机械设备

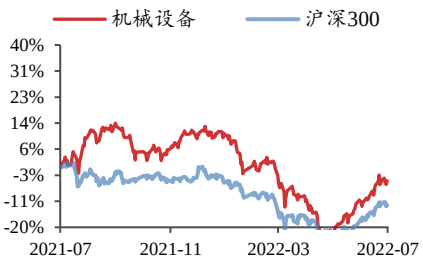
2022 年 07 月 08 日

特斯拉机器人风起，国产供应链远航

——行业深度报告

投资评级：看好（维持）

行业走势图



数据来源：聚源

相关研究报告

孟鹏飞（分析师）
mengpengfei@kysec.cn
证书编号：S0790522060001

● **Optimus 量产是特斯拉实现 L5 自动驾驶关键，国产驱动部件迎来供应链机会**

Optimus 人形机器人量产后将发挥使用场景和视野高度等优势，为特斯拉神经网络算法提供海量长尾场景数据支持，帮助特斯拉实现 L5 级别的 FSD 算法迭代。机器人量产后，减速器、电机等驱动部件或寻求外部供应。基于与人形机器人相同的技术原理，在工业机器人领域具有技术积累和产能优势的厂商将首先受益。

● **量产与人车协动：特斯拉 Optimus 的核心价值**

长尾场景识别是 L4-L5 自动驾驶突破的必经之路。特斯拉的纯视觉技术路线迭代需要路外数据补充缺乏的长尾场景，**人形机器人可以在规避法律风险的同时进入室内环境收集人体形态等长尾效应显著的数据。**目前世界上相关技术水平可以支持人形机器人生产落地；特斯拉推出 Optimus 机器人将提振产业链信心，加速降本量产。**减速器、电机等传统驱动部件厂商将获得产业链机会。**

● **市场空间测算：2030 年加速渗透后人形机器人市场空间或达 4496 亿元**

人形机器人的目标客户与豪车消费群体高度重合。当前阶段人形机器人的消费主要由尝鲜、炫耀等情感需求拉动。假设 Optimus 将分别于 2023 年/2025 年/2030 年实现首批预定/规模量产/渗透率加速提升，单价分别为 50/20/16.8 万元，**我们测算，人形机器人市场空间分别为 561.1/2153.9/4496.0 亿元。**按减速器均价 1000 元、伺服电机均价 800 元、Optimus 规模量产价格 20 万元计算，减速器和伺服电机成本分别占人形机器人 BOM 表的 20%和 16%；假设 Optimus 各生产过程 BOM 表比例不变，参照人形机器人市场空间测算结果，我们测算，**2023 年/2025 年/2030 年驱动部件减速器和伺服电机的新增市场空间分别为 202.0/775.4/1618.6 亿元。**

● **人形机器人时代开启，国产供应链确定性强**

特斯拉人形机器人的出现让整个行业迈入更务实的思考阶段，技术驱动带来的颠覆性创新亦带来全新历史性机遇，传统工业机器人核心零部件厂商已经具备相应技术储备，有望在特斯拉即将开启的人形机器人时代率先受益。

我们认为，国产零部件进入人形机器人供应链确定性：减速器 > 伺服电机 > 传感器。（1）减速器：谐波减速器已实现技术突破，可实现进口替代，国内市场呈现中日双寡头垄断格局；RV 减速器也初步解决传动精度、扭转刚度、稳定性等性能问题，未来成长空间打开。受益标的：**绿的谐波、中大力德、双环传动。（2）伺服电机：**机器人需要高力矩、高精度、高稳定、强抗干扰的伺服电机。特斯拉受益于电车业务，在电机方面有雄厚的技术积累，**但不排除在人形机器人方面寻求外部代工的可能。**目前用在机器人上的国产电机已实现重大突破。受益标的：**汇川技术、禾川科技、埃斯顿**；其中空心杯电机受益标的：**鸣志电器、江苏雷利。**

● **风险提示：**特斯拉机器人研发及量产进度不如预期，疫情反复及国际贸易摩擦加剧风险

目 录

1、 量产与人车协动：特斯拉 Optimus 的核心价值 4
1.1、 拦路之虎，长尾场景识别是 L5 自动驾驶突破必经之路 4
1.1.1、 纯视觉路线一枝独秀 4
1.1.2、 神经网络迭代遭遇瓶颈 5
1.2、 他山之石，海量路外数据助攻算法之玉 6
1.3、 万事俱备，相关技术已达落地标准 7
1.4、 东风将起，产业链信心提振加速降本进程 9
2、 市场空间测算：2030 年加速渗透后人形机器人规模或达 4496 亿 9
2.1、 人形机器人整机：2030 年加速渗透后或达 4496 亿市场空间 9
2.2、 人形机器人驱动部件：减速器、伺服电机或新增数百亿市场 11
3、 整装待发，国产驱动部件扬帆机器人千亿市场 12
3.1、 减速器：中日双寡头垄断，技术壁垒及价值量高企 14
3.2、 伺服电机：国内厂商众多，或存在供应链机会 16
3.3、 其他硬件 17
4、 受益标的 18
4.1、 减速器（BOM 占比 20%） 18
4.1.1、 绿的谐波：国内首家量产谐波减速器的龙头厂商 18
4.1.2、 中大力德：减速器技术领先企业，全方位布局 18
4.1.3、 双环传动：高精密齿轮龙头，RV 减速器厚积薄发 19
4.2、 伺服电机（BOM 占比 16%） 20
4.2.1、 汇川技术：国内伺服龙头，进军智能制造 20
4.2.2、 禾川科技：伺服新锐势如破竹 21
4.2.3、 埃斯顿：国产机器人龙头，打造多元产品矩阵 22
4.2.4、 鸣志电器：步进电机龙头，横向扩展伺服电机 22
4.2.5、 江苏雷利：空心杯电机国产领军者 23
5、 风险提示 24
附表：市场空间测算表 25

图表目录

图 1： 自动驾驶分为 5 个级别 4
图 2： L2 级别自动驾驶技术迎来加速普及期 4
图 3： 特斯拉 Autopilot HW 3.0 搭载 8 颗摄像头 5
图 4： 特斯拉 HW 自动驾驶芯片逐渐采用自研 5
图 5： 特斯拉推出自主 FSD 自动驾驶芯片 5
图 6： 特斯拉纯视觉路线高度依赖于神经网络 6
图 7： 特斯拉开发 Dojo 超级计算机集群 6
图 8： Tesla FSD 装机量保持稳定 6
图 9： 特斯拉 Optimus 与汽车共用 AI 系统 7
图 10： 特斯拉 Optimus 机器人与汽车共用 D1 芯片 7
图 11： 人形机器人开发水平可分为 1-5 级 7
图 12： 特斯拉人车协动：人形机器人、电车部件可平移使用 9
图 13： 机器人相关产业得到高度关注 9

图 14： 2021 年全球超豪华汽车品牌全球销量 6.7 万台 10
图 15： 2021 年全球主流豪华品牌汽车销量约 1058 万台 10
图 16： 工业机器人核心零部件减速机、伺服电机及控制器成本占比接近 70% 11
图 17： 估算人形机器人传动系统、控制系统和其他硬件成本占比约分别约为 36%（20%+16%）、33%和 31% 11
图 18： 上游核心零部件分为：减速器、伺服电机和控制系统 12
图 19： 三大核心零部件中减速器毛利率最高 13
图 20： 国产厂商在减速器、伺服系统领域已实现重大突破 14
图 21： Optimus 双臂/双腿/双手分别有 12 个自由度，颈部/躯干分别有 2 个自由度 15
图 22： NASA Valkyrie 机器人全身配有 44 个自由度 15
图 23： 国内谐波减速器市场被中日厂商垄断 16
图 24： RV 减速器国内厂商市占率大幅提升 16
图 25： 伺服电机体积小、精度高，大范围应用于机器人领域 17
图 26： 人形机器人结构件方面或可与电车协动 18
图 27： 绿的谐波毛利率保持在 47%以上，盈利能力较强 18
图 28： 2021 年绿的谐波谐波减速器收入占比达 94% 18
图 29： 中大力德签订 RV 减速器大额订单，充分彰显公司技术底蕴 19
图 30： 中大力德在 RV 减速器领域处于领先地位，覆盖市场主流客户 19
图 31： RV 减速器业务助力中大力德业绩快速放量，2017-2021 年 CAGR=20% 20
图 32： 汇川技术 2021 年营收 179 亿元，4 年 CAGR =45% 20
图 33： 汇川技术 2018-2021 年净利润 CAGR=45% 20
图 34： 禾川科技核心产品为伺服系统，2021 年营收占比为 88% 21
图 35： 禾川科技伺服系统、伺服电机产品不断更新 21
图 36： 埃斯顿工业机器人设备 2018-2021 CAGR=40% 22
图 37： 2021 年埃斯顿工业机器人营收占比达 67% 22
图 38： 鸣志电器下游客户覆盖全球 23
图 39： 江苏雷利 2021 年实现营收 29 亿元，同比提升 21% 24

表 1： 特斯拉采用纯视觉路线 4
表 2： ASIMO、Atlas 和 Digit 为目前市场上三大典型人形机器人 8
表 3： 人形机器人主要技术难点包括传动技术和 AI 技术等 8
表 4： 假设 2023 年人形机器人首批订单价格 50 万元，测算人形机器人市场空间约 561.1 亿元 10
表 5： 假设 2025 年人形机器人规模量产价格 20 万元，测算人形机器人市场空间约 2153.9 亿元 10
表 6： 假设 2030 年人形机器人渗透加速后价格 16.8 万元，测算人形机器人市场空间约 4496.0 亿元 11
表 7： 测算 2023 年/2025 年/2030 年减速器、伺服电机等驱动部件新增市场空间约为 202.0/775.4/1618.6 亿元 12
表 8： 减速器、伺服电机是影响机器人性能表现的关键部件 13
表 9： 减速器可分为 RV 减速器、谐波减速器、行星减速器和摆线针轮减速器 14
表 10： RV 减速器主要用于大负载关节，谐波减速器主要用于小负载关节 15
表 11： 估算人形机器人单机 RV/谐波/行星减速器用量分别为 4/24/12 个 15
表 12： 空心杯电机具备启动转矩低、能量转换利用率高以及转动波动小等特点 23
表 13： 受益标的集中在减速器和伺服电机两大领域 24
表 14： 2030 年渗透加速后，人形机器人市场空间或达 4496 亿元 25

1、 量产与人车协动：特斯拉 Optimus 的核心价值

2022 年 6 月 21 日，特斯拉表示将于 2022 年 9 月 30 日推出人形机器人“擎天柱（Optimus）”的原型机。Optimus 身高 5 英尺 8 英寸（约合 1.72 米），体重 125 磅（约合 56.7 千克），负载 20kg（手臂附加 5kg），全身具有 40 个自由度，行动速度最高可达 8 公里/小时。

我们认为，特斯拉 Optimus 机器人的核心价值在于量产及量产带来的人车协动。Optimus 机器人推出后，将对特斯拉纯视觉路线的 L5 自动驾驶技术突破产生决定性影响；机器人量产是特斯拉是突破自动驾驶技术瓶颈和进一步实现算法迭代的必经之路。

