

## 机械设备

2023年07月09日

# 人形机器人对控制系统实时性要求高，控制器用量大

——行业周报

投资评级：看好（维持）

孟鹏飞（分析师）

熊亚威（分析师）

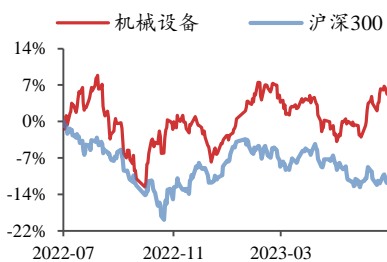
mengpengfei@kysec.cn

xiongyawei@kysec.cn

证书编号：S0790522060001

证书编号：S0790522080004

### 行业走势图



数据来源：聚源

### 相关研究报告

《人形机器人轴承需求大，交叉滚子轴承壁垒高——行业周报》-2023.7.2

《高精度传感器国产替代加速，关注力矩传感器与光栅编码器发展机遇——行业点评报告》-2023.6.26

《人形机器人为低压伺服、轴承开启第二成长曲线——行业周报》-2023.6.18

### ● 人形机器人对各个关节的运动控制需要主 CPU 和控制器的配合

运动控制是指对机械运动部件的位置、速度、方向等进行实时控制，使其按照预期的运动轨迹和规定的运动参数进行运动。控制器就是执行控制任务的核心部件，控制器厂商大多自主开发算法，外购芯片。通常一个完整的控制反馈闭环流程是：CPU 向控制器发送运动指令，控制器接收操作指令后进行运动轨迹规划，向驱动器发送控制信号（0 和 1）；驱动器将控制信号转变为电流和电压信号发送给电机；执行电机按所设定的力矩、速度、位置等指令信号完成相应的运动；测量反馈装置则将检测到的移动部件的实际位移量进行位置反馈，以纠正电机执行动作的偏差。动作指令完成后，控制器再向 CPU 发送一个结束的信号来结束这个运动指令。

### ● 人形机器人对控制系统实时性要求极高，控制器大量使用

在上述控制反馈系统中，驱动器和执行电机的用量比例是 1:1。传统 6 轴工业机器人的控制器和驱动器用量比例是 1:6，因时机器人机械手可能采用 1:3 或 1:6 的方案。对于包含 28 个一体化关节、12 个高灵敏度要求的手部关节，以及大量的传感器的特斯拉机器人来说，控制器（控制卡）用量将更大，原因主要为以下两点：第一，大量使用控制器保证所有算法都满足实时性的要求，所有的伺服关节同步运动，传感器的数据同步采集，算法的输入和输出都始终处于一个节拍，从而保证机器人的运动性能。第二，控制器作为上位机，开发人员可提前在每个控制器内预设关节运动算法，大脑直接调用，大大减缓运算压力、提高反馈速度，满足人形机器人对关节执行器低延迟的需求。我们假设人形机器人内控制器：驱动器用量为 1:1，按单个关节控制卡 400 元算，40 个关节单机价值 1.6 万元。

### ● 运动控制器算法开发、大规模量产能力强的供应商最受益

特斯拉机器人已拥有非常强的软件及算法优势（主要负责 CPU 内算法），落地进度取决于硬件产能建设以及规模化生产降本的程度。关节模组的关键设计由特斯拉完成，后续产能支持则由供应商配合，国产供应商受益。2023 年 6 月国内主要集成商三花智控发布 GDR 募资公告，拟投资 2.02 亿元整合控制器、编码器等资源建设机器人关节执行器项目，国产控制器厂商受益确定性进一步增强。我们认为具备以下三点特征的供应商优势大：第一，控制器领域龙头，卡位优势明显；第二，具备资金实力、配合度、大规模制造工艺能力和生产组织能力。第三，机器人控制器里的算法主要是四肢/手的运动控制算法，因此给机器人、智能家居、电动工具领域客户稳定供货的控制器厂商在算法开发上更具优势。

### ● 受益标的

拓邦股份（同时提供控制器和空心杯电机。控制器产品在电动工具、智能家居、工控领域占据重要份额）；雷赛智能；万讯自控（联营子公司视科普提供 3D 视觉+AI+机器人运动规划方案，此前已供货特斯拉车厂）；英威腾；海得控制。

● 风险提示：特斯拉人形机器人量产进度不及预期，硬件使用的种类、用量调整。

## 目 录

1、 人形机器人对控制系统实时性要求极高，控制器大量使用.....	3
2、 运动控制器算法开发、大规模量产能力强的供应商受益.....	5
2.1、 拓邦股份.....	5
2.2、 雷赛智能.....	6
2.3、 万讯自控.....	6
2.4、 英威腾.....	7
2.5、 海得控制.....	7
3、 风险提示.....	7

