

 高工咨询

 高工机器人

2023 THE BLUE BOOK OF COBOTS INDUSTRY

协作机器人产业发展蓝皮书

参
编
单
位

DUCO 多可



HAN'S ROBOT
大族机器人

CEXI 长广深智造



遨博智能
AUBO



ELITE ROBOTS
艾利特机器人



TIANJI



XJCSSENSOR
鑫精诚传感器



来福谐波
Laifual Drive

CSTIPC
康士达科技

NBIT



Link-touch
蓝点触控

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企业，应限于企业内部使用，仅供企业在分析研究过程中参考。如企业引用报告内容进行对外使用，所产生的误解和诉讼由企业自行负责，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。

GGII

序言

时间来到 2023 年，“疫情”不再是热门词汇，消费不振、内需不足、出口下滑等外部因素被提起的频率明显上升，疫情后的疤痕效应显现，深刻影响着各行各业的复苏节奏和预期情绪。于协作机器人行业而言，最大的命题已经从过去的“求生存”转为“谋发展”，部分厂商开启上市进程，部分厂商加大出海布局，部分厂商开启价格白刃战，价格屠夫再次上演……焦虑的情绪似乎在蔓延。

从产品层面看，协作机器人不管是负载、臂展、定位精度还是示教方式、安全方案等，趋同性已逐渐显现，硬件层面同质化不可避免的带来了“内卷化”和“价格战”。需要承认的是，当前协作机器人面临的困境既有外部环境变化带来的共性问题，也有协作机器人本身能力的问题。某种程度上，对于后者问题的正视和解决路径更具现实意义，或许这也将是协作机器人未来的出路之一，这是难而正确的事。

从产业链角度看，协作机器人生态从过往的三大核心零部件逐渐扩大，智能化的趋势下，力控传感器、视觉传感器等感知元器件关注度上升，同时布局一体化关节模组的厂商持续增加，国产厂商技术的持续提升促进成本的加速降低。机器人大模型的持续进步有望为协作机器人能力提升装上加强版外挂，可以满足更多复杂场景的应用需求，尤其在商用服务领域的应用，协作机器人的易用性和智能性有望获得质的提升。

市场竞争方面，全球范围内 UR 依然引领行业发展，市场份额虽然受到一定的挤压，但依然保持在 30%以上，以遨博智能、艾利特机器人、大族机器人、中科新松等为代表的国产厂商全球份额提升明显。国内市场呈现一定的分化态势，国产份额进一步巩固，并且市场份额进一步扩大，但真正依靠协作机器人产品业务盈利的厂商依然是稀有物种。此外，根据 GGII 的调研，部分传统工业机器人厂商未来或将加大对协作机器人领域的布局和投入，这将为协作机器人领域的格局带来更大的不确定性。

本蓝皮书以协作机器人为核心，重点阐述了重点核心零部件的发展态势，其中包含减速器、无框力矩电机、关节模组、工控机、力传感器、电动夹爪等，结合协作机器人产业链各环节的技术特点，剖析协作机器人市场和技术脉络，同时对协作机器人的应用行业、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，帮助协作机器人产业链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，望企业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！

宏观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）：

深圳市大族机器人有限公司
中科新松有限公司
长广溪智能制造（无锡）有限公司
遨博（北京）智能科技股份有限公司
苏州艾利特机器人有限公司
广东天机智能系统有限公司
深圳市鑫精诚科技有限公司
浙江来福谐波传动股份有限公司
深圳市康士达科技有限公司
南京神源生智能科技有限公司
蓝点触控（北京）科技有限公司

目录

版权声明	1
序言	3
第一章 协作机器人发展概述.....	9
第一节 定义及分类.....	9
第二节 新产品&新趋势.....	11
第二章 协作机器人产业链分析.....	13
第一节 上游零部件.....	13
第二节 中游本体.....	18
第三节 下游集成应用.....	20
第四节 周边配套产品.....	23
第五节 协作机器人产品图谱.....	27
第三章 协作机器人市场概况分析.....	29
第一节 全球协作机器人市场概况分析.....	29
第二节 中国协作机器人市场发展分析.....	30
第三节 中国协作机器人竞争分析.....	32
第四章 协作机器人技术发展分析.....	35
第一节 协作机器人技术发展现状分析.....	35
第二节 协作机器人核心技术分析.....	37
第三节 协作机器人技术趋势与方向.....	40
第五章 协作机器人行业投融资概况分析.....	43
第一节 近年来行业融资态势.....	43
第二节 主要的机构代表.....	44
第六章 协作机器人应用分析.....	46
第一节 协作机器人应用场景分析.....	46
第二节 协作机器人应用行业分析.....	47
第三节 协作机器人应用趋势分析.....	49
第七章 中国协作机器人发展前景与展望.....	51
第一节 人工智能技术与大模型的发展赋予协作机器人更多智能性.....	51

第二节	力控技术助力协作机器人综合能力提升.....	51
第三节	结构的模块化和仿生化.....	52
第四节	行业渗透率持续提升，工业与商业服务领域的应用边界日趋模糊....	52
第九章	参编企业介绍.....	53
第一节	中科新松—国内协作机器人先行者.....	53
第二节	大族机器人—高精度，更稳定，核心零部件自主可控.....	61
第三节	长广溪智造—车规级高速协作机器人.....	67
第四节	遨博智能—协作机器人国家标准制定者.....	72
第五节	艾利特机器人—专注面向未来的新一代协作机器人.....	78
第六节	天机智能—面向泛工业及商业领域的实用派协作机器人.....	87
第七节	鑫精诚传感器—国产力传感器黑马.....	90
第八节	来福谐波—国产精密传动解决方案优质供应商.....	92
第九节	康士达—致力于让设备更智能.....	97
第十节	神源生智能—致力于力测试技术的研究和产业化.....	103
第十一节	蓝点触控—掌握力控核心软硬件技术.....	108
第十章	典型行业应用案例.....	111
第一节	汽车及相关行业.....	111
第二节	3C 电子行业.....	118
第三节	机械加工行业.....	130
第四节	新能源行业.....	132
第五节	注塑行业.....	137
第六节	电气行业.....	139
第七节	医疗行业.....	140
第八节	新零售行业.....	146
第九节	机器人行业.....	149
第十节	其他行业.....	153
附录 1	中国协作机器人市场代表企业.....	157
附录 2	协作机器人产业链及周边配套厂商.....	160

图表目录

图表 1	协作机器人按轴数分类.....	11
图表 2	主要协作机器人厂商及大负载产品.....	12
图表 3	协作机器人产业链.....	13
图表 4	上游零部件主要代表企业.....	14
图表 5	谐波减速器产品结构.....	15
图表 6	2016-2027 年中国六轴及以上协作机器人减速器需求量及预测(单位:万台,%)	16
图表 7	无框电机产品.....	16
图表 8	工控机产品.....	17
图表 9	协作机器人本体代表厂商.....	18
图表 10	协作机器人成本结构(单位:万元,%)	19
图表 11	2016-2024 年中国协作机器人均价及预测(单位:万元)	19
图表 12	2021-2023 年中国工业机器人应用细分领域需求变化及预测	20
图表 13	2015-2022 年工业机器人应用领域分布(单位:%)	22
图表 14	协作机器人周边配套产品列表.....	23
图表 15	2017-2027 年中国六维力/力矩传感器市场规模及预测(单位:亿元,%)	24
图表 16	不同类型六维力传感器原理、特点及代表企业.....	25
图表 17	不同形态夹爪产品示意图.....	26
图表 18	2016-2027 年中国电动夹爪市场销量及预测(单位:万台,%)	26
图表 19	主要协作机器人厂商产品负载矩阵对比.....	27
图表 20	协作机器人行业产品数量分布图(按负载&工作半径划分)	28
图表 21	2016-2026 年全球协作机器人销量及预测(单位:万台,%)	29
图表 22	2016-2026 年全球协作机器人市场规模及预测(单位:亿元,%)	30
图表 23	2016-2026 年中国协作机器人销量及预测(单位:万台,%)	31
图表 24	2016-2026 年中国协作机器人市场规模及预测(单位:亿元,%)	32
图表 25	2022 年中国六轴及以上协作机器人品牌竞争格局(按销量口径,%)	33
图表 26	2016-2023 年 H1 中国协作机器人相关专利申请情况(单位:件,%)	35
图表 27	2015-2023H1 中国协作机器人市场融资情况	43
图表 28	截至 2023H1 协作机器人企业融资阶段分布情况.....	44

图表 29	2015-2023 年 H1 协作机器人行业主要投资机构代表（排名不分先后）	44
图表 30	2022 年协作机器人应用场景分布（以销量计，单位：%）	46
图表 31	2022 年中国协作机器人下游行业分布（以销量计，%）	47
图表 32	各细分行业需求特征概况	48



第一章 协作机器人发展概述

第一节 定义及分类

协作机器人，指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在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。

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。

（1）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）

（2）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。

（3）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。

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。

图表 1 协作机器人按轴数分类

类别	图示	
四轴协作机器人	 <p data-bbox="576 757 858 790">四轴协作 SCARA 机器人</p>	 <p data-bbox="1031 757 1286 790">四轴桌面协作机器人</p>
六轴及以上协作机器人	 <p data-bbox="619 1234 818 1267">六轴协作机器人</p>	 <p data-bbox="1059 1234 1259 1267">七轴协作机器人</p>

资料来源：企业官网，GGII 整理

第二节 新产品&新趋势

一、大负载协作机器人已成潮流

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。

2022 年以来,中国各家协作机器人厂商均开始推出大负载协作机器人产品,负载基本都在 20kg 以上,同时,协作机器人在焊接领域的应用关注度明显上升。

图表 2 主要协作机器人厂商及大负载产品

企业名称	产品系列	负载 (kg)
中科新松	GCR20-1100、GCR25-1800	20、25
大族机器人	S20、S25	20、25
遨博智能	AUBO-i20	20
艾利特机器人	CS520H、CS620、CS625	20、20、25
珞石机器人	CR20	20
越疆机器人	CR20A	20
法奥意威	FR20	20
发那科	CRX-20iA/L、CRX-25iA	20、25
优傲机器人	UR20	20

资料来源:公开资料,GGII 整理

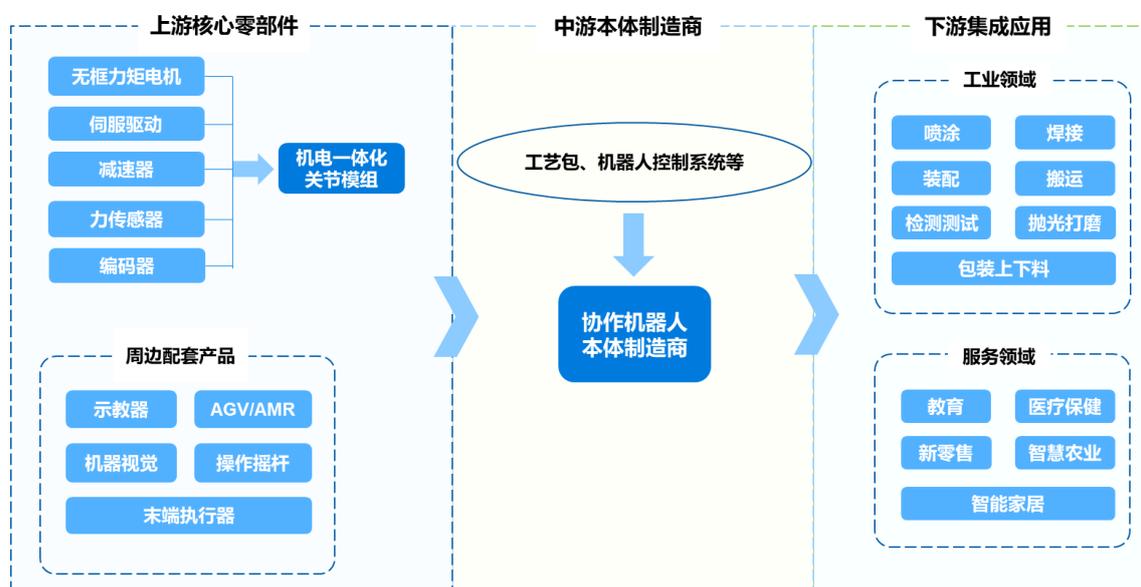
二、新能源行业有望成为协作机器人新的增长极

过去很长时间,协作机器人在锂电行业的应用更多集中在数码锂电池领域,并且鲜有大批量导入案例,在动力及储能锂电池领域一直没有找到较为确定的应用场景。

新能源领域对于协作机器人的需求有望迎来新契机。根据 GGII 调研,随着锂电池新技术新工艺的持续推进,叠加降本增效的需求日益凸显,2023 年开始有部分头部锂电池厂商开始尝试导入协作机器人,目前尚处于产品测试阶段,如协作机器人能真正满足锂电池厂商的应用需求,后续的大批量导入应用将成为可能。届时,新能源行业有望成为协作机器人新的增长极。

第二章 协作机器人产业链分析

图表 3 协作机器人产业链



资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

第一节 上游零部件

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。

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、来福谐波、同川精密、零差云控、精谷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。

同时，人形机器人的兴起也为上游核心零部件带来新的机遇，其中的旋转关节模组与协作机器人用关节模组重叠度较高，差异点在于对于各部件的技术细节要求不一样，前期对于定制化开发的能力要求较高，截至目前已经有部分厂商开始切入人形机器人产业链。

图表 4 上游零部件主要代表企业



资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

一、减速器

减速器分为 RV 减速器、行星减速器和谐波减速器。其中，协作机器人大多数使用谐波减速器，少数会用到 RV 减速器。

谐波传动技术突破了机械传动采用刚性构件的模式，使用了一个柔性构件来实现机械传动，其工作原理通常采用波发生器主动、刚轮固定、柔轮输出形式，当波发生器装入柔轮内圆时，迫使柔轮产生弹性变形而呈椭圆状，使其长轴处柔轮齿轮插入刚轮的轮齿槽内，成为

完全啮合状态；而其短轴处两轮轮齿完全不接触，处于脱开状态，当波发生器连续转动时，迫使柔轮不断产生变形并产生了错齿运动，从而实现波发生器与柔轮的运动传递。

图表 5 谐波减速器产品结构



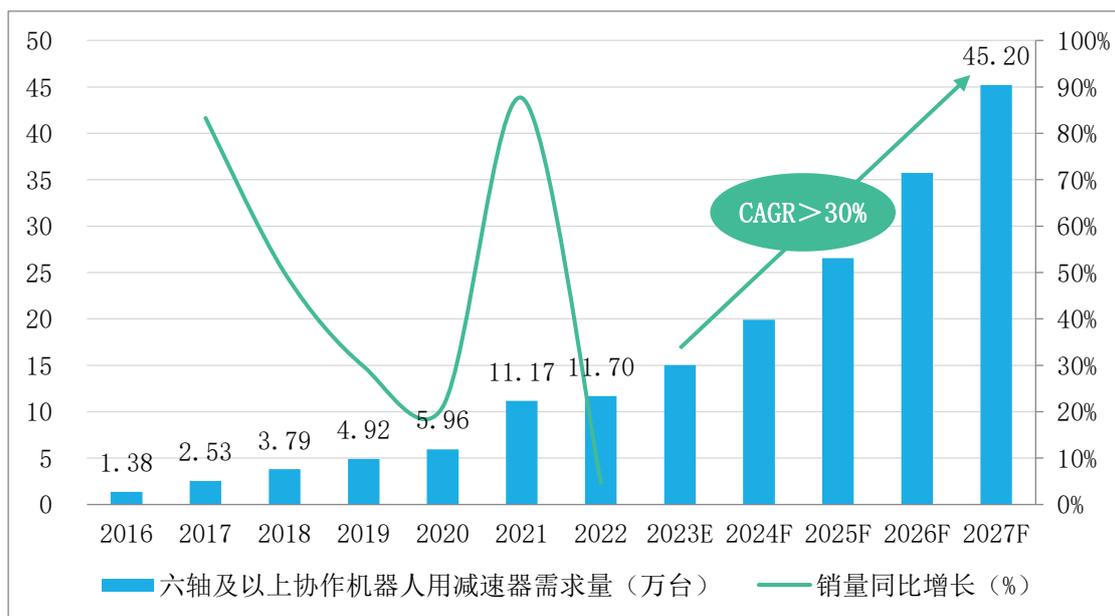
资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

目前谐波减速器技术突破了以传统 Willis 定理为基础的渐开线齿轮设计理论，以“P”型齿数学模型、3D 仿真软件、误差修正方法、动态补偿方法、寿命预测模型为基础，建立全新齿形设计理论体系。在抗磨新材料、润滑新技术、轴承优化、齿廓修形、独特材料处理等领域发展迅速。在振动噪声抑制方面，通过啮合刚度、啮合阻尼、摩擦系数、侧隙参数的敏感性分析，分析振动噪声产生机制，从而优化参数。此外，提升了减速器的额定寿命，同时在传动误差、背向间隙、空程误差、传动效率、噪声、壳体最高温度等关键性能指标上达到国际一流水平。

协作机器人产品结构特殊性，减速器需中空设计。由于协作机器人的走线和执行机构的穿气管以及线束都在结构内部，所以要求减速器、电机、驱动器核心零部件等都要放在一个大中空的结构里。

由于协作机器人产品负载 3-20kg 左右，其使用的机器人用减速器一般为谐波减速器，根据其市场销量来看，市面上以六轴协作机器人为主，少量是 7 轴协作机器人。GGII 数据显示，2022 年中国六轴及以上协作机器人减速器需求量为 11.7 万台，预计到 2027 年需求量将超过 45 万台。

图表 6 2016-2027 年中国六轴及以上协作机器人减速器需求量及预测(单位:万台, %)



数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

二、无框电机

无框电机是一种新型力矩电机，专为需求体积小、质量轻、惯量低、结构紧凑、功率高的应用场合而设计，其适配性强，在机器人关节、医疗机器人、传感器万向节、无人机推进和制导系统以及其他应用领域具有广阔的应用前景。

图表 7 无框电机产品



资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所 (GGII) 整理

目前无框电机的代表性产品有美国科尔摩根的 TBM 无框力矩电机、Parker 公司的 K 系列无框伺服电机、Aerotech 公司 S-series 高性能无框力矩电机、德国的 TQ Robodrive 的无框电机以及 Alliedmotion 公司的无框力矩电机等。国内无框电机代表公司主要有步科电气、杭州三相、大族电机、伟创电气、易尔泰、常州运控、合泰电机、三瑞智能等。

同时如来福谐波、绿的谐波、同川精密等减速器厂商亦开始自研无框电机，旨在打造一体化关节模组产品。人形机器人的兴起，入局无框电机领域的厂商持续增加，其中不乏人形机器人主机厂商，如小米、宇树、智元科技等。

三、工控机

工控机（IPC）即工业控制计算机，是一种采用总线结构，对生产过程及机电设备、工艺装备进行检测与控制的工具总称。工控机具有重要的计算机属性和特征，如具有计算机 CPU、硬盘、内存、外设及接口，并有操作系统、控制网络和协议、计算能力、友好的人机界面。比如：PLC、IPC、CNC 数控、控制卡、触摸屏等都属于工控机范畴。

在机器人控制方面，工控机可以通过控制算法、运动控制卡、I/O 模块等实现机器人的精准控制。工控机可以运行各种控制软件，如机器人操作系统、机器人控制软件、机器视觉软件等，可以实现机器人的自主控制、协同控制和远程控制等功能。

工控机还可以通过网络连接实现机器人的远程控制和监控。在工业应用中，机器人需要进行大量的数据采集和传输，工控机可以通过高速的数据采集卡和通讯接口实现数据的实时采集和传输。同时，工控机还可以实现机器人的故障诊断和维护，提高机器人的运行效率和稳定性。

图表 8 工控机产品



资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

目前国际工控机品牌主要有德国西门子、日本康泰克、德国倍福、奥地利贝加莱、日本欧姆龙等。近几年来，国产工控机亦有明显的进步，代表厂商有台系的研华和凌华，大陆系厂商有研祥、华北工控、康士达、稳信智能、恒邦新创、源控电子等。

第二节 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，2022 年国产厂商在国内协作机器人的市场份额接近 85%，同时，新兴协作机器人厂商已成为市场中的中坚力量，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。

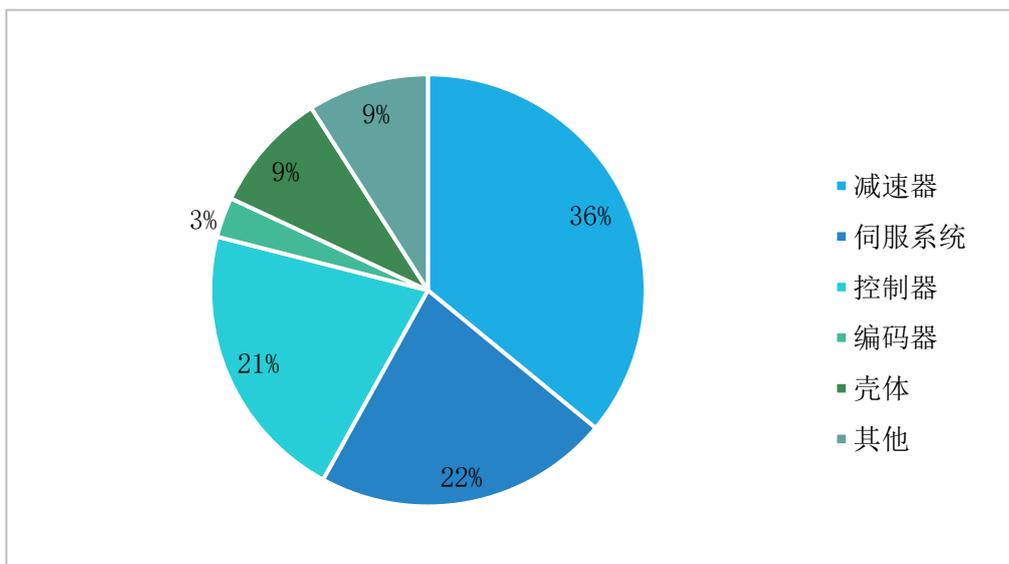
国内协作机器人厂商在各细分行业全面开花，横跨工业与商业服务领域，下游细分行业渗透率持续上升，以 3C、汽车零部件为代表的工业领域竞争日趋激烈；同时，以智慧零售、理疗按摩、医疗为代表的商业服务领域，入局者持续增加，已进入快速起量的成长通道。

图表 9 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

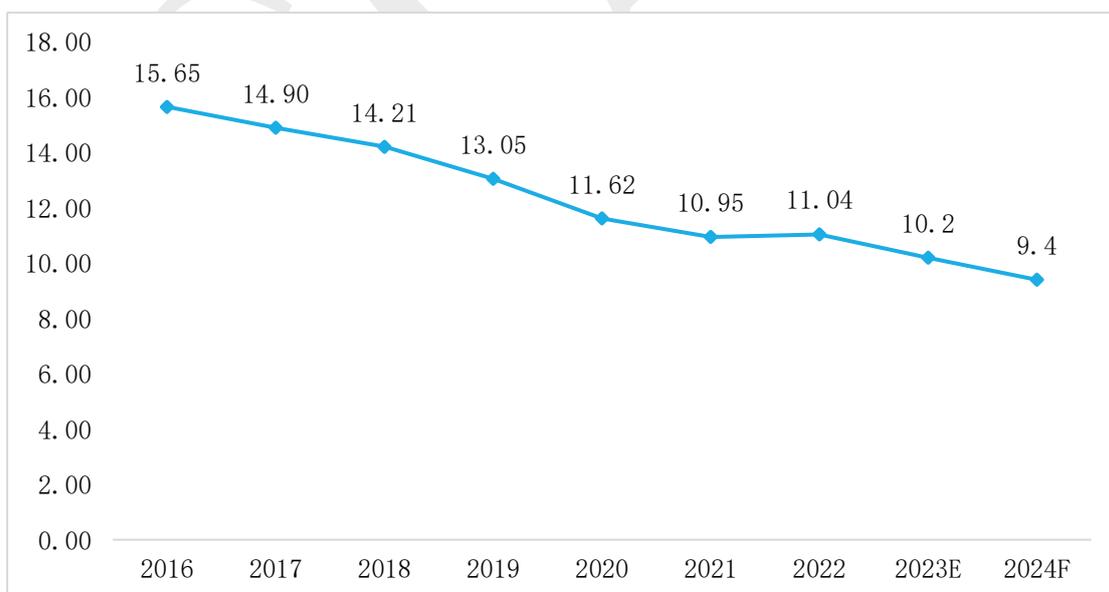
图表 10 协作机器人成本结构（单位：万元，%）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

国内协作机器人本体均价逐年下降。GGII 数据显示，2022 年中国市场协作机器人产品均价为 11.04 万元，基本与上一年持平。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，内卷化加剧将最先的反映在机器人产品价格上，一方面是供应链成本的持续优化，另一方面是市场竞争的加剧，未来几年协作机器人均价或将加速下行。

图表 11 2016-2024 年中国协作机器人均价及预测（单位：万元）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

（注*上述数据不包含四轴协作机器人价格）

第三节 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：

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。

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，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。

从协作机器人应用分布看，工业领域占比在 70%左右，可以说短期内工业领域依然是协作机器人的主要战场。

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。

图表 12 2021-2023 年中国工业机器人应用细分领域需求变化及预测

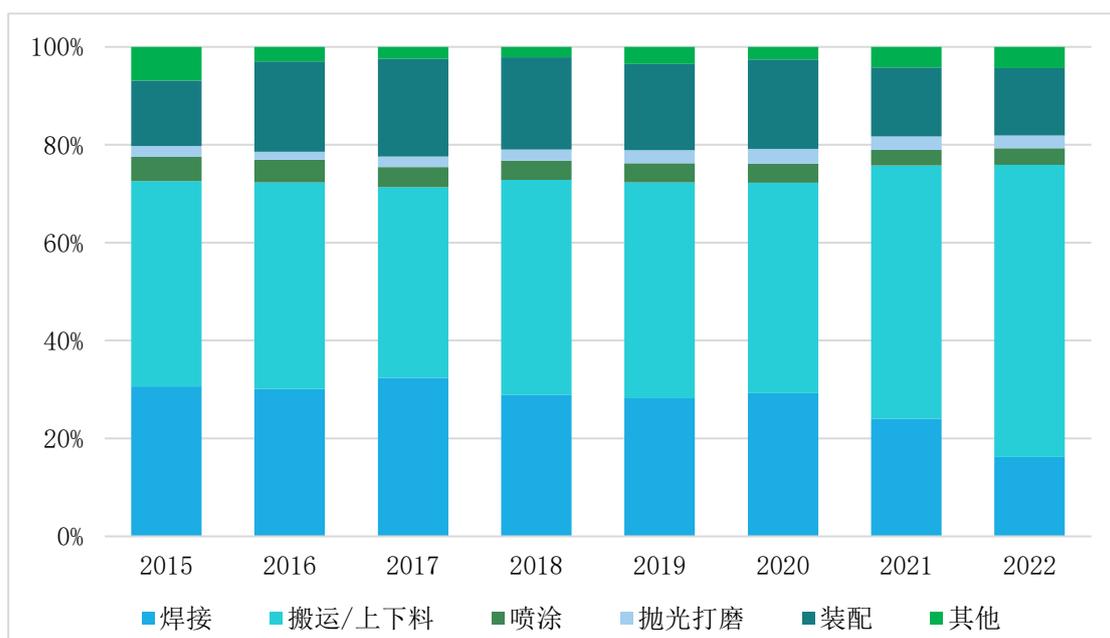
应用工艺	细分工艺	2021 年机器人 需求量升降情况	2022 年机器人 需求量升降情况	2023 年机器人需求 量升降情况 (E)
搬运/上下料	金属铸件搬运	↑	↓	↓
	注塑搬运	↑	↓	↓
	冲压/锻造/弯曲处理	↑	↓	↓
	机床上下料	↑	↓	↓
	机床其他工序操作	↑	↓	↓
	测量/检查/测试处理	↑	↑	↑
	码垛	↑	↑	↑
	包装/拣选/放置搬运	↑	↑	↑
	物料搬运	↑	↑	↑
焊接	弧焊	↑	↓	↓
	点焊	↑	↓	↓
	激光焊	↑	↑	↑

	锡焊	↑	↓	↓
	其他焊接	↑	↓	↓
喷涂	喷漆和搪瓷	↑	↓	↓
	涂胶	↑	↓	↓
	其他喷涂	↑	↓	↓
加工/处理	激光切割	↑	↑	↑
	水射流切割	↑	↑	↑
	抛光打磨/去毛刺	↑	↑	↑
	其他	↑	↑	↑
装配/拆卸	固定/压装	↑	↑	↓
	组装/插拔	↑	↑	↓
	拆卸	↑	↑	↓
	其他装配	↑	↓	↓
其他	FPD 洁净室	↑	↓	↓
	半导体洁净室	↑	↑	↓
	其他洁净室	↑	↑	↓

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

GGII 数据显示，2022 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将近 95%左右，其中搬运码垛机器人的占比最高，占据一半以上的份额。近两年，新能源汽车行业的爆发，带动了汽车整车及零部件、汽车电子等对搬运/上下料的应用，同时新能源行业(包括光伏、锂电)的高速增长，同样促进了对搬运和装配机器人的需求。

图表 13 2015-2022 年工业机器人应用领域分布（单位：%）



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。

人工智能大模型的发展为机器人的智能化提供了强大助力，尤其在服务领域，机器人领域与大模型结合的机会点更多，比如一般的复合机器人，具备手+脚的能力，通过大模型能力的加持，可以很好地提升机器人的交互能力和感知能力。长远来看，服务领域或将是协作机器人的大未来，尤其是家用场景，落地的时间点主要取决于大模型这种能力是否可以让协作机器人更加智能，能够与人进行无缝交互。

第四节 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 14 协作机器人周边配套产品列表



资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

一、力传感器

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

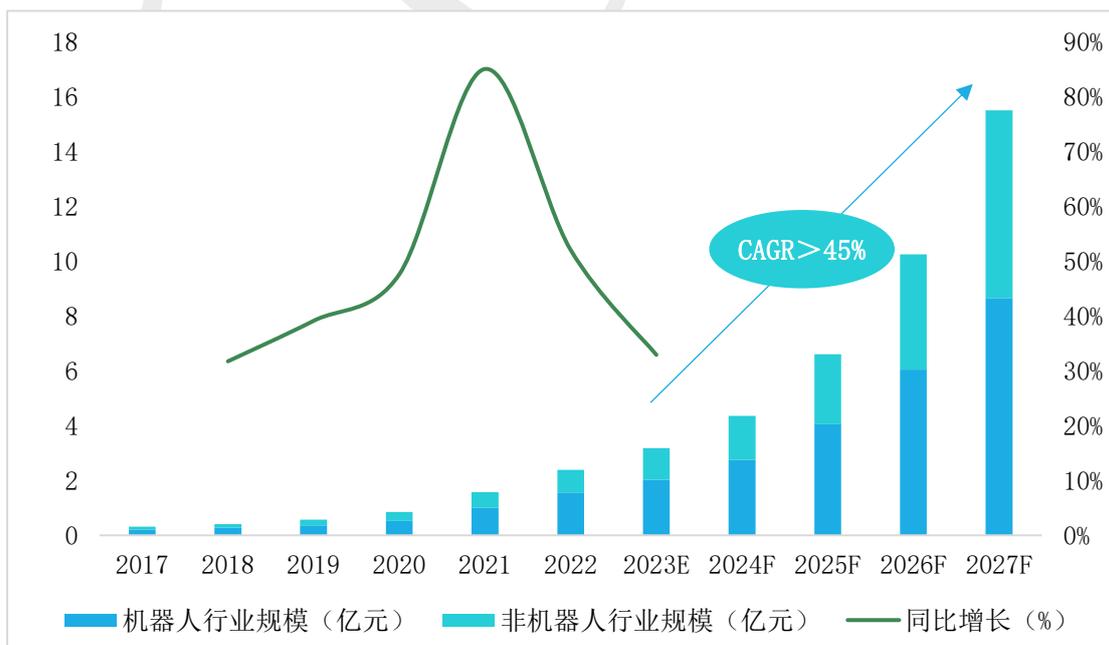
维力传感器等三种。而协作机器人则一般使用关节扭矩传感器和六维力传感器。

一维力传感器和单轴扭矩传感器市场上已有相对成熟的产品，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，如鑫精诚传感器、蓝点触控、坤维科技、神源生智能、海伯森等，均已有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。

GGII 数据显示，2022 年中国力传感器市场规模 17.13 亿元，同比增长 13.22%。预计 2023 年市场规模有望突破 20 亿元。其中，2022 年中国六维力/力矩传感器市场规模 2.39 亿元，同比增长 52.04%。GGII 预计，2023 年中国六维力/力矩传感器市场规模有望突破 3 亿元，到 2027 年中国六维力/力矩传感器市场规模将超过 15 亿元，2023-2027 年年复合增长率超过 45%。

图表 15 2017-2027 年中国六维力/力矩传感器市场规模及预测(单位:亿元, %)



数据来源: GGII 《2023 年中国六维力/力矩传感器市场分析报告》

图表 16 不同类型六维力传感器原理、特点及代表企业

传感元件类型	原理及特点	代表企业
应变片式	通常采用的是硅应变片或金属箔，本质是材料本身发生形变进而转化为阻值变化	ATI、鑫精诚传感器、蓝点触控、坤维科技、宇立仪器、神源生智能、海伯森、Sintokogio、Bota Systems AG、SCHUNK、埃力智能、ME-Meßsysteme GmbH 等
光学式	通过光纤、光栅反映形变，再转化成为力	OnRobot、松果体、华力创等
压电/电容式	电容是通过极距的变化导致电压变化，压电则是通过形变改变电荷	Robotiq、Robotous、WACOH-TECH、Kistler 等

资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

二、电动夹爪

夹爪，又称夹持器，是机器人末端执行器的一种产品类型。常见的末端执行器可以分为夹爪和作业工具两类。其中，作业工具主要是针对特定工作场景下机械臂需要搭载的作业设备，例如：喷漆枪、焊接工具等；而夹爪则是根据模仿人手功能研制出的新式设备，主要应用于夹持、运输、放置工件以及操纵物体等场景。

工业机器人的运用主要基于模仿人类的运动方式，机械臂模仿人类手臂运动，而夹爪模仿的则是人类手指的运动。从形态上看，夹爪是拥有类似于人手结构的设备，例如：三指夹爪、四指夹爪等，也有平行二指这类偏机械性的结构。在实际应用中，夹爪一般通过末端的连接装置与机械臂末端关节的连接面板相结合，前端夹片或钳口在气压、液压、电驱等动力的驱使下，会对物体施加一定夹持力，使物体能够被机械臂控制，进而实现抓取、放置、拧紧等操作。

