



人形机器人“感官”，国产替代蓄势待发

传感器行业报告

投资评级：推荐（维持）

报告日期：2025年10月23日

- 分析师：林子健
- SAC编号：S1050523090001

研 究 创 造 价 值

传感器为什么是一个好赛道？

传感器是物理世界与虚拟世界衔接的桥梁。AI发展需要信息，信息采集需要传感器；传感器是机器人的感官，是理解物理世界的唯一通道。

传感器与通信、计算机被称为现代信息技术的三大支柱，简而言之，传感器是将外界信号转换成电信号的装置。2023年全球传感器市场规模约2269亿美元，未来年增长率约8%；2023年我国传感器市场规模约3645亿元，未来年增长率约15%。

机器人传感器为什么值得被重视？

质疑1：种类众多，价值量不如执行器

透过表面现象看本质，少数几种传感器占据较高的价值量，而且传感器产品毛利率远高于一般硬件。我们发现，机器人环境感知传感器价值量较高，且传感器厂商的毛利率一般为30-50%，高于普通零部件20%-30%的毛利率，盈利能力更强。

质疑2：海外厂商占据大部分份额，国内厂商没有机会

目前事实是市场大部分份额被海外厂商占据，对国产厂商意味着更大的机会。从汽车行业来看，国产替代进程明显；在机器人这样的新兴赛道，传感器存在从“0-1”的机会，国产厂商进步速度更快，新赛道带来了弯道超车的新机遇。

质疑3：方案数量多，技术路径尚未收敛，传感器用量、方案不确定

细分技术路径有不确定性，我们可以选取具备一定共识、底层技术具备高度相通性的赛道。

重点关注公司及盈利预测

公司代码	名称	2025-10-23 股价	EPS			PE			投资评级
			2024	2025E	2026E	2024	2025E	2026E	
301413.SZ	安培龙	150.46	0.84	1.12	1.49	179.12	134.34	100.98	未评级
688322.SH	奥比中光-UW	85.32	-0.16	0.33	0.70	-533.25	258.55	121.89	未评级
688583.SH	思看科技	88.41	2.36	1.66	2.11	37.46	53.26	41.90	未评级
920978.BJ	开特股份	38.40	0.78	1.09	1.44	49.23	35.23	26.67	买入

资料来源：Wind，华鑫证券研究（未评级公司盈利预测取自wind一致预期）

机器人市场风险

原材料价格风险

投产进度不及预期

地缘政治风险

目录

CONTENTS

1.传感器是人形机器人的“感官”，市场空间广阔

2.视觉助力机器人理解世界，建议关注3D视觉相关硬件

3.力传感器国产替代蓄势待发，六维力是皇冠上的明珠

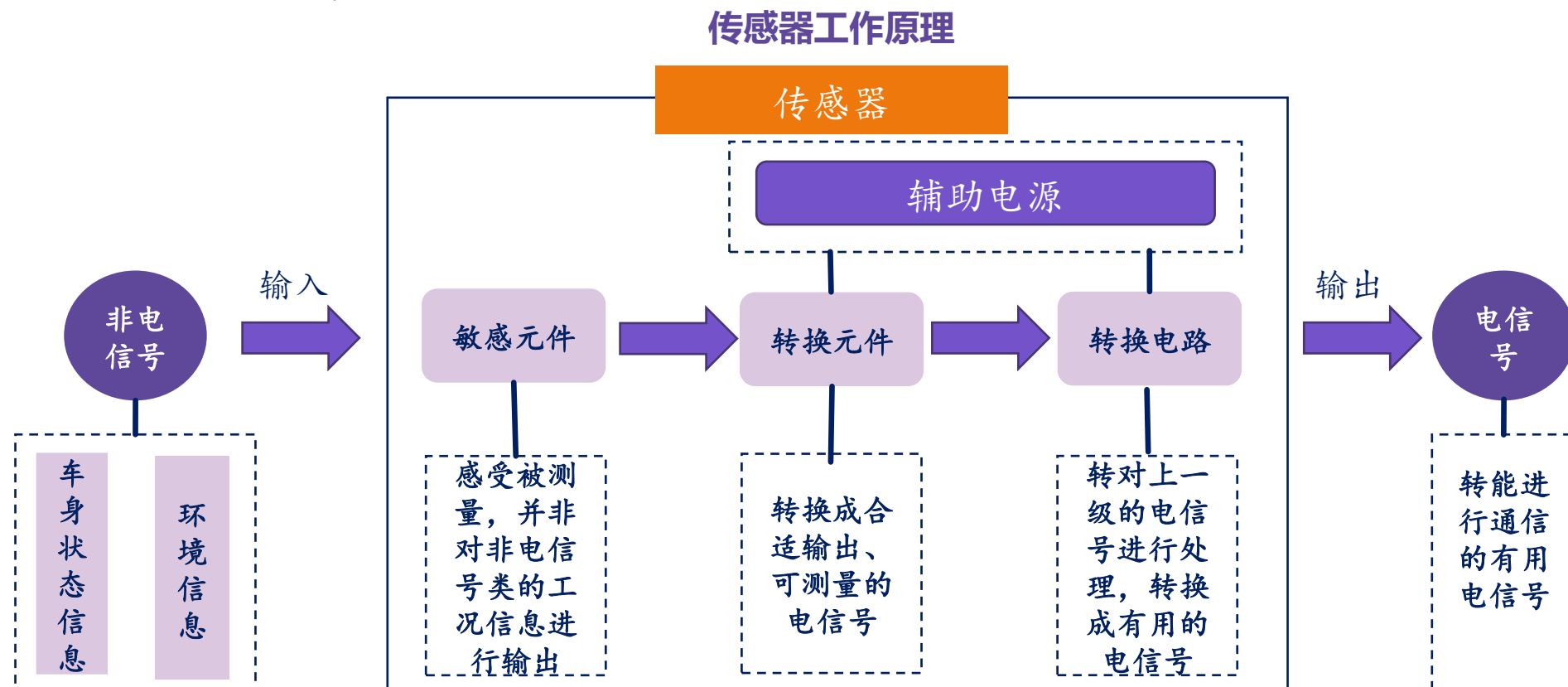
4.风险提示

01 传感器是人形机器人的“感官”， 市场空间广阔

人形机器人与物理世界交互的唯一桥梁，市场空间广阔

□ 传感器是将物理量转换为电信号，在世界中应用广泛

传感器引领智能时代。根据国家“十四五”规划纲要，传感器与高端芯片、操作系统、人工智能关键算法等并列，是建设数字中国的关键技术。传感器被誉为“万物互联之眼”，可以精确地测量出压力、温度、浓度等各种信息，是数据采集的源头。传感器作为一种检测装置，能感受到被测量的信息，并能将感受到的信息，按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。



