

特斯拉 bot 再掀机器人热潮，关注相关投资机会

2022 年 07 月 10 日

- **本周关注：**捷佳伟创、埃斯顿、杭氧股份、浙江鼎力
- **本周核心观点：**当前新能源、汽车、机器人行业景气度较高，带动设备需求旺盛。疫情期间压制的扩产需求有望批量释放，设备厂商有望收获批量订单。技术变革进行时，新技术、新工艺带来的设备需求不容忽视。
- **特斯拉将发布首款人形机器人，产业趋势已成。**近期，马斯克宣布将于 9 月 30 日举办发布人形机器人原型机，其任务主要替人类完成危险、重复和无聊的工作。人形机器人的高适配性可以打通工业、商用、家用场景限制，整合各类应用的市场空间；同时，其有望成为继手机、汽车以后的又一应用入口，商业价值不菲。因此，科技企业预计将争相入局，产业加速迭代升级。
- **人形机器人发展潜力巨大，到 2030 年有望达到万亿市场规模。**根据麦肯锡全球研究院发布报告，预计到 2030 年，全球将有 15% 的劳动力比率将被机器人替代。其中印度、中国、美国、德国替代比率分别为 9%、16%、23%、24%。然而，并非所有机器人都需要做成人形，根据应用场景，我们认为服务机器人、特种机器人中部分机器人适合制造成人形。按照单个机器人价格 16.72 万元人民币计算，**预计到 2023 年全球人形机器人年市场规模将达到 365 亿元，到 2025 年、2030 年分别达到 3908 亿元、1.9 万亿元。**其中，**预计我国人形机器人年市场规模到 2025 年、2030 年将分别达到 754 亿元、3762 亿元。**
- **上游零部件在总成本占最高，盈利水平最强，三大主要零部件是技术突破的关键环节。**据 OFweek 机器人网数据，机器人产业链三大主要零部件减速器、控制器、伺服系统在总成本中占比分别为 31%、10%、20%，平均毛利率水平分别为 40%、25%、35%。中游机器人本体在总成本中占比约为 24%，但其成长空间相对上下游较为有限，平均毛利率约为 15%。下游系统集成商是市场推广的主要承担者，在总成本中占比约为 14%，由于下游应用广泛，因此集成商业绩弹性更高，平均毛利率在 35%。目前，纵向一体化已经成为机器人行业发展的必然趋势，国内外厂商均在积极布局。
- **人形机器人可能的硬件解决方案：**1) **减速机：**与通用减速器相比，机器人关节处的减速器需要具有传动链短、体积小、功率大、质量轻、易于控制等特点。谐波减速器基本可满足负载要求。在一些刚性、精度要求不高的地方，也可以使用行星齿轮减速器替代，但可能会降低使用效果。2) **伺服系统：**机器人的伺服电机需要具有快速响应性、启动转矩惯量大、控制特性的连续性和直线性。在腿部、手部等与外界互动较多的地方，存在日常冲击，伺服系统需具备承受大电流的能力。3) **散热：**人形机器人运算量很大，除传统的风冷、液冷、散热、导热材料等散热方式，也有一些新型方式，如康奈尔大学研究团队使用水凝胶材料制造的“排汗系统”。4) **传感：**人形机器人需要位置觉、明暗觉、色觉、形状觉、接触觉、力觉、滑觉、听觉传感器等诸多传感器。据中国传动网，特斯拉即将推出的“擎天柱”人形机器人运用了特斯拉最先进的 AI 技术，头部配备了与汽车相同的智能驾驶摄像头，内置 FSD 芯片，这意味着特斯拉人形机器人延续了以视觉为主的传感技术路线。
- **投资建议：**建议关注绿的谐波、双环传动、汇川技术、禾川科技、兆威机电。
- **风险提示：**新产品研发及拓展不及预期风险，下游需求不及预期风险，市场竞争加剧风险，宏观经济增速放缓风险

推荐

维持评级

**分析师：李哲**

执业证号：S0100521110006

电话：13681805643

邮箱：lizhe_yj@mszq.com

研究助理：赵璐

执业证号：S0100121110044

电话：13472540636

邮箱：zhaolu@mszq.com

相关研究

1. 机械行业周报 20220625：此时对风电板块可以更乐观
2. 工程机械跟踪报告：回溯历史，挖机已近阶段性底部
3. 机械行业周报 20220618：储能温控设备领域投资机会有哪些？
4. 民生机械周报 20220612：钨丝替代碳钢的经济性分析
5. 机械行业周报 20220605：数码印花替代圆网印花，临界值从 0.46 万米到 1.39 万米

目 录

1 上周组合表现	3
2 特斯拉发布首款机器人 Tesla Bot，机器人热潮再起	4
3 机器人产业链梳理	5
3.1 新一代 AI 技术兴起，新兴应用领域涌现，催生机器人需求	5
3.2 机器人产业链：三大零部件是技术突破的关键环节	7
3.3 人形机器人的市场空间有多大？	8
4 人形机器人的关键硬件有哪些？	11
4.1 减速机：谐波减速机适用于机器人末端轴处	11
4.2 伺服系统&运动控制器：准直驱电机+驱控一体化伺服驱动系统	13
4.3 散热：风冷+散热器+导热材料，新型散热技术不断涌现	15
4.4 传感	16
5 相关标的	18
5.1 绿的谐波	18
5.2 双环传动	18
5.3 汇川技术	18
5.4 禾川科技	19
5.5 兆维机电	19
6 风险提示	20
插图目录	21
表格目录	21

1 上周组合表现

上周关注组合：埃斯顿、迈为股份、新强联、建设机械。截至 2022 年 7 月 9 日，周区间涨跌幅-2.24%，同期机械设备申万指数涨跌幅-0.79%，同比跑输设备指数。从 2021 年 11 月 21 日组合开始至今，累计收益率-26.03%，跑输沪深 300 指数 14.79pct，跑输申万机械指数 6.34pct。

2 特斯拉发布首款机器人 Tesla Bot，机器人热潮再起

在 2021 年的 Tesla AI Day 上，马斯克公布了人形机器人 Tesla Bot (Optimus) 的概念。近期，马斯克又将原计划 8 月 19 日举办的特斯拉 AI 日，改为 9 月 30 日举办，因为届时将发布 Optimus (“擎天柱”) 原型机。

据官方描述，特斯拉 Optimus 机器人身高约 172CM、体重约 56KG，能够硬拉 68KG 左右，它的诞生是为了消除危险、重复和无聊的任务，以便人类可以专注于更加愉快的工作。长期以来，马斯克对人工智能发展的危险性和缺乏监管的状态直言不讳，但他向外界保证 Optimus 是友好无害的，特斯拉机器人的速度被特意设计得很慢，最高时速约为 2 米/秒，并且比人类更弱。

据称，该款人形机器人结合了特斯拉的 AI 技术，即基于视觉神经网络神经系统预测能力的自动驾驶技术，具有极强算力的 DOJO D1 超级计算机芯片，Dojo 架构拥有一个大规模计算平面，极高带宽和低延迟。作为 Dojo 架构的重要组成部分，D1 芯片采用 7 纳米制造工艺，处理能力为每秒 1024 亿次。由于每个 D1 芯片之间都是无缝连接在一起，相邻芯片之间的延迟极低，训练模块最大程度上实现了带宽的保留，配合特斯拉自创的高带宽、低延迟的连接器，算力高达 9PFLOPs (9000 万亿次)。

图 1：Optimus 三维渲染图



产品名称: OPTIMUS

身高: 1.72米

体重: 56kg

携带能力: ≤ 45磅 (20kg)

举重能力: ≤ 150磅 (68kg)

运动速度: ≤ 8km/h

核心设备: FSD计算机和自动驾驶摄像头

产品用途: 替人类完成一些重复无聊和一些危险的工作

产品造价: 预计20万元左右

上市日期: 预计9月30日特斯拉AI Day原型机亮相

量产日期: 预计2023年

主要硬件: 屏幕 (获取有用信息); 轻质材料; 人级别手; 2个轴脚 (保持平衡)、力反馈传感器; 40个驱动器马达: 手臂 (12个)、脖子 (2个)、躯干 (2个)、手 (12个)、腿 (12个)

