

2023 年 09 月 25 日
机械

ESSENCE

行业专题

证券研究报告

力传感器专题：智能时代感知系统核心元件——机器人系列报告八

投资评级 **领先大市-A**
维持评级

■ **研究背景：**近年来以人形机器人为代表的新兴应用场景逐步出现，随着对力控要求的增强，机器人用力传感器、高精度压力传感器的需求日益提升。本文我们概述了力传感器的工作原理，并围绕高壁垒品类——**六维力传感器**，详细阐述其技术壁垒、应用场景及降本空间；同时，通过对比海外龙头制造商发展路径，深入了解六维力传感器国产替代过程中的潜在挑战和机遇，并筛选出具备投资价值的优质国产制造企业。

■ **力传感器是把力/力矩的量值转换为电信号的零部件。**分类方式：**①测量原理：**可分为应变式、压电式、电容式、光学式等，其中应变式最为常见；**②测力维数：**可分为 1-6 维力传感器，其中以一维、三维、六维力传感器最为常见；**③输出方式：**可分为模拟传感器、数字传感器；**④力的种类：**可分为压力传感器，称重传感器，力矩传感器等。

■ **2022 年中国力传感器市场规模约 671 亿元，2022-2025 年 CAGR 预计达 19.07%。**力传感器下游应用广泛，包括汽车电子、通信电子、消费电子、专用设备。根据前瞻产业研究院数据，2022 年我国传感器市场规模达 3532 亿，2025 年传感器市场规模有望增长至 5952 亿，CAGR 达 19.07%。其中，力传感器市场规模约 671 亿元，占比 19%。此外物联网用称重传感器，人形机器人用力传感器等新兴领域亦日渐兴起。

■ **六维力传感器：技术壁垒高，核心难点在于结构/算法解耦、标定检测、材料配方等。**

- (1) 机器人用六维：下游主要为协作机器人，人形机器人有待放量。**六维力传感器可应用于汽车测试、航空航天等领域，搭载六维力传感器的协作机器人目前应用于工业打磨、力控装配、拖动示教、医疗健康等场景，未来人形机器人在手腕、脚腕处有望搭载六维力传感器以释放广泛需求。
- (2) 准度：六维力传感器的核心指标。**影响六维力传感器测量精度的因素包括：串扰、滞后、线性、蠕变等，准度综合考量了所有因素，衡量了测定值与实际值的差异，是六维力传感器的核心指标。国内大多数产品准度可达到 1-5%，国内外顶尖企业可达到 0.5%甚至更高水平。
- (3) 高精度六维力核心技术：结构解耦、算法解耦与六维联合加载设备。****①结构解耦：**通过设计六维力传感器的结构降低维间耦合；**②算法解耦：**建立电信号与待测力、力矩间的正确映射。**③六维联合加载设备：**经过标定和检测以确定模型参

行业表现



资料来源：Wind 资讯

升幅%	1M	3M	12M
相对收益	-0.5	-3.6	-0.5
绝对收益	-1.0	-6.9	-3.9

郭倩倩

分析师

SAC 执业证书编号：S1450521120004

guoqq@essence.com.cn

相关报告

出口表现亮眼，静待国内需求回暖，看好机床自主可控背景下的投资机遇——机床设备 2023 年半年报综述	2023-09-24
业绩稳定增长，行业拓展趋势延续——机械行业检测试验板块 2023 年中报综述	2023-09-20
硅料价格下行，产业链利润重新分配——光伏设备板块 2023H1 财报总结	2023-09-17
8 月挖机销量好于预期，内销降幅收窄——2023 年 8 月挖机点评	2023-09-08
行业增速触底反弹，关注人形机器人进展——机器人板块 2023 中报总结	2023-09-06

数的非标设备。使用一维加载设备标定的六维力传感器准确度约为 5%，尚不能满足部分精密力控场景需求。为将准确度提高至 0.5%，必须通过六维联合加载设备标定和检测。该设备为非标设备，主要依靠自主研发，依赖长时间的工程经验。

(4) **弹性体材料配方：影响零漂、温漂等重要精度指标。**弹性体一般由合金构成，其中各个元素的配比对弹形体的温度敏感性和稳定性有较大影响。

■ **人形机器人放量推动下，六维力传感器市场规模有望达百亿级别。**特斯拉 Optimus 预期单价 2 万美元，目前六维力传感器单价约 2 万元，假设在手腕、脚腕处共使用 4 个，其价值量占比较高。随着 MEMS 技术的应用和下游需求放量、六维力传感成本有望快速下降。据测算，人形机器人年产 10/50/100 万台将为六维力传感器带来 20/80/100 亿的市场规模增量，增长空间广阔。

■ **2022 年传感器国产化率 40%，六维力传感器国产替代有望加速。**中国传感器研制起步较晚，技术积累与世界领先水平存在一定差距，当前国产化率约 40%。国内六维力传感器企业包括坤维科技、宇立仪器、鑫精诚、蓝点触控等；海外企业包括 ATI、SCHUNK、Robotiq、OnRobot 等。根据高工机器人统计，2022 年国内协作机器人六维力传感器国产化率近 80%，销量 TOP1 为国内龙头坤维科技，市占率超 50%。目前，六维力传感器国产化难点主要在于技术壁垒和品牌壁垒，借助国内企业成本优势，有望加速推动国产化。

■ **投资建议：**从行业层面来看，国家政策推动叠加价格优势，力传感器国产替代势在必行。传统应用替代空间充分，人形机器人放量进一步拉动需求增长。我们认为六维力传感器技术壁垒高，新玩家进场难度大。目前有相关技术背景、掌握标定设备研制技术的玩家更有利于打造自身先发优势，加速国产替代节奏。

■ **建议关注：**

【柯力传感】：深耕应变式传感器领域，国内市场占有率达 25%，进军工业称重物联网，布局起点高。

【汉威科技】：传感器产品谱系丰富，子公司能斯达自主研发柔性压力传感器，提供机器触觉方案，已与小米等厂商深度合作。

【坤维科技】：航天科研院所技术积淀，自主研发六维联合加载标定设备，六维力传感器准确度国内领先，国内市场销量领先。

【宇立仪器】：主营多维力传感器，汽车假人碰撞领域领先品牌，与国际龙头机器人企业广泛合作。

■ **风险提示：**宏观经济周期性波动风险、新兴应用产业化进度不及预期、市场竞争加剧影响行业盈利水平、应变片原材料价格波动风险、国产替代进度不及预期、测算/假设不及预期。

目 录

1. 力传感器：机器人控制感知层的核心零部件	6
1.1. 分类方式：按测量原理、测力维数、输出方式、力的种类等分类	6
1.2. 下游应用：下游应用领域广泛，根据需求选择相应准度	9
2. 行业分析：国产替代进行时，多维力传感大有可为	10
2.1. 我国力传感器市场规模约 671 亿元，多维力传感有望迎高成长	10
2.1.1. 协作机器人：多维力传感器赋能，提升协作机器人工作精度	11
2.1.2. 人形机器人：全新增量市场，有望大幅拉动多维力传感器需求	13
2.2. 竞争格局：传感器国产化率达 40%，多维力传感器国产化率近 80%	16
3. 多维力传感器：精密力控刚需，高壁垒高成长	18
3.1. 精密力控技术核心，应用前景广阔	18
3.2. 核心参数：串扰/准度是多维力传感器的核心指标	21
3.3. 技术难点：降低非线性力学耦合干扰、降低零漂与温漂	21
3.3.1. 解决非线性力学特性：结构解耦+算法解耦+多维联合加载设备	21
3.3.2. 降低零漂、温漂：弹性体材料配方是关键	23
3.4. MEMS 技术助力多维力传感器量产降本	24
4. 对标分析：高端龙头长期技术积累下的产品和品牌优势突出	25
4.1. 美国 ATI：全球机器人零部件行业龙头，技术领先，产品谱系完整	25
4.2. 丹麦 OnRobot：机器夹具制造龙头，产品适配性强	26
4.3. 对标结论：加大研发力度，赢得市场信任	27
5. 重点关注公司	27
5.1. 汉威科技：柔性压力传感器赋能机器触觉，开拓第二增长曲线	27
5.2. 柯力传感：国内应变式传感器龙头，机器人领域产品加快布局中	32
5.3. 坤维科技：航天院所技术积淀，高端多维力传感器对标国际龙头	35
5.4. 宇立仪器：积淀深厚的多维力传感器产品从汽车跨界至机器人	36
6. 投资建议	37
7. 风险提示	37

目 录

图 1. 力传感器产业链概况	6
图 2. 各原理力传感器性能对比	7
图 3. 中国 MEMS 压力传感器下游应用领域分布情况	10
图 4. 2020-2025 传感器世界市场规模	10
图 5. 2021-2025E 中国传感器市场规模	11
图 6. 传感器不同产品市场份额占比	11
图 7. 中国多维力传感器销量	11
图 8. 节卡协作机器人 ZU 3	12
图 9. UR 协作机器人 UR20	12
图 10. 我国协作机器人市场规模	12
图 11. 我国协作机器人出货量	12
图 12. 中国协作机器人下游领域占比	13
图 13. 特斯拉人形机器人 Tesla Bot Optimus	13
图 14. 中国和世界 65 岁以上人口占比增长迅速	14
图 15. 中国劳动力成本快速上升，机器人替代潜力巨大	14

图 16. 全球人型机器人市场规模预测	15
图 17. Tesla Optimus 六维力传感器分布示意图	15
图 18. 传感器国产化率达 40%	16
图 19. 协作机器人领域六维力传感器出货量占比	16
图 20. 国内外应变式传感器发展对比	17
图 21. ATI 六维力传感器制造工艺需要人工操作	17
图 22. 鑫精诚微型六维力传感器	19
图 23. 机器人末端执行器受力情况实例	19
图 24. 六维力传感器具体应用场景	19
图 25. 搭载六维力传感器的打磨机器人	20
图 26. 汽车碰撞假人	20
图 27. 节卡机器人力控装配	20
图 28. 拖动示教示意图	20
图 29. 搭载六维力传感器的医疗机器人	21
图 30. 六维力传感器应用于风洞测试	21
图 31. 六维力传感器耦合干扰示例	22
图 32. 六维力传感器结构示例	22
图 33. 普通一维加载设备	23
图 34. 六维联合加载设备	23
图 35. 应变计构成全桥电路示意图	24
图 36. 不同应变片价格对比	24
图 37. 传统力传感器生产流程	24
图 38. 玻璃微熔固化工艺流程	24
图 39. ATI 定制 Fanuc-Ready 力传感器	25
图 40. 搭载 ATI 六维力传感器的 ABB 装配机器人	25
图 41. OnRobot 发展历程	26
图 42. 传感器技术平台	27
图 43. 以传感器为核心，提供多样化产品与方案	27
图 44. 2022 气体传感器十大企业	28
图 45. 气体传感器行业全球竞争格局	28
图 46. 汉威科技传感器产品导图	28
图 47. 2018-2022 年汉威科技业务结构变化	30
图 48. 2017-2022 年汉威科技营收情况	30
图 49. 2017-2022 年汉威科技归母净利润情况	30
图 50. 2017-2022 年汉威科技毛利率与净利率情况	30
图 51. 柔性压力传感器	31
图 52. 柔性薄膜压力传感器	31
图 53. 全球应变式传感器行业竞争格局情况	33
图 54. 中国应变式传感器行业竞争格局	33
图 55. 柯力传感全面推进 1+10+10+5 主线方向	33
图 56. 集团赋能建设	33
图 57. 2018-2022 年柯力传感业务结构变化	34
图 58. 2018-2022 年柯力传感营收情况	34
图 59. 2017-2022 年柯力传感归母净利润情况	34

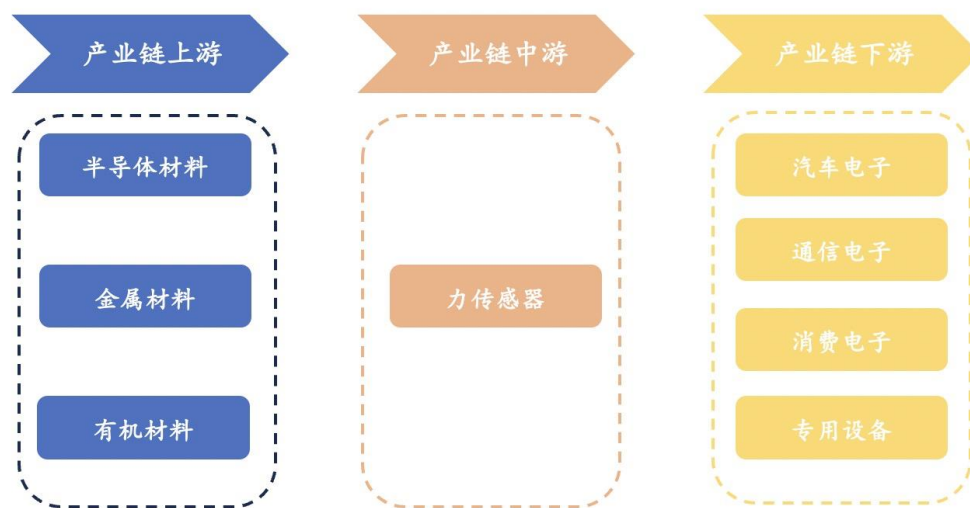
图 60. 2017-2022 年柯力传感毛利率与净利率情况	34
图 61. NJ-J 扭矩传感器	34
图 62. NJ-K 扭矩传感器	34
图 63. 2022 年度中国协作机器人领域用六维力/力矩传感器出货量	35
表 1: 力传感器按测量原理分类	7
表 2: 力传感器按测力维数分类	8
表 3: 力传感器按输出方式分类	9
表 4: 人形机器人有望为六维力传感器带来广阔增长空间	16
表 5: 六维力传感器主要国产制造商梳理	18
表 6: 六维力传感器主要海外制造商梳理	18
表 7: 六维力传感器串扰和准度指标对比	22
表 8: ATI 工业自动化 Axia 系列产品矩阵	25
表 9: OnRobot 系列产品矩阵	26
表 10: 汉威科技主要产品概述	28
表 11: 募集项目及金额(万元)	31
表 12: 柯力传感应变式传感器主要产品	32
表 13: 十大物联网事业部	33
表 14: 六维力传感器产品	35
表 15: 宇立仪器六维力传感器产品	36

1. 力传感器：机器人控制感知层的核心零部件

传感器是把其他信息转换为电信号的零部件，力传感器即把力/力矩的量值转换为电信号的零部件。传感器通常由敏感元件和转换元件组成，能将检测感受到的信息，按一定规律变换成为电信号输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。2019 年实施的推荐性的国家标准 GB/T 36378.1-2018《传感器分类与代码 第1部分：物理量传感器》中，基于测量的物理量对传感器做出了细致的分类。其中，力学量传感器包括：压力传感器、重力传感器、应力传感器、力矩传感器、位置传感器、速度传感器、加速度传感器等。本文中的力传感器指测量各类力/力矩，把力和力矩的量值转换为电信号的零部件。

力传感器上游材料供应充足，下游应用领域广泛。从产业链上游来看，根据测量原理的不同，力传感器上游为半导体材料、金属材料、有机材料等。目前上游材料的供应商竞争充分，市场供应充足。从产业链下游来看，力传感器是众多机械和电子设备不可或缺的感知元件，其产业链下游应用广泛，包括汽车电子、通信电子、消费电子、专用设备等多种领域。

图1.力传感器产业链概况



资料来源：智研咨询，安信证券研究中心整理

1.1. 分类方式：按测量原理、测力维数、输出方式、力的种类等分类

力传感器分类方式众多，可根据以下方式分类：①测量原理：可分为应变式、压电式、电容式、光学式等；②测力维数：可分为1-6维力传感器，其中以一维、三维、六维力传感器最为常见；③输出方式：可分为模拟传感器和数字传感器；④力的种类：可分为压力传感器，称重传感器，力矩传感器等。③

（1）根据测量原理：

根据测量时利用的不同物理原理，力传感器可分为应变式、压电式、电容式、光学式。





应变式：将力转化为电阻变化。应变式力传感器的核心零件是电阻应变片，一般由金属或硅制成，可将力产生的应变转换为电阻变化，即应变效应。应变式力传感器由在弹性元件上粘贴电阻应变敏感元件构成。当待测力作用在弹性元件上时，弹性元件的变形引起敏感元件的阻值变化，通过转换电路将其转变成电信号输出，据此推算力的大小。利用相似的原理，除力/力矩以外，应变式传感器还可以测量加速度、位移等物理量。应变式力传感器具有精度高、技术成熟、测量范围广、频响特性好等特点，是当前使用最为广泛的力传感器。

