



信达证券
CINDA SECURITIES

Research and
Development Center

机器人行业报告（七）：轻量化大势所趋，镁合金+工程塑料加速渗透

2025 年 7 月 8 日



证券研究报告

行业研究

行业专题研究（深度）

电力设备与新能源

投资评级 看好

上次评级 看好

武浩 电力设备与新能源行业首席分析师

执业编号：S1500520090001

联系电话：010-83326711

邮箱：wuhao@cindasc.com

孙然 电力设备与新能源行业分析师

执业编号：S1500524080003

联系电话：18721956681

邮箱：sunran@cindasc.com

信达证券股份有限公司

CINDA SECURITIES CO., LTD

北京市西城区宣武门西大街甲 127 号

金隅大厦 B 座

邮编：100031

轻量化大势所趋，镁合金+工程塑料加速渗透

2025 年 7 月 8 日

本期核心观点

- **人形机器人探索落地场景，轻量化大势所趋。**随着机器人智能化水平提升，逐步探索各种应用场景，人形机器人暴露在真实环境，续航、运动响应速度、安全性等关注度提高，轻量化可以减少能耗、提升运动灵活性，有望成为机器人发展趋势。以特斯拉为例，Optimus Gen 2，相比前一代人形机器人，第二代机器人拥有 AI 大模型的加持，体重比一代减少 10kg，步行速度加快 30%，身体控制能力增强。
- **人形机器人有望借鉴新能源汽车轻量化路径。**以特斯拉为例，特斯拉 Model 3 通过多方案混合使用联合实现轻量化：Model 3 的轻量化主要从布置优化、结构优化、新材料、新工艺四个方面实施，通过高集成化设计，布局紧凑极限压缩空间，材料方面车身采用铝钢结合，减重效果明显。因此，我们认为人形机器人可以通过关节集成化、轻量化新材料、迭代零部件等方式实现轻量化设计。1) 轴向电机相比传统径向电机，轴向磁通电机在体积、重量、成本及能效上优势显著，功率密度提升超 30%，能耗降低 15%-20%，国内人形机器人“青龙”的腿部系统追求轻量化、高刚度和低惯量，搭载了高扭矩密度的轴向电机；2) 新材料方面，可以使用镁铝合金、工程塑料等轻量化材料代替钢材，实现减重；3) 集成化方面，以将减速器和电机集成化，科盟为例，其推出了全球首款 PEEK 复合材料谐波减速器，将轴向磁通电机与谐波减速器的毫米级同轴集成方案，与传统方案相比，模组总质量降低 40%，实现了轻量化与结构强度的双重突破。
- **镁合金和工程塑料渗透有望提升。**镁合金是理想的轻量化材料，相比铝合金，镁合金的密度是 1.74g/cm³，是铝的 2/3 左右，不到钢的 1/4，使用镁合金作为汽车零部件材料具备明显的轻量化优势，我们认为在一些支撑结构、结构件等领域有望渗透。PEEK 材料综合性能优秀，具有机械性能好、自润滑性等优势，减重能力明显，但价格相对较高，我们认为有望随着国产替代，逐步在齿轮等高性能部件应用。
- **投资建议：**轻量化有望成为人形机器人的迭代方向。1) 镁合金性价比比较高，建议关注旭升集团、星源卓镁；2) PEEK 等工程塑料材料轻量化优势明显，建议关注沃特股份、新瀚新材、中欣氟材等。
- **风险因素：**算力需求不及预期；地缘政治风险；宏观经济下行风险；技术替代风险等。

目录

一、人形机器人落地渐进，轻量化大势所趋	5
1.1 机器人场景落地渐进，轻量化有望成为迭代重点	5
1.2 人形机器人有望借鉴电动汽车轻量化之路	8
二、镁合金性价比高，PEEK 性能优秀	12
2.1 镁合金性价比比较高，渗透率有望提升	12
2.2 PEEK 等工程塑料性能优异，有望在机器人核心部件上应用	16
三、投资建议	24
四、风险因素	25

图表目录

图表 1：2025 年 4 月北京亦庄马拉松机器人参赛队伍情况	5
图表 2：机器人减重大势所趋	6
图表 3：特斯拉机器人原型机到 Gen 1	6
图表 4：Optimus Gen 2	6
图表 5：“行者二号”轻量化设计下续航能力强化	7
图表 6：汽车减重对行驶里程的影响	8
图表 7：特斯拉汽车与人形机器人产业链有共通之处	8
图表 8：人形机器人和电动汽车对比	9
图表 9：特斯拉 model 3 轻量化策略	9
图表 10：特斯拉 model 3 轻量化方案	10
图表 11：青龙机器人腿部系统搭载轴向电机	10
图表 12：科盟关节模组	11
图表 13：主要轻量化材料情况	12
图表 14：镁合金的优良性能	13
图表 15：近期镁价格低于铝价格	13
图表 16：我国汽车领域镁合金市场空间预测	14
图表 17：镁合金应用案例	14
图表 18：埃斯顿镁合金工业机器人	15
图表 19：国内企业布局镁合金情况	15
图表 20：常用普通塑料、工程塑料及特种工程塑料示意图	16
图表 21：PEEK 与主要工程塑料、特种工程塑料性能对比情况	16
图表 22：PEEK 产业链情况	17
图表 23：PEEK 与主要金属材料对比	17
图表 24：全球聚醚醚酮(PEEK)行业市场竞争梯队	18
图表 25：2023 年中国聚醚醚酮(PEEK)行业市场份额-产能	18
图表 26：主要特种塑料价格情况（2022 年）	18
图表 27：PEEK 可以应用于机器人减速器部件	19
图表 28：碳纤维增强 PEEK 与纯 PEEK 的对比	20
图表 29：人形机器人应用工程塑料减重情况	20
图表 30：连杆/齿轮/带驱动灵巧手	21
图表 31：线绳驱动式灵巧手	21
图表 32：腱绳驱动原理	22
图表 33：人形机器人腱绳材料情况	22

图表 34：轻量化相关标的情况	24
-----------------------	----

一、人形机器人落地渐进，轻量化大势所趋

1.1 机器人场景落地渐进，轻量化有望成为迭代重点

机器人场景落地加速。随着人形机器人智能化水平提升，机器人逐步走出实验室，不断探索各种应用场景。机器人在现实生活中模仿人类活动，如马拉松、拳击赛、工厂实践等。4月19日 2025 北京亦庄半程马拉松暨人形机器人半程马拉松在北京亦庄鸣枪开跑，共吸引 20 支人形机器人参赛队，最终 6 支机器人队伍完赛，实现了 30%完赛率。人形机器人在如马拉松这类真实环境中展示技能，也暴露了不少产品性能短板，为产业的未来发展指明方向：