资料来源: 快科技, Techweb, 民生证券研究院

为什么要做人形机器人？特斯拉 bot 的到来意味着什么？

常见的轮式机器人非常限制机器人的使用场景，需要在一个非常平的地面上来使用，没有任何的越障能力，这种理想的工作环境其实是非常少的。如果要想满足它丰富功能的话，还是要做成一个有自主越障能力，所以人形是一个好的选择。

但对于 9 月 30 日发布的机器人，我们认为不应抱有过高的预期，原因在于，人形机器人对智能化水平、通信、执行、传感等方向的要求非常高，最终较为理想的人形机器人一定是经过多次迭代，不断打磨后的产品。

而特斯拉 bot 的到来，其最重要的意义在于开启了整个产业的快速发展过程，未来一段时间，预计很多科技企业都会向人形机器人的方向努力，争夺赛道，产业趋势可能会加速来到我们面前。

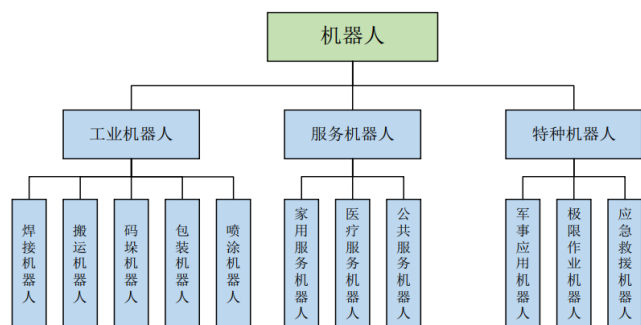
3 机器人产业链梳理

3.1 新一代 AI 技术兴起，新兴应用领域涌现，催生机器人需求

中国电子工业学会将机器人划分为工业机器人、服务机器人、特种机器人三类。

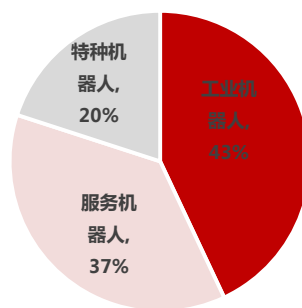
其中，1) 工业机器人指面向工业领域的多关节机械手或多自由度机器人，在工业生产加工过程中通过自动控制来代替人类执行某些单调、频繁和重复长时间作业；2) 服务机器人是指在非结构环境下为人类提供必要服务的多种高技术集成的先进机器人；3) 特种机器人指代替人类从事高危环境和特殊工况的机器人。

图 2：机器人分类及应用场景



资料来源：景业智能招股书，民生证券研究院

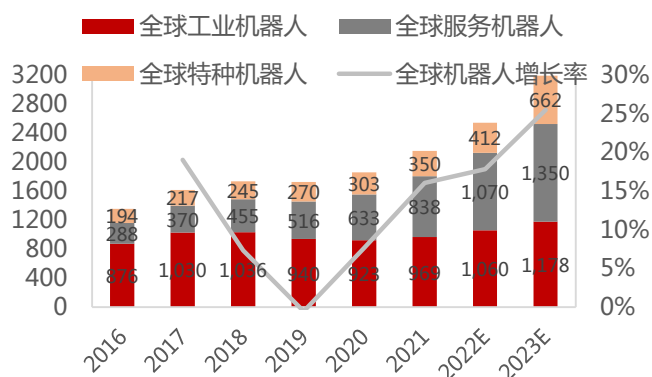
图 3：2021 年全球机器人市场结构



资料来源：IFR，中国电子学会，民生证券研究院

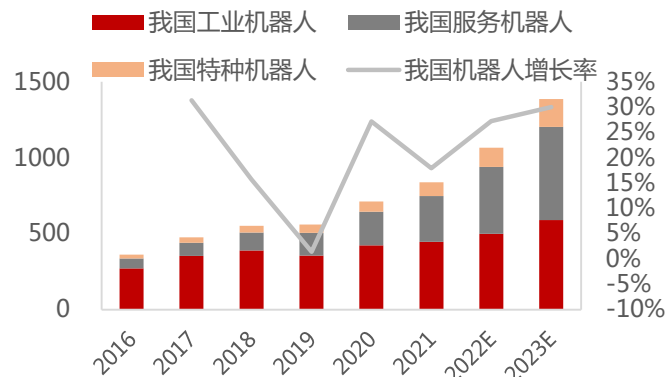
根据中国电子学会发布的《中国机器人产业发展报告（2021 年）》，**工业机器人在全球机器人市场中占比 43%，服务机器人占比 37%，特种机器人占比 20%。2021 年，全球机器人市场规模达到 335.8 亿美元（约合 2247 亿元人民币），2016-2021 年平均增长率约为 11.5%。**其中，工业机器人市场规模约为 144.9 亿美元，服务机器人 125.2 亿美元，特种机器人约为 65.7 亿美元。预计到 2033 年全球机器人市场规模将突破 477 亿美元。

图 4：全球机器人市场规模变化（亿元）



资料来源：IFR，中国电子学会，民生证券研究院

图 5：中国机器人市场规模变化（亿元）



资料来源：IFR，中国电子学会，民生证券研究院

就国内而言，据 IFR 和中国电子学会数据，**2021 年我国机器人市场规模约为 839 亿元人民币，约占全球比重 37.3%，2016-2023 年复合增长率约为 18.3%。**其中，工业机器人、服务机器人、特种机器人市场规模分别为 445.7、302.6、90.7 亿元人民币，占比分别为 53%、36%、11%。

2021 年，全球机器人市场规模持续增长，但此前受到疫情影响，工业机器人市场自 2019-2020 年出现负增长。相比之下，服务机器人、特种机器人因疫情催化“非接触”使用场景增加，增速较为稳定。

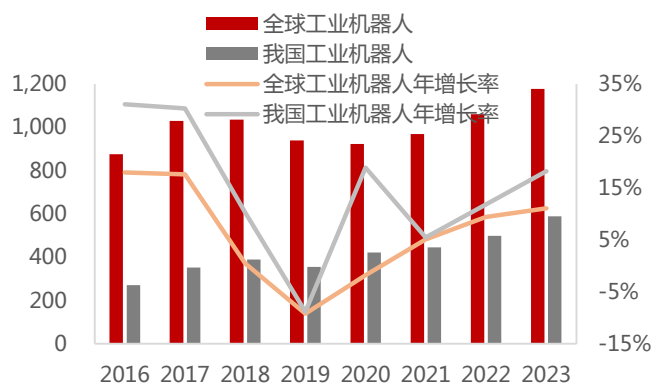
3.1.1 工业机器人：市场逐渐回暖，智能制造加持，2023 年有望恢复疫情前增速

受全球疫情，以及销售周期性变化、饱和度等因素影响，2020 年全球工业机器人市场出现较大程度下滑，随着经济复苏，疫情得到逐渐控制，2021 年工业机器人较 2020 年有所提升。据 IFR 发布数据，受制造业自动化改造需求影响，2020 年中国、日本、美国、韩国、德国等主要国家工业机器人年装机量合计超过全球 72.9%。中国电子学会及 IFR 预计 2021 年全球工业机器人销售额将达到 144.9 亿美元，其中亚洲、欧洲、北美及其他地区销售额分别为 95.6、25.8、16.7、6.8 亿美元，分别占比 66%、17.8%、11.5%、4.7%。

IFR 预计，到 2023 年，全球工业机器人市场将有望恢复至疫情前增速状态，销售额将有望突破 176 亿美元。此外，全球制造业领域工业机器人使用密度已经达到 113 台/万人，机器替人趋势特征日益明显。

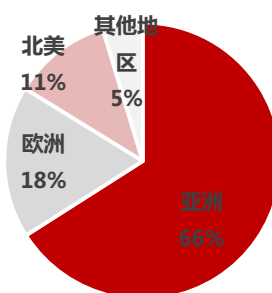
就国内而言，中国工业机器人市场规模依然维持强劲增长。据 IFR 统计，2020 年在全球机器人市场受疫情影响出现下滑时，我国工业机器人已经开始复苏，相比 2019 年装机量提升 18.8%，增速高于全球水平。IFR 和中国电子学会预计 2021 年国内工业机器人市场规模约为 445.7 亿元，到 2023 年国内工业机器人市场规模将突破 589 亿元。

