

机械设备

报告日期：2024 年 01 月 23 日

无框力矩电机：先进机器的动力之源，受益人形机器人产业兴起——人形机器人行业系列深度报告

投资要点

□ 无框力矩电机——匹配先进机器的关键部件

- 1、无框力矩电机是一种无框架式永磁直流伺服电机，只有转子和定子两个部件。无框电机以输出扭矩为衡量指标，而普通电机则以输出功率为评价指标。
- 2、无框力矩电机作为动力源，用途与传统电机相同，但存在以下优势：（1）提高机器性能；（2）结构更紧凑、配置灵活，符合驱动系统的高度集成化趋势；（3）较高的刚度；（4）静音效果好；（5）维护成本低。
- 3、无框力矩电机因需要一体化设计并集成到机器内部，通常采用定制方式。

□ 需求：预计 2029 年全球市场超 300 亿元，其中人形机器人下游占比达 73%

结论：我们预测 2029 年全球无框力矩电机总市场需求约 308 亿元。其中，机器人、医疗机械、机床等非人形机器人领域市场规模 11.7 亿美元（约合人民币 84 亿元），而人形机器人所需无框力矩市场为 224 亿元，约占到总需求的 73%。

1、当前无框电机主要下游：机器人、医疗机械、高端机床等先进机器。根据觅途咨询，国内无框力矩电机目前主要应用于机器人领域（工业机器人及服务机器人），占据行业 80% 左右的市场份额。根据 Valuates Reports，不考虑人形机器人带来的新增需求，2022 年全球无框力矩电机市场规模为 6.7 亿美元，预计到 2029 年市场规模将增长至 11.7 亿美元，期间复合增速达 8%。据觅途咨询，2022 年中国无框力矩电机市场规模超 5 亿元，2020-2022 年行业平均增速超过 50%。

2、未来人形机器人有望成为无框力矩电机更重要的下游应用。根据特斯拉 AI Day 2022，其人形机器人 Optimus 采用 14 个直线执行器及 14 个旋转执行器，对应合计需要 28 个无框力矩电机。人形机器人产业刚刚兴起，我们预测 2024 年有望实现初步量产，预测 2025 年全球人形机器人用无框力矩电机市场规模有望达到 60 亿元，2030 年将有望达到 282 亿元。

□ 供给：国内外部分高端产品性能仍存差距，步科股份为国内龙头

1、2022 年国内无框力矩电机市场国产化率较高。国内无框力矩电机起步较晚，但目前国内市场国产化率已达到较高水平。根据觅途咨询数据显示，2022 年国内无框力矩电机市场中，国内厂商步科股份的市场份额接近 50%，其他国内头部厂商包括航天电器、昊志机电、微精电机、大族电机等。

2、无框力矩电机具有一定技术壁垒，部分高端产品国内外仍存在技术差距。无框力矩电机的高端产品对充磁技术和电机制造工艺要求较高，难点在于：1）转矩密度；2）温升；3）额定和最高转速；4）成本控制。国内无框力矩电机龙头厂商步科股份，其产品部分性能达到国际一流水平。

□ 投资建议

无框力矩电机是匹配先进机器设备的动力之源，尤其是未来有望充分受益于人形机器人产业的蓬勃发展。我们建议关注：

- 1、**步科股份：**无框力矩电机国内龙头，机器人板块有望快速成长
- 2、**航天电器：**航天连接器龙头，电机业务打造新增长点
- 3、**昊志机电：**国内领先主轴制造商，突破机器人核心功能部件
- 4、**大族激光：**激光设备领先企业，电机等多领域布局释放成长潜力

□ 风险提示：1、通用设备需求低于预期；2、人形机器人产业发展进度不及预期；3、测算偏差风险

行业评级：看好(维持)

分析师：邱世梁

执业证书号：S1230520050001
qiushiliang@stocke.com.cn

分析师：王华君

执业证书号：S1230520080005
wanghua jun@stocke.com.cn

分析师：张杨

执业证书号：S1230522050001
zhangyang01@stocke.com.cn

相关报告

- 1 《创新突围、周期复苏、再国际化、重组整合》 2024.01.23
- 2 《液氦高位维持，期待液氧、液氮价格拐点向上》 2024.01.23
- 3 《大制造行业全球估值手册》 2024.01.23

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

正文目录

1 无框力矩电机——匹配先进机器人的关键部件	4
2 需求：预计 2029 年全球无框电机市场超 300 亿元，其中人形机器人应用占比达 73%	6
2.1 当前无框电机主要下游：机器人、医疗器械、高端机床等先进机器	6
2.1.1 工业机器人（含协作机器人）作为无框电机主要下游，有望实现较快增长	7
2.1.2 医疗器械：无框电机适配手术机器人、医学成像等，实现高精度、平稳运动控制	8
2.1.3 高端数控机床：无框力矩电机可用于高精度五轴机床	8
2.2 未来人形机器人有望成为无框力矩电机更重要的下游应用	10
3 供给：国内外高端产品性能仍存差距，步科股份为国内龙头	11
3.1 2022 年国内无框力矩电机市场国产化率已达到较高水平	11
3.2 无框力矩电机具有一定技术壁垒，高端产品国内外仍存在技术差距	12
4 投资建议	14
4.1 步科股份：无框力矩电机国内龙头，机器人板块有望快速增长	14
4.2 航天电器：航天连接器龙头，电机业务打造新增长点	15
4.3 昊志机电：国内领先主轴制造商，突破机器人核心功能部件	16
4.4 大族激光：激光设备领先企业，电机等多领域布局释放成长潜力	17
5 风险提示	18

