

行业投资评级

强于大市|维持

行业基本情况

收盘点位	1553.56
52周最高	1617.51
52周最低	1090.08

行业相对指数表现（相对值）



资料来源：聚源，中邮证券研究所

研究所

分析师：刘卓
SAC 登记编号：S1340522110001
Email: liuzhuo@cnpsec.com
分析师：傅昌鑫
SAC 登记编号：S1340524070004
Email: fuchangxin@cnpsec.com

近期研究报告

《机械板块股息率复盘与高股息组合筛选》 - 2024. 11. 18

人形机器人行业跟踪专题 1：关注 Optimus 核心进展

● 投资要点

近期，人形机器人板块结束了接近半年的缓慢下行，不断迎来产业链发展的催化事件。先是国家出台一系列金融政策拉动国内宏观经济开始，而后国内外众多参与者的产业进展陆续释放，叠加国内科技领军企业入局人形机器人的消息面影响引燃市场情绪，人形机器人产业链国内外预期形成共振，行业指数短期内迅速攀升。在市场因海外政策预期变化而经历了短暂地回调后，国内外多个人形机器人发展主线又迎来进度更新，众多催化因素推动板块行情再次高涨。可以说，当前时点已经是人形机器人真正产品落地的黎明到来前的最后时刻，现阶段人形机器人行业关注及投资的主线，主要包括**特斯拉 Optimus 产业链向国内的映射以及国产人形终端厂商带动的自主可控产业链。**

特斯拉对于未来远期发展寄予厚望的两项业务除了 Robotaxi，就是其人形机器人 Optimus。2024 年 5 月官方发布了新的 demo 视频，展示了 Optimus Gen2 开始进厂打工的状态。2024 年 10 月特斯拉 Optimus 最新也是最为重要的进展更新都不断释放出来，主要是灵巧手的新进展以及自主性与人机交互能力的大幅提升。美国大选尘埃落定，随着马斯克与特朗普政府的绑定关系逐渐加深，特斯拉在美国未来的新能源、自动驾驶及机器人等领域中有望扮演更加重要的角色。结合各种信息，我们判断 Optimus 有望从 2024 年底开始小批量试产，2025 年全年将会生产数千至一万台用在特斯拉工厂等内部场景使用及训练，其成本预计能够降低至 4 万美元左右，2026 年预期开始对其他企业进行批量销售，销售单价预计在 2-3 万美元。

相关标的梳理

- 执行器总成：三花智控、拓普集团
- 丝杠：五洲新春、北特科技、双林股份
- 力传感器：柯力传感、安培龙、汉威科技
- 减速器：绿的谐波、双环传动
- 灵巧手：兆威机电、鸣志电器

● 风险提示：

关键零部件技术路径变更风险；机器人规模量产进度不及预期；AI 大模型发展迭代较慢的风险；产业链国产化水平不达预期。

目录

1 近期催化不断，行业曙光初现.....	4
2 特斯拉产业链.....	5
2.1 产业链进展更新.....	5
2.2 相关标的梳理.....	9
3 风险提示.....	20

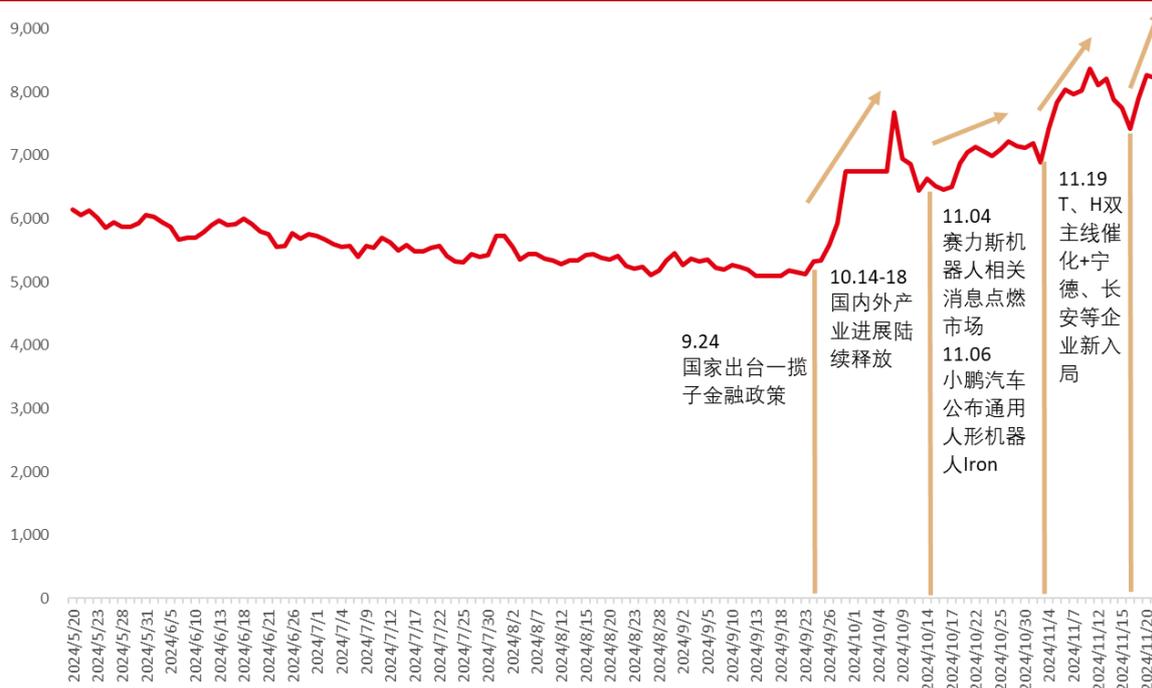
图表目录

图表 1: 受产业进展催化, 人形机器人行情一浪胜过一浪	5
图表 2: 2023 年 12 月特斯拉公布 Optimus Gen2 进展	6
图表 3: 2024 年 5 月特斯拉展示 Optimus Gen2 进工厂作业	7
图表 4: Optimus 通过动作与手势, 与顾客交流需求	8
图表 5: 马斯克通过 X 平台表达 Optimus 正改进设计以匹配量产	8
图表 6: 对 Optimus 未来量产进展空间的预测	9
图表 7: 新剑传动展示了反向式行星滚柱丝杠&灵巧手微分行星滚柱丝杠的应用	11
图表 8: 丝杠厂商 2024E-2026E 营收一致预期及 Optimus 丝杠需求空间 (亿元)	12
图表 9: 一维力/触觉传感器未来市场空间对比 (亿元)	14
图表 10: 六维力传感器未来市场空间对比 (亿元)	14
图表 11: 绿的谐波及双环传动减速器业务 2024E-2026E 营收一致预期及 Optimus 谐波需求空间对比 (亿元)	15
图表 12: 人类手骨结构示意图	17
图表 13: Shadow Hand 手指自由度结构	17
图表 14: 兆威机电灵巧手控制系统	18
图表 15: 兆威机电灵巧手仿生大拇指结构	18
图表 16: 兆威机电灵巧手仿生手指的指节部分结构	19
图表 17: 兆威机电灵巧手仿生手指的掌指部分结构	19
图表 18: 兆威机电、鸣志电器 2024E-2026E 营收一致预期及 Optimus 谐波需求空间对比 (亿元) ..	20

