

目录

一、六维力传感器是机器人行业的重要部件	4
二、人形机器人有望推动六维力传感器行业高速发展	7
三、六维力传感器技术难点：串扰、精度及准度	10
四、国产企业在六维力传感器行业已具备强竞争力	11
五、建议关注	13
1. 东华测试	13
2. 柯力传感	14
六、投资建议	15
1. 建议关注	15
2. 一致预测	15
七、风险提示	16

图表目录

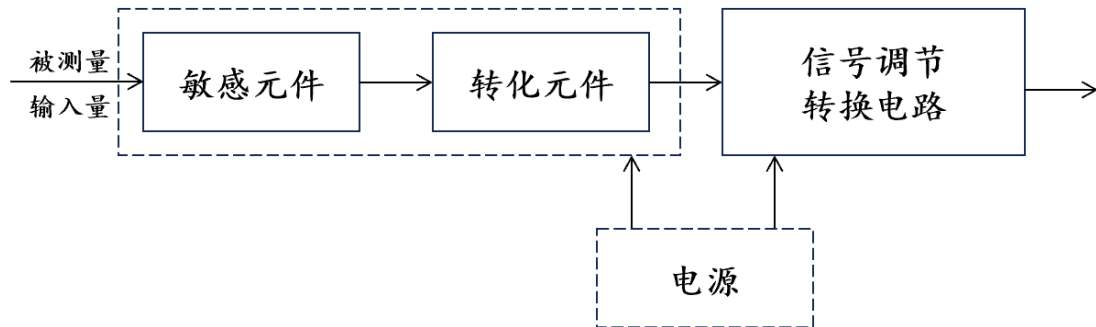
图 1：传感器的基本原理	4
图 2：2020-2030 年中国六维力传感器市场规模及预测	6
图 3：六维力传感器下游行业分布（2023 年）	6
图 4：六维力传感器下游行业增速（2023 年）	6
图 5：2023 年中国六维力传感器市场格局	7
图 6：2023 年中国六维力传感器国产公司份额情况	7
图 7：特斯拉 Optimus 系列机器人迭代历史	8
图 8：优必选 Walker 系列机器人迭代历史	8
图 9：人形机器人腕部需配备六维力传感器	9
图 10：人形机器人踝部需配备六维力传感器	9
图 11：2024-2030 年全球人形机器人销量预测（台）	10
图 12：六维力传感器的串扰指标测量	10
图 13：六维力传感器的精度及准度指标	11
图 14：中国六维力传感器厂商梯队分布	12
图 15：2023 年中国六维力传感器市场格局	12
图 16：中国六维力传感器市场内外资出货结构及预测	12
图 17：2018-2024 年 H1 东华测试营收情况	13
图 18：2018-2024 年 H1 东华测试盈利情况	13
图 19：2018-2024 年 H1 柯力传感营收情况	14
图 20：2018-2024 年 H1 柯力传感盈利情况	14
表 1：常见的力传感器类型	4

表 2：力传感器原理分类及代表企业.....	5
表 3：常见的力传感器类型	7
表 4：人形机器人蕴含的巨大商业想象力有望大大拓宽精密减速器市场空间	9
表 5：重点公司盈利预测.....	15

一、六维力传感器是机器人行业的重要部件

传感器是机器人的重要组成部件，功能类似人的感官。传感器是将被测信号按一定规律转化成输出信号的器件，通常由敏感元件和转化元件组成。敏感元件能直接感知或响应被测量（输入量）；转化元件能将敏感元件中感知的被测量转换成适合测量的电信号。

图 1：传感器的基本原理



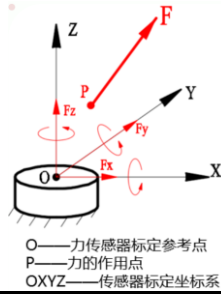
资料来源：《机器人多维力传感器结构设计》，源达信息证券研究所

力传感器的测量对象是力，并将力量值转换为相关电信号，包括张力、拉力、压力、重量、扭矩、内应力和应变等力学量。力传感器是机器人感知力的核心器件，常见的力传感器包括一维力传感器、三维力传感器和六维力传感器。六维力传感器适用于力作用点随机并对测量精度要求较高的场景，适合在人形机器人和协作机器人中应用。

表 1：常见的力传感器类型

名称	图示	功能
一维力传感器	<p>O——力传感器标定参考点 P——力的作用点 OXYZ——传感器标定坐标系</p>	<p>仅能测量方向和作用点固定的力。标定坐标轴为 OZ 轴，一维力传感器可以测量与 OZ 轴方向完全重合的力 F。</p>
三维力传感器	<p>O——力传感器标定参考点 P——力的作用点 OXYZ——传感器标定坐标系</p>	<p>能够测量方向随机，但作用点固定的力。标定参考点为 O，三维力传感器可以测量力作用点固定在 O 点的力 F。</p>

