

证券研究报告·行业深度

未来产业投资地图系列之“具身智能”

分析师：许光坦

xuguangtan@csc.com.cn

SAC 编号：S1440523060002

SFC 编号：BWS812

分析师：籍星博

jixingbo@csc.com.cn

SAC 编号：S1440524070001

发布日期：2026年05月08日

核心观点

大模型快速迭代，推动具身智能大发展，AI赋能深浅，关系到行业发展空间与竞争格局重构。人形机器人是AI最有前景的落地方向之一，其可以提升人类生产力水平和工作效率，还在工业、商业、家庭等领域具有广阔应用空间。人形机器人产业链是一个综合性的生态系统，涵盖了从基础支撑层到应用服务层的各个环节，其上游为人形机器人核心零部件与系统，中游为整机研发、生产与系统集成，下游为场景应用。模型迭代与供应链降本加速人形机器人商业化落地，百家争鸣态势正形成。

摘要

- 从概念内涵来看，具身智能强调智能体与物理世界的紧密融合，代表了人工智能领域的全新范式，具身智能注重通过物理实体的感知、运动以及与外部环境的交互来实现认知，从而构成“感知—思考—行动”的闭环。
- 人形机器人产业链是一个综合性的生态系统，涵盖了从基础支撑层到应用服务层的各个环节，其上游为人形机器人核心零部件与系统，中游为整机研发、生产与系统集成，下游为场景应用。模型迭代与供应链降本加速人形机器人商业化落地，百家争鸣态势正形成。
- **上游核心零部件：零部件种类多样，规模化放量可期。**从价值量分布来看，线性执行器、旋转执行器与灵巧手三大执行器是人形机器人主要零部件的核心组成，合计占比达73%；该类执行器的核心构成单元为电机、丝杠、减速器、轴承等。
- **中游整机：系统集成承上启下，面向终端加速落地。**2025年特斯拉量产节奏放缓，Figure、1X等厂商开启新产品量产，国内人形机器人出货积极，全行业人形机器人出货量在万台级别，2026年量产规模有望快速增长。本体厂商产品价值量高且接近终端客户，在产业链中地位显著。
- **下游应用场景：工业商用率先渗透，家庭消费空间广阔。**随着技术进步和市场需求的不断增长，人形机器人下游应用场景正在持续拓宽。具身智能的应用场景从制造业导入，向商业和家庭服务场景逐步渗透，远期有望应用于航天航空等极限环境，形成“从专用到通用，从ToB到ToC”的发展路径。
- **风险提示：**AI发展放缓风险，宏观经济波动风险，数据安全风险，道德伦理风险。

目录

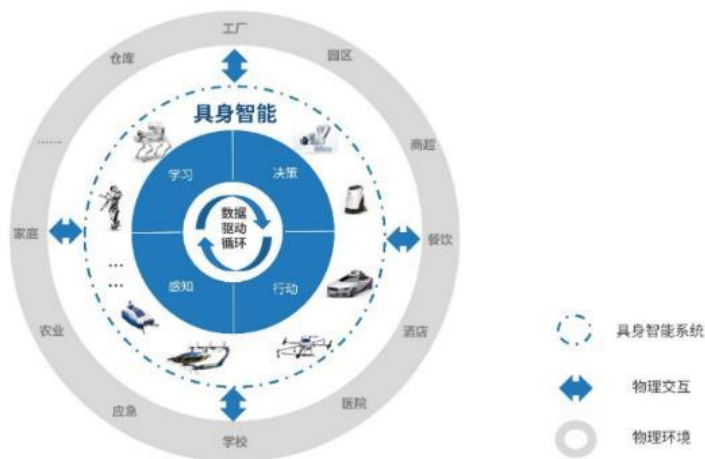
- 01. 具身智能行业概况
- 02. 人形机器人产业链：软硬件深度融合，综合性的生态系统
- 03. 上游核心零部件：零部件种类多样，规模化放量可期
- 04. 中游整机：系统集成承上启下，面向终端加速落地
- 05. 下游应用场景：工业商用率先渗透，家庭消费空间广阔
- 06. 风险提示

PART 1

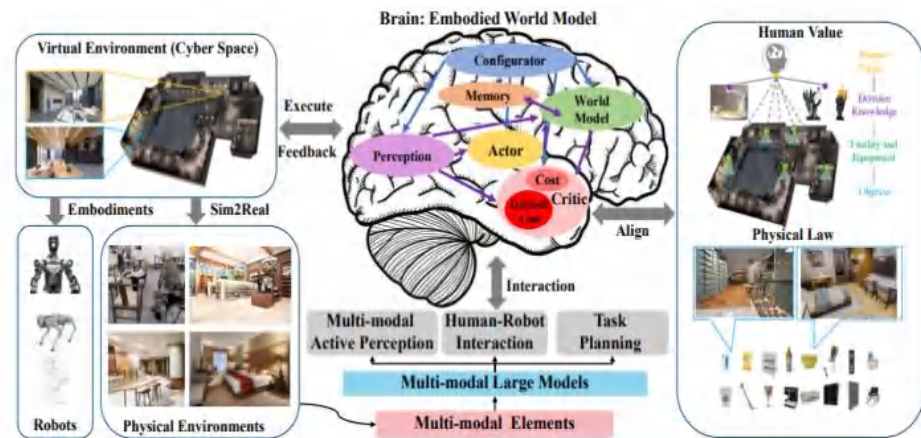
具身智能行业概况

- **2025年具身智能首次被写入政府工作报告。**2025年政府工作报告中出现的新词涵盖科技、经济、民生等多个领域，其中科技领域新词包括具身智能、6G、人工智能手机和电脑、智能机器人。此前，具身智能入选2024年度十大科技名词，2025年被写入政府工作报告，不仅将机器人产业提升至前所未有的战略高度，更标志着具身智能正式成为国家未来产业的重点发展方向。
- **从概念内涵来看，具身智能强调智能体与物理世界的紧密融合，代表了人工智能领域的全新范式。**根据全国科学技术名词审定委员会定义，具身智能（Embodied Artificial Intelligence, EAI）是指一种基于物理实体进行感知和行动的智能系统，其通过智能体与环境的交互来获取信息、理解问题、作出决策并执行行动，从而展现出智能行为和适应性。其与传统人工智能存在差异，后者主要指存在于计算机程序、云端服务器中的虚拟智能，依赖于抽象的符号计算和数据处理，而具身智能则更注重通过物理实体的感知、运动以及与外部环境的交互来实现认知，从而构成“感知—思考—行动”的闭环。

图表：具身智能系统示意图



图表：具身智能强调与物理世界交互



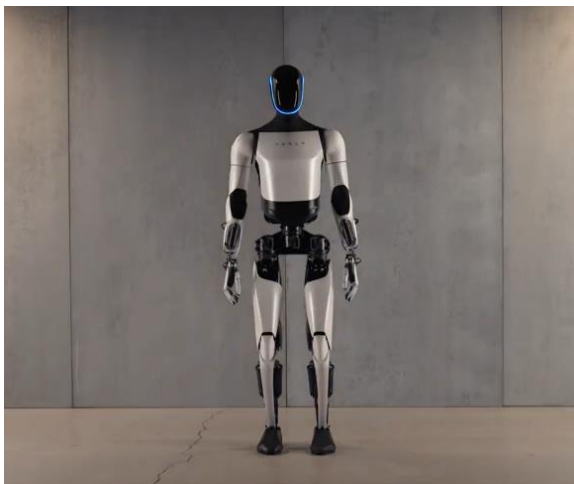
- 人形机器人是具身智能的理想载体，但具身智能也可拓展至人形机器人以外广义上AI赋能的智能化设备。人形机器人作为具身智能的典型代表，被视为实现具身智能的最佳载体之一。但具身智能系统实现方式多种多样，除人形结构外，还可根据场景需求选择适配的智能实体，例如具备环境感知能力的智能扫地机器人、在高空作业的无人机、已进入路测阶段的自动驾驶汽车等，其中机器人是具身化特征最突出的形态之一。从技术实践看，机器人基于应用场景呈现多元化设计，包括四足机器人、轮式机器人、履带式机器人、仿生机器人等不同类型，通过硬件特性的差异化适配完成特定任务。
- 综合商业化场景分析，预计具身智能远期市场规模超过万亿。大模型带来的泛化能力是最核心的变量和关注点，这种能力有机会让多个应用规模化，打破机器人在场景落地的障碍。商业化场景评估是具身智能落地进程中的关键一环，各场景需从多元维度进行分析与平衡。例如A端较为看重多功能，接口方便；B端更看重精度、节拍、稳定性，以及人力替代的完整性，对交互泛化要求不高；C端复杂度最高，更看重交互、泛化能力，需要保证安全，但对精度指标的要求相对宽松。

图表：具身智能商业化场景分析

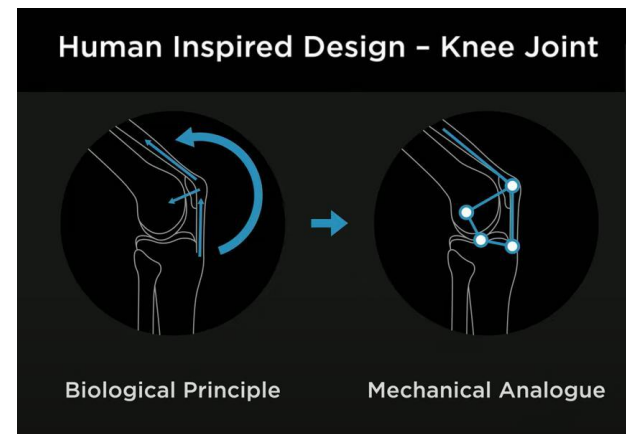


- 人形机器人是AI最有前景的落地方向之一，未来可以在工业、商业、家庭、外太空探索等领域具有广阔应用场景，将人类从低级和高危行业中解放出来，提升人类生产力水平和工作效率。预计当人形机器人产业迭代成熟之后，所对应的年度市场规模会有数万亿元。
- 人形机器人采用人形设计出于多种因素考量：①环境适应性：现实中许多场景（如楼梯、工具等）均是根据人体工学设计的，机器人如果是人形就能够在这些场景中直接应用。②任务通用性：人体具备较高灵活度，模仿人类的关节、感官系统让人形机器人更加灵活，可执行多样化任务。③社会接受度：类人外观降低人机交互的心理隔阂，与其他类型相比，未来人形机器人在情感沟通上面临的壁垒更低。④数据可得性：深度仿生意味着可以从人身动作中获取大量的运动数据，能够明显降低深度强化学习等训练方法的难度和所需的训练时间。
- 特斯拉人形机器人Optimus即坚持仿人结构。Optimus对人的模拟体现在：①外形上，Optimus概念机中机器人身高1.73米，最新版本的人形机器人体重有所降低，但外形仍然坚持仿人设计；②结构上，关节结构使用非线性结构来实现对不同形态下的压力、扭矩控制，进而完成实现流畅动作，在执行器连接中使用模仿肌腱的弹簧设计，手部形态上模仿人类手掌，从而实现高灵敏度以抓取重物 and 轻薄物体。

图表：2023年12月展示的特斯拉机器人外形

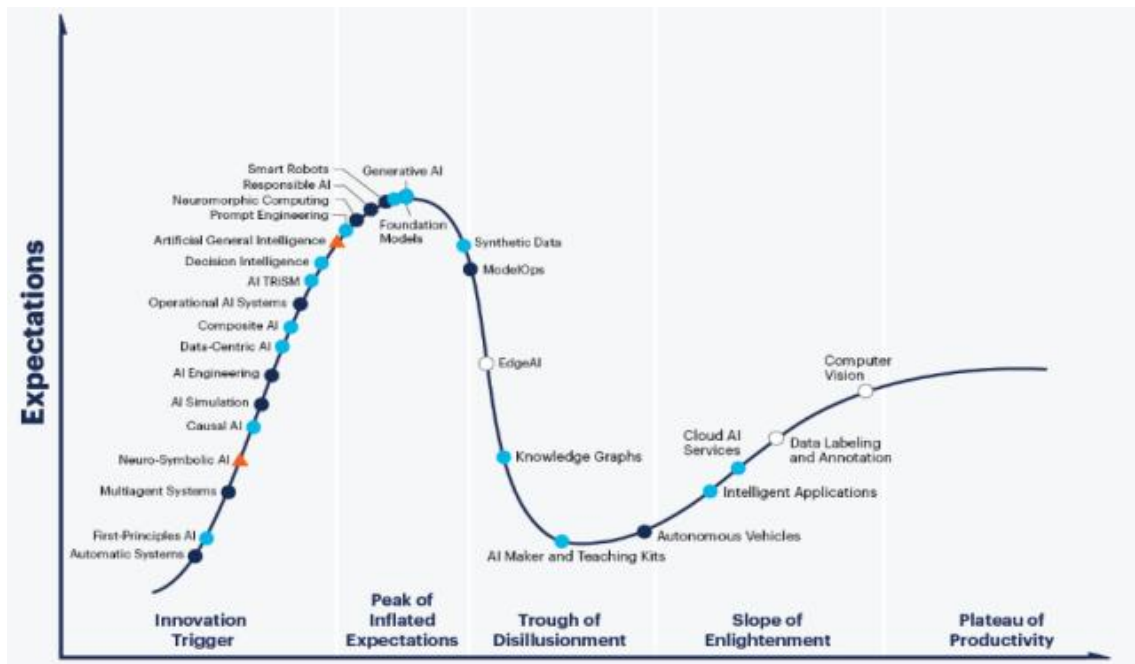


图表：特斯拉机器人关节处采用仿人设计

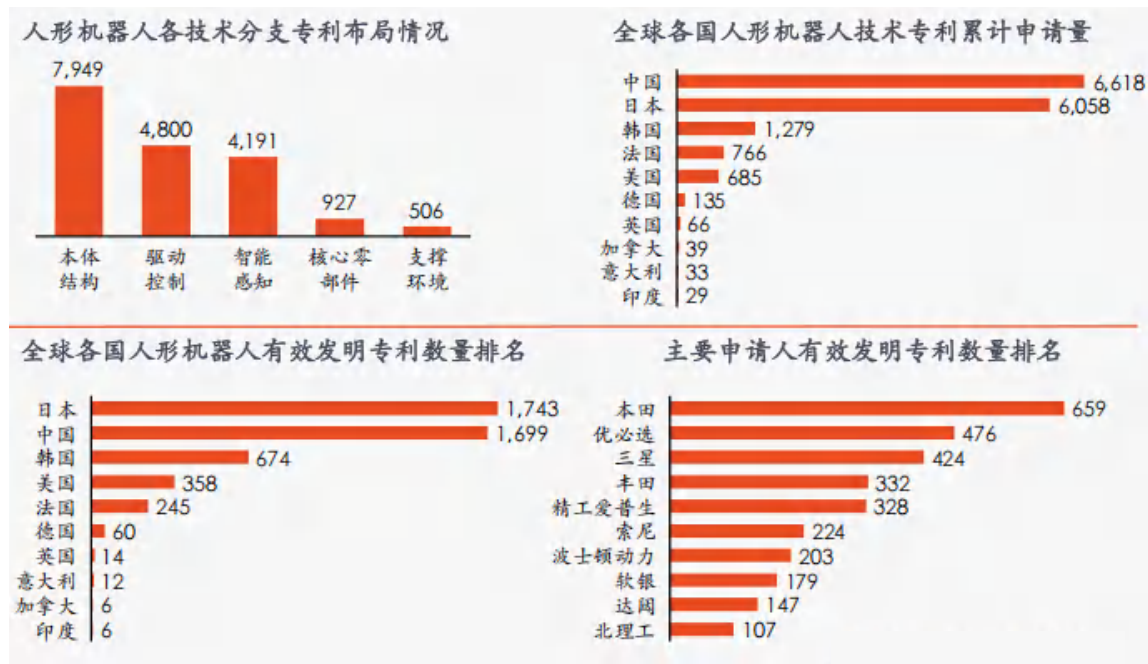


➤ 人形机器人技术成熟度的持续提升与专利创新的密集布局，是推动其进入“具身智能”产业化发展阶段的核心驱动力。依据AI技术成熟度曲线，生成式AI等底层技术已步入生产力成熟阶段，其与人形机器人的深度融合开启了机器人“具身智能”新时代，未来2-5年将是人形机器人“大脑”技术发展的关键期；从专利创新来看，全球人形机器人相关专利已近2万件，90%集中在本体结构、驱动控制、智能感知核心领域，而中、日、韩、美、法等国在该领域的专利布局持续深化，其中中国累计专利申请量达6618件、有效发明专利1699件，本田、优必选等企业为主要创新主体，技术专利的密集产出与布局进一步夯实了人形机器人产业化发展的技术基础。

图表：AI技术成熟度曲线



图表：2023年人形机器人专利情况





➤ 国家层面的顶层政策设计为人形机器人产业发展提供了明确的战略指引与制度保障。2023年10月工信部印发《人形机器人创新发展指导意见》，明确产业3年、5年两步走战略目标：到2025年初步建立创新体系，突破“大脑、小脑、肢体”等关键技术；到2027年推动产业规模化发展，构建有国际竞争力的产业生态。文件围绕技术攻关、产品培育、场景拓展、生态营造等关键任务，系统部署核心技术突破、全链条产品培育、多元场景落地等举措，为人形机器人产业发展提供了清晰的政策指引与制度保障。生态与标准体系建设，为产业技术迭代与产业化落地提供了明确的政策引导与制度支撑。

图表：人形机器人相关政策梳理



PART 2

人形机器人产业链：
软硬件深度融合，综合性的生态系统

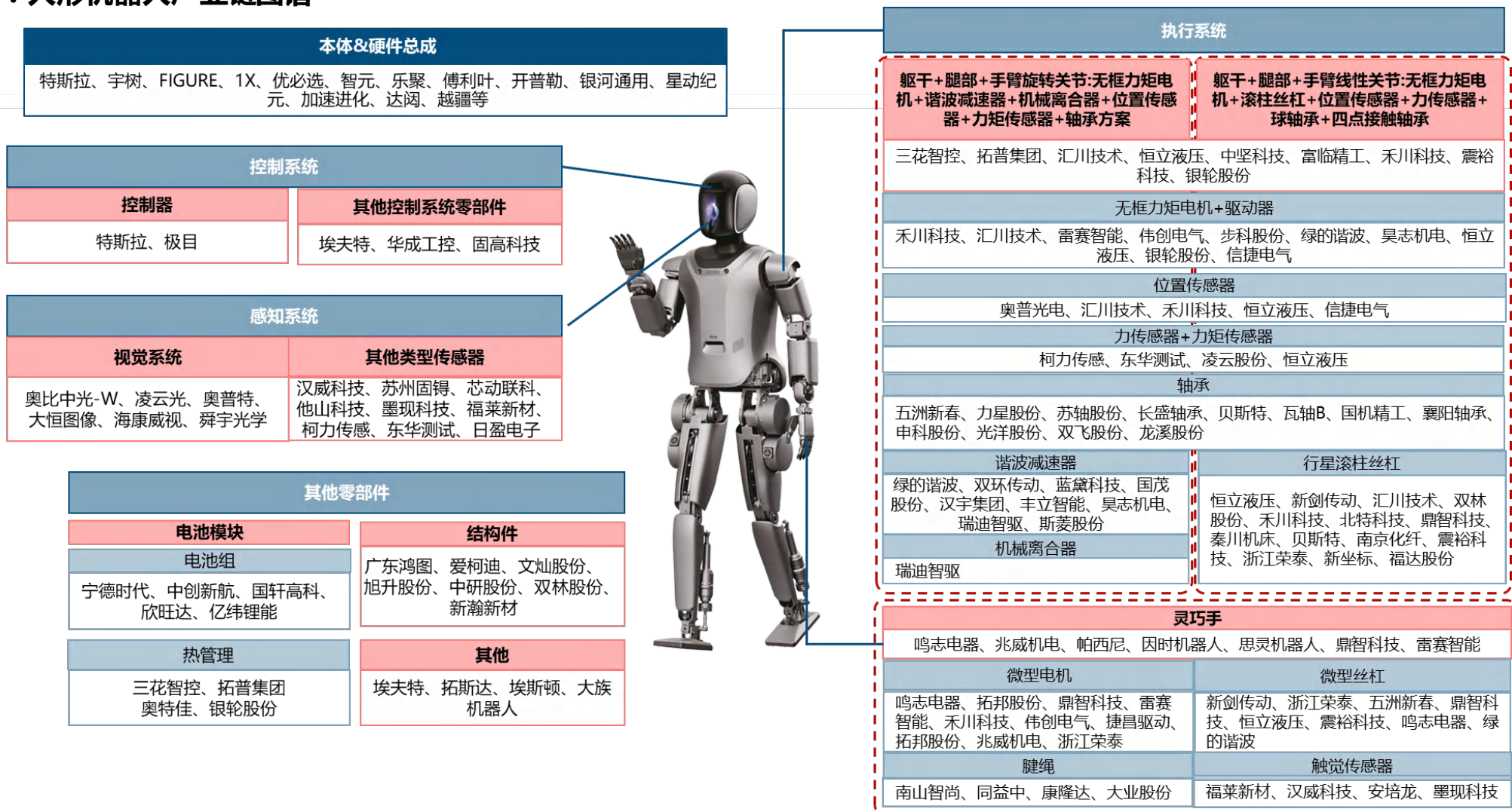
- 我们以具身智能中最典型的人形机器人为例，进行产业链分析；该产业链是一个综合性的生态系统，涵盖了从基础支撑层到应用服务层的各个环节。
- **上游：**上游为人形机器人核心零部件与系统，其中执行器模块决定机器人运动精度与负载能力，感知模块负责环境感知与定位反馈，控制与交互模块支撑智能决策和人机交互，动力模块保障设备稳定续航，结构与热管理模块则为整机运行提供物理支撑与运行保障；
- **中游：**中游为整机研发、生产与系统集成，是衔接上游零部件与下游应用的关键枢纽，也是人形机器人商业化落地的核心环节。通过算法优化与技术验证、整机装配性能测试、软硬件系统集成与场景调试三大流程，完成机器人从技术原型到成品的转化，依托规模化生产与场景适配，提升设备落地实用性；
- **下游：**人形机器人下游应用呈渐进式渗透趋势，整体遵循“从专用到通用、从ToB到ToC”的发展路径。随着技术迭代升级与生产成本下降，产品逐步从工业向商业服务、家庭康养、教育培训等民用场景延伸，大众接受度持续提升，远期还可拓展航空航天等极限特殊场景，实现多领域规模化应用。

图表：人形机器人产业链概览





图表：人形机器人产业链图谱



PART 3

上游核心零部件：
零部件种类多样，规模化放量可期

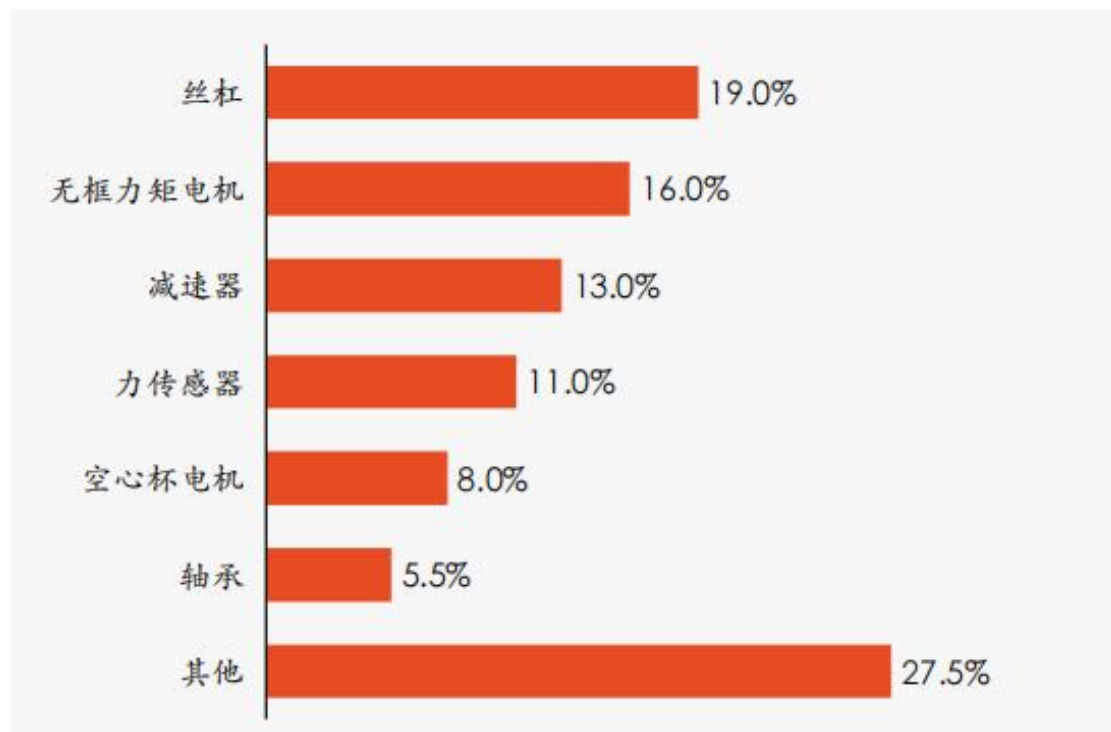


➤ 从价值量分布来看，线性执行器、旋转执行器与灵巧手三大执行器是人形机器人主要零部件的核心组成，合计占比达73%；该类执行器的核心构成单元为丝杠、无框力矩电机、减速器、力传感器、空心杯电机及轴承。

