

证券研究报告  
产业研究  
2022年12月07日

# 孕育人类“奇点”时刻 ——全球机器人产业研究之应用框架

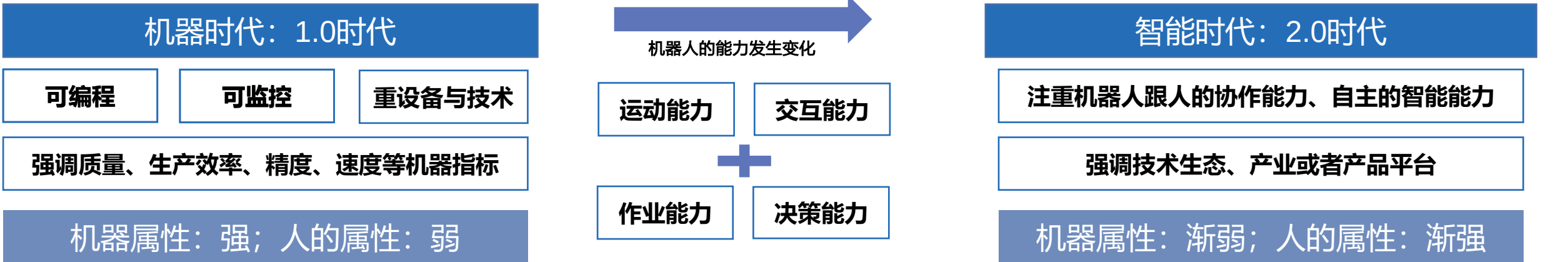
评级：推荐(维持)

国海证券研究所

|                    |                  |
|--------------------|------------------|
| 杨仁文(证券分析师)         | 马川琪(联系人)         |
| S0350521120001     | S0350121090021   |
| yangrw@ghzq.com.cn | macq@ghzq.com.cn |

# 机器人产业赛道：从机器走向人，软件定义智能时代

|       | 定义                                                                | 应用场景                             | 应用价值                                | 进化逻辑                                                                             | 未来创想                                                                    |
|-------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 工业机器人 | 工业机器人是用于工业领域的多关节机械手或多自由度机器设备，它可以自动执行工作,并且是一种通过自身的力量和控制能力实现各种功能的机器 | 搬运<br>焊接<br>装配<br>加工<br>喷涂<br>洁净 | 劳动力替代<br>突破人类能力边界<br>应对老龄化<br>解放生产力 | 简单重复动作的机器人<br>↓<br>提供人工智能、传感器优化方向进化<br>智能化+硬件集成度提高+效率优化(如负载提高)                   | 中短期：实现智能工厂与机器人技术整合，走向智能化+小型化+轻量化<br>长期：完全的智能化与功能一体化，单个机器人有望实现产品制造流程的全覆盖 |
| 服务机器人 | 服务机器人指在非制造业，以服务为主旨的自主或半自助机器人，其中包括送餐机器人、送货机器人、养老助残机器人、人形机器人        | 餐厅送餐<br>快递配送<br>养老助残陪护           | 实现人工替代<br>降本增效<br>情绪价值              | 单一场景包含的单一硬件+单一软件机器人<br>↓<br>多场景使用的全能型机器人进化                                       | 中短期：硬件标准化+软件通用化，实现场景初步整合<br>长期：人形机器人一套硬件+多套软件，实现全场景应用                   |
| 医疗机器人 | 医疗机器人指用于医疗场景中辅助医护工作，提高医疗、保健服务的机器人，主要分为医疗服务机器人、手术机器人及康复机器人         | 微创外科手术<br>消毒清洁运输<br>患者康复矫正       | 提升医护工作效率<br>执行精细度高操作<br>缩短患者恢复周期    | 提供视觉(监视、影像)、听觉(接受指令)、触觉(力学反馈)的机器人<br>↓<br>向具有智能诊断能力的智能机器人进化<br>提供5G远程手术+AI智能自动手术 | 中短期：结合5G技术，实现远程手术操作等<br>长期：实现自动诊疗，根据病患信息主动制定手术规划，能够自主操作机械臂进行手术          |



# 人形机器人迭代逻辑：应用场景+技术研发共探索

## 三个阶段

|      | 历史发展<br>“人形机器人”概念出现  | 当前阶段<br>基本技术成熟，应用场景待探索 | 未来方向<br>全场景应用，一套硬件+多套软件 |
|------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| 场景应用 | 展示为主<br>噱头性大<br>科研教育 | 实用度低<br>用途不明<br>交互性强   | 复合场景<br>实用度高<br>重规模化    |
| 核心技术 | 运动能力<br>双足行走<br>搬运能力 | 抓握能力<br>交互能力<br>搬运能力   | 深度交流<br>自主思考<br>能耗控制    |
| 发展重心 | 原型发布<br>基本功能<br>技术开创 | 应用探索<br>技术突破<br>提升规模   | 人工智能<br>更长续航<br>边界探索    |

## 两个方向

重规模

特斯拉模式：规模化生产 + 商业化应用双重探索

规模化生产

商用落地

推动

零件标准化

设计简单化

技术通用化

配置实用化

价格驱动

精细控制

功能丰富

仿人设计

价格合理

重技术

波士顿模式：技术为核，专用性强

强科研

高性能

推动

专用零件

工业设计

高精技术

性能配置

性能驱动

高危场景

功能单一

超人功能

价格更高

# 机器人产业赛道：模仿人类到超越人类，突破人类生物能力

**前言：**在2007年初的冬天，苹果创始人史蒂夫·乔布斯发布了iPhone，不仅重新定义了手机，并且以此改变了世界，推动了移动互联网的普及，如今，在智能制造时代，特斯拉制定了机器人大生产智能汽车的游戏规则，利用AI技术和机器自动化技术重塑了传统汽车的制造模式和商业模式，定义了新能源汽车，也带来了人形机器人“Optimus”原型机，这也意味着机器人智能时代下人形机器人规模化普及的可能性。我们认为，机器人从模仿人类到超越人类，未来将突破人类生物能力边界，利用软件+平台升级实现全场景覆盖。

- **工业机器人：**机器人产业目前最大子赛道，细分应用场景下专用性强、规模化程度较高
- **从何而来？**通过复盘日韩三国工业机器人产业的发展历程，我们发现“产业环境+人才培养+需求催化”是市场的核心发展驱动力，日本市场以产业环境成熟、支持政策力度较大、人才培养完善为特点，是工业机器人行业执牛耳者，韩国市场从需求端的角度来看已进入了成熟市场，但整体市场呈现应用>自产的特点，在核心技术、产业环境上仍较为薄弱，中国市场作为最大的工业机器人市场，整体还处于成长阶段，上游零部件的核心技术突破将成为行业发展的重要方向。
- **走向何方？**未来国内市场发展方向上，我们判断工业机器人渗透率将有进一步提升，要密切跟踪下游行业汽车、电子等制造工厂智能化发展情况与机器人产业链完善程度，结合日本工业机器人两大巨头发那科与安川电机的发展路径，我们认为工业机器人企业未来发展的关键在于自身的产业链布局与关键零部件的技术突破，中短期来看，工业机器人也将往智能化、载荷提高、小型化与专业化的方向不断进化；长期来看，工业机器人将实现完全的智能化与功能一体化，单个机器人有望实现产品制造流程的全覆盖。
- **服务机器人：**现有技术下，服务机器人应用场景高度细分，通用化或为盈利重要突破方向
- **如何服务？**运输机器人：不同配送需求下商业化应用程度不一，技术要求最低的送餐机器人因紧贴需求、实现降本增效，发展成熟；对负重能力等有更高要求的物流配送机器人，则因伺服电机技术不成熟+使用场景探索待深入，发展曲线滞后；清洁机器人：商用、民用需求不同，龙头民用品牌多次探索商用技术，未来可期；交互性机器人：运用人工智能技术，可不断重复相同信息的讲解、全天候关注使用者情绪等功能，在教育、科研、医疗等领域应用丰富。技术进一步发展后，交互性机器人表现值得期待。
- **如何突破？**中短期来看，将走向硬件标准化+软件通用化，实现场景初步整合，零部件标准化：相似功能的机器人使用相同零部件，最大化单一零部件产量，降低成本。如在需求允许的情况下，送餐与配送机器人使用相同的传感器；长期来看，有望实现人形机器人一套硬件+多套软件，从而实现全场景应用，人形机器人：在技术突破后进一步标准化、通用化，一套硬件+多套软件，实现硬件成本降低+使用场景丰富，深度探索盈利模式。

# 机器人产业赛道：模仿人类到超越人类，突破人类生物能力

## ➤ 医疗机器人：高速成长赛道，需求、技术、政策驱动发展，手术机器人潜力大

- ✓ **为何兴起？** ①**需求端**：新发肿瘤患者数攀升带来腔镜手术需求增加，老龄化带来骨科、心脑血管手术需求增加，庞大的患者群体释放外科手术高需求，为手术机器人市场孕育了增长空间。②**供给端**：技术及政策共同孕育行业发展，优良的人工智能技术土壤孕育医疗机器人成长，同时政策鼓励发展医疗机器人，推进规范应用。
- ✓ **谁具看点？** 中国医疗机器人正处高速成长期，手术机器人潜力大。据亿欧智库披露，中国医疗机器人市场规模预计由2021年72亿元增长至2025年250亿元，属于技术及资本密集型行业。具体可分为医疗服务机器人、康复机器人及手术机器人，其中手术机器人毫米级精度及多自由度运动技术，决定其用于高于人类能力的微创手术领域或实现对手术器械的精准控制，技术壁垒高且潜在市场规模大。
- ✓ **关注指标？** 手术机器人建议短期关注企业新机投放量，中长期关注耗材销售及服务质量。康复机器人建议未来重点关注企业技术革新及相关医保政策变动。
- ✓ **未来趋势？** 中短期来看，5G+机器人的远程操作或将解决医疗资源分布问题；长期来看，AI/VR/AR等新兴技术发展或将助力医疗机器人走向数字化+平台化+全自动化+智能化。

## ➤ 趋势前瞻：在传统和新兴行业，全球的机器人智能化转型正在加速前进，机器人从模仿人类到超越人类，一直在突破人类的生物能力边界。这一大趋势下，在工业机器人方面，上游零部件：我们建议关注核心零部件具有领先优势的企业，如绿的谐波、汇川技术等，中游本体制造：我们建议关注研发费率高、技术领先、市占率高的龙头企业，如埃斯顿等，下游系统集成：我们建议关注埃斯顿、新松机器人等；人型机器人方面，我们建议关注整机制造类企业，如特斯拉、小米；服务机器人方面，我们建议关注产业链企业，如禾川科技；医疗机器人方面，我们建议关注商业化较为成熟企业，如天智航及微创机器人，重点关注产品注册进度、覆盖医院数及销售团队相关指标等。

## ➤ 风险提示：下游需求变化风险；关键零部件技术研发不及预期风险；人型机器人销、产量不达预期风险；市场增长不确定性；疫情反复不确定性；医疗机器人研发风险；监管政策风险；机器人产业供应链风险等。



## 一、工业机器人：核心零部件技术突破是关键，国产替代空间广阔

- 1.1 机器人市场结构：按应用场景，主要分为工业、服务与特种机器人三大类
- 1.2 工业机器人：国内市场发展方向——渗透率提高下关注产业链核心技术突破企业
- 1.3 中日韩工业机器人发展启示：关键在于产业环境+人才培养+需求催化
- 1.4 日本工业机器人巨头发展路径梳理与总结：核心在于产业链布局与技术研发
- 1.5.1 全球工业机器人市场：中国为主要市场，韩国制造业机器人密度最高
- 1.5.2 全球工业机器人市场：需求端来看中日仍处于成长阶段，韩国已步入成熟市场
- 1.5.3 全球工业机器人市场：多关节机器人已规模化使用，汽车领域为主要运用领域
- 1.5.4 全球工业机器人市场：前四家公司占据过半市场份额
- 1.5.5 全球工业机器人市场：发那科毛利率、净利率水平更高，营收CAGR更为突出
- 1.6 工业机器人领军企业之库卡：技术实力与研发能力对潜在的市场进入者形成较高的进入壁垒
- 1.7.1 行业现状：智能制造加速升级助力工业机器人快速发展
- 1.7.2 行业现状：各国发展模式各异，中国模式悄然兴起
- 1.8 关键零部件：成本占比最高，四大家族占据主导地位，国产厂商正逐步突破
- 1.9.1 机械结构层面——垂直多关节机器人销量占比最大
- 1.9.2 应用行业层面——汽车与电子行业应用需求占据半壁江山

- 1.9.3 应用领域层面——六大用途，搬运机器人占比最高
- 1.10 搬运机器人：多用于物流行业，仓储系统，AGV搬运机器人最为常见
- 1.11 焊接机器人：提高焊接质量，保障工人安全，产品周期明确
- 1.12 装配机器人：运动及定位精度更高，柔性更好
- 1.13 加工机器人：技术日趋成熟，广泛应用，提高效率与质量
- 1.14 喷涂机器人：易操作、易维护、利用率高
- 1.15 洁净机器人：避免污染，提高效率，主要用于电子器件与医院制造
- 1.16 国产智能工业机器人企业：埃斯顿整体业绩表现更优，毛利率水平突出
- 1.17 产业标的总结：提供机器人整体解决方案的下游厂商为主要获得融资企业

## 二、服务机器人：现有应用场景高度细分，未来需发力技术和商用

- 2.1.1 行业拆分：服务机器人当前应用场景分散，技术差别大
- 2.1.2 功能分类：购买动机带动销售，人工替代与创新领域为发展主线
- 2.1.3 行业方向：使用场景分阶段整合后，实现生产模块化、规模化
- 2.1.4 盈利拆分：多方向提升盈利能力
- 2.2.1 送餐机器人发展：进入智能化阶段，龙头企业加速抢占市场
- 2.2.2 市场需求：国内市场加速发力，优质客户成为核心竞争力

- 2.2.3 擎朗智能：技术不断突破，产品矩阵丰富，匹配各类细分餐饮场景
- 2.3.1 自动送货机器人：应用场景多元化，聚焦短距离配送
- 2.3.2 外卖、物流配送市场：市场规模增长难掩盖配送压力、市场需求明显
- 2.3.3 自动送货机器人：性价比低导致覆盖面低，功能不明确，购买需求移至终端场所
- 2.3.4 自动配送机器人：与国外企业横向对比，场景适应度有提升空间
- 2.4.1 养老助残机器人：功能上护理+交互相辅相成，满足老人生理+心理需求
- 2.4.2 养老助残机器人：B端机构护理人员缺口大，养老机器人需求迫切
- 2.4.3 养老助残机器人：市场缺口+政策利好，商业模式不断创新
- 2.4.4 公共代步机器人：传统电动轮椅升级，增加出行灵活性，实现场景拓展
- 2.5.1 机器人商业化发展阶段：深入实用性探索+针对性技术研发
- 2.5.2 人形机器人：技术发展打好基础，紧贴需求深度挖掘使用场景
- 2.5.3 突破方向：技术突破后提高实用性，实现规模化生产
- 2.5.4 特斯拉机器人团队：机械工程师为主，与汽车自动驾驶团队合作研发
- 2.5.5 特斯拉机器人：以人为本，以技术为核
- 2.6.1 产业标的总结：服务机器人获融资众多，多为天使/Pre-A轮



### 三、医疗机器人：需求高涨，医疗机器人方兴日盛

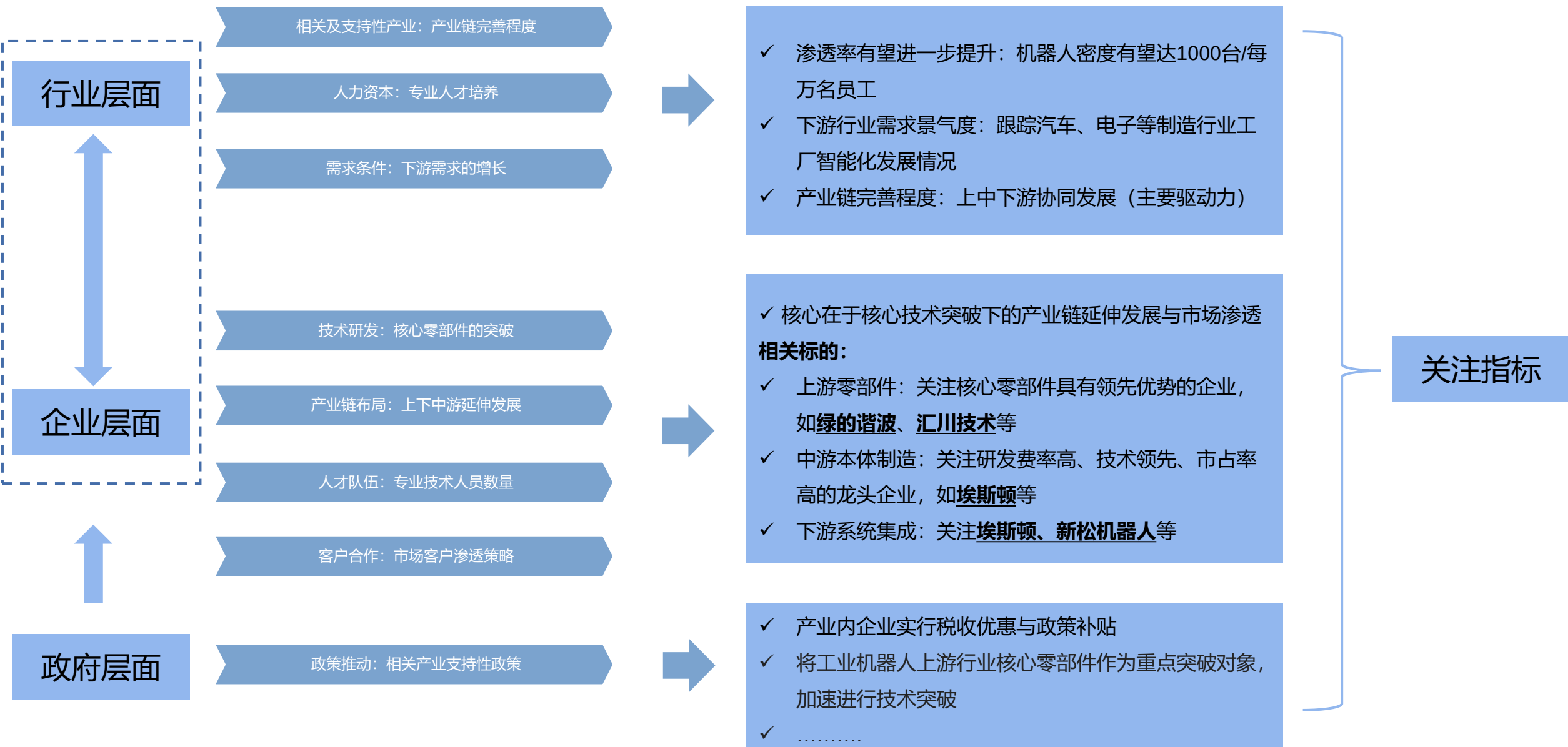
- 3.1 行业背景：供需双振+政策扶持，医疗机器人发展空间广阔
- 3.2 定义及分类：手术+康复+医疗服务，手术机器人技术壁垒高
- 3.3 发展阶段：中国仍处起步期，手术机器人潜力大
- 3.4 分析框架：建议关注关键部件自研+报批+准入能力
- 3.5 手术机器人：3.0手术时代，腔镜及骨科机器人为主要单元
- 3.6 关键技术：成像系统+机械臂+软件设计决定精准度
- 3.7 研发注册：产学研加速资源整合+创新通道加速审批，助力良好生态
- 3.8 盈利模式：装机跑马圈地，耗材实现长久营收
- 3.9 医院准入：审核严格+采购流程长，前瞻性投标助力装机
- 3.10 应用场景：科室+术式覆盖广，但高价限制应用
- 3.11 应用场景：直观天智航采购最多，产品商业化进度或加速竞争
- 3.12 政策梳理：支付端规范+报销，加速手术机器人应用普及
- 3.13 康复机器人：需求广阔，技术革新+医保覆盖为增长点
- 3.14 产业标的总结：手术机器人赛道火热，京沪穗产业实力雄厚

# 一、工业机器人：核心零部件技术突破是关键，国产替代空间广阔

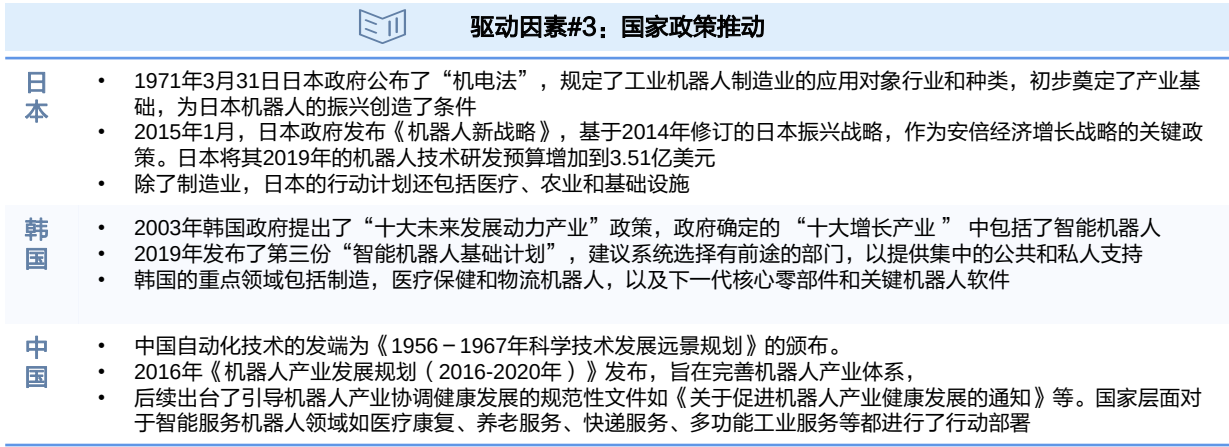
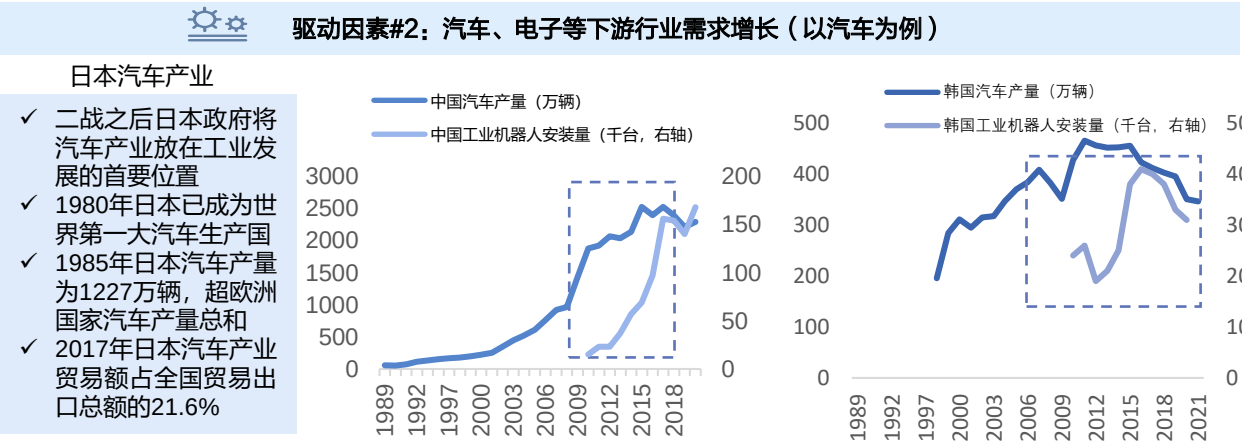
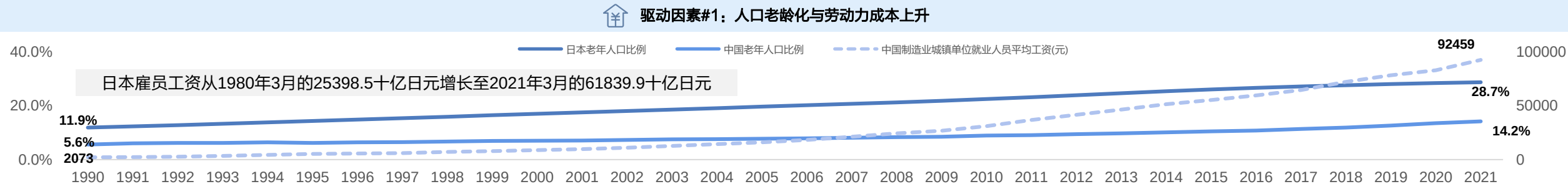
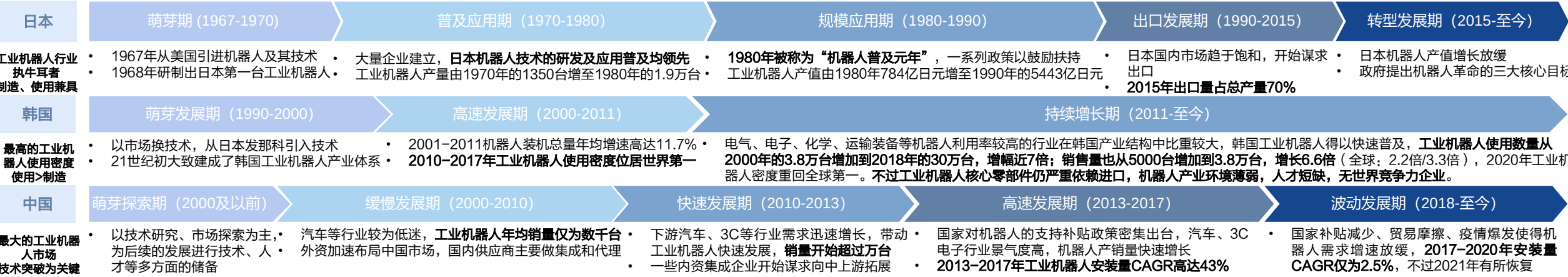
# 1.1 机器人市场结构：按应用场景，主要分为工业、服务与特种机器人三大类

➤ 国际机器人联盟（IFR）根据应用环境将机器人分为**工业机器人**与**服务机器人**两大类。其中工业机器人是指应用于生产过程与环境的机器人；服务机器人是指除工业机器人以外，用于非制造业并服务于人类的各种机器人，可分为个人/家用服务机器人和专业服务机器人。根据我国机器人市场现状，中国电子学会则进一步将机器人分为**工业机器人**、**服务机器人**、**特种机器人**三类。本报告立足于国内机器人产业发展现状，故采用中国电子学会对机器人的分类。





# 1.3 中日韩工业机器人发展启示：产业环境+人才培养+需求催化为核心





# 1.4 日本工业机器人巨头发展路径梳理与总结：产业链布局与技术研发

|                     | 发那科                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 安川电机                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 成立时间                | 1956年（1972年从富士通计算机控制部独立）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1915年                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 主营业务<br>(涉足机器人业务之前) | 2019年全球市占率第一的数控系统生产商                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 伺服电机和变频器运动控制产品龙头                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 首台工业机器人推出时间         | 1974年<br>(基于强大的数控系统和伺服方面的基础研究)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1977年，日本首台全电气式产业用机器人MOTOMAN<br>(生产的伺服和运动控制器均是制造机器人的关键零件)                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 工业机器人发展里程碑          | <ul style="list-style-type: none"><li>2008/2011年分别成为世界上第一个装机量突破20/25万台工业机器人的厂家</li><li>1977年，发那科的第一代工业机器人ROBOT-MODEL1开始量产</li><li>1980年推出ROBOT S-MODEL 1</li><li>1987年推出ROBOT S-MODEL 420</li><li>2002年机器人单元（Robotic cells）投入实际使用，实现720小时连续无人操作</li><li>2008年推出超重型负载机器人</li><li>2009年推出Delta机器人</li><li>2015年推出协作机器人</li><li>2017年推出SCARA机器人</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>2008年与发那科同年成为全球工业机器人总销量超20万台的企业</li><li>1994年实现多台机器人之间的完全独立协调动作</li><li>2003年用途优化机器人MOTOMAN-EA1400N诞生</li><li>2005年7轴双腕MOTOMAN-EA1400N诞生</li><li>2008年7轴弧焊机器人MOTOMAN-VA1400诞生</li><li>2013年面向生物医学的MOTOMAN诞生</li><li>2016年多用途适用型机器人MOTOMAN-GP8诞生</li><li>2018年人机协作机器人MOTOMAN-HC10DT诞生</li></ul> |
| 工业机器人优缺点            | 精度高，工艺控制便捷，过载能力不是很好                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 负载大，稳定性高，价格优势明显，精度较低                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 应用场景                | 汽车制造业、电子电气                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 电子电气、搬运                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 合作客户/产品情况           | <ul style="list-style-type: none"><li>苹果、特斯拉、通用、空客、华为、海尔、联想等等，积极布局海内外市场</li><li>虽然诸如电子、食品、医药等领域的制造商对于工业机器人的需求逐渐增多，但发那科最大的客户仍是汽车厂商及零部件供应商</li></ul>                                                                                                                                                                                                     | 安川电机的工业机器人价格相对较低，焊接机器人报价仅13—14万元（包括焊接包）                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

## 两大巨头的关键成功因素

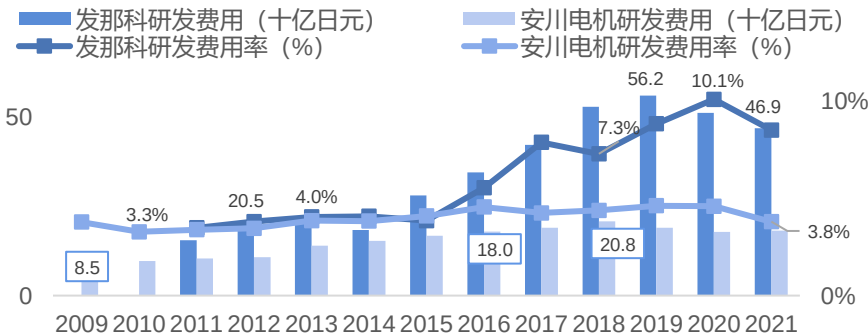
### 产业链布局 机器人产业链相关业务（行业领先）切入，最终一体化发展

起家均是从事机器人产业链相关的业务（安川电机从事电力设备电机业务，发那科研究数控系统），之后随公司发展掌握了机器人本体及核心零件的技术，最终发展为全产业链布局（减速器需要外购），前后一体化有利于提高盈利能力

| 上游   |      | 中游 | 下游   |
|------|------|----|------|
| 控制系统 | 伺服电机 | 本体 | 系统集成 |
| √    | √    | √  | √    |

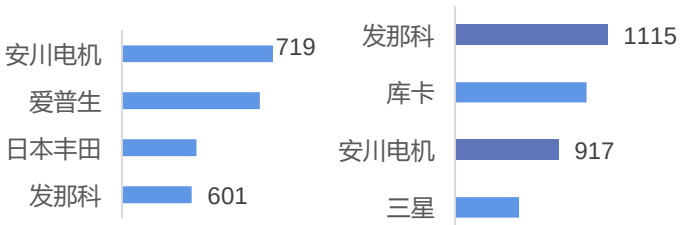
### 技术研发

高研发费用构筑深厚技术壁垒  
(汇川技术/科瑞技术/英威腾2021年的研发费用分别为16.9/3.7/3.3亿元人民币，与发那科、安川电机差距较大)