六维力传感器



能够测量方向、作用点随机的力。当力 F 的作用点不与标定参考点 O 重合时，六维力传感器可以测量任意力 F。

资料来源：坤维科技官方公众号，源达信息证券研究所

力传感器按原理可分为应变片式、光学式和压电/电容式。目前应变片式仍是主流技术，特点是技术成熟、成本低且测量范围广，但生产工艺较为复杂。目前国内主流力传感器企业宇立仪器、坤维科技和蓝点触控等均布局该力传感器技术路线。

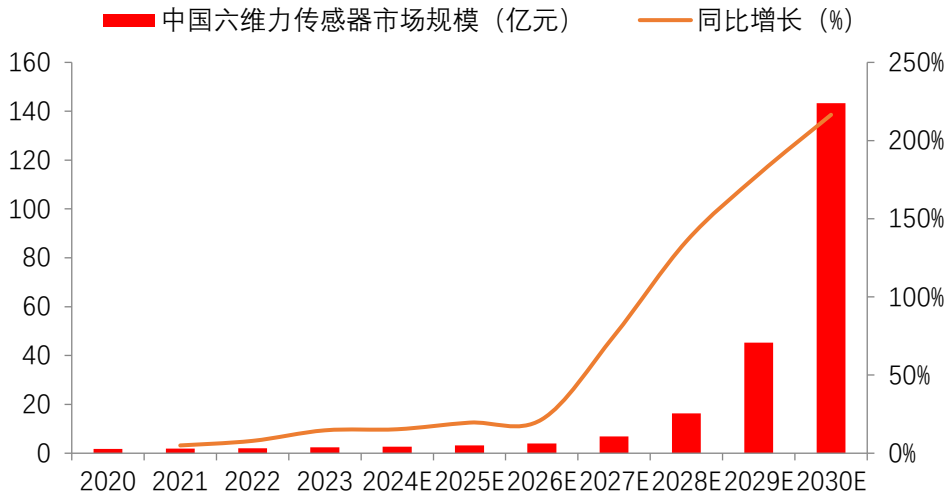
表 2：力传感器原理分类及代表企业

	应变片式	光学式	压电/电容式
原理	采用的是硅应变片或金属箔，本质是材料本身发生形变进而转化为阻值变化	通过光栅反映形变再转化成为力	电容是通过极距的变化导致电压变化压电则是通过形变改变电荷
优点	精度高、技术成熟；测量范围广、成本低；频响特性好	可靠性高；测量范围广；抗电磁干扰能力强	高灵敏度和高分辨率；频率范围宽，结构简单；环境适用性强
缺点	生产工艺复杂；金属箔式应变计输出微弱	对测试环境要求高；刚性偏弱	调理电路复杂；信号漂移难以抑制
代表公司	ATI、宇立仪器、坤维科技、鑫精诚、蓝点触控、海伯森等	OnRobot、华力创科学等	Robotiq、Robotous、Kistler 等

资料来源：GGII，源达信息证券研究所

根据 MIR 睿工业数据，2023 年中国六维力传感器市场规模为 2.35 亿元，同比增长 14.3%。其中 2023-2026 年受制于下游行业应用的不成熟，市场整体规模仍较小；2026-2030 年中，人形机器人的大规模量产将显著增加六维力传感器需求，并推动生产成本降低，市场规模有望迎来快速扩容期。