## 图表目录

图 1： 控制器的基本结构包括硬件、固件、算法.....	3
图 2： 通常一个完整的控制反馈闭环流程.....	3
图 3： 双足机器人关节执行器内包括控制器（控制板）.....	4
图 4： 单只 6 自由度的机器人机械手可能使用了 1 个或 2 个控制器.....	4
图 5： 2021 年拓邦股份在我国智能控制器市场的占有率排名第一.....	6
图 6： 雷赛智能产品布局.....	6
图 7： 2022 年，步进系统营收占比最高，达到 48%.....	6

## 1、人形机器人对控制系统实时性要求极高，控制器大量使用

运动控制是指对机械运动部件的位置、速度、方向等进行实时控制，使其按照预期的运动轨迹和规定的运动参数进行运动。控制器就是执行控制任务的核心部件。控制器厂商大多自研算法、外购芯片。

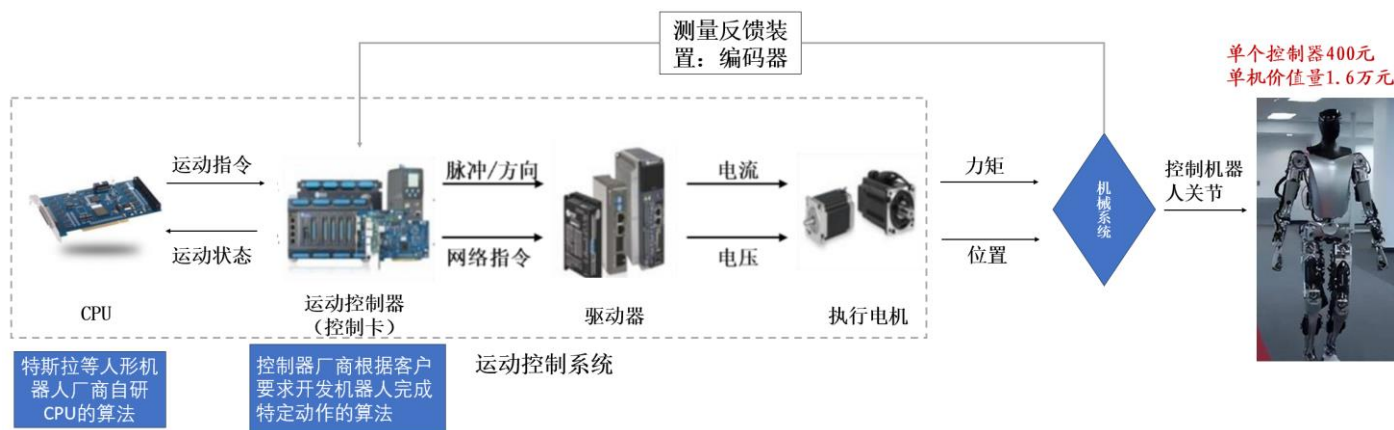
图1：控制器的基本结构包括硬件、固件、算法



资料来源：固高科技招股说明书

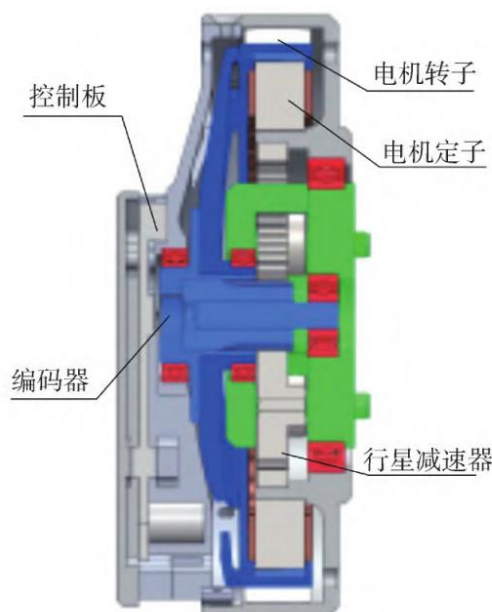
通常一个完整的控制反馈闭环流程是：CPU 向控制器发送运动指令，控制器接收操作指令后进行运动轨迹规划，向驱动器发送控制信号（0 和 1）；驱动器将控制信号转变为电流和电压信号；执行电机按所设定的力矩、速度、位置等指令信号完成相应的运动；测量反馈装置则将检测到的移动部件的实际位移量进行位置反馈，以纠正电机执行动作的偏差。动作指令完成后，控制器再向 CPU 发送一个动作结束的信号来结束这个运动指令。