图表：特斯拉Optimus零部件情况

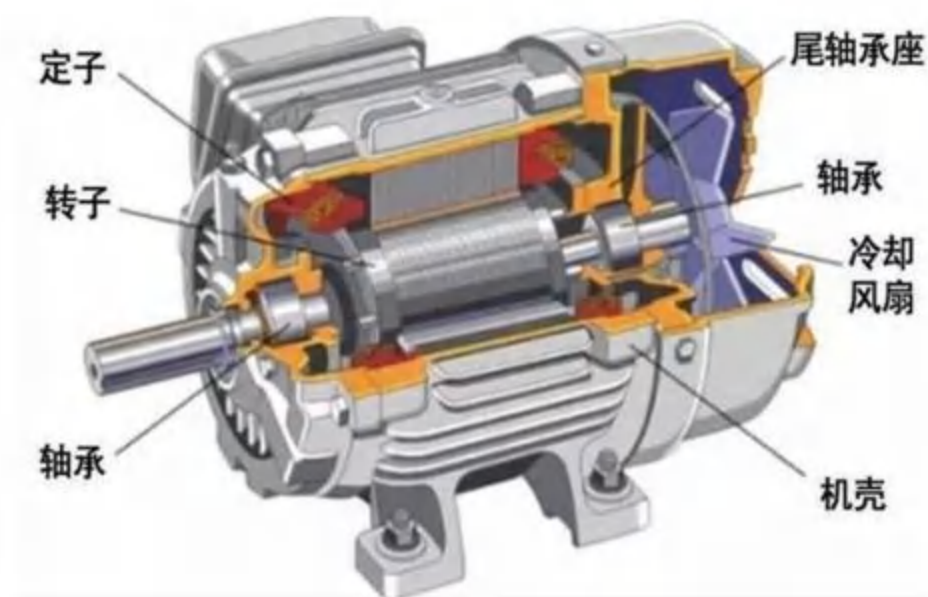
模块	产品	数量 (个/套)
大脑	FSD	1
眼睛	摄像头	8
动力	电池	1
灵巧手 (2)	空心杯电机	12
	精密行星减速器	12
	力传感器	12
线性执行器 (14)	无框力矩电机	14
	力传感器	14
	行星滚柱丝杠	14
	单列向心球轴承	14
旋转执行器 (14)	无框力矩电机	14
	力传感器	14
	谐波减速器	14
	交叉棍子轴承	14
其他	结构件/通讯/热管理等	-

图表：人形机器人零部件价值量情况

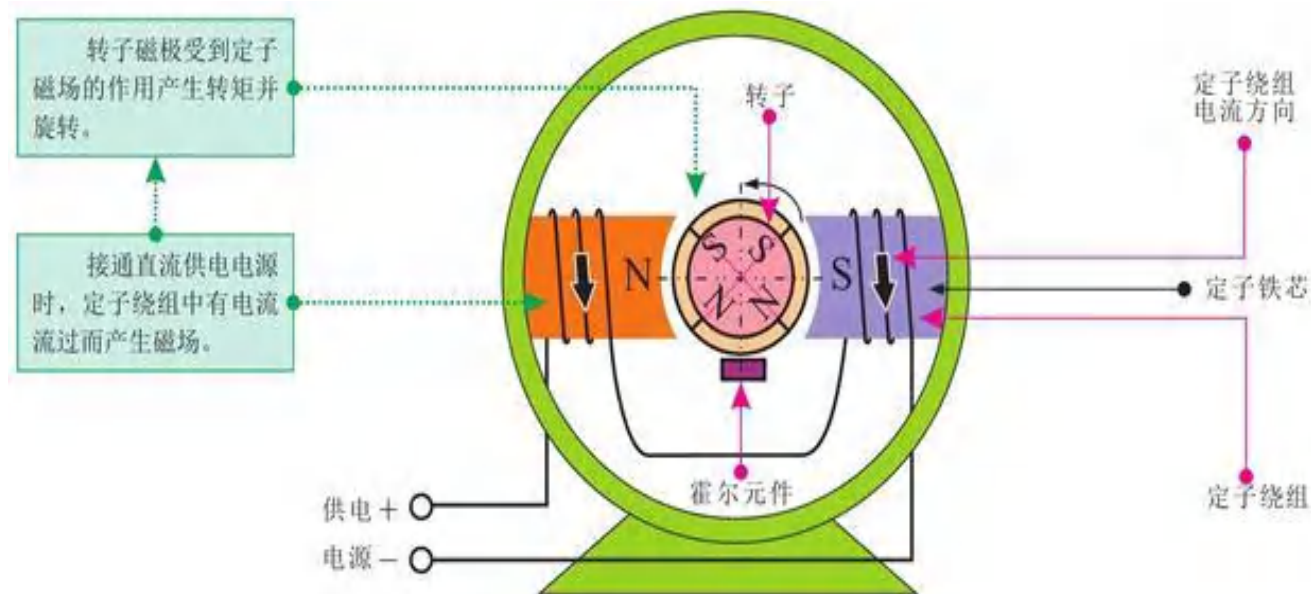


- 电机是指依据电磁感应定律实现电能转换或传递的一种电磁装置，通常由定子、转子、壳体、结构件构成。电机可分为电动机与发电机两个大类。电动机也称电机（俗称马达），它的主要作用是将电能转换为机械能，利用通电线圈产生旋转磁场并作用转子形成磁电动力旋转扭矩，作为用电器或机械的动力源。发电机的主要作用是把机械能转化为电能。本报告中所提到电机指电动机，以电磁场作为媒介将电能转化为机械能，实现旋转或直线运动，作为用电器或各种机械的动力源。

图表：特斯拉Optimus零部件情况



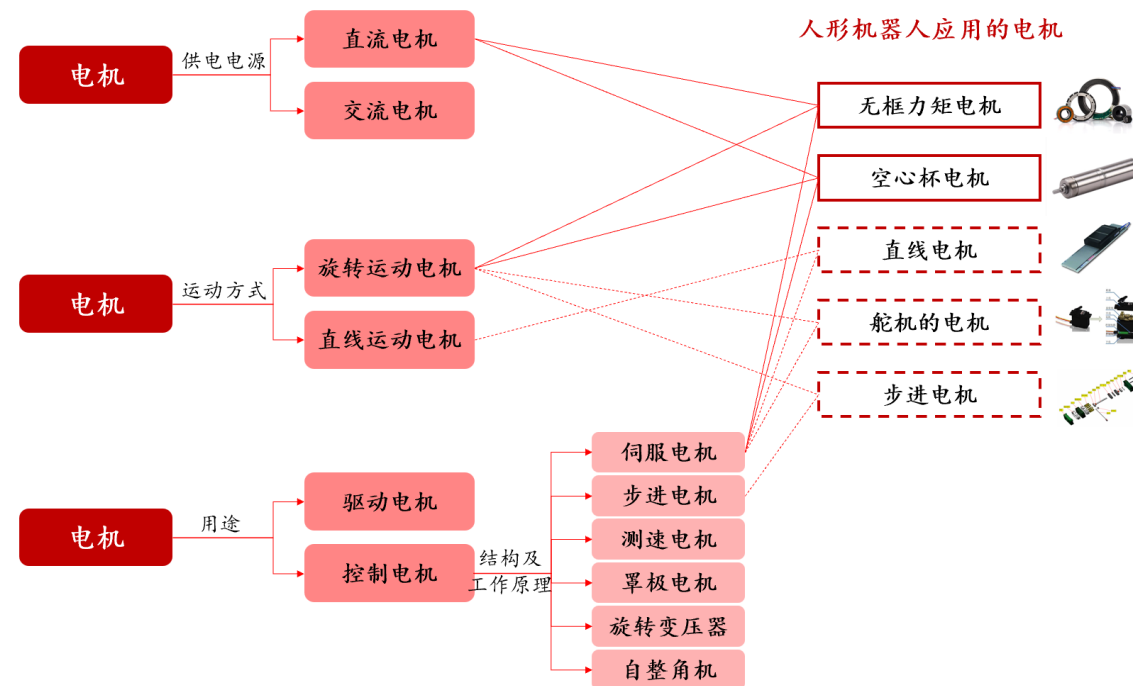
图表：人形机器人零部件价值量情况



Part3.2 人形机器人核心零部件-电机

- 电机种类多样，可按照供电电源、电机运动方式、电机用途等不同方式进行分类。
- 根据功能与用途差异可将电机分为驱动电机与控制电机两大类。驱动电机主要实现机电能量转换，重点在于力能指标（效率和功率因数等）。控制电机是指在自动控制系统中作状态监测、信号处理或伺服驱动等用途的各种电机、电机组件及其系统，主要实现控制信号的变换与传递，实现对运动状态（如位置、速度、扭矩等）较为精确的控制，通常在自动控制系统中作执行元件或信号元件。伺服电机、步进电机便是典型的控制电机，前者控制精度相对更高。
- 人形机器人电机需要满足高效率、高动态和高功率密度的要求。①**高效率**：机器人通常由电池供电，需要能经受得起苛刻的运行条件，可进行十分频繁的正反向和加减速运行，并能在短时间内承受过载，因此低能耗和低摩擦损失很重要。②**高动态**：整个驱动器的惯性应尽可能低，电动机从获得指令信号到完成指令所要求的工作状态的时间应短。③**高功率密度**：机器人应用需要高速、高扭矩电机，电机还需要小巧，紧凑，轻巧。根据这些应用要求，我们判断人形机器人电机应以控制电机为主，尤其是对于运动控制更加精确的伺服电机有望得到更多应用。
- 已正式发布的Tesla Bot主要应用两类特殊的伺服电机，即无框力矩电机和空心杯电机。参考已经发布的Tesla Bot方案，其躯体共有40个执行器，每个执行器都会搭配一个电机：①**Tesla Bot躯干+腿部+手臂的旋转执行器和线性执行器均使用无框力矩电机**；这些部分应用的电机对扭矩、牵引力要求较高，我们判断可满足要求的电机类型还包括直线电机、步进电机。②**Tesla Bot手部执行器使用的是空心杯电机**，我们判断可满足要求的电机还包括微型无框力矩电机、舵机电机等。

图表：电机按结构与工作原理分类



● 资料来源：《电机学》，中信建投；注：红实线框内的电机为目前Tesla Bot现有方案中应用的电机类型，红虚线框内表示未来人形机器人中存在应用可能性的电机类型

➤ 伺服电机：伺服系统中控制机械元件运转的发动机

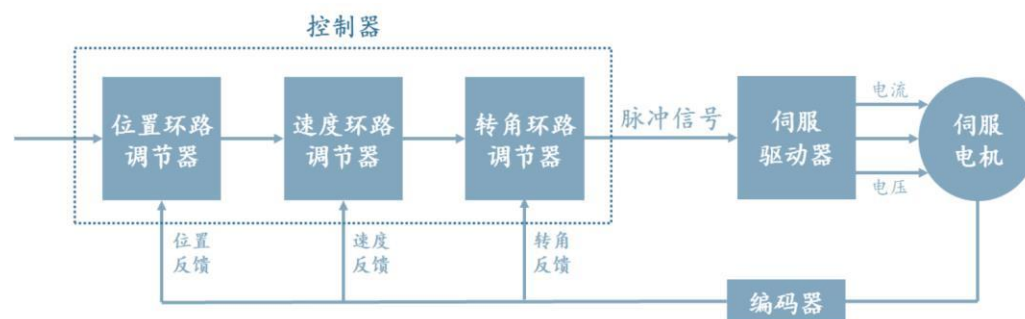
➤ 伺服系统可以实现精确、快速、稳定的位置控制、速度控制和转矩控制。伺服系统是以物体的位移、角度、速度为控制量组成的能够动态跟踪目标位置变化的电机系统，可实现精确、快速、稳定的位置控制、速度控制和转矩控制，主要应用于对定位精度和运转速度要求较高的自动化控制领域。伺服系统主要由伺服电机、驱动器、编码器组成。其中，伺服电机是伺服系统的执行元件，伺服驱动器是伺服电机的一种控制器，一般通过位置、速度和力矩三种方式对伺服电机进行控制，以实现高精度的传动系统定位；编码器将信号或数据进行编制，转换为可用于通讯、传输和存储的信号形式。

➤ 伺服电机是伺服系统中控制机械元件运转的发动机。伺服电机的作用是把接收的电信号转换为电动机转轴的角位移或角速度，以驱动控制对象。伺服电机在伺服系统中用作执行元件，具有机电时间常数小、过载能力强、线性度高等特性。

图表：伺服系统实物图例



图表：伺服系统由伺服驱动器、伺服电机与编码器组成



➤ 无框力矩电机：结构紧凑、高效率的伺服电机

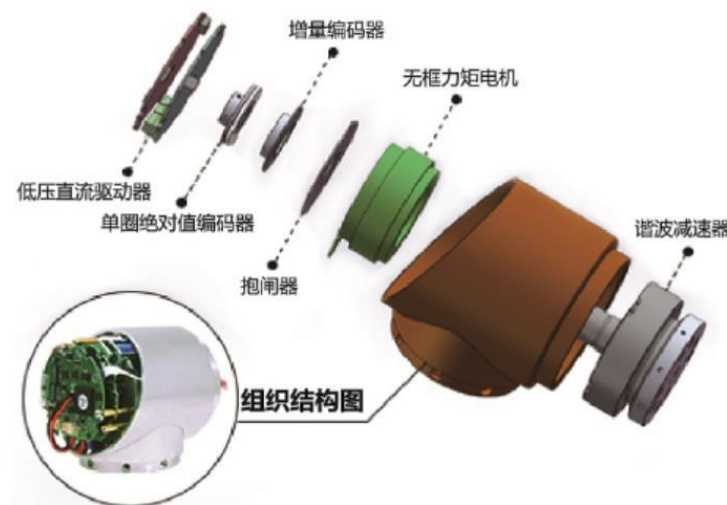
➤ 无框力矩电机，全称为永磁无刷无框力矩电机，是一种特殊的伺服电机。和传统伺服电机相比，无框力矩电机没有轴、轴承、外壳或端盖。根据Kollmorgen官网，无框电机只有转子和定子两个部件，其中转子通常是内部部件，定子是外部部件。

➤ 无框力矩电机具有高紧凑度、高效率&转速、低噪音、高稳定性&低维护等特点：①高紧凑度：无框力矩电机没有轴、轴承、外壳或端盖，体积较小、整体结构紧凑。②高效率和转速：无框力矩电机可以直接嵌入机械的内部结构中能够降低磨损、提高效率和转速。③低噪音：由于无框力矩电机嵌入在机械的内部结构中，噪音相比一般有外壳的电机更小。④高稳定性&低维护性：由于无框力矩电机减少了大量零件，结构简单、更易稳定工作。

图表：无框力矩电机示意图



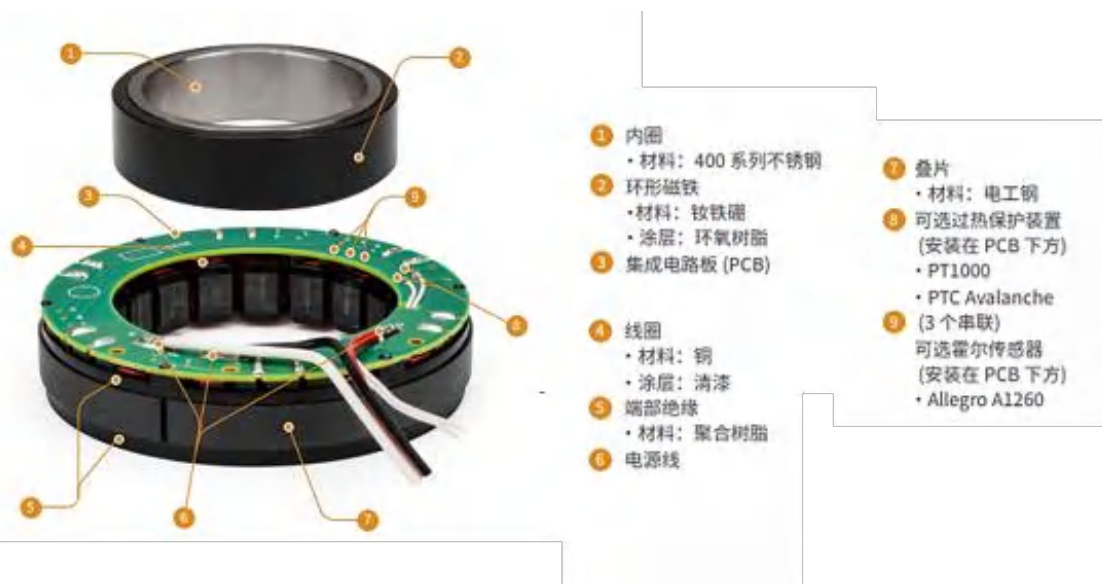
图表：无框力矩电机在机器人关节中的应用



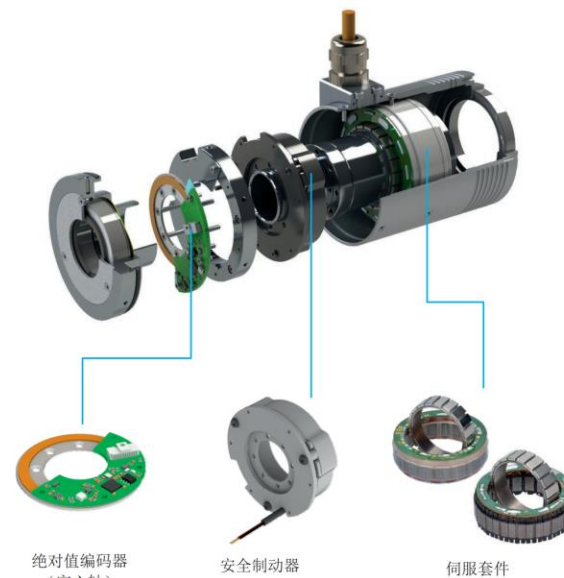
➤ 无框力矩电机：结构紧凑、高效率的伺服电机

➤ 无框力矩电机由独立的转子和定子部件组成，可以和安全制动器、编码器构成一个无框力矩电机模组。无框力矩电动机是一种为了某些特殊用途而设计的永磁式直流伺服电机，以Kollmorgen TBM2G系列无框电机为例，电动机的转子内圈是不锈钢做成的环，环外嵌入环形磁铁作为电动机的主磁场；电动机的定子是由导磁材料的冲片叠压成电枢，并压在非导磁的支架上。在转子的槽中嵌入线圈，特殊形状的槽楔一端构成换向器片，另一端与线圈的尾端焊接在一起，并与转子绝缘，然后以聚合树脂将整个转子灌封成为一个整体。无框力矩电机模组包括定转子、安全制动器、编码器等部件。

图表：Kollmorgen TBM2G系列无框电机示意图

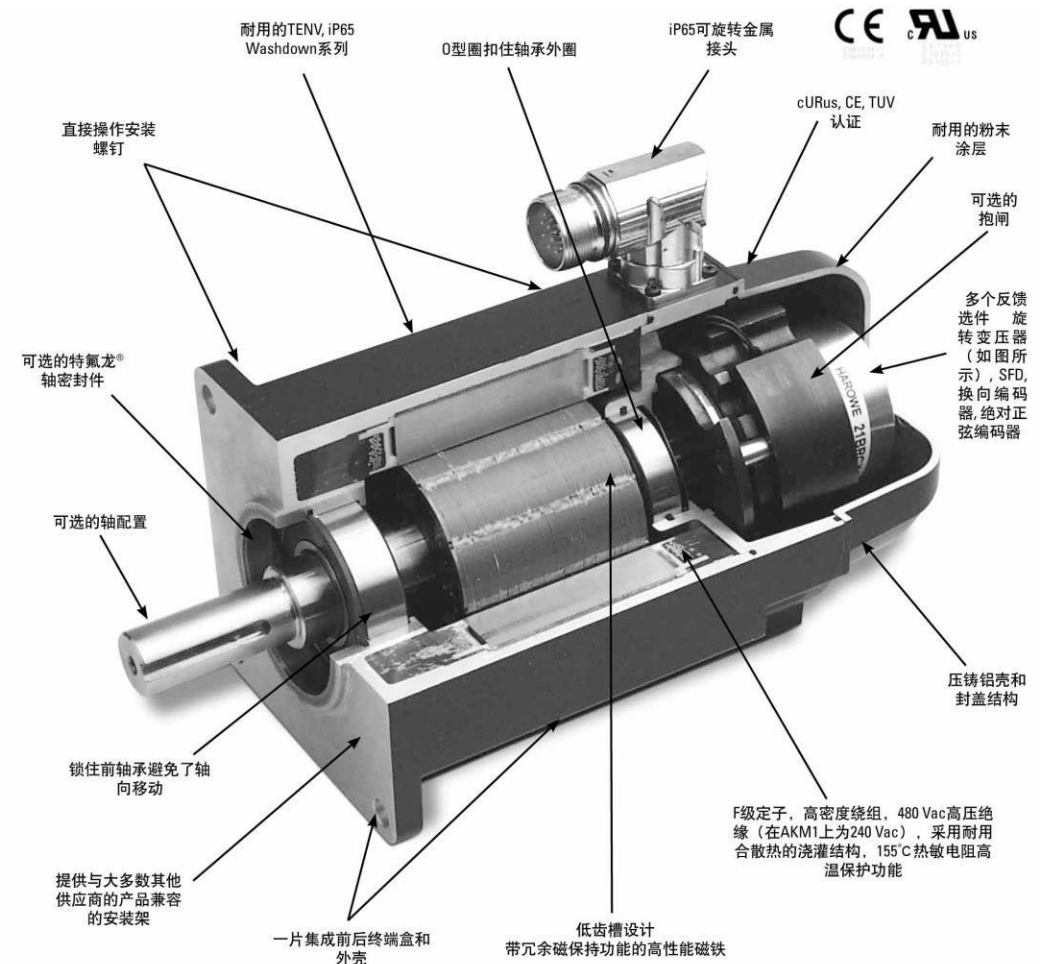


图表：TQ Robodrive无框电机模组结构



- 无框力矩电机：结构紧凑、高效率的伺服电机
- 无框力矩电动机的基本原理类似于普通伺服电动机，但在结构、性能和应用场景等方面具有较大差异。
- ①电机结构：普通伺服电动机为了减小电动机的转动惯量，大都做成细长圆柱形。而无框力矩电动机为了能在相同体积和电枢电压下产生比较大的转矩及较低的转速，一般做成扁平状，电枢长度与直径比很小，为0.2左右，某些特殊场合可达0.05；考虑结构的合理性，其定转子一般做成永磁多极的；为了减少转矩和转速的脉动，一般选取较多的电枢槽数、换向片数和串联导体数。
- ②性能：普通伺服电机转子转速受输入信号控制，并能快速反应，在自动控制系统中，用作执行元件，且具有机电时间常数小、线性度高、始动电压低等特性；无框力矩电机低速甚至堵转(即转子无法转动)时仍能持续运转，不会造成电动机的损坏。
- ③应用场景：伺服电机主要应用于需要高精度控制的场合，如数控机床、印刷机、自动化生产线等；无框力矩电机主要应用于需要输出大扭矩的场合，如风力发电、电动汽车、机器人等。

