



德邦证券
Topsperity Securities

证券研究报告|行业深度

机械设备

2023年11月16日

人形机器人深度系列报告：机器人运动的“心脏”，电机有望迎来广阔空间



证券分析师

姓名：俞能飞

资格编号：S0120522120003

邮箱：yunf@tebon.com.cn

姓名：唐保威

资格编号：S0120523050003

邮箱：tangbw@tebon.com.cn

- **人形机器人快速进化，电机是其重要部件。**随着工业机器人相关技术的日趋成熟，人们对机器人技术智能化本质的认识日益加深，与工业机器人相对固定的作业环境不同，人形机器人通常使用于人类的日常生活环境中。人形机器人具备类似人类的感知、决策、行为以及拟人化的移动特性，从外观上更加容易被使用者接受并产生亲切感，因此能够在人类所在的环境中与人类和谐相处，协助人类完成复杂和多样的工作。机器人关节驱动器是双足人形机器人关键部件，按动力来源可以分为液压、气动、电机驱动、记忆金属、生物类(心肌细胞)等，其中电机驱动和液压驱动是较为常见的两种形式，电机方案的优势在于，在运动控制方面，其设计比液压控制有更成熟的解决方案，处理器编码器也相对更容易正确获取运动状态的实时反馈，控制精度也有很大保障，而且相较液压成本便宜了很多。
- **机器人运动的“心脏”，对运动精度起决定作用。**电机（俗称“马达”）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，它的主要作用是产生驱动转矩，作为用电器或各种机械的动力源。机器人关节系统包括驱动器、控制器和关节电机。机器人关节电机具有减速、传动、提升扭矩功能，它被视为机器人的执行单元，根据需求被安装在各关节上控制关节运动，机器人诸如行走、跑、弹跳等动作均由机器人关节电机驱动产生，是机器人运动的“心脏”。
- **Optimus主体部分共有28个执行器，线性及旋转各14个，所用电机为无框力矩电机。**28个执行器分布于肩、肘、腕、躯干、髋、膝、踝等部位。根据2022特斯拉AI day的展示，28个执行器分布在：①肩部6个（旋转×6）；②肘部2个（直线×2）；③腕部6个（旋转×2+直线×4）；④躯干2个（旋转×2）；⑤髋部6个（旋转×4+直线×2）；⑥膝部2个（直线×2）；⑦踝部4个（直线×4）。Optimus手部共有12个执行器（双手），所用电机为空心杯电机。
- **产业化进程加速，电机有望迎来广阔空间。**人形机器人作为通用机器人的代表和具身智能的优秀载体，一方面正在受益于通用人工智能的发展，另一方面，也以“具身智能”成为AI与物理世界的接口，和下一代通用人工智能的终端平台。AI大模型在机器人任务中主要扮演了推理决策的角色，将人类给出的自然语言指令拆解为机器人可执行的步骤。多模态的AI大模型补全了机器人核心的推理决策能力，有望助力人形机器人走向通用之路。
- **核心零部件供给是未来机器人产业规模化发展的重要支撑，人形机器人三大核心零部件包括减速器、伺服系统和控制器，成本合计占比超70%。**目前在Optimus人形机器人核心零部件中，电机价值量合计占比约25%。假设未来10年全球人形机器人出货量达到500万台，无框电机单价2500元、空心杯电机单价1300元，则10年后人形机器人带来的无框电机增量市场有望为3500亿元，空心杯电机增量市场有望为780亿元，合计4280亿元市场空间。
- **建议关注：**1) **步科股份：**第三代无框电机首创无框灌封工艺，和各个机器人厂家积极扩展合作；2) **鸣志电器：**空心杯电机技术在全球居于前列，已向人形机器人头部客户提交全套技术方案及样机；3) **江苏雷利：**空心杯电机等产品可用于人形机器人，部分产品在样品测试阶段已得到客户认可；4) **鼎智科技：**与母公司错位协同发展，线性执行器为行业领先产品；5) **伟创电气：**2022年成立机器人行业部，提供低压伺服、空心杯电机、特种无框力矩电机等核心部件；6) **昊志机电：**自主研发的DD电机用于机器人关节模组中，提供机器人关节动力来源；7) **拓邦股份：**空心杯电机已在电动夹爪、骨科动力工具等领域批量应用，看好人形机器人带来的增量机会；8) **禾川科技：**在机器人行业有产品和技术积累，未来将在无框力矩电机基础上开发组合式产品；9) **拓普集团：**设立电机事业部，机器人产品包括旋转、直线执行器，已多次向客户送样并获得认可及好评。
- **风险提示：**（一）宏观经济变化的风险；（二）市场及政策风险；（三）行业竞争加剧风险；（四）人形机器人进展不及预期。

目录 CONTENTS

01 人形机器人快速进化，电机是其重要部件

02 机器人运动的“心脏”，对运动精度起决定作用

03 产业化进程加速，电机有望迎来广阔空间

04 建议关注

05 风险提示

01

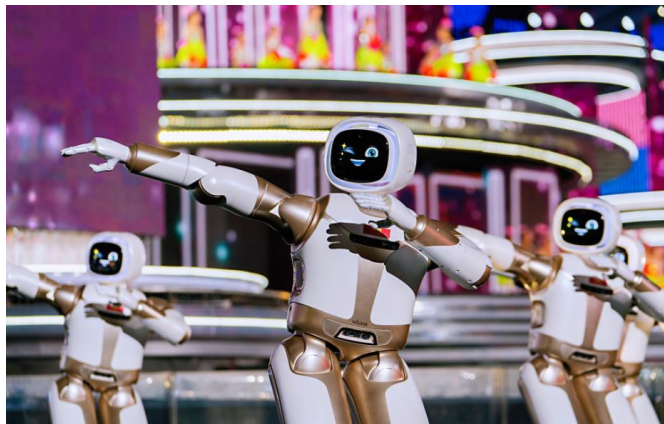
人形机器人快速进化，电机是其重要部件

01 人形机器人快速进化，电机是其重要部件

1.1 人形机器人可用于日常环境，是国家科技综合水平的重要体现

- **人形机器人通常用于日常生活环境，协助人类完成复杂和多样的工作。**随着工业机器人相关技术的日趋成熟，人们对机器人技术智能化本质的认识日益加深。机器人技术向人类生产、生活的各个领域的渗透。与工业机器人相对固定的作业环境不同，人形机器人通常使用于人类的日常生活环境中。人形机器人具备类似人类的感知、决策、行为以及拟人化的移动特性，从外观上更加容易被使用者接受并产生亲切感，因此能够在人类所在的环境中与人类和谐相处，协助人类完成复杂和多样的工作。
- **人形机器人具有显著的优势，是国家科技综合水平的重要体现。**人形机器人又称仿人机器人或类人机器人，指具有人的形态和功能的机器人，具有拟人的肢体、运动与作业技能，以及感知、学习和认知能力。人形机器人具备人类的外形特征和行动能力，可以采用双腿行走方式，通过手臂和身体的协调完成一些简单的功能，以及通过简单的语言和人类交流。与传统的机器人相比，人形机器人具有显著的优势。人形机器人建立在多学科基础之上，综合运用机械、电气、材料、传感、控制和计算机来实现拟人化的功能，环境适应更通用、任务操作更多元、人机交互更亲和，是国际公认的机器人技术集大成者，是一个国家科技综合水平的重要体现。

图表：优必选Walker机器人登上春晚



图表：具备一定服务功能的阿西莫机器人

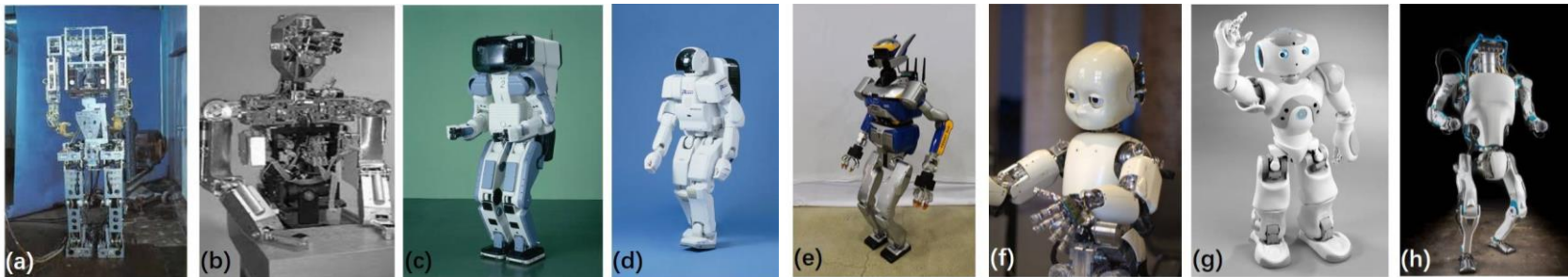


01 人形机器人快速进化，电机是其重要部件

1.2 人形机器人发展历史：日本最先研究，目前进入早期产业化落地阶段

- **商用工业机器人诞生于美国，人形机器人则以日本的研究成果最为瞩目。**“Robot”（机器人）一词首先出现在捷克著名剧作家卡雷尔·恰佩克（Karel Capek）的话剧《罗素姆的万能机器人》中，这是一个源于捷克文“Robota”（劳役、苦工）和波兰文“Robotnik”（工人）的新造词，被用来形容为人类服务的机器奴隶。到了1962年，世界上第一款量产的实用机器人“VERSTRAN”诞生于美国，与Unimation公司生产的“UNIMATE”机械臂一起，成为世界上最早商用的工业机器人，由此拉开了机器人发展的序幕。而人形机器人起步于上世纪60年代后期，以日本的研究成果最为瞩目。
- **人形机器人发展历经四个阶段，目前进入早期产业化落地阶段。**根据中国机器人网、顾浩楠《人形机器人历史沿革与产业链浅析》等，人形机器人的发展历程主要分为四个阶段：第一阶段，是以早稻田大学仿人机器人为代表的早期发展阶段；第二阶段，是以本田仿人机器人为代表的系统高度集成的能力破冰阶段；第三阶段，是以波士顿动力仿人机器人为代表的高动态运动发展阶段；第四阶段是以特斯拉Optimus机器人为代表的产业化落地阶段，该阶段尚处于发展前期。1973年，日本早稻田大学的加藤一郎教授研发出世界上第一款人形机器人WABOT-1的WL-5号两足步行机；1986年，日本本田开始进行人形机器人ASIMO的研究，并成功于2000年发布第一代机型；2016年，美国波士顿动力公司发布双足机器人Atlas，具有极强的平衡性和越障能力，能够承担危险环境搜救任务；2022年9月30日，特斯拉人形机器人“擎天柱”（Optimus）原型机正式在特斯拉AI日亮相，是目前人形机器人最前沿的代表之一。

图表：部分代表性人形机器人示意图



注：图中（a）WABOT-1机器人原型；（b）Cog类机器人；（c）本田P2机器人；（d）ASIMO机器人；（e）HRP-2机器人；（f）iCub机器人；（g）NAO机器人；（h）Atlas机器人

01 人形机器人快速进化，电机是其重要部件

1.2 人形机器人发展历史：日本最先研究，目前进入早期产业化落地阶段

➤ 机器人概念产生超百年，日美中等国家纷纷入场。以特斯拉“Optimus”为代表的人形机器人不断进化，2023年“Optimus”已经能够精准分类物体、找准身体平衡感。