资料来源：深企投产业研究院，华鑫证券研究

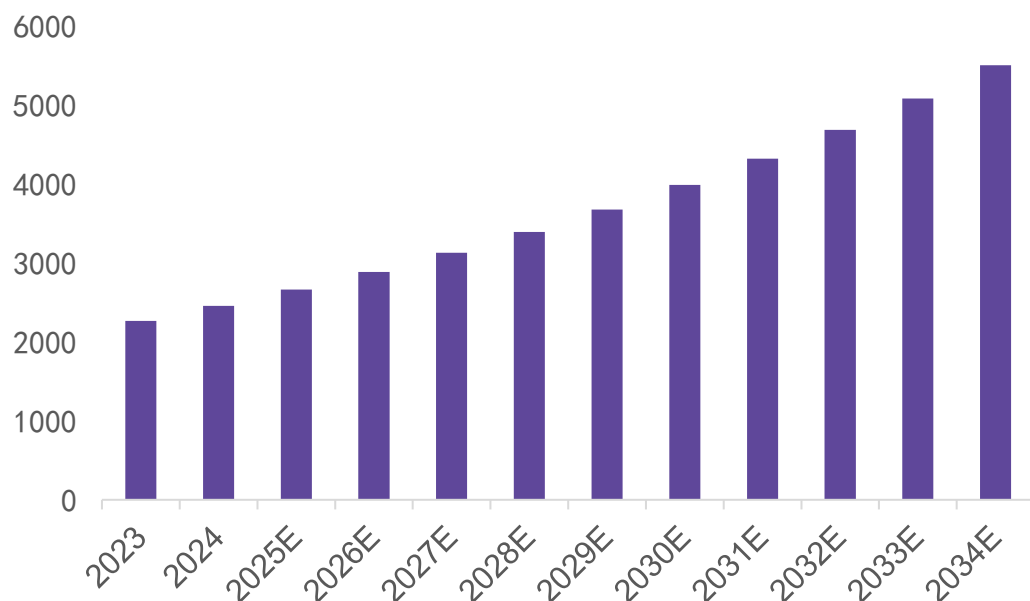
人形机器人与物理世界交互的唯一桥梁，市场空间广阔

□ 传感器是将物理量转换为电信号，在世界中应用广泛

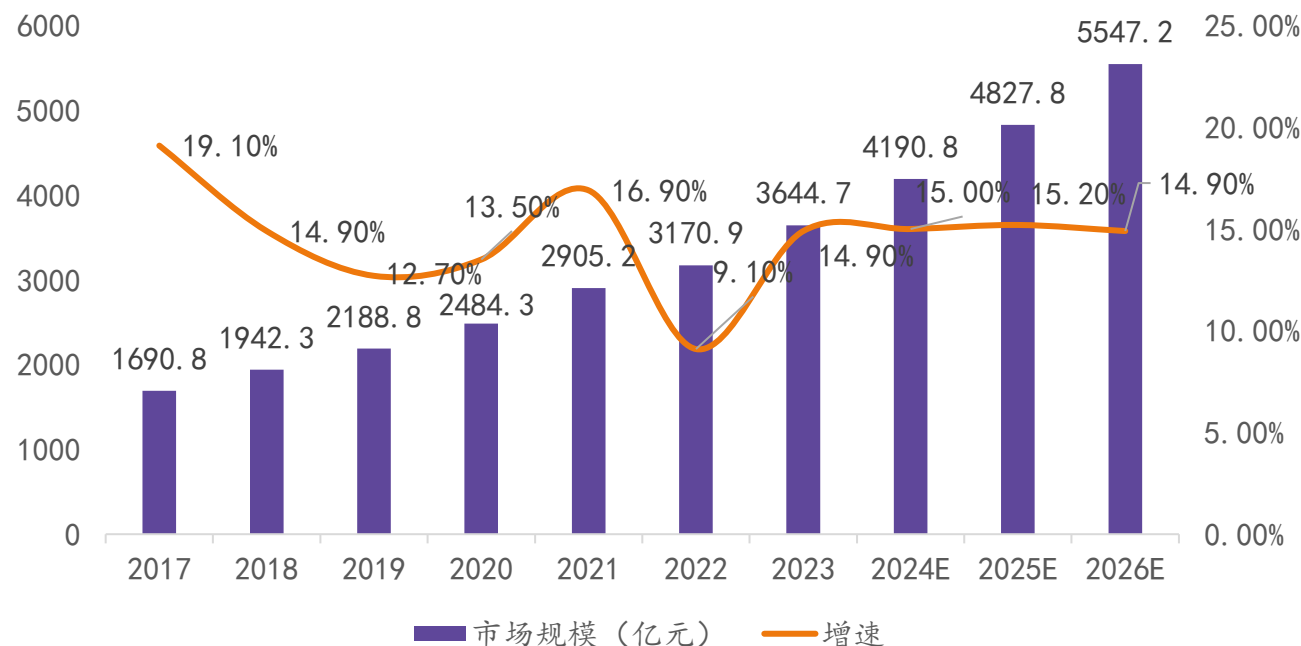
全球传感器市场规模持续增长。当前传感器的产业范围缺乏统一界定，因此各个机构的市场数据统计口径有所不同。近年来，在新能源汽车、工业自动化、医疗、环保、消费等领域智能化、数字化需求的持续带动下，全球传感器市场规模保持稳步增长。根据PrecedenceResearch数据，2023年全球传感器市场规模约为2269亿美元，预计到2034年将达到约5510.3亿美元，复合年增长率约为8.4%，如下图所示。

我国传感器市场规模持续扩大。根据赛迪智库数据，2023年中国传感器市场规模达到3644.7亿元，同比增长14.9%，预计2026年将达到5547.2亿元，三年复合增长率15.0%，如下图所示。

2023-2034年全球传感器市场规模（亿美元）



2017-2026年中国传感器市场规模及增速

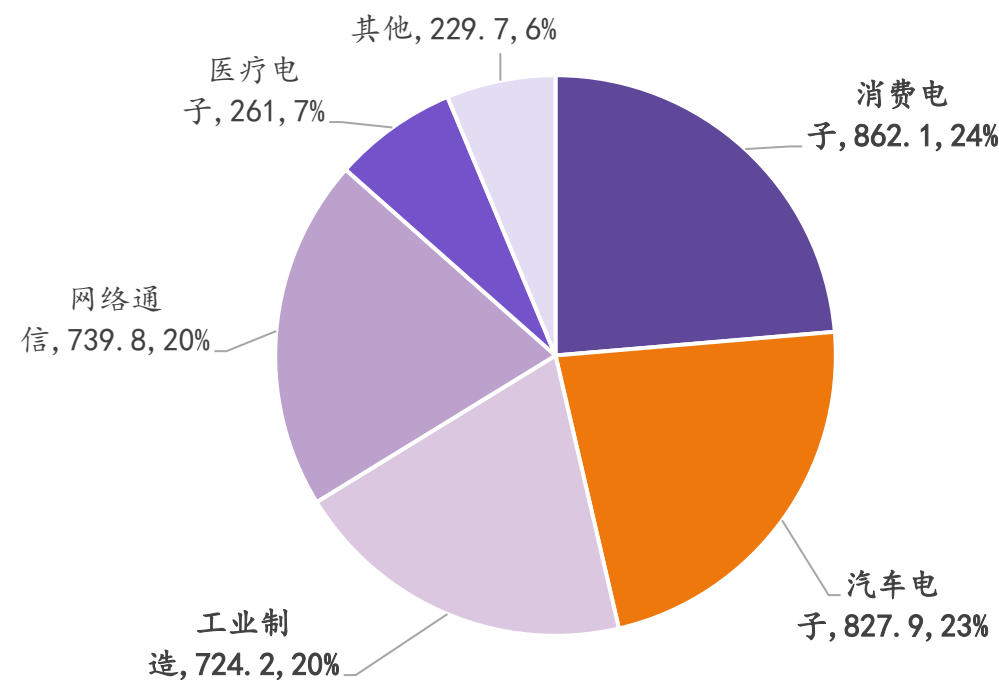


资料来源：深企投产业研究院，华鑫证券研究

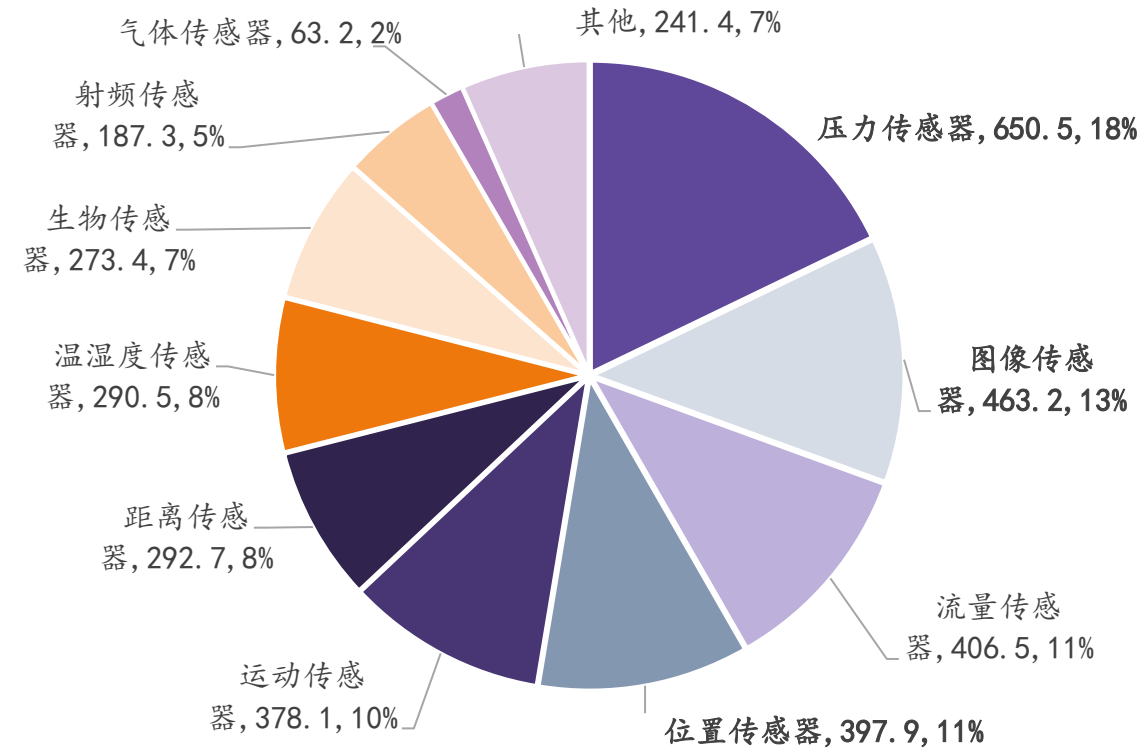
□ 人形机器人传感器有望成为传感器的重要场景

从我国传感器的市场结构来看，下游应用主要包括消费电子、汽车电子、工业制造、网络通信、医疗电子等类别，其中2023年消费电子领域传感器市场规模为862.1亿元，占比23.7%，力压汽车电子，成为中国最大的传感器行业应用市场。从具体产品来看，2023年我国传感器市场中，压力传感器占比17.8%、位居第一，图像传感器占比12.7%、位居第二；流量传感器、位置传感器、运动传感器、距离传感器、温湿度传感器、生物传感器、射频传感器、气体传感器位列第三至第十。

2023年中国传感器市场行业结构（亿元）



2023年中国传感器市场结构（销售额：亿元）

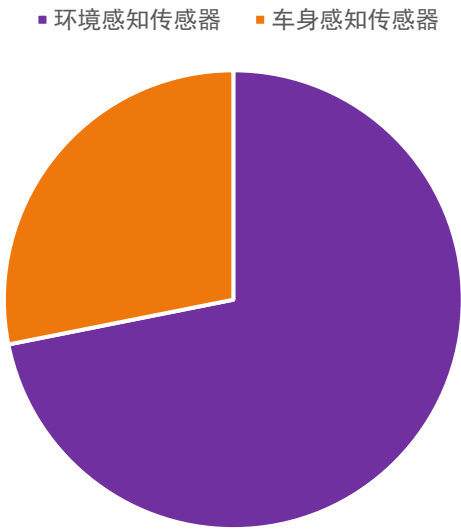


资料来源：深企投产业研究院，华鑫证券研究

环境感知传感器在汽车中应用广泛

依托于智驾技术的快速发展，当前环境感知传感器市场需求占比超过70%，是汽车传感器领域的市场主导，其余约不到30%市场份额为车身感知传感器。传感器是能将非电信号转换为电信号的装置，主要为汽车电脑提供各类工况信息。其应用已从过去单纯的发动机领域，扩展到底盘、车身及灯光、电气等多个系统。传感器可测量各类机械运动状态的物理量，并将其转换为电量。通过自身的感知功能，准确检测出不同条件下的物理量。汽车传感器按其使用功能可分为两类：一类是使驾驶员了解汽车各部分状态，如温度、车速、发动机转速、液体压力传感器等；另一类是用于控制汽车运行状态，如节气门位置传感器、轮速传感器、减速度传感器等。