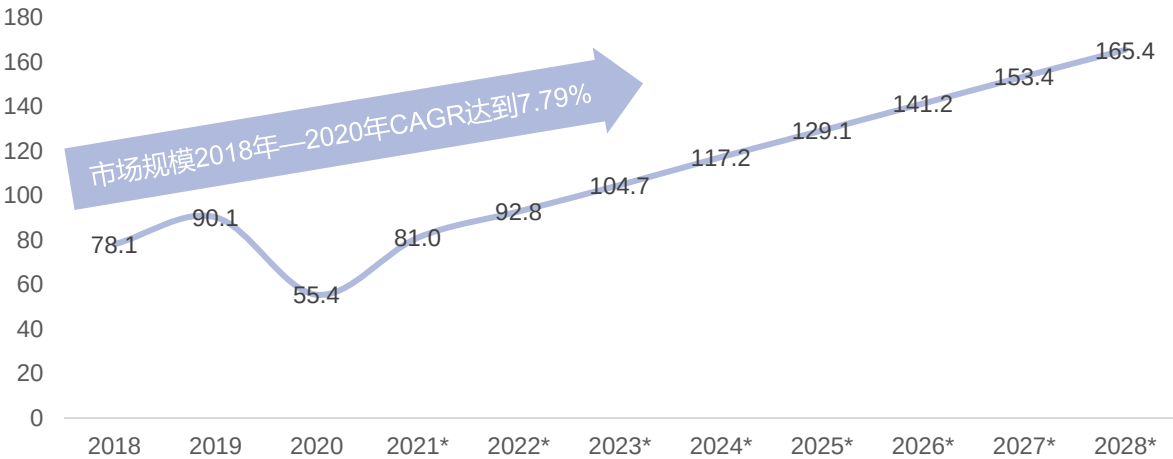
### 2007-2017年工业机器人主要技术分支专利申请汇总情况

机械本体的专利申请数量统计 控制系统的专利申请数量统计

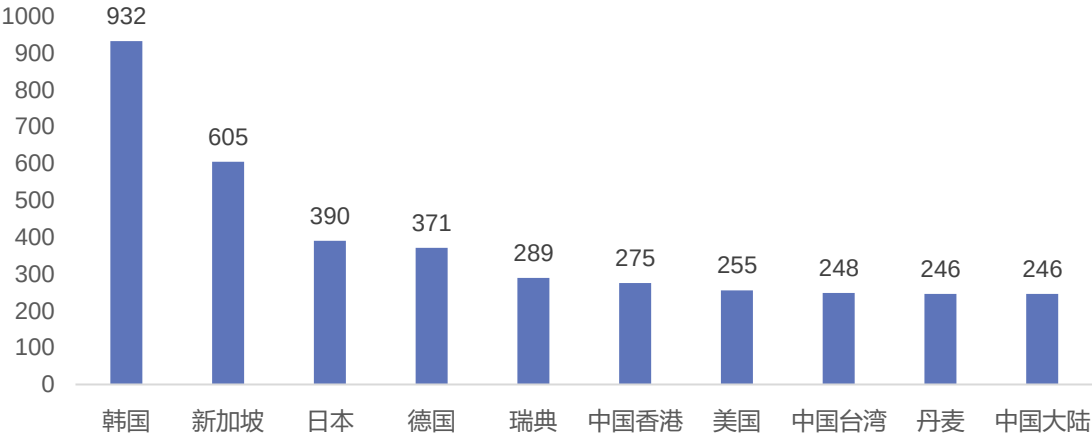


# 1.5.1 全球工业机器人市场：中国为主要市场，韩国制造业机器人密度最高

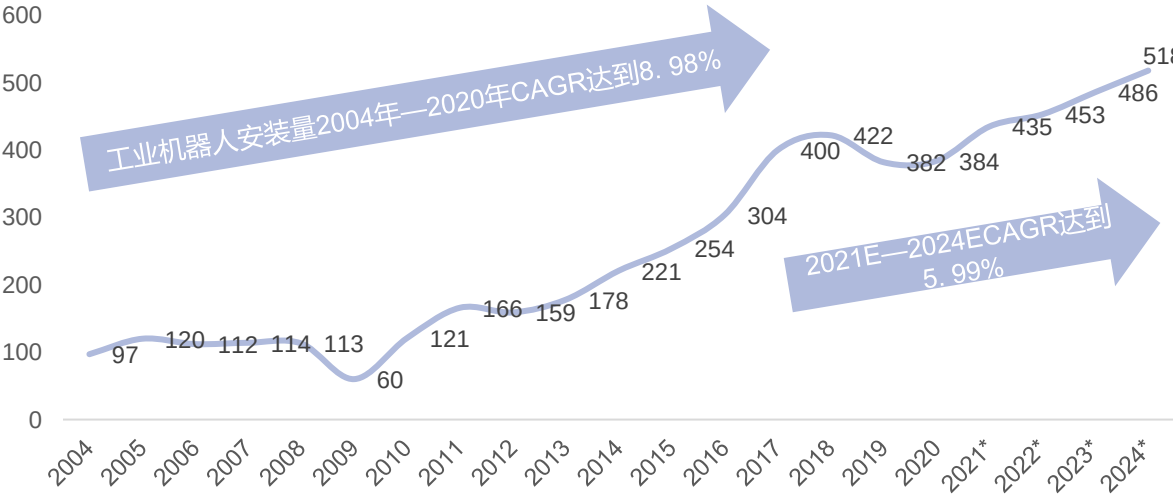
预测全球工业机器人的市场规模呈上升趋势（单位：亿美元）



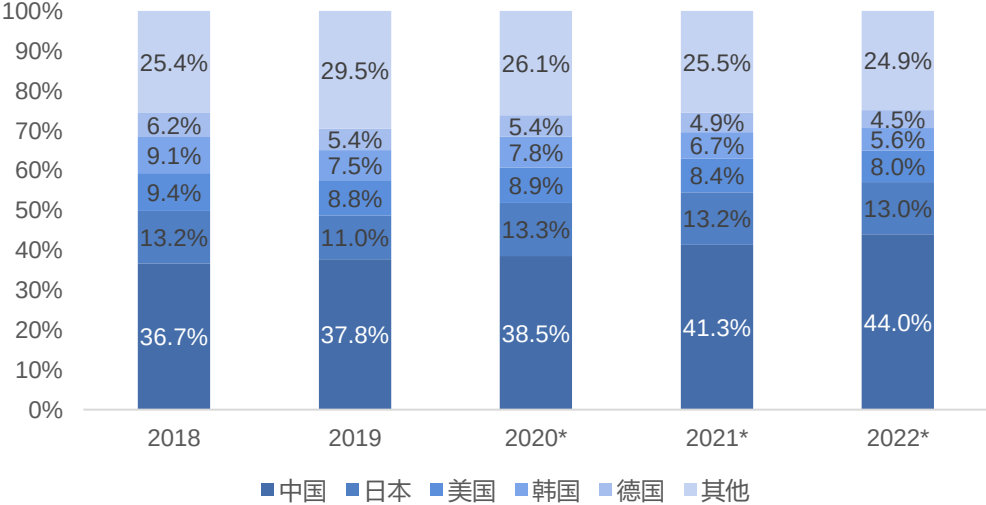
2020年韩国与制造业相关的机器人密度较高（单位：台/万人）



全球工业机器人的安装量稳步上升（单位：千台）

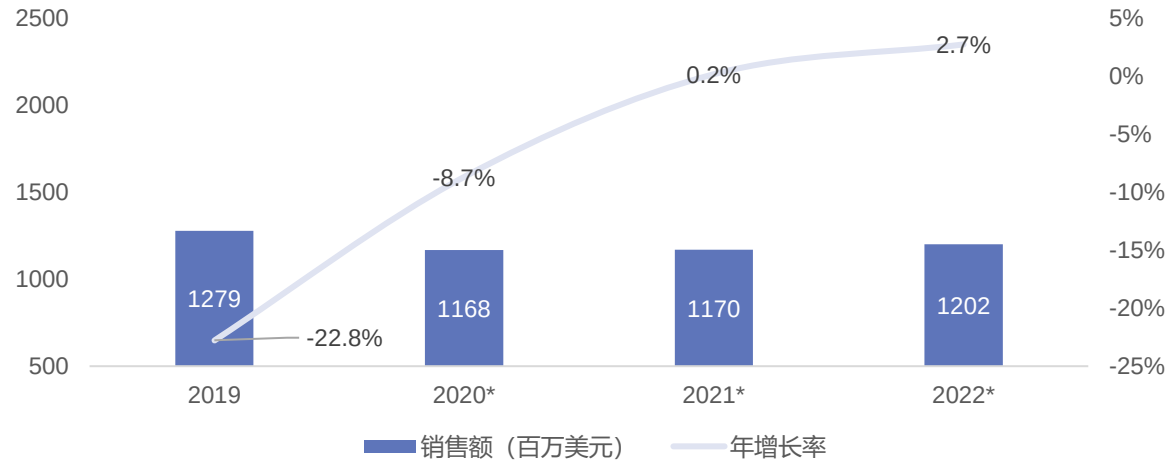


中国占35%以上的全球工业机器人市场销售额（单位：%）

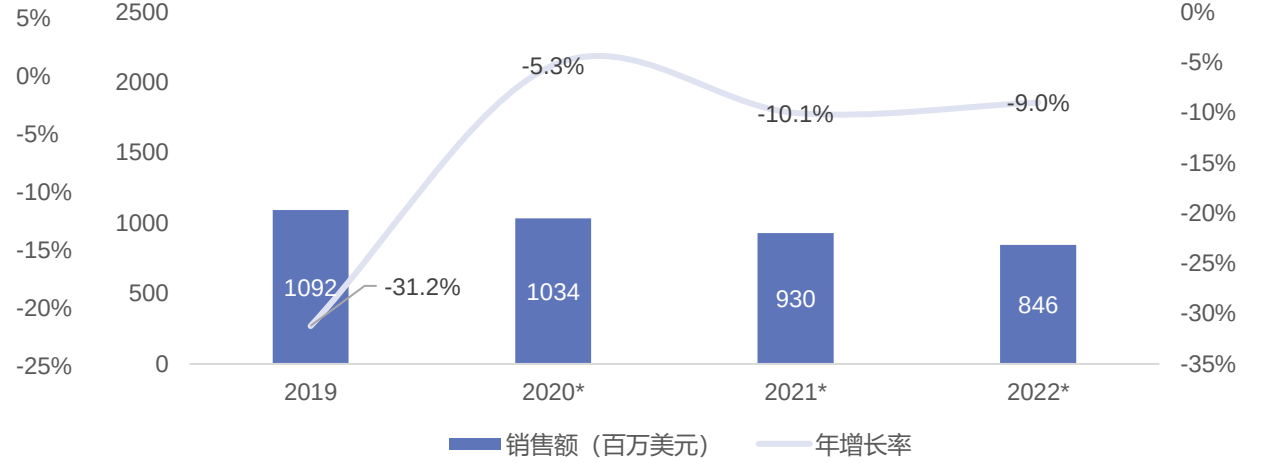


# 1.5.2 全球工业机器人市场：需求端来看中日仍处于成长阶段，韩国已步入成熟市场

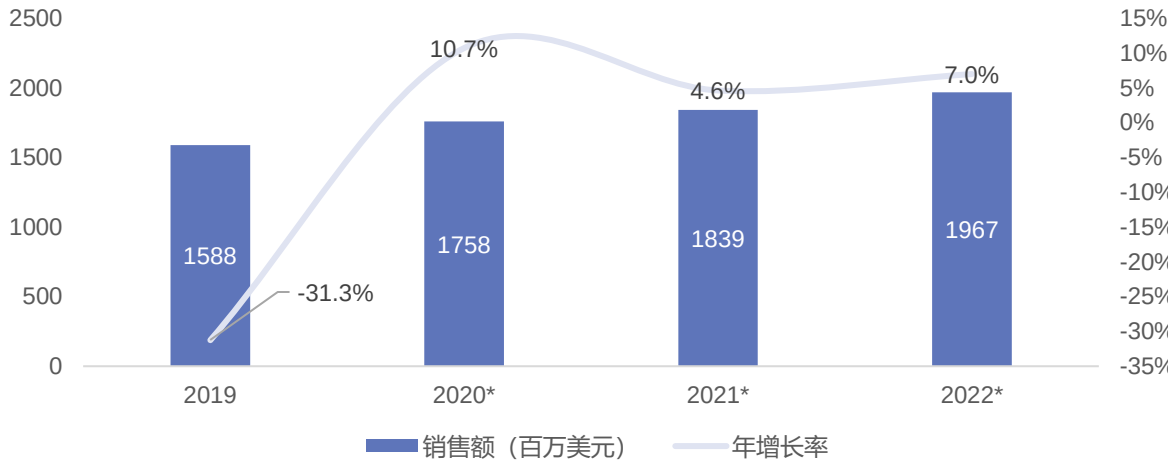
美国工业机器人市场的销售额



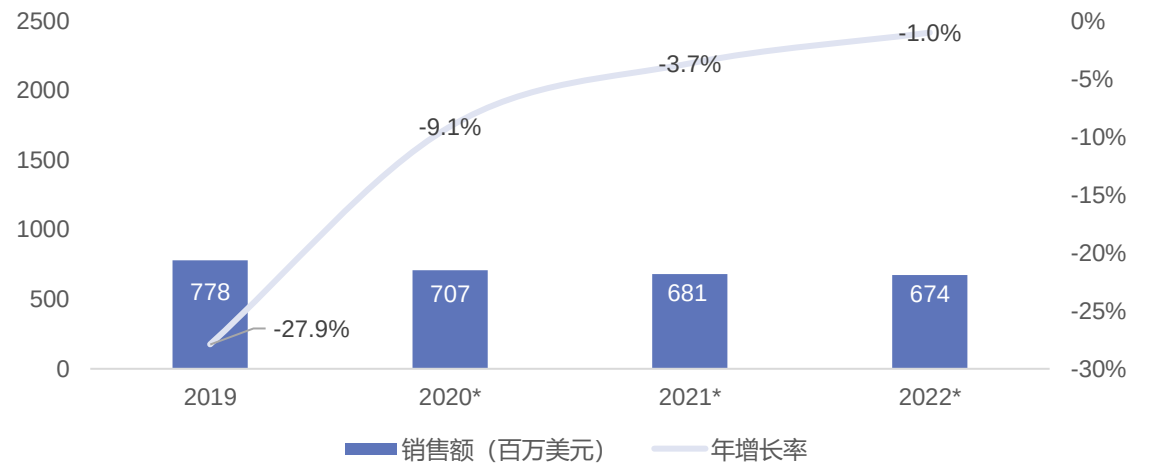
韩国工业机器人市场的销售额



日本工业机器人市场的销售额  
2019年—2022年CAGR达到7.40%

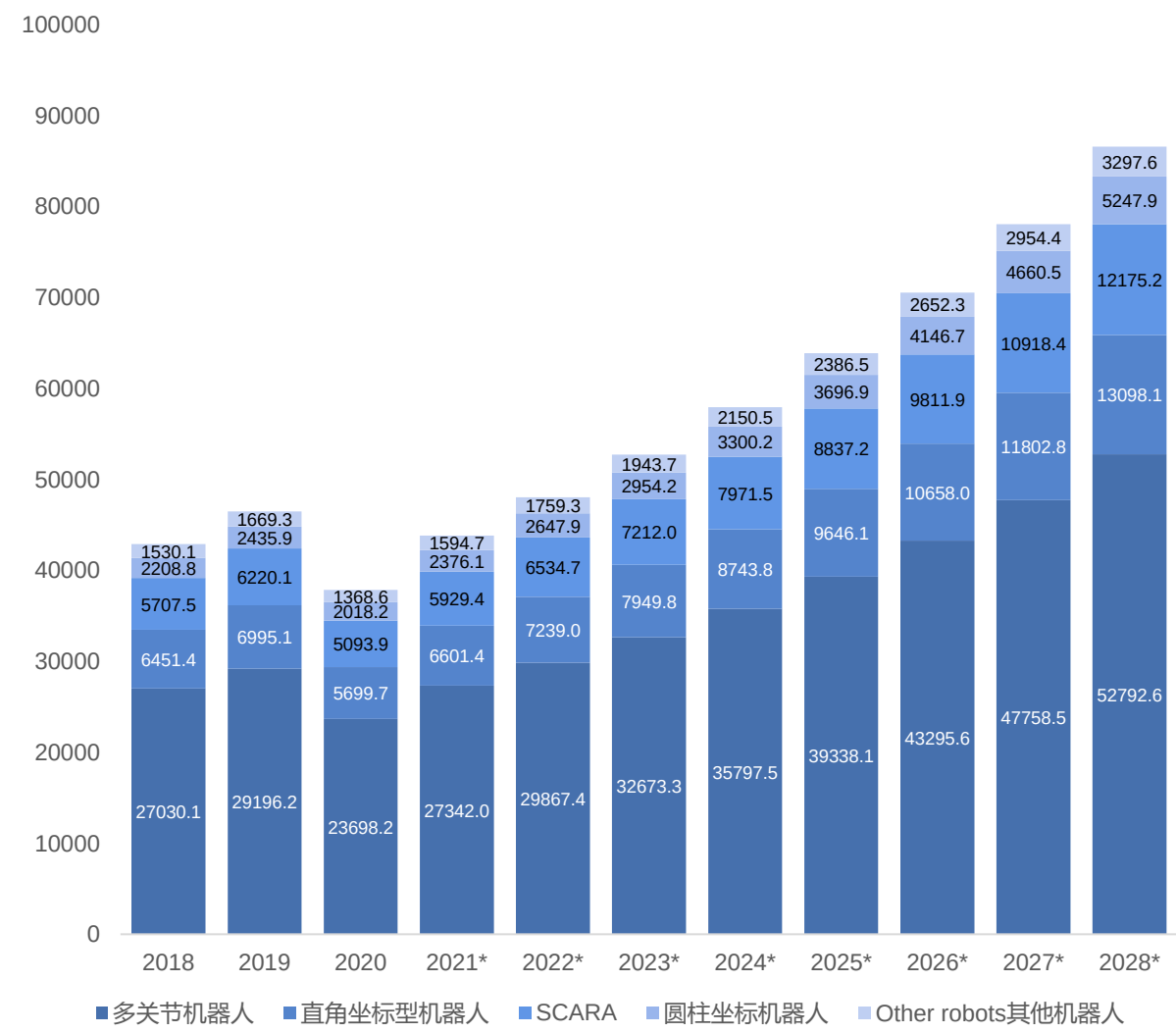


德国工业机器人市场的销售额

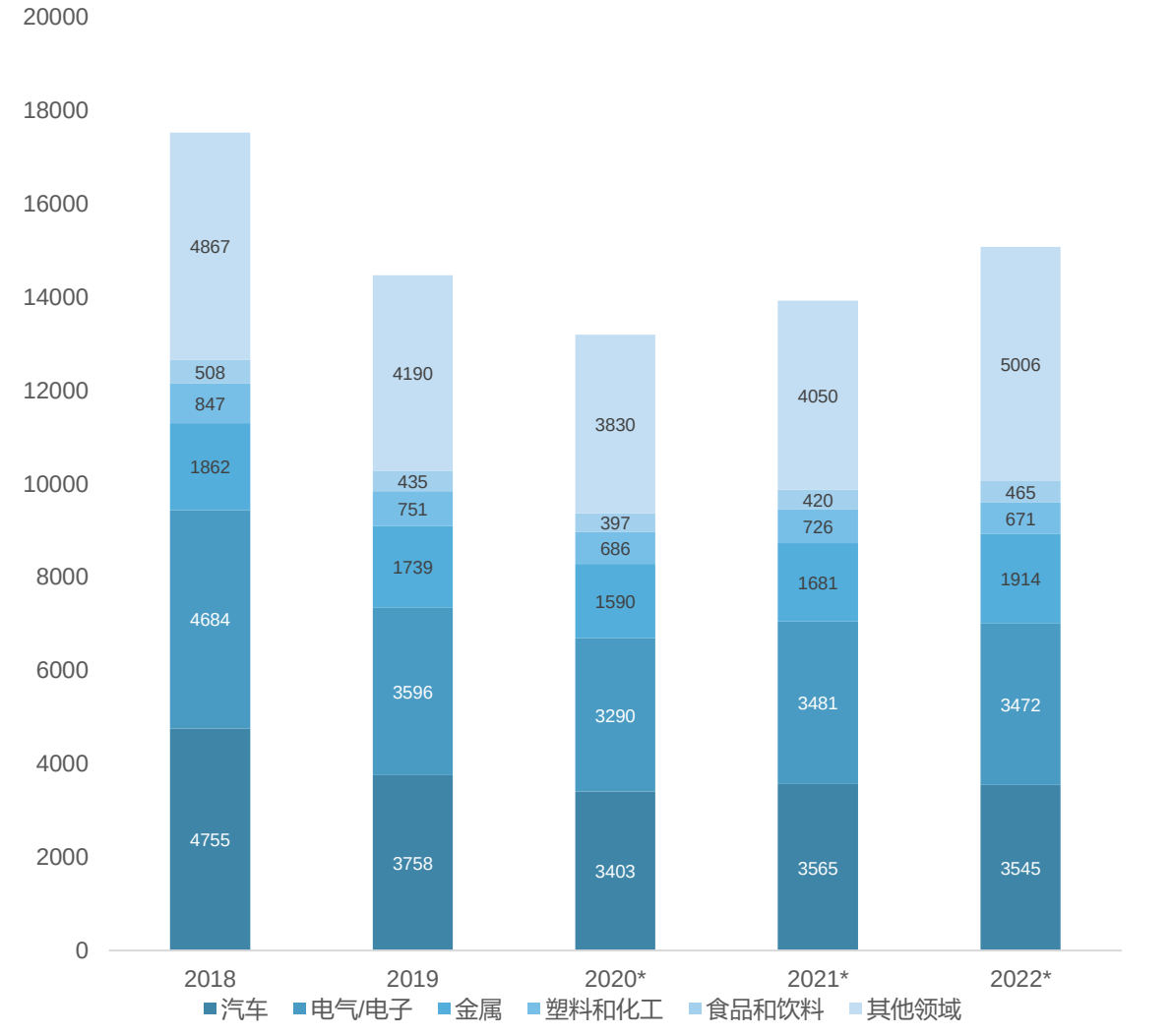


# 1.5.3 全球工业机器人市场：多关节机器人已规模化使用，汽车为主要运用领域

多关节机器人占据全球工业机器人的主要市场（单位：百万美元）

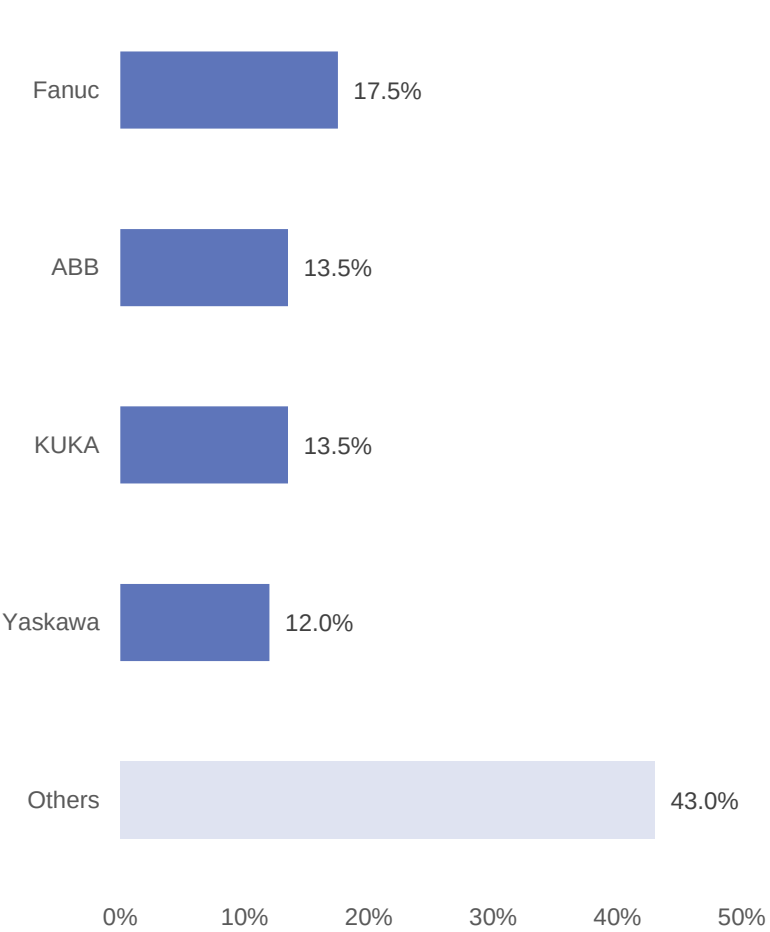


全球工业机器人大部分运用在汽车领域（单位：百万美元）



# 1.5.4 全球工业机器人市场：前四家公司占据过半市场份额

2019年发那科占据17.5%全球工业机器人市场



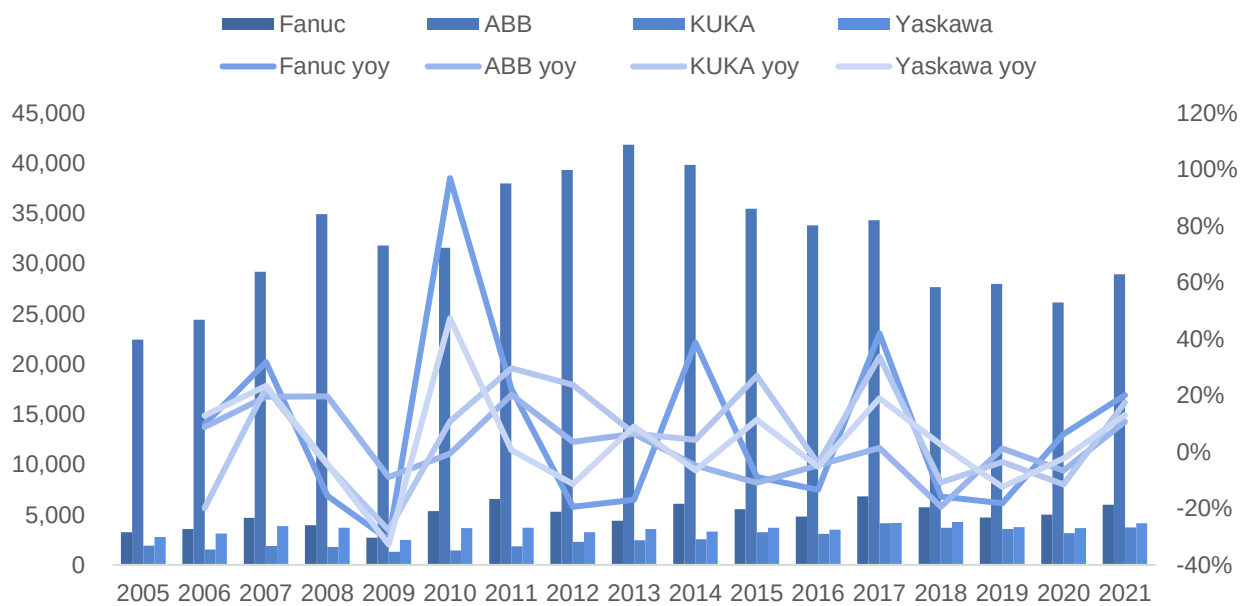
## 产品链布局



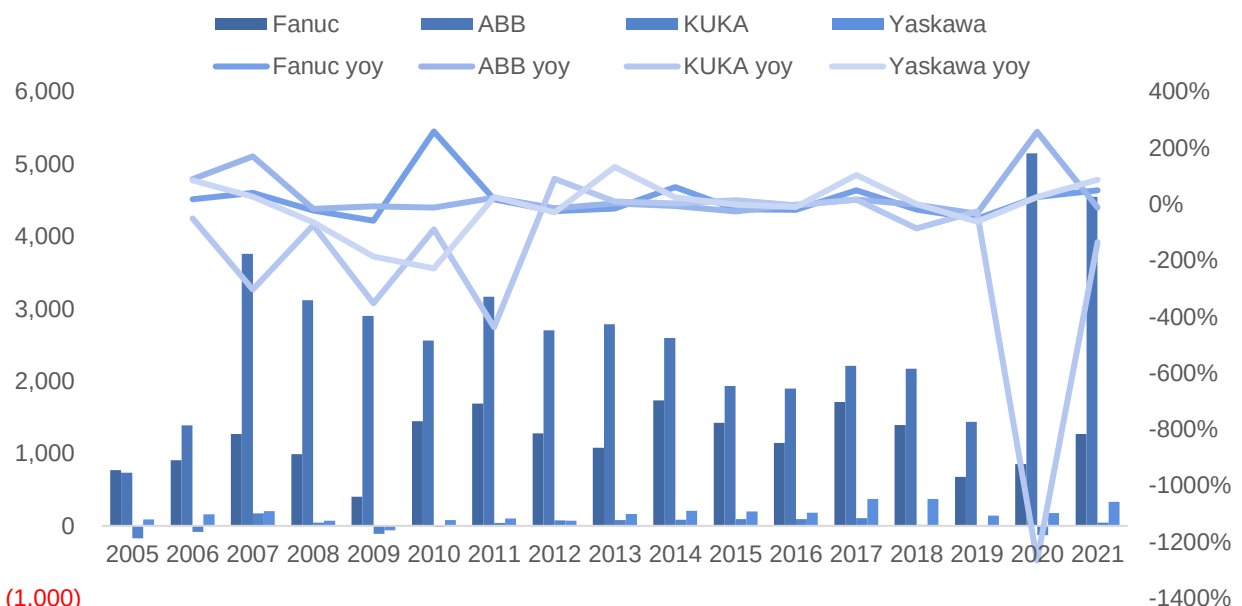


# 1.5.6 全球工业机器人市场：2005-2021年发那科利润率更高，营收CAGR更为突出

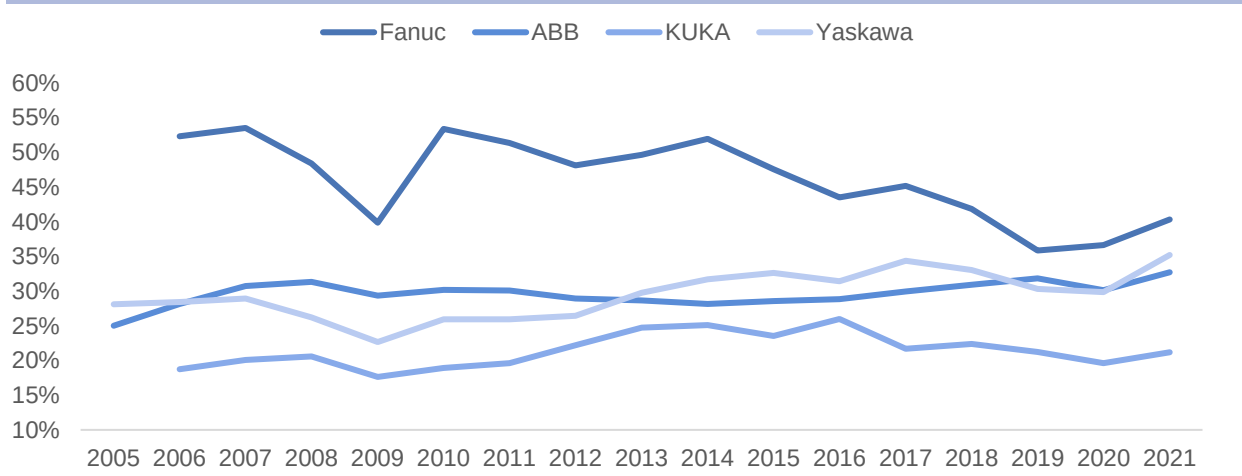
2005-2021年营业收入（百万美元） CAGR分别为3.9%/1.6%/4.3%/2.5%



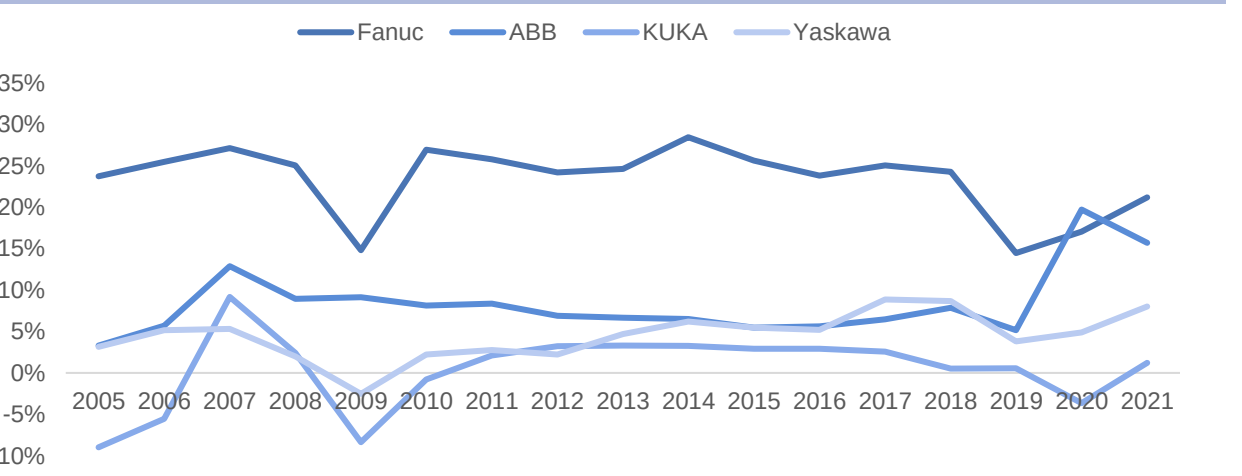
2005-2021年净利润（百万美元） CAGR分别为3.2%/12.1%/NA/8.7%



2005-2021年毛利率（%）



2005-2021年净利率（%）



# 1.6.1 KUKA：工业机器人领军企业

KUKA

1898  
KUKA 开启了  
光电之门



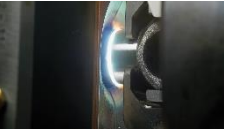
1949  
产品组合扩展：  
圆形针织机  
“Selecta”



