度、使用寿命、旋转噪音等性能要求的提高，要求生产企业不断加大研发投入、提高产品品质和产出效率，提高技术专业程度，具有较高的技术难度，生产工艺与技术壁垒较高。而滚子在生产加工过程中所需加工的面较多，检测的项次较多，且加工装备、工艺技术的复杂程度以及人员的技术要求略高于钢球，因此相对于钢球来说，滚子加工的定制化程度更高，各轴承生产企业对滚子的规格要求存在差异。

图表 59: 钢球技术标准分类

标准类型	名称	技术标准	客户类型
通用标准	ISO3290-1:2014	国际通用的滚动体轴承钢球标准	通用型客户，国际大部分钢球产品所适用的标准
	GB/T308.1-2013	中国滚动轴承钢球行业标准	
	GB/T308.2-2010	中国滚动轴承陶瓷球行业标准	
	ANSI/ABMAStd.10A-2001	美国金属球、滚动轴承钢球的行业标准	
	JISB1501-2009	日本球轴承用钢球行业标准	
	DIN5401-2002	德国滚动轴承钢球即特种材料滚珠的行业标准	
国内轴承钢球特定指标的国家及行业标准	GB/T18254-2016	高碳铬轴承钢标准	国内部分轴承客户根据轴承使用领域的不同，对钢球部分性能有更为细致的要求，将参照上述一项或几项标准
	GB/T18579-2019	钢球热处理工艺标准	
	JB/T34891-2017	钢球振动值标准	
	JB/T8923-2010	钢球表面粗糙度标准	
	GB/T10610-2009	钢球硬度标准	
	JB/T7361-2007	钢球硬度标准	
客户定制化的质量标准	B1231 滚珠轴承用钢球	捷大格株式会社轴承钢球标准	主要为跨国轴承制造商的定制化的质量标准，往往高于或者更细化于行业标准，为中高端轴承钢球市场的主要准入要求
	D36 钢球	斯凯孚集团轴承钢球标准	
	TESQE2001GNYD 钢球采购规范	恩梯恩株式会社轴承钢球标准	
	S130115-20 球轴承用钢球	舍弗勒集团轴承钢球标准	
	P-205 铬钢球	铁姆肯集团钢球标准	
	MS-310-019-2 轮毂钢球规范	日进公司轮毂轴承钢球标准	
CDC-145E 钢球规范	德枫丹集团风电钢球标准		

资料来源：《力星股份向特定对象发行A股股票募集说明书》，信达证券研发中心

对于风电轴承滚子而言，由于风电装备常处于海上、高山，交通不便，工况恶劣，要求高可靠性、长寿命，因此关键核心部件之一的风电轴承技术复杂度高，长期为国外垄断，尤其是主轴轴承、增速器轴承、发电机轴承等，成为影响我国风电制造业发展的软肋。装配于大兆瓦风电轴承中的滚子，要求使用寿命达到 20 年以上，目前的现状是滚子精度低，尺寸一致性差，可靠性差，尤其是能批量生产高端滚子的企业较少。风电轴承滚动体的难点在于：

- 1) **材料方面**：需根据滚子工况，制定个性化材料标准，控制材料合金元素与微量元素含量、冶炼成分波动，保证材料的淬透性、性能一致性；
- 2) **控形控性**：大凸度，滚子对数曲线轮廓、对称性波动、圆锥滚子球基面散差控制，保证尺寸一致性；表面、心部硬度实现柔性化梯度控制；热处理表面缺陷控制如表面脱贫碳、自由铁素体、晶界氧化、屈氏体、残奥等关键技术指标；
- 3) **实现全截面探伤，消除缺陷，提高滚子质量可靠性**；
- 4) **应力检测与控制**：控制滚子表面磨削工艺，得到合理的压应力分布，提高滚子疲劳寿命。

4.2 风电滚子规模伴随轴承增长，有望打破海外垄断局面

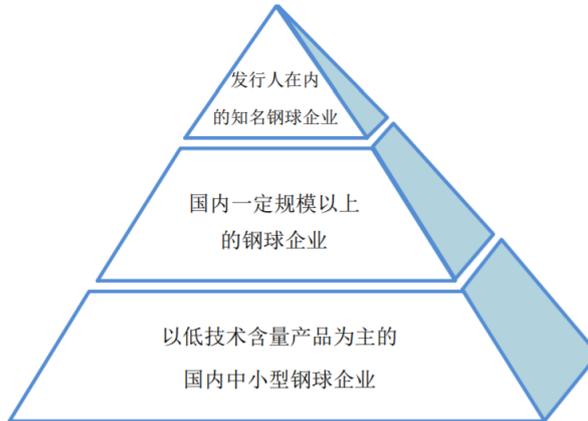
根据五洲新春投资者关系问答，滚子产品占整个风电轴承价值量的 10~15%；一般来说，钢球的制作难度低于滚子，我们取中值 12.5%对风电轴承滚动体市场规模进行测算。我们测算得到：2022~2025 年风电轴承滚动体市场规模从 17.49 亿元增长至 29.39 亿元，年均复合增速 18.89%。

图表 60：我国风电轴承滚动体市场规模测算

项目	2018A	2019A	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E	2025E
我国偏航变桨轴承市场总规模(亿元)	47.01	51.49	144.27	76.62	81.07	92.39	114.18	133.00
同比增速(%)		9.53%	180.19%	-46.89%	5.82%	13.96%	23.59%	16.48%
我国风电主轴轴承市场总规模(亿元)	26.72	31.45	90.44	58.20	58.85	71.06	86.42	102.15
同比增速(%)		17.71%	187.55%	-35.65%	1.11%	20.73%	21.62%	18.20%
我国风电轴承滚子市场规模(亿元)	9.22	10.37	29.34	16.85	17.49	20.43	25.08	29.39
同比增速(%)		12.49%	182.98%	-42.56%	3.79%	16.81%	22.73%	17.22%

资料来源：国家能源局，信达证券研发中心

滚动体行业中，以日本椿中岛、美国 NN 为主的外资品牌掌握全球最先进的生产技术，国内企业中，以力星股份、五洲新春为代表的企业能够满足 I 级精度的要求，正在向更高端滚动体突破，同时此类国产企业正在扩充产能，实现部分滚动体的国产化。此外，国内仍有一部分中部规模(千万元以上、1 亿元以下)、以及以低技术含量产品为主的小规模滚动体企业。

图表 61: 钢球行业市场格局


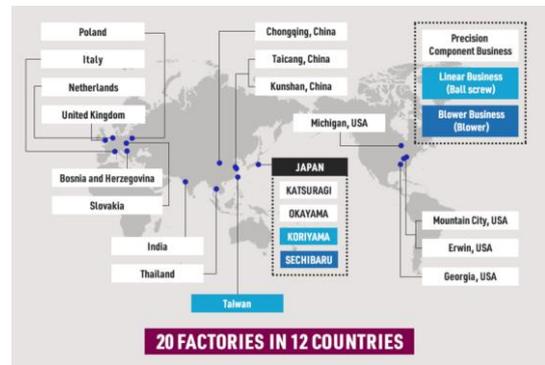
资料来源:《力星股份招股说明书》, 信达证券研发中心

日本椿中岛(TSUBAKI NAKASHIMA)公司是一家专业生产精密滚珠和滚子以及滚珠丝杠和其他机械零件的制造商, 总部位于日本奈良。公司具有行业领先的产品系列, 生产范围广泛的高品质精密滚珠、滚子和滚珠丝杠, 类型超过 20000 种, 产品主要应用于工业机械、电动注塑机、半导体制造设备、工业机器人、先进医疗设备等。

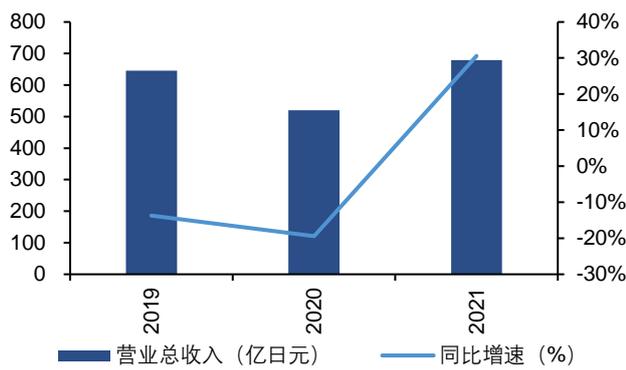
公司还具有全球完善的生产网络, 在日本、美国、波兰、中国等地共建有多家制造厂, 增强了管理生产和库存的能力, 能够在短时间内满足客户对各种精密产品的交货要求, 产品主要供应斯凯孚(SKF)、恩梯恩株式会社(NTN)、捷太格特株式会社(JTEKT)等大型跨国轴承制造商。2002 年 2 月, 日本椿中岛公司在江苏设立椿中岛机械(太仓)有限公司, 2006 年收购原重庆钢球有限公司, 2017 年收购美国 NN 公司 PBC(Precision Ball Components)事业部, 实现滚动体行业两大知名品牌的合并。