图表：TQ Robodrive无框电机模组结构



- 无框力矩电机：结构紧凑、高效率的伺服电机
- 外资无框力矩电机厂商占据主要市场份额，国内厂商发展快速。国外无框力矩电机代表性厂商有TQ Robodrive、Kollmorgen、Allied motion、Aerotech、TMT ECH、Axsys、ETEL、Parker、Muirhead Aerospace、Gomtec、Nidec等，用于协作机器人关节上的无框力矩电机厂商主要有Kollmorgen和TQ Robodrive。国内涌现绿的谐波旗下的开璇智能、步科股份、昊志机电等研发、制造无框力矩电机的科技型企业，但产品的转矩密度、过载能力、转矩脉动和国外高端无框力矩电机相比具有一定差距。

图表：国内外无框力矩电机厂商基本情况

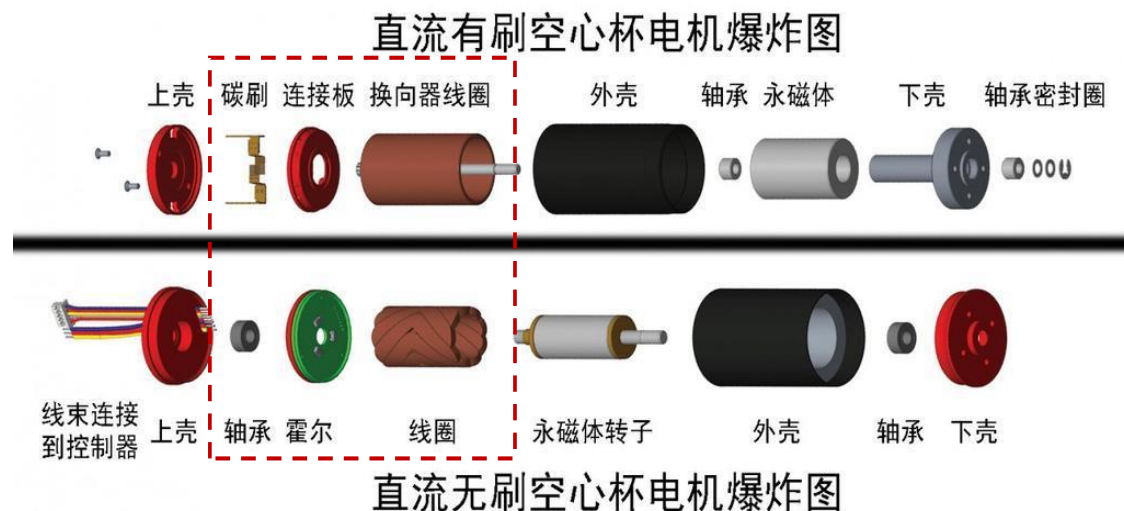
国家	公司名称	主要产品	无框力矩电机情况
美国	Kollmorgen	运动控制器、电机、驱动器、线性执行器、AGV车辆控制系统、减速机	转矩密度达到1.1Nm/kg-2.5Nm/kg，齿槽转矩及转矩脉动较低，主要是采用分数槽分布绕组的少极多槽的方案。
德国	TQ Robodrive	电机、减速机、线性致动器、编码器、电子控制、配件等	电机转矩密度达到3.2Nm/kg-3.6Nm/kg，与同类的无框分体式力矩电机（如Kollmorgen力矩电机）相比，损耗降低一半，质量也减轻一半。采用的是集中绕组的多极少槽的方案，同时模块化的定子结构有效提高绕组槽满率，采用环氧灌封提高电机散热能力，进而有效提高电机转矩密度。
日本	Nidec	精密小型马达、车载及家电/商用/工业用马达电机、机器装置、电子/光学零部件等	电机额定扭矩为0.15-4Nm，额定功率为75-670W，采用机器绕线，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。
中国	绿的谐波（开璇智能）	旋转执行器、数控转台、谐波减速模组、EtherCAT 总线型伺服驱动器、无框力矩电机等	电机覆盖60mm到145mm多种框架尺寸，采用低齿槽转矩，保证低噪音平稳运行。转矩密度高，小体积实现大转矩输出；绝缘等级高，霍尔传感器提供反馈信号输出，通过欧盟CE和北美ETL认证。
中国	步科股份	工业人机界面、伺服系统、步进系统、可编程逻辑控制器、变频器等	电机额定扭矩0.45Nm-3.5Nm，外径范围包括52mm-132mm；采用多槽极（非普通的8极10极伺服电机的改版）齿槽定位力矩小；反馈可选配，提供高分辨率绝对值编码器及霍尔反馈；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。
中国	昊志机电	高端主轴、转台、直线电机、数控系统、谐波减速器、伺服电机、驱动器、传感器等	公司开发的无框力矩电机，具有如下特点：（1）转矩波动≤1%，更利于机器人力矩控制；（2）3.5倍过载能力，使得机器人负载能力大大加强。
中国	禾川科技	交流伺服电机、步进电机、空心杯电机、无框电机等各类电机及相关传感器产品	有实现量产，但无框力矩电机产品收入占总收入比重较少

资料来源：，各公司官网，各公司公告，各公司投资者问答，中信建投

➤ 空心杯电机：功率体积比大、效率高、运行稳定的小型直流电机

➤ 空心杯电机是一种特殊结构的直流电机。空心杯电机，又称“直流无刷无齿槽电机”，是一种特殊结构的直流电机。和传统直流有刷电机相比，空心杯电机省去铁芯作为支撑结构，靠空心杯状的线圈绕组与连接板、主轴等共同组成转子。空心杯电机具有效率高、灵敏度高、运行稳定、控制性强等特点。与传统直流有刷电机相比，空心杯电机具有以下优势：①节能、效率高：空心杯电机的结构没有齿槽结构和铁芯，减少电机运行时磁阻力矩，从而降低输出转矩波动，消除铁芯涡流效应引起损耗，减少电机运行时的能量损耗。因此，空心杯电机效率可达85%，高于传统直流电机的75%左右；②重量小、功率体积比大：空心杯电机没有铁芯，在同等条件下空心杯电机重量减轻1/3-1/2，体积减小1/3-1/2，因此功率体积比较大；③灵敏度高：空心杯电机机械时间常数较小，仅为28ms，甚至小于10ms，远低于一般铁芯的100ms，因此空心杯电机响应速度快，灵敏性高；④运行稳定：空心杯电机转速波动率一般可控制在2%以内，转动稳定，噪声较小。

图表：国内外无框力矩电机厂商基本情况

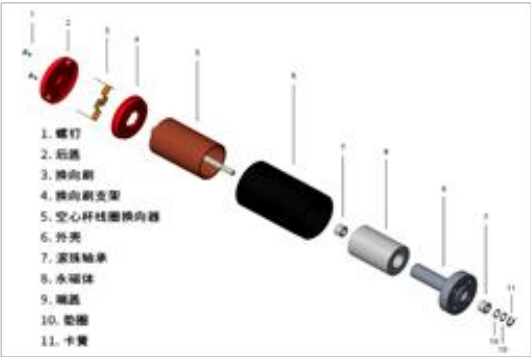
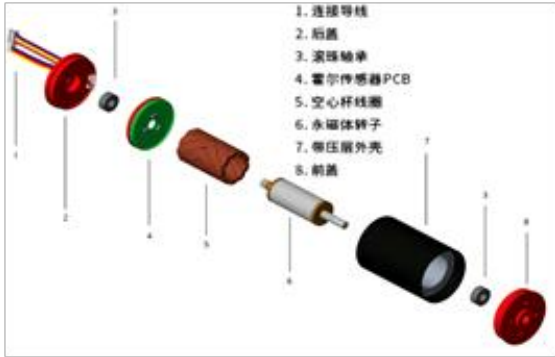


图表：国内外无框力矩电机厂商基本情况

电机类型	传统直流电机	空心杯电机
效率	一般在75%左右	效率可达85%以上
重量	同功率条件，较大	同功率条件，与同等功率的一般铁芯电机相比，空心杯电机重量减轻1/3~1/2，体积减小1/3~1/2
功率体积比	较小	较大的功率体积比，一般达30mW/cm ³
响应速度	铁芯电机机械时间常数一般在100ms以上	灵敏度高，响应速度快，机械时间常数小，一般在28ms以内，部分产品机械时间常数甚至小于10ms
转速	一般在500rpm以上	最高可以达到30000rpm
转速波动	转速波动较难控制	转速波动容易控制，一般可控制在2%以内，噪声小

- 空心杯电机：功率体积比大、效率高、运行稳定的小型直流电机
- 空心杯电机可以按照换向方式分为空心杯有刷电机和空心杯无刷电机，部分需要搭配驱动器使用。空心杯有刷电机采用机械电刷换向，而无刷空心杯电机采用霍尔传感器探测转子磁场信号，将机械换向变成电子信号换向，进一步简化空心杯电机物理结构。其中，无刷空心杯电机和部分有刷空心杯电机需要搭配驱动器使用
- 空心杯电机关键零件是空心杯线圈。空心杯电机的零件包括空心杯线圈、外壳、轴承、下壳、上壳、永磁体等，空心杯有刷、无刷电机的零件有所区别。①空心杯有刷电机：关键零件包括带有换向器的空心杯线圈、换向刷和换向刷支架。②空心杯无刷电机：关键零件包括空心杯线圈、永磁体转子和霍尔传感器PCB。其中，霍尔传感器是一种电子换向器，能将变化的磁场转化为输出电压的变化，用于检测电机的电枢电流，起到控制无刷电机速度的作用。

图表：空心杯有刷、无刷电机结构对比

电机类型	空心杯有刷电机	空心杯无刷电机
换向方式	机械电刷换向	电子换向
主要结构	一般由机壳、软磁材料内定子、永磁体外定子、空心杯型转子电枢组成。	一般由机壳，软磁材料、绝缘材料和空心杯电枢构成的定子及永磁钢转子等组成。
图例		

资料来源：《新型空心杯电机线圈精准机设计》，《永磁无刷空心杯电机及控制器研究》，深圳正元电机官网，中信建投

- 空心杯电机：功率体积比大、效率高、运行稳定的小型直流电机
- 瑞士、德国和美国等外资龙头企业占据主要市场份额。根据《空心杯电机定制化应用研究》，外资厂商占据空心杯电机绝大多数市场份额，瑞士MAXON和德国FAULHABER共同占据全球空心杯电机主要份额。外资空心杯电机制造技术有着先进的技术和竞争优势，自动化程度相对较高，同时西方发达国家如德国、瑞士以及日本等国对其较为重视，保证了其产品有着较高的市场占有率，形成一定程度的垄断。
- 内资厂商和外资企业相比仍有差距。根据《永磁无刷空心杯电机及控制器研究》，国内民用工业机电设备厂商，为了提高产品的寿命与质量，常常采购外资品牌电机。近年来，内资厂商技术得到较快的发展，鸣志电器、鼎智科技等企业不但在国内市场替代进口产品，而且开始逐步参与国际市场的竞争，但对比外资知名企业，内资厂商在应用场景、高精尖产品性能等方面竞争力仍显不足。

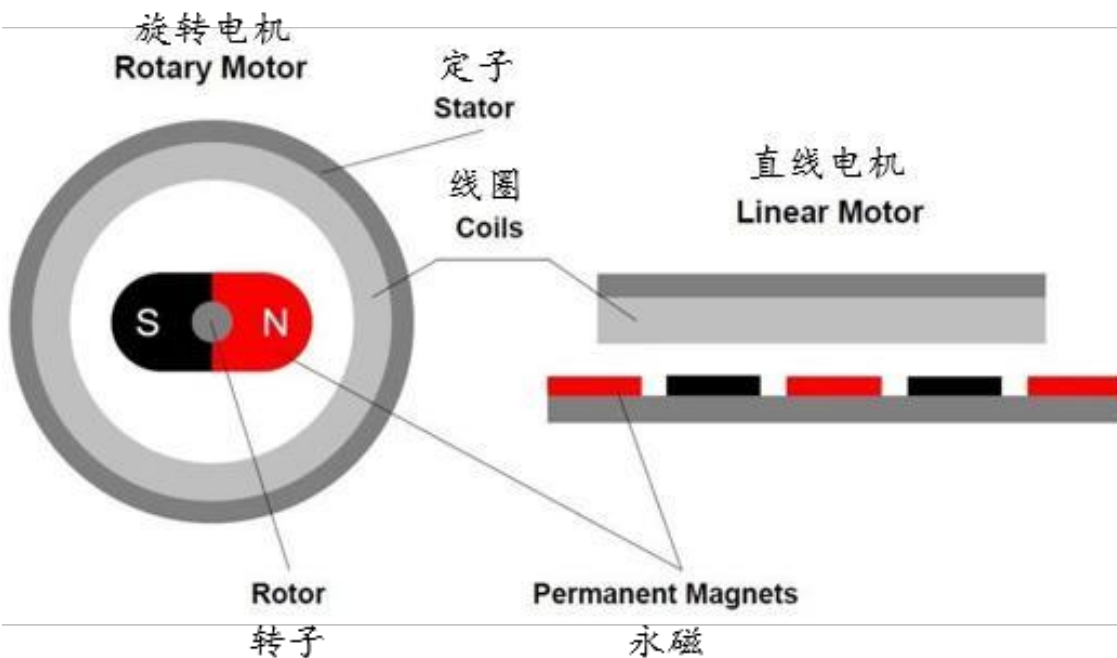
图表：海外空心杯电机厂商基本情况

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
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
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，专注高端应用的品牌	航天航空、工业和自动化、医疗、运动控制器、计量和测试等
美国	Portescap	无刷直流电机、有刷直流电机、永磁步进电机、直线步进电机、配件等	公司包括有刷、无刷空心杯电机，直径从10mm到24mm	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	控制电机及其驱动系统产品、贸易代理业务、LED控制与驱动产品、设备状态管理系统产品等	公司空心杯电机包括EC系列直流无刷无齿槽电机和DCU系列直流有刷空心杯电机两大类，提供Ø8mm~Ø24mm多种外径及机身长度规格型号，主要用于医疗等场景	医疗、工业机器人、自动化等
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Ø16mm~Ø42mm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
中国	拓邦股份	工具、家电、新能源等	公司包括有刷、无刷空心杯电机，提供Ø16mm~Ø40mm多种外径及机身长度规格型号	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
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传感器产品	已经实现量产，但是销量较少	半导体设备

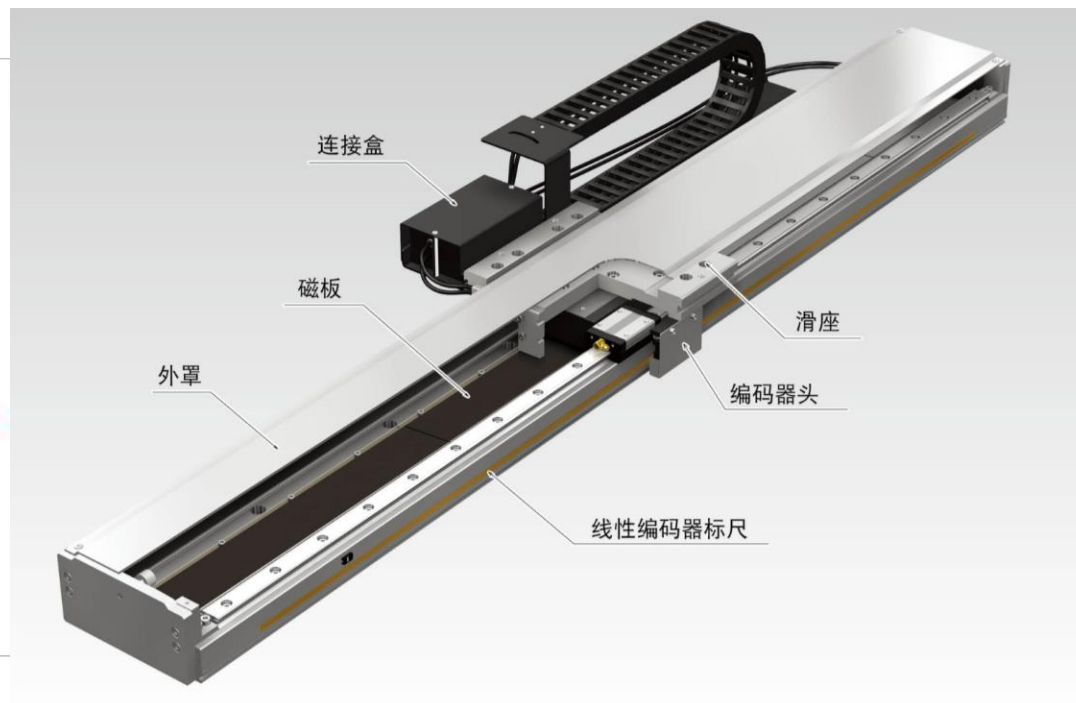
资料来源：MAXON官网，FAULHABER官网，Portescap官网，鸣志电器官网，鼎智科技官网，拓邦股份官网，中信建投

- 直线电机：精度更高、响应速度更快的线性执行装置
- 直线电机是一种将电能直接转换成直线运动机械能，而不需要中间转换机械的传动装置，通常也称为线性电机，线性马达。
- 直线电机的结构主要包括定子（初级）、动子（次级）和直线运动的支撑部三部分。

图表：直线电机可视为从径向切割旋转电机并将其平放

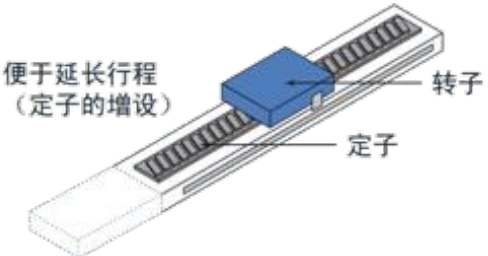
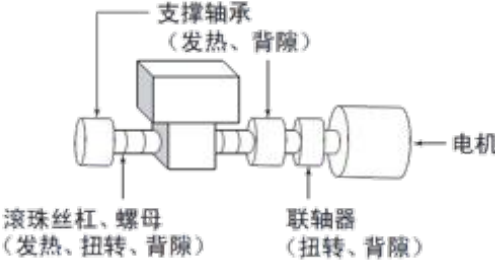


图表：直线电机示意图



- 直线电机：精度更高、响应速度更快的线性执行装置
- 与丝杠相比较，直线电机直接驱动的特点减小了机械上的误差，加速度更快，行程更大，噪音更小，后期维护保养更加容易；但同时具有成本较高、耗电量大、发热量大等缺点。
- 直线电机适用于需要短时间、短距离内提供巨大的直线运动能的装置中。

图表：直线电机可视为从径向切割旋转电机并将其平放

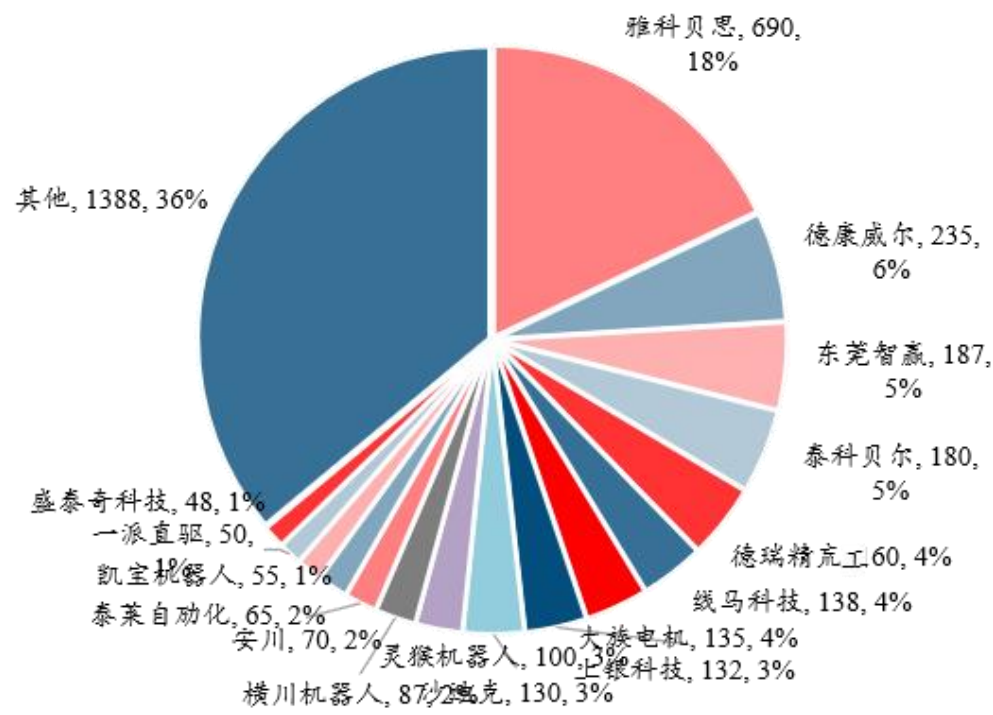
	示意图	速度	定位精度	行程	缺点	适用场景
直线电机方案	 便于延长行程 (定子的增设) 转子 定子	直接驱动负载， 因此无速度限制因素	可通过传感器分辨率进行超微粒定位	可通过连接定子实现长行程	耗电量大，发热量大，不能自锁紧	需要短时间、短距离内提供巨大的直线运动能的装置中
电机+丝杠方案	 支撑轴承 (发热、背隙) 滚珠丝杠、螺母 (发热、扭转、背隙) 联轴器 (扭转、背隙) 电机	低于直线电机， 高速时易共振	在扭转、背隙的作用下，目标位置与实际位置易产生误差	需使用与行程一致的滚珠丝杠	重复定位精度等指标弱于直线电机	较为普遍，成本较低

- 直线电机：精度更高、响应速度更快的线性执行装置
- 2022年，在直线电机行业中，外资公司雅科贝思市占率最高；内资公司中，德瑞精工（盛世智能全资子公司）、线马科技（深科达控股子公司）、大族电机（大族激光全资子公司）等上市公司持股公司2022年市占率分别为4%、4%、4%。

图表：直线电机领域相关公司

公司简称	公司简介
大族电机	大族激光全资子公司，产品涉及直线电机，力矩电机，振镜，驱动器，自动化设备等
线马科技	深科达控股子公司，产品涉及直线电机、直线电机模组、音圈电机、力矩电机和选配件
德瑞精工	盛世智能全资子公司，产品涉及标准直线电机产品及标准直线电机模组产品

图表：中国大陆直线电机市占率（2022年，百万人民币）



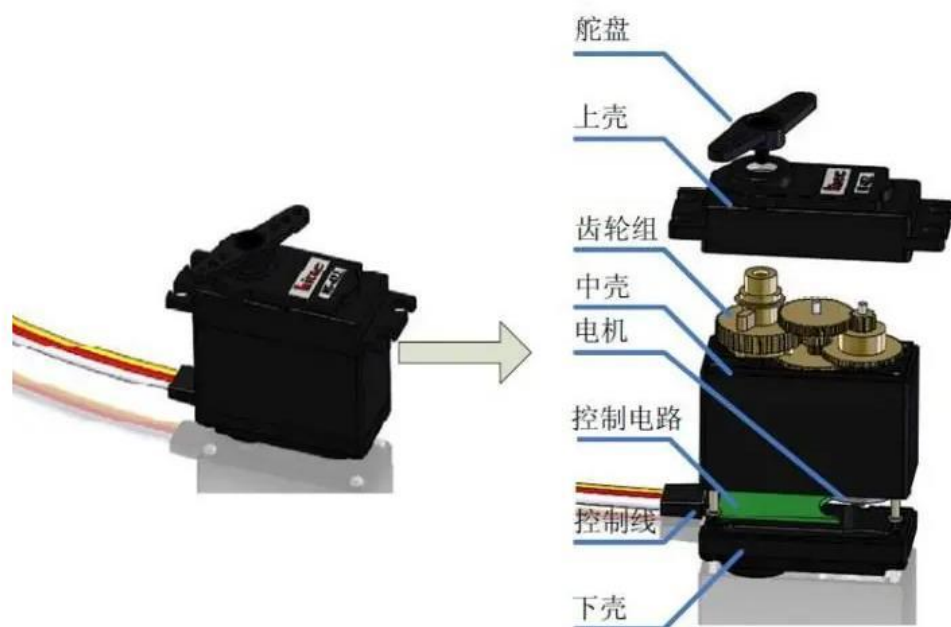
资料来源：，各公司公告，MIR，中信建投

➤ 舵机的电机：伺服电机是舵机中的核心部件

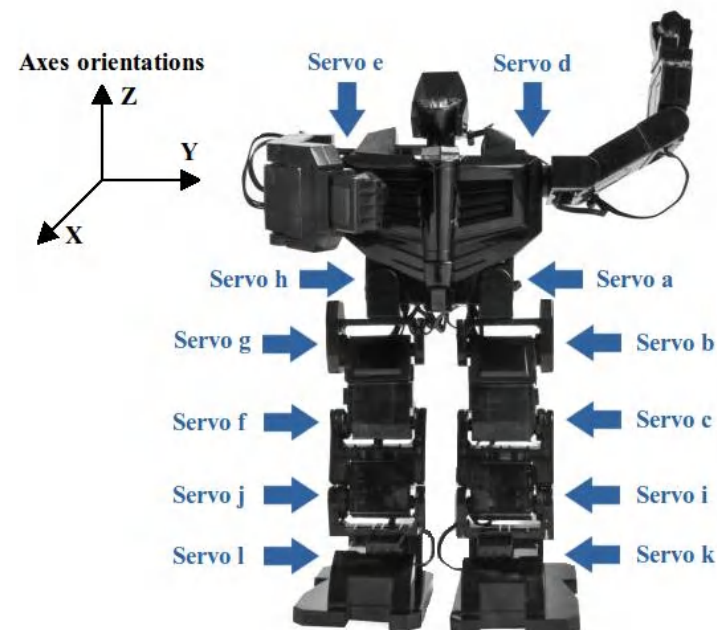
➤ 舵机的本质是一套小型的闭环伺服系统，伺服电机是舵机中的核心部件。舵机是机器人系统中常见的执行机构，在多足机器人、人形机器人以及低成本机械臂中都可得到应用。舵机接收目标信号，通过驱动内部的直流电机，经过减速齿轮组，调整输出轴的角度。该输出角度通过电位器采样，再由反馈控制系统调整其输出角度与目标值匹配。整个过程构成一个闭环反馈控制系统。