图 6：全球工业机器人销售额及增长率（亿元，%）



资料来源：IFR，中国电子学会，民生证券研究院

图 7：2021 年全球工业机器人市场分布



资料来源：IFR，中国电子学会，民生证券研究院

3.1.2 服务机器人：新一代 AI 兴起，需求潜力巨大，行业迎来快速发展机遇

当前，以深度学习、知识图谱为代表的新一代 AI 技术已经逐渐在基建、商业、民生、社会服务等领域得到广泛应用。服务机器人充分融合了计算机视觉、语音识别、自然语言处理、知识图谱等人工智能技术，智能化水平显著提升。2016 年以来，全球服务机器人市场规模年均增速达 23.8%，中国电子学会及 IFR 预计 2021 年市场规模为 125.2 亿美元，其中，家用、医疗、公共服务机器人市场规模分别达到 82、13、31 亿美元。预计到 2023 年，全球服务机器人市场规模有望突破 201 亿美元，上下游相关产业也有望同步受益。

就国内而言，2020 年，我国服务机器人市场快速增长，医疗、教育、公共服务领域需求成为主要推动力。2021 年在需求波动影响下，市场规模增速略有放缓，但随着人口老龄化趋势加快，疫情催生“无接触”应用场景增加，以及医疗、公共服务的持续旺盛，服务机器人依然存在较大市场潜力。IFR 和中国电子学会预计，2021 年我国服务机器人市场规模达到 302.6 亿元人

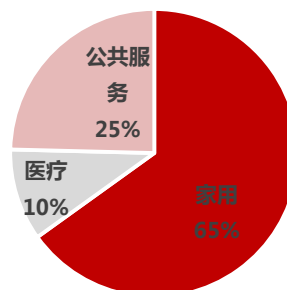
民币，高于全球服务机器人市场增速，预计到 2023 年市场规模有望突破 600 亿元人民币。

图 8：全球服务机器人销售额及增长率（亿元，%）



资料来源：IFR，中国电子学会，民生证券研究院

图 9：2021 年全球服务机器人下游占比



资料来源：IFR，中国电子学会，民生证券研究院

3.1.3 特种机器人：新兴应用领域持续涌现，市场规模稳定增长

随着特种机器人可以部分，甚至全部替代人工作业，在安全性、时效性、保质性等方面有效满足需求。此外，近年来激光传感器、低速无人驾驶、卫星遥感、5G 等技术快速发展合应用，也显著提升了特种机器人的性能。2016 年以来，全球特种机器人市场规模年均增速达 17.8%，根据中国电子学会及 IFR 数据，**2021 年全球特种机器人市场规模约为 65.7 亿美元**。预计到 2023 年，全球特种机器人市场规模将超过 99 亿美元。

就国内而言，2016 年以来，我国特种机器人年均增速达 27.5%，IFR 和中国电子学会预计**2021 年我国特种机器人市场规模为 90.7 亿元人民币**，增速达 36.3%，高于全球增速。预计到 2023 年国内特种机器人市场规模有望突破 180 亿元人民币。

3.2 机器人产业链：三大零部件是技术突破的关键环节

机器人产业链主要包括上游零部件供应商、中游本体供应商、下游系统集成和服务提供商，以及终端应用市场。

上游零部件在总成本中占比最高，是国产替代的关键环节。机器人三大主要零部件分别为减速器、控制器、伺服系统，据 OFweek 机器人网数据，三大主要零部件占到总成本的 60% 以上，在整个产业链中成本占比最高。虽然我国机器人产业链中各核心零部件领域建立起相关企业，实现较高程度国产化，但目前国内精密减速器、控制器、伺服系统、高性能驱动器等上游核心零部件仍然大部分依赖进口。但目前，国内已有不少厂商取得了重要突破。

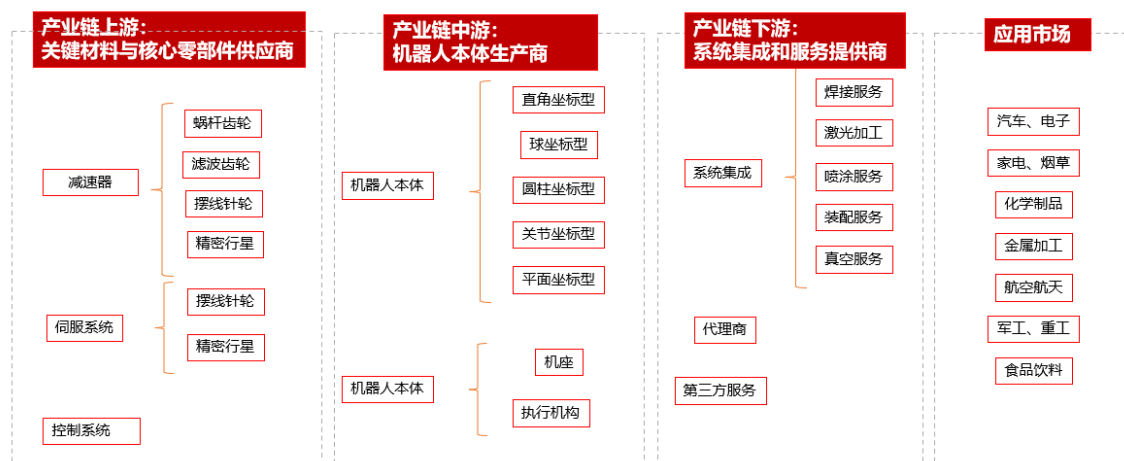
中游机器人本体供应商，毛利率水平较低。主要负责机器人本体的生产，即机座和执行机构的生产，包括手臂、腕部等等，部分机器人还包括行走机构。相比上游及下游，本体供应商的成长空间都更为狭窄，其盈利水平也更加有限。

下游系统集成商是市场推广主要承担者，业绩弹性更高。生产出的机器人，只有通过系统集成之后，才能投入到下游的汽车、电子、金属加工等产业，为终端客户所用。因此，系统集成商的作用就是，根据不同的应用场景和用途，有针对性地进行系统集成和软件二次开发。目前，机器人的市场推广主要依赖下游集成商，由于机器人下游应用广泛，因此集成商在下游行业复苏时可多方受益，具有更高的弹性。

相比本体商，集成商更易通过减少成本来增强盈利能力，因此其毛利率水平比中游本体供应商更高。但相比上游零部件，其技术壁垒相对较低，竞争激烈，且难以形成规模效应，因此与上

游相比,议价能力依然较弱。此外,由于集成系统的非标性,不同领域机器人集成系统不能完全横向复制,因此集成商的规模普遍较小,年产值不高,缺乏竞争优势。

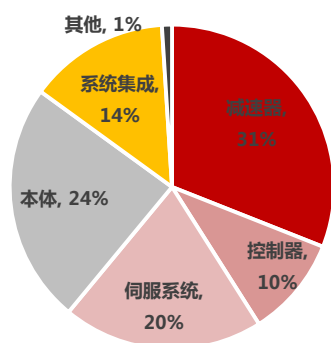
图 10：机器人产业链构成



资料来源：Ofweek 机器人网，民生证券研究院

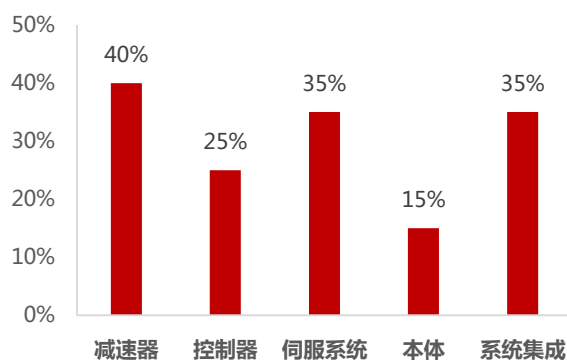
从整个产业链来看,上游市场集中度相对较高,中游本体供应商议价能力较低,目前,市场推广主要依赖下游集成商,但其技术壁垒相对较低,竞争激烈,且难以形成规模效应。目前,纵向一体化已经成为机器人行业发展的必然趋势,国内外厂商均在积极布局。