1 近期催化不断，行业曙光初现

近期，人形机器人板块结束了接近半年的缓慢下行，不断迎来产业链发展的催化事件。从 9.24 国家出台一揽子金融政策拉动国内宏观经济开始，9.30 工信部官网公布了人形机器人标准化技术委员会筹建方案，旨在集中国内产学研力量加快建设我国人形机器人标准体系；10.10 特斯拉举办“WE, ROBOT”发布会，展示了 Optimus 的灵巧手新方案以及在人机交互方面的较大进步；10.14-18 开普勒在迪拜 GITEX GLOBAL 2024 展会上发布通用人形机器人先行者 K2，目前已投入智能制造、仓储物流、特种作业等工业场景测试；10.24 智元机器人宣布其自主研发的全栈开源机器人智元灵犀 X1 面向全球开发者正式开源；10.25 成都人工智能与机器人基金正式落地，基金总规模 100 亿元，主要围绕机器人、人工智能、低空经济等领域进行股权投资；10.28 成都人形机器人创新中心首发成都造人形机器人“贡嘎一号”（Konka-1），目前该产品为国内唯一、全球唯三，真正拥有人形机器人“最强大脑”的超轻量级整机；同日重庆市发布《重庆市“机器人+”应用行动计划（2024—2027 年）》。上周市场热议关于赛力斯是否将入局人形机器人行业的消息，且通过网络广泛传播后引发了市场强烈的乐观情绪，同时美国大选特朗普的胜出也带动了投资者看好特斯拉及其产业链的发展，叠加小鹏汽车 11.06 发布 AI 人形机器人 Iron，人形机器人产业链国内外预期形成共振，行业指数短期内迅速攀升。

在市场因海外政策预期变化而经历了短暂地回调后，国内外多个人形机器人发展主线又迎来进度更新，众多催化因素推动板块行情再次高涨。近日，华为（深圳）全球具身智能产业创新中心宣布即将启动运营，当天现场 16 家优选伙伴企业签署了战略合作备忘录，有望加速具身智能技术在制造业、机器人等领域的应用和推广；特斯拉官网在线商城 Optimus 1:10 模型发售后抢购一空，美国网红金·卡戴珊在 X 上发布与 Optimus 及 Cybercab 互动视频，不断提升营销宣传手段拉高了对机器人后续进展的预期；宁德时代联合上海交大研发多款机器人以投入工厂应用；长安汽车计划 5 年内投入超 500 亿元，2026 年前推出飞行汽车、2027 年前发布人形机器人产品。

图表1：受产业进展催化，人形机器人行情一浪胜过一浪


资料来源：Wind 人形机器人指数（8841699.WI，数据截至 2024/11/21），中邮证券研究所

在刚刚结束的上市公司三季报中，部分人形机器人产业链公司已经在业绩端交出令市场满意的答卷，同时也向投资者更新了行业目前的进展。整体上来看，国内人形机器人厂商已经逐步开始下达小批量订单，国外特斯拉也在稳步推进其 Gen2 基础上的技术迭代以及 2025-2026 年的批量销售计划。可以说，当前时点已经是人形机器人真正产品落地的黎明到来前的最后时刻，因此，我们将为投资者梳理现阶段人形机器人行业关注及投资的主线，主要包括特斯拉 Optimus 产业链向国内的映射以及国产人形终端厂商带动的自主可控产业链。

2 特斯拉产业链

2.1 产业链进展更新

特斯拉对于未来远期发展寄予厚望的两项业务除了 Robotaxi，就是其人形机器人 Optimus。上次公开第二代 Optimus 的信息，还是在 2023 年 12 月，相比于初代产品，Gen2 采用了完全由特斯拉自主设计及制造的执行器与传感器，整体

外观设计更加精细，不再有任何裸露的线束，行走速度提升 30%的同时重量减轻了 10kg，其平衡能力与身体控制都进一步增强，甚至演示了标准的深蹲等动作，配备了全新的 11 自由度、具备触觉传感器的灵巧手，能够抓握重物以及进行更为精细的操作。此外，还有新增 2-Dof 的脖子以及增加了力矩传感器和铰接式脚趾的足部，使得 Optimus 从原本的蹒跚学步进化，惊艳了世人。

图表2：2023 年 12 月特斯拉公布 Optimus Gen2 进展



资料来源：IT之家，澎湃新闻，中邮证券研究所

之后一段时间 Optimus 并没有太多更新呈现出来，2024 年 5 月官方发布了新的 demo 视频，展示了 Optimus Gen2 开始进厂打工的状态。行走比以前更快更稳的同时，其端到端神经网络经过训练，通过 FSD 计算机实施运作、2D 摄像头、手部触觉及力传感器的组合工作，能够做到对特斯拉超级工厂中的电池单元进行准确分装，且能从故障错误中自我纠正恢复。2024 年 7 月参加了在上海举办的世界人工智能大会，但仅仅放在展示橱窗内。

图表3：2024年5月特斯拉展示 Optimus Gen2 进工厂作业



资料来源：澎湃新闻，中邮证券研究所

特斯拉 Optimus 最新也是最为重要的进展更新都在 2024 年 10 月不断释放出来，主要是灵巧手的新进展以及自主性与人机交互能力的大幅提升。10 月 10 日，特斯拉举办了“WE, ROBOT”发布会，不光发布了 Cybercab 相关的无人出租车新产品，还带来了十数台 Optimus 机器人分别在展厅中随音乐起舞、混入人群中与观众互动、在酒水吧台充当酒保。通过现场直播我们可以发现，新的灵巧手方案提升了手指的灵活度和动作的流畅度，能够做出较为复杂的手部动作，同时新 Optimus 也具备更强的沟通能力，机器人和观众互动的过程中，能够识别到人的肢体动作和面部表情并作出反应，回应诸如打招呼摆手、比划各种手势、掩面抱头沮丧等更加拟人的动作。10 月 17 日特斯拉 Optimus 官方账号也展示了其最新成果，配文为“自主导航”。在视频中我们可以发现，Optimus 能够利用计算机上运行的神经网络避开人和障碍物，同时捕捉特定环境下的视觉线索。多个机器人可以共同构建对周围环境的共同理解，随后可以利用这些理解进行视觉导航。Optimus 可以利用视觉自行定位导航至最近的充电站，并进行电源的插入连接动作，还可以完成楼梯等非平坦地形的稳健行走。在人机互动方面，Optimus 可以对风险行为做出反应，并根据客户要求分发不同的物品。10 月 23 日特斯拉 24Q3 业绩发布会的答疑环节中表示，下一代手部模型拥有 22 个自由度，从而实现高度类似于人类的性能以及增强的触觉反馈。我们认为，目前看到的 Optimus 的形态，应该已经十分接近量产样机的阶段，剩下手部等细节可能还需要迭代升级。此外，近期特斯拉内部发生人事变动，Autopilot 软件工程总监 Ashok Elluswamy

