

AI浪潮下一站：具身智能

证券分析师

张良卫

执业证书: S0600516070001

联系方式: zhanglw@dwzq.com.cn

研究助理

卞学清

执业证书: S0600121070043

联系方式: bianxq@dwzq.com.cn

2023年5月23日

- **科技巨头站台，人形机器人与“具身智能”再受关注。** 特斯拉2023年股东大会上，马斯克表示，人形机器人将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”。英伟达创始人黄仁勋在ITF World 2023半导体大会上也表示，AI下一个浪潮将是“具身智能”。
- **“具身智能”意指有身体并支持物理交互的智能体，人形机器人为标杆产品。** 具身智能，首先需要听懂人类语言，分解任务、规划子任务，移动中识别物体，与环境交互，最终完成任务。我们认为人形机器人很好的契合了具身智能的要求，有望成为标杆应用。机器人研究的关键在于让机器人适应人类环境，最终走进千家万户的生活（工业、餐饮、医疗等多领域）。人形机器人有望率先在B端上量，最终打开C端市场。远期市场空间可观。
- **感知、运动、交互为三大模块，重视机器视觉领域发展。** 减速器、电机、控制器、传感器为核心零部件，前两者构成机器人的关节，在价值量上占据大头；传感器是实现具身智能的基础，作为“软硬结合”的核心零组件，后续多模态GPT的发展同样离不开传感器，因此同样值得重视。
- **投资建议：** 产业链仍处早期，建议关注战略性环节。1）核心成本项，减速器（绿的谐波）、电机（鸣志电器）、动力装置（兆威机电）；2）传感器&机器视觉（韦尔股份、思特威-W、宇瞳光学、奥普特、天准科技）
- **风险提示：** 人形机器人降成本速度低于预期；ChatGPT技术发展不完善、应用不及预期；AI基础设施不及预期；AI伦理风险等



- 一、人形机器人概览，投资前景广阔
- 二、市场：补充劳力-简单家务-情感交流
- 三、核心零部件梳理：减速器国产实现替代可能性最大
- 四、感知模块值得关注：摄像头/机器视觉厂商存良机
- 五、投资建议&风险提示

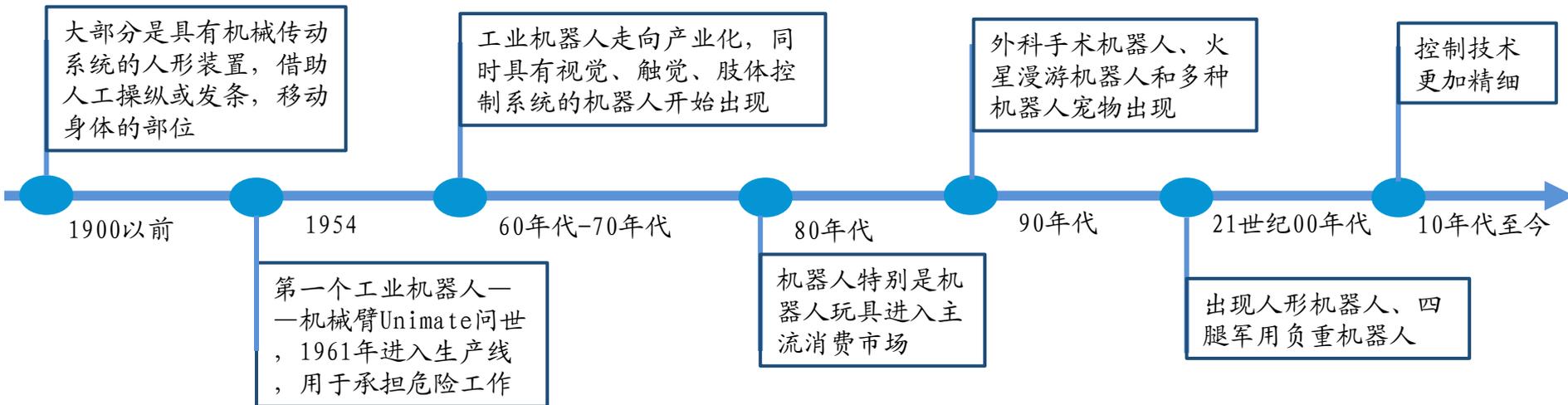
一、人形机器人概览

- 1.1. 机器人概述：应用场景逐渐泛化，由“自动化”向“智能化”演进
- 1.2. 机器人可分为工/服二类，人形机器人更偏向服务机器人
- 1.3. 人形机器人灵活性强、亲和力高，前景广阔，但尚需技术攻关
- 1.4. 国内外科技公司入局人形机器人，投资前景广阔

1.1. 机器人概述：应用场景逐渐泛化，且由“自动”向“智能”演进

- 机器人是具备一定程度自主能力的可编程多功能操作机。根据美国机器人协会，机器人是一种可编程和多功能的操作机，或是为了执行不同任务而具可编程动作的专门系统。
- 机器人的应用场景逐渐泛化，覆盖更多客户。最初的机器人的核心功能是替代人进行重复的、危险的工作，同时提高效率与精度；之后以“服务人”为功能的机器人走入人们的眼帘，用于迎宾接待等与人类距离更近的场景，娱乐/扫地机器人等大规模进入家庭；接着其高精度的特性被用于物流、医疗，自动取件、辅助护理机器人开始出现。
- 机器人逐步由“自动化”向“智能化”演进。机器人的发展经历了三代的演进，第一代为程序控制机器人：通过编程或示教将动作指令输入机器人中，而由于缺乏外部传感器，机器人只能刻板地完成程序规定的动作，一旦环境情况略有变化，机器人的工作就会出现问題；第二代为自适应机器人：其带有视觉、力觉等传感器，能据传感器获得的信息调整工作状态；第三代为智能机器人：其拥有更丰富的传感器，不仅能获取并处理外部综合信息，甚至能据此自己制定行动目标，其智能主要体现在感知交互、独立决策、自我优化三个方面。

图表：机器人演进历程

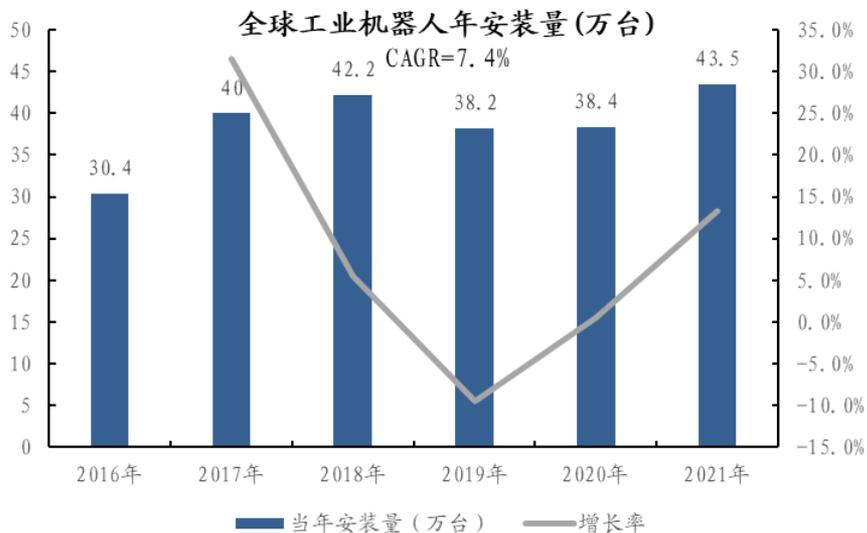


1.2. 机器人可分为工/服二类，人形机器人更偏向服务机器人

1.2.1. 机器人分类及市场规模

- 机器人一般分为工业机器人、服务机器人两大类，对应着不同的应用场景与结构要求。IFR将机器人分为工业/服务机器人两种大类，前者“运用在工业自动化中，以自动化控制、可编程、多功能、三轴以上为特点，基于搬运、焊接、喷涂、装配等不同用途装配特定的末端执行器”。后者则为半自主或全自主工作的机器人，它能完成有益于人类的服务工作，但不包括从事生产。
- 自动化、消费升级不断扩展着对两类机器人的需求，且服务机器人市场规模的增速更大。数据受限，工业机器人的市场规模使用“年安装量”衡量，服务机器人则使用“年销售量”衡量，口径不一，但能大抵反映出两类机器人的规模增速。

图表：全球工业机器人市场规模



图表：全球服务机器人市场规模

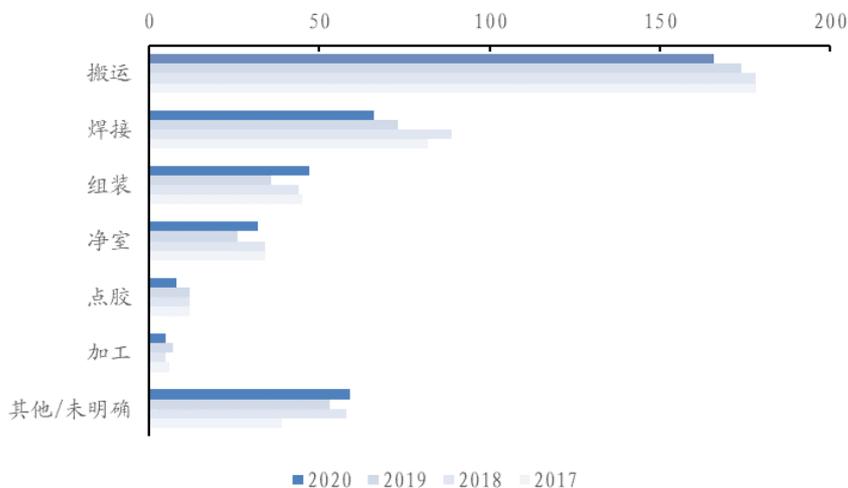


1.2. 机器人可分为工/服二类，人形机器人更偏向服务机器人

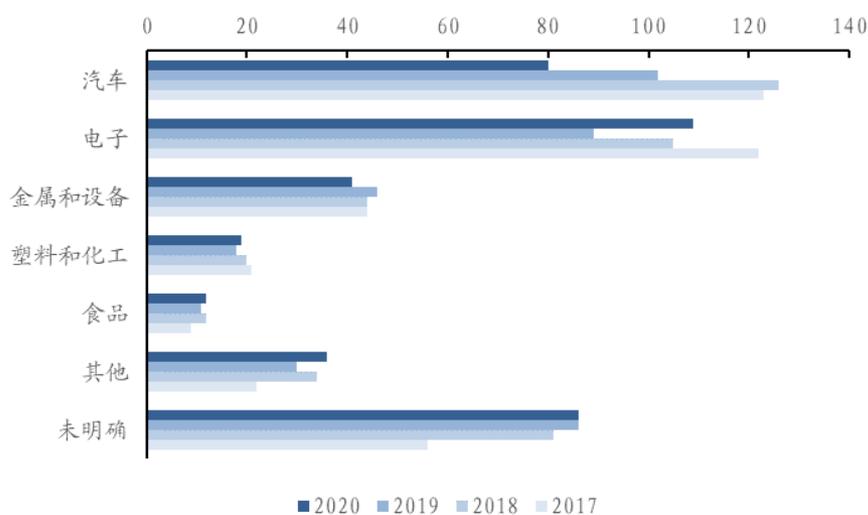
1.2.2. 工业机器人

- 按照工作类型划分，搬运、焊接工业机器人年安装量最高。按照工作类型，工业机器人可分为：搬运、焊接、组装等几类，根据IFR，搬运、焊接机器人的全球年安装量最高，这体现出这二者在不同行业都将用到，且相关技术较成熟。
- 工业机器人主要应用领域：以电子、汽车等大批次、高精度、标准化的作业场景居首。工业机器人负载大、精度高、前期固定成本高，故在需要进行大批次、标准化作业的领域中更受欢迎。根据IFR，工业机器人在电子、汽车行业的安装量最高。例如特斯拉、上汽工厂的自动化率都已非常高，依靠机械臂即可完成绝大部分车身组装工作。但应注意到，汽车行业新安装机器人数量近年逐年递减，这可能说明这一行业的自动化水平接近瓶颈值，未来增量空间较少。

图表：不同工种工业机器人年安装量（千台）



图表：主要领域工业机器人年安装量（千台）



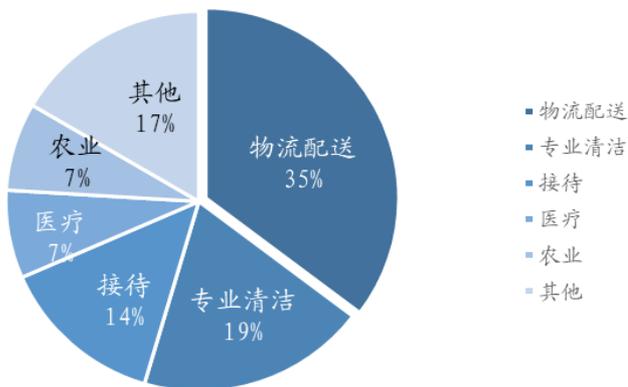
1.2. 机器人可分为工/服二类，人形机器人更偏向服务机器人

1.2.3. 服务机器人

- 服务机器人可分为专业服务/家庭服务机器人两类，前者技术难度更大，价格与利润更高。专业服务机器人使用在商业场景，如物流配送、医疗等，而家庭服务机器人用于家庭教育、娱乐或简单家务。专业服务机器人面向B端，且价格较高，故其销量不如家庭机器人。例如根据IFR，2020年专业服务机器人销售13.18万台，而家庭服务机器人销售1900万台，远多于前者，但前者创造营收67亿，后者只有44亿。疫情创造了很多B端服务机器人需求，如消毒/送餐/核酸检测机器人，再随着人形机器人上市，专业服务机器人市场规模预计还将扩大。
- 从应用领域看，物流配送、专业清洁、医疗、接待等在专业服务机器人的销量里占比较高。这些领域中，有些领域本需多个服务机器人的工作可由一个人形机器人完成，如物流配送、专业清洁，有些领域中人形机器人的亲和力将带来服务效果的提升，如医疗、接待领域。由此来看，人形机器人对于专业服务机器人有较强的渗透空间。

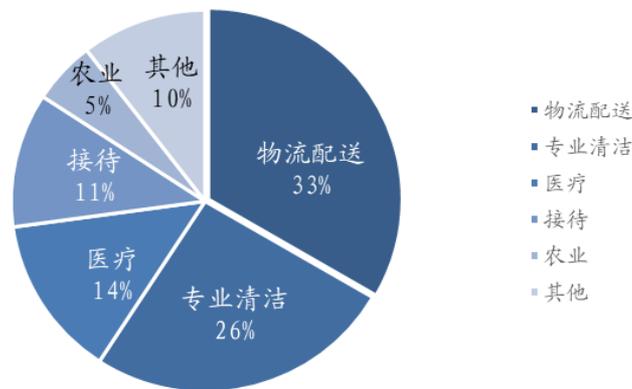
图表：专业服务机器人应用领域分布（2019）

专业服务机器人主要应用占比（2019）



图表：专业服务机器人应用领域分布（2020）

专业服务机器人主要应用占比（2020）



1.3.人形机器人灵活性强、亲和力高，前景广阔，但尚需技术攻关

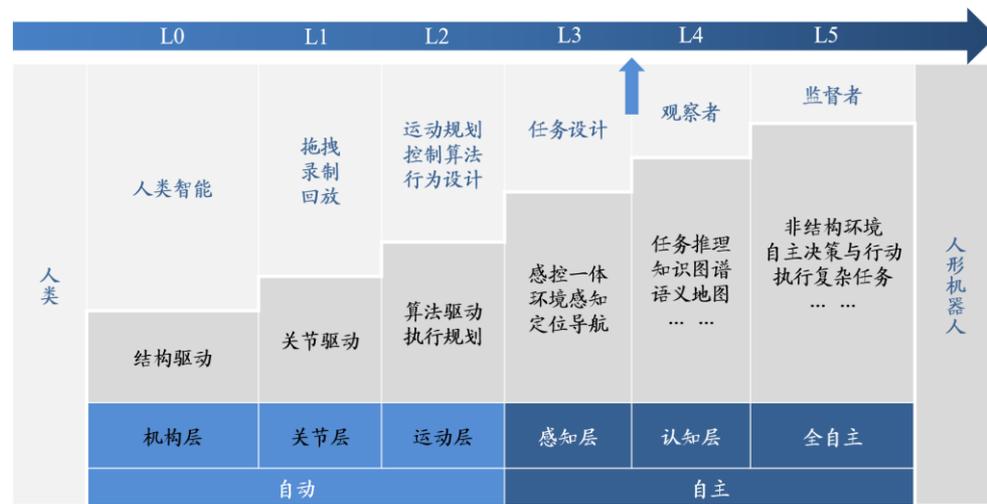
1.3.1. 人形机器人概述

- 特点：双足是挑战也是机遇，亲和力为主打特色。**人形机器人具有两大明显特点：①使用双足而非轮子进行行走，这不仅减缓了移动速度，更陡增了保持平衡的难度，但双足却让机器人得以通过坎坷嶙峋的地带，或是上楼梯爬斜坡，而这在搜救、物流递送、家庭服务等场景将大放异彩；②类人的外表为它赋予了亲和力，由此，它能使“服务人”的工作顺利开展。
- 难点：智能交互、自主行动尚待技术攻关。**由于研发难度极高，人形机器人被誉为服务机器人皇冠上的明珠。当前已发布的人形机器人，大部分可由人通过操作软件操纵其移动，一部分可基于设定的目标自动规划最短路线，如Atlas、Walker，但还几乎没有机器人可以自行决策要做的事。同样，在人机交互上，部分机器人可与人进行对答，但可能是基于预设语言库，还几乎没有机器人能与人类进行双向的、自主的交流。以上两种“自主性”，更符合人们对于机器人的期待，而半自主性、全自主性机器人也确实和技术研发者前进的目标之一。

