

运动控制专题研究：

人形机器人核心部件，高壁垒环节

【华西机械团队】

分析师：黄瑞连

SAC NO: S1120524030001

邮箱：huangrl@hx168.com.cn

分析师：王宁

SAC NO: S1120524080002

邮箱：wangning@hx168.com.cn

2025年4月

◆**运动控制系统：人形机器人核心部件，高壁垒环节。**人形机器人的感知决策需要依赖大模型提供的“大脑”，肢体控制则依赖于“小脑”——运动控制系统。先进的运动控制技术是人形机器人等高端装备实现高速、高精度、高实时响应作业性能的关键，完整的运动控制系统包括人机交互界面、控制器、驱动器、电机等部件，其中**控制器、驱动器、电机**三者相互联系，共同组成运动控制系统的主干。运动控制产品集成计算机控制、微电子等多项技术，并需要长期深入工业一线应用场景进行不断的知识反馈、经验吸收和技术迭代，是基础研究和应用实践紧密结合的高竞争壁垒领域。人形机器人的自由度明显超出普通高端装备，为运动控制带来了更高的挑战，也带来了更高的市场空间，参考工业母机行业，高档数控系统价值约占高端数控机床成本的20%-40%。

◆**运动控制器：运动控制系统的核心，壁垒最高。**控制器是运动控制系统中的核心模块，其基于对被控对象（运动机械机构）的运动学和动力学模型，依托内置的逻辑控制、精密定位、轨迹控制等高性能运动控制算法，将接收到的控制指令进行运动规划，以完成特定运动轨迹、位姿、位置、速度与加速度控制，是运动控制系统的“大脑”，技术壁垒最高。运动控制器分为通用控制器与专用控制器两大类，通用控制器主要包括PLC、PC-Based运动控制卡、嵌入式控制器三大类，专用控制器包括工业母机数控系统、工业机器人专用控制器等。

◆**驱动系统：运动控制系统的执行机构。**驱动系统由驱动器与电机组成，驱动器是用来控制电机的一种装置，控制器产生的命令信号是微小的信号，需要驱动器放大这些信号至高功率的电压和电流以满足电机工作的需要。驱动系统包括伺服系统和步进系统两大类，其中伺服系统是闭环控制，通过内置编码器实时反馈电机位置和精度，具备高精度、高实时响应等优势，市场规模超200亿元；步进系统是开环控制，依赖脉冲信号驱动电机按固定步距角转动，无反馈机制，具有控制简单、成本低、可靠性高等方面的优势，但精度受限，市场规模在10亿元量级。

◆**投资建议：**运动控制系统需求短期看顺周期复苏，中长期看制造业升级与机器人产业爆发，尤其是人形机器人的迅速发展，将为运动控制带来更广阔的发展空间。受益标的：汇川技术、信捷电气、伟创电气、雷赛智能、固高科技、华中数控、埃斯顿等。

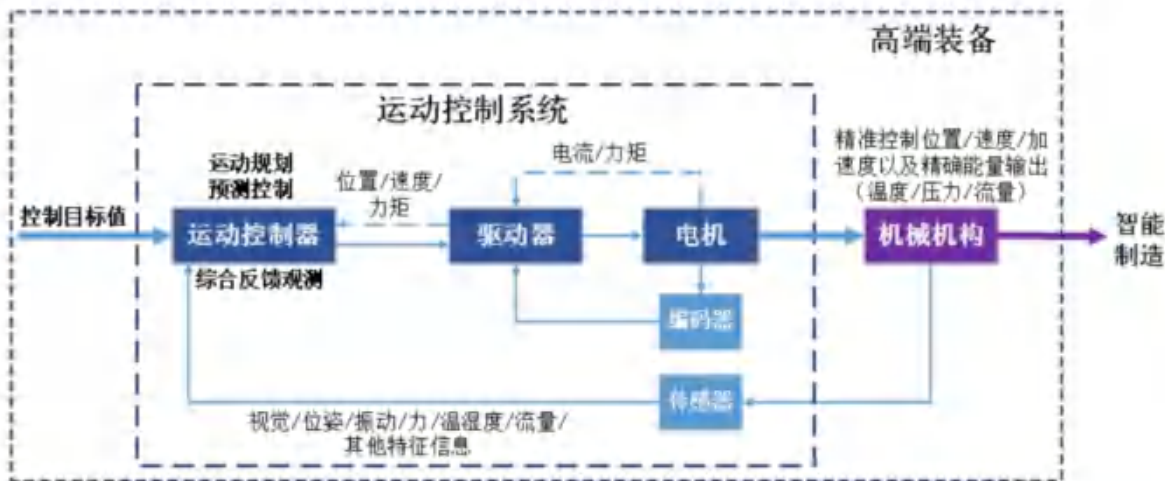
◆**风险提示：**人形机器人进展不及预期；顺周期复苏不及预期；行业竞争加剧的风险。

一

运动控制系统：人形机器人核心部件

◆运动控制系统是一个复杂的有机整体。一个完整的运动控制系统一般由人机交互界面、控制器、驱动器、电机等部件构成，其中控制器、驱动器、电机三者相互联系，共同组成了运动控制系统的主干。操作人员通过人机交互界面将运动指令下达给控制器，同时利用人机界面监控系统的运动状态；控制器接收操作指令后进行运动轨迹规划，形成控制参数，向驱动器发送控制信号；驱动器将控制信号转变为能够驱动电机运转的电流和电压信号；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；另外，测量反馈装置将检测到的内外部信息向上反馈，保证运动控制系统能够正确运行。

图：典型的运动控制系统示例图



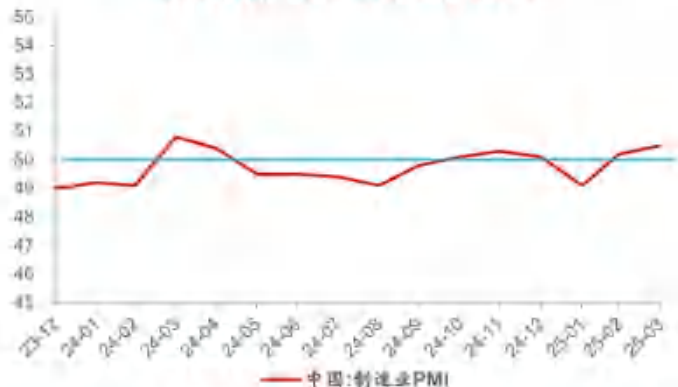
◆市场需求：短期看顺周期复苏，中长期看制造业升级与机器人产业爆发。

1) 作为顺周期品种，运动控制系统短期需求取决于宏观经济变化。运动控制系统作为工业自动化的核心基础，产业链相对成熟，被广泛应用于机器人、机床、半导体、纺织机械、包装机械等各行各业，其短期需求不可避免受到宏观经济影响，受单一行业影响较小，顺周期属性明显。国内制造业PMI近6个月有5个月位于荣枯线之上（仅25M1受春节扰动PMI低于50%），显示内需企稳回升趋势明显。

