



2022 THE BLUE BOOK OF COBOTS INDUSTRY

协作机器人产业发展蓝皮书

GGGI

参
编
单
位



版权声明

本蓝皮书版权为高工咨询（GGII）所有，相关咨询服务由高工咨询（GGII）提供。

高工咨询(GGII)和所有参编企业对本报告拥有共同著作权。报告有偿提供给限定客户，应限于客户内部使用，仅供客户在分析研究过程中参考。如客户引用报告内容进行对外使用，所产生的误解和诉讼由客户自行负责，本公司不承担责任。

如将来用作商业或其他用途，未经本公司同意，不得以任何异于本报告原样之装订或包装形式将本报告出借、转售、出租或在网上发布。凡使用本报告者均受本条款及本报告一切有关版权之条款约束。



序言

协作机器人作为工业机器人的一门新兴品类，自出现以来一直保持着高速发展的态势。回望过去，自 1996 年 J. Edward Colgate 和 Michael Peshkin 教授首次提出协作机器人概念以来，协作机器人产业的发展无论是在产品类型多样化方面，还是下游应用拓展方面，亦或是市场规模的增长方面，都处于高歌猛进的态势。

2008 年，Universal Robots 推出第一款协作机器人 UR5，彰显了全球范围内出现真正意义上的协作机器人。

2010 年，全球协作机器人产业开始真正起步，传统工业机器人巨头以及众多创业型企业开始涌入协作机器人赛道。

2015 年，我国协作机器人产业起步，下游行业对于柔性化需求的不断提升，为国产协作机器人的发展奠定了基础。新进企业不断涌入，下游需求持续释放，协作机器人赛道热度持续上升，众多资本亦开始关注协作机器人赛道。

一方面，人口老龄化、劳动力成本上升、疫情蔓延等因素推动工业领域加速自动化进程；另一方面，国家政策持续加码智能制造相关领域，工业场景对柔性生产的需求日趋强烈，此外，商用服务领域的需求开始凸显，协作机器人的安全性、易用性、灵活性越来越多的被认可与接受。然而，市场火热的背后，协作机器人的某些核心部件依赖于进口等问题也开始浮出水面，如芯片、编码器等。行业发展可谓是机遇与风险并存，尤其在 2021 年后，受疫情蔓延的影响，叠加上游产能供给受限的因素，机器人上游供应链受到较大影响，在一定程度上限制了协作机器人厂商产能的释放。

市场竞争方面，国产份额进一步巩固，并且市场份额有进一步扩大的趋势，越来越多的国产品牌步入发展快车道，国际化布局持续深入。同时，我们也看到市场竞争格局尚未真正固化，依然存在一定的变数。全球范围内来看，UR 依然引领行业发展，市场份额在 30% 以上，随着越来越多的国产厂商进入国际市场，预计未来国产品牌的份额会逐年提升。

本蓝皮书根据协作机器人行业的发展态势，结合协作机器人产业链各环节的技术特点，剖析协作机器人技术脉络，同时对协作机器人的应用现状、应用场景和应用趋势进行分析，旨在厘清协作机器人的发展脉络，帮助协作机器人相关企业及投资机构了解当前协作机器人行业的最新态势，把握市场机会，做出正确经营决策。

特别说明：本报告中的大量市场及技术资料，仅供企业经营参考用，望客户不要用于其他商业用途，由此产生的一切后果高工咨询（GGII）将不予承担！

上游产业链短缺问题频出，外部环境的不确定性和复杂性加剧，高工咨询（GGII）和所有参编企业真诚地祝福每一家志向远大的企业都能制定出高质量经营决策，不断获得新的成长和成功！

感谢以下联合参编单位（排名不分先后）：

苏州艾利特机器人有限公司
深圳市大族机器人有限公司
中科新松有限公司
慧灵科技（深圳）有限公司
坤维（北京）科技有限公司
珞石（北京）科技有限公司

目录

基础篇.....	8
第一章 协作机器人概述	8
第一节 协作机器人定义.....	8
第二节 协作机器人发展历程.....	8
第三节 协作机器人分类.....	9
第二章 协作机器人产业链分析	12
第一节 协作机器人产业链概述.....	12
第二节 协作机器人生态地图.....	19
市场篇.....	20
第三章 协作机器人行业投融资概况分析	20
第一节 近年来行业融资态势.....	20
第二节 主要的机构代表.....	21
第三节 未来投融资态势分析.....	22
第四章 协作机器人市场概况分析	24
第一节 全球协作机器人市场概况分析.....	24
第二节 中国协作机器人市场发展分析.....	27
第三节 中国协作机器人竞争分析.....	30
第五章 协作机器人行业大事件盘点及分析	33
第一节 2021-2022 年协作机器人行业大事件梳理.....	33
第二节 新产品&新应用&新机遇.....	34
技术篇.....	38
第六章 协作机器人技术发展分析	38
第一节 协作机器人技术发展现状.....	38
第二节 协作机器人核心技术分析.....	39
第三节 国内外协作机器人安全技术对比.....	43
第四节 协作机器人技术趋势与方向.....	44
第五节 协作机器人产业专利申请情况.....	46
应用篇.....	48

第七章 协作机器人应用分析	48
第一节 协作机器人应用场景分析.....	48
第二节 协作机器人应用行业分析.....	48
第三节 协作机器人投资回报测算.....	56
第四节 协作机器人应用趋势分析.....	58
第八章 协作机器人典型行业应用案例	60
第一节 汽车及相关行业.....	60
第二节 3C 电子行业.....	69
第三节 医疗及相关行业.....	79
第四节 半导体行业.....	86
第五节 新零售行业.....	88
第六节 其他行业.....	89
企业篇	99
第九章 代表企业分析	99
第一节 艾利特机器人.....	99
第二节 大族机器人.....	104
第三节 中科新松.....	106
第四节 慧灵科技.....	110
第五节 坤维科技.....	113
第六节 珞石机器人.....	118
总结篇	125
第十章 中国协作机器人发展前景与展望	125
第一节 未来 5 年协作机器人产业的前景.....	125
第二节 行业风险及规避.....	125
第十一章 总结与归纳	127
附录 1 中国协作机器人市场代表企业	129
附录 2 协作机器人周边执行及传感配套厂商	132

图表目录

图表 1	协作机器人产业链概览图.....	12
图表 2	六维力传感器代表厂商.....	14
图表 4	协作机器人本体代表厂商.....	16
图表 3	协作机器人周边配套产品列表.....	16
图表 5	2015-2021 年工业机器人应用领域分布（单位：万台，%）.....	18
图表 6	协作机器人在服务业领域的渠道类型分类.....	18
图表 7	中国协作机器人产业链分布地图.....	19
图表 8	2015-2021 年中国协作机器人市场融资情况.....	20
图表 9	截至 2022 年 6 月协作机器人企业融资阶段分布情况.....	21
图表 10	2015-2022 年 6 月协作机器人行业主要投资机构代表.....	21
图表 11	2015-2022 年全球工业机器人销量及预测（单位：万台，%）.....	24
图表 12	2015-2022 年全球工业机器人保有量及预测（万台，%）.....	25
图表 13	2015-2026 年全球协作机器人销量预测（单位：万台，%）.....	26
图表 14	2020-2021 年全球协作机器人销量占比情况（单位：%）.....	27
图表 15	2016-2026 年中国工业机器人销量及预测（单位：万台，%）.....	28
图表 16	2016-2021 年中国协作机器人销量（单位：台，%）.....	29
图表 17	2016-2021 年中国协作机器人市场规模（单位：亿元，%）.....	29
图表 18	主要协作机器人厂商产品负载矩阵对比.....	30
图表 19	主要协作机器人厂商产品轴数矩阵对比.....	31
图表 20	2020-2021 年中国协作机器人内外资市场份额（以销量计）.....	32
图表 21	2021-2022 年协作机器人行业大事件一览表.....	33
图表 22	复合机器人应用生态圈.....	35
图表 23	协作机器人碰撞控制安全技术概况.....	43
图表 24	2021 年协作机器人应用场景分布（以销量计，单位：%）.....	48
图表 25	2021 年中国协作机器人应用行业分布（以销量计，%）.....	49
图表 26	数码电池生产环节协作机器人应用情况.....	52
图表 27	各细分行业需求特征概况.....	54
图表 28	协作机器人成本结构（单位：万元，%）.....	56

图表 29	2015-2023 年中国协作机器人均价及预测（单位：万元，%）	56
图表 30	2014 年与 2021 年协作机器人成本与制造业人均成本测算情况	57
图表 31	2014-2021 年协作机器人与人工成本对比（单位：元/小时）	58
图表 32	艾利特 EC 系列机械臂产品参数表	100
图表 33	艾利特 CS 系列机械臂产品参数表	101
图表 34	艾利特控制柜产品参数表	102
图表 35	艾利特示教器产品参数表	103
图表 36	大族机器人代表产品参数表	105
图表 37	中科新松 G 系列协作机器人参数表	108
图表 38	中科新松 S 系列协作机器人参数表	108
图表 39	中科新松 D 系列协作机器人参数表	109
图表 40	慧灵科技四轴协作机器人产品参数表	111
图表 41	慧灵科技六轴协作机器人产品参数表	112
图表 42	KWR36 产品详情	115
图表 43	KWR46 产品详情	116
图表 44	KWR75 产品详情	117
图表 45	珞石机器人代表产品参数表	123
图表 46	2016-2026 中国协作机器人销量及预测（单位：台，%）	125
图表 47	2018-2021 年中国协作机器人市场集中度情况	127
图表 48	关于市场结构的分类	127

基础篇

第一章 协作机器人概述

第一节 协作机器人定义

协作机器人，即为能与人在同一共享空间中协同作业、与人进行直接交互的机器人，是一种全新的工业机器人品类。根据美国专利局定义：协作机器人是一种用于人与计算机控制的机械手之间直接物理交互的设备与方法。与传统工业机器人不同，协作机器人设计的初衷就是为了提高机器人的安全性，降低机器人在生产过程中对人带来伤害的风险，使机器人可以在特定区域内安全地与人进行直接的交互和接触。

除安全性以外，协作机器人还具备易用性、灵活性、低成本等特点。在易用性方面，协作机器人能够通过拖动示教路径点的记录并配合相对易用的引导编程，降低了操作者的专业要求。同时，轻量化、高集成度的设计使协作机器人能够以更灵活的部署方式安装于产线或集成化设备中，易于编程的特点也使其能够快速适应新产线的工作需求，适用于各种非结构化、柔性、高灵活度的场景。

随着我国产业智能化升级不断深入，协作机器人在汽车、3C、半导体等工业领域以及医疗、零售等其他领域中被广泛应用，行业渗透率快速提升。

第二节 协作机器人发展历程

协作机器人发展至今已历经二十余年。

协作机器人起源于 1996 年，西北大学的 J. Edward Colgate 和 Michael Peshkin 教授首次提出协作机器人（Cobots）概念，并于 1997 年提交美国专利，专利名为“Cobots”，该专利将协作机器人描述为：一种用于人与计算机控制的机械手之间直接物理交互的设备和方法。

2004 年，KUKA 机器人与多家企业合作推出了第一款协作机器人 LBR3，该产品为第一台轻型协作机器人。但是从产品性质上来看，LBR3 在安全性方面并未真正达到在无隔离物的情况下人与机器人协同作业水平。

2008 年，Universal Robots 推出第一款协作机器人 UR5，是第一款能够在安全的情况下与员工一起工作的机器人，消除了人与机器人协同作业过程中对隔离网的需求，UR5 也成为了第一台真正意义上的协作机器人。

2010 年至 2015 年，全球协作机器人产业开始真正起步，以 FANUC、ABB 为主的机器人

公司以及众多创业型公司开始进入协作机器人领域。在这期间内，国外各大厂商对协作机器人的结构和性能方面做了各种各样的尝试，协作机器人技术与产品形态开始向多样化发展。协作机器人负载从 5KG 向 10KG 发展，视觉传感器、力矩传感器与机械臂相结合，同时还衍生出六轴机械臂、七轴机械臂、双臂协作机器人等各种产品类型。

2015 年至 2017 年，我国协作机器人产业开始进入培育和教育阶段，涌现了一批如遨博智能、艾利特机器人、节卡机器人、慧灵科技、珞石机器人等创业型企业；同时，新松机器人、大族机器人等机器人产业链企业也开始布局协作机器人。在这一时期内，ISO 发布了 ISO/TS 15066，其中包含了有关如何确保协作机器人系统中工人安全的指南，为协作机器人的标准化谱写新篇。

2018 年至 2019 年，中国协作机器人产业开始进入快速市场化阶段，各厂家几乎每年都会推出新的产品，产品迭代加速。该阶段国内协作机器人厂商的生产模式主要为：将外购核心零部件与厂商自研自产协作机器人本体结合，辅以自研控制系统。在这一模式下，国产协作机器人厂商能够更专注于产品性能的提升，产品更新速度快，产品负载覆盖 3-18KG，重复定位精度基本稳定在 0.01-0.05mm 范围内。产品性能稳步提升，国产厂商逐渐崛起。

2020 年至今，越来越多的海内外企业开始进入协作机器人领域，协作机器人也在各类下游应用中不断深入，行业渗透率持续提升。同时，在疫情延续以及零部件短缺背景下，外资品牌供应周期延长，也为国产协作机器人品牌的发展创造了良好的契机，国产替代提速，国内协作机器人产业进入快速发展通道。

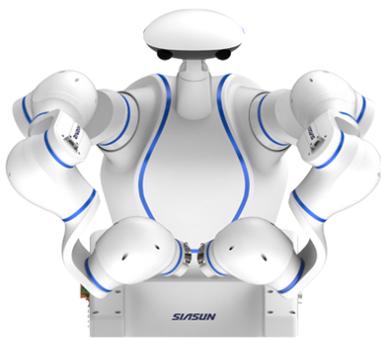
第三节 协作机器人分类

近年来，随着下游应用的不断拓展以及技术的不断突破，协作机器人产品类型也开始向多元化发展。根据机器人结构、负载以及轴数的不同，可以将协作机器人分为多种类型。

➤ 根据结构划分

协作机器人可以分为单臂协作机器人和双臂协作机器人。相较而言，单臂协作机器人拥有更高的性价比，同时，体积与紧凑性方面更具有优势，便于安置于生产线或集成于整线设备中。

双臂协作机器人顾名思义即为拥有两条协作机械臂的机器人，相比单臂协作机器人具有更高的灵活性和可操作性，通过双臂配合作业，可以提升抓取和操作物体的能力，减少对于工装夹具的依赖，并实现复杂任务的有序控制，适应多变工作环境，可应用范围更加广泛。



（双臂协作机器人）



（单臂协作机器人）

➤ 按负载分类

根据负载不同，通常能将协作机器人划分为超轻负载（负载： $<3\text{KG}$ ）、轻负载（负载 $3\text{--}7\text{KG}$ ）、中负载（ $7\text{--}12\text{KG}$ ）、大负载（ $12\text{--}20\text{KG}$ ）、超大负载（ 20KG 以上）。

负载能力的差异带来成本、技术以及应用的不同。从应用来看，超轻负载协作机器人多用于分拣、点胶、涂胶、测试等场景；轻负载协作机器人多用于 3C 电子、医疗、新零售等行业；中大负载协作机器人以及超大负载协作机器人则多用于装配、搬运、码垛、包装等场景中。目前，轻负载协作机器人凭借较高的性价比以及在 3C、医疗等行业中较高的适用性占据主要市场地位。而近年来，随着锂电、光伏、仓储物流等行业的快速扩张，中大负载协作机器人的需求开始逐渐提升，“大负载”成为行业重点发展方向之一。

➤ 按轴数分类

根据轴数划分，协作机器人可以分为四轴协作机器人、六轴协作机器人以及七轴协作机器人。

四轴协作机器人在具备协作机器人高精度、轻便、安全可靠、操作简便等优点的同时，还具有一定成本优势，被广泛应用与轻量级工业制造的生产环节以及医学检测、化学分析、样品处理等环节。

六轴协作机器人最为常用，其运动方式类似于人类手臂的运动，被广泛应用于各个行业中。机器人的自由度与其轴数相关，六轴协作机器人已经具备完整的自由度，能够到达空间中的任意点，具有较好的通用性。被广泛应用与打磨、装配、检测、分拣、医疗手术等环节中。

相对于六轴协作机器人而言，七轴协作机器人增加了“腕关节”，能够允许机器人躲避某些特定的目标，同时能够改变末端执行器的位置，使末端执行器能够更稳定地到达特定位

置，从而提高协作机器人的整体灵活性。此外，冗余自由度不仅能改善协作机器人运动轨迹规划问题，还能够通过力矩分配使薄弱环节承受合理的力矩，提高协作机器人稳定性。



（四轴协作机器人）



（六轴协作机器人）



（7 轴协作机器人）

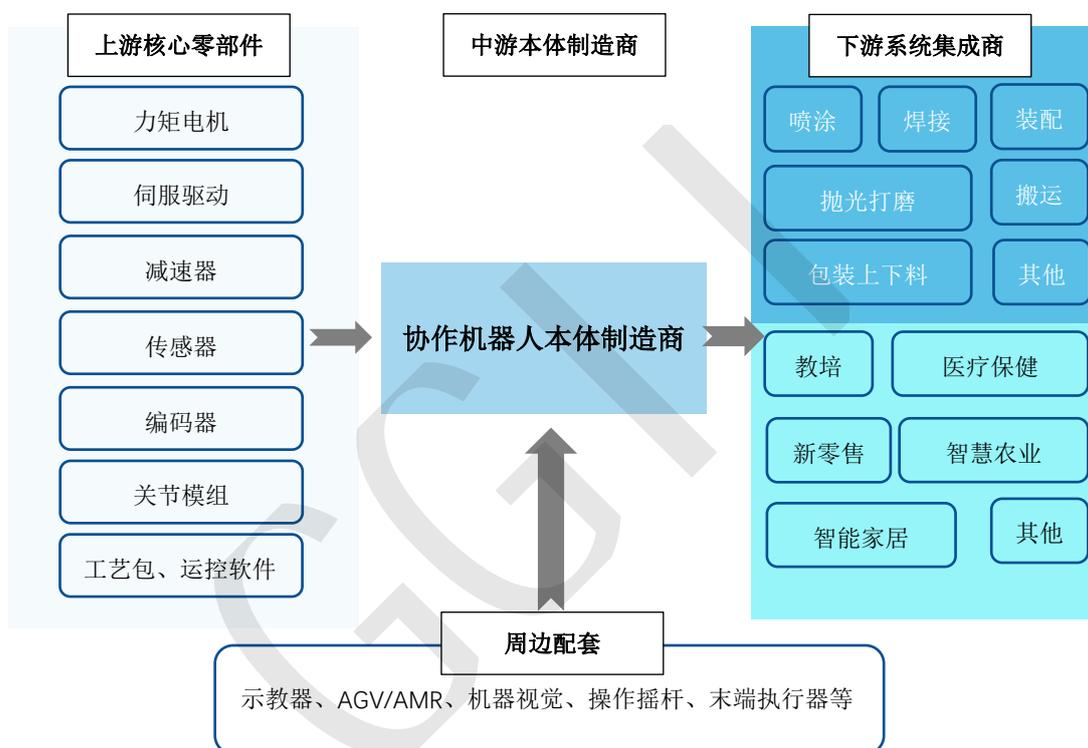
GGI

第二章 协作机器人产业链分析

第一节 协作机器人产业链概述

协作机器人产业链上游主要为电机、伺服驱动、减速器、编码器、传感器等零部件。随着对于安全性、灵活性、柔性化的要求逐渐提升，同时纷繁复杂的下游场景不断对协作机器人提出新的应用要求，促使协作机器人在提升性能的同时，还需要提高产品兼容性，与示教器、视觉相机、操作摇杆、移动底盘、末端执行器等周边配套产品搭配使用，以实现下游场景所需要的各种功能。在此过程中，协作机器人产业链上下游也在向多元化的方向发展。

图表 1 协作机器人产业链概览图



资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

一、上游零部件

➤ 核心零部件

协作机器人作为新一代机器人，其三大核心零部件（控制器、减速器、伺服系统）与传统工业机器人有一定的差异。以电机为例，传统的工业机器人使用交流伺服系统，而协作机器人一般采用无框电机，永磁定子、转子分体设计；由于协作机器人的走线和执行机构的穿气管都在内部，所以要求电机、减速器、驱动器等都要放在一个大中空的结构内，编码器、驱动器、减速器、电机、制动器等都需采用集成式设计。

经过数年的发展，协作机器人产业链日趋完善，尤其是中国市场，从减速器、电机到控制系统，国产厂商的参与度逐年提升。同时，受益于国产协作机器人的进步，国产核心零部件的进口替代进程加快。

一方面，基于成本的考量，越来越多的协作机器人厂商开始尝试应用国产零部件，其中不乏优傲这样的外资头部厂商，已经大批量采用绿的谐波的减速器。随着国产厂商在技术研发的持续投入，核心零部件进口替代有望加速。

另一方面，协作机器人核心零部件一般需要定制化。各家协作机器人厂商基于自身产品的设计，基于高度集成化的特点，部分零部件需要定制，如模块化编码器、安全控制器、减速器等，国产供应链因为较快的响应速度和服务能力，在定制化层面具备无可比拟的优势。

机电一体化逐渐成为零部件企业未来发力方向，国内外主要企业纷纷开发一体化模块，如日本哈默纳科提出了“整体运动控制”，将谐波减速器与电机、传感器等组合，提供高附加值模块化产品；科尔摩根发布 RGM 机器人关节模组，探索提供机器人关节解决方案。

目前，国产厂商如泰科伺服、大族机器人、同川精密、零差云控、精谷智能、开璇智能等已实现模块化关节的供应。模块化关节模组，可以理解为一体化的解决方案，可以大大缩短供应链环节，降低本体企业研发成本，并可提升产品易用性及灵活性。

从目前来看，采用外购模块化关节模组的厂商比例正在逐年提升，协作机器人厂商更多会专注于自身核心的技术领域，如控制算法、安全模块、应用技术等。可以说，协作机器人领域产业链分工正在逐渐细分。

➤ 传感器

传感器在工业 4.0 时代中扮演着十分重要的角色。传感技术是数据采集的入口，也是实现大数据分析的基础和核心。

传感器是一个相对特殊的行业，虽然产值不算高，但品类十分丰富，光传感器品类就有多达有数十万个，其几乎遍布所有产业和每个国民经济的角落。数据显示，2021 年中国传感器市场规模 2189 亿元，同比增长 12.7%。

传感器集机械、光、电于一身，能精确衡量压力、温度、浓度、速度等，同时又受制于芯片、材料、软件的发展瓶颈。它的原理透明，但工艺却非常复杂，传感器功能的不同，本质上是软硬件的区别，产品大小、反馈速度、实现精度都会有较大的区别。

传感器能够为机器人提供必要的信息，以正确执行相关操作。随着协作机器人的下游应用场景被开拓，协作机器人需要的传感器类型也越来越多：二维视觉传感器、三维视觉传感器、力扭矩传感器、碰撞检测传感器、安全传感器、六维力传感器等。

力传感器（Force sensor）是将力的量值转换为相关电信号的器件。力是引起物质运动变化的直接原因。力传感器能检测张力、拉力、压力、重量、扭矩、内应力和应变等力学量。具体的器件有金属应变片、压力传感器等，在动力设备、工程机械、各类工作母机和工业自动化系统中，成为不可缺少的核心部件。

力传感器是机器人力感知的关键部件，并广泛应用于医疗、打磨、装配、抓取及人机共融等领域中。其中，在工业机器人应用领域中，一般使用一维力传感器、三维力传感器和六维力传感器等三种。而协作机器人则一般使用关节扭矩传感器和六维力传感器。

一维力传感器和单轴扭矩传感器市场上已有很多产品，但缺少为机器人应用做的特殊设计，在易用性、耐用性方面有待提高。三维力传感器、六维力传感器技术门槛较高，过去全球仅有几家公司生产，如 ATI、OPTOFORCE、SCHUNK 等。随着国内入局力传感器领域的厂商越来越多，目前国产相关厂商正逐年增加，如坤维科技、鑫精诚、海伯森、蓝点触控等，均已有了相关的产品落地并进入产业化应用。

六维力传感器常用于力的作用点随机变化，且对测量精度要求较高的场景，是最适合协作机器人应用的力传感器之一。六维力传感器能够同时测量三个坐标轴方向的力和绕三个坐标轴方向的力矩，并给出最为全面的力觉信息。在算法方面，六维力传感器的内部算法会解耦各方向力和力矩间的干扰，使力的测量更加精确，同时，在获取力矩信息后，六维力传感器还可以利用力矩信息来推算获取受力部件的姿态，监测力矩是否在安全范围内，以避免传感器的过载损坏。

图表 2 六维力传感器代表厂商

企业	地区	简介
坤维科技	中国	常州坤维传感科技有限公司是一家致力于提供高精度力觉传感器（六轴力传感器）及力控解决方案的高新技术企业。公司主营智能力觉传感器的研发、制造、销售、及技术推广，开发面向机器人及其他智能装备行业的力觉传感器产品，为机器人及其它智能装备、工业过程简控、产品质量检测、科研测试测量等领域提供力觉测量解决方案及相关产品。
ATI	美国	世界领先的机器人配件和机械臂工具的开发商，产品种类丰富。
ME	德国	生产各类标准传感器、力传感器、扭矩传感器以及用于力和扭矩的多轴和分量传感器。
BOTA	瑞士	起初用于四足机器人开发，测量地面反作用力，现已用于机械臂、外骨骼、

		机器人手术平台等。
Robotiq	加拿大	主要生产夹持器、相机、力矩传感器，与 UR 合作密切，但力矩传感器出货量较少。
SCHUNK	德国	世界领先的夹持技术及抓取系统解决方案供应商。
Onrobot	丹麦	主要为轻型协作机械臂提供夹持器、传感器、工具快换装置等，主持主流机械臂即插即用。
OptoForce	匈牙利	专注研究机器人视觉传感器、力矩传感器及人机交互，已被 Onrobot 收购。
HBM	德国	产品线涵盖各类传感器、应变片、放大器、数据采集系统等，其扭矩传感器一直是行业标准，广泛应用于发动机和零部件测试台架。

资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

二、中游本体

作为协作机器人产业链的核心环节，协作机器人本体集各项软硬件技术于一身，可谓产业链的中心，向上承接和倒逼各类核心零部件技术的持续进步，向下不断在细分领域拓展应用场景，扩大应用的边界。同时，还在易用性、安全性、高柔性层面持续迭代优化，以满足更多复杂场景的需求，协作机器人本体技术的提升已经有目共睹。

从协作机器人本体厂商属性来看，国产厂商持续巩固在中国市场的主导地位，2021 年国产厂商在国内协作机器人的市场份额接近 80%，同时，新兴协作机器人厂商已成为市场的中坚力量，这与传统工业机器人领域形成较大的反差。出口方面，越来越多的协作机器人厂商布局海外市场，寻求新的业务增长点。

近年来，随着协作机器人的市场认知度和认可度的提升，进入协作机器人领域的厂商持续增加，其中既包括新兴协作机器人厂商，也包括传统工业机器人厂商。以 ABB、发那科、库卡为代表的传统工业机器人巨头，均在较早的阶段推出各自的协作机器人产品，加大在协作机器人领域的布局。

与此同时，国内协作机器人新势力厂商亦在各细分行业全面开花，以艾利特机器人、大族机器人、中科新松、慧灵科技、珞石机器人等为代表的新势力厂商在品牌建设及市场深耕方面进步明显，已进入快速起量的成长通道，在多个行业领域均有百台级别的订单；此外，以非夕机器人、思灵机器人为代表的新一代协作机器人（也叫自适应机器人），开始在以医疗、航天为代表的高端领域落地应用。总体来看，后疫情时代，协作机器人的业态日益丰富，

同时产品市场化进程持续提升。

图表 3 协作机器人本体代表厂商



资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

三、周边配套产品

应用场景复杂化对协作机器人提出了更高的要求，需要更深入的系统技术研发，在硬件、软件、算法、系统等方面构建起灵活、易用、安全的协作机器人生态体系。

随着协作机器人智能化研发不断深入，人工智能技术在协作机器人领域的进一步融合应用，协作机器人将集成先进的机器人技术和算法技术，以及丰富的传感器和高度柔性化的末端执行器等，更加智能化地完成各项复杂的任务。

图表 4 协作机器人周边配套产品列表



四、下游集成应用

下游集成应用，按领域可以分为工业和服务业两大类。其中：

在工业领域，协作机器人系统集成企业与传统工业机器人系统集成商重叠度越来越高，面向的群体均为各个制造业的细分领域。从系统集成企业类型来看，本土系统集成商数量占据企业数量 95%左右，但普遍规模较小，绝大多数厂商的年产值并不高。

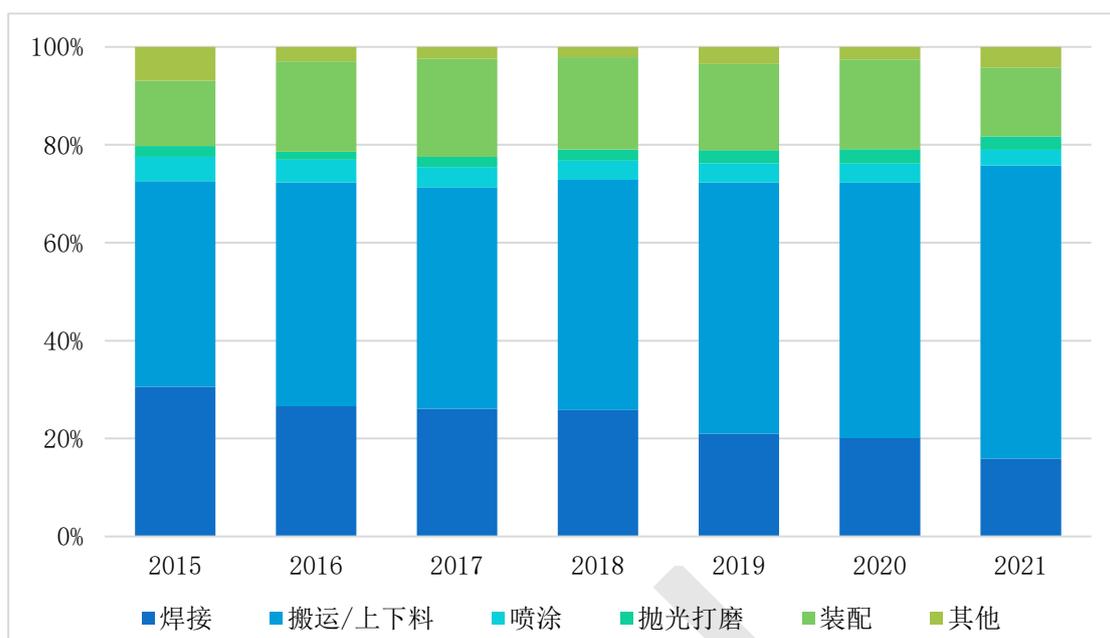
国内涉足下游集成应用领域的公司数量超过 4000 家，分布在各行各业。其中的代表企业主要有博众精工、上海君屹、赛腾精密、昆山华恒、杰士德、隆深机器人、瑞松科技、广州明珞、远荣智能、速美达、昂华自动化、利元亨、拓斯达、泰达机器人等。

从应用领域分布来看，各系统集成商一般专注一个或多个行业领域，协作机器人作为后来者，集成商渠道的开拓大部分会在传统工业机器人集成商渠道的基础上开展，小部分属于代理商（或贸易商）属性。从长远来看，协作机器人的落地应用更多还是需要依靠各行业的系统集成商去完成。从这个角度看，未来几年，协作机器人厂商的竞争也会或多或少的体现在渠道的竞争上，这一点与传统工业机器人十分相似。