图表：机器人发展历史里程碑

时间	事件
1920	“Robot”术语首先出现在捷克著名剧作家卡雷尔·恰佩克（Karel Capek）的话剧“罗萨姆的全能机械工人”中。
1939	美国西屋电气公司发明了能够行走、说话，甚至抽烟的人形机器人“Elektro”，并首次在该年的纽约世博会上公开展示。
1941	美国科幻作家艾萨克·阿西莫夫（Isaac Asimov）首先使用“Robotics”一词来描述、研究和应用机器人技术。
1942	阿西莫夫提出了著名的“机器人三定律”；美国 DeVilbiss 公司设计了首台“可编程”喷漆机器人。
1951	法国人 Raymond Goertz 为原子能委员会设计了首台遥控关节臂。
1954	乔治·德沃尔设计的世界上首款多用途可编程机械臂“UNIMATE”（Universal Automation），能够根据示教再现执行不同的作业任务，具有一定的通用性和灵活性。两年后与约瑟夫·恩格尔伯格（Joseph Engelberger）一起创建了世界上第一家机器人公司 Unimation，至今该公司仍在生产和销售该机械臂产品。恩格尔伯格因而被称为“机器人之父”
1959	约瑟夫·恩格尔伯格和乔治·德沃尔共同开发了第一台工业机器人。
1961	Unimation 在通用汽车公司安装了第一台工业机器人。
1962	美国 AMF 公司研制出物料搬运机械臂“VERSTRAN”，与 Unimation 公司生产的“UNIMATE”机械臂一起，成为世界上最早商用的工业机器人。
1968	美国斯坦福研究所（SRI）研制出世界上首台安装有视觉系统并由计算机控制的移动机器人“Shakey”，该款智能机器人能够根据人的指令发现并抓取积木，这就是服务机器人的诞生。
1969	日本早稻田大学加藤一郎教授研制出全球首台具有空气气囊和人工肌肉的双足机器人“WAP-1”
1971	加藤一郎教授成功研制出世界上第1台三维双足机器人 WAP-3，能够实现静步行走、上下楼梯或斜坡，揭开了双足人形机器人研制的序幕
1973	世界上首台全尺寸人形机器人“WABOT-1”由加藤一郎教授发明
1975	美国 Unimation 公司推出世界首台“可编程通用机械操作臂（PUMA）”，标志着工业机器人技术开始走向成熟，这是一个里程碑事件。
1988	约瑟夫·恩格尔伯格推出了世界第一个服务业机器人 HelpMate 进入医院，为病人送饭、送药、送邮件。
1992	波士顿动力公司正式从美国麻省理工学院分离出来。
1996	日本本田公司研制出首台能够进行自调节的双足步行人形机器人“P2”，一年后推出具有完全自主功能的人形机器人“P3”。这是该公司最终推出著名人形机器人“ASIMO”的两个重要步骤。
1999	日本索尼公司发布机器人“爱宝”（AIBO），成为首台商用娱乐机器人；世界上首台“机器鱼”在日本三菱公司问世。
2002	著名的人形机器人“ASIMO”在日本本田公司正式问世，它身高1.3米，能够以类似于人类的步姿行走和缓慢奔跑，被普遍视为一个里程碑事件。
2005	韩国科学技术院（KIST）研制出号称世界上最智能的移动机器人“HUBO”
2006	微软公司推出“Microsoft Robotics Studio”，机器人模块化、标准化的趋势日益明显。比尔·盖茨曾预言，个人机器人（PR）将如同个人电脑一样，走进千家万户，彻底改变人类的生活方式
2014	日本软银公司发布全球首款消费类智能人形机器人“Pepper”
2016	美国波士顿动力公司发布双足机器人 Atlas，具有极强的平衡性和越障能力，能够承担危险环境搜救任务。
2017	本田发布第三代人形机器人 T-HR3，是一款“反应灵敏的遥控机器人”，这款第三代人形机器人在新的领域做了开拓。可以模仿远程操纵者动作，并于2020年东京奥运会中用于与运动员进行远程交流。
2020	美国敏捷机器人公司成功推出第一款商业化出售的双足机器人 Digit，售价25万美元，其能够在无人干涉的环境下自行选定搬动箱子，适用于物流、仓储、工业等多种应用场景。
2021	特斯拉在AI日正式宣布进军机器人领域，将会制造一个「特斯拉机器人」——明年上市；日本丰田推出第四代家务机器人 Busboy，运用了更高级的AI和机器学习技术，既可感知场景也可检测物体及其表面，能够完成擦地板、拿取玻璃杯等家务活，被设计应用于解决老年家庭的家务问题。
2022	8月小米发布首款全尺寸人形仿生机器人 CyberOne；9月30日，特斯拉人形机器人“擎天柱”（Optimus）原型机正式在AI日亮相。
2023	9月特斯拉人形机器人“擎天柱”最新视频公开，在端到端神经网络加持下，能够精准分类物体、找准身体平衡感；9月26日，上海傅利叶智能宣布，公司的智能通用人形机器人 GR-1 开启预售，打响了量产第一枪。

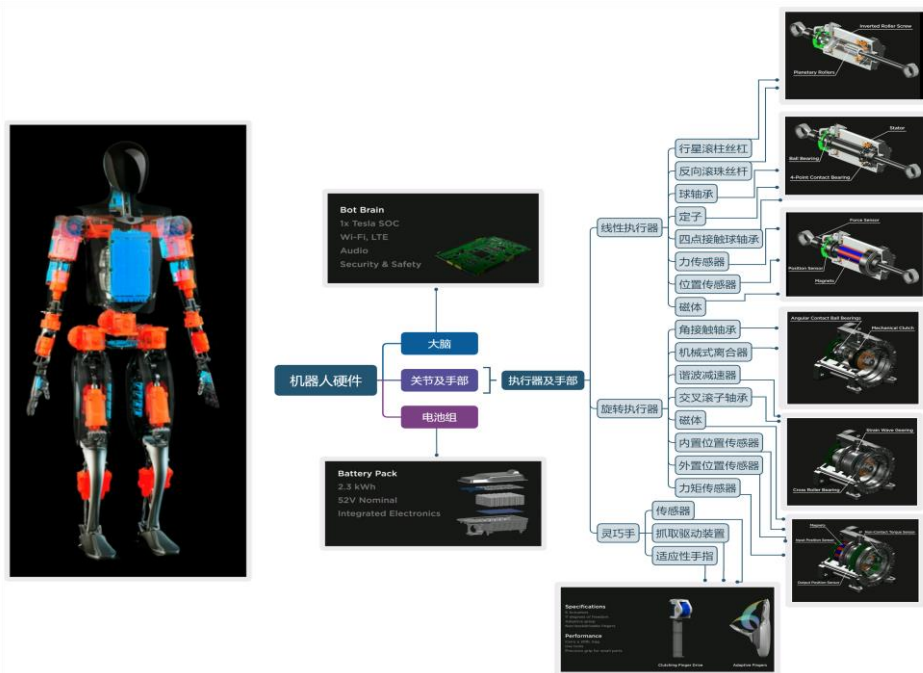
01 人形机器人快速进化，电机是其重要部件

1.3 人形机器人结构：包括执行器、控制器、传感器三大部分

➤ 人形机器人主要部件包括电机、减速器、传感器等，力矩电机研制难度较大。人形机器人发展至今，其本体从部件角度可总体划分为三块：执行器（伺服系统、减速器、驱动单元等）、控制器（工控系统、人工智能相关系统等）、传感器（本体感受传感器、机器视觉等）。就当下最先进的人形机器人而言，其主要部件包括以下几部分：

- 1) **电机**：包括伺服电机、步进电机、力矩电机、球形电机等。其中力矩电机研制难度较大，但可在中低速运动中提供更高扭矩，适用于人形机器人低速+高力矩需求；
- 2) **减速器**：谐波减速器备受市场关注，因其结构简单、传动比高、精密度高，但在耐久性等方面还有提升空间；
- 3) **传感器**：力矩传感是人形机器人重点使用的关节零部件，并形成电机—减速机—传感器的关节总成设计；
- 4) **上肢传动方式**：滚珠丝杠，通过将滚珠往复运动转化为丝杠直线运动，相较于皮带、链条等传动方式摩擦小、运维成本低；
- 5) **下肢传动方式**：行星滚柱丝杠，耐外力冲击、寿命较长；
- 6) **手部关节**：空心杯电机，设计不复杂。
- 此外，直线和旋转关节使用的轴承包括角接触轴承、交叉滚子轴承、深沟球轴承、四点接触球轴承等，重量轻、设计紧凑、精度高。

图表：特斯拉人形机器人“Optimus”部分结构示意图



01 人形机器人快速进化，电机是其重要部件

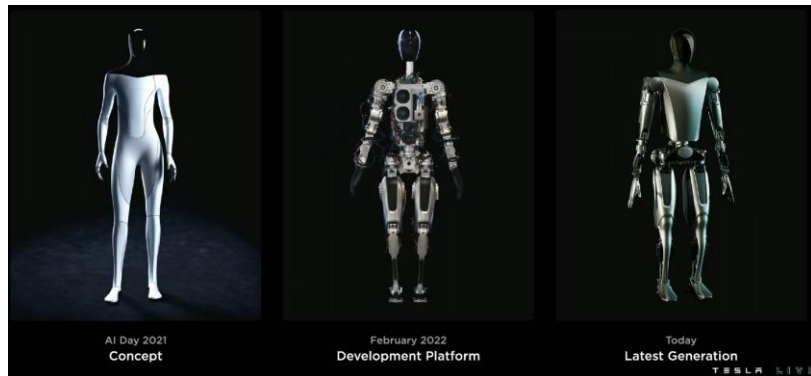
1.4 电机驱动更注重“智能”，机器人对伺服电机要求高

- **电机驱动更注重“智能”，运动控制精度有很大保障。**机器人关节驱动器是双足人形机器人关键部件，按动力来源可以分为液压、气动、电机驱动、记忆金属、生物类(心肌细胞)等，其中电机驱动和液压驱动是较为常见的两种形式，如美国波士顿动力机器人主要采用高爆发液压伺服技术，更注重“力量”；特斯拉机器人主要采用高扭矩密度电机伺服技术，更注重“智能”。电机方案的优势在于，在运动控制方面，其设计比液压控制有更成熟的解决方案，处理器编码器也相对更容易正确获取运动状态的实时反馈，控制精度也有很大保障，而且相较液压成本便宜了很多。
- **电机是机器人执行机构，机器人对伺服电机要求高。**机器人电动伺服驱动系统是利用各种电动机产生的力矩和力，直接或间接地驱动机器人本体以获得机器人的各种运动的执行机构。机器人对伺服电机的要求比较高：首先要求伺服电机具有快速响应性；其次，伺服电机的起动转矩惯量比要大。在驱动负载的情况下，要求机器人的伺服电机的起动转矩大，转动惯量小；最后，伺服电机要具有控制特性的连续性和直线性，随着控制信号的变化，电机的转速能连续变化。同时为了配合机器人的体形，伺服电机必须体积小、质量小、轴间尺寸短。还要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数倍过载。

图表：不同动力来源驱动方式特点介绍

种类	介绍	特点	优点	缺点
电气式	电气执行元件包括直流（DC）伺服电机、交流（AC）伺服电机、步进电机以及电磁铁等，是最常用的执行元件。对伺服电机除了要求运转平稳以外，一般还要求动态性能好，适合于频繁使用，便于维修等。	可用商业电源，信号与动力传递方向相同，有交流直之分；注意使用电压和功率。	操作简便；编程容易；能实现定位伺服控制；响应快、易与计算机（CPU）连接；体积小、动力大、无污染。	瞬时输出功率大；过载差；一旦卡死，会引起烧毁事故；受外界噪音影响大。
气压式	气压式执行元件除了用压缩空气作工作介质外，与液压式执行元件没有区别。气压驱动虽可得到较大的驱动力、行程和速度，但由于空气粘性差，具有可压缩性，故不能在定位精度要求较高的场合使用。	气体压力源压力5~7×Mpa；要求操作人员技术熟练。	气源方便、成本低；无泄露而污染环境；速度快、操作简便。	功率小、体积小、难于小型化；动作不平衡、远距离传输困难；噪音大；难于伺服。
液压式	液压式执行元件主要包括往复运动油缸、回转油缸、液压马达等，其中油缸最为常见。在同等输出功率的情况下，液压元件具有重量轻、快速性好等特点。	液体压力源压力20~80×Mpa；要求操作人员技术熟练。	输出功率大，速度快、动作平稳，可实现定位伺服控制；易与计算机（CPU）连接。	设备难于小型化；液压源和液压油要求严格；易产生泄露而污染环境。