和 Optimus 工程总监 Milan Kovac 分别升任 AI 软件副总裁和 Optimus 副总裁，公司重心正逐渐向着 AI 转移。

图表4: Optimus 通过动作与手势，与顾客交流需求



资料来源: Tesla, 中邮证券研究所

美国大选尘埃落定，随着马斯克与特朗普政府的绑定关系逐渐加深，特斯拉在美国未来的新能源、自动驾驶及机器人等领域中有望扮演更加重要的角色。虽然双方关系对特斯拉公司的影响难以量化，但预期将会从某种程度上加速特斯拉的发展。比如全自动驾驶 FSD 的推广使用有望加速，后续将同时促进汽车及人形机器人的进展。11 月 8 日，马斯克通过 X 平台表示：“Optimus 已经在工厂里执行一些任务了，其能力范围正在迅速增大。迄今为止最困难的部分是改进 Optimus 的设计，使其更易于制造，并建立复杂的供应链，从而实现大批量生产。”

图表5: 马斯克通过 X 平台表达 Optimus 正改进设计以匹配量产



Elon Musk 
 @elonmusk

订阅

Well, Optimus is already doing some tasks in the factory and the scope of its ability is increasing rapidly.

The toughest part by far is improving the design of Optimus for ease of manufacturing and tooling up a complex supply chain, so it can be made in significant numbers.

资料来源: X, 中邮证券研究所

结合各种信息，我们判断 Optimus 有望从 2024 年底开始小批量试产，2025 年全年将会生产数千至一万台用在特斯拉工厂等内部场景使用及训练，成本预计能够降低至 4 万美元左右，2026 年预期开始对其他企业进行批量销售，销售单价预计在 2-3 万美元。诚然 Optimus 或许不是在视频演示环节中最令人印象深刻的，但考虑到特斯拉在机器人技术方面持续走在前列，且拥有大规模生产需要的集成 AI 系统及制造能力，故未来仍有望保持在人形机器人行业的领军地位。下表是对于人形机器人 Optimus 中较为关键的部件或模组后续需求空间的预测，其中无框电机因为产品本身非标准化，且同运动控制系统关系密切，故大多数人形厂商均选择自研自制或自主设计+代工的形式，而非寻找供应商生产供货。我们推测 2025 年在出货量还在千台量级的阶段，大多数供应链仍会以海外各环节的龙头公司为主，而当出货量向十万台甚至更多的量产阶段进发时，国内供应链的规模导入将有效降低单台机器人的成本，达到马斯克此前承诺的 2-3 万美元每台，使人形机器人的成本真正达到能够走入工业用、商用甚至家庭使用的场景中。

图表6：对 Optimus 未来量产进展空间的预测

	小批量试产阶段（2025年）			批量销售阶段（2026年）			
	成本占比	单机价值量 (万元/台)	需求空间 (亿元, 5k台)	需求空间 (亿元, 1万台)	成本占比	单机价值量 (万元/台)	需求空间 (亿元, 10万台)
行星滚柱丝杠	23%	7.00	3.50	7.00	21%	3.50	35.00
六维力矩传感器	23%	7.20	3.60	7.20	19%	3.20	32.00
一维力/力矩传感器	8%	2.40	1.20	2.40	5%	0.90	9.00
无框力矩电机	8%	2.40	1.20	2.40	9%	1.50	15.00
谐波减速器	10%	3.20	1.60	3.20	11%	1.92	19.20
空心杯电机模组	9%	2.88	1.44	2.88	10%	1.68	16.80
IMU惯性传感器	5%	1.40	0.70	1.40	6%	1.00	10.00

资料来源：中邮证券研究所预测

2.2 相关标的梳理

1) 执行器总成：三花智控、拓普集团

执行器总成相对来说是产业链上十分重要的环节，需要对执行器模组的生产组装负责，有时还需要参与设计改进以及供应商的选择建议。它对于最后终端产品的规模降本及品质管控有着不可忽视的影响，所以对于人形机器人厂商而言，选择比较熟悉或者已经承接合作过的企业是较为适合的选择。特斯拉目前主要的

新能源汽车业务已经通过近 10 年的时间，在供应链管理及规模降本上积累了充足的经验，同时通过建立上海超级工厂大规模引入中国供应链为特斯拉汽车持续降价且增利提供了保障。在马斯克看来，人形机器人 Optimus 的业务远景甚至要远超新能源汽车，而他又希望将最终产品的均价降低至合适的区间，可能比电车还要便宜，从而逐步实现普及。国产供应链对于此目标的实现是尤为重要的，加上汽车供应链与人形机器人核心零部件的供应链重合度不小，所以我们认为特斯拉可能会更倾向于从既往的合作厂商中寻找未来 Optimus 业务的供应链导入。

三花智控是全球最大的制冷控制元器件制造商之一，也是特斯拉的一级供应商，提供电子膨胀阀、水冷板、油冷器及油泵等热管理部件，广泛应用于 Model X、Model S 和 Model 3 等车型中。拓普集团自 2016 年起成为特斯拉一级供应商，为其提供轻量化铝合金底盘、大型车身结构件、热管理零部件、传感器、执行器等多种重要零部件。同时，两家公司都规划了大规模的机器人领域生产基地建设投入。三花智控在今年年初公告了与杭州钱塘新区管理委员会签订《三花智控未来产业中心项目投资协议书》，该项目由两个子项目组成，其中控股子公司杭州先途电子拟在钱塘区投资建设先途智能变频控制器生产基地项目，计划总投资不低于 12 亿元；三花智控拟在钱塘区投资建设机器人机电执行器和域控制器研发及生产基地项目，计划总投资不低于 38 亿元。拓普集团则与宁波经济技术开发区管理委员会签署了《机器人电驱系统研发生产基地项目投资协议书》，拟投资 50 亿元人民币，规划用地 300 亩，在宁波经济技术开发区建设机器人电驱系统生产基地，并逐步拓展其他机器人部件业务。