随着夹爪的各类应用不断深入，各个行业的场景定制化开发，以及应用缺陷上的持续迭代和优化，夹爪种类逐渐向多样化的方向发展。

从产品形态上来看，根据夹爪指数以及夹爪机械结构的不同，可以将夹爪分为平行二指夹爪、三指夹爪、四指夹爪、五指灵巧手、六指夹爪、软体夹爪等不同类型。

图表 17 不同形态夹爪产品示意图

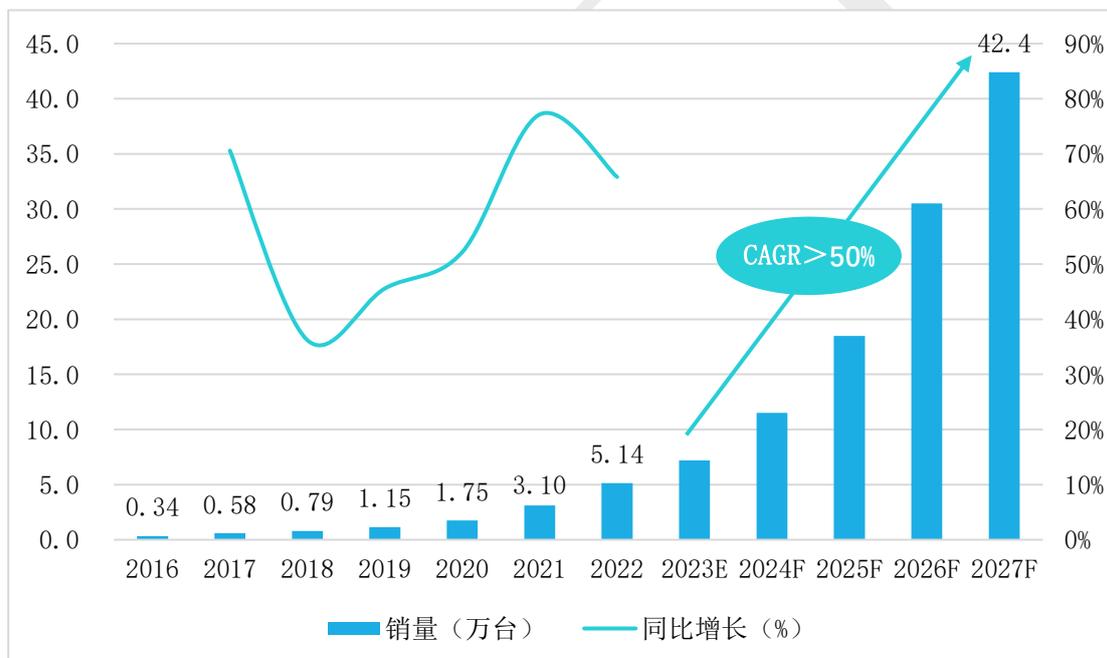


(从左到右分别为：平行二指夹爪、三指夹爪、四指夹爪、五指灵巧手、六指夹爪、软体夹爪)

资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所 (GGII)

GGII 数据显示，2022 年中国电动夹爪市场销量约为 5.14 万台，同比增长 65.81%。对于电动夹爪销量，GGII 认为，未来 5 年中国电动夹爪整体销量年均复合增速将超过 50%，预计到 2027 年，国内电动夹爪销量将突破 40 万台。

图表 18 2016-2027 年中国电动夹爪市场销量及预测 (单位：万台，%)



数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

第五节 协作机器人产品图谱

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 32.94%；其次是大负载（ $12\text{kg}\leq L<20\text{kg}$ ）产品，占比 22.35%；中负载（ $7\text{kg}\leq L<12\text{kg}$ ）产品占比 20.00%，排名第三；超大负载（ $L\geq 20\text{kg}$ ）产品与超轻负载（ $L<3\text{kg}$ ）产品分别占比 16.47%和 8.24%，分别排名第四和第五，其中占比提升最大的系超大负载（ $L\geq 20\text{kg}$ ）产品。

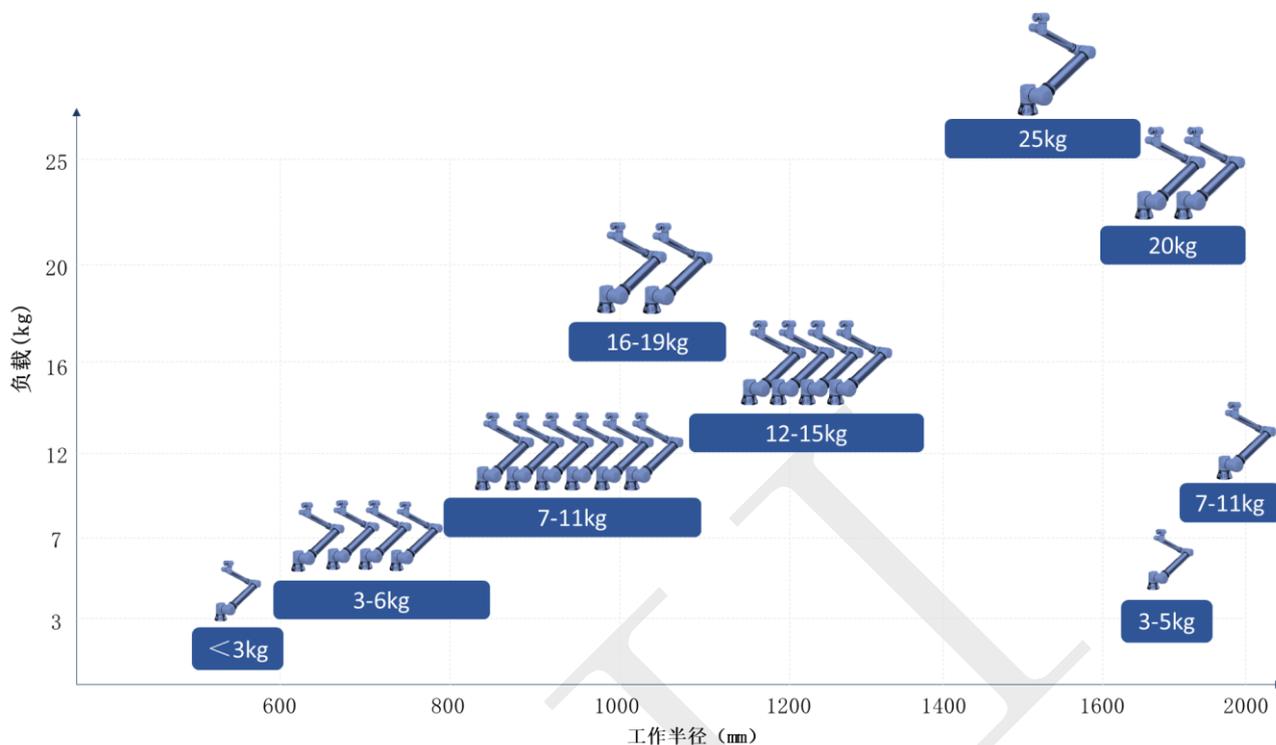
图表 19 主要协作机器人厂商产品负载矩阵对比

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 ($L\geq 20\text{kg}$)
中科新松	/	★★★★	★	★★	★★
大族机器人	/	★★	★★	★★★	★★
长广溪智造	/	★★	/	★★	/
遨博智能	/	★★	★★	★★	★
艾利特机器人	/	★★★	★	★★	★★
天机智能	/	★★	★	/	/
珞石机器人	/	★★	★	★★	★
节卡机器人	★	★★	★	★★★	/
越疆机器人	★★★★	★★	★★	★★	★
法奥意威	/	★★	★	★	★
UR	/	★★	★	★	★
ABB	★	★	★	/	/
FANUC	/	★	★	/	★★
YASKAWA	/	/	★	/	★
KUKA	/	/	★	★	/

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

资料来源：各公司官网，高工机器人产业研究所（GGII）整理

图表 20 协作机器人行业产品数量分布图（按负载&工作半径划分）



资料来源：各公司官网，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第三章 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

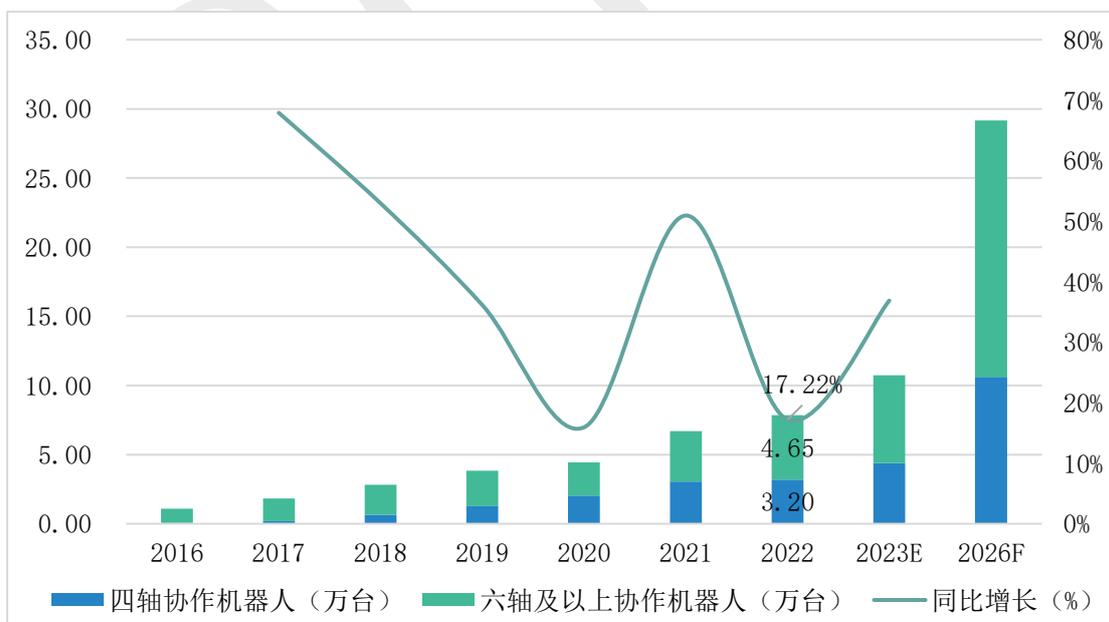
随着工业自动化技术不断走向成熟,对于生产自动化以及人机协同作业的需求逐渐提升,同时,对于机器人安全性、易部署、轻量化、稳定性等方面的要求也逐渐提升,越来越多制造企业开始采用协作机器人系统来满足生产过程中对于柔性化的高度需求。

GGII 数据显示,2022 年全球协作机器人销量 7.85 万台,同比增长 17.22%,市场规模 62.30 亿元,同比增长 24.99%,从 2016 年到 2022 年,全球协作机器人销量年均复合增速为 38.87%。

其中,2022 年全球六轴及以上协作机器人销量 4.65 万台,同比增长 27.34%,市场规模 55.54 亿元,同比增长 26.81%。

GGII 预计,随着全球疫情进入常态化管理,2023 年开始,各大院校及科研场所将恢复线下教育及工作模式,科研教育领域四轴协作机器人销量将出现恢复性增长,进一步带动协作机器人总销量增长。工业领域增长依旧承压,3C 行业需求低迷情况或将延续,但从其他细分领域应用增量来看,工业领域协作机器人应用仍会保持一定增长速度。预计到 2026 年,全球协作机器人销量将超过 29 万台,市场规模超过 220 亿元;到 2026 年,全球六轴及以上协作机器人销量超过 18 万台,市场规模有望突破 200 亿元。

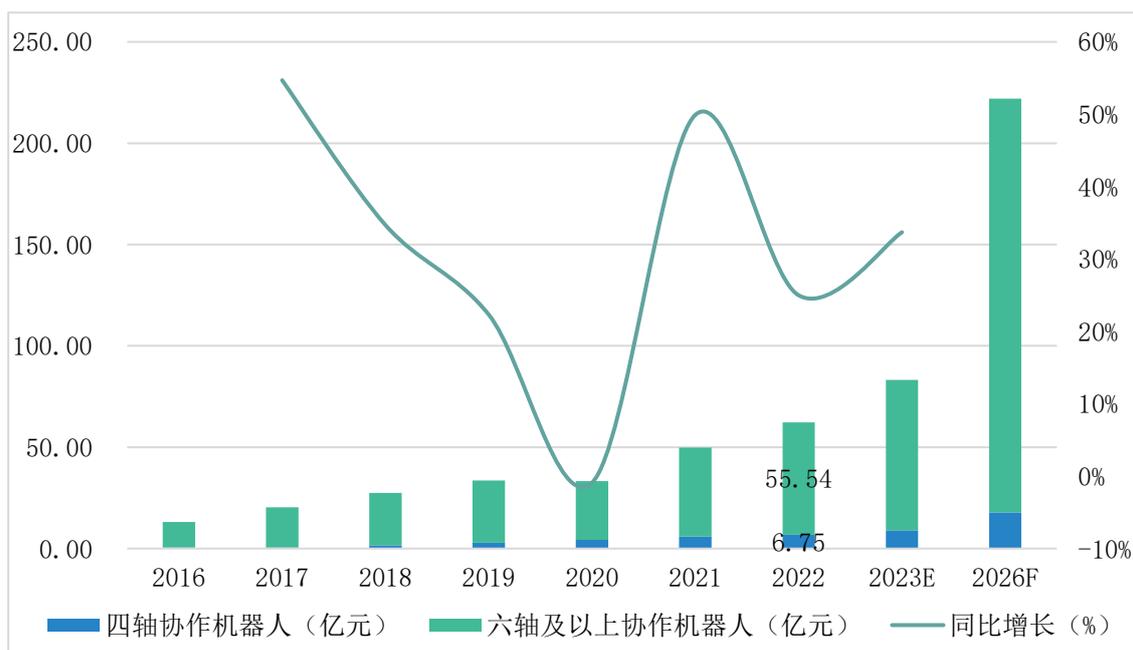
图表 21 2016-2026 年全球协作机器人销量及预测 (单位:万台,%)



(注*上述销量数据包含四轴、六轴、七轴协作机器人)

数据来源:高工机器人产业研究所 (GGII)

图表 22 2016-2026 年全球协作机器人市场规模及预测（单位：亿元，%）



（注*上述规模数据包含四轴、六轴、七轴协作机器人）

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

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 统计数据显示，2016 至 2021 年，我国协作机器人销量保持较高增速持续增长，其中，2021 年销量增速达到 81.80%，行业呈现爆发式增长。2022 年，中国协作机器人销量为 2.49 万台，同比 2021 年下滑 9.73%。主要原因为区域性疫情频发导致科研教育、商用领域的需求放缓，以及以 3C 为主的下游需求疲软的影响下，四轴协作机器人销量出现一定幅度

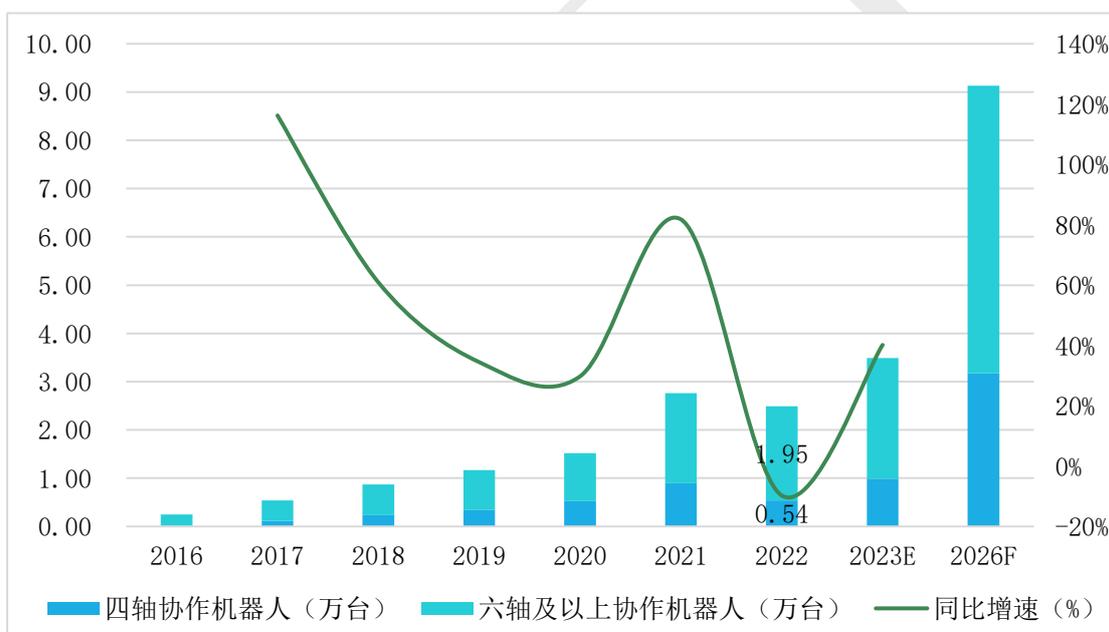
的下滑，导致整体销量出现波动。

分产品轴数来看，目前行业内涉及四轴协作机器人的企业数量较少，六轴协作机器人仍是协作机器人行业中的核心产品，GGII 数据显示，2022 年，中国六轴及以上协作机器人销量为 1.95 万台，同比 2021 年增长 4.71%。

从市场规模来看，2022 年，中国协作机器人市场规模达到 22.70 亿元，同比 2021 年增长 1.69%；其中，六轴及以上协作机器人市场规模约为 21.53 亿元，同比 2021 年增长 5.61%。

GGII 预计，3C 行业需求疲软的影响将延续至 2023 年，未来协作机器人行业将进入平稳增长期。预计至 2026 年，中国协作机器人销量将接近 10 万台，市场规模将超过 60 亿元。未来六轴及以上协作机器人将进入一段平稳增长期。预计至 2026 年，中国六轴及以上协作机器人销量将接近 6 万台，市场规模接近 60 亿元。

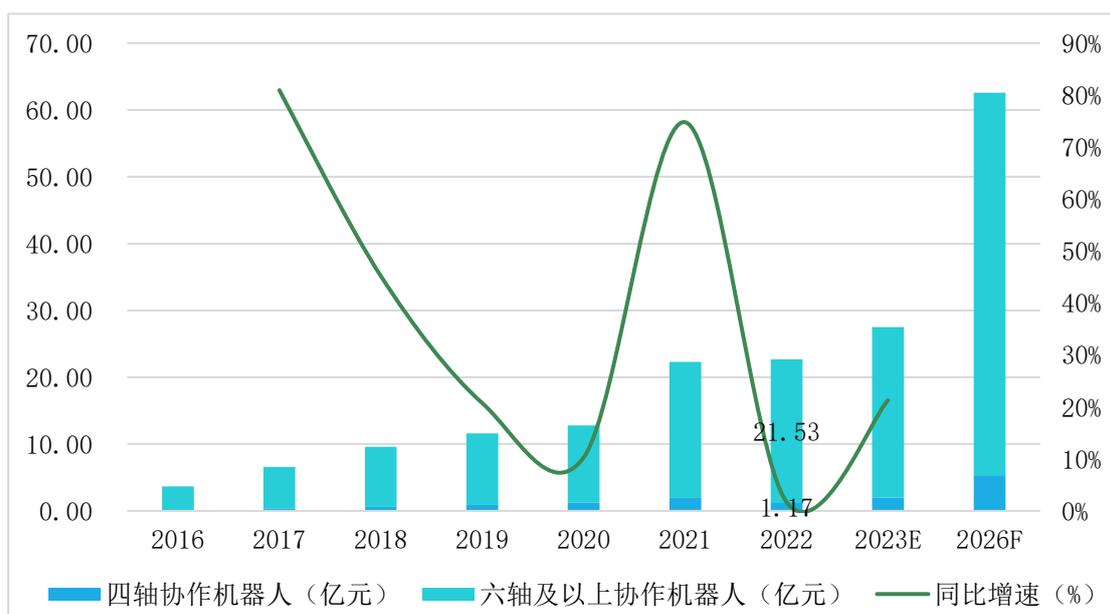
图表 23 2016-2026 年中国协作机器人销量及预测（单位：万台，%）



（注*上述销量数据包含四轴、六轴、七轴协作机器人）

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

图表 24 2016-2026 年中国协作机器人市场规模及预测（单位：亿元，%）



（注*上述规模数据包含四轴、六轴、七轴协作机器人）

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

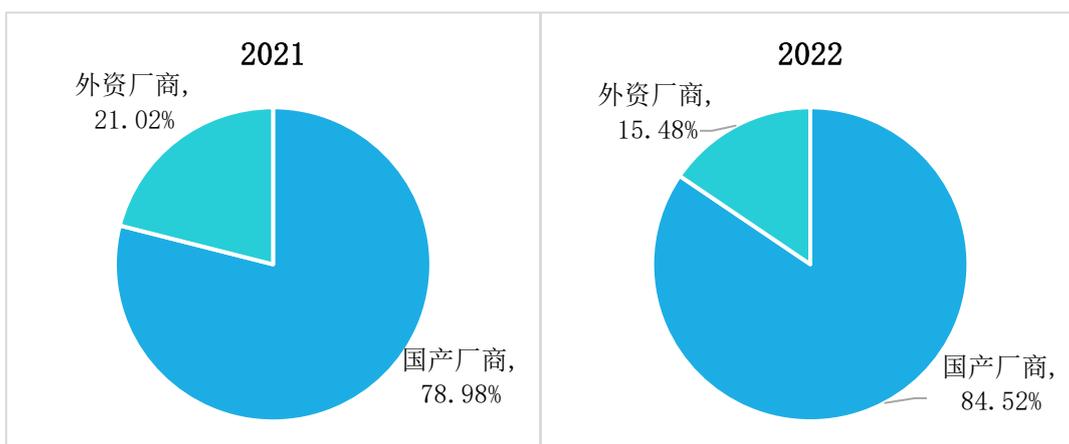
第三节 中国协作机器人竞争分析

从整体竞争格局来看，内资厂商市场占比逐年提升，外资厂商主要以优傲为主要代表，其他厂商贡献的份额较小，传统的工业机器人巨头虽然都有推出协作机器人产品，但并未将协作机器人作为主打的产品，只是作为战略产品，未重点推广；此外，外资新进厂商在中国市场普遍水土不服，过度强调产品本身，在市场渠道布局及应用开发层面偏弱，国产厂商通过优化供应链，将产品的性价比提升，快速打开市场，并获得主要市场份额。

GGII 认为，从长期来看，协作机器人国产替代是主基调。2022 年，国内区域性疫情影响，外资厂商产品交付受到较大阻碍；同时，随着下游客户对本土品牌认可度逐渐提高，国产厂商本土化优势逐渐放大，国产协作机器人在各个下游行业中的份额实现快速提升。

GGII 数据显示，2022 年，国产厂商六轴及以上协作机器人本体销量市场份额由 2021 年的 78.98% 上升至 84.52%，较上一年同比上升 5.54 个百分点。

图表 24 2021-2022 年中国协作机器人内外资市场份额（以销量计，%）



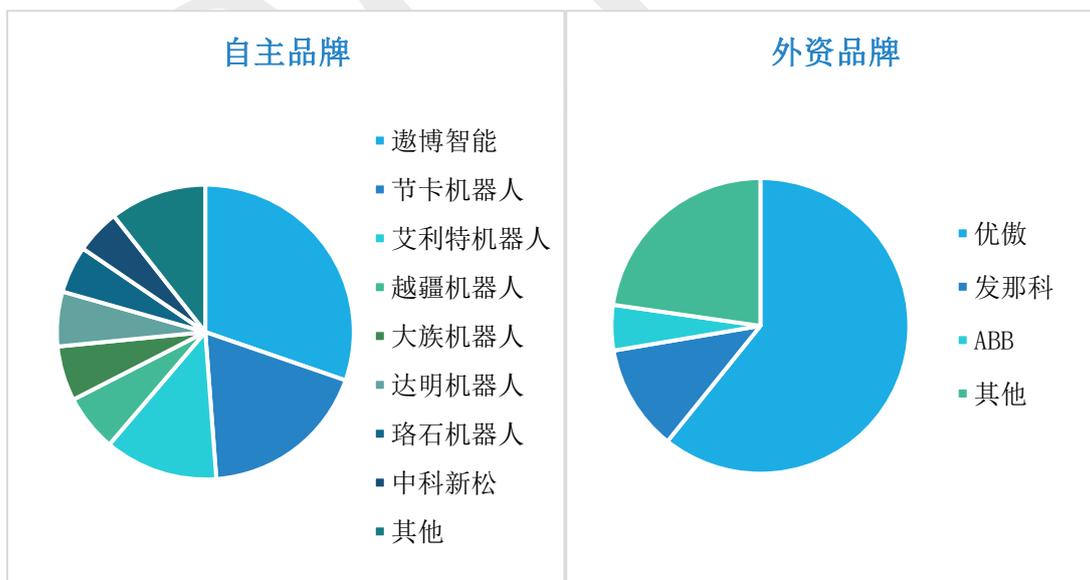
(注*上述销量数据不包含四轴协作机器人)

数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

从竞争格局看，除优傲机器人以外，各厂商销量均有所提升。2022 年中国协作机器人市场 TOP10 厂商中国产厂商占据 8 席，从销量层面看国产品牌已处于主导地位。其中以遨博智能为首的前三甲企业占据超过 50%的份额；优傲机器人在中国市场份额有所下滑；大族机器人、中科新松、艾利特机器人等厂商凭借较全的产品体系在多个细分行业取得较大突破。

此外，以长广溪智造、天机智能为代表的新兴协作机器人厂商开始崭露头角，在 3C、机械加工等泛工业领域中开始起量。

图表 25 2022 年中国六轴及以上协作机器人品牌竞争格局（按销量口径，%）



(注*上述数据不包含四轴协作机器人)

数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

2023 年 H1，受宏观经济承压的影响，大部分下游行业需求收紧，订单增长放缓，工业机器人整体需求增速明显放缓。相比之下，协作机器人市场增速明显高于其他工业机器人领域，以新能源、新能源汽车为代表的新兴行业需求持续释放，下游行业头部厂商的引领示范作用日益凸显，百台级订单持续涌现。其中以遨博智能、艾利特机器人为代表的厂商均在新能源及新能源汽车领域斩获大额订单，上半年销量增速亮眼。

同时，随着协作机器人国产化的不断深入，价格层面的内卷化亦在同步上演，越来越多国产协作机器人厂商加大海外市场的布局力度。

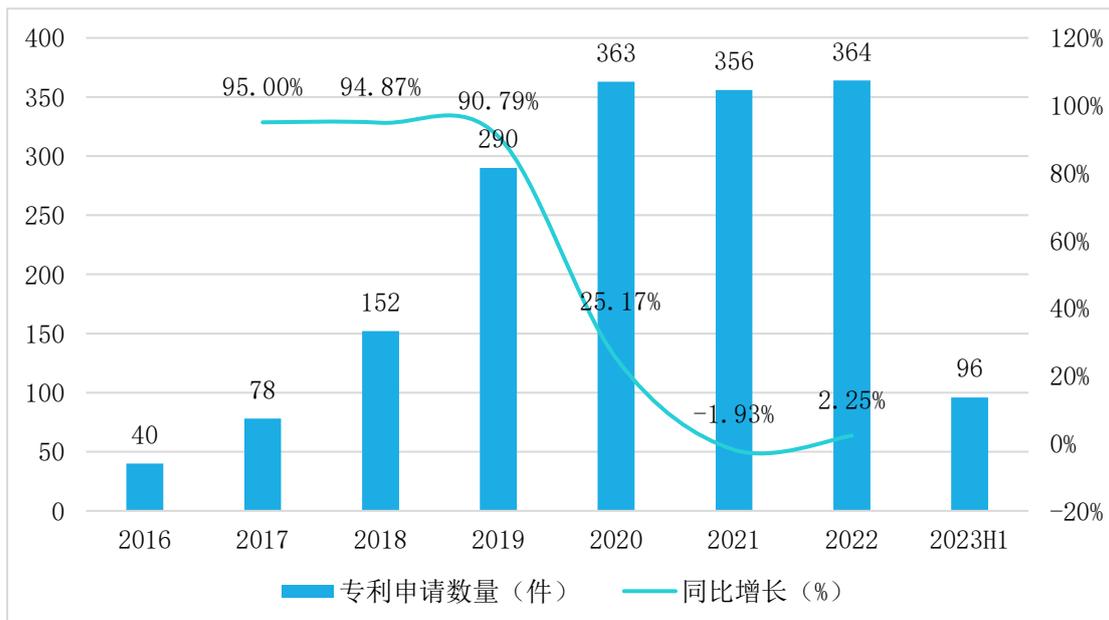
此外，商用服务应用如教育科研、医疗、理疗、餐饮、新零售、电力等市场陆续复苏，对于协作机器人的拉动效应明显，以遨博智能、大族机器人、艾利特机器人、天机智能为代表的厂商均有不俗的增长表现。

第四章 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分析

截至 2023H1，协作机器人相关的专利申请量为 1758 件。从 2016 年至 2022 年，我国协作机器人专利申请趋势与工业机器人相近，其中 2022 年申请量为 364 件，同比 2021 年增长 2.25%。

图表 26 2016-2023 年 H1 中国协作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

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

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。

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，但是目前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、编码器等零部件外，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。

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。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。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。

第三节 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，负载不断增大；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 视觉传感技术、3D 激光雷达技术等。

“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。

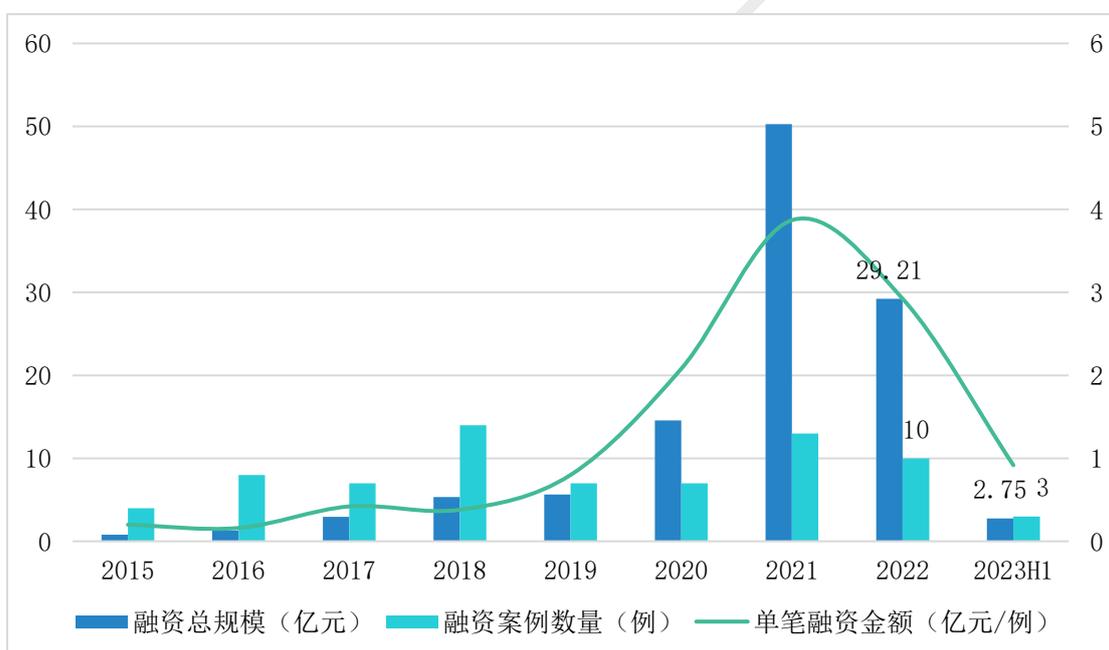
GGII

第五章 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，2015-2022 年，国内协作机器人市场共计 70 例融资案例，其中 2018 融资案例共 14 例，2019 年与 2020 年均为 7 例；2021 年全年，行业内共有 13 例融资事件，融资总额约 50.28 亿元，创历史新高；2022 年共有 10 例融资事件，融资总额约 29.21 亿元，同比 2021 年下滑 41.91%。2023 年上半年共有 3 例融资事件，融资总额约 2.75 亿元，较上一年同期大幅下滑。

图表 27 2015-2023H1 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波动态势。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。2022 年，资本逐渐收紧口袋，不论是融资总额还是融资数量都出现一定下滑。从融资去向看，2022 年协作机器人领域融资分化态势愈加明显，头部厂商的“吸金”能力进一步提升。

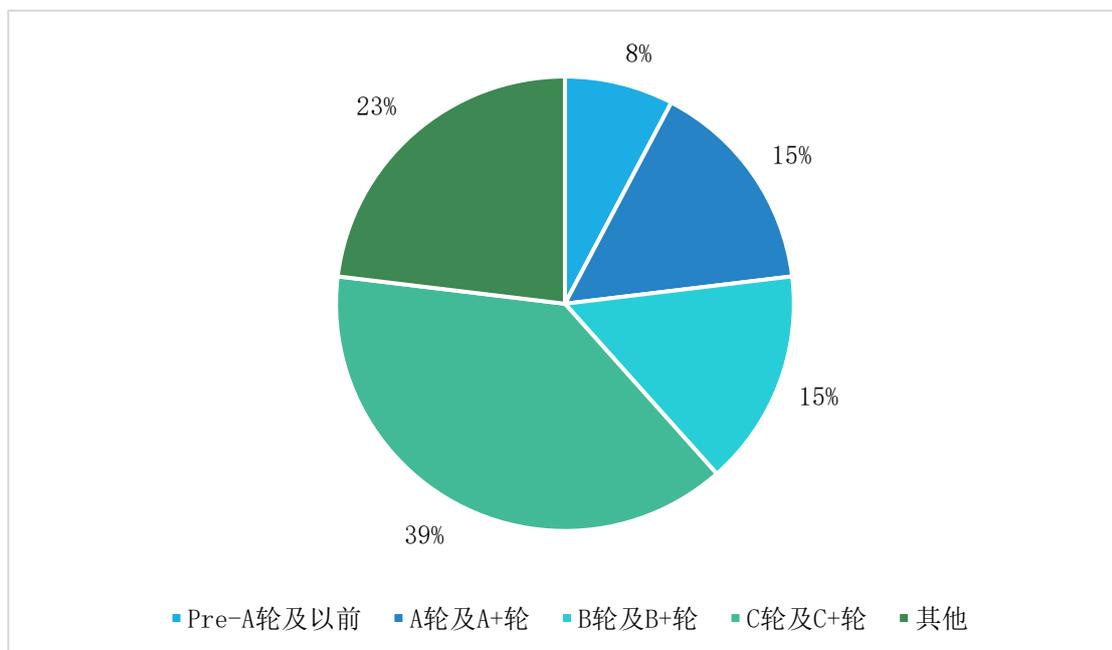
2023 年协作机器人头部厂商陆续开启上市进程，某种程度上给二梯队厂商的融资造成了一定的压力，叠加资本市场投资谨慎度的增强，协作机器人本体领域的融资遭遇前所未有的压力。

从融资轮次分布来看，截至 2023H1，C 轮及以上的企业占比 62%，处于 A 轮的企业占比 15%，处于 Pre-A 轮及以前的企业占比为 8%。超过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，开始更进一步进入谋发展的阶段。

需要注意的是，协作机器人产品“同质化”问题开始显现，加上外部环境的遇冷，市场内卷化加剧，企业盈利水平经受较大考验。

图表 28 截至 2023H1 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 29 2015-2023 年 H1 协作机器人行业主要投资机构代表（排名不分先后）

机构名称	代表项目
顺为资本	珞石机器人、慧灵科技、法奥意威、非夕科技、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
联想创投	艾利特机器人、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
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	珞石机器人、非夕科技、黑湖科技、鲸仓科技

方广资本	节卡机器人、坤维科技、崧智智能、易思维
中金资本	越疆机器人、凯乐士科技、视比特、天准科技、中科微至
高瓴创投	法奥意威、思灵机器人、深视智能、禾赛科技
经纬中国	镁伽机器人、敬科机器人、库柏特、橙子自动化
招商局资本	大族机器人、非夕科技、越疆机器人、优地科技、灵动科技
新希望集团	珞石机器人、非夕科技、思灵机器人
梅花创投	珞石机器人、墨影科技、启玄科技、励微机器人、宇骏视觉、柔触机器人
松禾资本	越疆机器人、敬科机器人、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	珞石机器人、凯乐士科技、翼菲科技、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
深创投	珞石机器人、越疆机器人、阿童木机器人、达闼科技、中科微至、元橡科技、迦智科技、板石智能
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
中信建投资本	遨博智能、木蚁机器人、斯坦德机器人
前海母基金	越疆机器人、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
源码资本	法奥意威、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	法奥意威、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
中电基金	遨博智能、北醒光子
达晨财智	艾利特机器人、弓叶科技

