

人形机器人，金属材料新机遇

2023 年 11 月 08 日

► **AI 赋能，人形机器人发展提速，拉动金属材料需求。**人形机器人具有类人的外貌，一定程度上可替代多种传统机器人，但也需要更加复杂的驱动、传感、控制、交互系统。早期人形机器人造价昂贵，不具备智能，应用场景有限，难以大规模商业化量产。快速发展的 AI 或可成为人形机器人的大脑，同时近年新发布人形机器人的成本普遍有所下降。一旦人形机器人克服成本高和不智能两大缺点，下游应用空间或将被打开，人形机器人市场空间将迎来快速增长。根据 Statistics Market Research Consulting 的数据，2020 年全球人形机器人市场估计为 5.6 亿美元，而到 2027 年市场规模或将达到 141 亿美元，CAGR 达到 58.5%。人形机器人终端的快速放量将带来全产业链投资机会，包括上游材料端。

► **稀土磁材：伺服电机关键原材料，人形机器人成为新增长极。**伺服电机占到工业机器人成本的 22%，是机器人重要组成部分，而人形机器人需要精准控制和大扭矩，因此对磁材性能提出了高要求，需要稀土永磁材料才能满足。中性预期下，假设特斯拉人形机器人 2024/2025/2026/2030 年分别生产 5/25/50/500 万台，则特斯拉人形机器人 2030 年将带来 2 万吨高性能钕铁硼磁材毛坯需求增量，6747 吨镨钕氧化物需求增量，分别占 2022 年钕铁硼/镨钕氧化物总需求的 7.1%/7.2%。除了需求量的拉动之外，若考虑磁材公司以磁组件形式进行供应，则单机价值量或将远超新能源车。

► **精密切割丝：谐波减速器加工耗材，有望受益于人形机器人放量。**减速器占到工业机器人成本的 32%，是机器人重要组成部分，主要分为谐波减速器和 RV 减速器。其中谐波减速器的钢轮内齿需要通过慢走丝工艺进行加工，博威合金旗下贝肯霍夫公司在慢走丝用电极丝材料行业表现卓越。我们预计 2030 年人形机器人带来精密切割丝新增需求 3.5 万吨。

► **轻量化材料（铝、镁、碳纤维）：机器人骨架，百舸争流逐浪高。**对于人形机器人而言，轻量化的受益远大于汽车。常见的三种汽车轻量化材料铝、镁、碳纤维复合材料中，碳纤维复合材料价格高昂，不利于人形机器人整体降本。与铝相比，镁具备更小的密度，更优秀的减震和散热性能，我们认为其是人形机器人轻量化的重要备选方案。我们预计 2030 年人形机器人带来新增轻量化材料需求 12.5 万吨，对于铝/镁/碳纤维的需求弹性分别为 0.2%/12.5%/92.6%。

► **投资建议：基于人形机器人放量对上游材料端潜在的需求拉动。我们重点推荐：金力永磁，正海磁材，宝武镁业，博威合金。**建议关注：磁材相关标的中科三环，宁波韵升，大地熊，英洛华，中科磁业；铝加工标的南山铝业，碳-碳复合材料加工标的金博股份、楚江新材，镁加工标的星源卓镁、万丰奥威等。

► **风险提示：**特斯拉人形机器人放量不及预期，行业关键技术突破不及预期，原材料价格波动风险等。

重点公司盈利预测、估值与评级

代码	简称	股价 (元)	EPS (元)			PE (倍)			评级
			2022A	2023E	2024E	2022A	2023E	2024E	
300748.SZ	金力永磁	17.25	0.84	0.51	0.67	21	34	26	推荐
300224.SZ	正海磁材	12.05	0.49	0.61	0.78	25	20	15	推荐
601137.SH	博威合金	15.43	0.68	1.43	1.75	23	11	9	推荐
002182.SZ	宝武镁业	20.48	0.95	0.43	0.84	22	48	24	推荐
301398.SZ	星源卓镁*	52.27	0.70	1.14	1.61	75	46	32	/

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；

(注：股价为 2023 年 11 月 3 日收盘价；未覆盖公司数据采用 wind 一致预期)

推荐

维持评级



分析师 邱祖学

执业证书：S0100521120001

邮箱：qiuzuxue@mszq.com

分析师 张弋清

执业证书：S0100523100001

邮箱：zhangyiqing@mszq.com

研究助理 南雪源

执业证书：S0100123070035

邮箱：nanxueyuan@mszq.com

相关研究

1. 有色金属行业 2023Q3 总结：2023Q3 盈利总体回升，进入最佳布局期-2023/11/05
2. 有色金属周报 20231105：联储鸽声嘹亮，金属价格迎来共振上行-2023/11/05
3. 有色金属周报 20231028：万亿国债提振需求信心，金属价格企稳回升-2023/10/29
4. 有色金属行业深度报告：算力时代，材料先行-2023/10/24
5. 有色金属周报 20231021：工业金属震荡，避险需求驱动贵金属价格上行-2023/10/21

目录

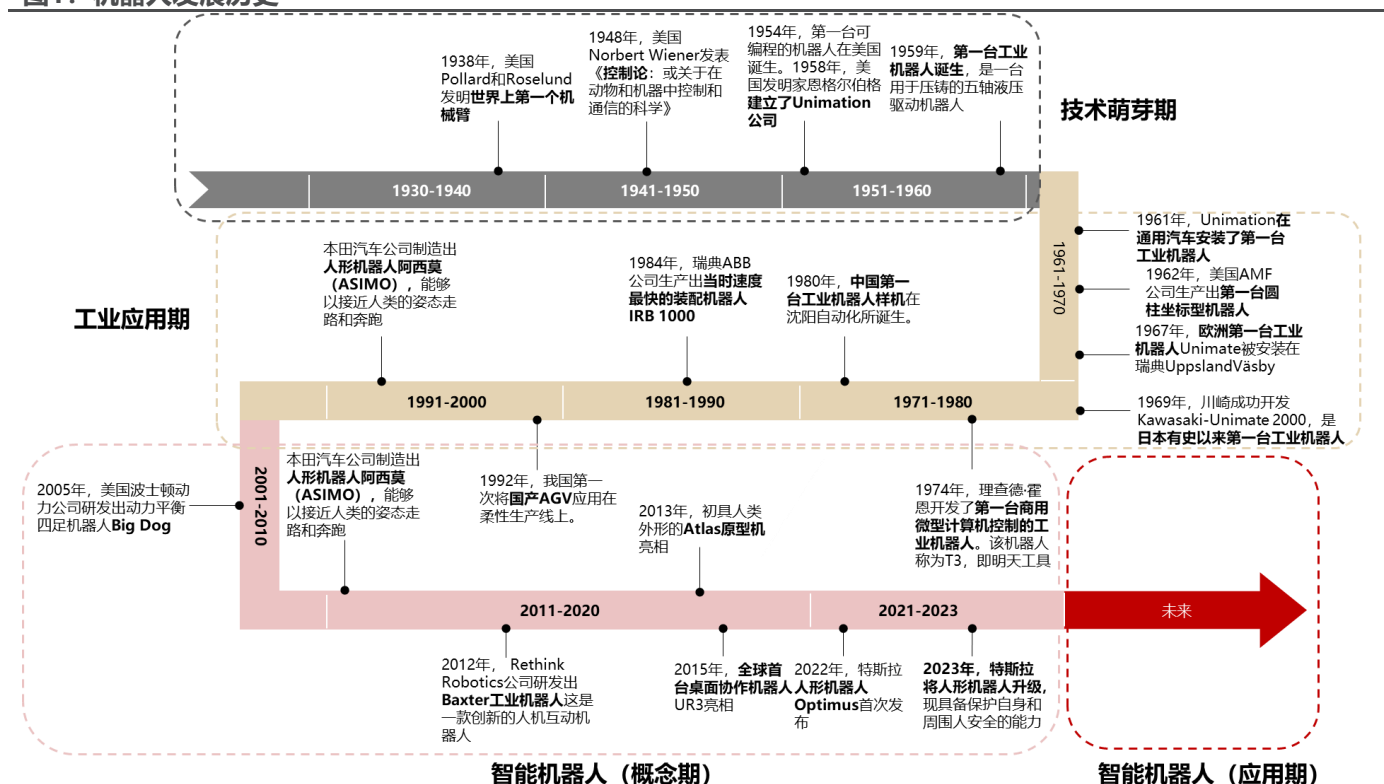
1 AI 赋能，人形机器人发展提速	3
1.1 机器人的发展历史：机器——>人	3
1.2 人形机器人两大痛点（高成本+不智能）均在改善	7
2 稀土磁材：伺服电机关键原材料，人形机器人成为新增长极	12
2.1 伺服电机：国产替代浪潮下市场空间持续扩张	12
2.2 产业链：磁材的上游为稀土，下游为电机	14
2.3 稀土行业受磁材需求增长拉动	16
3 精密切割丝：谐波减速器加工耗材，有望受益于人形机器人放量	25
3.1 减速器：机器人核心部件，国产替代加速进行	25
3.2 谐波减速器：人形机器人自由度大增，打开需求空间	27
4 轻量化材料（铝、镁、碳纤维）：机器人骨架，百舸争流逐浪高	31
5 投资建议	35
5.1 行业投资建议	35
5.2 重点公司	35
6 风险提示	43
插图目录	44
表格目录	45

1 AI 赋能，人形机器人发展提速

1.1 机器人的发展历史：机器——>人

根据国际标准化定义，机器人是一种能够通过编程和自动控制来执行诸如作业或移动等任务的机器。1967 年日本召开的第一届机器人学术会议上，人们针对机器人提出了两个具有代表性的定义，一是森政弘与合田周平提出的：机器人是一种具有自动性、智能性、个体性、半机械半人性、作业性、通用性、信息性、柔性、有限性、移动性 10 个特征的柔性机器。二是加藤一郎提出的，具有如下三个条件的机器可称为机器人：①具有脑、手、脚等三要素的个体；②具有非接触传感器（用眼、耳接受远方信息）和接触传感器；③具有平衡觉和固有觉的传感器。从广义上来看，机器人也并非都具备类似人的外貌和形态特征，事实上早期的机器人大多是以机械臂等形式存在，经过了百年的发展历史，才出现了现阶段的人形机器人。

图1：机器人发展历史



资料来源：《中国科学报》，中国机器人网，中国科学院沈阳自动化研究所，中科院半导体所，移动机器人产业联盟，机器人大讲堂等，民生证券研究院

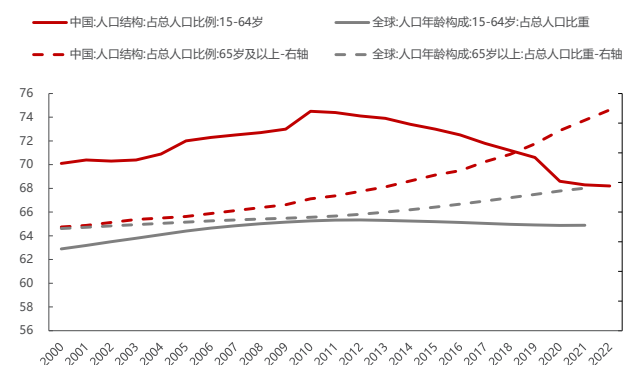
目前机器人根据不同应用领域可分为工业机器人、个人/家用服务机器人、公共服务机器人、特种机器人和其他应用领域机器人。根据国家标准委于 2020 年提出的《机器人分类》(GB/T 39405-2020)，机器人根据不同的应用领域可分为工业机器人、个人/家用服务机器人、公共服务机器人、特种机器人和其他应用领域机器人。

表1：机器人根据不同应用领域的分类

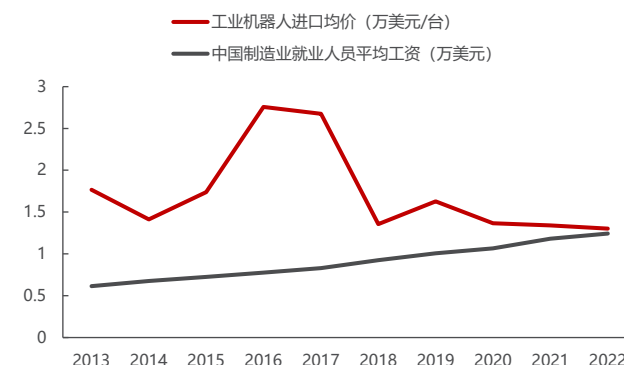
分类	定义
工业机器人	自动控制的、可重复编程、多用途的操作机，可对三个或三个以上轴进行编程，它可以是固定式或移动式。在工业自动化中使用。
个人/家用服务机器人	在家居环境或类似环境下使用的，以满足使用者生活需求为目的的服务机器人。（这种机器人的操作使用，通常不需要专业知识或技能，不需要特别的培训或资质）
公共服务机器人	住宿、餐饮、金融、清洁、物流、教育、文化和娱乐等领域的公共场合为人类提供一般服务的商用机器人。
特种机器人	应用于专业领域，一般由经过专门培训的人员操作或使用的，辅助和/或替代人执行任务的机器人。

资料来源：国家标准委，民生金属研究院

对于传统的工业机器人和服务机器人而言，适龄劳动青年的减少和人口老龄化的趋势下，机器换人大势所趋。我国已连续多年成为全球工业机器人最大市场，工业机器人作为实现自动化生产的终端设备，在制造升级中扮演着至关重要的角色。从1990年到2022年，中国人口出生率从21.06‰跌至6.77‰。出生率的下降一定程度上导致制造业从业人员的工资增长，根据统计局的数据显示，我国制造业就业人员平均工资从2013年的42911元上涨到2022年的86933元，年均复合增速达到8.2%。从劳动力人口结构分布来看，我国15-64岁人口占总人口比例不断下降，到2022年仅为68.2%，可见人口成本正逐渐提高，适龄劳动人口不断减少。同时，工业机器人进口均价已经由1996年的4.76万美元/台下降至2022年的1.3万美元/台，相比于不断上升的人工成本，工业机器人性价比凸显。

图2：全球15-64岁人口占比不断下降，65岁以上人口比例不断上升（单位：%）


资料来源：国家统计局，世界银行，民生证券研究院

图3：工业机器人价格与制造业就业人员平均工资差距在减小（单位：万美元）


资料来源：国家统计局，IFR，民生证券研究院

注：人民币/美元按照 7:1 汇率计算

国家政策也为机器人产业发展提供了强有力的支撑。为了进一步鼓励机器人行业发展，实现产业结构调整和产业升级，国家先后出台了一系列利好机器人行业

的发展政策。2023 年 1 月，工信部、教育部等十七部门联合发布《“机器人+”应用行动实施方案》，提出到 2025 年，制造业机器人密度较 2020 年实现翻番，服务机器人、特种机器人行业应用深度和广度显著提升，机器人促进经济社会高质量发展的能力明显增强。聚焦十大应用重点领域，突破 100 种以上机器人创新应用技术及解决方案，推广 200 个以上具有较高技术水平、创新应用模式和显著应用成效的机器人典型应用场景，打造一批“机器人+”应用标杆企业，建设一批应用体验中心和试验验证中心。

表2：截至 2023 年 6 月，机器人行业相关重点政策梳理

时间	发布部门	文件名称	主要内容
2016 年 3 月	工信部、发改委、财政部	《机器人产业发展规划（2016-2020）》（工信部联规〔2016〕109 号）	推进工业机器人向中高端迈进，促进服务机器人向更广领域发展。全面提升高精密减速器、高性能机器人专用伺服电机和驱动器、高速高性能控制器、传感器、末端执行器等五大关键零部件技术能力和批量生产能力。
2016 年 12 月	工信部、发改委、认监委	《关于促进机器人产业健康发展的通知》（工信厅联装〔2016〕169 号）	开拓工业机器人应用市场，提高劳动生产效率和产品质量，降低安全事故发生率。推动服务机器人在助老助残、医疗康复、应急救援、公共服务等领域的应用示范。
2017 年 5 月	国标委、发改委、科技部、工信部	《国家机器人标准体系建设指南》（国标委工二联〔2017〕58 号）	到 2020 年，力争建立起较为完善的机器人标准体系，基本实现基础标准、检测评定方法标准，以及产量大、应用领域广的整机标准全覆盖。
2017 年 12 月	工信部	《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018-2020 年）》（工信部科〔2017〕315 号）	到 2020 年，智能服务机器人环境感知、自然交互、自主学习、人机协作等关键技术取得突破，智能家庭服务机器人、智能公共服务机器人实现批量生产及应用，医疗康复、助老助残、消防救灾等机器人实现样机生产，完成技术与功能验证，实现 20 家以上应用示范。
2019 年 10 月	工信部等十三部门	《制造业设计能力提升专项行动计划（2019-2022 年）》（工信部联产业〔2019〕218 号）	重点突破系统开发平台和伺服机构设计，多功能工业机器人、服务机器人、特种机器人设计等。
2020 年 1 月	国务院	《关于促进养老托育服务健康发展的意见》（国办发〔2020〕52 号）	推进智能服务机器人后发赶超，启动康复辅助器具应用推广工程，实施智慧老龄化技术推广应用工程。
2020 年 4 月	邮政局、工信部	《关于促进快递业与制造业深度融合发展的意见》（国邮发〔2020〕14 号）	支持制造企业联合快递企业研发智能物流机器人等技术装备，加快推进制造业物流技术装备智慧化。
2021 年 3 月	国务院	《“十四五”规划纲要》	重点研制分散式控制系统、可编程逻辑控制器、数据采集和视频监控系统等工业控制装备，突破先进控制器、高精度伺服驱动系统、高性能减速器等智能机器人关键技术。
2021 年 12 月	工信部	《“十四五”智能制造发展规划》	加快系统创新，增强融合发展新动能，加强关键核心技术攻关并加速智能制造装备和系统推广应用。2025 年，规模以上制造业企业基本普及数字化；到 2035 年，规模以上制造业企业全面普及数字化。
2022 年 4 月	国标委、工信部	《关于开展 2022 年度智能制造标准应用试点工作的通知》	优先试点已发布、研制中的国家标准，配套应用相关行业标准、地方标准、团体标准和企业标准，形成一批推动智能制造有效实施应用的“标准群”。