图表：双足、亲和力为人形机器人特色



图表：当前机器人由L3向L4发展，自主性尚待提升



1.3.人形机器人灵活性强、亲和力高，前景广阔，但尚需技术攻关

1.3.2. 典型人形机器人功能完善度划分

探索阶段，功能较简单

具有独到功能，但其余方面存在短板

或总体自主性高，或细分功能极领先

西北太平洋国家实验室研制Manny，可模拟人类的复杂运动、身体机能

1989

1973

全球首台人形机器人WABOT-1，行动能力较弱

汉森—索菲娅
面部表情逼真，通过观察面部、识别语言来理解情感，作出回应。但运动能力不突出，且对话交互受质疑，人们认为技术不可能达此水平

2015

2014

软银—Pepper
宣称可感知人类情感并回应。但其所做回应来自预先设定，较为有限，且运动能力较薄弱。

2018

Disney—
Stuntronics

电子动画特技替身，能精确地控制身体而在空中做出各种设定动作

这一技能几经迭代、炉火纯青，但应不具备其他智能。

Digit，物流仓库进行高效配送

2018

2016

优必选—Walker

复杂地形自适应快速行走、自主规划路径，具备半自主移动能力。

同时，具备41个伺服电机的它动作柔软精准，能进行灵活操作；又能感知人类情绪，并通过面部表情与语言进行回应。

2016

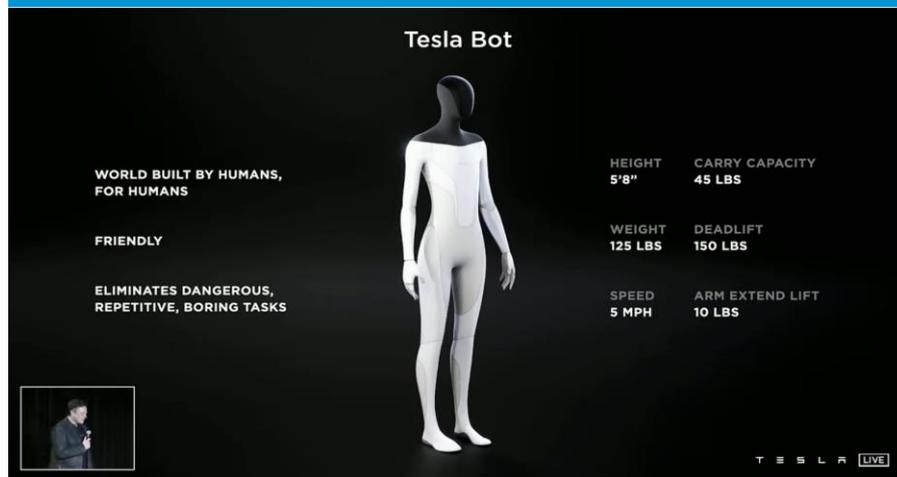
波士顿动力—
Atlas，当前Atlas已推出第三版

可以在实时感受环境后，从动作库中选择最合适的动作，进而进行高难度的空翻、跳跃等跑酷动作。目前，Atlas运动能力在人形机器人中首屈一指，这些驱动、平衡技术也被运用在了波士顿动力的机器狗中。

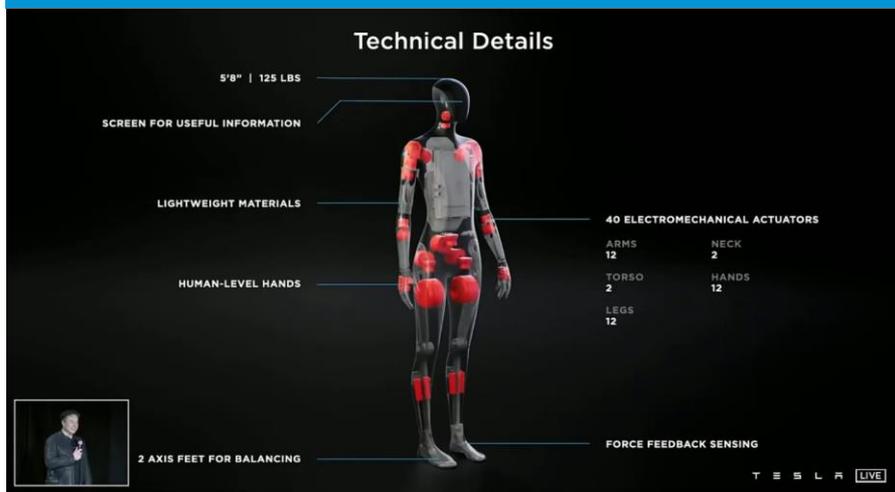
1.4.1. 特斯拉人形机器人即将问世

- **尺寸及外形**：特斯拉人形机器人身高5尺8寸，约1.73米，头部带有显示屏，用以展示信息。
- **视觉感知模块**：沿用在其汽车上已较为成熟的Autopilot系统作为视觉传感器，共8个摄像头。
- **重要芯片**：采用FSD computer作为主控核心，搭载DOJO D1芯片，大幅提升机器学习效率。
- **驱动电机**：共搭载40个驱动电机，胳膊12个，脖子2个，躯干2个，双手12个，双腿12个。
- **结构件与其他信息**：以轻量材料打造，最高时速达5英里/小时。

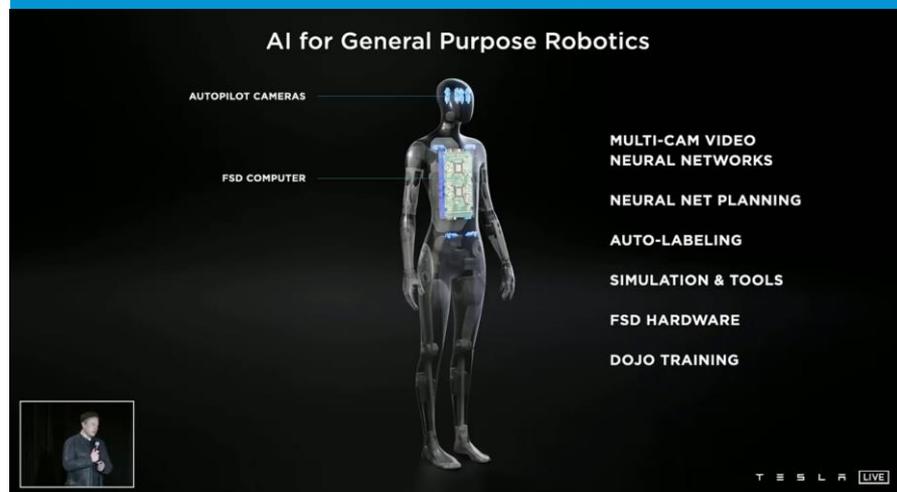
图表：特斯拉机器人尺寸、载重与速度参数



图表：特斯拉机器人基本配件



图表：特斯拉机器人尺寸、载重与速度参数



1.4.国内外科技公司入局人形机器人，投资前景广阔

1.4.2. 小米发布人形机器人Cyber One

- **尺寸**: 177cm, 52kg
- **视觉感知**: 搭载自研的Mi Sense视觉空间系统, 8m内深度信息精度达1%, 同时搭载AI交互相机
- **主打情绪理解**: 音频系统能支持85种环境语义识别、6类45种人类语义情绪识别
- **运动控制**: 全身自由度21个, 相较Tesla Bot, 手部的自由度更少, 躯干与腿部则接近
- **复用/储备技术是各公司布局人形机器人的重要原因**。特斯拉的自动驾驶、小米的智能家居技术十分领先, 通过机器人这一新场景它们能充分发挥优势。此外, 为布局机器人而储备的技术能在日后带来效益, 如ASIMO虽已停产, 其搭载的运动控制技术却又在本田研制防摔摩托车时得到运用。

图表: Cyber One的尺寸参数与运动能力

CyberOne

全尺寸人形仿生机器人

身型数值

177cm

身高

52kg

体重

机械关节模组

300Nm

最大模组峰值扭矩

96Nm/kg

峰值扭矩密度

全身控制算法

21

全身自由度

3.6km/h

时速

图表: Cyber One的视觉与听觉感知模块

情绪感知

显示模块
2D弯曲OLED屏幕

听觉传感器
双麦克风识别系统

视觉传感器
Mi Sense空间视觉模组
AI交互相机

Mi Sense视觉空间系统

自研三维重建算法
Mi Sense 自研空间视觉模组
支持GPS时钟同步

1%

8米内深度信息精度

音频算法

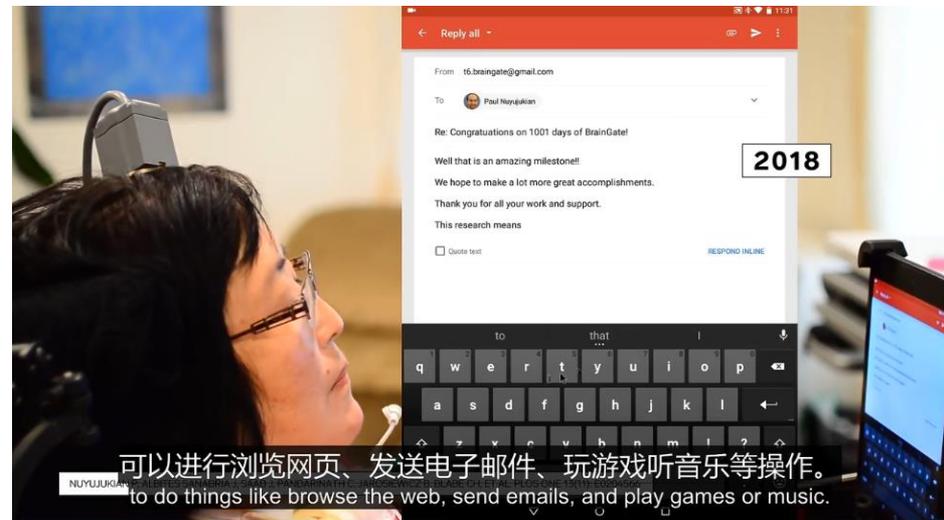
85种环境语义识别

6类45种人类语义情绪识别

1.5.人形机器人搭配脑机接口可能在宇宙探索计划中得到运用

- **脑机接口使通过意愿控制机械成为可能，当前辅助治疗脑部疾病这一应用场景相对成熟。**脑机接口是指通过侵入/非侵入的方式，检测神经元放电情况，并寻找它与生理状态、特定意图的对应关系。在马斯克的 Neuralink 公司之前，脑机接口已被尝试用于帕金森、瘫痪等疾病的治疗，它能检测出患者的部分意图，并通过语音系统、机械四肢等代替或协助患者完成。而 Neuralink 的脑机接口在技术上的提升较大，能同时监听上千个神经元间的信号，当前处于动物实验阶段。
- **人形机器人搭配脑机接口或将为高端消费者提供宇宙探索体验。**马斯克数次提及期望探索月球与火星，而囿于技术水平与环境情况，当前还不适宜大批人同时前往宇宙，可以实现的是小范围的宇宙旅行。当人形机器人与脑机接口技术更成熟后，或许可实现将人形机器人送上太空，脑机接口佩戴者能实时感受所处环境，并通过意图操作机器人行动，从而满足宇宙旅行普及前，部分高端消费者的尝鲜需求。除此之外，脑机接口还可用于残疾人或老年人的照料，机器人能更加了解被照料者的身体状况，从而更及时地提供照料服务。

图表：2018年时脑机接口已可实现帮助患者用意念操作平板



图表：马斯克的火星进入与登陆计划



二、人形机器人市场规模预测

- 2.1. 随技术与成本的变化，人形机器人的应用与量产可能分为三个阶段
- 2.2. 阶段一：特斯拉工厂为人形机器人创造需求，发烧友/高端消费者尝鲜购买
- 2.2. 阶段二：人形机器人在商业服务、工业中有了更多场景，家庭场景渗透率提升
- 2.3. 阶段三：人形机器人的家庭普及度进一步提升，承担陪伴、照顾功能

2.1.随技术与成本变化，人形机器人应用与量产或将分为三个阶段

纵轴：成本/技术成熟度，

此处成熟度主要指 ①控制算法的性能；②AI算法性能，前者影响机器人运动控制能力，进而决定人形机器人能否跨场景完成任务，后者影响人机交互能力，进而决定人形机器人能否自主行动、对人做出丰富回应

成本曲线

特点：

- 移动能力最成熟，自主重复工作的稳定性待检验，且较难跨场景工作
- 价格：量产程度较低，¥45-60万/台

场景：

- 特斯拉率先量产后，可用在特斯拉汽车工厂
- 发烧友/高端消费者尝鲜购买

特点：

- 运动稳定性提升，能承担跨场景、综合性任务；能较准确地理解人的动作情感，进行一些对话
- 价格：量产程度提升，¥30-40万

场景：

- 餐厅、便利店等商业服务场景
- 制造业，应对劳动力不足问题
- 家庭家务场景渗透率提升

特点：

- 运动控制能力进一步完善，同时人机交互能力成熟，可与人进行更富内容的对话交流
- 价格：量产程度较高，¥20-25万

场景：

- 家庭、养老场景中，发挥陪伴、照顾、情感交流的功能

技术成熟度曲线

横轴：时间

2024--2025

2029--2030

2.2.阶段一：特斯拉汽车工厂、发烧友、高端消费者创造需求

2.2.1. Tesla Bot将为首批量产人形机器人，特斯拉汽车工厂或将提供31—50亿市场规模

□ 2-3年内，囿于技术不成熟，人形机器人在B端难有明晰应用场景，且未量产的价格对C端用户恐较难接受。第一，ASIMO、Atlas、Tesla、小米、优必选发布的机器人侧重于其运动能力，对其手眼协同执行生产任务的能力未过多描述，这意味着短期内其难以走入工厂大规模补充劳动力。从技术看，当前人形机器人还只能基于固定规则运动，即使投入生产性工作，亦只能局限在有限动作与场景，而这又与对人形机器人“跨场景灵活工作”的期望相悖，尚待控制算法的进一步成熟。第二，当前人形机器人服务能力主要体现在讲解引导、表演方面，还无法较好地完成家务，在家庭场景其与智能音箱的功能更为相似，再加之价格较高，C端用户在短期内可能不会大量接受。

□ 特斯拉汽车工厂或将作为Tesla Bot提供应用场景，推进量产的同时获取数据，利于迭代优化。

Tesla Bot或将是首批量产的人形机器人，而马斯克曾表达希望用人形机器人增添劳动力、完成危险无聊枯燥的工作。现阶段，特斯拉各个超级工厂中仍有上万岗位未能被工业机器人替代，这些工作虽需灵活性，但重复度较高，且随着超级工厂产能提升，工人工作压力渐增，一些工人难以承受。这些工作恰为测试人形机器人的绝佳场景，且Tesla Bot入厂还可获取大量路外数据，对自动驾驶与人形机器人的迭代优化都大有裨益

□ 由于技术尚处早期，我们假设可能提供5-8%的岗位给Tesla Bot，单台成本50万元/台

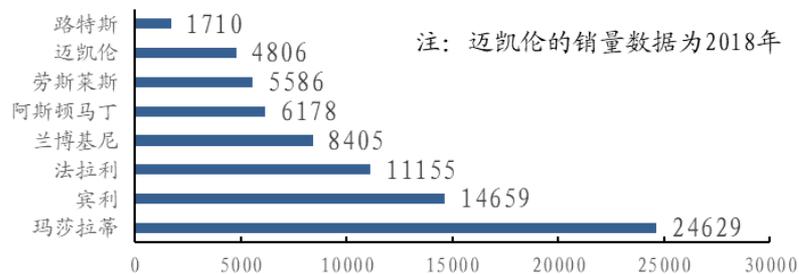
指标	数值
上海工厂工人数目(人)	19,000
加州弗里蒙特工厂工人数目(人)	22,000
德州奥斯汀工厂工人数目(人)	10,000
柏林工厂工人数目(人)	12,000
四大工厂工人总数目(人)	63,000
渗透率上限	8%
渗透率下限	5%
市场规模(台)	6,300—10,080
市场规模(亿元)	31.0—50.4

2.2.阶段一：特斯拉汽车工厂、发烧友、高端消费者创造需求

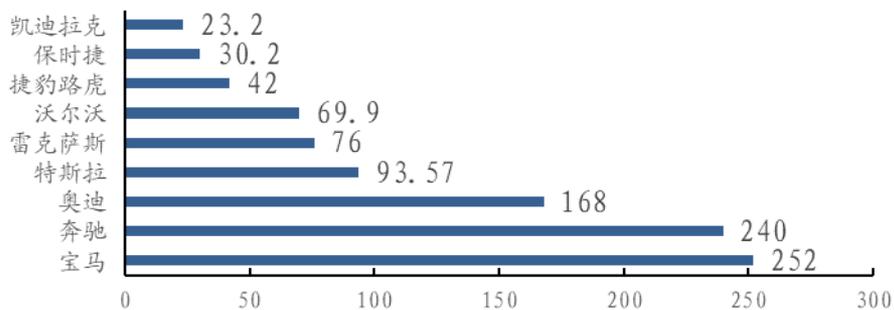
2.2.2.发烧友、高端消费者在2025/2026/2027年或将带来520.5/1,022.0/1,523.5亿元市场规模

- 虽实用功能不够丰富，发布初期仍可能吸引科技发烧友/可支配收入充裕的高端消费者进行购买。此时人形机器人满足的是用户的科研/尝鲜/炫耀需求。由于阶段一中 Tesla Bot 价格或在50万元左右，与之相应的消费人群可能与当前豪华车/超豪华车的购买者重合度较高。不过汽车购买后可以驾驶出行，进而同时具备实用性与财富、地位的展示性，而人形机器人购买后实用性较弱且难以携带外出展示，故在高收入人群中的渗透率或将显著低于汽车。
- 预计2025-2027年，Tesla Bot在豪华车购买者中的渗透率将分别为1%/2%/3%，在超豪华车购买者中的渗透率将分别为6%/7%/8%，带来的市场规模分别为520.5/1,022.0/1,523.5亿元

图表：2021年超豪华汽车全球销量（台）



图表：2021年豪华汽车全球销量（万台）



图表：2025-2027发烧友/高端消费者带来的市场规模测算

		豪华汽车	超豪华汽车
2021全球销量(万台)		994.87	7.71
2025	人形机器人渗透率	1%	6%
	机器人销量(万台)	9.95	0.46
	机器人销量合计(万台)	10.41	
	机器人市场规模合计(亿元)	520.5	
2026	人形机器人渗透率	2%	7%
	机器人销量(万台)	19.90	0.54
	机器人销量合计(万台)	20.44	
	机器人市场规模合计(亿元)	1,022.0	
2027	人形机器人渗透率	3%	8%
	机器人销量(万台)	29.85	0.62
	机器人销量合计(万台)	30.47	
	机器人市场规模合计(亿元)	1,523.5	

2.3.阶段二：进入商业服务、工业制造场景，且家庭场景渗透率提升

2.3.1. 随跨场景工作能力逐渐完善，人形机器人进入制造业，2030年预计创造1,998亿市场规模

技术的完善助力机器人填补制造业用工缺口。阶段二，机器人的运动控制能力、续航持久性得到提升，得以发挥优势，承接制造业中跨场景的工作。据《制造业人才发展规划指南》，至2025年我国制造业将有3,000万的人才缺口，占全球缺口的主要份额。

