下载日志已记录，仅供内部参考

电力设备及新能源

强于大市（维持评级）

人形机器人“ChatGPT”时代即将来临，国产电机迎破局机遇

人形机器人量产开启电机新空间，无框力矩与微型电机为核心增量

电机约占人形机器人整机成本 25%，承担关节驱动、精密抓取核心功能，是整机运动控制与精细作业的"动力心脏"。2025 年被视为人形机器人从实验室走向产业化的关键元年，全球出货量约 1.8 万台。进入 2026 年，人形机器人产业化进程显著提速：工信部数据显示，2026 年上半年国内产量已超 4 万台，全年整机产量有望突破 10 万台。特斯拉、小鹏、宇树等头部企业加速落地量产，将直接拉动电机需求爆发。行业增量以无框力矩电机、微型灵巧手电机为主，分别决定整机运动性能与手部作业能力。

无框力矩电机：扩容空间广大，散热为量产核心瓶颈

人形机器人规模化落地将带来无框力矩电机大增量，产品狭小空间高负载工况下散热问题成为量产最大制约，三大技术路径实现突破：（1）粘胶铁芯降低铁耗 10%-15%，同步改善散热与功率密度；（2）稀土永磁可耐高温防退磁、缩短导热链路，行业同步攻关无稀土方案对冲原料管控风险；（3）轻量化结构材料革新，减重同时优化散热表现。

微型电机迎市场新蓝海，“小型化”为关键

灵巧手需求高速增长，带动微型电机迎新蓝海市场。灵巧手内部空间受限，微型化是提升精细作业能力的核心，行业已开启由空心杯电机升级至高集成、高扭矩密度微型无框力矩电机。目前微型电机多依赖人工生产，自动绕线、动平衡设备可加速小型化量产，设备国产化是提升产品精度的关键。

国产人形机器人电机：攻克小型化与散热瓶颈，以大规模制造塑竞争优势

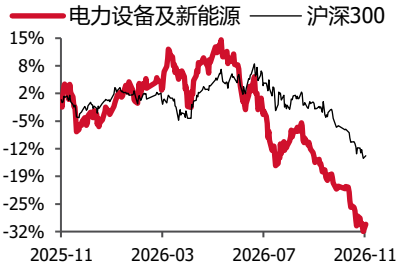
电机小型化与高效散热技术的率先突破者，有望构筑起难以逾越的技术护城河，抢占产业先机；而随着人形机器人步入规模化量产新阶段，竞争格局将重塑——从单一技术极致突破，转向工程化落地能力与大规模制造实力的全方位角力。在这场竞逐中，兼具底层技术创新与规模化制造基因的国产供应链，是驱动电机走向量产落地的关键底座。国内企业凭借车规级技术成熟迁移、规模化生产的深厚积累，以及本土上游供应链的协同突破，相比海外厂商，在响应整机厂对低成本、大批量、强协同的产业化需求更具天然优势，正成为人形机器人电机产业化进程核心推力。

投资建议及关注标的

建议重点关注三类核心企业：一是突破小型化与散热技术的创新型企业，二是具备大规模量产能力的电机制造企业，三是供应核心关键材料的上游配套企业。重点关注：（1）电机制造：金帝股份、震裕科技、恒帅股份、拓普集团、伟创电气、雷赛智能；（2）自动化设备：集智股份，田中精机；（3）核心材料：隆盛科技、唯科科技，金力永磁。

风险提示：宏观经济波动风险；人形机器人产业发展进程不及预期；国产厂商导入机器人供应链进度不及预期；原材料价格波动风险；测算数据与实际情况不一致

行业走势



作者


分析师 张磊
SAC：S1070525100001
邮箱：zhanglei2@cgws.com


分析师 黄雄
SAC：S1070526070002
邮箱：huangxiong@cgws.com


分析师 陈子锐
SAC：S1070525110003
邮箱：chenzirui@cgws.com


分析师 邓宇亮
SAC：S1070525120004
邮箱：dengyuliang@cgws.com

相关研究

1、《机器人模型边界外延，海风机组并网加速》2026-11-02
2、《锂电换电合作推进，国产燃机产业链突破》2026-10-26

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

内容目录

1.人形机器人量产催生电机市场 276 亿空间，无框力矩电机与微型电机为增长核心 5
1.1 人形机器人商业化开启，电机市场迎百亿新空间 5
1.2 关节无框力矩电机与灵巧手微型电机引领人形机器人电机增量 6
2.无框力矩电机：140 亿元市场扩容在即，散热成量产核心瓶颈 10
2.1 人形机器人量产提速，无框力矩电机市场扩容至 140 亿元 10
2.2 散热：人形机器人无框力矩电机商业化落地的核心瓶颈 11
2.3 粘胶铁芯：强绝缘性削减铁损，高强度结构优化功率密度，是电机散热瓶颈的破局关键 12
2.4 稀土材料：高矫顽力抑制高温退磁、高磁能积缩短热传导路径，无稀土电机为突破方向 13
2.5 轻量化：减重提效、降低能耗，从产热与散热端协同加强电机热管理 16
3.微型电机迎 136 亿元市场新蓝海，“小型化”为关键 18
3.1 高功率密度微型电机成灵巧手首选，催生 136 亿元新市场 18
3.2 电机小型化：灵巧手实现精细操作升级的核心抓手 20
3.3 自动化产线：助力微型电机小型化量产与降本的基石 22
4.国产人形机器人电机：攻克小型化与散热瓶颈，以大规模制造塑竞争优势 23
4.1 小型化与散热技术突破，筑人形机器人电机企业竞争高地 23
4.2 工程化与大规模制造能力，人形机器人电机量产的决胜关键 24
4.3 国产电机全链突围：技术创新与规模化制造协同驱动人形机器人电机量产落地 25
4.4 技术突破：人形机器人电机小型化及散热技术领跑者 28
4.4.1 恒帅股份：创新谐波磁场电机技术，构筑性能与成本双优势 28
4.4.2 雷赛智能：自研无框力矩与空心杯电机，产业化进程领先 28
4.4.3 伟创电气：微型电机领航者，破解“缩体积、降发热”难题 29
4.4.4 步科股份：国内无框力矩电机制造领先企业，"1+N"战略深耕机器人核心部件 30
4.5 量产制造：人形机器人电机规模化生产企业 31
4.5.1 金帝股份：国内新能源汽车驱动电机定转子量产商，顶尖精密冲压与铸铝工艺 31
4.5.2 震裕科技：国内首家粘胶铁芯量产商，自研无框力矩电机与微型无框力矩电机 31
4.5.3 拓普集团：全栈电机自研，布局全球化供应体系 32
4.6 上游筑基：自动化装备与核心材料双擎驱动 33
4.6.1 集智股份：高精度动平衡技术领军者，保障电机高速稳定性 33
4.6.2 田中精机：全球绕线技术奠基者，突破空心杯电机量产瓶颈 33
4.6.3 隆盛科技：高能效电机铁芯核心供应商，获黑田粘胶铁芯授权 34
4.6.4 唯科科技：PEEK 材料技术引领者，定义机器人关节轻量化新标准 34
4.6.5 金力永磁：高性能钕铁硼全球领导者，以核心材料筑牢电机性能根基 35
风险提示 36

图表目录

图表 1：小鹏集团董事长何小鹏介绍人形机器人 5
图表 2：人形机器人 2025 与 2028 年市场规模 5

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

图表 3：人形机器人电机未来市场测算.....6
图表 4：人形机器人量产百万台将带来电机 276 亿元新增市场空间.....6
图表 5：电机在人形机器人上的应用.....7
图表 6：无框力矩电机结构图.....7
图表 7：一般直流电机包含铁芯结构.....8
图表 8：空心杯电机特征为转子和定子其中之一无需铁芯等支撑结构，兼具小型化、高功率密度、高响应速度.....8
图表 9：直流无刷电机兼具低成本+中扭矩密度，适配中负载关节及灵巧手.....9
图表 10：轴向磁通电机凭借高功率密度和薄型化结构，有望应用在空间受限关节.....9
图表 11：谐波磁场电机具备高扭矩密度、动态响应快的特点，适配大关节.....9
图表 12：各类电机在不同场景中应用.....10
图表 13：无框力矩电机在人形机器人关节中应用广泛，集成于线性、旋转执行器中.....11
图表 14：我国无框力矩电机市场快速增长.....11
图表 15：人形机器人量产百万台有望拉动无框力矩电机市场扩容至 140 亿元.....11
图表 16：机器人运动会上，因电机严重发烫机器人被迫终止比赛.....12
图表 17：粘胶铁芯是通过特种绝缘粘结剂将硅钢片紧密且绝缘粘合而成的铁芯.....13
图表 18：粘胶铁芯能够有效缩小体积，减少电机内部的热积聚空间，提升散热效率.....13
图表 19：烧结钕铁硼磁材实物图.....14
图表 20：稀土永磁材料最大磁能积显著高于普通磁材.....14
图表 21：2025 年中国稀土储量占全球 52%，稳居第一.....15
图表 22：Optimus 执行器中的电机依赖稀土永磁材料.....15
图表 23：Ziehl-Abegg CEO 展示全球首款无稀土电机.....15
图表 24：无铁芯转子实物图.....16
图表 25：通过拓扑优化算法优化蓝色区域材料，实现电机壳体轻量化.....16
图表 26：旋转关节中的无框力矩电机结构图.....17
图表 27：通过拓扑优化算法优化蓝色区域材料，实现电机壳体轻量化.....17
图表 28：特斯拉 Model S Plaid 碳纤维包裹转子实物图.....18
图表 29：PEEK 材料应用于电机转子.....18
图表 30：微型电机性能对比.....18
图表 31：灵巧手空间极度有限，需高功率密度电机在极小体积内输出足够动力.....19
图表 32：人形机器人百万台出货有望新增微型电机 136 亿元市场.....19
图表 33：特斯拉 Gen3 将手掌内的电机整体迁移至前臂.....20
图表 34：单只灵巧手需要集成多个电机，小空间内需要高功率密度.....20
图表 35：特斯拉 V3 灵巧手执行器的电机让输出轴旋转.....21
图表 36：头部厂商灵巧手电机以空心杯电机和微型无框力矩电机为主.....21
图表 37：空心杯线圈结构及卷绕式生产示意图.....22
图表 38：无框力矩电机定子绕线机.....22
图表 39：动平衡检测是电机制造的第二核心壁垒.....23
图表 40：预计机器人量产百万台，电机绕线机、平衡机市场需求分别达到 27.1/9.3 亿元.....23
图表 41：微型电机紧凑布局于灵巧手中.....24
图表 42：仿生散热：Kengoro 机器人内部的蒸发冷却系统通过多孔骨架"出汗"来为全身 108 个电机降温.....24

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

图表 43：人形机器人专用关节模组可拆解为 4 类模块化组件.....25
图表 44：人形机器人电机自动化生产线能够降本增效.....25
图表 45：特斯拉机器人完成捏鸡蛋等精细操作.....26
图表 46：国产厂商积极布局人形机器人电机.....26
图表 47：谐波磁场电机用于人形机器人.....28
图表 48：雷赛智能生产的高密度型无框电机和空心杯电机.....29
图表 49：伟创电气 10mm 直流无刷空心杯电机产品.....30
图表 50：步科正式推出第四代无框力矩电机-FMK 系列无框力矩电机以及适配的 RD 系列中空驱动器.....30
图表 51：外径 10-19mm 微型无框力矩电机.....31
图表 52：震裕科技电机铁芯自动化生产线.....32
图表 53：从汽车到机器人：拓普电机技术跃迁.....32
图表 54：集智股份平衡机保障电机高速稳定.....33
图表 55：田中精机绕线机技术领先，可满足人形机器人电机绕线高要求.....33
图表 56：粘胶工艺可降低铁芯铁耗解决人形机器人电机散热问题.....34
图表 57：唯科科技轻量化材料“模塑一体化”生产模式完备.....35
图表 58：金力永磁高性能钕铁硼永磁材料为各行业提供高性能、高一致性的磁材解决方案，保证电机优异性能.35

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

1.人形机器人量产催生电机市场 276 亿空间，无框力矩电机与微型电机为增长核心

1.1 人形机器人商业化开启，电机市场迎百亿新空间

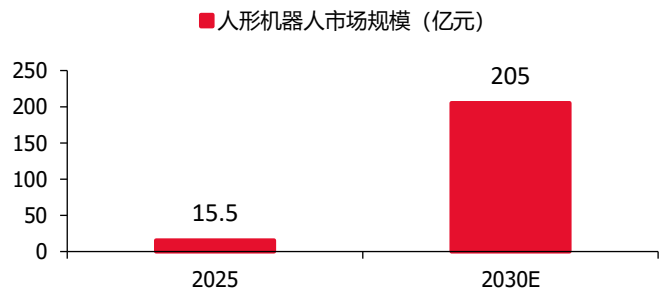
人形机器人量产计划密集落地，订单与市场规模加速扩张。工信部数据显示，人形机器人 2026 年上半年国内产量已超 4 万台，全年整机产量有望突破 10 万台。国内外厂商集中发布人形机器人量产计划，商业化进程提速：宇树科技 2025 年人形机器人出货超 5500 台，全球市占率 32.4%，位居全球首位；宇树科技创始人王兴兴表示，2026 年公司目标出货量在 1 万—2 万台；小鹏人形机器人 7 月已在广州工厂正式开启小批量试生产，同时量产产线进入最后联调阶段，量产冲刺正式进入倒计时。据 TrendForce 预估，2026 年中国人形机器人市场规模将达 150 亿元人民币，且随量产规模扩大、应用场景增加，2027 年市场规模至少可维持 60%以上的成长。人形机器人产业受益于订单释放与供应链降本，规模快速扩张。据中商产业研究报告，2025 年中国人形机器人市场规模约 15.5 亿元，2030 年有望超过 200 亿元。

图表 1：小鹏集团董事长何小鹏介绍人形机器人



资料来源：上海证券报、长城证券产业金融研究院

图表 2：人形机器人 2025 与 2028 年市场规模



资料来源：中商研究院、长城证券产业金融研究院

电机是人形机器人核心零部件中价值量最高的环节之一。据上海证券报，电机价值量约占整机的 25%。电机可实现电能转换与传递并产生驱动转矩，其被集成于各关节处，通过驱动关节完成行走、奔跑等复杂动作直接控制运动表现，是机器人各关节运动的驱动核心，从根本上决定机器人整体性能；从市场体量看，电机环节已形成可观的基本盘并保持稳健扩张。据华经产业研究院数据，2025 年中国机器人电机市场规模达 69 亿元，2021—2025 年复合增长率 13.35%，增速高于全球同期水平；我们认为，随着人形机器人量产推进、关节驱动需求集中释放，电机作为整机价值量最高的核心零部件之一，有望在这一基本盘之上打开新的增量空间。根据相关数据，我们测算，当量产规模从 1 万台提升至 100 万台时，人形机器人无框力矩电机与微型电机的单机价值量合计由 127200 元降至 27600 元，而新增市场规模则从 12.72 亿元扩大至 276 亿元。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