图表 62: 日本椿中岛公司产品系列

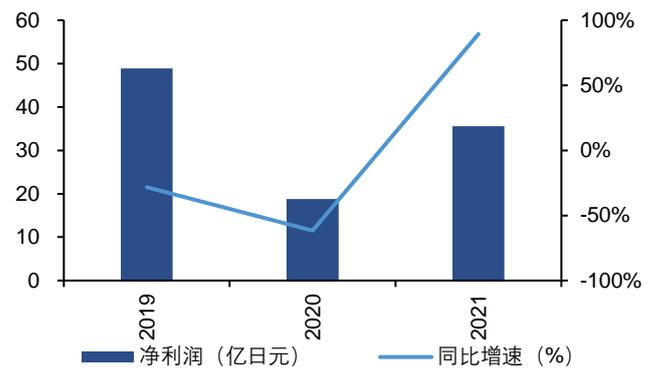

资料来源: 日本椿中岛公司官网, 信达证券研发中心

图表 63: 日本椿中岛公司的全球生产网络


资料来源: 日本椿中岛公司官网, 信达证券研发中心

图表 64: 2019~2021 年日本椿中岛营业总收入及同比增速


资料来源: Wind, 信达证券研发中心

图表 65: 2019~2021 年日本椿中岛净利润及同比增速


资料来源: Wind, 信达证券研发中心

五、相关企业：不断夯实技术实力，国内企业百花齐放

5.1 新强联

洛阳新强联回转支承股份有限公司（简称“新强联”）成立于 2005 年，主要从事大型回转支承和工业锻件的研发、生产和销售，产品包括风电主轴轴承、偏航轴承、变桨轴承，盾构机轴承及关键零部件，海工装备起重机回转支承和锻件等，产品主要应用于风力发电机组、盾构机、海工装备和工程机械等领域。

图表 66: 新强联产品示意图

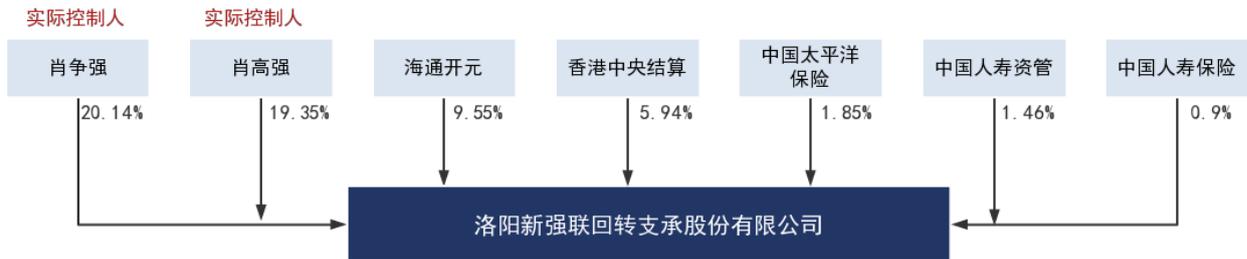
分类	典型产品名称	图例
风电类产品	主轴轴承、偏航变桨轴承、机组零部件	
盾构机类产品	关键零部件（如驱动盘、内外密封跑等）、主轴轴承	
海工装备类产品	船用轴承、港口轴承	
其他产品	工程机械轴承	
锻件	锻件	

资料来源: 新强联招股说明书, 信达证券研发中心

公司实际控制人为肖争强、肖高强，为了保持公司控制权的稳定，夯实公司持续发展的良好

基础，二人于 2015 年 2 月签署了《一致行动协议》，并于 2021 年 3 月完成续签，二人合计持有公司 39.49% 股份，股权结构清晰。

图表 67: 新强联股权结构 (截至 2022/05/24)



资料来源: Wind, 信达证券研发中心

自成立起，新强联一直致力于大型回转支承和工业锻件的研发、生产和销售，属于国产轴承当之无愧的龙头。2009 年以来，公司抓住风电行业的发展机遇，致力于研发生产风力发电机的配套轴承，在主轴轴承、偏航轴承、变桨轴承等核心零部件方面取得了多项技术和工艺突破。公司先后研制了 1.5、2、2.5、3、5.5MW 变桨和偏航轴承，成为国内变桨、偏航轴承的主要供应商；攻克了 2、2.5 和 3MW 直驱式风力发电机三排滚子主轴轴承的关键技术，以及无软带双列圆锥滚子主轴轴承制造技术，相应产品实现替代进口。其发展历程分为三个阶段：

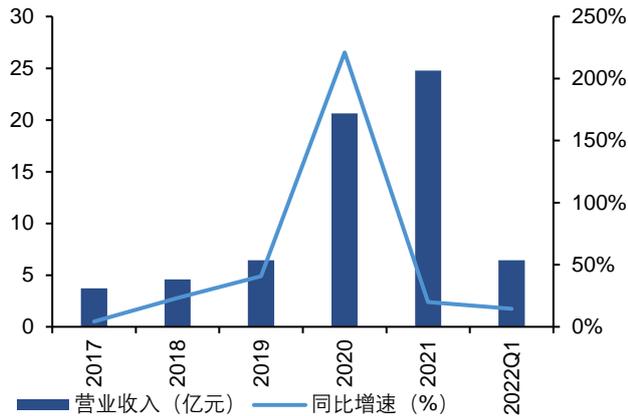
第一阶段：2005~2008 年，是公司的初创阶段。此阶段公司从无到有，主要从事通用回转支承的生产、研发。在生产研发通用回转支承的同时，**公司投入人力、物力对 2MW 永磁直驱式风力发电机主轴轴承、盾构机系列主轴轴承等高端轴承进行研究攻关。**此阶段是公司技术积累、市场积累的阶段。

第二阶段：2009~2012 年，是公司的发展阶段。此阶段公司初具规模，各项业务走向成熟，公司完成了 2MW 永磁直驱式风力发电机主轴轴承、盾构机系列主轴轴承等高端轴承的研发攻关，**与明阳智慧、湘电风电、中铁装备等主要客户开始逐步建立起合作关系。**同时，公司实现了业务上游的整合，成立了子公司圣久锻件，为生产高品质、大尺寸重载回转支承奠定了坚实的基础。

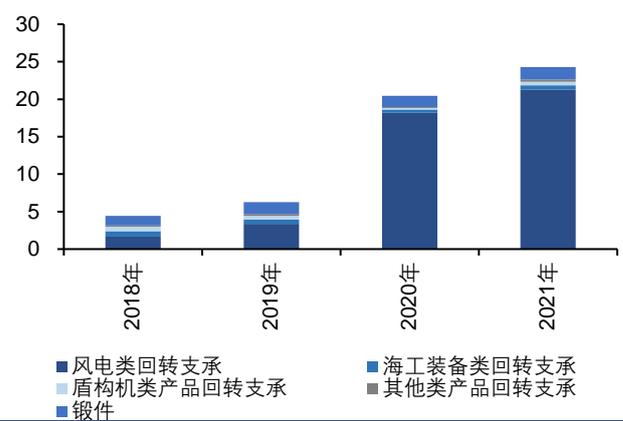
第三阶段：2013 年至今，是公司进一步升级发展的阶段。此阶段公司大力进军风电市场，逐步形成了风电主轴轴承、偏航轴承、变桨轴承及机组核心零部件的研发、生产、销售的整体服务体系，**成为了明阳智慧、湘电风能、华创风能的主要供应商，并于 2018 年成为远景能源、华仪风能的合格供应商。**

伴随着风电轴承在下游客户的快速切入，2017~2021 年新强联营业收入从 3.71 亿元增长至 24.77 亿元，年均复合增速 60.75%；风电类回转支承是公司收入的主要来源，2018~2021 年新强联风电类回转支承收入从 1.67 亿元增长至 21.28 亿元，年均复合增速 133.36%；2021 年风电类回转支承收入占总收入的比重达 86.70%，2022 年一季度风电类收入达到 5.27 亿元，占总收入的比重达 82.44%。

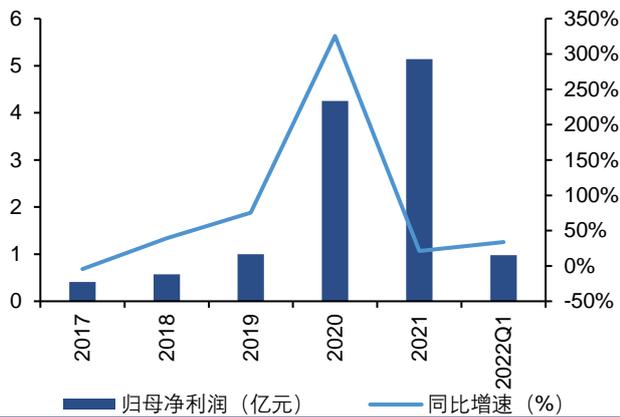
2017~2021 年新强联归母净利润从 0.41 亿元增长至 5.15 亿元，年均复合增速 88.26%；新强联始终保持 30% 的高毛利率。从各业务的情况来看，风电类回转支承毛利率呈缓慢提升的趋势，2018~2021 年毛利率从 29.70% 提升至 31.56%，2022 年一季度迅速提升至 36.05%。