图表：采用电机伺服技术的特斯拉机器人



02

机器人运动的“心脏”，对运动精度起决定作用

02 机器人运动的“心脏”，对运动精度起决定作用

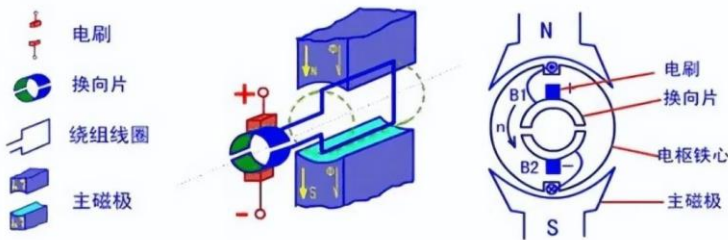
2.1 电机用以产生驱动转矩，是机器人的核心硬件

- **电机用以产生驱动转矩，根据需要在机器人关节上控制运动。**电机（俗称“马达”）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。在电路中用字母M表示，它的主要作用是产生驱动转矩，作为用电器或各种机械的动力源。机器人关节是机器人的基础部件，是各杆件间的结合部分，是实现机器人各种运动的运动副，一个关节系统包括驱动器、控制器和关节电机。机器人关节电机具有减速、传动、提升扭矩功能，它被视为机器人的执行单元，根据需要在各关节上控制关节运动，机器人诸如行走、跑、弹跳等动作均由机器人关节电机驱动产生。机器人关节电机作为机器人的核心硬件，直接决定机器人的重要性能，是机器人运动的“心脏”。
- **电机诞生于19世纪，已在工业生产和日常生活中广泛应用。**电动机主要包括一个用以产生磁场的电磁铁绕组或分布的定子绕组，和一个旋转电枢或转子和其它附件组成。在定子绕组旋转磁场的作用下，其在电枢鼠笼式铝框中有电流通过并受磁场的作用而使其转动。1820年7月21日，丹麦物理学家奥斯特发现了“电流的磁效应”，建立了电磁的相互联系。1821年英国物理学家法拉第制成了第一个实验电动机的模型。至今，电动机已经在工业生产和日常生活中得到广泛应用。

图表：电机主要发展历程

时间	事件
1820	奥斯特发现了电流对磁针的作用，即电流的磁效应，这一发现是电磁学领域的重要转折点
1831	法拉第提出电磁感应定律，由此奠定了电机的理论基础
1832	法国人皮克希制成手摇式直流和交流发电机
1834	德国人雅克比制成简易的电动机
1845	英国物理学家惠斯通通过外加电源给线圈励磁，用电磁铁取代永久磁铁，取得了极大成功。随后又改进了电枢绕组，从而制成了第一台电磁铁发电机
1866	德国的西门子发明了自激励式直流发电机
1870	比利时人格拉姆创造了环形无槽闭合电枢绕组，制成了环形电枢自激直流发电机
1873	德国人阿尔特涅克对直流电机的电枢作了改进，研制成功鼓状电枢自激直流发电机
1882	尼古拉·特斯拉发明了世界上第一台两相交流发电机
1888	俄国电气工程师多利沃多勃罗沃利斯基制成一台三相交流单鼠笼异步电动机

图表：直流电机模型图



固定部分（**定子**）：主磁极、电刷

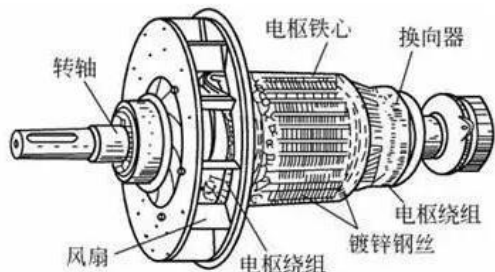
转动部分（**转子**）：铁心和电枢绕组

02 机器人运动的“心脏”，对运动精度起决定作用

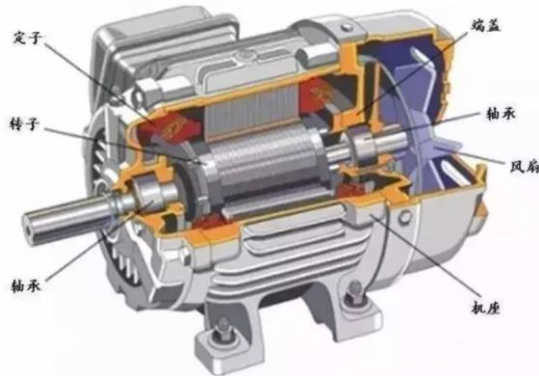
2.2 电机有多种类型，可与其他零部件集成减少整体体积

- **电机有多种类型，一般包括定子和转子。**基于不同的维度，如使用范围、结构特点等，电机有不同的分类，如按工作电源种类划分，可以分为直流电机、交流电机；按结构和工作原理划分，可以分为直流电机、异步电机、同步电机；按用途划分，可以分为驱动用电机、控制用电机等。以直流电机为例，电机结构上一般包括定子和转子，电机工作时不转动的部分称为定子，而始终处于旋转状态的部分称为转子。转子是直流电机能够进行两种能量转换的核心枢纽，因此转子也称为电枢。与直流电机类似，交流电机也是由定子、转子、机壳及其它的辅助零件组成，核心部件为定子和转子。
- **电机可以单独存在，也可集成减少整体体积。**电机可以作为一个单独的零件存在，但有些时候也会和其他零件集成到一起，有利于减小整体体积，比如电动车上经常用到三合一电驱动，是将电机、减速器、电机控制器集成到一起，减小了整体的体积和重量，提高空间利用率；在电动车上甚至有六合一电驱动（电机、减速器、电机控制器、DC/DC、充电机、配电箱）、八合一电驱动（电机、减速器、电机控制器、DC/DC、充电机、配电箱、电池管理器、整车控制器）等。

图表：直流电机转子示意图



图表：直流电机结构图



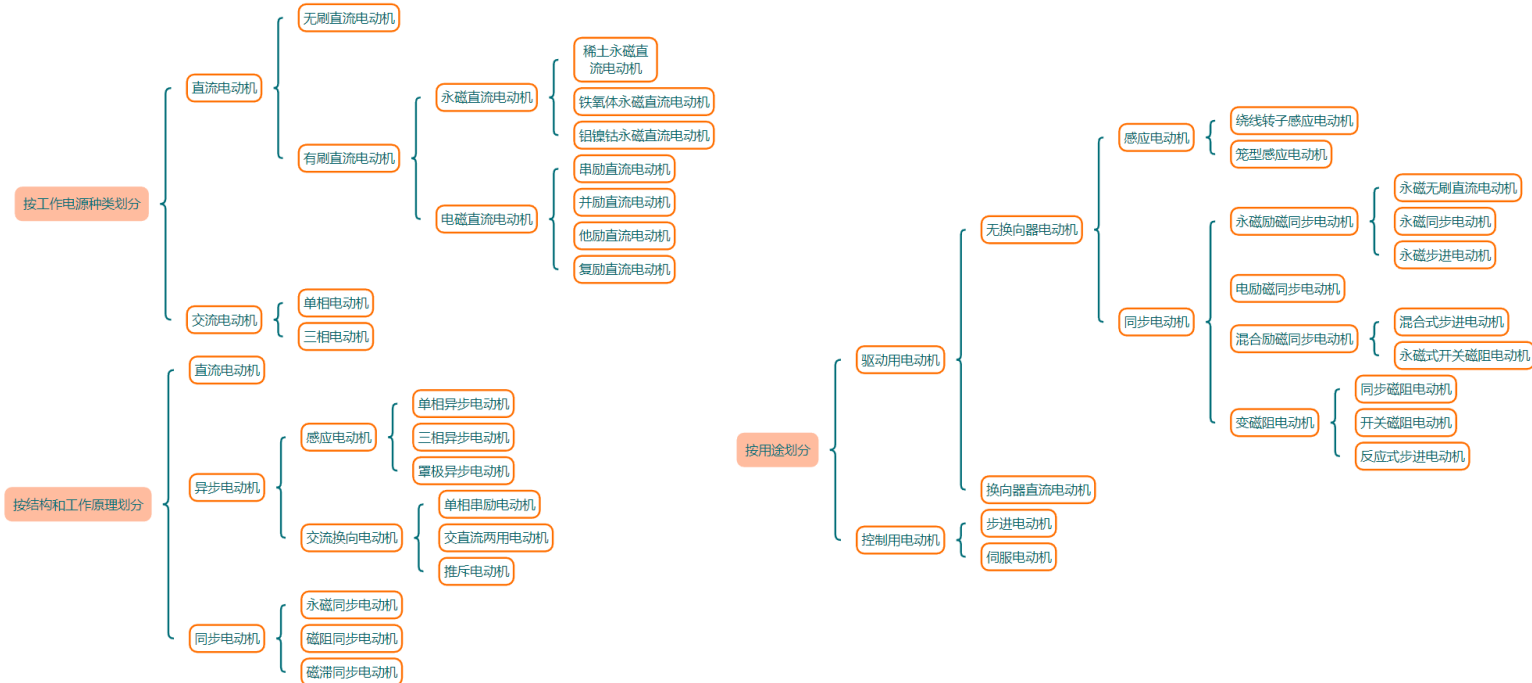
图表：交流电机结构图



02 机器人运动的“心脏”，对运动精度起决定作用

2.3 电机分类情况

图表：电机基于不同维度的种类划分

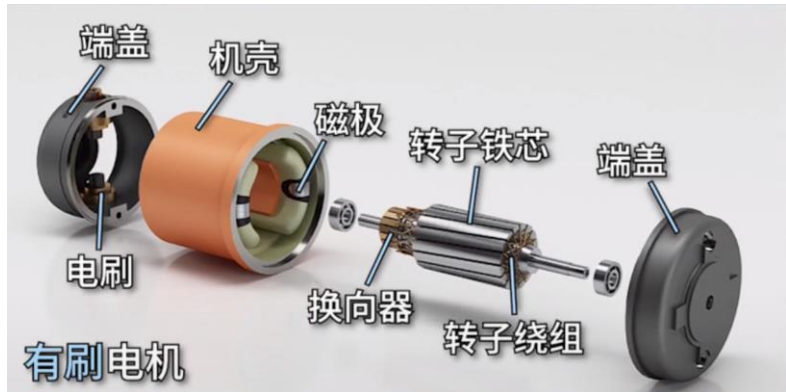


02 机器人运动的“心脏”，对运动精度起决定作用

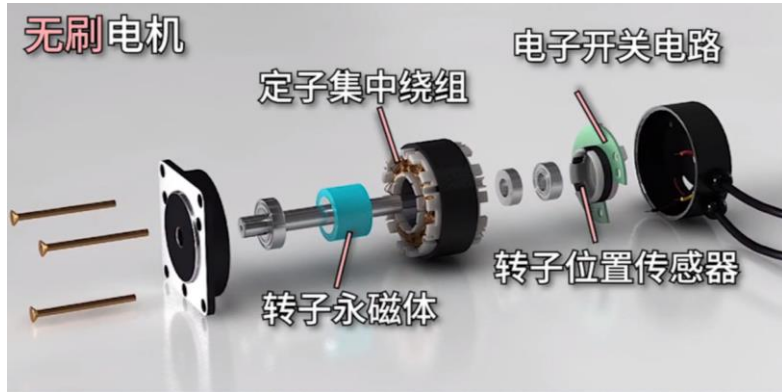
2.4 机器人常用电机——直流电机、伺服电机、步进电机

- 机器人常用的电机包含三种类型：直流电机、伺服电机、步进电机。据藤尺电机官微、中国机器人网等，
- 1) **直流电机**：包括有刷直流电机和无刷直流电机。据藤尺电机官微，①**有刷直流电机**，是原始的直流电机技术，结构最简单、成本也最低。由于电刷与转子间的接触，电机转子的转动会切换（换向）绕在转子上的绕组磁场。电机的速度是施加电压的函数，因此驱动要求不高，但管理扭矩却很难。由于电刷磨损、需要清理维护，以及可能会成为电子噪声源(电磁干扰)等因素，工作时也存在可靠性问题。由于这些问题的存在，大多数情况下，有刷直流电机成为机器人设计中最不具有吸引力的选择；②**无刷直流电机**，是较为新型的电机，无刷直流电机的优势体现在两方面的发展：第一是采用了坚固、体积小、低成本的永磁体；第二是使用体积小效率高的电子开关来切换流向绕组的电流。“电子换向”取代了有刷电机的机械换向来控制磁场的切换，周围固定的切换线圈与旋转芯上的磁铁间的相互作用取代了有刷电机的机械换向，即利用了磁场与电场之间的相互作用。另外，相对于有刷电机，其电机控制器能更好地控制电机性能。与有刷电机相比，无刷直流电机虽然需要更复杂的控制电路但却可以表现出更优的性能。通常无刷直流电机需要配备一个位置反馈传感器，比如霍尔效应传感器、光学编码器，或者反电动势检测器件。

