

新需求、新机遇，关节轴承迎人形机器人发展浪潮

人形机器人行业深度报告

● 核心观点

自润滑关节轴承在人形机器人中应用确定性高，单机价值量有望达数千元，国产厂商有望受益。连杆和线性执行器是人形机器人关节重要技术发展方向，自润滑关节轴承适用于机器人“旋转+连杆”和“旋转+线性”关节，因此关节轴承应用确定性较高，单机价值量经测算有望达 5200 元，国产自润滑关节轴承厂商有望受益。

人形机器人催生关节轴承新需求，衬垫类自润滑关节轴承为优选方案。关节轴承是一种球面滑动轴承，分为油脂润滑型和自润滑型，其中衬垫类自润滑关节轴承具有免维护及轻量化设计优势，同时兼具自润滑关节轴承免维护、高精度、长寿命、强适应性等特性，是机器人关节设计的理想选择，是人形机器人关节轴承的核心解决方案。

人形机器人关节轴承应用确定性高，单机价值量有望达数千元。线性执行器与连杆机构已成为人形机器人运动系统的主流技术路径，关节轴承在人形机器人中主要应用于线性执行器和连杆的末端，我们认为人形机器人线性执行器和连杆技术路线符合未来发展趋势，因此关节轴承亦具备较高的应用确定性。人形机器人腕关节、肘关节、膝关节、踝关节、髌关节、灵巧手等关节处具备关节轴承应用潜力，单机潜在价值量有望达 5200 元，人形机器人量产百万台时对应市场规模达 52 亿元。

自润滑关节轴承技术与市场进入壁垒高，头部厂商有望率先受益。国产自润滑关节轴承厂商主要面临技术和市场两大壁垒，人形机器人产业落地有望迅速扩大关节轴承市场规模，潜在下游市场空间提高了轴承厂商投资研发、投入产能建设的性价比，削弱了新进入者面临的市场壁垒，能够克服技术壁垒的厂商有望占据更多市场。龙溪股份是国内自润滑关节轴承市场龙头企业，未来有望率先受益于人形机器人产业落地，自润滑轴承厂商和头部滚动轴承厂商亦具有切入自润滑关节轴承赛道潜力。

相关公司：(1) **龙溪股份：**龙溪股份是国内自润滑关节轴承行业龙头，深耕轴承市场 70 年，占据较大国内关节轴承市场份额，技术处于领先地位，我们认为龙溪股份将会是人形机器人关节轴承产业核心受益厂商；(2) **长盛轴承：**长盛轴承是国内自润滑轴承行业领军企业，产品力和技术实力均能够支撑其自润滑关节轴承业务长远发展，已经与国内核心人形机器人本体公司宇树科技实现合作，未来有望在人形机器人关节轴承领域获得较强市场竞争力。

风险提示：人形机器人产业落地进度不及预期风险；人形机器人迭代导致关节轴承应用减少风险；行业竞争格局恶化风险。

证券研究报告

投资评级

行业评级	优于大市
评级变动	维持

近 1 年行业走势



分析师

谷诚 S0650524120002

联系邮箱: gucheng@mgzq.com

联系人

刘康衡 S0650125020014

联系邮箱: liukangheng@mgzq.com

相关研究

- 《机械设备行业跟踪：工程机械行业韧性足，内外销整体边际改善》2025.10.10
- 《机械设备行业跟踪：宏观指标边际回暖，工程机械销量整体回升》2025.09.15
- 《百花齐放，进化不止》2025.08.20

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

正文目录

一、 人形机器人催生新需求，衬垫类自润滑关节轴承为优选方案	4
1.1 自润滑关节轴承适用于人形机器人，衬垫类应用占比高	4
1.2 人形机器人关节呈三类构型，其中旋转+连杆为关节轴承主要应用领域	4
二、 人形机器人关节轴承应用确定性高，单机价值量有望达数千元	7
2.1 人形机器人应用线性执行器与连杆确定性高，关节轴承应用潜力大	7
2.2 关节轴承在人形机器人多关节具备应用潜力，单机价值量有望达数千元	8
三、 自润滑关节轴承技术与市场进入壁垒高，头部厂商率先受益	10
3.1 国产自润滑关节轴承厂商过去面临技术和市场两大壁垒	10
3.2 人形机器人产业有望扩大关节轴承市场空间，头部厂商率先受益	13
四、 风险提示	16

图表目录

图 1： 关节轴承示意图	4
图 2： 人形机器人关节构型示意图	5
图 3： ARTEMIS 运用了连杆传动方案，将电机尽可能向臀部集中	5
图 4： 智元机器人踝关节结构	5
图 5： 特斯拉 Optimus 小臂结构示意图	6
图 6： 智元灵犀 X1 肩部关节由数个旋转执行器组成	6
图 7： 关节轴承按接触角与承载方向分类可以分为四类，人形机器人主要应用杆端关节轴承	7
图 8： 关节轴承能够应用于线性执行器末端	7
图 9： 关节轴承能够应用于连杆两端	7
图 10： 机器人连杆结构示意图	8
图 11： 机器人线性执行器结构示意图	8
图 12： 人形机器人手腕需实现多自由度复杂运动	8
图 13： 特斯拉踝关节方案采用双执行器方案	9
图 14： 双线性执行器踝关节结构具有应用 3 个关节轴承潜力	9
图 15： 特斯拉机器人膝关节具备应用关节轴承潜力	9
图 16： 人形机器人膝关节存在 5 个关节轴承应用位置	9
图 17： 特斯拉机器人髌关节存在关节轴承应用潜力	10

图 18: 参考智元专利, 灵巧手连杆末端具有应用关节轴承的潜力	10
图 19: 关节轴承加工工艺	11
图 20: 自润滑关节轴承将 PTFE 织物衬垫粘贴在轴承外圈的内球面	11
图 21: 自润滑复合材料、自润滑衬套及关节轴承的实物照片	11
图 22: 2024 年龙溪股份在国内关节轴承市场市占率达 75%	12
图 23: 龙溪股份 2024 年全球市场份额达 15%	12
图 24: 国内关节轴承市场主要为航空航天市场	13
图 25: 以航空航天关节轴承项目为例, 投资 1.55 亿元每年税后利润达 0.26 亿元	13
图 26: 国内航空航天关节轴承市场规模占比超过 50%	13
图 27: 人形机器人关节轴承潜在市场规模有望达 2024 年国内市场规模 4 倍	13
图 28: 三类厂商有望获得人形机器人自润滑关节轴承市场份额	14
图 29: 龙溪股份主要产品为轴承	14
图 30: 公司轴承产品主业稳定, 其他业务稳定扩张	15
图 31: 2019-2023 年公司营收快速增长	15
图 32: 龙溪股份关节轴承成功配套 C919	15
图 33: 长盛轴承主营滑动轴承	16
图 34: 长盛轴承已开发出向心关节轴承和杆端关节轴承等产品	16
表 1: 衬垫类自润滑关节轴承有望成为人形机器人关节轴承主流产品类型	4
表 2: 人形机器人关节轴承应用数量及市场规模潜力测算	10
表 3: 国产轴承与进口轴承差距主要体现在粗糙度和磨损性能上	11