数据来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第六章 协作机器人应用分析

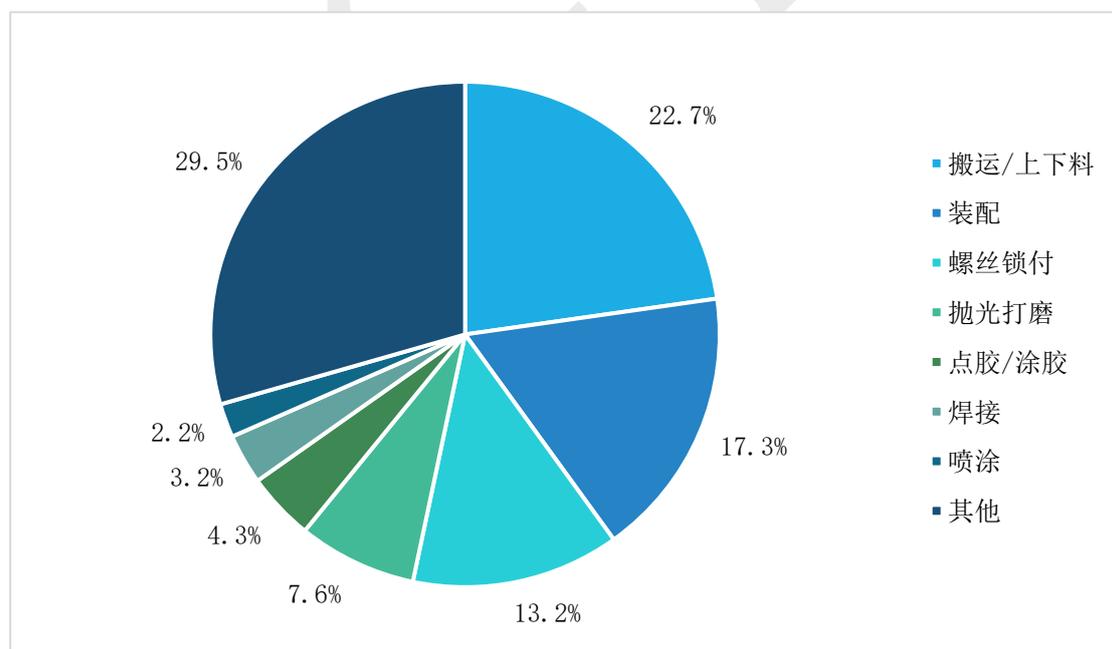
第一节 协作机器人应用场景分析

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工业场景的装配、螺丝锁付、搬运/上下料、抛光打磨、焊接、喷涂等领域,而在非工业领域,则被广泛应用于自动咖啡机、物料抓取以及其他新兴应用中。GGII 数据显示,2022 年,协作机器人在搬运/上下料、装配以及螺丝锁付等场景的应用占比超过 50%,分别为 22.7%、17.34 和 13.2%。抛光打磨、点胶/涂胶、焊接、喷涂等应用场景占比分别为 7.56%、4.3%、3.2%以及 2.2%。

图表 30 2022 年协作机器人应用场景分布 (以销量计, 单位: %)



(注*上述数据包含四轴、六轴、七轴协作机器人)

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

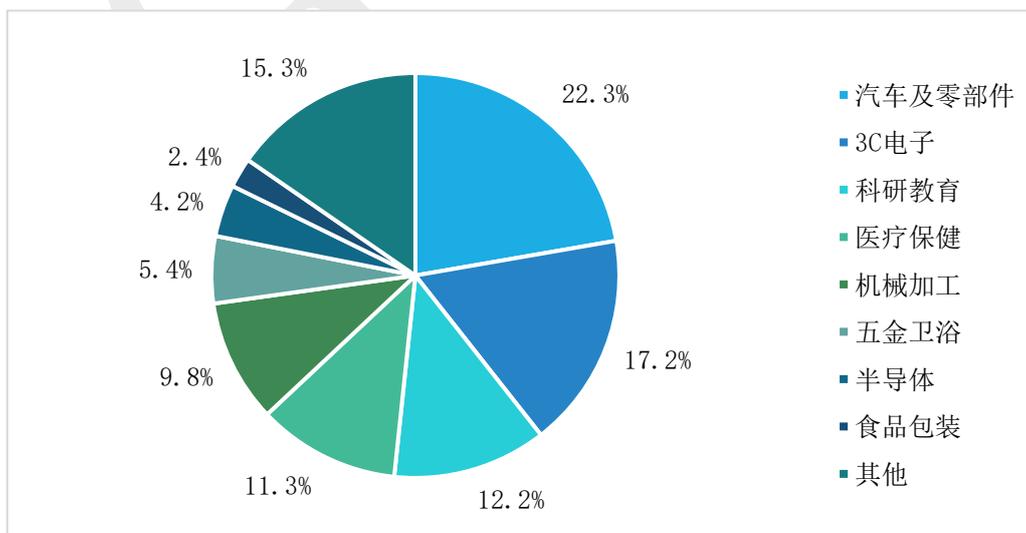
在工业领域，国内协作机器人产品主要应用于 3C 电子、汽车及零部件、机械加工等行业。2022 年，3C 电子行业景气度不及预期，订单需求下滑明显，汽车及零部件行业依然是协作机器人的主要流向，其他行业领域渗透率持续提升，如机械加工、新能源、医疗保健等细分市场均同比增长。

协作机器人可对人类进行感知，安全性高，还被广泛用于非工业领域，在非工业领域，科研教育和医疗保健是目前主要的应用市场。2022 年上半年，按摩理疗行业对协作机器人的大批量采购成为全年亮点之一，国内协作机器人企业也在持续针对商业场景进行产品开发。从另一方面来看，当前协作机器人虽然已经可以实现许多商业场景的应用，如：无人水吧、无人零售等，但是仍缺少成熟的场景运营商来搭建可盈利的商业模式，行业内企业在非工业领域处于落地案例积累阶段，预计 2023 年商用服务领域会有更多落地项目。

GGII 数据显示，2022 中国协作机器人产品主要应用于汽车及零部件、3C 电子、科研教育以及医疗保健等行业，从整体占比来看，工业领域仍旧是协作机器人的主战场。协作机器人行业仍处于发展初期阶段，市场基数相对较小，单一下游行业的波动也会导致整体下游分布出现较大变化。

过去 3C 电子行业一直是协作机器人的主战场之一，但是由于 2022 年 3C 电子行业较低迷，新设备采购订单数量出现下滑，因此在协作机器人下游市场中占比出现下降。此外，2022 年医疗与保健行业对协作机器人产品出现大批量需求，并已逐渐形成场景化和标准化应用。

图表 31 2022 年中国协作机器人下游行业分布（以销量计，%）



（注*上述销量数据包含四轴、六轴、七轴协作机器人）

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

图表 32 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
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	大族机器人 中科新松 艾利特机器人 遨博智能 长广溪智造 节卡机器人 天机智能
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	遨博智能 大族机器人 中科新松 艾利特机器人 长广溪智造 天机智能 节卡机器人
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	越疆机器人 中科新松 遨博智能 法奥意威 长广溪智造
医疗保健	行业入市壁垒高，可应用范围广，对协作机器人某方面性能有特殊要求，碰撞阈值低	中	中	遨博智能 艾利特机器人 中科新松 珞石机器人 大族机器人
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 长广溪智造 中科新松 大族机器人 遨博智能
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	长广溪智造 艾利特机器人 大族机器人

				珞石机器人 遨博智能
半导体	自动化需求高，头部厂商资金实力强，对成本敏感度低	高	中	艾利特机器人 中科新松 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	法奥意威 越疆机器人 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 遨博智能 艾利特机器人 越疆机器人
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	天机智能 大族机器人 中科新松 慧灵科技

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

第三节 协作机器人应用趋势分析

一、下游行业认知提升，协作机器人应用渗透率持续上升

从应用分布来看，协作机器人在工业场景的渗透率持续提升，从 3C 电子、汽车及其零配件、家电等行业向更多细分子行业渗透，如新能源行业，有望迎来批量性导入协作机器人的契机。

此外，近年来，协作机器人在商用服务领域的应用渗透持续深入，如智能零售、按摩理疗、医疗等领域，布局厂商逐年增加，在部分场景已出现千台级的订单。

GGII 判断，随着下游行业认知的逐年提升，叠加协作机器人的性价比优势持续凸显，协作机器人未来几年销量的增长有赖于下游行业渗透率的上升与部分核心行业的深耕。

二、协作机器人生态日益丰富，传感器加持助力协作机器人感知能力提升

当前的协作机器人生态圈已经涵盖上游零部件、本体、集成商、视觉、传感器、软件、末端执行器等，越来越多创新型产品的诞生将大大促进协作机器人生态的丰富，相比较传统的机器人，协作机器人最大的特点就是灵活性、安全性和易用性，为了进一步提高协作机器

人的安全性，视觉、传感器以及软件的应用将日益广泛；为了进一步提高协作机器人的灵活性和易用性，在应用中将会使用越来越多的柔性夹具，并且这些末端执行器将越来越成为机器人应用的核心部件，协作机器人配备了末端执行器之后可以更好的实现一些新的功能。

在这个发展趋势下，国内外的企业都越来越强调协作机器人快速更换夹具的功能，机器人能够全自动更换并识别任意工具或握爪，操作者可以通过拖拽式一次性编程机器人运动路径以及所有对接的工夹具或握爪的动作，而无需使用手持式示教器，真正实现手把手编程。

三、机器人大模型有望为协作机器人装上加强版外挂

7月29日，Google DeepMind以训练AI聊天机器人的方式训练了一款全新的机器人模型 Robotic Transformer2 (RT-2)。RT-2表明视觉-语言模型 (VLM) 可以转化为强大的视觉-语言-动作 (VLA) 模型，通过将 VLM 预训练与机器人数据相结合，直接控制机器人。

RT-2以视觉-语言模型 (VLM) 为基础，将一个或多个图像作为输入，并生成一系列通常代表自然语言文本的标注。在大型语言模型研究的启发下，机器人正变得更加智能。将大型语言模型的最新进展引入机器人，让机器人变得更聪明，并具备新的理解和解决问题的能力。

机器人大模型的持续进步有望为协作机器人能力提升装上加强版外挂，可以满足更多复杂场景的应用需求，同时协作机器人的易用性和智能性将有望获得质的提升。

第七章 中国协作机器人发展前景与展望

第一节 人工智能技术与大模型的发展赋予协作机器人更多智能性

对于协作机器人来说，以往作业时需要根据具体的需求，由专业人员设定好机器人的行动轨迹进行作业，如果更换作业任务时，则需重新调整机械臂的作业线路。

人工智能与大模型技术的发展，让机器人“感知”、“思考”、“适应”、“交互”和“判断”成为可能，当协作机器人被成功赋予高级人工智能，机器人将获得与类人般的“常识”，从而实现人机智能协同作业，同时减少用户参与决断的机率，使得机器人变得更“聪明”。

目前一些企业已经开始在利用机器学习的方法，采集不同任务情况下产生的人、环境与机器的交互数据并分析，目的是打造一个更加智能化作业的闭环；同时，为了降低使用门槛，一些厂商也使用了自然语言识别类人工智能公司的开放技术，让协作机器人具备基本的语音控制和交互能力。

第二节 力控技术助力协作机器人综合能力提升

力觉反馈：六维力传感器可以将机器人末端执行器施加的力和力矩转换成电信号，通过控制系统反馈给机器人，从而实现力觉反馈。例如，在搭载协作机器人的医疗手术机器人中，六维力传感器可以帮助医生感知手术器械与人体组织之间的力度和压力，从而更加精准地进行手术操作。

力控制：六维力传感器可以测量机器人末端执行器施加的力和力矩，从而实现机器人的力控制。例如，在装配过程中，机器人需要施加一定的力来将零件装配在一起，六维力传感器可以帮助机器人控制施加的力度和方向，从而确保装配的准确性和质量；在抛光打磨应用中，六维力传感器可以赋予机器人更好的力感知能力，更好的满足复杂曲面的抛光打磨作业需求。

动态控制：六维力传感器可以实时测量机器人末端执行器施加的力和力矩，从而实现机器人的动态控制。例如，在搬运过程中，机器人需要根据物体的重量和形状来调整施加的力度和方向，六维力传感器可以帮助机器人实现动态控制，从而更加高效地完成搬运任务。

第三节 结构的模块化和仿生化

现阶段，机器人主要在结构化或半结构化环境下替代人工进行自动化生产，对机器人的性能要求也主要体现在运动控制精度、承载能力、可靠性和对环境的适应性等方面。

现有主流的六轴、七轴机械臂已经基本能满足机械臂的位移和基本操作，但门槛在于协作机器人是否可以满足更加个性化和定制化的任务，如更自如地抓起更小巧的物体，自主适应作业的场景等。

GGII 认为，随着制造业的生产模式从大批量生产转向小批量定制，应用场景的多样性和复杂性日益凸显，未来协作机器人将会向功能模块化、结构仿生化方向发展，以提升易用性、安全性和灵活性，适应越来越多的个性化场景需求。

第四节 行业渗透率持续提升，工业与商业服务领域的应用边界日趋模糊

经过几年的市场培育，协作机器人应用行业日益广泛，从 3C 电子、汽车及其零配件、家电等行业逐渐延伸至新能源、五金卫浴、金属机械等行业。此外，协作机器人在商业服务领域关注度和接受度日趋提升。目前已有多家厂商开始着手布局服务领域。其中：

医疗领域的需求主要以辅助手术、按摩、康复等场景为代表，近年来以遨博智能、珞石机器人、大族机器人为代表的厂商已在着手布局，并已经有成熟的应用；商业服务领域的需求主要以智能零售、智慧厨房、咖啡店、酒吧、奶茶店等场景为代表，其中核心要素来自于以机器人作为差异化的亮点和获客点，考验的是运营的效率，同时可以实现数据的互联互通，这类应用在部分一、二城市已有成熟应用；教育培训的需求主要以实验室、培训教具等场景为代表，随着开设机器人专业的科研院校逐年增加，对于协作机器人的采购需求稳步增长。

GGII 认为，协作机器人相较于传统工业机器人具有更广的应用面，涵盖工业与商业服务领域，从应用的角度看，协作机器人在两类场景中所带来的核心价值有所差异，工业领域主要是以替代人，降本增效为主要目的；商业服务领域则更多的强调机器人带来额外价值，替代人并非首要目的，更重要的是打造创新型的服务业态。

随着协作机器人技术的不断进步，易用性、安全性和智能性有望获得提升，届时协作机器人在各领域的应用边界将日趋模糊。协作机器人将不仅是机器人，更是智能工具和智能伙伴。

第九章 参编企业介绍

第一节 中科新松—国内协作机器人先行者

一、企业简介

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。自 2014 年成立以来，公司共计创新研发了包括多可协作机器人和多可移动协作机器人在内的 2 大系列 20 余种产品；拥有海内外客户 1500 余家，主要包括奔驰、一汽大众、中国中车、中国商飞、碧桂园、博马科技、马瑞利、美光半导体、西部数据、意法半导体等；共计完成项目应用数千个，产品主要应用于包括汽车、能源、半导体、3C、食品药品、建筑、电力、教育科研、印刷、航空航天、铁路、服务等在内的数十个行业。

二、企业核心技术

1、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入的关节柔性，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。

2、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，既保证了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。

3、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。

三、企业核心产品

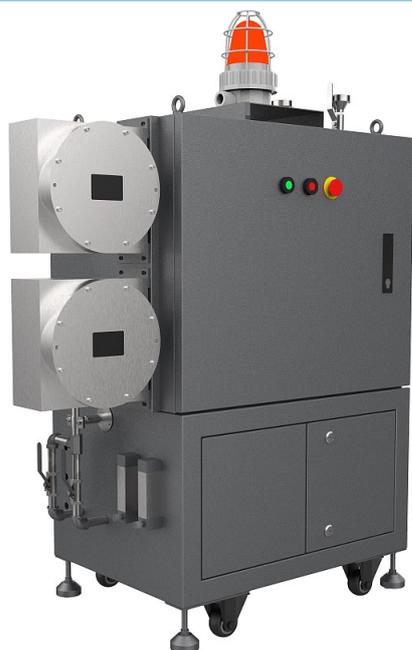
多可协作机器人 GCR 系列	
产品型号	GCR25-1800
产品简要概述	作为国内首款25kg级协作机器人，填补国内25kg协作机器人市场空白。GCR25-1800作为DUCO多可®协作机器人G系列中的负载最大的一员，有效工作半径1800mm，在发布之初就受到众多媒体和客户的关注。采用高集成度模块化设计，在降低研发和制造成本的同时，尽可能地减少本体重量，自重只有61kg，比20kg产品自重轻近10%；1800mm长臂展，完美适用于重型物料的搬运、码垛等应用；配套了全新的控制柜，体积相比原控制柜降低30%，使得GCR25具有极高的灵活性，更适合狭窄空间使用。工作节拍方面，相比20kg协作机器人提升20%，重复定位精度可以达到±0.05mm，最后，多可协作机器人的操作软件加载了最新版DUCO CORE操作系统，可集成视觉操控等功能，提升人机交互体验。
产品优势	1、国内首台 25kg 大负载协作机器人，业内领先； 2、在本体重量控制在 61kg 的基础上，实现 25kg 负载能力，1800mm 超长工作半径和

	<p>±0.05mm 重复定位精度；</p> <p>3、全面提升用户的生产效率，机器人末端最大速度达到 2.5m/s，终端用户的生产节拍相比以往可提升 20%；</p> <p>4、采用全新的 DUCOCORE 操作系统，其配置针对码垛场景的 BoxPallet 码垛工艺包，实现码垛程序固定流程式配置，简单参数选择和填写，指定点位的设置，可快速部署实施；降低传统方式的机器人程序配置难度，降低对使用者的专业技能要求，同时提升程序配置的率，解决了用户小批量、多品种柔性生产的快速切线难题；</p> <p>5、基于 GCR25-1800 优良的性能，码垛场景能够适用于大部分国标、欧标、美标栈板，最大栈板尺寸可达 1200mm×1100mm。据用户实际使用测算，首次部署仅用 1 小时左右，纸箱/托盘/垛型的配置仅需 10 分钟，平均能够实现 8 件/分钟的工作量，其投资回报周期不到 6 个月。</p>	
产品应用领域	广泛应用于汽车、能源、半导体、3C、食品药品、教育科研等多个行业，适用于码垛、上下料、拧紧锁附、质量检测、装配组装、搬运、涂胶涂油、操作、焊接等应用场景。	
产品参数	最大负载 Max Payload	25kg
	末端最大速度 Max TCP Speed	2.5m/s
	有效工作半径 Reach	1800mm
	重复定位精度 Repeatability	±0.05mm
产品图片		
产品型号	GCR10-2000	
产品简要概述	58kg 自重，2000mm 超长臂展，10kg 负载，0.05mm 的定位精度.....在业内目前屈指可数，特别是 2000mm 的超长臂长，在协作机器人领域更是无人能及。除了基本的安	

	全、灵活、易用、易维护等基本特点外，GCR10-2000 采用新一代的控制柜设计，尺寸减小 50%，深度集成 2D/3D 相机、以及焊接应用包，此外还可以进行云端数据监控，远程 OTA 升级等。	
产品优势	1、安全加持——16 项 TUV 安全认证，人机协作更安全； 2、运维便捷——拖拽示教式编程，降低使用门槛，易操控； 3、智轻致巧——大负载机器人负载自重比高达 1:2.44，采用新一代机器人控制柜，体积减少 50%，重量减轻 30%； 4、绿色环保——功耗低至 200W，无需更换润滑油； 5、智能非凡——多种场景软件包加持（焊接、码垛等），多种外接接口支持（DI、DO、AI/O 等），支持云端机器人数据监控、远程 OTA 升级；支持多台设备一键式部署和数据远程备份； 6、应用升级——2D3D 视觉深度兼容；力控等生态配套完善，支持多应用开发	
产品应用领域	目前 DUCO 多可 GCR10-2000 可轻松实现智能拣选、抛光打磨、上下料、装配、拧钉、质量检验、搬运、码垛、涂胶涂油等功能。	
产品参数	最大负载 Max Payload	10kg
	末端最大速度 Max TCP Speed	4m/s
	有效工作半径 Reach	2000mm
	重复定位精度 Repeatability	±0.05mm
产品图片		

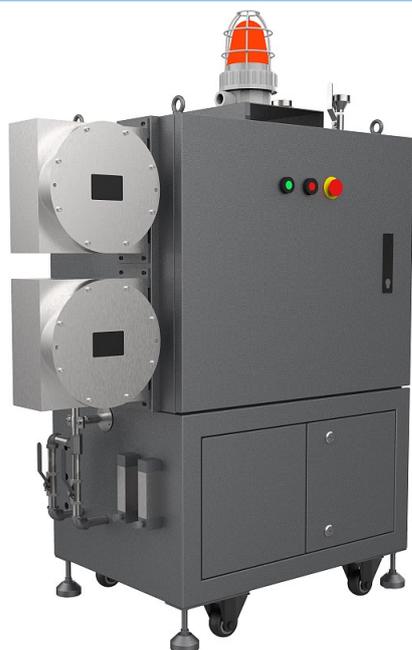
多可协作机器人防爆系列

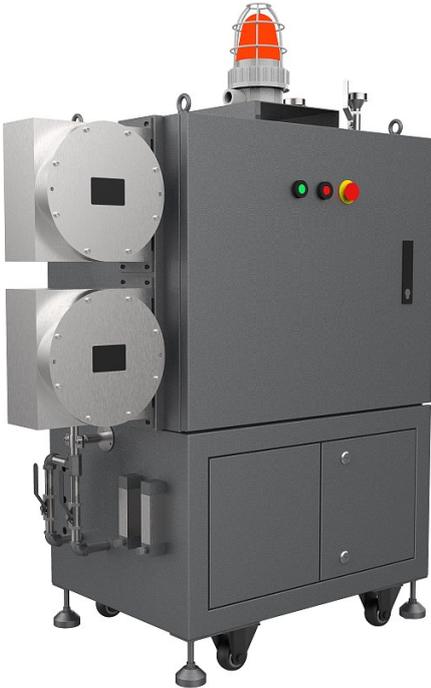
产品型号	GCR14-1400-Ex	
防爆等级	机械臂: Ex db eb p xb IIC T Gb/ Ex pxb tb IIIC T130°C Db	
产品简要概述	66kg自重, 1400mm长臂展, 14kg负载, 0.05mm的定位精度..... 在业内性能领先, 除了基本的安全、灵活、易用、易维护等基本特点外, GCR14-1400-ex采用多重防爆设计, 可在50°C的环境温度下正常工作, 可代替一线高危作业人员在各类易燃易爆、有毒有害、高温高压等石油、天然气、化工环境中工作。	
产品优势	<p>1、智能非凡——可配置各类智能感知设备, 对现场环境数据进行实时采集与智能分析, 全面提升企业数字化运维能力;</p> <p>2、运维便捷——拖拽示教式编程, 降低使用门槛, 易操控;</p> <p>3、智轻致巧——轻量化设计, 可快速部署并适应产线, 更高效;</p> <p>4、代替高危作业——可代替一线高危作业人员在各类易燃易爆、有毒、有害、高温高压等石油、天然气、化工环境中工作;</p> <p>5、多重防爆——多重防爆设计, 可在 50°C 的环境温度下正常工作。</p>	
产品应用领域	可代替一线高危作业人员在各类易燃易爆、有毒有害、高温高压等石油、天然气、化工环境中工作。	
产品参数	最大负载 Max Payload	14kg
	末端最大速度 Max TCP Speed	2.2m/s
	有效工作半径 Reach	1400mm
	重复定位精度 Repeatability	±0.05mm
	防护等级	IP65
产品图片	<p>(示教器)</p>	



(防爆柜)



	 <p>(防爆柜)</p>	
产品型号	GCR10-1300-Ex	
防爆等级	机械臂: Ex db eb p xb IIC T Gb/ Ex pxb tb IIIC T130°C Db	
产品简要概述	<p>38kg自重, 1300mm长臂展, 10kg负载, 0.03mm的定位精度等多种优势加持, 特别是38kg的轻量化设计, 方便客户快速部署。除了基本的安全、灵活、易用、易维护等基本特点外, GCR10-1300-EX采用多重防爆设计, 可在50°C的环境温度下正常工作, 可代替一线高危作业人员在各类易燃易爆、有毒有害、高温高压等石油、天然气、化工环境中工作。</p>	
产品优势	<ol style="list-style-type: none"> 1、智能非凡——可配置各类智能感知设备, 对现场环境数据进行实时采集与智能分析, 全面提升企业数字化运维能力; 2、运维便捷——拖拽示教式编程, 降低使用门槛, 易操控; 3、智轻致巧——轻量化设计, 可快速部署并适应产线, 更高效; 4、代替高危作业——可代替一线高危作业人员在各类易燃易爆、有毒、有害、高温高压等石油、天然气、化工环境中工作; 5、多重防爆——多重防爆设计, 可在 50°C的环境温度下正常工作。 	
产品应用领域	<p>目前 DUCO 多可 GCR10-1300-EX 可轻松实现智能拣选、抛光打磨、上下料、装配、拧钉、质量检验、搬运、码垛、涂胶涂油等功能。可代替一线高危作业人员在各类易燃易爆、有毒有害、高温高压等石油、天然气、化工环境中工作。</p>	

产品参数	最大负载 Max Payload	10kg
	末端最大速度 Max TCP Speed	3.8m/s
	有效工作半径 Reach	1300mm
	重复定位精度 Repeatability	±0.03mm
	防护等级	IP65
产品图片		 <p>(防爆柜)</p>

多可移动协作系列产品



多可®移动协作机器人	机械臂末端最大负载	移动速度	导航方式	续航时间	停车精度
标准型 B 型 HC-X2-B	5kg/10kg/14kg/20kg	≤1m/s	SLAM/ QR CODE	约 5.5 小时	±0.05mm 位置精度, ±1° 角度精度
标准型 B 型 HC-X3-B	5kg/10kg/14kg/16kg	≤1m/s		约 5.5 小时	
HC-X4-B	5kg/10kg	≤0.8m/s		约 5.5 小时	
HC-X6-B	5kg/10kg/14kg/20kg	≤0.8m/s		约 5.5 小时	
L 型	10kg/14kg/20kg	≤1m/s		约 5.5 小时	
T 型	5kg/10kg/14kg/20kg	≤1m/s		约 5.5 小时	

产品简要概述

多可移动协作机器人集成自主研发的移动平台和协作机器人,可搭载自主研发的视觉和夹具等执行单元,实现对物料的搬运、装配、检测和精密加工等功能应用。多可移动协作机器人拥有全方位的安全防护、多种交互和通讯方式且能很好的对接客户系统。更可提供定制化解决方案、定制化调度系统、现场指导及其完善的售后服务等,保证客户体验。

多可移动协作机器人作为标准化产品,具有非标设备所不具备的一致性、可靠性及其稳定性。

第二节 大族机器人—高精度，更稳定，核心零部件自主可控

一、企业简介

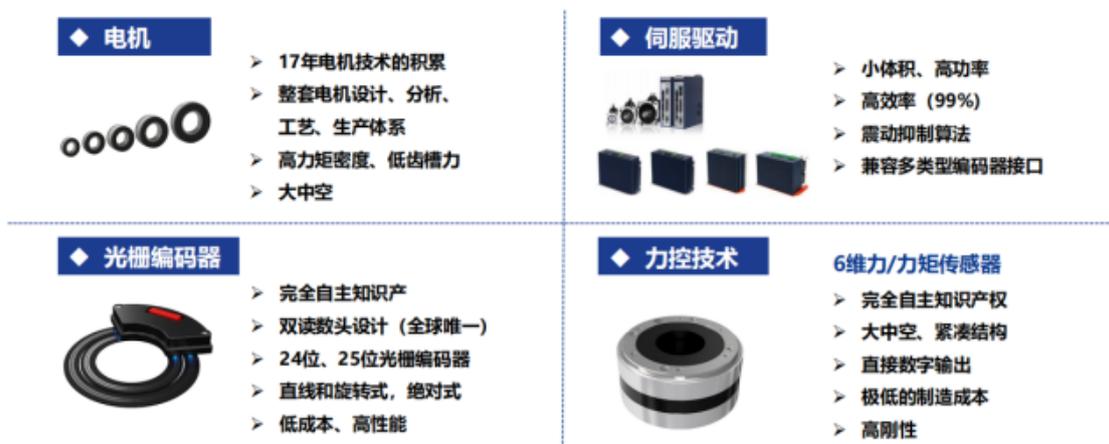
成立时间：2017 年，总部：深圳

大族机器人源于大族激光，已积累十多年电机、伺服器和运动控制经验，机器人核心零部件自主可控，产品可以满足各领域不同应用需求，始终坚持用机器人技术为人民服务的使命。

二、企业核心技术

1、核心零部件自主可控

- ✓ 十多年工业经验：大族机器人已积累 17 年电机、伺服器和运动控制经验，核心组件自主研发，可以从源头控制成本和品质；
- ✓ 独特的双关节模组，使机器人具有极高的灵活性；
- ✓ 电机、伺服驱动、光栅编码器、力控等核心零部件自主可控。



趋势一：一体化发展趋势

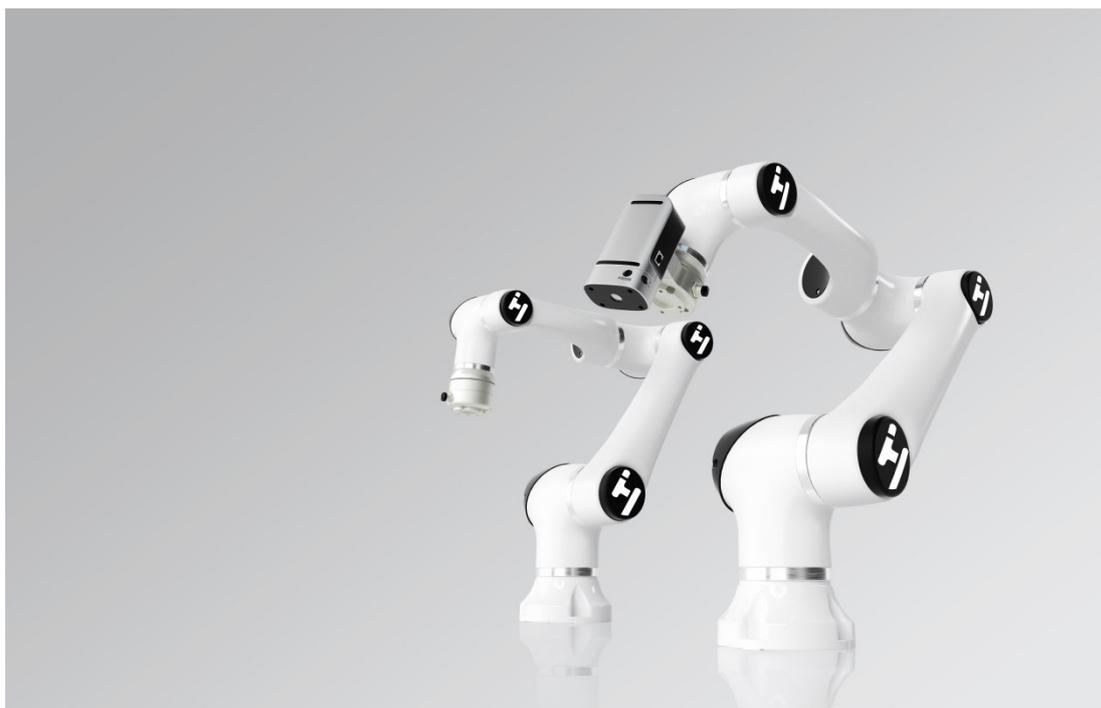
随着机器人技术快速发展，机器人能够落地的行业、场景越来越丰富，对生产线来说，选择一款协作机器人，部署简单、灵活易用、可适应性、安全可靠及性价比等因素是不得不考虑的前提条件，一体化是发展趋势。

以协作机器人的力控功能来说，现阶段最多的仍然是“机器人本体+外置件”的传统配置模式，这种外置力传感器的方式，仍存在问题，比如部署时间长，既要安装机器人本体，还要整体考虑线束对机器臂运动时的干涉问题；调试操作难，需要技术人员进行现场调试，甚至可能衍生出二次开发等需求……此外，还存在花费成本高、I/O 接口资源占用、产线切换不易等问题。

最重要的是，在一些特定的生产环境下，一体化是终端用户唯一的选项。比如对粉尘极

度苛刻的工况，机械臂在运行过程中必然与外部线束发生摩擦而产生粉尘颗粒，导致协作机器人无法满足生产要求；其次，存在强磁干扰的环境里，外置线束如果没有额外的屏蔽保护，则非常容易受到信号干扰，出现通讯异常等问题。

大族机器人 Elfin-Pro (E-Pro) 系列协作机器人，实现了一体化末端力控、一体化 AI 视觉，开箱即用。此外，它采用的是内走线布局方式，进一步提升机器人抗干扰能力，使之可以适应更复杂的生产环境。



2、重复定位精度高

- ✓ 100%速度的精度在延迟 200ms（机器人到达点位 200ms 后进行拍照测试）的情况下能达到 $\pm 0.02\text{mm}$ ；
- ✓ 新一代智能 7 轴协作机器人 MAiRA 重复定位精度可以达到 $6\text{--}10\ \mu\text{m}$ 。

趋势二：智能化和自主程度越来越高

AI（人工智能）发展之势如火如荼，而大族机器人在成立之初就已经预见 AI 应用是以后协作机器人技术的发展趋势，只有具有人工智能，自主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。

作为行业先驱，大族机器人在 2021 年发布了行业内首款真正意义上的智能协作机器人——“多感知智能机器人助 MAiRA”，MAiRA 高度集成了最新型的传感器，在控制系统和应

用中完美实现前所未有的人工智能集成，引领协作机器人步入智能新时代。

随着人工智能技术的快速发展，物联网、大数据、机器视觉、生物识别、机器学习等技术的日益成熟，大族机器人的产品也将持续迭代，成为集人工智能、物联网、大数据等技术于一身的综合体，具备更高的自主判断、感知、学习、分析决策和人机交互能力。

3、更先进的电磁式抱闸方式

相比传统撞针式抱闸，大族机器人采用的电磁抱闸具备刹车距离短，时长短的特点，并能在碰撞到人或者紧急突发断电，以及急停等状况下，机器人姿态会立刻锁死在原地，刹车距离实现零滑动，去使能下掉距离为同行的 1/10。

趋势三：机器人固有性能越来越强

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。

随着技术不断发展与升级，协作机器人固有性能将越来越强，将具备更高的灵活性和适应性，能够快速适应不同的任务和工作环境，并具备自适应能力，更具通用性及可扩展性，适应不断变化的行业和企业的需求。

4、更快通讯速度

大族机器人控制器与各关节间采用 EtherCAT 总线高速通信，抗干扰能力更强、通讯频率更快、运动轨迹更准确。大族机器人能够实现 1000Hz/5000Hz 实时控制刷新频率，达到业界领先的轨迹精度控制。轻松快速对接第三方控制器，操作便捷，实现 1 台控制 10 台。

趋势四：更多利用数据共享和云连接

未来协作机器人将更多利用数据共享和云连接，通过收集和分析大量数据，协作机器人可以改进其性能和决策能力；同时，云连接将使得协作机器人能够进行远程监控、协作和升级，实现更高效的运营和管理。

5、更强的防护等级

IP66 防水防尘：已经达到 IP66 防护等级，并实现量产，可防止外物及灰尘侵入，适用于 CNC 上下料、食品加工、防爆作业、高洁净度精密加工和水下作业等场景，已获得客户 > 4 年应用验证。

国家防爆认证：经权威专家确认，符合多项国家标准，已经有集成商将大族机器人设备投入到防爆环境下的项目之中。大族机器人 Elfin 可隔绝气体内部外部流通，同时具备防静电等一系列设计，满足易燃易爆等特殊环境要求包括可燃性粉尘环境等的特殊作业，提高行业自动化率，大大降低作业风险。