2) 中长期受益于制造业智能化升级。无论国内，还是全球，制造业均存在智能化升级改造的趋势，这是提升生产力的必然选择，运动控制系统作为制造业升级的关键核心装置，中长期需求必然增长。

3) 人形机器人产业爆发会带来更广阔的发展空间。AI大模型等技术的快速发展使得具身智能机器人的产业爆发成为可能并提前，以“小脑”形式存在的运动控制系统作为核心模块，价值量占比可参考机床数控系统（高档数控机床中数控系统成本占比20-40%），将充分受益机器人产业爆发。根据东方财富网报道，马斯克表示Optimus 机器人将于今年开启试生产，预测今年产能可达5000-10000个，特斯拉目标在2026年生产5万个。

图：国内制造业PMI近6月5次高于50%



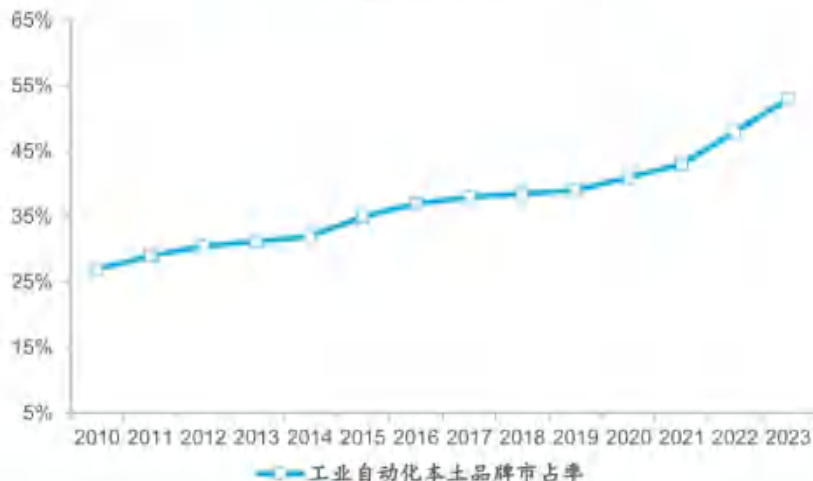
图：特斯拉机器人快速进化



◆**运动控制产品技术复杂，壁垒较高。**运动控制产品的研发与设计集成了计算机控制技术、电力电子技术、微电子技术、信号检测与处理技术等多项技术，尤其是控制层和驱动层的算法具有较高的技术难度，且需要长期深入工业一线应用场景进行不断的知识反馈、经验吸收和技术迭代，是基础研究和应用实践紧密结合的高竞争壁垒领域。生产制造上，由于集成度高，不同元器件之间间隔距离近，需要承受电压和电流以及外界恶劣的运行环境，产品设计和工艺实现需要考虑绝缘、耐压、散热、抗干扰、电磁兼容性等诸多因素，想要大批量生产出可靠性和稳定性高的产品，需要长时间经验积累，对生产工艺、元器件特性和制造水平要求较高。对新进入者来说，其产品的可靠性和稳定性需要经过长期使用和严苛环境检验，才能逐步被用户认可。

◆**2023年国内工控自动化本土品牌市占率仅53%。**从整个工业自动化的口径来看，根据格物致胜数据，2023年本土工控品牌市场份额仅为53%，但处于加速提升状态。

图：2023年国内工控自动化本土品牌市占率仅53%



1.运动控制：人形机器人核心部件

图：工控领域核心企业图谱

阵营	企业	国家	成立时间	简介	2023年收入规模(亿元)
欧美	西门子	德国	1847年	全球电子电气工程领域的领先企业，全球500强企业之一。业务范围广阔，涵盖工业自动化、楼宇科技、驱动技术、能源、医疗和交通等领域，其电子与电机产品是全球业界先驱，在工业自动化领域的控制层、驱动层、执行层都有系列产品	5899
	施耐德	法国	1836年	全球化电气企业，全球能效管理和自动化领域的专家。业务涉及配电、自动化控制两大领域，主要为能源与基础设施、工业、建筑及民用住宅等市场提供产品、解决方案和服务	2822
	ABB (Asea Brown Boveri)	瑞士	1988年	ABB由两家拥有100多年历史的国际性企业-瑞典的阿西亚公司和瑞士的布朗勃法瑞公司在1988年合并而成，总部位于瑞士，是全球电力和自动化技术领域的领导企业，全球500强企业，在工业自动化领域的控制层、驱动层、执行层都有工系列产品	2283
	罗克韦尔	美国	1903年	全球领先的致力于工业自动化与信息的公司。A-B公司最早可追溯至1903年，是著名的工控自动化企业，1985年罗克韦尔国际公司收购了A-B公司，1995年收购瑞恩电气公司，A-B公司与瑞恩电气两个品牌的结合，使重组成立的罗克韦尔自动化成为工厂自动化领域的领先企业	650
日系	三菱电机	日本	1921年	全球领先的电气设备制造商之一，全球500强企业。是国际重要的工业自动化产品供应商，其相关产品在电梯、工业自动化设备、轨道交通中广泛应用，在工业自动化领域的控制层、驱动层、执行层都有系列产品	2480
	安川电机		1915年	世界一流的传动产品制造商，以驱动控制、运动控制、机器人和系统工程四大事业为轴心，主要产品包括变频器、伺服电机、控制器、机器人、升降机电一体化产品	273
	欧姆龙		1933年	全球知名的自动化控制及电子设备制造商，主要产品涉及工业自动化控制系统、电子元器件、汽车电子、社会系统、健康医疗设备等广泛领域，品种多达数十万	386
	松下电器		1918年	世界著名的国际综合性电子技术企业巨头，目前旗下全球业务划分为四个事业区，包括家电冷热设备、环境方案、互联解决方案及汽车电子和机电系统事业等。其中汽车电子和机电系统事业即经营范围包括汽车电子、车载多媒体娱乐设备、电子元器件、电子材料、电池、工业自动化设备、工业生产设备等B2B解决方案事业	4007
中系	汇川技术	中国	2003年	国内工控自动化龙头，公司聚焦工业领域的自动化、数字化、智能化，业务涵盖通用自动化、电梯电气大配套、新能源汽车、工业机器人业务、轨道交通五大业务板块，在工业自动化领域的控制层、驱动层、执行层都有系列产品	304
	信捷电气		2000年	国内工控产品知名品牌，专注于工业自动化领域，产品主要有可编程控制器、伺服系统、人机界面、变频器等	15
	倍创电气		2013年	专注于电气传动和工业控制领域，主营业务为变频器、伺服系统与运动控制器等产品	13
	雷赛智能		2007年	专注于为智能制造装备提供运动控制核心部件及行业运动控制解决方案，主营业务包括运动控制核心部件控制器、驱动器、电机以及相关行业应用系统，为客户提供完整的运动控制系列产品及解决方案	14
	埃斯顿		1993年	以工业机器人及工业自动化两大核心业务为主，构建了运动控制完整解决方案，产品系列全面覆盖：信息层—控制层—驱动层—执行层，并携手全球顶尖团队共同打造全球十大运动控制品牌——TRIO(单欧)	47
	固高科技		1999年	专注于运动控制、伺服驱动、多轴感知、工业现场网络和工业软件五个方向的核心技术研究，产品广泛应用于微电子、机器人、数控机床、电子加工、印刷、包装及生产自动化等工业控制领域	4
	台达电子		1971年	总部位于中国台湾，主营产品包括视觉显示器、工业自动化、网络通讯产品与可再生能源相关产品	自动化收入115亿