图表：有刷电机模型



图表：无刷电机模型

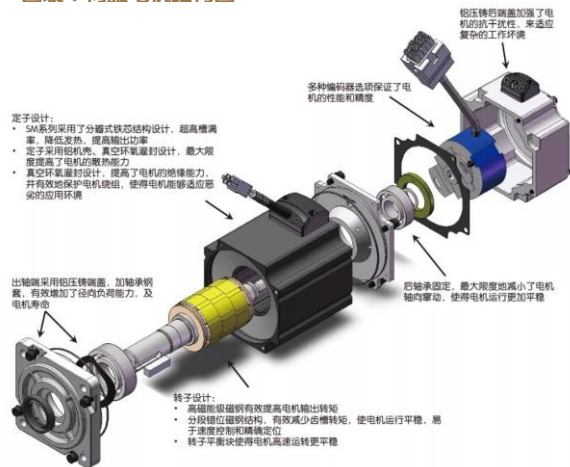


02 机器人运动的“心脏”，对运动精度起决定作用

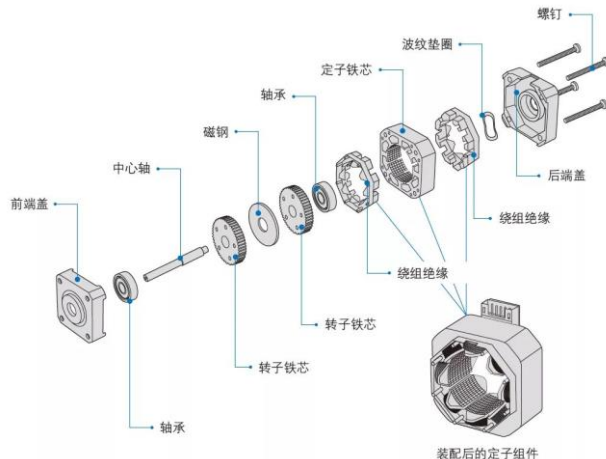
2.4 机器人常用电机——直流电机、伺服电机、步进电机

- 2) **伺服电机**：据中国机器人网，伺服电机又称执行电动机，在自动控制系统中，用作执行元件，把所收到的电信号转换成电动机轴上的角位移或角速度输出。分为直流和交流伺服电动机两大类，其主要特点是，当信号电压为零时无自转现象，转速随着转矩的增加而匀速下降。伺服电机接收到1个脉冲，就会旋转1个脉冲对应的角度，从而实现位移，因为，伺服电机本身具备发出脉冲的功能，所以伺服电机每旋转一个角度，都会发出对应数量的脉冲，这样，和伺服电机接受的脉冲形成了闭环，系统就会知道发了多少脉冲给伺服电机，同时又收了多少脉冲回来，这样，就能够很精确的控制电机的转动，从而实现精确的定位。
- 3) **步进电机**：步进电机是将电脉冲信号转变为角位移或线位移的开环控制元件。步进电机作为控制用的特种电机，是将电脉冲转化为角位移的执行机构。当步进驱动器接收到一个脉冲信号，它就驱动步进电机按设定的方向转动一个固定的角度（称为“步距角”），它的旋转是以固定的步进角度一步一步运行的。

图表：伺服电机结构图



图表：步进电机结构图

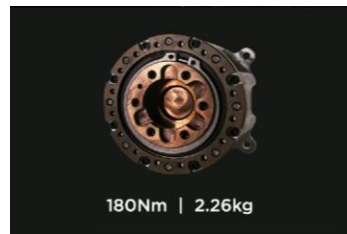
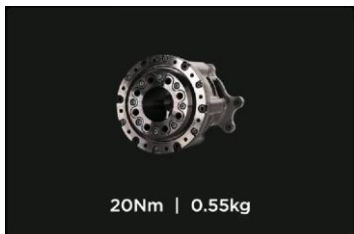


02 机器人运动的“心脏”，对运动精度起决定作用

2.5 特斯拉人形机器人内置3种线性执行器及3种旋转执行器，全身28个关节

- **Optimus共有28个执行器，线性及旋转各14个。**对于双足人形机器人而言，要完成基本行走与抓取等常规动作，通常需要30~40台直流伺服电机。同时伺服电机还需要满足体积小，高爆发、高功率以及高密度等特点。特斯拉Optimus（擎天柱）内置3种线性执行器及3种旋转执行器。其中线性执行器14个，主要包括无框力矩电机+行星滚柱丝杠；旋转执行器14个，主要包括无框力矩电机+谐波减速器，合计共有28个运动关节执行器。
- **28个执行器分布于肩、肘、腕、躯干、髋、膝、踝等部位。**根据2022特斯拉AI day的展示，28个执行器分布在：①肩部6个（旋转×6）；②肘部2个（直线×2）；③腕部6个（旋转×2+直线×4）；④躯干2个（旋转×2）；⑤髋部6个（旋转×4+直线×2）；⑥膝部2个（直线×2）；⑦踝部4个（直线×4）。

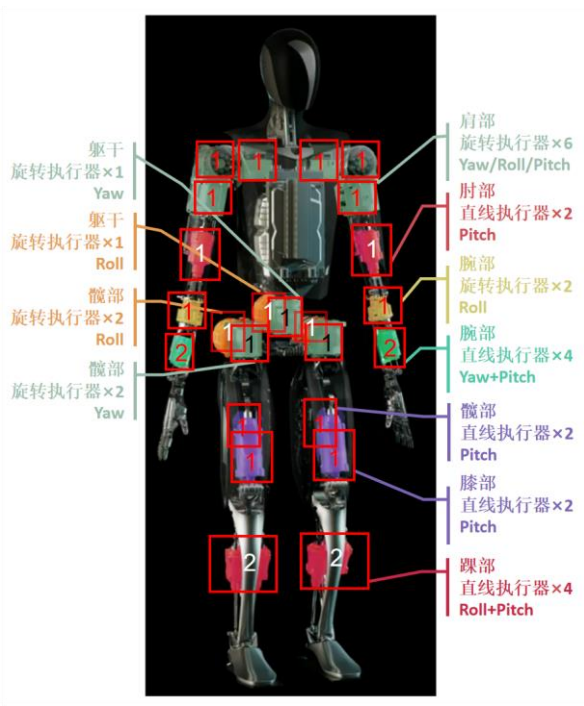
图表：Optimus人形机器人3种旋转执行器及3线性种执行器展示



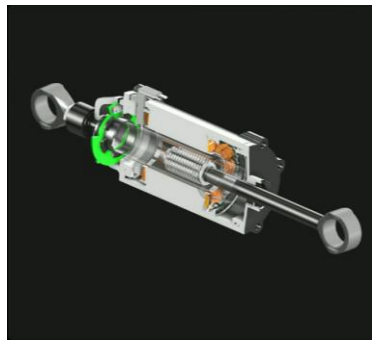
02 机器人运动的“心脏”，对运动精度起决定作用

2.5 特斯拉人形机器人内置3种线性执行器及3种旋转执行器，全身28个关节

图表：特斯拉人形机器人全身关节分部



图表：旋转执行器与线性执行器内部结构

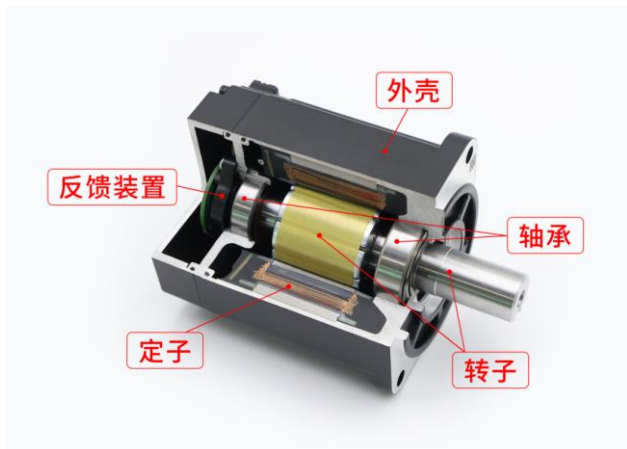


02 机器人运动的“心脏”，对运动精度起决定作用

2.6 无框力矩电机体积小、便于集成，适用于机器人关节环境

- **无框力矩电机属于伺服电机，质量轻、体积小、便于集成。**无框力矩电机属于伺服电机的一种，是由一组转子和定子组成的部件，是构成电机的永磁体和电磁体。相对于传统的伺服电机，无框力矩电机没有确定的固定单元，可以自由地适配不同客户的外壳、轴承以及反馈装置等部件的集成安装，具有整体质量更轻、体积更小、运动响应更快及能效高等特点，被广泛应用于汽车、航空航天、机器人、医疗器械、半导体等领域。
- **配置灵活，安装方便，适用于机器人关节。**无框力矩电机没有机壳，只有定子和转子2个部件，转子通常是内部部件，由带永磁体的旋转钢圆环组件构成，直接安装在机器轴上。定子是外部部件，包含有齿钢叠片，外面包裹着能产生电磁力的铜绕组。定子紧凑地安装在机器外壳的主体内。相较于有框电机，无框电机配置灵活，安装方便，着眼于目前驱动系统的高度集成化趋势，无框电机更贴合工程师的目标期望；工程师无需像传统设计那样考虑电机接口，只需要在系统设计中给予电机相当小的空间位置预留即可，可以最大限度的缩小驱动系统中动力输出单元的空间占用，以此来达到更高的系统集成。

图表：传统伺服电机示意图



图表：应用于机器人中的无框力矩电机

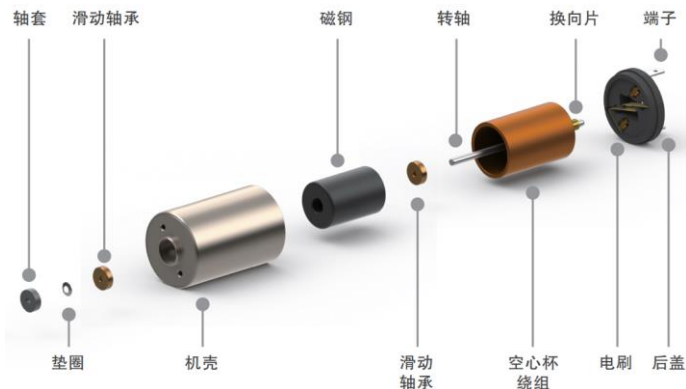


02 机器人运动的“心脏”，对运动精度起决定作用

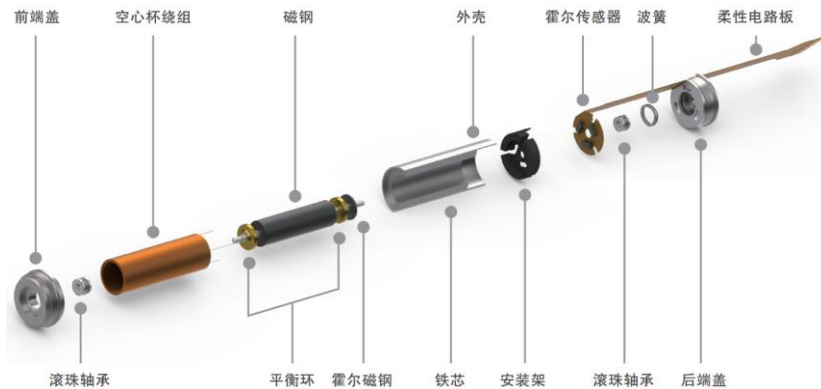
2.7 空心杯电机是灵巧手关键部件，具有良好的节能效果、动力性能及控制性能

- **人形机器人手指空间狭小，空心杯电机是关键零部件。**空心杯电机是人形机器人灵巧手的关键零部件。对于人形机器人而言，其手指空间狭小，因而人形机器人手指关节需配备更多小型化且能够输出较大力的电机，属于直流永磁伺服电动机的空心杯电机完美契合人形机器人对应手指关节轻量化、高精度等需求。目前以特斯拉为代表的着力于人形机器人量产化的企业主要采用了空心杯电机方案。
- **效率高、转速快、响应快，空心杯电机具有良好的节能效果、动力性能及控制性能。**空心杯电机在结构上突破传统电机的转子结构形式，采用了无铁芯转子，也叫空心杯型转子，这种新颖的转子结构彻底消除了因铁芯形成涡流而造成的电能损耗。同时空心杯电机重量和转动惯量大幅降低，从而减少转子自身的机械能损耗。由于转子结构变化而使电机的运转特性得到极大改善，不但具有突出的节能特点，更为重要的是具备了铁芯电机所无法达到的控制和拖动特性。空心杯电机为微特电机，具有突出的节能特性、灵敏方便的控制特性和稳定的运行特性，技术优势明显。作为高效率的能量转换装置，在很多领域代表了电动机的发展方向。

