



信达证券
CINDA SECURITIES

Research and
Development Center

风电零部件系列专题（一）：风电轴承--风机大型化重塑新发展格局

机械设备行业专题

2022 年 6 月 18 日

证券研究报告

行业研究

行业周报

机械设备

投资评级

上次评级

刘卓 机械设备行业分析师

执业编号: S1500519090002

联系电话: 010-83326753

邮箱: liuzhuo@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

风电零部件系列专题（一）：风电轴承—风机大型化重塑新发展格局

2022 年 6 月 18 日

本期内容提要:

➤ **本周专题：**轴承的主机配套类型较多，风电轴承是其中一类，在下游应用领域中，汽车领域应用占比为 40%，电工轴承占比 15%，机床轴承占比 10%，工程机械轴承占比 7%，风电轴承是第五大类别，约占轴承总需求量的 6%。风电工况恶劣，对轴承的可靠性要求较高，因此风电轴承相较其他应用领域具有更高的技术复杂度，是风电领域国产化难度较高的两大部件之一，另一个是控制系统。以双馈式风机为例，风电轴承主要分变桨、偏航轴承和传动系统轴承（主轴、齿轮箱及电机轴承）两大类，每台风力发电机内各类轴承配套数量为主轴轴承 1-2 个（小兆瓦用 1 个，大兆瓦用 2 个）、偏航轴承 1 个、变桨轴承 3 个、发电机轴承 1 套和齿轮箱轴承 1 套。风电轴承的关键技术主要体现在设计、材料、防腐和密封等方面，主轴轴承和齿轮箱轴承还需进行高精度加工，偏航、变桨轴承则需要解决好游隙设计和磨削加工滚道技术等。风电轴承由于规格较大，技术难度高于平均，且随着风机大型化演进，风电轴承的加工难度也将持续提升。目前国内部分厂家能够生产风电轴承，但主要集中在 2MW 及以下风电轴承，对于 3MW 及以上风电轴承，由于技术难度高，国内生产还处于起步阶段，进口依赖度较高，中大型轴承本土产量占比不足 13%。随着大型化推进，国内风电轴承高端市场有望持续扩容，行业市场集中度有望提升，竞争格局有望转好。我国风电轴承生产基地大多位于传统轴承、齿轮等机械加工工业基地，生产基地主要集中在江苏、河南和辽宁等地。我国风电轴承厂商均可生产偏航变桨轴承，部分企业如瓦轴、洛轴、新强联等具备制造主轴轴承和齿轮箱轴承的能力。行业主要厂商包括瓦轴、洛轴、新强联、天马轴承、京冶轴承、大冶轴承等，主要占据小功率市场。风机大型化趋势明确，随风机功率增加，轴承规格提高，技术难度提升，除此以外，变桨控制技术也有望迎来革新。风机功率增加，直接带来叶片长度、扫风面积和垂直高度差的增加，进而导致风轮面内载荷不平衡，目前多数机组叶片桨距调节方式为统一变桨控制。随风电大型化推进，独立变桨技术有望逐步成为市场主流，独立变桨系统对轴承承载力的要求更高，独立变桨轴承的结构也将从单排、双排、球轴承向承载力更强的三排圆柱滚子轴承转变，单套价值量有所提升，驱动变桨轴承市场扩容。独立变桨已经在大风机上逐步应用，具有独立变桨轴承生产能力的厂商较少，包括新强联、成都天马、恒润股份等少数厂家，未来随着独立变桨的推广应用，提前布局独立变桨轴承的国内领先厂商最为受益。新强联 2019 年率先成功研制了三排圆柱滚子独立变桨轴承，实现批量生产，主要客户包括远景能源、明阳智能等；成都天马对独立变桨轴承的研发布局也较早，目前已经形成批量出货，主要客户包括 GE、维斯塔斯等；恒润股份定增募投项目陆续投产，逐步具备批量供应独立变桨轴承的能力。

➤ **风险因素：**疫情反复风险、政策变动风险等。

目 录

风电零部件系列专题（一）：风电轴承--风机大型化重塑新发展格局.....	4
风电领域的轴承应用占比为 6%，包括偏变和传动系统轴承两大类.....	4
风电轴承关键技术体现在设计、材料、防腐和密封等方面.....	5
全球轴承市场主要由八大企业占据，风电轴承更加依赖进口.....	6
风机大型化带动轴承技术迭代，独立变桨有望成为主流.....	11

表 目 录

表 1：风电轴承分类介绍.....	5
表 2：新强联三排滚子结构的直驱式风力发电机主轴轴承关键工艺和核心技术.....	6
表 3：国外主要轴承企业基本情况.....	8
表 4：国内主要风电轴承制造厂商业务基本情况.....	10
表 5：国内企业主轴轴承研发和市场推广进度.....	11
表 6：独立变桨轴承主要国产厂商基本情况.....	13