1956  
第一台冰箱和洗  
衣机自动焊接设  
备由 KUKA 投  
放市场



1972  
第一台磁弧焊机  
由 KUKA 制造



1973  
领先时代的创举：  
推出工业机器人  
FAMULUS



2001  
KUKA 机器人应用  
于全球首台机器人  
控制的放射外科治  
疗系统  
“Cyberknife”



2010  
KUKA KR  
QUANTEC 因拥  
有出众的负载能力  
范围，一跃成为全  
球畅销机器人系列



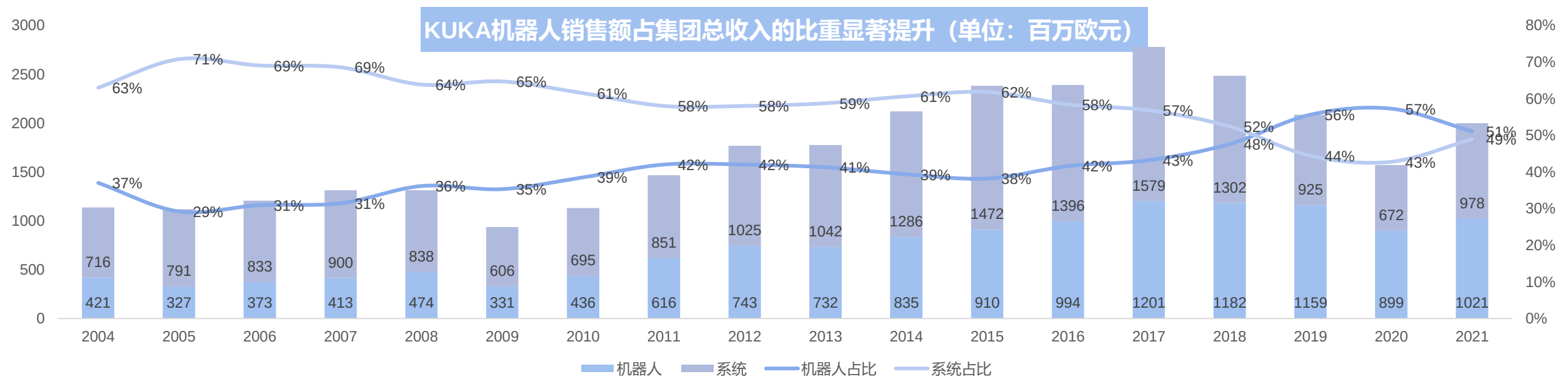
2013  
KUKA LBR  
iiwa 使人机协作  
成为现实



如今  
KUKA 已成  
为工业 4.0 时  
代全球先进的  
智能自动化解  
决方案供应商



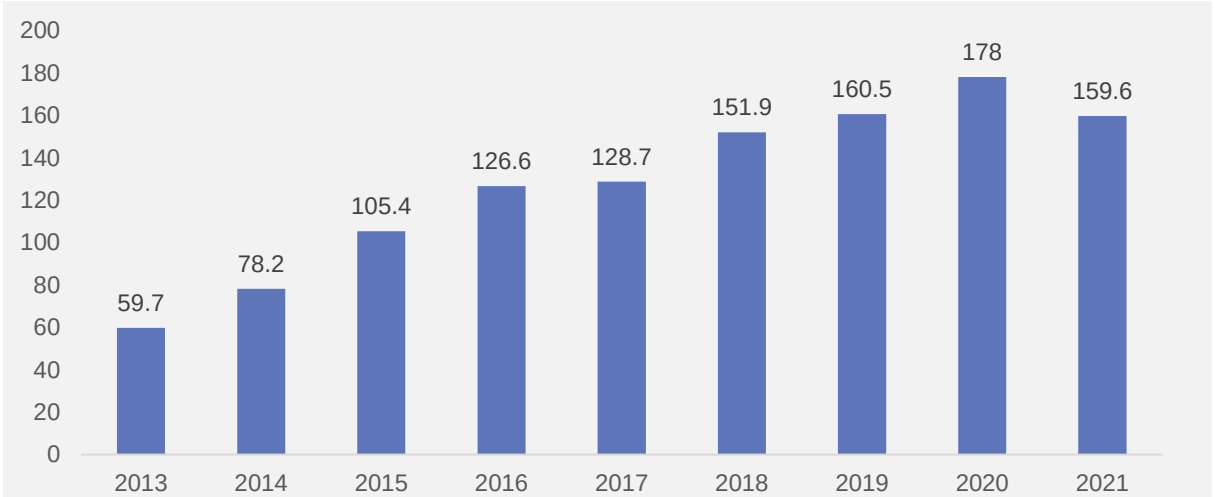
作为智能自动化全球解决方案供应商之一，KUKA为客户提供一站式解决方案。



# 1.6.2 KUKA：技术实力与研发能力对潜在的市场进入者形成较高的进入壁垒

KUKA

研究与开发（R&D）领域对于库卡公司的可持续和长期成功至关重要  
（单位：百万欧元）



- 2021年，库卡集团共提交了41项专利和实用新型申请，获得了314项专利和实用新型。

重点领域：

- 在简单和符合人体工程学的使用和低成本机器人领域的创新；
- 在工业生产、物流、移动性和人类与机器人协作方面的当前和未来关键技术的应用
- 针对亚洲等重点增长市场的新产品。

技术实力与研发能力对潜在的市场进入者形成较高的进入壁垒

1

**KR CYBERTECH nano ARC**产品系列具有出色的敏捷性、极快的速度和更高的精度。升级后的50毫米库卡空心腕部减少了主轴运动，使短周期与最高的运动精度相结合。



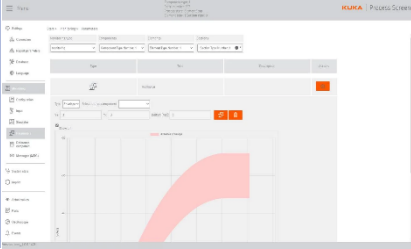
2

**华数机器人**解锁JH615/620“三合一”大中空手腕机器人硬核实力，手腕为45毫米超大中空，拥有同类产品最为宽广的手腕运动范围。



3

**KUKA.ProcessScreen**软件首次实现了实时记录生产中的整个加工过程。所有通过常规接口提供给机器人控制器的过程信息，都可以与相关的机器人数据结合起来。



4

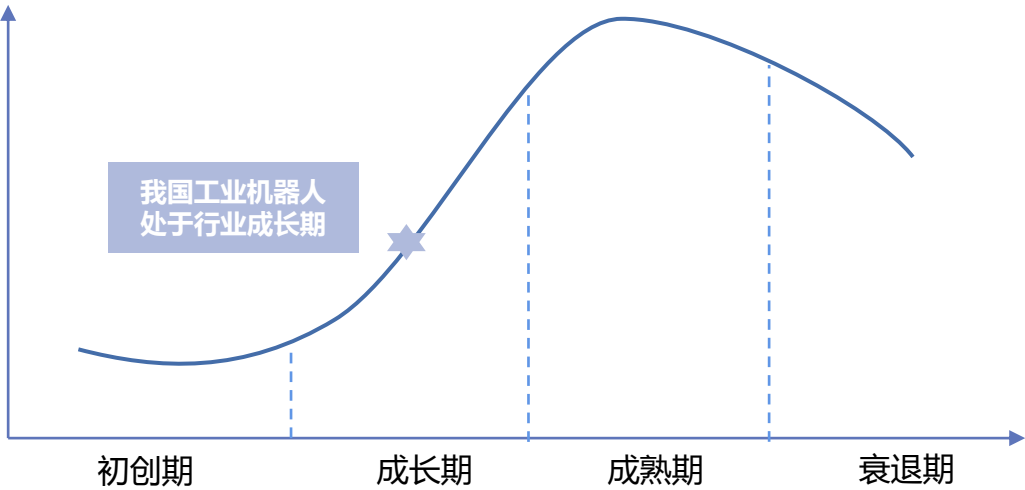
**秒优MES**监控产品记录输入到出货的整个生产过程，记录生产过程中使用的材料和设备，产品检测的数据和结果，以及产品在每个过程中的生产时间和人员。



# 1.7.1 行业现状：智能制造加速升级助力工业机器人快速发展

➤ **以工业机器人为核心的智能制造已成为制造业数字化转型的主要路径。**工业机器人可以自动执行工作，通过自身的力量和控制能力实现各种功能。现阶段我国制造企业数字化、智能化转型建设步伐日益加快，有力推动了工业机器人市场的快速发展，预计2016-2023年我国工业机器人销售额CAGR为11.7%。

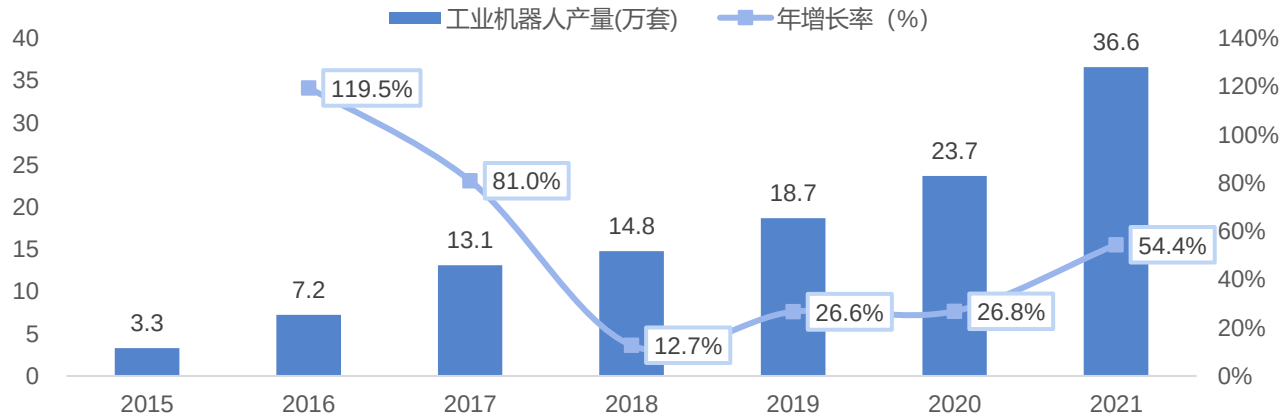
我国工业机器人行业发展迅速，处于行业成长期



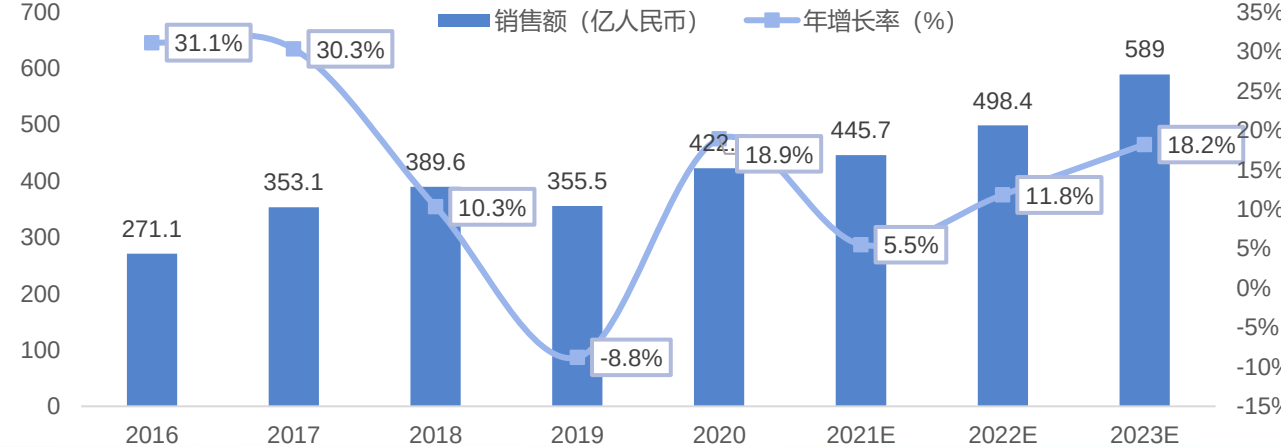
- |   |                                                              |
|---|--------------------------------------------------------------|
| 1 | 2021年我国工业机器人产量达 <b>36.6万台</b> ，同比+ <b>54.4%</b>              |
| 2 | 2021年我国工业机器人产业营收超 <b>800亿元</b> ，同比增长近三成                      |
| 3 | 应用领域覆盖国民经济 <b>52个行业大类</b> 、 <b>143个行业中类</b>                  |
| 4 | 我国工业机器人使用密度不断提升，2020年达 <b>246台/万名工人</b> ，为全球平均水平的 <b>近2倍</b> |

我国工业机器人产销数量整体维持稳定增长

2015-2021年我国工业机器人产量及增长率



2016-2023年我国工业机器人销售额及增长率





# 1.7.2 行业现状：各国发展模式各异，中国模式悄然兴起

## 工业机器人行业产业链

### 关键零部件



伺服电机及伺服系统



精密减速器



控制系统

### 机器人本体



垂直多关节机器人



SCARA机器人



并联机器人

### 智能化系统集成



焊接



喷涂



搬运



装配



切割



打磨

### 终端用户

汽车



电子



金属



塑料



食品饮料



石化



- ✓ **减速器**：哈默纳科(全球60%的市场份额)。2020年日本机器人减速器企业占据了全球80%以上的市场份额
- ✓ **控制器**：Fanuc、ABB Robotics、Yasukawa等，全球前三大厂商共占有超过40%的市场份额
- ✓ **伺服电机**：伺服电机行业65%左右的份额都是由外资品牌所占据，安川市场份额为11.9%。

- ✓ **机器人本体**：数据显示，2019年我国多关节机器人销量9.6万台，占总销量的66.67%；SCARA机器人占总销量的18.75%；坐标机器人占总销量的9.72%。
- ✓ “四大家族”在中国工业机器人市场的市占率较高，分别是发那科(12%)、ABB(11%)、KUKA(8%)和安川(8%)。

- ✓ **系统集成**：从工业机器人应用结构来看，目前搬运仍然是机器人的第一大应用领域，占机器人应用整体的38%，其次是焊接机器人，占比为29%，第三为装配机器人，占比为10%。

- ✓ 汽车、电子等下游行业是主要驱动的需求因素：工业机器人终端应用主要集中在电子、汽车、金属加工、锂电池、光伏等行业。根据MIR DATABANK数据，2021年一季度，电子、汽车零部件、汽车电子、汽车整车、金属制品、食品饮料等行业的应用占比分别为30%、8%、6%、5%、17%、7%。

## 日本模式：产业链分工清晰

- ✓ 各企业各司其职，分别定位于不同的产业链环节和不同的应用行业
- ✓ 产业竞争优势在于完备的配套产业体系与关键零部件方面较强的技术优势
- ✓ 在原材料、核心零部件(控制系统、减速机)、本体和系统集成方面，都处于世界领先地位

## 欧洲模式：一揽子工程

- ✓ 机器人生产和用户所需要的系统设计制造全部由机器人制造厂商自己完成
- ✓ 机器人本体制造技术较为领先
- ✓ 德国引进工业机器人虽然稍晚于日本，但其发展状况与日本类似
- ✓ 以库卡为代表的工业机器人企业占据世界领先地位

## 美国模式：采购与成套设计相结合

- ✓ 侧重于系统集成，机器人本体制造较为一般
- ✓ 基本不生产普通工业机器人，企业需要的机器人通常通过进口，再自行设计制造配套的外围设备
- ✓ 以智能化为主要方向，不断加大对新材料与新技术的研发力度，明确提出以发展工业机器人提振制造业

## 韩国模式：技术与前三者存在较大差距

- ✓ 韩国机器人产业的客户主要为三星集团，国际竞争力不高
- ✓ 虽然韩国现代重工与机器人紧密对接，大大提高了韩国工业机器人生产商在世界市场所占份额，但整体而言，韩国技术仍与美国、日本、德国存在较大差距

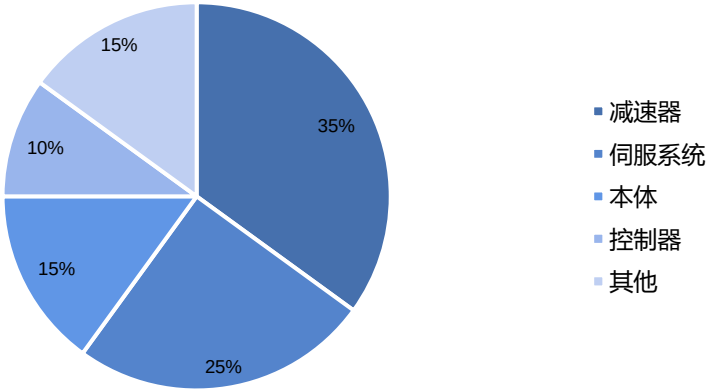
## 中国模式：百花齐放

- ✓ 政策大力扶持下，从零部件到本体到集成，多点开花、阶梯追赶，系统集成环节在中国市场已实现对外资的反超，占据主要市场份额
- ✓ 国际对比来看，中国机器人产业模式初期更接近美国，目前正向日本模式发展——产业链分工模式，前提是真正突破机器人本体核心部件的技术

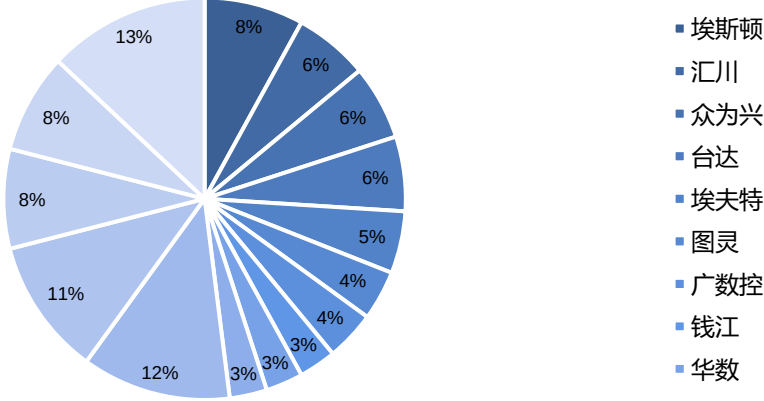


# 1.8 关键零部件：成本占比最高，四大家族占据主导地位，国产厂商正逐步突破

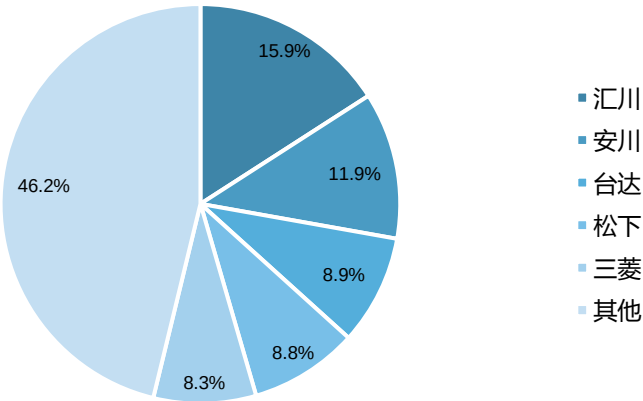
2019年成本结构：核心零部件占到工业机器人整机成本的70%



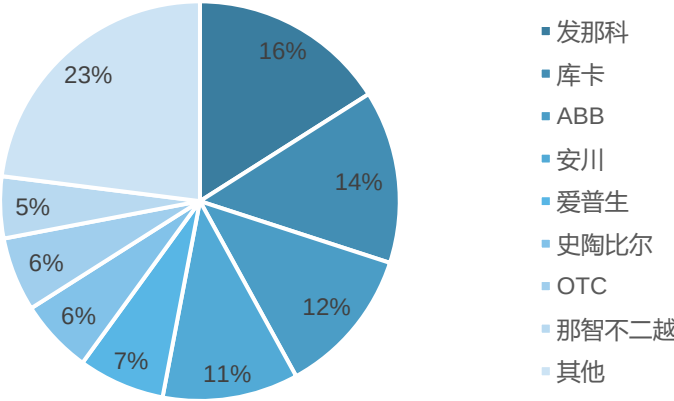
2019年国内厂商机器人出货量前四位市占率合计 26%



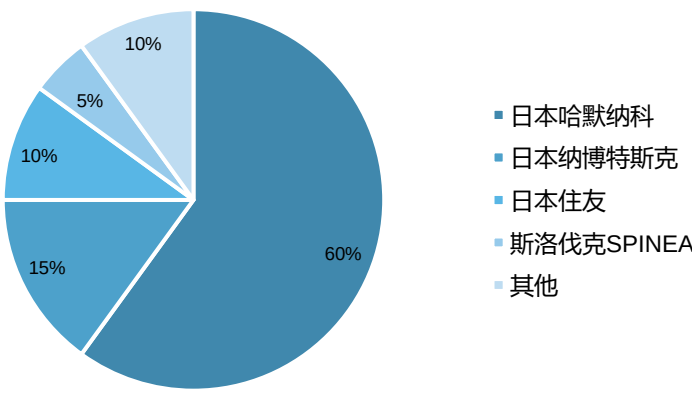
2021H1汇川技术伺服电机市场份额占比排第一



2020年发那科为控制系统的主要厂商



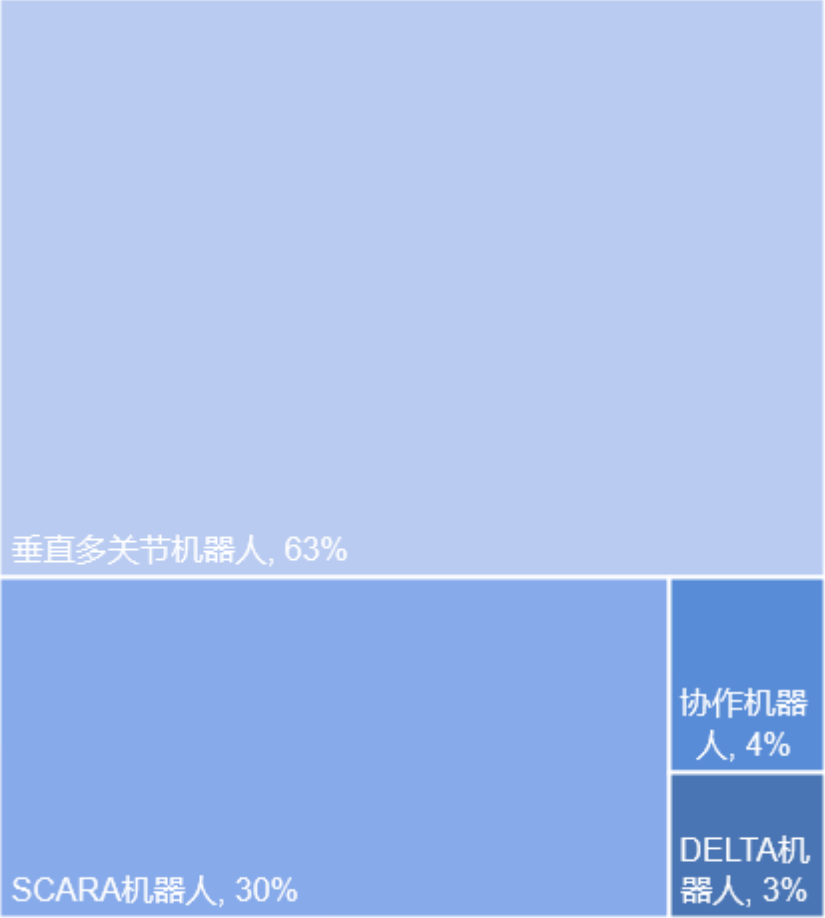
2020年哈默纳科减速器市场份额达60%



# 1.9.1 工业机器人：机械结构层面——垂直多关节机器人销量占比最大

➤ 垂直多关节机器人占销量比重最大。工业机器人按照机械结构主要可以分为垂直多关节机器人、平面多关节机器人（SCARA机器人）、协作机器人、DELTA机器人四类。据MIR统计，2020年我国工业机器人销量分布中，垂直多关节机器人占比最大，为63%，其次是SCARA机器人，占比30%。

2020年我国工业机器人销量分布——按机械结构划分



垂直多关节机器人



- 可自由编程的灵活度高
- 可在各个复杂环境及工况下代替人力作业
- 适用于搬运、焊接、装配和加工领域
- 被普遍应用于汽车制造生产线
- 最早进入中国市场的工业机器人

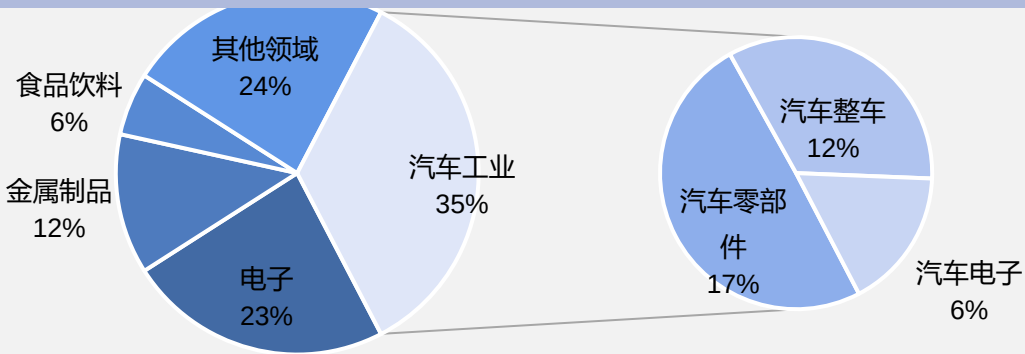
SCARA机器人



- 近70%的SCARA机器人被应用于电气电子设备和器材制造业
- 主要用于装配、搬运、洁净室领域
- 在5G、新能源等利好政策下，消费电子及电池等行业的稳定发展将助力SCARA机器人市场持续增长

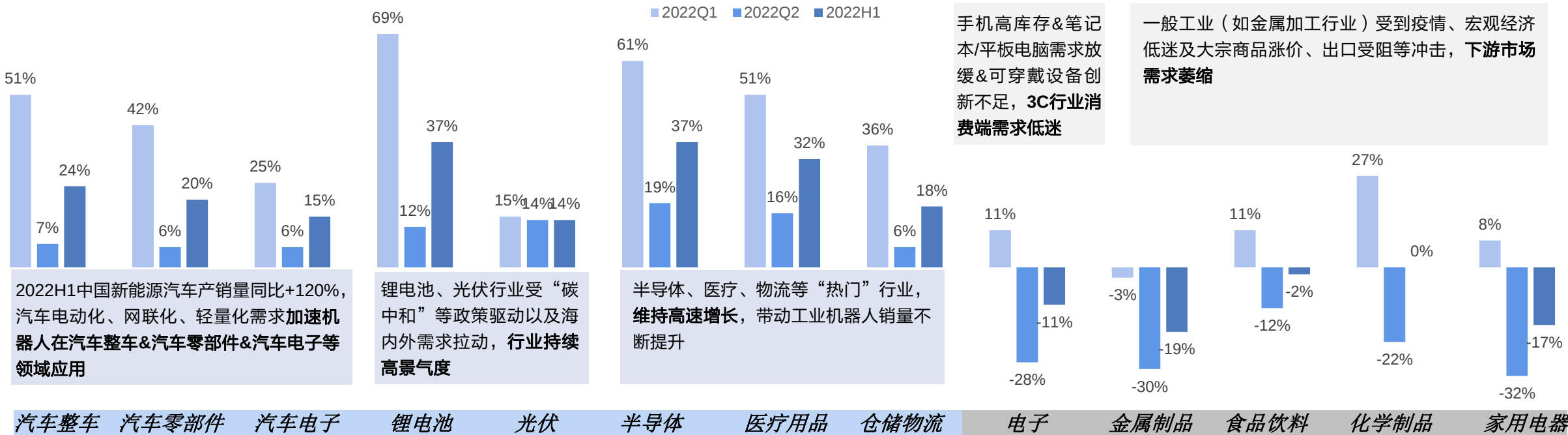
# 1.9.2 工业机器人：应用行业层面——汽车与电子行业应用需求占据半壁江山

2020年中国工业机器人下游应用构成



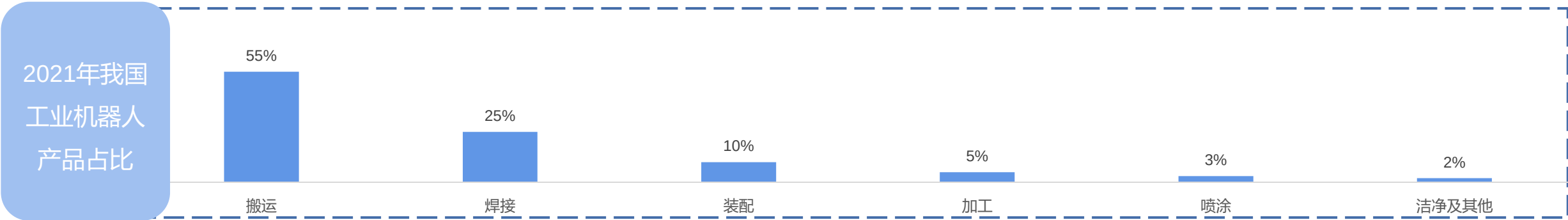
- 工业机器人的下游应用行业中，汽车及零部件、电子行业是工业机器人应用的两大行业，在2020年占比分别为34.7%、23.6%。
- 疫情之下行业表现差异显著，新能源汽车、锂电、光伏、医疗、半导体等新兴行业需求旺盛，拉动市场，但3C及一般工业投资呈现进一步萎缩态势。在非工业市场中新零售、健康理疗、餐饮、教育等领域受疫情影响较大，机器人应用减少。不过也有行业表现较好，如电力巡检、机车巡检、生命科学等细分市场。

2022年中国工业机器人下游行业出货同比增长情况



### 1.9.3 工业机器人：应用领域层面——六大用途，搬运机器人占比最高

➤ **六大用途，搬运领域产品占比最大。**工业机器人按应用领域可划分为搬运、焊接、装配、加工、喷涂、洁净六大用途，其中搬运（含上下料）是工业机器人应用的最大领域。



|          | 搬运                                             | 焊接                                                       | 装配                                                    | 加工                           | 喷涂                                                              | 洁净               |
|----------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------|
| 功能       | 运输、搬运、码垛、机床上下料等                                | 点焊、弧焊等                                                   | 装配                                                    | 切割、磨削、抛光等                    | 喷涂                                                              | 在洁净室作业           |
| 应用行业     | 对仓储物流有需求的行业                                    | 汽车制造、工业机械、通用机械、金属结构、航天航空等                                | 汽车制造、电器制造、小型电机、计算机、玩具等                                | 汽车制造、金属加工、家具家居、工程机械等         | 汽车制造、航空航天、铝合金型材和板材、家具家居等                                        | 化学制药、医疗器械、精密机械等  |
| 市场特征     | 1.技术含量不高但需求旺盛，尤其是大负载的搬运<br>2.AGV/ACR等移动机器人发展迅速 | 1.主要分为点焊和弧焊两大类，点焊主要用于汽车制造，弧焊的应用范围更广<br>2.焊接速度和焊机稳定性是主要指标 | 1.装配自动化水平低<br>2.装配机器人多为轻量型<br>3.对生产纲领、生产品质、装配数量等有一定要求 | 1.以切割机器人为主<br>2.视觉识别及跟踪技术是核心 | 1.工艺不复杂、难度在于流量控制、喷涂线<br>2.由于喷涂均匀度和速度的限制，现有机器人适用的工件不宜过大，形状也不宜太复杂 | 需求很少，一般只有医药行业有需求 |
| 工业机器人的优势 | 1.提高效率<br>2.降低人工成本                             | 1.降低人力焊接成本<br>2.提高焊接质量<br>3.降低焊接之后的不利后果                  | 1.提高效率<br>2.提高装配质量<br>3.装配生产面积更小<br>4.可在危险环境下完成装配     | 1.更柔性<br>2.更灵活<br>3.成本更低     | 1.提高效率<br>2.提高喷涂质量和材料使用率<br>3.易操作和维护<br>4.设备利用率高                | 1.更洁净<br>2.更安全   |

# 1.10 搬运机器人：多用于物流行业，仓储系统，AGV搬运机器人最为常见

➤ 搬运机器人是指将物体由一个加工单元搬运至另一个指定的加工单元的机器人。世界上最早的搬运机器人是由美国发明的，目前国内的搬运机器人大多被应用于仓储系统，物流行业应用较多，例如阿里和京东的仓储搬运机器人。目前最常见的搬运机器人是AGV搬运机器人。

## 按安装方式划分的搬运机器人

- ✓ 地面固定式搬运机器人
- ✓ 悬吊式搬运机器人
- ✓ 附属式搬运机器人
- ✓ 可移动式搬运机器人

## 按负载重量划分的搬运机器人

- ✓ 特轻型搬运机器人 额定负载≤1kg
- ✓ 轻型搬运机器人 额定负载1~10kg
- ✓ 中型搬运机器人 额定负载10~50kg
- ✓ 重型搬运机器人 额定负载50~100kg
- ✓ 超重型搬运机器人 额定负载 > 100kg

## AGV搬运机器人

### AVG定义及应用

- ✓ **定义：**AGV (Automated Guided Vehicle) ，意即“自动导引运输车”，是装备有电磁、光学或其它自动导引装置，能够沿规定的导引路径行驶，具有安全保护以及各种移载功能的运输小车。
- ✓ **应用：**AGV系统在立体**仓储系统**和**柔性化生产线**中应用得较为广泛，也是很多的制造型企业提高生产效率，降低生产成本的最佳选择。