图表 68: 2017~2022Q1 新强联营业收入及同比增速


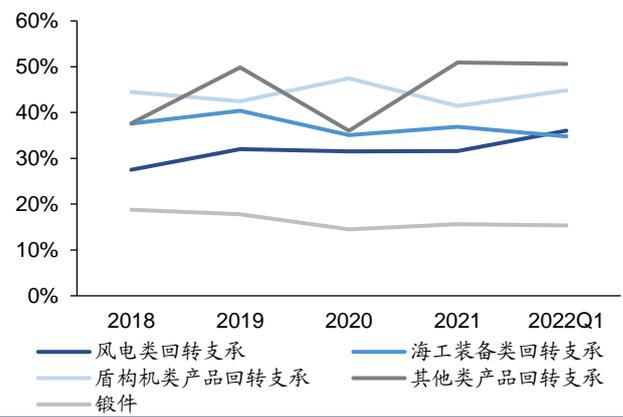
资料来源: Wind, 信达证券研发中心

图表 69: 2018~2021 年新强联收入业务构成 (亿元)


资料来源: 《新强联招股说明书》, 《新强联发行可转债募集说明书》, 信达证券研发中心

图表 70: 2017~2022Q1 新强联归母净利润及同比增速


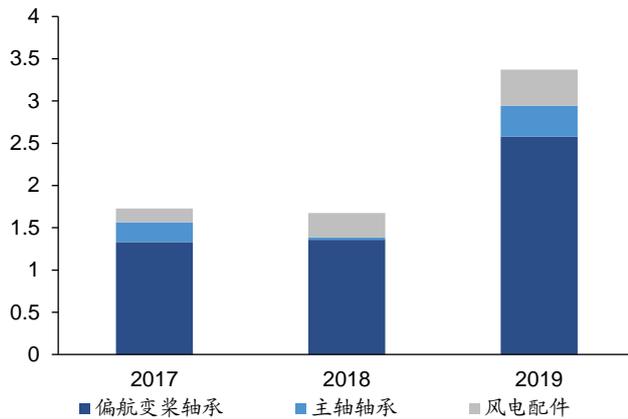
资料来源: Wind, 信达证券研发中心

图表 71: 2018~2022Q1 公司主营业务毛利率 (%)


资料来源: 《新强联招股说明书》, 《新强联发行可转债募集说明书》, 信达证券研发中心

风电回转支承方面, 公司偏航变桨轴承规模较大, 主轴承实现快速增长, 具备更高的盈利能力。2017~2019 年, 公司偏航变桨轴承营收从 1.33 亿元增长至 2.58 亿元, 年均复合增速 39.17%。主轴承快速放量, 2017 年主轴承营收仅 2358 万元, 2018 年受客户湘电风能装机容量及经营业绩影响, 主轴承收入有所收缩, 2019 年又迅速恢复至 3665 万元; 据《新强联向特定对象发行股票问询函回复》, 2020 年公司回转支承产品产能利用率高达 98.93%, 当年公司主轴承销售产品为 3~4MW, 平均价格为 52.63 万元/个, 销量约 930 个, 据此推测公司 2020 年主轴承收入高达 4.89 亿元。毛利率方面, 2020 年公司销售的偏航变桨轴承和主轴承的毛利率分别为 22.32%和 48.83%。

独立变桨方面, 2021 年公司实现独立变桨轴承产品的规模突破。2021 年公司配合远景能源和中船海装风电等下游客户的独立变桨系统而新研发的独立变桨轴承批量销售, 独立变桨轴承收入从 2020 年的 82.51 万元增长至 2021 年的 1.79 亿元。

图表 72: 2017~2019 年新强联风电轴承收入构成 (亿元)


资料来源:《新强联招股说明书》, 信达证券研发中心

图表 73: 2020~2021 年新强联独立变桨轴承客户情况

客户	2020 年销售额 (万元)	2021 年销售额 (万元)
远景能源	82.51	10590.88
中国海装	0.00	7064.23
其他	0.00	212.39
合计	82.51	17867.49

资料来源:《新强联可转债发行问询函回复》, 信达证券研发中心

近年来,公司凭借多年的研发积累和技术优势,以及高质量和性能的产品,持续开发风电类产品核心客户。核心客户从明阳智能、湘电风能,增加为明阳智能、远景能源、东方电气、湘电风能、三一重能、中船海装、中车风电等,未来公司将持续开发如金风科技、上海电气、运达风能等其他头部风电整机客户。公司的下游客户集中度较高,前6家客户占据风电产品收入的95%以上,其中明阳智能是公司第一大客户,2020、2021年销售额分别达9.27、10.08亿元;此外,公司向远景能源、三一重能、中国海装的销售增速较快。

图表 74: 公司核心风电客户行业地位及合作情况

客户	行业地位	合作时间
明阳智能	2021年风电新增装机第3名; 海上风电新增装机第2名	8年
远景能源	2021年风电新增装机第2名	3年
哈电风能	-	11年
三一重能	2021年风电新增装机第8名	3年
东方电气	2021年风电新增装机第9名; 海上风电新增装机第5名	2年
中国海装	2021年风电新增装机第5名; 海上风电新增装机第4名	2年

资料来源:《新强联可转债募集说明书》, CWEA, 信达证券研发中心

图表 75: 2020~2021 年风电核心客户销售额及同比增速

客户	2020 年	2021 年	同比增速 (%)
明阳智能	9.27	10.08	8.77%
远景能源	1.98	3.91	97.82%
东方电气	3.06	2.57	-16.23%
三一重能	1.74	2.09	19.98%
中国海装	0.67	1.15	69.88%
哈电风能	0.81	1.00	24.65%
合计	17.54	20.80	18.64%
占风电产品收入比例	96.30%	97.75%	-

资料来源:《新强联可转债发行问询函回复》, 信达证券研发中心

公司于2020年完成公开发行上市,完成募资后投资3.22亿元于“2.0MW及以上大功率风力发电主机配套轴承建设项目”,该项目于2020年6月完成扩产,此后公司新增偏航变桨轴承产能3306个、主轴轴承662个,集中于3~4MW;2021年完成向特定对象发行股票,投资9.35亿元用于“3.0MW及以上大功率风力发电主机配套轴承生产线建设项目”,预计于2022年底达到预定可使用状态,新增偏航变桨产能5400个、主轴轴承1500个,分布在3~6MW机型。

2022年,公司发布《向不特定对象发行可转换公司债券募集说明书》,拟投资11.13亿元于“齿轮箱轴承及精密零部件项目”,项目建设期3年,2024年底完成项目所有建设工作,2024年达到30%生产负荷,2025年达到70%生产负荷,2026年开始生产负荷为100%。项目达产后预计实现收入15.35亿元,净利润2.74亿元。

图表 76: 新强联历次募资扩产情况

年份	募投项目	投资金额 (亿元)	建设期及达产年份
2020 年	2.0MW 及以上大功率风力发电主机配套轴承建设项目	3.22	建设期 2 年, 2020 年 6 月完成扩产
2021 年	3.0MW 及以上大功率风力发电主机配套轴承生产线建设项目	9.35	建设期 2 年, 预计 2022 年底达到预定可使用状态
2022 年 (拟发行可转债)	齿轮箱轴承及精密零部件项目	11.13	建设期 3 年, 2024 年底完成项目所有建设工作, 2024 年达到 30% 生产负荷, 2025 年达到 70% 生产负荷, 2026 年开始生产负荷为 100%

资料来源: 新强联公司公告, 信达证券研发中心

图表 77: 新强联历次募资扩产产品及产能新增情况

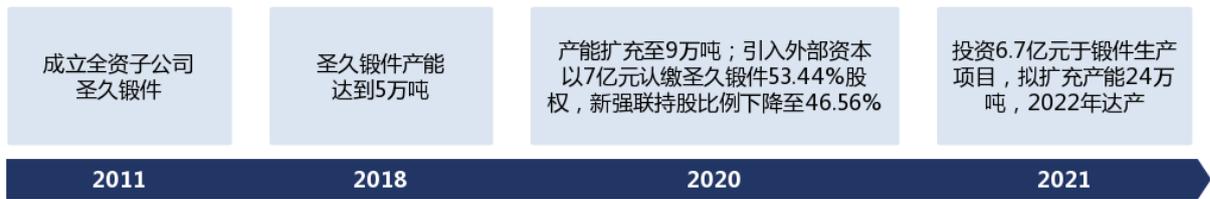
产品	扩产产品	2020 年	2021 年	2022 年 (拟)	合计	单价	产值 (亿元)
偏航变桨轴承	N<3MW	47	-	-	47	-	-
	3MW≤N<4MW	3232	3240	-	6472	12.95	8.38
	4MW≤N<5MW	-	1620	-	1620	17.98	2.91
	5MW≤N<6MW	27	540	-	567	25.88	1.47
主轴轴承	3MW≤N<4MW	662	1200	-	1862	50.00	9.31
	4MW≤N<6MW	-	300	-	300	60.00	1.80
3-6MW 风电齿轮箱精密零部件	轴承			30000	30000	2.05	6.15
	齿轮			13500	13500	1.78	2.40
	输出轴			1500	1500	3.00	0.45
6-10MW 风电齿轮箱精密零部件	轴承			7500	7500	3.87	2.90
	齿轮			4500	4500	6.67	3.00
	输出轴			500	500	9.00	0.45
合计							39.22

