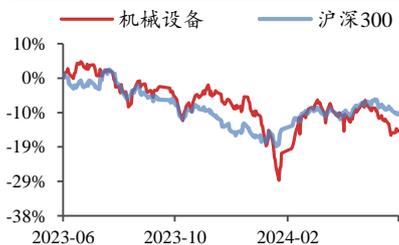


机械设备

2024年06月15日

投资评级：看好（维持）

行业走势图



数据来源：聚源

相关研究报告

《聚焦新质生产力，科技成长价值重塑—行业点评报告》-2024.6.14

《掘金长期价值，寻找机械板块的“价值锚”—行业投资策略》-2024.6.12

《核电设备景气上行，四代核电及乏燃料引领新增量—行业深度报告》-2024.6.7

轴承：工业的关节，新需求孕育新动力

—行业深度报告

孟鹏飞（分析师）

mengpengfei@kysec.cn

证书编号：S0790522060001

熊亚威（分析师）

xiongyawei@kysec.cn

证书编号：S0790522080004

● 轴承是工业的“关节”，小产品大用途，核心壁垒为技术沉淀与成本优势

轴承是机械传动的支承体，其精度、性能和可靠性对机械设备性能起关键作用，直接影响国家工业发展水平。按照轴承下游应用领域，可以分为消费级低端轴承（家电）、工业级中高端轴承（汽车、风电、机床、工程机械、机器人）、航天级高端轴承（航空航天、高铁）。中高端轴承在热处理、材料选择、材料设计、磨削加工、机加工等工艺上具有显著壁垒，我国轴承产品在一致性、寿命、产品性能等方面与海外仍有一定差距。

● 千亿级别市场，汽车、人形机器人、风电和高端母机带来需求增量

轴承作为机械设备基础零部件，行业景气度随制造业景气度波动。2022年，中国市场规模为2500亿元，同比增长9.7%，下游汽车、人形机器人、风电、高端母机将带来广阔增量：**(1) 新能源车轴承**：我国市场规模有望从2022年108亿元提升至2030年的293亿元；**(2) 人形机器人轴承**：出货量为100万台预计对应轴承市场空间35亿元。**(3) 风电轴承**：2025年我国市场规模有望达到368亿元，其中风电滑动轴承37亿元；**(4) 机床轴承**：2022-2028年全球机床轴承市场规模有望从231.51亿元提升至289亿元，CAGR为3.91%。大规模设备更新政策催化下，轴承作为工业设备核心运转部件，有望率先受益。

● 他山之石：百年巨头斯凯孚，横向并购+纵向整合构筑护城河

全球轴承行业多年竞争，形成集中在瑞典、德国、日本、美国四个国家的八家大型轴承企业2020年市占率共70.7%。我们复盘百年轴承巨头斯凯孚发展历史，内生外延构筑发展护城河。**内生方面**：斯凯孚聚焦主业，基于设计、工艺和材料深入研究，提供最先进的终端解决方案；**外延方面**：斯凯孚通过投资并购，纵向一体化整合产业链提高产品性能、横向并购扩大能力圈与产能规模。

● 中高端国产替代叠加行业集中度提升，看好国内轴承龙头和铲子股发展

(1) 中高端国产替代加速。我国轴承中高端产品占比不足20%，特别在风机、重载铁路、动车组等领域，随着我国持续推进国产轴承高端化、精细化发展，不断解决高端轴承卡脖子问题，国产轴承龙头综合实力不断壮大。**(2) 市场集中度提升**。2022年国内轴承头部厂商人本集团、万向钱潮营收分别达93.89、140.15亿元，舍弗勒、斯凯孚营收达1173.49、645.49亿元，国产龙头发展空间大。我国轴承行业格局较为分散，市场集中度提升利好龙头发展。依据海外巨头斯凯孚的成长史，我们挖掘出国内具备并购整合能力与纵向沉淀的轴承龙头。

轴承行业资本开支扩大，刀具、设备等铲子股需求上行。轴承加工包括热处理、车加工和磨削加工，磨床设备是高端轴承制造“卡脖子”环节，高端磨床企业有望受益。新兴需求带动轴承行业资本开支扩大，刀具作为主要耗材将持续受益。

推荐标的：五洲新春、长盛轴承、恒锋工具、秦川机床、宇环数控。

受益标的：力星股份、光洋股份、新强联、苏轴股份、金沃股份、沃尔德、浙海德曼。

● 风险提示：新兴市场需求不及预期、中高端轴承国产化进度不及预期。

目录

1、轴承：工业的关节，小轴承撬动千亿大市场.....	5
2、千亿级别大市场，汽车、机器人等新兴需求推动市场不断扩容.....	7
2.1、新能源车渗透率提升，带动轴承需求翻倍.....	9
2.2、人形机器人量产在即，轴承需求释放可期.....	10
2.3、风电装机保持高增，大型化带来滑动轴承需求.....	14
2.3.1、风电轴承以滚动轴承为主，大型化趋势带动滑动轴承需求.....	14
2.3.2、预计 2024-2025 年滑动轴承市场规模有望从 3 亿元增长至 36.9 亿元.....	18
2.4、机床行业处于周期底部，景气提升带动轴承需求复苏.....	19
3、设备更新加速行业拐点来临，布局正当时.....	20
3.1、我国轴承行业景气度仍于底部震荡.....	20
3.2、大规模设备更新方案发布，顺周期方向将率先受益.....	21
3.2.1、投资端：有望拉动能源/基础设施/交运/农机等行业的设备需求.....	21
3.2.2、消费端：汽车、家电等耐用消费品产业链有望直接受益.....	22
4、他山之石：百年巨头斯凯孚，横向并购+纵向整合构筑护城河.....	23
4.1、观海外：格局稳定，高度集中，八大家占据全球 70% 市场份额.....	23
4.2、复盘海外轴承巨头成长历程——以 SKF 为例.....	24
5、中高端国产替代叠加行业集中度提升，看好国内轴承龙头发展.....	28
5.1、国内轴承市场低端产能有望逐步出清，市场份额向头部集中.....	28
5.2、国产替代与新兴需求拓宽国内轴承企业发展空间.....	30
5.3、轴承受益标的.....	31
5.3.1、五洲新春：卡位机器人、新能源汽车高景气赛道.....	31
5.3.2、长盛轴承：国内滑动轴承领头羊，新能源汽车为主要营收来源.....	32
5.3.3、力星股份：轴承滚动体领导者，全资子公司布局新能源车陶瓷球.....	32
5.3.4、光洋股份：深耕汽车轴承，发力新能源汽车与机器人轴承市场.....	33
5.3.5、人本股份（IPO 申报）：机器人、新能源汽车、高铁等中高端轴承取得多项突破.....	33
5.3.6、国机精工：坐拥轴研所优质资产，承担高端轴承国产替代使命.....	33
6、轴承行业资本开支扩大，刀具、设备等铲子股需求上行.....	34
6.1、车加工、热处理和磨削加工为轴承主要工艺环节.....	34
6.2、原材料、热处理工艺、磨削设备为国内外轴承产业主要差距点.....	35
6.3、轴承与丝杠生产工艺相通，轴承厂商转向丝杠生产具备先天优势.....	36
6.4、轴承：资本开支扩大推动刀具、设备需求提升，关注高端磨床.....	39
7、投资建议.....	43
8、风险提示.....	44

图表目录

图 1：轴承是机械传动轴的支承.....	5
图 2：滑动轴承示意图.....	5
图 3：滚动轴承示意图.....	6
图 4：轴承产业链涵盖金属材料、设备、轴承制造等方向.....	7
图 5：2022 年我国轴承行业整体营业收入 2500 亿元.....	8
图 6：2022 年我国轴承行业产量 259 亿套.....	8
图 7：2021 年，来自汽车行业的轴承消费量已占到轴承行业总量的 39.19%.....	8
图 8：新能源汽车较传统燃油汽车新增电驱动总成，对轴承提出新的挑战.....	9
图 9：旋转关节和线性关节使用不同的轴承.....	11
图 10：角接触轴承用在旋转关节固定部分和高速电机轴之间.....	11
图 11：交叉滚子轴承是人形机器人所需轴承中难度最大的品类.....	11
图 12：每个线性关节使用 1 个深沟球轴承和 1 个四点接触轴承.....	12
图 13：CSF/CSG 系列十字交叉滚子轴承.....	12
图 14：SHF/SHG 系列十字交叉滚子轴承.....	12
图 15：谐波减速器用柔性轴承.....	13
图 16：角接触球轴承能够消除丝杠轴向松动的结构.....	14
图 17：滚柱丝杠轴承放大图.....	14

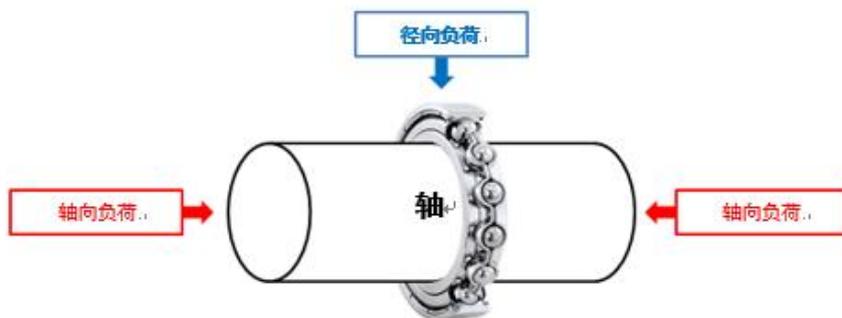
图 18: 2023 年我国风电新增装机量达 75.9GW	15
图 19: 2023 年全球风电新增装机量达 116.6GW	15
图 20: 双馈式风力发电机示意图	15
图 21: 直驱式风力发电机示意图	15
图 22: 风轮直径与风电机组功率呈正相关关系	16
图 23: 国内外滑动轴承风电齿轮箱样机的功率等级逐渐提升	17
图 24: 径向+推力设计使滑动轴承有承受非扭载荷能力	17
图 25: 柔性销滑动轴承改善受力状态与行星级均载性能	17
图 26: 2020 年我国风电主轴、齿轮箱和发电机轴承国产化率较仅为 32.97%、0.58%、0.22%	19
图 27: 2019 年我国风电轴承厂商全球市占率均低于 5%	19
图 28: 机床主轴轴承	19
图 29: 轴承行业景气度跟随制造业景气周期波动	20
图 32: 我国房地产建设逐步收窄	21
图 33: 本次方案聚焦重点行业、市建设施、交运、老旧农机、教育医疗等领域	22
图 34: 轴承全球轴承行业主要由八大跨国集团占据 (2020 年)	23
图 35: 国内轴承企业营业收入距离国际大厂仍有差距	23
图 36: 斯凯孚发展主要经历五个阶段	25
图 37: 斯凯孚经过百年发展, 2023 年营业收入达 1038.8 亿瑞典克朗 (约合人民币 712 亿元)	26
图 38: 近 35 年斯凯孚营业收入进入快速上升期	26
图 39: 1998 年以来公司毛利率稳中有升	27
图 40: 近 35 年公司利润整体呈现波动上升态势, 具有较强的抗风险能力	28
图 41: 国内轴承行业集中度低, CR6 仅为 24.1% (2021 年)	29
图 42: 轴承行业内企业净利率呈下降趋势	29
图 43: 轴承行业每股经营活动现金流较低	29
图 44: 中高端轴承产量占比整体低于 20%	30
图 45: 进口均价高于出口均价, 中高端轴承发展不足	30
图 46: 2022 年我国风电主轴轴承国产化率有望达 40%	30
图 47: 轴承生产全工艺流程	34
图 48: 陶瓷材料正广泛应用于轴承中	35
图 49: 轴承材质单列角接触球轴承适用于高速旋转	35
图 50: 在中高端轴承领域, 国产品牌在原材料洁净度、热处理工艺水平、磨削设备自主化上落后于海外品牌	35
图 51: 行星滚柱丝杠以及滚珠丝杠的主要生产流程	37
图 52: 智能汽车、人形机器人等新需求拉动下, 丝杠行业迎来高增长	39
图 53: 磨床是轴承生产的关键设备	40
图 54: 轴承内外圆需要经过平面磨削、内/外径磨削、沟 (滚) 道磨削等工序加工	40
图 55: 轴承磨削需要端面磨床、外圆磨床、内圆磨床、无心磨床等数控机床	40
图 56: 年产 629 万套轴承对应设备投资额 (万元)	40
图 57: 年产 629 万套轴承对应各类设备投资额占比	40
图 58: 行星滚柱丝杠主要由丝杠、螺母、滚柱三部分构成	41
图 59: 旋风铣只需 1Pass 即可完成加工	42
图 60: 旋风铣采用旋风铣刀	42
图 61: 外螺纹磨削工艺主要采用螺纹磨床	42
图 62: 螺纹铣削工艺使用铣刀	43
图 63: 攻丝工艺使用丝锥	43
表 1: 常见滚动轴承及其应用	6
表 2: 汽车发电机、传动系统、转向系统以及其他辅助部件均需要使用轴承	9
表 3: 我们预计 2030 年国内新能源车轴承市场规模有望增长至 292.5 亿元	9
表 4: 国产新能源汽车销量高速增长	10
表 5: 根据轴承配套关节零部件的不同对机器人轴承进行分类	10
表 6: 人形机器人打开轴承行业第二增长曲线	14
表 7: 人形机器人打开轴承行业第二增长曲线	14
表 8: 国内 1.5MW 及以下机组退役、技改潜在市场规模达 60GW	16
表 9: 预计 2025 年国内风电滑动轴承市场规模为 36.9 亿元	18

表 10: 国内外轴承企业风电产品覆盖种类.....	18
表 11: 发改委、工信部等六部门发布新版产品设备能效水平标准.....	22
表 12: 全球八大轴承企业概览.....	24
表 13: 公司成立以来并购企业超过 84 家, 轴承相关企业占大多数.....	27
表 14: 国家鼓励高端精密轴承发展.....	31
表 15: 各市场规模以及主要玩家.....	31
表 16: 部分设备可以在轴承和丝杠生产流程中共用.....	38
表 17: 部分轴承企业已布局丝杠产品, 初步具备量产能力.....	39
表 18: 国内可供应轴承生产前道设备和后道中低端设备.....	41
表 19: 磨削与旋风铣加工优势比较.....	42
表 20: 内螺纹加工刀具包括丝锥和螺纹铣刀.....	43
表 21: 轴承制造企业受益标的盈利预测.....	43
表 22: 轴承设备铲子股受益标的盈利预测.....	44

1、轴承：工业的关节，小轴承撬动千亿大市场

轴承是机械传动的支承：主要功能是支承旋转轴或其它运动体，进行转动或移动运动并承受相应的载荷和转速。轴承的精度、性能和可靠性对机械设备的性能起着关键作用，因此其技术水平直接影响着一个国家工业发展的水平。

图1：轴承是机械传动轴的支承



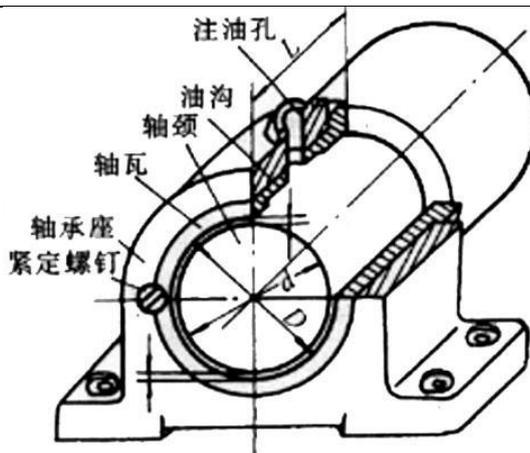
资料来源：捷太格特中国官网

根据轴承中摩擦性质的不同，可将轴承分为滑动轴承和滚动轴承

(1) **滑动轴承：**适用于低速低噪音环境下，多应用于家电、电动工具、印刷机械、摩托车等；

(2) **滚动轴承：**适用于高速高载荷环境下，多应用于汽车、飞机发动机、机床、轴承和涡轮机等领域。

图2：滑动轴承示意图



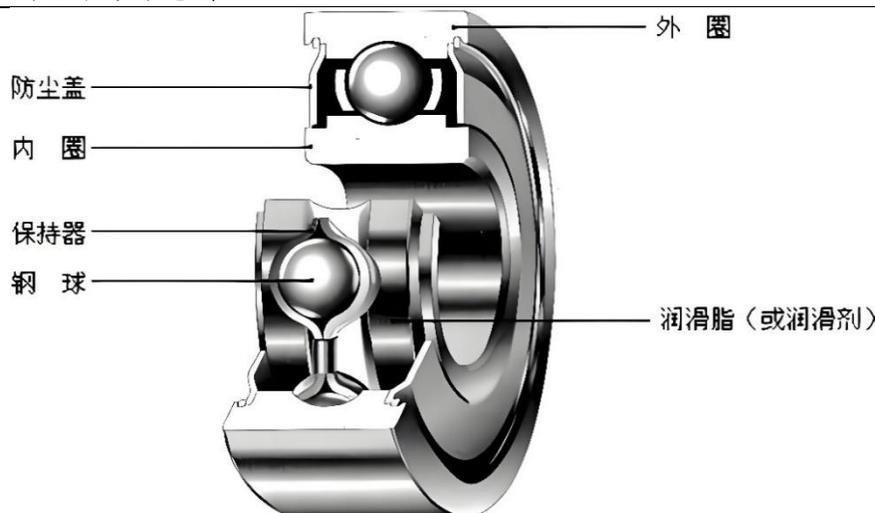
资料来源：龙城国际官网

滑动轴承由以下部分组成：轴被轴承支承的部分称为轴颈，与轴颈相配的零件成为轴瓦。轴瓦可以做成整圆筒形，也称为轴套，是支撑并旋转于轴上的主体零件。用于支撑和固定轴瓦的部分称为轴承座。为了改善轴瓦表面的摩擦性质而在其内表面上浇铸的减摩材料层称为轴承衬。注油孔用于向油沟内注入润滑油，而油沟则用于储存润滑油并使润滑油均匀分布。

滑动轴承靠平滑面支撑转轴，在滑动摩擦下工作，具备工作平稳、可靠、无噪声的优点。在液体润滑条件下，滑动表面被润滑油分开而不发生直接接触，还可以

大大减小摩擦损失和表面磨损。此外，滑动轴承承压面积大，承载能力相对较高。

图3：滚动轴承示意图



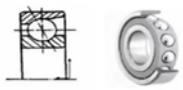
资料来源：安昂五金机电官网

滚动轴承一般由内圈、外圈、滚动体和保持架四部分组成。内圈的作用是与轴相配合并与轴一起旋转；外圈作用是轴承座相配合，起支撑作用；滚动体是借助于保持架均匀的将滚动体分布在内圈和外圈之间，其形状大小和数量直接影响着滚动轴承的使用性能和寿命；保持架能使滚动体均匀分布，引导滚动体旋转起润滑作用。此外，润滑剂也被视为滚动轴承的第五大件，主要起润滑、冷却、清洗等作用。

滚动轴承依靠滚动体的传动支撑转轴，具有更低且数值更稳定的摩擦系数，摩擦损失较小。在投入实际应用的情形下，滚动轴承还具备使用维护方便、起动性能好的优势，并且在高载荷环境下有较强的承载能力。

轴承种类和下游应用领域广泛，国产轴承集中在中低端滚动轴承种类众多，可根据其承载方向、滚动体种类、滚动体列数、形状等标准进行分类。轴承构造、材料选取决定轴承的性能和使用场景。

