

## 行业投资评级

强于大市|维持

## 行业基本情况

|        |         |
|--------|---------|
| 收盘点位   | 1570.83 |
| 52 周最高 | 1626.66 |
| 52 周最低 | 1298.09 |

## 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  
研究助理:陈基赞  
SAC 登记编号:S1340123010003  
Email:chenjiyun@cnpsec.com

## 近期研究报告

《好开端与持续性，不惧波动复苏仍在路上》 - 2023.05.08

## 【中邮机械】人形机器人系列专题（一）

## 时代主题，静待花开

### ● 人形机器人：面向通用领域，市场空间广阔

人形机器人作为一种特殊的机器人，在人工智能大发展的时代背景下，将脱离传统机器人的单一功能工具属性，将更好的进行人机环境交互，将成为人类的情感伴侣和得力助手，势必将走进人类生活，走进千家万户。当前商用机器人基本只针对特定应用场景来解决问题，其优势为在该应用场景准确性好、大规模生产后成本较低，缺点为泛化性能较差。人形机器人可以理解是具有与人类相似身体结构和运动方式（双足行走、双手协作等）的智能机器人。人形机器人可以更好适应人类的生活环境，双足行走的方式也适合在其中工作，比如走楼梯、爬坡等。

人形机器人市场空间广阔，预期全球人形机器人解决方案市场规模于 2026 年将达 80 亿美元。短期来看，优必选招股说明书预期全球人形机器人解决方案市场规模于 2026 年将达 80 亿美元；中期来看，高盛预期到 2035 年，在蓝海市场情景下，人形机器人市场能够达到 1540 亿美元的规模；长期来看，假定人形机器人和人的比例是 2 比 1，那么机器人的需求量可能是 100-200 亿个，市场空间广阔。

过往人形机器人的实践，并没有实现大规模的商业化应用，其核心原因在于技术尚不成熟，且成本居高不下。相较于较为成熟的工业机器人，人形机器人的关键技术包括：多自由度关节设计以提升活动能力；动力驱动优化设计以提升续航能力、降低成本；传感器信息融合感知以提升识别与控制能力；智能自主控制以提升控制与学习能力。这些关键技术，目前虽已取得一定进展，但尚未形成最终解决方案。此外，目前人形机器人通常采用数十台电机与减速器以及多部高精度传感器和雷达等高成本零部件，导致其成本大幅提升，难以形成大批量销售。

### ● AI 大模型进展迅速，特斯拉入局有望加速产业化进程

生成式 AI 表现出较强的理解与学习能力，有望提升机器人通用学习能力。目前像 ChatGPT 这类的生成式 AI，已经可以完成内容创作、翻译、对话式人工智能等工作，表现出较强的理解与学习能力，有望提升机器人通用学习能力。但是受限于没有优秀的现实载体，生成式 AI 目前可以完成的大部分工作均为线上工作，并不能在线下也起到重要的作用。需要注意的是，人工智能并非与人形机器人是完全绑定的关系，理论上任何物体都可以成为 AI 的载体，但是考虑到人形机器人存在通用场景应用等优势，其有望成为生成式 AI 在人类社会中的优秀的应用载体。

特斯拉入局人形机器人，产品升级迭代迅速。特斯拉在 2021 年 8 月首届特斯拉人工智能日（AI Day），首次发布了人形机器人计划；2022 年 9 月在人工智能日，特斯拉首次展示 Optimus 人形机器人产

品，原型机在现场实现了行走、挥手、摇摆等动作，并且在演示视频里，Optimus 已经可以做一些简单的工作，比如搬运箱子、浇花等；2023 年 5 月，特斯拉股东大会上，Optimus 在宣传片中已经可以像人一样稳步前行，并且可以较为轻松得用手拿各种物体。

我们认为特斯拉的入局有望加快人形机器人产业化应用，特斯拉已经提出了较为系统的解决方案与降本目标（目标售价 2 万美元以下）。多自由度关节设计方面，出于降本与降低功耗的考量，特斯拉将 Optimus 设计为拥有 28 个自由度（不包括手）以及 11 个手部自由度，并且采用了仿生设计。动力驱动优化设计方面，特斯拉将开发新能源车的经验（核心因素包括能量、重量、成本），移植到 Optimus 上，并且通过对于云的共性分析，简化执行器的组合。传感器信息融合感知与智能自主控制方面，特斯拉已经打通了 FSD 和机器人的底层模块，实现了一定程度的算法复用，帮助机器人实现环境感知、物体识别、路径选择与决策。特斯拉在人形机器人上的重点布局有望加快产业生态的完善，促进产品升级优化，进而催生海量需求。

● **风险提示：**

人形机器人产业化进度不及预期

## 目录

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 1 人形机器人：面向通用领域，市场空间广阔 .....        | 5  |
| 1.1 智能制造大势所趋，机器人市场蓬勃发展 .....       | 5  |
| 1.2 从专用走向通用，人形机器人市场空间广阔 .....      | 6  |
| 1.3 人形机器人并非新事物，技术/成本为两大痛点 .....    | 8  |
| 2 AI 大模型进展迅速，特斯拉入局有望加速产业化进程 .....  | 9  |
| 2.1 AI 大模型进展迅速，有望提升机器人通用学习能力 ..... | 9  |
| 2.2 特斯拉兼具软硬件能力，有望加速产业化进程 .....     | 11 |
| 3 建议关注零部件相关上市公司 .....              | 16 |
| 4 风险提示 .....                       | 16 |