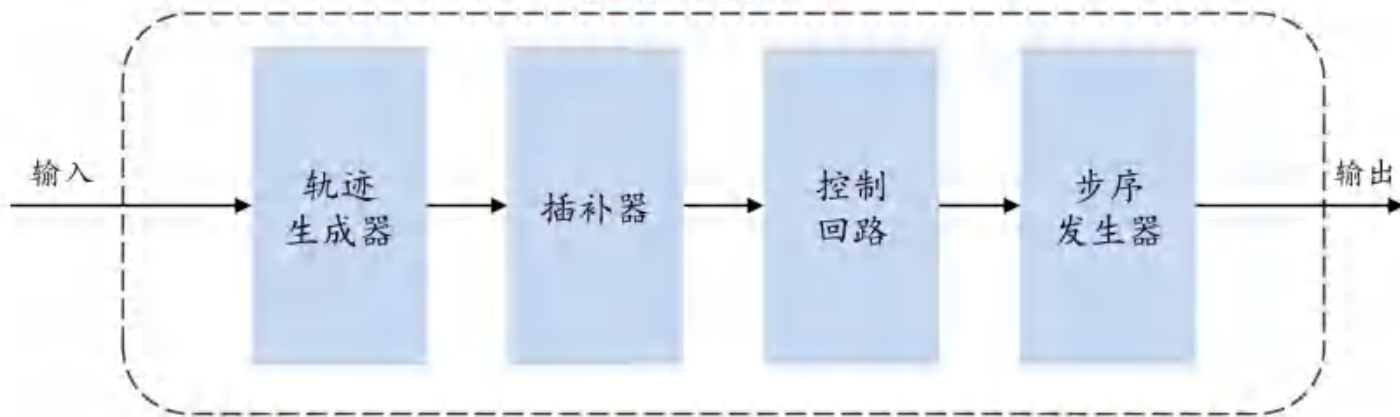
二

控制器：运动控制系统的核心，壁垒最高

◆控制器是运动控制系统中的核心模块，相当于机器的“大脑”。控制器基于对被控对象（运动机械机构）的运动学和动力学模型，依托内置的逻辑控制、精密定位、轨迹控制等高性能运动控制算法，将接收到的控制目标指令进行运动规划，完成特定运动轨迹、位姿、位置、速度与加速度控制，以及符合控制目标的精准指令输出（如温度、流量、速压力、位移等），并通过多种传感器信息反馈实现闭环控制，是运动控制系统的“大脑”。

◆运动控制器由轨迹生成器、插补器、控制回路和步序发生器四部分构成。轨迹生成器计算出任务希望的理想轨迹，生成控制相序和脉冲，达到控制运动对象的目的。插补器根据位置或速度反馈单元的实际状态，按照轨迹生成器的要求，计算出驱动单元下一步将要执行的命令，然后交由控制回路进行精确控制。如果是步进电机，则还有一部分就是步序发生器，步序发生器根据控制回路控制指令进一步生成控制相序和脉冲，达到控制运动对象的目的。

图：运动控制器组成模块



◆控制器分为通用控制器与专用控制器两大类。通用控制器面向基础运动控制需求，支持直线、单点等简单轨迹规划，功能相对标准化，适合多行业通用场景，主要包括PLC、PC-Based 运动控制卡、嵌入式控制器三大类。专用控制器针对特定行业需求深度优化，支持复杂运动模式（如三维空间圆弧、螺旋运动）和高级算法（电子齿轮、样条曲线等），适用于高精度、高动态要求的场景，包括工业母机数控系统、工业机器人专用控制器等。

◆通用控制器中，控制卡能够实现更为复杂的运动控制。1) PLC：早期专注于逻辑控制与信号处理，擅长开关量控制、定时计数等基础逻辑操作，系统相对简单，体积小，可靠性高；目前PLC已不仅局限于基础逻辑控制功能，还能通过模块化扩展与算法优化实现高精度运动控制。2) PC-Based运动控制卡：以“板卡”形态存在，通常采用高性能DSP和FPGA作为核心处理器，系统通用性强、可拓展性强，能够满足复杂运动的算法要求；用户通常以PC机作为信息处理平台，运动控制器以插卡形式嵌入PC机，即“PC+运动控制器”的模式，将PC机的信息处理能力和开放式的特点与运动控制器的运动控制能力有机地结合在一起，可实现高性能多轴协调运动控制和高速点位运动控制。3) 嵌入式控制器：以工业计算机的形态存在，集成了工业计算机和插卡式运动控制器。

图：通用运动控制器分类

分类	特点	应用领域
PLC控制器	系统简单，体积小，可靠性高，但不支持复杂算法，可以通过在 PLC 平台上，添加驱动步进电机或伺服电机的位置控制模块，在各种机械设备提供逻辑控制的同时，提供运动控制功能	可以用于圆周运动或直线运动的控制，广泛应用于各种机械、机床、机器人和电梯等行业
PC-Based控制卡	系统通用性强、可拓展性强，能够满足复杂运动的算法要求，板卡性能力强，可供用户根据不同的需求，在 DOS 或 Windows 等平台上自行开发应用软件，组成各种控制系统	主要应用于电子、半导体、工业机器人、包装等领域
嵌入式控制器	涵盖从简单到复杂的各种运用，具有应用灵活、稳定性高，定制性强，价格便宜，操作和维护方便的特点	在纺织机械、激光、切割、点胶机等装备制造行业有广泛的应用