图 11：工业机器人平均生产成本构成



资料来源：Ofweek 机器人网，民生证券研究院

图 12：机器人产业链各环节毛利率水平对比



资料来源：Ofweek 机器人网，民生证券研究院

3.3 人形机器人的市场空间有多大？

据麦肯锡全球研究院发布报告,全球最高达 50%的工作是可以被机器人取代的,其中,有 6 成的岗位,其 30%的工作量可以由机器完成。预计到 2030 年,全球将有 15%的劳动力比率将会被机器人取代,约 3.75 亿人。其中,作为发展中国家的代表,印度劳动力被机器人取代的比率约为 9%,中国约为 16%,而发达国家中,美国、德国预计这一比例分别为 23%、24%,即发达国家的普通劳动者面临更大被机器人取代的风险。

劳动力总数测算:根据国际劳工组织数据,2021 年全球劳动人口总数约为 34.5 亿人。根据 GDP 总量=劳动生产率*劳动力数量,假设到 2030 年劳动生产率不变,则劳动力数量增速与 GDP 总量增速保持一致。根据 IMF 预测的 2022-2027 年全球 GDP 实际增长率,这里我们假设 2022

年全球劳动力总数增速与之保持一致。

机器人渗透率假设：根据国际机器人联合会(IFR)发布《2020 世界机器人报告》，2019 年，全球工业机器人保有量为 272.2 万台，根据 IFR，中国电子学会数据，2019 年工业机器人占全球机器人市场规模比重约为 54.46%，可以大致计算出 2019 年全球机器人保有量约为 499 万个。保守估计 2021 年全球机器人数量为 500 万个，则对应机器人在全球劳动力总数中的渗透率约为 0.145%。假设 2022、2023 年渗透率分别提升告知 0.5%、1%，2024-2030 年渗透率每年提升 2%。

人形机器人占比假设：虽然未来机器替人的市场潜力巨大，但并非所有机器人都需要做成人形机器人。前文提到，机器人可以分为工业机器人、服务机器人、特种机器人三类。其中，根据应用场景，服务机器人、特种机器人或更加适合做成人形。根据 IFR，中国电子学会数据，2021 年服务机器人、特种机器人分别占机器人比重的 38.83%、16.22%，假设到 2023 年，服务、特种机器人中有 1%的机器人为人形机器人，并假设占比提升 1%。

价格方面，根据观察者网报道，马斯克对于特斯拉人形机器人充满自信，预计擎天柱量产，其成本比汽车还要低，售价约为 2.5 万美元（约合人民币 16.72 万元人民币，按照 7 月 9 日汇率计算）。

综合以上数据和预测假，**预计到 2023 年全球人形机器人市场规模将达到 365 亿元，到 2025 年达到 3908 亿元，到 2030 年达到 1.9 万亿元。**

表 1：全球人形机器人数量及市场规模测算

指标	2021	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
全球劳动力总数（亿人）	34.5	35.7	37.0	38.3	39.6	40.9	42.2	43.6	45.0	46.5
增速	6.11%	3.58%	3.6%	3.40%	3.38%	3.31%	3.26%	3.26%	3.26%	3.26%
机器人在劳动力中渗透率（E）	0.14%	0.5%	1%	3%	5%	7%	9%	11%	13%	15%
机器人数量（万个）	499	1787	3700	11479	19778	28605	37977	47929	58490	69689
服务机器人、特种机器人占比	55%	57%	59%	61%	63%	65%	67%	69%	71%	73%
人形机器人在服务、特种机器人中占比（E）	/	/	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
人形机器人保有量（万个）			22	140	374	744	1272	1984	2907	4070
人形机器人销量（万个）			22	118	234	370	528	712	923	1163
人形机器人在全球劳动力中渗透率			0.01%	0.04%	0.09%	0.18%	0.30%	0.46%	0.65%	0.88%
单价（万元）			16.72	16.72	16.72	16.72	16.72	16.72	16.72	16.72
全球人形机器人累计市场规模（亿元）			365	2341	6250	12435	21272	33177	48605	68048
全球人形机器人新增市场规模（亿元）			365	1976	3908	6185	8836	11905	15427	19443

资料来源：麦肯锡，IFR，中国电子学会，IMF，民生证券研究院

采取同样计算方法,也可大致计算出中国人形机器人市场规模。根据联合国贸易和发展会议,2020 年中国总劳动力人口为 8.25 亿人,2016-2020 年五年 CAGR 为 0.28%,假设 2021-2030 年依然保持 0.3%复合增长率。

另外,根据国际机器人联合会(IFR)发布《2020 世界机器人报告》,2019 年中国工业机器人保有量约为 78.3 万台,位居世界第一,按照工业机器人占比,2019 年我国工业机器人保有量约为 144 万台。渗透率方面,按照麦肯锡预计,到 2030 年我国劳动力中机器人的渗透率达到 16%计算。

综上,预计到 2025、2030 年,我国人形机器人市场规模将达到 754 亿元、3762 亿元。

表 2：我国人形机器人数量及市场规模测算

指标	2021	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
我国劳动力总数(亿人)	8.25	8.3	8.3	8.3	8.3	8.4	8.4	8.4	8.5	8.5
增速	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
机器人在劳动力中渗透率(E)	0.17%	0.2%	0.5%	1.0%	3.5%	6.0%	8.5%	11.0%	13.5%	16.0%
机器人数量(万个)	144	165	415	832	2922	5025	7140	9267	11408	13561
服务机器人、特种机器人占比	55%	57%	59%	61%	63%	65%	67%	69%	71%	73%
人形机器人在服务、特种机器人中占比(E)	/	/	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
人形机器人保有量(万个)			2	10	55	131	239	384	567	792
人形机器人销量(万个)			2	8	45	75	109	144	183	225
人形机器人在全球劳动力中渗透率			0.00%	0.01%	0.07%	0.16%	0.28%	0.46%	0.67%	0.93%
单价(万元)			16.72	16.72	16.72	16.72	16.72	16.72	16.72	16.72
我国人形机器人累计市场规模(亿元)			41	170	923	2184	3999	6415	9480	13241
我国人形机器人新增市场规模(亿元)			41	129	754	1261	1815	2416	3065	3762

资料来源：麦肯锡，IFR，中国电子学会，IMF，联合国贸易和发展会议，民生证券研究院

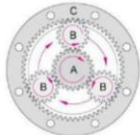
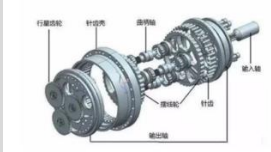
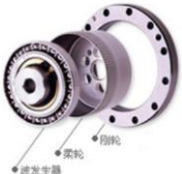
4 人形机器人的关键硬件有哪些？

4.1 减速机：谐波减速机适用于机器人末端轴处

4.1.1 常见的几种减速机

减速器是常用作原动件与工作件之间的减速传动装置，在二者之间起到匹配转速、传递扭矩的作用。其原理在于，把高速运转的动力通过减速机输入轴上齿数少的齿轮啮合输出轴上的大齿轮，以此来达到减速的目的，因为绝大多数工作件负载大、转速低，不适宜用原动机直接驱动，需通过减速机来降低转速、增加扭矩。根据苏州工业园区东茂工业设备有限公司网站，减速器约占工业机器人总成本比重 30-50%，是整个机器人零部件中价值量最高的零部件。工业机器人用到的减速机，主要有行星减速机、RV 减速机、谐波减速机。

表 3：常见几种减速器特点及适用领域对比

减速器类型	特点	适用环节	图片展示
行星齿轮减速机	体积小、传动效率高、减速范围广、精度高，用途广泛。	起重、挖掘、运输、建筑	 A. 太阳齿轮 sun gear B. 行星齿轮 planetary gear
RV 减速机	优点： 疲劳强度高、刚度大、寿命长，同时可以保证高精度； 缺点： 是重量、外形尺寸都比较大。	腿部、腰部、肘部	
谐波减速机	优点： 零部件数目少，体积小、重量轻、承载能力较大、运动精度高、单级传动也比较大； 缺点： 动态特性抗冲击能力差。	小型机器人或大型机器人末端的几个轴	