## 图表目录

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 图表 1: 机器人分类方法（中国电子学会） .....           | 5  |
| 图表 2: 全球机器人市场规模及同比增速 .....            | 6  |
| 图表 3: 中国机器人市场规模及同比增速 .....            | 6  |
| 图表 4: 人形机器人提取物体 .....                 | 7  |
| 图表 5: 人形机器人走楼梯 .....                  | 7  |
| 图表 6: 人形机器人发展历程 .....                 | 8  |
| 图表 7: 人形机器人关键技术及国外最新进展 .....          | 9  |
| 图表 8: AI 大模型进化树 .....                 | 9  |
| 图表 9: ChatGPT 进行内容创作的案例 .....         | 10 |
| 图表 10: 国内外典型大模型梳理 .....               | 11 |
| 图表 11: 特斯拉 Optimus 示意图 .....          | 12 |
| 图表 12: Optimus 稳步行走 .....             | 12 |
| 图表 13: Optimus 用手拿起物体 .....           | 12 |
| 图表 14: Optimus 机械手 .....              | 13 |
| 图表 15: Optimus 的机械膝盖 .....            | 13 |
| 图表 16: 特斯拉通过大数据模拟执行器来选择最优解 .....      | 13 |
| 图表 17: 特斯拉六种执行器示意图 .....              | 14 |
| 图表 18: 旋转执行器与线性执行器 .....              | 14 |
| 图表 19: Optimus 复用 FSD 进行环境感知与识别 ..... | 15 |
| 图表 20: 人形机器人相关上市公司 .....              | 16 |

# 1 人形机器人：面向通用领域，市场空间广阔

## 1.1 智能制造大势所趋，机器人市场蓬勃发展

中国电子学会将机器人划分为工业机器人，服务机器人和特种机器人三类。根据机器人的应用环境，IFR 将机器人分为工业机器人和服务机器人，其中，工业机器人是指应用于生产过程与环境的机器人；服务机器人是指除工业机器人以外，用于非制造业并服务于人类的各种机器人，分为个人/家用服务机器人及专业服务机器人。考虑到我国在应对自然灾害和公共安全事件中，对特种机器人有着相对突出的需求，中国电子学会将机器人划分为工业机器人，服务机器人和特种机器人三类，主要应用于汽车，电子，家庭服务，医疗服务，军事应用和极限作业等领域。

图表1：机器人分类方法（中国电子学会）

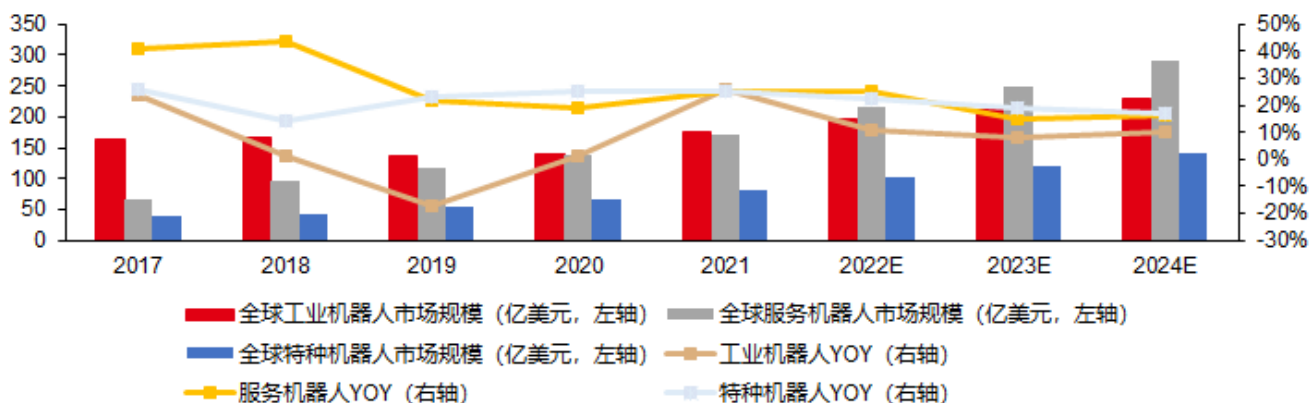
| 工业机器人   | 服务机器人   | 特种机器人   |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 焊接机器人 • 喷涂机器人</li> <li>• 包装机器人 • 码垛机器人</li> <li>• 搬运机器人 • 切割机器人</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 医疗服务机器人</li> <li>• 家用服务机器人</li> <li>• 公共服务机器人</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 军事应用机器人</li> <li>• 应急救援机器人</li> <li>• 极限作业机器人</li> </ul>  |

资料来源：思玛特，中邮证券研究所

机器人行业蓬勃发展，预计 2024 年全球机器人市场规模有望突破 650 亿美元。随着全球机器人行业在汽车制造、电子制造、仓储运输、医疗康复、应急救援等领域的应用不断深入拓展，《中国机器人产业发展报告(2022)》预计 2022 年，全球机器人市场规模将达到 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。