表1：常见滚动轴承及其应用

轴承种类	结构及特点	下游应用	示意图
深沟球轴承	在结构上深沟球轴承的每个套圈均具有横截面大约为球的赤道圆周长的三分之一的连续沟型滚道。与尺寸相同的其它类型轴承相比，该类轴承摩擦系数小，极限转速高，精度高。	汽车、拖拉机、机床、电机、水泵、农业机械、纺织机械等。	
角接触球轴承	套圈与球之间有接触角，标准的接触角为15°、30°和40°，接触角越大轴向负荷能力也越大，接触角越小则越有利于高速旋转。	单列：机床主轴、高频马达、燃气轮机、小型汽车前轮、差速器小齿轮轴。双列：油泵、罗茨鼓风机、空气压缩机、各类变速器、印刷机械。	
四点接触轴承	可承受径向负荷与双向轴向负荷，单个轴承可代替正面组合或背面组合的角接触球轴承，适用于承受纯轴向负荷或轴向负荷成份较大的合成负荷。	主要用途：飞机喷气式发动机、燃气轮机。	
圆锥滚子轴承	滚动体为有圆台形滚子，滚子由内圈大挡边引导，设计上使得内圈滚道面、外圈滚道面以及滚子滚动面的各圆锥面的顶点相交于轴承中心线上的一点。	汽车：前轮、后轮、变速器、差速器小齿轮轴。机床主轴、建筑机械、大型农业机械、铁路车辆齿轮减速装置、轧钢机辊颈及减速装	

轴承种类	结构及特点	下游应用	示意图
交叉滚子轴承	滚动体一般采用圆柱滚子或者圆锥滚子在滚道上十字交叉相互排列，滚子与滚子之间通过保持器或者隔离块间隔，可以承受轴向载荷、径向载荷和倾覆力矩等各个方面的载荷，与传统结构轴承相比，刚性提高3-4倍	适用于工业各种旋转部位、旋转工作台等应用场合。	
柔性轴承	柔性轴承主要承受交变弯曲应力、扭矩应力，由于其壁厚比较薄，在与凸轮配合时更容易发生一定的变形，轴承内外圈、滚动体均采用高碳铬轴承钢,保持器采用尼龙整体式保持器。	谐波减速器	 图2 谐波轴承单元示意图

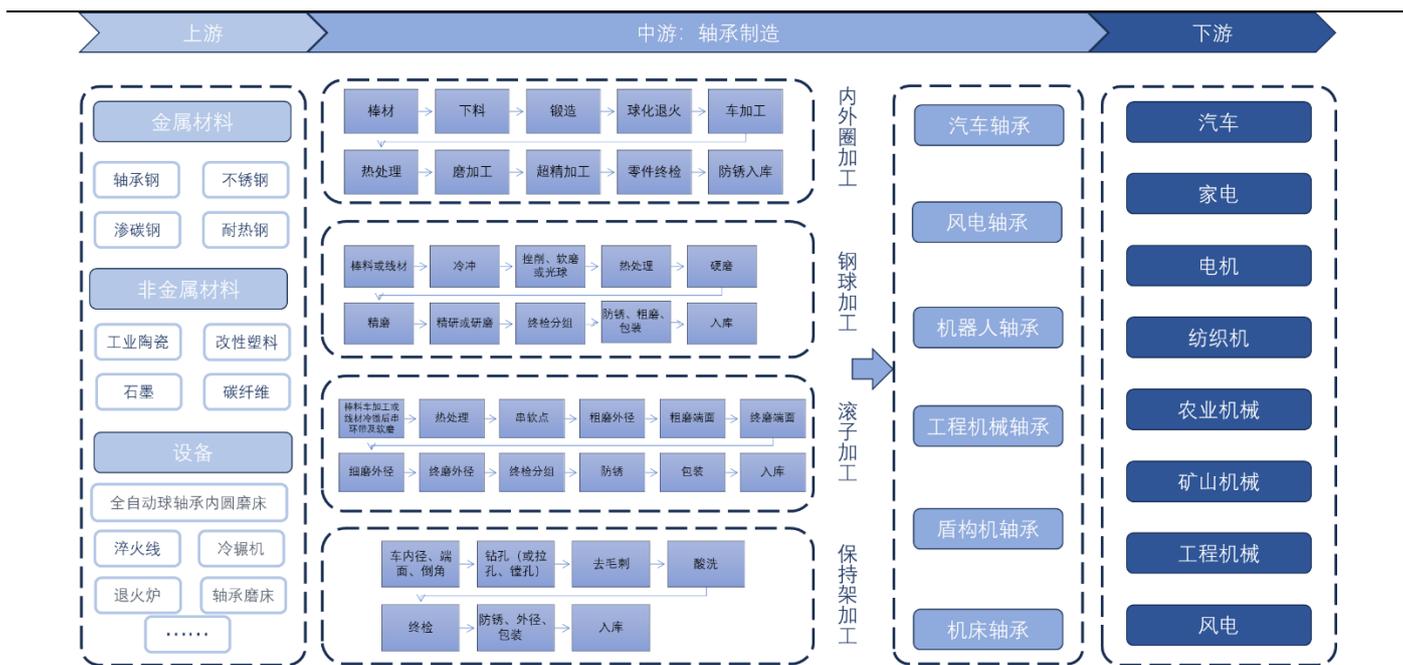
资料来源：金属加工公众号、开源证券研究所

轴承产业链：

(1) 上游：主要包括特种钢材、铜材、非金属材料等供应商。

(2) 下游：广泛应用于工业自动化、高端装备、机器人、汽车制造、工程机械、家用电器、电动工具、纺机、农林机械、国防、能源、航空航天及轨道交通等领域。

图4：轴承产业链涵盖金属材料、设备、轴承制造等方向

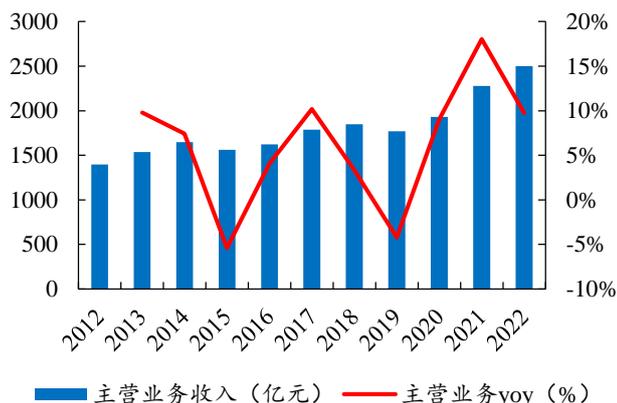


资料来源：中商产业研究院、开源证券研究所

2、千亿级别大市场，汽车、机器人等新兴需求推动市场不断扩容

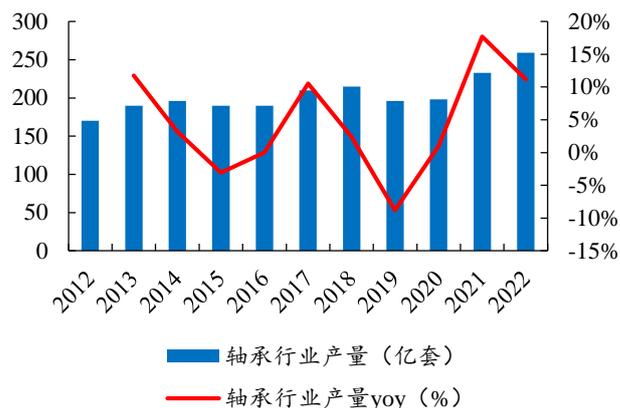
中国是全球第三大轴承生产国，汽车是最大的下游应用领域。2022 年我国轴承行业整体营业收入 2500 亿元，产量 259 亿套。汽车是轴承应用最广泛的领域，2021 年来自汽车行业的轴承消费量已占到轴承行业总量的 39.19%。

图5：2022年我国轴承行业整体营业收入2500亿元



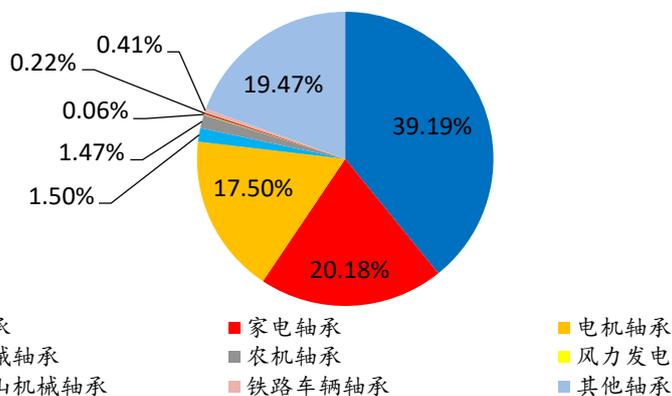
数据来源：中国轴承工业协会、观研报告网、开源证券研究所

图6：2022年我国轴承行业产量259亿套



数据来源：中国轴承工业协会、观研报告网、开源证券研究所

图7：2021年，来自汽车行业的轴承消费量已占到轴承行业总量的39.19%



数据来源：人本股份招股说明书、开源证券研究所

新能源汽车、人形机器人带来新兴轴承需求。当前，国产轴承厂商大多处于海外轴承大厂发展的第一阶段，以新能源汽车、人形机器人为代表的新兴市场增量需求将为具备研发实力与卡位优势的厂商带来发展所需的资金，助力这些企业进一步拓展不同下游市场扩大营收规模、抵御行业波动。

风电轴承国产替代空间较大，以滑替滚趋势逐渐显现。我国风电轴承主要依赖进口，国产化率较低。风电主轴轴承、齿轮箱轴属于附加值较高的两个产品，但国产化率仍处于较低的水平，分别只有 32.97%、0.58%。滑动轴承具有承载能力强、体积小、结构简单等特点，将会是未来风电齿轮箱最具潜力的设计方案之一，有望逐渐实现“以滑替滚”。

机床轴承包括主轴轴承、丝杠轴承和传动轴轴承，面临较大国产替代空间。2023 年全球市场规模达 231.51 亿元人民币，贝哲斯咨询预计 2028 年全球机床轴承市场总规模有望达 289.48 亿元。国内高端数控机床零部件自供率较低，轴承厂商面临较大国产替代空间。

2.1、新能源车渗透率提升，带动轴承需求翻倍

单台汽车轴承价值量为 1500 元。传统汽车的驱动、转向、传动、底盘及辅助系统等领域以及新能源汽车的电机、减速器等部件均需要使用轴承。根据捷太格特官网和 NSK 数据，单台汽车约使用 100 套轴承。根据中国轴承工业协会数据，单台汽车轴承价值量约 1500 元。

表2：汽车发电机、传动系统、转向系统以及其他辅助部件均需要使用轴承

发动机轴承	传动系统轴承	转向系统轴承	汽车辅助部件或电器用微型轴承
发电机轴承	轮毂轴承	转向管柱轴承	雨刮电机轴承
发电机超越皮带轮轴承	变速箱轴承	转向器轴承	玻璃升降电机轴承
张紧轮轴承	离合器分离轴承		ABS 电机轴承
水泵轴承	传动轴支撑轴承		电动座椅轴承
空调压缩机轴承	差速器轴承		空调送风电机轴承
摇臂轴承			刹车系统轴承
曲轴轴承			
增压器轴承			

单车轴承数量总计：100（个）

资料来源：高端轴承技术路线图（中国轴承工业协会）、捷太格特官网、开源证券研究所

新能源汽车较传统燃油汽车新增电驱动总成，对轴承提出新的挑战。传统燃油汽车的驱动系统在新能源汽车中被替代为了电驱动总成。电驱动总成由电机与减速器构成。汽车驱动电机调速范围宽、启动转矩大、功率密度高、效率高的特性，使其对轴承的高速、高低温、耐久性、稳定性、可靠性提出了更高的要求。

图8：新能源汽车较传统燃油汽车新增电驱动总成，对轴承提出新的挑战



资料来源：《纯电动乘用车的快速发展对轴承行业的影响》（牛辉）

新能源汽车渗透率不断提升，带动新能源汽车用轴承市场空间翻倍。根据五洲新春公告，新能源汽车用轴承单车数量较传统汽车单车数量减少 20 个左右，但由于技术要求更高，价格也更高，预计新能源汽车单车轴承价值总量与传统汽车单车价值总量相当。根据我们测算，2023 年国内新能源车轴承市场空间约 144 亿元，到 2030 年有望增长至 292.5 亿元。

表3：我们预计 2030 年国内新能源车轴承市场规模有望增长至 292.5 亿元

	2022	2023	2030E
中国汽车产量（万台）	2748	3016.1	3000
中国新能源车产量（万台）	722	958.7	1950
新能源车渗透率（%）	26%	32%	65%
单车轴承价值量（元）	1500	1500	1500
国内新能源车轴承市场空间（亿元）	108.3	143.8	292.5

数据来源：中汽协、开源证券研究所

传统燃油汽车高端轴承被美、日、欧轴承企业主导。汽车内使用的中高端轴承包括发动机系列轴承，汽车变速器、差速器等齿轮箱用长寿命轴承，以及汽车轮毂单元轴承。国内部分汽车轴承企业虽然也有生产、配套，但大部分被应用在合资品牌的低档车型和部分自主品牌汽车上，国内85%以上的中高端汽车的高端轴承仍以海外品牌的轴承为主。

国内新能源汽车崛起，客户定点体系重构，为汽车轴承国产化带来机遇。自2008年中国首次推出新能源汽车产业发展规划至今，在政策支持、产业链玩家自主创新提升技术实力的推动下，国产新能源车销量快速提升。国产轴承厂商在产业发展初期就配合主机厂共同研发，配合新能源汽车车型变化快速迭代，与主机厂形成绑定，在主机厂降本趋势下，新能源汽车轴承国产化率不断提升。

表4：国产新能源汽车销量高速增长

NEV 厂商	2021 销量 (万辆)	2022 销量 (万辆)
比亚迪汽车	58.40	179.99
上汽通用五菱	43.11	44.21
特斯拉中国	32.07	43.98
奇瑞汽车	9.76	22.12
广汽埃安	12.70	27.38
吉利汽车	8.07	30.49
小鹏汽车	9.82	12.08
长安汽车	7.65	21.23
哪吒汽车	6.97	14.87
长城汽车	13.40	12.39
理想汽车	9.05	13.32
零跑汽车	4.49	11.12
蔚来汽车	9.14	12.25
一汽大众	7.04	9.98
上汽大众	6.11	9.18

数据来源：乘联会、开源证券研究所

2.2、人形机器人量产在即，轴承需求释放可期

轴承是机器人的关键配套件之一。根据所配套的机器人关节零部件不同，可分为谐波减速器轴承、RV 减速器轴承、行星减速器轴承、行星滚柱丝杠轴承。

表5：根据轴承配套关节零部件的不同对机器人轴承进行分类

轴承类型	单机所需数量
谐波减速器轴承 用于刚轮的薄壁交叉圆柱滚子轴承、用于柔轮的柔性轴承、薄壁深沟球轴承	3 套
RV 减速器轴承 作为减速器主轴承的薄壁角接触球轴承 用于偏心轴定位和主体支承的薄壁圆锥滚子轴承 用于摆线轮支承的圆柱滚子(滚针)保持架组件 用于齿轮支承的薄壁深沟球轴承	15 套
行星减速器 深沟球轴承、角接触球轴承、圆锥滚子轴承、冲压滚针轴承、双列角接触球轴承	-
滚珠丝杠 深沟球轴承与四点接触球轴承	-

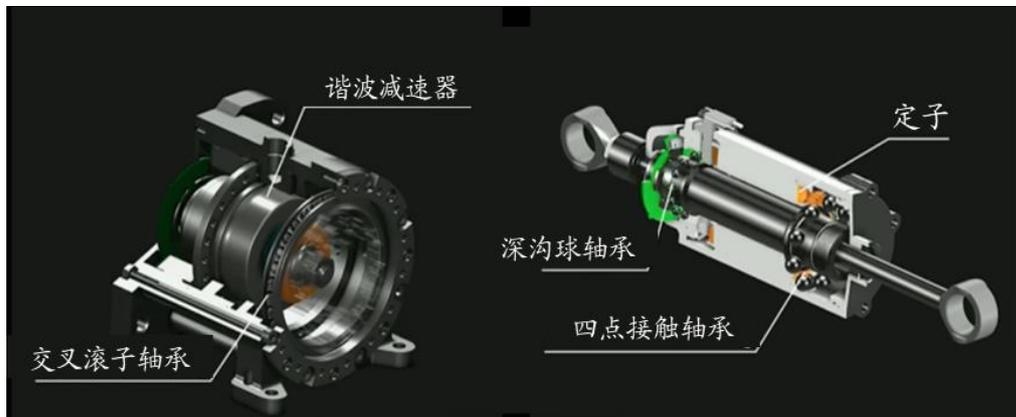
资料来源：论我国重大技术装备轴承的自主安全可控（何加群）、开源证券研究所

(1) 关节轴承

人形机器人大量使用关节轴承。人形机器人旋转关节使用交叉滚子轴承、角接触轴承和柔性轴承。线性关节使用四点接触轴承和深沟球轴承。其中，交叉滚子轴

承制造难度最大，国内量产企业少。角接触轴承、四点接触轴承有一定的难度，国内可以供应，价格远低于进口，精度低于进口；深沟球轴承技术成熟、国内稳定供货，价格远低于进口。

图9：旋转关节和线性关节使用不同的轴承



资料来源：2022 特斯拉 AI DAY、开源证券研究所

旋转关节按速度可以分为三部分：外壳固定的部分、高速电机轴、低速输出轴。

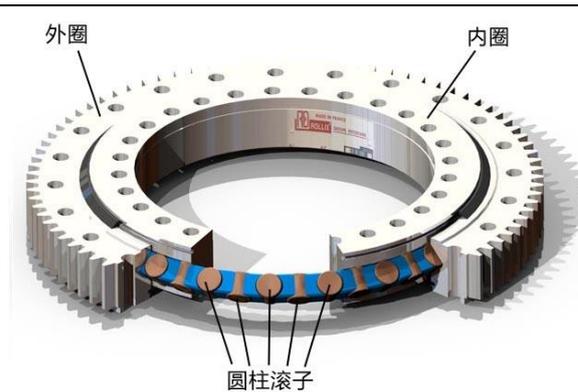
- **交叉滚子轴承**安装于外壳固定部分和低速输出轴。需要承受减速器扭矩外的全部力和扭矩，要求极强的刚性。交叉滚子轴承有变形，拉直后可以变成十字交叉滚子导轨，圆柱的滚子呈 90° 相互垂直交叉排列，通过隔离块将相互垂直的滚子进行隔离。可受径向力和轴向力，游隙更小，载荷更大。谐波减速器中的交叉滚子轴承又叫薄壁轴承，加工难度在薄壁的抗变性能。
- **角接触轴承**：用于固定部分和高速电机轴之间的轴承，可以承受较高的转速，也可以承受一定的轴向力。通常成对使用，提供不同的轴向力。

图10：角接触轴承用在旋转关节固定部分和高速电机轴之间



资料来源：轴承杂志社公众号

图11：交叉滚子轴承是人形机器人所需轴承中难度最大的品类



资料来源：轴承杂志社公众号

线性关节按速度分为电机固定部分①、电机转动部分+丝杠螺母部分②、丝杠部分③。其中①和②之间采用了一个四点接触轴承和一个深沟球轴承，两种轴承的作用是高速部分和固定部分进行分离和支撑，四点接触轴承克服了深沟球轴承轴向窜动量大的缺点。