假设人形机器人售价为37万元，且2026-2030年在制造领域人形机器人对人工的新增渗透率相同。预计阶段二中人形机器人对人工的累计替代率分别为9%、11%时，2030年新增渗透率分别为1.8%、2.2%，创造的市场规模分别为1,998、2,442亿元

企业购买单个人形机器人回本时间在3.28年—3.75年左右。根据国家统计局，2021年中国城镇非私营单位就业人员年平均工资为10.68万元，同时前面预计阶段二中人形机器人单价为35-40万元，由此可计算出回本时间。需要注意的是，此处回本时间未考虑人形机器人使用过程中的能源成本、维修成本，故回本时间将长于此处预计时间。

图表：填补制造业缺口带来的市场规模敏感度分析

制造业人才缺口 (万人)	3000	3000	3000	3000	3000
人形机器人对人工累计替代率	5%	7%	9%	11%	13%
人形机器人对人工单年替代率	1%	1.4%	1.8%	2.2%	2.6%
人形机器人销量 (万台)	30	42	54	66	65
人形机器人单价 (万元)	37	37	37	37	37
人形机器人市场规模 (亿元)	1,110	1,554	1,998	2,442	2,405

图表：人形机器人回本时间

人形机器人 (万元)	35	36	37	38	39	40
工资 (万元)	10.68					
回本时间 (年)	3.28	3.37	3.46	3.56	3.65	3.75

2.3.阶段二：进入商业服务、工业制造场景，且家庭场景渗透率提升

2.3.2. 技术完善，且对机器人接受度提升，商业场景放量，2030年预计创造4,715亿元市场规模

□ **餐饮服务、便利店/超市营业员或被人形机器人取代。**餐饮服务与商品营业员有较大用工缺口，且这一工作具有一些与人形机器人的特点十分契合的性质：首先，工作场景较为有限，对机器人识别陌生环境的要求相对不高；其次，承担商品摆放/分拣/递送/介绍与引导等综合性服务功能，人形机器人跨场景工作的灵活性可发挥作用；再次，以人为服务对象，机器人的亲人性能促进销售。阶段二中，机器人跨场景工作的稳定性提升，同时在阶段一中人形机器人较为充分地走入人们的视野，故人们对其的熟悉度/接受度提升，有助于其对餐饮服务者/商品营业员进行替代。

□ **仅以餐饮服务为例，预计将创造可观的市场规模。**在阶段二中，人形机器人的售价假设为人民币37万元，该价格对大部分私营餐饮店较为昂贵，故人形机器人对餐饮服务者的替代率暂不会太高，其主要是在规模较大的连锁餐饮店中得到使用。

图表：机器人填补餐饮从业缺口带来的市场规模敏感度分析

	较悲观场景	中性场景	较乐观场景
欧洲市场餐饮从业人员数目（万人）	594.30		
人形机器人对人工的替代率	2%	3%	4%
美国市场餐饮从业人员数目（万人）	640.34		
人形机器人对人工的替代率	3%	4%	5%
中国市场餐饮从业人员数目（万人）	2,800.00		
人形机器人对人工的替代率	2%	3%	4%
人形机器人销售量（万台）	87.10	127.44	167.79
人形机器人市场规模（亿元）	3,222.56	4,715.38	6,208.19

2.3.阶段二：进入商业服务、工业制造场景，且家庭场景渗透率提升

2.3.3. 随做家务、与人交流的能力提升，家庭场景渗透率提升，2030年预计创造2.55万亿市场规模

综合服务、情感交互能力的完善提升了人形机器人在家庭场景的渗透率。阶段二中，人形机器人或可完成多种较复杂的家务，实用能力得以提升；同时由于阶段一中积累了较多与人互动的场景的数据，其识别并回应人类情感的能力进一步完善；再加之价格下降的因素，此时不局限于高端消费者，有更多家庭愿意在家中添置人形机器人。

市场规模预测：假设阶段二中机器人价格为25万元，在较悲观/中性/较乐观的三种情境下，分别估计每个市场人形机器人的累积渗透率，进而计算人形机器人单年渗透率。家庭场景创造的市场规模分别为11万/14万/17万亿元，阶段二2030年总计市场规模分别为1.90万/2.55万/3.16万亿元。

图表：家庭场景带来的市场规模及阶段二合计市场规模的敏感度分析

		较悲观场景	中性场景	较乐观场景
美国市场	美国家庭户数(万)	8,370		
	人形机器人渗透率	1.6%	2%	2.4%
	人形机器人台数(万)	133.9	167.4	200.8
欧洲市场	德国家庭户数(万)	4,293.6		
	法国家庭户数(万)	2,970.0		
	英国家庭户数(万)	1,940.0		
	人形机器人渗透率	1.2%	1.4%	1.6%
	人形机器人台数(万)	110.4	128.9	147.3
亚洲市场	中国家庭户数(万)	49,416		
	日本家庭户数(万)	5,572.0		
	韩国家庭户数(万)	2,073.1		
	人形机器人渗透率	0.6%	0.8%	1%
	人形机器人台数(万)	342.4	456.5	570.6
人形机器人总台数(万)		586.7	752.8	918.7
家庭场景市场规模(亿元)		14,667.5	18,820.0	22,967.5
工业场景市场规模(亿元)		1,110	1,998	2,405
商业服务场景市场规模(亿元)		3,222.56	4,715.38	6,208.19
阶段二2030年总计市场规模(亿元)		19,000.1	25,537.4	31,580.7

2.4.阶段三：家庭普及度进一步提升，承担陪伴、照顾功能

□ 受益于AI技术发展，人机交互进一步提升，能承担陪伴、照顾人的功能，在有孩子与老人的家庭中渗透率进一步提升。在第三阶段AI技术进一步成熟，助力机器人更好地回应人的情感需求。与此同时，机器人的自主程度进一步提升，能够通过观察人的体征与行为而自主作出帮忙倒水/送药/发起对话等决策，实现呵护人的功能。

□ 市场规模预测：2035年，假设人形机器人价格为20万元，且照顾、陪伴功能分别为美国/欧洲/亚洲市场累计新增了5%/7%/4%的渗透率，即单年渗透率分别为1%/1.4%/0.8%。在较悲观/中性/较乐观的场景中，家庭场景的市场规模将分别达到3.00万亿/3.66万亿/4.26万亿元。阶段三中工业、场景的市场规模也还可能上升。本报告主要考虑机器人交互性、自主性提升为家庭场景创造的规模，故认为工业/商业规模与阶段二同。

图表：交互技术发展使机器人能承担照顾、陪伴功能，家庭渗透率进一步提升

		较悲观场景	中性场景	较乐观场景
美国市场	美国家庭户数(万)	8370		
	2035年机器人单年渗透率	1.6%	2%	2.4%
	2035新增单年渗透率	1%	1%	1%
	人形机器人台数(万)	217.6	251.1	284.6
欧洲市场	欧洲家庭户数(万)	9,203.6		
	2030年机器人单年渗透率	1.2%	1.4%	1.6%
	2035新增单年渗透率	1.4%	1.4%	1.4%
	人形机器人台数(万)	239.3	257.7	276.1
亚洲市场	亚洲家庭户数(万)	57,061.1		
	2030年机器人单年渗透率	0.6%	0.8%	1%
	2035新增单年渗透率	0.4%	0.4%	0.4%
	人形机器人台数(万)	570.6	684.7	798.9
人形机器人总台数(万)		1,027.5	1,193.5	1,359.5
家庭场景市场规模(亿元)		25,688.1	29,838.4	33,988.6
工业场景市场规模		1,110	1,998	2,405
商业场景市场规模		3,222.56	4,715.38	6,208.19
阶段三总规模(亿元)		30,020.7	36,551.8	42,601.8

三、人形机器人产业链梳理

- 3.1. 概览：环境感知、运动控制、人机交互为三大模块，关节技术占价值量大头
- 3.2. 视觉传感器：自动驾驶、计算机视觉技术带来助益
- 3.3. 控制器：控制算法为技术核心，人形机器人领域国内外公司或可缩小差距
- 3.4. 伺服系统：运动模块中枢，国产品牌逐步追赶
- 3.5. 减速器：机器人对精密减速器使用量大，且预计人形领域谐波减速器市场增量更多
- 3.6. 人形机器人为核心部件带来的新增市场规模

3.1.概览：感知、运动、交互为三大模块，关节技术占价值量大头

3.1.1. 人形机器人技术模块拆分及核心部件价值量分布

□ 环境感知、运动控制、人机交互是服务机器人三大功能，人形机器人与之类似。

- 环境感知为后续行为奠基，依赖视、触、听觉等硬件传感器，在软件上需要算法整合数据。
- 运动控制是指：机器人的“大脑”——控制器在接受传感器信息后，做出规划，并向关节发出指令，使机器人执行动作、保持平衡，有赖于减速器、伺服电机、控制芯片等硬件及有效的控制算法。
- 人机交互则意味着机器人能够“听懂”人的语言、“读懂”人的表情和动作，并能做出回应，这主要有赖于机器视觉、语义识别等人工智能算法。

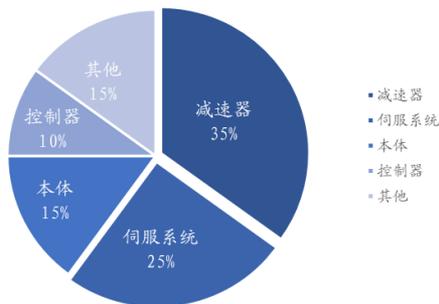
□ 减速器、电机、控制器、传感器为核心零部件，前两者构成机器人的关节，在价值量上占据大头。从功能而言，上述四个零部件在硬件层面保障感知、运动、交互三大功能的实现；从价值量而言，减速器、伺服系统、控制器占据工业机器人价值量的70%，同时人形机器人与服务机器人类似，具有更多传感器，故传感器的价值量也随之上升。

图表：服务机器人三大核心功能与技术模块

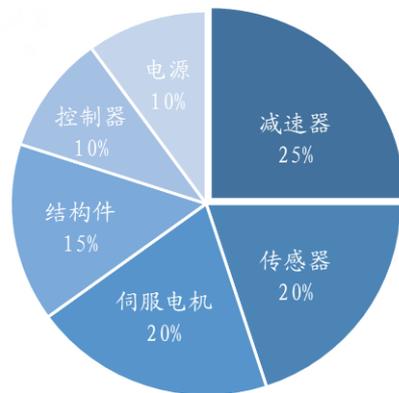
感知能力		运动能力		交互能力	
传感器	陀螺仪	运动控制能力：根据目标自主规划路径、完成移动、保持平衡等		AI功能体现	
激光雷达	毫米波雷达			理解&回应	自主行动
单目相机	多目相机	控制器	电机	AI所需技术	
3D摄像头	控制算法与高性能芯片	减速器	执行件	语音识别	语义理解
模拟人的知觉、皮肤	模拟人对肌肉的控制			图像识别	深度学习
				神经网络	NLP
				基础运算能力	
				模拟大脑的理解与决策	

图表：工业、人形机器人核心部件价值量分布

2020年中国工业机器人成本组成结构



人形机器人成本组成结构预测

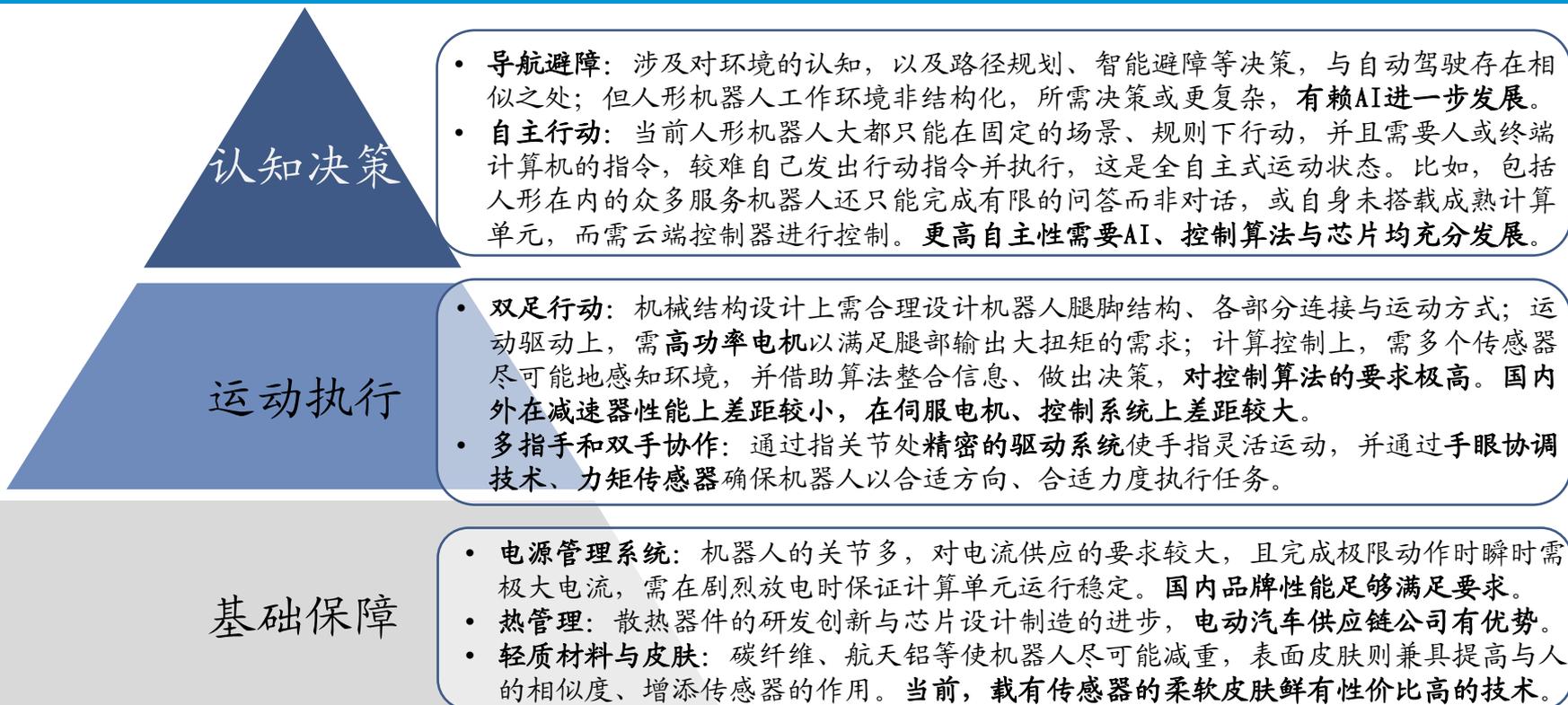


3.1.2.人形机器人的技术落地难度

□运动控制、自主行动是人形机器人技术落地的核心难点。

- 双足行走，相对于一般轮式机器人，其移动难度更大，有赖于高性能的软硬件尤其是控制算法。
- 第二，相对于一般机器人，它具有冗余的传感器与运动关节，因而能跨场景地完成任务；但只有当其无需人的辅助，能自主根据环境判断场景并做出行为决策时，灵活性、综合性的优势才能进一步发挥。这有赖于AI技术的进一步发展，当前人形机器人鲜有能达到全自主甚至半自主的。

图表：人形机器人技术难点



3.1.概览：感知、运动、交互为三大模块，关节技术占价值量大头

3.1.3. 特斯拉人形机器人产业链及相关公司



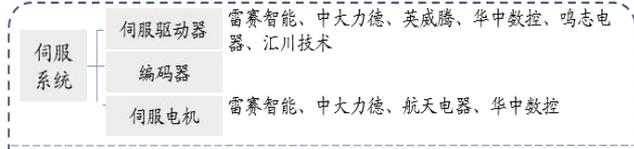
控制器：
各厂商硬件差别不大，主要差异在软件，工业机器人巨头一般自研控制器
中国工业机器人控制器供应份额

视觉传感器：摄像头
外传感器中的核心价值量：20-25% (含其他外传感器)

机器人的大脑
价值量：10-15%

控制器
能够自研AI处理器、供应AI解决方案的公司将获发展
潜在供应商

- 特斯拉：自研DOJO超级计算机，以D1芯片为基础，台积电代工主控芯片
- 后起公司：寒武纪、商汤科技、海光信息、虹软科技、英特尔、英伟达、Graphcore
- 自研FSD自动驾驶系统，三星代工



集成式伺服系统：提供整套伺服系统解决方案，适配性更强

2020年中国伺服系统主要供应商市场份额

我国大陆：汇川技术、禾川科技、埃斯顿、鸣志电器等

日系：安川、三菱、松下、富士等，性能强且性价比高，垄断中小型OEM市场

欧美：博世、西门子、贝莱德、施耐德等，占比虽不高，但主打高端市场，下游为大型器械

台湾：台达、东元等，技术、价格位于外资与国产之间



软件：特斯拉自研的自动驾驶算法，利于人机交互的其他机器视觉算法

硬件：

上游

- 光学镜片：舜宇光学、联创电子、亚洲光学(台湾)
- 滤光片：水晶光电、欧菲光、韩国奥托光
- 保护膜：水晶光电、韩国LG、美国3M
- 硅片：TCL中环、沪硅产业、日本信越化学、日本SUMCO、环球晶圆(台湾)、德国Siltronic、韩国SK Siltron

中游

- 镜头：舜宇、联创电子、韩国LG、三星电机
- 胶合材料：恒诚伟业(未上市)、日本精工爱普生、日本精工
- CIS：豪威、格科微、美国安森美、日本索尼、韩国三星
- ISP：豪威、富瀚微、美国安森美、美国ADI、美国飞思卡尔、日本日立、英国ARM(上市暂阻)

