

目录

CONTENTS

- 01 人形机器人概述与具身智能
- 02 人形机器人产业链与核心部件
- 03 人形机器人应用场景梳理
- 04 人形机器人代表性公司
- 05 人形机器人发展洞察

PART 01

人形机器人概述与具身智能

① 定义与发展阶段

② 发展驱动力

③ 具身智能

④ 任务级交互

人形机器人：从专用机器人到通用机器人的跃迁

- **人形机器人是具备人类外形特征和行动能力的智能机器人**，以双腿行走的方式，通过手臂和身体的协调完成功能，基于通用型算法和生成式AI，具备语义理解、人机交互、自主决策等能力，并利用人机交互实现任务理解与反馈，需要强大的感知计算与运动控制能力。
- **人形机器人是机器人行业从专用到通用场景的升级**。人形机器人具备大脑、小脑、机械臂、灵巧手等关键部件，实现对环境的感知交互、运动控制、任务执行等，且执行关节的不断优化，使其负载能力、精准度不断提升，商用性能进一步提高。

“大脑”

增强环境感知、行为控制、人机交互能力；推动云端和边缘端智能协同部署；通用大模型训练的数据库的部署；多模态数据模型的部署与管理；数据的训练、学习、推理等。

“机械臂”

“灵巧手”

物体的灵活抓取、力矩控制、力觉反馈等，集成触觉传感器、力矩传感器、视觉传感器等；

“动力”

电机驱动、液压驱动、气压驱动



“眼、耳、鼻、口”

摄像头、激光 等视觉传感器；触觉传感器等

“小脑”

搭建运动控制算法库，建立网络控制系统架构，面向特定应用场景，构建仿真系统和训练环境，加快技术迭代速度。

“躯干”

本体部件的支撑，碳纤维材料的3D打印。容纳传感器、电池管理和冷却系统

“柔性电子皮肤”

触觉传感器，模仿人类皮肤的感知功能

人形机器人发展百年，进入商业化试水阶段

- 人形机器人的探索可追溯到百年前的蒸汽时代，随着能源动力与硬件技术的发展，人形机器人核心零部件与动力系统技术越发成熟，本体性能不断提高，大致经历了**2000年以前的探索阶段**、**2000-2020年的硬件推动技术突破阶段**、**2020年以来的商业化试水阶段**。
- 2020年以来，人工智能技术快速发展，尤其是生成式AI与大模型技术的出现**，让人机交互的应用更加成熟，结合环境感知、三维仿真、目标识别等场景算法的融合应用，人形机器人的智能化更加提升，进一步支撑了商业化应用。

人形机器人发展阶段与重要事件

探索阶段（2000年以前）	硬件推动的技术突破阶段（2000-2020）	AI推动的商业化试水阶段（2021-至今）
<ul style="list-style-type: none"> 1893年，乔治摩尔设计出以蒸汽为动力行走的机器人 1927年，美国西屋电气工程师温斯造出Televox机器人 1963年，NASA推出机动多关节机器人，能模拟5种人类动作 1973年，加藤一郎团队研发出人形智能机器人WABOT-1 1986年，本田开发了双足机器人E0 1993-1997年，本田相继开发出P1、P2、P3机器人 	<ul style="list-style-type: none"> 2000年，我国独立研发出“先行者”机器人 2003年，日本发布可以音乐演奏的机器人 2009年，本田发布奔跑速度达7km/h的人形机器人 2011年，丰田发布ALL-New ASIMO, 2014年，初代Atlas机器人正式发布 2017年，本田发布第三代人形机器人T-HR3 2020年，美国Agility推出第一台商业化机器人Digit 	<p>2021年</p> <ul style="list-style-type: none"> 7月，丰田推出第四代家务机器人Busboy 7月，优必选发布人形机器人Walker X <p>2022年</p> <ul style="list-style-type: none"> 8月，小米发布全尺寸人形机器人CyberOne 10月，特斯拉推出人形机器人Optimus <p>2023年</p> <ul style="list-style-type: none"> 3月，追觅科技发布通用型人形机器人 8月，帕西尼感知科技推出触觉人形机器人Tora 8月，星动纪元推出人形机器人小星和小星MAX 8月，理工华汇推出人形机器人汇童 8月，智元机器人发布通用型人形机器人远征A1 8月，宇树科技发布通用型人形机器人H1 10月，科大讯飞发布人形机器人 11月，小鹏发布人形机器人PX5 <p>2024年</p> <ul style="list-style-type: none"> 11月，开普勒机器人发布先行者通用型人形机器人 12月，特斯拉发布Optimus二代，步行速度提升30% 12月，逐际动力人形机器人星途CL-1公开测试 2月，优必选Walker S进入蔚来总装车间实地训练 2月，波士顿动力液压版Atlas搬运汽车配件 2月，1X Technologies人形机器人完成室内家务整理任务 2月，Figure 01 进入宝马车间实训 3月，Figure 01与OpenAI合作，搭载ChatGPT大模型 4月，波士顿动力全新电驱版Atlas 4月，优必选Walker S接入百度文心一言大模型 4月，北京人形机器人中心发布“天工”通用型人形机器人母平台 5月，宇树科技发布G1人形智能体，9.9万起售价 5月，特斯拉Optimus在工厂完成分拣电芯任务 5月，Westwood Robotics发布首款全比例人形机器人 THEMIS

政策、技术、需求成为人形机器人新一轮发展的驱动力

- 当前，人形机器人行业迎来新一轮发展与变革，除了最关键的技术因素驱动外，政策鼓励与市场需求也成为推动人形机器人快速发展的重要因素。
- 技术方面的推动力主要得益于大模型技术发展，核心零部件的加速，也降低了人形机器人的硬件研发壁垒与成本门槛，老龄化、人口红利减弱等因素成为驱动行业发展的关键需求变量，国家同时出台了相关的扶持政策，进一步助推人形机器人行业的发展。

01

政策鼓励

2023年10月20日，工业和信息化部印发
《人形机器人创新发展指导意见》

02

技术进步

AI技术持续迭代、计算芯片性能快速提升，
赋予人形机器人更强大的计算决策能力；
谐波减速器、电机、控制器等核心零部件的
加速等；

03

市场需求

人口老龄化趋势加重、工资快速上升等引起
的企业用工荒、招工难等问题；
机器人产量和销量反映出机器人市场需求保
持旺盛；

政策驱动：逐渐聚焦人形机器人，从五个维度全力推动产业发展

- 2023年以来，中央和地方纷纷出台政策鼓励机器人行业发展，涉及算法、场景、产业等维度，推动机器人在医疗、协作、特种、物流等行业的应用。同时，政策逐渐向“人形机器人”的范畴聚拢，国家在2023年10月更是发布《人形机器人创新发展指导意见》。
- 《意见》提出，人形机器人已成为科技竞争的新高地、未来产业的新赛道、经济发展的新引擎，发展潜力大、应用前景广，并从关键技术、重点产品、场景应用、产业生态、支撑能力五个方面全面推动人形机器人行业的创新发展。

➤ 2023-01-08 工信部等十七部门
《“机器人+”应用行动实施方案》

➤ 2023-05-31 深圳市委办公厅
《深圳市加快推动人工智能高质量发展高水平应用行动方案(2023-2024年)》

➤ 2023-06-15上海市人民政府办公厅
《上海市推动制造业高质量发展三年行动计划(2023-2025年)》

➤ 2023-06-28北京市人民政府办公厅
《北京市机器人产业创新发展行动方案(2023-2025年)》

➤ 2023-10-26 工业和信息化部发布《人形机器人创新发展指导意见》

1. 突破关键技术：

- ① 打造人形机器人“大脑”和“小脑”
- ② 突破“肢体”关键技术
- ③ 健全技术创新体系

2. 培育重点产品：

- ① 打造整机产品
- ② 夯实基础部组件
- ③ 推动软件创新

3. 拓展场景应用：

- ① 服务特种领域需求

- ② 打造制造业典型场景

- ③ 加快民生及重点行业推广

4. 营造产业生态：

- ① 培育优质企业
- ② 完善创新载体和开源环境
- ③ 推动产业集聚发展

5. 强化支撑能力：

- ① 健全产业标准体系
- ② 提升检验检测和中试验证能力
- ③ 加强安全治理能力

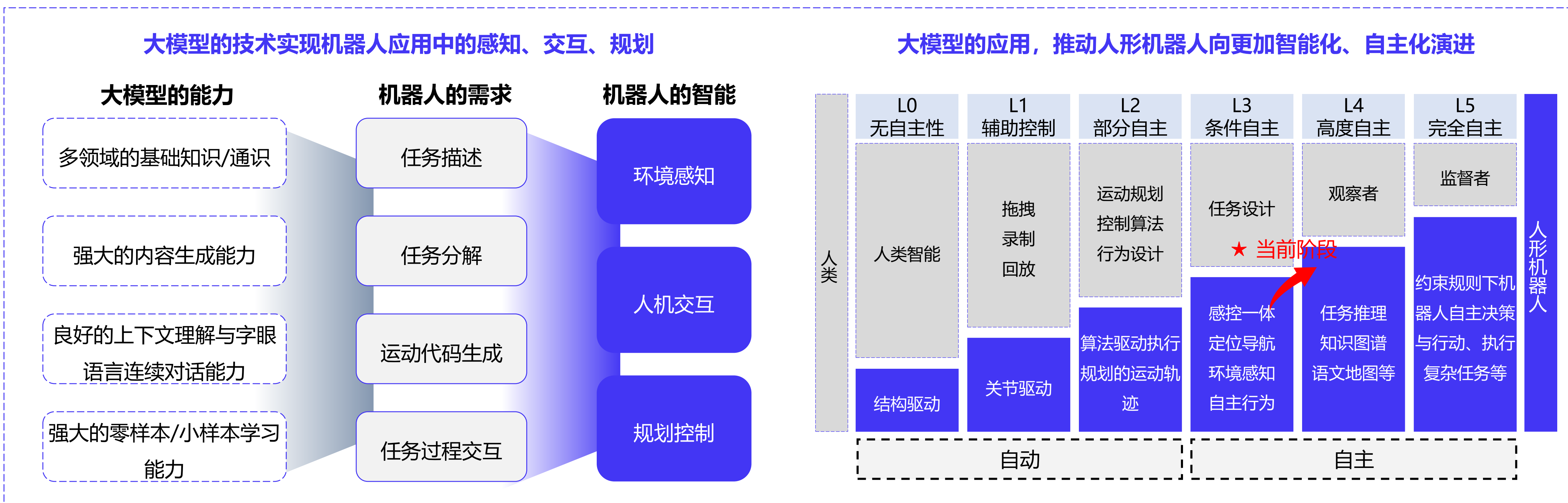
➤ 2024-01-18工信部等七部门发布
《关于推动未来产业创新发展的实施意见》

面向国家重大战略需求和人民美好生活需要，加快实施重大技术装备攻关工程，突破人形机器人等高端装备产品。

人形机器人方面，突破机器人高转矩密度伺服电机、高动态运动规划与控制、仿生感知与认知、智能灵巧手、电子皮肤等核心技术，重点推进智能制造、家庭服务、特殊环境作业等领域产品的研制及应用。

