

机械设备

2022年12月16日

工控电机：国产替代加速，消费级机器人有望带来百亿级增量

投资评级：看好（维持）

——行业深度报告

行业走势图



数据来源：聚源

相关研究报告

《机床数控化率提升带动数控刀具市场增长、关注特种机器人发展潜力——行业周报》-2022.12.11

《关注钛合金产业链机会——行业周报》-2022.12.4

《自主可控，制造升级——行业投资策略》-2022.12.3

孟鹏飞（分析师）

mengpengfei@kysec.cn

证书编号：S0790522060001

熊亚威（分析师）

xiongyawei@kysec.cn

证书编号：S0790522080004

● 电动机是机械的动力源，国内工业控制级电机市场规模约300亿元

电动机（下称，电机）是将电能转化为机械能的电磁装置。本篇报告重点研究技术壁垒更高、产品价值量以及利润水平相对更高的工业控制级电机，包括伺服电机（2021年国内约250亿元市场）以及步进电机（2021年全球约200亿元市场、国内约50亿元市场），统称为工业控制级电机。

● 具备规模效应或在下游新兴市场具备先发优势的工控电机企业盈利能力更强

观海外，创新型电机企业如瑞士 Maxon 集团凭借超高的技术、客户壁垒拥有产品高利润率的优势；日本电产则通过并购实现发展早期的品类扩充，发展中期在目标市场增强产品实力、提升市场份额，在利润率水平较低的情况下仍保证净利润的稳定增长。**看国内**，电机厂商在技术储备，产品性能、客户资源上均和国外电机厂商存在差距，厂商对高端领域用电机的研发主动性也不充分，目前主要在工业自动化中低端（产品单价低于2000元）市场竞争，产销量更高、具备总成本优势的企业能够维持较高的利润率水平。此外，部分内资电机厂商已初步体现出重视创新的发展思维、提前布局除工业自动化以外的蓝海市场以获得先发优势的发展方向，中长期看利润水平、业绩规模有望抬升。

● 以特斯拉为代表的消费级机器人长期有望带来893亿元伺服系统市场

通用自动化红海竞争限制电机企业毛利率水平，消费级机器人为伺服电机市场注入新动能。特斯拉机器人目前已知的28个关节使用无框电机，我们判断特斯拉机器人手指关节可能使用10个空心杯电机。根据我们测算，2023-2027年特斯拉机器人带来伺服电机需求规模复合增速有望达到315%，2027年增量市场空间或达到893亿元。我们认为2025年后，电机需求量增长到2000万台左右时，国内电机厂商或将受益于规模效应的进一步提升而提高盈利水平。

● 自主可控推动国产工控电机向中高端加速渗透

2022年1-9月，工业自动化用伺服系统国产化率约40%。目前国内伺服电机玩家主要集中在通用自动化中低端市场，中高端应用领域（产品单价高于2000元）的伺服系统国产化率或低于10%，国产替代空间广阔。**政策大力支持自主可控背景下，国产伺服系统在通用自动化中高端市场的渗透率有望加速提升。受益标的：**具备较强电机定制能力、拥有海外销售渠道与客户资源的鸣志电器、布局力矩电机的步科股份、国内通用交流伺服龙头汇川技术、通用交流伺服系统龙二禾川科技、伺服系统业务高增长的国内小型PLC龙头信捷电气、兆威机电。**其他受益标的：**江苏雷利、江南奕帆、雷赛智能。

● 风险提示：消费级机器人量产进度不及预期，国内电机企业研发水平提升、新品落地、市场推广进度不及预期，原材料价格上涨、全球供应链波动。

目 录

1、 电动机：分为工控级、消费级、车载电机，国内总规模 740 亿元.....	8
1.1、 电机行业：进入壁垒较低，产品高端跃迁存在资金、技术、客户壁垒	11
1.2、 工控电机产业链上游为芯片、编码器、磁性材料和轴承等结构件	12
1.3、 工控级电机产业链中游为电机本体.....	15
1.3.1、 伺服电机：精度较高的工业控制级电机，国内约 250 亿元市场	15
1.3.2、 空心杯电机：高转速、无铁芯、小功率段体积最小的直流伺服电机	17
1.3.3、 无框力矩电机：大扭矩的直流伺服电机.....	20
1.3.4、 步进电机：精度、成本低于伺服电机的工控级电机，全球约 200 亿元市场	21
2、 自主可控提升国产渗透率，消费级机器人带来新增量.....	23
2.1、 新增量市场：消费级机器人或将带来 893 亿元伺服系统增量	24
2.2、 中高端通用交流伺服系统国产化率或低于 10%，国产替代空间广阔.....	27
3、 复盘海外优质电机企业，看国内电机企业发展潜力.....	29
3.1、 海外卓越电机公司：无铁芯绕组全球首创，瑞士 Maxon 集团.....	31
3.1.1、 Maxon 是全球创新最强国瑞士科技实力的缩影	31
3.1.2、 剑指航天、医疗、机器人三大市场，创新企业的飞轮效应助力公司长青	35
3.2、 并购是电机企业加速成长的有效路径——以日本电产为例	41
3.3、 国内优秀电机企业：内生外延拓宽数长边界，率先布局国内蓝海市场	45
3.3.1、 鸣志电器：混合式步进全球三甲，切入伺服电机布局高附加值市场再添动能	45
3.3.2、 汇川技术：通用伺服国内龙头地位稳固，新能源汽车业务棋至中盘	48
3.3.3、 信捷电气：PLC 业务带来客户粘性，伺服系统创造第二增长级	52
3.3.4、 禾川科技：拳头产品伺服系统铸就业绩基石，PLC 放量提升盈利能力	54

3.3.5、兆威机电：拓展微型传动下游新兴市场，具备通用电机定制化开发实力	55
3.4、产业链支持，助力中高端市场工控电机国产化.....	57
3.4.1、峰峻科技：国内直流无刷电机驱动控制芯片专家.....	57
3.4.2、兆易创新：国内高性能通用 MCU 领跑者，布局电机驱动芯片	58
3.4.3、英洛华：国内领先的钕铁硼永磁材料制造商	59
3.4.4、力星股份：全球领先的轴承滚动体供应商	60
4、风险提示	62

图表目录

图 1：电动机可分为工控级、消费级、车载电机.....	9
图 2：按有无闭环控制回路，工控级电机可分为步进电机和伺服电机.....	10
图 3：国内电机市场总规模约 740 亿元，其中工控级电机市场规模约 300 亿元	11
图 4：国内工控级电机产业链上游原材料国产化率最高，中游伺服系统本体国产化率约 35%	13
图 5：光编码器精度高于磁编码器	14
图 6：主控 MCU 以及驱动芯片通过控制功率器件来驱动电机.....	15
图 7：预计 2022 年全球直流无刷电机驱动控制芯片市场约 253 亿元	15
图 8：反馈闭环是通过编码器检测电机转速和旋转角度并反馈给控制器的控制方法	16
图 9：电枢反应导致电磁波形失真，从而导致无槽电机中的转矩脉动	17
图 10：线圈绕组的关键技术是如何绕线，绕组杯的平整度、一致性是否良好	18
图 11：空心杯电机没有传统电机中起线圈支撑作用的铁芯	19
图 12：空心杯电机可应用于医疗器械、航天、机器人外骨骼、手术机器人等领域	20
图 13：无框力矩电机输出力矩大、结构紧凑，散热性好.....	21
图 14：协作机器人关节中采用了 Maxon 无框电机	21

图 15：步科股份 146W 无框电机的额定转矩可达到 1350mNm.....	21
图 16：2020-2022H2，常州精纳净利润增速提升.....	21
图 17：步进电机结构和通用伺服电机基本一致.....	22
图 18：步进系统开环控制、没有反馈回路.....	22
图 19：谐波减速器+无框电机+传感器构成旋转关节.....	24
图 20：特斯拉人形机器人大量使用滚珠丝杠.....	24
图 21：特斯拉机器人旋转关节类似科尔摩根为协作机器人提供的关节模组.....	25
图 22：特斯拉机器人带来伺服电机增量，国产厂商有望受益.....	27
图 23：通用交流伺服系统国产渗透率由 2019 年的 8%提升至 2022 年 1-9 月的 35%	28
图 24：2011-2021 年瑞士稳居全球最具创新力国家，中国 2021 年上升至 12 位.....	32
图 25：瑞士的知识、技术、创意产出远超世界其他发达经济体，中国也是高效产出国之一	33
图 26：瑞士国家研发投入占 GDP 比例超经合组织.....	34
图 27：瑞士每百万人专利申请数量居世界前列.....	34
图 28：瑞士创造了对企业开办非常有利的环境.....	35
图 29：瑞士科技从业者占总劳动力比重为 59%	35
图 30：1961 年发展至今，Maxon 以瑞士、德国为研发中心，生产基地遍布全球.....	36
图 31：自研为主扩充产品线、开拓下游市场驱动产品创新.....	36
图 32：1960-1979 年瑞士专利占 GDP 位于全球首位	37
图 33：1963-1979 年瑞士研发支出占 GDP 比例全球第一	37
图 34：1980-2000 年，美国制造业出口占比超 50%	37
图 35：1981-1989 年，美国机械设备出口占比超 40%	37
图 36：20 世纪 50 年代起，美国超越英国成为全球第一出口大国.....	38

图 37: 六登火星, Maxon 电机高端品质被世界认可	40
图 38: 飞轮效应助力企业长青	40
图 39: 除航天外, Maxon 电机广泛应用于半导体、核电站救援、高端医疗设备等领域	41
图 40: 日本电产营收、净利润稳步增长	42
图 41: 日本电产研发费用率维持在 4% 左右	43
图 42: 日本电产车载事业部毛利率呈下降趋势	43
图 43: 中国市场的新能源汽车渗透率呈上升趋势	44
图 44: 新能源车+节能家电+协作机器人+工业无人机带来电机市场的需求	44
图 45: 精准收购+市场拓展+产能补充是鸣志电器三大核心优势	46
图 46: 鸣志电器具备强资源整合能力, 三次收购后业绩增长明显	47
图 47: 被收购公司在医疗仪器、航空航天等领域有技术积累和成熟解决方案	47
图 48: 鸣志电器境内外市场齐头发展	48
图 49: 鸣志电器驱动业务毛利率处于行业领先水平	48
图 50: 鸣志电器费用管控实力强, 研发费用金额高但费用率低于行业	48
图 51: 汇川技术布局除减速器外的工业机器人核心部件以及工业机器人本体	49
图 52: 运动控制类产品收入增速随通用自动化行业周期性波动, 毛利率水平稳定	50
图 53: 2022Q3, 汇川技术伺服系统市场份额同比+7pcts	50
图 54: 2021H1, 国内新能源车电机市场 CR10= 74.4%, 电控市场 CR10=87%	51
图 55: 造车新势力为汇川技术新能源车业务输血, 传统车企占比稳步提升以减轻单一客户依赖	52
图 56: 2019-2022H1 信捷电气毛利率水平基本持续跑赢行业	53
图 57: 2019-2022H1 信捷电气净利率水平持续跑赢行业	53
图 58: PLC 相当于大脑, 是运动控制系统中制造难度最高的零部件	54

图 59: 2022H1, 驱动系统销售收入同比增长 16.71%, 智能装置 (含伺服系统) 同比增长 49.6%	54
图 60: 2022 年前三季度禾川科技营收同比+28.9%, 归母净利润同比+1.5%	55
图 61: 2018-2022 年 1-9 月, 禾川科技净利率呈下降趋势	55
图 62: 兆威机电的微型传动系统主要构成为马达 (电机) 和齿轮箱 (减速器)	55
图 63: 兆威机电微型传动系统主要应用于汽车电子、通讯、智能家居、医疗器械、VR 领域	56
图 64: 通讯业务受智能手机景气不振而下滑	57
图 65: 研发、销售费用大幅增长下净利率下滑	57
图 66: 峰峻科技拥有完全自主知识产权电机控制专用 IP 内核 ME 核	58
图 67: 电机主控芯片 MCU 为第一大业务	58
图 68: 立足家电电机驱动控制芯片, 拓展汽车、机械臂等市场	58
图 69: 2022 年 1-9 月, 英洛华营收同比+36.7%, 归母净利润同比+46.8%	60
图 70: 2022 年 1-9 月, 钕铁硼收入占比 59%, 电机收入占比 23%	60
图 71: 2022 年 1-9 月营收同比下降 5.9%	61
图 72: 研发费用加大、厂房搬迁等因素导致利润率下降	61
表 1: 钕铁硼稀土含量高, 磁性强, 我们认为未来电机原材料以钕铁硼为主	13
表 2: 混合式步进电机比永磁式步进电机用量大、价格高、技术壁垒高	22
表 3: 步进电机操作更简单、成本更低, 更适用于对精度要求不高的应用场景	23
表 4: 中性假设下, 2023-2027 年特斯拉机器人带来伺服电机需求规模复合增速有望达到 315%	25
表 5: 伺服系统四大阵营竞争激烈	28
表 6: 十年间国家多次出台多项政策支持国产伺服系统发展	29
表 7: 精准并购加速日本电产成长	41
表 8: 医疗、工业自动化、太阳能、移动机器人是鸣志电器的主要下游	45

表 9： 特斯拉机器人带来市场增量+工控产业链自主可控下，电机全产业链多家厂商或将受益 61

1、电动机：分为工控级、消费级、车载电机，国内总规模 740 亿元

电动机（下称电机）由线圈和磁铁构成，是指依据电磁感应定律实现电能的转换或传递的一种电磁装置。其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。电机本身所带来的机械运动为圆周运动或直线运动。

图1：电动机可分为工控级、消费级、车载电机



资料来源：开源证券研究所

电机的核心部件包括：

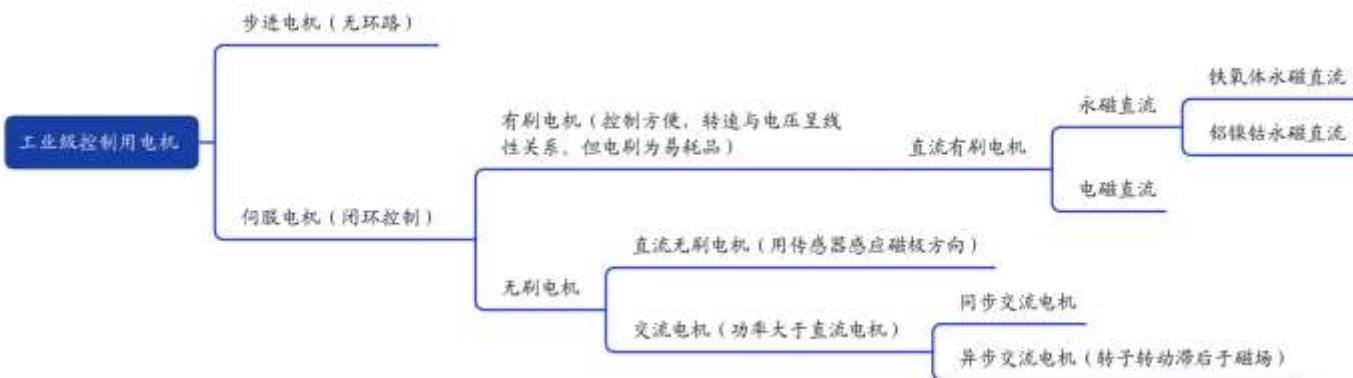
- **定子：**电机的固定部分，通常是外部部件，包含有齿钢叠片，外面包裹着能产生电磁力的铜绕组。定子紧凑地安装在机器外壳的主体内，产生旋转磁场以有效地产生扭矩。
- **绕组：**绕组中的电流会产生旋转磁场。
- **轴：**轴传递电机输出功率。该负载通过传输机构驱动。
- **转子：**电机的转动部分，通常是内部部件，直接安装在动力输出轴。转子绕组切割定子旋转磁场产生感应电动势及电流。定子磁场和转子磁场相互作用产生电磁转矩，电磁转矩作用于转子产生旋转运动而使电动机旋转。

电机输出扭矩大小和转速高低通常呈负相关，增加电机的尺寸可提升输出扭矩，同时会降低电机转速。

客户选择电机时，主要是根据不同应用场景对电机的转矩性能、惯量匹配、准确性、轴间协调、布线等要素的要求进行选择。电机的名称纷繁复杂，原因是电机作为一种执行机构，其形态需要适应不同应用场景带来的差异化需求而