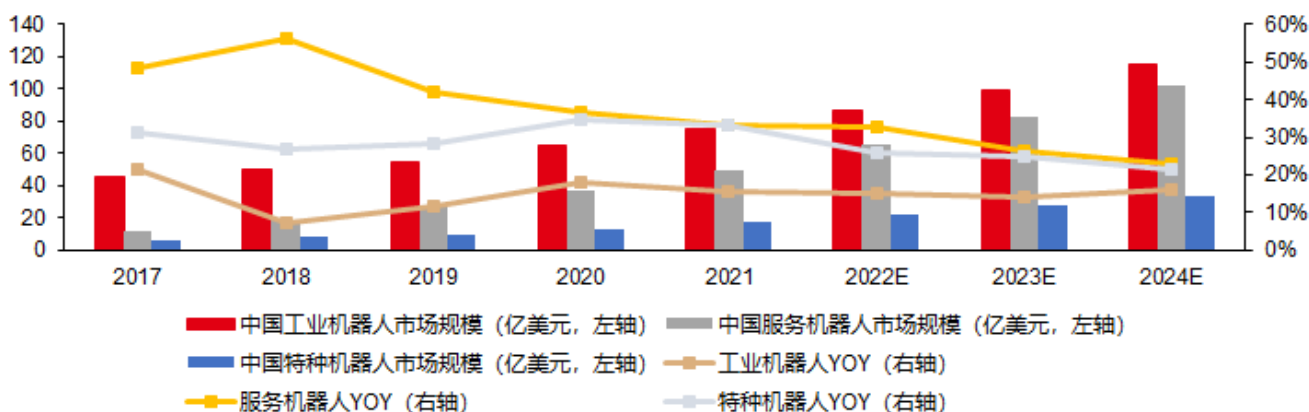
预计 2024 年中国机器人市场规模有望突破 251 亿美元。《中国机器人产业发展报告(2022)》预计 2022 年，中国机器人市场规模将达到 174 亿美元，五年年均增长率达到 22%。其中，2022 年工业机器人市场规模将有望达到 87 亿美元，服务机器人 65 亿美元，特种机器人 22 亿美元。预计到 2024 年，中国机器人市场规模将有望突破 251 亿美元。

图表2：全球机器人市场规模及同比增速



资料来源：IFR，中国电子学会，中邮证券研究所

图表3：中国机器人市场规模及同比增速



资料来源：IFR，中国电子学会，中邮证券研究所

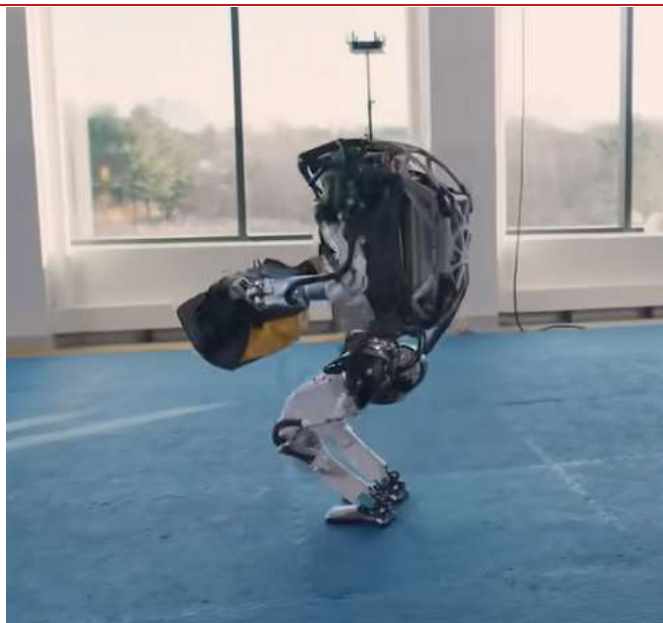
## 1.2 从专用走向通用，人形机器人市场空间广阔

当前商用机器人基本只针对特定应用场景来解决问题，其优势为在该应用场景准确性好、大规模生产后成本较低，缺点为泛化性能较差。目前应用较为广泛的商用机器人，不管是工业机器人、服务机器人还是特种机器人，基本都是针对特定应用场景来解决问题，例如制造车间里的机械臂、物流仓库的智能分拣机器人、酒店里的派送机器人、电力系统的巡检机器人等。其基本运作逻辑为：在系统里设定好对应的代码，让机器人完成一系列动作，用这些动作来完成任务，以达到替代人力的效果，这种方式可以使机器人在对应的场景里有超越人工的准确性与精度，缺点为脱离了该环境，机器人就很难应用，泛化性能较差。



人形机器人可以更好适应人类生活环境，是从专用到通用的升级。人形机器人可以理解为是具有与人类相似身体结构和运动方式（双足行走、双手协作等）的智能机器人。人形机器人可以更好适应人类的生活环境，双足行走的方式也适合在其中工作，比如走楼梯、爬坡等，而生活中很多工具的操作，也要通过灵巧的手来完成，比如开门、端茶送水等。这也带给了人们更多的想象空间，即以长远视角来看，假定硬件与软件均已不再是障碍，人形机器人有望能够完成人类绝大部分的工作。此外，酷似人类的外形，可以使人在形机器人在工作中更容易让人接近。