ISO 5 高洁净度：表面清洁度优良；内部结构优化，相互摩擦力低，避免侵损；整机密封度好，杂质无法进入内部；已投入设备在食品、医疗、半导体等行业中长期稳定运行。

三、企业核心产品

产品系列	Elfin 系列协作机器人
产品描述	<p>Elfin 系列协作机器人，可应用于自动化集成生产线、装配、拾取、焊接、研磨、喷漆等领域，已成功出口到包括欧美日韩在内的 100 多个国家和地区。Elfin 系列协作机器人采用独特的双关节模组设计，一个运动模组包含两个关节，构成独特运动学结构，不仅在外观上区别于市面多数协作型机器人，在工作时也能获得更高的灵活度。</p>
图示	
产品系列	Elfin-Pro 系列协作机器人
产品描述	<p>Elfin-Pro 系列协作机器人在 Elfin 系列的基础上研制而成，它延续了 Elfin 系列产品型号齐全、部署便捷、高精度、高灵活度及双关节模组设计、模块化设计等优势，同时对产品能力进行全新升级，集成前沿 AI 技术，实现末端力控一体化、末端视觉一体化，采用新的表面处理工艺，兼具美观与实用，达到性能更稳定可靠、人机协作更安全、应用场景更广泛的特点。</p>

图示	
产品系列	S 系列协作机器人
产品描述	<p>S 系列协作机器人，具有大负载、大臂展等特点，能够轻松实现 25kg 超重负载、工作半径可达 1700mm~1800mm，可广泛应用于机床上下料、码垛、装配及大负载搬运等应用场景。沿袭 Elfin 系列技术优势，在产品性能、安全防护、响应速度和抗干扰能力等方面均有质的跨越，是助力用户全面提升生产效率的利器。</p>
图示	
产品系列	Elfin-Ex 防爆型协作机器人
产品描述	<p>大族机器人推出的防爆型协作机器人，已获得国家防爆认证，可以代替工人，在爆炸性危险环境中正常工作，大幅度降低作业风险。</p> <p>该系列产品采用了介质隔离点燃源的泄露补偿型正压防爆系统，壳体设计多重密封结构，从而实现本安、正压等复合型防爆结构；配备正压监测系统，可以实时对机器人的正压保护气压力进行监控并提供断电保护功能，阻断爆炸性可燃气体及粉尘进入机器人内部，避免爆炸风险。</p>

图示



GGII

第三节 长广溪智造一车规级高速协作机器人

一、企业简介

成立时间：2018 年，总部：无锡

长广溪智造开创性地定义了新一代“**车规级高速协作机器人**”，其生产过程、测试方法、质量管控符合 IATF16949:2016 国际汽车质量管理标准。CGXi 协作机器人至 2021 年面市以来，以**速度快、刚性好、安全性高**以及其卓越品质，快速引爆市场！

二、企业核心技术

长广溪智造以智能柔性运动控制技术为核心，其全系列协作机器人除减速器外其他如何伺服电机、伺服驱动器、编码器、控制器、示教器、关节机构等部件全部自研，积累了丰富的面向行业用户的系统集成解决方案，以应对客户制造过程中面临的各类挑战。

1、机器人运动控制技术

- ✓ 协作机器人控制器以精确动力学模型辨识为基础，基于加加速度控制的轨迹平滑过渡算法，可在线进行轨迹规划，实现动态变轨；
- ✓ 采用业内领先的激光跟踪仪标定机器人的末端位置，自研标定软件和算法，利用先进的辨识方法对机器人的模型参数进行补偿，如 G12 协作机器人出厂的绝对定位精度 99% 以上都控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内，处于业内领先水平；
- ✓ 协作机器人采用关节电流环和末端安装力控传感器两种方式，实现机器人的力控功能。基于高性能的机器人本体和高精度的模型算法，结合关节内置的温度传感器，基于摩擦力在线辨识技术，准确地自动辨识和补偿库伦摩擦和粘滞摩擦力，并且在感受到碰撞后迅速切换至安全柔性模式，确保不会造成进一步的碰撞损伤。此外当协作机器人本体 48V 断电后，控制器能及时监测到本体断电，并实时控制机器人工具末端按要求进行相应位置回弹，极大地增强了协作机器人使用过程中的安全性，最大化保护人员和设备的安全；
- ✓ 控制器可外扩附加轴，最多外扩 3 个附加轴，形成 9 轴动态联动控制；
- ✓ 协作机器人控制器采用高速 EtherCAT 总线技术，控制系统带宽高、实时性强，外设模块扩展性好。

2、机器人一体化关节技术

协作机器人采用一体化关节设计，将电机、减速机、驱动系统、位置反馈等部件集成在关节模块中，优势在于扩展性、维护性好，但设计上既要满足功能又要满足性能指标，要综合考虑机械结构、硬件电路、电磁干扰、振动、散热、密封等技术难点，尤其是工作

在转速高，加速性能强的工况下，要解决承载大电流且散热性能好、可靠性高等一系列系统级技术难题。

长广溪智造协作机器人的一体化关节具有体积小、速度快、转矩大、响应好、跟随性强等诸多优点。采用自研的高功率密度电机，使得关节电机在极小的体积下具备更高的转速，更大的转矩，从而保障协作机器人整体运行速度更快，执行效率更高；采用自研的伺服驱动器、磁编码器，伺服软件集成振动抑制、摩擦力补偿等算法，通过机电仿真，实现精准动力学模型，综合性能逼近国外同型号通用伺服性能。



图 1：长广溪智造协作机器人关节模组

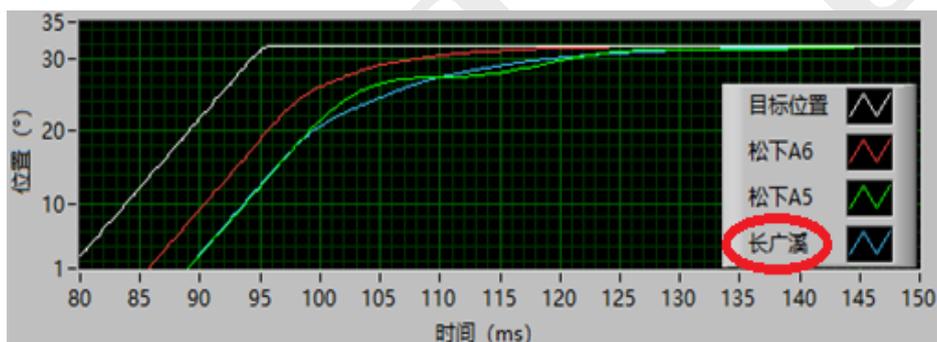


图 2：长广溪智造与松下同型号通用伺服的动态响应对比曲线

3、跨平台可编程软件

协作机器人编程软件支持跨平台服务，提供 C/C#/C++/Java/Python 接口函数库，具备丰富的二次开发 API 接口。涉及的关键技术有：Linux 和 Windows 实时性优化、通讯数据安全加密、以太网+485 异构通讯冗余保障等技术。长广溪智造提供的跨平台编程软件可运行在 PC 或示教器上，既可控制真实机器人，也可控制虚拟机器人，方便在线或离线编程和调试。

CGXi 示教器技术特点如下：

- ✓ 采用嵌入式板卡，运行 Linux 实时操作系统，软件接口开放，稳定可靠；
- ✓ 通过示教器授权，可在线远程调试机器人，缩短项目调试周期；
- ✓ 一个示教器可同时连接不同控制器，方便同一流水线多台机器人协同调试，节约成本；
- ✓ 支持有线、无线、4G/5G 通讯，本地或远程在线升级，数据上传，智慧组网。

4、典型行业应用工艺包

长广溪智造提供了面向行业用户的典型编程工艺包，包括码垛、焊接、打磨，未来会进一步丰富现有工艺包，同时会陆续集成更多的典型应用工艺包，以方便用户现场调试，快速完成设备部署。

5、远程故障预测与诊断

长广溪智造协作机器人云平台故障诊断系统具有高效、实时、维护成本低的特点，为设备正常运行以及售后服务提供了坚实地保障。

(1) 远程调试和监测

远程调试和监测功能帮助工程师通过远程实时监控网络，在获取现场协作机器人的调试控制权后，可通过机器人控制系统预置的调测控制命令，远程监测机器人的性能、运行的状态数据、机器人控制系统的预警和报警数据、现场实时视频监控数据等各项指标，并给出对应的分析结果，极大地缩短了机器人现场部署的时间。

(2) 远程诊断及维护

当现场运行的机器人及其系统发生故障时，云平台能够远程获取现场数据，进行数据分析并给出诊断结果，同时通过手机 APP 发送给现场技术调试工程师。

云平台远程维护功能可以根据实时监测的机器人运行数据，及时发现当前可能的故障类型并给出故障的建议处理方式；也可以通过在线监测的历史数据、状态数据分析并发现潜在的品质问题，提示客户及时检修，避免因设备故障影响生产计划；同时，技术工程师能够根据在线监测数据的分析，远程优化调整运行参数。

(3) 远程数据分析和管理的

云平台支持多种格式数据导出，客户可集成到自己的大数据管理系统中。

三、企业核心产品

长广溪智造协作机器人产品分 C、G、X 系列，每个系列包含多种规格型号，分别面向不同行业的应用领域，体现更高的性价比。

C：面向“服务领域”；

G：面向“制造领域”；

X：面向“防爆领域”。

长广溪智造 C 系列协作机器人主要面向“服务领域”，主打性价比。机械手臂外观主体颜色为亚银色，绿色为配色。C3、C6 机型配置迷你型控制盒，C6-DK 机型在底座内集成控制器，占地面积更小，客户可根据项目情况灵活选型。

CEXI 长广溪智造 <small>卓越 · 高刚性 · 高精度</small>	最大负载 (kg)	自由度	末端最大速度 (m/s)	有效工作半 径 (mm)	重复精度定 位 (mm)	绝对定位精 度 (mm)
C 系列						
C3	3	6	1	620	±0.03	1.0
C6	6	6	2	917	±0.05	1.0
C6-DK	6	6	2	917	±0.05	1.0

图 3: 长广溪智造 C 系列协作机器人技术规格

长广溪智造 G 系列协作机器人主要面向“制造领域”，机械手臂外观主体颜色为白色，绿色为配色，标配工业控制柜。

CEXI 长广溪智造 <small>卓越 · 高刚性 · 高精度</small>	最大负载 (kg)	自由度	末端最大速度 (m/s)	有效工作半 径 (mm)	重复精度定 位 (mm)	绝对定位精 度 (mm)
G 系列						
G3	3	6	2	620	±0.02	0.5
G6	6	6	3	917	±0.02	0.5
G12	12	6	3	1300	±0.03	0.5
G18	18	6	2	900	±0.02	0.5

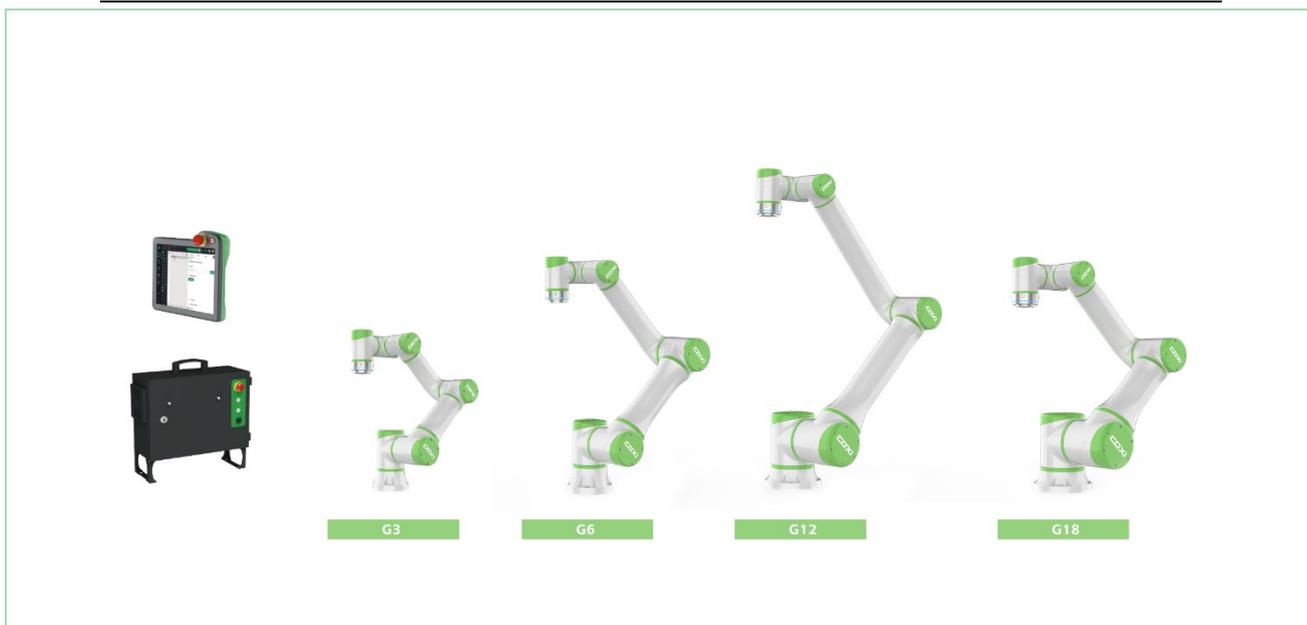


图 4：长广溪智造 G 系列协作机器人技术规格

长广溪智造 X 系列协作机器人主要面向“防爆领域”，机械手臂外观主体颜色为黑灰色，绿色为配色，标配防爆控制柜。

CEXI 长广溪智造 高精度 · 高刚性 · 高速度	最大负载 (kg)	自由度	末端最大速度 (m/s)	有效工作半径 (mm)	重复精度定位 (mm)	绝对定位精度 (mm)
X 系列						
X12	12	6	3	1300	±0.03	0.5
X18	18	6	3	900	±0.02	0.5



图 5：长广溪智造 X 系列协作机器人技术规格

第四节 遨博智能—协作机器人国家标准制定者

一、企业简介

成立时间：2015 年，总部：北京

遨博（北京）智能科技股份有限公司创立于 2015 年，是一家专注于协作机器人研发、生产和销售的国家高新技术企业。

作为全球领先的协作机器人提供商，遨博开发了具有全部知识产权的协作机器人产品，实现核心部件全部国产化，打破了国外长期垄断。自成立以来，遨博推出 iS 系列、iH 系列、C 系列、E 系列协作机器人以及海纳系列复合机器人，产品负载范围覆盖 3kg-25kg，丰富的负载和工作半径选择，满足大部分应用场景的同时，为客户提供更多产品选型和更精准的成本控制，实现效益最大化。

遨博产品先后通过 EN ISO13849-1:2015 (PL=d, CAT 3)、欧盟 CE、北美 NRTL、韩国 KCs、中国 CR、SEMI S2、洁净度 class5 级等认证，凭借安全稳定、简易编程、易于部署等特点，广泛应用于汽车、3C、机械加工、五金家电、厨卫洁具、医疗健康、餐饮、新零售、科研教育等行业领域。

此外，公司还荣获工信部、中国工业经济联合会联合颁发的“制造业单项冠军示范企业（协作机器人）”、国家级专精特新小巨人企业。

截止目前，遨博在大健康领域的协作机器人累计出货近 6000 台，在行业内销量第一。

遨博明星爆款产品——i 系列协作机器人，性能优越，多年来销量始终遥遥领先，深受不同行业客户的青睐。

二、企业核心技术

1、协作机器人模块化关节及核心零部件

(1) 模块化关节集成谐波减速器、电机、刹车、编码器、关节驱动板于一体，这些核心零部件全都是由遨博自主研发；

(2) 设计了高功率密度比的新型中空力矩伺服电机，效率高、发热小、齿槽转矩和转矩脉动小；

(3) 设计了新型的光/磁复合编码器方案，精度更高，电机伺服控制更加平稳；

(4) 改进无励磁制动器刹车方案，更加轻薄、效率更高、寿命长；

(5) 优化了关节内部的机械结构，防护等级达到 IP54，解决刹车掉粉问题，编码器安装定位问题等；

(6) 自主设计关节伺服驱动板和基于 FOC 的电机矢量控制算法，通过 PID 参数自整定

等关键技术，提升伺服性能，关节运动平稳，精度高。

核心优势：

- (1) 全自主研发，掌握核心技术，除芯片外全国产化；
- (2) 系列最全，覆盖功率从 100W 到 2000W 等级；
- (3) 技术成熟，经过多年研发和技术迭代，以及客户验证，可靠性高；
- (4) 成本低，自主设计以及规模化生产。

2、自主研发的遨博新一代机器人控制软件

(1) ARCS (Aubo Robot Control System) 是新一代的遨博机器人控制器软件系统，旨在搭建遨博自有的软件技术体系，适应遨博眼前的以及长期的发展与规划。同时 ARCS 作为一个基础软件平台，使得以后的技术迭代更加方便和敏捷。

(2) ARCS 主要包括机器人示教器软件、控制器软件、SDK、机器人编程脚本以及插件（工艺包）等。其主要特点有：更加注重安全性及实时性能；更加模块化的设计，便于扩展、定制以及团队协作开发；采用自顶向下的设计思路，支持遨博现有所有机器人产品线以及后续可能的产品线扩展（例如多机协作，机器人构型扩展等）。

(3) 设计原则：

- ✓ 实时性：充分利用现有的 CPU 资源，做到 5ms 以内的机器人伺服周期；
- ✓ 模块化：按功能、逻辑层次将软件划分为多个子模块；
- ✓ 可扩展：硬件抽象层+算法层+控制器扩展+示教器插件系统等；
- ✓ 安全性：遵循功能安全标准，设计安全控制模块；
- ✓ 兼容性：兼容现有产品系列及后续新品研发。

核心优势：

- (1) 全自主研发，掌握核心技术；
- (2) 形成遨博自有的软件平台，可以通过不断升级迭代，满足未来机器人要求更高和更复杂的控制需求；
- (3) 机器人性能强，表现在：精度高、速度快、实时性高、扩展性强、可靠性高。

3、机器人核心算法

(1) 自主研发了遨博机器人核心算法库 ARAL (Aubo Robot Algorithm Library)，ARAL 是一个灵活、高效且可扩展性强的机器人算法库，以 C++ 为基础，使用了大量的 C++11 特性，目前依赖于 fcl 和 nlopt 外部库。主要包括建模、规划和控制三部分，具体可分为基础数学、刚体建模、运动学、动力学、标定辨识、运动规划、轨迹规划、运动控制、力控制等模

块。aral 以基础算法平台为发展目标，旨在配合遨博控制器软件，快速、有效的为遨博产品的更新迭代提供灵活的算法支持；

(2) 开发了关节模组摩擦力标定，整臂动力学参数自辨识技术，提升了机械臂的力感知精度，拖动更加柔顺，碰撞检测更加灵敏，提高了机械臂的安全可靠性；

(3) 开发了全工作空间的机器人标定算法，基于徕卡激光跟踪仪，大幅提升了机器人的绝对精度；

(4) 力控技术研发，提出了一种基于关节力矩反馈和非线性补偿的阻抗控制算法，实现了基于机电参数辨识的自适应阻抗控制技术；采用国产六维力传感器，实现了基于操作空间的高精度柔顺控制。

核心优势：

- (1) 全自主研发，掌握核心技术；
- (2) 形成遨博自有的算法平台，可以通过不断升级迭代，满足未来机器人要求更高和更复杂的控制需求；
- (3) 机器人性能强，表现在：精度高、速度快、实时性高、扩展性强、可靠性高。

三、企业核心产品

产品 1	iH 系列协作机器人
产品概述	<p>遨博 iH 系列协作机器人具有 3-16kg 不同负载能力，末端可自主搭配不同配件，在精度、速度、稳定性方面都有更佳的表现，可覆盖各行业差异性应用，更好地满足客户与市场需求。</p> <p>重复定位精度、上电定位精度进一步优化，最大碰撞力数值降低，毫秒级系统响应速度确保定位精度，作业轨迹更平稳；工作速度提升 10%-20%，6 自由度机械臂高效运转，大幅提升工作效率；开放的系统平台，末端集成 485 通讯，增加末端拖拽示教功能，支持大电流供电，可与更多种类的末端治具、视觉、移动等外围设备直接建立通讯，更灵活、更便捷；产品通过多项专业认证，稳定可靠，碰撞检测灵敏度提高，无需安全防护，人机协作更安全。</p>

产品图片



产品 2

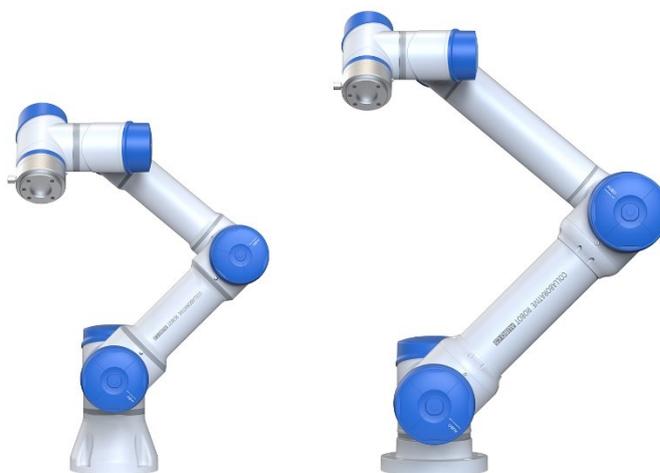
C 系列协作机器人

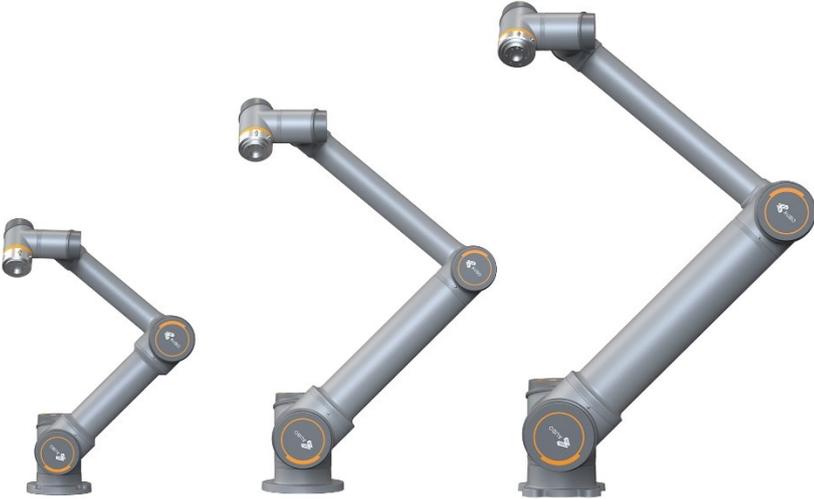
产品概述

遨博 C 系列是一款基于服务、新零售等行业应用特点而开发的协作机器人，产品具有 3-5kg 不同负载能力，可满足服务、新零售等领域需求，投资回报率高。

C 系列协作机器人占地面积小，可快速部署，适应狭小空间安装；简易的工作流程图界面，丰富友好的脚本编程，让技术人员快速熟练操作；一体化关节模块设计、便捷拆装，维护效率更高；标准化的智能接口，开放性的编程语言，可扩展性高；能够自主搭配不同配件，实现丰富多样的功能；对周边环境改动小，可实现高效低成本运作，平均 3-9 个月收回投资成本。

产品图片



产品 3	iS 系列协作机器人
产品概述	<p>遨博 iS 系列高性能协作机器人，共有 iS7、iS10、iS20 三款产品，分别可负载 7kg、10kg、20kg。</p> <p>采用一体化模块化设计，可实现快速更换，维修保养更便捷；机械臂运行速度更快，本体重量减轻，核心零部件优化，搭载新控制算法；重复定位精度、绝对精度、轨迹精度，都有全面提升，防护等级最高可达 IP68。示教器重量仅有 1.1kg，重量减轻 50%以上，屏幕尺寸更小；控制柜占地面积仅为原先的 1/2，体积减小约 40%。</p> <p>iS 系列可广泛应用于全行业场景，更适用于精密制造、喷涂、严苛敏感环境等特殊场景，安全便捷。</p>
产品图片	
产品名称	AUBO 海纳系列复合机器人（AUBO-AMR300）
产品概述	<p>遨博海纳系列复合机器人可灵活控制协作机器人、移动底盘、视觉、末端夹爪等设备，是由协作机械臂、自主移动机器人（AMR）、视觉系统组成的新型三合一复合机器人。</p> <p>其创新地将机械臂、2D/3D 视觉系统以及自主移动机器人（AMR）控制算法部署于一台中央控制器中，通过统一的机器人控制软件对上述三种设备进行操作，由一套电池-电源系统为三种设备供电，节省设备空间。多合一控制系统带来了简单便捷、安全可靠、扩展灵活、高效协同的全场景交互体验，可以灵活适应各种工作环境，省却繁杂操作，通过手、眼、脚配合来完成各种复杂的工作任务。</p>

产品图片



GGII

第五节 艾利特机器人—专注面向未来的新一代协作机器人

一、企业简介

成立时间：2016 年，总部：苏州

艾利特机器人，是专注面向未来的新一代协作机器人制造商和迅速成长的国际龙头企业之一。坚持“创新创造，自主研发”，从底层的操作系统、嵌入式的硬件软件、工艺包与顶端算力、协作机器人的模组关节技术等方面均为自主研发，具有高性价比、高负载自重比、高稳定性的优势，在安全性、易用性、扩展性、维护性、轻便性等方面打破国外技术壁垒，是国内少有的靠技术鼎足行业的协作机器人制造商。截至目前，艾利特机器人全球累计销量近 10000 台，覆盖 30 多个国家，拥有 60 多家经销商和系统集成商。

艾利特旨在服务于汽车、3C 电子、生物医药、医疗、家电、新能源、新零售等在内的多层次人机交互场景，提供全链路、全方位、全渠道的协作机器人一站式解决方案，深度升级和赋能全球产业生态，助力企业实现柔性“智”造变革。

艾利特机器人是专精特新独角兽，拥有超过 250 项专利。自 2023 年以来已经发布新产品 26 款，成为该赛道针对细分应用场景产品发布最多、技术更新迭代最快的企业之一；艾利特自 2023 年以来销量持续增长，绝对销量领先全行业，同比增速领先全行业。

二、企业核心技术

核心技术 1：工具端集成自研六维力/力矩传感器

(1) 机械电子融合度高。机械结构、信号处理电路与工具 I/O 的机械结构、电路完全融合，集成 IMU，通过 IMU 获得加速度进一步提高动态精度。

(2) 工具端机械和 I/O 接口兼容性高。与非力控机型只工具法兰厚度不同，机械和 I/O 接口完全相同。

(3) 体积重量更小。与 CS66 相比，CS66F 工具端重量仅增加 80 克、厚度仅增加 12mm。

(4) 针对协作机器人模块化特点优化量程。以对应关节模块扭矩为量程设定依据，适应未来扩展机型。

(5) 针对协作碰撞频繁的工作特点优化过载能力：CS66F 过载能力超过 400%。

核心技术 2：码垛工艺包

艾利特全智能、零门槛、易部署的码垛工艺包让艾利特协作机器人在码垛灵活性、接口多样性和生产可靠性方面为业内设定了新的基准和标杆。

操作简易：完全脱离示教器示教点位，通过简单设置全部点位即可自动生成垛型；操作界面可呈现实物等比模型，生成多种码垛排样，实现垛型自定义，满足多样化码垛需求支持

整个垛型及单个纸箱位置（位姿）自动修正偏移。

部署快捷：10 分钟换产，首次部署仅需不到 2 小时，支持拖动及反向驱动机器人，更柔性。

灵活开放：支持多种类型插件，插补功能齐全，可完整覆盖码垛应用扩展场合，实现产能的灵活调整，满足不同场景的不同码垛路径需求；支持软件二次开发，资深用户可实现模块化开发，便捷实现夹爪开关、相机、传送带等末端执行器控制。

安全稳定：夹持持续功能，确保运行过程中突然断电或紧急停止时工件不掉落；断电不丢失码垛进度，重新上电可从当前序号继续码垛。

核心技术 3：全新构型可折叠式六轴协作机器人

艾利特 CSA 先进系列协作机器人，基于 CS 系列成熟的关节和控制系统演进升级，构型、速度、效率超越升级，性能和规格迈入全新水准。采用全新的 DH 构型，3 关节负载惯量减小、4 关节功率显著提高，性能大跃升，提供前所未有的运动能力，更适合高性能的工业应用，加速能力更强、工具姿态控制更灵活、本体刚度更高、奇异点分布更合理、关节性能进一步提高、关节扭矩/转速设计更合理。肩部、肘部关节转速达到 $210^{\circ}/s$ 、腕部关节转速达到 $410^{\circ}/s$ 、 $470^{\circ}/s$ 、 $470^{\circ}/s$ 。与同类产品相比，TCP 位置速度提高 40%，TCP 姿态速度提高 100%。

CSA 系列整机采用完全的模块化设计，小臂保持重量轻、刚度高的优点，CS66A/CS66AZ 整机自重仅 21kg。CSA 系列每一款机型都有对应的折叠款 CSAZ，所有关节均可实现完全 $\pm 360^{\circ}$ 旋转，大臂小臂可完全折叠，特别适用于狭小空间的工作和存放。 $\pm 0.02\text{mm}$ 的重复定位精度，可轻松实现 3C 电子、精密仪器等高精度组装装配工作，灵活满足各类复杂应用。

核心技术 4：更强负载、更高速度、更具灵活性

艾利特机器人，一直坚持进行整机结构和性能的不断创新和突破，这一核心技术的代表：艾利特 CSR 回转体系列协作机器人，做到了腕部重量进一步减轻，负载能力进一步增大，加速能力进一步增强，综合运动控制性能显著提升。

速度更快，CS58R/RZ 的肩部、肘部关节转速可达 $210^{\circ}/s$ 、腕部关节转速达到 $410^{\circ}/s$ 、 $470^{\circ}/s$ ，保持 CSA 系列 TCP 位置速度提高 40%、TCP 旋转速度提高 100% 的能力。得益于结构的优化，CS58R/RZ 与 CS66、CS66A/AZ 相比，负载能力由 6kg 提高 33% 至 8kg，可搭载更强大的螺钉锁付、打磨、去毛刺等工艺工具；2.5kg 负载时各轴加速度平均提高 55%，不但节拍更高，且涂胶、等离子切割、激光切割等工艺轨迹的匀速保持能力更强。

精度更高，CS58R/RZ 重复定位精度 $\pm 0.02\text{mm}$ ，工作半径分别为 822mm/938mm，高精度运

动控制算法和优秀的动力学性能，可实现复杂姿态运行环境下的高速稳定运行和精准定位。

姿态更灵活。CSR 系列工具输出轴线与机器人腕部关节轴线距离更近，工具姿态调整更加灵活、奇异点影响更小。可实现更为复杂、精细的姿态变换和运动轨迹，灵活地避开奇异点、绕过障碍物，完成在狭小空间或非结构化环境下的各种复杂任务，提高灵活作业能力。CSRZ 型号还可完全折叠，所有关节均可完全 $\pm 360^\circ$ 旋转，在狭小空间内相比传统机器人节省约 30%的循环时间，有效提高生产效率。

奇异点影响更小。CSR 系列腕部尺寸的进一步减小，极大减少了机器人本体与工件的干涉和碰撞隐患，让末端执行工具安装位置更灵活，最大限度提高有效工作空间。

核心技术 5：复杂应用化繁为简，深度重塑协作理念

更安全才能更协作。艾利特基于嵌入安全控制器的安全监视与规划，将本体与控制箱硬件双通道设计。具备 28 项人机安全功能，Cat. 3 PLd 等级认证。已取得 CE、UL、RoHS、Semi、功能安全认证（ISO13849、ISO15066）、智能等级证书。

全新的界面设计。艾利特基于任务树引导式的图形化与脚本混合编程，实现了完整的 Python 解析器，支持原生 Python 脚本编程语言。同时基于二次开发 SDK 实现了复杂工艺流程模板定制。

控制架构，化繁为简。基于任务节点控制的传送带跟踪功能以及力控功能。基于 RTSI（实时数据交互）功能实现的通用的外部力传感器功能集成。基于高速自研通信总线实现的内置末端传感器功能集成。实现基于 JAVA 与 Python 的二次开发平台。打造基于合作共赢、高效集成、生态共享理念的 ELITECO 生态平台。

功能强大的二次开发 SDK。艾利特支持任务、配置、导航栏多种类型插件，完整覆盖应用扩展场合。并可通过 Daemon 扩展，支持 Python、C/C++、C#等插件程序。使用标准 JAVA、IntelliJ IDEA、Eclipse、Maven 等标准开发 IDE、工具开发。提供功能完善的研发虚拟机，用于用户进行扩展插件开发以及工艺流程仿真，提供丰富的开发示例插件源代码，搭配内容详尽的开发文档以及 API 文档。

技术趋势与方向 1：力控技术拓展应用边界

随着协作机器人的发展推广，以及竞争的白热化，必然对产品功能的丰富性提出更高要求，“力控”将成为未来协作机器人企业竞争的新焦点，持续拓展应用边界。

(1) **力传感器自动标定功能**：即在安装工具后通过标定确保力检测和力控精度。

(2) **负载质量质心辨识的功能**：CSF 系列不需要用户输入负载质量质心，简化示教工作、降低整机使用难度。

(3) **精确拖拽示教及锁轴拖拽功能**: 仅需要 1N 外力即可拖拽 CSF 系列机器人, 结合拖拽速度设置可实现 mm 级或更高精度的拖拽; 各坐标系上均可锁轴拖拽, 各自由度可单独或组合锁定。

(4) **工具端碰撞检测功能**: 碰撞检测灵敏度提高 1 个数量级以上, 安全性大大提高; 手动示教时工件与设备接触的感应更灵敏, 可有效保护工件与设备。

(5) **实时负载检测功能**: 根据负载重量判断抓取是否成功, 或直接用于工件重量检测

(6) **力控坐标系与运动坐标系多种组合形式**:

- ✓ 固定模式: 力控坐标系为固定坐标系, 用于一般打磨、装配等;
- ✓ TCP 模式: 力控坐标系和 TCP 坐标系重合, 用于理疗等;
- ✓ 运动模式: 力控坐标系的 x 轴始终与运动方向在 x-y 平面的投影重合, 用于不规则曲面打磨、恒力跟踪等;
- ✓ 点模式: 力控坐标系的 y 轴始终与 TCP 到力控坐标系连线重合, 用于球状物体打磨等。

(7) **力控坐标系上的每个自由度均可选择不同的控制方式**:

- ✓ 运动控制: 进行预先规划的运动;
- ✓ 力跟踪控制: 维持设置的目标力;
- ✓ 浮动控制: 受外力则运动, 外力撤销时保持位置不变;
- ✓ 弹簧控制: 受外力则运动, 外力撤销则回到初始位置;
- ✓ 浮动+运动: 没有外力时执行预先规划的运动, 有外力时则为外力产生的浮动运动叠加预先规划运动;
- ✓ 弹簧+运动: 没有外力时执行预先规划的运动, 有外力时则为外力产生的弹簧运动叠加预先规划运动。

(8) **力控参数可实时更改、多种力控模式可实时组合及切换**: 完成复杂的装配、环境交互任务。

技术趋势与方向 2: 定制化、专业化应用工艺包

艾利特协作机器人, 集控制、伺服、编码器、机械、结构于一体, 具备强大的生态衍生能力。艾利特机器人在软件生态方面, 技术趋势和方向是: 结合工艺, 推出针对应用的解决方案。方便用户根据工艺自动选择最适合的本体和配套工具, 并生成工艺代码。面向最终客户提供部署快捷、针对应用场景的协作机器人定制化工艺包。让机器人在极短时间内在车间直接部署或重新部署完整的应用程序, 简单操作, 无需编程, 部署灵活, 与传统的机器人自

动化解决方案相比，最多可将部署和重新部署时间缩短 90%，投资回报率更高，提供更丰富的全场景柔性自动化协作解决方案。

艾利特最新推出的针对应用的产品矩阵，在产品定义之初就把平台化、开放化作为重要特征，努力打造以客户需求为中心，面向未来的、融合开放的生态体系。共同实现产品平台化、平台生态化、解决方案场景化和能力服务化，拓展协作应用边界，赋能多领域自动化。