发生改变。市面上有几百种不同名称的电机，但很多电机之间的差异很小。

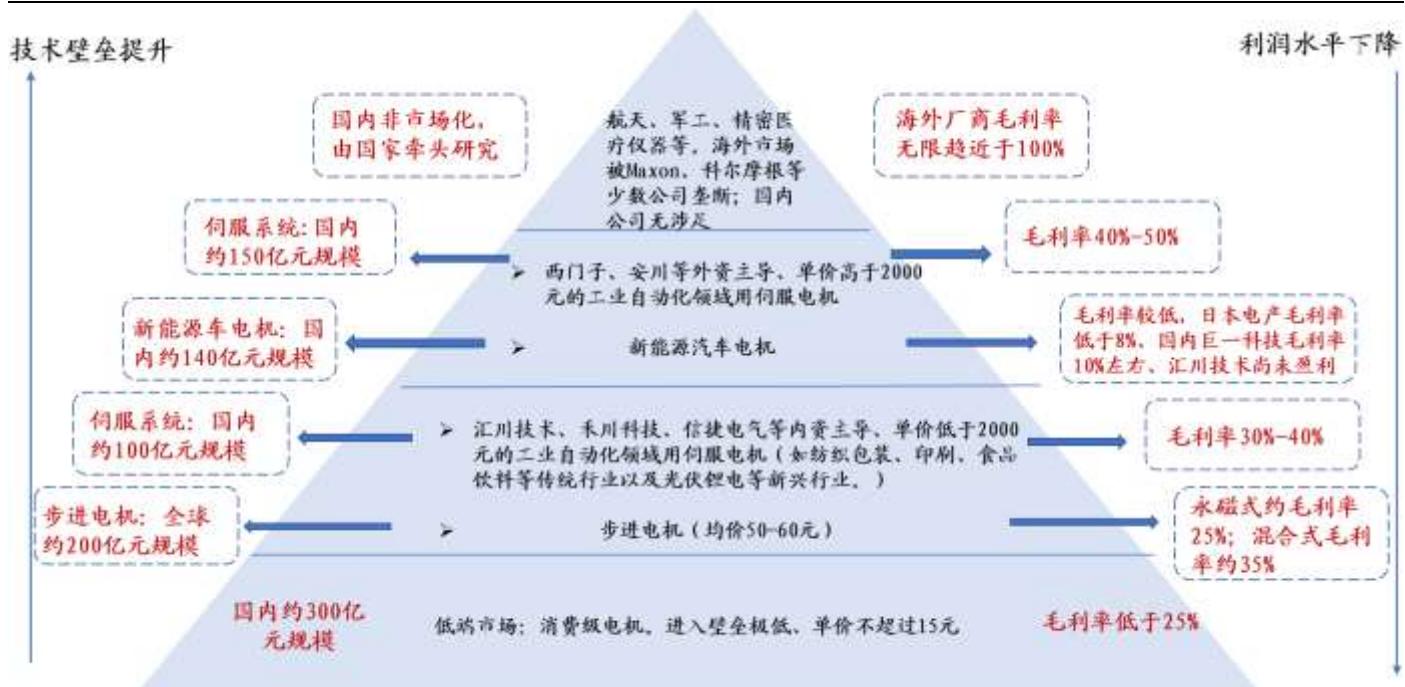
图2：按有无闭环控制回路，工控级电机可分为步进电机和伺服电机



资料来源：鸣志电器官网、开源证券研究所

按应用领域分，电机可分为消费级电机、工业级电机，以及车载电机。我们测算，2021年，国内消费级电机市场规模约300亿元，伺服电机市场规模约250亿元，新能源汽车电机约140亿元规模，步进电机国内约50亿元规模，国内电机总市场规模约为740亿元。

- 消费级电机指用在玩具、家电等消费品上的电机，技术壁垒低、产品附加值低，因而单价低，利润率水平低，行业内众多玩家进行无差异化竞争。
- 新能源车电机的研发投入大，电机价格受限于整车价格而存在天花板、主机厂与第三方供应商竞争激烈，利润率水平较低。
- 工业级电机技术壁垒较高，产品价值量更高同时拥有更高的毛利率。本文重点讨论工业用电机。工业级电机主要分为伺服电机和步进电机。我们测算，2021年国内市场规模共约300亿元。

图3：国内电机市场总规模约 740 亿元，其中工控级电机市场规模约 300 亿元


资料来源：Wind、国家统计局、工信部、MIR 睿工业、鸣志电器招股书、开源证券研究所

1.1、电机行业：进入壁垒较低，产品高端跃迁存在资金、技术、客户壁垒

壁垒

由于电机的结构、加工方式相对简单，应用领域非常广泛，从简单低端的普通铁芯电机到航天军工用的特种电机都存在市场需求，因此电机行业的进入壁垒低，中低端应用场景玩家众多，低价竞争的后果是利润率水平低。但电机应用领域向高端升级的壁垒很高，主要在于以下三点：

第一，资金壁垒高，前期大量投入研发以满足不同领域的标准。如，新能源汽车使用的电机需满足 IATF16949 和 ISO26262 国际标准。截至 2022H1，汇川技术的新能源汽车电驱业务目前已经投入 30-40 亿元，常州工厂还需再投入 20-30 亿，截至 2022H1 公司新能源电驱业务仍然亏损。此外，进入医疗领域的产物需满足 ISO13485 认证，进入航天领域的产物需满足 EN9100 标准认证。

第二，技术壁垒高，高端领域的客户看重电机厂商在标准品基础之上以更低的成本满足其定制化要求的能力。

电机设计的主要组成部分是机械和电气。机械改动层面，缩小输出轴径较简单，增大轴径却更复杂。电气修改层面，调整电机绕组的电气特性更为简单，但增加设计电压更为复杂，需要更改绝缘材料甚至槽设计。设计一个应用在全新领域的电机要求工程师真正掌握电磁学、电机学、动力学的底层逻辑，考虑电磁转换效率、磁场分布、涡流最小化等诸多因素，经过精密的计算最终完成设计，难度很高。

电机应用环境是决定定制化复杂程度的重要因素。在极端温度/真空/无尘/潮湿/易爆/辐射/高振动冲击等偏离典型工业环境下，对电机材料、结构设计等要求大幅提升，定制化成本会大幅增加，实力越强的公司越能做到压缩定制成本。

第三，客户壁垒高。航天、手术机器人、高端医疗器械等应用领域的用户倾向于选择已经树立高品质品牌的厂商，基本不会切换供应商。比如，火星探测领域，NASA 连续六次火星探测活动使用 Maxon 的电机。在医疗技术领域，瑞士胰岛素泵供应商 Ypsomed 通过不断向患者说明其选用 Maxon 的高品质驱动器来赢得患者信任。

1.2、工控电机产业链上游为芯片、编码器、磁性材料和轴承等结构件

国内工控级电机产业链上游为磁性材料、编码器（伺服电机为电机和编码器集成）、芯片以及轴承等结构件；中游为工控电机本体（伺服电机与步进电机），下游应用领域主要为各行业通用自动化设备。

图4：国内工控级电机产业链上游原材料国产化率最高，中游伺服系统本体国产化率约 35%


资料来源：MIR 睿工业、Wind、各公司公告、开源证券研究所

生产电机需要用到磁性材料，以永磁体为主。永磁体主要分为塑磁、铁氧体和钕铁硼。

表1：钕铁硼稀土含量高，磁性强，我们认为未来电机原材料以钕铁硼为主

永磁体分类	材料特征
塑磁	塑料的导电材料和磁性材料混合在一起，放进模具中，压铸成磁环或磁钢；塑磁的磁性偏低。
铁氧体	稀土含量比较少，在国外应用较为广泛（如电子厂），因为对于海外厂商来讲具备价格优势。
钕铁硼	原料主要为稀土，国内小型化电机用得较多。钕铁硼分两种：粘结钕、烧结钕铁硼。粘结钕铁硼是把特制胶水跟磁性材料混合在一起，通过模具定型；烧结钕铁硼没有胶水，是把磁性材料在高温烧结定型。

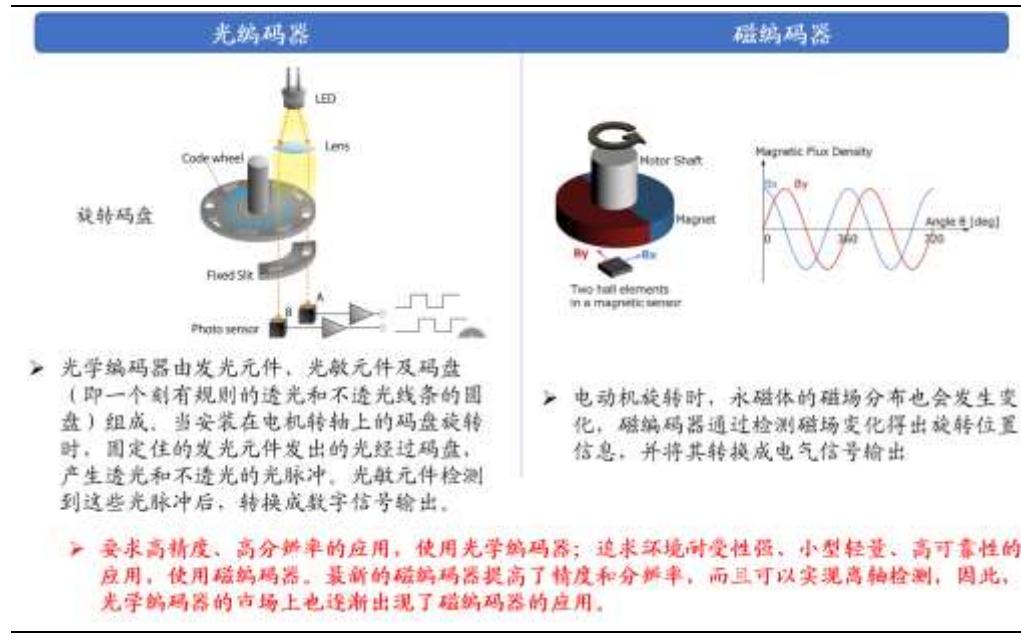
资料来源：开源证券研究所

我们认为未来电机原材料以钕铁硼为主。中国是稀土大国，相较国外具备价格优势。稀土含量越高，材料的磁性就越好。相同体积的钕铁硼性能远高于铁氧体。

我们认为，未来人形机器人使用钕铁硼的概率更高。

编码器是伺服电机内部集成的传感器。从物理介质的不同来分，伺服电机编码器可以分为光编码器和磁编码器。磁编码器成本相较光编码器可以下降 100 多元。整体来看，国内编码器的精度和综合性能较国外仍有差距，国内运控厂商使用的编码器，尤其是应用于高精度领域的大多需要进口。

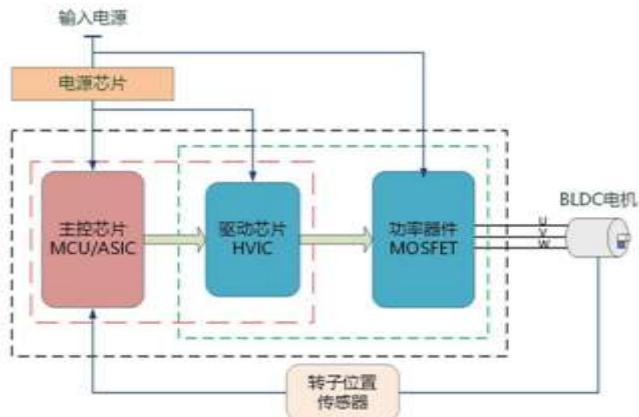
图5：光编码器精度高于磁编码器



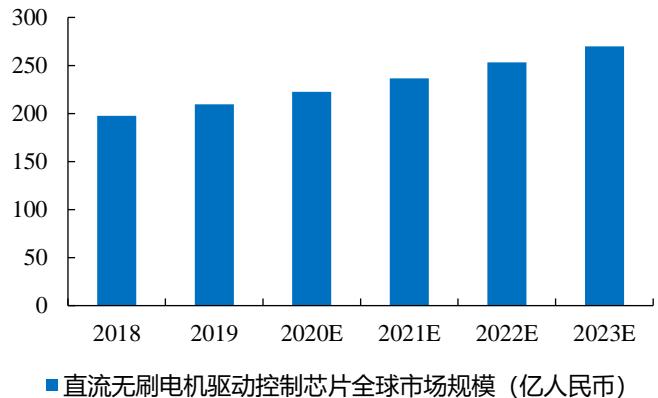
资料来源：Asahi KASEI Microdevices、开源证券研究所

以驱动一个直流无刷电机为例，必备要素包括 MCU（控制芯片）+Gate Driver 或 Pre- Driver（预驱）和功率器件(MOSFET)，MCU 芯片通过 PWM 波控制预驱芯片，进而预驱芯片控制功率器件（MOS、IGBT）。

根据 Grandview Research 测算，预计 2022 年全球直流无刷电机驱动芯片总市场规模约为 252 亿元。意法半导体、德州仪器等国际大厂主导电机驱动控制芯片市场，国内厂商的全球市占率较低。海外大厂多采用 ARM 架构电机主控芯片 MCU，提供从控制器到功率器件的完整电机芯片解决方案。

图6：主控 MCU 以及驱动芯片通过控制功率器件来驱动
电机


资料来源：峰铭科技招股书

图7：预计 2022 年全球直流无刷电机驱动控制芯片市场
约 253 亿元


数据来源：Grandview Research、开源证券研究所

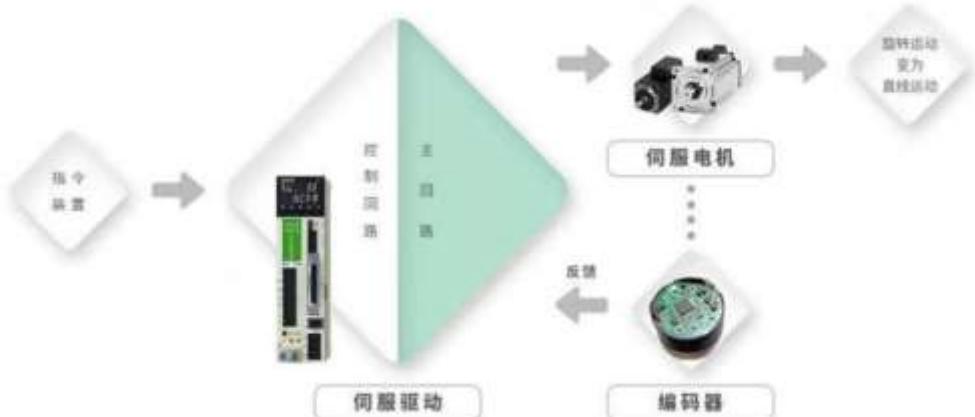
1.3、工控级电机产业链中游为电机本体

1.3.1、伺服电机：精度较高的工业控制级电机，国内约 250 亿元市场

伺服电机是闭环伺服机构中使用的工业控制级电机，内部集成编码器（传感器），其精度取决于编码器的精度。根据 MIR 睿工业数据，2021 年国内通用交流伺服系统市场规模约为 250 亿元。

在闭环伺服机构中，驱动器接受控制器指令，转换为脉冲信号给伺服电机，伺服电机接受脉冲信号，根据信号（转矩、转速、转动方向）运转，同时反馈一个脉冲信号给驱动器。编码器则用于实时纠正两个脉冲信号之间的误差，让其趋于一致。反馈闭环使得伺服电机可以满足对精度要求高的应用场景。

图8：反馈闭环是通过编码器检测电机转速和旋转角度并反馈给控制器的控制方法



资料来源：禾川科技招股书

转矩脉动是通电的电机中转子在旋转过程中产生的不均匀转矩，在传统电机中主要由于齿槽转矩引起，齿槽转矩是由安装在转子上的永磁体和定子叠片的钢齿之间的吸引力引起的。当旋转传统电机的轴时，可以从物理上感觉到齿槽效应是一种间歇性的“抽动”运动。**在对动线保持平滑要求高的场景（数控机床等高精度场景），应使用可以消除齿槽转矩的电机，包括空心杯电机、无框电机、无槽电机。**

无槽电机（定子上没有钢齿的伺服电机）的定子不受齿槽转矩的影响，但在通电时仍会出现转矩脉动，这是由于电枢反应的存在。电枢反应是随着电流水平的升高，磁路中的磁通量发生变化，从而将谐波引入电机转矩的恒定波形。这种效应在中高电流的无槽电机中最为明显。

图9：电枢反应导致电磁波形失真，从而导致无槽电机中的转矩脉动



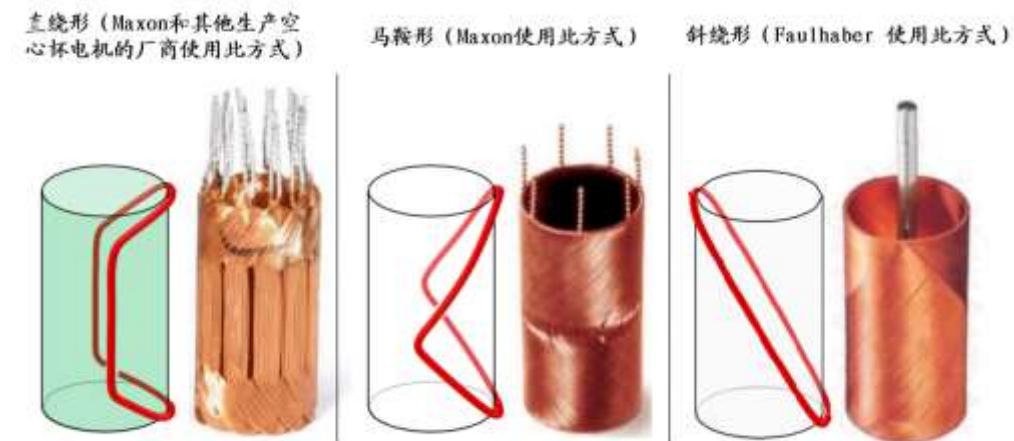
资料来源：Kollmorgen 官网、开源证券研究所

1.3.2、空心杯电机：高转速、无铁芯、小功率段体积最小的直流伺服电机

空心杯电机是没有铁芯转子的直流伺服电机，外形细长，是小功率段体积最小、功率密度最高的电机，1969 年首次由瑞士 Maxon 集团发明并获得专利。

- 所谓“空心杯”，是因为这种伺服电机的线圈没有任何支撑结构，完全由导线绕制而成，从外形上看像杯子。
- 线圈通过连接板和换向器、主轴连接到一起，共同组成转子。连接板起到固定导线和传递力矩。线圈在磁铁和外壳之间的缝隙中旋转，从而带动整个转子旋转
- 线圈绕组的关键技术是如何绕线，绕组杯的平整度、一致性是否良好。其中斜绕组的绕线工艺最简单易操作。