技术驱动：大模型进一步提高了人形机器人的智能化与自主性

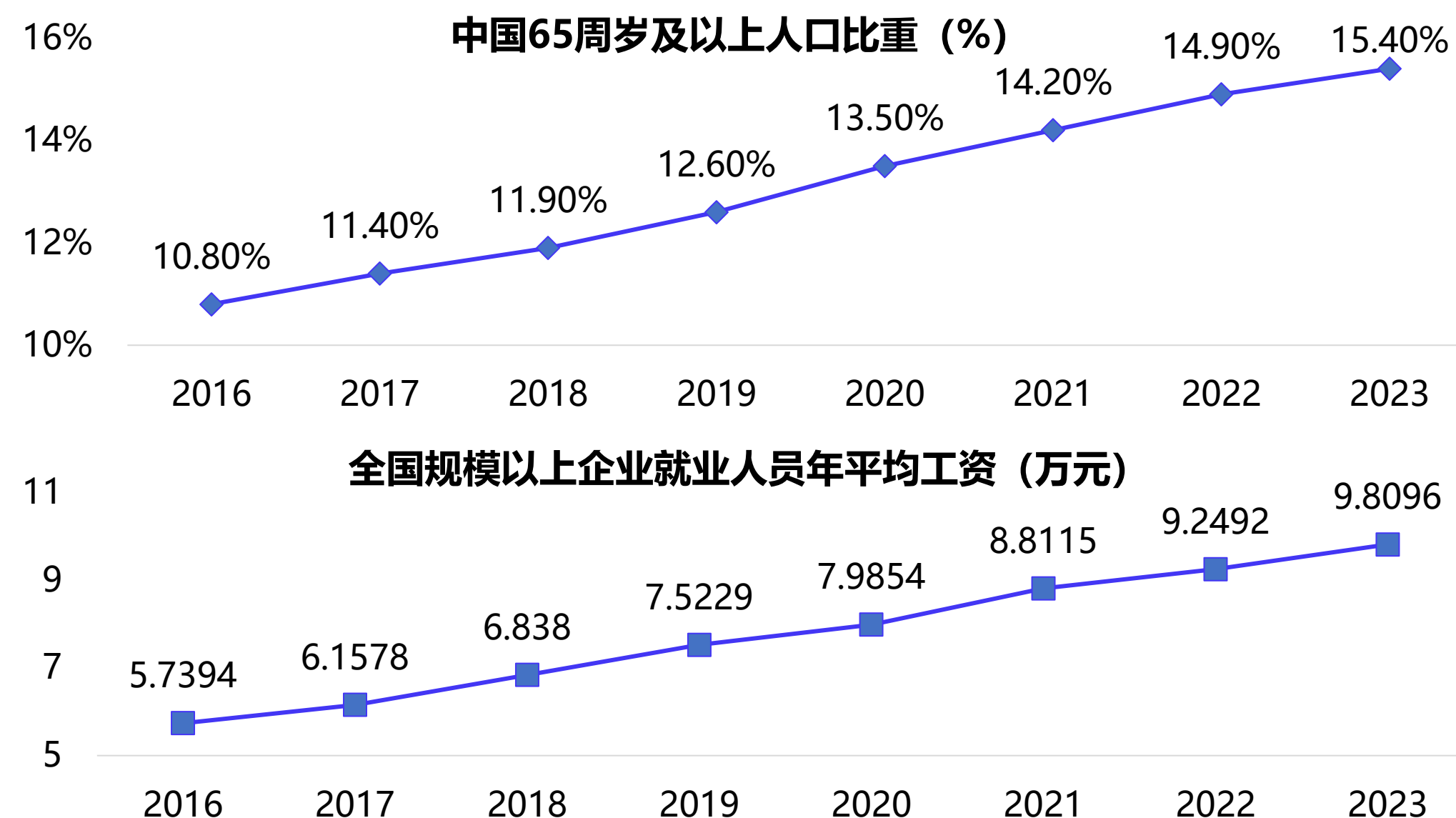
- 大模型采用Transformer架构，以预训练+微调的形式有效摆脱对基于场景数据训练的依赖，解决了长距离信息关联的问题，**其在人形机器人上的应用，大幅提升了机器人的环境感知、人机交互、上层规划的能力，其在感知、决策、运控方面的智能、自主进一步提高。**
- 在探索将大模型应用于机器人方面，谷歌推出视觉-语言模型PaLM-E，既可理解图像，也能理解并生成语言、执行各种复杂的机器人指令而无需重新训练，微软研究团队也展示利用ChatGPT解决机器人难题的示例，推动人形机器人成为“具身智能”的最佳载体。



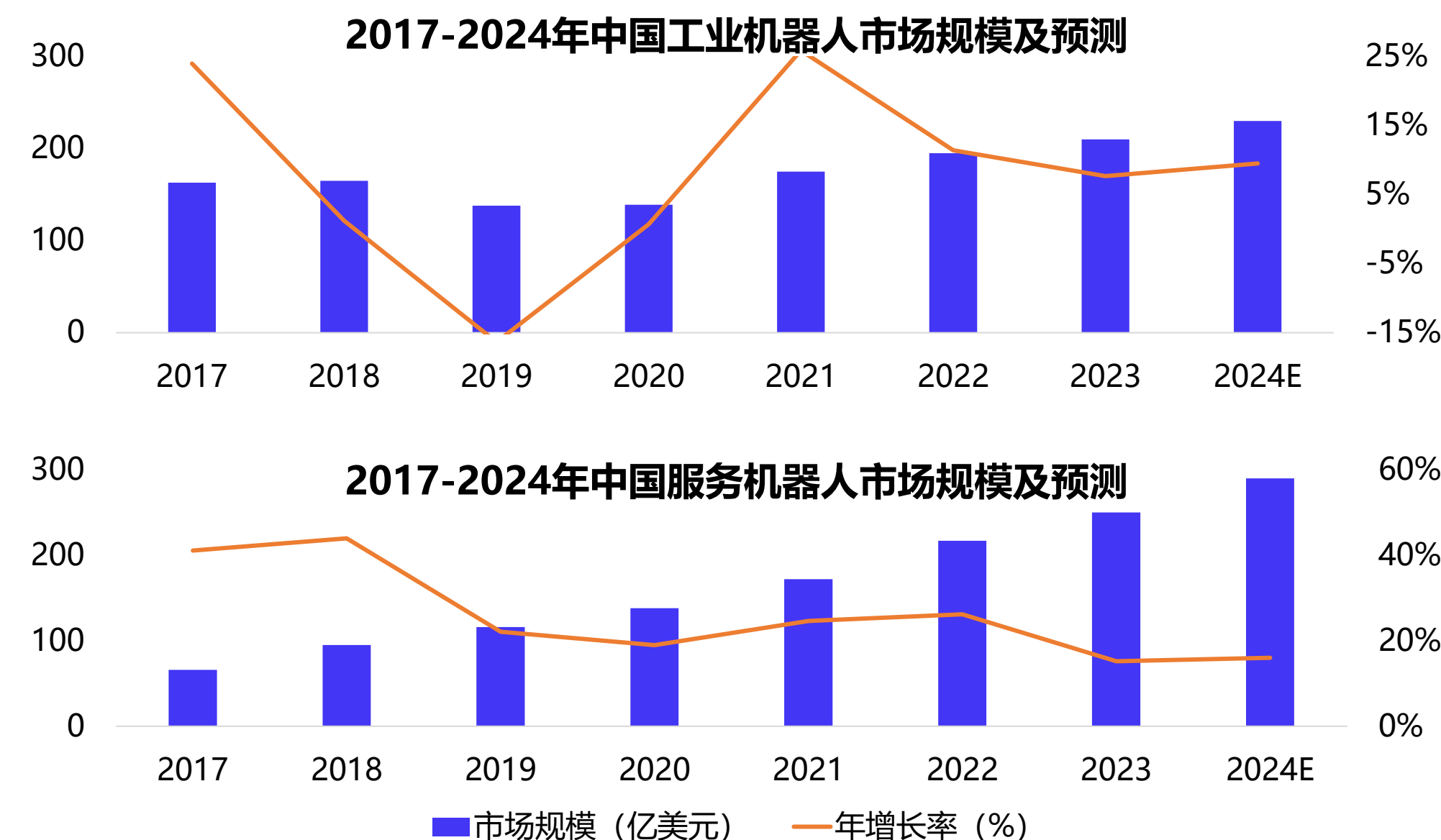
需求驱动：老龄化与人口红利减弱成为行业发展的主要需求因素

- **劳动力市场中，老龄化趋势逐年加重、就业人员工资快速上涨，成为机器人替代人的最主要原因。** 中国65岁及以上人口比重逐年提高，2022年达到14.9%，且全国规模以上企业就业人员平均工资在2022年达到9.25万元，推动国内机器人需求快速增长。
- **机器人市场中，国内机器人产量和销量的快速增长，反映出市场对机器人的需求逐渐旺盛。** 2022年，中国工业机器人产量达到44.31万套、销量达到30.3万套。