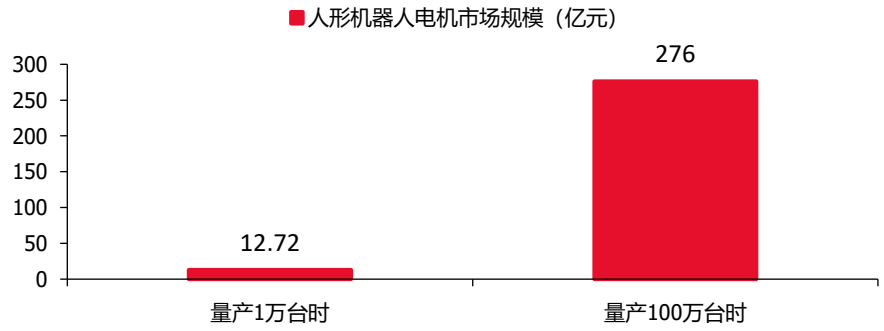
下载日志已记录，仅供内部参考

图表 3：人形机器人电机未来市场测算

	量产 1 万台时		量产百万台时	
零部件	单机价值量（元）	人形机器人带来新增市场空间（亿元）	单机价值量（元）	人形机器人带来新增市场空间（亿元）
无框力矩电机	70000	7	14000	140
微型电机	57200	5.72	13600	136
合计	127200	12.72	27600	276

资料来源：山东省机器人研究会、淘宝网、艾邦机器人、长城证券产业金融研究院

图表 4：人形机器人量产百万台将带来电机 276 亿元新增市场空间



资料来源：山东省机器人研究会、淘宝网、艾邦机器人、长城证券产业金融研究院

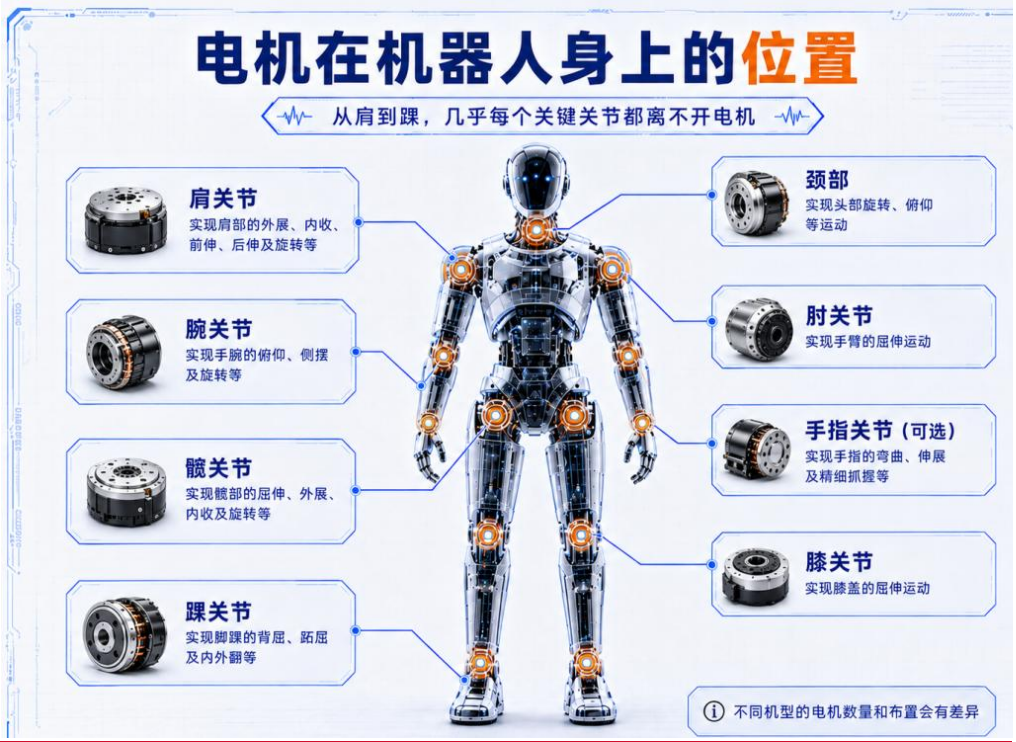
1.2 关节无框力矩电机与灵巧手微型电机引领人形机器人电机增量

按需选型定增量，关节无框力矩电机与灵巧手微型电机成核心。人形机器人不同部位性能需求各异，电机选型需匹配结构体积、负载能力与响应速度：四肢侧重高负载高精度，旋转关节看重扭矩密度与散热能力，空间受限的灵巧手对高精度控制提出严苛需求。其中，关节与灵巧手电机是市场核心增量来源：关节执行器主流采用无框力矩电机，其无壳直驱、力矩大、响应快的特性，可直接集成于关节，减少传动损耗，满足重载与姿态控制的精度需求；灵巧手适配微型无框力矩电机、空心杯电机、直流无刷电机三类方案，分别面向高集成、高响应、高稳定性等精细作业场景。轴向磁通与谐波磁场电机暂未成为主流选型。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

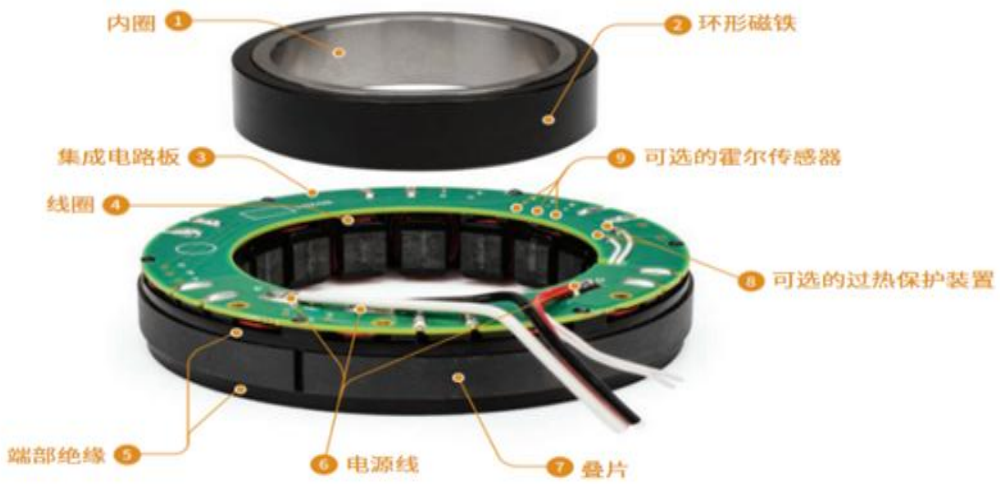
图表 5：电机在人形机器人上的应用



资料来源：RobotsHub 公众号、长城证券产业金融研究院

无框力矩电机：关节驱动的核心选择。无框力矩电机为无框架式永磁电机，其结构仅含转子和定子两大部件。据《电工技术学报》刊载的浙江大学研究，无框型电机无轴、轴承和端部，降低了轴向长度和质量，提高了转矩密度和响应速度，其转子可直接与关节外壳、减速器或弹性元件集成。该研究指出，无框型内转子电机与谐波减速器配合构成高紧凑度的串联式柔性/弹性执行器，已成为主流的机器人关节架构，尤其适用于需要精密操作的人形机器人上肢关节，能够精准匹配人形机器人关节"小体积、大扭矩、快响应"的核心诉求。

图表 6：无框力矩电机结构图



资料来源：科尔摩根官网、长城证券产业金融研究院

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

空心杯电机：灵巧手驱动的精密之选。据鸣志官网，空心杯电机取消了传统转子铁芯，采用无铁芯转子结构，在减小体积和重量的同时将更多有效空间用于电磁转换，因此具有较高的功率密度；低转动惯量带来更快的加减速响应，无刷空心杯电机因绕组电感较低，电流可更快建立与变化，从而快速响应驱动器的电流指令。同时，无齿槽结构消除了传统电机的转矩波动，使低速运动更加平稳，并减少由齿槽转矩及部分电磁谐波引起的振动和噪声；优化的绕组和散热设计有助于降低运行过程中的温升，维持长期运行性能。凭借高功率密度、低惯量、高响应、低噪声、低转矩波动与良好控制性能的综合优势，空心杯电机适用于机器人灵巧手、微型关节等需要连续微小运动与精细控制的场景，是灵巧手实现精细抓取与复杂操作的关键驱动单元。

图表 7：一般直流电机包含铁芯结构

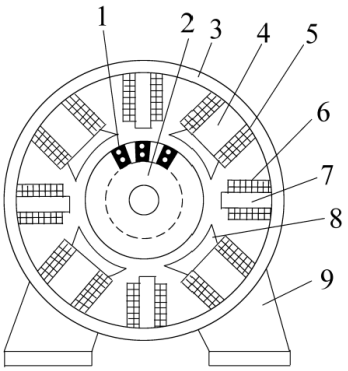


图 1-4　直流电机横剖面示意图

1—电枢绕组　2—电枢铁心　3—机座　4—主磁极铁心
5—励磁绕组　6—换向极绕组　7—换向极铁心
8—主磁极极靴　9—极座底脚

资料来源：机械工业出版社《电机拖动与控制 第 2 版》、长城证券产业金融研究院

图表 8：空心杯电机特征为转子和定子其中之一无需铁芯等支撑结构，兼具小型化、高功率密度、高响应速度



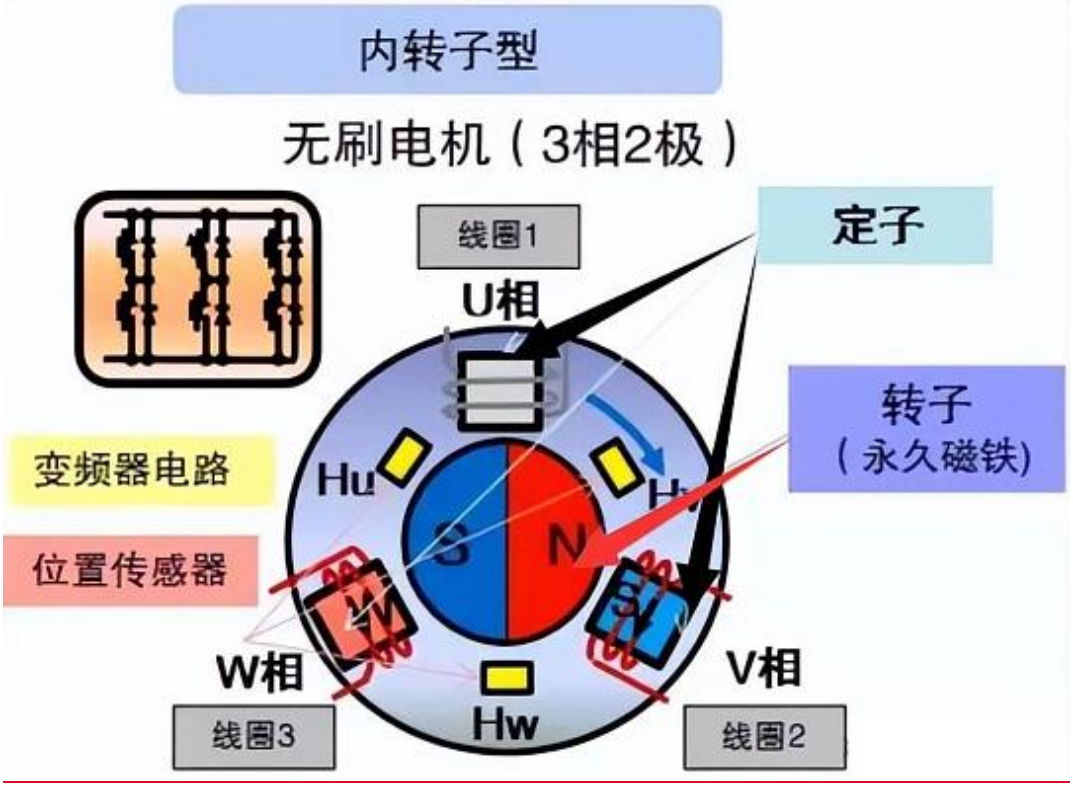
资料来源：科固技术官网、长城证券产业金融研究院

直流无刷电机：中负载场景成本优化方案。直流无刷电机是人形机器人关节的主要驱动方案，具备高功率特性，且在部分关节追求静音运行。据意法半导体，人形机器人髋/腰部旋转关节配 4 个 BLDC，膝关节配 2 个、参数区间相同，踝关节配 4 个、侧重动态响应，手部单元自由度 2–21 个、采用 BLDC 或有刷直流电机。该笔记按负载将关节分为三类：高功率关节采用无框 BLDC，500W 至数千瓦，峰值电流可超 100A；紧凑型中功率关节为 50–500W；辅助/低功率关节低于 50W，设计优先级为紧凑集成、静音运行与减少布线。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

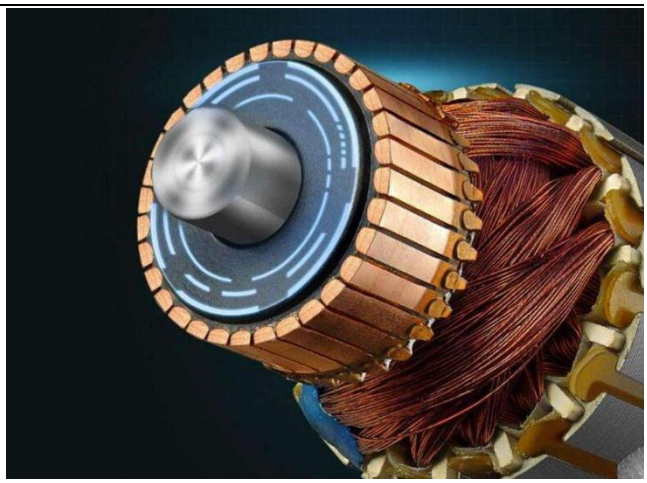
图表 9：直流无刷电机兼具低成本+中扭矩密度，适配中负载关节及灵巧手



资料来源：宁波力的电机有限公司公众号、长城证券产业金融研究院

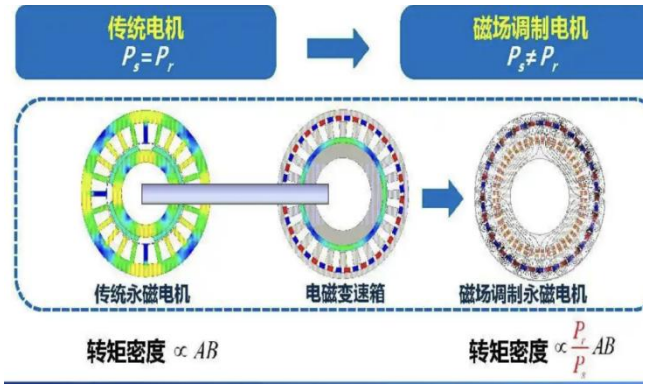
轴向磁通电机：空间受限关节的薄型化方案。《电工技术学报》刊载的《机器人关节用伺服电机关键技术与展望》显示，轴向磁通电机与径向磁通电机相比，具有轴向长度短、转矩/功率密度高、结构紧凑等优点，在相同外径下转子永磁体空间更大、极数更高，易实现低速大转矩特性；机器人关节应用中以单边磁拉力较小的双转子、单定子结构为主。该电机已成功应用于"青龙""电动牦牛"等机器人，展现出巨大应用潜力，但目前仍未得到广泛应用，主要受限于高转矩持续输出时电机发热严重、批量化生产工艺难度高、材料利用率低等问题，目前在机器人关节执行器中成熟的应用较少。