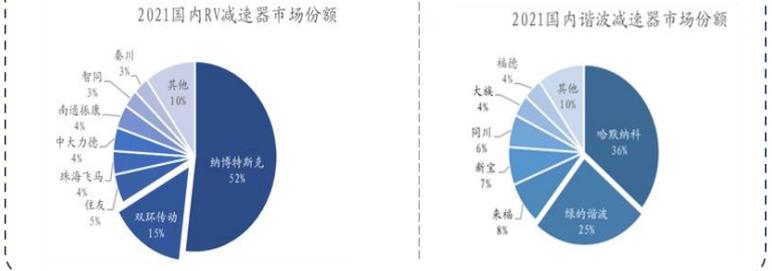
下游

- 模组封装：舜宇、联创、欧菲光、加拿大麦格纳、法国法雷奥、德国博世、韩国LG、韩国三星电机、德国大陆
- 系统集成：德赛西威、法国法雷奥、德国大陆

减速器：机器人一般需使用精密减速器，也即RV减速器与谐波减速器

RV：一般放置在机座、大臂、肩部等重负载的位置
相关公司：双环传动、中大力德、巨轮智能、秦川机床、日本纳博特斯克、日本住友

谐波：适合放置在小臂、腕部、手部等
相关公司：绿的谐波、汉宇集团、来福谐波(未上市)、日本哈默纳科、新宝

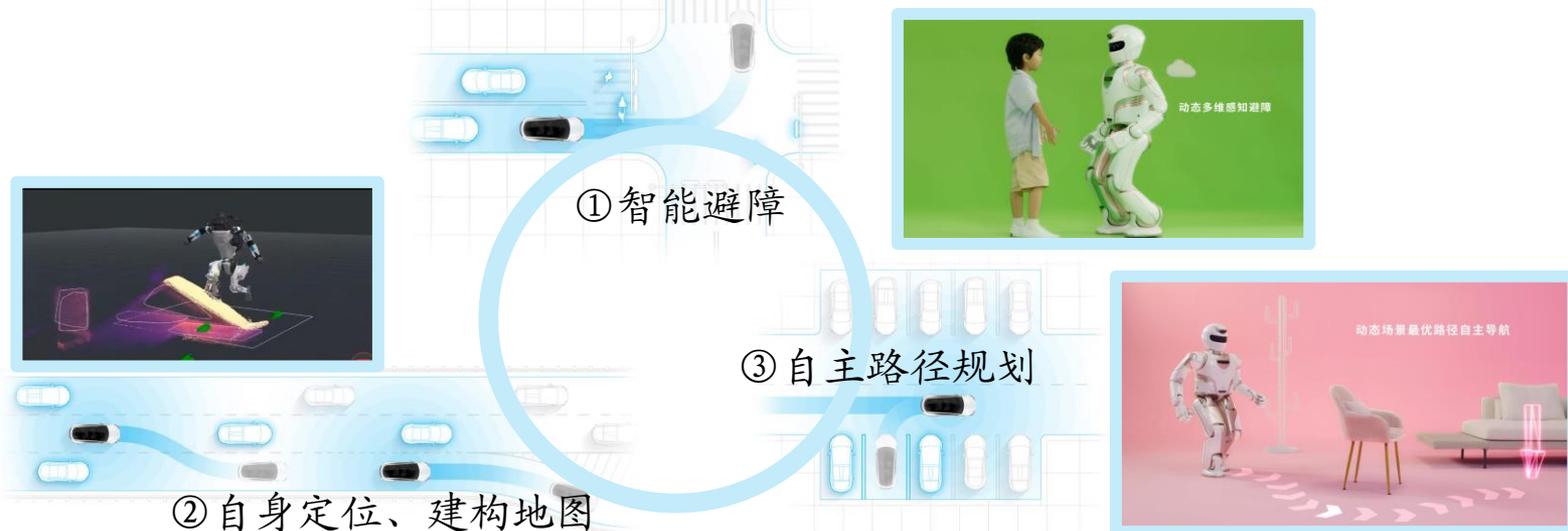


注：相关公司中，黑色标出的为中国大陆公司，深蓝色标出的为中国台湾地区及国外公司

3.2.1. 视觉传感是机器人实现三大核心功能的基础，具有自动驾驶技术积累的厂商具有先发优势

- 机器人的传感器分为内部传感器与外部传感器。内部传感器负责检测机器人的姿态、运动状态，如速度/加速度传感器、指尖的力矩传感器等；外部传感器的功能在于感知周围环境、识别目标对象等，包括视觉传感器、听觉传感器、触觉传感器（检测外部对机器人的作用力）等。
- 环境感知、运动控制甚至人机交互这三大核心功能均以视觉传感为基础。相较工业机器人，人形机器人搭载更多的视觉传感器，这帮助其识别外部环境，进而做出行为决策，比如智能避障、路径规划。此外，视觉传感帮助机器人识别对象、“看到”人的表情与动作，以此更好地进行人机交互。可以说，人形机器人的运动控制、人机交互均以环境感知为基础，其中又以视觉传感器为关键。
- 人形机器人的视觉传感模块所用器件可以自动驾驶为参考，在后者上具有技术的厂商具有设计生产人形机器人的先发优势。汽车自动驾驶与人形机器人视觉传感所要实现的基本功能一致：感知环境，而后决策行动。特斯拉、小米的人形机器人视觉传感均宣称可复用它们的汽车自动驾驶技术。

图表：人形机器人、自动驾驶在功能上的相似性：自身定位与地图建构、智能避障、自主路径规划

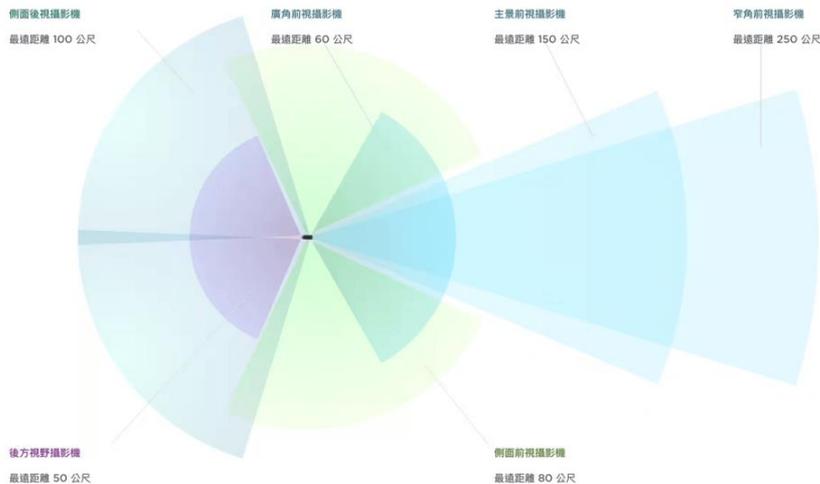


3.2.视觉传感：自动驾驶技术、计算机视觉技术能为机器人带来助益

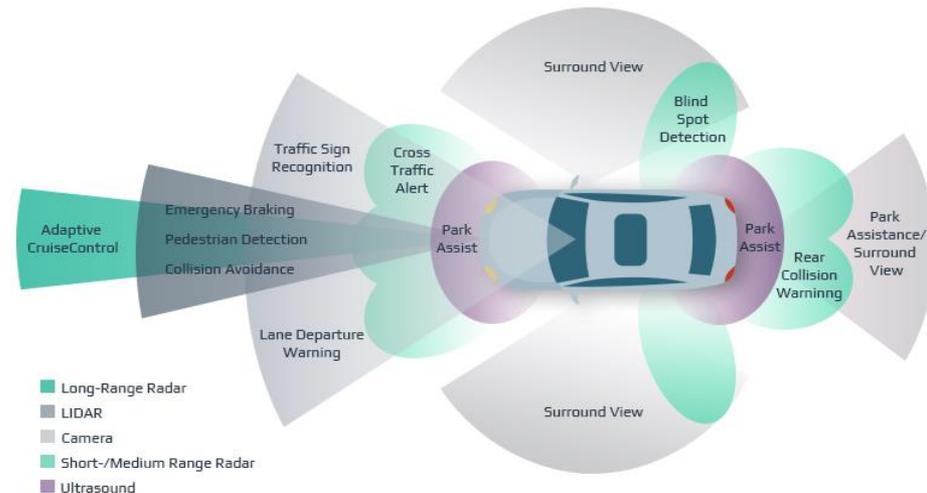
3.2.2. 具有自动驾驶技术储备、进入自动驾驶供应链的公司有望受益

- 具有自动驾驶技术的厂商具备人形机器人布局优势。如前所述，人形机器人的运动尤其是移动控制与汽车自动驾驶模块的功能相似性较高，特斯拉、小米等公司具有技术储备优势故可先发入局。预计未来机器人厂商或与自动驾驶解决方案公司合作，且百度、华为等公司可能布局人形机器人。
- 纯视觉、多传感器为自动驾驶的两条技术路径，前者壁垒较高，且后者功能冗余增添安全性，随成本下降后或应用更广泛。特斯拉汽车未搭载雷达，采用8个摄像头构成环形。该方案成本较低，但对数据、算力、算法的依赖度高，每辆特斯拉每天采集的数据接近4GB，累计采集数据达1.5PB，且其自研的Dojo芯片具有9PFLOPS的超强算力，这些能力其他公司较难复制。多传感器由于性能互补而可带来更高安全性，对算法要求度稍低，Lidar成本下降后或得到更多公司采用。

图表：纯视觉方案中所含8个摄像头覆盖范围



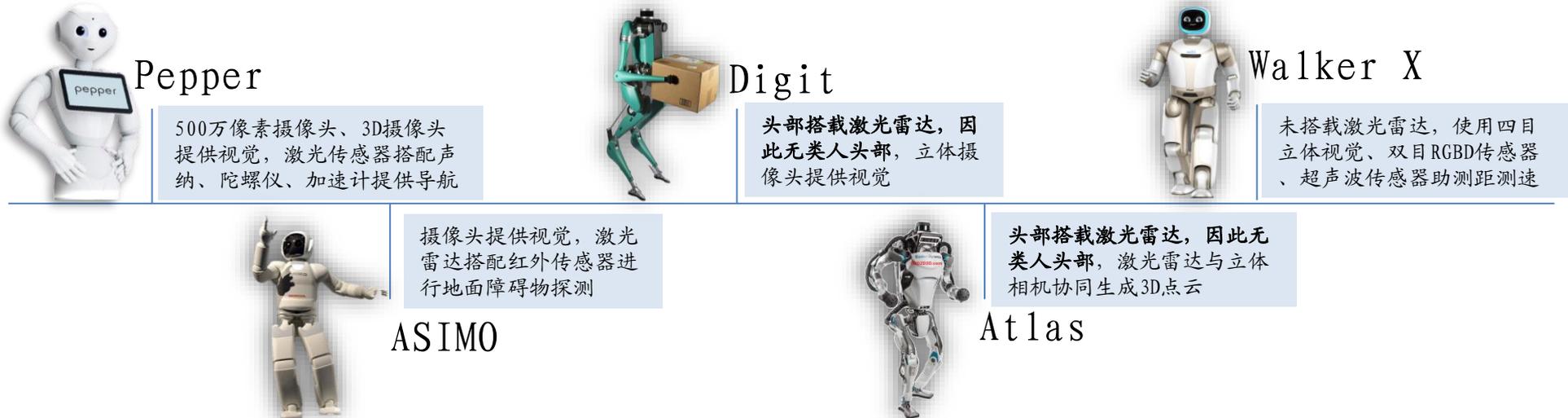
图表：多传感器方案中不同传感器覆盖范围分布



3.2.3. 人形机器人对视觉传感的要求与自动驾驶存在差异，摄像头、机器视觉与AI重要性提升

- 人形机器人与自动驾驶对传感器的要求存在差异。在短期，人形机器人可能用于工厂、餐厅或家庭等室内场景，或许无需像汽车一样具备迅速为陌生地形建构地图的能力。长期来看，机器人视觉传感不仅需识别障碍，还需能指定对象，而后者是用户指定的而非“红绿灯”这样固定的，这对视觉传感提出了崭新的要求——机器人厂商需具备“人体识别”“表情识别”等相关人工智能技术。
- 相较雷达，人形机器人厂商更可能采用摄像头方案。雷达长于测距测速，短于物体识别。同时，人形机器人的设计与激光雷达不是特别适配：雷达若搭载在躯干上，测量准确度将因躯干摇动而受影响；搭载在头部，则又将影响机器人的类人感。综上，相较汽车，更多厂商会采用摄像头方案。
- 计算机视觉、AI公司有望进入市场。人形机器人的大规模应用离不开机器视觉与AI：视觉不仅辅助机器人移动，精准测量、手眼协调等技术方可使机器人运用在工业巡检、家庭服务场景，且若走入家庭，对人类表情、动作的识别理解愈加重要。由此，机器视觉、AI解决方案公司有望进入市场。

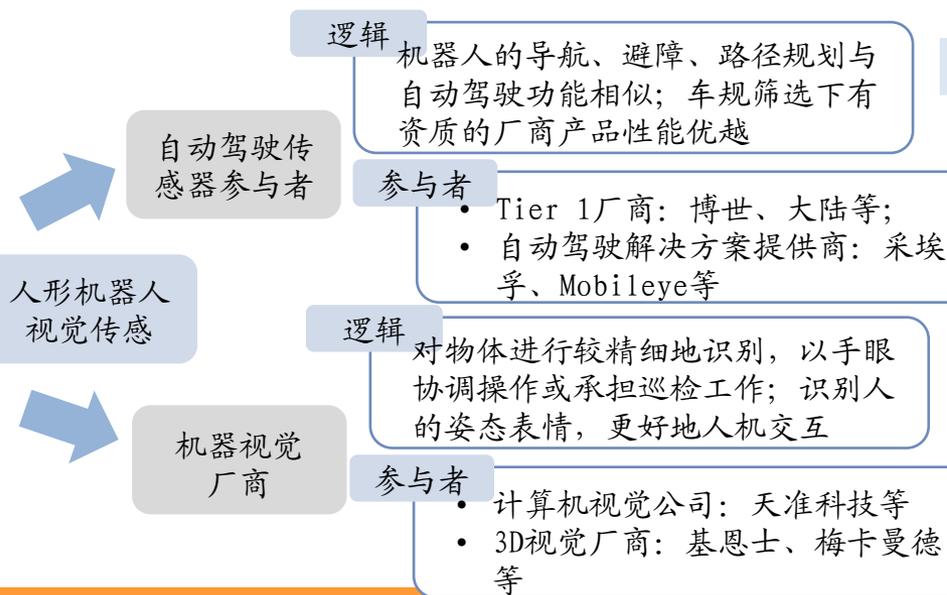
图表：典型人形机器人搭载的视觉传感器：以摄像头为主导



3.2.4. 自动驾驶摄像头、计算机视觉公司有望进入产业链；镜头市场舜宇领衔，模组市场较分散

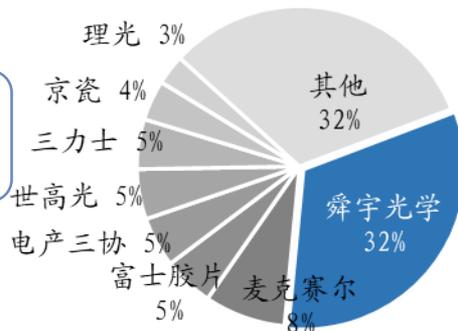
- 机器人视觉传感产业链或与车相似：**主机厂外购摄像头结合自研算法，或寻求成熟解决方案。车载摄像头的上游是镜片、镜头、芯片等零部件厂商，中游是模组封装、系统集成，而后将摄像头本体提供给下游汽车厂。如特斯拉两种模式均有尝试：起初特斯拉自动驾驶采用Mobileye的方案，当前机器人/汽车均采用自研FSD系统，只需与合适的Tier 1厂商合作。对于车载摄像头，光学镜头、摄像头模组的难度高、壁垒深，实力过硬的光学公司能率先参与人形机器人产业链。
- 车载镜头呈“一超多强”之势，车载摄像头模组则格局分散，由海外公司主导。**2020年舜宇光学出货量位居第一，市场占有率超过30%；在规格、壁垒更高的ADAS镜头中，舜宇光学市占率超50%。车载摄像头模组主要由Tier 1、Tier 2组装，主要企业为麦格纳、松下、法雷奥、博世等。

图表：摄像头/机器视觉厂商入局机器人的模式

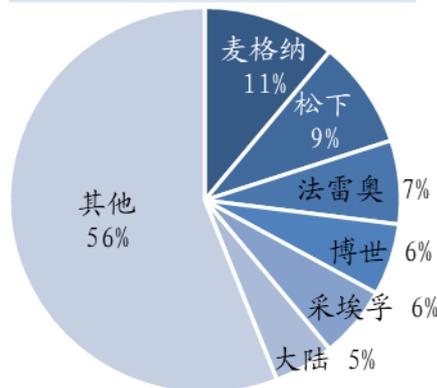


图表：车载镜头、摄像头模组市场格局

2020年车载摄像头镜头市场格局



车载摄像头模组市场格局

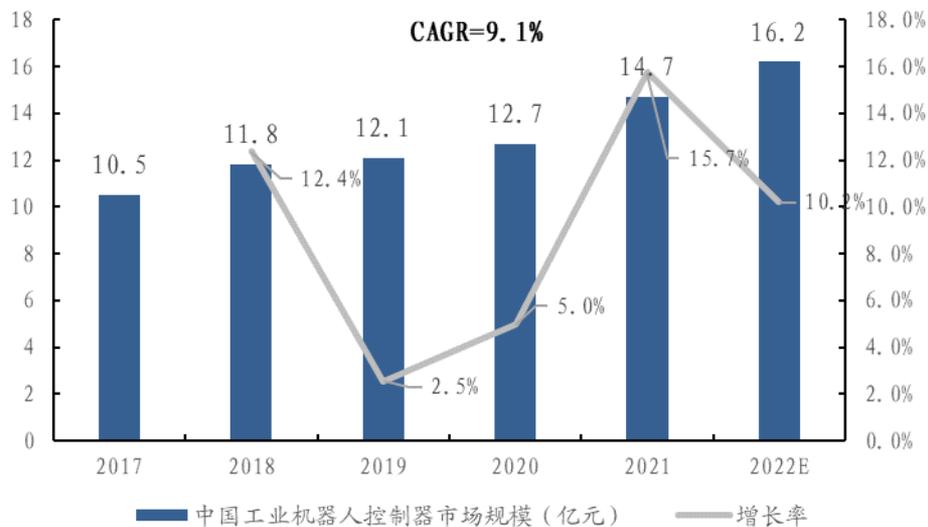


3.3. 控制器：控制算法为技术核心，人形领域有望缩小国内外差距

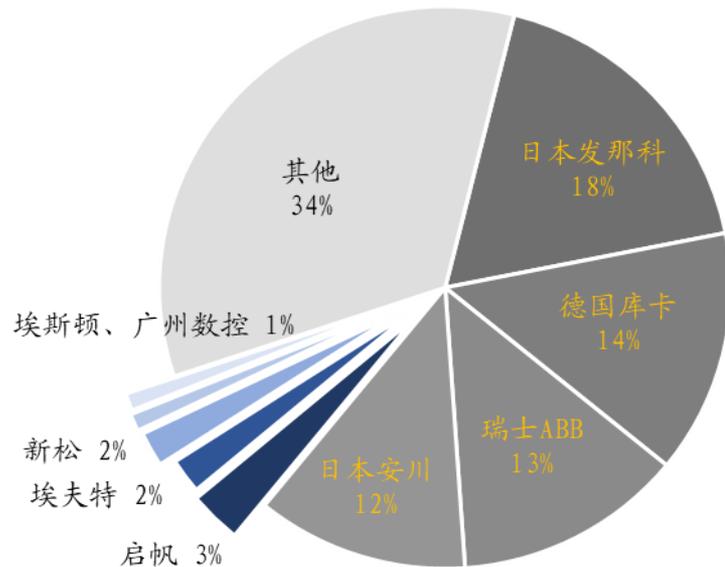
3.3.1. 控制器功能及市场概览

- 控制器是机器人的“大脑”，是运动控制的中枢。它接收来自内外部的传感信息，分析决策，并向关节伺服系统发出行为指令。控制器产业链上游是PCB面板、IC芯片、晶体管等零部件生产，中游是控制器本体制造，下游是机器人、半导体厂商。
- 控制算法为技术核心，知名机器人厂商一般自研控制器，国产化率低。除高性能芯片外，控制器所需硬件各厂商相差无几，主要差距在于软件：一方面是控制算法的性能与稳定性，另一方面是工业机器人大都搭配公司自己开发的软件环境和编程语言。因此，知名机器人厂商大都自研控制算法与控制器，不假外购，故控制器市场格局与机器人本体的市场格局相似。国内自主品牌在中国控制器市场未有市占超过3%的公司，竞争力不强。