我国汽车传感器细分市场占比情况



资料来源：智研咨询，《汽车传感器原理与检修》，华鑫证券研究

汽车用传感器种类

传感器种类	检测量或检测对象
温度传感器	冷却液、排出气体、吸入空气、发动机油、自动变速器油、车内空气、燃油
压力传感器	进气歧管压力、大气压力、燃烧压力、发动机机油压力、自动变速器油压力、各种泵压力、轮胎压力、燃油压力、共轨压力、冷却液压力
转速传感器	曲轴转角、曲轴转速、转向盘转角、车轮速度
速度、加速度传感器	车速、加速度
流量传感器	吸入空气量、燃料流量、废气再循环量、二次空气量、制冷剂流量
液量传感器	燃油、冷却液、电解液、洗涤液、机油、制动液
位移方向传感器	节气门开度、废气再循环阀开度、车辆高度、行驶距离、行驶方位、GPS全球定位
气体浓度传感器	氧气、二氧化碳、NO _x 、HC、柴油烟度
其他传感器	转矩、爆燃、燃料成分、湿度、玻璃结霜、饮酒状态、睡眠状态、蓄电池电压、蓄电池容量、灯泡断线、荷重、冲击物、轮胎失效、风量、日照、光照、电磁、雨滴

人形机器人与物理世界交互的唯一桥梁，市场空间广阔

□ 力/力矩传感器占据人形机器人传感器一半以上价值量，有望脱颖而出

人形机器人成本		10万元		25万元		50万元	
项目	数量（假设）	单价（低）	小计（低）	单价（中）	小计（中）	单价（高）	小计（高）
摄像头（视觉单元）	3	¥300	¥900	¥500	¥1,500	¥800	¥2,400
关节编码器（每关节）	54	¥50	¥2,700	¥150	¥8,100	¥200	¥10,800
IMU（姿态	2	¥300	¥600	¥1,000	¥2,000	¥2,000	¥4,000
力/力矩传感器	28	¥150	¥4,200	¥300	¥8,400	¥500	¥14,000
六维力传感器	4	¥1,200	¥4,800	¥3,000	¥12,000	¥10,000	¥40,000
触觉传感器（指尖+手掌）	2	¥1,000	¥2,000	¥3,000	¥6,000	¥6,000	¥12,000
麦克风阵列	1	¥100	¥100	¥300	¥300	¥500	¥500
环境小传感器（温湿/光/气体等，5件）	5	¥200	¥1,000	¥350	¥1,750	¥500	¥2,500
（可选）RGB-D / 深度相机	2	¥1,200	¥2,400	¥2,000	¥4,000	¥3,000	¥6,000
（可选）其余部位电子皮肤	1	¥3,000	¥3,000	¥8,000	¥8,000	¥10,000	¥10,000
合计			¥21,700		¥52,050		¥102,200
传感器成本占比			21.7%		20.8%		20.4%

资料来源：RIO机器人，具身智能机器人展，传感器专家网，搜狐新闻，电子发烧友网，奎因动力，韦伯咨询，华鑫证券研究

人形机器人与物理世界交互的唯一桥梁，市场空间广阔

力/力矩传感器占据人形机器人传感器一半以上价值量，有望脱颖而出

内部感知传感器

环境感知传感器

项目	数量（假设）	单价（低）	ASP	市场空间	净利润	贡献市值	备注
IMU（姿态）	2	¥300	¥600	6.0	1.2	36	机器人靠IMU感知自身的姿态和运动状态，躯干和跨部各一个
关节编码器（每关节）	54	¥50	¥2,700	27.0	5.4	162	每个旋转关节需要两个编码器（输入/输出），每个线性关节需要一个编码器
摄像头（视觉单元）	3	¥300	¥900	9.0	1.8	54	每个旋转关节需要1个力矩传感器，每个线性关节需要1个力传感器
力/力矩传感器	28	¥150	¥4,200	42.0	8.4	252	机器人两个手腕、两个脚腕各1个六维力传感器
六维力传感器	4	¥1,200	¥4,800	48.0	9.6	288	特斯拉Optimus Gen1 曾采用8颗摄像头环绕，Optimus Gen2增加了颈部自由度，或采用双目视觉+一个鱼镜头
触觉传感器（指尖+手掌）	2	¥1,000	¥2,000	20.0	4.0	120	一般位于指尖、指腹、手掌，和覆盖面积相关
麦克风阵列	1	¥100	¥100	1.0	0.2	6	
环境小传感器（温湿/光/气体等，5件）	5	¥200	¥1,000	10.0	2.0	60	依托于机器人功能多样性需求
（可选）RGB-D/深度相机	2	¥1,200	¥2,400	24.0	4.8	144	
（可选）其余身体电子皮肤	1	¥3,000	¥3,000	30.0	6.0	180	
合计			¥18,400	184.0	36.8	1104	

备注：表中假设机器人成本为10万元，市场空间以年产百万台机器人计算，净利润以净利率为20%，贡献市值以PE为30X计算
资料来源：RIO机器人，具身智能机器人展，传感器专家网，搜狐新闻，电子发烧友网，奎因动力，韦伯咨询，华鑫证券研究

02 视觉助力机器人理解世界，建议关注3D视觉相关硬件

视觉助力机器人理解世界，建议关注3D视觉相关硬件

□ 主流机器人视觉感知方案

公司	型号	发布年	视觉感知方案
Tesla	Optimus Gen1	2022	纯视觉方案，搭载8个环绕摄像头和HydraNets神经网络架构
Tesla	Optimus Gen2	2023	沿用纯视觉，新增2自由度颈部关节扩大感知范围，优化神经网络算法提升感
Figure	Figure 01	2023	摄像头、激光雷达
Figure	Figure 02	2024	6个板载RGB摄像头(头部及躯体)，配合AI驱动的视觉系统，内置VLM模型
优必选	Walker S2	2025	国内首个头部采用纯RGB双目视觉方案，搭载深度学习双目深度估计算法
优必选	Walker X	2021	胸部四目视觉，头部+腰部双RGB+D传感器，腰部4*毫米波雷达避障
优必选	Walker S1	2025	RGB-D相机
智元机器人	精灵G1	2025	3RGB-D+5鱼眼相机+激光雷达
智元机器人	远征A2	2024	360° 激光雷达、6颗高清摄像头、RGB-D相机和鱼眼相机
智元机器人	灵犀X2	2025	多视角RGB+RGB-D，通过算法实现环境感知、决策与路径规划
宇树	H1	2023	3D激光雷达+深度相机
宇树	G1	2024	3D激光雷达+深度相机
宇树	R1	2025	超广角双目相机
小米	CyberOne	2022	RGB相机+iToF
傅利叶	Fourier GR-1	2023	6个RGB摄像头(纯视觉)，结合BEV+Transformer模型+OCC技术
追觅	通用 人形机器人	2023	深度相机
小鹏	Iron	2024	XNGP智驾技术衍生的“AI鹰眼视觉系统”，结合4D毫米波雷达
开普勒	先行者K1	2023	RGB-D相机(融合彩色图像与深度信息)+红外双目3D摄像头+鱼眼360° 环
银河通用	Galbot G1	2024	主要依赖3D视觉系统，包括但不限于RGB摄像头、深度传感器
众擎	SE01	2024	激光雷达+高清摄像头
Boston Dynamics	Atlas(多代)	2013/2024	RGB-D相机+激光雷达+ToF深度传感器
Agility Robotics	Digit	2019	LiDAR+深度相机+立体/多目相机+IMU
1X Technologies	EVE	2022	摄像头+激光雷达
NASA	Valkyrie	2013	MultiSense SL三维测距传感器、摄像头(头部、躯干、胫骨)、激光雷达

资料来源：具身智能行家，华鑫证券研究

视觉助力机器人理解世界，建议关注3D视觉相关硬件

主流机器人方案路径众多，3D视觉方案逐渐受到青睐

- 2D视觉只能看到“颜色与形状”，但缺乏深度（Z轴）信息。机器人看到的是“平面”，不知道物体有多远、多高。
- 3D视觉（双目或RGB-D）可以直接获得“彩色 + 深度”两种信息，构建出3D世界。机器人能做到“看清 + 空间理解 + 操作”。

各机器人厂商最新一代机器人视觉方案

	2D摄像头	3D摄像头	激光/毫米波雷达
特斯拉	✓		
Figure	✓		
优必选	✓	✓	
智元机器人	✓	✓	
宇树		✓	✓
小米	✓	✓	
小鹏	✓		✓
银河通用	✓	✓	
众擎	✓		✓
Boston Dynamics		✓	✓
Agility Robotics		✓	✓
1X Technologies	✓		✓

各类方案对比

类型	原理	输出信息	优点	缺点 / 技术壁垒	典型应用
2D视觉 (单目RGB相机)	通过单个摄像头采集颜色图像，依靠AI模型进行目标识别与估计深度	图像、语义分割、估计深度（间接）	成本最低；分辨率高；算法成熟；信息丰富（颜色、纹理）	无法直接获取精确深度；受光照影响大；姿态估计依赖AI推理	导航辅助、手眼识别、视觉SLAM前端
3D视觉 (双目或RGB-D)	双目：通过视差计算深度； RGB-D：主动结构光 / TOF / 激光投射测距获取彩色+深度图	RGB图 + Depth图（每像素深度）	可直接获得空间结构；适合物体识别、抓取定位；兼顾成本	测距范围有限（1 - 5 m）；强光/反射环境下易出错；标定复杂	人形机器人头部视觉、机械臂抓取、室内导航
激光雷达 (LiDAR)	发射激光脉冲测量飞行时间（ToF）→ 精确3D点云	高精度3D点云（厘米级），不依赖光照	测距远（>100 m），精度高，抗光照干扰；适合定位建图	成本高；无法识别颜色/纹理；点云稀疏；动态目标识别差	自动驾驶、移动机器人定位、避障