图表 10：轴向磁通电机凭借高功率密度和薄型化结构，有望应用在空间受限关节



资料来源：弈步电机官网、长城证券产业金融研究院

图表 11：谐波磁场电机具备高扭矩密度、动态响应快的特点，适配大关节



资料来源：《磁场调制——高转矩密度电机的创新与发展》、长城证券产业金融研究院

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

谐波磁场电机：大关节驱动的优选方向。谐波磁场电机（学术名称为磁场调制电机）通过特殊磁路设计，利用气隙磁导谐波的调制效应实现低转速下的直接大扭矩输出。据华中科技大学曲荣海教授团队在《中国电机工程学报》2024 年第 44 卷第 18 期发表的《磁场调制电机的由来、发展与挑战》，此类电机的电枢与励磁磁场须经磁场调制单元调制后方能相互作用产生转矩，该效应打破了传统电机励磁与电枢单元极对数必须相等的设计禁锢，并引入转矩放大系数"极比"，可在相同材料选型和散热条件下大幅提升转矩密度，从而形成低速大转矩直驱特性，降低对机械减速环节的依赖。磁场调制电机拓扑结构多样，可结合应用场景灵活选择和调整设计参数，在风力发电、电动汽车、舰船推进等体积重量限制严苛的领域具有巨大应用前景；同时存在功率因数低、谐波损耗大、过载能力差、所需控制器容量大等短板，其成因在于低次电枢磁密谐波。

图表 12：各类电机在不同场景中应用

电机类型	直流有刷电机	无刷直流电机	感应电机	同步电机	步进电机	伺服电机	无框力矩电机
控制精度	中等	高	低	高	极高（开环）	超高(闭环)	极高
响应速度	快	极快	慢	中等	中等	极快	极快
过载能力	中等	强	强	中等	弱	强	极强
典型应用场景	电动工具、玩具	无人机、电动车	工业泵、风机	压缩机、发电机	3D 打印机、定位装置	工业机器人、CNC	·人形机器人关节

资料来源：人形智研院公众号、长城证券产业金融研究院

2.无框力矩电机：140 亿元市场扩容在即，散热成量产核心瓶颈

2.1 人形机器人量产提速，无框力矩电机市场扩容至 140 亿元

人形机器人量产为无框力矩电机带来颠覆性机遇。人形机器人与工业机器人的关节驱动需求存在本质差异，破解了无框电机原有应用限制。具体分析如下：

（1）关节数量激增催生轻量化刚需。单台人形机器人需数十个关节，传统电机方案会导致整机过重。无框电机去外壳能大幅减重，功率密度显著提升，完美适配轻量化需求。

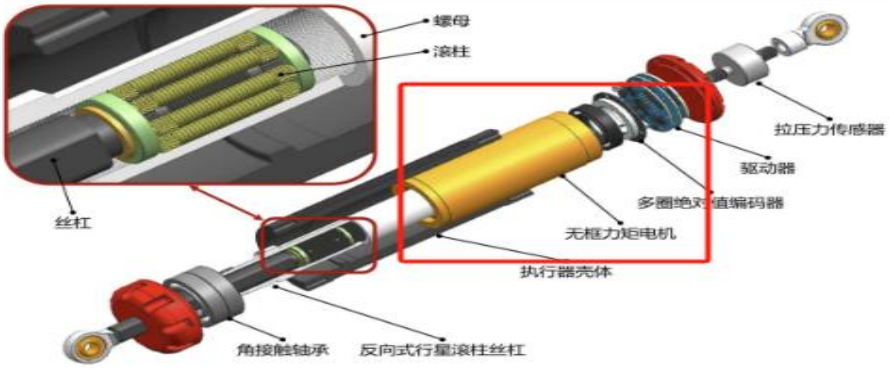
（2）空间受限倒逼高度集成化。人形机器人关节空间紧凑，无框电机可直接嵌入关节模组，支持大中空设计，便于过线、布板。

（3）动态响应与力控精度要求提升。人形机器人需模拟人体快速运动与精细操作，对关节毫秒级响应、精准力控要求极高。无框电机因零背隙、低惯量特性，较“电机+减速器”方案控制精度大幅提升数倍，且无齿轮磨损问题。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

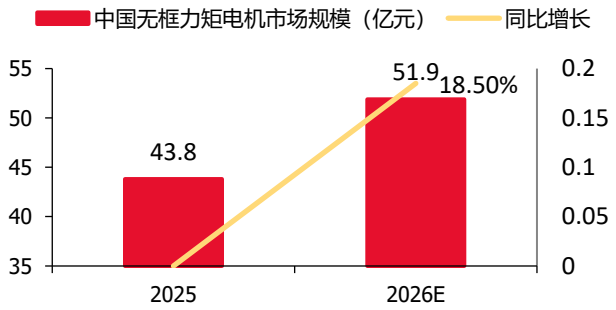
图表 13：无框力矩电机在人形机器人关节中应用广泛，集成于线性、旋转执行器中



资料来源：新剑传动官网、长城证券产业金融研究院

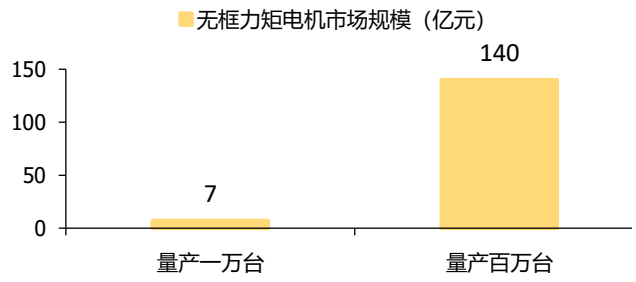
人形机器人量产百万台时，市场规模有望扩容至 140 亿元。目前无框力矩电机的主要下游为协作机器人和 AGV 等，产业整体出货量较小。2025 年，我国无框力矩电机市场空间 43.8 亿元。我们按 2030 年人形机器人出货百万台、无框力矩电机（含驱控）单价 500 元、单机用量 28 个测算，则单机价值量共计 1.4 万元，带来的增量市场规模达 140 亿元。

图表 14：我国无框力矩电机市场快速增长



资料来源：《2026 年无框力矩电机市场规模分析：中国无框力矩电机市场规模预计达到 51.9 亿元》、长城证券产业金融研究院

图表 15：人形机器人量产百万台有望拉动无框力矩电机市场扩容至 140 亿元



资料来源：淘宝网、长城证券产业金融研究院

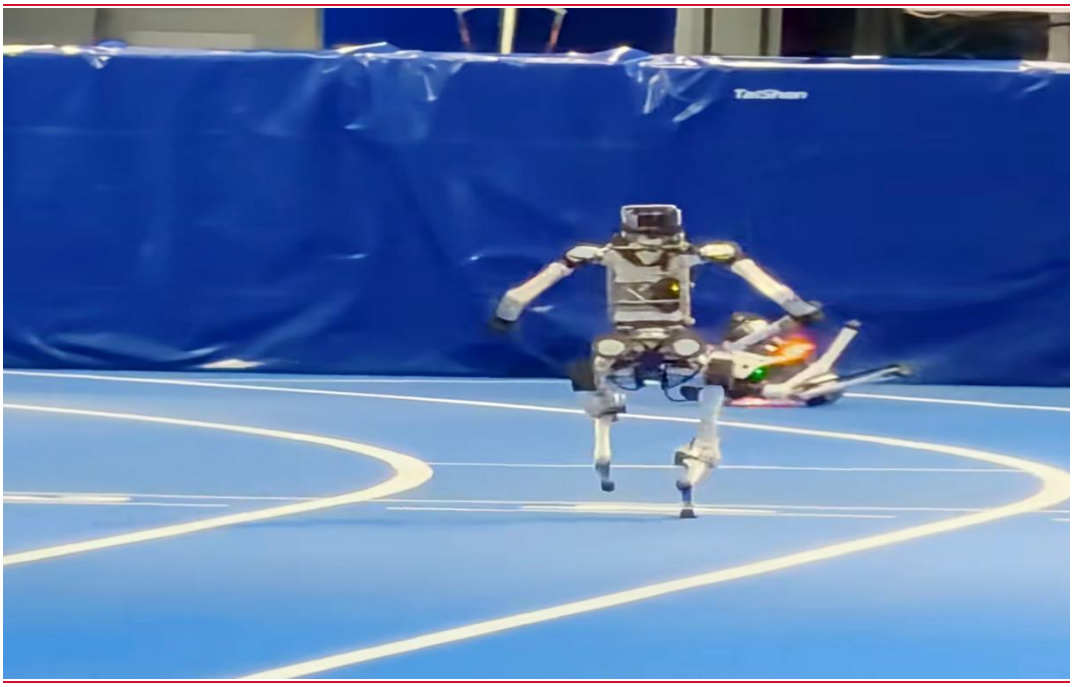
2.2 散热：人形机器人无框力矩电机商业化落地的核心瓶颈

电机散热技术突破是人形机器人商业化的关键前提。在 2026 年 8 月的世界人形机器人运动会中，多款机器人因关节电机过热触发热保护，出现动力骤减、中途停赛的情况。散热问题的根本原因在于，人形机器人需模拟人类复杂运动，关节电机在频繁启停、负重变速中持续高负载运行，电磁损耗产生的热量在紧凑空间内难以散发，形成升温恶性循环，最终导致性能“熔断”。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

图表 16：机器人运动会上，因电机严重发烫机器人被迫终止比赛



资料来源：机器人前瞻、长城证券产业金融研究院

2.3 粘胶铁芯：强绝缘性削减铁损，高强度结构优化功率密度，是电机散热瓶颈的破局关键

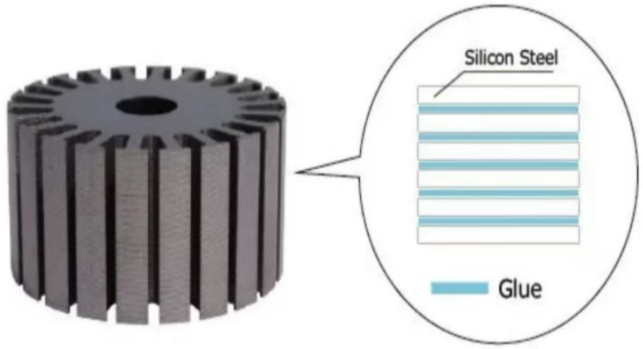
粘胶铁芯是通过特种绝缘粘结剂将硅钢片紧密且绝缘粘合而成的铁芯，相比传统焊接或铆接铁芯，具备以下优势：

（1）绝缘性能大幅提升，抑制涡流与磁滞损耗削减电机铁耗，同步实现降温与续航提升。粘胶铁芯正成为人形机器人关节电机的关键工艺。首钢智新首创"薄膜厚高粘接性自粘结涂层技术"，实现同等膜厚下粘接强度提升 50%、同等粘接强度下膜厚减薄 30%；其全球首发的 20RSW175 超高磁感无取向软磁材料，磁感应强度达 1.75T，相较常规产品铁耗降低 27%、扭矩提升 1.6%，精准适配人形机器人用无框力矩电机对高扭矩密度、低发热的需求。苏州范斯特表示，粘胶工艺可使电机转换效率平均提升 0.5%至 1%，铁耗降低 10%至 15%。电机在高频长时间运行中发热量显著下降，热管理负担减轻，同时电能更高效转化为机械能而非废热，有效减少电池能耗，为机器人等移动设备带来更长续航与更高运行稳定性。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

图表 17：粘胶铁芯是通过特种绝缘粘结剂将硅钢片紧密且绝缘粘合而成的铁芯



资料来源：新能源汽车制造链公众号、长城证券产业金融研究院

（2）粘胶铁芯以小间隙与高强度结构，优化电机散热效率、功率密度与设计适配性。据华磁技术官网《空心杯电机的技术瓶颈与自粘结铁芯方案革新》，自粘结铁芯的一体化结构能提升导热效率，避免局部过热导致的性能衰减，使温升分布更均匀，电机可在200℃以上高温环境稳定运行。在体积与重量方面，取消紧固件后铁芯重量减轻 20%—30%，同功率下电机体积缩小 30%，最小铁芯尺寸可突破 10mm，可适配微型化设备需求；一体化结构同时使铁芯整体刚度提升 35%—40%，能承受高频振动与冲击，在人形机器人灵巧手等精密传动场景中定位精度提升至 0.02mm 级。该工艺还支持自由尺寸设计与全表面精加工，可根据电机磁通路径优化铁芯形状，实现异形结构、分割式铁芯等特殊设计，以适配狭小安装空间。

图表 18：粘胶铁芯能够有效缩小体积，减少电机内部的热积聚空间，提升散热效率



资料来源：研泰化学官网、长城证券产业金融研究院

粘胶铁芯通过其低铁损、高磁导性、绝缘性提升、紧凑设计等特点，为电机提供了理想的散热解决方案。中国江苏网信息显示，在人形机器人等高频运转且长时间工作要求的应用中，粘胶铁芯不仅能有效减少电机的热损失，还能延长续航、提高稳定性，并优化散热效率，确保电机高效、稳定工作。因此，粘胶铁芯在电机散热中的应用具有重大意义。

2.4 稀土材料：高矫顽力抑制高温退磁、高磁能积缩短热传导路径，无稀土电机为突破方向

稀土永磁材料应用于电机的转子部位，提供恒定磁场，是决定电机扭矩密度、动态性能

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

与工作温度区间的核心功能材料。稀土永磁材料是人形机器人电机高功率密度与小型化的核心支撑，其高矫顽力、高磁能积在优化散热方面存在巨大优势。

稀土永磁材料在无框力矩电机转子中工作时，核心发热来源为涡流损耗。据在《电工技术学报》发表的《基于转子永磁分段优化的轴向磁通永磁电机涡流损耗分析与试验》，电机中的磁导谐波、空间谐波与时间谐波会在永磁体表面产生涡流，而钕铁硼材料温度系数大、电导率高，涡流易使永磁体温度过高、产生不可逆退磁风险。实际应用中采用永磁体分段设计抑制涡流损耗：分段可显著降低涡流损耗且不影响输出转矩，分段数越多效果越明显，但超过一定值后改善趋缓。该刊报道的 45 kW 轴向磁通电机案例显示，优化分段方案使涡流损耗平均值较原永磁体减小约 36.8%，且未影响高温及大电流下的抗退磁能力。涡流损耗降低即减少了永磁体自身发热与转子温升，从而缓解后续散热压力。

高矫顽力特性可减少高温下的磁性能衰减，降低散热系统的负荷。据科普中国网，镝是钕铁硼永磁体的关键添加剂，也是提升永磁体高温性能的核心元素：在钕铁硼磁体中添加 0.5%～3%的镝，可通过晶界扩散或本体掺杂显著提升磁体的内禀矫顽力，将抵抗退磁的能力提升 20%～40%，同时把磁体的最高工作温度从 80℃提升至 180～220℃，彻底解决了高温环境下永磁体不可逆退磁的行业痛点。优异的热稳定性使电机在频繁启停、高温工况下无需降功率保护磁体，维持额定效率运行，满足机器人连续工作的发热需求。