➤ 舵机适合应用于控制性能要求不高、体积要求较小的场合。舵机的优势在于结构紧凑、使用方便、价格便宜，但其位置精度、负载能力及维持位置的能力有限，因此适合对控制性能要求不高、体积要求小的场合。

图表：舵机结构示意图



图表：舵机在机器人系统中广泛应用



➤ 舵机的电机：伺服电机是舵机中的核心部件

图表：舵机主要上市公司

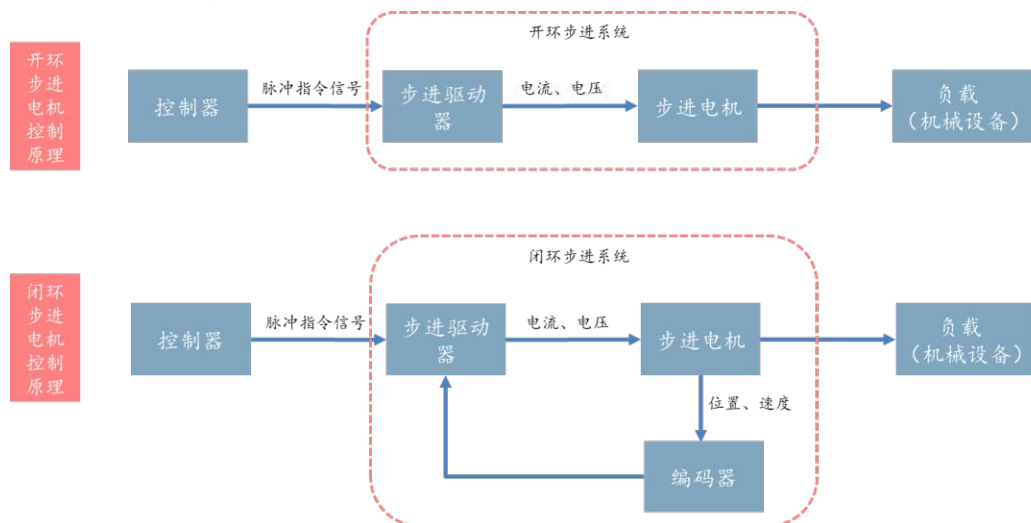
上市公司简称	公司简介	舵机产品品类
兆威机电	公司成立于2001年，2020年于深交所主板上市（003021.SZ），是一家专业从事微型传动系统、精密注塑件和精密模具的研发、生产与销售的高新技术企业，主要为通信设备、智能手机、汽车电子、智能家居、服务机器人、个人护理、医疗器械等诸多领域的客户提供定制化微型传动系统和精密注塑件。	机器人关节无刷舵机、航模舵机等

➤ 步进电机：高性价比的电机选择

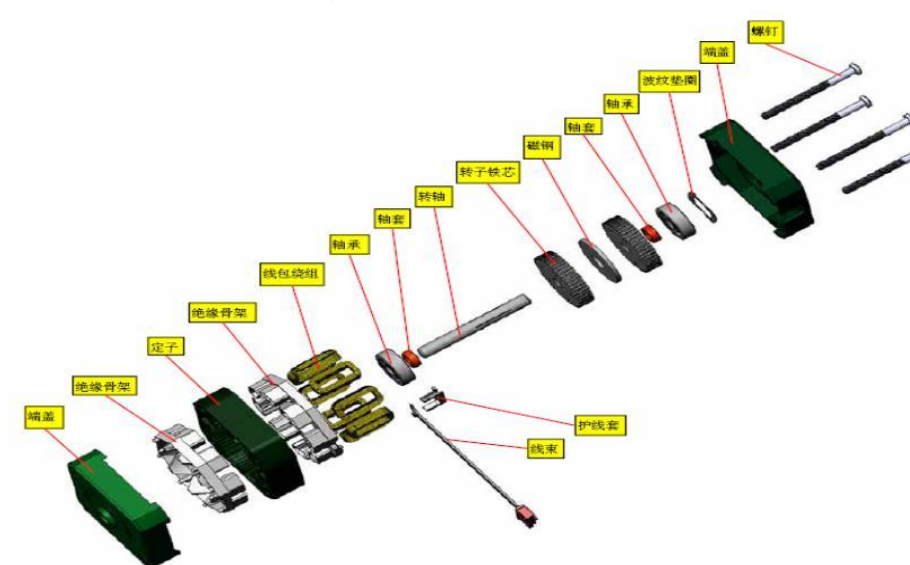
➤ **步进电机和步进驱动共同构成步进系统。**步进系统可以根据输入的脉冲信号，每改变一次励磁状态就前进一定的角度，励磁状态不变时则保持一定位置静止。由此，步进系统可以将输入的脉冲信号转化为对应的角位移进行输出。通过控制输入脉冲的数量可以准确确定输出的角位移以实现定位的功能；而通过控制输入脉冲的频率可以准确控制输出的角速度而达调速的目的。根据是否设置位置检测反馈装置，步进系统可以分为开环步进系统和闭环步进系统。

➤ **步进电机通常由法兰、轴承、定子、转子、线圈等构成。**步进电机的内部结构包括定子、转子构成，转子上安装有多个传感器，定转子上安装有多个磁铁，定子和转子之间有一个空隙。步进电机驱动通过控制定子上的磁铁在定子、转子之间产生磁力，从而使转子转动，进而产生电机的转动。电机还包括传感器，用于检测定子和转子之间的磁场，使控制系统了解定子和转子之间的距离；还会装有控制电路，根据外部输入的信号，通过电路控制定子上的磁铁，实现控制电机的目的。

图表：步进系统技术原理



图表：步进电机通常由法兰、轴承、定子、转子、线圈等构成



➤ 步进电机：高性价比的电机选择

图表：步进电机行业主要国内参与者介绍

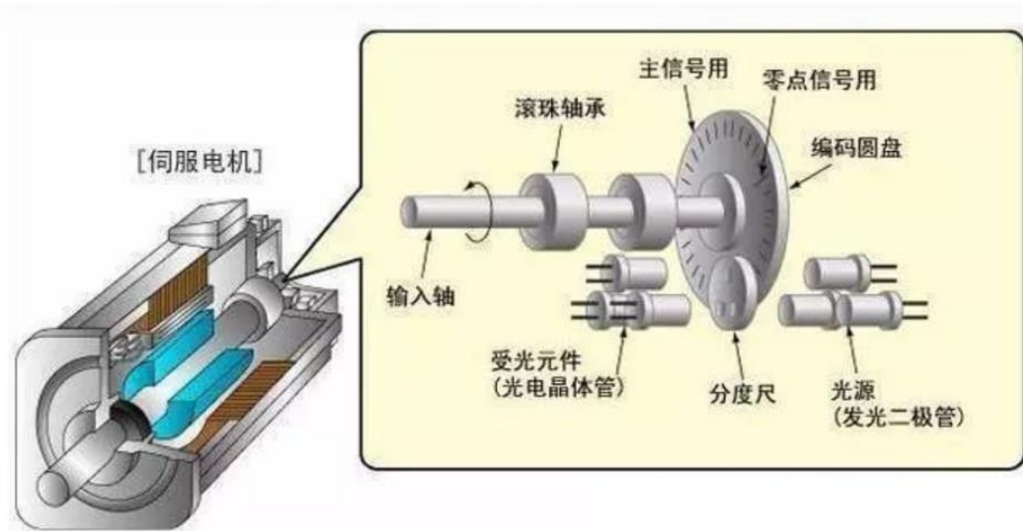
国家	公司	公司主要产品	步进电机品类
中国	雷赛智能	伺服电机驱动系统、步进电机驱动系统、运动控制卡、运动控制PLC等系列。	公司产品包括数字步进电机、闭环步进电机、一体式步进电机等，主要应用于雕刻机、电子加工设备、医疗、电池生产设备、自动生产线设备等领域。
中国	鸣志电器	控制电机及其驱动系统产品、贸易代理业务、LED控制与驱动产品、设备状态管理系统等。	公司产品包括Φ14mm~110mmHB型混合式步进电机，Φ3.3mm~55mmPM型永磁式步进电机，主要应用于办公自动化以及医疗设备、半导体制造设备、机器人等工业设备领域。

资料来源：，各公司官网，各公司公告，各公司投资者问答，中信建投

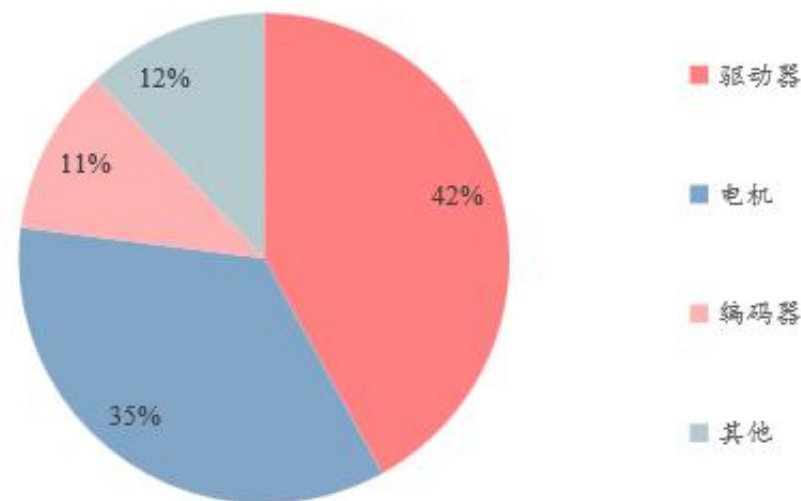
➤ 编码器基本介绍与行业情况

- 编码器主要用来测量磁极位置和电机转角及转速。编码器是一种可以将角位移或直线位移转换成电信号，并将电信号进行解析、编制和转换为可用以通讯、传输和存储的信号形式的设备。编码器通常安装在闭环控制的电机系统上用以测量磁极位置和电机转角及转速。
- 编码器分辨率对电机系统的控制精度具有重要影响。编码器在电机系统中成本占比并不高，以伺服系统为例，编码器占其成本中占比约为11%。但是，编码器对电机系统性能起决定性作用，对电机的定位精度、速度稳定性、功率损耗和安全性都有重要影响。

图表：编码器是安装在伺服电机上的一种传感器



图表：编码器在伺服系统成本占比约11%



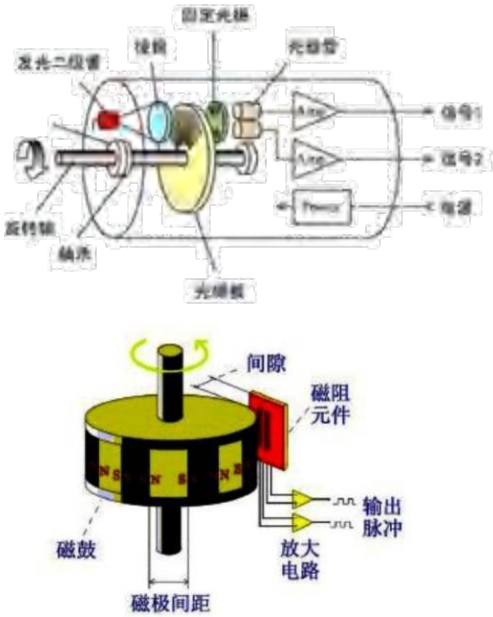
- 编码器基本介绍与行业情况
- 根据工作原理不同，可分为光学编码器、磁性编码器、霍尔式编码器和电容式编码器。四者的主要区别在成本、精度和环境要求等方面。
- ①光学编码器由光源、码盘和光电敏感元件所组成，是一种利用高精度光学原理，将光线与光栅交错投射，通过对感光元件读取信号确定物体位置的传感器。光学编码器具有高分辨率、高精度、动态响应速度快、使用寿命长的特点，但成本也较高。
- ②磁性编码器由磁阻传感器、磁鼓和信号处理电路组成，应用了电磁感应的原理，将磁鼓刻录成等间距小磁极，旋转时产生周期分布的漏磁场，磁传感器探头把变化的磁场信号加以处理转化成计算机可识别的信号。磁编码器由于结构较光编码器更简单，因此成本低，耐用性好，具有高度稳定工作性能、抗干扰能力强、可靠性高等特点，但精度一般不如光编。

图表：四种编码器性能对比

参数	光电编码器	磁性编码器	霍尔式编码器	电容式编码器
结构	复杂	较复杂	简单	灵活
体积	较小	较小	小	小
精度	高	高	较高	高
成本	较高	较低	低	较低
环境要求	高	低	低	低
抗干扰能量	弱	强	一般	高

资料来源：CSDN，润鑫编码器，中信建投

图表：光学编码器、磁性编码器工作原理



光学编码器

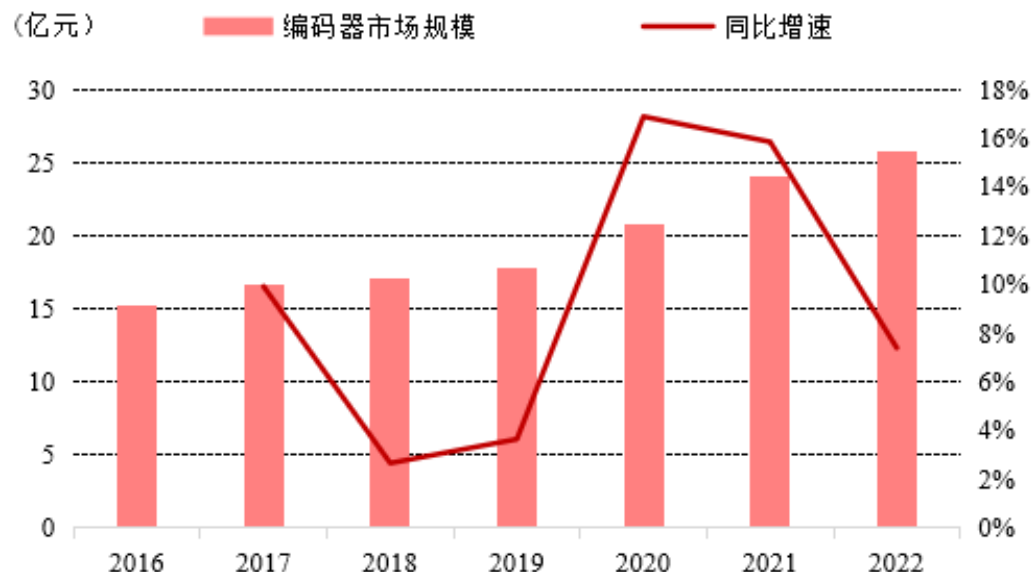
磁性编码器



➤ 国内编码器厂商逐步崛起

- 国内编码器市场稳步增长。2022年编码器市场规模为25.75亿元，同比增长7.38%，呈现小幅度增长，核心原因是整体OEM行业低迷。
- 外资编码器厂商占据主要份额，但是国内厂商逐步崛起。全球编码器的头部厂商分别包括多摩川、海德汉等，前两大厂商合计占有国内约42%的市场份额；国内的头部厂商有奥普光电（禹衡光学）、汇川技术（长春汇通）、宜科等，2022年市场份额分别为7.70%、4.20%、4.00%。

图表：2016-2022年中国编码器市场规模



图表：2022年国内编码器市场份额

公司	2022年国内市场份额	公司	2022年国内市场份额
多摩川	27.60%	宜科	4.00%
海德汉	14.30%	倍加福	3.50%
奥普光电 (禹衡光学)	7.70%	库伯勒	3.30%
堡盟电子	5.70%	欧姆龙	2.90%
西克	4.80%	光洋电子	2.40%
汇川技术 (长春汇通)	4.20%	其他	15.6%
内密控	4.00%		

➤ 减速机在人形机器人执行系统中起到匹配转速和传递扭矩的作用

➤ 可能应用于人形机器人领域的减速机主要包括谐波减速机、精密行星减速机、RV减速机、蜗轮蜗杆减速机等。

➤ 谐波减速机具有体积小、传动比高、精密度高等特点。谐波减速器通过柔轮的弹性变形传递运动，主要由柔轮、刚轮、波发生器三个核心零部件组成。与RV及其他精密减速器相比，谐波减速器使用的材料、体积及重量大幅度下降。谐波减速器可以在密闭空间内传递运动，运动精度高，质量和体积小，转动惯量小，多级谐波齿轮具有较大传动比；但是工作时柔轮每转一次就会产生椭圆变形两次，容易引起材料疲劳，并在工作时产生一定的传动误差。

➤ 精密行星减速机结构较为简单，传动效率较高。精密行星减速机主要由行星轮、太阳轮和内齿圈组成，传动比通常都在10以内，且减速级数一般不会超过3级。精密行星减速机运行过程中一个太阳轮有3个行星轮绕转，因此体积小、质量较轻，相较于其他减速机启动更加平稳，且刚性、精度和扭矩高。

➤ RV减速机在工业机器人领域应用广泛。RV减速机主要包括两级传动装置，分别为渐开线行星齿轮传动和摆线针轮行星传动。渐开线行星齿轮传动机构中包括行星直齿轮、偏心轴和中心轮，摆线针轮行星传动机构中包括摆线轮、偏心轴、针齿和行星架。相比于传统的摆线针轮行星传动，RV减速机的传动比范围更大、传动效率更高；RV减速机低速级摆线轮结构为180°对称分布，使得摆线轮的结构受力均匀、啮合次数增加，提高了减速机的传动平稳性和承载能力；RV减速机采用两端支撑输出结构，相比普通摆线减速机，刚性和耐过载冲击性能得到大幅度提升，传动精度与传动误差得到显著优化。

图表：减速机与原动机、工作机关系示意图

具体类别	谐波减速机	精密行星减速机	RV减速机
图示			
技术特点	通过柔轮的弹性变形传递运动，主要由柔轮、刚轮、波发生器三个核心零部件组成	传动结构主要由行星轮、太阳轮、内齿圈三部分组成的精密减速器，其结构简单并且传动效率高	通过多级减速实现传动，一般由行星齿轮减速器的前级和摆线针轮减速器的后级组成，组成零部件较多
性能特点	体积小、传动比高、精密度高	体积小、质量较轻，相较于其他减速机启动更加平稳，且刚性、精度和扭矩高	大体积、高负载能力和高刚度
工业机器人应用场景	机器人末端关节，例如小臂、腕部等，小型化应用	直角坐标机器人等	多关节机器人的机座、大臂、肩部等重负载关节
下游领域	工业及服务机器人、半导体、机床、医疗器械等	数控机床、工业机器人、服务机器人、机械手、食品机械、包装机械；激光切割机、木工雕刻机、印刷机械等其他自动化设备	工业机器人、工作母机、变位机、医疗设备等
价格区间	1000-5000元/台	200-3000元/台	4000-8000元/台

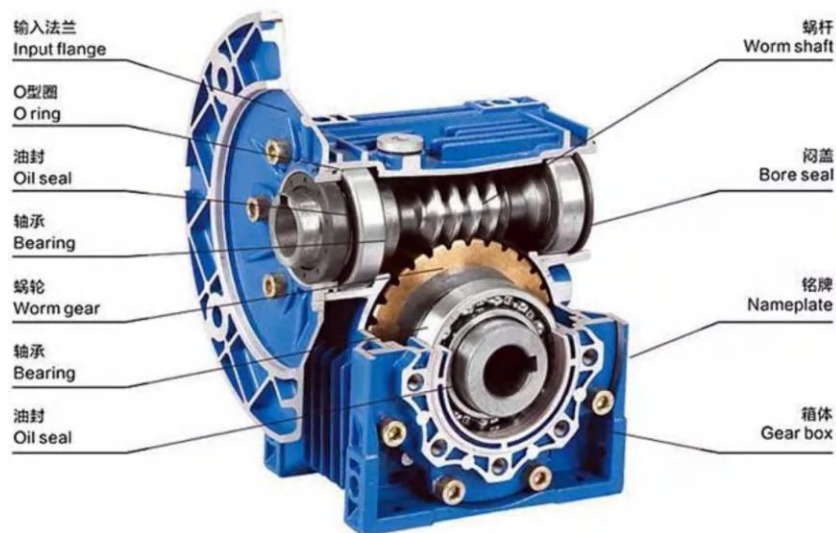
➤ 减速机在人形机器人执行系统中起到匹配转速和传递扭矩的作用

➤ 蜗轮蜗杆减速机可以传递两个交错轴之间的运动和动力，并实现减速和增加输出转矩的效果。蜗轮蜗杆减速机的主要功能是通过原动机（例如电动机）驱动蜗杆旋转，蜗杆上的螺纹与蜗轮的齿轮啮合，从而驱动蜗轮使原动机提供的高速运动转换为较低速度但较大转矩的输出。蜗轮蜗杆减速机基本结构包括箱体、蜗轮蜗杆、轴承与轴组合。箱体是减速机的基座，用于支承和固定轴系部件，确保传动配件的正确相对位置，并承受载荷；蜗轮蜗杆的主要作用是传递两个交错轴之间的运动和动力；而轴承与轴的组合主要用于动力传递、运转和提高效率。

➤ 蜗轮蜗杆减速机的优点包括：①机械结构紧凑、体积外形轻巧、小型高效；②热交换性能好、散热快；③安装简易、灵活轻捷、性能优越、易于维护检修；④运行平稳、噪音小、经久耐用；⑤适用性强、安全可靠性大；其缺点包括：①传动效率低；②长时间工作磨损严重。

➤ 蜗轮蜗杆传动可以应用到人形机器人灵巧手部位。电机提供的驱动力经过蜗轮蜗杆的机械传动，拉动电机和手指之间的弹簧或绳驱来驱动手指产生动作，各个手指动作相互独立，具有多种的抓取构形。德国Vincent Systems公司研发的Vincent Hand、英国Touch Bionics公司研发的i-limb ultra Hand以及现有Tesla Bot的灵巧手设计方案中均采用了蜗轮蜗杆传动。

