

证券研究报告 | 机械 | 2023年12月26日

多行业联合研究·人形机器人行业专题

人形机器人系列：人形机器人星辰大海，国内厂商迎来新机遇

分析师

李鲁靖

登记编号：S1220523090002

郭彦辰

登记编号：S1220523110003

张初晨

登记编号：S1220523070001

王玉

登记编号：S1220521010001

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

- ❑ 行星滚柱丝杠为降本需求迫切的关节零部件，国内厂商积极推进，致力于实现其低成本量产，丝杠制造商及上游设备供应商或充分受益。Optimus人形机器人需使用六维力传感器、IMU及触觉传感器，相关厂商迎来新机遇。
- ❑ 人形机器人旋转执行器核心在于参数耦合及定制化，直线执行器核心在于行星滚柱丝杠的低成本、规模化量产。电机为机器人力量之源，国产替代加速推进。
- ❑ 人形机器人是具身智能发展的理想最终形态，涉及的计算机应用技术范围更广更深。多模态大模型是提升机器人感知与交互的关键。视觉技术是机器人感知中最重要部分，品牌销售继续提升。机器人厂商多自研认知与决策算法，夯实核心竞争力。
- ❑ 人形机器人行业星辰大海，相关汽车零部件厂商或受益。Optimus人形机器人与新能源车行业在产业链及算法等方面存在技术协同，产业化进程提速。
- ❑ **建议关注：**执行器总成：三花智控、拓普集团；减速器：绿的谐波、双环传动等；丝杠：贝斯特、五洲新春、北特科技、秦川机床、日发精机、华辰装备、浙海德曼等；传感器：东华测试、柯力传感、敏芯股份、明皊传感（未上市）、华依科技、汉威科技等；电机：步科股份、鸣志电器、鼎智科技等。
- ❑ **风险提示：**人形机器人应用场景开拓不及预期，产业链降本不及预期，国内供应商研发进展不及预期。

01

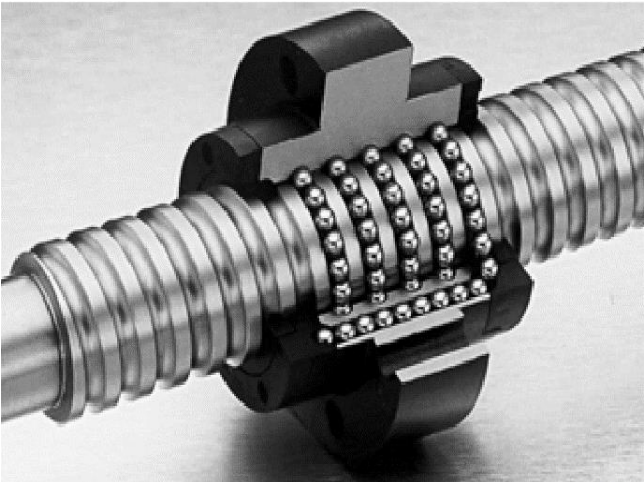
重点关注丝杠、丝杠设备 及传感器环节的投资机会

丝杠是实现旋转运动与直线运动相互转化的传动机构，行星滚柱丝杠为最优异品类

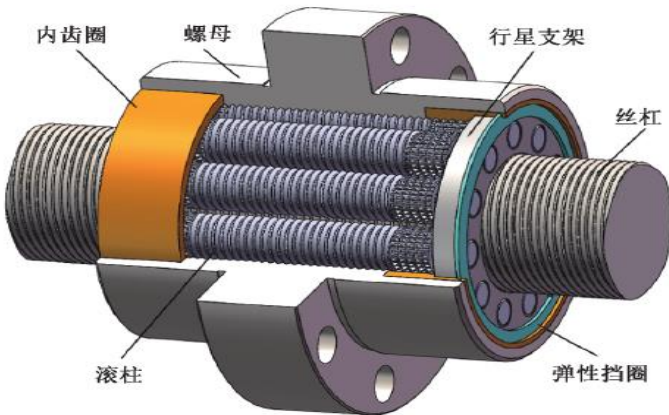
滚动功能部件是以滚动摩擦为特征，由具有传动、定位、导向、分度等功能组成的零部件群，主要包括滚珠丝杠副及滚动直线导轨副。

行星滚柱丝杠是综合性能最优异的丝杠品类。丝杠是一种传动机构，可实现旋转运动与直线运动的相互转化，目前常见的丝杠品种包括梯形丝杠、滚珠丝杠与行星滚柱丝杠。梯形丝杠通过滑动摩擦来传动，价格低，但传动效率等性能较弱，多用于工作要求低的场景；滚珠丝杠内置滚珠，通过滚珠的滚动摩擦实现传动，传动精度与传动效率高；行星滚柱丝杠通过滚柱与丝杠、螺母的螺纹啮合进行传动，承载力强，并兼具强工况适应性、小体积、长寿命等优势，是综合性能最优异的丝杠品类。

滚珠丝杠结构图例



行星滚柱丝杠结构图例



三类丝杠性能对比（表中“M”为便于对比的相对指标）

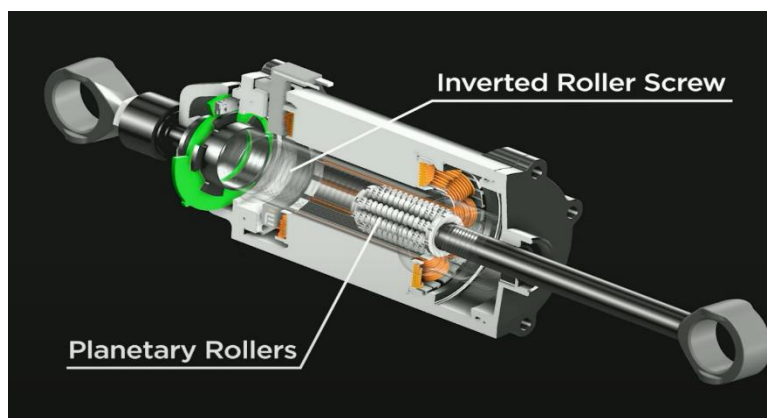
	梯形丝杠	滚珠丝杠	行星滚柱丝杠
摩擦方式	滑动摩擦	滚动摩擦	滚动摩擦
自锁性	有	无	无
噪音指标		较低	很低
导程精度	低，品质参差不齐	较高，通常为毫米级	高，可达微米级
微进给	难以实现，滑动运动存在爬行现象	可实现	可实现
运动平稳性		滚珠易冲击，平稳性较弱	平稳
传动效率	26%-46%	90%-96%	90%（润滑良好时）
相对成本	M	M*(2~3)	M*(3~5)
相对寿命	<<M	M	15M
相对体积（同载荷）		M	2/3*M
相对动载	<M	M	>3M
相对静载		M	3M
相对旋转速度		M	2M
工作环境温度范围		M	2M
应用场景	工作要求低的场景	需要精密传动的场景	高负载、高精度、工况恶劣的场景
加工及装配工艺性		简单	复杂
国产化率	高	超60%	很低

人形机器人产业进程提速打开丝杠成长空间，高端丝杠国产替代进行时

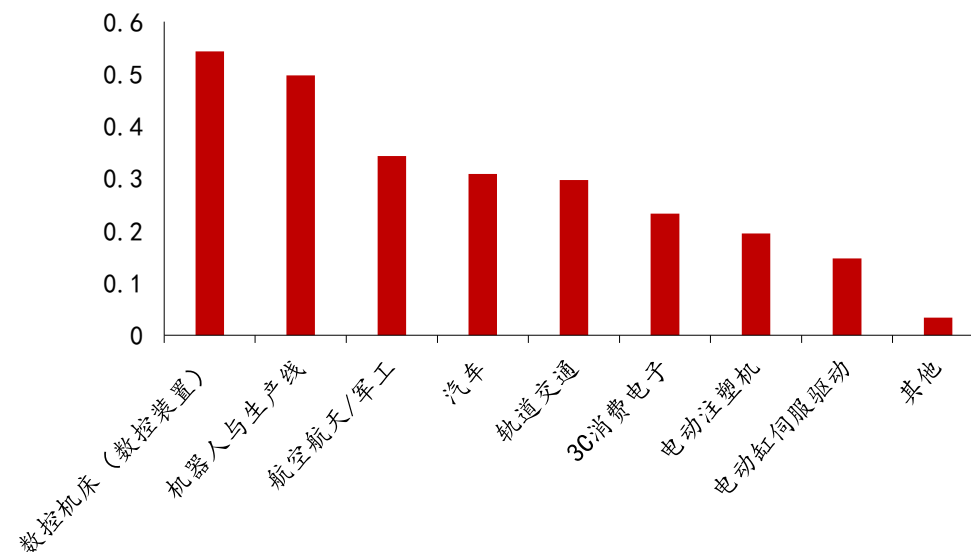
丝杠应用范围广阔，机床是最主要场景，人形机器人产业化落地打开丝杠成长空间。丝杠承担传动、定位的职能，具备一定通用品属性，在机床、航空航天、汽车等多个领域均有应用，其中机床是最主要且精度要求最高的应用场景。人形机器人是具身智能的优秀物理载体，有望替代人类从事危险、重复、无聊的工作，具有广阔的发展前景。特斯拉人形机器人主要采用执行器对关节进行驱动，其中线性执行器采用反式行星滚柱丝杠方案，它具有结构紧凑、承载力大等特点。

国内厂商在中低端丝杠市场占据一席之地，但高端丝杠市场仍由海外厂商主导。国内厂商在丝杠领域的研究显著晚于海外，高端丝杠在产品性能、生产一致性等方面落后于海外竞手。根据金属加工公众号及《E公司滚柱丝杠产品营销策略研究》，南京工艺、汉江机床等中国大陆厂商在国内中低端滚珠丝杠市场占据30%份额，但国内高端滚珠丝杠及行星滚柱丝杠市场仍由日德等海外厂商主导。

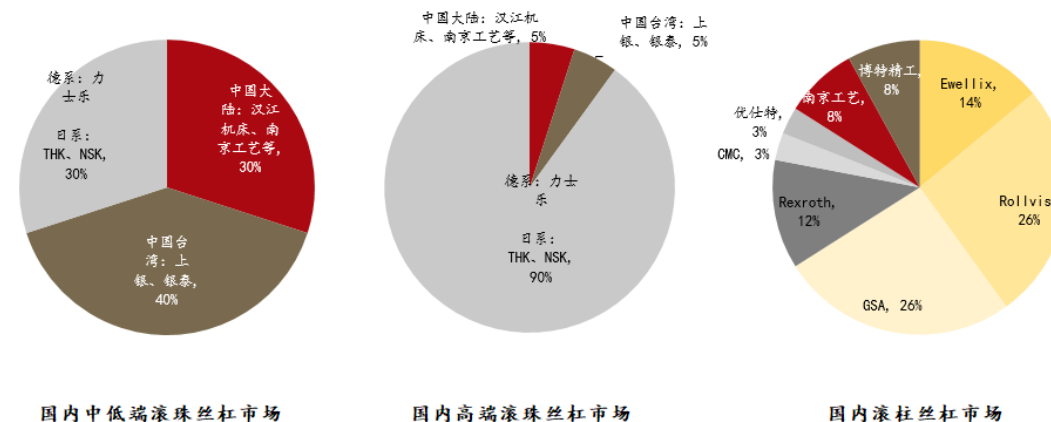
特斯拉人形机器人线性执行器中采用反向行星滚柱丝杠



滚动功能部件的下游应用场景



海外厂商占据高端丝杠市场的主要份额



□ 建议关注：

➤ 贝斯特：

公司专注于精密零部件与智能装备及工装产品的研发、生产与销售，业务主要包括涡轮增压器零部件、新能源汽车零部件及滚动功能部件。涡轮增压器零部件业务为公司营收占比过半的业务，公司通过兼并收购入局新能源车零部件，产能建设持续推进；滚动功能部件业务方面，产品包括滚珠/滚柱丝杠副、高精度滚动导轨副等，打开公司成长空间。

公司起家于工装夹具，具备精加工技术积淀，其主营产品如叶轮、中间壳等与丝杠存在一定技术协同。此外，公司积极引入丝杠相关专业技术和管理人才，引入上百台进口设备。公司与国内机床厂商有多年合作经验，在滚动功能部件产品的迭代优化及客户导入均具备先发优势。

➤ 五洲新春：

公司主营产品包括轴承、精密机械零部件与汽车安全系统、热管理系统零部件，以轴承核心关联技术为依托向风电滚子等领域拓展。公司具备全球先进的轴承磨前技术，与轴承套圈、风电、汽车等下游头部客户均有广泛合作。公司在技术与材料上均具备一定优势，拥有国内领先的热处理、冷成型加工领域创新能力，在特种钢材微量元素添加方面具备相关经验。

根据公司公告，公司自2021年起开始研发转向系统丝杠螺母轴承组件，于2023年成功研发出新能源车齿条式电子助力转向系统所需的丝杠螺母轴承组件、新能源车电子驻车、电子机械刹车及电子液压刹车系统等领域滚珠丝杠产品。公司正与各类客户积极洽谈，部分丝杠产能将于23H2投产。公司也与主流机器人厂商在滚珠丝杠等领域进行技术交流，或于23H2交付样品。

➤ 北特科技：

公司是知名汽车零部件供应商，近年产品逐步向新能源汽车领域发展，主营业务有三：**底盘零部件**是公司深耕多年的起家业务，主要包括转向器齿条和减震器活塞杆，二者市占率均超50%，客户几乎覆盖国内外知名汽零供应商，产品应用于塞力斯及特斯拉；**铝合金轻量化业务**方面，产品包括阀岛、控制臂、电池包连接块等，客户包括比亚迪、采埃孚ZF等，23Q1-3营收同比增0.69亿元，随着新项目量产爬坡，未来业绩放量可期；**空调压缩机及集成式热管理**方面，公司空调压缩机应用于商用车及新能源车，国内商用车市占率超26%，属细分领域龙头。根据公司2023年半年报，公司在商用车领域整车集成式热管理系统取得突破，获得国内某主机厂某车型水冷机组项目定点，与三一重工联合研发的整车集成式热管理系统项目的定点、量产工作也在落实中。

丝杠制备方案：磨削工艺精度高但效率低，旋风铣工艺效率高，发展前景广阔

磨制工艺是丝杠传统加工方案。行星滚柱丝杠与滚珠丝杠具有相似的物理结构，制备方式也大体相似。根据《行星滚柱丝杠设计》，丝杠、滚柱、螺母螺纹的制备工艺过程总体类似，均采用粗车+精磨结合的形式，制备流程包括锻压、车削、车螺纹、热处理、磨削等。滚柱加工过程中，在加工螺纹后还需采用滚齿加工两端齿轮。反式丝杠螺母加工方案包括干涉磨削、软轴磨、内螺纹旋风铣：干涉磨削通过设计特殊砂轮加工滚道，效率较低且限制条件多，并未广泛应用；软轴磨是将杆子穿插于砂轮中，持续调整二者角度从而磨削；内螺纹旋风铣是德国主流加工方案，国内尚未突破。