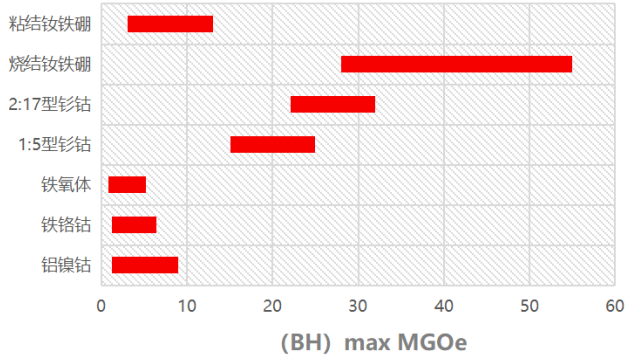
高磁能积特性使电机在同等性能下大幅缩减体积和重量，显著缩短了热传导路径。高磁能积能让电机同等体积扭矩提升 3 倍，或同等性能下大幅缩减体积和重量，电机内部热源（绕组、铁芯）到外壳散热结构的热传导路径更短，热量从核心快速传递至外部散热件，无长距离热阻累积，在人形机器人关节的紧凑安装场景中可避免热量积聚导致的性能衰减。

图表 19：烧结钕铁硼磁材实物图



资料来源：浙江永昌进出口公众号、长城证券产业金融研究院

图表 20：稀土永磁材料最大磁能积显著高于普通磁材



资料来源：胜帮投资公众号、长城证券产业金融研究院

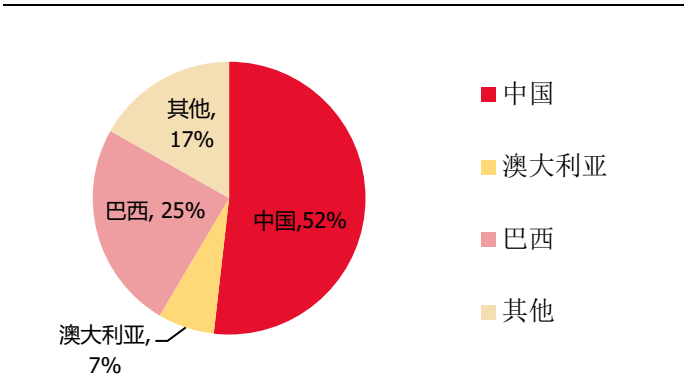
中国依托稀土全产业链壁垒，在全球高性能永磁供应中占据主导，供应链依赖度持续提升。稀土永磁已成为人形机器人量产的关键瓶颈。2025 年 4 月 4 日，商务部会同海关总署对钐、钆、铽、镝、镥、钪、钇 7 类中重稀土相关物项实施出口管制；2025 年 10 月 9 日，商务部发布第 61 号、第 62 号公告，分别对含中国成分且价值占比 0.1%及以上的境外稀土物项，以及稀土开采、冶炼分离、磁材制造等相关技术实施出口管制。2026 年 10 月 10 日，马斯克在 X Takeover 活动上表示："去年，中国限制了用于电动机的磁

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

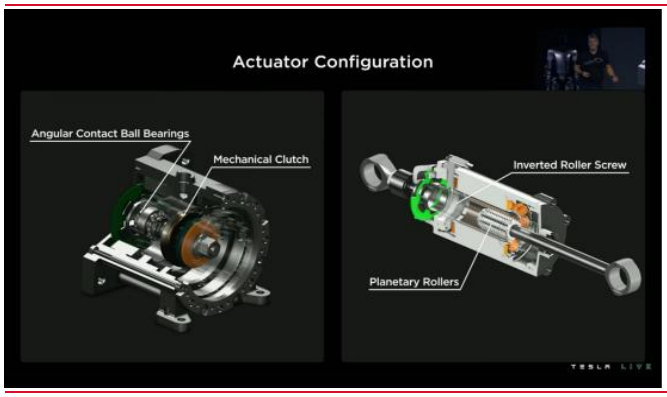
体材料出口，这实际上让 Optimus 人形机器人项目推迟了两三个月，因为我们没有那些磁体，造出来的机器人没有胳膊。我们确实需要确保，即便中国切断供应，我们也能在美国本土造出这些机器人。"

图表 21：2025 年中国稀土储量占全球 52%，稳居第一



资料来源：中商产业研究院、USGS、长城证券产业金融研究院

图表 22：Optimus 执行器中的电机依赖稀土永磁材料



资料来源：特斯拉 AI Day、中粉磁性材料公众号、长城证券产业金融研究院

无稀土电机：特斯拉引领研发，应对全球稀土资源管制与供应链风险，破解行业对稀土的过度依赖困境，成长期行业潜在突破方向。稀土作为战略稀缺资源，冶炼产能高度集中在中国，欧盟、美国等主要经济体纷纷出台政策管控稀土资源——欧盟《关键原材料法案》将稀土列为重要原材料，并要求加强关注其回收、联合采购、储备和投资；中国也修订《稀土管理条例》规范稀土开采与出口。稀土管制不断加强，因此特斯拉等公司积极研发无稀土电机，探索行业技术新路径。据中青在线报道，特斯拉自 2023 年投资者日宣布下一代永磁电机将完全不使用稀土后，已于 2026 年 9 月实现 Cybercab 驱动电机零稀土落地，续航保持不变，体积缩小 18%、重量减轻 25%。该方案通过磁路拓扑优化、新型非稀土永磁材料替代等方式，降低对稀土资源的依赖，其无稀土电机采用冷却油直接流经内部的设计，散热效率较传统水冷显著提升，可应对连续高强度运转的散热需求。不过从当前进展来看，无稀土电机在功率密度、稳定性与使用寿命上仍难媲美稀土永磁方案，短期内难以实现规模化替代。但随着技术持续迭代，无稀土电机有望成为未来行业重要发展方向，为电机材料选型提供新的可能性。

图表 23：Ziehl-Abegg CEO 展示全球首款无稀土电机



Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

资料来源：眼观欧陆公众号、长城证券产业金融研究院

2.5 轻量化：减重提效、降低能耗，从产热与散热端协同加强电机热管理

电机轻量化是通过材料创新与结构革新，在有限空间内实现减重提效、降低能耗，加快热量导出与抑制热失效，从产热端与散热端同步改善电机热管理。具体而言，轻量化材料替代传统重质材料后，通过热源直接传导、材料高效导热、外部散热终端导出，解决无框结构无外壳散热的痛点，同时依托材料本身导热特性与结构集成设计，实现轻量化与散热性能的协同提升。

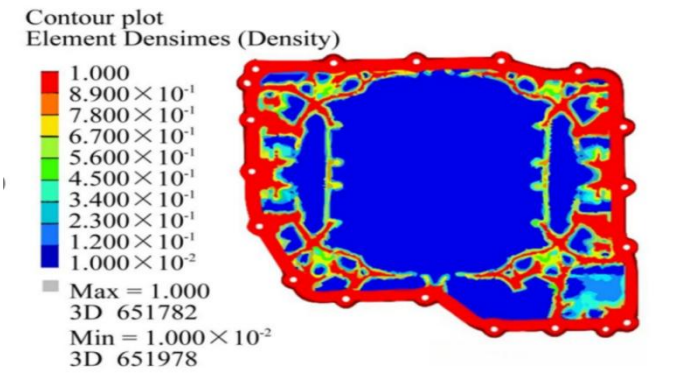
结构层面，无框力矩电机仅由转子和定子两个部分组成，集成减重，优化热量传导路径。据 Phi Do Chi，无框力矩电机之所以适用于人形机器人与协作机器人关节，在于其定子与转子可直接集成至关节承载结构中，兼具紧凑的轴向尺寸、低转子惯量，以及供线缆布设与冷却使用的中空通道。该研究对一台 18 槽 20 极、48V 供电、额定 460W、1.75N·m、2500rpm 的无框永磁同步电机开展电磁—热—结构耦合评估，额定负载下绕组热点温度为 106℃、磁体温度为 96℃。

图表 24：无铁芯转子实物图



资料来源：Quagmire Repair LLC 官网、长城证券产业金融研究院

图表 25：通过拓扑优化算法优化蓝色区域材料，实现电机壳体轻量化



资料来源：汽车材料网公众号、长城证券产业金融研究院

无框力矩电机摒弃传统电机的外壳、轴承、端盖等冗余部件，达到结构集成化减重，传统外壳散热路径消失，因此轻量化材料成为破解其散热难题、实现减重与散热协同提升的关键支撑。无框力矩电机仅由转子和定子组成，导致传统外壳散热路径消失，高负载工况下定子绕组、转子永磁体产生的热量易积累，引发永磁体退磁、绕组绝缘老化等问题，因此轻量化材料的应用不仅要实现减重，更要承担散热传导的核心功能。目前常见的轻量化材料有镁合金、碳纤维、PEEK 等。

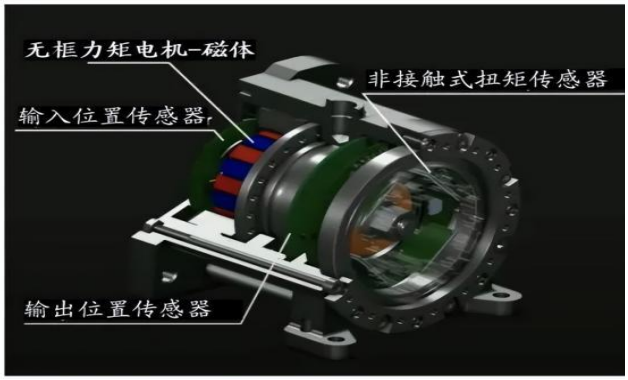
镁合金密度是铝合金的 2/3，作为电机壳体，通过降低结构重量与运转负载，从源头减少机械摩擦与负载带来的附加产热。镁合金壳体率先在汽车领域实现产业化。据宝武镁业，公司已在南京精密与重庆博奥成功开发并批量生产镁合金电驱壳体。据中国有色金属报，随着机器人对结构件的轻量化、高导热、高成型性要求日益提升，半固态镁合金凭借极致轻量化优化散热的综合性能优势，成为替代压铸铝合金的优选材料。（1）源头减热：据中国经济网，镁合金密度为 1.74g/cm³，是铝的三分之二左右、不到钢的四分之一，具有高比强度且重量轻；同时其拥有优异的电磁屏蔽性能、高导热性及减震特性，可切实解决设备运行中的散热难题与结构振动等问题，未来有望在人形机器人等领域得

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

到更广泛的应用。（2）快速导热：据 Andrij Milenin 发表于《Processes》的实验研究，铸造 AZ31 镁合金机架在 2kg 载荷下电机平均温度为 51.8℃，铝合金机架为 50.3℃，碳纤维机架为 77.5℃；镁合金与铝合金机架冷却性能统计比较 p 值为 0.64，无显著差异。该研究指出，AZ31 合金有效复现了铝的高导热性，可在高应力工况下防止电机过热，同时保持更低的结构重量。（3）结构协同散热：据《汽车工艺与材料》刊载的上海交通大学曾小勤教授团队综述，半固态注射成型技术能减少铸造缺陷，改善镁合金构件的内部缺陷与强韧性不足，是充分挖掘镁合金性能潜力的重要方法；该技术已开始向关键结构件应用，已诞生新能源电驱壳体等构件。据上海交通大学机械与动力工程学院，该校团队开启了半固态镁合金机器人结构件的研发攻关，深耕半固态注射成型，打通"成分设计—熔铸—组织调控—成型"全链条，攻克流动性、阻燃、耐蚀与强韧化的协同调控，填补了高水平半固态镁合金材料体系空白。目前多个镁合金机器人核心结构件正处于应用开发中。

图表 26：旋转关节中的无框力矩电机结构图



资料来源：传动网、长城证券产业金融研究院

图表 27：通过拓扑优化算法优化蓝色区域材料，实现电机壳体轻量化



资料来源：星驱科技、长城证券产业金融研究院

碳纤维密度低、比强度高，核心用于转子护套，实现轻量化的同时降低转子转动惯量与高速运转能耗。据《电机与控制学报》刊载的高速永磁电机转子护套多物理场研究，高速永磁电机转子最常用的保护措施是碳纤维捆扎永磁体或在永磁体外加合金保护套，而保护套的增加会给电机散热带来严重困难。该研究综合比较了应力场、电磁场与温度场下三种方案的转子强度、涡流损耗与温度分布，结果显示：采用碳纤维保护套时所需厚度最小，转子涡流损耗和温升分布也远远小于其他两种保护措施。其主要散热流程如下：（1）据程明等在 IET《Electric Power Applications》发表的超高速永磁同步电机研究，超高速工况下永磁体需由护套施加压应力加以保护，碳纤维因抗拉强度高、厚度更薄、电导率低而被广泛用作高速转子保护套，可有效降低整个转子的涡流损耗；(2)据《电工技术学报》，表贴式高速永磁电机的转子涡流损耗较大，且散热条件差，可能导致转子温度过高、增加永磁体的不可逆退磁风险；外层采用碳纤维的双层复合护套能够有效抑制转子涡流损耗，从而改善转子发热、降低温升，保护永磁体免于高温退磁；（3）热膨胀系数接近零，远低于金属材料。据程明等在 IET《Electric Power Applications》发表的超高速永磁同步电机研究，采用 Inconel 718 护套的转子因护套热膨胀系数大于钕铁硼，永磁体切向应力随温度升高显著上升；而采用钛合金内层与碳纤维外层复合护套的方案，永磁体切向应力随温度升高反而下降，有效缓解了温升带来的应力变化。据《新能源汽车高速电驱动系统技术现状与展望》，特斯拉在 2021 年 6 月推出的 Model S Plaid 车型

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

中率先采用碳纤维材料包裹转子，在提高永磁电机磁阻转矩的同时显著增强了结构强度，使电机最高转速能够超过 20000 r/min。

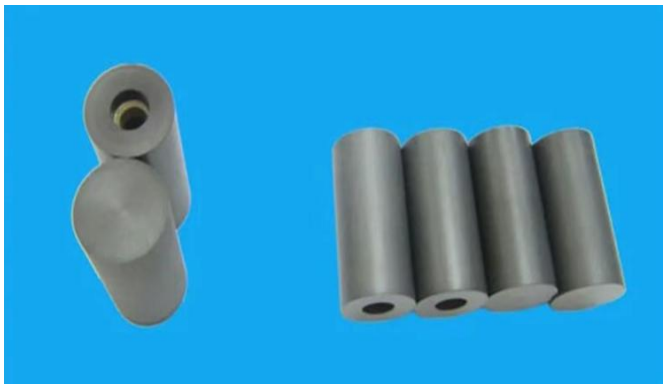
PEEK 材料大幅减轻部件重量，且耐高温抗变形，在电机中主要用于轴承保持架、转子、齿轮传动件、槽绝缘等核心部位。（1）据中国石化报，PEEK 密度约为钢的 1/6，在骨骼、关节支架、齿轮等承力部件中应用后可显著降低整机重量；（2）PEEK 可耐受 260℃高温，能稳定承受电机运转产生的热量。据君昊高性能聚合物，PEEK 即使在 260℃下长期使用，仍能保持优异的绝缘性和较高的机械强度；与传统尼龙相比，PEEK 吸水率更低、尺寸稳定性更高；同时具备优异的抗切割性能，使用过程中可确保零电气短路。此外，PEEK 聚合物纯度高、强度高，可在狭窄的电机定子中设计更薄的壁厚并保证绝缘性能；（3）PEEK 优异的绝缘性能可减少电流损耗带来的额外发热，从绝缘与结构两方面保障定子散热通道持续有效。