图10：线圈绕组的关键技术是如何绕线，绕组杯的平整度、一致性是否良好

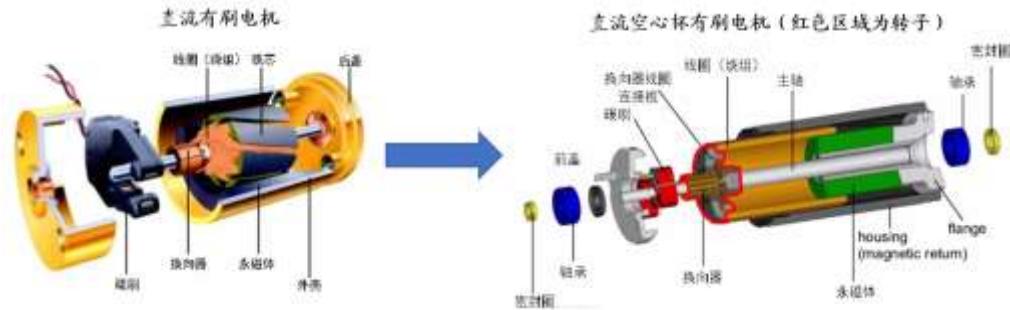


资料来源：Maxon 官网、开源证券研究所

- **空心杯线圈的制造工艺是制作空心杯电机所用的最重要、最关键的技术。**
分为一次性绕制成型和卷绕式成型。海外大厂使用一次性绕制成型的方法，
产品动平衡性能良好，并且适合大批量自动化生产。卷绕式工艺复杂、损
耗多、加工时间长。
- **空心杯的结构消除了由于铁芯形成涡流而造成的电能损耗。**
- **由于转子重量大幅度降低，转动惯性减小，相比传统铁芯电机大扭矩急加
速急减速性能突出。体积小、功率密度高；散热效果好。**
- **空心杯电机没有齿槽转矩，转矩波动小，转速稳定，运行稳定性较高。**
- **空心杯电机转速高，因此扭矩相对较低。为了实现机器人技术所需的高扭
矩，需要和减速器相结合。**
- **缺点：由于没有铁芯支撑，线圈只能做得很薄，否则会气隙过大，损失磁
通。这使得线圈和输出轴的连接强度有限，所以输出功率受限，一般空心
杯电机的最大功率在几百瓦左右。**

➤ 综合来看，空心杯电机适用于需要快速响应、对输出功率要求不高但对功率密度要求高的系统中，如导弹的飞行方向快速调节、相机快速自动调焦、仿生义肢等。

图11：空心杯电机没有传统电机中起线圈支撑作用的铁芯



资料来源：Maxon 官网、开源证券研究所

图12：空心杯电机可应用于医疗器械、航天、机器人外骨骼、手术机器人等领域



Maxon 无刷无铁芯EXC电机进行呼吸治疗
敏感呼吸器要求电机体积小、使用寿命长、具备高的动态特性、低噪音



Maxon有刷空心杯电机应用于航空执行器。
以满足航天领域对电机功率密度高、低功耗、耐温、长寿命、抗振动和抗冲击性以及高耐腐蚀性的要求



手术机器人使用带或不带编码器的Maxon空心杯电机，可进行心脏搭桥手术



机器人外骨骼使用Maxon的150W有刷空心杯电机，扭矩性能低、动态范围高、转速范围极宽



在南极进行科考的高精度望远镜架台，使用Maxon有刷空心杯电机

资料来源：Maxon 官网、开源证券研究所

1.3.3、无框力矩电机：大扭矩的直流伺服电机

无框力矩电机是去掉轴、轴承、外壳、反馈或端盖的伺服电机，只包含定子和转子。1949 年由美国 Inland 电机公司（1960 年和科尔摩根光学公司合并为科尔摩根公司）发明，用于早期导弹和空间飞行器的惯性制导系统上的传动万向节。现在，无框电机的典型应用包括：机器人和机器人关节、武器站、传感器的万向节、瞄准系统、无人机推进与导航、工厂自动化设备等。

无框力矩电机的核心优势：

第一，提高机器性能、实现大扭矩。无机械合规性（无反冲，无空转）、更高

的系统带宽提高机器效率。

第二，更紧凑的外形、更小的机器占地面积单位体积的最高扭矩。

第三，减少维护、更少的机械部件、没有易磨损或维护的部件。

图13：无框力矩电机输出力矩大、结构紧凑，散热性好



资料来源：kollmorgen 官网

图14：协作机器人关节中采用了 Maxon 无框电机



资料来源：Maxon 官网

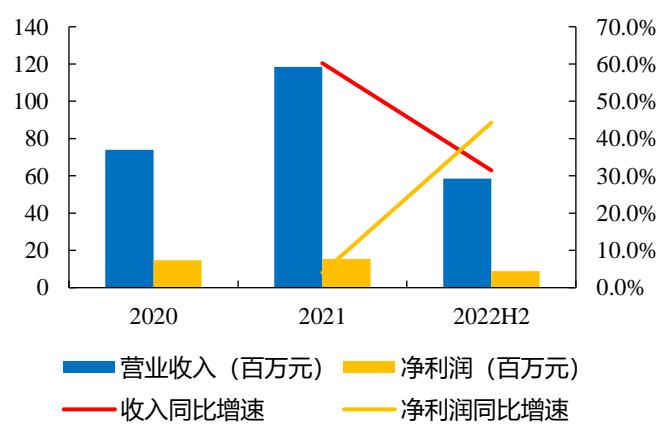
步科股份的全资子公司常州精纳的无框力矩电机综合性能处于国内前列，公司

的无框中空关节电机（即无框电机）主要用于协作机器人。

图15：步科股份 146W 无框电机的额定转矩可达到 1350mNm

定子外径 (mm)	型号	额定功率(W)	额定转矩(Nm)	最大转矩(Nm)	额定转速(rpm)
52	STW52-1537D16ENL	159	0.4	1.2	3790
60	STW60-1431D16ENL	146	0.45	1.35	3100
76	STW76-2933D16ENL	293	0.85	2.55	3300
104	STW104-4529D16ENL	360	1.5	4.5	2420
132	STW132-11832D16ENL	1180	3.5	8.75	3220

图16：2020-2022H2，常州精纳净利润增速提升



资料来源：常州精纳官网

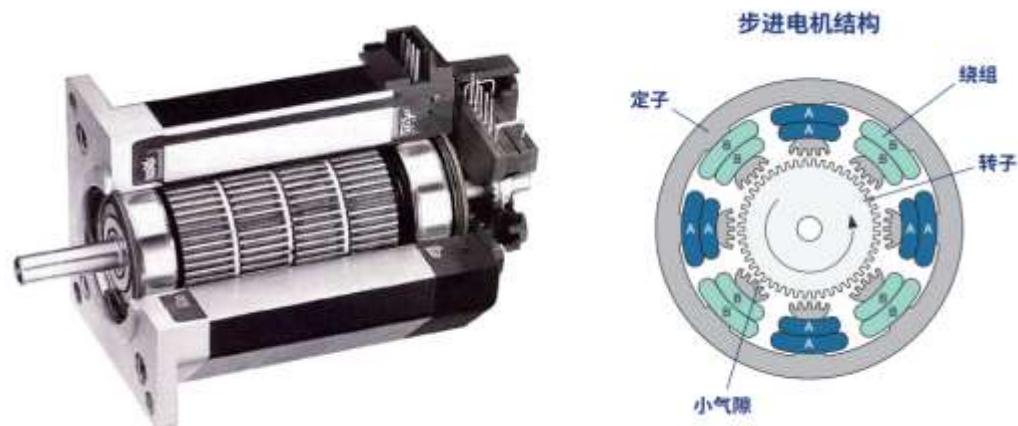
数据来源：步科股份年报、开源证券研究所

1.3.4、步进电机：精度、成本低于伺服电机的工控级电机，全球约 200 亿元市场

步进系统没有反馈回路，是开环控制。步进电动机线不连续，高速运行时易丢步，因此只能做位置控制，不能做速度控制。不适用于对精度要求高的场景。

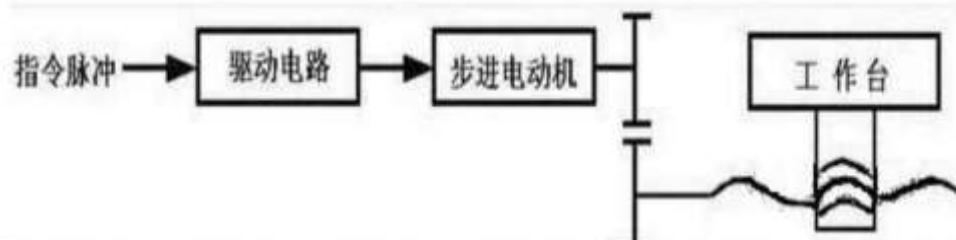
步进电机价格更低。目前步进电机产品均价在 50-60 元之间。根据我们估算，2021 年步进电机全球市场规模约为 200 亿元。

图17：步进电机结构和通用伺服电机基本一致



资料来源：科尔摩根官网

图18：步进系统开环控制、没有反馈回路



资料来源：中国传动网

当前市场上的步进电机主要分为永磁式 (PM) 和混合式 (HB)。

表2：混合式步进电机比永磁式步进电机用量大、价格高、技术壁垒高

属性	混合式	永磁式
----	-----	-----

属性	混合式	永磁式
步距角 (越小精度越高)	0.9/1.8/3.6 度	7.5/15/18/20 度
力矩	更大	相同转速下, 永磁式低速端的力矩远不如混合式; 永磁式高速端力矩可以和混合式抗衡。
价格用量	单台价格比永磁式贵一倍左右, 一年用量在 8 千万-1 亿台。	价格更低, 一年用量 15 亿台
技术壁垒	远高于永磁, 全球前十仅鸣志一 家内资企业, 其他都是日本企业	壁垒低, 小厂家多, 价格战严重。 江苏雷利主打永磁步进 , 主要用于白电 (空调出风口、风扇等), 一年出货量将近 1 亿只, 薄利多销。雷利小型号的永磁电机, 如 20/25 毫米, 价格可低至 5-10 元。

资料来源: 开源证券研究所

表3: 步进电机操作更简单、成本更低, 更适用于对精度要求不高的应用场景

属性	伺服电机 (系统)	步进电机 (系统)
转矩性能	可处理高于 3000rpm 的转矩要求, 对于恒定或可变负载, 伺服系统可以从过载状态中恢复	最高转矩低于 1000rpm, 对于恒定或可变负载, 步进系统不可以从过载状态中恢复
惯量匹配	负载惯量和电机惯量之比可达到 200-300:1 及更高	负载惯量与电机惯量的比值通常不超过 30:1 (Jload:Jm)。
轴间协调	可以进行轴间协调, 可满足简单的点到点移动和坐标运动	没有任何反馈保持同步, 仅限点到点移动, 且只可以进行轴间伪协调
布线和电机驱动调整	布线更多。可消除命令电机步数的潜在丢失或增加。	布线更少。到达能力阈值时易出现运动步进相对于指令步进数丢失或增加的情况, 尤其在加速和减速时更明显。步进的丢失通常因为惯量太大影响了加速度, 或存在高于预期的摩擦; 步进的增加通常是由于噪音或惯量太大影响减速度。
准确性和分辨率	伺服电机分辨率在理论上是无限的, 但在闭环操作中, 系统定位主要取决于反馈设备 (编码器) 的分辨率。	步进系统的理论分辨率和实际分辨率有差异。准确性低于伺服系统
输出电压范围	从低于 75volts 到高于 480+volts 都可满足	一般低于 75volts
输入电源	在操作范围内工作时, 驱动器的控制回路将向伺服电机提供所需的电压和电流; 当伺服电机系统被迫在其操作范围之外工作时, 即使是一毫秒, 也不再受控制, 无法再作为伺服电机运行。	步进电机相当于一个电感与一个电阻串联, 中增加电机速度可能需要更高的电压。

资料来源: Kollmorgen 官网、开源证券研究所

2、自主可控提升国产渗透率, 消费级机器人带来新增量

2.1、新增量市场：消费级机器人或将带来 893 亿元伺服系统增量

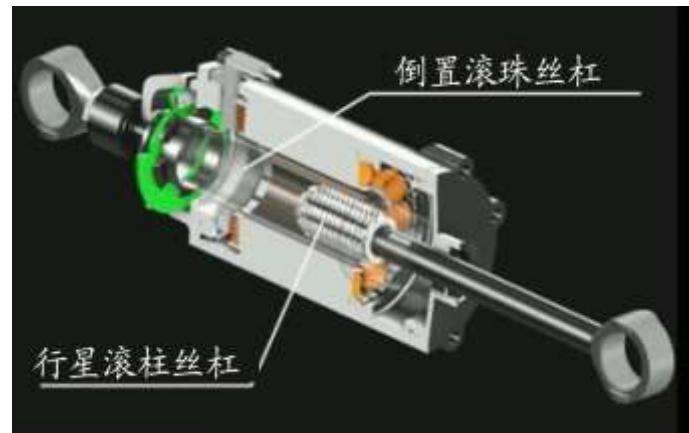
液压驱动易漏油、难维护，步进电机无法进行速度控制且不适用于对精度有要求的场景，**特斯拉人形机器人关节使用伺服电机驱动的方式**。其中，线性关节（12 个）使用无框电机+滚珠丝杠+力矩传感器的方案（也称为伺服电缸），利用滚珠丝杠将旋转运动转化为直线运动。旋转关节（16 个）使用无框电机+谐波减速器+力矩传感器+双编码器方案，以关节模组形成呈现。

图19：谐波减速器+无框电机+传感器构成旋转关节



资料来源：特斯拉 AI Day

图20：特斯拉人形机器人大量使用滚珠丝杠



资料来源：特斯拉 AI Day、开源证券研究所

图21：特斯拉机器人旋转关节类似科尔摩根为协作机器人提供的关节模组



资料来源：Kollmorgen 官网、开源证券研究所

消费级机器人对伺服电机市场的扩容远大于工业自动化领域电机需求。以特斯拉人形机器人为例，传统工业机器人最多有 6 个关节，使用 6 套伺服系统，而目前单台特斯拉人形机器人搭载 28 套伺服系统（不含手指）。同时我们认为特斯拉机器人手指关节使用空心杯电机的可能性较大。

测算核心假设：（1）根据我们在《特斯拉机器人风起，国产供应链远航》一文中的测算与假设，伺服电机总成本 BOM 表占比 16%。（2）人形机器人在问世初期有可能使用 Maxon 独家供应的空心杯电机。Maxon 官网的通用型直流无刷电机单价在 600-1000 欧元不等，我们预测 2023 年空心杯单价在 700 欧元左右，约 5000 人民币。特斯拉机器人量产的前提是电机等零部件标准化，而电机标准化意味着其单价会下降。**基于目前已发布的特斯拉机器人原型机硬件方案以及我们的假设，我们测算出中性情景下，特斯拉机器人带来伺服电机市场复合增速有望达到 315%。**

表4：中性假设下，2023-2027 年特斯拉机器人带来伺服电机需求规模复合增速有望达到 315%

2023E	2024E	2025E	2026E	2027E
-------	-------	-------	-------	-------

	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E
			中性	乐观	
特斯拉机器人销量 (万台)	0.25	5	20	40	100
空心杯电机单价 (元)	5000	4500	3600	3150	2520
单价 yoy		-10.0%	-20.0%	-30.0%	-30.0%
空心杯电机总市场空间(亿元)	1.25	22.5	72	126	252
无框电机单价 (元)	2500	2250	2025	1913	1418
单价 yoy		-10%	-10%	-15%	-30%
无框电机总市场空间(亿元)	1.75	31.5	113.4	214.2	396.9
伺服电机增量空间 (亿元)	3	54	185.4	340.2	648.9
单台特斯拉机器人伺服电机总成本 (万元)	12.00	10.80	9.27	8.51	6.49
单台特斯拉机器人总成本 (万美金)	10.7	9.6	8.3	7.6	5.8
					5.3

数据来源：开源证券研究所

基于上表中的测算，中性情境下，2023-2027 年特斯拉机器人带来的伺服电机总需求量为 9.5/190/760/3800/5700 万台，**我们认为国内厂商真正能受益于消费级机器人用电机带来的增量，扩大规模效应以提升毛利率水平需要在 2025 年及以后。原因如下：**

首先，目前人形机器人对电机精度要求不高，全球各地区的伺服电机厂（主要在欧美、日本、中国）基本能满足其技术要求。

其次，电机不同于减速器，对工艺积累的要求更低，扩产难度更小、产能爬坡时间更短。根据禾川科技招股书，目前禾川科技伺服电机年产量在 70 万台左右。

再次，我们认为，由于从中国进口电机可能征收更高的关税，从供应链成本管控角度考虑，特斯拉有可能优先选择欧美地区的电机厂。**2023-2025 年，国内电机市场真正的需求增量可能较少，分摊到单家电机厂的增量相较于现有产量并不能起到扩大规模效应的作用。**