图表4：人形机器人提取物体



资料来源：波士顿动力宣传片，中邮证券研究所

图表5：人形机器人走楼梯



资料来源：波士顿动力宣传片，中邮证券研究所

人形机器人市场空间广阔，预期全球人形机器人解决方案市场规模于 2026 年将达到 80 亿美元。根据优必选招股说明书，人形机器人可用于各种场景，包括作为接待员，为教育目的模拟人类互动，作为医疗助理陪伴老人，使员工免于从事危险的工作场所活动等，虽然目前处于产业化前期，但随着技术的进步以及更多市场参与者的进入，预期全球人形机器人解决方案市场规模于 2026 年将达到 80 亿美元。中期来看，在 10-15 年内，制造业和老年人护理等行业的劳动力短缺问题需要随着机器人的普及应用来解决，高盛预期到 2035 年，在蓝海市场情景下，人形机器人市场能够达到 1540 亿美元的规模。长期来看，马斯克认为未来人们对人形机器人的需求量会非常大，人形机器人将会是今后特斯拉主要的长期价值来源，如果人形机器人和人的比例是 2 比 1 左右，那么人们对机器人的需求量可能是 100 亿乃至 200 亿个，远超电动车的数量，市场空间广阔。

### 1.3 人形机器人并非新事物，技术/成本为两大痛点

人形机器人起步于 1960 年代后期，并非新事物。人形机器人的发展历程通常被分为三个阶段：第一阶段，是以早稻田大学仿人机器人为代表的早期发展阶段；第二阶段，是以本田仿人机器人为代表的系统高度集成发展阶段；第三阶段，是以波士顿动力仿人机器人为代表的高动态运动发展阶段。

近两年人形机器人掀起热潮，成为科技企业们瞄准的新方向。2022 年，特斯拉推出人形机器人“擎天柱”，亚马逊注资机器人“Digit”。2023 年，三星也投资了两足步行机器人“HUBO”，已经推出 Walker 机器人的优必选也在寻求上市以增加自身竞争力，赛道上的竞争者不断增加。

图表6：人形机器人发展历程

| 时间   | 重要事项  |
|------|---|
| 1973 | 日本早稻田大学的加藤一郎教授研发出世界上第一款人形机器人 WABOT-1 的 WL-5 号两足步行机  |
| 1986 | 日本本田开始进行人形机器人 ASIMO 的研究，并成功于 2000 年发布第一代机型  |
| 2003 | 日本丰田发布第一代仿人类机器人，即“丰田音乐伙伴机器人”，可以实现吹喇叭、拉小提琴等乐器演奏功能  |
| 2011 | 本田推出 All-New ASIMO，具备利用传感器避开障碍物等自动判断并行动的能力，还能用五根手指做手语，或将水壶里的水倒入纸杯。至此人形机器人已具备初步的行动能力，逐步向特定场景应用发展 |
| 2016 | 美国波士顿动力公司发布双足机器人 Atlas，具有极强的平衡性和越障能力，能够承担危险环境搜救任务   |
| 2017 | 本田发布第三代人形机器人 T-HR3，是一款“反应灵敏的遥控机器人”，这款第三代人形机器人在新的领域做了开拓。可以模仿远程操纵者动作，并于 2020 年东京奥运会中用于与运动员进行远程交流  |
| 2020 | 美国敏捷机器人公司成功推出第一款商业化出售的双足机器人 Digit，售价 25 万美元，其能够在无人干涉的环境下自行选定搬动箱子，适用于物流、仓储、工业等多种应用场景             |
| 2021 | 日本丰田推出第四代家务机器人 Busboy，运用了更高级的 AI 和机器学习技术，既可感知场景也可检测物体及其表面，能够完成擦地板、拿取玻璃杯等家务活，被设计应用于解决老年家庭的家务问题   |
| 2022 | 特斯拉推出人形机器人“擎天柱”，亚马逊注资机器人“Digit”，小米发布全栈自研人形仿生机器人“CyberOne”                                       |
| 2023 | 三星也投资了两足步行机器人“HUBO”，已经推出 Walker 机器人的优必选寻求上市   |

资料来源：中国机器人网，21 世纪经济报道，中邮证券研究所

过往人形机器人的实践，并没有实现大规模的商业化应用，其核心原因在于技术尚不成熟，且成本居高不下。

相较于较为成熟的工业机器人，人形机器人的关键技术包括：多自由度关节设计以提升活动能力；动力驱动优化设计以提升续航能力、降低成本；传感器信息融合感知以提升识别与控制能力；智能自主控制以提升控制与学习能力。这些关键技术，目前虽已取得一定进展，但尚未形成最终解决方案。

此外，目前人形机器人通常采用数十台电机与减速器以及多部高精度传感器和雷达等高成本零部件，导致其成本大幅提升，难以形成大批量销售，如“Digit”售价高达 25 万美元，“CyberOne”成本高达 60-70 万。



图表7：人形机器人关键技术及国外最新进展

| 关键技术      | 国外最新进展   |
|-----------|--|
| 多自由度关节设计  | 国外开展多自由度关节设计，已从单自由度串/并联结构发展到多自由度混联结构，正开展更多自由度的仿生结构研究。  |
| 动力驱动优化设计  | 目前人形机器人主要采用电池+电机+减速器驱动，少部分采用液压驱动、气动肌肉驱动。在有限空间内，通过优化动力驱动装置成本、尺寸、重量与功率，降本增效显著。美日等国已在低成本、高性能动力驱动装置方面取得进展。               |
| 传感器信息融合感知 | 国外开展多传感器信息融合设计，集成光电/红外、雷达、声、位置、力传感器，实现类人视觉、听觉、触觉功能，同时开展电子皮肤研究，提高人形机器人灵敏感知和精细操作能力。                                    |
| 智能自主控制    | 国外开展自主控制技术研究，利用人工智能推动控制向更高智能水平的全自主方向发展，注重类脑认知与类脑智能对人形机器人的赋能作用。自主控制技术已在无人系统领域取得了较大进展，如实现无人车自主越野机动、无人机自主飞行与协同控制技术演示验证。 |

