

机械设备

2023年08月13日

巨头纷纷入局人形机器人，传感器迎来发展机遇期

——行业周报

投资评级：看好（维持）

孟鹏飞（分析师）

熊亚威（分析师）

张健（联系人）

mengpengfei@kysec.cn

xiongyawei@kysec.cn

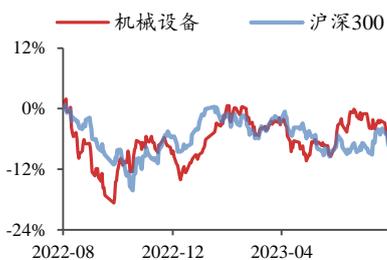
zhangjian1@kysec.cn

证书编号：S0790522060001

证书编号：S0790522080004

证书编号：S0790123040050

行业走势图



数据来源：聚源

相关研究报告

《智能焊接渗透空间大，国产焊接控制系统率先突破——行业周报》

-2023.8.6

《政策业绩双底已现，关注顺周期正当时——行业点评报告》-2023.8.3

《核电设备景气上行，四代核电东风渐至——行业周报》-2023.7.30

● 巨头纷纷入局人形机器人，传感器产业迎来发展机遇期

2023年8月9日，三星宣布将于10月份的三星技术日推出“半导体人形机器人”计划，该种机器人将具有嗅觉、味觉等人类感官功能。此外，2023年8月16日世界机器人大会将于北京召开，人形机器人行业催化不断，有望带动相关产业快速发展。传感器是实现人形机器人自动检测与自动控制的首要环节，可以分为内部传感器与外部传感器，内部传感器包括编码器、力/力矩传感器、惯性传感器等，外部传感器包括视觉传感器、味觉传感器、嗅觉传感器等。我们认为，随着科技巨头逐步入局人形机器人，传感器的品类、数量需求将实现双增长，编码器、力学传感器、惯性传感器等传感器产业有望获得快速发展机遇。

● 人形机器人持续推进，力传感器、编码器等持续受益

力传感器感知并度量力，在人形机器人关节上具有应用，编码器可测量旋转角度与速度，可通过伺服系统应用于人形机器人中。从竞争格局来看，高端编码器与多维力矩传感器由于技术壁垒较高，国内可量产的企业较少。惯性传感器可通过采集加速度和角速度等惯性信息推测人形机器人的实时位置和运动轨迹，从而实现定位导航并维持身体平衡。由于惯性传感器对芯片设计和晶圆制造要求较高，壁垒高，全球惯性传感器市场集中于海外企业，国内企业正加速技术升级与渗透。

● 人形机器人功能逐步增多，关注新型传感器机遇

科技巨头入局人形机器人，带动新型传感器产业发展，包括嗅觉传感器、味觉传感器等。嗅觉传感器借助敏感材料与气体分子进行物理、化学反应，引起电学性质发生变化，从而将气体的类别、浓度等信息转化为电信号并进行传输。从竞争格局看，国外企业如博世、德尔福等占据中高端气体传感器市场较大份额，国内企业如汉威科技等则不断加快国产替代步伐。味觉传感器是机器人“电子舌”的核心器件，其主要通过采用仿生膜材料，检测电势、电流等变化来判断味道类型，技术处于不断发展中。

● 受益标的

综合以上分析，建议重点关注力学传感器、编码器、IMU相关厂商。**受益标的：奥普光电**（国内光栅编码器领军者，市场扩容叠加国产替代打开成长空间）；**昊志机电**（高度稀缺的机床高端主轴、机器人关节模组供应商）；**康斯特**（高精度MEMS压力传感器打破海外垄断，量产在即，成长可期）；**柯力传感**（国内应变式力传感器龙头）；**汉威科技**（国内领先的气体传感器龙头企业、智能仪器仪表提供商）；**敏芯股份**（国内MEMS传感器龙头，布局惯性、压力、声学传感器）；**芯动联科**（高性能MEMS惯性传感器龙头，产品包括MEMS陀螺仪和加速度计）。

● **风险提示：**宏观经济复苏不及预期；国产化替代进程不及预期；市场竞争恶化风险。

目录

1、 巨头纷纷入局人形机器人，传感器产业迎来发展机遇期.....	4
2、 人形机器人持续推进，力学传感器、编码器等持续受益.....	5
2.1、 多维力矩传感器与编码器是人形机器人的核心传感器.....	5
2.2、 力矩传感器感知并度量力，多维力传感器技术难度高.....	7
2.3、 高端编码器具备技术壁垒与制造壁垒，国产替代逐步加速.....	8
2.4、 惯性传感器可感知机器人运动姿态，高性能产品壁垒高.....	10
3、 人形机器人功能逐步增多，关注新型传感器机遇.....	12
3.1、 嗅觉传感器模拟人的嗅觉，国产替代空间广阔.....	12
3.2、 味觉传感器是机器人“电子舌”的核心元件，技术逐步发展.....	15
4、 受益标的.....	17
5、 风险提示.....	18

图表目录

图 1： 2021 年三星电子在中国申请气体传感器专利.....	4
图 2： 2015 年三星电子申请了嗅觉传感装置专利.....	4
图 3： 传感器是人形机器人实现检测和控制的首要环节.....	5
图 4： 特斯拉旋转关节采用双编码器+力矩传感器.....	6
图 5： 协作机器人关节模组中采用双编码器.....	6
图 6： 灵巧手内的执行器是一个微型伺服电缸.....	7
图 7： 六维力矩传感器产品示意图.....	7
图 8： 六维力矩传感器结构图.....	7
图 9： 2025 年中国力矩传感器市场规模预计达 282 亿元.....	8
图 10： 编码器是测量位移、角度的高精度传感器.....	8
图 11： 编码器基于莫尔条纹与光电转换原理工作.....	8
图 12： 2022-2028 年国内编码器 CAGR 预计达 9.9%.....	9
图 13： 外国企业在我国编码器市场占比较高.....	10
图 14： IMU 可测量物体的三轴角速度和加速度等.....	10
图 15： 惯性传感器可广泛应用于无人驾驶、工业机器人等领域.....	11
图 16： 全球 MEMS 惯性传感器市场被国外企业控制.....	12
图 17： 基于超声波技术研发 O2 传感器可检测浓度和流量.....	12
图 18： 基于红外技术研发的 CO2 传感器可检测 CO2 浓度.....	12
图 19： 2020 年全球电化学类气体传感器市场空间为 3.5 亿美元，市占率为 53%.....	13
图 20： 气体传感器下游行业应用丰富.....	14
图 21： 全球气体传感器市场被海外企业控制，国产替代空间广阔.....	14
图 22： “电子舌”可模拟人的味觉.....	15
图 23： 基于类脂膜技术的味觉传感器.....	16
图 24： HyperTaste 借助 16 个传感器识别不同液体类型.....	17
表 1： 2023 年 8 月，人形机器人催化不断.....	4
表 2： 机器人传感器可以分为外部传感器与内部传感器两类.....	5