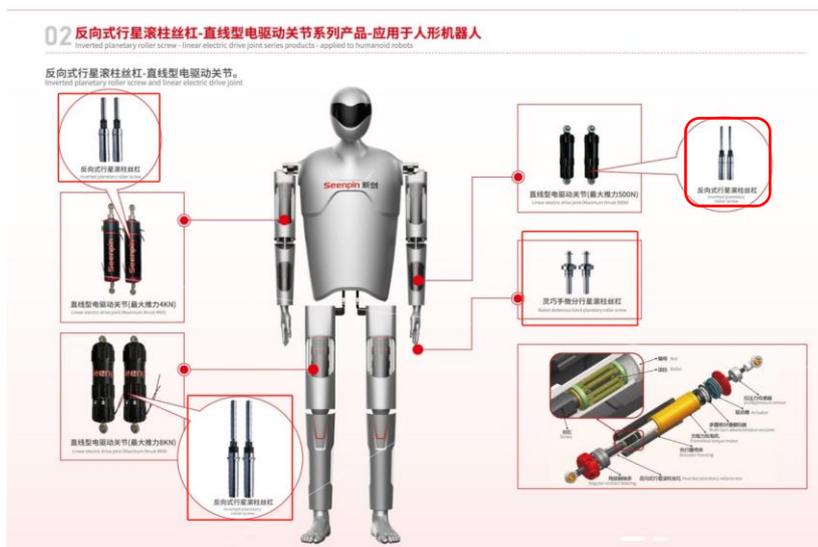
执行器中涉及到减速器、丝杠等机器人核心部件，尽管最终是由特斯来确认定点供应商，总成厂商在过程中依然存在一定的影响力以及占位优势，或将努力导入验证自己的长期合作供货商以提效降本，同时提升在总成领域的占比。

2) 丝杠：五洲新春、北特科技、双林股份

丝杠部分短期内看来是人形机器人 Optimus 上单机价值量占比较高的部分，主要因为区别于国产人形厂商，Optimus 中采用了近一半的直线关节执行器，其中会用到单价较高、市场较小、量产难度高的行星滚柱丝杠。德国舍弗勒、日本 THK 等全球龙头公司一般是终端厂商最初的优先选择，而考虑到现阶段因需求空

间较小且加工精度要求高，行星滚柱丝杠单价较高，未来势必将开放丝杠供应商名额给到在降本增效方面尤为突出的国产厂商，比如国内在直线传动领域做的比较好的新剑传动，其官网上展示出了在人形机器人上同特斯拉 Optimus 类似的丝杠选型应用。丝杠是执行器中的关键部件，需要加工精度、量产能力以及同研发设计同步改进的配合度。未来机会释放给国内供应链时候，布局领先、同总成厂商保持密切合作的丝杠厂家有望抢先受益。

图表7：新剑传动展示了反向式行星滚柱丝杠&灵巧手微分行星滚柱丝杠的应用



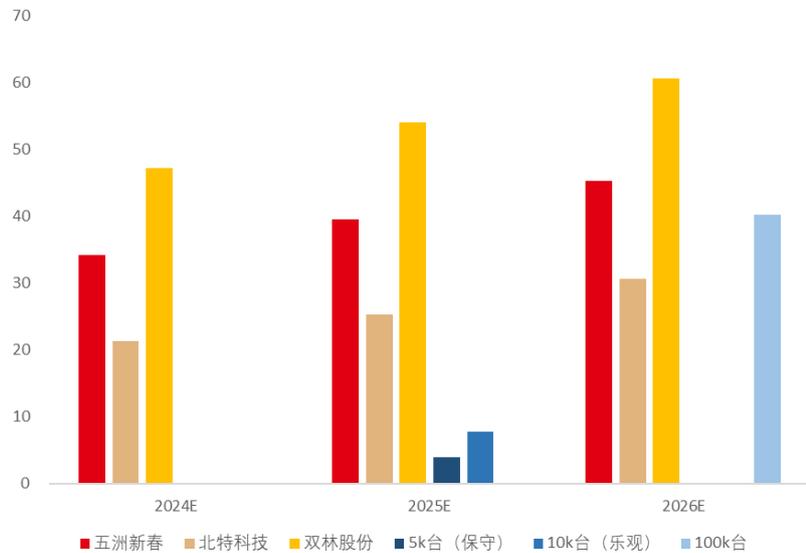
资料来源：新剑传动官网，中邮证券研究所

五洲新春主营轴承产品，丝杠类产品与轴承技术同源，公司在生产工艺上具备仿真设计、净成型、可控气氛热处理、磨加工装配四大核心技术，从材料端到产品有完整产业链，能稳定应对后期丝杠市场快速放量。五洲新春还更改了投资的新项目线控执行系统核心零部件，其中就包括反向行星滚柱丝杠及微小型滚珠丝杠等产品，重点应用与新能源汽车及具身机器人等相关领域，项目建设期约 30 个月，预计为 2024 年 9 月至 2027 年 2 月底；**北特科技**主营是汽车零部件业务，现阶段公司根据客户需求，配合推进人形机器人用丝杠零部件的样品研发。北特科技于 2024 年 10 月 14 日与江苏昆山经济技术开发区管理委员会签订《投资协议》，拟在江苏昆山经济技术开发区总投资 18.5 亿元，规划用地约 140 亩（一期用地约 80 亩，二期用地约 60 亩），建设行星滚柱丝杠研发生产基地项目。后续

有望通过总成 Tier1 的渠道进入人形机器人供应链；**双林股份**的汽车座椅水平驱动器属于行业领先，具备核心竞争力，该产品与人形机器人行星滚柱丝杠产品在技术开发、生产工艺上有相通性，故公司决定进军人形机器人行星滚柱丝杠领域，打造新的业绩增长曲线。目前公司滚柱丝杠产品已研发出样品，试制产线也在建设中。

由于行星滚柱丝杠在人形机器人的需求产生之前，其实整体行业需求较小，所以目前大多布局滚柱丝杠的企业都尚未产生规模收入，所以我们仅选取几家企业的营收规模来对比，简单给出对于人形机器人 Optimus 量产后能够提供的增量需求空间的概念。可以看到 2025 年的预期需求空间对比三家企业营收，相当于五洲新春的 10%-20%、北特科技的 15%-31%、双林股份的 7%-14%，2026 年的预期需求空间更是相当于企业营收近翻倍的增长，而且此处我们仅以 2026 年 10 万台的数量来预估，远期空间将十分巨大。

图表8：丝杠厂商 2024E-2026E 营收一致预期及 Optimus 丝杠需求空间（亿元）



资料来源：Wind 一致预期，中邮证券研究所预测

3) 力传感器：柯力传感、安培龙、汉威科技

力传感器在特斯拉 Optimus 上的应用较为多样化，有手腕、脚踝需要的六维力矩传感器，有执行器中集成的一维力/扭矩传感器，也有机器人手部指腹上配备的触觉传感器等等。其中，六维力传感器因其能够提供精确的力和力矩测量，