按工艺应用领域来看，中国工业机器人主要应用在焊接、喷涂、装配、包装、搬运上下料、抛光打磨等领域。

GGII 数据显示，2021 年中国工业机器人应用市场中，用于搬运码垛、焊接、喷涂、装配及抛光打磨等操作的机器人占比约为 95.89%。装配应用占比受益于 3C 和新能源行业的需求带动，增长明显；喷涂受到汽车行业下行的影响，略有下滑；搬运上下料领域受一般工业需求带动，增长亮眼，尤其是机床上下料及钣金冲压上下料领域，带动效应明显；焊接机器人在传统汽车之外的行业增长亮眼，如工程机械、自行车、新能源等行业。

图表 5 2015-2021 年工业机器人应用领域分布（单位：万台，%）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

服务领域，因为其面向的客户群体与工业领域差异较大，故而该领域的集成应用与工业领域有较大的不同。相对来说，服务领域的应用更加强调安全性的范畴，同时也会更多的应用人工智能技术，如通过引导式编程，捕捉与模仿记录下技师动作，可以完成泡茶、泡咖啡、制作奶茶、调制鸡尾酒等任务，甚至可以通过语言、行为学习与模仿钢琴家、指挥家动作完成乐曲演奏、乐队指挥的工作，还能进行医疗辅助、辅助按摩等操作。

根据不同的细分领域，协作机器人的集成（代理）渠道差异较大，覆盖高校、医疗机构、互联网公司、餐饮企业等。

图表 6 协作机器人在服务业领域的渠道类型分类

细分行业	教育/培训	医疗/保健	智能零售	智慧农业	智能家居
集成/代理渠道	✓ 区域代理商	✓ 医疗机器人厂商	✓ 智能零售商	✓ 农业机器人厂商	✓ 家电厂商
	✓ 行业代理商	✓ 医疗器械厂商	✓ 区域代理商	✓ 农业设备厂商	✓ 软件厂商
	✓ 其他	✓ 医疗器械代理商	✓ 行业代理商	✓ 移动机器人底盘厂商	✓ 第三方科技厂商
		✓ 其他	✓ 第三方科技厂商	✓ 其他	✓ 其他

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

第二节 协作机器人生态地图

图表 7 中国协作机器人产业链分布地图



资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）

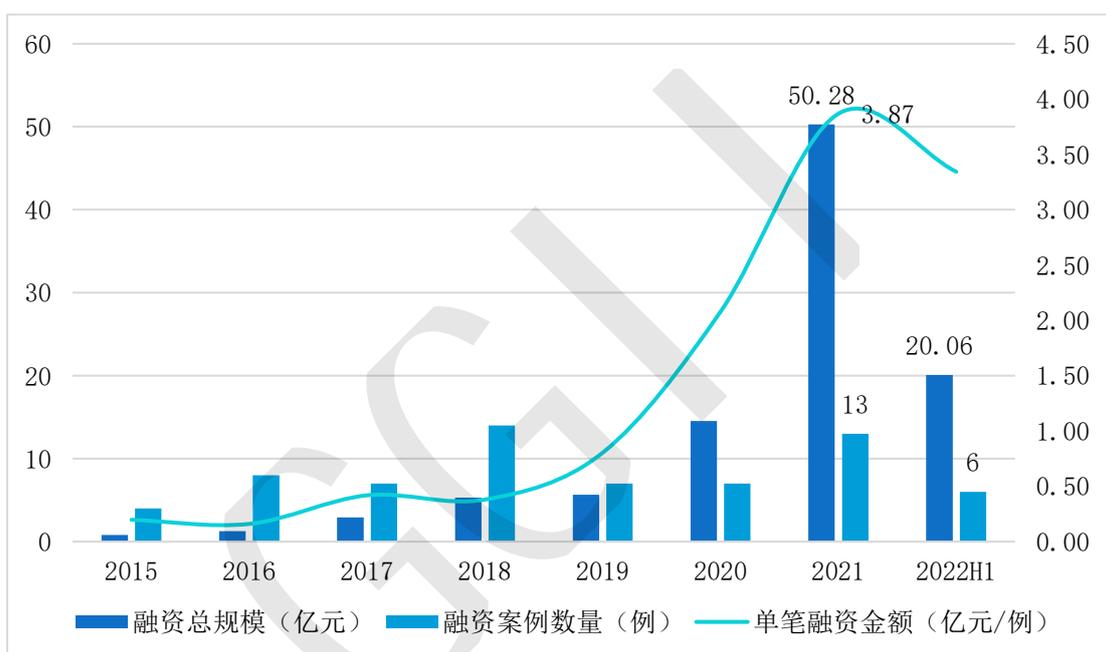
市场篇

第三章 协作机器人行业投融资概况分析

第一节 近年来行业融资态势

从融资数量上看，据 GGII 不完全统计，2015-2021 年，国内协作机器人市场共计 58 例融资案例，其中 2018 融资案例共 14 例，达到历史高点，2019 年与 2020 年均为 7 例；2021 年全年，行业内共有 13 例融资事件，融资总额 50.28 亿元，创历史新高；2022 年上半年共有 6 例融资事件。

图 8 2015-2022H1 年中国协作机器人市场融资情况



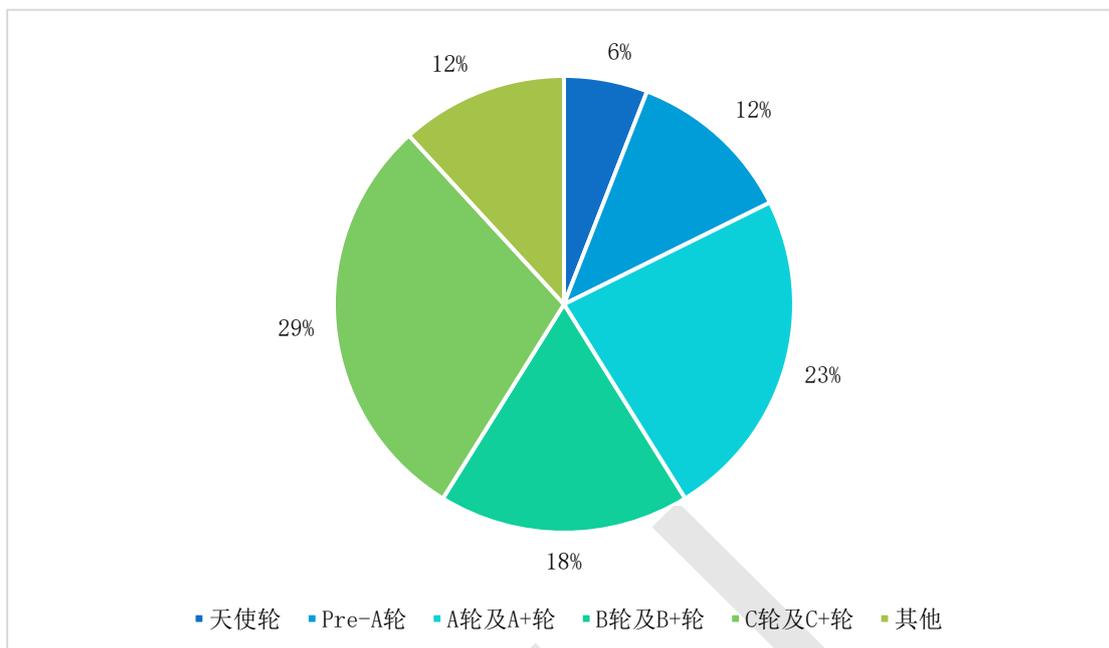
数据来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

协作机器人整体融资规模呈现增长态势。在经历了 2019 年的市场短暂低迷后，行业整体融资情况逐渐向好。2021 年，中国协作机器人融资规模突破 50 亿元，平均单笔融资金额突破 3.87 亿元，远超历史年份数据；从融资去向看，分化态势愈加明显，头部厂商的“吸金”能力进一步提升，预计分化态势仍将延续。

从融资轮次分布来看，截至 2022 年 6 月，B 轮与 C 轮及以上的企业占比达到 47%，处于 A 轮的企业占比为 23%，处于 Pre-A 轮及以前的企业占比为 12%。接近半数的协作机器人企业融资进行到 B 轮及以后，反映出协作机器人企业已经度过了早期的技术积累阶段，应用逐步落地，自我造血能力逐渐增强完善，开始更进一步进入谋发展的阶段，同时也可以预见，

在不远的将来，市场竞争将愈演愈烈。

图表 9 截至 2022 年 6 月协作机器人企业融资阶段分布情况



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

第二节 主要的机构代表

图表 10 2015-2022 年 6 月协作机器人行业主要投资机构代表

机构名称	代表项目
顺为资本	珞石科技、慧灵科技、法奥机器人、非夕机器人、高视科技、必示科技、隆深机器人、未来机器人、图漾科技、爱磁科技、深视科技、硕橙科技
红杉资本	思灵机器人、普渡机器人、炬星科技、李群自动化、梅卡曼德、松灵机器人、思谋科技、海柔创新、炬星科技
联想之星	艾利特机器人、慧灵科技、合刃科技、姜歌机器人、海柔创新
金沙江创投	珞石科技、非夕机器人、黑湖科技、鲸仓科技
方广资本	节卡机器人、崧智智能、易思维
中金资本	越疆科技、凯乐士科技、视比特、天准科技、中科微至
高瓴创投	法奥机器人、思灵机器人、深视智能、禾赛科技
经纬中国	镁伽机器人、库柏特、橙子自动化
联想创投	艾利特机器人、扬天科技、深慧视、未来机器人、迦智科技、崧智智能、艾吉威、炬星科技、思谋科技

新希望集团	珞石机器人、非夕机器人、思灵机器人
梅花创投	珞石科技、墨影科技、启玄科技、劬微机器人、宇骏视觉、柔触机器人
松禾资本	越疆科技、斯坦德机器人、合刃科技、江行智能、熵智科技、跨维智能、昂视智能、思谋科技、中科微至
明势资本	镁伽机器人、李群自动化、橙子自动化、炬星科技、必示科技、全应科技、炬星科技
启明创投	智昌集团、梅卡曼德
清控银杏	珞石科技、凯乐士科技、翼菲自动化、翠鸟视觉、探维科技
索道资本	艾利特机器人、优地科技、擎朗智能
招商局资本	大族机器人、非夕机器人、越疆科技、优地科技、灵动科技
愉悦资本	镁伽机器人、深圳睿博天米
元禾原点	艾利特机器人、汉升达、长木谷医疗、江苏北人、寒武纪、云从科技、天准科技
臻云创投	镁伽机器人、阿丘科技、鲸仓科技
前海母基金	越疆科技、柳叶刀机器人、曲线智能
创新工场	镁伽机器人、捷象灵越、浙江中力、鑫君特、蓝胖子
深创投	珞石科技、越疆科技、阿童木机器人、达闼科技、中科微至、元橡科技、伽智科技、板石智能
源码资本	法奥机器人、星猿哲、梅卡曼德、鼎纳自动化、斯坦德机器人、海柔创新
钟鼎资本	法奥机器人、苏映视、卡诺普、未来机器人、灵动科技
尚城投资	艾利特机器人、蓝芯科技、商汤科技
达晨财智	艾利特机器人、弓叶科技

注：以上机构排名不分先后，标蓝色字体厂商为协作机器人厂商

数据来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第三节 未来投融资态势分析

政策上，政策的导向正在发生变化，国家 GDP 增长将由服务业推动逐步转向由制造业推动，政策倾斜将逐步跟进，主要原因如下：

1) 第七次全国人口普查结果显示，中国生育率持续下降；国家统计局数据显示，人口老龄化进一步加剧，65 岁及以上人口占比从 2013 年的 9.33% 上升至 2021 年的 14.16%，劳动

力短缺问题凸显，“机器换人”解决劳动力短缺问题的确定性加强；

2) 中美贸易摩擦和新冠疫情的两次冲击，再一次强调了工业体系完整的重要性。国家必须在“卡脖子”技术问题上取得突破，将关键核心技术掌握在自己手里；

3) 2021 年年底，国务院印发《“十四五”机器人产业发展规划》，旨在优化机器人产业组织结构，引领机器人产业技术创新，健全机器人产业人才保障体系。同月，国家印发《“十四五”智能制造规划》，推动规模以上制造业企业的数字化、网络化、智能化进程，提高智能制造装备和工业软件市场的满足率，打造坚实的制造业基础等。

随着各地区“十四五”智能制造具体规划及配套政策的推出合落地，可以预见工业机器人行业会获得更多关注。在此层面上，预计未来工业机器人整体投融资市场将保持上涨趋势，行业整体的投资热度持续升温，在各细分领域的分化现象也将愈加明显。资本的介入将加速行业格局的重塑，技术难以落地、商业模式不可持续的企业或将在竞争中被淘汰出局。

从细分领域来看，协作机器人领域资本关注度明显高于其他类型工业机器人本体，2021 年融资热度空前。随着市场格局雏形的逐渐显现，企业需要加快产品落地的步伐，提升自我造血能力，企业之间的竞争将愈加激烈。同时在此阶段，企业的融资需求也将会进一步增加，某种程度上，企业综合能力的提升也会反馈在融资层面上，对于持续不断获得市场正反馈的企业，其脱颖而出的概率也会持续加大。

在未来几年，以协作机器人为核心的生态圈将逐渐建立并扩大，包括上下游产业链及配套设备等领域都将获得市场的关注，在激烈的角逐中涌现一批头部玩家。协作机器人本体方面，融资密度或会有所降低，单笔融资金额将持续上升。预计未来 1-3 年将有协作厂商陆续登陆资本市场。

第四章 协作机器人市场概况分析

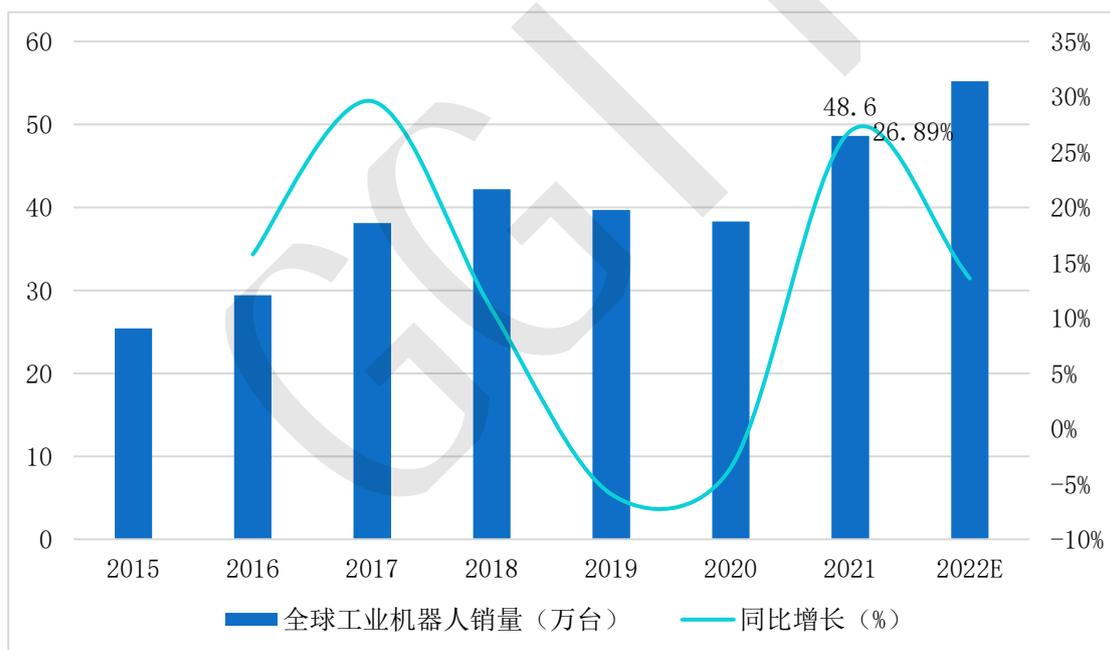
第一节 全球协作机器人市场概况分析

2021 年，全球各地疫情反复，各地区制造业企业或多或少遇到了生产方面的压力，全球供应链面临重重挑战。

中国连续八年作为全球最大的工业机器人市场，在对疫情快速有效的控制下，制造业复工复产超预期，同时，下游行业的自动化需求进一步被催化，使得 2021 年工业机器人销量增速超过 50%。

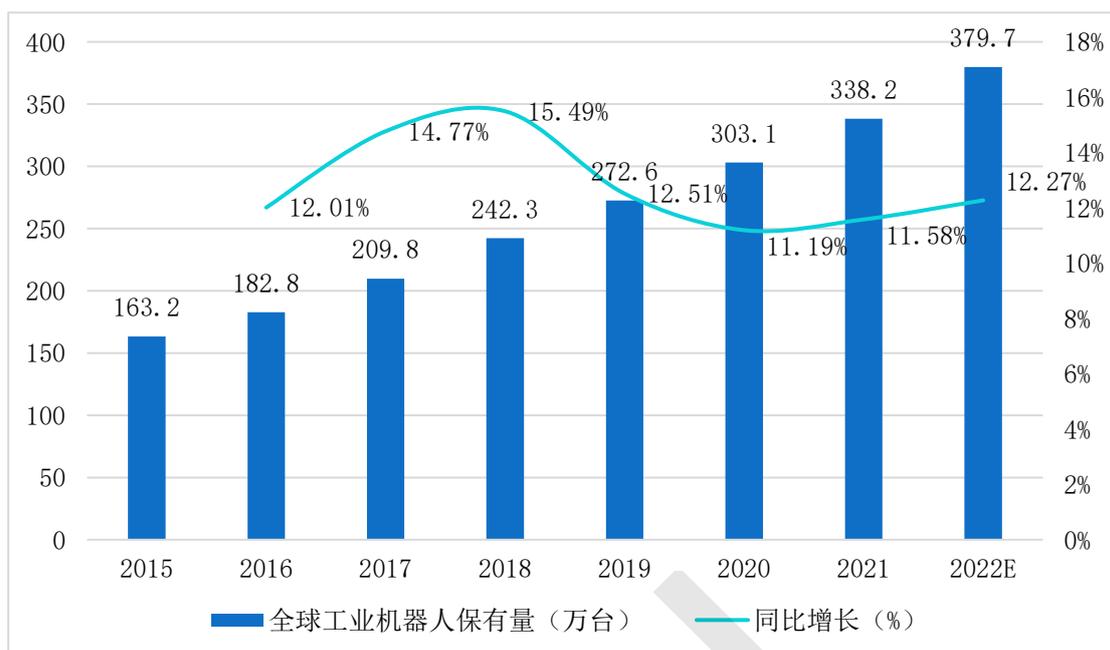
GGII 统计数据显示，2021 年全球工业机器人销量为 48.6 万台，同比增长 26.89%；全球工业机器人保有量 338.2 万台，同比增长 11.58%。2015-2021 年，全球工业机器人销量从 25.4 万台增至 48.6 万台，年均复合增长率超过 11%；保有量从 163.2 万台增至 338.2 万台，年均复合增长率接近 13%。

图表 11 2015-2022 年全球工业机器人销量及预测（单位：万台，%）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

图表 12 2015-2022 年全球工业机器人保有量及预测（万台，%）



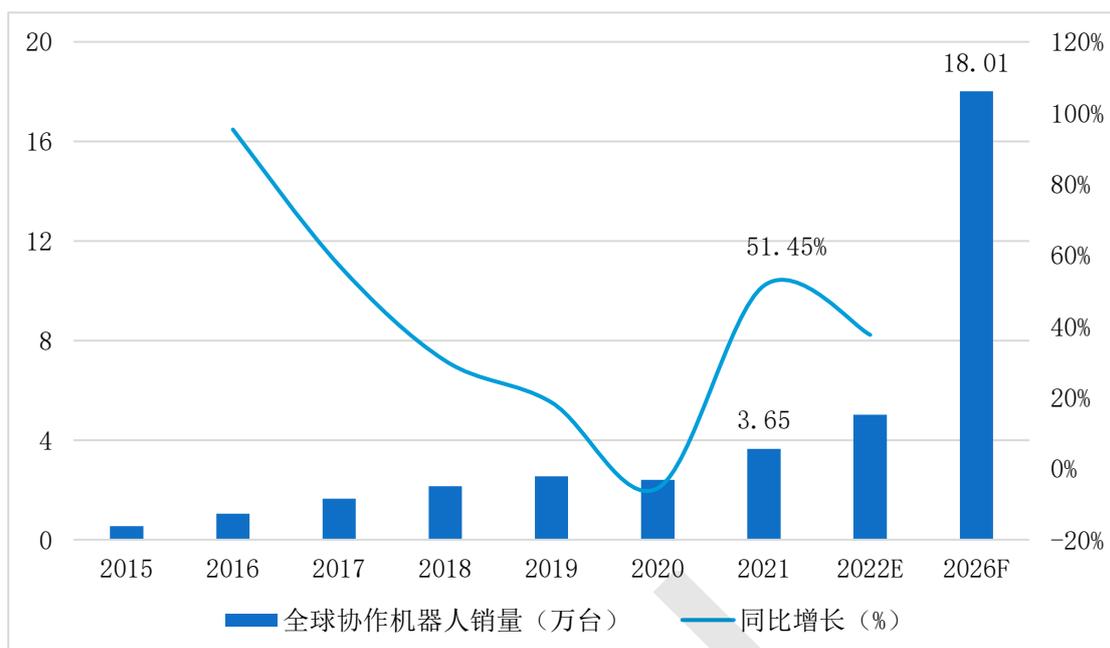
数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

根据 GGII 的统计，截至 2021 年，全球协作机器人厂商数量为 120 家左右，疫情反复，厂商数量增速明显放缓。同时，行业洗牌也在加速进行中。

总体来看，GGII 认为，协作机器人行业已经进入到一个新的发展阶段，行业开始从无序逐渐走向有序，对于新进厂商的门槛有所提高，预计未来几年协作机器人厂商数量增幅将持续放缓，总体保持一个动态平衡的状态。

GGII 数据显示，2021 年全球协作机器人销量 3.65 万台，同比增长 51.45%，市场规模 58.40 亿元；从 2015 年到 2021 年，全球协作机器人销量年均复合增速为 37.61%。预计到 2026 年，全球协作机器人销量将达 18 万台，市场规模将接近 230 亿元。

图表 13 2015-2026 年全球协作机器人销量预测（单位：万台，%）



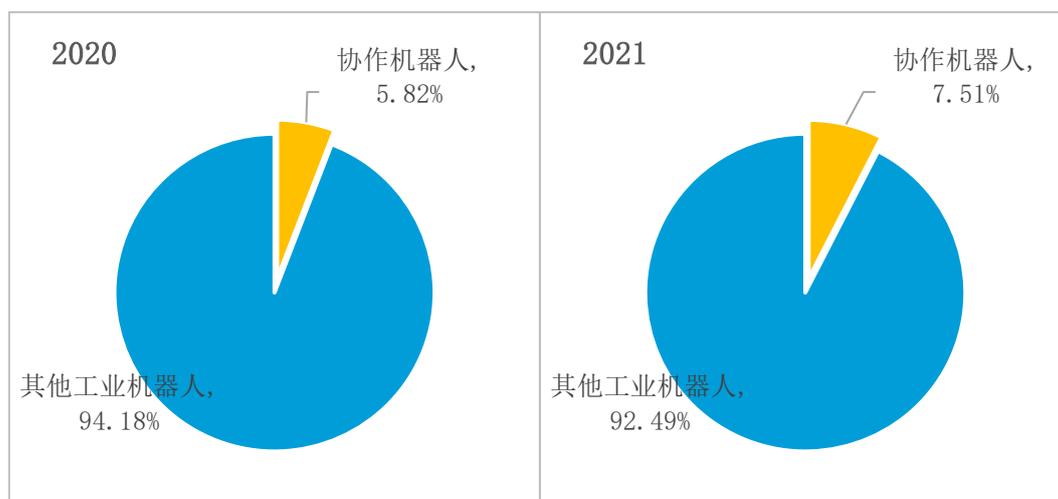
（注*上述数据不包含桌面型协作机械臂）

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

从全球市场来看，协作机器人在欧美市场应用相对较多，这也是导致海外协作机器人销量占比高于中国市场的原因之一，但近年来，国内协作机器人企业快速崛起，在技术上逐渐追平海外协作机器人企业，国内市场发展迅速，已经占据全球协作机器人市场的半壁江山。另一方面，相比之下欧美国家的用工成本明显高于中国，在核算投资回报时，协作机器人的价格敏感度明显低于中国市场，这也是协作机器人得以快速放量的因素之一。

GGII 数据显示，2021 年全球协作机器人销量占工业机器人市场 7.51%，同比上升 1.69 个百分点。后疫情时代，协作机器人的应用在国内和海外市场均得到开拓，协作机器人的放量速度快速增长。2022 年全球供应链面临巨大挑战，工业机器人整体面临较大的交付压力，协作机器人需求增速相对高于一般工业机器人，预计 2022 年全球协作机器人销量占比有望持续提升至 9% 以上。

图表 14 2020-2021 年全球协作机器人销量占比情况（单位：%）



（注*上述数据不包含桌面型协作机械臂）

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

第二节 中国协作机器人市场发展分析

根据工信部披露数据显示，2021 年全年，中国工业机器人产量 366044 台，同比增长约 44.9%；我国连续八年成为全球最大工业机器人消费国，市场占有率稳步提升。2021 年工业机器人厂商在体量上提升明显，尤其是国产头部厂商，同比增速超过 100%；此外，上游原材料价格保持高位，同时供给端的矛盾依然存在，大部分本体和集成商成本承压加剧。

2021 年作为“十四五”开局之年，着眼机器人“十四五”发展规划与目标，从供给和需求两侧“双向发力”，实现包括机器人产业营业收入年均增速超过 20%、建成 3-5 个有国际影响力的产业集群、制造业机器人密度实现翻番以及形成一批具有国际竞争力的领军企业和创新能力强、成长性好的专精特新“小巨人”企业等。2022 年，随着《“十四五”机器人产业发展规划》的五项保障措施的实施，中国机器人产业的发展将进入新的阶段。

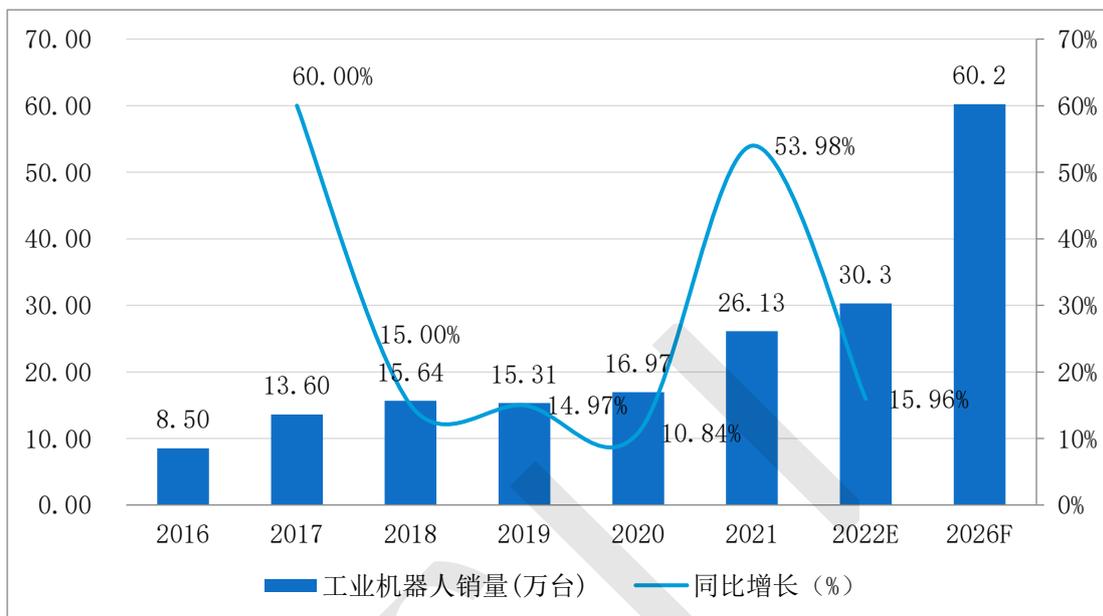
2022 年的后疫情时代宏观环境不确定性依然存在，中国经济处于“换轨”过程中；同时，新一轮疫情的影响也对宏观经济造成冲击。对于制造业而言，承压将会长期命题，同时也将伴随着分化的现象，高端产能的紧俏与低端产能的过剩将形成鲜明对比，以工业机器人为代表的自动化设备将在更多的细分行业发挥价值，对于机器人产业而言，很大程度上受到下游制造业景气度的影响，核心的指标取决于新增的固定资产投资情况。

从目前的态势来看，下游各行业全面回暖的逻辑逐渐失效，取而代之的是细分领域的分化式高速增长拉动需求。2021 年，传统汽车行业固定资产投资热度骤降，取而代之的是新

能源产业、3C、半导体等行业的固定资产投资增长。从这一点看，GGII 对于未来几年中国工业机器人市场的判断乐观大于悲观。

GGII 数据显示，2021 年中国工业机器人销量约为 26.13 万台，同比增速约为 53.98%，全球销量占比超过 50%。

图表 15 2016-2026 年中国工业机器人销量及预测（单位：万台，%）



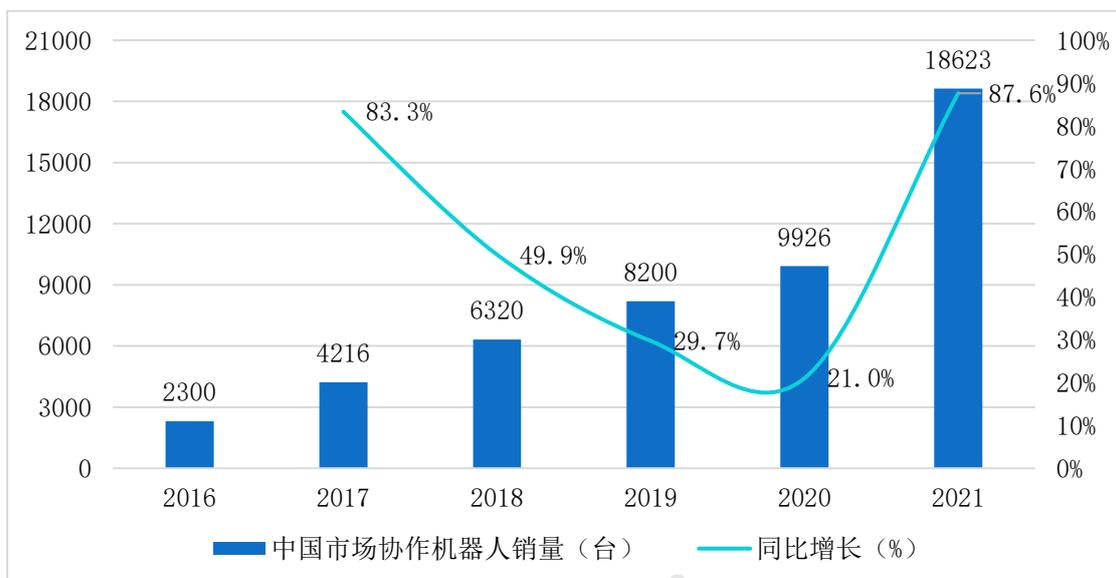
数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

从协作机器人市场发展来看，中国劳动力结构的变化对协作机器人需求形成利好，协作机器人具备编程简易、部署灵活的特点，且比传统劳动力便宜，甚至比传统工业机器人综合成本要低。因此，在我国社会人口结构老龄化、企业柔性制造需求日益凸显的背景下，采用协作机器人符合制造企业以低成本实现自动化转型升级的需要。同时协作机器人具备较高的安全性和柔性，在应用层面与应用前景上具备较大的想象空间，可以满足工业与服务领域的多种应用需求。

协作机器人轻量化、成本低的特点在一定程度上降低了行业门槛，不仅大型传统工业机器人企业在积极布局，创新型企业也在不断涌现。在国内外企业的不断加码下，协作机器人市场已经开始进入真正的高速市场化阶段。中国市场经过多年的培育，已逐渐成为全球协作机器人增长的引擎之一，越来越多的协作机器人厂商进入中国。