2023 年 1 月

工信部、教育部等十七部门

《“机器人+”应用行动实施方案》

提出到 2025 年，制造业机器人密度较 2020 年实现翻番，服务机器人、特种机器人行业应用深度和广度显著提升，机器人促进经济社会高质量发展的能力明显增强。聚焦十大应用重点领域，突破 100 种以上机器人创新应用技术及解决方案，推广 200 个以上具有较高技术水平、创新应用模式和显著应用成效的机器人典型应用场景，打造一批“机器人+”应用标杆企业，建设一批应用体验中心和试验验证中心。

2023 年 6 月

北京市经济和信息化局

《北京市机器人产业创新发展行动方案（2023—2025 年）》

计划到 2025 年，北京市培育 100 种高技术高附加值先进产品、100 种具有全国推广价值的示范场景、100 家专精特新“小巨人”企业，建成 5 个国家级机器人产业公共服务平台。全市机器人核心产业收入达到 300 亿元以上，打造国内领先、具有国际先进水平的机器人产业集群。

2023 年 11 月

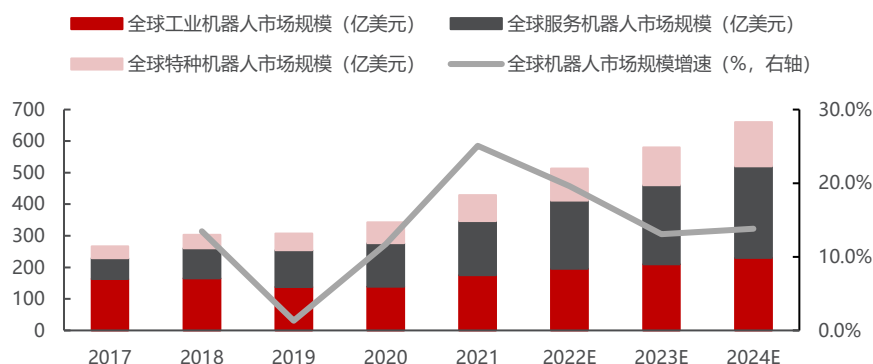
工信部

《人形机器人创新发展指导意见》

计划到 2025 年，初步建立人形机器人创新体系；2027 年，综合实力达到世界先进水平，成为重要的经济增长新引擎。部署了 5 方面任务：在关键技术突破方面，打造人形机器人“大脑”和“小脑”、突破“肢体”关键技术、健全技术创新体系；在产品培育方面，打造整机产品、夯实基础部件、推动软件创新；在场景拓展方面，服务特种领域需求、打造制造业典型场景、加快民生及重点行业推广；在生态营造方面，培育优质企业、完善创新载体和开源环境、推动产业集聚发展；在支撑能力方面，健全产业标准体系、提升检验检测和中试验证能力、加强安全治理能力。

资料来源：工信部、发改委、国标委等官网，民生证券研究院

根据中国电子学会《中国机器人产业发展报告（2022）》，2022 年全球机器人市场规模或达到 513 亿美元，2017 至 2022 年的年均增长率达到 14%。其中，工业机器人市场规模将达到 195 亿美元，服务机器人达到 217 亿美元，特种机器人超过 100 亿美元。**预计到 2024 年，全球机器人市场规模将有望突破 650 亿美元。**

图4：预计到 2024 年，全球机器人市场规模将有望突破 650 亿美元


资料来源：《中国机器人产业发展报告（2022）》，民生证券研究院

人形机器人具有类人的外貌，一定程度上可替代多种工业机器人和服务机器人，但也需要更加复杂的驱动、传感、控制、交互系统。①驱动系统：人形机器人

的外形更加类似人类，需要更多自由度，膝关节、肘关节、腕关节等处均需要新增驱动系统；②**传感系统**：人形机器人面对的环境更加复杂，并非工业机器人和服务机器人所面临的单一作业环境，因此需要更复杂的传感系统以帮助其可更好地适应环境。③**控制系统**：人形机器人的体态类似人类，采用两足行走，对运动控制的要求也需要相应提高。④**交互系统**：人形机器人作为工业机器人时需要与人类共事，作为服务机器人时需要接触多种人群，两者都对人形机器人的交互能力提出了较高的要求。

图5：美国波士顿动力 Atlas



资料来源：波士顿动力官网，民生证券研究院

图6：日本本田 ASIMO



资料来源：日本本田官网，民生证券研究院

1.2 人形机器人两大痛点（高成本+不智能）均在改善

早期人形机器人造价昂贵，不具备智能，应用场景有限，难以大规模商业化量产。在特斯拉人形机器人制造出来之前，也有厂商布局人形机器人，分别以波士顿动力提出的液压驱动人形机器人和日本本田提出的电驱动人形机器人为代表。动辄上千万人民币的成本使得此前的人形机器人注定只能是实验室产品，而“不智能”的特点则使得其使用难度提升，应用场景受限，更多体现的是各大厂商对未来的探索。

表3：早期人形机器人存在成本高和不智能的缺点，应用场景受限，难以大规模商业化量产

指标	美国波士顿动力 Atlas	日本本田 ASIMO
姓名	Atlas	ASIMO（全称“Advanced Step in Innovative Mobility”）
登场年份	2015 年	第一代 2000 年 10 月，第二代 2006 年，第三代 2011 年
身高	150cm	第一代 120cm 第二代 130cm
体重	89kg	第一代 52 公斤 第二代 54 公斤 第三代 48 公斤
负载	11kg	0.5kg/手
速度	2.5m/s	第一代 1.6 公里/小时 第二代 2.7km/h 第三代 9km/h

人机交互	单脚跳跃，跑酷等运动动作	简单语音互动，物品交接，各种动作表演（握手、跳舞等，需要事先编程）
自由度	28 个关节	第一代 26 个自由度，第二代 34 个自由度，第三代 57 个自由度
驱动方式	液压驱动（能源还是来自于电力，板载 3.7 千瓦时的锂离子电池组，在完成包括行走，站立和使用工具等动作的情况下可以持续一个小时）	电驱动（充满电后运动 40 分钟左右，38.4V/10AH(镍锌电池)）
操作部分	光纤以太网远程控制	操纵台和便携控制器
作动器	-	伺服电机 + 谐波减速器 + 驱动单元
传感器	双视觉系统（激光测距仪+立体摄像机）+多传感器	脚部六轴向脚部方位传感器 躯体陀螺仪和加速传感器
控制装置	集成 IMU、联合位置、力传感器，模型预测控制器（MPC）	行走/操作控制单元，无线发送单元
成本	200 万美元	300-400 万美元
生产规划	目前还未量产	2022 年 3 月宣布项目停止

资料来源：波士顿动力官网，本田官网，民生证券研究院

快速发展的 AI 或可成为人形机器人的大脑。人形机器人将是 AI 的重要终端应用产品，而人工智能的下一个浪潮将是具身智能（embodied AI）。1950 年，图灵在他的论文中首次提出了具身智能的概念。所谓“具身智能”，指有身体并支持物理交互的智能体，其可以感知并理解周边环境，并通过自主学习完成任务。想要达到具身智能的状态，首先需要听懂人类语言，分解任务、规划子任务，移动中识别物体，与环境交互，最终完成任务。现有的机器人在输入的编程下重复机械的工作，类似于第三人称的旁观型学习方式。而具身智能则如同画龙点睛，赋予了机器人第一人称的主动型学习方式，能够通过自身与周围环境的交互进行感知、分析、理解、学习。人形机器人很好的契合了具身智能的要求，有望成为标杆应用。英伟达创始人黄仁勋在 ITF World 2023 半导体大会上表示，AI 下一个浪潮将是“具身智能”。

图7：具身智能是第一人称智能



资料来源：机器之心公众号，民生证券研究院

图8：具身智能的 PIE 方案



资料来源：机器之心公众号，卢策吾教授《具身智能》演讲，民生证券研究院

近年新发布人形机器人的成本普遍有所下降。其中 IIT iCub3 的成本较高，在 10 万欧元以上，优必选的 Walker X 和小米的 Cyber One 都已经降到 10 万美元左右，百万以下的价格已经可以和汽车单价处于同一数量级，而特斯拉 Optimus 的成本在量产后有望降至 2 万美元。

表4：近年新发布人形机器人成本普遍有所下降

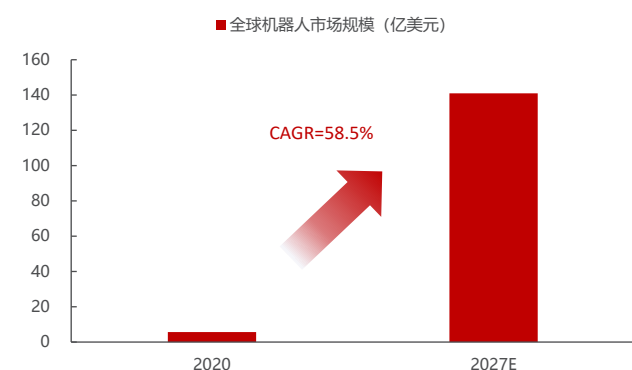
指标	特斯拉 Optimus	小米 Cyber One	优必选 Walker X	IIT iCub3
外形				
登场年份	2022	2022	2021	2022（第三代）
身高	5'8" (173cm)	177cm	130cm	125cm
体重	125 磅 (57kg, 概念机), 实机 73kg	52kg	63kg	52kg
负载	45 磅 (20kg, 概念机)	单手握持 1.5kg, 动力峰值扭矩 300Nm	全身可背 10kg 重物或双手负载 3kg 重物行走	-
速度	5mph (8km/h, 概念机数据)	3.6km/h	3km/h	-
人机交互	AI 训练后能听命于人类指令进行作业	-	全身柔顺控制, 感应外力冲击, 保证人机交互安全	iFeel 系统 (类似机器人替身), 允许进行远程语言、非语言和物理交互
自由度	50 个自由度 (躯干 28+双手 11*2)	13 个关节, 21 个自由度	41 个自由度 (腿 6*2, 臂 7*2, 手 6*2, 颈*3)	54 个自由度
驱动方式	电驱动 (2.3kWh, 52V)	电驱动	电驱动 (锂电池 54.6V, 使用 2h)	电驱动 (电池在躯干内)
操作部分	-	-	Ubuntu+Linux RT Preempt+Android, 可物联网, 采用智能家居控制	光纤以太网控制
作动器	伺服电机+空心杯电机+无框力矩电机+减速器	伺服电机+减速器	伺服电机+减速器	-
传感器	Autopilot 摄像头, 力矩传感器, 位置传感器	Mi-Sense 深度视觉模组; 听觉传感器	面部 160°环绕 4.6K 高清双柔性曲面屏; 多目视觉传感器; 六维力/力矩传感器; 超声波传感器	头部内置了可当做眼睛的立体旋转摄像头、可反映嘴部与眉毛动作的 LED 线条; 有一个深度摄像头和最新一代的力感应, 可承受更高的机器人重量
控制装置	FSD 芯片, 1 块特斯拉 SOC 电池管理芯片、WIFI 与 LTE 通讯芯片、音频处理芯片	-	Intel i7 8665U 处理器	-

成本	百万台量产后成本或可降至 2 万美元	60-70 万元	10 万美金左右	10 万欧元以上
生产规划	暂未量产, 马斯克预计 3-5 年内会量产上市	暂未量产	2022 年前九个月销售 2 万台, 暂未量产	暂未量产

资料来源: 机器之心公众号, 优必选官网及招股说明书, 小米官网, 特斯拉官网, 民生证券研究院

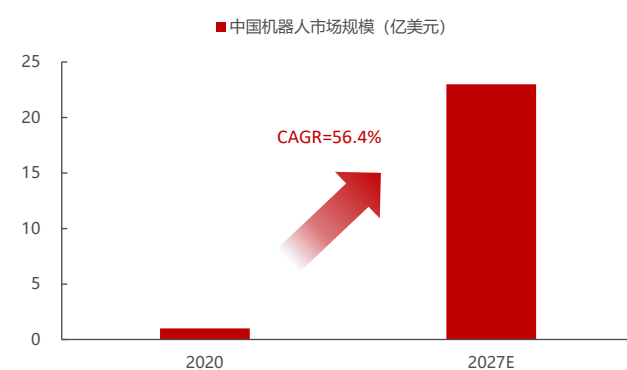
一旦人形机器人克服成本高和不智能两大缺点, 下游应用空间或将被打开, 人形机器人市场空间将迎来快速增长。人形机器人下游应用领域按照最终用户可以划分为涵盖了教育、医疗、酒店、公共设施、住宅、零售和其他。根据 Statistics Market Research Consulting 的数据, 2020 年全球人形机器人市场估计为 5.6 亿美元, 而到 2027 年预计市场规模将达到 141 亿美元, CAGR 达到 58.5%。其中, 2027 年中国人形机器人市场有望达到 23 亿美元, CAGR 达到 56.4%。假设人形机器人在量产时成本降至 2 万美元 (马斯克在 AI Day 上提出的假设), 按照 30% 左右毛利率, 售价定为 3 万美元, 则上述市场规模对应的人形机器人数量为全球 47 万台, 中国 8 万台。

图9: 全球人形机器人市场规模



资料来源: Statistics Market Research Consulting, 民生证券研究院

图10: 中国人形机器人市场规模



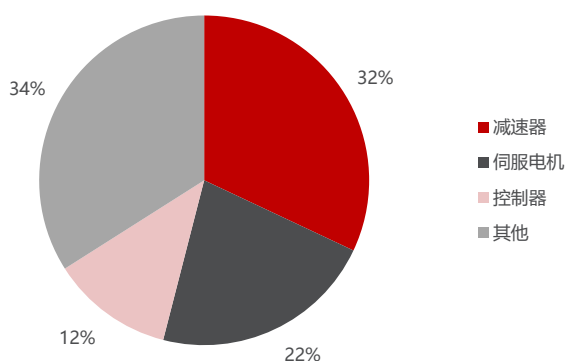
资料来源: Statistics Market Research Consulting, 民生证券研究院

人形机器人终端的快速放量将带来全产业链投资机会, 后续讨论将聚焦于人形机器人量产后带来的金属材料领域需求拉动。市场上的研究报告多针对人形机器人的关键零部件, 旋转关节 (伺服电机+减速器)、线性关节 (滚柱丝杆)、空心杯电机、传感器 (视觉、力矩)、芯片等。对人形机器人放量后带来的上游投资机会的研究较少, 我们认为, 人形机器人放量远期的空间不亚于汽车带来的需求增长, 届时将会是全产业链的投资机会, 作为不可或缺的上游原材料, 其需求的变化也应当引起足够重视。

机器人的三大核心部件为减速器、伺服电机和控制器, 成本占比分别为 32%/22%/12%。减速器 (减速机) 是连接动力源和执行机构的中间机构, 具有匹配转速和传递转矩的作用。伺服电机是能被应用于运动控制系统中的电动机, 使

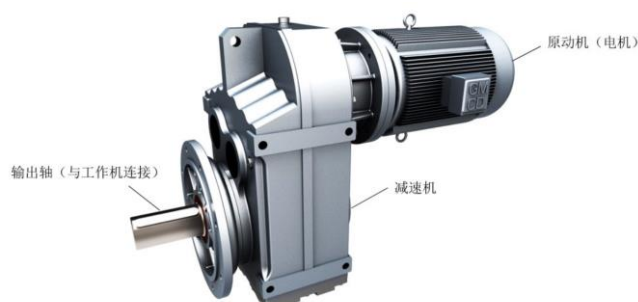
物体的位置、方位、状态等输出被控量能够跟随输入目标（或给定值）而变化，它的输出参数，如位置、速度、加速度或转矩都是可控的。控制器的主要任务是控制机器人在工作空间中的运动位置、姿态和轨迹，操作顺序及动作的时间等，它同时具有编程简单、软件菜单操作、友好的人机交互界面、在线操作提示和使用方便等特点。