图表 28：特斯拉 Model S Plaid 碳纤维包裹转子实物图



资料来源：InsideEVs、长城证券产业金融研究院

图表 29：PEEK 材料应用于电机转子



资料来源：君华股份官网、长城证券产业金融研究院

3.微型电机迎 136 亿元市场新蓝海，“小型化”为关键

3.1 高功率密度微型电机成灵巧手首选，催生 136 亿元新市场

微型电机是灵巧手的核心动力源，决定其输出力、动态响应与控制精度，在整体性能与可商业化落地中居于关键地位。当前主流为微型无框力矩电机、空心杯电机与无刷有齿槽电机：微型无框力矩电机具备高功率密度、结构紧凑、易集成等优势，能够有效提升精密设备的性能与集成度；据《电工技术学报》，空心杯电机的转子为无铁芯圆筒形绕组，质量和惯量小、不存在铁耗和齿槽转矩，因而转矩波动低、运行稳定、效率高、动态响应性好，十分适合应用于尺寸小且精度和灵活性要求高的机器人灵巧手；无刷有齿槽电机扭矩密度高、抗冲击且成本更优，适合高负载并可在空间充裕部位替代空心杯电机，形成性能与成本的互补组合。

图表 30：微型电机性能对比

参数	（无刷）空心杯电机	直流无刷（有齿槽）电机	微型无框力矩电机
尺寸	小（直径可短至 4mm）	大（直径可短至 9.2mm）	大

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

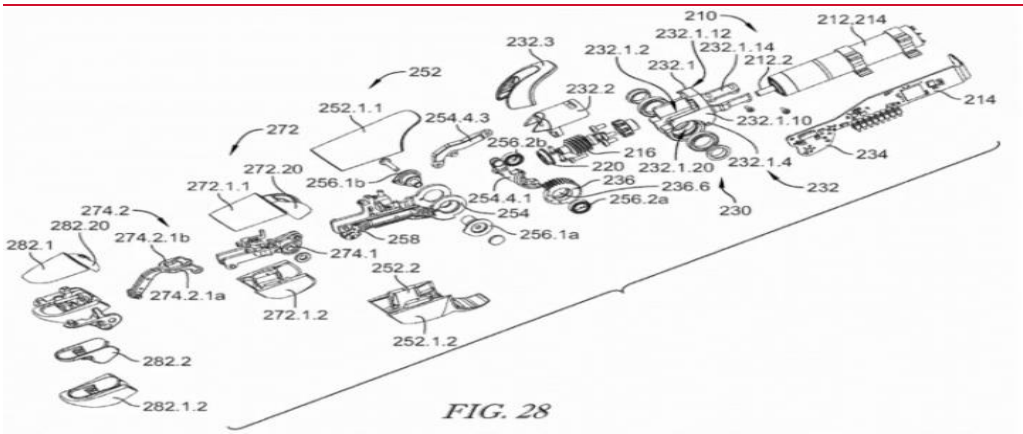
下载日志已记录，仅供内部参考

参数	（无刷）空心杯电机	直流无刷（有齿槽）电机	微型无框力矩电机
转速	高（空载转速可超40000rpm）	慢	适中
扭矩	小	大	大
重量	轻（比同功率铁芯电机轻50%）	重	重
响应速度	快	慢	快
价格	高	低	高

资料来源：强和电机官网、科诚电机官网、鸣志电器官网、长城证券产业金融研究院（注：仅为一般情况下的定性对比，存在例外）

高功率密度微型电机是平衡灵巧手多维度需求的核心优选。灵巧手受单指直径的紧凑空间约束，且需满足多关节精细驱动与轻量化需求：高功率密度电机可在极小体积内输出充足动力，避免手部臃肿；同时实现减重降耗，保障操作敏捷性，避免多电机叠加导致体积重量失控，是平衡其小型化、轻量化、动力性与灵活性的核心支撑。

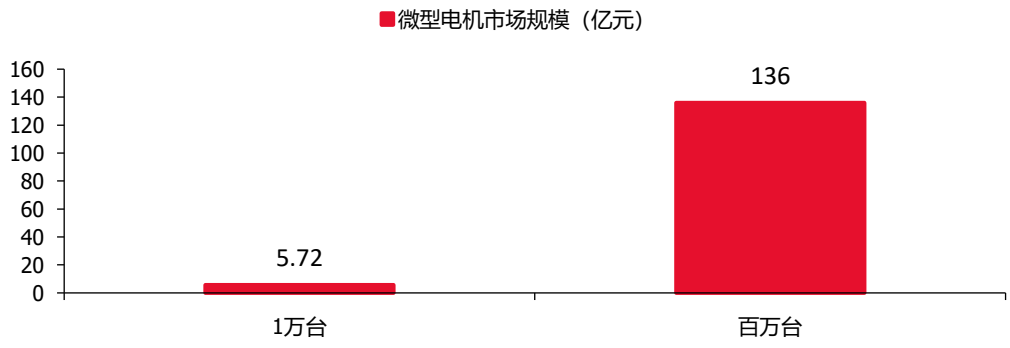
图表 31：灵巧手空间极度有限，需高功率密度电机在极小体积内输出足够动力



资料来源：FIGURE AI INC.公司、长城证券产业金融研究院

我们预计人形机器人量产百万台时，微型电机将新增 136 亿元市场。随着热稳态解决及材料选择改进，国产工艺成熟助力降本，微型无框力矩电机价格的不足被逐步弥补，灵巧手小型化趋势或推动应用增加。假设灵巧手微型电机全部使用微型无框力矩电机，百万台本体销量或拉动 136 亿元的市场。

图表 32：人形机器人百万台出货有望新增微型电机 136 亿元市场



资料来源：淘宝网、长城证券产业金融研究院

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

3.2 电机小型化：灵巧手实现精细操作升级的核心抓手

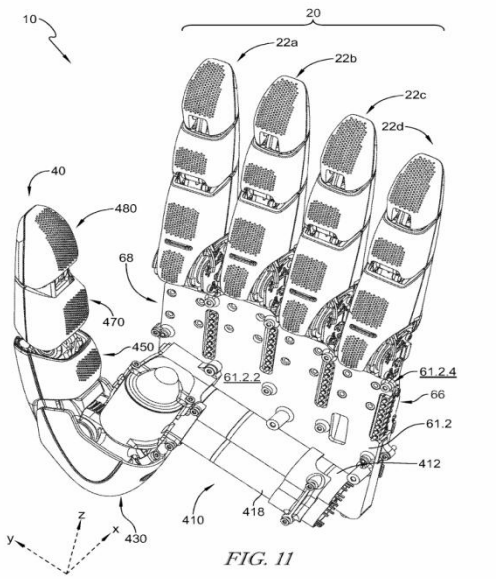
微型电机小型化是解决灵巧手空间限制的核心。人形机器人手指内部空间极为有限，而每个手指需容纳 3-4 个自由度的驱动单元。灵巧手内电机整体迁移至前臂，可以释放空间与重量，灵巧手在实现高自由度设计的同时，动作控制将更稳定，嘉睿资本数据显示特斯拉 Gen3 灵巧手单手自由度提升至 22 个，同时手腕/前臂拥有 3 个自由度。但随着整机集成度的提升（前臂需同时容纳手腕及手臂关节电机），内部包络空间依然极度稀缺。在此背景下，电机小型化成为核心技术发展方向。

图表 33：特斯拉 Gen3 将手掌内的电机整体迁移至前臂



资料来源：科创板日报、长城证券产业金融研究院

图表 34：单只灵巧手需要集成多个电机，小空间内需要高功率密度



资料来源：《UNDERACTUATED HAND WITH CABLE-DRIVEN FINGERS》、长城证券产业金融研究院

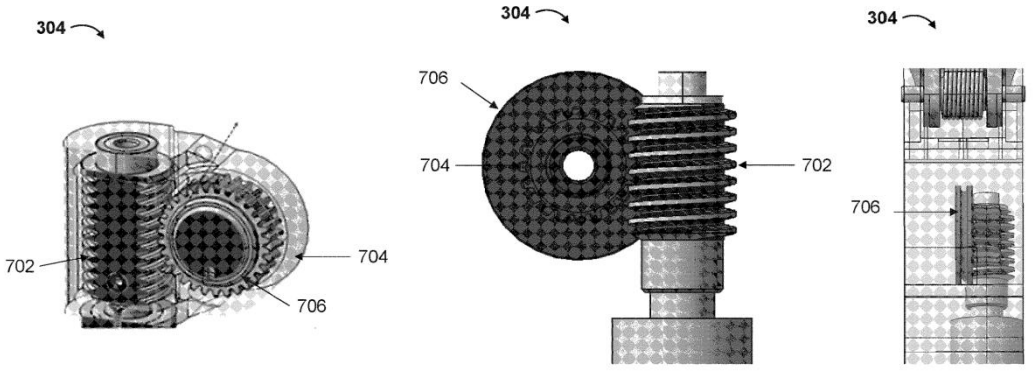
当前微型无框力矩电机正逐步迭代空心杯电机，正是人形机器人向更高集成度、更小体积、更强扭矩演进的技术体现。传统灵巧手方案主要采用标准空心杯电机。虽然其转速高、响应快，但由于无铁芯结构，其磁路饱和度低，导致持续扭矩和热容相对较弱。若要提升抓握力，往往需要匹配大体积的多级精密减速箱，难以兼顾“做小”与“有力”。灵巧手要达到马斯克提出的“接近人类操作能力”的目标，特斯拉等企业考虑用微型无框力矩电机逐步迭代灵巧手中的空心杯电机。无框力矩电机通过无框设计、直接集成，能在更小的空间内提供更大的扭矩，更适合灵巧手对小型化、高扭矩的双重要求。如 Gen3 进一步引入微型无框力矩电机，在保证控制精度的同时，探索在极小空间内的高效散热解决方案。

电机尺寸的缩小并非简单的线性缩放，随着体积进入微米/毫米级，非线性物理效应显著，制造难度呈指数级上升，核心矛盾在于散热、高功率密度对微型化进程的刚性制约。据 smooth，首要挑战是随着体积的缩减，散热表面积严重不足，功率密度的提升导致热流密度急剧升高，易引发永磁体不可逆退磁与绝缘系统老化。其次，同时追求高扭矩密度、高效率、高转速与低齿槽转矩，这涉及磁性材料选型、电磁拓扑优化、精密制造工艺及系统集成等一系列高度复杂且相互制约的技术权衡。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

图表 35：特斯拉 V3 灵巧手执行器的电机让输出轴旋转



资料来源：《UNDERACTUATED HAND WITH CABLE-DRIVEN FINGERS》、长城证券产业金融研究院

因此，灵巧手电机小型化是决定人形机器人任务能力上限的关键技术壁垒。灵巧手的有限空间要求驱动单元必须具备极高的扭矩密度与紧凑度。当前空心杯电机在扭矩输出上的局限性，促使行业向扭矩性能更优的微型无框力矩电机方案探索。该领域的技术进展将直接主导机器人末端执行器的精细化操作水平，是产业从实验室样机迈向规模化商业应用的核心演进方向。

图表 36：头部厂商灵巧手电机以空心杯电机和微型无框力矩电机为主

公司	产品	自由度	手指 数量	驱动方案	传动结构
特斯拉	第一代灵巧手	11	5	空心杯电机	蜗轮蜗杆
	第二代灵巧手	22	5	空心杯电机+无刷（有槽齿）电机 微型无框力矩电机	蜗轮蜗杆
	第三代灵巧手	22	5	/空心杯电机+无刷（有槽齿）电机	腱绳传动
EyeSight Hand	EyeSight Hand	7	3	空心杯电机+无刷（有槽齿）电机	蜗轮蜗杆+减速器 + 连杆
宇树科技	Dex5-1	20	5	空心杯电机	全直驱+连杆传动
星动纪元	XHAND1	12	5	空心杯电机	连杆传动
新剑机电	-	15	5	微型无框力矩电机	连杆传动
帕西尼	DexH5 GEN1	12	4	空心杯电机	腱绳传动
	DexH13 GEN2	16	4	空心杯电机	腱绳传动
灵巧智能	DexHand021	19	5	空心杯电机	腱绳传动
	DexHand021 Pro	22	5	空心杯电机	腱绳传动
雷赛智能	DH116	11	5	空心杯电机	连杆传动
兆威机电	DM17	17	5	空心杯电机+步进电机	全直驱
天工灵巧手	多自由度全驱灵巧手和机器人	-	-	微型无框力矩电机	全直驱
宇树科技	Unitree Dex3-1	7	3	微型无框力矩电机	全直驱+齿轮箱
因时机器人	RH56DFX	12	5	无刷空心杯电机	全直驱
哈尔滨工业大学	DLR-HIT HandII	15	5	无刷（有齿槽）电机	齿轮箱+带传动

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

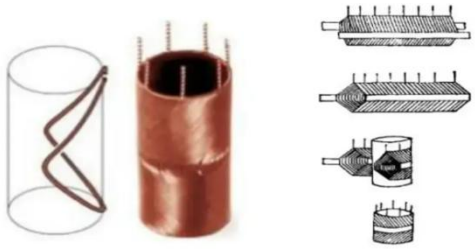
资料来源：特斯拉官网、德国宇航中心机器人与机电一体化研究所官网、企查查、《UNDERACTUATED HAND WITH CABLE-DRIVEN FINGERS》、NASA 官网、Unitree 官网、凤凰网财经、Dex-robot 官网、Paxinix 官网、ZWHAND 官网、星动纪元官网、长城证券产业金融研究院

3.3 自动化产线：助力微型电机小型化量产与降本的基石

搭建自动化产线是突破电机小型化制造瓶颈的关键支撑，更是人形机器人微型电机量产降本的核心。当前人形机器人微型电机以人工制造为主，人工与精细加工支出推高制造成本，且人工难以满足微型化电机的微米级加工精度、一致性要求，直接制约小体积、高功率密度电机的规模化应用。搭建自动化产线是破局关键，引入核心设备全自动绕线机和平衡机将为小型化电机稳定量产奠基。

（1）绕线工艺是电机制造核心壁垒，全自动绕线机是量产关键。空心杯电机绕线需一次性成型为紧密贴合的杯状线圈，技术复杂度远超传统电机。据《微特电机》刊载的空心杯无刷直流电机绕组工艺对比研究，杯型绕组成型是空心杯电机制造的关键，加工质量直接决定电机性能；绕组工艺主要存在直绕组、斜绕组和菱形绕组三种，其绕制、排布、整形、接线等工艺过程直接影响工艺特性，其中直绕组方案布满率达 81%、三相电阻平衡性 0.5%、转矩常数 14.28 mN·m/A，具有更好的工艺特性。无框力矩电机通常采用细线径、多匝数的设计，且定子槽形往往为非标准几何形状，由于缺乏外部机壳的支撑与约束，定子须依靠自身结构精度与绕组一致性来确保装配的可靠性。据《机电设备》刊载的自动绕线机研究，定子绕组组件是力矩电机的核心部件，其工艺要求包括单线、多极、双向缠绕、双向排线绕法、张力稳定控制与均匀紧密排线；纯手工绕制存在绕制效率低、人工成本高、产品一致性与质量稳定性差、无法满足批量化生产的问题，采用"双驱动"控制方法设计制造的自动绕线机可满足批量化自动绕制要求。