图：通用运动控制器产品形态



运动控制卡



PLC



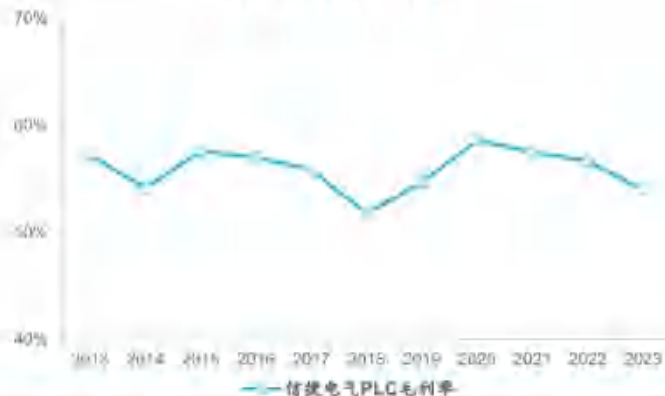
嵌入式控制器

2.控制器：运动控制系统的核心，壁垒最高

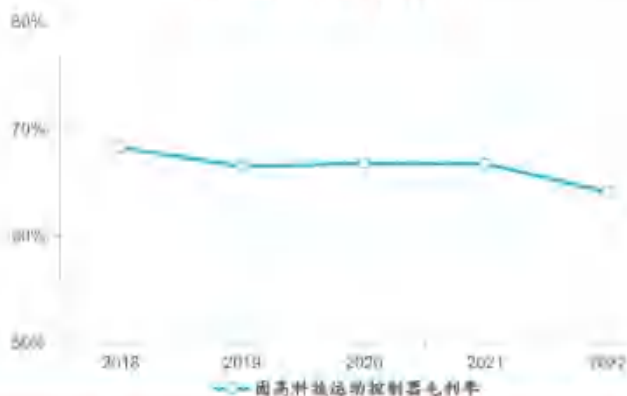
◆**控制器的技术壁垒最高。**物体的运动要遵循一条轨迹，当一机械的轴被要求从点A移动到点B时，需要生成这两点间的连接轨迹，在运动控制中，这条轨迹也称为运动曲线，基于用户或者编程者定义的设定运动参数，控制器可以生成一个轴的运动曲线。每一运动由运动类型和约束条件组成，即运动位置/距离、最大速度和加减速，根据这些信息，轨迹发生器产生一条速度曲线，或者为梯形或者为S形。遵循这条速度曲线，轴从起点开始运动，加速到指定速度运行一段时间，然后减速，到达终点停止。运动可以是沿一条直线的单轴运动，但大多数场合要更复杂，比如CNC的切削刀具可能要求沿圆周运动，就要求多轴联动，此时需要运动控制器将运动曲线分配给各个轴，监控I/O并且闭合反馈回路，控制器要接收每一个轴对应电机的反馈信息，当某个轴上的给定和实际位置或速度存在差异（跟随误差）时，控制器会对相应的轴发出校正命令。因此控制器是运动控制系统中最核心的环节，当控制轴数更多、轨迹规划更复杂时，对控制器的要求就会更高，一般运动控制器毛利率超过50%。

◆**人形机器人对控制器的要求更高。**以工业机器人为例，六轴机器人是控制难度相对较大的，其需要控制的轴数为6个，而特斯拉Optimus人形机器人仅全身关节就有28个（相当于28个轴），再加上灵巧手，一个人形机器人的自由度超过50个，这给运动控制带来了更高的挑战，也带来了更高的价值空间。

图：信捷电气PLC毛利率



图：固高科技运动控制毛利率



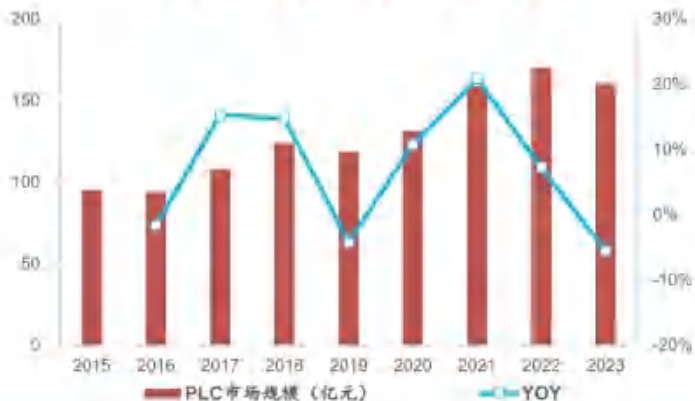
2.1 PLC：市场规模160亿元，国产化率不足20%

◆PLC即可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller）。PLC本质上是一种专用于工业控制的计算机，使用可编程存储器存储指令，执行诸如逻辑、顺序、计时、计数与计算等功能，并通过模拟或数字I/O组件，控制各种机械或生产过程的装置，是机器设备逻辑控制和实时数据处理的中心。

◆国内市场规模160亿元左右。受宏观需求走弱影响，最近2年PLC需求放缓，根据睿工业统计数据，2023年国内PLC市场规模约160亿元，同比-5.6%，近5年CAGR=5.3%。

◆小型PLC主要应用于OEM市场，中大型PLC多应用于项目型市场。行业内通常根据I/O点数多少来划分PLC规格大小，一般I/O点数越多，控制关系越复杂，要求的程序存储器容量也越大，可编程控制器的指令及其他功能也较多，能够适应大型、复杂的控制任务。根据中国工控网2015年数据，小型PLC在OEM市场应用占比94%，在项目型市场占比6%；中型PLC在OEM市场占比31%，在项目型市场占比69%；大型PLC在OEM市场占比9%，在项目型市场占比91%。

图：2023年国内PLC市场规模约160亿元



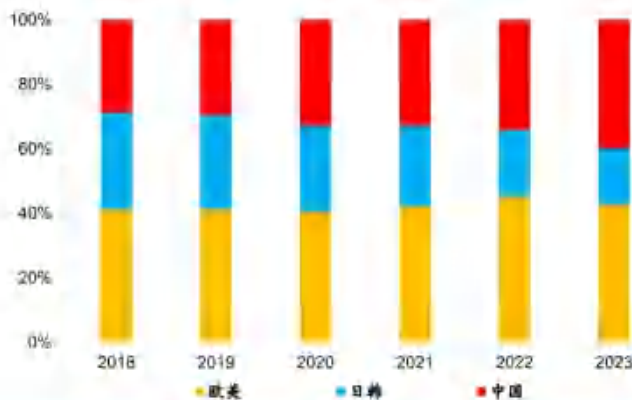
图：PLC规格分小中大型

PLC类型	I/O点数
小型	256以下
中型	256-1024
大型	1024以上

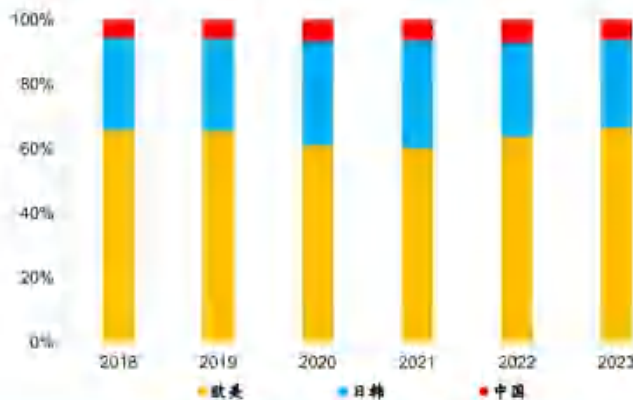
◆**欧美日PLC技术领先，国内处于追赶地位。**欧美的可编程控制器是各自独立研发成功的，在技术上存在明显的差异；日本的PLC产品则对美国的PLC技术有一定继承性。1969年，美国数字设备公司的子公司AB公司研制出了世界第一台可编程逻辑控制器，并应用于通用汽车公司的生产线上。1971年日本从美国引进了这项新技术，1973年欧洲研制出了他们的第一台可编程控制器。欧美以大中型PLC闻名，主要企业包括美国的罗克韦尔、通用电气、德国的西门子；日本则以小型PLC著称，在世界小型可编程控制器市场上约占有70%的份额，在灵活性和价位方面占优势，主要品牌包括三菱、欧姆龙、松下、富士、日立、东芝等。我国自1974年开始研制PLC，国产品牌普遍采取了先从技术较简单、不需要大规模投资的小型PLC领域进入，在小型PLC基本实现规模效应的时候，再逐渐向中大型PLC方向发展。