资料来源：苏州君熠精密传动，成都双创时代科技有限公司，民生证券研究院

1) 行星减速机，驱动源以直接或连接方式启动太阳齿轮，太阳齿轮将组合于行星架上的行星齿轮带动运转。行星减速器是用途广泛的工业品，可作为配套部件用于起重、挖掘、运输、建筑等行业。**2) RV 减速机**，RV 减速器由一个行星齿轮减速机的前级和一个摆线针轮减速机的后级组成，适用于重载机器人的腿部、腰部、肘部等三个关节。**3) 谐波减速机**，主要适用于小型机器人或大型机器人末端的几个轴，其特点是体积小、重量轻、承载能力大、运动精度高、单级传动也比较大。

图 13：RV 减速器与谐波减速器对比

		减速比范围	输出转速 (r/min)	输入功率/kW	输出扭矩 (N.m)	传动精度	空程	背隙	传动效率 (%)	平均寿命/h	超载能力 /倍
纳博特斯克 RV-E 系列		30-191	25	1.23	353	<23''	<1.5'	-	85-95	-	2-2.5
南通振康 RV 系列		81-171	15	0.88	400	<1'	-	<1'	>80	>5500	2.5
哈默纳克 CSG 系列		50-160	20	-	10/31/53/ 87/178/4 59/611/9 05/1236	0.5'-2'	1'-3'	3''-6 0''	65-85	50000	-
绿地谐波	LCS 系列	30-160	20	-	7.4/23/38 /64/130/2 52/335/4 46	-	<40''	<20''	-	15000	2-2.5
	LCD 系列	50-160	20	-	5.1/15/45 /91/176/3 13	-	<40''	<20''	-	9000/10 000	2-2.5

资料来源：Ofweek 机器人网，民生证券研究院

4.1.2 人形机器人对减速机的要求

与通用减速器相比，机器人关节处的减速器需要具有传动链短、体积小、功率大、质量轻、易于控制等特点。

在人形机器人的要求上，谐波减速器基本上可以满足负载要求，无论是腰还是腰关节、踝关节、膝关节、肘关节，都有可实现的可能性。此外，在一些刚性、精度要求不高的地方，也可以使用行星齿轮减速器替代，但相当于减配，在使用效果降低的情况下实现降本。

首先，最前端的减速器最基础的作用就是降低转速。从人形机器人的要求上看，减速器应当做到体积小、轻量化，因为在制作人形机器人的过程中，基本每一克的重量都会锱铢必较，从这个角度看，谐波减速器使用的可能性较大。

实际上，谐波减速器基本可以满足人形机器人对于负载的要求，无论在腰关节、踝关节、膝关节、肘关节都有实现的可能。手指方面，每只手 5 个手指，每个手指 3 个关节，从技术上，手指关节的弯曲也是通过电机来实现，电机放在手臂中，通过拉线的方式实现对手指的控制。因此在设计拉线时，每个手指只需要一根线、一个电机就可以实现，不需要做到每个关节精确的分析，因此每只手大概需要 5 个电机。当然，从成本角度考虑，电机的数量也可以再降低。一般人的手指除了拇指、食指外，后面三个往往是联动的，因此在使用过程中往往不需要单独控制，因此后三个手指也可以由一个电机驱动，因此一只手少则有 3 个电机，多则由 5 个电机构成。一般在几毫米到实际毫米的减速器就可以达到使用要求。

如果人形机器人只是做一些日常生活中的工作，比如端茶、送快递等，并不需要很高的精度，其他减速器也可以达到这种要求，例如行星齿轮减速器，也可以实现，但相当于在降低了配置和使用效果的情况下实现降本。

4.1.3 国产化现状

现阶段，我国核心零部件国产化率仍然相对较低的原因主要在于两方面：1) 性能上，国产减速机在精度、稳定性、使用寿命方面依然存在很大成长空间。2) 成本方面，国内集成商采购核心零部件的成本也要高于国外品牌，例如国内购买精密减速器的成本约为生产成本的 30-40%，而日本仅为 25%。由于采购规模相对较小，国产品牌相比外资品牌议价能力更低，成为制约国产机器人发展的主要瓶颈之一。因此，在与国外技术成熟的全产业链厂商竞争时，国内本体供应商并不具备成本优势和利润弹性，导致外资品牌在我国机器人市场占据主导地位。

但我国机器人的核心零部件国产化率也在持续提高。随着在材料成型技术、工艺方面的积累，以及高性价比，国内厂商已经逐渐抢占国内更多市场份额。目前，全球减速器头部企业纳博特斯克由于订单量增长快于产能扩张速度，交付周期延长至 6 个月以上，这也为国内其他核心零部件企业创造了机遇。

目前，**谐波减速器国产化进程较快，绿地谐波已实现量产**，并在国内谐波减速器市场占有较高份额；**RV 减速器精密性更高，国产化率较低**，但**双环传动、南通振康**等国产厂商已实现批量销售。根据 Ofweek 机器人网 2021 年数据，**目前国内具备自主产权和较大生产规模的伺服电机厂商已有 20 余家，减速器的国产化率约为 30%。**

绿的谐波是一家专业从精密传动装置研发、设计、生产和销售的高新技术企业，产品主要包括谐波减速器、机电一体化执行器及精密零部件。公司的产品广泛用于工业机器人、服务机器人、数控机床、医疗器械、半导体生产设备、新能源装备等高端制造领域。经过多年持续研发投入，公司在国内率先实现了谐波减速器的工业化生产和规模化应用，打破了国际品牌在国内机器人谐波减速器领域的垄断。凭借多年来再精密传动领域的积累，公司在行业内已经建立了较强的品牌知名度，成为国内领军企业之一。

4.2 伺服系统&运动控制器：准直驱电机+驱控一体化伺服驱动系统

对于人形机器人，我们认为更有可能采用直流伺服电机，体积需要偏细小、偏短。事实上，在电机领域，**人形机器人的选择空间或较为有限，若想缩小电机的体积，可以选择直驱电机，即电机直接输出，加一个转速比较低的减速器，但需要将二者做到非常集成化，做到非常小的体积。**综合前文提及的，我们认为目前可行性最大的一种执行机构搭配方式，即一个谐波减速器，搭配一个准直驱电机、驱控一体化的伺服驱动系统。

4.2.1 伺服系统

机器人的伺服系统，一般是指应用于多轴运动控制的精密伺服系统。一个多轴运动控制系统，是由高阶运动控制器、低阶伺服驱动器组成，其中**运动控制器**负责对控制命令译码、各个位置控制轴彼此间的相对运动、加减速轮廓控制等，主要作用是降低整个系统运动控制的路径误差；**伺服驱动器**负责伺服电机的位置控制，其作用在于降低伺服轴的追随误差。

表 4：伺服驱动器三环路实现控制的原理

被控制量	实现方式
扭矩控制	仅需电流环就可以实现特定要求的扭矩，由于扭矩和电流成正比，扭矩可通过向伺服驱动器提供电流反馈的传感器进行调节。
速度控制	电流环、速度环都需要。速度环负责监控向伺服驱动器提供速度信息的传感器，并根据所得数据调节电流环，增加或减小扭矩。
位置控制	电流环、速度环、位置环都需要，首先位置环利用与电机连接的反馈传感器，将位置信息发送给伺服驱动器或运动控制器，后者再将信号发送至速度环，调节速度大小，然后再将信息传递给电流环，以调节扭矩。

资料来源：KOLLMORGEN，民生证券研究院

机器人的伺服系统，包括**伺服电机、伺服驱动器、指令机构**三大部分。其中，**伺服电机(server motor)**是执行机构，指在伺服系统中，控制机械元件运转的发动机，是一种辅助马达间接变速装置。伺服电机可使控制速度，位置精度非常准可以将电压信号转化为转矩和转速以驱动控制对象。**伺服驱动器(server drives)**，又称为“**伺服控制器**”、“**伺服放大器**”，是用来控制伺服电机的控制器，起作用类似于变频器作用于普通交流马达，伺服驱动器主要用于高精度的定位系统，