图12：每个线性关节使用 1 个深沟球轴承和 1 个四点接触轴承



深沟球轴承



四点接触轴承

资料来源：轴承杂志社公众号

(2) 减速器轴承

目前应用于机器人的减速器主要有两种：**谐波减速器和 RV 减速器**。谐波减速器用轴承主要包括交叉滚子轴承和柔性轴承，RV 减速器主要采用角接触球轴承。谐波减速器用交叉滚子轴承包含四种系列，CSG(CSF)系列、CSD 系列、SHG(SHF)系列、SHD 系列，其命名方式采用减速器的命名；谐波减速器用柔性轴承的命名为 HYR，RV 减速器主轴承的命名为 RV。

CSF/CSG 系列谐波减速器用交叉滚子轴承在外观和热处理工艺上与标准交叉滚子轴承具有差异。该系列交叉滚子轴承与标准交叉滚子轴承相比，内外套圈共有三层不同尺寸和数量的安装螺纹孔，在外观上与基本型交叉滚子轴承差别较大；另外该种轴承外圈热处理采用整体淬火工艺，内圈采用滚道表面高频淬火工艺，这是工艺上与普通交叉滚子轴承的主要不同。

SHF/SHG 系列谐波减速器和 SHD 系列谐波减速器用交叉滚子轴承内外圈均为整体结构。SHF/SHG 型安装时对性能几乎没有影响，能够获得稳定的旋转精度和扭矩，主要应用在 SHG 和 SHF 系列的各类减速器输出部位。SHD 型高度比 SHG 的更低，节约减速器的安装空间，主要应用在 SHD 减速器输出部位。

图13：CSF/CSG 系列十字交叉滚子轴承



资料来源：洛阳普瑞森官网

图14：SHF/SHG 系列十字交叉滚子轴承



资料来源：洛阳普瑞森官网

柔性 (HYR) 轴承是谐波减速机的主要组成部分，其精度和稳定性直接决定

了谐波减速机的功能。柔性轴承在工作中，内圈安装在椭圆形的凸轮上，工作中承受循环应力载荷，外圈安装在柔轮上，工作中随凸轮的转动而发生弹性变形，不仅承受循环应力载荷，而且承受交变应力载荷。

图15：谐波减速器用柔性轴承



资料来源：洛阳鸿元轴承搜狐号

(3) 丝杠轴承

丝杠是许多机床（例如车床、铣床和磨床）的关键部件。它们用于将旋转运动转换为线性运动，对于提供平稳、准确的运动至关重要。**丝杠轴承支撑丝杠并有助于减少摩擦。**丝杠轴承有多种不同类型，包括球轴承、滚子轴承、套筒轴承、静压轴承等。

(1) 球轴承是最常见的丝杠轴承类型。它们由两组球和座圈组成，并通过笼子固定在一起。滚珠轴承在负载能力、速度和精度方面提供良好的性能。

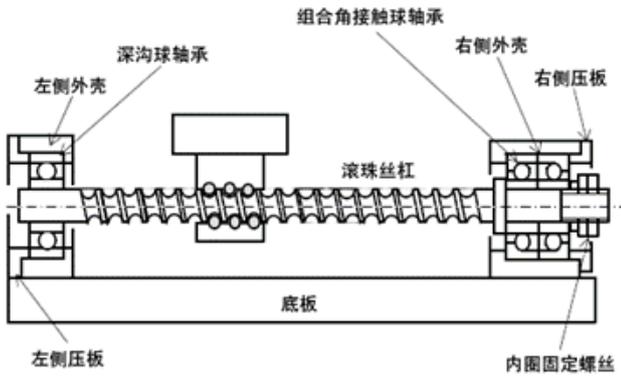
(2) 滚子轴承是另一种类型的丝杠轴承。它们由一系列排列成圆柱形或圆锥形的滚子组成。滚子轴承在负载能力和速度方面提供良好的性能，但不如滚珠轴承精确。

(3) 套筒轴承是第三种类型的丝杠轴承。它们由一块金属制成，其形状适合围绕丝杠。套筒轴承在负载能力和速度方面提供良好的性能，但不如滚珠或滚子轴承精确。

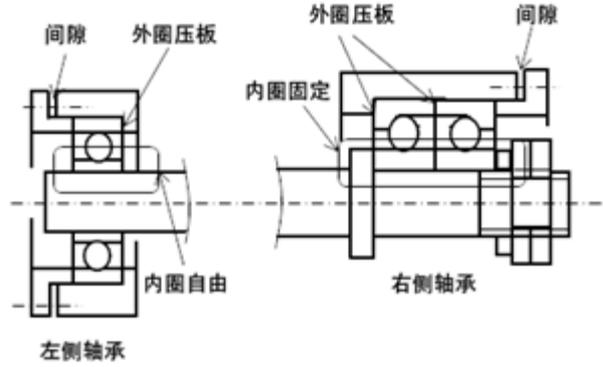
(4) 静压轴承是第四种类型的丝杠轴承。它们由一系列围绕丝杠排列的小流体室组成。静压轴承提供非常高的精度，但它们也是最昂贵的丝杠轴承类型。

除了四种主要类型的丝杠轴承外，还包括推力轴承、减摩轴承、复合轴承等种类，会根据特定的应用需求选择合适的轴承品种。

滚珠丝杠轴承或滚珠丝杠支撑轴承是专门设计用于支撑高轴向载荷并在滚珠丝杠组件中提供精确运动控制的专用轴承。这些轴承通常包括角接触球轴承或深沟球轴承，它们帮助滚珠丝杠系统中将旋转运动有效转移为线性运动，通常用于各种工业应用，例如数控机床、机器人和精密机械。

图16: 角接触球轴承能够消除丝杠轴向松动的结构


资料来源: 米思米官网

图17: 滚柱丝杠轴承放大图


资料来源: 米思米官网

人形机器人应用场景丰富, 在工业、家庭等应用场景均有广阔的发展空间, 属于万亿级别市场空间的行业, 2024年有望成为人形机器人量产元年。

当特斯拉人形机器人出货量达到 100 万台时, 关节轴承市场规模将达到 35 亿元, 此外由于人形机器人关节轴承会定期更换, 未来总市场空间将更大。

表6: 人形机器人打开轴承行业第二增长曲线

轴承种类	数量	单个价值量 (元)	单机价值量 (元)
关节轴承	深沟球轴承	14	420
	角接触轴承	28	1120
	四点接触轴承	14	280
减速器轴承	交叉滚子轴承	12	1200
	柔性轴承	12	480
单台人形机器人使用的轴承价值量			3500

数据来源: 特斯拉 AI DAY、开源证券研究所

表7: 人形机器人打开轴承行业第二增长曲线

人形机器人关节轴承市场规模测算			
人形机器人预计出货量 (万台)	5	100	1000
对应关节轴承市场规模 (亿元)	1.75	35	350

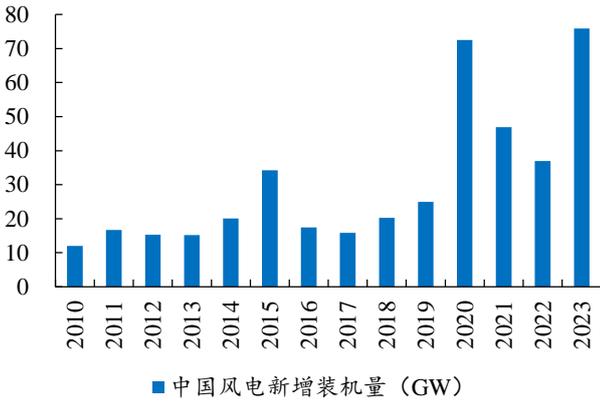
数据来源: 开源证券研究所

2.3、风电装机保持高增, 大型化带来滑动轴承需求

2.3.1、风电轴承以滚动轴承为主, 大型化趋势带动滑动轴承需求

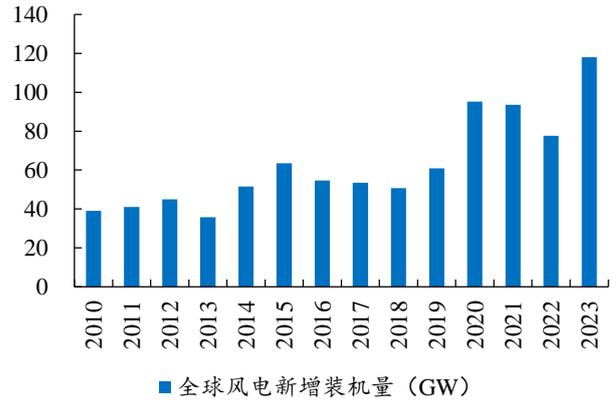
风电装机保持高增。2000-2023 年国内新增风电装机量 CAGR 达 34.8%, 全球新增风电装机量 CAGR 达 16.1%, 均保持高增态势。

图18：2023年我国风电新增装机量达75.9GW



数据来源：Wind、开源证券研究所

图19：2023年全球风电新增装机量达116.6GW

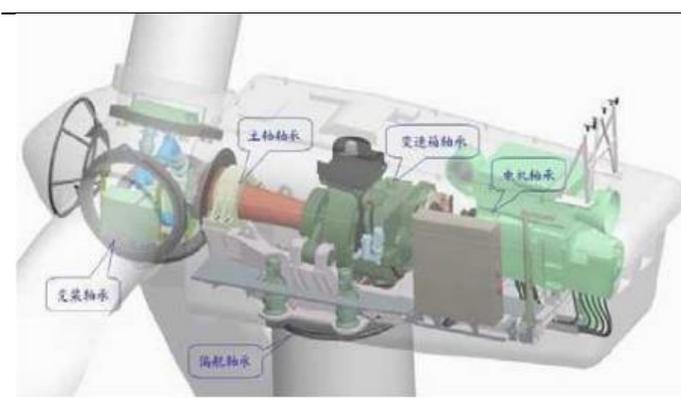


数据来源：Wind、开源证券研究所

风力发电机用轴承是一种特殊的轴承，使用环境恶劣，维修成本高，寿命要求高。风电轴承主要包括偏航轴承、变桨轴承、主轴轴承、变速箱轴承、发电机轴承。每台风力发电机设备包括：1套偏航轴承、3套变桨轴承、2套发电机轴承、2套齿轮箱轴承和1套主轴轴承。双馈式和半直驱式风机带有变速箱轴承，其需求量根据变速箱的结构形式而变化。

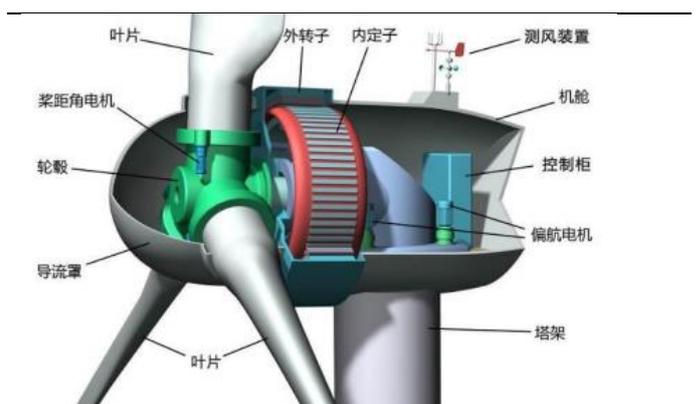
风力发电机用轴承的结构形式目前以滚动轴承为主，包括四点接触球轴承、交叉滚子轴承、圆柱滚子轴承、调心滚子轴承以及深沟球轴承等。滚动轴承摩擦力小于滑动轴承，节能效果显著，主轴采用滚动轴承的一般小型球磨机节电达30%~35%，中型球磨机节电达15%~20%，大型球磨机节电可达10%~20%。但是风力发电机的工况条件通常比较恶劣，需要面对较大范围的温度、湿度和轴承载荷变化，及最高达23m/s的冲击载荷，因此，风力发电机的轴承的密封和润滑、耐冲击、使用寿命和可靠性等都有着严格要求，近年“以滑替滚”趋势逐渐显现。

图20：双馈式风力发电机示意图



资料来源：新强联招股说明书

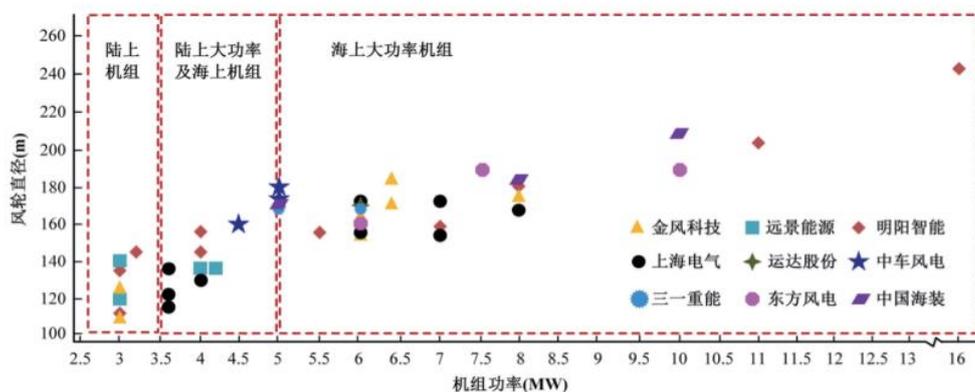
图21：直驱式风力发电机示意图



资料来源：新强联招股说明书

大型化是风电技术发展趋势。风轮直径每增加10%，整机发电量将提高8%以上，因此发展大功率机型是降低风电度电成本的有效措施之一。半直驱型风电机组融合了双馈型风电机组高可靠传动和直驱型风电机组超紧凑设计等技术优势，在重量、成本等方面具有明显优势，发展大功率半直驱型风电齿轮箱是未来的主流方向之一。

图22：风轮直径与风电机组功率呈正相关关系



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》（朱才朝等）

国内小功率在运风场存在大量技改需求，高性价比大功率风电齿轮箱是发展方向。目前我国存在大量运行时间达 10-15 年的发电能力差、故障率高、安全隐患多的在运风电场，未来风电技改市场较大。若将 1.5MW 及以下老旧机组替换成 4MW 以上的大功率机组，可以增加 4 倍电场装机量，同时大幅降低机组故障率。

表8：国内 1.5MW 及以下机组退役、技改潜在市场规模达 60GW

运行时间	单机容量	“十四五”	“十五五”
20 年以上	<1.5MW	约 1.13GW 退役	—
	1.5MW	约 10.12GW 退役	约 20GW 退役、改造
15-20 年	<1.5MW	约 8.59GW 退役	约 1.2GW 改造
	1.5MW	约 10GW 退役	约 17GW 改造
15 年以下	<1.5MW	约 0.15GW 退役	—
	1.5MW	约 2.5GW 退役	约 0.65GW 改造
合计		约 21.25GW	约 40GW

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》（朱才朝等）、开源证券研究所

滚动轴承逐渐难以适应风电大型化趋势，亟需探索基于新轴承类型的风电齿轮箱设计技术。滚动轴承被广泛应用于风电齿轮箱，占齿轮箱总成本的 20% 以上，是降低风电齿轮箱成本的重要环节。目前国内风电齿轮箱轴承几乎全部进口自 SKF、FAG、TIMKEN 等国外企业。同时美国国家可再生能源实验室统计，风电齿轮箱故障失效造成的停机时间中 67% 的故障是由滚动轴承失效引起的。随着风电齿轮箱朝着大功率发展，进口滚动轴承将进一步增加风电齿轮箱故障失效率和成本。

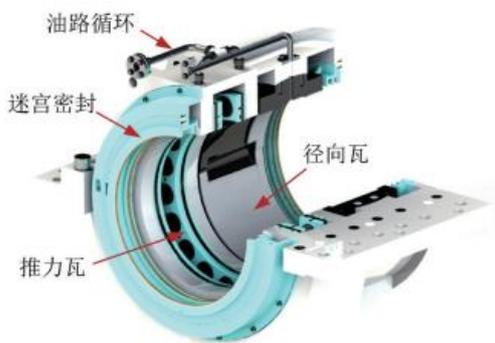
图23：国内外滑动轴承风电齿轮箱样机的功率等级逐渐提升



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》（朱才朝等）

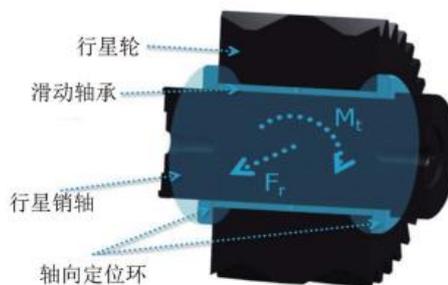
滑动轴承具有承载能力强、体积小、结构简单等特点，与传统的滚动轴承相比主要具有两方面优势：（1）风机承载能力提升，传统的滚动轴承为点接触或者线接触，单位重量或尺寸承载能力有限，滑动轴承为面接触因此承载能力大幅度上升；（2）风机维护成本低，滑动轴承结构可设计为分块式，适用于更高容量的风机中，灵活的安装结构使轴承实现现场安装维修成为可能。

图24：径向+推力设计使滑动轴承有承受非扭载荷能力



(a) 径向滑动轴承+推力滑动轴承设计

图25：柔性销滑动轴承改善受力状态与行星级均载性能



(b) 柔性销滑动轴承

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》（朱才朝等）

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》（朱才朝等）

滑动轴承在风电机组有望实现弯道超车。2021年10月，全球最大、国内首台金风科技新型轴系样机在新疆维吾尔自治区达坂城风电场成功实现并网发电及满发运行。金风科技新型轴系采用滑动轴承替代滚动轴承，实现了“两升一降”，轴承密度提升超过20%，运行可靠性提高，维护成本降低超过60%。齿轮箱轴承亦可由滑动轴承替代，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%，因此滑动轴承将会是未来风电齿轮箱最具潜力的设计方案之一。

2.3.2、预计 2024-2025 年滑动轴承市场规模有望从 3 亿元增长至 36.9 亿元

2025 年风电轴承市场规模有望达 368.5 亿元，其中风电滑动轴承市场有望迎来快速增长期，2025 年市场规模有望达到 36.9 亿元。我们做如下假设：2024-2025 年国内风电新增装机容量分别为 80、100GW，其中海风新增装机容量分别为 15、20GW，陆风新增装机量分别为 65、80GW。假设 2024-2025 年风电滑动轴承渗透率分别达 1%、10%，以此计算出 2024/2025 年国内风电轴承市场规模分别为 300.6、368.5 亿元，其中风电滑动轴承市场规模分别为 3.0、36.9 亿元。

表9：预计 2025 年国内风电滑动轴承市场规模为 36.9 亿元

	2024E	2025E
国内风电新增装机容量 (GW)	80.0	100.0
国内陆风新增装机容量 (GW)	65.0	80.0
4GW 以下机型容量 (GW)	19.5	16.0
主轴轴承价格 (万元/MW)	16.7	16.7
偏航、变桨轴承价格 (万元/MW)	14.4	13.7
4GW 以上机型容量 (GW)	45.5	64.0
主轴轴承价格 (万元/MW)	18.2	18.2
偏航、变桨轴承价格 (万元/MW)	14.6	13.8
国内海风新增装机容量 (GW)	15.0	20.0
5GW 以下机型容量 (GW)	2.3	2.0
主轴轴承价格 (万元/MW)	218.2	220.4
偏航、变桨轴承价格 (万元/MW)	14.1	13.4
5GW 以上机型容量 (GW)	12.8	18.0
主轴轴承价格 (万元/MW)	19.3	19.4
偏航、变桨轴承价格 (万元/MW)	15.9	15.5
国内风电轴承市场规模 (亿元)	300.6	368.5
国内风电滑动轴承渗透率 (%)	1%	10%
国内风电滑动轴承市场规模 (亿元)	3.0	36.9