压电式：将力转化为电荷变化。压电式力传感器的核心零件是压电材料，如石英、压电陶瓷等。压电材料在沿一定方向上受到外力的作用而变形时，其内部会产生极化现象，同时在它的两个相对表面上出现正负相反的电荷。通过电路将其转变为电信号输出，据此推算力的大小。压电式力传感器具有动态响应好、精确性好、分辨率高、结构紧凑、尺寸小、刚度强等特点。

电容式：将力转化为电容变化。电容式力传感器的核心零件是电容器。电容式力传感器一般采用圆形金属薄膜或镀金属薄膜作为电容器的一个电极，当薄膜感受压力而变形时，薄膜与固定电极之间形成的电容量发生变化，通过测量电路即可输出与电压成一定关系的电信号，据此推算力的大小。电容式力传感器具有高灵敏度和高分辨率、频率范围宽、结构简单、环境适用性强等特点。

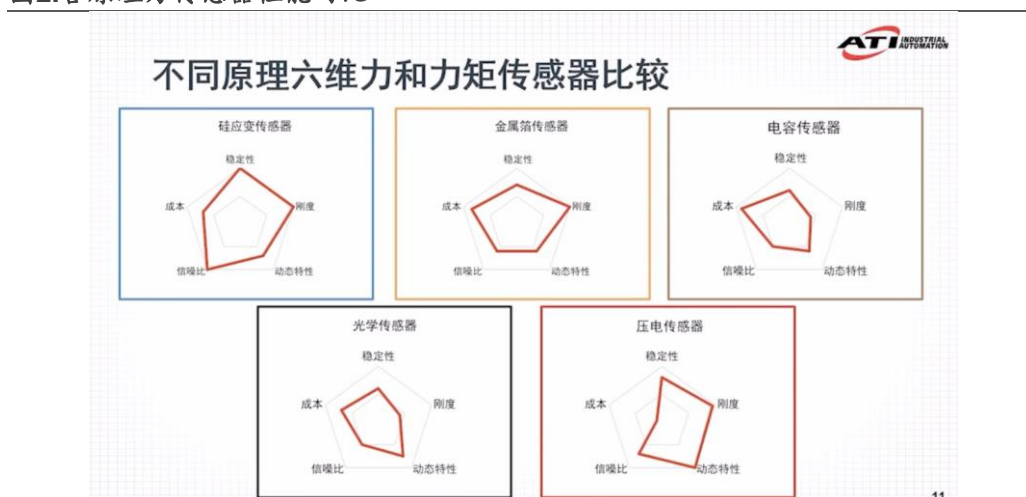
光学式：将力转化为光强变化。光学式力传感器的核心零件是光纤。光学式力传感器由弹性体和光纤构成。当待测力作用在弹性体上时，弹性体形变使得光纤发生弯曲，导致经过光纤的光强发生变化。用光传感器检测这一信号，据此推算出力的大小。光学式力传感器具有可靠性高、测量范围广、动态响应好。

表1：力传感器按测量原理分类

分类方式	种类	优点	缺点	产品图示
按测量原理分类	应变式	精度高、技术成熟、测量范围广、频响特性好	存在非线性误差、信号输出微弱	
	压电式	动态响应好、精确性好、分辨率高、结构紧凑、尺寸小、刚度强	存在电荷泄露、静态力测量困难、分辨率不高	
	电容式	高灵敏度和高分辨率、频率范围宽，结构简单、环境适用性强	调理电路复杂、寄生电容影响大	
	光学式	可靠性高、测量范围广、动态响应好	价格昂贵、对测试环境要求高	

资料来源：仪器信息网，化工仪器网，传感器专家网，《Handbook of Modern Sensors》，霍盾官网，汉夫德官网，TE Connectivity官网，安信证券研究中心整理

图2.各原理力传感器性能对比



(2) 根据测力维数：

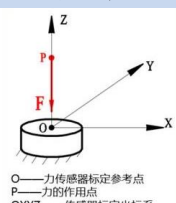

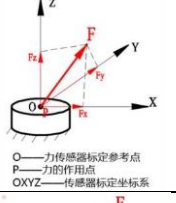

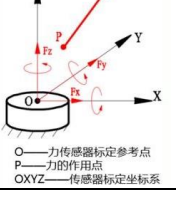

根据测力的维数，力传感器可以分为一维到六维传感器。从主流的力传感器的测量维度来看，一维、三维、六维力传感器是较常见的产品，二、五维力传感器较少见。

一维力传感器：测定一个方向的力。如果待测力的方向能完全与标定坐标轴重合，那么用一维力传感器就能完成测量任务；如待测力与标定坐标轴成一定夹角，或作用点不在标定参考点，则会产生测量偏差。常见的压力传感器、称重传感器都属于一维力传感器。

三维力传感器：测定三个正交方向的力。如果待测力的方向变化，但力的作用点保持不变，与传感器的标定参考点重合，那么用三维力传感器就能完成测量任务。三维力传感器将给出待测力在 x , y , z 轴的三个分量 F_x , F_y , F_z 。如果待测力的作用点不在标定参考点，则会产生测量偏差。

六维力传感器：测量三个正交方向的力和三个正交方向的力矩。即使待测力的方向任意变化，作用点不在标定参考点，六维力传感器也能完成测量任务。六维力传感器将给出待测力在 x , y , z 轴的三个分量 F_x , F_y , F_z ，和待测力矩的三个分量 M_x , M_y , M_z 。

表2：力传感器按测力维数分类

分类方式	种类	力的方向	力的作用点	示意图	产品图示
按测力维数分类	一维力传感器	与标定坐标轴重合	位于标定参考点		
	三维力传感器	无限制	位于标定参考点		
	六维力传感器	无限制	无限制		

资料来源：坤维科技知乎号，力驰传感官网，安信证券研究中心整理

(3) 根据输出方式：

根据输出方式的不同，可分为模拟传感器和数字传感器。

模拟传感器：将被测量的力信号转换为模拟信号输出。模拟信号是连续的变化信号，可以通过模拟电路进行和控制。模拟传感器的优点：1) 传输距离远：模拟信号具有连续变化的特点，可以在传输距离较远的情况下仍保持信号稳定；2) 成本低：不需要数字转换器等电路，因此成本较低；3) 功耗低：模拟传感器不需要进行数字转换，因此功耗较低。模拟传感器的缺点：1) 精度低：模拟传感器中存在放大、滤波等环节，容易受到环境干扰等因素的影响；2) 抗干扰能力差：模拟信号容易受到环境干扰的影响；3) 不易集成：输出的是模拟信号，需要通过模拟电路进行和控制，因此不易与其他电子元器件集成。模拟传感器广泛应用于电子测量、环境监测、机器人等领域。

数字传感器:将被测量的力信号直接转换为数字信号输出。数字信号是一系列由 0 和 1 组成的二进制数码, 可以通过微处理器或单片机进行处理和控制在。数字传感器的优点: 1) 精度高: 直接将模拟信号转换为数字信号, 避免了模拟电路中存在的放大、滤波等环节带来的误差; 2) 抗干扰能力强: 输出的数字信号可以通过软件算法进行控制和, 具有良好的抗干扰能力; 3) 易于集成: 直接与微处理器或单片机相连, 实现数字化处理, 可方便地与其他电子元器件集成在一起。数字传感器的缺点: 1) 价格较高: 需要包含数字转换器等电路, 造价较高; 2) 功耗较大: 需要通过数字转换器将模拟信号转换为数字信号, 功耗较大。数字传感器广泛应用于工业自动化、医疗设备、汽车电子等领域。

表3: 力传感器按输出方式分类

分类方式	种类	输出信号	优点	缺点	应用场景
按输出方式分类	模拟传感器	模拟信号	传输距离远 成本低 功耗低	精度低 抗干扰能力差 不容集成	电子测量 环境监测 机器人等
	数字传感器	数字信号	精度高 抗干扰能力强 易于集成	价格较高 功耗较大	工业自动化 医疗设备 汽车电子等

资料来源: 维特沃斯地磅知乎号, 安信证券研究中心整理

(4) 根据力的种类:

根据所测力的种类, 力传感器可分为压力传感器、称重传感器、力矩传感器等。

压力传感器:用于测量压力, 包括气体、液体的压力。根据不同压力类型, 压力传感器可进一步细分为表压传感器、差压传感器和绝压传感器。压力传感器是一种极为常用的传感器, 广泛应用于工业自动化、智能机器人、汽车、医疗、家用电器等行业。采用柔性材料制成的柔性压力传感器可用于机器人仿生电子皮肤, 为机器人提供触觉感知解决方案。

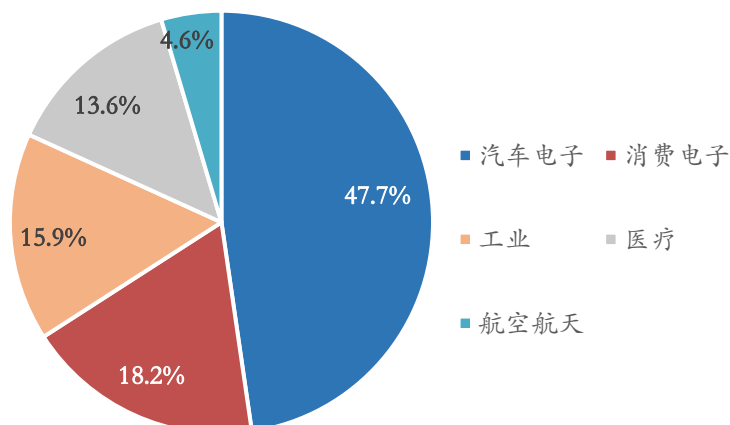
称重传感器:用于测量物体所受重力。称重传感器可广泛应用各领域, 包括: 1. 工业自动化: 对物料进行称重和计量, 确保生产过程的精确控制; 2. 汽车工业: 帮助检测车辆的重量变化, 从而调整车厢、发动机、制动系统等的性能, 确保汽车的安全和稳定。3. 物流领域: 用于对货物的称量和统计, 从而有助于掌握物流信息, 提高运输效率和控制运营成本; 4. 建筑工程: 用于测量物料的重量, 为建筑设计提供支持等。

力矩传感器:用于测量力矩。根据被测物体的运动状态, 可以分为动态的转矩传感器和静态的扭矩传感器。力矩传感器常用于交/直流电动机、伺服电机、步进电机; 汽车发动机、柴油机、转向器、车身整体刚性扭转以及其他部件加工过程的控制和检测; 电/手动执行器, 各种阀门自动开闭控制; 各种材料扭矩寿命试验; 铁路机械设备过程控制等。

1.2. 下游应用: 下游应用领域广泛, 根据需求选择相应准度

汽车电子、消费电子、工业制造为力传感器的主要下游应用。以 MEMS 压力传感器为例, 汽车电子是第一大下游应用领域, 约占我国总市场规模的 47.7%, 其次, MEMS 压力传感器在消费电子、工业制造、医疗、航空航天领域也有着广泛应用, 2020 年分别占总市场规模的 18.2%、15.9%、13.6%、4.6%。此外, 新兴市场的迅猛发展也推动了需求的持续扩张, 例如: 物联网带动称重传感器需求、以及人形机器人即将带来的对力觉等传感器的需求。

图3.中国 MEMS 压力传感器下游应用领域分布情况



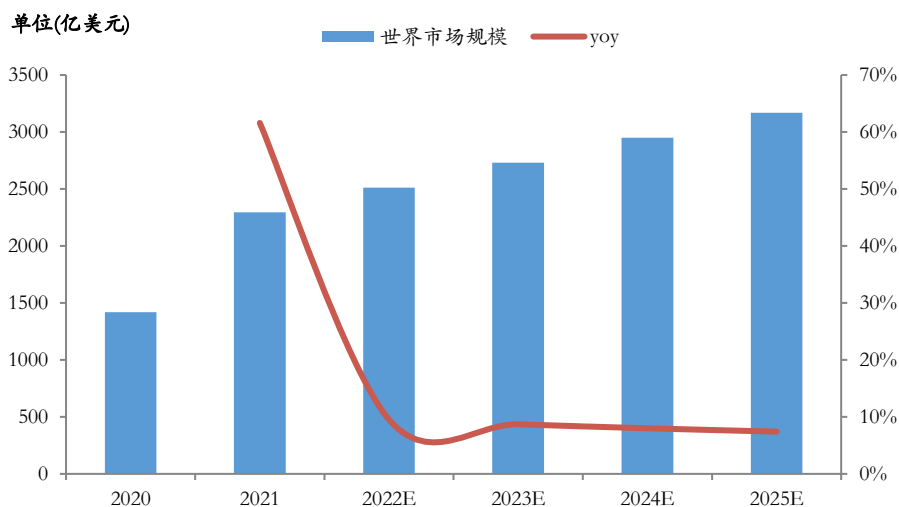
资料来源：华经产业研究院，安信证券研究中心

2. 行业分析：国产替代进行时，多维力传感大有可为

2.1. 我国力传感器市场规模约 671 亿元，多维力传感有望迎高成长

2022 年世界传感器市场规模预计超 2500 亿美元。传感器技术与通信技术、计算机技术并称现代信息产业的三大支柱，随着近年来人工智能、物联网、5G 等前沿科技的不断发展，传感器市场日益繁荣。根据 Statista 数据，预计 2022 年传感器全球市场规模为 2512.9 亿美元（约合 17963 亿人民币），2022-2025 年 CAGR 为 8.04%。

图4.2020-2025 传感器世界市场规模

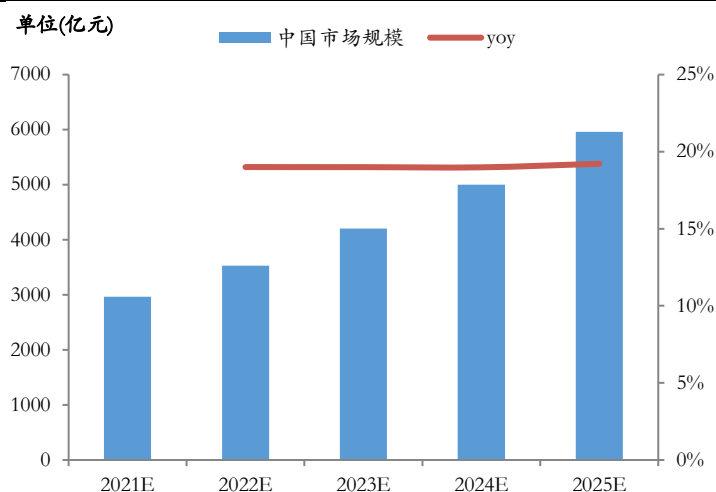


资料来源：Statista，安信证券研究中心整理

中国传感器市场规模约占全球的 20%，预计 2022-2025 年中国传感器市场复合增速达 19.07%。根据前瞻产业研究院数据，2022 年预计我国传感器市场规模达 3532 亿，至 2025 年有望增长至 5952 亿，CAGR 达 19.07%，高于全球 2022-2025 年市场规模 CAGR 8.04%。

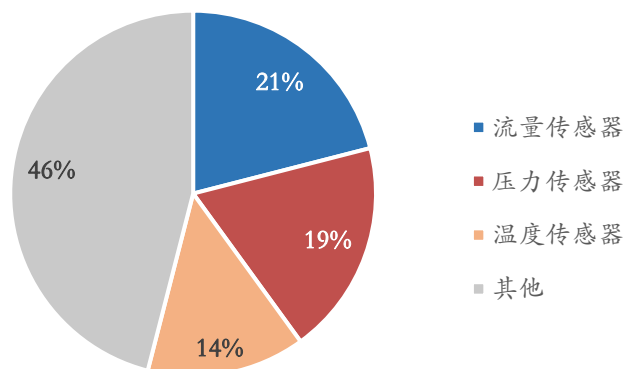
力传感器市场规模约占整体市场的 19%。力传感器是传感器产品的重要组成部分。根据前瞻产业研究院数据，力传感器市场规模占整个传感器市场的 19%，对应 2022 年市场规模约 671 亿元。