表 3: Optimus 根据关节活动需求分别安装线性执行器和旋转执行器 (单位: 个)	6
表 4: 奥普光电是国内高精度光栅编码器领军企业.....	9
表 5: IMU 方案可实现人形机器人位置感知和运动调整	11
表 6: 按照技术原理, 气体传感器可分为半导体气体传感器、催化燃烧气体传感器等	13
表 7: 国内气体传感器公司包括汉威科技、华工科技、四方光电等	15
表 8: 实现味觉传感器主要方法为电化学方法.....	16
表 9: 电子舌布局企业主要为海外企业	17

1、巨头纷纷入局人形机器人，传感器产业迎来发展机遇期

巨头纷纷入局人形机器人，产业催化不断。根据 CNMO 新闻，2023 年 8 月 9 日，三星宣布将于 10 月份的三星技术日推出“半导体人形机器人”计划，三星电子系统 LSI 部门总裁 Park Yong-in 预计将发表主题演讲，概述人形机器人进展和商业化战略。这是继特斯拉、谷歌、微软布局人形机器人领域后，又一科技巨头入局这一领域。

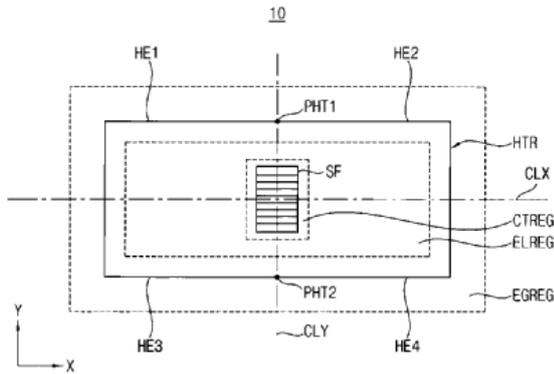
表1：2023 年 8 月，人形机器人催化不断

时间	事件
2023 年 8 月 9 月	三星宣布将于 10 月份的三星技术日推出“半导体人形机器人”计划，该种机器人将具有嗅觉、味觉等人类感官功能
2023 年 8 月 16 日至 22 日	世界机器人大会将在北京亦庄国际会展中心召开

资料来源：新京报、CNMO 手机中国、开源证券研究所

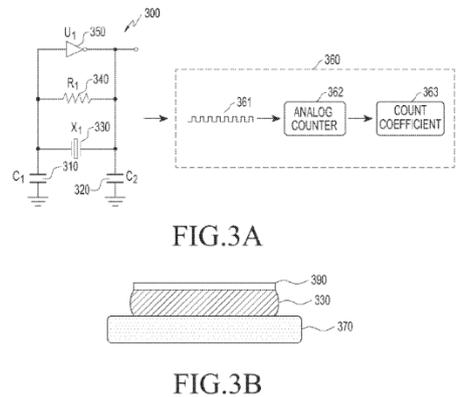
人形机器人技术发展带动传感器品类逐步增多。三星的“半导体人形机器人”预计除了力控、速度、加速度等感知外，还将具有嗅觉、味觉等人类感官功能，人形机器人传感器种类进一步增多。

图1：2021 年三星电子在中国申请气体传感器专利



资料来源：WIPO

图2：2015 年三星电子申请了嗅觉传感装置专利



资料来源：谷歌专利

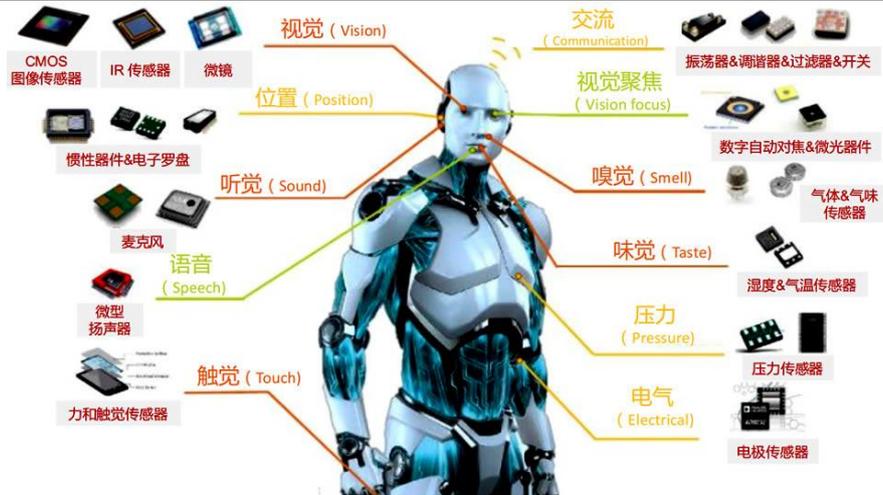
人形机器人技术进步与量产带动传感器数量快速增长。一方面，人形机器人功能逐步完善有望带动单机传感器数量逐步增多。另一方面，人形机器人量产后，销量提升也有望推动传感器总体需求规模提升。

人形机器人传感器可分为内部传感器与外部传感器：

(1) 外部传感器：主要用于感知外部环境，包括视觉传感器、触觉传感器、听觉传感器、嗅觉传感器、味觉传感器、接近度传感器等。

(2) 内部传感器：主要用于感知机器人自身的状态，包括速度与加速度传感器、力觉传感器、电机扭矩传感器等。

图3：传感器是人形机器人实现检测和控制的首要环节



资料来源：华南机器人研究院

表2：机器人传感器可以分为外部传感器与内部传感器两类

传感器类型		主要作用
外部传感器	视觉 CMOS 图像传感器、IR（红外） 传感器	探测环境障碍物、温度测量
	触觉 力传感器、力矩传感器	模仿人的皮肤，感知外力/外力矩
	听觉 麦克风传感器	实现声音感知和环境监测、声源定位、语音识别等功能
	嗅觉 气体、气味传感器	判断气体/气味种类，能监测环境中的有害气体、检测可燃气体等
	味觉 湿度&气温传感器	通过感知食物的湿度和气温变化，判断香气、口感和味道
	交流 振荡器、协调器、过滤器	产生声音/特定频率信号，去除信号噪音和干扰，对外交流
	电气 电极传感器	测量机器人周围环境中的生物电信号、电场分布等
内部传感器	位置 光电编码器	电机转角/转速测量、里程测量
	姿态 惯性传感器	可以检测机器人的运动状态（速度和位置）以及旋转状态（角速度和姿态）
	加速度 加速度传感器	加速度测量

