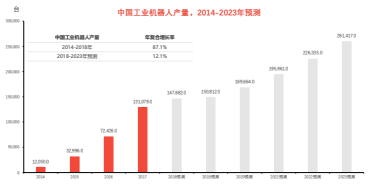
头豹
LeadLeo
400-072-5588

2019 年
中国工业机器人行业深度报告

行业走势图



工业研究团队

文晗 分析师

邮箱 :cs@leadleo.com

相关热点报告

- 工业机器人系列概览——2019 年中国建筑机器人行业概览
- 工业机器人系列概览——2019 年中国仓储物流机器人行业概览
- 工业机器人系列概览——2019 年中国自动送货机器人行业概览

报告摘要

在工业化水平不断提高的背景下，中国制造业“机器换人”需求旺盛，中国工业机器人产量持续增长。根据国家统计局数据，中国工业机器人产量由 2014 年 12,050 台增长到了 2018 年 147,682 台，复合增长率达到了 87.1%。未来随着 5G 技术的应用落地，3C 电子行业将迎来新一轮发展机遇，自动化改造脚步将加快，工业机器人的需求将进一步提升，从而带动中国工业机器人产量的进一步增长。

热点一：行业应用广泛，应用需求增长推动行业发展

工业机器人在制造业的应用相当广泛，在汽车、3C 电子、金属加工、塑料及化学制品、食品饮料、生物制药等行业日常生产制造过程中皆得到了不同程度的应用。工业机器人可代替人从事重复性、常规性、高危性工作，从而提高工作效率。

热点二：减速器国产化需求强烈

国外减速器生产商在产品销售上通常会优先考虑本土市场，针对中国市场供给不足，因此给中国减速器生产商创造了良好的发展机遇，促使其逐步向精密减速器产品领域发展，提升竞争力。

热点三：劳动力成本上升

随着工业机器人成本逐渐下降到人工成本平均水平，制造型企业用机器代人的意愿持续增长，将推动工业机器人的需求释放，日常流水线工作将逐渐由工业机器人完成。

目录

1 方法论 8

1.1 研究方法 8

1.2 名词解释 9

2 中国工业机器人行业市场综述 13

2.1 中国工业机器人行业定义及分类 13

2.2 中国工业机器人行业发展历程 15

2.3 中国工业机器人行业发展现状 17

2.4 中国工业机器人行业政策分析 18

2.5 中国工业机器人行业产业链分析 19

2.5.1 上游分析 20

2.5.2 中游分析 23

2.5.3 下游分析 23

2.6 中国工业机器人行业市场规模 24

2.7 中国工业机器人行业驱动因素 25

2.7.1 行业应用广泛，应用需求增长推动行业发展 25

2.7.2 “智能制造”倒逼下游转型升级，拉动市场需求 27

2.7.3 减速器国产化需求强烈 28

2.7.4 政策红利推动工业机器人发展 29

2.7.5 劳动力成本上升，机器人发展空间广阔 30

2.8 中国工业机器人行业发展趋势 31

2.8.1 工业机器人智能化水平提升，人机协作更加和谐 31

2.8.2 细分领域-并联机器人占比提升 32
2.8.3 细分领域-SCARA 机器人将更加高效、精细 33
2.8.4 关键零部件-减速器将朝着轻量化、国产化方向发展 35
2.8.5 关键零部件-伺服系统驱控一体化趋势加深 36
2.9 中国工业机器人行业竞争格局 37
3 中国工业机器人核心零部件分析 38
3.1 伺服系统 38
3.1.1 中国伺服系统行业定义与分类 38
3.1.2 中国伺服系统行业应用现状 40
3.1.3 中国伺服系统行业市场规模 41
3.1.4 中国伺服系统行业竞争格局 42
3.1.5 中国伺服系统行业典型企业分析 43
3.2 减速器 45
3.2.1 中国减速器行业定义与分类 45
3.2.2 中国减速器行业应用现状 48
3.2.3 中国减速器行业市场规模 49
3.2.4 中国减速器行业竞争格局 50
3.2.5 中国减速器行业典型企业分析 51
3.3 控制器 57
3.3.1 中国控制器行业定义与分类 57
3.3.2 中国控制器行业应用现状 58
3.3.3 中国控制器行业市场规模 59

3.3.4 中国控制器行业竞争格局.....60
3.3.5 中国控制器行业典型企业分析.....62
4 中国工业机器人核心细分行业分析.....65
4.1 SCARA 机器人.....65
4.1.1 中国 SCARA 机器人行业定义.....65
4.1.2 中国 SCARA 机器人行业发展现状.....67
4.1.3 中国 SCARA 机器人行业市场规模.....68
4.1.4 中国 SCARA 机器人行业竞争格局.....68
4.1.5 中国 SCARA 机器人行业典型企业分析.....70
4.2 并联机器人.....74
4.2.1 中国并联机器人行业定义与分类.....74
4.2.2 中国并联机器人行业发展现状.....75
4.2.3 中国并联机器人行业市场规模.....76
4.2.4 中国并联机器人行业竞争格局.....77
4.2.5 中国并联机器人行业典型企业.....78

图表目录

图 2-1 工业机器人组成部分.....13
图 2-2 工业机器人分类及应用.....14
图 2-3 中国工业机器人发展历程.....15
图 2-4 世界主要国家工业机器人密度比较，2016 年.....17
图 2-5 工业机器人相关政策.....19
图 2-6 中国工业机器人产业链.....20
图 2-7 工业机器人成本结构组成.....21
图 2-8 工业机器人下游应用占比，2018 年.....24
图 2-9 中国工业机器人产量，2014-2023 年预测.....25
图 2-10 中国汽车产量，2014-2018 年.....26
图 2-11 《中国制造 2025》提出推进信息化与工业化深度融合.....28
图 2-12 国产精密减速器与进口精密减速器平均价格对比.....29
图 2-13 机器人产业补贴政策.....30
图 2-14 中国制造业城镇单位就业人员平均工资，2014-2018 年.....31
图 2-15 工业机器人智能化水平提高.....32
图 2-16 中国电子信息制造业市场规模，2013-2017 年.....33
图 2-17 SCARA 机器人将更加高效与精细.....34
图 2-18 减速器将朝着轻量化、国产化方向发展.....35
图 2-19 众为兴新一代驱控一体控制器.....37
图 2-20 中国工业机器人头部企业介绍.....38
图 3-1 伺服系统结构组成.....39

图 3-2 伺服系统分类 39
图 3-3 伺服系统性能指标 40
图 3-4 中国伺服系统市场规模，2014-2023 年预测 41
图 3-5 中国伺服系统行业头部企业 43
图 3-6 广州数控产品 44
图 3-7 RV 减速器示例 46
图 3-8 RV 减速原理 46
图 3-9 谐波齿轮减速器示例 47
图 3-10 谐波减速原理 48
图 3-11 减速器应用现状 48
图 3-12 中国工业机器人用减速器需求规模，2014-2023 年预测 50
图 3-13 中国减速器行业头部企业 51
图 3-14 苏州绿的 LCD 系列谐波减速器 52
图 3-15 宏远皓轩 XBHY-B 型谐波减速器 54
图 3-16 大族精密 HMCS-I 系列谐波减速器 55
图 3-17 机器人控制系统结构 57
图 3-18 中国控制器市场消费占比（工业机器人领域），2018 年 59
图 3-19 中国控制器（工业机器人领域）市场规模，2014-2023 年预测 60
图 3-20 中国控制器行业领先企业 61
图 3-21 众为兴产品线 62
图 3-22 埃斯顿产品系列 64
图 4-1 SCARA 机器人总体结构 66

图 4-2 SCARA 机器人工作场景 67
图 4-3 中国 SCARA 机器人市场规模（以销售额计），2014-2023 年预测 68
图 4-4 中国 SCARA 机器人行业头部企业 69
图 4-5 图灵机器人产品系列 70
图 4-6 李群自动化产品 72
图 4-7 并联机器人结构 74
图 4-8 并联机器人类别（根据自由度划分） 75
图 4-9 并联机器人应用场景 75
图 4-10 中国并联机器人销量，2014-2023 年预测 77
图 4-11 中国并联机器人行业头部企业 78
图 4-12 阿童木机器人产品系列 79
图 4-13 翼菲自动化产品 81

1 方法论

1.1 研究方法

头豹研究院布局中国市场，深入研究 10 大行业，54 个垂直行业的市场变化，已经积累了近 50 万行业研究样本，完成近 10,000 多个独立的研究咨询项目。

- ✓ 研究院依托中国活跃的经济环境，从汽车、3C 电子、金属加工、食品饮料、智能制造等领域着手，研究内容覆盖整个行业的发展周期，伴随着行业中企业的创立，发展，扩张，到企业走向上市及上市后的成熟期，研究院的各行业研究员探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业的视野解读行业的沿革。

- ✓ 研究院融合传统与新型的研究方法，采用自主研发的算法，结合行业交叉的大数据，以多元化的调研方法，挖掘定量数据背后的逻辑，分析定性内容背后的观点，客观和真实地阐述行业的现状，前瞻性地预测行业未来的发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。

- ✓ 研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。

- ✓ 研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，从战略的角度分析行业，从执行的层面阅读行业，为每一个行业的报告阅读者提供值得品鉴的研究报告。

- ✓ 头豹研究院本次研究于 2019 年 10 月完成。

1.2 名词解释

- **机器换人**：是以“现代化、自动化”的装备提升传统产业的一项措施，即利用机器手、自动化控制设备或流水线自动化对企业进行智能技术改造，从而实现“减员、增效、提质、保安全”的目的。
- **执行元件**：是根据来自控制器的控制信息完成对受控对象控制作用的元件。
- **I/O 界面**：Input/Out 界面，即输入/输出界面。
- **PLC**：Programmable Logic Controller，即可编程逻辑控制器，是采用可编程存储器来内部存储程序，面向用户指令执行，通过数字或模拟式输入/输出控制机械或生产的控制器。
- **永磁材料**：一经磁化即能保持恒定磁性的材料。
- **上位机**：指可以直接发出操控命令的计算机，屏幕上显示各种信号变化。
- **通用微处理器**：指控制器算法计算用的 CPU 芯片。
- **3C 电子行业**：是指结合电脑、通讯、和消费性电子三大科技产品整合应用的行业。
- **单片微控制器**：是将电子计算机的基本环节（中央处理器存储器，总线，输入输出接口等），采用集成电路技术集成在一片硅基片的单片计算机。
- **波发生器**：使柔性齿轮产生可控弹性变形的构件。
- **柔性齿轮**：在波发生器作用下，能产生可控弹性变形的薄壁齿轮，简称柔轮。
- **刚性齿轮**：相对于柔性齿轮而言，它和普通齿轮一样，工作时始终保持不变形，简称钢轮。
- **传动误差**：在工作状态下，当输入轴单向旋转时，输出轴的实际转角与理论转角之差。
- **啮合**：两机械零件间的一种传动关系，如齿轮传动是一种典型的啮合传动形式。
- **啮出**：柔轮齿从最大啮入深度处开始退出，直到柔轮齿脱离啮合为止的过程。

- **弧秒**：量度平面角的单位，即角分的六十分之一，符号为″。
- **电磁阀**：一种用电磁控制的工业设备，用来控制流体的自动化基础元件。
- **液动机**：以液体作为工作介质，利用液体的压力能传递动力的发动机。
- **油马达**：液压系统的一种执行元件，将液压泵提供的液体压力能转变为输出轴的机械能。
- **油泵**：用来抽油或压油的泵，多用于油类的输送以及在润滑和传动系统的管道中产生压力。
- **伺服阀**：在接受电气模拟信号后，相应输出调制的流量和压力，其既是电液转换元件，也是功率放大元件，能将小功率的电气输入信号转换为大功率的液压能（流量和压力）输出。
- **气缸**：引导活塞在缸内进行直线往复运动的圆筒形金属机件。
- **压力油**：利用液体压力能的液压系统使用的液压介质，在液压系统中起着能量传递、抗磨、系统润滑、防腐、防锈、冷却等作用。
- **自由度**：通常作为机器人的技术指标，反映机器人动作的灵活性，可用轴的直线移动、摆动或旋转动作的数目来表示。
- **重复定位精度**：在同一台数控机床上，应用相同程序、相同代码加工一批零件，所得到连续结果的一致程度。
- **三维软件**：用于三维设计的软件，是建立在平面和二维设计的基础的一种更立体化、形象化的设计软件。
- **MATLAB**：Matrix 和 Laboratory 两个词的组合，意为矩阵工厂（矩阵实验室），是由美国 Mathworks 公司发布的主要面对科学计算、可视化以及交互式程序设计的商业数学软件。
- **ADAMS**：Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems，即机械系统动力

学自动分析，该软件是美国机械动力公司（现已并入美国 MSC 公司）开发的虚拟样机分析软件。

- **有限元分析技术：**利用数学近似的方法对真实物理系统（几何和载荷工况）进行模拟的一项技术，该技术利用简单而又相互作用的单元，可通过有限数量的未知量逼近无限未知量的真实系统。
- **参数辨识技术：**一种将理论模型与实验数据结合而用于预测的技术。参数辨识根据实验数据和建立的模型来确定一组模型的参数值，使得由模型计算得到的数值结果能最好地拟合测试数据（可视为一种曲线拟合问题），从而可以对未知过程进行预测，提供一定的理论指导。
- **杆件**：用于连接相邻关节的刚体。
- **轴：**用于定义机器人以直线或回转方式运动的方向线。
- **移动平台：**可使移动机器人实现运动的全部部件的组装件。
- **负载：**在规定的速度和加速度条件下，沿着运动的各个方向，机械接口或移动平台处可承受的力。
- **末端执行器：**为使机器人完成其任务而专门设计并安装在机械接口处的装置。
- **移动副：**一种低副，在平面内是一种相对移动。如果在 XY 平面内，那么它在 X 或 Y 方向的移动即为自由度。
- **转动副：**也称为回转副，运动副的一种，通常以字母 R 来表示。转动副允许两个构件绕公共轴线作相对转动。
- **球副：**组成运动副的两构件能绕着球心作三个独立相对转动的运动副。
- **滚珠丝杆：**是工具机械和精密机械上最常使用的传动元件，其主要功能是将旋转运动转换成线性运动，或将扭矩转换成轴向反复作用力，同时兼具高精度、可逆性和高效率的

特点。

- **滑鞍**：目前多数加工中心横梁上面的结构部分，大多采用滚珠丝杆结构。
- **刚度**：材料或结构在受力时抵抗弹性变形的能力。
- **惯量**：物质（物体）运动的惯性量值。
- **DSP**：Digital Signal Processor，即数字信号处理器，是一种以数字信号来处理大量信息的微处理器。
- **背隙**：也叫回程间隙，将输出端固定，输入端顺时针和逆时针方向旋转，使输入端产生额定扭矩±2%扭矩时，减速器输入端有一个微小的角位移，此角位移就是回程间隙。背隙值越小，谐波减速器精度越高。
- **工业以太网**：是在以太网技术和 TCP/IP 技术的基础上开发出来的一种工业网络。
- **CAN**：Controller Area Network，即控制器局域网络。

2 中国工业机器人行业市场综述

2.1 中国工业机器人行业定义及分类

工业机器人是指面向工业领域，通过编程或示教方式实现自动化，同时具备拟人形态及功能的机械装置。工业机器人常见形态为多关节机械手或多自由度的机器装置，能够靠自身的动力和控制能力来实现各种功能，具有工作效率高、稳定性强、精度高等特点。

工业机器人通常由控制系统、驱动系统、执行系统、感知系统、决策系统及软件、交互系统六大部分组成（见图 2-1），不同组成部分具有各自的主要功能：

图 2-1 工业机器人组成部分



来源：头豹研究院编辑整理

(1) 控制系统：主要功能是接收来自传感器的检测信号，根据操作任务的要求，驱动机械臂中的电机，使执行系统按照规定要求工作；

(2) 驱动系统：主要功能是为执行系统提供动力，根据动力源可以分为液压驱动、气动驱动和电动驱动三种基本驱动类型；

(3) 执行系统：工业机器人中负责执行作业的部分，主要包括机身、手臂、手腕、末端

执行器四大组件，一些工业机器人还配备有行走结构，如步行机器人；

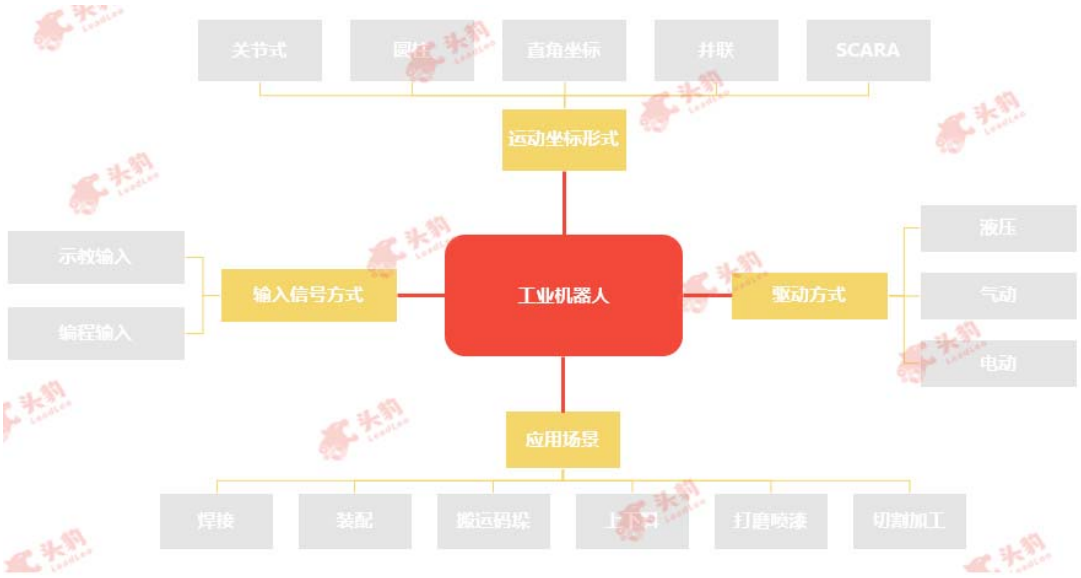
(4) 感知系统：主要功能为将工业机器人各种内部状态信息与外部环境信息从信号转变为机器人自身或者机器人间能够理解和应用的数据、信息；

(5) 决策系统及软件：主要功能为根据感知系统等来源提供的信息，自动调整控制算法的软硬件支持部分，不是工业机器人的必需配置；

(6) 交互系统：即人-机器人-环境交互系统，是能将三者联系起来并互相协调的系统，主要功能为发送信息指令及显示信息。

工业机器人可以按照运动坐标形式、驱动方式、输入信号方式和应用场景等四个方面进行分类（见图 2-2）。按运动坐标形式，工业机器人可分为关节式、圆柱、直角坐标、并联和 SCARA 五类；按输入信号方式，可分为示教输入型和编程输入型两类；按驱动方式可分为液压驱动型、气压驱动型和电气驱动型三类；按应用场景，可大致分为焊接、装配、搬运码垛、上下料、打磨喷漆、切割加工六大类。