图11：工业机器人成本结构（2020年）



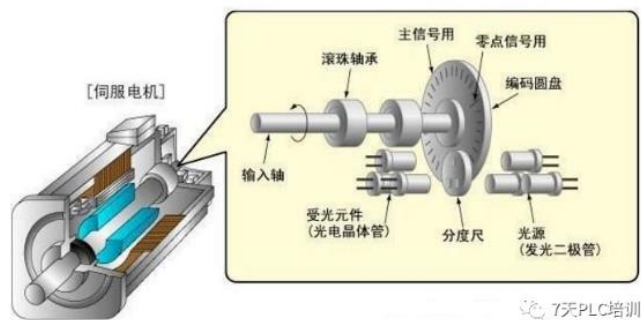
资料来源：《工业机器人发展现状及分析》，电器工业，民生证券研究院

图12：减速器（减速机）的产品构造



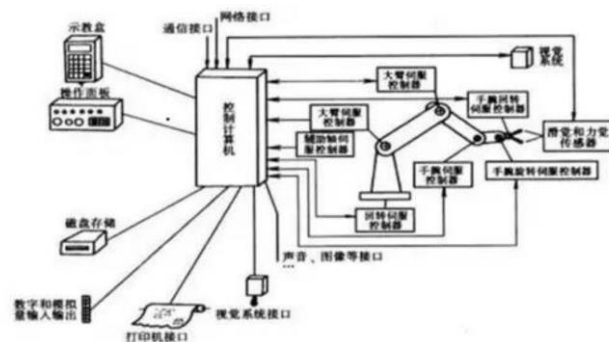
资料来源：国茂股份招股说明书，民生证券研究院

图13：伺服电机的产品构造



资料来源：旺财伺服与运动控制公众号，民生证券研究院

图14：控制器的产品构造



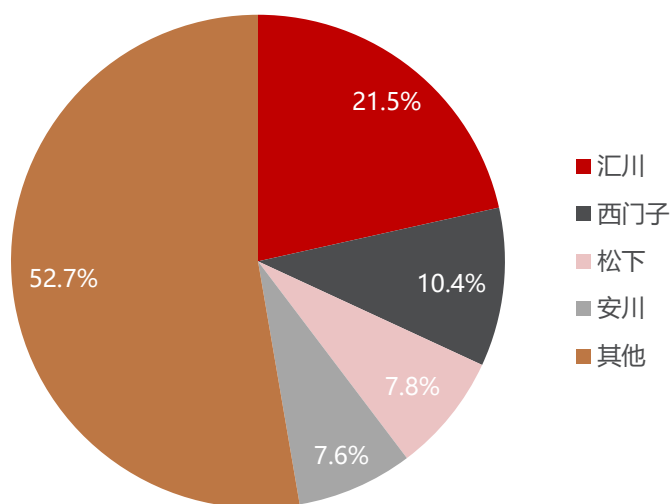
资料来源：电子发烧友网，民生证券研究院

2 稀土磁材：伺服电机关键原材料，人形机器人成为新增长极

2.1 伺服电机：国产替代浪潮下市场空间持续扩张

国内伺服电机市场规模近 200 亿元，汇川技术引领国产替代浪潮。近看来，我国伺服电机市场规模稳步增长，根据工控网数据，2021 年我国伺服电机市场约 169 亿元，2017-2021 年 CAGR 约为 10%，受到下游工业机器人、医疗器械、电子制造设备等产业扩张的影响，伺服电机在新兴产业应用规模也不断增加。从竞争格局上看，汇川技术已占领国内龙头地位，根据睿工业的数据显示，2022 年，国产品牌中，汇川技术在国内市场份额排名第一，市占率达 21.5%，除汇川外，排名二三四位的厂商为德国西门子（10.4%）、日本松下（7.8%）、日本安川（7.6%），行业 CR4 为 47.3%，集中度较高。但从国内其他厂商竞争力角度看，在汇川引领下，众多国内电机企业开始奋起直追，包括禾川科技、江苏雷利、鸣志电器在内的众多国内品牌都推出自己成熟的伺服电机产品，并开始在市场上崭露头角。

图15：中国伺服电机各公司市占率



资料来源：汇川技术 2022 年年报，民生证券研究院

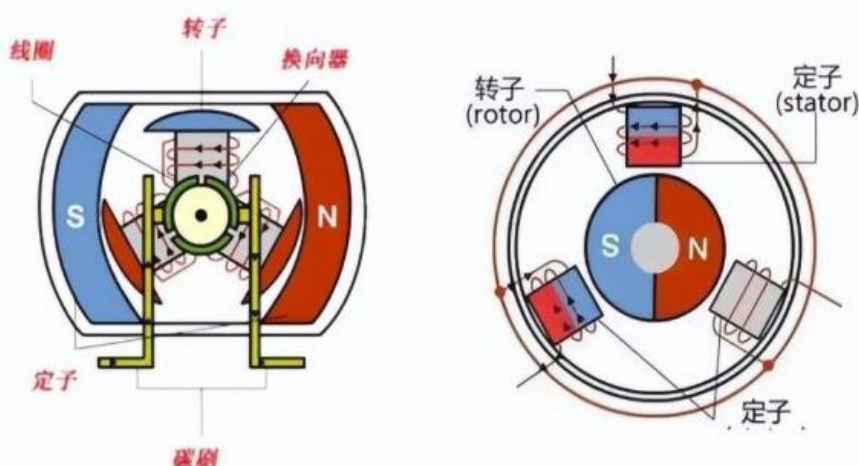
从分类上看，普通伺服电机、空心杯电机是主要类型。普通的伺服电机主要分为直流伺服电机和交流伺服电机，其中直流电机是将直流电能转换为机械能，其励磁方式分为永磁、他励和自励 3 类，此外，对于直流电机而言，其还可以按照有无电刷（碳刷）分为有刷直流伺服电机和无刷直流伺服电机。碳刷是用于电机的换向器或滑环上，作为导出导入电流的滑动接触体。其导电，导热以及润滑性能良好，并具有一定的机械强度和换向性火花的本能，几乎所有的有刷电机都使用碳刷，它

是有刷电机的重要组成部分。

无刷直流电机有逐步取代有刷电机的趋势。有刷电机成本低，结构简单，控制容易，需要维护，但由于维护不方便（换碳刷），产生电磁干扰，为了提高直流电机的使用寿命、运转稳定性以及降低直流电机的噪声和电磁干扰，无刷直流电机有逐步取代有刷电机的趋势。

对于交流伺服电机来说，一般不用恒磁场，所以用不着换向器，也就无须电刷，故其也是无刷电机一种，分为同步和异步电机。

图16：有刷电机和无刷电机构造

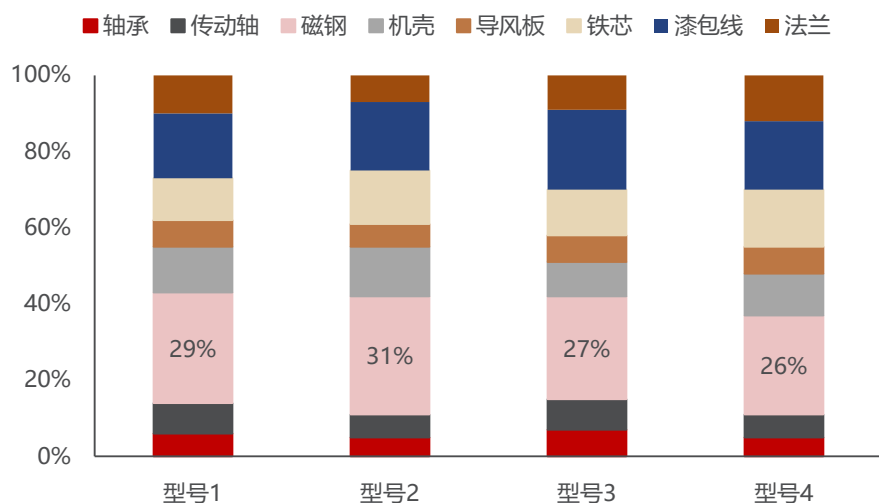


资料来源：大中电机官网，Renesas，民生证券研究院

空心杯电机是直流电机的特殊形式，根据有无电刷，空心杯电机亦可分为有刷空心杯电机和无刷空心杯电机。伺服电机中还存在一种直流永磁的伺服控制电机，即空心杯电机，其体积较小且效率较高，属于微特电机的一种。空心杯电动机由机壳、线圈、后盖、磁体和换向器组成，线圈看起来像一个水杯，故称空心杯，其在结构上突破了传统电机的转子结构形式，采用的是无铁芯转子，也叫空心杯型转子，这种转子结构彻底消除了由于铁芯形成涡流而造成的电能损耗，同时其重量和转动惯量大幅降低，从而减少了转子自身的机械能损耗。

无论是传统伺服电机还是空心杯电机，稀土永磁材料都是其核心原材料。从成本占比来看，不同型号的电机电成本占比中，磁钢的成本占比都能达到近三成，可以称之为最重要的原材料。

图17：不同型号电机的成本占比

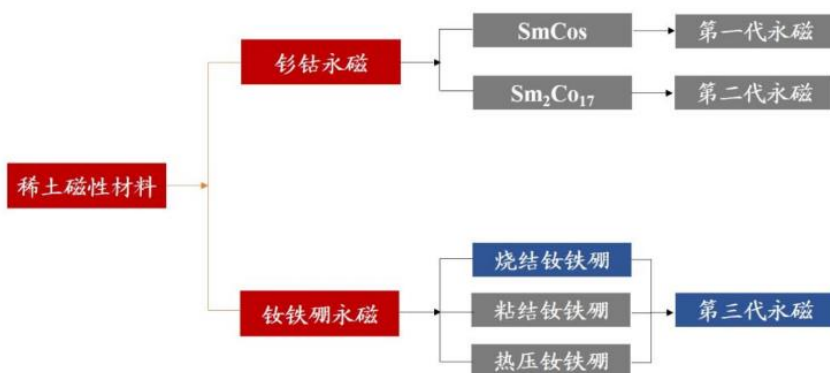


资料来源：厦门钨业电机事业部，民生证券研究院

2.2 产业链：磁材的上游为稀土，下游为电机

稀土永磁材料是金属系和铁氧体系之后开发成功的第三代永磁材料。稀土永磁材料自 60 年代问世以来，一直保持高速发展，按其开发应用的时间顺序可分为四代：第一代钐钴永磁(SmCo5)系材料；第二代钐钴永磁(Sm₂Co₁₇)系磁体；第三代稀土永磁则为 80 年代初期开发成功的钕铁硼系磁性材料，因其优异的性能和较低的价格很快在许多领域取代了钐钴永磁磁体，并快速实现工业化生产，其中烧结钕铁硼又称为高性能钕铁硼，其内禀矫顽力和最大磁能之和大于 60，性能更加优异；第四代为稀土铁氮和稀土铁碳，目前仍在实验室阶段，距离量产仍有一定距离。

图18：钕铁硼永磁为第三代永磁

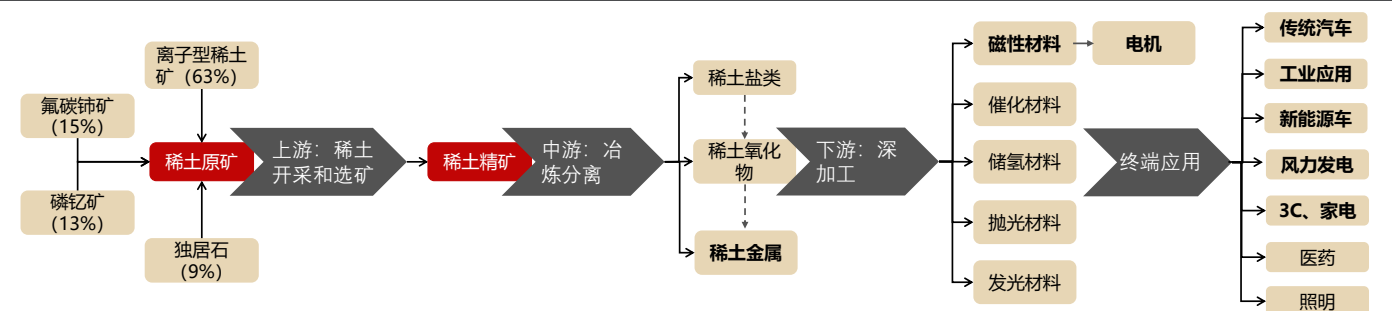


资料来源：正海磁材公告，民生证券研究院

稀土永磁材料的上游为稀土采选、分离、冶炼，下游为电机制造，终端分布在

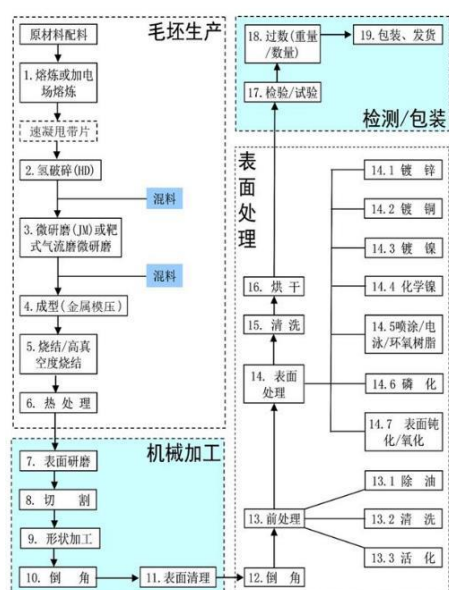
汽车、风电、3C、家电等多个领域。稀土永磁材料的直接原材料为稀土金属，包括金属镨钕、金属镝铽等，为了得到稀土金属，稀土供应商需要首先完成稀土原矿开采，不同稀土原矿的各种稀土元素配分不尽相同，使得其对应的价值量也相差较大，总体来看中重稀土矿（离子型稀土矿、独居石）价值量高于轻稀土矿（氟碳铈矿）。得到原矿后需要将其分选为稀土精矿，此过程为稀土元素富集的过程。由于稀土包括 17 种元素，因此在进一步富集之前，需要将其分离成不同的稀土金属元素，这一步也是稀土与其他金属品种最大的不同点。分离完成后将得到稀土盐类以及稀土氧化物产品，此时可以选择直接出售给下游客户制作成催化材料、发光材料等，也可以进一步冶炼成为稀土金属，稀土金属也即稀土永磁材料的原材料。此后经过毛坯生产、机加工、表面处理、包装检测等步骤后生产得到钕铁硼磁体，即我们通常所说的稀土永磁材料。多数情况下磁材厂商会将产品卖给下游的电机厂商，电机厂商再制作成电机成品销售给终端客户。

图19：稀土磁材产业链



资料来源：百川盈孚，民生证券研究院整理绘制

图20：稀土永磁材料生产流程



资料来源：中科三环配股说明书，民生证券研究院

2.3 稀土行业受磁材需求增长拉动

2.3.1 供给端：增量主要看国内开采配额，海外增量有限

从储量看，2022 年全球稀土储量约 1.3 亿吨，中国稀土储量世界第一，为 4400 万吨，占比 34%。越南稀土储量为 2200 万吨、占比为 17%，排名第二；巴西稀土储量为 2100 万吨、占比为 16%，排名第三；俄罗斯稀土储量为 2100 万吨，占比为 16%，排名第四，前四大稀土储量国的储量占世界总储量的 83%，资源的分布非常集中。

从产量看，2022 年全球稀土产量约 30 万吨，中国稀土产量世界第一，为 21 万吨，占比 70%。美国稀土产量为 4.3 万吨、占比为 14%，排名第二。澳大利亚稀土产量为 1.8 万吨、占比为 6%，排名第三。缅甸稀土产量为 1.2 万吨，占比为 4%。前四大稀土产量国的产量占世界总产量的 94%，产量的分布也十分集中。

图21：全球稀土储量分布（2022）

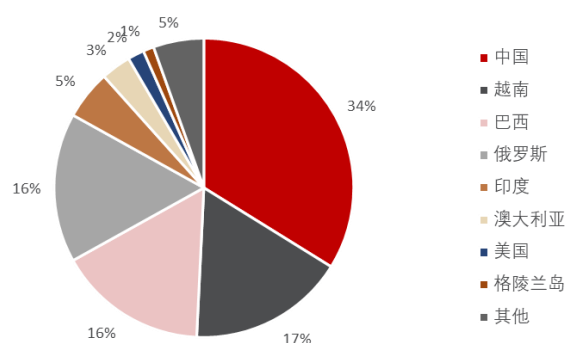
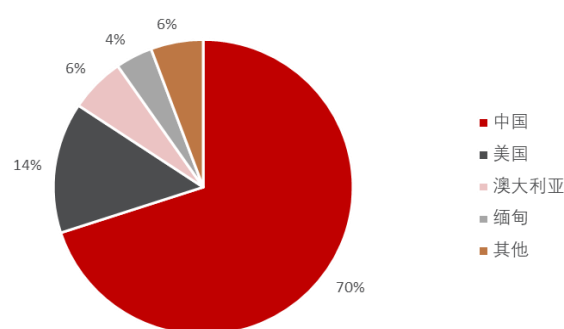


图22：全球稀土产量分布（2022）



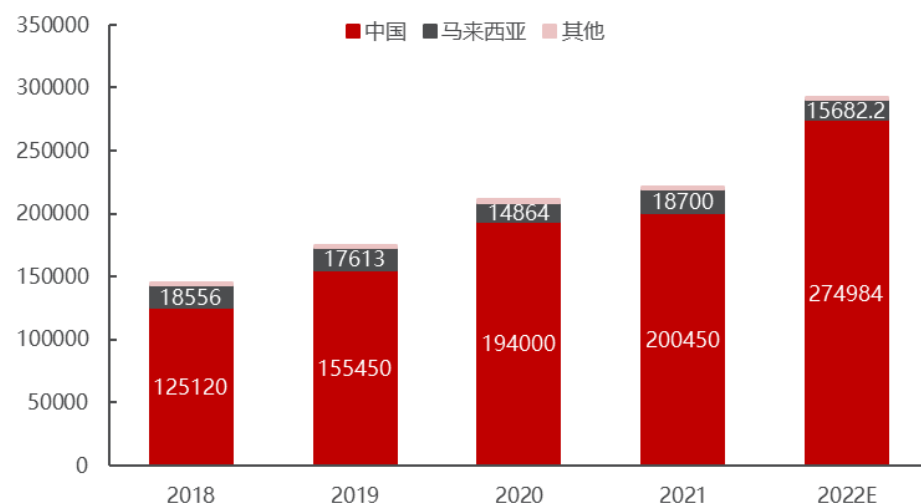
资料来源：USGS，民生证券研究院

资料来源：USGS，民生证券研究院

中国稀土冶炼分离产品产量占全球 93%以上。安泰科数据显示，2022 年全球稀土冶炼分离产品产量合计约 29.3 万吨（REO），同比增长 30.7%。其中，中国产量约 27.5 万吨，占比 93.8%，含四大稀土集团生产总量指标 20.2 万吨，利用进口美国矿和独居石矿生产的冶炼分离产品产量分别为 4.2 万吨和 3.1 万吨；澳大利亚莱纳斯公司位于马来西亚的关丹稀土（LAMP）分离厂受疫情及缺水影响，全年产量同比下降 16%至 1.6 万吨。