资料来源：传感器技术公众号、汉威科技 2022 年年报、电子发烧友网、传感器专家网、《基于数字图像处理的自动对焦技术研究》（刘兴宝，2008）、开源证券研究所

综上所述，我们认为，随着人形机器人产业的推进，应用传感器的品类、数量将实现双增，编码器、力学传感器、惯性传感器等高端传感器将获得快速发展机遇。

2、人形机器人持续推进，力学传感器、编码器等持续受益

2.1、多维力矩传感器与编码器是人形机器人的核心传感器

特斯拉机器人全身共使用 40 个关节执行器（又称为关节模组）：关节执行器是模仿人体的关节而诞生，最早由美国科尔摩根公司发明，供应给协作机器人厂商，特斯拉机器人关节模组使用的数量和目前全球领先的人形机器人基本一致，可以在机器人运动过程中实现稳态控制。

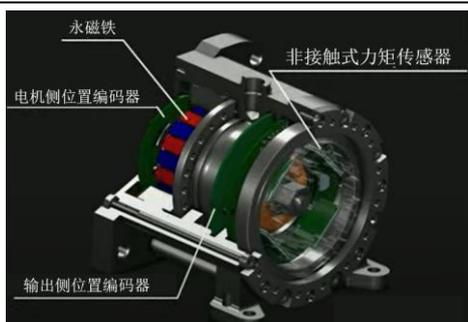
表3: Optimus 根据关节活动需求分别安装线性执行器和旋转执行器 (单位: 个)

关节部位	线性执行器	旋转执行器
颈部		2
肩膀		3*2
手臂		-
肘关节	1*2	
手腕	1*2	1*2
腰部		2
胯部		1*2
腿部	3*2	
腿内侧		1*2

资料来源: 2022 年特斯拉 AI DAY、开源证券研究所

(1) 旋转关节: 采用高低速双编码器+力矩传感器。输出侧和电机侧各有一个编码器。输出侧编码器用于测量输出位置的变化, 电机侧编码器用于计算得到输出轴的理论位置, 与输出侧编码器的数据进行对比, 得到外部受力大小, 从而交付驱动器进行后续控制。

图4: 特斯拉旋转关节采用双编码器+力矩传感器



资料来源: 2022 特斯拉 AI DAY

图5: 协作机器人关节模组中采用双编码器



资料来源: 科尔摩根官网

(2) 线性关节: 采用无框电机+新型滚珠丝杠+力传感器+位置传感器(编码器)。特斯拉机器人全身使用 14 个线性执行器(伺服电缸), 在早期阶段, 位置传感器占线性关节成本的 2.2%。

(3) 手部关节: 由空心杯电机+螺纹丝杠+精密行星齿轮箱+编码器构成。特斯拉手部关节使用 14 个微型线性执行器(伺服电缸), 内部通过高速运转的空心杯电机(小功率段体积最小、功率密度最高的电机)提供动力。

图6：灵巧手内的执行器是一个微型伺服电缸



资料来源：机器人大讲堂微信公众号

2.2、力矩传感器感知并度量力，多维力传感器技术难度高

力矩传感器是感知并度量力的关键部件。力矩传感器又称为扭矩传感器，可对各种旋转或非旋转机械部件上的扭转力矩进行感知检测，能够将扭力的物理变化转换成电信号，具有精度高、频响快、可靠性好、寿命长等优点。

按照测量维度，力传感器可以分为一至六维力传感器。六维力传感器是目前维度最高、力觉信息反馈最为全面、难度最大的力觉传感器，最早应用于航空航天市场，后逐步应用于打磨、铣削、焊接及装配场景的工业机器人以及对传感性能要求更高的协作机器人。一台进口的六维传感器价格接近国内一台协作机器人的价格，考虑成本管控，我们认为特斯拉机器人在量产初期基本不会使用六维传感器，使用一维传感器可能较大。

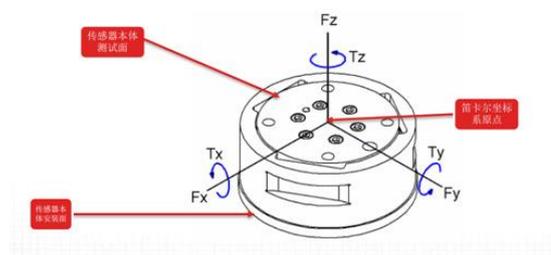
多维力矩传感器技术壁垒高。多维力矩传感器相比于单轴力矩传感器技术壁垒较高，多维力传感器不仅要解决对所测力分量敏感的单调性和统一性难题外，也要解决因结构加工和工艺偏差引起的维间（轴间）扰乱难题、动静态标定难题以及矢量运算中的解耦算法和电路实现等难题。

图7：六维力矩传感器产品示意图



资料来源：机器人大讲堂微信公众号

图8：六维力矩传感器结构图



资料来源：国际工业自动化网

预计 2025 年中国力矩传感器市场空间为 282 亿元。力矩传感器大量应用于高性能汽车领域，作为工业自动化领域的重要支柱，力矩传感器将会在未来的工业互联网、无人工厂和新型机器人产业中发挥重要作用。中研网数据显示，预计 2025 年国内力矩传感器市场规模能够达到 282 亿元。

图9：2025年中国力矩传感器市场规模预计达282亿元



数据来源：中研网、开源证券研究所

单轴力矩传感器技术门槛不高，可生产的企业众多，六维力矩传感器技术门槛较高，可生产的供应商较少，包括宇立仪器、坤维科技、昊志机电等。根据昊志机电2022年年报，其具有六维力矩传感器生产能力。

2.3、高端编码器具备技术壁垒与制造壁垒，国产替代逐步加速

编码器是测量位移、角度的高精度传感器。编码器是集光、机、电、算技术于一体的高精度位移传感器，可将机械运动转换为电信号输出。

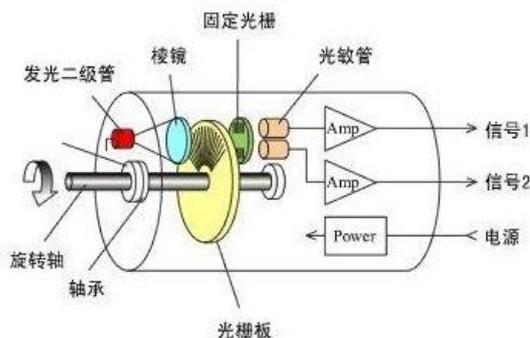
编码器基于莫尔条纹与光电转换原理工作，当电动机旋转时，光栅盘与电动机以相同速度旋转，光栅盘与固定光栅发生相对位移，产生莫尔条纹，经发光二极管等电子元件组成的检测装置检测输出若干脉冲信号，通过计算每秒光电编码器输出脉冲的个数就能反映当前电动机的转速。