图表：蜗轮蜗杆减速机各主要部件示意图



图表：机械手使用蜗轮蜗杆传动的典型案例



图表：减速机领域主要上市公司

上市公司简称	公司简介	减速机品类
绿的谐波	成立于2011年1月，公司是一家专业从事精密传动装置研发、设计、生产和销售的高新技术企业，产品包括谐波减速器及精密零部件、机电一体化产品、智能自动化装备等。	谐波减速机
国茂股份	成立于2013年3月，公司主营产品为齿轮减速机和摆线针轮减速机，年产量超70万台，产品广泛应用于工程机械、智能物流与仓储、工业自动化、冶金、环保、新能源、食品轻工、港口机械、资源开采等通用机械行业各领域。	齿轮减速机、摆线针轮减速机、GNORD减速机、谐波减速机、蜗轮蜗杆减速机
中大力德	成立于2006年8月，位于浙江省宁波市，2017年于深交所主板上市，主营业务为机械传动与控制应用领域关键零部件的研发、生产、销售和服务，产品包括精密减速器、传动行星减速器、各类小型及微型减速电机等。	精密行星减速机、RV减速机、谐波减速机、传动行星减速机等
双环传动	成立于2005年8月，公司始终专注于机械传动齿轮的研发、设计、制造与销售，形成涵盖传统汽车、电动汽车、高铁轨道交通、非道路机械、摩托车及沙滩车、电动工具及工业机器人等多个领域门类齐全的产品结构。	非道路机械减速机、新能源汽车传动齿轴产品、RV减速机
秦川机床	成立于1998年7月，秦川机床是中国机床工具行业龙头骨干，中国精密数控机床与复杂工具研发制造基地，工业机器人减速器研发制造基地，国家级高新技术企业和创新型试点企业，	RV减速机、谐波减速机（研发与试制中）
汉宇集团 (同川科技)	成立于2002年11月，子公司同川科技专注于工业机器人核心技术，旨在为工业自动化提供更加智能、可靠、高精度、高柔性、模块化的产品，助力工业生产制造转向自动化、柔性化、智能化。	谐波减速机
丰立智能	成立于1995年4月，主要产品包括钢齿轮、精密减速器及零部件、精密机械件、粉末冶金制品以及气动工具等产品。	谐波减速机

资料来源：，各公司公告，各公司投资者问答，各公司官网，中信建投

图表：减速机领域主要上市公司（续）

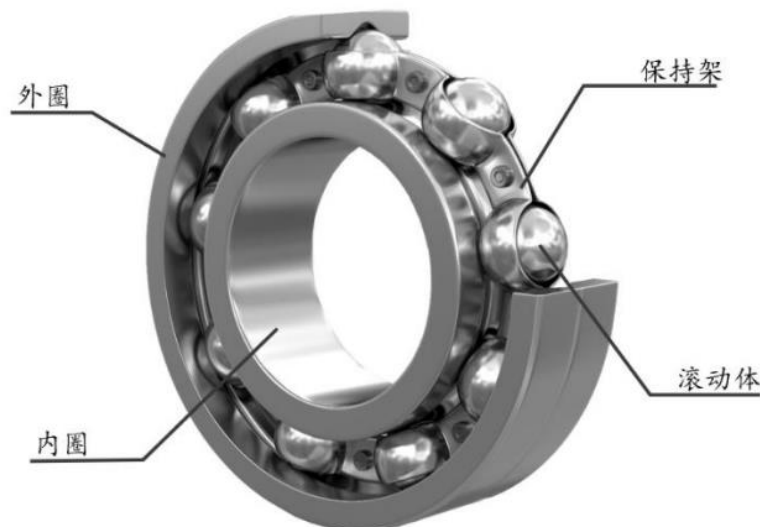
上市公司简称	公司简介	减速机品类
昊志机电	成立于2006年12月，公司是一家专业从事高精密电主轴及其零配件的研发设计、生产制造、销售与维修服务的环保型高新技术、创业板上市企业。	谐波减速器、RV减速机（研发中）
巨轮智能	成立于2001年12月，公司是目前国内规模较大、技术领先和首家上市的轮胎模具开发制造企业。公司主要研制开发、生产子午线轮胎模具、液压式轮胎硫化机、精密机床和工业机器人。	RV减速机
英洛华	成立于1997年8月，公司产品涉及磁性新材料、电机电气及高端设备，主营业务为稀土永磁材料与制品、电机系列、物流与消防智能装备。	行星减速器
宁波东力	成立于1998年6月，公司确立了以传动设备、供应链综合服务、门控系统、工程技术服务四大产业为主体，多元并进、专业化发展的经营格局。	齿轮减速机、蜗轮蜗杆减速机、行星减速机、起重机专用减速机、橡塑设备专用减速机
通力科技	成立于2008年11月，公司是一家专业从事减速机的研发、生产、销售及服务的的高新技术企业，自成立以来专注于减速机行业，作为我国工业传动系统领域具备明显竞争力的标杆企业之一。	通用减速机（包含蜗轮蜗杆减速机等）、工业齿轮箱
蓝黛科技	公司成立于1996年，公司主营业务是乘用车变速器齿轮及壳体等零部件、变速器总成、摩托车主副轴组件的研发、生产与销售，产品主要应用于主机市场。	新能源汽车减速机
中马传动	公司成立于2005年，公司主要从事汽车变速器及车辆齿轮的研发、生产和销售。公司主要产品为汽车变速器、汽车齿轮、摩托车齿轮和农机齿轮。	新能源汽车减速器

资料来源：，各公司公告，各公司投资者问答，各公司官网，中信建投

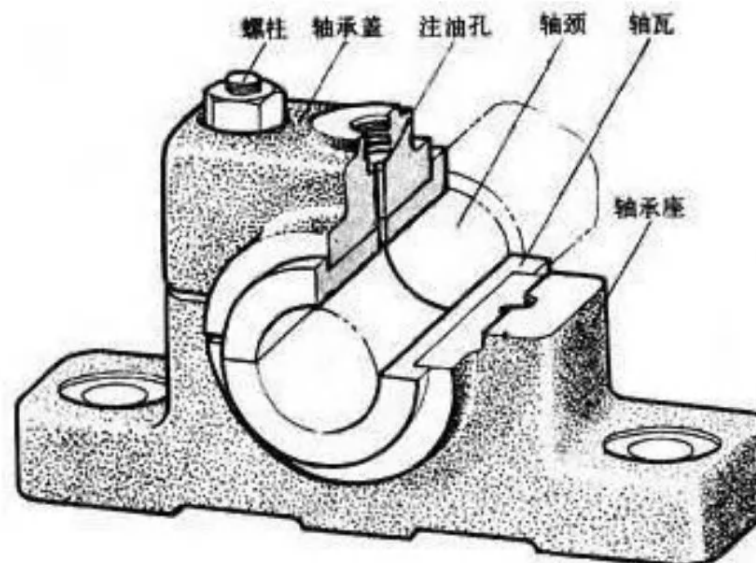
➤ 轴承的功能：支撑旋转体、降低摩擦系数的重要零部件

- 轴承是机械设备中的一种重要零部件。轴承作为现代机械设备中应用广泛的一种高精密机械基础运动部件，其主要功能是支承旋转轴或其它运动体，保证旋转精度，降低设备在传动过程中的载荷摩擦系数。轴承的精度、性能和可靠性对机械设备的性能起着关键作用，轴承技术水平直接影响着工业发展的水平。
- 根据轴承工作时运转的轴与轴承座之间的摩擦性质，轴承可分为滚动轴承和滑动轴承两类。滚动轴承的摩擦系数小，摩擦阻力及启动摩擦力矩小，功率消耗少，并且标准化、产业化程度高，应用最广泛，通常所说的轴承，一般也指滚动轴承。
- 滚动轴承基本由外圈、内圈、滚动体和保持架等构成。轴承套圈包括内圈、外圈，每个套圈上都有滚道，内圈的滚道在外表面，外圈的滚道在内表面。滚动体在滚道上滚动，两者的接触面支撑施加在轴承上的负荷。滚动体可分为球和滚子两大类，滚子按形状又分为圆柱滚子、滚针、圆锥滚子和球面滚子。滚动体在轴承套圈之间滚动，承担载重的任务。轴承按照滚动体的列数可以分为单列、双列和多列。保持架并不直接承受载荷，其作用是按照一定的间隔将滚动体保持在正确的位置上，同时防止滚动体脱落。

图表：滚动轴承结构示意图



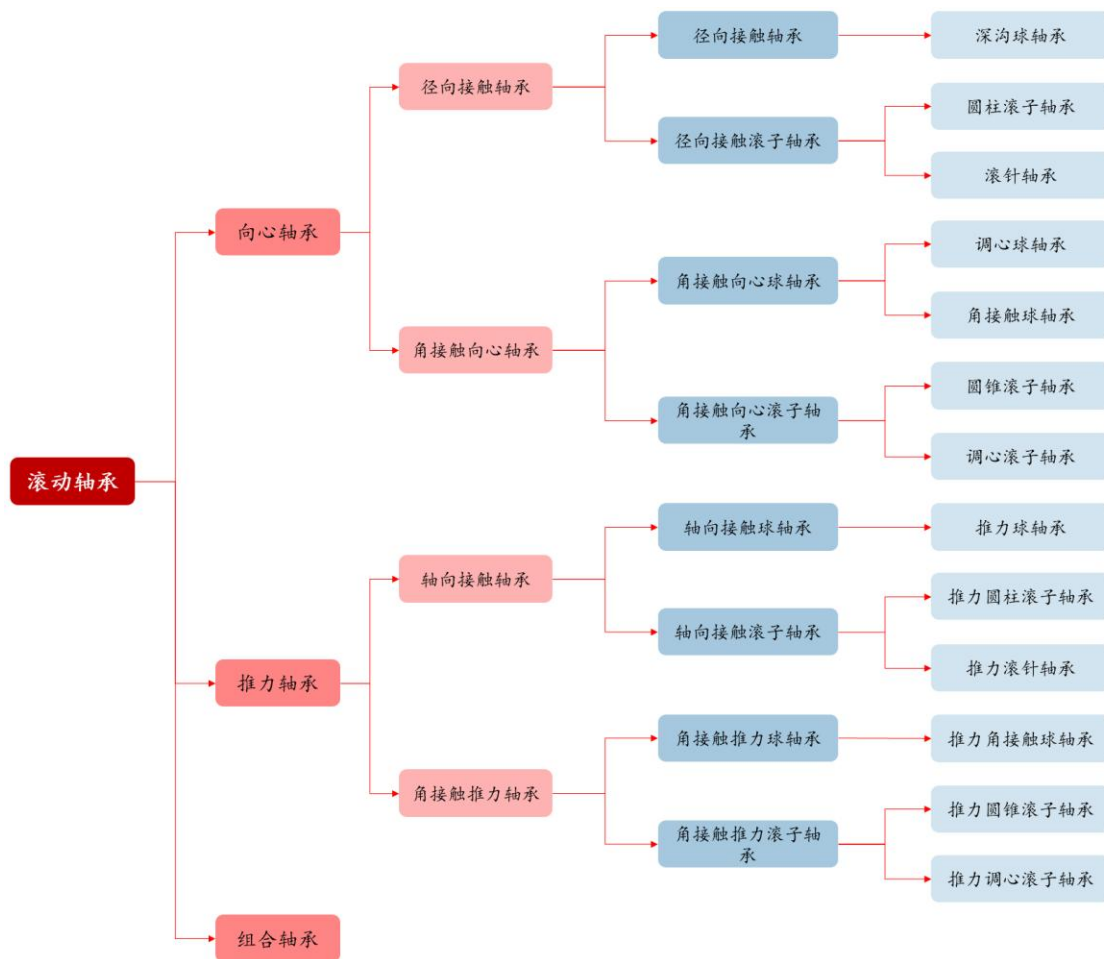
图表：滑动轴承结构示意图





- 滚动轴承的分类：分类方式多样，轴承特点各有不同
- 滚动轴承的主要分类如下：
 - ①按其所能承受的载荷方向或公称接触角的不同，分为向心轴承和推力轴承。向心轴承主要用于承受径向载荷的滚动轴承，其公称接触角为 $0 \leq \alpha \leq 45^\circ$ ，推力轴承主要用于承受轴向载荷的滚动轴承，其公称接触角为 $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ 。
 - ②按滚动体的种类分为滚动体为球的球轴承和滚动体为滚子的滚子轴承。球轴承的特点是与滚道的接触为点接触，当受力时，接触面为椭圆形，因为是点接触，所以阻力小，球轴承适合于低扭力、高转速的应用条件，亦有低噪音的特点；滚子轴承特点是与滚道的接触为线接触，当受力时，接触面是长方形。因为是线接触，滚子轴承的扭力高于球轴承，刚性亦较高。
 - ③按主要用途分为通用轴承和专用轴承。通用轴承指应用于通用机械或一般用途的轴承，专用轴承指专门用于或主要用于特定主机或特殊工况的轴承。
 - ④按外形尺寸是否符合标准尺寸系列分为标准轴承和非标轴承。标准轴承指外形尺寸符合标准尺寸系列规定的轴承，而非标轴承指外形尺寸中任一尺寸不符合标准尺寸系列规定的轴承。

图表：滚动轴承分类图



- 滚动轴承的应用：机器人轴承须具备高承载能力、高精度、高刚度、低摩擦力矩、长寿命、高可靠性的性能
- 精密滚动轴承为机器人执行系统关键零部件，对机器人减速器的承载能力、回转精度、运转平稳性、重复定位精度等性能起到重要作用。精密轴承具有轻量化、高精度、良好的旋转精度和可靠性等特点，满足机器人精密减速器苛刻的性能要求。机器人轴承普遍安装在有限的空间，必须体积小、重量轻，也就是轻量化。但同时，机器人的高载荷、高回转精度、高运转平稳性、高定位速度、高重复定位精度、长寿命、高可靠性的性能，要求配套的机器人轴承必须具备高承载能力、高精度、高刚度、低摩擦力矩、长寿命、高可靠性的性能。
- 特斯拉人形机器人执行系统中应用多个轴承。根据2022年特斯拉AI日发布会资料，特斯拉人形机器人旋转执行器中使用了角接触球轴承、交叉滚子轴承，线性执行器使用了球轴承和四点接触轴承。

图表：工业机器人轴承种类

类别	轴承类型与系列	特点	应用部位	图示
等截面薄壁类轴承	薄壁四点接触球轴承 薄壁角接触球轴承 薄壁深沟球轴承	通过增加钢球改善了轴承内部受力分布，减小了钢球与沟道接触处的弹性变形，轴承承载能力高	工业机器人腰部、肘部、腕部	
薄壁交叉圆柱滚子类轴承	薄壁交叉圆柱滚子轴承轻窄系列、超轻系列	滚子垂直交叉排列结构避免滚子锁死，轴承内外圈分割结构，间隙可调，即使被施加压力，也能获得较高旋转精度	工业机器人机械手臂、肩部、腰部、臂部	
RV减速机轴承	薄壁轴承 圆柱滚子轴承 圆锥滚子轴承 滚针保持架组件	RV减速机体积小，抗冲击力强，扭矩大，定位精度高，轴承的外形结构、精密定位是其结构紧凑、刚性优良、传动精密的关键因素	广泛应用于工业机器人的减速机	
谐波减速机轴承	柔性轴承	柔性轴承是谐波减速器的核心部件，通过轴承的弹性变形达到高减速比的要求；柔性轴承工作中随柔轮的弹性变形不断的发生变化，不仅承受循环应力载荷，而且承受交变应力载荷	中小转矩负荷机器人关节部位减速机	

图表：轴承领域主要上市公司

上市公司简称	公司简介	轴承产品品类
力星股份	公司成立于2000年，主营业务为精密轴承滚动体的研发、生产和销售，公司产品为轴承滚动体，包括轴承钢球和轴承滚子。	轴承滚动体，包括轴承钢球和轴承滚子
五洲新春	公司成立于1999年，是一家以轴承产业为核心，涉足汽车配件和设备制造等领域的集团化企业。产品销售与自营出口列居全国轴承行业前列。公司通过多年努力，实现了纵向一体化的产业布局，从轴承成品开始延伸，依次进入热处理、车加工、锻造及钢管等领域，是中国轴承产业链经营领先者。	各类精密深沟球轴承、圆锥滚子轴承、滚针轴承和调心滚子轴承
国机精工	公司成立于2001年，公司重点为国民经济和国防建设关键主机研制高性能轴承产品，批量生产内径0.6毫米至外径6.8米的各种类型高端装备轴承和组件。主要业务为精密及特种轴承、高速机床主轴、轴承专用装备和检测仪器、轴承试验机以及轴承特种材料的研究、开发、生产和销售。	特种轴承、精密机床轴承、重型机械用大型（特大型）轴承、机床用电主轴
苏轴股份 (创元科技控股子公司)	公司成立于1980年，公司是滚针轴承、圆柱滚子轴承和滚针的专业设计与制造公司，主要产品系列有冲压外圈滚针轴承、冲压外圈滚针离合器、圆柱滚子轴承、圆柱滚子离合器和球轴承组件、推力轴承、滚轮轴承、直线运动滚子导轨支承和滚动体等。	滚针轴承、圆柱滚子轴承
长盛轴承	公司成立于1995年，主要产品双金属自润滑轴承、金属塑料自润滑轴承、金属基自润滑轴承、塑料自润滑轴承，出口欧美、日本等多个国家和地区，主要用于汽车、工程机械、农业机械、建筑机械、轻工机械、高速高精数控机床等领域。	自润滑轴承
贝斯特	公司成立于1997年，主要产品包括涡轮增压器精密轴承件、涡轮增压器叶轮、涡轮增压器中间壳、发动机缸体等关键汽车零部件，座椅构件等飞机机舱零部件，用于汽车、轨道交通等领域的工装夹具，以及飞机机身自动化钻铆系统、自动化工业生产线等智能制造系统集成产品。	涡轮增压器精密轴承件
瓦轴B	公司成立于1997年，公司是以瓦房店轴承集团有限责任公司作为独家发起人，以社会募集方式设立的中国轴承业第一家B股上市公司。公司的经营范围为轴承、机械设备、汽车零配件及相关产品的制造与销售等。	交通轴承、专用轴承、通用轴承

资料来源：中国轴承工业协会，工业机器人公众号，中信建投

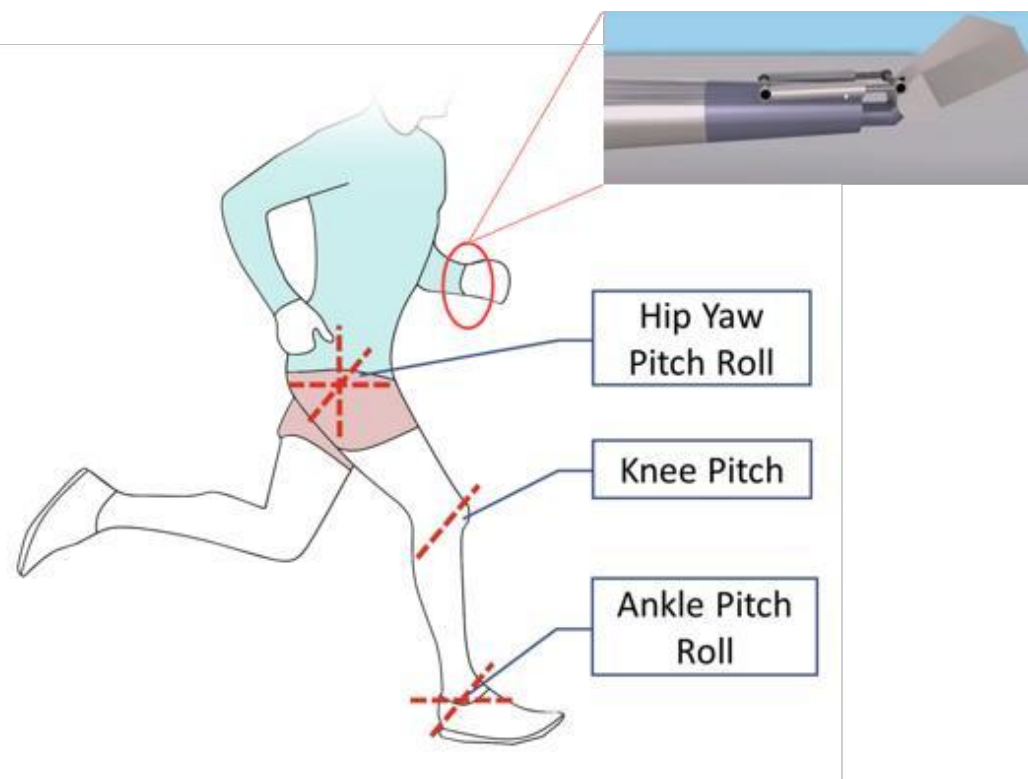
图表：轴承领域主要上市公司（续）

上市公司简称	公司简介	轴承产品品类
人本股份	公司系从事轴承领域相关产品研发、生产和销售的大型企业集团，系国内轴承制造行业的龙头企业。公司生产的轴承产品规格型号达三万余种，广泛应用于汽车、轻工机械、重型机械及重大装备等众多国民经济关键领域。	球轴承、滚子轴承、专用轴承和轴承部件
襄阳轴承	公司成立于1993年，公司主要从事轴承及其零部件的生产、科研、销售及相关业务。主要经营范围包括制造销售轴承及其零部件、汽车零部件、机电设备、轴承设备及备件。	汽车轴承
申科股份	公司成立于1996年，公司坚持以科技创新为主导，先后开发了DQY系列端盖式球面滑动轴承、VTB系列推力滑动轴承、60万千瓦汽轮发电机可倾瓦轴承、ZQK系列座式滑动轴承以及电机用ZH型动静压座式滑动轴承等新产品。	厚壁滑动轴承
光洋股份	公司成立于1995年，公司专注于汽车各类精密轴承、智能机器人轴承单元、同步器、行星排、精密锻件等高精度、高可靠性产品的研发、制造和销售。	滚针轴承、圆柱滚子轴承、离合器分离轴承、圆锥滚子轴承、深沟球轴承
双飞股份	公司成立于2000年，公司是我国较早专业从事自润滑轴承和自润滑轴承用复合材料的研发、生产及销售的龙头企业之一,主营业务为自润滑轴承和自润滑轴承用复合材料的研发、生产及销售。	自润滑轴承
龙溪股份	公司成立于1997年，公司主营关节轴承等特种轴承、汽车配件等，产品不仅广泛应用于国民经济各行业的各类机械设备，并为国家重点工程等配套，而且大量出口欧美亚等四十多个工业发达国家和地区。	关节轴承、圆锥滚子轴承

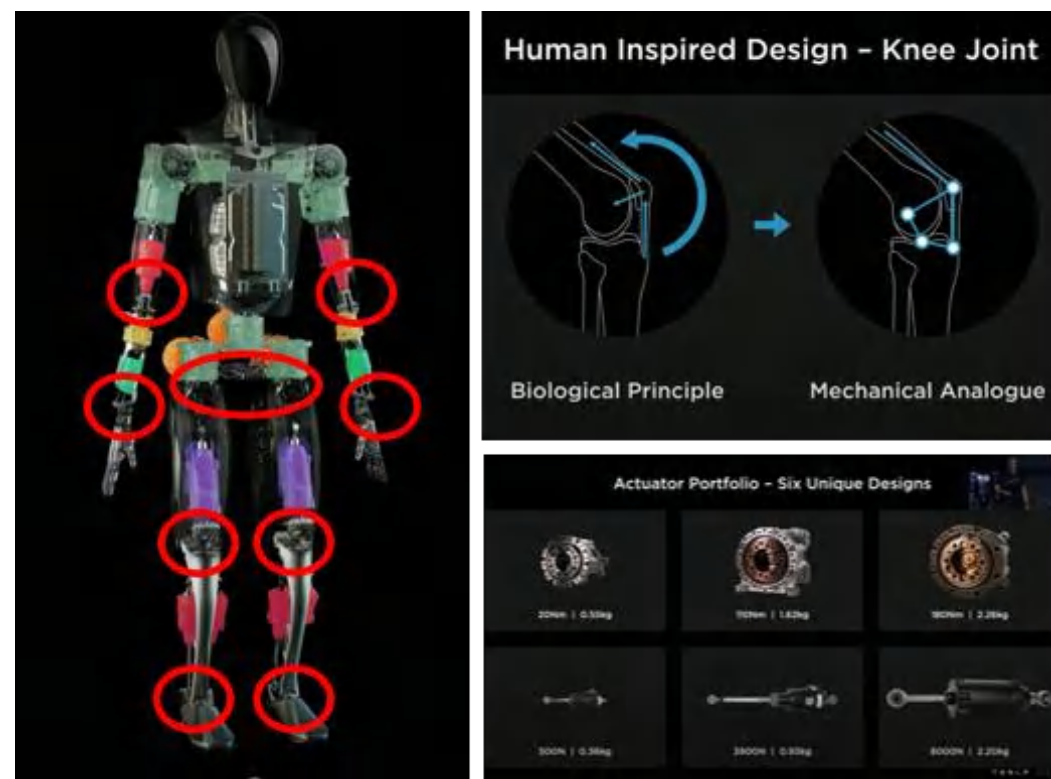
资料来源：中国轴承工业协会，工业机器人公众号，中信建投

- 丝杠的功能：用在对力矩要求较高的部位，如膝部、肘部俯仰角
- 根据2022年特斯拉AI日，新版本的Tesla Bot依然拥有40个机电执行器——手臂8个、躯干8个、手部12个、腿部12个；其中采用线性执行器的有14个，分别为腕部、踝部的俯仰（pitch）、偏航（yaw）角，髋部、肘部、膝部的俯仰（pitch）角。
- 线性执行器主要采用“电机+行星滚柱丝杠+轴承+传感器”实现，行星滚柱丝杠是核心部件之一。