中国具有领先全球的稀土冶炼分离技术，且分离技术禁止出口，因此分离环节壁垒较高。在实现高效稀土冶炼分离的同时，兼顾环境保护。以上构成了我国稀土冶炼分离行业壁垒。

图23：2022 年中国稀土冶炼分离产品产量占全球 93%以上（单位：吨 REO）

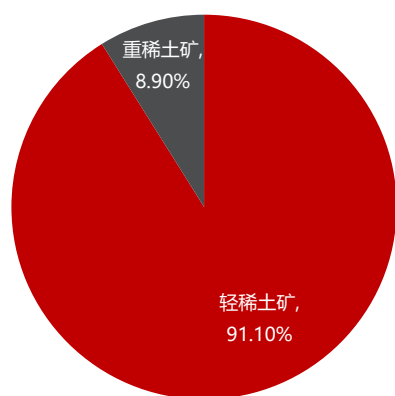


资料来源：安泰科，民生证券研究院

注：2022 年数据为安泰科年报预测数据

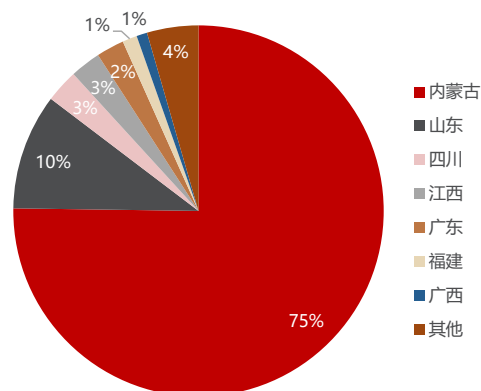
中国稀土资源呈现北轻南重的特点。从资源量看，2020 年已查明轻稀土资源量 1.23 亿吨（91%），重稀土矿 1203 万吨（9%）。北方地区轻稀土资源丰富，主要分布在内蒙古，其资源量为 1.02 亿吨，占稀土总资源量的比例为 75.22%。南方地区以离子吸附型中稀土、重稀土矿为主，其中广东省的重稀土资源最为丰富，有 389 万吨，占稀土总资源量的 2.88%，占国内中重稀土资源量的 32.34%。

图24：中国轻重稀土资源量分布（2020）



资料来源：《AM 中国稀土矿资源开发研究报告 2021》，民生证券研究院

图25：中国稀土资源地区分布（2020）

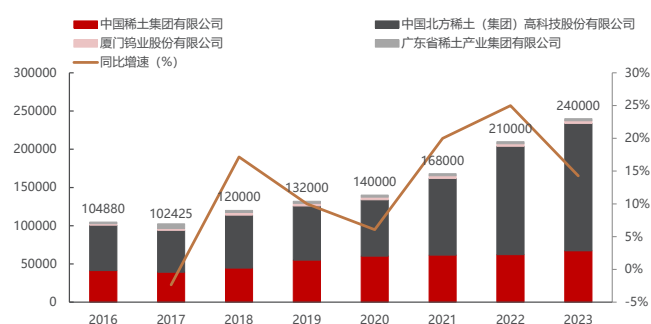


资料来源：《AM 中国稀土矿资源开发研究报告 2021》，民生证券研究院

国内供给：实质上的双寡头供应格局，核心是稀土配额的增长。2021 年 12 月稀土行业新央企中国稀土集团有限公司成立，将原有的六大稀土集团格局打破，变成了四大稀土集团，若考虑到指标分布中厦门钨业和广东稀土的指标占比较小，国内稀土的供应实质上已经由六大集团掌控转变南北两大集团格局。

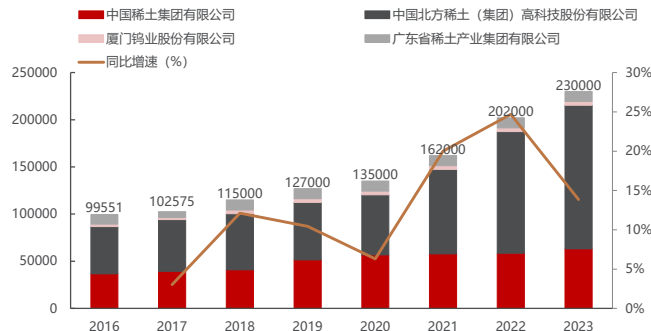
2023 年稀土开采总量同比增长 14.3%，其中轻稀土指标同比增长 15.7%，中重稀土指标同比不变。目前的四大稀土集团中，轻稀土只有北方稀土一家，其它三家均为中重稀土公司。2023 年岩矿型稀土(轻稀土)开采总量为 22.1 万吨，同比增长 15.7%，占比全部开采配额的比重为 92%，其中北方稀土轻稀土矿指标增长 2.5 万吨，同比增长 17.6%，中国稀土集团轻稀土矿指标增加 5000 吨。离子型稀土(中重稀土)指标同比不变仍未 1.9 万吨，占全部开采配额的 8%，其中中国稀土集团拥有 1.3 万吨中重稀土配额，占比达到 68%，为中重稀土的核心供应商。

图26：2023 年稀土矿产品指标同比增长 14.3% (吨 REO)



资料来源：工信部，民生证券研究院

图27：2023 年稀土冶炼分离产品指标同比增长 13.9% (吨 REO)



资料来源：工信部，民生证券研究院

综合考虑指标和钕铁硼回收增长，2021/2022/2023 年稀土指标增速分别为 20%/25%/14.3%，由于稀土需求增速放缓，我们假设 2024-2025 年指标增速与 2023 年第二批指标增速相同，均为 10%，预计 2023-2025 年国内氧化镨钕总供给为 7.1/7.9/8.7 万吨。

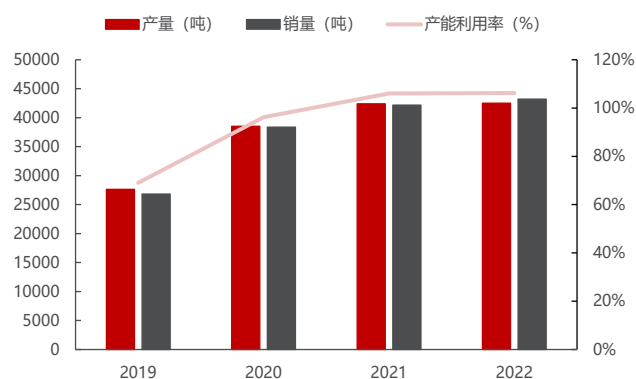
表5：国内氧化镨钕供给 (单位：吨 REO)

国内供给(吨 REO)	单位	2020	2021	2022	2023E	2024E	2025E
稀土矿总量开采指标	吨 REO	140000	168000	210000	240000	264000	290400
增速	%	6.1%	20.0%	25%	14.3%	10%	10%
白云鄂博	吨 REO	73550	100350	141380	170391	193381	218752
四川和山东	吨 REO	47300	48500	49470	50459	51469	52498
南方离子矿	吨 REO	19150	19150	19150	19150	19150	19150
国内矿山合计	吨 REO	140000	168000	210000	240000	264000	290400
白云鄂博-氧化镨钕 (20%镨钕配比)	吨 REO	14710	20070	28276	34078	38676	43750
四川和山东-氧化镨钕 (17%镨钕配比)	吨 REO	8041	8245	8410	8578	8750	8925
南方离子矿-氧化镨钕 (25%镨钕配比)	吨 REO	4788	4788	4788	4788	4788	4788
国内矿山氧化镨钕合计	吨 REO	27539	33103	41473	47444	52213	57463
综合氧化镨钕占比	%	19.7%	19.7%	19.7%	19.8%	19.8%	19.8%
氧化镨钕供给——开采指标	吨 REO	27539	33103	41473	47444	52213	57463
氧化镨钕供给——废料回收	吨 REO	20000	23000	26450	24035	26439	29082
氧化镨钕总供给	吨 REO	47539	56103	67923	71479	78652	86545

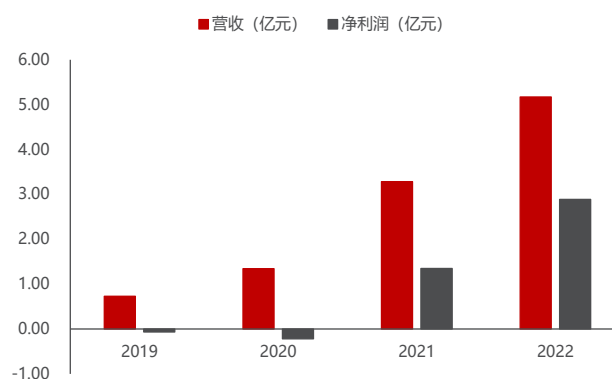
资料来源：工信部，公司公告，民生证券研究院测算

海外供给：在产矿山无增量计划，新建矿山短期内难以投产，预计海外增量有限。除中国之外，2021 年海外最大的三个稀土供应国家分别是美国（16%）、缅甸（9%）、澳大利亚（8%）。由于冶炼分离的产能绝大多数都在国内，因此从矿端来看我国需要进口大量的稀土矿进行分离冶炼，除了澳大利亚的矿是出口到马来西亚进行分离之外，美国和缅甸大多数的矿都需要出口到我国进行后续的处理。自 2012 年起，美国部分海外大型矿山陆续投产复产，同时缅甸高品位中重稀土矿也在逐渐放量。由于我国稀土矿存在总量指标限制，因此海外的进口稀土矿一直是作为稀土矿供应的一大补充来源。

① **美国：MP 公司未来的发展计划以扩展分离冶炼产能为主，预计稀土精矿产能在每年 4 万吨左右维持稳定，目前产能利用已接近极限。**Mountain Pass 稀土矿山是世界品位最高的矿山之一，稀土含量超过 7%，有 70 余年的开采历史，上世纪 60-90 年代一度成为世界稀土的主要来源。随着中国稀土行业不断发展，美国稀土行业不断萎缩，MP 矿山也于 2002 年停产。2017 年盛和资源通过资源和技术介入重启了该矿山的生产工作，因此 2019 年开始其产量重新爬升，目前产量已达到其 4 万吨的产能极限。

图28：2019-2022 年 MP 矿山产销量


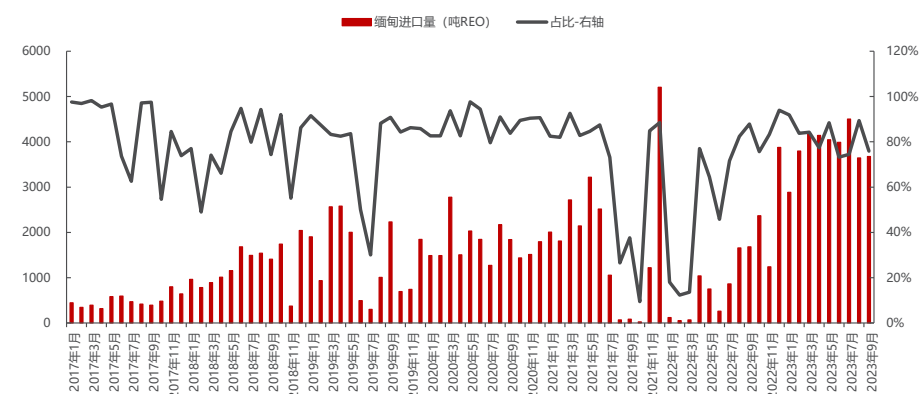
资料来源：MP 公司年报，民生证券研究院

图29：2019-2022 年 MP 公司营收与利润


资料来源：MP 公司年报，民生证券研究院

② **缅甸：缅甸 2022 年受封关影响进口量大幅减少，2023 年前三季度进口量同比大幅增长，成为供给端超预期的供给增量。**工信部打黑后，国内稀土黑色产业链逐渐瓦解，为了满足下游需求，我国开始从缅甸等地进口稀土矿，尤其是重稀土矿。2022 年受到公共卫生事件影响，全年中有数月未能进口稀土矿，缅甸稀土供给量大幅减少至 13981 吨 REO。2023 年公共卫生事件影响解除后，年初以来缅甸进口量大幅增加，前三季度合计进口 3.5 万吨 REO 稀土矿，我们预计全年缅甸进口量或在 4.5 万吨 REO 左右。但从中长期来看，缅甸稀土产业前期过度开采的问题仍较为严重，预计后续随着品位下滑，缅甸稀土中长期供应增量或有限。

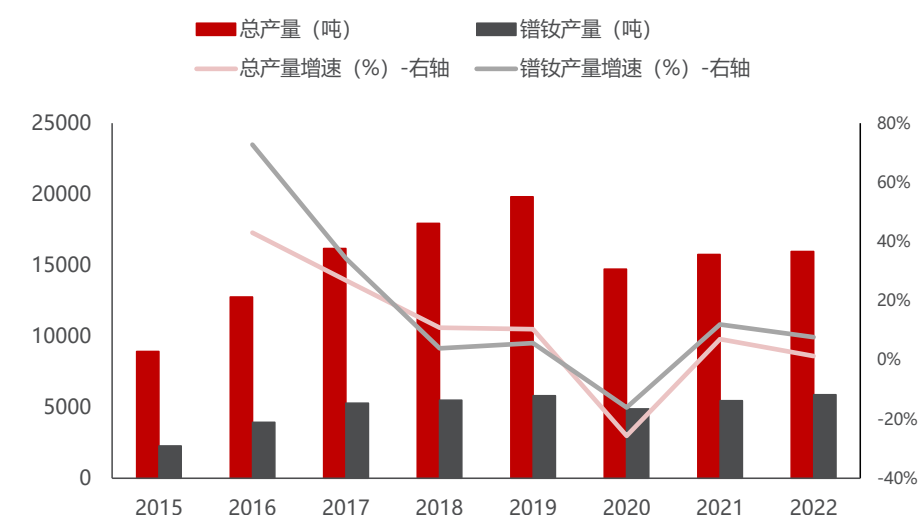
图30：2023 年 1-9 月缅甸进口稀土量同比大幅增长



资料来源：海关总署，民生证券研究院

- ③ 澳大利亚：Lynas 主要从事稀土开采与冶炼，稀土储量 1890 万吨，资源量折 REO 157.1 万吨，平均品位 8.3%，是全球第二大的稀土供应商，年产能 2.5 万吨 REO。稀土矿山位于西澳大利亚州首府珀斯西北约 1000 公里的 Mountain Weld，矿山产能已满负荷，未来产能增量有限。现有冶炼产能布局在马来西亚关丹附近的格宾工业园，位于西澳大利亚州的 Kalgoorlie 分离冶炼厂完成所有审批手续，正在建设中。位于美国的轻重稀土分离冶炼厂还处于规划中。

图31：2015-2022 年 Lynas 稀土总产量和镨钕产量



资料来源：公司公告，民生证券研究院

- ④ 独居石：独居石为钨钛选矿的副产品，主要生产商为盛和资源 and Iluka，2021 年产量 3 万吨 REO 左右。盛和资源连云港 150 万吨钨钛选矿项目目前已经投产，将新增 2 万吨独居石实物吨产能，预计将在 2023-2024 年逐步释放。

- ⑤ **海外其他矿山：大多处于项目早期阶段，短期难有增量，2024-2025 年或部分产能投产。**目前较为可能投产的项目主要有四个：1) 澳大利亚 Hastings 公司矿山 2024 年年产 1.5 万吨混合稀土碳酸盐，假设折合镨钕氧化物 25%,即 3750 吨，假设 2024 年当年贡献 25%，2025 年贡献 75%；2) 澳大利亚 Dubbo 稀土项目年产 6664 吨稀土氧化物，其中 20%为镨钕氧化物，假设 2024 年贡献 50%满产产量；3) 澳大利亚 Arafura 年产 4357 吨镨钕氧化物于 2024 年底投产，2025 年贡献产量；4) 坦桑尼亚 Ngualla 项目镨钕占比 21.26%，拟于 2025 年二季度投产，年产稀土精矿约 1.8 万吨 REO，4000 吨左右的镨钕。

表6：海外氧化镨钕供给（单位：吨 REO）

海外供给(吨 REO)	单位	2020	2021	2022	2023E	2024E	2025E
美国矿-镨钕供给	吨 REO	6045	6659	6672	6751	6751	6751
澳大利亚矿-镨钕供给	吨 REO	4876	5461	5880	5577	5671	5713
缅甸矿-镨钕供给	吨 REO	4376	4936	3495	11250	10000	8750
独居石-镨钕供给	吨 REO	5980	6900	7153	8418	9430	9430
海外其他镨钕产量	吨 REO	2250	2250	2250	2250	3853.9	11709
其中：澳大利亚 Hastings	吨 REO	0	0	0	0	937.5	2812.5
澳大利亚 Dubbo 稀土	吨 REO	0	0	0	0	666.4	1332.8
澳大利亚 Arafura	吨 REO	0	0	0	0	0	4357
坦桑尼亚 Ngualla	吨 REO	0	0	0	0	0	956.7
海外氧化镨钕供给合计	吨 REO	23526	26206	25451	34246	35705	42353