图 目 录

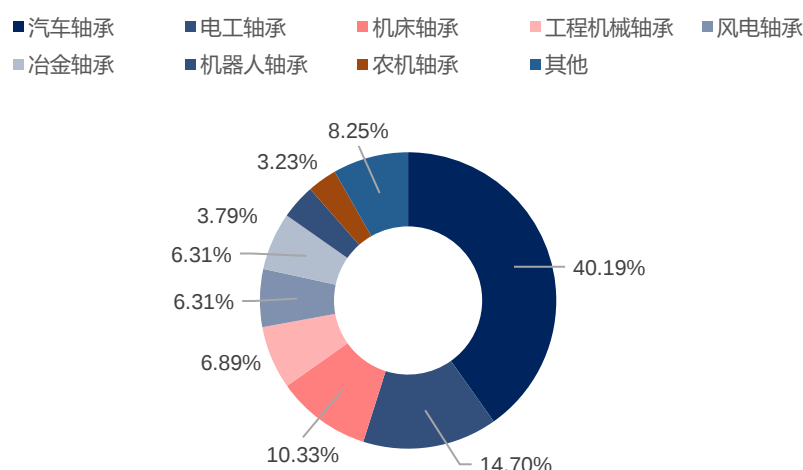
图 1：我国轴承下游应用领域需求占比.....	4
图 2：轴承产业链.....	4
图 3：风电轴承分类.....	5
图 4：风电轴承结构图示.....	5
图 5：风电轴承工艺流程.....	6
图 6：2020 年全球轴承市场竞争格局.....	7
图 7：2020 年全球风电主轴轴承市场格局.....	11
图 8：风电独立变桨系统示意图（以电动式独立变桨为例）.....	12
图 9：新强联三排圆柱滚子独立变桨轴承示意图.....	13

风电零部件系列专题（一）：风电轴承--风机大型化重塑新发展格局

风电领域的轴承应用占比为 6%，包括偏变和传动系统轴承两大类

轴承是用途较为广泛的机械设备零部件，主要作用是支撑旋转轴或其它运动体，引导转动或移动运动并承受由轴或轴上零件传递而来的载荷。轴承根据工作时运转的轴与轴承座之间的摩擦性质，可分为滑动轴承和滚动轴承两类，其中滚动轴承是轴承工业的主要产品，通常所说的轴承，一般指滚动轴承。轴承的主机配套类型较多，风电轴承是其中一类，在下游应用领域中，汽车领域应用占比为 40%，电工轴承占比 15%，机床轴承占比 10%，工程机械轴承占比 7%，风电轴承是第五大类别，约占轴承总需求量的 6%。

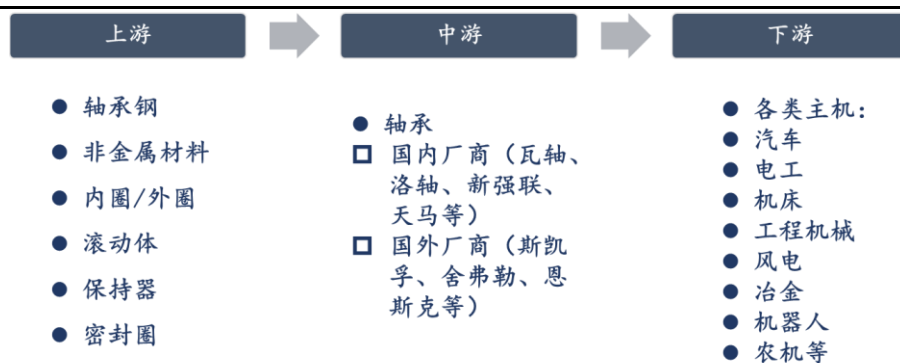
图 1：我国轴承下游应用领域需求占比



资料来源：华经情报网，信达证券研发中心

轴承产业链的上游原材料主要是轴承钢以及少部分的非金属材料，大多数轴承厂商会选择采购部分零部件以生产轴承，零部件主要包括内圈外圈、滚动体、保持器和密封圈。全球轴承市场几乎被瑞典、德国、日本、美国四个国家的八家大型轴承企业垄断。瑞典斯凯孚、德国舍弗勒、日本恩斯克等八家轴承企业在国际轴承市场的市场占有率合计达到 70%以上，而国内企业主要占据中低端市场。下游应用领域广泛，只要涉及旋转轴的机械结构就需要轴承来起到支撑和减小摩擦的作用，因此轴承广泛应用于几乎所有的工业领域，汽车、电工、机床为国内轴承的前三大应用领域，风电是第五大应用领域。

图 2：轴承产业链

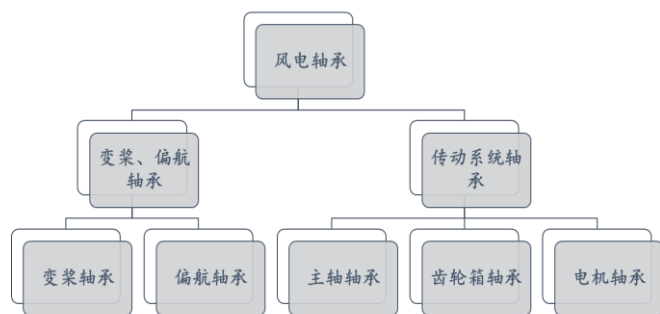


资料来源：信达证券研发中心

风电工况恶劣，对轴承的可靠性要求较高，因此风电轴承相较其他应用领域具有更高的技术复杂度，是风电领域国产化难度较高的两大部件之一，另一个是控制系统。以双馈

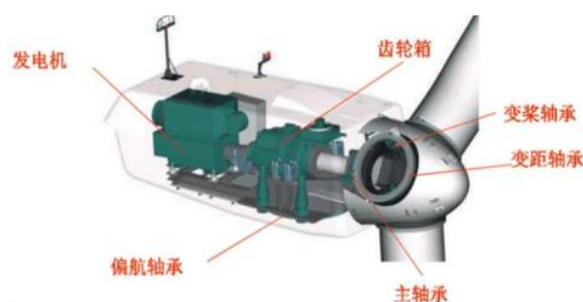
式风机为例，风电轴承主要分变桨、偏航轴承和传动系统轴承（主轴、齿轮箱及电机轴承）两大类，每台风力发电机内各类轴承配套数量为主轴轴承 1-2 个（小兆瓦用 1 个，大兆瓦用 2 个）、偏航轴承 1 个、变桨轴承 3 个、发电机轴承 1 套和齿轮箱轴承 1 套。各类轴承对力学特性的要求不同，所用的种类有些区别，比如主轴和齿轮箱轴承用到球面滚子轴承、单排/双排大直径圆锥滚子轴承和圆筒形滚柱轴承等，应用于偏航、变桨的旋转枢轴轴承等。