因此我们认为，2025 年后，电机需求量增长到 2000 万台左右时，国内电机厂商

或将受益于规模效应的进一步提升而提高盈利水平。又因特斯拉在机器人领域的布局是巨头动向的风向标，我们认为国内外科技型企业会愈发重视消费级机器人市场，届时或将带来更大的市场增量。

图22：特斯拉机器人带来伺服电机增量，国产厂商有望受益



资料来源：Wind、各公司官网、开源证券研究所

2.2、中高端通用交流伺服系统国产化率或低于 10%，国产替代空间广阔

工业自动化领域使用的电机为通用交流伺服电机。工业机器人、锂电、光伏主要使用三相同步伺服电机。同功率同扭矩的三相异步电机价格低于三相同步电机，被物流、食品饮料等电机用量更大的传统设备行业广泛使用。

国产伺服系统正在凭借产品性价比高、交期短、客户需求快速响应的优势抢占

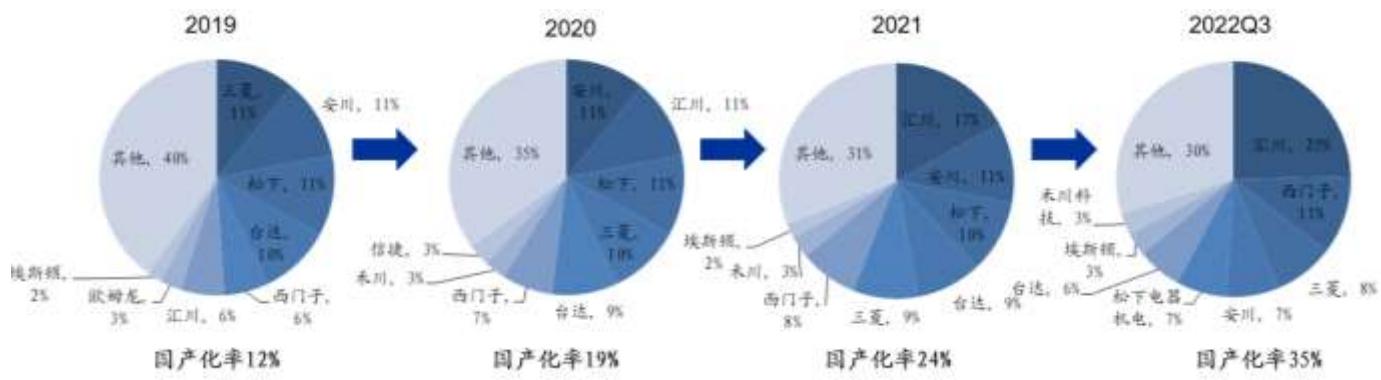
中低端工业自动化市场的外资份额。根据 MIR 睿工业，我国通用伺服系统市占率由 2019 年的 8% 逐步增长至 2022 年 1-9 月的 35%。其中，应用于光伏锂电设备、纺织包装机械等的中低端通用交流伺服系统国产化率或接近 70%。由于我国中大型 PLC 的国产化率低于 10%，并且客户在采购工控产品时倾向于采购同一厂商的 PLC 和伺服系统，因此，我们估算应用于半导体设备、数控机床等的中高端通用交流伺服系统国产化率低于 10%，国内伺服厂商在中高端应用市场的国产替代空间广阔。

表5：伺服系统四大阵营竞争激烈

品牌阵营	代表企业	品牌特点及主要下游
日系	松下、安川电机、三菱电机	性能强、价格具备强竞争力，在中小 OEM 市场市占率高
欧美	西门子、施耐德、博世	占据高端，下游已大型机械为主
中国台湾	台达、东元	产品价格和技术水平定位位于外资品牌和国产品牌之间
国产	汇川技术、禾川科技、信捷电气等	在中小 OEM 市场抢占台系和部分日系厂商份额，整体竞争力不断增强

资料来源：开源证券研究所

图23：通用交流伺服系统国产渗透率由 2019 年的 8% 提升至 2022 年 1-9 月的 35%



数据来源：MIR 睿工业、开源证券研究所

2011以来，国家多次出台政策鼓励与支持伺服系统发展，保障工控产业链自主

可控。核心技术拥有国执行“小院高墙”的技术保护政策、2019年以来全球疫情导

致国内外供应链受阻、2022 年俄乌冲突下多国在科技、贸易领域对俄罗斯进行限制，以上诸多输入性因素影响下，供应链自主可控的重要性愈发凸显。我们认为，中长期看，进一步提升工业自动化中高端领域国产伺服渗透率是国产伺服系统厂商体量进一步增长的长期动力。**国内工控龙头汇川技术、以 PLC 起家布局整体运控系统的信捷电气、绑定新能源高景气下游的内资伺服龙二禾川科技等厂商有望受益。**

表6：十年间国家多次出台多项政策支持国产伺服系统发展

颁布时间	颁布单位	文件名称	相关内容
2011 年	国家发改委、工信部、商务部、科技部、知识产权总局	《当前优先发展的高技术产业化重点领域指南 2011》	鼓励发展高精度数控机床及功能部件，开发中高档数控系统和数字伺服控制器
2013 年	国家发改委	《产业结构调整目录》	将“三轴以上联动的高速、精密数控机床及配套数控系统、伺服电机及驱动装置”列入鼓励类目录。
2015 年	国务院	《中国制造 2025》	突破新型传感器、智能测量仪表、工业控制系统、伺服电机及驱动器和减速器等智能核心装置，推进工程化和产业化。
2016 年	国务院	《中华人民共和国国民经济与社会发展第十三个五年规划纲要》	大力发展工业机器人、服务机器人、手术机器人和军用机器人，推动高精密减速器、高速高性能控制器、高性能伺服电机及驱动器等关键零部件自主化，推动人工智能技术在各领域商用
2021 年	工信部、发改委等八部门联合	《“十四五”智能制造发展规划》	加强自主供给，壮大产业体系新优势，加紧对微纳位移传感器、柔性触觉传感器、高分辨率视觉传感器、成分在线检测仪器、先进控制器、高精度伺服驱动系统、高性能高可靠减速器、可穿戴人机交互设备、工业现场定位设备、智能数控系统等在内的基础零部件和装置进行研发

资料来源：雷赛智能招股书、国务院官网、开源证券研究所

3、复盘海外优质电机企业，看国内电机企业发展潜力

我们选取两家具备代表性的海外电机企业：瑞士 Maxon 集团（小而专精，发展

60 年全球 3000 名员工, 未上市)、日本电产(规模更大, 成立 50 年全球十万名员工)。

通过对公司的复盘, 梳理其竞争核心要素, 为国内运动控制企业提供未来发展的启示和思考。

我们观察到, 对于长期保持高盈利水平的海外电机厂, 其产品始终定位最高端。

即使产品的市场需求量有限, 但单台产品价值量高企, 企业利润率始终维持高位。

这类电机企业呈现出小而专精的特点, 当出现一个全新但空间较小的高端市场, 他们更关心这个下游是否真正解决了部分消费者的需求、是否真正具备高壁垒, 而非会带来多大的利润空间。因此公司的工程师有机会面向各种复杂场景, 积累跨学科跨领域知识与经验, 锤炼其电机定制化能力。**另一类海外电机厂利润率水平较低, 但因收入体量大, 利润总额也在稳步增长。**

如何维持产品力最强的行业地位, 提高议价能力? 通过对瑞士 Maxon 集团的分析, 我们认为重要途径是, 通过密切追踪运动控制产品下游最前沿应用领域的最新发展, 积极与全球各行业的优质企业合作, 最先开发出可在附加值极高但环境恶劣的场景下稳定运行的运控系统, 享受在壁垒高企的新兴领域实现突破的先发优势。

这些超高壁垒的应用场景对电机企业的研发要求高, 往往需要具备非典型工业环境下电机定制化开发的经验以及自身具备超强的创新研发能力才能攻克, 因此竞争对手很少, 公司的议价能力强。根据 Maxon 官网, 其通用型无刷直流电机单价在 600-1000+ 欧元不等, 定制型伺服电机单价更高, 并且利润率接近 100%。根据禾川科技招股书, 禾川科技的通用交流伺服电机单价在 500 元左右。

如何保障自身营收规模扩大, 抵抗毛利率较低的掣肘? 通过对日本电产的分析, 我们认为赛道选择是核心。瞄准高成长性下游行业并深耕, 是企业维持稳定快速增长的原动力。并购是电机企业在发展早期扩充产品品类、高效进军新领域, 发展中

期在选定的深耕市场增强产品实力，提升市占率的有效途径。

国内电机厂商在技术储备、产品性能、客户资源上均和国外电机厂商存在差距，

高精度电机编码器主要依赖进口，厂商对高端领域用电机的研发主动性也不充分。

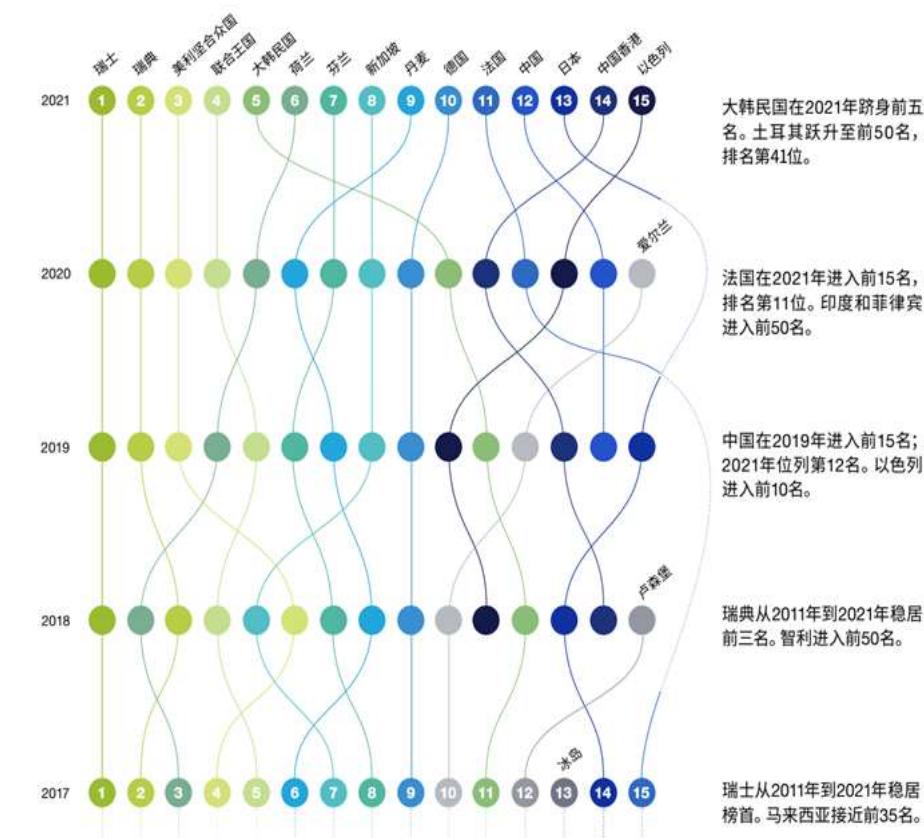
国内电机厂目前处在拼“量”的阶段。国产伺服电机主要应用在工业自动化领域，但工业自动化的中高端应用场景（产品单价高于 2000 元）目前仍是国外品牌占据主要份额。在国内中低端工业自动化用交流伺服市场，产销量更高、具备总成本优势的企业能够维持较高的利润率水平。国内通用交流伺服市场份额的龙一、龙二汇川技术、禾川科技利润水平行业领先。**但同时，我们也观察到国内如鸣志电器的部分电机厂在抢先布局国内尚未成熟，但具备技术、资源壁垒且空间可观的下游市场。**在未来国内市场成熟后有望凭借先发优势率先导入，并凭借积累的产品研发迭代经验保持议价能力、提高盈利水平。

3.1、海外卓越电机公司：无铁芯绕组全球首创，瑞士 Maxon 集团

3.1.1、Maxon 是全球创新最强国瑞士科技实力的缩影

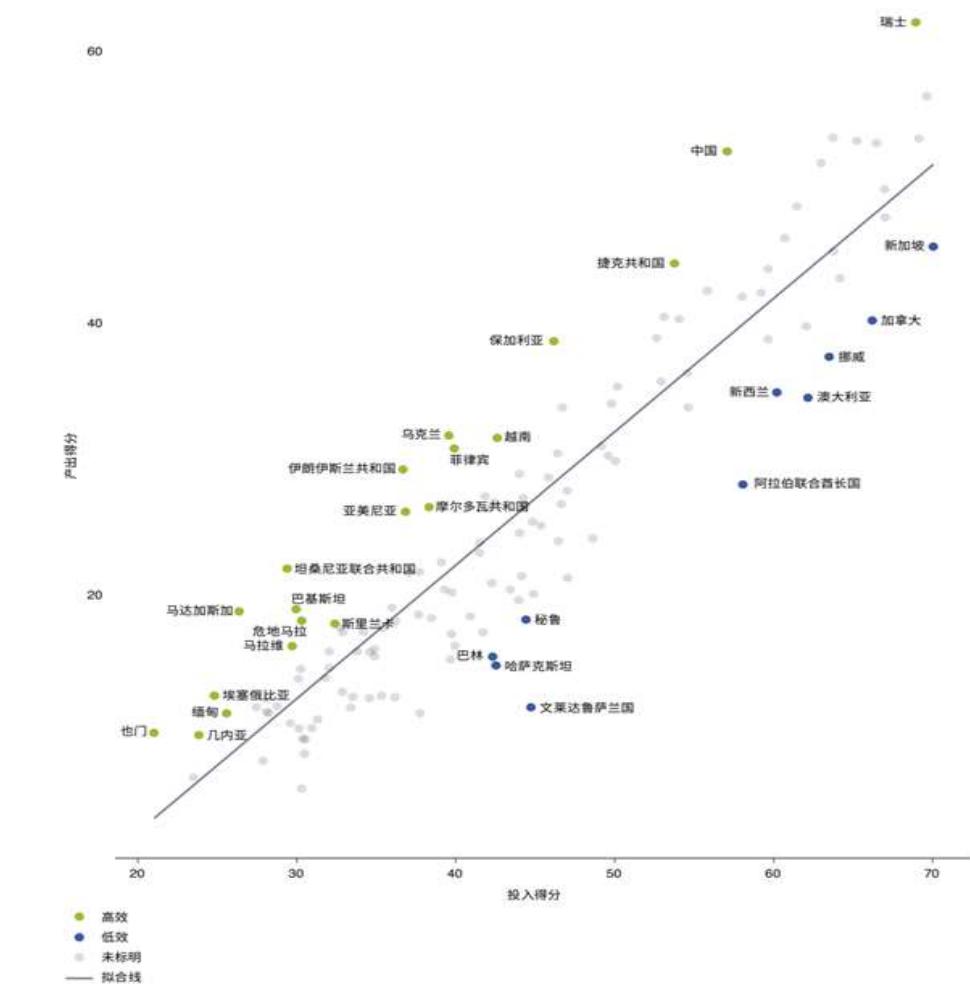
Maxon 集团总部位于瑞士，瑞士是全球首屈一指的创新型强国，出口产品以药品、机械设备为主。根据《2021 年全球创新指数》数据，瑞士蝉联 2011-2021 年世界创新力国家首位、拥有平衡且出色的创新体系，其创新投入产出比远超其他高收入经济体。推出新产品和新工艺的中小企业的密度超出了周边国家的平均水平。

图24：2011-2021年瑞士稳居全球最具创新力国家，中国2021年上升至12位



资料来源：《2021 年全球创新指数》

图25：瑞士的知识、技术、创意产出远超世界其他发达经济体，中国也是高效产出国之一



资料来源：《2021 年全球创新指数》

瑞士良好的创新体系最主要得益于公共部门不会强行引导创新或过度干预行业规则。企业界的创新思维擅长将想法和发现转化为产品和服务，创新活动得以在企业界逐渐兴起并蓬勃发展。创新型企能有效识别商机，开拓市场，增加就业并为社会创造福祉。

瑞士联邦政府致力于为创新主体提供强有力的发展环境。这包括高度发达的知识产权保护机制，专利、商标、设计权和版权受到瑞士联邦知识产权局的全面保护；瑞士一流的教育体系、更有高效的推广和融资途径、有利的公私合作伙伴关系、开

放的劳动力市场、富有吸引力的税收制度、以及瑞士极高的国家安全水平和生活质量。

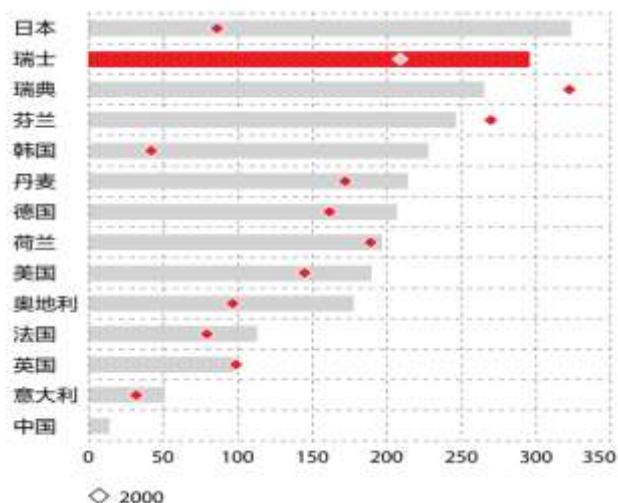
政府及企业界都大量投入人力物力保持并深入打造瑞士为研究之国。根据经合组织国家数据，2012 年瑞士在研究和创新领域的投入约占国家整体 GDP 的 3%。根据联合国教科文组织数据，该比例在 2019 年已经达到 3.15%，超过世界平均水平 2.33%。