图10：编码器是测量位移、角度的高精度传感器



资料来源：吉林大学仪器科学与电气工程学院微信公众号

图11：编码器基于莫尔条纹与光电转换原理工作



资料来源：化工仪器网

编码器属于高精度测量仪器，具备很强的技术壁垒和制造壁垒。

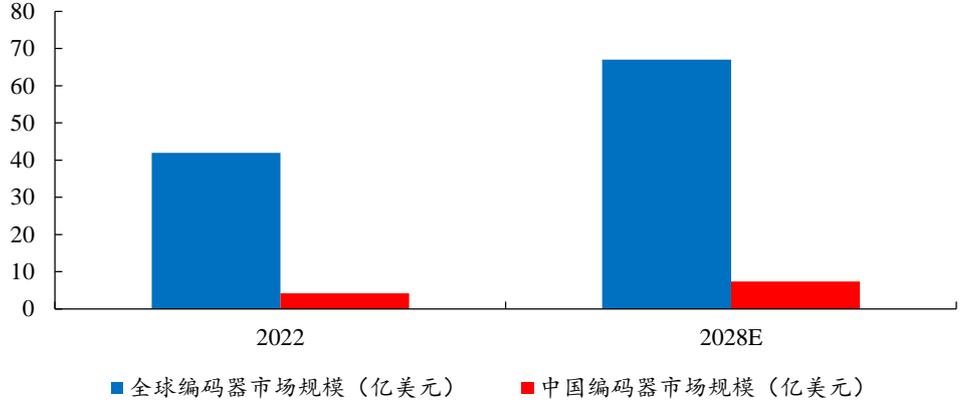
(1) 技术壁垒：集光、机、电技术一体，研发难度高，需要具备电子电路、信号处理等多方面技术实力，对人才要求高、研发投入较高。

(2) 制造壁垒：对基础材料和工艺制造水平要求较高。

预计2028年国内编码器市场空间为7.4亿美元。编码器主要应用于电梯产业、机床、电动机、食品和包装等领域。尚普咨询数据显示，预计2028年，全球编码器

市场达 67 亿美元，国内编码器市场规模达 7.4 亿美元，2022-2028 年国内编码器市场规模 CAGR 为 9.9%。

图12：2022-2028 年国内编码器 CAGR 预计达 9.9%



数据来源：尚普咨询、开源证券研究所

高精度编码器依然依赖进口，国产替代逐步推进。

国内光栅编码器厂商：包括怡信集团、广州诺信、桂林广陆、莱格光电等，上市公司中奥普光电、汇川技术、埃斯顿、昊志机电也已实现编码器的自研。目前，奥普光电下属的禹衡光学研发的高端光栅尺已进入小批量生产阶段，有望对海外高端产品实现替代。

表4：奥普光电是国内高精度光栅编码器领军企业

	公司介绍	光栅编码器布局
奥普光电	奥普光电主业为光电测控仪器设备、新型医疗仪器、光学材料和光栅编码器等产品的研发、生产与销售。	奥普光电持股 65% 的子公司禹衡光学前身是始建于 1965 年的长春第一光学仪器厂，是中国最早的光电编码器及光学仪器专业制造商。
汇川技术	汇川技术是我国工业自动化领域龙头，主要为设备自动化/产线自动化/工厂自动化提供变频器、伺服系统、PLC/HMI、高性能电机、传感器、机器视觉等工业自动化核心部件及工业机器人产品。	公司全资子公司长春汇通具备光电编码器以及磁编码器自制生产能力，生产的磁编码器应用于公司自产的伺服电机，降低了伺服电机的生产成本，公司运动控制类产品的毛利率行业领先。
埃斯顿	埃斯顿是我国工业机器人龙头，拥有“核心部件+本体+机器人集成应用”的全产业链竞争优势。核心部件包括伺服系统、PLC、HMI、编码器、数控系统。本体包括六轴通用机器人、四轴码垛机器人、SCARA 机器人以及焊接机器人，应用涵盖光伏、锂电、焊接、钣金折弯、冲压、压铸、木工打孔、装配、分拣、打磨、去毛刺、涂胶等。	公司伺服电机所用编码器为高精度编码器，能够满足通用伺服系统对高精度控制的应用需求。
昊志机电	昊志机电是国内第一家，也是唯一一家以高速精密电主轴及其零配件为主业的上市公司，为中高端数控机床提供自主研发、自主品牌的主轴系列产品。此外，立足主轴，公司自主研发拓展了转台、直线电机、DD 直驱电机、导轨等数控机床核心部件。	公司先后攻克了智能机器人用“高性能谐波减速器”、“高精度编码器”、“一体化关节模组”、“六维力传感器”、“控制系统”等一系列核心功能部件技术，打破了智能机器人核心功能部件依赖进口的局面，实现了智能机器人核心功能。

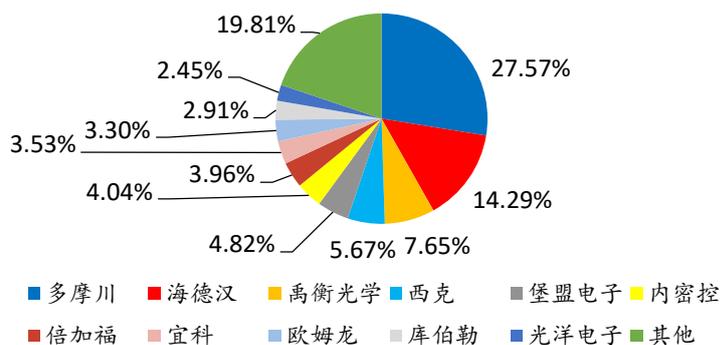
资料来源：奥普光电公司公告、禹衡时代公司官网、汇川技术公司公告、长春汇通公司官网、埃斯顿公司公告、深圳市机械行业协会微信公众号、昊志机电公司公告、开源证券研究所

海外光栅编码器厂商：包括海德汉、雷尼绍、发格公司等，其中海德汉是该领

域龙头公司，封闭式玻璃载体绝对式光栅尺 80%以上由海德汉占据。海外编码器的主要生产企业还有多摩川。

外国企业在我国编码器市场占比较高。根据 MIR 统计，按销售额计算，2022 年我国编码器 42% 的市场被多摩川、海德汉两家外资厂商占据，国内厂商禹衡光学市场占比 8%，位列第三。

图13：外国企业在我国编码器市场占比较高

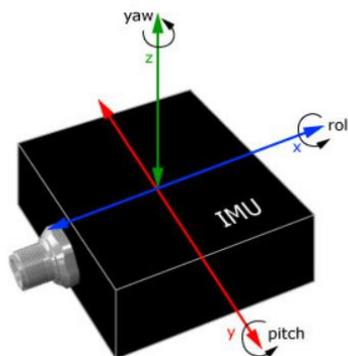


数据来源：MIR、开源证券研究所

2.4、惯性传感器可感知机器人运动姿态，高性能产品壁垒高

惯性传感器 (IMU) 是将物体运动的加速度、位置和姿态转换为电信号的器件。其中加速度计用来检测三个方向的加速度，陀螺仪用来检测三个方向的角速度，磁力计可以通过测量周围磁场提供方向信息。