图表：有刷空心杯电机结构图（转子无铁芯）



图表：无刷空心杯（无齿槽）电机结构图（定子无铁芯）

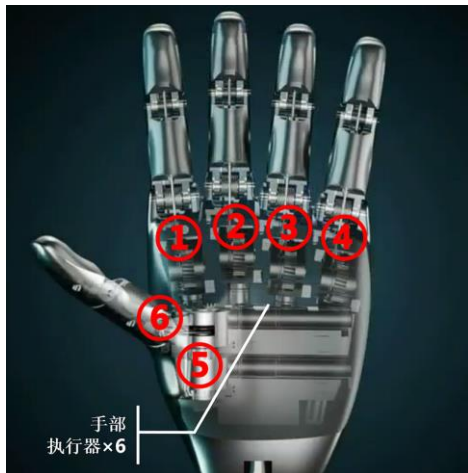


02 机器人运动的“心脏”，对运动精度起决定作用

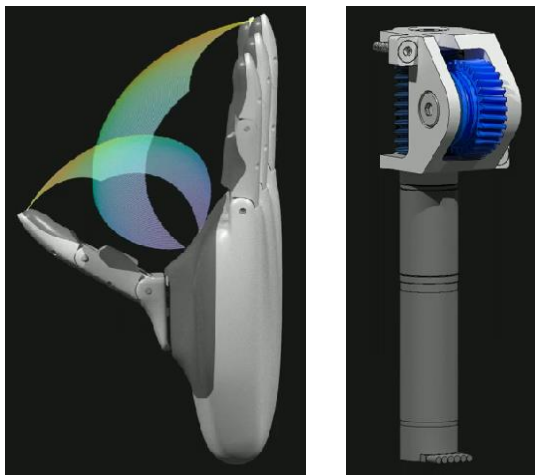
2.8 特斯拉人形机器人手部构造

- 特斯拉Optimus手部设计参数：
- 单手6个执行器、11个自由度、自动适应抓取物体、无法逆向驱动手指。
- 特斯拉Optimus手部性能：
- 携带一个20磅的袋子、可以使用工具、对小零件进行精确抓握。

图表：特斯拉Optimus灵巧手执行器示意图



图表：特斯拉Optimus灵巧手及抓握传动装置



03

产业化进程加速，电机有望迎来广阔空间

03 产业化进程加速，电机有望迎来广阔空间

3.1 AI助力+政策支持，人形机器人有望迎来历史性发展机遇

- **多地发布支持政策，人形机器人有望迎来历史性发展机遇。**近期多地发布政策支持人形机器人的发展，6月北京市人民政府办公厅印发《北京市机器人产业创新发展行动方案（2023-2025年）》提出，着眼世界前沿技术和未来战略需求，加紧布局人形机器人，带动医疗健康、协作、特种、物流四类优势机器人产品跃升发展，实施百项机器人新品工程，打造智能驱动、产研一体、开放领先的创新产品体系。上海、深圳、山东等地今年以来也都发布了关于人形机器人的支持政策，人形机器人在工业、医疗、家庭服务等领域具有巨大应用空间，随着各项重磅政策接踵而至，人形机器人产业链或迎来历史性发展机遇。
- **具身智能时代开启，AI助力人形机器人向前迈进。**人形机器人作为通用机器人的代表和具身智能的优秀载体，一方面正在受益于通用人工智能的发展，另一方面，也以“具身智能”成为AI与物理世界的接口，和下一代通用人工智能的终端平台。AI大模型在机器人任务中主要扮演了推理决策的角色，将人类给出的自然语言指令拆解为机器人可执行的步骤。多模态的AI大模型补全了机器人核心的推理决策能力，有望助力人形机器人走向通用之路。

图表：人形机器人部分产业政策

文件名称	发布时间	主要内容
国务院新闻办就“加快推进新型工业化做强做优做大实体经济”举行发布会	2023.3	“将研究制定未来产业发展行动计划，加快布局人形机器人、元宇宙、量子科技等前沿领域，全面推进6G技术研发”
《山东省制造业创新能力提升三年行动计划（2023—2025年）》	2023.4	专注于人形机器人、元宇宙、量子科技、未来网络、碳基半导体、类脑计算、深海极地、基因技术、深海空天开发等前沿领域，并积极推进6G技术的研发和应用
《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）》	2023.5	计划聚焦通用大模型、智能算力芯片、智能传感器、智能机器人、智能网联汽车等领域，实施人工智能科技重大专项扶持计划。该计划重点支持基于国内外芯片和算法的开源通用大模型的打造，支持重点企业持续研发和迭代商用通用大模型，并且将开展通用型具身智能机器人的研发和应用。
《北京市机器人产业创新发展行动方案（2023—2025年）》	2023.6	充分发挥人工智能融合创新优势，加快布局人形机器人整机领域。北京市将按照工程化思路，对标国际领先机器人产品，布局北京人形机器人整机及相关核心产品，并组建北京市人形机器人产业创新中心，争创国家级制造业创新中心。
《上海市推动制造业高质量发展三年行动计划（2023-2025年）》	2023.6	瞄准人工智能技术前沿，构建通用大模型，面向垂直领域发展产业生态，建设国际算法创新基地，加快人形机器人创新发展
《工业和信息化部办公厅关于组织开展2023年未来产业创新任务揭榜挂帅工作的通知》	2023.8	面向元宇宙、人形机器人、脑机接口、通用人工智能4个重点方向，聚焦核心基础、重点产品、公共支撑、示范应用等创新任务，发掘培育一批掌握关键核心技术、具备较强创新能力的优势单位，突破一批标志性技术产品，加速新技术、新产品落地应用
《新产业标准化领航工程实施方案（2023—2035年）》	2023.8	未来产业聚焦元宇宙、脑机接口、量子信息、人形机器人、生成式人工智能、生物制造、未来显示、未来网络、新型储能等9大领域
《人形机器人创新发展指导意见》	2023.11	确定到2025年、2027年的工作目标，部署5方面任务：在关键技术突破方面，打造人形机器人“大脑”和“小脑”、突破“肢体”关键技术、健全技术创新体系。在产品培育方面，打造整机产品、夯实基础部件、推动软件创新。在场景拓展方面，服务特种领域需求、打造制造业典型场景、加快民生及重点行业推广。在生态营造方面，培育优质企业、完善创新载体和开源环境、推动产业集聚发展。在支撑能力方面，健全产业标准体系、提升检验检测和中试验证能力、加强安全治理能力。

图表：小鹏人形机器人PX5完成倒水动作



03 产业化进程加速，电机有望迎来广阔空间

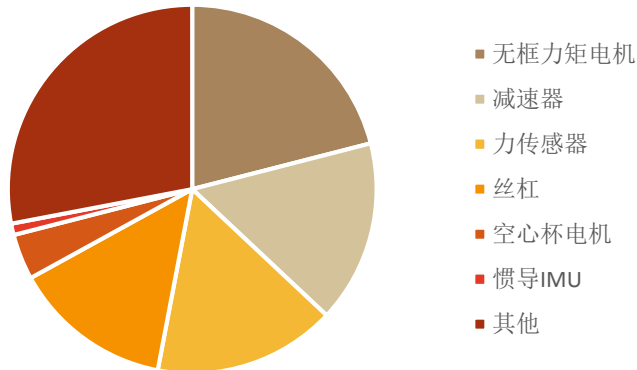
3.2 核心零部件是人形机器人产业链主要上游，电机成本占比较高

- **产业链包括上游零部件、中游本体及下游应用，相比常规机器人技术要求更高。**人形机器人产业链主要包括上游的核心零部件，例如无框力矩电机、空心杯电机、传感器、专用芯片等；中游为机器人本体制造，包括设计、制造、测试三大环节；下游为人形机器人应用领域，包括工业制造、仓储物流、医疗服务、商业服务、家庭使用等。从技术上来看，相较于常规机器人，人形机器人涉及学科广泛，技术更加复杂，对机械结构和执行器、控制系统、传感器、人工智能、人机交互、能源管理、机器视觉等核心技术都有着极高的要求。
- **核心零部件是人形机器人的重要支撑，电机在核心零部件中占比较高。**核心零部件供给是未来机器人产业规模化发展的重要支撑，人形机器人三大核心零部件包括减速器、伺服系统和控制器，成本合计占比超70%。根据前瞻网，以特斯拉Optimus为例，2023年人形机器人核心零部件价值量排名前三的是无框力矩电机、减速器和力传感器；到2030年，无框力矩电机价值量占比或将下降，力传感器、减速器价值量占比上升，且力传感器预计将超过减速器，排名第二，三者合计占比仍将超过50%。目前在Optimus人形机器人核心零部件中，电机价值量合计占比约25%。

图表：人形机器人产业链示意图



图表：Optimus人形机器人核心零部件价值量占比

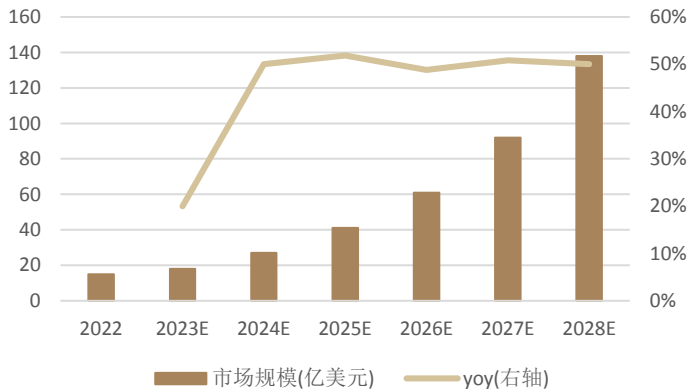


03 产业化进程加速，电机有望迎来广阔空间

3.3 人形机器人需求有望超汽车，百万台出货假设下电机增量市场近千亿

- **人形机器人需求有望超汽车，远期全球市场空间或超万亿。**考虑到成本价格、空间体积以及功能场景等方面，人形机器人相对汽车硬件成本构成方面更低，应用场景更丰富，预估其成熟阶段年出货量规模将大于汽车。同时由于价格高出电脑一至两个数量级，且对空间要求更高，其市场数量规模和渗透速度可能低于电脑，但市场价值规模会远大于电脑。根据中国汽研政研咨询中心，2022年全球汽车销量约8163万辆；此外马斯克在2023年特斯拉股东大会上曾表示，人形机器人Optimus未来可能的市场需求在100亿台，且达到预计数百万量产规模后，机器人每台售价会大大低于汽车，预计低于2万美元。若机器人销量达到2022年汽车销量，人形机器人全球市场空间或将超过1.6万亿美元。
- **人形机器人百万台出货量假设下，电机增量市场接近千亿。**根据中商产业研究院，2022年全球人形机器人市场规模达到15亿美元。人形机器人在全球范围内处于高速发展阶段，未来市场增长潜力巨大，到2028年人形机器人市场规模将增至138亿美元，5年内年均复合增长率达50.29%。假设未来10年全球人形机器人出货量达到500万台，无框电机单价2500元、空心杯电机单价1300元，则10年后人形机器人带来的无框电机增量市场有望为3500亿元，空心杯电机增量市场有望为780亿元，合计4280亿元市场空间。