1.1、 拦路之虎，长尾场景识别是 L5 自动驾驶突破必经之路

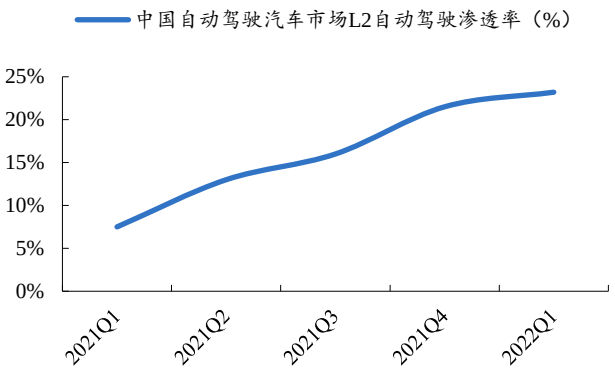
我国《汽车驾驶自动化分级》国家推荐标准（GB/T 40429-2021）和 SAE 美国汽工程师协会 SAEJ3016 将自动驾驶分为 0-5 级。目前 L2 及 L2+级自动驾驶已迎来加速普及期，L3 级别自动驾驶已在规划量产，L4、L5 等高阶自动驾驶技术仍处于发展瓶颈期。

图1：自动驾驶分为 5 个级别

分级	L0	L1	L2	L3	L4	L5
名称	应急辅助	部分驾驶辅助	组合驾驶辅助	有条件自动驾驶	高度自动驾驶	完全自动驾驶
SAE定义	由人类驾驶员全权操作汽车，在行驶过程中可以得到警告和保护系统的辅助	通过驾驶环境对方向盘和加减速中的一项操作提供驾驶支援，其他的驾驶动作都由人类驾驶员进行操作	通过驾驶环境对方向盘和加减速中的多项操作提供驾驶支援，其他的驾驶动作都由人类驾驶员进行操作	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，根据系统请求，人类驾驶员提供适当的应答	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，根据系统请求，人类驾驶员不一定需要对所有的系统请求做出应答，限定道路和环境条件	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，人类驾驶员在可能的情况下接管，在所有的道路和环境条件下驾驶
车辆运动控制	驾驶员	驾驶员及系统	系统			
目标和时间探测与响应	驾驶员及系统			系统		
动态驾驶任务后援	驾驶员			动态驾驶任务后援用户执行接管后成为驾驶员	系统	
设计运行范围	有限制					无限制

资料来源：SAE、开源证券研究所

图2：L2 级别自动驾驶技术迎来加速普及期



数据来源：IDC、开源证券研究所

1.1.1、 纯视觉路线一枝独秀

当前自动驾驶技术路线主要有单车智能路线和车路协同路线两种，所采用的图像传感方式主要分为多传感器融合路线和纯视觉路线。其中多传感器融合路线的主要推动者包括英伟达、Mobileye、Waymo 等；而**特斯拉采用以车载摄像头为主导的纯视觉路线的单车智能。**2021 年，特斯拉在北美地区上市的 Model 3 和 Model Y 取消了车载雷达，全车仅搭载了 8 个摄像头。

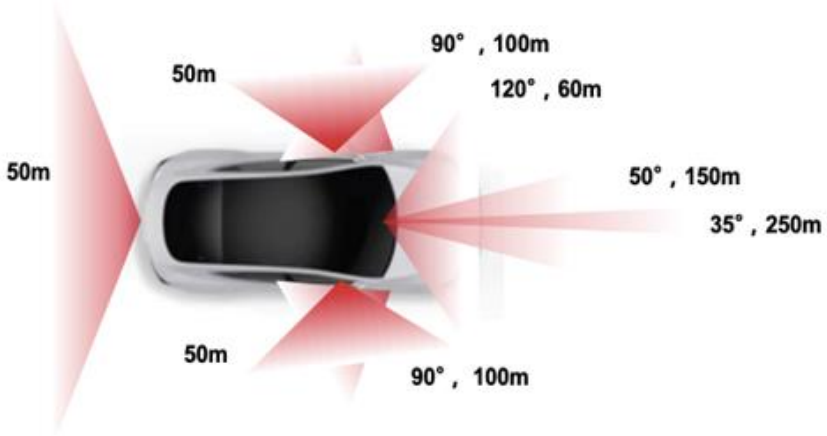
表1：特斯拉采用纯视觉路线

厂商	车型	自动驾驶系统	自动驾驶级别	自动驾驶芯片	激光雷达颗数	车载摄像头颗数
特斯拉	Model 3 / Model Y	Autopilot HW3.0	L2+	自研 FSD	- / -	8
蔚来	ET7	NAD	L3	NVDIA Orin	1	11

小鹏	P5	XPILOT 3.5	L3	NVDIA Xavier	2	13

资料来源：特斯拉、蔚来、小鹏汽车官网、开源证券研究所

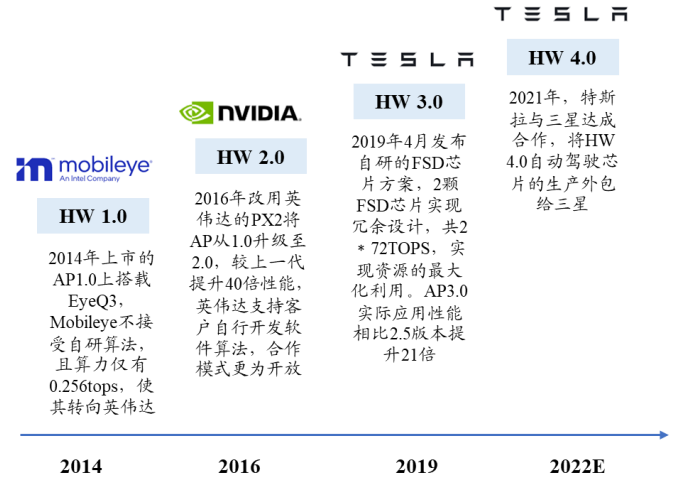
图3：特斯拉 Autopilot HW 3.0 搭载 8 颗摄像头



资料来源：特斯拉官网

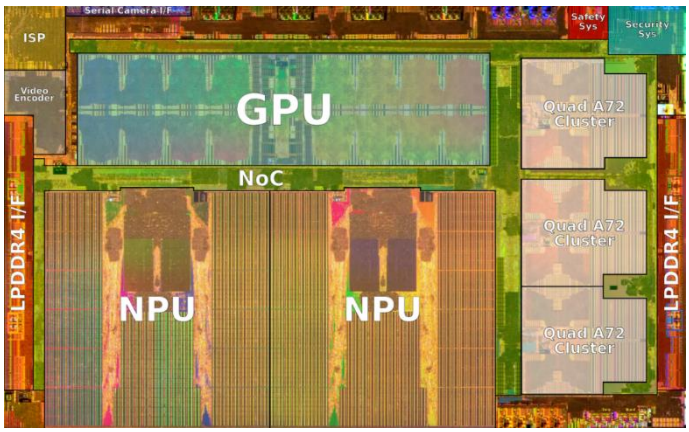
相比多传感器融合方案，纯视觉路线对算法和算力的要求更高。纯视觉路线需要将多摄像头捕捉到的 2D 图像映射到 3D 空间中进行处理。算力方面，特斯拉于 2019 年推出了自主 FSD 自动驾驶芯片，算力可达 144 TOPS；并发布了基于 4 纳米工艺的 HW 3.0 自动驾驶芯片，在帧率上照前代由英伟达硬件驱动的 Autopilot 提高了 21 倍。

图4：特斯拉 HW 自动驾驶芯片逐渐采用自研



资料来源：特斯拉官网、中国风光储网、开源证券研究所

图5：特斯拉推出自主 FSD 自动驾驶芯片



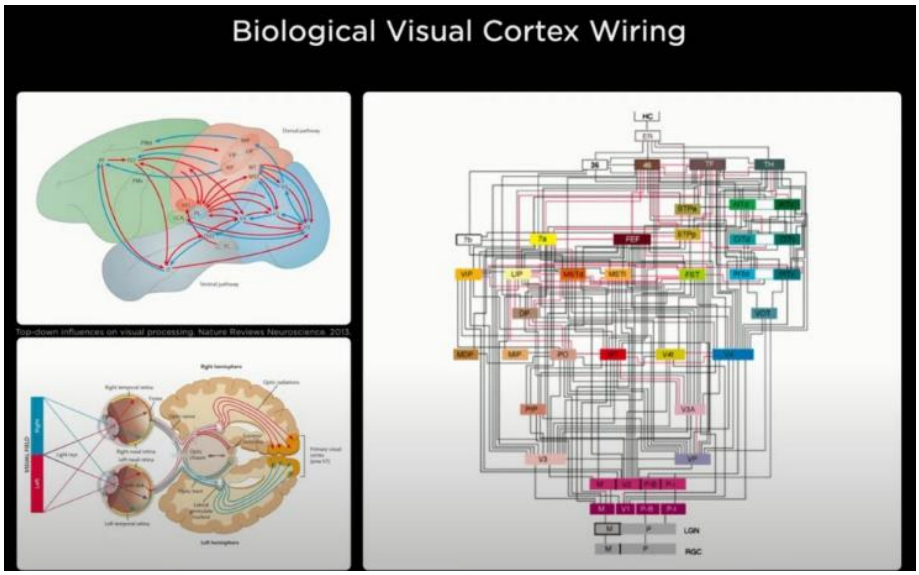
资料来源：特斯拉官网

1.1.2、 神经网络迭代遭遇瓶颈

算法方面，特斯拉的纯视觉自动驾驶技术高度依赖于神经网络。神经网络是模拟人类大脑处理信息方式的简化模型，可以通过训练进行学习：随着输入数据量和重复次数的不断丰富与增多，其处理结果的准确度会持续提高，最终实现在未知结果的未来案例中进行应用。因此，**特斯拉打通纯视觉技术路线需要：(1) 依靠高算力**

平台进行神经网络训练；（2）获取海量数据用于算法迭代。

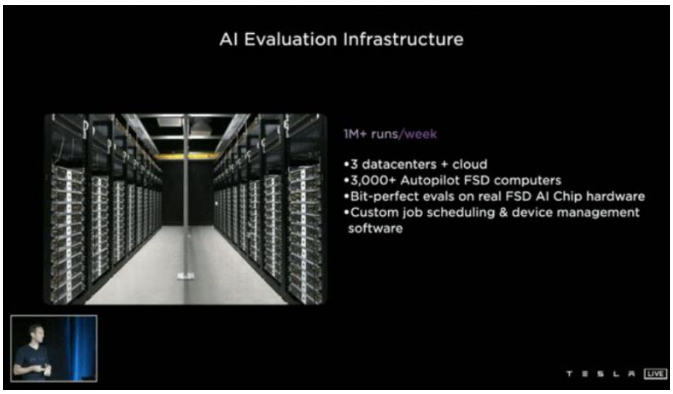
图6：特斯拉纯视觉路线高度依赖于神经网络



资料来源：特斯拉官网

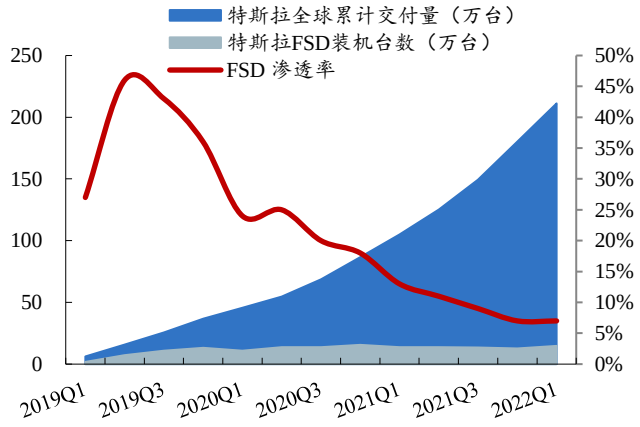
关于高算力平台，特斯拉研发了专门用于模型训练的 Dojo 超级计算机群，内置特斯拉自研 AI 训练芯片 D1；关于算法迭代，特斯拉推出了 FSD Beta 软件（完全自动驾驶测试版）收集路面信息。截至 2022 年 Q1，FSD Beta 装机台数已达 14.8 万台。