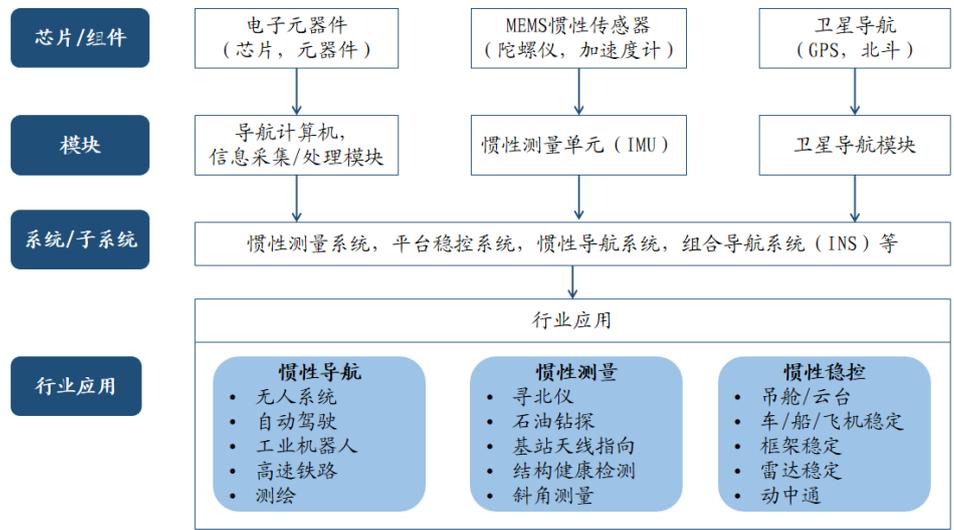
图14：IMU 可测量物体的三轴角速度和加速度等



资料来源：USGS

惯性传感器上游为芯片、组件等，中游为惯性模组，下游则为主要应用领域。其中低精度惯性传感器主要应用于消费电子，中端产品主要用于汽车 ESP、ADAS 和 GPS 导航系统中，超高精度产品则用于军工和航空航天领域。

图15：惯性传感器可广泛应用于无人驾驶、工业机器人等领域



资料来源：芯动联科招股书、开源证券研究所

惯性传感器作为机器人的位觉感受器，能够测量机器人的位置、运动及姿态信息。IMU 可以与摄像头、力传感器等多传感器数据融合，其采集的加速度和角速度等惯性信息可推测人形机器人的实时位置和运动轨迹，从而实现定位导航，并维持机器人身体平衡。

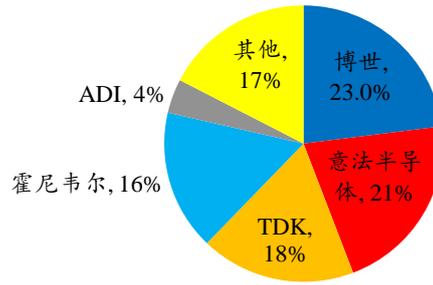
表5：IMU 方案可实现人形机器人位置感知和运动调整

人形机器人	IMU 相关方案
特斯拉 Optimus	特斯拉正在制造自主机器人的基础模型，其多模态神经网络接受和处理来自摄像视频、地图、导航、IMU、GPS 等的信息。
波士顿动力 Atlas	使用 IMU、关节位置和力传感器来控制其身体运动并感觉地面以保持平衡。
小米 CyberOne	欧菲光协同开发小米 CyberOne 的 Mi-Sense 深度视觉模组，主要由 iToF 模组、RGB 模组、可选的 IMU 模块组成。
UCLA ARTEMIS	ARTEMIS 人形机器人的系统从 IMU 获取角速度和线性加速度、腿部的关节角度（即腿部运动学）和接触信息，以此估计陀螺仪偏差和加速度计偏差以及机器人的全局位姿和速度。

资料来源：搜狐网、EDN China、IT 之家、UCLA 官网、开源证券研究所

高性能惯性传感器壁垒较高，国产替代逐步加速。MEMS 惯性传感器对芯片设计和晶圆制造端要求较高，全球范围内 MEMS 惯性传感器主要集中于博世、意法半导体、TDK、ADI 等外资企业，市场集中度较高。2022 年，博世、意法半导体市场份额占比分别达 23%、21.2%。国内企业如敏芯股份、芯动联科等公司 MEMS 惯性传感器技术体系相对先进，产品正在实现升级以及渗透。

图16：全球 MEMS 惯性传感器市场被国外企业控制



数据来源：中商产业研究院、开源证券研究所。注释：数据为 2022 年数据

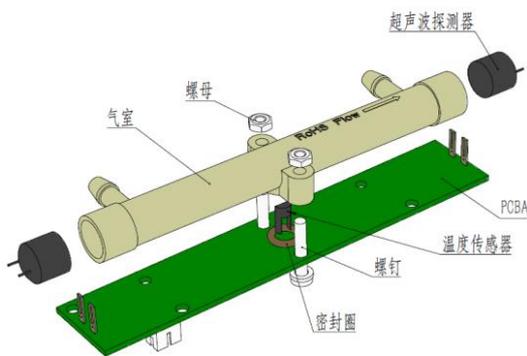
3、人形机器人功能逐步增多，关注新型传感器机遇

3.1、嗅觉传感器模拟人的嗅觉，国产替代空间广阔

机器人嗅觉技术是通过模拟人的嗅觉和呼吸系统（电子鼻），对空气中的化学物质进行快速检测，以识别气体的类型、浓度等信息，常见的传感器类型为气体传感器。

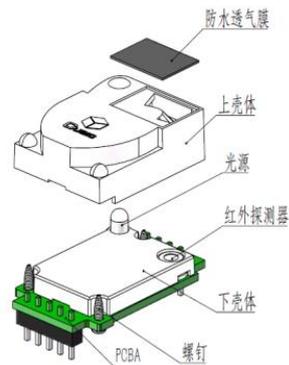
气体传感器的工作原理是借助敏感材料（氧化锌、氮化硅等）与气体分子进行物理、化学反应，引起电学性质（电阻、电流、电压、光吸收等）发生变化，从而将气体的类别、浓度等信息转化为电信号并进行传输。