图 3：风电轴承分类



资料来源：信达证券研发中心

图 4：风电轴承结构图示



资料来源：新强联公告，信达证券研发中心

表 1：风电轴承分类介绍

	风电主轴轴承	偏航轴承	变桨轴承	齿轮箱轴承	发电机轴承
主要功能	支撑主轴、承载轴向径向载荷和力矩、传递扭矩到增速器	连接机舱和塔筒，跟踪风向的变化，确保最大的发电量	位于叶片与轮毂之间，调整桨叶迎风角度，使其达到最佳状态	配合齿轮箱运行，具有传递运动、扭矩及变速等功能	配合发电机结构运行，支撑轴及轴上零件，保持轴旋转精度
轴承使用类型	调新滚子轴为主，部分使用大锥角双列圆锥的滚子轴承	双排球轴承为主	双排球轴承为主，部分独立变桨采用三排圆柱滚子轴承	球轴承，圆柱滚子轴承	数量种类多，包括球轴承、圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承、调心滚子轴承等
单机所需数量	1 套	1 个	3 个	1 套	1 套

资料来源：信达证券研发中心

风电轴承关键技术体现在设计、材料、防腐和密封等方面

风电轴承的关键技术主要体现在设计、材料、防腐和密封等方面，主轴轴承和齿轮箱轴承还需进行高精度加工，偏航、变桨轴承则需要解决好游隙设计和磨削加工滚道技术等。

具体来看，轴承设计对设备运行的寿命和稳定性有重要影响，包括针对主轴轴承的要求无故障运转达 13*10⁴h 以上，并具有 95% 以上的可靠度的设计，以及针对齿轮箱轴承的高损坏率的高载荷容量设计等。比如根据不同工况适当增大钢球的接触面，提高承载能力和稳定性。

材料设计方面，不同部位的轴承采用不同的材料及热处理，如提高偏航和变桨轴承用 40CrMo 钢的低温（环境温度 -40℃~-30℃，轴承工作温度在 -20℃ 左右）冲击功等力学性能的热处理方法，表面感应淬火的淬硬层深度、表面硬度、软带宽度和表面裂纹的控制；齿轮箱轴承用相当于国外 STF、HTF 钢的研制及控制其残余奥氏体最佳含量的研究；主轴轴承在国产真空脱气钢质量尚存在一定差距的情况下，采用电渣重熔渗碳钢 ZG20Cr2Ni4A 制造等。

其他关键技术包括防腐与密封、偏航和变桨轴承的特殊游隙要求、偏航和变桨轴承滚道的磨削加工、主轴轴承和齿轮箱轴承的高精度加工、齿轮箱轴承用保持架的改进设计、检测试验等。

图 5：风电轴承工艺流程



资料来源：信达证券研发中心

以新强联大功率主轴轴承核心生产工艺为例，以此说明风电轴承有较多的关键工艺段需要核心技术支撑。新强联在国内率先设计制造出三排滚子结构的直驱式风力发电机主轴轴承，其关键技术在于产品结构设计、原材料设计、中频淬火工艺设计、保持架结构及加工方式设计、滚子结构及加工方式设计、深孔加工方式设计和套圈调质工艺设计等。

表 2：新强联三排滚子结构的直驱式风力发电机主轴轴承关键工艺和核心技术

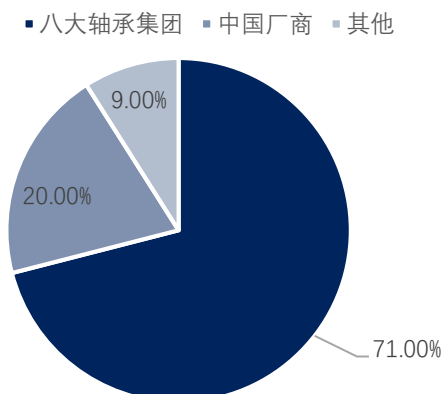
关键工艺段	核心技术
轴承材料	选用 42CrNiMo 轴承钢作套圈材料，与 42CrMo 轴承钢相比，42CrNiMo 轴承钢具有更高的屈服强度和抗拉强度、更优越的延展性、更强的低温抗冲击能力，能够更好地适应风电主轴轴承的工作环境及性能要求
淬火工艺	采用三排滚道同时淬火工艺，并通过工艺控制把软带控制在 15mm 以内，从而保证了淬硬层深度、硬度的均匀性和金相组织均匀性，并提高了轴承的寿命和可靠性，此项技术获新型实用专利
保持架	采用铜制整体结构且带有油膜导向楔角的保持架，材料选用铝青铜，结构选用整体结构，并且通过油膜导向楔角使轴承工作时摩擦表面可形成充分的油膜，从而使保持架具有更强的耐磨性和更低的摩擦系数，此技术获得发明专利
滚动体	采用对数曲线滚动体，使滚动体的载荷分布均匀，提高轴承的承载能力
深孔加工	由于主轴轴承套圈规格较大，导致其孔加工难度较大，公司不断探索加工工艺，目前能够实现深孔加工孔径 36mm，钻深超过 400mm，孔位置度 0.2mm 以内的技术能力，此技术获实用新型专利
轴承检验	研究制造了专用的风电主轴轴承试验机，并开发了试验规程，能够模拟轴承的使用不同工况，提高了产品检验能力，保证了产品质量