图7：特斯拉开发 Dojo 超级计算机集群



资料来源：特斯拉官网

图8：Tesla FSD 装机量保持稳定



数据来源：Teslike Order Tracker、钛媒体、开源证券研究所

实现 L4、L5 高阶自动驾驶技术的难点在于，真实路况下的长尾场景接近于无限，当前算法技术仍然无法准确处理。截至 2021 年 9 月，特斯拉已经积累了 60 亿英里的车队数据，经过特斯拉车内网络训练的图像共有 3.71 亿张，另有标签 4.8 亿个，已经达到了预估实现自动驾驶技术的最小数据量级。但 L4 级别的自动驾驶技术却仍未到来。

我们认为，其中一个重要原因或为人的行为姿态等关键数据长尾效应显著，但在日常道路中表现单一，在行驶数据中并不能得到充分体现。**因此，扩大数据收集场景，增加长尾场景训练量级，是特斯拉突破自动驾驶技术瓶颈的必经之路。**

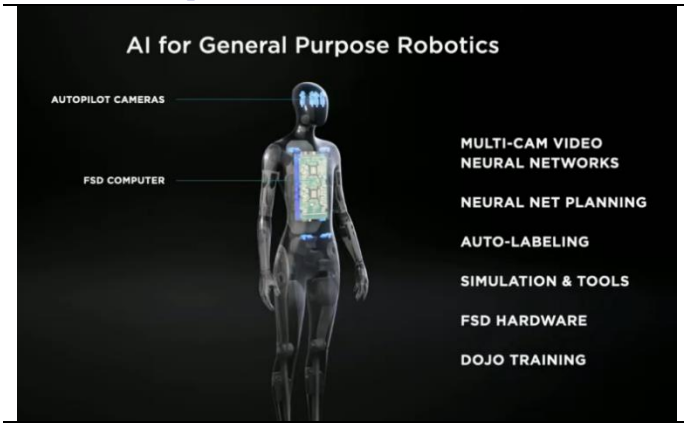
1.2、 他山之石，海量路外数据助攻算法之玉

人形机器人能够大量收集路外数据，提高长尾场景训练量级。目前人形机器人多用于室内环境，主要场景包括高端商务、院校科研、家庭陪伴等。相比道路环境，室内环境可以充分提供**多样化人体姿态等**各种在行驶过程中出现概率极低的场景数据。**既能够规避汽车等非人形机器需要面对的道路限制和相关法律风险，又在视野高度和广度上具有小型机器人所不具备的优势。**

特斯拉 Optimus 人形机器人所采用的 Dojo D1 超级计算机芯片和 FSD 芯片摄像头皆与汽车相同，并与汽车共用 AI 系统，受相同的视觉神经网络和自动驾驶技术驱动。**经由机器人摄像头采集的海量长尾场景数据最终能够传输至 Dojo 进行算法训练，最后通过 OTA 定义更新到 FSD 上，从而帮助自动驾驶技术突破瓶颈。**

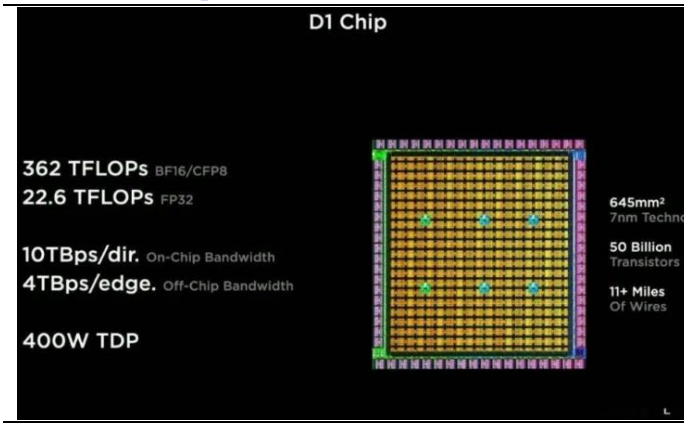
我们认为，助力自动驾驶突破是特斯拉 Optimus 量产最重要的商业价值，也是特斯拉 Optimus 的核心价值。

图9：特斯拉 Optimus 与汽车共用 AI 系统



资料来源：特斯拉官网

图10：特斯拉 Optimus 机器人与汽车共用 D1 芯片

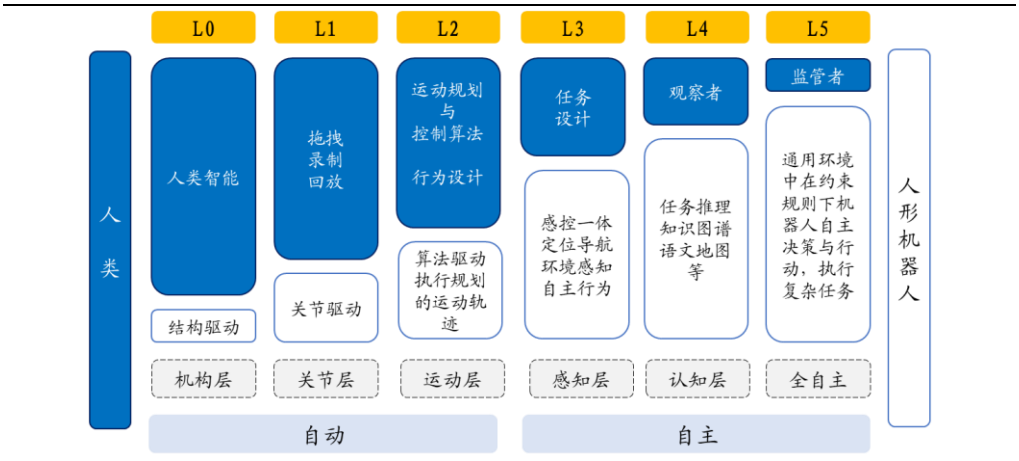


资料来源：特斯拉官网

1.3、 万事俱备，相关技术已达落地标准

目前，人形机器人的相关技术水平已经能够支持整机落地。其中较为典型的为日本本田 ASIMO 机器人、波士顿动力 Atlas 机器人和美国 Agility Robotics 的 Digit 机器人。大多数机器人开发水平在 L4 左右，特斯拉 Optimus 可能达到 L4-L4.5。

图11：人形机器人开发水平可分为 1-5 级



资料来源：优必选官网、开源证券研究所

表2：ASIMO、Atlas 和 Digit 为目前市场上三大典型人形机器人

机器人名称	示意图	公司	传动特点	成本/售价
ASIMO		日本本田	全部使用电机驱动	成本 300-400 万美元/台
Atlas		波士顿动力	液压单元驱动，实现更大的扭矩输出	成本 1500-2000 万人民币/台
Digit		Agility Robotics	重心上移，节约功耗	售价 25 万美元/台

资料来源：电子工程专辑官网、开源证券研究所

特斯拉 Optimus 的技术难点主要集中在传动装置上。人形机器人的主要技术难点为：（1）传动技术上，需要解决双足行走时的平衡问题、伺服驱动器承重问题、机电传动响应速度问题等；（2）AI 技术方面，需要搭建稳定高效的视觉算法、步态算法等。目前，特斯拉自主研发的 FSD 系统和 Dojo D1 芯片已能够在算法算力上对 Optimus 进行有力支撑。但在电机、舵机等驱动件方面，特斯拉还存在一定开发空间。

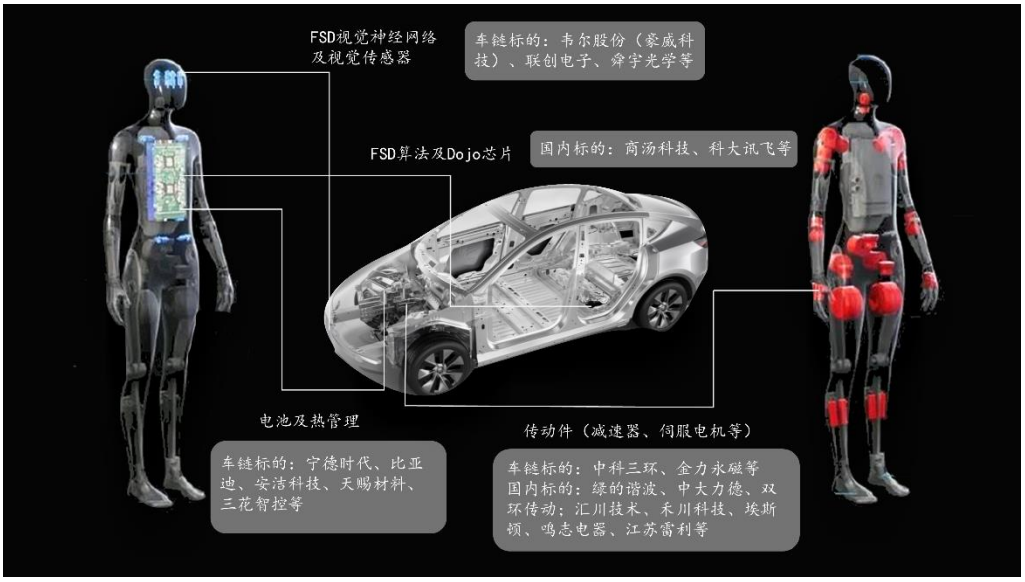
表3：人形机器人主要技术难点包括传动技术和 AI 技术等

关键技术			
传动技术	高性能伺服舵机技术（关节）	高精度、高稳定性的大扭矩伺服驱动器 高扭矩密度、低成本的中小扭矩伺服舵机	硬件
	机械传动技术	离合器技术、弹性体技术、欠驱动灵巧手技术等	
	运动规划与控制	步态规划算法、稳定控制算法 安全交互柔性控制算法等	软件
AI 技术		计算机视觉算法、视觉神经网络等，语音技术	

资料来源：优必选官网、开源证券研究所

我们认为，对于摄像头、柔性皮肤等技术壁垒高、制作难度大的部件，特斯拉将发挥其电动汽车领域积累的供应链及技术优势，进行汽车供应商平移或自制供应；**对于减速器、电机等技术要求较低的驱动部件，特斯拉或寻求外部供应。**因此，**在工业机器人领域具有技术积累和产能优势的厂商可能首先获益。**

图12：特斯拉人车协动：人形机器人、电车部件可平移使用



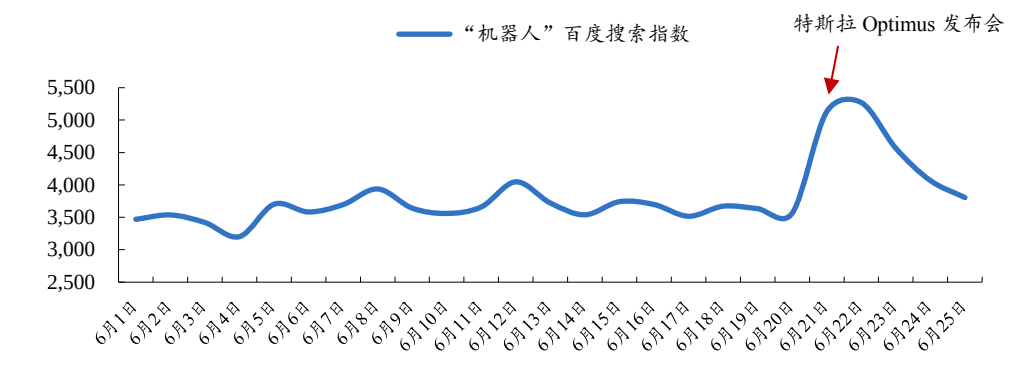
资料来源：特斯拉官网、开源证券研究所

1.4、 东风将起，产业链信心提振加速降本进程

人形机器人的造价成本高昂。受研发投入、设备要求、上下游产业链等因素影响，人形机器人成本售价居高不下：日本 ASIMO 机器人成本在 300-400 万美元/台；波士顿动力 Atlas 机器人成本为 1500-2000 万人民币；Digit 的单台售价达 25 万美元。