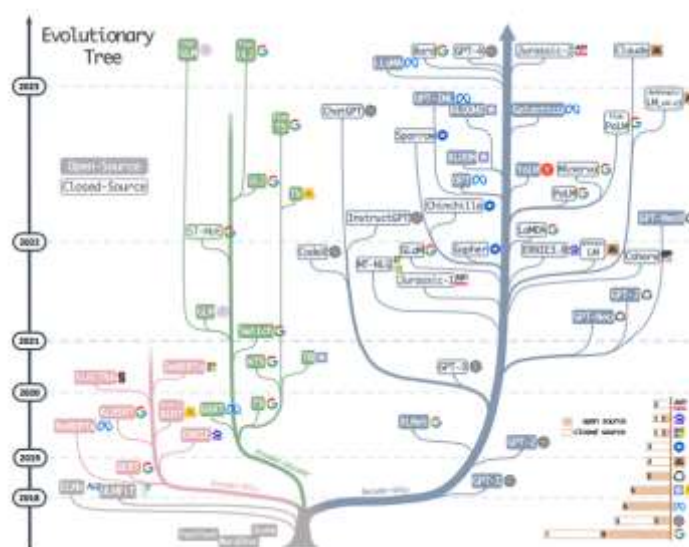
资料来源：《国外人形机器人发展及军事应用分析》，中邮证券研究所

## 2 AI 大模型进展迅速，特斯拉入局有望加速产业化进程

### 2.1 AI 大模型进展迅速，有望提升机器人通用学习能力

AI 大模型参数量迅速提升，目前千亿级别成为主流。AI 大模型也称人工智能预训练模型，它将海量数据导入具有亿量级参数的模型中，然后机器通过完成类似“完形填空”的任务，学习数据中蕴含的特征、结构，最终模型被训练成具有逻辑推理和分析能力的人工智能。AI 大模型先后经历了预训练模型、大规模预训练模型、超大规模预训练模型三个阶段，参数量实现了从亿级到百万亿级的突破，目前千亿级参数规模的大模型成为主流。

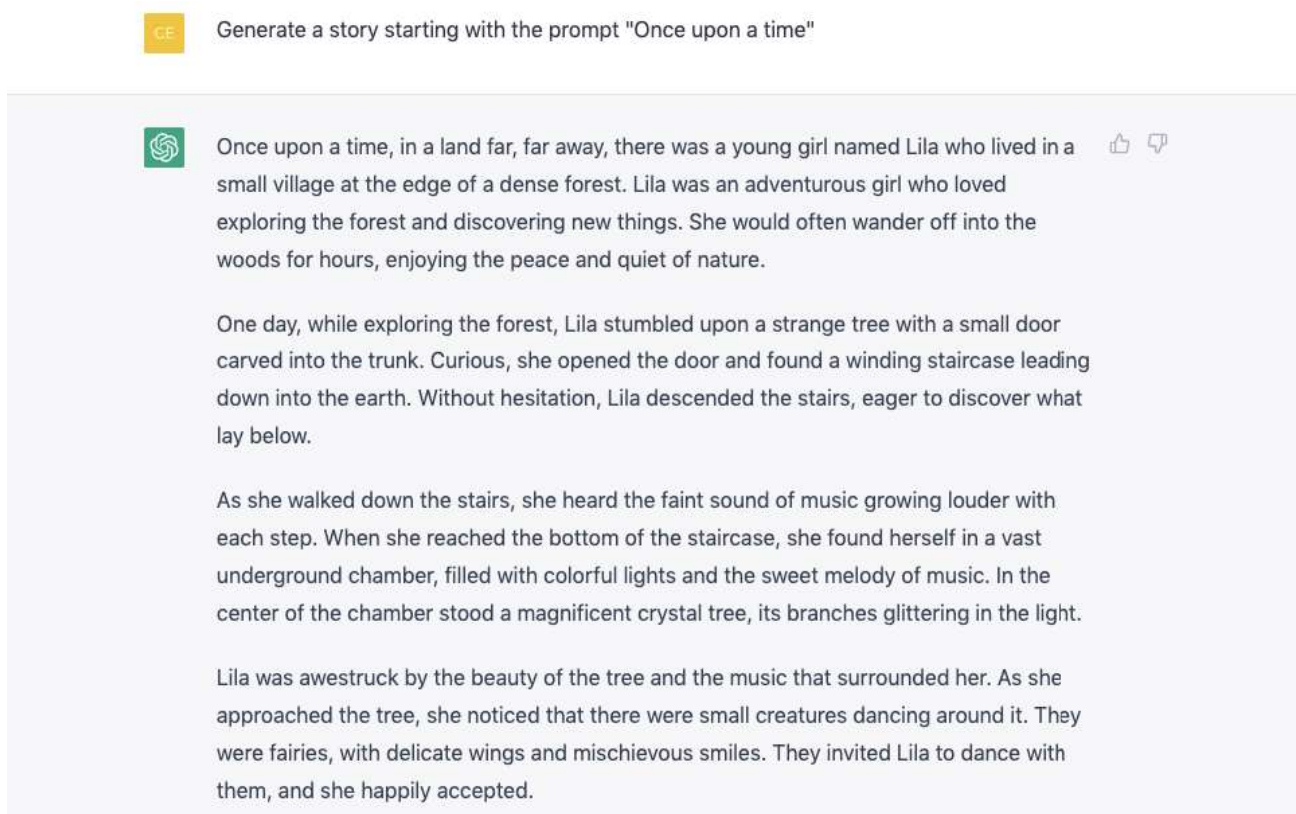
图表8：AI 大模型进化树



资料来源：《Harnessing the Power of LLMs in Practice: A Survey on ChatGPT and Beyond》，中邮证券研究所