图 2-2 工业机器人分类及应用

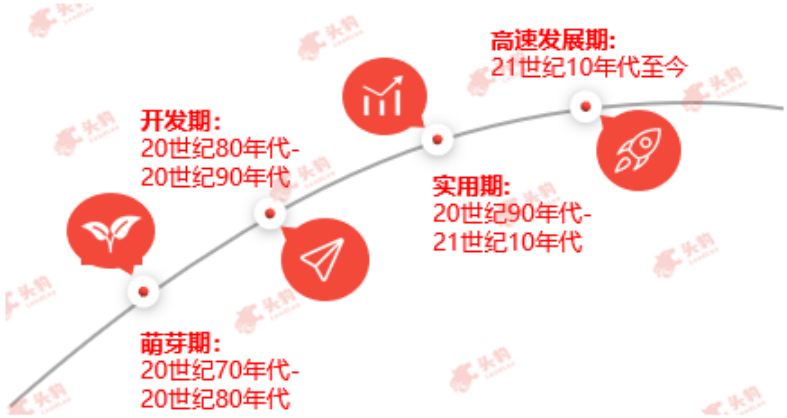


来源：头豹研究院编辑整理

2.2 中国工业机器人行业发展历程

中国工业机器人行业起步于 20 世纪 70 年代初期，目前为止大致上经历了四个发展阶段（见图 2-3）：

图 2-3 中国工业机器人发展历程



来源：头豹研究院编辑整理

（1） 萌芽期（20 世纪 70 年代-20 世纪 80 年代）

1959 年，美国工程师恩格尔伯格研究出世界上第一台工业机器人。随后工业机器人开始在美国、日本推广应用，工业机器人技术逐渐成熟。中国起步较晚，1972 年才开始着手研制工业机器人。在中国工业机器人行业发展初期，工业机器人主要以串联机器人为主，由于这一阶段，中国在串联机器人领域的研究较为成熟，而串联机器人具有结构简单、运动空间大、工作方式灵活度高的特点，其在各种机床、装配车间获得了成功应用。

（2） 开发期（20 世纪 80 年代-20 世纪 90 年代）

进入 20 世纪 80 年代后，中国改革开放不断深入，在全球范围内高新技术浪潮的冲击下，中国工业机器人技术的研究开发得到了政府的重视与支持。1985 年，工业机器人被列入中国“七五”（1986 年-1990 年）科技攻关计划研究重点，研究方向锁定在工业机器人基础技术、基础器件开发以及搬运、喷涂和焊接机器人五个方面。“七五”期间，中国加大资金投入力度，对工业机器人及其零部件研发进行攻关，并完成示教再现式机器人成套技术的

开发，研制出喷涂、点焊、弧焊和搬运机器人。

（3） 实用期（20 世纪 90 年代-21 世纪 10 年代）

20 世纪 90 年代后，中国先后研制出了装配、喷漆、切割、包装、码垛等工业机器人，形成了一批机器人产业化基地。1992 年，中国第一台 SCARA 装配机器人由熊猫电子集团有限公司设计制造而成。在中国“863 计划”实施下，中国第一台高性能精密装配机器人于 1995 年问世，这是一款 SCARA 4 轴装配机器人，采用直接驱动技术，具有较高的运动速度和定位精度，同时配备视觉、力觉传感器以及多任务操作系统。随着中国制造业的飞速发展，制造工厂对生产效率及质量要求逐步提高，工业、制造业企业对可替代人工从事重复性、常规性、高强度劳动的工业机器人需求愈加强烈。

（4） 高速发展期（21 世纪 10 年代至今）

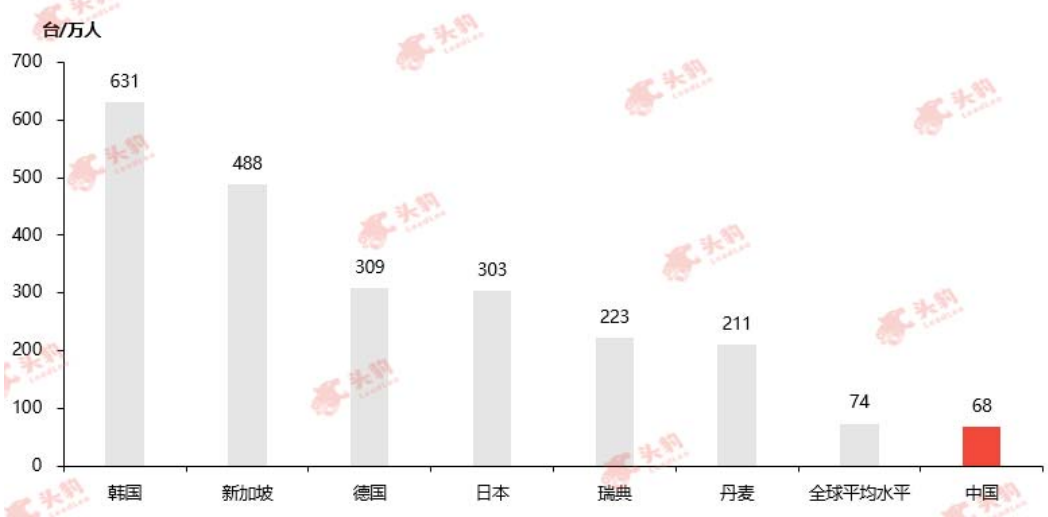
这一阶段，中国工业机器人行业发展提速，2012 年随着 ABB 公司 Delta 并联机器人专利解禁，中国的机器人企业开始研制、销售并联机器人。自 2013 年起，中国连续五年成为全球最大的工业机器人市场。工业机器人的发展需要理论支持，自 2014 年起清华大学、北京航空航天大学、东北大学、天津大学、哈尔滨工业大学、大连理工大学、中国科学院沈阳自动化所等中国高等院校机构陆续开展机器人技术方面的研究，研究内容包括位置正逆解求解、工作空间分析、运动控制器设计等。2015 年，中国政府正式提出“中国制造 2025”战略，工业机器人被列为十大重点发展领域之一。在中国制造业智能转型升级趋势下，工业机器人的需求量呈现爆发式增长。在政策与市场的驱动下，中国机器人企业在机器人研发、设计、制造等方面取得了长足进步，减速器、伺服系统、控制器三大核心零部件的国产化进程加速，工业机器人产业链各个环节趋于成熟。

2.3 中国工业机器人行业发展现状

总体而言，与工业发达国家相比，中国工业机器人在机器人设计理论、应用开发等方面的创新能力不足，导致许多技术停留在仿制层面。国际机器人“四大家族”——发那科、ABB、安川、库卡基本垄断全球中高端工业机器人市场，占据全球工业机器人市场约 60%的市场份额。近年来，这四家企业纷纷抢滩中国工业机器人市场，在中国投资建立生产基地，中国机器人企业面临极大的竞争压力，主要原因是中国在工业机器人三大核心零部件，减速器、伺服系统、控制器方面还未掌握核心关键技术。这三大核心零部件成本在整机成本中的占比在 70%左右，制约了中国工业机器人零部件核心技术的本土化。中国机器人企业大多集中在技术壁垒较低、市场竞争激烈、附加值较低的机器人集成领域，数据显示，系统集成商数量占中国机器人企业数量的 90%以上。

尽管中国工业机器人产量已居全球前列，但工业机器人密度仍处于落后水平。根据 IFR（国际机器人联盟）数据显示，2016 年工业发达国家的工业机器人密度已经普遍超过 200 台/万人，但中国的工业机器人密度仅为 68 台/万人，仍低于全球平均水平 74 台/万人（见图 2-4），与韩国、新加坡、德国、日本等发达国家差距更加明显，显示出中国工业机器人市场仍有巨大的增量空间，未来制造业新装机器人数量有望获得持续提升。

图 2-4 世界主要国家工业机器人密度比较，2016 年



来源：IFR（国际机器人联盟），头豹研究院编辑整理

2.4 中国工业机器人行业政策分析

工业机器人最显著的特点在于可编程、精密化等，相比于人力，工业机器人具有多方面的优势，能够快速提升工业生产的效率和自动化程度。同时，工业机器人的应用领域非常广泛，包括汽车、3C 电子、金属制品、工程机械等领域，下游应用广阔，工业机器人的规模化、智能化发展可支持下游产业的高效发展，提高生产的精度和效率，从而促进中国制造业整体实力的提升。

因此，中国国家政策层面力推工业机器人行业的持续稳定发展，近五年机器人产业利好政策频出，中国工信部在 2013 年出台的《关于推动机器人产业发展的指导意见》中，明确提出到 2020 年工业机器人产业的发展目标：提出到 2020 年形成较为完善的工业机器人产业体系的目标，提出要培育 3-5 家具有国际竞争力的龙头企业和 8-10 个配套产业集群，机器人密度（每万名员工使用机器人台数）达到 100 以上。中国国务院在 2015 年出台的《中国制造 2025》中，明确将工业机器人列入大力推动突破发展的十大重点领域之一，明确要求到 2020 年工业机器人销量达到 15 万台。推动机器人产业标准化、模块化发展，促进扩大工业机器人的应用规模，突破机器人本体、减速器、传感器等核心部件的技术瓶颈。2016 年 12 月，中国工信部发布的《工业机器人行业规范条件》，提出要对行业规范进行完善，加强工业机器人行业产品质量管理，维护行业秩序，促进行业规范健康发展。

在互联网及人工智能产业持续发展的大背景下，2017 年 7 月，中国国务院在《新一代人工智能发展规划》提出攻克智能机器人核心零部件、专用传感器，要求完善智能机器人硬件接口标准，提出研制智能工业机器人、智能服务机器人，并实现其大规模应用，促进工业机器人智能化发展。2017 年 8 月，中国科技部提出围绕机器人前沿技术、新一代机器人、关键共性技术、工业机器人、服务机器人、特种机器人六个方向部署实施，促进工业机器人

智能化发展。未来工业机器人将持续加强与新一代信息技术的结合，为其大范围应用打好技术基础。

图 2-5 工业机器人相关政策

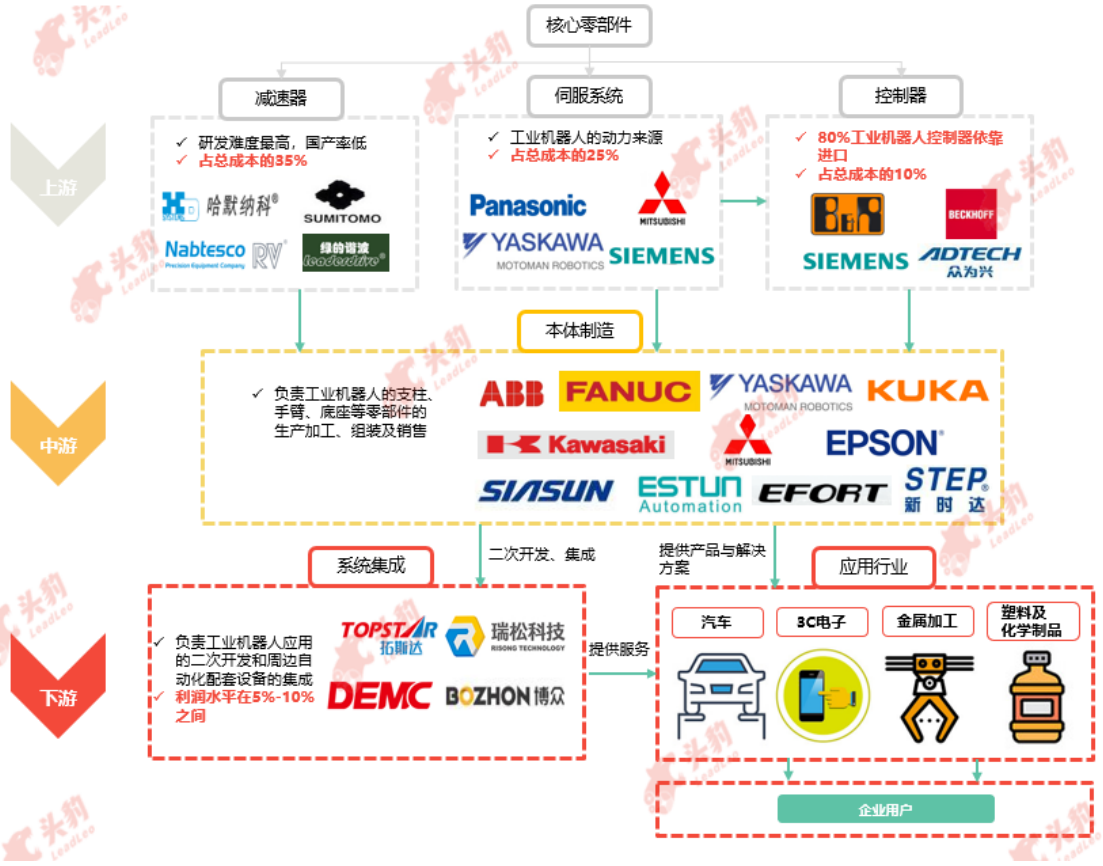
政策名称	颁布时间	颁布主体	主要内容及影响
《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》	2017-11	工信部	研发推广关键智能网联装备，围绕数控机床、工业机器人大型动力装备等关键领域，实现智能控制、智能传感、工业级芯片与网络通信模块的集成创新，形成一系列具备联网、计算、优化功能的新型智能装备
《“智能机器人”重点专项指南》	2017-08	科技部	提出围绕机器人前沿技术、新一代机器人、关键共性技术工业机器人、服务机器人、特种机器人六个方向部署实施促进工业机器人智能化发展
《新一代人工智能发展规划》	2017-07	国务院	提出攻克智能机器人核心零部件、专用传感器，要求完善智能机器人硬件接口标准，提出研制智能工业机器人、智能服务机器人，并实现其大规模应用，促进工业机器人智能化发展
《工业机器人行业规范条件》	2016-12	工信部	加强工业机器人行业产品质量管理，进一步明确行业规范维护行业秩序，保护行业各方合法权益，促进行业健康稳定发展
《机器人产业发展规划（2016-2020）》	2016-04	工信部、发改委、财政部	提出实现机器人关键零部件和高端产品的重大突破，实现机器人质量可靠性、市场占有率和龙头企业竞争力的大幅提升，促进行业快速发展
《十三五规划纲要》	2016-03	发改委	提出实施智能制造工程，构建新型制造体系，大力推进机器人、先进半导体、智能系统等新兴前沿领域创新和产业化
《中国制造2025》	2015-05	国务院	明确将工业机器人列入大力推动突破发展十大重点领域之一，明确要求到2020年工业机器人销量达到15万台。推动机器人产业标准化、模块化发展，促进扩大工业机器人的应用规模，突破机器人本体、减速器、传感器等核心部件的技术瓶颈
《关于推动机器人产业发展的指导意见》	2013-12	工信部	明确提出到2020年形成较为完善的工业机器人产业体系的目标，提出要培育3-5家具有国际竞争力的龙头企业和8-10个配套产业集群，机器人密度（每万名员工使用机器人台数）达到100以上

来源：头豹研究院编辑整理

2.5 中国工业机器人行业产业链分析

中国工业机器人行业产业链由上至下依次可分为上游零部件制造、中游机器人本体制造、下游系统集成与应用（见图 2-6）：

图 2-6 中国工业机器人产业链

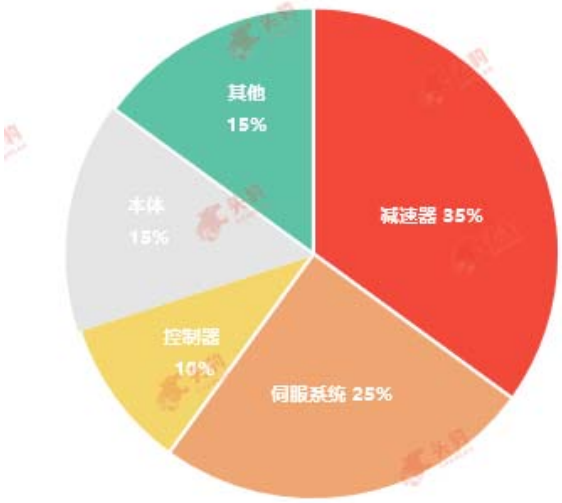


来源：头豹研究院编辑整理

2.5.1 上游分析

工业机器人产业链上游参与主体为零部件供应商，工业机器人有三大核心零部件：减速器、伺服系统和控制器。核心零部件的性能直接决定了机器人的整体性能，具有技术含量高、利润高的特点。核心零部件成本大约占到工业机器人整机成本的 70%左右（见图 2-7），核心零部件供应商在整个产业链中拥有最强的议价能力。

图 2-7 工业机器人成本结构组成



来源：头豹研究院编辑整理

（1） 减速器

减速器在工业机器人的作用是将转速降到工业机器人各关节所需的速度，同时输出更大扭矩。减速器是研发、生产难度最高，也是中国工业机器人领域发展最薄弱的环节。数据显示，减速器成本在工业机器人整机成本占比为 35%，占比最高。据统计，全球精密减速器市场 70%的市场份额由日本哈默纳科和纳博特斯克两家企业占据。相比日本和欧洲，中国在机器人用减速器领域内的技术实力尚待提升。国产减速器还未实现自给自足，进口依存度较大，直接导致了成本居高不下这一问题。

工业机器人主要使用两类减速器：RV 减速器与谐波减速器。目前 RV 减速器与谐波减速器在工业机器人领域的消费比重约为 7：3：

① RV 减速器适用于重载工业机器人（20kg 以上），是中国工业机器人行业最早开始研制的减速器类型。相比谐波减速器，RV 减速器具有抗疲劳度和刚度强、使用寿命长、运动精度无累计误差等优点，更适合被放置于工业机器人的机座、大臂、肩部等负载较重的位置；

② 谐波减速器一般被放置在小臂、腕部及手部等负载较轻的位置，是轻型工业机器人（20kg 以下）必不可少的零件。

中国工业机器人所采用的减速器大多源于进口，价格昂贵，且售后维修保养费用高。国产减速器在精度与稳定性上不及进口减速器，进口替代率仍处于较低水平。由于减速器处于供不应求的局面，减速器生产商在与中游机器人本体制造商议价过程中处于强势地位。

（2） 伺服系统

伺服系统是工业机器人的动力来源。目前中国工业机器人所用的伺服系统主要被外资品牌垄断。从伺服系统市场占比来看，数据显示，日系伺服电机品牌约占 50%，欧美品牌占 30%，台湾品牌及中国大陆品牌占 10%左右。中国从事研发、生产、制造工业机器人用伺服系统的企业包括汇川、台达、埃斯顿等。中国国产伺服电机与进口电机之间仍存在差距，表现在国产伺服电机性能不足，缺乏高精度、大功率的编码器。

（3） 控制器

控制器是伺服产品的上位机，是指令的发起者，直接影响着工业机器人性能的优劣。控制器硬件可直接外购，但核心的软件算法主要由机器人本体制造商自主设计研发，各大品牌机器人供应商（ABB、库卡、新松、新时达等）均选择掌握控制器的开发主导权，采用自己独有的编程语言和开发环境。

PLC 作为中小型伺服系统最为经济的驱动器，是工业自动化设备里面最常见的控制产品。中国头部 PLC 生产商的产品性能已经基本与国际水平持平，实现了对外资品牌产品的替代，被广泛应用于中低端伺服系统中。相较于 PLC，高端运动控制器算法开发对技术人员的经验和对实际应用的理解要求极高，具有极高的技术壁垒，中国控制器企业短时间内难以实现自主研发技术的赶超，主要的解决思路是收购国外拥有核心控制器技术的企业，如 2017 年埃斯顿收购英国 TRIO（翠欧）公司，并迅速掌握后者高端运动控制技术。

总体看来，中国工业机器人行业上游核心零部件供应基本被国外企业所占据，中国虽然有超过 3,000 家工业机器人产业链相关企业，但是大部分从事相对低端的零部件生产、制

造，拥有自主开发能力的企业数量较少，导致中国企业在产业链上游零部件领域缺乏竞争力。

2.5.2 中游分析

工业机器人产业链中游参与者为机器人本体制造商。机器人本体制造商负责工业机器人的支柱、手臂、底座与减速器等零部件的生产加工、组装及销售。

工业机器人本体制造商的商业模式可分为两种：

（1） 直接销售给集成商，借助集成商的销售渠道优势出货，该模式是机器人本体制造商最常采用的模式；

（2） 直接销售给终端客户，这种方式要求机器人本体制造商在特定应用领域具备强大技术优势，且机器人产品成熟度与运行性能满足终端客户需求，对比前一种商业模式而言，该模式的利润更高但客户资源获取难度更高，需要经过严格的下游客户认证，因此采用此类商业模式的机器人本体制造商较少。