资料来源：新强联公告，信达机械研发中心

全球轴承市场主要由八大企业占据，风电轴承更加依赖进口

轴承技术壁垒较高，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，从生产大国到生产强国还有一定距离。全球 70% 以上的轴承市场份额，由瑞典 SKF、德国 Schaeffler、日本 NSK、日本 JTEKT、日本 NTN、日本 NMB、日本 NACHI、美国 TIMKEN 这四个国家八家大型跨国轴承企业所占据，其中瑞典 SKF 是全球最大的轴承厂商。高端轴承市场更是被上述企业所垄断，我国目前主要占据轴承行业的中低端市场，本土厂商市场占有率仅 20%。

图 6：2020 年全球轴承市场竞争格局



资料来源：华经情报网，信达证券研发中心

1) 斯凯孚：SKF 集团总部设立于瑞典哥特堡，是轴承科技与制造的领导者。SKF 的各个机构组织遍布 130 个国家，销售网遍布全球。拥有 200 家分公司、80 家制造厂、41000 位员工和 8000 家代理商和经销商。在产能方面，公司每年可生产超过五亿个轴承。在发展过程中，以节约成本、建立融洽社会关系并承担自己的责任为行为规范，并不断发展其他轴承公司加入，如 ITI Ball 于 2003 年加入，Kaydon、Cooper 等品牌于 2013 年加入等等。

2) 舍弗勒：舍弗勒成立于 1946 年，旗下拥有三大品牌：INA、LuK 和 FAG，是全球范围内提供滚动轴承和滑动轴承解决方案、直线和直接驱动技术的领导企业，也是汽车行业发动机、变速箱和底盘应用领域高精密产品与系统的知名供应商。舍弗勒在全球范围内开发并生产 INA 和 FAG 品牌的高质量滚动轴承、关节轴承、滑动轴承 和直线运动产品。LuK 品牌的离合器系统、变速箱系统和扭力减振器代表汽车传动系领域内众多产品卓越的创新能力和对客户的高度关注和极高的质量水准。

3) 日本精工株式会社：日本精工株式会社（NSK）社成立于 1916 年，是日本国内第一家设计生产轴承的厂商。NSK 在轴承领域，稳居日本首位，同时在全世界也位居前列。另外，NSK 还利用生产轴承锤炼出的精密加工技术，从很早以前就开始通过向汽车零部件、精密机械产品、电子应用产品等领域的进军，推动多方位的事业拓展。从 20 世纪 60 年代开始，积极开拓海外市场。迄今，NSK 集团已达到在 26 个国家设有海外销售网点共 76 个，在 12 个国家建立海外生产基地共 40 个（截至 2010 年 3 月 12 日）的规模。NSK 通过全球网络，努力促进开发能力、生产能力、销售能力及经营管理能力的相互强化，不断开拓市场空间。

4) 恩梯恩：恩梯恩成立于 1918，是日本三大轴承企业之一，2021 年销售额达 51.01 亿美元，总部设在大阪市西区，该公司主要生产和销售汽车，工业机械和维修商业市场的车轴轴承，等速万向节和精密设备。其产品包括机械部件，如轴承，滚珠丝杠，烧结部件等，以及外围部件如齿轮和电机（驱动电路），传感器等。它还从事条件监控系统（CMS）设备的销售，滚动轴承和滑动轴承（烧结金属，精密树脂）的制造和销售，以及高附加值产品，磁性材料和部件的开发用于混合动力车辆电源等。截至 2014 年 3 月 31 日，公司拥有 76 家子公司和 20 家关联公司。

5) 美蓓亚集团：美蓓亚集团于 1951 年创立，是日本售价微型轴承制造商。生产及销售范围囊括全球 27 个国家，具有 95 个生产基地。在产能方面，可月均生产 2.6 亿滚珠轴承，其生产的全球最小的可量产滚珠轴承外径仅 1.5 毫米。2021 年集团营业额达 9884 亿日元。

6) 不二越集团：不二越集团成立于 1928 年。该公司经营三个业务板块，分别为机床板块制造和销售工具，机械加工设备和机器人等；组件板块从事轴承，液压设备等的制造和销售；其他板块从事特种钢、运输和信息处理业务。

7) 捷太格特：捷太格特成立于 1921 年，包括机械和设备部门以及机床部门。机械和设备部门制造和销售转向和驱动系统部件（包括电动助力转向和液压动力转向系统，驱动轴和四轮驱动(4WD)电子控制联轴器）以及轴承（包括球轴承，滚子轴承，轴承单元等等）。机床部门从事磨床，切割机，加工中心，控制设备和工业热处理炉的制造和销售。

8) 铁姆肯：铁姆肯公司成立于 1899 年，是世界上最大的圆锥滚子轴承和无缝合金钢管制造公司。主要从事生产和分销圆锥滚子轴承和圆柱、球面、滚针以及精密球轴承，还生产动力传输组件及装置以及直升机传动系统、合金钢、棒材、管材等。公司的产品组合包括能量传输零件和系统、设计精良的表面和外层、润滑剂和密封件，以及售后服务。同时，公司还制造直升机变速器、高性能的精密合金钢筋条和无缝机械用管，以及加工的和半加工的钢构件。

表 3：国外主要轴承企业基本情况

国家	品牌	企业名称	成立时间	代表性产品	2021 收入 (亿美元)
瑞典	SKF	斯凯孚	1907	中大型冶金矿山轴承、汽车轴承等	95.29
德国	Schaeffler	舍弗勒	1946	滚针轴承及液压顶杆、中大型圆锥圆柱滚子轴承等	163.94
日本	NSK	日本精工株式会社	1916	小型低噪音轴承等	70.52
	NTN	恩梯恩	1918	车用等万向节轴承、中性球轴承等	53.09
	NMB	美蓓亚集团	1951	办公自动化微型轴承等	93.24
	NACHI	不二越集团	1928	中小型球轴承等	21.05
	JTKET	捷太格特	1921	汽车轴承、滚针轴承等	31.74 (轴承业务)
美国	TIMKET	铁姆肯	1899	英制圆锥滚子轴承等	41.33