GGII 数据显示，2021 年中国协作机器人销量 18623 台，同比增长 87.62%；市场规模 20.39 亿元，同比增长 76.84%，增长显著；2016-2021 年，协作机器人销量及市场规模年均复合增长率分别为 51.94% 和 41.46%。

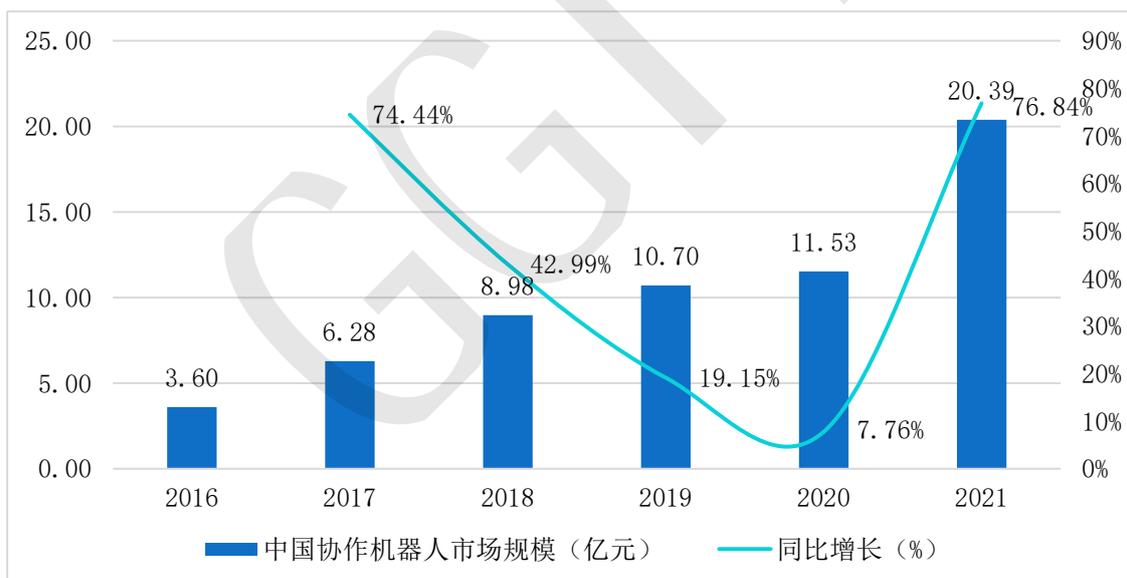
图表 16 2016-2021 年中国协作机器人销量（单位：台，%）



（注*上述销量数据不包含桌面型协作机械臂）

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

图表 17 2016-2021 年中国协作机器人市场规模（单位：亿元，%）



（注*上述数据不包含桌面型协作机械臂）

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

协作机器人市场 2021 年表现可以用“出乎意料”四个字来形容，市场格局变化较大，外资厂商增长放缓，国产厂商增速迎来了爆发式增长。受疫情推动，协作机器人在多个服务领域受关注度提升，不少厂商在服务领域加大布局力度，如大族机器人落地酒店隔离送餐应用、珞石机器人骨科手术应用等。从资金方面来看，协作机器人 2021 年融资情况较 2020 年

明显好转，解决了资金缺乏问题，部分企业也迎来了订单增长。总体来看，协作机器人下游应用进一步深化，市场加速洗牌，头部企业自我造血能力逐渐形成。

相较于 2020 年，2021 年协作机器人在商业服务领域实现了高增长。可以预见的是，在接下来的几年，各厂商会持续将更多的精力集中在产品打磨与迭代上，同时亦会在下游应用场景开发方面不遗余力。需要承认的是，当前的协作机器人市场基数依然偏小，市场和下游开发等方面仍有较大想象空间。

人们的认知里依然认为协作机器人只适合单工位的简单替代，而当前的应用现状往往会成为我们对未来想象的阻碍，尤其是在商业服务上的应用，很显然是被低估的，同时在众多的工业场景中，协作机器人的高柔性尚未真正发挥价值。

预计未来几年，随着技术的进步和产品价格的下行，协作机器人的接受度将获进一步提升，真正实现量产应用的厂商逐年增加，市场竞争日趋激烈，协作机器人销量及市场规模将进一步扩大。

第三节 中国协作机器人竞争分析

按照产品负载的维度，GGII 将协作机器人的负载范围分为 5 个档位，列举了中国市场主要协作机器人代表厂商的产品负载矩阵，如下图所示。

大部分厂商产品负载范围在 3-20kg 区间，其中轻负载（ $3\text{kg} \leq L < 7\text{kg}$ ）产品占比最高，达到 43.29%；其次是大负载（ $12\text{kg} \leq L < 20\text{kg}$ ）产品，占比 23.71%；中负载（ $7\text{kg} \leq L < 12\text{kg}$ ）产品占比 21.65%，排名第三；超轻负载（ $L < 3\text{kg}$ ）产品与超大负载（ $L \geq 20\text{kg}$ ）产品分别占比 7.22% 和 4.12%，分别排名第四和第五。

图表 18 主要协作机器人厂商产品负载矩阵对比

企业名称	产品负载范围				
	超轻负载 ($L < 3\text{kg}$)	轻负载 ($3\text{kg} \leq L < 7\text{kg}$)	中负载 ($7 \leq L < 12\text{kg}$)	大负载 ($12 \leq L < 20\text{kg}$)	超大负载 ($L \geq 20\text{kg}$)
艾利特机器人	/	★★★★	/	★★★	/
珞石科技	/	★★★	★★	★★	★
大族机器人	/	★★★★★★	/	★★★	/
慧灵科技	★★	★★★★	★	/	/
中科新松	★★★	★★★★	★★★	★★★	★
遨博智能	/	★★★★★★	★★★	★★	★

节卡机器人	★	★★★★★★	★★★★	★★★★★★	/
达明机器人	/	★★	/	★★★★	★
越疆科技	★★★★	★★★★★★	★★★★	★★	/
非夕机器人	/	★★	★	/	/
思灵机器人	/	/	★★★★	/	/
UR		★★	★	★	★
ABB	★★	/	/	/	/
FANUC	/	★	★★	★★	★
YASKAWA	/	★★	★★	/	★★
KUKA	/	★	★★	★★	/
Franka Emika	/	★★	/	/	/

注：★的数量代表该区间内的产品负载种类数量，同一负载的系列产品不重复计算

数据来源：各公司官网，高工机器人产业研究所（GGII）整理

按照产品轴数的维度，GGII 将协作机器人的轴数范围分为 3 个档位，列举了中国市场主要协作机器人代表厂商的产品轴数矩阵，如下图所示。

大部分厂商以 6 轴协作产品为主，占比达到 81.39%；7 轴协作产品主要以 KUKA、ABB、珞石科技、大族机器人、非夕机器人、思灵机器人、Franka 等厂商为代表，占比 11.63%。布局四轴产品的厂商较少，慧灵科技、越疆科技系其中主要代表。

图表 19 主要协作机器人厂商产品轴数矩阵对比

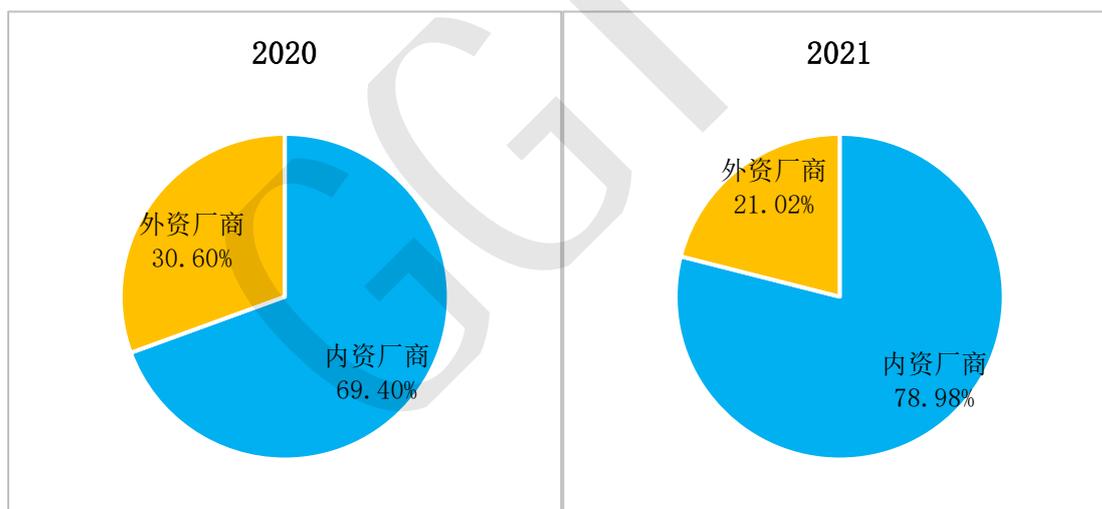
企业名称	产品轴数范围		
	4 轴	6 轴	7 轴
艾利特机器人	/	★★★★★★	/
珞石科技	/	★★★★★★	★★
大族机器人	/	★★★★★★	★★
慧灵科技	★★★★	★★★★	/
中科新松	/	★★★★★★	★★
遨博智能	/	★★★★★★	/
节卡机器人	/	★★★★★★	/

达明机器人	/	★★★★★★	/
越疆科技	★★★★★	★★★★★★★★★★	/
非夕机器人	/	/	★★★
思灵机器人	/	★	★★
UR	/	★★★★★	/
ABB	/	★★	★
FANUC	/	★★★★★★	
YASKAWA	/	★★	/
KUKA	/	★★	★
Franka Emika	/	/	★

注：★的数量代表该区间内的产品种类数量，同一负载系列产品不重复计算

数据来源：各公司官网，高工机器人产业研究所（GGII）整理

图表 20 2020-2021 年中国协作机器人内外资市场份额（以销量计）



注：台系厂商归入内资厂商范畴

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

第五章 协作机器人行业大事件盘点及分析

第一节 2021-2022 年协作机器人行业大事件梳理

图表 21 2021-2022 年协作机器人行业大事件一览表

时间	事件
2021.01	节卡机器人完成 C 轮融资，融资金额超 3 亿元人民币。
2021.01	越疆科技完成 3.2 亿元新一轮融资，由中金资本领投，中车资本、温氏资本、招商局资本、云晖资本、势能资本以及老股东跟投，势能资本继续担任独家财务顾问。
2021.01	思灵机器人（AGILE ROBOTS）宣布完成 B 轮融资，融资金额超 1.3 亿美元。
2021.02	2 月 24 日，ABB 推出全新 GoFa™和 SWIFT™系列协作机器人，进一步拓展其协作机器人产品组合，新款机器人凭借更高负载和更快速度，与双臂 YuMi 和单臂 YuMi 形成互补。
2021.02	镁伽机器人宣布完成 3000 万美元的 B2 轮融资。
2021.03	大族机器人在上海松江发布了新品协作机器人——MAiRA。
2021.04	艾利特机器人宣布完成 2 亿元 B1 轮融资。
2021.04	艾利特机器人北美分公司已于 4 月 10 日在田纳西州诺克斯维尔（Knoxville, TN）正式成立并运营，现已建立了 20 人左右的团队。
2021.05	镁伽机器人宣布完成由药明康德领投的 6500 万美元的新一轮融资。
2021.06	大族机器人完成 3.95 亿元的 B1 轮融资。
2021.06	法奥机器人完成 3000 万美元的 A+轮融资。
2021.07	2021 世界人工智能大会开展首日，位于上海世博展览馆 H2 馆 E120 展位的节卡机器人发布一款主要面向商业、教育等领域的协作机器人——节卡 MiniCobo 协作机器人。
2021.07	柯马在中国市场首次展出 AURA 协作机器人，其高约三米，重约三吨，是市场上唯一一款负载最高可达 170 公斤的协作机器人。
2021.09	艾利特机器人完成 1 亿元的 B+轮融资。
2021.09	思灵机器人完成 2.2 亿美元的 C 轮融资。
2021.10	越疆科技在第三届中国（华南）国际机器人与自动化展览会上举办了以“矩阵新力量”为主题的 2021 新品发布会。此次发布会，越疆科技重磅发布了 CR3L、CR7、CR12 三款协作机械臂新品，全面升级 CR 系列产品矩阵，以更丰富的负载和臂长选择，为制造业客户自动化升级提供了更优的方案。
2021.12	节卡机器人推出 JAKA Zu 系列协作机器人力控 s 版产品配置工业级力觉传感器，并集成

	自主知识产权的力控算法，提高协作机器人本体的感知能力，同时提供恒力、法向跟踪和速度模式等多种力控解决方案，实现机器人的全臂碰撞检测，为客户提供更好的人机交互体验和安全保障。
2022. 03	法奥机器人完成超 5000 万美元 B 轮融资。
2022. 03	艾利特机器人完成数亿元 C1 轮融资。
2022. 03	发那科推出多款 FANUC CRX 协作机器人。
2022. 03	华数机器人推出工业协作机器人 HSR-BR608、HSR-BR610。
2022. 04	珞石机器人与中科晶上共同建设成立工业级 5G 智能机器人联合实验室。
2022. 05	节卡机器人完成战略融资。
2022. 05	珞石机器人推出新一代柔性协作机器人 xMate CR 系列。共包含 3 款机型：CR7、CR12 和 CR18，有效负载分别为 7kg、12kg、18kg，工作范围分别为 850mm、950mm、1300mm。广泛适用于柔性装配、螺丝锁附、上下料、包装、检测、焊接、复合机器人等。

数据来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第二节 新产品&新应用&新机遇

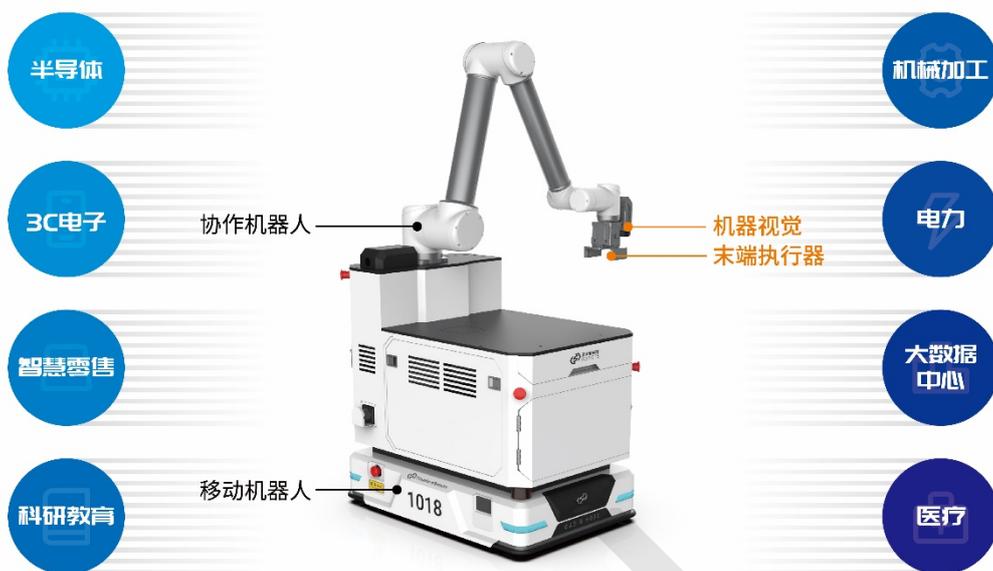
一、复合机器人

对于传统的工业机械臂来说，可以代替人工在固定位置完成大部分生产自动化作业；对于传统的移动机器人来说，可以实现各环节物流的自动对接和流转。但由于传统机械臂机身位置固定、运动半径受臂展大小的限制导致作业范围被限定；传统移动机器人仅能完成单一的“移动”，并不能灵活的代替人力，很多公司开始尝试将机械臂和移动机器人进行搭配和组装，集合为具备更多功能、能处理更多环节工作的“复合型机器人”，意图让机械臂的作业地点不再受限，触达以往不能触达的地方，用以满足车间自动化设备柔性化生产的需求。

复合机器人通过机械臂+移动底盘的方式，相比于单一的移动底盘、机械臂，极大地增强了机器人作业可达范围，可以应用到更多的场合。具体来看，传统的移动机器人一般只有 3 个自由度，而搭配不同末端工具的复合机器人可以拥有 9 个以上的自由度。

复合机器人主要由 AMR 底盘、机械臂、视觉以及相应的末端执行器组成，其中内置于底盘和机械臂中的激光雷达、视觉模块等构成了它的“眼睛”，机械臂让它拥有了“手”一般的操作能力，底盘则让它像‘腿’一样进行移动。因此，**移动协作机器人也叫复合机器人。**

图表 22 复合机器人应用生态圈



资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

目前，复合机器人已落地应用的场景有两大类，精密制造业以及巡检运维领域，其中复合机器人在精密制造业中的应用可以分为“动”和“静”两方面的应用。

“动”指的是在精密电子制造的生产环节中，物料是流转的，复合机器人主要使用的是小型、轻载的协作型机械臂，兼具高效率、连续性、精确性、灵活性和安全性，可以与人在车间协同作业，成为集物料缓存、搬运、上下料等功能为一体的智能解决方案，此场景中复合机器人可以取代大部分转运与上下料等枯燥乏味的工作。

“静”指的是在船舶、高铁、航空等高端制造领域中，飞机、高铁、大型船只等产品由于体积庞大，其在生产过程中的位置是固定的，机械臂往往需进行位置固定才可进行喷涂、钻孔、打磨、检测等操作，而安装大量的机械臂会导致高昂的成本，复合机器人成为性价比比较高的方案之一。

而在巡检运维领域，例如电厂、风电厂中，为了保障能源供给的稳定性，需要对相应的设备进行周期性的运维、检测，同时检测对象多处于恶劣环境中，难放置传感器进行周期性的采集，因而过往一般采用人工巡检的方式。但人工检测存在着极高的风险，以变电环境下的高压开关柜操作场景为例，电力的强度达到6kV，稍稍发生意外，工人被电弧沾上就是一场重大事故，同时一个发电机组的暂停工作，其造成的损失是千万元级别，所以必须保证稳定运行，采用结合SLAM技术、深度学习等技术手段的复合机器人进行巡检运维成为可行的

解决方案。

在其他领域，复合机器人在 3C 电子、日化品、机加工等制造业的零部件组装环节已经有一些应用，主要用于加工工件的抓取、组装、搬运、装卸等作业。此外，在半导体晶圆车间、封测车间也已经有不少的场景应用。

复合机器人还可应用于仓储物流、医疗、智慧零售等商业服务领域，实现物料/物品的自动搬运、上下料、分拣等操作，“手+脚”的有效结合，应用的边界逐渐被扩大。

从技术难度上来讲，复合型机器人主要由 AMR、机械臂、视觉相机、末端执行器几部分构成。业内常见的复合型机器人是集成商采购不同的产品，进行组装和二次开发。这就导致了机器人的结构较为复杂，且由于各个子单位的控制器不同，其内部通讯协议等完全不同，集成商的二次开发较为复杂。

另外，拥有一定负载操作能力的机械臂普遍体积大、重量重、成本高、需要额外大体积的控制柜等，这对升降平台的强度和走线、移动底盘的配重和体积有更高的要求，也限制移动底盘的通过性和续航能力，但轻量型的机械臂又难以满足生活中多样化的负载操作需求。

同时，移动底盘并非纯刚性的平台，如何在移动底盘上实现高精度作业也是一个技术难点。

最后一个影响因素是项目的定制化需求。目前而言，复合机器人的实际应用往往是非标的，根据厂家的设备差异，复合机器人需要不同的软件部署环境，但往往每家的系统都难以实现嵌入式集成，这导致问题的分析排查需要跨系统完成，这对部署人员有着较高的技术要求，同时也限制着复合机器人的规模化复制应用。

二、大负载协作机器人

近年来，机器人的技术发展呈现出“工业协作化”、“协作工业化”的趋势，应用的共融性增强。协作机器人与传统工业机器人之间的关系，已从找“绝对差异”发展到“强化比较优势”。

一般情况下，由于协作机器人刚度偏弱，故而必须在增大负载和扩大臂展之间权衡。然而，随着技术的迭代，协作机器人的负载范围逐渐扩大，由最早的 5kg 逐渐扩大到 30kg，更高的负载意味着客户能够有更多的选择。另一方面，协作机器人负载变大的同时，协作机器人也在探寻更多的应用场景。虽然目前低中负载场景中协作机器人的应用相较于前几年已经获得了高速增长，但是也遇到了 SCARA 机器人与工业小六轴机器人的激烈竞争，因此通过大负载协作机器人扩充新场景成为了部分协作厂商的新策略。

2022 年 6 月，时隔四年之后，全球协作机器人龙头企业优傲机器人再次发布新品 UR20。

在发布会上，优傲机器人特别强调工业协作机器人(Industrial Cobot)的概念，蕴含的判断是未来协作机器人的增长点仍然在工业领域，随着协作机器人性能工业化的进一步增强，协作机器人对于部分传统工业机器人的替代效应将会进一步增强。

可以预见，未来的协作机器人与传统工业机器人之间的界限将会越来越模糊。一方面，协作机器人正向高精度、高柔性方向发展；另一方面，工业机器人安全性越来越高，交互也趋于人性化，协作的属性愈加增强；随着技术的发展，两者将优势互补，殊途同归。



技术篇

第六章 协作机器人技术发展分析

第一节 协作机器人技术发展现状

根据国际机器人联合会（IFR）对人机协作的四种定义：

- 共存：人与机器人能够共同工作，但是不享有共同的工作空间；
- 顺序协作：人和机器人共享同一工作空间中的全部或部分，但是不能同时在零件或机器上工作；
- 共同作业：协作机器人与人能够在同一个零件或机器上操作；
- 响应式协作：协作机器人实时响应人的动作；

目前协作机器人主要停留在共存与顺序协作阶段，共同作业以及响应式协作方式较为少见。

协作机器人的技术特点主要为**安全性、易用性、灵活性、共融性**等。安全问题是人机协作系统的基础，协同工作必须以保证操作人员的安全为前提；易用性和灵活性是人机协作系统的重点，能够快速适应柔性的、复杂的生产方式是协作机器人的优势；共融性则是协作机器人全面深入市场、多方位超越工人的核心。

一、安全性方面

为了满足协作机器人的安全性需求，行业内企业通常采用低电压、轻量化设计，同时具备碰撞检测功能。

低电压与轻量化设计主要保障协作机器人的安全性。协作机器人一般采用小于等于 48V 的低电压设计，能够有效防止因为线缆内部故障导致漏电造成人员伤亡，同时可以有效保证电气线路的稳定。此外，由于需要与人工进行协同作业，协作机器人在设计过程中会涵盖碰撞力学方面的知识，通过轻量化、降低机械臂运动速度，来降低机械臂在运行时所产生的动能，从而实现将碰撞造成的危害微小化、可控化。

碰撞检测作为协作机器人安全功能的核心，两种代表技术方案分别为 UR 的无传感器电流检测方案和 Kuka iiwa 的关节力矩传感器检测方案，二者均通过发生碰撞时碰撞力的检测来触发机器人的保护性停止。其中关节力矩传感器大幅提升了碰撞检测的灵敏度，但同时带来了刚度和精度的下降问题。

二、易用性方面

协作机器人多用于柔性需求较高的场景，这类场景对于协作机器人的易用性和灵活性带来了较高要求。

传统工业机器人示教器编程采用机器人点位的逐点示教以及高级机器人语言编程完成，专业性强，上手门槛高；协作机器人通过拖动示教路径点的记录并配合相对易用的引导编程，降低了操作者的专业要求。随着协作机器人应用领域的不断扩展，提升协作机器人编程的易用性，覆盖（Windows/Linux/Mac/移动端客户端、网页端、手持示教器等）的拖拽式图形化编程成为协作机器人编程发展的方向。此外，行业内企业对机器人编程方式不断进行优化升级，以实现机器人的快速部署，近年来，协作机器人示教方案已经逐步发展出无线示教和图形示教等方式。

三、灵活性方面

在灵活性方面，协作机器人在外置接口的设计上采用了兼容式设计，能够在较大程度上兼容各种品牌的外接装置，例如：末端执行器、视觉相机、传感器、传感器等。在不同场景的应用中，通过灵活替换外接装置，可以使协作机器人快速满足工艺场景下的功能要求，实现灵活性的提升。

为了进一步提升协作机器人的应用灵活性，各家协作机器人企业结合其在上下游的优势，与市面上领先的机器人周边配套厂家展开了深度的合作，推出了围绕协作机器人的产品生态圈。如优傲机器人推出 UR+生态系统，利用经过 UR 认证的应用套件和组件，可以实现更快的自动化流程部署。

四、共融性方面

协作机器人的共融性主要指协作机器人系统易于嵌入或接纳其它系统、易于转化先进的理论与算法，使得自身功能不局限于机器人制造商的定义，而具有极大的扩展性。现阶段协作机器人在共融性方面已经有了较大提升，并仍在不断进步中，能够与机器视觉系统、移动操作技术、AI 技术平台、各类工艺包等进行共融互通，实现各类延展性应用。

第二节 协作机器人核心技术分析

一、一体化关节

一体化关节指在机器人每个关节内完成伺服驱动器的装置以及底层电气设备的连接，使每个关节成为一个控制单元，以简化整机走线，降低配套设备重量。为了满足对于安全性和灵活性的需求，协作机器人的走线和执行机构的穿气管都在内部，因此要求电机、减速器、驱动器等都要放在一个大中空的结构里，编码器、驱动器、减速器、电机、制动器等都需采

用集成式设计。

一体化关节设计与协作机器人有较高的契合度。协作机器人在设计之初往往会考虑轻量化、安全性等需求，采用一体化关节设计能够有效地降低协作机器人本体重量；同时，中空走线的设计也在一定程度上避免了因线路故障引起漏电导致人员伤亡的情况。

尽管一体化关节设计十分契合协作机器人的设计需求，但是在实际研发设计过程中仍有一定困难。协作机器人一体化关节内部结构十分复杂，除电机、减速器、驱动器、编码器零部件外，通常还内置力矩传感器及机械制动器等。同时，由于这些零部件往往来自于不同上游厂商，结构设计多样化，不利于机器人或关节模组厂商集成设计，使本体集成设计成为协作机器人前期研发的难点之一。此外，零部件选型成本高、适配性不明确、市场非标定制化程度较高，也为一体化关节应用的发展道路埋下一道道坎坷。

二、轨迹规划技术

路径规划是指在某一作业场景下，根据作业内容的需要，结合路径约束与障碍物约束找到一系列要经过的路径点（空间中的位置或关节角度），并得到一系列末端的运动路径点数据。机器人路径规划主要是为了使机器人在作业过程中的运动路径与障碍物保持一定距离，同时整体路径能够保持最短，以实现安全、高效的自动化作业。

轨迹规划是在路径规划的基础上加入了时间序列信息，对机械臂在运动过程中的速度和加速度进行规划，可以在机器人关节空间运动中使机器人运行时间尽量短或能量消耗尽量小。

轨迹规划可以在关节空间或直角空间中进行，但是做规划的轨迹函数都必须连续和平滑，使得操作臂的运动平稳。其中，关节空间法是以关节角度的函数来描述机器人的轨迹的，关节空间法不必在直角坐标系中描述两个路径点之间的路径形状，计算相对简单；同时，由于关节空间与直角坐标空间之间不是连续的对应关系，因而不会发生机构的奇异性问题。^[1]因此，关节空间法也常被用于协作机器人的轨迹规划。

三、碰撞检测技术

碰撞检测是保障协作机器人安全性的关键性技术之一，能够实时监测机器人与工作人员或其他设备之间是否存在碰撞，并对碰撞进行及时的反馈，通过策略控制保证碰撞发生时不会对工作人员造成伤害。

协作机器人碰撞检测技术主要有两类：碰撞后检测安全技术与碰撞前检测安全技术。碰撞后检测安全技术主要是靠优化机械结构设计、碰撞力抑制算法和搭载关节力矩传感器、电流环、触觉力觉传感器等方法检测碰撞是否发生，及时反馈碰撞信息并快速作出应对方案，

从而降低碰撞发生后造成的伤害；碰撞前检测安全技术是在机器人上使用非接触式的传感器（视觉系统、安全皮肤、激光传感器等），对周围环境及人的行为进行预测，并采取相应的安全避障措施，因此可以从根本上避免碰撞的发生，极大地提高了人机交互的安全性。

常用碰撞检测方法如下：

➤ **力矩传感器：**

最常用的碰撞检测方式之一，通过添加关节力矩传感器或底座力矩传感器来检测外力，可以有效避免摩擦力误差，碰撞检测精度较高。

➤ **电流环式：**

采用电机的电流或反馈的力矩来检测碰撞是否发生，无需额外添加传感器，并且能够完整覆盖机器人整个表面，是成本最低的碰撞检测法。从另一方面来看，电流环碰撞检测法容易受摩擦力影响，对建模和辨识带来一定困难，且减速器越大，摩擦力误差也会随之增大。因此，电流环式碰撞检测法的检测精度有一定局限性，多用于小型协作机器人上。

➤ **触觉电子皮肤：**

一种碰撞后检测方法，通过在机器人表面安置压力传感器来检测外力，检测灵敏度高，检测精度较高，但是由于单个机器人对于压力传感器的需求量较多，导致装配较复杂，布线难度较大，成本过高。

➤ **安全皮肤：**

安全皮肤是一种电磁感知技术，属于碰撞前检测方法。安全皮肤具有较高的灵活性，可以被加工为各种形状，能够检测机器人周围 15cm 范围内的工作区域，且检测灵敏度较高，在机器人高速运行状态下，可以有效检测出障碍物的存在并及时停止机器人作业。

➤ **视觉系统：**

一种碰撞前检测方法，通过搭载 3D 视觉相机或广角摄像头来监测机器人工作范围内是否存在障碍物，已实现机器人与障碍物接触前可以及时作出应对措施。此外，搭载视觉相机还有利于定位分拣、上下料、产品检测等场景中协作机器人的自动化、智能化应用。

➤ **其他：**

包括在机器人周边设置电子围栏、压力垫、激光传感器等装置，通过对机器人周边一定范围内的障碍物进行监测反馈，从而降低工人或其他设备突然出现导致碰撞的

可能性。

四、力控技术

传统工业机器人往往被设计在结构化的工作场景中进行重复性的位置作业，然而到了非结构化且需要进行接触作业的工作场景中，这种重复性的、单纯依靠位置控制的作业模式就会遇到困难。为了解决接触作业中对作用力柔性的高要求和位置控制准确性及系统高刚性之间存在着矛盾，协作机器人柔顺控制这一概念被引入。

机器人的柔顺性可以分为被动柔顺与主动柔顺。被动柔顺主要是通过弹簧机构、阻尼器、气动柔顺装置来实现机器人的末端柔性操作。柔触机器人公司所开发的气动夹爪也属于这一类的被动柔顺方式。被动柔顺机构的柔顺中心一旦被固定，就很难调整，主要适应刚度固定的作业要求。

主动柔顺，是指机器人利用力的反馈信息采用一定的控制策略去主动控制作用力。一般的，这里采用的力反馈信息通过机器人末端六维力传感器或关节扭矩传感器获取，随着国内力传感器技术上的突破，传感器设备的性能也将逐渐标准化，成本也会逐步降低，未来协作机器人的力控性能差异还是会落在机器人控制器的力控算法和策略上。

根据控制策略，主动柔顺可以分为：直接力控制策略、阻抗/导纳控制策略、力/位混合控制策略和自适应/智能控制策略。目前，多数协作机器人企业都是从力/位混合控制往自适应/智能控制策略跃进。

五、振动抑制技术

协作机器人关节传动系统中含有谐波减速器、力矩传感器等柔性元件，使其具有关节柔性；同时，轻量化以及内部中空的结构设计使协作机器人具有连杆柔性，导致在运动、定位以及末端负载较大时会造成协作机器人的振动。