图表：中国工业机器人控制器市场规模(亿元)



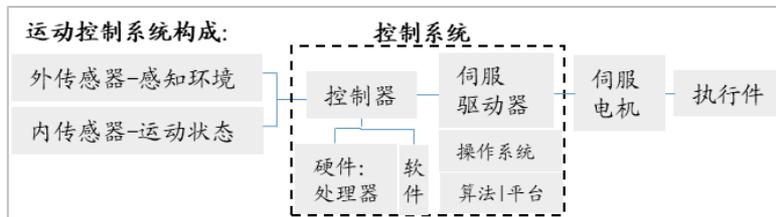
图表：中国工业机器人控制器市场格局(2021)



3.4. 伺服系统：运控模块中枢，国产品牌逐步追赶

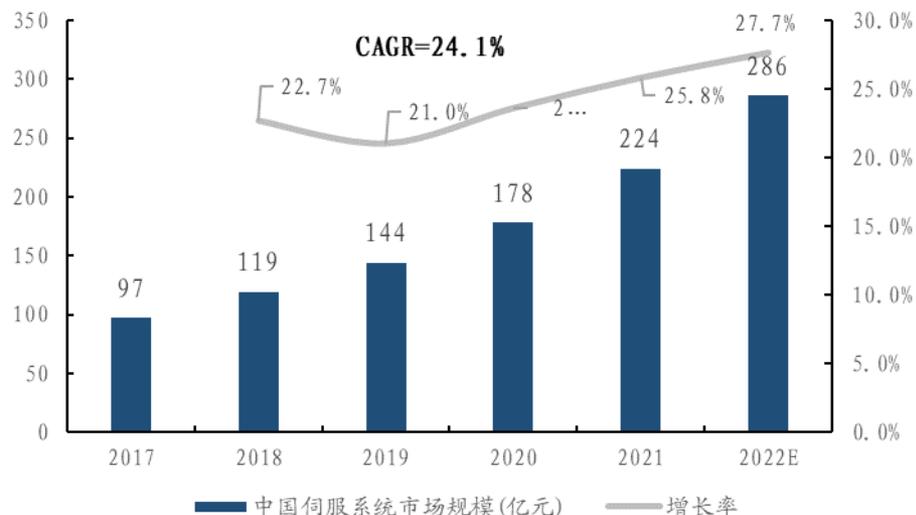
3.4.1. 伺服系统功能及市场概览

伺服系统是运控模块中枢，主要包括伺服驱动器和伺服电机两部分。在运动控制模块里，驱动器承接控制器的指令，对功率进行放大、变换等处理，向电机输出力矩、速度、位置的控制量，使控制指令得以精准执行。伺服系统决定了机器人运控的精度、稳定性、控制速度。

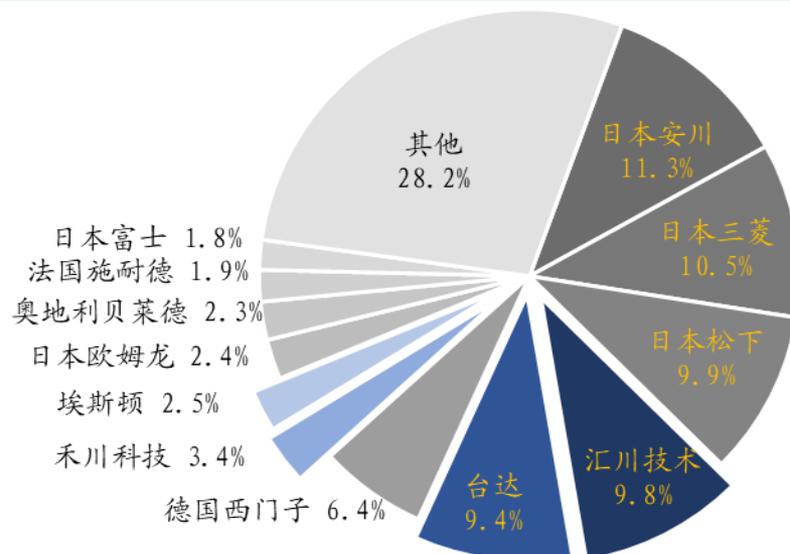


市场增速较快，市场格局以外资为主导，但国产份额逐步提升。根据中商产业研究院，2017—2022伺服系统CAGR达24.1%，2022市场规模有望达286亿元。欧美与日系品牌垄断中高端伺服系统市场，但三大日系品牌松下、安川、三菱的占比由2015年的46%，缩小至2019年的44%，再至2020年的31.7%，国产品牌中汇川技术、禾川科技占比逐渐上升，国产品牌由中低端向高端迈进。

图表：中国伺服系统市场规模(亿元)



图表：中国伺服系统主要供应商市场格局(2020)

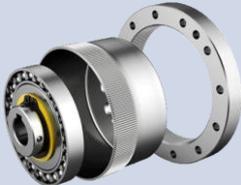


3.5. 减速器：机器人对精密减速器使用量大，人形尤以谐波减速器为多

3.5.1. 精密减速器功能概览与分类比较

- 减速器连接伺服电机与执行件，功能为减速增距。** 减速器包括齿轮减速器、行星减速器、精密减速器几类，其中机器人对精密减速器也即谐波与RV需求较大。它位于伺服电机与执行件间，伺服电机输出转速大、扭矩小，而关节执行件实际需求是输出转速小、扭矩大，故需减速器进行减速增距。
- 精密减速器包括谐波、RV两类，性能具有不同特点，且人形机器人对谐波的使用将更多。** 谐波减速器体积小、负载低，当前多应用于小负载工业机器人小臂/腕部/手部以及协作机器人、SCARA机器人的大部分动力关节。人形机器人恰需部件具有较小体积、较高的集成度，且负载不大，故其对谐波减速器的需求将会更大。根据人体关节相关特点，对人形机器人减速器用量预测如下。

图表：谐波、RV减速器相关性质对比

	谐波减速器	RV减速器
产品性能	小体积、低负载能力、高精密度	大体积、高负载能力、高刚度
应用场景	小负载工业机器人小臂/腕部/手部；协作和SCARA机器人的大部分动力关节	工业机器人中机座/大臂/肩部等重负载的位置
终端领域	3C、半导体、食品等行业中30kg负载以下机器人	汽车、运输、港口码头等行业的重负载机器人
价格区间	1,000-5,000元/台	5,000-8,000元/台
图例		

图表：据人体关节预测人形机器人减速器用量

关节	适用减速器	数目
肩关节	RV减速器	2
肘关节	谐波减速器	2
腕关节	谐波减速器	2
髋关节	RV/谐波减速器	2
膝关节	RV减速器	2
踝关节	RV减速器	2
指关节	谐波减速器	14 x 2
趾关节	谐波减速器	14 x 2
其他已知关节	RV/谐波减速器	10

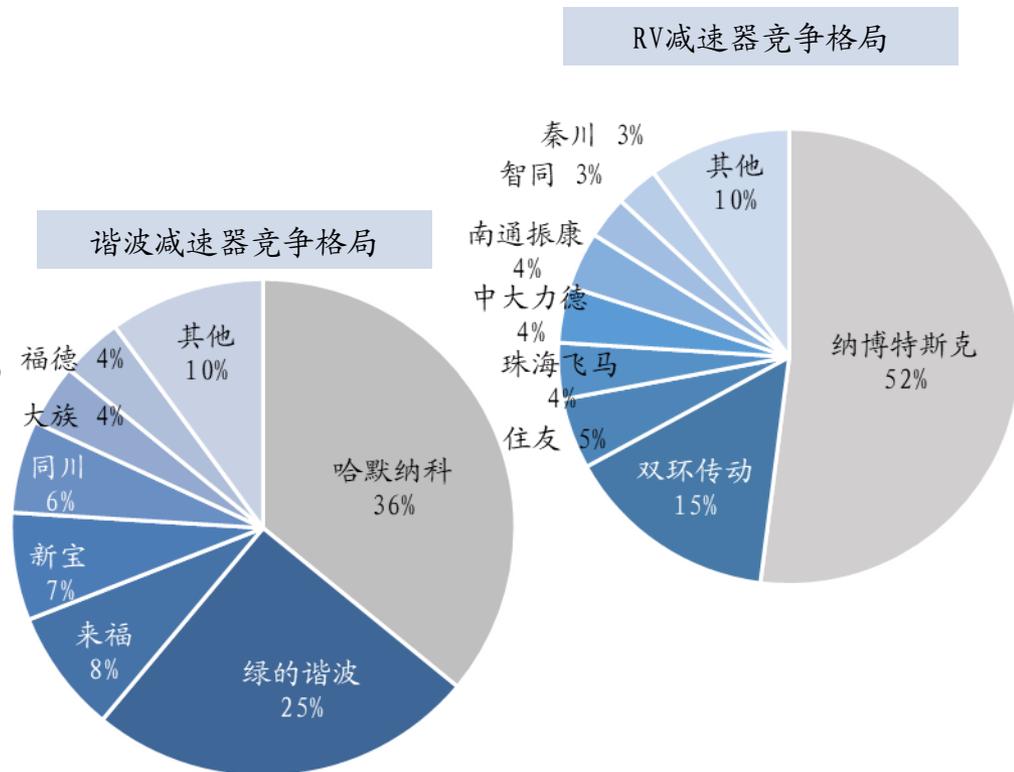
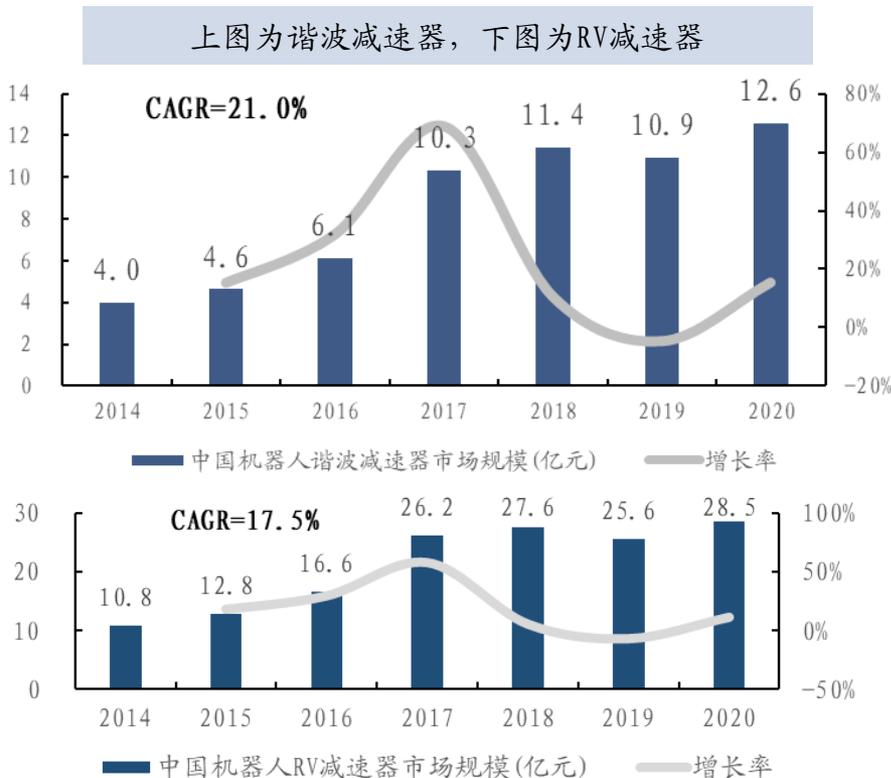
3.5. 减速器：机器人对精密减速器使用量大，人形尤以谐波减速器为多

3.5.2. 精密减速器市场规模、竞争格局

谐波、RV减速的市场规模保持较快增长；市场格局上日本龙头公司绝对领先，但国产龙头逐渐得到市场认可，国产替代正在进行。根据前瞻产业研究院，谐波、RV减速器在2014—2020年间CAGR分别达到21.0%、17.5%，且随着协作机器人迅速放量，谐波减速器有望保持较高速率扩张。哈默纳科、纳博特斯克分别占据谐波、RV减速器的市占头名，且日本住友等公司紧随其后，但绿的谐波、双环传动等国产品牌在性能上不断缩小差距，又具有成本优势，市占率逐步赶上。

图表：谐波、RV减速器市场规模

图表：谐波、RV减速器竞争格局（2021）

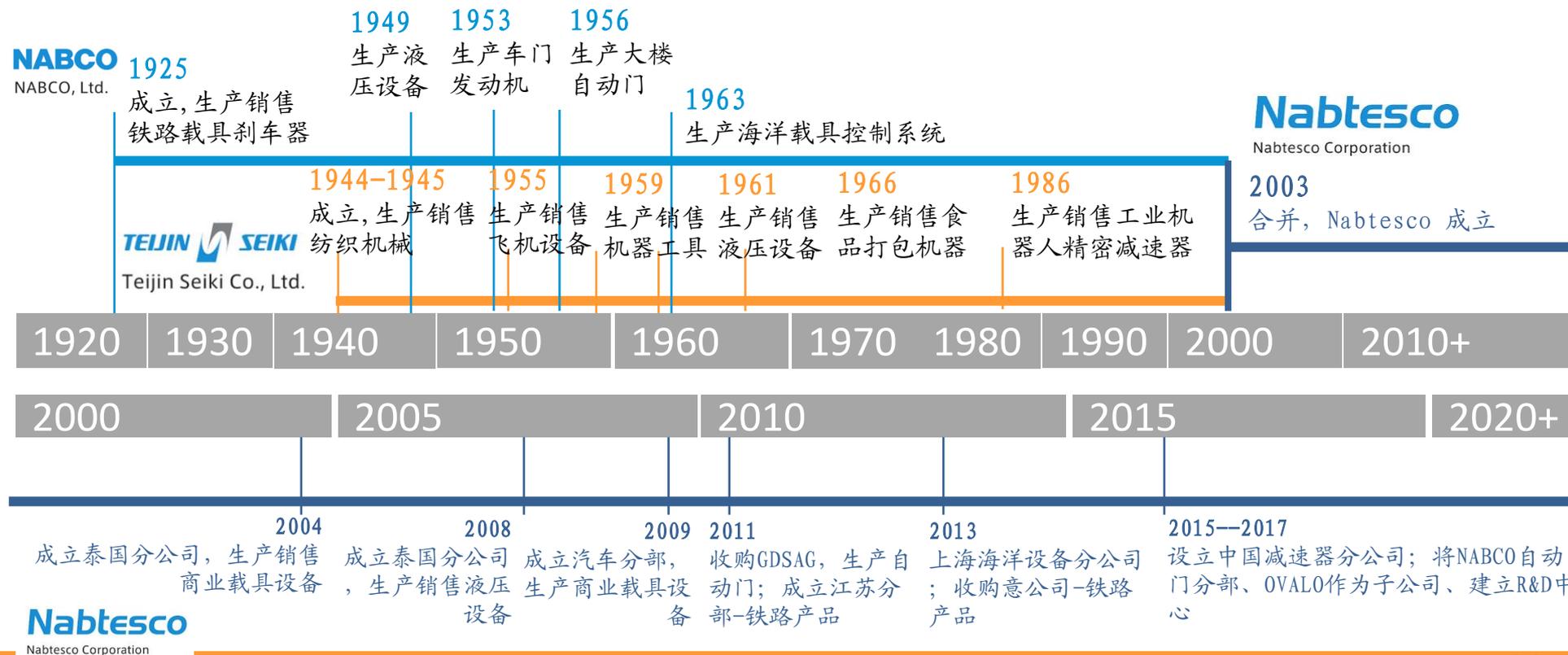


3.5.他山之石：减速器海外龙头分析

3.5.3. 纳博特斯克

合并而成，历史悠远：公司2003年由Teijin Seiki与NABCO合并而成，Teijin Seiki1944年从母公司中独立，1961年开始生产液压设备；NABCO1925年创立，1933年开始生产液压设备，1953年开始生产自动门。上述业务奠定了纳博特斯克的技術基础，也属于当前主要业务。而在RV减速器领域，纳博特斯克（包括两家公司原身）1985年即投入开发，1986量产，2000累计生产达100万台，2014累计生产达500万台，2021累计生产达1000万台。悠久历史为纳博特斯克筑起技术与客户的壁垒。