图表目录

图 1: 无框力矩电机示意图.....	4
图 2: 有框力矩电机示意图.....	4
图 3: 典型的无框力矩电机结构安装设计小巧紧凑.....	5
图 4: 2022 年机器人（工业机器人及服务机器人）领域占据无框力矩电机 80%下游市场.....	6
图 5: 预计 2029 年全球无框力矩电机市场规模达 11.7 亿美元，2022-2029 年复合增速 8%.....	7
图 6: 2024-2026 年全球工业机器人年度安装量复合增速为 7%.....	8
图 7: 全球手术机器人市场 2017-2023 年 CAGR 为 26%.....	8
图 8: 中国手术机器人市场 2017-2023 年 CAGR 为 42%.....	8
图 9: 2022 年中国数控机床市场规模同比增长 6.6%.....	9
图 10: 2022-2028 年全球五轴数控机床市场规模 CAGR 为 11%.....	9
图 11: 2022 年中国无框力矩电机市场中，步科股份为国内龙头.....	11
图 12: 海外龙头厂商无框力矩电机设计工艺对比.....	13
图 13: 步科股份 2018-2022 年营业收入 CAGR 为 14%.....	15
图 14: 步科股份 2018-2022 年归母净利润 CAGR 为 26%.....	15
图 15: 2018-2022 年航天电器营业收入 CAGR 为 21%.....	15
图 16: 2018-2022 年航天电器归母净利润 CAGR 为 12%.....	15
图 17: 2018-2022 年昊志机电营收/归母净利润 CAGR21%/-19%.....	16
图 18: 2022 年昊志机电摊薄 ROE/销售净利率为 2%/2%.....	16
图 19: 2019-2022 年大族激光营业收入 CAGR 为 16%.....	17
图 20: 2019-2022 年大族激光归母净利润 CAGR 为 24%.....	17
表 1: 预计 2030 年全球人形机器人领域所需无框力矩电机的市场规模有望达 282 亿元.....	10
表 2: 国内、外无框力矩电机头部企业业务情况梳理.....	11
表 3: 国内、外无框力矩电机龙头厂商产品性能对比.....	13
表 4: 无框力矩电机相关公司估值表.....	14

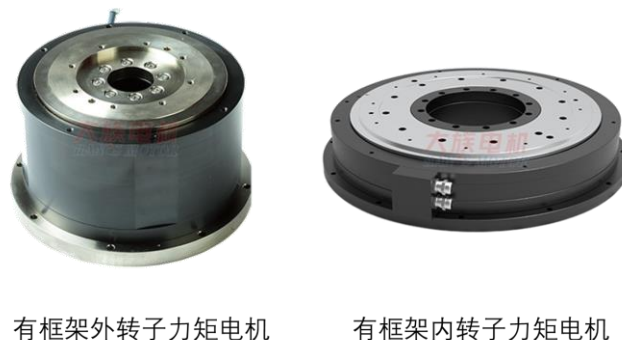
1 无框力矩电机——匹配先进机器的关键部件

无框力矩电机是一种无框架式永磁电机（永磁电机属于一种直流伺服电机），只有转子、定子两个部件（没有轴、轴承、外壳或端盖等）。转子是内部部件，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，齿轮外部环绕钢片和铜绕组，以产生紧密攀附在机器壳体内部的电磁力。无框力矩电机让机器结构设计不再受制于电机壳体的束缚，利用机器的自身轴承支撑转子，将电机无缝内置于机器设计中。

图1：无框力矩电机示意图



图2：有框力矩电机示意图



资料来源：步科股份官网，浙商证券研究所

资料来源：大族电机官网，浙商证券研究所

不同于传统伺服电机，无框力矩电机以输出扭矩为衡量指标，普通伺服电机更偏向以输出功率为评价指标。无框力矩电机由驱动器供电，驱动器控制 U/V/W 三相电形成电磁场，永磁体的转子在此磁场的作用下转动。无框力矩电机可以通过霍尔元件做为反馈信号，也可以通过另外加装的编码器信号做为反馈，驱动器根据反馈值与目标值进行比较，调整转子转动的角度，达到伺服控制的目的。

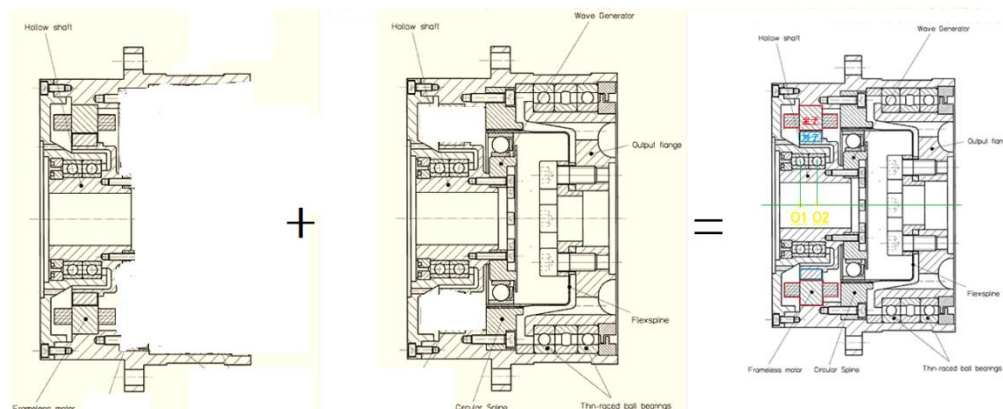
无框力矩电机作为动力源，具有与普通伺服电机相同的用途，但在某些方面中具有明显的优势：

- 1、提高机器性能：**直接耦合（无背隙）、更高的系统带宽，可直接集成到机器结构中降低风磨损失从而提高机器效率。
- 2、结构更紧凑：**机器占用空间更小、单位体积扭矩更高。
- 3、较高的刚度：**可以作为直驱动力源，不需要皮带和皮带轮，丝杆或齿轮箱，就能直驱负载。
- 3、静音：**由于直接集成到机器的结构中，改变了传动方式（甚至不用减速机），带来了明显的静音效果。
- 4、减少维护：**更少的机械部件、无易磨损或需要维护的组件。

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。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。

在下图机器结构中，将无框力矩电机的转子粘接在机器的高速转轴上，轴线 O1O2 即支撑了无框力矩电机的转子，又支撑了机器本身的高速运动。

图3：典型的无框力矩电机结构安装设计小巧紧凑



资料来源：研一机械，浙商证券研究所

无框力矩电机因需要一体化设计并集成到机器内部，通常采用定制方式。机械工程师需要根据具体的机械设计尺寸来确定无框力矩电机的外形尺寸和扭矩/转速性能，而定制电机需要极其专业化的电磁设计经验和工艺生产经验。

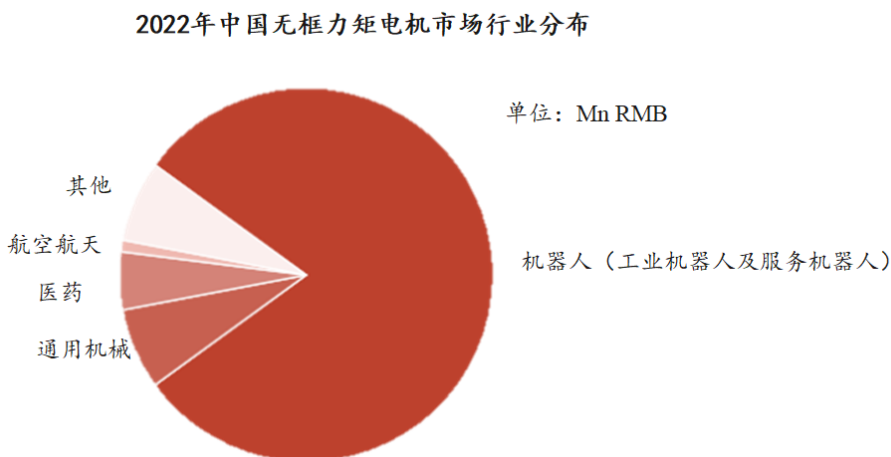
2 需求：预计 2029 年全球无框电机市场超 300 亿元，其中人形机器人应用占比达 73%