资料来源: 新强联公司公告, 信达证券研发中心

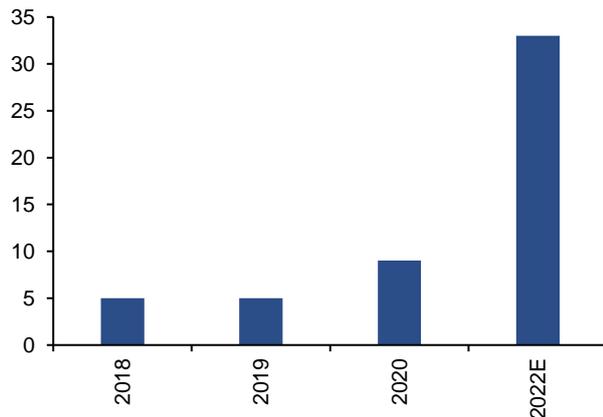
设备配套方面, 公司掌握无软带中频淬火技术, 引进意大利先进中频淬火设备, 设计高速、高靠性的无软带回转支承和原来采用渗碳淬火的其它轴承, 使无软带回转支承应用到风电主轴轴承、盾构机主轴轴承、大型离心浇铸机轴承和钢厂的轧钢轴承。公司已完成 2~5MW 三排圆柱滚子主轴轴承、3~6.25MW 无软带双列圆锥滚子主轴轴承的研发设计并实现了量产, 已完成 3~7MW 单列圆锥滚子主轴轴承的研发设计并实现了小批量生产。未来公司将朝海上 5.5~8MW 半直驱式双列圆锥滚子主轴轴承、8MW 以上直驱式双支承单列圆锥滚子主轴轴承进行研发。

锻件是回转支承生产制造过程中必需的部件, 公司于 2011 年投资设立洛阳圣久锻件有限公司 (简称“圣久锻件”), 为自身的轴承业务提供前端部件保障; 2018 年圣久锻件产能为 5 万吨, 2020 年迅速扩充至 9 万吨, 同年公司与深创投制造业转型升级新材料基金 (有限合伙) 等外部资本签署《增资协议》, 投资方以 7 亿元认缴圣久锻件 53.44% 股权, 公司持股比例下降至 46.56%。同时, 《增资协议》做出 2021~2023 年业绩承诺: 三年净利润分别不低于 1.20、1.75、2.30 亿元。2021 年, 公司计划使用自有资金投资建设锻件生产项目, 项目拟投资金额 6.7 亿元, 通过圣久锻件实施, 拟扩产能 24 万吨, 将形成年均收入 17 亿元, 净利润 2.6 亿元。此外, 根据圣久锻件战略发展需要, 2021 年 8 月圣久锻件购买洛阳中经硕丰矿业有限公司 36% 的股权, 支付对价 1.45 亿元。

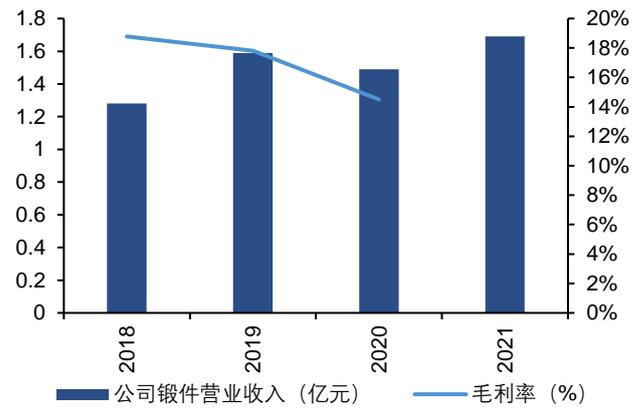
圣久锻件以内部供应为主, 剩余部分采取外销的模式, 故新强联主营业务构成中披露的锻件收入主要为外销部分, 每年保持在 1.6 亿元左右, 毛利率维持在 18~20%。

图表 78: 新强联旗下圣久锻件公司发展历程


资料来源：公司公告，信达证券研发中心

图表 79: 2018~2022 年圣久锻件产能情况 (万吨)


资料来源：《新强联向特定对象发行股票募集说明书》，《新强联以自有资金投资建设项目的公告》，信达证券研发中心

图表 80: 2018~2021 年新强联锻件营业收入及毛利率


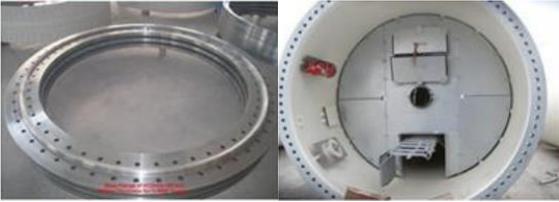
资料来源：Wind，信达证券研发中心

2021年4月，公司以自有资金3000万元设立全资子公司洛阳新圣新能源有限公司，主要从事光伏发电、风力发电项目的开发、咨询、投资、建设、运营维护，致力于为客户提供低碳、分布式、数字化的光伏新能源解决方案。2021年12月，公司收购洛阳豪智机械有限公司55%的股权，豪智机械主要的产品为风电锁紧盘，风电锁紧盘是风力发电机组的核心部件之一，是风力发电机组主传动轴与高速齿轮箱之间传递大扭矩的连接部件。豪智机械具有丰富的风电锁紧盘研发经验和能力，为多家风电整机企业和风电齿轮箱企业供货。

5.2 恒润股份

江阴市恒润重工股份有限公司（简称“恒润股份”）成立于2003年，成立之初则主营锻件及法兰的生产研发，并于2017年上市，主营产品以轧制环形锻件（主要为风电塔筒法兰）、锻制法兰为主。2021年公司主营业务中风电塔筒法兰业务收入12.08亿元，占比52.67%。

图表 81: 恒润股份产品示意图

类别	分类	简介	图例
辗制环形锻件	辗制法兰	主要是风电塔筒法兰，是风电塔筒塔节的连接件，其他领域包括金属压力容器、石化行业、燃气轮机等	
	其他辗制环形锻件	主要为回转支承套圈，应用于工程机械	
锻制法兰及其他自由锻件	锻制法兰	机械部件之间的连接件，主要应用于金属压力容器、石油石化、船舶电力、工程机械等行业	
锻制法兰及其他自由锻件	自由锻件	可应用于管道连接、设备连接、设备本体及零部件、模具本体、筒体、电机主轴等	

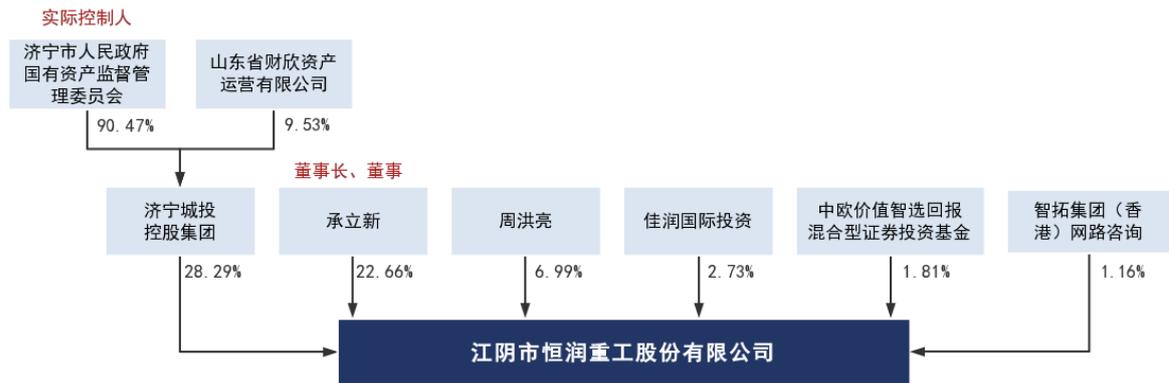
资料来源：恒润股份招股说明书，信达证券研发中心

2003 年成立之初，公司开始从事风电法兰业务，产品主要出口德国、日本。随后公司不断开拓全球风电市场，至 2012 年公司先后开发拓展了西门子风力、韩国重山、阿尔斯通、三星重工等客户。2017 年，公司与西门子签署了截至 2018 年的 6MW 还是风电法兰长期批货供货合同。2020 年后，公司已成为目前较少能制造 7.0MW 及以上海上风电塔筒法兰的企业之一，同时已量产 9MW 海上风电塔筒法兰。