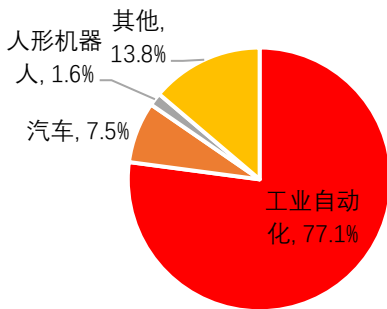
图 2：2020-2030 年中国六维力传感器市场规模及预测



资料来源：MIR 睿工业，源达信息证券研究所

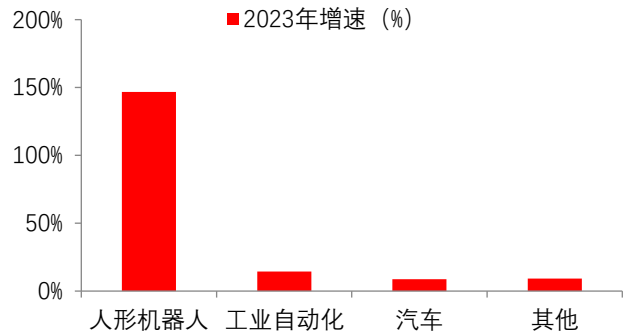
从六维力传感器下游行业看，工业自动化是第一大下游应用，人形机器人是增速最快的下游应用。其中工业自动化行业中，柔性化产线对六维力传感器需求保持增加，但受制于工艺原因暂未大批量使用；人形机器人行业对六维力传感器有确定的大批量需求，未来伴随人形机器人的成功量产需求有望进一步增长；汽车行业中应用已较为成熟，暂未有大型新应用场景的出现；此外军工、航天航空和医疗等行业对六维力传感器的需求保持稳定增长。

图 3：六维力传感器下游行业分布（2023 年）



资料来源：MIR 睿工业，源达信息证券研究所

图 4：六维力传感器下游行业增速（2023 年）



资料来源：MIR 睿工业，源达信息证券研究所

六维力传感器的原理可分为应变片、光学式和压电/电容式。其中应变片式是市场主流，原理是材料受力产生形变，并转化为材料电阻变化进行测量；光学式是通过光纤、光栅反映形变，再转化为力；压电式通过形变改变电荷；电容式通过极距变化改变电压。

表 3：常见的力传感器类型

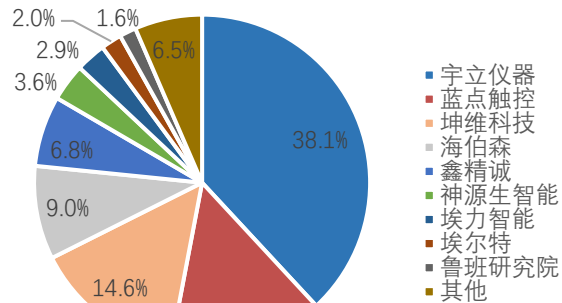
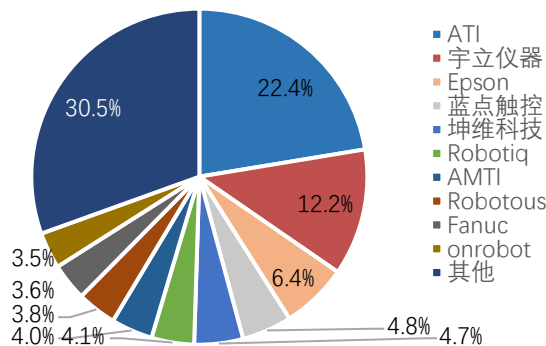
技术类型	原理	代表企业
应变片式	采用硅应变片或金属箔,将材料形变转化为电路阻值变化	ATI、鑫精诚、蓝点触控、坤维科技、宇立仪器、海伯森、Sintokogio、Bota Systems AG、SCHUNK、埃力智能等
光学式	通过光纤、光栅反映形变,再转化成力	OnRobot、松果体、华力创等
压电/电容式	电容通过极距变化改变电压,压电通过形变改变电荷	Robotiq、Robotous、WACOH-TECH、Kistler 等

资料来源：《2023 年协作机器人产业发展蓝皮书》，源达信息证券研究所

2023 年中国六维力传感器市场中，国产厂商份额约占 30%。中国六维力传感器市场格局较为集中，TOP10 厂商合计份额达 69.5%。其中国外企业如 ATI、Epson 等仍占据较大份额，国外企业合计占国内市场的 70%。国产公司中，宇立仪器市场份额较为领先，达 38.1%。而蓝点触控、坤维信息和鑫精诚等国产公司也具备较强竞争力。此外柯力传感、昊志机电等公司也在积极投入该行业，后续市场份额有望提升。

