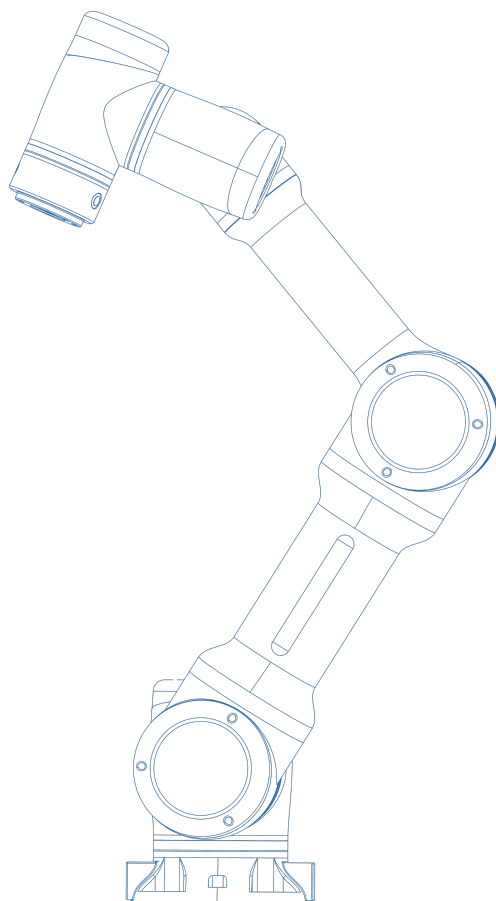


2024年全球协作机器人 产业发展白皮书

The Global White Books of Cobots 2024



2024

[版权声明]

本白皮书版权为北京铂睿德佳信息服务有限公司（MIR 睿工业）所有，如引用报告内容进行对外使用，所产生的误解和诉讼由引用方自行负责，本公司不承担责任。

未经本公司同意，不得以任何形式将本报告出借、转售、出租、网上发布或用作其他商业用途。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。

目录

- 目录.....1
- 图表目录.....5
- 第一章：协作机器人定义与概述.....7
 - (一) 协作机器人定义.....7
 - (二) 协作机器人特点.....7
 - 1. 安全性.....8
 - 2. 灵活性.....8
 - 3. 易用性.....8
 - (三) 协作机器人分类.....9
 - 1. 按结构形态划分.....9
 - 2. 按关节轴数划分.....9
 - 3. 按负载能力划分.....10
 - (四) 协作机器人发展历程.....10
 - 1. 萌芽阶段（1990s 初期）.....11
 - 2. 技术突破阶段（2000s）.....11
 - 3. 快速增长阶段（2010~2020）.....11
 - 4. 成熟与智能化发展阶段（2020 至今）.....12
 - (五) 协作机器人与人形机器人.....12
 - 1. 人形机器人特点.....12
 - 2. 协作机器人与人形机器人的趋同点.....13
 - 2.1 技术基础的共通性：.....13
 - 2.2 应用领域的交叉：.....13
 - 3. 协作机器人与人形机器人的发展关系.....14
- 第二章：标准、认证及政策.....15
 - (一) 协作机器人安全标准解读.....15
 - 1. 协作机器人安全的意义.....15
 - 2. 协作机器人技术规范与安全要素.....15
 - 2.1 机器人安全标准发展历程.....15
 - 2.2 协作机器人安全标准解读.....17
 - 2.2.1 安全级监控静止.....17
 - 2.2.2 手动引导.....18
 - 2.2.3 速度和距离监控.....18
 - 2.2.4 功率和力限制.....19
 - 3. 协作机器人安全标准发展趋势.....19
 - 4. 协作机器人厂商安全方案解读.....20
 - (二) 协作机器人认证解读.....21
 - 1. 全球机器人认证说明.....21
 - 2. 当前协作机器人厂商认证情况一览.....26
 - (三) 协作机器人相关政策分析.....27
- 第三章：协作机器人产业链分析.....33
 - (一) 上游零部件加速完备.....33
 - 1. 中国产业链快速发展背景.....34

2. 中国核心零部件发展现状.....	34
(二) 中游本体制造快速发展.....	36
(三) 下游系统集成行业属性趋势明显.....	37
第四章：协作机器人市场格局分析.....	39
(一) 全球协作机器人市场分析.....	39
1. 全球协作机器人市场发展前景广阔.....	39
2. 协作机器人市场发展迅速，市场份额逐年攀升.....	40
3. 全球市场格局已初步定型.....	40
3.1 地区划分及定义	40
3.2 全球协作机器人市场格局	41
(二) 中国协作机器人市场分析.....	43
1. 中国市场进入稳步高速发展阶段.....	43
2. 中国市场格局已初具雏形.....	45
3. 工业领域稳步增长，柔性制造需求打开市场.....	46
4. 大负载趋势持续拓宽工业领域应用.....	47
(三) 全球其他地区协作机器人市场特点及发展趋势.....	48
1. 欧洲.....	48
1.1 制造业分布	48
1.2 制造业自动化情况	49
1.3 协作机器人市场情况	50
2. 北美洲.....	51
2.1 制造业分布	51
2.2 制造业自动化情况	51
2.3 协作机器人市场情况	52
3. 南美洲.....	53
3.1 制造业分布	53
3.2 制造业自动化情况	54
3.3 协作机器人市场情况	54
4. 日本.....	55
4.1 制造业分布	55
4.2 制造业自动化情况	55
4.3 协作机器人市场情况	56
5. 韩国.....	57
5.1 制造业分布	57
5.2 制造业自动化情况	58
5.3 协作机器人市场情况	58
6. 东南亚.....	59
6.1 制造业分布	59
6.2 制造业自动化情况	60
6.3 协作机器人市场情况	61
7. 印度.....	62
7.1 制造业分布	62
7.2 制造业自动化情况	62
7.3 协作机器人市场情况	63

第五章：协作机器人技术现状及发展趋势.....	65
(一) 协作机器人核心技术定义.....	65
(二) 协作机器人核心技术发展现状.....	65
1. 安全性.....	65
2. 易用性.....	66
3. 灵活性.....	69
(三) 新兴技术带来全新可能.....	70
1. AI 技术.....	70
2. AR/VR.....	70
3. 5G/6G 通信技术.....	71
第六章：协作机器人应用发展趋势.....	73
(一) 协作机器人应用定义.....	73
(二) 协作机器人应用发展趋势.....	73
1. 工业.....	73
2. 非工业.....	74
(三) 协作机器人生态圈助力应用丰富化发展.....	75
第七章：全球 TOP 厂商动态与典型案例分析.....	78
(一) 全球厂商动态.....	78
1. 2023-2024 年协作机器人主要相关事件梳理.....	78
(二) 典型案例分.....	80
1. 汽车及相关行业.....	80
● 汽车零部件：车灯螺钉锁付.....	80
● 汽车零部件：变速箱螺栓拧紧.....	81
● 汽车零部件：汽车行业销轴加工.....	82
● 汽车电子：电流传感器检测.....	83
● 汽车整车：汽车整车柔性自动化产线.....	84
● 新能源汽车充电.....	85
2. 电子及相关行业.....	85
● 电子：PCBA 上下料检测.....	85
● 电子：电子产品精密涂胶.....	86
3. 金属制品及相关行业.....	87
● 金属制品：钢结构自动化焊接.....	87
● 金属制品：复合机器人 CNC 上下料.....	88
4. 日化及相关行业.....	89
● 日化行业：化妆品包装上下料.....	89
5. 锂电及相关行业.....	90
● 新能源：电芯模组柔性测试和组装线.....	90
6. 医疗及相关行业.....	91
● 医学样本全自动检测.....	91
7. 教育及相关行业.....	92
● 智能柔性制造模块化实训平台.....	92
8. 餐饮及相关行业.....	93
● 咖啡双臂拉花.....	93
● 智慧食堂.....	94

9. 其他.....	95
● 半导体行业：SiP 自动仓储物流解决方案.....	95
● 家电行业：空调外机检测、热交换器检漏、PCB 涂胶等.....	95
● 轨道交通：轨交智能巡检机器人.....	96
● 特种领域：反射面激光靶标维护机器人.....	97

图表目录

图 1 协作机器人示意图	7
图 2 协作机器人安全级监控静止示意图	17
图 3 协作机器人手动引导示意图	18
图 4 协作机器人速度和距离监控示意图	18
图 5 协作机器人功率和力限制示意图	19
图 6 认证样例：欧盟 CE-MD 认证	22
图 7 认证样图：美国 NRTL 认证	22
图 8 认证样图：韩国 KCs 认证	23
图 9 认证样图：CR 认证	23
图 10 认证样图：MTBF 认证	24
图 11 认证样图：SEMI-S2 认证	25
图 12 SGS TÜV-Saar 功能安全证书	27
图 13 协作机器人产业链	33
图 14 协作机器人三大核心零部件	34
图 15 协作机器人模块化关节	36
图 16 协作机器人系统集成产业链	38
图 17 2015-2028 年全球协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	39
图 18 2017-2023 年全球协作机器人销售规模与市场份额及 2028 年预测 （单位：千台）	40
图 19 2023 年全球协作机器人销售规模-分大洲（单位：千台）	41
图 20 2023 年全球协作机器人销售规模-分地区（单位：千台）	41
图 21 2023 年全球协作机器人销售规模-分厂商（单位：千台）	42
图 22 2015-2028 年中国协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	43
图 23 2023 年中国协作机器人销售规模-分厂商（单位：千台）	45
图 24 2023 年中国协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	46
图 25 2023 年中国协作机器人销售规模-分负载（单位：千台）	47
图 26 2015-2028 年欧洲协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	50
图 27 2023 年欧洲协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	50
图 28 2015-2028 年北美洲协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	52
图 29 2023 年北美洲协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	53
图 30 2015-2028 年南美洲协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	54
图 31 2023 年南美洲协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	55
图 32 2015-2028 年日本协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	56
图 33 2023 年日本协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	57
图 34 2015-2028 年韩国协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	58
图 35 2023 年韩国协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	59
图 36 2015-2028 年东南亚协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	61
图 37 2023 年东南亚协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	61
图 38 2015-2028 年印度协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	63
图 39 2023 年印度协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	63
图 40 协作机器人“关节力矩传感器方案”	66
图 41 协作机器人图形化编程	67

图 42 协作机器人拖动示教	67
图 43 复合机器人方案	76
图 44 协作机器人视觉识别方案	77
表 1 协作机器人对比传统工业机器人特点	8
表 2 协作机器人按结构形态分类	9
表 3 协作机器人按关节轴数分类	10
表 4 主流协作机器人厂商产品负载分布	10
表 5 全球机器人安全标准代表事件	16
表 6 协作机器人代表厂商认证一览	26
表 7 全球各地区机器人产业相关政策	27
表 8 工业机器人行业相关部门及主要职责	30
表 9 2021-2024 年中国工业机器人相关政策	31
表 10 全球市场协作机器人阵营（不完全统计）	37
表 11 东欧代表产业及厂商	48
表 12 西欧代表产业及厂商	48
表 13 南欧代表产业及厂商	48
表 14 北欧代表产业及厂商	49
表 15 北美洲代表产业及厂商	51
表 16 南美洲代表产业及厂商	54
表 17 日本代表产业及厂商	55
表 18 韩国代表产业及厂商	58
表 19 东南亚代表产业及厂商	60
表 20 印度代表产业及厂商	62

第一章：协作机器人定义与概述

（一）协作机器人定义

协作机器人（Collaborative Robots，图 1）简称 Cobots。

过去，行业里众多组织和平台对协作机器人进行了基本的定义。

国际标准组织(ISO)在 ISO/TS 15066(协作型机器人技术规范)中定义：“协作型机器人是工业机器人的一个分支”，强调了协作机器人的起源；中国全国科学技术名词审定委员会定义：“为与人直接交互而设计的机器人”，强调了协作机器人的设计属性；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”，更细化的说明了协作机器人的属性。

可以看出，这些定义主要强调了协作机器人的基本概念及设计理念。协作机器人发展至今，在结构和功能上不断实现创新，应用场景不断丰富，其定义也在在这个过程中不断丰富及具象化。在本文中，我们将协作机器人定义为**一种设计为六轴或七轴形态，用来与人类在共同工作空间、近距离、协同作业的智能化机器人，旨在协助人类在工业及非工业场景中完成重复的工作。**

图 1 协作机器人示意图



（二）协作机器人特点

与传统工业机器人不同，协作机器人拓展了机器人功能内涵中“人”的属性，使机器人具备一定的自主行为和协作能力，可在非结构的环境下与人配合完成复杂的动作和任务，使机器人真正成为人的合作伙伴，解决传统工业机器人应用的局限性。协作机器人应用于工业场景中时无需在工人与机器人产品之间设置隔离

栏进行分离，从而解除了传统工业机器人在使用过程中对于人工生产力的限制，确保了产线的灵活性与生产效率。

协作机器人相比于传统工业机器人有诸多特点（如表 1 所示），其应用过程中具有安全、灵活、易用等优势，适用于空间有限、人员密集的产线以及“小批量、多品种”的柔性产线，同时在环境复杂，需求多样且人员接触压力更高的非工业场景中优势更为明显。

1. 安全性

协作机器人的定义强调了其与人类近距离协同工作的特性。这意味着它不是孤立运行的，而是能够在人类工作者身边安全、高效地完成任务。其安全性体现在配备了先进的传感器和防护机制，能及时感知人类的接近并做出相应的减速或停止动作，以避免碰撞和伤害。

2. 灵活性

灵活性则表现在协作机器人可以适应不同的工作环境和任务需求，较轻的自重使其更易于搬运或配合移动设备实现移动式柔性作业，拖动示教功能使其可在短时间内轻松调整动作和路径。