公司控股股东为济宁城投控股集团，实际控制人为济宁市人民政府国有资产监督管理委员会，通过济宁城投间接持有公司 24.73% 的股权。此外，承立新担任公司董事长、董事，并通过直接持股的方式持有公司 22.66% 的股权。

图表 82: 恒润股份风电塔筒法兰发展历程

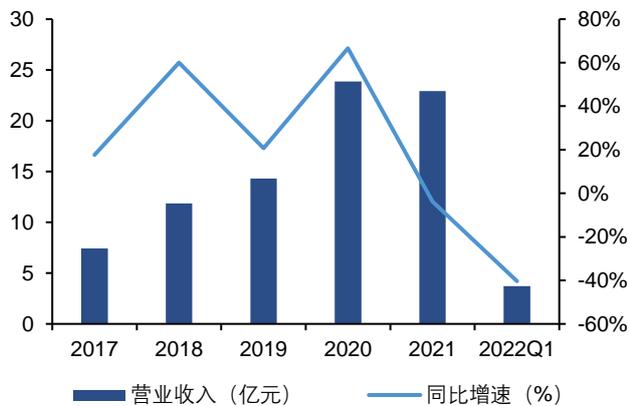

资料来源：公司公告，信达证券研发中心

图表 83: 恒润股份股权结构图 (截至 2022/6/17)


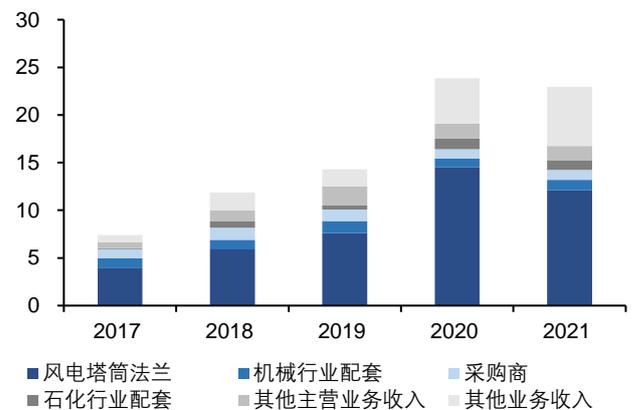
资料来源: 公司公告, 信达证券研发中心

2017~2021 年, 恒润股份营业收入从 7.41 亿元增长至 22.93 亿元, 年均复合增速 32.63%; 受国内海风装机波动的影响, 2022 年一季度营业收入 3.72 亿元, 同比下降 40.37%。公司利润率波动较大, 2020 年归母净利润 4.63 亿元, 同比增长 458.52%, 2021 年略有下降至 4.42 亿元; 2022 年一季度归母净利润 0.13 亿元, 同比下降 90.91%。

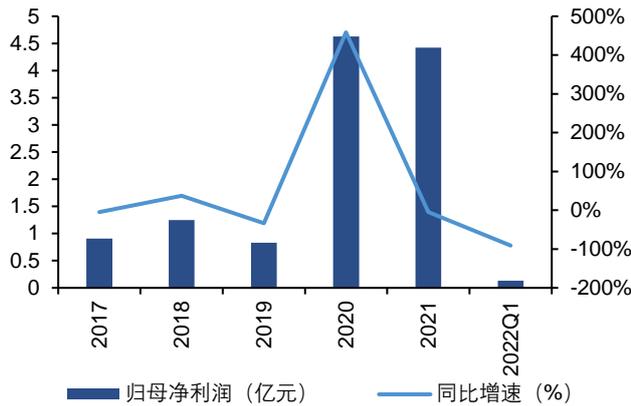
公司的业务包括风电塔筒法兰、机械行业配套、采购商、石化行业配套等, 其中风电塔筒法兰占比最大, 营业收入从 2017 年的 3.92 亿元增长至 2021 年的 12.08 亿元, 年均复合增速 32.49%; 风电塔筒法兰毛利率稍有波动, 2020 年毛利率为 37.35%, 2021 年毛利率下降至 33.07%。

图表 84: 2017~2022Q1 恒润股份营业收入及同比增速


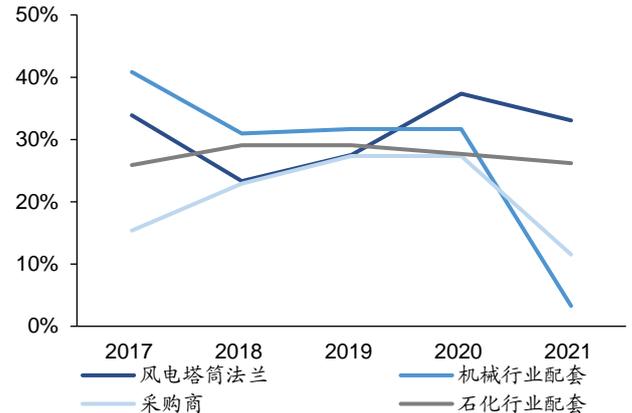
资料来源: Wind, 信达证券研发中心

图表 85: 2018~2021 年恒润股份收入业务构成 (亿元)


资料来源: Wind, 信达证券研发中心

图表 86: 2017~2022Q1 恒润股份归母净利润及同比增速


资料来源: Wind, 信达证券研发中心

图表 87: 恒润股份主营业务毛利率 (%)


资料来源: Wind, 信达证券研发中心

公司在环锻件行业深耕多年, 在 know-how、设备方面具备较强的壁垒: 1) know-How: 公司在锻造行业积累多年经验, 已形成成熟的热处理和成型控制技术。针对不同产品、不同机械性能要求, 公司可以对锻件各项参数实行精确控制, 确保产品以最为经济的方式达到客户的质量标准。2) 设备: 公司拥有大型油压机和数控辗环机等大型核心设备, 引进了德国、美国、意大利等世界一流的加工中心、车铣复合等高端精密设备和检测设备, 掌握着成熟的中大型环锻件的锻造、辗环、热处理技术, 能够生产直径 8 米以下的各类环形锻件, 覆盖 9MW 以下的海上风电法兰。

2021 年 10 月, 公司以非公开发行的方式, 向公司大股东济宁城投发行 7413 万股, 募资 14.74 亿元, 投资年产 5 万吨 12MW 海上风电机组用大型精加工锻件扩能项目、年产 4000 套大型风电轴承生产线项目及年产 10 万吨齿轮深加工项目, 项目投资额分别为 5.38、11.58、5.57 亿元, 建设期全部为 1.5 年。根据公司项目盈利预测, 第 2 年 (即 2023 年) 开始实现风电轴承的小批量生产销售, 到第 6 年实现满产。按照 47.79 万元/套的价格计算, 预计满产后公司的项目收入达 19.51 亿元 (轴承配套 19.12 亿元、废钢销售 3972 万元), 毛利率 21~23%, 净利率 11~13%。

图表 88: 恒润股份定增募投项目

项目名称	投资总额 (亿元)	使用募集资金 (亿元)	实施主体	建设期 (年)	内部收益率
年产 5 万吨 12MW 海上风电机组用大型精加工锻件扩能项目	5.38	3.62	恒润环锻	1.5	24.09%
年产 4000 套大型风电轴承生产线项目	11.58	7.55	恒润传动	1.5	13.95%
年产 10 万吨齿轮深加工项目	5.57	3.57	恒润环锻	1.5	25.05%
合计	22.53	14.74	-	1.5	-

资料来源: 恒润股份公司公告, 信达证券研发中心

图表 89: 恒润股份定增募投项目

产品	指标	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7-11 年	第 12 年
轴承配套	产销量 (套)	1000	2600	3000	3800	4000	4000	4000
	单价 (万元/套)	47.79	47.79	47.79	47.79	47.79	47.79	47.79
	销售收入 (万元)	47,787.61	124,247.79	143,362.83	181,592.92	191,150.44	191,150.44	191,150.44
废钢	产销量 (吨)	3,400.00	8,840.00	10,200.00	12,920.00	13,600.00	13,600.00	13,600.00
	单价 (万元/吨)	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29

销售收入 (万元)	992.92	2,581.59	2,978.76	3,773.10	3,971.68	3,971.68	3,971.68
总收入(万元)	48,780.53	126,829.38	146,341.59	185,366.02	195,122.12	195,122.12	195,122.12
营业成本(万元)	42,863.37	105,973.27	119,509.33	146,581.43	153,349.46	153,349.46	149,801.51
期间费用(万元)	5,549.18	13,228.70	15,023.67	18,374.51	19,131.20	19,131.20	19,131.20
毛利率(%)	12.13%	16.44%	18.34%	20.92%	21.41%	21.41%	23.23%
净利率(%)	0.75%	6.01%	8.07%	11.01%	11.60%	11.60%	13.42%

