



轴向磁通电机：高功率密度等特点 有望助力其成为下一代执行器用电机

汽车行业深度报告

投资评级：推荐（维持）

报告日期：2025年10月14日

- 分析师：林子健
- SAC编号：S1050523090001

研究创造价值

轴向磁通电机结构优势明显，具有高功率密度等特点：

轴向磁通电机是一种磁通路径与转轴平行的盘式电机。相比传统径向磁通电机，在同等功率下，其重量和轴向尺寸可减半，高效区间更广，高效面积可达90%以上，扭矩密度和功率密度显著提升。设计灵活，可根据应用需求组合转子与定子数量，为电动飞行器、电动汽车及机器人关节等提供理想动力。其扁平化结构和高性能特性，有望使其成为人形机器人驱动电机的首选方案。

精密盘式结构、散热等问题制约轴向磁通电机量产：

轴向磁通电机盘式结构带来制造复杂性：1、微小气隙偏差会影响磁通分布和轴向磁吸力，易引发振动与噪音，降低寿命。2、散热压力大：夹层结构和高比功率导致热容量低，转子磁钢易过热、退磁风险增加。3、成本较高：材料特殊、制造复杂，量产成本高。4、机械应力大：大半径转子在高速旋转下承受离心力，对结构稳定性构成挑战。

SMC一体压铸、定子结构优化等有望加速轴向磁通电机商业应用：

目前行业主要采用：1、SMC一体压铸：具各向同性磁性，可支持复杂三维磁通设计，适配3D打印，实现大规模稳定制造。2、PCB定子：无铁芯设计减轻重量、降低涡流损耗，提升效率与可靠性。3、结构优化：扁平线圈提高槽填充率，磁场更强，功率增加20-30%；线圈形状优化提升散热效率。4、强化散热：液冷通道、相变材料及碳纳米管等新型应用，显著增强热管理能力。

推荐关注在SMC、PCB定子及电机领域积累较深的企业：

相关标的：卧龙电驱、信质集团、东睦股份、易德龙。

重点关注公司及盈利预测

公司代码	名称	2025-10-14 股价	EPS			PE			投资评级
			2024	2025E	2026E	2024	2025E	2026E	
002664.SZ	信质集团	29.19	0.05	0.49	0.84	272.05	59.58	34.81	未评级
600114.SH	东睦股份	32.05	0.64	0.86	1.03	25.11	37.45	30.97	未评级
600580.SH	卧龙电驱	43.69	0.61	0.66	0.76	28.24	66.46	57.55	未评级
603380.SH	易德龙	41.79	1.15	1.51	1.83	21.77	27.68	22.86	未评级

资料来源：未评级公司业绩预测来自wind一致预期，华鑫证券研究

轴向磁通电机规模化生成不及预期

厂商送样进展不及预期

人形机器人、乘用车方面商用进展不及预期

目录

CONTENTS

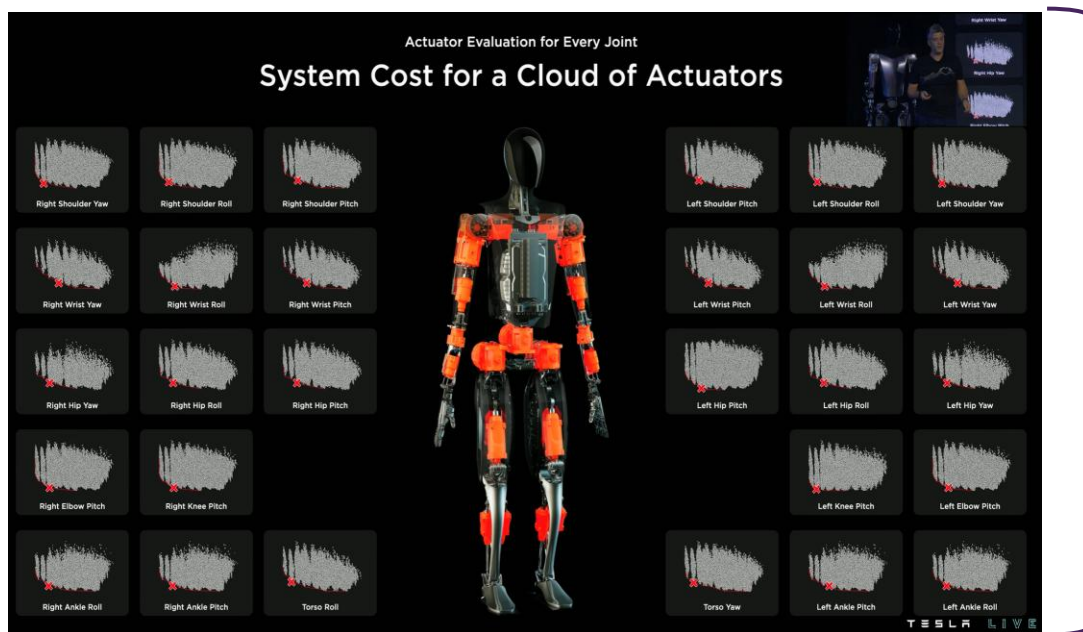
1. 轴向磁通电机结构优势明显，具有高功率密度等特点
2. 盘式结构、散热等问题制约轴向磁通电机量产
3. SMC一体压铸、定子结构优化等措施有望加速轴向磁通电机商业应用
4. 推荐关注在SMC、PCB定子及电机领域积累较深的企业

01 轴向磁通电机结构优势 明显，具有高功率密度 等特点

1.1 旋转及线性执行器共同构成人形机器人核心动力单元

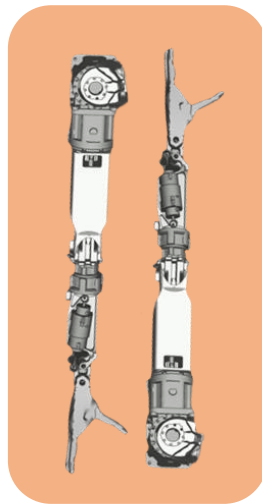
执行器是机器人实现运动的核心部件，按传动形式可分为旋转与线性两类。执行器（即一体化关节）是将电机的旋转运动转化为连杆机构运动的关键组件，是机器人实现动作的核心动力单元。电机作为执行器的核心零部件，负责将电能转化为机械能，为整体运动提供驱动力。人形机器人躯干中的执行器可分为两类：旋转执行器与线性执行器，主要区别在于其传动机构形式——前者通常采用减速器，后者则采用行星滚柱丝杠。以特斯拉Optimus为例，其全身配置14个线性执行器与14个旋转执行器，通过协同运作实现精确灵活的运动控制。

特斯拉Optimus执行器

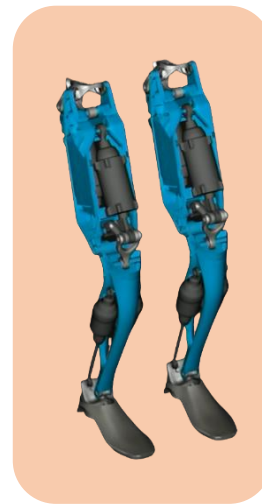


Optimus 躯干共需要 28 个执行器

手臂执行器*14



腿部执行器*14



旋转执行器



线性执行器



资料来源：Tesla AI Day，华鑫证券研究所

1.2 电机是执行器核心部件，通过电磁感应原理实现能量转换

电机是通过电磁感应实现能量或信号转换的电气设备，可按功能或结构分为发电机、电动机等多种类型。电机是一种依靠电磁感应原理运行的电气设备，用于实现机械能与电能之间的转换，或不同形式电能及信号之间的传递与转换。电机种类繁多、结构多样、性能各异，通常可从以下两方面进行分类：① 按能量转换或传递的功能及用途，可分为发电机、电动机、变压器和控制电机；② 按结构特点及电源类型，可分为变压器与旋转电机两大类。其中，旋转电机具有相对旋转的运动部件，可进一步细分为控制电动机、功率电动机及信号电机。

旋转电机分类

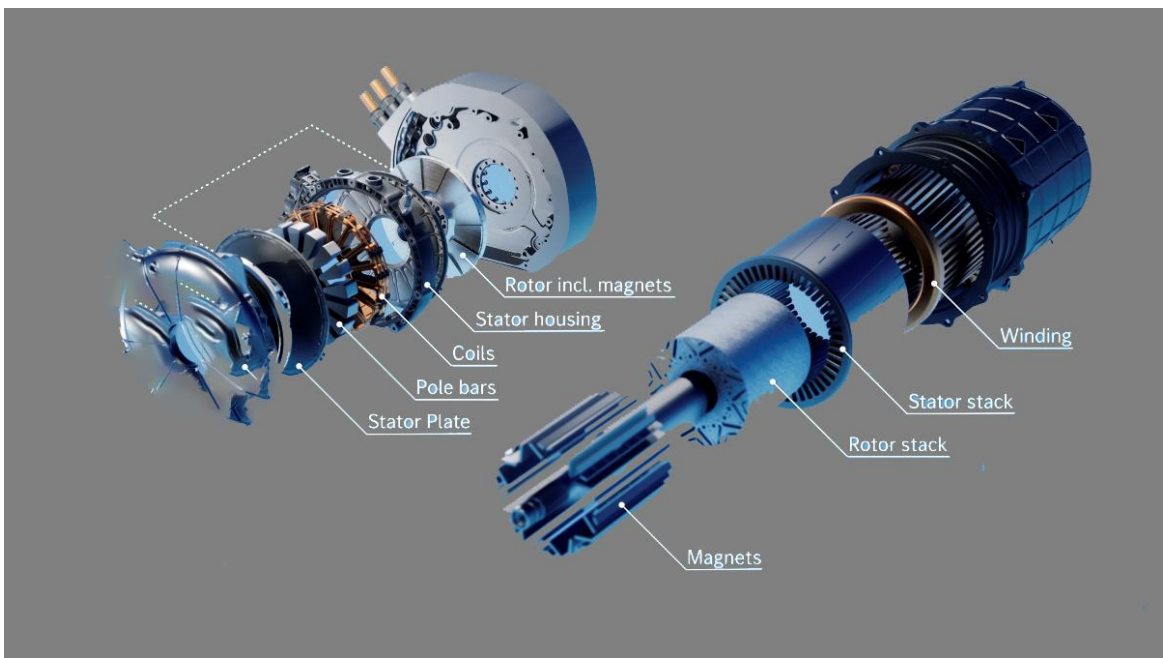
类别	产品	特点
控制电机	伺服电机	将输入的电压信号转换为电机轴上的机械输出量，拖动被控制元件，从而达到控制目的。
	步进电机	将电脉冲转化为角位移的执行机构；可以通过控制脉冲的个数来控制电机的角位移量，从而达到精确定位的目的；同时还可以通过控制脉冲频率控制电动机转动的速度和加速度，从而达到调速的目的。
	力矩电机	一种扁平型多极永磁直流电动机。其电枢有较多的槽数、换向片数和串联导体数，以降低转矩脉动和转速脉动。力矩电动机有直流力矩电动机和交流力矩电动机两种。
功率电机	直流电机	有刷电机 直流电动机可分为有换向器和无换向器两大类。直流电动机有较好的控制特性。直流电动机在结构、价格、维护方面不如交流电动机，但是由于交流电动机的调速控制问题一直未得到很好的解决方案，而直流电动机具有调速性能好、起动容易、能够载重起动等优点，所以目前直流电动机的应用仍然很广泛，尤其在可控硅直流电源出现以后。
		无刷电机
	交流电机	异步电机 异步电动机是基于气隙旋转磁场与转子绕组感应电流相互作用产生电磁转矩而实现能量转换的一种交流电机。异步电动机一般为系列产品，品种规格繁多，其在所有的电动机中应用最为广泛，需量最大。 同步电机 在交流电的驱动下，转子与定子的旋转磁场同步运行的电动机。同步电动机的定子和异步电动机的完全一样；但其转子有“凸极式”和“隐极式”两种。凸极式转子的同步电动机结构简单、制造方便，但是机械强度较低，适用于低速运行场合；隐极式同步电动机制造工艺复杂，但机械强度高，适用于高速运行场合。
信号电机	位置信号电机 最有代表性的位置信号电机：旋转变压器、感应同步器和自整角机；可测量线位移等。 速度信号电机 最有代表性的速度信号电机是测速发电机，其实质上是一种将转速变换为电信号的机电磁元件，其输出电压与转速成正比。从工作原理上讲，它属于“发电机”的范畴。测速发电机在控制系统中主要作为阻尼元件、微分元件、积分元件和测速元件来使用。	