图表：全球人形机器人市场规模预测



图表：人形机器人电机市场空间测算

	未来3~5年	未来5~7年	未来7~10年
人形机器人出货量（万台）	30	100	500
单台机器人无框电机需求（个）	28	28	28
人形机器人无框电机总需求（万个）	840	2800	14000
无框电机单价（元）	3000	2800	2500
人形机器人无框电机市场空间（亿元）	252	784	3500
单台空心杯电机需求（个）	12	12	12
人形机器人空心杯电机总需求（万个）	360	1200	6000
空心杯电机单价（元）	1500	1400	1300
人形机器人空心杯电机市场空间（亿元）	54	168	780
人形机器人电机空间合计（亿元）	306	952	4280

04

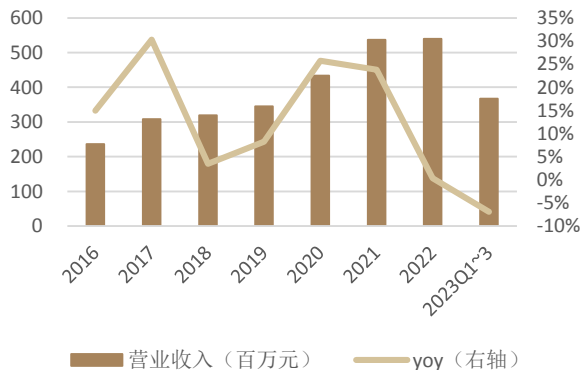
建议关注

04 建议关注

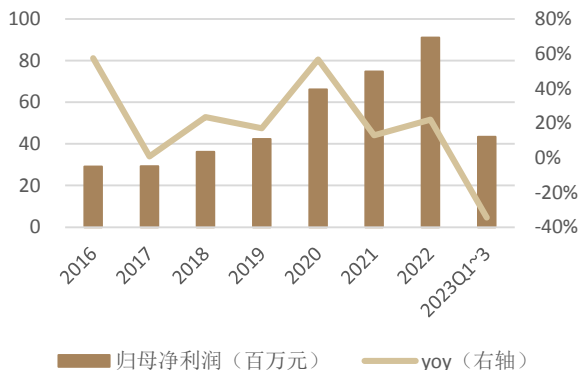
4.1 步科股份

- **专注于工业自动化设备控制核心部件与工业物联网/互联网软硬件，产品下游应用广泛。**上海步科自动化股份有限公司一直专注于工业自动化设备控制核心部件与工业物联网/互联网软硬件的研发、生产、销售以及相关技术服务，并为客户提供设备自动化控制、数字化工厂及工业互联网解决方案，是中国为数不多的机器自动化与工厂智能化解决方案供应商。公司的自动化设备控制核心部件主要包括工业人机界面、伺服系统、步进系统、可编程逻辑控制器、变频器等，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。
- **第三代无框电机首创无框灌封工艺，和各个机器人厂家积极扩展合作。**步科从2016年开始深耕无框电机，目前已经开发到第三代，首创无框灌封工艺，提供型号完备的低压力矩电机解决方案，专为需求体积小、质量轻、惯量低、结构紧凑、功率高的应用场合而设计，在严格的体积要求下可以输出足够大的力矩，可以实现机械臂的中空走线的紧凑设计，为各种关节机器人带来更好的灵敏性。目前国内机器人客户基本是以采购国产无框力矩电机为主，公司在机器人板块布局较早，目前正在积极扩展和各个机器人厂家的合作。

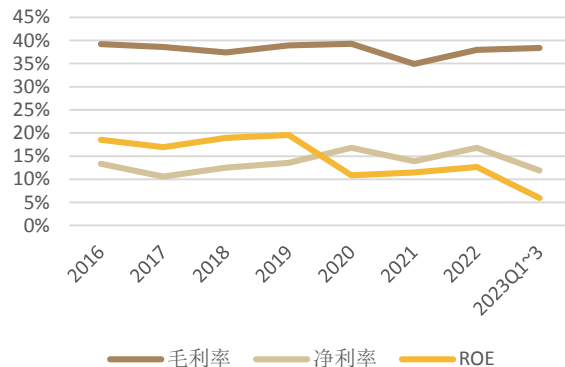
图表：公司近年来营收及增速情况



图表：公司近年来归母净利润及增速情况



图表：公司近年来毛利率、净利率及ROE情况

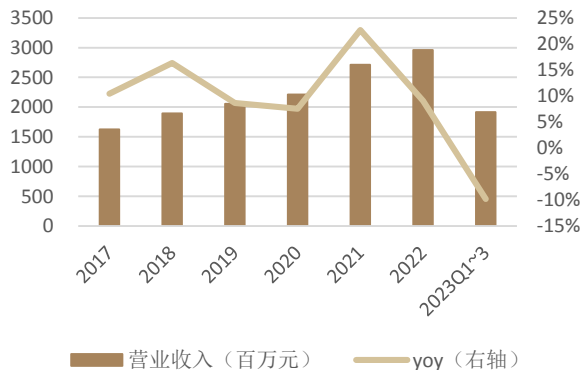


04 建议关注

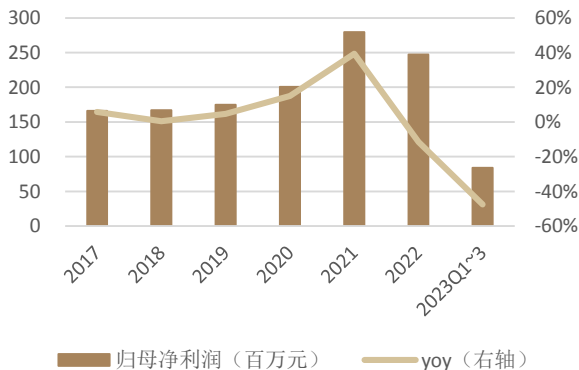
4.2 鸣志电器

- **成立至今近30年，全球控制电机系统的综合提供商和主要生产商。**鸣志成立于1994年，是一家运动控制领域综合制造商，成立以来公司始终秉持对专业应用技术和国际化科学管理手段的追求。从工厂自动化专业部件到智能LED照明驱动器，从大型工厂设备的智能管理系统到汽车通信设备的控制执行机构，公司致力为客户提供各种解决方案，不断追求创新和高品质，是全球控制电机系统的综合提供商和主要生产商。
- **空心杯电机技术在全球居于前列，已向人形机器人头部客户提交全套技术方案及样机。**经过多年发展，公司在控制电机及其驱动系统产品领域已实现了规模效应，在混合式步进电机技术和业务领域已跻身为世界主要供应商，品牌优势和市场优势明显，直流无刷电机、交流伺服电机、空心杯电机技术在全球居于前列水平。在人形机器人应用领域公司专注于手掌模组及指模所用的控制电机模组的研发和制造，已获得了该领域头部企业的关注以及合作意向。公司目前已经向该领域头部客户提交了全套技术方案及样机，供客户作可靠性及实际应用的测试验证。

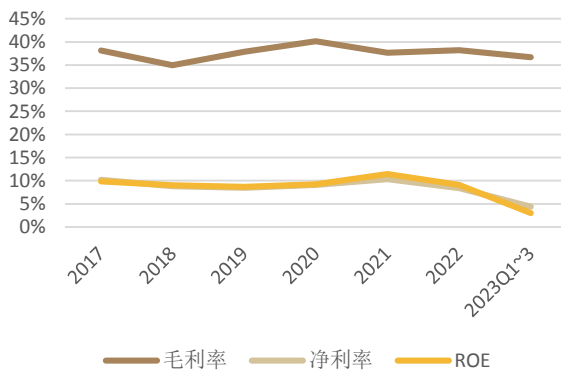
图表：公司近年来营收及增速情况



图表：公司近年来归母净利润及增速情况



图表：公司近年来毛利率、净利率及ROE情况

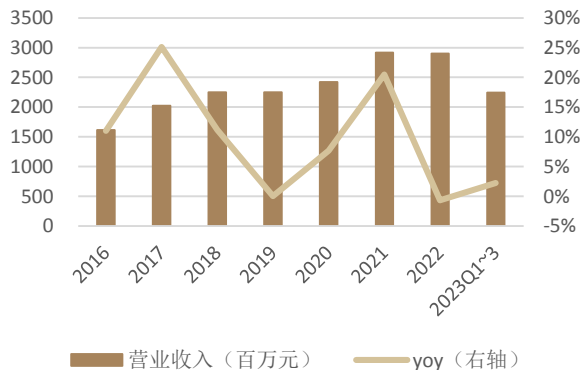


04 建议关注

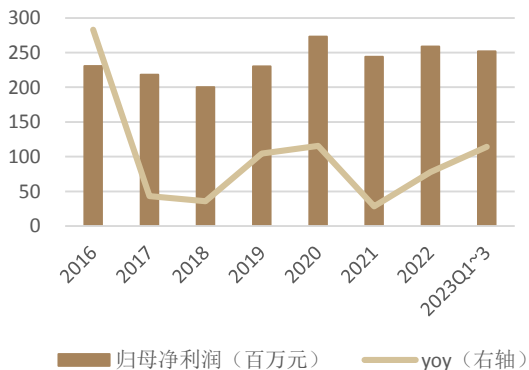
4.3 江苏雷利

- **具有广泛影响力的微电机生产企业，年电机出货量超2亿台。**江苏雷利是一家具有广泛影响力的微电机产品研发设计、生产制造型上市企业，年电机出货量超2亿台。已经形成以微型步进电机、同步电机、直流有刷电机、直流无刷电机、微型水泵等多种电机产品为主导，配套相关精密结构、驱动控制设计和制造方案解决的综合业务能力。目前雷利的产品在家用电器行业已经具有较高的影响力，并持续推进在汽车零部件、工业、运动健康等多领域的协调发展。
- **空心杯电机等产品可用于人形机器人，部分产品在样品测试阶段已得到客户认可。**公司的滑动丝杆、行星滚柱丝杆、空心杯电机、精密齿轮箱等产品可以用于人形机器人，目前公司与多个机器人厂家有序接洽中，部分产品在样品测试阶段已得到客户认可。公司相关产品的产能充足，可满足主机厂的需求，在工艺、管理等方面实施多种降本措施，部分产品已实现成本突破。公司机器人业务的核心优势包括高性价比、快速响应能力等。公司在高度定制化的基础上，具备高效的批量生产能力，产品竞争力强。机器人行业进入规模化发展阶段后，市场空间巨大，公司作为专业厂家，产品优势显著，有望持续提升市场份额。