图26：瑞士国家研发总投入占 GDP 比例超经合组织

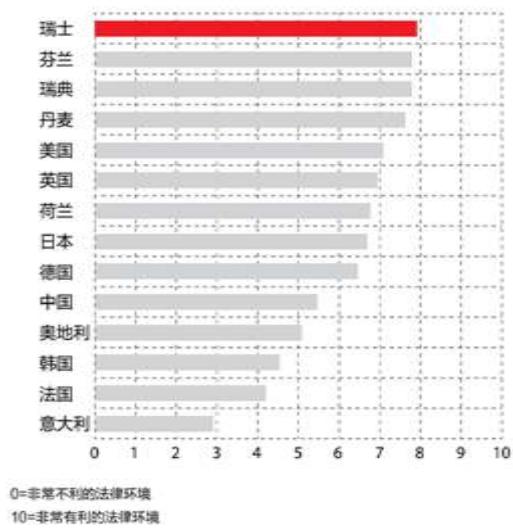


资料来源：瑞士驻华大使馆 注：图中瑞士数据来自 2012 年

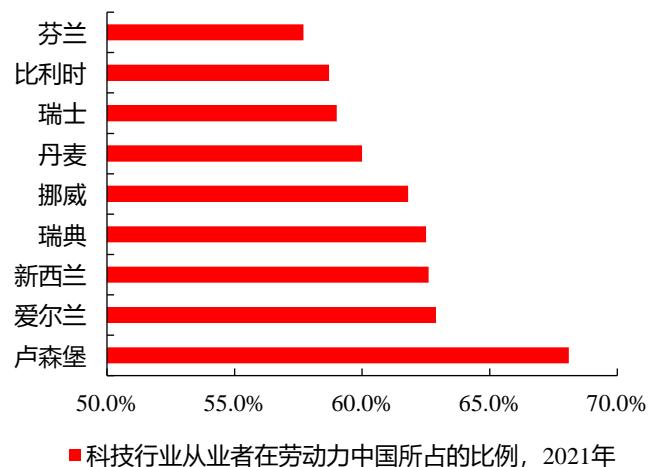
图27：瑞士每百万人专利申请数量居世界前列



资料来源：瑞士驻华大使馆

图28：瑞士创造了对企业开办非常有利的环境


资料来源：瑞士驻华大使馆

图29：瑞士科技从业者占总劳动力比重为 59%


资料来源：欧盟统计局、开源证券研究所 注：图中统计数据年龄范围为 25-64 岁，2014 年欧盟统计局口径，瑞士 15-74 岁科技从业者占总劳动力比重全球第一

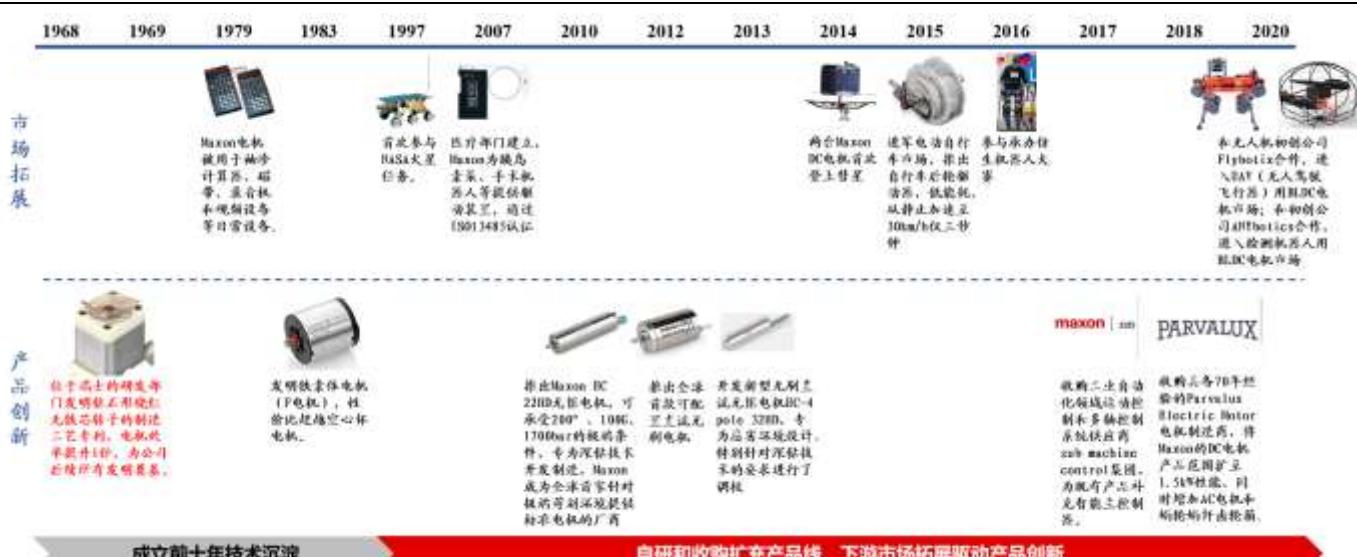
3.1.2、剑指航天、医疗、机器人三大市场，创新企业的飞轮效应助力公司长青

复盘 Maxon60 余年发展史。在瑞士良好的举国创新氛围下，公司兼具科学家式的创新思维和工程师的严谨工作态度，研发费用率长期保持在 8% 左右，凭借超一流的产品服务于全球各行业的顶尖公司、科研机构，利润水平高企，护城河深厚。

- **下游拓展：**视频设备-火星探测-高端医疗-彗星探测-电动自行车-仿生机器人-无人机
- **地区拓展：**瑞士-美国-德国-匈牙利-韩国-法国

图30：1961年发展至今，Maxon 以瑞士、德国为研发中心，生产基地遍布全球


资料来源：Maxon 官网、开源证券研究所

图31：自研为主扩充产品线、开拓下游市场驱动产品创新


资料来源：Maxon 官网、开源证券研究所

复盘 Maxon 发展史，我们认为 Maxon 成长为全球领先的电机公司的四大重要

时间节点分别是：

➤ **1963-1981 年，在稳定的国内环境下，Maxon 电机经历了重要的 10 余年发展。**第二次世界大战期间，瑞士保持武装中立，没有受到德国入侵，二战后冷战时期，瑞士的外交政策继续以中立为指导原则。在相对稳定的外部

环境下，瑞士的科技创新保持蓬勃发展。因此，自 1963 年机电研发部门设立到 1979 年 Maxon 电机开始应用于录像带等日常设备，在瑞士相对稳定的国内环境以及浓厚的科技创新氛围中，Interelectric(即 Maxon 公司)经历了宝贵的技术积淀期。

图32：1960-1979 年瑞士专利占 GDP 位于全球首位

	1960-68	1969-73	1974-79	1980-83
USA	5.091	4.701	3.342	3.391
Japan	0.509	1.113	1.430	2.053
FRG	2.561	2.502	2.542	2.228
France	1.527	1.459	1.347	1.276
UK	1.460	1.218	0.987	1.081
Italy	0.534	0.502	0.486	0.593
Canada	0.536	0.486	0.545	0.561
Austria	0.765	0.769	0.844	0.802
Belgium	0.477	0.379	0.351	0.285
Denmark	0.734	0.853	1.037	0.837
Netherlands	1.045	0.952	0.956	0.850
Norway	0.305	0.326	0.463	0.396
Sweden	2.517	2.216	2.457	2.222
Switzerland	5.601	5.820	5.796	5.152
Finland	0.313	0.500	0.786	1.178
Ireland	0.090	0.110	0.118	0.143
Australia	0.403	0.516	0.691	0.925
New Zealand	0.251	0.284	0.440	0.563
Spain	0.172	0.158	0.200	0.184
Brazil	0.011	0.013	0.022	0.026
Argentina	0.045	0.070	0.068	0.068
Hong Kong	0.015	0.015	0.036	0.067
Taiwan	0.011	0.010	0.028	0.075
Korea	0.001	0.003	0.007	0.016
Mexico	0.025	0.027	0.031	0.027
Standard dev.	1.461	1.423	1.296	1.193

资料来源:《A technology gap approach to why growth rates differ》, Jan FAGERBERG

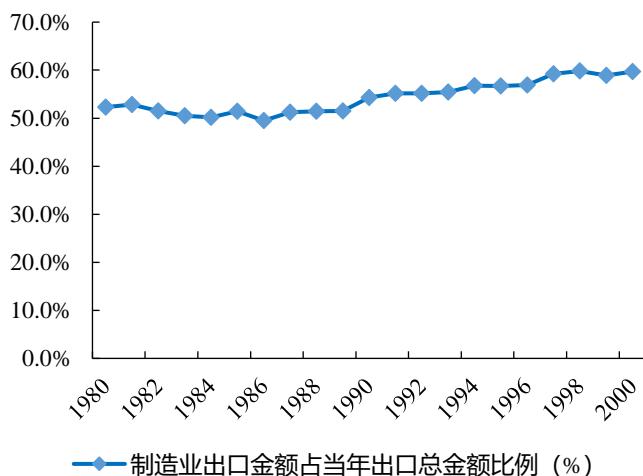
图33：1963-1979 年瑞士研发支出占 GDP 比例全球第一

	1963-68	1969-73	1974-79	1980-82
USA	1.821	1.558	1.413	1.407
Japan	1.636	1.576	1.584	1.711
FRG	1.581	1.681	1.689	1.740
France	1.690	1.338	1.218	1.211
UK	1.745	1.505	1.340	1.400
Italy	0.774	0.775	0.707	0.703
Canada	1.254	1.004	0.869	0.914
Austria	0.436	0.537	0.747	0.841
Belgium	1.200	1.206	1.113	
Denmark	0.654	0.836	0.788	0.776
Netherlands	1.963	1.840	1.624	1.363
Norway	0.818	1.030	1.096	0.928
Sweden	0.971	1.100	1.316	1.472
Switzerland	2.595	2.025	1.933	1.661
Finland	0.414	0.740	0.820	0.885
Ireland	0.589	0.651	0.658	0.573
Australia	1.091	1.056	0.812	0.725
New Zealand	0.523	0.669	0.682	
Spain	0.174	0.229	0.284	0.290
Brazil			0.528	0.435
Argentina	0.218	0.176	0.284	0.363
Hong Kong				
Taiwan	0.425			
Korea	0.305	0.291	0.495	0.602
Mexico	0.120	0.176		
Standard dev.	0.665	0.537	0.454	0.450

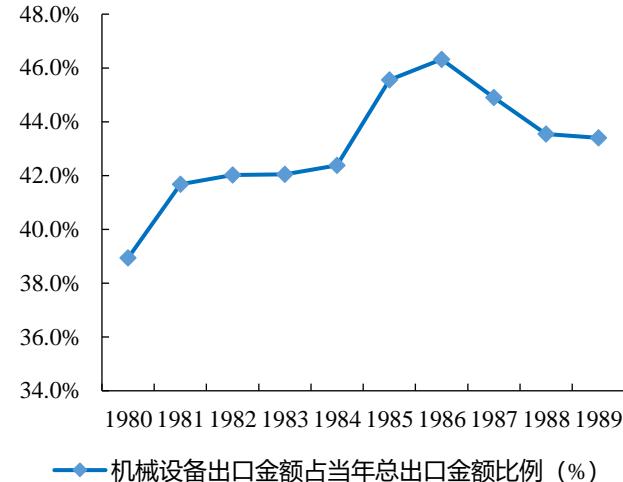
资料来源:《A technology gap approach to why growth rates differ》, Jan FAGERBERG

➤ **1981 年，最先选择开拓美国市场。20 世纪 50 年代以来美国是全球第一出口大国。20 世纪 80 年代美国制造业出口金额占总出口金额 50%以上，其中机械设备的出口金额占总出口金额比例 39%-46%。依托于美国机械设备出口的强势地位，Maxon 电机开始销往世界各国。**

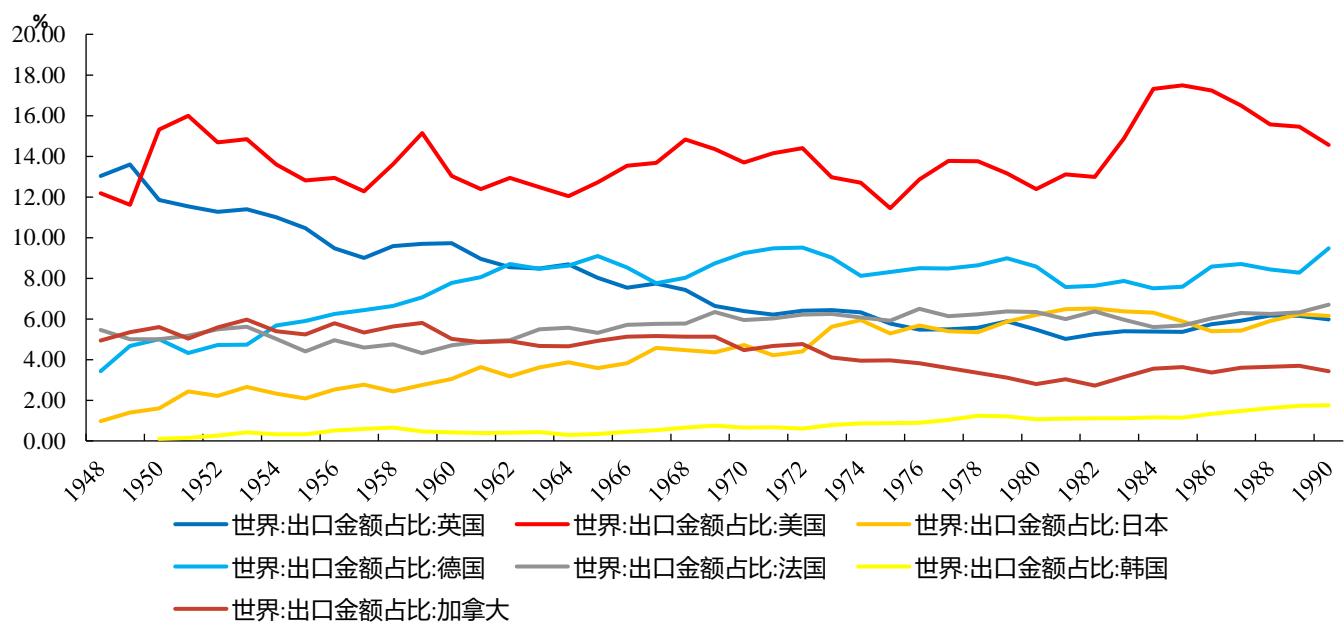
图34：1980-2000 年，美国制造业出口占比超 50%
图35：1981-1989 年，美国机械设备出口占比超 40%



数据来源：Wind、开源证券研究所



数据来源：联合国官网、开源证券研究所

图36：20世纪50年代起，美国超越英国成为全球第一出口大国


数据来源：Wind、开源证券研究所

➤ 1997年独家为NASA漫游者号火星探测任务供应无铁芯无刷直流电机，确立了Maxon高端电机品牌的定位，为后续Maxon在医疗、机器人等尖端领域获取全球客户信任奠定基础。

- 太空飞行任务对驱动系统的要求非常高，火箭发射时的振动、太空真环境、降落时的撞击、火星表面-125摄氏度与+20摄氏度的温差、

火星表面遍布尘土，使得驱动系统的工作环境非常恶劣。火星任务执行过程中，只要有一个驱动器发生故障，整个任务都处于危险之中。由加州 NASA 喷气推进实验室 (JPL) 和 Maxon 研发人员组成的团队共同对 Maxon 标准商用电机进行优化设计以应对恶劣的火星环境。

- **与航空航天业相关的独特需求和设计挑战也促成了 Maxon 的 GPXUP 系列行星齿轮箱的开发。**
- **经验可复用：Maxon 团队在多次火星任务中建立了符合行业要求的质量流程体系，从而提升对部分行业要求与航空航天类似的医疗行业客户的服务质量，**比如，Maxon 的工程师了解到一般用在发动机架中的轻润滑油对低压条件会有反应。因此，要使用一种惰性极强的润滑剂，在高真空条件下不会蒸发。此外还须考虑到电机操作特性和预期持续时间的相关变化，该经验后续在设计粒子加速器中的无刷电机时起到参考作用。**多次的火星登陆项目得到的新见解用于改进在地球上使用的**产品。

图37：六登火星，Maxon 电机高端品质被世界认可


资料来源：Maxon 官网、开源证券研究所

- 20世纪以来重点发展航天、医疗、机器人三大领域，和全球各地的杰出企业合作，创造飞轮效应。

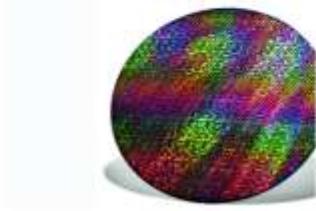
图38：飞轮效应助力企业长青


资料来源：开源证券研究所

图39：除航天外，Maxon 电机广泛应用于半导体、核电站救援、高端医疗设备等领域

可无创植入的心脏血液循环微型泵

- 美国 Procyron 和 Maxon 合作，对标准的无刷直流电机进行定制化修改
- Maxon 还与 Procyron 共同开发出通常用在输送石油的大型泵上的驱动器。Maxon 工程师们凭借对跨学科知识、技能的掌握，将这项技术转移到了心脏泵。