**ChatGPT 凭借逼真的自然语言交互与多场景内容生成能力爆火。**2022 年 11 月，搭载了 GPT3.5 的 ChatGPT 横空出世，凭借逼真的自然语言交互与多场景内容生成能力，迅速引爆互联网，具体应用包括文本应用（内容创作、翻译、对话式人工智能）、编码应用、教育应用、营销应用等，推出仅 2 月即月活过亿。2023 年 3 月，最新发布的超大规模多模态预训练大模型——GPT-4，具备了多模态理解与多类型内容生成能力，拥有了识别图片的能力。

**图表9：ChatGPT 进行内容创作的案例**



资料来源：wbolt，中邮证券研究所

**生成式 AI 表现出较强的理解与学习能力，有望提升机器人通用学习能力。**目前像 ChatGPT 这类的生成式 AI，已经可以完成内容创作、翻译、对话式人工智能等工作，表现出较强的理解与学习能力，有望提升机器人通用学习能力。但是受限于没有优秀的现实载体，生成式 AI 目前可以完成的大部分工作均为线上工作，并不能在线下也起到重要的作用。需要注意的是，人工智能并非与人形机器人是完全绑定的关系，理论上任何物体都可以成为 AI 的载体，但是**考虑到人形机器人存在通用场景应用等优势，其有望成为生成式 AI 在人类社会中优秀的应用载体。**

国内外科技巨头加速推进大模型布局，大模型性能有望持续提升。国外方面，OpenAI 已成为引领大模型发展的标杆企业，继多模态大模型 GPT-4 发布后，预计今年四季度 OpenAI 将发布更为高级的 ChatGPT-5 版本；微软的直接竞争对手谷歌推出新一代大模型 PaLM 2；Meta 则发布大模型 LLaMA；亚马逊与人工智能初创公司 Hugging Face 合作开发 ChatGPT 竞品——BLOOM。国内方面，百度发布大模型文心一言；阿里发布首个超大规模语言模型通义千问；腾讯混元 AI 大模型团队推出了万亿级别中文 NLP 预训练模型 HunYuan-NLP-1T；华为发布了鹏城盘古大模型，是业界首个千亿级生成和理解中文 NLP 大模型。

图表10：国内外典型大模型梳理

| 国内企业 | 大模型名称          | 参数量    | 国外企业      | 大模型名称               | 参数量           |
|------|----------------|--------|-----------|---------------------|---------------|
| 百度   | 文心一言           | 2800 亿 | OpenAI    | GPT-4, DALL-2       | 万亿级、120 亿     |
| 腾讯   | 混元大模型          | 万亿级    | 谷歌        | Bard, PaLM 2        | 1370 亿、3400 亿 |
| 阿里   | 通义大模型          | 10 万亿  | Meta      | LLaMA               | 70 亿-650 亿    |
| 华为   | 鹏城盘古           | 千亿级    | 亚马逊       | BLOOM               | 1760 亿        |
| 字节跳动 | DA-Transformer | —      | Nvidia    | Megatron-Turing NLG | 5300 亿        |
| 商汤科技 | 日日 SenseNova   | 300 亿  | Microsoft | Kosmos-1            | 13 亿          |
| 浪潮信息 | 源 1.0          | 2457 亿 | Anthropic | Claude              | 520 亿         |
| 阔达科技 | 孟子 MChat       | 10 亿   |           |                     |               |
| 昆仑万维 | 天工 3.5         | 双千亿级   |           |                     |               |
| 毫末智行 | DriveGPT 雪湖·海若 | 1200 亿 |           |                     |               |

资料来源：信息化时代,赛迪智库,中邮证券研究所

## 2.2 特斯拉兼具软硬件能力，有望加速产业化进程

特斯拉入局人形机器人，产品升级迭代迅速。特斯拉在 2021 年 8 月首届特斯拉人工智能日（AI Day），首次发布了人形机器人计划；2022 年 9 月在人工智能日，特斯拉首次展示 Optimus 人形机器人产品，原型机在现场实现了行走、挥手、摇摆等动作，并且在演示视频里，Optimus 已经可以做一些简单的工作，比如搬运箱子、浇花等；2023 年 5 月，特斯拉股东大会上，Optimus 在宣传片中已经可以像人一样稳步前行，并且可以较为轻松得用手拿各种物体。

图表11：特斯拉 Optimus 示意图



资料来源：特斯拉 2022 AI DAY，中邮证券研究所

图表12：Optimus 稳步行走



资料来源：特斯拉股东大会宣传片，中邮证券研究所

图表13：Optimus 用手拿起物体



资料来源：特斯拉股东大会宣传片，中邮证券研究所

特斯拉拥有强大的软硬件能力，已经提出了较为系统的解决方案与降本目标（目标售价 2 万美元以下），有望加快人形机器人的产业化进度。接下来，本文将从多自由度关节设计、动力驱动优化设计、传感器信息融合感知、智能自主控制四大关键技术来阐述特斯拉的解决方案。