图 5：2023 年中国六维力传感器市场格局

图 6：2023 年中国六维力传感器国产公司份额情况



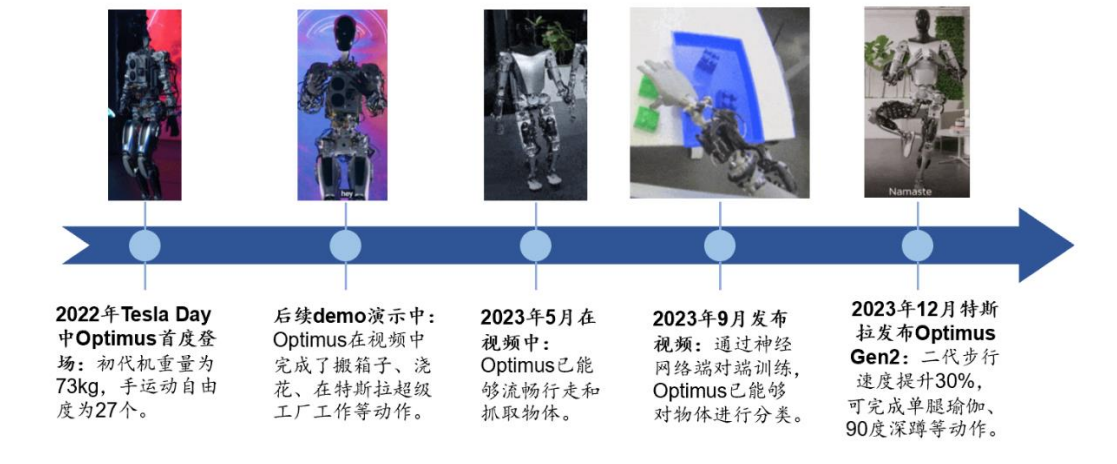
资料来源：MIR 睿工业，源达信息证券研究所

资料来源：MIR 睿工业，源达信息证券研究所

二、人形机器人有望推动六维力传感器行业高速发展

特斯拉推动人形机器人商业化加速，Optimus 迭代速度惊人。2021 年 8 月，马斯克在特斯拉 AI DAY 上首次提出 Optimus 的概念，并计划在未来让人形机器人取代人类从事部分危险工作和重复劳动。相比工业机器人，人形机器人的核心在于与智能化和类人化，所以智能制造、商业服务和家庭场景可能会是人形机器人的主要应用场景。2023 年 12 月，特斯拉发布的 Optimus Gen2 已完成单腿瑜伽等复杂动作，自 2022 年发布 demo 起仅两年，迭代速度惊人。而在人工智能大模型的发展加持下，人形机器人的“iPhone 时刻”有望在不久到来。

图 7：特斯拉 Optimus 系列机器人迭代历史



资料来源：机器之心，源达信息证券研究所

国产人形机器人加速迭代。2016 年优必选推出 Walker 原型机，腿部拥有 12 个自由度，可以完成行走和上下斜坡的动作。2023 年优必选推出工业版人形机器人 Walker S，身高 1.7 米，体重 60kg，可替换末端执行器，搭载 41 个高性能伺服关节以及多维力传感器，机器人自主运动及决策能力大幅提高，可在工业及商用场景广泛应用。

图 8：优必选 Walker 系列机器人迭代历史



资料来源：优必选官网，源达信息证券研究所

人形机器人对力传感器需求明确。以 Optimus 为例，约需要 14 个力传感器、14 个力矩传感器和 4 个六维力传感器，在人形机器人的腕部和踝部均需配备一个六维力传感器。

图 9：人形机器人腕部需配备六维力传感器

图 10：人形机器人踝部需配备六维力传感器



资料来源：坤维科技官方公众号，源达信息证券研究所

资料来源：坤维科技官方公众号，源达信息证券研究所

人形机器人的商业化推进有望打开六维力传感器市场空间。考虑到人形机器人产品成熟度的快速提升，我们假设 2025 年人形机器人正式商业化，并出货 1 万套，并在 2026/2027 年销量达 5/10 万套。同时基于人形机器人对零部件降本的要求，且六维力传感器规模放量降低生产成本情况下，假设 2025-2027 年六维力传感器价格由 2 万元降至 1 万元。则测算下若人形机器人出货量达到 10 万套，则能提供 40 亿元的六维力传感器市场增量。