老龄化与人口红利减弱成为人形机器人行业发展的主要需求因素

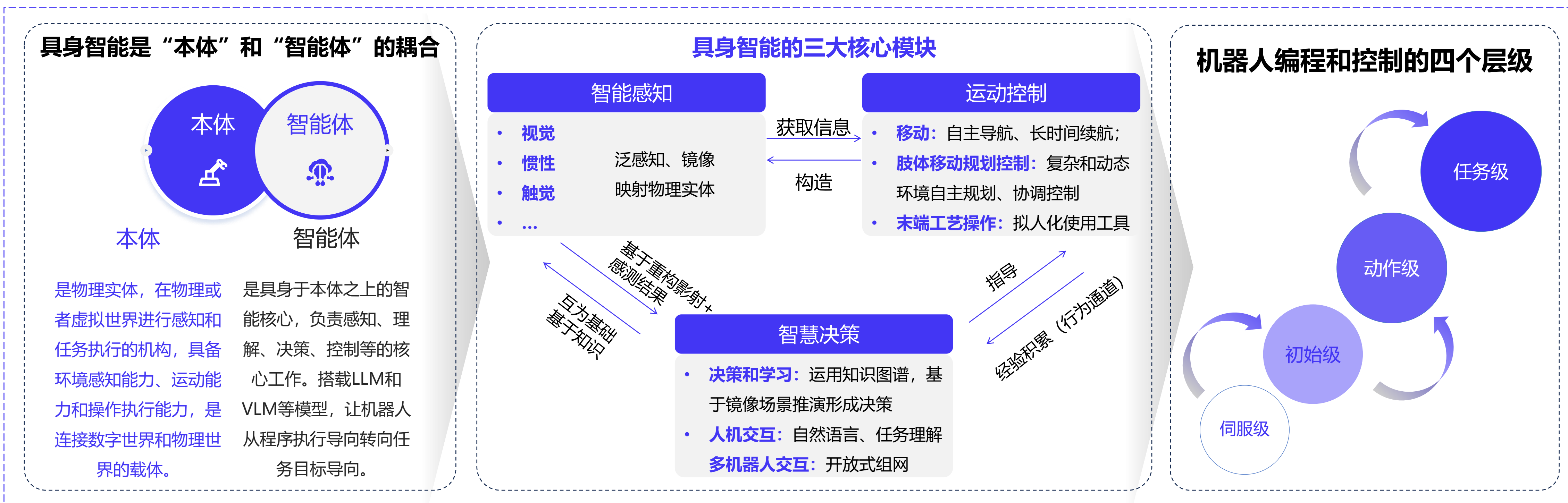


工业机器人和服务机器人市场规模仍在快速增长，市场对机器人需求旺盛



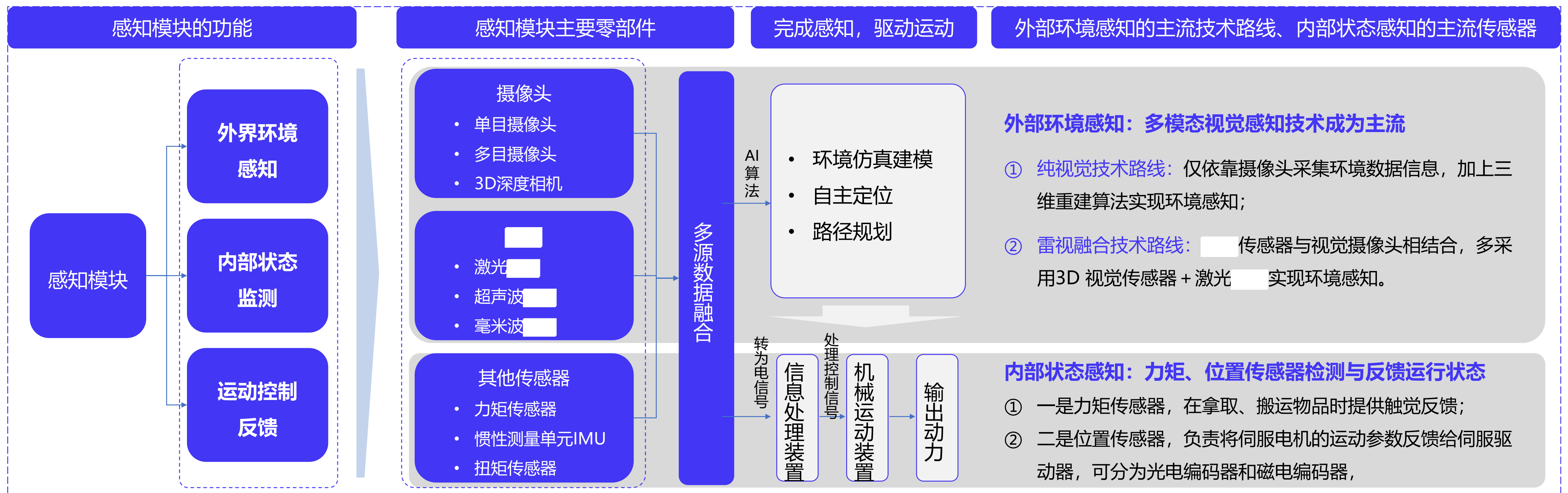
具身智能：融合感知、决策、运控，让机器人向任务级交互进化

- 具身智能，是具有实体的智能体通过与环境的交互来取得认知能力，学习并掌握新技能新知识，是“本体”和“智能体”的耦合，实现与环境的交互获取信息、理解问题、做出决策，并实现行动，从而产生智能行为和环境自适应性。
- 具身智能是具备环境感知、智能交互和规划行动的智能系统，包括感知模块、交互模块、运控模块三大核心模块，通过与环境交互感知、自主决策、执行规划的人形机器人，实现了任务级交互。



感知模块：利用各类传感器件实现对外部环境和内部状态的智能感知

- 感知模块主要实现机器人对外界环境的感知、内部运行状态的监测、运动控制的反馈，是机器人与环境交互的第一步，人形机器人主要依靠摄像头、力矩传感器等器件实现智能感知，并在完成感知后将采集到的环境数据、状态数据用于决策和规划。
- 当前，环境感知主要有两种技术路线，纯视觉方案和雷视融合方案，后者是当前的主流方案，前者对算法能力要求更高；内部状态的感知跟运控结合，用于反馈运行状态以实现人形机器人的动态平衡。



感知模块：以3D视觉感知技术为主流，呈多模态感知融合发展趋势

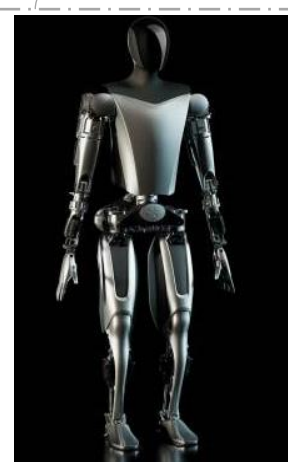
- 对外界环境感知方面，主流厂商多用多目立体视觉摄像头+ 传感器，摄像头能更好识别目标特征，但对天气要求较高，受天气影响较小，但受限于距离与准确率，二者的结合能更好实现环境感知，但特斯拉的人形机器人依照第一性原理依然采用纯视觉方案；
- 对内部运行的感知可分为部件感知与关节感知，部件感知主要用在手足上，用于实现精准力控，关节感知主要用在旋转关节和线性关节上，是将电机的动力输出产生的力矩与位移等数据反馈给控制器，以实现运动的精准控制。

对外部环境的感知：以视觉感知为主

对内部运行的感知：以力矩传感器为主

视觉感知为标配，视觉以单/双/多目立体视觉、Lidar、ToF、结构光等3D视觉感知技术为主流，采用多模态融合的方案

纯视觉技术方案



头部搭载三枚摄像头(鱼眼摄像头、左右摄像头)，通过全景分割+自研的三维重建算法实现环境感知



基于AI交互相机，通过 Mi Sense视觉空间系统自研的三维重建算法能实现8m内深度信息1%的精度

雷视融合技术方案



激光 + 深度相机 Atlas使用ToF深度相机以每秒15的频率生成点云，基于多平面分割算法从点云中提取环境表面进行步态规划



采用多目立体视觉搭配全向听觉和惯性、测距等全方位的感知系统采用U-SLAM视觉导航技术，实现自主路径规划

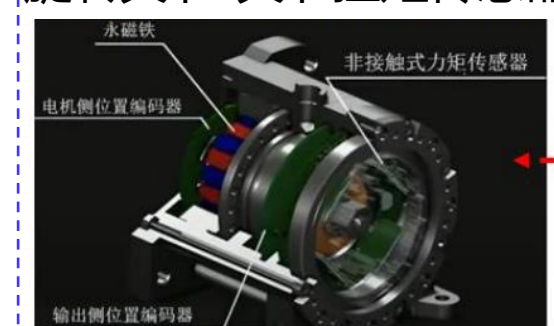


4个深度相机+激光，支持搭载额外的感知元件和支持强化学习功能以及相关应用

关节感知：用于感知电机输出的力矩与位移，并将其反馈给控制器，实现运动的精准控制

部件感知：用于感知机器人运行状态和外部受力，实现动态平衡运动与外部物体精准受力

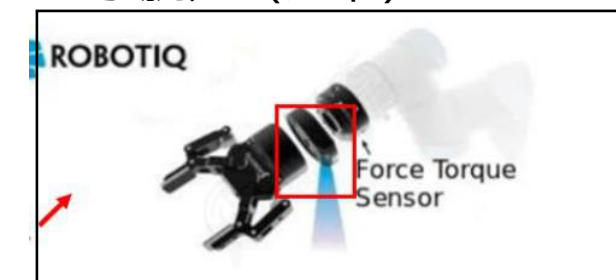
旋转关节-关节扭矩传感器



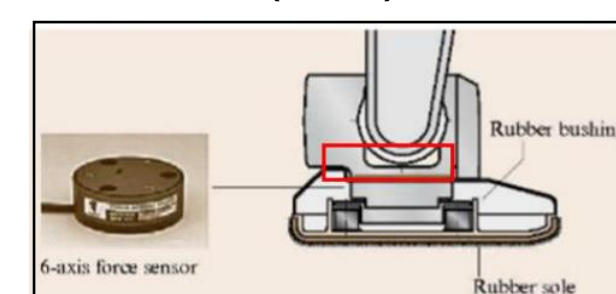
线性关节-单维力传感器



手部力控：力传感器在手腕处（六维）



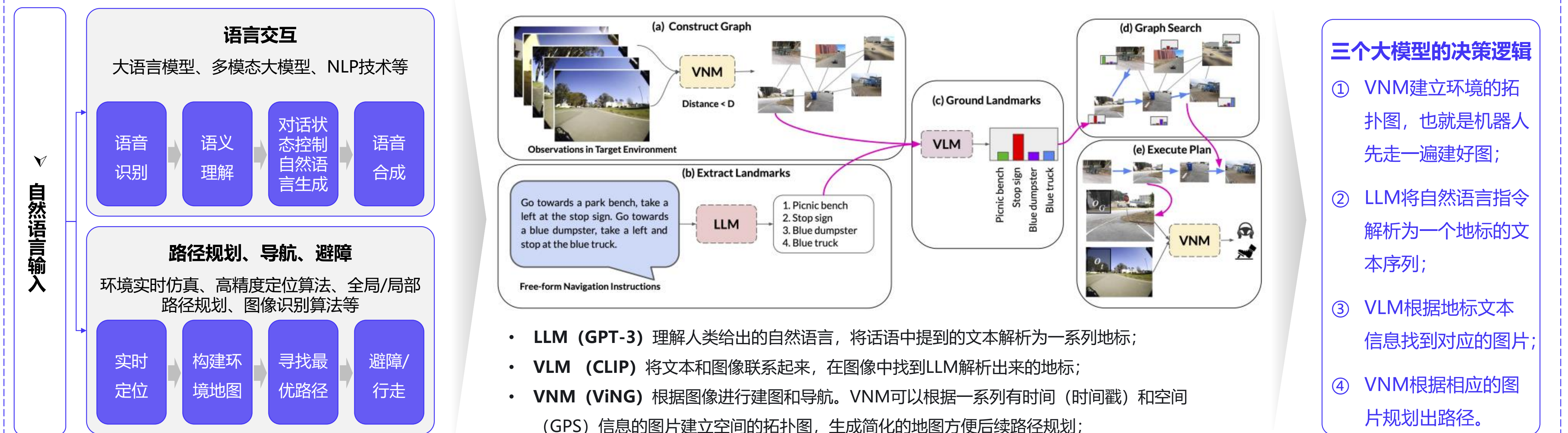
腿部力控：力传感器在脚踝处（六维）



决策模块：对复杂任务进行拆解后，结合环境数据，完成路径规划

- 决策能力主要由大模型技术支撑，可分为两个层次，一是结合任务理解与环境数据完成最优路径规划，二是自主生成运动指令以实现运动控制，最终完成机器人的人机交互、环境感知、上层规划。
- 在完成路径规划方面，通常是LLM、VLM、VNM三个大模型相结合，人形机器人在用视觉导航模型（VNM）采集环境数据后，利用大语言模型（LLM）解析为地标文本序列，然后基于视觉-语言多模态大模型（VLM）比对到对应目标，最后用VNM完成规划。

大模型的决策能力体现：人机交互、环境感知、上层规划，实现从自然语言交互到生成路径规划的决策过程（以LLM、VLM、VNM为例）



决策模块：基于任务理解自动生成运控指令，为运控模块提供指令输入

- 基于任务理解，大模型能自主生成执行任务的运动控制代码，为运控模块提供运行的指令，以驱动机器人运动。以ChatGPT为例，将prompt封装成函数或类，ChatGPT将复杂任务分拆为子任务序列，并逐步调用相应的prompt，生成python代码指令。
- 当前主流的机器人具身大模型有微软的ChatGPT for Robotics大模型、谷歌的PaLM-E大模型，前者基于语音交互，后者实现了基于文本和图像的多模态交互，具身大模型的智能决策能力仍在不断优化、提升。

大模型通过prompt生成运控代码 (以GPT-4为例)

通过prompt2使用prompt1输出Python代码以控制来自自然语言的Alter3机器人。人形机器人可以利用零距离学习产生高度精确的运动，而无需像其他研究所要求的那样设置奖励函数或接口。