技术趋势与方向 3：模块化、轻量化本体设计

协作机器人的机身结构更灵巧紧凑，极大削减部署空间和循环周期，相比传统协作机器人，CSA 系列安装空间节省约 30%。配合小巧的腕部、高效的姿态运动能力及倒装/侧装的多角度安装方式，更适合狭小空间的紧凑作业。艾利特协作机器人的模块化设计，为满足用户个性化应用需求开辟无限可能。客户在使用和维护机器人时，不必考虑复杂的机械臂关节连接和动力集成，直接使用关节模组连接和驱动机械臂，从而节省大量的时间和成本。艾利特协作机器人，每一个关节中都包含了电机、谐波减速器、电机端编码器、关节端位置传感器和力矩传感器、伺服驱动等一系列零部件。各种模式可在线切换，操作灵活。

凭借持续不断的自主研发和长久强大的自驱力，艾利特将继续在技术上突破、设计上创新，这是艾利特对协作机器人价值的理解、对用户价值的思考的直观展现。

技术趋势与方向 4：深耕细分应用，迭代产品矩阵

基于 CS 系列的突破性模块化设计和强大技术底座，艾利特机器人针对应用“躬身入局、苦修内功”，拓展研发了针对柔顺装配的自研六维力/力矩传感器的 CSF 力控系列；针对平面移栽的 CSH 地平线系列；针对危险爆炸环境研发的 CS 防爆系列；针对螺丝锁付、涂胶、打磨抛光等工具输出可自身旋转或工具输出为回转体的应用而优化的 CSR 回转体系列，展现出强大的市场潜力和场景张力。

艾利特以客户需求为中心，结合真实应用场景进行产品矩阵的创新演进。为细分领域提供更可靠、更灵活的解决方案，实现产品矩阵的广谱适配，为客户提供更广阔的应用空间。

技术趋势与方向 5：柔顺控制、自学习

在制造业供应链韧性的的重要性再度被放大的环境下，全球制造业企业急需通过数字化、自动化手段提升生产的柔性和管理的精益度，实现敏捷生产。除了全球宏观环境以外，数字时代终端消费者需求的瞬息万变也对企业生产构成了另一重压力，倒逼企业必须“以需定产”，敏捷回应市场需求。传统的人力模式无法适应柔性生产的快节奏，企业必须对工厂系统进行全方位的自动化升级。在企业拥抱自动化的过程中，传统的工业机器人由于缺乏柔性、难以部署从而限制了其应用场景。为了更好地适应灵活、快速、安全部署的要求，越来越多

的企业将目光转向了协作机器人。

与传统的工业机器人不同，协作机器人能够与员工直接近距离交互，匹配现有的工作单元和 workstation，无需额外设置安全护栏或改变现有的厂房布局。协作机器人的安装和操作也非常方便，能够灵活快捷地在多个产线流程中进行重新部署和任务切换，而且即使无编程经验的操作人员，只需稍加培训便能通过直观便捷的界面进行快速设置和操作。

三、企业核心产品

产品 1	艾利特 CS625 协作机器人
产品概述	<p>艾利特CS625协作机器人，工作半径1500mm，有效负载25kg，负载能力更强、工作半径更大，25kg负载但自重仅60kg，比国外同类产品轻25%，负载自重比超过40%，同级别唯一，且支持各种安装角度。创新的运动控制算法，运行速度比国外同类产品提高5%，比国内同类产品提高35%以上，全部关节转速均达世界最快。全新工具I/O硬件设计，对外供电达5A、120W，满足大功率、高负载末端工具的供电需求，拥有强大生态衍生能力。高灵敏度的碰撞检测功能，在大臂展、大负载的情况下，末端定位精度更高、运行更平稳、更智能，完美适配多样化应用场景。</p>
产品图片	
产品 2	艾利特 EC64-19 协作机器人
产品概述	<p>艾利特 EC64-19 协作机器人，超长臂展 1900mm，能从各个角度对大型零部件进行全方位、快速、准确地拍摄，灵活自由。自重仅 33kg，比类似臂展的标准协作机器人重量减轻一半，超轻量化设计，让生产作业更游刃有余。±0.05mm 的重复定位精度，定位精准更能将不同方位测量数据统一到同一个坐标系下，实现无标拼合。便捷易用的软件平台，无需复杂培训及专业编程知识，使用零门槛，任何人都能轻松上手。支持任</p>

意角度安装，进一步扩大有效工作空间。拖拽示教可极大减少使用难度，在短时间内快速部署于不同应用场景，提高生产率、质量和投资回报率。

广泛适用于整车车身质量检测、整车电池包质量检测、大型零件 3D 扫描与建模、建筑室内 3D 扫描与建模、广告拍摄、电影电视拍摄、智能数控影棚、列车精准定位、全方位车底图像采集、车底关键零部件三维图像采集、实时自主故障识别等场景。

产品图片



产品 3

艾利特 CS520H 地平线协作机器人

产品概述

艾利特 CS520H 协作机器人，工作半径长达 2 米，一键部署码垛工艺包解决多种码垛难题，是全球首款码垛协作机器人。负载 20kg，解决了现有协作机器人负载小的难题，满足多种码垛负载需求。臂展 2000mm，净堆垛高度 1.8m，1.2mx1.2m 标准托盘、1.8m 标准垛体码垛轻松完成。内置专用码垛工艺包，适应多种垛型要求，应对大托盘、大工件、大垛体场景。肩部关节最大转速 125° /s，工具水平和垂直最大速度均可达到 4.3m/s，相比同级通用协作机器人效率提升 50%以上。重复定位精度±0.05mm，高速精准码垛，满足智能制造时代码垛的高性能要求。结构紧凑，自重 57kg，仅为同级工业码垛机器人的 1/6，占地面积仅为 1/4，轻量化设计，在较小占地面积范围内也能进行全自动高节拍、高堆叠码垛。

<p>产品图片</p>	
<p>产品 4</p>	<p>艾利特 CS66F 力控协作机器人</p>
<p>产品概述</p>	<p>艾利特 CS66F 力控协作机器人，自主研发力传感器技术，在机器人工具端内部配置六维力/力矩传感器，创新突破。满负载时碰撞检测灵敏度优于 3N，提供 150N、10Nm 的力/力矩量程，综合准度 2%，精度 0.5%。相比依靠关节电流进行力检测的形式，机器人工具端力/力矩检测精度提高 1 个数量级以上，比国外主要对手的精度提高一倍以上。更灵敏的力觉反馈能力，只需 1~2N 外力即可拖拽机器人，不论安装了多么沉重的工具，都可以轻松拖拽达到期望的位置点。恒力跟踪精度可达 0.5N，配合 CS 系列完善的力控指令和力控工艺包，可实现精确的复杂曲面打磨、抛光等作业。过载能力超过 400%，防护等级标配 IP68，完美适配协作机器人多样化的工作场景和工作环境。</p>
<p>产品图片</p>	
<p>产品 5</p>	<p>艾利特 CS66AZ 先进协作机器人</p>

产品概述

艾利特 CS66AZ 先进协作机器人，关节性能更高，关节扭矩/转速设计更合理，肩部、肘部关节转速达到 $210^{\circ}/s$ 、腕部关节转速达到 $410^{\circ}/s$ 、 $470^{\circ}/s$ 、 $470^{\circ}/s$ 。与同类产品相比，TCP 位置速度提高 40%，TCP 姿态速度提高 100%，显著提高企业生产效率。大臂小臂可完全折叠，所有关节均可实现完全 $\pm 360^{\circ}$ 旋转。机身结构更灵巧紧凑，极大削减部署空间和循环周期，相比传统协作机器人，CSA 系列安装空间节省约 30%。配合小巧的腕部、高效的姿态运动能力及倒装/侧装的多角度安装方式，更适合狭小空间的紧凑作业。 $\pm 0.02\text{mm}$ 的重复定位精度，轻松实现 3C 电子、精密仪器等高精度组装装配工作，灵活满足各类复杂应用。整机采用完全的模块化设计，小臂保持重量轻、刚度高的优点，整机自重仅 21kg。轻量的一体化设计，全系标配 IP68 级防护，优质高效，更可靠。

产品图片



第六节 天机智能一面向泛工业及商业领域的实用派协作机器人

一、企业简介

成立时间：2015 年，总部：东莞

天机以机器人及控制系统为核心，聚焦机器人产品及应用，深入工艺端，面向泛工业及商业两大领域，为客户提供标准化产品及服务。

天机已深入多个行业，与头部企业达成战略合作，在 3C、汽车电子、新能源、家电、食品等行业都有成熟案例，帮助企业持续提高生产效率，改善产品质量，提升员工安全水平，助推产业升级。

天机具有中小负载全类型机器人产品矩阵，自研天机 Fusion 控制系统，全面覆盖不同应用场景，充分满足客户多样化需求。天机是国内为数不多同时面向泛工业及商业，产品同时涵盖协作机器人及工业机器人（SCARA、六轴）。

截止 2022 年底，使用天机产品的客户已超 800 余家，在线稳定运行机器人超 10000 台套。

自成立以来，天机被评为国家级高新技术企业、“专精特新”小巨人企业、广东省机器人骨干企业、广东省“守合同重信用”企业、诚信标杆企业、东莞十大倍增标杆企业、东莞机器人十大领航企业；荣获机器人产业推动奖、年度中国机器人产业链 TOP50 等多项荣誉。

二、企业核心技术

1、协作机器人控制器

协作机器人控制器由天机完全自主研发，是天机多年在机器人控制技术上的实践经验的结晶，结合 AI 通道技术，控制器可以配合前沿的智能化应用。天机协作机器人控制器在轨迹规划精度上有着得天独厚的优势，并且在综合运动算法上也是在国内第一梯队。

2、协作机器人高精度力控传感器

天精力控协作机器人所采用的高精度力控传感器，相比同行，在精度更高、性能更好的同时，成本也比传统传感器有了大幅下降，使得力控协作机器人的成本不再高昂，适合广阔的力控相关应用场景。并且由于传感器的高性能，使得机器人在碰撞安全、力控能力、拖动示教上都带来了质的飞跃。

3、安全功能设计

天机协作机器人提供了丰富的安全功能，包括更专业的碰撞检测参数设置、碰撞检测自优化、安全防护信号、系统状态灯环等等。

4、易上手的交互界面

在软件界面上，采用更高效直观的交互设计，让用户体验更好，使用更便捷。在硬件层面上，提供更全面的通信接口，使得用户不需要另购转接板，一插即用。对于更专业的第三方开发者，天机也提供了底层 API 接口，供对方更自由的开发新应用新插件。

三、企业核心产品

	Grace 7 Pro	Delight 7
高精度关节力控	有	无
力控精度	0.5N(力)，0.1Nm(力矩)	/
最大负载	7kg	7kg
重复定位精度	±0.03mm	±0.02mm
工作半径	1076mm	920mm
自由度	7 轴	6 轴
工具端最大速度	5m/s	5m/s
关节 1	180° /s	180° /s
关节 2	180° /s	180° /s
关节 3	180° /s	180° /s
关节 4	180° /s	270° /s
关节 5	230° /s	270° /s
关节 6	230° /s	270° /s
关节 7	300° /s	/
本体材料	铝合金	铝合金
本体重量	29kg	23kg
防护等级	IP54	IP54
底座接口	数字 16 进 16 出、模拟 2 进 2 出、高速编码器 4 组、RS485、防护停止、外部急停、网口、USB 3.0	
末端接口	24V 电源、数字 4 进 4 出、模拟 1 进 1 出、RS485	
通讯协议	TCP/IP、Modbus TCP/RTU、EtherCat、EtherNet	
安装角度	任意角度	
工作温度	0-45℃	0-45℃

湿度	20-80%RH (无结露)	20-80%RH (无结露)
产品图示	 <p>(Grace 7 Pro)</p>	
	 <p>(Delight 7)</p>	

第七节 鑫精诚传感器—国产力传感器黑马

一、企业简介

成立时间：2009 年，总部：深圳

“鑫精诚传感器”以自主研发、生产、销售、服务为一体的技术企业。拥有从事智能传感器与控制仪表行业多年的专业研发设计经验团队 30 余人，每年技术研发投入超过 1000 万元。严格管理执行 ISO9001、14001 等国际体系认证；产品已取得 CE/ROSH/UL 等国际认证。

公司作为国内最早一批进入六维力传感器研发和应用的非研究型企业，经过 10 多年的产品研发及技术应用积累，产品的各项精度指标均处于行业领先水平。依托于强大的研发和交付实力，可以快速为客户定制各种应用场景的六维力传感器。另外独特开发纯结构解耦的结构，可以大大的节省标定和制造时间和成本。近年来传感器在销量上增长速度飞快，仅仅在 3C 智能装配行业，六维力传感器的年销售量已经超过 2000 只。

二、企业核心技术—传感器结构解耦技术

结构解耦的六维力传感器有 6 个通道输出，分别为三个力(F_x, F_y, F_z)和三个力矩(M_x, M_y, M_z)，各个通道之间相互独立，在其中一个通道工作时，只有该通道有信号输出，其他通道不会有信号输出。**结构解耦优点（和纯软件解耦相比）：**

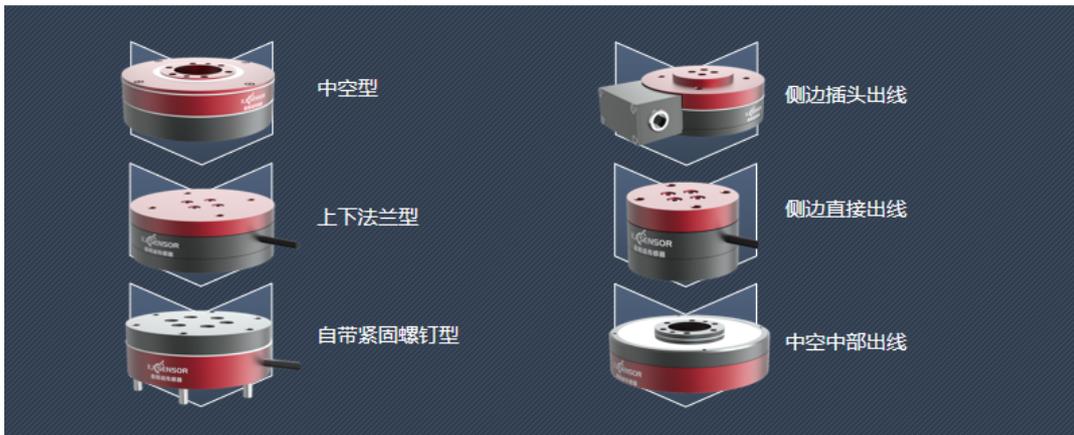
- ✓ 长期耦合误差小，信号长期稳定。
- ✓ 对不同安装面的尺寸公差和位置公差的耦合数据一致性好。
- ✓ 反复安装对耦合误差影响小。
- ✓ 对各种机械臂的安装适应性好。
- ✓ 耦合误差不受传感器零点漂移量的影响。
- ✓ 耦合误差不受标定值变化的影响。
- ✓ 若六维力传感器一个通道损坏，其余 5 个通道可以正常使用。
- ✓ 六维力传感器安装替换简单，替换后无需重新进行解耦标定。
- ✓ 非标定制各种结构和尺寸，定制简单方便。

鑫精诚六维力传感器独特的存结构解耦技术，可以极大节省标定和制造时间和成本，满足高校、实验室、工厂等客户定制的各种场景并快速交付。

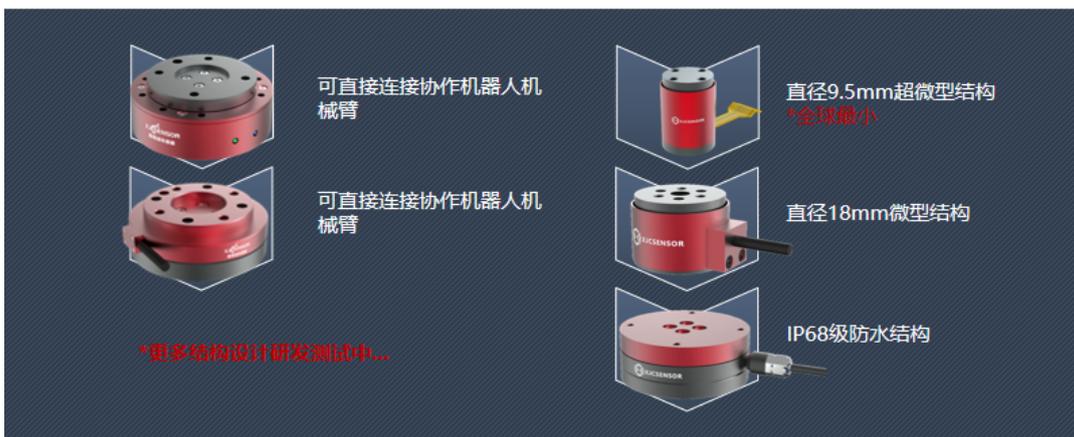
三、企业核心产品

鑫精诚六维力传感器产品直径跨度从 9.5mm 到 300mm，力量程跨度从 5N 到 50KN，力矩量程跨度从 0.1N.m 到 1000N.m，可覆盖大部分应用领域；该产品结构包括中空式、法兰式、IP68 深水、微型式、自带紧固螺钉式等，几乎覆盖了常规六维力传感器的所有结构。

现有产品结构



现有产品结构



产品特点



尺寸覆盖:
 直径: $\phi 10\text{mm}$ ~直径 $\phi 300\text{mm}$
 高度: 10mm~100mm
 特殊尺寸可以非标定制;

量程覆盖:
 力F: 5N~30kN
 力矩M: 0.1N.m~600N.m
 多种力和力矩组合可以非标定制;

材料覆盖:
 铝合金、不锈钢、钛合金

输出信号:
 :
 通过模块后可输出: 以太网, RS232, RS485, EtherCAT, 0~10V, 4~20mA 等

其中直径大于80mm的可内置模块

第八节 来福谐波—国产精密传动解决方案优质供应商

一、企业简介

成立时间：2013 年，总部：浙江嵊州

浙江来福谐波传动股份有限公司（以下简称：来福），致力于成为一家精密传动解决方案的提供商。公司自研自产谐波减速器、力矩电机、编码器、驱动器、精密轴承、行星减速器等精密传动产品，形成谐波减速器、关节模组及精密零部件三大业务版块。深耕行业超十年，来福已成为从单一零部件到精密传动解决方案的综合型企业。公司自有工厂占地 80 亩，拥有超过 400 名员工，其中研发工程师超过 100 人。

（1）谐波减速器

发展至今，来福谐波已实现四大系列 11-40 型号全系列覆盖，可支持轴承及结构各种非标产品的开发与生产。凭借强劲的技术研发能力和先进的生产制造能力，公司有效降低谐波减速器的生产成本，大大缩短交货周期，同时在传动精度、可靠性、使用寿命等核心指标上缩小了与国外先进技术的差距。

目前，公司谐波减速器年产量 15 万台，预计 2024 年年产量达到 30 万台。公司已累计服务多个行业客户超过 500 家，国内市场份额超 30%，出货量位居国产 TOP2。

（2）关节模组

来福模组基于自研自产的谐波减速器、无框电机、编码器、制动器和驱动器等机电产品集成整合，具有轻量化、模块化、装配方便、便于维护等优点。除了标准型号外，来福模组可满足不同客户不同场景的定制要求，在机器人、机床、半导体、自动化设备、新能源、精密测量仪器、航天设备相关等领域均有突破性的探索。

二、企业核心技术

1、面向高精度高可靠性谐波减速器的正向设计与优化技术

面向高精度高可靠性谐波减速器的正向设计与优化技术，并全自研自产，对谐波传动新型齿形、谐波减速器传动误差、谐波减速器动力学特性等开展了研究，提高产品的精度保持性，扭转刚性的保持性，提升减速器的寿命，降低产品振动，减少共振频率区间。

- （1）传动精度： ≤ 40 弧分；
- （2）背隙： ≤ 10 弧秒；
- （3）刚性：对比标准产品，提高 30%；
- （4）扭矩：对比标准产品，提高 30%；
- （5）传动效率： $\geq 75\%$ ；

- (6) 噪音： ≤ 60 分贝；
- (7) 使用寿命： ≥ 10000 小时。

2、新材料与新工艺

应用新材料（柔轮、钢轮），通过改善热处理工艺，细化组织晶粒度，提高材料的综合力学性能，是金属基体强度提高，耐冲击，同时提高金属表面应力腐蚀能力，降低磨损，使产品提高扭转刚度 30%以上，提高产品使用寿命。

3、高精柔性轴承和交叉轴承的自研自产

柔性轴承及交叉轴承是谐波减速器的关键部件，其性能和寿命将显著影响谐波减速器的正常运行。基于薄壁环理论，通过分析轴承外圈的变形特征和弯曲法向应力分布分析，建立了计算谐波减速器中椭圆凸轮柔性轴承的载荷分布模型。凭借理论与生产能力的结合，实现了高精柔性轴承和交叉轴承的自研自产，提高轴承的运转精度和整体刚性。

4、小体积一体化关节模组技术

一体化关节模组为机器人企业提供了便捷性，但目前一体化关节用电机、减速器部件还比较重，关节转矩密度的提升很大程度依赖于电机和减速器部件的优化。基于在谐波减速器积累的成熟产品经验，通过减速器和电机同轴一体式设计，压缩轴向和径向尺寸，将输出轴侧的编码器转移至执行器定子侧，提高关节紧凑性，减少系统复杂性，同时该中空轴可用于机器人走线及提升产品散热能力。为了降低集成带来的强电磁干扰，优化磁屏结构，公司自主研发设计开发抗干扰的编码器，开发出双编码器反馈，及轻量化，小体积的一体化关节模组产品，并已在协作及服务型机器人领域得到应用。

三、企业核心产品

1、LHG 系列

LHG 系列谐波减速器柔轮为中空翻边形标准筒结构，整机结构紧凑，满足高扭矩、高负载、高可靠性的需求，转矩容量比 LHT 系列提升 30%以上，使用寿命提高 43%以上。

产品特点：

- (1) 扁平设计、大口径、中空轴；
- (2) 紧凑简洁的设计；
- (3) 无齿隙；
- (4) 输入输出同轴；
- (5) 优良的定位精度和旋转精度。



LHT/LHG- I



LHT/LHG- II



LHT/LHN/LHG- III



LHT/LHN/LHG- IV



LHT/LHG- V

LHG额定参数表

型号 Model	速比 Reduction ratio	输入2000r/min时的 额定转矩 Rated torque at 2000r/min input		启动停止时的 容许峰值转矩 Permissible peak torque at start and stop		平均负载转矩的 容许最大值 Permissible maximum value for average load torque		瞬间容许最大转矩 Permissible maximum momentary torque		容许最高 输入转速 (脂润滑) Permissible maximum input rotational speed(Grease)	容许平均 输入转速 (脂润滑) Permissible average input rotational speed(Grease)	背隙 Backlash	重量 weight	设计寿命 Desian life
		Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	Nm	kgfm	r/min	r/min	Arc Sec	kg	Hour
14	50	7	0.7	23	2.3	9	0.9	46	4.7	8500	3500	≤20	LHG-I/II:0.40	10000
	80	10	1.0	30	3.1	14	1.4	61	6.2				LHG-III:0.7	15000
	100	10	1.0	36	3.7	14	1.4	70	7.2				LHG-IV:0.66	15000
	120	10	1.0	36	3.7	14	1.4	70	7.2				LHG-V:0.40	15000
17	50	21	2.1	44	4.5	34	3.4	91	9	7300	3500	≤20	LHG-I/II:0.54	10000
	80	29	2.9	56	5.7	35	3.6	113	12				LHG-III:0.99	15000
	100	31	3.2	70	7.2	51	5.2	143	15				LHG-IV:0.90	15000
	120	31	3.2	70	7.2	51	5.2	112	11				LHG-V:0.62	15000
20	50	33	3.3	73	7.4	44	4.5	127	13	6500	3500	≤20	LHG-I/II:0.72	10000
	80	44	4.5	96	9.8	61	6.2	165	17				LHG-III:1.32	15000
	100	52	5.3	107	10.9	64	6.5	191	20				LHG-IV:1.29	15000
	120	52	5.3	113	11.5	64	6.5	191	20				LHG-V:0.82	15000
	160	52	5.3	120	12.2	64	6.5	191	20					15000
25	50	51	5.2	127	13	72	7.3	242	25	5600	3500	≤20	LHG-I/II:1.22	10000
	80	82	8.4	178	18	113	12	332	34				LHG-III:2.02	15000
	100	87	8.9	204	21	140	14	369	38				LHG-IV:1.99	15000
	120	87	8.9	217	22	140	14	395	40				LHG-V:1.40	15000
32	50	99	10	281	29	140	14	497	51	4800	3500	≤20	LHG-I/II:2.54	10000
	80	153	16	395	40	217	22	738	75				LHG-III:4.20	15000
	100	178	18	433	44	281	29	841	86				LHG-IV:4.00	15000
	120	178	18	459	47	281	29	892	91				LHG-V:2.70	15000
40	50	178	18	523	53	255	26	892	91	4000	3000	≤20	LHG-I/II:4.40	10000
	80	268	27	675	69	369	38	1270	130				LHG-III:7.20	15000
	100	345	35	738	75	484	49	1400	143				LHG-IV:7.00	15000
	120	382	39	802	82	586	60	1530	156				LHG-V:4.06	15000

2、LHD 系列

LHD 系列柔轮为超薄中空翻边结构，在不改变产品性能的状态下，LHD-I 轴向长度约缩短了 50%，LHD-III 轴向长度缩短了 15% 以上。

LHD-I 整机设计已达到扁平的极限，体积小、重量轻，非常适合于对减速器有苛刻厚度要求的场合使用；LHD-III 非常适合于需从减速器中心穿线的且有苛刻厚度要求的场合使用。

产品特点：

- (1) 超薄型形状；
- (2) 紧凑简洁的设计；
- (3) 高转矩容量；

- (4) 高刚性；
- (5) 输入输出同轴；
- (6) 优良的定位精度和旋转精度。



LHD- I



LHD- III

LHD额定参数表

型号 Model	速比 Reduction ratio	输入2000r/min时的 额定转矩 Rated torque at 2000r/min input	启动停止时的 容许峰值转矩 Permissible peak torque at start and stop	平均负载转矩的 容许最大值 Permissible maximum value for average load torque	瞬间容许最大转矩 Permissible maximum momentary torque	容许最高 输入转速 (脂润滑) Permissible maximum input rotational speed(Grease)	容许平均 输入转速 (脂润滑) Permissible average input rotational speed(Grease)	背隙 Backlash	重量 Weight	设计寿命 Desian life
		Nm	Nm	Nm	Nm	r/min	r/min	Arc Sec	Kg	Hour
14	50	3.7	12	4.8	23	8500	3500	≤20	LHD-I:0.34 LHD-III:0.64	9000
	80	5.4	16	7.7	35					10000
	100	5.4	19	7.7	35					10000
17	50	11	23	18	48	7300	3500	≤20	LHD-I:0.42 LHD-III:0.87	9000
	80	15	29	19	61					10000
	100	16	37	27	71					10000
20	50	17	39	24	69	6500	3500	≤20	LHD-I:0.54 LHD-III:1.14	9000
	80	24	51	33	89					10000
	100	28	57	34	95					10000
25	50	27	69	38	127	5600	3500	≤20	LHD-I:0.95 LHD-III:1.75	9000
	80	44	96	60	179					10000
	100	47	110	75	184					10000
32	50	53	151	75	268	4800	3500	≤20	LHD-I:1.90 LHD-III:3.56	9000
	80	83	213	117	398					10000
	100	96	233	151	420					10000

3、CMH 系列高压关节模组

CMH 系列高压关节模组共有 CMH17、CMH20、CMH25、CMH32 等型号，同时还可以满足客户非标定制的需求。CMH 系列产品包含优选高精度编码器，自主研发大中伺服电机、定制高扭矩谐波减速器等主要部件，为客户省去上百种机械电子器件选型、设计、采购、组装的人力和时间成本。

产品特点：

- (1) **高转矩，小体积：**最高输出转矩高达 900N·m 左右；
- (2) **高产品精度：**绝对定位精度可控制在 20 角秒以内；

- (3) **大中空孔**：方便配线、配管、激光等走线；
- (4) **长寿命**：使用 1.5 万小时以上精度仍保持不变；
- (5) **高度集成**：谐波减速器、电机、编码器结合一体，多品牌驱动器适配；
- (6) **低振动**：极低噪音与振动，良好的动态性能，半导体、医疗影像设备、精密仪器等应用首选；
- (7) **强环境适应性，IP65 级防护**：满足中性盐雾要求交变湿热；
- (8) **免维护**：全使用周期免维护无需更换油脂等；
- (9) **灵活定制**：功率、减速比、扭矩、尺寸、轻量化均可定制。

4、CLH 系列低压关节模组

CLH 系列是基于客户服务需求，以自有的伺服驱动器和绝对值编码器基础上进行延伸，推出的标准化关节模组产品。

CLH 系列有 CLH14、CLH17、CLH20、CLH25、CLH32 等型号，设计精巧、结构紧凑，小巧体积中包含伺服驱动器、电机端绝对值编码器、输出端绝对值编码器、无框力矩电机、制动器、精密谐波减速机等主要部件，为客户省去上百种机械电子器件选型、设计、采购、组装的人力和时间成本。

产品特点：

- (1) **高转矩，小体积**：最高输出转矩高达 400N·m 左右
- (2) **高产品精度**：绝对定位精度可控制在 20 角秒以内
- (3) **大中空孔**：方便配线、配管、激光等走线
- (4) **低振动**：极低噪音与振动，良好的动态性能
- (5) **强环境适应性，IP65 级防护**：满足中性盐雾要求交变湿热
- (6) **免维护**：全使用周期免维护无需更换油脂等
- (7) **灵活定制**：功率、减速比、扭矩、尺寸、轻量化均可定制

第九节 康士达—致力于让设备更智能

一、企业简介

成立时间：2009 年，总部：深圳

深圳市康士达科技有限公司成立于 2009 年，专注于工控板卡、整机、智能系统的设计开发。是一家集研发、生产、销售、定制化服务为一体的国家高新技术企业，专精特新企业。康士达立足于自主创新、自主研发，所有的产品拥有完全的自主知识产权，并通过了 ISO9001。公司自成立以来，始终以“让设备更智能”的发展使命服务行业客户。产品广泛应用于工业控制、机器视觉、机器人、边缘计算、自动驾驶、三维建图、嵌入式软件等尖端智能行业。

深耕工控行业数十年，康士达积累了深厚的研发功底，作为专业的智能系统开发商，公司全力为各行业客户提供个性化软硬件服务，包括 CPU 控制器、视觉处理卡、AI 加速卡、底层驱动技术、中间开发包、AISDK 及 APP 开发指导等 OEM&ODM 服务。产品稳定性和可靠性得到了广大客户的高度认可，在机器人、机器视觉、工业控制等工控方面的应用处于行业领先地位。

康士达不断与时俱进，励精图治，于 2018 年在东莞成立了自己的生产基地，2020 年在深圳购买总部物业，并成立了康士达智能信息软件公司，及上海和北京分公司。致力为客户带来更好的产品与服务。

二、企业核心技术

1、企业核心技术 1

康士达从事工控板卡及工控整机的研发设计，有 15 年以上的设计经验，其中在宽温、三防、宽压设计、短路、过流过压保护、EMD/EMC 防护、浪涌、绝缘、平衡、抗震等方面有很多独到之处，能够为客户在各种环境的应用提供助力。

2、企业核心技术 2

康士达控制器在智能化工业设备中的高可靠性技术，机器手臂的实时性系统优化技术以及图形图像处理技术。

3、企业核心技术 3

康士达控制器应市场需求，集成 POE、CAN、DIO、光源控制器等功能，减少客户拼装带来的不稳定性，同时也减少客户成本。

4、企业核心技术 4

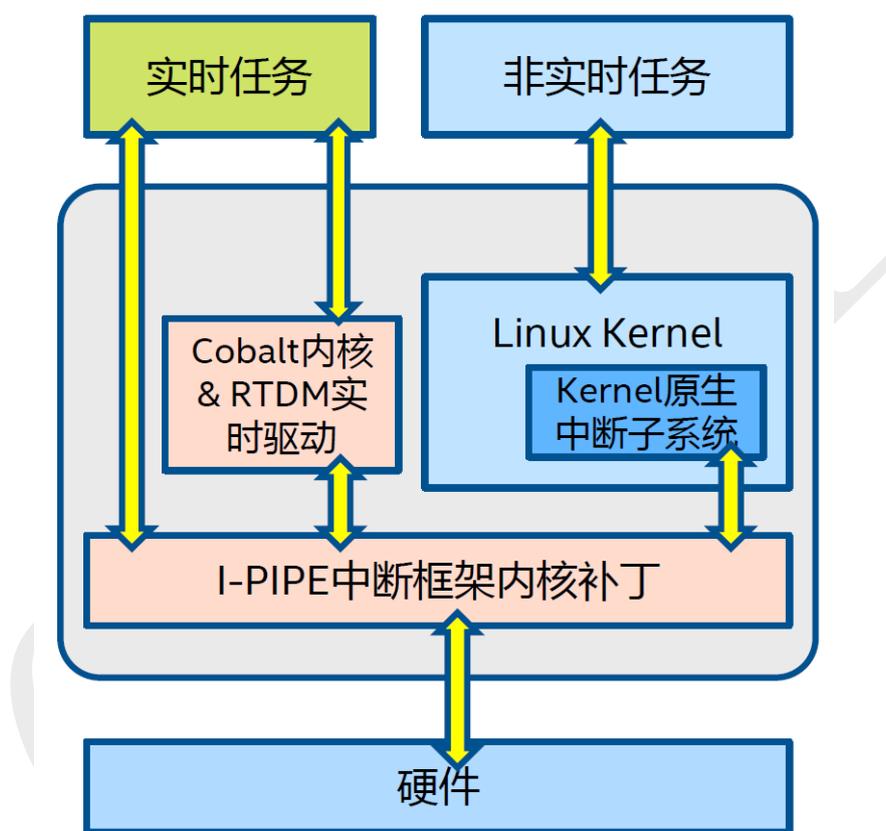
康士达在软件开发方面拥有雄厚的实力，精通底层 BIOS、EC 等开发，可为客户定制特色功能；精通 MCU、ARM32 的固件开发，满足工业场景硬件的灵活扩展；同时在 Android 系

统开发、Linux 系统裁剪以及实时性优化方面积累了丰富的经验。

技术应用优势：

(1) 工业自动化领域

工业自动化是现代先进工业科学的核心技术，不断地创新工业自动化技术，对于我国工业化的发展与产业结构优化升级有着重大意义，其对实时性的要求很高，主要表现在实时控制。即要求计算机系统能够在限定的时间内对外来事件做出反应，进行实时数据采集，实时控制决策，实时控制输出。公司的实时性系统优化技术，对工业自动化的发展起到推进作用。