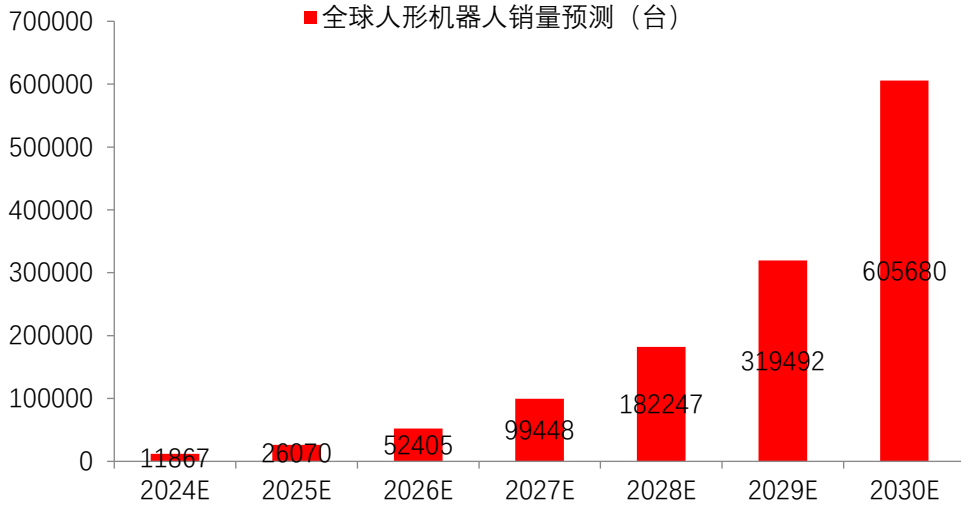
表 4：人形机器人蕴含的巨大商业想象力有望大大拓宽精密减速器市场空间

	2025E	2026E	2027E
人形机器人出货量 (万套)	1	5	10
六维力传感器需求 (个/套)	4	4	4
六维力传感器价格 (元/个)	20000	15000	10000
人形机器人用六维力传感器市场空间 (亿元)	8	30	40

资料来源：特斯拉，源达信息证券研究所测算

根据 GGII 发布的《2024 中国人形机器人产业发展蓝皮书》，预计 2024 年全球人形机器人销量为 11867 台，并预计至 2030 年销量有望达 605680 台，GAGR=92.60%。**预计人形机器人蕴含的巨大市场潜力将会给六维力传感器行业带来远大市场空间。**

图 11：2024-2030 年全球人形机器人销量预测（台）



资料来源：GGII，源达信息证券研究所

三、六维力传感器技术难点：串扰、精度及准度

串扰指标用来衡量多维力传感器各测量方向间的耦合影响，可以反映测量误差水平，是体现产品性能的关键指标之一。比较优秀的串扰指标在 1%FS 左右，2~5%FS 比较常见。以六维力传感器为例。分别对六维力传感器的六个测量方向精确加载至各自的额定载荷，记录六个方向的测量结果，就做成了这个表格。载荷组 1 中，仅仅对 Fx 方向加载到额定载荷，并且假设加载方向和载荷值是非常准确的，所以 Fx 是 100%FS，其它方向是 0%FS。表格右侧 Fy、Fz、Mx、My、Mz 的测量结果就是在 Fx 作用下的串扰。因为此时 Fy、Fz、Mx、My、Mz 的理论真值都是 0。Fy、Fz、Mx、My、Mz 测量结果就体现了 Fx 对其它五个测量方向的耦合干扰情况。

图 12：六维力传感器的串扰指标测量

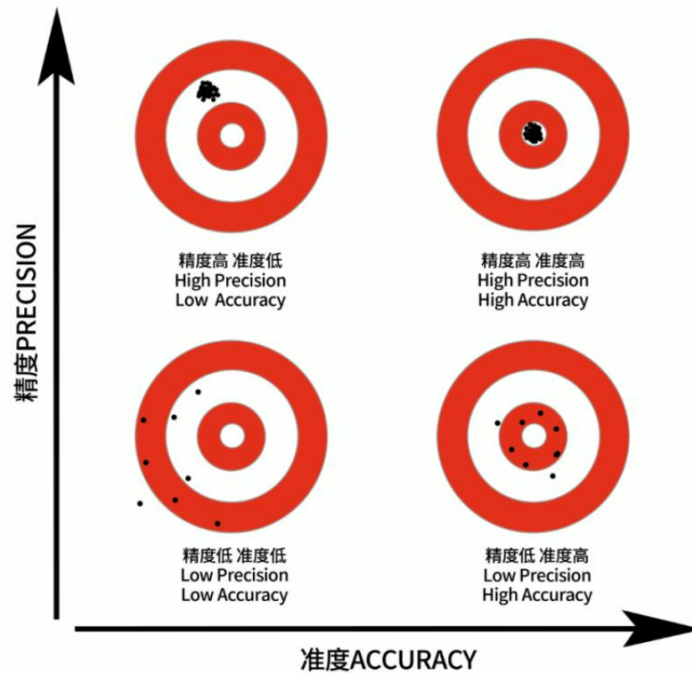
载荷组	标定载荷（理论真值）						测试结果					
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	100%FS	0%FS	0%FS	0%FS	0%FS	0%FS	99.8%FS	1.2%FS	2.3%FS	1.7%FS	2.6%FS	2.9%FS
2	0%FS	100%FS	0%FS	0%FS	0%FS	0%FS	0.3%FS	100.1%FS	2.7%FS	1.1%FS	2.7%FS	1.4%FS
3	0%FS	0%FS	100%FS	0%FS	0%FS	0%FS	1.8%FS	1.2%FS	99.7%FS	1.9%FS	2.6%FS	2.7%FS
4	0%FS	0%FS	0%FS	100%FS	0%FS	0%FS	2.1%FS	1.6%FS	2.1%FS	100.5%FS	2.6%FS	1.2%FS
5	0%FS	0%FS	0%FS	0%FS	100%FS	0%FS	1.2%FS	2.1%FS	1.6%FS	1.7%FS	100.6%FS	2.5%FS
6	0%FS	0%FS	0%FS	0%FS	0%FS	100%FS	1.3%FS	1.3%FS	2.5%FS	2.3%FS	2.6%FS	99.9%FS