资料来源：具身智能行家，机器视觉产业联盟，华鑫证券研究

视觉助力机器人理解世界，建议关注3D视觉相关硬件

□ 3D视觉市场规模有望迎来快速增长

随着2D成像逐步向3D视觉感知升级，3D视觉感知市场空间有望迎来高速增长。根据法国市场研究与战略咨询公司Yole 发布的全球 3D 成像和传感市场研究报告，2019年全球3D视觉感知市场规模为50亿美元，且市场规模将快速发展，预计在2025年达到150亿美元，2019-2025年复合增长率约为20%。

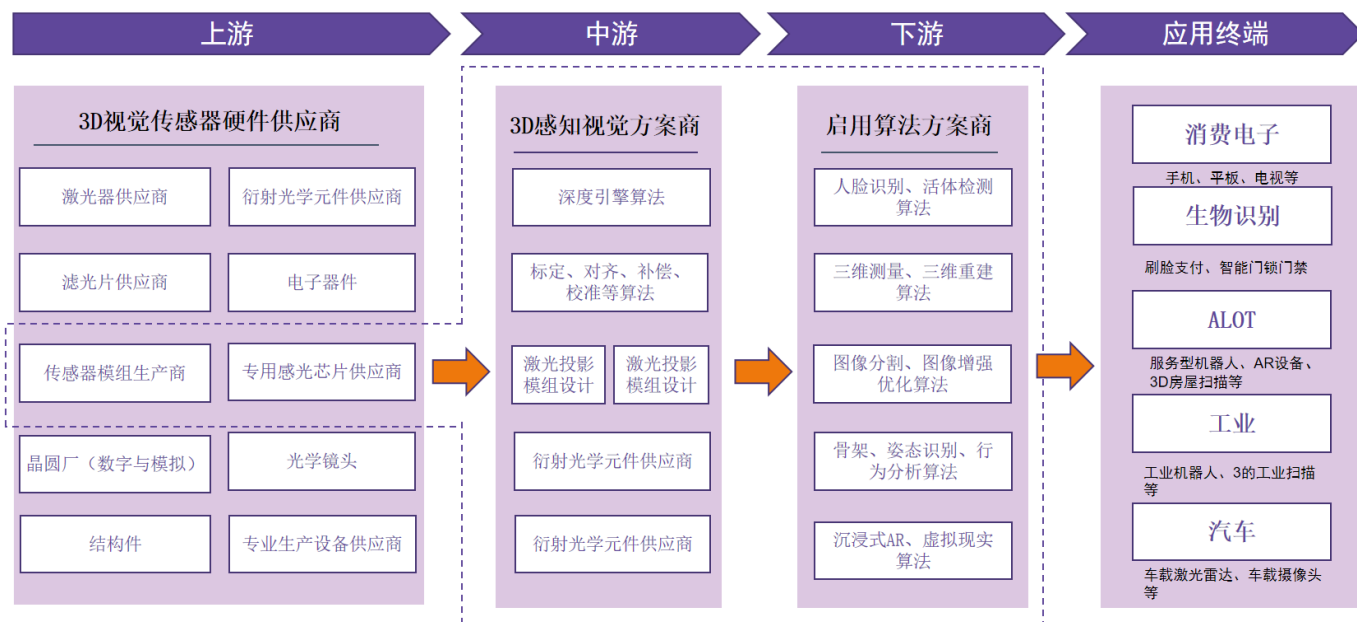
3D视觉产业链上游主要为提供各类3D视觉传感器硬件的供应商或生产商。3D视觉传感器主要由深度引擎芯片、光学成像模组、激光投影模组以及其他电子器件、结构件等构成。产业链中游为3D视觉感知方案商。主要基于深度引擎算法结合应用进行各类3D视觉传感器的方案设计。产业链下游主要为根据终端的各类应用场景开发各类应用算法的应用算法方案。

3D视觉市场空间及增速（百万美元）



资料来源：奥比中光招股书，华鑫证券研究

3D视觉产业链



3D视觉主要技术路线众多，双目视觉成为人形机器人主要解决方案

不同应用领域或场景对3D视觉的测量范围、测量精度、尺寸和功耗等性能要求均不同，在3D视觉领域，根据各技术测量原理划分，可以分为结构光、iToF、双目、dToF、Lidar、工业三维测量技术共六大技术路线。双目3D相机因适中的测量距离，更好的参数适配性，更适合人形机器人使用场景。

3D视觉主要技术路线

技术类型	技术原理
结构光	基于三角测量原理的三维成像方法，主要由激光发射端、接收端以及深度引擎芯片等组成。激光发射端用于向三维空间投射激光散斑，以对整个三维空间进行编码；接收端用于接收空间编码信息，并输入到深度引擎芯片，深度引擎芯片固化了深度引擎算法以实现对空间编码信息的解码计算以输出 3D 信息。
双目	基于立体视觉的三维测量技术，通过两个相机分别获取左右两幅图像，并通过视差计算出目标的深度图像。根据是否具备主动发射光源，可以分为被动双目以及主动双目技术，二者区别在于主动双目包含一个激光发射端，可以主动向空间投射出图案以对空间进行主动编码，相比而言，被动双目技术则要求目标物体具有纹理特征信息。
iToF	一种通过直接测量激光从发射到接收之间的飞行时间来实现距离测量的技术，主要包括发射端、接收端以及深度引擎芯片，发射端激光一般被调制成连续波和脉冲波两大类，接收端则通过 iToF 感光芯片来采集返回光信号，由处理电路实现相位差计算，并进一步对相位差进行滤波、转换等计算以获取深度图像。
dToF	一种通过直接计算脉冲光从发射到接收之间的飞行时间来实现距离测量的技术，主要包含激光发射端和单光子探测阵列芯片。激光发射端向目标发射脉冲光束，经物体反射后被单光子探测阵列芯片采集，获取脉冲光束的飞行时间，进一步计算以获取深度图像。
Lidar	Lidar 是基于 dToF 技术原理，通过扫描实现远距离阵列测距，主要面向户外远距离应用，分为机械式扫描以及固态激光雷达。
工业三维测量	针对工业领域对物体表面 3D 信息高精度测量需要，利用蓝光多频相移技术，通过向物体表面投射时序的光栅条纹图案，由左右两个工业相机对光栅条纹图案进行采集，基于立体视觉测量原理进行相位解算以获得物体表面的 3D 数据。同时还利用标志点拼接技术，将不同位姿的测量数据自动对齐，从而获得完整的 3D 数据。针对工业领域对物体位移及应变的高精度测量需要，采用数据图像相关算法 (DIC)，通过跟踪物体表面散斑图案的变形，得到被测物体表面的 3D 变形和应变数据。

资料来源：奥比中光招股书，华鑫证券研究

□ 人形机器人对于3D摄像头主要要求在于“深度精度 + 测距范围 + 帧率”

3D 视觉感知技术产品主要技术指标包括深度分辨率、深度帧率、视场角、测量范围、精度、功耗等。根据应用场景不同，核心指标侧重点不同，对于人形机器人来说3D视觉传感器的“深度精度 + 测距范围 + 帧率”的性能决定抓取与避障动作的稳定性。

3D视觉感知技术产品主要技术指标

技术指标	说明
深度分辨率 / Depth Resolution 深度帧率 / Depth FPS	①深度分辨率体现了 3D 视觉传感器每一帧 3D 图像中包含的深度数据点数，理论上深度分辨率越高，在视场角相同的前提下，传感器可以提供测量细节越优 ②深度帧率体现了 3D 视觉传感器每一秒输出的 3D 图像帧数。理论上深度帧率越高，对动态场景的支持越好 ③一般参数格式写作：深度分辨率 @深度帧率，如 640x480@30FPS
测量范围 / Depth range	测量范围指 3D 视觉传感器最佳工作距离，其中包括最小距离和最大距离。一般来说，测量范围由光学系统的景深与算法等因素共同决定
精度 / Accuracy	精度指 3D 视觉传感器测量的 3D 数据值与真实值之间的差异，精度越高，3D 数据越准确。由于目前世界上还没有固定的测试标准，所以每个制造商公布的精度规格不同
功耗 / Power consumption	功耗指工作状态下所消耗的电功率，决定 3D 视觉传感器在不同硬件平台的整合难度，功耗越低传感器可以适配领域越广。一般来说，小于 2.5W 的功耗可以适配各类 USB2.0 及以上的设备。大于 2.5W，小于 4.5W 的功耗则仅能够适配 USB3.0 供电的设备。在使用电池设备中，其他参数固定的前提下，功耗越小，传感器性能越优异