一、人形机器人催生新需求，衬垫类自润滑关节轴承为优选方案

1.1 自润滑关节轴承适用于人形机器人，衬垫类应用占比高

关节轴承是一种球面滑动轴承，分为油脂润滑型和自润滑型，其中自润滑关节轴承凭借免维护、高精度、长寿命、强适应性等特性，是机器人关节设计的理想选择，未来将进一步替代传统油脂润滑方案。

自润滑关节轴承是一种无需补充润滑剂的特殊的关节轴承，在轴承的相对运动表面通常会涂（镀）或粘结一层固体润滑材料，达到减小摩擦阻力、延长轴承寿命的目的。优点：结构简单紧凑、承载和抗冲击能力强、抗腐蚀、耐高温、耐磨损、寿命长、污染小、噪声低等。

图1：关节轴承示意图



资料来源：乐芙兰机电设备供应，麦高证券研究发展部

在关节轴承各类型中，衬垫类自润滑关节轴承具有免维护及轻量化设计优势，是人形机器人关节轴承的核心解决方案。衬垫类轴承凭借固体转移膜持续润滑机制能够实现较长免维护寿命，有效规避油脂泄露与低温凝固风险，能够适配机器人高频摆动、多自由度运动需求及紧凑腔体空间。

表1：衬垫类自润滑关节轴承有望成为人形机器人关节轴承主流产品类型

类型	结构原理	常用材料
衬垫型	在金属表面贴附纤维织物、聚合物层形成滑动副	PTFE 纤维、复合材料等
涂层型	表面喷涂 DLC、MoS ₂ 等形成致密润滑膜	碳基涂层、MoS ₂ 、PTFE 涂层
烧结型	多孔铜合金烧结并含浸润滑剂	烧结铜 + 油

资料来源：公开资料整理，麦高证券研究发展部

1.2 人形机器人关节呈三类构型，其中旋转+连杆为关节轴承主要应用领域

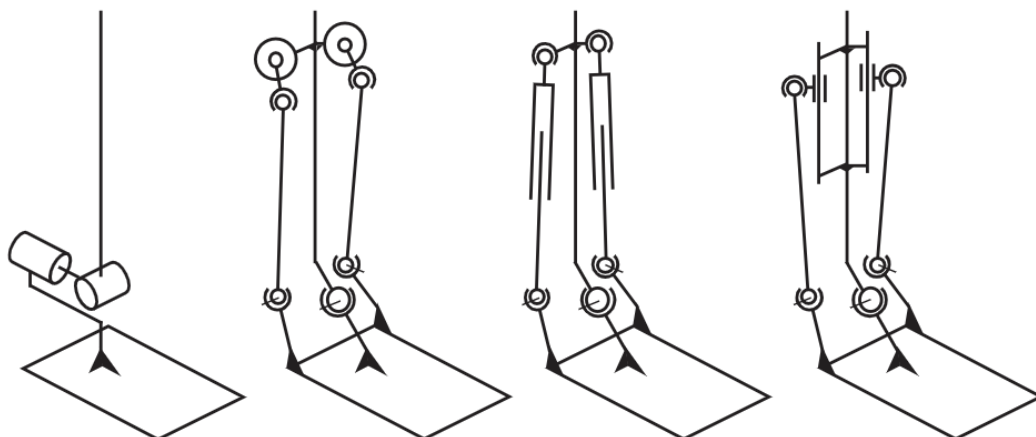
人形机器人通过增加连杆结构与线性关节以优化整机质心分配与运动惯性，其关节主要呈现三大核心构型，其中旋转+连杆为关节轴承主要应用构型：

(1) 旋转+连杆构型：旋转执行器与连杆机构结合，通过机构学设计将电机旋转运动转换为特定轨迹的直线或摆动输出，兼具灵活性与动态性能；

(2) 旋转+线性构型：采用电机驱动行星滚柱丝杠或滚珠丝杠，将旋转运动直接转化为高推力直线运动；

(3) 旋转+旋转构型：基于“电机+减速器”实现纯旋转输出，广泛用于肩、髋等需大角度回转的关节，并通过减速器实现高扭矩密度与紧凑布局。

图2：人形机器人关节构型示意图



资料来源：《Mechanics of humanoid robot》(Kenji Hashimoto)，麦高证券研究发展部

1.2.1 旋转+连杆构型为关节轴承主要应用构型

“旋转+连杆”构型为关节轴承主要应用构型(连杆+连杆构型为旋转+连杆构型的子类)。“旋转+连杆”结构指的是由一个旋转驱动器通过连杆机构带动其他部件运动。该结构在人形机器人中常用于控制弯曲动作的关节，如膝关节、踝关节等。

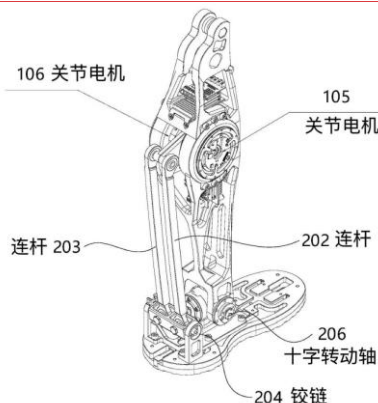
“旋转+连杆”构型特点：1. 结构紧凑，适合空间小、运动幅度要求高的部位；2. 同时起到驱动和承载的作用，简化了整机构型；3. 轨迹可控，可以实现拟人化的非匀速运动模式；4. 刚性结构的连杆系统可以承受较大扭矩和反作用力；5. 成本相对其他两种构型较低。