2.1 当前无框电机主要下游：机器人、医疗器械、高端机床等先进机器

根据觅途咨询，国内无框力矩电机目前主要应用于机器人领域（工业机器人及服务机器人），共占据行业 80% 左右的市场份额。它主要用于机器人的关节和手臂，提供高扭矩和高精度的控制。典型应用包括协作机器人的关节，其中每台机器人通常需要 6-7 个无框力矩电机。无框力矩电机的中空设计使其在协作机器人中占用空间较小，从而提高了效率。

此外，在通用自动化领域，模切和层压、高精密机床、丝网印刷等也会用到大量的无框力矩电机，在医疗领域的 CT 机和 X 光机上、航空航天领域的雷达、惯导系统、转台等都有一定的使用。

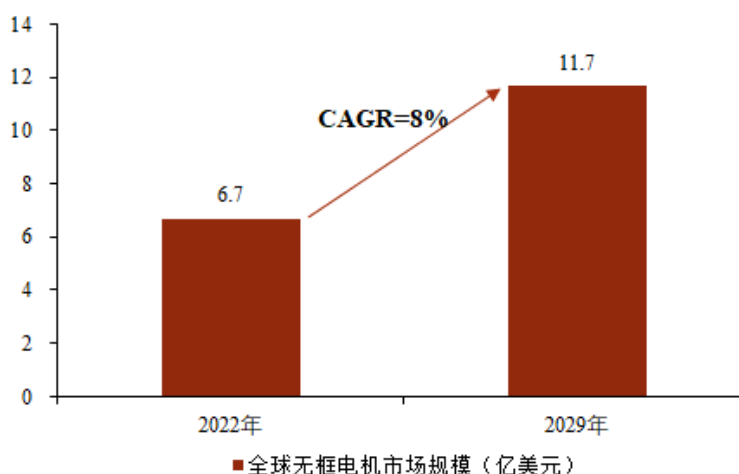
图4：2022 年机器人（工业机器人及服务机器人）领域占据无框力矩电机 80% 下游市场



资料来源：M2 觅途咨询，浙商证券研究所

根据 Valuates Reports，2022 年全球无框力矩电机市场规模为 6.7 亿美元，预计到 2029 年市场规模将增长至 11.7 亿美元，期间复合增速达 8%。

图5： 预计 2029 年全球无框力矩电机市场规模达 11.7 亿美元，2022-2029 年复合增速 8%



备注：以上测算未考虑人形机器人需求

资料来源：Valuates Reports，浙商证券研究所

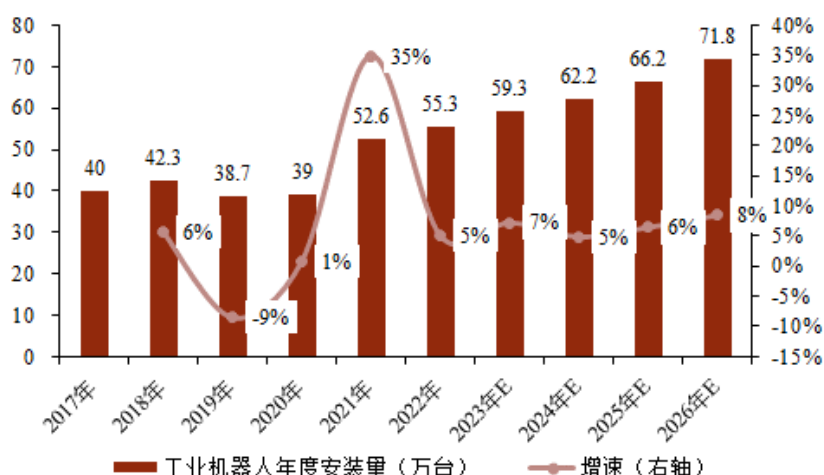
另据觅途咨询，2022 年中国无框力矩电机市场规模超 5 亿元，2020-2022 年行业平均增速超过 50%。预计未来随着协作机器人以及智能化需求的快速增长，无框力矩电机市场规模将保持较高速的发展。

2.1.1 工业机器人（含协作机器人）作为无框电机主要下游，有望实现较快增长

考虑到机器人需求的不断释放，全球工业机器人销量有望持续增长。根据 IFR 2023 年 9 月的预测，2026 年全球工业机器人年度安装量将提升至 71.8 万台，预计 2024-2026 年三年的复合增速为 7%。

协作机器人可以与人在同一工作空间内协同作业，是近年增速较快的工业机器人。根据高工机器人产业研究所数据，2022 年我国协作机器人销量 2.5 万台，预计 2026 年超 9 万台，对应 2023-2026 年四年的复合增速为 38%。

图6：2024-2026 年全球工业机器人年度安装量复合增速为 7%



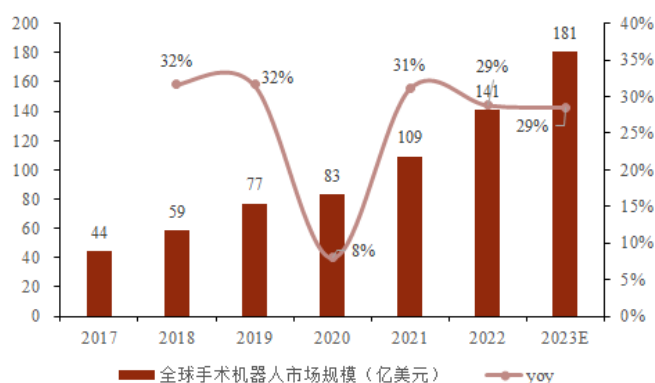
资料来源：IFR，浙商证券研究所

2.1.2 医疗器械：无框电机适配手术机器人、医学成像等，实现高精度、平稳运动控制

无框力矩电机可用于医学成像、外科手术机器人等医学领域。在医学成像中主要用于平滑、精准的运动控制，实现图像的高分辨率，减少不必要的移动。在外科手术机器人中主要针对于微创手术，可以在远小于人手可处理的区域中以高精度执行操作。