图5.2021-2025E 中国传感器市场规模



资料来源：前瞻产业研究院，安信证券研究中心

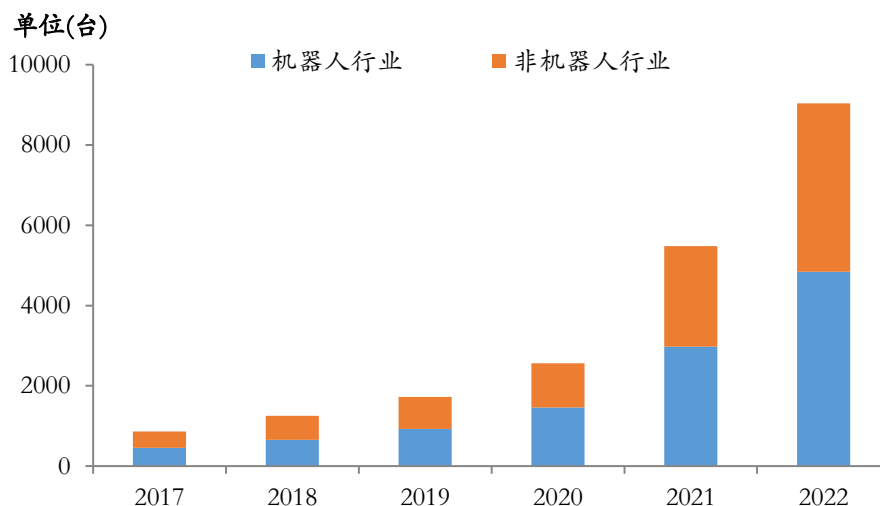
图6.传感器不同产品市场份额占比



资料来源：赛迪，前瞻产业研究院，安信证券研究中心

目前六维力传感器市场规模较小，未来成长性强。考虑到六维力传感器的高技术壁垒及高价值量，当前应用于工业领域需求较小，但伴随着协作、人形机器人等市场对多维高精度力传感器需求的不断提升，我们看好六维力传感器长期市场规模的持续放量。据高工机器人产业研究所（GGII）数据显示，2022 年中国市场六维力传感器销量为 8360 套，同比增长 57.97%，机器人行业销量达 4840 套。若假设六维力传感器销售均价为 2 万元，则 2022 年中国六维力传感器市场规模约为 1.7 亿元。

图7.中国六维力传感器销量



资料来源：高工机器人，安信证券研究中心

2.1.1. 协作机器人：多维力传感器赋能，提升协作机器人工作精度

协作机器人是一种可以在共同的工作空间与人类进行交互的机器人。协作机器人结合传感器、物联网、人工智能等技术，实现机器人对外部环境和自身运动状态的感知，并形成规划、学习和决策能力，使机器人能够根据环境和任务做出正确的动作，实现人与机器人的协调工作。协作机器人具有重量轻、人友好性、感知能力强、编程简便等优点。

图8.节卡协作机器人 ZU 3



资料来源：节卡官网，安信证券研究中心

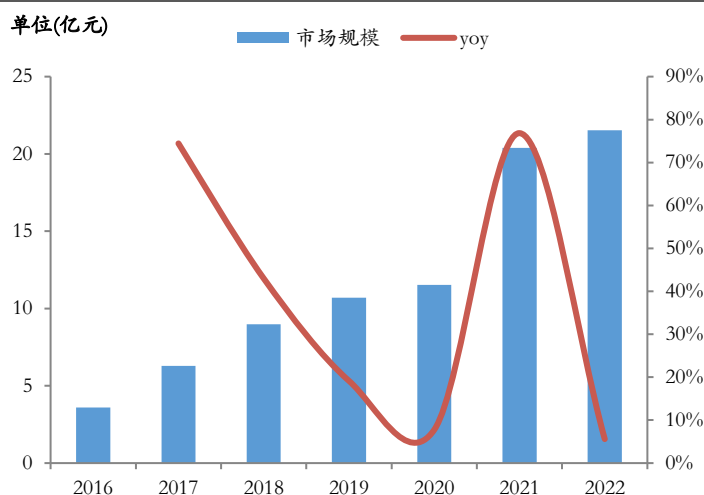
图9.UR 协作机器人 UR20



资料来源：UR 官网，安信证券研究中心

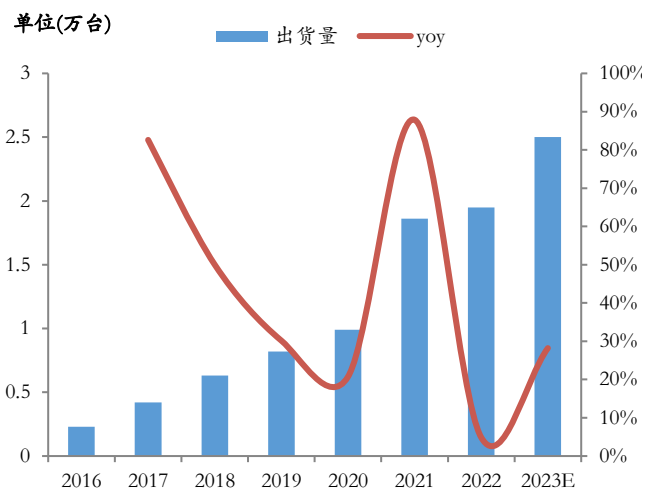
2022 年中国协作机器人市场规模达 21.53 亿元，出货量为 1.95 万台。根据高工机器人数据，2016-2022 年中国协作机器人市场规模 CAGR=41.46%；2022 年出货量为 1.95 万台，2016-2022 年 CAGR=42.80%。高工机器人预计，随着下游 3C 电子行业回暖，汽车及零部件、机械加工、新能源、医疗保健等行业领域渗透率持续提升，未来六轴及以上协作机器人将进入一段平稳的高速增长期。预计至 2026 年，中国协作机器人出货量将接近 6 万台。

图10.我国协作机器人市场规模



资料来源：高工机器人，安信证券研究中心

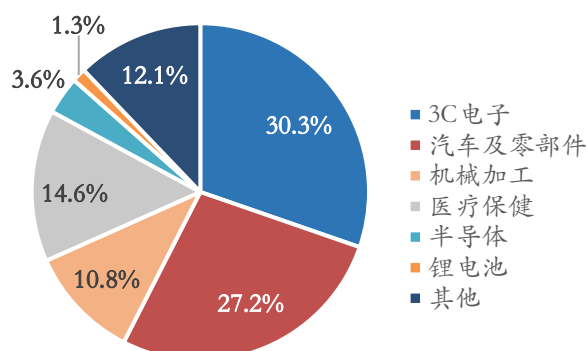
图11.我国协作机器人出货量



资料来源：高工机器人，安信证券研究中心

协作机器人工作精度要求高，多维力传感器赋能提升精细化程度。3C 电子为协作机器人第一大下游应用领域，约占总市场规模的 30.3%；其次，协作机器人在汽车及零部件、机械加工、医疗保健、半导体、锂电池等领域也有着广泛应用，分别占总市场规模的 27.2%，10.8%、14.6%、3.6，1.3%。上述领域在机器人的工作精度上都有相当高的要求。在附加多维力传感器之前，协作机器人无法完成高精度的运动，仅限于完成简单的任务，如拾取和放置操作等。配置了多维力传感器后，协作机器人能够测量其施加的力和力矩的大小，然后调整其施加的力以更好地执行任务或完成更精细的任务，例如去毛刺、精密装配、拖动示教等。此外，它们可以借助多维力传感器进行质量检测和过程监控。

图12.中国协作机器人下游领域占比



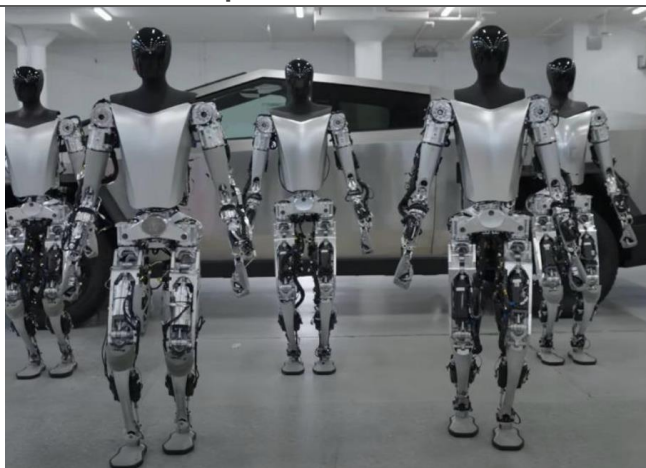
资料来源：高工机器人，安信证券研究中心

预计 2026 年协作机器人领域的六维力传感器市场规模将达 6 亿元。根据高工机器人的预计，2026 年协作机器人销量将达 6 万台；假定 50% 的协作机器人需要使用六维力传感器，六维力传感器单价约为 2 万元，则 2026 年协作机器人领域的六维力传感器市场规模将达 6 亿元。

2.1.2. 人形机器人：全新增量市场，有望大幅拉动六维力传感器需求

人形机器人是一种模仿人类外貌和运动能力的机器人。人形机器人具有高度通用性，通过多层次、精密设计，极大提升了机器人应用场景的灵活性，其终极目标是让机器人“解放人类劳动力”。人形机器人的设计是基于人类功能，同时性能又能超越人类，从替人类搬运、搜救、排爆、驾驶，到拥有高智能后甚至可以成为人类的陪伴提供情绪价值，其发展存在无限可能。近年来随着 AI 大模型的超预期发展，以及产业资本的密集投入，人形机器人产业发展加速。一方面，随着人工智能和机器学习的发展，人形机器人在感知、决策和执行能力方面取得了巨大进步。另一方面，产业资本关注度提升，多方入场加速布局，各家企业机器人性能亦在不断完善。比如，Tesla 在 2023 年 5 月的股东大会上发布其人形机器人最新视频，我们可以看到其性能更加稳定、形态也更加自然。Tesla Optimus 机器人预计量产售价低于 2 万美金，若能实现该价格，将对人形机器人市场化放量带来标志性时刻。

图13.特斯拉人形机器人 Tesla Bot Optimus



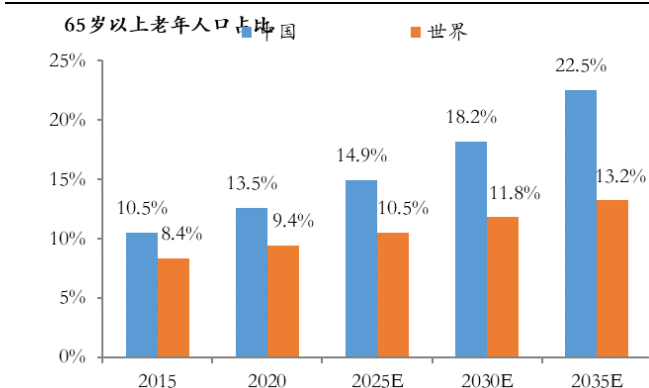
资料来源：Tesla Youtube，安信证券研究中心

此外，人口老龄化和劳动力短缺问题催生了对机器人的需求。

人口加速老龄化，劳动力出现缺口。据中国卫健委统计，2015 年中国 65 岁以上人口比例达 10.5%，高于世界平均水平 8.4%。2020 年间，中国 65 岁以上人口比例快速攀升至 13.5%，增速亦高于同期世界平均水平。据联合国经社部预测，2035 年中国 65 岁以上人口比例将达高达 22.5%，进入超老龄化社会。同期，全球平均水平亦将上升至 13.2%，接近严重老龄化。据此，全球均面临着日益严峻的人口老龄化问题，劳动力供给将面临严重短缺。

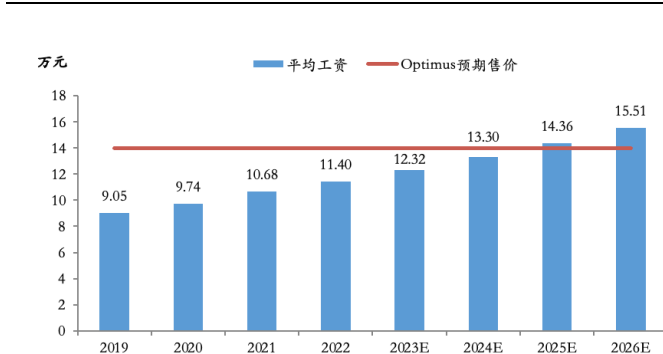
人均工资逐年上升，用工成本水涨船高。据国家统计局数据显示，中国人均工资从 2019 年的 9.05 万迅速上升至 2022 年的 11.4 万，复合增长率达 8%，用工成本压力快速上升，假定未来中国人均工资年增长率仍为 8%，2025 年预期中国人均工资将达 14.4 万元。同期，Optimus 预期将投入量产，据马斯克宣称售价约为 2 万美元，约合 14 万元，与中国人均工资基本持平。据此，人形机器人有望占据成本优势，在工业和服务业中实现快速渗透。

图14.中国和世界 65 岁以上人口占比增长迅速



资料来源：中国卫健委，联合国经社部，世界银行，安信证券研究中心

图15.中国劳动力成本快速上升，机器人替代潜力巨大



资料来源：国家统计局，Tesla AI day，安信证券研究中心

理想情形下，2025-2035 年人形机器人销量增速有望达 94%，两年投资回报期。根据哈默纳科官网公告显示的高盛预测：

①最乐观情形：2035 年人形机器人市场规模可达 1540 亿美元，与 2021 年电动汽车市场规模相近，2025-2035 年复合增速达 94%。为了达到最乐观情形，技术必须有革命性的突破：比如机器人的电池需支持长达 20 小时的连续工作；机器人需要兼具敏捷性和智能性；运动规划算法的效率和算力需大幅提升；机器人需自主学习并适应工作环境；机器人制造成本需年均降低 15%-20%。此外，消费者对机器人进入生活的接受度也需要大幅提升。高盛认为，上述技术突破虽然看似难以实现，但考虑到机器人的发展速度已然超乎公众想象，最乐观情形亦有可能达成。

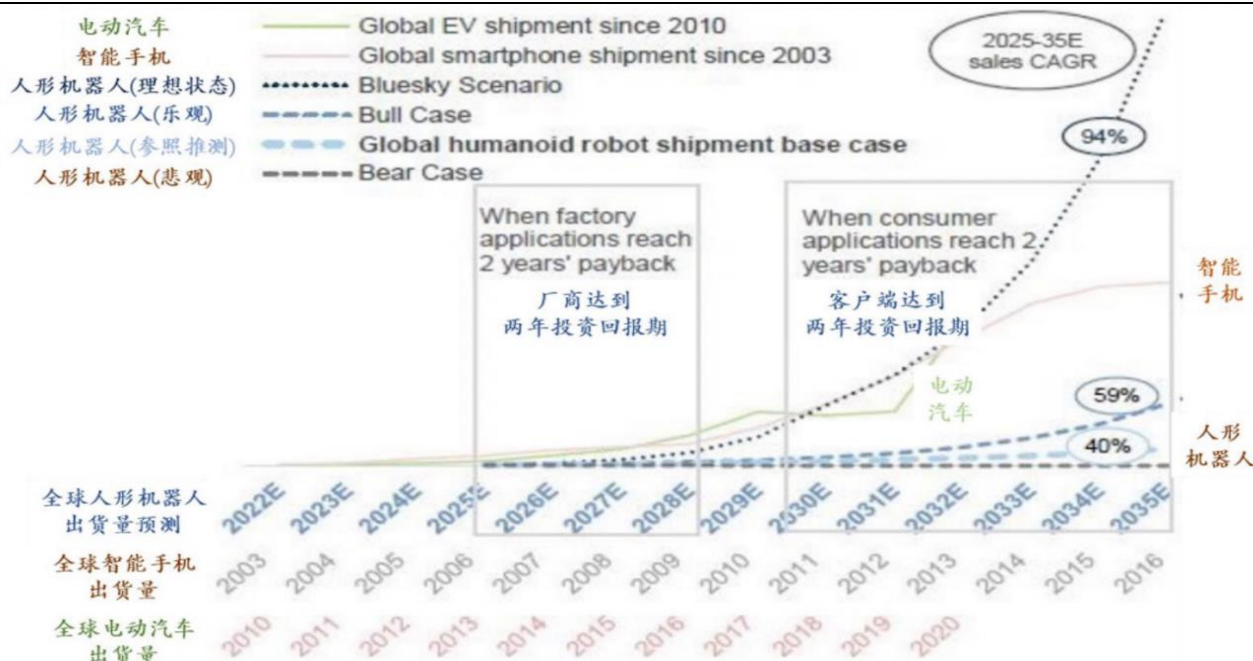
②乐观情形：若参照全球电动汽车发展历程，预计 2025-2035 年人形机器人销量 CAGR 可达 40%左右。乐观状态下，若人形机器人发展速度快于电动汽车发展进程，则预计 2025-2035 年人形机器人销量 CAGR 可达 59%。