图3：ARTEMIS 运用了连杆传动方案，将电机尽可能向臀部集中



资料来源：《Design of a Highly Dynamic Humanoid Robot》(Taoyuanmin Zhu)，麦高证券研究发展部

图4：智元机器人踝关节结构



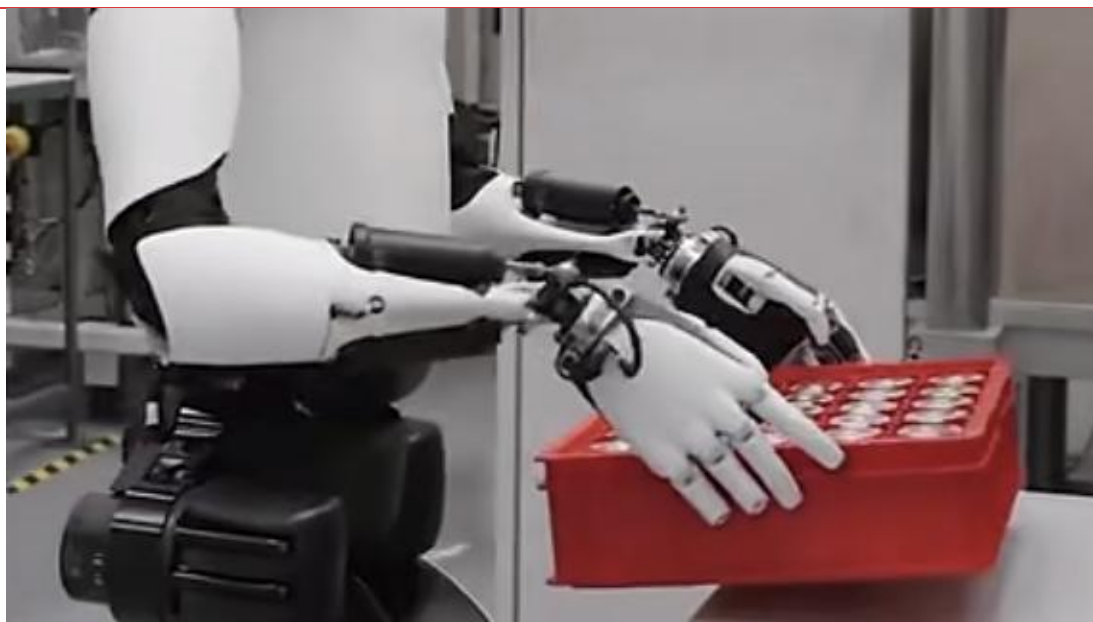
资料来源：智元机器人，麦高证券研究发展部

1.2.2 旋转+线性构型部分使用关节轴承

“旋转+线性”构型指的是在同一驱动单元中集成旋转与直线运动自由度，该结构部分使用关节轴承。“旋转+线性”构型适应人形机器人在负重、站立稳定性、操作灵活性和感知反馈方面的高要求。

“旋转+线性”构型特点：1. 空间利用效率更高，可以使用更长、更强的执行器，以提升输出力；2. 具备自锁能力，节能且稳定；3. 肘部采用该结构，可以提升上臂推力（仿生二头肌）、提升手部路径自由度、减少前臂对摄像头视野的遮挡以提升视觉定位的精度。

图5: 特斯拉 Optimus 小臂结构示意图



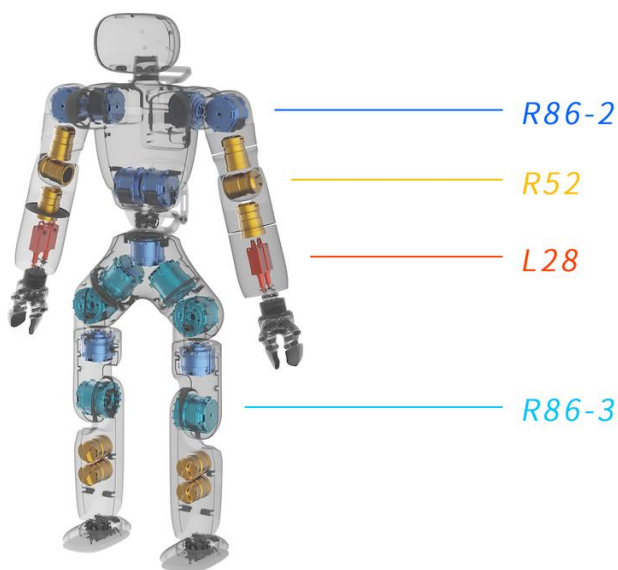
资料来源：特斯拉官方视频号，麦高证券研究发展部

1.2.3 “旋转+旋转”构型通常不使用关节轴承

“旋转+旋转”构型是指两个或多个旋转执行单元（通常是伺服电机）串联构成的多自由度关节，每个旋转单元控制一个旋转自由度，彼此间具有固定的轴间约束。全旋转结构无需使用关节轴承。

“旋转+旋转”构型特点：可以满足高自由度的要求，可构建 2-3 个自由度的复合关节；每个自由度有独立旋转低级控制，运动解耦性强。缺点：多个电机同时工作，功耗较高；多电机叠加导致转动惯量大，影响动态性能。

图6: 智元灵犀 X1 肩部关节由数个旋转执行器组成



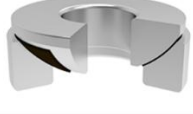
资料来源：智元官网，麦高证券研究发展部

二、人形机器人关节轴承应用确定性高,单机价值量有望达数千元

2.1 人形机器人应用线性执行器与连杆确定性高, 关节轴承应用潜力大

人形机器人关节轴承主要应用类型为杆端关节轴承。杆端关节轴承的球面滑动结构可同时实现俯仰、偏航及旋转运动,显著优于传统单轴轴承。杆端关节轴承与配套连杆形成复合结构能够解决人形机器人手腕/脚踝等部位的多自由度运动需求。

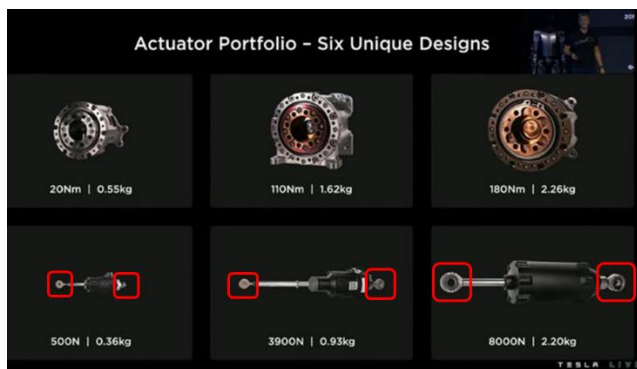
图7: 关节轴承按接触角与承载方向分类可以分为四类, 人形机器人主要应用杆端关节轴承

	向心关节轴承	杆端关节轴承	角接触关节轴承	推力关节轴承
轴承类型				
载荷能力	径向主+轴向次	径向+轴向(有限)	径向+轴向平衡	纯轴向
典型应用	工程机械、汽车悬挂、农业设备	机器人关节、航空航天、气动执行器	机床主轴、高速电机、汽车轮毂	船舶螺旋桨、轧钢机、立式电机

资料来源: 公开资料整理, 麦高证券研究发展部

从具体应用来看, 关节轴承在人形机器人中主要应用于线性执行器和连杆的末端。

图8: 关节轴承能够应用于线性执行器末端



资料来源: 特斯拉, 麦高证券研究发展部

图9: 关节轴承能够应用于连杆两端

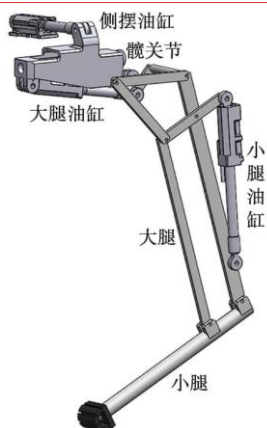


资料来源: 备货网, 麦高证券研究发展部

“旋转+连杆”构型和“旋转+线性”构型具备“旋转+旋转”构型不具备的优势。相比于“旋转+旋转”构型,“旋转+连杆”构型更加轻量化,运动惯量更低,更适用于灵巧操作;“旋转+线性”构型具有更高的推力和更低抗冲击性能耗,适用于高负载场景。