3. 易用性

协作机器人易于编程操作，使得非专业技术人员也能快速上手，通过直观的界面和简单的指令就能让机器人执行复杂的任务。

表 1 协作机器人对比传统工业机器人特点

	协作机器人	传统工业机器人
安全性	圆弧关边缘设计，触碰停止设计，安装无需围栏，安全性较高	需通过安全屏障与人类隔绝，配备急停按钮，但由于速度和功率较高，仍存在安全风险
灵活性与易用性	自重轻，装卸便捷，占地面积小，图形化编程，拖动示教	安装复杂，较难移动，编程难度高
负载与速度	速度中，载荷能力有限（≤40kg）	速度快，有效负载能力高
成本与投资回报	前期成本低，如设置和培训成本，能更快获得投资回报	前期安全设施设置、编程培训、集成成本较高，但在高精度、高速度应用场景中有较高的投资回报率

(三) 协作机器人分类

1. 按结构形态划分

目前，协作机器人的结构形态分为两类：单臂协作机器人、双臂协作机器人（如表 2 所示）。单臂协作机器人是目前常见的，也是应用最多的结构类型，可用于大多数搬运、装配场景。双臂协作机器人则在需要更高程度的协同作业或需要进行复杂操作的任务中具有优势，常用于医疗手术、实验室操作、精细装配等领域。

表 2 协作机器人按结构形态分类

类别	图示
单臂协作机器人	
双臂协作机器人	

2. 按关节轴数划分

主流协作机器人按关节轴数可划分为六轴协作机器人和七轴协作机器人（如表 3 所示），用以满足不同应用场景对协作机器人灵活性的要求。其中，六轴是协作机器人最为常见的轴数，也是目前市场上协作机器人的主流形态，市场占比超 90%，六轴机器人在具备良好的空间可达性基础上，具有较高的技术成熟度和性价比。目前业内也有四轴类“协作机器人”，但其形态设计、硬件构成和应用场景均与主流协作机器人存在较大差异，故此类机型不划分入协作机器人范畴。

七轴协作机器人相比六轴机器人，更加灵活，利用其冗余自由度可以通过更科学的运动轨迹规划达到良好的运动学特性，并且可以利用其结构实现最佳的动力学性能。

表 3 协作机器人按关节轴数分类

类别	图示
六轴协作机器人	
七轴协作机器人	

3. 按负载能力划分

按最大负载能力划分，可将协作机器人分为四类：Mini 协作机器人、轻型协作机器人、大负载协作机器人、重负载协作机器人，用于匹配不同负载需求的工作场景。下表为目前各主流协作机器人厂商产品负载分布情况。

表 4 主流协作机器人厂商产品负载分布

品牌		负载范围（kg，按最大负载统计）																					
		Mini 协作机器人				轻型协作机器人						大负载协作机器人						重负载协作机器人					
		0.5	1	2	3	3.5	4	5	6	7	8	10	12	14	15	16	18	20	25	30	35	40	
国际	UR																						
	ABB																						
	Fanuc																						
	KUKA																						
	STAUBLI																						
中国	JAKA																						
	TECHMAN																						
	AUBO																						
	ELITEROBOT																						
	HANSROBOT																						
	DOCUROBOT																						
	DOBOT																						

（四） 协作机器人发展历程

协作机器人的发展历程反映了工业自动化、人工智能以及机器人技术的不断进步。协作机器人与传统工业机器人的最大区别在于其能够在工人旁边安全工作，

而不需要隔离护栏，且更加灵活、智能。以下是协作机器人发展的主要阶段：

1. 萌芽阶段（1990s 初期）

1995，美国通用汽车（GM）针对汽车行业痛点发起了研究项目，项目旨在找出让机器人变得足够安全的方法，以便机器人可以和工人协同工作。传统工业机器人需要严格的安全隔离措施，而“新型机器人”可以与人类共同作业，提高生产效率。1996 美国西北大学两位教授首次提出了协作机器人的概念。

美国国家科学基金会（NSF）支持了早期协作机器人技术的研发，重点是通过感知与反馈系统，使机器人能够感知环境，并在有碰撞风险时自动停止或减速。

2. 技术突破阶段（2000s）

2008 年，丹麦公司 Universal Robots 发布了世界上第一台商用协作机器人——UR5。UR5 可以在没有防护栏的情况下工作，并且其轻便、易编程和价格较低，迅速引发市场关注。

协作机器人核心技术也在这个阶段得到突破，最具代表的为力反馈技术，协作机器人通过使用力传感器，使其能够检测到外部施加的力，并作出相应反应，从而保证在人机交互时的安全性。

ISO 10218-1 标准的发布，为协作机器人在人机协作的安全操作方面提供了规范，促进了技术的进一步发展。

3. 快速增长阶段（2010~2020）

随着 Universal Robots 的成功，协作机器人市场开始快速增长。其他机器人公司如 ABB、KUKA、FANUC 等传统工业机器人巨头以及中国机器人公司也纷纷进入协作机器人市场，推出了各自的协作机器人系列（其中 KUKA、FRANKA 等以德宇航技术为基础，推出可实现高精度作业的七轴关节力控协作机器人）。

2011 年，Rethink Robotics 推出 Baxter，进一步推动了协作机器人在中小型企业中的普及。协作机器人开始广泛应用于制造企业、汽车工业、电子行业、食品加工等领域，特别是在需要高精度和灵活性作业的任务中，如装配、打螺丝、焊接等。

2013 年，优傲机器人（UR）进入中国市场，将协作机器人的概念带入了中国，打开了协作机器人在中国的应用局面。2014 年，以节卡机器人（JAKA）为代表的一批“协作机器人新势力”诞生，这些公司有着上海交通大学等全球顶级院校的技术积累和自动化行业经验，短短数年在全球崭露头角，市场份额不断扩大。

2016 年，国际标准化组织针对协作机器人发布了最新的工业标准——ISO / TS 15066: Robots and robotic devices—Collaborative robots，作为支持 ISO 10218 的补充文档，该标准进一步明确了协作机器人的设计细节及系统安全技术规范。由此，协作机器人在标准化生产的道路上步入正轨。

4. 成熟与智能化发展阶段（2020 至今）

①多领域扩展：协作机器人不仅限于制造业，还开始向其他非工业领域扩展，包括医疗、农业、服务业、特种领域等。比如，在医疗领域，协作机器人被用来执行外科手术辅助和康复训练；在服务业，协作机器人用于制作咖啡、汤面。

②成本下降与普及：随着技术的成熟和生产成本的下降，协作机器人的价格逐渐降低，使得中小企业也能够负担得起，从而加速了市场的普及。

③人工智能与协作机器人结合：协作机器人逐渐融入人工智能（AI）技术，特别是在机器视觉、自然语言处理和机器学习方面，协作机器人能够更好地感知环境，并根据实时数据进行决策。

机器人的操作变得更加智能和自动化。例如，通过 AI 视觉系统，机器人能够自动识别并抓取复杂形状的物体，或通过深度学习算法自主优化工作路径。

（五）协作机器人与人形机器人

受技术进步、市场需求的提升以及国家和企业战略布局等方面的推动，近两年，人形机器人热度较高。

1. 人形机器人特点

人形机器人（humanoid robot）是具有类似人类身体结构的机器人，可通过仿效人类的姿态和活动，实现自然的人机交互。人形机器人通常配备以下组件：

①大脑（中央处理单元），负责决策和控制。②小脑（运动控制系统），负责协调运动和稳定性。③双臂，用于抓取和操作物品。④双足，负责提供行走和移动能力。⑤力觉传感器，负责感知触觉和施加的力量。⑥视觉系统，用于环境感知和对象识别。

2. 协作机器人与人形机器人的趋同点

2.1 技术基础的共通性：

协作机器人和人形机器人都强调人机协作。协作机器人专门设计用于与工人安全地并肩工作，而人形机器人也被视为未来能够在人类生活和工作环境中与人类互动的伙伴。在这一点上，协作机器人和人形机器人共同代表了人机交互领域的发展趋势。未来，随着技术的进步，具有人形外观的协作机器人可能会在一些特定的场合出现，尤其是需要更高程度的人类互动的应用中，这种机器人可能具备协作机器人的功能，又有着人形机器人相似的外形和移动能力。

无论是协作机器人在工业生产中的精准配合，还是人形机器人在复杂环境中的灵活动作，都依赖于运动控制、一体化关节手臂、传感器等核心技术的发展。其中，手臂关节是人形机器人实现场景化落地的重要执行单元。近期，JAKA 推出双臂机器人 JAKA K-1，可作为人形机器人组件系统，采用拟人型构造，具备人形机器人所需的小脑、双臂、力觉和视觉等成熟组件，未来将加速人形机器人市场的商业化进程。

节卡机器人(JAKA)具备成熟的关节设计经验，这使得 JAKA K-1 双臂机器人拥有更高的刚性，且运动控制更加平稳。JAKA K-1 拥有丰富的 SDK 接口，能让研究者更简单更高效的进行双臂二次开发。同时，节卡机器人(JAKA)切入人形双臂领域，有利于推进当前人形机械臂多关节及模块化关节技术的发展。

2.2 应用领域的交叉：

当前，协作机器人已成熟应用于工业领域，可协同人类工作，提高效率；此外也在非工业领域如消费品、教育、医疗、餐饮等市场加速渗透。当前人形机器人产业发展还处于初期阶段，应用场景仍有待探索。预计部分成熟且简单的工业场景和商业服务领域将优先成为人形机器人最先规模化落地的应用场景，之后人形机器人将逐步进入工业及商业通用场景、教育科研、特种行业、甚至家庭服务

场景。未来，协作机器人和人形机器人会在工业及非工业中同时发挥作用。

3. 协作机器人与人形机器人的发展关系

协作机器人是人形机器人手臂的基础，人形机器人概念大火将有利于加速协作机器人本体技术升级迭代，加快行业技术进步，进而促进行业快速发展。

尽管两者应用领域有部分重叠，但人形机器人和协作机器人在大多数场景中并不具备直接的替代关系，而是互补为主，更多是在各自擅长的领域中发挥优势。协作机器人在精准、稳定的工业任务中有明显的优势，而人形机器人则更擅长面对复杂的互动需求。协作机器人以其具备较多成熟的应用案例及更具象多样化发展路线，是机器人赛道未来发展路程上不可或缺的存在。

第二章：标准、认证及政策

“安全性”是协作机器人产品的立足之本，协作机器人相关安全标准的制定及确立也将意味着其作为工业机器人的细分技术领域脱离而出。以安全相关标准为首，随着该领域市场规模的扩大，有越来越多的标准化活动正在或即将开展，来确保该产业的健康成长。

（一）协作机器人安全标准解读

1. 协作机器人安全的意义

机器人能够帮助厂商降低人员成本并提高生产效率，而当机器人真正进入到实际工作场景，也会为对其周边的工作人员产生较大的安全风险。过去，工业机器人被广泛应用于传统工业环境中，因其高速率、高动能的特性，进一步加剧了造成重大伤害事故的潜在风险。同时，诸多难以预计的因素，如工作环境设计不合理、操作人员人为失误等也成为发生事故的主要原因。在此背景下，以“安全性”为代表特点的协作机器人产品相较于传统工业机器人必须更加注重并且规范“安全性”的标准。

协作机器人安全性的首要意义在于确保操作人员的安全。由于协作机器人直接与人类共同工作，其工作场景比传统工业机器人更加复杂，存在碰撞和误操作的风险。通过“轻量化材质”、“倒圆边缘结构”、“功率扭力限制”、“速度距离实时监控”等特征，使其具备了去隔离化，并能与人近距离协同作业。

目前来看“人机协作”是工业生产工艺进化的必然选择，而协作机器人能否在未来的工业应用及服务领域承担更多职责，成为人类可靠的工具与值得信赖的助手，这一问题的解决关键无疑在于“安全性”。

2. 协作机器人技术规范与安全要素

2.1 机器人安全标准发展历程

机器人起源于美国和日本，相关的标准早期由国外相关组织进行制定与完善工作。

全球机器人安全标准制定最早可追溯到 20 世纪 80 年代（如表 5 所示）。

表 5 全球机器人安全标准代表事件

时间（年）	标准及事件	备注
1983	国际标准化组织（ISO）成立了技术委员会 TC 184（自动化系统与集成标准化技术委员会），专门负责工业自动化系统和机器人的标准化工作。	第一个国际工业机器人标准制定团体成立
1986	美国国家标准协会（ANSI）和美国机器人工业协会（RIA）发布了 ANSI/RIA R15.06-1986，主要涵盖工业机器人的安全要求。	第一份国家工业机器人相关安全标准
1989	欧洲委员会（EC）发布了机械安全指令（Machinery Directive），旨在确保机械设备（包涵机器人）的设计、制造和安装符合安全要求。	于 2006、2018、2023 更新
1999	ISO 发布了 ISO 13849《机械安全 - 控制系统的安全相关部件》，为机器人控制系统的安全评估提供了重要依据。	于 2006、2023 更新
2011	ISO 10218《工业机器人安全规范》第一版发布，该标准对工业机器人的设计、制造、安装、调试、操作、维护和报废等全生命周期的安全要求进行了规定。	- 第一份国际工业机器人相关安全技术规范 2016 发布第二版 - 第三版 ISO/FDIS 10218 处在批准阶段
2016	随着协作机器人的出现，ISO 更新了 ISO/TS 15066，以包括人机协作的安全要求。	第一份国际协作机器人相关安全技术规范

中国起步相对较晚，相关的行业标准目前还不够完善，所以等效采用了已有的国际标准，并在国际标准基础上结合本土应用环境及需求进行本土化修订。

中国第一个工业机器人国家安全标准 GB11291—89《工业机器人 安全规范》参照日本标准 JIS B 8433:1986《工业机器人安全法则》制定，于 1989 年 3 月发布，1990 年实施。

随着中国机器人产业的迅速发展，目前中国正在积极针对中国市场和产业发展需求制定机器人相关国家标准，加速建立相对完善的本土机器人标准体系。目前，中国现行有效的工业机器人国家安全标准有：GB/T 20867—2007《工业机