- 轻量化方向：**人形机器人在应用场景的连续作业需要考虑机器人轻量化设计及电池能量密度。轻量化设计通过降低自重减少能耗，提升运动灵活性。上海半醒机器人队“精灵”机器人 体重 32kg，腿部采用低转动惯量设计，减少硬件负担。机器人马拉松大赛中“天工 Ultra”通过拓扑优化结构，在维持强度前提下实现系统性减重。
- 机器人运控能力：**机器人从实验室进入真实应用场景，尤其是在运动中应对陡坡、石板路等复杂地形等突发状况能力需要进一步提升。“天工 Ultra”搭载的“慧思开物”实时感知环境，实现了动态步态调整与关节力矩的精准控制。乐聚夸父机器人结合模型预测控制和模仿学习的算法，提升运动效率、稳定性与地形适应能力。
- 零部件和整机的可靠性：**人形机器人走向商业化落地，需要对核心零部件的高精度、高负载特性与整机系统的冗余设计能力进行系统性验证。

图表 1：2025 年 4 月北京亦庄马拉松机器人参赛队伍情况

参赛单位与队伍	机器人型号	完成情况	技术亮点
国地共建具身智能机器人创新中心 天工队	天工 Ultra	第一名完赛	无线领航，运动性能出色
松延动力 小顽童队	N2	第二名完赛	高频步态调整，先进关节设计
上海卓益得机器人 行者二号队	行者二号	第三名完赛	肌腱仿生驱动 行走距离突破百公里
松延动力 旋风小子队	N2	第四名完赛	轻量化爆发，抗干扰能力
上海卓益得机器人 EAI 队	行者二号	第五名完赛	肌腱仿生驱动 续航 6 小时
上海半醒科技 半醒机器人队	精灵机器人	第六名完赛	低转动惯量设计 抗干扰能力强
城市之间(北京)科技有限公司 城市之间科技队	G1	未完成	轻量化设计， 电池快速换取
钛虎机器人科技(上海) 有限公司 钛虎队	T170	未完成	扭矩密度高， 平衡性好
智瞰深鉴(北京)科技有限公司 钢宝队	幻幻	未完成	4.5 小时续航
北京科技职业大学 小巨人队	0306 小巨人	未完成	轻量化结构， 体重仅 10kg
北京中科慧灵 灵宝机器人队	CASBOT SE	未完成	散热性能较好

资料来源：赛迪产业研究院，中国电子报，信达证券研发中心

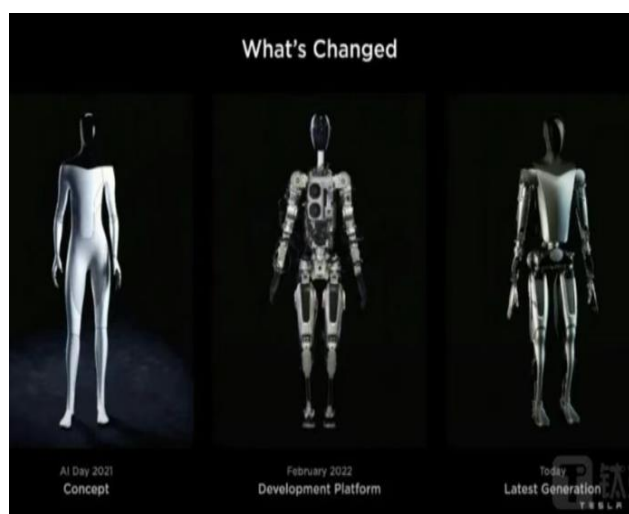
机器人轻量化大势所趋。整机的重量是制约人形机器人运动性能、续航、场景应用的关键因素。2023 年 12 月，特斯拉发布 Optimus Gen 2, 相比前一代人形机器人，第二代机器人拥有 AI 大模型的加持，体重比一代减少 10kg，步行速度加快 30%，身体控制能力增强。

图表 2：机器人减重大势所趋

	宇树科技		优必选		达闼		特斯拉	
产品名称	H1	G1	Walker C	Walker X	Cloud Ginger 1.0	Cloud Ginger 2.0	Optimus Gen1	Optimus Gen2
图片								
发布时间	2023 年 8 月	2025 年 2 月	2021 年 7 月	2025 年 1 月	2023 年	2025 年	2022 年 9 月	2023 年 12 月
重量	47kg	35kg	63kg	43kg	65kg	62kg	73kg	63kg
轻量化发展	G1 通过钛合金-碳纤维复合关节		Walker X 针对伺服舵机单元，将对功率密度提升了 150%，使得 Walker 体积变得更小，更好的减重		Cloud Ginger 2.0 采用仿生 T 型关节，通过一体化共轭面设计简化结构，降低重量		/	

资料来源：宇树科技，特斯拉，艾邦高分子，优必选，达闼，雷锋网，前哨 AI 新工具，信达证券研发中心

图表 3：特斯拉机器人原型机到 Gen 1



图表 4：Optimus Gen 2



资料来源：甲子光年，Medium，信达证券研发中心

资料来源：钛媒体，信达证券研发中心

人形机器人轻量化能够提升续航、降低成本，同时增加场景的适用性。

- 1) **提升续航：**机器人轻量化可以降低能耗，对电机功率需求可以相对降低，从而提升机器人整体续航，同时机器人重量降低也可以减弱对电池能量密度的需求。较轻的部件也意味着重力势能和转动惯性的减小，机器人在静态和动态运动的时候能耗也降低。
- 2) **提高机器人灵活性、降低机器人成本：**机器人轻量化意味着模组重量的降低，因此机器人在执行任务时候，整体负载有望降低，使得机器人更加灵活，执行任务更加精确。此外，机器人模组重量下降，也可以减少关节磨损，提高机器人寿命。
- 3) **增加场景适用性：**我们认为在日常生活等场景中，人形机器人若重量过重，会存在一定安全隐患，比如在家庭环境中，若机器人断电摔倒，可能会磕碰到地面、周边人员，因此机器人过重不利于其场景推广。

图表 5：“行者二号”轻量化设计下续航能力强化



资料来源：上海科技，上观新闻，解放日报，信达证券研发中心

轻量化优势明显。机器人和新能源核心部件相似，参考星源卓镁招股说明书，奇瑞汽车实车测试数据显示，新能源汽车减重 10%，平均续航能力增加 5%-8%。在市区的运行工况下，平均车重 1600 千克的新能源汽车如果减重 20%，能量消耗可以减少 15%。