③中性情形：预计未来 10-15 年内人形机器人市场有望达到 60 亿美元；

④极悲观情形：人性机器人技术发展遇到瓶颈而停滞，预计 2025-2035 年人形机器人销量 CAGR 可能为 0%；

此外，特斯拉 CEO 马斯克在 AI DAY 以及股东大会上表示其人形机器人量产目标售价预计能够达到 2 万美元，销量有望达百万台级别。

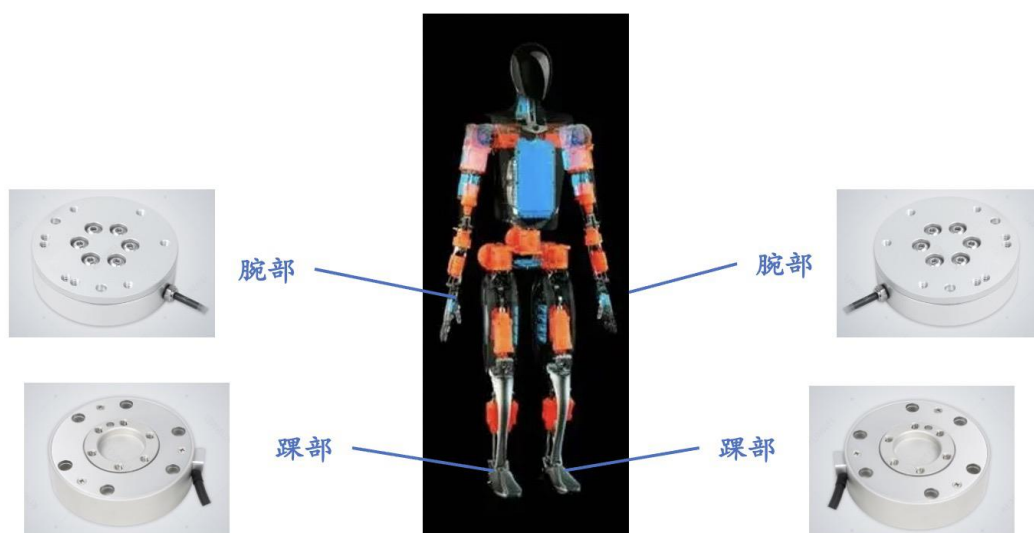
图16.全球人型机器人市场规模预测



资料来源: 高盛, 哈默纳克, 安信证券研究中心

人形机器人需要4个六维力传感器, 分布在腕部和踝部。为实现在人手的模仿, 人形机器人需要精准测量手关节的受力情况。由于手关节的执行器工作过程中的力臂较大且随机变化, 一、三维力传感器不能满足需求, 因此机器人腕部一般需采用六维力传感器。人形机器人在行走过程中, 需要测量落脚时所受的力和力矩, 以控制机器人的身体姿态并维持平衡, 因此需要在两个脚踝处安装六维力传感器。

图17.Tesla Optimus 六维力传感器分布示意图



资料来源: Tesla AI Day 2022, 坤维科技, 安信证券研究中心

根据以下假设, 我们对六维力传感器在人形机器人不同销量下的潜在市场空间进行了测算:

- 1) 每台人形机器人在手腕、脚腕处共使用4个六维力传感器;

2) 六维力传感器单价随量产进程逐年下降。当前六维力传感器单价约 2 万元，我们预测，人形机器人销量 10 万台时，单价假设为 5,000 元；销量 50 万台时，单价假设为 4000 元；销量达到 100 万台时，单价假设为 2500 元。

根据以上假设，在人形机器人销量分别为 10/50/100 万台时，六维力传感器市场规模分别为 20/80/100 亿元。人形机器人早期量产节奏存在不确定性，目前尚处于探索期。我们预计一旦量产，人形机器人发展将进入快车道，且六维力传感器单价将随之迅速下降，增长前景广阔。

表4：人形机器人有望为六维力传感器带来广阔增长空间

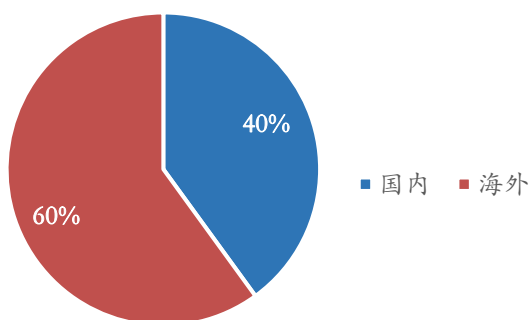
人形机器人产量（万台）	10	50	100
单台机器人六维力传感器用量	4	4	4
六维力传感器平均单价（元）	5,000	4,000	2,500
市场空间预测（亿元）	20	80	100

资料来源：安信证券研究中心测算

2.2. 竞争格局：传感器国产化率达 40%，六维力传感器国产化率近 80%

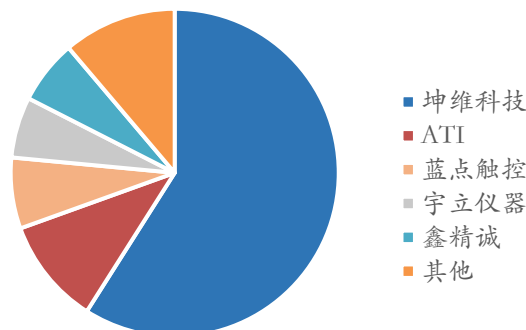
从市场竞争格局来看，传感器国产化率已达 40%，六维力传感器国产化率近 80%。根据华经产业院数据，我国传感器国产化率已达 40%。在技术壁垒较高的六维力传感器领域，国产化趋势更加明显。据高工机器人统计，2022 年中国协作机器人领域六维力传感器国产化率近 80%，出货量 TOP1 为国内企业坤维科技，市场份额占比超过 50%；TOP2 为国际龙头 ATI，TOP3-5 分别为蓝点触控、宇立仪器、鑫精诚，均为国内企业。

图18.传感器国产化率达 40%



资料来源：华经产业院，安信证券研究中心

图19.协作机器人领域六维力传感器出货量占比



资料来源：高工机器人，安信证券研究中心

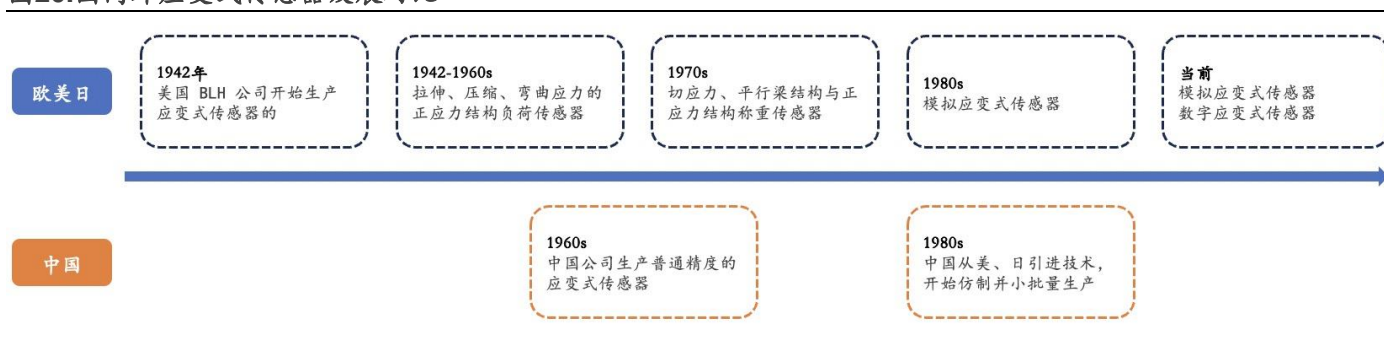
性能对标国际龙头，价格优势推动国产替代。六维力传感器国际龙头 ATI 目前的高精度产品准度为 0.5%。借助自主研发的六维联合加载标定设备，国内坤维科技亦可生产准度高于 0.5% 六维力传感器，这一精度可满足绝大多数服务业、精密工业、医疗领域用途。其余国内企业，如蓝点触控、宇立仪器、鑫精诚等，产品准度亦可达到 1%-3%，可应用于对准度要求相对较低的领域。国内企业生产的六维力传感器单价仅为约 2 万元，而 ATI 生产的可比产品价格一般在 4 万元以上，国产品牌成本优势显著，有望加速推动国产替代。

国内企业在技术、品牌方面与外企仍有差距。以常见的应变式传感器为例，阻力主要体现在以下方面：

(1) **技术壁垒**：应变式传感器产品属于多学科交叉、技术密集的高技术产品，其设计与制造技术是集力学、材料学、计量测试、机械、电子、计算机技术为一体的综合技术，尤其对应力应变分析技术的理论知识、当前新技术和新材料的运用有很高要求。

欧美企业占据先发优势，多轮技术迭代积累。1942 年，美国 BLH 公司开始应变式传感器的生产，至今已经有 70 余年的历史，期间经历了不断的改进与创新。从 20 世纪 40-60 年代利用拉伸、压缩、弯曲应力的正应力结构负荷传感器，经过 70 年代的切应力、平行梁结构与正应力结构称重传感器、80 年代中期以前的模拟应变式传感器，发展到如今数字式和模拟式传感器共存的格局。期间，金属箔式电阻应变计的研制成功及负荷传感器电路补偿与调整工艺的成熟都大大提高了传感器产品的准确性和稳定性。相比之下，国内应变式传感器的研制与生产起步较晚，60 年代仅有几个厂家生产普通精度等级的应变式传感器，且产品结构单一。80 年代初，我国从美、日等国引进应变式负荷传感器制造技术与工艺装备，进行学习、消化吸收，经过仿制和试生产后，才开始多品种小批量生产并推向市场。

图20.国内外应变式传感器发展对比



资料来源：柯力传感招股书，安信证券研究中心整理

(2) 品牌壁垒：传感器元件决定了控制系统的精确程度，下游客户对产品精度和稳定性要求较高。为确保品质合格，下游客户采用新传感器前需要经过复杂的测试和认证，这一过程耗时长、费用高。在冶金、化工、核电设备、油气等领域，下游用户对传感器质量要求更为严格，对相关产品以往的安全、稳定使用业绩有着明确要求，通常不会选用没有使用记录的产品。因此，传感器安全使用历史业绩和品牌声誉的要求为新企业、新产品进入市场形成了较高的壁垒。

但国内企业亦具备人力成本、政府扶持等优势：

(1) 人力成本：力传感器生产线中尚有较多环节无法实现自动化，需要人工操作。尽管最近数十年欧美国家在力传感器的生产流程上进行了不断的自动化试验和尝试，但在产品生产的贴片、温度补偿、测试等核心环节，目前国内外技术条件下仍然必须由人工完成，距离生产过程全自动化尚存在诸多困难。这一特点客观上决定了我国在该产品的生产上有着明显的人力成本优势。

图21.ATI 六维力传感器制造工艺需要人工操作



资料来源：ATI Youtube，安信证券研究中心

(2) 政策扶持：国际竞争环境日益激烈，国家战略支持重大技术装备国产化节奏加快。自“增强制造业核心竞争力”2022 年首次被写入政府工作报告后，推进重大技术装备国产

化、推进关键零部件国产化是落实国家战略的需要，也是中国高端制造业“走出去”的重要突破点；进一步，党的二十大报告指出“着力提升产业链供应链韧性和安全水平”，即重在补链、强链、组链和造链，其中所谓“补链”即补齐短板，聚焦被“卡脖子”的关键行业、核心技术，围绕核心基础零部件与基础制造工艺等，在关系国家安全的领域和节点确保自主可控。力传感器作为多项重要下游领域关键零部件，国产制造商正处于布局加速阶段，定位高端以及新兴应用领域，如新能源汽车、人形机器人等。

表5：六维力传感器主要国产制造商梳理

公司名称	股票代码	产品精度	公司简介	产品应用领域
坤维科技	未上市	0.5%	坤维科技成立于2018年，是一家致力干提供高精度力觉传感器（六轴力传感器）及力控解决方案的企业、公司主营智能力觉传感器的研发、制造、销售、及技术推广。	机器人、智能装备、工业过程监控、产品质量检测、科研测试测量等
鑫精诚	未上市	1%-3%	深圳市鑫精诚科技有限公司成立于20年，公司专注于微型压力、称重、多轴力、扭力等多样化的智能传感器及控制仪表的工业级产品研发和创新，为等领域提供力控系统解决方案与技术合作。	机器人、3C自动化设备、精密医疗、农业、新能源锂电、机器人、半导体、航空铁路、高校等
宇立仪器	未上市	1%-5%	宇立仪器有限公司(SRI)是一家集生产、发于一体的技术密集型企业，是原美国FTSS(现Humanetics ATD)总工黄约博士于2007年创立，公司在多维传感器设计领域积累了近20年经验。	机器人、汽车碰撞测试等
蓝点触控	未上市	1%-2%	蓝点触控(北京)科技有限成立于2019年，是一家专业从事高精度、高性能力传感器以及力控产品研发利生产的高新技术企业，公司在多维力传感器、关节扭矩传感器、机器人力控技术等方面拥有深厚的经验积累和技术优势，现已形成了rist六地力传感器、Joi比关节扭矩传感器、力控应用软件包等多个产品系列。	机器人、工业打磨等
海伯森	未上市	1%-2%	海伯森技术(深圳)有限公司成立于2015年，公司始终专注工业传感技术的创新，并在光学物理测量、工业2D/3D检测、机器人智能应用等领域形成了成熟的产品矩阵，主营产品包括3D闪测传感器、3D线光谱共焦传感器、点光谱共焦位移传感器、超高速工业相机和六维力传感器等	机器人，自动化，生物力学，工业测试等
昊志机电	300503	≥2%	广州市昊志机电股份有限公司成立于2006年，是一家专业从事中高端数控机床、机器人、新能源汽车核心功能部件等的研发设计、生产制造、销售与维修服务的国家高新技术企业，于2016年在创业板上市。公司目前有DSA系列5款六维力传感器产品。	协作机器人

资料来源：高工机器人，各公司官网，安信证券研究中心整理

表6：六维力传感器主要海外制造商梳理

公司名称	国家	产品精度	公司简介	产品应用领域
ATI	美国	0.5%-2%	ATI工业自动化公司是世界领先的多维力传感器制造商。自1989年以来，ATI工业自动化公司一直致力于开发量先进的产品和解决方案，在世界各地得到了成千上万的成功应用，公司主营业务包括机器人快速转换装置及力传感器。	机器人
SCHUNK	德国	2%	德国雄克公司(SCHUNK)创建于1945年，主营产品包括精密夹具和自动化抓取系统、传感器等。	机器人、机械装备等
Robotiq	加拿大	3%	Robotiq公司成立于2008年，总部位于加拿大魁北克，主营产品包括机器人末端夹具、力矩传感器、机器人相机套件等。	机器人
OnRobot	丹麦	3%	OnRobot是一家全球性公司，由丹麦OnRobot、匈牙利OptoForce和美国Perception Robotics合并而成。主营产品包括机器人末端夹具、力矩传感器、机器人相机套件等。	机器人
新东工业	日本	1%-3%	新东工业株式会社(Sintokogio)成立于1934年，是一家总部位于日本的公司，主营业务分为铸造、表面处理、环境设备、特种设备、物料搬运五个部门，公司业务遍及全球，亚洲、北美和欧洲是其前三大市场。	机器人
WACOH-TECH	日本	1%-3%	WACOH-TECH成立于2007年，总部位于日本，主营业务包括力传感器和MEMS传感器(加速度、陀螺仪)产品的开发、生产、销售。	机器人、工业装配、工业打磨等

资料来源：高工机器人，各公司官网，安信证券研究中心整理

3. 六维力传感器：精密力控刚需，高壁垒高成长

3.1. 精密力控技术核心，应用前景广阔

力控精度需求提升，六维力传感器重要性凸显。接触过程几乎贯穿了现代加工、制造业的所有环节。因此，对以“接触载荷”为代表的力和力矩的准确、快速测量是实现加工、制造智能化的重要保障，也是智能设备和机器人实现柔顺化操作的关键技术挑战之一。传统的力和力矩测量大多依靠于一维力传感器实现，但随着设备工作条件和工作模式的日益复杂化，

现代工业设备对力传感和控制要求也越来越高：需要在兼顾尺寸要求的基础上，精确快速感知三维的力和力矩，并实现反馈控制。

与使用一维力传感器相比，六维力传感器具有以下优点：

- (1) **精度提升**：高精度的六维力传感器耦合误差可以做到 0.5% 以内，常规产品也可以做到 2%-5%，但是如果使用多个一维力传感器组合解耦，一般的耦合误差高达 20% 以上，严重影响测量精度。
- (2) **结构紧凑**：六维力传感器体积小，结构紧凑，一个六维力传感器所需的空间小于六个一维力传感器。鑫精诚生产的六维力传感器直径最小可达 9.5mm。小体积的六维力传感器可适配机器人关节等狭小空间，降低机器人结构设计难度。
- (3) **协调同步**：使用多个一维力传感器可能出现传感器间信号不同步的问题，而六维力传感器可同时解算出三个方向的力和力矩，同步性大大提高。

即使不需要三个方向的力矩信息，三维力传感器仍无法替代六维力传感器。部分力控算法仅需要利用三个力的数值，而不需要力矩的大小，但这并不意味着可以使用三维力传感器替代六维力传感器。在机器人等复杂机械结构中，元器件所受力的力臂变化随机且幅度大，对三维力传感器的测量结果有显著影响，导致误差过大。相比之下，六维力传感器充分解耦了三个方向的力和力矩，可应对力臂多变的情况。此外，当力臂过大时，即使三维力传感器所受力未超过量程，过大的力矩也可能导致传感器材料屈服、断裂、损坏；而六维力传感器可及时感知到力矩的异常变化，进而控制机器人调整姿态以避免元器件损坏。