纳博特斯克发展历程



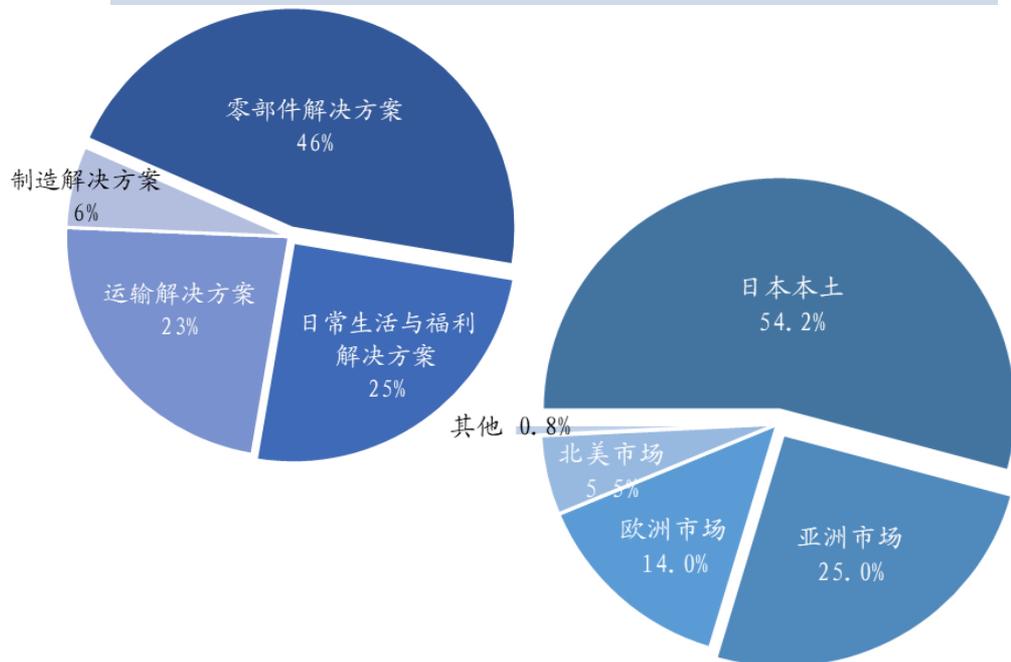
3.5.3. 纳博特斯克

□ 公司具有四大业务条线，而海外业务与国内业务各占半壁江山。从业务结构看，首先，零部件解决方案 (CMP) 主要提供精密减速器、液压设备，据2021财年数据，其占比最高(46%)；其次是日常生活与福利解决方案 (ACB)，提供自动门、站台门、智能膝关节义肢等设备，占比25.0%；第三是运输解决方案 (TRS)，它向铁路车辆、飞机、商用车等载具提供机械设备，占比23.0%；最后是制造解决方案 (MFR)，提供食品包装机等制造设备，占比6.0%。从产品结构的变化趋势来看，零部件解决方案的占比呈上升之势，同时生活与福利解决方案的占比逐渐超过了运输解决方案。

纳博特斯克多项产品在国际国内市场具领先地位



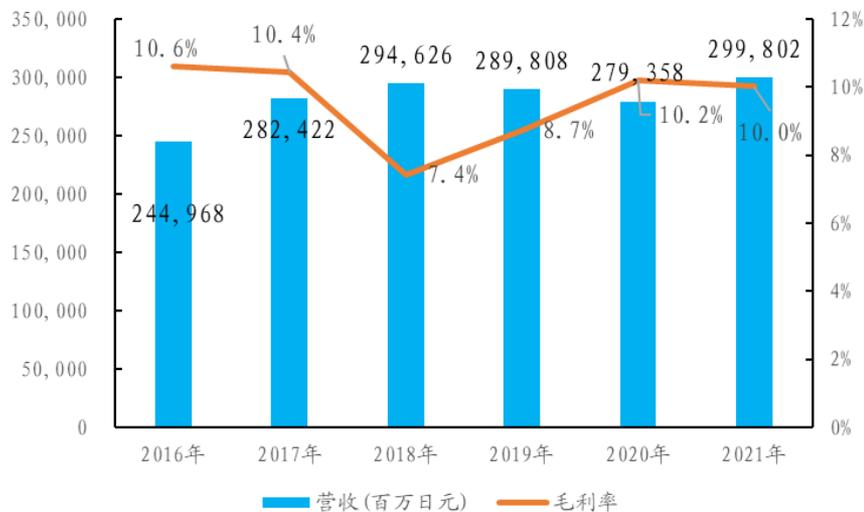
纳博特斯克业务结构与海内外销售结构



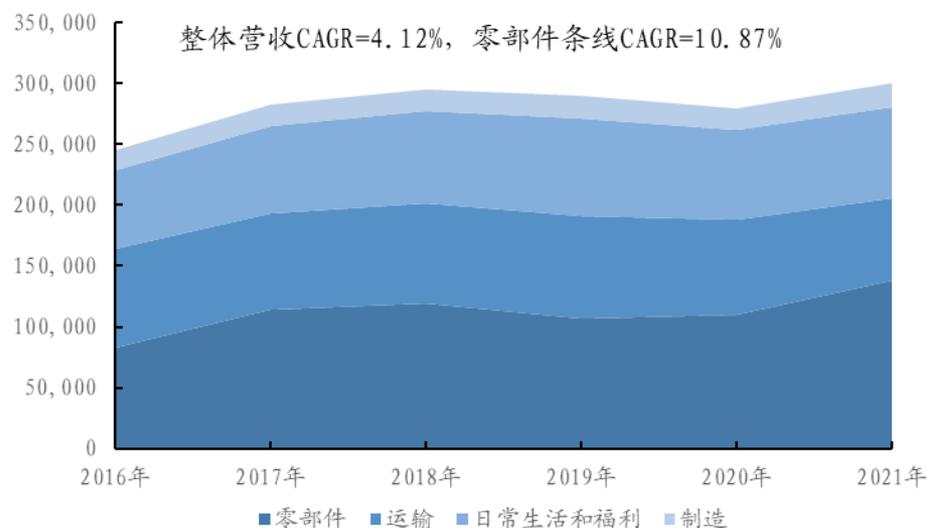
3.5.3. 纳博特斯克

- 从总体看，公司18年毛利率大幅下降，19年营收下降，而后近两年逐渐修复。18年公司毛利率由10.4%降至7.4%，19年营收降至2,898亿日元，20年又由于疫情进一步下滑。公司16-18年营收CAGR=9.7%，16-21则降至4.1%。
- 从业务分部看，精密零部件在19年需求不景气，近年逐渐修复乃至跃升；运输设备波动较大，近年景气度不高。零部件分部在营收中占比最高，19年其出现较大下降，这也导致了总营收表现为下降，同时18、19年零部件毛利率也出现下降。这背后原因是这两年中工业制造下游厂商投资减少，零部件需求下降；20、21年零部件营收上升，主要由汽车行业驱动。自17年始运输分部营收、毛利率下降，18年更大程度的下跌，这主要由市场状况变动带来：铁路载具领域中国市场销量减少、波音推出新的B777X机型、船舶建造市场不景气。20年疫情来，公众出行受阻，运输营收进一步减少。

纳博特斯克营收与毛利变化趋势



纳博特斯克各业务条线营收变化趋势

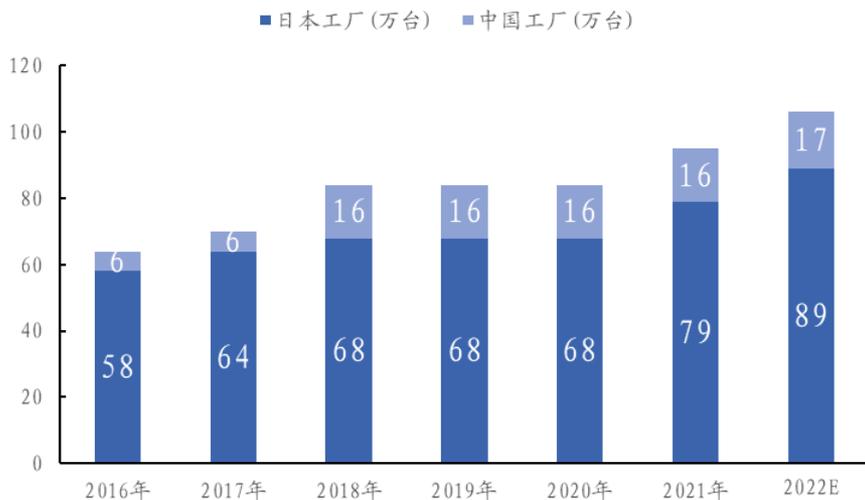


3.5.他山之石：减速器海外龙头分析

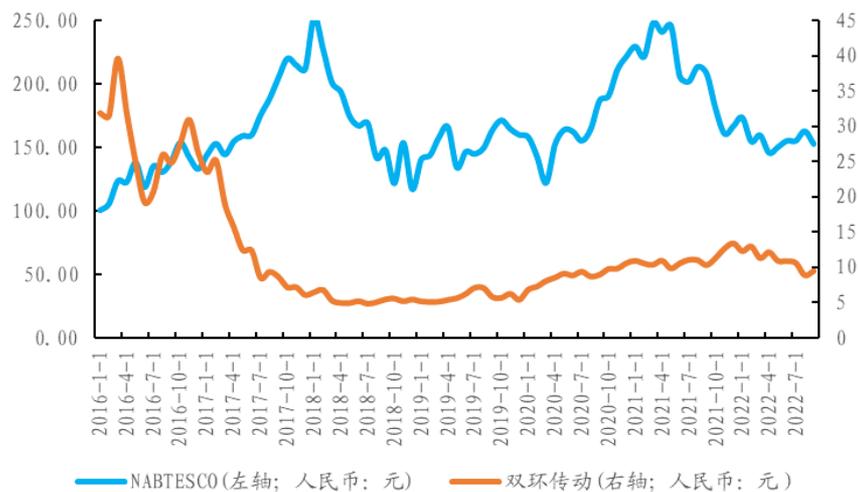
3.5.3. 纳博特斯克

- 与国内龙头双环传动相较：多产品布局为共同优势。双环传动2013年开始布局减速器，2015年承担国家863计划，不断测试后推出高精密摆线减速器，2016年实现量产，2020年成立子公司环动科技专精减速器发展。双环传动给与纳博特斯克的一大共同优势是在减速器之外还开展其他业务，第一，这能实现技术的复用，第二，公司能为客户提供更完备的服务，提升用户粘性；第三，当市场状况发生变化，例如NABTESCO 面临运输分部或零部件分部的暂时不景气，其他业务可发挥缓冲作用。
- 双环传动还需进一步缩小技术差距，同时凭借成本优势逐渐获取客户信赖。双环传动的RV减速器与纳博特斯克RV减速器相比，一方面在技术参数上还具有略微差距，另一方面纳博特斯克历史更悠长，积累了许多产品制造的一手经验，其减速器稳定性更强，客户也更青睐选择纳博特斯克这一受到检验的品牌。国内公司尚需通过更低的成本吸引客户，并以过硬技术逐渐取得用户信任。

纳博特斯克精密减速器产能扩张情况



纳博特斯克、双环传动股价回顾（汇率：CNY/JPY=20.43）



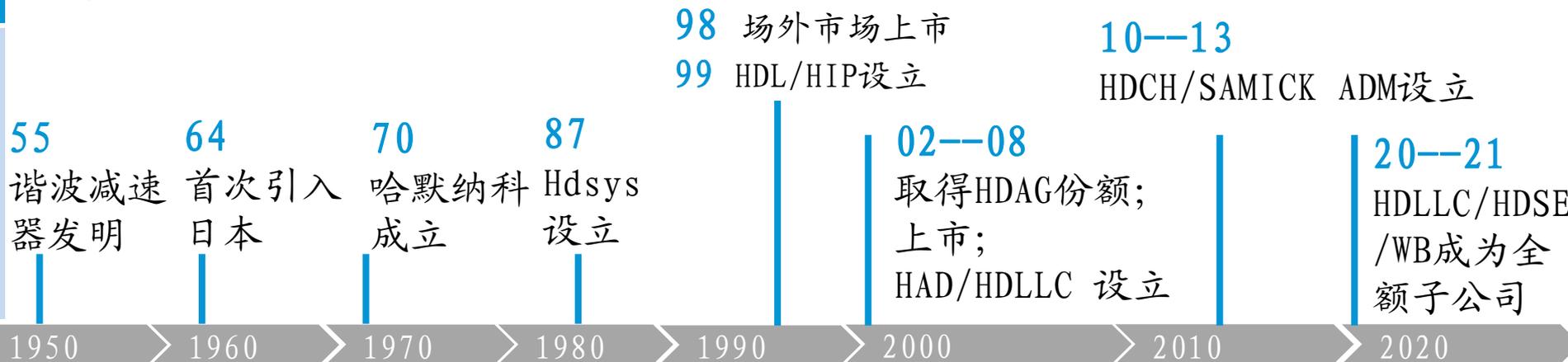
3.5.他山之石：减速器海外龙头分析

3.5.4. 哈默纳科

历史悠久的谐波减速器制作具有丰厚经验。1955年谐波减速器被发明出来，1964年其初次引入日本，1970年哈默纳科成立。其以谐波减速器起家，迄今已有接近60年开发生产谐波减速器的检验；1975年开始提供机电一体化产品，1980年开始提供行星减速器产品，且其复用了谐波减速器中的优势技术因而具有优异性能。

哈默纳科发展历程

历史



产品

 Harmonic Drive® 谐波减速器

 MECHATRONICS
Fine Mechanics & Motion Control 机电一体化产品

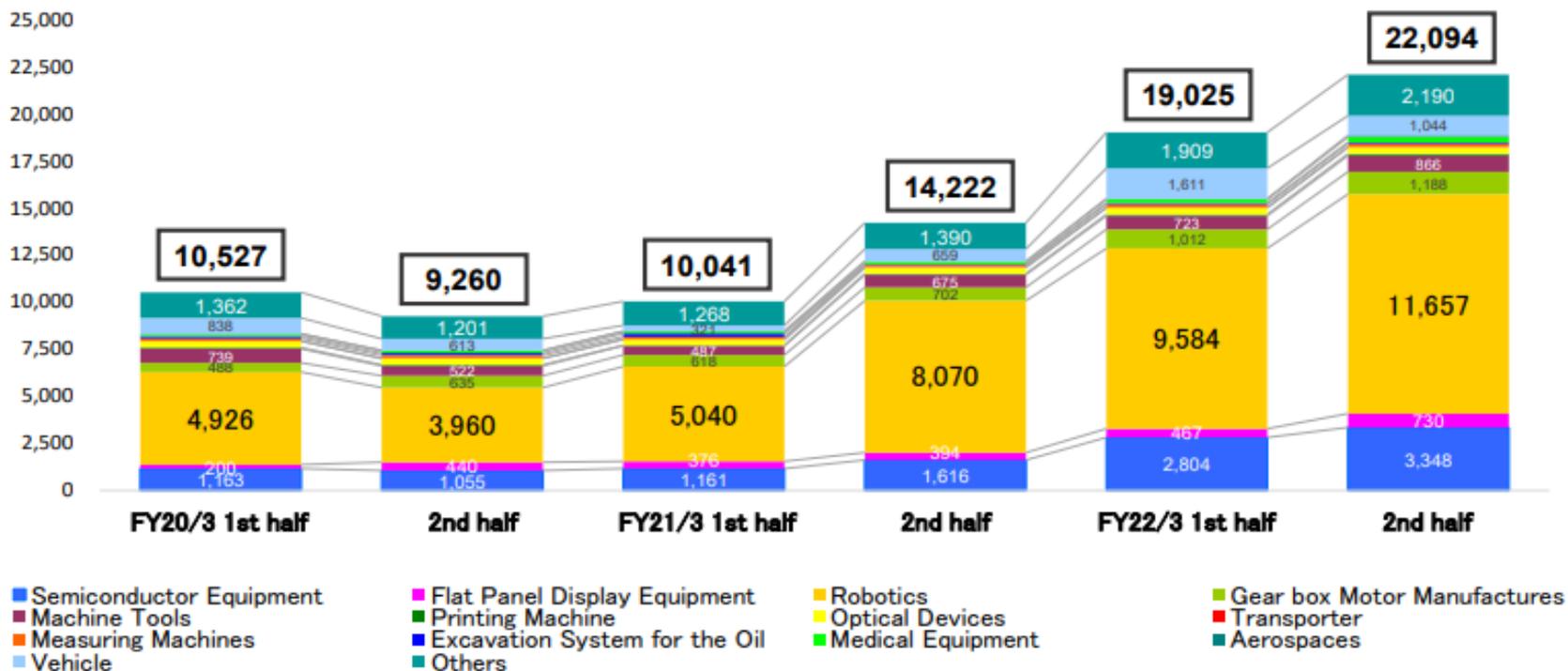
 AccuDrive® / Harmonic Planetary® 行星减速器

3.5.4. 哈默纳科

覆盖运动控制大部分零部件，提供集成与单体两种产品，减速器单体营收占比最高。公司定位为整体运动控制，对减速器、电机、控制器、传感器等其均有覆盖。从具体产品看，其有两大业务条线：减速器装置单体与集成式机电产品。前者分为谐波减速器、行星减速器，主要应用于工业机器人中；后者将减速器、电机、传感器、驱动器等零部件集成，主要用于以半导体制造为首的尖端技术领域。从营收占比看，减速器单体于2021年4月-2022年4月占比82.7%，集成机电产品占比17.30%。

(millions of yen)

哈默纳科产品下游分布：机器人占据大头，半导体增速较快



3.5.4. 哈默纳科

□ **技术、产品、研发具显著优势：**技术上，公司不仅是谐波减速器制造的先驱，且受益于其悠久的历史，哈默纳科在产品制造领域积累了丰厚经验，不断更新其产品。其谐波减速器产品从1981年的R系列发展至当今的CSD系列，厚度大幅减小而扭矩与精确性得到提高，产品迭代中的经验筑成壁垒。**产品结构上**，哈默纳科布局整体移动控制，覆盖多种零部件，且一种产品又提供广泛的参数与性能选择，由此覆盖尽可能多的市场。**研发上**，公司R&D结构合理，既不断投入前沿研究，又考虑如何更好地满足用户需求，且其市场营销、研发与生产部门融合为一，能更灵敏地回应用户需求。

哈默纳科在减速器产品迭代中积累丰厚经验



哈默纳科研发结构

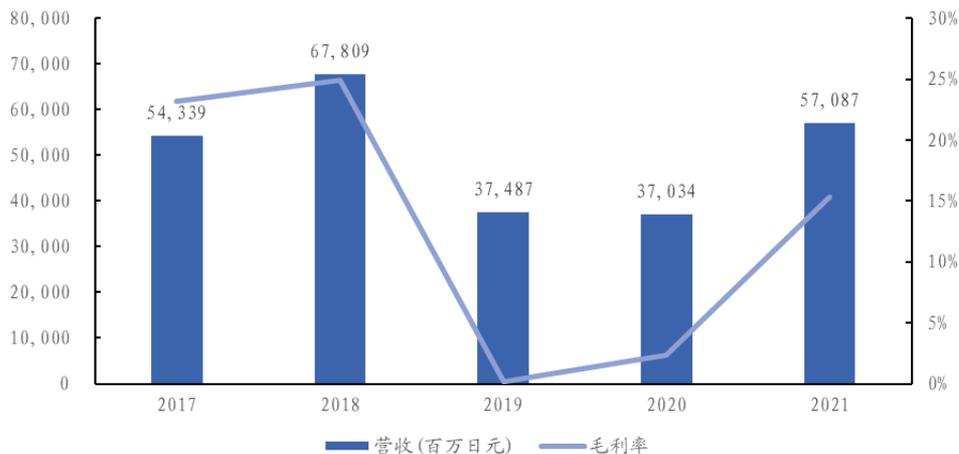


3.5.4. 哈默纳科

从经营业绩看，19年营收、毛利率大幅缩水，主要由市场供过于求所致。哈默纳科以减速器等运动控制装置为主要产品，可用于机器人或机床，下游以半导体、汽车等制造领域居多，而这些领域在19年日益加剧的中美贸易战中受影响较大。下游设备投资减少、客户与分销商期望降低库存，由此造成需求大幅下降。相较哈默纳科，纳博特斯克更丰富多元的产品结构减轻了其受到的影响。毛利率的缩水一方面源于运营费用的提升，此外还与固定资产的减值、销售产品的结构的改变有关，