### AGV关键技术

- ✓ **引导技术：**常用的导引方式有电磁导引、磁带导引、色带导引、激光导引、惯性导引、视觉导引、GPS导引、坐标导引等。
- ✓ **驱动方式：**常用的驱动方式可以归纳为单轮驱动、差速驱动、双轮驱动、全方位驱动四种。
- ✓ **供电：**传统AGV的供电一般是由电池作为储能载体，目前能够被AGV使用的电池种类有：铅酸/纯铅、镍氢、镉镍、锂离子电池。随着无接触能量传输技术的发展，相关产品在部分领域替代了AGV传统供电模式。
- ✓ **系统控制：**主要分为地面（上位）控制系统及车载（下位）控制系统。上位控制系统对多台AGV进行有效控制，对任务优化排序，动态规划AGV的分配及行驶路径，实现智能的交通管理。下位控制系统在收到上位系统的指令后，负责导航计算、导引实现、车辆行走、装卸操作等功能。



# 1.11 焊接机器人：提高焊接质量，保障工人安全，产品周期明确

## 焊接机器人的技术演变

### 第一代 “示教再现”型机器人

- ✓ 即**用户引导机器人**，按照实际任务逐步引导机器人执行整个任务过程
- ✓ 焊接机器人在被引导的过程中**记忆示教过程中的每个动作指令**（位置、姿态、运动参数、焊接参数等），并生成一个连续执行全部任务的程序
- ✓ 完成示教后给焊接机器人一个启动命令，**机器人将按照示教动作精确地完成每一步操作**

### 第二代 基于传感技术的离线编程焊接机器人

- ✓ 此类机器人借助视觉、电弧、力矩等相关传感器**获取焊接环境的相关信息**
- ✓ 根据传感器获取的相关信息进行**自身运行轨迹的优化**，以改善示教再现型机器人对焊接环境的适应能力

### 第三代 智能焊接机器人

- 基于**众多先进技术**的具有**自主决策和灵活运动**的类人思维与动作的高级焊接机器人
- ✓ 焊接机器人运动轨迹控制技术
  - ✓ 机器人焊接任务智能化规划技术
  - ✓ 焊接机器人系统用电源配套设备技术
  - ✓ 机器人焊接传感与动态过程智能化控制技术
  - ✓ 机器人焊接复杂系统的智能控制与优化管理技术等

## 按工艺方法划分的焊接机器人

### 弧焊机器人

应用于汽车、工程机械、摩托车、铁路、船舶、航空航天、军工、自行车、家电等行业

### 点焊机器人

应用于汽车行业（汽车车身、零部件）

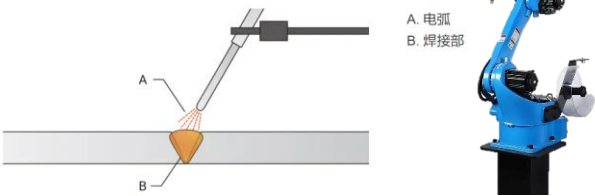
### 激光焊接机器人

由于激光焊接功率密度高、焊缝深宽比大、热影响区小且易实现自动化等特点，发展迅速，在汽车车身制造领域应用广泛

### 其他焊接机器人

摩擦搅拌焊机器人在铝及铝合金焊接领域发展迅速

### 弧焊原理

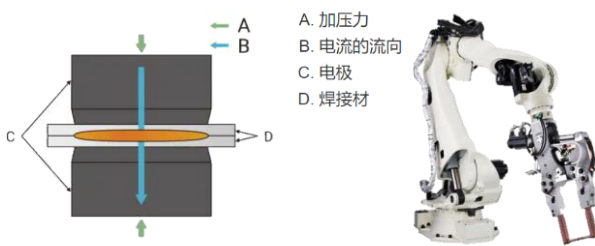


由于点焊和弧焊是焊接的两大类，因此**点焊机器人和弧焊机器人比较常见**。

焊接工艺对点焊/弧焊机器人的基本要求：

- ✓ 定位精度应在一定区间内
- ✓ 应具有较高的抗干扰能力与可靠性
- ✓ 应具有一定的点焊速度

### 点焊原理



## 优势

稳定和提高焊接质量，保证其均一性

改善工人的劳动条件

提高劳动生产率

产品周期明确，容易控制产品产量

缩短产品改型换代的周期，减小相应的设备投资

# 1.12 装配机器人：运动及定位精度更高，柔性更好

- 装配机器人是柔性自动化装配系统的核心设备，常用装配机器人由操作机（结构类型有水平关节型、直角坐标型、多关节型和圆柱坐标型等）、末端执行装置、控制系统和感觉系统组成。由于装配作业种类繁多，特点各不相同，从装配作业的统计数字来看，2019年，与插装作业相关的作业占装配作业的85%，例如销、轴、电子元件脚等插入相应的孔，螺钉拧入螺孔等，因此要求**装配机器人比其他工业机器人具有更高的运动精度、定位精度和更好的柔顺性。**

## 使用装配机器人的前提条件

装配过程完全自动化

事先或自动化整理零件

夹具自动夹紧、零件自动定位

加工和外围设备带自动检测系统

不需要过程辅助或者可由专用设备自动实现

## 按负载能力划分装配机器人

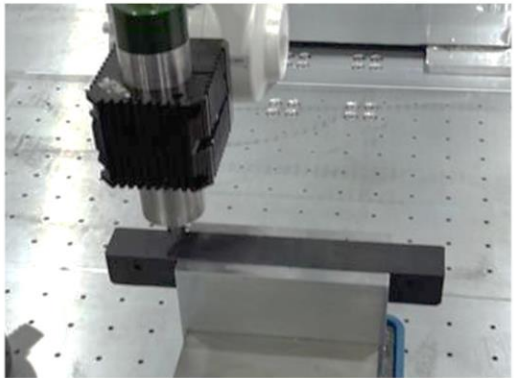
| 负载能力      | 机器人种类   |
|-----------|---------|
| ≤1kg      | 轻型装配机器人 |
| 1kg~10kg  | 小型装配机器人 |
| 10kg~30kg | 中型装配机器人 |
| > 30kg    | 大型装配机器人 |

## 装配机器人的优点

- ✓ **生产效率高**，将装配工人从单一、枯燥、繁重的体力劳动中解放出来
- ✓ 具有极高的重复定位精度和装配精度，**装配质量好且稳定**
- ✓ 加速性能好，工作循环时间短，工作节拍紧凑、稳定、操作**速度快**
- ✓ **生产柔性好**（即只需更改末端执行装置等少数硬件及控制系统的软件，即可更改装配的产品对象和节拍）
- ✓ 可代替装配人员在危险环境下完成装配任务，极大**改善工人的工作条件**

# 1.13 加工机器人：技术日趋成熟，广泛应用，提高效率与质量

➤ 随着机器人技术的不断发展，工业机器人自动化加工方式在近几年得到了极大的普及与应用。**在航天航空、工业，尤其是汽车零部件加工领域**，机器人切割、钻孔、铣削、倒角、去毛刺等应用技术日趋成熟与完善，故而被大量企业投入适用，以便提高效率和生产能力，提升产品质量。



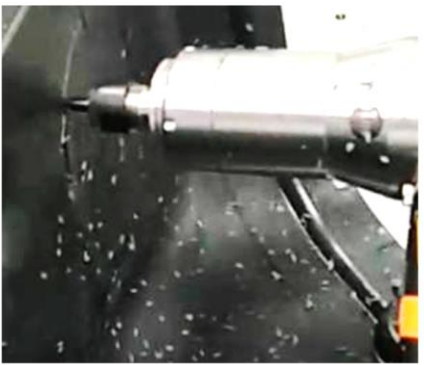
铣削

- ✓ 铣削对加工精度要求非常高
- ✓ 机器人自动化铣削，可以通过软件调节机器人运动速度，减少震颤，摩擦等误差问题
- ✓ 同时更加高效快捷



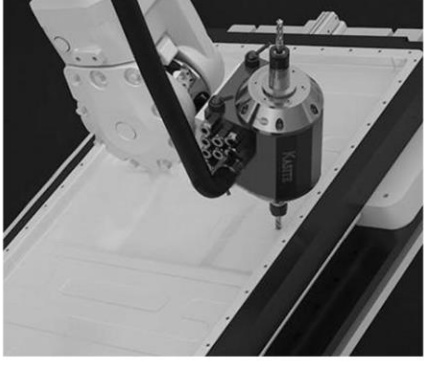
倒角

- ✓ 很高的灵活性
- ✓ 无论大小，无论复杂程度（复杂零件的外轮廓，内部不规则封闭和不封闭轮廓），机器人均能快速完成倒角工作



切割

- ✓ 切口平整
- ✓ 精确度高
- ✓ 节省了后续打磨工序
- ✓ 效率高
- ✓ 操作简单



钻孔

- ✓ 精度高
- ✓ 灵活性高
- ✓ 在自动测量孔位准确性、快速一致性打孔方面具有突出优势



去毛刺

- ✓ 通过机器人确定好去毛刺轨迹，控制好加工力度，使得去毛刺精度更高，更为简单



# 1.14 喷涂机器人：易操作、易维护、利用率高

➤ 喷涂机器人又叫喷漆机器人，**是可进行自动喷漆或喷涂其他涂料的工业机器人**，1969年由挪威Trallfa公司（后并入ABB集团）发明。喷漆机器人主要由机器人本体、计算机和相应的控制系统组成，液压驱动的喷漆机器人还包括油泵、油箱和电机等，多采用5或6自由度关节式结构，手臂有较大的运动空间，并可做复杂的轨迹运动，其腕部一般有2~3个自由度，可灵活运动。

喷涂机器人适用行业

汽车行业

- ✓ 汽车整车、保险杠的自动喷涂料近乎100%
- ✓ 喷涂机器人的应用可大大降低流挂、虚喷等涂抹缺陷，同时提升漆面平整度和表面效果

3C电子行业（电脑、通讯、消费电子）

- ✓ 要求喷涂机器人体积小、动作灵活
- ✓ 桌面型喷涂机器人在笔记本电脑、手机等产品外壳喷涂中发挥了重要作用

家具行业

- ✓ 形状不规则的桌腿等工件一定程度上有所应用

卫浴行业

- ✓ 陶瓷卫浴产品表面釉料的喷涂工作已广泛应用
- ✓ 亚克力卫浴产品表面玻璃纤维增强树脂材料的喷涂也有部分企业在研究采用喷涂机器人

一般工业

- ✓ 机械制造、航空航天、特种装备等工业领域
- ✓ 由于此领域工件形状复杂、尺寸多变，喷涂机器人的应用暂时比较困难

喷涂机器人选型需考虑的因素

✓ 机器人的重复精度

✓ 机器人的工作轨迹范围

✓ 机器人的运动速度及加速度

✓ 机器人手臂可承受的最大载荷

喷涂方法的比较

| 项目               | 手工  | 往复机     | 机器人 |
|------------------|-----|---------|-----|
| 生产能力             | 小   | 大       | 中   |
| 被涂物形状            | 都适用 | 与喷枪垂直的面 | 都适用 |
| 被涂物尺寸大           | 不适用 | 适用      | 中   |
| 被涂物尺寸小           | 适用  | 不适用     | 适用  |
| 被涂物种类变化          | 适用  | 适用      | 需示数 |
| 涂抹的偏差            | 有   | 有       | 无   |
| 补漆的必要性           | 有   | 有       | 无   |
| 不良率              | 中   | 大       | 小   |
| 涂料使用量<br>(产生废弃物) | 小   | 大       | 小   |
| 设备投资             | 小   | 中       | 大   |
| 维护费用             | 小   | 中       | 大   |
| 总的涂装成本           | 大   | 中       | 小   |

喷涂机器人的优点

柔性大

- 工作范围大，升级可能性大
- 可实现内表面及外表面的喷涂
- 可实现多品种车型的混线生产，如轿车、旅行车、皮卡等车身混线生产

提高喷涂质量和材料使用率

- 仿形喷涂轨迹精确，提高涂膜的均匀性等外观喷涂质量
- 降低过喷涂量和清洗溶剂的用量，提高材料利用率

易操作和维护

- 可离线编程，大大缩短现场调试时间
- 可插件结构和模块化的设计，可实现快速安装和更换元器件，极大地缩短维修时间
- 所有部件的维护可接近性好，便于维护保养

设备利用率高

- 往复式自动喷涂机利用率一般仅为40%~60%
- 喷涂机器人的利用率可达90%~95%

# 1.15 洁净机器人：避免污染，提高效率，主要用于电子器件与医院制造

- 微型化生产使得洁净室的存在成为必要。现代工业产品和现在科学实验活动越来越要求微型化、精密化、高纯度、高质量和高可靠性，而产品的微型化生产，意味着需要一个“洁净的生产环境”——洁净室（clean room）。洁净室是指空气中的微粒、有害气体、微生物受控的房间，以满足产品生产的需要。鉴于环境的洁净度会对产品的性能、安全性及成品率产生重大影响，尤其是微电子产品的设计制造，因此洁净度的高低直接影响产品的合格率。
- 洁净机器人有效避免工作人员这一污染源。鉴于洁净室中最主要的污染源便是在其中工作的人员，因此洁净机器人的功能便是在洁净环境下代替人类进行产品生产。洁净机器人是指在洁净室使用的，在电子器件制造、医药制造、食品制造等行业执行搬运等任务的工业机器人，可以完成物料的自动搬运，在减少由于人工搬运造成的污染的同时，提高生产效率。按照使用环境划分，可分为大气机器人与真空机器人。



| 洁净机器人需满足的要求 |                                                                                                                                                                                    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 洁净度         | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ 污染主要来自机器人本体自身材料的挥发和关节的相对运动摩擦产生的颗粒</li><li>✓ 需从材料选择、材料表面处理、洁净润滑、活动关节密封等多方面保证机器人的洁净度</li></ul>                                               |
| 平稳性         | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ 绝大部分搬运对象都是精密产品，如晶圆、平板玻璃等，薄而易碎</li><li>✓ 搬运过程需要准确、平稳，因此平稳运动控制技术是洁净机器人的一项关键技术</li><li>✓ 平稳控制主要包含两方面：1）机器人运动轨迹规划算法的研究；2）关节伺服控制算法的研究</li></ul> |
| 高效率         | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ 维持洁净环境需要高昂费用，因此洁净环境下效率对于成本控制至关重要</li><li>✓ 高效率与平稳性是两个矛盾的维度，因此如何在保持平稳性的基础上实现时间最优是洁净机器人的关键技术之一</li></ul>                                     |
| 可靠性         | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ 设备故障导致的停产在半导体等工业中会带来损失</li><li>✓ 可靠性是洁净机器人极为重要的性能指标，也是洁净机器人的一大难点</li><li>✓ 可靠性设计技术贯穿产品开发全过程，涉及构型设计、部件选型、过程控制等</li></ul>                    |



# 1.16.1 埃斯顿自动化：国产智能工业机器人企业

➤ 埃斯顿自动化专注于自动化完整生态链布局，长期进行产品研发投入。在国际化发展构建的全球资源平台的大力支持下，公司目前已经成功培育三大核心业务：工业自动化系列产品、工业机器人系列产品以及工业数字化系列产品。作为中国最早自主研发交流伺服系统的公司，工业自动化系列产品线包括全系列交流伺服系统、变频器、PLC、触摸屏、视觉产品和运动控制系统以及以Trio控制系统为核心的运动控制和机器人一体化的智能单元产品，为客户提供从单轴—单机—单元的个性自动化解决方案。

## 工业机器人

- **多关节机器人：**包括超大负载/大负载/中负载/小负载/迷你/折弯/冲压/压铸/码垛/SCARA机器人系列；
- **焊接机器人：**包括CLOOS机器人焊接工作站和ESTUN机器人焊接工作站；



## 运动控制核心部件

- **HMI ➤ 数控系统 ➤ 运动控制 ➤ 驱动产品 ➤ 电机产品**

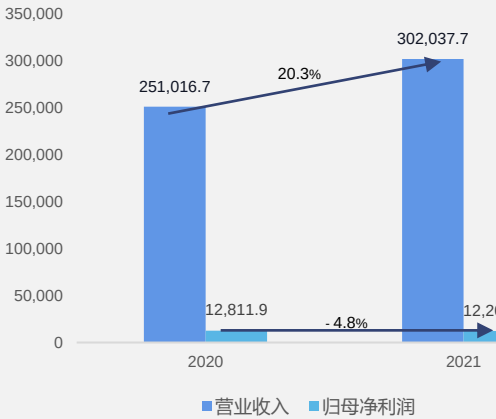


2021年埃斯顿全面进军工业智能化和数字化制造领域，借助掌控自动化设备数据入口优势的基础，通过埃斯顿统一的云平台及统一的OPCUA通讯协议，为客户提供自动化设备远程接入平台，以及各种数字化增值服务。

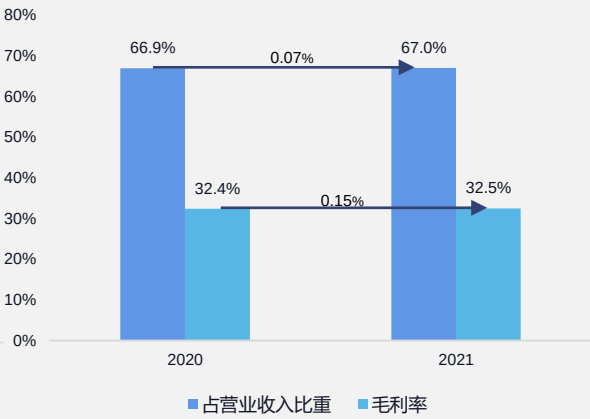


## 财务数据

埃斯顿营业收入及归母净利润（万元）

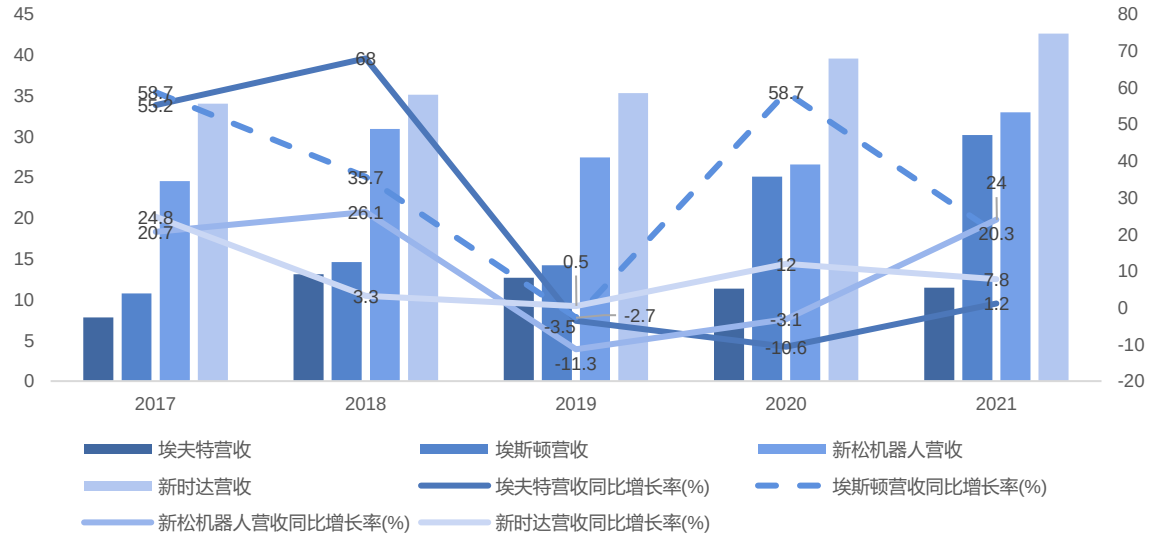


工业机器人及智能制造系统业务占营业收入比重及毛利率

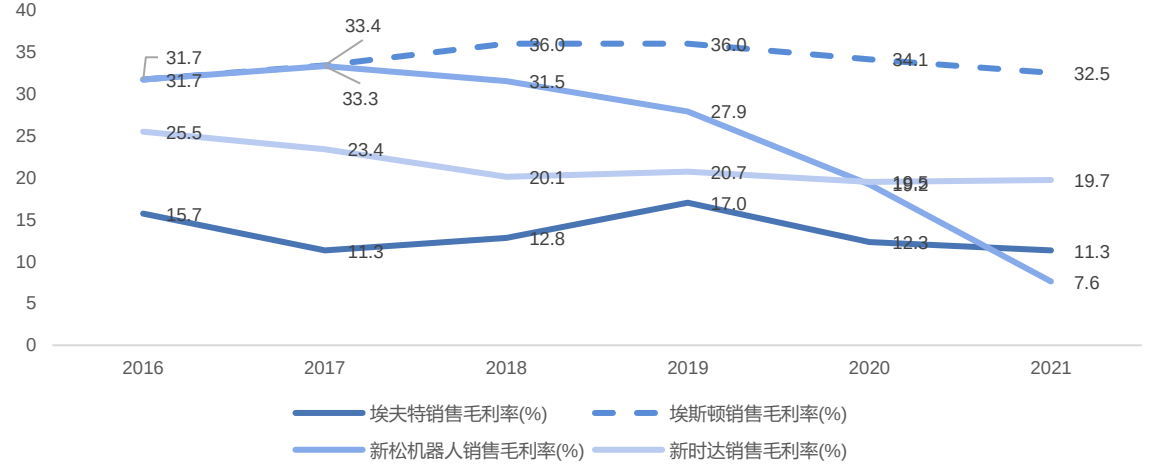


## 1.16.2 埃斯顿整体业绩表现更优，毛利率水平突出

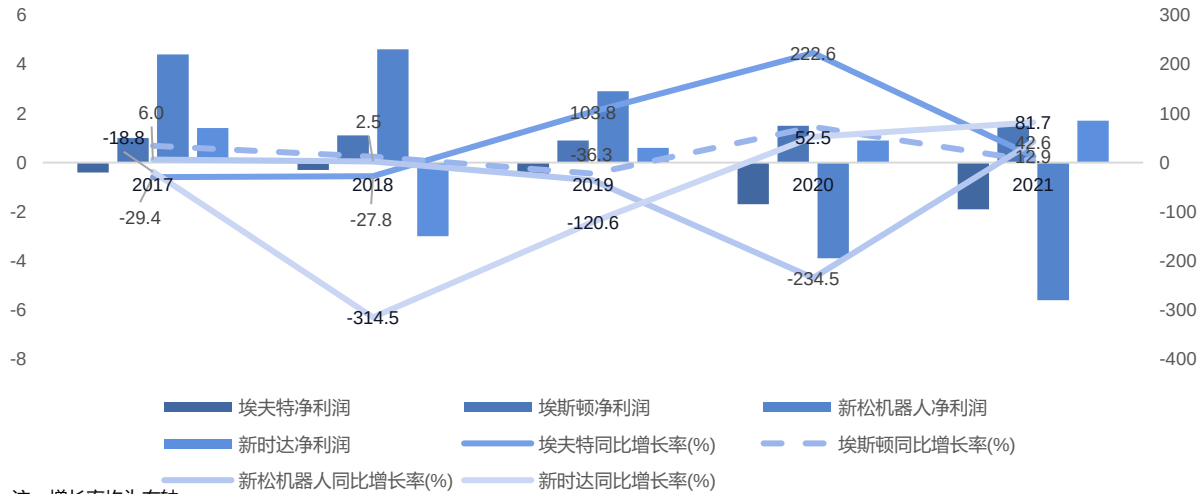
新时达营业收入较高（单位：亿元）



埃斯顿毛利率表现较好

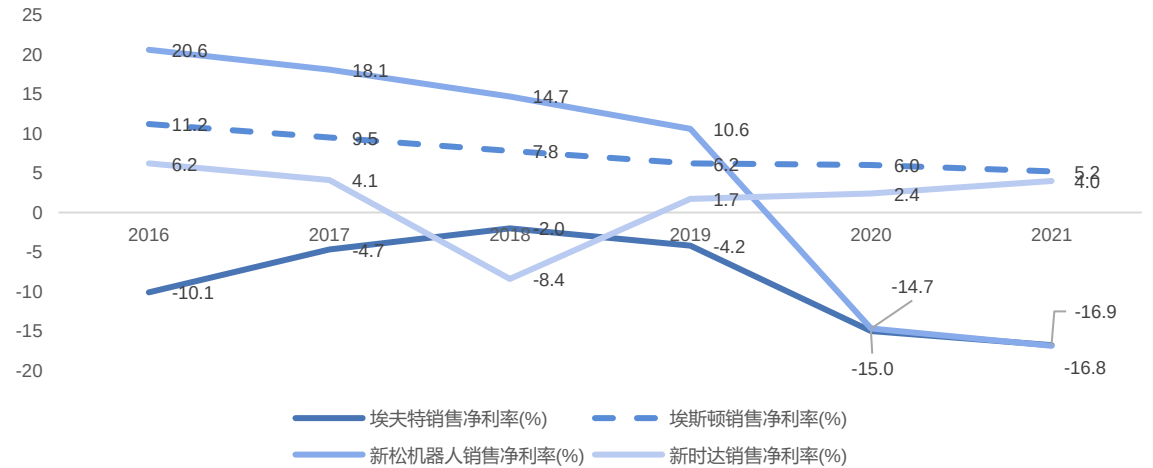


新时达及埃斯顿近两年净利润为正（单位：亿元）



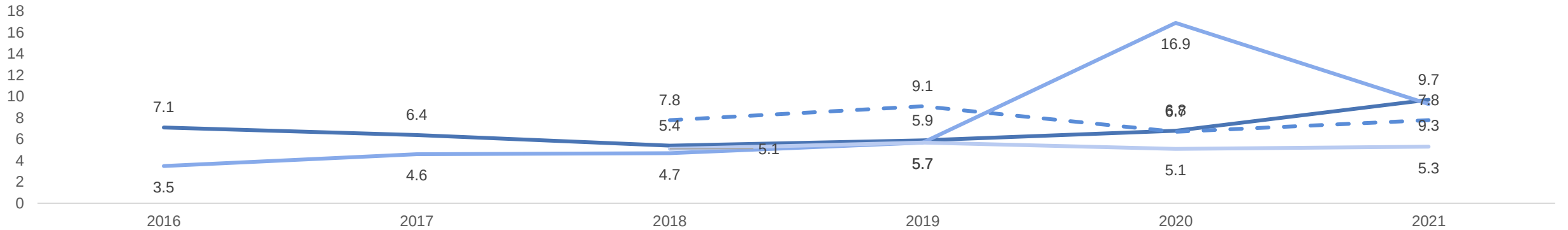
注：增长率均为右轴

新时达近年净利率呈上升趋势

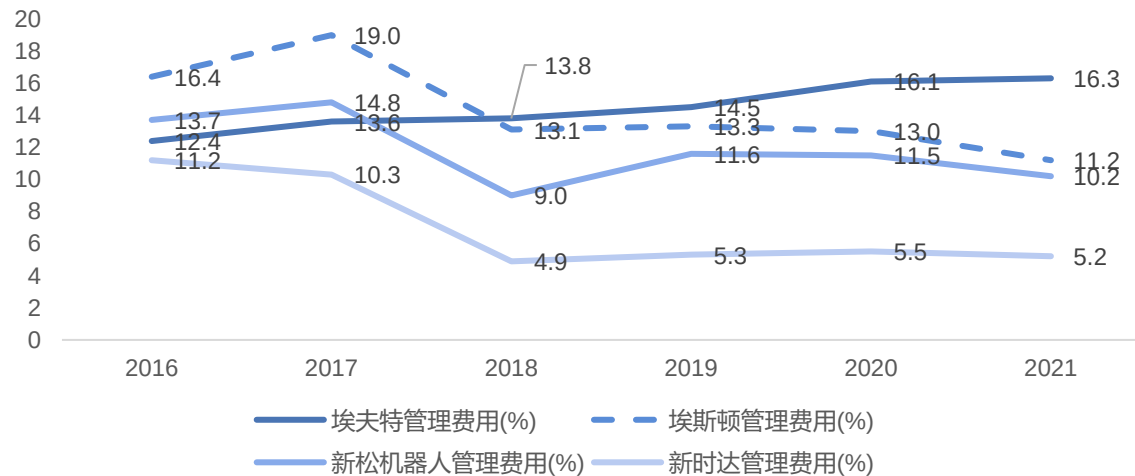


# 1.16.3 埃斯顿、新松机器人研发投入亮眼

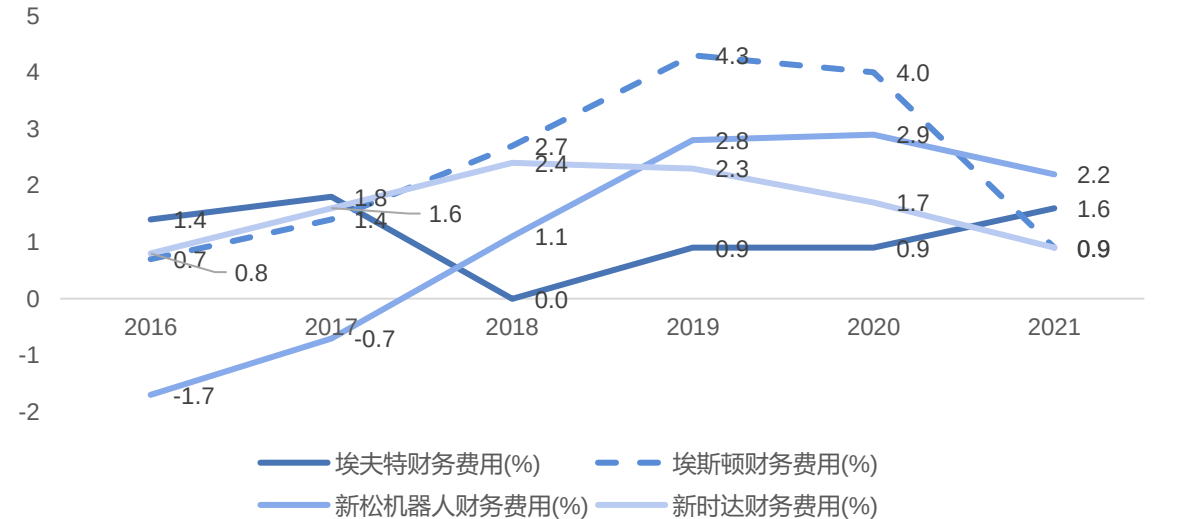
2020年新松机器人研发费用率较高



新时达管理费用率保持较低



近年埃斯顿财务费用率下降趋势较大



1.17 产业标的总结：提供机器人整体解决方案的下游厂商为主要获得融资企业

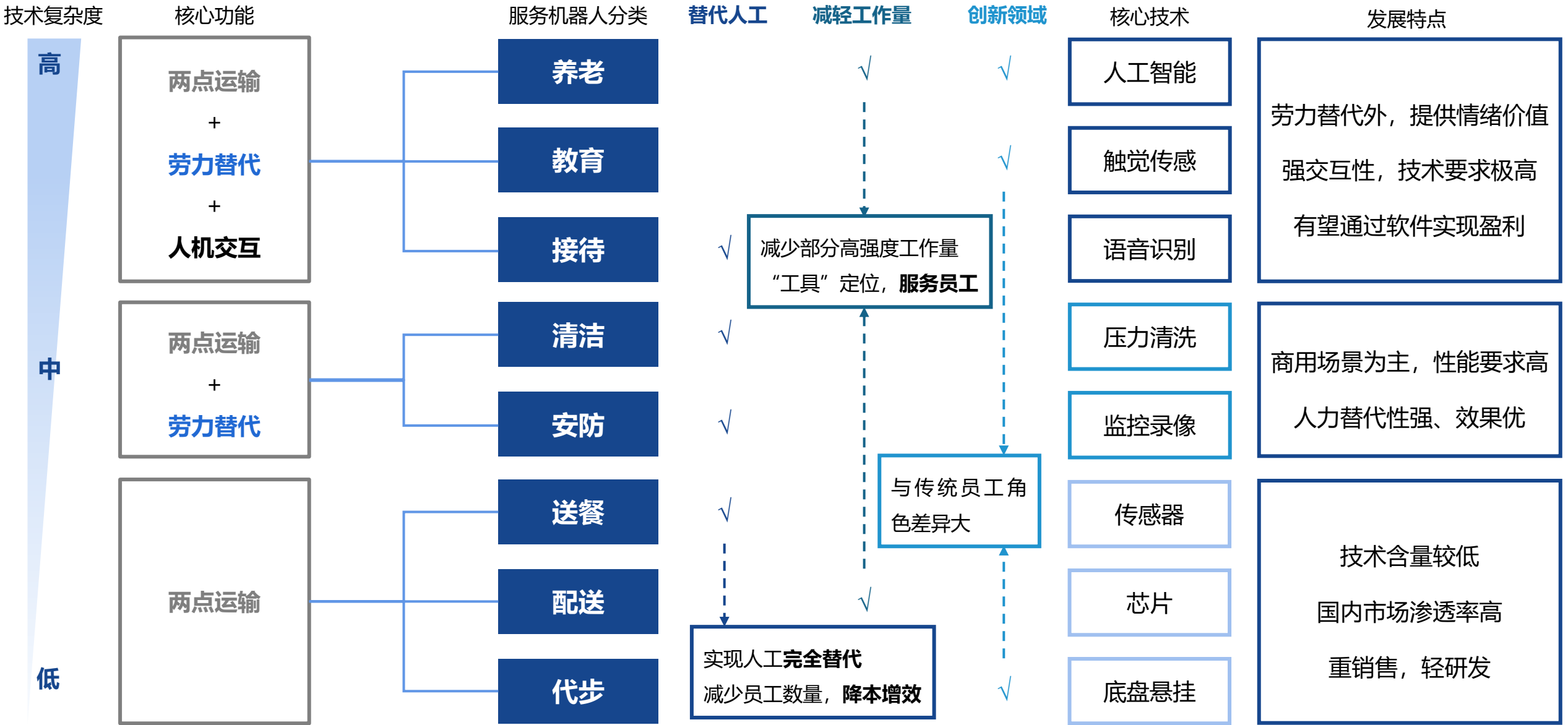
| 公司     | 主要业务                                | 成立时间 | 融资轮次   | 投资机构                               |
|--------|-------------------------------------|------|--------|------------------------------------|
| 斯坦德机器人 | 工业级移动机器人及柔性物流解决方案提供商                | 2016 | C轮     | 博华资本、源码资本、蔚来资本、奇绩创坛等               |
|        |                                     |      | A+轮    | 南京经乾二号股权投资合伙企业、海克斯康软件技术(青岛)有限公司    |
| 宇树科技   | 四足机器人与动力系统部件研发商                     | 2016 | 战略投资   | 深创投、容亿投资、敦鸿资产、经纬创投等                |
|        |                                     |      | B轮     | 经纬创投、敦鸿资产、深创投、顺为资本等                |
| 颖态智能   | 用于汽车钣喷事业的机器人研发商                     | 2017 | A+轮    | 元璟资本等                              |
| 博清科技   | 爬行焊接机器人研发商                          | 2017 | 战略投资   | 中国石化等                              |
| 中科光电   | 智能焊接、装配、打磨和生产协作物流机器人研发商             | 2013 | Pre-A轮 | 东方嘉富、盐南兴路产业基金、上海众合、风润智能、宁夏正和等      |
| 大寰机器人  | 工业智能制造场景核心零部件提供商                    | 2016 | A轮     | 字节跳动等                              |
| 灵西机器人  | 机器人视觉智能解决方案供应商                      | 2018 | B轮     | 东方嘉富等                              |
| 珞石机器人  | 柔性协作机器人、轻型工业机器人及智能制造技术研发商           | 2014 | 战略投资   | 领投：新希望集团等                          |
| 一造科技   | 建筑数字化设计与智能建造技术研发商                   | 2005 | 天使轮    | 云启资本等                              |
| 劬微机器人  | 以无人叉车/AMR为硬件载体，场内智能物流解决方案提供商        | 2019 | A+轮    | 创世伙伴资本等                            |
| 科捷机器人  | 工业机器人、自动化物流设备及以智能装备为核心的工业4.0解决方案研发商 | 2013 | B+轮    | 领投：博华资本；跟投：蔚来资本、源码资本、奇绩创坛          |
| 蓝芯科技   | 移动机器人深度视觉感知技术研发商                    | 2016 | B+轮    | 蓝驰创投、尚城资本等                         |
| 艾利特机器人 | 协作机器人研发商                            | 2016 | C轮     | 领投：达晨财智、尚城资本；跟投：坤言资本等              |
| 翼菲自动化  | 工业机器人研发和制造、控制系统开发、自动化系统提供商          | 2012 | D轮     | 宽带资本CBC、春华资本Primavera、清控银杏创投等      |
| 智同精密   | 面向全球机器人及其他制造企业标准化减速机产品提供商           | 2015 | 战略投资   | 领投：亦庄国投、京城股份；跟投：智友科学家基金、恩利资本、慧眼资本等 |
| 跨维智能   | 为制造业机器人提供3D视觉相机、算法和软硬件一体化解决方案提供商    | 2021 | 天使轮    | 真格基金、松禾资本等                         |
| 木蚁机器人  | 自动驾驶、无人运输解决方案提供商                    | 2016 | B+轮    | 领投：辰韬资本；跟投：蓝驰创投等                   |