图17：基于超声波技术研发 O2 传感器可检测浓度和流量



资料来源：四方光电招股说明书

图18：基于红外技术研发的 CO2 传感器可检测 CO2 浓度



资料来源：四方光电招股说明书

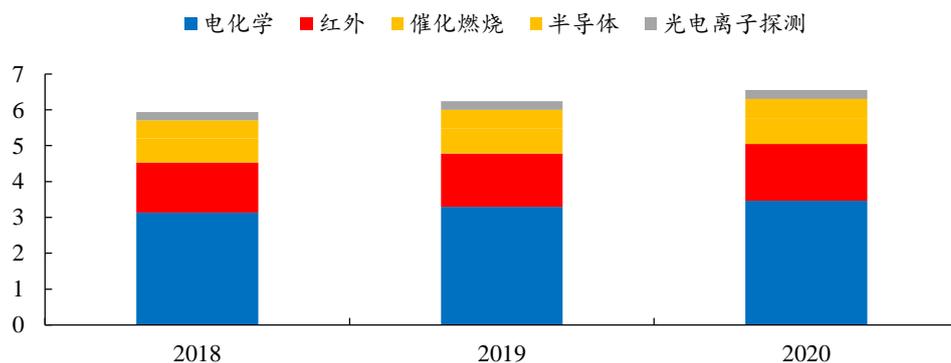
按照技术原理，气体传感器可分为半导体气体传感器、催化燃烧气体传感器、电化学气体传感器、光学气体传感器、超声波气体传感器、光电离子探测气体传感器等。

电化学气体传感器成本低、准确性高，是目前主流的气体检测设备，红外、光散射气体传感器出现及应用时间较晚，难度较大，价格较高，目前所占市场份额仍相对较小，但由于高精度、高使用寿命的特点，未来发展空间大。

表6: 按照技术原理, 气体传感器可分为半导体气体传感器、催化燃烧气体传感器等

类型	工作原理	特点	应用领域
半导体气体传感器	主要由金属氧化物薄膜制成的阻抗器件, 其电阻随着气体含量不同而变化	成本低廉、制造简单、适用面广、简单易用; 但易受背景气体和温度干扰、对气体的选择性差、稳定性较差、功耗较高	家用、工业、商业可燃气体泄漏报警、防火安全检测
催化燃烧气体传感器	气敏材料在通电加热状态下, 可燃性气体氧化燃烧, 电热丝由于燃烧而升温, 从而使其电阻值发生变化	可对绝大多数可燃性气体进行检测, 产品结构简单; 但测量需要有氧气存在, 测量精度较低, 容易高量程中毒, 寿命短	多用于天然气、液化气、煤气、烷类等可燃气体浓度检测, 以及汽油、苯、醇、酮等有机溶剂蒸汽检测
电化学气体传感器	分为原电池式、可控电位电解式、电量式和离子电极式四种类型, 通过检测不同状态下的电流来检测气体浓度	体积小、功耗低、线性范围宽、重复性好; 但易受干扰, 寿命不长	有毒气体、氧气和酒精等气体检测, 主要应用于在石油化工、冶金、矿山等行业
光学气体传感器	通过监测不同气体成分对不同波长的吸收率检测气体浓度	选择性较好, 抗交叉干扰的能力比较强, 无需在氧气环境下工作, 使用寿命长; 但技术难度较大, 价格高	是智能气体传感器的重要载体, 适用于检测二氧化碳、甲醛、可燃性冷媒等气体, 主要应用在暖通制冷与室内空气质量监控、工业过程及安防监控
超声波气体传感器	通过超声波测量气体的密度来测量组成, 通过超声波上下游的飞行时间差别来计算流速	非接触性测量、量程宽、可同时测量浓度及流量	运用在医疗健康、工业过程及能源计量等领域
光电离子探测气体传感器	由紫外灯光源和离子室等主要部分构成, 待测气体在紫外灯的照射下离子化, 在离子室有正负电极, 形成电场, 测量其电流, 得到气体浓度	灵敏度高、无中毒问题; 成本高、使用寿命短, 容易受到高温环境的影响	主要用于检测 VOC, 广泛应用于化工、石油、环保、制造、酿酒等诸多行业

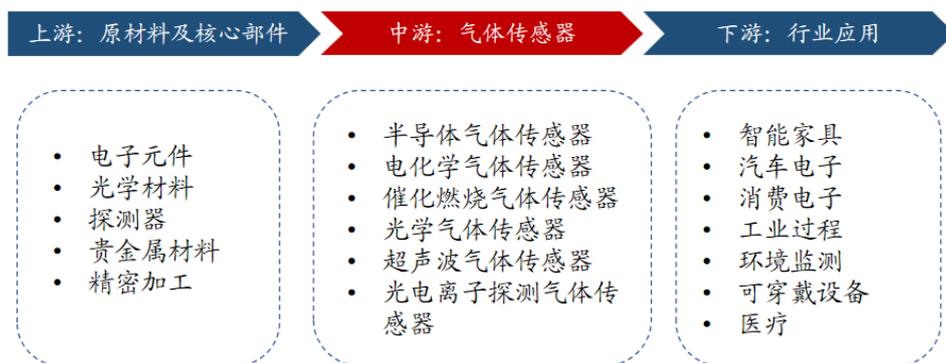
资料来源: 四方光电招股说明书、开源证券研究所

图19: 2020 年全球电化学类气体传感器市场空间为 3.5 亿美元, 市占率为 53%


数据来源: Mordor Intelligence、四方光电招股书、开源证券研究所。注释: 单位为亿美元

气体传感器广泛应用于智能家居、汽车电子、消费电子、工业过程、环境监测、可穿戴设备、医疗等行业, 随着智慧工业、智能家居、环境监测等物联网场景需求剧增, 应用范围逐步扩大。