◆**小型PLC国产化率提升趋势明显，中大型PLC国产替代进程缓慢。**国内领先品牌在小型PLC市场已赢得稳定的客户基础，且市场份额持续提升，2023年国产化率约为39.7%，同比+5.5pp；相比2018年+11.0pp。中大型PLC国产品牌的市场地位还不稳固，暂时没有领先的品牌，国产化率在疫情期间有小幅提升，但疫情结束之后随即回落，2023年中大型PLC国产化率仅6.1%，同比-0.9pp，相比2018年+0.5pp。

图：2023年小型PLC国产化率40%



图：2023年中大型PLC国产化率仅6%



2.控制器：运动控制系统的核心，壁垒最高

◆PLC内资品牌以汇川技术、信捷电气为首。在国内小型PLC市场，汇川技术排名全行业第二，内资品牌第一；信捷电气全市场排名第四，内资品牌第二。在中大型PLC市场，目前还没有领先的国产品牌，市场基本被欧美日品牌垄断，包括西门子、欧姆龙、罗克韦尔、三菱电机、基恩士、施耐德等。

图：2023年国内PLC市占率排行

小型PLC				中大型PLC			
公司	市占率	排名	国家/地区	公司	市占率	排名	国家/地区
西门子	39%	1	德国	西门子	54%	1	德国
汇川技术	15%	2	中国	欧姆龙	13%	2	日本
三菱电机	9%	3	日本	罗克韦尔	9%	3	美国
信捷电气	7%	4	中国	三菱电机	8%	4	日本
台达	6%	5	中国台湾	基恩士	5%	5	日本
欧姆龙	5%	6	日本	施耐德	5%	6	法国
松下	4%	7	日本	台达	1%	7	中国台湾
施耐德	3%	8	法国				
罗克韦尔	1%	9	美国				

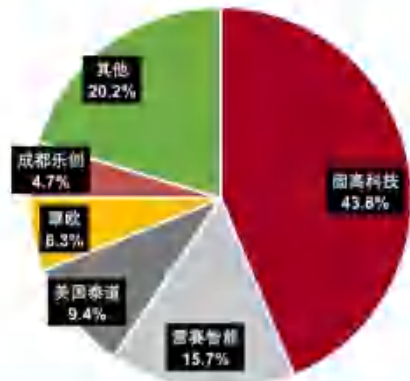
◆**运动控制卡**：运动控制卡是一种基于PC总线，利用高性能微处理器及大规模可编程器件实现多个伺服电动机的多轴协调控制的高性能的步进/伺服电动机运动控制器件，包括脉冲输出、脉冲计数、数字输入、数字输出、D/A输出等功能。它可以发出连续的、高频率的脉冲串，通过改变发出脉冲的频率来控制电动机的速度，改变发出脉冲的数量来控制电动机的位置，它的脉冲输出模式包括脉冲/方向、脉冲/脉冲方式。脉冲计数可用于编码器的位置反馈，提供机器准确的位置，纠正传动过程中产生的误差。数字输入/输出点可用于限位、原点开关等。**运动控制卡广泛应用于工业自动化控制领域中需要精确定位、定长的位置控制系统和基于PC的NC控制系统。**

◆**一般地，运动控制卡与PC机构成主从式控制结构**：PC机负责人机交互界面的管理和控制系统的实时监控等方面的工作（例如键盘和鼠标的管理、系统状态的显示、运动轨迹规划、控制指令的发送、外部信号的监控等）；控制卡完成运动控制的所有细节（包括脉冲和方向信号的输出、自动升降速的处理、原点和限位等信号的检测等等）。运动控制卡都配有开放的函数库供用户在Windows系统平台下自行开发、构造所需的控制系统，库函数包括S型、T型加速，直线插补和圆弧插补，多轴联动函数等。这类似于我们手机的安卓系统应用，因此这种结构开放的运动控制卡能够广泛地应用于制造业中设备自动化的各个领域。

◆根据华经产业研究院数据，**2023年中国通用运动控制器行业市场规模约为96.6亿元**，其中PC-Based控制卡、专用控制器、PLC控制器在中国的市场份额占比分别为34.6%、37.8%和27.6%。

◆**运动控制卡核心玩家包括**：雷赛智能、固高科技、埃斯顿等。

图：2018年国内运动控制卡市场份额

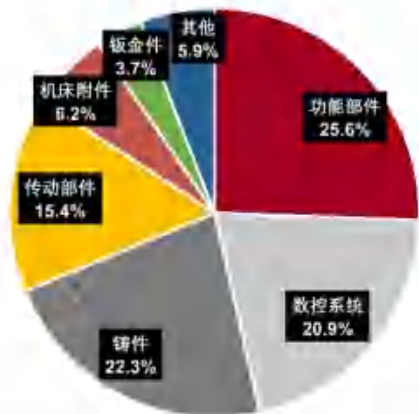


◆**数控系统是工业母机的“大脑”，价值量占比高。**数控系统是运动控制系统的一个分支，特别应用于数控机床行业，能按照零件加工程序的数值信息指令进行控制，使机床完成预定工作。数控系统是数控机床的“大脑”，是数控机床最核心的部件，机床的加工速度、精度等核心指标很大程度上取决于数控系统的技术水平。根据纽威数控招股说明书，数控系统在其机床生产成本中占比高达21%。根据科德数控招股说明书，高档数控系统价值约占高端数控机床成本的20%-40%。

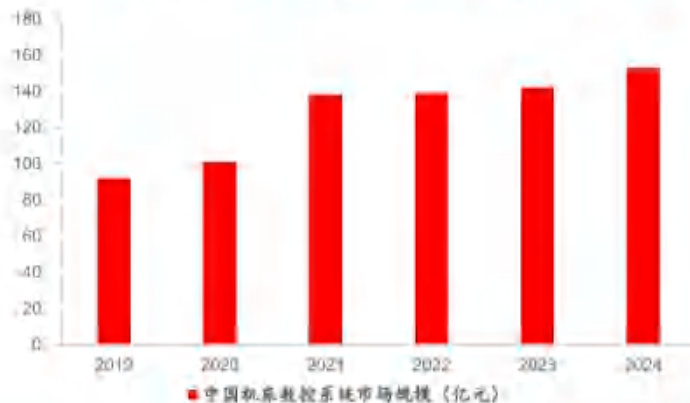
◆根据智妍咨询数据，**2024年中国机床数控系统行业市场规模约为153亿元。**