资料来源：恒润股份公司公告，信达证券研发中心

5.3 五洲新春

浙江五洲新春集团股份有限公司（简称“五洲新春”）是一家集研发、制造、营销服务一体化的综合型企业集团。其主营业务为轴承、精密机械零部件和汽车安全系统、热管理系统零部件的研发、生产和销售，为相关主机客户提供行业领先的解决方案和高效保障。公司深耕精密制造技术二十余年，为国内少数涵盖精密锻造、制管、冷成形、机加工、热处理、磨加工、装配的轴承、精密零部件全产业链企业。

图表 90：五洲新春产品示意图

分类	简介	图例
轴承套圈	轴承套圈是具有一个或几个滚道的向心滚动轴承的环形零件，包括内圈与外圈，系轴承主要组成部分。	
精密零部件	主要包括汽车安全气囊气体发生器部件、变速箱及差速器齿轮、同步器齿套、各类精密传动件等产品。	
成品轴承	主要包括精密球轴承、圆锥滚子轴承、各类滚针轴承；具体包括精密汽车轴承、精密电机轴承、精密工业轴承、新型电梯轴承、农用机械轴承等。	
空调管路	主要用于连接空调压缩机、蒸发器、冷凝器等主要部件，满足该等部件中热交换介质的传递，主要分为汽车空调管路和家用空调管路两类。	

风电轴承滚子 2019~2020 年发展风电轴承滚子板块

资料来源：五洲新春招股说明书，信达证券研发中心

公司成立于 1999 年，2001 年与美国兹尼亚合资成立森春机械，将轴承套圈加工作为主营业务。2002 年五洲新春集团成立，先后收购富日泰轴承、富盛轴承、富力钢管等公司，逐步完善轴承产业，逐步成为国内最大的轴承套圈生产和出口基地。2016 年 10 月公司在上海证券交易所主板上市，不断开拓成品轴承领域。2021 年公司收购波兰 FLT 和恒进动力公司，将进一步强化五洲新春在欧洲的销售渠道，强化公司在欧洲轴承市场的品牌影响力，进一步提升公司成品轴承的行业地位和市场份额。

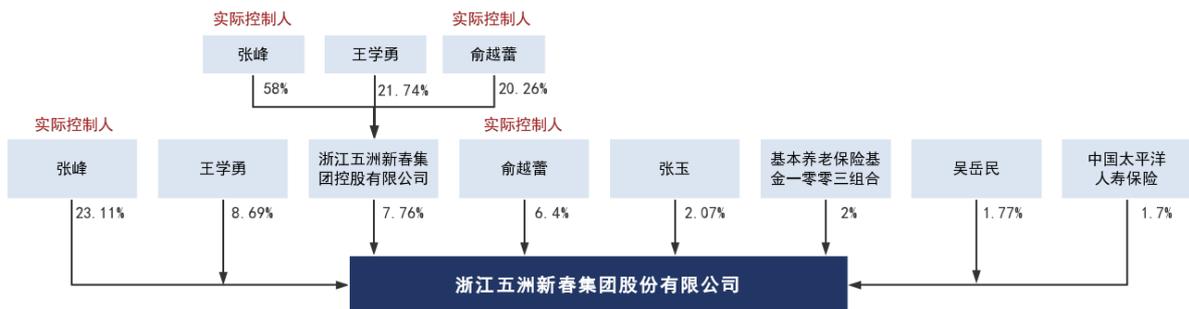
公司股权较为集中，实际控制人为张峰、俞越蕾夫妇。董事长张峰通过浙江五洲新春控股有限公司间接持有公司 27.61% 的股权，董事俞越蕾直接及间接持有 7.97% 的股权。王学勇、浙江五洲新春集团控股有限公司与张峰和俞越蕾夫妇为一致行动人。实控人张峰即为公司董事长、董事兼总经理，同时也为中国轴承工业协会常务理事及特聘企业管理专家、浙江省轴承工业协会理事长、浙商全国理事会主席团主席，具有丰富的行业经验，能够为公司未来发展做出专业的决断。实控人俞越蕾为公司董事。公司股权与经营权合一，有助于减少代理成本，有利于公司长远发展。

图表 91: 五洲新春发展历程



资料来源：公司官网，信达证券研发中心

图表 92: 五洲新春股权结构图（截至 2022/3/31）



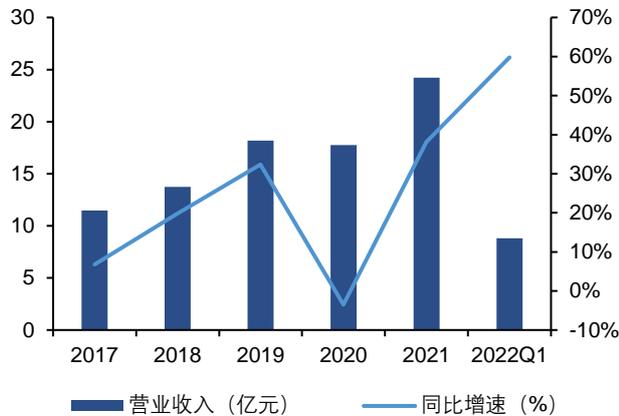
资料来源：公司公告，信达证券研发中心

公司营业收入稳定增长，从 2017 年的 11.46 亿元增长至 2021 年的 24.23 亿元，年均复合增速 20.58%；2021 年公司营收增速高达 38.15%，主要原因是轴承产品和管路件产品增长较快，风电滚子、汽车零部件等新品量产，同时 11-12 月 FLT 收入并入公司合并报表。2017~2019 年归母净利润维持在 1 亿元左右，受疫情影响 2020 年归母净利润下滑至 0.62 亿元，期间公司不断深化产品转型和客户结构升级，2021 年归母净利润迅速回升至 1.24 亿元。

从业务构成来看，五洲新春的轴承及配件行业从 2018 年开始起量，营业收入及占比维持稳

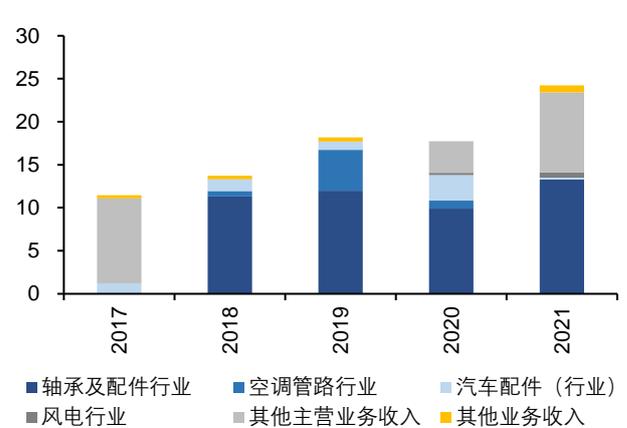
定，2018 年营业收入为 11.32 亿元，2021 年增长至 13.27 亿元；毛利率大体稳定，2018 年毛利率 22.79%，2021 年则为 18.26%。汽车配件（行业）的毛利率大体保持增长，从 2017 年的 13.32% 增长至 2021 年的 19.74%。

图表 93: 2017~2022Q1 五洲新春营业收入及同比增速



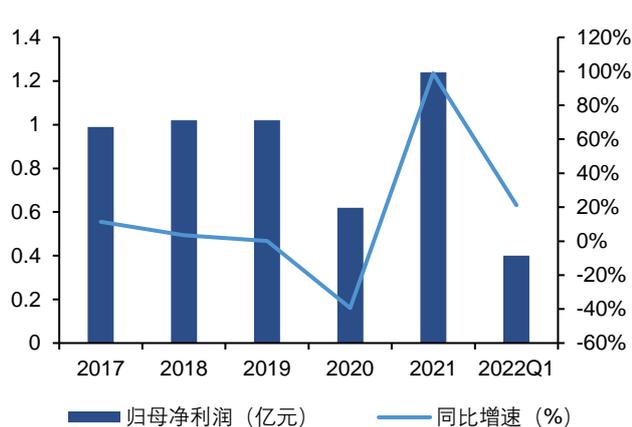
资料来源: Wind, 信达证券研发中心

图表 94: 2018~2021 年五洲新春收入业务构成 (亿元)