资料来源：相关公司公告，信达证券研发中心

风电轴承由于规格较大，技术难度高于平均，且随着风机大型化演进，风电轴承的加工难度也将持续提升。目前国内部分厂家能够生产风电轴承，但主要集中在 2MW 及以下风电轴承，对于 3MW 及以上风电轴承，由于技术难度高，国内生产还处于起步阶段，进口依赖度较高，中大型轴承本土产量占比不足 13%。随着大型化推进，国内风电轴承高端市场有望持续扩容，行业市场集中度有望提升，竞争格局有望转好。

我国风电轴承生产基地大多位于传统轴承、齿轮等机械加工工业基地，生产基地主要集中在江苏、河南和辽宁等地。我国风电轴承厂商均可生产偏航变桨轴承，部分企业如瓦轴、洛轴、新强联等具备制造主轴轴承和齿轮箱轴承的能力。行业主要厂商包括瓦轴、洛轴、新强联、天马轴承、京冶轴承、大冶轴承等，主要占据小功率市场。

1) 瓦轴：瓦轴集团成立于 1938 年，在国内外建有 9 大制造基地，拥有十大事业部，26 个全资、控股分子公司，拥有 ZWZ 和 KRW 两大轴承品牌，公司采用国际标准，可生产内径 20 毫米至外径 16 米十大类、各种精度等级的两万多种规格轴承产品，产品主要应用于工业装备、轨道交通、汽车车辆，风电新能源和特种领域；拥有国家大型轴承工程技术研究中心、国家级企业技术中心和轴承检测试验中心，在海外拥有欧洲研发中心和美国研发中心，建立了仿真计算、材料、润滑、检测等技术创新平台。

2) 洛轴：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。历经 60 多年的建设与发展，目前产销规模、配套服务能力位于中国轴承行业综合

性制造企业前列，至今仍保持着多项中国轴承行业纪录。在研发方面，拥有国家首批认定的企业技术中心，设有国家重点实验室、国家认可实验室、院士工作站、博士后科研工作站、河南省高速重载轴承工程技术研究中心及河南省轴承产品质量监督检验中心，搭建了完善的轴承研发实验平台。在生产方面，洛轴先后通过 ISO9001、ISO14001、TS16949、CRCC、OHSAS（欧萨斯）18001、鉴衡、美国 AAR、法国 AS9100C、德国 GL 等国内外权威机构认证。产品系列涵盖九大类型，2 万余种，产品尺寸范围从内径 10mm 到外径 13.5m。拥有轨道交通车辆轴承、重大装备专用轴承等核心技术，产品广泛应用于风力发电、轨道交通、汽车摩托车、矿山冶金、工程机械、机床电机、工业齿轮箱、医疗器械、港机船舶等领域。在销售方面，洛轴建立了销售总公司和各事业部、子公司、生产厂并行的营销模式。在全国各地设有 48 个区域销售代表处，拥有近 300 家销售代理商，形成了区域与行业营销并举，各地代表处、经销商协同发展的营销体系。在国际市场方面，公司在美国、印度、越南等国家设有子公司或办事处，产品出口美国、德国、意大利、澳大利亚、韩国、印度、越南等 70 多个国家和地区。

3) 新强联：新强联成立于 2005 年。新强联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，是服务于风力发电、海工装备、港口机械、船用机械、盾构机设备等行业的创新型龙头企业。公司获得发明和实用新型专利 79 项，公司自主研制与应用的 2MW 永磁直驱式风力发电机三排圆柱滚子主轴承以及盾构机系列刀盘主轴承于 2012 年通过中国机械工业联合会组织的科技成果鉴定，分别荣获中国机械工业科学技术三等奖和二等奖，填补国内空白，达到国际先进水平。新强联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，公司也是国内率先使用无软带淬火技术研发生产大兆瓦风机双列圆锥滚子主轴承的龙头企业，实现风电主轴承国产替代进口。公司是国内生产超大直径重载回转支承的重点企业，在特大型重载回转支承的研发和制造领域独树一帜，始终处于行业领导地位，产品得到了行业内专家和客户的一致认可；在盾构机设备领域，公司成功研制盾构机刀盘主轴承，一举打破了以往国内客户一直依赖进口产品的局面。

4) 天马轴承：浙江天马轴承集团有限公司位于湖州莫干山高新技术产业开发区通航制造小镇。拥有 30 年的发展历史，公司注册资本 20.7 亿元，是一家大型轴承企业。公司主导产品有十大类共 8000 多个品种的轴承产品。产品按类别有：短圆柱滚子轴承（单双列、四列）、深沟球轴承、圆锥滚子轴承、调心滚子与调心球轴承、角接触球轴承（单双列）、推力滚子与推力球轴承、非标轴承等；按应用领域有：铁路货车、客车与轨道交通轴承、汽车轴承（新能源）、风电轴承、船舶轴承、机床轴承、机械轴承、冶金轧机轴承、电机轴承等。

5) 京冶轴承：北京京冶轴承股份有限公司成立于 2001 年 01 月 21 日，产品范围涵盖制造轴承、冶金及通用机械零部件、包装机械、轴承表面处理、开发轴承、冶金及通用机械零部件、包装机械；销售方面，除销售自产产品，业务包括货物进出口、技术进出口及代理进出口。