资料来源：华鑫证券研究所整理

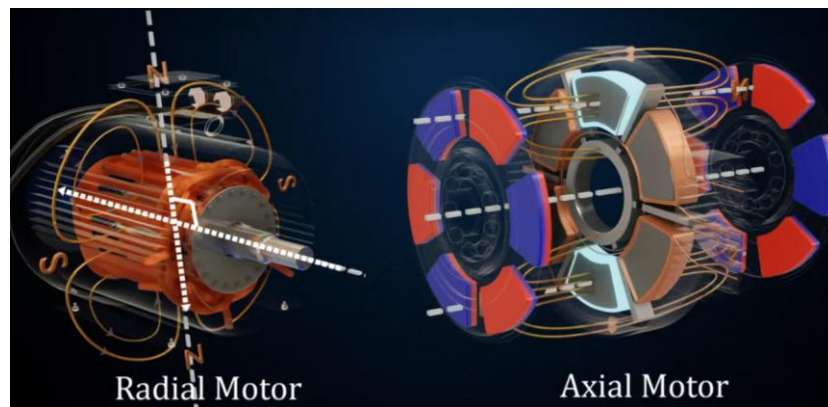
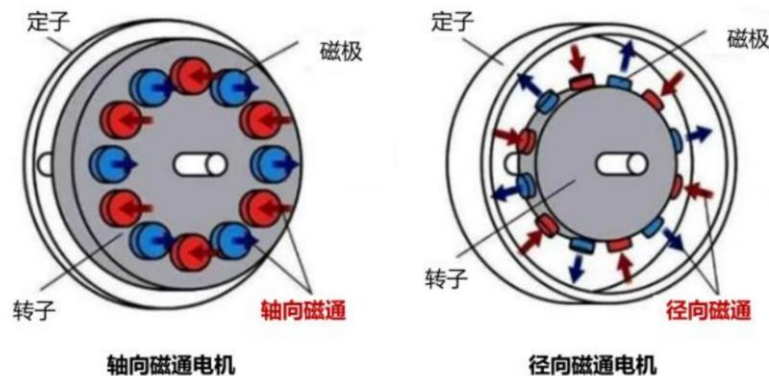
1.3 轴向磁通电机：磁通量平行于轴线的电机，盘式结构带来性能优势

轴向磁通电机通过改变磁通方向与结构布局，使转子位于定子侧面，实现更高的功率密度与设计灵活性。轴向磁通电机（又称“盘式电机”）是一种磁通路径区别于传统径向电机的创新型电机，其气隙为平面结构，气隙磁场方向与电机轴线平行。与普通电机相比，轴向磁通电机在结构上最大的特点是转子位于定子的侧面，而非包覆于定子内部。此设计使转子直径可显著增大，从而带来更高的转矩密度与结构设计灵活性，成为新一代高性能驱动系统的重要发展方向。

轴向磁通电机爆炸图



轴向与径向磁通电机磁场通路



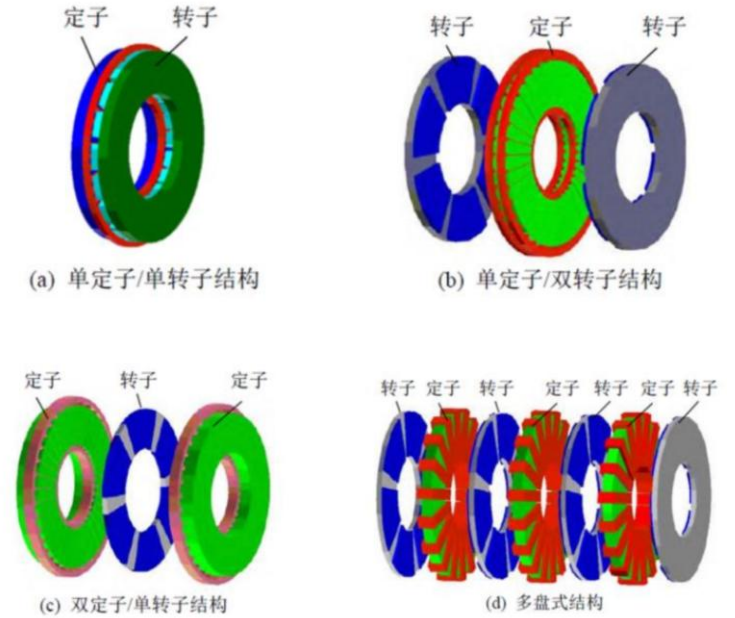
资料来源：YASA，明阳电路，电动车千人会，华鑫证券研究所

1.4 轴向磁通电机设计灵活，可根据定转子不同数量组合成多类型

轴向磁通电机可根据定转子组合分为多种结构形式，不同配置在功率密度、受力特性及应用领域上各具优势。根据定子与转子的组合方式，轴向磁通电机可分为以下四种典型结构：

- 1、单定子/单转子结构：由一个转子与一个定子组成，结构简单、体积紧凑，但存在单边磁拉力大、轴承负荷高、振动噪音明显及定转子摩擦风险，影响电机寿命。
- 2、单定子/双转子结构：由一个内定子与两个外转子构成，功率密度高，能在有限空间内输出更大转矩，适用于牵引系统、航空航天等对性能密度要求高的领域。
- 3、双定子/单转子结构：由一个内定子与两个外转子组成，结构对称性好，可有效降低单边磁拉力，常用于风力发电等需要稳定运行的系统。
- 4、多定子/多转子结构：由多个定子与转子叠加形成，能输出极高转矩，适合船舶推进、大型风力与水力发电机组等大功率场景。

轴向磁通电机组合结构



轴向磁通电机各参数对比

拓扑结构	功率密度	效率	转动惯量	质量	尺寸	散热	转矩脉动	材料与工艺	成本
单转子单定子	B	B	0	B	B	0	B	G	G
双定子单转子	0	0	G	0	0	G	0	G	G
单定子双转子	G	G	B	G	G	0	G	0	0
多盘式	0	0	0	0	G	B	0	B	B

资料来源：明阳电路，汽车电驱动新型轴向磁通电机技术综述，华鑫证券研究所，B代表坏，0代表一般，G代表好

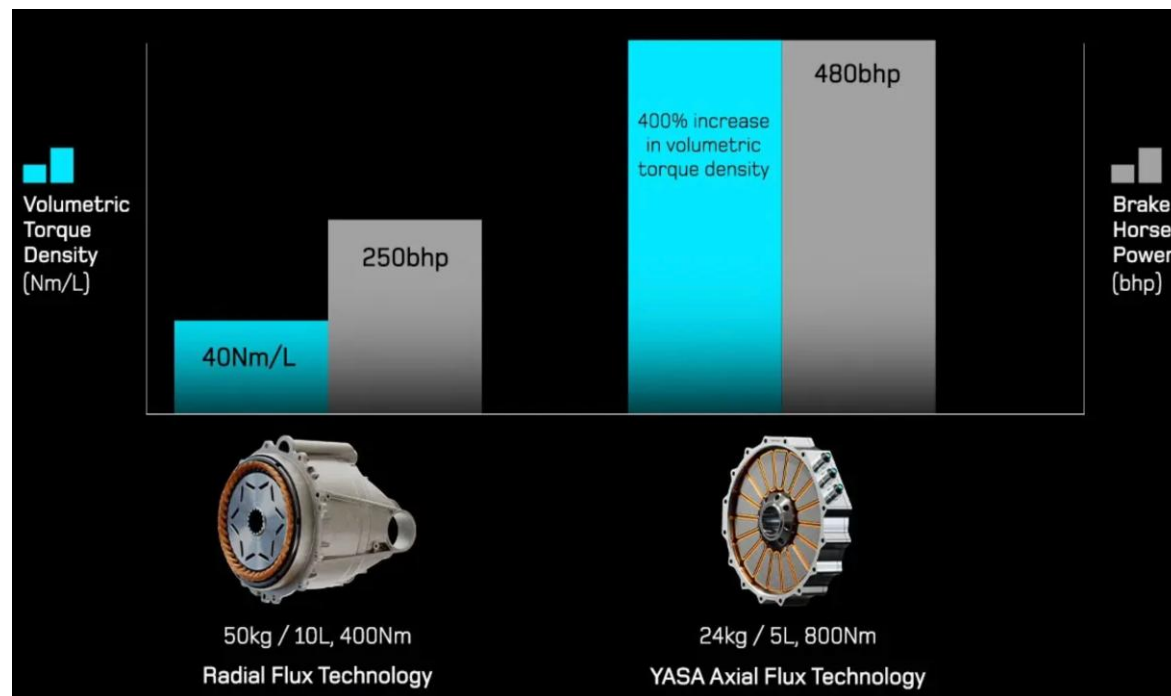
1.5 轴向磁通电机拥有高转矩与高功率密度优势

轴向磁通电机因转矩与转子直径立方成正比，在相同材料与转速条件下可实现4倍扭矩提升。电机的能量输出主要以转矩衡量，转矩定义为力 × 半径。对于轴向磁通电机，其转矩与转子直径的立方成正比，而传统径向磁通电机的转矩仅与转子直径的平方成正比，因此在相同的受力条件下，轴向磁通电机能获得更高的转矩输出。功率密度与扭矩密度通过转速相联系，公式为 $P = T \times \omega$ （功率 = 转矩 × 角速度），即在相同转速下，轴向磁通电机可实现更高功率输出。总体来看，在使用相同数量的永磁材料与铜线材料时，轴向磁通电机可较径向磁通电机实现4倍扭矩提升，展现出显著的能量转换效率优势。