数据来源：研报报告网、CWEA、智研咨询、开源证券研究所

目前国外风电轴承制造商包括 SKF、舍弗勒、NTN 等，其中 SKF、舍弗勒已经实现了主轴轴承、偏航轴承、变桨轴承、齿轮箱轴承和发电机轴承产品系列全覆盖，并且主要经营市场为高端轴承市场；国内风电轴承制造商包括瓦轴、洛轴、新强联、天马、恒润股份等，受制于自身的技术水平与经营历史，目前主要经营领域为中低端市场，其中瓦轴与洛轴产品线较为完善，能够覆盖风电轴承全系列产品。

国内风电轴承厂商市占率低，2020 年齿轮箱轴承与发电机轴承国产化率低于 1%，未来国产替代空间大。我国风电轴承主要依赖进口，国产化率较低。风电主轴轴承、齿轮箱轴属于附加值较高的两个产品，但国产化率仍处于较低的水平，2020 年国产化率分别只有 32.97%、0.58%。2019 年全球风电轴承仍然主要由德国、瑞典、日本、美国的厂商供应，国内的洛轴、瓦轴、新强联等企业合计市占率不到 10%，目前国内企业已具备风电轴承相关技术实力，未来国产替代空间较大。

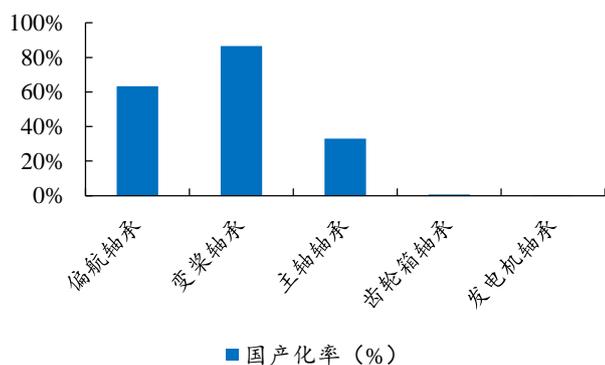
表10：国内外轴承企业风电产品覆盖种类

企业名称	主轴轴承	偏航轴承	变桨轴承	齿轮箱轴承	发电机轴承
瓦轴	✓	✓	✓	✓	✓
洛轴	✓	✓	✓	✓	✓
新强联	✓	✓	✓	在研	
天马	在研	✓	✓		
恒润股份	在研		✓		
洛阳新能		✓	✓		
京冶轴承	✓	✓	✓		
SKF	✓	✓	✓	✓	✓

企业名称	主轴轴承	偏航轴承	变桨轴承	齿轮箱轴承	发电机轴承
舍弗勒	✓	✓	✓	✓	✓
NTN	✓			✓	✓
KOYO	✓				

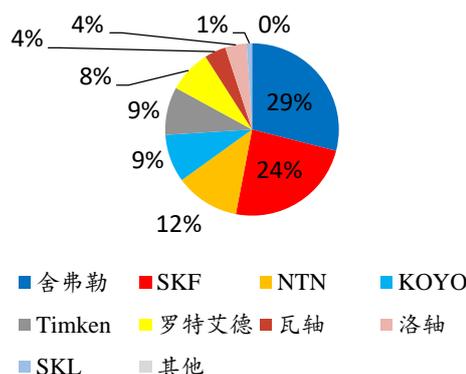
资料来源：北极星风电网、开源证券研究所

图26：2020年我国风电主轴、齿轮箱和发电机轴承国产化率较仅为32.97%、0.58%、0.22%



资料来源：华经产业研究院、开源证券研究所

图27：2019年我国风电轴承厂商全球市占率均低于5%



资料来源：华经产业研究院、开源证券研究所

2.4、机床行业处于周期底部，景气提升带动轴承需求复苏

轴承运用于机床的旋转和直线运动中，它们能够充当量具设备和工具中的接触点和枢轴点、液压泵中的柱塞以及尺寸和圆度量规的母版。精密轴承主要应用于机床的主轴、丝杠和传动轴中，滚动轴承的精度通常分为五个等级：P0, P6, P5, P4和P2，精密机床主轴上使用的轴承精度应为P5及更高等级。对于高速高精度机床（例如CNC机床和加工中心）的主轴支撑，应选择P4及其更高级别的超精密轴承。

主轴轴承：机床主轴轴承通常有六种结构类型：深沟球轴承，角接触球轴承，圆柱滚子轴承，双向推力角接触球轴承，圆锥滚子轴承和推力轴承。但是，随着数控技术的发展以及对加工速度，精度和环保要求的日益提高，数控机床的主轴轴承仅限于四种类型的结构：角接触球轴承，圆柱滚子轴承，双向推力角接触球轴承和圆锥滚子轴承。主轴轴承作为机床的基础组件，其性能直接影响着机床的转速，旋转精度，刚度，抗振动切削性能，噪声，温升和热变形，进而改变加工的精度和表面质量。

图28：机床主轴轴承



资料来源：无锡三立轴承有限公司官方账号

随着精密轴承对加工速度的要求变高，精密轴承的材料使用也有所不同，陶瓷材料逐渐引起人们的关注。这是因为陶瓷材料具有密度小，弹性模量高，热膨胀系数低，耐磨性，耐高温性，耐腐蚀性等优点，因此成为理想的用于制造高速精密轴承的材料。

滚柱丝杠轴承：滚珠丝杠副作为一种正确，高效，灵敏的传动元件，不仅应采用高精度的丝杠，螺母和滚珠，还应选择轴向刚度，摩擦力矩小，运转精度高的精密轴承。过去，滚珠丝杠支撑通常使用的双向推力角接触球轴承，圆锥滚子轴承，滚针和推力复合滚子轴承，深沟球轴承和推力球轴承。

传动轴轴承：安装在宽传动轴上的滚动轴承用于机床。其要求和选择与普通机械传动轴承相同。它只需要满足强度和使用寿命的要求，并且速度不超过精密轴承的规定极限速度。

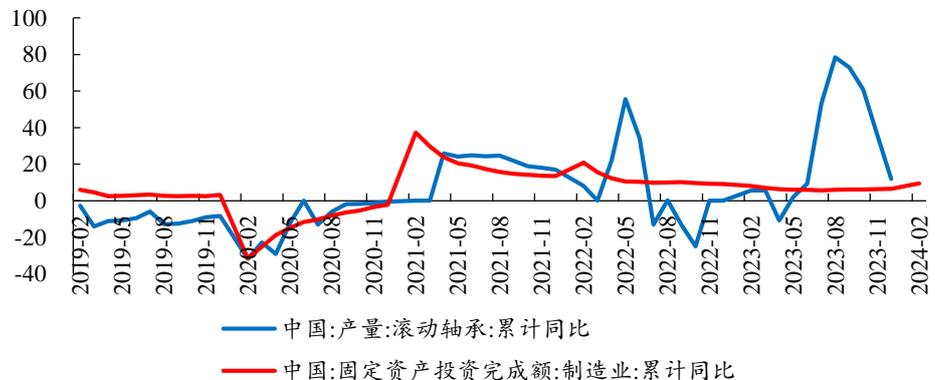
根据贝哲斯咨询，2022 年全球机床轴承市场规模达 231.51 亿元人民币，2028 年全球机床轴承市场总规模将会达到 289.48 亿元，2022-2028 年机床轴承市场年复合增长率达 3.91%。

3、设备更新加速行业拐点来临，布局正当时

3.1、我国轴承行业景气度仍于底部震荡

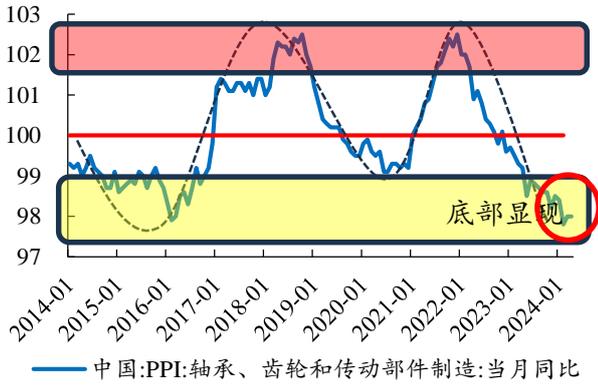
轴承行业景气度随制造业景气度周期性波动，目前我国轴承行业 PPI 指数仍于底部震荡。2023 年下半年我国滚动轴承产量有所回升，截至 11 月产量累计同比提高 35.8%，同期我国制造业固定资产投资完成额累计同比提高 6.3%。目前轴承、齿轮和传动部件 PPI 仍于底部震荡，已连续 15 个月处于底部区间。电气、汽车、3C 等轴承下游行业景气度较高，2023 年其固定资产投资额分别累计同比提高 32.2%、19.4%、9.3%，均高于制造业固定资产投资额同比上升幅度（6.5%）。

图29：轴承行业景气度跟随制造业景气周期波动



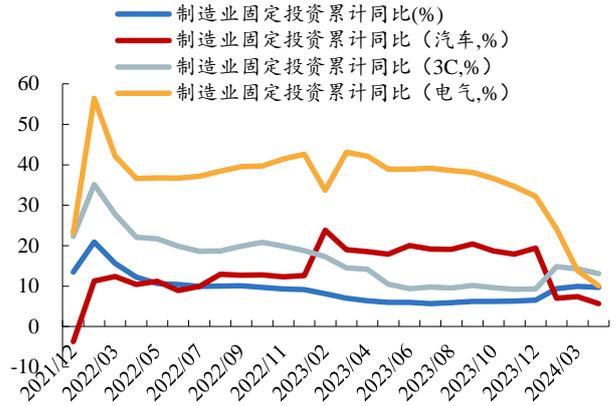
数据来源：Wind，开源证券研究所（单位：%）

图30：2024年2月轴承、齿轮和传动部件PPI指数仍然底部震荡



数据来源：Wind、开源证券研究所

图31：2023年电气、汽车、3C固定资产投资增速高于制造业整体增速



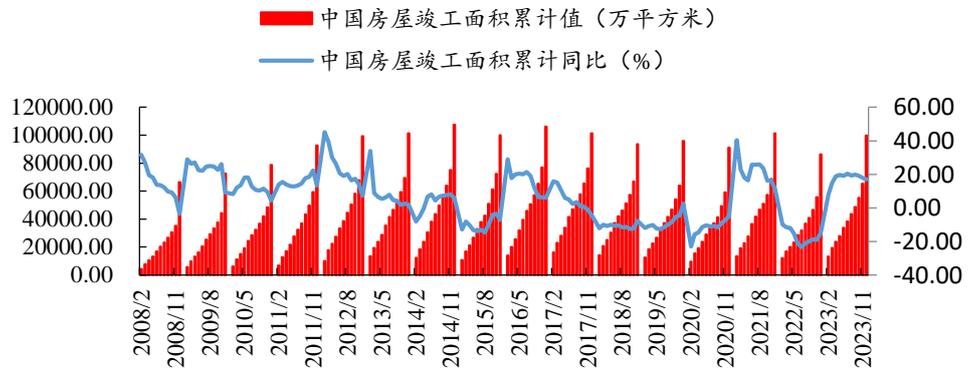
数据来源：Wind、开源证券研究所

3.2、大规模设备更新方案发布，顺周期方向将率先受益

政策推动设备更新落地。2024年3月1日，国务院总理李强主持召开国务院常务会议，审议通过《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》，要求“结合各类设备和消费品更新换代差异化需求，加大财税、金融等政策支持，更好发挥能耗、排放、技术等标准的牵引作用，有序推动重点行业设备、建筑和市政基础设施领域设备、交通运输设备和老旧农业机械、教育医疗设备等更新改造，积极开展汽车、家电等消费品以旧换新形式更新换代规模效应”。

新时期，需要从投资端（设备）+需求端（消费）两方面刺激经济。2008年11月，在国际金融危机给我国经济带来下行压力的背景下，国务院提出投资4万亿刺激经济方案，包括鼓励普通商品住房消费、进一步推进保障性安居工程建设等稳定经济民生的系列政策，带动了中国经济实现快速发展。经过多年的发展，我国公路、铁路等基础设施已实现较大水平提升，房地产建设逐步收窄，需要从投资端（设备）、需求端（消费）两方面刺激经济。

图32：我国房地产建设逐步收窄



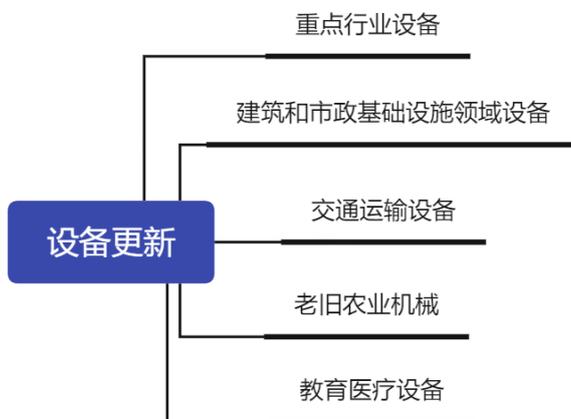
数据来源：Wind、开源证券研究所

3.2.1、投资端：有望拉动能源/基础设施/交运/农机等行业的设备需求

本次《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》（以下简称“《设备更新和以旧换新方案》”），在2024年2月23日财经委第四次会议的基础上，进一步明

确了重点行业设备、建筑和市政基础设施领域设备、交通运输设备和老旧农业机械、教育医疗设备等方向。

图33：本次方案聚焦重点行业、市建设施、交运、老旧农机、教育医疗等领域



资料来源：新华社、开源证券研究所

此前，2024年1月29日发改委、工信部等六部门发布的《关于发布〈重点用能产品设备能效先进水平、节能水平和准入水平（2024年版）〉的通知》（以下简称“《通知》”），将产品设备能效水平划分为先进水平、节能水平、准入水平三档，提出设备更新改造和回收利用等方向。此外，新版设备能效标准新增了对工业锅炉、数据中心、充电桩、光伏逆变器等设备产品的能耗要求，提高了对电机、空调机组、冷水机组等设备产品的能耗要求。

表11：发改委、工信部等六部门发布新版产品设备能效水平标准

产品类别	新增加的产品	能效要求提升的产品
工业设备	工业锅炉、除尘器、电焊机、潜水电泵、高压三相笼型异步电动机、	永磁同步电动机、高压三相笼型异步电动机
信息通信设备	数据中心、塔式和机架式服务器、通信基站、显示器	-
交运设备	充电桩、电动汽车用液冷式驱动电机系统	-

资料来源：国务院、开源证券研究所

我们认为，本次《设备更新和以旧换新方案》可看作此前《通知》的扩大补充方案。其中提及的“能耗、排放、技术”等标准，与此前的《通知》内容互相契合，除明确提到的基建、交运等方向外，也有望带动能源、化工等由央企主导、具有高能耗高排放特征的产业设备大规模更新。

3.2.2、消费端：汽车、家电等耐用消费品产业链有望直接受益

此前，我国分别在 2007-2009 年 2022-2023 年颁发过家电下乡、汽车下乡、以旧换新等消费端刺激政策。在本轮政策与过往政策的区别上，上一轮“以旧换新”活动属于大件耐用品普及的阶段，而本轮政策则侧重绿色低碳、智能化、信息化等标准。

根据商务部数据，2023 年我国汽车保有量是 3.4 亿辆，冰箱、洗衣机等主要品类的家电保有量超过 30 亿台，更新换代的需求和潜力可观，汽车、白电等耐用消费品产业链有望直接受益。

在设备更新政策的推动下，轴承产业将迎来发展机遇。设备更新政策将显著利好汽车、电机、工程机械、农机等轴承主要下游产业，促进下游设备更新，轴承作

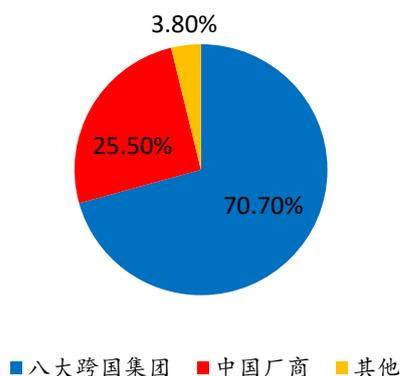
为机械运转的核心部件，其性能和可靠性直接影响到机械设备的整体效率和稳定性。随着国内设备更换需求的增长和高端装备制造的发展，对高精度、长寿命以及智能化的轴承产品的需求日益增长，未来高端轴承生产商将有望率先受益于设备更新政策。

4、他山之石：百年巨头斯凯孚，横向并购+纵向整合构筑护城河

4.1、观海外：格局稳定，高度集中，八大家占据全球 70% 市场份额

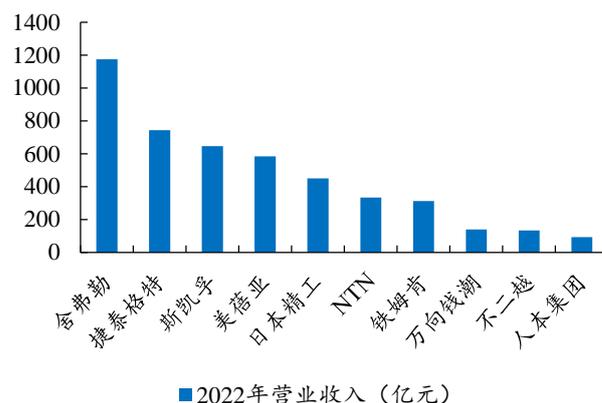
全球轴承行业经过多年产业竞争后，形成集中在瑞典、德国、日本、美国四个国家的八家大型轴承企业掌控全球市场的态势。包括瑞典斯凯孚、德国舍弗勒、日本 NSK、日本 JTEKT（捷太格特）、日本 NTN、美国 TIMKEN（铁姆肯）、日本 NMB（美蓓亚）、日本 NACHI（不二越），2020 年，八大轴承企业占全球市场规模比例达 70.7%。

图34：轴承全球轴承行业主要由八大跨国集团占据（2020 年）



数据来源：华经产业研究院、开源证券研究所

图35：国内轴承企业营业收入距离国际大厂仍有差距



数据来源：Wind、开源证券研究所（捷太格特、美蓓亚、日本精工、NTN、不二越数据为财年数据）

回顾产业发展史，全球八大家轴承企业在发展初期打磨技术创造品牌影响力并形成资金储备，进一步发展过程中纵向一体化整合产业链提高产品性能、横向并购扩大能力圈与产能规模，实现从国内向全球范围的扩张，最终成长为行业巨头。

- **技术积淀是发展初期打造品牌影响力的关键。**全球轴承市场龙一斯凯孚将自己定位为一家知识工程公司，公司创始人是自调心轴承的发明者，自调心轴承在工业设备应用大，公司因此在工业设备领域享誉盛名。公司在百年发展过程中积累了 6 位数量级的全球案例分析，能够帮助客户解决轴承使用中的各类问题，从而减少停机时间、降低总成本，也因此不断扩大品牌影响力、积累未来发展所需的资金。
- **纵向一体化是提高产品性能、降本的有效途径。**日本不二越除了生产轴承，还向产业链上游延伸进入钢厂和刀具领域，向下游延伸进入多关节机器人市场，实现纵向一体化布局，通过对钢材、刀具质量控制进一步提高了轴