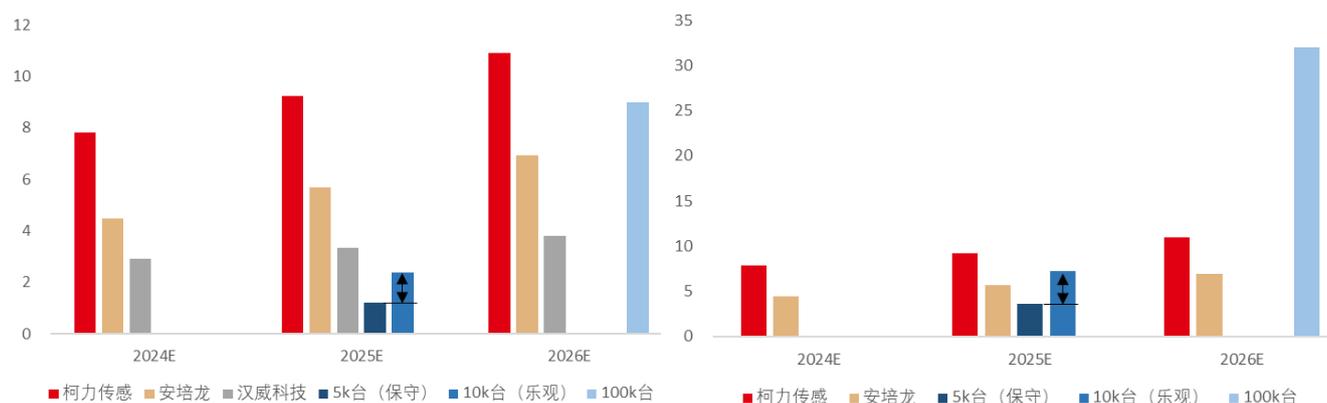
在航空航天、机器人技术、汽车测试和医疗等多个领域得到了广泛应用。技术层面上，六维力传感器的技术壁垒主要体现在结构设计、解耦算法、标定检测、材料选择与工艺、设备端、信号处理、微型化与集成化、成本控制和技术积累等方面。特别是在算法解耦和结构解耦方面，国内厂商与国外厂商相比还存在一定的差距，但在价格和定制化服务方面具有明显优势。

随着人形机器人产业化和工业自动化需求的增长，国内市场规模预计将继续扩大。尽管目前市场主要由国外品牌如 ATI 和 Epson 等占据主导地位，但国产品牌正在逐步提升其市场份额。我们预计首批次 Optimus 上的高端六维力矩传感器仍会使用 ATI 等国际龙头的，但低端产品或将导入国产厂商的产品以有效降本，未来随着国产厂商产品技术不断发展，也有望对六维力矩传感器做替代。

柯力传感一直深耕于传感器领域，并不断通过并购整合的方式扩充其覆盖的领域，形成多传感器融合的“森林”。目前公司六维力传感器产品已经陆续送样多家人形、工业/协作机器人厂商验证，主要用于静态检测，装机测试正在进行中，产品反馈正常，但检测所需时间较长，短期内难以获得结果。公司已经初步具备六维力传感器的量产能力，市面上大多数厂商仍在使用单维检测设备，而公司的六维力标定设备预计明年2月投入使用，六维标定设备的自动化及验证能力将带给公司显著优势；**安培龙**组建了专门的力传感器研发团队，推出了基于“MEMS 硅基应变片+玻璃微熔工艺”的高能力矩传感器，以满足工业机器人、协作机器人等机器人对力测量的精确需求，产品也可延展至人形机器人应用领域。10月15日公司获得发明专利“一种基于玻璃微熔工艺的六维力传感器及其制备方法”，将高温熔化的玻璃粉作为黏合剂，让弹性体与硅应变片结合，能最大程度消除传感器零点漂移，改善稳定性，并且能够兼容各种气体和液体等，11月5日又取得发明专利“基于数据分析的六维力传感器稳定性测试方法”，可见公司在六维力传感器领域的技术优势；**汉威科技**的柔性微纳传感器业务主要由控股子公司苏州能斯达开展，还投资了主要从事柔弹性传感器的韧和科技，目前公司已具备自主知识产权的多品种多量程的柔性微纳传感器及阵列核心设计能力，技术水平及产业化程度国内领先，开始给多家机器人整机厂商提供电子皮肤及指腹类传感器，供其研发使用。

传感器由于其多品类、多规格、多下游的结构，相关企业本身规模就比较难做大，且六维力传感器原有市场空间不大，现阶段在人形机器人身上用到的数量相对有限，所以目前上市的国产厂商中该业务收入规模都很小。单个产品价格高意味着未来有较大降本空间，同时有望通过降价增产以提升单台机器人用量。一维力传感器、柔性触觉传感器等则成熟些，市场格局也相对稳定。我们这里分别选取公司（力）传感器业务营收规模（根据 Wind 一致预期及业务收入占比估算）以及力传感器预期市场需求来作比较。可见仅仅是对于低端产品领域，Optimus 就能带动国内可观的市场增量，若未来国产厂商能够进入六维力传感器的供货定点，对比现阶段的传感器市场，价值量将增长数倍。

图表9：一维力/触觉传感器未来市场空间对比（亿元） **图表10：六维力传感器未来市场空间对比（亿元）**



资料来源：Wind 一致预期，中邮证券研究所预测

资料来源：Wind 一致预期，中邮证券研究所预测

4) 减速器：绿的谐波、双环传动

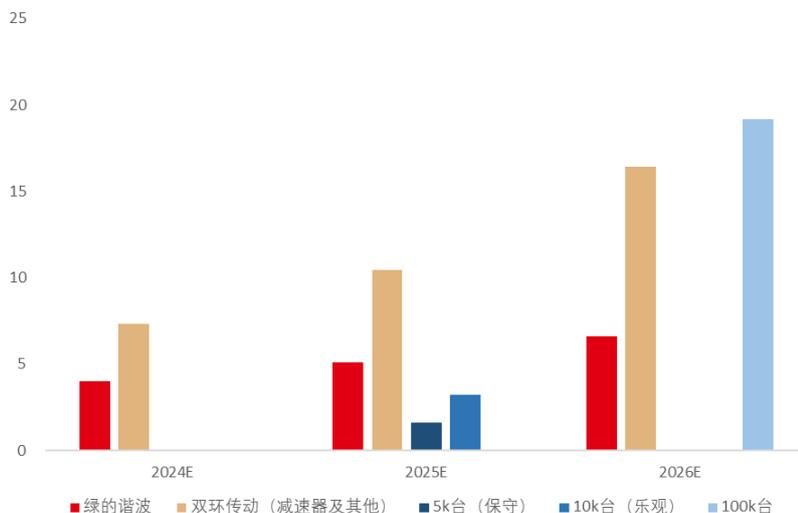
减速器方面，特斯拉的设计方案同国产厂商有所差异，Optimus 上应用的基本都是谐波减速器，少有行星减速器，而国产厂商现阶段主流设计大多以行星减速器为主、辅以谐波，比如智元、傅利叶等。尽管之前有存在过行星+RV 的设计方案探讨，但 RV 减速器目前基本还没有在人形终端上使用。谐波减速器产品应用在机器人上需要针对性地进行各方面的调整，部分参数可能要求极高，而另一部分则可能无足轻重（易于降本）。国内市场每年对于谐波减速器的需求不到二百万台，单台 Optimus 上目前是 14 个谐波的用量，当特斯拉机器人量级达到 10 万台，其需求约等于再造一个国内市场，增长相当可观。特斯拉目前还是选取全