轴向磁通电机与普通径向电机对比

参数	YASA 轴向磁通电机	车用 径向磁通电机
体积 (L)	5	10
质量 (kg)	24	50
扭矩 (Nm)	800	400
功率 (kW)	358	186
扭矩密度 (Nm/L)	160	40
功率密度 (kW/kg)	14.9	3.7

轴向磁通电机可实现更高扭矩/质量比



资料来源：YASA，明阳电路，华鑫证券研究所

1.6 轴向磁通电机性能跃升，国内厂商已实现规模化量产与应用

轴向磁通电机在同等功率下实现更轻、更薄、更高效的性能表现，国内厂商盘毂动力已率先实现规模化量产与技术领先。在相同功率条件下，轴向磁通电机相较于传统径向磁通电机具备显著的性能优势：整机重量可减轻约50%，轴向尺寸缩短约50%，高效运行区间更广，高效区（效率 > 90%）覆盖面积超过90%，同时扭矩密度与功率密度均大幅提升。国内领先厂商盘毂动力已率先实现轴向磁通电机的规模化量产与应用，在细分领域专利储备方面处于行业领先地位。其量产电机功率密度可达21kW/kg，产品功率覆盖63W至900kW，可满足从轻型装备到大型动力系统的多场景应用需求，标志着国产轴向磁通电机产业化的关键突破。

轴向磁通电机与普通径向电机对比

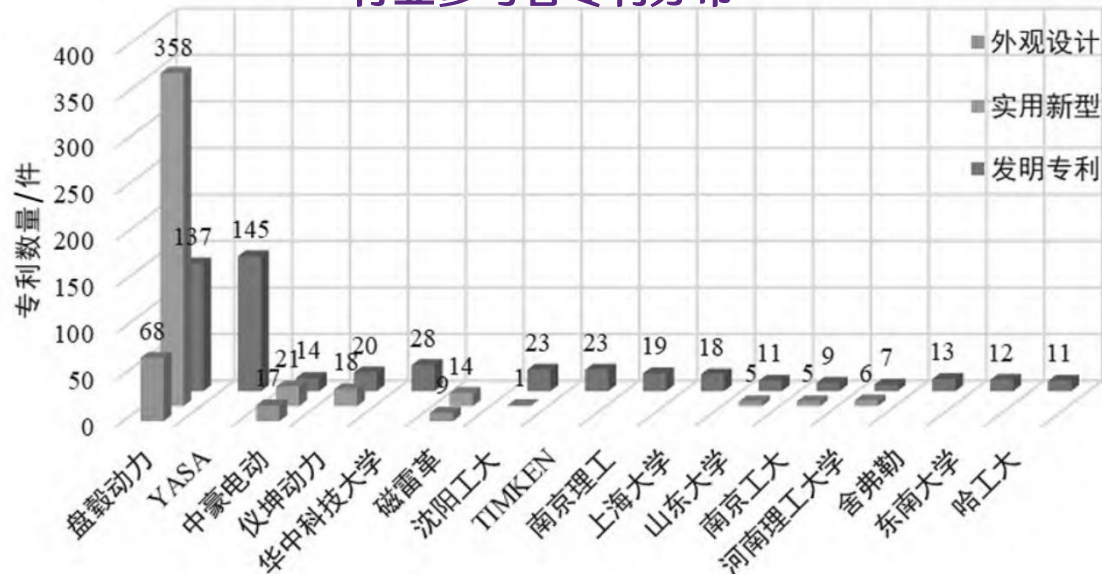


资料来源：盘毂动力官网，华鑫证券研究所

1.7 轴向磁通电机：高比功率驱动的前沿技术与产业布局

新型轴向磁通电机作为实现高比功率与高转矩密度电驱动的前沿技术，正由国内科创企业与部分上市公司加速布局。新型轴向磁通电机技术是实现高比功率、高转矩密度电驱动系统的关键前沿方向，代表着电机技术由传统结构向高效轻量化的演进趋势。目前，产品与技术研发主要集中于少数高新科创企业及高校科研团队。在A股上市公司中，已有多家企业积极布局相关技术，包括东睦股份（小象电机）、信质集团、卧龙电驱等等。这些企业正围绕材料、结构设计、制造工艺等环节展开协同创新，为轴向磁通电机的国产化与规模化应用奠定基础。

行业参与者专利分布



资料来源：汽车电驱动新型轴向磁通电机技术综述，华鑫证券研究所

轴向磁通电机技术在研科创企业

公司名称	注册地国别	综合实力
YASA Limited	英国	★★★★★
MAGNAX	比利时	★★★★
Saietta Group	英国	★★★★
Phi-Power AG	瑞士	★★★★
AVID Technology Limited	英国	★★★★
Arnold Magnetic Technologies	美国	★★★
integral e-drive	英国	★★★
上海盘毂动力科技股份有限公司	中国	★★★★★
仪坤动力科技(上海)有限公司	中国	★★★★
杭州中豪电动科技有限公司	中国	★★★★
上海磁雷革传动系统有限公司	中国	★★★★
苏州英磁新能源科技有限公司	中国	★★★
上海微慧电机有限公司	中国	★★★

1.8 轴向磁通电机在航空电动化等多领域的应用与轮边驱动潜力

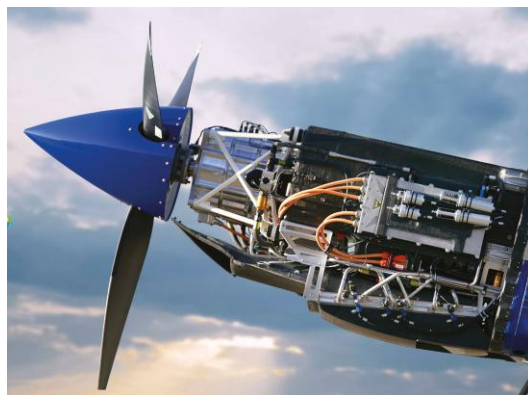
凭借高转矩密度与紧凑结构，轴向磁通电机正加速渗透至新能源汽车、机器人及风电等领域。目前，轴向磁通电机已广泛应用于新能源汽车、航空航天、船舶推进、机器人以及风力发电等对高转矩密度与结构紧凑性要求极高的领域。其小体积与低理论成本的特性，有望有效解决轮边电机在成本、体积与集成度方面的瓶颈问题，推动轮边驱动系统的大规模商业化应用。此外，凭借更高的功率密度与轻量化结构设计，轴向磁通电机能够在减少簧下质量的同时输出充足扭矩，为轮毂电机的批量化推广提供了关键技术支撑。

轴向磁通电机应用

体积小功率密度便于布置：其功率密度优势，能够在保持轻量化，减少簧下质量的同时能够输出足够的扭矩，推动轮毂电机的批量应用。



功率密度适配航空电气化要求：2021年，ACCEL 项目拥有400KW的推进功率。据M&M预估，飞机用电机市场规模将从2022年的82亿美元增长到2027年的129亿美元，年复合增长率为9.4%。其中，5-10kW/kg功率密度的轴向电机将在预测期内占据最大的市场份额。



机器人执行器要求快速性，电动机从获得指令信号到完成指令所要求的工作状态的时间应短；起动转矩惯量比大，在驱动负载的情况下，要求机器人关节电机的起动转矩大，转动惯量小；体积小、质量小、轴向尺寸短；能经受得起苛刻的运行条件，可进行十分频繁的正反向和加减速运行，并能在短时间内承受过载。轴向磁通电机十分契合



资料来源：明阳电路，华鑫证券研究所

1.9 轴向磁通电机市场空间巨大

轴向磁通电机机器人关节应用潜在规模市场空间测算

人形机器人产量（万台）	100	500	1000
单台机器人执行器数量（个）	28	28	28
轴向磁通电机单价（万元）	0.2	0.1	0.05
单机器人轴向磁通电机单价（万元）	5.6	2.8	1.4
轴向磁通电机市场空间上限（亿元）	560	1400	1400
轴向磁通电机份额	20%	30%	50%
轴向磁通电机市场空间（亿元）	112	420	700

资料来源：华鑫证券研究所

02 盘式结构、散热等问题 制约轴向磁通电机量产

研究创造价值

2.1 轴向磁通电机的优势与挑战并存

轴向磁通电机具备高功率密度与设计灵活等显著优势，但仍面临制造复杂、散热困难及成本偏高等工程挑战。轴向磁通与传统径向磁通电机相比，轴向磁通电机展现出多方面的性能优势：1、结构轻巧紧凑；2、转矩与功率密度更高；3、绕组利用率更高；4、制造与设计自由度更大，便于定制化开发与模块化设计。然而，轴向磁通电机也存在结构性挑战：1、盘式结构制造复杂度高；2、内部散热难度加大，热管理设计更具挑战；3、整体成本较高，规模化经济尚待形成；4、高负载下机械应力集中，需优化结构与材料方案。

轴向磁通电机与径向磁通电机对比

方面	轴向磁通电机	径向磁通电机	评论/用例示例
磁通量方向	平行于轴线（轴向）	垂直于轴线（径向）	确定整体几何形状和扭矩密度
形状	扁平，圆盘状	圆柱	轴向：盘式，径向：经典圆柱电机
扭矩密度	高（高出 30-50%）	中到高	轴向磁通受益于更大的转子直径
功率密度	更高（对于短轴向长度）	略低	对于紧凑型应用很重要
冷却效率	更好（更短的热路径）	温和	轴流电机通常具有较短的热路径
效率	>96%	~90-95%，典型值	轴向磁通量可以减少磁芯和铜损耗
电机长度	短	长	轴向沿其轴线紧凑
制造的复杂性	更高（严格公差，双面定子）	降低	径向电机制造广泛
成本	通常更贵	性价比高	径向磁通电机受益于成熟的供应链
用于电动汽车	新兴（例如法拉利、梅赛德斯的 YASA 电机）	主导（特斯拉、通用、大众等）	径向电机是主流；用于高性能电动汽车的轴向
最适合	高扭矩、空间受限的设计	具有成熟供应链的通用电机	轴向：航空航天、高性能电动汽车； 径向：行业标准