资料来源：各公司公告，民生证券研究院

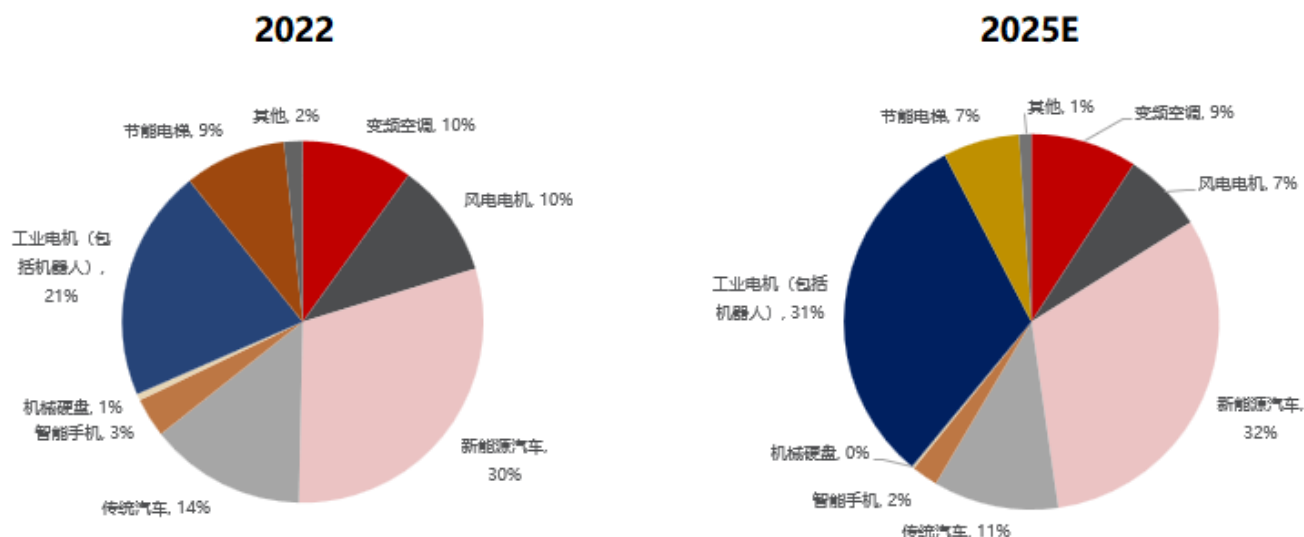
2.3.2 需求端：新能源汽车+节能电机需求快速增长，AI 机器人或成未来新的增长极

镨钕氧化物主要用于制造钕铁硼，高性能钕铁硼对镨钕氧化物的需求将受新能源汽车、风电、节能电机、空调能效标准提高等因素拉动迎来迅速增长。其中钕铁硼的性能越好，需要添加的镨钕氧化物越多。中低端钕铁硼需求较为分散，包括箱包扣、门扣、玩具、电动自行车等众多领域，这部分需求进入壁垒较低，市场处于完全竞争市场，产品同质化高，整体需求量变化不大。而高性能钕铁硼被广泛应用于汽车、风电、变频空调等领域，有较高的准入门槛，有望受益于新能源行业景气需求高增。

磁材的终端需求主要集中在汽车、风电、工业电机领域，其他消费场景较为分散。随着全球能源危机及环保意识的加强，新能源汽车、风电节能、变频空调等产业或将迎来高速发展，高性能钕铁硼需求有望释放巨大潜力。我们预计全球高性能钕铁硼需求量到 2025 年将达到 21.3 万吨，2022-2025 年 CAGR 为 20.66%，带

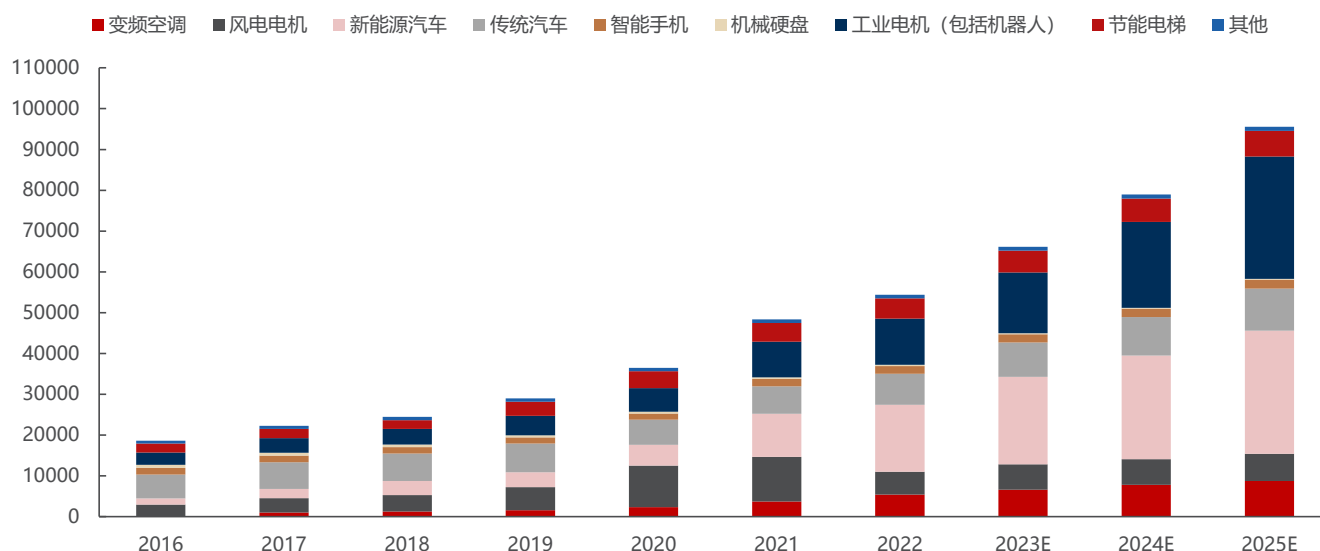
动的锆钨氧化物需求达 9.6 万吨。

图32：2022 和 2025 年的高性能钕铁硼下游需求分布



资料来源：国家统计局，IDC，wind，OICA，EVSales，民生证券研究院测算

图33：2016-2025 年全球高性能钕铁硼带动的氧化锆钨需求量快速增长（单位：吨 REO）



资料来源：国家统计局，IDC，wind，OICA，EVSales，民生证券研究院测算

从终端领域的需求增速情况来看，新能源车依旧维持强劲增长，节能电机需求增长受政策支持有所提振，风电、家电增速略显疲态。此前报告中有详细阐述过各个下游领域的需求增长情况，此处不再赘述。

人形机器人由于其对伺服电机的需求较大，而伺服电机的核心原材料为钕铁硼磁材，因此人形机器人放量将会带来较大的钕铁硼磁材以及上游原材料氧化锆

钕的需求。

我们这里的测算主要考虑到特斯拉人形机器人，根据特斯拉官网介绍，人形机器人全身共 40 个电机，每个电机消耗 50g-100g 高性能钕铁硼磁材，因此单位用量预计在 2-4kg，我们取中值 3kg 作为单位用量的假设。中性预期下，假设特斯拉人形机器人 2024/2025/2026/2030 年分别生产 5/25/50/500 万台，则特斯拉人形机器人 2030 年将带来 2 万吨高性能钕铁硼磁材毛坯需求增量，6747 吨钕钕氧化物需求增量，分别占 2022 年钕铁硼/钕钕氧化物总需求的 7.1%/7.2%。

表7：人形机器人带动的钕铁硼磁材和钕钕氧化物需求预测

	2024E	2025E	2026E	2030E
特斯拉人形机器人产量（万台）	5	25	50	500
单台人形机器人钕铁硼需求量（千克）	3	3	3	3
人形机器人消耗钕铁硼磁材成品（吨）	150	750	1500	15000
人形机器人消耗钕铁硼磁材毛坯（吨）	200	1000	2000	20000
人形机器人钕钕氧化物需求量合计（吨）	67	337	675	6747

资料来源：民生证券研究院测算

得益于下游需求的快速增长，磁材企业大多快速扩张以谋求市占率的提升，近两年磁材企业多具备较强成长属性。不仅以稀土磁材为主业的各大企业在快速扩张，包括金力永磁、正海磁材、宁波韵升、中科三环、大地熊、英洛华等，部分上游或其他磁材厂商也在往稀土磁材板块进行扩张。大量的产能增长意味着行业竞争加剧，老牌磁材厂商或可凭借客户开拓、产品迭代等优势保持一定的领先地位。

表8：2022-2025 年稀土下游厂商钕铁硼永磁材料产能扩张规划

代码	公司	产能（吨）					远期
		2021	2022	2023E	2024E	2025E	
300748.SZ	金力永磁	15000	23000	30000	38000	40000	-
300224.SZ	正海磁材	16000	24000	30000	-	-	36000
600366.SH	宁波韵升	12000	21000	29000	36000	-	-
000970.SZ	中科三环	21500	31500	36500	42500	52500	-
688077.SH	大地熊	6000	8000	12000	15000	-	21000
000795.SZ	英洛华	10000	12000	15000	-	-	-
002057.SZ	中钢天源	2000	-	-	-	-	10000
000969.SZ	安泰科技	5500	-	10500	-	-	20000
601609.SH	金田铜业	5000	-	9000	-	13000	-
600259.SH	广晟有色	1500	2100	6100	12600	-	-
600549.SH	厦门钨业	8000	12000	-	-	-	-

资料来源：各公司公告，民生证券研究院预测

注：上述产能均为钕铁硼磁材毛坯产能

2.3.3 供需平衡：供需或将重回紧平衡，稀土价格中枢抬升

我们预计由于需求多点放量，全球镨钕氧化物迎来中长期的供需紧张，但2023年由于供给端超预期增长，或将面临短期的供需过剩压力。短期来看，预计2023年供需过剩为2590吨，供需过剩比例为2.4%。中长期来看，考虑指标增长保持2023第二批指标的同比增速（2024-2025年，采矿指标总量年增长率均为10%），以及回收，独居石放量，远期多个矿山在2024-2025年陆续投产带来的增量，2024-2025年均面临供需紧平衡状态，供需缺口比例分别为1.4%/2.8%。

表9：全球镨钕氧化物供需平衡表

	单位	2018	2019	2020	2021	2022	2023E	2024E	2025E
全球镨钕氧化物供给	吨	65170	69720	71065	82309	92224	105725	114357	128898
其中中国	吨	47000	47900	47539	56103	66773	71479	78652	86545
增速	%		7.0%	1.9%	15.8%	12.0%	14.6%	8.2%	12.7%
全球镨钕氧化物需求	吨	61065	65987	73823	86107	91764	103134	115967	132553
增速	%		8.1%	11.9%	16.6%	6.6%	12.4%	12.4%	14.3%
供需平衡（-不足/+过剩）	吨	4105	3734	-2758	-3799	460	2590	-1609	-3656
供需缺口比例	%	6.3%	5.4%	-3.9%	-4.6%	0.5%	2.4%	-1.4%	-2.8%

资料来源：安泰科，民生证券研究院测算

3 精密切割丝：谐波减速器加工耗材，有望受益于人形机器人放量

3.1 减速器：机器人核心部件，国产替代加速进行

按照控制精度划分，减速器可分为一般传动减速器和精密减速器。一般传动减速器控制精度低，可满足机械设备基本的动力传动需求。精密减速器回程间隙小、精度较高、使用寿命长，更加可靠稳定，主要应用于机器人、数控机床等高端领域。

RV 减速器和谐波减速器各具特点，应用场景互补。精密减速器包括谐波减速器、RV 减速器、摆线针轮行星减速器、精密行星减速器等。在工业机器人领域，RV 减速器和谐波减速器应用最为广泛。RV 减速器传动效率高、输出扭矩大，适用于机器人的中机座、大臂、肩部等重负载部位，而谐波减速器体积小、重量轻、传动比和精密度高，适用于机器人的小臂、腕部和手部等轻负载部位。在工业机器人的应用上，两者各具特点，应用场景相辅相成。

表10：机器人常用减速器种类及特点

指标	RV 减速器	谐波减速器
技术原理	行星齿轮减速器前级+摆线针轮减速器后级组成两级传动	通过柔轮的弹性变形传递运动和动力
减速比	30-192.4	30-160
传动效率	>80%	75%
额定输出转矩	101-6135N·m	6.6-921N·m
额定转矩下使用寿命	>6000h	>8000h
产品特点	大体积、高负载能力、高刚度和高疲劳强度，但零部件较多，制造和装配难度大	体积小、传动比高、精密度高、灵活度高，相对 RV 等减速器使用的材料、体积及重量大幅下降，但柔轮变形易产生疲劳破坏，因此柔轮需使用高强度材料
应用场景	多关节机器人中机座、大臂、肩部等重负载部位	机器人小臂、腕部或手部等轻负载部位
终端应用领域	汽车、运输、港口码头等	3C、半导体、食品、注塑、模具、医疗等
价格	5000-8000 元/台	1000-5000 元/台

资料来源：绿的谐波招股，林江海等.《工业机器人用精密减速器研究现状》，梁锡昌等.《减速器的分类创新研究》，民生证券研究院

图34：RV 减速器图示



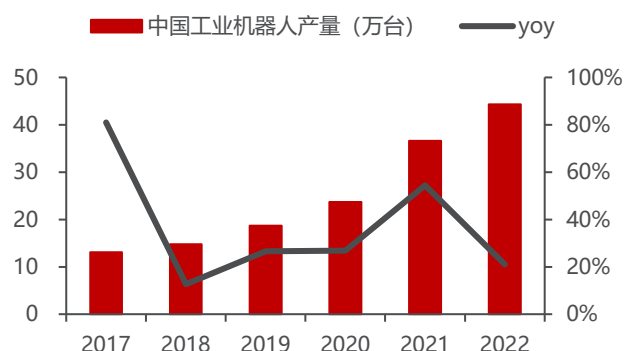
资料来源：中大力德官网，民生证券研究院

图35：谐波减速器图示

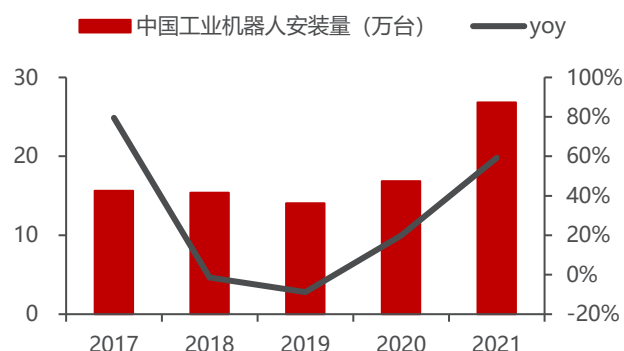


资料来源：中大力德官网，民生证券研究院

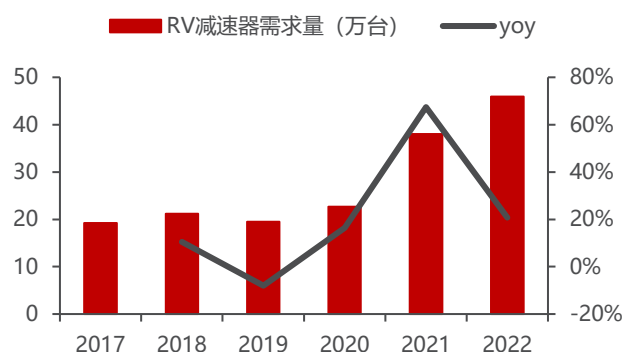
工业机器人带动减速器需求增加,2017-2022 年 CAGR 约 20%。2017-2022 年,中国工业机器人装机量快速增加,带动 RV 减速器需求量由 19.2 万台增长至 45.9 万台,5 年 CAGR 为 19.0%,谐波减速器需求量由 24.1 万台增长至 64.0 万台,5 年 CAGR 为 21.6%。随着机器人向小型化、高精度方向发展,谐波减速器因体积小、精密度高优势应用场景不断拓展,2022 年工业机器人用谐波减速器与 RV 减速器需求比 1.4:1。

图36: 中国工业机器人产量


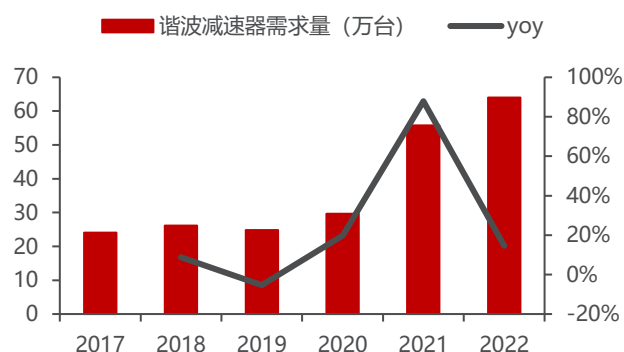
资料来源: wind, 民生证券研究院

图37: 中国工业机器人装机量


资料来源: wind, 民生证券研究院

图38: 中国工业机器人用 RV 减速器需求量


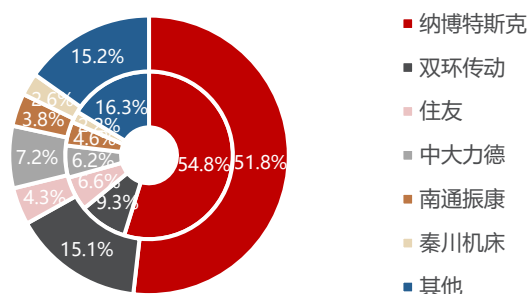
资料来源: GGII, 民生证券研究院

图39: 中国工业机器人用谐波减速器需求量


资料来源: GGII, 民生证券研究院

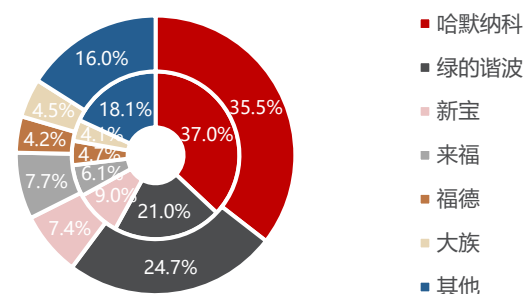
日企占据国内精密减速器市场主要份额, 国产替代加速进行。日本机器人行业起步较早, 培育出纳博特斯克 (Nab) 和哈默纳科 (HD) 两大精密减速器巨头。目前国内减速器市场主要由两大日企占据, 但国产替代正加速进行中。2021-2022 年, 在国内 RV 减速器市场, Nab 市占率由 54.8% 降至 51.8%, 双环传动市占率由 9.3% 增长至 15.1%; 在国内谐波减速器市场, HD 市占率由 37.0% 降至 35.5%, 绿的谐波市占率由 21.0% 增长至 24.7%。