特斯拉 Optimus 或加速人形机器人降本。自 2022 年 6 月 21 日特斯拉宣布推出 Optimus 以来，机器人相关产业得到了业内外的高度关注。我们认为，**特斯拉此举将振奋行业信心，带动上下游产业链发展，最终实现机器人部件的大幅降本，加速实现人形机器人量产进程。**

图13：机器人相关产业得到高度关注



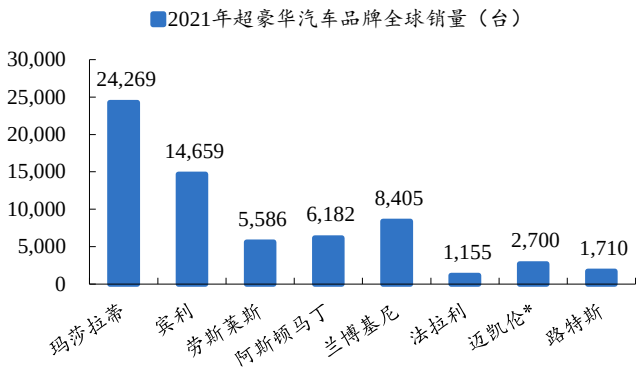
数据来源：百度指数、开源证券研究所

2、 市场空间测算：2030 年加速渗透后人形机器人规模或达 4496 亿

2.1、 人形机器人整机：2030 年加速渗透后或达 4496 亿市场空间

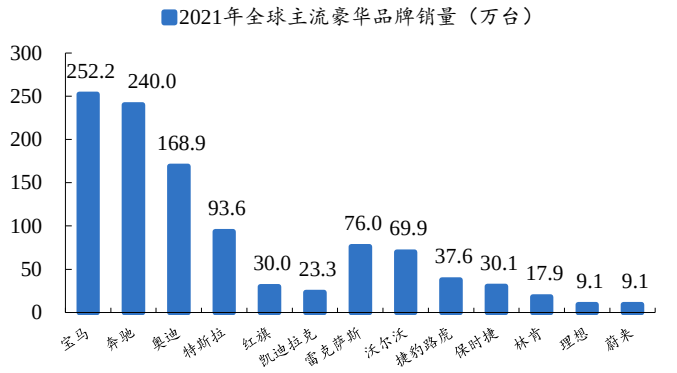
人形机器人整机方面，根据特斯拉发布会披露，Optimus 的最终造价将略低于汽车售价。按买车价格为家庭年结余收支的 1.5 倍计算，50 万元以上豪华汽车买主的家庭结余收支为 75 万元以上，百万元以上超豪华汽车买主的家庭结余收支为 150 万元以上，具备不同等级的 Optimus 机器人的消费能力。

图14：2021 年全球超豪华汽车品牌全球销量 6.7 万台



数据来源：车聚网、开源证券研究所 注：迈凯伦为 2020 年销量

图15：2021 年全球主流豪华品牌汽车销量约 1058 万台



数据来源：车聚网、各公司年报、开源证券研究所

2021 年全球百万元以上超豪华汽车品牌全球销量 6.7 万台，50 万元以上主流豪车品牌销量约 1058 万台。当前阶段人形机器人的主要消费动机为满足尝鲜、炫耀等情感需求，渗透率较低；预计未来量产降价及技术升级后，渗透率将得到显著提升。

假设特斯拉 Optimus 的主要客户群体与百万元以上超豪华汽车买主、豪华品牌汽车买主高度重合，且特斯拉机器人量产进程如期推进，分别于 2023 年/2025 年/2030 年实现 Demo 机落地预定/规模量产/渗透加速，我们做出如下测算：

（1）2023 年 Demo 机落地后，假设特斯拉 Optimus 机器人的预定价格为 7.5 万美元（折合约人民币 50 万元），对百万元以上超豪华汽车买主群体和 50 万元豪华汽车买主群体的渗透率分别为 10%和 1%：**测算人形机器人市场空间约 561.1 亿元。**

表4：假设 2023 年人形机器人首批订单价格 50 万元，测算人形机器人市场空间约 561.1 亿元

人形机器人整机市场空间测算		
Optimus 单价：50 万元	百万元以上超豪华车买主	50 万元以上豪华车买主
人形机器人渗透率	10%	1%
人形机器人销量（万台/年）	0.65	10.6
人形机器人市场空间（亿元）	32.3	528.8
2023 年首批订单市场空间（亿元）	**561.1**	

数据来源：开源证券研究所

（2）2025 年实现规模量产后，假设特斯拉 Optimus 机器人的预定价格为 3 万美元（折合约人民币 20 万元），对百万元以上超豪华汽车买主群体和 50 万元豪华汽车买主群体的渗透率分别为 30%和 10%：**测算人形机器人市场空间约 2153.9 亿元。**

表5：假设 2025 年人形机器人规模量产价格 20 万元，测算人形机器人市场空间约 2153.9 亿元

人形机器人整机市场空间测算		
Optimus 单价：20 万元	百万元以上超豪华车买主	50 万元以上豪华车买主

人形机器人整机市场空间测算		
人形机器人渗透率	30%	10%
人形机器人销量（万台/年）	1.94	105.8
人形机器人市场空间（亿元）	38.8	2115.1
2025 年规模量产市场空间（亿元）	**2153.9**	

数据来源：开源证券研究所

（3）2030 年渗透加速后，假设特斯拉 Optimus 机器人的预定价格为 2.5 万美元（折合约人民币 16.8 万元），对百万元以上超豪华汽车买主群体和 50 万元豪华汽车买主群体的渗透率分别为 50%和 25%：**测算人形机器人市场空间约 4496.0 亿元。**

表6：假设 2030 年人形机器人渗透加速后价格 16.8 万元，测算人形机器人市场空间约 4496.0 亿元

人形机器人整机市场空间测算		
Optimus 单价：16.8 万元	百万元以上超豪华车买主	50 万元以上豪华车买主
人形机器人渗透率	50%	25%
人形机器人销量（万台/年）	3.23	264.4
人形机器人市场空间（亿元）	54.3	4441.7
2030 年加速渗透市场空间（亿元）	**4496.0**	

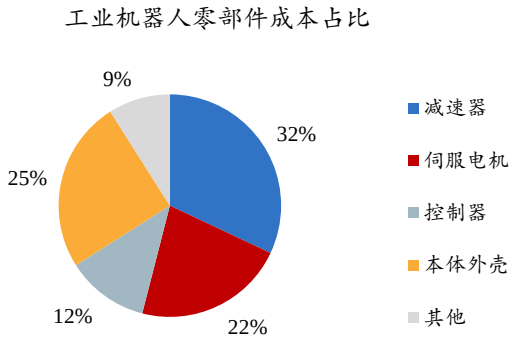
数据来源：开源证券研究所

2.2、 人形机器人驱动部件：减速器、伺服电机或新增数百亿市场

人形机器人零部件方面，产业链较为成熟的工业机器人中，核心零部件减速器、伺服电机和控制器的成本占比接近 70%，分别约为 30%、21%和 15%。

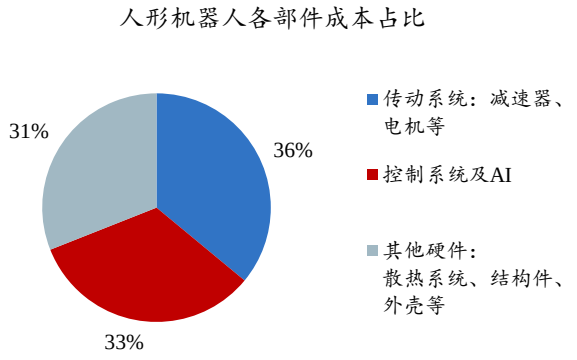
考虑到相对应用场景单一确定的工业机器人，人形机器人应用场景多变复杂，我们认为，控制系统和 AI 的成本占比可能会上升至 1/3。按减速器和伺服电机均价分别为 1000 元和 800 元、人形机器人自由度 40 个、Optimus 量产价格 20 万元估算，**人形机器人传动系统（减速器、伺服电机等）、控制系统及 AI 和其他硬件（散热系统、外壳等）成本占比分别约为 36%（20%+16%）、33%和 31%。**

图16：工业机器人核心零部件减速机、伺服电机及控制器成本占比接近 70%



数据来源：前瞻产业研究院、开源证券研究所

图17：估算人形机器人传动系统、控制系统和其他硬件成本占比约分别约为 36%（20%+16%）、33%和 31%



数据来源：开源证券研究所

假设特斯拉 Optimus 人形机器人各生产阶段 BOM 表比例不变，根据 2023 年/2025 年/2030 年人形机器人整机预测市场规模 561.1/2153.9/4496.0 亿元测算，减速

器、伺服电机等驱动部件新增市场空间约为 202.0/775.4/1618.6 亿元。

表7：测算 2023 年/2025 年/2030 年减速器、伺服电机等驱动部件新增市场空间约为 202.0/775.4/1618.6 亿元

时间	人形机器人整机市场空间（亿元）	零部件市场空间			驱动部件市场空间（亿元）
		零部件名称	BOM 表比例	新增市场空间（亿元）	
2023 年首批预定	561.1	**减速器**	**20%**	**112.2**	**202.0**
		伺服电机	**16%**	**89.8**	
		控制系统及 AI	33%	185.2	
		本体外壳及其他	31%	173.9	
2025 年规模量产	2153.9	**减速器**	**20%**	**430.8**	**775.4**
		伺服电机	**16%**	**344.6**	
		控制系统及 AI	33%	710.8	
		本体外壳及其他	31%	667.7	
2030 年渗透加速	4496.0	**减速器**	**20%**	**899.2**	**1618.6**
		伺服电机	**16%**	**719.4**	
		控制系统及 AI	33%	1483.7	
		本体外壳及其他	31%	1393.8	

数据来源：开源证券研究所

3、 整装待发，国产驱动部件扬帆机器人千亿市场

人形机器人是人类对于机器人的最初想象，也是机械科技的最终设想。特斯拉人形机器人的出现让整个行业迈入更务实的思考阶段，技术驱动带来的颠覆性创新亦带来全新历史性机遇。

人形机器人与传统工业机器人在外观上区别较大，但基本传动原理相差无几。传统工业机器人的零部件主要分为驱动部件、控制器和结构件等。其中驱动部件应用于各活动关节，主要包括减速器、伺服电机等；控制器如关节控制器、处理器等；结构件包括机体外壳、连接件、散热器等。