半导体真空间

- Maxon 和全球真空间龙头企业 VAT 合作开发了三足式升降机，使位于其上的晶圆可在真空间内向上移动，并由位于上方的夹持系统夹取。
- 升降机的驱动单元由一台 Maxon 的无刷无框电机以及光学编码器、制动器和丝杠轴构成。电机最大长度仅 40mm。


救援机器人（地震、核电）

- 使用 Maxon 的无刷无框直流电机、MR 编码器和行星齿轮箱组合
- 已于 2011 年 6 月成功进入核电站废墟的上层建筑


粒子同步加速器

- 与全球领先的同步加速器设施供应商美国 Instrument Design Technology 合作
- Maxon 提供无粘合剂、无塑料、具有极高的耐温性，且保证全程工作环境真空的无刷直流电机

与全球优质企业合作，积极涉猎对电机性能要求高的应用领域，锤炼电机设计能力

资料来源：Maxon 官网、开源证券研究所

3.2、并购是电机企业加速成长的有效路径——以日本电产为例

从做小型电机拓展到大型、超大型电机，自研+并购是日本电产的成长原动力。

日本电产成立于 1973 年，在 1984 年-2022 年间共进行了 68 次并购，海外并购公司多为美国和欧洲公司。目前公司的电机产品包括“精密小型马达”“汽车马达电机”“家电/工业用马达电机”三大块，并以新能源和家电、工业为重点发力方向。

表7：精准并购加速日本电产成长

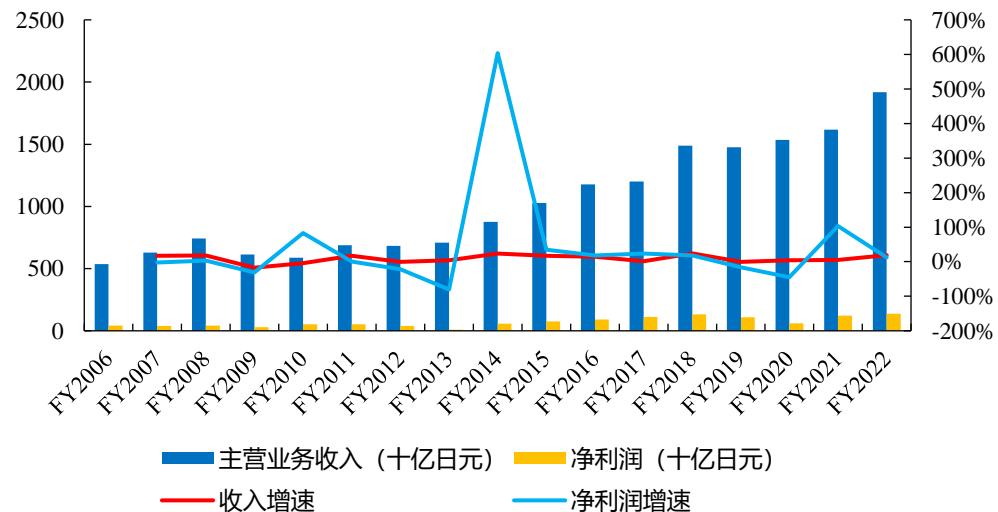
时间	
1984 年 2 月	首次收购，美国托林公司轴流风扇部门
2003 年	以增资换股方式收购拥有超过万名员工的三协精机制作，将业务领域从马达扩大到控制单元、

时间	事件
	产业机器人等新领域, 2004 年度的销售额同比增幅达 75%
2006 年	收购法国雷奥集团旗下的车载马达事业部以及新加坡辉煌公司。车载马达成为日本电产新领域
2010 年	收购 ACC 公司家电马达事业部门
2014 年	收购本田艾莱希斯, 产品扩展到超大型电机。
2017 年	收购艾默生电气公司电机业务及发电机业务 (法国), 获得大型马达事业
2019 年	并购欧姆龙 (广州) 汽车电子和 Roboteq, Inc.
2021 年	并购三菱重工工作机械
2022 年	并购 OKK 大阪机工

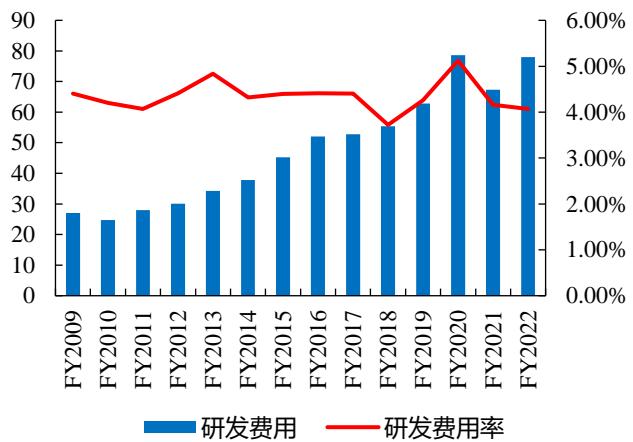
资料来源：日本电产官网、开源证券研究所

研发费用率保持在 4% 左右。2015 财年首次达成 1 万亿日元营收目标, 2022 财年营收 1.92 万亿, 在公司最新的 2025 年计划中, 小型电机事业部 1/4 的营收目标由并购完成, 汽车事业部约 23.1% 的营收目标由并购完成。

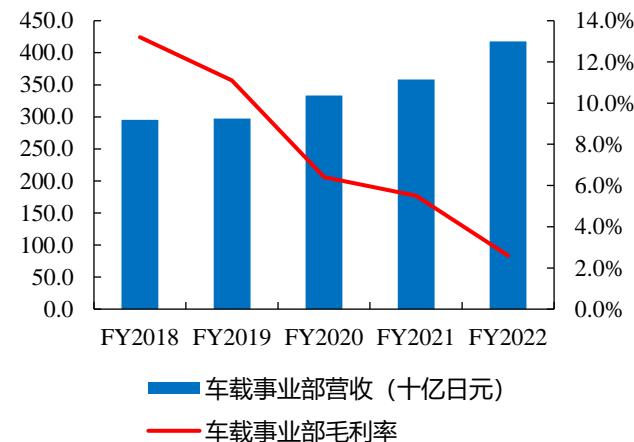
图40：日本电产营收、净利润稳步增长



数据来源：Bloomberg、开源证券研究所

图41：日本电产研发费用率维持在 4%左右


数据来源：Bloomberg、开源证券研究所

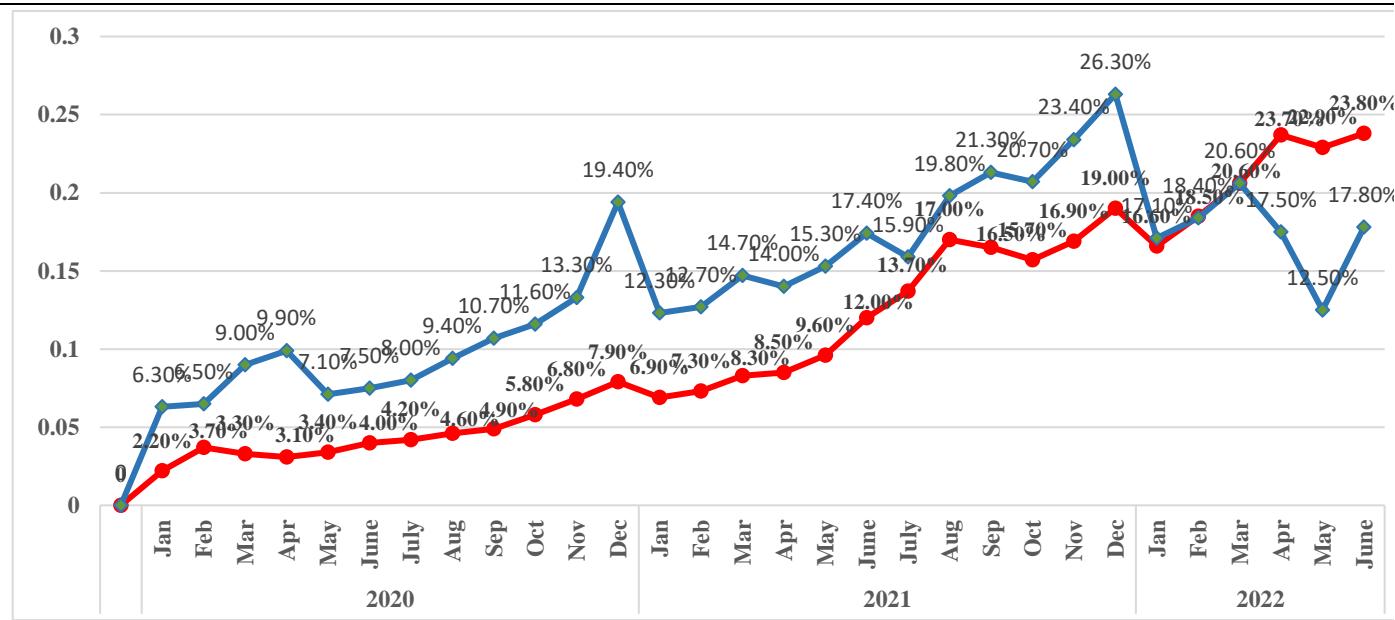
图42：日本电产车载事业部毛利率呈下降趋势


数据来源：Bloomberg、开源证券研究所

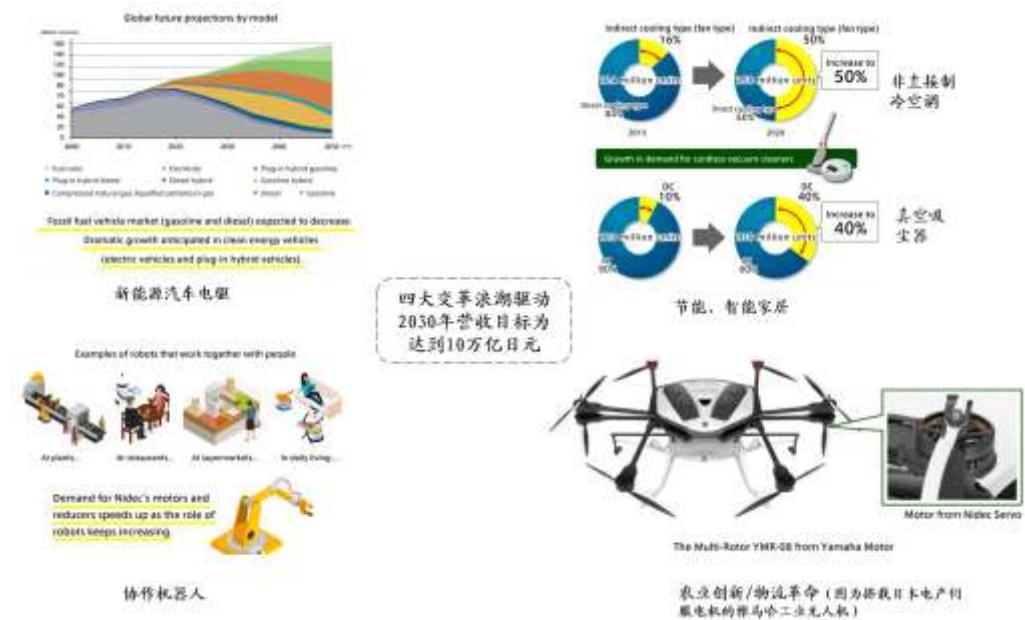
进一步提升日本电产新能源车电驱的全球占有率是当前公司的战略发展的重心，2021年，日本电产在中国电车驱动系统三方供应商中的市占率排名第一，占27%的份额，公司计划在2023财年实现电车驱动系统盈利。

公司目标是在2025年、2030年分别达成年收入4万亿、10万亿日元总营收。

2022年6月，新能源汽车在中国渗透率为23.8%，2022年5月在西欧市场渗透率为17.8%。日本电产认为达成长期营业目标的四大驱动力因素分别是新能源汽车渗透率提升、节能电器重要性凸显带来对无刷电机的大量需求、以及劳动力短期带来机器人市场（特别是协作机器人）和工业无人机市场的快速扩张。

图43：中国市场的新能源汽车渗透率呈上升趋势


数据来源：日本电产官网、开源证券研究所 注：红色为中国市场新能源车渗透率，蓝色为西欧市场

图44：新能源车+节能家电+协作机器人+工业无人机带来电机市场的需求


资料来源：日本电产官网、开源证券研究所

根据南开大学日本研究院经济产业研究部张玉来刊登在《董事会》上的文章，

日本电产的积极并购战略满足三点基本原则。第一，定位清晰。并购领域是“旋转

或驱动”事业，即始终围绕电机马达领域；第二，目的明确。一定能够解决企业所面临的培育新技术或新渠道等课题；第三，方针鲜明。绝不高价收购业绩良好的公司，而是瞄准濒临破产或倒闭的目标，经由日本电产之手优化重组，使之重焕活力。在海外并购成功率并不高的日本企业中，截至 2017 年，日本电产已并购的 52 家公司没有一家计提商誉减值。

3.3、国内优秀电机企业：内生外延拓宽数增长边界，率先布局国内蓝海市场

3.3.1、鸣志电器：混合式步进全球三甲，切入伺服电机布局高附加值市场再添动能

2022H1，鸣志电器运动控制领域收入占总收入 79.37%。运动控制产品线包含**步进电机**（永磁式+混合式）、伺服电机（**无刷电机、空心杯电机、直流有刷电机**）。步进电机主要应用于 OA 设备、安防、医疗器械、新能源车上的人机互联、水泵等阀门控制；空心杯电机主要应用于美国呼吸机（大批量）、医疗机器人、军工等。**公司的电机定制化能力国内领先。**

表8：医疗、工业自动化、太阳能、移动机器人是鸣志电器的主要下游

产品类别	主营产品系列	核心下游				
		步进电机	工业自动化	生化医疗	太阳能	移动机器人
控制电机类	伺服电机（主要包括					
	直流无刷电机、有刷					
	和无刷空心杯电机、	3C 制造设备、半导体				
驱动控制类	力矩电机、直线电机）	加工设备、				
	步进电机驱动系统	PCB/PCBA 制造设				
	步进伺服系统	备、特种机床、工业				
	伺服系统	机器人、激光设备及				
	运动控制器	数字化制造				
	传感器	编码器				

资料来源：鸣志电器年报、开源证券研究所

鸣志电器是打破日企垄断、进入混合式步进电机全球前十的唯一一家内资企业，

目前排名全球前三。

混合式步进电机全球总量约 1 亿只，市场规模约 8 亿美元，加上驱动器、传感器全球 13 亿美元规模，公司的市场占有率约为 10%，已经位列全球第三。永磁式步进电机，全球 16 亿只存量市场，单价约 1 美元/只，市场规模约 16 亿美元。

自研+收购扩充产品料号、更早布局高利润率下游。对 Technosoft 的收购使得公司进入空心杯电机市场，2020-2021 年疫情对呼吸机需求增长，鸣志电器供货谷歌、特斯拉，出货量在 2-3 万台左右。我们认为，鸣志电器对三家居具备优质技术、客户资源的海外企业进行并购整合有助于公司开拓高附加值前沿市场。目前，国产半导体制造自动化、生命科学仪器、手术机器人等诸多领域发展落后于海外，在供应链自主可控愈发重要的背景下，各领域国产设备渗透率会不断提升，设备厂商会优先选择已经具备稳定供货实力的零部件厂商，鸣志电器有望率先受益。

图45：精准收购+市场拓展+产能补充是鸣志电器三大核心优势



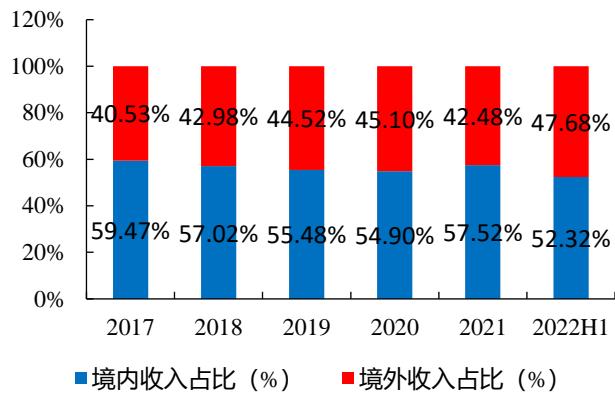
资料来源：鸣志电器年报、LIN Engineering 官网、AMP 官网、TECHNOSOFT 官网、开源证券研究所