图表 37：空心杯线圈结构及卷绕式生产示意图



资料来源：《绕卷式空心杯电枢制作工艺及其设备》、长城证券产业金融研究院

图表 38：无框力矩电机定子绕线机



资料来源：世界机器人大会官网、长城证券产业金融研究院

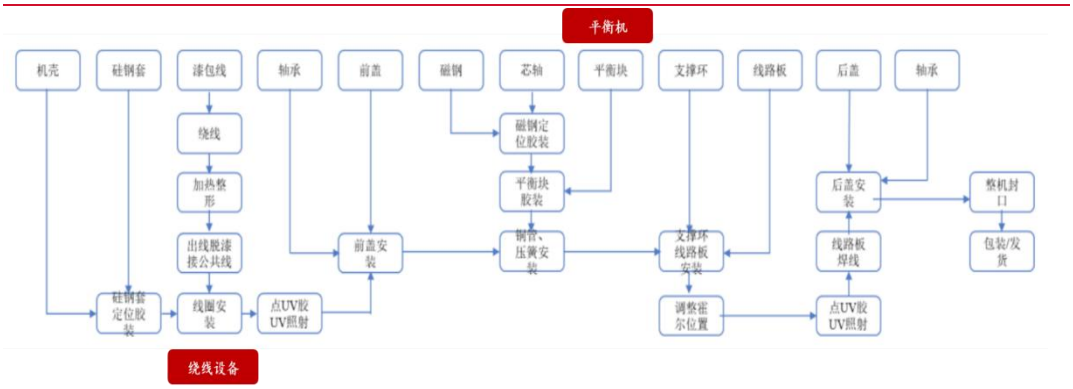
（2）动平衡检测是电机制造第二壁垒，高精度平衡机支撑小型化电机稳定量产。小型化电机体积更小、运行转速更高，高速转子的振动抑制直接决定其运行稳定性与使用寿命。据《基于振动信号提取的转子主动平衡控制系统研究》，转子不平衡是引起旋转机械振动的主要原因，振动会产生噪声、增加能耗、加快轴承磨损、引起转子部件高频疲劳损坏、降低旋转机械寿命；主动平衡技术包含动平衡测试与主动平衡校正两项核心技术——测试从传感器采集的含噪振动信号中精确提取特征值，校正则通过设计可靠控制

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

器与合理执行器实现在线自动平衡校正，是旋转机械向高速、高精度方向发展的关键技术。

图表 39：动平衡检测是电机制造的第二核心壁垒



资料来源：鼎智科技招股说明书、长城证券产业金融研究院

机器人量产百万台，我们测算电机自动绕线机、平衡机市场需求分别达到 27.1/9.3 亿元。我们按照电机绕线机绕线效率 7 分钟/个电机、均价 150 万/台，平衡机平衡检测 3 分钟/双面、均价 120 万/台，年工时 4000 小时/台测算，人形机器人量产百万台时对应 6200 万个电机检测需求，对应电机绕线机、平衡机需求分别为 1808/775 台，市场需求分别为 27.1/9.3 亿元。

图表 40：预计机器人量产百万台，电机绕线机、平衡机市场需求分别达到 27.1/9.3 亿元

零部件	分类	单台人形机器人零部件数量（个）	量产百万台对应零部件数量(万个)	对应加工设备	量产百万台对应加工设备市场空间（亿元）
电机	无框力矩电机	28	2800	绕线机	15.0
				平衡机	5.1
	无刷电机	22	2200	绕线机	5.1
				平衡机	1.8
	空心杯电机	12	1200	绕线机	7.0
				平衡机	2.4
	电机绕线机合计				27.1
	电机平衡机合计				9.3

资料来源：山东省机器人研究会、艾邦机器人官网、长城证券产业金融研究院

4.国产人形机器人电机：攻克小型化与散热瓶颈，以大规模制造塑竞争优势

4.1 小型化与散热技术突破，筑人形机器人电机企业竞争高地

我们认为，人形机器人电机必须突破两大技术瓶颈：空间约束下的小型化与高功率密度下的散热控制，这两大技术指标是企业在赛道中建立竞争优势的决胜关键。

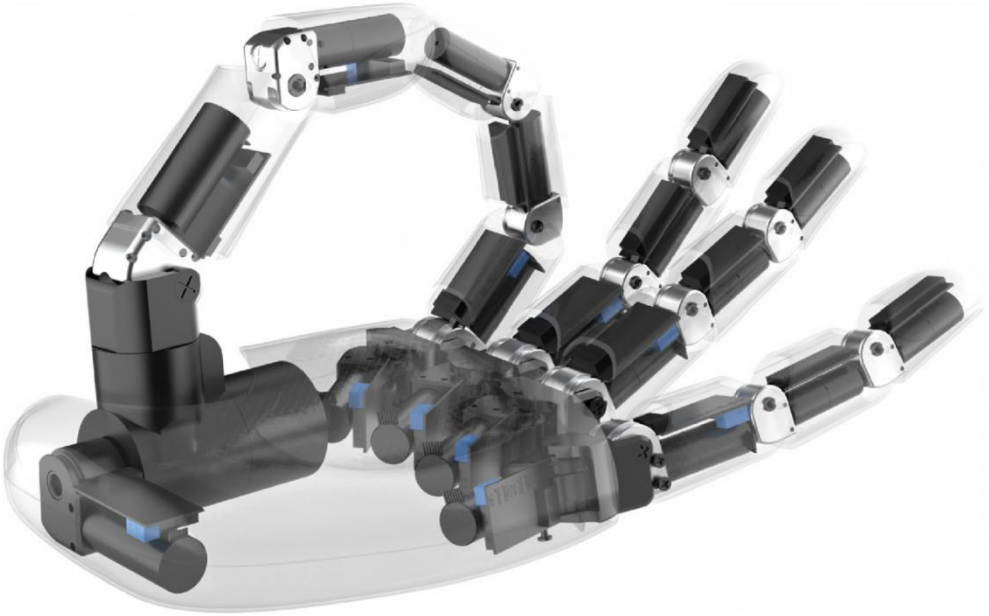
（1）小型化：空间约束下的刚性需求。人形机器人灵巧手等部位空间高度受限，对电机的体积与集成度提出严苛要求。小型化电机可在极小空间内输出高功率，适配多关节集

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

成需求，是实现机器人精细化动作的前提。掌握该技术的企业，可有效满足下游整机厂的定制化需求，抢占市场先机。

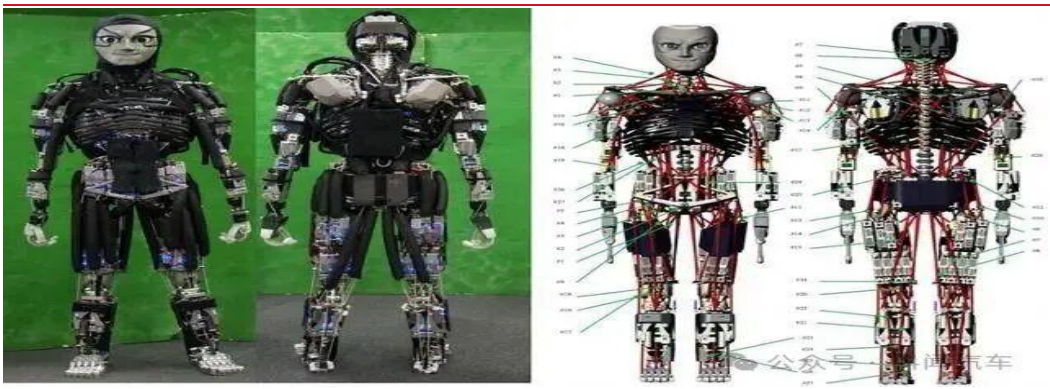
图表 41：微型电机紧凑布局于灵巧手中



资料来源：艾邦机器人、长城证券产业金融研究院

（2）散热：高功率密度下的必破难题。人形机器人联盟数据显示，高功率密度电机在持续运行过程中易产生大量热量，散热不及时将严重影响电机性能与寿命。高效散热技术可解决热量积聚问题，提升电机在量产场景下的稳定性。技术领先企业有望凭借产品的高可靠性，深度绑定头部客户，巩固市场地位。

图表 42：仿生散热：Kengoro 机器人内部的蒸发冷却系统通过多孔骨架"出汗"来为全身 108 个电机降温



资料来源：科闻汽车公众号、长城证券产业金融研究院

4.2 工程化与大规模制造能力，人形机器人电机量产的决胜关键

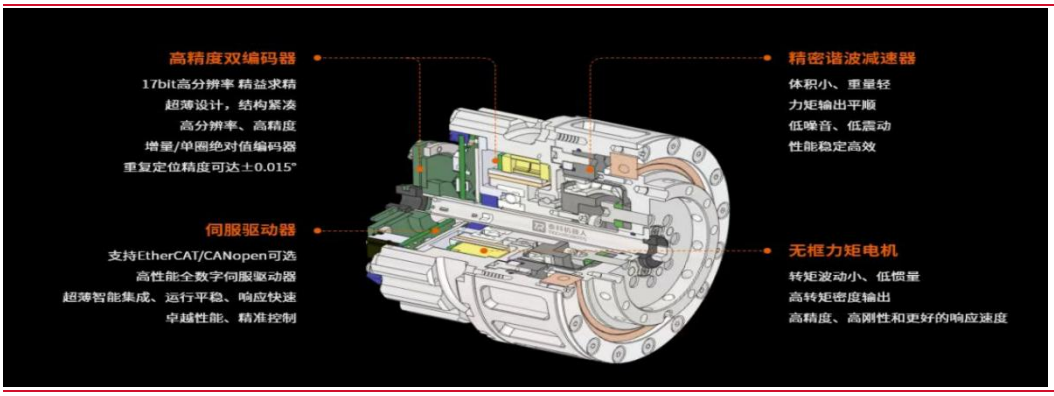
当前人形机器人行业仍处于从样机验证向标准化迈进的关键阶段，面向未来百万台级的量产目标，市场对电机供应商在工程化落地能力与规模化制造体系方面已提出严苛要求。能否在此过渡期夯实技术平台、打通制造闭环，并快速响应标准化需求，正成为企业能否在未来兑现业绩的核心竞争维度。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

（1）工程化能力：从技术到产品的转化桥梁。实验室技术需通过工程化实现产品落地，包括电机与关节的集成适配、批量生产的工艺优化、性能一致性控制等。例如，无框力矩电机需与减速器、控制器形成模块化组件，要求企业具备系统级工程设计能力；微型电机的绕线、装配等工艺需达到微米级精度，工程化经验直接决定产品良率。

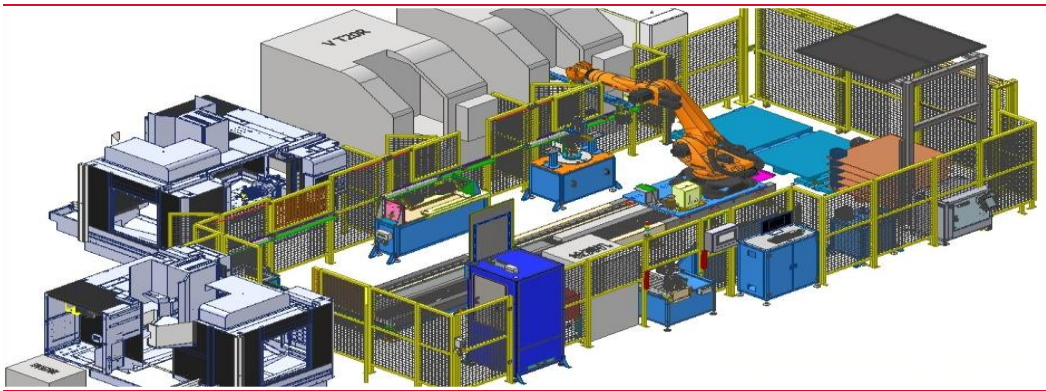
图表 43：人形机器人专用关节模组可拆解为 4 类模块化组件



资料来源：艾邦机器人公众号、长城证券产业金融研究院

（2）大规模制造能力：成本下降与订单交付的保障。人形机器人量产将带来电机需求的爆发式增长，供应商需具备快速扩产、成本控制与稳定交付能力。在此背景下，自动化生产线是关键：采用自动绕线机、平衡机等设备可降低人工成本，提升生产效率；规模化生产能摊薄研发与固定成本，满足主机厂对成本下降的诉求。海外厂商扩产谨慎、成本较高，而具备规模化制造能力的国产企业将在竞争中占据优势。

图表 44：人形机器人电机自动化生产线能够降本增效



资料来源：艾博机器人公众号、长城证券产业金融研究院

4.3 国产电机全链突围：技术创新与规模化制造协同驱动人形机器人电机量产落地

人形机器人对电机提出了性能与成本双重挑战，人形机器人电机需在受限空间内满足高精度控制、快速响应、高功率密度、高可靠性与低成本等要求，涉及磁路设计、结构优化和材料选择等核心技术。特斯拉 Optimus Gen2 单只灵巧手需集成 6 个空心杯电机于指尖关节，显著高于工业机械臂。整机的电机成本占比约 25%，年产百万台后，单机电机价值量达约 2.76 万元。在百万台量产目标下，整机厂难以承受外资方案的成本结构，国产供应链的成本效益优势凸显。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

图表 45：特斯拉机器人完成捏鸡蛋等精细操作



资料来源：特斯拉官方账号、长城证券产业金融研究院

国产供应链在两大核心能力上正展现出独特竞争优势。

一方面，以粘胶铁芯等核心零部件创新工艺、微型无框力矩电机等新一代电机产品为代表的创新技术路线，正在突破人形机器人关节对高功率密度、高响应性与散热性能的严苛要求；相较之下，空心杯电机虽在部分轻载场景中有所应用，但受限于力矩密度与热管理瓶颈，预计将逐步被更适配量产需求的微型无框力矩电机等新一代方案所替代。

另一方面，具备汽车零部件背景的中国企业依托成熟的规模化制造体系，在工程转化效率、成本控制及快速迭代能力上优势显著。国外厂商虽在早期技术积累上领先，但其产品多定位于高端市场，价格昂贵、扩产节奏保守，且产能集中于海外；而国产厂商则能紧密协同整机厂，高效满足“低成本、大批量、高配合度”的核心诉求，有力推动人形机器人从样机验证加速迈向标准化量产。

我们认为，以下三类企业将充分受益于人形机器人产业化浪潮。一是在小型化与散热等核心瓶颈上取得技术突破的电机制造企业，包括在微型电机小型化领域领先的伟创电气、深耕微型无框力矩电机技术的德昌股份、生产高密度型无框电机和空心杯电机的雷赛智能、自研谐波磁场电机技术的恒帅股份；**二是具备规模化生产能力的电机制造企业，**如具备电机全栈自研与规模化生产能力的震裕科技、拓普集团；**三是为电机大规模、低成本制造提供关键支撑的上游企业，**涵盖精密绕线设备领先者田中精机、高精度动平衡技术领先者集智股份、PEEK 材料技术引领者唯科科技、掌握粘胶铁芯工艺的隆盛科技、高性能磁材领导者金力永磁。三类企业通过技术创新与产能布局形成协同效应，共同推动人形机器人电机产业迈向成熟。

图表 46：国产厂商积极布局人形机器人电机

类型	公司	业务布局情况
小型化与散热技术	恒帅股份	车用微电机隐形冠军，自研谐波磁场电机技术，适配人形机器人关节驱动；机器人电机为公司重点新兴赛道，2026 年 9 月已就直线关节、旋转关节及灵巧手电机开展定制化开发并推进样件送样，公司同期提示尚未形成规模化订单，为未来增长核心看点。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