图18：上游核心零部件分为：减速器、伺服电机和控制系统

资料来源：前瞻产业研究院、开源证券研究所

驱动部件中，减速器是技术壁垒最高的机器人关键零部件，伺服电机是影响机器人工作性能的主要因素。**目前国内工业机器人驱动部件厂商已经具备相当技术产能**

储备，有望将迎来人形机器人数百亿级产业链机会。

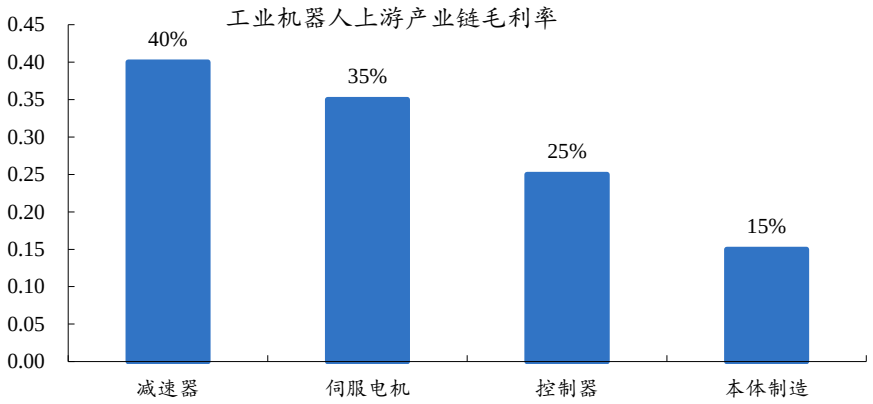
表8：减速器、伺服电机是影响机器人性能表现的关键部件

技术环节	工序原理
减速器	为保证机器人在生产中能够可靠地完成工序任务，在重复执行相同的动作时能保证工艺质量，机器人需要很高的定位精度和重复定位精度。因此，**提高和确保机器人的精度就需要采用减速器**。减速器是机器人最重要的零部件，机器人运动的核心部件“关节”就是由它构成，每个关节都要用到不同的减速机产品。作为技术壁垒最高的机器人关键零部件的减速器按结构不同可以分为五类：1. 谐波齿轮减速器；2. 摆线针轮行星减速器；3. RV 减速器；4. 精密行星减速器；5. 滤波齿轮减速器。**其中，RV 减速器和谐波减速器是机器人最主流的精密减速器。**
伺服电机	伺服电机是机器人的动力系统，一般安装于机器人的关节处，是机器人运动的心脏，通常又可细分为两个部分，一为马达本体，二为运动控制系统。**伺服电机在机器人中用作执行单元，是影响机器人工作性能的主要因素。**伺服电机主要分为步进、交流和直流，机器人行业应用多的是交流伺服，约占 65%。
控制器	控制器是机器人的大脑，负责发布和传递动作指令。包含硬体及软体两部分。硬体是工业控制板卡，软体则是控制演算法。一般较成熟的机器人厂商多半自行开发控制器，以保障品质的稳定性及产品的维修体系，因此也是各机器人制造商的核心技术所在。

资料来源：机器人网、开源证券研究所

三大核心零部件中，减速器的毛利率最高，可达 40%，伺服电机和控制器毛利率分别为 35%和 25%。

图19：三大核心零部件中减速器毛利率最高



数据来源：前瞻产业研究院、开源证券研究所

根据特斯拉发布会披露，Optimus 机器人全身将拥有 40 个自由度，即装配 40 个关节，对应 40 个减速器和 40 个电机。考虑到目前的技术产能水平，我们认为，国内厂商的供应链机会主要在减速器、伺服电机和控制器方面，估算进入供应链的确定性减速器>伺服电机>控制器。

（1）减速器：目前谐波减速器已实现技术突破，可基本实现进口替代。国内谐波减速器市场基本被中国、日本厂商垄断；RV 减速器也初步解决传动精度、扭转刚度、稳定性等性能问题，未来成长空间打开。**考虑到日本企业的零件成本相对高昂，国内厂商进入特斯拉机器人供应链机会较大。**

受益标的：**绿的谐波、中大力德、双环传动。**

（2）伺服电机：受益于电车业务，特斯拉在电机方面已经有了雄厚技术积累，但不排除其寻求代工厂帮助的可能。伺服电机的整体技术壁垒低于减速器，目前国内电机厂商众多，在技术和应用场景等方面皆已取得突破，或有机会进入特斯拉机

器人供应链。可关注已进入特斯拉车链的相关上下游厂商。

受益标的：**汇川技术、禾川科技、埃斯顿**；其中空心杯电机标的：**鸣志电器、江苏雷利。**

（3）控制器：国产厂商已经实现从 0 到 1 的突破，但由于底层软件架构和核心控制算法的不足，国产控制器在稳定性、响应速度、易用性方面与国际主流产品存在差距。**由于控制器成本较高，多数机器人厂商会选择自研，尤其是大型厂商。因此，特斯拉控制器部件自制概率较大。**

图20：国产厂商在减速器、伺服系统领域已实现重大突破

资料来源：亿欧智库、开源证券研究所

3.1、 减速器：中日双寡头垄断，技术壁垒及价值量高企

减速器可以通过降低转速而提高扭矩，以传递较大的负荷，克服伺服电机功率有限导致输出的扭矩较小的缺陷。根据构架和传动原理的不同，减速器可分为 RV 减速器、谐波减速器、行星减速器和摆线针轮减速器。

表9：减速器可分为 RV 减速器、谐波减速器、行星减速器和摆线针轮减速器

减速器	组成构架	优点	缺点
RV 减速器	行星齿轮减速器的前级＋摆线针轮减速器的后级	传动比范围大、寿命长、精度保持稳定、效率高；刚性好、抗冲击能力强、传动平稳、精度高，适合中、重载荷的应用。	制造难、价格贵，在低负载环境下性能不如谐波减速器
谐波减速器	波发生器、刚轮、柔轮、轴承	运动传动精度高、传动比大、质量小、体积小、较小的传动惯性、密闭空间传动；结构简单紧凑，适合于小型化、低、中载荷的应用。	材料容易疲劳损坏、损耗功率大；有回程误差，无法自锁
摆线针轮减速器	输入部分、减速部分	单级传动比为 6-119，可代替两级普通圆柱齿轮减速器，体积可减少 1/2-2/3，质量约减少 1/3-1/2。	机构复杂、制造安装精度高，转臂轴承受力大
精密行星减速器	行星轮，太阳轮，外齿圈	高刚性，高精度、高传动效率，高的扭矩体积比，终身免维护等特点。	安装形式多样，较为复杂

资料来源：高工咨询、高工机器人、开源证券研究所

与通用减速器比，机器人关节减速器需要具有传动链短、体积小、功率大、质量

轻和易控制等特点，RV 减速器和谐波减速器是机器人较为常用的类型。**RV 减速器体积大、负载重，多用于大臂、肩部等大关节；谐波减速器体积小，负载轻，多用于腕部、手部等小关节。**

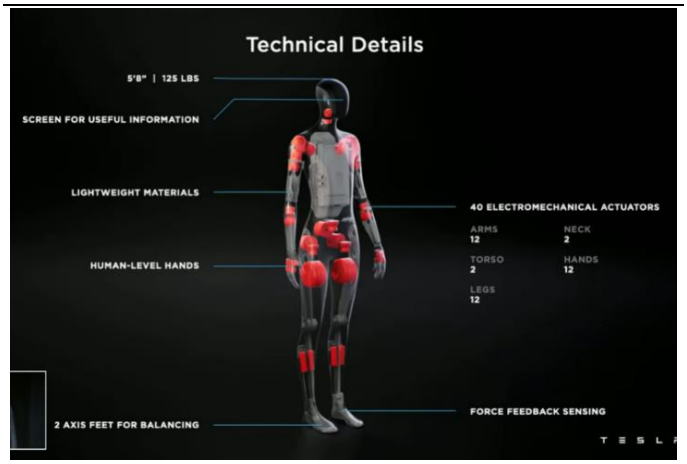
表10：RV 减速器主要用于大负载关节，谐波减速器主要用于小负载关节

类别	RV 减速器	谐波减速器
结构		
技术特点	通过多级减速实现传动,一般由行星齿轮减速器的前级和摆线针轮减速器的后级组成,组成的零部件较多	通过柔轮的弹性变形传递运动,主要由柔轮、刚轮、波发生器三个核心零部件组成。与 RV 及其他精密减速器相比,谐波减速器使用的材料、体积及重量大幅度下降
产品性能	大体积、高负载能力、高刚度	体积小、传动比高、精密度高
应用场景	一般应用于多关节机器人中机座、大臂、肩部等重负载的位置	主要应用于机器人小臂、腕部或手部
终端领域	汽车、运输、港口码头等行业中通常使用配有 RV 减速器的重负载机器人	3C、半导体、食品、注塑、模具、医疗等行业中通常使用由谐波减速器组成的 30kg 负载以下的机器人
价格区间	5000-8000 元/台	1000-5000 元/台

资料来源：绿的谐波招股说明书、开源证券研究所

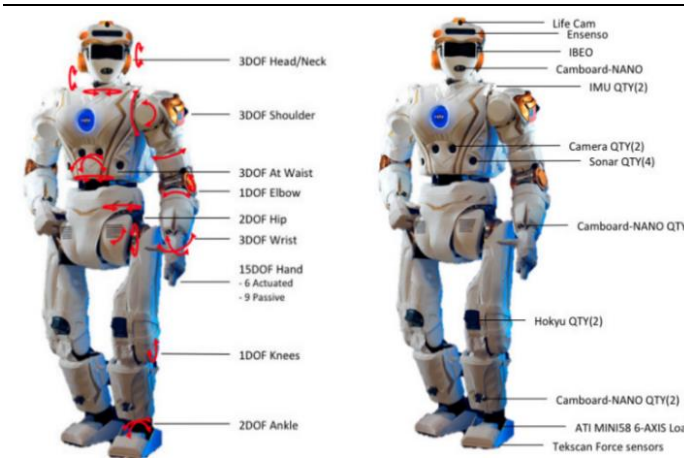
传统 6 轴机械臂中，通常使用 4 个 RV 减速器和 2 个谐波减速器，相当于人形机器人的手臂；人形机器人中负载较重的关节主要包括肩关节、肘关节、膝关节、腰部关节和髋关节等。据特斯拉发布会披露，其 Optimus 机器人双臂/双腿/双手分别有 12 个自由度，颈部/躯干分别有 2 个自由度。参考配有 44 个自由度的 NASA Valkyrie 机器人关节分配，我们**推算一台人形机器人的 RV/谐波/行星减速器用量分别为 4/24/12 个。**