主流的具身大模型：ChatGPT for Robotics、PaLM-E

ChatGPT for Robotics通过语言交互：

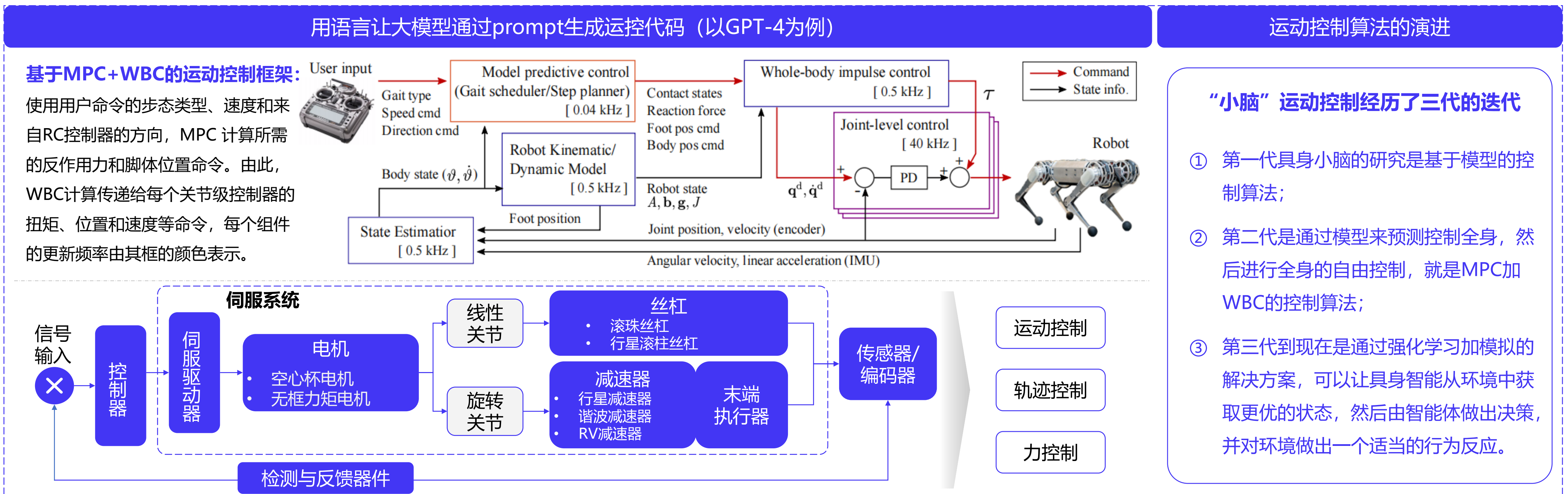
- 1) 定义机器人功能库函数，如检测物体、拿取物品等；
- 2) 准备prompt给chatgpt，prompt包括上面库函数和目标描述；
- 3) 在仿真中运行，不断与chatgpt确定需求，保证安全完整地做好任务；
- 4) 运行运控代码。

PaLM-E通过语言、图像、文本等多模态交互：

PaLM-E基于丰富的多模态模型知识对任务进行理解和处理，并分解成特定的机器人指令，RT-1将特定的机器人指令转化为机器人控制指令，模型将较为复杂的任务分解成简单的步骤完成，并且具备了更强的抗干扰性和知识能力。

运控模块：主流方案是MPC+WBC，向强化学习+模拟的方案演进

- 当前主流的运控技术方案是模型预测控制（MPC）与全身控制（WBC）相结合，MPC根据用户命令和控制器指令计算反作用力和位置命令，WBC将MPC的计算结果传递给关节控制器，通过驱动硬件层面的伺服系统和关节，实现全身的运动控制。
- 运动控制模块向通过强化学习加模拟的技术方案演进。运控算法大致经历了三代演进，从基于模型的简单控制，到形成当前主流的MPC+WBC控制方案，再向强化学习+模拟的路线演进。



基于感知、决策、运控，人形机器人实现复杂任务的泛化交互

- **基于感知、决策、运控三大模块，人形机器人实现从接受指令到任务执行的泛化交互。** 在大脑完成人机交互、环境感知、上层规划后，小脑实现对路径的最优规划，最终驱动伺服系统进行本体运动，完成任务指令。
- **大模型的通识理解能力、多级推理能力赋予人形机器人具身智能的核心。** 嵌入在大模型中的庞大先验知识库&强大的通识理解能力让机器人更好理解泛化任务，且基于思维链的多级推理能力，让人形机器人实现了具身智能。



PART 02

人形机器人产业链与核心部件

① 人形机器人产业链

② 电机

③ 减速器

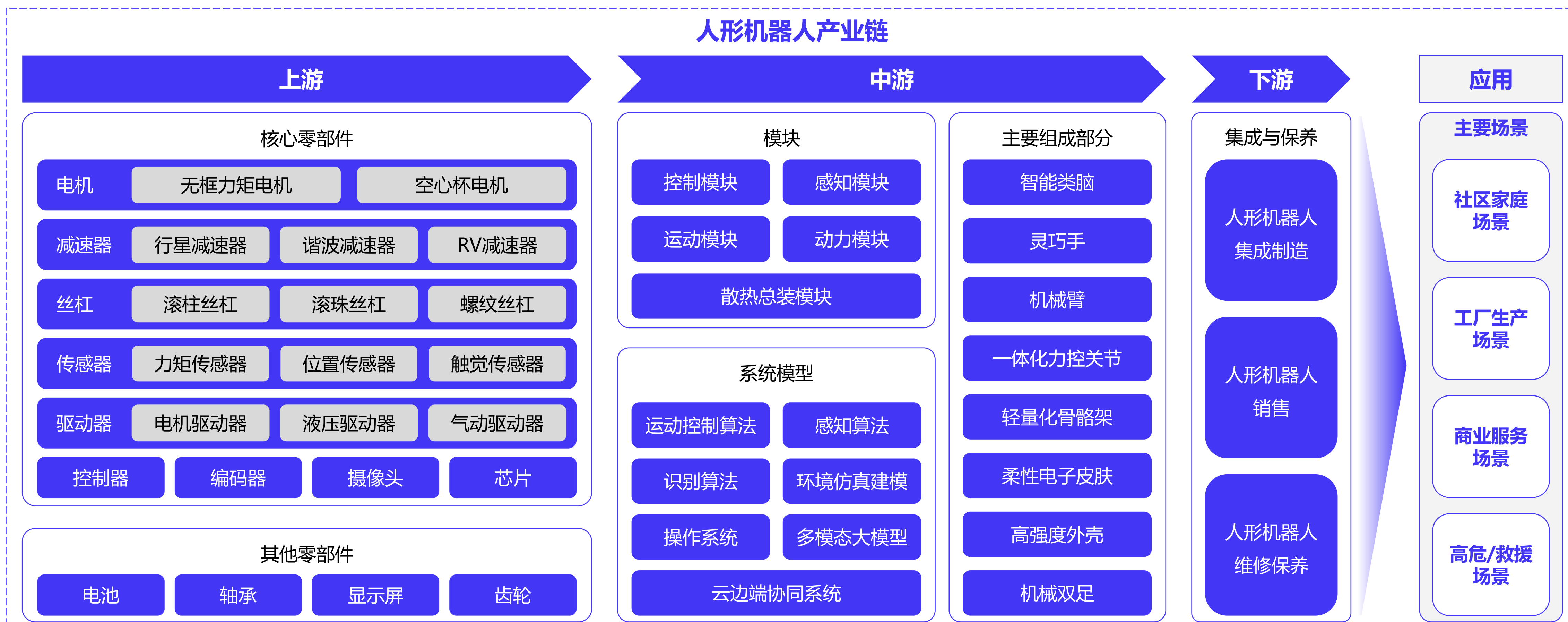
④ 丝杠

⑤ 控制器

⑥ 传感器

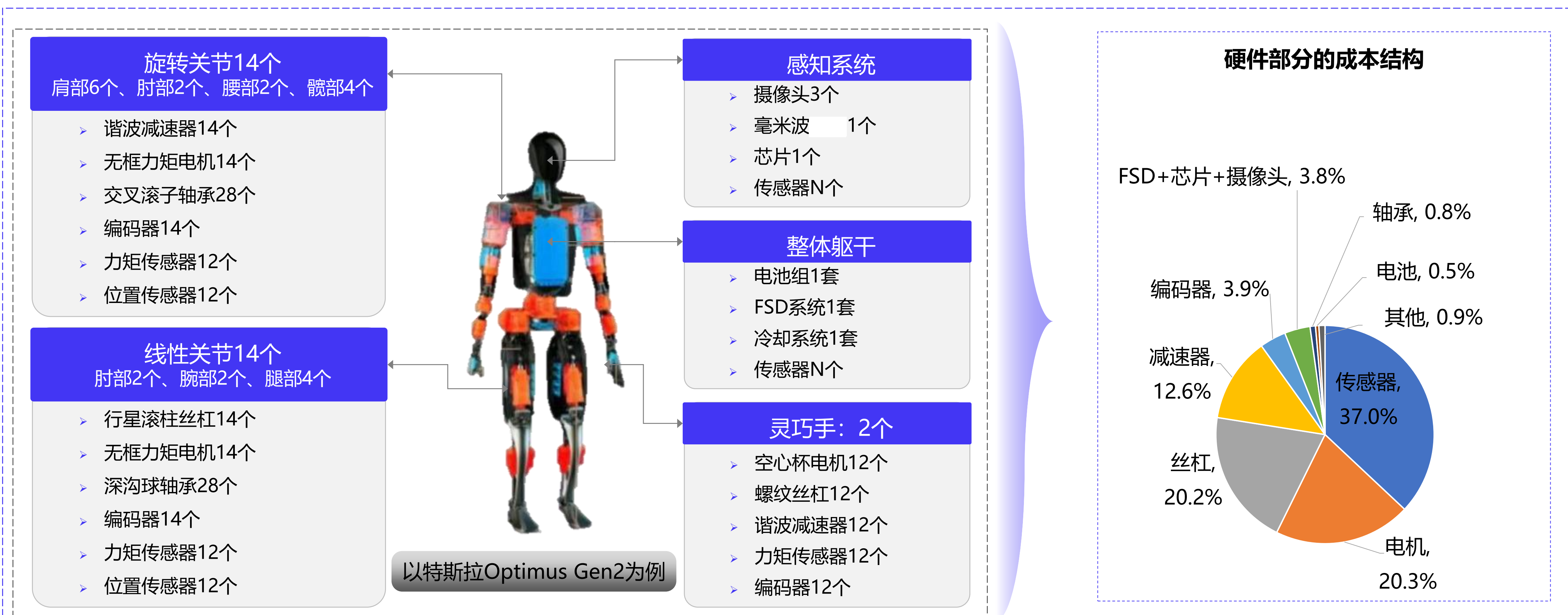
人形机器人产业链基础薄弱，终端厂商的关节仍以自研为主

- 人形机器人产业链逐渐形成，上游是电机、减速器等核心零部件，和摄像头、轴承等其他零部件；中游是人形机器人本体制造，包括主要模块、内置的算法模型与系统、主要组成部分；下游是系统集成、产品销售与维修保养。



人形机器人核心零部件主要有电机、传感器、减速器、丝杠等

- 产业链中的核心零部件和关键模块组成人形机器人的旋转关节、线性关节、灵巧手、感知系统、躯干，据零部件量产价格和所用数量，推算出人形机器人量产成本结构，其中**电机、传感器、减速器&齿轮、丝杠成本占比较大，也是构成机器人的关键核心零部件。**