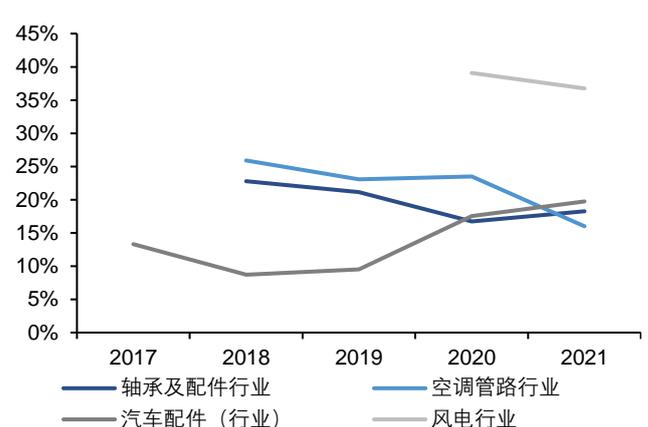
资料来源: Wind, 信达证券研发中心

图表 95: 2017~2022Q1 五洲新春归母净利润及同比增速



资料来源: Wind, 信达证券研发中心

图表 96: 五洲新春主营业务毛利率 (%)



资料来源: Wind, 信达证券研发中心

公司风电滚子实现技术和市场突破，为蒂森克虏伯、德枫丹、斯凯孚的国内外工厂配套，并成为远景能源认证的风电滚子战略供应商，为国内风电轴承企业新强联、烟台天成、大冶轴等提供配套，最终使用的风电整机厂商为维斯塔斯、远景能源和金风科技等。公司研发的高端风电轴承滚子解决了行业“卡脖子”难题，实现高端滚子进口替代；2021 年，公司风电滚子实现营收 6003 万元，同比增长 140.12%，毛利率 36.75%。

公司于 2020 年发行可转债募集 3.3 亿元，其中 2.2 亿元将投入智能装备及航天航空等高性能轴承建设项目，包括了风电轴承滚动体 290 万件，全部达产后预计实现收入 5250 万元。目前可转债募投项目顺利投运，产能瓶颈将逐步打开。此外，2022 年 5 月公司发布《非公开发行 A 股预案》，拟募集资金用于建设年产 2200 万件 4 兆瓦以上风电机组精密轴承滚子技改项目，从而提高 4 兆瓦以上风电机组精密轴承滚子的生产能力。据公告，该项目建设期 2 年，全部建成后预计实现年收入约 5.5 亿元。

图表 97: 五洲新春募投项目情况

项目	投资总额 (亿元)	资金来源	使用募集资金(亿元)
智能装备及航天航空等高性能轴承建设项目	2.23	2020年非公开发行可转债	高性能滚针轴承1200万套、风电轴承滚动体290万件、新型电梯轴承12万套、高速纺机轴承6万套及航天航空轴承1.2万套
年产2200万件4兆瓦(MW)以上风电机组精密轴承滚子技改项目	2.96	2022年非公开发行A股(拟)	形成年产能2200万件、适用于4兆瓦以上风电机组精密轴承滚子的生产能力,预计实现年收入5.50亿元

资料来源: 五洲新春公司公告, 信达证券研发中心

5.4 力星股份

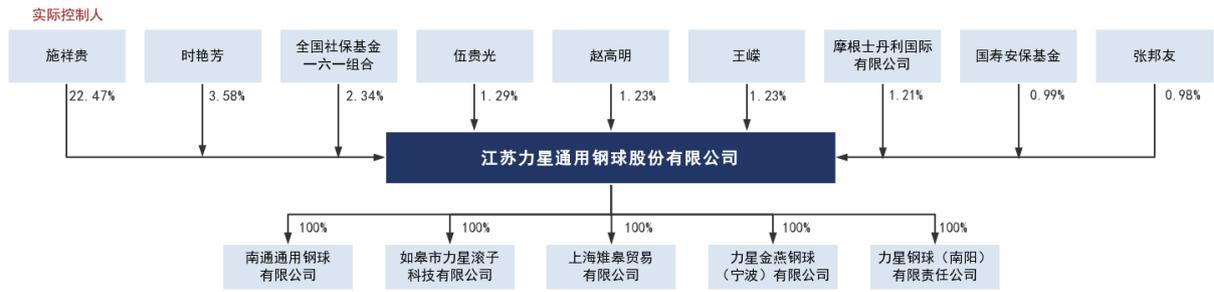
江苏力星通用钢球有限公司(简称“力星股份”)的主营业务为精密轴承滚动体的研发、生产和销售,包括轴承钢球和轴承滚子,为国内精密轴承钢球领域的龙头企业。目前,公司主要产品为公称直径0.80mm-100.00mm,精度等级G3-G60的轴承钢球;以及公称直径9.00mm-80.00mm,精度等级II级、I级的轴承滚子。轴承钢球广泛应用于机动车制造领域、精密机床、轻工家电、风力发电、工程机械、航空设备以及其他通用机械设备制造领域中所需的各类轴承中;滚子由于接触面广,极限转速低,主要应用于轨道交通、盾构机、风电主轴、重卡等负荷能力要求较高的领域。

公司前身是1989年成立的如皋钢球厂,1992年首批产品出口,1998年开始向世界著名轴承集团公司供货。合资公司江苏通用钢球滚子有限公司于1999年成立,2009年风电发电专用钢球项目正式运行。2015年,公司在深圳证券交易所创业板正式挂牌上市。

公司股权结构清晰,施祥贵为公司实际控制人,通过直接持股的方式持有公司22.47%的股权。施祥贵的妻子时艳芳直接持有公司3.58%的股权。实控人施祥贵即为公司董事长兼总经理兼董事。

图表 98: 力星股份发展历程

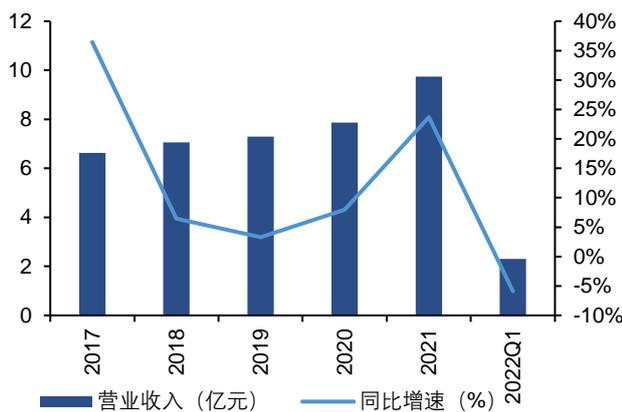

资料来源: 公司公告, 信达证券研发中心

图表 99：力星股份股权结构图（截至 2022/3/31）


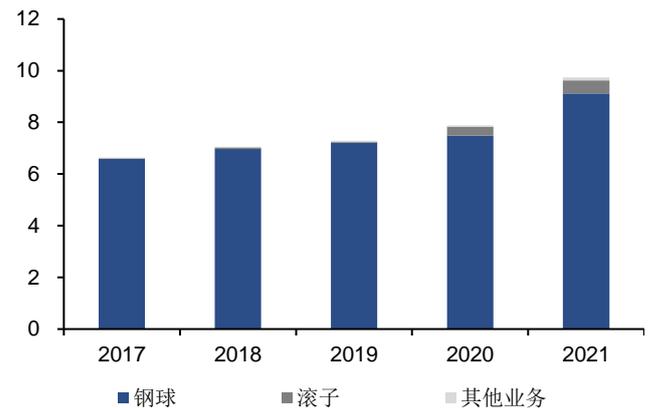
资料来源：公司公告，信达证券研发中心

近年来公司营业收入持续增长，2017~2021 年营业收入从 6.63 亿元增长至 9.74 亿元，年均复合增速 10.09%。公司归母净利润波动较大，2017~2018 年归母净利润基本保持在 0.7~0.8 亿左右，2019 年下滑至 0.39 亿元，2021 年回升至 0.90 亿元。

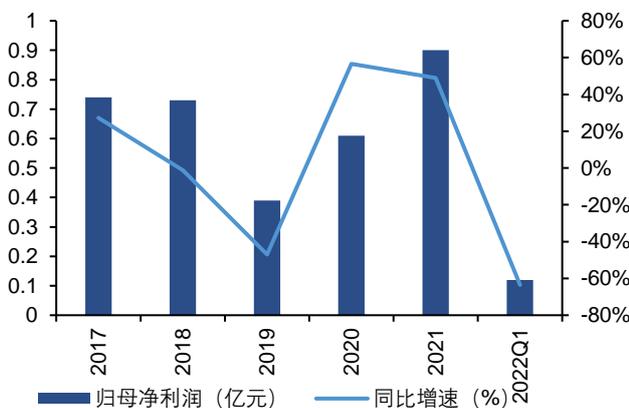
公司的钢球业务贡献主要利润，2017~2021 年，钢球业务营收从 6.58 亿元增长至 9.12 亿元，年均复合增速 45.07%；毛利润从 1.78 亿元增长至 2.07 亿元，年均复合增速 3.85%，近几年钢球毛利率维持稳定，基本维持在 23%左右。滚子业务方面，公司滚子业务逐步扩大规模，2021 年实现营收 5088 万元，同比增长 51.29%，毛利率从 2018 年的-25.40%提升至 2021 年的 10.07%。