图21：Optimus 双臂/双腿/双手分别有 12 个自由度，颈部/躯干分别有 2 个自由度



资料来源：特斯拉官网

图22：NASA Valkyrie 机器人全身配有 44 个自由度



资料来源：NASA Johnson Space Center

表11：估算人形机器人单机 RV/谐波/行星减速器用量分别为 4/24/12 个

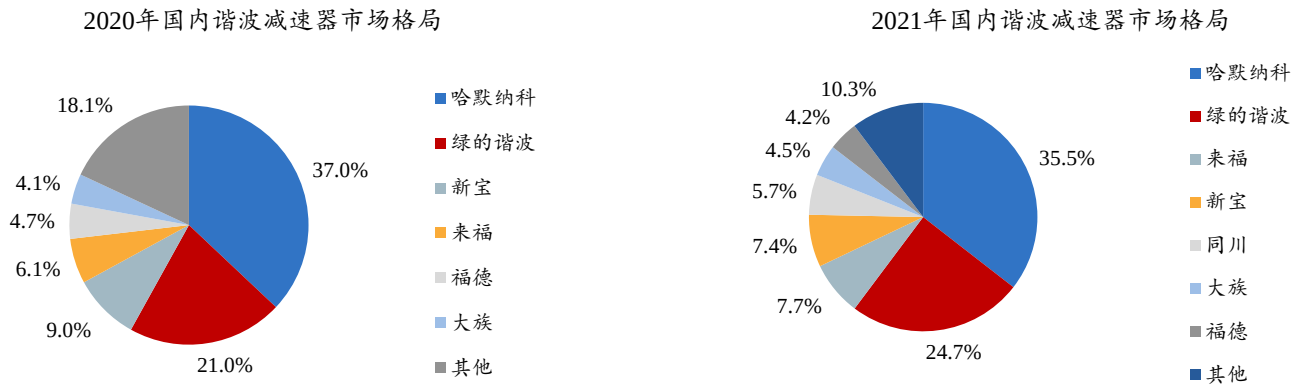
关节部位	RV 减速器	谐波减速器	行星减速器	总计
双臂		8	4	12
双腿	2	6	4	12

关节部位	RV 减速器	谐波减速器	行星减速器	总计
双手		8	4	12
颈部		2		2
躯干	2			2
总计	**4**	**24**	**12**	**40**

数据来源：开源证券研究所

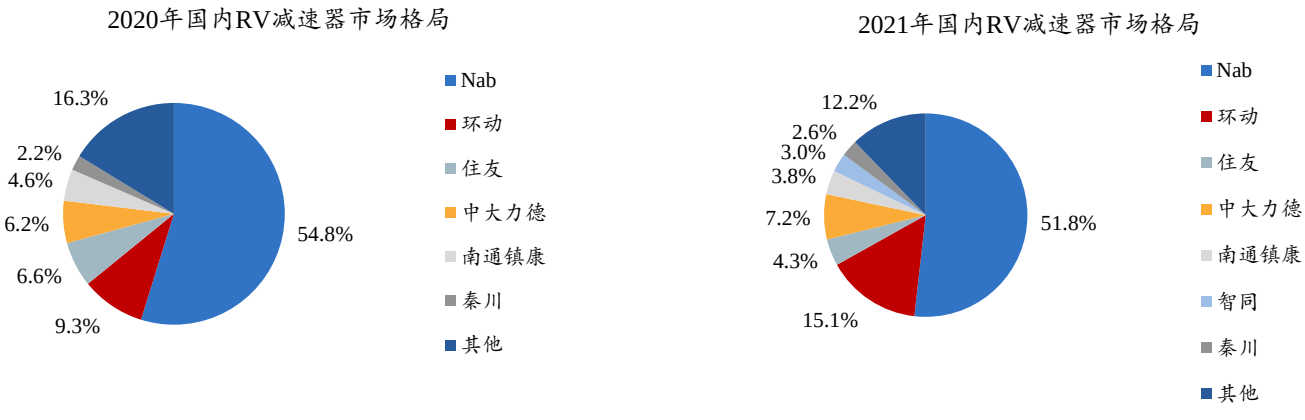
目前国内市场中，国产谐波减速机厂商逐渐打破日本垄断，形成中日双寡头的行业格局；RV 减速器方面国内厂商的市占率同样大幅提升。**我们认为，国产减速器进入特斯拉产业链确定性最大，**主要原因有三：（1）世界上有能力量产减速器的厂商仅有几家：外资厂商纳博、住友、哈默纳科、SPINEA，国产厂商绿的谐波、来福谐波等，其中住友的减速机业务收入远低于其他板块，不受重视，SPINEA 的减速机业务已被战略放弃；（2）人形机器人量产需要产能支持，但**外资产能与客户深度绑定，扩张保守；国内扩张快，能够支撑订单增长**；（3）**目前国内厂商已实现工艺突破，国产谐波、RV 减速器接受度不断提高。**

图23：国内谐波减速器市场被中日厂商垄断



数据来源：高工咨询、高工研究院、开源证券研究所

图24：RV 减速器国内厂商市占率大幅提升

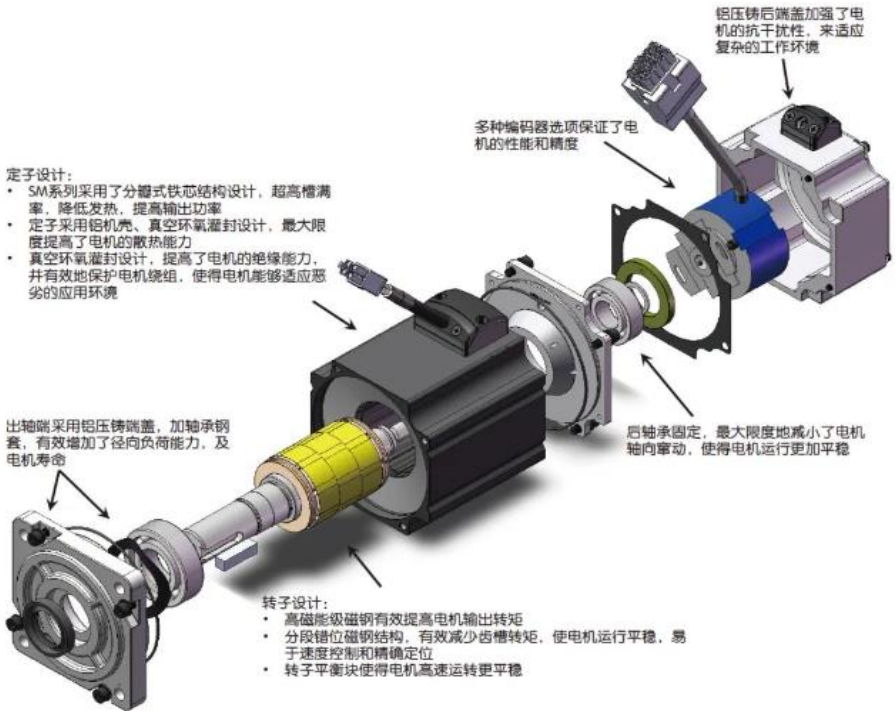


数据来源：高工咨询、高工研究院、开源证券研究所

3.2、伺服电机：国内厂商众多，或存在供应链机会

伺服电机一般安装在机器人的“关节”处，是机器人运动的“心脏”。机器人对伺服系统的要求较高，必须满足快速响应、高起动转矩、动转矩惯量比大、调速范围宽等特点，且满足体积小、重量轻、加减速运行等条件，需要具有高可靠性和稳定性。**关节越多，机器人的柔性和精准度越高，所要使用的伺服电机的数量就越多。**

图25：伺服电机体积小、精度高，大范围应用于机器人领域



资料来源：鸣志电器官网

特斯拉的电车电机技术积累丰厚，采用自制供应，但不排除其在人形机器人上寻求代工厂帮助的可能。伺服电机的整体技术壁垒低于减速器，**国内电机厂商有机会进入特斯拉机器人供应链。可关注之前已进入特斯拉车链的相关标的。**

3.3、 其他硬件

人形机器人的其他硬件包括散热器、电池、结构件等。**散热器方面，**大舵机关节等位置的散热需求较为明显。目前主要散热方式包括水冷、风冷等，本田机器人曾在内部安装风扇散热。**电池方面，**参照概念图，Optimus 的电池通过扁平化板状设计安装在胸前，背部设置了算力板。人形机器人的电池体积较小，对电池热管理的要求低于电车。**结构件方面，**人形机器人在三电系统、传动系统、热管理系统等方面的结构件上或可与电车协动。

图26：人形机器人结构件方面或可与电车协动

资料来源：亚太科技年报

4、 受益标的

4.1、 减速器（BOM 占比 20%）

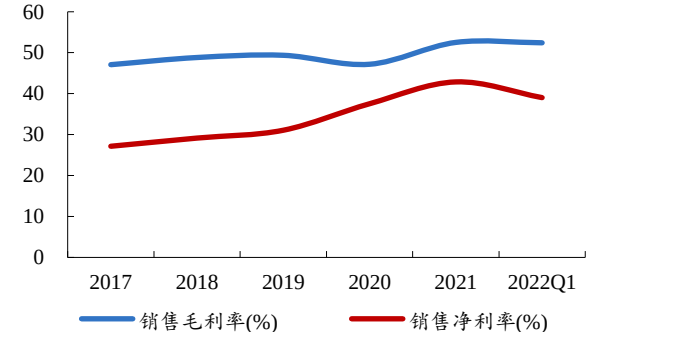
4.1.1、 绿的谐波：国内首家量产谐波减速器的龙头厂商

国产谐波减速器龙头。绿的谐波是一家专业从事精密传动装置的研发、设计、生产和销售的高新技术企业，主要产品包括**谐波减速器、机电一体化产品和精密零部件。**绿的谐波是国内首家量产谐波减速器的厂商，下游客户覆盖国内主流机器人厂商，**如埃斯顿、新时达、埃夫特以及优必选等，国外客户包括 Universal Robots、Kollmorgen、Varian Medical System。**

技术领先筑就高盈利水平。2017-2021 年，绿的谐波毛利率稳定在 47%之上，2022Q1 达到 52.42%，**其中核心产品谐波减速器毛利率接近 60%，盈利能力表现靓丽。**2021 年营业收入 4.43 亿元，**其中谐波减速器收入占比达 94%，**为核心业务。

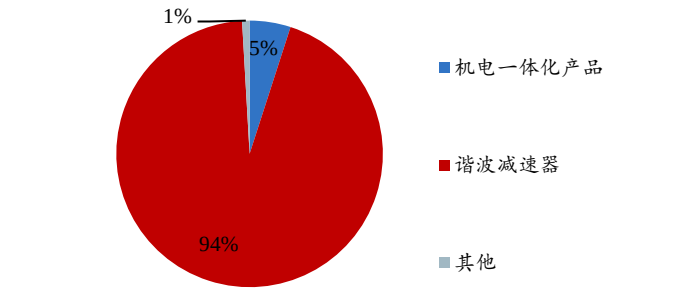
产能及技术优势打造国产谐波减速器龙头。绿的谐波是全球仅有的几家能够规模量产谐波减速器的厂商之一。根据绿的谐波招股书，绿的谐波**在国内自主品牌机器人渗透率超过 60%，为国产第一。**

图27：绿的谐波毛利率保持在 47%以上，盈利能力较强



数据来源：Wind、开源证券研究所

图28：2021 年绿的谐波谐波减速器收入占比达 94%



数据来源：Wind、开源证券研究所

4.1.2、 中大力德：减速器技术领先企业，全方位布局

中大力德目前主要产品包括 **RV 减速器、传动行星减速器、各类小型及微型减速电机**等，为各类机械设备提供安全、高效、精密的动力传动与控制应用解决方案。

订单彰显 RV 减速器深厚技术底蕴。2018 年，中大力德与客户签订了 RV 减速机产品合同，在 2018 年 5 月至 2019 年 12 月向其供应不低于 3 万个 RV 减速机；2018 年 9 月与该客户再度签订合同，在 2019 年底供应不低于 5 万个行星减速机。RV 减速器作为掣肘国产机器人突破的核心因素，**中大力德连续签订大单充分彰显技术实力，进口替代空间广阔，同时也体现了中大力德在 RV 减速器领域的技术水平和制造能力。**

图29：中大力德签订 RV 减速器大额订单，充分彰显公司技术底蕴

资料来源：中大力德官网、开源证券研究所

深度绑定下游客户，市占率有望进一步突破。目前中大力德 RV 减速器已经覆盖下游客户超 50 家，使用期最长的已经到 3 年以上，产品主要应用在焊接、搬运等机器人关节。