图22.鑫精诚微型六维力传感器



资料来源：高工机器人，安信证券研究中心

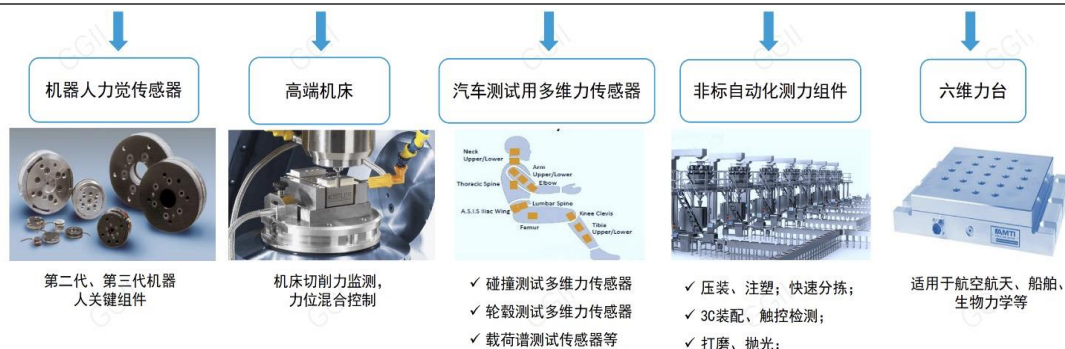
图23.机器人末端执行器受力情况实例



资料来源：坤维科技知乎号，安信证券研究中心

六维力传感器目前广泛应用于工业打磨、汽车测试、力控装配、拖动示教、医疗健康、航空航天等场景。

图24.六维力传感器具体应用场景



资料来源：高工机器人，安信证券研究中心

工业打磨：传统打磨行业普遍存在危险系数大、生产效率低、废品率高、人工成本高等问题。为解决上述问题，机器人抛光应运而生。在对精度有较高要求的 3C 等行业中，机器人需搭载六维力传感器以实现精密力控，保证表面光洁无毛刺。目前，由于普通力传感器尚能满足部分行业对精度的要求，且六维力传感器价格明显高于普通力传感器，工业打磨机器人尚未普遍搭载六维力传感器。考虑到未来对精度需求可能得提升，以及六维力传感器的快速降本，六维力传感器在打磨行业中的渗透率有望迅速提升。

汽车测试：汽车厂家需要对汽车进行安全性能的实验。将假人放置在汽车座位上并模拟发生碰撞时，检测假人各个部位的受力情况，从而评定出汽车的安全等级。假人结构复杂，为收集各个部位的受力数据，假人身体上遍布六维力传感器和一维力传感器，总数达 60-200 个。

图25.搭载六维力传感器的打磨机器人



资料来源：坤维科技官网，安信证券研究中心

图26.汽车碰撞假人

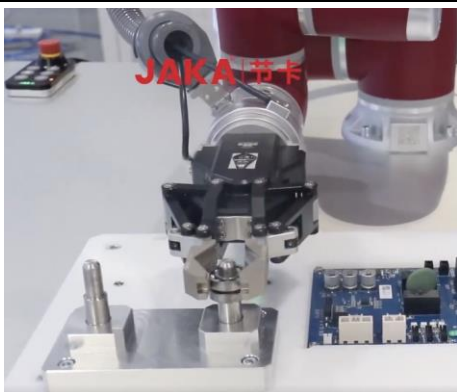


资料来源：CarSeatDesign 汽车座椅设计公众号，安信证券研究中心

力控装配：装配不仅需要机器人具有一定的位置精度，当组装或者装配的零部件容易损坏、易变形时，机器人还需要具有末端位置和姿态的自适应调整能力，这就要求机器人具有力觉感知功能。即使零件存在制造误差、外设存在定位误差，机器人都根据力传感器的反馈调整位姿，保证柔顺装配、精准装配。

拖动示教：传统机器人示教环节需要通过示教盒现场示教，或采用离线编程示教，都对操作人员的专业技术有较高要求。机器人搭载六维力传感器后，可由工人直接手持牵引机器人到达指定位姿或沿特定轨迹移动，以简单、直观方式对机器人应用任务进行示教，完成后机器人即可独立工作。拖动示教可大幅提高工业机器人在应用部署阶段的编程效率，降低对操作人员的要求，达到降本增效的目的。

图27.节卡机器人力控装配



资料来源：节卡公众号，安信证券研究中心

图28.拖动示教示意图

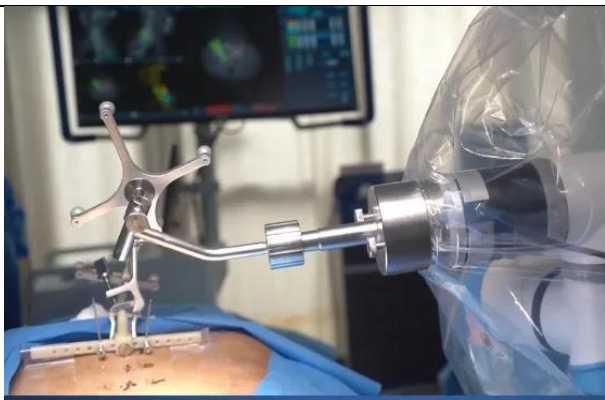


资料来源：海伯森技术官网，安信证券研究中心

医疗健康：手术机器人的力反馈可提升机器人手术的安全性。医生就可以通过手术机器人的力反馈功能精确感知机器人末端工具和患者人体的相互作用力，据此区分健康组织和病变组织，并进行精准力输出控制，从而避免因用力不当造成损伤。因此，六维力传感器产品已成为类似应用场景中的刚需。

航空航天：六维力测量的需求最早来自航空航天飞行器研究领域，安装在飞行器内部的六维力传感器用来测量飞行器的空气动力学特性，包括飞行器的升力、阻力、侧向力、俯仰力矩、偏航力矩和滚转力矩。正交三方向力和三方向力矩同时测量，需要使用六维力传感器。

图29.搭载六维力传感器的医疗机器人



资料来源：坤维科技知乎号，安信证券研究中心

图30.六维力传感器应用于风洞测试



资料来源：坤维科技知乎号，安信证券研究中心

3.2. 核心参数：串扰/准度是六维力传感器的核心指标

六维力传感器的主要性能参数包括：量程、过载能力、分辨率、重复精度、串扰、准度等。

- ① **量程：**衡量传感器能测量的力/力矩的范围。
- ② **过载能力：**衡量传感器能承受多大的力/力矩而不发生规定性能指标的永久性改变。在实际应用场景中，六维力传感器过载的主要原因是传感器受到的力矩超出量程范围。
- ③ **分辨率：**衡量传感器可以感知的最小可能变化。
- ④ **精度：**又称重复精度，该指标衡量传感器重复测量同一值时的重复性。在大多数情况下，重复精度比分辨率更为重要。计算方式为：在相同环境条件下，在额定载荷范围内，对传感器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。
- ⑤ **串扰：**衡量传感器不同方向的力/力矩间的耦合干扰，是反映六维力传感器制造、标定水平的核心指标之一。计算方式为：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，并除以量程。取其中最大值，定为串扰指标。
- ⑥ **准度：**衡量传感器测定值与实际值的差异。准度是滞后、线性、蠕变等误差因素综合影响的结果，更能体现产品的综合性能，是多维力传感器最为核心的技术指标之一。计算方式为：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。

3.3. 技术难点：降低非线性力学耦合干扰、降低零漂与温漂

3.3.1. 解决非线性力学特性：结构解耦+算法解耦+六维联合加载设备

六维力传感器具有非线性力学特性，无法用一维力传感器的叠加取代。如果仅对 F_x 方向加载到额定载荷，并且假设加载方向和载荷值是准确的，理论上，此时 F_x 方向示数应为 100%FS，其它方向应为 0%FS。但实际情况下， F_x 示数并非 100%FS，其他方向的测量结果也非零。其他方向的测量结果就体现了 F_x 对其它五个测量方向的耦合干扰情况，即非线性力学特性。因此，多个力传感器的线性叠加无法取代六维力传感器。

图31.六维力传感器耦合干扰示例

载荷组	标定载荷 (理论真值)						测试结果					
1	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	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	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	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	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	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	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	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	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	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	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	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。

知乎 @坤维科技

资料来源：坤维科技知乎号，安信证券研究中心

表7：六维力传感器串扰和准度指标对比

公司名称	产品型号	准度 (F. S%)	串扰 (F. S%)
ATI	Axia80-M8	2%	/
坤维科技	KWR36	0.5%	/
宇立仪器	M37	/	2%
鑫精诚	XJC-4F-D74-H28	/	2%
蓝点触控	ST-6	1.2%	/
昊志机电	DSA-16050	/	2%

资料来源：各公司官网，安信证券研究中心

降低耦合干扰的两种途径：结构解耦、算法解耦

- (1) **结构解耦**：设计六维力传感器的结构，尽可能减小不同维度间耦合。目前，六维力传感器中弹性体的结构主要包括垂直筋式、十字梁式、轮辐式、E型膜式、压电式、圆筒式及应用很广的并联结构式。仅依靠结构解耦的六维力传感器结构过于复杂，加工精度和装配精度难以保证，因此难以推广应用。
- (2) **算法解耦**：建立电信号与待测力、力矩间的正确映射。算法解耦可分为线性解耦方法和非线性解耦方法。常见的线性解耦方法包括：直接求逆法和最小二乘法；常见的非线性解耦方法包括：BP神经网络、径向基函数神经网络、支持向量机、遗传算法和优化小波神经网络等。

图32.六维力传感器结构示例

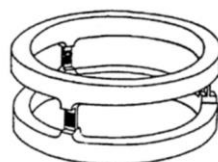


图 1-2 三垂直筋结构图

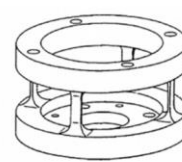


图 1-3 四垂直筋结构

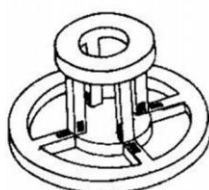


图 1-4 双环形复合梁结构

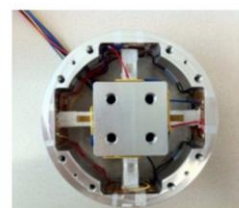


图 1-5 十字梁结构

资料来源：《基于重构策略的结构解耦力/力矩传感器设计与研究》，安信证券研究中心

六维联合加载设备是高精度六维力传感器研发和生产的必要条件。如果以普通的一维加载设备对六维力传感器的不同方向分开标定，不同维度间的耦合干扰就未被考虑。这样的标定方式虽然设备成本低，技术要求低，但标定出来的传感器准度性能较差，串扰较大，无法达到 0.5%FS 的高精度要求。六维联合加载设备可以对力觉传感器实现正交三个方向力和三个方向力矩的同时精确加载，只有在六维力传感器标定和检测过程中采用这种六维联合加载的方式，才能实现 0.5%FS 以内的准度。

图33.普通一维加载设备



资料来源：坤维科技知乎号，安信证券研究中心

图34.六维联合加载设备



资料来源：坤维科技知乎号，安信证券研究中心

六维联合加载设备是非标设备，对自产自研能力要求高。六维联合加载设备的研发涉及到空间光学定位、载荷位移补偿、机电一体化等多项综合技术，非常依赖工程经验。若加载效果不理想，加载设备自身产生的耦合误差可能超过 1%FS，无法标定出高准度的六维力传感器。六维联合加载设备非标性强，且制造成本昂贵，难以进口，要求生产企业具备自产自研能力，目前国内企业坤维科技已经成功研发了高精度的六维联合加载设备，并已投入使用。

3.3.2. 降低零漂、温漂：弹性体材料配方是关键

零漂与温漂是传感器的重要精度指标。零漂：即零点漂移，指传感器在没有输入信号时，其输出值逐渐发生变化的现象。理论上，当测量设备处于稳定状态时，其输出值应该保持在一个固定的零点水平上。在实际应用场景中，所有传感器都存在零漂。温漂：即温度漂移，指传感器在外界温度变化情况下输出量发出的变化。测试时先将传感器置于一定温度下，将其输出调至零点或某一特定点，使温度上升或下降一定的度数，再读出输出值，前后两次输出之差即为温度稳定性误差。

数值算法可用于普通力传感器的温度补偿，但不适用于高精度六维力传感器。数值算法通常是利用微控制器或嵌入式上位机等设备来实现方案。由于计算过载，一些数值方法可能导致显著的测量延迟。对于应用于协作机器人、人形机器人控制系统的高精度六维力传感器，高测量延迟将严重影响力控精度，是不可取的。

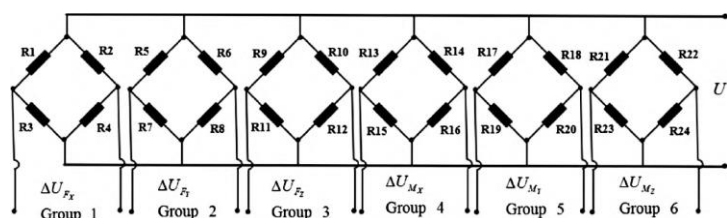
降低零漂、温漂的核心是弹性体材料配方。弹性体一般由合金构成，如铝合金、合金钢、不锈钢等，其中各个元素的配比对弹形体的温度敏感性和稳定性有较大影响。弹性体的稳定性直接影响传感器的零漂。不同材料的弹性体温度膨胀系数不同，通过将弹性体的正温度膨胀系数与定制应变计的负温度膨胀系数相匹配，可大幅减小传感器的温漂。

3.4. MEMS 技术助力六维力传感器量产降本

当前六维力传感器的主要成本来源于应变片和人工成本。随着六维力传感器需求扩大，MEMS 技术的应用有望从上述两方面大幅降低成本。

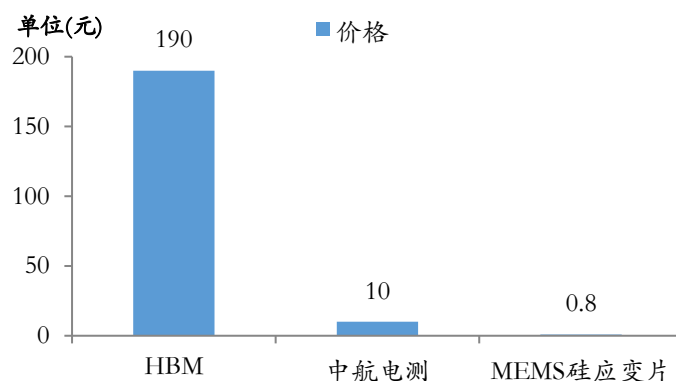
- (1) **应变片**：在六维力传感器中，最少 4 片应变片可构成一个惠斯通电桥，用于测量一维力；为测量六维力，则至少需要 $4 \times 6 = 24$ 片应变计；如需进一步降低耦合干扰，应变片的需求量可达 48 或 96 片。根据百度爱采购数据，海外应变片龙头厂商 HBM 产品单价达 190 元，48 片应变片成本超过 9000 元；国内龙头厂商中航电测产品单价不到 10 元，48 片应变计成本约 480 元；如未来六维力传感器得以大规模量产，厂商可选择采用 MEMS 工艺的硅应变片，单片成本不到 1 元，48 片应变计成本仅不到 40 元。

图35.应变计构成全桥电路示意图



资料来源：《六维力传感器的优化设计》，安信证券研究中心

图36.不同应变片价格对比



资料来源：百度爱采购，敏芯股份招股书，安信证券研究中心

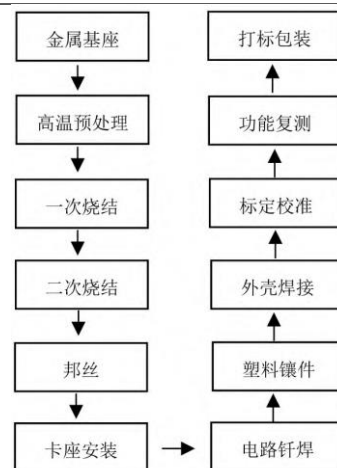
- (2) **人工成本**：当前六维力传感器生产流程仍无法完全自动化，贴片、温度补偿、测试等核心环节均依赖人工操作，人力成本较高。采用 MEMS 的玻璃微熔固化工艺，可将贴片环节自动化并实现大批量生产，节约人力成本。

图37.传统力传感器生产流程



资料来源：柯力传感招股书，安信证券研究中心

图38.玻璃微熔固化工艺流程



资料来源：《基于玻璃微熔技术的高压传感器开发》，安信证券研究中心

下游需求快速扩张将推动 MEMS 技术应用。目前六维力传感器的市场需求潜力仍未释放，2022 年中国市场销量仅 8000 余套。MEMS 技术适用于大规模生产，单个硅晶圆最高可生产出上万片应变片，产能远超当前需求，因此 MEMS 技术尚未大规模应用于六维力传感器生产，厂商仍普遍采用传统工艺。预计下游协作机器人、人形机器人放量将快速拉动六维力传感器需求，MEMS 技术有望投入应用，实现量产降本，单个六维力传感器成本有望达到千元级别甚至更低水平。