机器人安全实施规范》、GB 11291.1—2011《工业环境用机器人安全要求 第1部分：机器人》、GB 11291.2—2013《机器人与机器人装备 工业机器人的安全要求 第2部分：机器人系统与集成》、GB/T 36008-2018《机器人与机器人装备 协作机器人》、GB/T 38244—2019《机器人安全总则》等。

这些工业机器人安全标准的制定和实施,对指导中国工业机器人研发、制造、安装、调试、使用和维护全流程安全管理提供标准依据,有效的推动了中国机器人在各工业领域广泛应用。

2.2 协作机器人安全标准解读

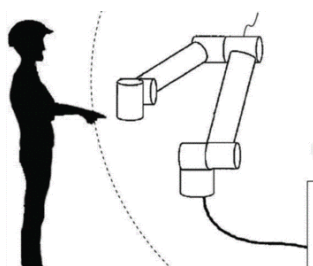
ISO/TS 15066: 是第一份针对协作机器人的国际安全技术要求。《ISO 15066 Robots and robotic devices - Collaborative robots》于2016年2月份发布,目前已确认会纳入ISO/FDIS 10218标准,处在批准阶段。在ISO/TS 15066发布之前,没有专门为协作机器人制定的相关规范,厂商一般采用ISO 10218中的相关条款作为参考。导致了在很长的一段时间里,机器人的相关标准里对于机器人与人之间如何安全交互并没有明确的描述,导致用户对协作机器人安全的定义仍停留在简单的认知,认为协作机器人的安全性就是简单的撞到人能及时停止。

ISO/TS 15066标准的推出,使机器人行业有第一个了“碰撞标准”,标准对人与协作机器人发生碰撞时的力与压强进行了详细的定义,为验证协作机器人在实际应用中是否真正安全提供了量化标准。

按照ISO/TS 15066中的定义,协作程度从低到高,可分为四种人机协作方式,分别是:(1)安全级监控静止;(2)手动引导;(3)速度和距离监控;(4)功率和力限制。

2.2.1 安全级监控静止

图2 协作机器人安全级监控静止示意图



该功能用来确保最基本的安全性，即当人员进入协作区域时，机器人停止运动，操作人员可在区域内执行操作（比如将工具安装到末端执行器）；当人员离开协作区域，机器人便可恢复工作。实现该功能的关键是协作机器人自身和配件具备安全监测设备来探测人员的存在。

2.2.2 手动引导

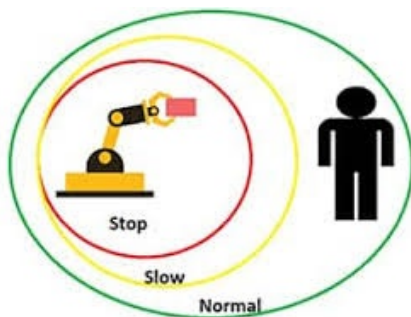
图 3 协作机器人手动引导示意图



在手动引导模式下，操作员被允许进入协作区域并执行手动引导任务。但在执行任务之前，机器人需要处于安全监控静止状态。操作人员在进行了示教作业时，通过手动操纵手动引导装置来控制机器人执行任务。

2.2.3 速度和距离监控

图 4 协作机器人速度和距离监控示意图



该模式下，机器人和人员被允许在同一协作区域中工作，但是要求机器人与人员处于一个具备保护性的安全距离。当二者之间的距离小于安全距离时，机器人立刻停止运行。当距离再次拉开后，机器人可自动恢复工作。如果机器人降低了运动速度，则安全保护距离也可相应地缩小。

速度和距离监控适用于协作区域内所有的人员。如果保护措施的有效性受空间内人数的限制，则应在使用说明中注明允许的最大人数。当人数超过最大限制

时，应触发保护停止。

2.2.4 功率和力限制

图 5 协作机器人功率和力限制示意图



该协作操作区别于前 3 种，其目的在于从更加底层和根本上限制机器人对人员的伤害程度，从根源上防止意外事件的发生。功率和力限制是为应对人员和整个机器人系统（包括工件）发生有意或无意物理接触的情况，它要求机器人系统经过特殊设计来满足该要求，从而保证在不降低机器人工作效率的情况下，使人可以在其旁边安全的工作。

3. 协作机器人安全标准发展趋势

协作机器人的安全标准正在不断发展和完善，以适应其广泛应用和人机协同的工作环境。随着协作机器人在制造业、医疗保健、服务业、特种行业等领域的广泛应用，其安全性和人机协同工作的能力成为关注的重点。为了确保人机安全共存，协作机器人的安全标准也在不断进步，以覆盖更多的安全要素。

①人机协作安全评估的完善：未来的安全标准将更加注重对人机协作场景的安全评估。这将包括对机器人的运动速度、力量、感知能力等方面进行评估，以确保机器人在与人类共同工作时能够避免对人员造成伤害。

②适应新兴技术的发展：随着人工智能、机器学习、传感器技术等新兴技术在协作机器人中的应用不断增加，安全标准也将需要不断更新和完善，以适应这些新技术带来的安全挑战。例如，对于具有自主学习能力的协作机器人，安全标准需要考虑如何确保其学习过程的安全性和可靠性。

③功能安全与信息安全的融合：随着协作机器人的智能化和网络化程度不断提高，功能安全与信息安全的融合将成为一个重要的发展趋势。安全标准将不仅

关注机器人的物理安全性能，还将考虑其信息系统的安全性，以防止黑客攻击、数据泄露等安全问题。

④使用培训与教育：随着协作机器人的广泛应用，对操作人员和维护人员的培训和教育将变得越来越重要。安全标准将强调企业应为相关人员提供充分的培训和教育，使其了解协作机器人的安全操作和维护知识，提高其安全意识和技能水平。

⑤国际标准的统一和协调：为了促进协作机器人在全球范围内的广泛应用，国际标准的统一和协调将变得越来越重要。各国将加强在协作机器人安全标准方面的合作与交流，推动制定全球统一的安全标准，以减少贸易壁垒和技术障碍。

协作机器人安全标准的发展趋势将会更加严格、全面、国际化并适应新技术。通过不断完善安全标准，可以有效地提高协作机器人的安全性，促进其在各个领域的广泛应用。

4. 协作机器人厂商安全方案解读

在人与机器人交互日益紧密的背景下，确保协作机器人的安全性至关重要，所以机器人安全解决方案的落实也愈发的重要。安全解决方案的落实不仅能够保护人员的生命安全，还能提高生产效率和质量，降低企业的运营成本和风险。

协作机器人的安全解决方案通常结合了硬件和软件的多种技术，以确保在与人类工人近距离工作时的安全性。厂商目前主要通过视觉、力觉、温度、触觉等各类传感器以及急停电路和柔性外壳等硬件支持来实现各种安全解决方案，下面将列举目前具有代表性的安全解决方案来进一步说明：

①力感知方案：通过电流环、关节力矩传感器、安全皮肤对外部力觉进行感知，从而达成对“碰撞”的有效检测。目前主流协作机器人厂商均采用电流环方案，部分厂商采用关节力矩传感器方案，如 KUKA、FANUC、ABB、非夕（FLEXIV）、珞石（ROKAE）等，安全皮肤方案目前还在探索中。

②轻量化设计方案：通过本体材质优化，减少自身重量，以轻量化设计配合传感器技术实现功率和力的限制功能，从而保证产品的作业安全。采用了此类安全性方案的代表厂商有节卡机器人（JAKA）、ABB、优傲机器人（UR）等。

③机器视觉安全防护解决方案：在机器人工作区域上方设置机器视觉，对工作场景进行 360° 监视，硬件（机器视觉）+软件（AI 模型算法）实现大样本量数据处理和识别，从而实现多级区域防护，有效保障作业安全和生产效率。采用此种安全方案的代表性企业有节卡机器人（JAKA）等。

④双重防碰撞安全检测技术：采用双 CPU 驱动双链急停电路实现数据交换和结果检查，在机器人周边实现虚拟区域检测和速度检测等功能，使机器人在任何必要场景能够自动预警、降速以及停止。FANUC 的部分产品线主要采用此类方案。

其余厂商对于协作机器人的安全性技术也都各具特色，但基本都离不开硬件和软件方案相结合的合理应用。

（二） 协作机器人认证解读

1. 全球机器人认证说明

地区认证

各地区对机器人的认证有所不同，这通常反映了当地的工业需求、安全法规和市场特性。目前全球运用最广泛的机器人产品相关认证有：欧盟 CE 认证、美国 NRTL 认证、加拿大 SCC 认证、澳新 RCM 认证（澳洲及新西兰）、韩国 KCs 认证及中国机器人 CR 认证。

欧盟 CE 认证：这是欧盟对产品的强制性认证标志，欧洲市场要求所有销售的机器人必须符合 CE 认证的要求，机器人产品则需满足适用的指令或法规，类似机械安全性（机械指令），电气安全性（低电压指令）以及电磁兼容性（电磁兼容指令）等。

图 6 认证样例：欧盟 CE-MD 认证



美国 NRTL 认证：NRTL 即指国家认可实验室。在美国，制造商在市场上合法销售民用或工业用的产品就必须按照国家的标准对其进行严格的测试。只有通过了国家认可实验室(NRTL)的相关测试，该产品才能在市场上合法销售。

图 7 认证样图：美国 NRTL 认证



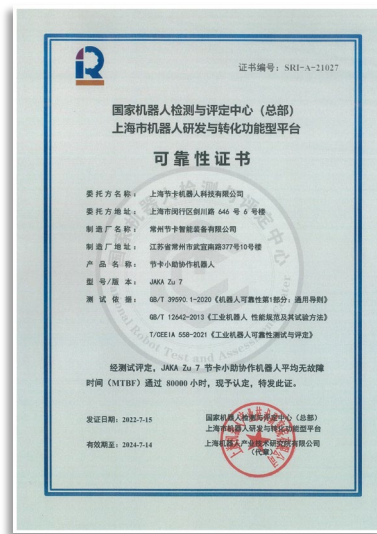
韩国 KCs 认证：是韩国职业安全卫生局（KOSHA）根据韩国《职业安全卫生法》统一了安全认证制度。对于特种设备、劳保用品、防护装置是否符合《职业安全卫生法》标准的安全认证，通过此系统证明产品符合安全认证标准。特种设备划分为安全认证、自主安全确认申告、安全检查、自由检查程序认证等几种模式。

今后会发展出更多认证种类并成为行业内协作机器人厂商的关注对象。

[MTBF 认证] -可靠性认证

MTBF 认证是指产品的平均故障间隔时间的认证，英文全称为“Mean Time Between Failure”。具体来说，MTBF 是指在规定的条件下和规定的时间内，产品的总工作时间与故障次数的比值，是衡量一个产品或系统可靠性的重要指标。

图 10 认证样图：MTBF 认证



[SEMI-S2 认证] -半导体行业

SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International) 是一个全球性的行业协会，致力于推动半导体、平板显示及相关微电子产业的发展。

SEMI S2 (图 11) 主要关注半导体制造设备的环境、健康和安全方面的要求。该标准涵盖了设备的设计、安装、操作、维护和退役等各个环节，旨在确保半导体制造过程中的人员安全、设备可靠性以及环境保护。

图 11 认证样图：SEMI-S2 认证



SEMI S2 不仅符合了国际相关规定，也是半导体产业的保险公司所要求的必要条件之一，目前已成为全球半导体制造设备的安全准则。

[IECEX 认证、欧盟 ATEX 认证]- 汽车、军工、化工、石油行业

IECEX 认证是国际电工委员会防爆电气产品认证体系的简称（非强制性认证）。该认证体系的目的是在易爆环境中使用的设备和服务的安全性和可靠性得到保证，以防止爆炸事故的发生。IECEX 体系的最终目标是全世界范围内接受一个标准，一个证书（IECEX Certification of Conformity）和一个标志（IECEX Mark of Conformity）。除了北美和欧盟 ATEX，全球另有 18 个国家具有本国针对防爆产品的强制性认证方案，也包含无线设备。这些国家的防爆认证可以基于 IECEX 证书和报告获取。

欧盟 ATEX 认证用来规范潜在爆炸性环境下所使用的设备及保护系统，是欧盟会员国间的强制法规。该认证适用于各种设备，包括电气设备和非电气设备，如电机、灯具、传感器、仪表、机械部件及设备。通过 ATEX 认证的产品可以加贴独特社区标志（六角形的防爆标志）和 CE 标识，并在欧盟市场上自由流通。

[中国防爆认证]

中国的防爆认证主要涉及对电气设备和相关产品的防爆安全性能的验证，确保它们在危险环境中能安全运行，避免引发爆炸。中国的防爆认证主要依据以下标准，GB 3836 系列标准：这些是中国针对防爆电气设备的国家标准。GB 12476 系列标准：涉及防爆设备的生产、检验和使用等方面的详细规定。目前，中国的防爆认证机构有：国家防爆电气产品质量监督检验中心(CQST)、国家级仪器仪表防爆安全监督检验站(NEPSI)、中国石油和化学工业电气产品防爆质量监督检验中心(PCEC)。

中国合格评定国家认可委员会（英文缩写为：CNAS，如图 12）是由国家认证认可监督管理委员会（英文缩写为：CNCA）批准成立并确定的认可机构，统一实施对认证机构、实验室和检验机构等相关机构的认可工作。中国 CQST、PCEC 两家检验中心机构均获得了 CNAS 认可证书，可授权防爆电器产品合格认证。

2. 当前协作机器人厂商认证情况一览

表 6 协作机器人代表厂商认证一览

	地区认证					行业认证		
	欧盟 CE	美国 NRTL	澳洲 RCM	中国 CR	韩国 KCs	SEMI-S2	国际防爆认证	中国防爆认证
UR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
JAKA	✓	✓		✓	✓	✓		✓
TECHMAN	✓	✓		✓	✓	✓		
AUBO	✓	✓		✓	✓	✓		✓
ELITE ROBOT	✓	✓		✓	✓	✓		
HANS ROBOT	✓	✓		✓	✓	✓		✓
DOBOT	✓	✓		✓	✓	✓		