备注：FS——Full scale；FS表示六维力传感器各方向的额定量程。

资料来源：坤维科技公众号，源达信息证券研究所

精度和准度指标用于衡量六维力传感器的测量误差水平。 1) 多维力传感器精度衡量的是测量结果之间的重复性。其检定方法是，在相同环境条件下，在额定载荷范围内，进行多次重复联合加载相同一组载荷后，计算得到的传感器测量值的标准差，并除以量程； 2) 多维力传感器准度衡量的是测量结果与理论真值的偏离程度。其获得的方法是，对传感器进行多组多维联合加载，计算得到的传感器测量值与所加载荷理论真值之间的标准偏差，并除以量程。

图 13：六维力传感器的精度及准度指标

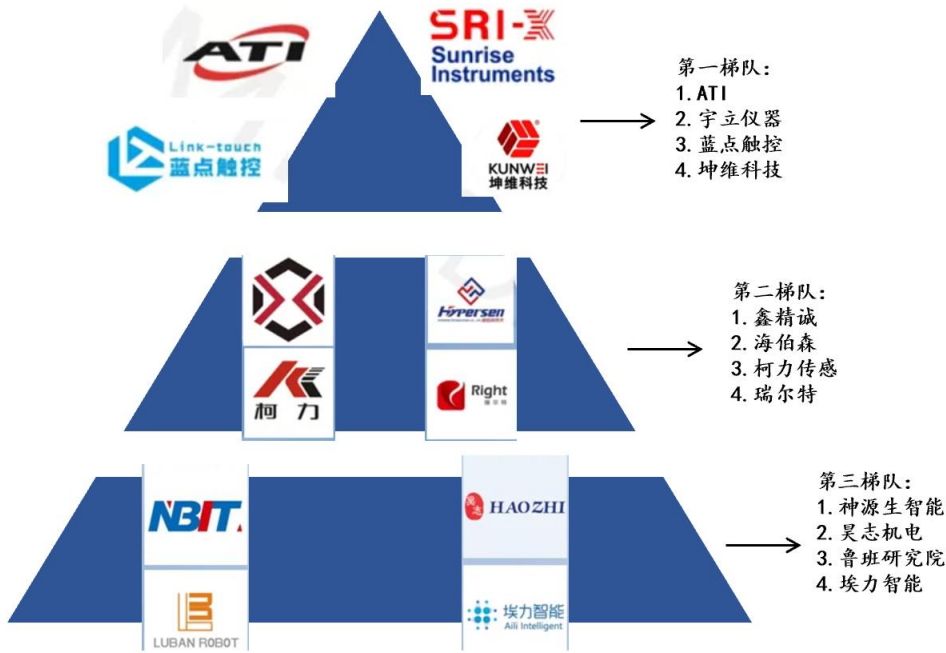


资料来源：坤维科技公众号，源达信息证券研究所

四、国产企业在六维力传感器行业已具备强竞争力

国产企业已成为六维力传感器主流供应厂商。在国家政策支持及数年技术追赶下，国产六维力传感器厂商已进入业内第一梯队，部分产品成为行业标杆。目前国产企业宇立仪器、蓝点触控和坤维科技和进口企业 ATI 进入第一梯队行列，在产品性能、批量化生产能力和市占率方面均处于行业前列。此外柯力传感和昊志机电等国产企业均在加大行业投入，未来国产企业将占据六维力传感器市场的绝大部分，并将主导产品的降本普及和在入形机器人中的导入。