图30：中大力德在 RV 减速器领域处于领先地位，覆盖市场主流客户

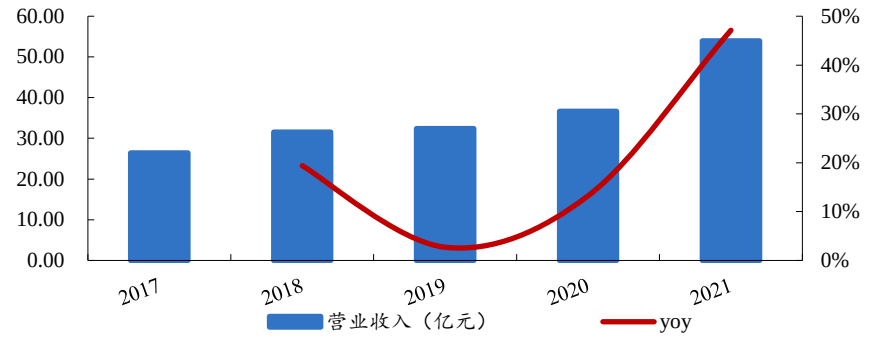
资料来源：中大力德官网

4.1.3、 双环传动：高精密齿轮龙头，RV 减速器厚积薄发

高精密齿轮龙头，向减速器延伸。双环传动凭借 40 多年精密传动开发经验及深厚技术底蕴，向 RV 减速器领域拓展，成功打破外资垄断，**产品在精度、寿命、噪音控制上都对标国际巨头纳博特斯克。**

技术壁垒持续突破，破局 RV 减速器。双环传动自 2012 年开始研发 RV 减速器，于 2015-2016 年形成小批量出货。目前，双环传动 RV 减速器产品有 SHPR-E、SHPR-C、 SHPR-H 等三大系列、40 余个型号，产品矩阵不断丰富。

图31：RV 减速器业务助力中大力德业绩快速放量，2017-2021 年 CAGR=20%



数据来源：Wind、开源证券研究所

（1）客户端：2018 年与埃夫特建立战略合作关系（**达成 10000 套减速器销售**），2020 年开始向大多数一线国产机器人客户供货。新研制的大负载及高功重比的系列化减速器已成功应用于埃夫特、新松、广州数控等国内主流机器人产品中，**实现了稳定的批量供应。**

（2）市占率：根据高工机器人数据，**2021 年双环传动为中国市场份额仅次于纳博特斯克的 RV 减速器供应商，国产替代初具成果。基本实现机器人减速器产品全覆盖和国产化替代，夯实了双环传动国内机器人减速器领先地位。**

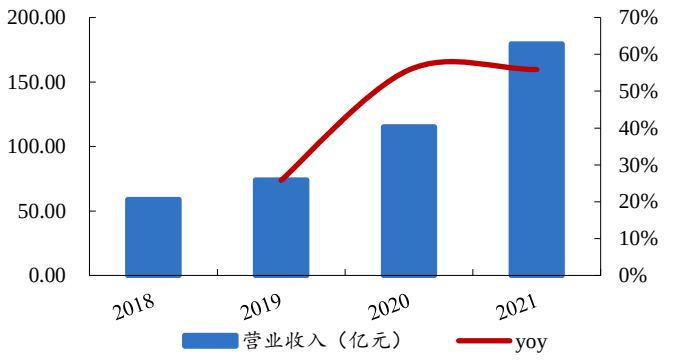
4.2、 伺服电机（BOM 占比 16%）

4.2.1、 汇川技术：国内伺服龙头，进军智能制造

汇川技术创始于 2003 年，致力于从事工业自动化和新能源相关产品的研发、生产和销售。深耕工业自动化领域 20 年，汇川技术已经从单一的变频器供应商发展成机电液综合产品及解决方案供应商，多元化打造“**通用自动化+电梯电气系统+新能源汽车+轨道交通+工业机器人**”布局，各业务板块形成协同效应，打造技术闭环。

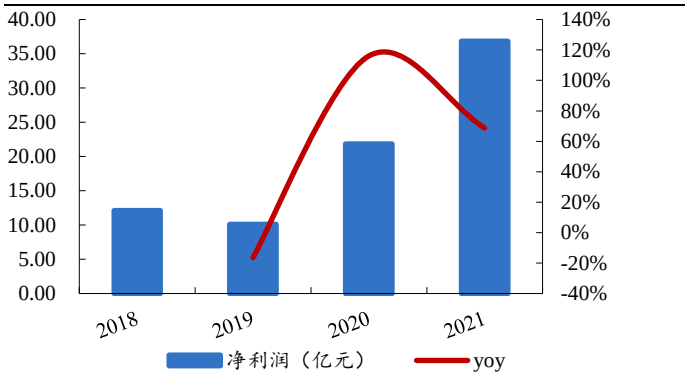
汇川技术为国内工控龙头，在产品、份额、技术、平台、管理等环节优势凸显，业务覆盖通用自动化、电梯电气大配套、新能源汽车、机器人、轨道交通等领域。运动控制系统方面，相关产品包括伺服系统、伺服电机和运动控制器等。汇川技术打造多元化产品布局，近几年收入快速增长，2018-2021 年净利润 CAGR=45%。

图32：汇川技术 2021 年营收 179 亿元，4 年 CAGR =45%



数据来源：Wind、开源证券研究所

图33：汇川技术 2018-2021 年净利润 CAGR=45%



数据来源：Wind、开源证券研究所

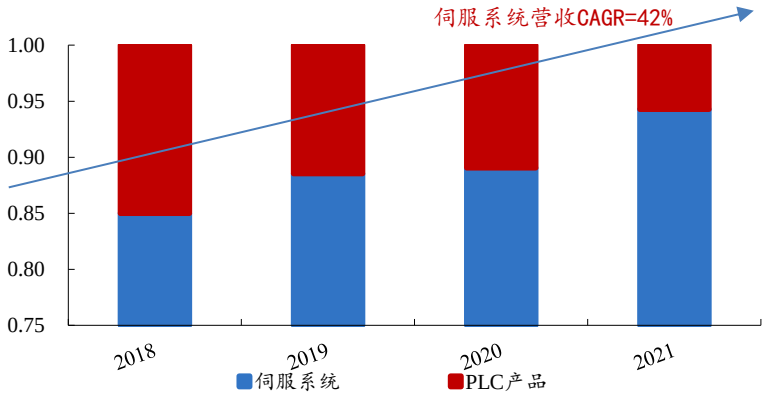
根据汇川技术公告，**2021 年公司在伺服电机领域为国内第一，变频器国内前三，SCARA 机器人内资份额第一，电梯一体化控制器份额第一。我们认为，汇川技术已**

形成包含技术优势以及强大的一体化优势的创新体系，具备先发效应，市场份额有望继续提升、演绎强者恒强逻辑。

4.2.2、 禾川科技：伺服新锐势如破竹

禾川科技成立于 2011 年，主要产品包括伺服系统、PLC 等，覆盖了工业自动化领域的控制层、驱动层和执行传感层，并在近年沿产业链上下游不断延伸，涉足上游的工控芯片、传感器和下游的高端精密数控机床等领域。其中，伺服系统作为禾川科技的核心产品，搭载自主研发的编码器，在定位精度、速度控制、额定转矩等核心性能指标上均具有较强的竞争力，**在国内品牌厂商中保持优势地位，2020 年禾川科技通用伺服系统的市场占有率约为 3%，国产品牌中位列第二。**

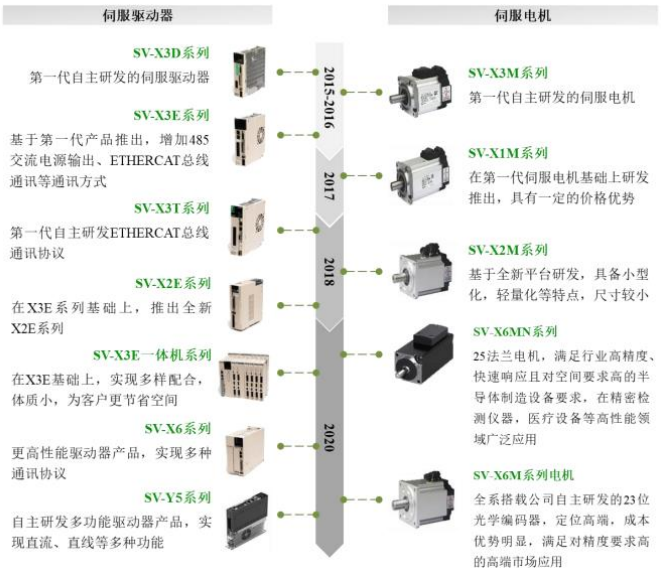
图34：禾川科技核心产品为伺服系统，2021 年营收占比为 88%



数据来源：Wind、开源证券研究所

禾川科技核心产品为伺服系统，2021 年占比营收达 88%，主要应用于 3C 电子、光伏、机器人等中高端先进制造领域，并覆盖**宁德时代、先导智能、捷佳伟创、顺丰控股、工业富联、隆基股份、蓝思科技、埃夫特等多家行业龙头企业。**这些行业客户对伺服系统的性能要求较高，兼具技术和品牌壁垒。

图35：禾川科技伺服系统、伺服电机产品不断更新



资料来源：禾川科技招股说明书

此外禾川科技**围绕“控制层、驱动层、执行传感层”三大技术领域着力打造工业**

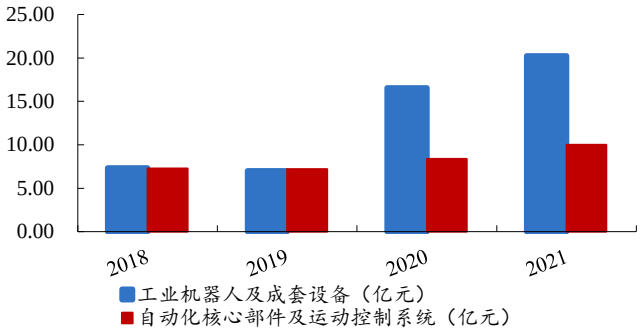
自动化领域生态圈，积极打通上下游产业链，自主研发设计工控芯片，打造供应链一体化布局。

4.2.3、 埃斯顿：国产机器人龙头，打造多元产品矩阵

埃斯顿成立于2002年，成长初期以金属成型机床数控系统和电液伺服系统为主，2010年后凭借自身核心零部件优势开始布局工业机器人产品，**依托品牌优势和技术优势加速扩张，“通用+细分”战略助埃斯顿跻身成为国内工业机器人行业龙头。**

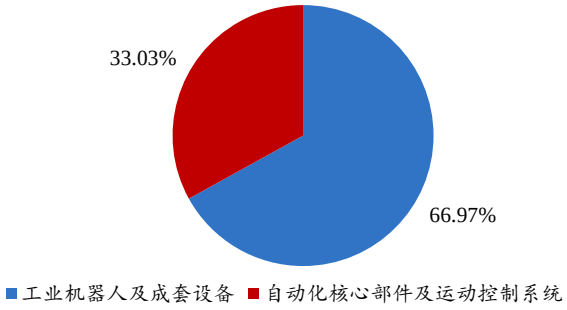
外延并购提升技术优势：埃斯顿本身在伺服驱动、伺服电机和控制系统等核心环节已具有较高技术实力，同时**相继在2016年对外投资意大利机器视觉公司Euclid填补视觉技术空白，2017年收购英国Trio加强运动控制技术能力。**依托内生外延的技术优势构筑护城河。埃斯顿技术实力强劲，产品研发不断推陈出新，已形成以工业机器人本体为主的丰富多元的产品矩阵。