目前各厂商获得国际认证的主要途径便是通过第三方权威认证机构的评定，其中 SGS（瑞士通用公证行）和 TÜV（德国技术检验协会）是全球领先的检验、鉴定、测试和认证机构，它们在不同的领域和地区都享有高度的声誉和权威性。SGS 提供广泛的服务，包括工业自动化、农业、汽车、化学品、建筑、消费品等多个行业，而 TÜV 则以其在汽车、工业自动化、电子电器等领域的专业性和权威性而闻名。

图 12 SGS TÜV-Saar 功能安全证书



值得一提的是，节卡机器人（JAKA）是全球领先及中国首家通过 SGS TÜV-Saar 的严格评估与测试的协作机器人企业，并正式获得基于 ISO 13849-1:2023 版标准要求的 SGS TÜV-Saar 功能安全证书（图 12），这代表国际权威第三方机构认可节卡机器人(JAKA)产品功能安全达到全球领先水平。

（三） 协作机器人相关政策分析

在全球范围内，各国政府对机器人产业的发展给予了高度重视。随着协作机器人呈现出高速发展的态势，许多国家和地区积极响应，相继出台了一系列机器人相关政策（如表 7 所示），旨在全力支持和规范协作机器人行业的茁壮成长。

表 7 全球各地区机器人产业相关政策

地区	政策名称	发布日期	发布单位	主要内容
日本	《人工智能战略 2022》	2022 年 4 月	政府内阁	加强日本在人工智能领域的国际竞争力，促进经济增长和社会发展；培养高素质的人工智能人才，提高全民的数字素养；推动人工智能在各个领域的应用，如医疗、教育、交通、制造业等，以提高生产效率和服务质量；加强人工智能的研究开发，提高技术水平。
	《通过机器人促进社会变革委员会报告》	2019 年 7 月	日本经济产业省	1、标准化业务流程和数据链接，助机器人技术在中小企业推广，与地方政府及金融机构合作建生态系统。

				2、促产业界与学术界合作，建人力资源开发框架，包括教育支持与技能标准国际发布。 3、配合产业界建立研发结构，促基础与应用研究及人工智能跨领域合作。 4、实施开放式创新策略，借助机器人峰会等平台加速技术社会应用，2024年前后达实施里程碑。
	《新机器人战略》	2015 年 2 月	日本经济产业省	旨在通过发展机器人技术，推动日本经济增长和社会发展，解决人口老龄化、劳动力短缺等问题，并使日本成为世界机器人创新基地。
韩国	《第四个智能机器人总体规划（2024-2028）》	2014 年 1 月	韩国政府	围绕三大核心战略开展：强化技术、人才、企业核心竞争力；积极拓展市场；建立机器人友好的基础设施。这包括投资超过 3 万亿韩元，培养 15,000 名 AI 和软件领域的先进机器人产业前沿人才，并培育 150 家引领韩国机器人产业创新的专业智能机器人企业。
	《机器人产业发展战略》	2023 年 12 月	韩中国业通商资源部	政府和企业计划到 2030 年投资 3 万亿韩元（约合人民币 165 亿元）以上，将机器人市场规模从 2021 年的 5.6 万亿韩元增至 2030 年的 20 万亿韩元以上。政府预测，同期机器人出口也将从 1.1 万亿韩元增至 5 万亿韩元。 在产业、社会等领域推广使用百万台机器人的目标。产业领域推广普及 68 万台，其中餐饮业为 30 万台；社会领域推广使用 32 万台，其中国防安全 2 万台，看护医疗 30 万台。
	《智能机器人开发与普及促进法》	2008 年 3 月	韩国政府	宣布每五年制定一期“机器人产业基本计划”，以系统化方式推动智能机器人产业的发展 and 普及。这一举措旨在更好地规范和适应人工智能产业发展的新情况，促进智能机器人技术的开发和应用，从而推动相关产业的进步和创新。
美国	《国家机器人计划 2.0：无处不在的协作机器人》	2016 年 11 月	美国国家科学基金会	旨在加速协作机器人的开发和使用，推动机器人技术的创新和普及。该计划强调了协作机器人的无缝集成，以在生活的方方面面帮助人类，并提出了四个主要研究主题：可扩展性、可定制性、降低进入门槛和社会影响。
加拿大	《创新超级集群计划》	2018 年 3 月	加拿大政府	旨在通过企业主导的合作方式，促进产学研之间的深度合作，构建世界领先的

				创新生态系统。其中提到了通过人工智能和机器人技术，将零售、制造、运输、基础设施及信息通信技术部门结合在一起，构建智能供应链。
欧盟	《欧洲地平线 2025-2027》	2024 年 3 月	欧盟委员会	旨在为 2025 至 2027 年欧盟的研究和创新提供资金和战略指导。该规划聚焦于三大关键战略方向：绿色转型、数字化转型、以及建设更具韧性、竞争力、包容性和民主的欧洲。
法国	《机器人产业 FIR ST 计划》	2022 年 3 月	法国政府	将产、学、研相结合，推动科研成果的转化，并汇聚学校、企业的力量向年轻人推广机器人技术，培养未来人才。
德国	《机器人技术研究行动计划》	2023 年 11 月	德国联邦教研部	旨在挖掘基于人工智能的机器人技术的创新潜力，并落实《研究与创新未来战略》和《人工智能行动计划》。其中提到将创新型机器人解决方案用于民用的安全领域，通过服务型机器人提高生活质量，设计以人为本的机器人用于手工业和服务行业，开发用于深海和地球观测的机器人，以及为工业 4.0 和生产进一步开发机器人技术。
英国	《机器人和自主系统发展战略 (RAS2020)》	2016 年 7 月	英国政府	旨在确保机器人产业能够与全球领先国家竞争，并提供配套财政资金。该战略的目标是到 2025 年，英国能够获得全球机器人市场 10% 的份额，估值约 120 亿美元。战略包括五大行动领域：协调、资产、挑战、集群和技能，以建立英国的 RAS 能力。
越南	《至 2030 年科技与创新发展战略》	2022 年 5 月	越南政府	旨在将科技创新作为推动国家增长的关键动力。提到吸收并自主掌握智能的先进机械制造自动化技术，包括自动化基础辅助设备生产技术、机器人技术、自动化生产线。
泰国	《泰国 4.0 战略》	2016 年 7 月	泰国政府	旨在推动泰国经济转型升级，迈向高附加值和创新驱动的经济模式。提到聚焦机器人、航空物流、生物燃料和生物化学、数字产业、全方位医疗产业等 5 个有待开拓的产业。

可以看出，各国家及地域组织围绕机器人及人工智能发展制定了诸多战略规划，其中频繁提到了人工智能、绿色转型、人机协同、行业拓宽等关键词，协作机器人与各国战略方向有较高的契合度，这有助于协作机器人全球快速发展。

中国在推动机器人产业发展的过程中，工业机器人的发展相对较为成熟，政策支持体系也较为完善。而协作机器人作为一种新兴的机器人类型，通常被纳入到更广泛的工业机器人政策框架中。

工业机器人行业的政府主管部门包括国家工业和信息化部、国家发展和改革委员会、科学技术部等，所属技术相关的自律性组织包括中国机械通用零部件工业协会及中国机械工业联合会机器人分会（原中国机器人产业联盟）。主要职责如下：

表 8 工业机器人行业相关部门及主要职责

主管部门及监管体制	主要职责
国家工业和信息化部	①拟定新型工业化发展战略和政策，协调解决新型工业化进程中的重大问题，拟订并组织实施工业、通信业的发展规划； ②拟定行业法律、法规，发布行政规章； ③制定行业技术标准、政策等，并对行业发展进行整体宏观调控。
国家发展和改革委员会	①制定和实施各行业的发展规划，包括中长期战略规划和年度计划，以指导行业的健康发展； ②审批和监督各行业的重大投资项目，确保项目的合理布局和资源的有效利用； ③推动各行业的技术创新和研发，支持关键技术的研究和产业化。
科学技术部	①根据国家发展战略和市场需求，制行业政策和规划，促进行业技术创新和产业发展； ②构建行业的科技创新体系，促进产学研合作，加强科技资源的整合与共享。
中国机械通用零部件工业协会及中国机械工业联合会机器人分会	开展行业调查研究，为政府制定行业发展规划、产业政策提供建议；开展行业信息统计和信息发布；组织行业技术交流、培训和展览等活动；协调行业内企业之间的关系，推动行业自律等。

目前，中国工业机器人及协作机器人已经渗透到各个产业，政府及相关部门陆续出台了一系列政策及规范性文件，融入智能制造、人工智能、数字经济、新型基础设施建设等国家战略，为中国机器人行业提供了良好的政策环境。具体的文件如下：

表 9 2021-2024 年中国工业机器人相关政策

序号	政策名称	发布日期	发布单位	主要内容
1	《推动工业领域设备更新实施方案》	2024 年 3 月	工信部等七部门	以推动工业炸药、工业电子雷管生产线技术升级改造为重点,以危险作业岗位无人化为目标,实施“机械化换人、自动化减人”和“机器人替人”工程,加大安全技术和装备推广应用力度。
2	《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	2024 年 1 月	工信部等七部门	突破机器人高转矩密度伺服电机、高动态运动规划与控制、仿生感知与认知、智能灵巧手、电子皮肤等核心技术,重点推进智能制造、家庭服务、特殊环境作业等领域产品的研制及应用。
3	《人形机器人创新发展指导意见》	2023 年 10 月	工信部	到 2025 年,中国人形机器人创新体系初步建立,关键技术取得突破,确保核心部组件安全有效供给。整机产品达到国际先进水平,并实现批量生产,在特种、制造、民生服务等场景得到示范应用。 到 2027 年,人形机器人技术创新能力显著提升,形成安全可靠的产业链系,构建具有国际竞争力的产业生态,综合实力达到世界先进水平。
4	《机械行业稳增长工作方案(2023-2024 年)》	2023 年 8 月	工信部、财政部等七部门	加快推进智能制造与机器人技术、重大技术装备、新能源汽车和智能网联汽车、农机装备、高端医疗装备和创新药等“十四五”规划纲要重大工程项目建设,持续扩大工业母机、仪器仪表、制药装备、工业机器人等的需求。
5	《“机器人+”应用行动实施方案》	2023 年 1 月	工信部	目标到 2025 年,制造业机器人密度较 2020 年实现翻番,服务机器人、特种机器人行业应用深度和广度显著提升。
6	《关于开展 2022 年度智能制造标准应用试点工作的通知》	2022 年 4 月	国家标准化管理委员会、工信部	优先试点已发布、研制中的国家标准,配套应用相关行业标准、地方标准、团体标准和企业标准,形成一批推动智能制造有效实施应用的“标准群”。
7	《“十四五”机器人产业发展规划》	2021 年 12 月	工信部、国家发改委等 15 个部门	到 2025 年,制造业机器人密度较 2020 年实现翻番,服务机器人、特种机器人行业应用深度和广度显著提升。其中重点聚焦 10 大应用重点领域:制造业、农业、建筑、能源、商贸物流、医疗健康、养老服务、教育、商业社区服务、安全应急和极限环境应用。
8	“十四五”智能制造发展规划》	2021 年 12 月	工信部等八部门	大力推广面向工序的专用制造装备和专用机器人;加快发展智能焊接机器人、智能移动机器人、半导体(洁净)机器人

				等工业机器人;研发生产协作机器人等新型装备。
9	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》	2021 年 3 月	国务院	重点研制分散式控制系统、可编程逻辑控制器、数据采集和视频监控系统等工业控制装备,突破先进控制器、高精度伺服驱动系统、高性能减速器等智能机器人关键技术。

可以看出机器人相关政策以机器人核心部件、机器人应用场景、机器人应用领域、机器人相关标准等为指导方向并在其中融入了部分协作机器人相关条文，最终部署在工业、商业、农业、教育、医疗等多种行业中。

随着协作机器人产业逐步成熟庞大，未来国家将会颁布更多针对性的政策文件，为行业提供宏观指引，推进其高速发展。

第三章：协作机器人产业链分析

图 13 协作机器人产业链



中国是全球最大的协作机器人市场之一，目前已形成完整的协作机器人产业链，具备从上游核心零部件到中游本体制造再到下游系统集成与应用的全产业链自主生产与配套能力。

协作机器人核心零部件主要由上游零部件厂商提供。协作本体厂商主要负责协作机器人产品的设计、研发、组装、销售以及部分系统集成，一些本体厂商也在尝试部分核心零部件的设计及制造，以提高自主化率并实现进一步降本。系统集成商根据终端用户的需求，将协作机器人与周边设备、工装夹具等进行集成，为用户提供完整的自动化解决方案。下游行业则落实到各行业最终使用协作机器人的终端用户，涵盖工业及非工业多个领域。本章节将分别对协作机器人产业链的上、中、下游进行讨论。

（一）上游零部件加速完备

协作机器人三大核心零部件与工业机器人相似，即控制器、伺服系统、谐波减速器（图 14），在协作机器人本体的成本链中，成本占比最高，约占据整体生产成本的 70%。控制器是协作机器人的“大脑”，负责处理输入的数据，执行程序指令，控制机器人的运动和任务执行；伺服系统负责执行控制器的指令，精确地控制机器人的关节运动；谐波减速器是协作机器人关节核心部件，用于降低电机的转速并增加输出扭矩。谐波减速器因其高传动比、小体积和轻重量而在协作机器人关节中得到广泛应用。目前协作机器人零部件的国产化率及自主化率较高，