图2：通常一个完整的控制反馈闭环流程



资料来源：雷赛智能招股书、开源证券研究所

图3：双足机器人关节执行器内包括控制器（控制板）



资料来源：《国内外双足人形机器人驱动器研究综述》，丁宏钰、石照耀等

在上述控制反馈系统中，驱动器和执行电机的用量是 1:1 的关系。传统 6 轴工业机器人是采用 1 台控制器控制 6 台驱动器的方案。对于更加复杂的系统来说，控制器与驱动器之间数量关系可能为 1:3 甚至 1:1。比如，因时机器人单只机械手内部装有 6 个小型伺服驱动器，控制器可能使用了 1 个或者 2 个。

图4：单只 6 自由度的机器人机械手可能使用了 1 个或 2 个控制器



资料来源：中国机器人网公众号

人形机器人对控制系统实时性要求极高，需要使用大量控制器。特斯拉机器人单机包括 28 个一体化的伺服驱动单元（身体关节）和 12 个高灵敏度要求的手部关节，以及大量的传感器。对于这样一个复杂系统来说，所有算法都需要满足实时性的要求，所有的伺服关节要同步运动，传感器的数据也要同步采集，保证算法的输入和输出都始终处于一个节拍，才能保证机器人的运动性能。因此，为保证同步性

必须使用大量控制器（控制板）。

使用大量控制器，并且在每台控制器内预设算法可大大缓减 CPU 运算压力。控制器作为上位机，开发人员可提前在每个控制器内预设关节运动算法，大脑直接调用即可，大大减缓运算压力，提高反馈速度。满足人形机器人对关节执行器低延迟的需求。

基于以上分析，我们假设人形机器人内控制器：驱动器为 1:1 的数量关系，按单个关节控制卡 400 元算，40 个关节单机价值量为 1.6 万元。

人形机器人对控制器的运算能力有一定要求。16 位或 32 位上位机计算性能更强、更能满足执行复杂动作的需求。进行数据处理时，单次存取、加工和传送的数据长度称为字，一个字通常由一个或多个字节构成。在 16 位的上位机中，一个字为两个字节，而 32 位上位机中，一个字是四个字节。32 位上位机单次操作处理实际位数比 16 位更多，计算性能更加强大，因此能执行更为复杂的任务。

## 2、运动控制器算法开发、大规模量产能力强的供应商受益

特斯拉机器人已拥有非常强的软件及算法优势，落地进度取决于硬件产能建设以及规模化生产降本的速度。特斯拉机器人关节模组采用的零部件种类和现有的机器人基本一致，没有从 0→1 的产品。关键设计由特斯拉完成，后续产能支持则由供应商配合。

国内重要集成商募资建设机器人执行器项目，整合控制器等资源，国产控制器厂商受益。三花智控在 2023 年 6 月发布的 GDR 募集资金使用可行性分析报告中称，公司拟投资 2.02 亿元建设机器人机电执行器研发项目。公司通过整合伺服电机、传动组件、编码器、控制器等零部件的资源，致力于设计出在功率密度和响应速度上都可以满足仿生机器人应用的产品，为仿生机器人整体提供性价比高的伺服机电执行器，助力仿生机器人产业化。

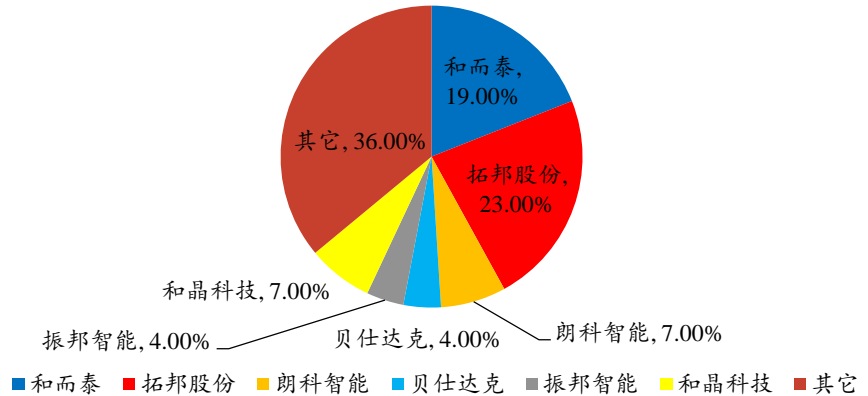
对于控制器厂商，我们认为具备以下三点特征的供应商优势大：第一，控制器领域龙头，卡位优势明显；第二，具备资金实力、配合度、大规模制造工艺能力和生产组织能力。第三，由于人形机器人控制器所需的算法主要是四肢/手的运动控制算法，因此过去给机器人、智能家居（如扫地机器人、自动开关窗帘等）、电动工具领域客户稳定供货的厂商在运动控制器的算法开发上更具备优势。

### 2.1、拓邦股份

公司是中国智能控制领域第一家上市公司。掌握电控、电机、电池三大核心技术，围绕控制器、电机（空心杯电机、无刷直流电机）、电芯三大产品为机器人、工具、家电等领域提供智能解决方案。