图表：人体髋部、膝盖等部位受力较大

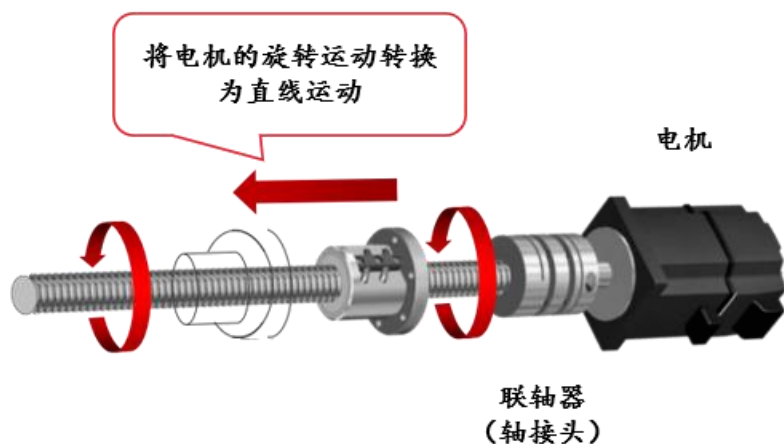


图表：人形机器人采用线性执行器的部位



- 丝杠的原理：将旋转运动转换为直线运动
- 由于电机往往只能做旋转运动，因此采用螺旋杆的形式，将电机的旋转运动转换为直线运动。
- 与各种驱动方式相比，“滚珠/柱丝杠+旋转电机”的组合在定位精度、推力、速度等方面具备稳定性能，应用广泛。

图表：人体髌部、膝盖等部位受力较大



图表：人形机器人采用线性执行器的部位

种类	图例	效率	推力	定位精度	速度	姿态
滚珠丝杠+旋转电机		约90%以上	○	◎	○	◎
直线电机		约90%以上	△	◎	◎	△*
齿条&小齿轮+旋转电机		约90%以上	○	△	○	◎
传动皮带+旋转电机		约90%以上	△	△	○	△*
汽缸（空压·油压）		约50%以上	◎	×	△	○

备注：◎表示非常适合；○表示适合；△表示有条件的适合；×表示不适合；

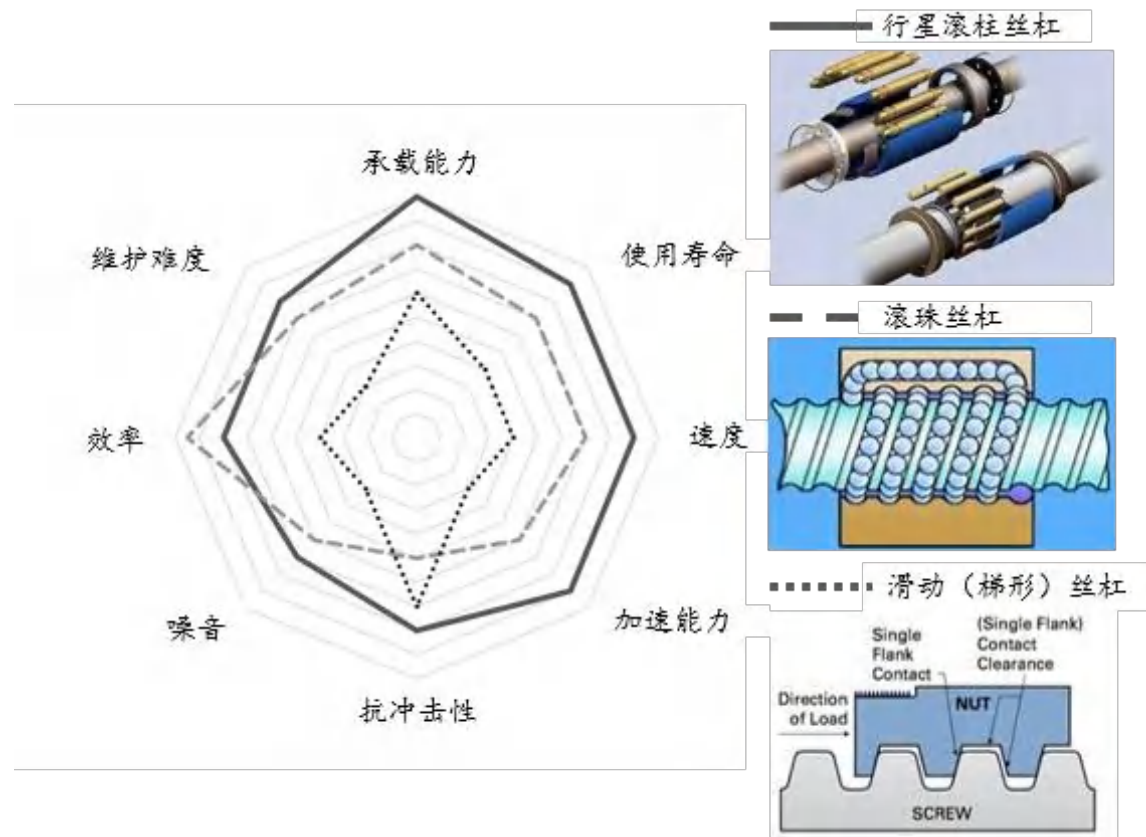
*表示根据使用方式，姿态会有所变化

- **丝杠的选型：**人形机器人使用场景要求高承载、耐冲击等性能，行星滚柱丝杠优势明显
- 根据滑动方式的不同，丝杠主要包括滑动丝杠（滑动摩擦，精度差）、滚珠丝杠（间隙为滚珠）、行星滚柱丝杠（间隙为螺纹滚柱）等，行星滚柱丝杠有更大的接触面积、更大的直线速度、更小的振动和噪音，适合人形机器人的使用场景。

图表：人体髋部、膝盖等部位受力较大

	行星滚柱丝杠	滚珠丝杠	滑动丝杠
承载能力	非常大	大	大
使用寿命	非常长	长	非常短
速度	非常快	一般	慢
加速能力	非常大	一般	小
刚性	非常高	一般	非常高
抗冲击性	非常高	一般	非常高
耐热性能	非常耐热	一般	耐热
所需活动空间	非常小	一般	一般
摩擦	小	非常小	大
振动/噪声	非常小	小	稍大
效率	75%-90%	85%-95%	40%左右
维护难度	非常低	一般	非常低
环境负荷	非常小	非常小	小
定制化程度	非常高	高	一般

图表：三类丝杠示意图及性能对比



➤ 当前格局：全球丝杠领先的外资企业有THK、上银、斯凯孚、舍弗勒等，国内企业恒立液压、秦川机床、鼎智科技、贝斯特等有相关潜力。

图表：部分公司丝杠业务布局情况

公司简称	公司简介	丝杠产品品类
鼎智科技	立足于精密运动控制组件的设计、生产与销售。所售产品主要为线性执行器、各类微电机及其组件，下游客户主要为医疗设备、工业自动化控制设备等制造企业	滑动丝杠、滚动丝杠，行星滚柱丝杠
秦川机床	秦川机床拥有秦川机床本部、宝鸡机床、汉江机床、汉江工具、沃克齿轮、秦川格兰德、秦川宝仪等多家子公司，是我国精密数控机床与复杂工具研发制造基地、中国机床工具行业的龙头骨干企业。数控磨床、滚珠丝杠等领域领先	滚珠丝杠 及加工设备：磨床
贝斯特	公司主要产品包括涡轮增压器精密轴承件、涡轮增压器叶轮、涡轮增压器中间壳、发动机缸体等关键汽车零部件，座椅构件等飞机机舱零部件，用于汽车、轨道交通等领域的工装夹具，以及飞机机身自动化钻铆系统、自动化工业生产线等智能制造系统集成产品。	滚珠丝杠
恒立液压	成立于2005年，是一家专业生产液压元件及液压系统的公司。公司从液压油缸制造发展成为涵盖高压油缸、高压柱塞泵、液压多路阀、工业阀、液压系统、液压测试台及高精度液压铸件等产品研发和制造的大型综合性企业。	滚珠丝杠
汇川技术	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，为新能源汽车行业提供电驱&电源系统，为轨道交通行业提供牵引与控制系统	滚珠丝杠
恒而达	基于多年对金属材料与热处理的研究积累，形成了金属热处理工艺、金属材料加工技术和自动化专用装备制造三大核心自主知识产权与技术优势，主要从事模切工具、锯切工具、裁切工具等金属切削工具研发、生产和销售，并逐步延伸至产业链下游，为客户提供配套智能数控装备	滚珠丝杠
恒进感应	北交所上市公司，中高档数控感应热处理成套设备（淬火机床为主）	滚珠丝杠淬火自动线
新剑传动	新三板上市公司，属于精密传动件制造企业，主营业务是为半导体通讯、计算机、电子、汽车、工程机械、人机协作及服务机器人等行业提供蜗轮、蜗杆传动部件和精密零部件产品。战略布局人机协作与服务机器人行业；行星滚柱丝杠及电动缸专项系列产品等行业公司在产品上具有专业性和拓展空间。	行星滚柱丝杠及电动缸
长盛轴承	专业从事自润滑轴承的研发、生产和销售的高新技术企业。主要产品双金属自润滑轴承、金属塑料自润滑轴承、金属基自润滑轴承、塑料自润滑轴承	滚珠丝杠



- **关节总成包含多个重要零部件，成本占比高，市场空间巨大。**关节总成是机器人的核心部件之一，由于人形机器人需要模拟人类的各种行动，因此需要较多的关节才能实现此要求，且每个关节需要使用无框力矩电机、位置传感器、谐波减速器或丝杠等多个重要零部件。以Tesla Bot为例，根据我们测算，完全批量化生产后，其40个关节的执行系统成本占整个人形机器人零部件成本的48.82%，未来市场空间巨大。
- **国内厂商积极布局。**目前国内机器人关节总成领域主要有两类参与者：①三花智控、拓普集团由于过去和特斯拉在电动车领域有良好的合作，因此开始逐步配合其人形机器人关节总成项目研发。②绿的谐波凭借自身谐波减速器、无框力矩电机、电液驱动关节等技术积累，有望切入人形机器人关节总成。

图表：国内主要公司人形机器人关节总成布局

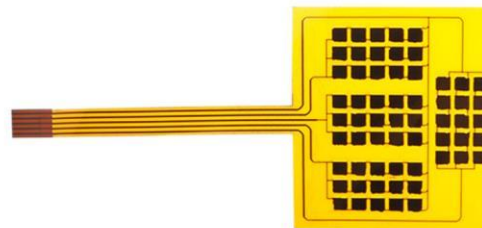
公司简称	人形机器人关节总成布局
三花智控	公司积极布局机器人产业，重点聚焦仿生机器人机电执行器业务，机电执行器是仿生机器人的核心部件，主要由伺服电机、减速机构和编码器组成，公司通过持续投入和联合研发，已与多个客户建立合作具备先发优势，积极迎接“机器代人”时代的到来。
拓普集团	公司布局人形机器人的运动执行器，该赛道是面向人类未来的百万亿级别的赛道，发展前景广阔。的运动执行器包括电机、电控及减速机构等部件组成，样品也获得客户的认可，后续发展潜力巨大。
绿的谐波	公司研发机电一体化产品，融合集成谐波减速器、超扁平力矩电机、EtherCAT总线型驱动器、编码器、制动器、智能传感器等于一体，研发液压控制产品，适应精密传动装置的未来市场需求，具体产品包括工业机器人关节、电液驱动关节、机床数控转台、移动机器人旋转关节。

- 传感器的功能：感受规定的被测量并按一定规律将其转换为有用信号
- 传感器(Sensor)是感受规定的被测量并按一定规律将其转换为有用信号的器件或装置。根据国家标准GB7665-87，传感器可被定义为：“能感受规定的被测量并按照一定的规律（数学函数法则）转换成可用信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成”。对于传感器来说，按照输入的状态，输入可以分成静态量和动态量。在各个值处于稳定的状态下，根据输出量和输入量的关系可得到传感器的静态特性。传感器的静态特性的主要指标有线性度、迟滞、重复性、灵敏度和准确度等。传感器的动态特性则指的是对于输入量随着时间变化的响应特性，动态特性通常采用传递函数等自动控制的模型来描述。

图表：钢质传感器示意图



图表：柔性微压力传感器



- 传感器的分类：根据使用功能可以分为内部传感器和外部传感器
- 传感器是机器人感知系统的重要组成部分。多种不同功能的传感器根据需要合理地组合在一起，能为机器人提供更为详细的外界环境信息。机器人感知技术通过获取和分析位置、触觉、力觉、视觉等传递来的信息，实现对外部环境和内部状态的理解，为人机的智能交互和机器人的柔性作业提供决策依据。
- 机器人的传感器根据使用功能可以分为内部传感器和外部传感器。内部传感器是用于测量机器人自身状态的功能元件，其功能是测量机器人自身状态的运动学量和力学量，用于机器人感知自身的运动状态，使得机器人可以按照规定的位置、轨迹和速度等参数运动；机器人外部传感器主要是感知机器人自身所处环境以及自身和环境之间的相互信息，包括视觉、力觉等。

图表：机器人内部传感器分类

类型	分类	基本种类
内部传感器	位置传感器	电位器、旋转变压器、码盘
	速度传感器	测速发电机、码盘
	力（力矩）传感器	应变式、压电式
	倾斜角传感器	液体式、垂直振子式
	加速度传感器	应变片式、伺服式、压电式、电动式

图表：机器人外部传感器分类

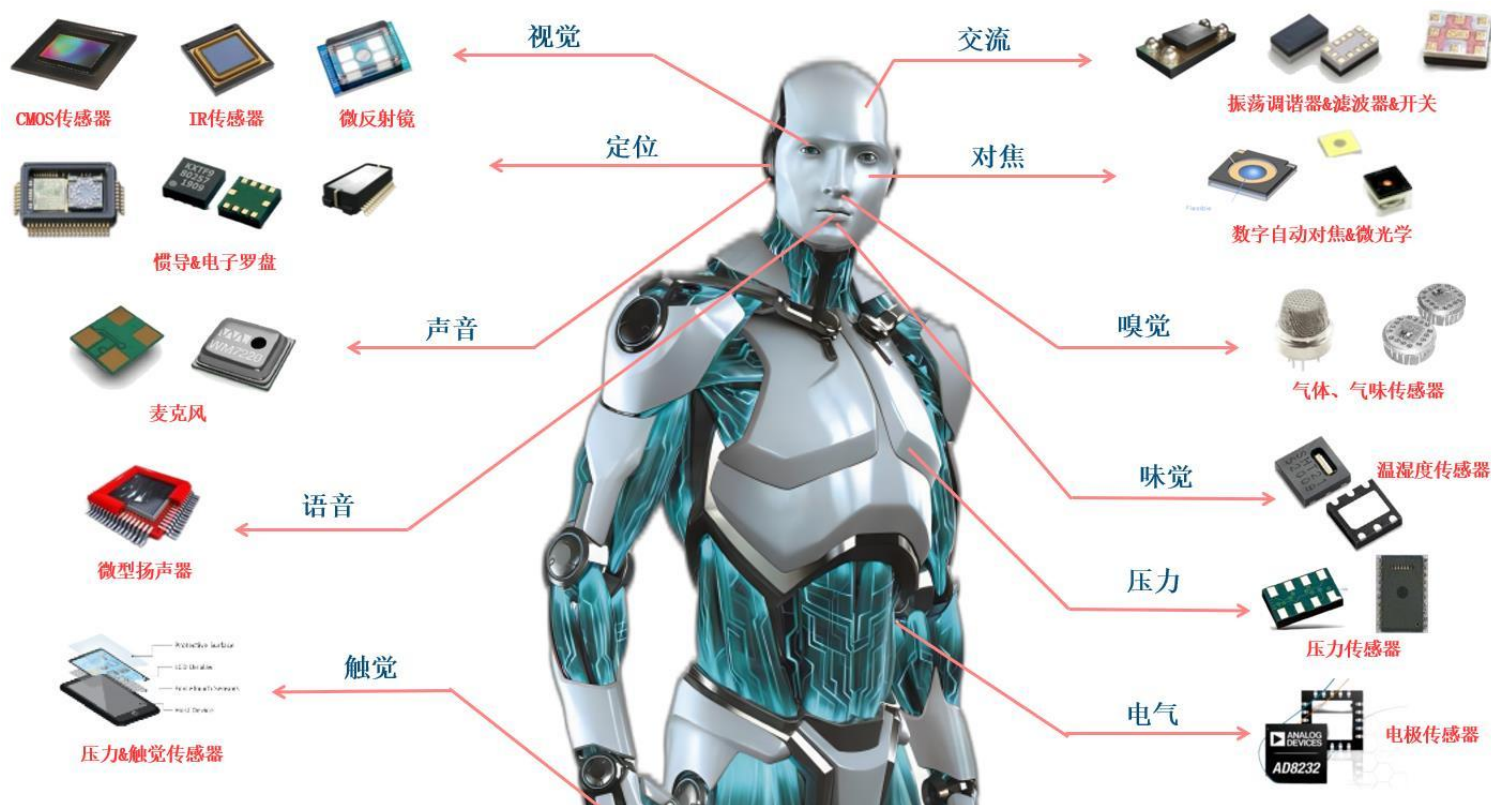
功能	外部传感器	基本种类
视觉传感器	测量传感器	光学式（点状、线状、圆形、螺旋形、光束）
	识别传感器	光学式、声波式
触觉传感器	触觉传感器	单点式、分布式
	压觉传感器	单点式、高密度集成、分布式
	滑觉传感器	点接触式、线接触式、面接触式
接近度传感器	接近度传感器	空气式、磁场式、电场式、光学式、声波式
	距离传感器	光学式（反射光量、定时、相位信息） 声波式（反射音量、传输时间信息）

资料来源：《机器人传感器及其信息融合技术》，中信建投

➤ 传感器的应用：机器人感知系统的重要器件

➤ 传感器在机器人工作中发挥到重要的感知作用。机器人要想接近人类的灵敏度，充分发挥传感器的感知功能至关重要。参考人体的感知系统，相应机器人需要在视觉、定位、声音、语音、触觉、交流、对焦、嗅觉、味觉、压力等多个维度上应用传感器。根据2022年特斯拉AI日发布会资料，特斯拉人形机器人旋转执行器中使用了位置传感器、力矩传感器，线性执行器使用了位置传感器和力传感器。

图表：机器人内部传感器分类



➤ 传感器的应用：机器人感知系统的重要器件

- 当前人形机器人传感器单体价值量为2.3万元左右，且在逐步增加。我们以特斯拉人形机器人为蓝本，结合当前产业中的主流产品及主流方案，测算当前人形机器人传感器单体价值量为2.3万元左右，且触觉、视觉等领域要求在不断提高，价值量呈现增加态势。
- 视觉、六维力传感器、触觉为兼具高价值和高壁垒的方向。从价值量来看，视觉传感器占到31%，六维力矩传感器占比26%，触觉传感器占到13%。

图表：人形机器人传感器分类及价值量分布

分类	单个价值量	整机数量	单机价值量	价值量占比	备注	对应标的
视觉	2400	3	7200	31.48%	英特尔的Real Sense，奥比中光的新产品均为此方案	奥比中光、英特尔、苹果、奥普特、凌云光、思看科技
六维力矩	3000	2	6000	26.24%	手腕、脚踝，按需选配，最多4个	柯力传感、东华测试、凌云股份、安培龙、八方股份、坤维科技（瀚川智能参股）、宇立
触觉	1500	2	3000	13.12%	每个指尖119元/个，需5-10个；手掌159元/个，需2个，在逐渐增加	他山科技、墨现科技、帕西尼、汉威科技、福莱新材、日盈电子、信测标准、苏试试验等
一维力控	150	14	2100	9.18%	旋转关节每个需要一个	柯力传感、东华测试、凌云股份、八方股份、坤维科技（瀚川智能参股）、宇立等
接近觉	150	3	450	1.97%	每个100~200元，身体周边放一圈，几百块钱	保隆科技
位控/位置	40	28	1120	4.90%	每个关节需要2个	奥普光电、汇川技术、保隆科技
姿态	1500	1	1500	6.56%		华依科技等
通用	50	30	1500	6.56%	温度、听觉、碰撞等	安培龙等

资料来源：汉威科技发布会，奥比中光官网，宇立仪器官网，中信建投

图表：传感器领域主要上市公司

上市公司简称	公司简介	传感器产品品类
柯力传感	公司成立于2002年，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
汉威科技	公司成立于1998年，公司主要是以传感器为核心，将传感技术、智能终端、通讯技术、云计算和地理信息等物联网技术紧密结合，形成了“传感器+监测终端+数据采集+空间信息技术+云应用”的系统解决方案，业务应用覆盖物联网综合解决方案及居家智能与健康等行业领域。	气体传感器、压力传感器、流量传感器、红外传感器、温湿度传感器、加速度传感器、振动传感器、柔性微纳传感器
八方股份	公司成立于2003年，专业从事电踏车电机及配套电气系统的研发、生产、销售和技术服务的高新技术企业。经过多年的发展，已形成包括轮毂电机、中置电机两大类型共计80余种产品型号的电机产品系列，并具备控制器、传感器、仪表、电池等电气系统产品的配套供应能力。	力矩传感器、速度传感器
保隆科技	公司于1997年创立于上海松江，保隆立足于汽车工业，核心产品包括汽车电子类的轮胎压力监测系统、压力传感器、光雨量传感器、360环视系统等；汽车轻量化结构件类的仪表梁、扭力梁、副车架等；通用部件类的气门嘴、平衡块、排气尾管、空气弹簧等。	车用传感器（压力、光雨量、速度、位置、加速度和电流类为主）
康斯特	公司成立于2004年，是一家专业从事数字压力检测、温度校准仪器仪表产品研发、生产和销售的高新技术企业。公司已成为国内数字压力检测、温度校准行业中最具规模的生产商之一，产品广泛应用于石油、化工、电力、冶金、机械制造、国防工业、计量、铁路等行业。	MEMS压力传感器
芯动联科	公司简介：公司成立于2012年，公司长期致力于自主研发高性能MEMS惯性传感器，经过多年的探索和发展，公司高性能MEMS惯性传感器的核心性能指标达到国际先进水平，复杂环境下适应性强。目前，公司产品已实现批量化应用并在应用的过程中不断升级和迭代。	传感器业务：高性能硅基MEMS惯性传感器
苏州固锟	公司成立于1990年，公司专注于半导体芯片、功率半导体器件和集成电路封装测试领域，目前已经拥有从产品设计到最终产品研发、制造的整套解决方案。苏州固锟全资子公司晶银新材是国际知名的导电银浆供应商，也是太阳能电池银浆全面国产化的先行者。	IMU（惯性传感器）

资料来源：，各公司公告，各公司投资者问答，中信建投

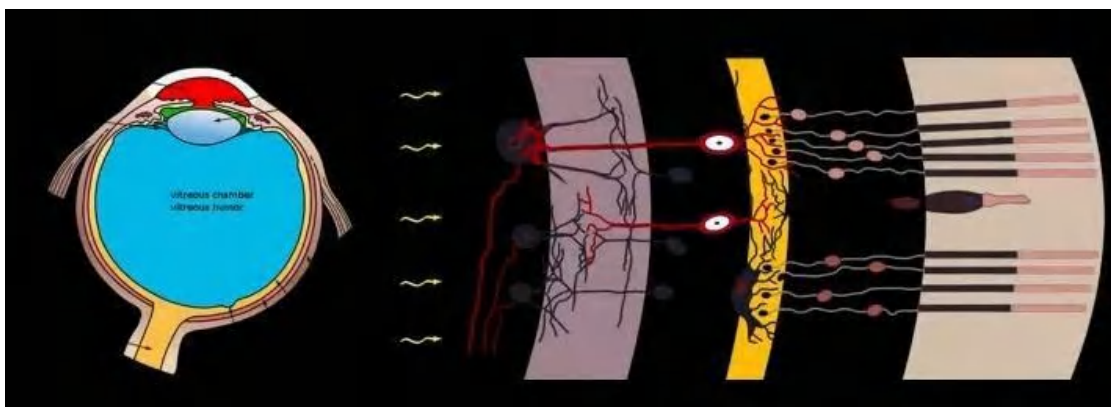
➤ 视觉传感器功能：效仿人类视觉系统原理

➤ 根据2021年8月特斯拉AI日上的展示，特斯拉电动车的感知方案采用纯视觉感知方案，完全摒弃掉激光雷达、毫米波雷达等非摄像头传感器，仅采用摄像头进行感知，在自动驾驶领域独树一帜。