提升核心零部件的国产化、自主化率极其重要，这能够减少产业对外国技术的依赖，提高产业链的自主可控性，有利于产业快速发展壮大。

图 14 协作机器人三大核心零部件



1. 中国产业链快速发展背景

①产业链完善：随着中国企业对自主化和本地化的重视程度不断提高，越来越多的本体厂商开始选择中国零部件，以降低对进口产品的依赖，提高供应链的稳定性和安全性。而中国协作机器人本土零部件配套产业发展相对较为完善，这为协作机器人国产化提供了便利，零部件供应商与本体制造企业已形成深度合作关系。当前，中国本土协作机器人产品已基本实现核心零部件高度国产化。

②市场特性推动：协作机器人厂商通常面向更多对导入资金成本及投资回报周期更为敏感的中小客户，进一步推动了其主要零部件国产化的趋势，加速了本体产品降低成本的进程。此外，一些本土协作机器人本体厂商也在尝试推动部分核心部件的自主生产，进而加速了协作机器人核心零部件的国产化进程，也大幅提高了中国协作机器人的市场竞争力。

2. 中国核心零部件发展现状

协作机器人的性能关键指标涵盖了作业能力、可靠性、安全性和人机交互等，决定了机器人在特定应用场景中的综合表现。具体到性能参数，包括工作范围、定位精度、关节旋转角度等，都是衡量机器人适应性和效率的重要标准。这些性能指标是机器人核心零部件和软硬件功能相互作用的结果，需要通过精心设计和优化来满足不同应用场景的需求。

控制器：目前主流协作机器人厂商的控制器均为在通用的多轴运动控制器平台基础上进行自主研发，各品牌协作机器人均有自己的控制系统与之匹配。

伺服系统：协作机器人伺服系统包括伺服电机、伺服驱动板和编码器，其中伺服电机普遍使用中空无框力矩电机，以实现简洁布线及整体设计的紧凑灵活。值得一提的是这类电机产品的国产化程度已经很高。虽然中国无框力矩电机的市场起步较晚，但在中国企业的积极布局下，国产化率已经达到了较高水平。中国主要的企业包括步科股份、微精电机、昊志机电、航天电器、雷赛智能等。这些企业的发展和技术的进步，使得中国在全球无框力矩电机市场上的地位不断提升。高端电机依然以外资品牌如科尔摩根（Kollmorgen）等为主。此外，伺服驱动板和编码器的国产化率也在快速提升。

减速器：协作机器人使用的减速器主要为谐波减速器，具有体积小、重量轻、传动比高、精密度高等特点。中国市场上外资品牌主要为哈默纳克（Harmonic），中国品牌主要为绿的谐波（Leaderdrive）。当前协作机器人减速器国产化程度在本土的机器人本体厂商中较高，且绿的谐波也已经进入外资协作机器人本体厂商供应体系，谐波减速器国产化率将进一步提升。

自主化

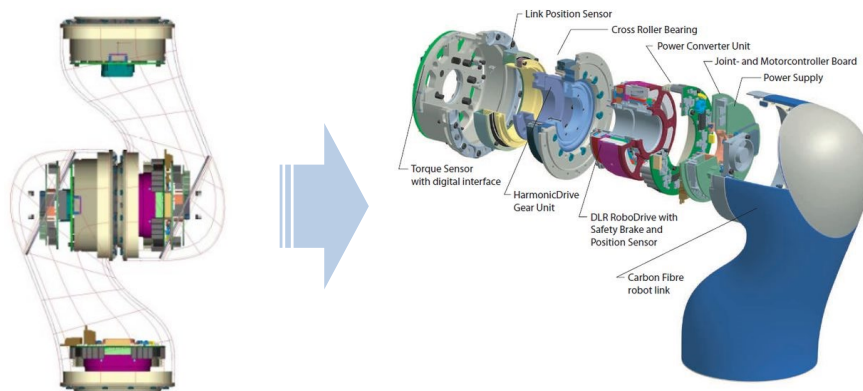
机器人的性能深受其伺服系统和控制器的软硬件复杂性的影响，这些组件的技术含量较高，因而具有显著的技术价值。对于机器人制造商来说，拥有自主研发核心组件的能力对于提高机器人的整体性能至关重要。这种能力意味着制造商能够基于对基础软硬件和机械结构的深入理解，结合自身的技术资源和产品特色，进行全方位的设计优化。这包括但不限于机械设计、硬件架构、算法开发和软件应用，以实现技术的持续进步和性能的扩展。

如果核心组件主要依赖外部采购，制造商在底层参数调整、基础设计优化方面的能力将受到限制，这可能会影响机器人系统的稳定性和技术发展潜力。因此，自主研发和技术创新是推动机器人性能提升的关键因素。

目前中国已实现核心零部件高自主化率的协作机器人厂商有节卡机器人（JAKA）、遨博机器人（AUBO）、大族机器人（HANS ROBOT）等。其中，节卡机器人（JAKA）已全面掌握伺服系统和控制器的关键研制流程，并成功实现了控制器与伺服系统的整体自研自产，构建了显著的技术优势。控制器方面，节卡机器人（JAKA）具有自主可控、模块化、可扩展的控制器软硬件系统架构，控制系统具备高安全性、可靠性、扩展性。公司开发的协作机器人智能算法

库，可辅助实现精准环境感知、丰富交互手段以及机器本体的最优运动控制。伺服系统方面，节卡机器人（JAKA）掌握并自主开展研制流程中的设计、测试等核心环节。

图 15 协作机器人模块化关节



协作机器人可以看作是工业机器人向模块化、集成化、安全化探索的产物。两者都离不开电机、减速机、控制器、编码器、驱动器。只是原来在工业机器人中，这些零部件在各家的设计中摆放各不相同，而协作机器人巧妙地把这些集成到一个“模块化”关节模组中（图 15）。当前主流的协作机器人都采用“模块化”的关节设计且技术已较为成熟，这种设计理念可以减小机器人关节的尺寸、减轻机器人自重，并简化设计流程、提升动作效率，同时更易于本体组装、模块替换及维护，能够满足其轻量化、灵活性的使用需求。模块化关节作为协作机器人产品的核心组件之一，具备一定的技术壁垒。它是各机器人本体制造企业核心技术差异化的体现之一，因此本土协作机器人厂商多数自主设计并集成模块化关节以控制成本并缩减研发周期。

（二） 中游本体制造快速发展

协作机器人本体厂商可大致分为两类（如表 10 所示）：第一类为专注于协作机器人本体的主流协作厂商如优傲机器人（UR）、节卡机器人（JAKA）、达明机器人（TM）、非夕机器人（FLEXIV）等；第二类为具备协作机器人产品业务的传统工业机器人厂商如 FANUC、ABB、KUKA、埃斯顿（ESTUN）、埃夫特（EFORT）珞石（ROKAE）等。主流协作厂商凭借高专注度、丰富的产品线、多样化解决方

案等优势，是目前协作机器人领域的市场主导者，未来并有望进一步扩大这种市场优势。以 ABB、FANUC 为代表的传统工业机器人厂商具备较好的技术储备优势，同时也将协作机器人作为其产品战略方向之一。除推出当前主流的协作机器人产品外，传统工业机器人厂商如 ABB 也在进行工业机器人“协作化”的尝试。此外，协作机器人领域仍不断有聚焦新产品与新技术的初创新势力涌入。

表 10 全球市场协作机器人阵营（不完全统计）

	国际品牌	中国品牌
主流协作机器人厂商	 UNIVERSAL ROBOTS  FRANKA EMIKA  DOOSAN  neuromeka	 JAKA  HAN'S ROBOT 大族机器人  ELITE ROBOT 艾利特机器人  FLEXIV  TM ROBOT  逸博智能  越疆机器人  ASILE ROBOTS
传统工业机器人厂商	 ABB  FANUC  YASKAWA  KUKA  DENSO  STÄUBLI	 DUCO 多可  ROC 华中数控  EFORT  Agilebot 捷勃特  ROKAE 珞石  TURIN Robotics  ESTUN ROBOTICS  CROBOT

近年来，协作机器人本体厂商市场格局发生较大变化，中国协作机器人厂商与国际龙头的技术差距在逐渐缩小。自 2018 年中国市场中国厂商市场份额首次超过外资以来，中国协作机器人市场份额逐年攀升。从本体制造企业来看，中国厂商通过不断加强产品及应用创新，其协作机器人产品已经得到全球 Global 企业的认可，并在各行业多家大型企业实现批量应用。

（三） 下游系统集成行业属性趋势明显

协作机器人系统集成是以协作机器人本体为核心，对协作机器人进行二次应用开发并集成配套设备，为下游终端客户提供满足其特定生产需求的非标准化、个性化成套工作站或生产线，是智能制造装备产业的重要组成部分。协作机器人本体是协作机器人产业发展的基础，而系统集成则是协作机器人工程化和大规模应用的关键。其产业链如图 16 所示：

图 16 协作机器人系统集成产业链



就行业来看，协作机器人工业应用场景中汽车占据主导地位；除此之外，人机安全协作的特性使得协作机器人应用得以拓展到更多的非工业场景。由于下游行业、用户需求、应用场景等因素的不同，目前协作机器人系统集成商与工业机器人系统集成商的重合度较低。面对下游行业高分散、多样化、高度定制化的需求，协作机器人系统集成通常对系统集成商的行业属性要求较高，要求系统集成商具备针对细分市场下探及深耕的能力、对新兴领域的高敏感度及方案快速落地的能力。

未来随着协作机器人市场的发展，下游可批量性复制的行业应用场景将陆续出现，届时将会随之孕育而出一些较大的具备行业属性的系统集成商。此外，新兴行业的不断涌现也将导致新的集成商出现，系统集成商的数量将继续扩增、集成商类型以及与上下游的合作模式也将更加多样。

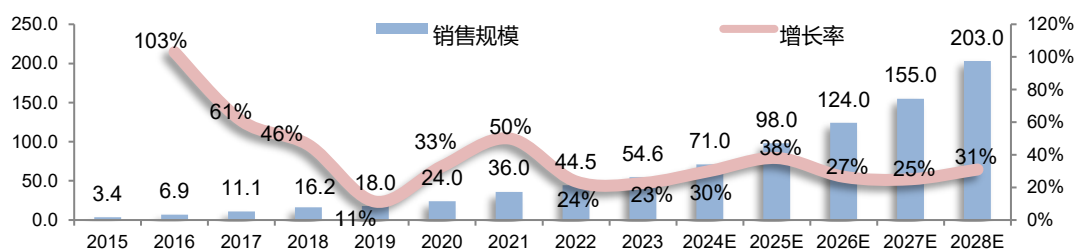
第四章：协作机器人市场格局分析

（一）全球协作机器人市场分析

1. 全球协作机器人市场发展前景广阔

在全球范围内，制造业正经历着一场以创新、节能为驱动力的转型，这一转型的核心在于自动化、数字化和智能化装备的应用。如何运用自动化、数字化、智能化装备等来降本增效，以应对更新快速的庞大市场，已成为制造企业面临的核心课题之一。企业为了降低人力成本、提高生产效率和产品一致性，同时满足柔性生产的需求，正越来越多地引入协作机器人。协作机器人以其安全、易用、灵活、低投入和快产出的特点，成为提升制造企业全球市场竞争力的关键因素。

图 17 2015-2028 年全球协作机器人销售规模及预测（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

2016 年，国际标准化组织首次针对协作机器人发布了工业标准 ISO/TS 15066，开启了协作机器人发展元年。与此同时，大数据、云计算等技术的快速发展助力人工智能产业的爆发，工业机器人行业开始迈入 2.0 新时代，人机协作、人机共融成为市场主流趋势。由于整个协作机器人市场仍处于初步发展阶段，各厂商大多处于产品打磨、试错、解决方案优化阶段。

2018-2020 年全球协作机器人销量规模来看，协作机器人市场迈入调整期。受到全球经济和贸易环境变动的持续影响，尤其是汽车、电子等行业下行的波及，全球协作机器人市场增速大幅放缓。

2021 年，随着全球疫情的逐渐稳定，疫情开始进入常态化阶段，下游需求迅速爆发。中国市场表现尤为突出，并拉动整个全球协作市场实现突破式增长。

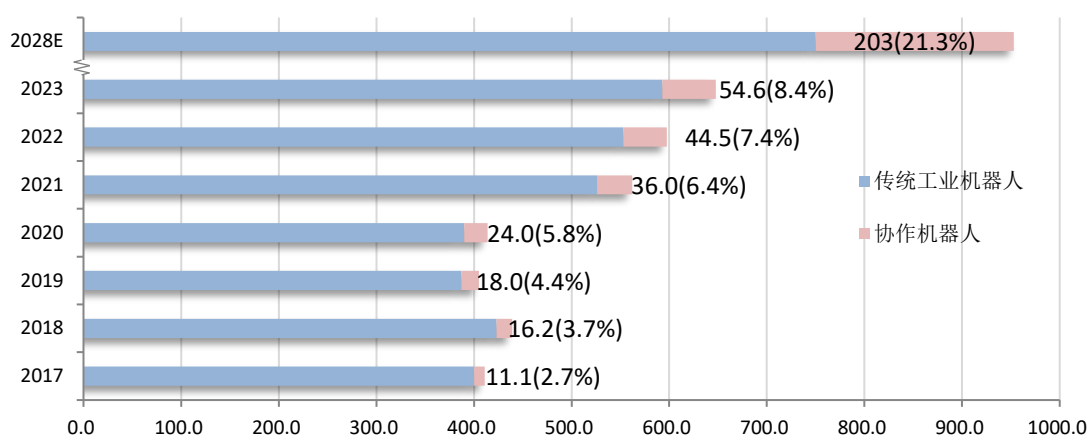
2022-2023 年全球经济形势更加复杂，地域冲突、供应链吃紧、美元加息等都都对下游投资产生了较大的影响。在终端缩减自动化投资的背景下，协作机器人