6) 烟台天成：烟台天成机械有限公司成立于 2015 年 11 月，公司注册资金 1 亿元，总投资 6 亿元人民币。公司将致力于新能源装备制造，专注于回转支承的研发与制造，可提供中心滚道直径 200mm-5000mm 范围各类回转支承。公司主要产品为风力发电用变桨与偏航轴承。

7) 大冶轴承：大连冶金轴承股份有限公司成立于 1984 年，设有铁路专用线，是国内外冶金钢铁、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。在研发方面，是国家首批认定的高新技术企业，拥有中国合格评定国家认可委员会认可的检测实验中心、辽宁省企业技术中心、大连市兆瓦级风电轴承工程实验室和技术研究中心。在生产方面，先后购置 100 余条自动化生产线，自 2003 年起使用先进的 ERP 信息网络管理系统、PLM 技术设计系统、MES 生产管理系统等智能系统，使产品生命周期的每一环节得到严苛把控，极大提升了企业可持续发展能力。

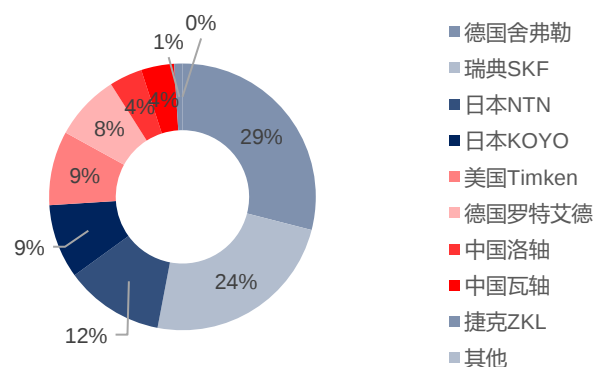
8) 洛阳新能：洛阳新能轴承制造有限公司成立于 2006 年 5 月 26 日，是以轴承开发、设计、制造、销售、服务为一体的高新技术企业。在研发方面，公司拥有 2 个省级研发平台，建有仿真计算实验室；风电轴承检测中心通过中国合格评定国家认可委员会 CNAS 认证，具备独立的对外检测资质。在生产方面，公司产品生产采用先进的大型数控设备，主要产品兆瓦级风力发电机组配套轴承，在全国各地得到广泛应用。公司年产量为 8000 套轴承，产品加工尺寸从 0.5m-6.0m，产品加工精度最高可达 P4 级。

表 4：国内主要风电轴承制造厂商业务基本情况

轴承厂商	基本情况	产品布局				
		主轴轴承	偏航轴承	变桨轴承	齿轮箱轴承	发电机轴承
瓦轴	国内最大的轴承技术与产品研发和制造基地	√	√	√	√	√
洛轴	国内最早研制生产轴承的企业	√	√	√	√	√
新强联	主要从事大型高端回转支承的研发、生产和销售，产品主要包括风电主轴轴承、偏航轴承、变桨轴承、盾构机轴承及关键零部件	√	√	√	√	
天马轴承	国内大型轴承企业，主导产品有十大类共 8000 多个品种的轴承选择		√	√		
京治轴承	风电轴承行业的领先企业，业务以风电轴承、冶金设备轴承、矿山设备轴承等大型、特大型、超大型轴承产品开发、生产及销售为主	√	√	√		
烟台天成	主营风电大直径轴承设计与制造	√	√	√		
大冶轴承	国内外冶金钢铁、水泥建筑、矿山机械、传动机械、工程机械、港口机械、军工机械、风电设备等重大装备配套轴承的专业制造商		√	√		
洛阳新能	主要生产与风力发电机组配套的偏航轴承、变桨、转盘轴承		√	√		

资料来源：相关公司公告，信达证券研发中心

主轴轴承：主要由八大集团垄断，小兆瓦主轴轴承本土企业占有一席之地，大兆瓦逐步突破。主轴技术壁垒最高，在各类轴承中的集中度也是最高的，主要轴承品牌集中在德国、瑞典、日本等八大品牌。2020 年全球风电主轴轴承市场前三家企业分别是舍弗勒、斯凯孚和 NTN，三家企业的市占率分别是 29%、24%、12%，合计占比达 65%，本土企业在小兆瓦的主轴轴承领域已经形成销售，洛轴和瓦轴的市场份额分别为 4%、4%，且份额呈现逐步提升的态势，未来随着风机大型化趋势，主轴轴承市场集中度也有望持续提升。

图 7：2020 年全球风电主轴轴承市场格局


资料来源：电气风电公告，信达证券研发中心

本土企业在大功率风机主轴轴承领域的技术追赶从未停止，和国外八大品牌的技术差距也在不断缩小。本土企业中新强联、瓦轴、洛轴等企业在兆瓦级主轴轴承领域已经形成逐步形成销售，主轴领域的国产化步伐在不断加快。

表 5：国内企业主轴轴承研发和市场推广进度

国内主要主轴轴承企业	主轴轴承研发和市场推广进度
新强联	3MW 主轴轴承已实现大批量生产，5.5MW 主轴轴承也已开始批量供货。2021 年募资 14.6 亿元新建生产线项目，主要生产 3.0MW 及以上大功率风力发电主机主轴轴承、偏航轴承和变桨轴承，达产后预计年产 3-4MW 主轴轴承 1200 个，4-6MW 主轴轴承 300 个。
瓦轴	2021 年完成 4.XMW 平台风机单列圆锥主轴轴承的研制，填补了国内空白，典型样件顺利出产并通过国内风电行业主要企业验收。
洛轴	2016 年研制的国内首套 6MW 风电主轴轴承通过验收。2021 年 9 月成功研制国内首套 7MW 海上风电主轴轴承，已具备兆瓦级系列风电轴承等整套风电轴承解决方案。
天马轴承	2021 年 8 月研制的国内首套 8MW 海上风电主轴轴承正式下线。
大冶轴承	2019 年实现了 4.0MW 级主轴轴承的批量交付，2021 年与大连理工大学联合成立智能轴承联合研究中心，开展“兆瓦级海上风电智能化主轴轴承研制及应用”等项目研究。
京冶轴承	2022 年 1 月完成了海上 5.5/7.0MW 风电主轴轴承的设计与试制，其产品制造达到了国内行业先进水平。