图表 8：人形机器人和电动汽车对比

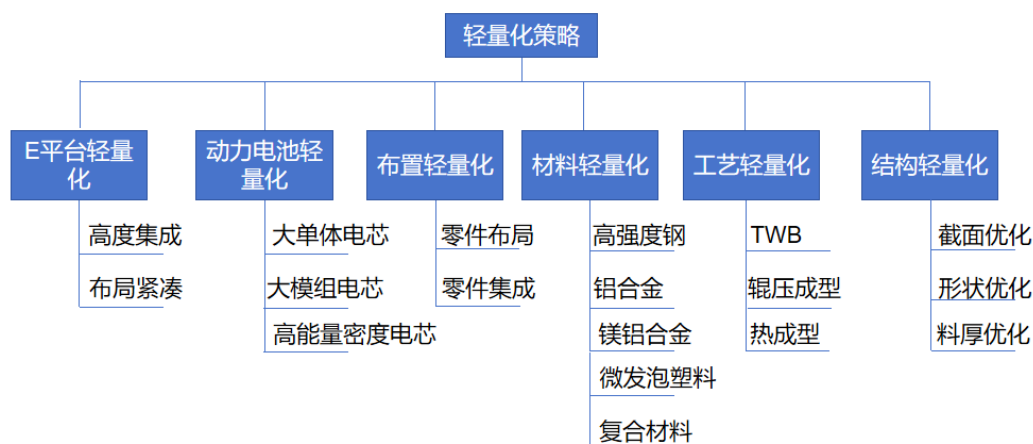
	人形机器人	智能电车	对比
相似	组件	芯片、传感器、电机、减速器、丝杠等	自动驾驶技术、芯片、传感器等
	应用场景	工业、商业、极端工作、家用等	家用、商业等
	主流企业	特斯拉、宇树等	比亚迪、特斯拉等
差异	技术	精细操作	大型操作
	体积	较小	较大

资料来源：信达证券研发中心

以特斯拉为例，特斯拉 Model 3 通过多方案混合使用联合实现轻量化，我们认为特斯拉在 Optimus 轻量化方面也会借鉴汽车的轻量化经验来进一步实现轻量化。Model 3 的轻量化由电池包开始，拓展到车身、底盘、电子电器等各个方面。轻量化路线以高性能、高度集成、高轻量化的电池包为主来实现整车减重的目标，并通过高强度的车身进行保护，辅助电器、底盘的轻量化，最终取得了整车较高的轻量化水平，同时平衡了碰撞性能、成本及各方面。虽然从白车身轻量化系数上看车身的轻量化率较低，但其在电池包上进行了突破，使得整车轻量化指数达到理想状态。

1) 轻量化策略：Model 3 的轻量化主要从布置优化、结构优化、新材料、新工艺四个方面实施。

2) 轻量化技术：Model 3 通过高集成化设计，布局紧凑极限压缩空间，形成高轻量化的 E 平台，CDC\OBC\PDU 高压 3 合 1 集成，重量可降低约 25%；电机和电机控制器、减速器 3 合 1 集成化动力总成，重量可降低约 20%；电池包内，内壳体采用轻而薄的铝材；减少高压电缆的用量，重量可降低约 5%。

图表 9：特斯拉 model 3 轻量化策略


资料来源：电动知家，信达证券研发中心

我们认为人形机器人也有望通过多方案混合来实现轻量化，包括结构优化、零部件集成、轻量化材料和工艺优化等方案。

图表 10：特斯拉 model 3 轻量化方案

多方案混合使用联合实现轻量化			
结构优化	零件集成优化	轻量化材料	工艺优化
电池包侧面防护结构由车身提供，电池包箱体进行了铝合金轻量化设计	DCDC\OBC\PDU 高压 3 合 1 集成，重量可降低约 25%	车身采用铝钢结合，减重效果明显	热成型工艺在碰撞吸能位置大量采用了热成型钢材，达到轻量化作用
前端框架采用“π”字型纤维增强塑料结构，对比重量下降 50%以上	内壳体与电池包共用外壳体	高压铝导线，与相同载流量的铜导线相比，可减重约 1/5 的重量	车体大量采用辊压成型工艺，提供横向支撑的同时轻量化作用明显

资料来源：电动知家，信达证券研发中心

轴向磁通电机在新能源汽车逐步应用，有望凭借轻量化优势切入人形机器人赛道。相比传统径向电机，轴向磁通电机在体积、重量、成本及能效上优势显著，功率密度提升超 30%，能耗降低 15%-20%，且支持多构型设计，适配不同需求。轴向磁通电机技术已应用于商用车及超跑车型上，而随着车企加速布局，其在乘用车领域的商业化进程有望加速，成为新能源汽车动力系统升级的重要方向。在人形机器人方面，国内人形机器人“青龙”的腿部系统追求轻量化、高刚度和低惯量，搭载了高扭矩密度的轴向电机，以此保障它在复杂地形中的稳态行走能力。

图表 11：青龙机器人腿部系统搭载轴向电机



资料来源：上海经信委，信达证券研发中心

集成化方案优势明显。以新能源汽车为例，新能源电驱动系统包括驱动系统(电机、电控、减速器)和电源系统(OBC、DC-DC、PDU)，驱动系统整体来看，集成化依然是未来大势所趋，随着深度集成化的进行，系统性能方面有望进一步提升，从二合一、三合一逐步过渡到多合一，集成化可以降低汽车生产成本，另一方面也有望实现轻量化。

国内企业科盟创新全球首创轴向磁通电机与谐波减速器的毫米级同轴集成方案，彻底打破了传统“电机+减速器”分体式技术路线。通过“轴向堆叠-分腔封装”与材料协同优化，关节模组轴向长度压缩至不足传统方案的55%。与此同时，超薄关节模组通过厚度不足12mm的扁平化轴向磁通电机，结合PEEK-金属复合壳体设计，与传统方案相比，模组总质量降低40%，实现了轻量化与结构强度的双重突破。在性能方面，在轴向尺寸缩减50%、重量仅为2.5kg的情况下，功率密度提升3倍，达到80Nm/kg，峰值扭矩提升20%，达到200Nm，实现了轻量化与高性能的平衡。

图表 12：科盟关节模组



资料来源：高工人形机器人，信达证券研发中心

二、镁合金性价比高，PEEK 性能优秀

2.1 镁合金性价比比较高，渗透率有望提升

常用轻量化材料可以分为铝、镁、工程塑料、碳纤维等种类。以新能源汽车为例，轻量化材料主要有高强度钢、铝合金、镁合金、碳纤维复合材料等。参考星源卓镁招股说明书，高强度钢发展最为成熟，但减重效果不明显；碳纤维复合材料轻量化效果最为明显，但成本较高，工艺复杂，仍处于导入期；镁、铝材料有望加速渗透。镁合金的密度是 1.74g/cm^3 ，是铝的 $2/3$ 左右，不到钢的 $1/4$ ，使用镁合金作为汽车零部件材料具备明显的轻量化优势。其他材料方面，碳纤维、PEEK 等工程塑料也是潜力较大的轻量化材料，未来随着成本降低，渗透率有望进一步提升。