承的性能，所生产的轴承可以用于自产的工业机器人，同时工业机器人作为自动化设备引入产线后可提高轴承生产的人效。

- **外延并购是进一步扩大营收的正确决策。** 轴承根据其下游不同需求，会有不同性能要求。不同性能要求使得制备工艺、加工设备各不相同，因此企业通过内生增长拓展不同领域轴承产品成本较高。海外厂商通过并购实现产品品类的扩充，如斯凯孚从 1980 年开始利用内生增长积累的资金在轴承领域进行了 48 次并购，下游市场从汽车、工业扩大到了航空、铁路、机床等多个行业，规模效应不断扩大，从而保证了良好的盈利能力和健康的现金流。

表12：全球八大轴承企业概览

企业名称	成立时间	公司特点	全球化布局	2022年总营收（亿美元）
斯凯孚	1907年	全球轴承行业市占率首位。创始人发明自调心双列球轴承，自调心轴承技术积累深厚，因此 SKF 最擅长的业务主要在包括风电、铁路、冶金等的工业设备上，2021 年工业产品营收占比 72%，汽车产品营收占比 28%	4 万 8 千多人分布在 32 个国家 140 个生产基地和 18 个技术中心。	92.7
舍弗勒	1946年	汽车轴承领域王者，深度绑定德系汽车厂。旗下拥有三大品牌：INA、FAG 和 LuK，INA 自 1946 年成立起就是世界滚针轴承领域的领跑者，是全球最大滚针轴承生产制造商。	舍弗勒在 50 个国家设有约 170 家分支机构	158.1
NSK	1916年	日本第一家轴承公司，擅长精密球轴承，汽车板块是营收主力，是世界一流的管柱式转向器供应商	在全球 30 个国家 141 处有研发生产销售中心	70.8
捷太格特	1921年	2006 年由田工机和光洋精工合并，业务包括轴承（KOYO）、传动（JTEKT）、机床（TOYODA, WELLMECHATRONICS）、转向系统，和丰田绑定深	在全球设立约 140 家企业	116.9
NTN	1918年	拥有全球轮毂轴承市场份额第一和传动轴第二大市场份额	NTN 公司有 98 年历史，2200 多人，全球有 4 个研发中心	58.2
不二越	1928年	同时生产轴承、刀具、机床、工业机器人实现纵向一体化	有 50 家企业，其中海外有 28 家 6 万余人	18.6
铁姆肯	1899年	与 SKF 类似，创始人发明圆锥滚子轴承。1990 年收购 MPB 等公司，深耕航空航天和超精密领域。2016 年开始收购多家动力传动企业，完善在联轴器、自动润滑系统、离合器等方面的产品	铁姆肯在全球 27 个国家有 4 个工厂、93 个办事处、12 个技术中心	45.0
美蓓亚	1951年	擅长小微轴承，是日本首家微型轴承制造商	在全球 18 个国家拥有 33 个工厂，约 55000 人，17 个研发基地	92.0

资料来源：Wind、人本股份招股说明书、开源证券研究所（日本精工、捷太格特、NTN、不二越、美蓓亚数据为财年数据）

4.2、复盘海外轴承巨头成长历程——以 SKF 为例

斯凯孚成立于 1907 年 2 月，是一家瑞典的轴承，密封件，机电一体化，润滑系统和服务供应商，提供包括技术支持，维护和可靠性服务，工程咨询和培训。公司发展可分为五个阶段，可以看到公司在经历初期积累后通过并购实现快速增长。

第一阶段（1907-1950）：起步阶段。 公司的创始人之一 Sven Wingquist 为双列自调心球轴承的发明者。该阶段公司经历了一战与二战，发展虽有波动整体较快，

截至 1950 年，公司已完成初步的全球销售布局，在多个国家、地区设立分公司及销售部门，并且完成了采矿冶炼、炼钢冷轧等上游布局。1920 年代汽车工业的迅速发展为公司带来机遇，SKF 在投资沃尔沃以后发展收益甚微，1935 年决定将精力集中于轴承业务，决定汽车业务。自此以后，专注于核心业务——轴承成为了公司发展的主线。

第二阶段（1951-1979）：并购累积阶段。公司在此期间共收购 6 家企业。并在全球多地建设工厂，实现本地生产。1950 年引进新式球面滚子轴承“C 型轴承”技术。1976 年收购汽车零部件制造企业，进一步深化汽车零部件布局。

第三阶段（1980-1988）：加速发展阶段。公司在此阶段更加重视技术研发，开办 SKF 工程学院加强技术研发。此期间公司共收购 11 家企业，通过收购英国 AMPEP P.L.C.公司，进入航天轴承领域；收购美国公司 Palomar Technology International Inc., 多数股权，进入生产监控设备领域。

第四阶段（1989-2000）：跨领域布局阶段。1999 年公司推出“Explorer”轴承。公司在此期间共收购 20 家企业，通过并购进入包括工具行业，密封件生产，激光测量仪生产、钢材切割生产、机床轴承生产等多个行业。

第五阶段（2001 至今）：高速发展阶段。公司在此期间共收购 34 家企业，并进入润滑行业、铁路轴承行业、伺服器制造等行业。2007 年推出新式节能轴承；2015 年开始研发风电轴承。

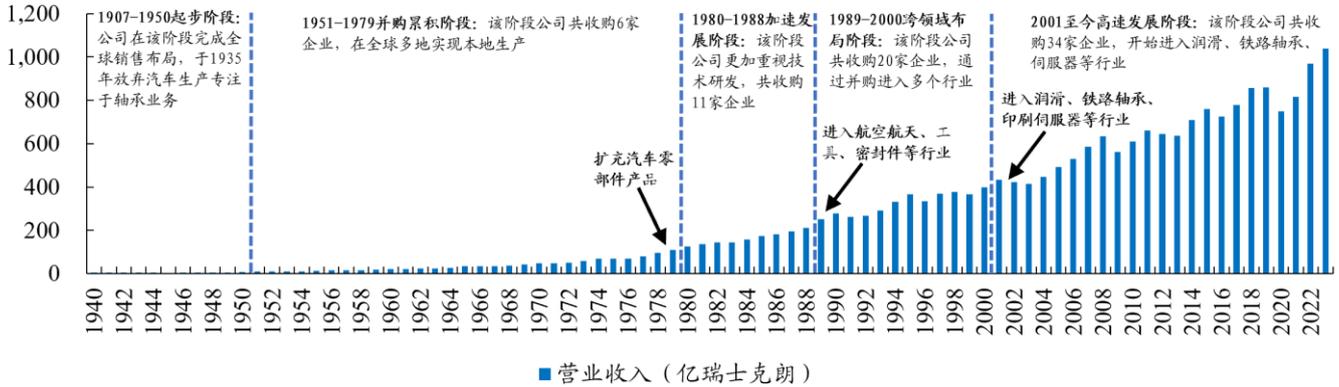
图36：斯凯孚发展主要经历五个阶段



资料来源：Bloomberg、斯凯孚官网、公司年报、开源证券研究所

斯凯孚发展跨越百年，1948-2023 年营收 CAGR 达 7.3%。斯凯孚主要产品为轴承及其配套产品、生产过程检测设备与系统、应用程序机械保养服务、汽车后市场服务五类产品，主要下游包括工业与汽车市场。2023 年斯凯孚实现营业收入 1038.8 亿瑞典克朗（约合人民币 712 亿元），1948-2023 年营收 CAGR 达 7.3%。

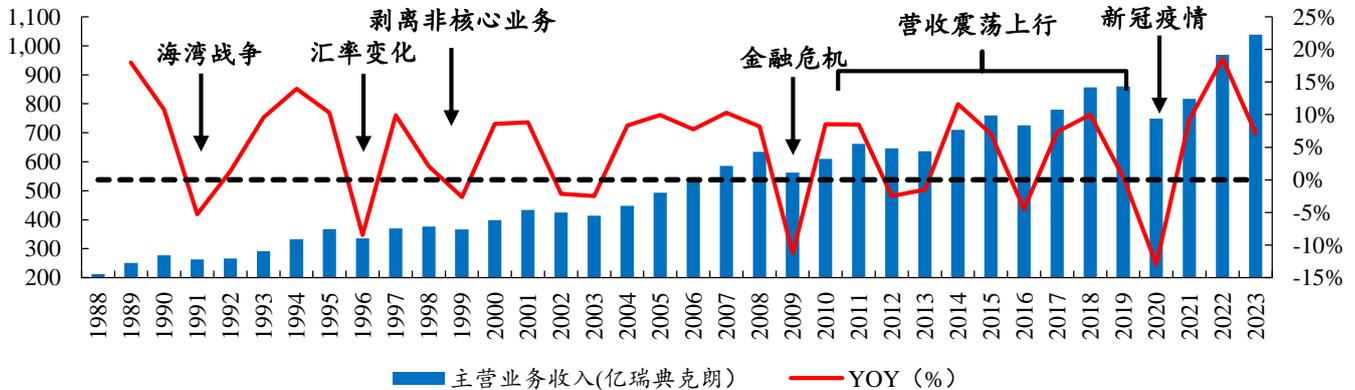
图37：斯凯孚经过百年发展，2023年营业收入达1038.8亿瑞典克朗（约合人民币712亿元）



数据来源：Bloomberg、斯凯孚官网、公司年报、开源证券研究所

近35年，斯凯孚全球布局增强公司抗风险能力，营业收入进入快速上升期。1988-2023年期间对公司主要影响事件包括海湾战争、金融危机、新冠疫情等：1990-1993年海湾战争导致全球轴承销售额下降20%；1996年汇率变化影响公司销售额；1998年为了提升公司业绩，斯凯孚替换首席执行官，剥离公司非核心业务，从此开启了公司的快速发展期；金融危机后公司通过业务重组与降本措施逐渐恢复营收增长；新冠疫情后的工业需求反弹促进了公司产品销售，2023年公司营收创历史新高。

图38：近35年斯凯孚营业收入进入快速上升期



数据来源：Bloomberg、开源证券研究所

并购是公司扩张的主要手段。自1916年起斯凯孚合计开展了超过84次并购项目，其中有48次并购发生在轴承领域，2000年以来公司并购开始加速，通过并购，斯凯孚得以进入航空轴承、铁路轴承、机床轴承等行业，下游分布广泛，子公司遍布全球。

斯凯孚实施国际化战略，通过横向与纵向延伸，成功建立起全球生产制造与销售网络。通过纵向延伸，斯凯孚收购许多轴承钢厂，目前80%的轴承生产原料由公司自有的炼钢厂提供。通过横向拓展，公司丰富自身产品种类，得以进入多个行业进行经营。目前斯凯孚在全球拥有15个技术中心、29个轴承再制造基地，17000个经销商，下游涉及行业达40个，产品遍布全球129个国家。

表13: 公司成立以来并购企业超过 84 家, 轴承相关企业占大多数

	轴承相关企业	工具相关企业	汽车相关企业	机电相关企业	其他企业
1910-1975	采矿、冶炼	1 家	炼钢	2 家	
	轴承部件生产	1 家	工具生产	3 家	
	轴承生产	5 家			
1976-1989	轴承部件生产	1 家	工具生产	1 家	汽车部件
	轴承生产	3 家			4 家
1990-1999	密封件生产	3 家			
	轴承部件生产	1 家	工具生产	2 家	
	轴承生产检测设备	1 家			
	轴承生产	5 家			
2000-2009	密封件生产	5 家			
	润滑系统	4 家	工具生产	1 家	
	轴承部件生产	2 家			机电作动器
	轴承生产	9 家			3 家
2010-2023	密封件生产	1 家			
	润滑系统	3 家			
	轴承生产	3 家			
					辅助生产设备
					1 家
					咨询调研企业
					5 家
					激光测量仪
					1 家
					震动监控设备
					1 家
					辅助生产设备
					4 家
					咨询调研企业
					5 家
					咨询调研企业
					3 家

资料来源: 斯凯孚官网、斯凯孚年报、开源证券研究所

公司毛利率整体较为平稳, 近年呈现逐渐提高态势。公司毛利率整体呈现稳定态势, 1990-1993 年收到海湾战争影响下游轴承需求下滑导致公司毛利率显著下滑; 1996-1998 瑞典克朗升值叠加西欧市场低迷, 影响公司销售收入, 1998 年业务重组导致销售成本增加, 影响公司毛利率。自 1998 年公司业务重组, 剥离机床制造和钢铁等非核心业务以来公司毛利率呈现稳中有升的态势。

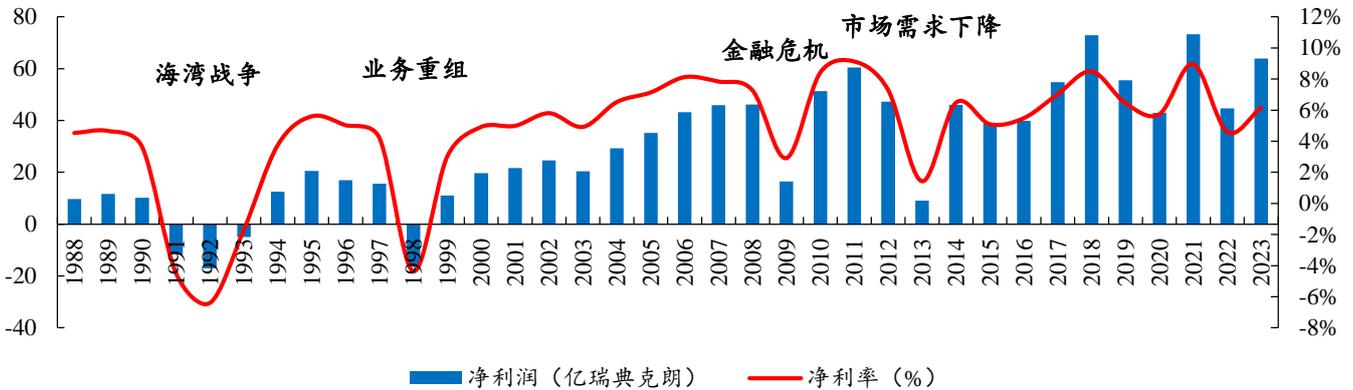
图39: 1998 年以来公司毛利率稳中有升


数据来源: Bloomberg、开源证券研究所

公司净利率表现与毛利率表现接近, 整体抗风险能力较强。除海湾战争、业务重组与金融危机外, 2012 年市场需求疲软, 欧洲汽车市场需求下降对公司净利润造

成一定影响，公司整体净利率在 6% 左右波动，呈现出较强的抗风险能力。

图40：近 35 年公司利润整体呈现波动上升态势，具有较强的抗风险能力



数据来源：Bloomberg、开源证券研究所

斯凯孚是全球成立时间最早的轴承厂商之一，深耕轴承市场百年，在高端轴承市场占有重要地位。目前斯凯孚产品基本涵盖轴承所有类型，下游应用领域众多，产品覆盖汽车、矿山、电机等各个应用领域。复盘斯凯孚的发展历史，可得出以下结论：

(1) 聚焦轴承主业，提高轴承产品质量与公司相关工艺技术能力有利于提高轴承企业的核心竞争力。斯凯孚在其多年发展历程中经历多次剥离非核心业务的重组行动，1935 年 SKF 决定放弃汽车生产业务，1998 年剥离机床制造和钢铁等非核心业务，通过将经营资源集中于轴承主业，公司成功成为世界轴承头部企业。

(2) 并购是实现公司快速发展的有效路径。自 1916 年起斯凯孚合计开展了超过 84 次并购项目，斯凯孚通过并购进入航空轴承、铁路轴承、机床轴承等行业，从而成功维持自身多年发展。

(3) 全球化、多产业布局有利于轴承企业提高抗风险能力。斯凯孚在百年发展历程中经历过战争、经济危机、下游需求波动等各种因素影响，斯凯孚全球化、多产业布局有力抵御了地区或者部分行业波动对公司带来的影响。

(4) 在较强的轴承产品竞争力基础上，紧跟技术发展节奏进入更多下游产业有利于拓宽公司发展空间。斯凯孚经营领域的拓展主要分为两个方向：丰富产品 SKU 以及拓宽下游应用渠道，在不断打磨自身技术的同时，SKF 积极开发新产品，拓展新应用场景，从而不断突破公司发展天花板，最终成为世界轴承巨头。

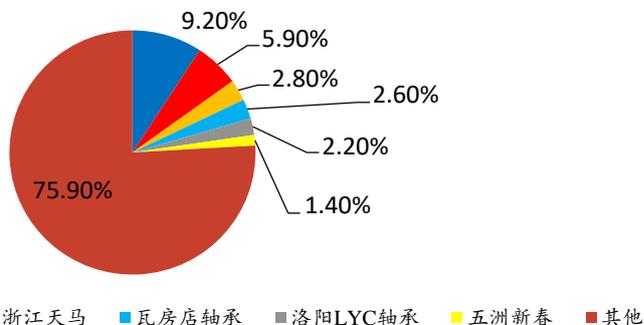
5、中高端国产替代叠加行业集中度提升，看好国内轴承龙头发展

5.1、国内轴承市场低端产能有望逐步出清，市场份额向头部集中

国内轴承企业发展时间相对较短，体量与国际大厂差距较大。2022 年国内轴承头部厂商人本集团、万向钱潮营收分别达 93.89 亿元、140.15 亿元，舍弗勒、斯凯孚营收达 1173.49 亿元、645.49 亿元，国内外厂商体量差距较大。

不同于全球轴承行业呈现高度集中的状态，我国轴承行业市场格局分散，2021年CR6仅为24.1%。2021年全球八大跨国轴承企业占据全球75%的市场。2021年度舍弗勒的收入规模最高，约1000亿元，而国内目前仅有人本股份、万向钱潮产值突破百亿元，并与其他国产轴承厂商营收体量形成断层。

图41：国内轴承行业集中度低，CR6仅为24.1%（2021年）

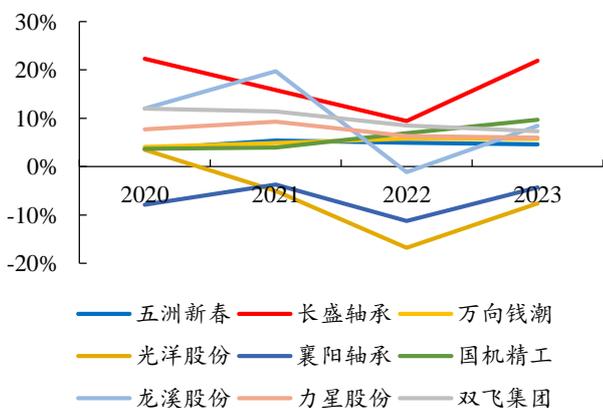


数据来源：人本股份招股说明书、开源证券研究所

20世纪90年代初期，国内家电行业的兴起为轴承行业带来了初期资本积累，但是大多数企业没有选择利用资金进行技术开发而是在中低端市场进行价格战。以家电行业使用最广泛的深沟球轴承为例，价格下降幅度接近95%。由于家电用深沟球轴承技术壁垒并不高、当时终端市场对轴承的质量要求也比较低，一大批民营小厂进入轴承行业造成低端产能过剩，直接影响行业内企业利润的积累，使得产能升级、技术研发投入普遍不足，因此国内轴承企业发展至今仍然集中在中低端市场，体量大一些的厂商也没有形成明显的技术护城河和议价权，市场集中度低。