资料来源：Stanford Magnets，华鑫证券研究所

2.2 轴向磁通电机制造精度与工艺挑战限制量产

轴向磁通电机因微小气隙偏差即可影响性能，且复杂3D结构难以采用传统叠片工艺，批量生产面临装配精度和制造工艺双重挑战。由于其气隙呈平面结构，任何微小的轴向装配偏差都会直接改变气隙长度，从而影响磁通分布、效率及轴向磁吸力平衡。如果两侧气隙存在微小不一致，将导致轴向磁吸力失衡，引发剧烈振动与噪音，同时大幅增加轴承载荷和能量损耗。为了实现高效率，轴向磁通电机通常需要极小气隙设计，这意味着微米级的装配偏差即可导致性能显著下降。此外，传统径向电机依赖叠片堆叠工艺制造，而轴向磁通电机的三维磁场几何结构使其难以采用相同工艺，进一步限制了其批量化生产能力。因此，实现高精度装配与创新制造工艺是推动轴向磁通电机规模化应用的关键。

电机铁芯对比



轴向定子铁芯

径向定子铁芯

气隙偏移

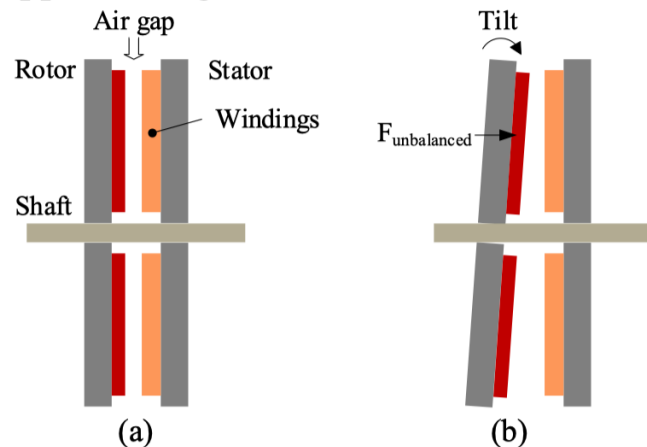


Fig. 3. Structure of single-side AFMs. (a) Normal condition. (b) Tilt condition.

气隙与扭矩之间的关系

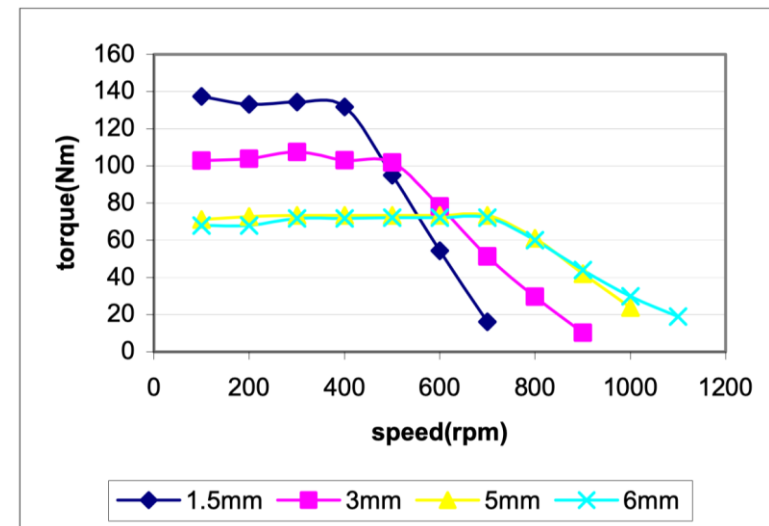


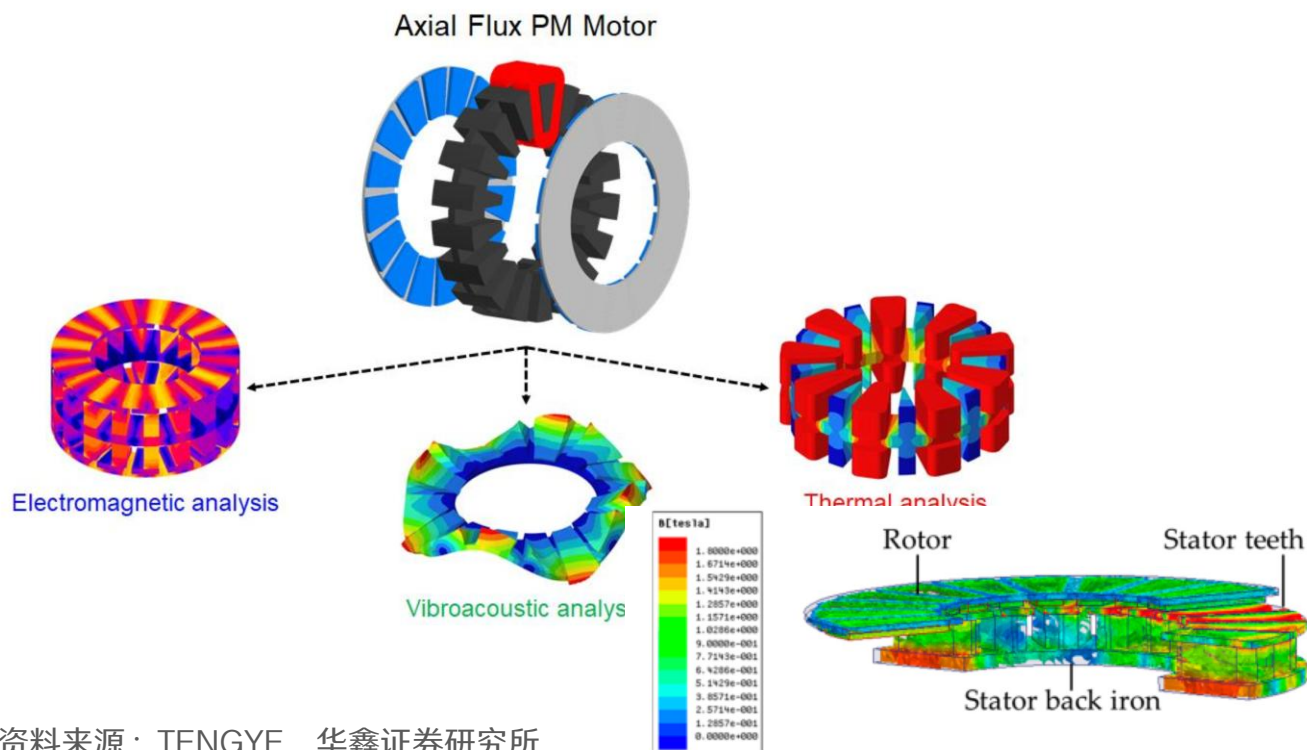
Figure 5: Maximum Torque Curve With Varying Air Gap

资料来源：电车纵横，Research Gate，Overview of Axial-Flux Machines and Modeling Methods，华鑫证券研究所

2.3 轴向磁通电机的盘式结构使散热与热管理面临挑战

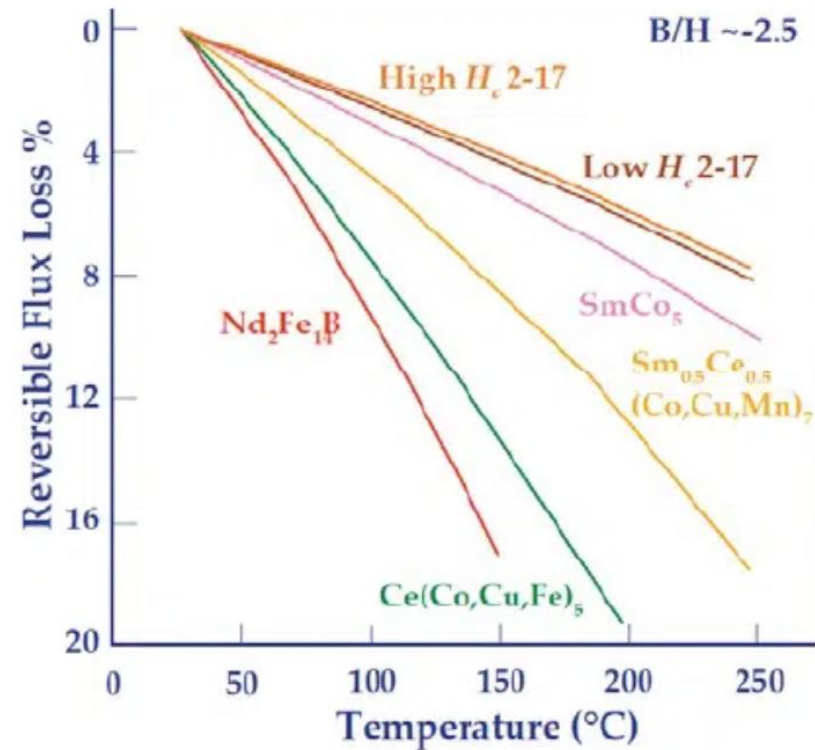
轴向磁通电机因夹层结构与高比功率设计易出现散热不足，转子磁钢过热存在退磁风险，影响整体性能。轴向磁通电机因夹层结构与高比功率设计易出现散热不足，转子磁钢过热存在退磁风险，影响整体性能。轴向磁通电机通常采用夹层结构设计，这使得双转子-单定子电机的中间定子以及双定子-单转子电机的中间转子散热变得困难。同时，高比功率特性意味着电机整体热容量较低，容易出现显著的温升问题。在运行过程中，转子自身发热叠加定子的热辐射，会导致转子永磁体温度升高，存在退磁风险，进而直接影响电机的输出性能与可靠性。因此，高效的热管理与散热设计是保证轴向磁通电机稳定运行的关键技术环节。