4. 对标分析：高端龙头长期技术积累下的产品和品牌优势突出

4.1. 美国 ATI：全球机器人零部件行业龙头，技术领先，产品谱系完整

美国 ATI Industrial Automation 是世界领先的机器人零部件供应商。ATI 成立于 1989 年，总部位于美国北卡罗来纳，生产基地位于美国和中国，销售和服务组织遍布全球。ATI 始终致力于机器人零部件制造，主要产品有：自动工具快换装置、多维力传感器、顺从介质连接器、手工换枪机构、伺服设备、材料去除工具、机器人防碰撞传感器等。主要涉及的下游产业包括机器人、航空航天、生物医药、自动化、电子、学术科研、核工程等。2021 年 ATI 被 Novanta 以 2.24 亿美元收购。

ATI 的六维力传感器市场占有率，产销量都占据全球领先地位。2021 年，ATI 营业收入约 7000 万美元。现有六维力传感器产品包括：Axia 系列，Nano 系列，Mini 系列，Gamma 系列，Delta 系列，Omega 系列等，亦可依据客户需求定制，量程从 32N-40000N，3Nm-6000Nm 不等，可覆盖六维力传感器绝大多数应用场景。

表8：ATI 工业自动化 Axia 系列产品矩阵

产品型号	Fx,Fy 量程 (N)	Fz 量程 (N)	力矩量程 (Nm)	力分辨率 (N)	力矩分辨率 (Nm)	直径 (mm)
Axia80-M8	150	470	8	0.04	0.002	82
Axia80-M20	500	900	20	0.1	0.005	82
Axia80-M50	1200	2000	50	0.4	0.01	82
Axia90-M50	1000	2000	50	0.4	0.01	89.9
Axia130-M125	2000	4000	125	0.625	0.025	130
Axia130-M300	4000	6000	300	1.667	0.0699	130

资料来源：ATI 产品手册，安信证券研究中心

ATI 的领先地位主要来源于技术优势和声誉积累：

ATI 的六维力传感器采用应变原理，使用高灵敏度硅应变片。行业内大多数企业采用金属箔式应变片，相比之下，ATI 采用的硅应变片信噪比更高，稳定性更强。从指标上看，ATI 的技术优势主要体现在稳定性、精度、过载保护能力等。行业内大多数产品准度在 2%-5%，ATI 产品 Delta 系列高端产品准度可达 0.5%，Axia 高性价比系列准度亦可达到 2%，高于业内常规水平。

ATI 与国际龙头企业长期、广泛合作。ATI 为 Kuka、ABB、安川等协作机器人厂商提供六维力传感器，为 Fanuc 定制了专属 Fanuc-Ready 系列六维力传感器，为 NAVECO、长城、长安、吉利、通用、福特、戴姆勒、本田、丰田、日产、雷诺等汽车厂商提供工具快换装置。ATI 产品长期以来的高质量和稳定性赢得了下游市场的充分信任。

图39.ATI 定制 Fanuc-Ready 力传感器



资料来源：ATI 官网，安信证券研究中心

图40.搭载 ATI 六维力传感器的 ABB 装配机器人

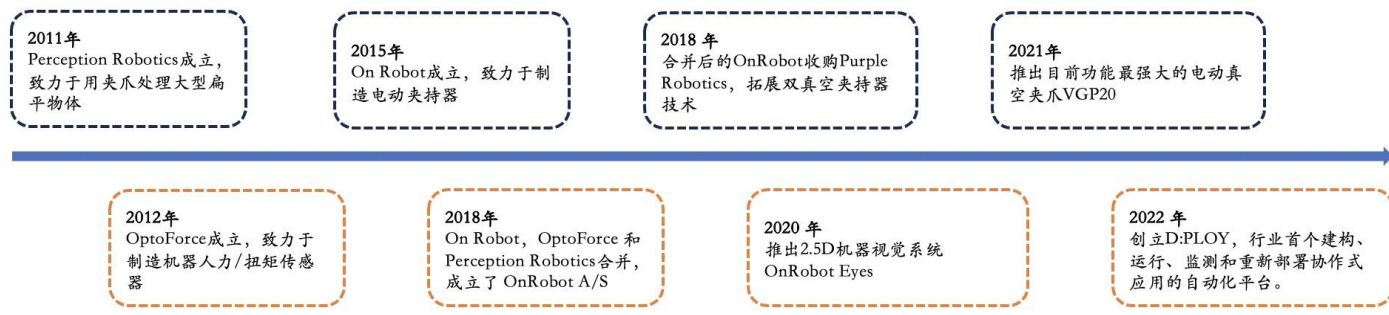


资料来源：ATI 官网，安信证券研究中心

4.2. 丹麦 OnRobot：机器夹具制造龙头，产品适配性强

丹麦 OnRobot 是电动夹爪行业的国际领先企业。OnRobot 由四家机器人公司合并而来，分别是制造机器夹爪的 Perception Robotics，制造机器人力/扭矩传感器的 OptoForce，制造电动夹持器的 On Robot、制造双真空夹持器的 Purple Robotics。2020 年，公司进军机器视觉领域，推出 2.5D 机器视觉系统 OnRobot Eyes。2022 年，公司创立 D: PLOY，行业内首个自动化平台，实现了机器人应用部署和运行过程的自动化，让用户可以在零编程和零模拟的基础上，将应用直接部署到制造车间。

图41.OnRobot 发展历程



资料来源：OnRobot 官网，安信证券研究中心

OnRobot 产品谱系完整，涵盖机器人所需的多种工具和软件。产品系列主要包括：电动、真空和磁性夹爪、Gecko 夹持技术、力/扭矩传感器、2.5D 视觉系统、Screwdriver、Sander 和工具更换器。产品下游应用领域包括：机床管理、材料搬运，材料移除、质量检测、机械装配等。

表9：OnRobot 系列产品矩阵

产品类别	产品描述	产品优势	图例
夹爪	2 抓指/3 抓指机器人夹持器，可用于抓取各种尺寸和形状的零件。	即插即用设计 内置检测功能无需编程 产品行程大 指端可定制	
真空夹持器	使用真空吸盘抓取物体的真空夹持器，适用于狭小空间，可抓取较小尺寸，各种形状的物体	可接受定制 无需外部气源 吸盘吸力大 适应狭小空间	
六维力传感器	测量三个方向的力和力矩，常见应用包括抛光、打磨、去毛刺、研磨、装配、拖动示教和碰撞检测	独有光学式技术 抗冲击能力增强 预集成软件，无需编程	
2.5D 视觉系统	2.5D 视觉系统和深度感知，可用于定位物体，检查零件，物体堆垛等	价格低廉 兼容多种机械臂 支持即插即用 单张图片即可校准视角	
Screwdriver	自带螺杆送料器的多功能机器人螺杆驱动程序。在用户界面直接输入螺杆长度和扭矩，可自动实现的螺杆旋入。	即插即用 易于编程 精准扭矩控制 智能错误检测	
Sander	电动砂光机，适合几乎任何自动化表面处理应用，常用于砂光、磨光和抛光	电动驱动，无压缩空气 无灰尘噪音 支持即插即用	

工具更换器

工具快换装置，可用于在不拧紧的情况下更换工具。

更换时间不到 5 秒
质量和体积较小
冗余锁定机制



资料来源：OnRobot 官网，安信证券研究中心

OnRobot 六维力传感器的市场地位来源于广泛的适配性。OnRobot 六维力传感器 HEX-H QC 准度为 5%，处于业内平均水平，并不具有显著的技术优势。OnRobot 主要凭借对各大机器人厂商的产品适配性以拓展六维力传感器的销量。HEX-H QC 系列可兼容 ABB、Fanuc, Kuka, Omron, UR 等知名品牌协作机器人，即插即用设计大幅降低了厂商的更换成本和时间成本。此外，OnRobot 所生产的协作抓取机械臂、堆垛平台等产品也内置了 HEX-H QC 六维力传感器。

4.3. 对标结论：加大研发力度，赢得市场信任

通过对 ATI, OnRobot 等行业领军企业的分析，国内企业可以学习的是：

- ① 加大研发和设备的资金投入，打破技术壁垒。高精度六维力传感器行业技术壁垒高，在结构设计、标定检测等方面都存在较高的技术要求，且难以通过外购标定检测设备绕过技术难题。国内企业需要加大研发投入，着力于研究六维力传感器生产所需的标定检测技术，将准度提升至 0.5% 以上。
- ② 提高产品品质稳定性，增强生产管理能力，赢得下游客户认可。力传感器下游应用客户替代慢，更换产品需要时间来进行试机和整合，对公司的研发、生产管理及质量管理体系都有较高要求。国内企业需要提高生产管理能力，保证产品品质一致性，减少产品发生质量问题，提高产品寿命；在此基础上，需要通过较大的产品验证期来获取客户认可，从而真正推进替代进程。

5. 重点关注公司

5.1. 汉威科技：柔性压力传感器赋能机器触觉，开拓第二增长曲线

主营气体传感器产品，产销量位居国内前列。公司是国内领先、国际知名的气体传感器制造商，作为国内最早能够生产六大门类气体传感器的企业，现已打造出包含芯片设计、敏感材料、制造工艺、封测技术等全流程的传感器核心技术平台，掌握厚膜、薄膜、MEMS、陶瓷等核心工艺，能够生产的主流气体传感器产品上百种，涵盖催化燃烧类、厚膜印刷半导体类、电化学类、红外光学（含激光）类、MEMS 工艺类等全球主流气体传感器技术，产销量位居国内前列。在赛迪顾问 2022 年气体传感器十大企业报告，依据业务规模、创新能力、应用领域三大指标及十余项二级指标评分后，汉威科技公司稳居第一名。据 Yole 统计数据，2020 年汉威科技与子公司炜盛科技的气体传感器在全球市占率约为 4%，与此同时，国际市场上其他中国气体传感器厂商的总市占率在 1% 以内。

图42.传感器技术平台

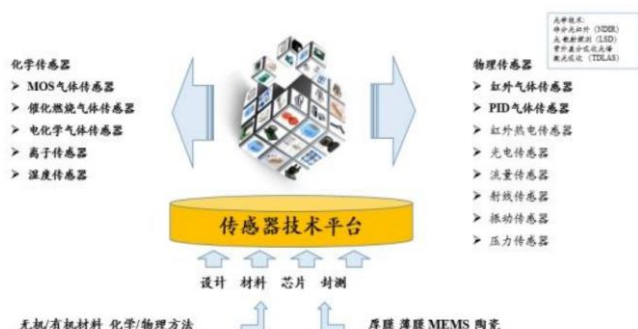


图43.以传感器为核心，提供多样化产品与方案



资料来源：汉威科技 2022 年报，安信证券研究中心

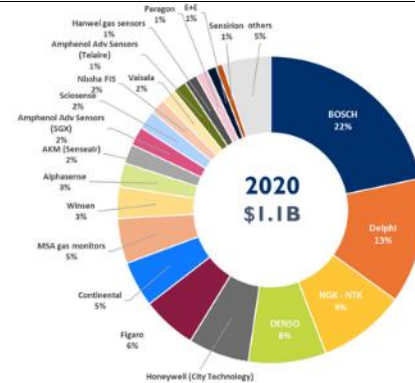
资料来源：汉威科技 2022 年报，安信证券研究中心

图44.2022 气体传感器十大企业

公司名称	评分
汉威科技	91.4
华工科技	79.8
四方光电	76.0
南华仪器	75.0
川东磁电	73.8
奥迪威	72.8
万讯自控	70.0
无锡格林通	63.0
杭州麦尔克	62.6
奥松电子	62.4

资料来源：赛迪顾问，2022 气体传感器十大企业报告，安信证券研究中心

图45.气体传感器行业全球竞争格局



资料来源：Yole，安信证券研究中心

公司始终坚持创新驱动，不断拓展业务领域。作为综合传感器制造商，汉威科技持续深耕传感器技术，横向拓宽压力、流量、红外、温湿度、加速度、振动等多门类传感器。

2022 年，公司在传统可燃气体检测方面，完成了 MEMS 氢气、甲烷等可燃气体传感器的开发及量产、商业、民用等领域甲烷丙烷双气兼容的催化可燃气体传感器的研发。

在工商业气体检测方面，完成了满足 EN 标准的民用 CO 检测用 MEs-CO 燃料电池型电化学传感器的研发并进行量产；完成 MEu-02 无铅氧传感器的研发，实现氧气传感器无铅化的升级，并实现批量销售。

在车载领域，完成了二氧化碳、大气压力检测、粉尘检测、空气质量检测模组、氢气泄漏检测、电导率仪、温度传感器、电池安全监测、酒精监测等应用方案及核心器件的自研自产，并通过相应车规级可靠性验证。

在医疗领域，呼吸机用流量传感器性能结构升级，同时完成了制氧机用超声氧气传感器、EtCO2 传感器、碳 13 检测用硒化铅光电传感器等开发。

图46.汉威科技传感器产品导图



资料来源：汉威科技 2022 年报，安信证券研究中心

表10：汉威科技主要产品概述

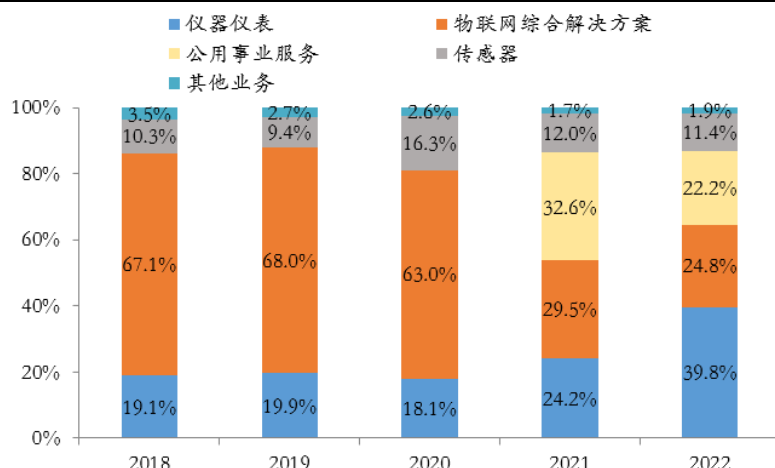
产品类别	功能介绍	应用场景
金属氧化物半导体（MOS）气体传感器	全球主流的经济型气体传感器。物联网时代的低功耗、小型化的 MEMS 传感器也是其主要的技术品种。	家庭、工厂、商业用所的可燃气体监测，防火/安全探测系统；家电、汽车空气质量（AQ5）监测；用于烹饪和食物鲜度、医疗方面的传感阵列嗅觉智能技术。
电化学气体传感器	测量毒性气体经济适用的气体传感器品种，具有优良的精度和成本。	工业及安防、环保领域的有毒有害气体检测，用于安全仪表、酒精、甲醛、H2 检测。