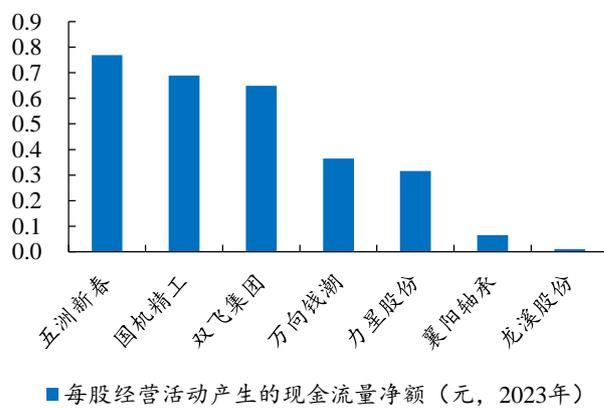
预计未来国内轴承产业竞争格局将逐渐向国际靠拢，出清没有掌握生产工艺的低端产能，行业利润将向具备研发实力和产品质量保证的头部厂商集中。低端产能过剩是国内轴承产业集中度低的主要原因，在低价内卷的情况下，行业整体净利率低且持续下行，部分企业已经出现利润和现金流的亏损，规模效应的重要性凸显。轴承产业是装备制造业的核心基础之一，在国家制造业高端升级的背景下，主机厂更加重视轴承产品的质量与性能，过去仅靠低价获取客户的机会已经越来越少，行业内许多没有对轴承生产工艺进行深入研究的小厂无法形成规模效应，将被出清。未来行业利润将向具备研发实力和产品质量保证的头部厂商集中。

图42：轴承行业内企业净利率呈下降趋势



数据来源：Wind、开源证券研究所

图43：轴承行业每股经营活动现金流较低

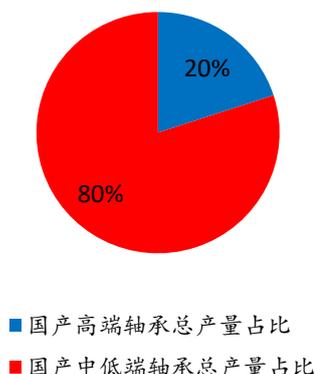


数据来源：Wind、开源证券研究所

5.2、国产替代与新兴需求拓宽国内轴承企业发展空间

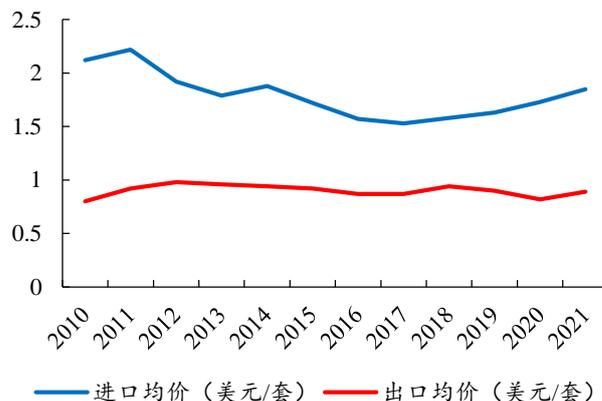
我国轴承产品的生产制造集中在中低端市场，中高端轴承产量占比低于 20%。国产中低档轴承约占总产量的 80%左右，而各类专用、精密、高可靠性等高技术含量的轴承产品只占 20%左右。从进出口轴承产品平均每套价格来看，出口价格基本为进口价格一半，说明我国出口轴承产品附加值较低。

图44：中高端轴承产量占比整体低于 20%



数据来源：思瀚产业研究院、开源证券研究所

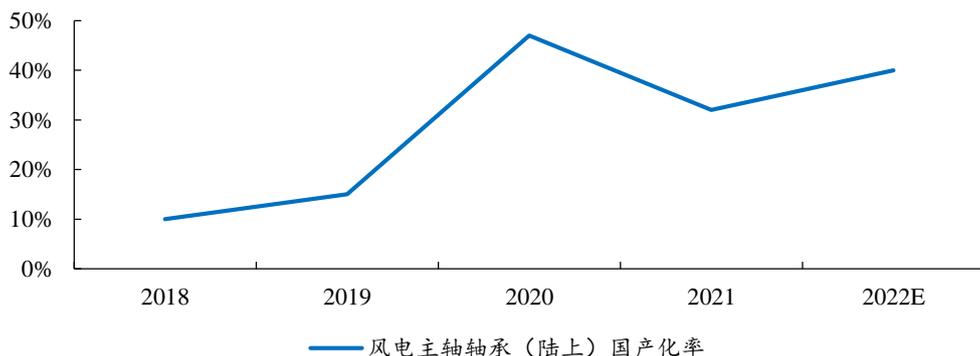
图45：进口均价高于出口均价，中高端轴承发展不足



数据来源：华经产业研究院、开源证券研究所

我国部分领域轴承产品国产化率较低，国产替代进行时。以风机轴承为例，国产风电主轴轴承与国外品牌差距逐渐缩小，预计 2022 年主轴轴承（陆上）国产化率可提高到 40%。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。未来随着整机厂对零部件降本的关注度逐渐提升，以主轴轴承为代表的轴承部件国产化是大势所趋，预计未来风机轴承国产化率有望持续提升。

图46：2022 年我国风电主轴轴承国产化率有望达 40%



数据来源：CWEA、开源证券研究所

国家支持高端精密轴承国产化替代，高端化、精密化将成为国内轴承产业发展趋势。我国对于轴承产品的要求更加趋于智能化与高端化，对于高精密大型轴承的需求也较大。2019 年 10 月 30 日，国家发改委发布《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，重点鼓励重载铁路货车轴承、2MW 及以上风电机组用精密轴承、P5/P4 级高速精密冶金轧机轴承等类型轴承产业的发展。2021 年 4 月 14 日，工信部发布《“十四五”智能制造发展规划（征求意见稿）》，明确到 2025 年，规模以上制造业企业基本普及数字化，智能制造装备国内市场满足率超过 70%，轴承作为装备中

的重要组成，其高端精密领域的国产化替代对国家战略发展具有重要意义。

表14：国家鼓励高端精密轴承发展

类别	内容
材料	支持高性能轴承钢
	鼓励时速 200 公里以上动车组轴承
	轴重 23 吨及以上大轴重重载铁路货车轴承、大功率电力/内燃机车轴承
	使用寿命 240 万公里以上的新型城市轨道交通轴承
	使用寿命 25 万公里以上轻量化、低摩擦力矩汽车轴承及单元
	耐高温（400° C 以上）汽车涡轮、机械增压器轴承
	P4、P2 级数控机床轴承
	2MW 及以上风电机组用各类精密轴承
	使用寿命大于 5000 小时盾构机等大型施工机械轴承
	P5 级、P4 级高速精密冶金轧机轴承
	飞机发动机轴承及其他航空轴承
	医疗 CT 机轴承
	深井超深井石油钻机轴承
	海洋工程轴承
	电动汽车驱动电机系统告诉轴承（转速≥1.2 万转/分钟）
	工业机器人 RV 减速机谐波减速机轴承

资料来源：《产业结构调整指导目录（2019 年本）》、开源证券研究所

国产替代与高端化精密化将成为我国轴承产业未来发展主线。国内轴承产业大而不强，主要生产产品集中于低端产品，中高端产品占比不足 20%，部分如风机主轴轴承、重载铁路轴承、动车组轴承等领域的轴承国产化率较低。未来我国将持续推进国产轴承高端化、精细化发展，解决轴承高端应用场景的卡脖子问题，轴承产业头部厂商有望收益。

表15：各市场规模以及主要玩家

	市场规模	增量部分	国内主要玩家
新能源车	292.5 亿元 (2030 年)	电驱总成轴承+渗透率提高	五洲新春、长盛轴承、光洋股份等
人形机器人	35 亿元（100 万台出货量）	线性关节+丝杠+减速器轴承	五洲新春、长盛轴承、新强联、双飞集团、崇德科技、恒润股份等
风电轴承	368.5 亿元 (2025 年)	以滑替滚+风电装机量提升	长盛轴承、新强联、恒润股份等
机床轴承	289.48 亿元 (2028 年)	国产替代	瓦轴、洛轴、哈尔滨轴承等

资料来源：开源证券研究所（机床轴承市场空间来自贝哲斯咨询，其余市场空间为我们测算）

5.3、轴承受益标的

5.3.1、五洲新春：卡位机器人、新能源汽车高景气赛道

由轴承套圈生产企业拓展至全轴承生产企业。套圈、滚动体、保持架的生产基础工艺具有同源性，材料选择、锻造、磨削和热处理均是三者的必备工艺，由套圈转向轴承制备具有天然延伸基础。公司常年供货 SKF 和舍弗勒，套圈品质过关，类推轴承产品品质优异，客户持续拓展。

公司不断拓展新能源汽车产品矩阵，客户资源不断丰富。公司的轴承套圈此前已配套特斯拉等汽车厂，具备客户资源优势。2022 年公司定增项目拟使用 1.05 亿元募集资金建设年产 1020 万件新能源汽车轴承与零部件技改项目，提升产品交付能力。目前公司成品轴承业务毛利率为 17%，而公司五款新能源车轴承的合理毛利

率在 20%~25% 左右，未来新能源车轴承放量后将带动成品轴承毛利率提升。

五洲新春进军人形机器人轴承优势大。客户资源上，公司在 2018 年收购浙江新龙实业，拓展热管理产品方阵，此后公司的汽车热管理系统零部件深度绑定三花智控。三花智控作为特斯拉的 Tier1 厂商，优势为零件整合和供应链管理能力强，在滚柱丝杠、轴承等环节传统加工制造领域需要培植自己的核心供应链，五洲新春具备先发优势。同时，公司的大规模制造工艺能力和生产组织能力强、和主机厂配合度高，满足特斯拉机器人对零部件供应商的要求。五洲新春 2019 年在墨西哥投资的子公司五洲新龙于 2023 年已租赁了约 4000 平方米的厂房，目前已投放产线包括车加工、热处理、磨加工，未来有望进一步投放锻造产线，大规模制造能力提升。

5.3.2、长盛轴承：国内滑动轴承领头羊，新能源汽车为主要营收来源

公司深耕自润滑轴承市场，拥有成熟的自润滑材料和工艺技术。公司已形成材料配方制备工艺、金属基材料表面复合技术、自动化卷带材料生产线及后道自动成型加工装备及工艺技术等多项行业领先的核心技术。公司参与研发多个国家重点项目，与湖南大学合作《多孔质静压气体轴承研制及实验台搭建》项目突破高端气体静压轴承的多孔质材料的制备瓶颈。与上海核工程研究设计院共同研发的“蒸汽发生器支撑使用的球铰”列为国家十三五重大专项。

工程机械与新能源汽车领域为公司产品重要应用领域，客户资源优质。在工程机械应用领域，公司长期与卡特彼勒、杰西博、沃尔沃等进行直接对接或通过其一级供应商参与各机型的优化及新机型的设计。长盛轴承作为汽车主机厂商的二或三级配套供应商，也已得到全球用户的认可。客户包括在汽车座椅系统、汽车门、引擎盖、后背箱铰链、变速箱、汽车减震器系统、发动机周边配套系统等领域，公司已将自润滑轴承产品推广到包括宝马，沃尔沃，捷豹，特斯拉，奥迪，大众等各车型中。在汽车制动系统、空调压缩机等应用领域，公司与克诺尔、美驰、华域三电等知名企业共同对自润滑新材料方面的应用和试验进行研发合作。

定增拓展风电轴承市场。根据公司募投计划，拟投资 1.3 亿元新建年产 1.4 万套风力发电自润滑轴承。公司产品能够应用于风电主轴、主齿轮箱以及偏航变桨等部位，目前已在客户处进行测试，2023 年度有望完成小批量交付，乐观估计可对公业绩作出贡献。

5.3.3、力星股份：轴承滚动体领导者，全资子公司布局新能源车陶瓷球

力星股份主营产品为轴承滚动体，包括轴承钢球（2023 收入占比 84.7%）和轴承滚子（2023 收入占比 12.0%），下游客户为轴承企业。终端应用领域包括机动车制造、精密电机、工业母机、风力发电、轻工家电、工程机械、航空设备等。终端领域的客户包括丰田、尼桑、现代等厂商。

力星股份轴承钢球销售收入连续多年排名国内第一，是目前国内唯一一家进入国际八大轴承制造商采购体系的内资企业，供货给全球最大轴承制造商瑞典斯凯孚集团。公司 II 级轴承滚子也已开始大批量生产，I 级轴承滚子已通过国家轴承质量监督检测中心检测，开始小批量生产。

2022 年力星股份拟使用自有投资资金 1 亿元设立全资子公司“力创精密”，主营业务为精密陶瓷滚动体。目前陶瓷球生产线已进入试生产阶段，部分样品已交由下游客户检验，2024 年已有量产能力。

5.3.4、光洋股份：深耕汽车轴承，发力新能源汽车与机器人轴承市场

公司自成立以来始终将汽车轴承作为主业，发展过程中逐步拓展同步器行星排等其他汽车零部件业务以及以柔性线路板为代表的消费电子业务。2023 来自轴承产品、汽车行业的营收分别占公司总营收的 51%、91%。

公司成功为大众、比亚迪、斯堪尼亚、戴姆勒、北京奔驰、理想、蔚来、小鹏、零跑、一汽、东风、重汽、长城、吉利、广汽、长安、麦格纳、爱信、博格华纳、ZF、伊顿、纳铁福等国内外知名新能源与燃油汽车及零部件制造商开发出高精密、高可靠性、轻量化的轴承及其他汽车零部件产品实现进口替代。

根据公司 2023 年最新发布的定增说明书，公司计划使用募集资金 4 亿元建设“年产 6500 万套高端新能源汽车关键零部件及精密轴承”项目。该项目涵盖新能源汽车三代轮毂轴承单元、新能源汽车精密高速球轴承、新能源汽车精密锥轴承、新能源汽车精密冲压角接触球轴承和新能源汽车线控制动系统丝杠轴承单元五大类产品。本次募投项目产品的客户主要涵盖比亚迪、大众、蜂巢传动、富临精工、奇瑞、吉利、博格华纳、理想等新能源汽车产业链知名企业。

除了重点开拓汽车领域，公司也在全力开拓机器人零部件市场，目前在减速器用交叉滚子轴承、RV 组合轴承等产品领域已经实现了批量配套。

5.3.5、人本股份（IPO 申报）：机器人、新能源汽车、高铁等中高端轴承取得多项突破

公司是中国产销规模最大的轴承企业，汽车为公司第一大下游，2022H1 营收占比 35.7%。根据中国轴承工业协会 2023 年 2 月的统计显示，公司自 2013 年以来的轴承产销量在全国主要轴承企业中排名第一位，是中国产销规模最大的轴承企业。在汽车、轻工机械、重型机械、轨道交通等领域积累了稳定的优质客户资源。

公司是国内少数具备全产业链能力的轴承企业之一，拥有从材料轴承钢技术研发、轴承产品的设计、到轴承的锻造、车加工、热处理、精磨、装配等各个环节一体化的能力。

在以重大装备轴承为代表的中高端轴承产品领域，公司已取得了众多突破。包括新能源汽车驱动电机、轮毂轴承、地铁轻轨轴承、高铁动车牵引电机、轴箱和齿轮箱轴承、风电主轴轴承、机器人轴承领域和精密机床轴承。

5.3.6、国机精工：坐拥轴研所优质资产，承担高端轴承国产替代使命

国机精工隶属于中国机械工业集团有限公司（国机集团）。公司核心企业有三家，分别是成立于 1958 年的洛阳轴承研究所有限公司（轴研所）、成立于 1958 年的郑州磨料磨具磨削研究所有限公司（三磨所）以及成立于 1981 年的中国机械工业国际合作有限公司。轴承板块和磨料磨具板块是公司的业务核心和主要利润来源，2023 年两大业务的营收分别占公司总营收的 37%、36%。

国机精工轴承板块的运营主体为轴研所，轴研所是我国轴承行业唯一的综合性研究开发机构。轴研所拥有先进的轴承制造装备和测试仪器，拥有多学科综合技术优势，在高精度、高可靠性轴承及相关零部件的制造、检测与试验方面具有较强实力，在轴承基础理论、润滑技术、设计分析、材料应用与失效分析、试验技术和技术标准等方面保持着国内领先地位。

公司生产轴承产品定位中高端，主要利润来源于特种轴承。主要产品包括以航天轴承为代表的特种轴承、精密机床轴承、机床用电主轴、重型机械用大型/特大型轴承（包括盾构机轴承及附件、风力发电机偏航和变桨轴承、冶金轴承及工程机械轴承）等。公司在卫星及其运载火箭上的专用轴承领域市场占有率90%以上。

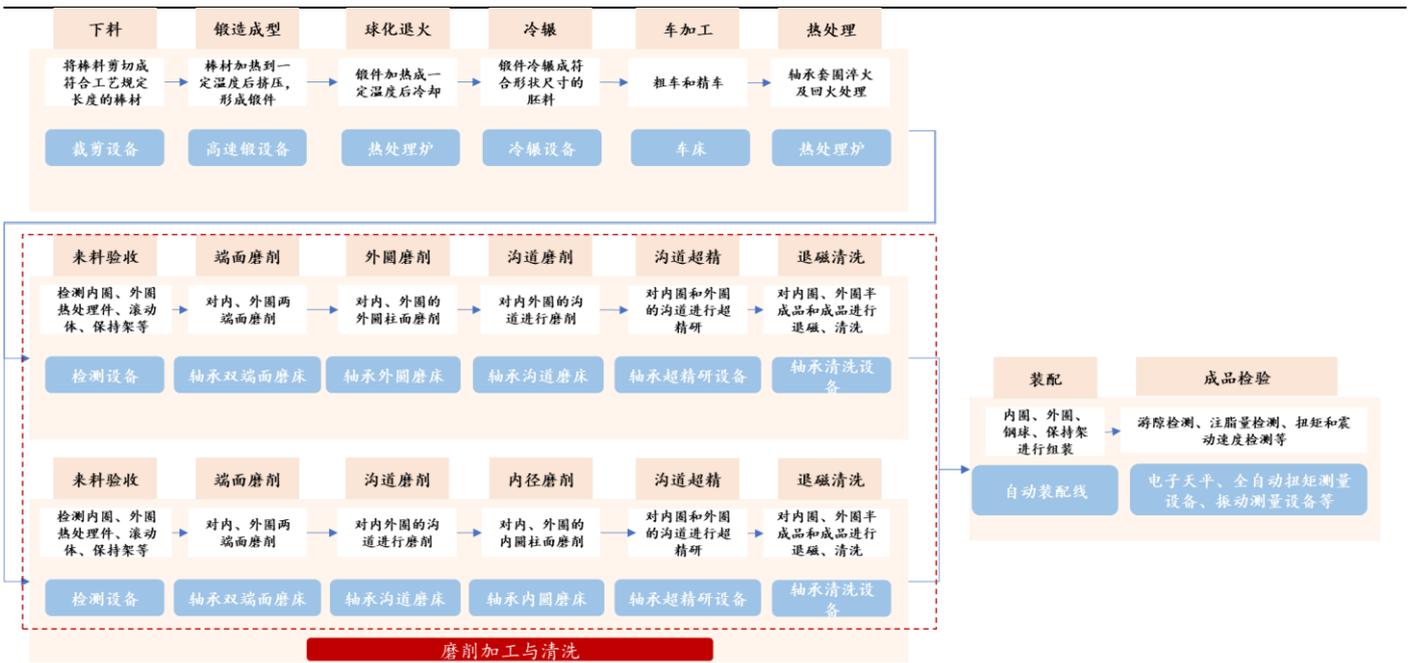
6、轴承行业资本开支扩大，刀具、设备等铲子股需求上行

6.1、车加工、热处理和磨削加工为轴承主要工艺环节

车加工：是指选用不同规格的车床或自动旋削连线设备将锻件或管件车削成符合工艺规定形状和尺寸的车加工成品，需要选用不同规格的车床或自动旋削连线设备；

热处理：是指将车削加工后的轴承套圈进行淬火及回火处理，实现从珠光体到马氏体的转变，需要选择不同的热处理炉、淬火方法和淬火介质；

图47：轴承生产全工艺流程



资料来源：人本股份招股书、开源证券研究所

磨削加工：包括端面磨削、外圆磨削、沟道磨削、内径磨削、沟道超精等工艺环节，其中不同环节堆设备的要求不同，端面磨削采用轴承专用双端面磨床，外圆磨削采用轴承专用外圆磨床，沟道磨削采用轴承专用沟道磨床，内径磨削采用轴承专用内圆磨床，沟道超精需要采用轴承专用超精研设备。