一般通过位置、速度、力矩三种方式对伺服电机进行控制，属于传动技术的高端产品。**指令机构**是发脉冲或者给速度用于配合驱动器正常工作的。

伺服驱动器向电机线圈供应电压、电流，然后通过监控反馈来闭环伺服环路，为伺服电机供电。多数情况下，伺服驱动器含有三个嵌入式伺服环路：**电流环**（扭矩环、内部环）、**速度环**、**位置环**，三个环路相互作用，实现精准的运动控制。

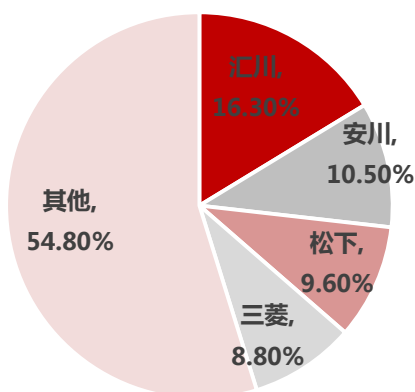
机器人对伺服电机的要求，要高于伺服驱动器、指令机构。**性能方面，机器人的伺服电机需要具有快速响应性、启动转矩惯量大、控制特性的连续性和直线性。**外形方面，为了配合机器人的体型，**伺服电机必须体积小、质量小、轴向尺寸短，并能够经受苛刻的运行条件**（十分频繁的正反向加减速运行，并在短时间内承受数倍过载）。

国外先进伺服系统已经能够很好地适应绝大多数应用的需求，其研发资源集中在个别高端应用及整体性能提升方面，处于精雕细刻阶段。在工业 4.0 的大背景下，国产伺服仍需追赶。

目前，伺服电机的国际企业主要有日本的松下、安川、三菱、三洋，以色列的 ELMO、美国 AMC、COPLEY 等。日系伺服电机价格相对较低，体积小、重量轻，但缺点是动态响应能力相对较弱，开放性也较差。以色列和美国伺服电机多为伺服控制技术上领先的企业，虽然在中市场份额不大，但代表着伺服控制技术的发展方向。

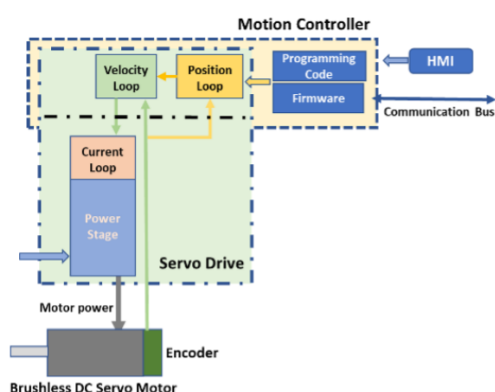
国内伺服电机制造商主要有台湾的台达、士林，大陆的**汇川技术、英威腾**等。台式品牌使用简单，性能接近日系，但价格相比日系品牌相对更低，因此在中低端市场发展迅速。

图 14：2021 年国内通用伺服电机行业竞争格局



资料来源：睿工业，汇川技术 2021 年年报，民生证券研究院

图 15：伺服系统、运动控制系统示意图



资料来源：KOLLMORGEN，民生证券研究院

汇川技术是国内伺服电机的领军企业。根据睿工业数据统计，2021 年公司通用伺服系统在中国市场份额达到 16.3%，首次超越外资品牌，获得市场份额第一名（前四名厂商及市占率分别是：汇川，16.3%；安川，10.5%；松下，9.6%；三菱，8.8%）。根据公司 2021 年年报，公司在工业机器人领域产品包括 SCARA 机器人、六关节机器人、视觉系统、高精密丝杠、控制系统等整机及零部件解决方案。根据睿工业统计数据，2021 年公司 SCARA 机器人在中国市场的份额为 14%，排在第三名，且为内资品牌第一名。在机器替人的大趋势下，公司工业机器人业务有望充分受益，目前公司该项业务已实现盈利，属于成长型业务。

4.2.2 运动控制器

运动控制器的作用，是对来自伺服回路的各种反馈信息进行处理，并据此对电机进行换向。运动控制器与伺服驱动器是经常被混淆的两个概念，实际二者在自动化领域有着微妙的差异，很多应用需要二者共同组成一个完整的系统。

作为基于微处理器的设备，运动控制器具有生成脉冲宽度调制（PMW）波形的复杂算法。伺服驱动器内的功率晶体管，通过传输电流和电压波形，来为伺服电机供电。基本上，控制器是将特定命令应用于驱动器中位置、速度或电流环等元件，而伺服驱动器负责根据控制器的命令向电机提供电压和电流。

此外，控制器通常具有编程的功能，可以存储和运行程序员提供的代码，其中有大量安全元件，可用于组件发生故障时防止过载，或停止运动控制。相比之下，驱动器往往专注于接收控制器输入的命令，并负责功率晶体管的开关，使产生的电流、电压满足命令的要求。

简言之，运动控制器相当于人的“大脑”，伺服驱动器相当于“神经”，而伺服电机相当于人的“手”执行由大脑、神经传递过来的命令。

4.3 散热：风冷+散热器+导热材料，新型散热技术不断涌现

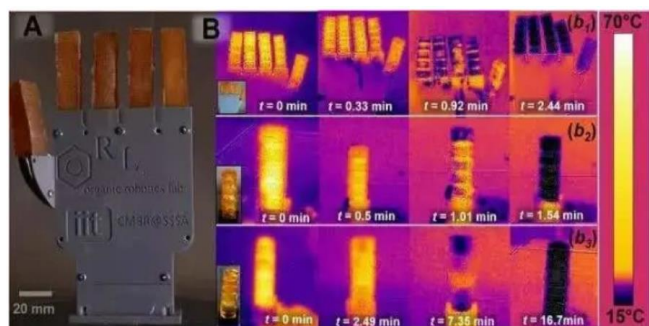
由于要面对大量信息，大量的动作，人形机器人运算量非常大，其所有的元件都在发热，因此，散热也是研制人形机器人需要解决的最重要问题之一。

在设计机器人时，通常需要通过各种软件的模拟来实现，尽可能让其少发热，或发热相对更集中、更易于散热，这就需要用到一些工程软件。此外，在散热方面，一般有风冷、液冷、散热器、导热材料等方式。

以风冷为例，机器人的散热结构呆滞包括，表面的机器外壳、内部排气扇，外壳下部设置有进气孔，外壳的上部设置有排气孔，排气扇用于使空气由进气孔进入外壳内部，并由排气孔排出。由于进气孔接近散热结构的最低处，排气孔位于散热结构的最高处，热空气由排气孔排至散热结构外。在此情况下，散热结构内形成低压，外部的空气经进气孔进入散热结构内。冷空气接触设置于外壳内部的电路板组件，达到散热效果。

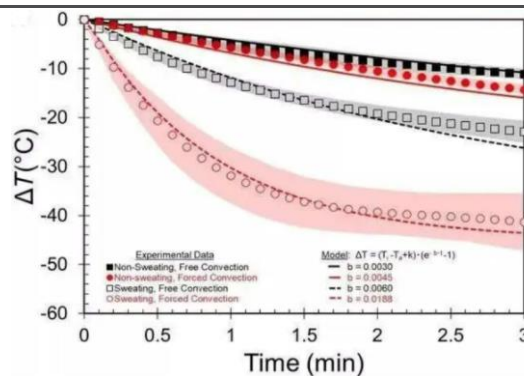
除了空冷之外，机器人的散热也需要配合其他方式。一般，主板控制器结构上会根据发热源位置安装散热器，但是，由于发热源于散热器间会出现空袭，因此必须将导热界面原材料弥补在其中传导热量，目的是清除空隙中的气体、增加换热范围、降低传热系数、提升散热性能。导热硅胶片是常见的导热界面原材料之一，一般将其组装在机器人处理芯片与散热器或机壳中间。导热硅胶片具有高导热性、质地绵软、有延展性、压缩率等特点，因此可以密切迎合在芯片和散热器中间，增加换热效率。此外，导热硅胶片还有优良的绝缘性、使用方便、不易损耗等特点。