协作机器人振动形式主要为过程振动和残余振动，其中，过程振动是指协作机器人在作业中受到外部干扰或内部建模参数不确定而产生的震颤；残余振动是指协作机器人在完成周期作业后由于位置与速度的误差导致在终止点发生的自由振荡。协作机器人在运行中产生的振动对于其在准确度、稳定性、工作效率都有一定程度影响，甚至可能导致协作机器人结构疲劳和损伤，缩短机器人使用寿命。因此，为保证协作机器人的高效、稳定作业，须采取振动抑制技术。

振动抑制技术可以分为主动控制和被动控制：

➤ 主动振动控制

主动振动控制是根据机器人的动力学特性，通过设计相应的控制算法，来抑制机器人的

关节误差或者补偿柔性影响，减小柔性的动态影响，进而实现抑制振动的目的。主动振动控制具有一定灵活性，适应性较强，但是对于复杂结构建模困难，需要考虑模型误差带来的不利因素，且振动影响因素较多，因此可靠性分析时较困难。

➤ 被动振动控制

被动振动控制是通过采用一些高刚度或耗能材料，或优化机器人结构等方式，提高机器人的结构刚度与阻尼系数，达到降低柔性系统弹性形变、抑制残留振动的目的。被动振动抑制法具有简单高效，不需要外部输入能量等优势，但是通过改进结构性能的方式成本较高，适应性也相对较差。^[2]

➤ 轨迹规划法

轨迹规划法是通过协作机器人运动路径、速度、加速度进行优化，使其在运行中保持平稳运动状态，从而减少因为路径、速度、加速度突变导致的振动。

第三节 国内外协作机器人安全技术对比

图表 23 协作机器人碰撞控制安全技术概况

企业名称	所属国家	主要产品	碰前检测	碰后检测
中科新松	中国	G 系列	无	关节力矩传感器
慧灵科技	中国	Z-Arm	无	关节力矩传感器
珞石科技	中国	xMate	无	关节力矩传感器
艾利特机器人	中国	CS 系列	无	电流环
大族机器人	中国	MAiRA	3D 视觉	电流环
遨博智能	中国	iV 系列、iF 系列	电子围栏	电流环
节卡机器人	中国	Zu 系列 All-in-one 共融系列	广角摄像头	电流环+底座力矩传感器
越疆科技	中国	CR 系列	TOF 3D 视觉	电流环+关节力矩传感器
UR	丹麦	URe 系列	无	电流环
KUKA	德国	LBR iiwa 7/14	无	关节力矩传感器
Franka Emika	德国	Panda	无	关节力矩传感器
ABB	瑞士	SWIFT 系列	激光传感	无
史陶比尔	瑞士	TX2touch	视觉	触觉电子皮肤

数据来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第四节 协作机器人技术趋势与方向

一、性能工业化

近年来，协作机器人的性能在不断向工业方向靠拢，稳定性不断提高；从最早的 3kg、5kg、10kg 的负载，到现在 20kg、30kg，负载不断变大；从开始的 1m/s 的速度，到现在可达 3m/s，速度不断变快；精度也达到了工业级别的 0.02mm。

从性能上而言，协作机器人不断冲击原来由于技术限制所形成的协作机器人与工业机器人之间泾渭分明的界限；从应用上来看，协作机器人在工业领域有了越来越多的应用，甚至在部分领域已经替代了传统意义的工业机器人。

然而，对于这些大负载、高速度的协作机器人，安全性则是对性能的一种桎梏，为了保证人机协作的安全，它们都只能被设定在很低的速度下运行。为此，ABB 设计生产了 CRB 1100 协作机器人，是一款跨界探索产品，本体与工业机器人无异，但增加了安全激光扫描仪，配合 ABB 的 SafeMove2 功能，通过感知人体与机器人的距离来调整工作状态，相当于增加了一个隐形的围栏来保障了安全性，相对协作机器人人机协同的共享工作空间，存在安全区域的人机隔离。

二、核心零部件性能优化

电机：协作机器人电机后续发展必然是向高扭矩、大中空、高功率密度等方向发展。核心零部件重量轻，功率密度高将成为主要特点，使得协作机器人关节更加轻量化，负载力更高。

伺服驱动：机器人伺服驱动偏向集成化，小体积化，要求具备高动态响应，高精度，力控制及抖动抑制，整体向智能化发展。

编码器：机器人编码器是伺服控制的核心部件，目前在成本上，可制造性，精度等还有一定的局限。后续发展方向主要是围绕高精度、高集成度、高可靠性发展。

伺服控制性能提高，必然要求编码器技术的提高，高精度编码器尤为重要。由于需要关节输入输出两侧位置、速度等，编码器需要采集两端信息，高集成度的编码器同时采集两端信息，减少体积和走线尤为重要。另外编码器必然需要更高的可靠性，抗干扰，在强辐射、高低温等特殊场合依然保持可靠性。

三、感知化

智能传感器的发展方向后续主要围绕视觉、力传感器、电子皮肤、人机交互及安全方面。首先机器人必须要有有力感知，具备力感知的机器人能够更好地实现智能柔顺抓取，也可以更好的与人进行安全交互。其次机器人要围绕视觉感知发展，让机器人可以看见周围环境，其

包智能相机技术、3D 相机、3D 雷达等。

“眼睛”对于机器人执行新任务（例如在仓库中挑选和移动产品）不可或缺。传统机器人（或没有视觉系统的机器人）只能完成简单的重复性任务，而具有机器视觉的机器人可以解决更多问题，例如来料位置不一致，来料具有公差等。除此之外，视觉系统可以赋予机器人读取颜色或纹理的能力，使机器人能够完成检测类应用，例如：条形码检测。而配备 3D 视觉系统的机器人功能更加强大，可以抓取或检测立体的物体，实现无序抓取等应用。

除了对光信号的感知外，具备对外界力的感知能力也将极大拓宽机器人的应用场景，例如打磨、装配、按摩、康复以及手术等。未来机器人将不可避免的与人共同工作或为人直接提供服务。具备力的感知能力可以保证机器人与人接触过程中的安全，避免异常情况对人的伤害。同时，具备力的感知能力将便于机器人的使用，人可以通过直接拖动的方式给机器人安排工作，无需学习复杂的编程语言，协作效率也得以提升。在按摩等场景中，机器人与人直接接触，灵敏的力感知可以让机器人模拟人的按摩动作，达到与人相同的治疗效果。

四、智能化

机器人作为一直以来作为机电执行机构，只能替代简单体力劳动。对于复杂非结构化的场景，则无法发挥太大作用。近年来，随着人工智能技术的发展，越来越多的新式应用涌现出来，例如无序抓取，智能检测等。随着工业数据的积累和计算机算力的提升，机器人可以通过学习的方式处理复杂问题，优化动作流程。

AI 应用是未来协作机器人技术的发展趋势，未来只有具备人工智能，自制学习判断的协作机器人才可以成为真正的协作机器人。机器人除了安全和人机交互外，必然需要深度学习，可以通过自主学习训练使得机器人更加具备智能化，也是人机交互的重点。

未来机器人控制器或将发展为零编程使用，通过使用多传感器融合后的智能学习判断，与人智能交互后即可实现目标任务的执行。

五、模块化

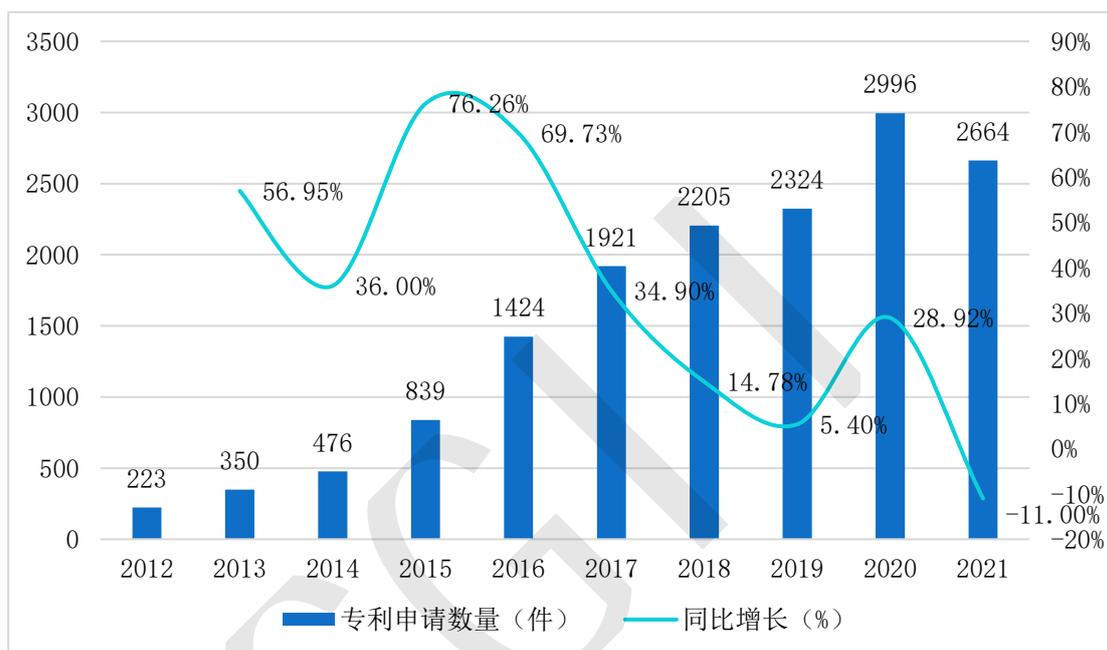
底层部件的模块化为机器人整机的开发夯实了基础，提升了新产品的开发速度，增强了新产品的可靠性。不同规格的关节经过组合，配上相应的连杆，即可组成一款新的机器人，无需从底层模块开发。同时，不同机器人共用相同的关节，关节的使用数量会有大幅提升，更有利于关节的成熟。此外，关节的批量使用也使企业的采购成本降低，进而降低了机器人整机的成本，从而大幅提升机器人的性价比和竞争力。

第五节 协作机器人产业专利申请情况

我国工业机器人起步于 1972 年，其发展过程大致可分为三个阶段：1972 年-1985 年的萌芽期；1985 年-2000 年的技术研发期；2000 年至今的产业化期。

截至 2020 年年底，中国工业机器人相关专利数量累计 15174 件。从 2012 年到 2020 年，我国工业机器人专利申请数量总体呈上升的趋势。2020 年，专利申请数为 2996 件，达到峰值，2021 年工业机器人专利申请数为 2664 件。

图表 29 2012-2021 年中国工业机器人相关专利申请情况（单位：件，%）

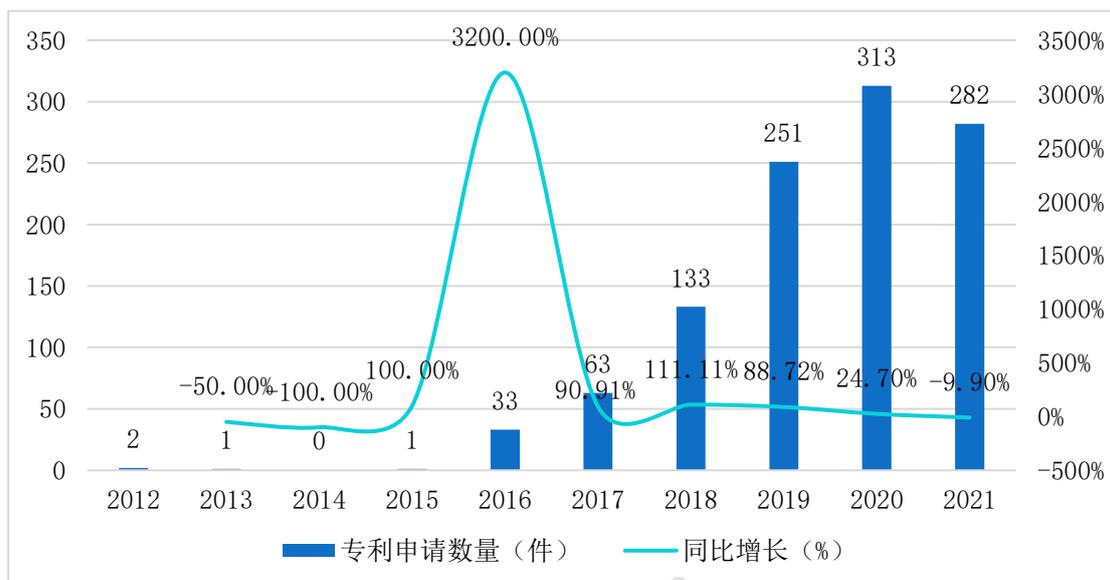


（注*最新数据同步有一定滞后性）

数据来源：RainPat，高工机器人产业研究所（GGII）整理

从协作机器人领域来看，截至 2021 年底，协作机器人相关的专利申请量为 1085 件，其中 2021 年申请量为 282 件。

图表 30 2012-2021 年中国协作机器人专利申请情况

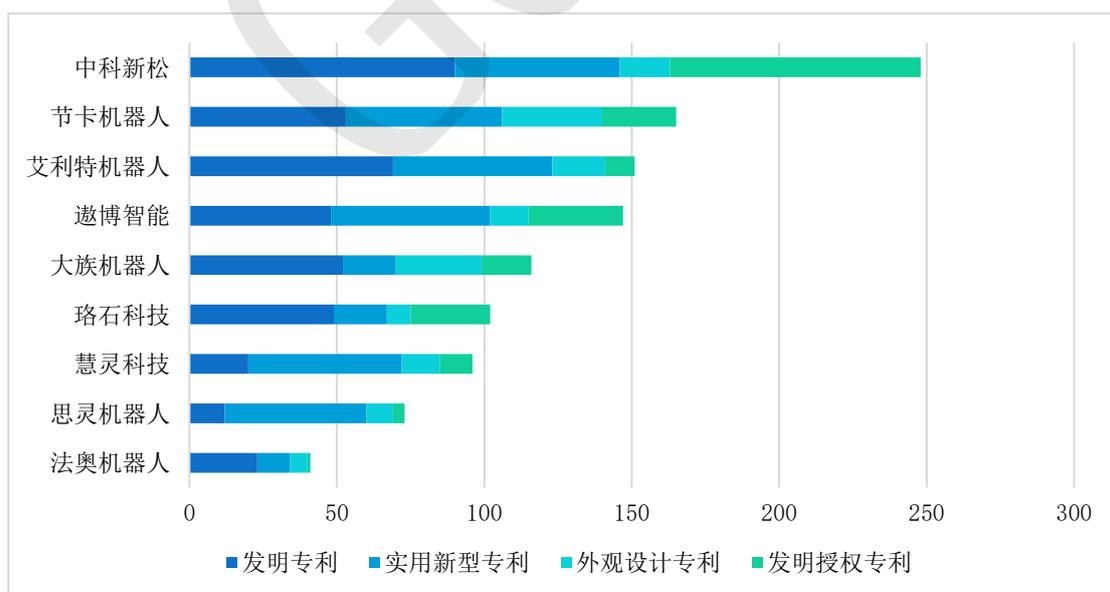


(注*最新数据同步有一定滞后性)

数据来源: RainPat, 高工机器人产业研究所 (GGII) 整理

从申请主体来看, TOP10 的申请主体中, 代表的协作机器人厂商有中科新松、节卡机器人、艾利特机器人、遨博智能、大族科技、珞石科技、慧灵科技等。在某种程度上看, 国产协作机器人厂商进步较为明显, 该领域也是典型的资金和技术密集型领域, 持续的投入是技术不断迭代进步的有力支撑。

图表 31 中国协作机器人相关专利主要申请人构成表



(注*最新数据同步有一定滞后性)

数据来源: 企查查, 高工机器人产业研究所 (GGII) 整理

应用篇

第七章 协作机器人应用分析

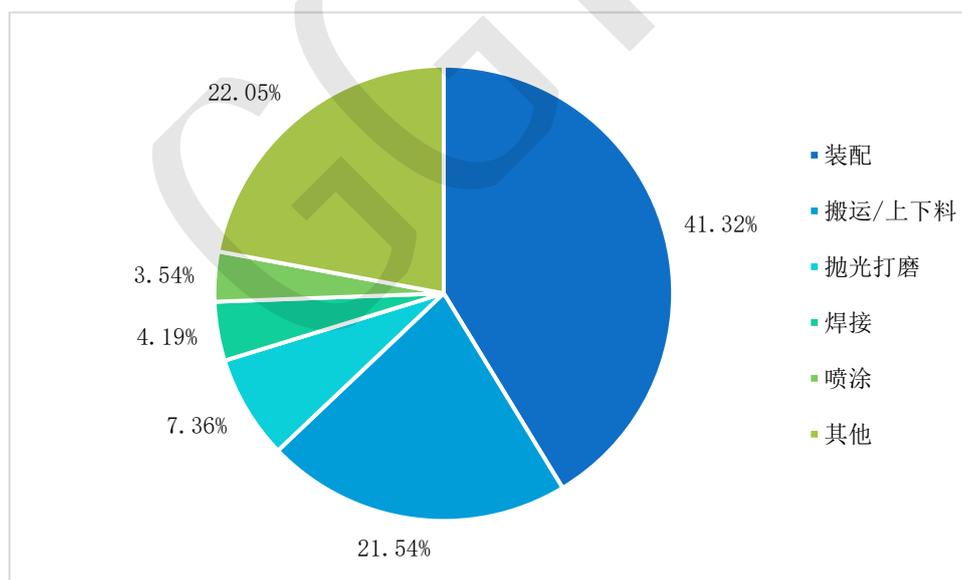
第一节 协作机器人应用场景分析

近年来,协作机器人企业不断开拓下游应用场景,协作机器人产品在性能上也屡有突破。

在工业场景中,对比传统工业机器人对结构化环境的要求及人机分离、只能进行单一产品大批量生产的特点,协作机器人可以在非结构化环境中进行应用、支持人机协作、进行小批量或定制化的生产。协作机器人的增长既来自于制造业的传统需求,即提高生产效率、降低单位人工成本等,也来自于现代工业对柔性生产的需求:应对多品种小批量生产、实现从批量生产到大规模定制的转变。

而近年来随着协作机器人工艺包的持续开发,协作机器人能实现的应用逐渐多元化。从应用场景来看,目前协作机器人的应用主要集中于装配、搬运/上下料、抛光打磨、焊接、喷涂等领域。2021 年,协作机器人在装配以及搬运/上下料场景的应用占比超过 60%,分别为 41.32%和 21.54%。抛光打磨、焊接、喷涂等应用场景占比分别为 7.36%、4.19%、3.54%。

图表 24 2021 年协作机器人应用场景分布 (以销量计, 单位: %)



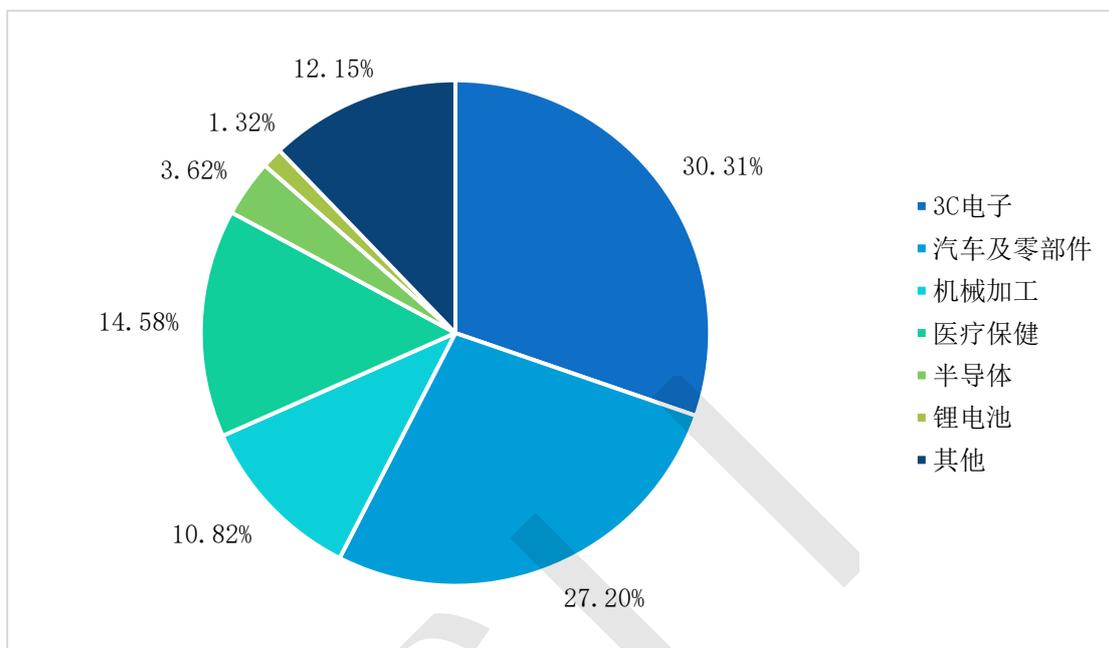
数据来源: 高工机器人产业研究所 (GGII)

第二节 协作机器人应用行业分析

在工业领域,国内协作机器人产品主要应用于 3C 电子、汽车零部件、机械加工等行业,2021 年,3C 电子、汽车零部件行业依然是协作机器人的主要流向,其他行业领域渗透率持续提升,如机械加工、新能源、医疗保健等细分市场均同比增长。

协作机器人可对人类进行感知，安全性高，还被用于服务行业，在服务领域，科研教育是目前主要的应用市场，医疗护理、物流、商业零售等领域也正快速兴起，预计 2022 年商用服务领域会有更多落地项目。

图表 25 2021 年中国协作机器人应用行业分布（以销量计，%）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

GGII 数据显示，2021 年 3C 电子行业市场占比为 30.31%，较上一年略有提升。2018-2021 年，3C 电子行业一直是协作机器人落地最多的下游行业。2021 年汽车及其零部件行业市场占比为 27.20%，相比于 2020 年提升明显。

2021 年协作机器人市场的增量主要来自于汽车及零部件行业和医疗保健等服务行业。针对汽车及零部件行业生产存在的单机自动化、人工切换产品、交付周期长、产线智能化低等问题，协作机器人可以进行快速的部署，实现柔性化生产，并缩短单工位自动化升级的投资回报周期。而在服务领域，协作机器人可以充分发挥其安全的特点，如理疗、智慧零售、核酸检测等场景已经越来越多的导入协作机器人。中科新松的多可便民核酸采样亭产品克服了核酸采集流程“采集、收样、封装、保存、消杀”等环节中的各个难点、痛点，尤其是在采集环节因为人的不稳定性而可能导致的问题。

基于下游细分行业的发展趋势，GGII 认为，未来几年，协作机器人在各行业的渗透率将持续提升，整体需求将会延续高增长态势。

一、细分行业应用分析

1、3C 行业

3C 行业是目前协作机器人应用最广泛的行业，GGII 数据显示，2021 年，中国协作机器人在 3C 行业中的销量超过 5600 台，同比 2020 年增长约 80%。

受消费个性化需求影响，3C 产品迭代速度与日俱增，产品生命周期逐渐缩短，产品种类丰富，这也要求 3C 企业满足产线柔性高、换型快、能够实现小批量、多样化的生产需求，这也为协作机器人在 3C 行业中的发展提供机遇。

协作机器人在 3C 电子行业的应用离散化程度较高，可以应用于 CNC 设备上下料、硬件装配、手机背板打磨抛光、产品质量检测以及螺丝拧紧等工作。

3C 行业协作机器人应用难点/痛点：

- 协作机器人通常搭载移动底盘为 CNC 机床上下料，需要与多台 CNC 机床协作应用，适配工作节拍；同时，3C 生产车间复杂程度较高，企业对于生产车间的高使用率压缩了物流搬运通道的空间，对于移动底盘的灵活性以及在狭窄通道内的稳定运行能力有较高要求。
- 部分 CNC 机床会喷溅切削液，传统协作机器人容易被腐蚀，损坏率高，需要满足 IP67 防护等级，保持长时间稳定作业。
- 部分 3C 厂商对于自动化设备进厂较为迫切，对于协作机器人的交付周期有较高要求。需要在一个月左右完成实地考察、方案输出、生产调试等工作，并根据工厂实际情况配置环境感知方案。
- 对于螺丝拧紧、搬运取放等场景的应用，需要协作机器人具备 $\pm 0.05\text{mm}$ 以内的重复定位精度，从而在下钉位置实现亚毫米级定位和控制，以及在工装余量较小的机床内实现高精度取放。

2、汽车及汽车零部件行业

协作机器人汽车及汽车零部件行业中主要应用于人力需求较大且重复性劳动占比较高的场景，例如：螺丝锁附、拧紧、上料、抛光打磨、零部件组装等。随着年轻劳动力从事劳动工作意愿持续降低，传统制造工厂招工贵、用工荒现象频出等问题推动企业开始加快自动化改革的步伐，为协作机器人创造良好发展空间。

GGII 数据显示，2021 年，汽车及汽车零部件行业协作机器人销量突破 5000 台，同比 2020 年增长超过 100%。

除传统汽车市场以外，智能汽车市场将会成为协作机器人未来的主要增长点之一。一方

面，以新能源汽车为代表的未来车企目前正在积极扩充产能，将会在一定程度上促进对于自动化设备的需求增长；另一方面，与传统汽车不同，智能汽车搭载传感器数量多，对于精细化的组装要求更高，因此，在产能扩张的同时会更青睐适用于精细化操作的自动化设备。

汽车及汽车零部件行业协作机器人应用难点/痛点：

- 对于拧紧工艺而言，不仅通过协作机器人将螺钉准确放入指定位置，还需要协作机器人将螺钉拧紧，需要协作机器人具备高精度、大扭矩、力控技术等，要求较高。
- 生产路径复杂，换产、换线非常不便。需要自动化设备具有一定灵活性以及快速编程的能力。
- 部分场景作业空间十分狭小，对协作机器人的柔性和灵活性要求极高，末端工装设计更加小巧。
- 部分工艺（如：拧紧）前后序为人工操作工位，须保证协作机器人能够实时感知周围环境和人员、设备动态，具备较高安全性。

3、机械加工行业

机械加工是协作机器人应用较多的领域之一。GGII 数据显示，2021 年，协作机器人在机械加工领域销量超过 2000 台，同比 2020 年增长约 30%，增速相对低于其他领域。

机械加工是典型的产品种类丰富、生产批次多、批量小的行业，产品生产工艺经常变更，生产计划变动频繁。因此，通常需要配备具有高度柔性化的自动化设备或经验相当丰富的产线工人。

机械加工行业协作机器人应用难点/痛点：

- 机械加工行业生产工艺种类繁多且复杂。
- 零件质量、大小、形状不规则，重复性转运调度需求高，影响生产产能供给。
- 生产任务繁重，零件种类多，小批量多批次生产对柔性要求非常高。

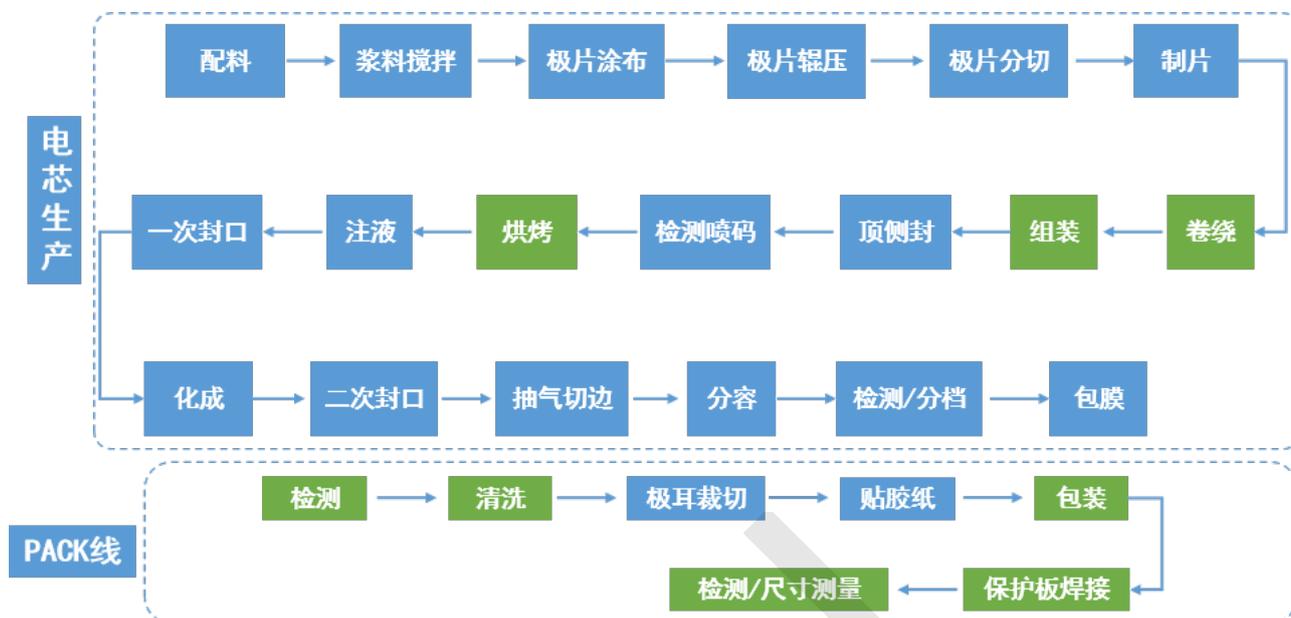
4、新能源行业

协作机器人由于自身工作节拍和负载较低，因此主要应用于数码电池领域，在动力电池领域中应用较少。GGII 数据显示，2021 年新能源行业协作机器人销量近 250 台，基数较小，协作机器人在新能源行业的应用还处于探索阶段。销量增长的主要原因为以欣旺达、德赛电池、ATL 等为代表的锂电池企业快速扩张带来自动化设备需求提升。

现阶段，锂电池行业生产环节存在单机自动化、交付周期长、产线智能化程度低、人工换产效率低等问题。通过采用协作机器人可以进行快速的部署，实现柔性化生产，并缩短单工位自动化升级的投资回报周期。

目前，协作机器人已渗透数码电池中段、后段生产环节中。

图表 26 数码电池生产环节协作机器人应用情况



注：绿色块表示协作机器人应用环节

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

新能源行业协作机器人应用难点/痛点：

- 除质量、成本、柔性以及效率等要求外，锂电客户以及系统集成商对可重构、可重复利用能力有较高要求。
- 机器人须具备预测、追溯问题的能力，高性能、高可靠性、兼容传感器、拥有自知感、自适应感。
- 原材料价格上涨，锂电制造企业成本上升，对自动化设备性价比提出较高要求。

5、医疗保健行业

协作机器人在医疗保健行业中的应用处于初期阶段，但是涉猎范围已经覆盖手术、理疗、保健、制药、检测等各个领域。GGII 数据显示，2021 年，医疗保健领域协作机器人销量超过 2700 台，同比 2020 年增长超过 150%。

随着老龄化人口占比持续提升以及国民经济水平的提高，加之现代人口长期以往的不良生活、工作习惯，导致对于医疗保健的需求逐年攀升；此外，近年来新冠疫情的冲击下，全球对于核酸检测的需求保持高居不下的态势，使医护、检测人员长期处于高度承压状态，行业亟需自动化替代方案。

从另一方面来看，目前医疗行业的另一个挑战主要为医护人员在医护工作中具有一定生理局限性。例如：医生在手术台上可活动范围小；长时间手术会引起疲劳导致手术精度不稳

定；对于肉眼难以辨认的病灶需要花费较长时间分辨等。

医疗保健行业协作机器人应用难点/痛点：

- 医疗保健行业中协作机器人与医护人员基本上都在同一个较小的空间内作业，因此对于协作机器人安全性要求极高，需要根据工作环境以及作业方式搭配可行的环境感知能力。
- 部分场景例如手术、保健等领域，协作机器人直接或间接作用于人体，需要保证极高的精度、稳定性以及力控水平，并配备相应视觉、力觉传感器增强环境感知以及作业能力。
- 医疗体系进入难度大。首先，机器人企业必须获得医疗器械经营许可证，其次对要进入医疗体系的产品做医疗器械产品注册认证，认证难度大，周期长。
- 需要保证整套系统的稳定性与操作的实时性；机器人与医疗检测设备相互配合，需要位置准确且实时操作。