◆**高端数控系统进口依赖度很高，亟待国产化。**我国机床行业经过近30年的发展取得了巨大的成就，产业链各环节条已逐步建立起来，但在数控系统上与海外品牌仍有很大的技术差距，根据纽威数控招股说明书，国内高档数控机床配套的数控系统90%以上均为西门子、发那科等国外厂商所垄断，其中日本发那科的数控系统市占率在50%以上。国产数控系统以华中数控、广州数控、科德数控等为主。

图：数控系统成本占比高



图：2024年国内数控系统市场规模约为153亿元





驱动系统：运动控制系统的执行机构

◆**驱动系统由驱动器与电机组成。**驱动器是用来控制电机的一种装置，控制器产生的命令信号是微小的信号，需要驱动器放大这些信号至高功率的电压和电流以满足电机工作的需要，因此驱动器也被称为放大器。

◆**驱动系统主要包括伺服系统与步进系统。**伺服系统产品种类丰富，按照功率大小可以分为小型伺服、中型伺服、大型伺服；按照末端执行机构种类可以分为电气伺服、液压伺服、气动伺服；目前应用最为广泛的是电气伺服系统，电气伺服系统根据所驱动的电机类型分为直流伺服系统和交流伺服系统。伺服系统是闭环控制，通过内置编码器实时反馈电机位置和精度，确保高精度定位；步进系统是开环控制，依赖脉冲信号驱动电机按固定步距角转动，无反馈机制，具有控制简单、成本低、可靠性高等方面的优势，但精度受限。

图：驱动系统示例图



图：驱动系统分类

分类	简介
交流伺服系统	交流伺服系统依据不同的电机运行原理分为永磁同步交流伺服系统、感应交流伺服系统、磁阻同步交流伺服系统和无刷直流伺服系统，当前市场以永磁同步电机及无刷直流伺服电机为主。交流伺服电机通过驱动器磁场换向实现电流的精确通知，同时它具备转矩密度大、效率高、力矩大、响应快、可靠性高等特点，在工业场景得到广泛应用。
直流伺服系统	直流伺服系统由直流伺服驱动器和直流伺服电机组合构成。直流伺服电机通过电刷进行换向，驱动器只需输出正负直流电机即可驱动电机正反运行。由于直流电机的输出特性，它的力矩线性、平稳，通常被用在高精密的控制领域。同时，直流伺服电机可配备编码器形成闭环系统。因此，直流伺服系统可准确把握电机的转动情况，实现精确的定位。
步进系统	步进系统由步进驱动器和步进电机组合构成，步进驱动器接收指令信号后，驱动步进电机按设定的方向转动固定的角度，因此可通过驱动器发出的控制脉冲个数来控制角位移量，从而达到准确定位的目的。步进系统通常为开环系统，在步进电机添加编码器后也可形成闭环控制系统。

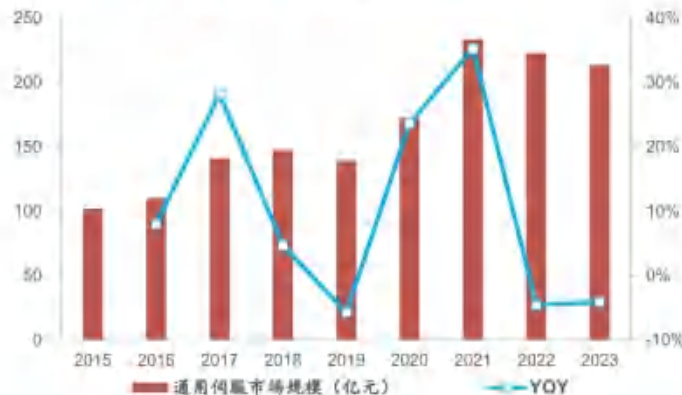
◆**伺服系统又称随动系统。**伺服系统 (Servo Mechanism) 是一种运动控制部件，主要任务是按控制命令 (通常为可编程控制器下达的命令) 的要求，对功率进行放大、变换、调控等处理，控制驱动装置的输出力矩、速度和位置，使物体的位置、方位、状态等输出量，随着输入量的任意变化而变化。伺服系统是工业自动化的关键零部件，是实现精准定位、精准运动的必要途径。

◆**国内伺服系统市场规模超200亿。**伺服系统广泛应用于机床、3C设备、锂电光伏、机器人、半导体、包装、纺织等各行各业，同样具备顺周期属性，近两年需求略有下滑。根据睿工业数据，2023年国内通用伺服系统市场规模约214亿元，同比-4.1%，近5年CAGR=7.7%。随着国内工业自动化的深入推广，伺服系统普及度将持续提高，其市场规模仍处于成长阶段。

图：伺服系统结构图



图：2023年国内伺服系统市场规模214亿元

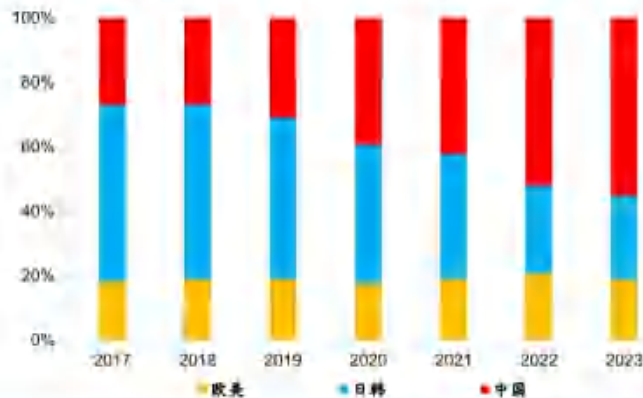


3.1 伺服系统：市场规模超200亿元，国产化率55%

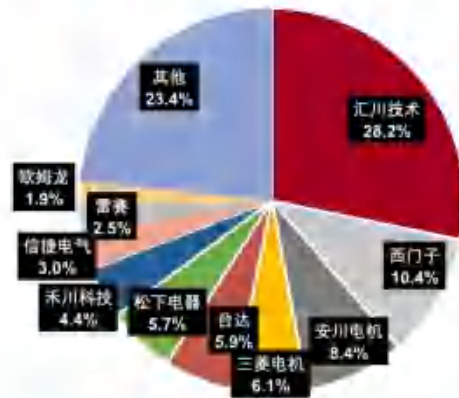
◆**伺服技术最早应用于军事，同样是外资技术领先。**伺服技术最早应用于军事需求，例如军事船舶的自动驾驶、火炮的控制发射以及飞船与导弹的制导，后来被逐步应用于民用工业，如自动机床、针式打印机等，随着电机技术、电力电子技术、微电子技术、控制技术和计算机技术的快速发展，交流伺服驱动技术日益成熟，性能和成本更具优势的交流伺服系统在国外得到快速发展，应用领域不断拓展，涌现出松下电器、安川电机、三菱电机、西门子等知名品牌。我国伺服系统起步较晚，最初也是用于国防军工，2000年以后随着国内中高端制造业不断发展，国内伺服系统市场快速增长，国内厂商纷纷开始民用伺服系统的研发；通过引进、消化吸收国际先进技术等举措，国产伺服系统产品质量和技术水平不断提升。