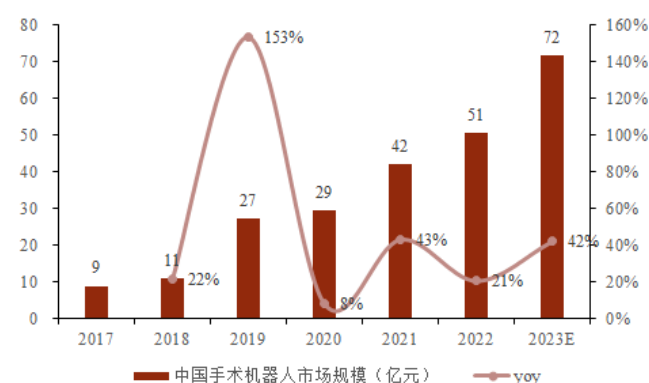
人口老龄化的加剧、外科手术的复杂性以及对具有更高准确性的非侵入性手术需求不断扩大，推动手术机器人市场增长。弗若斯特沙利文预计 2023 年中国手术机器人市场将达到 72 亿元，2017-2023 年 CAGR 为 42%。

图7：全球手术机器人市场 2017-2023 年 CAGR 为 26%



资料来源：弗若斯特沙利文，中商产业研究院，浙商证券研究所

图8：中国手术机器人市场 2017-2023 年 CAGR 为 42%



资料来源：弗若斯特沙利文，中商产业研究院，浙商证券研究所

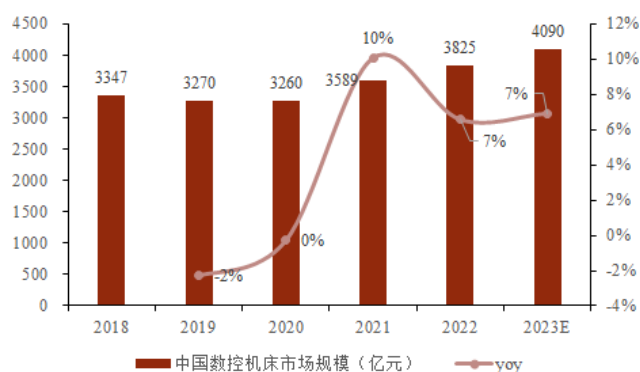
2.1.3 高端数控机床：无框力矩电机可用于高精度五轴机床

无框力矩电机可以在成型、磨削、钻孔等机床中提高精度和可重复性。无框力矩电机直接嵌入机械设计，安装简单能够提高性能以及延长使用寿命，能够消除机器连接设备，降低机器的整体尺寸，同时零背隙的设计提供了更好的系统性能。

据前瞻产业研究院预测，2026 年中国数控机床市场规模将超 6200 亿元。目前中国已经成为世界第一大机床市场，数控机床已经成为机床消费的主流。根据中商产业研究院，2022 年我国数控机床产业规模为 3825 亿元，同比增长 6.6%。

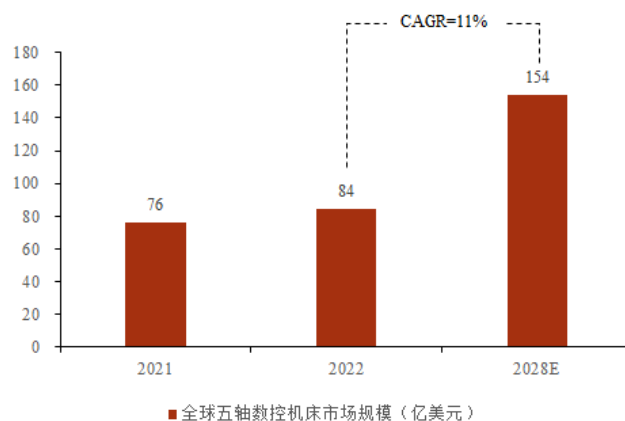
无框电机可用于高精精密五轴联动数控机床。根据 QYResearch 的统计及预测，2021 年全球五轴数控机床市场销售额达 76 亿美元，预计 2028 年将达到 154 亿美元，预计 2022-2028 年 CAGR 为 11%。无框力矩电机可以在紧凑、轻质的电磁组件中提供高转矩密度。直驱电机具备低速大扭矩、高精度定位、高响应速度等特点，能够应用高端数控系统的开发和产业化中。

图9：2022 年中国数控机床市场规模同比增长 6.6%



资料来源：中商产业研究院，浙商证券研究所

图10：2022-2028 年全球五轴数控机床市场规模 CAGR 为 11%



资料来源：QYResearch，浙商证券研究所

2.2 未来人形机器人有望成为无框力矩电机更重要的下游应用

人形机器人前景广阔，国内外知名企业加速布局。2023 年 11 月工业和信息化部印发《人形机器人创新发展指导意见》，提出人形机器人有望成为继计算机、智能手机、新能源汽车后的下一个颠覆性产品，并明确 2025 年实现批量生产、2027 年综合实力达到世界先进水平目标。目前典型的人形机器人如海外厂商特斯拉的 Optimus，波士顿动力的 Atlas，国内厂商如优必选的 Walker X、小米 Cyberone 等。

根据特斯拉 AI Day 2022，其人形机器人 Optimus 采用 14 个直线执行器及 14 个旋转执行器。无论是直线执行器还是旋转执行器，每个执行器均包含 1 个无框力矩电机，即单个人形机器人包含 28 个无框力矩电机。

人形机器人产业刚刚兴起，我们预测 2024 年有望实现初步量产，预测 2025 年全球人形机器人用无框力矩电机市场规模有望达到 60 亿元，2030 年将有望达到 282 亿元。关键假设：单个人形机器人所需无框力矩电机 28 个（参考特斯拉人形机器人方案），假设 2024 年无框力矩电机均价为 1000 元/个，而后因规模扩大单价逐年降低。

表1：预计 2030 年全球人形机器人领域所需无框力矩电机的市场规模有望达 282 亿元

	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
世界总人口（亿人）	81	82	83	83	84	85	85
TO C 端 每万人人形机器人拥有量（台）	0.1	0.3	0.7	1.3	2.2	3.5	5.3
TO C 端人形机器人保有量（万台）	8	25	58	108	185	297	453
TO C 端人形机器人销量（万台）	8	16	33	51	77	112	156
全球劳动力人口（亿人）	35	35	36	36	36	37	37
TO B 端每万人人形机器人密度（台）	0.1	0.3	0.7	1.3	2.2	3.5	5.3
TO B 端人形机器人保有量（万台）	3	11	25	47	80	128	195
TO B 端人形机器人销量（万台）	3	7	14	22	33	48	67
汇总：人形机器人保有量（万台）	12	35	83	155	265	425	648
汇总：人形机器人销量（万台）	12	24	48	72	110	160	224
人形机器人销量增速		103%	102%	52%	52%	46%	40%
无框力矩电机需求量（万个）	336	672	1344	2016	3080	4480	6272
无框力矩电机单价（万元）	0.1	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.045
无框力矩电机市场规模（亿元）	34	60	108	141	185	224	282
无框力矩电机市场规模增速		80%	78%	31%	31%	21%	26%