图表 13：主要轻量化材料情况

材料大类	典型材料	性能					
		基础物理维度		力学性能维度			
		密度 (g/cm^3)	硬度 (Rockwell M)	抗拉强度 (MPa)	屈服强度 (MPa)	比强度 (σ/ρ , 强度与密度比值)	弹性模量 (GPa)
金属材料	铝 A380	2.76	80	324	159	117	71
	AZ91D 镁合金	1.7	63	248	159	146	45
复合材料	碳纤维增强 PEEK (CF/PEEK)	1.45	88.5	1200	*	828	15
工程塑料	PEEK (聚醚醚酮)	1.32	85.0-109	100	11.0-125	76	2.14-8.27
	PPS (聚苯硫醚)	1.34	90.0-104	85	46.0-104	63	1.65-17.2
	PC/ABS	1.14	88.4	40	29-30	35	1.8-2.0
	PA	1.11-1.17	82-88	50-90	40-100	*	1.3-4.2
其他材料	碳纤维复合材料 (CFRP)	1.6	*	2400	*	1500	230

资料来源：新浪科技，中国钢铁新闻网，Makeitfrom，Matweb，信达证券研发中心

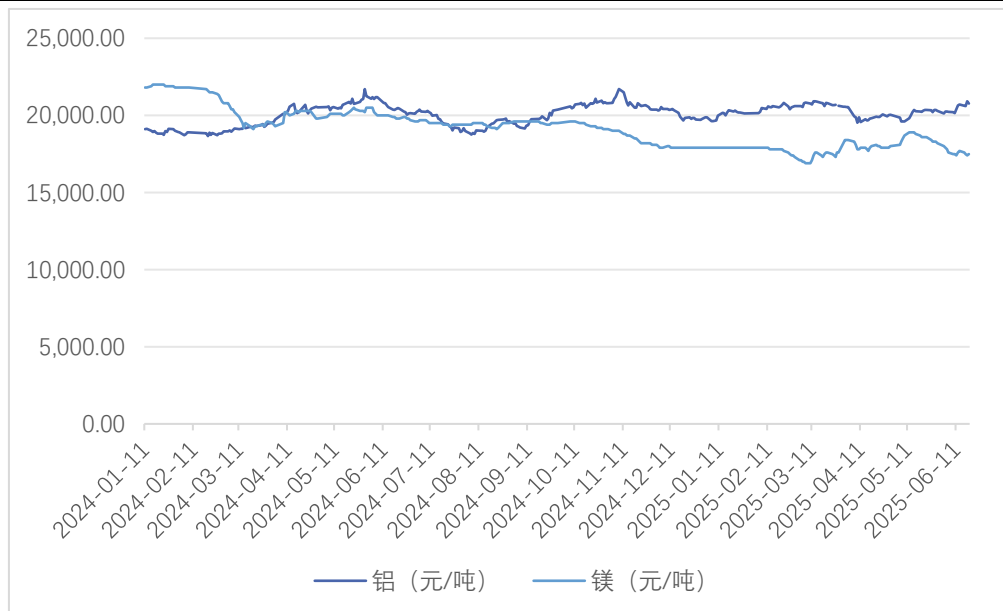
镁合金作为轻量化材料优势明显。镁合金作为轻量化材料有诸多优势，主要优点在于：1) 密度较低但强度高，是目前商用较轻的金属结构材料；2) 镁合金的韧性好、阻尼衰减能力强，可以有效减少振动和噪声；3) 镁合金热容量低、凝固速度快，压铸性能好；4) 具有优异的切削加工性能；5) 资源丰富且易于回收再生。

图表 14：镁合金的优良性能

性能	描述
密度较低、强度高	镁合金的密度约为铝合金的 2/3，钢铁的 1/4。镁合金的比强度比铝合金和钢铁高，因此，在不减少零部件强度的情况下，使用镁合金可减轻零部件的重量。镁合金的比重比塑料重，但是单位重量的强度比塑料高，所以在零部件强度相同的情况下，镁合金零部件能做得比塑料零部件薄且轻。
散热性能好	镁合金导热系数约为铝合金导热系数的 1/2。相较于铝合金散热片，镁合金散热片在根部与顶部可以形成较大的空气温差，加速空气对流，提高散热效率。因此，镁合金多应用于汽车车灯散热架、仪表盘骨架等对散热性能要求较高的零部件。
良好的抗震减噪性能	在弹性范围内，镁合金受到冲击载荷时，吸收的能量比铝合金高 50%。所以，用作重复运动、断续运动零部件材料时，镁合金可吸收其振动延长机械寿命。由于镁合金轻且吸收振动性能优异，被较多应用于汽车零部件的壳体或支架。
较好的压铸性能	镁合金是良好的压铸材料，具有很好的流动性和快速凝固率，能生产表面精细、棱角清晰的零件，并能防止过量收缩以保证尺寸公差。由于镁合金热容量低，与生产同样的铝合金铸件相比，其生产效率高 40%-50%，且铸件尺寸稳定、精度高、表面光洁度好。
优异的切削加工性能	镁合金是所有常用金属中较容易加工的材料，允许较高的切削速度，缩短切削加工时间，延长刀具使用寿命，经一次切削即可获得优良的表面光洁度，极少出现积屑。
资源丰富且易于回收再生	中国是镁资源大国，储量十分丰富，原镁产量占世界总产量的 80%以上。同时，镁合金压铸件废弃后，可直接回收处理再利用，因而具有良好的环保性，被称为“21 世纪绿色工程材料”。

资料来源：星源卓镁招股说明书，信达证券研发中心

镁合金性价比比较高。近年来随着镁价格回落，已经出现价格低于铝价格，性价比凸显，随着镁合金压铸工艺的的提升和加工安全性的提升，我们认为镁合金在轻量化领域的渗透率有望持续提升。

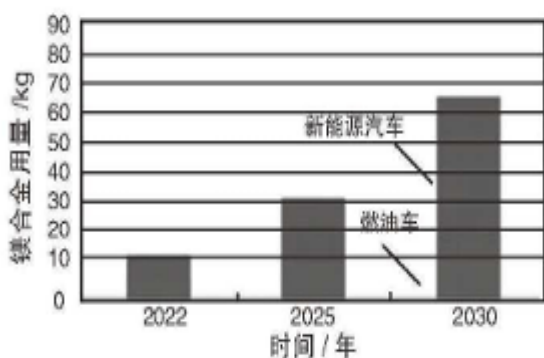
图表 15：近期镁价格低于铝价格


资料来源：IFIND，信达证券研发中心

注：平均价镁：长江现货、现货均价铝：长江有色

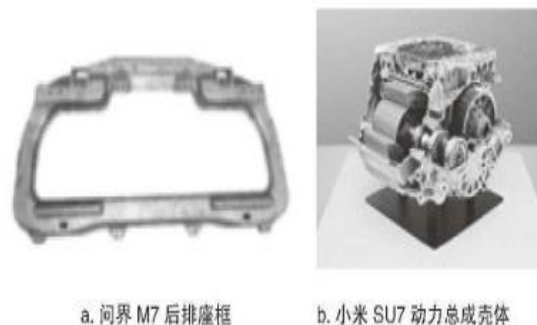
汽车轻量化领域镁合金渗透率逐步提升。参考孔昌昌等《轻合金在汽车轻量化中的应用现状及展望》，在我国，镁合金主要应用在航天军工领域以及轨道交通领域，在汽车领域的应用尚处于起步阶段，国内单车应用平均3~5kg。根据《节能与新能源汽车技术路线图》对我国汽车领域镁合金市场空间的预测，2030年我国单车整车镁合金用量将达45kg。随着国内镁矿储量的不断增加以及炼镁技术的提升、硅铁价格的下降，镁合金原材料价格逐步走低。同时，随着多年来高校及科研机构对镁合金应用研究的深入和技术的积累，镁合金渗透率有望逐步提升。整车厂方面，各大主机厂也在加快镁合金产品的研究和应用，像吉利、比亚迪、奇瑞、问界等头部主机厂已经开始进行镁合金部件生产线的规划及设备投入，甚至已经开始量产某些车型上的中大型部件并应用，比如问界M7后排座框、小米SU7动力总成壳体等。