公司是国内智能控制器龙头，控制器产品在电动工具、家电、智能家居工控领域占据重要份额。根据观研天下数据，2021 年公司在国内智能控制市场占有率最高，为 23%。2022 年 11 月，公司在墨西哥蒙特雷的产线正式投产，将规划数十条 SMT 和 DIP 生产线，可快速承接新增产能需求。

图5：2021年拓邦股份在我国智能控制器市场的占有率排名第一



数据来源：观研天下、开源证券研究所

### 2.2、雷赛智能

**国内运动控制卡头部企业。**公司以步进驱动器和控制器起家。驱动器位于整个运控系统的中层，公司向上延伸拓展控制器，实现了多系列产品的量产，成长为国内领先的运动控制卡供应商；向下布局伺服电机、步进电机，向市场空间更大的伺服系统拓展。根据雷赛智能招股书，公司控制器产品的客户包括涌固精密、舜宇光学、凯格精机、鑫信腾科技、东创科技、大族激光、科瑞技术等。

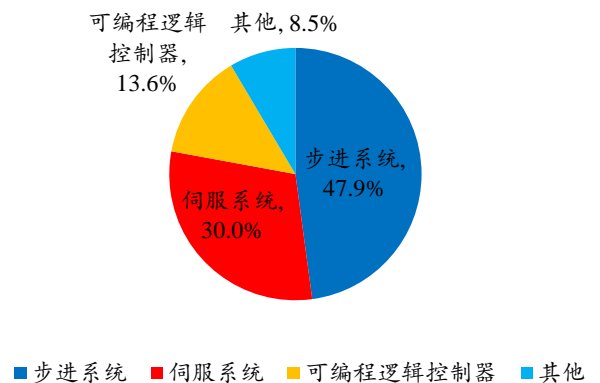
单台工业机器人可以仅使用1台控制器实现对所有关节的控制，但电机和驱动是1:1的对应关系。因此从营收角度看控制器目前占公司营收比例最低。但控制器技术壁垒高，客户粘性前，价值量大，是公司毛利率最高的产品，2020-2022年毛利率维持在70%左右。

图6：雷赛智能产品布局



资料来源：雷赛智能官网、开源证券研究所

图7：2022年，步进系统营收占比最高，达到48%



数据来源：Wind、开源证券研究所

### 2.3、万讯自控

**公司是掌握数控系统技术的机器人控制器供应商。**公司主业为智能自动化仪表，市场地位国内领先。同时，公司自主+联合研发中高端数控系统。数控系统是数控机床的核心控制系统，是数控机床和工业机器人的底层核心技术，技术壁垒极高。自主研发数控系统体现出公司在控制器领域具备强劲技术实力。

公司联营子公司视科普是 3D 视觉解决方案最有经验的供应商，专注于机器 3D 视觉控制领域最具挑战性的 Bin-Picking 技术的开发。视科普基于 3D 视觉+AI+机器人运动规划，开发能够替代专业技术工人的智能机器人解决方案及工作站，已获得特斯拉、东风本田、上海大众、中国重汽的订单，和宝马、奔驰、大众、沃尔沃、福特、雷诺等多家汽车产业巨头合作。

## 2.4、英威腾

英威腾以低压变频器起家，是国内低压变频器的标准起草单位之一。

公司较早着手布局运动控制器研发项目，目前已逐渐形成 IMPMTC 及 IMC 运动控制卡及控制器为技术平台，推出工业机器人控制系统，数控系统等相关产品。公司的运动控制平台和机器人 EherCAT 总线控制方案等机器人控制系统多次获国际奖项。公司机器人控制系统采用机器人运动学控制算法，开放式结构，功能扩展方便，目前主要应用于四轴、六轴工业机器人领域，为客户提供全面的高性能运动控制系统解决方案。

## 2.5、海得控制

**控制器领域经验丰富，自主可控、研发能力强：**公司拥有 20 多年的自动化业务丰富经验，基于国产主芯片，自主研发了可实现冗余功能的中型 e-Control 系列 PLC 及边缘控制器等产品。其中，PLC 产品整合了高性能的嵌入式技术，基于高速背板总线系统架构，将复杂的过程控制、运动控制得到完美实现；边缘控制器集 PLC 控制与边缘计算功能于一体，充分地适应了工业互联网发展需求。

## 3、风险提示

特斯拉人形机器人量产进度不及预期，硬件使用的种类、用量调整。

## 特别声明

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

因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

## 分析师承诺

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

## 股票投资评级说明

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

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

## 分析、估值方法的局限性说明

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



## 法律声明

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

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

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

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

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

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

## 开源证券研究所

### 上海

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

### 深圳

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

### 北京

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

### 西安

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