二、细分行业需求特点分析

图表 27 各细分行业需求特征概况

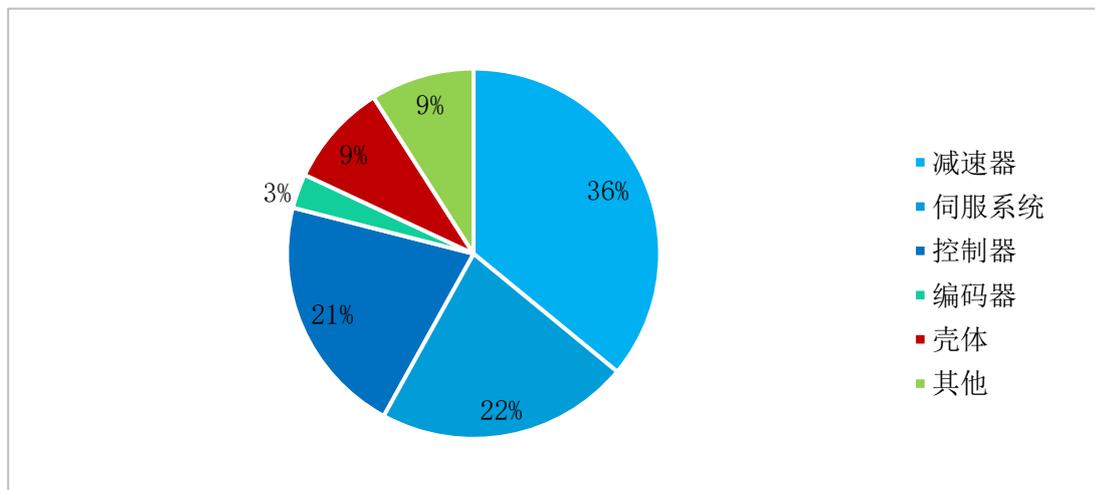
行业名称	行业特征	自动化需求	市场竞争激烈程度	代表厂商
3C 电子	产品种类多，迭代周期短，柔性需求高，产线布局复杂	高	高	艾利特机器人 大族机器人 慧灵科技 珞石科技 节卡机器人 遨博智能
汽车及零部件	人力需求大，重复性劳动占比高，行业内企业对自动化认知较深，自动化需求迫切	高	高	艾利特机器人 大族机器人 中科新松 珞石科技 节卡机器人 遨博智能
科研教育	空间小，要求全天候工作，对稳定性、精度要求高	中	中	艾利特机器人 中科新松 节卡机器人 遨博智能
新能源	行业处于快速扩张阶段，自动化需求高，头部厂商资金实力强，对自动化设备接受度高	高	高	中科新松 节卡机器人
医疗保健	行业入市壁垒高，可应用范围广，对协作机器人各方面性能要求极高，碰撞阈值低	中	中	艾利特机器人 中科新松 慧灵科技 珞石科技 节卡机器人 遨博智能

机械加工	零部件种类多，生产工艺种类复杂且繁多，零件质量大且形状不规则，重复性运转调度需求高，影响生产产能供给	中	中	艾利特机器人 大族机器人 遨博智能
半导体	行业处于快速扩张阶段，自动化需求高，头部厂商资金实力强，对成本敏感	高	中	艾利特机器人 中科新松 遨博智能
新零售	行业应用分散，客户重视回本周期，且需求种类多样化，定制化程度高	中	中	艾利特机器人 大族机器人 中科新松 慧灵科技 珞石科技
五金卫浴	中小厂商占大多数，受消费个性化影响较深，产品换线需求高，产品种类丰富，小批量多批次	中	中	艾利特机器人 大族机器人 珞石科技 遨博智能
食品饮料	产品价值量小，单价低，市场竞争激烈，但消费基数大。仍有许多工艺无法通过自动化替代人工	中	中	法奥机器人 越疆科技 节卡机器人 遨博智能

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

第三节 协作机器人投资回报测算

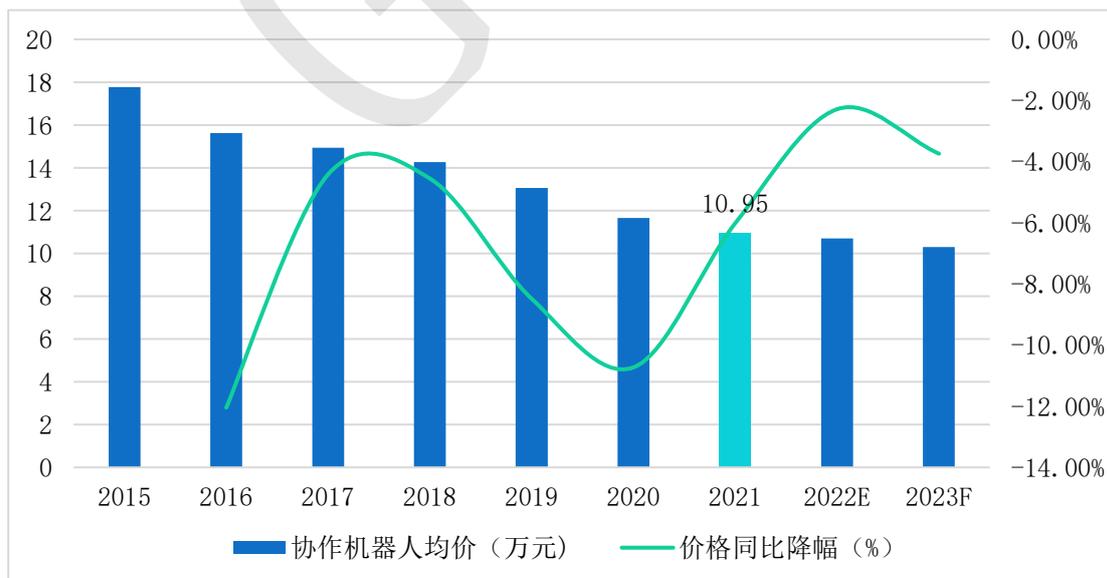
图表 28 协作机器人成本结构（单位：万元，%）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

国内机器人本体均价逐年下降。GGII 数据显示，2021 年中国市场协作机器人产品均价为 10.95 万元，同比下降 6.01%。随着资本的介入，协作机器人厂商竞争日趋激烈，同时，协作机器人产业链日趋完善，在很大程度上推动了机器人成本的降低，GGII 认为，机器人产品价格依然处于下行通道中。GGII 数据显示，2021 年，在细分产品价格降幅中，各类机器人价格降幅有所收窄，国产化进程持续推进，价格竞争的边际效应逐年递减。未来 2-3 年，市场竞争的激烈程度将有增无减，同时也会直观反映在协作机器人产品价格上。

图表 29 2015-2023 年中国协作机器人均价及预测（单位：万元，%）



(注*上述价格水平未计算桌面型协作机械臂)

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

系统集成总体费用约是协作机器人本体均价的 1.5-2 倍左右。一般售后集成商在质保期内 1 年内主要进行协作机器人调试培训等工作，费用约为协作机器人成本的 5%。协作机器人维护升级工作主要由协作机器人本体制造商负责，维护成本在协作机器人成本的 2%-5% 左右。

以 2014 年与 2021 年协作机器人成本与制造业人均成本测算（考虑到终端用户对成本回收周期及产品升级对实际使用寿命的影响，假设更换周期为 8 年），测算出：

图表 30 2014 年与 2021 年协作机器人成本与制造业人均成本测算情况

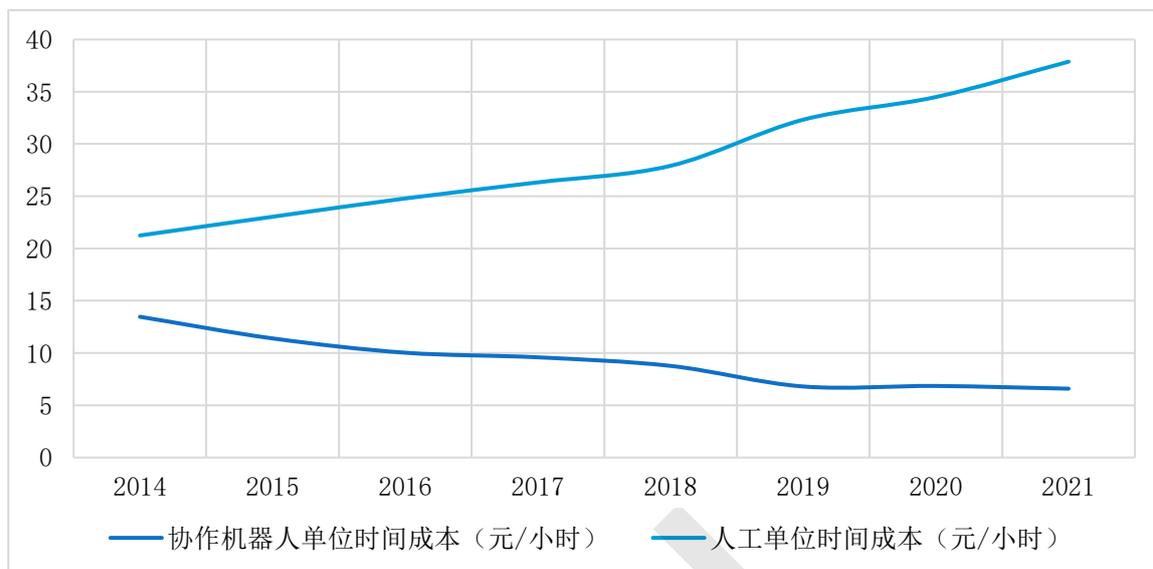
项目	2014 年		2021 年	
	条件	测算	条件	测算
协作机器人本体价格 (万元)	2014 年协作机器人均价	20.99	2021 年协作机器人均价	10.95
系统集成总体费用 (万元)	2014 年度本体均价的 2.2 倍	46.18	2021 年度本体均价的 2.0 倍	21.9
维修及升级改造费用 (万元)	第 1 年本体均价的 5%， 其后 2%	3.99	第 1 年本体均价 5%，其 后 2%	2.63
使用时长 (小时)	8 年（每年 50 周，每周 6 天，每天 16 小时）	38400	8 年（每年 50 周，每周 6 天，每天 16 小时）	38400
检测维修和升级改造时 间（小时）	使用时长的 3%	1152	使用时长的 3%	1152
协作机器人小时成本费 用（元/小时）	/	13.47	/	6.59
年度制造业人员工资 (万元/年)	年度工资	5.14	年度工资	9.09
年度制造业人员时薪 (元/小时)	每年 50 周，每周 6 天， 每天 8 小时	21.25	每年 50 周，每周 6 天， 每天 8 小时	37.88

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

2014 年，协作机器人成本 13.47 元/小时，已明显低于劳动力成本 21.25 元/小时；到 2021 年，协作机器人成本降至 6.59/小时，下降幅度为 51.08%；劳动力成本增至 37.88 元/小时，增长幅度为 78.26%。

协作机器人成本与劳动力成本两者之间的差距逐年扩大，机器换人的优势进一步凸显。

图表 31 2014-2021 年协作机器人与人工成本对比（单位：元/小时）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

第四节 协作机器人应用趋势分析

一、多领域应用同步推进

协作机器人作为新一代机器人，产品仍处于持续迭代升级中。同时，协作机器人的形态日益丰富，功能模块、技术参数仍在持续进步中，不少厂商新推出的协作机器人性能上已经接近传统工业机器人。可以预见的是，随着协作机器人的性能的突破，将进入越来越多的工业场景，充分发挥其安全、易用、灵活的优势。

“工艺是核心，装备是载体”，工艺的积累对于工业机器人来说是重中之重，在协作机器人领域亦是如此。而协作机器人在工业领域的发展方向也取决于各家的战略，横向扩展的路径对于厂商的资源与团队能力要求较高，需要在多个领域具备渠道和团队，才能最终实现跨越行业、领域的拓展；而纵向深耕则是要看行业是否足够支撑企业的长期发展，细分赛道的天花板是否足够高等。随着协作机器人在工业领域的应用增加，各家在行业 know-how 上的积累也愈加深厚，最终形成自己的护城河。

在服务领域，协作机器人仍然有广阔的探索空间。随着协作机器人的智能化提升，综合性价比优势开始凸显，商用服务领域还将会衍生出更多的应用场景，届时，协作机器人将迎来更大的市场需求增量。

二、国产厂商竞争力持续提升，越来越多国产厂商走出国门

与传统工业机器人超百年的历史相比，协作机器人还很“年轻”，从这个角度来看，国产协作机器人与外资协作机器人厂商的差距并不明显，甚至在多个方面已经赶超了外资协作机器人。国内市场接近 80% 的份额由国产厂商占据，在各个细分行业均能看到国产协作机器人的身影。同时，国产协作机器人厂商还是国内机器人出口的主力，越来越多的协作机器人厂商开始走出国门，布局海外市场。

2021 年中国协作机器人销量全球占比为 51.02%，同比上一年提升近 9.83 个百分点，中国市场的需求增速明显高于海外总体市场。相比之下，国内市场更加具备起量的条件，海外市场更加具备盈利的基础，在国内市场价格竞争日趋激烈的背景下，海外市场不失为一个利润增长的“蓝海”。

预计在未来五年，协作机器人的国际化布局进一步深化，届时，中国协作机器人产品将越来越多的走出国门，真正应用于全球市场的多个细分行业。

第八章 协作机器人典型行业应用案例

第一节 汽车及相关行业

案例一			
案例名称	华北某Tier 1汽车部件加工		
企业需求点	汽车座椅打螺栓		
面临挑战	高反力矩45NM		
项目应用核心技术点	螺栓定位及机器人本体刚性		
应用工艺环节	螺栓扭紧		
解决方案	为客户提供EC612协作机器人,且在对机器人产品可靠性进行测试时,效果明显: 1、 公司没有打45NM大扭矩的真实试验,本测试提供了大扭矩的拧紧经验; 2、 测试节拍20s,每天完成近4300个螺钉的拧紧; 3、 本项目方案通过安道拓在全国安道拓系统进行了项目分享及推广。		
指标要求1	反力矩45NM	指标要求2	生产节拍45s
机器人用量	1台EC612		
项目成效及效益体现	客户在现场连续工作测试了24天,测试节拍20s左右,每天测试4300个螺钉,完全满足客户需求。		



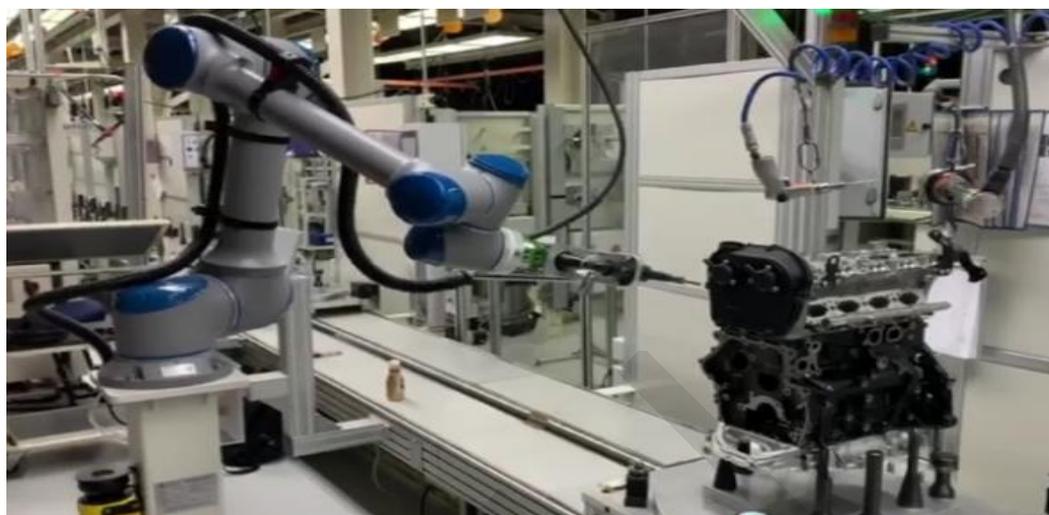
案例二	大族机器人
案例名称	协作机器人汽车零配件加工
企业需求点	传统工厂机械手替换人工锁附的自动化改造。由于近年来企业招人困难，尤其是客户作为偏传统人工行业，人力需求大重复性劳动占比高，导致用工荒现象比较突出，推进自动化改革已经是刻不容缓。
面临挑战	需要简单易上手
应用工艺环节	螺丝锁附

解决方案	<p>步骤一：人工从待加工料仓取车灯，然后放料，由两个工位来回锁附；</p> <p>步骤二：机器人运动到1号位置进行锁附，并进行两种不同螺丝进行锁附，再去2号位置进行锁附并把1号位置完成锁附产品取下；</p> <p>步骤三：重回第一步取放料循环。</p>
项目成效及效益体现	<ol style="list-style-type: none">1、 人机协作的生产模式有效地解决了打螺丝由纯人工操作时容易出现螺丝歪斜、打滑丝等问题，降低了不良率；2、 在招工难的大背景下，将工人从重复繁琐的工作中解放出来与机器人配合实现“1+1>2”的效果，双管齐下实现降本增效；3、 除了能像其他机器人一样执行锁附的工作之外，大族协作机器人的高安全性保障了机器和人可在近距离交互，而无需安装围栏、缩小机器人占地空间；4、 协作机器人操作简单，布置方便，更易上手，尤其在切换产品、切换产线的时候可以节约大量时间。
	

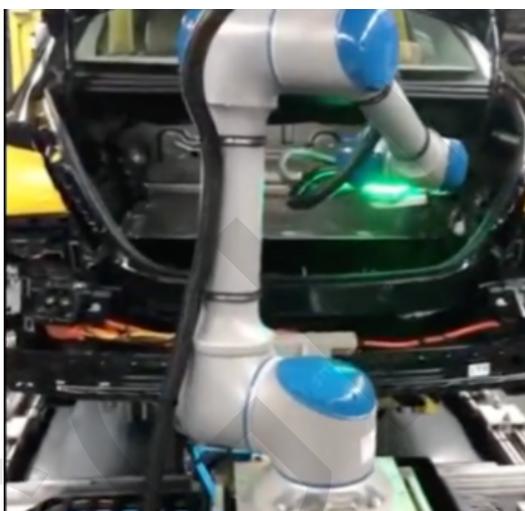


案例三	SIASUN 新松 DUCO 多可		
案例名称	大众一汽项目		
企业需求点	1、“机器人”换“人”； 2、自动化升级改造降本增效。		
面临挑战	1、企业招工困难； 2、人工成本高； 3、质量难把控。		
项目应用核心技术点	大扭矩、高精度、力控技术、视觉引导。		
应用工艺环节	拧紧、上料环节		
解决方案	1、发动机生产线上链轮罩壳螺钉终拧紧工位，改造前为人工进行拧紧，该拧紧扭矩值约 65Nm；改造后采用一台多可®GCR14-1400 协作机器人进行最终拧紧，扭矩达标； 2、节温器与机架拧紧选择了两台多可®GCR14-1400 协作机器人相互配合做拧紧； 3、火花塞上料则采用多可®协作机器人搭配视觉系统进行拣选上下料，可以对上料进行视觉定位抓取。		
指标要求1	螺钉数量多（总计 10 个）， 扭矩监控（最大 70Nm），产 线节拍快（40s 左右）	指标要求2	重复定位精度： ±0.05mm 以内

机器人用量	13 台多可®GCR14-1400
项目成效及效益体现	拧紧工位 1 台机器人可替换 2 个人工作业，为企业节约了人力成本；改善因人工长时间进行拧紧作业导致的产品良率下降问题，提高产品良率。

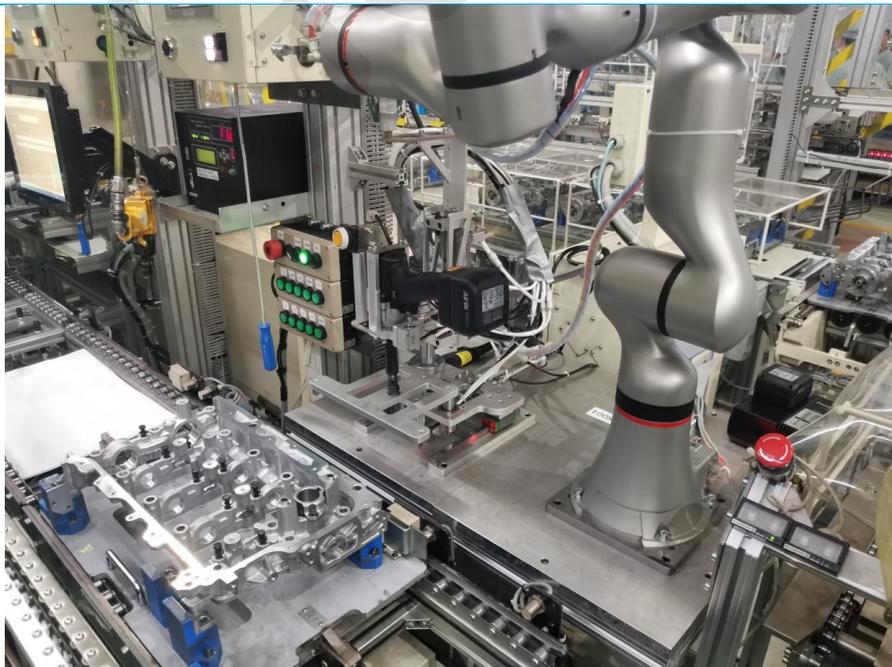


案例四			
案例名称	奔驰新能源汽车后备箱电池包拧紧		
企业需求点	“机器人”换“人”，高效完成生产作业：新能源汽车随线随动做后备箱电池包的拧紧。		
面临挑战	1、汽车后备箱作业空间十分狭小，因此对机器人的柔性和灵活性要求极高，末端拧紧工装设计要更加小巧； 2、车体随抱具流转至该装配工位时，位置偏差较大； 3、该拧紧工位前后序为人工操作工位，因此机器人还要时刻感知周围环境和人员动态，确保人员安全。		
项目应用核心技术点	大扭矩、视觉引导、力控技术。		
应用工艺环节	螺钉拧紧		
解决方案	在针对项目进行了全面分析后，凭借大负载、高灵活度、轻量级等优势，中科新松多可®GCR20-1100 协作机器人搭载视觉系统化身拧紧专家，负责传输线随动后备箱电池包拧紧； 负载 20 公斤的多可®GCR20-1100 协作机器人提供了大扭矩拧紧的能力，保证了拧紧质量。机器人+视觉的组合能够对电池包拧紧点进行二次定位，提高拧紧速度和良率。		
指标要求 1	扭矩要求：50Nm	指标要求 2	重复定位精度：±0.05mm 以内
机器人用量	4 台多可®GCR20-1100		
项目成效及效益体现	替换前，人工需要随线随动进入后备箱进行拧紧作业，工作强度大，工作危险度高，替换为多可®协作机器人后，提升了生产安全性，规范了生产标准，同时能够实现全天 24 小时工作。		

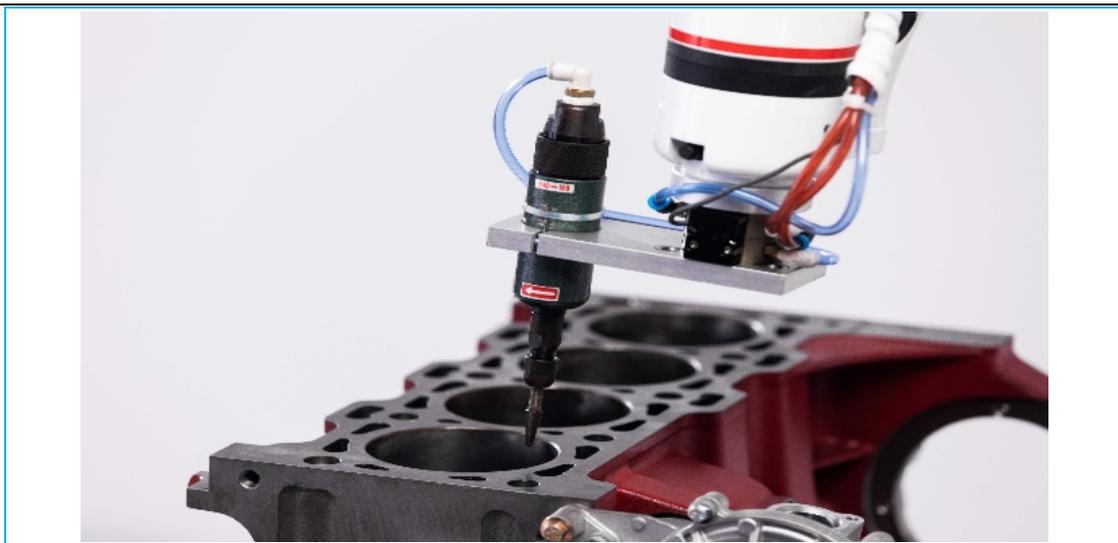


案例五	ROKAE 珞石
案例名称	xMate柔性协作机器人发动机螺栓旋松
企业需求点	螺栓旋松工作枯燥乏味，单调的重复动作容易使工人疲劳，影响产品质量和效率。企业亟需自动化升级改造，提升产线自动化率，降低生产成本。
面临挑战	产线空间极度狭窄，传统协作机器人的控制柜无处安放。前后道工序仍需人工介入，工人会进入到机器人的可达范围内，安全风险高。
项目应用核心技术点	1、 全球首创无控制柜设计让用户无需顾虑控制柜的安装位置，极大降低产线低空间占用和产线改造成本；

	2、 极致安全，全面保障。xMate灵敏的碰撞检测配合多项安全功能完美解决用户的安全需求，真正实现人机协作，打消客户对安全性的顾虑。		
应用工艺环节	轴室瓦盖螺栓拧松		
解决方案	xMate柔性协作机器人安装于产线狭小空间中，携带定制工装进行螺栓旋松动作。		
指标要求1	JPH>72	指标要求2	成功率大于99%
机器人用量	1台/每工位		
项目成效及效益体现	xMate柔性协作机器人投入使用至今，每日24小时不间断高效运行，帮助某Tier1客户企业生产效率提升20%，产品优良率提升15%。		



案例六	ROKAE 珞石		
案例名称	xMate柔性协作机器人发动机缸盖去毛刺		
企业需求点	发动机缸盖毛刺多，人工清除效率低，易出错，且容易产生二次毛刺，不仅给客户企业带来了高昂的人工管理成本，充满粉尘及噪音的恶劣打磨作业环境也加剧了一线生产工人的招聘难度。企业迫切需要提升产线自动化率和产品一致性，实现智能化转型。		
面临挑战	1、 自动化改造难度大，成本高，且机器人打磨质量难以保证； 2、 打磨路径复杂，换产不便。		
项目应用核心技术点	1、 机器人力控打磨工艺包精准控制打磨力度，确保打磨质量，且无需额外力矩传感器，综合成本降低30%； 2、 全球首创无控制柜设计极大降低占用空间，且重量减轻50%，客户可快速完成产线自动化改造； 3、 1N超轻拖动示教，轻松复现示教路径，快速兼容多种发动机型号。		
应用工艺环节	发动机导管孔去毛刺、发动机摇臂面去毛刺。		
解决方案	采用两台xMate柔性协作机器人，一台携带电动陶瓷刷自动完成导管孔去毛刺工作，另一台携带浮动打磨头自动完成摇臂面外边缘和摇臂面孔去毛刺工作。xMate无控制柜设计和安全特性，能够快速完成安装部署，无需安全围栏。自带高精度力控以及专属打磨工艺包，兼容工件一致性差异，保证打磨效果。此外通过人工示教去毛刺路径，还可兼容多种发动机型号。		
指标要求1	JPH大于等于80	指标要求2	合格率大于99%
机器人用量	2/每工位		
项目成效及效益体现	珞石xMate柔性协作机器人去毛刺效率高，稳定性好，帮助企业节省2名人工，产能提升100%，且自动化生产标准作业，节约打磨耗材30%，合格率达99.5%以上，大幅提升产品质量和一致性。		



第二节 3C 电子行业

案例一	
案例名称	复合机器人上下料
企业需求点	<ol style="list-style-type: none"> 1、用工成本高：客户是国内较大的3C领域制造商，有大量的CNC设备，需要专业人员对设备进行操作、维护，用工成本日益高涨； 2、事故风险大：cnc设备操作维护相对复杂且具有一定的危险性，企业用工成本增加外还需承担一定的事故风险； 3、人员流动快：另外近些年工厂招工难问题日益突出，培养熟练操作工不但耗时久，流动性还居高不下，不利于生产效益的稳定。
项目应用核心技术点	<ol style="list-style-type: none"> 1、视觉识别精准； 2、重复定位精度要求高。
应用工艺环节	CNC上下料
解决方案	<ol style="list-style-type: none"> 1、CNC设备加工完成，并把完成信号发送给调度系统； 2、调度系统收到CNC加工完成信号，向复合机器人下发到相应CNC机台进行取放料作业； 3、复合机器人到达CNC站点，相机拍照定位，协作机器人进入CNC

	<p>取出已加工完成的物料放置在AGV平台的放料区，然后将AGV上的待加工料放入CNC，取放料完成；</p> <p>4、调度系统收到取放料作业完成信号，驱动复合机器人到物料缓存区或者下发其他CNC机台的取放料任务。</p>
<p>项目成效及效益体现</p>	<p>1、由于客户产品加工时间较长，单台复合机器人可以完成1对10甚至更多CNC机台的自动上下料任务，有效缓解招工难、用工难等问题；</p> <p>2、协作机器人操作简单调试方便容易上手，在切换产品的时候可以节约大量时间。</p>



案例二	
案例名称	CNC工厂复合机器人物料移栽及机床上下料
企业需求点	该企业在选择复合型机器人进行车间自动化升级的方案前，相关工作大多是由人工完成的，随着产能与人工成本的提升，企业自动化升级的需求快速提升。同时车间需要在短时间内完成产线的自动化升级，20天内要完成20台复合机器人的初步交付工作。
面临挑战	为满足企业需求，艾利特需要在20天内完成协作机器人的生产调试工作，还需要与AGV合作伙伴配合实地考察，共同输出切实可行的应用解决方案——让两类设备以一套完整系统的状态相互协同、稳定工作，并根据工厂的场景搭配可行的环境感知能力。
项目应用核心技术点	<ol style="list-style-type: none"> 1、协作机器人与SLAM AGV小车的深度融合，从控制箱、安全系统、电源系统、通讯模组到人机交互，完成模块化和标准化的设计，安装、调试和运维效率高； 2、采用了标准的码标视觉定位技术，通用性强，调试和适应性强。
应用工艺环节	<p>第一道工序：复合机器人抵达坯料料盘取料位，通过托盘转运系统取得坯料；</p> <p>第二道工序：复合机器人根据MES系统呼叫抵达机床位，视觉定位之后，完成开关门和半成品的下料及坯料上料；</p> <p>第三道工序：根据MES系统的调度，完成剩余毛坯料的上料及半成品下料；</p> <p>第四道工序：复合机器人抵达半成品下料位，将半成品及料盘转运至下一工位。</p>
解决方案	艾利特推出“简单、易用、灵活、高效”的协作机器人产品，解决项目时间紧、任务重等难题。交付给客户的20套复合机器人由AGV导航小车、ELITE艾利特EC612（12kg负载）协作机器人组合而成。针对客户CNC机台门不具备自动化功能的问题，可配合AGV设备进行精准定位，实现无失误开关门。