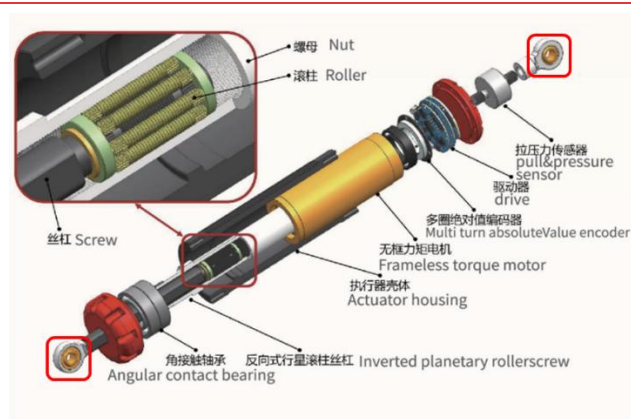
线性执行器与连杆机构已成为人形机器人运动系统的主流技术路径,未来应用确定性高。线性关节在人形机器人下肢承重关节中具备高推力输出与精密直线控制优势,显著优于旋转关节的扭矩密度限制;连杆结构则通过轻量化与多自由度补偿,解决狭窄空间内灵巧操作需求。我们认为线性执行器和连杆技术路线符合人形机器人未来发展趋势,因此关节轴承亦具备较高的应用确定性。

图10：机器人连杆结构示意图



资料来源：《基于传递矩阵法的足式机器人四连杆腿部机构正向与逆向动力学分析》（赵鑫宇等），麦高证券研究发展部

图11：机器人线性执行器结构示意图



资料来源：新剑传动官网，麦高证券研究发展部

2.2 关节轴承在人形机器人多关节具备应用潜力，单机价值量有望达数千元

根据以上分析，我们认为人形机器人腕关节、肘关节、膝关节、踝关节、髌关节、灵巧手等应用连杆/线性执行器的关节处具备关节轴承应用潜力。

2.2.1 腕关节+肘关节：应用确定性高，手肘+手腕应用量有望达5个

人形机器人手腕仿生人体结构，需实现多自由度复杂运动，其左右侧摆与上下翻转功能依赖于关节轴承提供的灵活偏转与承载能力。传统滚动轴承仅支持单轴旋转，而关节轴承凭借其球面滑动特性可同时满足手腕在俯仰、偏转等多方向的灵活偏转与复杂载荷承载需求。我们认为未来人形机器人手腕部位有望采用“关节轴承+连杆”设计，其中手肘有望部署2个关节轴承，手腕有望部署3个关节轴承，以协同应对多向载荷并保障运动精度。

图12：人形机器人手腕需实现多自由度复杂运动



资料来源：AppSo，麦高证券研究发展部

2.2.2 踝关节：应用确定性高，单关节潜在应用数量达3个

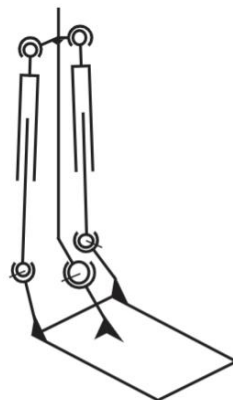
人形机器人脚踝作为实现双自由度运动的核心部件，其关节通常需配置3个关节轴承以保障负载均衡与多向灵活偏转。特斯拉踝关节使用双线性执行器，我们推测特斯拉机器人踝关节有应用3个关节轴承的空间，以满足复杂运动场景下对多自由度灵活运动和强劲承载力的需求。

图13：特斯拉踝关节方案采用双执行器方案



资料来源：特斯拉，麦高证券研究发展部

图14：双线性执行器踝关节结构具有应用3个关节轴承潜力



资料来源：《Mechanics of humanoid robot》(Kenji Hashimoto)，麦高证券研究发展部

2.2.3 膝关节：参考特斯拉方案，单膝有望应用5个关节轴承

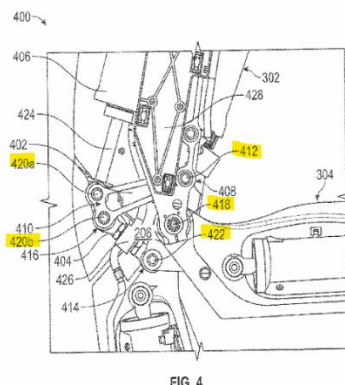
根据特斯拉 Optimus 机器人公开的膝关节结构图及专利信息分析，我们推测其单膝有望应用5个关节轴承。该仿生结构通过多连杆机构优化负载力矩曲线，其核心转动副与连杆连接点对轴承的径向承载力、抗冲击性及紧凑空间内的灵活摆动提出综合要求。关节轴承凭借其球面滑动特性，能够同时适配多方向负载与微小角偏转，是支撑此类非线性运动学设计的理想选择，预计可为膝关节提供关键的运动自由度与结构稳定性。

图15：特斯拉机器人膝关节具备应用关节轴承潜力



资料来源：特斯拉 AI Day，麦高证券研究发展部

图16：人形机器人膝关节存在5个关节轴承应用位置



资料来源：特斯拉专利，麦高证券研究发展部

2.2.4 髌关节+指关节：人形机器人髌关节与灵巧手具备应用关节轴承潜力

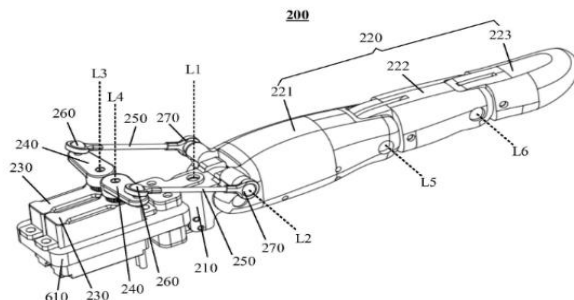
人形机器人髌关节与指关节存在关节轴承应用潜力。高自由度的人形机器人髌关节仿照人类，需能够进行前摆、侧抬和旋转等复杂运动，应用连杆结构在简化结构、控制成本和节省空间等方面具备优势，因此人形机器人髌关节具有应用关节轴承潜力。灵巧手指关节常采用连杆结构，连杆末端应用关节轴承有利于提高指关节的灵活性。我们认为机器人髌关节存在应用3-5个关节轴承潜力，若灵巧手采用连杆方案，则其指关节单指存在应用2-4个关节轴承潜力。