磨制工艺可加工高精度丝杠，但生产效率低。纯磨削工艺具有强通用性，可加工不同种类、形状 of 丝杠与高精度丝杠。但磨削工艺耗时长，生产效率低。传统磨削工艺中的螺纹磨削工序包括粗磨螺纹、螺纹底沟磨削、精磨螺纹等，耗时全流程的2/3，磨削过程中需要不断调整砂轮并校直丝杠。此外，粗磨过程中的高进给量会导致工件表面升温，需要退火等工序。

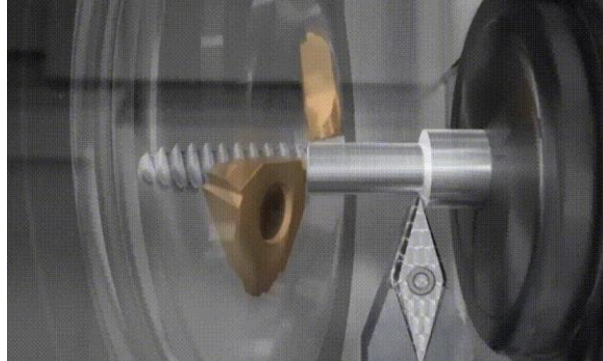
旋风铣工艺加工效率高，渗透率或逐步提升。旋风铣工艺下，刀盘绕圆柱工件高速旋转，走刀切出螺纹，飞出的切屑带走大量热能，从而减少工件热变形程度。其可将螺纹滚道一次成型铣削，所需工序更少，减少修整砂轮、人工校直的时间，根据德国莱斯特瑞兹机械公众号，旋风铣工艺的加工效率是磨削工艺的3-5倍。但目前旋风铣床但旋风铣设备依赖进口且售价昂贵，旋风铣工艺也不适宜加工异形丝杠。此外，若丝杠精度要求较高，还需使用磨床对滚道进行精磨。

轧制工艺生产效率高，但精度低。轧制工艺下，使用轧制机将金属胚料通过一对旋转轧辊间隙，通过挤压轧制出螺纹滚道。其具有生产效率高、经济性佳等优势，但轧制工艺制备的丝杠精度较低，无法加工高精度丝杠。

行星滚柱丝杠主要制作工艺流程

工序	加工目的	对应设备
锻压	消除金属内部疏松等缺陷	锻压机
车削	粗车、半精车丝杆各段外圆表面	车船
车螺纹	粗车、半精车丝杆螺纹	车床
热处理	淬火再回火，使零件表面硬度达到60HRC	真空炉、淬火炉
磨削	精磨丝杆螺纹外圆至尺寸要求	数控螺纹磨床
磨削	精磨丝杆螺纹至尺寸要求	数控螺纹磨床

旋风铣加工工艺



螺纹磨床及旋风铣床为丝杠制备的核心设备，亟待国产替代

螺纹磨床是加工高精度丝杠的刚需设备。丝杠制备方案存在一定差异，但若制备高精度丝杠，对螺纹滚道进行精密磨削的螺纹磨床必不可少。螺纹磨床下游应用场景包括滚动功能部件、工业机器人、汽车等领域。目前高端磨床市场仍由海外主导，根据《精密滚珠丝杠机械加工工艺规程研究》，国产磨床可以满足C3-C4精度的中端丝杠加工，但批量加工更高精度丝杠时，出品不稳定。目前磨床行业玩家可分三类：第一类为以斯图特、三井精机等为代表的海外磨床企业，其技术布局早，产品面向中高端市场。第二类为秦川机床、上海机床厂等为代表的老牌国有企业。第三类为宇环数控、华辰装备等为代表的民营企业，其在部分细分领域占重要地位。

旋风铣床是旋风铣工艺下的核心设备，国内相关供应商较少。旋风铣工艺下的核心设备为旋风铣床，领先厂商包括德国Leistritz、德国Burgsmuller等，国内生厂商相对较少。根据《大型数控外螺纹旋风铣床的设计开发》，南京工艺、宁波海天等国内厂商的数控螺纹旋风铣床均采购自德国Leistritz。

国内外主流磨床企业

	公司名称	国家	公司特点
海外厂商	STUDER	瑞士	产品布局全面，产品涉及传统磨床、万能外圆/内圆磨床、生产型外圆/内圆磨床等
	三井精机	日本	在性能和机床数量方面处于顶级水平的五轴加工中心，以及在精密螺纹磨削领域份额领先的螺纹磨床
	MATRIX	英国	自1934年开始生产螺纹磨床
国内厂商	秦川机床	中国	国内老牌机床企业，发展历程超50年，子公司汉江机床专营螺纹磨床
	上海机床厂	中国	国内大型精密磨床企业，产品品种全、应用范围广、市场份额高，外圆磨床、数控端面外圆磨床等技术国内领先
	宇环数控	中国	核心产品包括研磨抛光机、数控磨床等
	华辰装备	中国	国内轧辊磨床领先企业

主流旋风铣企业概况

公司名称	国别	创立年份	主营产品
Leistritz	德国	1905	推出旋铣、滚光、键槽、抛光、转子铣等设备，其中旋风铣床含8种型号
Burgsmuller	德国	1876	主营产品包括塑料加工耐磨件及机床，可供应螺旋形几何形状的部件。
Weingartner	奥地利	1966	其pick up classic系列机床可实现旋风铣和铣削的转换，包含4种型号，适合各尺寸需求
Linsinger	奥地利	1939	铣削技术是公司多年核心竞争力，拥有成熟的垂直仿形圆周铣削技术

□ 建议关注：

- **秦川机床：**公司深耕机床领域超50年，技术积淀深厚。旗下拥有宝鸡机床、汉江机床、汉江工具等多家企业，机床产品矩阵全面，产品包括螺纹磨床、核心零部件、数控车床等。子公司汉江机床螺纹磨床市场占有率超70%。
- **日发精机：**公司是国内一家同时能生产立式数控车床、卧式数控车床、立式加工中心、卧式加工中心、龙门加工中心和落地式镗铣床的企业。公司数控化率达100%，产品平均无故障时间超1000小时，远高于行业平均。
- **华辰装备：**公司以全自动高精度数控轧辊磨床为主业，下游包括宝武集团、首钢集团、Tata集团等国内外知名钢铁集团厂商。公司与Wieland公司开展技术合作，开发内外圆复合磨床产品，磨削精度可小于1 μ ，比肩国际领先水平。
- **浙海德曼：**公司前身华丰机床厂成立于1993年，拥有在车床领域的多年技术积淀。公司现有高端数控车床、自动化生产线和普及型数控车床三大品类、二十余种产品型号，下游行业包括汽车制造、工程机械、通用设备等。

六维力传感器提升人形机器人柔顺控制能力

六维力传感器广泛用于汽车、航空航天等领域，可为机器人提供更精准的力感信息，提升其柔顺控制水平。力传感器是将力的量值转换为电信号的器件。根据感力原件的不同，传感器可分为应变式/光学式/压电/电容式力传感器，目前市场主要应用应变式方案，其他方案有一定理论研究，但尚未广泛应用。根据测量维度不同，传感器可分为一至六维力传感器，其中六维力传感器壁垒最高，性能最优异。目前六维力/力矩传感器主要应用于机器人、汽车、航空航天、生物医学等领域。六维力/力矩传感器或应用于人形机器人的手、足部位，为机器人的力控制和运动控制提供力感信息，助力其提升柔顺化、智能化控制水平。

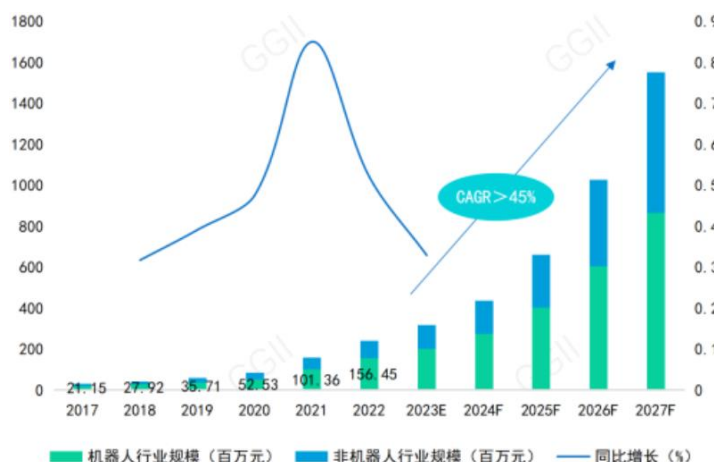
我国六维力传感器市场规模较小，未来或维持高增。根据GGII，2022年我国六维力/力矩传感器市场规模同比增52%至2.39亿元，其中来自机器人的需求规模达1.56亿元。未来随着应用领域拓展叠加入局者增加，预计到2027年，我国六维力/力矩传感器市场将以超45%的CAGR增至超15亿元，产品矩阵及单价或进一步优化。

六维力传感器壁垒高，主要由海外主导，国内如坤维科技等企业积极发展。受限于高壁垒，目前六维力/力矩传感器市场仍由ATI、ROBOTICS等海外企业主导，国内具备批量产品供应的企业较少，国内企业主要包括坤维科技、鑫精诚、宇立仪器、蓝点触控、海伯森、昊志机电等。其中宇立产品主要应用于机器人磨抛、汽车碰撞测试等领域，坤维科技在协作机器人、医疗手术机器人、航空航天等领域具备优势，鑫精诚以苹果供应链身份将其产品推广至3C，在机器人、医疗行业也有布局。

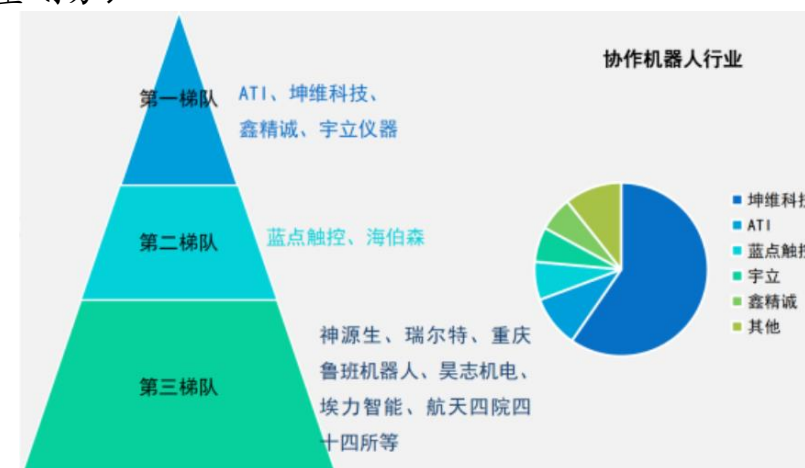
六维力/力矩传感器在机器人领域的应用



我国六维力/力矩传感器市场规模预计维持高增



2022年我国六维力/力矩传感器市场竞争格局 (以销量划分)

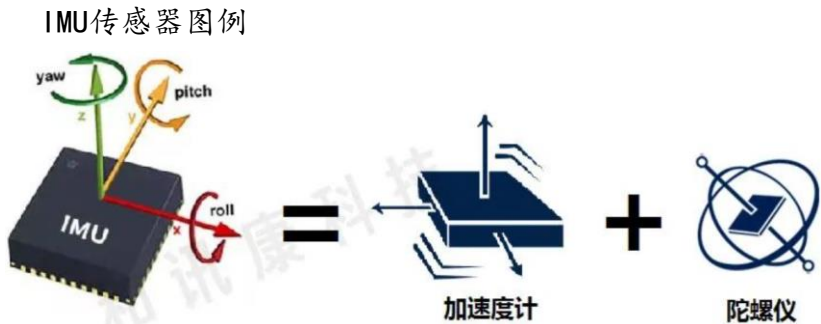


IMU提升机器人行进时的平衡性，成长空间打开

IMU可测量载体多方向的加速度、角速度，助力人形机器人在行走时保持平衡。MEMS惯性传感器是测量载体加速度、角速度及运动状态变化的传感器，具有体积小、微电子高度集成等优点，主要应用于消费电子、汽车电子等领域。按被测物理量分类，MEMS惯性传感器可分为加速度计、角速度传感器（陀螺仪）和惯性传感组合（IMU）。IMU由加速度计和陀螺仪共同构成，可测量空间多方向的加速度和角速度，助力人形机器人行进时保持平衡，保持控制闭环。

自动驾驶及人形机器人产业化落地有望进一步打开MEMS惯性传感器成长空间。根据Yole及头豹研究院，2021年全球/我国MEMS惯性传感器市场规模分别为35.09亿美元/136亿元，其中IMU在全球市场规模占比过半，逐步在汽车等领域替代独立加速度计和陀螺仪。未来汽车自动驾驶、机器人等领域的发展有望进一步打开MEMS惯性传感器市场空间。

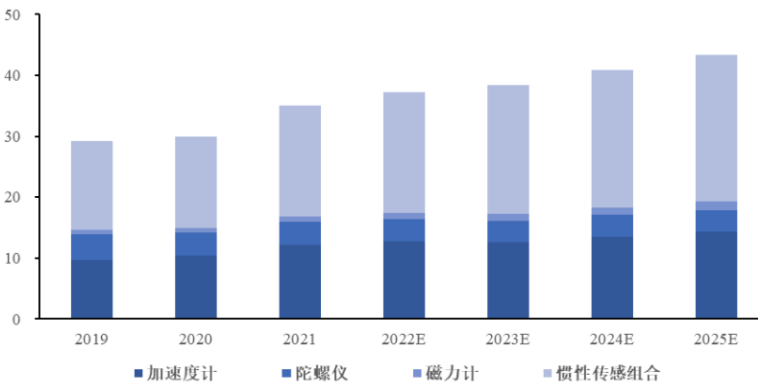
IMU市场仍由Bosch等海外厂商主导，国内企业奋起直追，替代可期。由于研发布局时间晚于海外，国内企业在加速度计方面具备较强研发能力，但在技术更复杂的MEMS陀螺仪领域落后于海外。在成本、尺寸、产能规模要求较高的民用领域，国内IMU市场仍由Bosch、ST等海外巨头占据垄断地位，CR5超90%，国内如矽睿科技等企业占据较少份额。未来随着国内技术水平提升，叠加其在本地化服务、供应链整合等方面的优势，国产替代可期。