◆**伺服系统国产化率相对较高，内资品牌市占率提升明显。**总体来说，外资品牌仍在伺服系统占据重要地位，但内资品牌市占率提升明显。根据睿工业数据，2023年国内通用伺服系统国产化率超过50%，达到55.0%；日韩品牌市占率持续收缩，2023年为26.0%；欧美品牌市占率保持稳定，2023年为19.0%。从企业上来看，2023年国内通用伺服系统龙头为汇川技术，市占率高达28.2%，行业前十名中包含禾川科技、信捷电气、雷赛智能等其他3家内资品牌，日系品牌安川电机、三菱电机、松下电器、欧姆龙等企业市占率持续下降。

图：2023年通用伺服国产化率达55%



图：2023年国内伺服系统市占率分布



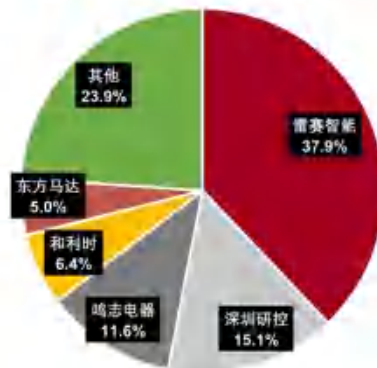
◆**步进系统市场规模在10亿元量级。**步进系统能够满足大多数低负载/恒负载的低速工况，并且具有控制简单、成本低、可靠性高等方面的优势，与其他运动控制系统相比，在精度和速度要求并不苛刻的场合下，步进系统凭借其经济性和实用性，市场应用也在持续扩大，广泛运用在普通机床、纺织、包装、电子加工、仪器、激光加工、线切割、焊接等领域。根据中国工控网、雷赛智能招股书数据，2020年国内步进系统市场规模约为8.5亿元。

◆**步进系统国产化率高，市场相对集中。**根据中国工控网、雷赛智能招股书数据，我国步进系统市场已经以内资品牌为主，雷赛智能、深圳研控、鸣志电器等国产品牌已占据整个市场份额的90%以上，且市场集中度较高，雷赛智能以38%的市场占有率位居行业第一。东方马达（Oriental Motor）和百格拉（Berger Lahr）等外资品牌在部分高端应用环节应用较多。

图：步进系统市场规模在10亿量级



图：2018年步进系统份额分布



四

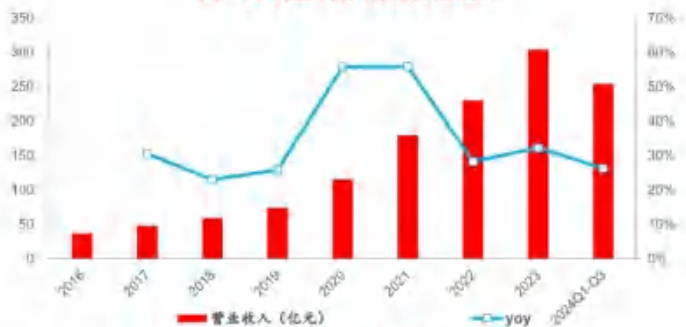
产业链重点公司

◆**汇川技术**：公司聚焦工业领域的自动化、数字化、智能化，专注“信息层、控制层、驱动层、执行层、传感层”核心技术。经过20多年的发展，公司形成四大业务板块：通用自动化、新能源汽车、智慧电梯、轨道交通，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、气动元件、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。公司产品广泛应用于工业领域的各行各业，总体上与经济周期紧密相关。

图：汇川技术产品图谱



图：公司营业收入保持高速增长



图：公司近年毛利率及净利率表现

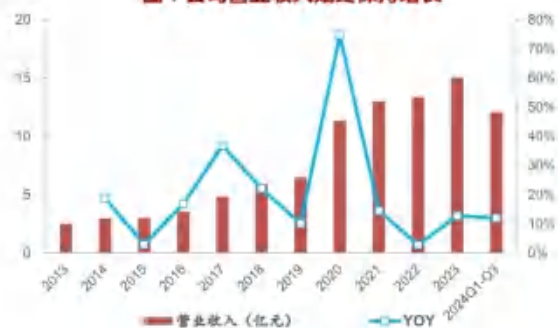


◆**信捷电气**：公司是国内最早进入工业自动化行业的企业之一，以PLC起家，目标打造工控整体解决方案供应商。公司核心产品包括可编程控制器（PLC）、驱动系统、人机界面、智能装置等四部分。PLC可编程控制器是公司拳头产品，信捷是PLC控制器内资第二品牌（仅略次于汇川），驱动系统以伺服系统为主、变频器为辅，人机界面主要搭配PLC销售，智能装置包括机器视觉、工业机器人等。公司在运动控制领域积累深厚，自主开发工业机器人控制器，具备人形机器人“小脑”研发能力。

图：信捷电气产品图谱



图：公司营业收入始终保持增长



图：公司近年毛利率及净利率表现

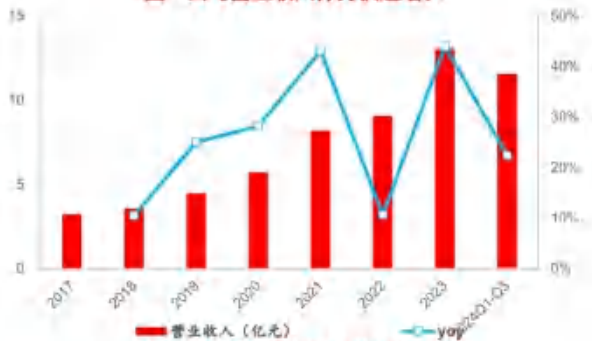


◆**伟创电气**：公司专注于电气传动和工业控制领域，核心产品包括变频器、伺服系统以及控制系统等。公司控制系统产品主要包含PLC、运动控制器和远程IO模块产品，其中PLC产品包括小型系列和中型PLC系列。控制系统主要和伺服系统、变频器产品形成行业综合解决方案，运用于金属切削机床、纺织机械、金属成型设备、印刷包装设备、木工机械、机器人/机械手、电子设备、光伏锂电设备、激光设备、非标自动化设备等各行业。同时，公司紧跟时代发展趋势，向机器人、新能源、医疗等新兴领域延伸，研制了空心杯电机、无框电机、制氢电源、光伏储能逆变器、手术动力系统等产品，为高景气度行业深度赋能。