	艾利特协作机器人功耗低、结构小巧，对于AGV带载能力的损失比较小，在实际运行中无需频繁对小车充电，缩短了停机时间，从而提高了生产效率。且艾利特协作机器人的关节采用了轻质化、集成化的设计，电机、驱控电路、反馈电路、减速器、总线、编码器系统等都集成在一体化的关节内。轻质化的设计保证了协作机器人有较高的负载自重比，在与人发生碰撞的时候能够降低风险、保护人的安全，同时在集成AGV时更具有灵活性。		
指标要求1	可搭配SLAM激光导航AGV小车	指标要求2	搭配视觉系统进行二次定位
机器人用量	20台套		
项目成效及效益体现	以一套设备替代两名人工为例（每一位的年工资发10万元人民币作为直接成本计算），工人工作2两班每班次16小时，机器人可7天*24小时/天*365天连续运行，项目平均投资回报周期为1.2-1.5年。		



案例三	SIASUN 新松 DUCO 多可
案例名称	曙光（福建）智能工厂整机智能制造基地
企业需求点	产品更新迭代快，要求产线柔性高，换型快，能够实现小批量、多样化的产品需求。
面临挑战	整个项目自动化程度高，很多工位需要多机协作。
项目应用核心技术点	高精度、视觉引导、力控技术
应用工艺环节	装配、检测、拧紧

解决方案	<p>在生产基地，一部分多可®协作机器人搭配视觉定位系统，能够实时捕捉产品质量缺陷10余秒可完成近千个点的检测判断。</p> <p>还有一部分负责机箱及主板的螺丝拧紧任务，依靠协作机器人的高精度度在下钉位置实现亚毫米级精准定位和控制。</p> <p>另外一部分机器人则主要为服务器CPU、内存条及散热器等3C硬件进行装配。与传统工业机器人相比，多可®协作机器人具有结构紧凑、部署灵活，与人共享工作空间，而且操作方式简单易学，适用于生产基地的柔性生产线，不仅保证了生产质量，在产线部署上也做到了节约空间，甚至有一站三机的设计，在最大程度发挥机器人的作用。</p>		
指标要求1	具有安全协作功能	指标要求2	重复定位精度： ±0.05mm以内
机器人用量	过百台		
项目成效及效益体现	单位产值能耗降低 20%，运营成本降低 20%，产品升级周期缩短 30%，生产效率提升 35%。		



案例四	ROKAE 珞石		
案例名称	复合机器人CNC机床上下料		
企业需求点	实现料盘转运自动化，提升工厂自动化水平。		
面临挑战	<ol style="list-style-type: none"> 1、 机床内有切削液喷溅，传统协作机器人容易被腐蚀，频繁损坏； 2、 机床内工装余量小，需要高精度取放，传统协作机器人无法满足精度要求。 		

项目应用核心技术点	1、 机器人IP67高防护等级，机床内恶劣环境也可轻松应对，无惧切削液和机油腐蚀，保证长时间高效稳定稳定工作； 2、 绝对精度较传统协作机器人提高100%，满足高精度取放要求，且取放过程实时监控调整零部件受力，有效避免零部件损伤。		
应用工艺环节	CNC机床上下料		
解决方案	xMate柔性协作机器人集成移动平台和视觉，组成复合机器人。当机床发出缺料信号后，复合机器人快速移动至对应机床旁，xMate通过末端视觉进行二次定位，将上一道工序的熟料取出移载至料仓中并放置生料。		
指标要求1	取放时间小于40s	指标要求2	取放成功率大于99%
机器人用量	1台/20台CNC		
项目成效及效益体现	一台复合机器人可同时对应多台设备，至少替代2名人工，大幅提升作业精度和上下料节拍，已在客户现场批量应用并实现长期稳定运行。		

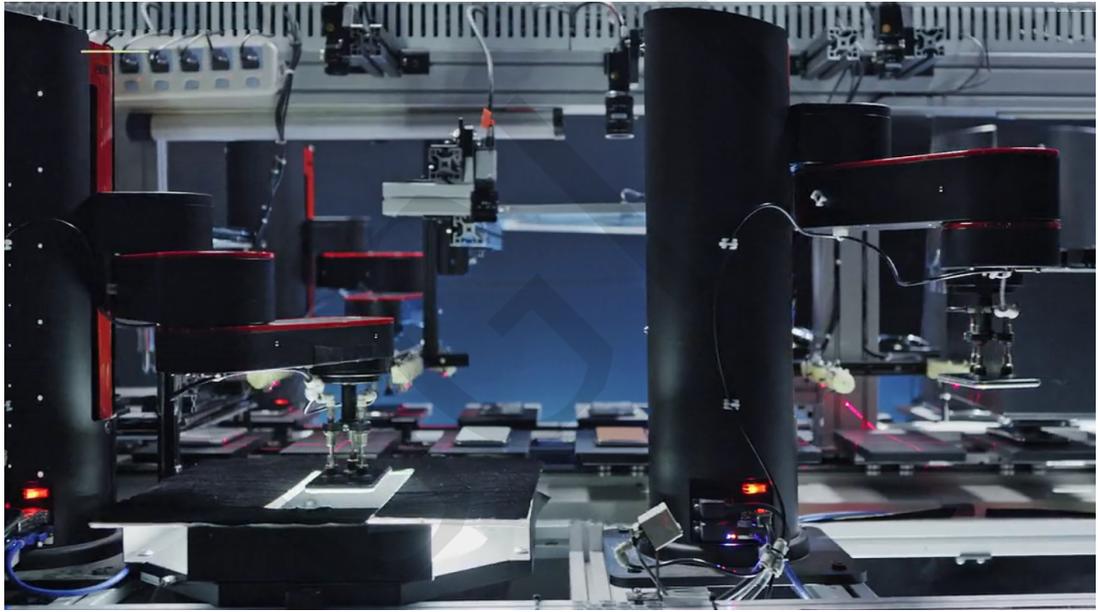


案例五			
案例名称	铝合金手机背板的精密打磨及抛光		
企业需求点	恒力控制，力位混合控制，圆角打磨		
面临挑战	传感器的测量准度、灵敏度及实时性。		
项目应用核心技术点	多学科优化设计、非线性力学模型、六维联合加载标定检测、嵌入式智能电路。		
应用工艺环节	铝合金手机背板的精密打磨及抛光		
解决方案	<ol style="list-style-type: none"> 1、采用多学科优化平台对力敏结构进行极致优化，确保使灵敏度、过载能力和响应速度满足应用要求； 2、采用军品级弹性体材料，确保产品结构的长期稳定性和高过载能力； 3、在生产中采用军工级品控，优化每个生产工艺环节，确保温漂、零漂、滞后等指标均能满足可靠性要求； 4、基于力敏结构特性采用非线性模型处理串扰问题，准度优于 0.5%FS； 5、采用自研的六维联合加载标定检测技术，大幅提高数学模型的解耦效果和鲁棒性，同时加速了标定检测过程，提高了产能，降低了传感器生产成本； 6、内置嵌入式智能电路，将原始模拟信号处理成解耦后的数字化力学特征量再输出，从而提高测量实时性和抗干扰能力。 		
指标要求1	准度优于0.5%FS	指标要求2	使用寿命大于1000万次
产品用量	每台机器人用1台六维力传感器		
项目成效及效益体现	采用六维力传感器的力控机器人替代专机设备进行3C行业的打磨抛光，功能柔性高，开发时间短，换线成本低。		



<p>案例六</p>	<p> HITBOT 慧灵科技</p>
<p>案例名称</p>	<p>国内知名手机回收生产商</p>
<p>企业需求点</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、手机自动化组装、测试、检测，最终达到黑灯工厂的效果。 2、通过数据监测提高产品数据实时准确性； 3、通过标准化执行提高产品的一致性； 4、通过减少人工干预提高产品良率； 5、通过系统集成提高效率来降低成本。
<p>面临挑战</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、集成度高； 2、精度要求高； 3、单点技术突破难； 4、批量生产技术接受长期的考验。

项目应用核心技术点	<ol style="list-style-type: none"> 1、 可用性测试，手机自动化组装测试基于使用场景或是功能需求，测试软件的可用性，判定软件各项功能是否能够运行； 2、 可靠性测试，手机自动化组装测试要对软件系统的运行可靠性展开测试，监控测试软件运行状态，确保在处理特殊情况时，软件依然可以保持稳定的运行； 3、 性能测试，手机自动化组装测试针对软件的功能，要测试其具体的性能，是否能够达到设计要求； 4、 安全性测试，手机自动化组装测试软件抵抗外部干扰或是入侵的能力； 5、 一键测试失败步骤，由于失败的步骤第二次执行并不一定失败，想快速找到系统bug导致的一直失败的步骤，重新选择失败的步骤不方便，可以一键测试失败的步骤。
应用工艺环节	组装-硬件测试-屏幕测试-功能测试-外观检测
解决方案	手机是硬件、屏幕测试的一个组成部分，在软件工程规模逐渐扩大的背景下，软件产品的功能更加丰富，性能要求更高，更新换代速度更快，使得软件开发的周期缩短，这就可能导致软件中会存在一些漏洞或是问题。传统的测试模式，已经逐渐难以适应软件测试的根本需求，这就需要实现软件的自动化测试，让软件测试的技术水平和测试效果更高。
机器人用量	50台
项目成效及效益体现	<ol style="list-style-type: none"> 1、 数据实时准确性提高10%； 2、 提高产品的一致性； 3、 提高产品良率1%； 4、 提高效率来降低成本37%； 5、 单线操作人员减少60%。



第三节 医疗及相关行业

案例一			
案例名称	B超机器人		
企业需求点	遥控操作，尽可能减少医护人员与病患的直接接触。		
面临挑战	机器人与医疗检测设备相互配合，需要位置准确且实时操作。		
项目应用核心技术点	整套系统的稳定性与操作的实时性		
应用工艺环节	用户能够快速按照医生操作习惯完成机器人轨迹规划；机械臂可以与病人在同一个空间中交互，并保持人员的安全。		
解决方案	ELITE ROBOT艾利特协作机器人通过遥操作功能可实现远程医疗。不仅仅可以部署为无人化/少人化的检测站，随着5G时代的来临，非常适合部署在三四线城市，甲级医院医生或疑难杂症专家可通过远程操作的方式，为远在千里之外的病患进行及时诊断，从而助力提升边远地区的医疗水平。灵活、轻量化、安全可靠的协作机器人，编程简单，用户能够快速按照医生操作习惯完成机器人轨迹规划；机械臂可以与病人在同一个空间中交互，并保持人员的安全。		
指标要求1	操作的实时性	指标要求2	机器人的准确性
机器人用量	1台套		
项目成效及效益体现	已在中国二三线城市医院部署		



案例二	ROKAE 珞石
案例名称	xMate 柔性协作机器人热敏灸理疗
企业需求点	<p>艾灸理疗市场增长迅速，已成为新的消费热点。但传统艾灸行业面临着专业医师稀缺，人力成本高等痛点，难以批量推广。开发一款简单易用、疗效显著的自动化热敏灸设备，成为医疗康养企业满足新时代健康需求的重大创举。</p>
面临挑战	<ol style="list-style-type: none"> 1、 机器人与人近距离接触，安全风险高； 2、 机器人操作门槛高，使用不友好，难以批量推广； 3、 理疗效果无法与专业的理疗师媲美。
项目应用核心技术点	<ol style="list-style-type: none"> 1、 灵敏碰撞检测和碰撞自动后退等多项安全功能，充分保护医师和用户安全，打消顾客的顾虑。在极端异常情况下，珞石首创强力顺应功能可以使人将机器人直接推开以保证绝对安全。 2、 1N 超轻拖动示教，轻松调整治疗点位，极大降低机器人使用门槛，使其具备快速推广的能力。 3、 毫秒级实时二次开发接口，助力客户开发多种灸法动作，并使机器人实时跟随治疗点位，完全模拟理疗师的艾灸过程，达到良好的理疗效果
应用工艺环节	热敏灸

解决方案	xMate协作机器人末端搭配艾灸仪，通过视觉识别、精准运动控制等先进技术实现自动艾灸治疗，替代传统艾灸。医护人员可轻松拖拽机器人布置理疗方案，快速调整热敏灸点位。灵敏碰撞检测和碰撞自动后退等多项安全功能，充分保护医师和用户安全，打消顾客的安全顾虑。		
指标要求1	二次开发接口提供毫秒级控制	指标要求2	碰撞检测力阈值小于1N
机器人用量	1台/每治疗位		
项目成效及效益体现	客户基于xMate柔性协作机器人开发出了一款极致安全简单易用的自动热敏灸设备，标准化复现专业理疗手法，已实现门店规模化复制落地。		



案例三	ROKAE 珞石
案例名称	xMate 柔性协作机器人骨科手术
企业需求点	伴随着人口老龄化的持续演变，医疗资源供给不足问题日益加剧，高质量医疗服务需求愈发迫切。手术机器人可以提升手术过程的微创化、快速化和精准化，帮助医护人员更轻松更精准的完成手术，进一步提高医疗服务质量和效率。开发一款极致安全简单易用的手术机器人成为新时代医疗设备企业的努力方向。

面临挑战	手术场景对机器人的安全性、可靠性和易用性均有极高的要求，需要机器人具备灵敏的力感知控制能力。		
项目应用核心技术点	1、 xMate 各关节配置力矩传感器，具备国际领先的安全特性和接近人手臂的柔顺控制能力，与环境交互更加安全、智能。 2、 配合灵敏轻便拖动、直接示教、图形化编程技术，使用起来简单便捷，能够快速成为医护人员的得力助手。 3、 毫秒级实时二次开发接口，以及底座和末端皆提供扩展通信接口，非常方便二次开发及扩展应用。		
应用工艺环节	骨科手术		
解决方案	七轴医疗机械臂 xMate ER7 Pro 开放实时二次开发接口，与光学跟踪系统、手术主控系统、运行支撑平台、导航软件系统密切配合，帮助医生进行可视化手术规划与手术通道定位，提高手术精度、减少手术创伤并降低术中辐射。		
指标要求 1	二次开发接口提供毫秒级控制	指标要求 2	拖动示教力小于 1N
机器人用量	1 台/每治疗位		
项目成效及效益体现	客户基于 xMate 柔性协作机器人已经完成了骨科手术机器人的原理验证和功能打通，进行了平行对照临床试验，临床精度、手术效果（螺钉置入优良率）、影像显示清晰度等均优于同类对照产品。		



案例三	
案例名称	医学检测测样
企业需求点	检测机器人测样过程中的接触力。
面临挑战	传感器的测量精准度、灵敏度及实时性。
项目应用核心技术点	多学科优化设计、非线性力学模型、六维联合加载标定检测、嵌入式智能电路。
应用工艺环节	核酸检测的咽拭子采样
解决方案	<ol style="list-style-type: none"> 1、采用多学科优化平台对力敏结构进行极致优化，确保使灵敏度、过载能力和响应速度满足应用要求； 2、用军品级弹性体材料，确保产品结构的长期稳定性和高过载能力； 3、在生产中采用军工级品控，优化每个生产工艺环节，确保温漂、零漂、滞后等指标均能满足可靠性要求； 4、基于力敏结构特性采用非线性模型处理串扰问题，准度优于 0.5%FS； 5、采用自研的六维联合加载标定检测技术，大幅提高数学模型的解耦效果和鲁棒性，同时加速了标定检测过程，提高了产能，

	降低了传感器生产成本；		
	6、 内置嵌入式智能电路，将原始模拟信号处理成解耦后的数字化力学特征量再输出，从而提高测量实时性和抗干扰能力。		
指标要求1	准度优于0.5%FS	指标要求2	采样频率1000Hz
产品用量	每台机器人用1台六维力传感器		
项目成效及效益体现	采用六维力传感器的力控机器人替代人工进行核酸检测的咽拭子采样，提降低了医护人员的感染风险。		



案例四			
案例名称	试剂孔板检测流水线		
企业需求点	<p>客户是前期做精准医疗检测服务行业的龙头企业，经过长期的耕耘发展，衍生出智能化精准诊断的业务，主要向公司内部或终端客户提供流水线形式的诊断服务。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、提高通量，希望采用大行程的机械臂去移栽更多数量的孔板； 2、提高测试效率，采用机械臂与各个配件联动实现高效的流程检测； 3、降低人工成本，采用机械臂代替人工的形式可减少8-10名人工。 		
面临挑战	<ol style="list-style-type: none"> 1、在医疗行业，对机械臂的洁净等级要求非常高； 2、孔板数量较多，对机械臂上下行程及工作半径要求较高； 3、客户其他电控设备是通过PLC控制，对机械臂通讯灵活性要求较高。 		
项目应用核心技术点	<ol style="list-style-type: none"> 1、通过慧灵自主精密加工的设备外壳，满足客户对洁净等级的需求； 2、通过慧灵科技的定制方案，增配机械臂Z轴行程至1400mm，轻松实现高通量移栽； 3、慧灵科技自研的控制器，可通过工控机或上位机交互实现和PLC的通讯。 		
应用工艺环节	通过定制的四轴机械臂，将上下行程从210mm延长至1400mm，末端加装慧灵智能电爪，精准力控，实现对7倍数量的孔板的抓取工作。		
解决方案	首先通过机械臂搬运孔板至指定工位，经过设备处理后再搬运至检测工位进行检测，旋转马达收到信号后带动机械臂进行旋转，将孔板放置最终工位，完成检测。		
指标要求	名称	参数	备注
	外形尺寸(L*W*H)	250*522*1820	-
	自重 (KG)	46	-
	最大负载(KG)	3.5	-

	上下行程(MM)	1400	-
	重复定位精度(mm)	±0.05	-
	最大线速度(mm/S)	1500	-
机器人用量	2台14060机械臂		
项目成效及效益体现	1、 通量提高300%； 2、 生产效率提高230%。		



第四节 半导体行业

案例一	SIASUN 新松 DUCO 多可
案例名称	多可®复合机器人在半导体工厂的应用-FOUP 料盒转运
企业需求点	线边物流自动化，用移动复合机器人代替操作工完成晶圆舟和 cassette 的自动上下料和存储工作，最终实现无人值守的“黑灯工厂”。
面临挑战	人机共存环境复杂，设备稳定性要求极高，符合 SEMI 标准。
项目应用核心技术点	3D 视觉系统定位技术、高精度、大负载、软件系统集成。

应用工艺环节	12 寸 FOUP 料盒工序, Wafer 检测与切割环节		
解决方案	多可®复合机器人搭配 3D 视觉定位系统, 实现了替换操作人员的上下料和搬运任务, 同时大负载协作机器人和 AMR 底盘均采用新松自研产品, 系统具有深度定制开发和高度整合性; 安全方面具有碰撞检测、激光避障、视觉监控等功能, 保障运行过程中设备和人员的安全; 新松 RCS 系统能够在 RTD 层面以下与客户各个业务系统的对接和集成, 保障信息流高效和准确。		
指标要求1	复合机器人节拍: 45s	指标要求2	复合机器人整机定位要求 ±0.3mm
机器人用量	27 台多可®复合机器人		
项目成效及效益体现	减少工序操作员 80%的操作员, 实现 24 小时无人值守运行, 提高了用户车间的自动化和信息化。		



第五节 新零售行业

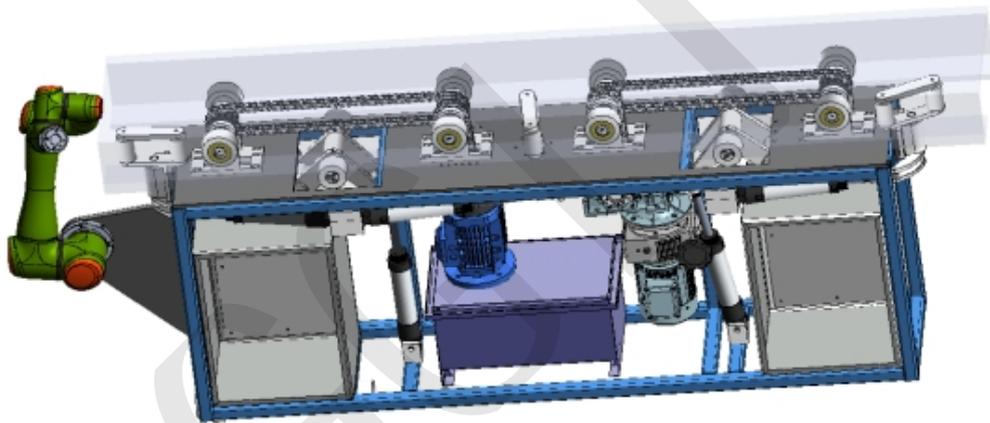
案例一	
案例名称	某知名企业自动煎饼机
企业需求点	1、机械臂需要Z轴行程为0mm\臂展400mm; 2、机械臂末端需要加装舵机实现1080° 旋转; 3、末端线速度需要达到800mm/S。
面临挑战	Z轴行程为零同时末端线速度需要达到800mm/S, 需重新设计机械臂结构。
项目应用核心技术点	Z轴行程为0mm
工艺应用需求	慧灵科技自研的伺服电机、定制模组、驱控系统、软件算法
解决方案	通过对机械臂本体结构重新设计, 并增加舵机实现了客户需求应用。
机器人用量	300台
项目成效及效益体现	帮助客户在1年内收回成本



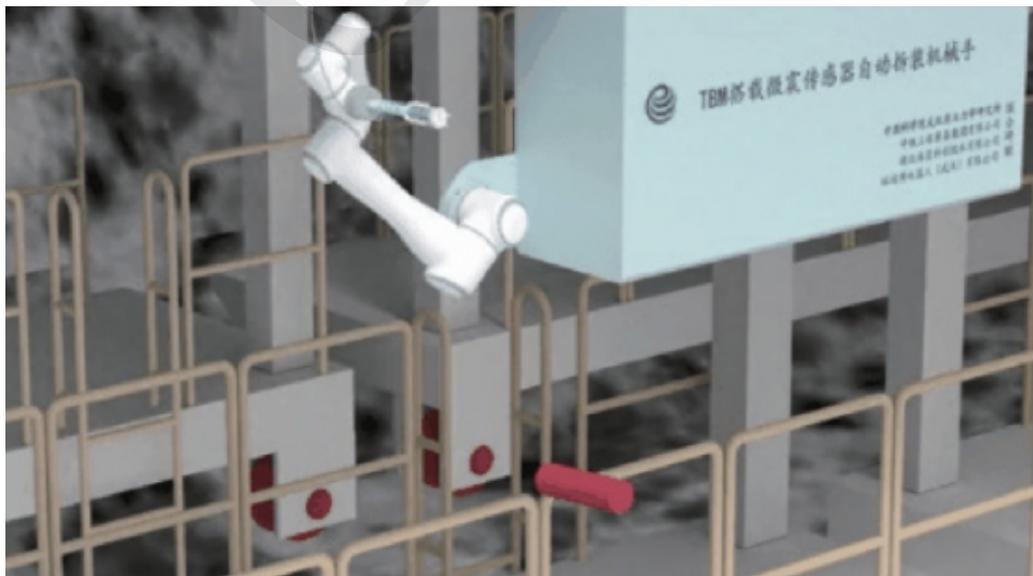
第六节 其他行业

案例一	 ELITE ROBOTS 艾利特机器人
案例名称	TBM 微震监测
客户所属行业	交通行业
企业需求点	TBM 隧道的微震监测系统布设要求有效监测范围与 TBM 掘进保持同步。因此，使用传统的钻孔埋设永久监测点的方式早已不适用于 TBM 的施工环境。客户急需设计一种能够避免传感器频繁人工拆装的方法——即采用机器人通过远程控制方式来完成微震监测布设系统。
面临挑战	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 传感器线缆能自动放线； ✓ 传感器需要定期（定距离，目前方案设计为 40m 挪动一次）的拆卸后向前挪动一段距离后进行安装。
项目应用核心技术点	传感器采用钻孔内可回收式安装，使用可回收装置将传感器与岩壁耦合，接收微震数据。
产品构成	部署装置由行走机构和自动安装机械臂两部分组成，行走机构实现轴向移动，机械臂实现传感器安装与回收动作。
解决方案	艾利特可提供自重仅 17.5kg，工作半径 914mm，功率仅为 250W 的 EC66 协作机器人。因为负载的传感器和安装杆的质量总计约 1.0~1.5kg，所以选用的机械臂要尽可能的小和轻，以保证其占

	<p>据空间小，另外机器人更小可以让自身机械卡死的点少，小范围的动作更为灵活。同时也保证其行走机构的轻量化，还要确保机械臂的工作半径要在其范围内。</p> <p>由于 TBM 内环境相对恶劣，温度高（一般 30~40℃）、湿度大、涌水以及中低水平的粉尘，所以要求机械臂能够防水防尘，耐用性要强。而艾利特机器人具有 IP54 的防护等级，同时具备一套防水防尘护照，能够在 TBM 温度高（一般 30~40℃）、湿度大、涌水以及中低水平粉尘的环境下保持稳定工作。</p>
<p>机器人用量</p>	<p>1 台/站</p>
<p>项目成效及效益体现</p>	<p>以机器人承担高风险工作，释放劳动力、优化生产效能，降低职业伤害的风险，为更多工作人员打造更友好和安心的作业环境。</p>



▲微震监测布设系统机构参考图

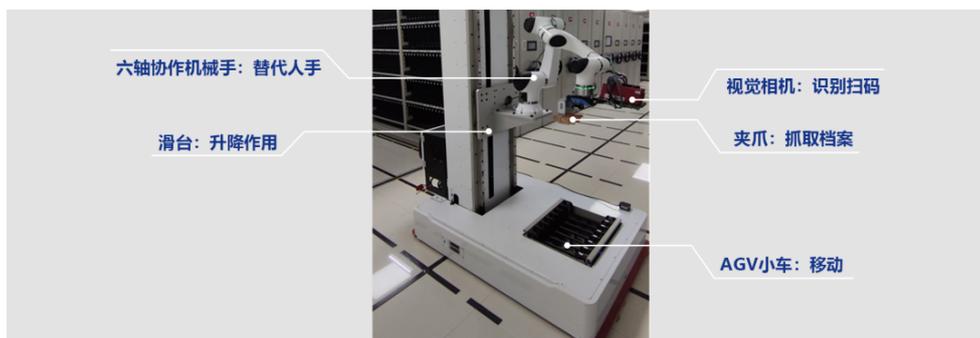


案例二	
案例名称	防疫送餐机器人
企业需求点	隔离酒店内存在人员交叉感染风险，需要提供高效、无接触配餐服务，帮助隔离酒店工作人员避免感染风险。
面临挑战	跨楼层配送及送餐及时性。
项目应用核心技术点	<ol style="list-style-type: none"> 1、 高效对接企业MES/WMS企业信息系统，根据需求可快速搭载应用功能模块； 2、 智能避障，搭载激光雷达、视觉摄像头（可选）等传感器，智能检测识别障碍物，主动停车和避障； 3、 快速部署，基于激光SLAM导航技术，无需场景改造，自动生成环境地图，实现调度规划服务快速部署； 4、 性能稳定，核心部件自主研发，车体与手臂完美配合，性能更加稳定。
应用工艺环节	防疫酒店内无接触送餐
解决方案	<ol style="list-style-type: none"> 1、 激光SLAM导航的技术实现自主定位，自动避障，自主配餐，当进行同层配送时，约15分钟就可以完成（如需上电梯，从一楼到指定楼层完成配送，约20分钟完成）； 2、 大族机器人的智能调度系统，支持实现多机器人大规模调度，保证系统高效运转； 3、 自主研发的底盘加机械手，体积小，从运动底盘，即小车，到六轴协作型机器人手臂，90%部件均由大族机器人自主研发完成，设计结构紧凑，占地面积小，运行也更加灵活； 4、 人性化设计，容量大，一次可满足40盒饭菜，最大一次可装到48盒。
项目成效及效益体现	一次可送40盒饭菜，配送容量大，效率高，不费劲，并有保温功能，高效又安全，快速成为继医务人员、社区工作者、志愿者等防疫队伍之后的又一支“生力军”。



<p>案例三</p>	
<p>案例名称</p>	<p>智能化无人档案室</p>
<p>企业需求点</p>	<p>档案管理室建成后，根据传统的档案管理模式，档案的存放、盘点、查阅工作在巨量的档案面前，若采用纯人工执行，则面临耗</p>

	时长、效率低、安全性差等多重问题与困难。
项目应用核心技术点	以物联网技术为基础，以信息化、智能化设施为载体的智慧档案室建设，实现对档案的精确管理，做到严格保密、存放有序、借阅登记、异常报警、实时统计、快速查找等功能，解决档案管理混乱、查找耗时、保密性差等问题，将会全面提高档案管理的智能化水平，从而提高效率、降低成本，提升整体管理水平和业务效率。
应用工艺环节	智能化无人档案室
解决方案	<p>专为档案馆场景而制造的大族协作机器人，在原有六轴机械臂的基础上，与AGV小车、视觉相机、夹爪、滑台等设备复合于一体。不同部件紧密配合，各有所用。</p> <p>通过视觉相机与RFID标签的配合，大族机器人可以快速获取这些信息，并根据事先的指令，通过夹爪灵活自如的取放，再与AGV小车移动的配合，确保将档案送至指定位置。</p>
项目成效及效益体现	整个操作过程无人化，需求档案时，可通过人脸识别技术，发送指令，设备启动运行，存取档案，完全精准到个人，全程保密。



案例四		
案例名称	智能充电桩产线智能化改造	
企业需求点	1、 无纸箱供料； 2、 自主研发 MES 追溯系统； 3、 慧灵六轴手臂视觉检测； 智能充电桩产线经过改造后，需要比原有设计速度提升约 50m/min，随着后续操作速度的熟练，预计最高生产速度可达 400m/min。	
面临挑战	1、 需要机械臂体积尽可能小，稳定性高； 2、 设备密集，需要机械臂运动灵活，且有碰撞检测功能，避免损坏设备。	
项目应用核心技术点	慧灵科技提供的双目视觉六轴机器人引导系统，通过左右侧 CCD 相机，对工作平台上的货物进行拍照，拍照后的信息，传输给计算机进行分析计算。	
应用工艺环节	检测产品	
解决方案	1、 产品到位后，顶升定位； 2、 手臂带动视觉拍照，判断产品缺陷。	
指标要求	名称	参数
	外形尺寸(L*W*H)	342*260*90 mm
	自重 (KG)	22
	最大负载(KG)	5
	工作半径(MM)	922
	重复定位精度(mm)	±0.02
	最大线速度(mm/S)	180
机器人用量	100 台 Z-Arm S922 机械臂	
项目成效及效益体现	通过六轴机械臂对工作平台上的货物进行拍照，拍照后的信息传输给计算机，对货物的位置信息进行精确的数据分析，分析完成后，对数据标准和测量值进行有效保存，通过数字化方式统计物体位置，增加对货物检测的精度。帮助客户在 1.5 年内收回成本。	



案例五	
案例名称	木制家具曲面精密打磨及抛光
企业需求点	用机器人实现曲面木材的打磨及抛光，恒力打磨，力位混合控制。
面临挑战	要求六维力传感器精准度高、可靠性高、成本低。
项目应用核心技术点	多学科优化设计、非线性力学模型、六维联合加载标定检测、嵌入式智能电路。
应用工艺环节	木材曲面外形的精密打磨及抛光