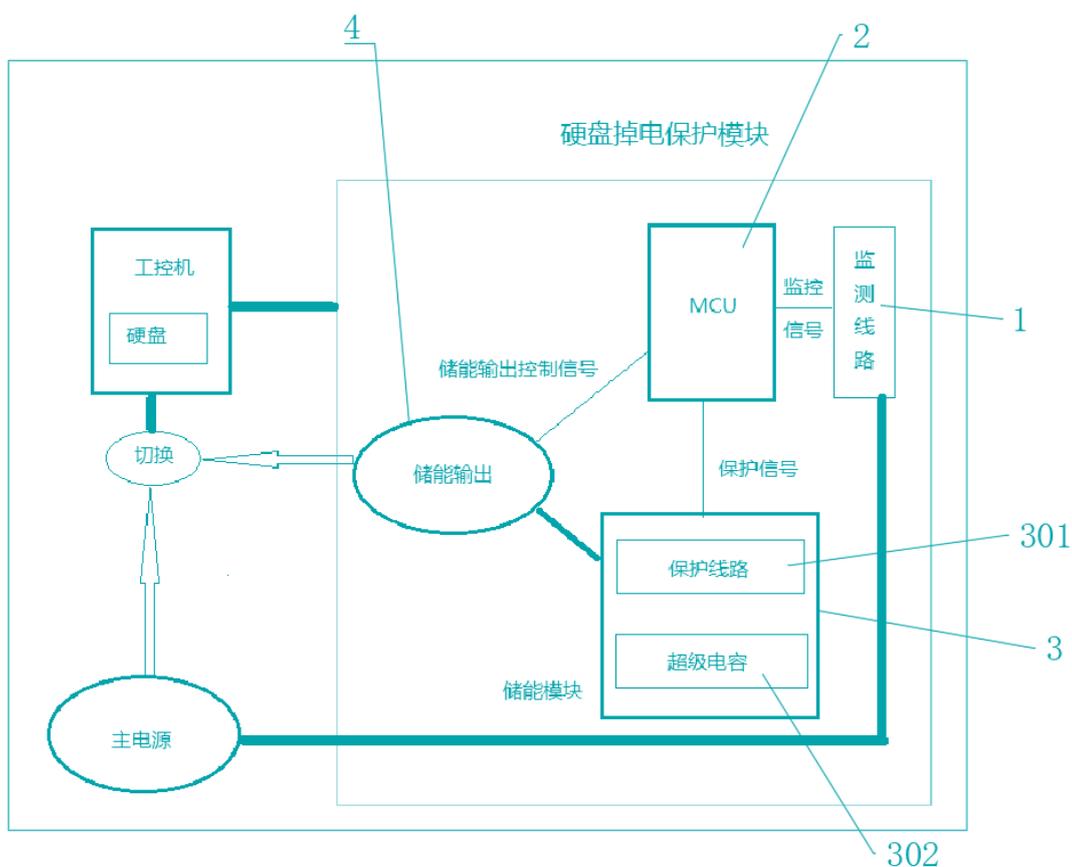


	工作周期	任务调度Latency
推荐场景	<=100ms	<40us
典型场景	<=1ms	<25us
可达场景	125us	<10us

(2) 机器视觉领域

机器视觉作为工业自动化系统的灵魂之窗，应用范围非常广泛，如今，机器视觉在国际逐步走向成熟，在工业 4.0 和中国制造 2025 的影响下，我国的机器视觉逐渐向着多领域、多行业、多层次进行延伸。公司的硬件可靠性设计技术和软件的图像处理技术，在该领域得

到广泛应用，特别是硬盘保护技术，解决了智能工厂拉闸断电后的系统破坏问题。



三、企业核心产品

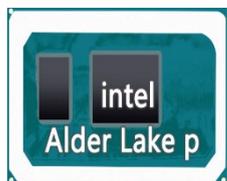
1、产品 1：智能边缘控制器 U12TK

——基于 12th Intel® 酷睿 Alder Lake P

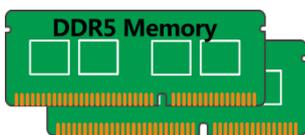
应用于：工业控制、工业物联网、机器人、机器视觉领域



- ✓一体式散热设计，内部隔绝灰尘；
- ✓紧凑型小尺寸主机，巴掌可容；
- ✓支持 2 路 CAN Bus 扩展/AI 加速卡扩展；
- ✓散热器模块化设计，方便拆卸维护。



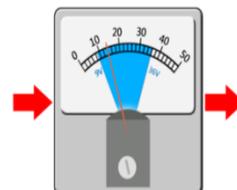
Intel Alder Lake P 处理器



双通道 DDR5 内存



移动网络扩展



9~36V 宽压

(1) 更强处理能力——Intel Alder Lake P 平台

处理平台上, 基于 Intel 12 代酷睿低功耗平台 Alder Lake P 采用 7nm 制程。支持 Intel Core i3-1215U/i5-1235U/i7-1255U、Celeron7305, 热设计功耗 (TDP) 支持 15W/28W, 功耗较低, 性能完美释放, CPU 处理性能较上一代提升 33%左右。

(2) 更准识别能力

在核显上, 该产品采用 Intel® Iris Xe Graphics(96/80EU), 为 Intel Iris Xe 核显架构, 性能优异, 支持多通道独立显示, 同时该产品配备 2 个 DDR5 SO-DIMM 内存插槽, 最高支持 64GB, 满足大量数据处理的需求。



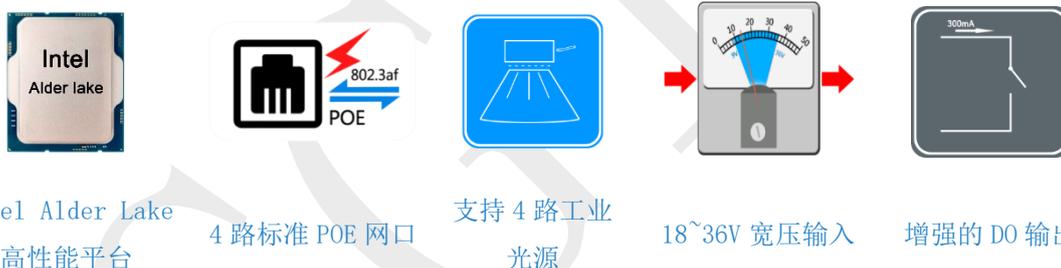
2、产品 2：机器视觉控制器 Q6AMV

——基于 12th Intel Core Alder Lake-S 处理器平台

应用于：工业控制、机器人、机器视觉领域



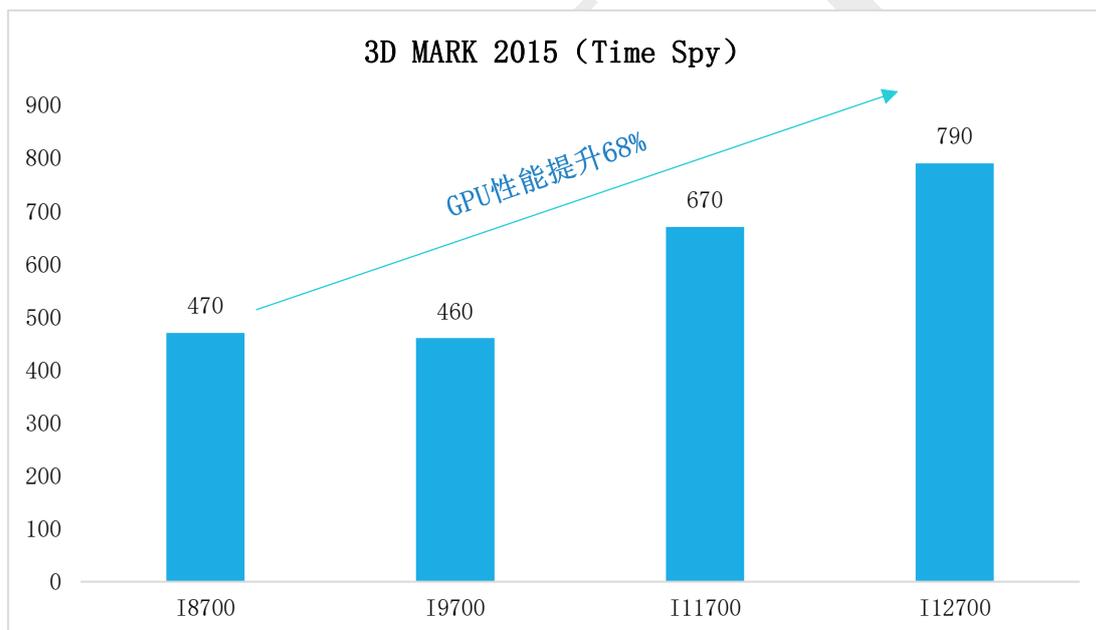
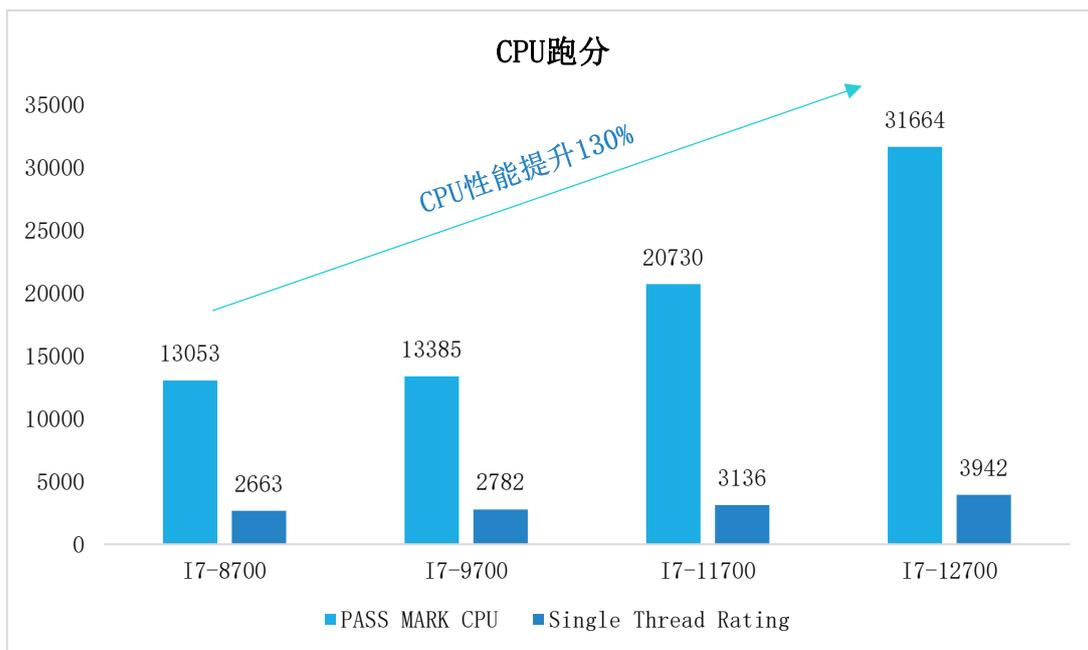
- ✓ Intel 12th/13th 台式机处理器平台，全新架构，性能暴增；
- ✓ 6 个千兆网口，支持 4 路 POE，支持 Intel VPro 技术；
- ✓ 6 个 USB3.0 & 2 个 USB2.0、2 个串口、16 路 DIO，支持 4 路光源供电；
- ✓ 支持 PCIe-X16、1 个 M.2 WIFI 扩展、1 个 M.2 4G/5G 扩展。



Intel Alder Lake 高性能平台 4 路标准 POE 网口 支持 4 路工业光源 18~36V 宽压输入 增强的 DIO 输出

高性能处理器平台——Intel Alder lake-S: Intel 12 代 Alder lake 处理器平台，采用 Intel 10nm 制程，基于全新的 P+E 核处理器架构，支持最高 16 核 24 线程，性能倍增；基于 Intel Xe 核显架构，支持 4 路独立显示，可支持 8K 显示输出。

- ✓ 12 代 i7 的 CPU 性能对比于 9 代 i7 CPU 性能提升了 130%；
- ✓ 12 代 i7 的 GPU 性能相对于 9 代 i7 的 GPU 提升 68%。



第十节 神源生智能—致力于力测试技术的研究和产业化

一、企业简介

成立时间：2012 年，总部：南京

依托南航雄厚的力学、特种加工和仪器设计等学科基础，掌握了兼顾高刚度和高灵敏度的应变式多维力传感器正向设计及结构优化技术，建立了完整的产品质量保障体系，实现了高性价比六维力传感器、测力阵列和机器人的力控应用。六维力传感器累计出货 1000 多台，产品性能达到国际先进水平，多家用户评测名列前茅，在运动力学测试阵列市场排名第一。

二、企业核心技术

1、企业核心技术 1

建立了多维力传感器结构设计及优化技术。发明了贴片区应变梯度小、积分大的弹性体结构优化设计新方法，实现了多维力传感器高灵敏度、高动态性能、低维间耦合的目标，降低了对贴片精度的要求。据此发明的 12 梁高刚度六维力传感器，量程从 100 克到 100 吨，维间耦合 $<1\%$ ，是现有六维力传感器耦合最低、承载范围最大的。

技术趋势与方向 1：优化设计方法，提升设计效率，构建针对不同场景、多因素影响下的自动设计软件。实现从中国制造向中国创造的转变。

2、企业核心技术 2

发明了与传感器结构一体化、多通道、集成式微信号处理器，解决了微信号容易受到干扰的问题；使力传感器的信号处理和防护技术达到领先地位。

技术趋势与方向 2：提升信号处理系统的集成度和参数设置的自动化程度。发展无线传输和无线供电技术，满足动态测试的需求。

3、企业核心技术 3

掌握了规模生产中材料/加工、装配技术等对传感器性能影响的规律，确定了装配流程、温度场等因素的自适应补偿方法；运用有限元分析不同装配流程引发的装配应力变化规律，固化装配工艺，消除装配应力对性能的影响。采用消除残余应力、规范加工工艺、稳定应变计贴片工艺、固化工艺和老化程序，建立标准生产工艺，实现了输出灵敏度、分辨率等关键指标的实测值与理论值偏差不超过 5%，产品一次性合格率超过 95%，实现了高品质、低成本的批量生产。

技术趋势与方向 3：稳定和优化生产工艺，完善高性价比多维力传感器生产工艺技术。综合考虑生产流程长、工艺路线复杂、涉及学科多，使得多维力传感器生产管理科学化和工艺优化特别困难。为此针对结构件加工/生产、装配等工艺过程的研究，形成有效的、固定

的生产工艺是六维力传感器生产企业的重要命题。

4、企业核心技术 4

发明了多维力传感阵列，实现了分布式多维力同步采样，开发了多通道、多物理量同步采样形成的海量数据的智能处理/采样方法，解决了采样通道数与采样频率、采样效率之间的矛盾。为高速运动力学、康复医学、机器人学等前沿科学研究提供可靠的技术和设备支持。构建了大数据的规整、海量的感知和采集方法和设备。

技术趋势与方向 4: 海量数据的运用技术。针对体育运动、医疗/康复测试、仿生研究等行业需要，建立运动力学数据的监测、运用技术。配合其他物理量，如运动行为、肌电和脑电数据，构建多物理参数间的耦合协调关系。解决大数据的同步和配准问题。智能数据处理技术，主动筛选有效数据，极大地减轻数据存储量。

5、企业核心技术 5

建立了重力/惯性力快速高精度补偿技术：设计激励策略，配合重力/惯性力辨识新算法，补偿精度、实现快速补偿上述技术，提高了作业效率，保障了产品一致性。

自适应力反馈控制技术，用多维力传感器融合导纳控制与力/位混合控制，解耦接触作业空间的位置和力约束，采用轨迹跟踪算法实现位置控制，采用导纳控制算法实现力控制，形成力控指令集，以动态库或指令集形式供机器人用户使用。

技术趋势与方向 5: 结合机器人应用从非接触模式（如喷漆、焊接、涂胶等）到接触模式（如装配、抛光、去毛刺、助力机器人和康复机器人等）的发展需求，完善机器人与作业对象间的力/位置混合控制、末端接触力和位置跟踪控制技术，实现机器人运动控制的智能化。

三、企业核心产品

产品 1	中空环式六维力传感器
产品概述	中空环式结构，环内可走线，方便机器人布线；可选环内壁、环外壁两种出线方式；钛合金/合金钢材质；量程400N/20Nm-5000N/300Nm六个型号可选，高刚度、高灵敏度、低耦合（0.5%FS），配套NST系列采集器，适用于打磨、装配等力反馈控制应用。
产品图片	 <p>（中空环式六维力传感器）</p>
产品 2	XLH 系列数字六维力传感器
产品概述	专为协作机器人设计的六维力传感器，集成数字一体化设计，具有 EtherNet、RS485 通讯两种通讯模式可选，直径 72mm，重量 260g，量程 50N/1.5Nm-600N/25Nm 四个型号，符合协作机械臂的机械接口，传感器小巧轻便，自带连接法兰及螺钉等安装配件，拆装简单方便。
产品图片	 <p>（XLH 系列数字六维力传感器）</p>
产品 3	DTH 系列经济型数字六维力传感器
产品概述	用于牵引示教的经济型数字六维力传感器，配置相关软件，售价万元以内。传感器小巧轻便，重量小于 350g，符合协作机械臂的机械接口，RS485 通讯，直径 73mm，200N/6Nm、500N/15Nm 两个型号。

产品图片	 <p>(DTH 系列经济型数字六维力传感器)</p>
产品 4	超大量程传感器
产品概述	<p>为满足大型、超重受力部件测试的需求，订制的大量程六维力传感器，量程从 14kN-600kN，适用于机器人防碰撞、搬运、碰撞检测、冲击检测等领域，支持按需订制。</p>
产品图片	 <p>(由左至右分别是：1.4 吨六维力传感器、3 吨六维力传感器和 10 吨六维力传感器)</p>
产品 5	运动力学测试平台
产品概述	<p>基于自研三维力/六维力传感器及数据采集系统的多维力传感器阵列，按照研究对象的不同，已制作交付不同型号的运动力学测试平台十多台，分别用于人体、小型动物、仿生机器人的运动力学测试研究及体育竞技训练研究。已交付的测试平台包含多维力传感器的数量从十多个到 100 个；力测试范围从 1.5N 到 5kN，满足了壁虎、昆虫、运动员、病人和机器人运动力学测试的需求。平台均支持同步信号触发，可配套高速摄像机，具有无效数据过滤功能，部分具有旋转功能，可模拟平面、斜面及垂直面。</p> <p>正在研制中的自由体操竞技测力台面积达 13*13 米，包含 300 多只多维力传感器及 13*13 米柔性传感器，除能获取运动员的运动反力外，还能同步获取运动员足底接触面的压力分布数据。</p>

产品图片



(GF2025 壁虎机器人运动力学测试系统)



(GF2410B 大鼠运动力学测试系统)



(GF2040 人体运动力学测试系统)



(GF105K 智能剑道测力平台 (一个单元))

第十一节 蓝点触控—掌握力控核心软硬件技术

一、企业简介

成立时间：2019 年，总部：北京

蓝点触控（北京）科技有限公司长期致力于机器人柔性力控传感器及力控技术的开发。产品包括高精度六维力传感器、机器人关节力矩传感器、力控工艺算法库、柔性力控打磨工作站。核心团队来自于航天科技集团、中国科学院等知名机构。机器人六维力传感器与关节力矩传感器累计出货量达数万台。机器人关节力矩传感器占据国内 80%以上市场份额。

二、企业核心技术

蓝点触控力传感器主要包含解耦算法、结构解耦设计、高精度数据采集、多轴同步校准四个方面核心技术，可满足复杂环境对力传感器和力控系统的高精度、高带宽和易用性需求。具体优势如下：

- 1) 力和力矩高精度解耦输出，解耦精度高达 0.1%FS；
- 2) 适合人机协作及工业机器人的尺寸和安装结构，满足协作机器人直接安装需求；
- 3) 温度自动补偿，极小的温度漂移；
- 4) 极高的分辨率，最高分辨率 0.1N/0.005Nm；
- 5) 高响应带宽，采样率高达 1KHz，可满足机器人毫秒级实时控制需求，满足机器人打磨、3C 产品机器人自动装配等高端控制使用需求；
- 6) 丰富的接口形式，可支持 RS422/Ethercat/Ethernet 等多个通讯协议，满足绝大多数控制系统的通讯要求。

公司核心技术包括：

1、精巧的并联式测量结构，适配于机械臂末端的尺寸

六维力传感器需要同时高精度测量出三个方向的力 F_x 、 F_y 、 F_z 和三个方向的力矩 M_x 、 M_y 、 M_z 。由于机器人末端安装空间限制，要求传感器非常小巧，外径一般限制于 80mm 以内，厚度 30mm 以内。

2、高精度解耦算法

并联结构设计可以较好的解决尺寸空间限制问题，但是由于六维度测量信息均掺杂一起，需要设计复杂的解耦算法，从几十个敏感器件中提取剥离获得高度解耦的六维信息。目前该算法可实现高效、高精度的信息解耦，传感器耦合输出控制于千分之一以内。

3、轻量化、高灵敏度、高过载全正向设计及核心工艺研发

目前轻量化机器人末端负载约为 3-10kg，传感器过重会降低机械臂的有效负载。轻量

化、高灵敏度、高抗过载性能是机器人力传感器的核心性能。公司在传感器结构、材料热处理工艺、安装形式等方面进行了反复迭代设计。工艺方面，开展了大量的金属晶格调制处理研究，形成了目前独有的工艺和结构形式。

4、高精度体轴系多元组合校准

由于并联结构导致的内部测量信息高度耦合，需要外部提供高精度的多元同步加载力源系统对其进行校准。六维传感器的校准在计量领域目前没有标准的检测方法，均为非标设计。六维空间同步高精度力源加载需要具备非常丰富的经验，并通过高精度的光学设备予以校准。实施过程中，从加载装置设计、加载点形式、力源系统布局等环节进行精确控制，从而在力的大小、方向等均实现高精度加载。蓝点触控目前设计的加载装置，力的加载方向误差仅为 $3'$ ，质量误差为十万分之五。

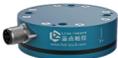
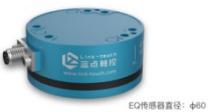
5、高速、超高精度数据采集，发挥至极致的前端模拟电路

六维力传感器采集电路为 1000HZ 的采样率，同时要求达到 0.0001mv 的测量分辨率。仅从信号幅度大小角度看，这种微弱信号在传统工业领域就是极少遇到的。考虑到抗干扰性能、采集便捷性等，传感器需内置采集和解算电路。在前端模拟电路设计方面，进行了大量 EMC 仿真设计，并通过反复的实践测试，完成了采集电路的研发。目前采集电路尺寸仅为直径 40mm，采样率高达 3KHZ，满足机器人控制要求，测量分辨率可达 0.0001mv，噪声 0.001mv。

6、专用力控柔性工艺算法库

蓝点触控针对打磨、装配、特种作业等行业开发的专用力控柔性工艺算法库。力控系统的控制精度优于 0.1N，响应速度为 ms 量级。系统融合视觉检测技术，并内置了功能完善的力控工具坐标系切换、力控用户坐标系切换、上下料盘配置、运行轨迹镜像等刚需功能。针对精密打磨等场景，开发的复杂曲面三维随型技术，对工匠人的抛磨手法进行了建模，并积累了海量测试数据。柔性力控打磨系统采用图形化交互，充分降低了使用者操作难度。现已充分应用于医疗植入物、航空发动机、卫浴五金、锁具、运动用品等行业的打磨生产环节。

三、企业核心产品

产品名称	产品图片	产品简介
Joint系列关节力矩传感器		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 该系列传感器采用一体化设计，结构紧凑，可支持深度定制； ✓ 具有关节扭矩值高精度解耦输出、温度自动补偿、低噪声，高分辨率，高带宽响应的特点； ✓ 适用于关节力控机器人、医疗手术机器人、工业自动化、装配、科研、打磨等领域。
ST六维力传感器		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 工业级多维力传感器（IP67）； ✓ 性能优异：刚度灵敏度协调，提供5倍过载能力，内置低噪声放大器，综合精度优于0.3%； ✓ 具有结构解耦设计、多维标校、高信噪比数据采集、高精度解耦算法的特点。
EQ六维力传感器	 EQ传感器直径：φ60	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 业级多维力传感器（IP67）； ✓ 针对小负载机械手设计，尺寸小巧，可满足近距操作等需求； ✓ 全面覆盖国内协作机器人及工业机器人厂家及科研院所，核心技术指标全面领先。
力控软件包		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高性能自研力控软件包，用户进行简单操作即可编程复杂的任务； ✓ 高带宽响应可实时进行主动力控，显著提高机器人工作时的可靠性和灵活性； ✓ 快速适应主流机器人控制器； ✓ 支持上位机通过网络发送力控配置。
力控打磨工作站		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 基于蓝点触控六维力传感器硬件、力控算法、行业工艺算法，打磨工作站采用拟人手法打磨，具有打磨节拍快，一次性良品率高，上手操作难度低、工件兼容度高等优势，打磨效率较现有主流方案提升1倍以上，打磨品质有颠覆性提升； ✓ 已在制造业自动化打磨抛光等众多领域落地，批量应用于医疗植入物、航空航天、卫浴五金等行业。

第十章 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	汽车方向盘发泡件脱模剂喷涂		
客户所属行业	汽车行业		
企业需求点	<p>1、汽车方向盘生产，汽车方向盘由金属骨架和外圈的发泡注塑组成，发泡过程需要在上下模具上喷涂脱模剂防止粘黏，方便发泡结束后将方向盘取出，同时在脱模剂的表面还需要喷涂黑色的油漆，保证方向盘的颜色，整个作业的工艺几乎试用所有车企；</p> <p>2、原本方向盘的发泡制造工艺完全由工人生产，现在随着人工成本的增加，以及本身喷涂行业的危害性，生产材料成本的把控，企业开始使用机器人来完成方向盘生产的大部分工作，很好的帮助企业解决了上述的问题。</p>		
面临挑战	空间非常狭小、多项工作任务、作业环境恶劣		
项目应用核心技术点	机器人本体小巧、动作灵活、轨迹流畅、喷涂均匀、末端工装兼容多种功能，拖拽示教方便，编程简单易用。		
应用工艺环节	喷脱模剂-喷油漆-上料-合模发泡-下料		
解决方案	<p>由多可GCR14-1400协作臂吊装，末端携带2个喷头和1个夹爪，负责3台发泡注塑机的方向盘骨架上下料，及脱模剂和油漆的喷涂工作。首先由协作臂到达注塑机生产工位，对打开的上下模具进行脱模剂的喷涂，主要喷涂骨架和外圆发泡区域，然后再进行上模油漆的喷涂，喷涂完成后，再由协作臂到工位旁取方向盘骨架，移动放置在下模的工装上，此时机器人到下一工位工作，注塑机开始合模发泡方向盘，由于发泡时间较长，所以协作臂可以同时完成3台注塑机的生产动作。</p>		
指标要求1	替代人工进行作业	指标要求2	满足生产节拍要求
机器人用量	1台		
项目成效及效益体现	1、节省原有工人1名，协作臂可以24小时生产，可节省2个班次的工人工时；		

- 2、对比原有人工作业手动喷涂作业，现在自动化控制喷涂，在喷涂燃料上可以做到定量控制，节省了喷涂燃料的使用成本；
- 3、从安全生产的角度考虑，原来工人作业需佩戴口罩、眼罩，防护脱模剂及油漆的雾气，现在协作臂只需外表套防护衣就可以作业，在防护用品的使用上节省生产成本，同时在工人的健康保护上也有很大收益，员工的健康是企业的最大收益。



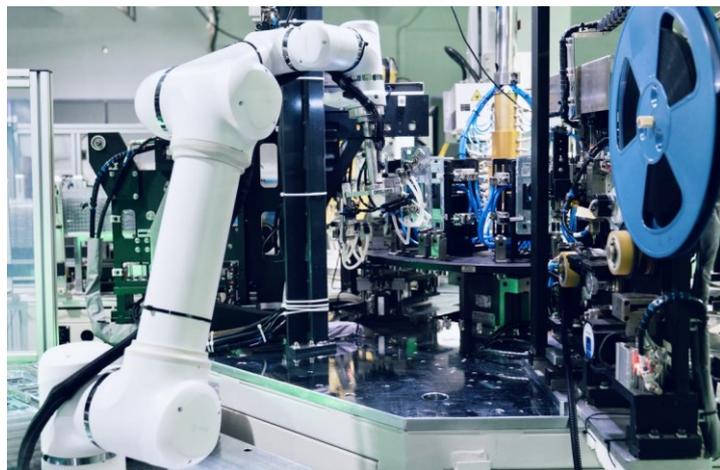
案例二	
案例名称	强安全高质量，汽车保险杠喷涂应用案例
客户所属行业	汽车行业
企业需求点	保持喷涂品质一致性，解决“招工难”“用工贵”和职业病危害等问题
面临挑战	<p>传统人工喷涂，受工人手艺、经验、体力等诸多因素的影响，喷涂品质一致性程度低。其次，随着社会经济的发展和老年化加剧，一方面年轻人不愿意进工厂，从事高强度、高重复的喷漆工作；另一方面，劳动力的短缺，使得工厂招人很困难，用工成本快速上升。最受关注的是，工人长时间在油漆雾化弥漫的喷漆房内作业，可能患上尘肺病等职业病，对喷漆工人身体健康、企业安全生产都造成严重影响。</p>
项目应用核心技术点	<p>Elfin-Ex系列防爆型协作机器人已经获得国家防爆认证，能在爆炸气体环境及爆炸粉尘环境下正常工作，可以满足喷漆车间防爆要求；部署简单，短期内对现有喷漆车间小规模改造即可，不影响日常经营、生产活动。</p> <p>Elfin-Ex系列重复定位精度最高可达$\pm 0.02\text{mm}$，工作范围最高可达</p>

	1300mm, 所有关节的运动范围均可实现 $\pm 360^\circ$, 喷涂能力持续稳定、品质高; 操作简单, 安全、高效, 节省人力及原料耗量。		
应用工艺环节	喷涂		
解决方案	<p>本项目中, 采用大族机器人 Elfin-Ex 系列防爆型协作机器人, 通过桁架及外部轴, 可以在 $4\text{m} \times 7\text{m}$ 的喷漆房内同时为 4 种不同车型的保险杠, 进行喷漆作业。喷涂机器人启动后, 机器人通过搭配 3D 视觉系统, 对保险杠进行定位操作, 并根据喷涂工艺, 自主从工具区取换色漆枪、清漆枪或吹风筒, 整个喷漆过程中, 无需人工干预。</p>		
指标要求1	满足喷漆车间防爆要求	指标要求2	高效高品质喷涂能力
机器人用量	1台Elfin-Ex系列防爆型协作机器人		
项目成效及效益体现	<p>1、国家防爆认证: 大族机器人Elfin-Ex系列防爆型协作机器人已经通过国家级仪器仪表防爆安全监督检验站 (NEPSI) 的权威认证, 实现本安、正压等多重防爆形式, 防爆性能安全可靠, 能在爆炸气体环境及爆炸粉尘环境下正常工作, 可以满足喷漆车间防爆要求。</p> <p>2、改造小, 5天完成整体安装: 喷涂机器人整体部署简单, 不会对现有的喷漆车间进行大规模改造, 也不需要定制化方案, 只需要在喷漆车间的搭建桁架、第七轴即可, 其中桁架依墙而立, 几乎不占用实际作业空间。不仅如此, 得益于轻量化、模块化产品设计, 拆装起来也非常方便, 一般情况下, 只需要5天就可以完成整体安装、调试, 安装周期很短, 不影响日常经营、生产活动。</p> <p>3、持续稳定的高品质喷涂能力: 相对于人工作业方式, 大族机器人进行汽车保险杠喷漆, 有着肉眼可见的明显优势。首先, Elfin-Ex系列重复定位精度最高可达$\pm 0.02\text{mm}$, 工作范围最高可达1300mm, 所有关节的运动范围均可实现$\pm 360^\circ$, 在喷漆作业过程中, 能够精准、灵活地将油漆喷枪“送到”汽车保险杠的每一个角度。</p> <p>其次, 大族机器人采用先进的电磁式抱闸, 发生碰撞等事故时, 能即时停机、锁死, 避免对保险杠造成意外损伤。</p> <p>4、操作简单, 效率高: 按照统计, 工人全副武装进入喷漆车间, 完成色漆、清漆、闪干等所有工序, 至少需要90分钟, 而且人还会疲劳等原因中断作业,</p>		

效率相对较低。Elfin-Ex系列机器人进行保险杠喷漆时，操作变得相当简便，仅仅40秒，就能完成车辆VIN码的识别和自动喷漆系统的启动。一键启动后，操作人员即可离开从事其它工作，一个操作工可以同时值守多台设备，相当于节省了好几倍的人力，同时还能避免工人接触挥发弥漫的油漆作业区域。除了人力方面的效率，机器人喷漆也节省油漆。据统计，油漆综合平均耗量，机器人相对工人，色漆节省约10%、清漆节省约7%。



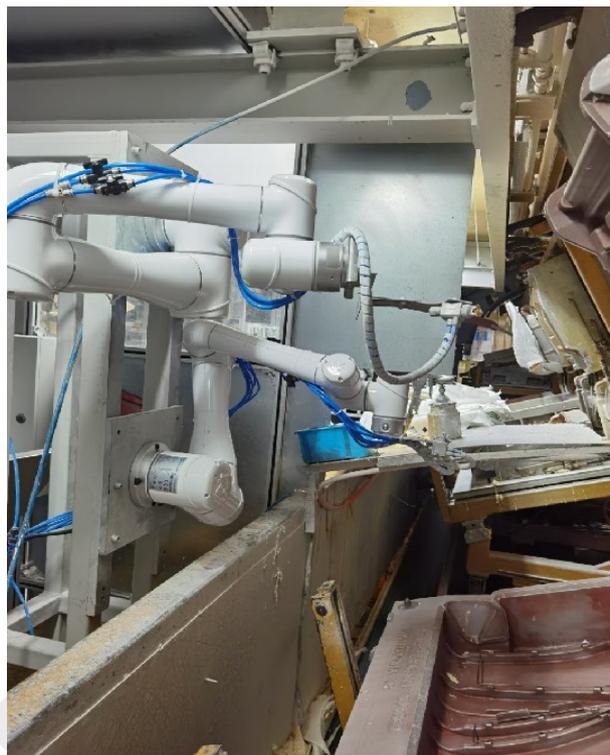
案例三			
案例名称	多工位转盘点焊		
客户所属行业	汽车零部件		
企业需求点	1、利用机器人实现产品上下料； 2、平整放入焊接治具内气动压爪自动压紧； 3、自动进行点焊作业。		
面临挑战	便于安装、示教简单		
应用工艺环节	机器人自动上下料，点焊机自动点焊。		
解决方案	方案规划及工作流程如下：机器人从料盘吸取物料→平整放入焊接治具内→气动压爪自动压紧→自动进行点焊作业→机器人放回下料位料盘→循环		
指标要求 1	替代人工	指标要求 2	重复定位精度±0.05mm 以内
机器人用量	单模组配置：DL7，1 套		
项目成效及效益体现	节省人力 1 人/天，节省年金额 7.2 万元/年		



案例四	 ELITE ROBOTS 艾利特机器人
案例名称	艾利特汽车座椅脱模剂喷涂解决方案
客户所属行业	汽车零部件行业
企业需求点	标准化、智能化、自动化无人喷涂
面临挑战	<p>客户痛点：脱模不良是汽车座椅生产中的“最大杀手”，易造成瑕疵品，为企业带来产品报废风险和经济损失，该客户在汽车座椅脱模剂喷涂应用中，主要存在以下痛点：</p> <p>1、痛点一：用工成本高</p> <p>脱模剂喷涂作业人工需求较大，存在用工成本高，生产效率低难题。为更好应对生产需求，客户希望节约人工成本，提升生产效率、生产工艺。</p> <p>2、痛点二：作业环境恶劣</p> <p>座椅脱模剂喷涂车间高粉尘、高油污，脱模剂雾化物在空气中漂浮会导致车间空气污染严重，高污染的恶劣环境对作业者身体危害大。</p> <p>3、痛点三：质量不稳定</p> <p>座椅模具形状复杂，人工喷涂易造成脱模剂喷涂不均匀，从而形成积液，影响汽车座椅外观质量，还易造成座椅成品脱模时粘附在模具上的情况。瑕</p>