图40：2020-2021 年中国 RV 减速器市占率



资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院，注：内环为 2020 年，外环为 2021 年

图41：2020-2021 年中国谐波减速器市占率

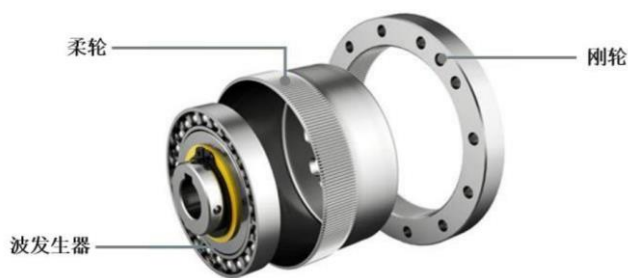


资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院，注：内环为 2020 年，外环为 2021 年

3.2 谐波减速器：人形机器人自由度大增，打开需求空间

谐波减速器由刚轮、柔轮和波发生器三个部件构成。谐波减速器由带有内齿圈的刚性齿轮（刚轮）、带有外齿圈的柔性齿轮（柔轮）、波发生器三个基本构件组成。在其运行中，波发生器使柔轮产生可控的弹性变形波，通过柔轮与刚轮的错齿运动，实现运动和动力的传递。谐波传动技术通过柔性构件实现机械传动，精密度较高，因此广泛应用于机器人领域。

图42：谐波减速器结构



资料来源：绿的谐波招股，民生证券研究院绘制

图43：谐波减速器下游应用领域



资料来源：绿的谐波招股，民生证券研究院

人形机器人自由度大幅增加，谐波减速器未来需求空间可期。根据绿的谐波招股说明书，多关节机器人平均使用谐波减速器 3.5 个，协作机器人一般使用谐波减速器 6-7 个，SCARA 和 DELTA 机器人一般使用谐波减速器 3 个。传统工业机器人的自由度一般为 2-6 个，而特斯拉人形机器人执行器达 40 个，仅手部就有 11 个自由度。谐波减速器体积小、质量轻、灵活性强，人形机器人的出现有望带

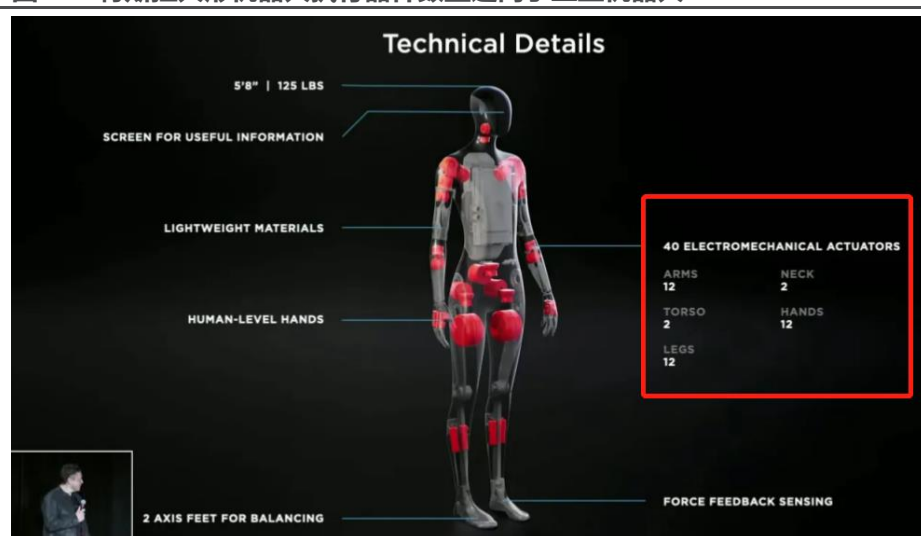
来谐波减速器需求的大幅增加。

表11：不同类型机器人谐波减速器单位用量

机器人类型	谐波减速器单位用量（个）
协作机器人	6-7
多关节机器人	3.5
SCARA 机器人	3
DELTA 机器人	3

资料来源：绿的谐波招股，民生证券研究院

图44：特斯拉人形机器人执行器件数量远高于工业机器人



资料来源：澎湃新闻，民生证券研究院

国内主要通过慢走丝工艺加工谐波减速器刚轮内齿。谐波减速器通过刚轮、柔轮的错齿运动传递转速和扭矩，因此齿形的精度对其功能的发挥具有重要影响。目前国内企业加工刚轮内齿的工艺包括慢走丝、插齿和滚齿三种。慢走丝通过脉冲火花放点蚀刻金属，从而达到加工齿轮的目的，由于需多次切割，生产效率相对较低，但由于加工精度较高，是目前国内应用最广泛的加工工艺；滚齿工艺连续切削，生产效率高，但加工精度较低；插齿工艺在生产效率和加工精度方面居中。

表12：国内谐波减速器刚轮内齿加工工艺比较

	慢走丝	插齿	滚齿
技术原理	利用连续移动的细金属丝（电极丝）作电极，对工件进行脉冲火花放电，产生6000度以上高温来蚀除金属、切割成工件。一般通过一次切割成形，二次切割提高精度，三次以上切割提高表面质量	用插齿刀按展成法或成形法加工内、外齿轮或齿条等齿面	运用展成法原理用滚刀加工齿轮，相当于一对交错螺旋轮啮合
工件原材料	合金钢	合金钢或球墨铸铁	合金钢或球墨铸铁
生产效率	一般需多次切割，生产效率低	中	连续切削，无空行程，生产效率高
加工精度	高	中	低

资料来源：GGII，民生证券研究院

慢走丝工艺用电极丝材料不断发展，博威合金旗下贝肯霍夫公司表现卓越。20世纪60年代，慢走丝工艺采用的电极丝材料主要是紫铜；20世纪70年代，德国贝肯霍夫公司发现采用普通黄铜做电极丝材料，可有效提高线切割的速度和精度；在镀锌电极丝阶段，电极丝材料表面被加上包覆层，进一步提高产品性能，其中以德国贝肯霍夫公司的产品最为出名；20世纪80年代及以后，通过对包覆层材料加工工艺、配方的特殊处理，又出现了复合相型电极丝等不同性能的产品。

表13：慢走丝电火花切割中电极丝材料的发展

发明时期	阶段	电极丝材料与结构	切割速度 (mm ² /min)	切割精度 (mm)	代表企业
20世纪60年代	紫铜电极丝阶段	紫铜（纯铜）	20	0.05	
20世纪70年代	黄铜电极丝阶段	普通黄铜（铜锌合金）	50以上	相对紫铜电极丝明显提高	德国贝肯霍夫公司发现
	镀锌电极丝阶段	普通黄铜内芯+纯锌包覆层		相对黄铜电极丝提高	德国贝肯霍夫公司的产品最具代表性
20世纪80年代	扩散退火型电极丝阶段	普通黄铜内芯+扩散退火形成铜锌合金包覆层	相对镀锌电极丝提高15%左右	低于镀锌电极丝	
	β型电极丝阶段	无氧铜或者黄铜合金内芯+β相铜锌合金包覆层		略低于镀锌电极丝	
	γ型电极丝阶段	无氧铜或者黄铜合金内芯+γ相铜锌合金包覆层		高于β型电极丝	
	复合相型电极丝阶段	无氧铜或者黄铜合金内芯+β、γ相复合铜锌合金包覆层		综合了β型电极丝和γ型电极丝的优势	

资料来源：孟宪旗等.《浅析慢走丝用电极丝技术的发展及应用》，民生证券研究院

预计 2030 年人形机器人带来精密切割丝新增需求 3.5 万吨，行业龙头企业有望受益。假设 2024/2025/2026/2030 年全球人形机器人产量分别为 5/25/50/500 万台，单台人形机器人谐波减速器安装量均为 14 个，预计 2030 年人形机器人带动的精密切割丝需求量将达 3.5 万吨，2024-2030 年 CAGR 达 115.4%，行业龙头企业有望受益于人形机器人放量。

表14：人形机器人带动的精密切割丝需求量预测

	2024E	2025E	2026E	2030E
人形机器人产量 (万台)	5	25	50	500
单台人形机器人谐波减速器安装量 (个)	14	14	14	14
加工单个谐波减速器切割丝耗用量 (Kg)	0.5	0.5	0.5	0.5
人形机器人切割丝需求量 (吨)	350	1750	3500	35000

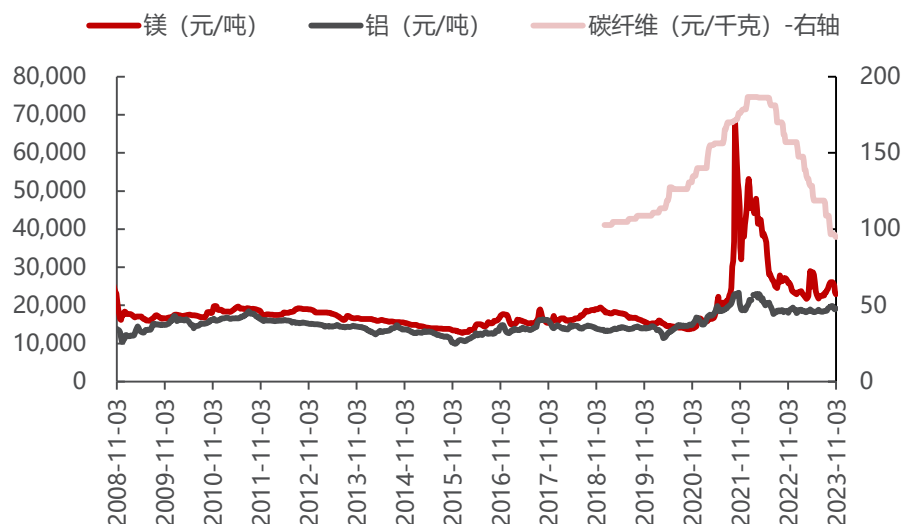
资料来源：民生证券研究院测算

4 轻量化材料（铝、镁、碳纤维）：机器人骨架，百舸争流逐浪高

人形机器人的体重是其重要的指标。若体重过大，则会对伺服电机的扭矩提出较大的要求，进而使得成本上升，甚至难以满足驱动机器人行动的要求。因此减重对于人形机器人来说是非常重要的命题。由于人形机器人整机重量普遍在100kg以内，相比于重量动辄以吨计算的汽车来说，减重1kg对于人形机器人的收益要远大于汽车。

常见的汽车轻量化材料主要有三种：铝、镁、碳纤维复合材料，碳纤维复合材料价格明显高于铝和镁，难以仅凭轻量化的优点大规模应用。轻量化材料在汽车中的应用目前铝的渗透率最高，根据CM Group预测，2030年纯电动车单车用铝量将达到283.5kg，单车用铝渗透率将达到56%，2018至2030年的年复合增长率为17.1%。相比于铝，镁和碳纤维材料的减重会更加明显，但两者的缺点主要是成本较铝更高，近两年随着镁价回落，压铸技术提升，镁的汽车应用场景大幅扩张，后续有望成为人形机器人的机身材料。而碳纤维复合材料的成本尽管近几年也在下降，但相比于前两者来讲仍然过于高昂，即使不考虑加工成本，仅碳纤维价格就是镁铝价格的近5倍，不利于人形机器人的整体降本，后续的应用扩展还有待成本进一步下行。

图45：不同轻量化材料的价格对比



资料来源：wind，百川盈孚，民生证券研究院

表15：镁合金材料与其他材料的参数对比

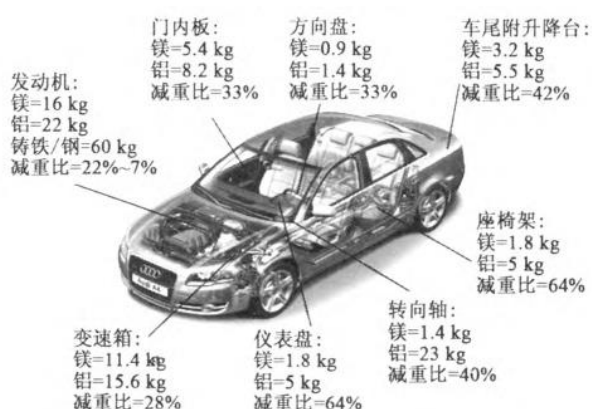
表 15：镁合金材料与其他材料的参数对比								
材料名		密度	熔点 (°C)	导热率 (W/mmK)	抗拉强度 (MPa)	屈服强度 (MPa)	比强度 (σ/ρ)	弹性模量 (GPa)
镁合金	AZ91D	1.81	598	54	250	160	138	45
	AM60B	1.8	615	61	240	130	133	45

铝合金	A380	2.7	595	100	315	160	116	71
钢铁	碳素钢	7.86	1520	42	517	400	80	200
塑料	ABS	1.03	*	0.9	96	*	93	*
	P C	1.23	*	*	118	*	95	*

资料来源：铁合金在线，民生证券研究院

镁具有更低的密度（约 $1.8\text{g}\cdot\text{cm}^3$ ），同体积比铝合金重量减少三分之一。因此汽车上多个部件对铝形成了部分替代。例如方向盘目前镁的渗透率已达到 90% 以上，除了小型件之外，近年来在汽车上应用的中大型镁合金零部件有仪表盘支架、座椅支架、中控支架、显示屏支架等，目前中大型镁合金零部件在汽车领域的覆盖率还较低，随着越来越多有设计能力的公司介入，产品价格降到合理价位，在汽车领域的渗透率将大幅提升。对于同样具备轻量化需求的人形机器人而言，镁合金制作的外壳或将是不错的选择。

图46：采用镁替换铝和钢后的汽车减重情况



资料来源：《汽车轻量化——汽车铝板在白车身和覆盖件减重中的运用》（佟琳），民生证券研究院

表16：镁合金和铝合金对比

材料	材料特性	成型工艺	表面装饰
镁合金	密度更低（约 $1.8\text{g}\cdot\text{cm}^3$ ），同体积比铝合金重量减少三分之一；抗压强度高（106-147Mpa）；电磁屏蔽性好；散热好；比强度高；良好的减振性能，受到冲击载荷时吸收的能量比铝高 50%。	塑性差，冲压难度大，主要成型工艺为液态压铸、高压压铸；但是具有优异的切削加工特性，易加工，切削速度快且加工成本低，容易达到稳定的尺寸精度和较低的表面粗糙度。	微弧氧化+喷漆、电泳涂漆、NIL 工艺、喷砂等，不能阳极上色
铝合金	密度低（约 $2.7\text{g}\cdot\text{cm}^3$ ）、抗压强度更高（约 200-400MPa）、材料表面易于上色。	加工性能好，适用于冲压、CNC 等多种加工工艺，相对加工效率较高。	喷涂、喷砂、拉丝、高光、阳极处理或 NIL 工艺等，也可微弧氧化。

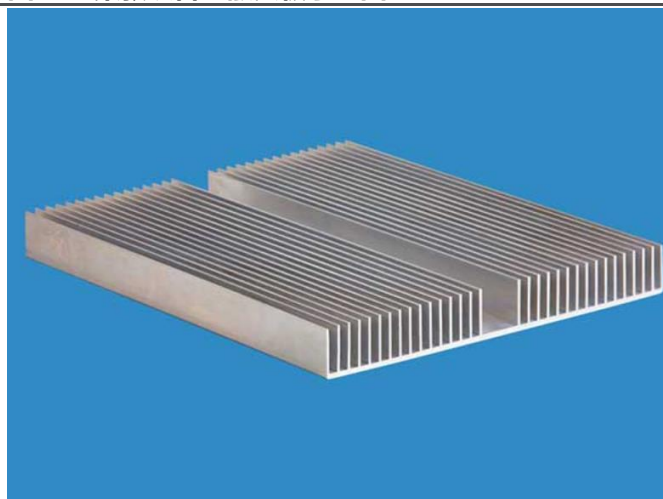
资料来源：《镁合金及其成型技术综述》（刘政军等），《5XXX 系铝镁合金的研究进展》（蒋靖宇等），民生证券研究院

除了更轻之外，镁在减震性能和散热性能方面也要比铝更加优秀。一方面，由于人形机器人在工作过程中可能会涉及到物品的取放，包括液体物体的取放，对减震性能提出了一定的要求。另一方面，人形机器人在执行工作任务时，身体内部的