图17：特斯拉机器人腕关节存在关节轴承应用潜力



资料来源：特斯拉，麦高证券研究发展部

图18：参考智元专利，灵巧手连杆末端具有应用关节轴承的潜力



资料来源：智元，麦高证券研究发展部

2.2.5 据测算，人形机器人量产百万台时对应关节轴承市场规模有望达 52 亿元

根据以上分析，我们认为人形机器人腕关节、肘关节、膝关节、踝关节、髋关节和指关节存在关节轴承应用潜力（各个机器人本体设计不同会导致具体应用有所区别），我们假设人形机器人腕关节、肘关节、膝关节、踝关节、髋关节和指关节单维关节轴承应用量分别为 3、2、5、3、3、2 个，合计单机用量为 52 个，假设量产后关节轴承单价为 100 元/个，则人形机器人关节轴承单机价值量为 5200 元，量产百万台时对应市场规模达 52 亿元。

表2：人形机器人关节轴承应用数量及市场规模潜力测算

	单位用量	数量	用量
腕关节	3	2	6
肘关节	2	2	4
膝关节	5	2	10
踝关节	3	2	6
髋关节	3	2	6
指关节	2	10	20
合计			52
单价（元/个）			100
单机价值量（元）			5200
量产百万台时人形机器人关节轴承市场规模（亿元）			52

资料来源：麦高证券研究发展部测算（根据公开资料进行拆解、测算，可能与实际应用情况存在一定区别）

三、自润滑关节轴承技术与市场进入壁垒高，头部厂商率先受益

3.1 国产自润滑关节轴承厂商过去面临技术和市场两大壁垒

人形机器人产业落地以前，国产自润滑关节轴承厂商面临技术和市场两大壁垒。其中技术壁垒主要体现在机加工能力和自润滑材料两个方面，市场壁垒主要在于市场空间相对有限，进入壁垒高，市场开拓性价比比较低因此企业缺少投资研发动力开辟除人形机器人以外的传统关节轴承市场。

3.1.1 技术壁垒：机加工和自润滑材料为核心技术壁垒

从中外自润滑关节轴承性能对比来看，国产自润滑关节轴承仍存在性能稳定性低和寿命短等问题，在特殊部位使用的关节轴承依然依赖进口。根据《国内外航空高速轻载自润滑关节轴承性能对比》（段宏瑜）可知，影响轴承性能的因素包括内外径面、内外球面表面粗糙度、内外径面圆度、涂层密合度、剥离强度、衬垫材料等，影响轴承寿命的因素主要包括接触应力、滑动速度、温度和摩擦副材料等。相对于国产轴承，进口轴承内圈球面的表面粗糙度较低，衬垫聚四氟乙烯质量分数较高，球面摩擦副贴合状态较好，摩擦磨损性能更优。

根据国内外自润滑关节轴承性能差距分析，我们认为当前国内外自润滑轴承性能差距主要

体现在机加工工艺（影响表面粗糙度和球面摩擦副贴合度等）和自润滑材料两个方面。

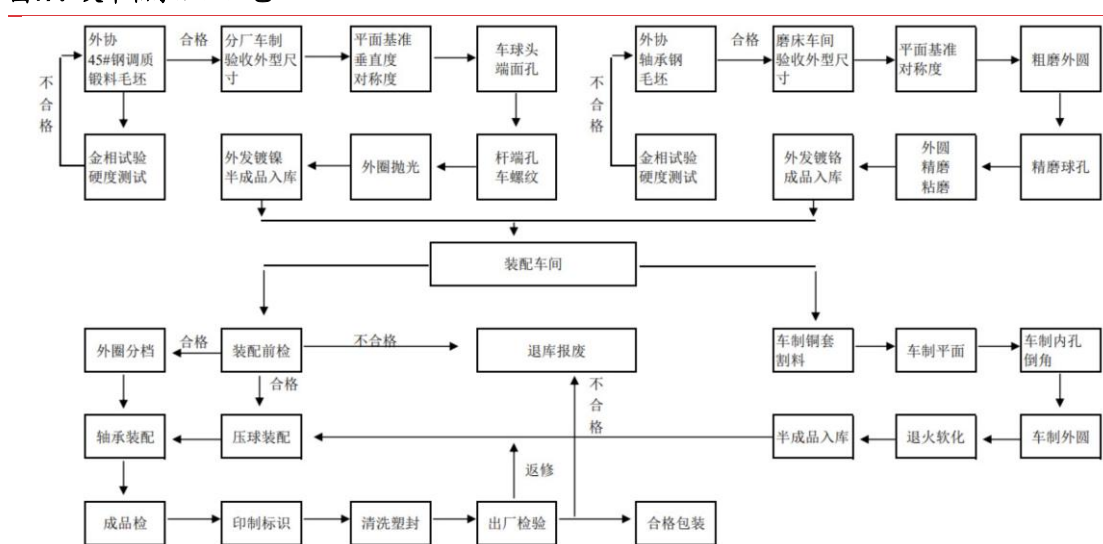
表3：国产轴承与进口轴承差距主要体现在粗糙度和磨损性能上

国内外差距	
表面粗糙度	进口轴承明显占优
内圈	与国产轴承相当
外圈	
无载启动力矩	进口轴承无载启动力矩均大于国产轴承和允许值
密合度	进口和国产轴承密合度均符合 $\Delta t \leq 0.07$ mm 的要求
剥离强度	均合格
涂层检测	进口轴承涂层较薄，无过渡层，呈现硬度高和孔隙率低的优质状态；国产轴承涂层的硬度偏低，孔隙率偏高，但均在设计范围内
有载启动力矩	国产轴承与进口轴承平均静摩擦系数相当
磨损试验	进口轴承磨损 50, 100 h 后的径向、轴向游隙均优于国产轴承。

资料来源：《国内外航空高速轻载自润滑关节轴承性能对比》（段宏瑜），麦高证券研究发展部（注：测试对象为内径 18 mm 的国产及进口航空高速轻载自润滑关节轴承）

机加工工艺：关节轴承主要机加工工艺与普通轴承类似，可以复用，因此我们认为拥有成熟加工工艺储备和熟练工人的头部滚动轴承厂商能够克服关节轴承的机加工工艺壁垒。

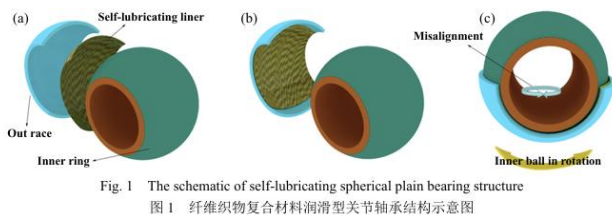
图19：关节轴承加工工艺



资料来源：上海永星轴承制造有限公司，麦高证券研究发展部

自润滑材料：自润滑材料是自润滑关节轴承核心壁垒。自润滑衬垫材料大致分为三种，即金属背衬层状复合材料、聚合物及其填充复合材料和 PTFE 纤维织物复合材料，其中 PTFE 纤维织物复合材料应用最多。衬垫类自润滑关节轴承将 PTFE 织物衬垫粘贴在轴承外圈的内球面，从而形成一类固体自润滑摩擦副，使轴承在运动过程中无需加入润滑油就能实现自润滑、免维护性能。