➤ 人类通过眼睛感知世界的原理为：光线通过眼睛被视网膜采集信息，经过传递与预处理，信息抵达大脑视觉皮层，神经元从视网膜传递的信息中提取出颜色、方向、边缘等特征结构，再传递给下颞叶皮层，然后经过认知神经网络的复杂处理最终输出感知结果。

➤ 自动驾驶视觉感知方案是效仿人类视觉系统原理，摄像头便是“汽车之眼”，特斯拉汽车共计采用八个摄像头分布在车体四周，车身前部有三个摄像头，分别为前视主视野摄像头、前视宽视野摄像头（鱼镜头）以及前视窄视野摄像头（长聚焦镜头），左右两侧各有两个摄像头，分别为侧方前视摄像头和侧方后视摄像头，车身后部有一个后视摄像头，整体实现360度全局环视视野，最大监测距离可以达到250米。

图表：人类视觉感知的原理



图表：特斯拉自动驾驶采用纯视觉感知方案





➤ 选型：2D/3D视觉传感器

➤ 3D视觉感知技术与产品经过多年的发展，目前已在生物识别、AIoT、消费电子（中期市场）、工业三维测量、汽车应用（长期市场）等多个领域实现了推广应用。生物识别是一种通过计算机、光学、声学、生物传感器等多个技术领域密切结合，利用人体固有的生理特性，如指纹、人脸、虹膜等和行为特征如笔迹、声音、步态等进行个人身份鉴定的方法。随着对于身份识别和保密需求的日益增加，各类新兴生物识别的技术不断发展，通过3D视觉感知技术实现的生物识别方法逐渐落地于不同的应用场景。

图表：指纹、虹膜、2D人脸识别及掌纹，3D人脸识别对比

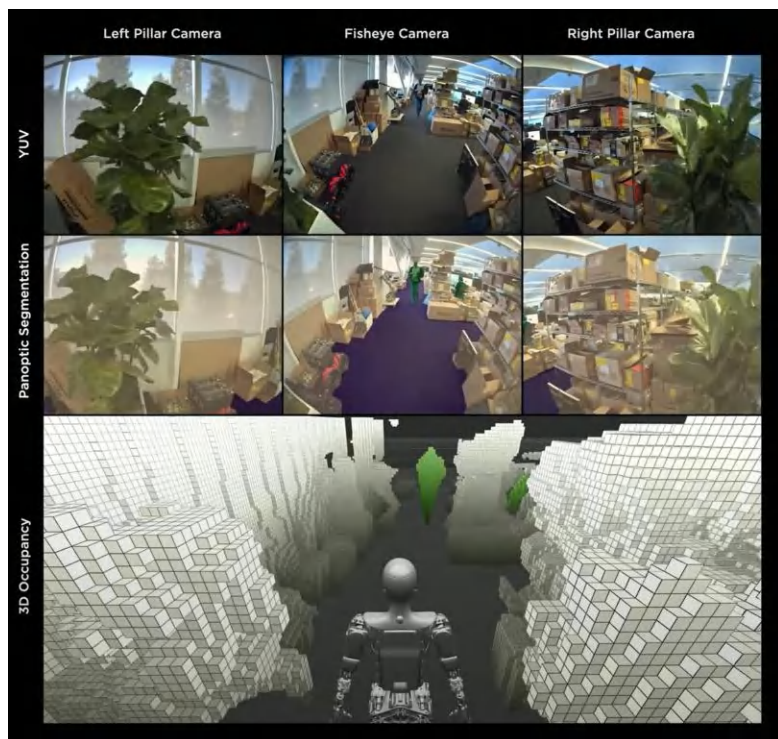
生物识别方法	3D人脸识别	2D人脸识别	虹膜	指纹	掌纹
精度	高	一般	极高	高	高
安全系数	高	一般	高	一般，容易被仿造	较高
稳定性	稳定	一般	终生不变	易磨损	易磨损
采集成本	中	中	高	低	中
便利程度	高	高	低	一般，接触式识别，部分人无法识别	一般，接触式识别
常用应用场景	刷脸支付、门禁、安防等	门禁、安防等	目前应用场景较少	手机、考勤、金融等	目前应用场景较少

图表：3D视觉测量技术

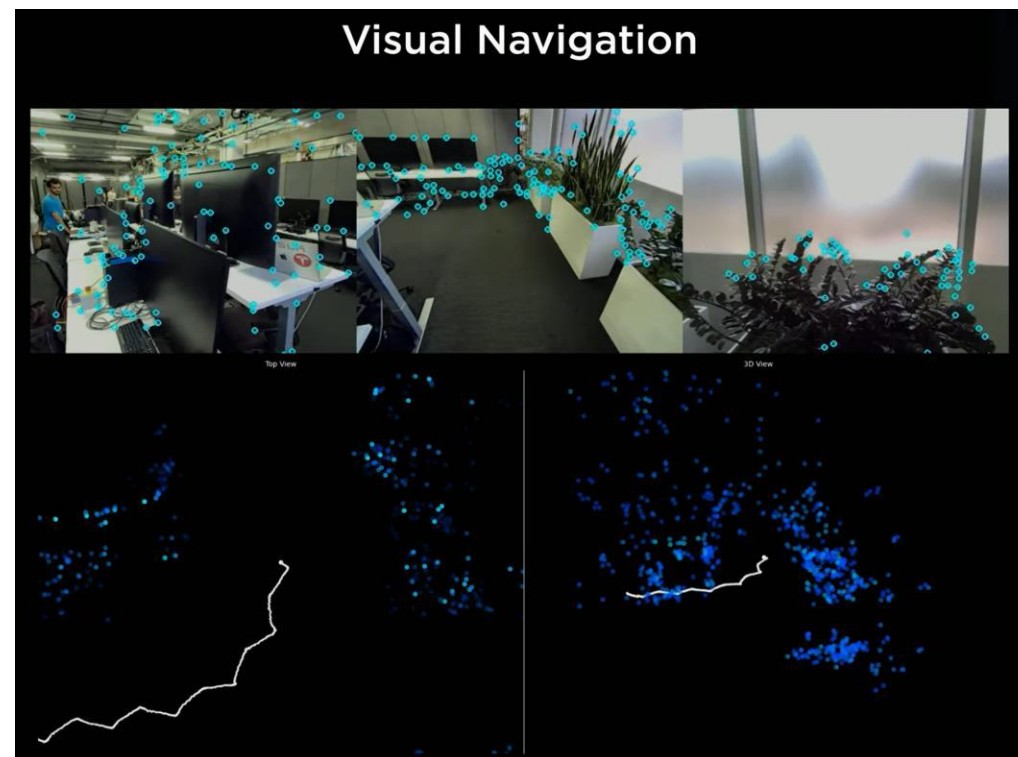
3D视觉感知主要技术	最佳测量距离	分辨率	测量精度	主要适用场景
结构光	<5m	高	近距离：高中 远距离：低	手机前置、刷脸支付、门锁服务机器人、安防监控、屏下3D结构光
iToF	<3.5m	中	近距离：中中 距离：高	手机前置、后置、扫地机器人、AR/VR、门禁
dToF	<5m	低	近距离：低远 距离：高	手机后置、平板后置、扫地机器人等
双目	<15m	高	低	汽车侧面、室外机器人、智能安防等
Lidar	<200m	低	近距离：低远 距离：高	汽车自动驾驶、汽车ADAS、低速物流车自动驾驶等
工业三维测量	20mm-30m	极高	极高	高精度工业测量，材料、结构检测

- 方案：3个已知摄像头，纯视觉识别物体，机器学习，创建向量空间
- 特斯拉在2023年股东日上展示了Optimus最新成果，包括成队列地在Cybertruck生产车间行走，并且在行走的同时进行环境感知与记忆。马斯克表示，特斯拉已经打通了FSD和机器人的底层模块，实现了一定程度的算法复用。FSD算法利用传感器数据进行环境感知，这些传感器也可以帮助机器人感知周围环境，识别物体、人和障碍物等。
- 2022年特斯拉AI日展示的人形机器人使用了2台常规摄像头和1台鱼眼摄像头。

图表：感知、识别、理解周围的世界



图表：理解周围的世界并规划轨迹





➤ 当前格局：视觉传感器领域国内企业崭露头角，在消费场景已有应用。海外以安森美、基恩士、康耐视为主，国内有奥比中光、凌云光、奥普特、海康机器、联创电子、韦尔股份等企业。

图表：感知、识别、理解周围的世界

公司简称	公司简介	视觉传感器产品品类
奥比中光	公司致力于将 3D 视觉感知产品应用于“衣、食、住、行、工、娱、医”等领域，在生物识别、机器人 AIoT、三维扫描、工业三维测量、消费电子等市场上实现了多项具有代表性的商业应用。	3D视觉传感器
凌云光	聚焦机器视觉，在消费电子、新能源、元宇宙等领域开拓较好	CMOS 相机、CCD 相机、红外相机、光谱相机等
奥普特	成立于2006年，是我国国内较早进入机器视觉领域的企业之一。聚焦机器视觉，在消费电子、新能源、及光源等硬件领域开拓较好	3D传感器
大恒图像	大恒科技旗下子公司，专业的机器视觉核心部件及解决方案供应商。	线阵相机、面阵图像传感器、红外相机、紫外相机等
海康威视 (海康机器)	海康威视旗下子公司海康机器为机器视觉和移动机器人产品及解决方案提供商。	全系线阵相机、智能相机、立体相机等
联创电子	公司重点发展光学镜头及影像模组、触控显示器件等新型光学光电子产业，布局和培育集成电路模拟芯片产业，产品可广泛应用于智能终端、智能汽车、智慧家庭	高清广角镜头和全景影像模组、车载镜头等
韦尔股份	半导体产品设计业务主要由图像传感器解决方案、触控与显示解决方案和模拟解决方案三大业务体系构成，作为全球知名的提供先进数字成像解决方案的芯片设计公司，产品已经广泛应用于消费电子和工业应用领域	图像传感器解决方案、触控与显示解决方案

资料来源：，各公司公告，各公司投资者问答，中信建投

PART 4

中游整机：
系统集成承上启下，面向终端加速落地



图表：2025年特斯拉量产节奏放缓，Figure、1X等厂商开启新产品量产，国内人形机器人出货积极，全行业人形机器人出货量在万台级别

公司名称	量产进展	产品进展	边际变化
Tesla	11月11日，官方计划在得克萨斯超级工厂新建专门用于人形机器人Optimus生产、 年产能高达1000万台 的厂房，量产时间仍锁定于2027年启动。而加州弗里蒙特工厂的 试点产线年设计产能约100万台 ，主要用于样机组装与工艺验证。预计5年内实现年产百万台目标。	人形机器人将采用年度发布周期， 2026年Q1预计推出Gen3的设计定型	11月官方称，机器人规模化生产后，预计每台成本将控制在 2万美元
Figure AI	BotQ工厂维持年产 12,000台 规划，4年扩至 100,000台	11月20日宣布，在过去的6个月内，Figure 02已在宝马集团斯帕坦堡工厂 参与生产了3万辆汽车 ，累计装载超过9万个零部件。随着Figure 03的发布，目前 正式启动了Figure 02的退役程序 ，Figure 03已做好大规模应用的准备。	目前，Figure AI尚未公布Figure 03的上市时间或定价，分析认为其 早期应用场景更可能是在工厂而非家庭
1X Technologies	25年底向用户家庭部署数百至 数千台 NEO gamma机器人	10月29日 家用机器人NEO 已开启预售，早鸟价 2万美元 ，预计 2026年发货 。采用“ 绳驱传动 ”技术，使机器人达到“类人”操作，内置Redwood AI系统	目前演示的功能自主性有限，多数任务仍需远程操作员通过“ 专家模式 ”辅助完成
宇树科技	11月26日，宇树智能应急机器人产业园项目（一期）完成备案，将 建设月产能500套的行业应用机器人组装产线 。	11月13日，以足式机器人闻名的宇树科技， 正式上线首款轮式人形机器人G1-D及配套的数采训练全栈解决方案 。	11月15日，据证监会官网消息，宇树科技已发布 IPO辅导工作完成报告 。
优必选	11月17日，优必选在海外社交平台介绍， 已开始批量交付首批数百台Walker S2机器人 。11月18日，优必选首席品牌官谭昱对外表示，公司已制定产能爬坡计划，预计到2026年，工业人形机器人年产能将达 5000台 ，2027年进一步扩大至 10000台 规模；11月再获 2.64亿 和 1.43亿 订单， 总订单金额已达13亿	在新品方面，优必选方面透露， Walker S3将于2026年上半年发布 。其主要升级在于，搭载了英伟达今年8月专为机器人“大脑”运作推出的 Thor芯片 ，外形无重大变化。另有一款新型号也计划在2026年上半年亮相，该机型具备高性能运动能力，可能主要面向商业场景应用	11月17日摩根士丹利在一份调研报告中披露，今年迄今优必选 已交付约200台 人形机器人， 2025年全年交付量约500台 。公司管理层预估，人形机器人业务今年将为公司贡献约 4亿元营收 。2026年，优必选计划交付 2000至3000台 人形机器人。截至11月10日，Walker系列人形机器人 全年累计订单金额已突破8亿元 。背后的买家以汽车产业链公司为主，如东风柳汽、天奇股份、觅亿汽车等
智元机器人	预计2025年实现 数千台 的年产量,2026年目标提升至 数万 台，未来数年瞄准 数十万台 产能	11月14日， 智元远征A2创人形机器人百公里行走纪录 ，11月其研发的 真机强化学习技术 ，已在与龙旗科技合作的验证产线中成功落地	11月10日，智元机器人完成股改，名称由智元创新（上海）科技有限公司更名为智元创新（上海）科技股份有限公司；11月25日，智元完成对上纬新材的控制权收购
银河通用	计划2025年在工业、商业场景落地 1000台 机器人应用，覆盖无人零售药店、商超等场景	11月发布 导航大模型NavFoM ，是全球首个跨本体导航大模型，旨在实现无需预先建图的零样本全域导航能力；联合清华大学最新发布的灵巧手神经动力学模型DexNDM， 首次突破了手掌任意朝向旋转难题	11月1日， 芯驰科技和银河通用正式签署战略合作协议 ，双方将围绕下一代具身智能机器人芯片、操控系统及高端工具链展开联合研发，共同推进具身智能的规模化落地。
小鹏机器人	规划在2030年实现销量超过100万台 ，目前IRON为 第七代 ，预计第八代将开启量产	11月，小鹏技术发布会上公布 第七代IRON 亮相，以 极致拟人态 走红网络，在行业内 首次增加了仿人脊柱和首次应用全固态电池	全新一代IRON将优先进入商业场景，提供如导览、导购、导流等服务，IRON还计划投放到4S店，公司与 宝钢达成合作 ，计划明年入驻钢铁厂负责高温管道巡检，替代人类 进入危险作业区 。

资料来源：特斯拉，Figure，宇树科技，智元机器人，优必选，银河通用，小鹏汽车，中信建投

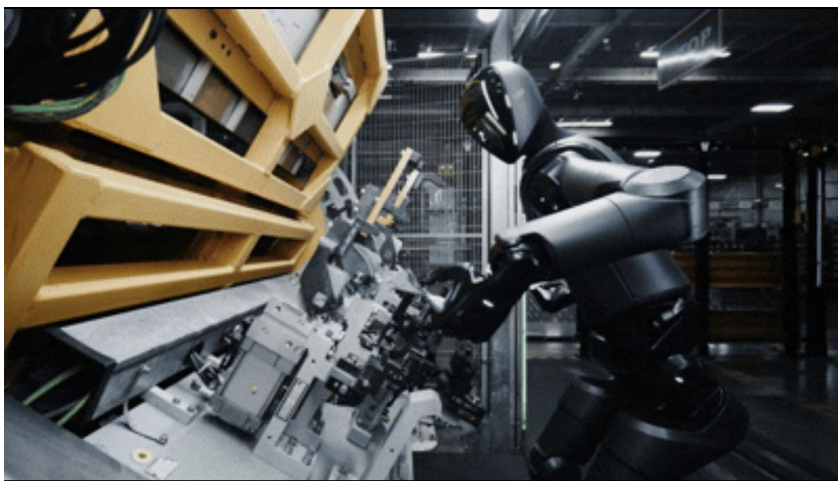
- 量产进度方面，特斯拉官方11月11日确认，计划在得克萨斯超级工厂新建专门用于人形机器人Optimus生产的厂房，以推进量产进程。未来核心产能将集中于得州，而加州弗里蒙特工厂的试点产线年设计产能约100万台，主要用于样机组装与工艺验证。马斯克指出，得州新厂房目标年产能高达1000万台，量产时间仍锁定于2027年启动。
- 大模型方面，Tesla AI 团队总监Ashok，在最近的大会上发表了《Tesla自动驾驶实践》，也透露Tesla将全面押注机器人，应用端到端自动驾驶技术，打造智能、有用、可规模化的机器人系统。
- 产品迭代方面，人形机器人将采用年度发布周期，2026年Q1预计推出Gen3的设计定型，第四代预计2027年推出，第五代预计2028年推出。机器人规模化生产后，预计每台成本将控制在2万美元以内。

图表：特斯拉Optimus发展历程

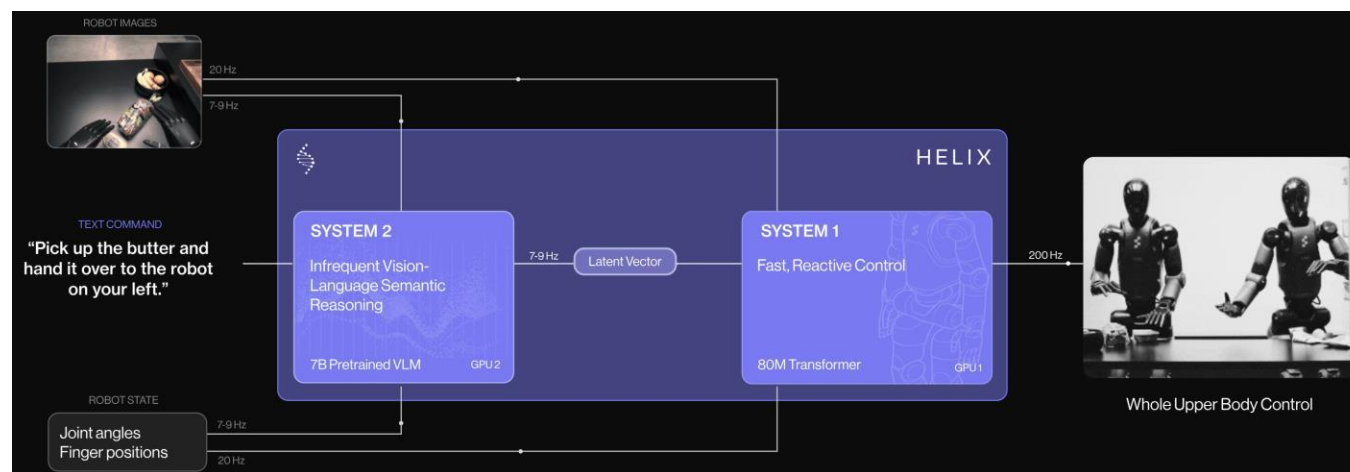


- 量产方面，Figure 03启动大规模制造计划，建立专属工厂BotQ。首期年产能规划为12,000台，计划在未来四年内累计生产100,000台。
- 大模型方面，Figure 03采用的是自研的端到端视觉-语言-动作模型（VLA）Helix。该模型具备推理能力，可在复杂环境中自主学习。通过整合视觉、触觉等多感官信息，实现精细操作和实时自适应控制。
- 产品迭代方面，11月20日Figure AI宣布，在过去的6个月内，第二代人形机器人Figure 02已在宝马集团斯帕坦堡工厂参与生产了3万辆汽车，累计装载超过9万个零部件。随着Figure 03的发布，目前正式启动了Figure 02的退役程序，已从宝马公司返回总部。公司表示，目前Figure 03已做好大规模应用的准备。

图表：Figure 02的部分工作细节

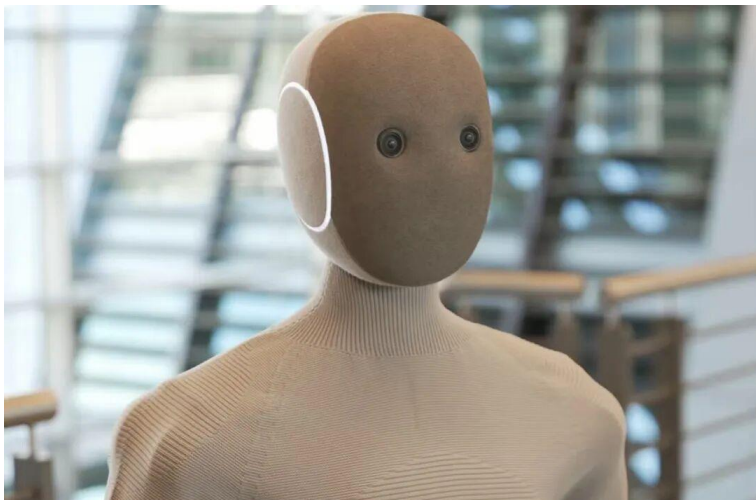


图表：Helix是首个“系统1、系统2”VLA模型

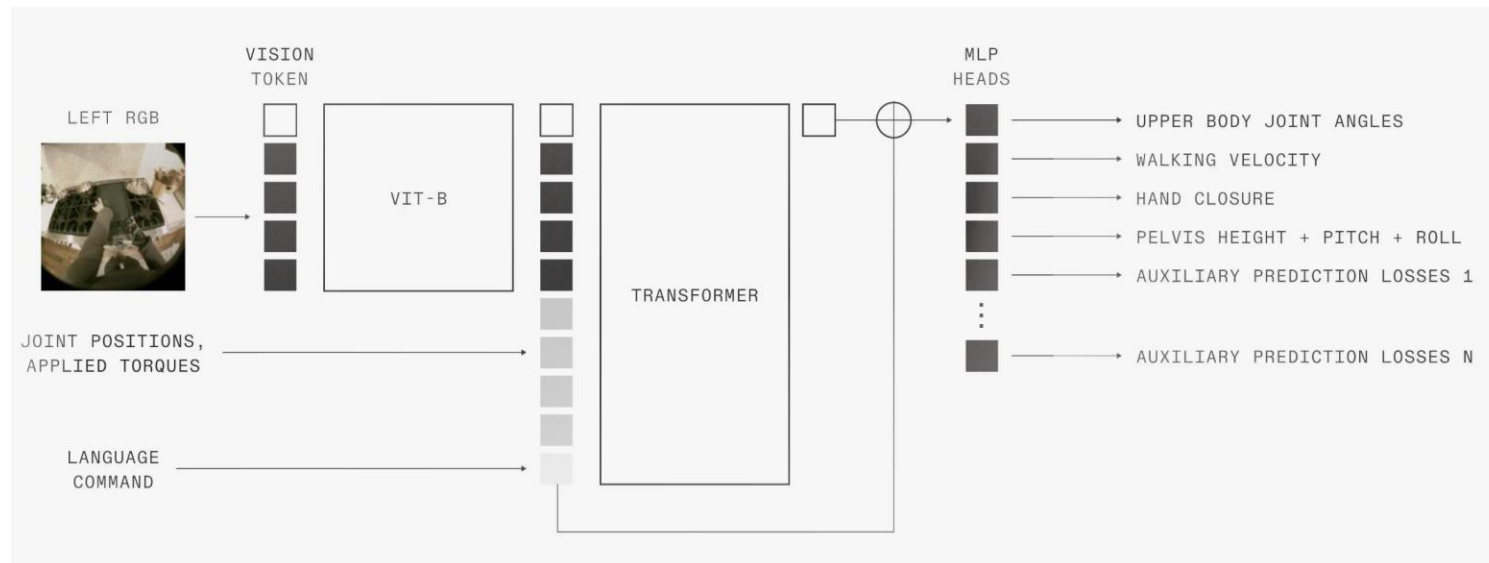


- 量产方面，NEO已于2025年10月29日正式开启预售，计划于2026年开始首批交付，并优先面向美国市场，公司计划在2027年将销售范围拓展至全球其他地区。
- 大模型方面，NEO内置Redwood AI系统，可自主完成基础家务。NEO开启预售的一个重要目的，就是通过早期用户在实际家庭环境中的使用，收集大量数据以持续优化和训练其AI模型。
- 产品迭代方面，10月29日，1X Technologies发布了家用机器人NEO，售价为20000美元（人民币约14万元），也可采用月度订阅形式，每月499美元（人民币约3542元）。这款机器人身高168cm左右，体重约30公斤。NEO亮点在于：家务功能（吸尘器打扫、整理洗碗机、喂宠物、浇花等，复杂功能仍需人工远程操控）；AI陪伴（通过语音和手机App控制、头部带有可表达情绪的光圈）；续航4小时，具备自主充电能力；运动与负载（可平稳上下楼梯，最大负载68公斤，可搬运约25公斤重物）、运行噪音约22分贝。