驱动电机在承载负荷的过程中转速提升，会散发热量，对散热能力也提出了要求。

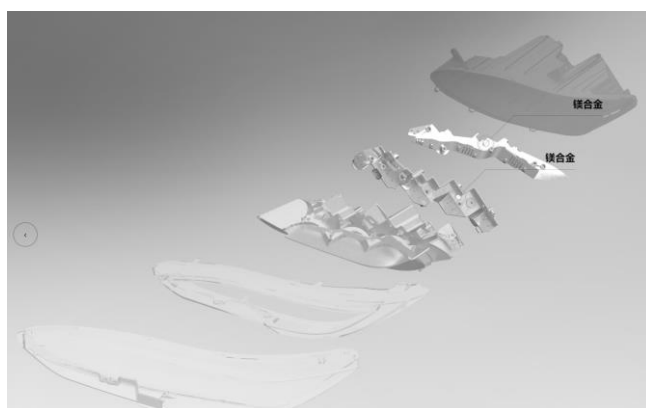
- ① **减震性能：镁是阻尼性能最好的结构材料。**可用于控制噪音和增强结构的稳定性。利用此性能，镁合金制作的方向盘渗透率在过去十年中逐步提升。新兴应用领域中，座椅支架也利用了镁合金减震性能优异的特点。
- ② **散热性能：镁合金的散热性能比铝合金更好。**AZ91D 镁合金导热系数 54W/mk；A380 铝合金导热系数接近 100W/mk，相差一倍。意味对于相同体积与形状的 AZ91D 与 A380 材料的散热器。某热源生产的热量（温度）由散热片根部传递到顶部的速度，A380 比 AZ91D 快一倍。即 A380 材料的散热器根部与顶部的温度差，比 AZ91D 材料的散热器小。这意味着由 AZ91D 材料制作的散热片根部的空气温度与顶部的空气温度的温度差，比 A380 材料制作的散热片大，因此加速散热器内部空气的扩散对流，使散热效率提高。利用此特性，汽车中车灯散热支架和电驱壳体都有使用镁合金生产的产品。

图47：某款镁合金散热板示意图



资料来源：迈格镁业官网，民生证券研究院

图48：镁合金车灯散热架示意图



资料来源：星源卓镁官网，民生证券研究院

由于镁具备以上优点，日本公司第 3 代的 ASIMO 外壳采用的就是镁合金材质。这使得机器人的自重大大降低，步行速度由原来的 1.6km/h 提升到 2.5km/h，最大奔跑速度达到了 3km/h。

镁铝比历史上合理区间为 1.1-1.3 之间。根据镁铝的密度关系，镁的密度比铝小 1/3，因此按照重量计价时，镁价理论上可以是铝价的 1.5 倍，实际运行过程中，由于镁相对容易出现表面腐蚀的情况，部分镁产品需要进行表面处理，产生额外的成本，因此镁铝比常年落在 1.1 到 1.3 之间。截至 2023 年 11 月 3 日，镁铝比为 1.2，当前的镁铝比落在合理区间内，有利于镁开拓新兴领域应用。

图49：截至 2023 年 11 月 3 日，镁铝比为 1.2



资料来源：wind，民生证券研究院

我们预计 2030 年人形机器人带来新增轻量化材料需求 12.5 万吨，对于铝/镁/碳纤维的需求弹性分别为 0.2%/12.5%/92.6%。假设 2024/2025/2026/2030 年全球人形机器人产量分别为 5/25/50/500 万台，平均每台机器人重量为 50kg，轻量化材料占比为 50%，其余部分为其他部件，预计 2030 年人形机器人带动的轻量化材料需求量将达 12.5 万吨，2024-2030 年 CAGR 达 115.4%。

表17：人形机器人带动的轻量化材料需求预测

	2024E	2025E	2026E	2030E
人形机器人产量 (万台)	5	25	50	500
单台人形机器人身体重量 (kg)	50	50	50	50
轻量化材料占比 (%)	50%	50%	50%	50%
人形机器人轻量化材料需求量 (万吨)	0.13	0.63	1.25	12.50

资料来源：民生证券研究院测算

5 投资建议

5.1 行业投资建议

基于人形机器人放量对驱动电机重要原材料钕铁硼磁材的需求拉动，对谐波减速器加工耗材精密细丝的需求拉动，以及对轻量化材料诸如铝、镁、碳-碳复合材料的潜在需求拉动。**重点推荐：金力永磁，正海磁材，宝武镁业，博威合金。**建议关注：磁材相关标的的中科三环，宁波韵升，大地熊，英洛华，中科磁业；铝加工标的的南山铝业，碳-碳复合材料加工标的的金博股份、楚江新材，镁加工标的的星源卓镁、万丰奥威等。

5.2 重点公司

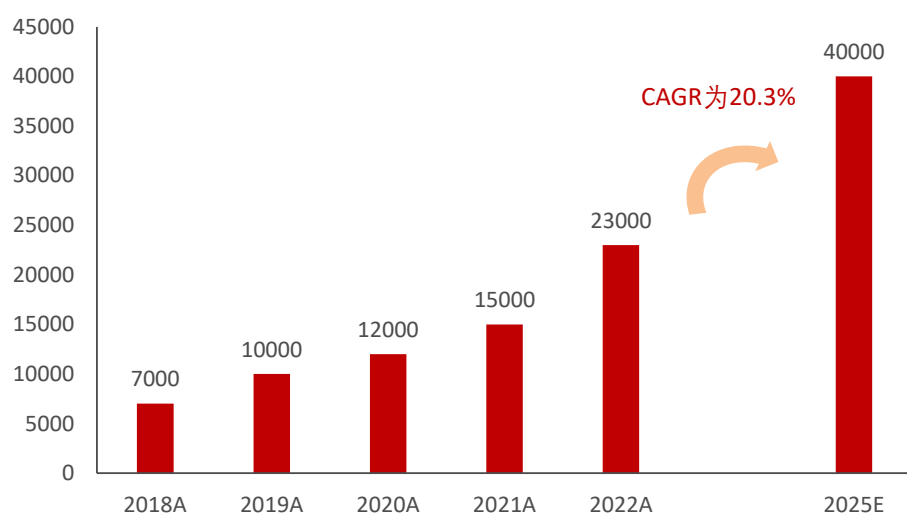
5.2.1 金力永磁

高性能钕铁硼磁材产品方面，1) 公司在包头投资建设的“高性能稀土永磁材料基地项目”在 2021 年底竣工，该项目已于 2022 年 6 月达产，形成 8,000 吨/年的高性能稀土永磁材料生产能力。另外，年产 12,000 吨的包头二期项目也于 2022 年开工。2) 宁波“年产 3,000 吨高端磁材及 1 亿台套组件项目”项目已经开工建设，预计 2023 年可以建成投产。3) 公司还规划了赣州投资建设年产 2000 吨高效节能电机用磁材基地项目。

稀土原材料供应方面，公司与包括南方稀土集团、北方稀土集团在内的重要稀土原材料供应商建立了稳定的合作关系，从而保证原材料的供应，和未来产能的释放。

远期产能规划较大，成长可期。目前高性能钕铁硼磁材受益于下游新能源汽车、风电、工业电机等领域的蓬勃发展拉动需求，磁材产销两旺，未来随着宁波项目、包头二期项目、赣州本部项目的逐步投产，公司计划于“十四五”末达到 40000 吨高性能钕铁硼永磁材料的产能，其中赣州 17000 吨/年，包头 20000 吨/年，宁波 3000 吨/年，2022-2025 年的产能 CAGR 将达到 20.3%。

图50：2022-2025 年，公司规划钕铁硼磁材产能 CAGR 达到 20.3% (单位：吨)



资料来源：公司公告，民生证券研究院

墨西哥布局磁组件项目，提升公司人形机器人、新能源汽车等领域市场竞争力。

公司在墨西哥投资建设年产 100 万台/套磁组件生产线项目。项目计划总投资额为 1 亿美元，资金来源为自筹资金及 H 股募集资金。项目建设期为 3 年。该项目符合国家相关的产业政策以及未来公司整体战略发展方向，有助于提升公司在人形机器人、新能源汽车等领域的市场竞争力，对于公司拓展海外市场，提升全球市场份额，增加与国际客户合作的深度和广度具有重要战略意义。

营收占比来看，新能源车为公司营收占比最高的产品。2023 年前三季度，公司磁材产品在新能源汽车及汽车零部件、节能变频空调、风力发电、机器人及工业电机领域的营收占比分别为 47.7%、21.0%、8.8%、3.3%，其余 19.3% 的营收占比为 3C 消费电子、节能电梯、以及其他非主营业务收入。随着机器人行业的快速发展，未来公司机器人业务营收占比或将快速提升。

盈利预测与评级：考虑到公司有高性能钕铁硼在建项目，且磁材下游需求有望迎来复苏，未来公司产能将逐步释放，业绩持续增厚，我们预计 2023/2024/2025 年分别实现归母净利润 6.90/8.99/10.45 亿元，对应 11 月 3 日收盘价的 PE 分别为 34/26/22X，维持“推荐”评级。

风险提示：订单不及预期，机器人业务发展低于预期，稀土价格暴跌等。

表18：金力永磁盈利预测与财务指标

项目/年度	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入 (百万元)	7,165	7,039	8,861	10,230
增长率 (%)	75.6	-1.8	25.9	15.4
归属母公司股东净利润 (百万元)	703	690	899	1,045
增长率 (%)	55.1	-1.8	30.2	16.3

每股收益 (元)	0.52	0.51	0.67	0.78
PE (现价)	33	34	26	22
PB	3.4	3.2	2.9	2.7

资料来源: Wind, 民生证券研究院预测; (注: 股价为 2023 年 11 月 3 日收盘价)

5.2.2 正海磁材

磁材行业领先企业，产能持续扩张。目前公司已具备年产钕铁硼毛坯 2.4 万吨的生产能力，同时公司计划根据下游需求在 2026 年前达到 3.6 万吨的生产能力。2022 年公司高性能钕铁硼磁材销量 9515 吨，同比增长 48.58%。公司产品搭载 349 万台套节能和新能源汽车驱动电机，同比增长 85%。

表19：截至 2022 年底，公司高性能钕铁硼永磁材料产能情况（单位：吨）

主要工厂	现有产能	产能利用率	在建产能	在建产能的投资建设情况
东西厂区	10000	97%	-	-
福海厂区	8000	97%	-	-
南通基地	6000	-	12000	2026 年前全部达产

资料来源: 公司公告, 民生证券研究院

注: 2022 年公司实际产能 16,500 吨。

公司全面切入世界主流车企供应链，优质客户资源有望使得公司在行业竞争加剧的情况下保持比较优势。下游汽车市场占比达到 65% (2021 年同期为 50%)，其中节能与新能源汽车占比接近 50% (2021 年同期为 30%)。其他领域中，消费电子市场营收同比增长 108%，家电市场营收同比增长 94%。

公司具备优秀的原料保障能力。公司与主要供应商中国稀土集团和北方稀土集团的合作日益巩固和扩大。2022 年，公司控股子公司正海五矿高性能钕铁硼合金薄片扩产项目建设完成，新增高性能钕铁硼合金薄片产能 4,000 吨，正海五矿整体产能达到 6,000 吨。该产能扩建项目的实施进一步深化了中国稀土集团有限公司的合作关系，加强了公司原材料的供应保障。按照 2.4 万吨的产能计算，该子公司可贡献 25% 的原料供给，原料自给率大幅提升。

盈利预测与评级：考虑到公司有高性能钕铁硼在建项目，且磁材下游需求有望迎来复苏，未来公司产能将逐步释放，业绩持续增厚，我们预计 2023/2024/2025 年分别实现归母净利润 4.98/6.40/7.46 亿元，对应 11 月 3 日收盘价的 PE 分别为 20/15/13X，维持“推荐”评级。

风险提示：订单不及预期，产能投放低于预期，稀土价格暴跌等。

表20：正海磁材盈利预测与财务指标

项目/年度	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入 (百万元)	6,319	7,205	9,376	11,556
增长率 (%)	87.5	14.0	30.1	23.3
归属母公司股东净利润 (百万元)	404	498	640	746
增长率 (%)	52.5	23.2	28.4	16.6

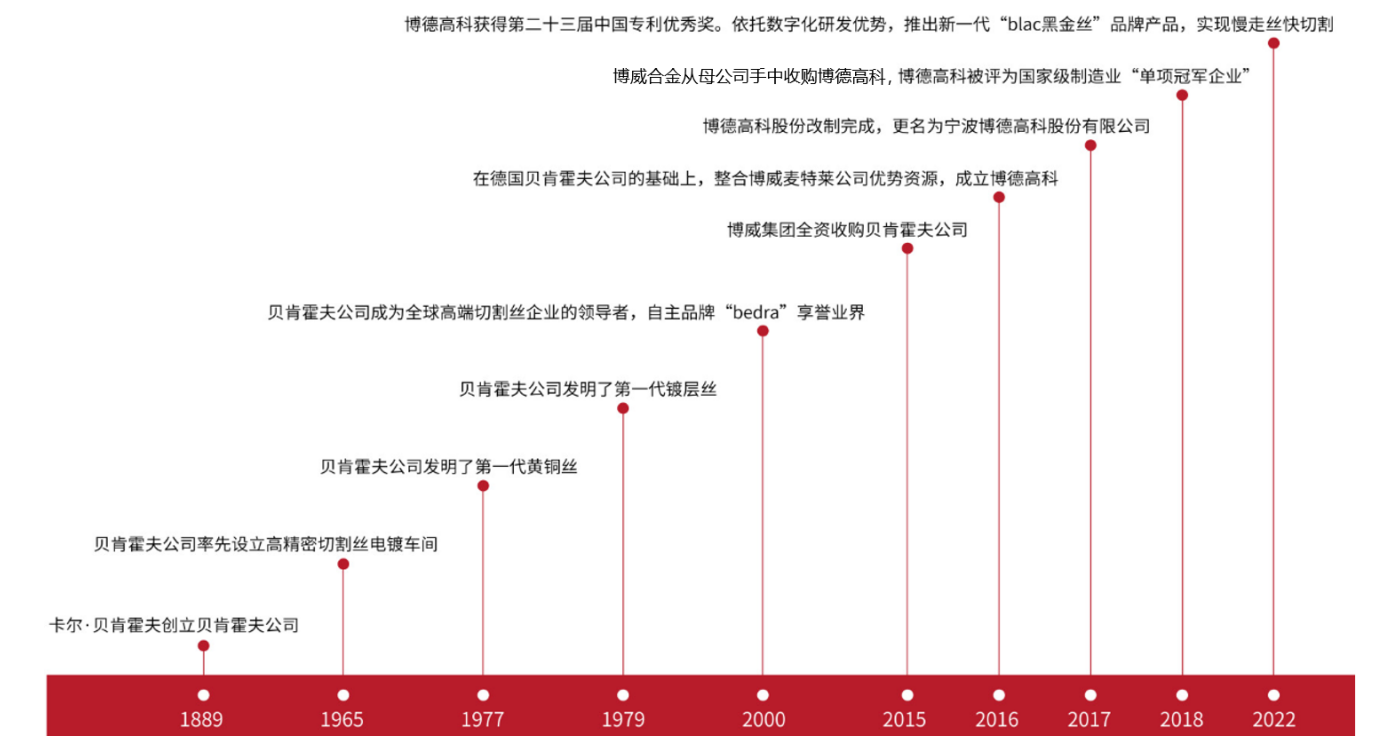
每股收益（元）	0.49	0.61	0.78	0.91
PE（现价）	24	20	15	13
PB	2.7	2.5	2.2	2.0

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2023 年 11 月 3 日收盘价）

5.2.3 博威合金：传承德企百年历史，精密切割丝行业领导者

子公司旗下贝肯霍夫公司具有百年历史，是高端切割丝行业引领者。2015 年公司母公司博威集团全资收购具有百年历史的德国贝肯霍夫公司，2018 年博威合金从母公司手中收购博德高科，拓展精密切割丝业务。德国贝肯霍夫公司是全球高端切割丝行业领导者，自主品牌“bedra”享誉全球。目前子公司博德高科在德国和中国宁波拥有三大研发生产基地。

图51：博威合金子公司博德高科发展历程



资料来源：公司官网，民生证券研究院

图52：子公司博德高科在德国和中国宁波拥有三大研发生产基地



资料来源：公司官网，民生证券研究院




技术实力雄厚，新一代产品聚焦慢走丝工艺痛点。博德高科秉承德国贝肯霍夫公司 130 多年的研发技术积累，目前共获得德国、日本、美国、俄罗斯、中国等国家授权发明专利 113 项。公司坚持技术驱动，不断实现产品性能新突破。产品系列丰富，覆盖黄铜丝、镀锌电极丝不同代际产品。2022 年公司聚焦慢走丝工艺生产效率较低的痛点，采用独特的复合重构技术，推出新一代“黑金丝”产品系列，包括高效黑金丝、高速黑金丝、通用黑金丝三个牌号，可满足下游客户不同应用需求，其中高速黑金丝加工速度相对黄铜丝提高 40%以上。

图53：博德高科主要发明专利

时间	专利名称	授权国家
2021年	一种微细电火花加工用电极丝、制备方法及应用	中国
2020年	一种电火花放电加工用电极丝及其制备方法	中国
2017年	高效率、低消耗的放电腐蚀加工用电极线及其及其制造方法	日本
2017年	低曝氧单向走丝用切割线及其制造方法	中国
2016年	一种高精度锌基合金电极丝及其制备方法	中国
2016年	高精度锌基合金电极及其制造方法	日本
2015年	低曝氧单向走丝用切割丝	德国
2015年	一种高效率的精密模具用电极丝及其制备方法	中国
2014年	电火花加工电极丝	美国
2013年	慢走丝电火花加工用电极丝及其制备方法	中国
2011年	高导电高韧性铜合金复合线	中国
2009年	电火花切割电极丝和该电极丝的制造方法	俄罗斯/日本/中国/墨西哥
2008年	慢走丝电火花腐蚀加工用电极线	中国
2008年	电火花加工电极丝	欧洲/墨西哥/俄罗斯/韩国
2005年	电火花加工电极丝	台湾
2003年	结构化中间层线电极丝	香港
2003年	电火花加工电极丝	加拿大
2003年	结构化中间层线电极丝	加拿大
2002年	电火花加工电极丝	巴西
2002年	电火花加工电极丝	马来西亚
2002年	电火花加工电极丝	中国
2001年	结构化中间层线电极丝	欧洲
2001年	电火花加工电极丝	欧洲