| 公司       | 主要业务                   | 成立时间 | 融资轮次   | 投资机构                                     |
|----------|------------------------|------|--------|------------------------------------------|
| 筑橙科技     | 机器人及自动化技术和设备研发商        | 2018 | 战略投资   | 联想创投、XVC创投                               |
| 法奥意威     | 协作机器人深度智能系统解决方案提供商     | 2019 | B轮     | 领投：源码资本；跟投：阿里巴巴、美团龙珠、顺为资本、高瓴创投等          |
| 钧舵机器人    | 智能机械手研发商               | 2018 | A+轮    | 分享投资、点亮资本、张江集团等                          |
| 福德机器人    | 智能制造领域的工业机器人研发商        | 2012 | 定向增发   | 浙江思考等                                    |
| 摩马智能     | 工业机器人研发商               | 2018 | Pre-A轮 | 绿洲资本独家投资                                 |
| 思灵机器人    | 智能机器人系统研发及应用服务商        | 2018 | 战略投资   | 富士康Foxconn等                              |
| 迁移科技     | 智能工业机器人和高性能视频智能分析平台提供商 | 2017 | A轮     | 领投：微光创投；跟投：零一创投等                         |
| 纳百机器人    | 工业级机器人解决方案提供商          | 2019 | A轮     | 领投：红杉资本中国；跟投：经纬创投、SOSV等                  |
| 大族机器人    | 智能机器人研发商               | 2017 | B+轮    | 新投集团、粤财信托、镓缕投资等                          |
| 领鹊科技     | 建筑机器人研发、制造与运营商         | 2021 | A轮     | 领投IDG资本；跟投：Atypical Ventures等            |
| 捷象灵越     | 无人协作叉车机器人产品研发商         | 2020 | Pre-A轮 | 线性资本、挑战者资本、红杉种子基金等                       |
| SRT软体机器人 | 软体机器人技术研发商             | 2016 | B+轮    | 亦庄国投、芯创一期基金等                             |
| 鉴智机器人    | 自动驾驶和机器人3D算法解决方案研发商    | 2021 | A轮     | 领投：洪策资本；跟投：Atypical Ventures、五源资本、金沙江创投等 |
| 蓝海机器人    | 智能机器系统生产商              | 2016 | A+轮    | 领投：高瓴创投等                                 |
| 柔触机器人    | 机器人柔性末端抓取解决方案提供商       | 2017 | Pre-A轮 | 高略资本、梅花创投等                               |
| 镁伽科技     | 轻量级协作机器人研发商            | 2016 | C轮     | 领投：高盛（中国）、GGV纪源资本、亚投资本等                  |
| 海柔创新     | 仓储智能机器人研发商             | 2016 | D+轮    | 领投：今日资本、红杉资本中国、五源资本等                     |
| 星猿哲科技    | 工业机器人视觉解决方案提供商         | 2018 | B+轮    | 领投：今日资本；跟投：高榕资本、五源资本、源码资本等               |
| 成川科技     | 半岛低物流机器人制造商            | 2020 | A轮     | 正轩投资独家投资                                 |
| 梅卡曼德机器人  | 智能工业机器人解决方案提供商         | 2016 | C+轮    | IDG资本等                                   |
| 巨能机器人    | 工业机器人零部件研发商            | 2008 | 定向增发   | 宁夏春雨、宁夏夏花、宁夏秋风、宁夏冬雪                      |
| 科聪       | 移动机器人控制系统及整体解决方案提供商    | 2015 | Pre-A轮 | 领投机构：浙大创投；跟投机构：真石资本等                     |
| 埃尔森智能科技  | 机器人三维图像处理产品与解决方案提供商    | 2014 | A轮     | 启高资本独家投资                                 |
| 非夕机器人    | 通用智能机器人研发商             | 2016 | B+轮    | 未披露                                      |

## 二、服务机器人：现有应用场景高度细分，未来需发力技术和商用



# 2.1.1 行业拆分：服务机器人当前应用场景分散，技术差别大



2.1.2 功能分类：购买动机带动销售，人工替代与创新领域为发展主线

| 分类   | 实现完全替代人工                             | 减轻工作量工具                | 创新领域                           |
|------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| 产品举例 | 送餐机器人                                | 配送机器人                  | 养老机器人                          |
| 行业现状 | 全面铺开，国内市场已实现饱和                       | 场景限制高，员工替代性低，市场拓展受限    | 研发技术壁垒高，市场尚未开发                 |
| 产品痛点 | 生产成本低，无法大规模量产，盈利空间小                  | 低员工替代性与实用性造成低客户购买动机    | 产品受技术发展限制无法成功研发普及              |
| 发展方向 | 提升生产工艺，形成大规模量产                       | 挖掘客户需求，增加客户购买动机        | 加大研发力度、争取技术突破                  |
| 未来设想 | 通过大规模量产实现数量提升以及价格下沉，争取价格优势           | 产品性能更实用，贴合客户需求，加大员工替代性 | 以软件为主，多组软件共存同一个硬件设施，实现全方面机器人服务 |
| 技术需求 | 低 <span style="float:right">高</span> |                        |                                |

实现人工完全替代，大规模量产性价比制造优势

- 服务机器人可通过对人工劳力的完全替代为使用企业实现降本增效
- 为员工提供福利形式的工具机器人无法激起B端客户的购买欲
- 将工具型机器人向人工替代靠近，实现高效劳动力，突破更多场景限制，完成性价比优势

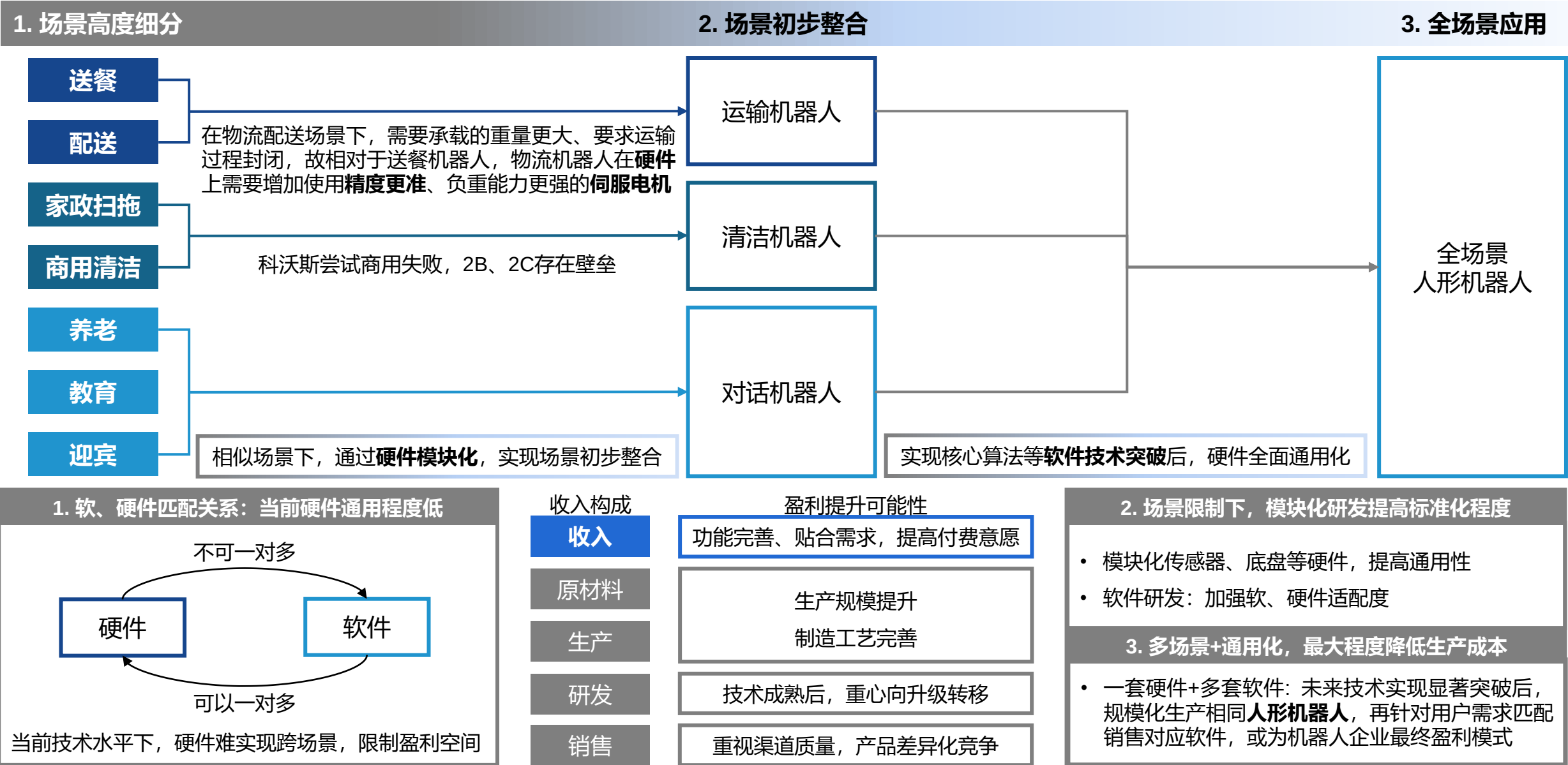
服务机器人行业发展路线

服务机器人从企业经营的噱头到实用的盈利条件的转变

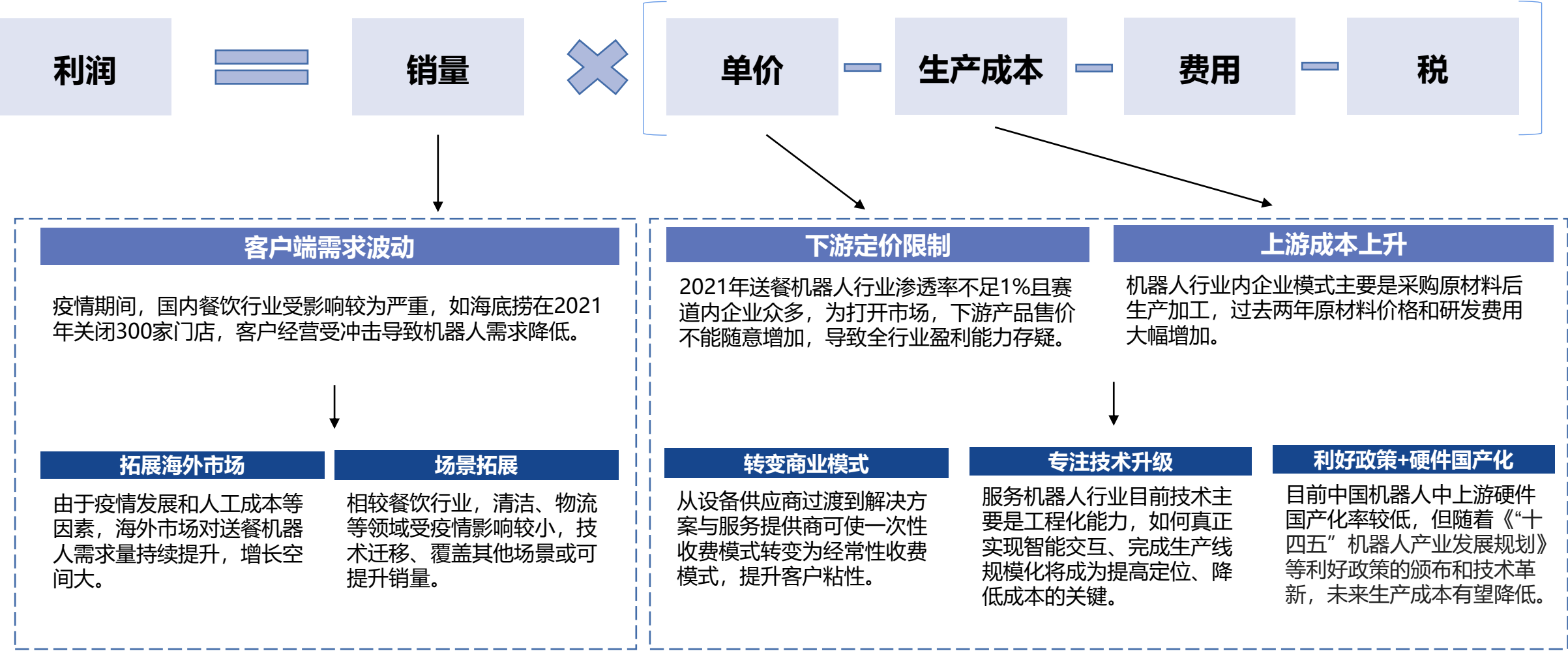
人才高度稀缺领域新工种研发，带动新购买动机

- 诸多工作岗位仍高度依赖人力，岗位可替代性仍受到局限
- 基于挖掘人才高度稀缺或新工种岗位而研发更高端的服务型机器人或成为B、C端客户的购买新动机

# 2.1.3 行业方向：使用场景分阶段整合后，实现生产模块化、规模化



## 2.1.4 盈利拆分：多方向提升盈利能力



## 2.2.1 送餐机器人发展：进入智能化阶段，龙头企业加速抢占市场

- 送餐机器人可为餐饮服务业提升效率，降低人工成本，打造智慧餐厅，让科技感成为品牌餐厅的加分项。送餐机器人通常在完成跑堂传菜、运送酒水，在等位区智能推荐、为等位顾客巡航配送小吃、回首餐具等基本任务的同时，还起到了营销引流的作用。疫情期间，智能送餐机器人无接触配送的普及解决了众多商家在招工、配送、消杀等方面的烦恼。

### 送餐机器人发展历程

2010年-2016年

2016年-2022年

未来发展方向/突破点

主要用途

➢ 主打营销属性

➢ 容量增加，更加智能化，送餐效率大幅提升

➢ 充满科技感的智能餐厅将成为未来餐饮行业的新趋势

路径设计

➢ 需要天花板上贴磁条导轨辅助移动

➢ 路径规划智能化、自适应性提高

➢ 如何实现更理想的餐厅动线设计

场地要求

➢ 依赖固定轨道，难以灵活躲避障碍；对场地要求高，适用于1米以上通道

➢ 可实现窄道通行、智能避障等功能

➢ 进一步智能化，利用机器人+机械臂的组合实现直接配送到桌面

主要客户

➢ 主要客户为一、二线城市餐饮品牌连锁店，如海底捞、西北等

➢ 以先租后买的方式进入下沉市场，更多中小型餐厅开始引入送餐机器人

➢ 进一步下沉，覆盖更多应用场景，包括酒店、医疗、商务办公、机场等

### 送餐机器人相关企业信息



**主要公司**  
上海擎朗智能科技有限公司

**2021年企业市场占比**  
48.6%



深圳市普渡科技有限公司

25.9%



北京猎户星空科技有限公司

5.4%



苏州穿山甲机器人有限公司

4.5%

其他企业

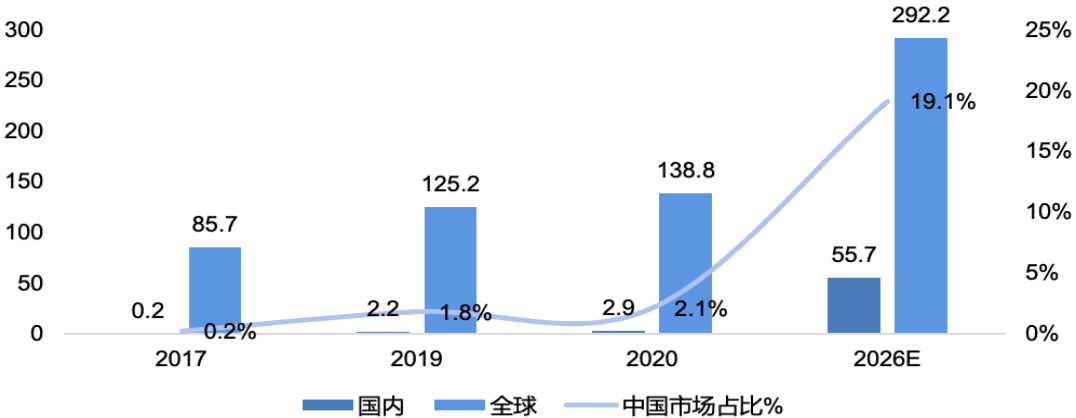
15.6%

- **2016年**以后，随着自动驾驶和人机交互技术相继取得突破，送餐机器人进一步智能化，从营销属性向功能性转变。
- **2018年**，从海底捞投资1亿元打造全球首家智慧火锅餐厅起，诸多连锁餐饮巨头开始大范围引入送餐机器人，市场面开始快速扩大。



## 2.2.2 市场需求：国内市场加速发力，优质客户成为核心竞争力

送餐机器人市场规模（亿元人民币）



送餐机器人 vs. 人力劳动优势

|           | 人工传菜员 | 机器人(租赁) | 机器人(购买) |
|-----------|-------|---------|---------|
| 花费/月 (元)  | 4000+ | ~2000   | ~700    |
| 日均配送量 (盘) | < 200 | 300+    | 300+    |
| 回本周期 (月)  | -     | -       | ~5      |

\*以基础款送餐机器人25,000元，使用周期3年计算

普渡智能主要客户

国内

海外



擎朗与餐厅达成深度合作



## 2.2.3 擎朗智能：技术不断突破，产品矩阵丰富，匹配各类细分餐饮场景

➢ 上海擎朗智能科技有限公司是国内最早一批开始探索配送机器人应用场景的企业之一，而餐饮是其智能机器人产品迭代最多的领域。擎朗先后推出过T1、T2、T5、T6、飞鱼五款餐饮配送机器人。**最新产品飞鱼主打窄道通行**。其新一代智能避障方案和多模态取餐提示等功能正在重新定义休闲餐饮场景下的高效送餐。根据IDC发布的报告显示，擎朗在2021年占据48.6%的市场份额，增长率高达153.4%，稳坐行业龙头。



### T2

- 160L超大容量缓解餐厅晚高峰繁忙
- 车规级底盘以适应多种复杂地面环境



### T6

- 增加多点巡航配送模式，方便顾客自助点菜
- 机身更轻，容量变大
- 基于AI性能，路径规划能力进一步提升



### T1

- 利用多传感融合技术，实现室内高精度导航
- 多台机器可通过中央集成枢纽高度配合协作



### T5

- 搭载擎朗自主研发的SLAM同步定位与地图构建系统，全方位感知障碍物，实现智能避障
- 可根据坡度调整自身速度



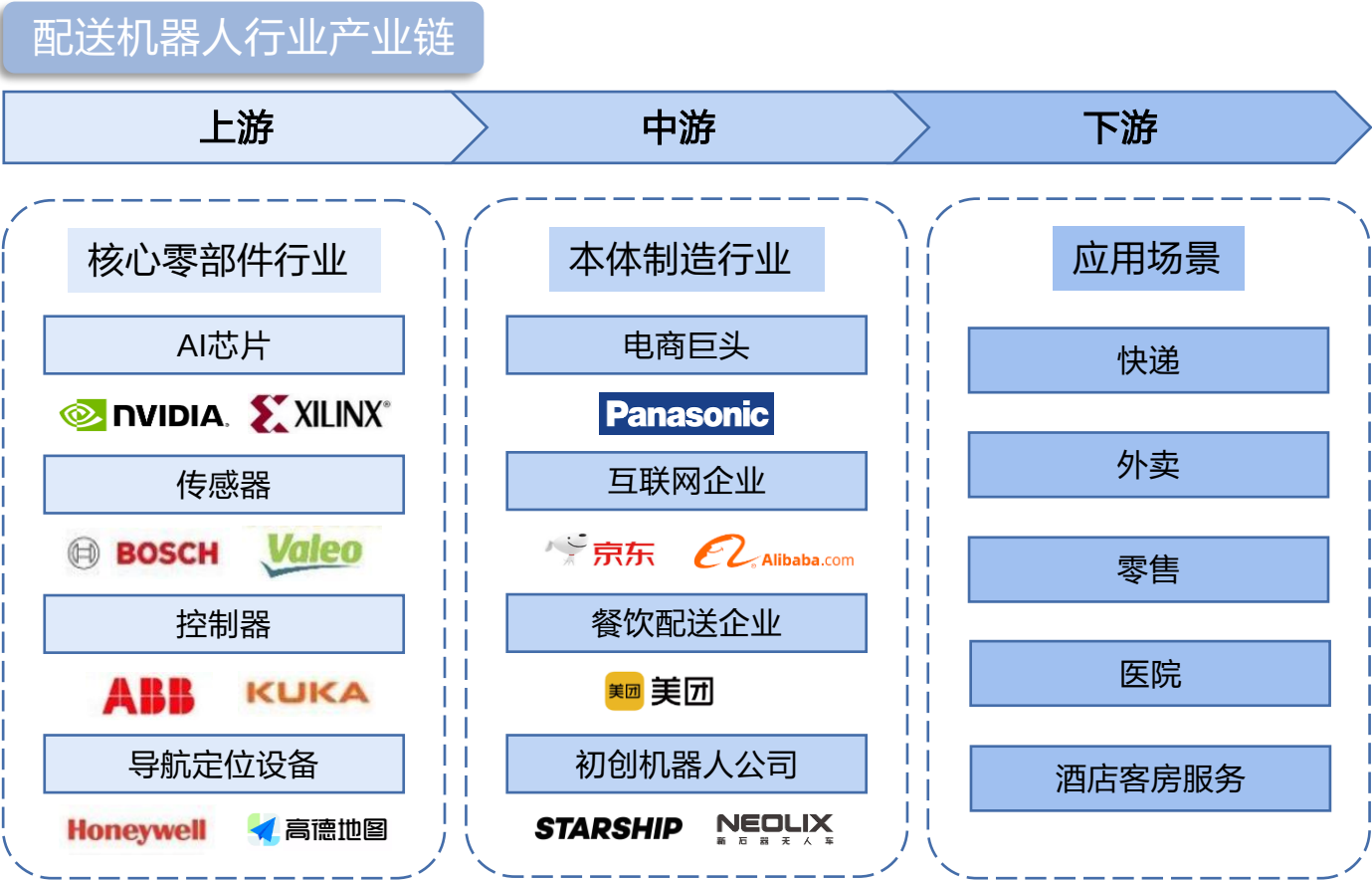
### 飞鱼（最新产品）

- 厘米级定位精度，主打窄道通行
- 采用2+1双目视觉方案，达成全新一代智能避障

➢ 作为行业龙头，擎朗已获得多轮融资，其产品更新迭代迅速，以**适应需求不同、复杂度不断加深的多种线下商业场景**。擎朗推出的5款送餐机器人特色鲜明，包含大容量、包厢、坡道、窄道等众多细分要求，自适应本领不断提高。但其最新产品飞鱼适用运行环境仍**局限于室内无尘平滑地板**，难以应用于平整度不足的下沉市场餐饮企业，**对场地要求仍然较高**。如何突破该技术限制是其产品能否提高市场渗透率的关键。

# 2.3.1 自动送货机器人：应用场景多元化，聚焦短距离配送

- 自动送货机器人是智慧物流行业的主要应用之一，以自动驾驶技术为核心，旨在应对“最后一公里”的短距离配送需求，同时可实现室内、路边等多场景售货等功能。
- 自动送货机器人受场景限制较大，多为企业针对降低员工工作量的福利手段，普及度逊色于送餐机器人，有较大的B、C端客户购买动力增长空间；突破场景限制为市场使用率增长要素。



配送、送餐机器人：聚焦不同需求

配送机器人：减轻人工工作量

快递配送

外卖配送

医院配送

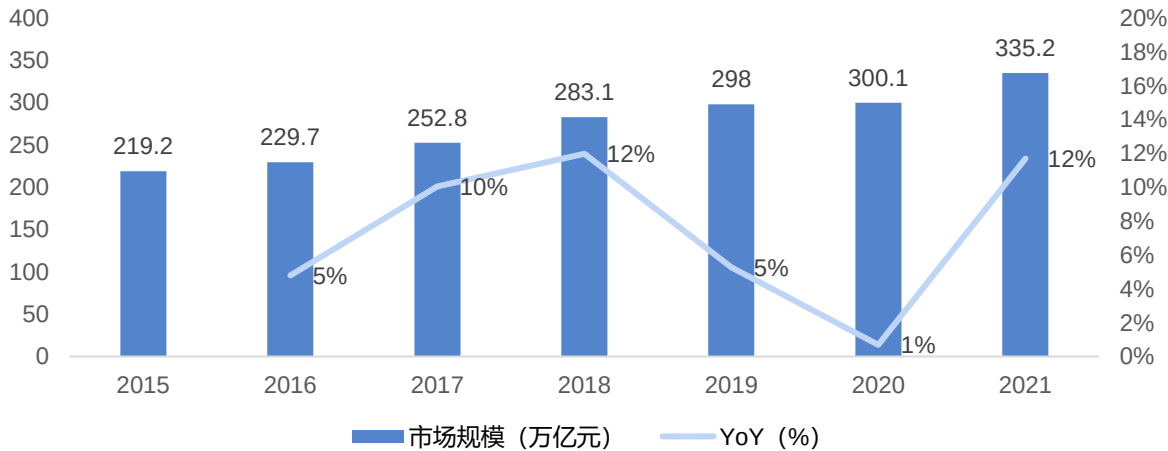
酒店/餐饮配送

送餐机器人：降本增效

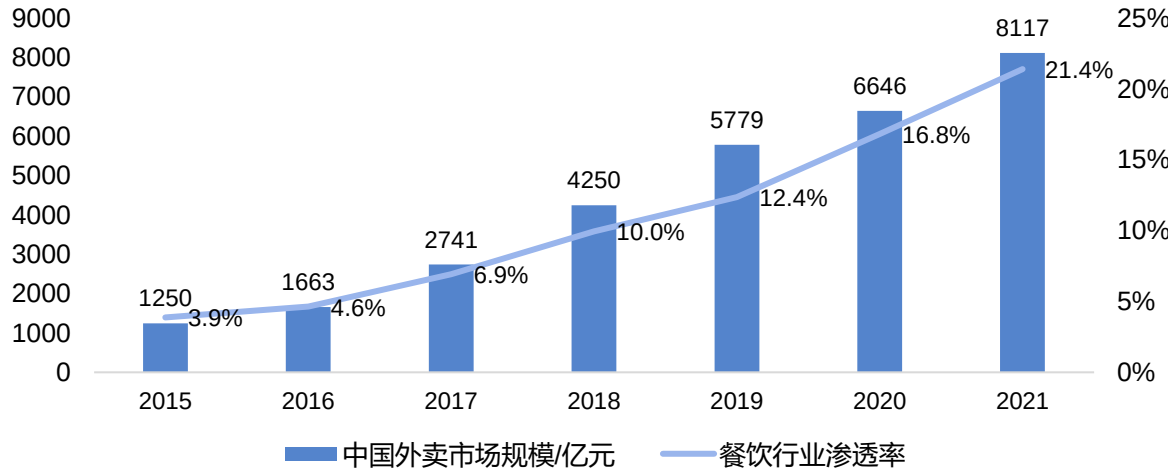
## 2.3.2 外卖、物流配送市场：市场规模增长难掩盖配送压力、市场需求明显

### 物流、外卖配送市场规模不断扩张

物流配送市场规模（万亿元）：持续上升，稳定扩张



外卖行业市场规模（亿元）：餐饮线上渗透率持续上升



### 市场扩张下，终端员工压力大

#### 快递员现状

##### 工作强度较大

2021年中国快递员每周工作时长超过70个小时

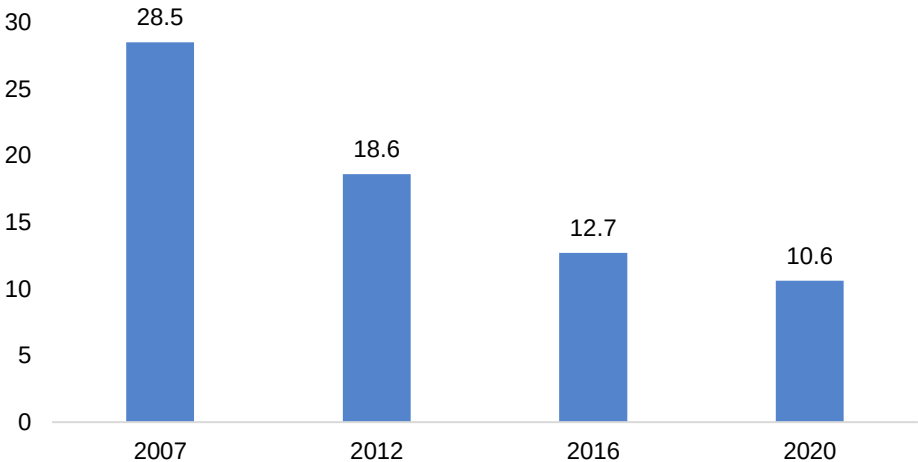
##### 收入水平有待提高

2021年中国超五成快递员月收入不足5000元

##### 缺口加大

随着我国劳动年龄人口下降，未来人才缺口将持续加大

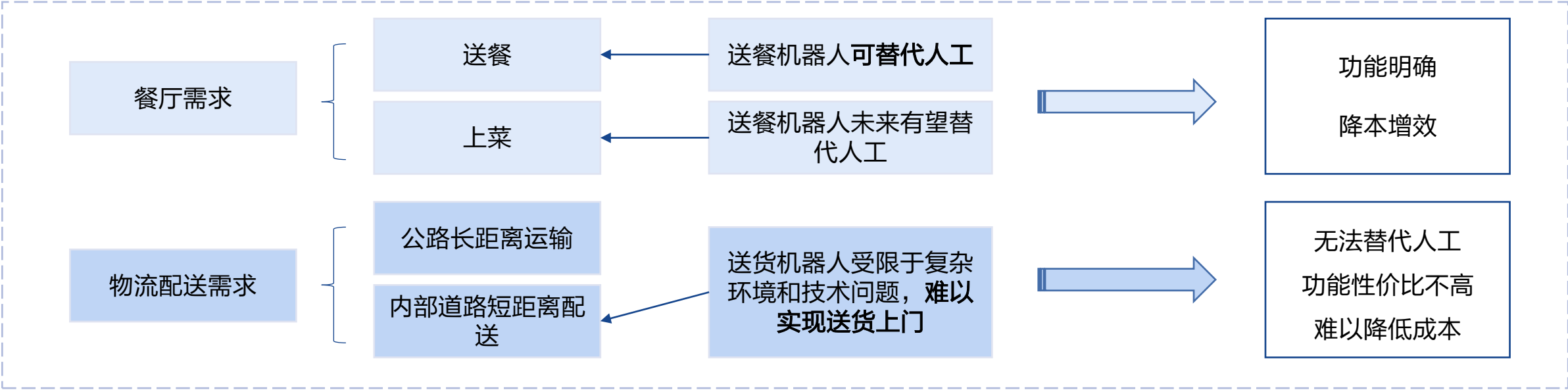
快递平均单价（元/件）：逐渐下降





2.3.3 自动送货机器人：性价比低导致覆盖面低，功能不明确，购买需求移至终端场所

➤ 相较覆盖率较高的送餐机器人，自动配送机器人性价比较低、功能不明确，不能实现替代人工。此外，目前物流配送中，成本主要集中在中间长距离运输过程，2022年数据显示两端揽件、派件人工成本约占25%。因此，配送机器人的使用需求从快递公司转移至终端场所。