资料来源：浙商证券研究所测算

综上，我们预测 2029 年全球无框力矩电机总市场需求约 308 亿元。其中，机器人、医疗机械、机床等非人形机器人领域市场规模 11.7 亿美元（约合人民币 84 亿元），而人形机器人所需无框力矩市场为 224 亿元，约占到总需求的 73%。

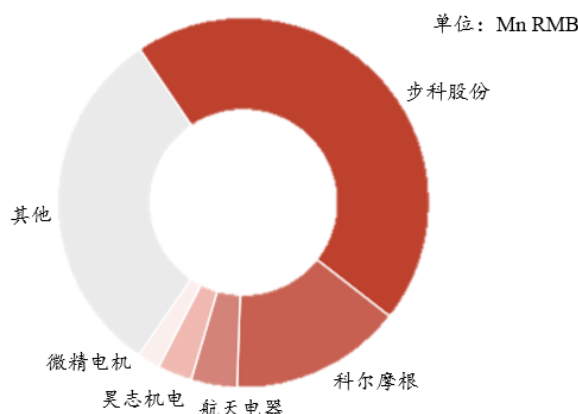
3 供给：国内外高端产品性能仍存差距，步科股份为国内龙头

3.1 2022 年国内无框力矩电机市场国产化率已达到较高水平

国内无框力矩电机起步较晚，但目前国内市场国产化率已达到较高水平。海外龙头公司包括 TQ Robodrive（德国）、Kollmorgen（美国）、Allied motion（美国）、Aerotech（美国）、Parker（美国）等。国内厂商主要有步科股份、航天电器、昊志机电、微精电机等。根据觅途咨询数据显示，2022 年国内无框力矩电机市场中，国内厂商步科股份的市场份额接近 50%。

图11： 2022 年中国无框力矩电机市场中，步科股份为国内龙头

2022 年中国无框力矩电机市场竞争格局



资料来源：M2 觅途咨询，浙商证券研究所

国内、外无框力矩电机企业的具体情况如下表所述：

表2： 国内、外无框力矩电机头部企业业务情况梳理

公司	国别	无框力矩电机进展	应用领域	2022 年营业收入
Kollmorgen	美国	提供 17 种标准框架尺寸（直径 60mm 到 850mm，扭矩最高 13,000Nm）的无框电机解决方案，每种尺寸都有多种堆叠长度和绕组选项	机床、医疗影像、机器人、医疗自动化、半导体设备和材料等	--
Aerotech	美国	S 系列电机是 Aerotech 的高性能无刷无框力矩电机。电机采用稀土磁铁，可在紧凑的组件中实现最大的扭矩和加速度，同时提供出色的速度稳定性	适合直驱应用，如打印、扫描等	--
Allied motion	美国	提供多个系列的高性能无框和封闭式无刷力矩电机。无框尺寸范围从 17.3 毫米（0.68 英寸）到 792 毫米（31.2 英寸）和定制尺寸以满足特定要求	航空航天与国防、医疗设备、半导体设备等	35 亿元
Parker	美国	TK 系列无框直驱力矩电机套件可在低速时提供高扭矩，并作为单独的转子和定子提供，允许直接系统集成。采用 400VAC 绕组，扭矩高达 21700Nm，额定功率为 207kW，速度为 2500min-1	工业制造设备等	Motion systems 0.2 亿元
TQ Robodrive	德国	ILM 和 ILM-E 系列的 TQ 定转子组件套件为驱动技术领域的尖端解决方案提供领先的扭矩密度和重量轻的无框电机	自动化、医疗技术、机械工程、航空和机器人领域	24 亿元
tecnotion	荷兰	Tecnotion 提供 QTL 系列力矩电机，极限扭矩范围 0.64-2202Nm，连续扭矩范围 0.29-	半导体、机床、机器人、显示应用和印刷	--

		907Nm, 最大转速 28000rpm	行业等	
国内	Maxon Motor 瑞士	提供 EC 无框扁平电机, 外径范围为 43mm 至 90mm	医疗技术、工业自动化和航空航天等	--
	步科股份 中国	国内最早做无框电机的厂家之一, 提供 FMC 无框力矩电机, 具有稳定高效、高功率密度、低齿槽力矩、高空间利用率的特点	协作机器人等	5 亿元
	林泉电机 中国	航天电器的子公司, 研制微特电机、特种电机、伺服驱动控制和电动机构产品等	航天航空、卫星、兵器、电子信息等	14 亿元
	昊志机电 中国	提供无框力矩电机产品, 转矩力 $\leq 1\%$, 有利于机器人力矩控制, 3.5 倍过载能力, 加强机器人负载能力	协作机器人、轻型机器人等	10 亿元
	大族电机 中国	大族激光的子公司, 提供 DDR 系列力矩电机, 能够提供直接驱动、高动态响应、高精度等性能	光伏 PECVD 设备等	4 亿元
	微精电机 中国	产品包含永磁直流力矩电动机, 可在低速情况下输出较大转矩, 不经齿轮减速与负载直接耦合。	航空、航天、船舶重工、兵器、核工业、电子系统	--

资料来源: 各公司官网, Bloomberg, 浙商证券研究所

3.2 无框力矩电机具有一定技术壁垒, 高端产品国内外仍存在技术差距

无框力矩电机的高端产品对充磁技术和电机制造工艺要求较高, 国内外厂商产品性能仍存在一定的差距。目前, 机器人关节电机主要采用无刷无框永磁力矩电机, 使用先进充磁技术和电机制造工艺, 是提升机器人驱动电机转矩密度和过载能力的重要发展方向。

难点在于:

- 1) **转矩密度**: 机器人的关节需求朝着扭矩不变尺寸更小的方向发展, 要求关节电机不断提高功率密度;
- 2) **温升**: 基于较小的关节尺寸, 在达到很高的功率密度时需要观测达到热稳态后电机温升是否正常;
- 3) **额定和最高转速**: 机器人在某些场景中有不断提速的需求, 理论上对于电机系统来说, 转矩需求固定, 额定速度上限附近将损失转矩。因此意味着更高的电磁设计要求;
- 4) **成本控制**: 作为机器人等机械设备的关键部件, 成本控制对核心零部件国产化的提升十分重要, 高转矩密度能够缩减电机体积, 降低成本。