图表 16：我国汽车领域镁合金市场空间预测



资料来源：孔昌昌等《轻合金在汽车轻量化中的应用现状及展望》，信达证券研发中心

图表 17：镁合金应用案例



资料来源：孔昌昌等《轻合金在汽车轻量化中的应用现状及展望》，信达证券研发中心

在工业机器人方面，埃斯顿推出了镁合金机器人 ER4-550-MI。通过整机展示、镁合金部件与传统铝合金部件的直观对比，凸显了镁合金在机器人轻量化方面的显著优势。机器人高速性能提升5%，功耗降低10%，同时降低运输、安装成本。这款机器人适用于3C、新能源、食品及半导体等多个行业，展现了镁合金在机器人应用的广阔前景。在优势方面：

- 1) 轻：采用镁合金材质精制而成，相较于铝合金，同类型部件减轻约33%，整机重量减轻11%。
- 2) 快：材料轻量化与先进控制算法的双重优化，节拍速度提高5%，响应速度更迅捷，处理能力更高效。
- 3) 稳：优异的热传导性能，关节件使用寿命更长；强大的减震能力使机器人在高速运行状态下保持更高的操作精度；出色的电磁屏蔽能力，有效抵抗外部干扰。
- 4) 省：相比传统材料，整机运行能量损耗降低10%；高效的配置优化与设计，提高机器人性能与生产作业效率。

图表 18：埃斯顿镁合金工业机器人



资料来源：埃斯顿工业自动化，信达证券研发中心

图表 19：国内企业布局镁合金情况

企业名称	镁合金压铸产品种类
万丰奥威	品涉及动力总成、前端载体、仪表盘支架、后掀背门内板、侧门内板等汽车 部件
宝武镁业	仪表盘支架、座椅支架、中控支架、显示屏支架、电驱壳体、座椅横梁框架、门内板等镁合金汽车件
宜安科技	电机、电控、电池包、仪表盘、车门
星源卓镁	新能源动力总成零 部件、汽车显示系统零部件、汽车中控台零部件、汽车座椅扶手结构件、高清洁度自动驾驶模组零部件、汽车车灯散热 支架等
爱柯迪	镁合金压铸工艺技术研发，作为未来技术储备的重要方向，切入汽车轻量化与机器人领域的前沿赛道
旭升集团	汽车车身结构件、电驱壳体等核心零部件到储能柜结构件再到机器人高精度关节部件、轻量化骨架等，镁合金有望在三电系统壳体、轻量化结构件以及冲压类车身零件等领域取得突破。

资料来源：万丰奥威公告，宝武镁业公告，宜安科技公告，星源卓镁公告，爱柯迪公告，旭升集团公告，信达证券研发中心

2.2 PEEK 等工程塑料性能优异，有望在机器人核心部件上应用

聚醚醚酮（poly-ether-ether-ketone，简称 PEEK），属于聚芳醚酮（PAEK）大类，是一种由亚苯基环通过醚键和羰基连接而成的结晶型芳香族热塑性聚合物，是性能较好的热塑性材料之一，主要性能优于金属和其他塑料材料。

图表 20：常用普通塑料、工程塑料及特种工程塑料示意图



资料来源：中研股份招股说明书，信达证券研发中心

与主要工程塑料、特种工程塑料相比，PEEK 性能全面，在刚性方面优于绝大多数特种工程塑料的同时，也兼具韧性，展现了全面的机械性能，此外在耐热、耐磨、耐腐蚀等方面均表现优异。

图表 21：PEEK 与主要工程塑料、特种工程塑料性能对比情况

特性	性能指标	指标说明	单位	特种工程塑料				工程塑料			对比结果说明
				PEEK	PTFE	PI	PPSU	PPS	POM	PA66	
刚性	拉伸模量	拉伸模量数值越大，说明刚性越好	MPa	4300	1750	3700	2450	4000	2800	1700	刚性和韧性一般呈现反比例关系，PEEK 在刚性为最好的情况下韧性并非最低，展示了其全面的机械特性
韧性	缺口冲击强度	冲击强度数值越大，说明材料的韧性越好	KJ/mm ²	3.5	4.5	4.5	12	2	8	4.5	
耐热	长期使用温度	值越高，通常代表该材料耐热性能越好	℃	250	260	240	180	220	115	95	除 PTFE 外，PEEK 为耐热性能最好的材料之一
耐磨	摩擦系数	摩擦系数越小，通常代表耐磨性越好	-	0.40	0.15	0.40	0.45	0.5	0.52	0.5	除 PTFE 外，PEEK 为耐磨性能最好的材料之一
耐腐蚀	耐化学性能	值越大，说明材料的耐化学性能越好	-	9.27	9.90	8.40	7.78	9.33	7.58	7.25	PEEK、PTFE、PPS 均为耐腐蚀性最好的材料
电性能	介电强度	值越大，说明材料的绝缘性能越好	KV/mm	24	11	28	26	18	20	27	PEEK 绝缘性能与其他工程塑料无明显差距

资料来源：中研股份招股说明书，信达证券研发中心

图表 22：PEEK 产业链情况



资料来源：中研股份招股说明书，信达证券研发中心

“以塑代钢”轻量化，PEEK 材料应用领域有望提升。PEEK 作为一种高分子新材料，其主要用于替代金属材料，在“以塑代钢”轻量化”的大背景下，PEEK 以其优异的性能有望在中高端领域逐步替换金属材料。PEEK 比强度大，在满足强度要求的前提下，可以大幅度减小材料本身的自重，成为实现“轻量化”的解决方案。此外 PEEK 在绝缘性、耐化学性方面均优于普通金属。

图表 23：PEEK 与主要金属材料对比

性能指标	指标含义说明	单位	PEEK	钢	铝合金
比强度	拉伸强度与密度的比值，值越大说明材料在相同密度情况下强度越好	N m/kg	1500	70	190
介电常数	是反映绝缘能力特性的一个系数	-	优	差	差
耐化学性	是指物体对酸液、碱水、有机溶剂浸泡的耐力	-	优	良	良