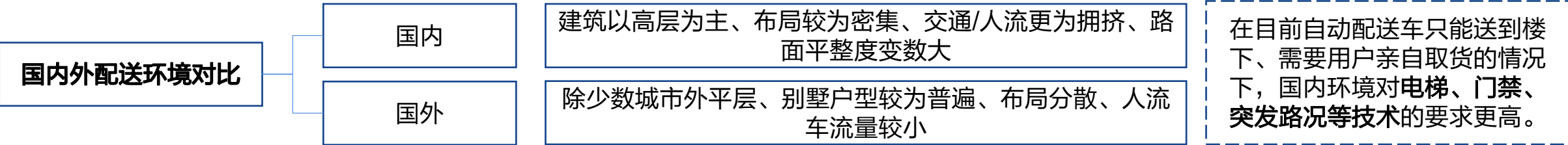
|       | 自动送货机器人终端应用场景                                                    |                                                                         |                                                                        |                                                                         |
|-------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 场景    | 校园                                                               | 酒店                                                                      | 医院                                                                     | 住宅区/社区                                                                  |
| 机器人需求 | <div>✓ 可进入汽车无法到达的校园/园区区域</div> <div>✓ 便于管理，减少外来车辆入内，提高内部安全</div> | <div>✓ 自动下单配送，需求集中，减少工作人员重复性劳动</div> <div>✓ 避免沟通障碍，为客人提供高质量、智能化服务</div> | <div>✓ 无人配送减少感染风险</div> <div>✓ 医院服务容错率低，人工难免出错，自动化配送提高效率 and 安全性</div> | <div>❑ 受限于复杂环境、高楼，配送机器人难以送货上门</div> <div>❑ 功能无替代性、作用不明确，需求、购买动机缺失</div> |



### 2.3.4 自动配送机器人：与国外企业横向对比，场景适应度有提升空间

➤ 相较全球技术领军企业Nuro，国内大多自动配送机器人应用场景主要覆盖社区、校园等半封闭区域，尚未实现走上市区公开道路，限制因素包括国内还未完全落地的相关法律政策和更为复杂的建筑、道路环境。

| 企业      | 京东                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 阿里巴巴 | 美团    | 新石器                                                                                                                                                                                         | Nuro（美国）                                                                                                                                                                                       |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 代表产品    | 第五代智能快递车                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 小蛮驴  | 魔袋 20 | 新石器无人车                                                                                                                                                                                      | R3                                                                                                                                                                                             |
| 主要应用场景  | 校园、园区、社区等半封闭室外场景和医院、酒店等室内场景                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |                                                                                                                                                                                             | 市区机动车道路                                                                                                                                                                                        |
| 商业模式    | 优先满足企业自有物流业务的需要，再将技术和解决方案分享给合作伙伴和其他的产业链玩家                                                                                                                                                                                                                                                    |      |       | 从B端加盟商的总体流水进行抽佣的模式，核心优势在于大批量运送和贩卖                                                                                                                                                           | 通过自有车辆为场景方提供完整的技术和运力服务，按客单量收取费用                                                                                                                                                                |
| 法律法规    | 部分地方政府已制定相关法规，但顶层的监管政策尚未出台                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |       |                                                                                                                                                                                             | 获得联邦政府无人驾驶豁免、加州商用配送许可                                                                                                                                                                          |
| 合作/服务企业 | 主要服务于企业的自有业务（京东物流、菜鸟裹裹、美团外卖）<br>   |      |       | 与国内外多家物流企业合作<br>  | 与当地多家零售企业和快餐店合作<br>  |



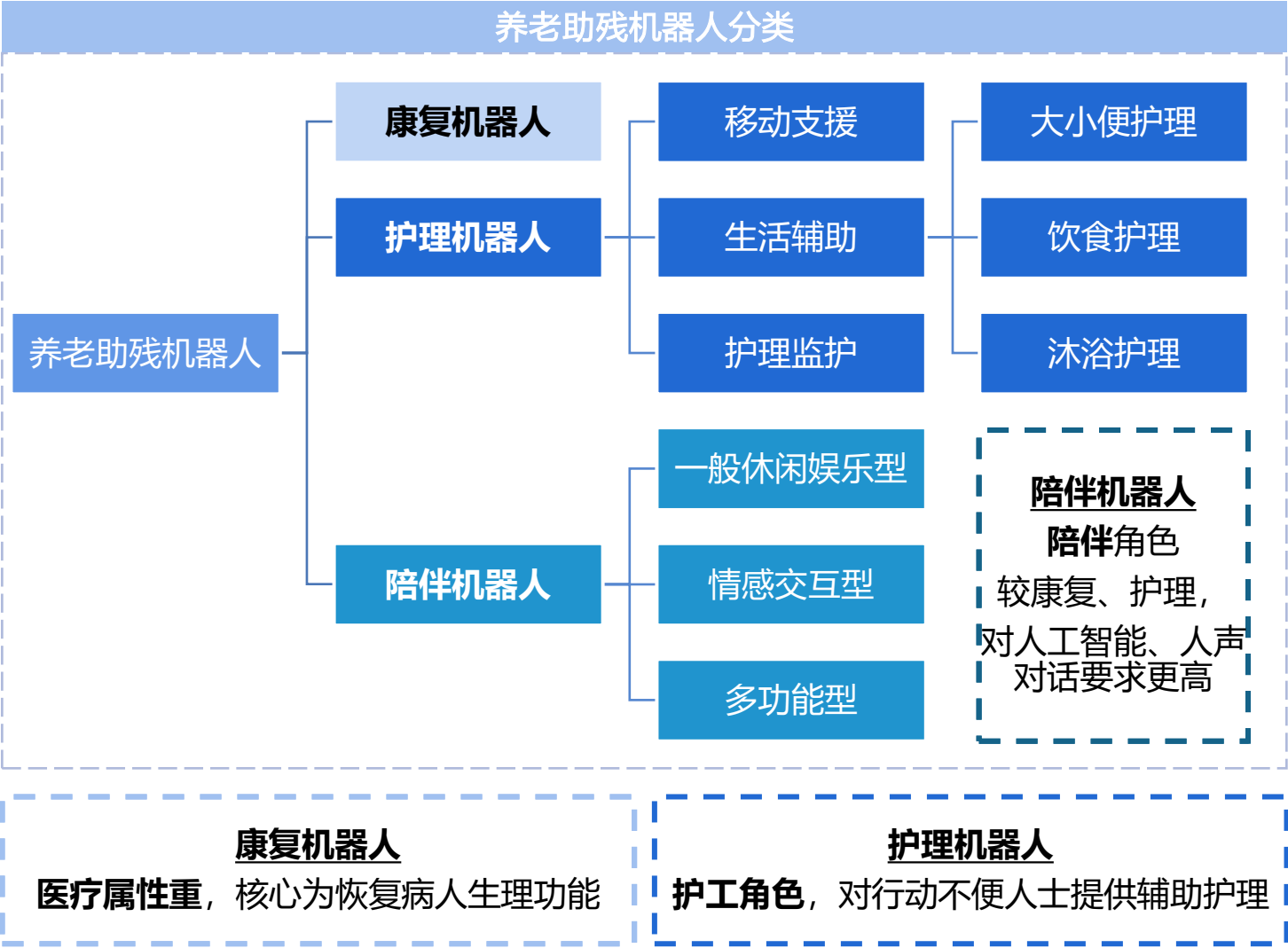
## 2.4.1 养老助残机器人：功能上护理+交互相辅相成，满足老人生理+心理需求

➤ 养老助残机器人是智慧养老的一个分支，根据老年人需求类型可主要分为康复机器人、护理机器人和陪伴机器人，其中后两种类型被广泛应用于养老机构和家庭环境中，主要用于辅助老年人日常起居和满足老年人的心理、娱乐需求。

基本需求



精神需求



丰田“巴士男孩”

- ✓ 可执行复杂家务工作
- ✓ 为老人送饭送水



Robear

- ✓ 模拟人类怀抱感
- ✓ 帮助老人坐下和站立



Telenoid

- ✓ 远程模仿人表情声音
- ✓ 对老年痴呆患者有益

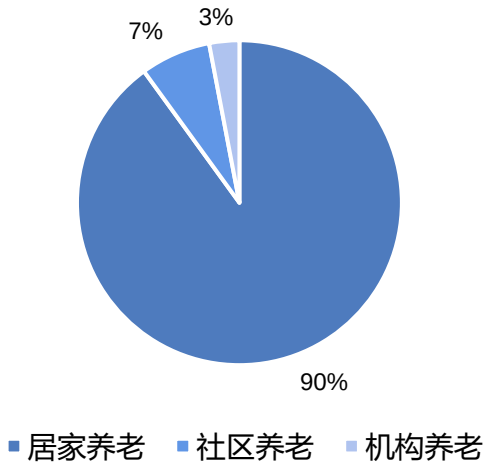


Paro

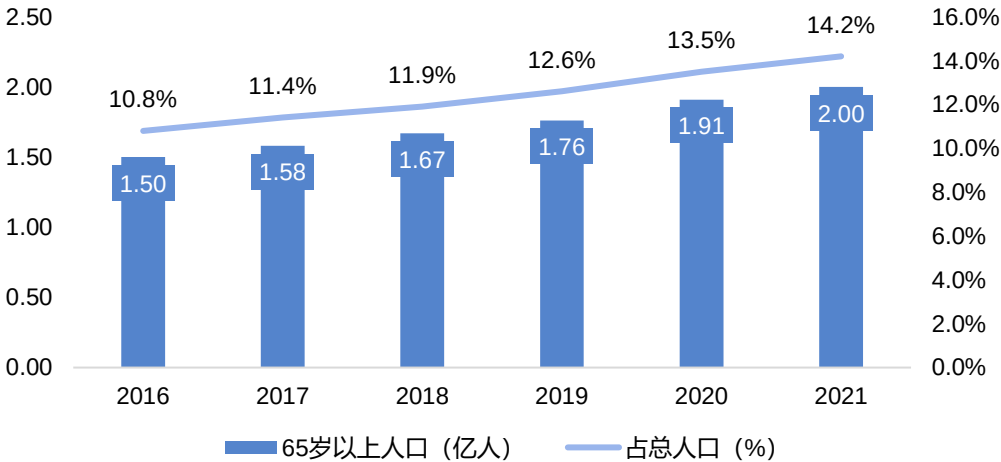
- ✓ 交互型治疗机器人
- ✓ 安抚阿尔茨海默患者

## 2.4.2 养老助残机器人： B端机构护理人员缺口大，养老机器人需求迫切

2021年我国老人养老方式选择：  
居家养老占据90%，仅10%选择社区或机构养老



中国老龄人口数量：占比持续提高



### 文化、心理因素

我国社会重视亲情纽带，很多老人渴望子女陪伴，因不喜孤独感而拒绝机构养老

### 费用因素

公立养老院价格合理但床位不足；  
私立养老院收费高昂，很多老人难以负担

\*按照2020年养老机构入住人数约240万、国家标准养老护理员：老人为1：4测算

### 服务质量因素

目前我国仅约32万名护理员，每人须看护至少7.5位老人，机构护理员缺口高达28万，质量难以保证

### 工作强度较大

工作时间长  
护理难度大  
休息时间难保证

### 工资待遇偏低

月薪不足5000元  
生活压力较大

### 心理压力较大

对耐心要求高

我国护理员人才稀缺原因

## 2.4.3 养老助残机器人：市场缺口+政策利好，商业模式不断创新

### 养老助残机器人 vs. 人工护理员

#### 优势

没有心理负担，不受情绪影响

可长时间工作，全天候照顾老人

#### 场景通用性高

物理：移动、监护、生活辅助  
情感：聊天、安抚、娱乐

#### 劣势

#### 功能过于细化

当前技术水平下，每种机器人仅能完成特定需求

#### 灵活性有待提升

难以应对个性化需求

- 由于定价高昂等原因，国内养老服务机器人主要与养老院、社区等B端机构进行合作，但结合我国养老呈现的“9073”格局，企业应**创新商业模式，从机构走向家庭**：

#### 与养老地产开发商合作

新松已与万科、新城控股等地产集团合作，为社区提供陪伴护理机器人、生命体征检测床等一系列养老设备及方案，旨在打造医养结合的**整套智慧住宅解决方案**。

#### 与保险公司合作

HiNounou与中国平安和AXA进行合作，共同推出面向老年的保险服务，同时用其开发的智能健康伴侣为老人提供监护、远程咨询等服务。

#### 租赁代替购买

家庭/个人消费者对养老机器人接受度较低的原因主要是其价格高昂，租赁模式可缓解消费压力、提高家庭渗透率

日本由于老年化趋势严重，是当今养老产业最发达的国家之一，而其政府的大力支持是产业蓬勃发展的主要原因。

29.1%

日本2020年  
65岁以上人  
口比例

38万

预计日本  
2025年护理  
人员缺口



2015-2025  
年间日本政府  
投入1/3政  
府预算用于  
开发护理机  
器人

政策/资金支  
持松下、  
NEC等大企  
业专门成立  
老年事业部

我国近年呈现出相似趋势，大量服务机器人和养老相关政策的陆续出台为养老机器人的发展提供了关键支持和引导：

#### 《“十四五”国家老龄事业发展和养老服务体系规划》

2022年起将不低于55%的彩票公益金用于支持发展养老服务  
2025年新建城区、新建居住区配套建设养老服务设施实现100%达标率

#### 《智慧健康养老产业发展行动计划（2021-2025年）》

重点发展 健康管理类、养老监护类、康复辅助器具类、中医数字化智能产品及家庭服务机器人五大类产品



## 2.4.4 公共代步机器人：传统电动轮椅升级，增加出行灵活性，实现场景拓展

公共代步机器人是将智能汽车设计理念引入传统代步车领域的智能代步车。通过安全性升级、设计优化、操作简化，智能代步车旨在提升老年人和特殊群体的生活质量，并不断拓宽应用场景和人群，从传统轮椅市场逐渐拓展到普通人的短距离出行。

摆脱人群、场景的限制，从少数人群使用的辅助移动器械成为短程代步工具

传统轮椅（手动/电动）



多为传统轮椅品牌：互邦、鱼跃、佛山轮椅

智能代步车



多为新兴轮椅品牌：蜂鸟、邦邦、蔚尔

公共代步机器人企业在传统轮椅市场（超2亿老年人口，超2000万肢体残疾人口）的基础上，正在逐渐**拓宽应用场景和目标客户**：



蔚尔智能代步车在羽田机场实现商业化落地

蔚尔的智能代步车已进入全球30多家**机场**，旅客在触摸屏上选择指定的登机口即可乘坐代步车到达，该服务**核心优势**包括：

旅客**不再依赖工作人员指引**，可直接到达登机口、停车场等

代步车可**协助搬运行李**，避免大包小包添加出行困扰

保持**社交距离**，减少感染风险

### 智能代步车 vs. 传统轮椅主要优势

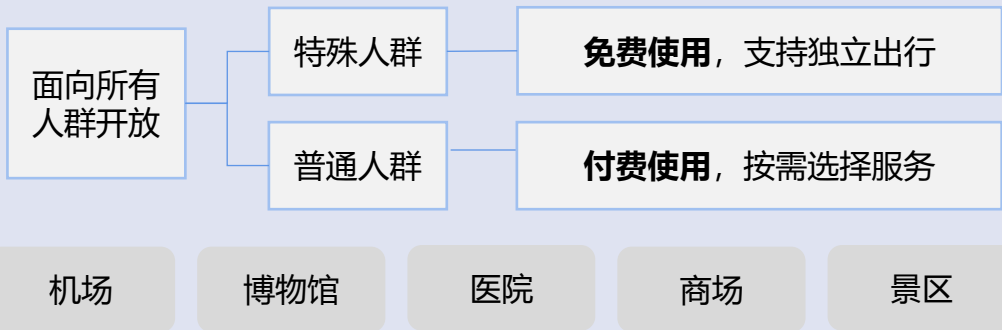
#### 摆脱传统轮椅负面观感

- ✓ 时尚外观消除适用人群心理负担
- ✓ 提升老年/特殊群体出行意愿

#### 支持独立出行

- ✓ 适应小台阶、电梯等复杂路况
- ✓ 可自由上下地铁等公共交通
- ✓ APP互联支持远程求助

未来代步车可根据**人群划分**、在**多种场景**下开展新型商业模式：





## 2.5.1 机器人商业化发展阶段：深入实用性探索+针对性技术研发

| 发展阶段     | 1. 营销噱头                                                          | 2. 成本控制        | 3. 功能升级                        |
|----------|------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------|
| 购买驱动因素   | 噱头效果为主                                                           | 初步实现人工替代/降低工作量 | 降低对使用环境的要求<br>进一步优化人工替代比例      |
| 以送餐机器人为例 | 需要轨道指引，对场地要求极高                                                   | 实现窄道通行、智能避障等功能 | 现有产品迭代中有送餐容量升级<br>实验性产品可实现送餐上桌 |
| 发展方向     | <div> <div></div> <div>↑实用性提高 + 营销属性下降↓</div> <div></div> </div> |                |                                |

- 人形机器人目前在全球范围内还没有真正成熟落地的产品。在2022世界机器人大会上，高工机器人产业研究所所长卢瀚宸表示，包括日本的阿西莫，波士顿动力等，都曾推出过人形机器人，但从落地应用角度看，都不成功。在本田总部， Asimo（阿西莫）于2022年4月正式宣布退役，结束了长达 22 年的表演服务生涯；波士顿动力在技术上拥有绝对优势，但其11亿美元的估值较6年前，下降了66%；作为世界上应用最广泛的人型机器人之一的NAO，销量仅万台左右，更多卖到高校，用于科研教学、比赛。
- 阻碍人形机器人商业化量产主要原因有三：
  - ✓ 大规模应用刚需场景不足。应用场景直接影响机器人需求的刚性程度，目前人形机器人应用场景仍有待挖掘。
  - ✓ 诸多技术问题亟待解决。目前人形机器人尚处于功能相对简单、初步智能的形态。
  - ✓ 机器人成本高企。人形机器人机构复杂，制造成本高昂，成本控制有赖于大规模生产的基础及多方位的技术。

## 2.5.2 人形机器人：技术发展打好基础，紧贴需求深度挖掘使用场景

人形机器人发展历程，以本田Asimo三个阶段为例：技术探索后，商业化发展需深入挖掘使用场景

### 1. 技术探索阶段：1986-2000

技术不断进步，可分为三个阶段：

- 1. **模仿人类直立行走**：研发围绕腿部技术
  - 2. **增强行走能力**：行走稳定性与楼梯攀爬
  - 3. **提升功能、外观**：增加头部、手臂、身体，外观与人更相似，增强平衡能力与功能性
- 技术相对成熟后，先后推出3款人形机器人，初代高188cm、重175公斤，**设计增加亲和力、行走攀爬能力提升**的同时，实现高度、重量分别降低16%、26%。

### 2. 商业化初尝：2000-2022

功能性能进一步增强：

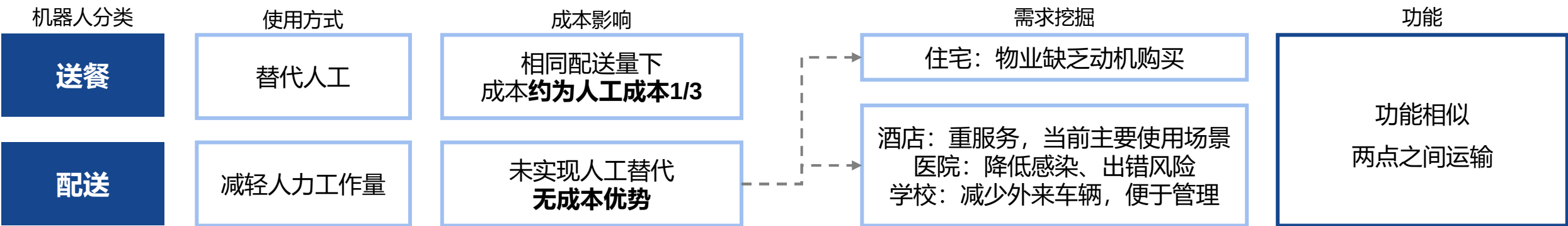
- **运动能力**：可以奔跑，在崎岖坡面行走行走能力加强，实现物品抓取功能
- **语音交互**：理解、回答简单语音命令
- **人脸识别**：对所选人脸进行辨认
- **环境监测**：避障通行的同时，绘制环境地图，标记固定目标。

**实用性低**：落地应用失败，于2022年3月正式宣布退役，结束了长达 22 年的表演服务生涯

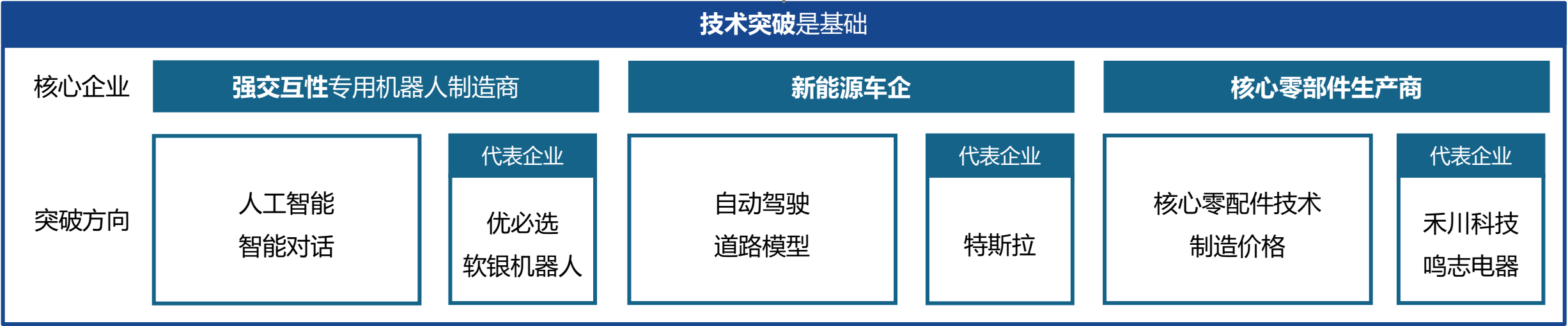
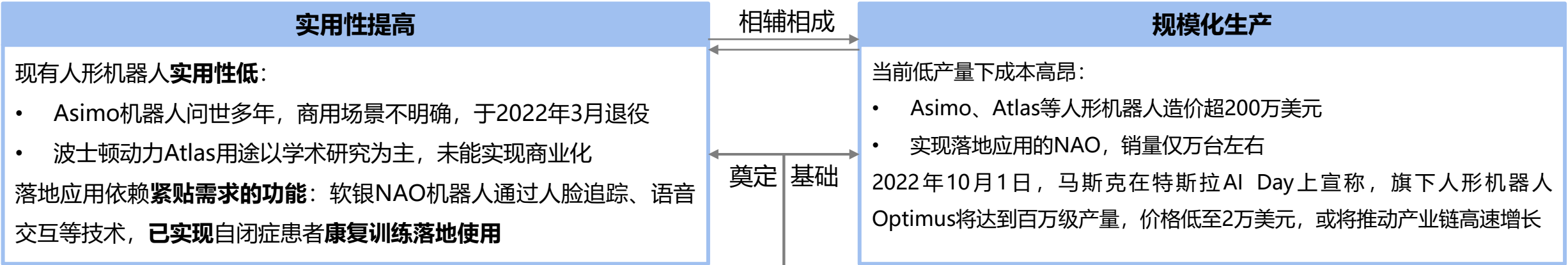
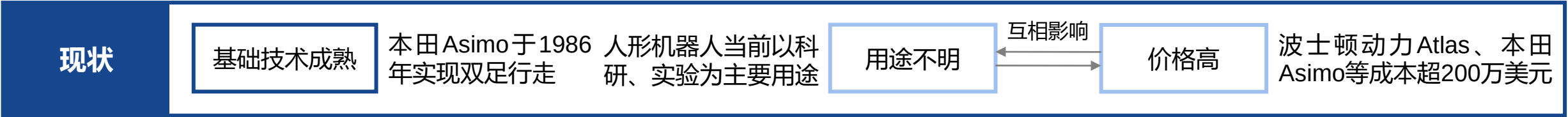
### 3. 展望未来：深度挖掘需求

在Asimo退役后，本田对其未来作出如下判断，增加人形机器人实用性：

- **协助生活**：作为老人、伤残人士等存在生活不便群体的眼、耳、手、脚，让出行更便利
- **高危工作**：在如救火、有毒物质清理等对人体有害的工作场景中取代人工
- **高重复性工作**：用于老年人护理、公路运输的护理、灾难机器人



## 2.5.3 突破方向：技术突破后提高实用性，实现规模化生产



资料来源：澎湃新闻，芯智讯，上游新闻，智东西，网易科技，国海证券研究所

## 2.5.4 特斯拉机器人团队：机械工程师为主，与汽车自动驾驶团队合作研发



Lizzie Miscovetz

### 主任机械设计工程师

- 本科毕业于美国科罗拉多矿业学院机械工程专业
- 2015年加入特斯拉至今
- 机器人兴趣启发：曾在多所学校，面向不同年龄学生教授机器人相关课程



Milan Kovac

### 自动驾驶软件工程技术总监

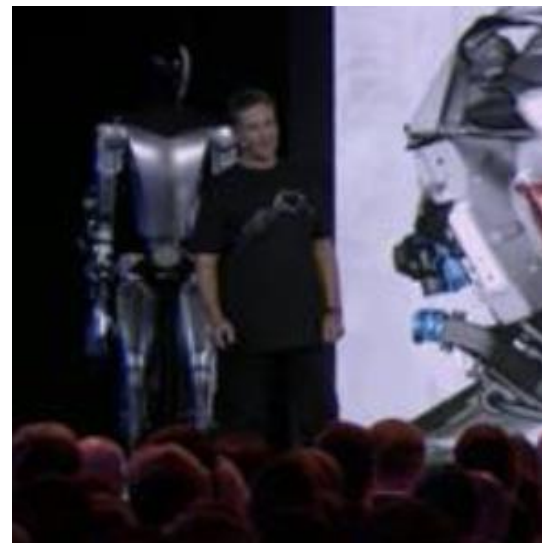
- 主要担任软件工程开发、机器人神经网络开发等工作
- 曾在影像传感器公司Softkinetic担任软件工程师、项目负责人；在索尼担任软件工程师期间负责编程语言应用程序开发



Eric Huang

### 机器人操控工程师

- 本科毕业于乔治亚理工学院计算机专业，在乔治亚理工学院和卡耐基梅隆大学获得机器人博士学位
- 博士师从《机器人操作中的力学原理》作者Matthew Mason，毕业论文与机器人操控相关