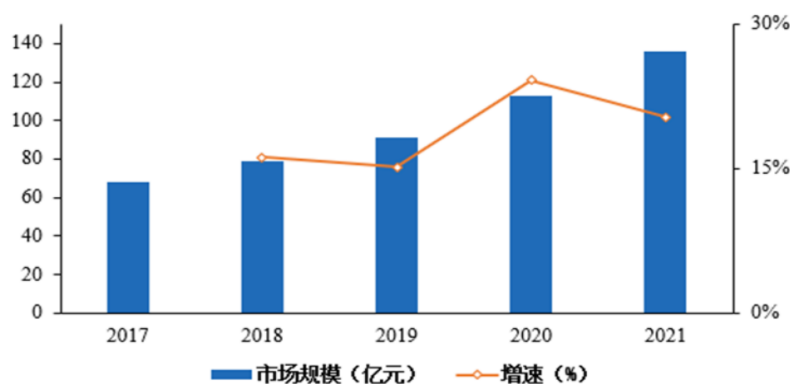
中国惯导产业链及公司梳理

公司名称	主营业务
美泰科技	MEMS器件与系统的研发、生产和销售
敏芯股份	MEMS传感器的研发与销售，主要产品线包括MEMS麦克风、MEMS压力传感器和MEMS惯性传感器
芯动联科	高性能硅基MEMS惯性传感器的研发、测试与销售
赛微电子	MEMS芯片的工艺开发及晶圆制造、GaN外延材料生长与器件设计
中芯集成	MEMS和功率器件等领域的晶圆代工及封装测试业务，为客户提供一站式服务的代工制造方案
士兰微	集成电路芯片设计以及半导体微电子相关产品生产
苏州固锝(持股明纬传感21.63%)	半导体分立器件二极管的设计、制造、封装、销售，MEMS传感器的研发、设计和生产，并提供相关技术服务
华测导航	高精度导航定位技术的研发、制造及产业化推广
导远电子	定位感知技术的研发及应用
中海达	以卫星导航定位技术为基础，融合声呐、光电、惯导、激光雷达、UWB超宽带、星基增强等多种技术，形成“海陆空天、室内外”全方位、全空间的高精度定位产业布局
华依科技	验证、智能测试设备、自动驾驶组合惯导系统，车载组合惯导IMU业务领域

全球 MEMS 惯性传感器市场规模（亿美元）



中国 MEMS 惯性传感器市场规模（亿元）



电子皮肤或为机器人触觉终极方案，产业进程加速推进

电子皮肤从泛用性及仿生性角度可能是机器人触觉的终极方案。柔性触觉传感器由柔性材料制成，具备良好延展性、柔韧性，结构形式多样，在医疗电子、机器人、3C等领域具良好应用前景。根据感知原理的差异，柔性触觉传感器可分为电容式/压阻式/光电式/压电式/磁敏式/超声式传感器，其中电容式/压阻式/压电式传感器应用较为广泛。电子皮肤可实现温度、湿度、压力等多功能感知能力，是触觉传感器的“升级版”。在特斯拉第二代Optimus机器人的宣传视频中，其灵巧手搭载触觉传感器，完成精准捏住鸡蛋的操作。未来Optimus机器人手指、面部等部位或搭载电子皮肤以获得更优秀的感知交互能力。国内外企业及院校均积极开展电子皮肤相关研究，其产业化进程或迈入快车道。根据汉威科技公众号，预计2021-2028年全球柔性传感器市场规模年复合增速达6.8%，2028年可达84.7亿美元。目前MIT、清华大学等科研院校积极就柔性传感器、电子皮肤开展相关研究，国内如能斯达、三三智能均有产品落地。

特斯拉第二代Optimus机器人的所有手指均内置触觉传感器



柔性触觉传感器各敏感机理优缺点对比

传感技术	调节参数	优点	缺点
电容式	电容值	灵敏度高、空间分辨率高、动态范围大	存在寄生电容、对噪声敏感、测量电路复杂
压阻式	电阻值	频率响应高、空间分辨率高、噪音干扰小、易结构化	可重复性差、迟滞、功率消耗高、工艺复杂
压电式	电荷	频率响应高、灵敏度高、可靠性高、动态范围大	空间分辨率差，测量电路复杂，仅适用动态检测
光电式	光强度	空间分辨率高、无电气干扰、响应速度快、成本低	整体结构缺乏柔性，对弹性体依赖性强
磁敏式	磁场强度	灵敏度高，体积小	结构设计复杂，分辨率低
超声式	超声波	空间分辨率高，不受电磁干扰	布线困难，存在滞后和非线性，易受外部超声干扰

□ 建议关注：

- **坤维科技（未上市）**：公司成立于2018年，向机器人及其他智能装备、工业过程控制等领域提供力觉测量解决方案。公司创始团队均来自国家级航天科研机构，掌握力觉测量核心技术及相关知识产权。目前公司六维力传感器产品在国内协作机器人市占率已位居第一，产品包括8大系列、超35型号，准度行业领先，较海外厂商具价格优势。
- **宇立仪器（未上市）**：公司扎根于力矩传感器，2007年成为我国少数可生产汽车碰撞假人多轴力传感器的企业。目前公司已拓展至机器人打磨行业，与ABB合作研发十系列六轴力传感器和智能浮动磨头，并与KUKA合作推出力控打磨集成应用包。
- **东华测试**：专注于结构力学性能的智能化测试与分析系统研发和生产，力传感器技术国内领先。
- **柯力传感**：智能传感器行业领军企业，主要产品有应变式传感器、仪表等元器件，市占率多年国内第一。公司已经进行多款扭矩传感器、多维力传感器等产品的送样和试制，并围绕人形机器人涉及的触觉、视觉传感器寻求投资机会。
- **华依科技**：公司是国内汽车测试行业龙头和领先的智驾感知定位解决方案提供商，为数字化定义汽车与人工智能深度融合提供研发测试服务、高端装备和智驾服务及核心产品。公司深耕汽车动力总成智能测试二十余年，潜心布局智能驾驶关键零部件IMU，目前IMU产品精度行业领先，目前已达量产条件，并获得奇瑞汽车、智己汽车定点，订单持续开拓。
- **敏芯股份**：公司主要产品包括MEMS声学传感器、MEMS压力传感器与MEMS惯性传感器，是国内唯一掌握多品类MEMS芯片设计与制造工艺能力的上市公司，在现有MEMS传感器芯片设计、晶圆制造各环节均具备核心技术。
- **汉威科技**：公司业务应用覆盖传感器、智能仪表等行业领域，在涉及产业领域均形成相对领先的优势。公司在传感器领域掌握厚膜、薄膜、MEMS、陶瓷等核心工艺，产品覆盖气体、压力、流量、温度、湿度、光电、加速度等门类。根据公司公告，子公司能斯达形成多品种、多量程的柔性微纳传感器（压力、压电、应变、织物）及阵列的核心设计能力、大面积印刷电子批量制造能力等核心能力，与小米科技、深圳科易机器人等积极在智能机器人领域开展合作。

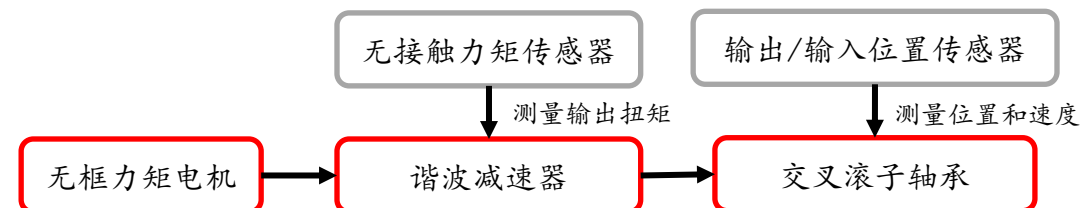
02

电机为机器人力量之源，
国产替代加速推进

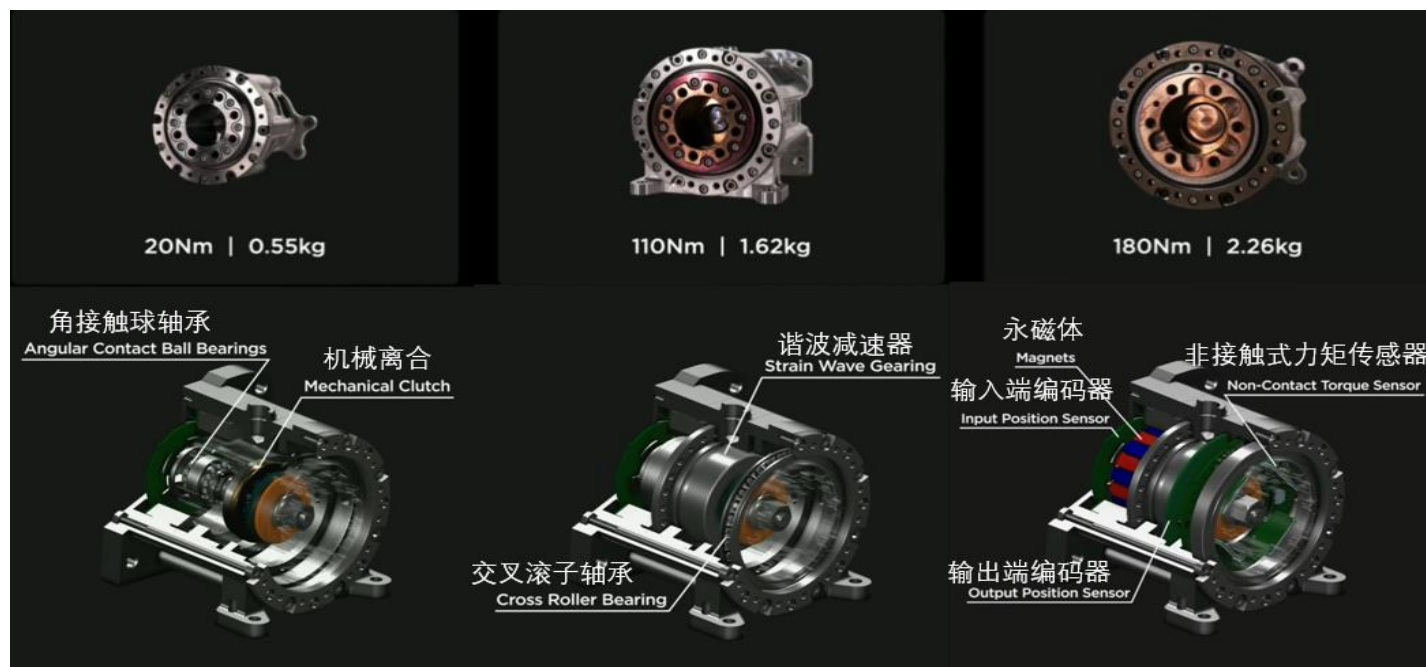
旋转关节总览：无框力矩电机+谐波减速器+力矩传感器+编码器

- 旋转执行器由永磁无刷电机+谐波减速器+双编码器+力矩传感器+轴承+机械离合组成；旋转过程如下：1) 电机带动转子（永磁体）运动2) 其动力通过谐波减速器提升扭矩，降低转速3) 谐波减速器通过交叉滚子轴承传递相应的力；4) 无接触力矩传感器负责测量输出扭矩并反馈；输入/输出位置传感器负责测量位置和速度并反馈。

旋转运动过程



特斯拉Optimus旋转执行器构成



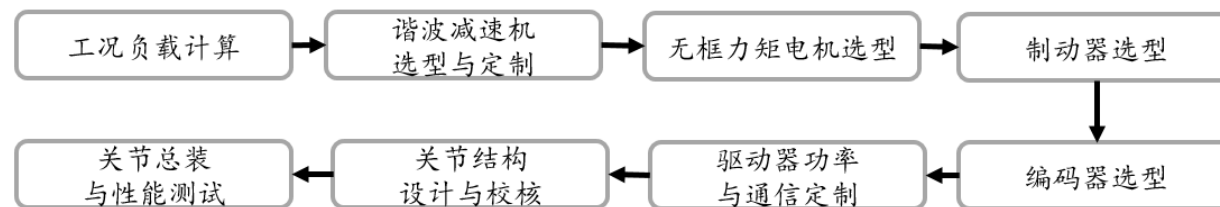
旋转关节总成的核心在于参数耦合与定制化

- **参数耦合难点一：**包括力矩电机与减速机的力矩范围合理匹配，避免力矩浪费与不足；根据关节制动特性要求，选择摩擦式抱闸、齿销式抱闸和无抱闸方案；
- **难点二：**矩传感器与关节力矩参数匹配设计，确保力矩在线性检测范围内；
- **难点三：**基于光电、电容及磁场原理的高精度编码器技术，针对电磁干扰、粉尘及辐射环境下的传感器应用选型

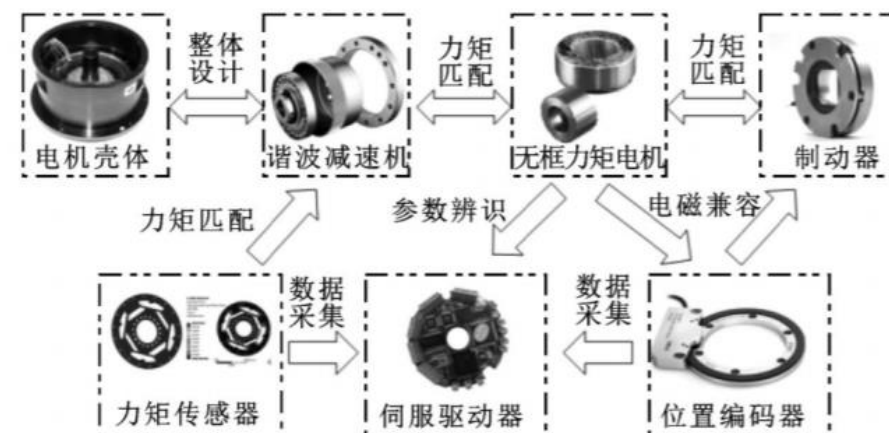
一体化机器人关节设计



一体化关节设计流程



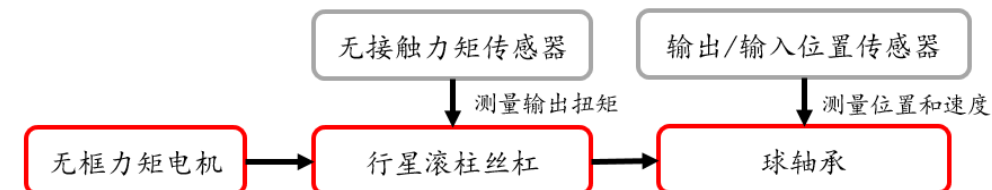
一体化关节核心零部件系统框架



直线关节总览：无框力矩电机+行星滚珠丝杠+力传感器+编码器

- 直线执行器由无框力矩电机+行星滚珠丝杠+力传感器+编码器+轴承组成；过程如下：1) 电机带动螺母旋转2) 行星滚珠丝杠把旋转运动转化为直线运动3) 丝杠通过球轴承传递相应的力；4) 无接触力矩传感器负责测量输出力矩并反馈；输入/输出位置传感器负责测量位置和速度并反馈。

直线运动过程



特斯拉Optimus直线执行器构成

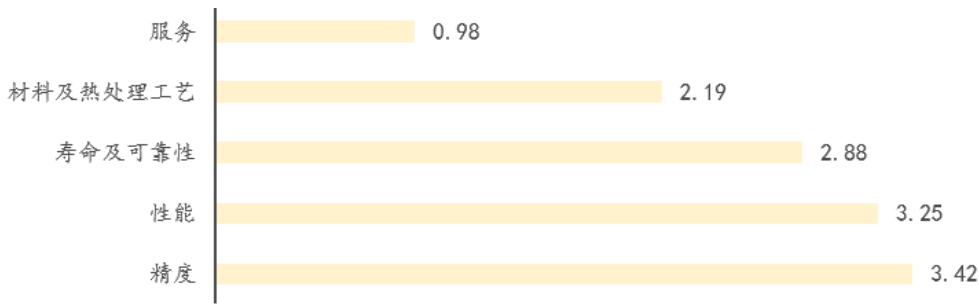


- 行星滚柱丝杠具有精度高+寿命长等优势，但是国产化率仍处于早期。壁垒在于：材料端（原材料质量尚有差距+热加工工艺欠佳）、设备端（高端精密设备性能与国外有差距）、工艺端（技术经验积累需要时间）