电机：为关节运动提供精准控制的动力输出

- 电机俗称“马达”，可以将电能转为动能，为机器人提供动力输出。人形机器人用到的控制电机主要是伺服电机，一般安装在机器人关节处，提供精准的控制效果。人形机器人所用的伺服电机主要是无框力矩电机和空心杯电机两类。
- 无框力矩电机相较于传统电机只有转子和定子，结构紧凑、单位扭矩大、易维护、静音等优势，用在旋转关节和线性关节；空心杯电机采用无铁芯转子，降低输出扭矩波动，具有低能耗、高效率、高稳定性的特点，且尺寸小结构紧凑，常用于机器人灵巧手部位。

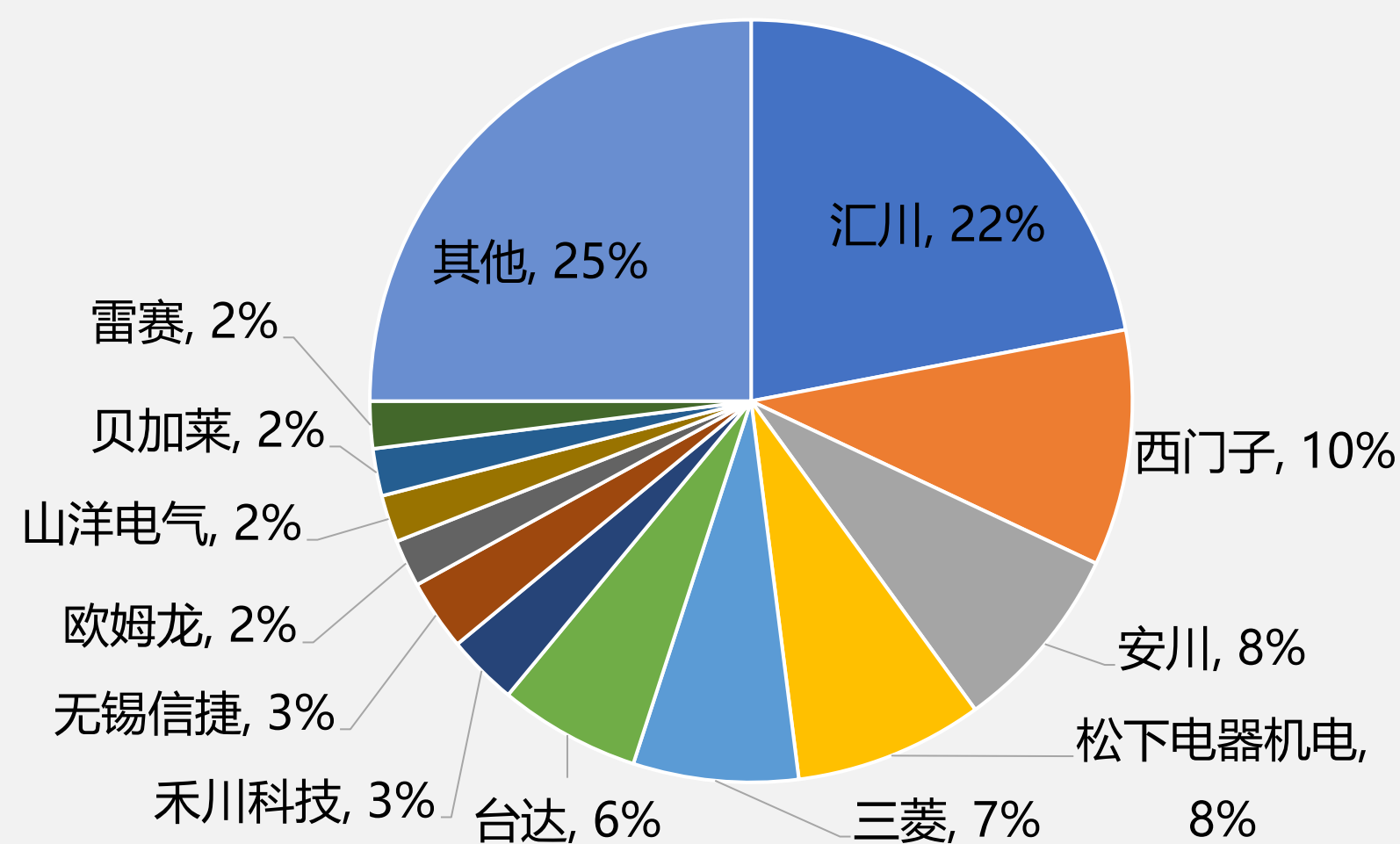
	工作原理	性能特点	应用场景	终端领域	技术壁垒	示意图
无框力矩电机	相比于传统电机没有轴、轴承、外壳或端盖，只有转子和定子，通过驱动器供电形成电磁场，驱动永磁体的转子转动。	效率高、结构紧凑、单位扭矩大、易维护、静音	旋转关节和线性关节	机器人、医药、机床包装、印刷、加工和通用自动化等应用场景	在磁路和工艺设计方面有一定的技术壁垒：需低压供电，驱动性电路设计和电路转换要求高	
空心杯电机	采用无铁芯转子，定子由永磁体、壳体、法兰组成，没有软磁性牙齿，绕组通过所谓的换向板连接到轴上，线圈在磁铁和外壳之间的气隙中运动。	转速高、响应快、噪音小、耐用性强	灵巧手	机器人、航空航天、军事等需要快速动作、功率较大的随动系统中	技术壁垒高，核心难点在于空心杯线圈绕组成型工艺，对零部件精密制造要求高，我国工艺累积较为薄弱。	

电机：国内市场快速增长，国产厂商有望快速切入细分市场

- **无框力矩电机壁垒相对不高，伺服厂家有望切入。**无框力矩电机的全球龙头企业是美国科尔摩根(Kollmorgen)和穆格(Moog)、瑞士Maxon。产品壁垒接近伺服电机，当前市场份额小，国内伺服龙头企业涉猎较少，步科股份、研一机械等伺服厂家正在切入。
- **空心杯电机全球市场被海外企业垄断，内资企业面向国内中低端市场。**NTCysd预计2028年全球空心杯直流电机市场规模达11.86亿美元，2022-2028年CAGR为8.47%。两大龙头是瑞士MAXON、德国Faulhaber，鸣志电器、鼎智科技等厂商相对有优势。

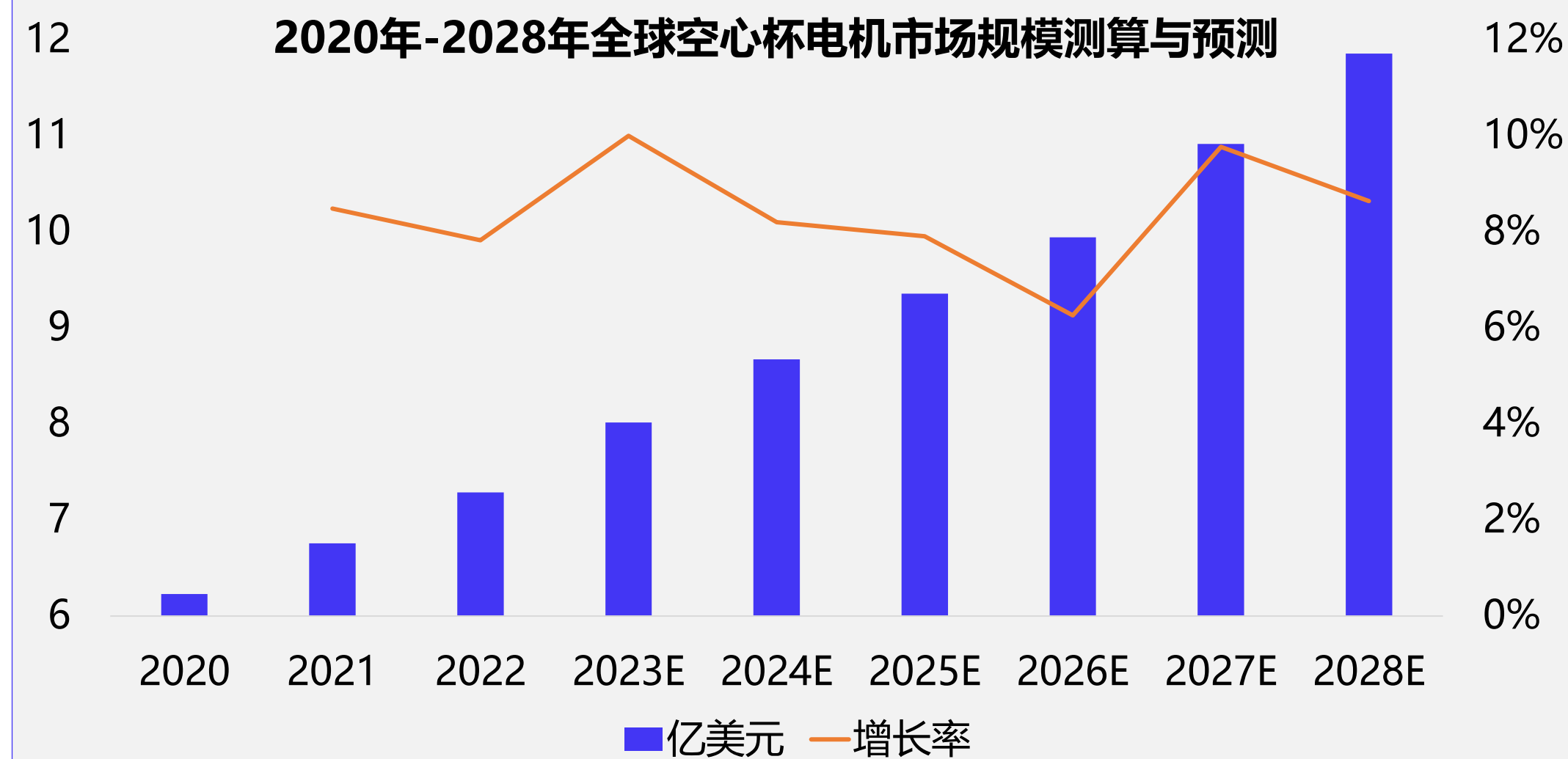
国内研发无框力矩电机的伺服龙头较少，步科股份、研一机械等正在切入

2022年中国伺服市场竞争格局



预测空心杯电机市场快速增长，鸣志电器、鼎智科技等厂商相对有优势

2020年-2028年全球空心杯电机市场规模测算与预测



减速器：调整电机的输出动力，用于旋转关节和灵巧手

- 减速器是连接动力源和执行装置的中间件，将转速降到各关节所需速度并增加扭矩，以满足对动力输出的要求，主要用于旋转关节和灵巧手。优质的减速器能够提供稳定的传动和高精度的定位，从而保证机器人的运动稳定性和精度。
- 人形机器人主要用到谐波减速器和RV减速器，谐波减速器体积小、精密度高，主要用于小臂、腕部等；RV减速器适合重负载精密减速领域，主要用于基座、大臂等。