球谐波龙头日本哈默纳科供货，其现阶段的降本情况也比较迅速，未来国内谐波减速器龙头厂商更有可能凭借成本控制跻身特斯拉定点。

谐波减速器企业中，**绿的谐波**是国内龙头、全球龙二，深耕于谐波领域，产品并不局限于机器人领域，还可用于机床、激光切割设备、换电站、外骨骼等诸多场景，人形机器人方面的收入占10%左右。公司长期定位于做好产品，随着机器人四大家族等海外客户的份额不断突破，出货量有望迎来大幅提升，对于人形终端的国产替代以及持续降本而言，将具备极大优势；**双环传动**深耕机械传动齿轮领域，其子公司环动科技主营机器人高精密减速器业务，包括RV减速器、谐波减速器、机电控一体化关节模组、驱动执行器等，全方位满足客户需求。

谐波减速器的应用预期确定性较强，且单台机器人应用个数多，总价值量也不低，有利于龙头企业降本增效，所以未来国产企业能否做到替代部分供给份额的关键，在于哈默纳科是否能够做到相匹配的规模效应。现阶段超2千元/台的单价仍然有着下降空间，我们预计远期有望通过下游机器人出货规模迅速扩张，降低至1200元/台左右的水平，预计Optimus谐波减速器在2025年的需求空间相当于绿的谐波营收的32%-63%、双环传动减速器业务营收的15%-31%，2026年的潜在空间则相当于双环减速器业务的翻倍增长或绿的谐波营收规模的近三倍。下图中双环传动减速器业务的规模是根据Wind一致预期及业务收入占比估算的。

图表11：绿的谐波及双环传动减速器业务 2024E-2026E 营收一致预期及Optimus谐波需求空间对比（亿元）

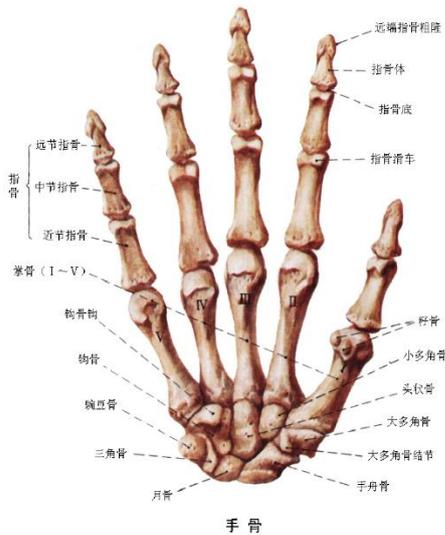


资料来源：Wind一致预期，中邮证券研究所预测

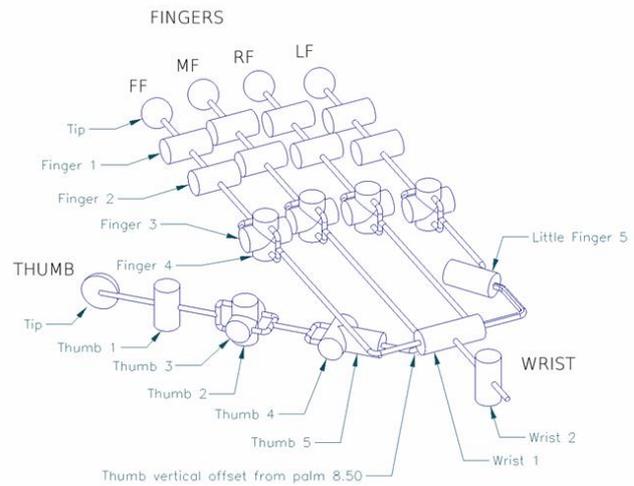
5) 灵巧手：兆威机电、鸣志电器

特斯拉 Optimus 的机械手部分经过了几代的更迭，从最开始初代的“6 主动自由度+5 驱动自由度”，到 Gen2 的 11 主动自由度并增加指腹的触觉传感器，再到公司最新 24Q3 业绩发布会答疑环节中表示，下一代 Optimus 手部模型将拥有 22 个自由度，从而实现近乎于真人的手部动作。对于即将到来的量产 Gen3，其灵巧手部分将会是一大亮点，高自由度且带有触觉反馈的双手将能助力人形机器人在工业、商用、家政等各类场景中完成精细操作。

从生理学的角度来看，人类的手部（不包括手腕）有 21 个自由度，以 4 指朝向为 Y 轴，除拇指外的其余四指各有 4 个自由度 ($3 \times \text{pitch} + 1 \times \text{yaw}$)，大拇指有 5 个自由度，少了一截指骨，但是拇指掌骨存在 yaw 和 roll 的两个自由度，所以单手共计 21 个自由度。特斯拉下一代 Optimus 手部的 22 个自由度，我们预测额外的一个自由度有两种可能，一是在掌骨与手腕之间添加一个 pitch 关节，提高手部的活动范围，二则是在小指掌骨位置加一个 roll 关节，使得拇指和小指可以做到指腹对齐，达到更接近人手的灵活度和柔韧性，能够完成较为复杂的手势及精密操作。特斯拉灵巧手手腕的三个自由度其实都是由手臂上的执行器来控制，手腕处的灵活程度已经相对较高，再添加关节的边际效用不大，所以更有可能是第二种添加方式。这里用 Shadow Robot 的灵巧手结构举例，额外的自由度可能添加在 Little Finger 5 的位置上，这样灵巧手就可以达到近似手掌“对折”的效果。