轴向磁通电机积热情况



资料来源：TENGYE，华鑫证券研究所

温度与磁性关系



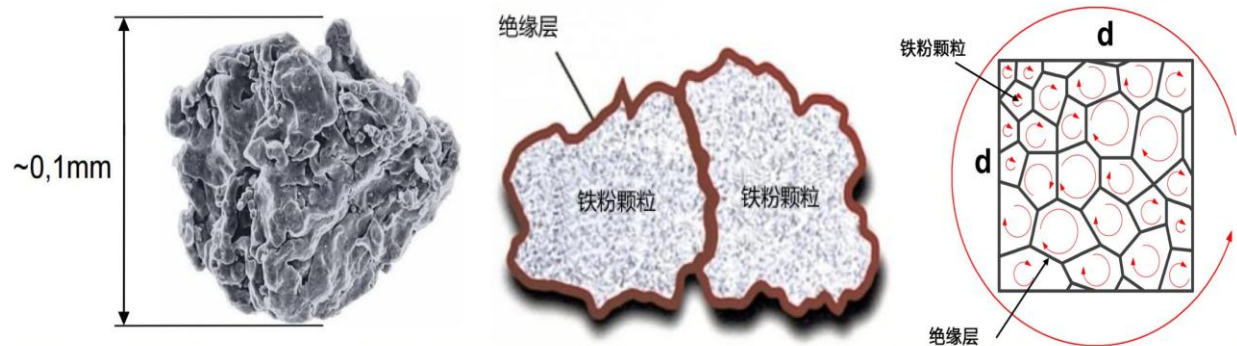
03 SMC一体压铸、定子结构优化等有望加速轴向磁通电机商业应用

研究创造价值

3.1 软磁复合材料（SMC）助力轴向磁通电机规模化制造

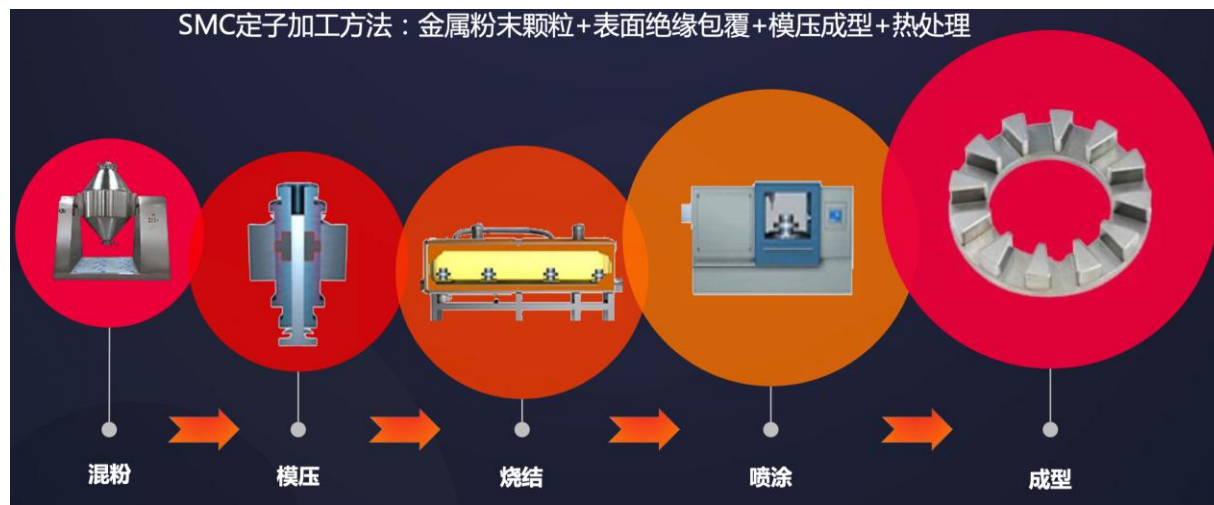
SMC材料因各向同性磁性、低涡流损耗及三维磁通设计支持，实现轴向磁通电机高性能、低能耗和批量稳定制造。软磁复合材料（SMC）是一种由铁基粉末与电绝缘粘合剂压制成型的磁性材料，通过粉末冶金工艺制备，使磁性颗粒间形成绝缘层，从而有效降低涡流损耗。同时，优化磁路分布与颗粒界面特性，可实现更优的热稳定性，形成高效、低能耗的材料体系。相较于传统硅钢片，SMC具有各向同性磁性能，能够支持复杂的三维磁通路径设计，并适用于3D打印技术，使电机设计更加灵活，兼顾性能与成本。其优良的电磁特性与机械强度，使轴向磁通SMC定子能够实现大批量稳定生产。目前，小象电机通过工艺优化，定子一致性提升超过15%，综合良品率达到96%以上。

SMC图示



- 01 高纯度的铁粉
- 02 无机纳米级超薄绝缘层
- 03 更低的涡流损耗
- 04 更好的热稳定性

SMC定子加工方法

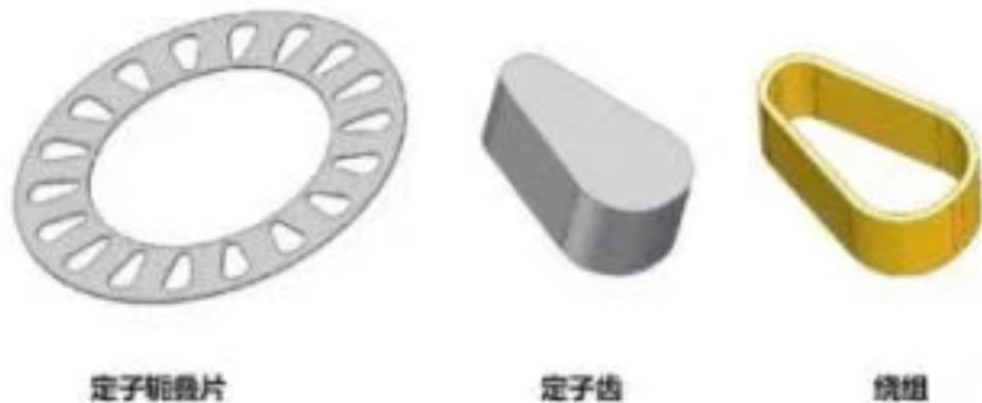


资料来源：小象电动，华鑫证券研究所

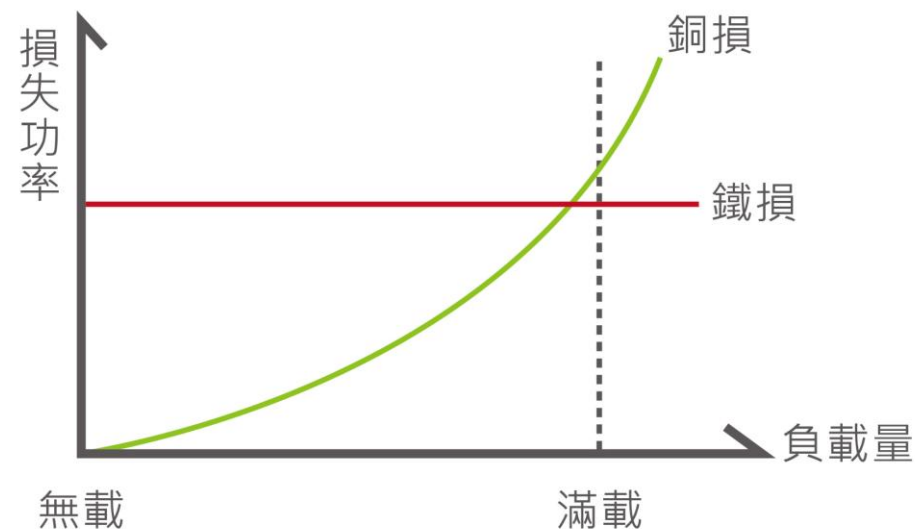
3.2 无铁芯设计有望形成轴向磁通电机轻量化与模块化制造优势

无铁芯设计通过模块化定子和单齿绕线工艺降低制造难度，同时减轻铁损与提升功率密度。当前，轴向磁通电机中出现了一种无铁芯结构设计：将定子线圈绕制完成后布线连线，通过模具使用环氧树脂等材料将线圈固化成盘式定子形状。该设计可有效减少定子铁重量，增大功率密度，同时由于缺少定子磁轭，可显著降低铁损。通过将复杂的整体定子拆分为简单独立模块，制造技术门槛大幅下降。单齿绕线可在专用设备上完成，避免了传统整体绕线的复杂性。定子齿固定采用“翻盖”结构或注塑连接件，不仅实现机械固定，还兼顾冷却通道功能，支持流水线式批量装配，大幅提升制造效率和可重复性。