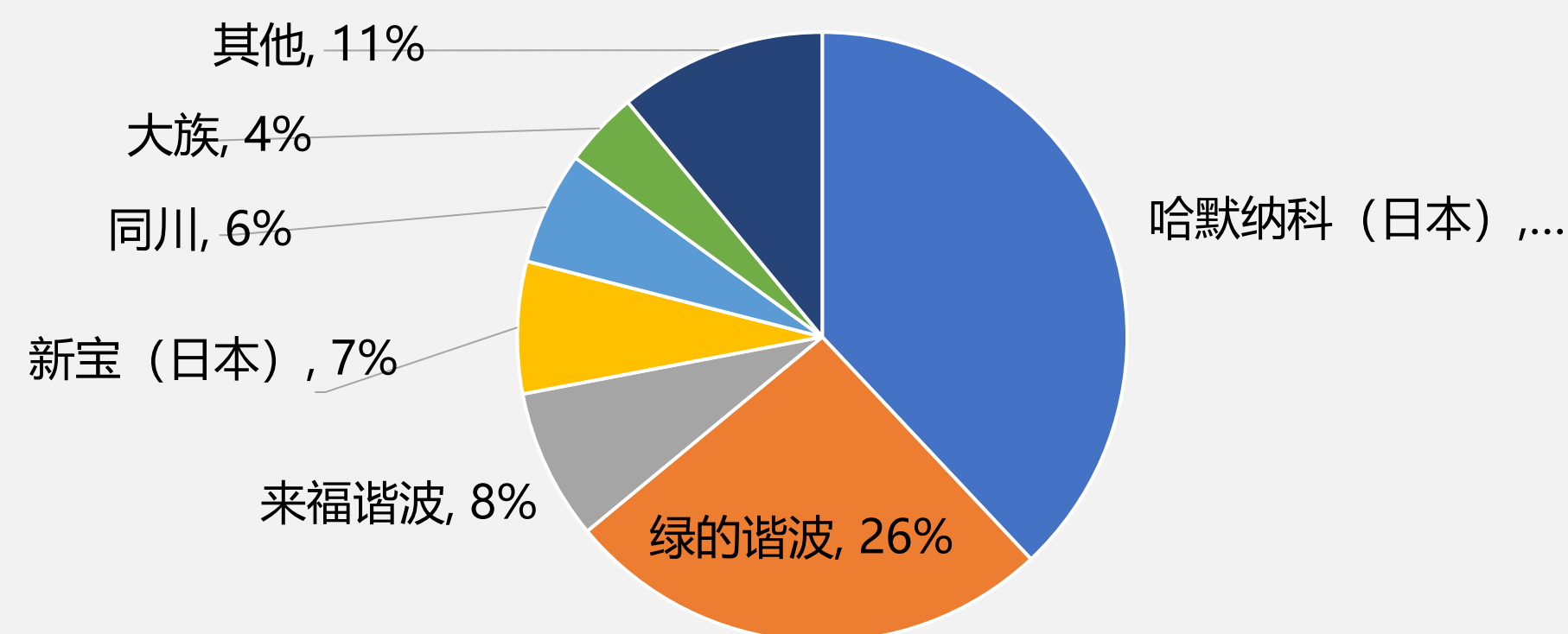
	工作原理	性能指标	性能特点	应用场景	终端领域	示意图
谐波减速器	通过柔轮的弹性变形传递运动，主要由柔轮、刚轮、波发生器三个核心零部件组成与RV及其他精密减速器相比，谐波减速器使用的材料体积及重量大幅度下降	传动效率>75%； 减速比30-160； 输出扭矩6.6-921Nm	体积小、传动比高、精密度高	主要应用于机器人小臂腕部或手部	3C、半导体、食品、注塑模具、医疗等行业中通常使用由谐波减速器组成的30kg负载以下的机器人	
RV减速器	通过多级减速实现传动，一般由行星齿轮减速器的前级和摆线针轮减速器的后级组成，组成的零部件较名	传动效率>80%； 减速比30-192； 输出扭矩101-6135Nm	大体积、高负载能力和高刚度	一般应用于多关节机器人中基座、大臂、肩部等重负载的位置	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	

减速器：日企龙头占据国内主要市场份额，加速

- **谐波减速器国产化加速，国内厂商占比显著提升。** 2022年中国谐波减速器市场规模约为21亿元，长期被哈默纳克（日本）垄断，随着绿的谐波创新研发P型齿，率先开始，其他国内小厂逐步起量。
- **RV工艺更复杂、壁垒更高，国产化率仍偏低。** RV减速器结构复杂、加工精度要求更高，包括热处理、精加工、装配等，可直接影响寿命和性能。目前全球市场仍被纳博特斯克垄断，2022年其占据全球53%的份额。

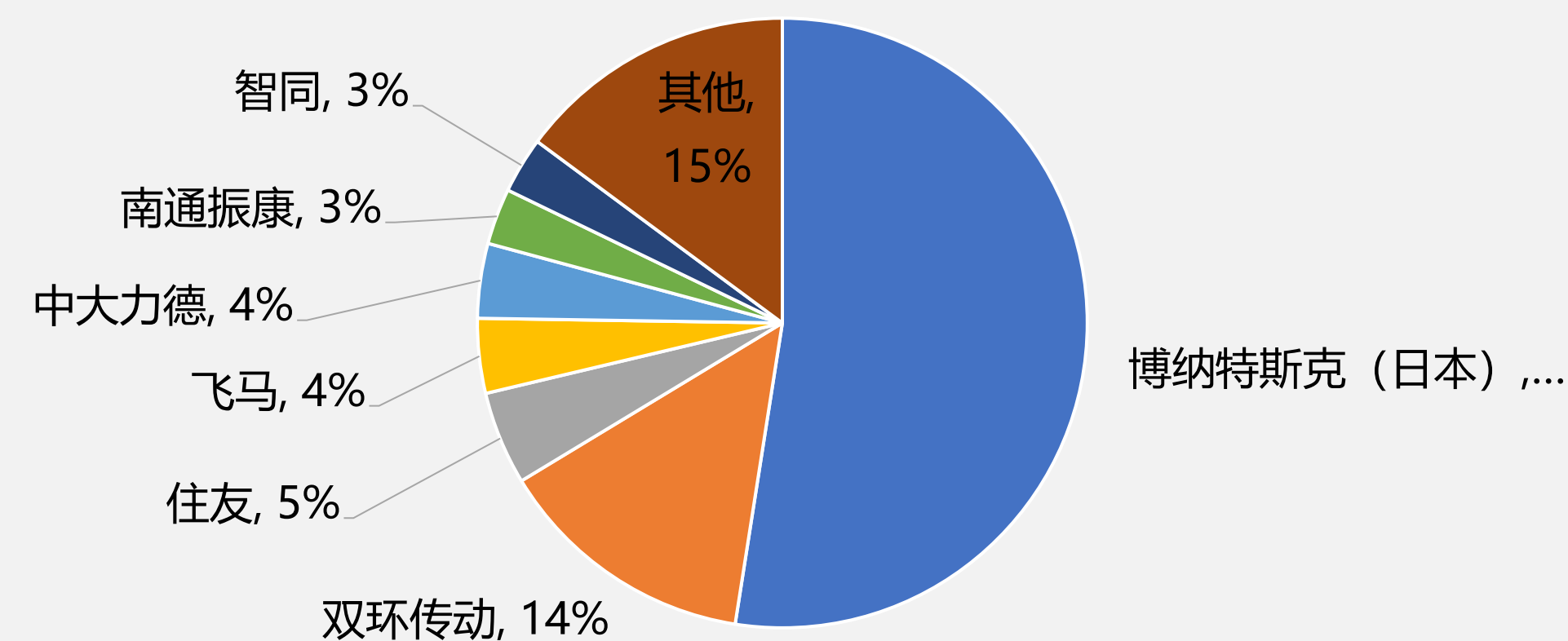
全球谐波减速器龙头是日本哈默纳科，国内以绿的谐波、来福谐波为主

2022年中国谐波减速器市场竞争格局



全球RV减速器龙头是日本博纳特斯克，国内以双环传动、珠海飞马为主

2022年中国RV减速器市场竞争格局



丝杠：将旋转运动转化为直线运动，用于线性关节

- **丝杠是将旋转运动转为直线运动的传动部件，要精准输出动力并运动一定距离，对精度、强度、耐磨性有较高要求。丝杠主要可分为梯形螺纹丝杠、滚珠丝杠、行星滚柱丝杠，滚珠&滚柱丝杠传动效率可达98%，用于人形机器人的线性关节。**
- **滚动丝杠主要包括滚珠丝杠和行星滚柱丝杠两类，滚柱丝杠承载能力较滚柱高4-5倍、额定动载荷（寿命）高3-4倍、转速更高，更适合用于人形机器人。**

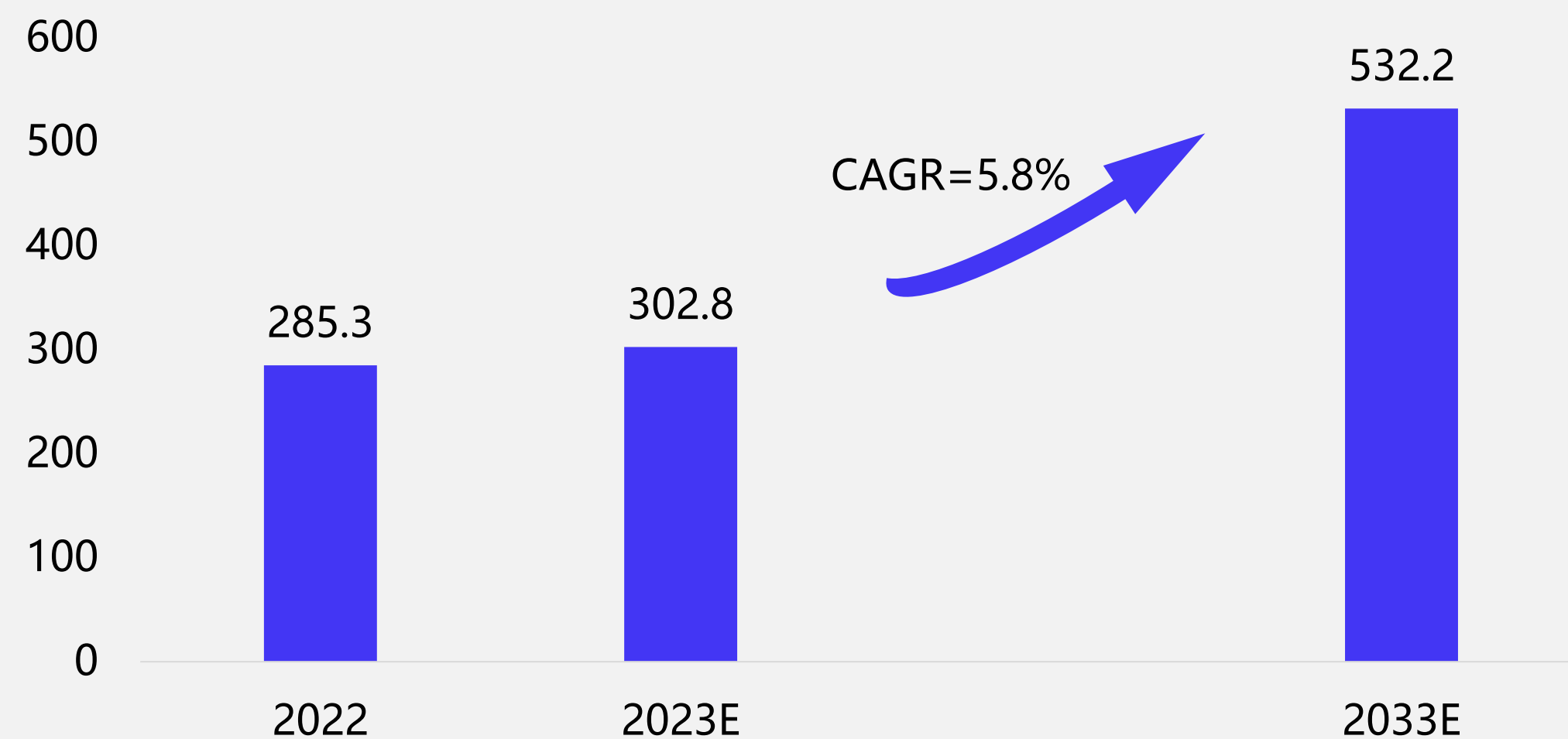
	工作原理	传动效率	传动速度	传动精度	性能特点	经济性	应用场景	示意图
行星滚柱丝杠	在主螺纹丝杠的周围布置了6-12个螺纹滚柱，由传统滚珠丝杠式的点接触变成了精度、承载力更高的线/面接触	90%-98%	快 转速可达6000RPM， 加速度可达 7000rad/s~2	精度最高的G1级可达 6μm/300mm	具有高承载、耐冲击、高速度、噪声低、高精度、长寿命等特点，对滚珠丝杠、液压驱动等技术路线形成有效替代，应用场合要求最高	价格高	精密机床、机器人、军工装备等需要高负载、高精度场合	
滚珠丝杠	滚动摩擦，螺杆的旋转使滚珠推动螺母轴向移动，同时滚珠沿螺旋形凹槽滚动		较快 一般额定最高转速在3000-5000RPM间，随 导程变化有所调整	CO级滚珠丝杠 最低可达约 4μm/300mm	由于滚珠存在相互碰撞及末端急剧转向致高转速条件下传动效率降低、噪声只适用于对精度要求高的中等性能要求的场合	价格较高	数控机床、定位工作台等需要精密传动的场合	