图表12：人类手骨结构示意图


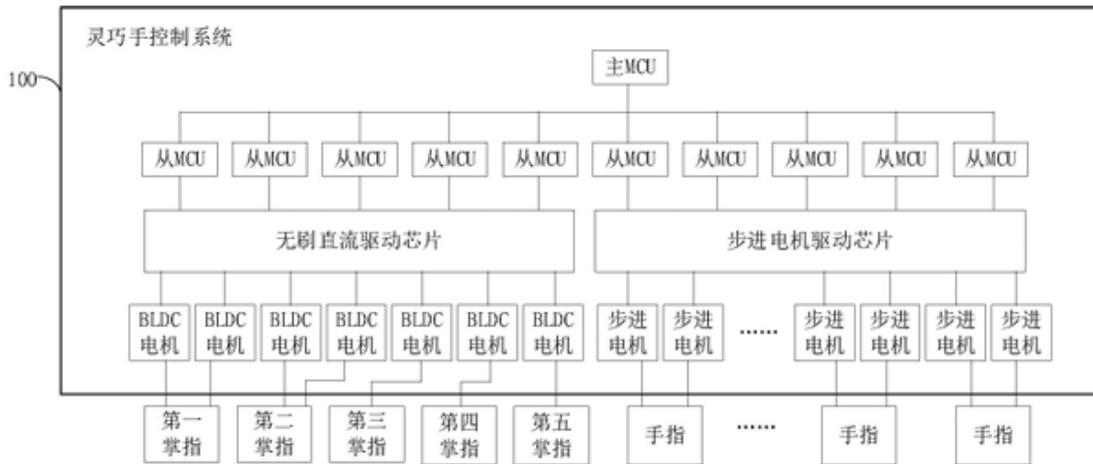
资料来源：中国医疗器械网，中邮证券研究所

图表13：Shadow Hand 手指自由度结构


资料来源：Shadow Robot，中邮证券研究所

兆威机电在微型驱动领域有着二十多年的深厚积累，此前已经在消费电子、汽车电子等下游行业占据一定份额，特别是在苹果 MR 供应链中供货精密传动模组，可以说公司不光具备精密传动领域的电机、减速器以及模组集成的技术能力，而且具备消费电子领域厂商的规模量产与降本增效的能力，正好对应人形机器人灵巧手部分既需要精密、超小型的驱动传动模组，又需要匹配到终端产品量级增长及降本需求。2024年11月14日，兆威机电在深圳举办新品发布会，正式推出手指集成驱动的高可靠灵巧手产品。整手通过兆威机电独创的关节全集成动力模组及仿生学原理设计，配备17个主动执行单元，其中单指节拥有3个及以上主动执行单元，精准模拟人手部的抓握等精细动作，赋予机械手更好的灵活性与精确度。从兆威机电的发明专利中，我们可以看出灵巧手的控制架构。主控单元的MCU分别连接掌指控制单元和手指控制单元的从MCU，主MCU用于与上位机通信，获取外部指令并对指令信号进行处理，生成对应的掌指和/或手指驱动信号，由各个从MCU下发给对应的掌指驱动芯片及手指驱动芯片，以控制多个掌指和/或多个手指运动。此外，我们可以发现，每只灵巧手上共需要掌指部分的7个直流无刷电机和手指部分的10个步进电机，对应单手17自由度。

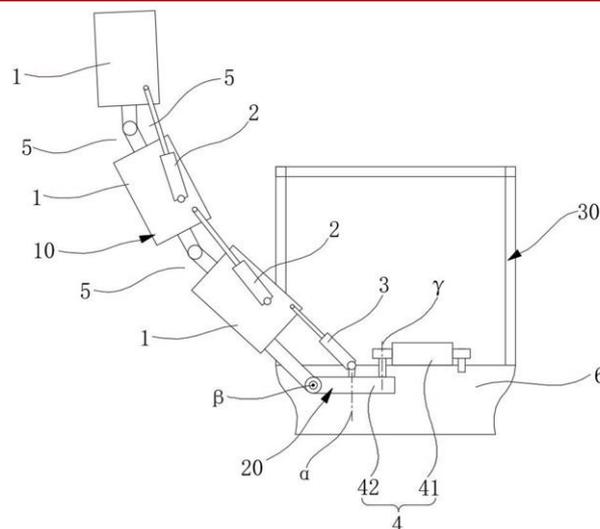
图表14：兆威机电灵巧手控制系统



资料来源：国家知识产权局，中邮证券研究所

细拆来看，仿生大拇指包括第一直线伸缩件和多个依次转动连接的指节，第一直线伸缩件（2）带动指节之间相对旋转，大拇指根部活动结构包括第二直线伸缩件（3）和摆动组件，摆动组件包括第三直线伸缩件（41）和摆动转盘（20）。直线伸缩件可以是线性电机，也可以是旋转电机+丝杠等传动件构成。仿生大拇指不仅能够实现弯曲动作，还能够相对手掌结构左右摆动，灵活度更高。

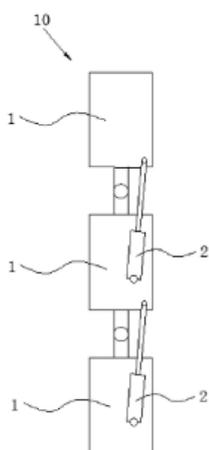
图表15：兆威机电灵巧手仿生大拇指结构



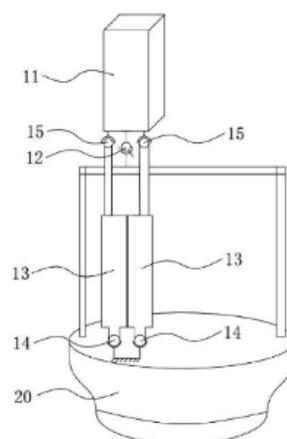
资料来源：国家知识产权局，中邮证券研究所

其他四根仿生手指的指节部分同大拇指类似，前两个指节间隔中两个线性电机（2）控制指节结构进行曲张运动。而在掌指部分，最后一个指节结构通过球副铰接于手掌支架，两个线性电机并排安装，两端分别安装在球面副铰和手掌支架上，当两个线性电机同步伸缩时，掌指结构进行曲张运动，当两个线性电机异步伸缩时，掌指结构进行摆动运动。

图表16：兆威机电灵巧手仿生手指的指节部分结构



图表17：兆威机电灵巧手仿生手指的掌指部分结构



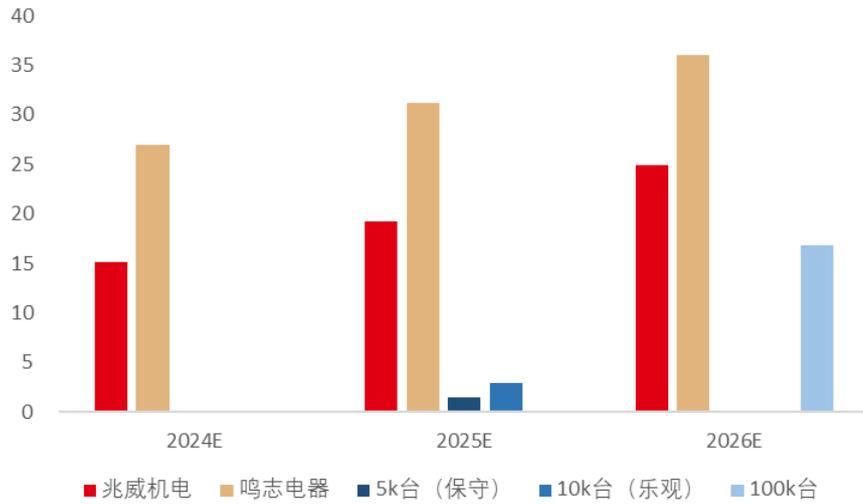
资料来源：国家知识产权局，中邮证券研究所

资料来源：国家知识产权局，中邮证券研究所

鸣志电器专注于运动控制领域和智能电源领域核心技术及系统级解决方案的研发和经营，核心业务围绕自动化和智能化领域有序外延扩张。公司在控制电机及其驱动系统领域具有规模效应，直流无刷电机和空心杯无齿槽电机也凭借优秀的产品品质和完善的客户服务在国际市场上享有良好的声誉。