外国用于机器人关节的无框力矩电机厂商主要有 Kollmorgen 和 TQ Robodrive。美国 Kollmorgen 采用分布式的分数槽及碳纤维绑扎技术, 德国 TQ Robodrive 采用模块化定子和环氧塑封灌胶技术。在极槽设计上, Kollmorgen 采用了分数槽分布绕组的少极多槽的方案使得齿槽转矩及转矩脉动较低, 保证电机运行平稳且降低对驱动器的要求。TQ Robodrive 采用集中绕组的多级少槽方案, 模块化的定子结构有效提高绕组槽满率, 环氧灌封技术能够提高电机散热能力, 进而有效提高电机转矩密度。

图12: 海外龙头厂商无框力矩电机设计工艺对比



资料来源:《基于辐向环充磁的高转矩密度永磁力矩电机设计与分析》, 浙商证券研究所

国内无框力矩电机龙头厂商步科股份, 其产品部分性能达到国际一流水平。公司 2022 年新推出的第三代无框力矩电机首创无框灌封工艺, 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。

表3: 国内、外无框力矩电机龙头厂商产品性能对比

	美国 Kollmorgen	德国 TQ Robodrive	步科股份
产品	TBM 2G 无框力矩电机	ILM 系列无框电机	FMC 无框力矩电机
额定功率 (W)	205-1430	70-570	100-1050
额定扭矩 (Nm)	0.27-6.03	0.032-3.9	0.45-3.5
额定转速 (rpm)	2600-8000	1400-22650	2500-3000
定子外径 (mm)	50-115	25-115	57.8-104
转子内径 (mm)	24.75-57.5	11.6-74	25-55

资料来源: 各公司官网, 浙商证券研究所

4 投资建议

无框力矩电机是匹配先进机器设备的动力之源，尤其是未来有望充分受益于人形机器人产业的蓬勃发展。目前国内市场国产厂商占据一席之地，步科股份市场份额处于较为领先地位。国产无框电机在部分高端产品与海外龙头还有一定的技术差距，但随着下游产业的不断发展，预计未来国产无框力矩电机企业的成长机会较为确定、也相对较大。

我们建议关注以下上市公司：步科股份、航天电器、昊志机电、大族激光等。同时也关注非上市公司，如：微精电机等。

表4：无框力矩电机相关公司估值表

证券代码	公司	市值 (亿元)	归母净利润（亿元）				PE			
			2022	2023E	2024E	2025E	2022	2023E	2024E	2025E
688160.SH	步科股份	44	0.9	0.9	1.1	1.4	48	47	39	31
002025.SZ	航天电器	192	5.6	7.8	10.6	13.6	35	25	18	14
300503.SZ	昊志机电	49	0.2				222			
002008.SZ	大族激光	201	12.1	11.0	16.2	19.4	17	18	12	10
平均数							33	30	23	18

备注：上述公司归母净利润预测值均来自 wind 一致盈利预测；时间截止至 2024 年 1 月 14 日收盘；2022 年 PE 平均值剔除昊志机电

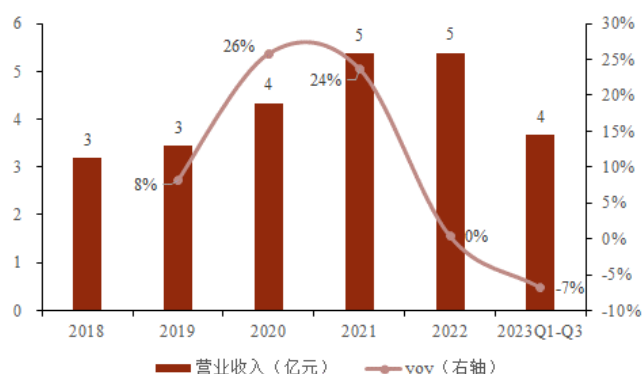
资料来源：，浙商证券研究所

4.1 步科股份：无框力矩电机国内龙头，机器人板块有望快速成长

公司主要从事工业自动化控制核心部件与数字化工厂软硬件的研发、生产、销售以及相关技术服务，并为客户提供自动化控制、数字化工厂解决方案。公司以智能制造为战略发展方向，在工业自动化、机器人、工厂数字化方面发展核心技术。核心产品：1）控制系统：人机界面、可编程逻辑控制器，主要应用于物流设备、医疗设备、工业机器人等领域；2）驱动系统：伺服系统、步进系统、低压变频器，主要应用于移动工业机器人、协作机器人、特种机器人、服务机器人、物流设备、医疗设备等。

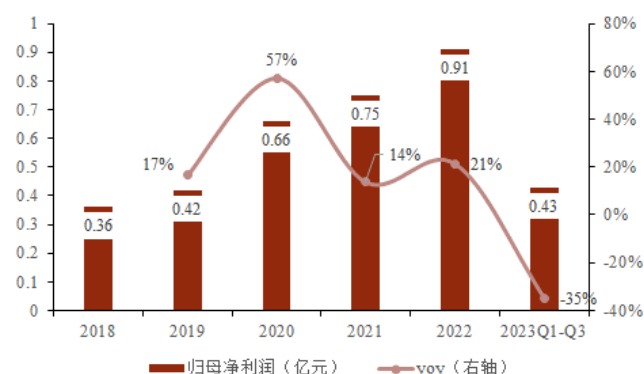
收入、利润增长稳定，无框力矩电机等驱动系统为主要营收来源。2018-2022 年，公司营业收入 CAGR 为 14%，归母净利润 CAGR 为 26%，盈利能力逐步增长。公司持续深耕机器人行业，推出移动机器人回转/顶升动力模组、移动机器人一体化伺服轮、重载移动机器人低压伺服系统、协作机器人无框力矩电机等产品及解决方案。2022 年驱动系统产生营业收入达 3 亿元，2018-2022 年 CAGR 为 19%，在机器人行业实现销售收入超 1 亿元，2020-2022 年 CAGR 为 60%。