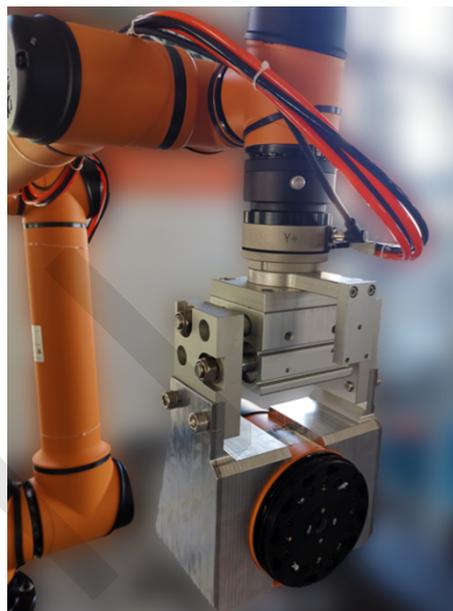
解决方案	<ol style="list-style-type: none"> 1、采用多学科优化平台对力敏结构进行极致优化，确保使灵敏度、过载能力和响应速度满足应用要求； 2、采用军品级弹性体材料，确保产品结构的长期稳定性和高过载能力； 3、在生产中采用军工级品控，优化每个生产工艺环节，确保温漂、零漂、滞后等指标均能满足可靠性要求。 4、基于力敏结构特性采用非线性模型处理串扰问题，准度优于 0.5%FS； 5、采用自研的六维联合加载标定检测技术，大幅提高数学模型的解耦效果和鲁棒性，同时加速了标定检测过程，提高了产能，降低了传感器生产成本； 6、内置嵌入式智能电路，将原始模拟信号处理成解耦后的数字化力学特征量再输出，从而提高测量实时性和抗干扰能力。 		
指标要求1	准度（含串扰、滞后、非线性）优于0.5%FS	指标要求2	使用寿命大于1000万次
产品用量	每台机器人用1台六维力传感器		
项目成效及效益体现	打磨岗位人工费用逐渐提升，招工难问题严重。采用六维力传感器的力控机器人替代人工实现木材家具曲面打磨抛光及抛光，一台设备投资回收期约为1年。		





案例六	
案例名称	智能装配
企业需求点	检测装配过程中的接触力，并提供用于装配力控制的反馈信号。
面临挑战	传感器的测量精准度、灵敏度及实时性。
项目应用核心技术点	多学科优化设计、非线性力学模型、六维联合加载标定检测、嵌入式智能电路。
应用工艺环节	协作机器人组装（用机器人装配机器人）
解决方案	<ol style="list-style-type: none"> 1、采用多学科优化平台对力敏结构进行极致优化，确保使灵敏度、过载能力和响应速度满足应用要求； 2、采用军品级弹性体材料，确保产品结构的长期稳定性和高过载能力； 3、在生产中采用军工级品控，优化每个生产工艺环节，确保温漂、零漂、滞后等指标均能满足可靠性要求； 4、基于力敏结构特性采用非线性模型处理串扰问题，准度优于 0.5%FS； 5、采用自研的六维联合加载标定检测技术，大幅提高数学模型的解耦效果和鲁棒性，同时加速了标定检测过程，提高了产能，降低了传感器生产成本；

	6、 内置嵌入式智能电路，将原始模拟信号处理成解耦后的数字化力学特征量再输出，从而提高测量实时性和抗干扰能力。		
指标要求1	准度优于0.5%FS	指标要求2	采样频率1000Hz
产品用量	每台机器人用1台六维力传感器		
项目成效及效益体现	采用六维力传感器的力控机器人替代人工进行协作机器人的组装，提高了安装质量，降低人工费用支出。		



企业篇

第九章 代表企业分析

第一节 艾利特机器人

成立时间：2016 年，总部：北京

艾利特机器人具有高性价比、低自重负载比、全面保障的产品稳定性的优势。公司目前已经有超过 3,000 台协作机器人部署落地的实操能力，2021 年其海外市场取得较大突破，海外市场销量增速位居行业前列。

一、核心技术

艾利特机器人全新 CS 系列协作机器人由艾利特自主研发，除减速机外，包括本体机构、伺服驱动、控制器硬件与操作系统、传感、控制算法、编程及交互，二次开发，全都由艾利特研发团队自主开发。在协作机器人擅长的安全性、易用性、扩展性、维护性、轻便型方面都有所创新，并申请了一系列专利。

● 安全功能设计

艾利特机器人具有 18 项安全功能设计，在速度、位置、功率、动量等方面参照 ISO 13849-1 Cat3 Pld, TS/ISO 15066 设计，也采用了腕部机械无夹点设计等，保证了协作机器人的安全性。

● 便捷式软硬件设计

艾利特机器人具有高效的扁平化、 workflow 图形界面；模块化程序树编程方式；末端状态灯环；灵活、易学的 Python 脚本编程；一体化主板设计、更易拆换的关节设计，维护效率更高；一键式软件升级等功能，以提高协作机器人的简便性。

● 可扩展式软硬件设计

采用模块化软件框架，支持扩展开发和自定义指令与界面；提供更强的第三方插件算力（独立主板计算资源），多总线通讯（Profinet, EthernetIP, ModbusRTU/TCP），实时状态监视接口；拥有开放的底层运动接口等，能够在一定程度上提高协作机器人的可扩展性。

二、代表产品

图表 32 艾利特 EC 系列机械臂产品参数表

参数	EC63	EC66	EC612	EC616
自重	13kg	17.5kg	33.5kg	32.5kg
有效负载	3kg	6kg	12kg	16kg
工作半径	624mm	914mm	1304mm	954mm
工具最大速度	2.0m/s	2.8m/s	3.2m/s	2.8m/s
功耗	普通工况约 150w	普通工况约 250w	普通工况约 500w	普通工况约 500w
自由度	6	6	6	6
关节范围 (Axis 1)	±360°	±360°	±360°	±360°
关节范围 (Axis 2)	±360°	±360°	±360°	±360°
关节范围 (Axis 3)	±158°	±165°	±168°	±360°
关节范围 (Axis 4)	±360°	±360°	±360°	±360°
关节范围 (Axis 5)	±360°	±360°	±360°	±360°
关节范围 (Axis 6)	±360°	±360°	±360°	±360°
工具端 IO	2xDI, 2xD0, 1x24V, 1xAI, 1xA0, 1xRS485			
机器人本体供电	48V			
线缆长度	5.5m			
安装方式	任意角度			
认证证书	CE、UL、CR、KCs、RoHS			
重复定位精度	±0.03mm			
本体材料	铝合金			
工作环境温度	0~50℃			
工作环境湿度	5%~95% (无结露)			
IP 防护等级	IP54			



资料来源：艾利特机器人，高工机器人产业研究所（GGII）整理

图表 33 艾利特 CS 系列机械臂产品参数表

参数		CS63	CS66	CS612
负载		3kg	6kg	12kg
工作半径		624mm	914mm	1304mm
重复定位精度		±0.02mm	±0.03mm	±0.05mm
自由度		6		
CS 系列 机械臂	关节运动 范围	axis1	±360°	±360°
		axis2	±360°	±360°
		axis3	±360°	±360°
		axis4	±360°	±360°
		axis5	±360°	±360°
		axis6	±360°	±360°
关节最大 速度	axis1	180° /s	150° /s	120° /s
	axis2	180° /s	150° /s	120° /s
	axis3	180° /s	180° /s	150° /s
	axis4	230° /s	230° /s	180° /s
	axis5	230° /s	230° /s	180° /s
	axis6	230° /s	230° /s	180° /s
典型工况 tcp 速度		1.5 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
IP 等级		IP54		

工作环境温度	0-50℃		
工作环境相对湿度	最大 90%(无结露)		
典型功耗	150w	250w	500w
安装方式	任意角度，包括地装，墙装，倒装		
编码器接口	4		
工具 I/O	4 x DIO, 1 x AI, 1x AO		
工具 I/O 供电	12V/24V; 3A (三针模式); 2A (双针模式); 1A (单针模式)		
工具通信	RS485		
底座直径	Ø 128mm	Ø 150mm	Ø 190mm
重量	16.5kg	22kg	37kg
材料	铝，塑料，钢		
标准线缆长度	5.5m		



(CS63) (CS66) (CS612)

资料来源：艾利特机器人，高工机器人产业研究所（GGII）整理

图表 34 艾利特控制柜产品参数表

控制柜	尺寸（宽 x 高 x 深）	505mmx432mmx257mm
	重量	14kg
	材料	铝，钢
	IP 等级	IP54
	I/O 接口	24 x DI（其中 8 x DI 可配置） 24 x DO（其中 8 x DO 可配置） 2 x AI, 2 x AO

I/O 供电	电压：24V；电流：3A（内部电源），6A（外接电源）
通讯	3 Ethernet, 1 RS485, TCP/IP, MODBUS TCP/RTU, EtherNet/IP 从站, Profinet 从站
电源	100-240VAC, 50-60Hz
工作环境温度	0-50 °C
工作环境相对湿度	最大 90%(无结露)



资料来源：艾利特机器人，高工机器人产业研究所（GGII）整理

图表 35 艾利特示教器产品参数表

示教器	显示尺寸	12.1 寸
	分辨率 (dpi)	1280x800
	材料	铝, 塑料
	重量	2.1kg
	标准线缆长度	5.5m
	IP 等级	IP54
	工作环境温度	0-50°C
	工作环境相对湿度	最大 90%(无结露)



资料来源：艾利特机器人，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第二节 大族机器人

成立时间：2017 年，总部：深圳

大族机器人基于自身较高的核心部件自主化率，同时具备 Elfin 六轴系列和 MAiRA 七轴系列机器人，可以满足各领域不同的应用需求，其全球化布局正在加速。

一、核心技术

● 协作机器人 AI 控制器

该控制器为大族机器人多年技术积累，并联合德国技术团队设计研发的以 AI 应用为主的协作机器人控制器。该控制器具备人机语音交互、智能感知、零代码编程、自主学习等功能，实现人机智能协作，让协作机器人更加智能、友好、安全。

● 协作机器人模组驱控技术

大族机器人在协作机器人模组上使用的中空无框无刷电机具有功率密度高，可量产性好，成本低的特点。与之配套的伺服驱动技术能够实现对协作机器人的力反馈控制，力前馈控制，抖动抑制，控制精度补偿等，技术水平处于行业领先地位。

● 机器人智能感知和传感器集成应用

大族机器人对机器人感知系统做了深入研究和大量研发投入。主要集中在协作机器人力感知技术，包括六维力传感器，单轴传感器研发设计，智能语音交互，视觉系统，加速度传感器应用等。使得协作机器人对外界环境的感知能力有较大提升，为智能化应用奠定了良好基础。

● 高精度编码器

协作机器人关节模组编码器能够直接影响机械臂控制精度和稳定性。大族机器人自主研发的高精度编码器经过了耐温、耐压、振动和干扰测试，具有高可靠性和较强容错率，性能

达到国际领先水平。

二、代表产品

图表 36 大族机器人代表产品参数表

	重量	最大负载	工作范围	功耗	关节范围	重复定位精度	工具最大速度
协作机器人 Elfin-E03	18kg	3kg	590mm	100W 典型应用	±360°	±0.03mm	2m/s
协作机器人 Elfin-E05	25kg	5kg	800mm	180W 典型应用		±0.03mm	
协作机器人 Elfin-E05-M	26kg	5kg	850mm	180W 典型应用		±0.03mm	
协作机器人 Elfin-E05-L	26kg	3.5kg	950mm	180W 典型应用		±0.03mm	
协作机器人 Elfin-E10	43kg	10kg	1000mm	350W 典型应用		±0.05mm	
协作机器人 Elfin-E10-L	45kg	8kg	1300mm	350W 典型应用		±0.1mm	
协作机器人 Elfin-E15	60kg	15kg	1300mm	600W 典型应用		±0.1mm	
协作机器人 Elfin-E18	58kg	18kg	1100mm	600W 典型应用		±0.1mm	
协作机器人 Elfin-E20	58kg	20kg	1000mm	600W 典型应用		±0.1mm	
多感知智能 机器人助手 MAiRA-ProS	53kg (7-DOF) 49.5kg (6-DOF)	18kg	1050mm	3.5KW 典型应用			
多感知智能 机器人助手	55kg (7-DOF)	14Kg	1400mm	3.5KW 典型应用	±360°	±0.01mm	4.5m/s

MAiRA-ProM	51.5kg (6-DOF)						
多感知智能 机器人助手 MAiRA-ProL	56kg (7-DOF) 52.5kg (6-DOF)	11Kg	1600mm				



资料来源：大族机器人，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第三节 中科新松

成立时间：2014 年；总部：上海

中科新松作为国内协作机器人较早的先行者，可以说是协作机器人系列最丰富的厂商之一，2015 年中科新松推出首款七轴协作机器人，基于自研的核心技术，中科新松已拥有完善的 DUCO Cobot 多可®协作机器人矩阵。

一、核心技术

- **机电控高度集成的一体化关节设计**

在满足功能设计的基础上，还要满足散热、电磁干扰、防护等级、振动、装配工艺、可维护性等性能指标。

在关节伺服系统控制方面，采用全闭环的系统结构和控制方式，同时针对谐波减速机刚度低引起的关节柔性，进而引起负载端的振动，降低系统的轨迹跟踪精度、稳定性等问题，在关节驱动底层增加振动抑制算法，以提高关节的动态性能。

基于 3C、半导体等典型应用场景的需求，以系统工程理论、方法和过程模型为指导，结合对多可®协作机器人 DUCO Cobot 的安全性、协作性、灵巧操作以及易维护等要求，研究机器人机构优化方案以及整体集成方案。

为实现多可®协作机器人 DUCO Cobot 的轻量化以及集成化，解决了高功率密度的机电控一体化关节高度集成的技术难题。一体化关节的集成包含机构综合、电子电气综合、机电控综合、通讯设计以及热设计等关键技术，建立了电机矢量控制模型、全闭环控制模型、电磁仿真模型、关节动力学模型以及热力学动态模型等，实现 200–3000W 驱动功率，最终关节控制精度达到 5 角秒。

● 力感知及高精度力控作业

基于高精度机器人动力学模型实现关节输出力矩的精准估计，以及末端力矩传感器实现末端作业力的精准感知，建立机器人末端精准力控制框架，实现末端导纳控制和关节力矩前馈相结合，既保证的末端作业力的精准控制，又提高了系统的动态响应性能。

末端作业力控制采用导纳控制算法，将末端力矩传感器检测到的力/力矩信息转换成位置偏移量，叠加到参考目标位置。经过柔性机械臂逆运动学，以及含摩擦模型的柔性机械臂动力学，生成关节指令。

● 人体协作安全控制及响应技术

多可®协作机器人 DUCO Cobot 本身虽然具有轻量化、惯量小等特点，为保证协作安全，仍然需要设计完备的协作安全机制，充分保证人员协作时的安全。

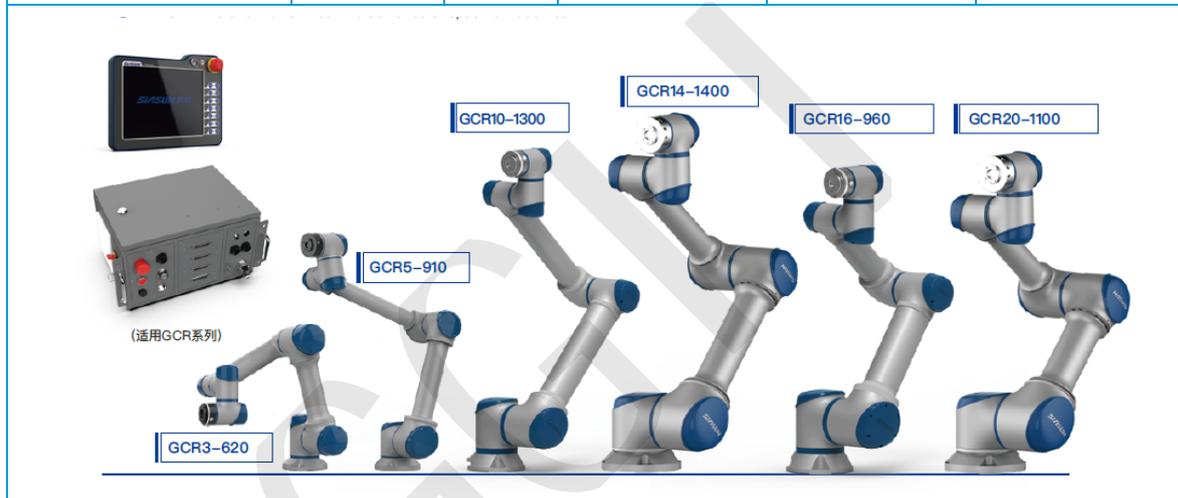
从安全硬件的角度，设计安全控制器，采用双安全 CPU 的策略，同时所有的安全控制通道均采用双通道冗余控制，满足 PLd 的安全等级要求。从安全功能的角度，设计包含安全位置监控、安全速度监控、安全力矩监控、碰撞检测等在内的安全控制功能。

碰撞检测功能采用伺服级的碰撞检测策略，满足响应的实时性。基于精准动力学模型，以及基于广义动量法的外力观测器，实现外力的实时精准估计；分析不同碰撞情况下各个关节输出力矩和电机电流的变化特性，构建碰撞信号在不同工况下的传递模型；根据作业情况，建立机器人全身碰撞检测方案与响应策略，如停止、回退、零力等。开发协作机器人碰撞检测与多重安全保障机制，确保人-机、机-环境的作业安全。

二、代表产品

图表 37 中科新松 G 系列协作机器人参数表

多可®协作机器人 G 系列	最大负载	自由度	末端最大速度	有效工作半径	重复定位精度
GCR20-1100	20kg	6	2m/s	1100mm	±0.05mm
GCR16-960	16kg	6	3.0m/s	960mm	±0.05mm
GCR14-1400	14kg	6	2.2m/s	1400mm	±0.05mm
GCR10-1300	10kg	6	3.8m/s	1300mm	±0.05mm
GCR5-910	5kg	6	3.6m/s	917mm	±0.03mm
GCR3-620	3kg	6	1m/s	620mm	±0.02mm



资料来源：中科新松，高工机器人产业研究所（GGII）整理

图表 38 中科新松 S 系列协作机器人参数表

多可®协作机器人 S 系列	最大负载	自由度	末端最大速度	有效工作半径	重复定位精度
SCR5	5kg	7	2.0m/s	800mm	±0.02mm
SCR3	3kg	7	2.5m/s	600mm	±0.02mm



资料来源：中科新松，高工机器人产业研究所（GGII）整理

图表 39 中科新松 D 系列协作机器人参数表

多可®双臂协作机器人 D 系列	最大负载	自由度	末端最大速度	有效工作半径	重复定位精度
DSCR5	10kg	单臂 7 x 2	1.0m/s	800mm x 2	±0.02mm
DSCR3	6kg	单臂 7 x 2	1.0m/s	600mm x 2	±0.02mm



资料来源：中科新松，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第四节 慧灵科技

成立时间：2015 年，总部：深圳

慧灵科技，是为数不多同时涉足四轴和六轴协作机器人的厂商，2021 年其四轴（SCARA）协作机器人销量位居国内第一。

一、核心技术

● 紧凑型结构设计

慧灵科技 Z-Arm 系列协作机器人采用驱控一体化内置设计，内部中空布线，适合层叠操作空间的臂体设计，并且通过将能够驱动末端臂体转动的轴驱动电机及能够驱动外部执行器转动的法兰座驱动电机重新排布，从而达到缩小末端臂体的体积并降低末端臂体重量的目的，有效提升了末端负载能力，更适合于狭窄场合运用。

● 水平四轴机器人结构设计

➤ 独特的结构设计

水平关节四轴机器人主要包括上下运动装置、固定座装置以及两个臂体，两个臂体分别为第一臂体和第二臂体，固定座装置、第一臂体和第二臂体依次连接，第二臂体用以连接外部执行器，从而实现四轴机器人在空间上的不同动作。水平关节四轴机器人具备动作灵活、结构紧凑、空间要求小、重复定位精度高等特点，能够精确、快速达到空间中的一点。而相对于多轴工业机器人而言，水平关节四轴机器人具有体积小，占地空间小不容易产生干涉、动作灵活、综合成本低等优势，可单独应用于自动化流水线，还可以直接集成于各种中高端自动化设备中。

➤ 上下行程定制化开发

慧灵协作机器人的 Z 轴（上下行程）在一定范围内可以自由定制，定制范围最高可达 1.5m，最低可至 0m，能够有效解决部分客户对于拓展上下空间的诉求。

● 高速高刚性机械臂技术

➤ 高集成化便捷式设计

高速高刚性机械臂的水平臂采用谐波减速机连接，辅以定制伺服电机和同步带传动结构，组装更换更加便捷。同时将驱动板分别集成在各关节处串行连接，实现了高集成化，在一定程度上降低内部走线难度，还能够有效节约空间，同时降低线缆能量损耗。

➤ 三角形结构设计

慧灵科技高速高刚性机械臂经过有限元分析，拓扑优化了内部结构设计，不仅在一定程度上对结构强度进行了加强，还能够有效降低臂体重量，节约大量材料成本。

➤ 内旋/外旋结构设计

高速高刚性机械臂采用内旋和外旋两种工作模式的结构设计，小臂不仅可以绕大臂内侧运动，还可以绕大臂外侧运动，在较大程度上减少机械臂的工作盲区，具有较强灵活性、适用性，应用范围更加广泛。

● 控制系统

➤ 永磁同步电机控制技术

永磁同步电机控制技术是机器人的核心技术之一，有利于提高机器人的控制精度和稳定性，是发展高端机器人的基础。永磁同步电机控制系统是多变量、强耦合的时变非线性系统，需要在多个方向提升控制系统精度、稳定性、快速响应能力及安全性，其功能包括但不限于：电机参数测量、对任意线序偏移角进行辨识、参数整定、故障保护等。

➤ 高度集成的控制系统

慧灵科技自主研发了能够服务于四轴协作机器人和六轴协作机器人的底层驱动、运动控制以及上层应用软件。此外，慧灵科技四轴协作机器人具备驱动一体化集成配置，无外置控制箱；六轴协作机器人外置控制箱是传统六轴协作机器人控制箱体积的三分之一。

二、代表产品

图表 40 慧灵科技四轴协作机器人产品参数表

型号		Z-Arm 1832	Z-Arm 2442	Z-Arm 2142E	Z-Arm 4150	Z-Arm 4160
		协作型	协作型	协作型	非协作型	非协作型
重量（裸机）		约 11kg	约 19kg	约 18kg	约 28kg	约 28.5kg
最大负载		1kg	3kg	3kg	5kg	3.5kg
工作半径		320mm	420mm	420mm	500mm	600mm
自由度		4				
重复定位精度		±0.02mm	±0.03mm	±0.03mm	±0.05mm	±0.05mm
关节活动范围	Z 轴行程	180mm	240mm	210mm	410mm	410mm
	1 轴旋转角度	±90°				
	2 轴旋转角度	±143°	±164°	±164°	±164°	±164°

围	R 轴旋转 角度	±1080°				
末端线速度 (标准负载)	1017mm/s (0.5kg)	1220mm/s (2kg)	1220mm/s (2kg)	1400mm/s (4kg)	1500mm/s (3kg)	
底座外形尺寸	200*200*10 (mm)	200*200*10 (mm)	200*200*10 (mm)	250*250*15 (mm)	250*250*15 (mm)	
整机高度 (可定制)	500mm	596mm	566mm	830mm	830mm	
电源	220V/110V50 -60HZ 适配 至 24VDC 峰 值功率 320W	220V/110V50 -60HZ 适配 至 24VDC 峰 值功率 500W	220V/110V50 -60HZ 适配 至 24VDC 峰 值功率 500W	220V/110V50 -60HZ 适配 至 48VDC 峰 值功率 960W	220V/110V50- 60HZ 适配至 48VDC 峰值功 率 960W	
通讯	Ethernet					

资料来源：慧灵科技，高工机器人产业研究所（GGII）整理

图表 41 慧灵科技六轴协作机器人产品参数表

	Z-Arm S622 协作型	Z-Arm S922 协作型	Z-Arm S1400 协作型
重量	15kg	22kg	40kg
有效负载	3kg	5kg	10kg
工作半径	622mm	922mm	1400mm
自由度	6		
重复定位精度	±0.02mm	±0.02mm	±0.05mm

关节活动范围/软件限位极限	1 轴: $\pm 175^\circ$	1 轴: $\pm 175^\circ$	
	2 轴: $+85^\circ$, -265°	2 轴: $+85^\circ$, -265°	
	3 轴: $\pm 150^\circ$	3 轴: $\pm 160^\circ$	
	4 轴: $+85^\circ$, -265°	4 轴: $+85^\circ$, -265°	
	5 轴: $\pm 175^\circ$	5 轴: $\pm 175^\circ$	
	6 轴: $\pm 175^\circ$	6 轴: $\pm 175^\circ$	
关节最大速度	180° /s		
安装面积	$\phi 130\text{mm}$	$\phi 150\text{mm}$	$\phi 190\text{mm}$
I/O 电源	24V/1.5A		
防护等级	IP54		
供电	220V/50HZ		
			
(Z-Arm S622)		(Z-Arm S922)	
(Z-Arm S1400)			

资料来源: 慧灵科技, 高工机器人产业研究所 (GGII) 整理

第五节 坤维科技

成立时间: 2018 年, 总部: 北京

坤维科技是一家专注于高精度力觉传感器及力控解决方案的高新技术企业, 开发面向机器人及其他智能装备行业的力觉传感器产品, 为机器人及其它智能装备、工业过程简控、产品质量检测、科研测试测量等领域赋能。

一、核心技术

结构解耦设计技术、六维联合标校及检测技术、解耦算法以及嵌入式微小信号处理技术是坤维六维力传感器领域的核心技术, 既涉及到非常专业的硬件、软件设计开发能力, 又必

须依赖大量的实践经验指导，因此构成了行业准入的高技术壁垒。

● 结构解耦设计技术

为了避免零漂、滞后、回零差等不利因素影响，六维力传感器的本体通常采用在单体金属弹性材料上集成多测量单元的形式。结构设计的难点在于：

- 为抑制各轴间的相互干扰，每个测量单元的变形模式必须有选择性，即对某方向载荷敏感并产生较大应变的同时，在其它方向上又具有较大刚性，从而在结构上首先对被测载荷进行解耦；
- 测量单元的结构必须和电路相结合，即使在非测量方向载荷的作用下存在明显扰动，也能达到不输出或输出较小干扰信号的效果，从而进一步对被测载荷进行解耦；
- 为了减小各方向间的相互干扰，传感器本体刚性越大越好，但需要考虑必要的灵敏度，否则影响测量性能。在提高传感器刚性的同时保证传感器灵敏度，需要运用结构优化技术；
- 为了提高产品的通用性，传感器本体结构必须小型化。但小型化会降低传感器刚性。解决这个矛盾也需要采用相应的结构优化技术。

基于上述分析可知，结构设计及优化是六维传感器产品能成功研制的基础，且需要深入的专业知识和丰富的设计经验才能驾驭这项工作，因此形成了第一道技术门槛。

● 六维联合标校及检测技术

在六维力传感器的标校及检测过程中，必须可以同时按任意比例精准的对传感器施加三方向力和三方向力矩，即可以对任意单个轴加载，又可以任意选取若干个轴进行综合交叉加载。实现上述功能的技术称之为六维标校及检测技术，其技术难度体现于标校系统的研制上。

六维标校系统采用非复位的校准方式，通过测量载荷适配器的位移，把所加载荷计算到传感器体轴系，再通过体轴系载荷和传感器输出，获得解耦算法所需的全部参数。标校系统的主要组成部件包括：传感器支撑装置、自动加载系统、位移测量系统及数据采集系统。其主体硬件框架由传感器支撑装置及加载系统构成。加载系统包括自动加载装置、载荷适配器及其传力组件、载荷换向装置。自动加载装置采用高精度砝码作为力源施加标校载荷。载荷适配器及其传力组件将传感器与自动加载系统连接，使标准载荷作用在被校传感器上。载荷换向系统用于将竖直力转换成水平力。位移测量系统由 7 台高分辨率激光位移传感器和支架组成，用于测量标校过程中载荷适配器的空间位移。数据采集系统用于采集传感器输出的电压信号。

六维联合标校检测系统的研制融合了机械、机电、光学、控制及软件等专业知识，并且需要结合大量的六维力传感器标校操作经验，才能设计出加载精度高且实用高效的标校系统。建设标校系统的成本较高，造价大约在 500-800 万/套。为了适应不同量程的传感器，一般至少需要建设 3-5 套系列化的标校系统。由此可见，六维标校系统的研制难度较大，且建设费用高昂，因此形成了第二道技术门槛。坤维科技已完成三套六维标校设备的建设，并已投入使用。

● 解耦算法（机器学习）

传感器本体结构无法实现对载荷的完全解耦，各轴之间的载荷相互干扰不可避免。也就是说，传感器某测量单元的结构响应不仅仅与其需要测量的载荷分量有关，同时也受到了其它载荷分量的共同作用。为了彻底对三个方向的力和力矩进行解耦，还必须引入数学模型，即机器学习模型（强迫学习算法）。将传感器的八通道输出信号代入机器学习模型就可以计算出三个方向的力和力矩的精确值。因此，训练样本的合理性以及强迫学习算法模型的非线性模拟能力直接影响到传感器的测量性能和生产效率（标校效率）。

高效的机器学习技术涉及到 MDOE 和统计分析等专业知识和某些特定的经验方法，而这些都是常规力学传感器厂商无法在短期内掌握和摸索出来的，于是构成第三道技术门槛。坤维创始团队长期从事用于飞行器测试用的高精度六维力传感器技术研发，积累了大量的算法研究基础，并已开发出了适用于机器人力觉测量的非线性解耦数学模型，能将串扰控制在 0.3%FS 以内，计算周期小于 0.3ms

● 嵌入式微小信号处理技术

传感器的多通道微伏级（ 10^{-6} V）模拟电压信号经过嵌入式智能电路处理后输出。涉及微小信号调理、高速 AD 转换、高速运算处理及多模式信号输出等技术。其中传感器的多通道微伏级（ 10^{-6} V）模拟电压信号的处理最为困难，传统力学传感器厂商未涉及此领域，从而构成第四道技术门槛。

二、代表产品

图表 42 KWR36 产品详情

型号		KWR36A	KWR36B	KWR36C
Fx, Fy, Fz	(N)	30	50	80
Mx, My, Mz	(Nm)	1.5	2	3
直径	(mm)	36	36	36

高度	(mm)	20	20	20
过载水平	(%FS)	300	300	300
准度	(%FS)	0.5	0.5	0.5
精度*	(%FS)	0.1	0.1	0.1
重量**	(kg)	0.04	0.05	0.06
工作温度	(°C)	0~80	0~80	0~80
采样分辨率	(Bit)	24	24	24
采样频率	(Hz)	1000	1000	1000
供电电压	(VDC)	9~24	9~24	9~24
通信方式	RS422/RS485/ModBus/CAN/EtherCAT/USB			
产品特点	1、六轴联合标定，充分抑制串扰； 2、微型高精度六轴力觉传感器； 3、采用航空合金，高过载，兼具高刚性和高灵敏度。			
				

资料来源：坤维科技，高工机器人产业研究所（GGII）整理

图表 43 KWR46 产品详情

型号		KWR46A	KWR46B	KWR46C
Fx, Fy, Fz	(N)	50	150	200
Mx, My, Mz	(Nm)	2	2	6.5
直径	(mm)	46	46	46
高度	(mm)	19.4	19.4	19.4

过载水平	(%FS)	300	300	300
准度	(%FS)	0.5	0.5	0.5
精度*	(%FS)	0.1	0.1	0.1
重量**	(kg)	0.06	0.06	0.07
工作温度	(°C)	0~80	0~80	0~80
采样分辨率	(Bit)	24	24	24
采样频率	(Hz)	1000	1000	1000
供电电压	(VDC)	9~24	9~24	9~24
通信方式	RS422/RS485/ModBus/CAN/EtherCAT/USB			
产品特点	1、六轴标定联合，充分抑制串扰； 2、小型高精度六轴力觉传感器。			

资料来源：坤维科技，高工机器人产业研究所（GGII）整理

图表 44 KWR75 产品详情

型号		KWR75A	KWR75B	KWR75C	KWR75D	KWR75E	KWR75F
FX, Fy	(N)	50	200	350	500	30	100
Fz	(N)	50	200	500	700	30	100
Mx, My, Mz	(Nm)	2	8	12	18	1.5	4
直径	(mm)	75	75	75	75	75	75
高度	(mm)	31.5	31.5	33.5	33.5	31.5	31.5
过载水平	(%FS)	300	300	300	300	300	300
准度	(%FS)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