催化燃烧式气体传感器	全球主流的工业可燃气体探测传感器品种，精度高，经济。	工业现场的天然气、液化气、煤气、烷类等可燃性气体及汽油、醇、酮、苯等有机溶剂蒸汽的浓度检测；可燃性气体泄漏报警器；可燃性气体探测器；气体浓度计。
热线型气体传感器	可实现 ppm 至 LEL 量程可燃气体检测。具有量程宽、功耗低、体积小等优点。	天然气、液化气、煤气等可燃性气体和各种液体蒸汽的浓度检测，用于安全仪表。
热导式气体传感器	工业、煤矿等领域高浓度气体检测技术，适用于 0~100%VOL 量程，检测不依赖于氧气。	工业现场甲烷、丙烷、氩气等可燃气体以及 CO ₂ 、氮气、氦气等惰性气体等的全量程浓度检测。
固体电解质气体传感器	固体电解质材料体系的全固态电化学气体检测技术，适用于高温、高湿严酷环境下 O ₂ 、CO ₂ 、H ₂ S、NH ₃ 等气体检测，体积小、成本优势。	汽车发动机燃烧控制、排放监测；空气质量控制；工业现场毒气监测。
红外（NDIR）气体传感器	红外气体分析技术的微型化应用，适用于多种气体检测，可燃气体为主，使用寿命长、稳定性好，价格偏高。	工业现场的天然气、液化气等可燃气体及有机溶剂蒸汽的浓度检测；用于气体检测仪器。
激光气体传感器	激光气体探测技术的微型化应用，气体选择性好、高精度，价格高。	煤矿、石化、地下管廊、输气管道等可燃气体浓度检测，用于气体检测仪器。
光离子（PID）气体传感器	光电离技术，极高的灵敏度，适用于低浓度挥发性有机化合物（VOC）及毒性气体检测。	应用于各类 VOCs 检测仪器、分析仪器。
红外（NDIR）CO ₂ 气体传感器	红外气体分析技术微型化应用，具有精度高、寿命长、稳定性好等优点。	暖通制冷设备，空气质量监控设备，新风系统，空气净化设备，智能家居，学校，汽车轿舱空气质量控制。
激光 PM _{2.5} 传感器	激光散射原理的环境颗粒物检测传感器。	空气净化器、新风系统、空调等消费类电子产品等设备的配套。汽车轿舱空气质量控制。
红外 PM _{2.5} 传感器	红外光散射原理的经济型环境颗粒物传感器。	空气净化器、清新机；新风系统、空调系统。汽车轿舱空气质量控制。
湿度传感器	环境湿度检测传感器，包括电阻、电容型传感器及基于 MEMS 工艺的环境湿度传感器。	环境监测、家用电器、仓储、工业生产、过程控制、气象。
流量传感器	MEMS 工艺的热力学流量检测传感器，适用于微量程气体流量检测，功耗较低，响应时间较快。	医疗：呼吸机、麻醉机、制氧机；环保：分析仪、空气采样器；工业自动化：流量开关、流量计、流量控制器。汽车进气控制。
红外热释电传感器	基于热释电陶瓷的红外线探测技术，广泛应用于安防、人体感应开关等领域。	安防产品；人体感应玩具、灯具、开关、家电；工业自动化控制，智能家电等。
热电堆传感器	红外热电探测器件，利用塞贝克效应将红外辐射转成电信号，非接触测量辐射、温度。	适用于医疗、工业、家电等领域温度检测与控制。耳温、额温等体温测量；工业生产过程温度控制；家用电器（微波炉、护发吹风机、空调等）测温。
红外光电传感器	红外光子探测器件，红外光辐射与敏感元相互作用产生光生载流子形成电信号，响应速度快。	适用于环境和医疗领域 CH ₄ 、CO ₂ 和 CO 气体检测，工业安全领域火焰和火花探测，红外光谱分析仪器，军事领域制导和抑爆、灭火。
柔性压力传感器	一种柔韧薄膜力学传感器，主要用于压缩力检测。具有灵敏度高、柔韧轻薄、检测功耗低等优点。	智能穿戴、医疗健康、智能汽车、家电等领域。
压力传感器	陶瓷、硅压阻压力敏感器件，适用于气体、液体的中、小量程压力检测，成本优良等。	适用于医疗、工业、家电等领域温度检测与控制。汽车油路、气路压力检测。
压电加速度传感器	采用陶瓷压电效应的加速度传感器，适用于设备故障监测。频响宽、坚固耐用。	船舶、桥梁、建筑、地质、风电等振动检测；运输过程、工业电动设备震动监测。
水质传感器	基于离子电极技术的电化学传感器，用于水中溶解氧、OPR、pH、氨氮、余氯检测，功耗低、使用简单。	实验室科研、水厂供水、废水处理、水产养殖、农田灌溉等领域的水质检测，也用于环保仪器。
超声波氧气传感器	使用超声波传感器检测超声波在气体中的传播速度，采用温度补偿，能准确计算出氧气浓度和流量。	主要应用于制氧机及相关产品中氧气浓度和流量的检测。

资料来源：汉威科技 2022 年报，安信证券研究中心

物联网解决方案营收占比较高，传感器业务有望持续扩大。2018-2022 年，公司物联网综合解决方案业务营收占比始终较高，2022 年占总营收 24.8%。2022 年主要受到疫情影响，物联网综合解决方案和公共事业服务业务收入占比均有所下降。公司仪器仪表业务营收占比呈上升趋势，2022 年占比达到 39.8%。传感器业务发展持续稳健，2018-2022 年占比分别为 10.3%/9.4%/16.3%/12.0%/11.4%，有望持续扩大。

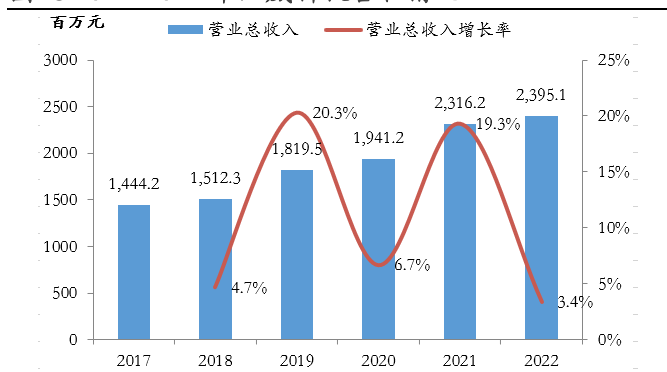
图47.2018-2022 年汉威科技业务结构变化



资料来源: Wind, 安信证券研究中心

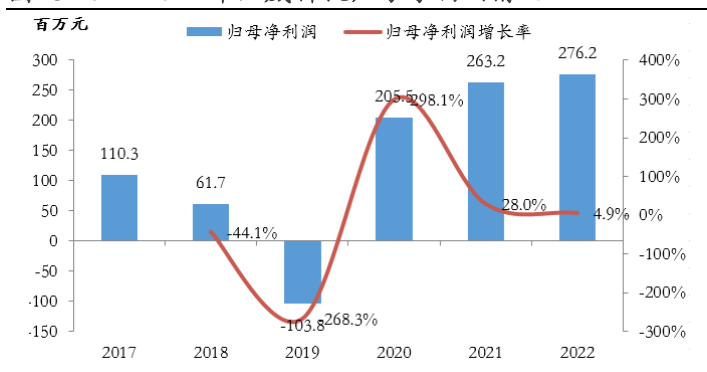
营收持续稳步提升，2020年后净利润持续增长。2017-2022年，公司营业总收入持续稳步增长，2022年实现营收23.95亿元，同比增长3.4%；2022年归母净利润达2.76亿元，同比增长4.9%。2018年，由于公司遵循谨慎性原则，对商誉进行了减值测试，计提商誉减值准备5554.93万元，导致归母净利润显著下降；2019年，公司再次计提商誉减值准备约2.23亿元，导致归母净利润下降为负。但在2020年，公司实现扭亏为盈，近年来归母净利润持续稳步增长。

图48.2017-2022 年汉威科技营收情况



资料来源: Wind, 安信证券研究中心

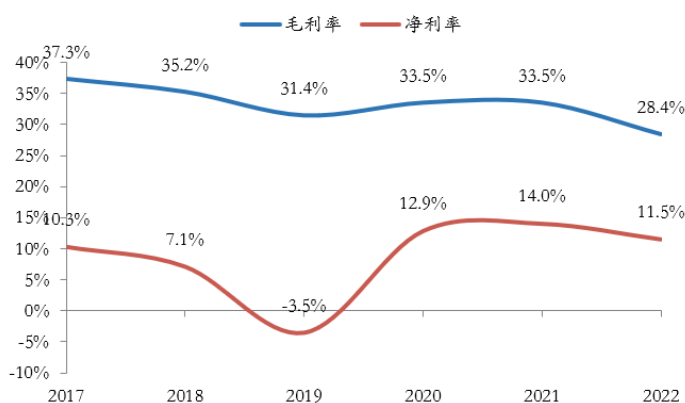
图49.2017-2022 年汉威科技归母净利润情况



资料来源: Wind, 安信证券研究中心

盈利水平较为平稳，毛利率与净利率略微下降。2022年，公司毛利率为28.4%，净利率为11.5%，相较于去年均有略微下降，但自2020年以来，公司盈利水平整体较为稳定。

图50.2017-2022 年汉威科技毛利率与净利率情况



资料来源: Wind, 安信证券研究中心

募集资金 6 亿新建产业线，持续提高传感器核心竞争力。2020 年 8 月公司拟向特定对象发行股票 10 亿元，主要用于“MEMS 传感器封测产线建设”，“新建年产 150 万只气体传感器生产线”，“新建年产 19 万台智能仪器仪表生产线”，“智能环保设备及系统生产线建设”，“物联网系统测试验证中心建设”等。其中，智能环保设备及系统生产线建设完成后，公司将新增 3000 台智能环保设备；MEMS 传感器封测产线建成达产后，预计新增 3820 万支 MEMS 传感器产能。2021 年 8 月，公司完成定增募资，实际募集资金 6 亿元，MEMS 传感器封测产线建设项目预计 2024 年末建成，新建年产 150 万只气体传感器生产线预计 2024 年 Q3 末建成。项目预计在 T3 年达产率为 50%，T4 年达产率为 70%，从 T5 年开始产能达到 100%。

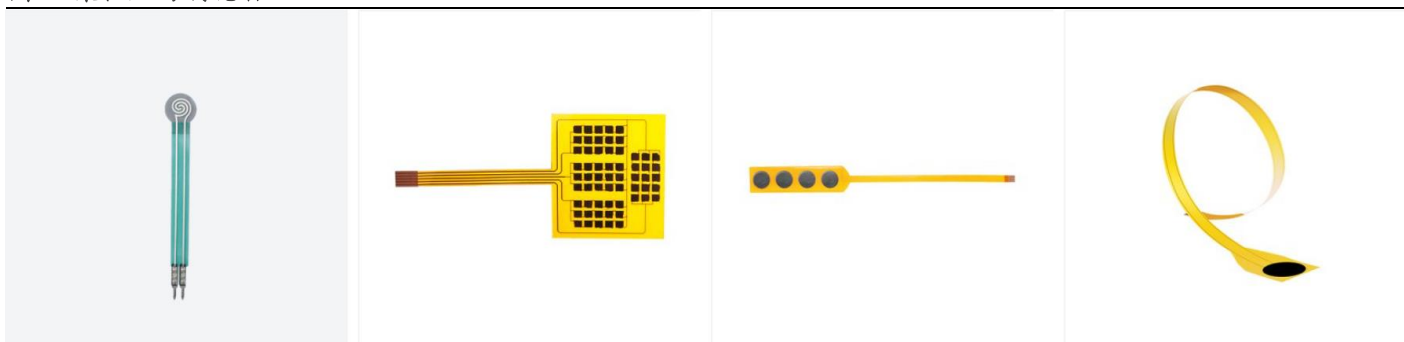
表11：募集项目及金额(万元)

序号	项目名称	项目总投资	拟投入募集资金金额
1	MEMS 传感器封测产线建设	22097.51	20546.00
2	新建年产 150 万只气体传感器生产线	19234.03	18212.00
3	新建年产 19 万台智能仪器仪表生产线	16155.86	14381.00
4	智能环保设备及系统生产线建设	13243.26	12122.00
5	物联网系统测试验证中心	5749.64	5621.00
6	补充流动资金	30000.00	30000.00
	合计	106480.30	100882.00

资料来源：汉威科技募集书，安信证券研究中心

子公司能斯达研发柔性压力传感器，拥有自主知识产权，可实现完全国产替代。公司控股子公司苏州能斯达积极拓展柔性微纳传感器的应用场景，形成了拥有自主知识产权的多品种、多量程的柔性微纳传感器等核心能力，其柔性微纳传感技术水平及产业化程度国内领先，可实现国产化完全替代。柔性微纳传感器已在智能机器人领域有明确的应用，并与小米科技、九号科技、科大讯飞、深圳科易机器人等积极开展业务合作。2022 年，苏州能斯达订单饱满，获得 1000 万增资用以扩充产能。

图51.柔性压力传感器



资料来源：汉威科技官网，安信证券研究中心

图52.柔性薄膜压力传感器



资料来源：汉威科技官网，安信证券研究中心

5.2. 柯力传感：国内应变式传感器龙头，机器人领域产品加快布局中

深耕应变式传感器领域，市场份额达 25%。宁波柯力传感科技股份有限公司是目前全球称重领域物联网研发与推广应用的主要引领者之一，也是中国重要的称重元件制造及销售企业之一和工业物联网产业开拓者之一。公司主营业务为研制、生产和销售应变式传感器、仪表等元器件；提供系统集成及干粉砂浆第三方系统服务、不停车检测系统、无人值守一卡通智能称重系统、制造业人工智能系统、企业数字化建设软件开发服务、移动资产管理系统、物流分拣系统等。应变式传感器是公司的核心产品。

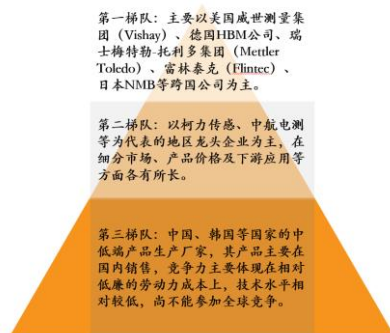
表12：柯力传感应变式传感器主要产品

产品类别	传感器系列	型号	产品简介	实物图片
钢制传感器	桥式传感器	QS	用于汽车衡、轨道衡，安装方便、复位能力好，性价比高。	
		QS-D	用于汽车衡、轨道衡，安装方便、复位能力好，传输距离远，自动组网。	
		EDS-D	用于汽车衡、轨道衡，长期稳定性好，传输距离远，防雷设计，免接线盒串联组秤。	
	柱式传感器	ZS	用于汽车衡、轨道衡，结果紧凑，长期稳定性好。	
		ZSW-D	用于汽车衡、轨道衡、轴重秤，密封等级高，串联组秤。	
	悬臂梁传感器	SB	用于汽车衡、平台秤、料罐秤，精度高、通用性强。	
		SQB	用于平台秤，安装方便，精度高	
	铝制传感器	单点式传感器	UDA	用于小台秤、包装秤，结构小巧，抗偏载能力好，精度高。
UDB				
AMI				

资料来源：柯力传感招股书，安信证券研究中心

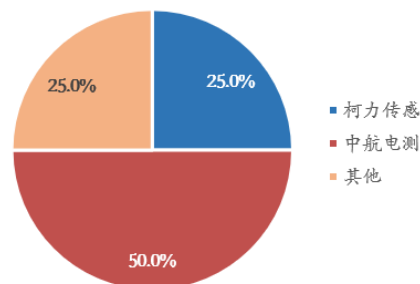
国内应变式传感器龙头，市场规模约 25%。根据研发实力、技术水平及生产规模等评价标准，全球应变式传感器行业竞争格局主要分为三大梯队，第一梯队主要以美国威世测量集团（Vishay）、德国 HBM 公司等跨国公司为主，而柯力传感作为国内应变式传感器领域的龙头企业，深耕应变式传感器行业数十年，是第二梯队的代表，在细分市场、产品价格及下游应用等方面具有一定优势。根据观研天下数据中心整理数据，在当前国内应变式传感器市场中，柯力传感市场份额达 25%。

图53.全球应变式传感器行业竞争格局情况



资料来源：华经产业研究院，安信证券研究中心

图54.中国应变式传感器行业竞争格局



资料来源：观研天下数据中心，安信证券研究中心

推进传感器和物联网战略投资，加快集团化赋能。目前公司全面推进“一个智能传感器大脑+十大多物理量传感器+十大工业物联网应用场景+五大工业物联网平台建设”的“1+10+10+5”主线方向。在协同发展多类型传感器的同时推进十大物联网事业部的齐头并进，包括不停车检测（一部）、料罐租赁及建机（二部）等。公司坚持“从传感器走向工业物联网”、“从企业走向产业园区平台”、“从集团内循环走向产业大脑”三大走向，根植浙江宁波，采取集团化管控模式，投资子公司 32 家，建立宁波、深圳、郑州三大投资中心，实现每年主业控股型 2-3 家，参股 3-4 家，储备好十五个以上项目，完成投资总额 3-4 亿的投资节奏，全力推进产业投资战略布局，加快集团化赋能。

图55.柯力传感全面推进 1+10+10+5 主线方向



资料来源：柯力传感公众号，安信证券研究中心

图56.集团赋能建设



资料来源：柯力传感公众号，安信证券研究中心

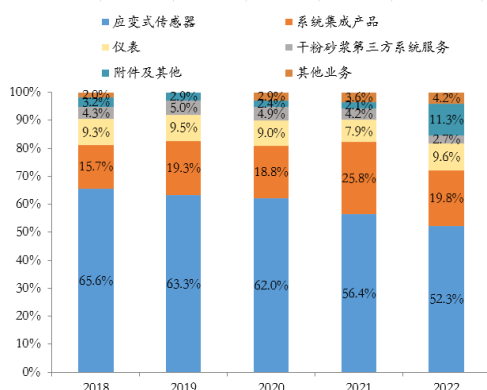
表13：十大物联网事业部

一部	不停车检测
二部	料罐租赁及建机
三部	包装配料、仓储物流
四部	高端衡器事业部
五部	智能库房及档案设备物联网
六部	环保设备
七部	起重机械物联网
八部	畜牧业设备
九部	智能资产管理
十部	冶金及化工称重设备