图46：鸣志电器具备强资源整合能力，三次收购后业绩增长明显

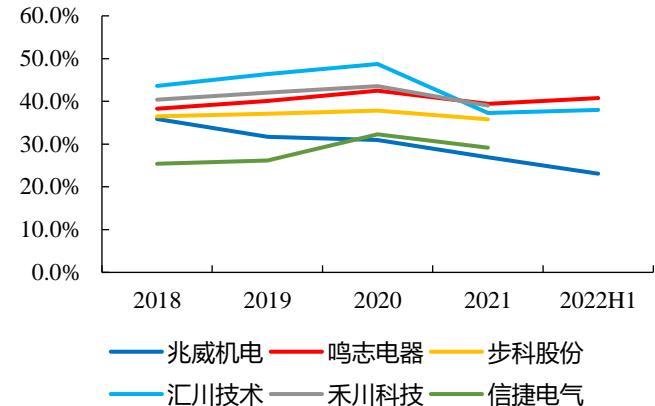

数据来源：Wind、开源证券研究所

图47：被收购公司在医疗仪器、航空航天等领域有技术积累和成熟解决方案

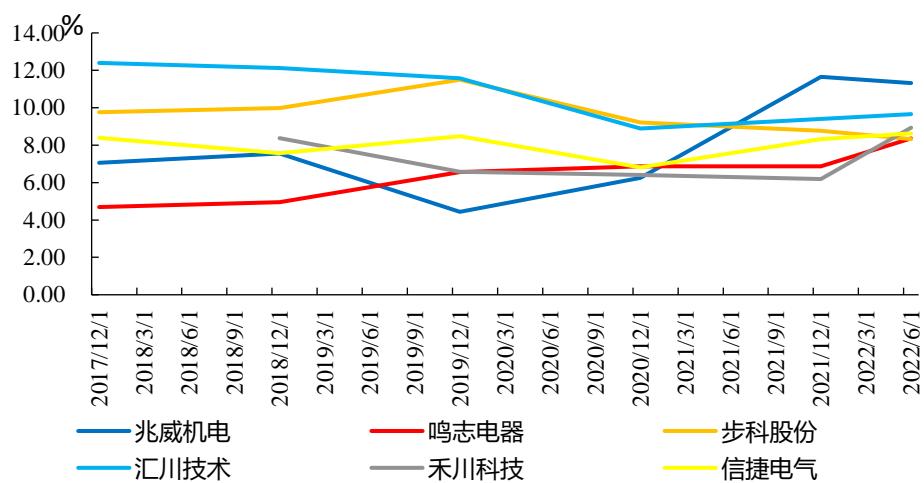

资料来源：各公司官网、开源证券研究所

图48：鸣志电器境内外市场齐头发展


数据来源：Wind、开源证券研究所

图49：鸣志电器驱动业务毛利率处于行业领先水平


数据来源：Wind、开源证券研究所

图50：鸣志电器费用管控实力强，研发费用金额高但费用率低于行业


数据来源：Wind、开源证券研究所

3.3.2、汇川技术：通用伺服国内龙头地位稳固，新能源汽车业务棋至中盘

汇川技术的伺服系统应用于通用自动化设备以及公司自产的工业机器人，下游涵盖锂电、硅晶、3C 等领域。公司全资子公司长春汇通具备光电编码器以及磁编码器自制生产能力。

伺服驱动器与变频器同属传动系统中的驱动设备，下游客户有重叠，汇川技术以变频器起家，伺服系统业务具备客户资源优势。2012-2021 年，汇川技术伺服系统

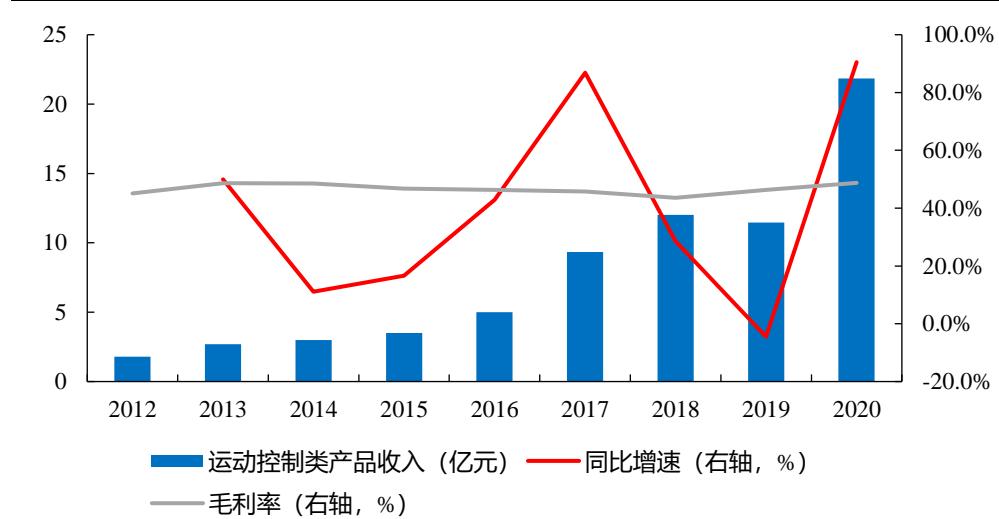
业务收入复合增速为 46.5%。汇川技术正在抢占台系通用交流伺服厂商的份额。根据 MIR 睿工业数据, 2022Q3, 汇川技术伺服系统国内市占率为 25%, 同比增长 7pcts, 位居国内厂商第一。汇川技术的伺服系统的市场份额目标为 50%。

汇川技术的工业自动化产品涵盖变频器、伺服系统、PLC 以及工业机器人, 产品间协同效应强, 带来客户粘性, 2012-2021 年伺服系统业务毛利率稳定在 45%左右。

图51：汇川技术布局除减速器外的工业机器人核心部件以及工业机器人本体



资料来源：汇川技术官网、开源证券研究所 注：图中为汇川技术自动化产品布局以及主要应用领域

图52：运动控制类产品收入增速随通用自动化行业周期性波动，毛利率水平稳定


数据来源：Wind、开源证券研究所

图53：2022Q3，汇川技术伺服系统市场份额同比+7pcts


数据来源：MIR 睿工业、开源证券研究所

无惧短期亏损，汇川技术新能源汽车业务棋至中盘。汇川技术的新能源汽车领域业务始于为客户提供电机控制器，开拓新能源商用车市场。而后进入新能源乘用车领域，现已形成新能源乘用车“电控+动力总成+电源+电机”四驾马车，汇川技术全资子公司联合动力为新能源汽车业务的独立经营实体。2022年1-9月汇川技术乘用车新定点数量已超35个，总订单中新势力车企占比超50%，传统车企订单起量，

订单占比约 40%。常州新能源工厂现已交付使用，保障“保供保交付”的竞争优势。

研发投入不减以进一步提升品牌实力，汇川技术预计 2023 年实现新能源车业务

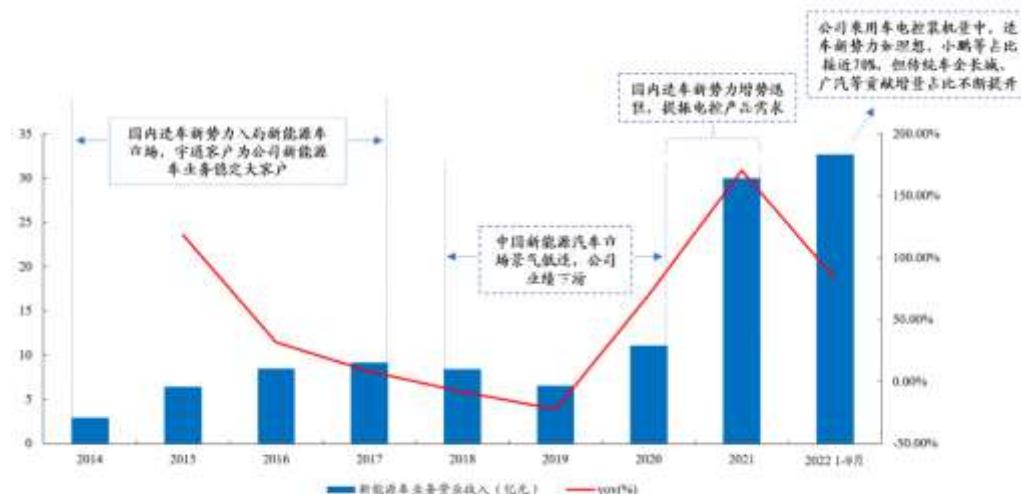
盈亏平衡。汇川技术新能源车业务的市场份额提升空间较大，2022H1，汇川技术的新能源乘用车电机控制器国内市场份额9.3%，排名第三（排名前两名为比亚迪和特斯拉），在第三方供应商中排名第一；汇川技术新能源乘用车电驱总成国内市场份额为5.4%，排名第五；新能源乘用车电机国内市场份额为4.9%，排名第五。汇川技术将进一步加大研发投入满足海外重点项目的需求，对2023年实现新能源车业务盈亏平衡信心充沛。

图54：2021H1，国内新能源车电机市场CR10=74.4%，电控市场CR10=87%



数据来源：NE时代、开源证券研究所

图55：造车新势力为汇川技术新能源车业务输血，传统车企占比稳步提升以减轻单一客户依赖



资料来源：汇川技术公告、开源证券研究所

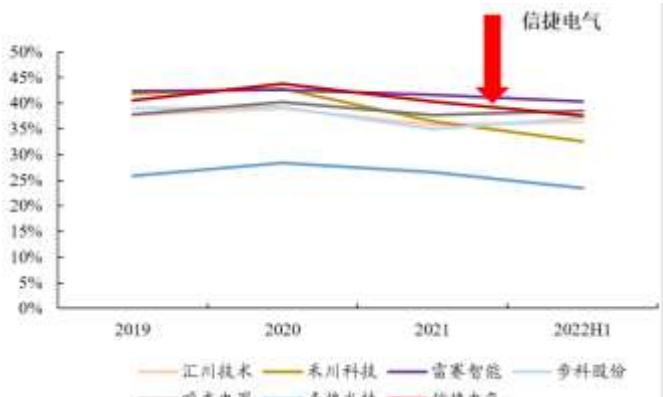
3.3.3、信捷电气：PLC 业务带来客户粘性，伺服系统创造第二增长级

信捷电气以 PLC 起家，目前形成 PLC、通用交流伺服系统、人机界面和智能装置（含机器视觉产品）四大产品线，为印刷包装、纺织服装、食品饮料、家居建材、仓储物流、机床工具等 OEM 市场提供成熟的行业解决方案。PLC 是公司营收占比最高的产品，2018-2021 年营收 CAGR=23%。此外，公司正在开拓新能源领域市场。

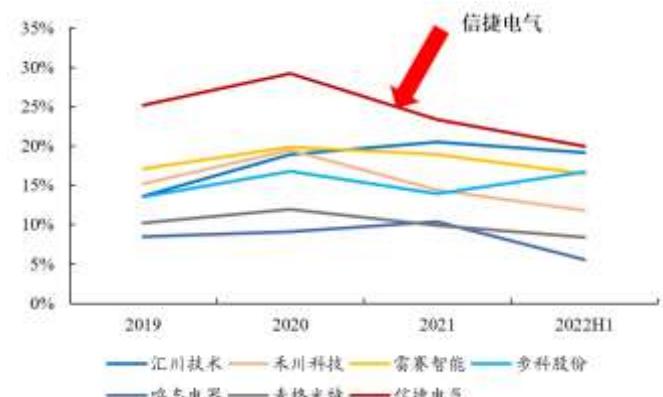
信捷电气在 PLC 领域的长期积累铸就护城河。PLC 是运动控制系统的的大脑，研发难度大、客户切换成本高、毛利率水平高（52%以上），带动公司综合毛利率、净利润率提升。2019-2022H1，公司净利率、综合毛利率水平持续跑赢行业。

图56：2019-2022H1 信捷电气毛利率水平基本持续跑赢 行业

行业



数据来源：Wind、开源证券研究所



数据来源：Wind、开源证券研究所

从 PLC 拓展到通用交流伺服系统，信捷电气的产品研发技术路径具备优势。控

制器为整个控制系统提供控制逻辑与输入输出接口。PLC 相当于人的大脑，需要分析命令、反馈等输入信号，在整个自动化系统中的制造难度最高。客户会以 PLC 为标准选择匹配的伺服系统而非以伺服系统为标准选择控制器。

以 PLC 带动伺服策略持续兑现，2018-2021 信捷电气驱动系统营收 CAGR=49%。

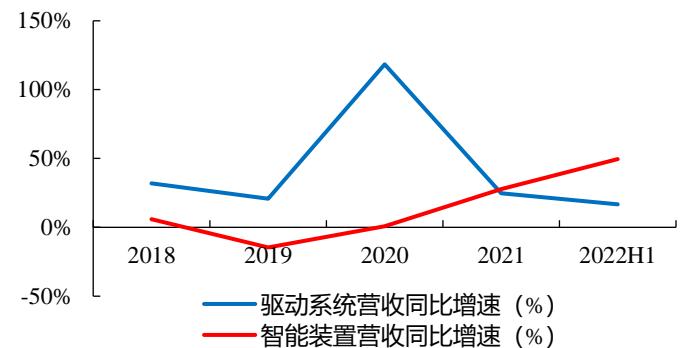
2022H1 驱动系统销售收入同比+16.7%。根据 MIR 睿工业数据，2022 年 1-9 月，公司伺服系统国内市场份额为 3%，在政策大力支持自主可控+疫情、地缘政治因素影响外资品牌供应链履约不畅背景下，国产工控产品渗透率提升加速，我们认为信捷电气的伺服系统业务市场份额提升空间较大。

图58：PLC 相当于大脑，是运动控制系统中制造难度最高的零部件



资料来源：开源证券研究所

图59：2022H1，驱动系统销售收入同比增长 16.71%，智能装置（含伺服系统）同比增长 49.6%



数据来源：Wind、开源证券研究所

3.3.4、禾川科技：拳头产品伺服系统铸就业绩基石，PLC 放量提升盈利能力

禾川科技是国产通用伺服龙二，横向布局 PLC、变频器，并沿着产业链上下游

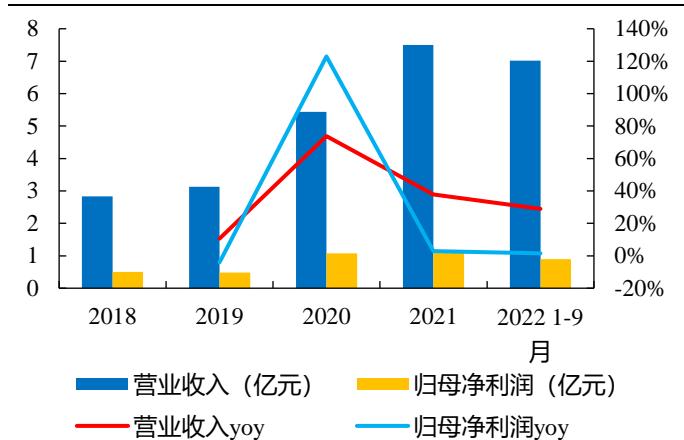
布局工控芯片（主要是主控芯片和编码器芯片）和机床，完善通用自动化产品版图。

2022H1，伺服系统、PLC 收入占比分别为 82.92%/9.12%。

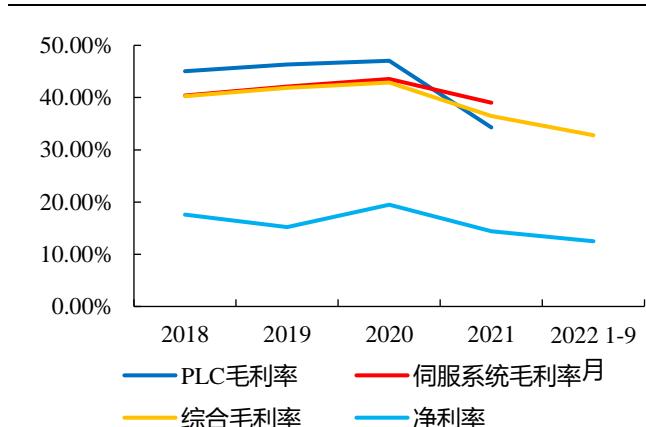
禾川科技销售主要集中在光伏、锂电、机器人、激光等先进制造行业，占比约为 75%，3C 电子、纺织、物流、CNC 等行业占比均在 5%以下。公司具备优质的客户资源，产品已批量供应比亚迪、工业富联、宁德时代、顺丰控股、三通一达、隆基股份、捷佳伟创、迈为股份、先导智能、蓝思科技、埃夫特、卡诺普等多家行业龙头企业。

受益于光伏、锂电行业终端客户放量，禾川科技营收增速较快，2022 年 1-9 月营收同比增长 28.9%。2022Q3，公司伺服系统的主要出货产品仍是老一代 X2/X3 系列，毛利率较低，后续公司毛利率较高的伺服新产品将放量。

图60：2022年前三季度禾川科技营收同比+28.9%，归母 图61：2018-2022年1-9月，禾川科技净利率呈下降趋势

净利润同比+1.5%


数据来源：Wind、开源证券研究所

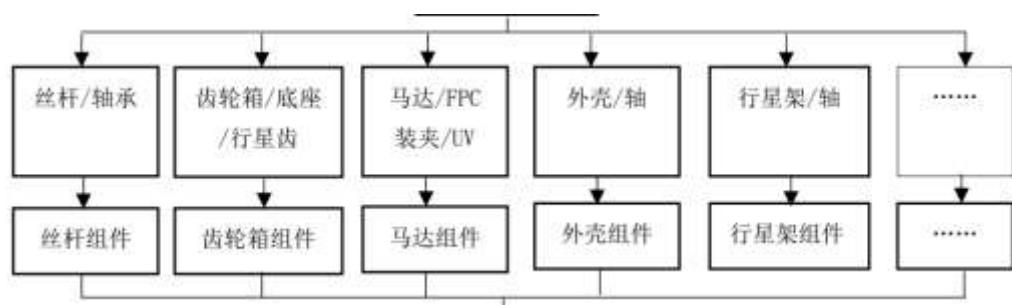


数据来源：Wind、开源证券研究所

3.3.5、兆威机电：拓展微型传动下游新兴市场，具备通用电机定制化开发实力

兆威机电是国内为数不多的布局微型传动系统（大部分由微型电机和齿轮箱两个模块组成）的玩家。应用领域涵盖汽车电子、智慧医疗、VR 等新兴市场，兆威机电的微型传动系统还可用于机器人关节。