资料来源：相关公司公告，信达证券研发中心

齿轮箱轴承、偏航变桨轴承：齿轮箱轴承目前的国产化程度较低，尤其在大功率风机领域进口依赖度更高，主要是由于齿轮箱的工况更加恶劣，鉴于高昂的维保成本，对齿轮箱轴承的稳定性和可靠性要求更高。偏航变桨轴承在小兆瓦风机领域基本已经完成国产替代，在大兆瓦领域国产化率相对较低。此外，风机大型化趋势下，大功率风机逐步采用独立变桨，替代传统的统一变桨方案，对变桨轴承的要求也进一步提高，独立变桨轴承迎来变革，竞争格局也有望重塑，为提前有布局的企业带来新的业绩增长点。

风机大型化带动轴承技术迭代，独立变桨有望成为主流

1、独立变桨系统相较统一变桨能够提高机组的运行可靠性

风机大型化趋势明确，随风机功率增加，轴承规格提高，技术难度提升，除此以外，变桨控制技术也有望迎来革新。风机功率增加，直接带来叶片长度、扫风面积和垂直高度差的增加，进而导致风轮面内载荷不平衡，目前多数机组叶片桨距调节方式为统一变桨控制。

统一变桨控制的机组在运行过程中面临湍流、风切变等外部气动条件时，每个叶片接受一个大小相同的变桨命令来调节桨距角，以确保机组保持额定状态，无法实现风轮载荷平衡，并会因此引起传动链的震动，最终会增加机组疲劳载荷，从而导致机组制造成本的增加、安全稳定性的下降和使用寿命的缩短。

为解决机组载荷不平衡的问题，独立变桨技术的研究应运而生。独立变桨技术通过在统

一变桨的基础上，以单个叶片上的受力状况或风速条件为输入，单独为每个叶片给定各自的桨距角附加值，从而使各个叶片的受力状况趋于一致，从而减小由湍流、风切变等外部因素引起的风轮面内载荷不平衡以及机组振动，从而降低整机疲劳载荷，降低机组制造成本，提高机组运行的安全可靠性能。

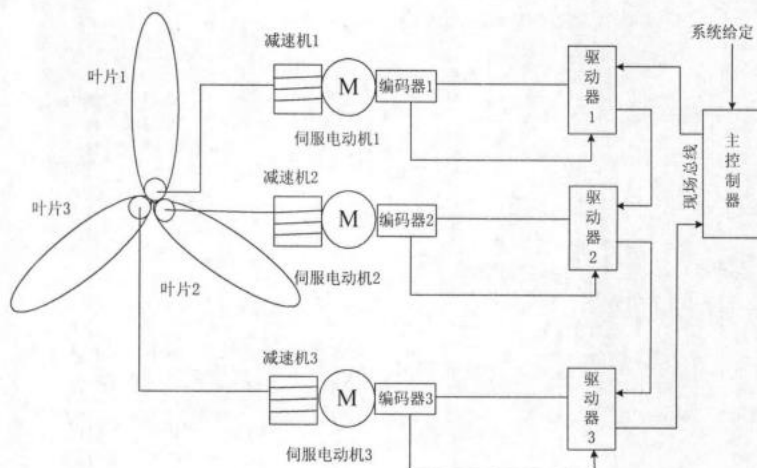
2、独立变桨需要更高级别的变桨轴承，大型化驱动逐步成为主流

独立变桨系统包括液压变桨距系统和电动变桨距系统两种。液压变桨距执行机构具有变距力矩大、响应快、便于布置和集成等优点，但由于需要用到液压油，容易受到寒冷和漏油的困扰；电动变桨距执行机构由于采用三个变桨伺服电机驱动，因此具有变距力矩大、结构紧凑的优点，不存在漏油的风险。就目前的发展情况来看，大型风力发电机组发展的趋势是采用电动变桨距系统。

电动式独立变桨系统可以使 3 个叶片独立实现变桨距。变桨执行机构位于轮毂内，风机控制系统根据风速等信号给定桨距信号，桨距信号通过穿过主轴的光纤传递给变桨执行机构，3 个变桨执行机构分别驱动个叶片进行变桨。每个叶片的变桨执行机构均包括蓄电池、变桨控制器、伺服电机和减速机，均安装轮毂内。在轮毂与机舱连之间还安装有一个总电气开关盒。由于轮毂和机舱之间存在相对旋转运动，变桨系统的所有通信光纤和电缆都要依靠集电环与机舱内的主控制器连接。集电环装在变速箱输入轴的出口端。

单个叶片变桨距装置一般包括控制器、伺服驱动器、伺服电机、减速机、变距轴承、传感器、角度限位开关、蓄电池、变压器等。伺服驱动器用于驱动伺服电机，实现变距角度的精确控制。传感器可以是电机编码器和叶片编码器。电机编码器测量电机的转速，叶片编码器测量当前的桨距角，与电机编码器实现冗余控制。蓄电池是出于系统安全考虑的备用电源。