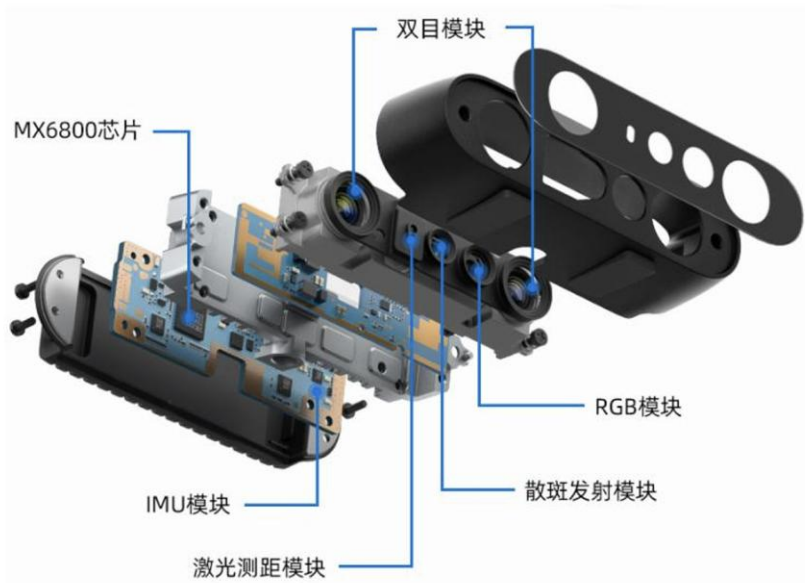
资料来源：奥比中光招股书，华鑫证券研究

奥比中光：3D视觉传感器重要供应商，适配天工Pro

公司是全球3D视觉传感器重要供应商，全面布局主流3D视觉感知技术。公司中国服务机器人3D视觉传感器市占率超70%，服务全球超100家机器人客户，已成为全球3D视觉传感器重要供应商之一。公司在国内率先开展3D视觉感知技术系统性研发，自主研发一系列深度引擎数字芯片及专用感光模拟芯片并实现3D视觉传感器产业化应用，是全球少数几家全面布局主流3D视觉感知技术的公司之一。

公司3D视觉方案/产品已经与部分人形机器人客户进行适配。市面上人形机器人视觉方案包括深度相机（结构光以及 iToF）、激光雷达、纯视觉等，且深度相机的方案为主流。公司与微软合作iToF深度相机、近年推出的Gemini335、Gemini336系列3D结构光深度相机等产品兼顾高可靠性、高性能、高性价比和实用性。Gemini 330系列深度相机已应用于天工Pro机器人头部、胸部、腰部和后背四处。

奥比中光330系列产品用于天工Pro机器人



奥比中光技术能力



资料来源：奥比中光招股书，天工产品手册，华鑫证券研究

公司专注3D视觉数字化软硬件产品，下游应用领域广泛。公司自2015年成立以来，深耕3D视觉数字化软硬件专业领域多年，在3D视觉数字化软硬件领域积累了丰富的技术能力，搭建起较为完善的技术平台，目前产品主要覆盖工业级和专业级两大差异化赛道，涵盖便携式/跟踪式/专业级彩色3D视觉数字化产品和工业3D视觉检测系统等产品。基于平台化技术能力，公司不断开发适应领域广泛、通用性强的创新产品，下游应用领域广泛，服务客户超10000家。2025年，公司成功登陆科创板，成为中国3D扫描第一股。截至2025年6月30日，公司拥有授权专利209项，其中发明专利94项，实用新型专利93项。

手持式3D扫描仪



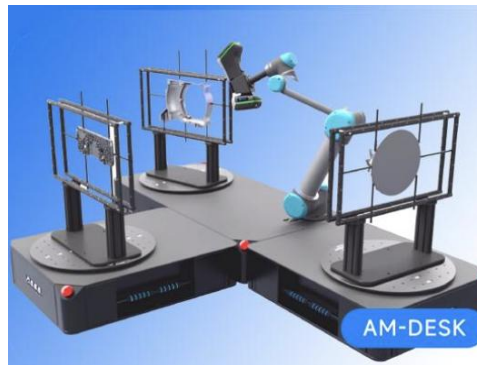
彩色3D扫描仪



跟踪式3D视觉数字化产品



工业级自动化3D视觉检测系统



03 力传感器国产替代蓄势待发， 六维力是皇冠上的明珠

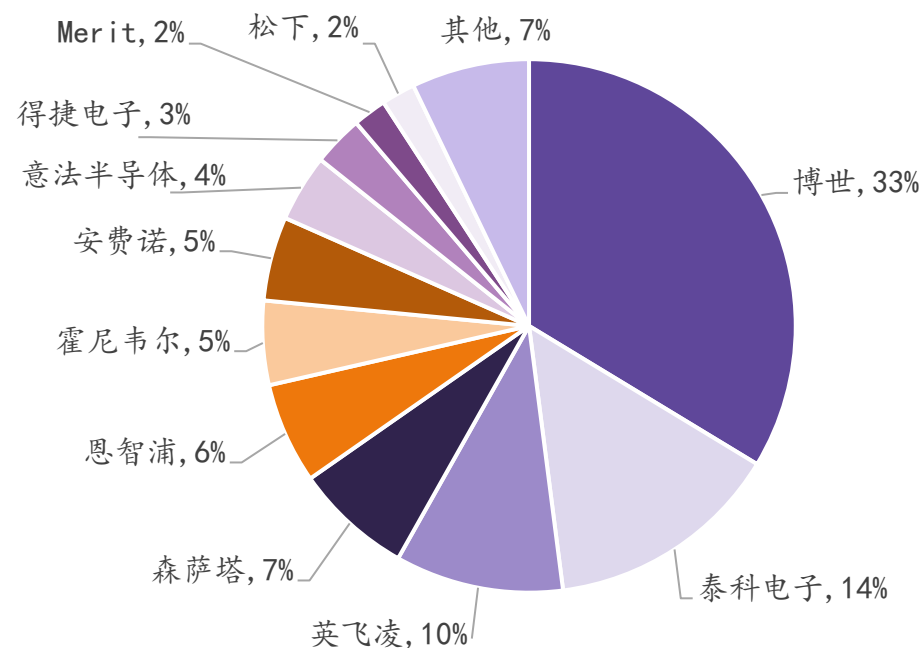
研究创造价值

力传感器国产替代蓄势待发，六维力是皇冠上的明珠

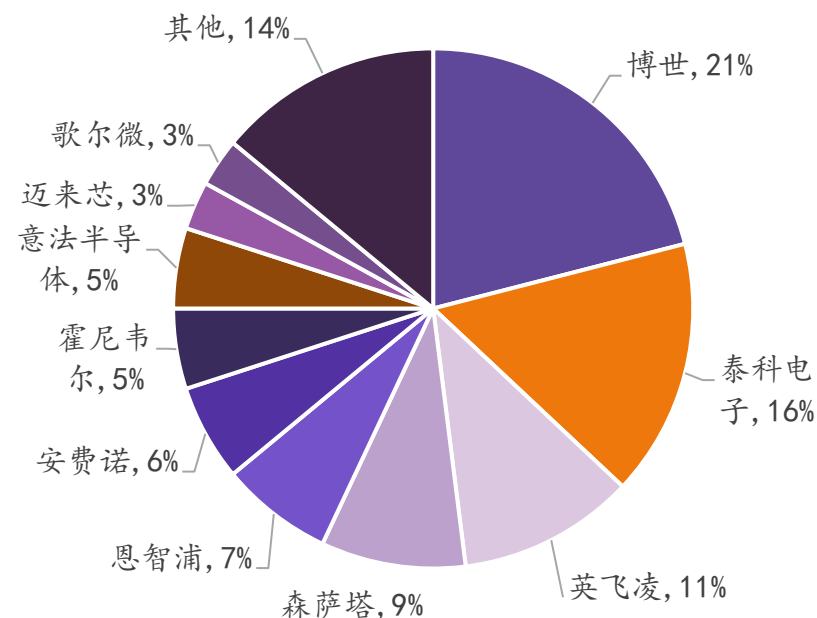
□ 压力传感器大部分市场份额被海外厂商占据，国产替代空间巨大

全球市场外资品牌主导，存在较大国产替代空间。全球压力传感器市场份额仍然主要被博世、泰科电子等国外厂商占据。从MEMS压力传感器来看，国内企业的业务规模小、进入市场较晚、产品种类相对较少、应用领域相对较窄，仅在消费类气压计、防水压力传感器、差压传感器、气流传感器等产品方面量产出货，应用于智能手机、智能手表手环、航模无人机、健康监测、电子烟、智能家居等终端领域。根据Yole的数据，2020年全球MEMS压力传感器市场格局中，博世依托其在消费电子、汽车电子、工业领域的全面布局，位居全球第一，市场份额达33%，其他主要企业包括泰科电子（市场份额14%）、英飞凌（10%）、森萨塔（7%）、恩智浦（6%）、霍尼韦尔（5%）、安费诺（5%）、意法半导体（4%）、得捷电子（3%）、Merit（2%）、松下（2%）等，国内企业中仅有歌尔微电子进入国内市场前10。

2020年全球MEMS压力传感器市场份额



2020年中国MEMS压力传感器市场份额



资料来源：深企投产业研究院，华鑫证券研究所

力传感器国产替代蓄势待发，六维力是皇冠上的明珠

□ 压力传感器大部分市场份额被海外厂商占据，国产替代空间巨大

目前车用压力传感器大部分市场份额被海外厂商占据

国家	车企	车型	年份	压力传感器供应商
中国	吉利	帝豪 GL (FF) (China)	2020	联合汽车电子有限公司
中国	吉利	星越 PHEV (FF) (China)	2020	联合汽车电子有限公司
中国	上汽通用五菱	宝骏 730 (FF) (China)	2020	联合汽车电子有限公司
中国	奇瑞	艾瑞泽 5 (FF) (China)	2021	联合汽车电子有限公司
中国	奇瑞	瑞虎 7 (FF) (China)	2020	联合汽车电子有限公司
中国	上汽乘用车	名爵 MG ZS (FF) (China)	2020	联合汽车电子有限公司
中国	比亚迪	宋 Pro (China)	2020	联合汽车电子有限公司
中国	北汽福田	福田 大将军 (China)	2021	联合汽车电子有限公司
中国	上汽通用五菱	五菱 征途 (FR) (China)	2021	联合汽车电子有限公司
中国	长城	哈弗 H6 (4WD) (China)	2018	罗伯特博世
中国	一汽 - 大众	奥迪 A3 (China)	2018	罗伯特博世
中国	一汽 - 大众	奥迪 Q3 (FF) (China)	2018	罗伯特博世
中国	小米	SU7 (RR) (China)	2024	华景传感科技（无锡）有限公司
欧洲	宝马	M5 (Germany)	2017	大陆集团
欧洲	宝马	5 系 (Germany)	2016	大陆集团
欧洲	宾利	Bentayga (UK)	2016	大陆集团
欧洲	奥迪	Q7 (Slovakia)	2015	大陆集团
日本	斯巴鲁	Outback	2022	三菱电机
日本	斯巴鲁	Forester	2022	三菱电机
美洲	宝马	X3 (USA)	2017	森萨塔科技