图36：埃斯顿工业机器人设备2018-2021 CAGR=40%



数据来源：Wind、开源证券研究所

图37：2021年埃斯顿工业机器人营收占比达67%



数据来源：Wind、开源证券研究所

埃斯顿同时掌握数控、伺服系统、运动控制、机器视觉等技术，2021年进一步扩大机器人机械零部件高度自动化、高精度的FMS柔性生产线。根据埃斯顿年报显示，**埃斯顿通过积累底层技术和外延并购优质资产，已经实现了机器人80%的关键零部件自主供应，从而实现降本增效，构建高质量品质的技术壁垒。**同时在核心技术加持下，埃斯顿强化供应链上下游协同，缩短供货周期，助力机器人本体的规模化生产。

4.2.4、 鸣志电器：步进电机龙头，横向扩展伺服电机

鸣志电器成立于1998年，目前已经成为全球领先的步进电机制造商，同时深入布局无刷电机、伺服系统等领域。鸣志电器产品大多属于定制型产品，**主要应用于工业自动化和高端信息化技术领域，50%以上步进电机产品销往美国、日本等地，**下游客户多为国际知名企业，包括Panasonic，Fujitsu，Siemens，Ericsson等。

图38：鸣志电器下游客户覆盖全球

资料来源：鸣志电器官网

空心杯电机主要面向智能化和高精尖行业，是未来高端领域的主流趋势。空心杯电机由于具有与其他电机**相比较高转速、低维护和长寿命的优势**，通常被使用在控制要求比较高，转速比较高的设备上，如**智能机器人等**。该类智能化、高精尖行业对电机价格敏感度较低，对电机性能要求较高，为空心杯电机提供了持续广阔的发展应用空间。

表12：空心杯电机具备启动转矩低、能量转换利用率高以及转动波动小等特点

优势	具体
启动转矩低	由于无磁滞损耗、无齿槽效应所以启动转矩非常低，通常轴承负荷是唯一的阻碍。
能量转换利用率高	空心杯电机不需要铁芯发电，于是可以完全摆脱铁芯在电磁场中的涡流对整个发电装置造成的电力耗损，同时也减少了转动摩擦与转动惯量。所以空心杯电机能量转换利用率十分高，可将八成的电能转换为机械能，能比有铁芯的电动机提升一成以上。
转动波动小	与传统电机铁芯潜在的机械损耗，空心杯电机拥有十分可靠的运行稳定性。并且其体积与重量摆脱了传统铁芯的限制，在拓展设计上有了很大的发挥空间可以引入很多先进技术来调整转速波动，使得空心杯电机发生波动的频率与时间都远远小于传统电动机，因此空心杯电机成为精密电器的不二之选。

资料来源：万泰电机官网、开源证券研究所

传统步进电机领域：鸣志电器 HB 步进电机出货量由 2016 年的 814 万台提升至 2019 年的 1817 万台，市占率由 10%提升至 18%，**销售量进入全球前三，鸣志电器是行业龙头中唯一非日本厂商，打破了日本企业对该行业的垄断。**

向空心杯电机领域拓展：鸣志电器通过收购 Amp、Lin、Tecnhnosoft Motion 等公司快速完成了新技术积累以及生产、销售渠道的全球化布局。2018 年鸣志电器收购 Technosoft Motion 公司 100%的股权。T Motion 公司在控制电机（**尤其是空心杯电机、无槽无刷电机**）的驱动控制系统始终保持着全球领先的技术实力。

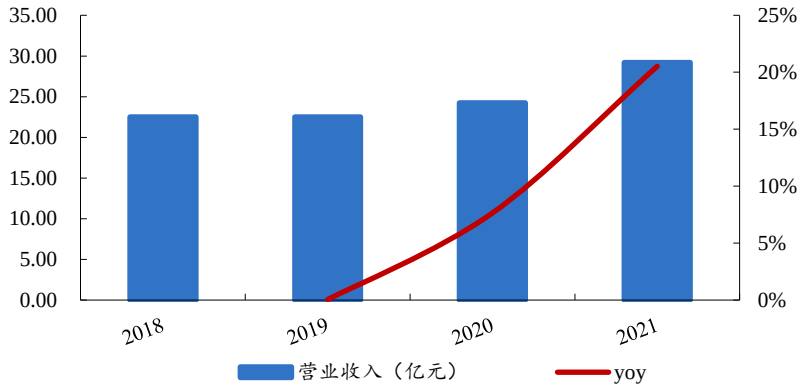
4.2.5、 江苏雷利：空心杯电机国产领军者

江苏雷利成立于 1993 年，以步进电机起家，下游主要覆盖家电行业。由于下游家电行业已经步入成熟阶段，需求增速有所放缓，江苏雷利通过外延的方式，提前布局发展潜力更大的医疗领域，于 2019 年成功收购了高端医疗仪器用丝杆电机制造公

司鼎智科技，**向空心杯电机以及音圈电机等领域延伸**，加快国产化进程。

空心杯电机属于微电机行业中高精尖产品，具有工作效率高、功率密度大以及控制精准等特点，可广泛应用于高端医疗手术机器人、航空航天等领域，市场需求广阔。此外，**江苏雷利实现了空心杯电机线圈制造技术突破，能够进行空心杯电机的自动化批量生产**。

图39：江苏雷利 2021 年实现营收 29 亿元，同比提升 21%



数据来源：Wind、开源证券研究所

表13：受益标的集中在减速器和伺服电机两大领域

细分领域	受益标的			EPS			PE		
	代码	公司名称	评级	2022E	2023E	2024E	2022E	2023E	2024E
减速器	688017.SH	绿的谐波	未评级	1.60	2.21	2.95	87.77	63.30	47.52
	002896.SZ	中大力德	未评级	-	-	-	-	-	-
	002472.SZ	双环传动	增持	0.68	0.97	1.31	46.81	32.91	24.28
伺服电机	300124.SZ	汇川技术	未评级	1.57	2.03	2.59	40.87	31.65	24.85
	688320.SH	禾川科技	未评级	1.07	1.67	2.37	42.70	27.28	19.20
	002747.SZ	埃斯顿	买入	0.26	0.4	0.54	51.5	33.8	25.2
	603728.SH	鸣志电器	未评级	0.81	1.28	1.97	26.41	16.73	10.82
	300660.SZ	江苏雷利	未评级	1.34	1.86	-	24.87	17.80	-

数据来源：Wind、开源证券研究所 注：表中双环传动、埃斯顿盈利预测来源为开源证券研究所，其余各公司盈利预测来源为 Wind 一致预测，最新收盘日 2022 年 7 月 7 日

5、 风险提示

特斯拉机器人研发及量产进度不如预期：人形机器人对于 AI 软件及硬件具备更高要求，如果特斯拉 AI 技术及硬件研发进度不及预期，会影响人形机器人量产进程。

疫情反复及国际贸易摩擦加剧风险：新冠疫情反复叠加国际贸易摩擦加剧，给国内及国际货运及供应链体系带来较大不确定性，若国外供应链监管趋严，将使国内机器人核心零部件厂商面临严峻挑战。

附表：市场空间测算表

参考国内厂商的技术产能水平，我们认为，机器人驱动部件中，减速机、伺服电机、控制器进入特斯拉供应链的机会较大，**确定性减速器>伺服电机>控制器。**

表14：2030 年渗透加速后，人形机器人市场空间或达 4496 亿元

时间	人形机器人市场空间测算			机器人零部件市场空间测算	
2023 年 Demo 落地首批预定	**Optimus 单价：50 万元**	**超豪华车买主**	**豪华车买主**	**零部件名称**	**零部件市场空间（亿元）**
	人形机器人渗透率	10%	1%	**减速器**	**112.2**
	人形机器人销量（万台/年）	0.65	10.6	**伺服电机**	**89.8**
	人形机器人市场空间（亿元）	32.3	528.8	控制系统及 AI	185.2
	人形机器人总市场空间（亿元）	**561.1**		本体外壳	173.9
2025 年规模量产	**Optimus 单价：20 万元**	**超豪华车买主**	**豪华车买主**	**零部件名称**	**零部件市场空间（万元）**
	人形机器人渗透率	30%	10%	**减速器**	**430.8**
	人形机器人销量（万台/年）	1.94	105.8	**伺服电机**	**344.6**
	人形机器人市场空间（亿元）	38.8	2115.1	控制系统及 AI	710.8
	人形机器人总市场空间（亿元）	**2153.9**		本体外壳	667.7
2030 年渗透加速	**Optimus 单价：16.8 万元**	**超豪华车买主**	**豪华车买主**	**零部件名称**	**零部件市场空间（万元）**
	人形机器人渗透率	50%	25%	**减速器**	**899.2**
	人形机器人销量（万台/年）	3.23	264.4	**伺服电机**	**719.4**
	人形机器人市场空间（亿元）	54.3	4441.7	控制系统及 AI	1483.7
	人形机器人总市场空间（亿元）	**4496.0**		本体外壳	1393.8

数据来源：开源证券研究所

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。根据上述规定，开源证券评定此研报的风险等级为R3（中风险），因此通过公共平台推送的研报其适用的投资者类别仅限定为专业投资者及风险承受能力为C3、C4、C5的普通投资者。若您并非专业投资者及风险承受能力为C3、C4、C5的普通投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研报中的任何信息。
因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师承诺

负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。负责准备本报告的分析师获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户的反馈、竞争性因素以及开源证券股份有限公司的整体收益。所有研究分析师或工作人员保证他们报酬的任何一部分不曾与，不与，也将不会与本报告中具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

股票投资评级说明

	评级	说明
证券评级	买入（Buy）	预计相对强于市场表现 20%以上；
	增持（outperform）	预计相对强于市场表现 5%～20%；
	中性（Neutral）	预计相对市场表现在－5%～＋5%之间波动；
	减持	预计相对弱于市场表现 5%以下。
行业评级	看好（overweight）	预计行业超越整体市场表现；
	中性（Neutral）	预计行业与整体市场表现基本持平；
	看淡	预计行业弱于整体市场表现。
备注：评级标准为以报告日后的 6~12 个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅表现，其中 A 股基准指数为沪深 300 指数、港股基准指数为恒生指数、新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）、美股基准指数为标普 500 或纳斯达克综合指数。我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。		

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

法律声明

开源证券股份有限公司是经中国证监会批准设立的证券经营机构，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供开源证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的机构或个人客户（以下简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告是发送给开源证券客户的，属于机密材料，只有开源证券客户才能参考或使用，如接收人并非开源证券客户，请及时退回并删除。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，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、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他金融工具的邀请或向人做出邀请。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，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波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。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。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所引致的任何损失负任何责任。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告做出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的开源证券网站以外的地址或超级链接，开源证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了客户使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

开源证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。开源证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

本报告的版权归本公司所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

开源证券研究所

上海
地址：上海市浦东新区世纪大道1788号陆家嘴金控广场1号楼10层
邮编：200120
邮箱：research@kysec.cn

深圳
地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号楼45层
邮编：518000
邮箱：research@kysec.cn

北京
地址：北京市西城区西直门外大街18号金贸大厦C2座16层
邮编：100044
邮箱：research@kysec.cn

西安
地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层
邮编：710065
邮箱：research@kysec.cn