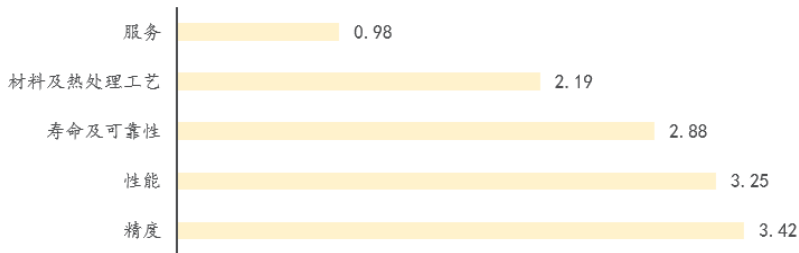
国产中高档滚动功能部件努力方向第一位因素统计

选项	性能	精度	寿命及可靠性	材料及热处理工艺	服务
比例	47.4	44.4	19	9.3	1.1

国产滚动功能部件优势分析



国产中高档滚动功能部件努力方向整体因素排序



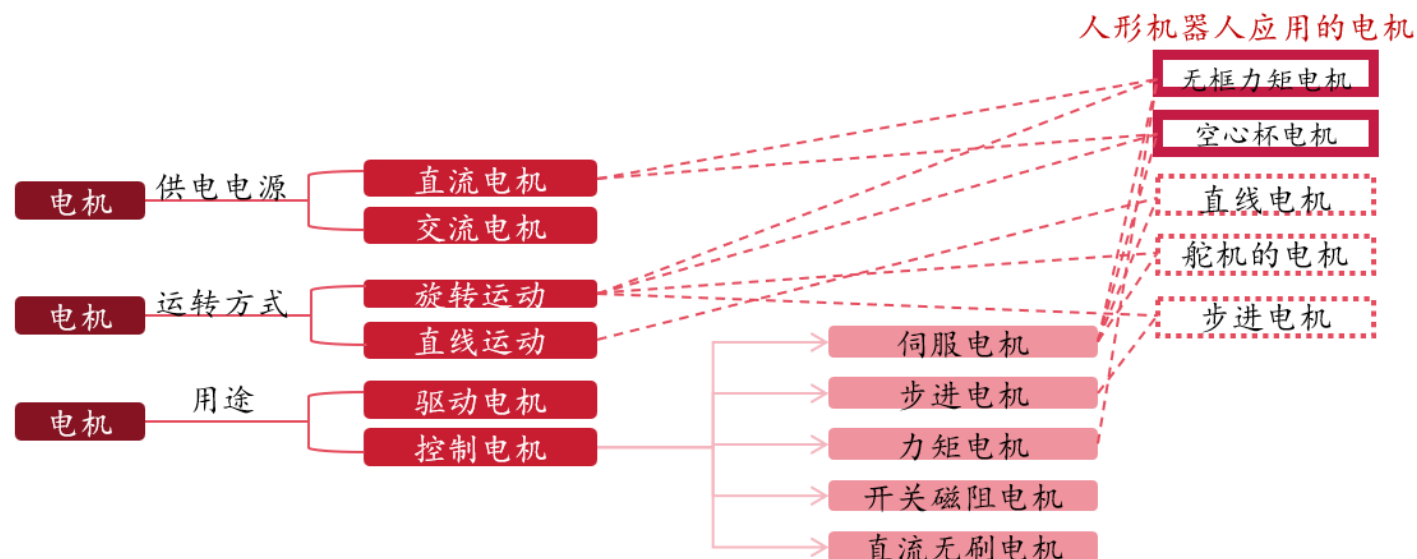
行星滚柱丝杠与滚珠丝杠比较

产品	内部图	优势
行星滚柱丝杠		与滚珠丝杠相比：行星滚柱丝杠由于高数量接触点，能够承受更高的静态负载和动态负载，静载为滚珠丝杠的3倍，寿命为滚珠丝杠的15倍；大量的接触点和接触点的几何结构使行星丝杠比滚珠丝杠具有更强的刚度和抗冲击能力，同时也可以提供更高的转速及更大的加速度；行星滚柱丝杠为螺纹传动，螺距设计范围更广，行星滚柱丝杠的导程可以设计的比滚珠丝杠更小；

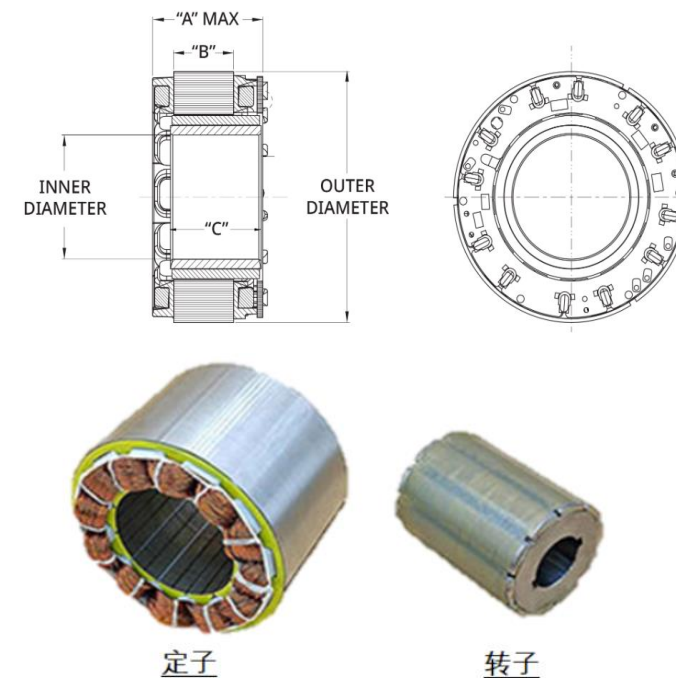
无框力矩电机：更满足机器人高效率高动态要求

- 无框力矩电机：具有紧凑度高+高效率+低噪音+高稳定性优点：**1) 极高的刚度**：无框力矩电机可以作为直驱动力源，它不需要皮带和皮带轮，丝杆或齿轮箱，就能直驱负载。**2) 效率高**：由于无框力矩电机直接集成到机器的结构中，降低了风摩损失，因此效率高。**3) 静音**：由于无框力矩电机直接集成到机器的结构中，带来了明显的静音效果。**4) 稳定性高、低维护性**。总体更满足机器人要求的高效率/高动态/高功率密度要求。

电机分类



无框力矩电机构成图



无框力矩电机：国内厂商企业起步晚，仍属二线梯队

无框力矩核心壁垒在于磁路设计和工艺制备。以美国科尔摩根公司产品为例，其转矩密度可达1.1Nm/kg-2.5Nm/kg,齿槽转矩及转矩脉动较低,主要是采用分数槽分布绕组的少极多槽的方案。国内步科股份、昊志机电等产品由于起步较晚，主要在转矩密度参数上有差异。

海内外无框力矩电机基本情况

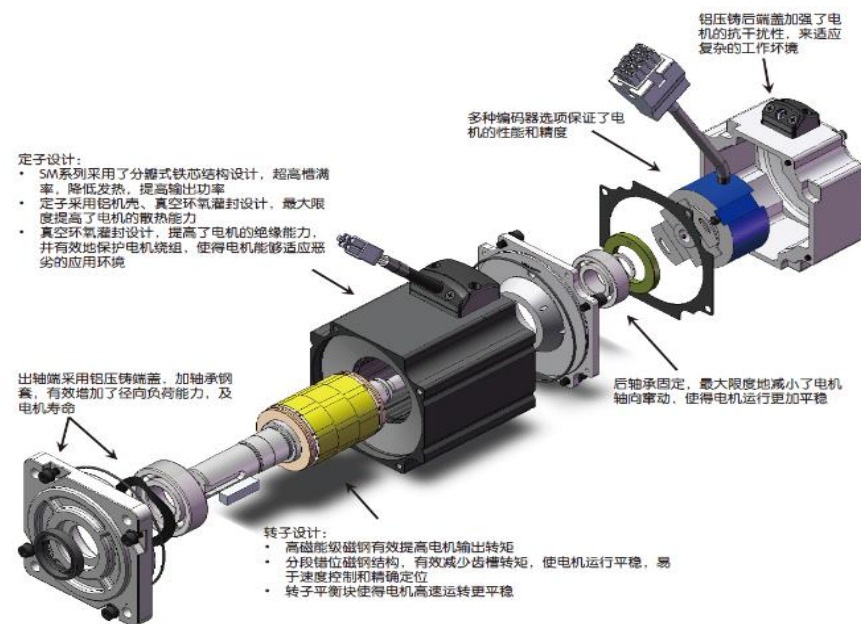
国家	公司名称	主要产品	无框力矩电机情况	无框力矩电机应用场景	营收情况
美国	Kollmorgen	研发和制造整合直线运动控制伺服系统；运动控制器，伺服电机，无框电机，步进电机，伺服驱动器，线性定位器，减速机等等运动控制产品。	产品有TBM2G 低压无框力矩电机、TBM 低压无框力矩电机、KBM 无框伺服/力矩电机等型号。七种框架尺寸，专为在 48 伏及以下直流电压下工作而设计，提供多种标准热传感器选项，以匹配协作机器人市场上主流的驱动选项绕组，针对 3.5 和 15 千瓦协作机器人应用的速度和转矩要求进行了优化。	嵌入式设备和协作机器人，比如手术机器人	2022年营收 8.2 亿美元
日本	Nidec	马达、风扇&鼓风机、特殊马达、机器装置、电子及光学零部件。	方案成熟度高，产品性能稳定可靠。为关节机器人开发，每个关节都有一个运动的无框电机，机器绕线，具有高可靠性，可绑定磁铁线，形成紧凑的，自支撑的线圈；采用缓蚀材料建造；在电机中使用钕磁铁，有助于为电机创造高扭矩	关节机器人	在 2022/2023 财年，总营收 2.24T 日元
德国	TQ Group	电子和电力服务，涵盖嵌入式、机器人、航空、自动化等领域。	产品有TQ-RoboDrive，包括ILM系列和ILME系列。市场领先的扭矩密度，功率密度 高热过载能力（125℃） 出色的动态性能（T&n曲线等） 卓越的位置精度 优化的空心轴 极短的轴向长度	医疗和工业工程、自动化、航空航天、光学、机器人	在 2022/2023 财年，全球销售总额超 5.17 亿欧元
中国	绿的谐波	从事精密传动装置研发、设计和生产，聚焦谐波减速器、机电一体化产品、旋转执行器、数控分度转台、无框电机、电液伺服控制器、工业自动化服务等多元产品。	低齿槽转矩：低转速下依然具有极低的转矩纹波，低噪音平稳运行。 高转矩密度：小体积实现大转矩输出； 多型号可选：覆盖60mm到145mm多种框架尺寸； 霍尔传感器：提供反馈信号输出。 高绝缘等级：F级绝缘（155℃） 安全认证：通过欧盟CE和北美ETL认证。	机器人、电子与半导体设备、3C设备、精密云台、精密数控机床、精密激光加工设备、光学检测、物流设备、雕刻机、医疗器械、印刷机械、航空航天装备	2022年实现营业总收入4.46亿元
中国	步科股份	工业机器人界面、伺服系统、步进系统、可编程逻辑控制器、变频器等，且广泛应用于物流设备、机器人、包装设备、食品设备、服装设备、医疗设备、环保设备、轨道交通设备等自动化设备行业。	额定扭矩0.45Nm-3.5Nm 温度传感器保护 定转子激光标识保证追溯性 多槽板（非普通的8板10板伺服电机的改版）齿槽定位力矩小子物流设备、机器人、包装反馈可选配，提供高分辨率绝对值编码器及霍尔反馈 与国际接轨的产品尺寸：原使用国外主流产品的用户可以无缝替换 成本优势明显，助力国产协作机器人成本控制 提供定制化解决方案：可提供无机壳/有机壳等方案	协作机器人	2022 实现营业收入 5.39 亿元

无框力矩电机产品对比

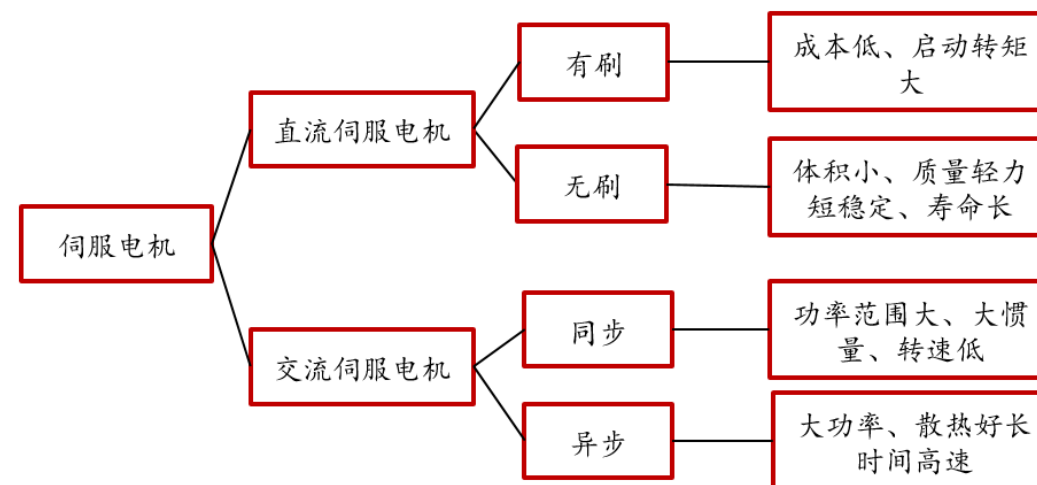
无框力矩电机产品对比					
	Kollmorgen	Nidec	TQ Group	绿的谐波	步科股份
额定转速 rpm	3100-8000	1600-4800			2500-3000
额定电流A		3.07-22.98	3.8-15.1		2.55-27
额定功率W	205-1430	75-670			100-1050
最大功率			70-618		
定子外径mm	50-115		25-115	60-145	57.8-104
产品图片					

- 伺服电机：由紧凑电机+驱动+编码器+控制器构成，广泛用于机器人关节部位，需求量较大。具有**高响应速度、高精度控制、性能稳定、过载能力强**等优点：
1) **高响应速度**：从静止加速到其额定转速3000RPM仅需几毫秒，可用于要求快速启停的控制场合。
2) **控制精度高**：电机轴后端的旋转编码器保证控制精度。
3) **性能稳定**：伺服电机为闭环控制，驱动器可直接对电机编码器反馈信号进行采样，控制性能更为可靠。
4) **过载能力强**：具有速度过载和转矩过载能力，最大转矩为额定转矩的2-3倍，可用于克服惯性负载在启动瞬间的惯性力矩。总体更满足机器人要求的快速响应，高精度执行，性能更稳定，具备较强过载能力要求。