图 16：水凝胶材料制造的软体机器人手掌



资料来源：Scientific American, Science Robotics, 民生证券研究院

图 17：软体手指可在短时间内迅速降温



资料来源：Scientific American, Science Robotics, 民生证券研究院

除了传统的散热方式之外，目前也有科研机构在不断探索更加类人的散热机制，比如“排汗”。康奈尔大学的谢菲德研究团队开发了一种更利于柔性机器人的散热方式。由于柔性机器人很多部件都是由复合材料制成，其散热性能不如金属，而风扇灯内部散热技术占空间较大，重量也较大，

因此，谢菲德发明了机器人的“排汗系统”。

研究团队通过多材料立体光刻技术，发明机器人“排汗”所必须的**纳米聚合物材料**，该技术可以通过光将树脂类材料固化为设计好的形状。研究团队利用两种**水凝胶**材料开发制造了手指形状的驱动器，这种水凝胶**具有蓄水功能，而且可以根据温度来调节水分，相当于一个“智能海绵”**。当温度大于 30 摄氏度以上时，由水凝胶制成的驱动器底层会随着温度上升而收缩，从而将水挤压到顶层，顶层由聚丙烯酰胺支撑，密布着微米级的小孔，与地层相同，当温度高于 30 摄氏度时，为孔会自动打开，开始“排汗”。该研究团队表示，该排汗系统可让驱动器表面在 30 秒之内下降 21 度，散热效率比人体排汗系统高三倍，若由风扇灯外置风冷设备，其散热效率还可提升 10 倍。但该机器人也有一定的缺陷，即移动性较差，而且补水也是一个问题。

4.4 传感

与人相同的是，人形机器人也需要很多传感器。根据检测对象的不同，可以分为内部传感器、外部传感器。内部传感器一般用来检测机器人本身状态，多为检测位置和角度的传感器。

外部传感器一般用来检测机器人所处环境状况，如物体识别传感器、物体探测传感器、接近觉传感器、距离传感器、力觉传感器、听觉传感器等。

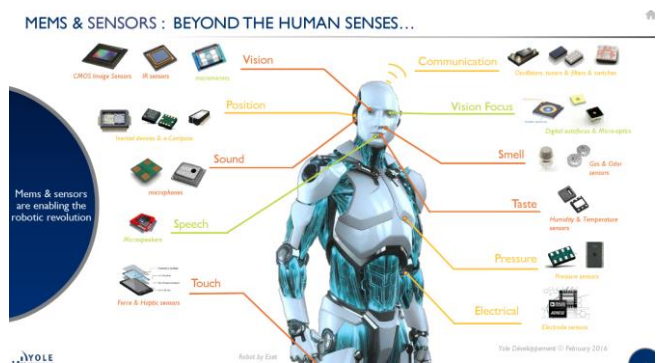
表 5：机器人传感器及核心部件

传感器	检测内容	应用目的	传感器件
位置觉	物体的位置、角度、距离	物体空间位置、判断物体移动	光敏阵列、CCD
明暗觉	是否有光、亮度多少	判断有无对象，得到定量结果	光敏管、光电断续器
色觉	对象的色彩及浓度	利用颜色识别对象的场合	彩色摄像机、滤波器、彩色 CCD
形状觉	物体的外形	提取物体轮廓及固有特征，识别物体	光敏阵列、CCD
接触觉	与对象是否接触、接触的位置	确定对象位置，识别对象形态，控制速度，安全保障，一场停止，寻径	光电传感器、微动开关、薄膜特点、压敏高分子材料
压觉	对物体的压力、握力、压力分布	控制握力、识别握持物，测量物体弹性	压电元件、导电橡胶、压敏高分子材料
力觉	有关部件（如手指）所受外力及转矩	控制手腕移动，伺服控制，正解完成作业	应变片、导电橡胶
接近觉	对象物是否接近，接近距离，对象面的倾斜	控制位置，寻径，安全保障，异常停止	
滑觉	垂直握持面方向物体的位移，重力引起的变形	修正握力，防止打滑，判断物体重量及表面状态	球形接点式、光电旋转传感器、角编码器、震动检测器
听觉	感受和解释在气体、液体、固体中的声波	对连续自然语言中的单独语音和词汇进行辨别	电容式驻极体话筒、驻极体振动膜（负责声电转换）、场效应管

资料来源：YGJ Themes，机器人传感器概述，民生证券研究院

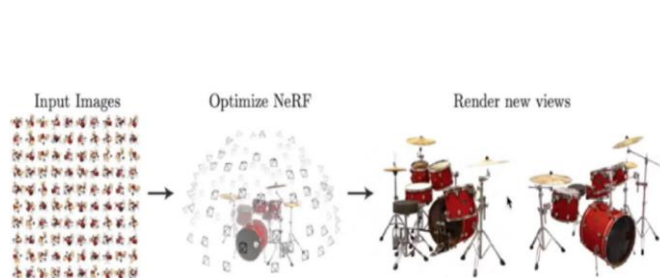
据中国传动网，特斯拉即将推出的“擎天柱”人形机器人运用了特斯拉最先进的 AI 技术，其头部配备了与特斯拉汽车相同的智能驾驶摄像头，内置 FSD 芯片，并基于视觉神经网络神经网络预测能力的自动驾驶技术驱动，与汽车共用 AI 系统。**这意味着特斯拉人形机器人延续了以视觉为主的传感技术路线。**

图 18：人形机器人需要多个传感器



资料来源：YOLE，民生证券研究院

图 19：特斯拉 2D 到 3D 物体识别的过程示意图



资料来源：传感器技术，面包板社区，民生证券研究院

特斯拉最著名的 AI 算法是其机器视觉中的纯视觉解决方案，预计该算法在人形机器人的制造中将其延续。该解决方案的两个主要过程包括，基于图像的目标检测、2D 到 3D 物体识别的转换。

1) 基于图像的目标检测：目的在于确定图像中是否存在给定类别的目标，如果储存在就返回每个目标的空间位置合覆盖范围。这一步是解决分割、场景理解、目标追踪、图像描述、事件检测、活动识别等更复杂视觉任务的基础。**2) 2D 向 3D 物体识别的转换：**特斯拉通过在 8 个不同位置放置摄像头，得到不同角度的同一物体，再通过神经网络渲染出该物体的 3D 图像，并记录物体的大小及位置。随后胜场 3D 向量图，通过鸟瞰图的方式，通过另一种神经网络合物体识别计算除物体下一时间点出现的位置，至此人形机器人完成包含三维信息、时间信息的全部感知步骤，并将该信息存储在训练集中，不断强化学习。

机器视觉是 AI 深度学习的一种应用与技术方向，无论是人形机器人还是智能驾驶都是机器视觉的落地方向之一。而机器视觉技术的一大核心在于 3D 传感。随着机器人向智能化、AR 以及体感识别能力的搭载，3D 传感市场发展浪潮也正在来袭。

按照技术路径划分，3D 传感主要可以分为结构光、iToF、dToF 激光雷达、双目视觉、激光三维扫描。其中，**双目视觉**如今主要应用于工业相机及汽车 ADAS。由于人形机器人不仅需避障、路径规划，还需要准确识别目标，因此若要完成类似人手的精密操作，**机器人视觉系统定位精度需达毫米级别，需引入工业级双目/多目相机，单机价值量相对普通服务机器人较高。预计人形机器人的 3D 传感器成本将远高于普通的服务机器人，但要略低于工业机器人。**根据智慧城市网数据，若未来特斯拉机器人达到电动车销量水平，即 100 万量级，则搭载的 3D 传感器模块市场规模或达到 30-50 亿美元（合每个人形机器人对应 3D 传感器价值量约 3000-5000 美元）。

5 相关标的

5.1 绿的谐波

公司是一家专业从精密传动装置研发、设计、生产和销售的高新技术企业，产品主要包括**谐波减速器、机电一体化执行器及精密零部件**。公司的产品广泛用于**工业机器人、服务机器人、数控机床、医疗器械、半导体生产设备、新能源装备**等高端制造领域。