资料来源：中研股份招股说明书，信达证券研发中心

PEEK 材料市场目前主要由海外企业占据，国内企业逐步突破。参考前瞻产业研究院，由于较高的技术壁垒，虽然 PEEK 材料早在上世纪 80 年代就被发明和不断开发，但长期以来真正掌握 PEEK 树脂大规模工业稳产技术的企业少之又少，全球聚醚醚酮市场高度垄断，英国威格斯公司、

请阅读最后一页免责声明及信息披露 <http://www.cindasc.com> 17

比利时索尔维公司和德国赢创公司等三家公司几乎占据了全球绝大部分的 PEEK 市场份额，其中又以英国威格斯公司发展最为悠久，产销量最大，与其他竞争对手相比拉开了显著的差距。中研股份自 2006 年成立以来，通过独立自主研发，在 2014 年成功实现了聚醚醚酮的产业化生产，是目前除英国威格斯公司外全球第二家能够使用 5000L 反应釜进行 PEEK 聚合生产的企业。2023 年，我国聚醚醚酮年产能超过 6900 吨，其中盘锦伟英兴的市场份额最大，均超过 20%；其次是吉大赢创、中研股份、山东君昊和沃特股份。

图表 24：全球聚醚醚酮(PEEK)行业市场竞争梯队



资料来源：前瞻产业研究院，信达证券研发中心

图表 25：2023 年中国聚醚醚酮(PEEK)行业市场份额-产能



资料来源：前瞻产业研究院，信达证券研发中心

PEEK 材料市场目前主要由海外企业占据，国内企业逐步突破。国产 PEEK 价格 400-500 元/公斤（进口 800-1000 元/公斤），价格相对较高，国产化率小于 15%，未来随着国产化率的提高和原材料成本的降低，应用领域有望提升。上游原材料方面，以中研股份为例，氟酮是公司进行 PEEK 树脂合成的核心原料，占中研股份 PEEK 粗粉生产成本的 50%左右（2023 年），目前国内氟酮供应商相对较少，新瀚新材等企业逐步实现上游原材料替代。

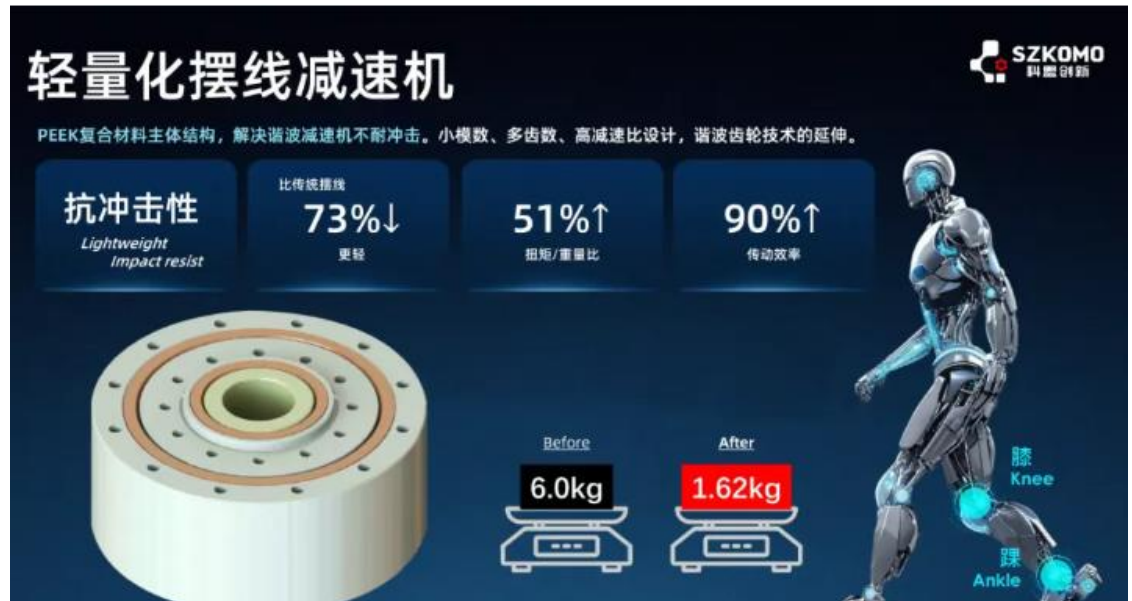
图表 26：主要特种塑料价格情况（2022 年）

特种工程塑料	2022 年国内市场价格（万元/吨） [■]
PTFE	4.70
PSU	9.11
PPS	4.30
PEEK	33.70

资料来源：中研股份招股说明书，信达证券研发中心

PEEK 可以应用于人形机器人肢体骨骼及关节传动等部件。PEEK 出色的耐磨性和自润滑性，超低摩擦系数、低热膨胀系数，用于关节齿轮和轴承，可减少部件磨损、降低能耗和噪音，同时强度高、尺寸稳定性好，且比金属材料更轻，可以提升人形机器人关节的扭矩/重量比，让机器人运动更高效精准，延长使用寿命。

图表 27： PEEK 可以应用于机器人减速器部件



资料来源：SZKOMO 科盟创新机器人、科盟创新，信达证券研发中心

碳纤维复合 PEEK 材料强度较好。碳纤维以短碳纤维 (SCF)、长碳纤维 (LCF) 和连续碳纤维 (CCF) 形式增强 PEEK 树脂基，经过碳纤维增强可以显著提升 PEEK 树脂的力学性能和摩擦性能，从而拓宽 PEEK 的应用领域。碳纤维增强后的 PEEK 复合材料在冲击强度、弯曲强度和模量方面得到了大幅度的提升，伸长率急剧降低，比强度达钢材的 43 倍，热变形温度可超过 300℃。碳纤维的增强在一定程度上能抵御 PEEK 的热软化，形成强度非常高的转移膜有效地保护接触区域，所以碳纤维增强聚醚醚酮 PEEK 复合材料的磨损率明显比纯 PEEK 要低，可以有效延长设备的使用寿命。参考聚泰新材料公众号：

- 1) 机械性能：**碳纤维的增加，提升了 JUTAIPEEK®CF30（复合 30%碳纤维）的整体机械强度，对比 JUTAIPEEK®NA（纯 PEEK）提升 50%，展现出了优良的抗拉与抗弯性能，模量均不低于 10GPa，确保结构在拉伸与弯曲时的高强度与稳定性。
- 2) 热性能：**以热变形温度为例，JUTAIPEEK®CF30 的热性能相较于 JUTAIPEEK®NA 提升了一倍多，热机械承载能力强，热形变温度超过 300℃，能在高温环境下保持优异的机械性能，并且能够在 240℃下长期使用。
- 3) 导电性：**JUTAIPEEK®NA 呈现出优异的电气绝缘性，低的介电常数和介电损耗，JUTAIPEEK®CF30 添加了碳纤维，由于碳纤维具有导电性，因此提升了绝缘 PEEK 基体的电气性能。