资料来源：公司官网，民生证券研究院

图54：公司 2022 年推出新一代“黑金丝”产品，聚焦慢走丝工艺生产效率低的工艺痛点

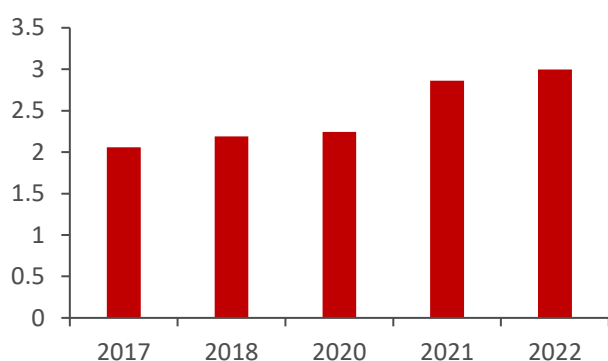
<p>高效黑金丝</p> <p>相比黄铜丝切割表面光洁度提升25%以上 相比黄铜丝加工速度提升30%以上</p> <p>NEW</p> 	<p>高速黑金丝</p> <p>3台机床产能超过4台的黄铜丝产能 相比黄铜丝加工速度提升40%以上</p> <p>NEW</p> 	<p>通用黑金丝</p> <p>标准的精度和表面质量, 稳定的切割性能 相比黄铜丝, 切割速度提升10%以上</p> <p>NEW</p> 
---	--	--

资料来源：公司官网，民生证券研究院

精密切割丝销量稳步提升，谐波减速器领域未来需求值得期待。公司目前精密

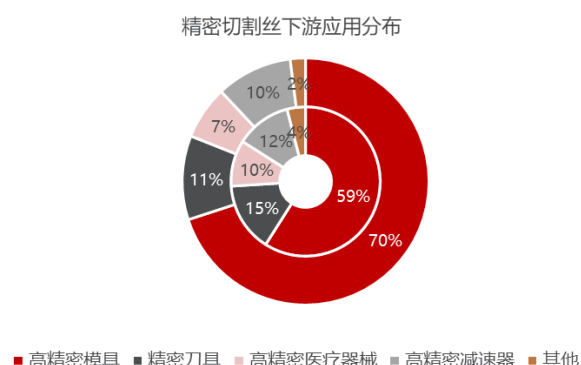
切割丝产能 3.4 万吨，在国内位居前列，销量由 2017 年的 2.1 万吨提升至 2022 年的 3.0 万吨。目前主要下游应用领域为高精度模具，2022 年占比达 70%，在精密切割丝领域的应用占比为 10%。随着新一代“黑金丝”产品的推出，慢走丝工艺比较优势增强，有助于下游应用领域的进一步开拓，公司切割丝产品有望受益于谐波减速器国产替代。

图55：公司精密切割丝销量（万吨）



资料来源：公司公告，民生证券研究院

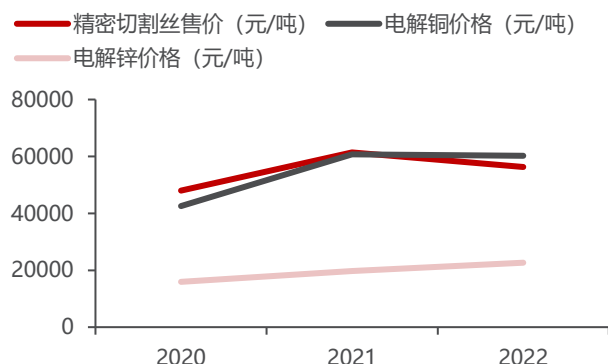
图56：2022 年公司精密切割丝在高精密减速器领域应用占比为 10%



资料来源：公司公告，民生证券研究院，注：内环 2021 年，外环 2022 年

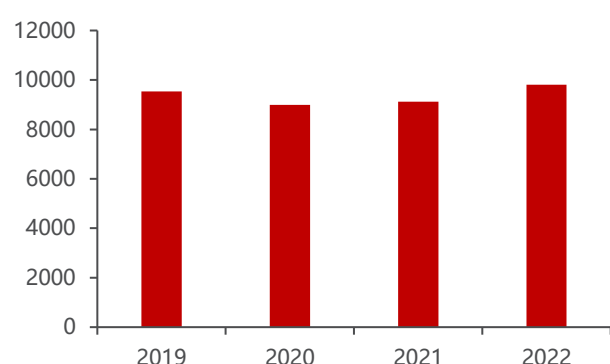
产品售价采用“原材料+加工费”模式，德国基地盈利影响板块业绩。公司新材料产品采用“原材料+加工费”模式，精密切割丝主要原材料包括电解铜和电解锌，因此产品售价跟随铜、锌价格波动，2022 年公司精密切割丝单吨售价为 5.63 万元。业绩方面，公共卫生事件导致需求下滑、俄乌冲突带来的欧洲能源成本提升，德国基地盈利下滑，而国内及亚太市场需求持续增长，整体来看，2022 年公司精密切割丝业务实现扣非归母净利 0.98 亿元，已恢复至 2019 年水平。

图57：公司精密切割丝及主要原材料单价



资料来源：公司公告，民生证券研究院

图58：博德高科扣非归母净利润（万元）



资料来源：公司公告，民生证券研究院

盈利预测与评级：考虑到公司光伏板块盈利高企，铜基材料产能逐步释放，我们预计公司 2023/2024/2025 年分别实现归母净利润 11.15/13.70/14.99 亿元，对应 11 月 3 日收盘价的 PE 分别为 11/9/8X，维持“推荐”评级。

风险提示：新技术路线替代，光伏盈利不及预期，铜基材料加工费下降等。

表21：博威合金盈利预测与财务指标

项目/年度	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入 (百万元)	13,448	16,871	22,567	29,258
增长率 (%)	33.9	25.5	33.8	29.6
归属母公司股东净利润 (百万元)	537	1,115	1,370	1,499
增长率 (%)	73.1	107.6	22.9	9.4
每股收益 (元)	0.69	1.43	1.75	1.92
PE (现价)	22	11	9	8
PB	2.0	1.7	1.5	1.3

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2023 年 11 月 3 日收盘价）

5.2.4 宝武镁业

公司为镁合金行业龙头，全产业链覆盖，资源优势显著。公司拥有丰富白云石资源，公司子公司巢湖云海镁业有限公司拥有 8864 万吨白云石的采矿权，合资公司安徽宝镁轻合金有限公司拥有 13 亿吨白云石的采矿权。2023 年 11 月 3 日，公司子公司五台云海以 11.7 亿元竞拍成功大朴村白云岩矿采矿权，五台公司至此也拥有 3.5 亿吨冶镁用白云岩、1.2 亿吨耐火用白云岩、1.1 亿吨建筑用白云岩资源储量。公司拥有“白云石开采-原镁冶炼-镁合金熔炼-镁合金精密铸造、变形加工-镁合金再生回收”的完整产业链。

公司产能增长空间广阔，目前公司拥有 10 万吨原镁，20 万吨镁合金产能。

公司有多项在建项目正有序推荐建设，青阳 30 万吨原镁、30 万吨镁合金、15 万吨镁深加工项目，巢湖 5 万吨原镁项目，安徽铝业 15 万吨铝挤压型材项目均将有望于 2023 年底前建成，五台 10 万吨原镁项目有望在 2024 年底建成，随着项目逐步达产，2025 年公司将拥有 50 万吨原镁和 50 万吨镁合金产能。

镁下游应用空间广阔。①**汽车轻量化：**近几年镁应用于汽车轻量化的产品除了方向盘、转向件等小的零部件以外，汽车中大件因压铸厂家设计能力和技术水平逐步提高，产品价格降到合理水平，在汽车领域的覆盖率也逐步提升。汽车三电产品近几年开始应用和放量，自行车轮毂、车身及前叉等部件也逐步使用镁合金替代。公司结合自身优势，主要提供仪表盘支架、中控支架、汽车三电产品、座椅支架、转向件、自行车轮毂和前叉等部件。②**建筑模板：**公司用大型压铸机一体化压铸产出镁合金建筑模板，有重量轻、可回收、成本低、耐碱性环境等优点，凭借成本以及性能优势，镁合金有望实现对传统建筑模板的部分替代，对镁应用领域的拓展是一个重大突破。③**镁基固态储氢材料：**作为氢的可逆“存储”介质，镁基固态储氢材料具有优良的吸放氢性能以及长期循环无动力学衰减和容量损失的优点，可实

现大容量固态储氢，不但可降低氢气的储运成本和能耗，而且安全便捷，有望成为氢储运领域的重要关键材料，从而推动氢能行业的发展。④**无人机、VR 眼镜、机器人等新兴领域应用**。利用镁轻量化、优秀的散热和减震性能，在无人机、VR 眼镜、机器人等新兴领域均有潜在的应用前景。

大股东更换为宝钢金属，更名宝武镁业。宝钢金属成为大股东后或将与公司形成研发、客户等协同，促进公司发展。

规划 30 万吨硅铁项目，成本优势进一步加强。公司规划在甘肃兰州永登县投建年产 30 万吨高品质硅铁合金项目，项目投产后公司将实现青阳项目硅铁自给，有利于公司进一步降低原镁生产成本，提高竞争能力。

盈利预测与评级：随着巢湖、五台、青阳等项目逐渐投产，公司在原镁、镁合金、镁深加工领域的产能都将迎来增长。我们预计公司 2023-2025 年将实现归母净利润 3.05 亿元、5.96 亿元和 14.05 亿元，EPS 分别为 0.43 元、0.84 元和 1.98 元，对应 11 月 3 日收盘价的 PE 分别为 48、24 和 10 倍，维持“推荐”评级。

风险提示：镁价超预期下跌，下游需求扩展不及预期，项目投产进度低于预期等。

表22：宝武镁业盈利预测与财务指标

项目/年度	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入（百万元）	9,105	7,967	10,731	16,289
增长率（%）	12.2	-12.5	34.7	51.8
归属母公司股东净利润（百万元）	611	305	596	1,405
增长率（%）	24.0	-50.1	95.2	135.8
每股收益（元）	0.86	0.43	0.84	1.98
PE（现价）	24	48	24	10
PB	3.7	2.8	2.5	2.0

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2023 年 11 月 3 日收盘价）

6 风险提示

1) 特斯拉人形机器人放量不及预期。特斯拉是人形机器人的领先企业，其机器人放量对行业量产具备指引作用，但倘若人形机器人成本高居不下，放量进度较慢，机器人带来的上游金属需求也会受到影响。

2) 行业关键技术突破不及预期。人形机器人尚未定型，仍有较大的技术变更可能性，若行业关键技术突破不及预期，或将影响人形机器人发展。

3) 原材料价格波动风险。人形机器人部分零部件厂商盈利受原材料价格波动影响，若原材料价格出现大幅下跌，或将产生库存损失，影响公司盈利。

插图目录

图 1: 机器人发展历史.....	3
图 2: 全球 15-64 岁人口占比不断下降, 65 岁以上人口比例不断上升 (单位: %)	4
图 3: 工业机器人价格与制造业就业人员平均工资差距在减小 (单位: 万美元)	4
图 4: 预计到 2024 年, 全球机器人市场规模将有望突破 650 亿美元.....	6
图 5: 美国波士顿动力 Atlas.....	7
图 6: 日本本田 ASIMO	7
图 7: 具身智能是第一人称智能.....	8
图 8: 具身智能的 PIE 方案.....	8
图 9: 全球人形机器人市场规模.....	10
图 10: 中国人形机器人市场规模.....	10
图 11: 工业机器人成本结构 (2020 年)	11
图 12: 减速器 (减速机) 的产品构造	11
图 13: 伺服电机的产品构造.....	11
图 14: 控制器的产品构造.....	11
图 15: 中国伺服电机各公司市占率	12
图 16: 有刷电机和无刷电机构造.....	13
图 17: 不同型号电机的成本占比.....	14
图 18: 钕铁硼永磁为第三代永磁.....	14
图 19: 稀土磁材产业链.....	15
图 20: 稀土永磁材料生产流程.....	15
图 21: 全球稀土储量分布 (2022)	16
图 22: 全球稀土产量分布 (2022)	16
图 23: 2022 年中国稀土冶炼分离产品产量占全球 93% 以上 (单位: 吨 REO)	17
图 24: 中国轻重稀土资源量分布 (2020)	17
图 25: 中国稀土资源地区分布 (2020)	17
图 26: 2023 年稀土矿产品指标同比增长 14.3% (吨 REO)	18
图 27: 2023 年稀土冶炼分离产品指标同比增长 13.9% (吨 REO)	18
图 28: 2019-2022 年 MP 矿山产销量	19
图 29: 2019-2022 年 MP 公司营收与利润.....	19
图 30: 2023 年 1-9 月缅甸进口稀土量同比大幅增长	20
图 31: 2015-2022 年 Lynas 稀土总产量和镨钕产量.....	20
图 32: 2022 和 2025 年的高性能钕铁硼下游需求分布	22
图 33: 2016-2025 年全球高性能钕铁硼带动的氧化镨钕需求量快速增长 (单位: 吨 REO)	22
图 34: RV 减速器图示.....	25
图 35: 谐波减速器图示.....	25
图 36: 中国工业机器人产量.....	26
图 37: 中国工业机器人装机量.....	26
图 38: 中国工业机器人用 RV 减速器需求量	26
图 39: 中国工业机器人用谐波减速器需求量.....	26
图 40: 2020-2021 年中国 RV 减速器市占率.....	27
图 41: 2020-2021 年中国谐波减速器市占率	27
图 42: 谐波减速器结构	27
图 43: 谐波减速器下游应用领域.....	27
图 44: 特斯拉人形机器人执行器件数量远高于工业机器人.....	28
图 45: 不同轻量化材料的价格对比	31
图 46: 采用镁替换铝和钢后的汽车减重情况.....	32
图 47: 某款镁合金散热板示意图.....	33
图 48: 镁合金车灯散热架示意图.....	33
图 49: 截至 2023 年 11 月 3 日, 镁铝比为 1.2	34
图 50: 2022-2025 年, 公司规划钕铁硼磁材产能 CAGR 达到 20.3% (单位: 吨)	36
图 51: 博威合金子公司博德高科发展历程.....	38
图 52: 子公司博德高科在德国和中国宁波拥有三大研发生产基地	38
图 53: 博德高科主要发明专利.....	39
图 54: 公司 2022 年推出新一代“黑金丝”产品, 聚焦慢走丝工艺生产效率低的工艺痛点	39

图 55: 公司精密切割丝销量 (万吨)	40
图 56: 2022 年公司精密切割丝在高精密减速器领域应用占比为 10%	40
图 57: 公司精密切割丝及主要原材料单价	40
图 58: 博德高科扣非归母净利 (万元)	40

表格目录

重点公司盈利预测、估值与评级	1
表 1: 机器人根据不同应用领域的分类	4
表 2: 截至 2023 年 6 月, 机器人行业相关重点政策梳理	5
表 3: 早期人形机器人存在成本高和不智能的缺点, 应用场景受限, 难以大规模商业化量产	7
表 4: 近年新发布人形机器人成本普遍有所下降	9
表 5: 国内氧化镨钕供给 (单位: 吨 REO)	18
表 6: 海外氧化镨钕供给 (单位: 吨 REO)	21
表 7: 人形机器人带动的钕铁硼磁材和镨钕氧化物需求预测	23
表 8: 2022-2025 年稀土下游厂商钕铁硼永磁材料产能扩张规划	23
表 9: 全球镨钕氧化物供需平衡表	24
表 10: 机器人常用减速器种类及特点	25
表 11: 不同类型机器人谐波减速器单位用量	28
表 12: 国内谐波减速器刚轮内齿加工工艺比较	29
表 13: 慢走丝电火花切割中电极丝材料的发展	29
表 14: 人形机器人带动的精密切割丝需求量预测	30
表 15: 镁合金材料与其他材料的参数对比	31
表 16: 镁合金和铝合金对比	32
表 17: 人形机器人带动的轻量化材料需求预测	34
表 18: 金力永磁盈利预测与财务指标	36
表 19: 截至 2022 年底, 公司高性能钕铁硼永磁材料产能情况 (单位: 吨)	37
表 20: 正海磁材盈利预测与财务指标	37
表 21: 博威合金盈利预测与财务指标	41
表 22: 宝武镁业盈利预测与财务指标	42

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登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、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。

评级说明

投资建议评级标准		评级	说明
以报告发布日后的 12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	公司评级	推荐	相对基准指数涨幅 15%以上
		谨慎推荐	相对基准指数涨幅 5% ~ 15%之间
		中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
		回避	相对基准指数跌幅 5%以上
	行业评级	推荐	相对基准指数涨幅 5%以上
		中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
		回避	相对基准指数跌幅 5%以上

免责声明

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。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而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，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、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层； 100005

深圳：广东省深圳市福田区益田路 6001 号太平金融大厦 32 层 05 单元； 518026