图 8：风电独立变桨系统示意图（以电动式独立变桨为例）



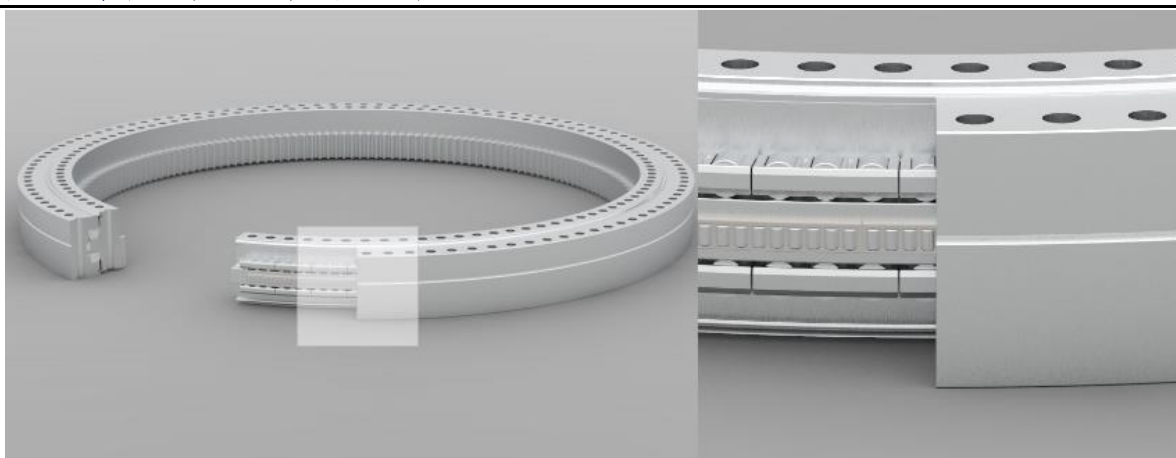
资料来源：《大型风力发电机组独立变桨技术》，信达证券研发中心

随风电大型化推进，独立变桨技术有望逐步成为市场主流，独立变桨系统对轴承承载力的要求更高，独立变桨轴承的结构也将从单排、双排、球轴承向承载力更强的三排圆柱滚子轴承转变，单套价值量有所提升，驱动变桨轴承市场扩容。传统的统一变桨轴承采用的轴承类别包括双排四点接触球式结构，这是一种分离型轴承，可承受双向轴向载荷的角接触球轴承，其内、外圈滚道是桃型的截面，当无载荷或是纯径向载荷作用时，钢球和套圈呈现为四点接触。随着风机规格的增大，无论其刚性和承载能力都无法满足要求。

独立变桨系统采用的是三排圆柱滚子轴承。三排圆柱滚子轴承一般的特点是，同时承受轴向载荷、倾覆力矩和径向载荷，与交叉圆柱滚子转盘轴承相比减少了每个滚子的载荷，与双排异径球转盘轴承相比由点接触改为线接触，降低了接触应力，因此，在相同外形尺寸条件下其承载能力是最高的轴承。该结构的轴向载荷和径向载荷分别由不同滚子承受，其中轴向载荷和倾覆力矩由轴线水平放置的两组滚子承受，径向载荷由轴线垂直放置的一组滚子承受，适用于大型机械。

独立变桨的三排圆柱滚子轴承一般结构设计和用于其他领域的三排圆柱轴承类似，另外也需要对风电变桨应用领域进行更加针对性的研发，以达到提高风机运行稳定性和发电效率的目的。以新强联自主研发的独立变桨轴承为例，其核心技术包括，滚子引导保持架的低摩擦轴承结构，减小了轴承的驱动力矩；独立三排圆柱滚子独立变桨轴承的预紧试验方法，保证了轴承的安装使用效果，保证工作游隙在可控状态下工作，提高了轴承的使用寿命；负游隙三排圆柱滚子轴承装配方法，保证轴承的装配精度。

图 9：新强联三排圆柱滚子独立变桨轴承示意图



资料来源：新强联官网，研究信达证券研发中心

独立变桨已经在大风机上逐步应用，具有独立变桨轴承生产能力的厂商较少，包括新强联、成都天马、恒润股份等少数厂家，未来随着独立变桨的推广应用，提前布局独立变桨轴承的国内领先厂商最为受益。新强联 2019 年率先成功研制了三排圆柱滚子独立变桨轴承，实现批量生产，主要客户包括远景能源、明阳智能等；成都天马对独立变桨轴承的研发布局也较早，目前已经形成批量出货，主要客户包括 GE、维斯塔斯等；恒润股份定增募投项目陆续投产，逐步具备批量供应独立变桨轴承的能力。

表 6：独立变桨轴承主要国产厂商基本情况

公司	业务进度	主要客户
新强联	2019 年研制出三排圆柱滚子独立变桨轴承，2021 年独立变桨轴承已实现批量销售。	远景能源、明阳智能、三一重能、海装风电、东方电气
成都天马	是国内较早研制出三排圆柱滚子变桨轴承的厂家，已批量供货。	GE、VESTAS、SIEMENS、GOLDWIND 等
恒润股份	2022 年轴承募投项目陆续投产，已开始小批量供货。	尚未大批量供货

资料来源：相关公司公告，信达证券研发中心

研究团队简介

刘卓，对外经济贸易大学金融学硕士，2017 年加入信达证券研发中心，曾任农林牧渔行业研究员，现从事机械设备行业研究。

刘俊奇，上海交通大学动力工程硕士，2021 年加入信达证券研发中心，现从事机械设备行业研究。

机构销售联系人

区域	姓名	手机	邮箱
全国销售总监	韩秋月	13911026534	hanqiyue@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	许锦川	13699765009	xujinchuan@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成分不曾与，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。