图表 28：碳纤维增强 PEEK 与纯 PEEK 的对比

性能参数	测试标准	单位	JUTAIPEEK®CF30	JUTAIPEEK®NA
颜色	目视	/	黑色	米黄色
密度	ISO 1183-1	g/cm ³	1.40	1.30
拉伸强度	ISO 527-2	MPa	≥125	≥100
拉伸模量	ISO 527-2	GPa	≥10	≥4.0
断裂伸长率	ISO 527-2	%	≥5	≥15
简支梁冲击强度 (缺口)	ISO 179	kJ/m ²	≥5.5	≥4.0
弯曲强度	ISO 178	MPa	≥205	≥165
弯曲模量	ISO 178	GPa	≥10	≥4.0
洛氏硬度	ISO 2039-2	M	≥100	≥100
邵D硬度	ISO 868	Shore D	≥86	≥85
线性热膨胀系数	ISO 11359-2	10 ⁻⁶ /K	≤45	≤65
长期使用温度	UL 746B	°C	250	250
热性变温度 (1.80MPa)	ISO 75-2	°C	> 300	≥150
吸水率 (23°C、水、24h)	ISO 62	%	≤0.1	≤0.1
阻燃等级	UL 94	/	V-0	V-0
体积电阻率	IEC 62631-3-1	Ω·cm	≤10⁵	10¹⁴-10¹⁶

资料来源：聚泰新材料，信达证券研发中心

PEEK 等工程塑料在人形机器人关节、外壳等有所应用，未来随着价格下降，应用领域有望进一步提升。PEEK、碳纤维复合 PEEK 等材料性能优良，具有高比强度和低密度等特性，在肢体骨骼与关节、机械臂、齿轮与链条、防护与外壳等环节有望应用。未来随着国内厂商崛起，价格有望逐步下降，应用领域有望扩展。

图表 29：人形机器人应用工程塑料减重情况

机器人公司	塑料方案	应用部件	特性与效果
宇树科技 H1	碳纤维/PEEK 复合材料	腿部支撑、仿生脊柱	减重，提升抗冲击性能，实现后空翻动作
优必选 Walker S	PEEK、PA66-GF30	手臂骨架、腰部关节	PEEK 减重，玻纤增强 PA66 提高耐磨性，支持工厂 10 万次循环作业
波士顿动力 Atlas	碳纤维、PEEK	腿部关节、轻量化骨架	扭矩密度提升 30%，液压系统负载降低 20%
天工机器人	LCP、PPS	膝关节减速器、足部传感器外壳	LCP 保障 12km/h 奔跑精度，PPS 耐腐蚀

丰田 T-HR3	PPSU、导电碳纤维复合材料	外骨骼支架、传感器外壳	PPSU 耐蒸汽消毒，导电材料集成肌电检测电路
小米 CyberOne	改性 PC、TPE	外壳、手掌触觉层	TPE 模拟皮肤触感(灵敏度 0.1N)
追觅通用机器人	PEEK 复合材料	躯干结构、足部缓冲垫	PEEK+镁合金合计减重 35%
大疆教育机器人 RoboMaster S1	PC/ABS、碳纤维	装甲外壳、齿轮传动系统	碳纤维齿轮寿命超 50 万次

资料来源：塑库网，信达证券研发中心

参考刘伟等《机器人灵巧手研究综述》，灵巧手的主要传动方式有连杆传动、齿轮传动、带传动以及线绳传动：

- 1) 连杆传动多用于工业和商业用途，多个连杆串并联混合的使用形式较为常见。手指的运动和动力由刚性连杆传递，能够抓取大型的物体且结构设计紧凑，可以完成包络抓取。但是在远距离的控制上就比较困难，容易发生弹射，抓取的空间较小。
- 2) 齿轮传动在工业机器人中应用比较广泛，它能获得稳定的传动比，传递效率高，可靠性更强。但齿轮本身的质量加大了整体的质量和惯性。
- 3) 线绳驱动是目前灵巧手研究中应用最为广泛的一种传动方式，线绳在一定程度上模拟了人手的肌腱结构，线绳传动使得大型的驱动器远离了执行机构，减轻末端的负载和惯量，提升了抓取的速度，它排布灵活，适合空间狭小且需要驱动自由度数目较多的传动场合。但它也有自身的局限性，如带负载能力弱，预紧力变化大，负载越大效率越低等。

图表 30：连杆/齿轮/带驱动灵巧手



资料来源：刘伟等《机器人灵巧手研究综述》，信达证券研发中心

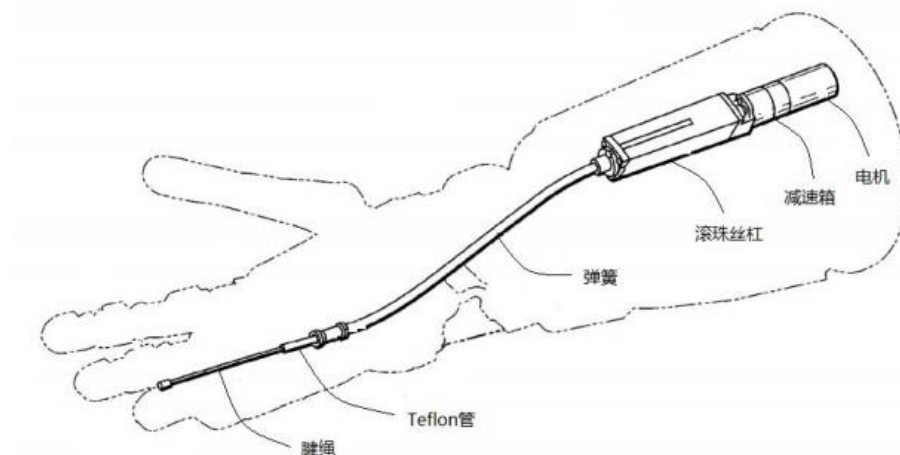
图表 31：线绳驱动式灵巧手



资料来源：刘伟等《机器人灵巧手研究综述》，信达证券研发中心

灵巧手腱绳方案应用可能性有望提升。参考刘伟等《机器人灵巧手研究综述》，从目前灵巧手种类来看，已经有部分灵巧手自由度达到 20 以上。从传动方式来说，腱绳、韧带、连杆等均有应用，腱绳方式应用相对较多，在复杂度较高的灵巧手中可能更为适用。