图20：自润滑关节轴承将 PTFE 织物衬垫粘贴在轴承外圈的内球面



资料来源：《自润滑纤维织物复合材料及其在关节轴承中的应用研究现状与展望》

图21：自润滑复合材料、自润滑衬套及关节轴承的实物照片



资料来源：《自润滑纤维织物复合材料及其在关节轴承中的应用研究现状与展望》

(杨明明等), 麦高证券研究发展部

(杨明明等), 麦高证券研究发展部

PTFE 织物材料具有其固有缺陷, 对生产商的材料研发和制造工艺提出了较高的要求:

(1) 粘接性差: PTFE 表面能极低, 导致其和其他材料粘接性能较差, 要通过表面处理来增强粘接性能, 但是会导致粗糙度增加;

(2) 耐磨性不足: 在高速运动或高负载条件下, PTFE 容易磨损, 因此会影响材料使用寿命, 为了增强耐磨性, 通常要于 PTFE 中添加碳纤维、青铜粉增强材料。

(3) 易发生塑性变形: PTFE 于长时间连续荷载作用下会有塑性变形, 即“冷流”现象, 在垫片用途中尤为明显。

制造高性能的 PTFE 织物衬垫既需要解决材料本身的额外难题, 还需要精密的工艺控制, 编织结构的均匀性、树脂浸渍的充分性以及固化工艺的稳定性等任一方面出现缺陷均会影响最终产品的一致性和可靠性。

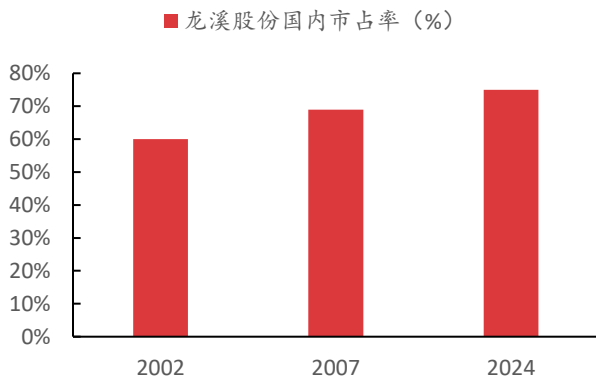
3.1.2 市场壁垒: 龙溪股份占据较大市场份额, 低投资性价比阻止新玩家入场

我们认为关节轴承行业为重资产行业, 前期投入大, 且市场规模相对较小, 核心市场已由龙溪股份占据, 新玩家投入关节轴承性价比极低, 阻碍了新进入玩家切入市场。

(1) 龙溪股份已占据大部分国内市场份额, 技术、品牌力等方面均领先

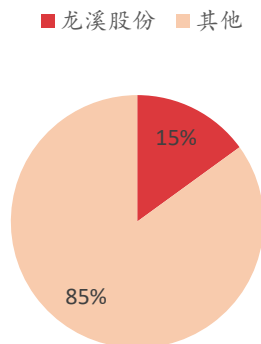
龙溪股份是国内关节轴承市场绝对龙头, 具备先发优势。龙溪股份关节轴承已能够在航空航天领域应用, 技术水平达到世界先进水平, 国内市占率达 75%, 从技术、产能、客户关系等方面均处于领先地位。在关节轴承市场增量有限的情况下, 新进入玩家与龙溪股份争夺市场份额具有较高难度。

图22: 2024 年龙溪股份在国内关节轴承市场市占率达 75%



资料来源: 研观天下, 麦高证券研究发展部

图23: 龙溪股份 2024 年全球市场份额达 15%



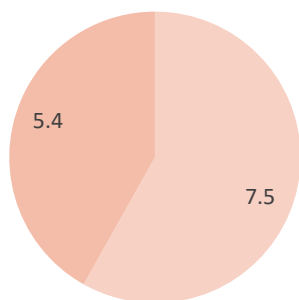
资料来源: 研观天下, 麦高证券研究发展部

(2) 传统关节轴承市场空间小, 低投资性价比阻止新玩家入场

人形机器人产业落地以前, 关节轴承投资回报周期长, 进入壁垒高。据观研天下, 中国关节轴承市场约 10-15 亿元, 结合中国轴承工业协会对 2024 年轴承行业 2315 亿的营收来看, 国内关节轴承市场在整体轴承行业中占比不足 1%, 同时关节轴承细分市场中超过 60% 市场为航空航天市场, 新进入公司难以切入。行业设备投入大, 需引入精密制造与检测设备投资建设关节轴承产线, 初始投资规模可观。加之关节轴承工艺复杂, 尤其在自润滑摩擦副等领域技术要求高, 导致投资回报周期较长。在市场规模有限而技术与资本门槛双高的背景下, 该行业对新进入者的投资吸引力相对较低, 有效阻止了新玩家的入场。