伺服电机结构图



伺服电机分类

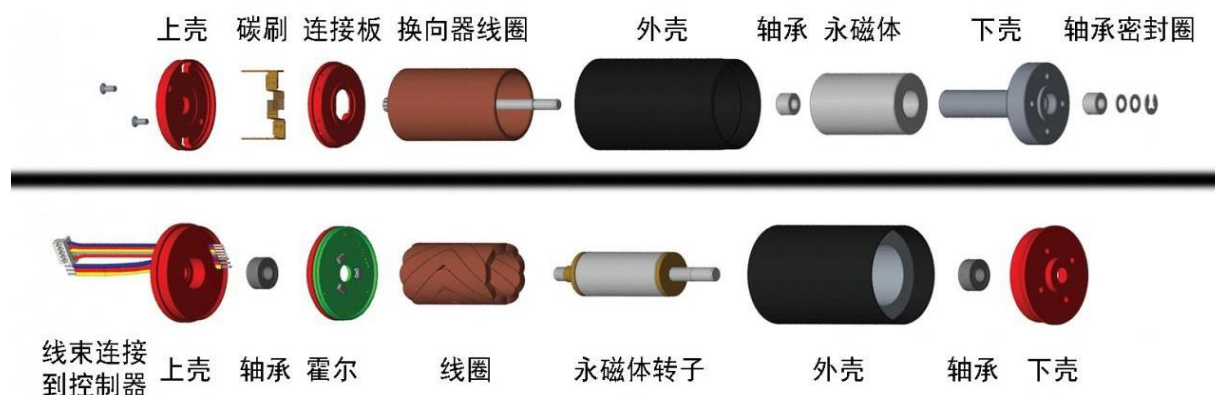


空心杯电机制造端：生产工艺亟需追赶，差距在于绕线方式

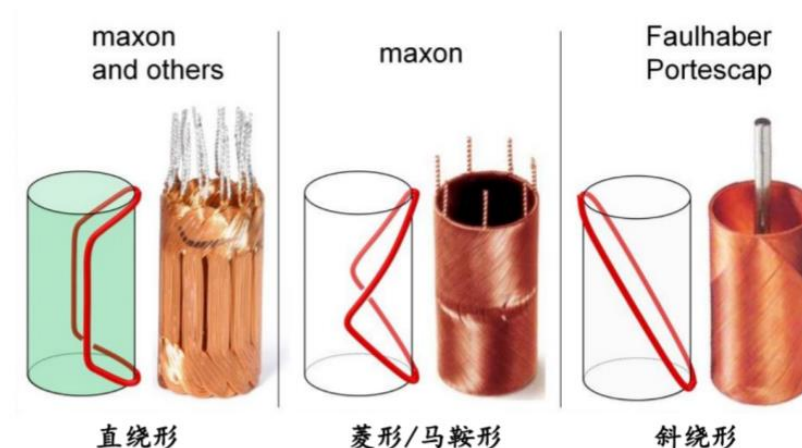
空心杯电机最大的特点是线圈绕制成杯子状，通过连接板，和换向器，主轴链接到一起共同组成了转子。线圈在磁铁和外壳之间的缝隙中旋转，从而带动整个转子旋转。这种结构彻底消除了由于铁芯形成涡流而造成的电能损耗，由于转子重量大幅降低，所以转动惯性减小，相比传统铁芯电机，大扭矩急加速急减速性能突出，有体积小，效率高，功率密度高，可控性高，噪音小，散热效果好等等优点。

空心杯最大难度在于绕线方式，1) 工艺方面：海外使用一次绕制成型工艺；国内采用绕卷式生产工艺；在良品率和精度上仍有差距；2) 生产方面：国内缺乏定制化生产能力；整体起步较晚；

直流有刷、无刷空心杯电机结构



空心杯工艺图



空心杯电机产品端：参数尚有差距，国产替代发力正当时

对比国内外空心杯同电压等级产品，在空载转速/功率/机械时间常数等参数方面尚有差距。复盘海外空心杯电机的发展之路，技术迭代和经验累积均需要时间，头部电机公司成立均超60年以上，国内企业优势在于交付周期短以及响应能力强以及高性价比优势，看好在人形机器人爆发初期的产业机遇。

海内外空心杯电机基本情况

国家	公司名称	主要产品	空心杯电机情况	空心杯电机应用场景	营收情况
瑞士	MAXON	机电驱动系统、驱动装置、直流电机、AC电机、齿轮箱、传感器控制器、配件等	公司产品包括有刷、无刷空心杯电机，直径从6mm到65mm，拥有中高端和经济型系列	医疗技术、航空航天、工业自动化和机器人、移动解决方案等	2022年度，maxon集团续写60多年的辉煌历史：销售额增长13%并达到7.077亿瑞士法郎
德国	FAULHABER	电机、减速箱、线性致动器、编码器、电子控制、配件等	公司包括有刷、无刷空心杯电机，直径从6mm到38mm，专注高端应用的品种	航天航空、工业和自动化、医疗、运动控制器、计量和测试等	2016年全球总营收为2亿欧元；中国境内营收为1亿人民币左右。
美国	Portescap	无刷直流，有刷直流，罐堆叠电机，盘式磁铁电机和步进线性执行器	公司包括有刷、无刷空心杯电机，直径从 Ø10mm到 Ø24mm	航空航天国防、自动化、工业电动工具、医疗输液系统、医疗设备、机器人、手术电动工具等	
中国	鸣志电器	公司控制电机及驱动系统（运动控制产品）、贸易代理业务、LED 控制及驱动产品、设备状态管理系统产品	空心杯电机国内领先，具备量产能力，先发优势和卡位优势突出。与海外龙头Maxon相比，对比价差最大的 Ø16mm电机，鸣志产品价格仅为Maxon的28%左右，性价比优势显著。	高端医疗/生命科学及实验室仪器、超细微加工、半导体设备、AGV 和机器人等应用领域。	2023年前三季度公司实现营业收入19.2亿元。23H1空心杯电机业务同比增长67%。
中国	鼎智科技	线性执行器、混合式步进电机、直流电机、音圈电机等	公司产品包括直流无槽电机，提供16mm-42mm等6个机座号	实验室自动化、工程自动化、机器人、生物医学等	2023年前三季度公司实现营业收入2.4亿元。
中国	拓邦股份	智能控制器、锂电池、高效电机、智能化解决方案	国内第一家空心杯电机制造企业，2010年空心杯电机率先应用于医疗产品并得到市场认可，2014年成为德海区空心杯电机核心供应商。公司有刷空心杯电机产品尺寸为16-40mm，无刷空心杯电机尺寸为12-40mm。	电动窗帘、工业机器人、工业夹具、电子换挡系统、医疗泵、口腔医疗设备、自动化设备等	2023 年前三季度公司实现营业收入63.61 亿元
中国	禾川科技	伺服电机、步进电机、空心杯电机、无框电机等各类电机及相关	已经实现量产，但是销量较少	半导体设备	2023 年前三季度公司实现营业收入8.85 亿元

空心杯电机产品对比

空心杯电机产品对比	Maxon	Faulhaber	Portoscap	鸣志电器
直径 (mm)	8	8	8	8
长度 (mm)	25. 6	22. 1	16. 6	28. 1
重量 (g)	4	4. 5	4	7. 7
额定电压 (V)	6	6	6	6
额定电流 (A)	0. 13	0. 243	0. 17	0. 165
效率 (%)	73	69	70	81
空载转速 (rpm)	4190	13500	10670	845
转子惯量 (gcm ²)	0. 0372	0. 051	0. 03	0. 037
机械时间常数 (ms)	4. 18	6. 5	5. 9	6. 6

03

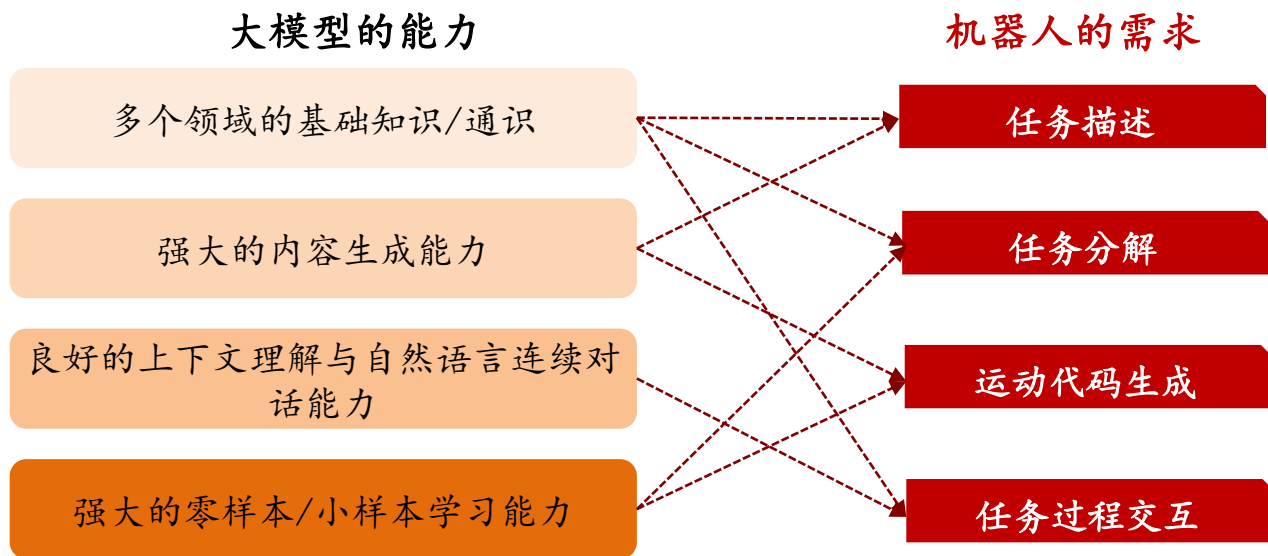
人形机器人，具身智能发展的理想最终形态

通用大模型推动机器人由感知走向认知，形成感知、决策、控制闭环。1) 将人类给出的自然语言指令拆解为机器人可执行的步骤，更通用、易用；2) 多模态大模型增强模型对现实中对象的理解，赋予机器人理解、会思考、有效辅助的能力。

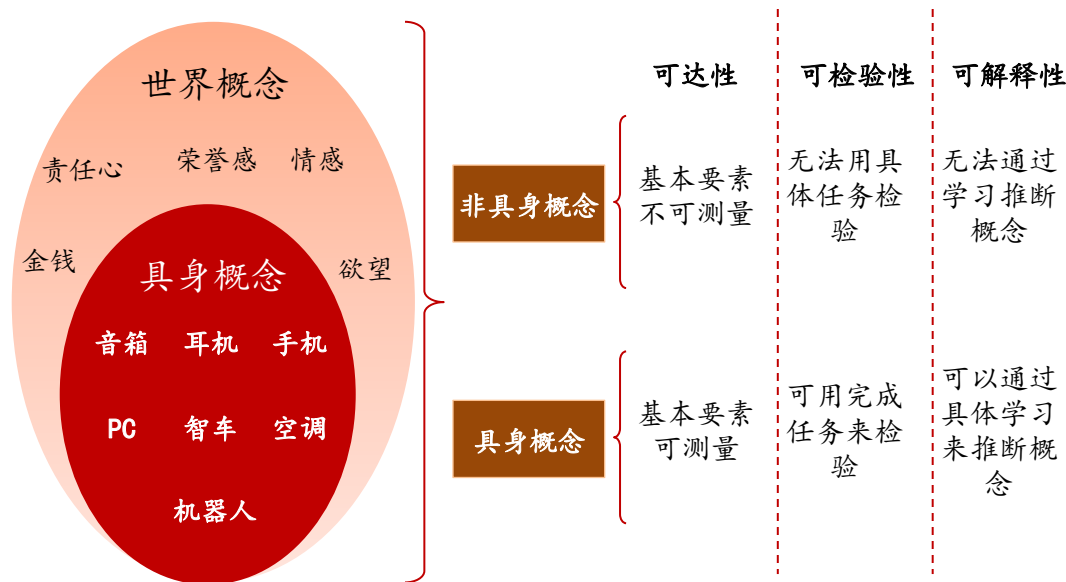
人形机器人为具身智能发展的理想终极形态。“具身智能”是基于机器与物理世界的交互，创建软硬件结合、可自主学习进化的智能体，其智能行为可以被具有对应形态的智能体通过适应环境的方式学习到。