无轭设计的轴向磁通电机定子



铁损与铜损

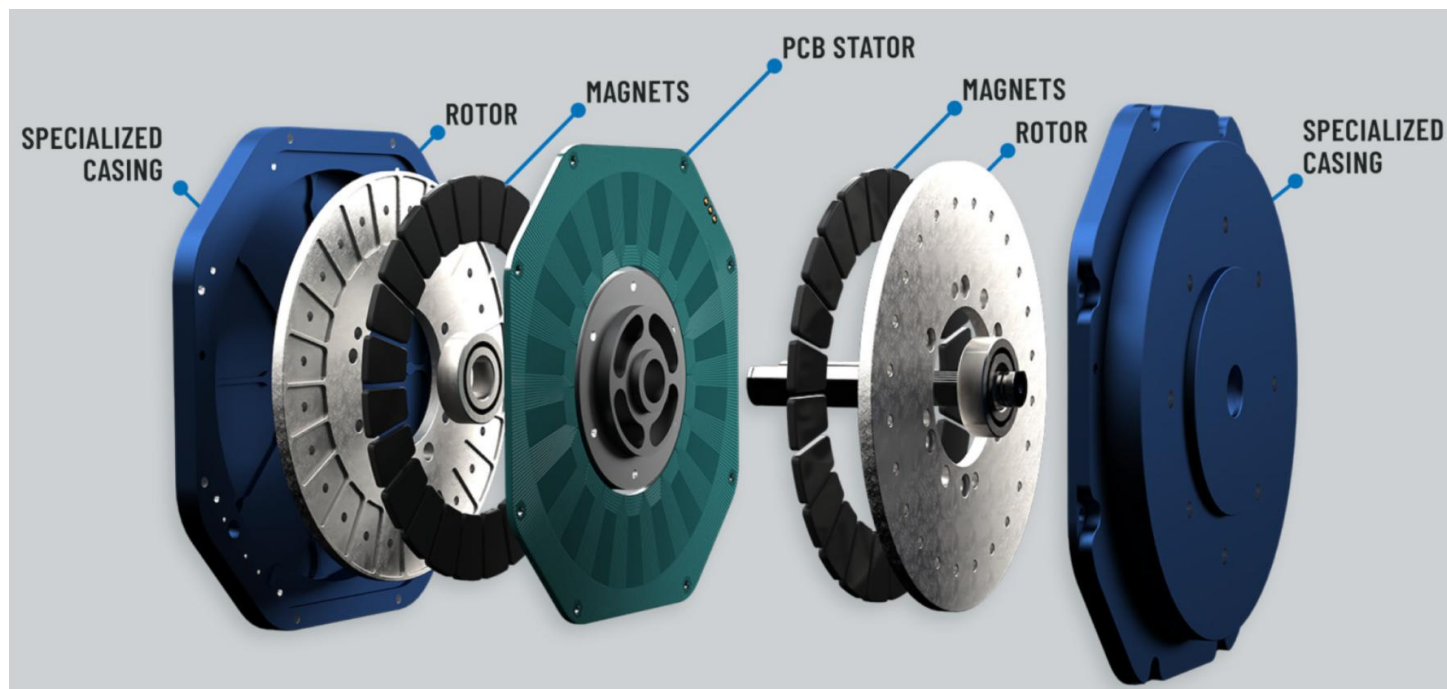


资料来源：电车纵横，高创，华鑫证券研究所

3.3 PCB定子电机可实现轻量化、高效与高可靠性

PCB定子通过无铁芯设计显著减轻体积与重量，同时降低损耗并提升效率与可靠性。与传统电机相比，PCB定子将铜线圈直接蚀刻在电路板上，使电机的重量和尺寸可减少约50%。在电动汽车电源系统中，牵引逆变器的驱动电流通过固定的PCB定子绕组产生轴向磁通量，驱动转子旋转，从而推动车辆前进。除了体积和重量的优势，无铁芯设计还可显著减少定子磁滞损耗与涡流损耗，提升能效和单位电力输入的物理输出。同时，通过消除传统电机中铜绕组及绝缘相关的潜在故障点，PCB定子能够有效提高电机整体可靠性，为轻量化与高性能电驱动系统提供创新解决方案。

PCB轴向磁通电机图示



资料来源：TENGYE，华鑫证券研究所

3.4 扁平线绕组带来高功率、高效率与可靠性等优势

槽填扁平线绕组通过高槽填充率、优化热管理和形状设计，实现更大功率、更高效率及更优耐热耐压性能。

高槽填充率：扁平线绕组能够在相同空间内容纳更多导体，槽填充率比传统圆线高出约20-30%，从而产生更强磁场并提升电机功率。

更优热管理：扁平线的形状优势增加了导线间接触面积，增强散热能力。在高槽填充率情况下，绕组间热导率可提升至低槽填充率的150%，有效降低运行温度并延长使用寿命。

高速高频工况适应性：在高速、高频操作下，扁线的宽高比可随转速优化，增大比表面积，减轻集肤效应，提高电机效率。

耐电压与耐热性：得益于特殊绕制方法，扁平线圈在耐压和耐热性能上优于传统圆线绕组，增强了电机的可靠性与长期稳定性。

扁平线圈定子图示



资料来源：TENGYE，华鑫证券研究所

3.5 电机热管理优化设计提升定子与转子散热能力

通过定子分段、转子通风孔优化及导热材料布局，电机散热效率显著提升，降低涡流和滞后损耗导致的热量积聚。

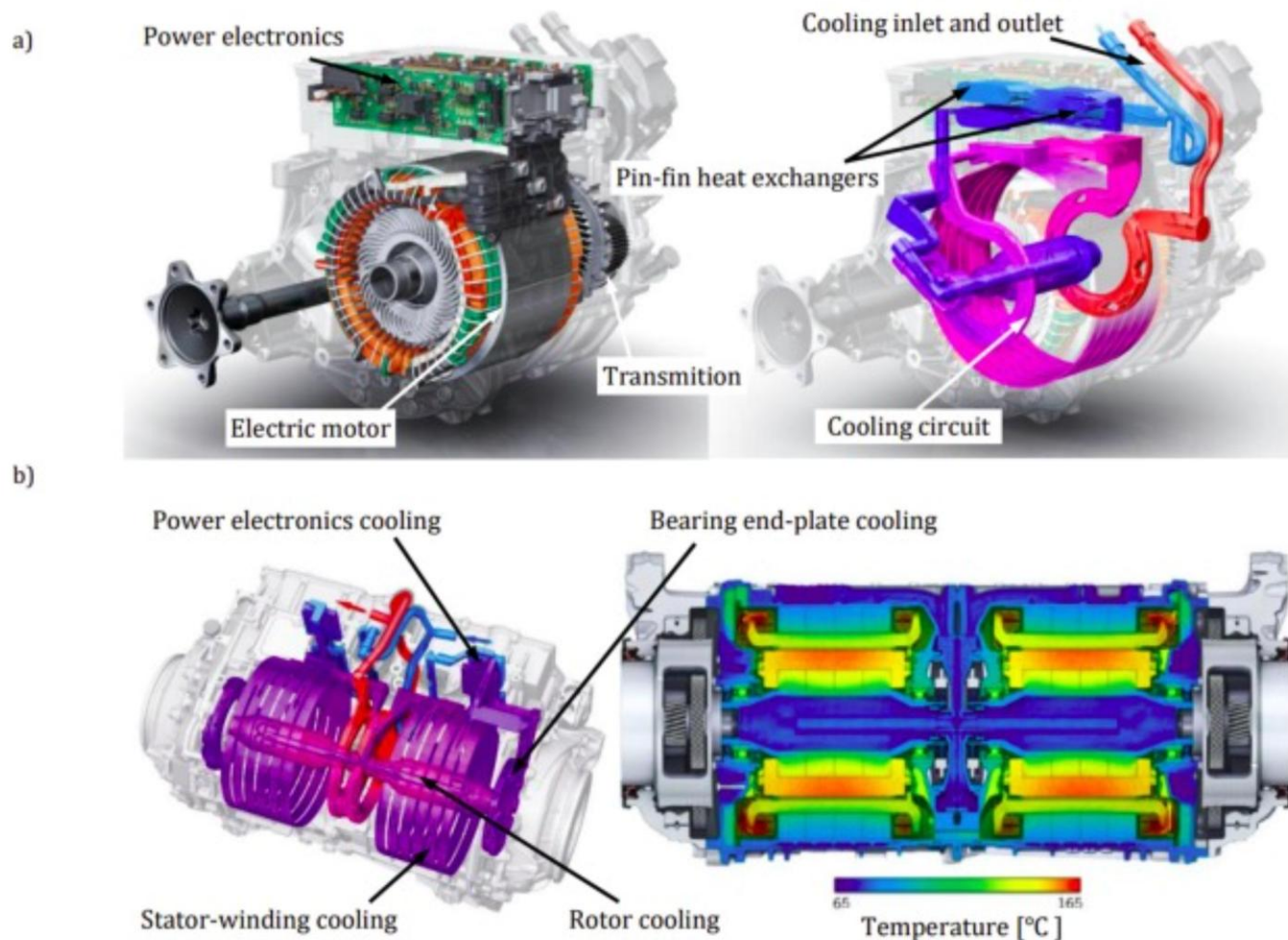
定子铁芯分段设计：将定子铁芯沿轴向或径向分割，并在段间保留间隙或使用低导热材料，可减少内部热传导路径，降低涡流和磁滞损耗产生的热量。同时，间隙处可设置冷却通道或填充导热材料，进一步提升散热效果。

优化转子通风孔设计：在转子上设计形状和分布独特的通风孔（如不对称或螺旋布置），形成复杂气流路径，增加空气与转子之间的热交换面积与停留时间，从而提高冷却效率。

优化定子设计：在定子齿轴向中心嵌入导热材料，形成单向冷却通道。这些通道可在不影响电气连接的前提下，为绕组提供直接散热路径，同时间接冷却转子组件，有效增强整体热管理能力。

资料来源：TENGYE，华鑫证券研究所

电机结构优化



3.6 液冷、碳纳米管与相变材料的应用有望带动先进电机散热技术提升

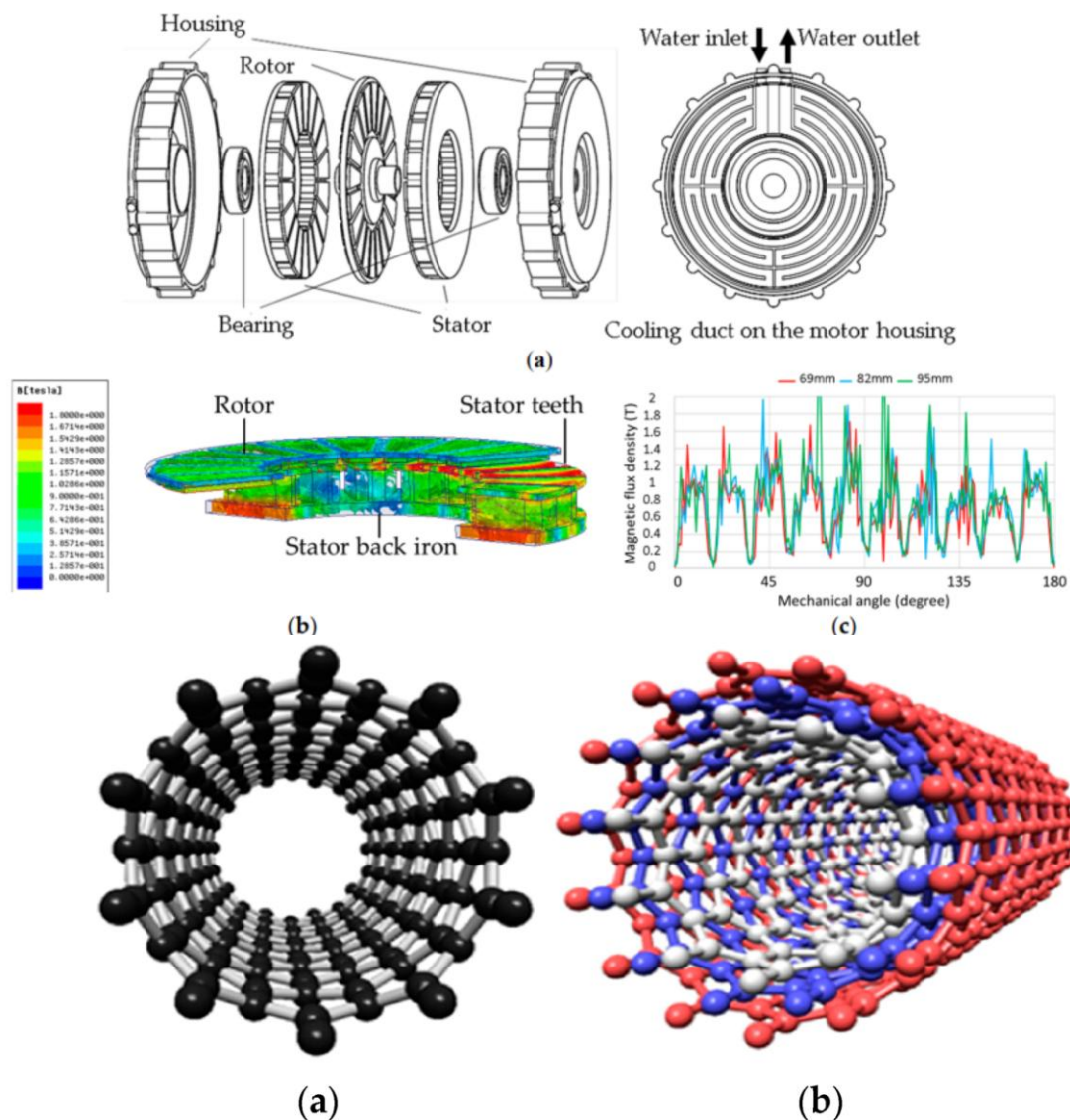
通过液冷通道、碳纳米管导热和相变材料吸热，电机散热效率显著提升，实现高功率密度稳定运行。