大规模制造	雷赛智能	运动控制领域企业，FM2 系列通过磁路优化与灌封工艺，实现"超高密度、超低温升、超长续航"，已覆盖 50–127mm 等规格并量产，2024 年一季度起批量生产，年产能 30 万台；空心杯电机采用全自动绕线工艺，转矩表现领先，适配灵巧手等高响应场景。
	德昌股份	德昌股份依托汽车 EPS 无刷电机精密制造能力切入人形机器人赛道，主攻无框力矩电机等关节电机。2025 年已携手领先人形机器人企业完成核心关节电机研发试制与样件交付，关键性能指标达客户要求；据 2026 年半年度业绩说明会，机器人灵巧手部关节电机部分机型已完成验证、初步定型并实现小批量交付。汽车电机主业 2025 年收入 6.04 亿元、同比+46.45%，2026 年上半年 3.37 亿元、同比+19.93%。
	伟创电气	2025 年 7 月披露已开发 8-16mm 直流无刷空心杯电机系统，在空心杯电机产品方面可提供完整模组解决方案，通过编码器、电机、驱动器、齿轮箱的高效组合，为优化机器人整体解决方案起到了重要作用。公司空心杯电动机具有高转速、高扭矩、低噪音振动的优势，电机运行平稳、控制更精确，结构紧凑带来更高效率和功率密度。
	步科股份	国内首批研发无框力矩电机的企业之一，具备高功率密度电机设计与灌封工艺技术。凭借在无框力矩电机领域的技术积淀与规模化量产能力，公司自研无框力矩电机、微型无框力矩电机及配套伺服系统切入人形机器人核心关节赛道；依托常州智能制造基地（年产能规划 181 万台）与多条专用产线，2026 年上半年无框力矩电机出货 11.36 万台、同比增长 422.90%，已实现批量交付，正快速构建从核心零部件到系统级解决方案的完整供应体系。
	金帝股份	金帝股份具备外径 10-19mm 微型无框力矩电机量产技术，是国内新能源汽车驱动电机定转子的规模化量产企业。公司依托精密冲压工艺积累，将电机制造经验向人形机器人延伸，同时拥有行业领先的精密冲压与离心铸铝工艺。
	震裕科技	公司是新能源汽车驱动电机铁芯的规模化量产企业，具备行业领先的电机铁芯自动化生产线。自 2018 年起研发铁芯粘胶技术，为国内首家粘胶铁芯量产商，2022 年推出第二代、2023 年推出第三代；凭借粘胶铁芯技术，自研无框力矩电机与微型无框力矩电机切入人形机器人电机赛道。2025 年上半年粘胶工艺铁芯出货量占电机铁芯的 20%，线性执行器已迭代至第三代、减重 22.5%、表面温度降低 13%；2026 年上半年线性执行器模组及丝杠已直接对接海外大客户，灵巧手精密零部件已对国内本体厂家小批量供货。
	拓普集团	拓普集团依托汽车 Tier0.5 平台化能力与全栈电机自研技术，正快速切入人形机器人赛道，并通过专属产线与海外布局构建全球化供应体系。2023 年 7 月设立机器人事业部；2024 年 1 月投资 50 亿元建设机器人核心部件生产基地，电驱系统生产线投产、年产能 30 万套电驱执行器。公司凭借 Tier0.5 平台化优势和永磁伺服、无框电机等全系列自研能力掌握电机-减速器-控制器一体化集成技术；2026 年上半年直线执行器、旋转执行器及灵巧手电机进入小批量交付，产业基地首期建设基本完成。
自动化	集智股份	国内动平衡设备领军者，核心产品适配人形机器人无框力矩电机、空心杯电机等精密旋转部件生产。据 2025 年半年度报告，公司多款产品已在机器人核心零部件制造领域得到应用，已与头部零部件厂商建立稳定合作，并通过子公司杭州擎科智能科技布局机器人感知与故障诊断系统开发，加速机器人检测设备全产业链布局。
	田中精机	国内精密绕线设备制造企业，核心技术适配人形机器人空心杯、无框力矩电机生产，自研设备打破海外垄断；相关设备已服务机器人核心部件制造。据 2025 年年报，公司在直线电机、无框力矩电机、空心杯电机、关节模组生产线等领域获得技术突破和

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

		客户订单。
核心材料	隆盛科技	隆盛科技凭黑田粘胶铁芯工艺卡位新能源汽车供应链：2022 年 2 月 16 日全资子公司与日本黑田精工签订《专利许可协议》，获得"Glue FASTEC®"技术授权。落地人形机器人电机研发，2025 年 5 月完成对无锡蔚瀚智能的工商变更登记、正式纳入控股子公司体系，通过并购整合搭建产品矩阵。
	唯科科技	精密注塑企业，手握模内电子技术蓄力电子皮肤，目前已在汽车端小批量出货，可用于减重；柔性触感材料方面，公司与全球医疗领域知名品牌安保 AMBU 合作开发塑胶人皮。2025 年 12 月机器人电机绝缘端部、齿轮马达和外壳等产品实现批量化销售。
	金力永磁	高性能钕铁硼磁材制造企业，产品适配机器人、新能源汽车等领域电机。2025 年中启动包头三期"年产 2 万吨高性能稀土永磁材料绿色智造项目"，预计 2027 年底磁材产能达 6 万吨/年。2026 年上半年已建成先进的具身机器人电机转子生产线，机器人及工业伺服电机领域收入 2.61 亿元、同比增长 96.40%。

资料来源：伟创电气 2026 年半年报、伟创电气投资者关系活动记录表、恒帅股份投资者关系活动记录表、证券时报网、步科股份 2025 年报、中华工控网、隆盛科技公告、唯科科技 2025 年年报、新浪财经、上海证券报、雷赛智能投资者关系活动记录表、步科股份投资者关系活动记录表、每日经济新闻网、震裕科技投资者关系活动记录表、宁波市经信局、财联社、集智股份 2025 年半年报、唯科科技投资者关系活动记录表、中国证券报、长城证券产业金融研究院

4.4 技术突破：人形机器人电机小型化及散热技术领跑者

4.4.1 恒帅股份：创新谐波磁场电机技术，构筑性能与成本双优势

恒帅股份作为车规级微伺服电机领域核心企业，将谐波磁场电机技术作为向人形机器人赛道延伸的核心抓手，构建差异化竞争优势。宁波恒帅股份有限公司投资者关系活动记录表显示，公司前瞻性布局人形机器人产业，研发谐波磁场电机技术已取得显著进展并逐步实现产业化。公司与德国伦茨合作开发的滚筒电机作为该技术首个量产品种，已进入量产爬坡周期，并逐步应用于人形机器人领域，匹配人形机器人关节电机对“轻量化、高转矩、小体积”的核心需求，在人形机器人的相关电机品种中具备显著竞争优势。

图表 47：谐波磁场电机用于人形机器人



资料来源：电机新材料公众号、长城证券产业金融研究院

4.4.2 雷赛智能：自研无框力矩与空心杯电机，产业化进程领先

公司自研超高密度无框力矩电机与对标海外的空心杯电机“双引擎”，实现性能、成本与规模化交付的同步突破。据雷赛智能官网，FM2 系列采用新一代磁路优化和灌封工艺技术，实现"一低一高一长"（超低温升＋超高密度＋超长续航）三大优势，较国际知名 T 公司无框电机铜耗降低 15%、较 FM1 损耗再降低 20%。据雷赛智能公司投资者关系活

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

动记录表（编号 2025-01），其 2024 年 2 月成立的上海雷赛机器人科技有限公司已实现 FM1、FM2 系列高密度无框力矩电机成功量产，年产能可达 30 万台；无刷空心杯电机采用马鞍型全自动绕线技术、一次成型，具有转矩特性好、功率密度高、转速范围大、使用寿命长等优点，总体上达到世界一流技术水平，年产能 12 万台。据雷赛智能公司 2026 年 10 月投资者关系活动记录表，无框力矩电机在手订单超 100 万台，已进入 80%以上人形机器人整机厂家供应体系。

图表 48：雷赛智能生产的高密度型无框电机和空心杯电机



资料来源：雷赛智能官网、长城证券产业金融研究院

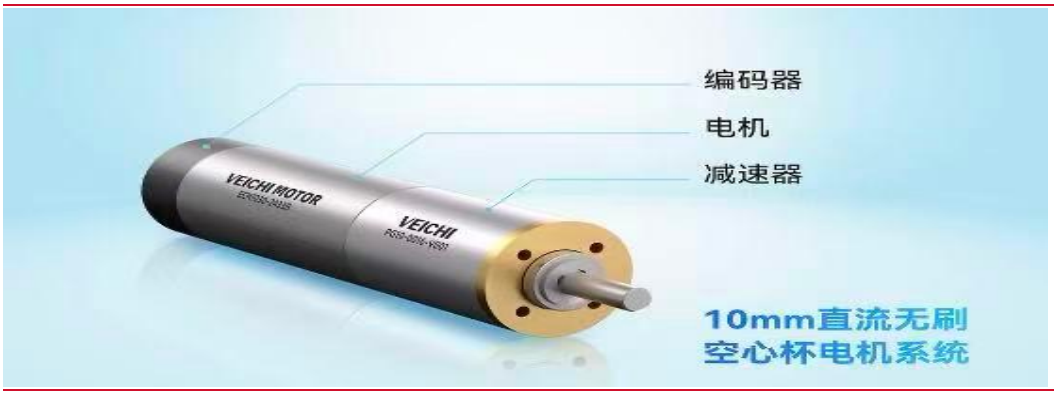
4.4.3 伟创电气：微型电机领航者，破解“缩体积、降发热”难题

公司依托工控伺服技术积淀，突破电机小型化、高转矩密度、高效散热关键技术，形成空心杯电机、无框力矩电机、轴向磁通电机等全品类产品布局。据伟创电气投资者关系活动记录表（编号 2025-016），公司围绕"一核两新"战略全面布局具身智能全产业链，2025 发布的产品包括 12mm-21mm 微型无框电机、6-16mm 空心杯电机、轴向磁通电机、轮毂电机及超高功率密度驱动器；同时携手行业优秀企业推出 6DOF 腱绳仿生驱动灵巧手、超短款谐波关节模组、行星关节模组、摆线关节模组、轴向磁通关节模组等具身智能核心部件，以系统化解决方案为产业升级赋能。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

图表 49：伟创电气 10mm 直流无刷空心杯电机产品



资料来源：人形机器人联盟公众号、长城证券产业金融研究院

4.4.4 步科股份：国内无框力矩电机制造领先企业，"1+N"战略深耕机器人核心部件

步科股份是国内无框力矩电机行业领先企业，以机器人为核心实施"1+N"战略，依托近十年电机自研积淀与常州智能制造基地的大规模制造能力，加速卡位人形机器人关节电机赛道。公司 2016 年推出首代无框力矩电机，2022 年首创无框灌封工艺，目前已形成覆盖全类型关节的电机产品矩阵，2025 年发布第四代 FMK 系列并配套 RD 中空驱动器，并配套驱动器形成"电机+驱动"成套方案，同时正向研发轴向磁通电机等下一代技术。2026 年公司进一步推出 FMH 超高性能大中空无框力矩电机，采用全新电磁方案与分瓣铁芯设计，扭矩密度更突出，整体高度更低，完美适配人形机器人关节紧凑化与轻量化需求。

图表 50：步科正式推出第四代无框力矩电机-FMK 系列无框力矩电机以及适配的 RD 系列中空驱动器



资料来源：步科股份官网、长城证券产业金融研究院

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

4.5 量产制造：人形机器人电机规模化生产企业

4.5.1 金帝股份：国内新能源汽车驱动电机定转子量产商，顶尖精密冲压与铸铝工艺

金帝股份具备外径 10-19mm 微型无框力矩电机量产技术，是国内新能源汽车驱动电机定转子的规模化量产企业。公司依托精密冲压工艺积累，将电机制造经验向人形机器人延伸，同时拥有行业领先的精密冲压与离心铸铝工艺。据金帝股份 2025 年年报，公司是国内少数运用离心铸造技术批量生产异步感应电机铸铝转子的企业，已牵头起草《新能源汽车异步电机铸铝转子通用要求》团体标准。凭借自主知识产权的铝材配方体系，公司铸铝转子产品最高转速可达 25000 转以上，已在辰致、比亚迪、吉利、奇瑞、蔚来、小鹏、奥迪、沃尔沃、宝马等汽车品牌的主要车型上装配量产。在电机定子方面，公司通过焊接工艺优化使 U-Mini Pin 产品相比传统方案焊接直线段降低 40%-50%，有效节省铜材耗用量。截至 2025 年末，公司新能源汽车定转子总成业务相关专利达 157 项。

图表 51：外径 10-19mm 微型无框力矩电机



资料来源：金帝股份公众号、长城证券产业金融研究院

4.5.2 震裕科技：国内首家粘胶铁芯量产商，自研无框力矩电机与微型无框力矩电机

公司是新能源汽车驱动电机铁芯的规模化量产的领军企业，具备行业领先的电机铁芯自动化生产线。国内首家粘胶铁芯量产商，凭借粘胶铁芯技术，自研无框力矩电机与微型无框力矩电机切入人形机器人电机赛道。震裕科技依托精密级进冲压模具优势，从 2018 年开始研发铁芯粘胶技术，在国内首创模内点胶工艺并开发出胶粘电机铁芯产品。据震裕科技公司投资者关系活动记录表，公司 2018 年开始研发该技术，为全球第二家掌握该技术的企业，2022 年推出第二代、2023 年推出第三代；粘胶工艺铁芯出货量已占电机铁芯的 20%，产品结构优化提高了电机铁芯整体盈利能力。公司借助自研粘胶铁芯工艺（具有发热量低、损耗小、抗拉强度大、稳定性好、寿命长等优点）自研自制无框力矩电机，自主设计研发成功多款线性执行器产品；据震裕科技 2026 年半年度报告，公司在组件产品产业化的基础上不断迭代系统集成，通过加工工艺的持续改进，加速"反向式行星滚柱丝杠—线性执行器模组—高度集成仿生臂"的迭代，并通过微型滚柱丝杠、微型滚珠丝杠、微型行星齿轮组及微型蜗杆齿轮等组件的产业化为下游客户灵巧手硬件提供定制化集成方案，最终成为下游人形机器人本体厂的硬件综合服务商。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

图表 52：震裕科技电机铁芯自动化生产线



资料来源：搜狐新闻、震裕科技官网、长城证券产业金融研究院

4.5.3 拓普集团：全栈电机自研，布局全球化供应体系

拓普集团依托汽车 Tier0.5 平台化能力与全栈电机自研技术，正快速切入人形机器人赛道，并通过专属产线与海外布局构建全球化供应体系。据拓普集团 2024 年年度报告，公司推行 Tier0.5 级创新商业模式，该模式被客户广泛接受和认可，大幅提升了单车配套产品数量和配套金额。公司研发线控刹车系统 IBS 项目多年，在机械、减速机构、电机、电控、软件等领域形成了深厚的技术积淀，并横向拓展至机器人电驱执行器等业务；公司在机器人执行器业务的核心优势包括：具备永磁伺服电机、无框电机等各类电机的自研能力，具备整合电机、减速机构、控制器的经验，具备精密机械加工能力，具备各类研发资源及测试资源的协同能力。为抓住机器人业务的发展机遇，公司决定拆分设立电驱事业部，建立独立管理架构、配置专业团队、整合优势资源。国际化布局方面，据拓普集团公司 2026 年半年度报告，墨西哥工厂产能利用率稳步提升、二期项目筹划推进中，波兰工厂二期已启动规划设计，泰国一期工厂基础建设已完成、部分产线已投产，全部投产后公司将实现全产品线的境外覆盖。