经过多年持续研发投入，公司在**国内率先实现了谐波减速器的工业化生产和规模化应用**，打破了国际品牌在国内机器人谐波减速器领域的垄断。凭借多年来在精密传动领域的积累，公司在行业内已经建立了较强的品牌知名度，成为国内领军企业之一。我国谐波减速器行业处于成长期阶段，市场成长迅速，虽然我国已成为全球最大的工业机器人市场，但以精密谐波减速器产品为代表的核心零部件总体供给量存在较大缺口，随着行业内企业规模化生产的实现与下游工业机器人等产业的快速发展，未来行业规模将持续扩大。

5.2 双环传动

公司是国内 RV 减速器龙头企业，创立以来，四十余年专注于机械传动核心零部件——齿轮机器组件的研发、制造与销售，已成为全球最大的专业齿轮产品制造商和服务商之一。凭借高性能高铁齿轮成为采埃孚高铁齿轮全球唯一战略供应商，工业机器人关节（RV 减速器）完成创新研发并向产业化转型，成为国产机器人市场第一品牌、新能源汽车齿轮覆盖中国一半市场。

公司子公司环动科技与国内主流机器人企业保持稳定的战略合作关系，机器人高精密减速机业务获得高速发展。针对中大负载工业机器人所需，公司提前布局设备与产线以满足多方客户所需，目前已逐步实现 6-1000KG 工业机器人所需精密减速器的全覆盖，产品谱系得到进一步完善，获得了核心客户的认可并持续批产增量，从而实现减速机产销连续两年创历史新高。2021 年，公司子公司环动科技获得国家高新技术企业、浙江省科技型中小企业等称号。

5.3 汇川技术

汇川技术是国内伺服电机的领军企业。主要为设备自动化/产线自动化/工厂自动化提供变频器、伺服系统、PLC/HMI、高性能电机、传感器、机器视觉等工业自动化核心部件及其工业机器人产品，为新能源汽车行业提供电驱&电源系统，为轨道交通行业提供牵引与控制系统。公司产品可应用于工业领域各行各业。根据睿工业数据统计，2021 年公司通用伺服系统在中国市场份额达到 16.3%，首次超越外资品牌，获得市场份额第一名（前四名厂商及市占率分别是：汇川，16.3%；安川，10.5%；松下，9.6%；三菱，8.8%）。

根据公司 2021 年年报，公司在工业机器人领域产品包括 SCARA 机器人、六关节机器人、视觉系统、高精密丝杠、控制系统等整机及零部件解决方案，下游行业涵盖 3C 制造、锂电、硅晶、纺织等。SCARA 机器人是一种圆柱坐标型的特殊类型的工业机器人，适用于平面定位、垂直方向装配等作业。六关节机器人是一种六个关节都可以转动的机器人，适用于诸多工业领域的自动装配、喷漆、搬运、焊接等作业。

公司在 SCARA 机器人领域的主要竞争对手为 EPSON、YAMAHA 等，在六关节机器人领域的主要对手为安川、ABB 等。公司的工业机器人核心部件除减速机外，电控系统、伺服系统、丝杠、本体均已实现自制，具有较好的成本控制和定制化能力。凭借对下游行业工艺的深刻理解以及“核心部件+整机+工艺”解决方案的竞争优势，公司工业机器人产品在手机制造、锂电、

硅晶等行业已实现大批量销售，形成了较好的品牌影响力。根据睿工业统计数据，2021 年公司 SCARA 机器人在中国市场的份额为 14%，排在第三名，且为内资品牌第一名。在机器替人的大趋势下，公司工业机器人业务有望充分受益，目前公司该项业务已实现盈利，属于成长型业务。

5.4 禾川科技

工业控制自动化新星，深耕 OEM 市场多年，多领域市占率领先。公司多年来深耕 OEM 市场，服务广大 OEM 客户厂商，获得了极佳的产品方案性能口碑，在光伏、3C、锂电与机器人等行业具备极高的占有率，通过多年来的高速发展，禾川科技已赫然进入国产自动化一线品牌方阵。

伺服系统头部企业，国产替代领导者。伺服系统是当前禾川科技的核心产品，2021 年伺服系统营收共计 6.59 亿元，占禾川科技主营业务 89.72%。PLC 产品 2021 年营收 3996.28 万元，占主营业务收入 5.44%。根据 Ofweek 机器人网数据，禾川科技已经拥有员工 1700 余人，其中技术研发人员超过 400 人，其伺服电机产品市场占比位列第二。同时，据 36 氪，禾川科技的二期工厂正在扩建，预计今年可以实现伺服电机年产 150 万台的产能。

5.5 兆威机电

公司创建于 2001 年是一家设计、研发、生产精密驱动系统的企业。公司产品的运行原理是通过控制算法将指令传达至机械传动结构，将微型电机的动能转化为适配产品需要的运动模式，从而实现终端产品的有效运动控制。公司生产的微型传动和微型驱动系统可广泛用于汽车电子、智能家居、移动通信、医疗器械、消费电子、工业装备等领域。

目前，公司在智能家居与机器人领域已布局扫地机驱动系统、扫拖洗一体机器人驱动系统、智能家居门锁控制系统等。据证券之星报道，公司为广东省机器人骨干企业，在服务机器人方面为美国 irobot、云鲸、小米生态链等多家企业供应扫地机器人的行走轮组驱动器、主刷驱动器、边刷驱动器等核心驱动部件。此外，公司还为华为提供 5G 通信基站的微型传动系统和精密注塑件、智能手机摄像头升降模组传动系统等产品的研发和生产服务。2021 年，公司在微型传动系统领域取得收入 7.39 亿元。

6 风险提示

1) 新产品研发及拓展不及预期的风险。机器人产业中很多产品的基础研发周期较长，且研发成果的产业化具有不确定性，产品推广方面也可能不及预期，公司也面临因疫情开工延后，产能及产能利用率不足等问题。若新产品拓展不及预期，会给公司带来不及预期的经营风险和收益风险。

2) 下游需求不及预期的风险。受国内外宏观经济环境变化和国际贸易摩擦加剧的影响，下游行业投资放缓，机器人行业的发展环境和市场需求可能会因此受到不利影响，若机器人下游行业发展不及预期，则公司的盈利能力会下降。

3) 市场竞争加剧的风险。目前工业机器人市场逐渐回暖、服务机器人产业迎来快速发展机遇、特种机器人市场规模稳定增长，机器人行业未来的增长空间十分庞大。国内外机器人厂商纷纷建立研发和生产基地，积极参与到市场竞争中，国内外市场将日趋激烈，存在行业整体利润下降的风险。

4) 宏观经济增速放缓的风险。受疫情影响，中高风险地区防疫政策对相关企业的生产经营活动影响较大，虽国内疫情防控整体形势较为良好，但疫情反复的风险仍然存在，可能会造成宏观经济增速放缓，下游资产投资增速也可能会放缓，行业在短期内将会受到一定的影响。

插图目录

图 1：Optimus 三维渲染图	4
图 2：机器人分类及应用场景	5
图 3：2021 年全球机器人市场结构	5
图 4：全球机器人市场规模变化（亿元）	5
图 5：中国机器人市场规模变化（亿元）	5
图 6：全球工业机器人销售额及增长率（亿元，%）	6
图 7：2021 年全球工业机器人市场分布	6
图 8：全球服务机器人销售额及增长率（亿元，%）	7
图 9：2021 年全球服务机器人下游占比	7
图 10：机器人产业链构成	8
图 11：工业机器人平均生产成本构成	8
图 12：机器人产业链各环节毛利率水平对比	8
图 13：RV 减速器与谐波减速器对比	12
图 14：2021 年国内通用伺服电机行业竞争格局	14
图 15：伺服系统、运动控制系统示意图	14
图 16：水凝胶材料制造的软体机器人手掌	15
图 17：软体手指可在短时间内迅速降温	15
图 18：人形机器人需要多个传感器	17
图 19：特斯拉 2D 到 3D 物体识别的过程示意图	17

表格目录

表 1：全球人形机器人数量及市场规模测算	9
表 2：我国人形机器人数量及市场规模测算	10
表 3：常见几种减速器特点及适用领域对比	11
表 4：伺服驱动器三环实现控制的原理	13
表 5：机器人传感器及核心部件	16

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。本报告清晰准确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：广东省深圳市深南东路 5016 号京基一百大厦 A 座 6701-01 单元； 518001