丝杠：市场被欧美企业垄断，高端产品的国产化程度仍较低

- **滚珠丝杠企业可延伸至生产滚柱丝杠，设备等有同源性。**设备差异不大，车床、螺纹磨床、热处理设备等相似，但工艺不同，如砂轮的设计，丝杆与小丝杠的结构，精度要求等均不一致，仍需时间拓展。
- **行星滚柱丝杠产能主要集中在欧、美，国内企业起步较晚，国内市场主要依靠海外进口。**2022年国内行星滚柱丝杠市场集中在国外龙头制造商Rollvis、GSA和Rexroth，市场份额占比分别为26%、26%、12%。国内以南京工艺、济宁博特、优仕特为主。

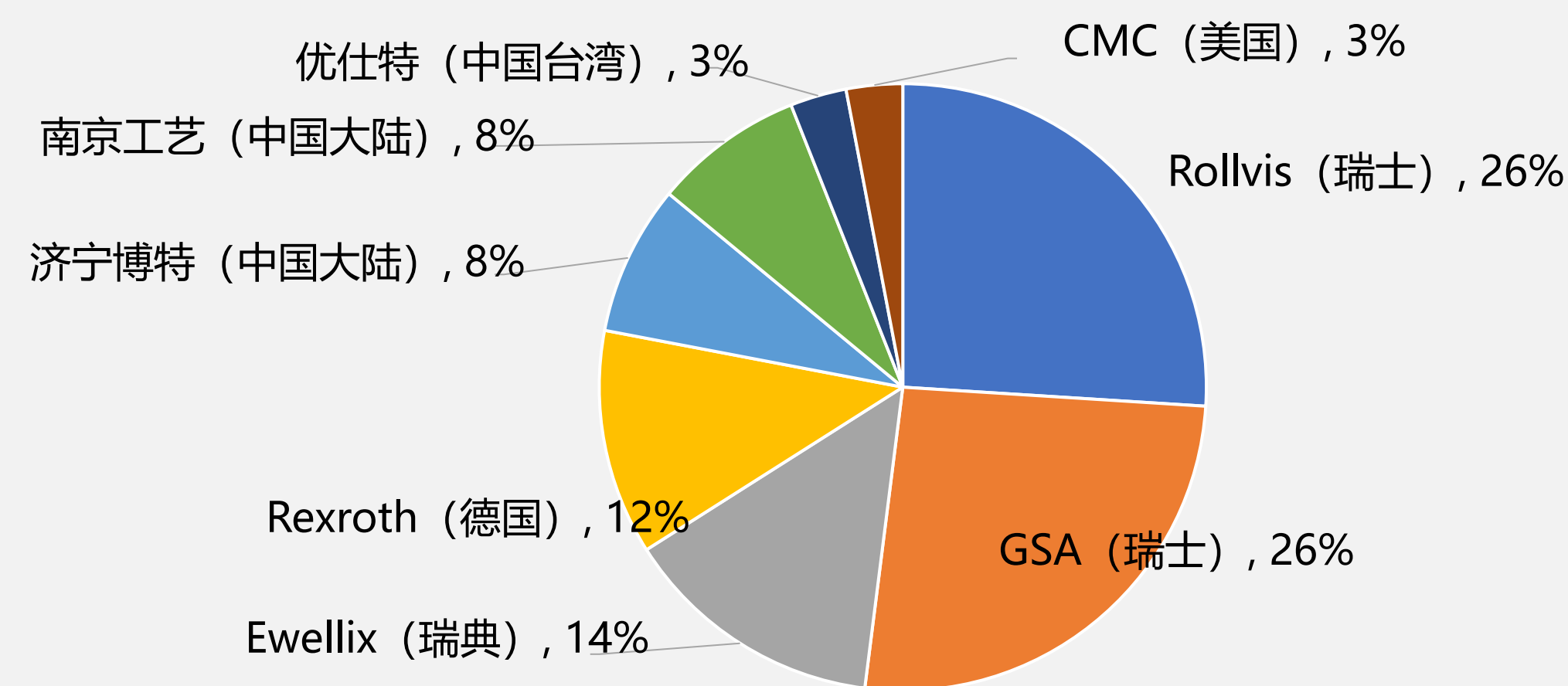
机器人、精密机床等设备的应用将推动滚柱丝杠市场规模快速增长

全球滚柱丝杠市场规模发展及预测 (百万美元)



国内市场份额由欧美企业垄断，国内以南京工艺、济宁博特为主

2022年中国行星滚柱丝杠市场份额占比



控制器：内置运控算法，用于规划人形机器人的运动方式

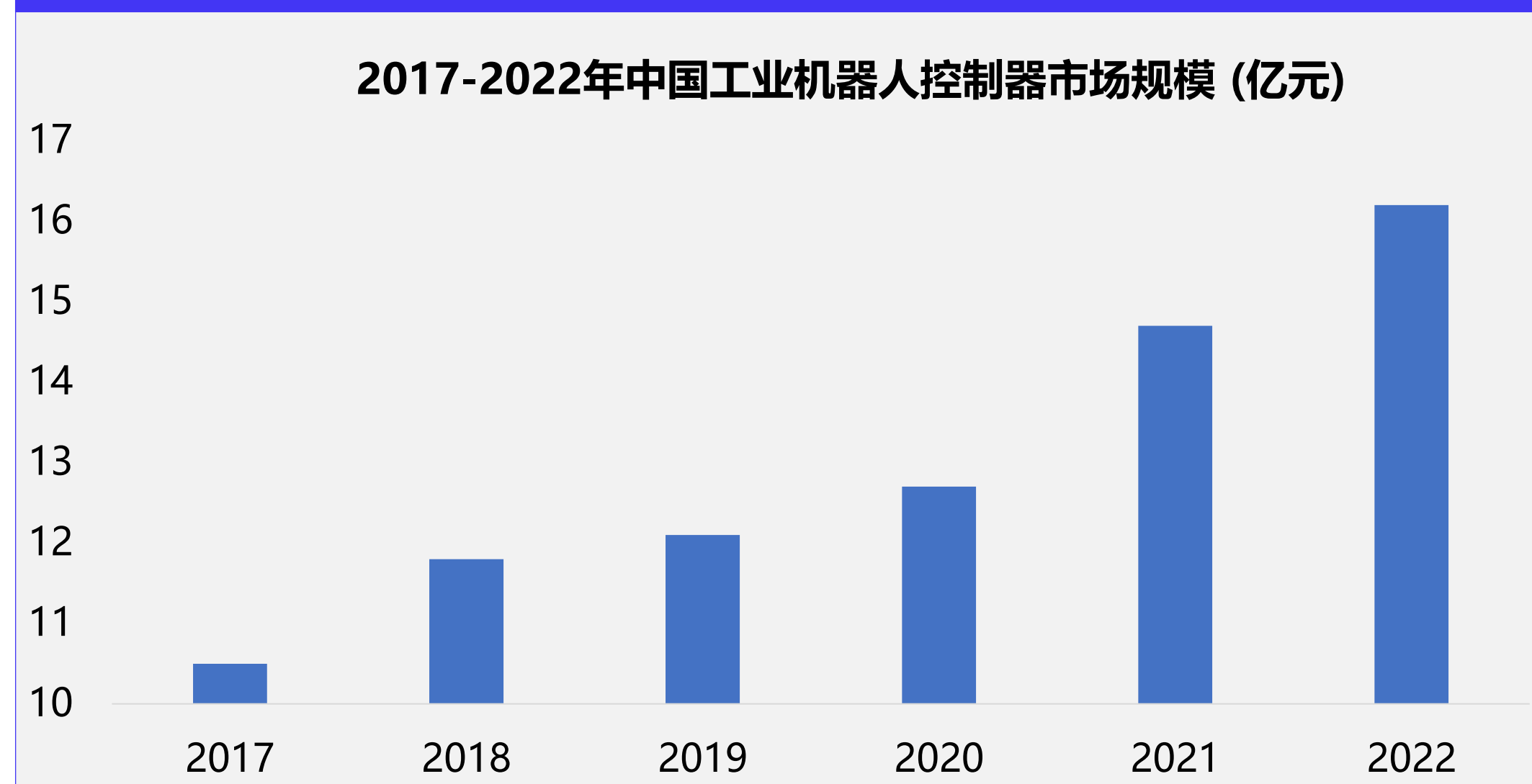
- **控制器负责规划机器人的运动方式**，通过硬件和软件发布并传递动作指令，控制机器人的运动位置、姿态、轨迹和操作顺序等，保证机器人系统的正常运行，使机器人达到所要求的技术指标。
- **控制器包含硬件和软件两部分，硬件是工业控制板卡，软件则是控制算法。**一般较成熟的机器人厂商多半自行开发控制器，以保证品质的稳定性及产品的维修体系，因此，也是各机器人制造商的核心技术所在。

	核心组成		技术指标	难点		现状
	硬件部分	软件部分		硬件部分	软件部分	
控制器	1) 微处理器、存储器、电路接口、传感器接口、通信接口等 2) 固化在微处理器、存储器、可编程逻辑器件等元件中的软件 3) 将运动控制卡集中在机器人PC上，即示教器	1) 软件类别：实时操作系统、运动控制指令编译器、运动控制参数的预处理及优化、运动控制函数等软件； 2) 软件核心：感知算法和控制算法两类，具体有环境感知算法、路径规划和行为决策算法、运动控制算法等	1) 位姿准确度和位姿重复性 2) 轨迹准确度和轨迹重复性 3) 位置控制方式 4) 控制轴数	1) 配套设备方面，控制器性能是整体效果体现，控制器性能好坏与伺服系统、减速器性能息息相关 2) 不同伺服系统（如电机、驱动器、编码器）、减速器性能对控制器算法的参数影响大	1) 算法参数不明确：同样路径/场景，成熟企业的算法及其参数设定不公开，我国都是自定参数，如抑震算法、转矩波动补偿等，不利于机器人的稳定性、精确性 2) 样本少：我国工业机器人发展晚，目前针对实际应用场景积累的数据少、工业机器人实际运转的数据（如磨损、稳定性、寿命等参数）对目标或环境的影响等积累少，无法通过大量工业实践数据优化模型算法	1) 为提升本体硬件与软件的适配性，主流本体机器人厂商逐步自主开发控制器 2) 目前国内外差距很大，具体表现为软件独立性差、容错性差等