资料来源：marklines，华鑫证券研究

力传感器国产替代蓄势待发，六维力是皇冠上的明珠

□ 压力传感器大部分市场份额被海外厂商占据，国产替代空间巨大

安培龙车规级压力传感器相关产品获得订单情况

时间	订单详情
2024/1/22	近日收到1家欧洲著名汽车零部件厂商出具的项目定点通知书。公司为该客户供应GDI轨压压力传感器主要配套供应给欧洲知名主机厂旗下品牌的欧洲和南美市场。预计从2024年第三季度开始交付，生命周期总金额约为1.63亿元人民币。
2024/2/19	近日收到1家国内知名的汽车Tier1厂商出具的项目中标通知。公司为该客户供应温压一体传感器。客户预计主要配套该客户为国内知名汽车主机厂新能源汽车项目热泵系统。预计从2025年第一季度开始交付，生命周期为7年，总金额约为人民币18858万元。
2024/7/1	近日收到1家著名合资汽车品牌厂商出具的项目定点通知书。公示为该客户供应差压传感器（属MEMS压力传感器）。客户预计项目主要配套该客户乘用车项目。预计从2026年第一季度开始批量交付，生命周期为6年，生命周期总金额约为5,077.3066万元人民币。
2024/11/14	近日收到1家国内领先的新能源汽车企业出具的项目中标通知书。为该客户供应EHB制动系统压力传感器（属玻璃微熔压力传感器）。客户预计本次中标项目生命周期为5年。本次中标订单预计从2025年第一季度开始批量交付，中标订单周期为1年。中标订单周期预计总金额约为4,020.00万元人民币。
2024/11/18	近日收到1家国内领先的新能源汽车企业出具的项目中标通知书。公司为该客户供应混动变速箱系统压力传感器（属陶瓷电容式压力传感器）。预记本次中标项目生命周期为5年。本次中标订单预计从2025年第一季度开始批量交付，中标订单周期为1年。中标订单周期预计总金额约为1,612.8000万元人民币。
2024/11/29	近日收到1家欧洲著名汽车主机厂商出具的项目定点通知书。公司为该客户供应刹车系统真空度传感器(MEMS压力传感器)、排气系统压差传感器（MEMS 压力传感器）。预计本次定点项目预计从2025年第四季度开始交付，生命周期为10年，生命周期总金额约为9640.19万元人民币。

资料来源：安培龙公司公告，华鑫证券研究

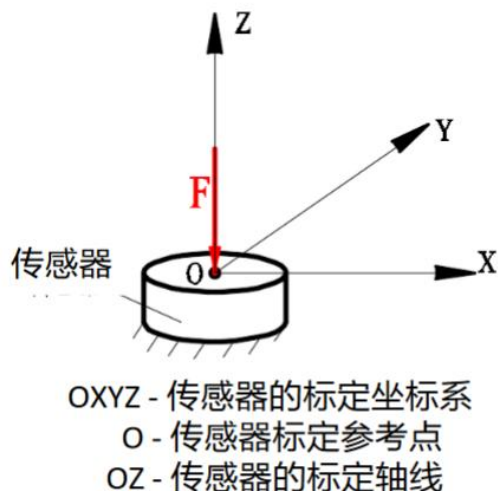
□ 六维力传感器信息全面，一维力到六维力难度是几何倍数的增长

力传感器可根据测量力的维度分为一维力传感器和多维力传感器，多维力传感器最常见的是三维力传感器和六维力传感器。

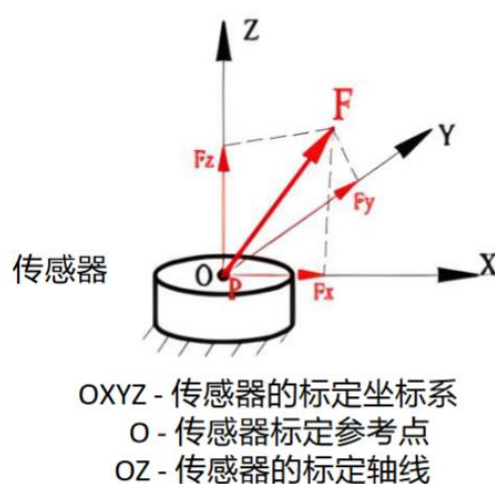
- **一维力传感器**：一维力传感器的标定坐标轴为OZ轴，如果被测量力F的方向能完全与OZ轴重合，那么此时用一维力传感器就能完成测量任务。
- **三维力传感器**：力F的作用点P始终与传感器的标定参考点O保持重合，力F的方向在三维空间中随机变化，这种情况下用三维力传感就能完成测量任务，它可以同时测量 F_x 、 F_y 、 F_z 这三个F的分力。
- **六维力传感器**：空间中任意方向的力F，其作用点P不与传感器标定参考点重合且随机变化，这种情况下就需要选用六维力传感器来完成测量任务，同时测量 F_x 、 F_y 、 F_z 、 M_x 、 M_y 、 M_z 六个分量。

六维力传感器的优势在于：六维力传感器能够同时测量XYZ轴向力和环绕轴的力矩，内部算法可以解耦各个方向的力和力矩的干扰，给出最全面的力觉信息。并且在实际测量在实际力的测量场景中，往往会出现作用点离传感器标定参考点较远的情况，此时便会产生力矩对结果分析的影响，如若忽略作用点与标定参考点不重合的情况，会使得对力的测量误差较大。

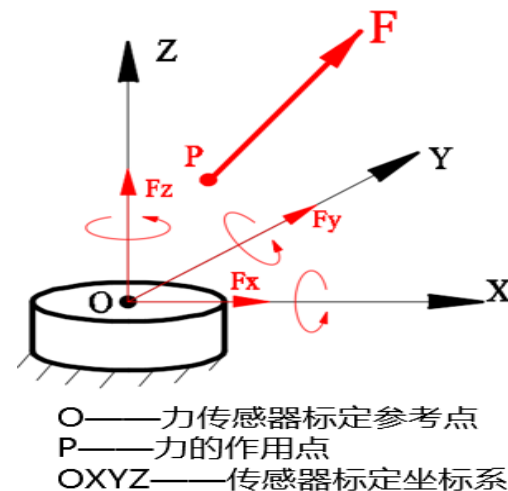
一维力传感器作用示意图



三维力传感器作用示意图



六维力传感器作用示意图



资料来源：坤维科技微信公众号；高工机器人公众号

力传感器国产替代蓄势待发，六维力是皇冠上的明珠

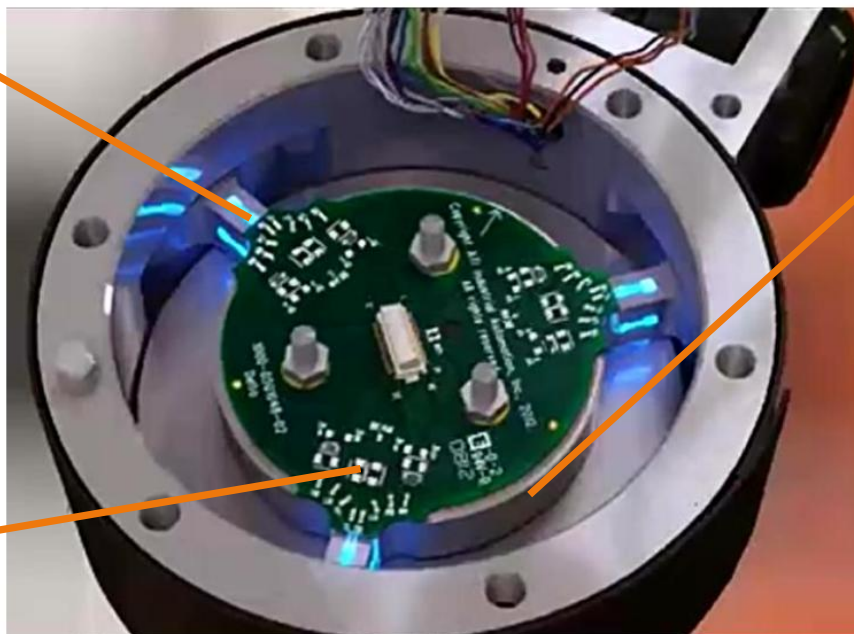
□ 人形机器人一般用4个六维力传感器

六维力传感器是人形机器人感知侧关键一环，性能优异感知全面。人形机器人本质上是AI+感知侧+执行侧的结合，**六维力传感器是人形机器人应用于现实场景的必备部件**。在所有力传感器中，只有六维力传感器才能够同时测量XYZ轴向力和环绕轴的力矩，给出最全面的力觉信息。目前，市场应用的六维力/力矩传感器大部分都是基于应变式测量，其中硅应变片式传感器在性能和成本方面具有一定领先优势。

六维力传感器价格高昂，制造难度在于应变片（材料和粘贴）和标定。六维力传感器成本包括BOM+贴片+研发+其他，贴片主要通过人工方式进行，生产效率低只适用于小批量生产，不能形成规模效应。标定是降低测量误差最主要的方法，六维传感器标定工作量大，标定设备成本高，需要较大资本投入。