机器人本体制造企业具有有效整合上游零部件和下游系统集成商的入口能力，在产业链中处于承上启下的环节，通常拥有较强的软硬件结合的能力，对于行业上下游具备较强的渗透意愿和能力，议价能力较强。

2.5.3 下游分析

工业机器人产业链下游参与者主要是系统集成商及各应用领域的企业。

（1） 系统集成商

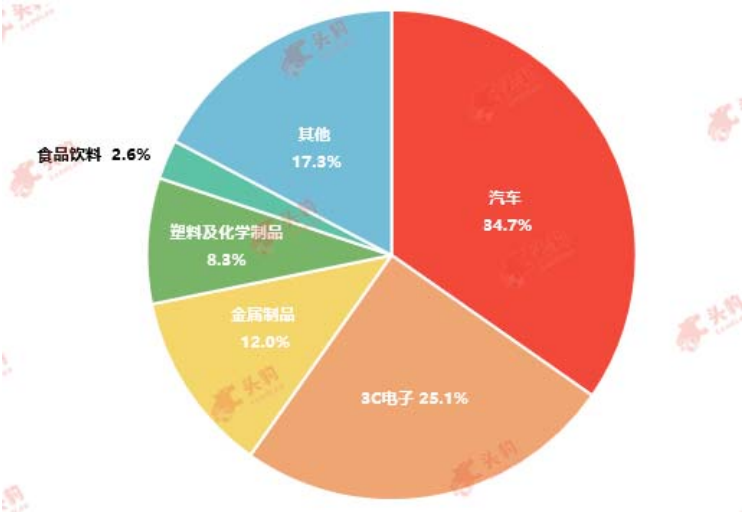
系统集成商为终端客户提供应用解决方案，主要负责工业机器人应用的二次开发和周边自动化配套设备的集成，是工业机器人自动化应用的重要组成部分。工业机器人的下游应用领域广泛，集成商根据客户的需求将不同的功能汇集到一台工业机器人上（如焊接、激光加

工、搬运等)，客户可将其应用到不同的行业，如汽车、3C 电子、金属加工等行业。与核心零部件开发和本体制造环节相比，系统集成的技术难度偏低，市场竞争激烈，系统集成商的利润水平通常在 5%-10%之间，议价能力较弱。

(2) 工业机器人应用领域

从下游应用领域来看，由于自动化程度较高，汽车与 3C 电子行业是工业机器人最重要的两个应用领域，工业机器人在这两个领域生产线的应用占比分别为 34.7%、25.1%，其次是金属制品、塑料及化学制品、食品饮料，工业机器人的应用占比依次为 12.0%、8.3%、2.6%（见图 2-8)。随着汽车行业对自动化水平要求不断提高，工业机器人在汽车焊接环节得到充分应用，点焊机器人和弧焊机器人可自动完成工件的传送和焊接，既提高了焊接质量，又降低了耗材使用。数据显示，点焊机器人和弧焊机器人在汽车焊接环节的自动化率现已超过 80%。

图 2-8 工业机器人下游应用占比，2018 年



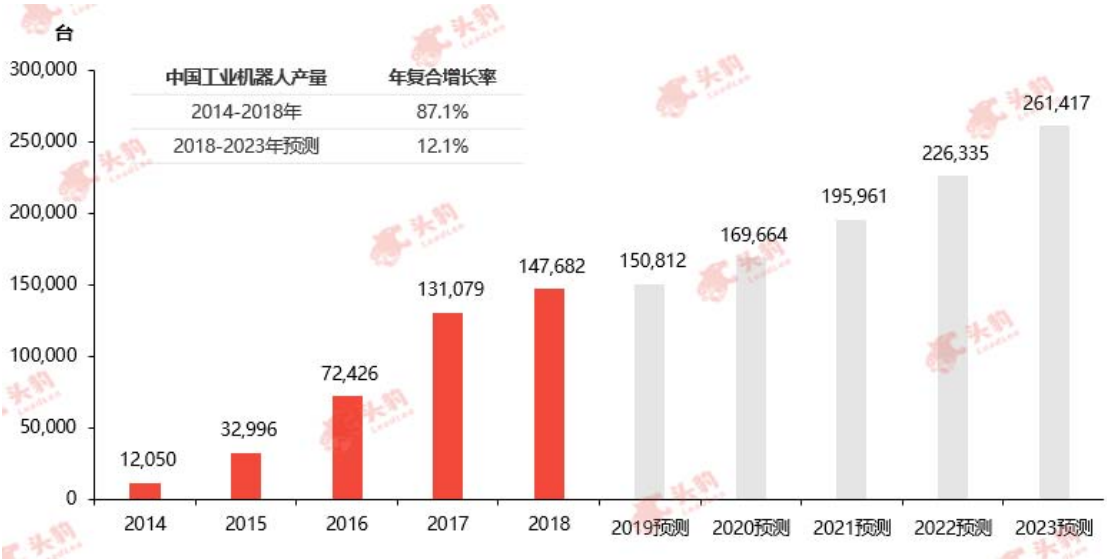
来源：头豹研究院编辑整理

2.6 中国工业机器人行业市场规模

自 2013 年起，中国超越日本成为全球最大的工业机器人市场。随着中国工业转型升级步伐的加快，中国经济发展的内在动力得到进一步增强，为顺利实现产业结构调整，推进智

能化生产，制造业企业纷纷加快自动化生产的步伐，中国工业机器人的下游应用领域不断扩大，从原先集中在汽车制造业、精密设备制造业逐渐发展应用于食品加工、3C 电子生产等领域。在工业化水平不断提高的背景下，中国制造业“机器换人”需求旺盛，中国工业机器人产量持续增长。根据国家统计局数据，中国工业机器人产量由 2014 年 12,050 台增长到了 2018 年 147,682 台，复合增长率达到了 87.1%（见图 2-9）。其中，2018 年 3 月起，受中美贸易摩擦等外部环境影响，中国出口行业关税增加，对工业机器人需求量最大的两个应用领域汽车、3C 电子行业景气度下滑，使得工业机器人产量增长动力不足。未来随着 5G 技术的应用落地，3C 电子行业将迎来新一轮发展机遇，自动化改造脚步将加快，工业机器人的需求将进一步提升，从而带动中国工业机器人产量的进一步增长，预计到 2023 年，中国工业机器人产量有望达到 26.1 万台左右。

图 2-9 中国工业机器人产量，2014-2023 年预测



来源：国家统计局，头豹研究院编辑整理

2.7 中国工业机器人行业驱动因素

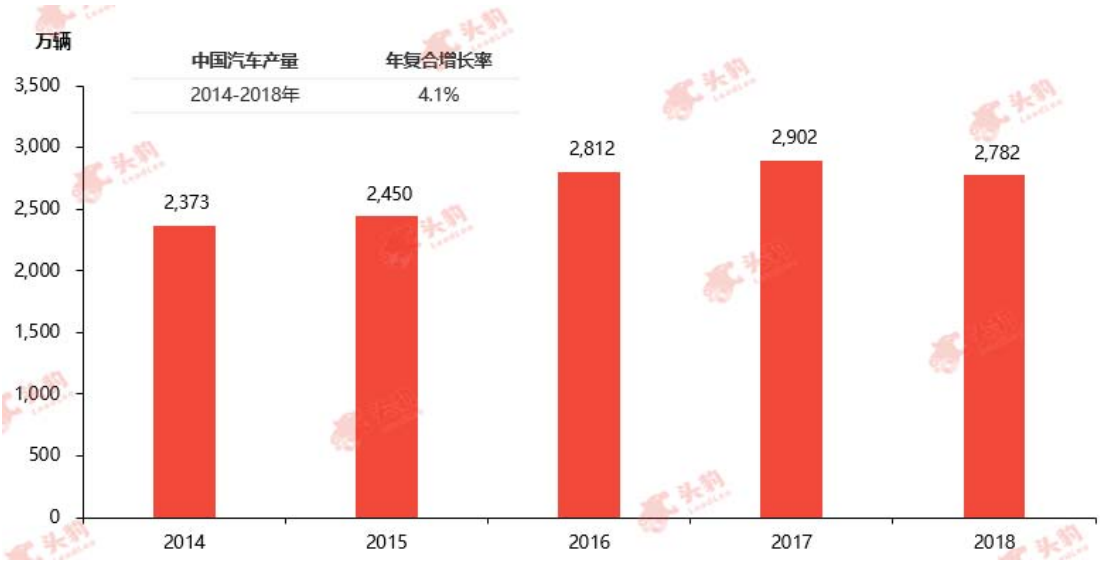
2.7.1 行业应用广泛，应用需求增长推动行业发展

工业机器人在制造业的应用相当广泛，在汽车、3C 电子、金属加工、塑料及化学制品、

食品饮料、生物制药等行业日常生产制造过程中皆得到了不同程度的应用。工业机器人可代替人从事重复性、常规性、高危性工作，从而提高工作效率。在**汽车领域**，工业机器人主要应用于汽车焊装、冲压、涂装、总装四个环节，大型机器人车体焊装自动化系统技术和成套装备、大型轿车壳体冲压自动化系统技术和成套设备等已大量投入使用。在 **3C 电子领域**，工业机器人被用于生产线进行零件组装，苹果最大的代工公司富士康自 2012 年发布“百万机器人计划”后，已自主研发了六轴机器人、并联机器人、SCARA 机器人等，在中国的工厂部署了 6 万台工业机器人，以加快 iPhone 整机的组装应对订单压力与日益增长的人力成本。

汽车行业是自动化程度发展最高的行业之一，也是工业机器人需求最大的行业。从近五年中国汽车产量来看，2014 年至 2017 年期间，在中国汽车购置税减免政策的推动下，中国汽车产量始终保持着良好的上升态势（见图 2-10）。

图 2-10 中国汽车产量，2014-2018 年



来源：国家统计局，头豹研究院编辑整理

2018 年开始，中国汽车销量出现下滑，主要受中国北京、上海等城市的限制购车政策影响，一线城市居民在汽车消费方面受到抑制。受此影响，2018 年起，汽车行业对工业机器人的需求量开始下降。针对这一问题，2019 年 6 月 6 日，中国发改委发布了《推动重点

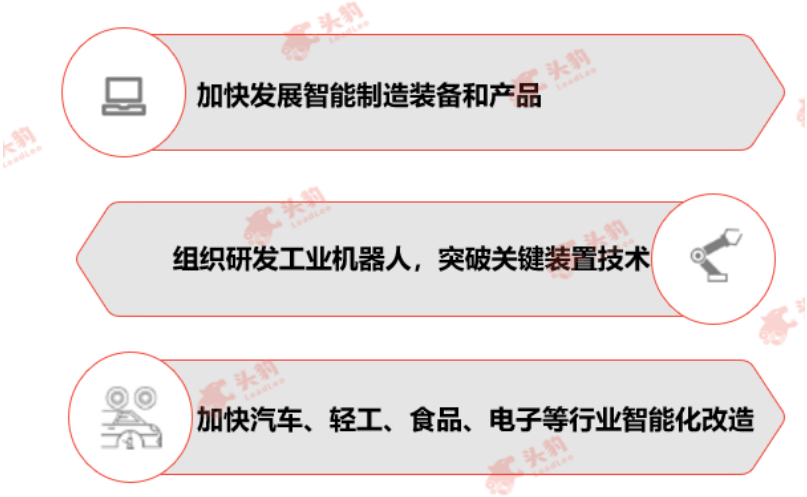
消费品更新升级畅通资源循环利用实施方案(2019-2020 年)》，针对汽车业提出了 20 条鼓励措施，其中提到四点：（1）解除对汽车限购限制；（2）解决对新能源汽车限行限购限制；（3）推动农村车辆消费升级；（4）支持汽车金融发展。预计在这一政策的推动下，汽车行业将持续复苏，汽车产量也将逐渐回升，从而驱动工业机器人需求增长。

2.7.2 “智能制造”倒逼下游转型升级，拉动市场需求

当前全球新一轮制造产业变革正在兴起，为制造业发展与分工格局带来深刻影响：发达国家实施“再工业化”战略，发展中国家积极参与全球产业再分工，智能制造在全球范围内已成为制造业重要发展趋势，推动了新生产方式的形成。基于人工智能、大数据、物联网等新一代信息技术与制造业深度融合，以高档数控机床、工业机器人、智能仪器仪表为代表的关键技术装备在重点行业不断普及，推动了智能制造初步发展。在智能制造深入推进过程中，中国制造业面临着两大现状问题：（1）机械化、电气化、自动化、数字化水平低；（2）各地区、行业、企业发展不平衡。

在此机遇与挑战下，《中国制造 2025》提出推进信息化与工业化深度融合（见图 2-11）：（1）加快发展智能制造装备和产品；（2）组织研发具有深度感知、智慧决策、自动执行功能的工业机器人，突破伺服电机、驱动器和减速器等核心装置技术；（3）加快汽车、轻工、食品、电子等行业等生产设备的智能化改造。中国制造业的智能化转变将倒逼工业机器人下游各行业转型升级，拉动工业机器人的市场需求。

图 2-11 《中国制造 2025》提出推进信息化与工业化深度融合



来源：头豹研究院编辑整理

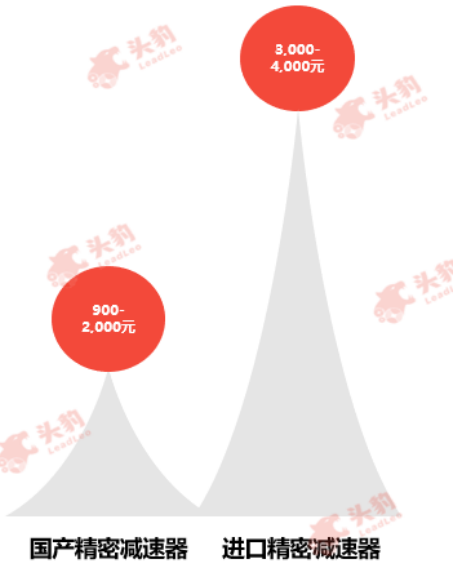
2.7.3 减速器国产化需求强烈

中国减速器行业市场化程度较高，随着近年来中国减速器生产商对外资企业先进技术的引进、消化、吸收以及再创新，一般传动减速器产品已逐渐实现了进口替代，中国减速器生产商在该领域已占据了主要地位。但在精密减速器领域，日本减速器生产商具有绝对优势，与日本相比，中国研究精密减速器的时间较短，精密传动技术还未成熟、减速器稳定性不够，无法完全满足下游客户对产品质量的需求。全球谐波齿轮减速器龙头企业日本哈默纳科公司在减速器领域积累了 40 余年经验，其减速器产品经过长期使用验证，客户认可度极高。反观中国减速器生产商大多只有 10 年左右的发展历史，品牌知名度不高，产品质量及稳定性不如日本减速器产品，在市场上处于下风。高精密减速器的国产化对满足工业机器人配套需求而言至关重要。为此，2015 年 8 月，中国发改委在《增强制造业核心竞争力三年行动计划（2015-2017 年）》提出研制高精密减速器、高速高性能控制器、高性能伺服电机及驱动器等关键零部件，推进自主品牌关键零部件示范应用，满足工业机器人配套需求。该计划对工业机器人用高精密减速器的产业化发展起到重要推动作用。

另一方面，日本减速器生产商在产品销售上通常优先考虑本土市场，针对中国市场供给

不足，因此给中国减速器生产商创造了良好的发展机遇，促使其逐步向精密减速器产品领域发展，提升竞争力。进口精密减速器以日本哈默纳科公司的产品为例，其单价通常在 3,000-4,000 元之间，国产精密减速器单价为该价格的 30%-50%（图 2-12）。

图 2-12 国产精密减速器与进口精密减速器平均价格对比



来源：头豹研究院编辑整理

中国工业机器人企业普遍面临较大的成本压力，为降低机器人本体生产成本，企业开始由采购进口精密减速器转向采购研发设计水平、精加工工艺和运动性能指标靠前的国产精密减速器，推动了国产减速器市场需求的提升，有助于国产减速器生产商继续扩大产能，从而以更优的性价比反哺中国工业机器人市场，提高中国工业机器人本体制造商的竞争力。

2.7.4 政策红利推动工业机器人发展

自 2012 年以来，国家部委制定了一系列政策促进机器人产业发展。2014 年起，各级地方政府纷纷出台了针对机器人研发和应用的补贴政策(见图 2-13)。2014 至 2015 年间，共有 77 项地方政府机器人支持政策出台，全国超过 36 个城市将机器人产业作为发展重点，补贴不仅发放给机器人制造商，还按照一定比例发放给采购或租赁机器人的企业。从补贴结构上来看，中央政府出台的补贴多为研发补助，地方政府出台的多为应用补贴，应用补贴比

重大于研发补助，且一般补助规模在百万元以上。

政府补贴政策的出台可刺激下游应用行业释放机器人采购需求，尤其是日化、食品等利润率水平偏低的行业，其机器人需求不强，应用补贴能够直接刺激企业增加使用机器人，为扩大工业机器人的应用规模增添驱动力。

图 2-13 机器人产业补贴政策

补贴主体	补贴时间	补贴类型	补贴政策内容
863计划	持续	研发补助	为支持机器人产业发展，对机器人研发环节安排补贴
智能制造装备发展专项资金	持续	研发补助	国家将根据项目的具体情况安排适当研发补助资金，国家补助资金原则上50%补贴用户，50%补贴制造商
发改委	2015年起	研发补助	首套产品补贴售价/成本的10%，关键零部件最高补贴50万元，单机产品最高补贴200万元，成套设备最高补贴400万元
河南省	2017年起	应用补助	重点企业建设智能车间智能工厂，补助8%（最高1,000 万元），每年滚动培育50个智能工厂、100个智能车间。先进物流装备购置补贴30%（最高300万元）
陕西省	2017年起	研发+应用补助	对重大技术改造和新产业培育项目给予300万元-1,000万元支持。优先在新能源汽车、机器人、无人机、新材料、智能终端、增材制造、生物医药、电力装备、节能环保等领域形成一批示范企业，给予每户300万元-500万元支持
广东省	2016年	应用补助	2016年工业与信息化发展专项资金中，机器人发展专题资金约 3.6 亿元
浙江省	2015年起	应用补助	省级财政安排近6亿元资金支持“机器换人”技术改造，出台工业机器人购置奖励补贴政策，省与地方1：2配套，购置工业机器人按价格10%补贴
深圳	2014-2020年	应用补助	市财政每年预算5亿元补助机器人、可穿戴设备和智能装备产业