液冷通道：在定子支架外壁及支撑杆内部设计冷却液流路，使冷却液可直接带走定子铁芯及其周围线圈的热量。另一种方式是使用带有多个小孔的条形铝板水通道，将铁芯绕组线圈安置于通道内，既吸收热量，又有效传递绕组热量，同时实现结构密封。

碳纳米管：碳纳米管具有极高导热性，将其与定子绕组或转子组件结合使用，可快速传导热量。例如，在定子绕组绝缘层中添加碳纳米管，既保持绝缘性能，又显著增强散热效率。

相变材料：将相变材料封装于微胶囊中，添加至电机冷却介质或直接填充到冷却结构，可在温度升高时吸收热量，实现临时热缓冲。封装设计可防止泄漏和腐蚀，确保电机安全可靠运行。

新型材料及散热系统



资料来源：TENGYE，华鑫证券研究所

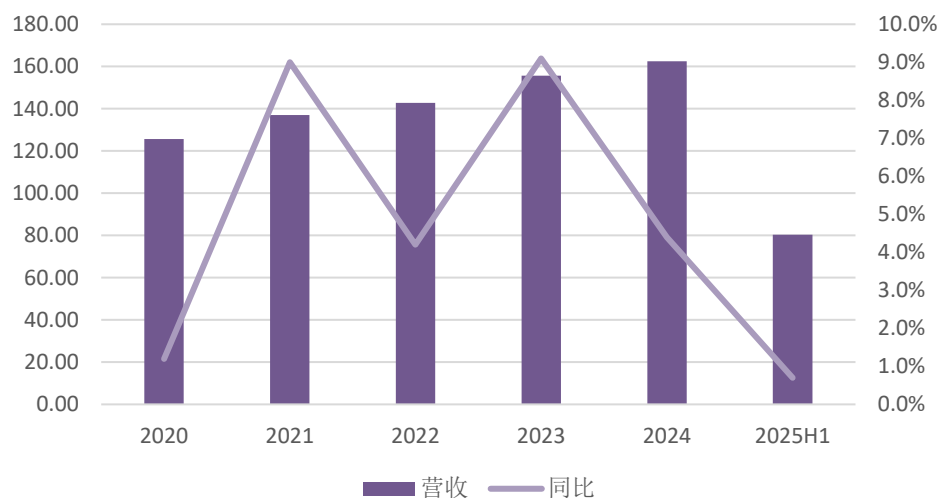
04 推荐关注在SMC、PCB 定子及电机领域积累较 深的企业

研究创造价值

4.1 卧龙电驱-电机龙头，拥有多项轴向磁通电机专利

公司以电机及控制技术为核心，积极拓展机器人与AI领域，并在轴向磁通电机结构与散热等技术进行探索。公司主营业务涵盖电机及控制系统的研发、生产、销售与服务，产品可应用于防爆、暖通、工业及新能源交通等多个领域。同时，公司积极布局新兴技术方向，包括机器人组件与人工智能。旗下拥有多家机器人相关子公司，如浙江希尔机器人股份有限公司。2025年3月，卧龙电驱成为智元机器人的战略股东，持股约0.74%；同月，智元通过增资扩股战略注资卧龙电驱旗下浙江希尔机器人，双方合作推进具身智能技术及柔性制造解决方案的开发。在技术研发方面，公司已申请多项轴向磁通电机相关专利，涵盖《一种混合冷却轴向磁通永磁电机》《一种轴向磁通定子铁心及电机》等，主要聚焦于电机结构优化与散热改进。

卧龙电驱营收（亿元）



资料来源：Wind，专利顾如，华鑫证券研究所

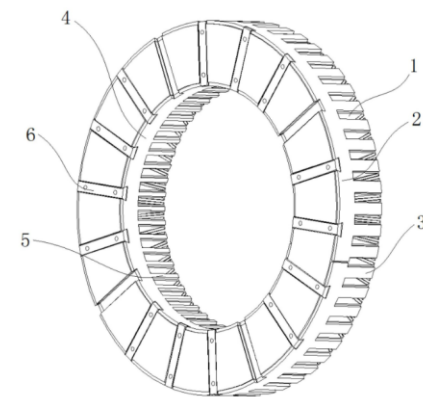
卧龙电驱专利

(54) 发明名称

一种轴向磁通定子铁心及电机

(57) 摘要

本发明提供了一种轴向磁通定子铁心及电机，该定子铁心包括：铁芯本体，铁芯本体包括环形轭部个齿部，多个齿部呈周向分布在环形轭部的端部上；第一挡环，第一挡环套设在环形和多轭部上，第一挡环与环形轭部的外周面贴合设置，第一挡环上的多个第一限位齿与多个齿部一一对应设置，第一限位齿与齿部的外周面贴合设置；第二挡环，第二挡环设置在环形轭部的内圈，第二挡环与环形轭部的内周面贴合设置，第二挡环上的多个第二限位齿与多个齿部一一对应设置，第二限位齿与齿部的内周面贴合设置。铁芯本体的各齿部夹设在第一限位齿和第二限位齿之间，以对各齿部进行径向限位，防止齿部在电机运行、搬运以及装配过程中的弹开现象。

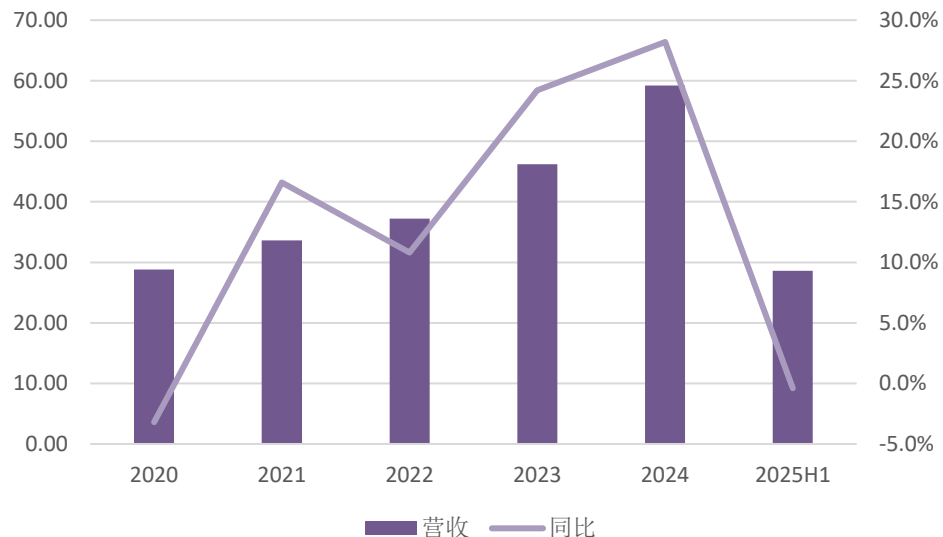


107 A

4.2 信质集团-已具备较大尺寸轴向磁通电机研发制造能力

公司以汽车及微特电机核心零部件为基础，发展轴向磁通及无框力矩电机技术，并通过新设子公司布局人形机器人核心部件市场。公司主要从事各类电机核心零部件的研发、制造与销售，产品涵盖汽车发电机定子及总成、汽车微特电机转子、电动自行车定子及总成等。公司持续探索电机应用的新领域，在人形机器人电机方面重点发展无框力矩电机及齿槽微电机。在前沿技术领域，公司已掌握成熟的轴向磁通电机技术，并已应用于电梯、汽车等传统行业，同时与核心总成商保持合作，为未来新一代人形机器人方案提供潜在技术支撑。2025年，公司新设立鸿辉智能机器人（浙江）有限公司，专注于智能机器人、电机及其控制系统等的研发。

信质集团营收（亿元）



资料来源：Wind，信质集团官网，华鑫证券研究所

信质集团机器人用电机

盘式电机



铁芯采用盘式卷绕，有材料利用率高、生产效率高等优点，定子总成采用集中绕组线包，有制造工艺简单、端部损耗小，产品整体体积小、重量轻、响应速度快、精度高、噪音小、电机效率高，凭借独特的技术设计和性能优势，在电梯领域占据重要地位，相同规格下，其能耗比传统电机显著降低，其低启动电流可减少电网冲击并降低用电成本；电梯下行时，盘式电机可作为发电机将势能转化为电能回馈电网，节能效果显著，轴扁扁平轻量化设计节省安装空间，灵活安装，尤其适用于无机房电梯或小机房电梯，可直接嵌入井道顶部或轿厢结构内，节省建筑空间和成本。

参考产品

通力NMX13电梯电机定子总成、蓝光445x333xL-36槽、富士达460x360xL电梯

无框力矩电机的电子和转子



产品应用于人形机器人关节电机，产品为机器人各关节提供稳定的力矩和运转速度，不需要使用齿轮减速箱，减少人形机器人部件的数量，从而最大限度降低其成本和体积。利于人形机器人的大范围推广及长期使用。效率更高，更节能等特点。