图20：气体传感器下游行业应用丰富

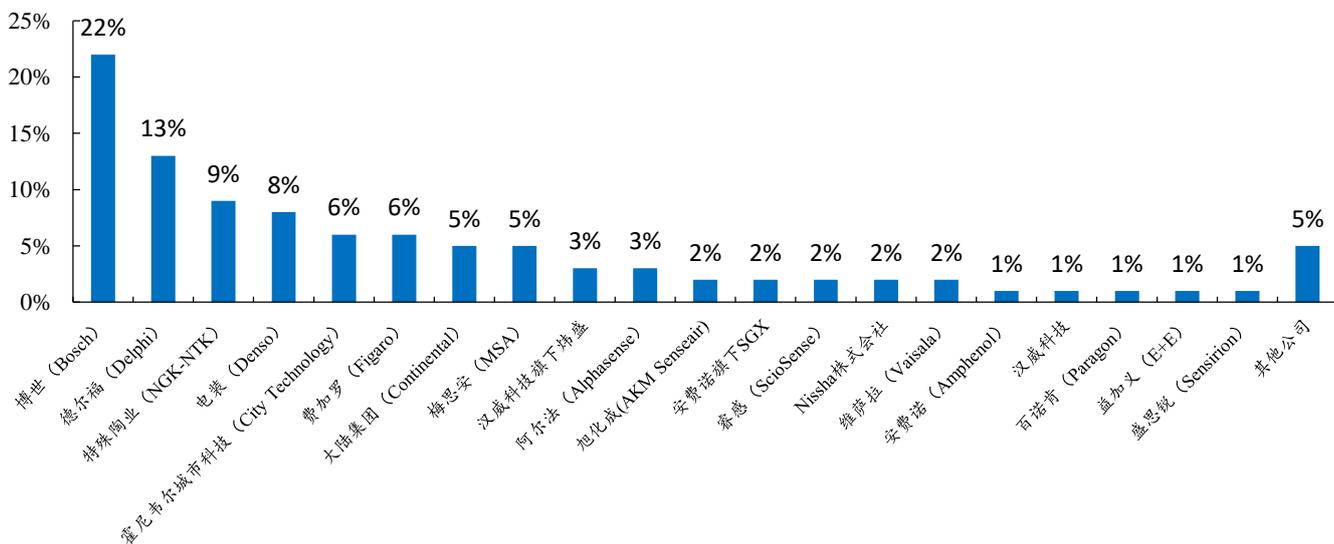


资料来源：华经产业研究院、开源证券研究所

受益于下游景气度提升，气体传感器市场规模有望保持快速增长。Mordor Intelligence 数据显示，全球气体传感器市场规模预计将由 2023 年的 13.9 亿美元增长至 2028 年的 22.8 亿美元，复合增长率达到 10.40%。

全球气体传感器市场被海外企业控制，国产替代空间广阔。气体传感器企业主要集中于美国、日本和欧洲等地，国外企业占据中高端气体传感器市场较大份额。Yole Development 数据显示，2020 年全球气体传感器 44% 的市场被博世 (Bosch)、德尔福 (Delphi)、特殊陶业 (NGK-NTK) 三家外资厂商占据，国内龙头企业汉威科技及子公司炜盛电子仅占全球气体传感器市场的 4%。随着国内人形机器人等相关产业发展及传感器技术进步，未来国产替代进程有望加快。

图21：全球气体传感器市场被海外企业控制，国产替代空间广阔



数据来源：Yole Development、开源证券研究所。注释：数据为 2020 年市占率数据

国内气体传感器公司包括汉威科技、华工科技、四方光电、南华仪器等，其中汉威科技是国内最早从事气体传感器研究、生产的厂家之一，可检测气体 300 余种，公司产品占国内气体传感器市场数量的 70%。

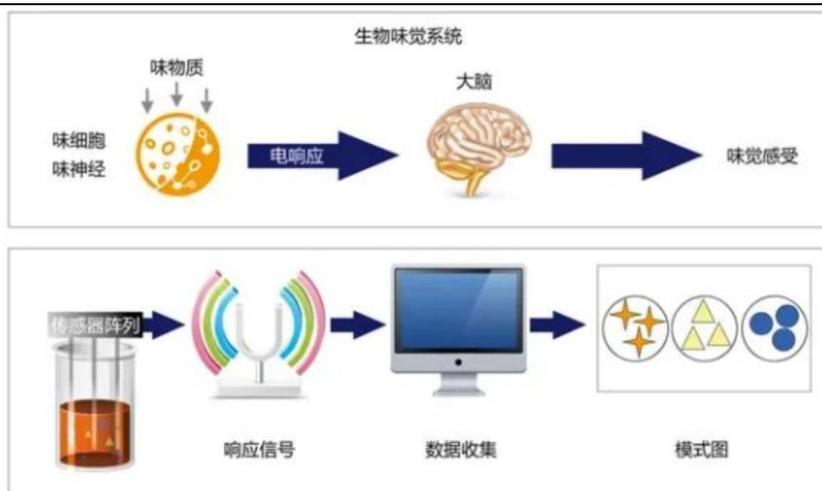
表7：国内气体传感器公司包括汉威科技、华工科技、四方光电等

公司简称	成立时间	相关产品
汉威科技	1998年	国内最早从事气体传感器研究、生产的厂家之一，可以生产催化燃烧类、电化学类、红外光学（含激光）类、MEMS 工艺类主流气体传感器等 200 多个品种的各类传感器，可检测气体 300 余种，公司产品占国内气体传感器市场数量的 70%。
华工科技	1999年	形成了以传感器、信息激光、能量激光+智能制造为核心的业务模式，传感器方面，华工科技拥有温度、压力、湿度、光、空气、雨量等多功能传感器产品和物联网解决方案。
四方光电	2003年	形成了包括光学(红外、紫外、光散射、激光拉曼)、超声波、MEMS 金属氧化物半导体 (MOX)、电化学、陶瓷厚膜工艺高温固体电解质等原理的气体传感技术平台，四方光电气体传感器产品已切入多家整车厂一级供应商。
南华仪器	1996年	自主拥有非分散红外光谱高精检测技术，主要产品集物联网、智慧检测、环保科技、信息产业为一体，包括汽车检测设备及系统、环境监测设备与系统。
川东磁电	2002年	主要传感器产品：CO 传感器、甲烷 CH4 传感器、异味传感器等。
奥迪威	1999年	拥有自主研发的基于非分光红外吸收原理的二氧化碳传感器，能够以 PVM 的方式输出模拟信号和 UART 串口方式输出数值信号，适合不同类型接口应用的智能空气测量和净化系统。
万讯自控	1994年	产品涵盖自动化仪表、物联网智慧服务、MEMS 传感器、机器人 3D 视觉、高端数控系统等，MEMS 传感器主要有压力传感器和气体传感器，2021 年，万讯自控投入 1200 多万元，与外部科研机构研究所合作，开发用于家庭报警器产品的气体传感器。
格林通	1997年	致力于专业研发、制造和销售可燃性气体、有毒有害气体检测、火焰探测等环境安全类实时监测产品，以及 GDS 和 FGS 系统的集成服务。

资料来源：传感器专家网、开源证券研究所

3.2、味觉传感器是机器人“电子舌”的核心元件，技术逐步发展

机器人味觉技术是通过模拟人的味觉，识别涩味、苦味、酸味、咸味等信息。通过机器人味觉技术可以对食品、药品等产品味道进行分析，从而实现产品口感判断、质量检测、有毒成分检测等功能。