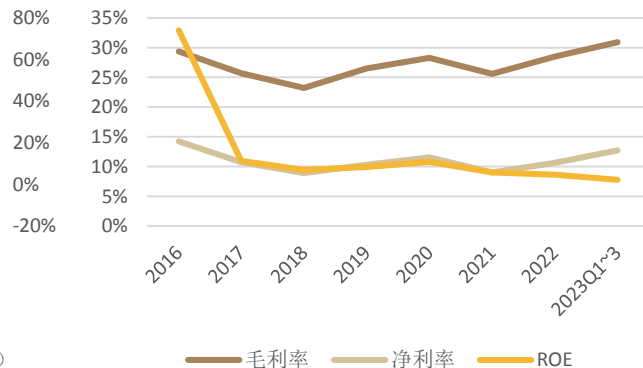
图表：公司近年来营收及增速情况



图表：公司近年来归母净利润及增速情况



图表：公司近年来毛利率、净利率及ROE情况

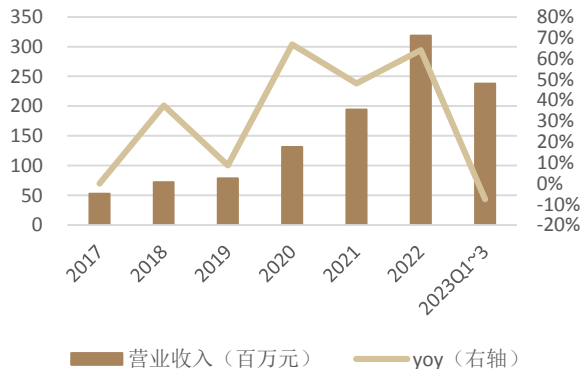


04 建议关注

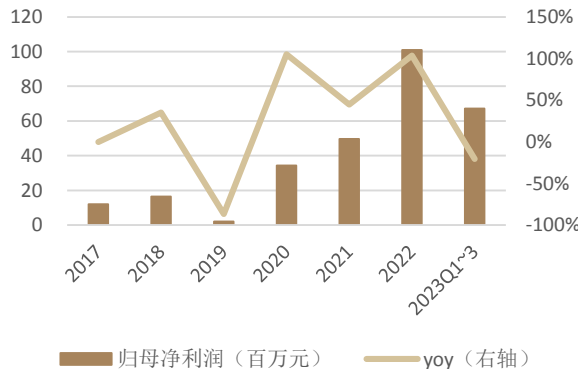
4.4 鼎智科技

- **专注于直线丝杆步进电机，产品在医疗器械及工业自动化领域得到广泛应用。**江苏鼎智智能控制科技股份有限公司，位于江苏省常州市，公司是以微特电机为主要构成的定制化精密运动控制解决方案提供商，主要从事线性执行器、混合式步进电机、直流电机、音圈电机及其组件等产品的设计、研发、生产和销售。自2008年成立以来，鼎智专注于直线丝杆步进电机，同时不断提升成为市场领域内精密直线运动系统专家。通过多年生产制造与服务经验的积累，公司现已具备集产品研发设计、样品打样制造、核心部件自制、柔性精密生产、产品检验检测一体化的服务能力，产品在医疗器械及工业自动化领域得到广泛应用。
- **与母公司错位协同发展，线性执行器为行业领先产品。**公司母公司为江苏雷利，在业务协同与分工方面，公司定位于定制化小型化，母公司江苏雷利定位于批量化。公司与母公司江苏雷利已签同业竞争协议，约定互相协同，同一细分领域提前协调规划产品分布。公司多项产品在行业内具有较强竞争力，其中线性执行器为行业领先产品。公司今年新推出DSM系列简易模组，采用鼎智高精度丝杆步进电机，结合H级及以上滑轨组成，最大程度精简结构设计，体积小，维修方便，在机器人领域越来越受欢迎。

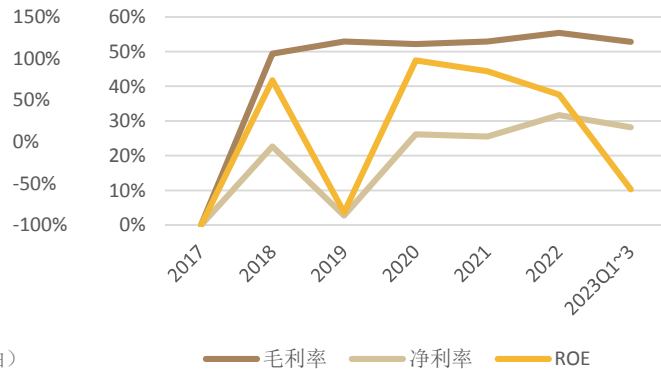
图表：公司近年来营收及增速情况



图表：公司近年来归母净利润及增速情况



图表：公司近年来毛利率、净利率及ROE情况

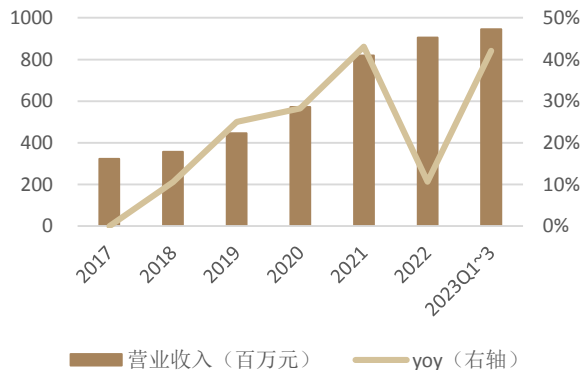


04 建议关注

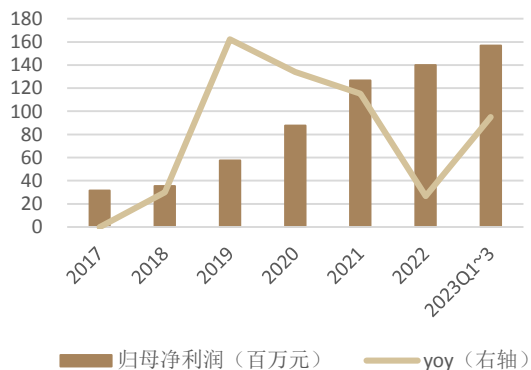
4.5 伟创电气

- **国内工控行业重要供应商，紧跟时代发展趋势向机器人、新能源、医疗等新兴领域延伸。**伟创电气自成立以来始终专注于电气传动和工业控制领域，是国内工控行业重要的供应商之一。公司的产品种类丰富，包括变频器、伺服系统以及控制系统等。产品应用广泛，在机床、光伏扬水、纺织、重工、高效能源、印刷包装、石油石化、液压传动、矿山等行业均拥有成熟的应用案例，以场景化解决方案助力制造业数智化转型升级。同时，公司紧跟时代发展趋势，向机器人、新能源、医疗等新兴领域延伸，研制了空心杯电机、无框电机、光伏储能逆变器、手术动力系统等产品，为高景气度行业深度赋能。
- **2022年成立机器人行业部，提供低压伺服、空心杯电机、特种无框力矩电机等核心部件。**2022年，公司成立机器人行业部，切入机器人产业链，目前主要是以机器人配套为主，主要面向移动类、协作类、服务类的机器人领域，提供低压伺服、空心杯电机、特种无框力矩电机等核心部件，产品能广泛应用于人形机器人、检测机器人、工业自动化机器人、航空、医疗设备、工业工具、仪器仪表、电子设备等领域。公司作为机器人行业的核心部件制造商，未来公司还将进一步推动自动化业务与机器人行业的深度融合。

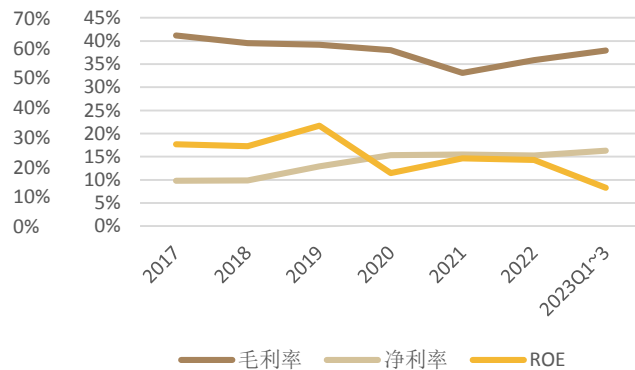
图表：公司近年来营收及增速情况



图表：公司近年来归母净利润及增速情况



图表：公司近年来毛利率、净利率及ROE情况

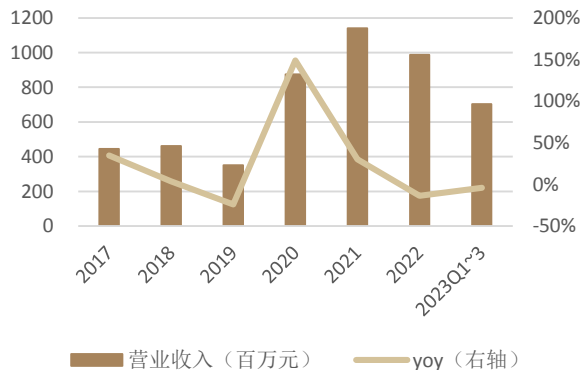


04 建议关注

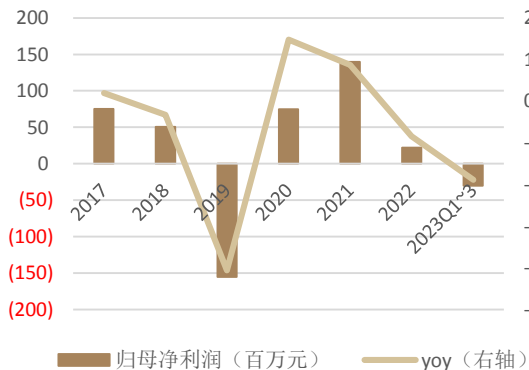
4.6 昊志机电

- **国内外主轴专业领域中研产销规模最大的企业之一，电主轴领域全球市场占有率第一。**广州市昊志机电股份有限公司成立于2006年，是一家专业从事中高端数控机床、机器人、新能源汽车核心功能部件等的研发设计、生产制造、销售与维修服务的国家高新技术企业。昊志机电秉承“立足自主技术创新、服务全球先进制造”的发展战略，逐步发展成为国内外主轴专业领域中研产销规模最大的企业之一，电主轴领域全球市场占有率第一，稳步向数控机床和工业机器人等高端装备的核心功能部件领域横向扩张，目前产品涵盖PCB钻孔机/成型机/划片机电主轴、数控金属/玻璃雕刻机电主轴、直线电机、谐波减速器、数控系统、伺服电机、驱动器、传感器等数十个系列上百种产品。
- **自主研发的DD电机用于机器人关节模组中，提供机器人关节动力来源。**凭借着丰富的技术积累和研发经验，公司从减速器开始，一步一步拓展机器人领域的产品，当前公司应用在机器人领域的产品包括谐波减速器、DD电机、低压伺服驱动、刹车机构、编码器、末端执行、力矩传感器等。公司应用在机器人领域的电机主要是DD电机，该产品主要用于机器人关节模组中，提供动力来源，是公司自主研发的产品。

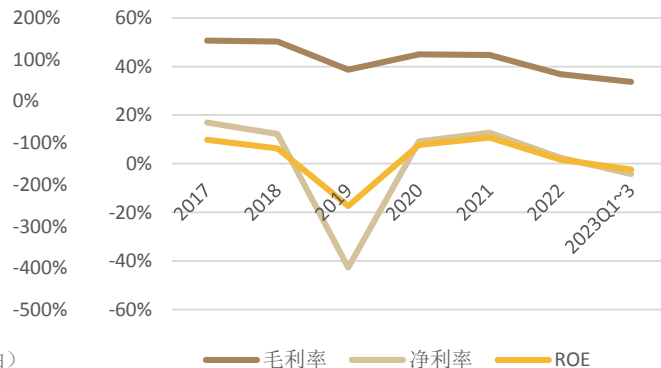
图表：公司近年来营收及增速情况



图表：公司近年来归母净利润及增速情况



图表：公司近年来毛利率、净利率及ROE情况

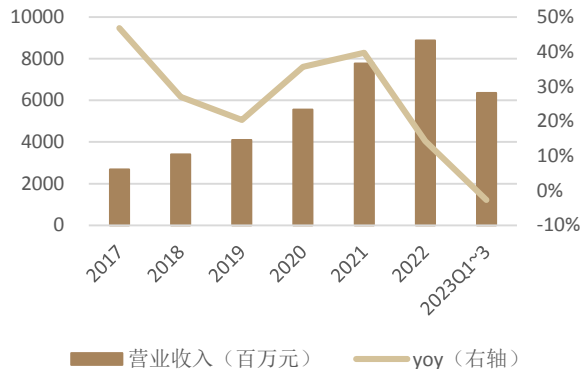


04 建议关注

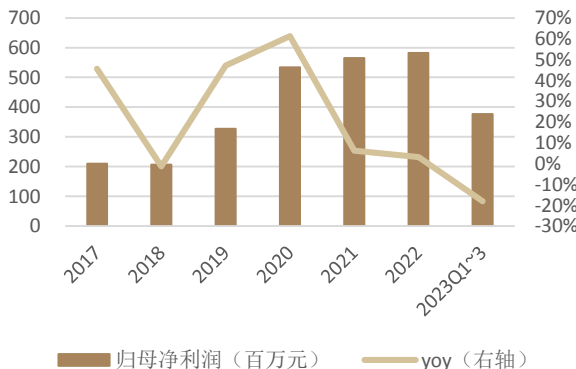
4.7 拓邦股份

- **1996年成立，全球领先的智能控制解决方案商。**深圳拓邦股份有限公司1996年成立于深圳，经过多年的高速发展，公司主营业务为智能控制系统解决方案的研发、生产和销售，即以电控、电机、电池、电源、物联网平台的“四电一网”技术为核心，面向家电、工具、新能源、工业和智能解决方案等行业提供各种定制化解决方案。公司是全球领先的智能控制解决方案商，是家电和工具行业智能控制解决方案的领导者，是新能源、工业和智能解决方案的创新引领者。
- **空心杯电机已在电动夹爪、骨科动力工具等领域批量应用，看好人形机器人带来的增量机会。**公司电机业务从2007年开始布局，目前公司电机及驱动产品类型包括空心杯电机、直流无刷电机及伺服、步进系统。具备电机本体+驱动/控制一体化的解决方案的能力。公司的空心杯电机产品已经在智能制造的电动夹爪、医疗健康骨科动力工具、智能跟随的高尔夫球包车等领域实现批量应用。空心杯电机是小功率段功率密度最大的电机，具备能量转换利用率高、低转动惯量、运行平稳、无抖动、定位精度高等产品特点。机器人应用是公司很看好的应用方向，相比原有机器人应用，人形机器人综合了AI、机器视觉等先进技术，未来随着支持政策落地及产业加速发展，对核心部件需求将随着提升。