机器人进化路径：从固定到移动，从独立到协作，从单一到通用。人形机器人将作为通用机器人的代表和具身智能的绝佳载体。

大模型从多方面赋予机器人理解、思考、辅助的能力

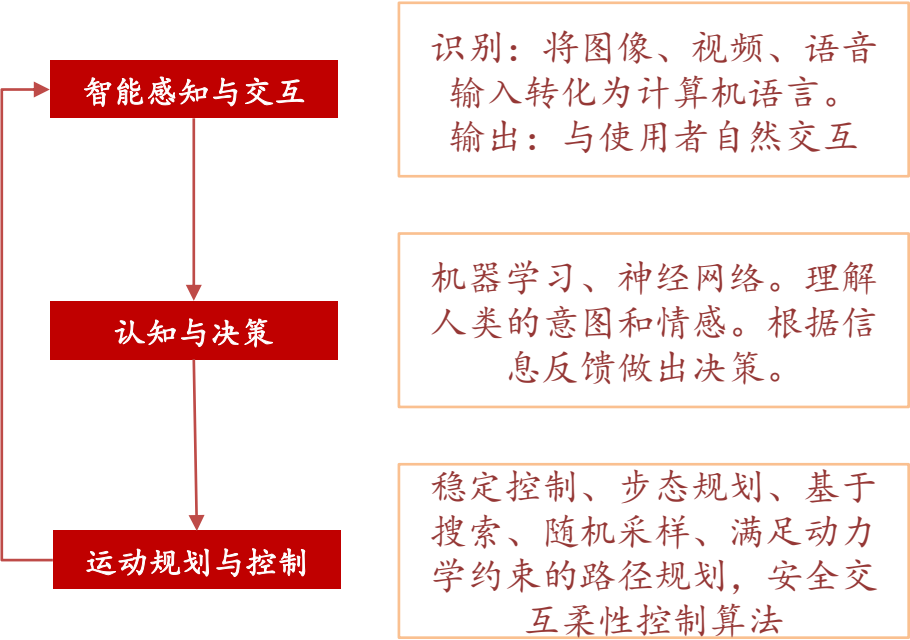


机器人为具身智能发展的理想终极形态

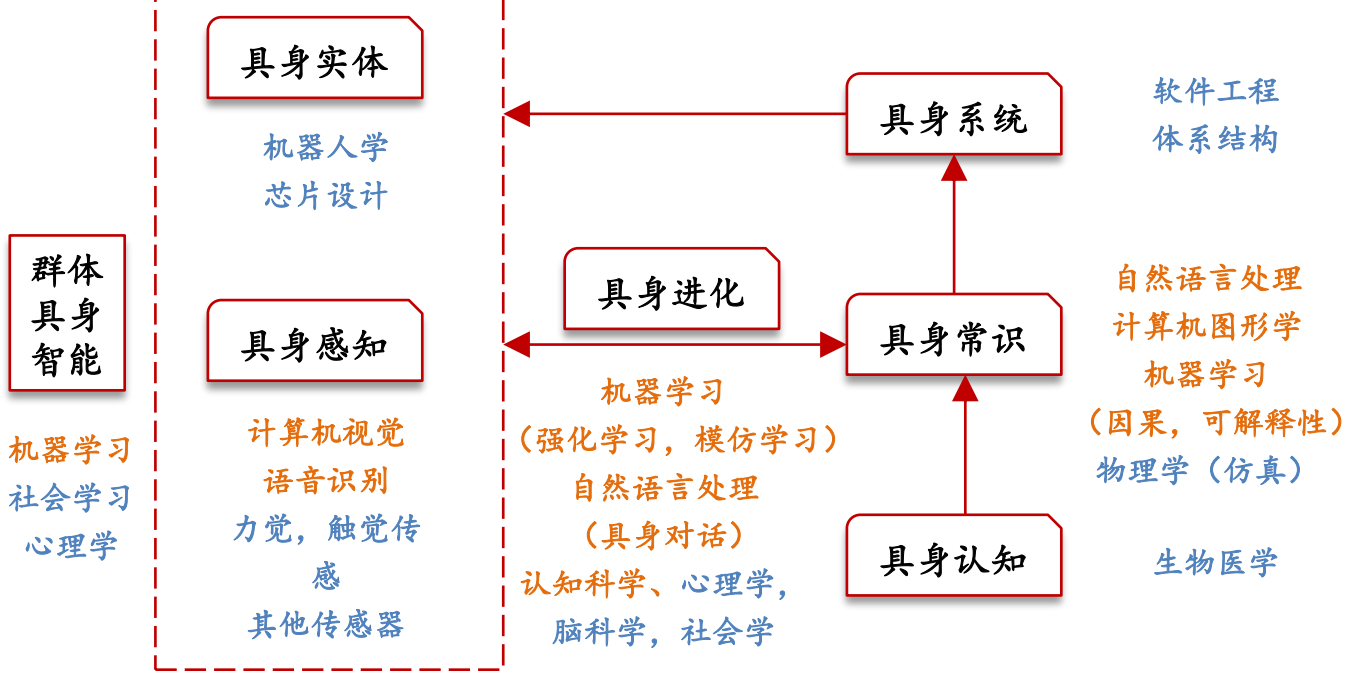


机器人相较其他智能终端，所涉及的计算机应用技术范围更广、更深。机器人涉及计算机视觉、语音识别、生物识别、自然语言处理、机器学习、人机交互等前沿技术，随着智能算力、算法的不断迭代提升，发展呈现加速态势。
机器人基础软件主要包括AI操作系统以及中间件，中游的开发及管理平台。大模型将不断推动机器人开发、操作、管理简化，推动机器人走向更广阔的通用市场。

机器人技术能力的主要三个方面



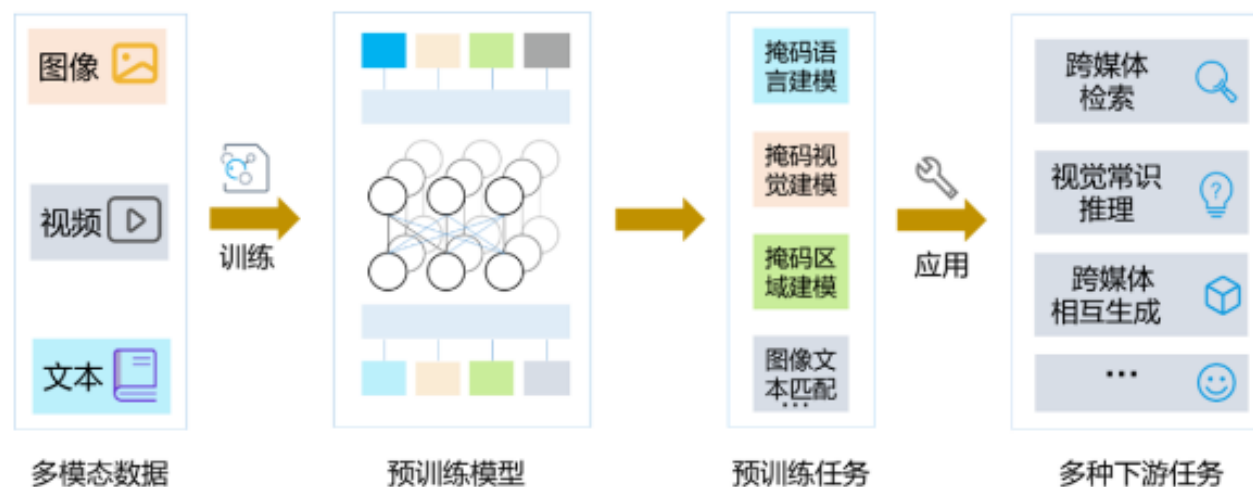
计算机技术涉及个体及群体具身智能迭代的众多方面



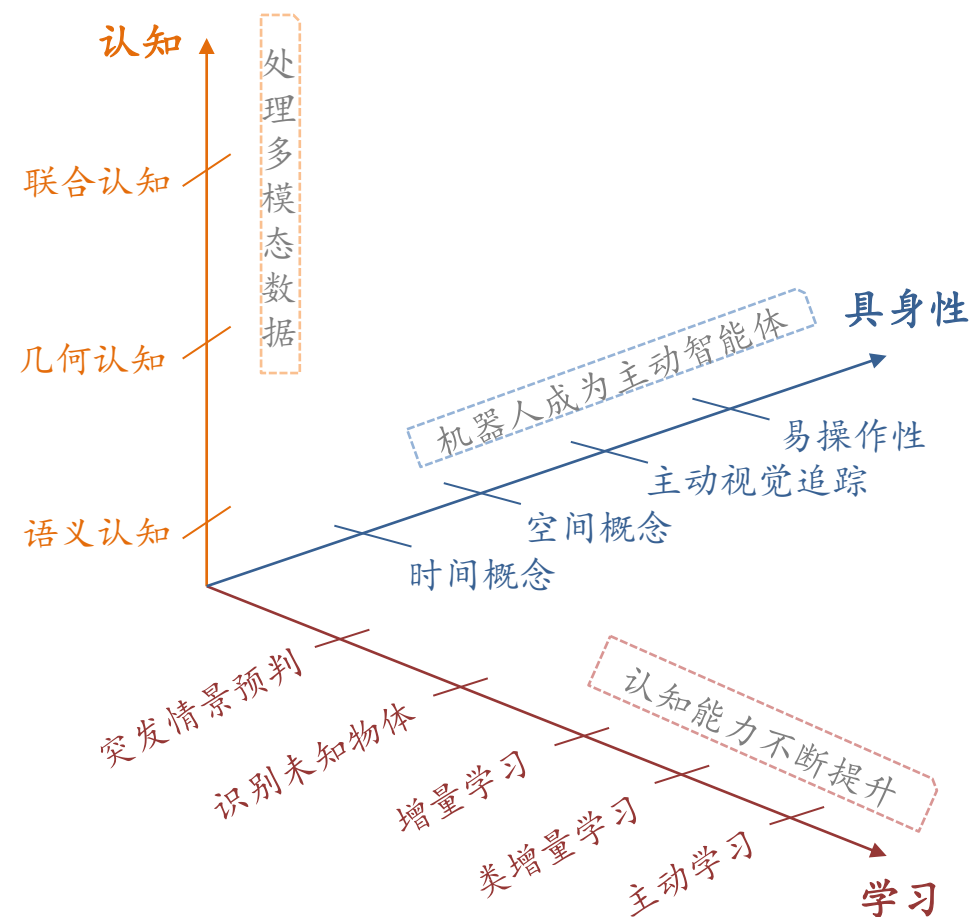
多模态大模型是提升机器人感知与交互的关键

多模态大模型是人形机器人感知及交互能力提升的关键。专用机器人对感知及交互的能力要求较低。人形机器人需要对通用物体识别，以及处理大量非结构化命令，涵盖视觉、听觉、触觉、运动等。多模态模型可以使得机器人能够更好地理解自然语言指令，生成自然语言描述、图像及视频等。

多模态模型任务示例



机器视觉深度学习需要解决的问题



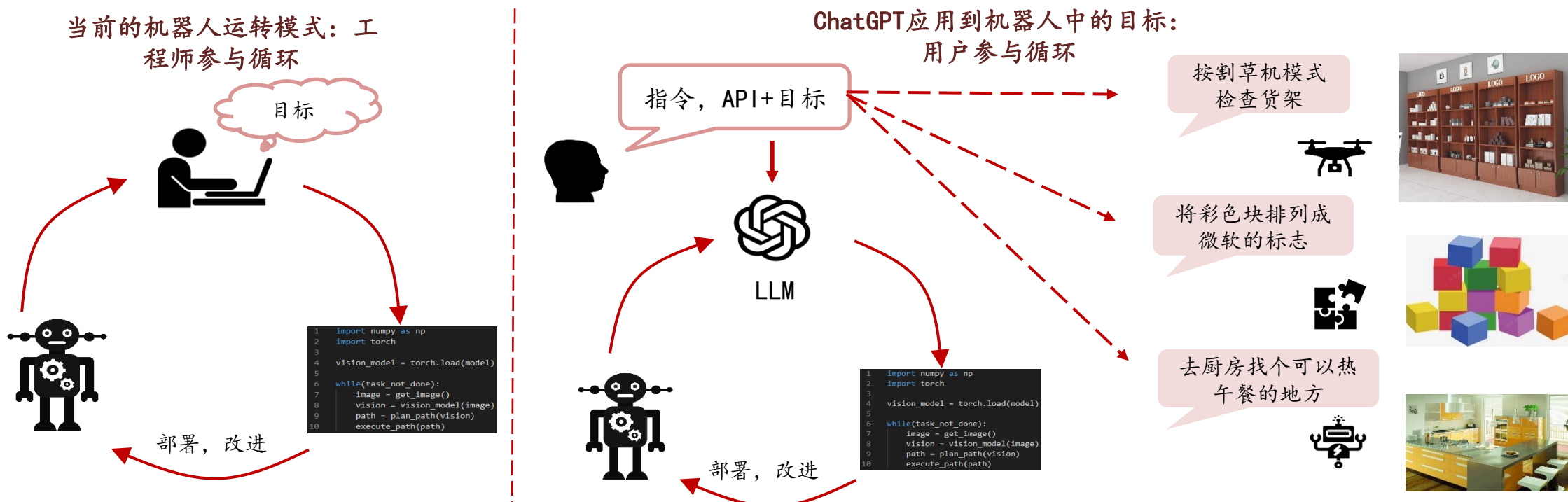
多模态大模型是提升机器人感知与交互的关键

ChatGPT推动机器人由工程师参与循环演进为用户参与循环。ChatGPT通过对人类的自然语言指令进行拆解，输出为计算机指令。同时，可以不断根据操作反馈进行迭代学习。

2023年3月，Google发布PaLM-E模型，不需要对场景进行预处理，进一步提升了泛化能力；2023年7月，Google发布视觉-语言-动作（VLA）的机器人模型 RT-2，实现从网络及机器人数据中不断学习。

国内通用大模型亦在快速迭代，叠加国外开源模型以及实践，产业发展预期加速。

ChatGPT推动机器人由工程师参与循环演进为用户参与循环

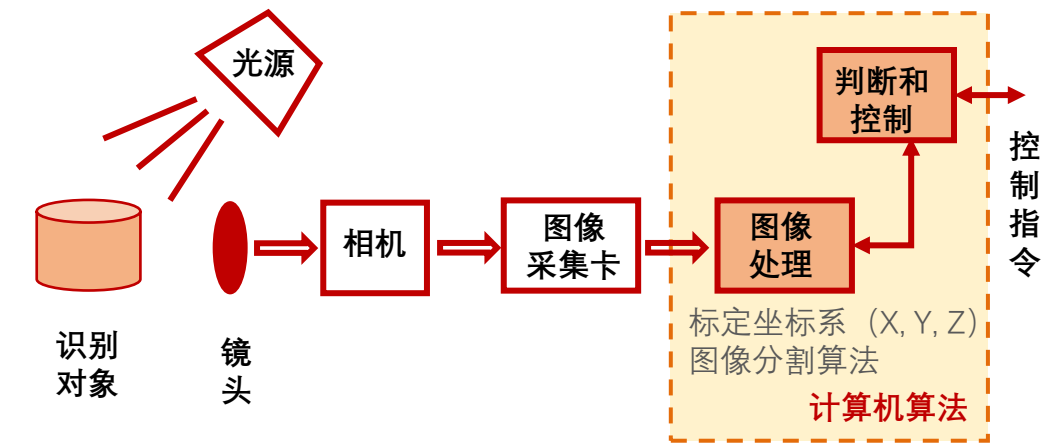


视觉技术在人形机器人感知中最为关键。视觉信息占人类获取的信息的约80%，为信息获取的最重要途径之一，进而通过大脑对物体大小、明暗、颜色、动静做出判断。

3D视觉技术更加成熟。结合深度学习算法，已较多在物流分拣、自动驾驶、无人机、三位重建、人脸识别等领域应用。

双目视觉方案算法复杂程度最高，为人形机器人最倾向的方案。双目视觉技术以及结构光技术由于扫描速度以及抗干扰能力较弱，因此在工业中的拆垛、码垛定位，以及人脸识别、静态尺寸测量等方面有较广的应用。激光三角测量法主要用于工业的高速动态流水线场景，飞行时间（ToF）测量法主要用于视觉导航、动态跟踪等。双目视觉为人形机器人主流采取的方案。

机器视觉识别涉及更大量的处理、判断及控制算法



主流3D视觉探测方法对比

测量方法	双目视觉	结构光测量	激光三角测量	飞行时间
算法复杂度	高	高	低	低
扫码速度	中	慢	快	快
抗干扰能力	中	差	高	中
成熟度	高	中	高	高
硬件成本	中	高	中	低

机器视觉国内市场2024年预期20%以上增长，品牌销售持续提升

机器视觉领域主要有四类参与者。1) 国外龙头技术实力积累较深，发展历史悠久，主要为康耐视、基恩士等。2) 华为、百度等综合性科技企业，优势在于其生态以及云边端的解决方案能力，特别是华为鸿蒙生态。3) 商汤、云丛、旷视等企业在软件算法有较多的研发。4) 传统硬件龙头发力软硬一体能力。

国内机器人OEM对外采购视觉算法软件比例相对较小，品牌销售占比稳定提升。2022年中国机器视觉市场规模170.65亿元，同比增长23.51%，至2027年预计超560亿元，品牌销售的占比有望超45%。

康耐视的VisionPro和MVTec的Halcon占据机器视觉软件销量前两位，海康机器人位居第三。整体看，中国市场大部分视觉应用厂商都是自主研发软件或开源平台的二次开发为主，对外采购品牌软件的占比相对较小。