#### (1)多自由度关节设计——保障活动能力的同时，简化设计降低成本：

特斯拉列举了一个普通成年人的全身拥有 200 + DOF (Degree of Freedom, 即自由度)，人的手部拥有 27 个 DOF。但是考虑到机器人暂时需要完成的工作并不需要用到全部的自由度，且出于降本与降低功耗的考量，特斯拉将 Optimus 设计为拥有 28 个自由度（不包括手）以及 11 个手部自由度。工业机器人常见的机



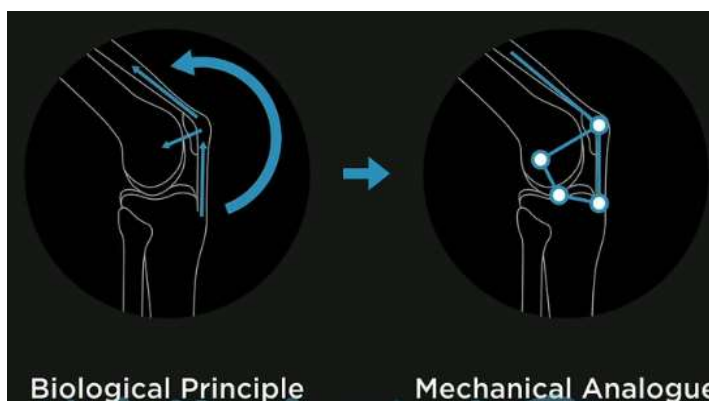
械臂，单臂一般为 3~6 个自由度，因此对比起来，Optimus 可以拥有更加丰富的操控性，可以搬运货物、浇花、拿快递以及用单手拿取物体。

特斯拉采用了生物学设计方式，机械手形状与人体结构类似，内含 11 个自由度与 6 个执行器（主要为空心杯电机+齿轮+传感器），有能力完成大重量物体的提取；此外，Optimus 的机械膝盖采取了类似于人类膝盖的四连杆结构，并且优化其所需的能量。

图表14: Optimus 机械手



图表15: Optimus 的机械膝盖



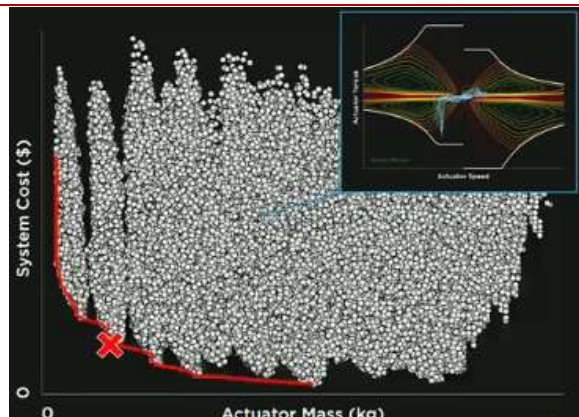
资料来源：特斯拉 2022 AI DAY，中邮证券研究所

资料来源：特斯拉 2022 AI DAY，中邮证券研究所

## (2)动力驱动优化设计——提升续航能力、降低成本：

特斯拉将开发新能源车的经验（核心因素包括能量、重量、成本），移植到 Optimus 上。例如，特斯拉将车辆碰撞过程的模型改造为模拟人摔倒的模型。同样，特斯拉也应用该模型来模拟人的动作与执行驱动器的数据，并且通过大数据来模拟执行器，选择出最优解。

图表16: 特斯拉通过大数据模拟执行器来选择最优解



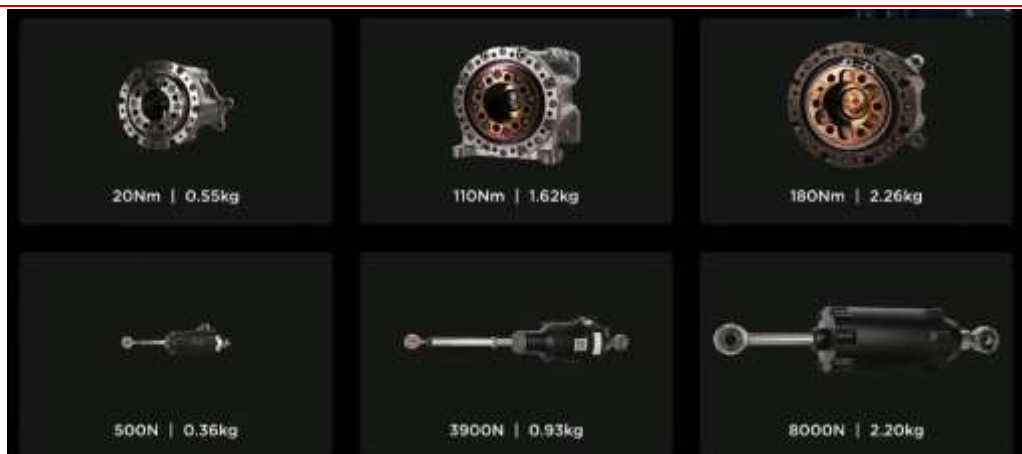
资料来源：特斯拉 2022 AI DAY，中邮证券研究所



特斯拉 Optimus 拥有 28 个执行器，并且通过对于云的共性分析，将其简化为 6 个执行器的组合。其中，旋转执行器（主要为无框力矩电机+谐波减速器）主要分布于肩髋等需要大角度旋转的关节，线性执行器（主要为无框力矩电机+行星滚柱丝杠）分布于膝肘等摆动角度不大的单自由度关节和腕踝两个双自由度但体积紧凑的关节。其中旋转关节的分布和传统仿人型机器人基本一致，而线性执行器的差异较大。究其原因和 Optimus 实用化的设计理念相关，特斯拉需要的是一个结构可靠、低耗能的机器人，因此高动态响应并不是唯一的诉求。