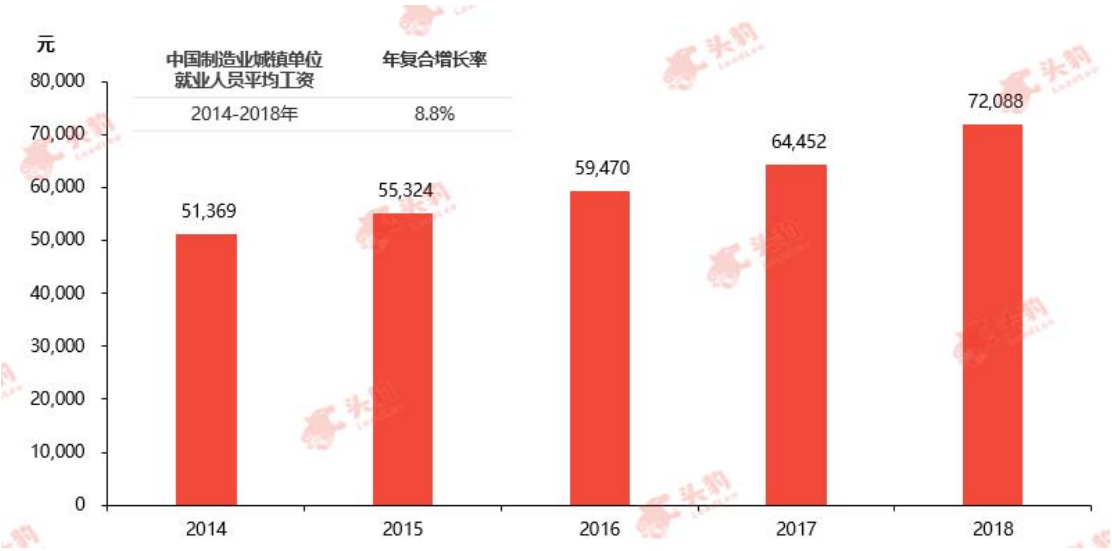
来源：头豹研究院编辑整理

2.7.5 劳动力成本上升，机器人发展空间广阔

在劳动力人口逐渐减少和老龄化趋势下，传统制造业劳动力成本持续上涨。根据国家统计局数据显示，中国制造业城镇单位就业人员平均工资由 2014 年的 51,369 元增至 2018 年的 72,088 元，年复合增长率达 8.8%（见图 2-14）。中国制造业城镇单位就业人员平均工资水平逐年上涨，现已全面超过劳动力廉价的拉美国家。随着人口红利减退，20-24 岁年轻劳动力规模急剧下滑，中国劳动力优势正在不断弱化。

此外，90 后、00 后年轻劳动力整体受教育程度提高，对工作环境、待遇等要求随之提升，从事简单流水线工作的意愿较低，致使制造型企业面临严峻的招工难的问题。招工难问题带来的一大后果是制造型企业一线员工平均年龄不断上涨，年龄在 40 岁以上的一线员工人数占比甚至超过半数，影响生产效率。随着工业机器人成本逐渐下降到人工成本平均水平，制造型企业用机器代人的意愿持续增长，将推动工业机器人的需求释放，日常流水线工作将逐渐由工业机器人完成。

图 2-14 中国制造业城镇单位就业人员平均工资，2014-2018 年



来源：国家统计局，头豹研究院编辑整理

2.8 中国工业机器人行业发展趋势

2.8.1 工业机器人智能化水平提升，人机协作更加和谐

根据中国工业机器人行业资深专家介绍：良好的人机关系并不是机器人取代人，而是融洽的人机协作关系。计算机技术的快速发展将促进工业机器人向着智能化、高控化方向发展，人机之间的协作交流、交互更加稳定（见图 2-15）。

（1） 机器人编程方式由示教编程向离线编程转变，示教器是进行机器人手动操纵、程序编写、参数配置及监控用的手持装置，也是最常见的机器人控制装置。但传统的示教编

程具有编程时机器人停止工作、程序需在实际系统上试验、编程质量取决于编程者经验等缺点，促使编程系统朝着离线编程方向发展。相比示教编程，离线编程可减少机器人停机时间、用 CAD 方法进行最佳轨迹规划，更好地调试与规划工作空间、避免出错；

(2) 随着工业机器人主要应用领域 3C 电子行业对细微技术处理、柔性化、集成化等要求不断提高，驱控一体化将伺服驱动技术、运动控制技术和机器视觉技术融合在一台机器上，且采用分布式 CPU 架构，可使各项硬件发挥各自特长，保证机器人运动更加平稳。

图 2-15 工业机器人智能化水平提高



来源：头豹研究院编辑整理

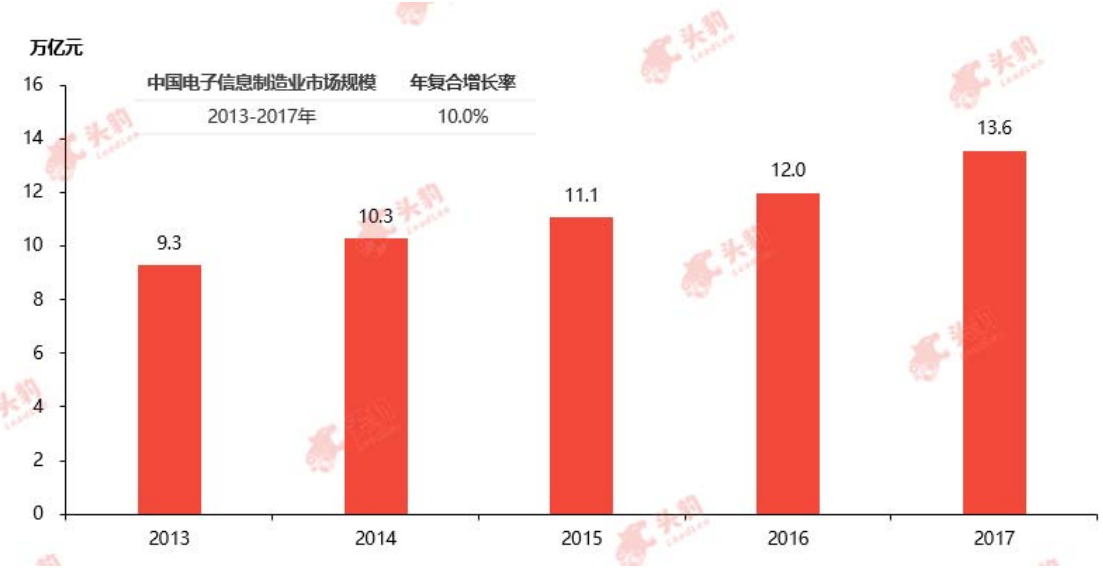
2.8.2 细分领域-并联机器人占比提升

中国制造业企业大多停留在工业 2.0 或者工业 3.0 自动化的早期阶段，以粗放型发展模式为主，机器人承担部分体力劳动，大多数制造业企业自主创新能力弱，产品附加值低，产品稳定性也有较大改进空间。随着工业 4.0 时代开启，生产信息正朝着数据化、智慧化方向发展，而生产模式高度灵活，势必将推动工业领域产生重大变革。工业 4.0 解决方案的硬件包括工业机器人及其高端零部件，该解决方案对工业机器人的基础技术、产品技术和系统技术升级需求巨大。未来，中国制造业产业将朝着集约化、智能化的方向进行产业升级，有望推动机器人制造商加强工业机器人在下游应用领域的可靠性与实用性。

从销量上来看，2018 年中国市场并联机器人销量为 3,500 台，而工业机器人销量超过

15.6 万台，在工业机器人领域的销量占比小，仅为 2.2%，这是由于并联机器人的应用范围小所导致的。其中，3C 电子行业是并联机器人重要的下游应用领域，其中装配检测、包装分拣等环节对并联机器人的需求较大。据中国国家工信部数据显示，2013 年至 2017 年，中国电子信息制造业市场规模从 9.3 万亿元增长至 13.6 万亿元，年复合增长率达 10.0%（见图 2-16）。近年来 3C 电子行业发展迅猛，随着人工成本逐步上升，自动化改造需求也将随之提高，3C 电子行业将成为未来并联机器人市场主要增长点。现阶段，应用于电子制造环节的工业机器人类型包括轻载串联机械臂、直角坐标机器人、圆柱坐标机器人、并联机器人等。并联机器人具备重量轻、运动速度快、定位精确、效率高等特点，未来随着机器人生产成本的进一步降低，并联机器人有望扩大在 3C 电子行业的应用规模，提升在工业机器人中的占比。

图 2-16 中国电子信息制造业市场规模，2013-2017 年



来源：国家工信部，头豹研究院编辑整理

2.8.3 细分领域-SCARA 机器人将更加高效、精细

随着智能制造趋势加深、机器人智能化水平和实用性不断提升，SCARA 机器人将应用于更加广阔的应用环境。为应对日益复杂的工作环境，SCARA 机器人将朝着高效、精细的

方向发展，具体体现在三方面（见错误!未找到引用源。**）：**

图 2-17 SCARA 机器人将更加高效与精细



来源：头豹研究院编辑整理

（1）在机械结构方面：减速器体积和重量朝轻量化的方向发展，减速器结构更加简单灵活，使机器人完成抓取动作时更加轻松和精准；

（2）在软件方面：用于进行仿真运行及数据测量分析的三维软件、MATLAB 仿真软件、ADAMS 软件、有限元分析技术等优化方法进一步改进，以提高 SCARA 机器人在实际应用场景下的负载、运行、抗抖动等能力；

（3）在控制方面：继续开发多样化参数辨识方法，不断完善控制理论，以增强 SCARA 机器人在复杂环境下的控制能力。

2.8.4 关键零部件-减速器将朝着轻量化、国产化方向发展

图 2-18 减速器将朝着轻量化、国产化方向发展



来源：头豹研究院编辑整理

（1） 轻量化方面，根据在减速器行业有多年销售以及战略规划经验的专家表示，轻量化是当前减速器生产的重要趋势，减速器轻量化的意义在于直接减轻重量、提高功率密度及承载能力以及降低使用能耗。随着轻型机器人发展加速，其核心零部件的轻量化需求持续提升。以日本哈默纳科公司为例，其最新一代减速器产品厚度是最早一代产品厚度的 30%，减速器产品轻薄化发展趋势明显，这将对其他企业的产品设计产生连带效应，带动整个行业开展关于减速器轻量化的研究工作。

减速器轻量化的实现需从下列两个方面提高：

① **齿轮设计方法：**需运用参数化、模块化的设计方法，使电机、减速器融为一体，达到最佳协同功效；

② **零件材料的使用：**减速器产品主要采用钢材，钢的密度为 7.9g/cm³，而铝的密度为 2.7g/cm³，相同体积下，铝材能够将减速器重量降低 30%-40%。因此，在不影响减速器性能的前提下，用铝材替代钢材将是未来减速器零件材料的发展趋势。

（2） 国产化方面，现阶段中国减速器产品正经历从中高端向高精密的方向转变，部分高端产品已能达到世界先进水平，但还未打破外资企业垄断的局面。精密减速器通常与伺

服系统搭配应用在机器人、数控机床、机械设备等领域，是制造业实现转型升级的关键零部件。根据数据显示，精密减速器严重依赖进口，国产替代率仅为 5%，因此，关键零部件国产化尚具有巨大提升空间。根据定义，传动误差≤30 弧秒的减速器属于高精密级减速器，降低传动误差以及实现重大装备的自主可控主要有赖于**强化高精密级减速器的基础研究、突破高精密级减速器的工艺技术以及加强基础材料研发**。在制造业转型升级趋势及各项利好政策支持下，为削弱国外供应商对关键零部件的主导地位，高精密级减速器国产化趋势有望得到持续加强，国产减速器将朝着商业化、批量化方向发展。

2.8.5 关键零部件-伺服系统驱控一体化趋势加深

中国伺服系统行业整体呈现产品驱控一体化的趋势。驱控一体化是指将伺服系统中的驱动器与上位机控制器集成在一起，实现缩小体积、减轻重量和提高性能的目的。

驱控一体化集成可在有效提高伺服系统的灵活性、可靠性的同时降低成本，使伺服系统在更短的时间内完成复杂的控制算法，通过共享内存即时传输更多的控制、动态信息，提高内部通信速度。近年来，中外企业都相继推出驱控一体化产品，一体化集成不局限于驱动器与控制器之间的集成，同样也适用于驱动器与电机。传统的运动控制器、伺服驱动器、伺服电机三者可两两结合集成，用一体化集成的思路实现结构的简化以及效率的提高。

2019 年 4 月，众为兴推出新一代驱控一体控制器-QC410B SCARA 机器人控制系统（见图 2-19）。通常情况下，操作机器人时需要使用示教器对机器人进行示教与信号配置，而该款控制器支持免示教器 PC 控制，可灵活控制机器人运动轨迹；其体积重量减少 30%以上的同时，核心控制芯片运算性能可提升 50%以上；此外，该款控制器可实现运动控制层和伺服层紧密结合，使 SCARA 机器人在速度、精度、使用寿命和易用性上得到了显著提升。

图 2-19 众为兴新一代驱控一体控制器



来源：众为兴公司官网，头豹研究院编辑整理

2.9 中国工业机器人行业竞争格局

中国工业机器人行业呈现出市场集中度高、外资品牌占据主导地位的竞争格局（见图 2-20)。从市场集中度方面分析，数据显示，依托工业机器人的应用范围广泛及可提供全品类工业机器人的优势，国际机器人四大企业：发那科、ABB、安川、库卡占据中国工业机器人市场 42%的份额。2018 年工业机器人出货量排名前十名的机器人企业占据接近 64%的份额。其中，众为兴是唯一进入前十名的中国机器人企业。日本工业机器人产业发展早于中国，经过长期发展，日本工业机器人企业积累了丰富的机器人开发经验并掌握机器人关键技术（如精密减速器)。由于产品性能优越，日系机器人品牌在中国工业机器人市场占据主导地位，在核心零部件—减速器领域拥有绝对优势。

近年来，中国工业机器人行业发展势头较好的自主品牌有：众为兴、埃斯顿、欢颜、汇川、埃夫特、图灵、台达等，虽然在技术水平上与领先的外资品牌有一定差距、市场份额较小，但在政策红利的支持下，本土企业研发能力与产品性能持续提升，专注细分领域的本土品牌产品性能甚至超过了外资品牌，如专注于并联机器人领域的阿童木机器人。外资品牌的主要应用领域集中在汽车行业与 3C 电子行业，由于 2018 年这两个行业均出现了产量下滑的情况，外资品牌受到了市场巨大冲击。在此变化下，中国自主品牌的市场占有率得到了大

幅提升，2019 年的占比已接近 33%。

图 2-20 中国工业机器人头部企业介绍

企业	企业图标	国家	经营情况
发那科	FANUC	日本	• 2018年营收436亿元，占据全球70%的机器人市场份额 • 2019年4月，宣布在上海建立继日本之外的全球最大机器人生产基地
ABB	ABB	瑞士	• 2018年净利润为21.7亿美元，同比下降了2% • ABB将在上海建立机器人造机器人的超级工厂
安川	YASKAWA MOTOMAN ROBOTICS	日本	• 2018年营收为320亿元 • 计划扩大在江苏省常州工厂的产线，预计至2019年底前达到月产量1,200台产量翻倍的目标
库卡	KUKA	德国	• 2018年业绩指标均为负增长，营收为32亿欧元，同比下滑6.8% • 将进军用于电子制造和物流仓库的小型机器人和灵活机器人
EPSON（爱普生）	EPSON	日本	• 计划于2019年内推出协作机器人 • 机器人业务目标是2025年度突破90亿美元，为2018年度的4.4倍
雅马哈	YAMAHA	日本	• 2018年工业机械和机器人细分市场销售额增长3.4%
川崎	Kawasaki	日本	• 2019年9月27日，川崎六轴机器人制造生产线在重庆两江基地正式下线 • 计划6轴机器人生产线年产能提升到6,000台以上，预计年产值为20亿元
不二越	NACHI	日本	• 打算在2018年底在新设的中国工厂投产，扩大三倍产能，达到每月生产1,000 台的目标
三菱	MITSUBISHI	日本	• 预计将在2020年推出新的工业机器人系统
众为兴	ADTECH	中国	• 集中在轻量化工业机器人细分领域 • 受3C行业需求影响，2018年净利润有所下降

来源：头豹研究院编辑整理

3 中国工业机器人核心零部件分析

3.1 伺服系统

3.1.1 中国伺服系统行业定义与分类

伺服系统，又称位置随动系统，是通过运用机电能量变换、驱动控制技术、检测技术、自动控制技术、计算机控制技术等实现精准驱动与系统控制，从而实现执行机械对未知指令准确跟踪的控制系统，被广泛应用于航空航天、国防领域以及工业自动化等自动控制领域。

伺服系统的机械构成主要包括电机和驱动器两部分（见图 3-1）。

图 3-1 伺服系统结构组成

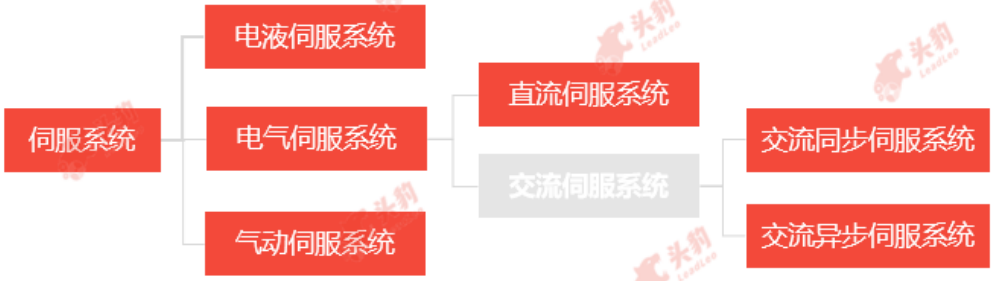


伺服电机　　伺服驱动器

来源：汇川公司官网，头豹研究院编辑整理

按驱动执行元件类型划分，伺服系统可分为电液伺服系统、电气伺服系统以及气动伺服系统，其中电气伺服系统又可分为直流伺服和交流伺服两类，**目前商用领域最常见的伺服系统为交流伺服系统（见图 3-2）。**

图 3-2 伺服系统分类



来源：头豹研究院编辑整理

按电机种类分类，交流伺服系统可进一步分为交流同步伺服系统和交流异步伺服系统。同步电机是基础型电机，在日常的生产活动中应用广泛，自身功率范围与惯量相对较大，在低速运行状态下有着良好的性能表现。工业机器人使用得最多的为交流伺服系统，电机主要采用永磁同步交流电机。伺服电机通常被安装在工业机器人的关节处，是工业机器人的动力来源，因此伺服电机必须具备良好的速度控制特性，同时为了适应工业机器人的体形，伺服电机的体积、重量还需满足轻量化条件，以增强工业机器人的可靠性和稳定性。

3.1.2 中国伺服系统行业应用现状

从目前伺服驱动产品市场来看，直流伺服产品已逐渐在商用伺服系统市场中被淘汰，交流伺服产品应用率日渐增加，市场占有率在逐步扩大。在实际应用中，精度更高、速度更快、使用更为方便的交流伺服产品已经成为了工业自动化、工业机器人等各个领域中的通用产品类型。

伺服系统是工业机器人的核心零部件，通常单个工业机器人至少搭载 4-6 个伺服系统来支撑其运行，对于伺服系统的性能指标要求较高，主要围绕定位精度、调速范围、转矩波动、动态响应、过载能力五个方面（见图 3-3）。

图 3-3 伺服系统性能指标



来源：头豹研究院编辑整理

自 2013 年，中国已成为世界最大的工业机器人市场，传统制造业智能升级使得工业机器人的需求量在过去 5 年激增，中国伺服系统市场发展持续向好。现阶段，中国伺服系统在中低端领域已基本实现进口替代，在一体化、智能化等高端伺服技术研发领域也取得了相关科研成果。但在上位机算法、技术研发、生产领域，尤其是高端控制器如 DSP 微处理器等领域，本土企业与技术领先的外资企业还存在差距。由于上位机是驱使伺服系统的核心指令

机器，东川、西门子等伺服产品供应商内部产品已经形成了工业自动化生态，此类品牌的控制器系统算法与伺服系统产品参数吻合度高，能够轻松实现高精度、高速率的工作，产品具有较强的竞争优势。目前，中国伺服系统行业龙头企业如汇川已在上位机领域进行产业布局。