	<p>疵品无法返工重造，必须报废的特性，让工厂损失巨大，客户希望提升产品良率、降低生产成本，增强座椅品质稳定性。</p> <p>4、痛点四：产线柔性低</p> <p>客户之前使用过 1 台工业机器人，存在占地空间大、节拍不够、改造成本高、控制及操作复杂、编程方式落后、编程耗时过长等痛点，以及生产低效、柔性不足、设备利用率低的情况，客户一直在寻求自动化解决方案，进行车间智能柔性化改造。</p>
项目应用核心技术点	传送带跟踪，自动化喷涂，切实降本增效
应用工艺环节	汽车座椅脱模剂喷涂
解决方案	<p>背景介绍：汽车座椅的制作通常需要通过模具注射成型，经过脱模剂喷涂——材料注射——冷却成型——脱模等步骤生产制造，脱模剂可在模具表面和注射成品之间提供关键的化学/物理屏障，从而在生产过程中将成品与模具顺利分离，因此脱模剂喷涂在汽车生产中举足轻重，优秀的成品离不开正确的脱模剂喷涂。</p> <p>该企业是从事汽车座椅、内外饰等品类生产的厂商，具备座椅、软硬饰、橡胶制品、铝合金产品的自主研发能力和汽车零部件配套生产能力，主要为国际知名汽车品牌提供配套解决方案。</p> <p>艾利特解决方案：</p> <p>艾利特机器人作为涂装领域专家，在汽车喷涂应用具有多年技术积累，能够针对不同基层材料、涂层材料和工件外形提供出众的机器人一站式解决方案。</p> <p>了解到客户想实现座椅脱模剂自动化喷涂需求后，艾利特派专业技术人员前往工厂实地考察、对接沟通，提供了量身定制的全套解决方案，以及“一条龙服务”，包括：产品选择、包装、运输、装卸、部署安装、应用调试、人员培训、售后服务、生产陪同等全部内容。</p> <p>艾利特最终推荐客户使用两台 EC66 协作机器人，分布于产线上下两个空间，分别给上下两半模进行脱模剂喷涂。EC66 负载 6kg，工作半径 914mm，重复定位精度±0.02mm，工具最大速度 2.8m/s，关节可±360° 旋转，支持多角度安装，体积小、重量轻，易用易部署。</p>

	<p>方案优势:</p> <p>1、优势一：传送带跟踪</p> <p>EC66 集控制、伺服、编码器、机械、结构于一体，末端可搭配多种型号喷枪，基于外部编码器传送带跟踪工艺包，可精准、快速跟踪传送带上不同型号的汽车座椅模具。两台机器人分工协作，让脱模剂喷涂速度匹配传送带速度向座椅模具内精确喷涂，提高产线速度，满足生产节拍，极大降低用工成本。</p> <p>2、优势二：自动化喷涂</p> <p>艾利特机器人可通过图像处理及工艺包自动生成喷涂轨迹，通过软件系统对智能流体设备进行精确控制，如控制单位时间内喷涂重量，将涂料根据实际需要均匀喷洒在座椅模具表面，完美解决传统人工喷涂不均匀、费时费力的痛点，提高产品品质。</p> <p>3、优势三：降本增效</p> <p>使用艾利特机器人进行喷涂，可保证高效率且均匀一致的脱模剂覆盖效果，以及复杂形状工件的中空、边缘和凹陷处的脱模剂覆盖率，大幅减少了脱模时的包边粘附情况，极大地提升了产品验收合格率。喷涂效率的提高、涂料浪费的减少，变相节约了大量生产成本，经预估，该客户可在 6 个月内获得投资回报</p> <p>客户反馈: 与传统人工相比，艾利特机器人脱模剂喷涂明显更均匀、更高效、更柔性，减少了人工喷涂厚度不均的通病，出色应对了生产需求，降低生产成本，使客户座椅脱模剂喷涂实现了标准化，智能化、自动化无人喷涂。</p>		
指标要求 1	脱模剂喷涂更均匀、更高效、更柔性	指标要求 2	标准化，智能化、自动化无人喷涂
机器人用量	2 台艾利特 EC66 协作机器人		
项目成效及效益体现	与传统人工相比，艾利特机器人脱模剂喷涂明显更均匀、更高效、更柔性，减少了人工喷涂厚度不均的通病，出色应对了生产需求，降低生产成本，使客户座椅脱模剂喷涂实现了标准化，智能化、自动化无人喷涂。		



第二节 3C 电子行业

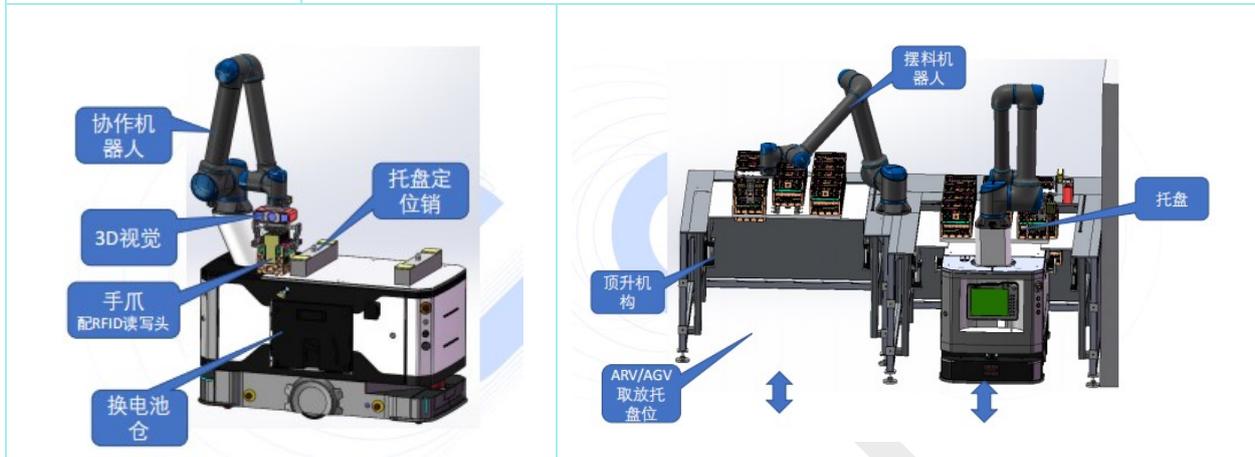
案例一	
案例名称	手机后盖贴装
客户所属行业	3C手机制作端
企业需求点	要求设备除了控制后盖组装下压的压力，还需要监控其他方向的压力。
面临挑战	<ol style="list-style-type: none"> 1、客户前代设备只装了单维力传感器，在控制固定压力时，还是会发生安装力不到位，产品后盖损伤； 2、在需要监控下的压力所以对于力传感器的数据量要求较高。
项目应用核心技术点	<ol style="list-style-type: none"> 1、提供六维力传感器，为客户解决监控其他方向的压力数据； 2、需要高速反馈信号，通讯方式使用以太网通讯。
应用工艺环节	检测设备组装手机后盖的压力，保证产品的良品率。
解决方案	<ol style="list-style-type: none"> 1、设备末端将单维力传感器改为六维力传感器； 2、仪表多种功能选配，可根据现场要求调取需求功能，常规通讯485或232，模拟量±10V或4-20mA。推荐仪表XJC-T100F，该仪表可达2K速率（每秒2000

	<p>个数据)，仪表已通过TUV认证；</p> <p>3、网络通讯EtherNET以太网，单通道最高可达60K速率，可提供配套DLL库方便编写，推荐仪表XJC-F101；</p> <p>4、传感器通过上位机软件数据保留。</p>		
指标要求1	监控设备压力值	指标要求2	控制下压压力
机器人用量	200台		
项目成效及效益体现	<p>1、通过控制下压力从而保证机器人下压时稳定压力；</p> <p>2、通过监控其他的压力减少了产品的不良率。</p>		
			

案例二			
案例名称	CNC 车间协作型系统机器人（ARV）柔性上下料		
客户所属行业	3C		
企业需求点	通过柔性机器人实现多台 CNC 机床的上下料、多工序间的物料流转，减员增效，打造无人化车间。		

面临挑战	1、车间环境油液雾化、地面易打滑，对设备稳定性及产品质量有很大挑战； 2、现场 CNC 机台数量、种类较多，柔性上下料匹配难度大； 3、多任务作业，机器人调度管理； 4、CNC 机台与机器人作业交互逻辑； 5、24h 作业，设备稳定性要求极高。		
项目应用核心技术点	1、SLAM 导航； 2、机器人 3D 视觉； 3、任务管理系统； 4、机台作业交互逻辑。		
应用工艺环节	打磨		
解决方案	<p>利用 ARV（AGV+协作机器人）完成 CNC1、CNC2、CNC3 工序间的物料流转及上下料。同时设计统一的托盘载具，设置工序间满/空料盘倒料工作站。软件层搭建 RCS 管理系统，接入客户的 MES 的通信。任务通过 MES 下发到 RCS，利用 RCS 调度协作型系统机器人设备，实现最优排产解决方案。</p> <p>ARV 搬运满料托盘，每个托盘设计多个料位，最大化提升单台 ARV 的作业效率。当 ARV 到达任务工位，上位系统对指定 CNC 机床下达自动开门的指令。CNC 机床开门后告知上位系统，上位系统再告知 ARV 可以作业的指令。ARV 通过集成 3D 视觉系统，算法纠偏协作臂末端的累计误差，进行校正补偿。ARV 识别托盘物料的标签，选取正确的物料进行抓取，然后精确放入 CNC 机台中，同时取出已加工完待流转的物料，放回托盘。依次作业完成后，ARV 将托盘运至倒料工作站空的一侧。放下已加工好的托盘，ARV 退出倒料工作站。同时前往上个工序的倒料工作站去取待加工的托盘。倒料工作站通过固定式协作机器人将物料依次投入相关机进行处理，再将处理好的物料取回缓存托盘，直至满料托盘全部清洗完转移到缓存托盘内。上位系统通知下道工序的 ARV 前来取料。循环往复，实现 ARV 管理多台 CNC 机台的上下料作业。</p>		
指标要求 1	机器人与机台比 $\geq 1:15$	指标要求 2	MTBF $\geq 720h$
机器人用量	9 台		

项目成效及效益体现 目前已实现单台 ARV 至少覆盖 15 台 CNC 车床的作业管理。已取代现场十多名作业员工，降低了工厂的运营成本。自动化程度提升，降低了生产过程的隐性风险，同时也保证了产品质量。



<p>案例三</p>	
<p>案例名称</p>	<p>螺丝锁付柔性工作站</p>
<p>客户所属行业</p>	<p>3C</p>
<p>企业需求点</p>	<p>客户属于3C领域，小米生态链企业。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、产品主要包括热泵、风扇，新风净水系统等，小批量、多品种，生产加工季节性明显，产能预规划尤为重要； 2、对生产节拍、生产效率、过程品控要求高。
<p>面临挑战</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、检测螺丝锁附过程中的扭矩，不能打偏、打歪、缺钉、漏钉； 2、单机日产能万颗以上，5个工作日机械手出现故障停机<1次。
<p>项目应用核心技术点</p>	<p>高速度、高精度、力控技术、低成本、Xi-MES联动</p>
<p>应用工艺环节</p>	<p>螺丝锁附</p>
<p>解决方案</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、根据作业性质不同，机器人分别采用正装、侧装、倒装等安装方式，根据塔扇机身、空气净化器、直流落地扇等部件在流水线工装上的固定位置不同，协作机器人调整不同的位姿，分别完成了正面、侧面、内腔等不同部位的螺钉锁附工作。 2、螺丝锁附工作站在生产过程中记录每个螺钉的锁紧力矩，作业同时有效

	识别多种缺陷，如崩钉、滑丝、拧歪、扭力不足、螺钉型号混淆等，并及时报警。 3、柔性工作站在每个生产班次结束后将生产数据如日产能、残次率、残次故障类型等信息，通过4G网络传送到客户的MES系统中，供生产分析统计使用，每日生产统计明细数据同步显示在生产线大屏上，供班组人员参考。		
指标要求1	拧紧节拍<1.5s/颗	指标要求2	扭矩监控
机器人用量	15台CGXi-G6		
项目成效及效益体现	1、该项目以吸钉方式送钉，实现拧紧的生产节拍为1.4s/颗，单机日产能超过万颗，故障率<0.05%，创协作机器人螺钉锁紧最快、最稳之记录； 2、截止目前已批量投产使用超过3年，已远超预期受益。		



案例四	 ELITE ROBOTS 艾利特机器人
案例名称	艾利特激光焊接解决方案
客户所属行业	3C 电子行业
企业需求点	企业面临招工难、劳动力成本持续上升等问题，加之业务范围的拓展，以及终端客户对产品的要求越来越高。
面临挑战	手持焊接产品的一致性、生产效率与良品率越发无法达到客户的要求，因此客户迫切的需要导入合适的自动化设备从根本上解决问题。
项目应用核心技术点	艾利特 EC66 协作机器人搭配涵锐激光器，其功率为 2000W，波长范围在 1070±10nm，输出光纤芯径为 30 μm，机器人直接集成到铝型材铺面的工

	<p>作台上，末端连接焊枪，由机器人代替人的手臂对工件进行焊接工作。</p>
应用工艺环节	<p>激光焊是利用高能量密度的激光作为热源的一种高效、精密的焊接方法。这意味着即使最小的焊点和敏感的电子元件也可以连接。与普通焊接、传统焊接或表面硬化相比，激光焊接具有诸多优势：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、与传统的热喷涂技术相比，激光焊接可提供致密的涂层，几乎没有孔隙，表面更细，层厚度更一致，涂层的放置更准确； 2、焊接过程中需要很少的热量输入，几乎没有稀释，精细的微观结构，小的热影响区（HAZ）和低变形； 3、在某些应用中，激光焊接可将零件恢复到原始尺寸，而无需额外的人工干预； 4、提高了材料对腐蚀，磨损和氧化的天然抵抗力。
解决方案	<p>1、Trigger 指令灵活控制</p> <p>高效化、自动化、灵活度和数字化是焊接机器人系统集成设计发展的方向。艾利特与客户进行了充分的沟通与对齐后，关注到激光焊接工艺主要包括焊接时的激光发生器功率设定以及机器人对激光发生器的准确开关控制。激光发生器要达到设定功率或者彻底关闭，需要一定的时间。</p> <p>这就需要机器人能够在焊接轨迹的特定位置，按照设定的提早时间/距离，提前打开/关闭激光发生设备，以达到最佳的焊接效果。根据客户需求，艾利特机器人开发了对应的 Trigger 指令，用户可以方便的设置基于设定位置的提早时间（或者距离）的 I/O 控制，即运动不停又同时准确控制 I/O。</p> <p>2、真正实现快速编程</p> <p>艾利特机器人末端 I/O 支持自定义功能配置，包括但不限于记录当前点位，插入运动语句，插入自定义指令组等。在该项目中，用户事先设置完激光焊接功率参数后，仅需通过机器人末端拖拽设备上的 2 个按钮，快速实现插入运动指令及插入“开始焊接”/“结束焊接”等功能，真正的让用户做到“拖拽”-“记录”-“生产”的快速编程。</p> <p>3、无需改变原来产线布局</p> <p>艾利特 EC66 协作机器人，负载 6kg，自重仅 17.5kg，机器人集成到应</p>

	<p>用工作站上，整套应用工作台整体近 1.5m³，可快速布局到工厂产线中，无需挪动工厂原有设备更改工厂原有布局。</p> <p>4、安全防撞保护人机安全</p> <p>艾利特协作机器人焊接工艺包提供了高灵敏度的碰撞检测功能，当机器人或者末端机构意外触碰到人或障碍物时，系统会立刻停止焊接，充分保障人和设备的安全性。停机后，工作人员可通过上位机复位，快速恢复生产。</p> <p>5、最佳倾斜 10-15 度</p> <p>熔焊姿态激光熔焊加工中，激光照射方向也需要与焊接面偏转一定角度，焊接时倾斜 10-15° 效果最佳，艾利特协作机器人几乎球形的工作空间可以满足客户对于焊接姿态调整的需求。</p>	
<p>指标要求 1</p>	<p>不改动产线布局</p>	<p>指标要求 2</p> <p>产品的一致性、生产效率与良品率</p>
<p>机器人用量</p>	<p>1 台艾利特 EC66 协作机器人</p>	
<p>项目成效及效益体现</p>	<p>在这个应用中，协作机器人结构紧凑的优势得以充分体现，直接集成到工作台上即可投入使用，还可以让工作人员实时查看焊接情况，真正做到了人机共享工作区间。且艾利特将焊接工艺与协作机器人相结合，让焊接机器人的优势发挥到了极致，为客户切实解决了生产痛点。</p>	
		

案例五			
案例名称	CNC 工厂复合机器人物料移栽及机床上下料		
客户所属行业	3C/汽车零部件		
企业需求点	<ol style="list-style-type: none"> 1、利用机器人实现产品自动运输及装卸； 2、机器人和 CNC 机台及总控系统信号交互，实现产品自动作业； 3、设备占用的面积尽可能的小，稳定性强。 		
面临挑战	持续运作稳定可靠性，智能标准化，无人化		
项目应用核心技术点	<ol style="list-style-type: none"> 1、协作机器人和 AGV 小车深度融合，实现现场物料自动运输； 2、协作机器人搭载视觉检测，识别精准，实现无人装卸夹、实现智能标准化。 		
应用工艺环节	CNC 上下料		
解决方案	<ol style="list-style-type: none"> 1、CNC 设备加工过完成，将信号传送至总系统，系统发送指令使协作机器人和 AGV 开始作业； 2、协作机器人搭载 AGV 小车，抵达取料位，视觉定位后，抓取物料放置于 AGV 上； 3、行驶至 CNC 上下料作业区，与 CNC 信号交互，CNC 开门，协作机器人，视觉定位，取料后，将待加工物料放置 CNC 内进行加工； 4、移动机器人物料满载时，自动移栽至成品下料位，进行下料。 		
指标要求 1	协作机器人与 AGV 可以深度融合，配合视觉定位精准	指标要求 2	提高安全性及效率，减少产品的碰伤
机器人用量	GRACE 7 PRO, 1 台		
项目成效及效益体现	节省人力 16 人/天，节省年金额 115.2 万/年		



案例六	
案例名称	钛条曲面镗雕
客户所属行业	3C
企业需求点	<ol style="list-style-type: none"> 1、利用机器人实现产品上下料； 2、机器人抓取钛条，在钛条内外侧自动镗雕。
面临挑战	<ol style="list-style-type: none"> 1、机器人抓住钛条镗雕，钛条和镗雕头之间的相对位移通过机器人实现； 2、机器人的路径精度要求高。部分钛条为曲面，在曲面镗雕时，需要机器人保证产品的镗雕点到镗雕头距离始终相等。
项目应用核心技术点	机器人具有高路径精度
应用工艺环节	钛条镗雕
解决方案	1、协作机器人 DL7 使用天机自研 Fusion 控制系统，对路径有着优秀精准的规划精度和执行精度，大幅度提高协作机器人的路径精度；

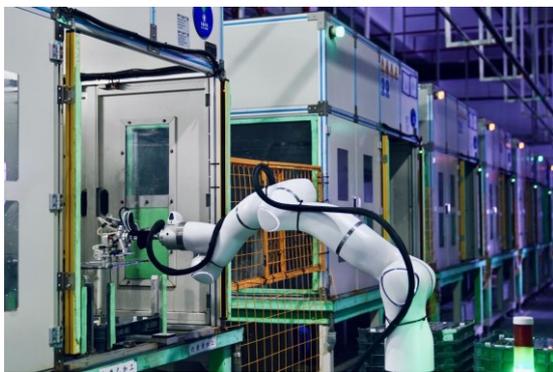
	2、DL 通过视觉识别定位产品，抓取产品，在镗雕工作区对钛条进行镗雕。即时调整姿态及优秀的路径精度保证镗雕的一致性及精准性。		
指标要求 1	镗雕清晰	指标要求 2	标准化
机器人用量	单模组配置：DL7，1 套；合计配置：DL7 机器人 1*100 套。		
项目成效及效益体现	节省人力 100 人/天，节省年金额 720 万/年		



案例七			
案例名称	多点位 CCD 尺寸测量		
客户所属行业	3C		
企业需求点	机器人搭载相机，对产品多处多角度自动测量。		
面临挑战	持续运作稳定可靠性，智能标准化，无人化。		
项目应用核心技术点	1、机器人体积小，稳定性高，易于安装及调试； 2、同一空间内，人机协同作业，需要机器人有碰撞检测功能，充分保证同时工作的员工人身安全。		
应用工艺环节	机器人上下料，并搭载相机自动测量。		
解决方案	1、机器人抓取产品，放入载具内； 2、机器人搭载光源及相机，对产品多处多角度进行尺寸检测； 3、检测完毕后自动下料，不良品放入不良品区。		
指标要求 1	快速检测	指标要求 2	多角度检测

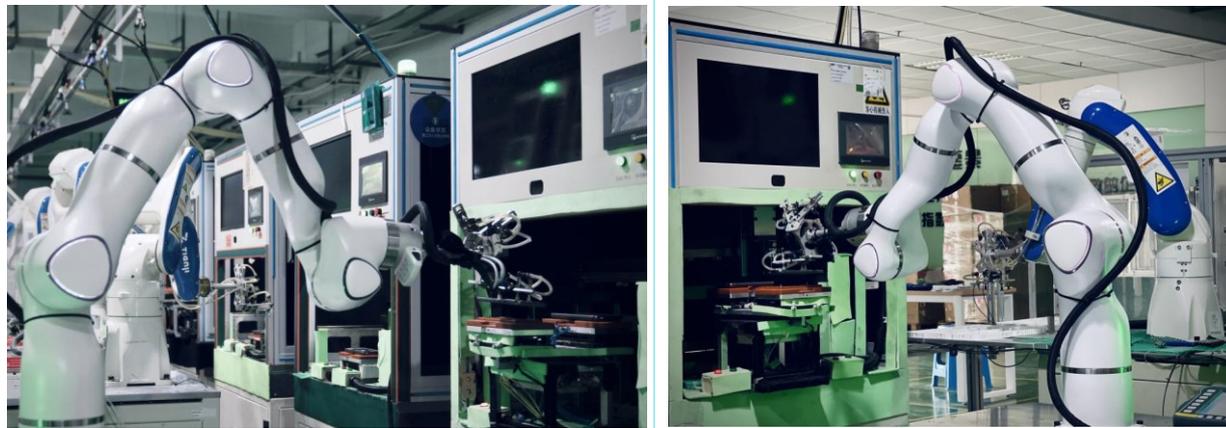
机器人用量	单模组配置：DL7，1 套
项目成效及效益体现	节省人力 1 人/天，节省年金额 7.2 万元/年

案例八	
案例名称	打磨车间复合机器人物料移栽及打磨上下料
客户所属行业	3C 电子制造业
企业需求点	1、利用机器人实现产品自动运输及装卸； 2、机器人可以对物料精准定位； 3、使设备占用的面积尽可能的小。
面临挑战	持续运作稳定可靠，定位精准
项目应用核心技术点	和 AGV 深度融合，定位精准稳定，具有一定防护性
应用工艺环节	产品打磨
解决方案	方案规划及工作流程如下：结束上一工位工作（调度系统信息）→AGV 行驶至目标工位→AGV 车体定位→对接完成检测→机器人移动至打磨机熟料区（各个上下料环节需传感器、通讯多层确认安全问题）→机器人移动至打磨机生料区→抓取空料框至打磨机熟料区→机器人抓取 MM 上生料框→机器人移动至打磨机生料区→机器人放置生料料框读取车体物料有无检测信号→发送上料/下料完成信号（机器人抓取底层生料框至中转位）→结束本工位工作。

指标要求 1	实现无人更换打磨片、无人上下料、 工作场所无人化、智能化	指标要求 2	标准化
机器人用量	单模组配置：GRACE 7 PRO 机器人 1 套；合计配置：EVO12 机器人 1*54 套。		
项目成效及效益体现	节省人力 16 人/天，节省年金额 115.2 万元/年		
			

案例九	
案例名称	手机零部件自动检测上下料生产线
客户所属行业	3C
企业需求点	1、实现“机器换人”，减员增效，确保良率； 2、狭小空间内上下料，部分上下料需要使用特殊姿态，机器人必须满足空间冗余要求。
面临挑战	持续运作稳定可靠
项目应用核心技术点	1、检测机内作业空间狭小，对机器人柔性和灵活性要求高； 2、设备密集，部分检测设备内部需要以特殊姿态上下料，机器人需要空间冗余。
应用工艺环节	相关工艺流程：机器人自动上下料，测量机自动测量。
解决方案	方案规划及工作流程如下：机器人从料盘吸取物料→平整放入测量治具内夹紧→自动进行测量作业→检查 ok 后机器人放入定位治具内等待下一步工序→由后续机器人抓取进行下一步测量→重复七道工序 ok 后→由机器人放入下料位料盘→结束。

指标要求 1	机器人特殊姿态上下料
机器人用量	单模组配置：GRACE 7 PRO, 8 套
项目成效及效益体现	节省人力 16 人/天，节省年金额 115.2 万元/年



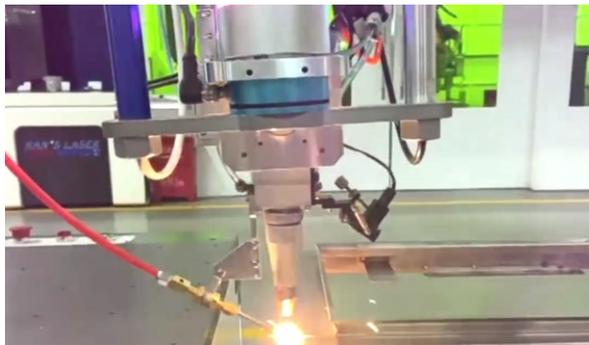
第三节 机械加工行业

案例一	
案例名称	1 拖 3 机床上下料
客户所属行业	机械加工
企业需求点	1、机加工车间生产环境恶劣，重油污且地面滑，招工难； 2、机加行业生产成本敏感，需要高性价比的机械手臂，完成 1 拖 3 机床上下料。
面临挑战	机械手臂需要小负载（3-4kg），长臂展（1300mm），运行平稳、无抖动，价格低；当前市面上负载 12kg 的机械手臂虽然臂展满足，但价格贵，不能形成批量供货，手臂规格需要定制。
项目应用核心技术点	1、负载 4kg，臂展 1300mm 的协作机械手臂需要定制，在满足速度节拍的情况下其控制的稳定性； 2、本体稳定性、伺服控制技术、手臂厂家的综合技术研发能力。
应用工艺环节	机床上下料
解决方案	长广溪智造协作机器人导入机加工产线后，可完成数控、冲压、锻压等机床在加工过程中工件的自动抓取、装夹、移位翻转、转序加工等一系列上下料工作

	任务。机器人末端工具集成了工件的抓取、检测、压紧以及气吹系统，有效解决了切屑液残留引起的不易抓取问题，同时在机床加工工作范围内可扩充上下料托盘尺寸，以减少人工更换托盘的频次，有效节约了人工成本，提高了生产效率。		
指标要求 1	取放节拍小于 20s	指标要求 2	取放成功率 99%以上
机器人用量	20 台 CGXi-G4(定制机型)		
项目成效及效益体现	1、运营成本降低30%，生产效率提升20%以上； 2、缓减了招工难。		

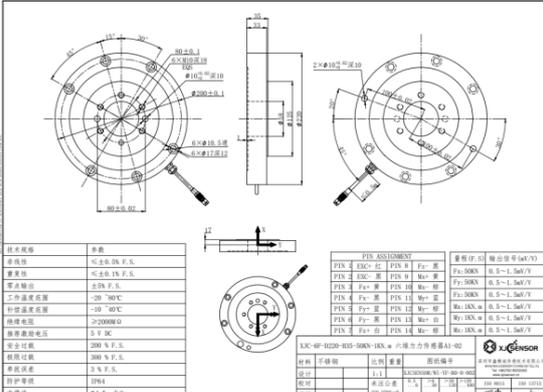
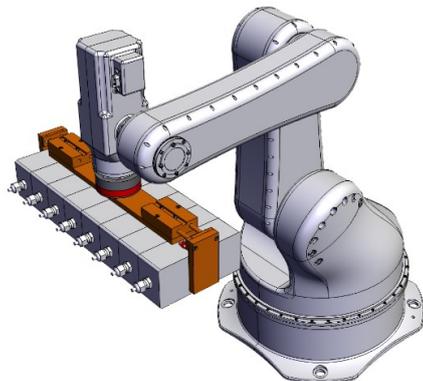


案例二			
案例名称	机器人焊接系统		
客户所属行业	机械加工		
企业需求点	引入自动化生产设备，降低劳动成本及强度；通过智能焊接作业，提升产能及产品品质。		
面临挑战	客户频繁更换产品类型		
项目应用核心技术点	蓝点触控末端六维力传感器+力控工艺包		
应用工艺环节	按工艺及工件要求，通过拖动示教控制机械臂沿轨迹执行焊接作业。		
解决方案	在机械臂末端安装蓝点触控六维力传感器，配备自适应算法及工艺算法包，面对不同工件及工作场景，工人仅需通过拖拽示教的方式，精准生成轨迹，引导机械臂完成焊接作业。		

指标要求1	示教方式要实现点位/连续轨迹记录	指标要求2	各坐标系下拖动，可实现0.1毫米级别的位置精度
传感器用量	每台工作站1套		
项目成效及效益体现	实现快读换型生产，产能得到快速提升；极大程度降低了人工成本及劳动强度。		
			

第四节 新能源行业

案例一	
案例名称	机器人电池搬运防碰撞
客户所属行业	新能源行业
企业需求点	检测电芯搬运过程中取电芯，放电芯，以及搬运电芯时监控过程中的力，避免在搬运过程中碰到障碍物，造成不必要的损失。
面临挑战	1、因取放电芯时机器人姿态不一致，导致使用单维传感器不满足使用要求； 2、考虑到产品自重以及加速等问题，传感器需要研发出大量程的产品。
项目应用核心技术点	1、取放电芯姿态不一样，考虑使用六维力传感器； 2、为了高速反馈信号，通讯方式使用以太网通讯。
应用工艺环节	检测取放电芯压力大小，从而判断工作时是否会碰撞。
解决方案	1、使用六维力传感器直接锁在机器人末端时，考虑到产品自重以及加速等问题，传感器使用量程 F_x, F_y, F_z 量程达到50KN， M_x, M_y, M_z 力矩量程1KN.m； 2、网络通讯EtherNET以太网，最高可达10K每通道速率，可直接输出I/O信号； 3、压力通过上位机通讯读取监控，当压力值超出设定范围后，模块直接输

	出一个I/O信号给与机器人，减少通讯延迟。		
指标要求1	可监控压力值	指标要求2	当压力超过范围，机器人停止运作
机器人用量	2台		
项目成效及效益体现	取放电芯工作时无撞击现象		
			

案例二			
案例名称	新能源汽车电池托盘自动化三维检测		
客户所属行业	汽车行业		
企业需求点	用协作机器人代替人工完成新能源汽车电池托盘检测		
面临挑战	<p>1、传统人工测量，耗时耗力</p> <p>新能源汽车电池托盘尺寸较大，防水性要求高，依靠传统的人工测量方式，不仅测量难度增加、精确度无法保证，而且需要耗费大量人力成本，效率低下。</p> <p>2、空间有限，检测灵活性急需提升</p> <p>在汽车生产车间内，每个区域都有固定的组装内容，空间有限，在这样的情况下，电池托盘检测的灵活性若能提升，将极大提高生产效率。</p> <p>3、孔位繁多，存在反光区域，测量精度易受影响</p> <p>电池托盘上的通孔、螺纹孔、光孔数量较多，需针对孔位、孔径、孔间距等关键尺寸进行检测，且托盘存在反光区域，测量精度易受影响。</p>		
项目应用核心技术点	遨博i10协作机器人		

应用工艺环节	检测
解决方案	<p>采用自动化三维测量设备对汽车电池托盘进行自动化三维质量检测，遨博 i10 协作机器人搭载高性能 3D 测头，快速捕捉零件表面细节，灵活测量零件三维尺寸数据，精准定位、自动化检测、提升效率，助力新能源汽车提升电池安全和性能表现，让繁琐的测量难题迎刃而解！</p> <p>1、大臂展工作，多角度、全方位检测</p> <p>针对新能源汽车电池托盘尺寸较大、人工测量难度增加的问题，遨博 i10 协作机器人利用其大臂展进行检测，工作半径能达到 1350mm，延伸范围更广，有效解决中大型零件大范围检测难题；同时，协作机器人各关节均具备 $\pm 360^\circ$ 旋转能力，能够多角度、全方位对电池托盘进行全面检测。</p> <p>2、快速部署，检测更灵活</p> <p>在汽车生产车间内，定人定岗，空间有限，单纯依靠人工检测，不仅容易出现检测误差，还增加人力成本。遨博 i10 协作机器人占地仅 1 m^2 左右，无需改变原有产线布局，灵活部署，且可采用吊装模式，更节省空间。机械臂、移动底盘、3D 测头等设备集成于一体，搭载检测数据传输系统，找到最节省时间的动作姿态轨迹进行检测，检测方式更系统、更灵活，且可 24 小时不间断工作，极大提升检测效率。</p> <p>3、高精度测量，不放过任何细节</p> <p>为保证新能源汽车电池托盘的安全及性能，检测数据的准确性至关重要。遨博 i10 协作机器人定位精准，毫秒级系统响应速度确保定位精度，重复定位精度可达 $\pm 0.03\text{mm}$，实现对通孔、螺纹孔、光孔等的高质高效检测，获取孔位、孔径、孔间距等关键尺寸数据，细节部位一一检测。</p>
机器人用量	1台遨博i10协作机器人
项目成效及效益体现	精准定位、自动化检测、提升效率，帮助企业解决繁琐的测量难题，助力新能源汽车提升电池安全和性能表现。



案例三	 ELITE ROBOTS 艾利特机器人
案例名称	艾利特机器人锂电行业解决方案案例
客户所属行业	锂电行业
企业需求点	高速不间断运转，满足产线能在不同规格的产品中快速柔性换线
面临挑战	设备需要每天 24 小时中处于高速不间断运转，还需满足产线能在不同规格的产品中快速柔性换线，如模组固定\拧紧工站串联，需要进行二层模组固定，强电缆固定，强电模组链接等。
项目应用核心技术点	高可靠性、高稳定性和对工艺控制的高精度要求，以及对生产数据的智能处理需求，实现柔性自动化 24h 持续生产。
应用工艺环节	制芯工程、模组组装、PACK 线等锂电池产线，实现了下箱体上线清洁、模组安装固定、水冷回路气密测试、上盖板装配拧紧、ATS 测试、BUD&Bus 装配/拧紧等。
解决方案	艾利特机器人，一直认为成功的关键是具备完全理解任一制造工艺的要求和解决问题的能力。艾利特持续关注锂电领域细分赛道，根据客户的实际应用场景做充分的需求分析，提供更适配的协作机器人一站式解决方案。

艾利特作为锂电行业应用专家，悉知自动化装配生产影响因素少、可控度高，结合自动化测试及过程检验设备搭配协作机器人，不仅能保证锂电行业产品一致性及装配可靠性，而且大大提高电池质量稳定性。针对锂电电池制造流程中的应用点，艾利特在制芯工程、模组组装、PACK 线等锂电电池产线，实现了下箱体上线清洁、模组安装固定、水冷回路气密测试、上盖板装配拧紧、ATS 测试、BUD&Bus 装配/拧紧等实际应用。

客户需求：客户是一家华南某大型新能源公司，我们了解到客户的生产痛点主要是：设备需要每天 24 小时中处于高速不间断运转，还需满足产线能在不同规格的产品中快速柔性换线，如模组固定/拧紧工站串联，需要进行二层模组固定，强电缆固定，强电模组链接等。

艾利特解决方案：

EC612 协作机器人 1 台×N 个工站，机器人末端集成 3 个功能模块：

- 1、扫码枪：扫码录入每个模组信息；
- 2、2D 视觉：拍照定位螺钉孔位置；
- 3、电动拧紧枪：锁附固定模组，管理拧紧力矩。

艾利特产品优势：

EC612 负载大、加速快、刚性强。机器人末端搭配扫码枪、2D 视觉系统、电动拧紧枪，通过 RS485 通讯可实现扫码、视觉定位、锁付扭矩的实时控制。整套系统工作效率高、锁付扭矩精准，适合中小扭矩、大数量螺钉的锁付。EC612 开放易用的软件平台，可通过系统控制螺栓拧紧的先后顺序，保证应力均匀分布，以保证锂电 PACK 的产品安全质量。同时还可对拧紧顺序、扭矩和角度，实时对装配顺序及电枪位置进行跟踪控制，以全面规避错拧、漏拧及重复拧紧等问题发生，保证拧紧作业的准确性及高度一致性。