图表 100：2017~2022Q1 力星股份营业收入及同比增速


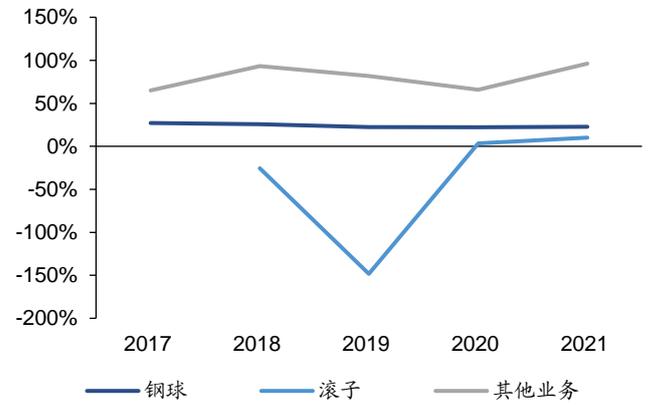
资料来源：Wind，信达证券研发中心

图表 101：2017~2021 年力星股份收入业务构成 (亿元)


资料来源：Wind，信达证券研发中心

图表 102：2017~2022Q1 力星股份归母净利润及同比增速


资料来源：Wind，信达证券研发中心

图表 103：力星股份主营业务毛利率 (%)


资料来源：Wind，信达证券研发中心

公司的风电滚子产品主要应用于主轴、齿轮箱、发电机等，国外主要客户有斯凯孚、福赛、劳拉贡、德枫丹等；2021年，公司与新强联、洛轴、大冶轴等国内轴承厂均签订了风电领域的深度战略合作协议。

产能方面，2015、2016年公司通过首次公开发行股票、非公开发行A股的方式募集资金投向新建年产16000吨精密圆锥滚子项目、智能化钢球制造技术改造项目、年产钢球100亿粒项目扩建工程及收购奉化市金燕钢球有限公司100%股权项目。2022年，公司发布《向特定对象发行A股股票募集说明书》，拟募资3.5亿元，投资于年产6000吨精密滚动体项目、年产800万粒高端大型滚动体扩建项目及补充流动资金。1) 年产6000吨精密滚动体项目拟新增公称直径0.80mm-9.525mm、精度等级G3-G10级的高精度钢球；项目基础建设期预计为2年，投产期为3年，预计达产后年均销售收入为2.91亿元。2) 年产800万粒高端大型滚动体扩建项目建设期2年，达产期3年，预计达产后年均销售收入为2.47亿元。

图表 104：公司历次募资项目进展（截至 2022/03/17）

项目名称	募集资金承诺投资金额	截止日募集资金累计投资额	截止日项目投入进度
新建年产16000吨精密圆锥滚子项目	1.58亿元	1.39亿元	87.84%
JGBR美洲子公司年产8,000吨轴承钢球项目	1.00亿元	0.71亿元	已终止后续投资
智能化钢球制造技术改造项目	0.80亿元	0.85亿元	100%
年产钢球100亿粒项目扩建工程	0.50亿元	0.31亿元	61.48%
收购奉化市金燕钢球有限公司100%股权项目	1.12亿元	1.12亿元	100%

资料来源：《力星股份向特定对象发行A股股票募集说明书（注册稿）》，信达证券研发中心

六、风险因素

风电装机不及预期；国产化进程不及预期；产能扩建不及预期；原材料价格波动不及预期。

研究团队简介

武浩，新能源与电力设备行业首席分析师，中央财经大学金融硕士，曾任东兴证券基金业务部研究员，2020年加入信达证券研发中心，负责电力设备新能源行业研究。

张鹏，新能源与电力设备行业分析师，中南大学电池专业硕士，曾任财信证券资管投资部投资经理助理，2022年加入信达证券研发中心，负责电力设备新能源行业研究。

黄楷，电力设备新能源行业分析师，墨尔本大学工学硕士，2年行业研究经验，2022年7月加入信达证券研发中心，负责光伏行业研究。

胡隽颖，新能源与电力设备行业研究助理，中国人民大学金融工程硕士，武汉大学金融工程学士，曾任兴业证券机械军工团队研究助理，2022年加入信达证券研发中心，负责风电设备行业研究。

曾一赞，新能源与电力设备行业研究助理，悉尼大学经济分析硕士，中山大学金融学学士，2022年加入信达证券研发中心，负责新型电力系统和电力设备行业研究。

孙然，团队成员，山东大学金融硕士，2022年加入信达证券研发中心，负责新能源车行业研究。

陈玫洁，团队成员，上海财经大学会计硕士，2022年加入信达证券研发中心，负责锂电材料行业研究。

机构销售联系人

全国销售总监	韩秋月	13911026534	hanqiuyue@cindasc.com
华北区销售总监	陈明真	15601850398	chenmingzhen@cindasc.com
华北区销售副总监	阙嘉程	18506960410	quejiacheng@cindasc.com
华北区销售	祁丽媛	13051504933	qiliyuan@cindasc.com
华北区销售	陆禹舟	17687659919	luyuzhou@cindasc.com
华北区销售	魏冲	18340820155	weichong@cindasc.com
华北区销售	樊荣	15501091225	fanrong@cindasc.com
华北区销售	章嘉婕	13693249509	zhangjiajie@cindasc.com
华东区销售总监	杨兴	13718803208	yangxing@cindasc.com
华东区销售副总监	吴国	15800476582	wuguo@cindasc.com
华东区销售	国鹏程	15618358383	guopengcheng@cindasc.com
华东区销售	李若琳	13122616887	liruolin@cindasc.com
华东区销售	朱尧	18702173656	zhuyao@cindasc.com
华东区销售	戴剑箫	13524484975	daijianxiao@cindasc.com
华东区销售	方威	18721118359	fangwei@cindasc.com
华东区销售	俞晓	18717938223	yuxiao@cindasc.com
华东区销售	李贤哲	15026867872	lixianzhe@cindasc.com
华东区销售	孙僮	18610826885	suntong@cindasc.com
华东区销售	贾力	15957705777	jiali@cindasc.com
华东区销售	石明杰	15261855608	shimingjie@cindasc.com
华东区销售	曹亦兴	13337798928	caoyixing@cindasc.com
华南区销售总监	王留阳	13530830620	wangliuyang@cindasc.com
华南区销售副总监	陈晨	15986679987	chenchen3@cindasc.com
华南区销售副总监	王雨霏	17727821880	wangyufei@cindasc.com
华南区销售	刘韵	13620005606	liuyun@cindasc.com

华南区销售	胡洁颖	13794480158	hujieying@cindasc.com
华南区销售	郑庆庆	13570594204	zhengqingqing@cindasc.com

分析师声明

负责本报告全部或部分内容的每一位分析师在此申明，本人具有证券投资咨询执业资格，并在中国证券业协会注册登记为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告；本报告所表述的所有观点准确反映了分析师本人的研究观点；本人薪酬的任何组成部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体分析意见或观点直接或间接相关。

免责声明

信达证券股份有限公司(以下简称“信达证券”)具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本报告由信达证券制作并发布。

本报告是针对与信达证券签署服务协议的签约客户的专属研究产品，为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考，双方对权利与义务均有严格约定。本报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。信达证券不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。客户应当认识到有关本报告的电话、短信、邮件提示仅为研究观点的简要沟通，对本报告的参考使用须以本报告的完整版本为准。

本报告是基于信达证券认为可靠的已公开信息编制，但信达证券不保证所载信息的准确性和完整性。本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告最初出具日的观点和判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会出现不同程度的波动，涉及证券或投资标的的历史表现不应作为日后表现的保证。在不同时期，或因使用不同假设和标准，采用不同观点和分析方法，致使信达证券发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告，对此信达证券可不发出特别通知。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到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，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测仅供参考，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人做出邀请。

在法律允许的情况下，信达证券或其关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能会为这些公司正在提供或争取提供投资银行业务服务。

本报告版权仅为信达证券所有。未经信达证券书面同意，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。若信达证券以外的机构向其客户发放本报告，则由该机构独自为此发送行为负责，信达证券对此等行为不承担任何责任。本报告同时不构成信达证券向发送本报告的机构之客户提供的投资建议。

如未经信达证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。信达证券将保留随时追究其法律责任的权利。

评级说明

投资建议的比较标准	股票投资评级	行业投资评级
本报告采用的基准指数：沪深 300 指数（以下简称基准）； 时间段：报告发布之日起 6 个月内。	买入 ：股价相对强于基准 20% 以上；	看好 ：行业指数超越基准；
	增持 ：股价相对强于基准 5%~20%；	中性 ：行业指数与基准基本持平；
	持有 ：股价相对基准波动在±5%之间；	看淡 ：行业指数弱于基准。
	卖出 ：股价相对弱于基准 5% 以下。	

风险提示

证券市场是一个风险无时不在的市场。投资者在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。建议投资者应当充分深入地了解证券市场蕴含的各项风险并谨慎行事。

本报告中所述证券不一定能在所有的国家和地区向所有类型的投资者销售，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业顾问的意见。在任何情况下，信达证券不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。