3.1.3 中国伺服系统行业市场规模

工业 4.0 时代的到来不仅为中国制造业的转型升级提供助力，也为中国伺服系统行业创造了巨大发展空间。在工业机器人、高端医疗器械、新能源等多个领域需求的推动下，伺服系统的应用场景不断拓展。根据数据显示，中国伺服系统市场规模由 2014 年的 59.3 亿元上升至 2018 年的 119.3 亿元，年复合增长率为 19.1%（见图 3-4）。随着中国人口老龄化的进一步加剧，人口红利逐渐消退，人力成本逐年上升，传统工业尤其是制造业对自动化产线设备的需求将始终保持增长态势。预计到 2023 年，中国伺服系统市场规模将达到 353.5 亿元。

图 3-4 中国伺服系统市场规模，2014-2023 年预测



来源：头豹研究院编辑整理

3.1.4 中国伺服系统行业竞争格局

由于中国伺服技术起步晚，科研水平相对落后，因此中国伺服系统市场长期以来被外资品牌占据主导地位。数据显示，目前日系品牌在中国伺服市场占有率高达 45%，德系品牌占有率为 20%，中国国产品牌进口替代发展空间巨大。

通过多年的技术开发，中国自主开发的伺服系统产品已完全覆盖中低端应用场景，在高端伺服产品市场已接近日、德系企业的水平。同时相较于国外产品，中国国产品牌拥有价格优势，产品价格平均低 15%-30%。目前本土企业的市占率正逐年稳步提高，本土企业积极与行业下游企业合作开发定制化、一站式的解决方案，如医疗、食品包装等细分市场，从提供产品向提供行业解决方案转变，向附加值更高的领域纵深发展。

参与中国伺服系统行业的外资品牌包括：安川、松下、三菱、西门子、施耐德等，在脉冲频率、分辨率、响应速度和精度等方面处于世界一流水平；本土品牌包括汇川、埃斯顿以及台系品牌台达、东元（见图 3-5）。

图 3-5 中国伺服系统行业头部企业

企业	企业图标	国家	经营情况
博世力士乐	rexroth A Bosch Company	德国	• 2018年与埃斯顿工件的机器人智能工厂项目正式投产，预计建成后将实现产能提升8倍，交货周期缩短6成
伦茨	Lenze	德国	• 1997年在中国北京设立办事处，正式进入中国市场 • 2007年，在中国上海设立了全资子公司，伦茨（上海）传动系统有限公司 • 在上海临港新城重装备区建成了生产基地和物流中心，并在全国12个地方设立销售办事处
发那科	FANUC	日本	• 2019年4月发布在日本投资新厂房计划，新厂房将用于进行机器人的伺服马达零件加工与伺服马达组装，预计可将生产效率提升20%
三菱		日本	• 于2018年4月投入最先进设备，实现产能170%提升，伺服系统月产增至48万台
西门子	SIEMENS	德国	• 2018年，面向中高端应用推出全新伺服驱动系统
罗克韦尔	Rockwell Automation	美国	• 2017年推出最新一代伺服电机，可实现长时间提供高速连续扭矩
松下	Panasonic	日本	• 推出的小型交流伺服电动机和驱动器颇受市场欢迎，其中大惯量系列适用于数控机床，中惯量系列适用于机器人
安川	YASKAWA MOTOMAN ROBOTICS	日本	• 2017年启动第三期工厂建设，增设了伺服驱动器产线
台达	DELTA	中国	• 2018年集团总营收达90.8亿美元 • 2019年8月推出高性能伺服驱动系统ASDA-B3系列
汇川	INOVANCE	中国	• 中国国内最大的伺服系统供应商 • 高性能伺服系统现有产能为5万套/年

来源：头豹研究院编辑整理

3.1.5 中国伺服系统行业典型企业分析

3.1.5.1 广州数控设备有限公司

3.1.5.1.1 企业概况

广州数控设备有限公司（以下简称“广州数控”）成立于 1991 年，主要从事机床数控系统、伺服驱动系统、自动化控制系统、工业机器人等产品的研发、制造，以及为用户提供自动化制造全过程解决方案。2006 年，广州数控开始自主创新立项研发工业机器人。广州数控是国家科技重大专项、国家 863 科技计划项目、国家智能制造专项承担单位。2018 年 07 月 12 日，由广州数控牵头承担的国家重点研发计划“智能机器人”重点专项项目《工业机器人伺服电机与驱动产品性能优化》启动与实施方案论证会在广州召开。

3.1.5.1.2 产品介绍

广州数控拥有 6 大类产品，分别是数控系统、伺服驱动与电机、工业机器人、全电动注塑机、数控机床及职教产品（见图 3-6）。

图 3-6 广州数控产品



来源：广州数控公司官网，头豹研究院编辑整理

（1） 伺服驱动产品有 6 大系列，其中 GSK GR 系列伺服驱动单元产品集成了目前行业先进的伺服控制和补偿技术，具有响应速度快、动态特性好、控制精度高、过载能力强的特点，可广泛应用于金属切削机床、激光加工机床、木工加工机床等各种加工机械以及自动化设备的电机驱动；

（2） 电机产品有 8 大系列，针对机器人应用场景推出了机器人专用交流伺服电动机，该电机采用高性能稀土永磁材料，具有电磁噪声低、运行平稳、过载能力强、寿命长的特点。

3.1.5.1.3 竞争优势

（1） 技术优势

广州数控拥有 20 多年工业控制技术研发和制造经验，自主研发生产了具有完全自主知识产权的工业机器人，以及机器人控制器、伺服电机和伺服驱动等关键零部件。作为“国家智能制造装备发展专项”承担企业，广州数控自主研制的工业机器人品质和技术指标处于行

业前列，可根据用户需求提供标准化、个性化的机器人产品，以及机器人自动化应用所需的工装夹具、物流输送线等相关设计、制作服务。广州数控现拥有 83 项专利，其中 16 项为发明专利、29 项为实用新型专利、38 项为外观专利。

（2） 认证优势

为加强工业机器人产品质量管理，规范行业市场秩序，维护用户合法权益，保护工业机器人本体生产企业和工业机器人集成应用企业科技投入的积极性，2018 年 6 月 15 日，中国工业和信息化办公厅于对中国首批符合《工业机器人行业规范条件》的企业名单进行公示，广州数控为入选企业之一，这表明广州数控的综合条件、产品质量保证能力、研发创新能力、人才队伍实力等方面得到了权威认证。

3.2 减速器

3.2.1 中国减速器行业定义与分类

减速器是一种应用广泛的减速传动装置，可将传动设备在高速运转时的动力，通过输入轴上的小齿轮啮合输出轴上的大齿轮，以达到降低转速和增大转矩的目的。

减速器种类繁多、型号各异，按照控制精度，减速器可分为一般传动减速器和精密减速器：

（1） 一般传动减速器控制精度低，可满足通用机械设备基本的动力传动需求；

（2） 精密减速器精度高、使用寿命长、回程间隙小、可靠性高，适用于精密控制需求高的工业机器人、数控机床、航空航天等高端领域。

工业机器人领域常用的减速器为 RV 减速器和谐波齿轮减速器。

① RV 减速器：

图 3-7 RV 减速器示例

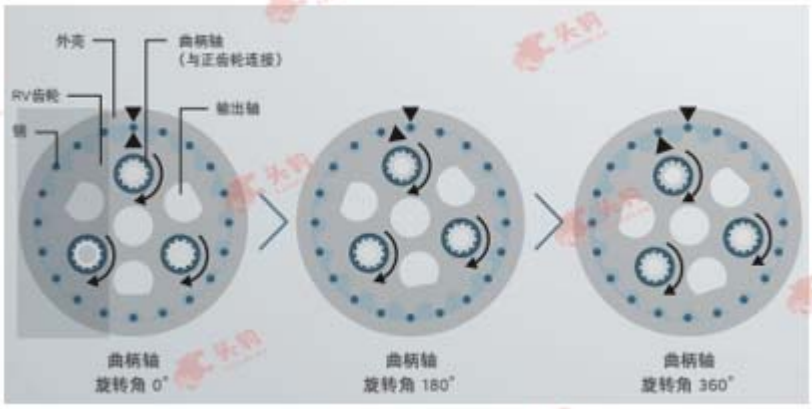


来源：纳博特斯克公司官网，头豹研究院编辑整理

根据 GB/T 34897-2017《滚动轴承 工业机器人 RV 减速器用精密轴承》定义，RV（Rotary Vector）减速器是旋转矢量减速器的简称，是由一个行星齿轮减速机的前级和一个摆线针轮减速机的后级组成、传动比大，且在一定条件下具有自锁功能的传动机械。

RV 减速原理：RV 传动是传统摆线针轮和行星齿轮传动装置的混合，可分为三层，针轮层、RV 齿轮层、芯轴层，每层皆可独立旋转。RV 减速器具有两级变速：①正齿轮变速：由太阳轮和行星轮实现的齿轮变速；②差动齿轮变速：当行星轮带动曲轴旋转时，曲轴上的偏心段带动 RV 齿轮旋转。

图 3-8 RV 减速原理



来源：纳博特斯克公司官网，头豹研究院编辑整理

② 谐波齿轮减速器：

图 3-9 谐波齿轮减速器示例

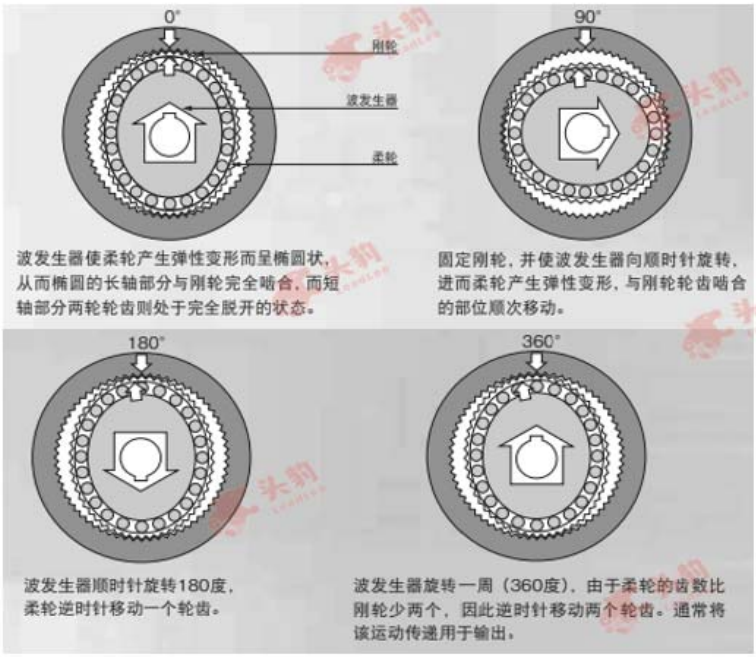


来源：哈默纳科公司官网，头豹研究院编辑整理

根据 GB/T 30819-2014《机器人用谐波齿轮减速器》定义，谐波齿轮减速器是一种由波发生器、柔轮、钢轮三部分构成，靠波发生器使柔轮产生可控弹性变形波，且通过与钢轮的相互作用，以实现运动和动力传递的传动装置。谐波齿轮减速器的输入和输出转向相反，即波发生器输入，钢轮固定，柔轮输出；或柔轮固定，钢轮输出。

谐波减速原理：当波发生器被放入柔轮内圆时，柔轮产生弹性变形，弯曲成椭圆状，长轴部分钢轮和齿轮啮合，在短轴部分完全与齿轮呈脱离状态。当波发生器持续转动时，迫使柔轮不断发生变形，使两轮轮齿在进行啮入、啮合、啮出、脱出的过程中不断改变各自的工作状态，产生错齿运动，从而实现了主动波发生器与柔轮的运动传递。

图 3-10 谐波减速原理

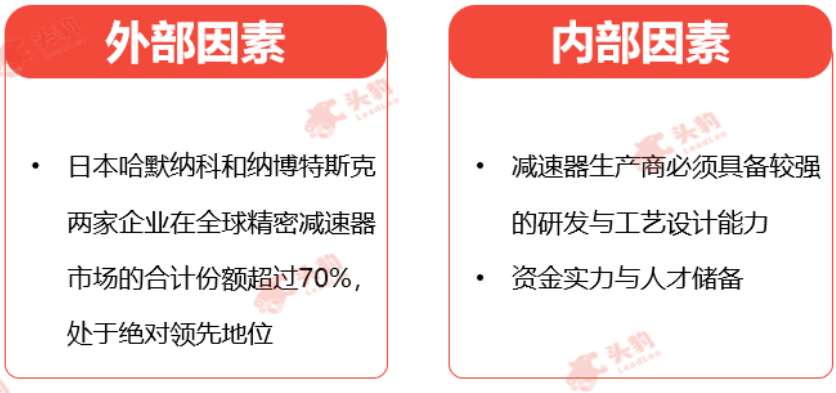


来源：哈默纳科公司官网，头豹研究院编辑整理

3.2.2 中国减速器行业应用现状

精密减速器是工业机器人的核心零部件，当前中国在这一领域的发展受到两个方面的影响（见图 3-11）：

图 3-11 减速器应用现状



来源：头豹研究院编辑整理

（1） 外部因素：由于日本哈默纳科和纳博特斯克两家企业在全球精密减速器市场的合计份额超过 70%，处于绝对领先地位，产品性能优越且种类齐全。中国减速器生产商作为精密减速器领域的新进入者，在参与市场竞争时面临极高的进入壁垒；

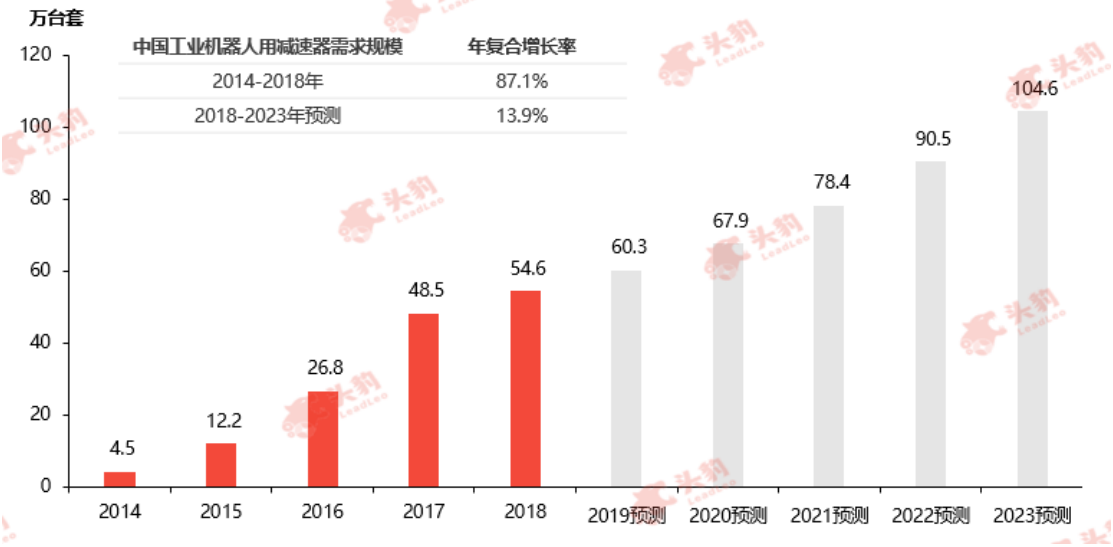
（2） 内部因素：精密减速器这类高端产品技术壁垒极高，减速器生产商必须具备较强的研发与工艺设计能力。其次，从精密减速器的试制到真正完成通常耗时数年，对减速器生产商的资金实力与人才储备提出了挑战。

整体而言，由于工业机器人关键零部件发展地位的提升，减速器作为关键技术待突破领域，受到了市场的广泛关注。国产减速器生产商对产品设计研发的重视程度增强，减速器产能已有所提升，在一般传动减速器领域已实现了对进口产品的替代，但在精密减速器领域，市场仍处于由外资企业主导的局面，这将成为中国减速器行业未来进行突破的主要方向。

3.2.3 中国减速器行业市场规模

随着“智能制造”战略思想的深入实施，传统制造业自动化改造需求愈加强烈。在制造业转型升级的重大机遇下，工业机器人应用逐渐受到重视，地位不断攀升。在过去五年内，基于中国人口红利逐渐减少和劳动力成本日益上涨的局面，工业机器人在促进下游产业高效发展、提高生产精度和效率方面起到重要作用。减速器是工业机器人关键零部件，也是决定工业机器人性能与质量的重要因素。2014 年至 2018 年间，由于工业机器人行业投资旺盛，减速器生产商的研发热情高涨，中国工业机器人用减速器需求规模由 4.5 万台套升至 54.6 万台套，年复合增长率达 87.1%(图 3-12)。预计未来五年，受中美贸易摩擦升级、全球经济下行压力增大等因素影响，中国制造业的发展将面临较大阻力，减速器行业将受到下游市场放量不足的影响而保持相对缓和的增长态势，到 2023 年，中国工业机器人用减速器需求规模将有望超过 100 万台套。

图 3-12 中国工业机器人用减速器需求规模，2014-2023 年预测



来源：头豹研究院编辑整理

3.2.4 中国减速器行业竞争格局

中国减速器行业已形成了由外资品牌主导，国产品牌追赶的竞争格局。依托极强的产品优势，日本纳博特斯克与哈默纳科两家减速器生产商在全球精密减速器市场份额超过 70%，进入中国 RV 减速器、谐波减速器市场后，迅速形成了强大的市场竞争力。随着中国机器人产业的迅速崛起，机器人用关键零部件的投资热度持续升温，国产减速器生产商迎来了黄金发展机遇。由于国产减速器的价格优势明显，国产减速器市场地位逐步凸显，产能与出货量齐升。

在 RV 减速器领域，上市企业居多，主要的国产减速器企业包括浙江双环、中大力德、南通振康、秦川机床、上海力克精密等。目前各大国产 RV 减速器企业处于扩大产能的过程中，以秦川机床为例，据其 2018 年年度报告显示，2018 年秦川机床实现了机器人减速器销售收入 141%的增长，2018 年底已达到各种型号混合生产 2,000 台/月的产能，可满足 5kg 到 800kg 机器人的选配需求。在谐波齿轮减速器领域，上市企业较少，主要的国产减速器企业包括苏州绿的、来福谐波、北京谐波、中技克美等（见图 3-13）。

图 3-13 中国减速器行业头部企业

	企业	企业图标	经营情况
RV减速器	纳博特斯克	Nabtesco RV Precision Equipment Company	• 2018年计划新增产能20万台/年，形成年产40万/台的产能 • 在RV减速器领域处于垄断地位
	浙江双环	双环传动	• 2018年和埃夫特签订一万台订单 • 2018年3月起，每月产量2,000余台
	中大力德	ZD 中大力德	• 2018年与勃朗特签署3万台RV减速器和5万台行星减速器购销合同 • 正在推进年产20万台精密减速器生产线项目
	南通镇康	ZK	• 当前产能3万台/年 • 计划到2021年，减速器产能达到10万台/年
	秦川机床	QCMT&T GROUP	• 产品销往安川、广州数控等机器人生产企业 • 2018年实现机器人减速器销售收入141%的增长，2018年年底减速器产能已达到2,000台/月
谐波齿轮减速器	哈默纳科	哈默纳科®	• 计划到2020年，把减速器的月产能提高至近30万台，达到目前的约3倍 • 在谐波齿轮减速器领域处于垄断地位
	苏州绿的	绿的谐波 leaderdrive®	• 于2017年启动60万台谐波减速器生产基地的建设，打造谐波减速器智能化生产线。2018年下半年已经投入使用，预计到2020年，减速器产能将增加到年产80万台的规模
	来福谐波		• 2018年获6千万B轮融资，累计已完成近亿元融资 • 预计2019年第一轮扩产实现月产2万套目标
	北京谐波	BHDT®	• 成立于1983年,具有长期的关于谐波齿轮传动技术的研发及为用户服务的丰富经验
	中技克美	CTKM	• 于2015年涉足机器人行业，在2017年7月挂牌新三板上市，成为第一家登陆资本市场的谐波减速器企业