凭借灵活部署、提效降本的优势，解决了许多制造业企业的柔性自动化改造难题，市场增速虽有放缓，但仍保持良好增长。

未来随着制造业智能化及柔性化生产的不断演进，协作机器人技术迭代升级及下游行业应用的不断拓展，人机协作将成为下一代机器人的重要特征之一而越来越受到市场的追捧，未来增长速度和成长空间都十分可观。

2. 协作机器人市场发展迅速，市场份额逐年攀升

图 18 2017-2023 年全球协作机器人销售规模与市场份额及 2028 年预测（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK、IFR

协作机器人市场起步较晚，但近年来全球市场内协作机器人占工业机器人整体市场的份额逐年攀升。据统计（如图 18 所示），2017 年协作机器人销量仅占工业机器人总销量的 2.7%。2022-2023 年全球疫情背景下产业投资活动放缓，协作机器人凭借低投入、高灵活的优势，市场占比持续扩大，市场占比在 2023 年跃至 8.4%。长远来看，随着技术进步和解决方案丰富化，协作应用将渗透到更多领域，协作机器人的市场接受度将进一步提升，预计 2028 年协作机器人市场份额将突破 20%。未来真正实现量产应用的厂商将逐年增加，全球协作机器人市场将进入新的高速发展阶段。

3. 全球市场格局已初步定型

3.1 地区划分及定义

本章节根据全球制造业区域分布情况及自动化发展差异性等因素，将全球划分为九个地区：中国、韩国、日本、印度、东南亚、欧洲、北美洲、南美洲、其

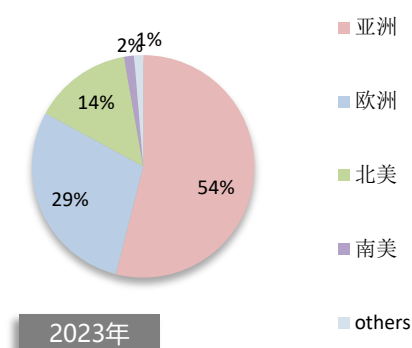
它地区，并根据此划分进行后续章节的分析。

亚洲不同地区经济及制造业发展水平差异大，且东南亚、印度是目前制造业转移的主要地区，所以在区域划分中将亚洲进行拆分，其余地区以大洲进行划分。

3.2 全球协作机器人市场格局

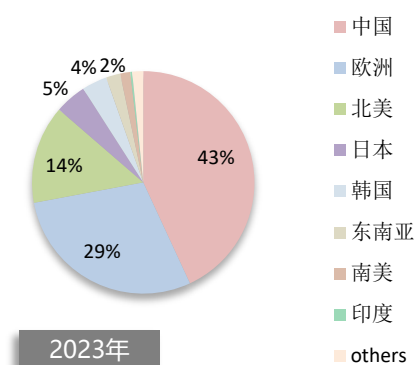
全球协作机器人市场格局在不同地区呈现出一定的特点和差异（如图 19、20 所示）。目前亚、欧、北美是全球协作机器人市场的主要市场，占据整个市场超过 90% 的市场份额。

图 19 2023 年全球协作机器人销售规模-分大洲（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

图 20 2023 年全球协作机器人销售规模-分地区（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

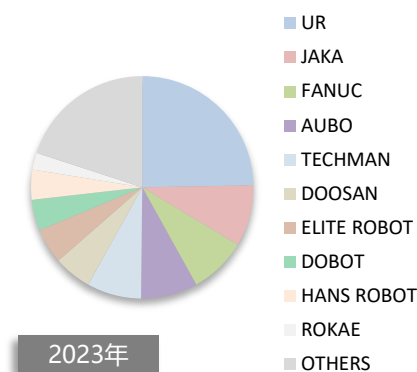
亚洲地区是协作机器人市场增长最快的地区之一。中国作为全球制造业大国，也是全球协作机器人体量最大单一市场，对协作机器人的需求正在高速增加，尤其是在汽车、电子、锂电等行业。日本和韩国在机器人技术方面具有较强的实力，其中国市场对协作机器人的应用也在逐步扩大。此外，印度、越南、泰国等新兴

经济体也开始关注协作机器人技术，市场潜力巨大。

欧洲地区，作为工业 4.0、协作机器人的发源地，特别是德国、法国、瑞典等国家，在工业自动化领域有着深厚的基础。这些国家的制造业对协作机器人的需求较为旺盛，尤其是在汽车、航空航天等行业。此外，欧洲地区对工作环境安全和人机协作的重视，也促使协作机器人市场的发展。

在北美地区，美国是主要的市场。美国拥有先进的技术和强大的研发能力，对协作机器人的需求主要来自制造业的升级需求，以及对提高生产效率和灵活性的追求。同时，美国的一些高科技企业和研究机构也在积极推动协作机器人技术的发展和应用。

图 21 2023 年全球协作机器人销售规模-分厂商（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

从全球厂商格局来看（如图 21 所示），出现一个有趣又不令人意外的现象，TOP3 厂商分别是机器人领域中三个极具代表性的存在：全球协作机器人领导者、中国龙头协作机器人厂商、全球传统工业机器人领导者。

优傲机器人（UR），作为协作机器人领域的先驱和全球领导者，自 2005 年成立以来，一直致力于开发协作机器人，其产品成熟度也相对较高。其深厚的技术积累、产品创新、全球市场扩张和生态系统建设等方面的成就，使其在协作机器人领域保持了领先地位。

节卡机器人（JAKA）不仅在中国市场持续保持销售规模领先地位，早在前两年就开始深入布局海外市场，将中国的大客户战略复制到海外，在欧、美、亚地区均开发了代表性大客户，目前已成为一家全球领域领先的协作机器人厂商。

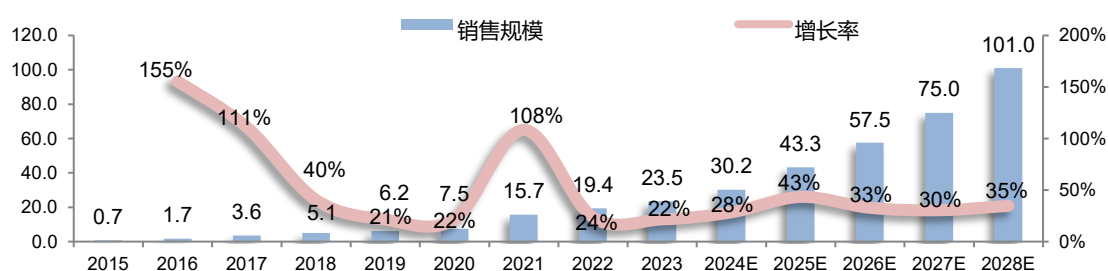
FANUC 在工业机器人领域拥有丰富的经验、技术积累和客户资源，将这些优势应用到协作机器人的研发和市场推广中，使其协作机器人产品在全球市场快速拓宽。

其余如 TECHMAN、DOSSAN 等协作机器人领先厂商，在各自的地区及优势领域都具备较强的实力，未来各协作机器人厂商依靠创新技术及解决方案将继续推动全球协作机器人市场的高速发展。

（二）中国协作机器人市场分析

1. 中国市场进入稳步高速发展阶段

图 22 2015-2028 年中国协作机器人销售规模及预测（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

随着中国劳动力市场的变化，适龄劳动力人口减少和人力成本上升，制造业企业越来越倾向于采用机器人技术来替代传统的低端劳动力。协作机器人与传统工业机器人相比，展现出易部署、高安全等显著优势。这些特点使得协作机器人在中国市场的需求日益增长，特别是在劳动力结构快速调整的背景下，人机协作的趋势愈发明显。

2013-2017 年，丹麦协作机器人企业优傲机器人（UR）看好中国的市场潜力，2012 年开始逐渐将协作机器人业务拓展至中国市场，并在中国建立销售体系，通过在欧洲积累的成熟行业应用经验逐渐打开中国市场。这一时期，中国协作机器人市场开始起步，受到制造业升级转型的需求、国家智能制造政策的引导，越来越多的企业开始关注并进入协作机器人领域。中国协作厂商如节卡机器人（JAKA）、达明机器人（TM）等开始推出自己的协作机器人产品。这一阶段，协作机器人产品价格较高，产品的稳定性和成熟度仍有待提高。协作机器人下游应

用行业也相对局限，主要集中在汽车及电子领域。用户对协作机器人概念的认知度不高，市场仍处于培育阶段，协作机器人市场无论从规模上还是成熟度上都处于初级阶段。

2018-2020 年，中国协作机器人市场迈入调整期。受到宏观经济环境的影响，下游需求有所收紧与延后，协作增速有所放缓，同传统工业机器人相比，整体仍维持相对较高增长率。中国品牌发展迅速，2018 年起中国份额开始反超外资。下游行业更加多样化，金属制品、家用电器、医疗健康、新零售、教育等新兴行业的市场需求开始增长。

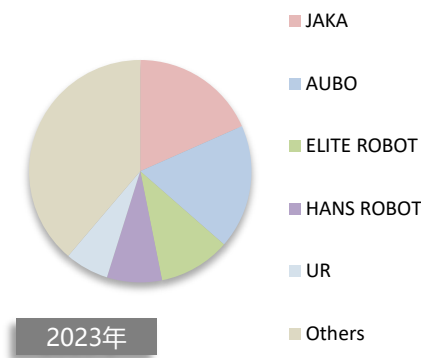
2021 年，疫情平稳，下游需求集中释放，中国协作机器人市场实现井喷式增长，中国份额加速提升。本土厂商在工业领域，通过不断加强新产品新应用新方案的开发落地，调整市场推进策略，带来了市场增量；同时，在非工业市场重点发力，并取得显著成果。

2022-2023 年，在全球经济放缓、制造业萎靡的背景下，协作机器人因其灵活部署、提升效率和降低成本的优势，成为制造业企业柔性自动化改造的重要解决方案。尽管终端用户持续缩减自动化投资，但协作机器人市场仍然保持了良好的增长势头。在政策支持方面，中国政府出台了一系列扶持政策，如《中国制造 2025》、“十四五”规划中的“智能制造与机器人技术”专项，以及《“机器人+”应用行动实施方案》等，为机器人行业的快速发展提供了保障，并推动了协作机器人技术的进步和产业升级。

长期来看，中国协作机器人市场未来前景广阔。协作机器人高度契合制造企业对于智能制造、人机协同、柔性化制造的转型需求，且协作机器人具有更广的应用延展性，不仅可以在工业领域应用，还可以在诸多非工业领域开拓新场景，非工业场景需求有待进一步开发。除中国主战场外，本土主流协作厂商纷纷在海外进行布局，在海外市场实现更多下游细分行业方案的落地，将优质方案向本土行业用户进行复制，进一步拉动本土协作机器人产品下游市场的成长。

2. 中国市场格局已初具雏形

图 23 2023 年中国协作机器人销售规模-分厂商（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

2023 年整体市场格局以中国协作机器人厂商为主导，TOP5 企业占据超过 60% 的市场份额（如图 23 所示）。其余企业出货量还相对较少，但每家都有其独特的优势，在市场上逐渐占据一席之地。整个协作机器人市场参与玩家还在不断增多，市场也暂未完全定型，各类玩家蓄势待发。

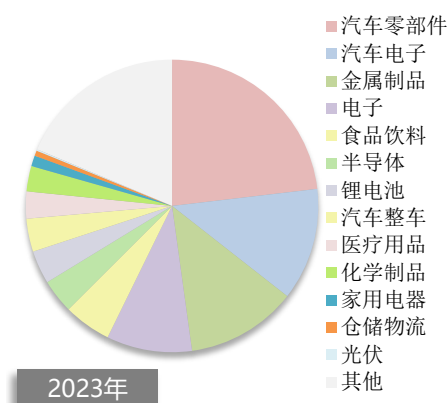
国际厂商中，优傲机器人（UR）仍然占据外资龙头地位，尽管市场份额受国产协作机器人厂商挤压，但凭借优秀的产品力及市场影响力，在汽车、半导体、医疗等行业依旧有较多稳定的大客户。其余如传统工业机器人四大家族均在早期阶段便开始积极布局协作机器人领域，基于深厚的技术储备和丰富的应用方案积累，目前主要在原有工业机器人优势行业推广自己的协作机器人产品。

中国厂商以节卡机器人（JAKA）为代表，较早重点布局工业领域，采取大客户直销市场策略，在汽车、电子、金属制品、化学制品、教育等行业持续收货订单，2023 年节卡机器人（JAKA）凭借在工业领域的重点突破实现出货量迅速增长。此外，其余中国厂商积极开拓市场渠道，促进市场出货量进一步提升。

随着越来越多的企业加码协作机器人产品的研发投入并借助多方融资渠道寻求发展，未来其他协作机器人厂商依靠产品、技术、方案创新仍存在突围机会，市场竞争将会越来越激烈。

3. 工业领域稳步增长，柔性制造需求打开市场

图 24 2023 年中国协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）



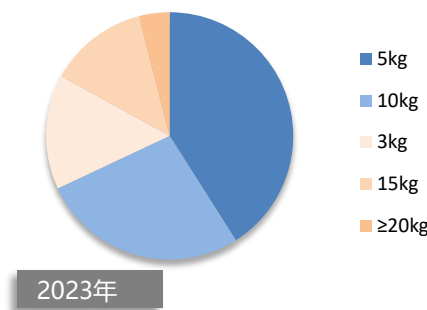
数据来源：MIR DATABANK

2023 年，协作机器人的主要应用领域仍集中在汽车零部件、电子、金属制品等传统工业行业（如图 24 所示）。尽管电子行业受到市场不景气的影响，市场规模有所下滑，但在汽车电子、锂电、食品饮料、医疗用品等新兴工业行业，协作机器人的应用取得了显著进展。特别是在汽车电子行业，随着新能源汽车对传统燃油车的替代趋势日益明显，协作机器人在车灯、电控盒、中控屏、汽车 PCB 等部件的螺丝锁付和检测环节得到了广泛应用，其渗透率迅速提升。在锂电行业，大负载协作机器人在动力电池生产线的改造中发挥了重要作用，如电芯搬运、pack 螺丝拧紧、涂胶、扫码和外观检测等环节。食品饮料行业也见证了协作机器人在码垛场景的批量应用，这得益于市场上推出的大负载机型，它们具备快速部署、易于使用和更大臂展及载荷能力优势。此外，化学制品行业也开始采用协作机器人进行镜片加工的上下料任务，化妆品和日化品行业也在逐步引入协作机器人以提高后道工序的自动化水平。