图表：NEO正脸展示

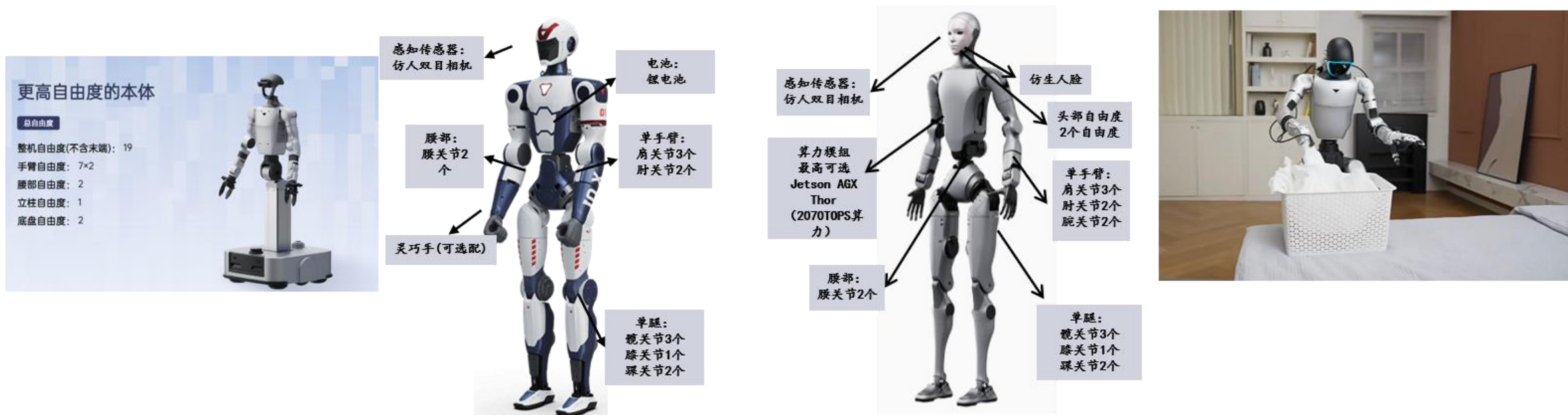


图表：Redwood将运动/操作整合于VLA模型中，通过协调关节实现人类级动作



- 量产方面，11月26日，宇树智能应急机器人产业园项目（一期）完成备案，将建设月产能500套的行业应用机器人组装产线，项目将配套建设智能算力中心与机器人AI算力集群，并明确推动机器人在宁波港航、海关、化工、应急等核心领域的示范应用，加速商业化落地。
- 大模型方面，9月15日公司正式开源其世界模型-动作架构UnifoLM-WMA-0，开源内容包括训练代码、推理代码以及模型权重（Checkpoints），并承诺会持续更新。11月6日，宇树发布了全身遥操作平台。视频中，在人类遥操作的控制之下，宇树的G1机器人能够进行洗碗、使用扫地机器人清洁、整理衣物、端水等家务活动。遥操作平台可以让人类专家执行复杂任务，高效地产生大量、带有动作序列和结果标签的“专家数据”。这些数据是训练和优化机器人“大脑”（大模型）不可或缺的“燃料”。
- 产品迭代方面，11月13日，以足式机器人闻名的宇树科技，正式上线首款轮式人形机器人G1-D及配套的数采训练全栈解决方案。

图表：宇树机器人产品系列



- 马年春晚，宇树科技机器人表演《武BOT》，呈现机器人运控天花板级表现，刷新多项全球第一。
- 全球第一次连续花式翻桌跑酷；全球第一次弹射空翻，空翻最大高度大于3m；全球第一次单脚连续空翻，两步蹬墙后空翻；全球第一次Airflare大回旋七周半；全球第一次集群快速跑位（最快任意跑位速度可达4m/s）；搭载全新自研灵巧手。
- 采用高并发集群控制系统，自研AI融合定位算法，实现几十台机器人实时协同动作，超低同步延迟。
- 宇树科技创始人王兴兴接受采访表示，2026年目标出货量为1万至2万台。

图表：宇树机器人春晚表现亮眼

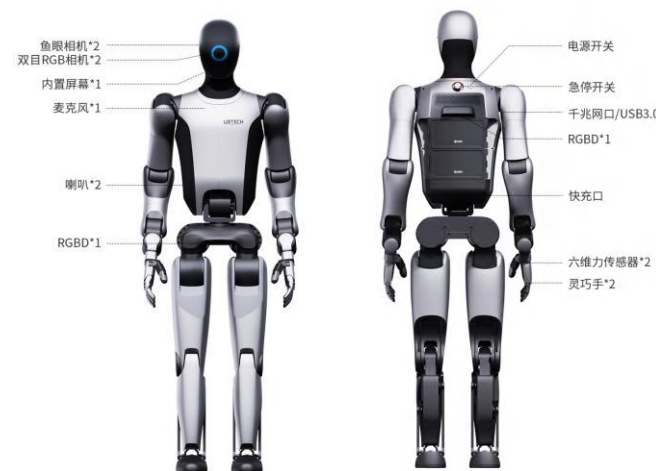


- 量产进度方面，2025年公司全尺寸具身智能人形机器人收入8.2亿元、销量1079台，均为全球第一，毛利率54.6%保持高水平，成为公司第一大收入来源。非全尺寸具身智能人形机器人销量12759台，同比+62%，全球第一。全年超千台全尺寸人形机器人交付确收，主要进入汽车制造、智慧物流、3C电子制造、半导体制造、航空制造、工业数据采集等工业场景。
- 大模型方面，公司开源自研具身智能大模型Thinker，斩获九项全球第一，打造物理AI基座，研发闭环反馈的视觉语言动作模型Thinker-VLA，自研面向工业具身智能人形机器人的世界模型Thinker-WM。
- 产品迭代方面，2026Q2开始公司将陆续发布新产品。

图表：优必选发布Walker S2量产交付视频



图表：公司Walker S2结构



➤ 量产进度方面，精灵G2已获得包括均胜电子过亿元和龙旗科技数亿元在内的多个订单，已进入量产阶段，并开启首批商用交付。

➤ 大模型方面，2025年3月10日智元正式发布首个通用具身基座大模型——智元启元大模型GO-1。GO-1具备能够通过人类视频学习/小样本快速泛化/一脑多形/持续进化等特点。2025年11月24日，智元机器人正式推出零代码机器人配置平台灵心平台（LinkSoul），让每个人都能像搭积木一样，为机器人自由配置声音、性格、行为与记忆，打造独一无二的智能伙伴。

➤ 产品迭代方面，2025年10月16日正式发布新一代工业级交互式具身作业机器人精灵G2。11月14日，智元远征A2创人形机器人百公里行走纪录，11月其研发的真机强化学习技术，已在与龙旗科技合作的验证产线中成功落地。

图表：精灵G2结构



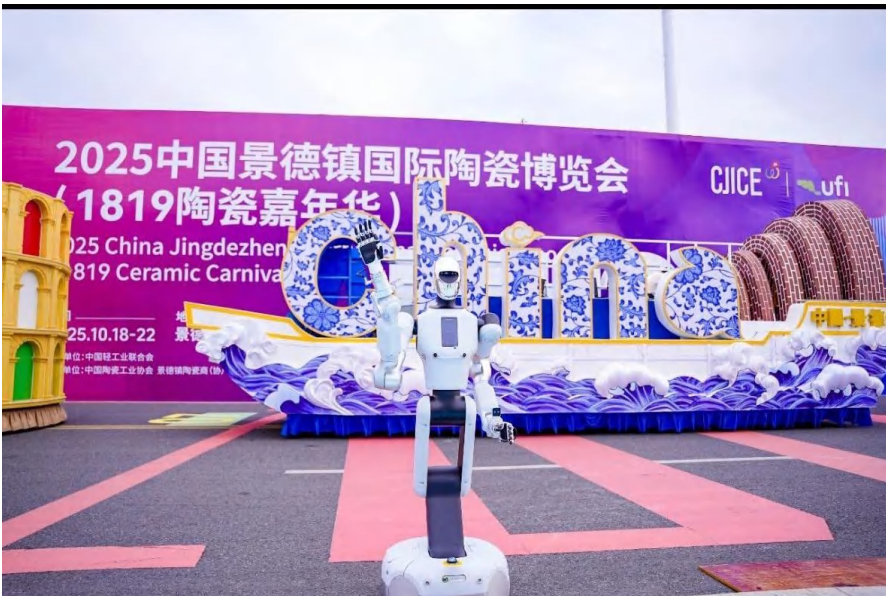
图表：GO-1具备能够通过人类视频学习/小样本快速泛化/一脑多形/持续进化等特点

	传统具身智能模型	GO-1大模型
技术架构	单一模态或任务专用模型	VILLA架构，整合视觉、语言与隐式动作规划，提升跨场景泛化能力
任务能力	单一任务或封闭场景应用	多任务开放场景执行（如倒水、补充饮料等），成功率提升32%（46%→78%）
学习方式	依赖大量专用数据集，训练成本高	小样本快速泛化，结合人类视频与真机数据，降低训练门槛
部署灵活性	需针对不同机器人本体重新训练	“一脑多形”设计，支持跨本体快速迁移，适配多形态机器人
自我进化能力	静态模型，需人工迭代优化	数据回流系统实现持续学习，实际应用中动态优化
应用场景	实验室或工业限定场景	开放世界（家庭、商业、医疗等），适应多变环境

资料来源：智元机器人，中信建投

- 量产方面，截至2025年10月下旬，100家智慧零售门店（Galbot值守）已签约，计划2025年底前全国投用。
- 大模型方面，11月银河通用联合北京大学等科研团队，正式发布全球首个跨本体全域环视导航基座大模型NavFoM，联合清华大学最新发布的灵巧手神经动力学模型DexNDM，首次突破了手掌任意朝向旋转难题；10月银河通用与北京大学联合发布了UrbanVLA模型，这是首个专为城市微出行（如送货机器人）设计的视觉-语言-动作（VLA）模型。它能够理解地图App提供的粗略导航指令，并结合实时视觉感知，在复杂的城市环境中完成超过500米的长距离导航任务。
- 产品迭代方面，2025年10月，公司则重点展示了在文旅这个具体垂直场景下的深度融合与复制能力，例如与景德镇陶文旅的合作。11月1日，芯驰科技和银河通用正式签署战略合作协议，双方将围绕下一代具身智能机器人芯片、操控系统及高端工具链展开联合研发，共同推进具身智能的规模化落地。

图表：银河通用与景德镇陶文旅合作



资料来源：银河通用，中信建投

图表：Urban VLA 可以实现长距离城市导航、路由条件理解、安全强化学习和真实世界泛化

特点	含义
核心定位	首个专为城市微出行设备（如送货机器人、辅助轮椅）设计的路由条件视觉-语言-动作（VLA）模型。
长距离城市导航	模型能够执行超过500米的连续城市导航，表现为从接收一个粗略的导航指令开始，能自主穿越天桥、路口、人行道等一系列复杂场景，最终抵达终点。
路由条件理解	模型能直接理解我们日常地图App（如高德、百度）生成的路径规划，将这种抽象的“向左转”、“沿路直行”等文本指令，与实时摄像头看到的真实路口、路牌等视觉信息对齐，并转化为具体行动。
安全强化学习	在初步学习导航技能后，模型会进入强化学习微调阶段，通过在模拟和真实数据上的大量“试错”，学习主动避让行人、绕开临时障碍等，使其行为更贴近人类的安全与合规意识
真实世界泛化	其采用的启发式轨迹提升（HTL）算法，让模型学会处理现实世界的模糊性和不确定性。例如，导航指令是“在前面路口右转”，模型能自主判断出具体在哪一个路口处执行转弯动作，而不是僵化地执行死板路径。

- 量产进度方面，规划在2030年实现销量超过100万台，目前IRON为第七代，预计第八代将开启量产。
- 大模型方面，科技日上，小鹏汽车正式推出第二代VLA，首发搭载小鹏第一代物理世界大模型，构建“VLT+VLA+VLM”高阶大小脑能力组合，搭载3颗图灵AI芯片，提供2250 TOPS的有效算力。同时创新性地去掉了“语言转译”环节，首次实现从视觉信号到动作指令的端到端直接生成，彻底颠覆了行业传统的VLA架构，探索全新物理模型范式。第二代VLA也即小鹏首个量产物理世界大模型，既是动作生成模型，也是理解和推演的物理世界模型。它还能在理解真实世界交互规律的同时，进行自我演进式学习。在模型训练层面，小鹏第二代VLA可以直接利用海量的真实驾驶视频进行训练，无需任何人工数据标注。
- 产品迭代方面，2025年11月，小鹏技术发布会上公布第七代IRON亮相，以极致拟人态走红网络，在行业内首次增加了仿人脊柱和首次应用全固态电池。

图表：小鹏新一代IRON发布



图表：IRON进入小鹏广州工厂



➤ 松延动力、乐聚机器人、傅利叶智能、星动纪元、开普勒产品多数处于小批量试验阶段。

图表：其他本体厂梳理

企业名称	代表产品	量产进展	落地场景与应用
松延动力	Bumi小布米	2025年10月发布并开启预售，首发战绩实现1小时内订单破100台，2天内首批500台售罄	教育（面向科技爱好者、青少年编程学习）、家庭（作为家庭陪伴与互动机器人）、轻商用（为教育机构与创客空间提供解决方案）
乐聚机器人	夸父	“夸父”机器人为标准化量产机型，作为全运会火炬手完成高动态任务，展示了量产机型的场景泛化能力	工业（一汽红旗/蔚来汽车搬运）、商业（展厅导览）、科研教育；央视春晚/亚冬会活动
傅利叶智能	GR-3	2025年10月上市并开启交付，已开启预售	聚焦康养陪伴
星动纪元	STAR 1	2025年的商业化订单超过5亿元，2025年已交付超200台，另有上百台订单量产交付中，海外订单占比超50%。	工厂搬运、分拣、扫码（与北自所合作）；商场导购（与海尔、世纪金源合作）；科研教育
开普勒	K2大黄蜂	2025年9月28日宣布正式启动量产并开始交付商业订单，已达成数千台意向订单，金额达数亿元	工业制造（汽车制造、智能物流、仓储搬运等场景与上汽通用等企业合作）、特种作业

资料来源：各公司官网，中信建投

PART 5

下游应用场景：
工业商用率先渗透，家庭消费空间广阔

➤ 具身人形机器人正沿着从专用到通用、从ToB到ToC的路径持续拓宽应用边界。整体由制造业率先落地，逐步向商业服务、家庭场景渗透，远期更有望拓展至航空航天等极限作业环境。消费端智能服务需求持续提升，家庭陪护、教育陪伴等通用型机器人需求日益凸显，叠加核心硬件与AI、机器学习、自适应控制算法的技术迭代，机器人环境理解与自适应能力大幅增强，单一专用功能机型难以匹配市场多元化诉求，通用化成为必然趋势，但通用化发展依赖于泛化能力的大幅提升。同时，人形机器人曝光度与大众接受度稳步提升，核心零部件技术进步带动成本下行，进一步推动产业从商用市场向个人家庭消费市场延伸。

图表：智元机器人&德马科技机器人完成快递分拣



图表：银河通用机器人智慧药房解决方案



资料来源：智元机器人，德马科技，银河通用，中信建投

➤ 人形机器人应用落地是推动商业化发展的关键环节。随着技术进步和市场需求的不断增长，人形机器人下游应用场景正在不断被打开，同时规模化销售也将反哺整机厂进一步进行产品升级和迭代，促进产业实现良性循环。此外，未来可通过制定不同应用下的评价标准、场景互联互通标准、应用安全标准、交互标准等，形成人形机器人标准化应用，为商业化普及和产业规模化发展提供坚实的基础。

图表：人形机器人典型应用场景

应用场景	核心应用领域	具体场景	应用价值
工业制造场景	汽车制造、3C制造、安防巡检	底盘装配、外观检测、物料搬运、厂区安防巡检	纳入全国机器人标准化技术委员会（SAC/TC 591）标准化推广范畴，实现高危、重复性工位机器替人，提升生产自动化水平
家庭服务场景	居家生活、老幼陪护	情感陪护、安全看护、教育娱乐、家务整理、家居管理	分陪伴、服务两大功能路线，可完成简单家务、人机互动交流，是未来潜力最大的民用市场
医疗康养场景	养老服务、儿童心理疏导、医疗辅助	高强度护理、精准医疗操作、老年情绪安抚、康复辅助	应对人口老龄化，替代危险与高强度人工劳作；典型案例：Paro 治疗机器人提供情感支持，缓解焦虑孤独
商业服务场景	展厅展馆、商超酒店、政务网点	迎宾接待、导览讲解、业务咨询、才艺表演	封闭室内环境适配度高，对运动性能要求低、部署周期短，是商业领域最先规模化落地的场景
高危作业场景	核电、危化、有害环境、应急救援	高危环境作业替代、复杂地形应急搜救、危险物资处置	实现人力替代与能力互补，降低人员作业风险；复杂极端地形对机器人运动、防护性能提出更高要求
教育培训场景	校园教学、编程启蒙、科普教育	师生互动答疑、个性化教学、科学原理演示、模拟实验编程教学	充当教学助手，丰富课堂形式，激发学生创造力与逻辑思维，赋能智慧教育创新
物流运输场景	仓储园区、电商物流、干线仓配	货物装卸、物料搬运、货架管理、分拣包装、末端配送	助力物流产线智能化升级；典型案例：亚马逊测试Digit双足机器人，优化仓库全流程作业效率
其他场景	极地科考、特种作业、野外任务	极端环境科学探测、特殊物资搬运、定制化专项任务	随运动性能、智能化提升及成本下降，未来可实现多领域集群化、规模化落地应用

资料来源：《具身智能产业链发展现状分析》，中信建投

PART 6

风险提示



- **(1) AI发展放缓风险：**无论是具身智能还是其中人形机器人的商业化落地进展，都依赖AI的持续发展完善，如果AI发展放缓甚至出现停滞，那么将影响具身智能与人形机器人的产业化进程。
- **(2) 宏观经济波动风险：**宏观经济如果出现重大下行，会影响具身智能与人形机器人产品的需求，影响社会创新热情。
- **(3) 数据安全风险：**无论是具身智能还是人形机器人，与物理世界的交互都会涉及到大量的数据及处理，可能会出现数据、知识产权风险。
- **(4) 道德伦理风险：**具身智能尤其是人形机器人的发展，可能引发社会伦理问题，需要提前加以干预和设定。

分析师介绍



许光坦：中信建投机械首席分析师，上海交通大学硕士，重点覆盖人形机器人及具身智能、传感器、工控、机床刀具注塑机、锂电设备/固态电池设备 etc 方向。2021.4-2023.5曾就职于东北证券研究所，2023年5月加入中信建投证券。2023、2024年新财富最佳分析师机械行业第三名核心成员，曾获卖方分析师水晶球奖、金牌分析师、新浪金麒麟最佳分析师等荣誉。

籍星博：中信建投证券机械行业分析师。同济大学管理学硕士、工学学士。2022年入职中信建投证券从事机械行业研究，覆盖机器人、检测服务、3C设备、光伏设备、船舶方向。

评级说明

投资评级标准		评级	说明
报告中投资建议涉及的评级标准为报告发布日后6个月内的相对市场表现，也即报告发布日后的6个月内公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。A股市场以沪深300指数作为基准；新三板市场以三板成指为基准；香港市场以恒生指数作为基准；美国市场以标普 500 指数为基准。	股票评级	买入	相对涨幅15%以上
		增持	相对涨幅5%—15%
		中性	相对涨幅-5%—5%之间
		减持	相对跌幅5%—15%
		卖出	相对跌幅15%以上
	行业评级	强于大市	相对涨幅10%以上
		中性	相对涨幅-10-10%之间
		弱于大市	相对跌幅10%以上



分析师声明

本报告署名分析师在此声明：（i）以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，结论不受任何第三方的授意或影响。（ii）本人不曾因、不因、也不会因本报告中的具体意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

法律主体说明

本报告由中信建投证券股份有限公司及/或其附属机构（以下合称“中信建投”）制作，由中信建投证券股份有限公司在中华人民共和国（仅为本报告目的，不包括香港、澳门、台湾）提供。中信建投证券股份有限公司具有中国证监会许可的投资咨询业务资格，本报告署名分析师所持中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格证书编号已披露在报告首页。

在遵守适用的法律法规情况下，本报告亦可能由中信建投（国际）证券有限公司在香港提供。本报告作者所持香港证监会牌照的中央编号已披露在报告首页。

一般性声明

本报告由中信建投制作。发送本报告不构成任何合同或承诺的基础，不因接收者收到本报告而视其为中信建投客户。

本报告的信息均来源于中信建投认为可靠的公开资料，但中信建投对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告所载观点、评估和预测仅反映本报告出具日该分析师的判断，该等观点、评估和预测可能在不发出通知的情况下有所变更，亦有可能因使用不同假设和标准或者采用不同分析方法而与中信建投其他部门、人员口头或书面表达的意见不同或相反。本报告所引证券或其他金融工具的过往业绩不代表其未来表现。报告中所含任何具有预测性质的内容皆基于相应的假设条件，而任何假设条件都可能随时发生变化并影响实际投资收益。中信建投不承诺、不保证本报告所含具有预测性质的内容必然得以实现。

本报告内容的全部或部分均不构成投资建议。本报告所包含的观点、建议并未考虑报告接收人在财务状况、投资目的、风险偏好等方面的具体情况，报告接收者应当独立评估本报告所含信息，基于自身投资目标、需求、市场机会、风险及其他因素自主做出决策并自行承担投资风险。中信建投建议所有投资者应就任何潜在投资向其税务、会计或法律顾问咨询。不论报告接收者是否根据本报告做出投资决策，中信建投都不对该等投资决策提供任何形式的担保，亦不以任何形式分享投资收益或者分担投资损失。中信建投不对使用本报告所产生的任何直接或间接损失承担责任。

在法律法规及监管规定允许的范围内，中信建投可能持有并交易本报告中提公司的股份或其他财产权益，也可能在过去12个月、目前或者将来为本报告中所提公司提供或者争取为其提供投资银行、做市交易、财务顾问或其他金融服务。本报告内容真实、准确、完整地反映了署名分析师的观点，分析师的薪酬无论过去、现在或未来都不会直接或间接与其所撰写报告中的具体观点相联系，分析师亦不会因撰写本报告而获取不当利益。

本报告为中信建投所有。未经中信建投事先书面许可，任何机构和/或个人不得以任何形式转发、翻版、复制、发布或引用本报告全部或部分内容，亦不得从未经中信建投书面授权的任何机构、个人或其运营的媒体平台接收、翻版、复制或引用本报告全部或部分内容。版权所有，违者必究。

中信建投证券研究发展部

北京
朝阳区景辉街16号院1号楼18层
电话：（8610）56135088
联系人：李祉瑶
邮箱：lizhiyao@csc.com.cn

上海
浦东新区浦东南路528号南塔2103室
电话：(8621) 6882-1600
联系人：翁起帆
邮箱：wengqifan@csc.com.cn

深圳
福田区福中三路与鹏程一路交汇处广电金融中心35楼
电话：（86755）8252-1369
联系人：曹莹
邮箱：caoying@csc.com.cn

中信建投（国际）

香港
中环交易广场2期18楼
电话：（852）3465-5600
联系人：刘泓麟
邮箱：charleneliu@csci.hk