六维力传感器实物内部

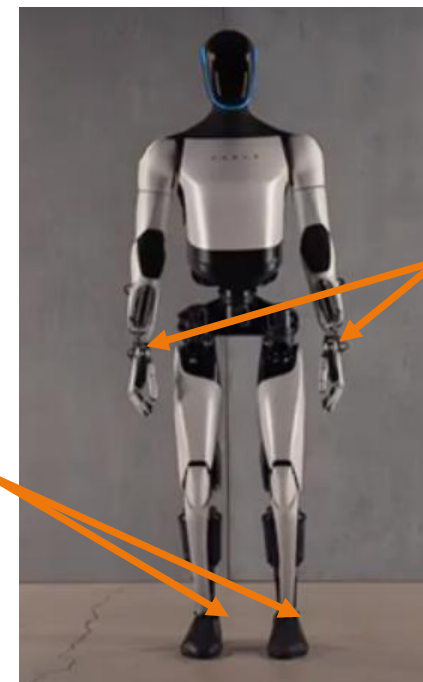
应变片：主要分为半导体应变片和金属应变片，粘贴或焊接于弹性体上。



PCB集成电路：包括电桥、信号调理器和数据处理模块。

弹性体：主要结构为弹性梁，多为不锈钢材质。

六维力传感器位置



手腕：每边1个

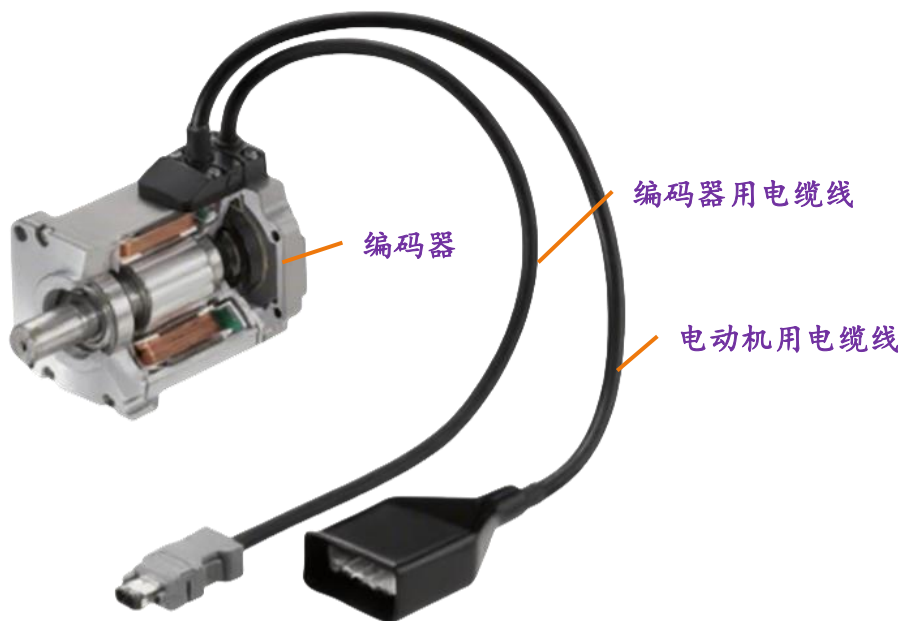
脚腕：每边1个

资料来源：付立悦.《多维力传感器的静动态性能研究》，光锥智能，TESLA，华鑫证券研究

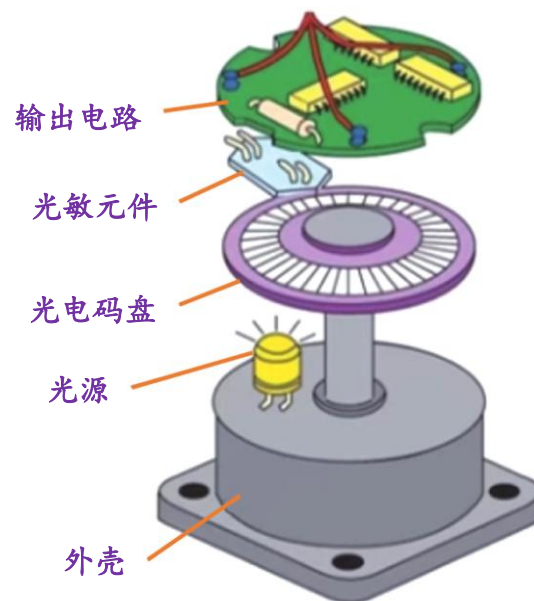
□ 编码器是检测电机转速和位置的传感器

编码器用于检测转子的位置和速度，按工作原理可分为光电式和磁式等。编码器搭载在电机的反输出轴侧，通过检测转子的位置和速度，使电机可执行高分辨率、高响应定位运行。编码器按工作原理可分为光电编码器和磁编码器等，光电编码器利用光电元件检测编码盘信号进行检测，而磁编码器是通过磁性原理检测编码盘信号。具体来看，光电式编码器中，光电码盘与电机同速旋转，光电码盘控制光源照射在光敏元件上，光敏元件输出脉冲信号。磁编码器将N、S磁性的永磁体安装在电机侧，置于变化场的磁敏元件根据磁场变化输出相应变化的电信号。光电编码器常用于永磁无刷直流电机中，但其抗恶劣环境能力较差，而磁式编码器可在恶劣环境下工作，因此更多使用在车用电机中。

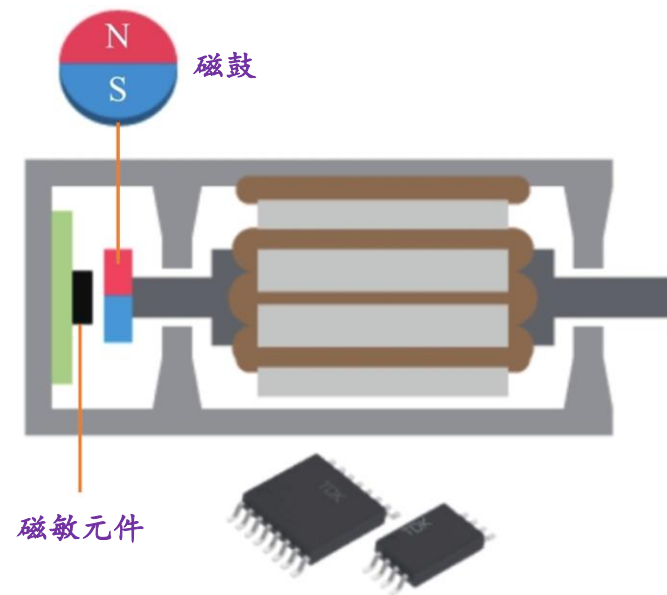
伺服电动机构造



光电式编码器结构



磁式编码器结构

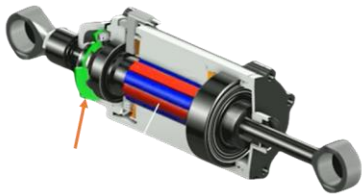


资料来源：Oriental motor官网，《新能源汽车驱动电机及控制系统检修》，华鑫证券研究所

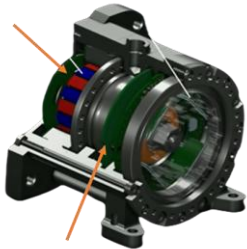
单个机器人需要54个编码器

编码器在人形机器人中发挥着重要作用，广泛应用于关节和灵巧手等部位。每个旋转关节需要2个编码器，总计28个；每个线性关节和灵巧手则各需1个编码器，分别对应14个和12个。预计单个人形机器人需要使用约54个编码器。随着工业自动化、机器人技术和智能制造的普及，编码器作为关键部件，需求量不断增加。2022年全球编码器市场销售额达到了42亿美元，预计2028年将达到67亿美元，2022-2028年复合增长率为8.1%。

线性执行器采用单编码器



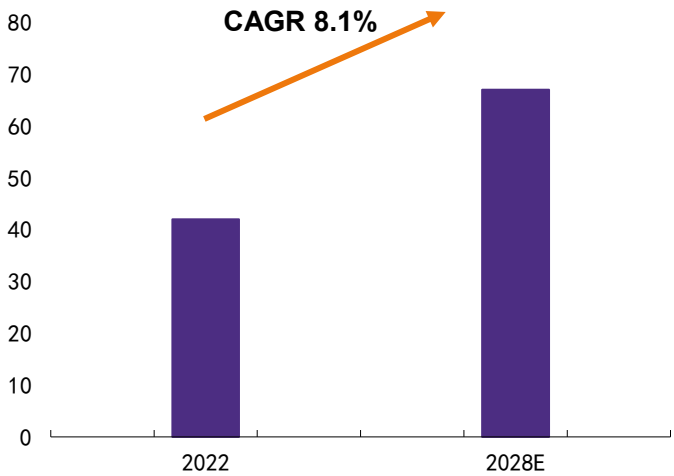
旋转执行器采用双编码器



人形机器人各部位编码器用量

执行器类型	部位	单侧数量	单台机器人用量	单台机器人编码器数量
旋转执行器	肩膀	3	6	12
	髋部		3	6
	手腕	1	2	4
	肘部		3	6
线性执行器	手腕	2	4	4
	膝盖	2	4	4
	脚踝	2	4	4
	肘部	1	2	2
手部执行器	指关节	6	12	12
合计				54