图62：兆威机电的微型传动系统主要构成为马达（电机）和齿轮箱（减速器）



资料来源：兆威机电招股书

图63：兆威机电微型传动系统主要应用于汽车电子、通讯、智能家居、医疗器械、VR 领域



资料来源：兆威机电公告、开源证券研究所

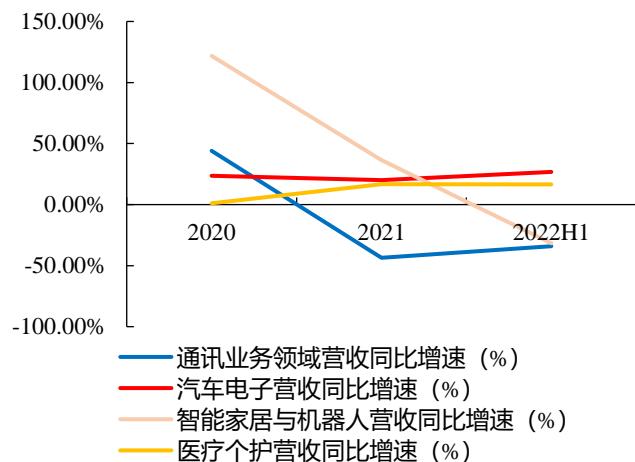
兆威机电的微型传动系统与下游龙头客户深度绑定，产品实力得到验证。在公司重点发力的汽车电子领域，客户包括德国博世（2011 年开始供应微型传动系统）、比亚迪、长城、蔚小理等国内新能源汽车厂商（公司参与智能屏、电动尾翼、隐藏式门把手、PLG 等项目）；在通讯领域，公司对华为的业务包括用于 5G 通信基站（2012 年起开始供应）及其电调系统零部件的微型传动系统、RCU 模组；手机摄像头升降模组的微型传动系统（2018 年起开始供应）等。

兆威机电目前主要为外采标准化电机，并配合客户产品定位及相关要求，参与开发有特殊性能需求的电机。公司新设立了电机技术研究和开发部，专注于特殊、新型电机研发。我们认为电机定制化改造的技术壁垒高于生产标准型电机，公司技术实力较强，同时公司在 VR 等新兴领域的涉猎彰显公司的创新理念。

2019-2022H1，兆威机电毛利率受制于原材料成本上升及产品结构改变下滑，净利率因公司加大研发费用以拓展新下游和驱动控制研究，加大销售费用以拓宽销售

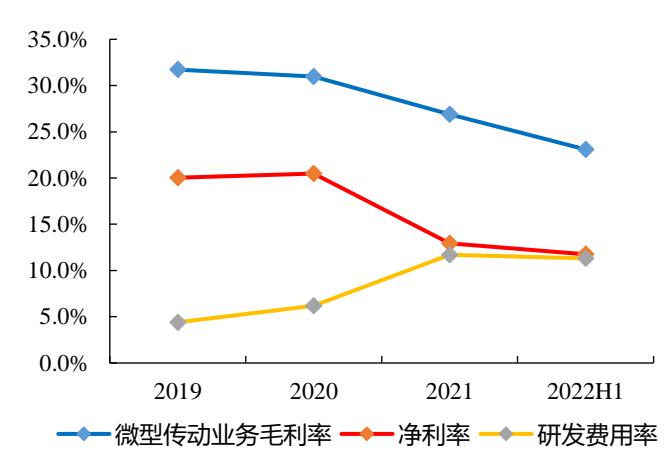
渠道而下降。

图64：通讯业务受智能手机景气不振而下滑



数据来源：Wind、开源证券研究所

图65：研发、销售费用大幅增长下净利率下滑



数据来源：Wind、开源证券研究所

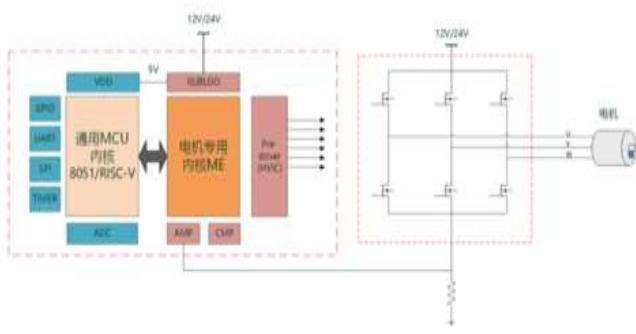
3.4、产业链支持，助力中高端市场工控电机国产化

3.4.1、峰峻科技：国内直流无刷电机驱动控制芯片专家

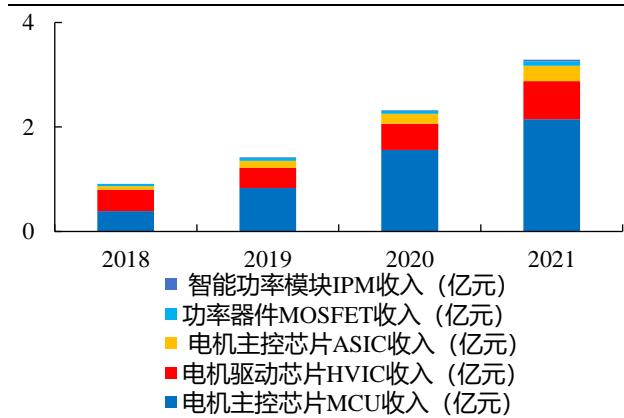
峰峻科技是我国直流无刷电机控制驱动芯片领域领军企业，**产品涵盖直流无刷电机的全部关键芯片，包括电机主控芯片 MCU/ASIC、电机驱动芯片 HVIC、电机专用功率器件 MOSFET 等，为客户提供电机驱动全套解决方案。**

不同于其他国产 MCU 厂商，峰峻科技的电机主控芯片 MCU 采用“双核”结构，**由公司自主研发的 ME 内核专门承担复杂的电机控制任务，通用 8 位 MCU 内核用于处理通信等辅助任务。更好的承担“双核”架构中对外交互等辅助任务。**

图66：峰塔科技拥有完全自主知识产权电机控制专用 图67：电机主控芯片 MCU 为第一大业务

IP 内核 ME 核


资料来源：峰塔科技招股书



数据来源：Wind、开源证券研究所

下游应用行业广泛，进入行业头部客户实现国产替代。峰塔科技产品广泛应用

于家电、电动工具、计算机及通信设备、运动出行、工业与汽车等领域。公司客户资源优质，产品已广泛应用于美的、小米、大洋电机、海尔、方太、华帝、九阳、艾美特、松下、飞利浦、日本电产等境内外知名厂商的产品中，助力我国高性能直流无刷电机驱动控制专用芯片的国产替代进程。

图68：立足家电电机驱动控制芯片，拓展汽车、机械臂等市场


资料来源：峰塔科技招股书、开源证券研究所

3.4.2、兆易创新：国内高性能通用 MCU 领跑者，布局电机驱动芯片

国内主要有两类电机驱动控制芯片厂商。第一类是通用 MCU 厂家，有专门做电

机驱动芯片的产线，包括兆易创新、灵动微电子等。第二类是专门做电机驱动起家的公司，包括峰峻科技、凌鸥创芯等。

兆易创新的 GD32 系列 MCU 是中国高性能通用 MCU 领域的领跑者，基于 ARM Cortex-M 系列和 RISC-V 内核，至 2021 年底共上市 35 个系列 450 余款，出货量累计超 10 亿颗。目前 MCU 产品的下游应用领域里工业应用占比约 50%，已成为公司 MCU 产品第一大营收来源。

兆易创新不断完善 MCU 生态协同，2021 年底已量产 GD30 系列的电机驱动芯片，主要应用于电动工具、机器人、工业自动化三相无刷直流电机和永磁同步电机。

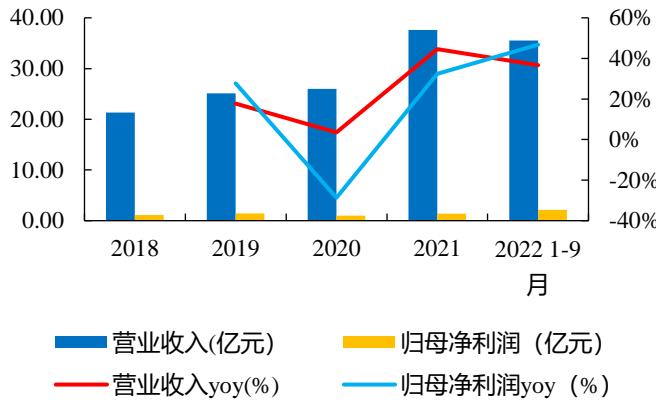
3.4.3. 英洛华：国内领先的钕铁硼永磁材料制造商

英洛华是国内最早生产钕铁硼永磁材料的企业之一，同时具备研发和生产烧结、粘结两种工艺的高性能钕铁硼永磁产品的能力，截至 2022H1 具备年产坯料生产能力 1 万吨。

英洛华的钕铁硼磁材产品在高性能低（无）重稀土、晶界扩散、晶粒细化、控氧和控碳、磁钢表面防腐等应用上技术能力已处于行业先进水平。下游应用领域包括风力发电、节能电机、智能家电、扬声器、新能源汽车及汽车零部件、智能消费电子、工业机器人、电动工具、仪器仪表等。

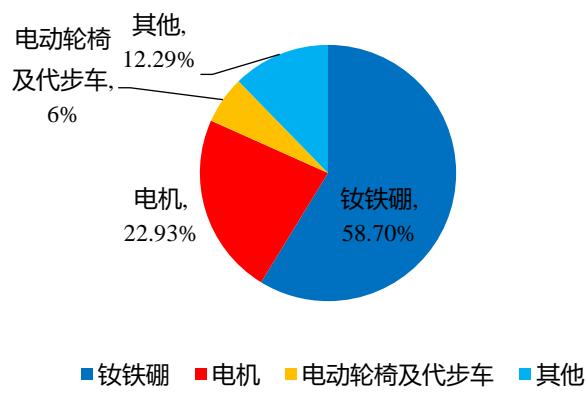
电机也是英洛华布局的业务，2022H1 营收占比约 23%。公司电机系列产品主要包括交流、永磁直流、无刷、步进、伺服电机等微特电机和电动推杆执行器，平行轴、蜗轮、行星齿轮减速器，主要应用于智能家居、健康出行、园林机械、太阳能追踪系统、安防系统、工业物流、康复医疗（电动轮椅和电动代步车）。公司的电机在工业机器人领域有应用但收入规模较小。

图69：2022年1-9月，英洛华营收同比+36.7%，归母净利润同比+46.8%



数据来源：Wind、开源证券研究所

图70：2022年1-9月，钕铁硼收入占比59%，电机收入占比23%



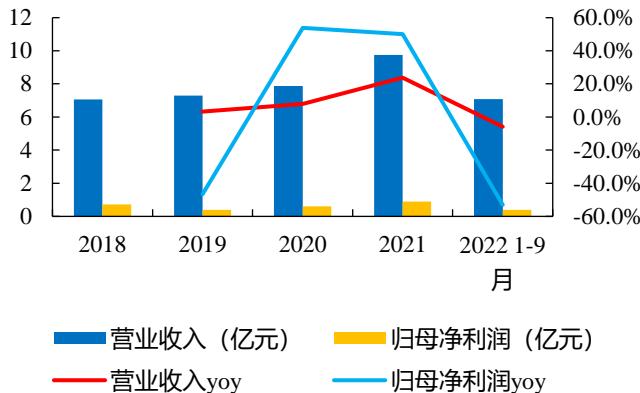
数据来源：Wind、开源证券研究所

3.4.4、力星股份：全球领先的轴承滚动体供应商

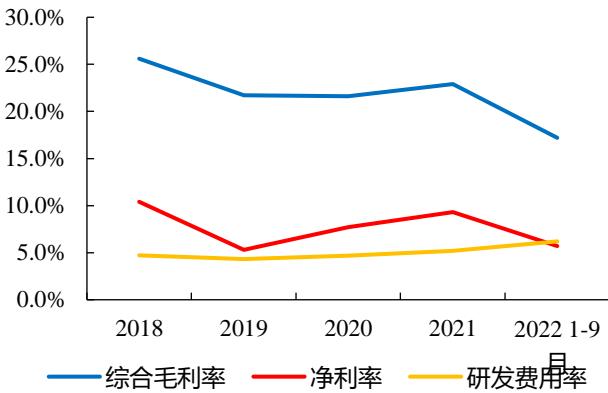
力星股份产品为轴承滚动体，包括轴承钢球（2022H1 收入占比 90.6%）和轴承滚子（2022H1 收入占比 8.2%），下游客户为轴承企业。终端应用领域包括机动车制造、精密电机、工业母机、风力发电、轻工家电、工程机械、航空设备等。终端领域的客户包括丰田、尼桑、现代等厂商。

力星股份轴承钢球销售收入连续多年排名国内第一，是目前国内唯一一家进入国际八大轴承制造商采购体系的内资企业，供货给全球最大轴承制造商瑞典斯凯孚集团。

2022年，力星股份的新能源车用球和滚子产品订单有较大增幅，9月、10月基本消除了前期疫情影响，传统汽车钢球和新能源车电驱系统钢球销售明显提升，风电主轴箱用高端滚子交付同比翻番。

图71：2022年1-9月营收同比下降5.9%


数据来源：Wind、开源证券研究所

图72：研发费用加大、厂房搬迁等因素导致利润率下降


数据来源：Wind、开源证券研究所

原材料的品质是钢球质量的先决因素。在国产材料方面，力星股份与宝钢特钢公司建立了长期稳定的合作关系。在进口材料方面，公司与全球高品质的轴承钢生产商大同特殊钢等有多年良好的合作关系，一定程度上保障了公司稳定的供货来源。

2022年力星股份拟使用自有投资资金1亿元设立全资子公司“力创精密”，主营业务为精密陶瓷滚动体。**在新能源汽车中，由于电机轴承转速较高，且处于磁场变化中产生电腐蚀的特点，陶瓷轴承有望逐步取代钢球轴承。**公司汽车陶瓷球预计**2023年开始批量供应。**陶瓷球的潜在应用市场还包括工业母机、医疗器械等领域。

力星股份II级轴承滚子已开始大批量生产，I级轴承滚子也已通过国家轴承质量监督检测中心检测，开始小批量生产。

表9：特斯拉机器人带来市场增量+工控产业链自主可控下，电机全产业链多家厂商或将受益

证券代码	股票简称	评级	收盘价(元)	总市值(亿元)	EPS			PE		
					2022E	2023E	2024E	2022E	2023E	2024E
603728.SH	鸣志电器	未评级	34.57	124	0.71	1.25	2.14	49.0	27.7	16.1
300124.SZ	汇川技术	未评级	70.00	1877	1.58	2.04	2.62	44.3	34.2	26.7
003021.SZ	兆威机电	未评级	50.10	99	0.95	1.69	2.43	52.6	29.6	20.6
603416.SH	信捷电气	买入	47.69	71	1.84	2.51	3.36	22.4	16.4	12.2
688320.SH	禾川科技	未评级	47.71	79	0.99	1.59	2.27	48.3	30.0	21.0

证券代码	股票简称	评级	收盘价 (元)	总市值 (亿元)	EPS		PE			
688279.SH	峰铭科技	未评级	89.73	80	1.75	2.37	3.09	51.4	37.9	29.0
603986.SH	兆易创新	未评级	103.62	658	4.14	4.86	5.92	25.0	21.3	17.5
300421.SZ	力星股份	未评级	11.99	33	0.30	0.67	0.96	39.6	18.0	12.5

数据来源: Wind、开源证券研究所 注: 信捷电气盈利预测来自开源证券研究所, 其他来自 Wind 一致预期 收盘日为 2022 年 12 月 16 日

4、风险提示

消费级机器人落地、量产进度不及预期, 国内电机企业研发水平提升、产品落地不及预期, 原材料价格上涨、全球供应链波动。

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。

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)	预计相对基准涨幅表现 20% 以上。
	增持 (Outperform)	预计相对基准涨幅表现 5% ~ 20%。
	中性 (Neutral)	预计相对基准涨幅表现 -5% ~ +5% 之间波动。
	减持 (Underperform)	预计相对基准涨幅表现 5% 以下。
行业评级	买入 (Buy)	预计行业表现超越基准指数。
	中性 (Neutral)	预计行业表现与基准指数持平。
	减持 (Underperform)	预计行业表现弱于基准指数。

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

评级

日期

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，开源证券不对其实内容负责。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形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 地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号
楼10层 楼45层
邮编：200120 邮编：518000
邮箱：research@kysec.cn 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 地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层
邮编：100044 邮编：710065
邮箱：research@kysec.cn 邮箱：research@kysec.cn

西安