机器视觉领域主要有四类参与者

康耐视、基恩士等，计算机视觉领域老牌龙头

①国际机器视觉企业

华为、百度，云边端提供行业解决方案及消费级产品

②综合性科技企业

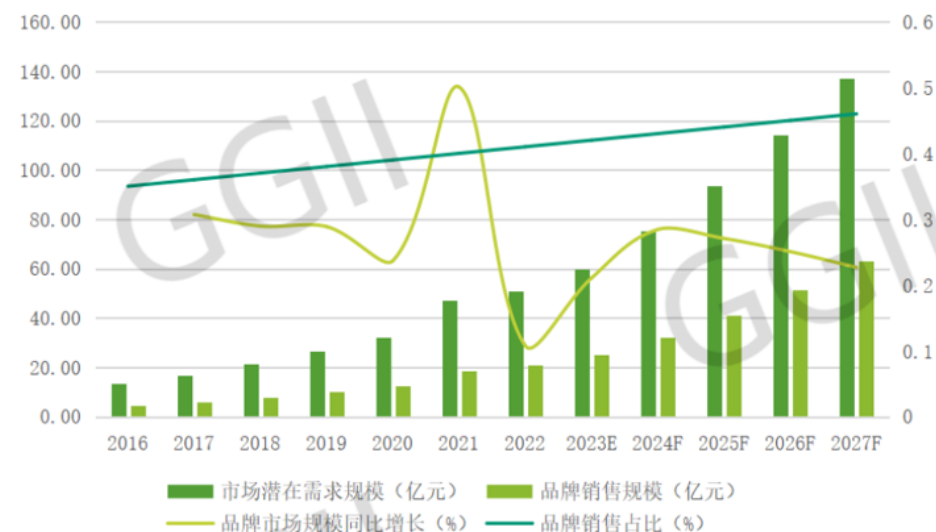
③技术性科技企业

AI四小龙、格灵深瞳、佳都科技等，细分领域技术专业性强

④智能化转型的硬件厂商

海康威视、大华股份、凌云光等，以硬件为基础，提供软硬一体方案

中国机器视觉软件市场需求及品牌占比（右）



与智车类似，感知及控制算法需要与硬件厂商建立紧密合作。机器人OEM厂商的感知及运控方案较为多元，软件算法为自研与外采相结合，在开发过程中需要与硬件厂商进行较为紧密的合作。从机器人自由度来看，特斯拉Optimus运动规划算法较为复杂。

认知与决策算法为各厂商中长期竞争核心差异所在，多采取自研。特斯拉采取与汽车一脉相承的FSD神经网络算法。认知模块相当于人类的大脑，为各厂商体现其智能化水平的核心。

典型人形机器人技术方案对比

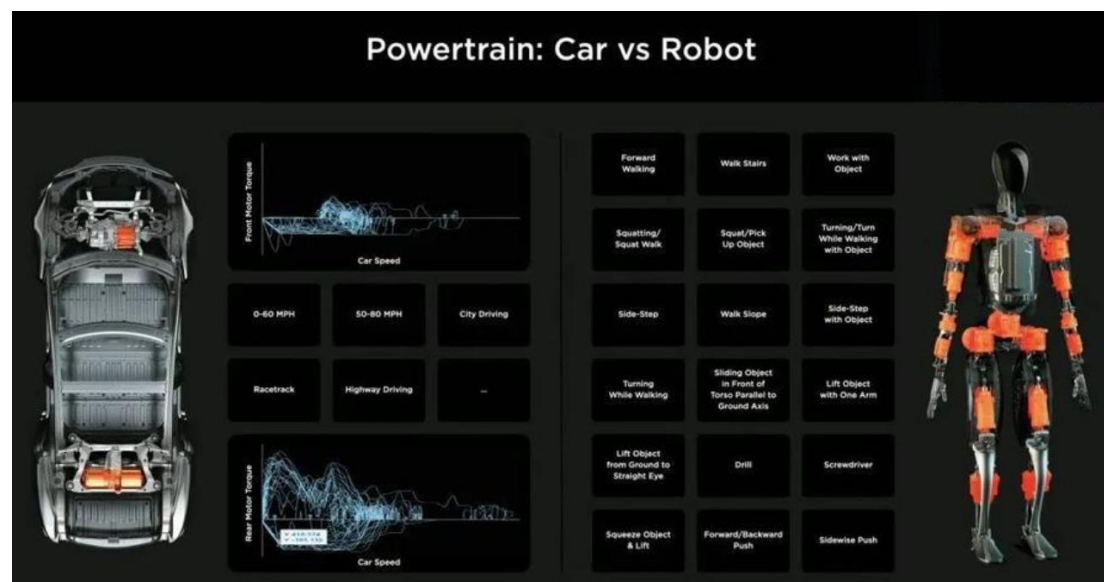
	特斯拉Optimus	波士顿动力	小米	优必选
名称	Optimus	Atlas	CyberOne	Walker X
发布时间	2022年	2018年	2022年	2021年
感知智能与交互	鱼眼+左右摄像头，力矩传感器，位置传感器	集成IMU，力传感器，TOF深度相机，多平面分割算法	Mi sense视觉模组，自研三维重建算法，听觉传感器，显示模组表达情绪	四目立体视觉，声波、力矩、惯导传感器，原生28+机器人情绪体系
认知与决策	FSD芯片，自研神经网络认知算法	MPC控制器，自研认知算法	N/A	Intel i78665U处理器，自研认知算法
运动规划与控制	50自由度，最大速度8km/h，电驱(旋转+直线+手部执行器)，重心控制算法	28自由度，最大速度9km/h，液压，实时预测环境带来的影响	21自由度，最大速度3.6km/h，电驱，自研人形双足控制算法	41自由度，最大速度3km/h，电驱

04

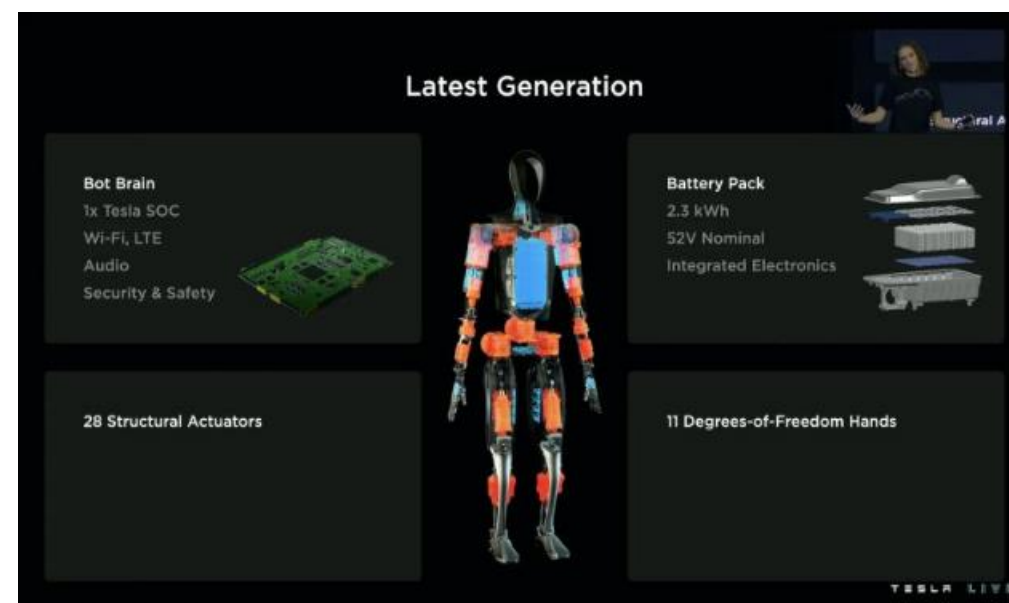
产业+技术协同，汽车产业链助人形机器人加快成长

- 新能源汽车和机器人设计制造具有众多相似之处：
 - 1) 市场规模层面：人形机器人与汽车一样市场空间广阔，未来人形机器人有望成为和汽车一样对企业 and 家庭重要产品，未来人形机器人或像汽车一样成为家庭标配。
 - 2) 零部件层面：人形机器人与智能汽车一样需要搭载传感器、人工智能芯片和电池等相关配置，且该类先进配置在新能源汽车快速发展中已得到快速提高，汽车产业发展助力人形机器人产业发展。
 - 3) 产业特点层面：人形机器人零部件与汽车零部件企业类似，具备成本高、门槛高、对研发及大规模量产能力高等要求，汽车产业链助力机器人产业成长。

汽车与人形机器人开发具有高度相关性

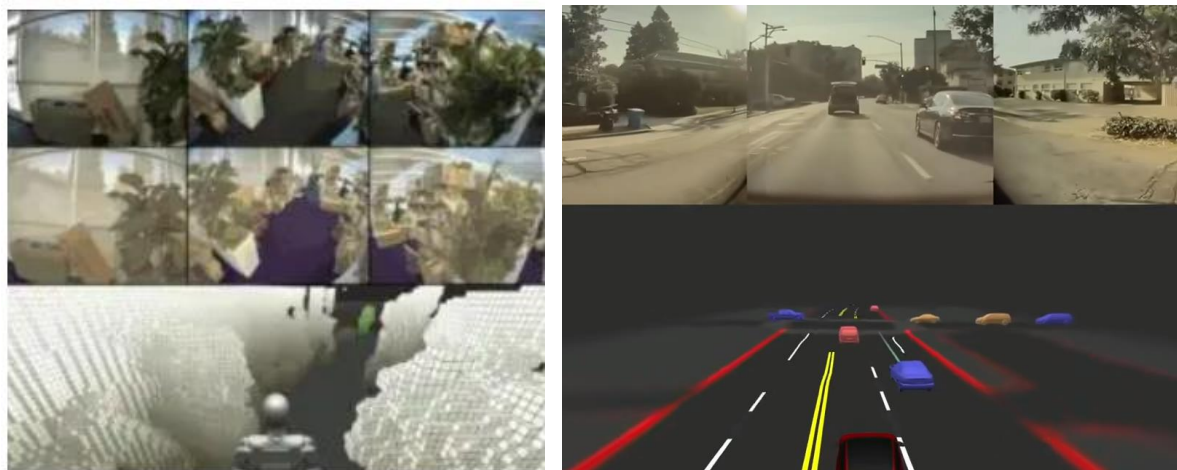


特斯拉人形机器人构成

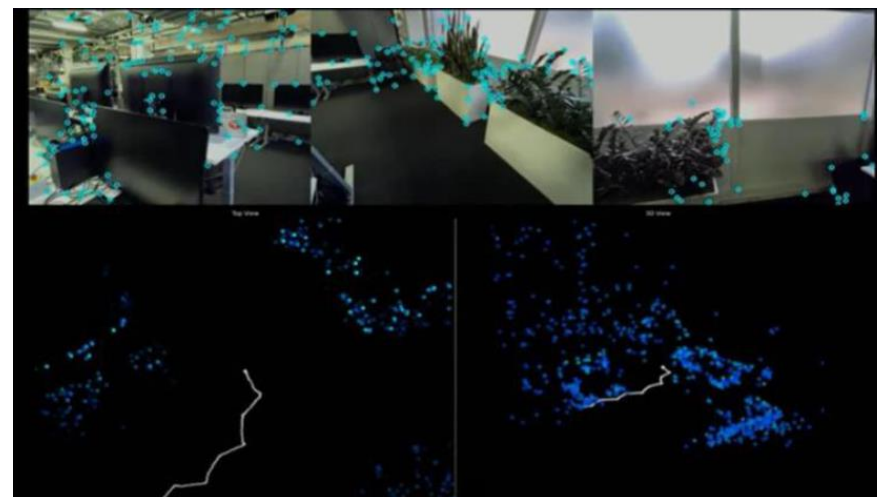


- **特斯拉人形机器人和自动驾驶的感知系统硬件类似：**人形机器人采用纯视觉感知方案，共配置有3 颗摄像头，分别是左右眼各一个以及一颗鱼眼广角，特斯拉人形机器人和自动驾驶均采用以视觉为主的感知方式，感知系统硬件类似。
- **特斯拉人形机器人和自动驾驶算法逻辑基本一致：**自动驾驶和人形机器人其本质都是基于“输入-处理-输出”模式下服务于人类的智能化系统。人形机器人依赖于自动驾驶FSD 算法，人形机器人提取图像特征后进行3D重建，对于空间中的物体通过占用网络进行识别输出。对比汽车自动驾驶中占用网络，因为室内环境小目标比较多，因此机器人场景的单元格更加稠密。

特斯拉人形机器人视觉感知及汽车感知



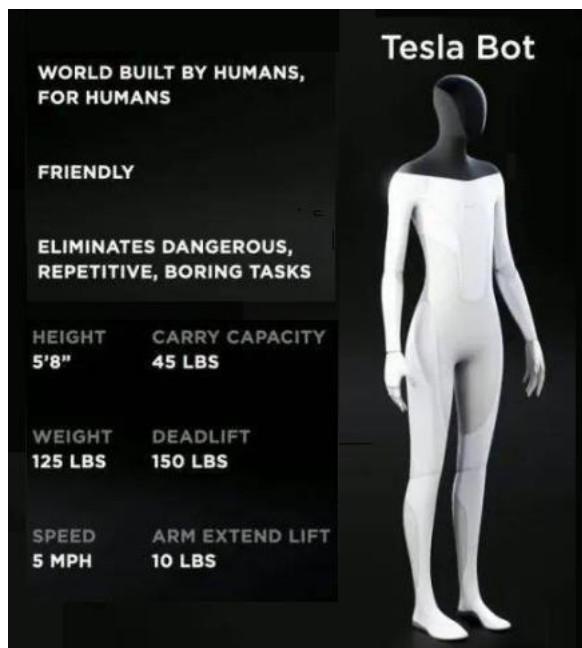
特斯拉人形机器人视觉导航系统



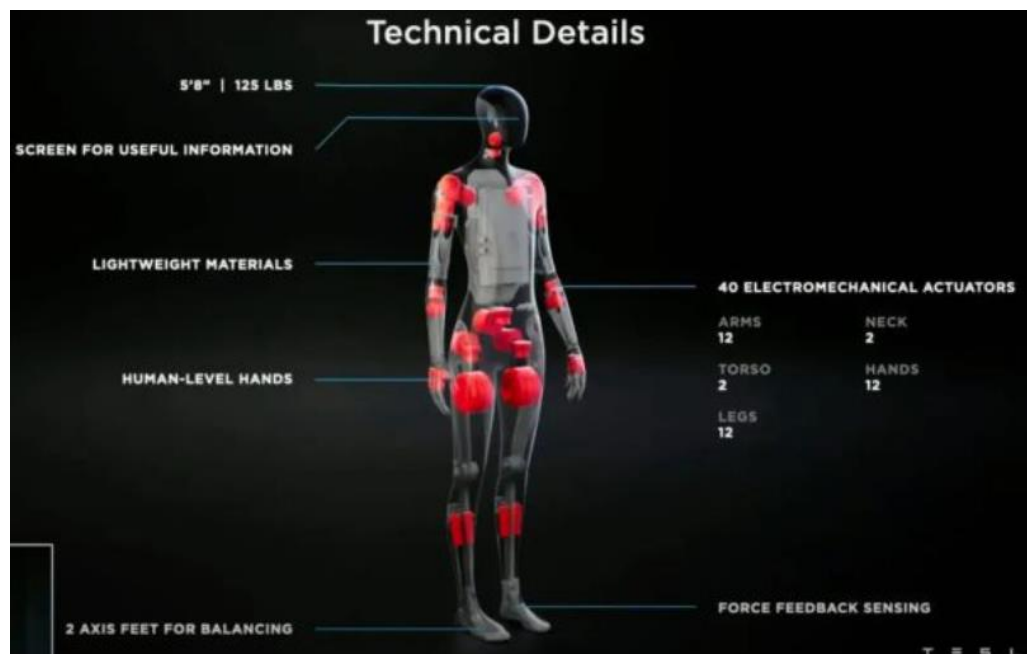
机器人市场大空间+高价值，开启特斯拉第二成长曲线

- 人形机器人需求巨大，开启特斯拉第二增长曲线：2021年8月在特斯拉AI日上，马斯克公布了特斯拉人形机器人项目，马斯克对机器人的市场定位是替代人类去做一些有危险或重复枯燥的劳动。马斯克曾表示人形机器人市场需求可能会达到100亿至200亿台，并预测Optimus将占到特斯拉长期价值的大部分。人形机器人快速进化，特斯拉第二代人形机器人Optimus Gen2于2023年12月发布，Optimus Gen 2采用了特斯拉自主设计和制造的执行器和传感器。
- 人形机器人构成复杂价值量高，相关概念加持零部件产业链估值提升：人形机器人主要由智能感知、执行灵巧手灯部件构成，单个机器人价值量合计或超15万元。随着人工智能和先进技术的迅猛发展，机器人产业正成为全球各大科技巨头争相布局领域，机器人板块估值快速抬升，2023年至今机器人指数PE显著高于汽车零部件板块PE。