未来轴承工艺的发展主要集中于材料、制造工艺和设计三个方面。

材料方面：陶瓷等新材料的应用将成为轴承材料发展的主要方向。轴承的材料需要具备高强度、高硬度、高耐磨、高耐腐蚀和耐高温等特性，未来随着技术的进步，新材料的应用将成为轴承材料的主要方向。目前，陶瓷、纳米材料和复合材料等先进材料具有更高的强度和硬度，能够使得轴承的性能得到大幅提升，延长轴承的使用寿命并提高其工作效率。

图48：陶瓷材料正广泛应用于轴承中



让云科技

搜狐号@让云科技

资料来源：让云科技

图49：轴承材质单列角接触球轴承适用于高速旋转



资料来源：中华轴承网

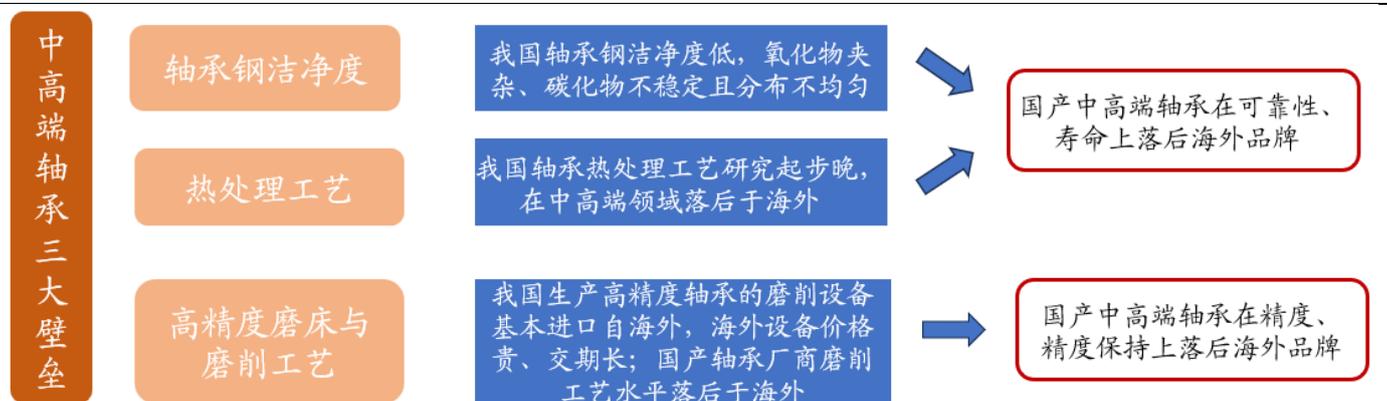
制造工艺方面：精密制造技术将成为轴承制造的重要发展方向。精密制造技术能够提高轴承的制造精度与质量，减小尺寸误差和表面粗糙度，使得轴承的运转更加平顺可靠。目前可采用的先进加工技术包括激光加工、电化学加工和微细加工等，可以实现对轴承零件的高精度加工。

设计方面：轴承的设计将会更加注重优化结构和提高性能。轴承的设计需求越来越高，需要满足更高的载荷、更大的转速和更长的使用寿命的要求，需要引入先进的仿真技术和优化算法，对轴承的结构和参数进行全面的优化和分析，从而提高轴承的承载能力与稳定性。将轴承与其他机械零部件进行集成设计将实现更高的系统效率和整体性能。

6.2、原材料、热处理工艺、磨削设备为国内外轴承产业主要差距点

轴承制造工业自起源之日起发展已超过百年，轴承制造的基本原理未发生过颠覆性变化。在中高端轴承领域，国内产品与进口轴承相比存在的差距主要体现在尺寸公差与旋转精度的差距、高速性能的差距、噪音与异音的差距、寿命的差距、特殊工况应用的差距等方面。造成这些差距的原因是中高端轴承生产制造过程中存在原材料、热处理工艺、磨削设备三大壁垒，国内在这三面均有不足。

图50：在中高端轴承领域，国产品牌在原材料洁净度、热处理工艺水平、磨削设备自主化上落后于海外品牌



资料来源：开源证券研究所

轴承钢作为轴承的上游原材料，对轴承的性质有着极大影响。轴承的工作环境对轴承钢的强韧性、耐磨性以及使用寿命提出了更高的要求，这使轴承钢成为所有

合金钢生产要求中最为严格的钢种之一。

当前中国高端轴承钢产品的研发水平与瑞典、德国、日本等轴承制造强国差距悬殊较大，轴承钢洁净度低，氧化物夹杂、碳化物不稳定且分布不均匀等因素大幅降低了国产轴承钢的寿命和可靠性，对国产高端轴承领域的发展造成了限制。以体现轴承钢洁净度的氧含量举例，我国国家标准规定高碳铬轴承钢氧的质量分数在在 15×10^{-6} 以内，而日本、瑞典等工业发达国家轴承钢的氧含量普遍在 10×10^{-6} 以下，甚至达到 5×10^{-6} 以下。据日本相关报道，轴承钢氧的质量分数平均减少 2.5×10^{-6} ，则轴承寿命提高 1~2 倍。

在轴承材质确定的情况下，热处理工艺技术是决定轴承使用寿命的关键技术。轴承的制造必须经过以淬火硬化为目的的热处理工序后才能满足性能要求，在整个的轴承制造工序中，热处理占据约 25% 的总能耗，轴承热处理后的变形量也决定了后续工序的磨削余量。热处理工序的高效化、小变形热处理等技术对于降低能耗、提高轴承制造效率尤为重要。近十年我国在轴承常规热处理方向上发展较快，普通精度一般寿命的轴承热处理能完全实现批量生产，但部分热处理技术难题尚未完全突破，如控制气氛保护加热、双细化、贝氏体淬火等技术的应用率较低。

磨削设备是轴承加工所需的核心设备，决定轴承的精度。轴承磨削加工包含磨削、超精、研磨等。相比海外高精度磨床，国内轴承磨床的不足在于(1)磨削精度和磨削工件的“批一致性”较差；(2)主轴刚性较低，精度寿命较短，维护较为频繁，调整时间较长；(3)磨削工艺方面很难给用户提供支持。目前，我国生产高精度轴承的磨削设备基本进口自海外，海外设备价格贵、交期长，对国内轴承产业的高端升级造成限制。

国内轴承企业生产制造工艺逐年进步，未来有望逐渐替代国外产品。以淬火工艺举例，国内企业已经逐步掌握无软带淬火技术，该技术有望克服传统感应淬火的回火软带缺陷，提高国产设备和产品的渗透率。得益于国产技术的提升，2011-2021 年我国轴承行业主营业务收入规模由 1420 亿元增长到了 2278 亿元。2022 年轴承行业完成营业收入 2,500 亿元，相比 2021 年的 2,278 亿元增长 9.7%。

6.3、轴承与丝杠生产工艺相通，轴承厂商转向丝杠生产具备先天优势

国内厂商切入高端丝杠市场主要面临三大壁垒：成熟工艺、设备储备与高质量原材料。

壁垒一：成熟的加工工艺。高端丝杠的制造难度大。以行星滚柱丝杠为例，螺纹牙型的设计通过决定滚柱-螺母间啮合点位置与轴向间隙大小来决定丝杠的性能。丝杠行业先进者凭借长期深耕提炼出成熟的螺纹牙型设计方式与加工工艺，抢占高端市场份额。这些厂商更容易导入终端龙头客户并且形成客户粘性，通过龙头客户的高质量反馈，再对加工工艺进行改进形成良性循环。

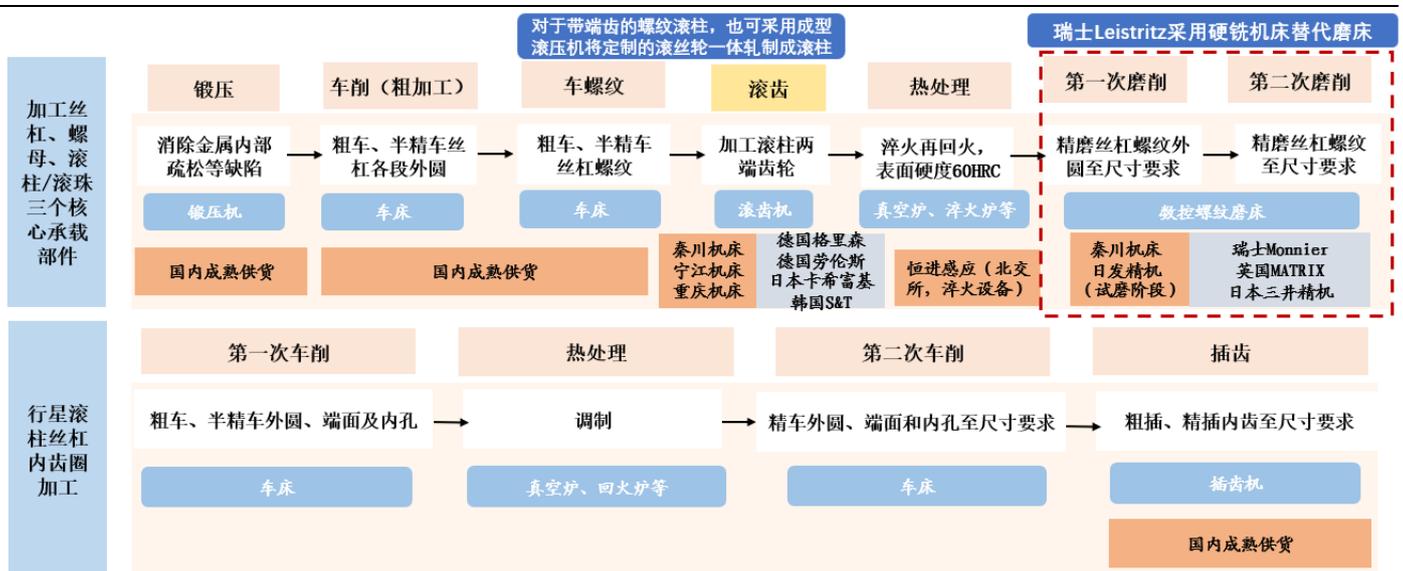
壁垒二：丝杠为重资产行业，对设备储备要求高。对于无精度要求的 C7-C10 级滚珠丝杠，国内一般采用车削后轧制的方式生产。对于 C0-C5 级精密滚珠丝杠和行星滚柱丝杠，国内主要采用先车削、后磨削的方式，如果加工带端齿的螺纹滚柱时还需要使用滚齿机或一体成型的滚压机。磨削为核心工艺，约占整个加工过程的 2/3，使用的设备是数控螺纹磨床，根据丝杠精度要求不同，选择中高端数控螺纹磨床或高端数控螺纹磨床。

欧洲厂商还普遍使用旋风铣的方法来加工螺纹。旋风铣的加工时间是磨削加工的 1/3，且不影响加工质量。核心设备是高精度旋风铣床。硬铣削工艺是指由光杆进行感应淬火处理硬度达到 HKC60-HRC62，然后直接在数控旋风铣床上利用 CBN 成型刀以 180m/min 的切削速度将螺纹一次铣削成型。

高端检测设备对保障滚珠丝杠生产良率起到重要作用。以南京工艺为主的滚珠丝杠大规模量产厂商引入德国 MAE 滚珠丝杠高效在线检测自动校直机来进行滚珠丝杠的检测。

目前加工高端丝杠的设备被海外垄断，加工中高端丝杠的设备国内仅少数厂商可供货，海外设备仍为主流。海外设备商交期不断延长并且倾向于将产能首先满足长期合作的客户，因此丝杠行业后进入者可能因买不到符合精度要求的海外设备而无法满足不同客户需求。

图51：行星滚柱丝杠以及滚珠丝杠的主要生产流程



资料来源：《行星滚柱丝杠设计》王家健、莱斯特瑞兹机械微信公众号、中国机床网、新剑机电传动微信公众号等、开源证券研究所

壁垒三：原材料纯度、配方，材料热处理工艺。丝杠的主体材料需要具有高强度、硬度及良好的淬透性、耐摩擦性来保证长期稳定的工作。制造出上述高质量原材料的核心壁垒在于材料本身的纯度、配方以及球化退火、调质处理、中频淬火三项核心热处理工艺。

成熟的轴承生产企业能够有效克服丝杠生产壁垒，因此轴承企业拓展丝杠业务具有先天优势。轴承企业在丝杠生产中具有优势主要出于以下原因：

(1) 轴承和丝杠部分生产设备可以共用，轴承企业能够节约设备投资额。锻压机、车床、热处理设备线（真空炉、淬火炉、退火炉等）、质量检测的设备（圆度仪、油隙仪、振动检测仪）设备能够同时用于轴承与丝杠生产中，能够节约轴承企业转向生产丝杠的投资额，同时加快产线建设，获得市场先机。轴承企业转向丝杠生产主要投资设备包括滚齿机、数控螺纹磨床、插齿机等。在实际生产中，丝杠的生产通常会使用专门的丝杠磨床或者螺纹磨床，因此虽然轴承磨床在技术上可能用于生产丝杠，但在工业生产中，通常会选择更适合丝杠制造的专业设备。

表16：部分设备可以在轴承和丝杠生产流程中共用

通用设备	对应轴承工艺环节	对应丝杠工艺环节
锻压机	锻造成型	锻压
车床	车加工	车削、车螺纹
热处理线		热处理
质量检测设备		检测性能指标

资料来源：开源证券研究所

(2) 轴承企业在原材料选取和加工工艺上具有丰富经验，能够满足丝杠生产需求。丝杠的主体材料需要具有高强度、硬度及良好的淬透性、耐磨擦性来保证长期稳定的工作。而轴承钢是重大技术装备用轴承零件的关键基础材料，广泛应用于航空航天、高铁机组、大型盾构机等领域，这些领域对轴承的性能要求极高，因此轴承钢的质量直接关系到装备的可靠性和安全性。因此轴承企业在轴承生产中积累了丰富的原材料选取和配方的经验，能够满足丝杠的原材料需求。另外轴承生产工人在锻压、切削、热处理等工艺流程中积累了丰富的经验，能够熟练应用于丝杠生产之中，因此轴承企业具备生产丝杠生产的先天优势。

汽车、机器人、机床和工程机械等下游应用有望推动丝杠市场规模提升，丝杠有望成为头部轴承企业产品品类拓展主要方向。

(1) 汽车：线控底盘是汽车智能化浪潮下的黄金赛道，其中最为关键的线控转向和线控制动系统目前均使用滚珠丝杠。根据我们测算，2023年，国内应用于乘用车线控底盘的丝杠市场规模预计为75.8亿元，2030年有望增长至388.9亿元。

(2) 机器人：根据特斯拉2022 AI day发布会以及我们的预计，特斯拉人形机器人单机14个线性执行器中各使用1根行星滚柱丝杠，12个灵巧手内的空心杯关节各使用1根微型行星滚柱丝杠。根据我们预计，当产量达到100万、200万台时，所需行星滚柱丝杠市场规模分别达到163亿元、327亿元。

(3) 机床：滚珠丝杠是数控机床核心零部件，通常安装在高精度数控机床的直线轴中。我们测算，2023年我国机床用滚珠丝杠市场空间约为97亿元，2030年有望增长至190.6亿元，市场规模翻倍。

(4) 工程机械：工程机械、注塑机电动化、节能化趋势推动行星滚柱丝杠电动缸对液压缸的替代。我们以挖掘机、叉车代表行星滚柱丝杠在工程机械领域的主要下游，测算得2023年国内工程机械行业用行星滚柱丝杠市场约2500万元，到2030年有望增长至3.76亿元。

结合以上测算，2023年国内丝杠市场规模约173亿元，以人形机器人产量达到100万台假设，2030年国内丝杠市场规模有望增长至747亿元。

图52：智能汽车、人形机器人等新需求拉动下，丝杠行业迎来高增长

丝杠行业 市场规模 与增长驱 动因素	下游	驱动因素	市场空间 2023 (亿元)	市场空间 2030 (亿元)	增长幅度
	汽车	汽车智能化趋势下，线控底盘渗透率提升、更高价值量的行星滚柱丝杠替代滚珠丝杠	75.8	389	扩大5.1倍
	机器人	以特斯拉为代表的人形机器人新市场对行星滚柱丝杠的需求	0	人形机器人产量达100万台时将新增163亿元市场	
	机床	我国机床产业升级，高端机床占机床总产量的比例提升	96.99	190.6	扩大2倍
	工程机械和注塑机	工程机械、注塑机电动化节能化趋势推动行星滚柱丝杠电动缸替代液压缸	0.25	3.8	扩大15倍
总量			173	747	扩大4.3倍

资料来源：佐思汽研、特斯拉 2022 AI DAY、国家统计局等、开源证券研究所

国内轴承企业正逐步布局丝杠，目前已初步具备量产能力。丝杠和轴承在生产加工方面存在技术相通性，近年来五洲新春、长盛轴承等企业开始布局丝杠产品，未来有望将产品应用至汽车和人形机器人领域。

表17：部分轴承企业已布局丝杠产品，初步具备量产能力

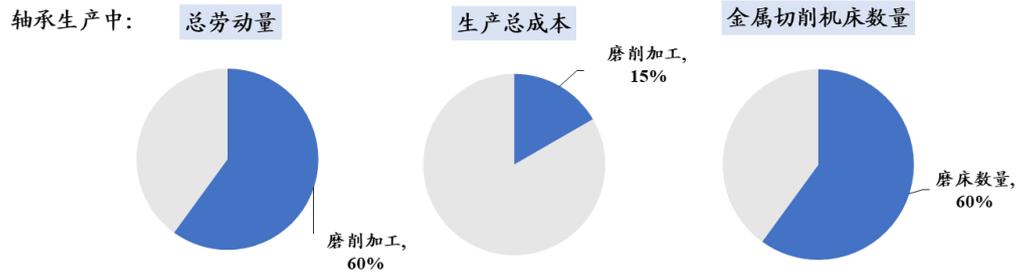
公司	丝杠产品布局情况
五洲新春	公司于 2021 年开始研发新能源汽车转向系统丝杠螺母轴承组件，丝杠类产品主要应用于新能源汽车转向系统、电子刹车和驻车系统、变速箱和主动悬架系统等，车用及机器人用丝杠类产品都将作为公司未来发展的主要方向。
长盛轴承	2022 年公司募资扩建年产自润滑轴承 16,700 万套、滚珠丝杠 3 万套、风力发电自润滑轴承 14,000 套项目。公司滚珠丝杠产品主要应用于商用车变速箱，乘用车制动、转向及驻车系统。
宁波慈兴	2018 年慈兴集团设立宁波慈兴汽车轴承与滚珠丝杠研究院，核心研究开发方向为高端汽车轴承、新能源汽车用轴承、车用滚珠丝杠组件等。2022 年公司年产能为 500 万只滚珠丝杠