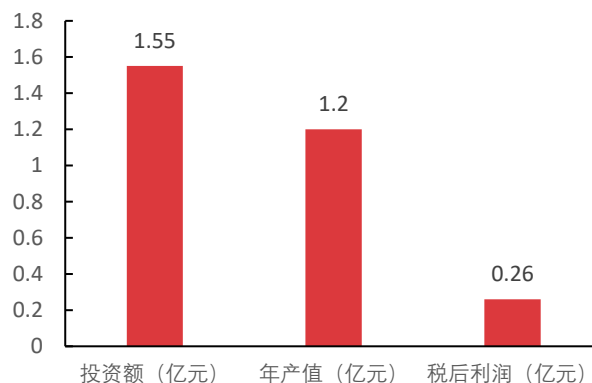
图24：国内关节轴承市场主要为航空航天市场

■ 航空航天市场规模（亿元） ■ 其他市场规模（亿元）



资料来源：研观天下，麦高证券研究发展部

图25：以航空航天关节轴承项目为例，投资 1.55 亿元每年税后利润达 0.26 亿元

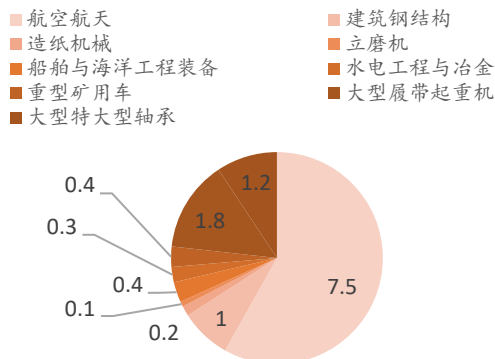


资料来源：龙溪股份公司公告，麦高证券研究发展部

3.2 人形机器人产业有望扩大关节轴承市场空间，头部厂商率先受益

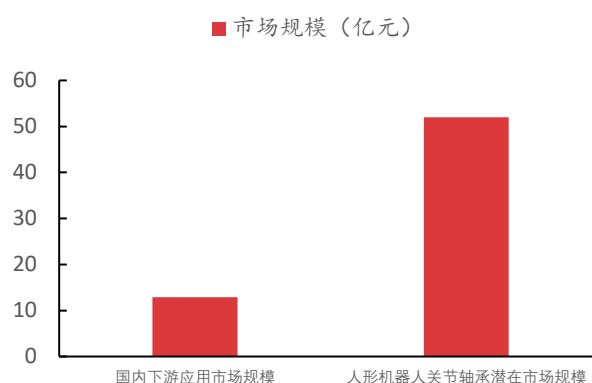
人形机器人产业落地有望迅速扩大关节轴承市场规模，量产百万台时关节轴承市场规模有望达 2024 年全国关节轴承市场规模的 4 倍。人形机器人产业落地以前关节轴承市场规模小：国内主要市场为航空航天领域，市场规模达 7.5 亿元且部分高端产品仍依赖进口，其余市场包括建筑、造纸机械、立磨机等，合计国内市场规模为 12.9 亿元，除航空航天外其余市场已实现国产替代。人形机器人潜在市场空间一定程度上提高了轴承厂商投资研发、投入产能建设的性价比，削弱了新进入者面临的市场壁垒，能够克服技术壁垒的厂商有望占据更多市场。

图26：国内航空航天关节轴承市场规模占比超过 50%



资料来源：研观天下，麦高证券研究发展部

图27：人形机器人关节轴承潜在市场规模有望达 2024 年国内市场规模 4 倍



资料来源：研观天下，麦高证券研究发展部测算

我们认为龙溪股份有望获得人形机器人关节轴承市场先发优势。龙溪股份肇路蓝缕 20 年终克 PTFE 织物衬垫技术难关。龙溪股份历经 8 年技术攻关推出自主研发的自润滑关节轴承，又历经 8 年，2016 年产品质量提升至接近国外大厂产品同一水平，产品寿命达 3000 小时。当前龙溪股份已经成为国内关节轴承市场龙头企业，市占率和技术水平均领先同行，未来将率先受益于人形机器人产业落地。

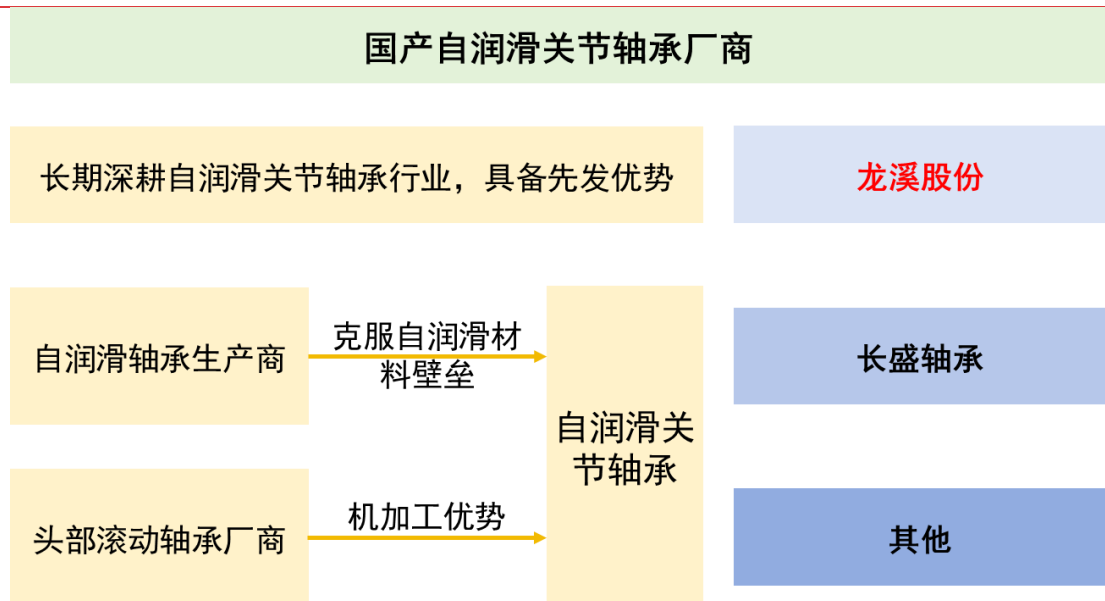
随着人形机器人销量增加，其他潜在市场进入者有望逐渐突破自润滑关节轴承技术壁垒，进入人形机器人关节轴承市场抢占份额，我们认为**两类企业具有切入自润滑关节轴承赛道潜力：**

（1）自润滑轴承生产商：这类厂商具备自润滑材料技术储备，在已有产品基础上可以发展自润滑关节轴承产品，典型企业如长盛轴承；

（2）头部滚动轴承厂商：这类厂商机加工能力强，熟练工人丰富，产能设备储备多，核心需要克服衬垫材料壁垒。

我们认为人形机器人产业落地早期，已具备相关技术储备的头部轴承公司有望率先受益，建议关注国产关节轴承龙头企业龙溪股份和国产自润滑轴承核心供应商长盛轴承。

图28：三类厂商有望获得人形机器人自润滑关节轴承市场份额



资料来源：麦高证券研究发展部

3.2.1 龙溪股份：国内自润滑关节轴承龙头企业，将受益于人形机器人产业发展

龙溪股份是国内自润滑关节轴承行业龙头，深耕轴承市场 70 年。公司主要从事关节轴承、圆锥滚子轴承、齿轮/变速箱等机械零部件的研发、生产和销售，产品广泛应用于工程机械、载重汽车、冶金矿山、水利工程、航空航天及风电核电等领域。

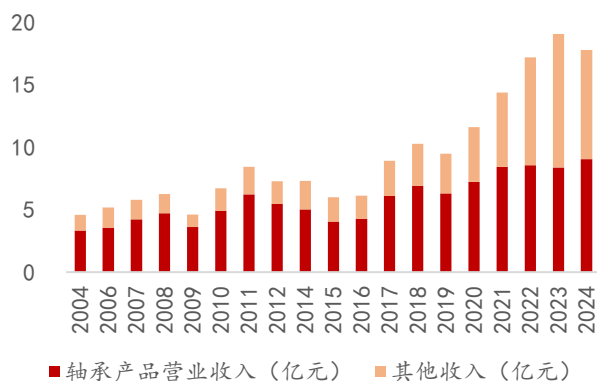
图29：龙溪股份主要产品为轴承



资料来源：龙溪股份产品说明书，麦高证券研究发展部

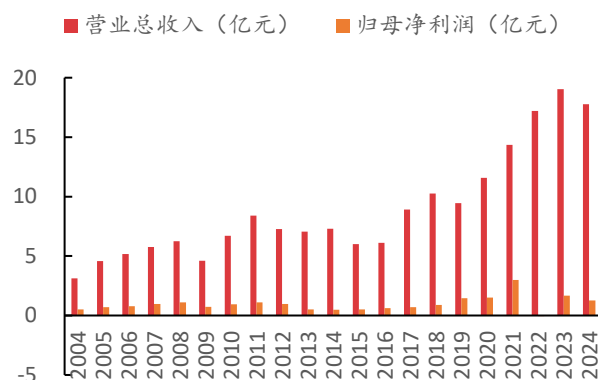
轴承主业稳定，其他业务稳定扩张，2020-2023 年公司收入实现稳健增长。2020-2023 年公司营业收入从 11.6 亿元增长至 19.0 亿元，CAGR 达 18.0%，2024 年公司经营受到行业整体景气度下滑影响，收入下滑 6.7%，归母净利润下滑 25.5%。