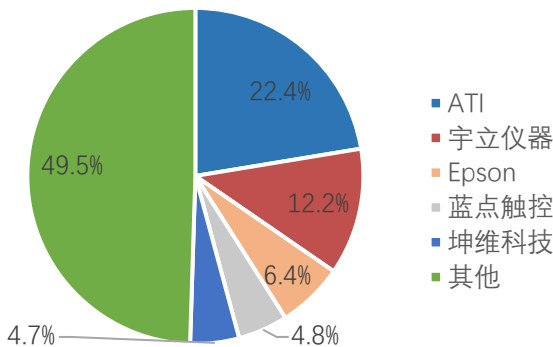
图 14：中国六维力传感器厂商梯队分布



资料来源：MIR 睿工业，源达信息证券研究所

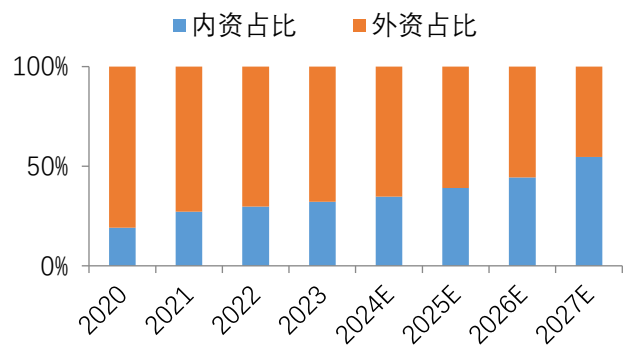
根据共研网数据，国内六维力传感器市场集中度较高，CR5 超过 50%。其中 ATI（美国）份额占比为 22.4%、宇立仪器（中国）占比 12.2%、Epson（日本）占比 6.4%、蓝点触控（中国）占比 4.8%、坤维科技（中国）占比 4.7%。2023 年中国六维力传感器市场中外资出货占比仍达 67.9%，我们预计未来六维力传感器国产企业技术实力及产品力进一步提升下，2024-2027 年内资出货占比有望从 34.7%提升至 54.7%。

图 15：2023 年中国六维力传感器市场格局



资料来源：共研网，源达信息证券研究所

图 16：中国六维力传感器市场内外资出货结构及预测



资料来源：共研网，源达信息证券研究所

五、建议关注

1. 东华测试

东华测试是国内力学测试领域的领军企业。公司在力学性能测试领域积累深厚，实现核心技术自主可控，业务板块可分为结构力学研究、结构安全性在线监测和防务 PHM、民用 PHM 和电化学工作站四大板块。公司主要产品包括传感器、测试分析系统和软件平台。基于公司力学测试产品的通用性，公司有望向新能源、航天航空、工业和人形机器人等行业拓展，拓宽公司成长空间。

2024 年上半年公司实现营收 2.76 亿元，同比+37.75%；归母净利润为 0.74 亿元，同比+65.11%。

图 17：2018-2024 年 H1 东华测试营收情况

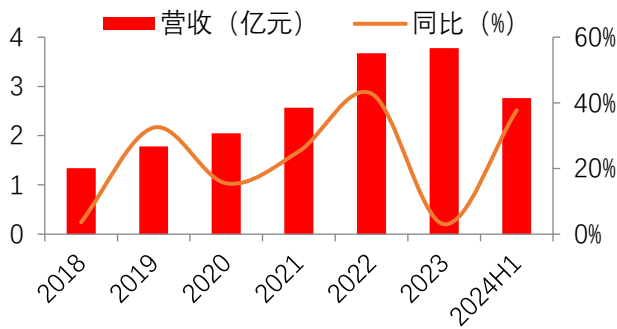
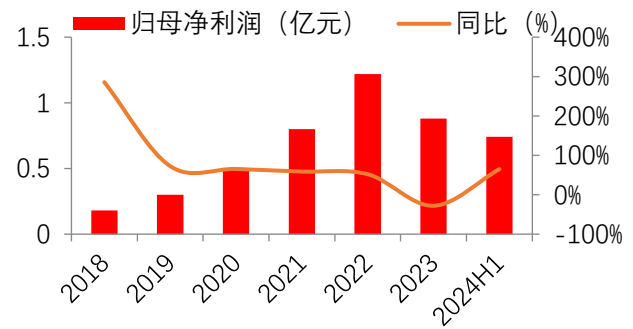


图 18：2018-2024 年 H1 东华测试盈利情况



资料来源：Wind，源达信息证券研究所

资料来源：Wind，源达信息证券研究所

2.柯力传感

公司是国内智能传感器行业的领军企业，在国内称重传感器市场 14 年市占率保持第一。公司具备完善的管理价格和生产体系，并保持较高的产品研发投入。目前公司已加大了对光栅传感器、电量传感器、视觉传感器、激光传感器等多种物理量传感器的投入，并重视六维力传感器在人形机器人行业的发展机遇，捕捉行业发展机会。

截至 2024 年上半年，公司实现营收 5.55 亿元，同比+9.42%；归母净利润为 1.17 亿元，同比-16.57%。2024H1 公司所持驰诚股份因股票价格波动，导致公允价值变动损益-2110.50 万元，影响公司盈利。后续公司布局的多种物理量传感器有望迎来收获期，未来业绩增长空间值得期待。