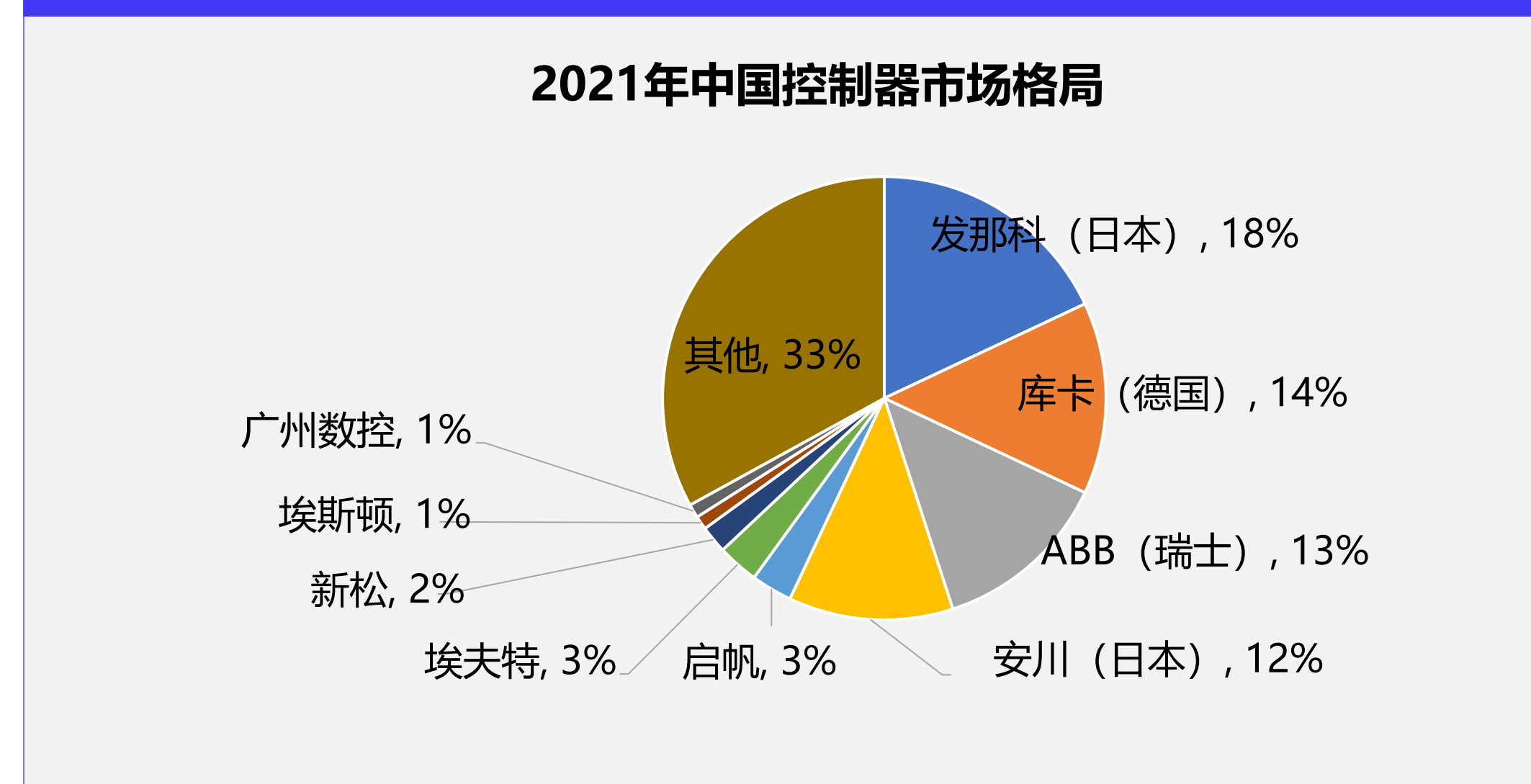
控制器：国外厂商占国内市场主导地位，国产化率不足20%

- 2022年全球机器人控制器市场规模为60.24亿元，预计将在2028年达到88.63亿元，年复合增长率预计为6.71%。**中国工业机器人控制器市场规模为16.2亿元。**
- 从竞争格局看，国外厂商占据主导地位，2021年发那科、库卡、ABB和安川占据国内机器人控制器约58%的市场份额。**国内控制器企业分散、厂商竞争力较弱，卡诺普、万讯自控、固高科技等企业尚未形成有效市场竞争力，国产率不足20%。**

2022年中国工业机器人控制器市场规模为16.2亿元



国外厂商占国内控制器市场主导地位，国内企业分散、竞争力较弱



传感器：用于人形机器人外界环境感知与状态检测

- **传感器将输入信号转为电信号，是感知模块的核心，用于头部、关节、躯干中等。**人形机器人特有的空间限制、灵敏度要求、高度集成的反馈决策系统等，对传感器的性能要求较高，且实现具身智能的内外感知所用的传感器数量也较多。
- **视觉、力矩、惯性传感器是人形机器人中应用最为广泛的三类传感器。**视觉类传感器实现对环境的深度感知，六维力矩传感器用来感知压力或输出扭矩，惯性传感器用来帮助机器人实现定位、测量、平衡、跌倒检测等功能。

人形机器人中传感器的布局，及最主要的三类传感器

位置	传感器种类	作用
头部	视觉传感器	视觉成像，建图定位，导航
	麦克风传感器	语音识别，进行语音交互
	红外相机或红外传感器	感知物体存在
关节	足部力控	通过气压传感器或压力传感器检测足底
	手部力控	检测握力、触觉等，控制手部电机
	关节力控	检测关节输出扭矩
躯干内部	温度传感器	监测温度，帮助散热
	温度、压力传感器	监测机器人体征
	IMU惯性导航模组	平衡和稳定行走的关键床拿起，如三轴加速计、三轴陀螺仪
躯干表面	接近传感器	超声波 或TOF测距
	光电开关或压力薄膜	直接感知触碰

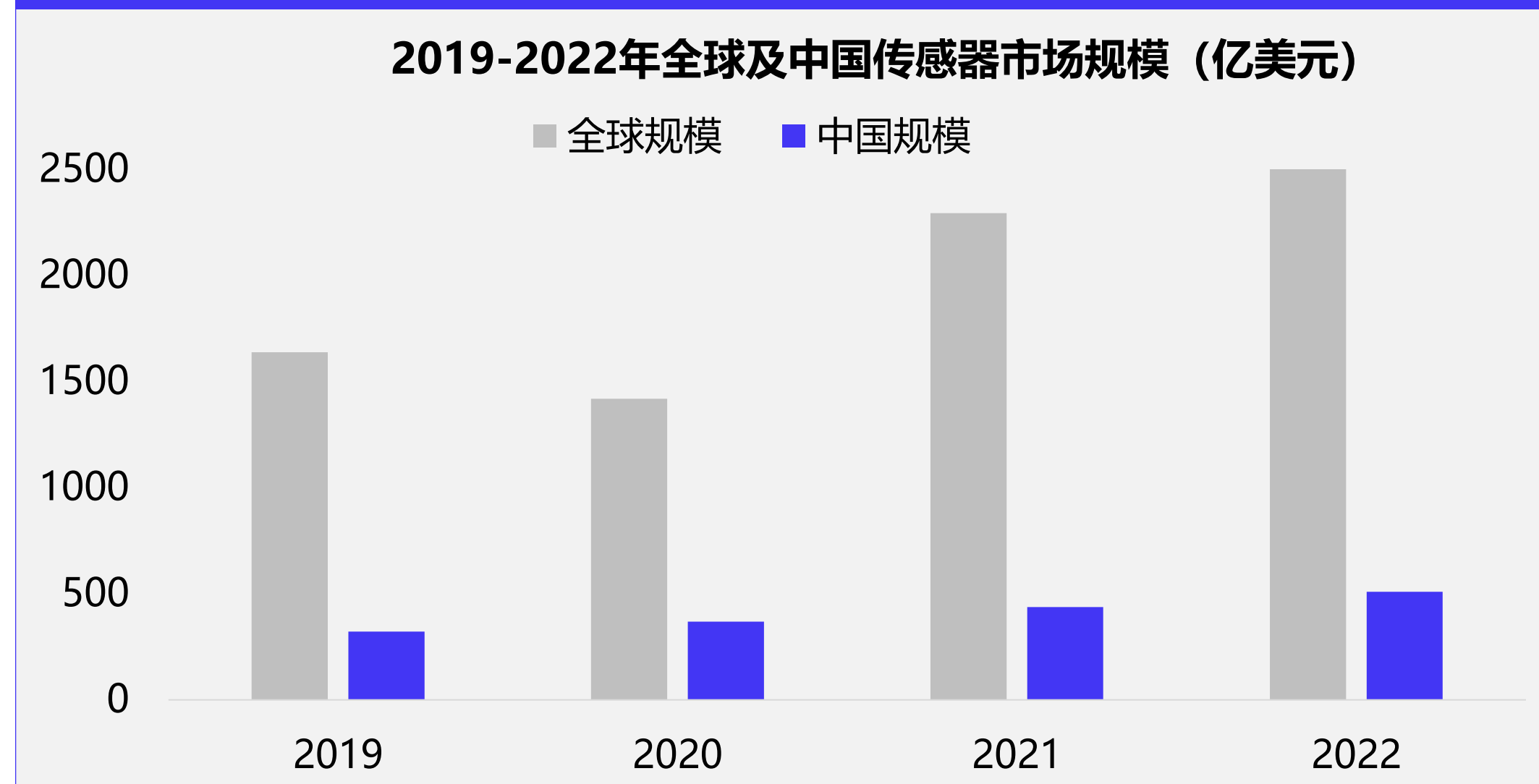
人形机器人最主要的三类传感器

- 视觉传感器**
 - ★ 典型代表：摄像头
 - 
- 力矩传感器**
 - ★ 典型代表：六维力矩传感器
 - 
- 惯性传感器**
 - ★ 典型代表：惯性测量单元 (IMU)
 - 

传感器：国内传感器市场分散，产品集中在中低端市场

- **2022年全球传感器市场规模为2512.9亿美元，同比增长10%。**中国传感器市场规模增速相对稳定，由2019年的321.9亿美元提升至2022年的510.1亿美元，年增速维持在20%左右，在全球市场中的份额也保持相对稳定。
- **中国传感器行业起步较晚，目前国内市场主要由国际厂商主导。**国际传感器行业龙头企业占据了国内超过60%的市场份额，高端传感器领域更是80%依赖海外企业。国内传感器企业较为分散，且产品主要集中在中低端。

中国传感器市场规模增速相对稳定，2022年规模约为510.1亿美元



中国传感器市场被国外龙头垄断，国内企业产品集中在中低端

视觉传感器	<ul style="list-style-type: none"> ★ 海外企业：安森美（美国）、基恩士（日本）等 ★ 中国企业：海康威视、凌云光、奥比中光等
力矩传感器	<ul style="list-style-type: none"> ★ 海外企业：ATI（加拿大）、Sintokogio（日本）等 ★ 中国企业：坤维科技、蓝点触控、宇立仪器、鑫精诚等
惯性传感器	<ul style="list-style-type: none"> ★ 海外企业：Bosch（德国）、意法半导体ST（瑞士）等 ★ 中国企业：芯动联科、美新半导体、敏芯股份等

数据：信通院、公开资料、创业邦研究中心整理

PART 03

人形机器人应用场景梳理

① 商业服务应用场景

② 智能制造应用场景

③ 社区家庭应用场景

④ 高危/救援应用场景

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/568116047006006111>