精度*	(%FS)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
重量**	(kg)	0.26	0.28	0.32	0.36	0.26	0.28
工作温度	(°C)	0~80	0~80	0~80	0~80	0~80	0~80
采样分辨率	(Bit)	24	24	24	24	24	24
采样频率	(Hz)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
供电电压	(VDC)	9~24	9~24	9~24	9~24	9~24	9~24
通信方式	RS422/RS485/ModBus/CAN/EtherCAT/USB						
产品特点	1、 六轴联合标定，充分抑制串扰； 2、 内置高精度嵌入式数据采集计算系统； 3、 采用航空合金，高过载，兼具高刚性和高灵敏度。						
							

资料来源：坤维科技，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第六节 珞石机器人

成立时间：2015 年，总部：北京

珞石机器人专注于多关节工业机器人、协作机器人等系列产品的开发、生产和销售，是为数不多能够同时涉足工业和协作领域，并均获得高增长的厂商。基于自主核心技术与平台化产品，面向工业、商业和医疗等领域，为客户提供更智能、更高效、更安全的产品和自动化解决方案等服务。

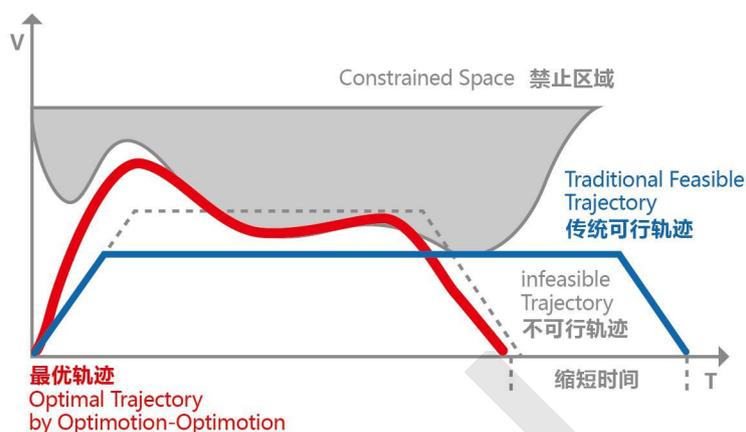
一、核心技术

● 核心运动控制技术

珞石新一代柔性协作机器人 xMate 采用工业机器人领域的运动控制技术，包括：

➤ OptiMotion 技术

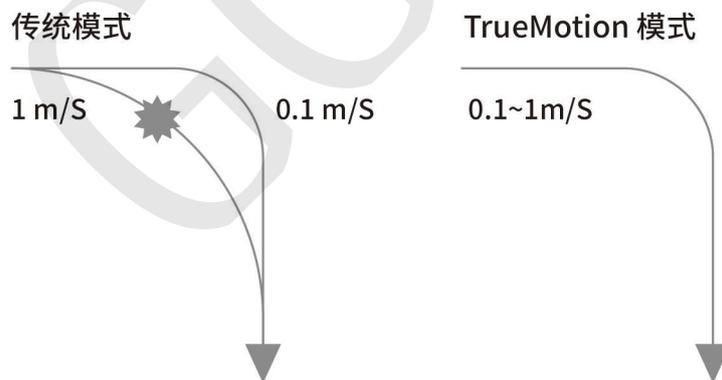
基于全动力学模型的最优轨迹规划技术，以高精度动力学建模与参数辨识为基础，融合在线规划以及高阶加减速技术，保证机器人速度始终追求能力边界，使轨迹速度有效提升 20%。超过 200 项动力学参数建模，能够在充分发挥电机性能的同时将电机减速器寿命提升 30%，有效防止“小马拉大车”，降低企业维护成本。



(OptiMotion)

➤ TrueMotion 技术

融合了与速度无关的路径规划技术、高精度误差补偿与惯量前馈技术，能够保证机器人在不同速度下都可以沿同样的路径精准运动，时刻保持轨迹精度始终优于 1mm，所见即所得。

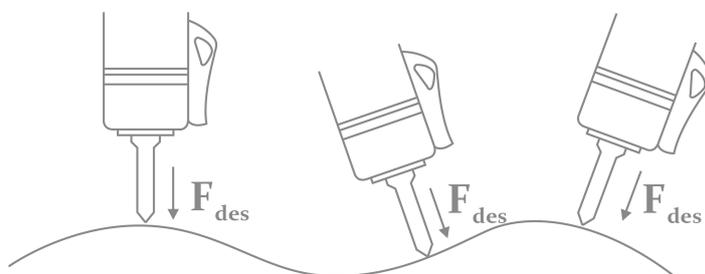


(TrueMotion)

● 高动态、高灵敏关节力控技术

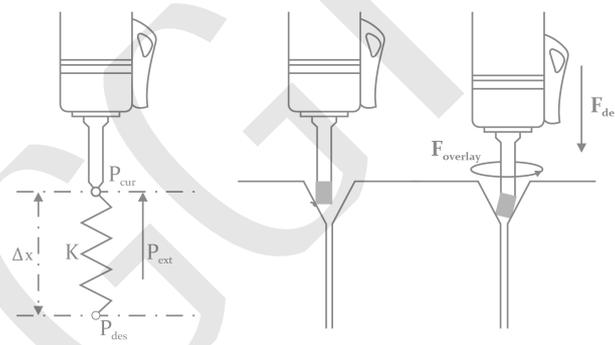
新一代柔性协作机器人 xMate 采用全状态反馈的直接力控制技术，在兼顾位置控制高精度的同时具备高动态力控制与柔顺控制能力。首先 xMate 每个关节均具备扭矩传感器，可以实时测量关节力矩值，高质量地完成各类力控任务。使用 xMate 完成力控打磨工艺时，不需要在机器人末端额外增加六维力传感器，就可实现精确的恒力打磨去毛刺，提高实际生产

效率的同时，降低企业的应用扩展成本。同时基于关节直接力闭环的高动态力控算法，力控带宽相对传统六维力传感器提升 10 倍以上，大幅提升力控装配、力控打磨的动作节拍，解决传统协作机器人末端六维力控应用效率瓶颈问题。



(恒力打磨)

其次 xMate 能够实现模拟人类手臂肌肉控制的柔顺特性，比如在精密装配场景，可以通过控制相应方向的主动柔顺模拟人手顺应位置偏差，发生卡顿后自动调整位姿，进而灵活柔顺地完成装配过程。



(力控装配)

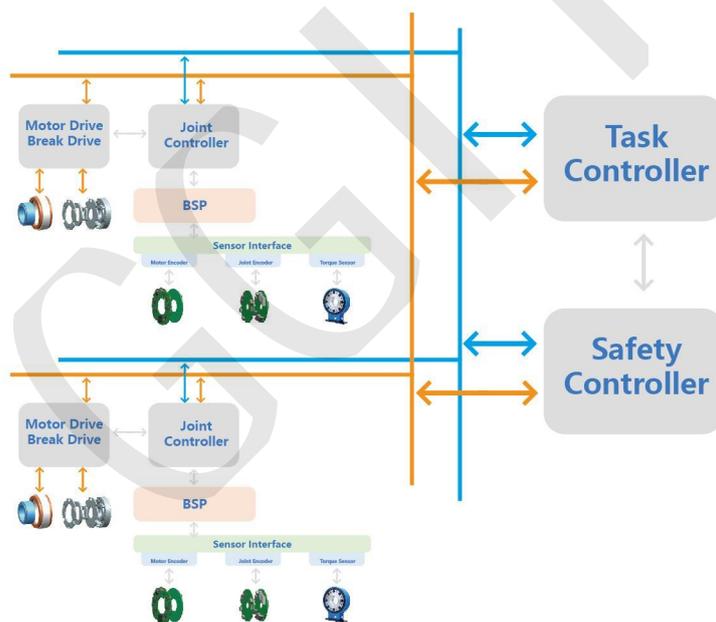
● 丰富的安全功能

xMate 柔性协作机器人每个关节均配置高精度力矩传感器，具备“一指触停”般的碰撞检测能力，碰撞检测灵敏度可实现相比基于电流环的传统协作机器人超 5 倍的提升，极大降低碰撞损害。



(一指触停)

机器人采用先进吸合式抱闸，制动距离比传统插针式抱闸减少 80%，能够有效应对突发情况。独立 RSC 设计和双通道冗余力矩传感器实时监控机器人数据，杜绝传感器和控制器失效引发的安全事故。此外 xMate 已通过 20 余项 TUV 功能安全认证，充分满足 ISO-15066 中人类与机器人并肩工作的安全认证要求，配合拖动虚拟墙、安全区域和协作模式等安全功能，能够以从始至终的极致安全守护，为高效高品质生产提供保障。



(安全架构)

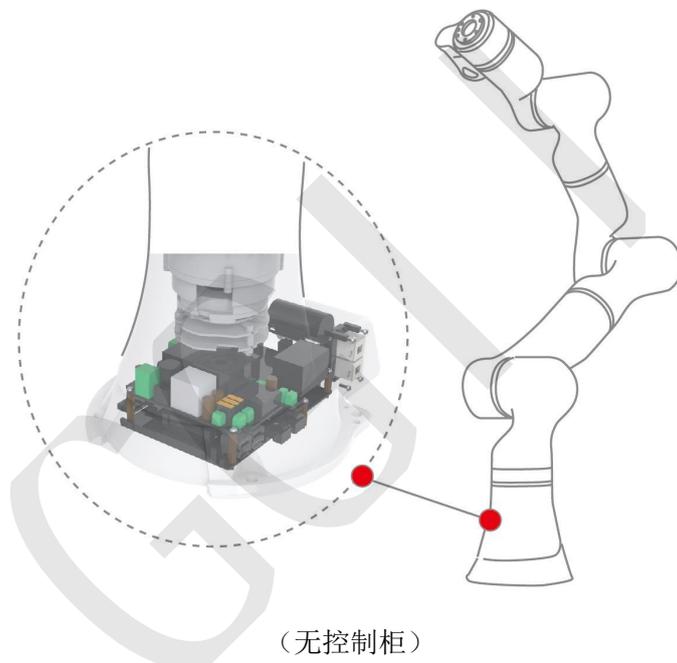
● 轻量化设计技术

xMate 采用了自研高集成度模块化关节，该关节集成了电机、驱动器、谐波减速器、双通道编码器、双通道力矩传感器和吸合式抱闸，通过模块化的设计方式颠覆性地实现了高集成度以及高度轻量化等核心通用性能的整体提升。



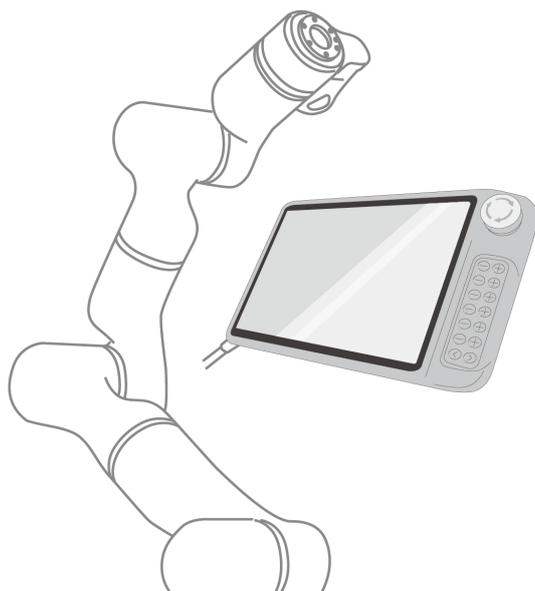
（模块化关节）

xMate 采用一体化无控制柜设计，系统减重 50%，用户无需担忧控制柜安装位置，只需 4 个螺钉，10 分钟内即可完成整机安装，接上电源即可进行调试。工业场景中，xMate 为狭窄空间的自动化改造（复合机器人、紧凑老产线）提出了更优的解决方案，最大程度降低对原有产线或设备的改造成本。商用、医疗等场景中，使用 xMate 搭建的设备尺寸更小，占地空间更少，大大提升设备的整体竞争力。



● 简易编程技术

xMate 采用图形化、交互式引导编程方式，轻松运行于笔记本、平板电脑等通用设备上，配合 1N “实用级” 轻便拖动示教编程，可以完整复现拖动轨迹，实现复杂点位和连续轨迹的直接示教，即使是零基础人员，1 小时也可轻松掌握机器人的操作使用。



(图形化编程)

● 底层控制技术

xMate 通过 RL 编程语言提供更全面的控制功能，RCI 底层控制能力和毫秒级实时二次开发接口易于打造专属高端功能，满足教育科研、自动化工艺研发等需求。机器人支持 Modbus、Profinet、cclink 和 RS485 等多种常用的通讯协议，可以快速适配客户产线，实现无缝衔接。同时，机器人支持 6 大类、100+生态扩展工具，搭配力控、料盘、码垛、激光焊接等专属工艺包，全面赋能行业应用。



(开放生态)

二、代表产品

图表 45 珞石机器人代表产品参数表

	负载	臂展范围	重量	防护等级	关节数量
--	----	------	----	------	------

xMate ER3	3kg	760mm	21KG	IP54	6
xMate ER7	7kg	850mm	28KG	IP54	6
xMate ER3 Pro	3kg	760mm	22KG	IP54	7
xMate ER7 Pro	7kg	850mm	29KG	IP54	7
xMate CR7	7kg	850mm	21KG	IP67/IP54	6
xMate CR12	12kg	1300mm	35KG	IP67/IP54	6
xMate CR18	18kg	950mm	35KG	IP67/IP54	6
xMate SR3	3kg	580mm	14KG	IP54	6
xMate SR4	4kg	800mm	16KG	IP54	6



资料来源: 珞石机器人, 高工机器人产业研究所 (GGII) 整理

总结篇

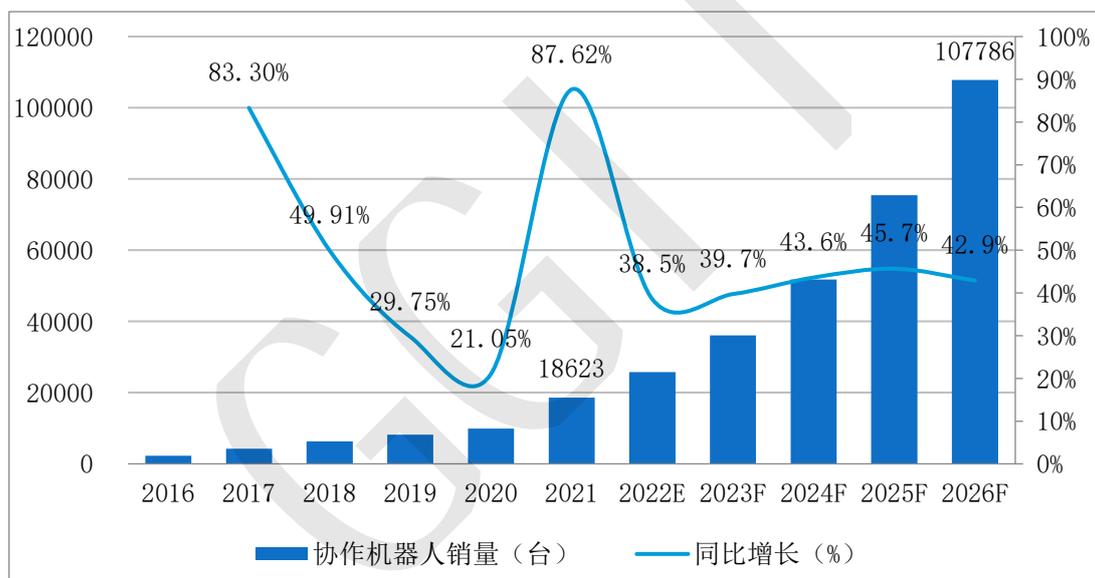
第十章 中国协作机器人发展前景与展望

第一节 未来 5 年协作机器人产业的前景

从协作机器人的销量上来看，GGII 认为，未来 5 年中国协作机器人整体销量年均复合增速将保持 35% 以上。预计到 2026 年，中国协作机器人销量将突破 10 万台大关。

劳动力成本的持续上涨和有效劳动力不足都将成为企业对机器人需求的推手。另一方面，协作机器人的性价比快速提升，在一定程度上降低了企业应用协作机器人的成本，而易用性的提升降低了企业对协作机器人的应用门槛。综上所述，协作机器人起量的确定性是逐年增强的。

图表 46 2016-2026 中国协作机器人销量及预测（单位：台，%）



（注*上述销量数据不包含桌面型协作机械臂）

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

第二节 行业风险及规避

一、行业过度竞争

2022 年，宏观经济的景气度有所下降，下游各行业需求收紧，工业机器人的应用由过去的增量市场开始转到存量市场与增量市场并重态势。外资厂商由汽车领域转到一般工业领域，国产厂商之间价格战愈演愈烈，工业机器人市场竞争存在较大的潜在风险，不少厂商面临资金链断裂的风险，甚至黯然退场。“十四五”期间，机器人产业进入发展的新阶段，过度竞争带来的是全产业链的盈利能力下降，资金压力显现，对于整个行业而言，显然是弊大

于利。

二、核心技术突破低于预期

协作机器人的核心技术包括核心零部件和本体等的硬件研发、设计、生产，同时也受智能化系统、工艺包、算法等软件方面的影响。协作机器人整体还较为“年轻”，故核心技术的突破能否达到预期会对协作机器人的市场情况产生较大的影响。

三、协作机器人市场需求低于预期

从协作机器人市场销售情况上来看，2021 年，部分企业将自动化提上日程，为应对疫情反复带来的不确定性；也有部分企业在转型柔性化生产、智能制造过程中产生了对协作机器人的需求；制造业劳动力短缺、劳动力成本上升的问题持续存在，而协作机器人正是应对该类问题最合适的解决方案之一。

从宏观环境上来看，全球经济增速放缓、部分国家经济进入衰退周期，很大程度上将影响各行业投资的积极性，同时无形中也会降低投资者对未来的信心，协作机器人作为自动化设备的一种，难免会受到以上压力的传导，导致需求放缓。

第十一章 总结与归纳

中国协作机器人市场在经历了 2017 年起量带来的高增速（60%）以后，迎来了 3 年的平稳期，2018-2020 年增速均保持 20% 以上；2021 年中国协作机器人市场迎来了第二个增长的高峰，增速高达 87.62%，相较全球协作机器人销量增速高出 36.17%；2021 年，中国协作机器人销量在全球协作机器人市场整体销量的占比达 51.02%，GGII 预测，作为协作机器人的主战场之一，2026 年中国协作机器人市场销量有望突破 10 万台。

从中国协作机器人市场格局来看，通过计算行业集中度指标可以发现，2019 年到 2020 年，CR4 和 CR8 均有所上升。2020 年到 2021 年，CR4 略有下滑，从 65% 下降到 63%，CR8 从 83% 小幅上涨到 84%。近三年来协作机器人行业均数据寡占 III 型，但市场销量排名前 8 的企业角逐越加激烈。

图表 47 2018-2021 年中国协作机器人市场集中度情况

年份	CR4	CR8
2018	47%	61%
2019	62%	79%
2020	65%	83%
2021	63%	84%

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

图表 48 关于市场结构的分类

集中度 市场结构	CR4 值 (%)	CR8 值 (%)
寡占 I 型	$CR4 \geq 85\%$	-
寡占 II 型	$75\% \leq CR4 < 85\%$	$CR8 \geq 85\%$
寡占 III 型	$50\% \leq CR4 < 75\%$	$75\% \leq CR8 < 85\%$
寡占 IV 型	$35\% \leq CR4 < 50\%$	$45\% \leq CR8 < 75\%$
寡占 V 型	$30\% \leq CR4 < 35\%$	$40\% \leq CR8 < 45\%$
竞争型	$CR4 < 30\%$	$CR8 < 40\%$

数据来源：美国贝恩，维基百科

从融资的角度来看，2021 年全年协作机器人融资额创新高，2022 年上半年，融资大环

境变化巨大，大部分机构资本收紧，投资趋于谨慎，反映到机器人赛道，最直观的变化是资金更多涌向头部厂商，同时，单笔融资额越来越大，腰部及以下的企业融资难度加大，同时对于大部分尚未实现盈利的厂商而言，如何支撑估值成为当前需要直面的命题之一。基于融资情况、国家政策倾向及行业数据分析，GGII 认为，在可预见的未来，协作机器人领域的融资的马太效应将更加显著，一方面更多的资本会将目光投向头部厂商，另一方面，资本也在寻求产业链上的创新机会领域，希望能够在较早期的阶段及时抓住，避开相对红海的“常规赛道”。

从行业生态来看，协作机器人市场的核心既包含本体厂商，还包含核心零部件、传感器、软件、算法工艺包等，如何打通行业上下游，构建创新的行业生态将是协作机器人产业下一阶段的发展方向，如协作机器人+AMR+视觉+末端夹具组成的移动操作机器人（即复合机器人），已经在多个细分行业场景实现批量化应用落地，随着技术的持续提升与进步，综合应用成本将有望持续得到优化，届时，新一代复合机器人将有望迎来快速起量的契机。

回顾协作机器人过去数年的发展，协作机器人逐渐在中国市场落地生根、发芽成长，经过了 2018-2019 年的百家争鸣时期，2020 年的逆势上扬时期，2021 年的爆发式增长期，2022 年协作机器人有望成为增长最快的机器人细分产品之一。

同时，我们看到在协作机器人领域国产厂商的存在感越来越强，市场份额逐年提升，在众多细分领域的覆盖率亦在快速提升。从销量的角度看，2021 年中国市场销量前 10 的厂商，国产品牌占据 8 席，国产品牌份额超过 75%，竞争韧性进一步增强。

如果说工业机器人领域仍然是外资品牌主导，国产品牌还只能“望其项背”，那么在协作机器人领域我们看到了国产品牌从追随蜕变为引领的可能性，从过去的“望尘莫及”到“望其项背”，再到当下的“并驾齐驱”，我们期待未来五年内国产协作机器人品牌的“一骑绝尘”。

附录1 中国协作机器人市场代表企业

企业（国企）	所属国家	主要产品	首款产品发布 时间 （年）	自由度
大族机器人	中国	Elfin-E 03/05/05-M/05-L/10/10L/15/18/20 MAiRA ProS/ProM/ProL	2016	6/7
艾利特机器人	中国	CS63/66/612, EC63(M)/66(M)/612(M)	2017	6
中科新松	中国	多可 G CR20-1100/CR16-960/CR14-1400/CR10-1300 CR5-910/CR3-620 SCR3/SCR5	2015	14/7/6/6
珞石科技	中国	xMate ER3/7/3 Pro/7 Pro/7/12/18 SR3/SR4	2018	7
慧灵科技	中国	Z-arm 1522/S922/S1400/S622/XX32/XX42/XX50/XX60	2016	4/6
遨博智能	中国	AUBO-i3/5/7/10/12/16/20, AUBO-C3/5, AUBO-E3/5/10	2015	6
达明机器人	中国台湾	TM5-700/900, TM12/14	2015	6
节卡机器人	中国	Zu 3/3s/5/5s/7/7s/12/12s/18/18s Ai 3/5/7/12/18, C5/C7 MiniCobo, JAKA Pro 系列	2017	6
越疆科技	中国	MG400/M1/MAGICIAN/ CR3/3L/5/7/10/12/16	2016	4/4/4/6
海默机器人	中国	HM03/06/12/16, EC06	2017	6
法奥机器人	中国	FR5/FR10	2019	6
库柏特	中国	协作机器人系统	2017	/
扬天科技	中国	R-Sv5/7/10/20/30	2017	6
镁伽机器人	中国	MRX-T4/S6	2017	6
格力	中国	单臂/双臂协作机器人	2017	6/14

智昌集团	中国	河姆渡系列单臂/双臂协作机器人	2017	7/14
沃迪智能	中国	TCR 系列	2017	6
理惠诚	中国	单臂/双臂协作机器人	2017	6/14
JK-Tech	中国	JK7 和双臂协作机器人	2017	7/14
大象机器人	中国	CATBOT S3/PANDA 3/PANDA 5/S5	2017	6
尔智机器人	中国	AR5	2018	6
非夕机器人	中国	Rizon4/4S/10	2019	7
配天机器人	中国	ACR5 MoKi	2019	6
溱者智能	中国	Chin 系列	2019	6
华数机器人	中国	HSR-Co602A	2019	6
图灵智能	中国	Z-ROBOT	2018	6
埃夫特	中国	ECR5	2019	6
远大机器人	中国	远大协作机器人	2018	6
思灵机器人	中国	Agile Core/Diana 7/Thor 7	2018	6/7
企业（外企）	所属国家	主要产品	首款产品发布 时间 (年)	自由度
ABB	瑞士	Yumi/IRB 14000/14050/CRB 15000/1100	2015	14/7/6/6
KUKA	德国	LWR/LBR iiwa7/LBR iiwa14/LBR IISY	2013	7/7/7/6
FANUC	日本	CR 系列 (35iA/4iA/7iA/7iAL/14iAL/15iA) CRX 系列 (10iA/10iAL)	2014	6
Bosch	德国	APAS 系统	2014	/
YASKAWA	日本	MotoMan HC10/HC20DT	2015	6
Universal Robotics	丹麦	UR3/UR5/UR10/UR16 (e)	2008	6
川崎重工	日本	duAro1/duAro2	2015	4
Nachi Fukujoshi	日本	MZ04/07	2016	6

Kinova Robotics	加拿大	Jaco2/Mico2/GEN 3/GEN 3 Lite/GEN 2	2016	6/6/6-7/6/6
Comau	意大利	Racer-5-0.80 COBOT/AURA-170-28	2016	6/4-6
Bionic robotics	德国	BioRob	2016	6
Pi4_Robotics	德国	workerbot	2016	6
Modbot	美国	6 DOF-C	2016	6
Miso Robotics	美国	Flippy	2016	6
Franka Emika	德国	PANDA	2017	7
F&P Robotic	瑞士	P-Rob 3	2017	6
Grabit	美国	Stackit	2017	4
三菱	日本	ASSISTA 系列	2017	6
Gomtec Roberta (ABB 收购)	德国	Roberta4/8/12	2015	6
Denso	日本	Cobotta	2017	6
川田工业	日本	Nextage	2014	14
Mecademic	加拿大	Mecademic Meca500	/	6
Hanwha Techwin	韩国	HCR-3/5/12	2017	6
Acutronic Robotics	西班牙/瑞士	MARA	2017	6
Doosan Robotics	韩国	M 系列, S 系列, H 系列	2017	6
ESI	加拿大	CANARM 7/CANARM 15	2018	6
那智不二越	日本	CZ 10	2018	6
史陶比尔	瑞士	TX2 40/TX2 60/TX2 60L/TX2 90/TX2 90L/TX2 90XL/TX2 TOUCH 60/TX2 TOUCH 60L/TX2 TOUCH	2016	6

		90/TX2 TOUCH 90L/TX2 TOUCH 90XL		
Kassow Robots	丹麦	KR810/KR1205/KR1410/KR1805	2018	7
Life Robotics (发那科收购)	日本	Cobot 系列	2016	6

资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

附录 2 协作机器人周边执行及传感配套厂商

序号	企业名称	类型	国家
1	海康机器人	视觉、AMR	中国
2	华睿科技	视觉、AMR	中国
3	库柏特	视觉、软件	中国
4	西克（Sick）	视觉、传感器	德国
5	梅卡曼德	视觉	中国
6	康耐视	视觉	美国
7	基恩士	视觉	日本
8	Pickit	视觉	比利时
9	Aquifi	视觉	美国
10	阿丘科技	视觉	中国
11	如本科技	视觉	中国
12	Microscan	视觉	美国
13	Solomon	视觉	中国台湾
14	视觉龙	视觉	中国
15	埃尔森	视觉	中国
16	视比特	视觉	中国
17	星猿哲	视觉	中国
18	LMI	视觉	加拿大
19	Photoneo	视觉	斯洛伐克
20	度申	视觉	中国
21	易思维	视觉	中国

22	BASLER	视觉	德国
23	Intel	视觉	美国
24	所罗门	视觉	中国台湾
25	ArtiMinds Essentials	软件	德国
26	Robodk	软件	加拿大
27	Energid	软件	美国
28	吉玛泰克 (Gimatic)	末端执行器	意大利
29	派亚博 (Piab)	末端执行器	瑞典
30	施迈茨 (Schmalz)	末端执行器	德国
31	北京软体机器人	末端执行器	中国
32	大寰机器人	末端执行器	中国
33	增广智能	末端执行器	中国
34	费斯托	末端执行器	德国
35	拓德机器人	末端执行器	中国
36	慧灵科技	末端执行器	中国
37	Zimmer Group	末端执行器	德国
38	Righthand Robotics	末端执行器	美国
39	Soft Robotics	末端执行器	美国
40	Grabit	末端执行器	美国
41	IAI	末端执行器	日本
42	Mindman	末端执行器	中国台湾
43	柔触机器人	末端执行器	中国
44	RGK	末端执行器	中国台湾
45	Active8 Robots	末端执行器	英国
46	Chanto Air Hydraulics	末端执行器	中国台湾
47	QB Robotics	末端执行器	意大利
48	Barrett Technology	末端执行器	美国
49	Shadow Hand	末端执行器	英国
50	DLR/HIT Hand	末端执行器	德国/中国

51	钧舵机器人	末端执行器	中国
52	知行机器人	末端执行器	中国
53	霓达	快换	日本
54	雄克	传感器、末端执行器	德国
55	Robotiq	传感器、末端执行器	加拿大
56	Onrobot	传感器、末端执行器	丹麦
57	SMC	传感器、末端执行器	日本
58	ATI	传感器、末端执行器	美国
59	Weiss Robotics	传感器、末端执行器	德国
60	坤维科技	传感器	中国
61	倍加福	传感器	德国
62	蓝点科技	传感器	中国
63	鑫精诚	传感器	中国
64	海伯森	传感器	中国
65	OptoForce	传感器	匈牙利
66	恩智浦 (NXP)	传感器	荷兰
67	施耐德	传感器	法国
68	SRI 宇立	传感器	中国
69	欧姆龙	传感器	日本
70	斯坦德机器人	AMR	中国
71	优艾智合	AMR	中国
72	快仓智能	AMR	中国
73	Fetch Robotics	AMR	美国
74	MiR	AMR	丹麦
75	蓝芯科技	AMR	中国
76	仙工智能	AMR	中国
77	Geek+	AMR	中国
78	迦智科技	AMR	中国
79	Swisslog	AMR	瑞士

80	莫尔	其他	德国
81	莱尼	其他	德国
82	IGUS	其他	德国
83	璟胜	其他	中国

资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

GGII

参考文献

- 【1】 熊友伦. 机器人轨迹规划 原文链接:
<https://blog.csdn.net/jyc1228/article/details/3991881>
- 【2】 黎田. 柔性关节机械臂及其运动学标定和振动抑制的研究[D]. 哈尔滨工业大学,
2012



关于我们：

高工咨询成立于 2006 年，是以新兴产业为研究方向的专业咨询机构。专注于机器人、锂电、电动车、氢能、智能汽车、新材料、LED 等国家战略新兴产业领域的产业研究和咨询服务，为企业、金融机构和政府提供全方面的整合服务。

高工咨询拥有超过 100 名产业研究人员，每年实地调研超过 3000 家企业，建立了全面的产业研究及咨询数据库。服务过 60 多家世界 500 强公司，100 多家中国上市公司，50 多个地方政府。

高工咨询服务矩阵：



联系我们

深圳市高工咨询有限公司

地址：深圳市南山区蛇口沿山路 22 号火炬创业大厦 10 楼

电话：0755-26981898

邮箱：sn.luo@gaogong123.com 或 zhangyuan.lu@gaogong123.com

GGII

联系我们：

高工机器人产业研究所 (GGII)

电话：13530052504

邮箱：Zhangyuan.lu@gaogong123.com



高工机器人
官方微信号



高工移动机器人
官方微信号