图表 32：腱绳驱动原理



资料来源：韩运峰《空间五指灵巧手控制系统设计》，信达证券研发中心

钢丝绳腱绳较重，UHMWPE 纤维等材料有望成为可选方案。UHMWPE 纤维密度较强，同时耐疲劳性等性能较高，有望成为腱绳轻量化方案之一。

图表 33：人形机器人腱绳材料情况

材料	密度 (g/cm ³)	拉伸强度 (GPa)	弹性模量 (GPa)	耐疲劳性	蠕变特性	耐温性	优点	缺点	典型应用示例
钢丝绳（不锈钢/钨钢）	7.8	0.62	200	优	很差	>300 ° C	承载力强、耐高温	重、柔性差、易松弛	DRACO 3 机器人（前沿仿人机器人，下肢滚动关节驱动设计）
UHMWPE 纤维 (Dyneema/Spectra)	0.97	2.6-3.8	87.0-172.0	优	中等偏弱	熔融区间 144 - 152 ° C	高比强度 轻量、自润滑耐化学	蠕变高、耐热低	Roboy 3.0 的肌肉单元
芳香族高性能液晶聚合物纤维 (Vectran)	1.4	1.1	52-103	优秀，耐弯折磨损	优异	可耐 220 - 320 ° C	高比强度/模量、低蠕变、耐化学、高热稳定	密度较高、UHMWPE 高、成本高	Robonaut2 手部肌腱用 Vectran
Zylon (PBO)	1.56	5.8	180-270	很好	极低	分解温度 650 ° C	极高强度/模量	昂贵、湿敏	Kojiro（东京大学开发的仿人肌肉骨骼机器人），DEXHAND / SpaceHand（DLR 德国航空航天中心的多指太空手型机器人）



碳纤 PEEK 复合	1.4-1.6	1.2-2.0	138	良	极低, 热蠕变 限高	250° C	高温、耐 化学、热 稳定、自 润滑	拉伸强度 低于高分 子纤维	用于人体骨架结 构、关节齿轮、 壳体、动态手 指、脊柱和脚部 阻尼件
------------	---------	---------	-----	---	------------------	--------	----------------------------	---------------------	--

资料来源: matweb, 精研孵化器, Seung Hyeon Bang 等《Control and evaluation of a humanoid robot with rolling contact joints on its lower body》, pelicanrope 官网, devanthro, Kuraray 官网, Bridgwater, L. B. 等《The Robonaut 2 Hand - Designed to do Work with Tools》, TEIJIN FRONTIER (U.S.A), Robots, Maximilian Maier 等《Spacehand - a multi - fingered robotic hand for space 11th May 2015》, PEEKChina, Kojiro 官网, 信达证券研发中心

三、投资建议

轻量化有望成为人形机器人的迭代方向。1) 镁合金性价比较高, 建议关注旭升集团、星源卓镁; 2) PEEK 等工程塑料材料轻量化优势明显, 建议关注沃特股份、新瀚新材、中欣氟材等。

图表 34: 轻量化相关标的情况

证券简称	证券代码	股价	市值	EPS			PE		
		(元)	(亿元)	2025E	2026E	2027E	2025E	2026E	2027E
星源卓镁	301398.SZ	40.59	45.5	0.91	1.17	1.36	44.69	34.71	29.89
旭升集团	603305.SH	13.20	125.84	0.55	0.68	0.83	24.14	19.41	15.87
沃特股份	002886.SZ	19.13	50.4	0.21	0.44	0.68	91.10	43.48	28.13
新瀚新材	301076.SZ	35.27	47.45	0.44	0.59	0.81	80.43	59.55	43.67
中欣氟材	002915.SZ	17.32	56.4	0.09	0.23	/	192.44	75.30	/

资料来源: IFIND, 信达证券研发中心

备注: 股价为 7 月 8 日收盘价, 盈利预测来自 IFIND 一致性预测

四、风险因素

算力需求不及预期。若 AI 发展不及预期，企业有可能降低算力需求，从而影响相关电源企业业务。

地缘政治风险。各国对 AI 产品的政策变化可能影响相关产业链应用落地速度。

宏观经济下行风险。宏观经济下行可能影响算力建设。

技术替代风险。数据中心架构变化速度快，核心技术迭代升级可能影响电源系统应用。

研究团队简介

武浩，新能源与电力设备行业首席分析师，中央财经大学金融硕士，7 年新能源行业研究经验，2020 年加入信达证券研究开发中心，负责电力设备新能源行业研究。2023 年获得新浪金麒麟光伏设备行业菁英分析师第三名。研究聚焦细分行业及个股挖掘。

姚云峰，新能源与电力设备行业研究员，复旦大学硕士，曾任职于中泰证券、国金证券，目前主要从事新能源锂电池赛道研究，2024 年加入信达证券研究开发中心。

孙然，新能源与电力设备行业分析师，山东大学金融硕士，2022 年加入信达证券研发中心，负责人形机器人、工控及充电桩行业研究。

分析师声明

负责本报告全部或部分内容的每一位分析师在此申明，本人具有证券投资咨询执业资格，并在中国证券业协会注册登记为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告；本报告所表述的所有观点准确反映了分析师本人的研究观点；本人薪酬的任何组成部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体分析意见或观点直接或间接相关。

免责声明

信达证券股份有限公司（以下简称“信达证券”）具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本报告由信达证券制作并发布。

本报告是针对与信达证券签署服务协议的签约客户的专属研究产品，为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考，双方对权利与义务均有严格约定。本报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。信达证券不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。客户应当认识到有关本报告的电话、短信、邮件提示仅为研究观点的简要沟通，对本报告的参考使用须以本报告的完整版本为准。

本报告是基于信达证券认为可靠的已公开信息编制，但信达证券不保证所载信息的准确性和完整性。本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告最初出具日的观点和判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会出现不同程度的波动，涉及证券或投资标的的历史表现不应作为日后表现的保证。在不同时期，或因使用不同假设和标准，采用不同观点和分析方法，致使信达证券发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告，对此信达证券可不发出特别通知。

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，也没有考虑到客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测仅供参考，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人做出邀请。

在法律允许的情况下，信达证券或其关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能会为这些公司正在提供或争取提供投资银行业务服务。

本报告版权仅为信达证券所有。未经信达证券书面同意，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。若信达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，信达证券对此等行为不承担任何责任。本报告同时不构成信达证券向发送本报告的机构之客户提供的投资建议。

如未经信达证券授权，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。信达证券将保留随时追究其法律责任的权利。

评级说明

投资建议的比较标准	股票投资评级	行业投资评级
本报告采用的基准指数：沪深 300 指数（以下简称基准）； 时间段：报告发布之日起 6 个月内。	买入 ：股价相对强于基准 15% 以上；	看好 ：行业指数超越基准；
	增持 ：股价相对强于基准 5%~15%；	中性 ：行业指数与基准基本持平；
	持有 ：股价相对基准波动在±5%之间；	看淡 ：行业指数弱于基准。
	卖出 ：股价相对弱于基准 5% 以下。	

风险提示

证券市场是一个风险无时不在的市场。投资者在进行证券交易时存在盈利的可能，也存在亏损的风险。建议投资者应当充分深入地了解证券市场蕴含的各项风险并谨慎行事。

本报告中所述证券不一定能在所有的国家和地区向所有类型的投资者销售，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业顾问的意见。在任何情况下，信达证券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，投资者需自行承担风险。