2022-2028年全球编码器市场规模及预测

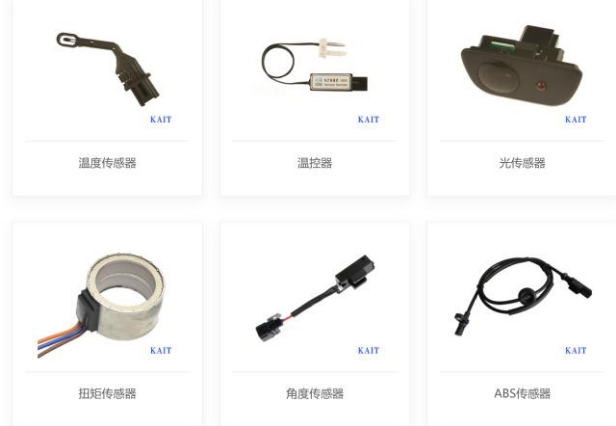


资料来源：电子发烧友，华经产业研究院，智研咨询，奎因动力，华鑫证券研究所

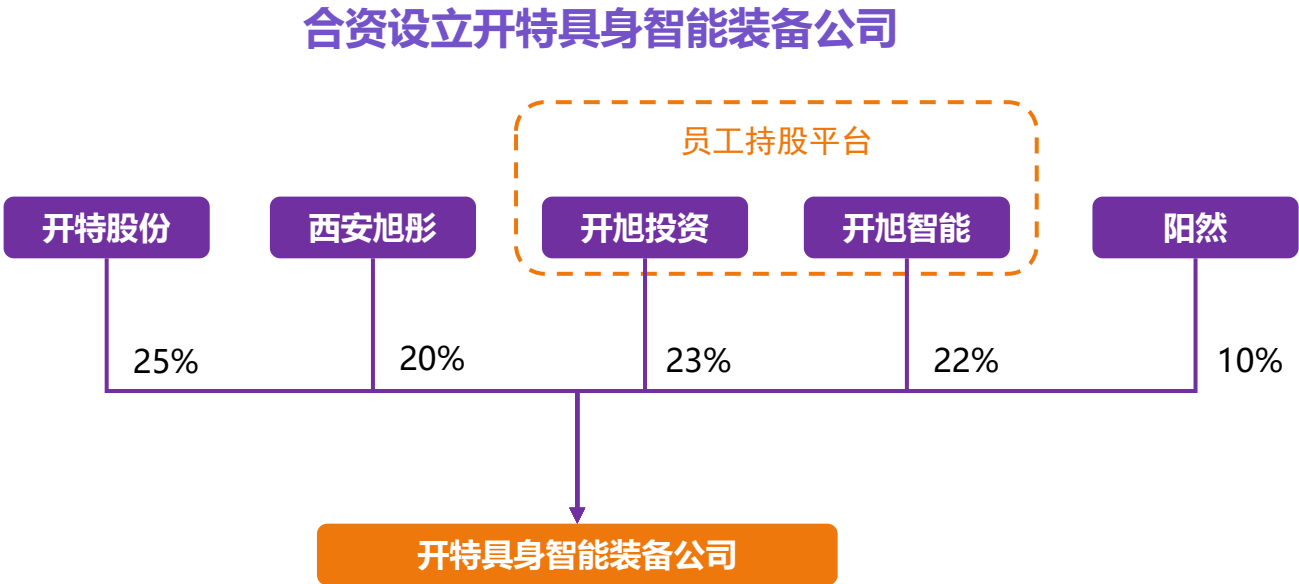
开特股份：联合西安旭彤设立具身智能子公司，人形机器人传感器新锐

开特股份联合西安旭彤设立具身智能子公司，布局具身智能一维力传感器、六维力传感器和编码器。开特股份基于战略布局和业务发展的需要，拟与西安旭彤电子科技有限公司、武汉开特旭彤投资合伙企业、武汉开特旭彤智能科技有限公司以及自然人阳然共同投资设立武汉市开特具身智能装备有限公司。合资公司以旭彤电子在力传感器领域的技术积累、开特股份在生产制造和市场开拓方面的经验为基础，**着力开发应用于机器人和汽车领域的六维力传感器、编码器、EMB（电子机械制动系统）等产品**。合资公司的股东中开旭投资和开旭智能系为未来引进机器人和汽车零部件领域的优秀人才而设立的持股平台。开特与旭彤共同设立合资公司将充分结合旭彤电子在力传感器领域的技术优势以及开特在生产制造和市场开拓方面的优势，开发拓展人形机器人传感器相关产品，打开公司第二成长空间。

开特股份传感器产品（部分）



西安旭彤传感器产品（部分）



资料来源：公司公告，华鑫证券研究所

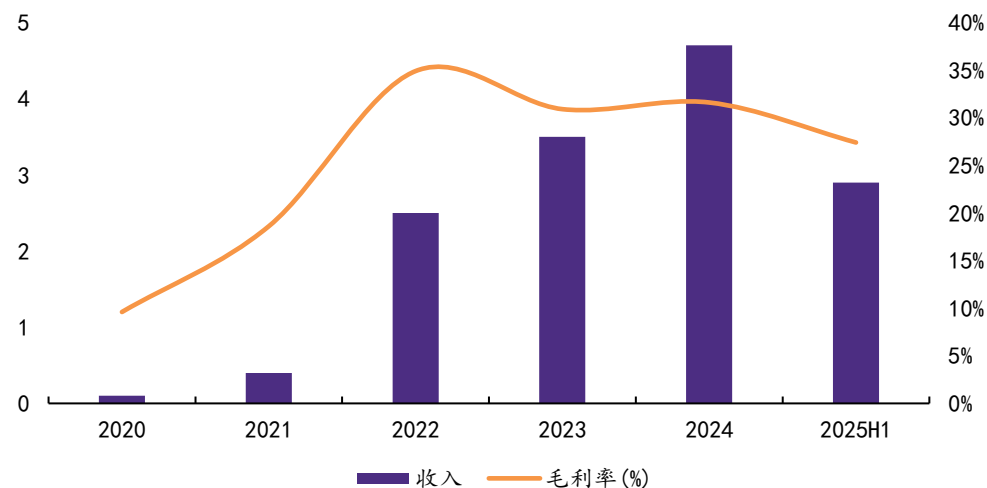
安培龙：国内车规级压力传感器领军企业，持续探索玻璃微熔工艺

安培龙是国内车规级压力传感器领军企业，MEMS压力传感器快速放量。公司已构建起以MEMS压力传感器（低压）、陶瓷电容式压力传感器（中压）、玻璃微熔压力传感器（高压）为核心的压力传感器产品矩阵体系，实现了低、中、高全压力量程覆盖的产业化落地与规模化应用。通过创新结构设计与工艺优化，系列产品性能已达到国际先进水平，成功实现与森萨塔、德国博世等国际头部企业的对标。产品广泛应用于汽车领域的动力总成系统（发动机及变速箱等）、底盘及制动系统、空调及热管理系统，家电领域的空调管路控制及咖啡机等场景，以及储能液冷热管理系统，形成多领域协同发展格局。2025年上半年，公司MEMS压力传感器共实现营收2,444.93万元，同比增长382.33%，呈现快速放量增长态势。依托差异化应用场景，该产品有望成为公司继陶瓷电容式压力传感器之后，在压力传感器产品领域推动业绩增长的重要新引擎。

陶瓷电容式压力传感器工艺路线图



安培龙压力传感器收入和毛利率



数据来源：安培龙招股书，wind，华鑫证券研究

04 风险提示

研究创造价值

机器人市场风险

原材料价格风险

投产进度不及预期

地缘政治风险

林子健：厦门大学硕士，自动化/世界经济专业，CPA。9年汽车行业研究经验，兼具买方和卖方研究视角。立足产业，做深入且前瞻的研究，覆盖人形机器人行星滚柱丝杠、线性关节模组、灵巧手以及传感器等领域。

张智策：武汉大学本科，哥伦比亚大学硕士，2024年加入华鑫证券。2年华为汽车业务工作经验，主要负责智选车型战略规划及相关竞品分析。

程晨：上海财经大学金融硕士，2024年加入华鑫证券，主要负责汽车&人形机器人板块。

钱臻：伦敦大学学院本科及硕士，2025年加入华鑫证券。

证券分析师承诺

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。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

免责声明

华鑫证券有限责任公司（以下简称“华鑫证券”）具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。本报告由华鑫证券制作，仅供华鑫证券的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告中的信息均来源于公开资料，华鑫证券研究部门及相关研究人员力求准确可靠，但对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。我们已力求报告内容客观、公正，但报告中的信息与所表达的观点不构成所述证券买卖的出价或询价的依据，该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时结合各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就财务、法律、商业、税收等方面咨询专业顾问的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，华鑫证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露。

本报告中的资料、意见、预测均只反映报告初次发布时的判断，可能会随时调整。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。在不同时期，华鑫证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。华鑫证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本报告版权仅为华鑫证券所有，未经华鑫证券书面授权，任何机构和个人不得以任何形式刊载、翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。若华鑫证券以外的机构向其客户发放本报告，则由该机构独自为此发送行为负责，华鑫证券对此等行为不承担任何责任。本报告同时不构成华鑫证券向发送本报告的机构之客户提供的投资建议。如未经华鑫证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。华鑫证券将保留随时追究其法律责任的权利。请投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的华鑫证券研究报告。

证券投资评级说明

股票投资评级说明：

	投资建议	预测个股相对同期证券市场代表性指数涨幅
1	买入	> 20%
2	增持	10%—20%
3	中性	-10%—10%
4	卖出	< -10%

行业投资评级说明：

	投资建议	行业指数相对同期证券市场代表性指数涨幅
1	推荐	> 10%
2	中性	-10%—10%
3	回避	< -10%

以报告日后的12个月内，预测个股或行业指数对于相关证券市场主要指数的涨跌幅为标准。

相关证券市场代表性指数说明：A股市场以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以道琼斯指数为基准。



华鑫证券
CHINA FORTUNE SECURITIES

研创造价值