图22：“电子舌”可模拟人的味觉


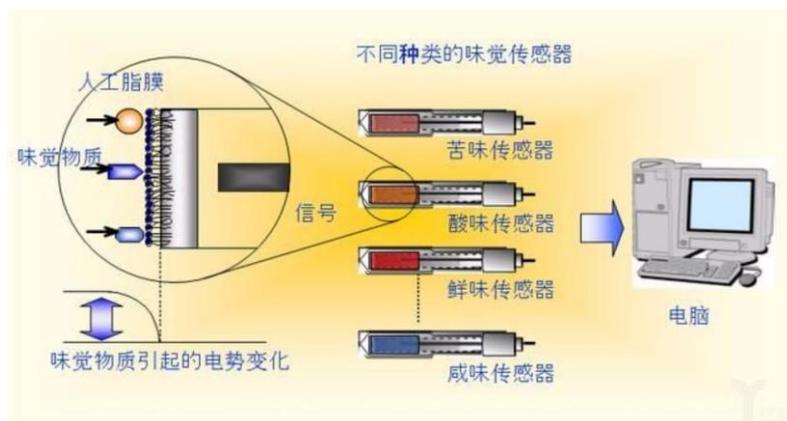
资料来源：食品伙伴网公众号

电子舌采用仿生膜材料，通过检测电势变化来判断味道类型。人类味觉由五种基本物质组成，其中酸味由氢离子引起的，比如盐酸、氨基酸等，咸味主要由 NaCl

引起，甜味主要由蔗糖等引起，苦味主要由奎宁、咖啡因等引起，鲜味主要由谷氨酸单钠等引起。电子舌采用类似生物系统的材料作为传感器敏感膜，当类脂薄膜与味觉物质接触时，膜两侧的电势将发生变化，从而对味觉物质产生响应，且可检测出各味觉物质之间的相互关系，并具有仿生性，达到生物的味觉感受。

电子舌包括传感器阵列、信号采集模块和模式识别系统三类。

图23：基于类脂膜技术的味觉传感器



资料来源：食品伙伴网公众号

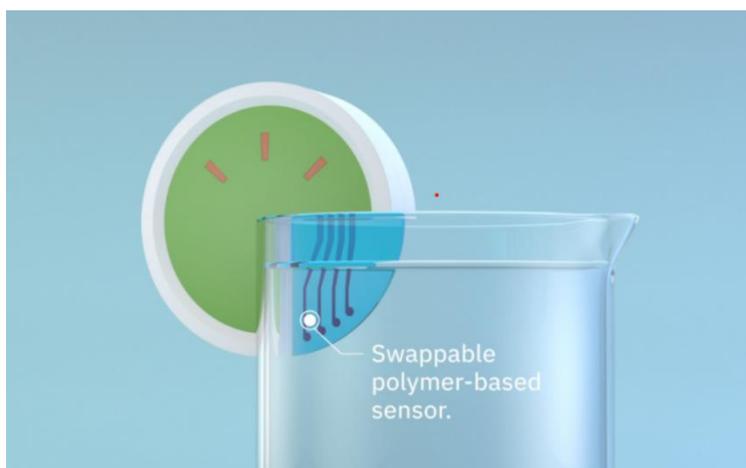
根据传感器原理可将其区分为电位型电子舌、伏安型电子舌、阻抗谱型电子舌、光学型电子舌和声波型电子舌等。

表8：实现味觉传感器主要方法为电化学方法

类型	构造方法	检测原理	优点	缺点
电化学方法	电位法	敏感膜上的电位变化	系统和数据简单	对非或弱电解质不敏感
	伏安法	对应刺激电位的响应电流	信息量丰富	结构复杂，有冗余信息
	电流法	电流变化	系统简单	仅对电活性物质有响应
	阻抗谱法	低幅正弦波扰动	包含动力学和界面结构信息	检测时间长，与味觉信息关联度低
其他方法	表面等离子共振	偏振角漂移	结构简单重现性好	表达物理特性
	石英晶体微量天平	频率变化	测量时间短	传感器稳定性差
	表明声波法	频率变化	系统简单	表达重量变化
	光学法	光效应	重现性好	表达部分物质

资料来源：《智能人工味觉分析方法在几种食品质量检验中的应用研究》（刘淼，2012年）、开源证券研究所

IBM 研发“电子舌头”。电子舌的相关研究起源于20世纪80年代，主要参与的国家为日本、美国。其中，日本九州大学科学家最先开发出味觉传感器，目前已经应用在食品工业中。2022年6月，IBM研发出化学味觉感知工具“HyperTaste”，可通过分析液体的化学成分，识别出不同液体的类型。

图24: HyperTaste 借助 16 个传感器识别不同液体类型


资料来源：智东西

表9: 电子舌布局企业主要为海外企业

公司名称	成立时间	地区	产品	应用领域	相关客户
Insent	2002	日本	1993 年 Insent 推出全球首款 e-Tongue (电子“舌头”) 味觉传感器。	饮料、固体 (需预先液化)、药品	全球 600+实验室系统,北京盈盛恒泰科技公司
Alpha MOS	1992	法国	产品为 ASTREE 味觉传感器电子舌头, 能够检测液体中味觉相关的有机/无机化合物, 判断咸味、酸味、鲜味等味觉属性强度。	食品、化妆品、牛奶	东京农业大学、Optimum Nutrition、爱尔兰健康食品、(FHI)-都柏林大学 (UCD)
IBM	1911	美国	研究开发了 HyperTaste, 带有基于微控制器的硬件的印刷电路板和 16 个导电聚合物传感器的组件, 浸入液体中会产生该液体特有的电压信号 (化学指纹), 通过与数据库比较识别液体类型。	食品, 矿泉水、果汁、咖啡、酒精等液体, 医疗保健, 制药, 海洋化学	“Mayflower” 船体

资料来源: Insent 官网、Alpha MOS 官网、IEEE Spectrum、开源证券研究所

4、受益标的

奥普光电：国内光栅编码器领军者，市场扩容叠加国产替代打开成长空间

昊志机电：高度稀缺的机床高端主轴、机器人关节模组供应商

康斯特：高精度 MEMS 压力传感器打破海外垄断，量产在即，成长可期

柯力传感：国内应变式力传感器龙头

汉威科技：国内领先的气体传感器龙头企业、智能仪器仪表提供商

敏芯股份：国内 MEMS 传感器龙头，布局惯性、压力、声学传感器

芯动联科：高性能 MEMS 惯性传感器龙头，产品包括 MEMS 陀螺仪和加速度计

5、风险提示

宏观经济复苏不及预期；国产化替代进程不及预期；市场竞争恶化风险。

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。根据上述规定，开源证券评定此研报的风险等级为R3（中风险），因此通过公共平台推送的研报其适用的投资者类别仅限定为专业投资者及风险承受能力为C3、C4、C5的普通投资者。若您并非专业投资者及风险承受能力为C3、C4、C5的普通投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研报中的任何信息。因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师承诺

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

股票投资评级说明

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

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

分析、估值方法的局限性说明

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

法律声明

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

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

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

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

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

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

开源证券研究所

上海

地址：上海市浦东新区世纪大道1788号陆家嘴金控广场1号楼10层
邮编：200120
邮箱：research@kysec.cn

深圳

地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号楼45层
邮编：518000
邮箱：research@kysec.cn

北京

地址：北京市西城区西直门外大街18号金贸大厦C2座9层
邮编：100044
邮箱：research@kysec.cn

西安

地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层
邮编：710065
邮箱：research@kysec.cn