资料来源：五洲新春公告、长盛轴承公告、立鼎产业研究网、开源证券研究所

6.4、轴承：资本开支扩大推动刀具、设备需求提升，关注高端磨床

磨床是轴承生产的关键设备。轴承生产中，所需的磨削加工劳动量约占总劳动量的 60%，所用磨床数量也占全部金属切削机床数量的 60% 左右，磨削加工成本占轴承生产总成本的 15% 以上。

图53：磨床是轴承生产的关键设备



资料来源：《我国轴承制造技术的现状及其发展趋势》（刘桥方等，2005年）、开源证券研究所

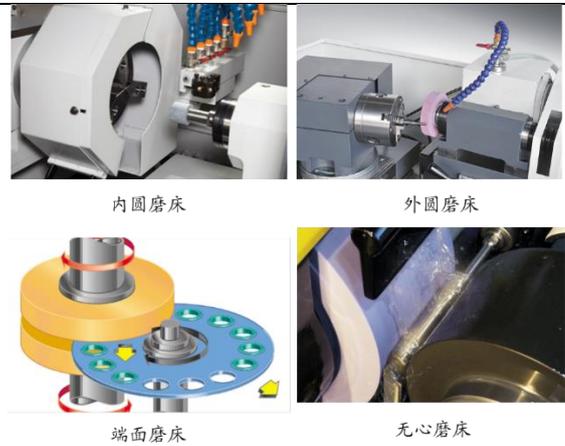
所应用的机床包括端面磨床、外圆磨床（外圆磨）、内圆磨床（内圆磨）无心磨床（外圆磨、外沟磨、内径面磨）等。

图54：轴承内外圆需要经过平面磨削、内/外径磨削、沟（滚）道磨削等工序加工



资料来源：轴承杂志社公众号

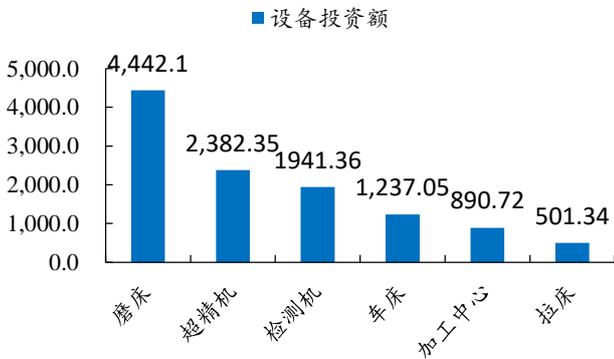
图55：轴承磨削需要端面磨床、外圆磨床、内圆磨床、无心磨床等数控机床



资料来源：海默数控官网、博纳领航官网、兴富祥科技官网、巨升精机官网、开源证券研究所

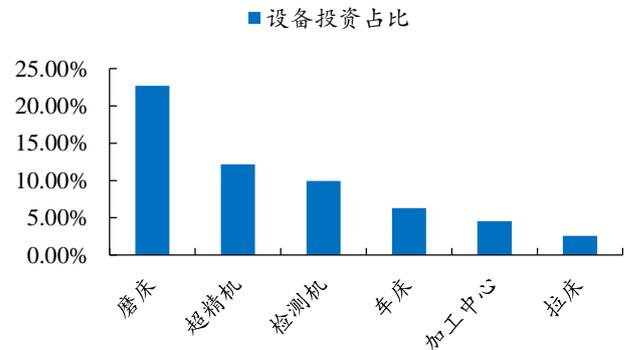
轴承加工核心设备包括磨床、超精机、检测机等。我们参考斯菱股份招股说明书，年产629万套轴承生产线项目生产设备投资1.96亿元，对应磨床、超精机、检测机的设备投入分别为4442、2382、1941万元。

图56：年产629万套轴承对应设备投资额（万元）



数据来源：斯菱股份招股说明书、开源证券研究所

图57：年产629万套轴承对应各类设备投资额占比



数据来源：斯菱股份招股说明书、开源证券研究所

表18: 国内可供应轴承生产前道设备和后道中低端设备

轴承生产工艺段	设备	国内供货情况
前道	锻压机, 车床, 真空炉、淬火炉等热处理设备	成熟供应
后道	双端面磨床、外圆磨床、内圆磨床、沟道磨床等	国内厂商可以供应中低端设备, 中高端设备仍需进口。

资料来源: 开源证券研究所

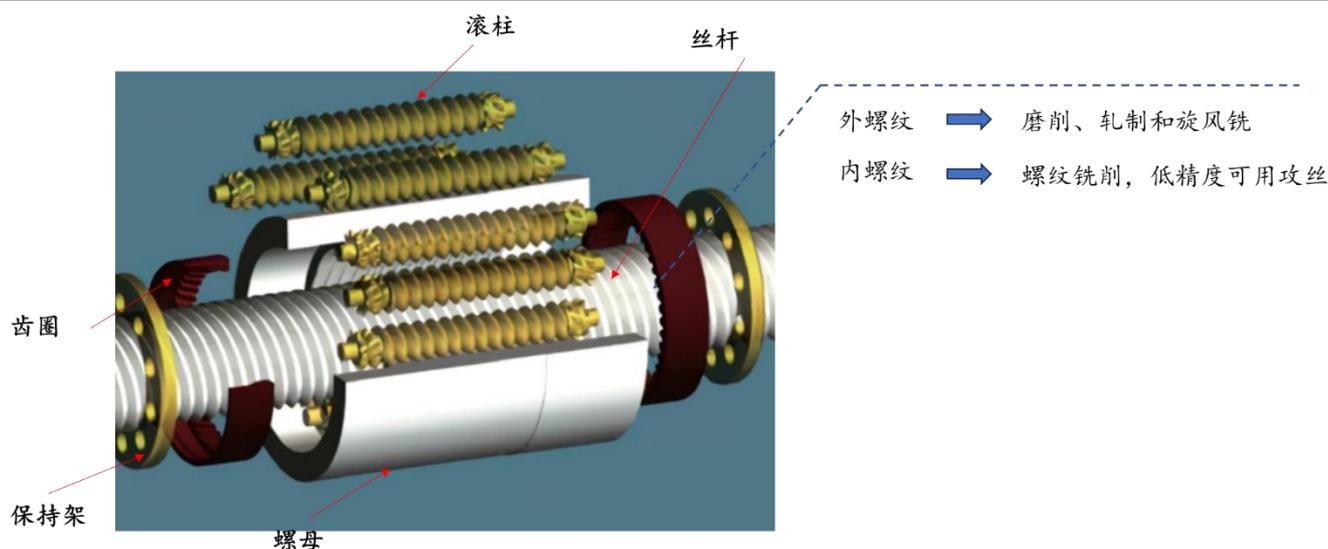
轴承行业资本开支扩大将推动刀具、设备需求上升。中性假设下, 2030 年人形机器人实现 100 万台量产, 带来 45.6 亿元轴承需求。同时新能源汽车轴承相较 2022 年新增 157.5 亿元市场。根据光洋股份定增说明书, 设备投资额占轴承产能建设总投资额的 93.4%, 假设目前轴承厂商产能满载, 则对应设备新增需求为 190 亿元。刀具作为机床的核心耗材, 在机床全生命周期中需要多次替换, 将持续受益于终端资本开支上行。

国内可成熟供应轴承生产的前道设备以及中低端轴承所需的后道磨床, 中高端轴承所需的磨床国产化率低。光洋股份 2023 年最新披露的高端新能源汽车关键零部件及精密轴承定增项目中, 采购生产设备的国产化率已经达到 88.6%, 国产替代趋势强化。未来国内轴承厂商资本开支上行, 国产中高端磨床厂商有望受益。**推荐标的: 恒锋工具、秦川机床(螺纹磨床); 受益标的: 沃尔德、浙海德曼(车床)。**

人形机器人线性关节主要采用行星滚柱丝杠等传动方式。特斯拉机器人全身使用 12 个线性执行器(即伺服电缸), 采用无框电机+行星滚柱丝杠的方案。除行星滚柱丝杠外, 其他几种人形机器人腿部传动方案包括连杆、T 型丝杠等。

行星滚柱丝杠是丝杠中性能最优异也最贵的品类, 制造难度比滚珠丝杠难度更大。此外, 滚柱丝杠也可应用于新能源车、机床等领域, 量产能力将成为丝杠产业核心竞争力之一。滚柱丝杠主要由丝杠、螺母、滚柱三部分构成, 丝杠外螺纹、螺母内螺纹是主要的加工难点。此外, 行星滚珠丝杠内齿圈的加工工艺, 和齿轮内齿圈类似, 都需要使用插齿等齿轮加工工艺完成。

图58: 行星滚柱丝杠主要由丝杠、螺母、滚柱三部分构成



资料来源: 上海啻起自动化有限公司官网、开源证券研究所

外螺纹加工：外螺纹加工工艺主要包括磨削、轧制和旋风铣三种，螺纹磨床磨削是主流，旋风铣采用旋风铣刀、铣床。

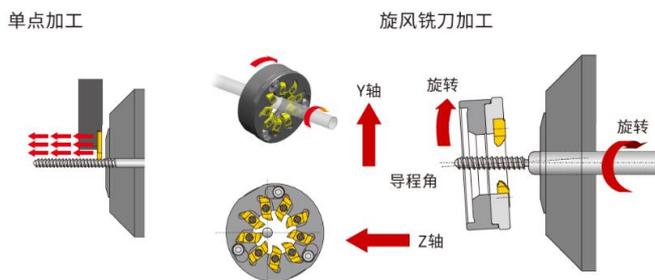
旋风铣加工效率高、稳定性好，但设备价值昂贵。在旋风铣的切削过程中，只有旋转到靠近工件一侧才能参与并完成切削，为远离工件的刀具提供了足够的散热时间。此外，旋风铣每次切削区域的空间位置不变，切削厚度与宽度都是切入的由小变大，再变为切出的由大变小。因此，旋风铣与单点铣削相比，金属切削率大大提高。此外，旋风硬铣削的加工效率是磨削的 3~5 倍，且与传统切削相比，刀具使用寿命能够提高 70%，在中等精度市场市占率逐渐提升。我国能够提供旋风铣刀的厂商包括沃尔德等。

表19：磨削与旋风铣加工优势比较

特点/加工方式	磨削	旋风铣
加工工序	相对长	相对短
加工速度	相对慢	相对快
加工精度	相对高	相对低
产品稳定性	相对低	相对高
环保性	相对绿色环保	污染较大
切削热量	相对多（螺距热误差大）	相对少（螺距热误差小）

资料来源：《旋风硬铣削加工技术及其在精密滚珠丝杠加工中的应用》（宋现春等，2022 年）、开源证券研究所

图59：旋风铣只需 1Pass 即可完成加工



资料来源：NTK 官网

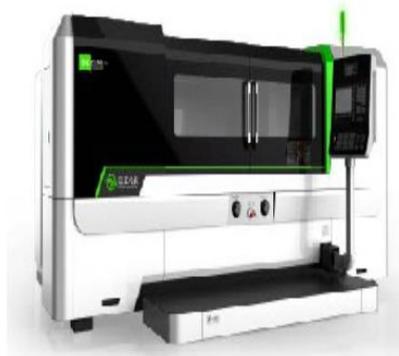
图60：旋风铣采用旋风铣刀



资料来源：山特维克可乐满官网

在目前的国内外螺纹加工市场中，磨削工艺是主流。由于旋风铣设备价值量等问题，我国丝杠加工方式目前仍以高速或超高速磨削为主。所采用的磨具及设备主要为各种材质的砂轮及螺纹磨床。

图61：外螺纹磨削工艺主要采用螺纹磨床

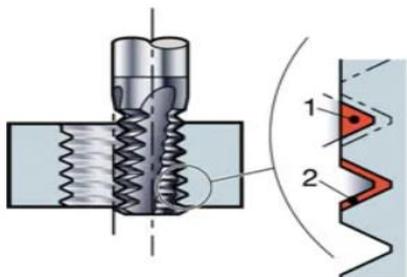


资料来源：秦川机床官网

内螺纹加工：采用攻丝或铣削工艺，分别对应刀具丝锥、螺纹铣刀。其中，公
请务必参阅正文后面的信息披露和法律声明

司工艺因丝锥刀具标准化程度高，价格相对便宜，设备及加工成本相对低廉；国际知名丝锥品牌包括日本 OSG、德国 EMUGE、德国 NORIS 和澳大利亚 SUTTON 等。螺纹铣削刀具寿命长、不易断刀、螺纹精度高，但设备价格相对较高。对应设备分别为攻丝机、铣床等。

图62：螺纹铣削工艺使用铣刀



资料来源：山特维克官网

图63：攻丝工艺使用丝锥

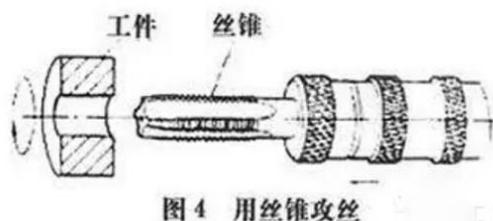


图4 用丝锥攻丝

资料来源：成都欣欣官网

表20：内螺纹加工刀具包括丝锥和螺纹铣刀

常用内螺纹加工工艺	刀具类型	特点
手工攻丝	高速钢成组丝锥	生产效率低、刀具寿命低、螺纹精度差
机床攻丝	高速钢单支丝锥	丝锥标准化程度高，价格便宜，但容易断造成报废，刀具寿命低
机床攻丝	硬质合金单支丝锥	丝锥标准化程度高，价格相对便宜，但容易断造成报废
螺纹铣削	硬质合金螺纹铣刀	刀具寿命长、切削力小，不易断刀、螺纹精度高

资料来源：《超高强度钢内螺纹铣刀优化》（刘钟毅等，2021年）、开源证券研究所

7、投资建议

推荐标的：五洲新春（由轴承套圈拓展至全轴承业务，汽车与人形机器人带来增量空间）、长盛轴承（国内滑动轴承龙头）、恒锋工具（精密刀具核心铲子股）、秦川机床（轴承铲子股，受益高端数控机床国产替代）、宇环数控（高端数控磨床和数控研磨抛光设备领域的领军企业）。

受益标的：力星股份、光洋股份、新强联、苏轴股份、金沃股份、沃尔德、浙海德曼。

表21：轴承制造企业受益标的的盈利预测

评级	公司代码	股票简称	总市值 (亿元)	归母净利润 (亿元)			EPS (元)			PE (倍)		
				2023	2024E	2025E	2023	2024E	2025E	2023	2024E	2025E
买入	603667.SH	五洲新春	65.72	1.38	1.95	2.39	0.40	0.53	0.65	62.42	33.70	27.50
买入	300718.SZ	长盛轴承	43.72	2.42	2.90	3.52	0.81	0.97	1.18	22.89	15.10	12.43
未评级	300421.SZ	力星股份	30.37	0.60	1.41	2.61	0.20	0.48	0.89	63.39	21.60	11.65
未评级	002708.SZ	光洋股份	42.16	-1.17	-	-	-0.23	-	-	-39.80	-	-
未评级	300850.SZ	新强联	61.63	3.75	4.14	4.88	1.12	1.15	1.36	30.46	14.89	12.63
未评级	430418.BJ	苏轴股份	19.49	1.24	1.62	2.05	1.28	1.19	1.51	20.49	12.07	9.50
未评级	300984.SZ	金沃股份	17.78	0.38	-	-	0.49	-	-	56.95	-	-

数据来源：Wind、开源证券研究所（注：五洲新春盈利预测来自开源证券研究所，其他来自 Wind 一致预期。最新收盘日为 2024 年 6 月 14 日）

表22：轴承设备铲子股受益标的的盈利预测

评级	公司代码	股票简称	总市值 (亿元)	归母净利润 (亿元)			EPS (元)			PE (倍)		
				2023	2024E	2025E	2023	2024E	2025E	2023	2024E	2025E
买入	300488.SZ	恒锋工具	35.06	1.35	1.60	1.96	0.77	0.96	1.19	30.12	21.91	17.89
买入	000837.SZ	秦川机床	79.07	0.52	1.31	1.78	0.05	0.13	0.18	207.74	60.36	44.42
买入	002903.SZ	宇环数控	25.70	0.40	0.59	0.76	0.26	0.38	0.48	99.40	43.57	33.82
未评级	688028.SH	沃尔德	25.65	0.97	1.38	1.69	0.64	0.90	1.10	39.21	18.64	15.15
未评级	688577.SH	浙海德曼	32.97	0.29	0.45	0.63	0.54	0.59	0.83	173.44	73.26	52.20

数据来源：Wind、开源证券研究所（注：恒锋工具、秦川机床、宇环数控盈利预测来自开源证券研究所，其他来自 Wind 一致预期。
最新收盘日为 2024 年 6 月 14 日）

8、风险提示

人形机器人产业发展进程不及预期：人形机器人产业是轴承重要增量市场，但是产业目前还处于发展前期，发展进程存在较大的不确定性，有低于预期的风险。

高端轴承国产化进度不及预期：国内高端轴承供应商以国外企业为主，国内企业进行国产替代需要进行持续的技术研发迭代并逐渐导入下游行业，存在进度不及预期的风险。

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。根据上述规定，开源证券评定此研报的风险等级为R4（中高风险），因此通过公共平台推送的研报其适用的投资者类别仅限定为专业投资者及风险承受能力为C4、C5的普通投资者。若您并非专业投资者及风险承受能力为C4、C5的普通投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研报中的任何信息。

因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师承诺

负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。负责准备本报告的分析师获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户的反馈、竞争性因素以及开源证券股份有限公司的整体收益。所有研究分析师或工作人员保证他们报酬的任何一部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

股票投资评级说明

	评级	说明
证券评级	买入（Buy）	预计相对强于市场表现 20% 以上；
	增持（outperform）	预计相对强于市场表现 5%~20%；
	中性（Neutral）	预计相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
	减持	预计相对弱于市场表现 5% 以下。
行业评级	看好（overweight）	预计行业超越整体市场表现；
	中性（Neutral）	预计行业与整体市场表现基本持平；
	看淡	预计行业弱于整体市场表现。

备注：评级标准为以报告日后的 6~12 个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅表现，其中 A 股基准指数为沪深 300 指数、港股基准指数为恒生指数、新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）、美股基准指数为标普 500 或纳斯达克综合指数。我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

法律声明

开源证券股份有限公司是经中国证监会批准设立的证券经营机构，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供开源证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的机构或个人客户（以下简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告是发送给开源证券客户的，属于商业秘密材料，只有开源证券客户才能参考或使用，如接收人并非开源证券客户，请及时退回并删除。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他金融工具的邀请或向人做出邀请。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，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波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。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。在任何情况下，本公司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。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告做出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的开源证券网站以外的地址或超级链接，开源证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了客户使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

开源证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。开源证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

本报告的版权归本公司所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

开源证券研究所

上海

地址：上海市浦东新区世纪大道1788号陆家嘴金控广场1号楼3层

邮编：200120

邮箱：research@kysec.cn

北京

地址：北京市西城区西直门外大街18号金贸大厦C2座9层

邮编：100044

邮箱：research@kysec.cn

深圳

地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号楼45层

邮编：518000

邮箱：research@kysec.cn

西安

地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层

邮编：710065

邮箱：research@kysec.cn