资料来源：柯力传感公众号，安信证券研究中心

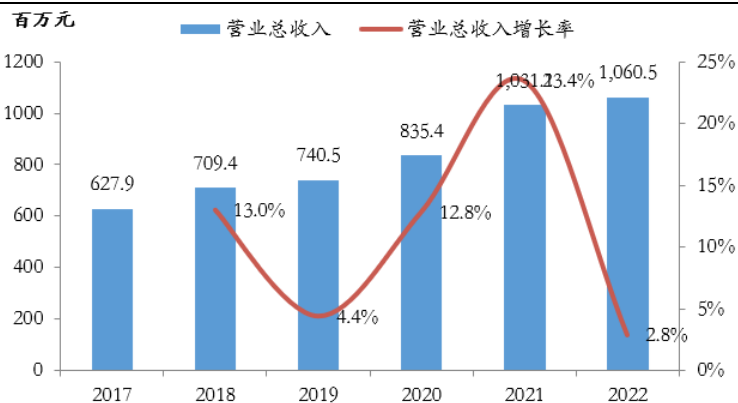
应变式传感器业务营收占比较高，营收稳步增长。2017-2022 年，公司应变式传感器业务营收占比分别为 65.6%/63.3%/62.0%/56.4%/52.3%，占比情况呈下降趋势，但总体保持高位，为公司营收的主要来源。近年来，系统集成产品、仪表、干粉砂浆第三方服务等业务收入占比总体较为稳定。近年来，公司营业收入持续稳步提升，2022 年营业总收入达 10.61 亿元，同比增长 2.8%。

图57.2018-2022 年柯力传感业务结构变化



资料来源: Wind, 安信证券研究中心

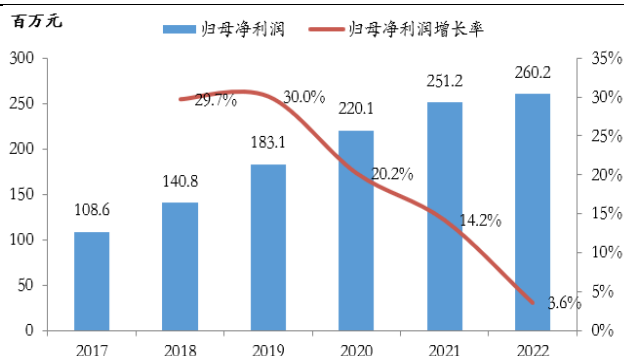
图58.2018-2022 年柯力传感营收情况



资料来源: Wind, 安信证券研究中心

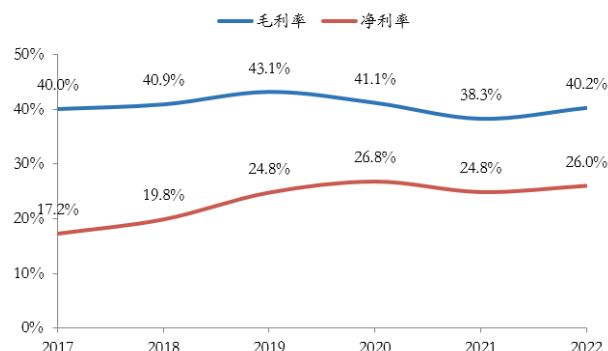
盈利能力维持高水平。2017-2022年，柯力传感归母净利润持续增长，2022年净利润为2.60亿元，同比增长3.6%。近年来，其毛利率与净利率较为稳定，始终维持在较高水平。其中在2022年，毛利率与净利率水平分别为40.2%/26.0%。

图59.2017-2022 年柯力传感归母净利润情况



资料来源: Wind, 安信证券研究中心

图60.2017-2022 年柯力传感毛利率与净利率情况



资料来源: Wind, 安信证券研究中心

NJ-J, NJ-K 两款扭矩传感器或可应用于机器人，另有其他传感器正在研发/小批量试制中。机器人传感器是一种能把机器人目标物特性变换为电量输出的装置。机器人通过传感器实现类似人类知觉作用，一般可分为触觉（含把握力、荷重、压力、多维力、力矩、滑动）、接近觉（接近、间隔、移动）、视觉（位移，图像，测距）、听觉（超声波，麦克风）、味波（气体，射线）、味觉（离子敏感器，PH计）。目前柯力已有测重测力、静态扭矩、二维力、三维力、六维力等传感器，尤其是NJ-J, NJ-K 两款扭矩传感器或可应用于机器人。目前，公司正在进行整体传感器市场调研，积极落地多维力或者机器人传感器的投资项目，有进入机器人力矩传感器市场的潜力。

图61.NJ-J 扭矩传感器



资料来源: 柯力传感官网, 安信证券研究中心

图62.NJ-K 扭矩传感器



资料来源: 柯力传感官网, 安信证券研究中心

5.3. 坤维科技：航天院所技术积淀，高端六维力传感器对标国际龙头

致力于高精度力矩传感器，技术背景深厚。常州坤维传感科技有限公司成立于 2018 年，是一家致力于提供高精度力觉传感器（六轴力传感器）及力控解决方案的企业，为机器人及其它智能装备、工业过程监控、产品质量检测、科研测试测量等领域提供力觉测量解决方案及相关产品。机器人用六维力传感器是公司的核心产品。其创始团队核心成员均来自中国航天科技集团第 11 研究院，其六维力传感器技术最开始应用在火箭、导弹等高速飞行器的空气动力学性能参数测试，相比于海外 ATI、Onrobot 等厂商在国内销售的民用级竞品，坤维科技的六维力传感器技术具有明显优势。根据高工机器人产业研究所数据，坤维科技在 2022 年度中国协作机器人领域六维力/力矩传感器出货量榜单中排名第一。





图63.2022 年度中国协作机器人领域用六维力/力矩传感器出货量





排名	供应商
1	坤维科技
2	ATI
3	宇立仪器
4	鑫精诚
5	蓝点触控
6	海伯森
7	神源生
8	瑞尔特

资料来源：高工机器人，安信证券研究中心

六维力传感器产品丰富，适应高复杂度工作。坤维科技六维力传感器，可用于实时测量机器人腕部所受到的力，并实现主动力输出控制，相当于人类的感官神经。在进行高复杂度工作，以及限制性作业、协调作业等方面，是一种特别重要的传感器，不仅能提高企业生产的柔性，还大大降低了因更换产品生产线导致的机器人再编程成本。其中，在曲面恒力打磨应用中，基于坤维六维力传感器的打磨，可以确保打磨过程中正压力和磨削力的恒定，通过力觉反馈可以实现复杂的曲面打磨路径的自适应，避免了曲面路径编程的繁琐工作。目前，坤维科技已与节卡、遨博、睿尔曼、越疆、思灵、大族、法奥等国内协作机器人著名厂商开展了深度合作。

表14：六维力传感器产品

系列	图示	特点	应用领域
KWR36 系列		六轴联合标定，充分抑制串扰；微型高精度六轴力觉传感器；采用航空合金，高过载，兼具高刚性和高灵敏度。	医疗手术、科学研究、工业自动化等。
KWR46 系列		六轴联合标定，充分抑制串扰；小型高精度六轴力觉传感器；采用航空合金，高过载，兼具高刚性和高灵敏度。	医疗测试、小型工业机器人、自动化测量、航空航天测试等。
KWR63 系列		六轴联合标定，充分抑制串扰；高精度六轴力觉传感器；采用航空合金，高过载，兼具高刚性和高灵敏度。	科学研究、自动化检测、航空航天测试等。
KWR75EC 系列		内部集成工业以太网模块；内置高精度嵌入式数据采集计算系统；采用航空合金，高过载，兼具高刚性和高灵敏度；六轴联合标定，充分抑制串扰。	医疗设备、工业测试、航空航天等。

KWR90		内置高精度嵌入式数据采集计算系统；中空式六轴力传感器；六轴联合标定，充分抑制串扰；一体化设计、内部走线；采用航空合金，高过载，兼具高刚性和高灵敏度。	
KWR96 系列		弯矩量程大；内置高精度嵌入式数据采集计算系统；采用航空合金，高过载，兼具高刚性和高灵敏度；六轴联合标定，充分抑制串扰。	切削打磨、机械加工、航空航天等。
KWR100 系列		线缆与传感器本体分离；内置高精度嵌入式数据采集计算系统；采用航空合金，高过载，兼具高刚性和高灵敏度；六轴联合标定，充分抑制串扰。	科学研究、工业检测等。
KWR116		六轴联合标定，充分抑制串扰；内置高精度嵌入式数据采集计算系统；过载能力强，适用于长度较大的机器人末端执行器力觉测量；采用高强合金（马氏体不锈钢），高过载，兼具高刚性和高灵敏度。	数据机房巡检、室外高压电气设备检测。

资料来源：坤维科技官网，安信证券研究中心


5.4. 宇立仪器：积淀深厚的多维力传感器产品从汽车跨界至机器人

从汽车碰撞假人到机器人打磨。2007 年，原美国 FTSS（现 Humanetics ATD）总工黄约博士回国，创立宇立仪器（Sunrise Instruments，简称 SRI）。宇立仪器从汽车碰撞假人领域起家，打破国外品牌垄断，到现在成为集研发、生产为一体的技术密集型企业。公司主营多轴力传感器、力控打磨设备和汽车测试设备，与 ABB、库卡、安川、富士康等国际领先的机器人企业合作，客户涵盖汽车安全、汽车耐久、机器人自动化和医疗等多重领域。

宇立仪器主营产品中，多轴力传感器包括六维力传感器、三维力传感器、一维力传感器和关节扭矩传感器。力控打磨设备包括 iGrinder 智能浮动力控、力控打磨工具和成套的机器人智能打磨设备。汽车测试设备包括汽车耐久测试力传感器、汽车碰撞假人力传感器、碰撞力墙和辅助驾驶测试系统 ADAS。

表15：宇立仪器六维力传感器产品

系列	图示	特点
M37XX		全球商业化六轴力传感器，非线性、迟滞小于 0.5%F.S，串扰小于 2%F.S。3 倍过载能力。
M43XX		工业级六轴力传感器提供 3- 10 倍过载保护功能，IP65 防护等级，内置低噪声放大器。非线性、迟滞小于 0.5%F.S，串扰小于 3%F.S。
M35XX		超薄型矩阵解耦型六轴力传感器，其技术受专利保护，其厚度薄至 9.2mm，是全球商业化薄型六轴力传感器。最大允许 3 倍过载。IP60 防护等级，M35XX 系列非线性、迟滞小于 1%F.S，串扰小于 3%F.S。
M38XX		低量程、高精度工业级矩阵解耦型六轴力传感器。适合精密装配、风洞测试等，提供 10 倍（或 6 倍）过载保护功能。直径大于 75mm 的型号可以内置放大器或采集卡。IP60 防护等级，非线性、迟滞小于 0.5%F.S，串扰小于 2%F.S。
M33XX		结构解耦型的工业级六轴力传感器，专为工业机器人而设计，具有 10 倍过载保护功能，IP65 防护等级，内置低噪声信号放大器，非线性、迟滞小于 1%F.S，串扰小于 5%F.S。

M39XX		大量程、结构解耦型大量程六轴力传感器。外径从 60mm 至 135mm，最大量程 291600N。最大允许 2 倍过载，IP60 防护等级，非线性、迟滞小于 1%F.S，串扰小于 5%F.S。
-------	---	--

资料来源：宇立仪器官网，安信证券研究中心

6. 投资建议

下游产业拉动力传感器需求增长。力传感器广泛应用于各行业，包括汽车电子、工程机械、医疗健康等。2022 年中国力传感器市场规模达 671 亿元，2025 年有望增长 1131 亿元，CAGR 达 19.07%。新兴产业如人形机器人对力觉感知的需求将为力传感器市场注入新增长动力，六维力传感器市场有望增长至百亿级别。

国家政策推动叠加国产价格优势，力传感器国产替代势在必行。国家政策明确聚焦机器人用力传感器，国产替代已成必然趋势。国内企业占据价格优势，有望逐步占领市场。我们认为六维力传感器技术壁垒高，新玩家进场难度大。目前有相关技术背景、掌握标定设备研制技术的玩家更有利于打造自身先发优势，加速国产替代节奏。

建议关注：

【柯力传感】：深耕应变式传感器领域，国内市场占有率达 25%，进军工业称重物联网，布局起点高。

【汉威科技】：传感器产品谱系丰富，子公司能斯达自主研发柔性压力传感器，提供机器触觉方案，已与小米等厂商深度合作。

【坤维科技】：航天科研院所技术积淀，自主研发六维联合加载标定设备，六维力传感器准度国内领先，国内市场销量领先。

【宇立仪器】：主营多维力传感器，汽车假人碰撞领域领先品牌，与国际龙头机器人企业广泛合作。

7. 风险提示

(1) 宏观经济周期性波动的风险：力传感器所涉及下游广泛，应用于工业、服务业、医疗健康、军工等多领域，其需求与下游行业发展、宏观经济形势具有较强的相关性。若宏观经济发展势头不及预期，可能延缓下游需求萎靡，进而导致上游市场规模增长不及预期。

(2) 新兴应用产业化进度不及预期：如协作机器人、人形机器人等，新兴应用的产业化落地节奏存在一定不确定性。短期来看新兴应用场景对力传感器需求增长的驱动力有不及预期风险。

(3) 市场竞争加剧影响行业盈利水平：针对力传感器国产替代，国产制造商集中布局或将导致行业竞争格局重塑，伴随行业产能释放竞争加剧，可能导致行业平均盈利水平下滑。

(4) 原材料价格波动风险：应变片为最常用的应变力传感器的主要原材料，若应变片市场价格发生大幅波动，而制造商不能通过合理安排采购来降低价格波动带来的负面影响或及时调整产品销售价格，可能对经营业绩产生不利影响。

(5) 国产替代进度不及预期：下游客户选择力传感器新供应商时，需经过产品送样验证过程，以确保产品质量、准度符合实际需求，同时也需要考察新供应商批量化供应的能力。国产制造商送样新产品后能否顺利获得批量化订单，在时间节奏上存在不确定性。

(6) 测算、假设不及预期：文中涉及对协作机器人、人形机器人等细分应用领域的需求测算，基于部分假设，包括“50%协作机器人使用六维力传感器”、“六维力传感器单价降低”、“人形机器人未来销量达 10/50/100 万台”等，假设与实际不符或导致与实际市场表现出现差异。

■ 行业评级体系 ■ ■ ■

收益评级：

领先大市 —— 未来 6 个月的投资收益率领先沪深 300 指数 10%及以上；

同步大市 —— 未来 6 个月的投资收益率与沪深 300 指数的变动幅度相差-10%至 10%；

落后大市 —— 未来 6 个月的投资收益率落后沪深 300 指数 10%及以上；

风险评级：

A —— 正常风险，未来 6 个月的投资收益率的波动小于等于沪深 300 指数波动；

B —— 较高风险，未来 6 个月的投资收益率的波动大于沪深 300 指数波动；

■ 分析师声明 ■ ■ ■

本报告署名分析师声明，本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，勤勉尽责、诚实守信。本人对本报告的内容和观点负责，保证信息来源合法合规、研究方法专业审慎、研究观点独立公正、分析结论具有合理依据，特此声明。

■ 本公司具备证券投资咨询业务资格的说明 ■ ■ ■

安信证券股份有限公司（以下简称“本公司”）经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可。本公司及其投资咨询人员可以为证券投资人或客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或间接的有偿咨询服务。发布证券研究报告，是证券投资咨询业务的一种基本形式，本公司可以对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向本公司的客户发布。

■ 免责声明 ■ ■ ■

本报告仅供安信证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因为任何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但本公司不保证该等信息及资料的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映本公司于本报告发布当日的判断，本报告中的证券或投资标的价格、价值及投资带来的收入可能会波动。在不同时期，本公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，本公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。同时，本公司有权对本报告所含信息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。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以本公司向客户发布的本报告完整版本为准，如有需要，客户可以向本公司投资顾问进一步咨询。

在法律许可的情况下，本公司及所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务，提请客户充分注意。客户不应将本报告为作出其投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代客户自身的投资判断与决策。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投资建议，无论是否已经明示或暗示，本报告不能作为道义的、责任的和法律的依据或者凭证。在任何情况下，本公司亦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。

本报告版权仅为本公司所有，未经事先书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表、转发或引用本报告的任何部分。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“安信证券股份有限公司研究中心”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

本报告的估值结果和分析结论是基于所预定的假设，并采用适当的估值方法和模型得出的，由于假设、估值方法和模型均存在一定的局限性，估值结果和分析结论也存在局限性，请谨慎使用。

安信证券股份有限公司对本声明条款具有惟一修改权和最终解释权。

安信证券研究中心

深圳市

地 址： 深圳市福田区福田街道福华一路 19 号安信金融大厦 33 楼

邮 编： 518026

上海市

地 址： 上海市虹口区东大名路 638 号国投大厦 3 层

邮 编： 200080

北京市

地 址： 北京市西城区阜成门北大街 2 号楼国投金融大厦 15 层

邮 编： 100034