国内谐波减速器龙头绿的谐波比较。与绿的相较，二者共同点是：均既布局减速器单体装置又布局机电一体化产品，且当前均为减速器单体占据营收大头，占比80%以上。从差异看，当前哈默纳科的营收规模与在中国/全球的市占率均高于绿的；绿的在近三年毛利率维持在43%以上，而哈默纳科自2018年后毛利率从24.9%开始下降，近三年修复，当前为15.3%的水平，相较绿的谐波更低

哈默纳科营收与毛利变化趋势



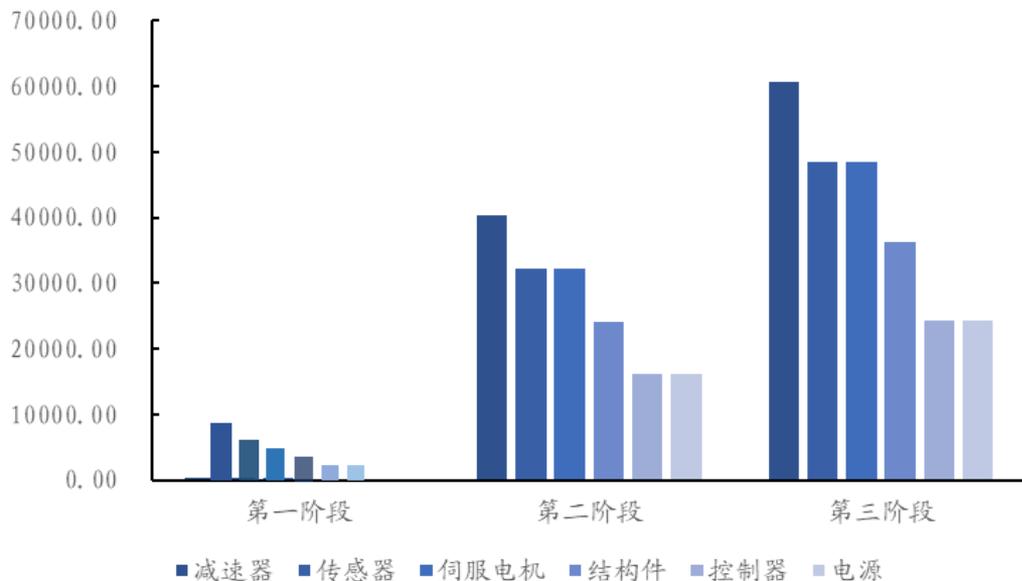
哈默纳科、绿的谐波股价回顾 (汇率: CNY/JPY=20.43)



3.6.人形机器人为核心部件带来的新增市场规模

在2023-2025的第一阶段，2025-2030的第二阶段，2030后的第三阶段，人形机器人将为减速器、伺服电机、传感器、控制器等零部件创造大量市场规模。

图表：机器人放量创造的市场规模大增(单位：亿元)



图表：三阶段机器人创造的市场规模测算

	成本比例	阶段一 (亿元)	阶段二 (亿元)	阶段三 (亿元)
本体规模		1,564.20	25,537.40	36,551.80
减速器	25%	391.05	6384.35	9137.95
传感器	20%	312.84	5107.48	7310.36
伺服电机	20%	312.84	5107.48	7310.36
结构件	15%	234.63	3830.61	5482.77
控制器	10%	156.42	2553.74	3655.18
电源	10%	156.42	2553.74	3655.18

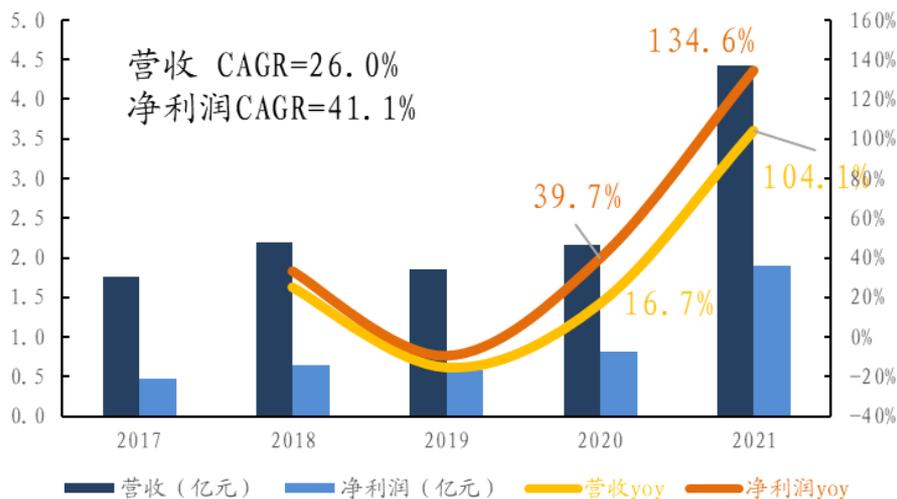
四、投资建议&风险提示

- 4.1. 绿的谐波：谐波减速器龙头，态势优秀，有望受益人形热潮
- 4.2. 鸣志电器：控制电机龙头，步进电机与伺服电机皆具优势
- 4.3. 兆威机电：布局新兴领域，或受益于机器人量产
- 4.4. 韦尔股份：CIS龙头，复苏拐点已至，机器视觉打开空间
- 4.5. 思特威-W：弹性CIS，受益于多模态发展
- 4.6. 宇瞳光学：安防镜头龙头，机器视觉领域快速增长
- 4.7. 奥普特：较完整布局机器视觉软硬件，技术储备较深厚
- 4.8. 天准科技：深耕工业机器视觉，或可间接参与人形机器人产业链

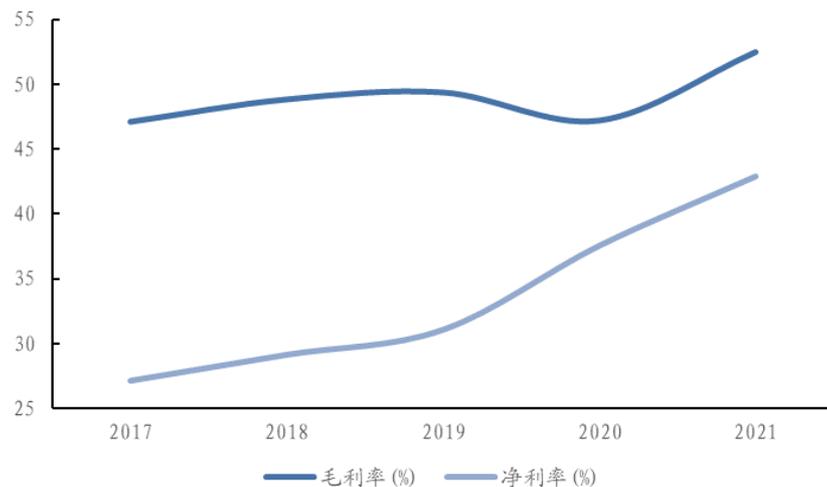
4.1.绿的谐波：谐波减速器龙头，有望受益人形热潮

- 公司营收/毛利稳健增长，毛利率维持较高水平。公司为专业从事精密传动装置研发、设计、生产和销售的高新技术企业。绿的逐步打破国际巨头对精密减速器的垄断，成长为国内谐波减速器龙头，当前中国市场市占率超20%，仅次于老牌巨头哈默纳科。2017—2020年度，营收、净利润分别以CAGR=26.0%、41.1%的速率增长，且2021年增速均超过100%；同时，毛利率保持在50%左右的较高水平。以主营业务拆分，谐波减速器对营收、毛利率的贡献最大。
- 技术积淀、高性价比、谐波减速器供应缺口是公司迅速发展的主要驱动力。公司多年的打磨大幅缩小了其余国际巨头在精密减速器上的差距，而相较国际巨头具有价格优势，由此得以在谐波减速器领域与新松机器人、埃斯顿、优必选、Universal Robots等机器人公司建立了深度合作，亦成为ABB、通用电气、那智不二越等国际知名公司的精密零部件供应商。此外，新建产能释放+订单饱满，以及全球谐波减速器供应缺口是2021业绩跃升的重要原因。预计2022-2024减速器缺口仍然存在，再加之疫情下“机器替人”可能加速，以及人形机器人热潮兴起，公司还将保持迅速扩展态势。
- 风险提示：下游需求不及预期、新品研发不及预期、原材料价格波动风险

绿的谐波营收与净利润快速增长



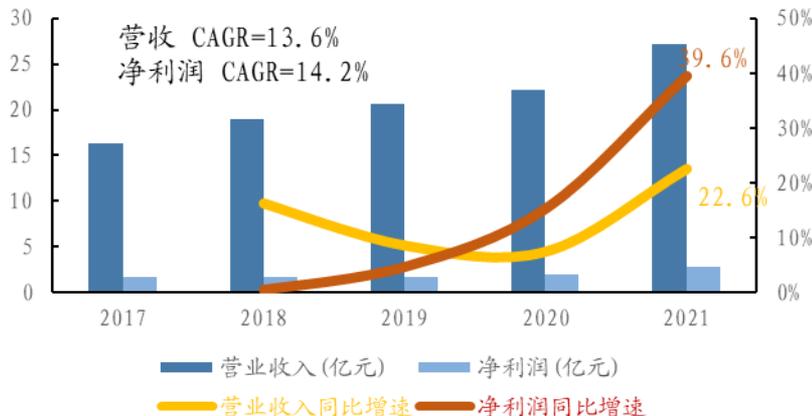
绿的毛利率、净利率均保持较高水平且增长较快



4.2.鸣志电器：控制电机龙头，步进电机与伺服电机皆具优势

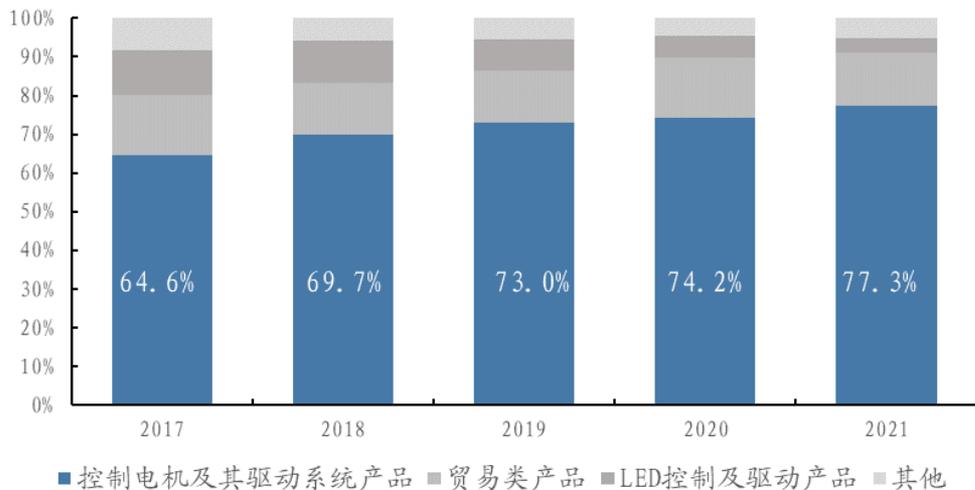
□ 公司提供控制电机、伺服系统、电机编码器领域成熟产品系列。公司的步进电机、空心杯电机、伺服电机在国内外得到广泛使用，其混合式步进电机产品地位尤高，占据全球市场10%以上份额。上述电机或集成的伺服系统均可能在人形机器人上搭载。

□ 控制电机相关产品贡献营收较大份额，且电机技术优势带来的高毛利率带动公司综合毛利率、净利润上升。公司控制电机业务占据大头且呈上升之势，2021年达到77.3%，这一领域毛利率维持在40%左右，带动综合毛利率介于35-40%间。2021年营业收入同比增速22.6%，净利润同比增速39.6%，业绩稳步增长。

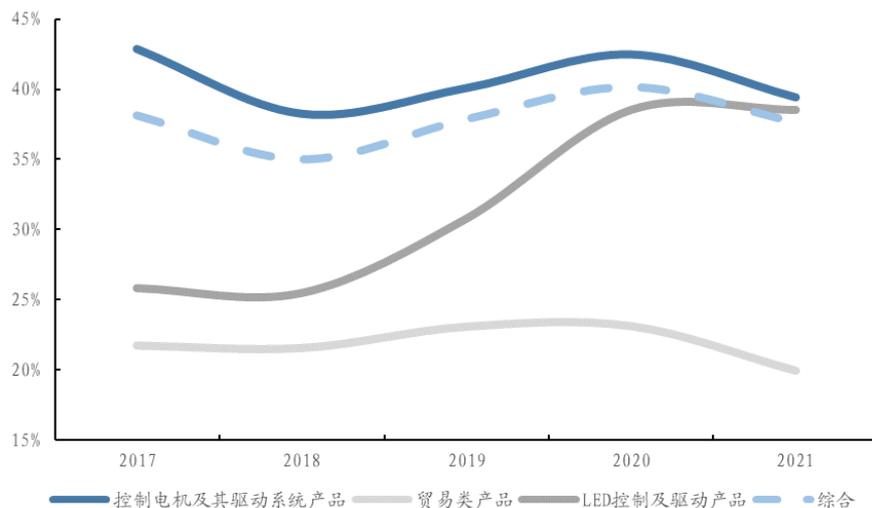


□ 风险提示：行业竞争加剧

鸣志电器按产品划分的营业收入构成



鸣志电器各产品毛利率及综合毛利率



4.3.兆威机电：微型传动龙头，布局新兴领域，或受益于机器人量产

- 公司**为微型传动领域龙头**，微型传动随电子产品、新能源汽车等产业发展而日益重要，且行业壁垒深厚。传动系统是传递动力与运动的装置组合；微型传动系统主要用于控制调节、传递运动，在通信设备、智能家居、服务机器人、汽车电子、医疗器械等产业中的应用日益广泛。行业壁垒包含技术、客户两方面，前者指微型齿轮模具设计与精密加工能力，后者是客户认证。公司逐渐积累技术领先优势与客户资源，具有先发优势。
- 公司**布局新兴领域**，产品在多款机器人上得到运用，有较大可能**受益于人形机器人量产**。公司产品覆盖传统的移动通信、汽车电子领域，又在智能家居、智慧医疗、服务机器人等新兴领域布局，上述领域均具有较大发展潜力。与此同时，公司产品包括全系列的精密行星齿轮箱减速电机，通用驱动器等，这些零部件在人形机器人中或将应用，且已获得博世、iRobot等下游客户的认可，故推测公司将受益于机器人量产。

兆威机电营收与毛利率走势



兆威机电布局领域分布



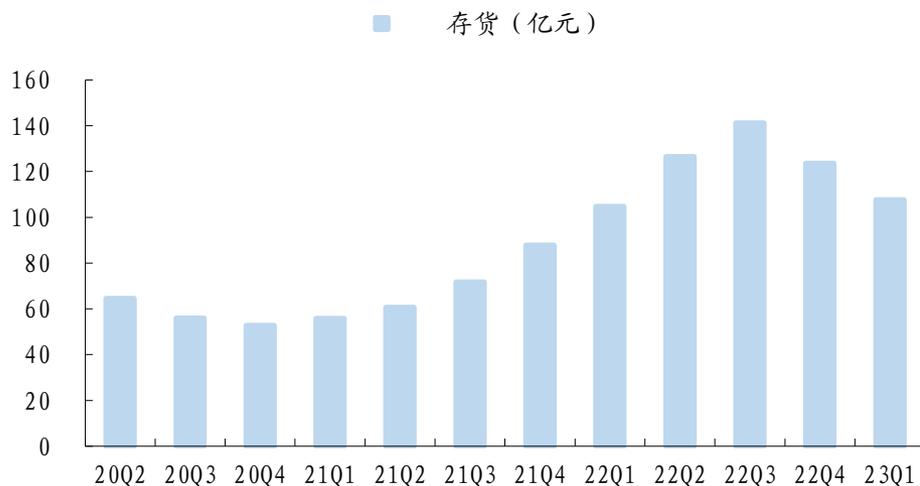
兆威机电产品已应用于工业、服务、物流机器人



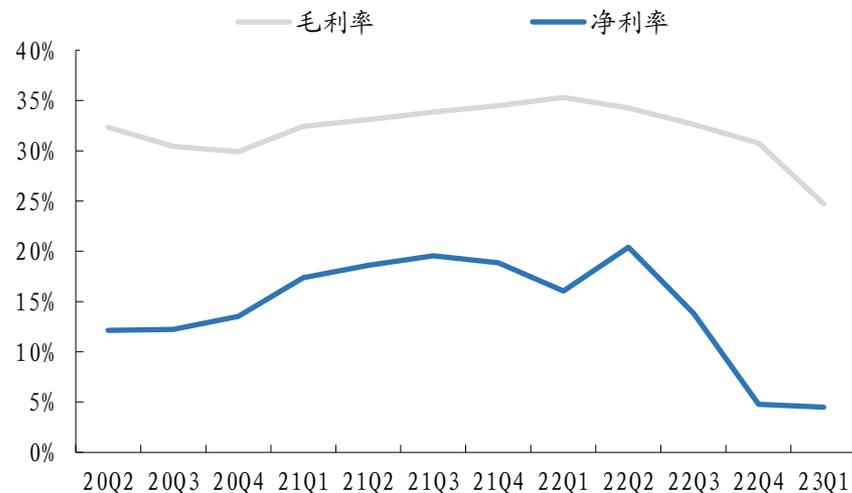
4.4. 韦尔股份：CIS龙头，复苏拐点已至，机器视觉打开空间

- **CIS龙头，机器视觉打开空间。** 公司致力于提供传感器解决方案、模拟解决方案和触屏与显示解决方案，助力客户在手机、安防、汽车电子、可穿戴设备、IoT等领域解决技术挑战。作为CIS龙头，公司有望分享产业链红利。机器视觉领域属于新兴发展方向，ASP高于传统产品，未来随着GPT和具身智能的发展，有望迎来快速增长。
- **复苏拐点已至，公司有望逐步改善。** 截止2023Q1末，公司存货107.7亿，较2022年末降低15.87亿，Q2有望继续去化。我们认为随着经济复苏，库存去化，公司经营有望重回增长轨道。
- **风险提示：下游需求不及预期**