Malcolm Burgess

### 车辆动力学和概念结构经理

- 1982年本科毕业于英国布拉德福大学机械工程专业
- 2010年加入特斯拉至今



## 2.5.5 特斯拉机器人：以人为本，以技术为核

### Actuator Portfolio - Six Unique Designs



20Nm | 0.55kg



110Nm | 1.62kg



180Nm | 2.26kg



500N | 0.36kg



3900N | 0.93kg



8000N | 2.20kg

TESLA LIVE

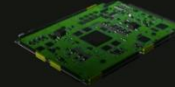
强大的马达

手部11个自由度，电池位于躯干

### Latest Generation

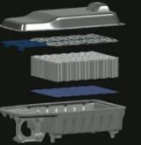
#### Bot Brain

1x Tesla SOC  
Wi-Fi, LTE  
Audio  
Security & Safety



#### Battery Pack

2.3 kWh  
52V Nominal  
Integrated Electronics



28 Structural Actuators



11 Degrees-of-Freedom Hands

TESLA LIVE

### What's Changed



AI Day 2021  
Concept



February 2022  
Development Platform



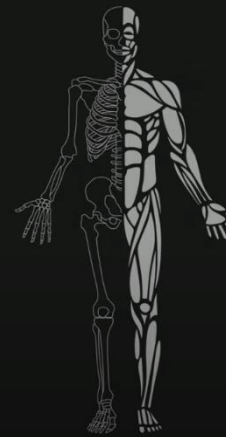
Today  
Latest Generation

TESLA LIVE

半年时间，  
不断进化

全身超200自由度，设计考量能耗

### Human Form



#### Power Consumption

100W sitting  
500W brisk walking

#### Mass

73kg

#### Degrees of Freedom

Full Body - 200+  
Hand - 27

TESLA LIVE



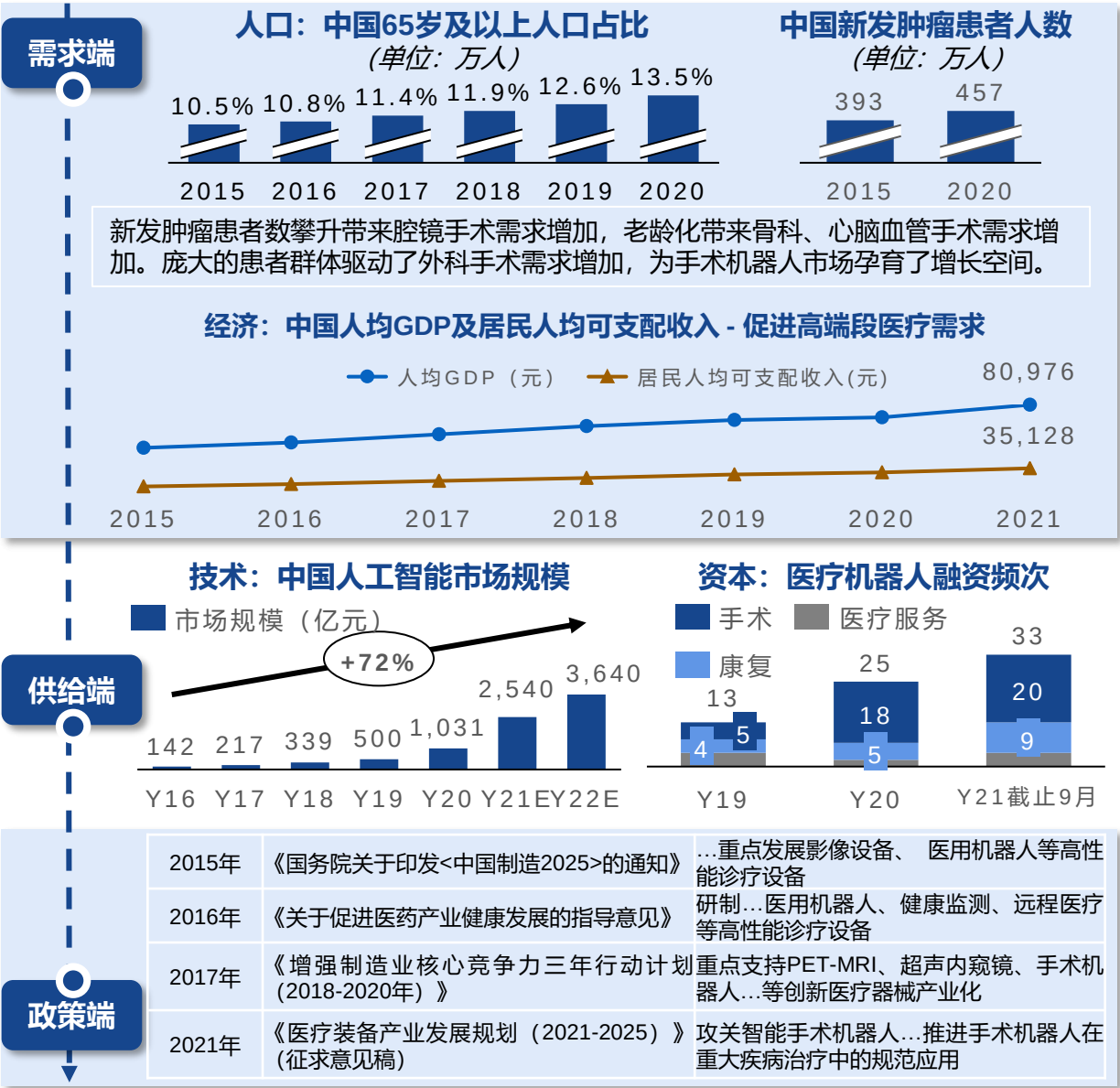
## 2.6.1 产业标的总结：服务机器人获融资众多，多为天使/Pre-A轮

| 家用服务机器人 |                     |      |        |                       |
|---------|---------------------|------|--------|-----------------------|
| 公司      | 主要业务                | 成立时间 | 融资轮次   | 投资机构                  |
| 汤恩科技    | 清洁机器人专业解决方案提供商      | 2020 | Pre-A轮 | 碧桂园创投、创想未来资本等         |
| 浦瑞克     | 扫地机器人研发商            | 2016 | Pre-A轮 | 本翼资本等                 |
| 鳍源科技    | 消费级水下机器人开发商         | 2016 | B+轮    | 同创伟业等                 |
| 乐动机器人   | 机器人传感器和移动机器人解决方案提供商 | 2017 | B轮     | 元璟资本、源码资本、新希望集团、华业天成等 |
| 赫特智慧    | 智能清洁机器人研发生产商        | 2018 | A轮     | 顺为资本、小米集团等            |
| 元鼎智能    | 智能清洁产品研发商           | 2015 | A轮     | XVC创投、欣旺达等            |
| 乐生智能    | 智能扫地机器人研发商          | 2017 | A+轮    | 达晨财智                  |
| 橡鹭科技    | 生活服务机器人研发商          | 2021 | Pre-A轮 | 腾讯、IDG资本、源码资本等        |
| 可以科技    | 消费级模块化机器人研发商        | 2014 | 战略投资   | 蓝驰创投、顺为资本、小米集团等       |

| 商用服务机器人    |                          |      |         |                 |
|------------|--------------------------|------|---------|-----------------|
| 公司         | 主要业务                     | 成立时间 | 融资轮次    | 投资机构            |
| 一寺君庙       | 基于智能操控体验的智能机器人生态系统提供商    | 2021 | 天使轮     | 扶摇资本等           |
| 麦岩智能       | 社区智能服务机器人、商用清洁服务机器人研发商   | 2021 | 天使轮     | 耀途资本、元禾原点、界石投资等 |
| 洛必德        | 智能服务机器人研发与运营商            | 2018 | B轮      | 未披露             |
| 不停科技       | 2B美食机器人RaaS服务商           | 2021 | 天使轮     | 惟一资本、汉能投资等      |
| 穿山甲机器人     | 商用服务机器人制造商：迎宾服务、酒店咖啡等机器人 | 2006 | A+轮     | 未披露             |
| 优地科技       | 配送服务机器人制造商               | 2013 | 战略投资    | 首旅酒店集团          |
| 快手哥智能      | 垃圾分类机器人研发商               | 2019 | Pre-A轮  | 亿尚景基金           |
| 硅心科技       | AI虚拟编程机器人研发商             | 2017 | A轮      | 高瓴创投            |
| 汉特云        | 环卫、物流等智能机器人研发商           | 2019 | Pre-A轮  | 阳明资本等           |
| 睿魔智能       | AI摄影机器人研发商               | 2016 | B轮      | 红杉中国种子基金等       |
| 超能机器人      | 机器人整体解决方案提供商             | 2016 | 战略投资    | 财信创投、沪鼎基金等      |
| 欧卡智舶       | 水面无人驾驶技术及水面服务机器人研发商      | 2017 | A轮      | 青锐创投、光远投资等      |
| 岚江科技       | 大田种植管理农业机器人研发商           | 2021 | 天使轮     | 东大资本等           |
| YOGO ROBOT | 配送服务机器人                  | 2015 | 战略融资    | 大钲资本            |
| 云深处科技      | 四足仿生机器人研发商               | 2017 | 战略融资    | 赛伯乐投资、方广资本等     |
| 大道智创       | 智能移动机器人综合方案服务提供商         | 2015 | Pre-A+轮 | 嘉道私人资本          |
| 智谷天厨       | 智能烹饪机器人研发生产商             | 2018 | 天使轮     | 羲融善道等           |

### 三、医疗机器人：需求高涨，医疗机器人方兴日盛

# 3.1 行业背景：供需双振+政策扶持，医疗机器人发展空间广阔



### 3.2 定义及分类：手术+康复+医疗服务，手术机器人技术壁垒高

|         | 定义                                                                           | 需求占比* | 软件系统                          | 机械系统                   | 感知系统                                  | 自动化                                       | 自由度                              | 精度级                             |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------|------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 手术机器人   | 辅助医生进行临床手术诊疗的 <b>三类医疗器械</b>                                                  | 23%   | 实时导航<br>系统呈像<br>高精度定位<br>伺服跟踪 | 机械臂<br>医生操作台<br>扫描器    | 力传感<br>触觉传感<br>视觉传感<br>超声波传感          | 机器人辅助+单独任务自动化<br><div><div></div></div>   | 多自由度运动<br><div><div></div></div> | 毫米级<br><div><div></div></div>   |
| 康复机器人   | 辅助医生进行行动障碍与康复治疗的 <b>二类医疗器械</b>                                               | 47%   | 监测系统<br>减重系统<br>保护系统<br>伺服跟踪  | 穿戴式装备<br>减重感器<br>医生操作台 | 柔性位移传感<br>力传感器<br>扭矩传感<br>超声波传感       | 机器人辅助+单独任务自动化<br><div><div></div></div>   | 多自由度运动<br><div><div></div></div> | 大于毫米级<br><div><div></div></div> |
| 医疗服务机器人 | 辅助医生医护或其他工作人员在医疗场景中样本采集/检验/诊断/消毒杀菌/耗材管理运输等工作的服务机器人， <b>涵盖医疗器械类与非医疗器械类机器人</b> | 13%   | 自检系统<br>自清洁<br>自充电<br>导航      | 储物装置<br>高容量电池<br>消杀喷头  | 语音识别<br>视觉传感<br>力传感<br>超声波传感<br>接近觉传感 | 单独任务自动化+整体任务自动化<br><div><div></div></div> | 三自由度运动<br><div><div></div></div> | 大于厘米级<br><div><div></div></div> |

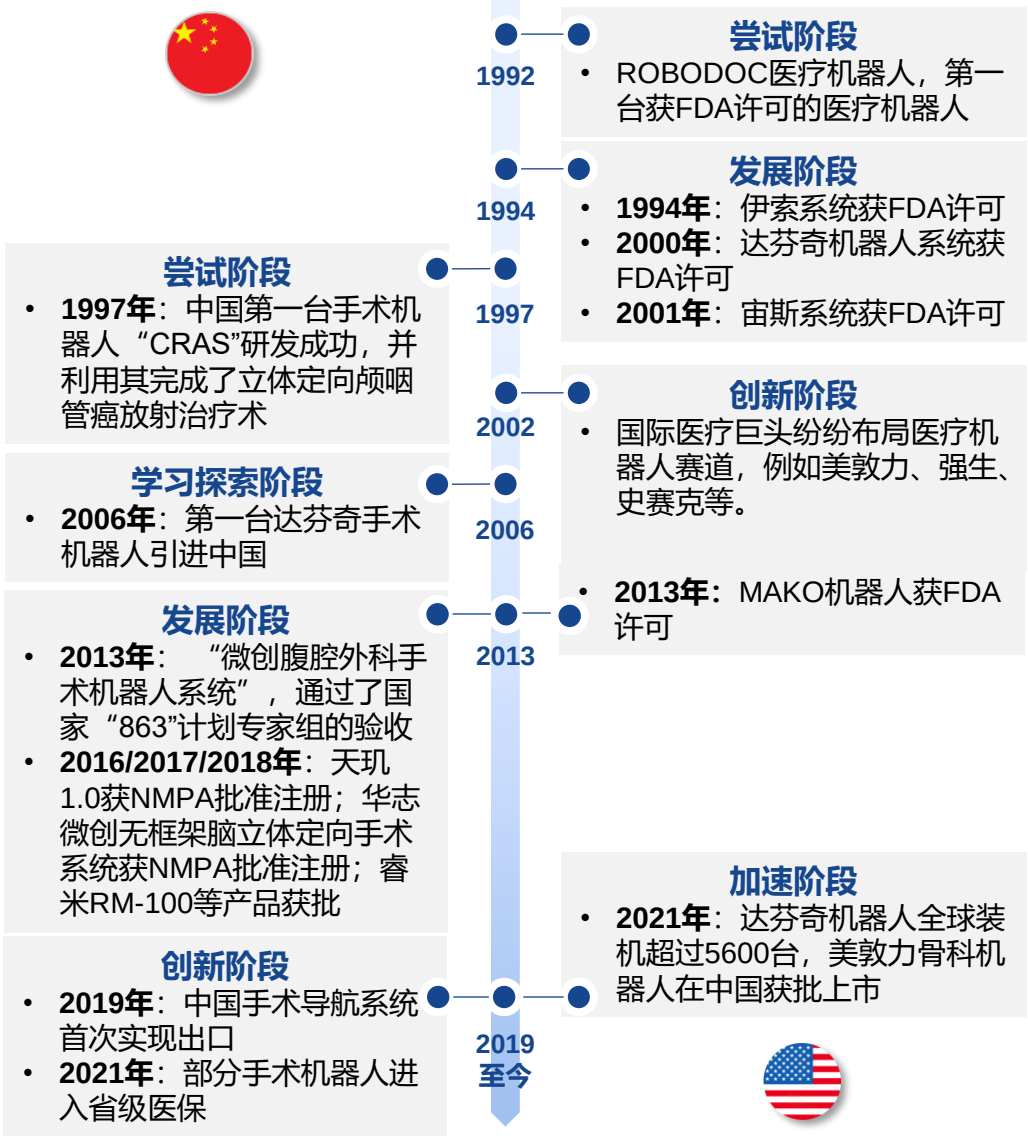
注：\*需求为2019年数据，此处还包括医疗辅助机器人（远程诊治及咨询等），贡献约17%需求

程度  
低 高

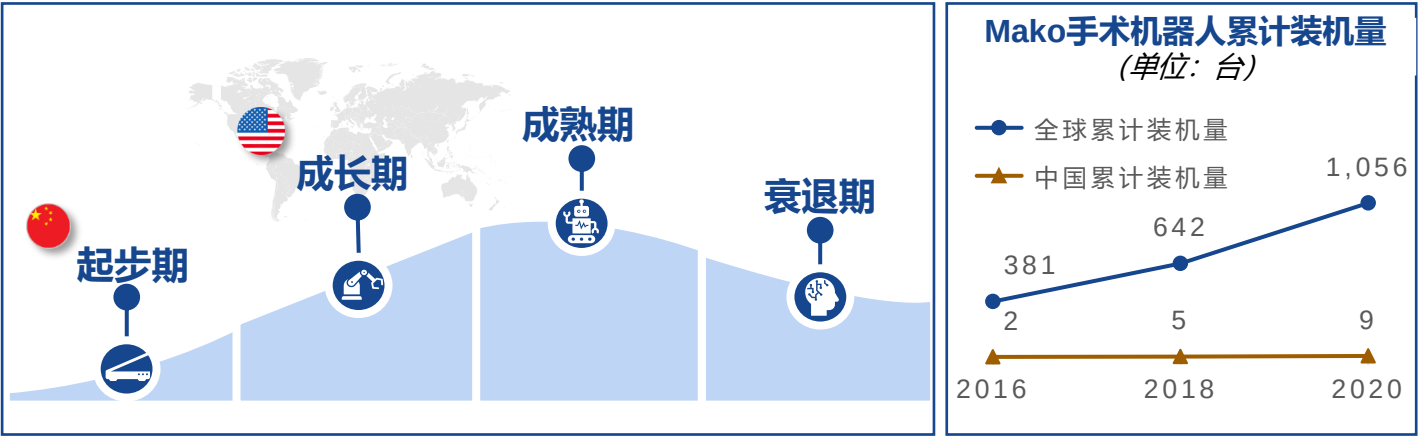


### 3.3 发展阶段：中国仍处起步期，手术机器人潜力大

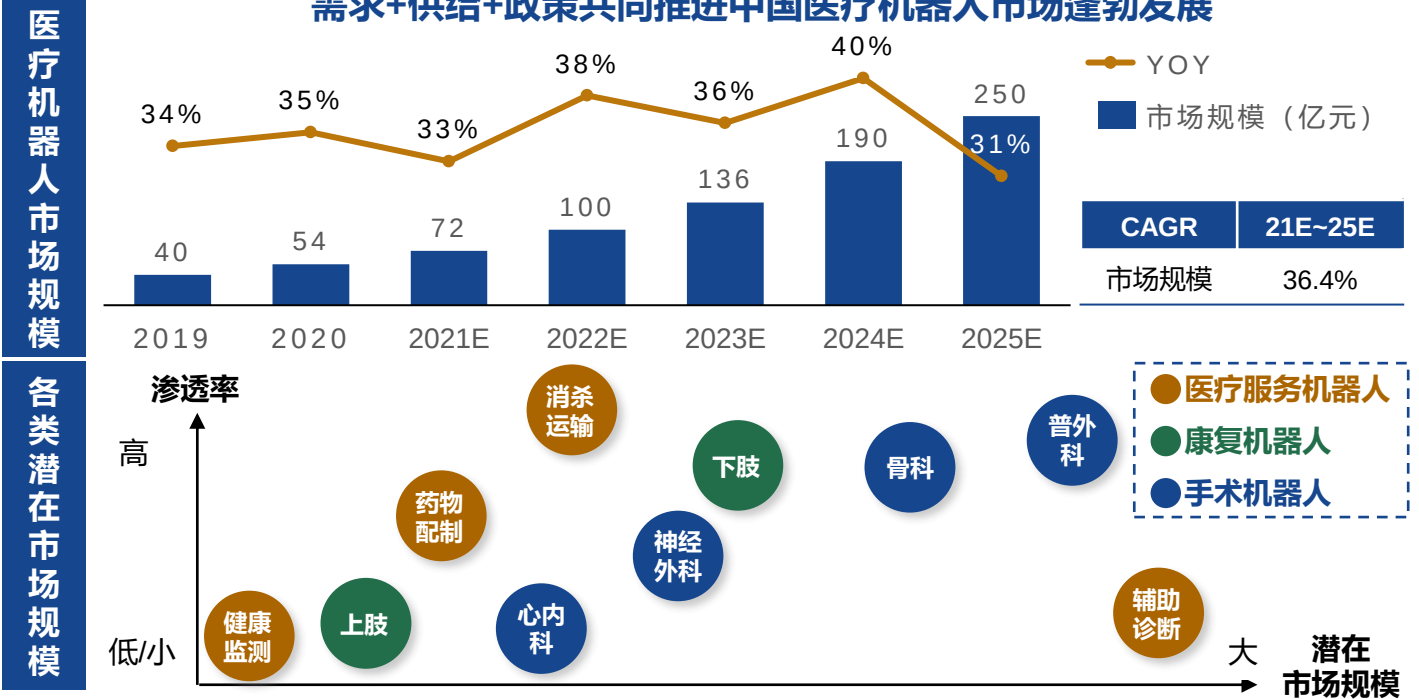
#### 中美医疗机器人发展史对比



#### 我国医疗机器人起步较晚，未来发展空间广阔



#### 需求+供给+政策共同推进中国医疗机器人市场蓬勃发展



### 3.4 分析框架：建议关注关键部件自研+报批+准入能力

#### 医疗机器人商业化路径：企业实现商业化盈利需经过七大核心步骤

##### 临床定型

开展医疗器械类机器人临床试验，应当按照医疗器械临床试验治疗管理规范的要求进行临床试验申请，保证产品基本定型，并进行治疗管理体系检查

##### 批量生产

医疗机器人的规模化生产包含自生产与委托代理生产

##### 销售

医疗机器人的产品类似于其他叫额较大的医疗器械，医院/个人购买决策较为复杂。企业可通过代理/经销/直销等模式进行产品实际销售

##### 交付

##### 产品研发

医疗器械类需尊村医疗器械安全性能基本原则、风险管理原则、产品技术要求，实验室需符合相关法律和强制性标准要求

##### 审批上市

属于医疗器械类的医疗机器人产品上市前需经过药监局（NMPA）审批批准注册

##### 市场教育

医疗机器人的市场营销尚不成熟，产品上市后在市场定位、市场培育方面的优劣势很大程度影响了产品的销售

#### 分析框架：需要关注企业哪些能力？

基于临床与应用场景的真正需求进行产品研发

技术人才吸收能力，人才推动创新

创新等层面技术核心竞争力

零部件供应商议价能力决定成本控制

生产条线稳定性保障交付

报批注册效率决定实际产品线丰富度

渠道关系及医院资源调动实力

优惠政策设定影响渠道活力

结合医院实际情况进行适配产品的价值输出

切实解决医护与医院痛点的价值输出

清晰有力的人效管理及供应链管理

商业化路径预算管理

##### 研发技术

##### 生产能力

##### 注册能力

##### 销售能力

##### 市场教育

##### 资本壁垒

人员数量及背景

部件自研

专利数量

研发管线布局

上游议价能力

良品率

产能稳定性

拿证效率

销售人员数

经销商数

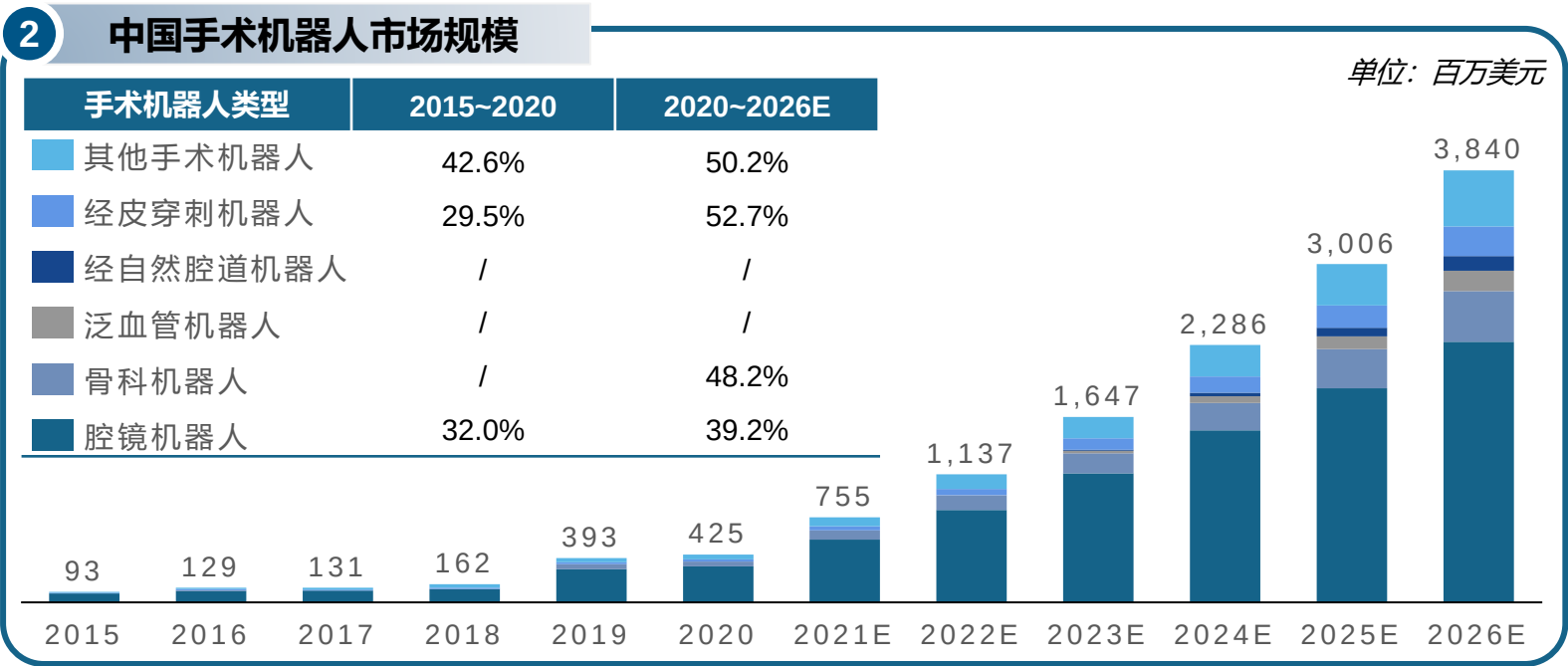
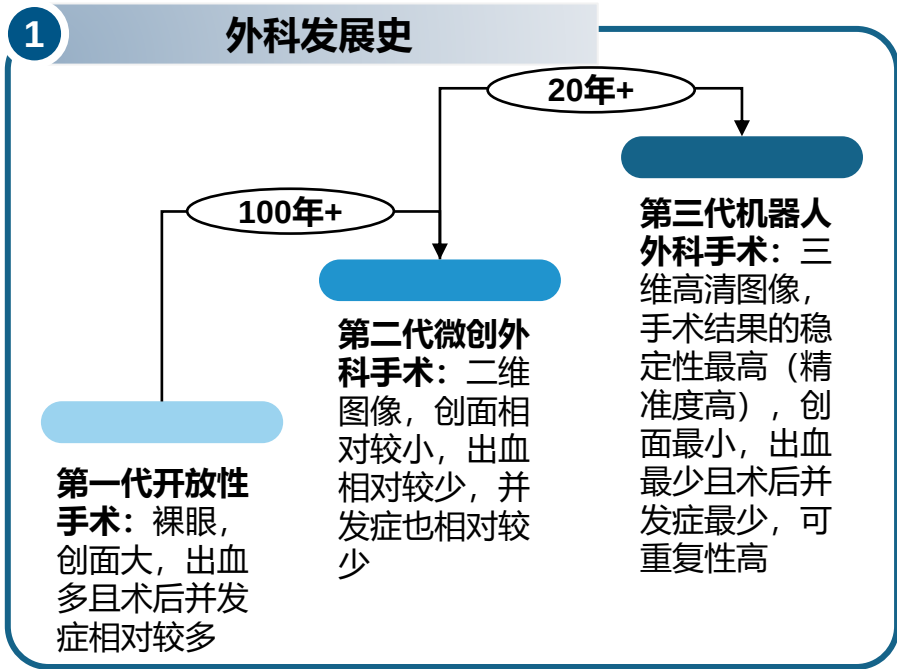
覆盖医院数

返利等政策制定

教育对象及方式

教育频率

# 3.5 手术机器人：3.0手术时代，腔镜及骨科机器人为主要单元



|             | 骨科手术机器人                                          | 神外手术机器人                                                | 腔镜手术机器人                              | 血管介入手术机器人                                             |
|-------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>产品特性</b> | 由精准定位系统和操作系统组成，可有效提高手术精准度、降低术中辐射及减少创伤面积，从而降低手术风险 | 由于神经外科手术对精准度要求高，手术机器人可辅助医生在不开颅的情况下定位颅内细微病变，从而实施精准的微创手术 | 机械臂替代手术助手控制腹腔镜，术者通过声控系统或脚踏控制，实现精细化操作 | 利用数字操作平台可准确适应血管走行角度的多关节导管，医生可实时调整导管的位置和姿态，以精确完成血管腔内手术 |
| <b>应用领域</b> | 骨科全覆盖<br>创伤骨科<br>脊柱外科<br>关节外科                    | 神经外科疾病<br>脑血管疾病<br>功能性肠部疾病<br>肿瘤脑部疾病                   | 外科领域<br>泌尿科<br>普外科<br>妇科             | 心血管疾病<br>冠状动脉疾病<br>外周血管疾病<br>神经血管疾病                   |
| <b>企业</b>   | 天智航（天玑）、微创（鸿鹄）                                   | 柏惠维康（睿米）、华志医疗（CAS-R-2）                                 | 威高（妙手S）、精峰医疗、术锐、微创（图迈）               | 奥朋医疗（ALLVAS）、心玮医疗、爱博医疗                                |

# 3.6 关键技术：成像系统+机械臂+软件设计决定精准度

## 手术机器人

- 是集医学、机械学、生物力学及计算机科学等多学科于一体的医疗器械，借助微创手术和相关底层技术发展，能从视觉、听觉和触觉上为医生提供手术操作支持，被用于高于人类能力的微创手术领域或实现对手术器械的精准控制
- 通常由**成像系统、机械臂和控制台**三部分组成，外科医生坐在手术控制台，观看由放置在患者体内腔镜传输的手术部位三维影像，并操控机械臂、手术器械及腔镜的移动为患者进行手术

### 骨科手术机器人

- 图像与规划技术**：图像采集和实际手术之间的时间差会导致手术精度下降。核心技术包括图像处理准确性、手术规划合理性、效率、操作手感等，这部分技术难以量化，一般临床应用来验证
- 导航配准技术**：将医生在计算机虚拟对象上的规划转换至病灶物理对象坐标系上。关键技术点包括立体定位系统、空间配准技术及多模影像融合等
- 目标跟踪技术**：为了实时跟踪患者在手术中可能出现的位移或者呼吸运动，会采用相应的跟踪设备

### 腔镜手术机器人

- 结构设计**：包括分体式从操作手臂、一体式从操作手臂、远心点运动机构、手术器械可操作空间等
- 控制系统**：研发主要集中在控制系统结构设计、术前反向驱动控制、视觉临场感主从控制和术中从操作手臂控制方法几个方面。大多采用分布式控制结构，可以减少控制系统布线和设计复杂度，使机器人体积更小，灵活度更高
- 视觉临场感主从控制**：主操作手与机械臂运动学模型的差异导致不能在关节空间内实现主从的运动映射，需要在笛卡尔空间内进行运动轨迹规划来实现主从跟随性

### 手术机器人图例



### 经皮穿刺手术机器人

- 术前医学成像及手术规划**：目前影像技术较为局限，高分辨率CT和MRI层间距多为1mm，精度不足。另建模方法也是误差来源之一，图像三维可视化的预处理影响医生对病灶的判断
- 导航定位系统**：光学定位导航（精度1mm）精度高但操作空间受限，和电磁定位导航（精度3mm）精度略低但不限制操作空间
- 力反馈控制系统**：穿刺针在骨性结构等刚性组织中行走时方向变化不大，但在软组织行走中容易导致穿刺靶点偏移及穿刺路径改变。另在穿刺软组织时，容易引起穿刺针弯曲和组织变形。因此需要研究穿刺针的受力及操作模型，设计有效的软件补偿误差

### 血管介入手术机器人

- 导管设备**：主动导管驱动能够改变顶端形状，选择运动方向，有效缩短手术时间提高安全性。主动导管的驱动模式包括导管顶端产生驱动力（磁力驱动和记忆金属等）和力传递到导管顶端（绳索驱动和液压驱动等）两种，目前绳索驱动导管应用最广
- 图像导航系统**：应用最广的血管成像技术为数字减影血管造影（DSA），但只能呈现平面图像，丢失了深度信息
- 力反馈系统**：接触力可以通过导管顶端集成压力传感器测量，通常分为压电式、压阻式和光线传感器。光线传感器有良好的动态性能和抗干扰能力，体积较小，近年应用渐多



# 3.7 研发注册：产学研加速资源整合+创新通道加速审批，助力良好生态



## 医疗机器人产业化路径\*



## 高校合作案例



Sinovation  
华科精准 | 华科恒生

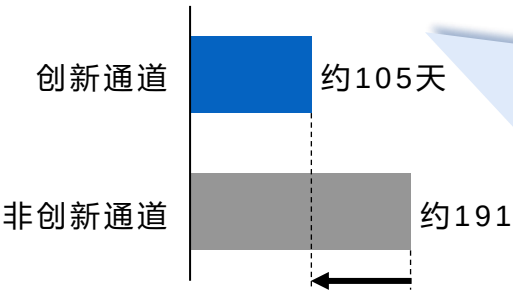
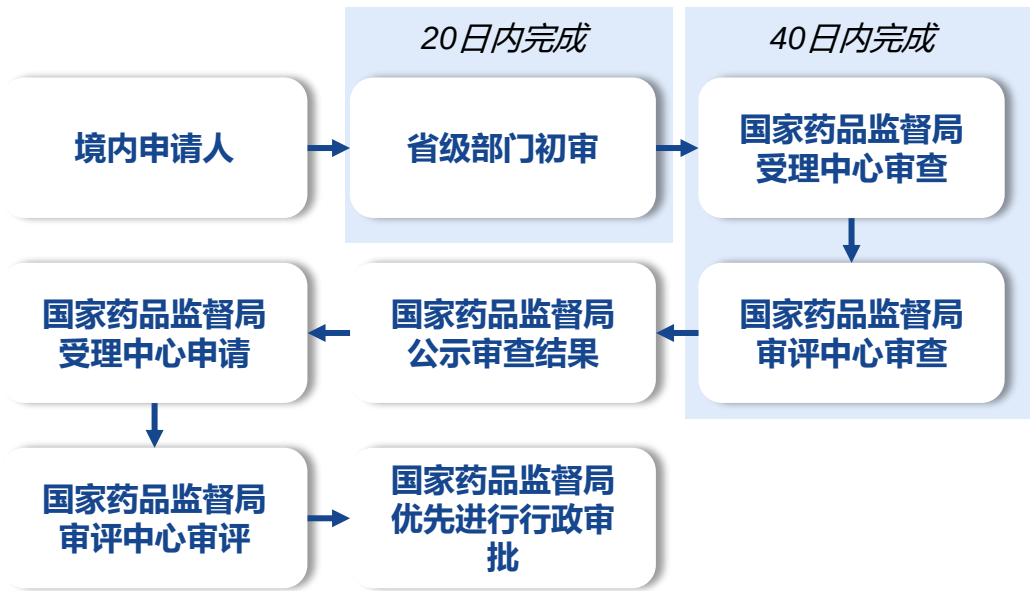


TINAVI | 天智航  
Remebot

注：\*产业化路径仅指医疗器械类产品，非医疗器械类无药监局注册审批流程

手术机器人为集多种前沿技术为一体的大型医疗器械，一项产品可使用多项专利技术，国家鼓励医疗器械的研究与创新可作为创新医疗器械进行申报注册。创新医疗器械特别审查程序的申请流程可参考如下图示：