图13: 步科股份 2018-2022 年营业收入 CAGR 为 14%



资料来源: 步科股份公告, Choice, 浙商证券研究所

图14: 步科股份 2018-2022 年归母净利润 CAGR 为 26%



资料来源: 步科股份公告, Choice, 浙商证券研究所

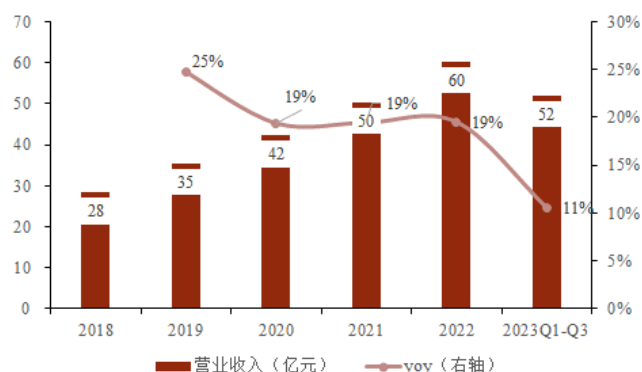
推出第三代无框力矩电机，与国际产品尺寸接轨。公司于16年推出首代无框力矩电机，在国内起步较早。2022年推出的第三代无框力矩电机FMC系列首创无框灌封工艺，可以应用于协作机器人无框电机解决方案中，具备额定扭矩0.11Nm-3.5Nm、热敏电阻过载保护、定转子激光标识确保追溯性、同尺寸多种叠片厚度组合等功能，具有稳定高效、高功率密度、低齿槽力矩、高空间利用率等优势，助力协作机器人厂商制造出有竞争力的、适配性强的产品，同时帮助协作机器人厂商降低生产成本。

4.2 航天电器：航天连接器龙头，电机业务打造新增长点

公司主要从事高端连接器、微特电机、高端继电器、光通信器件（光电模块）等产品的研制、销售，以及为航空、航天、电子等领域提供系统集成互联一体化方案设计及实施服务。微特电机研制生产的主要品种为伺服电机、无刷直流电机、直流力矩电机、永磁直流系列电机、复式永磁抽油机电机、中小型民用电机，随着国内在机器人电机、汽车电机等领域产业的长足发展，高转速、低噪音、节能电机、软件控制市场需求明显。

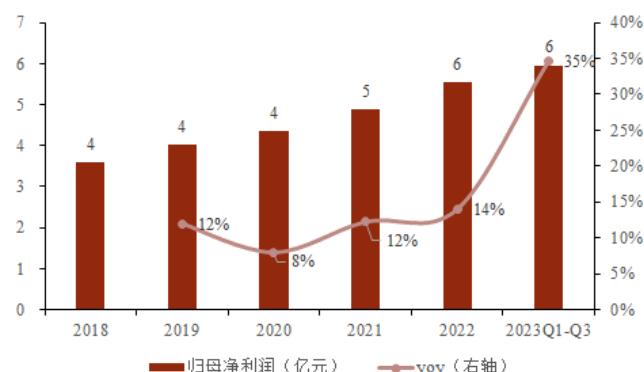
收入、利润稳定增长，2023年前三季度公司营业收入为52亿元，同比增长11%，2018-2022年CAGR为21%。2023年前三季度公司归母净利润为6亿元，同比增长35%，2018-2022年CAGR为12%。

图15: 2018-2022 年航天电器营业收入 CAGR 为 21%



资料来源: 航天电器公告, Choice, 浙商证券研究所

图16: 2018-2022 年航天电器归母净利润 CAGR 为 12%



资料来源: 航天电器公告, Choice, 浙商证券研究所

依托子公司航天林泉拥有的国家精密微特电机工程技术研究中心，扩大民用电机业务规模。2007 年公司与江南航天工业集团林泉电机厂（改制更名为“林泉航天电机有限公司”）合资组建贵州航天林泉电机有限公司，在继电器、连接器业务基础上增加电机、遥测遥控设备、伺服控制系统等新业务。2022 年公司使用自有资金收购关联企业林泉航天电机有限公司（现企业名称变更为“通联航天工业有限公司”）所持的深圳市航天电机系统有限公司 68%股权和深圳斯玛尔特微电机有限公司 51%股权。

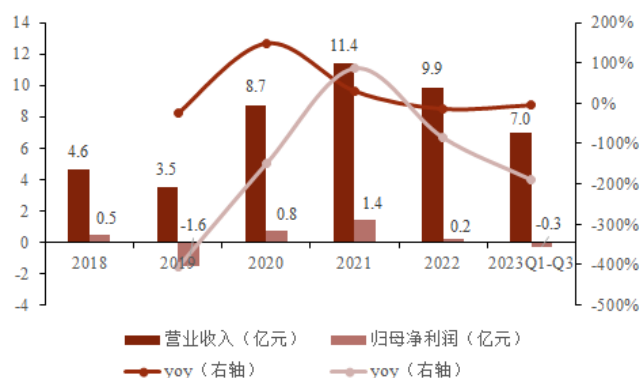
1) 航电系统：在民用直流无刷电机、交流伺服电机等领域拥有技术积累、客户资源，主要业务为研制生产销售伺服电机系统等；2) 斯玛尔特：在同步步进电机、电机驱动控制等领域拥有较多技术积累、客户资源，主要业务为生产经营同步电机、步进电机等业务，将持续加快民用电机产业布局和业务拓展。

4.3 昊志机电：国内领先主轴制造商，突破机器人核心功能部件

公司是一家专业从事中高端数控机床、机器人、新能源汽车等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。公司产品涵盖高端主轴、转台、直线电机、数控系统、谐波减速器、伺服电机、驱动器、传感器、氢能汽车燃料电池压缩机、曝气鼓风机、直驱类高速风机等。

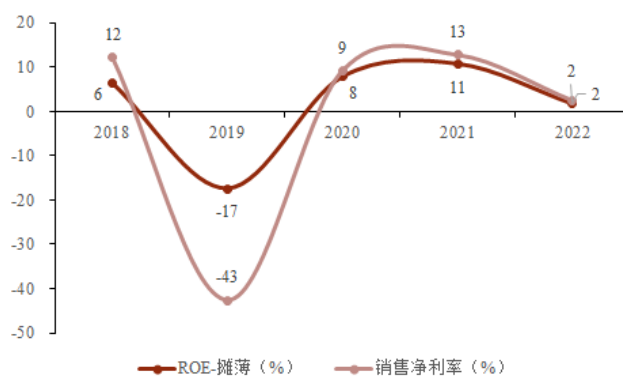
2018-2022 年昊志机电营收、归母净利润复合增速分别为 21%和-19%，营业收入和归母净利润下降主要系全球经济下行、原材料价格上涨影响。2022 年公司摊薄 ROE 和销售净利率均为 2%，盈利能力较 2019 年逐步恢复。