该应用可满足可靠性、高稳定性和对工艺控制的高精度要求，以及对生产数据的智能处理需求，实现柔性自动化 24h 持续生产，进一步提高了人工替代率。帮助企业最大限度地保证用户投资回报，不断精益求精改进适配性更强的产品，提高用户的良品率与效率，助力企业储能加速度

指标要求 1	24 小时中处于高速不间断运转	指标要求 2	不同规格的产品中快速柔性换线
--------	-----------------	--------	----------------

机器人用量	1 台
项目成效及效益体现	满足可靠性、高稳定性和对工艺控制的高精度要求,对生产数据的智能处理,实现柔性自动化 24h 持续生产。



第五节 注塑行业

案例四	 ELITE ROBOTS 艾利特机器人
案例名称	艾利特热流道零件机床上下料解决方案
客户所属行业	注塑行业
企业需求点	希望能机器换人,节约人力;提高生产效率、产品合格率。
面临挑战	产品种类的多样化、来料方式多样化、待加工件一致性差、小批量加工
项目应用核心技术点	艾利特 EC612 协作机器人负载能力 12kg,工作半径高达 1304mm,重复定位精度 $\pm 0.03\text{mm}$,工具最大速度,关节可 $\pm 360^\circ$ 旋转,支持多角度安装,体积小、重量轻,高负载自重比。
应用工艺环节	机床上下料
解决方案	<p>该方案由艾利特 EC612 协作机器人末端搭配夹爪,单独部署在不同机床。通过 I/O 与机床进行信号交互,EC612 可精准抓取物料放置车床,实现自动化上料,机床进行自动加工后,机器人自动抓取加工完成的工件,并放回下料区,实现自动化下料。</p> <p>优势 1: 安全易用,部署快捷</p> <p>艾利特协作机器人小巧紧凑,部署灵活。无需安装围栏,人机协作更安全。示教简单,界面简洁友好,操作便利,无需编程基础,零门槛也可</p>

	<p>快速上手。机器人模块化设计，工具端可自由更换夹具，满足多样化工件的机床上下料需求。</p> <p>优势 2：柔性自动化生产</p> <p>艾利特 EC612 生态平台开放兼容，可整合机床的料仓模块、工具端模块、机床接线接口模块、电器接口模块等，搭载视觉系统，可独立完成工件的精确移栽任务，轻松应对多样化工件，帮助工厂实现多品种、小批量的柔性自动化生产。</p> <p>优势 3：保障产能</p> <p>EC612 高速快、重复定位精度高、部署简单，有效满足该企业的节拍、工艺等技术性能要求，保障企业安全生产。部署后实现了机床上下料无人化和信息化，企业产能提高 200%以上，产品品质及一致性得到有效保障和提升。</p> <p>优势 4：缩减成本</p> <p>艾利特协作机器人占地面积小，可有效减少现场非技术人员部署。机器人可 24 小时工作，减轻一线操作工的工作强度，提高生产效率，一台机器人可替代 2~3 个人工，有效降低用工成本、运营成本和工伤意外风险，让车间管理效率得到提升，投资回报周期仅需 6~10 个月。</p>		
<p>指标要求 1</p>	<p>24 小时中处于高速不间断运转</p>	<p>指标要求 2</p>	<p>不同规格的产品中快速柔性换线</p>
<p>机器人用量</p>	<p>9 台艾利特 EC612 协作机器人</p>		
<p>项目成效及效益体现</p>	<p>据反馈，经过调试和部署，工厂已经顺利生产，通过艾利特解决方案实现了产线的自动化升级，“不但提升了加工效率，更节省了一半人工。”客户还表示：艾利特机器人产品具备精准、高速、稳定、安静、节能与洁净等优点，在节省人力支出、提升缩短作业时间等方面表现优异。</p> <p>艾利特机器人的热流道零件机床上下料解决方案，不仅帮助客户实现了对柔性产线的要求，更提升了企业的品控水平、整体加工效率、质量稳定性、安全性与便利性。</p>		



第六节 电气行业

案例一	DUCO 多可
案例名称	5G 智能柔性装配线
客户所属行业	电气行业
企业需求点	客户是一家来自欧洲的世界500强电气企业，发展至今已成为全球能效管理领域的领导者和自动化领域的专家。在自动化生产过程中，客户面临产能不平衡、低自动化投资回报率、高空间占用率等痛点，急需高柔性的解决方案来支持生产。
面临挑战	产品种类多、小批量，对工作站的柔性化、智能化要求很高
项目应用核心技术点	整体采用模块化设计思路、针对不同产品可以快速换型和切换、采用5G无线网络进行通讯。
应用工艺环节	上下料、拧紧装配
解决方案	面向客户工厂环境中存在的实际“痛点”，多可协作机器人创新性地推出了行业内首次基于“5G+开放自动化系统”的柔性生产模式。每个工作台都采取六边形积木式的设计。整个产线以2台多可GCR10-1300协作机器人中心，负载10kg，臂展1300mm，向外连接不同功能的工作台，布局如同蜂巢。借助5G网络，产线的可移动性和连接的稳定性都大大提升，根据实时的生产需要，快速地在不同的工艺流程间切换。 <u>这种生产线模块化的布局，可按业务需求快速调整生产布局、大幅提高生产柔性和资产利用率，有效控制了生产线的制造成本。</u>

指标要求1	满足搬运和拧紧功能要求	指标要求2	满足生产节拍要求
机器人用量	2台		
项目成效及效益体现	<p>通过工位的自动拼接，<u>产线布局调整时间从几周缩短到一天甚至数小时，产品上市的时间缩短25%。整个产业线的空间占用面积也大大降低，产线投资改善幅度达到50%。</u>多可协作机器人得到了客户的一致好评，在5G技术加持之下，保障了产线的高可靠性、多终端联接能力以及更低的时延，在节本增产、运输效率及生产周期上都起到了积极的促进作用。</p>		
			

第七节 医疗行业

案例一	
案例名称	1 天处理 2300 份样本，医疗行业医用试剂检测处理应用案例
客户所属行业	医疗
企业需求点	代替医护人员进行自动化操作，实现高效率医学检测
面临挑战	<p>该设备占地面积仅为 1.7 m²左右，内部还部署了许多用于医学检测的单元模块，医护人员入内值班、操作，一是存在空间狭小、难以周转的问题；二是防止人员进出，可能导致样本被污染，严重情况下，甚至发生生物安全风险事故；三是实验流程繁琐，人工操作难以长时间保持专注，可能存在漏检、错检等问题。</p>
项目应用核心技术点	<p>Elfin 协作机器人占地面积小，能够在狭小空间内代替医护人员，灵活进行一系列操作，同时 Elfin 不论静态、还是高速作业状态下，都能达到</p>

	“IOS 5 洁净室”标准的要求，能够应用于高洁净度的医学检测环境，避免样本污染；Elfin 重复定位精度达到 $\pm 0.02\text{mm}$ ，可长时间运行，在全程封闭不开盖的检测仓里，做到比人工更有耐心、更精准、更稳定、更高效。		
应用工艺环节	智能加样		
解决方案	采用 Elfin E05 协作机器人，吊装在分子诊断 POCT 一体机的顶部，它负载 5kg，工作范围 800mm，基于独特的双关节模组设计，可以灵活简便地触达分子诊断 POCT 一体机的每一个角落，代替医护人员进行自动化操作，实现“1 分钟加样，20 分钟出结果”的高效率医学检测服务。		
指标要求1	避免样本污染	指标要求2	精准、高效、无误
机器人用量	1台Elfin E05		
项目成效及效益体现	<p>灵活：Elfin E05 协作机器人在狭小的分子诊断 POCT 一体机里面，能够代替医护人员，非常灵活地进行样本接收、存储、分类、处理、检测等一系列操作，避免样本污染等风险，释放人力去做更有价值的工作。</p> <p>精准：Elfin E05 协作机器人重复定位精度达到$\pm 0.02\text{mm}$，在全程封闭不开盖的检测仓里，做到比人工更有耐心、更精准、更稳定。</p> <p>高效：该分子诊断 POCT 一体机最多可达 32 个检测通道、32 个独立反应模块，满负荷运行情况下，Elfin E05 协作机器人每天可以准确处理 2300 多份检测样本，满足自动化、高通量的样本处理要求。</p> <p>易用：基于直观易懂的图形化编程功能，无需专业的机器人工程师，也能快速掌握编程技巧，部署调试方便快捷。</p> <p>高洁净度：Elfin E05 协作机器人的表面、关节及其它部位进行了特殊的处理，经由第三方权威机构的专业测试，不论静态、还是高速作业状态下，都能达到“IOS 5 洁净室”标准的要求，能够广泛地适用高洁净度的医学检测环境。</p>		

案例二	
案例名称	手术机器人（协作机器人在神经外科手术中的应用）
客户所属行业	医疗行业
企业需求点	神经外科手术中，急需手术机器人的加入与辅助，以更好地完成手术，帮助患者减轻病痛。
面临挑战	在医疗行业，神经外科是一门具有高难度、高风险和高强度属性的学科，神经外科手术对安全性、准确性的要求更高，在医疗技术发展的同时，也更急需手术机器人的加入与辅助。
项目应用核心技术点	人工智能技术、睿米®RM-50手术机器人
应用工艺环节	手术辅助
解决方案	<p>傲博携手柏惠维康联合开发,通过人工智能技术提升机械臂的精确性和稳定性,使得国产机械臂在高难度的脑部微创手术中亦运转自如,精确稳定的同时有效降低成本。</p> <p>1、远程医疗，提升基层医疗水平</p> <p>睿米®RM-50 手术机器人可结合 5G 实现远程医疗,继而促进先进医疗资源下沉基层,提升基层医疗机构的诊疗能力。</p> <p>2、精准稳定，助力患者快速恢复</p> <p>手术机器人视野更加开阔,手术操作更加精准,有利于患者伤口愈合,帮助减小创伤面和失血量,进而减轻疼痛。</p>
项目成效及效益体现	<p>1、远程医疗，提升基层医疗水平；</p> <p>2、精准稳定，助力患者快速恢复。</p>
	

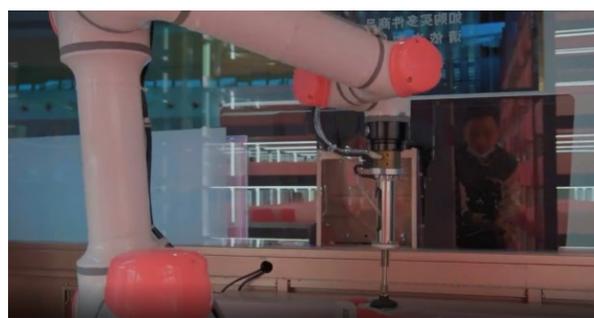
案例三			
案例名称	机器人遥操B超测试系统		
客户所属行业	医疗设备		
企业需求点	精准的接触力控制		
面临挑战	传感器的准确性、零点稳定性及温度稳定性		
项目应用核心技术点	传感器结构设计技术、生产工艺控制技术		
应用工艺环节	病人的B超检测，使用机器人完成，能够代替医生。		
解决方案	<p>B超检测是主要的医学诊断和常规体检技术之一，长期以来都是检验师操作B超设备，同时观察B超影像，劳动强度高，工作负担大。目前国内对应医师缺口大，高水平检验医师培养周期长。</p> <p>本项目把高级检验医师的经验和智能移植到力控B超机器人，替代人工，在传染病区具有特别重要的意义。</p> <p>项目用六维力传感器与机械臂结合，按照医师的作业程序、手法和力度扫描关注的器官，难度是柔性基地上的恒力控制，对力传感器的刚度和稳定性有很高的要求。</p>		
指标要求1	冷启动零点漂移 $<0.5N$	指标要求2	热启动零点漂移 $<0.2N$
机器人用量	每台机器人用一套传感器		
项目成效及效益体现	库柏特机器人已经采购近百套六维力传感器，完成了临床医学实验，已通过国家医疗器械注册认可，即将推广应用，已经获得效益数千万。		
			

案例四			
案例名称	膝关节医疗手术机器人		
客户所属行业	医疗		
企业需求点	骨科手术过程中，对机器人进行拖动快速定位，手术过程中，形成虚拟边界，通过力控对关节型腔进行磨削。		
面临挑战	低耦合、高精度、极低的温漂、高可靠性、传感器高带宽、精确至0.1N的高精度打磨力控制。		
项目应用核心技术点	高精度解耦算法、高带宽高精度微小应变信号调理采集、温漂补偿控制、六维同步校准。		
应用工艺环节	术前快速定位，术中虚拟边界墙，柔性力控磨削关节型腔		
解决方案	针对医疗行业高性能要求，传感器依托团队在航天及中科院多年的飞行器高精度测力技术采用全正向设计的结构及解耦算法，保证了极小的耦合串扰（优于0.06%）。高性能应变调理采集电路保证了高带宽、低噪声的数据。自适应温度补偿算法，确保了长时间范围内极低的温漂。		
指标要求1	精度0.1%FS，准度0.3%FS	指标要求2	零漂0.1%FS/小时 温漂0.01%FS/℃
传感器用量	每台工作站1-3套		
项目成效及效益体现	全面提升医疗手术机器人使用便捷程度，降低操作人员门槛，提升手术系统安全性，有效提高手术效率。		
			

案例五			
案例名称	医疗植入物力控打磨方案		
客户所属行业	医疗		
企业需求点	目前生产线使用人工打磨或者五轴磨床，效率低、成本高、品质可控性差，需要进行自动化改造，提高产能。		
面临挑战	医疗植入物尺寸精度要求高、表面光滑度要求严苛		
项目应用核心技术点	Wrist六维力传感器+力控软件包（基础算法+打磨工艺包）		
应用工艺环节	医疗植入物表面打磨处理		
解决方案	采用蓝点触控Wrist六维力传感器+力控软件包（基础算法+工艺包）核心技术，实现打磨力度实时高精度调整；数据上云，生产状态实时掌控。		
指标要求1	打磨品质稳定，表面粗糙度优于0.05，尺寸误差 $\leq 0.08\text{mm}$	指标要求2	匹配周期短，简单易用，能够完成复杂曲面高精度打磨
传感器用量	每台工作站1套		
项目成效及效益体现	首台测试交付周期仅三周，客户生产质量、效率明显提升，产能提升近7倍；基于客户行业影响力，已完成业内其他企业的批量复制。		
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> </div> <div style="flex: 2;"> </div> </div>			

第八节 新零售行业

案例一			
案例名称	无人零售店做店主		
客户所属行业	新零售行业		
企业需求点	<p>“新零售”一直是近些年炙手可热的词，而在疫情的影响下，无人新零售更是站上风口。随着消费多样化，信息技术更新迭代，无人新零售也从售卖单一产品上升为多种类产品售卖，集成系统日趋复杂，分拣任务也更为繁重。在此背景下，协作机器人能够凭借安全协作、部署便捷等特点成为代替人工运营新零售商店的最佳选择。</p>		
面临挑战	<p>该项目是某零售公司与中科新松联手打造的国内首家机器人免税店。但在项目实施过程中，遇到了很多挑战。首先，与工业场景不同，新零售行业面对的客户人数众多，考虑到客户操作习惯不同，机器人需要具有极高的安全保障系统来确保客户的安全。此外，由于免税店货品种类众多，包装大小不一，来货位置不定，机器人很难凭借定位编程抓取。</p>		
项目应用核心技术点	机器人安全性、3D视觉引导抓取功能		
应用工艺环节	付费下单-机器人按订单取货-放到出货口		
解决方案	<p>多可®协作机器人的主动安全与被动安全系统能够最大限度满足免税店机器人安全问题。在来货抓取方面，采用了“机器人+视觉”的解决方案，可实现无序无规则智能精准取货。同时，得益于多可®协作机器人系统支持二次开发能力，免税店从下单到得货，效率高，速度快，客户体验十分满意。</p>		
指标要求1	满足无人售卖功能	指标要求2	不能对人造成伤害
机器人用量	10+台		
项目成效及效益体现	<p>目前，无人零售免税会员店在武汉火车站、武汉万达、凯德 1818 等处均可体验。在机器人的赋能下，客户免税会员店可 24 小时不间断营业，让消费者在短短十几秒时间内就能取到自己心仪的全球高端美妆商品，一度成为当地的网红商店。</p>		



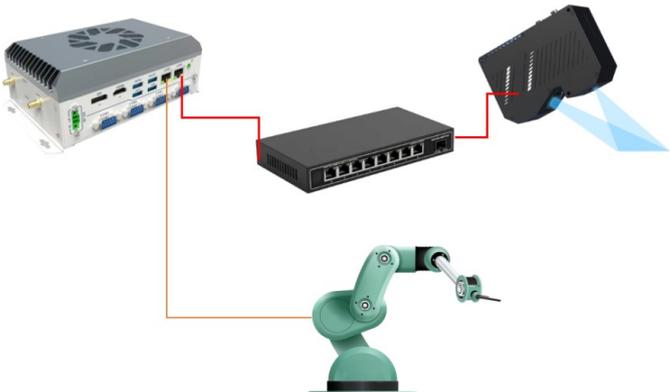
案例二	
案例名称	美妆盲盒抓取
客户所属行业	新零售
企业需求点	用协作机器人代替人工完成接单、取货、出库等售卖操作
面临挑战	<ol style="list-style-type: none"> 1、人口红利减弱，产业升级加速，劳动力成本、运营成本较高； 2、尤其是在后疫情时代，“无接触式”的服务需求显著上升； 3、各类零售企业同质化现象越来越严重，急需智慧升级。
项目应用核心技术点	遨博 i10 协作机器人（取货技术）、遨博 i3 协作机器人（打包技术）、与 APP 对接技术。
应用工艺环节	抓取
解决方案	<p>遨博与生态合作伙伴软体机器人跨界携手 HARMAY 话梅，为 HARMAY 话梅量身打造科技高端的智能展示立体仓，将科技与美妆完美融合。HARMAY 话梅武汉天地店共配置了 4 台遨博 i10 取货机器人、4 台提升机、4 台遨博 i3 打包机器人，出入库口与 APP 对接，物资出库全程自动化作业，实现从下单、抓取、出库等全场景无人操作。</p> <p>消费者扫码下单盲盒，遨博 i10 取货机器人接收到后台指令后，通过末端搭载的 3D 视觉相机扫描盲盒外部的条码，确定盲盒所在位置，准确分选出消费者所选的目标盲盒，运送至服务台。服务台处，遨博 i3 打包机器人正拿出准备好的包装袋，等待盲盒的降落，打包送入消费者手中。整个过程快速高效，不到一分钟，消费者便能拿到心仪之物。</p>
机器人用量	4 台遨博 i10 取货机器人、4 台遨博 i3 打包机器人

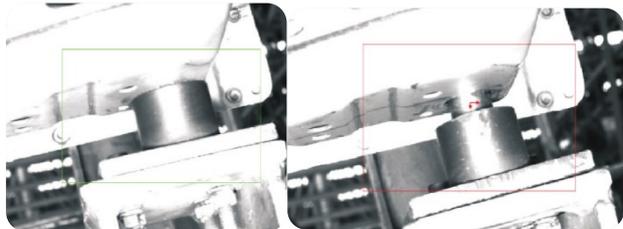
项目成效及效益体现

- 1、物资出库全程自动化作业，实现无接触式服务；
- 2、工作效率提升，售卖过程快速高效，不到一分钟，消费者便能拿到心仪之物。



第九节 机器人行业

案例一	<h1 style="color: green; margin: 0;">CSTIPC</h1> <h2 style="margin: 0;">康士达科技</h2>
案例名称	焊接机器人控制
客户所属行业	机器人
企业需求点	<p>客户的协作机器人应用在汽车制造领域，其主要应用有码垛包装、螺丝锁缚、车窗涂胶、机床上下料等场景，是以人工智能、自动控制、移动通信、计算机及网络等先进技术为基础支撑，其方案主要通过高精度视觉传感器+工控机的模式打造一个集智能感知、安全可靠、灵活易用的机器人控制平台，让各类协作机器人能够实现差异化功能扩展，并满足复杂的应用环境。</p>
面临挑战	<p>安全性问题：确保机器人与人安全协作的技术和措施需要不断创新和完善。</p> <p>技术限制：目前在感知、理解和决策能力方面仍存在一定的技术限制。如何提升机器人的智能水平，使其能够更好地理解和适应复杂的工作环境，是一个亟待解决的问题。</p>
项目应用核心技术点	<p>康士达控制器在智能化工业设备中的高可靠性技术，机器手臂的实时性系统优化技术以及图形图像处理技术。</p>
应用工艺环节	汽车铸件焊接
解决方案	<p>康士达边缘控制器U12TK基于Intel 12代酷睿低功耗平台Alder Lake P采用7nm制程。提供强大的CPU及GPU运算能力，完全满足3D相机数据采集处理，实时建模定位，以及实现机械手壁的实时控制。</p> <div style="text-align: center;">  </div>

指标要求1	人力节省50%	指标要求2	效率提高3倍
机器人用量	1台/机器		
项目成效及效益体现	1、焊接定位精度满足客户需求； 2、实现了机器人替代工人，提高效率，解决了专业工人缺乏的困难； 3、提高协作机器人的感知、理解和决策能力，实现更智能化的协同工作。		
			

案例二	
案例名称	谐波减速器在小型协作机器人的应用
客户所属行业	机器人
企业需求点	需要更小体积，更高扭矩、更高精度，可定制的谐波减速器进行小型协作机器人的开发。
解决方案	<p>1、量身定制更小体积的产品结构</p> <p>基于小型协作机器人的关节结构的需求，在满足精度、寿命的情况下，对柔性轴承、柔轮、刚轮、交叉轴承重新设计，让产品结构更加紧凑，从而实现整体缩小谐波减速器的尺寸；</p> <p>2、中空设计让产品更加轻量化</p> <p>通过谐波减速器内部的特殊结构，使整个谐波减速器中孔扩大，更方便机器人整体结构的设计，从而实现机器人更加轻量化。</p> <p>3、输出方式非标定制，实现产品的多样化需求</p> <p>通过三大解决方案的思路，为客户提供了整体重量更轻，结构更小的谐波减速器，同时使整个关节的转动惯量更小，也可以配合的更小电机，从而帮助客户实现整个小型化协作机器人的开发。</p>

机器人用量	年产1000台
项目成效及效益体现	实现了负载1kg的小型协作机器人的开发

案例三	
案例名称	一体化关节模组在服务型协作机器人的应用
客户所属行业	服务型协作机器人
企业需求点	基于开发更具性价比的服务型机器人，需要供应商提供能够满足大负载、小体积的性能需求，同时满足价格要求的一体化关节模组。
解决方案	<p>1、强大的供应链、核心零件自研自产的能力，提供更具价格优势的产品</p> <p>基于在谐波减速器产品积累的供应链管理能力的积累，完成了一体化关节模组供应链整合，核心零件包含：伺服驱动器、电机端绝对值编码器、输出端绝对值编码器、无框力矩电机、制动器、精密谐波减速机等均已实现自研自产，大大降低了关节模组的制造成本。</p> <p>2、自主研发，满足大负载，小体积，高精度的产品要求</p> <p>凭借大负载、小体积谐波减速器产品的成熟应用，独立自主研发能够满足客户需求的一体化关节模组，高度集成模块化、紧凑型设计，满足大负载，小体积的产品要求，同时采用高精度双编码器，重复定位精度可达±0.015°，并内置抱闸，可以瞬间进行安全制动。</p> <p>通过一体化关节模组的适配与应用，大大缩短了客户的研发及制作周期，同时大大降低了产品的生产成本，帮助客户加快产品推向市场的速度。</p>
应用工艺环节	全流程生产独立完成
机器人用量	年产500台
项目成效及效益体现	有效降低制造成本30%

案例四			
案例名称	人形机器人		
客户所属行业	机器人行业		
企业需求点	人形机器人行走及手臂灵巧操作中的高精度高性能力控		
面临挑战	机器人行进过程中腕部高冲击、高过载；关节部位有限信息反馈下的扭矩/力高解耦度输出，低温漂。		
项目应用核心技术点	高精度解耦算法、高带宽高精度微小应变信号调理采集、温漂补偿控制、六维同步校准，复杂交叉载荷下的传感器正向设计。		
应用工艺环节	行进中步态控制及力度反馈、手臂精细操作中的力控控制及反馈。		
解决方案	针对脚腕部大冲击，改进传力梁及过载保护结构，同时对弹性体进行晶格重构，确保高灵敏输出下的强过载冲击能力。		
指标要求1	优于0.5%FS的精准度、无数据依托的高精度解耦、响应带宽不低于7KHz	指标要求2	5-10倍以上过载
机器人用量	每台机器人4个六维力传感器，20个关节力矩传感器		
项目成效及效益体现	在不增加整机重量及体积的情况下，对原有传力结构进行改造，实现了高性能力控反馈及控制。		
			

第十节 其他行业

案例一	<h1 style="text-align: center;">CSTIPC</h1> <h2 style="text-align: center;">康士达科技</h2>		
案例名称	3D相机视觉案例		
客户所属行业	机器人		
企业需求点	<p>客户协作机器人应用在3C电子料检测方面，其通过部署高精度机器人与视觉系统协同作业，来实现主板检测的自动化。重复定位精度±0.03mm的机器人，有效检测手机主板零部件。</p>		
面临挑战	<ol style="list-style-type: none"> 1、可靠性：设备故障导致的停工停产概率； 2、稳定性：设备稳定性不足导致的次品率升高； 3、产线效率不足导致的产能降低。 		
项目应用核心技术点	<ol style="list-style-type: none"> 1、康士达控制器在智能化工业设备中的高可靠性技术，实时性系统优化技术； 2、应用AI+3D视觉技术，实现海量工件精准识别及检测。 		
应用工艺环节	手机辅料在线检测		
解决方案	<p>康士达机器视觉控制器Q6AMV基于12th Intel Core Alder Lake -S处理器平台，采用Intel 10nm制程，基于全新的P+E核处理器架构，支持最高16核24线程，性能倍增；基于Intel Xe核显架构，支持4路独立显示，可支持8K显示输出，让客户无需额外显卡辅助，能直接处理多路3d相机数据，并完成相关的后期处理。</p> 		
指标要求1	效率提高3倍	指标要求2	直通率提高5%

机器人用量	1台/机器		
项目成效及效益体现	1、可动态检测、静态检测，识别率100%； 2、替代人工精准检测防水软垫、导电泡棉、导热硅胶、铜箔片、带胶导电布、高温胶纸、螺丝等手机辅料有无；产线检测效率提高3倍，直通率提高5%。		
			

案例二			
案例名称	机器人抛光打磨		
客户所属行业	智能制造		
企业需求点	安装于机器人腕部，能实时感知机器人磨抛过程受到的外力		
面临挑战	传感器高刚度、高稳定性、高分变性、数据反馈实时性		
项目应用核心技术点	传感器结构设计技术、生产工艺控制技术、数据采集与传输技术		
应用工艺环节	提供力传感器和重力、惯性力补偿算法		
解决方案	安装在机器人抛光工具和机械臂末端之间，感知抛光工具收到的力，同时运用力补偿算法，解决机器人位姿变化过程惯性力和重力的影响。		
指标要求1	通讯速率 $\geq 2\text{kHz}$	指标要求2	耦合误差 $< 0.5\%FS$
机器人用量	每台机器人用一套传感器		
项目成效及效益体现	在IC抛光得到应用，客户主导的集成项目研制和应用，得到地方政府的科技进步奖。		



案例三			
案例名称	某电力公司无人化智能配电操作机器人系统		
客户所属行业	电力		
企业需求点	在原有视觉引导机器人作业方案中引入力控系统，降低作业难度，提高成功率；改善工人作业环境，有效保障作业人员生命安全。		
面临挑战	10kv以上的高压等恶劣EMC环境。复杂外部光环境下，较大的初始误差情况下的力控操作。极低的失误容忍度。高低温（-20℃~+70℃）、高湿等恶劣的环境试验条件。		
项目应用核心技术点	蓝点触控末端六维力传感器+力控工艺包		
应用工艺环节	力控系统控制机器人进行自适应调整，完成抓取线缆、举升线缆、线缆穿孔、线缆入槽以及放置工具等复杂任务。		
解决方案	针对电网带电作业环节，蓝点提供力控工艺算法及末端六维力控传感器，由客户自行进行集成方案，适用于不同作业需求及复杂作业环境。		
指标要求1	10kvEMC环境，-20℃~+70℃	指标要求2	软件功能完善，简单操作易上手
机器人用量	每台工作站1套		
项目成效及效益体现	客户采用蓝点触控力控方案，使得机器人全自动带电作业的可靠性得以提升，成功率由10%提升至99%以上，提升工作效率的同时最大程度降低员工作业危		

险性。



GGT

附录 1 中国协作机器人市场代表企业

企业（国企）	所属国家	首款产品发布时间（年）	自由度
中科新松	中国	2015	6/7/14
大族机器人	中国	2016	6/7
长广溪智造	中国	2018	6
遨博智能	中国	2015	6
艾利特机器人	中国	2017	6
天机智能	中国	2017	6
节卡机器人	中国	2017	6
珞石机器人	中国	2018	7
慧灵科技	中国	2016	4/6
达明机器人	中国台湾	2015	6
越疆机器人	中国	2016	4/6
海默机器人	中国	2017	6
法奥意威	中国	2019	6
镁伽机器人	中国	2017	6
敬科机器人	中国	2018	6
格力	中国	2017	6/14
智昌集团	中国	2017	7/14
理惠诚	中国	2017	6/14
JK-Tech	中国	2017	7/14
大象机器人	中国	2017	6
睿尔曼智能	中国	2018	6/7
尔智机器人	中国	2018	6
非夕科技	中国	2019	7
配天机器人	中国	2019	6
溱者智能	中国	2019	6
华数机器人	中国	2019	6

图灵智能	中国	2018	6
埃夫特	中国	2019	6
福德机器人	中国	2023	6
远大机器人	中国	2018	6
思灵机器人	中国	2018	6/7
企业（外企）	所属国家	首款产品发布时间（年）	自由度
ABB	瑞士	2015	6/7/14
KUKA	德国	2013	6/7
FANUC	日本	2014	6
Bosch	德国	2014	/
YASKAWA	日本	2015	6
Universal Robotics	丹麦	2008	6
川崎重工	日本	2015	4
Nachi Fukuji	日本	2016	6
Kinova Robotics	加拿大	2016	6/7
Comau	意大利	2016	4/6
Bionic robotics	德国	2016	6
Pi4 Robotics	德国	2016	6
Modbot	美国	2016	6
Miso Robotics	美国	2016	6
Franka Emika	德国	2017	7
F&P Robotic	瑞士	2017	6
Grabit	美国	2017	4
三菱	日本	2017	6
Gomtec Roberta (ABB 收购)	德国	2015	6
Denso	日本	2017	6
川田工业	日本	2014	14
Mecademic	加拿大	/	6

Hanwha Techwin	韩国	2017	6
Acutronic Robotics	西班牙/瑞士	2017	6
Doosan Robotics	韩国	2017	6
ESI	加拿大	2018	6
那智不二越	日本	2018	6
史陶比尔	瑞士	2016	6
Kassow Robots	丹麦	2018	7
Life Robotics (发那科收购)	日本	2016	6

附录 2 协作机器人产业链及周边配套厂商

序号	企业名称	类型	国家
1	来福谐波	减速器、关节模组	中国
2	绿的谐波	减速器、关节模组	中国
3	同川精密	减速器、关节模组	中国
4	大族精密	减速器	中国
5	昊志机电	减速器	中国
6	哈默纳科	减速器、关节模组	日本
7	新宝	减速器	日本
8	福德机器人	减速器	中国
9	步科电气	力矩电机	中国
10	杭州三相	力矩电机	中国
11	易尔泰	力矩电机	中国
12	大族电机	力矩电机	中国
13	合泰电机	力矩电机	中国
14	三瑞智能	力矩电机	中国
15	常州运控	力矩电机	中国
16	科尔摩根	力矩电机、关节模组	美国
17	零差云控	编码器、关节模组	中国
18	泰科伺服	关节模组	中国
19	精谷智能	编码器、关节模组	中国
20	尼康	编码器、关节模组	日本
21	海康机器人	视觉、AMR	中国
22	华睿科技	视觉、AMR	中国
23	库柏特	视觉、软件	中国
24	西克 (Sick)	视觉、传感器	德国
25	梅卡曼德	视觉	中国
26	康耐视	视觉	美国

27	基恩士	视觉	日本
28	Pickit	视觉	比利时
29	Aquifi	视觉	美国
30	阿丘科技	视觉	中国
31	如本科技	视觉	中国
32	Mcrosan	视觉	美国
33	Solomon	视觉	中国台湾
34	视觉龙	视觉	中国
35	埃尔森	视觉	中国
36	视比特	视觉	中国
37	星猿哲	视觉	中国
38	LMI	视觉	加拿大
39	Photoneo	视觉	斯洛伐克
40	度申	视觉	中国
41	图漾科技	视觉	中国
42	BASLER	视觉	德国
43	Intel	视觉	美国
44	ArtiMinds Essentials	软件	德国
45	Robodk	软件	加拿大
46	Energid	软件	美国
47	吉玛泰克 (Gimatic)	末端执行器	意大利
48	派亚博 (Piab)	末端执行器	瑞典
49	施迈茨 (Schmalz)	末端执行器	德国
50	北京软体机器人	末端执行器	中国
51	大寰机器人	末端执行器	中国
52	增广智能	末端执行器	中国
53	费斯托	末端执行器	德国
54	桥田	快换、末端执行器	中国
55	慧灵科技	末端执行器	中国

56	Zimmer Group	末端执行器	德国
57	Righthand Robotics	末端执行器	美国
58	Soft Robotics	末端执行器	美国
59	Grabit	末端执行器	美国
60	IAI	末端执行器	日本
61	Mindman	末端执行器	中国台湾
62	柔触机器人	末端执行器	中国
63	RGK	末端执行器	中国台湾
64	Active8 Robots	末端执行器	英国
65	Chanto Air Hydraulics	末端执行器	中国台湾
66	QB Robotics	末端执行器	意大利
67	Barrett Technology	末端执行器	美国
68	Shadow Hand	末端执行器	英国
69	DLR/HIT Hand	末端执行器	德国/中国
70	钧舵机器人	末端执行器	中国
71	知行机器人	末端执行器	中国
72	霓达	快换	日本
73	雄克	传感器、末端执行器	德国
74	Robotiq	传感器、末端执行器	加拿大
75	Onrobot	传感器、末端执行器	丹麦
76	SMC	传感器、末端执行器	日本
77	ATI	传感器、末端执行器	美国
78	Weiss Robotics	传感器、末端执行器	德国
79	坤维科技	传感器	中国
80	倍加福	传感器	德国
81	蓝点触控	传感器	中国
82	鑫精诚传感器	传感器	中国
83	海伯森	传感器	中国
84	OptoForce	传感器	匈牙利

85	恩智浦 (NXP)	传感器	荷兰
86	施耐德	传感器	法国
87	SRI 宇立	传感器	中国
88	神源生智能	传感器	中国
89	斯坦德机器人	AMR	中国
90	优艾智合	AMR	中国
91	快仓智能	AMR	中国
92	Fetch Robotics	AMR	美国
93	MiR	AMR	丹麦
94	蓝芯科技	AMR	中国
95	仙工智能	AMR	中国
96	Geek+	AMR	中国
97	迦智科技	AMR	中国
98	Swisslog	AMR	瑞士
99	康士达	工控机	中国
100	恒邦新创	工控机	中国
101	源控	工控机	中国
102	莫尔	其他	德国
103	莱尼	其他	德国
104	IGUS	其他	德国
105	璟胜	其他	中国

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、储能、氢电、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: 深圳市南山区蛇口网谷万海大厦 A 座 401-402

电话: 0755-26981898

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

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