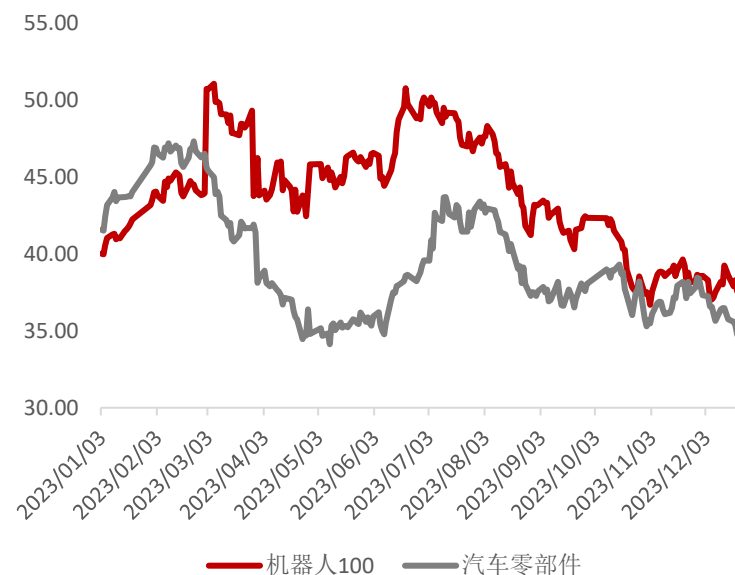
2021年特斯拉人形机器人首次亮相



人形机器人主要构成



机器人板块PE高于汽车零部件板块PE



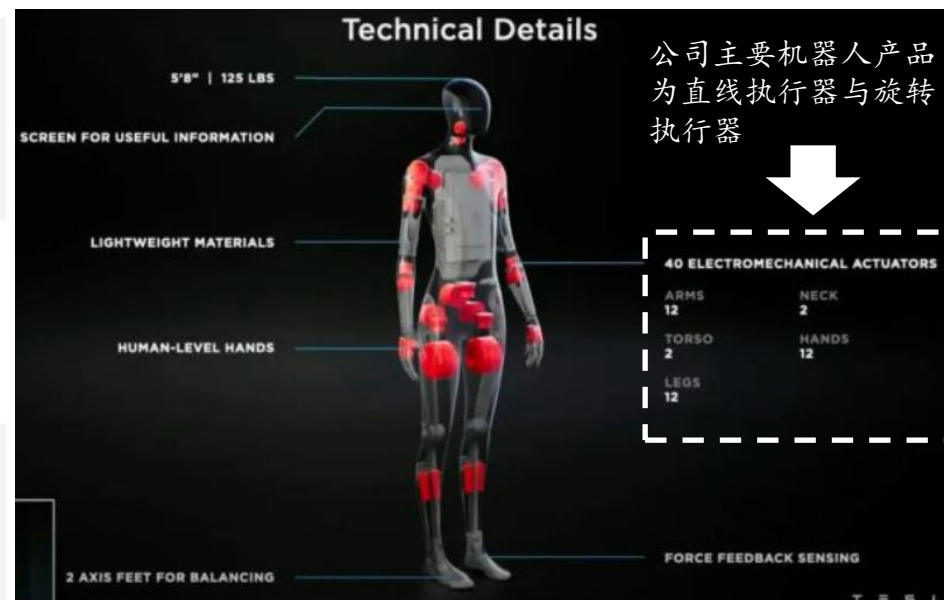
拓普集团：特斯拉重点合作伙伴，专注执行器总成

- 公司为汽车零部件龙头公司，为应对机器人产业发展设立机器人事业部：公司主要业务包括汽车NVH减震系统、内外饰系统、车身轻量化、智能座舱部件、热管理系统、底盘系统、空气悬架系统、智能驾驶系统，八大业务板块实现整车关键零件全覆盖。2023年7月公司发文设立机器人事业部，公司通过整合优势资源，实现业务聚焦，为该项业务的发展提供战略保障。
- 公司切入机器人直线执行器和旋转执行器，已多次向客户送样：根据公司2023年中报披露信息，公司机器人项目自2024年Q1进入量产爬坡阶段，初始订单为每周100 台。为满足客户要求，公司需要2023年完成4套生产线的安装调试，形成年产10万台的一期产能，后续将年产能提升至百万台。直线执行器一个机器人需要14个，主要用于大腿、手臂等位置，单价约1500-2000元。

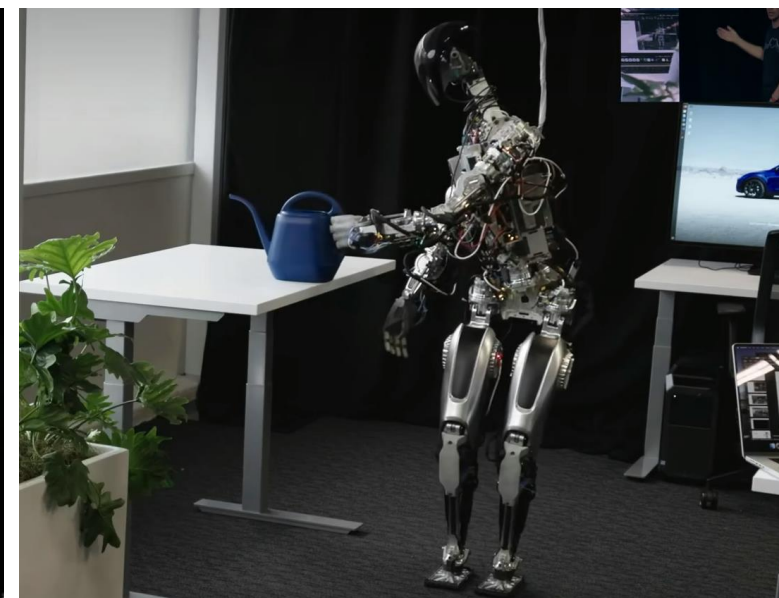
公司主要业务



公司机器人主要产品



特斯拉人形机器人



三花智控：专注执行器总成，海外布局加速

- 三花的主要业务分为制冷空调电器零部件和汽车零部件两大板块：目前三花的制冷元器件产品主要包括电子膨胀阀、四通换向阀、电磁阀、微通道热泵换热器和Omega 泵等，应用于空调、冰箱、洗碗机、咖啡机和冷链物流等多个领域。在汽车零部件板块，三花主攻汽车热管理器件，主要产品包括电子膨胀阀、调温阀、油冷器、电子水泵和贮液器等。
- 公司机器人主要产品为旋转与直线执行器，与绿的谐波合作加快海外布局进程：旋转与直线执行器一个机器人分别需要14个，主要用于大腿、手臂等位置，单价约1500-2000元，为公司人形机器人领域主要产品。另外，公司为同步配合客户量产目标，积极筹划机电执行器海外生产布局等。2023年4月公司公告与绿的谐波签署战略合作框架协议，拟在三花墨西哥工业园共同出资设立一家合资企业。合资公司的主营业务为谐波减速器相关产品的研发、生产制造及销售，海外布局加速。

公司主要汽车零部件业务

电池热管理



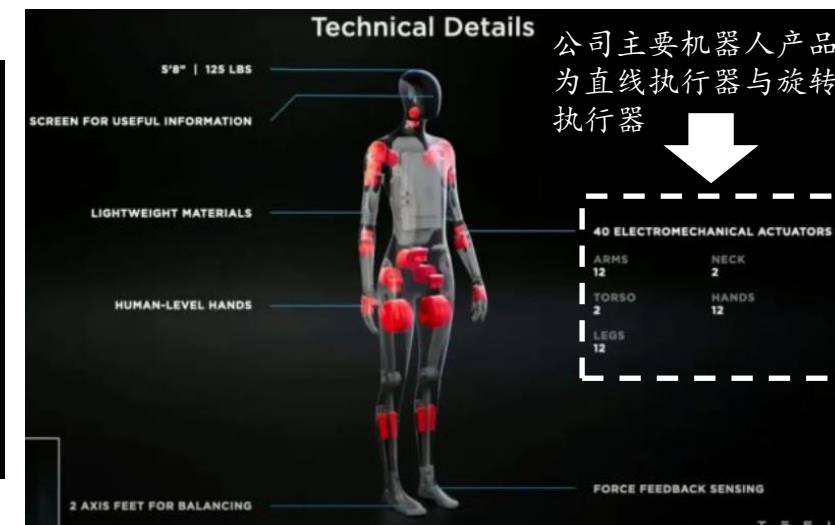
空调热管理



Optimus执行器



公司机器人主要产品



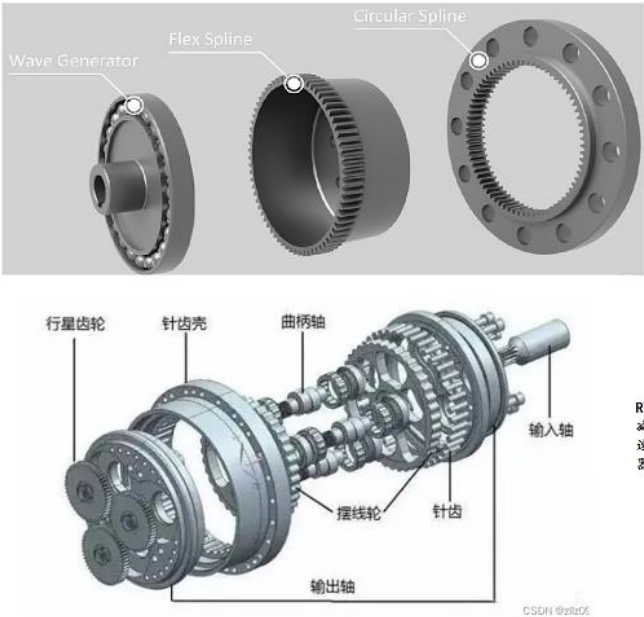
双环传动：深耕RV减速器，谐波减速器渐发力

- 公司主要产品包括汽车变速器、分动箱齿轮等产品：公司业务覆盖汽车的动力总成和传动装置包括变速器、分动箱等，新能源汽车的动力驱动装置如混合动力变速器以及各类纯电驱动电机与减速传动齿轮，以及非道路、轨道交通、风力发电、电动工具、机器人自动化等领域的驱动传动场景均有涉及。
- 公司深耕RV减速器，谐波减速器领域渐发力：工业机器人的核心零部件包括精密关节减速器、伺服电机和控制器，精密关节减速器主要分为RV和谐波减速器两大类。RV减速器大体积、高负载能力和高刚度，汽车、运输、港口码头等行业中通常使用配有RV减速器的重负载机器人。谐波减速器体积小、传动比高、精密度高，主要用于3C、半导体、食品、注塑、模具、医疗等行业中通常使用由谐波减速器组成的30kg负载以下的机器人。公司持续深耕RV减速器，占据国产市场领先地位。此外，公司将高性能谐波减速器新品推向市场，应用于工业机器人、协作机器人等多场景。

公司主要汽车业务

类别	应用	产品描述	产品图示
乘用车	EV、HEV、DHT 小总成、AT、DCT、CVT、发动机、分动器	实现了手动变到自动变齿轮产品全面覆盖。齿轮精度达到 ISO6 级，并成功解决了磨齿三截面扭曲的难题，有效解决传动噪音问题	
商用车	六 发 动 机 齿 轮、自 动 变 速 箱 齿 轮、车 桥 齿 轮	最高精度可以稳定地达到 ISO5 级	

公司RV减速器与谐波减速器



公司机器人主要产品为旋转执行器中的谐波减速器



● 风险提示：

- **人形机器人应用场景开拓不及预期：**特斯拉人形机器人取得显著进展，但目前其应用场景尚未明晰。若应用场景开拓不及预期，则人形机器人的市场空间及放量时点将面临不确定性。
- **产业链降本不及预期：**当前人形机器人尚未产业化量产的桎梏之一在于减速器、丝杠、传感器等零部件相对高昂的成本，若降本进程不及预期，则将对人形机器人产业化落地造成不利影响。
- **国内供应商研发进展不及预期：**国内企业积极围绕人形机器人进行相关业务布局，若研发进展缓慢，则进入特斯拉供应链的可能性会降低。

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，保证报告所采用的数据和信息均来自公开合规渠道，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，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。研究报告对所涉及的证券或发行人的评价是分析师本人通过财务分析预测、数量化方法、或行业比较分析所得出的结论，但使用以上信息和分析方法存在局限性。特此声明。

免责声明

本研究报告由方正证券制作及在中国（香港和澳门特别行政区、台湾省除外）发布。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告内容仅供我公司适当性评级为C3及以上等级的投资者使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。若您并非前述等级的投资者，为保证服务质量、控制风险，请勿订阅本报告中的信息，本资料难以设置访问权限，若给您造成不便，敬请谅解。

在任何情况下，本报告的内容不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求，方正证券不对任何人因使用本报告所载任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。

本报告版权仅为方正证券所有，本公司对本报告保留一切法律权利。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处且不得进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

类别	评级	说明
公司评级	强烈推荐	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有20%以上的涨幅。
	推荐	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有10%以上的涨幅。
	中性	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数在-10%和10%之间波动。
	减持	分析师预测未来12个月内相对同期基准指数有10%以上的跌幅。
行业评级	推荐	分析师预测未来12个月内行业表现强于同期基准指数。
	中性	分析师预测未来12个月内行业表现与同期基准指数持平。
	减持	分析师预测未来12个月内行业表现弱于同期基准指数。
基准指数说明		A 股市场以沪深300 指数为基准；香港市场以恒生指数为基准，美股市场以标普500指数为基。



专注 · 专心 · 专业

北京市西城区展览路48号新联写字楼6层
长沙市天心区湘江中路二段36号华远国际中心37层

上海市静安区延平路71号延平大厦2楼
深圳市福田区竹子林紫竹七道光大银行大厦31层

广州市天河区兴盛路12号楼隼峰院2期3层方正证券