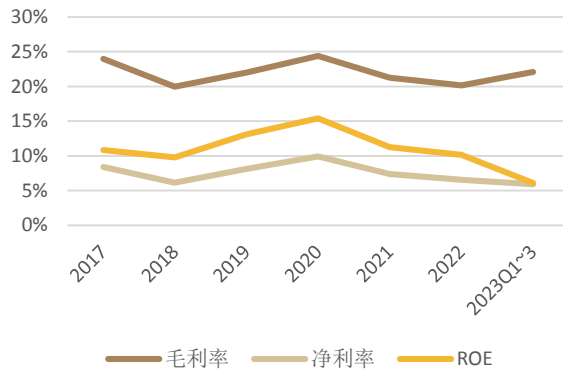
图表：公司近年来营收及增速情况



图表：公司近年来归母净利润及增速情况



图表：公司近年来毛利率、净利率及ROE情况

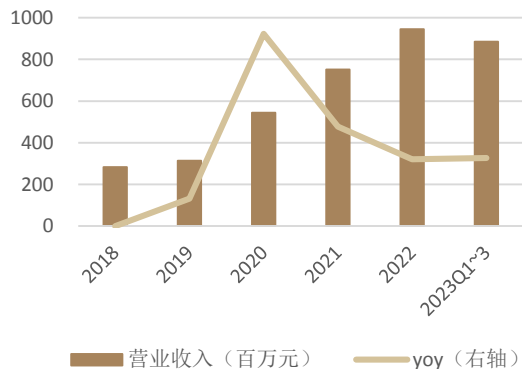


04 建议关注

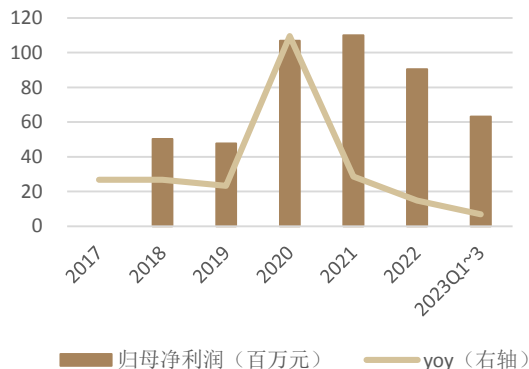
4.8 禾川科技

- **专注于工业自动化产品，下游应用广泛。**浙江禾川科技股份有限公司成立于2011年11月，是一家专注于工业自动化产品的研发、制造、销售及应用集成，致力于为智慧工厂提供核心部件和系统集成解决方案的企业，产品广泛应用于光伏、3C、锂电、机器人、包装、纺织、物流、激光、CNC等领域。公司具备完整的自动化产品线，包括伺服系统、控制器（PLC）、视觉系统、编码器、变频器、触摸屏等，多年来深耕OEM市场，服务广大OEM客户厂商，获得了极佳的产品方案性能口碑，在光伏、3C、锂电与机器人等行业具备极高的占有率。
- **在机器人行业有产品和技术积累，未来将在无框力矩电机基础上开发组合式产品。**公司在机器人行业中已经有了一定的产品和技术积累，目前公司已经掌握光编、磁编、新型感编等三种编码器技术，其中中空编码器、微型编码器和高精度编码器已经转化成产品，尤其是磁编在市场上得到广泛应用。新型的感应编码器已完成产品化，并在多个场景进行应用，产品的稳定性和可靠性得到保证后，将会带来机器人关节的便利化。未来，公司将会在无框力矩电机的基础上开发组合式产品。

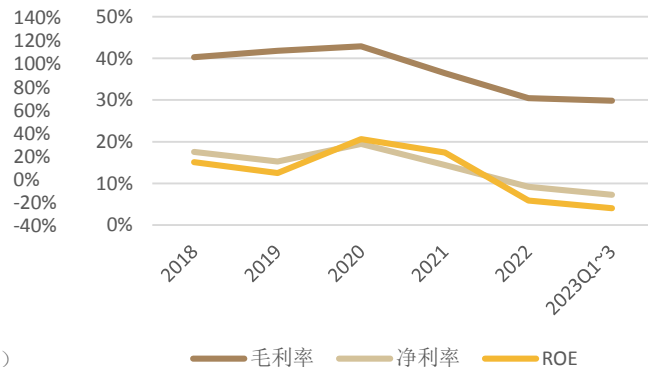
图表：公司近年来营收及增速情况



图表：公司近年来归母净利润及增速情况



图表：公司近年来毛利率、净利率及ROE情况

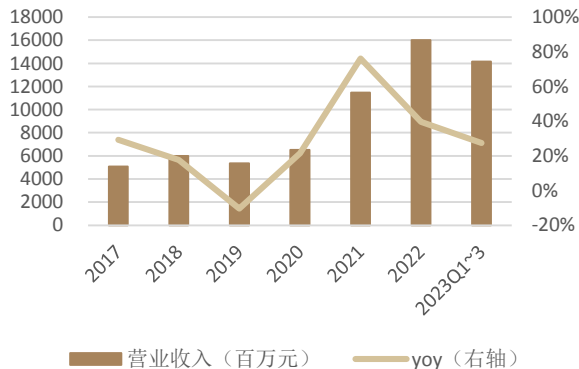


04 建议关注

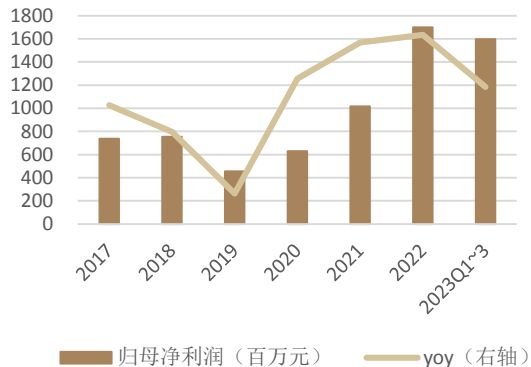
4.9 拓普集团

- **深耕行业40年，下游高端客户广泛。**宁波拓普集团股份有限公司是一家科技平台型汽车零部件企业，主要致力于汽车动力底盘系统、饰件系统、智能驾驶系统等领域的研发与制造。公司1983年创立，总部位于中国宁波，在汽车行业中专注笃行40年。集团设有动力底盘系统、饰件系统、域想智行和电驱四大事业部，主要生产减震系统、内外饰系统、车身轻量化、底盘系统、智能座舱部件、热管理系统、空气悬架系统、智能驾驶系统和执行器等产品。公司与国内外多家汽车制造商建立了良好的合作关系，已成为奥迪、宝马、斯特兰蒂斯、通用、吉利、福特、奔驰、大众、高合、理想、蔚来、小鹏、RIVIAN、LUCID等汽车制造商的全球合作伙伴。
- **机器人产品包括旋转、直线执行器，已多次向客户送样并获得认可及好评。**公司机器人产品为运动执行器，包括旋转执行器和直线执行器。公司在机器人执行器业务的核心优势包括：1、具备永磁伺服电机、无框电机等各类电机的自研能力；2、具备整合电机、减速机构、控制器的经验；3、具备精密机械加工能力；4、具备各类研发资源及测试资源的协同能力。故公司在该领域具备较强的竞争力，为公司获得较大市场份额提供保障。公司研发的机器人直线执行器和旋转执行器，已经多次向客户送样，获得客户认可及好评。

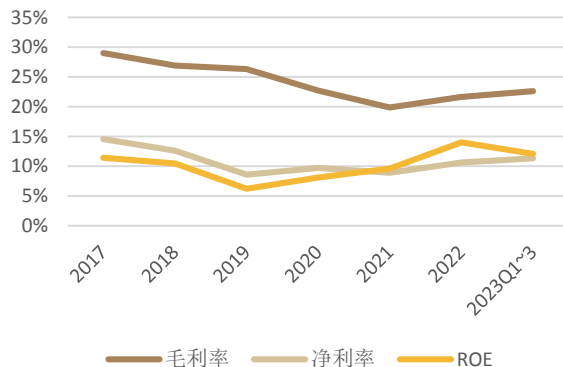
图表：公司近年来营收及增速情况



图表：公司近年来归母净利润及增速情况



图表：公司近年来毛利率、净利率及ROE情况





05 风险提示

风险提示

- （一）宏观经济变化的风险；
- （二）市场及政策风险；
- （三）行业竞争加剧风险；
- （四）人形机器人进展不及预期。

分析师与研究助理简介

俞能飞：德邦证券研究所智能制造组组长，机械设备首席分析师。厦门大学经济学硕士，曾于西部证券、华西证券、国泰君安等从事机械、中小盘研究。擅长挖掘底部、强预期差、高弹性标的研究。作为团队核心成员获得2016年水晶球机械行业第一名；2017年新财富、水晶球等中小市值第一名；2018年新财富中小市值第三名；2020年金牛奖机械行业最佳行业分析团队。

投资评级说明

	类别	评级	说明
1.投资等级的比较和评级标准： 以报告发布后的6个月内的市场表现为比较标准， 报告发布日后6个月内的公司股价（或行业指数） 的涨跌幅相对同期市场基准指数的涨跌幅；	股票投资评级	买入	相对强于市场表现20%以上；
		增持	相对强于市场表现5%~20%；
		中性	相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
		减持	相对弱于市场表现5%以下。
2.市场基准指数的比较标准： A股市场以上证综指或深证成指为基准；香港市 场以恒生指数为基准；美国市场以标普500或纳 斯达克综合指数为基准。	行业投资评级	优于大市	预期行业整体回报高于基准指数整体水平10%以上；
		中性	预期行业整体回报介于基准指数整体水平-10%与10%之间；
		弱于大市	预期行业整体回报低于基准指数整体水平10%以下。

分析师声明：本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，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，本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人对这些信息的准确性或完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考。本人过去不曾与、现在不与、未来也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接接收任何形式的补偿，分析结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

法律声明：

本报告仅供德邦证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。市场有风险，投资需谨慎。本报告所载的信息、材料及结论只提供特定客户作参考，不构成投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。在法律许可的情况下，德邦证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。本报告仅向特定客户传送，未经德邦证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。如欲引用或转载本文内容，务必联络德邦证券研究所并获得许可，并需注明出处为德邦证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。根据中国证监会核发的经营证券业务许可，德邦证券股份有限公司的经营范围包括证券投资咨询业务。



德邦证券
Topsperry Securities

德邦证券股份有限公司

地址：上海市中山东二路600号外滩金融中心N1幢9层

电话：+862168761616 传真：+862168767880

400-8888-128