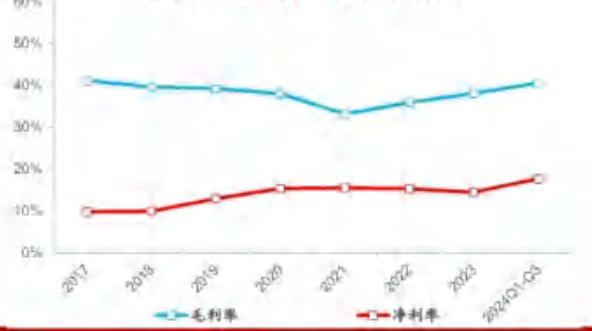
图：伟创电气产品图谱



图：公司营业收入保持快速增长



图：公司近年毛利率及净利率表现



4.4 重点公司—雷赛智能：重点布局人形机器人部件

◆雷赛智能：公司专注于智能装备运动控制核心部件，主要产品为伺服系统、步进系统、控制技术类产品三大类，可以为下游设备客户提供完整的运动控制系列产品、产品组合、系统级解决方案。在机器人领域，公司产品涵盖高密度无框力矩电机、CD 伺服驱动器、中空编码器、空心杯电机及配套的微型伺服驱动系统等，并于2025年3月份发布DH系列灵巧手解决方案。公司在运动控制领域技术积累丰富，控制器产品包括运动控制卡、XPC 工控机、大中小型PLC等。

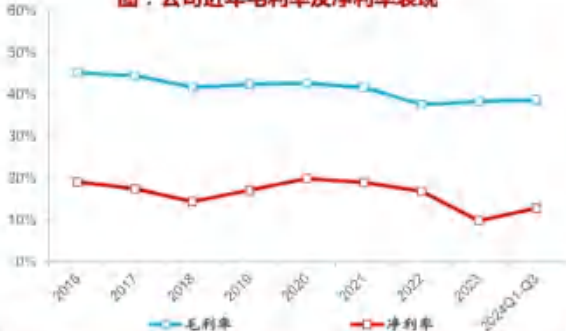
图：雷赛智能产品图谱



图：公司营业收入持续增长



图：公司近年毛利率及净利率表现

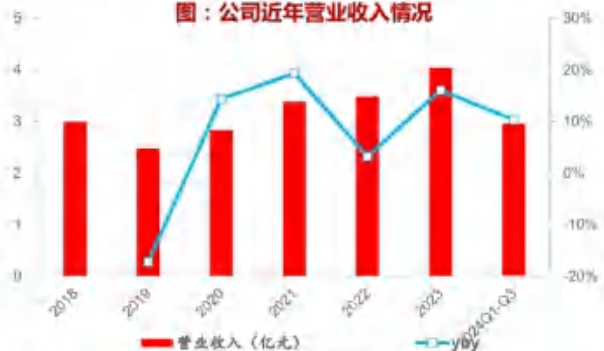


◆**固高科技**：公司核心业务包括运动控制核心部件、运动控制系统级解决方案、运动控制整机。其中，运动控制核心部件包括运动控制器、伺服驱动器、特种电机、编码器、传感器等产品，运动控制系统包括机床数控系统、机器人控制系统等。公司推出系列化的高速、高精度运动控制器，将驱动与控制融为一体，可为半导体/泛半导体装备、高端数控装备等领域客户提供整体解决方案。通过连续轨迹优化和高阶控制算法融合，公司研发的CNC控制系统（软件平台+控制器+驱动器）进入高端数控机床领域，逐步实现五轴车铣复合和精密铣削、磨削控制系统的量产。

图：固高科技产品图谱



图：公司近年营业收入情况



图：公司近年毛利率及净利率表现

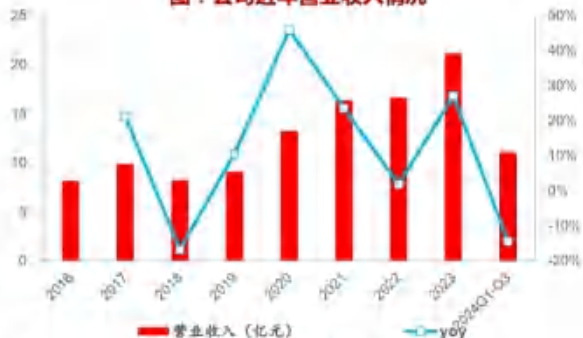


◆**华中数控**：公司坚持“一核三军”发展战略，即以数控系统技术为核心，以机床数控系统、工业机器人及智能产线、新能源汽车配套为三个主要业务板块。公司作为国产中高档数控系统的创新型企业，拥有数控装置、伺服驱动、伺服电机成套装备研发生产能力，为各类数控机床企业和汽车、3C、木工、磨床及高端重点领域等用户提供数控系统配套和服务。工业机器人及自动化业务则为各类制造企业提供多关节工业机器人整机、机器人核心零部件控制器等产品以及智能产线等业务。新能源汽车配套主要是围绕汽车电动化、轻量化、智能化开展技术研究和应用推广，具体包括新能源汽车伺服电机、伺服驱动器、控制器、轻量化车身及新能源汽车智能化产品等

图：华中数控产品图谱



图：公司近年营业收入情况



图：公司近年毛利率及净利率表现



◆**埃斯顿**：公司是目前中国运动控制领域极具影响力企业及具有高度自主核心技术和核心部件的国产工业机器人领军企业，业务覆盖从自动化核心部件及运动控制系统、工业机器人、机器人工作站到智能制造系统的全产业链。公司业务主要分为两个核心业务模块：自动化核心部件及运动控制系统、工业机器人及智能制造系统。自动化核心部件及运动控制系统包括金属成形机床自动化完整解决方案、运动控制系统（包括HMI、运动控制器、Motion PLC、IO模块、伺服系统等）、机器人专用控制器、机器视觉和运动控制一体的智能控制单元解决方案。工业机器人及智能制造系统覆盖3kg到700kg负载的87款工业机器人产品，行业地位领先。

图：埃斯顿产品图谱

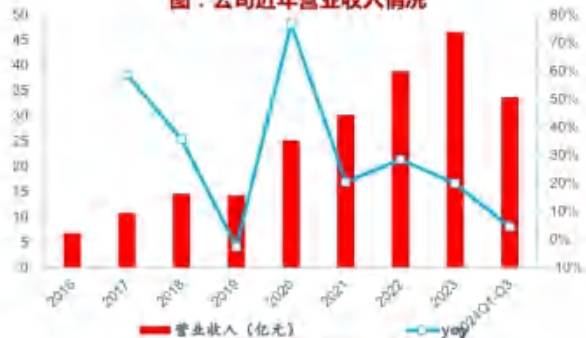


自动化核心部件及运动控制系统



工业机器人

图：公司近年营业收入情况



图：公司近年毛利率及净利率表现



五

投资建议与风险提示

- ◆运动控制系统需求短期看顺周期复苏，中长期看制造业升级与机器人产业爆发，尤其是人形机器人的迅速发展，将为运动控制带来更广阔的发展空间。
- ◆受益标的：汇川技术、信捷电气、伟创电气、雷赛智能、固高科技、华中数控、埃斯顿等。
- ◆风险提示：人形机器人进展不及预期；顺周期复苏不及预期；行业竞争加剧的风险。

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资评级	说明
以报告发布日后的6个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过15%
行业评级标准		
以报告发布日后的6个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过10%

华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇园11号丰汇时代大厦南座5层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。。
本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司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或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。