除了工业领域，2023 年非工业行业对协作机器人的需求也有所回暖，特别是在医疗健康、教育和餐饮行业，机器人的导入量开始增长，这表明协作机器人的应用正在向更广泛的领域扩展。

4. 大负载趋势持续拓宽工业领域应用

图 25 2023 年中国协作机器人销售规模-分负载（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

协作机器人设计初衷是实现安全性、轻量化，可快速配置、易迁移等特性，目前市场上，5kg 级别的轻负载协作机器人因其灵活性和适用性而占据主导地位。但随着工业自动化需求的不断演进，市场对更大负载能力的协作机器人的需求也在增长，如图 25 所示，2023 年 10kg 及以上负载的协作机器人市场份额已突破 40%，15kg 及以上负载协作机器人市场份额接近 20%。主要源于汽车、食品饮料、半导体、化学制品等行业对大负载产品的需求增加。

随着工业自动化的不断进步，市场对于机器人的需求也在不断演变。传统工业机器人虽然在重复性高、精度要求严格的任务中表现出色，但它们通常体积庞大、刚性强，难以适应多变的生产环境和灵活的生产需求。而轻型协作机器人虽然在安全性、灵活性方面具有优势，但在处理大负载和需要高刚性的应用场景时则显得力不从心。因此，大负载协作机器人的出现，正好填补了这一市场空白。

目前越来越多协作厂商推出了 $\geq 20\text{kg}$ 的协作机器人产品，协作机器人的负载范围不断扩大，UR30、CRX-25ia、JAKA Zu20 及 TM25S、等产品相继问世。大负载协作机器人已逐渐应用于大负载搬运、码垛、打磨以及长距离作业等场景中。2024 年 9 月，节卡机器人（JAKA）将在新一届工博会推出其 40kg 负载产品，将协作机器人负载范围拓宽至新的高度。

(三) 全球其他地区协作机器人市场特点及发展趋势

1. 欧洲

1.1 制造业分布

欧洲作为老牌工业强国云集的地区，工业底蕴深厚。从不同地区制造业特点来看，欧洲主要分为东欧，南欧，西欧，北欧四大地区，其中东欧工业区和西欧工业区位列全球五大工业区之中，工业实力较强。各地区的代表制造业各具特色。

表 11 东欧代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
冶金	Nova hut、Trinecke zelezarny、Vitkovice steel、KGHM、MMZ – JSC Moldova Steel Works	捷克、波兰、摩尔多瓦
化工	波兰石油化工集团（PKN ORLEN）、Unipetrol、Slovnaft、MOL 集团、罗马尼亚石油公司（OMV Petrom）	波兰、捷克、斯洛伐克、匈牙利、罗马尼亚
汽车	斯柯达	捷克
木材加工	SIMON & NAGY BT、DREW-EL MARIUSZ TKACZEWSKI	匈牙利、波兰

表 12 西欧代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车	奔驰、宝马、宾利、雪铁龙、雷诺、标致	德国、英国、法国、
化工	巴斯夫集团、拜耳股份公司、杜塞尔多夫汉高公司、林德、优美科、液化空气公司、科思创、赢创、朗盛	德国、爱尔兰、比利时、法国
医药	罗氏、诺华、阿斯利康、赛诺菲、葛兰素史克、施维雅	瑞士、英国、法国
医疗器械	西门子医疗、德尔格、飞利浦医疗	德国、荷兰

表 13 南欧代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车	西雅特、兰博基尼、法拉利	意大利、西班牙
农业	ZOBERBAC AGROCOMPANY S.L、QUINTA DA FONTE DO LOBO, SOCIEDADE AGRÍCOLA, LDA.	西班牙、葡萄牙

表 14 北欧代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
食品	ORKIA、Arla Foods、Valio、Solar Food	挪威、丹麦、瑞典、芬兰
家具	IKEA（宜家）、HAY、Ferm Living、Artek	丹麦、芬兰、瑞典
医药	诺和诺德、灵北、ALK-Abello、Orion Corporation	丹麦、芬兰
冶金	奥图泰、瑞典山特维克集团、瑞典博利登公司	芬兰、瑞典

1.2 制造业自动化情况

欧洲地区产业丰富，种类齐全。东欧工业区以冶金、化工、汽车、木材加工等行业为优势行业；西欧工业区以汽车、化工、电子电器、医药、精密机械为优势行业；南欧以汽车、农业为优势行业，得益于人工成本较低等优势，近些年该地区的中低端工业发展较为迅速；而北欧地区既有瑞典这样工业门类齐全的国家，也有挪威、丹麦、芬兰、冰岛这样部分工业发达的国家，地区内食品加工、家居、医药、微电子、冶金等行业发展均位于世界前列。

欧洲的自动化应用广泛，得益于地区内国家政策的推动、人工成本的昂贵，地区内各行业厂商积极推进自动化进程。欧洲的汽车行业的自动化水平非常高，许多厂商都在积极采用机器人、自动化装配线和智能系统来提高生产效率和质量，例如，德国的汽车制造商利用自动化技术来提高生产线的灵活性和效率。欧洲的食品和饮料行业也在增加自动化技术的应用，如自动化包装、质量控制和物料处理系统，例如北欧的渔业用协作机器人进行海鱼生产的开箱及上下料。欧洲的化工及医药企业在自动化技术的应用上投入巨大，以确保操作的安全性和优化生产过程。

欧洲多国政府通过政策和资金支持，推进制造业的自动化进程。

工业 5.0：欧盟强调研究和创新作为向可持续、以人为本和有韧性的欧洲工业转型的驱动力。在工业 5.0 的框架下，人机协作被置于重要位置，旨在通过人工智能、自动化、大数据分析等 IT 技术的发展，推动经济和社会的转型。

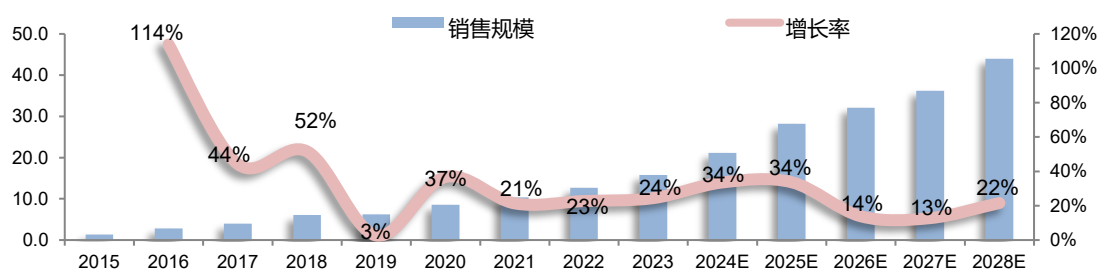
机器人产业战略：欧盟通过各种计划，如“地平线欧洲”（Horizon Europe）和“数字欧洲”（Digital Europe）计划，对人工智能和机器人技术的研究与创新进行大量投资。这些投资旨在加速技术发展，提高欧盟在全球市场的竞争力，

欧盟委员会在人工智能协调计划中将机器人技术列为主要优先事项，此外，还提出了关于机械产品的法规提案，以增强对新兴自主机器人的安全要求。

1.3 协作机器人市场情况

欧洲在协作机器人领域的发展非常活跃，无论是产品研发还是下游应用的成熟度在全球范围内都处于领先地位。

图 26 2015-2028 年欧洲协作机器人销售规模及预测（单位：千台）

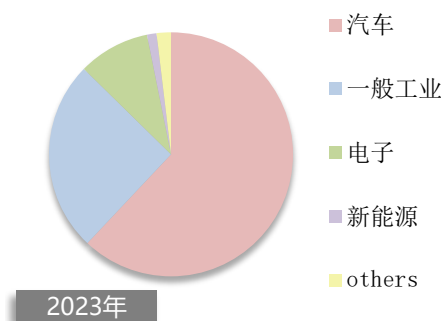


数据来源：MIR DATABANK

欧洲作为协作机器人诞生地，其协作机器人市场经历了从概念提出到技术成熟、市场认可、标准化生产的过程，并在不断的技术创新 and 市场需求推动下呈现持续稳定的增长态势。

欧洲拥有强大的研发基础，许多大学和研究机构对协作机器人进行前沿技术研究。诞生了全球知名的协作机器人制造商，如丹麦的 UR、德国的 KUKA 和瑞典的 ABB 等。这些公司在协作机器人技术创新和市场扩张方面起到引领作用。

图 27 2023 年欧洲协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

协作机器人在欧洲的汽车、医疗、食品加工、电子和物流等多个行业中得到广泛应用（如图 27 所示）。其中，汽车行业占比超过 60%，欧洲的汽车制造商，

如德国的大众、宝马、奔驰，法国的雷诺、标致、雪铁龙等，均批量使用协作机器人进行汽车组装、焊接、涂装和质量检测。除此之外，协作机器人也被应用于很多新兴行业。在北欧，协作机器人较多应用于家具、食品饮料等行业。如三文鱼加工中的开箱及产线上下料，西红柿采摘，机器人拔草，超市物流等。

2. 北美洲

2.1 制造业分布

北美洲的制造业分布广泛，主要集中在美国、加拿大和墨西哥，每个国家都有其特色和重点产业。

作为北美洲最大的经济体，美国在多个制造业领域占据领先地位，包括汽车、航空航天、信息技术、生物技术和医疗器械。加拿大以资源型产业为主，如矿产、森林和能源，制造业方面主要在汽车、航空航天、食品加工和自然资源加工等领域也有较强实力。墨西哥的制造业近年来发展迅速，特别是在汽车、电子、航空航天等领域。墨西哥靠近美国，拥有多个自由贸易区，使其成为许多国际制造商的生产基地。

表 15 北美洲代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车	福特、通用汽车、特斯拉、麦格纳国际	美国底特律、加拿大安大略省
航空航天	波音、洛克希德·马丁、诺斯罗普·格鲁曼	华盛顿州、加利福尼亚州、得克萨斯州
电子	英特尔、高通、德州仪器	加利福尼亚州、德克萨斯州
医药	辉瑞、强生、默克	波士顿、旧金山湾区

2.2 制造业自动化情况

美国

为了重振实体经济并应对国内日益加剧的产业空心化挑战，美国政府积极实施了以智能制造为核心的“制造业回流”战略，旨在促进制造业的复兴并吸引产业回归本土。美国企业在机器人领域投入巨资，推动自动化浪潮席卷制造业。机器人技术的应用显著提升了生产效率和产品质量，降低了生产成本，增强了美国制造业的竞争力。例如，在汽车制造中，机器人可以完成焊接、喷涂、装配等复杂任务。机器人技术也改善了工人的工作环境，降低了工伤事故的发生率。

加拿大

加拿大制造业正积极向自动化和工业 4.0 技术转型，目前主要在汽车与航空航天领域自动化程度较高。特别是在汽车主机厂，工业机器人被广泛应用于焊接、组装、涂装等环节。在飞机制造业，机器人和自动化技术被用来生产复合材料、进行零部件的精密装配和测试，从而提高安全性和效率。

墨西哥

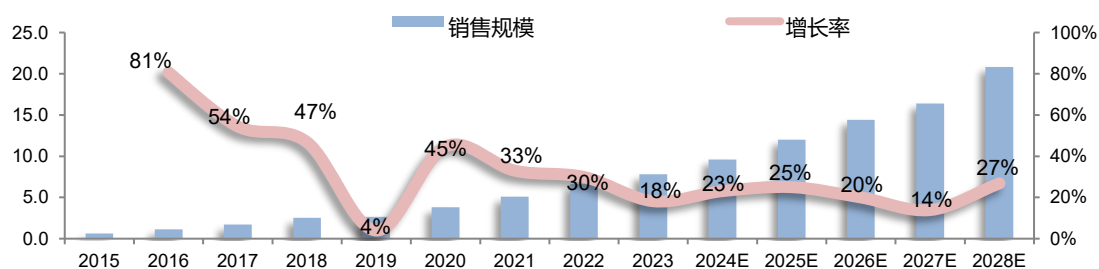
墨西哥是全球第七大汽车生产国，汽车制造业是其支柱产业之一，也是全球重要的电子产品制造中心，特别是在电视、电脑等消费电子产品领域。墨西哥汽车制造业和电子制造业也是自动化程度最高的行业。

尽管自动化逐渐推广，但墨西哥仍具有较低的劳动力成本，这在一定程度上限制了自动化的广泛普及。许多企业在劳动力充足的情况下，仍选择依赖人工进行一些简单的制造工序。然而，随着全球竞争加剧以及墨西哥技术工人需求的增加，企业正在逐步将更多工序进行自动化，以应对劳动力短缺和质量标准的提高。

2.3 协作机器人市场情况

北美洲，尤其是美国和加拿大，是全球协作机器人使用和发展的重要地区。

图 28 2015-2028 年北美洲协作机器人销售规模及预测（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