空心杯电机模组对于人形机器人灵巧手而言是较为确定且重要的组成部分，且随着灵巧手主动自由度的不断提升，用量也将增加，当 Optimus 的机械手达到马斯克所预言的 22 个自由度之时，我们认为单只灵巧手将代表 10 个直线步进电机和 12 个空心杯电机模组的需求，这样复杂又灵巧的机械手能够胜任在日常生活中的大多数作业场景。即便空心杯模组的均价能够下降到一个较低的水平，能够带来的增量空间也很可观，预计 Optimus 空心杯电机模组在 2025 年的需求空间相当于兆威机电营收的 7%-15%、鸣志电器营收的 5%-9%，2026 年的潜在空间相当于鸣志电器营收的一半或兆威机电营收规模的近七成。

图表18：兆威机电、鸣志电器 2024E-2026E 营收一致预期及 Optimus 谐波需求空间对比（亿元）



资料来源：Wind 一致预期，中邮证券研究所预测

3 风险提示

关键零部件技术路径变更风险；机器人规模量产进度不及预期；AI 大模型发展迭代较慢的风险；产业链国产化水平不达预期。

中邮证券投资评级说明

投资评级标准	类型	评级	说明
报告中投资建议的评级标准： 报告发布日后的 6 个月内的相对市场表现，即报告发布日后的 6 个月内的公司股价（或行业指数、可转债价格）的涨跌幅相对同期相关证券市场基准指数的涨跌幅。 市场基准指数的选取：A 股市场以沪深 300 指数为基准；新三板市场以三板成指为基准；可转债市场以中信标普可转债指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普 500 或纳斯达克综合指数为基准。	股票评级	买入	预期个股相对同期基准指数涨幅在 20%以上
		增持	预期个股相对同期基准指数涨幅在 10%与 20%之间
		中性	预期个股相对同期基准指数涨幅在-10%与 10%之间
		回避	预期个股相对同期基准指数涨幅在-10%以下
	行业评级	强于大市	预期行业相对同期基准指数涨幅在 10%以上
		中性	预期行业相对同期基准指数涨幅在-10%与 10%之间
		弱于大市	预期行业相对同期基准指数涨幅在-10%以下
	可转债评级	推荐	预期可转债相对同期基准指数涨幅在 10%以上
		谨慎推荐	预期可转债相对同期基准指数涨幅在 5%与 10%之间
		中性	预期可转债相对同期基准指数涨幅在-5%与 5%之间
		回避	预期可转债相对同期基准指数涨幅在-5%以下

分析师声明

撰写此报告的分析师（一人或多人）承诺本机构、本人以及财产利害关系人与所评价或推荐的证券无利害关系。

本报告所采用的数据均来自我们认为可靠的目前已公开的信息，并通过独立判断并得出结论，力求独立、客观、公平，报告结论不受本公司其他部门和人员以及证券发行人、上市公司、基金公司、证券资产管理公司、特定客户等利益相关方的干涉和影响，特此声明。

免责声明

中邮证券有限责任公司（以下简称“中邮证券”）具备经中国证监会批准的开展证券投资咨询业务的资格。

本报告信息均来源于公开资料或者我们认为可靠的资料，我们力求但不保证这些信息的准确性和完整性。报告内容仅供参考，报告中的信息或所表达观点不构成所涉证券买卖的出价或询价，中邮证券不对因使用本报告的内容而导致的损失承担任何责任。客户不应以本报告取代其独立判断或仅根据本报告做出决策。

中邮证券可发出其它与本报告所载信息不一致或有不同结论的报告。报告所载资料、意见及推测仅反映研究人员于发出本报告当日的判断，可随时更改且不予通告。

中邮证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或者计划提供投资银行、财务顾问或者其他金融产品等相关服务。

《证券期货投资者适当性管理办法》于 2017 年 7 月 1 日起正式实施，本报告仅供中邮证券客户中的专业投资者使用，若您非中邮证券客户中的专业投资者，为控制投资风险，请取消接收、订阅或使用本报告中的任何信息。本公司不会因接收人收到、阅读或关注本报告中的内容而视其为专业投资者。

本报告版权归中邮证券所有，未经书面许可，任何机构或个人不得存在对本报告以任何形式进行翻版、修改、节选、复制、发布，或对本报告进行改编、汇编等侵犯知识产权的行为，亦不得存在其他有损中邮证券商业性权益的任何情形。如经中邮证券授权后引用发布，需注明出处为中邮证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节或修改。

中邮证券对于本申明具有最终解释权。

公司简介

中邮证券有限责任公司，2002年9月经中国证券监督管理委员会批准设立，注册资本50.6亿元人民币。中邮证券是中国邮政集团有限公司绝对控股的证券类金融子公司。

公司经营范围包括：证券经纪；证券自营；证券投资咨询；证券资产管理；融资融券；证券投资基金销售；证券承销与保荐；代理销售金融产品；与证券交易、证券投资活动有关的财务顾问。此外，公司还具有：证券经纪人业务资格；企业债券主承销资格；沪港通；深港通；利率互换；投资管理人受托管理保险资金；全国银行间同业拆借；作为主办券商在全国中小企业股份转让系统从事经纪、做市、推荐业务资格等业务资格。

公司目前已经在北京、陕西、深圳、山东、江苏、四川、江西、湖北、湖南、福建、辽宁、吉林、黑龙江、广东、浙江、贵州、新疆、河南、山西、上海、云南、内蒙古、重庆、天津、河北等地设有分支机构，全国多家分支机构正在建设中。

中邮证券紧紧依托中国邮政集团有限公司雄厚的实力，坚持诚信经营，践行普惠服务，为社会大众提供全方位专业化的证券投、融资服务，帮助客户实现价值增长，努力成为客户认同、社会尊重、股东满意、员工自豪的优秀企业。

中邮证券研究所

北京

邮箱：yanjiusuo@cnpsec.com

地址：北京市东城区前门街道珠市口东大街17号

邮编：100050

上海

邮箱：yanjiusuo@cnpsec.com

地址：上海市虹口区东大名路1080号邮储银行大厦3楼

邮编：200000

深圳

邮箱：yanjiusuo@cnpsec.com

地址：深圳市福田区滨河大道9023号国通大厦二楼

邮编：518048