## 医疗器械创新审批通道

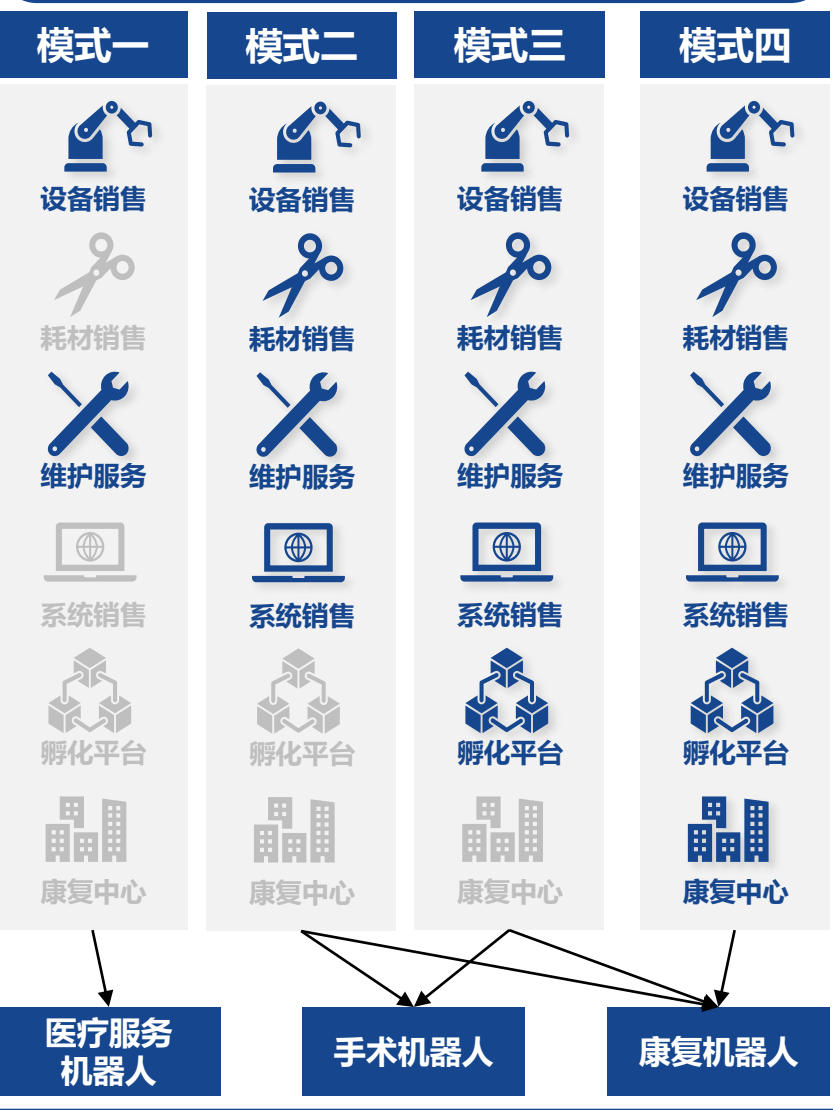


据动脉网统计，以国内创新器械产品申请为例，从申报到注册完毕，有可能在15周左右完成。实施这项措施以来，进入这个通道注册的产品比同类其他产品注册所花费的时间平均减少83天。



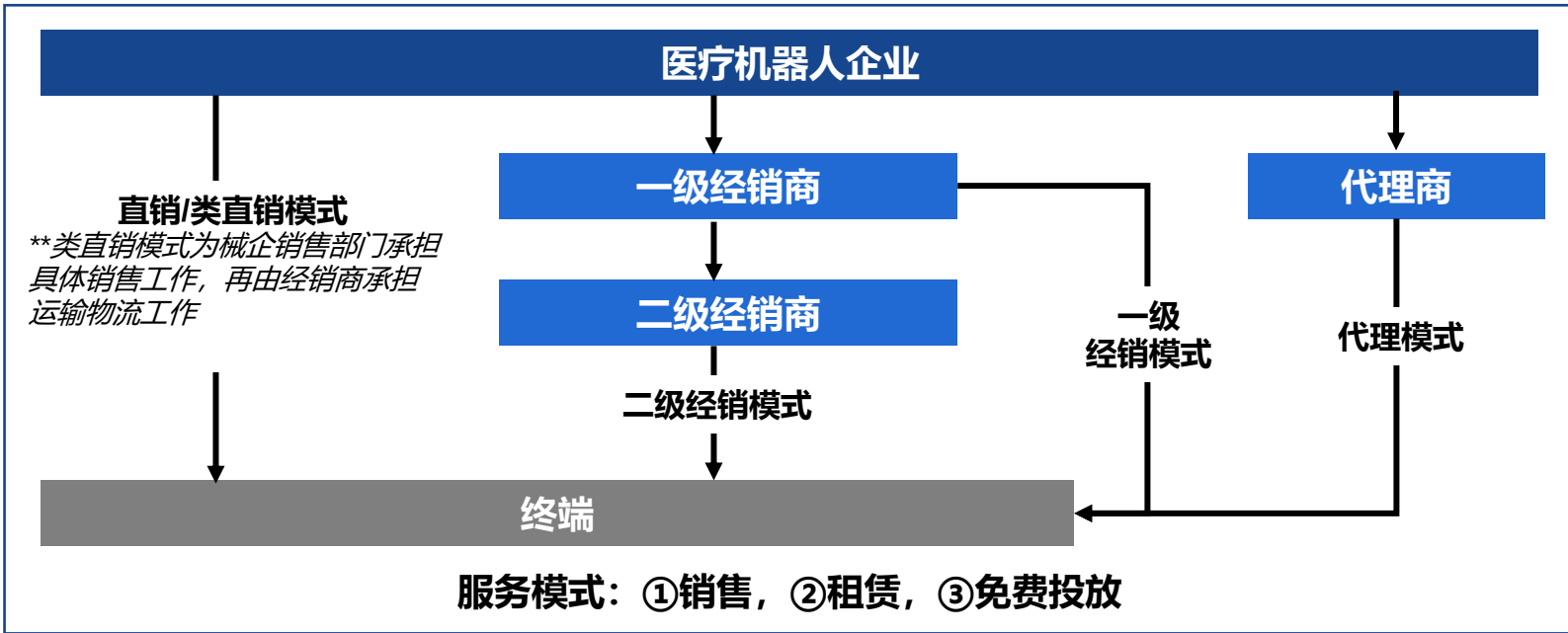
# 3.8 盈利模式：装机跑马圈地，耗材实现长久营收

## 医疗机器人盈利模式



## 医疗机器人企业销售模式

渠道：企业根据自身资源选择渠道模式



### 核心发现

- **直销/类直销模式：**医疗资源较为丰富的企业多选择直销/类直销渠道
- **代理/经销模式：**医疗服务机器人企业与部分前期社会资源不够充盈的其他机器人企业，大多选择借助分销与代理模式拓宽覆盖区域

注：1. 维护营收中包括培训收入

### 手术机器人企业盈利思路

- 通过设备（即主机）让利实现装机，抢占设备增量市场；再通过配套耗材高出厂价实现企业更高盈利
- 短期关注企业新机投放量，中长期关注耗材销售及服务质量

### 3.9 医院准入：审核严格+采购流程长，前瞻性投标助力装机



医疗设备进院流程\*



#### 案例分析：华东某三甲医院设备采购流程

①各业务科室根据临床、科研、教学工作需要按年度在财政上报预算前至少2个月填写《万元以上医疗设备申请表》，交由设备科汇总。②采购前期论证分为临床/科研需求的科学性、场地特殊要求、人员条件、技术培训、准入、经济效益分析论证多个部分，论证内容体现在《万元以上医疗设备申请表》中，使用科室必须提供真实可靠的数据，由设备科整理汇总后送财务、医保部门确认。③待讨论的预算清单和经过财务、医保部门确认过的前期论证一起交院医疗器械管理委员会进行论证、讨论形成年度计划。④院医疗器械管理委员会每年召开一次讨论会，讨论年度采购计划，并报器管会核心小组审议，审核通过的报上级主管部门审批。⑤通过审批的预算，按照采购分类进行前期的调研、标书的制作、配置的确定、售后服务确定等环节后，将招标文件上报代理公司或者政府采购办进行招标。

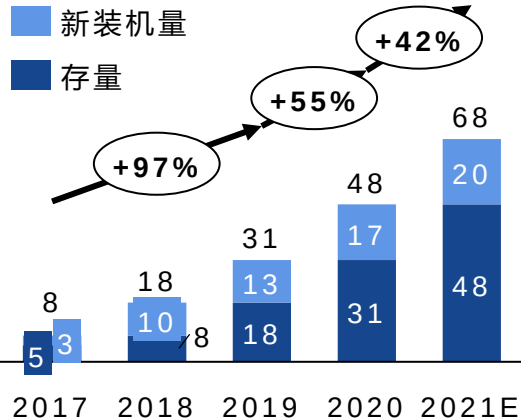
#### 进院困境：采购流程长且审核严格&设备（主机）单价高

| 医院       | 手术机器人型号  | 中标价（元）     | 公告日期      |
|----------|----------|------------|-----------|
| 宁波市第一医院  | 直观复星-达芬奇 | 26,265,050 | 2021.9.30 |
| 吉林大学第一医院 | 柏惠维康-睿米  | 9,250,000  | 2021.11.5 |
| 宁德市闽东医院  | 天智航-天玑   | 15,733,000 | 2022.7.26 |

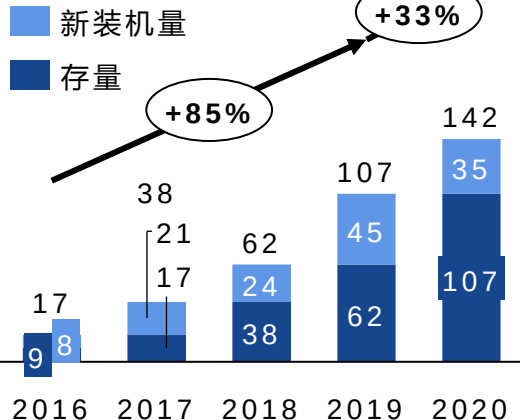
手术机器人装机量

手术机器人市场培训途径

中国神外手术机器人台数  
(单位：台)



中国骨科手术机器人台数  
(单位：台)



#### 社交平台分享

- 通过医生患者教育类的视频对产品的创新突破与解决的需求进行宣传分享



#### 学术交流平台

- 技术的革新的交流分享，得到更多专业人士的认可与接受



#### 大型行业展会

- 大型医疗机器人/机器人展会，提高认知与曝光率，与同业增强交流



#### 医护培训与产品体验

- 免费的试用体验与定期医生培训，加深医护人员对医疗机器人的认知



#### 知名媒体平台发声

# 3.10 应用场景：科室+术式覆盖广，但高价限制应用

|       | 应用科室                                                                                                                                                                                                             | 具体术式：主要应用在操作精度要求高+手术紧迫的术式                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 腔镜    | <ul style="list-style-type: none"> <li>泌尿外科</li> <li>妇科</li> <li>普外科</li> </ul>                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>前列腺癌根治术RARP（占50%-60%，已成金标准，美国90%以上的前列腺癌根治术都采用手术机器人操作）、肾部分切除术RAPN、膀胱癌根治术RARC、腔镜肾盂形成术、肾癌根治术、肾上腺切除术RALA</li> <li>子宫切除术RAH、子宫肌瘤剔除术、阴道骶骨固定术、子宫内膜异位症手术、恶性疾病（子宫内膜癌、宫颈癌、卵巢癌等）</li> <li>疝修补、结直肠癌切除手术、胆囊切除术、Nissen胃底折叠术、肥胖症治疗术、甲状腺切除术</li> </ul> |
| 骨科    | <ul style="list-style-type: none"> <li>骨科</li> <li>关节外科</li> <li>脊柱外科</li> <li>创伤骨科</li> </ul>                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>膝关节置换手术：全膝关节置换术TAK、全髋关节置换术THA、单踝膝关节置换术UKA</li> <li>椎弓根钉固定术</li> <li>长肢骨骨折复位手术</li> </ul>                                                                                                                                               |
| 神外    | <ul style="list-style-type: none"> <li>神经外科等</li> </ul>                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>脑深部电磁术DBS、癫痫外科SEED电极植入、立体脑电图SEEG电极植入术、辅助显微外科手术、辅助神经内镜手术、神经脊柱手术、开颅手术等</li> </ul>                                                                                                                                                        |
| 泛血管   | <ul style="list-style-type: none"> <li>血管介入外科等</li> </ul>                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>冠状动脉介入治疗、脑血管介入治疗、外周血管介入治疗</li> </ul>                                                                                                                                                                                                   |
| 经皮穿刺  | <ul style="list-style-type: none"> <li>介入科、肿瘤科等</li> </ul>                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>肺癌/乳腺癌/前列腺癌穿刺活检、肿瘤消融、疼痛科微创介入治疗（颌面部手术等）</li> </ul>                                                                                                                                                                                      |
| 经自然腔道 | <ul style="list-style-type: none"> <li>消化科、呼吸科等</li> </ul>                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>支气管镜、结肠镜、胃镜检查</li> </ul>                                                                                                                                                                                                               |
| 优势    | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>微创：</b>减少手术伤口，术后恢复快及较少术后并发症</li> <li><b>灵活+精准：</b>灵活的机械臂与高度复杂的手术更兼容。且借助于三维高清图像、震颤滤除的机械运动使得手术的精准度及手术结果的稳定性都更高</li> <li><b>利好操作者：</b>降低外科医生疲惫、缩短学习曲线及减少医生辐射暴露</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                               |

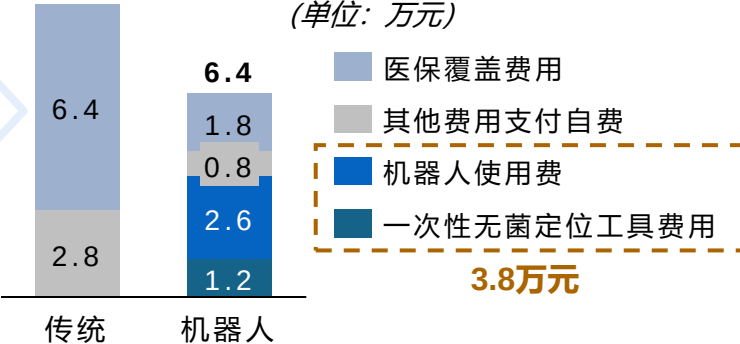
## 手术机器人在医院的实际应用情况

### 高价格限制应用

**医院视角，设备单价高：**根据中国政府采购网披露，医院采购达芬奇机器人主机价格普遍在1000万以上  
**患者视角，机器人辅助手术费用高昂：**以北京积水潭医院骨科手术为例，机器人手术患者需多自费1.82万元

9.2 北京积水潭医院骨盆骨折费用对比

(单位：万元)



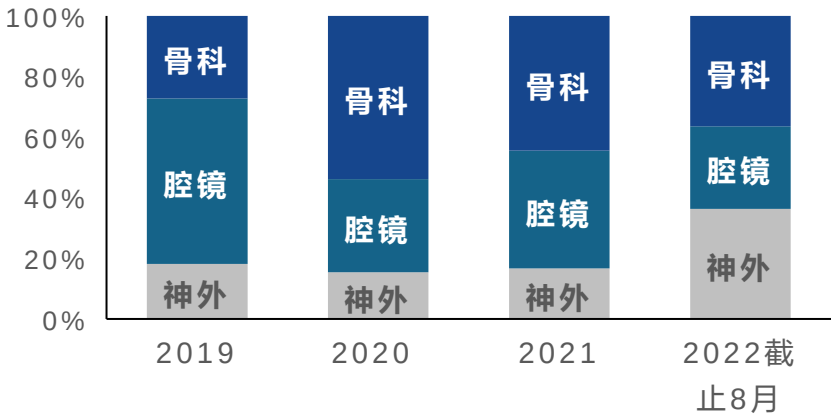
### 质量及疗效的稳定性待确证

**技术尚未成熟，产品质量及手术疗效有待确认：**应用最广、手术成功率最高的达芬奇手术机器人曾因零件散落人体、未按照预期工作等原因多次批量召回。国内也尚未确立手术机器人的统一指南和标准

### 3.11 应用场景：直观天智航采购最多，产品商业化进度或加速竞争

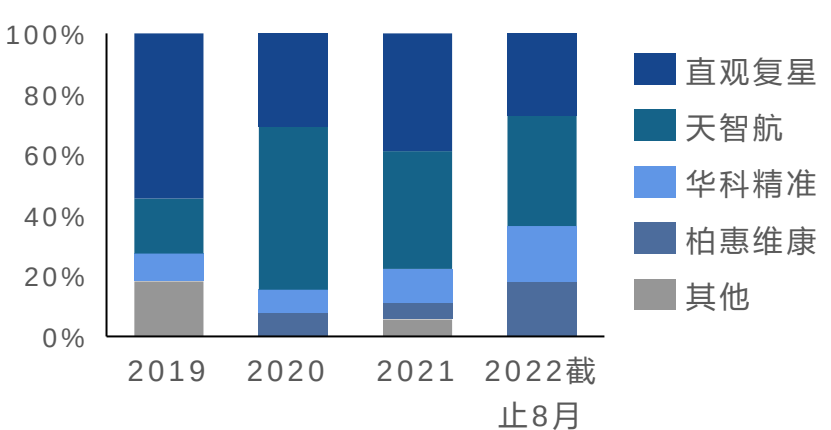
手术机器人医院采购情况

(2019-2022.8月底)



手术机器人采购品牌情况

(2019-2022.8月底)



注：以上图表据中国政府采购网披露信息整理，考虑信息披露效率及时效性，若有偏差，以官方口径为准

| 类型    | 国外企业                                                       | 中国企业                                  |
|-------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 腔镜    | 直觉外科、CMR Surgical、美敦力、强生、Asensus Surgical、Avatera Medical等 | 威高集团、微创机器人、苏州康多、杭州术创、北京术锐、精峰医疗、思灵机器人等 |
| 骨科    | 史赛克、捷迈邦美、强生、美敦力、施乐辉、Think Surgical等                        | 天智航、微创机器人、鑫君特、键嘉机器人、元化智能、龙慧医疗、三坛医疗等   |
| 神外    | 捷迈邦美                                                       | 华科精准、柏惠维康、华志微创等                       |
| 血管介入  | Corindus、Robocath、Steretaxis等                              | 微创机器人、奥朋医疗、爱博医疗、唯迈医疗等                 |
| 经自然腔道 | 直观外科、强生等                                                   | 微创机器人、朗合医疗等                           |
| 经皮穿刺  | XACT Robotics、Interventional system等                       |                                       |

案例分析：骨科手术机器人（关节）中国竞争格局梳理（截止2022.2月底）\*

|       | 临床前                                                               | 临床试验                                                                                                                        | 商业化                                                                                  |
|-------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 关节机器人 | 天智航（全髋关节置换）、微创（鸿鹄全髋关节置换）、柳叶刀（单踝机器人）、长木谷（手术机器人系统-关节）、春立医疗（膝关节机器人）等 | 天智航（全膝关节置换）、微创（鸿鹄全膝关节置换）、柳叶刀（手术机器人-髌关节、RobPath-全膝关节）、春立医疗（髌关节机器人）、杭州键嘉（ARTHROBOT-膝关节）、元华智能（骨圣元化机器人-膝关节）、龙慧医疗（TRex-RS手术机器人）等 | 史赛克（MAKO Surgical-RIO）、和华瑞博（HURWA关节手术机器人）、爱乔医疗（iKPAS-全膝关节手术定位系统）、三坛医疗（智微天眼手术引导与反馈系统） |

注：\*信息引用自健康界研究院2022.3月报告，其结论仅代表报告发布时间周期内的结论



# 3.12 政策梳理：支付端规范+报销，加速手术机器人应用普及

## 1 DRG改革+降低配置门槛，促使医院采用新技术提高医院效率

### ➤ 医院配置手术机器人的门槛降低

《大型医用设备配置许可管理目录》将内窥镜手术器械控制系统(手术机器人) 调整至乙类管理目录，使得手术机器人的配置证审批权由国家卫健委下放到省级卫健委，**简化了审批流程、缩短了审批周期**，手术机器人的采购由原来的国家卫健委统一招标(一年一次)改为省级卫健委每季度末或特定月份进行集中采购，从申请到批准仅需2-3个月，更加方便医疗机构进行申请并最终购买手术机器人。

### ➤ DRG付费，促使医院关注效率提升

国家医保局在《DRG/DIP支付方式改革三年行动计划》中明确指出，到2025年底，DRG/DIP等方式需覆盖所有符合条件开展住院服务的医疗机构且基本实现病种、医保基金全覆盖，促使医院有动力、合理地收治和转诊患者。在DRG付费下，医院绩效激励机制发生了改变:医院盈收=支付标准-病人一次住院诊疗成本，触发医院要在保障医疗服务质量的前提下并有效控制住院成本。而**手术机器人的运用可以加快病床周转率，带来更好的术后疗效，缩短住院时间从而降低住院成本，提高医院绩效。**

## 2 手术机器人费用纳入医保，减轻患者压力

手术费用较为昂贵是当前制约机器人辅助手术推广的关键原因之一。2021年起**上海、北京等地开始将手术机器人费用纳入医保**，有利于降低患者支付费用，促进手术机器人的应用。

### 上海- 达芬奇

2021年4月，上海公布将**达芬奇手术机器人**纳入医保收费，项目限制在肾部分切除术、前列腺根治术、子宫全切术和直肠癌根治术四种。

### 北京 - 天智航

2021年8月，北京将**天智航机器人**手术纳入医保，且不限报销的手术种类。与上海政策不同，北京将产品范围限定为骨科手术机器人，但并未限定机器人厂商及手术类型，极大扩展了手术机器人应用领域，更多的患者和手术机器人厂商可从中获益。

## 3 收费规范，进一步加速手术机器人普及

2022年9月20日，湖南省医保局印发了《关于规范手术机器人辅助操作系统使用 and 收费行为的通知》。

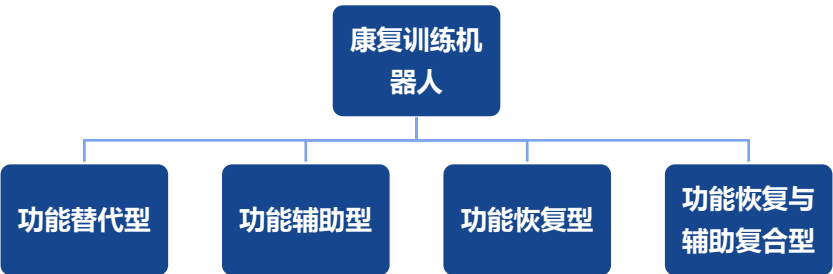
- **明确手术机器人定义及使用范围，严禁过度使用：**手术机器人包括各类冠以类似名义的辅助操作设备、平台、系统或工具。要求是按照设备注册证适用范围和临床手术使用指征，不得超范围和过度使用。另，手术机器人适用科室涵盖了骨科、头颈外科、胸外科、心外科、普外科、泌尿外科、血管外科、妇科。
- **明确手术机器人的收费方式，严格规范收费行为：**统一作为手术价格项目的“加收项”进行收费，按照手术项目的基准价格进行一定比例加收，加收标准包含导航定位工具包(包括但不限于基座、跟踪器、连接器、标定器、引导管、套筒、固定器等)以及“手术机器人”使用过程中消耗的其他耗材费用。根据“手术机器人”实际发挥的功能，实行分类加收。
- **加强监测监管，维护患者权益：**医疗机构应在术前履行告知义务，由患者自愿选择使用，严禁擅自提高收费标准、分解项目或强制服务并收费，切实规范收费行为。



### 3.13 康复机器人：需求广阔，技术革新+医保覆盖为增长点

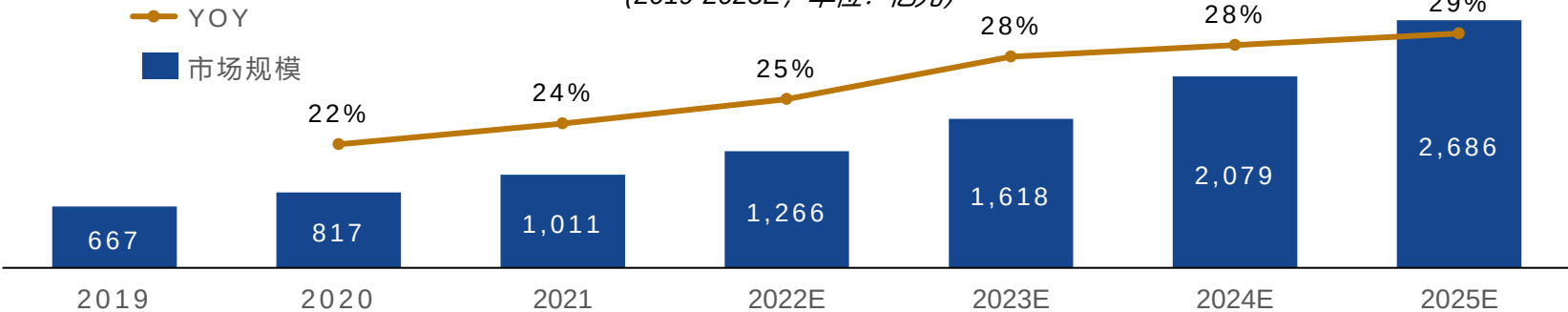
➤ 康复需求日益增多，康复训练机器人科学+高效。我国需要照料的失能、半失能老人随着社会老龄化加剧而日益增多，此外因脑卒中和脊髓损伤等造成的肢体运动功能障碍人群众多，这些群体在康复、护理等方面呈现出日益增长的需求。康复训练机器人是指在健康管理、助老助残领域，用于辅助肢体运动功能障碍或失能人员进行康复训练与肢体功能恢复、重建、增强等，利用机器人及其相关技术对康复训练过程进行客观的监测与评价，可以提高康复训练的针对性与科学性，进一步提高康复训练的效率。

#### 康复机器人按功能康复方式分类



#### 中国康复医疗产业市场规模

(2019-2025E, 单位: 亿元)



#### 运动康复训练机器人按训练部位分类

##### 上肢训练机器人

- 针对受训者上肢肩、肘、腕、指四类关节进行运动训练的机器人

##### 下肢训练机器人

- 针对受训者下肢髋、膝、踝、趾四类关节进行运动训练的机器人

##### 上下肢训练机器人

- 对受训者上肢、下肢进行运动康复训练的机器人

#### 康复机器人的优势

##### 患者端

- ✓ 预防肌肉萎缩等疾病
- ✓ 更生理性的步态训练
- ✓ 可长时间提供重复性康复训练
- ✓ 据训练数据得出最佳治疗方案

##### 医师端

- ✓ 从机械性工作中解放治疗师
- ✓ 提高医师诊治效率
- ✓ 提供数据分析和报告辅助诊断
- ✓ 远程康复医疗及集中化医疗提供更多可能性

#### 康复机器人存难点

##### 技术存在卡点，需进一步革新

康复机器人在人性化、个性化层面的设计远远不足，自主性与适应性较弱，智能化水平仍需进一步提升。

##### 短期内无医保，费用过高，负担较大

据艾瑞咨询2022年中国康复医疗行业研究报告，平均一台外骨骼机器人价格为60~100万元，使用康复机器人训练一次的费用为600~1000元

##### 使用流程不便捷，且使用风险高

康复机器人的穿戴等前期准备时间较长，且需要治疗师一对一辅助使用。康复机器人的使用过程中可能会对患者造成二次伤害。

### 3.14 产业标的总结：手术机器人赛道火热，京沪穗产业实力雄厚

| 企业     | 地区     | 成立时间 | 融资日期       | 融资金额      |
|--------|--------|------|------------|-----------|
| 天智航    | 北京     | 2005 | 2020-07-12 | 5.04亿元人民币 |
| 微创机器人  | 上海     | 1998 | 2020-03-12 | 13.2亿港元   |
| 哈工大机器人 | 黑龙江哈尔滨 | 2014 | 2018-07-30 | 数亿人民币     |
| 安翰科技   | 湖北武汉   | 2009 | 2017-08-15 | 1亿美元      |
| 精锋医疗   | 广东深圳   | 2017 | 2021-11-06 | 2.07亿美元   |
| 威高集团   | 山东威海   | 2000 | 2004-02-27 | 未披露       |
| 楚天科技   | 湖南长沙   | 2002 | 2014-01-21 | 7.3亿人民币   |
| 新松机器人  | 辽宁沈阳   | 2000 | 2009-10-30 | 6.17亿人民币  |
| 神方机器人  | 河南南阳   | 2010 | ——         | ——        |
| 赛诺微    | 北京     | 2015 | 2021-12-18 | 数亿人民币     |
| 钛米机器人  | 上海     | 2015 | 2019-03-26 | 未披露       |
| 大艾机器人  | 北京     | 2016 | 2020-01-09 | 未披露       |
| 兰丁股份   | 湖北武汉   | 2000 | 2021-11-10 | 3.2亿人民币   |
| 速瑞医疗   | 江苏常州   | 2016 | 2019-01-31 | 未披露       |
| 磅客策    | 上海     | 2019 | 2022-09-28 | 数千万人民币    |
| 术锐     | 北京     | 2014 | 2022-06-01 | 数亿人民币     |
| 声智科技   | 北京     | 2016 | 2020-10-13 | 未披露       |
| 元化智能   | 广东深圳   | 2018 | 2022-05-11 | 未披露       |
| 金山科技   | 重庆     | 1998 | ——         | ——        |
| 思灵机器人  | 北京     | 2018 | 2022-04-18 | 3000万美元   |
| 安之卓    | 江苏无锡   | 2015 | ——         | ——        |
| 思哲睿    | 黑龙江哈尔滨 | 2013 | 2017-11-27 | 未披露       |
| 唯迈医疗   | 北京     | 2014 | 2021-04-22 | 3亿人民币     |
| 迈纳士    | 北京     | 2014 | 2016-01-12 | 数千万人民币    |
| 卓道医疗   | 上海     | 2015 | 2021-01-04 | 数千万人民币    |

| 企业     | 地区  | 成立时间 | 融资日期       | 融资金额   |
|--------|-----|------|------------|--------|
| 桑谷     | 深圳  | 2010 | 2018-12-28 | 未披露    |
| 迈康信    | 深圳  | 2014 | ——         | ——     |
| 柏惠维康   | 北京  | 2010 | 2020-12-16 | 4.3亿元  |
| 智慧林医疗  | 上海  | 2014 | 2022-06-22 | 数千万元   |
| 华志微创   | 北京  | 2017 | 2020-04-30 | 近亿元    |
| 中科鸿泰   | 北京  | 2018 | ——         | ——     |
| 科智星机器人 | 山东  | 2018 | 2019-03-28 | 8000万元 |
| 特斯联    | 北京  | 2015 | 2020-09-07 | 未披露    |
| 三坛医疗   | 杭州  | 2011 | 2021-04-13 | 数千万元   |
| 华科精准   | 北京  | 2015 | 2020-12-21 | 数亿元    |
| 东紫科技   | 深圳  | 2016 | ——         | ——     |
| 达闼科技   | 深圳  | 2015 | 2021-04-09 | 10亿元   |
| 艾米机器人  | 杭州  | 2015 | 2020-11-27 | 未披露    |
| 迈尔科技   | 杭州  | 2005 | ——         | ——     |
| 广州一康   | 广州  | 2000 | ——         | ——     |
| 睿瀚医疗   | 深圳  | 2016 | 2018-05-04 | 2000万元 |
| 奇诺动力   | 深圳  | 2015 | 2021-04-16 | 1亿元    |
| 长木谷    | 北京  | 2018 | 2021-11-10 | 5.4亿元  |
| 天愈     | 哈尔滨 | 2015 | 2018-06-28 | 未披露    |
| 博为机器人  | 深圳  | 2015 | 2022-08-24 | 5000万元 |
| 铭凯     | 深圳  | 2015 | ——         | ——     |
| 键嘉医疗   | 杭州  | 2018 | 2021-05-20 | 数亿元    |
| 傅利叶    | 上海  | 2015 | 2022-01-26 | 4亿元    |
| 布法罗机器人 | 成都  | 2016 | ——         | ——     |
| 柳叶刀机器人 | 深圳  | 2020 | 2021-12-03 | 数千万元   |

资料来源：医疗器械创新网公众号援引器械之家，IT 桔子，国海证券研究所

## 国海证券研究所·产业研究&案例研究中心介绍

杨仁文：国海证券总裁助理兼研究所所长，坚持产业研究导向，深度研究驱动，曾获新财富、水晶球、保险资管协会、WIND等最佳分析师第一名。

马川琪：美国西北大学硕士，英国布里斯托大学学士。专注于大消费产业研究，全球视角。

## 分析师承诺

杨仁文，本报告中的分析师均具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立，客观的出具本报告。本报告清晰准确的反映了分析师本人的研究观点。分析师本人不曾因，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取到任何形式的补偿。

## 国海证券投资评级标准

### 行业投资评级

推荐：行业基本面向好，行业指数领先沪深300指数；

中性：行业基本面稳定，行业指数跟随沪深300指数；

回避：行业基本面向淡，行业指数落后沪深300指数。

### 股票投资评级

买入：相对沪深300 指数涨幅20%以上；

增持：相对沪深300 指数涨幅介于10%~20%之间；

中性：相对沪深300 指数涨幅介于-10%~10%之间；

卖出：相对沪深300 指数跌幅10%以上。



## 免责声明

本报告的风险等级定级为R3，仅供符合国海证券股份有限公司（简称“本公司”）投资者适当性管理要求的客户（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。客户及/或投资者应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司的完整报告为准，本公司接受客户的后续问询。

本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于公开资料及合法获得的相关内部外部报告资料，本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证，不保证其中的信息已做最新变更，也不保证相关的建议不会发生任何变更。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。报告中的内容和意见仅供参考，在任何情况下，本报告中所表达的意见并不构成对所述证券买卖的出价和征价。本公司及其本公司员工对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。

## 风险提示

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向本公司或其他专业人士咨询并谨慎决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议。

任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

## 郑重声明

本报告版权归国海证券所有。未经本公司的明确书面特别授权或协议约定，除法律规定的情况外，任何人不得对本报告的任何内容进行发布、复制、编辑、改编、转载、播放、展示或以其他方式非法使用本报告的部分或者全部内容，否则均构成对本公司版权的侵害，本公司有权依法追究其法律责任。