来源：头豹研究院编辑整理

3.2.5 中国减速器行业典型企业分析

3.2.5.1 苏州绿的谐波传动科技股份有限公司

3.2.5.1.1 企业概况

苏州绿的谐波传动科技股份有限公司（以下简称“苏州绿的”）自 2003 年起从事机器人用精密谐波减速器研发。2010 年，苏州绿的制造出满足工业机器人使用标准的精密谐波减速器，并开始在海内外多家机构进行检验、测试。2012 年，苏州绿的基本完成减速器内部各项测试。2013 年，苏州绿的陆续推出 14 个系列近百种谐波减速器，当年实现产销量 3,000 台。2018 年，苏州绿的精密谐波减速器销量突破 12 万台。

3.2.5.1.2 产品介绍

苏州绿的拥有 6 大减速器产品系列，共 93 种减速器产品。

图 3-14 苏州绿的 LCD 系列谐波减速器



来源：苏州绿的公司官网，头豹研究院编辑整理

（1） LCD 系列减速器柔轮为超薄杯状结构，整机设计采用超扁平结构，拥有体积小、重量轻特点，主要作为机器人末端关节及客户端减速器使用。

（2） LCS 系列和 LCSG 系列减速器柔轮为杯形标准筒结构，一般采用刚轮端固定，柔轮端输出的连接方式使用，根据连接方式的不同可再细分为 LCS-I/LCSG-I 系列和 LCS-II/LCSG-II 系列：①LCS-I/LCSG-I 系列减速器输入轴直接与波发生器内孔配合，通过平键连接；②LCS-II/LCSG-II 系列减速器输入轴通过十字滑块联轴器与波发生器内孔连接。

（3） LHD 系列减速器柔轮为超薄中空翻边结构，整机设计已达到扁平的极限，适用于对减速器有苛刻厚度要求的使用场景。

（4） LHS 系列和 LHSG 系列中的代表为 LHS-I/LHSG-I 系列，其减速器柔轮为中空翻边形标准筒结构，整机结构紧凑，输入轴直接与波发生器内孔配合，通过平键连接。此类减速器既可采用刚轮端固定，柔轮端输出的连接方式使用，亦可转换使用。

3.2.5.1.3 竞争优势

（1） 研发优势

精密谐波传动装置研发和设计难度大，这要求企业保持研发投入的持续性。苏州绿的拥有的研发团队人员超过 100 人，每年用于谐波传动的研发经费超过 2,000 万。除自建研发中心外，苏州绿的还与国内外多家高校及科研机构合作，在谐波传动领域已拥有 40 余项国家专利。经过多年的研发，苏州绿的谐波减速器在精度、寿命、稳定性及噪音等方面均达到或超越国外同类产品水平。

（2） 技术优势

苏州绿的是国产谐波减速器生产商中技术发展水平较高的企业，依托长期积累的技术研发经验，承担了 GB/T 30819-2014《机器人用谐波齿轮减速器》、《小模数精密齿轮传动装置试验方法》(20141912-T-469)、GB/T 34884-2017《滚动轴承工业机器人谐波齿轮减速器用柔性轴承》等国家标准的编制任务。通过参与编制国家标准，苏州绿的在此前积累的市场渠道和客户资源优势上进一步提升了行业地位。

3.2.5.2 北京宏远皓轩谐波传动科技有限公司

3.2.5.2.1 企业概况

北京宏远皓轩谐波传动科技有限公司（以下简称“宏远皓轩”）成立于 2007 年，是一家集精密谐波传动减速器研发、设计、生产与销售于一体的科技企业。2009 年，宏远皓轩制造出第一台机器人专用谐波减速器原型机。2012 年，宏远皓轩正式将总共 12 个系列、上百种谐波减速器推向市场。2014 年，宏远皓轩减速器产销量突破万台目标。2016 年，宏远皓轩的减速器产品开始进入韩国、印度、新加坡等海外市场。目前，宏远皓轩年生产能力可达 3 万台套谐波减速器。

3.2.5.2.2 产品介绍

宏远皓轩目前拥有 8 大减速器产品系列、100 余种减速器产品。

图 3-15 宏远皓轩 XBHY-B 型谐波减速器



来源：宏远皓轩公司官网，头豹研究院编辑整理

此外，宏远皓轩还为日本哈默纳科公司提供各种规格型号谐波减速器以及电机套装和非标准机型的设计与制作服务。宏远皓轩的谐波传动减速器具有传动比范围广、承载能力大、运动精度高、稳定性较好、噪声小等特点，可广泛应用于各类轻型工业机器人、机械手臂、精密包装机械、半导体制造装置、航空航天机器、数控机床等精度要求较高的领域。

3.2.5.2.3 竞争优势

（1） 产品优势

宏远皓轩每年将销售额的 20%用于新产品、新技术的研发，目前已研制出 13 款谐波减速器产品。通过自建研发中心、从国外购买世界一流的生产和检测设备，宏远皓轩将谐波减速器的年生产能力提高至 3 万台套。宏远皓轩自主研发的工业机器人手臂关节专用谐波减速器经过全球多家主流工业机器人企业测试和使用后，获得良好的市场反馈，其产品除在中国大陆地区销售外，还远销香港、台湾地区，以及美国、韩国、俄罗斯、新加坡等国家。

（2） 技术优势

依托宏远皓轩的自主研发能力，谐波减速器产品性能不断提升。其中，新一代的谐波减速器齿形已申请专利。相对于传统渐开线齿形柔齿和刚齿啮合，双圆弧 U 型齿形不容易产生齿轮过早磨损的问题，减速器使用后精度背隙可达 10 秒以内，噪音可控制在 30 分贝以内，理论设计寿命可达 3 万个小时，输出扭矩是传统产品的 2 倍以上。

3.2.5.3 深圳市大族精密传动科技有限公司

3.2.5.3.1 企业概况

深圳市大族精密传动科技有限公司（以下简称“大族精密”）为大族激光科技产业集团有限公司下属子公司，成立于 2015 年，主要从事精密减速器及装置、机器人系统、机电一体化设备的研发、生产及销售。自 2010 年起，大族集团开始组建研发团队，对工业机器人领域谐波传动技术进行研究。2012 年，大族精密设计制造出第一台谐波减速器的原型机，在试生产阶段用于内部机器人测试检验。自 2017 年 2 月起，大族精密相继推出 6 种系列 100 多款谐波减速器，正式进入减速器市场。

3.2.5.3.2 产品介绍

大族精密拥有 4 大减速器产品系列，共 50 种减速器产品。

图 3-16 大族精密 HMCS-I 系列谐波减速器



来源：大族精密公司官网，头豹研究院编辑整理

（1） HMCS 系列减速器柔轮为杯型标准结构，具有无齿隙、输入输出同轴以及优良的

定位精度和旋转精度。

（2） HMHS 系列减速器柔轮为中空翻边形标准结构，波发生器凸轮中部有大口径中空轴孔，减速器内部设计有支撑轴承，全密封结构，便于安装，适用于需从减速器中心穿线的场合。

（3） HMCD 系列减速器采用超扁平结构，具有轻量紧凑的特点，适合作为机器人末端关节及客户端减速器使用。

（4） HMHD 系列减速器是扁平极限的典型产品，与 HMHS 系列相比，其轴向长度缩短了约 50%，可满足平坦设计的应用需求。

3.2.5.3.3 竞争优势

（1） 资源优势

大族精密的母公司大族激光集团是亚洲最大、世界前三的工业激光加工设备生产企业，于 2004 年在深圳证券交易所上市。依托于大族激光集团的资源和背景，大族精密传动近年来发展迅速，具备良好的人才资源和研发机制，其推出的谐波减速器产品广泛应用于航空航天、通信设备、机器人、半导加工设备、医疗设备、检测分析设备等领域。

（2） 技术优势

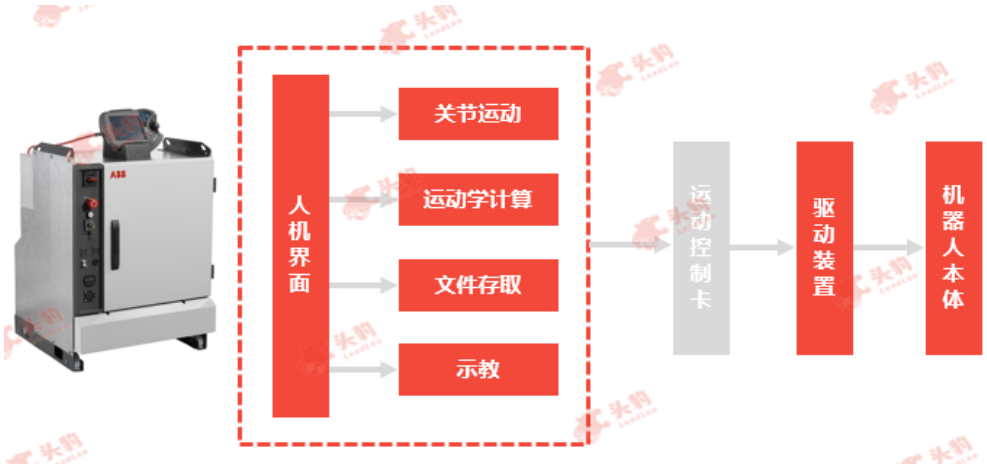
大族精密重视技术实力的提升，其研发及管理人员水平较高，为公司研发水准提供保障。在加工设备方面，大族精密从国外引进了一批世界一流的加工、检测设备以保证产品性能。此外，大族精密传动还和深圳先进技术研究院、安徽工业大学等院校建立了紧密的产学研合作关系，提升科技成果转化率。

3.3 控制器

3.3.1 中国控制器行业定义与分类

机器人控制器是与机器人本体相连，能够接收用户指令、并控制机器人本体动作的装置，相当于机器人的“大脑”（见图 3-17）。

图 3-17 机器人控制系统结构



来源：ABB 公司官网，头豹研究院编辑整理

根据机器人控制系统结构划分，机器人控制器可分为三大类型：封闭型、开放型和混合型：

（1） 封闭型控制器的接口无法与不同企业生产的软件、硬件结合，进行系统集成时依赖于特定设备；

（2） 开放型控制器则采用标准化接口和模块化结构设计，不同企业之间的零部件可以自由组合；

（3） 混合型控制器则是前两种控制类型的结合体，目前工业机器人控制系统主要以封闭型和混合型为主。

机器人控制器的工作模式可分为远程和本地，在同一时间两种工作模式只能选择其一：

（4） 在远程工作模式下，控制器设备仅接收来自远程通信网络的命令信息并执行相应操作，但可通过远程网络或者本地通信网络发送状态信息；

（5） 在本地工作模式下，控制器设备仅接收来自本地网络的命令信息，但可通过远程网络或者本地通信网络发送状态信息。

常用的远程通信网络包括工业以太网、CAN等，控制器可通过远程通信网络连接PLC、工业计算机或者其他机器人控制器。常用的本地通信网络包括RS-232、以太网等，控制器可通过本地网络连接手控盒等操作装置。

由于工作复杂程度高、下游应用广泛，工业机器人对运动控制系统的要求远高于一般机器人。因此，高速度、高精度的运动控制系统是工业机器人具备抗干扰能力强、承载力度大、可控性强、灵活度高等能力的有效保障。

当前 PLC（Programmable Logic Controller，可编程逻辑控制器）技术在工业机器人控制系统中的应用不断加深。PLC 技术是一项控制能力强、抗干扰性能强及应用灵活的工业控制技术。基于 PLC 技术的控制系统具备三大优势：

（1） **适应能力强：**通过修改编程算法或接线的方式就可以更加灵活地控制机器人，从而使机器人适用于复杂多样的工作环境中；

（2） **可靠性强：**硬件接线方面比较简单，网络通讯功能强大，通过网络便可对机器人进行控制与管理，抗干扰能力强；

（3） **操作简便：**有利于实现工业机器人高度集成操作、各轴之间协调控制、电机闭环控制，并且支持多种协议，可实现工业机器人与其他工业设备的集成控制。

3.3.2 中国控制器行业应用现状

控制器包括硬件和软件两部分，硬件部分国产品牌已经基本掌握，但在软件控制算法的

成熟度方面，国产品牌与国际品牌如贝加莱、倍福、西门子还有较大差距。进口控制器的设计方案明显优于国产控制器，单价也较高，数据显示，进口控制器单价大多在 1 万元以上，国产控制器价格则在 5,000-8,000 元之间。据统计，受限于工业机器人对运动技能要求较高，尤其是控制器可靠性、安全性要求标准较高的多关节机器人，中国 80%的工业机器人采用进口控制器，（见图 3-18）。

图 3-18 中国控制器市场消费占比（工业机器人领域），2018 年



来源：头豹研究院编辑整理

但对于轴数少、运动范围小、运动速度要求不高的 SCARA 机器人而言，国产运动控制器已可满足日常工作的要求，因此 SCARA 机器人控制器一般由机器人本体制造商自行开发，不考虑使用进口控制器。大部分中国控制器企业只生产通用控制器，专注于在工业机器人控制器领域的企业数量较少，如众为兴、埃斯顿、台达等。由于进入该领域的时间较晚，且控制器功能开发遵循从简单到复杂的步骤，中国控制器品牌正处于不断加强软件开发能力的阶段。

3.3.3 中国控制器行业市场规模

受益于过去五年中国工业机器人行业的快速发展，工业机器人产业链日益成熟，中国在机器人控制器软硬件方面的开发实力不断增强，2014 年-2018 年期间，中国控制器（工业

机器人领域）市场规模由 2014 年的 1.0 亿元大幅上升至 2018 年的 11.8 亿元，年复合增长率为 87.1%（见图 3-19）。2018 年至 2019 年期间，由于工业机器人的产量增速放缓，导致控制器的需求量有所减少，但未来随着工业机器人下游行业的景气度回升，工业机器人配套产业链的各个环节市场需求有望增长，尤其是作为工业机器人三大核心零部件之一的控制器行业，其发展受到了中国政府的高度关注。预计未来五年，本土机器人本体制造商在高端复杂机器人控制算法方面将持续突破，控制器的国产化率提升存有巨大空间，到 2023 年，中国控制器（工业机器人领域）市场规模有望达到 19.6 亿元。

图 3-19 中国控制器（工业机器人领域）市场规模，2014-2023 年预测



来源：头豹研究院编辑整理

3.3.4 中国控制器行业竞争格局

中国工业机器人控制器已形成以外资企业为主导，本土企业后程发力追赶外资企业的竞争格局。工业机器人控制器领域 80%的市场份额由外资企业占据，本土企业话语权较弱。

工业机器人控制器领域的头部企业可大致分为两大梯队（见图 3-20）：

（1） 第一梯队：以贝加莱、倍福、西门子、KEBA、安川、三菱等为代表的外资企业，在运动控制算法开发方面具备技术优势，控制器产品的可靠性、稳定性、安全性强，

且拥有良好的市场口碑，竞争优势明显；

（2） 第二梯队：以众为兴、新时达、埃斯顿、台达等为代表的本土企业，此类企业在研发 SCARA 机器人的同时也自行开发运动控制器，控制器产品已实现对中国 SCARA 机器人领域的全面覆盖，但在多关节机器人领域，本土企业仍缺乏核心竞争力。近年来，本土企业在持续提高机器人控制技术自主开发能力的同时也加快了并购步伐。其中，具有代表性的事件为埃斯顿收购英国 TRIO 翠欧。2017 年 2 月，埃斯顿的全资子公司鼎控以 1,550 万英磅收购英国 TRIO（翠欧）公司 100%股权。后者为全球领先的运动控制器企业之一，主要产品为多轴型运动控制器及运动卡、机器人控制器、人机交互触摸屏及输入输出模块，通过这次收购，埃斯顿弥补了在多轴型运动控制器开发层面的不足，有效补齐了短板，具备提供复杂运动控制解决方案及高附加值产品的能力，有助于持续增强自身的市场竞争优势。2018 年上半年，埃斯顿运动控制系统收入约 1.6 亿元，同比增长 85.3%。此外，众为兴 SCARA 机器人和机器人控制器在 2018 年呈现 30%的增长。

图 3-20 中国控制器行业领先企业



来源：头豹研究院编辑整理

3.3.5 中国控制器行业典型企业分析

3.3.5.1 深圳众为兴技术股份有限公司

3.3.5.1.1 企业概况

深圳众为兴技术股份有限公司（以下简称“众为兴”）成立于 2002 年，是一家从事运动控制技术和工业机器人相关产品研发、生产、销售的科技企业。众为兴是上市公司新时达集团的子公司，拥有近 500 名员工，其中研发团队人员数量超过 200 人。2006 年，众为兴开始研发工业机器人控制系统，是中国最早从事工业机器人研究的企业之一。2014 年，众为兴推出驱动一体工业机器人控制系统，对中国工业机器人领域里的其他企业起到引领作用。

3.3.5.1.2 产品介绍

众为兴产品线覆盖了运动控制、伺服驱动、直线电机、机器视觉、工业机器人等领域（见图 3-21）。

图 3-21 众为兴产品线



来源：众为兴公司官网，头豹研究院编辑整理

众为兴共拥有六款运动控制产品，大部分基于 PCI 或 PCI-E 总线接口，其中 PCI-E 是新一代 I/O 接口标准，具有数据传输速率高、兼容性强的优势。众为兴的工业机器人以

SCARA 机器人为主，其控制系统的硬件体积、重量相较之前版本减少了 30%以上，核心控制芯片运算性能提升 50%以上；在软件层面上，其控制系统拥有更高精度视觉标定技术和动态抓取技术，控制层和伺服驱动层结合更加紧密、稳停更快、轨迹更准。

3.3.5.1.3 竞争优势

（1） 技术优势

众为兴是中国领先的运动控制解决方案提供商，其运动控制系列产品在行业具有较强市场竞争力。众为兴积累了十多年的自主研发经验，已掌握运动控制领域的多项关键核心技术，其中包括多轴同步控制技术、高速高精运动控制技术、基于总线的运动控制技术、伺服驱动技术等运动控制平台技术。截至目前，众为兴拥有 64 项软件版权及近百项发明专利，技术优势较强，已成为中国乃至全球运动控制行业的代表性品牌。

（2） 市场优势

众为兴参与了交流伺服驱动器、CNC 数控机床系统、机器视觉、工业机器人等众多国家标准、行业标准的起草和制定，市场领先地位逐步显现。众为兴现已在中国多个重点城市设立了联络处及服务中心，并逐步建立面向全球的销售服务网络，产品已远销欧美、中东、东南亚、香港和台湾等 103 个国家和地区，市场优势得以增强。

3.3.5.2 南京埃斯顿自动化股份有限公司

3.3.5.2.1 企业概况

南京埃斯顿自动化股份有限公司（以下简称“埃斯顿”）前身为南京埃斯顿数字技术有限公司，成立于 2002 年 2 月，2015 年在深圳证券交易所上市。埃斯顿主要从事高端智能机械装备及其核心控制和功能部件研发、生产和销售，主要产品包括应用于金属成形机床的

数控系统、电液伺服系统、广泛适用于各种机械装备的交流伺服系统，以及工业机器人及成套设备等。埃斯顿于 2017 年分别收购英国 Trio（翠欧）的 100%股权和美国高科技公司 Barrett Technology 的 30%股权，通过这两次收购，埃斯顿掌握了世界先进的运动控制器技术和高端伺服系统关键技术，为进军高端机器人领域奠定了良好基础。

3.3.5.2.2 产品介绍

埃斯顿的两大核心业务为自动化核心部件及运动控制系统与工业机器人及智能制造系统，涵盖了锻压自动化、运动控制及伺服、工业机器人与智能制造系统四大产品系列（见图 3-22）。