图30：公司轴承产品主业稳定，其他业务稳定扩张



资料来源：，麦高证券研究发展部

图31：2019-2023 年公司营收快速增长



资料来源：，麦高证券研究发展部

龙溪股份在关节轴承市场内地位稳固，领先优势明显。公司拥有国内唯一的关节轴承研究所，自研 PTFE 织物衬垫技术打破欧美垄断，关节轴承配套高端装备包括 C919 大飞机、神舟飞船等，并切入人形机器人领域，技术溢价优势显著。龙溪股份在关节轴承行业深耕多年，占据较大国内市场份额，技术处于领先地位，我们认为龙溪股份将会是人形机器人关节轴承产业核心受益厂商。

图32：龙溪股份关节轴承成功配套 C919



资料来源：福建日报，麦高证券研究发展部

3.2.2 长盛轴承：深耕自润滑轴承多年，已与宇树科技实现合作

长盛轴承主要从事自润滑轴承和高性能聚合物产品业务，拥有省级研究院、省级创新团队，具备较强的自主创新能力。自润滑轴承生产商切入自润滑关节轴承赛道路径清晰，当前长盛轴承已在自身传统产品基础上开发自润滑关节轴承产品。

长盛轴承是国内自润滑轴承行业领军企业，产品覆盖上万种规格，服务特斯拉、比亚迪、卡特彼勒等全球头部企业。其自润滑轴承具备免维护、轻量化、耐磨损特性，当前已在新能源汽车、风电、机器人等领域有所应用。

图33：长盛轴承主营滑动轴承



资料来源：长盛轴承公司官网，麦高证券研究发展部

图34：长盛轴承已开发出向心关节轴承和杆端关节轴承等产品



资料来源：长盛轴承产品手册，麦高证券研究发展部

我们认为长盛轴承作为关节轴承市场内的新玩家，产品力和技术实力均能够支撑其业务长远发展，已经与国内核心人形机器人本体公司宇树科技实现合作，未来有望在人形机器人关节轴承领域获得较强市场竞争力。

四、风险提示

人形机器人产业落地进度不及预期风险：人形机器人有望成为未来自润滑关节轴承核心应用场景，但是当前全球范围内人形机器人出货量仍然较少，产业规模仍然较小，因此人形机器人关节轴承出货量较低，尚未形成关节轴承厂商的主要收入来源。未来人形机器人产业存在出货量增长进度不及预期风险，对关节轴承市场空间增长也会形成较大影响。

人形机器人迭代导致关节轴承应用减少风险：根据我们测算，单台人形机器人关节轴承应用量有望超过 50 个，但是此处应用量存在不确定性，未来存在人形机器人迭代导致部分关节应用关节轴承数量减少，从而影响人形机器人关节轴承的单机用量和单机价值量的风险。

行业竞争格局恶化风险：当前国内自润滑关节轴承厂商数量较少，且龙溪股份占据较大市场份额，未来存在技术进步导致行业竞争格局改变，新进入者抢占市场份额，现存的头部自润滑关节轴承厂商市场份额下滑的风险。

【投资评级说明】

本报告中投资建议所涉及的评级分为公司评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后 6 个月内的相对市场表现，即：以报告发布日后 6 个月内公司股价（或行业指数）相对于同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A 股市场以沪深 300 指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。

我们在此提醒您，不同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。

公司评级

买入：未来 6 个月内，个股相对于同期基准指数涨幅在 15%以上；

增持：未来 6 个月内，个股相对于同期基准指数涨幅在 5%到 15%之间；

中性：未来 6 个月内，个股相对于同期基准指数涨幅在-5%到 5%之间；

减持：未来 6 个月内，个股相对于同期基准指数涨幅在-15%到-5%之间；

卖出：未来 6 个月内，个股相对于同期基准指数涨幅在-15%以下。

行业评级

优于大市：未来 6 个月内，行业相对于同期基准指数涨幅在 5%以上；

同步大市：未来 6 个月内，行业相对于同期基准指数涨幅在-5%到 5%之间；

弱于大市：未来 6 个月内，行业相对于同期基准指数涨幅在-5%以下。

【分析师承诺】

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的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。本报告所采用的数据、资料的来源合法、合规，分析师基于独立、客观、专业、审慎的原则出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。报告结论未受任何第三方的授意或影响。分析师承诺不曾、不因、也将不会因报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接获取任何形式补偿。

【重要声明】

麦高证券有限责任公司（以下简称“本公司”）具有中国证券监督管理委员会核准的证券投资咨询业务资格。

本公司与作者在自身所知范围内，与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。本公司或关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，并在法律许可的情况下不进行披露；可能为这些公司提供或争取提供投资银行或财务顾问服务。

本报告中的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。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价格、价值及投资收入可升可跌，过往表现不应作为日后的表现依据。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，本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

参考，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的证券买卖建议。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载信息和意见并自行承担风险。本公司及其雇员不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，在任何情况下，本公司及其雇员对任何人使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。

本公司签约客户使用，若您并非本公司签约客户，为控制投资风险，请取消接收、订阅或使用本报告中的任何信息。本公司也不会因接收人收到、阅读或关注自媒体推送本报告中的内容而视其为客户。若本公司客户（以下简称“该客户”）向第三方发送本报告，则由该客户独自为此发送行为负责。提醒通过此途径获得本报告的投资者注意，本公司不对通过此种途径获得本报告所引起的任何损失承担任何责任。

本报告版权归本公司所有，未经本公司书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制发表或引用。如征得本公司同意进行引用、刊发的，须在本公司允许的范围内使用，且不得对本报告及附录进行有悖原意的引用、删节和修改，并注明本报告的发布人和发布日期，提示使用本报告的风险。未经授权刊载或者转发本报告的，本公司将保留向其追究法律责任的权利。

麦高证券有限责任公司研究发展部

	沈阳	上海
地址	沈阳市沈河区热闹路 49 号	上海市浦东新区滨江大道 257 弄 10 号
邮编	110014	陆家嘴滨江中心 T1 座 801 室

麦高证券机构销售团队

姓名	职务	手机	邮箱
张旭	机构销售	18195120376	zhangxu01@mgzq.com
王佳瑜	机构销售	15393708503	wangjiayu@mgzq.com
刘沁然	机构销售	15190951726	liuqinran@mgzq.com