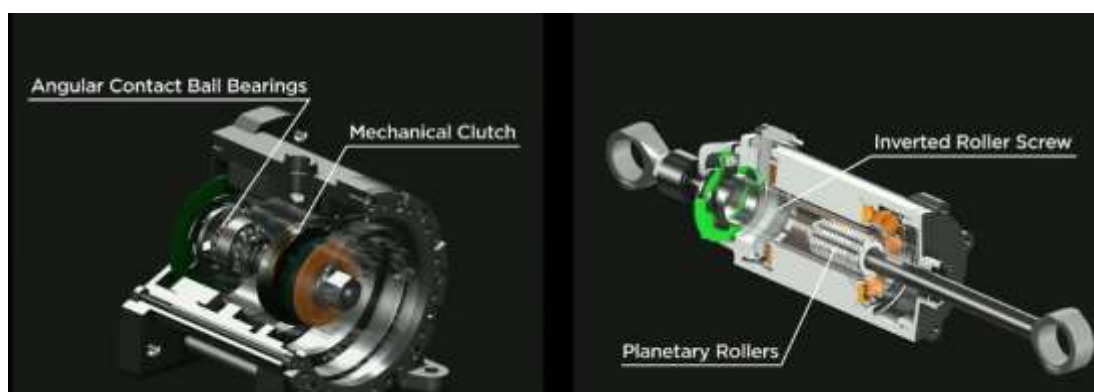
此外，特斯拉作为一家优秀的新能源车企，拥有较强的供应链与成本管控能力，不管是电机、减速器还是摄像头等硬件，都是与新能源车产业链共通的，硬件成本具有明显优势。

图表17：特斯拉六种执行器示意图



资料来源：特斯拉 2022 AI DAY，中邮证券研究所

图表18：旋转执行器与线性执行器



资料来源：特斯拉 2022 AI DAY，中邮证券研究所

### (3)传感器信息融合感知与智能自主控制——拥有 FSD 算法作为基础：

特斯拉自动驾驶算法可以实现环境感知、物体识别、命令下达。FSD 算法主要依赖于神经网络和计算机视觉技术。其核心是神经网络模型：通过对实时传感器（如相机、激光雷达等）获取的数据进行处理和分析，并从中提取有关道路、车辆、行人和障碍物等信息，可以实现车辆的环境感知和物体识别。此外，FSD 算法还能够生成车辆的控制指令，包括加速、制动、转向等。特斯拉利用大规模的数据集训练模型，可以提高算法在复杂环境下的性能和鲁棒性。

特斯拉已经打通了 FSD 和机器人的底层模块，实现了一定程度的算法复用。FSD 算法利用传感器数据进行环境感知，这些传感器也可以帮助机器人感知周围环境，识别物体、人和障碍物等。FSD 算法在处理传感器数据时，具备对道路、车辆和行人等物体进行识别的能力，可以帮助机器人在执行任务时识别和定位物体。在自动驾驶中，FSD 算法可以根据感知到的环境信息进行路径规划和决策。类似地，这种路径规划和决策的方法也可以应用于机器人，帮助机器人在复杂的环境中选择最佳路径和执行适当的决策。

图表19: Optimus 复用 FSD 进行环境感知与识别



资料来源：特斯拉 2022 AI DAY，中邮证券研究所

### 3 建议关注零部件相关上市公司

图表20：人形机器人相关上市公司

| 零部件    | 相关上市公司                                  |
|--------|---|
| 减速器    | 绿的谐波、国茂股份、中大力德、双环传动、汉宇集团、通力科技、昊志机电、丰立智能 |
| 无框电机   | 步科股份、三花智控、拓普集团、昊志机电                     |
| 空心杯电机  | 鸣志电器、江苏雷利、鼎智科技                          |
| 行星滚柱丝杠 | 鼎智科技、新剑传动                               |
| 力矩传感器  | 昊志机电、柯力传感、八方股份                          |

资料来源：Wind，中邮证券研究所

### 4 风险提示

人形机器人产业化进度不及预期

## 中邮证券投资评级说明

| 投资评级标准  | 类型    | 评级   | 说明                         |
|---|-------|------|----------------------------|
| <p>报告中投资建议的评级标准：<br/>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。</p> <p>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。</p> | 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。

中邮证券对于本声明具有最终解释权。

## 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。

中邮证券的经营经营范围包括证券经纪、证券投资咨询、证券投资基金销售、融资融券、代销金融产品、证券资产管理、证券承销与保荐、证券自营和与证券交易、证券投资活动有关的财务顾问等。中邮证券目前已经在北京、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、山西等地设有分支机构。

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。中邮证券努力成为客户认同、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

电话：010-67017788

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

电话：18717767929

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

电话：15800181922

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