图 3-22 埃斯顿产品系列



来源：埃斯顿公司官网，头豹研究院编辑整理

在运动控制领域，埃斯顿拥有 8 款 TRIO 运动控制产品与 2 款运动控制产品。TRIO 运动控制器最多可支持 128 轴运动，内部集成了多项运动指令（如张力控制、同步控制、运动叠加等），大幅简化了运动控制过程，所提供的运动控制解决方案效率、精度优势明显，适用于工业机器人、机床机械、电子制造设备、印刷包装等行业，满足中、大型设备多轴复杂应用的需求。

3.3.5.2.3 竞争优势

（1） 技术优势

依托多年的技术积累与行业应用实践，埃斯顿先后自主建立了数控系统、电液伺服系统、交流伺服系统、工业机器人及成套设备等核心技术平台，形成了一系列专有技术，例如，数控装置核心技术，基于数控金属成形机床控制和应用技术的电气控制系统的设计、工艺和可靠性技术，包括电液伺服控制核心技术、工业机器人设计及其专用交流伺服技术、关节精密传动技术、核心控制算法等，以及在上述技术基础上建立的为客户提供多种定制化专用自动化整体解决方案的能力，具备独特的技术竞争优势。截至目前，埃斯顿共取得 79 项专利（发明专利 20 项）、45 项软件著作权。

（2） 产品优势

在收购英国 TRIO（翠欧）公司后，埃斯顿开始向高端运动控制解决方案提供商转型。埃斯顿所开发的智能控制单元运动控制解决方案主要基于 TRIO MotionPerfect 软件将控制器、机器人、交流伺服系统、视觉系统集成为一体，通过单台 TRIO 控制器集成控制多台 SCARA/DELTA 机器人、运动控制伺服轴、逻辑控制及视觉系统，能够为客户提供一站式服务，且大幅提高了生产线的生产效率与良品率。

4 中国工业机器人核心细分行业分析

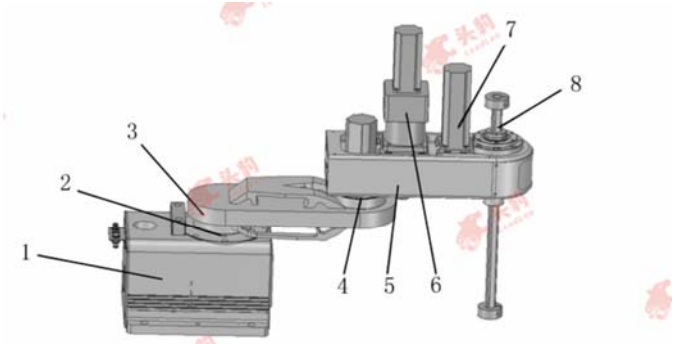
4.1 SCARA 机器人

4.1.1 中国 SCARA 机器人行业定义

SCARA（Selective Compliance Assembly Robot Arm，即选择顺应性装配机械手臂）机器人是一种平面关节型工业机器人，其结构共有 4 个关节，包括 3 个相互平行的旋转关

节，用于平面上对物体进行定位与定向，还有 1 个垂直于平面的移动关节，用于完成机器人末端件在垂直平面内的运动（见图 4-1）。SCARA 机器人在 X、Y 轴方向上具有顺从性，在 Z 轴方向具有良好的刚性，可在有限空间中作业然后收回，主要应用在 3C 电子、半导体、食品、医药等相关行业的物料搬运、装配等环节。

图 4-1 SCARA 机器人总体结构



1.基座 2.第一轴电机模块 3.大臂 4.第二轴电机模块 5.小臂
6.第三轴电机模块 7.第四轴电机模块 8.滚珠丝杆-花键轴

来源：《高速轻型 SCARA 机器人的机械结构及控制系统研究进展》，头豹研究院编辑整理

SCARA 机器人有四种驱动方式：液压驱动、气压驱动、电气驱动和机械驱动。

（1） 液压驱动：以液体为工作介质，由液动机、油罐、油马达、油泵、油箱、伺服阀等组成的驱动系统，通过将电能转换为液压能并用电磁阀改变压力油流向，从而使液压驱动执行机构进行工作。液压驱动输出功率大，具有抓取能力强，结构紧凑、节奏平稳、耐冲击等特点，但液压元件对制作精度和密封性要求高，否则会出现液体泄漏的情况。

（2） 气压驱动：以压缩空气为工作介质，由气缸、气罐、气阀等组成的驱动系统，其工作原理与液压驱动相似。气压驱动的特点是气源获取方便、结构相对简单、成本低，但如果气压过高会导致速度不易控制，因此实际使用气压较低，导致输出功率小、抓取能力较弱。

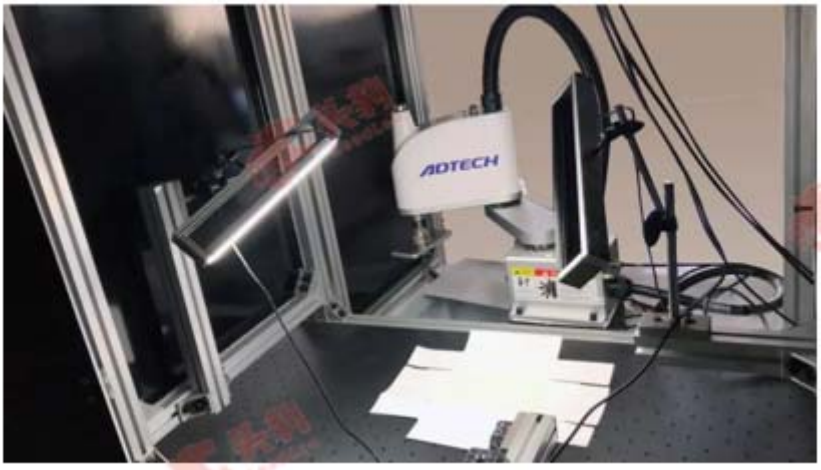
（3） 电气驱动：将电能转变为电磁力，从而驱动执行机构进行工作的驱动系统。电气驱动的特点是功率大、响应速度快、控制精度高且操作简便，也是 SCARA 机器人应用最多的一种驱动方式，驱动元件通常采用步进电机或直流伺服电机。

(4) 机械驱动：由凸轮、连杆、齿轮和齿条、间歇机构等机械传动机构组成的驱动系统，特点是动作牢靠、工作速度高，缺点是不易于调整，因此一般只用于动作相对固定的场合。

4.1.2 中国 SCARA 机器人行业发展现状

2012 年起，中国 SCARA 机器人行业开始集中发展，国产机器人企业如众为兴、台达、天太、李群自动化等在吸收、消化国外先进技术后，开始自主研发 SCARA 机器人，促进 SCARA 机器人向高精度、智能化方向发展（见图 4-2）。SCARA 机器人的特点是负载小、速度快，主要应用在快速分拣、精密装配等领域。SCARA 机器人应用最多的行业为 3C 电子行业、半导体行业、食品行业、医药行业等，其中 3C 电子行业对 SCARA 机器人的消费量最大，一条电子产品生产线所需的 SCARA 机器人可达上百台，3C 电子行业大约占据 60%的 SCARA 机器人消费量。在劳动力成本逐步上涨趋势下，食品、医药行业对使用机器人解放人力的需求愈发强烈，有望进一步刺激 SCARA 机器人市场容量释放。

图 4-2 SCARA 机器人工作场景

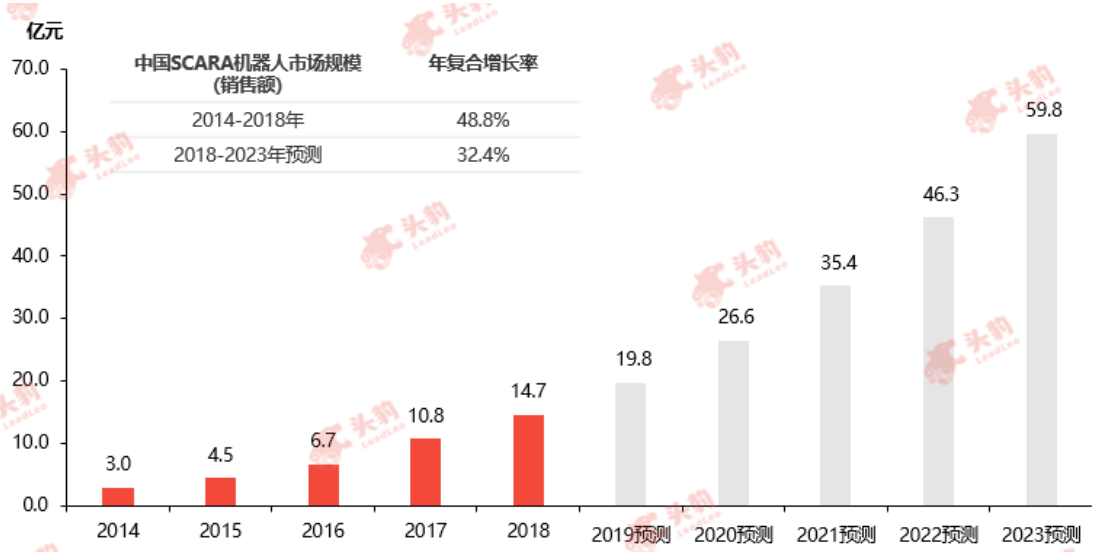


来源：众为兴公司官网，头豹研究院编辑整理

4.1.3 中国 SCARA 机器人行业市场规模

在制造业转型升级、智能制造战略实施过程中，工业机器人是实现制造业转型升级的重要工具，其发展状况得到市场重点关注。2014 至 2018 年期间，得益于汽车零部件、3C 电子、食品等劳动力密集型行业对“机器人替人”需求不断释放，中国 SCARA 机器人市场规模由 2014 年的 3.0 亿元迅速上升至 2018 年的 14.7 亿元，年复合增长率达到 48.8%，始终保持着快速增长势头（见图 4-3）。横向来看，SCARA 机器人发展增速远超六轴工业机器人增速（约 30%左右），这是因为 SCARA 机器人拥有同步精度高、效率快等优点，同时与其它工业机器人相比具有成本优势。未来在 5G 的带动作用下，5G 移动端、PC 端等新型电子装备生产制造将推动自动化设备采购需求，为 SCARA 机器人发展增添新动能，中国 SCARA 机器人市场规模将有望达到 59.8 亿元。

图 4-3 中国 SCARA 机器人市场规模（以销售额计），2014-2023 年预测



来源：头豹研究院编辑整理

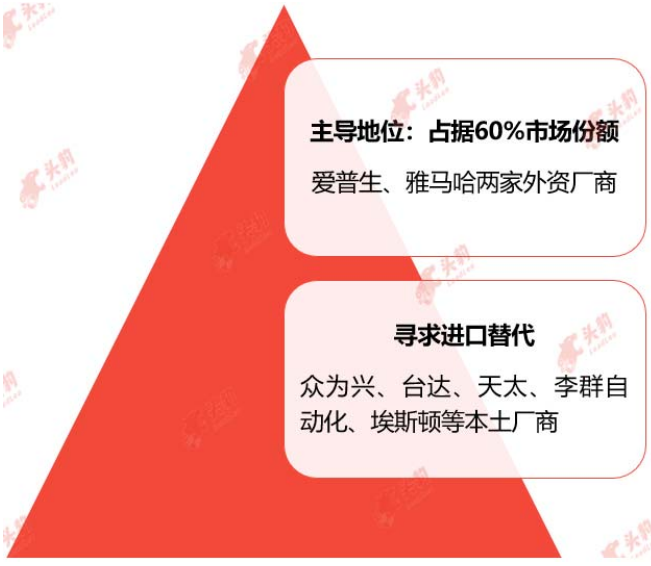
4.1.4 中国 SCARA 机器人行业竞争格局

中国 SCARA 机器人行业已基本形成爱普生、雅马哈两家外资企业主导市场竞争的格局（见图 4-4）。爱普生和雅马哈两家外资企业占据了中国 SCARA 机器人市场份额的 60%。

其中，爱普生自 2011 年起一直保持着全球 SCARA 机器人市场占有率第一的位置，其 SCARA 机器人广泛应用在 3C 电子、新能源、汽车电子等领域。大多数国产 SCARA 机器人品牌自 2012 年起开始发展，起步时间普遍晚于外资企业十余年，外资企业掌握市场先发优势以及世界先进技术，几乎覆盖了中国全品类 SCARA 机器人的销售，国产替代率只有 20%左右。目前经营状况良好、技术水平较高的国产 SCARA 机器人主流品牌主要为：众为兴、台达、天太、李群自动化、埃斯顿、图灵智造、东莞智赢、福士工业等。从出货量来看，2018 年，众为兴 SCARA 机器人出货量为 3,500 台，占国产 SCARA 机器人总出货量的 40%左右，众为兴在所有国产 SCARA 品牌中排名第一。介于外资企业已在重型工业机器人领域建立起强大优势，众为兴的经营策略为专攻被外资企业忽视的工业机器人细分领域，再从细分领域拓展到全品类机器人，主要做法为集中投入为华南地区发达的电子制造业提供 SCARA 和小六轴机器人。

据统计，2012-2018 年期间，中国 SCARA 机器人市场一直维持着外资机器人品牌垄断的竞争格局，预计随着国产 SCARA 机器人在精度与速度方面的性能不断提升，与进口 SCARA 机器人的差距将逐渐缩小，中国 SCARA 机器人领域资深技术专家表示，未来 2-3 年，国产 SCARA 机器人品牌将打破外资企业垄断，实现对进口产品的替代。

图 4-4 中国 SCARA 机器人行业头部企业



来源：头豹研究院编辑整理

4.1.5 中国 SCARA 机器人行业典型企业分析

4.1.5.1 上海图灵智造机器人有限公司

4.1.5.1.1 企业概况

上海图灵智造机器人有限公司（以下简称“图灵机器人”）是由上海交通大学于 2007 年出资组建的高新科技企业，旗下拥有创建于 1978 年的意大利 RRRobotica 子公司，已研发出多款工业化图灵机器人。在成立初期，图灵机器人主要从事智能运动控制卡和软件控制技术的研发。2011 年，基于运动控制卡和软件控制的研发成果，图灵机器人正式进入机器人整机研发领域，并于 2013 年，将自主品牌图灵机器人推向市场。2016 年，图灵机器人开始启动双臂协作机器人的研发。

4.1.5.1.2 产品介绍

图灵机器人旗下拥有 3 大产品系列，包括通用系列、SCARA 系列和焊接系列（见图 4-5）。

图 4-5 图灵机器人产品系列



来源：图灵机器人公司官网，头豹研究院编辑整理

其中，SCARA 系列有 9 款 SCARA 机器人，最大负载级别分别为 3KG、6KG 及 10KG。图灵机器人的 SCARA 机器人采用的电机均为旗下意大利 RRRobotica 电机产品，减速器为谐波传动形式，具有运动性能快、轻量紧凑、安装条件限制少的特点，适用于各种工序的自动化，在有限生产空间中的优势明显，具体可应用于 3C 电子行业的键盘装盘、LED 灯装配环节。

4.1.5.1.3 竞争优势

（1） 研发优势

图灵机器人的机器人软件控制研发主要由上海交通大学教授和博士学术带头人牵头，核心研发人员均拥有硕士以上学历及十年的运动控制算法开发经验。图灵机器人机械本体研发团队由知名外资机器人公司的研发骨干组建而成，成员均拥有十年以上的机器人行业机械本体开发经验。通过高校科研成果转化与成熟产品沉淀，图灵机器人确立了研发优势，并通过研发优势进一步保障了产品的稳定性和可靠性。

（2） 产品优势

图灵机器人通过独立自主研发核心零部件——机器人控制器和驱动软件，一方面降低了机器人控制器成本。另一方面，图灵机器人可根据用户需求进行定制化开发或联合开发，包括根据用户的要求改变机器人的涂装和标识及根据用户需求改变机器人的操作界面。针对有大量特型机器人需求的用户，图灵机器人还可提供联合开发服务，共同开发专门满足用户需求的特型机器人。

4.1.5.2 李群自动化

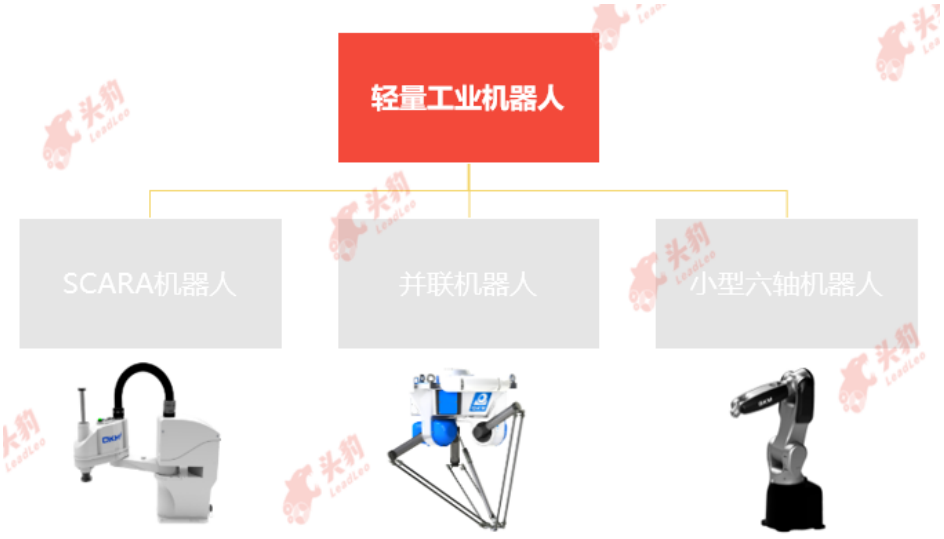
4.1.5.2.1 企业概况

李群自动化技术有限公司（以下简称“李群自动化”）成立于 2011 年，是一家从事轻量型工业机器人研发、生产、销售与应用的高新技术企业。李群自动化于 2013 年研发出全球首台驱控一体并联机器人，2014 年推出自主品牌 SCARA 机器人，2017 年推出新一代分布式驱控一体智能机器人控制器。除了提供机器人产品、服务与整体解决方案外，李群自动化还可为企业构建智能化生产系统及过程，从而提升企业制造力。李群自动化已于 2015 年完成红杉资本和明势资本的 A 轮融资，2016 年获由赛富基金领投的数千万美元 B 轮融资。2018 年 10 月，李群自动化完成亿元级 C 轮融资，由粤科金融集团、天鹰资本共同投资，将用于机器人产品研发和运营建设。

4.1.5.2.2 产品介绍

李群自动化旗下产品为轻量型工业机器人包括 SCARA 机器人、并联型（Delta）机器人、小型六轴机器人（见图 4-6）。

图 4-6 李群自动化产品



SCARA 机器人型号分为 AH3 机器人、HS20 机器人、AH 机器人三种。AH3 机器人针对小负载、小臂展应用场景，其结构紧凑，搭配分布式架构驱控一体控制器，适用于 3C 电子、汽车电子、新能源及精密仪器等产品的制造环节。HS20 机器人针对大范围工作空间和中重型负载的应用场景，满足搬运、上下料及加工需求，适用于通讯产品、玻璃制品、医药制品、大型家电、新能源等产品的制造环节。AH 机器人是李群自动化在 SCARA 机器人领域推出的全新产品，在速度、精度、稳定性及性价比等方面相比之前的版本皆有所提升，适用于 3C 电子、玻璃制品、日化品及精密仪器等产品的制造环节。