图 19：2018-2024 年 H1 柯力传感营收情况

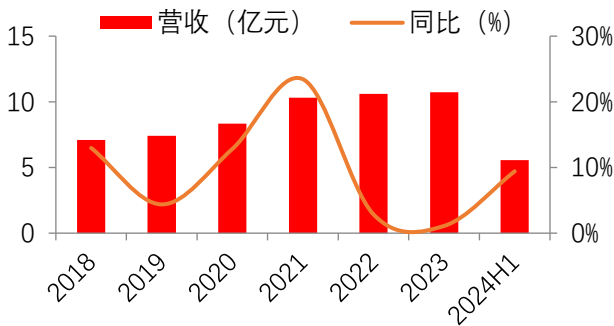
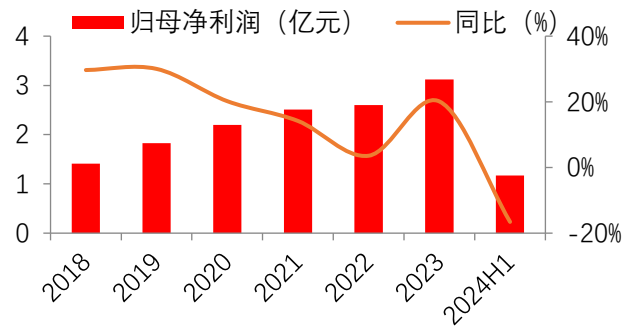


图 20：2018-2024 年 H1 柯力传感盈利情况



资料来源：Wind，源达信息证券研究所

资料来源：Wind，源达信息证券研究所

六、投资建议

1. 建议关注

六维力传感器正处于行业发展的重要阶段，未来人形机器人的量产将大幅增加对六维力传感器的数量需求，并推动六维力传感器的生产成本降低，生产工艺进一步成熟，助力六维力传感器在更多行业的渗透应用。目前宇立仪器、蓝点触控和坤维科技等国产六维力传感器厂商已进入国内市场第一梯队；柯力传感、昊志机电等企业正在加快对该行业的投入；国内力学测试领军企业东华测试在力传感器领域具备自主可控的核心技术。未来国产公司有望充分受益六维力传感器的行业发展机遇。建议关注：东华测试、柯力传感等。

2. 一致预测

表 5：重点公司盈利预测

公司	代码	归母净利润 (亿元)			PE			总市值 (亿元)
		2023E	2024E	2025E	2023E	2024E	2025E	
东华测试	300354.SZ	1.8	2.4	3.1	21.6	16.1	12.6	39
柯力传感	603662.SH	3.4	4.1	4.9	19.6	16.1	13.8	67

资料来源：Wind 一致预期 (2024/9/13)，源达信息证券研究所

七、风险提示

下游行业景气度不及预期；

行业竞争加剧；

人形机器人商业化不及预期；

在下游行业导入进度不及预期的风险。

投资评级说明

行业评级	以报告日后的 6 个月内，证券相对于沪深 300 指数的涨跌幅为标准，投资建议的评级标准为：
看好：	行业指数相对于沪深 300 指数表现 + 10%以上
中性：	行业指数相对于沪深 300 指数表现 - 10%~ + 10%以上
看淡：	行业指数相对于沪深 300 指数表现 - 10%以下
公司评级	以报告日后的 6 个月内，行业指数相对于沪深 300 指数的涨跌幅为标准，投资建议的评级标准为：
买入：	相对于恒生沪深 300 指数表现 + 20%以上
增持：	相对于沪深 300 指数表现 + 10%~ + 20%
中性：	相对于沪深 300 指数表现 - 10%~ + 10%之间波动
减持：	相对于沪深 300 指数表现 - 10%以下

办公地址

石家庄

河北省石家庄市长安区跃进路 167 号源达办公楼

上海

上海市浦东新区峨山路 91 弄 100 号陆家嘴软件园 2 号楼 701 室

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点。作者所得报酬的任何部分不曾与，不与，也不将与本报告中的具体推荐意见或观点而有直接或间接联系，特此声明。

重要声明

河北源达信息技术股份有限公司具有证券投资咨询业务资格，经营证券业务许可证编号：911301001043661976。

本报告仅限中国大陆地区发行，仅供河北源达信息技术股份有限公司（以下简称：本公司）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估。

本报告仅反映本公司于发布报告当日的判断，在不同时期，本公司可以发出其他与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告；本报告所反映研究人员的不同观点、见解及分析方法，并不代表本公司或其他附属机构的立场。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。

本公司及作者在自身所知情范围内，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。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用须注明出处为源达信息证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的，应当注明本报告的发布人和发布日期，提示使用证券研究报告的风险。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。