韦尔股份存货变动情况



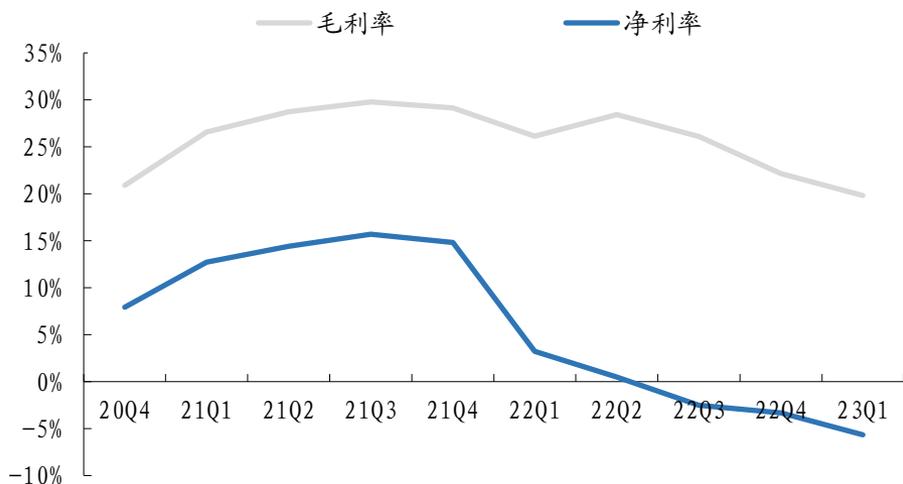
韦尔股份盈利能力变动



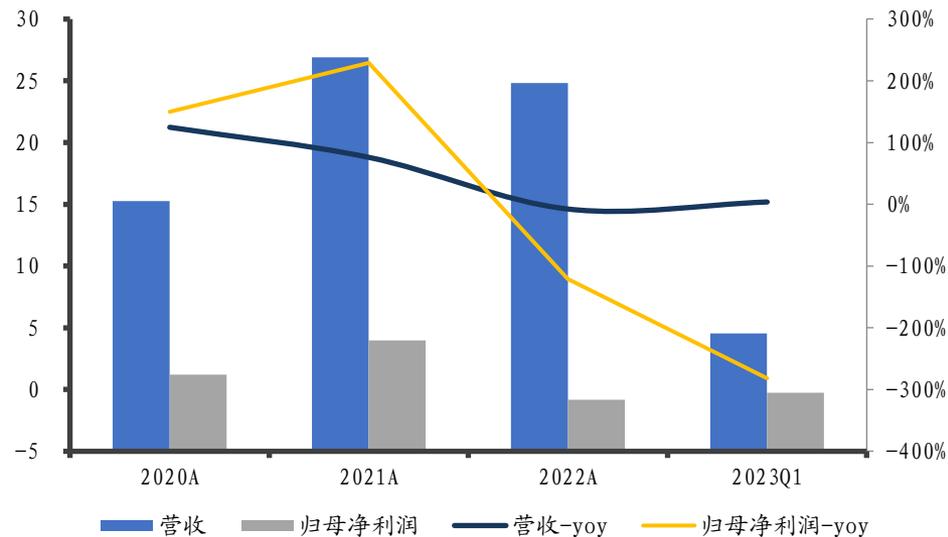
4.5. 思特威-W: 弹性CIS, 受益于多模态发展

- 安防景气有望复苏, 公司具备潜在弹性。公司覆盖高中低端各类像素水平的CMOS产品, 广泛应用于安防、机器视觉、汽车电子和智能手机等领域, 其中安防领域占比营收相对较高。
- 公司调整产品结构, 高端占比不断提升。随着AI和5G商用落地, 机器视觉CIS逐渐应用到无人机、扫地机器人等新兴下游领域, 公司在安防和机器视觉产品有较好突破; 手机端, 也有高像素主摄产品推出。
- 风险提示: 下游需求不及预期

思特威盈利能力变动



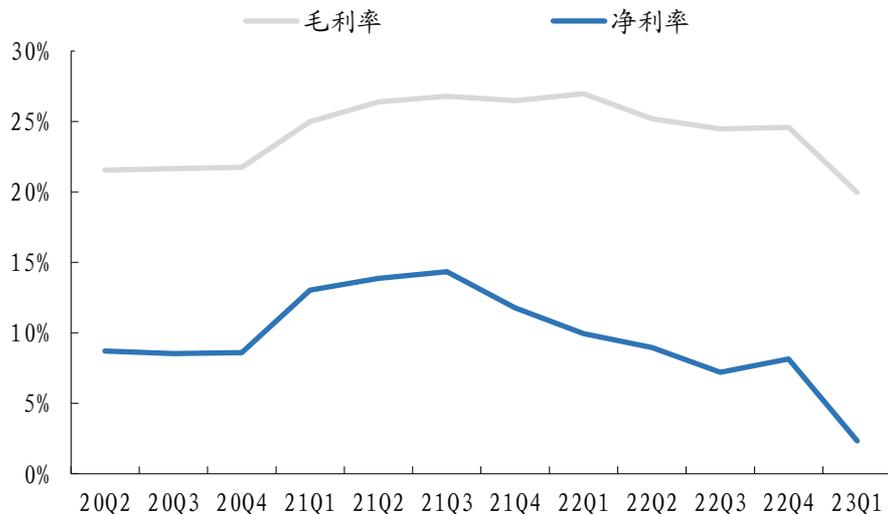
思特威营收与净利润变化情况



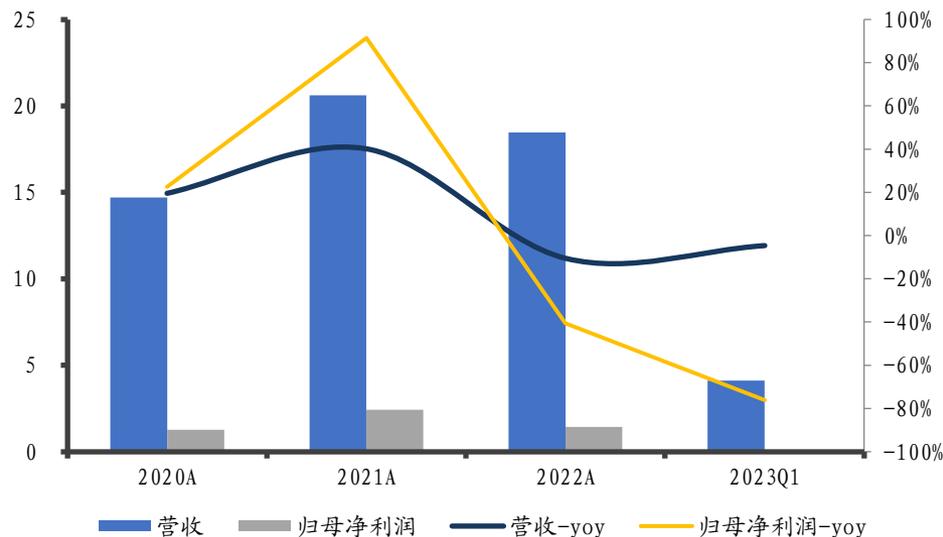
4.6. 宇瞳光学：安防镜头龙头，机器视觉领域快速增长

- **安防镜头龙头，行业地位稳固。** 公司是全球最大的安防镜头生产商，产品线布局齐全，广泛应用于安防、机器视觉和车载等领域。
- **机器视觉新市场，远期需求广阔。** 机器视觉为高单价产品，类比于CIS，海内外高精度、低时延等需求催生此块市场，预期随着算力的提升，应用有望普及。
- **积极布局汽车业务，打造第二曲线。** 公司摄像头、激光雷达、AR-HUD等业务均在顺利推进，有望贡献远期增量。
- **风险提示：下游需求不及预期**

宇瞳光学盈利能力变动



宇瞳光学营收与净利润变化情况

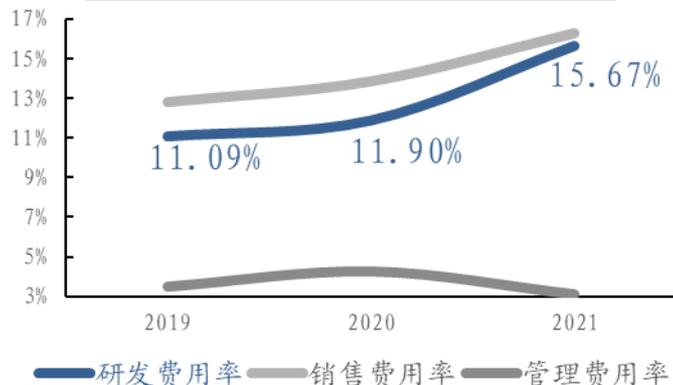


4.7.奥普特：机器视觉软硬件布局较完整，技术储备较深厚

公司将机器视觉核心软硬件基本覆盖，且已布局3D视觉传感技术、深度学习技术。奥普特当前下游客户以3C电子、新能源产线为主，承担关键工序的缺陷检测、尺寸测量等，暂未广泛应用于汽车自动驾驶或机器人。但其在机器视觉软硬件领域布局完整、技术储备深厚，则当人形机器人厂商为提升对象识别能力而寻求机器视觉方案时，公司有望进入产业链。

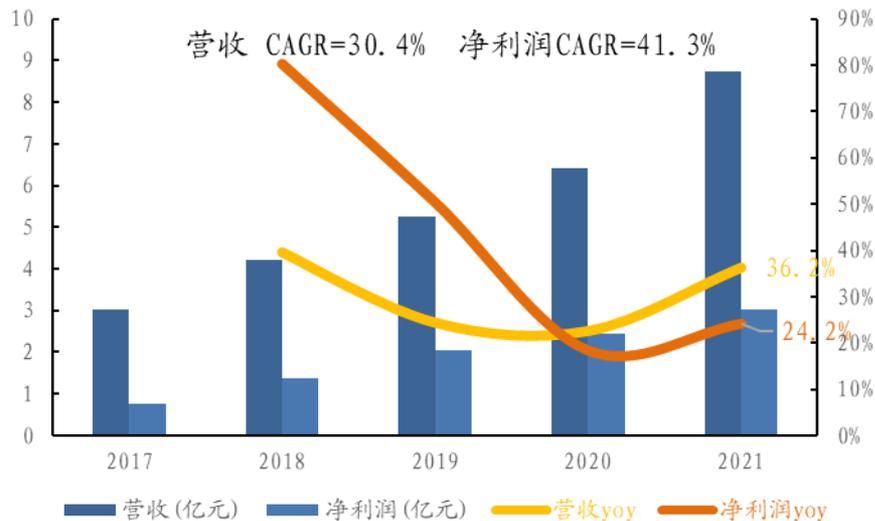
公司研发费用率近三年不断提升

受益新能源高景气度，公司业绩稳步增长，同时研发投入保持增加。2021年度公司营收增速36.2%，达8.75亿元；净利润增速24.2%，净利润增速之所以低于营收增速，主要由电子器件成本上升使营业成本大幅上升所致。与此同时，近三年公司研发费用率不断提升，为公司积累了创新性强、实用度高的核心技术。

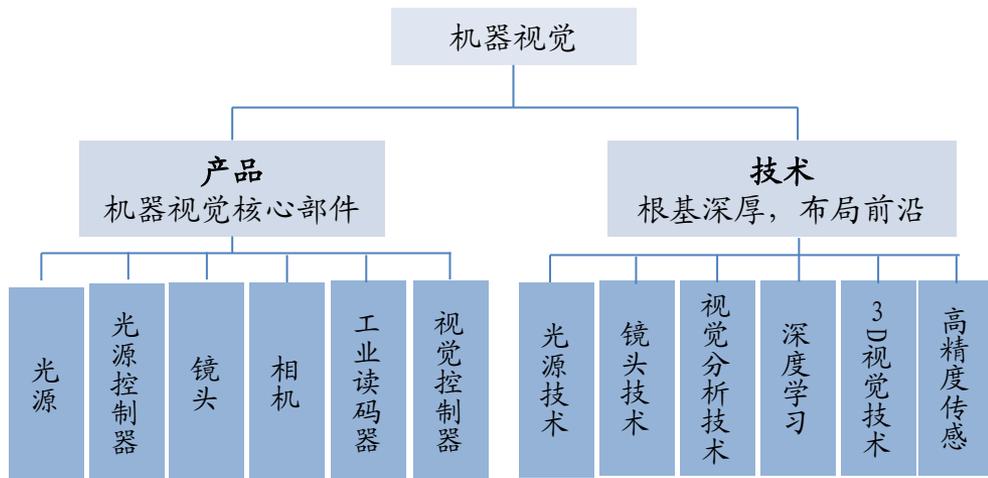


风险提示：市场竞争加剧风险

奥普特营收及净利润变化情况



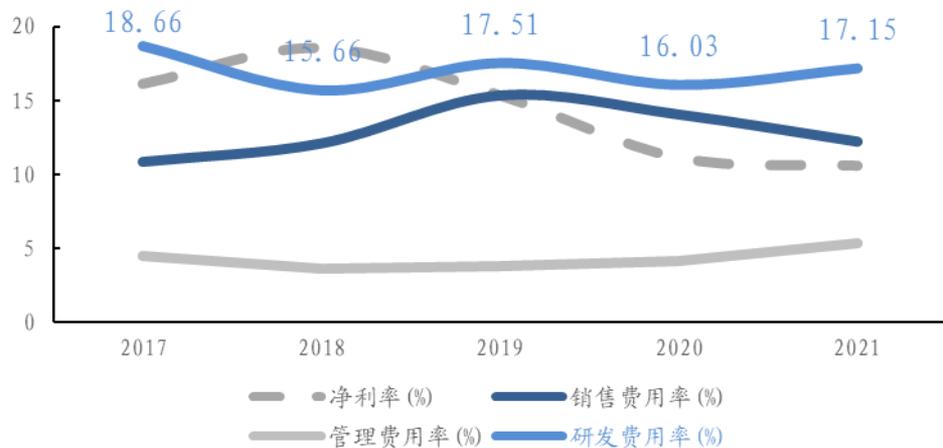
奥普特产品与技术布局结构



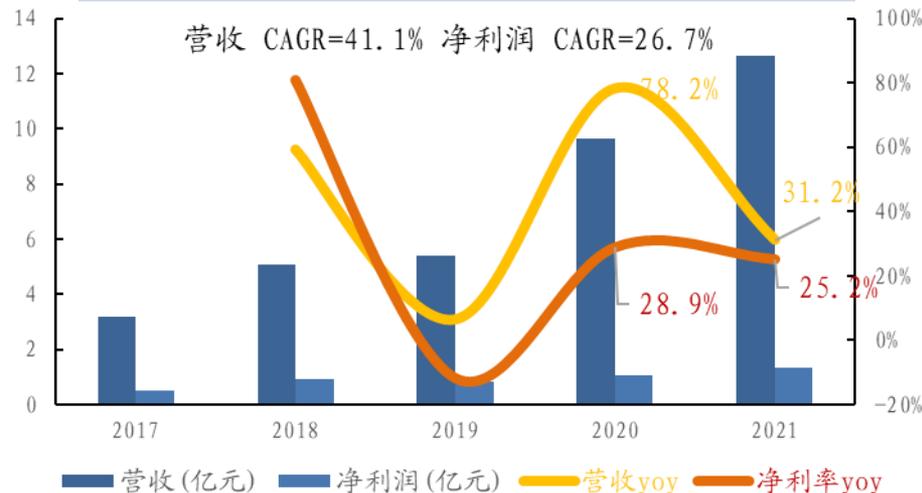
4.8. 天准科技：深耕工业机器视觉，或可间接参与人形机器人产业链

- **深耕工业机器视觉，与广泛下游建立合作。**公司主要产品为工业视觉装备，包括视觉测量、视觉检测、视觉制程装备与智能网联方案等。其面向消费电子、半导体、新能源、汽车等精密制造行业，提供视觉测量/检测/制程等高端设备产品，并面向智能网联提供AI计算单元等智能化解决方案。
- **持续技术投入带来领先地位，有望通过机器视觉产线间接参与人形机器人供应链。**公司2020年在中国及其视觉行业的市占率为6.7%，处于领跑者位置，并参与多项行业标准的制定，主要客户包括富士康、德赛、东山精密、博世、三花智控等。产品的高认可度离不开公司的技术储备，通过自研，公司掌握基于深度学习的缺陷检测、3D视觉算法等机器视觉算法，自主开发工业视觉软件平台ViSpec，实现对4,000余家客户产品的2D/3D尺寸及视觉检测，形成数万个应用案例。公司参与人形机器人产业链的方式，可能是直接向机器人厂商提供高性能AI计算单元，也可能是为减速器、电机、芯片生产提供机器视觉解决方案，以此提高产业精度与效率，从而间接参与产业链。
- **风险提示：市场竞争加剧风险**

天准科技净利率及销售、管理、研发费用率



天准科技营收与净利润变化情况



- **投资建议：**产业链仍处早期，发展周期较长，远期想象空间可观。建议关注战略性环节。人形机器人相关，机器视觉相关产业均值得关注，如安防产业链也可能存在外溢机会。
- 1) 核心成本项，减速器（绿的谐波）、电机（鸣志电器）、动力装置（兆威机电）；
- 2) 传感器&机器视觉（韦尔股份、思特威-W、宇瞳光学、奥普特、天准科技）

- **人形机器人降成本速度低于预期：** 29.9%人形机器人普及依赖于技术降本，如果成本下降幅度低于预期，可能导致市场放量较慢。
- **ChatGPT技术发展不完善、应用不及预期：** 若ChatGPT等技术发展不及预期，AIGC渗透率未能如期提升、应用场景受限，潜在市场规模或无法释放。
- **AI基础设施不及预期：** 若AI基础设施不及预期，大模型训练或无法完成。
- **AI伦理风险：** AI可能会生产违反常规、违背法律和道德的内容，或帮助人类以作弊等形式完成违反常规、违背法律和道德的行为。

免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。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，本公司不对任何人因使用本报告中的内容所导致的损失负任何责任。在法律许可的情况下，东吴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并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，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。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用、刊发、转载，需征得东吴证券研究所同意，并注明出处为东吴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

东吴证券投资评级标准：

公司投资评级：

买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘在15%以上；

增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘介于5%与15%之间；

中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘介于-5%与5%之间；

减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘介于-15%与-5%之间；

卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对大盘在-15%以下。

行业投资评级：

增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于大盘5%以上；

中性：预期未来6个月内，行业指数相对大盘-5%与5%；

减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于大盘5%以上。

东吴证券研究所

苏州工业园区星阳街5号

邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

东吴证券 财富家园