图17： 2018-2022 年昊志机电营收/归母净利润 CAGR21%/-19%



资料来源：昊志机电公告，Choice，浙商证券研究所

图18： 2022 年昊志机电摊薄 ROE/销售净利率为 2%/2%



资料来源：昊志机电公告，Choice，浙商证券研究所

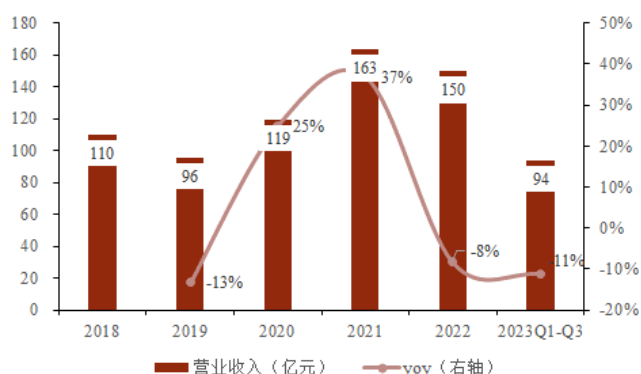
公司以自主创新为核心，布局机器人核心功能部件产业链。公司当前的谐波减速器、机器人关节模组、末端执行机构（气动手指和快换模块）等产品能够满足协助机器人、轻型机器人生产的模块化、标准化、小型化要求，具有较好的市场前景。公司生产的谐波减速器已经达到较高的精度及寿命标准，相关产品已实现批量销售，并先后攻克了智能机器人用“高性能谐波减速器”、“高精度编码器”、“一体化关节模组”、“六维力传感器”、“控制系统”等一系列核心功能部件技术，打破了智能机器人核心功能部件依赖进口的局面，实现了智能机器人核心功能部件的全国产化。

4.4 大族激光：激光设备领先企业，电机等多领域布局释放成长潜力

公司从事智能制造装备及其关键器件的研发、生产和销售，具备从基础器件、整机设备到工艺解决方案的垂直一体化优势，是全球领先的智能制造装备整体解决方案服务商。主要产品分为通用元件及行业普及产品、行业专机产品、极限制造产品三大类。公司研发生产的多类激光器、伺服电机等通用元件已全面推向市场，有望成为新的业绩驱动因素。

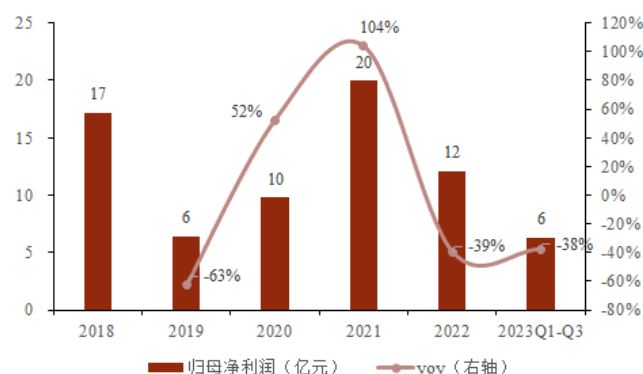
公司 2023 年前三季度营业收入 94 亿元，同比减少 11%，2019-2022 年营收 CAGR 为 16%。2023 年前三季度归母净利润为 6 亿元，同比减少 38%，2019-2022 年 CAGR 为 24%。业绩有所下降主要系经济下行、行业周期变动影响。

图19： 2019-2022 年大族激光营业收入 CAGR 为 16%



资料来源：大族激光公告，Choice，浙商证券研究所

图20： 2019-2022 年大族激光归母净利润 CAGR 为 24%



资料来源：大族激光公告，Choice，浙商证券研究所

子公司大族电机主要业务为直线电机、力矩电机等，进一步布局电机产业链。子公司大族电机参与《永磁式直线电动机通用技术条件》GB/T 34115-2017 国家标准起草与制定，是公司的核心业务板块之一，其中 DDR 力矩电机系列可以实现低转速、高扭力、高精度、响应速度快、过载能力强等指标，主要电机产品能够应用于锂电新能源、光伏、激光及加工、显示及半导体、数控机床、3C 电子、建筑及医疗等行业。目前公司在消费电子、新能源设备、激光加工等领域与多家龙头企业具备合作关系，如富士康、宁德时代、比亚迪等，整体市占率维持领先，有望推进电机业务增长。

5 风险提示

1、通用设备需求低于预期

通用设备的需求受宏观经济的影响较大，若宏观经济出现大幅波动，对应无框力矩电机下游市场如工业机器人、高端机床等需求将受到较大影响。

2、人形机器人产业发展进度不及预期

人形机器人作为新兴产业，受研发风险、成本限制以及实际应用需求有待持续挖掘等多方面因素的影响，人形机器人发展进度不及预期，将会对无框力矩电机未来的需求增长产生不利影响。

3、测算偏差风险

部分行业数据测算基于一定的假设条件，若实际数据偏离假设，则存在数据不及预期风险。

股票投资评级说明

以报告日后的 6 个月内，证券相对于沪深 300 指数的涨跌幅为标准，定义如下：

1. 买入：相对于沪深 300 指数表现 + 20% 以上；
2. 增持：相对于沪深 300 指数表现 + 10% ~ + 20%；
3. 中性：相对于沪深 300 指数表现 - 10% ~ + 10% 之间波动；
4. 减持：相对于沪深 300 指数表现 - 10% 以下。

行业的投资评级：

以报告日后的 6 个月内，行业指数相对于沪深 300 指数的涨跌幅为标准，定义如下：

1. 看好：行业指数相对于沪深 300 指数表现 + 10% 以上；
2. 中性：行业指数相对于沪深 300 指数表现 - 10% ~ + 10% 以上；
3. 看淡：行业指数相对于沪深 300 指数表现 - 10% 以下。

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。投资者不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

法律声明及风险提示

本报告由浙商证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，经营许可证编号为：Z39833000）制作。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但浙商证券股份有限公司及其关联机构（以下统称“本公司”）对这些信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不发生任何变更。本公司没有将变更的信息和建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本公司的客户作参考之用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告仅反映报告作者的出具日的观点和判断，在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本公司的交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。本公司的资产管理公司、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本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、发布、传播本报告的全部或部分内容。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明本报告发布人和发布日期，并提示使用本报告的风险。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

浙商证券研究所

上海总部地址：杨高南路 729 号陆家嘴世纪金融广场 1 号楼 25 层

北京地址：北京市东城区朝阳门北大街 8 号富华大厦 E 座 4 层

深圳地址：广东省深圳市福田区广电金融中心 33 层

上海总部邮政编码：200127

上海总部电话：(8621) 80108518

上海总部传真：(8621) 80106010

浙商证券研究所：<https://www.stocke.com.cn>