4.1.5.2.3 竞争优势

（1） 产品优势

李群自动化拥有自主品牌并联一体机、SCARA 一体机、六轴一体机，是除全球机器人巨头 ABB 外第二家拥有全品类工业机器人产品的企业，除了机器人本体外，李群自动化还将应用软件平台和智能解决方案纳入产品体系。依托在产线设计开发、工艺模块化、应用经验等方面的长期积累，李群自动化可灵活响应市场需求，为用户提供自动化解决方案，帮助用户提高生产效率。

（2） 客户优势

李群自动化联合多个行业的领先企业开展自动化生产线设计与定制。2015 年，李群自动化为月饼生产厂家利口福定制了中国业内第一条全机器人自动化月饼包装生产线，节省了80%的人力、50%的工程占地。2018 年，李群自动化联合足球制造企业硕科，推出首条足球自动化生产线，帮助硕科提升近 10 倍生产效率。其次，李群自动化已进入苹果公司的供应链，成为苹果产品自动化解决方案的供应商，在市场开拓上迎来了新突破。

4.2 并联机器人

4.2.1 中国并联机器人行业定义与分类

根据《机器人与机器人装备词汇》GB/T 12643-2013 国家标准，并联机器人是工业机器人的细分品类，指手臂含有组成闭环结构杆件的机器人。并联机器人由动平台、静平台和至少两个独立的运动支链构成，有两个或两个以上自由度。每条运动支链分别由移动副、转动副、滚珠丝杆、连杆、滑鞍、支链体和伺服电机等部件组成。各支链分别通过所属连杆一端布置的移动副与动平台相连，并由在支链体上滑动的球副和转动副与静平台相连。

与传统串联机器人的开发式结构不同，并联机器人其中一个轴的运动不会改变另一个轴的坐标原点，驱动单元与末端执行器之间用连杆等构件形成多闭环，驱动单元全部布置在一端，能量从驱动单元输入，经过支链传递到末端执行器，最终通过末端执行器如刀具、抓手等做功（见图 4-7）。并联机器人具有运动速度快、刚度大、精度高等优点，在应用上与串联机器人可形成互补，常用于集成机械设备及生产线中的高速分拣及包装环节。

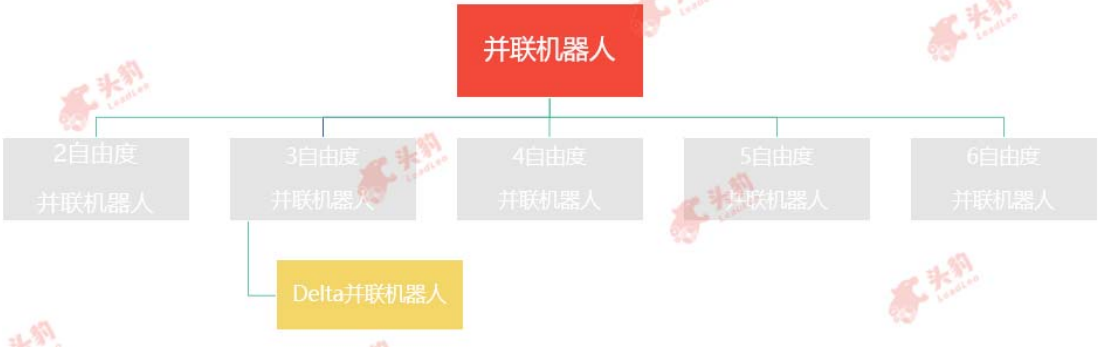
图 4-7 并联机器人结构



来源：ABB 公司官网，头豹研究院编辑整理

并联机器人种类多样，形式复杂，根据自由度差异，可分为 2-6 自由度并联机器人（见图 4-8）。

图 4-8 并联机器人类别（根据自由度划分）



来源：头豹研究院编辑整理

4.2.2 中国并联机器人行业发展现状

中国并联机器人市场主流的并联机器人为具备 3 个空间自由度和 1 个转动自由度的 Delta 机器人，业内通常称其为“3+1 轴并联机器人”。由于具有重量轻、精度高，灵活性强等特点，搭配视觉定位系统后可快速完成工件的拾取、码垛等操作，“3+1 轴并联机器人”在食品、3C 电子、制药行业受到高度关注（见图 4-9）。**从产品结构上来看，Delta 系列并联机器人占据并联机器人市场 60%-70%的比重，2 自由度并联机器人占据 20%的比重，其余并联机器人类型还未实现规模化生产。**

图 4-9 并联机器人应用场景



来源：ABB 公司官网，头豹研究院编辑整理

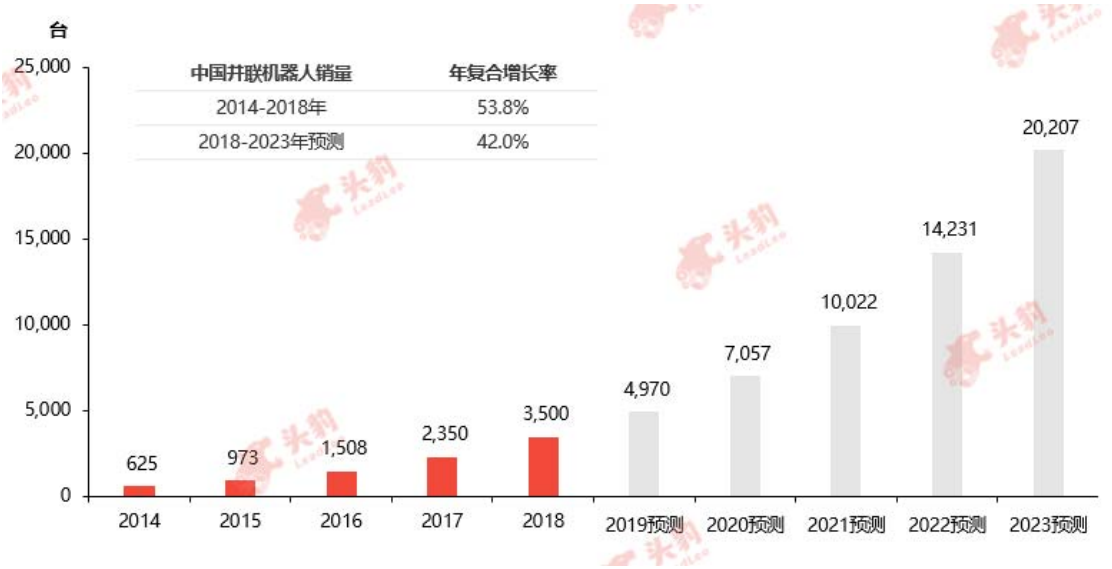
相较其它的工业机器人类型，并联机器人体量较小，2018 年在工业机器人领域销量占比仅为 2.2%，但发展势头迅猛，2018 年行业销量平均增速达 50%左右。近年来，国产并联机器人企业不断追赶国际领先并联机器人企业，基础技术实力得到充分提升，中国并联机

器人龙头企业如阿童木机器人在 2018 年销量增速达到 200%-300%。现阶段，国产并联机器人所占市场比重已超过 40%，外资并联机器人品牌市场比重呈现下降趋势。但整体而言，并联机器人正面临造价过高，而导致应用规模无法扩大的问题。与串联机器人相比，应用最多的 3+1 轴并联机器人的造价普遍在 10 万元上下，而国产串联机器人中水平关节机器人单价为 2-3 万元，进口的水平关节机器人单价在 5 万元左右。在运动速度上，并联机器人虽占优势，但水平关节机器人精度更高，且具备价格优势，下游附加值较低的行业如食品行业对水平关节机器人的接受度更高。未来并联机器人企业还需进一步寻求降低生产成本途径，以刺激下游应用企业释放需求。

4.2.3 中国并联机器人行业市场规模

随着全球制造业格局重大调整，劳动力成本不断上升，中国政府大力引导和支持并联机器人行业的发展。在中国制造业产业转型升级和工业 4.0 智能制造的大背景下，下游制造行业对并联机器人的需求正不断释放。中国并联机器人销量从 2014 年的 625 台增长至 2018 年的 3,500 台，年复合增长率达到 53.8%（见图 4-10）。得益于机器人产业长期的政策红利和机器释放人力的需求日益高涨，预计到 2023 年中国并联机器人销量有望超过 2 万台，未来五年的年复合增长率将达到 42.0%，有望成为工业机器人细分领域中增长速度最快的机器人产品。

图 4-10 中国并联机器人销量，2014-2023 年预测

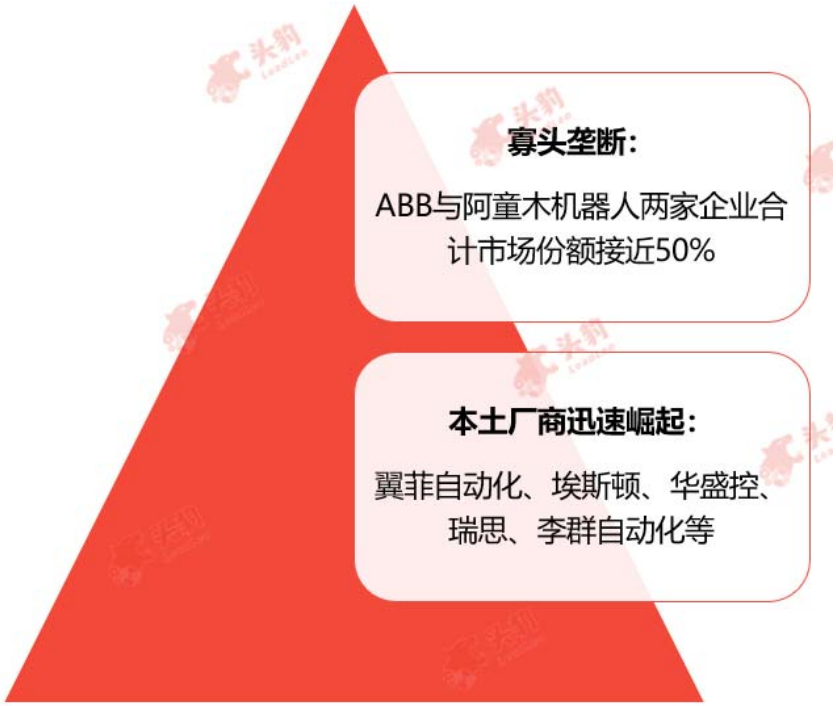


来源：头豹研究院编辑整理

4.2.4 中国并联机器人行业竞争格局

中国并联机器人行业自 2012 年后一直保持着高速发展，主流并联机器人企业数量在 10-20 家左右。在发展初期，外资并联机器人品牌占据着中国并联机器人市场的主导地位。随着国产机器人企业的崛起，国产并联机器人品牌在中国并联机器人市场的份额不断提高，2018 年国产并联机器人企业合计市场份额超过 40%，逐渐形成对外资并联机器人品牌的替代趋势。中国并联机器人市场主流的机器人品牌为 ABB、阿童木机器人、发那科、翼菲自动化、埃斯顿、华盛控、瑞思、若贝特、勃肯特、李群自动化等（见图 4-11）。2018 年，ABB 公司在中国并联机器人市场份额中的占比居于首位，其次是阿童木机器人公司，这两家企业的市场份额接近 50%，市场集中度处于较高水平。

图 4-11 中国并联机器人行业头部企业



来源：头豹研究院编辑整理

4.2.5 中国并联机器人行业典型企业分析

4.2.5.1 阿童木机器人

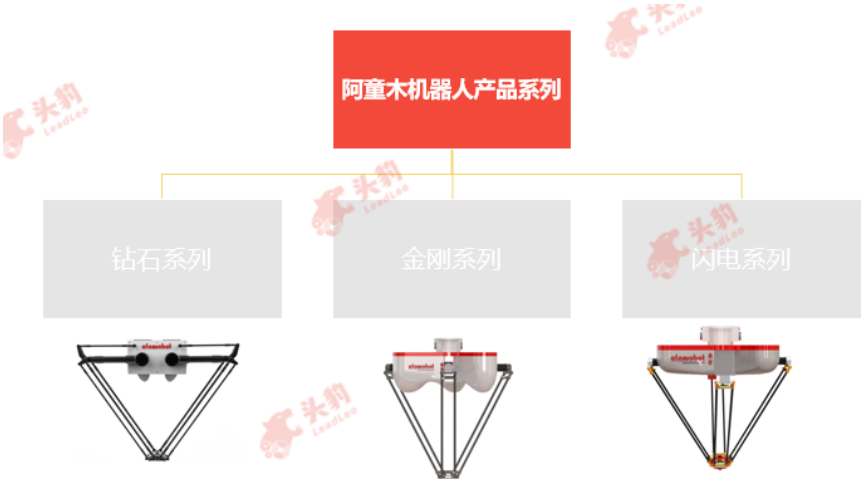
4.2.5.1.1 企业概况

阿童木机器人是辰星（天津）自动化设备有限公司旗下品牌，成立于 2013 年，主要从事并联机器人的研发、生产和销售。数据显示，2018 年阿童木机器人销量相较于 2017 年实现了 300%的增长，其中 30-40%的增长份额来自新增客户，其销量在中国并联机器人行业仅次于 ABB 公司。2017 年 8 月，阿童木机器人获得 3,000 万余元的 A 轮融资。2019 年 3 月，阿童木机器人宣布完成 B1 轮数千万元融资，由雅瑞资本领投，此次融资将投入于 7,000 平方米的新厂房建设，有望将并联机器人产能提升至 5,000 台/年。

4.2.5.1.2 产品介绍

阿童木机器人拥有钻石、金刚、闪电三个系列并联机器人产品（见图 4-12）：

图 4-12 阿童木机器人产品系列



来源：阿童木机器人公司官网，头豹研究院编辑整理

（1） 钻石系列：并联机器人是专为平面作业、轻型负载物料打造的平面 2 自由度机器人，可实现高精度拾放作业，适用于电子、日化、食品及医药行业。

（2） 金刚系列：①金刚 W 机器人为 Delta 并联机器人构型，可沿 XYZ 轴平动，拥有速度快、精度高、易用性强、维护成本低等优势，在医药制品生产环节占有较大市场份额。②金刚 P 机器人可沿 XYZ 轴平动和绕 Z 轴旋转作业。③金刚 PM 机器人专为高精度旋转作业需求开发，旋转精度高于 10 弧分，适用于平动抓取圆形物料。④金刚 M 机器人则是为教学领域、伺服电机及减速器企业打造的一款并联机器人。

（3） 闪电系列：闪电机器人是阿童木机器人研发多年的产品，采用双动平台结构，可三维平动和角度摆放，最大负载为 3kg、最大速度为 5m/s，定位精准度高、稳定性强，对日化品生产具有良好的适配性，可根据生产需求集成到机械设备中。

4.2.5.1.3 竞争优势

（1） 研发技术优势

阿童木机器人具备良好的技术基础和研发实力，经过多年技术积累，已完成对控制系统和视觉系统的自主研发，旗下并联机器人产品实现了结构优化、模组标准化，系统搭建可靠性和稳定性较高，提高了并联机器人在复杂、高速使用环境下的速度和效率。阿童木机器人已取得 37 项发明专利、22 项实用新型专利、5 个软件著作权，研发技术实力得到不断增强。

（2） 市场优势

阿童木机器人的产品覆盖食品、制药、电子、日化等行业，累计服务客户超过 300 家，在业内处于第一梯队机器人企业。在过去两年内，阿童木机器人发展了 200 余家集成商客户，持续扩大终端应用规模。在服务现有客户的基础上，阿童木机器人已开始开拓海外市场，并实时寻找与 SCARA 机器人企业合作的机会，持续巩固在并联机器人市场的优势。

4.2.5.2 济南翼菲自动化科技有限公司

4.2.5.2.1 企业概况

济南翼菲自动化科技有限公司（以下简称“翼菲自动化”）成立于 2012 年，总部位于山东省济南市高新开发区，在美国硅谷、深圳、上海设有分公司，是一家集工业机器人研发和制造、控制系统开发、视觉系统开发、OEM 配套、自动化系统集成于一体的综合型自动化企业。2014 年，翼菲自动化在中国国际机器人展上正式发布迅翼并联机器人，并开始规模化生产。2015 年，翼菲自动化完成 A 轮 1,800 万元融资。2017 年，翼菲自动化完成 B 轮融资，由蓝图创投领投，信中利资本、易一资本、豪迈资本、可可资本、常春藤资本跟投。

4.2.5.2.2 产品介绍

翼菲自动化主要经营三大类的产品开发：迅翼并联机器人、控制器、视觉系统（见图

4-13)。

图 4-13 翼菲自动化产品



来源：翼菲自动化公司官网，头豹研究院编辑整理

(1) 翼菲自动化的主打产品迅翼并联机器人结合了机器人技术、视觉识别技术、传送带跟踪技术，可通过视觉识别技术，跟踪传送带的速度以及传送带上的物体，从而对物体的具体位置、颜色进行识别，再按照特定要求来进行分拣、装箱、排列，具有快速灵活的优点。

(2) 迅翼系列机器控制器有三大模块，分别为运动控制模块、视觉模块和跟踪模块，该款控制器整合了指令编辑、视觉标定、模块匹配及视觉参数等功能，无需添加其他辅助工具便可实现操作。

(3) 视觉系统可支持 2D 视觉和 3D 视觉，可利用 2D 视觉采集平面二维图形的特征信息（面积、形状、纹理、颜色等），利用 3D 视觉进行散乱来料抓取、深度物体检测、3D 不良检测等。

4.2.5.2.3 竞争优势

(1) 技术优势

迅翼机器人搭配了翼菲自动化自主研发的机器人专用控制系统，大幅提高了运动的速度

和加速度。在标准行程下，机器人工作节拍最快可以达到 0.3 秒以内，充分满足了高速生产的要求，重复定位精度可以达到 0.08 毫米，适用于高精度工作环节。此外，翼菲自动化通过了 ISO9001：2015 国际质量体系认证和 CE 认证，拥有数十项国家专利技术，并取得自营进出口权。

（2） 应用优势

迅翼并联机器人可广泛应用于食品、医药、日化、3C 电子、新能源以及物流行业。以食品行业为例，迅翼并联机器人可用于各种包装情况（袋装、盒装、瓶装等）的食品的搬运、整理、分拣、装盒和装箱等工序。迅翼并联机器人平均瓶体自动装箱速度能够达到 126 瓶/分钟，在一次性完成一整箱产品包装的同时，还可兼容多种产品，既节约了人力，也提高了生产效率。

头豹研究院简介

- 头豹研究院是中国大陆地区首家 B2B 模式人工智能技术的互联网商业咨询平台，已形成集行业研究、政企咨询、产业规划、会展会议行业服务等业务为一体的一站式行业服务体系，整合多方资源，致力于为用户提供最专业、最完整、最省时的行业和企业数据库服务，帮助用户实现知识共建，产权共享
- 公司致力于以优质商业资源共享为基础，利用大数据、区块链和人工智能等技术，围绕产业焦点、热点问题，基于丰富案例和海量数据，通过开放合作的研究平台，汇集各界智慧，推动产业健康、有序、可持续发展



四大核心服务：

企业服务

为企业提供**定制化报告**服务、**管理咨询**、**战略**调整等服务

云研究院服务

提供行业分析师**外派驻场**服务，平台数据库、报告库及内部研究团队提供技术支持服务

行业排名、展会宣传

行业峰会策划、**奖项**评选、行业**白皮书**等服务

园区规划、产业规划

地方**产业规划**，**园区**企业孵化服务

报告阅读渠道

头豹科技创新网 —— www.leadleo.com PC端阅读全行业、千本研报



头豹小程序 —— 微信小程序搜索“头豹”、手机扫右侧二维码阅读研报


图说


表说


专家说


数说

详情请咨询

客服电话

400-072-5588

上海

王先生： 13611634866
李女士： 13061967127

南京

杨先生： 13120628075
唐先生： 18014813521

深圳

李先生： 18916233114
李女士： 18049912451