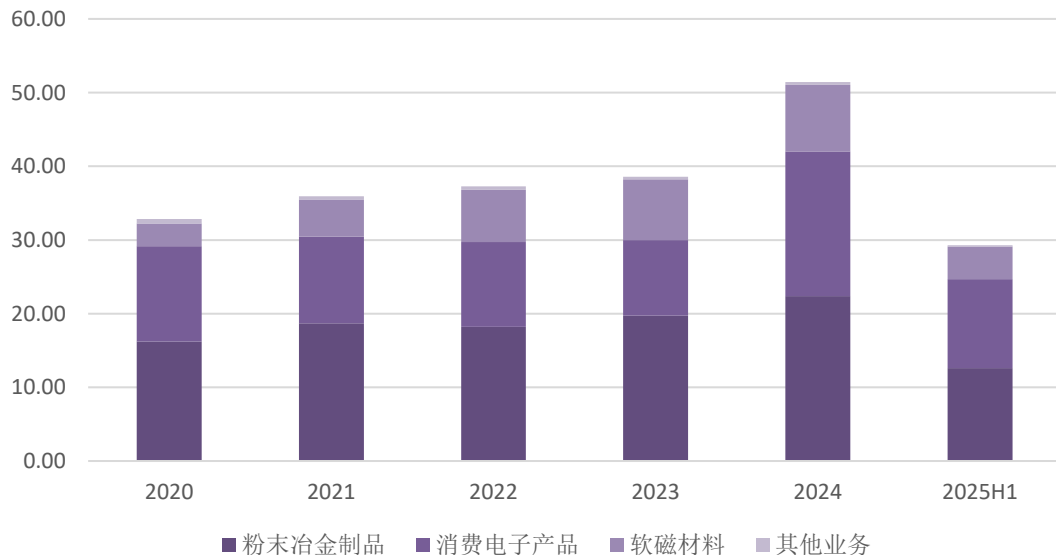
参考产品

星动纪元5005、6508、9015、10520、15517

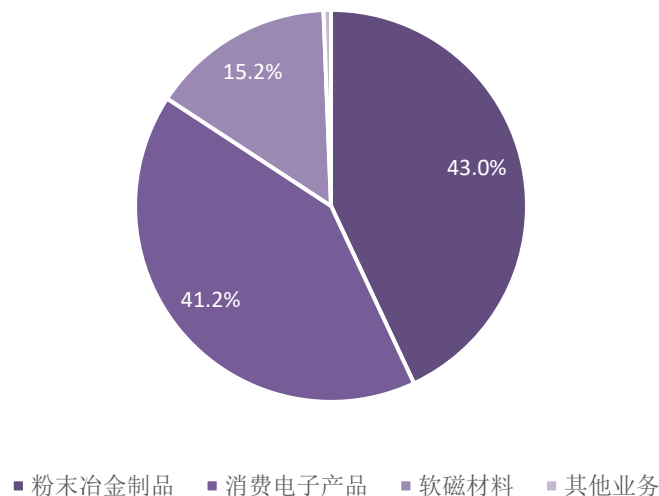
4.3 东睦股份-轻量化粉末冶金+轴向磁通电机布局

公司通过MIM工艺推动机器人轻量化，并布局轴向磁通电机量产，为高端智能装备市场拓展奠定基础。机器人轻量化领域主要沿PEEK材料和粉末冶金（MIM）工艺两大方向发展。公司为MIM工艺龙头，旗下子公司小象电动布局轴向磁通电机技术。公司已通过MIM工艺成功生产机器人齿轮、减速器、连接件等产品，并广泛应用于机器人关节。2025年上半年，公司实现营收29.3亿元，同比增长24.5%，其中粉末金属制品及消费电子产品分别占收入的43%和41%。在轴向磁通电机方面，2024年公司完成1,000平方米生产车间基建，组建1条样版装配生产线，量产潜力可达5万套/年。同年，公司实现轴向磁通电机销售收入154.23万元。

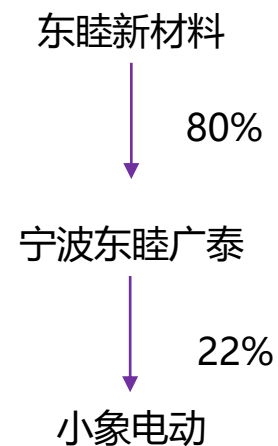
东睦股份营业收入（亿元）



东睦营收结构



东睦股份参股小象

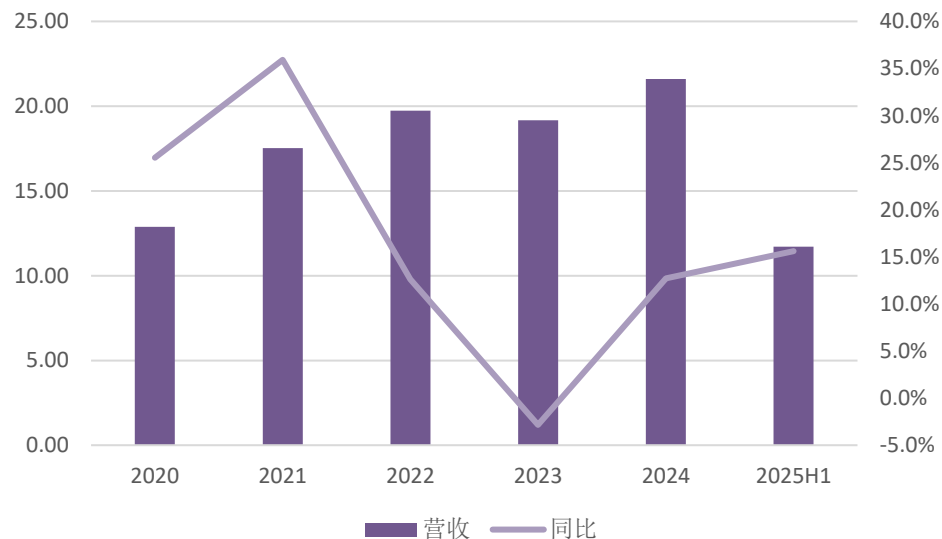


资料来源：Wind，公司公告，企查查，华鑫证券研究所

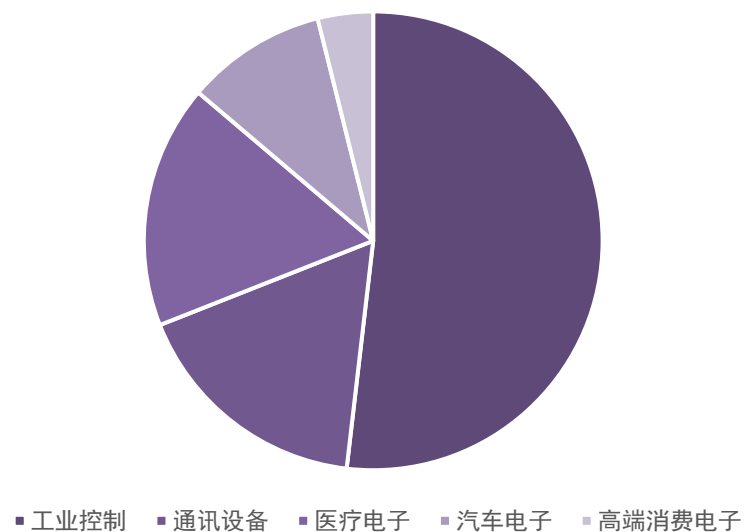
4.4 易德龙-牵头苏州大学组建PCB定子磁通电机创新联合体

依托柔性EMS能力，联合高校攻关轴向PCB电机关键技术，推动新一代工业与家用机器人电机产品研发与量产。公司为全球布局的柔性EMS龙头企业，具备丰富的PCBA研发经验，业务主要集中在工业控制和高端电子消费领域。在工业控制板块，公司产品主要应用于工业机器人模块；在高端消费电子板块，产品覆盖家用智能机器人。目前，公司牵头联合苏州大学等机构组建了“苏州市轴向PCB定子磁通电机创新联合体”，重点攻关六大关键技术，包括多层PCB定子设计、气隙磁场提升等核心环节。联合体旨在推动以四合一伺服电机和PCB轴向电机为核心的新一代产品研发，突破量产瓶颈，提升工业及消费机器人电机的性能和可靠性。

易德龙营业收入（亿元）



易德龙营业收入结构



资料来源：Wind，公司公告，华鑫证券研究所

轴向磁通电机规模化生成不及预期

厂商送样进展不及预期

人形机器人、乘用车方面商用紧张不及预期

林子健：厦门大学硕士，自动化/世界经济专业，CPA。9年汽车行业研究经验，兼具买方和卖方研究视角。立足产业，做深入且前瞻的研究，覆盖人形机器人行星滚柱丝杠、线性关节模组、灵巧手以及传感器等领域。

张智策：武汉大学本科，哥伦比亚大学硕士，2024年加入华鑫证券。2年华为汽车业务工作经验，主要负责智选车型战略规划及相关竞品分析。

程晨：上海财经大学金融硕士，2024年加入华鑫证券，主要负责汽车&人形机器人板块。

证券分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

免责条款

华鑫证券有限责任公司（以下简称“华鑫证券”）具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。本报告由华鑫证券制作，仅供华鑫证券的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告中的信息均来源于公开资料，华鑫证券研究部门及相关研究人员力求准确可靠，但对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。我们已力求报告内容客观、公正，但报告中的信息与所表达的观点不构成所述证券买卖的出价或询价的依据，该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并同时结合各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就财务、法律、商业、税收等方面咨询专业顾问的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，华鑫证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露。

本报告中的资料、意见、预测均只反映报告初次发布时的判断，可能会随时调整。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。在不同时期，华鑫证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。华鑫证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本报告版权仅为华鑫证券所有，未经华鑫证券书面授权，任何机构和个人不得以任何形式刊载、翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。若华鑫证券以外的机构向其客户发放本报告，则由该机构独自为此发送行为负责，华鑫证券对此等行为不承担任何责任。本报告同时不构成华鑫证券向发送本报告的机构之客户提供的投资建议。如未经华鑫证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。华鑫证券将保留随时追究其法律责任的权利。请投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的华鑫证券研究报告。

证券投资评级说明

股票投资评级说明：

	投资建议	预测个股相对同期证券市场代表性指数涨幅
1	买入	>20%
2	增持	10%—20%
3	中性	-10%—10%
4	卖出	<-10%

行业投资评级说明：

	投资建议	行业指数相对同期证券市场代表性指数涨幅
1	推荐	>10%
2	中性	-10%—10%
3	回避	<-10%

以报告日后的12个月内，预测个股或行业指数相对于相关证券市场主要指数的涨跌幅为标准。

相关证券市场代表性指数说明：A股市场以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以道琼斯指数为基准。



华鑫证券

CHINA FORTUNE SECURITIES

研 究 创 造 价 值