图表 53：从汽车到机器人：拓普电机技术跃迁



资料来源：拓普集团官网、长城证券产业金融研究院

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

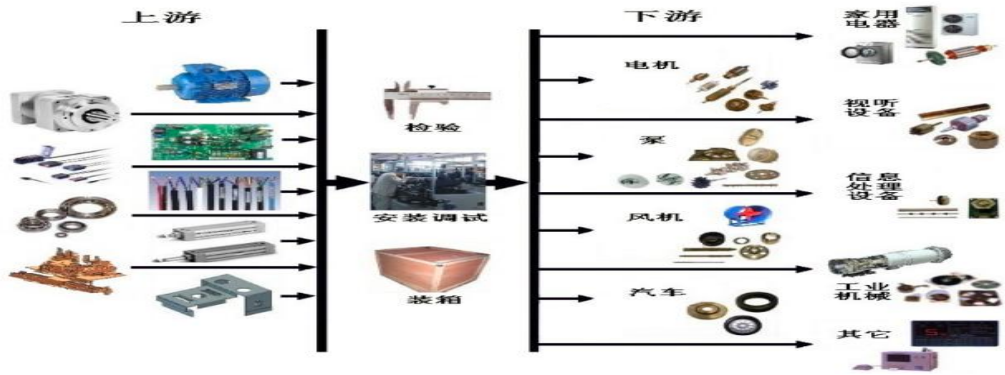
下载日志已记录，仅供内部参考

4.6 上游筑基：自动化装备与核心材料双擎驱动

4.6.1 集智股份：高精度动平衡技术领军者，保障电机高速稳定性

集智股份凭借全自动平衡机核心技术，提供无框力矩电机、空心杯电机等电机全系动平衡机。据集智股份 2025 年年度报告，公司掌握了全自动平衡机传感器设计、精确定位、数学模型建立、对刀与进刀、动态密度补偿等难题，形成多项核心技术，是国内唯一上市全自动平衡机企业；产品成功进入博世、万宝至、格力、美的等国内外企业或其下属企业，广泛应用于家用电器、电动工具和汽车等行业的电机制造领域，电机类全自动平衡机已形成覆盖各微特电机应用领域的全系列产品，测量精度由常规精度低转速向高精度高转速提升。2025 年，公司开发的空心杯转子平衡机、减速器转子平衡机、行星滚柱丝杠平衡机、激光雷达测试机等产品与机器人零部件厂商建立合作关系，承接了单条空心杯电机转子线，拓展了三花智控、鸣志电器、兆威机电等一批优质客户；公司同时全面掌握电机自动化生产设备的工艺和控制技术以及机器人控制和应用技术，为电机制造企业提供自动化、智能化转型升级的全套解决方案。

图表 54：集智股份平衡机保障电机高速稳定



资料来源：《集智股份首次公开发行股票并在创业板上市招股说明书》、长城证券产业金融研究院

4.6.2 田中精机：全球绕线技术奠基者，突破空心杯电机量产瓶颈

田中精机依托百年绕线技术积淀与高精度控制能力，正为空心杯电机等机器人核心部件提供关键制程设备支撑。田中精机以绕线技术为核心竞争力，为空心杯电机等机器人核心部件提供关键制程设备支撑。据田中精机公司投资者关系活动记录表，公司前身为日本田中精机株式会社、始创于 1933 年，自日本田中精机开发并销售第一台绕线机以来，奠定了在绕线机行业的鼻祖地位。据田中精机 2025 年年报，2025 年研发投入 1,976.11 万元、占营业收入 6.25%，截至 2025 年末累计授权专利 429 项（发明专利 137 项）；据 2026 年 5 月投资者关系活动记录表，公司在无框力矩电机、空心杯电机、直线电机、关节模组生产线等领域获技术突破和客户订单；据 2026 年半年报，2026 上半年营收 1.39 亿元、同比增长 51.23%。

图表 55：田中精机绕线机技术领先，可满足人形机器人电机绕线高要求

产品类型	产品图	产品介绍	产品特点
直线电机		该设备以自粘线为主	尺寸稳定性高

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

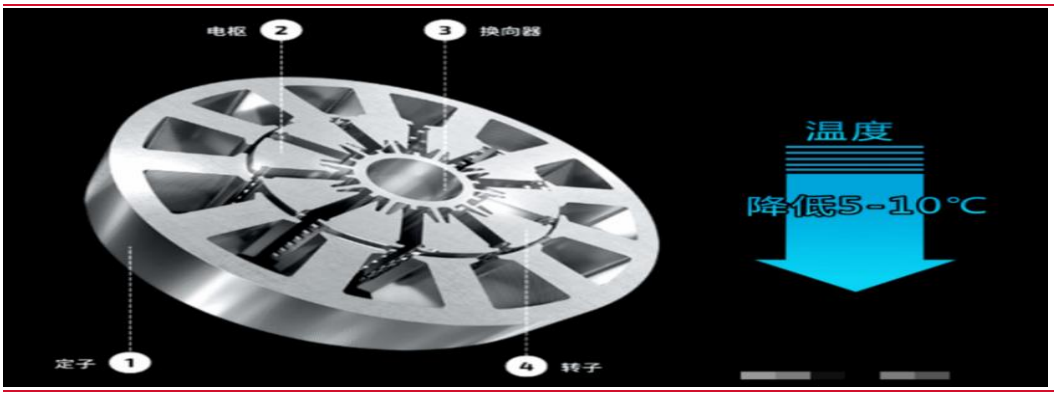
		要应用线材，同时也能兼顾漆包线的绕线需求，可以实现多层阿尔法绕线和常规绕法	自动化程度高 兼容范围广
针式绕线机		该设备长 1.3 米，宽 1.39 米，高 2.2 米，用于内绕定子产品、直条式定子产品。主要工序为：人工上料—设备绕线—人工下料，适用于水泵、油泵定子、旋变定子等产品绕线	兼容性广 灵活性高 稳定性强 生产效率高

资料来源：田中精机公众号、长城证券产业金融研究院

4.6.3 隆盛科技：高能效电机铁芯核心供应商，获黑田粘胶铁芯授权

隆盛科技依托日本黑田授权的粘胶铁芯工艺，有望为人形机器人电机散热问题提供解决方案。隆盛科技依托日本黑田精工授权的粘胶铁芯工艺，切入人形机器人驱动电机部件赛道。据隆盛科技公司 2022 年 2 月 16 日公告，全资子公司无锡隆盛新能源与日本黑田精工签订《专利许可协议》，获得其独有的"Glue FASTEC®"驱动电机铁芯粘胶技术授权，该技术是粘胶领域最为成熟、为数不多已经过市场大规模量产充分验证的专有技术。据黑田精工官网，Glue FASTEC®采用独家"模内黏结工艺"在模具内完成自动黏结叠层，较传统铆层合接铁芯将铁损（涡流损耗和磁滞损耗）降低 10%以上，并使铁损和发热降至最低、散热性优异以延长马达寿命。据隆盛科技公司 2025 年年度报告，人形机器人零部件板块已涵盖灵巧手、谐波减速器、驱动电机部件等产品。

图表 56：粘胶工艺可降低铁芯铁耗解决人形机器人电机散热问题



资料来源：今日电机公众号、长城证券产业金融研究院

4.6.4 唯科科技：PEEK 材料技术引领者，定义机器人关节轻量化新标准

唯科科技依托 PEEK 等特种工程塑料的精密模塑技术，正从汽车轻量化供应商切入人形机器人高价值传动部件赛道。据唯科科技投资者关系活动记录表（编号 2025-010），公司已发展成为"模塑一体化"规模生产企业，现已成为国内领先、国际知名的精密注塑模

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

具企业之一。在机器人领域，公司与全球无框力矩电机知名企业尼得科、科尔摩根、THOMSON LINEAR 均为长期合作客户，主要为其供应机器人电机绝缘端部、齿轮马达和外壳等产品，主要采用 PET 加纤材料，具有力学性能好、耐刮擦、耐腐蚀、绝缘性好、熔点高等特点，同时符合以塑代钢轻量化的趋势；公司还与全球知名传动企业 DANFOSS 和力纳克等合作开发自润滑性能良好的 PEEK 材料 T 型丝杆和 PPS 螺杆等产品，以上产品均已实现批量化销售。

图表 57：唯科科技轻量化材料"模塑一体化"生产模式完备

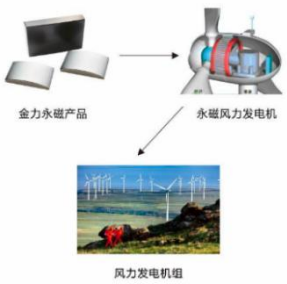


资料来源：唯科科技官网、长城证券产业金融研究院

4.6.5 金力永磁：高性能钕铁硼全球领导者，以核心材料筑牢电机性能根基

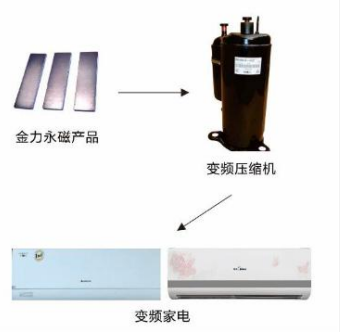
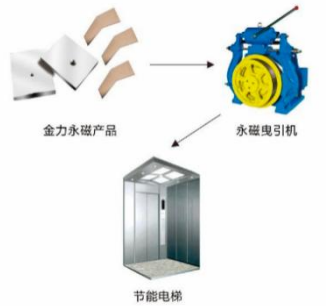
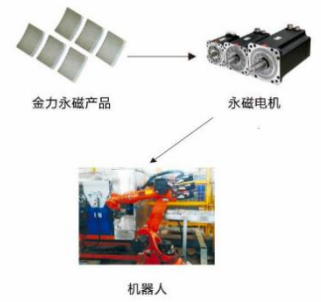
金力永磁依托独创的晶界渗透技术，正凭借新能源车高端磁材制造的优势切入人形机器人电机转子核心供应链。据公司投资者关系活动记录表，其掌握的晶界渗透技术（GBD）可减少镝、铽等中重稀土添加量约 50%–70%。2026 年上半年新能源领域收入达 22.28 亿元，同比增长 33.04%。公司已成立电机转子事业部，建成专用产线并实现小批量交付。随着 2027 年 6 万吨高性能磁材产能落地，其在人形机器人核心材料领域的供应地位将进一步强化，为行业提供高性能、高一致性的磁材解决方案，直接决定人形机器人电机的扭矩输出、响应速度与温升特性，成为产业链中不可或缺的上游核心供应商。

图表 58：金力永磁高性能钕铁硼永磁材料为各行业提供高性能、高一致性的磁材解决方案，保证电机优异性能

应用领域	应用	主要客户	
风力发电	主要用于永磁直驱、半直驱风力发电机	金风科技、中国中车、南京汽轮、西门子-歌美飒、湘电股份	

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

应用领域	应用	主要客户	
新能源汽车及汽车零部件	主要用于汽车的永磁同步驱动电机及 ABS(防抱死制动系统)、EPS(电子助力转向系统)、汽车油泵等汽车零部件	博世集团(Bosch)及其控股子公司联合汽车电子(UAES)，比亚迪等	
节能变频空调	主要用于家用电器的压缩机	三菱、美的、上海海立、格力凌达等	
节能电梯	主要用于节能电梯中的曳引电机	通力电梯等	
机器人及智能制造	主要用于伺服电机 (空心杯电机)	博世力士乐(BoschRexrothAG)、汇川技术等	

资料来源：《金力永磁 2020 年度向特定对象发行股票并在创业板上市募集说明书》、长城证券产业金融研究院

风险提示

宏观经济波动风险：机器人产业方兴未艾，短期内需求有限，许多相关零部件和本体厂商主要下游仍为工业机器人等传统行业，因此宏观经济波动仍会对国内机器人产业链相关公司的经营情况产生较大影响。

人形机器人产业发展进程不及预期：人形机器人产业目前还处于发展前期，发展进程存在较大的不确定性，有低于预期的风险。

国产厂商导入机器人供应链进度不及预期：当前特斯拉人形机器人供应链未完全确定，国产厂商入供前景存在不确定性。

原材料价格波动风险：高端电机主要依赖钕铁硼永磁材料、高纯铜等原材料，其中稀土

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

材料价格受供需和政策影响波动幅度较大，原材料涨价将直接压缩企业利润空间。

测算数据与实际情况不一致：上述测算基于特定统计口径与假设，不同机构口径差异明显，与实际量产情况或存在偏差，不构成对成本与交付进度的承诺。

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster

下载日志已记录，仅供内部参考

免责声明

长城证券股份有限公司（以下简称长城证券）具备中国证监会批准的证券投资咨询业务资格。

本报告由长城证券向专业投资者客户及风险承受能力为稳健型、积极型、激进型的普通投资者客户（以下统称客户）提供，除非另有说明，所有本报告的版权属于长城证券。未经长城证券事先书面授权许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布，亦不得作为诉讼、仲裁、传媒及任何单位或个人引用的证明或依据，不得用于未经允许的其它任何用途。如引用、刊发，需注明出处为长城证券研究院，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

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投资标的的邀请或向他人作出邀请。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。

长城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。长城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。

长城证券版权所有并保留一切权利。

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。因本研究报告涉及股票相关内容，仅面向长城证券客户中的专业投资者及风险承受能力为稳健型、积极型、激进型的普通投资者。若您并非上述类型的投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研究报告中的任何信息。

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

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：本人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，在执业过程中恪守独立诚信、勤勉尽职、谨慎客观、公平公正的原则，独立、客观地出具本报告。本报告反映了本人的研究观点，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接收到任何形式的报酬。

投资评级说明

公司评级		行业评级	
买入	预期未来 6 个月内股价相对行业指数涨幅 15%以上	强于大市	预期未来 6 个月内行业整体表现战胜市场
增持	预期未来 6 个月内股价相对行业指数涨幅介于 5%~15%之间	中性	预期未来 6 个月内行业整体表现与市场同步
持有	预期未来 6 个月内股价相对行业指数涨幅介于-5%~5%之间	弱于大市	预期未来 6 个月内行业整体表现弱于市场
卖出	预期未来 6 个月内股价相对行业指数跌幅 5%以上		
	行业指中信一级行业，市场指沪深 300 指数		

长城证券产业金融研究院

深圳
地址：深圳市福田区福田街道金田路 2026 号能源大厦南塔楼 16 层
邮编：518033
传真：86-755-83516207

北京
地址：北京市宣武门西大街 129 号金隅大厦 B 座 27 层
邮编：100031
传真：86-10-88366686

上海
地址：上海市浦东新区世博馆路 200 号 A 座 8 层
邮编：200126
传真：021-31829681

网址：http://www.cgws.com

长城证券 GREAT WALL SECURITIES

Remove Demo Watermark from http://www.wancaiinfo.com/pdfmaster