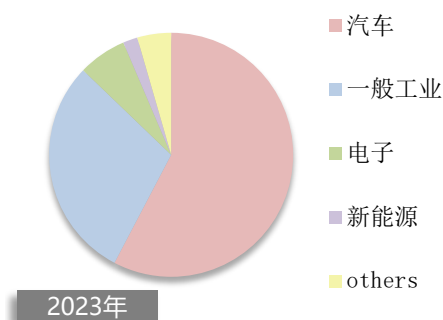
美国对协作机器人的研究和应用非常重视，将其视为先进机器人技术乃至智能制造发展的重点方向之一。美国政府通过多个计划加速协作机器人的发展，如 2011 年启动的《国家机器人计划 1.0》，该计划的核心是研发下一代机器人技术，提高机器人的功能性和实用性，以更好地辅助人类生产和形成人机互动的工作体系。2016 年启动了《国家机器人计划 2.0》，扩展了计划的范围和目标，计划的重点是打造协作机器人“无处不在”的工作环境，意味着协作机器人将与人类在生活各个方面的无缝集成。协作机器人在美国开始高速发展。2024 年，美国计算

机社区联盟（CCC）发布第五版《美国机器人路线图：机器人让明天更美好》，旨在为美国机器人产业发展提供建议，促进机器人产业发展。

美国制造业面临着提高生产效率、降低成本和应对劳动力短缺等挑战，这促使许多企业对协作机器人的需求不断增加。其中中小企业（SMEs）在美国经济中占有重要地位，许多中小企业开始采用协作机器人来提高生产效率和灵活性。随着制造业回流进程的持续推进，未来美国协作机器人市场将保持较为稳定的增长。

加拿大的协作机器人发展相对较晚，其协作机器人领域的发展虽然不如美国那样显著，但也在稳步推进。加拿大拥有一些在协作机器人领域活跃的公司，例如 Kinova，专注于生产用于与人协作的服务机器人平台和应用程序。Kinova 的产品以其轻量化和高集成化的特点而闻名，广泛应用于医疗、辅助和研究领域。Kinova 的发展历程显示了加拿大在协作机器人技术方面的创新和进步。

图 29 2023 年北美洲协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

协作机器人在北美洲主要应用于汽车及航空航天行业（如图 29 所示）。

美国通用汽车及特斯拉的主机厂及零部件厂均在工厂中部署了协作机器人。波音公司利用协作机器人实现了包括装配、加工和维修在内的人机协作劳动。美国国家航空航天局（NASA）的兰利研究中心利用协作机器人研发了针对飞机机身的自动检测系统。

3. 南美洲

3.1 制造业分布

轻工业是南美洲多数国家制造业的主体，而重工制造业主要分布在拥有较大人口规模、资源丰富和靠近国际市场的国家，如巴西、阿根廷等。巴西是南美洲最大的经济体，也是该地区制造业最发达的国家，汽车制造、航空航天是其制造

业主要支柱。而阿根廷制造业相对多样化。阿根廷是全球最大的食品加工和出口国之一，特别是肉类和谷物加工。汽车制造也是阿根廷重要产业之一，主要向拉美其他国家出口。

表 16 南美洲代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车	大众、通用汽车、菲亚特克莱斯勒	巴西
航空航天	巴西航空工业公司	巴西
食品饮料	巴西食品公司、阿彻丹尼尔斯米德兰公司	巴西、阿根廷
矿业	淡水河谷公司、安托法加斯塔矿业公司	巴西、智利

3.2 制造业自动化情况

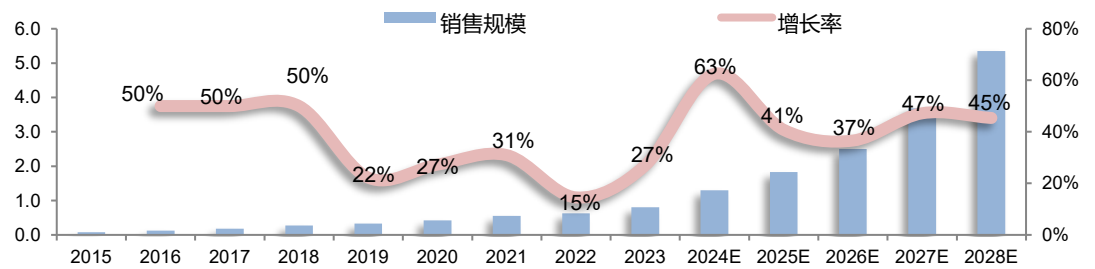
巴西是南美洲自动化程度最高的国家之一，尤其是在汽车制造和航空航天领域。国际汽车制造商在巴西的工厂采用了广泛的机器人和自动化设备，巴西航空工业公司（Embraer）在航空制造中也广泛采用自动化技术。

阿根廷制造业的自动化进程虽然在某些行业如汽车制造和食品加工领域有所突破，但整体水平仍然较为有限。技术和资金限制、低劳动力成本等因素使得中小企业的自动化推进缓慢。

尽管南美洲的制造业面临着劳动力成本、基础设施和政治经济不确定性的挑战，自动化和技术引进正在改变部分行业的格局，特别是在食品加工和汽车制造等领域。

3.3 协作机器人市场情况

图 30 2015-2028 年南美洲协作机器人销售规模及预测（单位：千台）

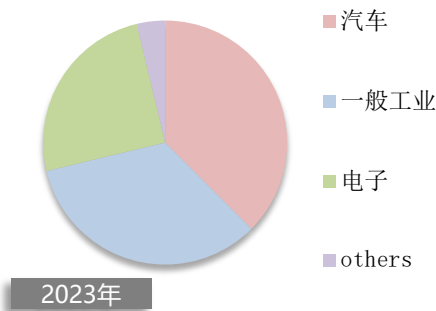


数据来源：MIR DATABANK

南美洲协作机器人市场的早期发展相对缓慢，但随着全球自动化趋势的增长，该地区开始关注这一领域。近几年，南美洲的协作机器人应用领域正在不断扩大，包括传统制造业、医疗、物流等。特别是在汽车行业，由于多家汽

车制造商在巴西等国设有制造工厂，对自动化改造需求大幅提升。

图 31 2023 年南美洲协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

协作机器人在南美洲主要应用于汽车、航空航天及电子行业(如图 31 所示)。

以伟创力巴西索罗卡巴工厂为例，伟创力索罗卡巴工厂的低代码和无代码数字工具和机器人流程自动化（RPA）解决方案将人类从重复性任务中解放，减少了 38%的人工工作，工厂中使用了较多的 JAKA、UR 协作机器人用于执行基础的重复性任务，例如：使用协作机器人通过从自动传送带上收集板、将其插入 ICT 机器并开始测试来缩短测试时间。

4. 日本

4.1 制造业分布

日本是世界第四大经济体（以 GDP 计算）。在汽车、半导体、钢铁等产业领域都位居世界前列，具备全球性竞争优势。其中，汽车产业竞争优势尤为明显，丰田一直占据全球汽车市场的首位，本田、日产等日系车企也位居全球前列。

表 17 日本代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车	丰田、日产	名古屋、爱知县、神奈川县、埼玉县
电子	东京电子、迪恩士、爱德万测试、瑞萨电子、东芝	宫城县、东京、神奈川县
钢铁	Nippon Steel、Kobe Steel	兵库县、和歌山县、千日县、爱知县

4.2 制造业自动化情况

日本制造业在自动化技术的应用上处于世界领先地位，特别是在汽车、半导

体和精密机械制造领域。同时，日本也是全球第一大工业机器人制造国，占全球供应量的 45%，是 FANUC、YASKAWA 等机器人厂商的出生地，机床产业产值也连续多年居世界前列，拥有领先的制造业建设基础。日本正在积极推进“工业 4.0”革命，优先考虑数字化和自动化，利用人工智能、物联网、机器人和大数据等技术。

日本制造业的全球竞争力不仅体现在其产品的质量和技术上，还体现在其供应链管理和创新能力上。日本政府也在积极推动制造业的数字化转型（DX）和绿色转型（GX），以应对全球制造业的新趋势和挑战。

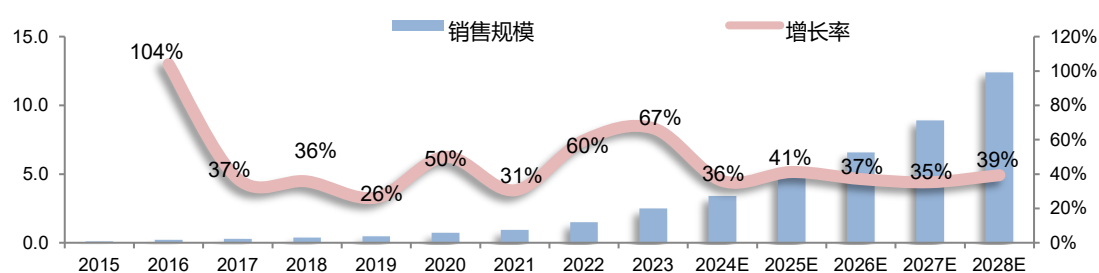
区域振兴策略：日本的区域振兴策略为在区域发展方面进行重大投资的企业提供奖励，特别是针对总部、制造工厂或研发中心等关键运营设施。

外资建厂优惠政策：日本贸易振兴机构（JETRO）通过补贴工厂、研发中心和其他关键运营设施的部分设施安装成本来激励日本作为亚洲商业中心的吸引力。

日本政府正通过互联工业等举措积极推动制造业的数字化和创新，旨在实现“工业 4.0”，同时，日本人口减少和老龄化的加剧导致劳动力短缺，会进一步推动日本的自动化水平发展。

4.3 协作机器人市场情况

图 32 2015-2028 年日本协作机器人销售规模及预测（单位：千台）



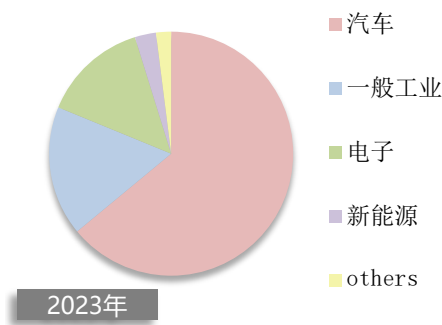
数据来源：MIR DATABANK

日本在机器人技术的研究和开发方面有着悠久的历史，日本在 1960 年引入工业机器人概念，1968 年开始自主研发和生产机器人。1980 年，日本研发了世界第一台 SCARA 机器人。2015 年前后，日本的机器人制造商，如 FANUC、YASKAWA、KAWASAKI 等开始探索协作机器人技术，并陆续推出相关产品，推动了日本协作机

器人市场发展。

日本政府通过各种政策和计划支持机器人技术的发展，包括“日本机器人新战略”和“机器人革命实现委员会”，旨在推动机器人技术的创新和应用。日本正朝着社会 5.0 迈进，机器人技术将在其中扮演着重要角色。日本政府和企业正在积极投资及布局协作机器人领域，以应对人口老龄化和劳动力短缺的挑战，为未来日本协作机器人市场的增长注入动能。

图 33 2023 年日本协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）



日本协作机器人的下游应用广泛，包括汽车、电子、食品饮料、医疗健康等领域。其中，汽车行业占比最大，市场占比超过 60%，行业市场集中度较高（如图 33 所示）。日本汽车制造商在协作机器人的使用上表现出了积极的态度，以提高生产效率和质量，同时应对劳动力短缺的问题。丰田汽车在自己的生产线上批量使用 JAKA 协作机器人，日产汽车在横滨工厂使用 UR 协作机器人来提高生产效率，以解决劳动力老龄化和节拍超时问题。此外，FANUC 协作机器人也在日本各大汽车制造公司批量应用。

5. 韩国

5.1 制造业分布

韩国是亚洲经济强国。经过几十年的快速发展，韩国目前已成为世界第十大经济体（以 GDP 计算），并且在多个领域具有全球竞争力，如电子、半导体、汽车、船舶、钢铁、化工等领域。三星、LG、现代、起亚等韩国品牌在全球市场占据重要地位。韩国的出口额占其 GDP 的 40%以上，在全球供应链中有着不可或缺的作用。

表 18 韩国代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车	现代、起亚	首尔、蔚山、光州
电子	三星电子、LG 电子、SK 海力士	首尔、京畿道、忠清北道
船舶	现代重工、大宇造船海洋、三星重工	巨济、蔚山、釜山
钢铁	浦项制铁	浦项、光阳

5.2 制造业自动化情况

韩国的制造业自动化程度处于世界领先水平，特别是在汽车、半导体、电子等行业广泛应用了工业机器人和智能制造技术。政府政策的推动、技术创新的持续投入以及 5G 等新兴技术的应用，进一步促进了韩国制造业的数字化和自动化转型。

韩国政府通过多项政策和资金支持，推动制造业的自动化和数字化转型。

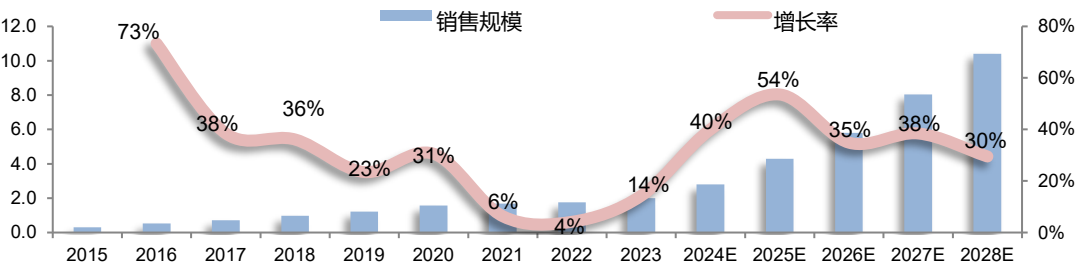
智能工厂支持计划：韩国政府推出了一系列支持智能制造的计划，帮助中小企业升级其制造设施。目标是在全国范围内推广智能工厂，以提高制造业竞争力。

机器人产业战略：政府推出了专门的机器人产业发展战略，推动中国机器人技术的发展和應用。韩国计划在未来几年内进一步提高机器人在制造业中的应用率，并推动本土机器人企业的国际化。

未来，随着工业 4.0 的进一步发展，韩国的制造业将继续保持全球竞争力，并在智能制造领域取得更多突破。

5.3 协作机器人市场情况

图 34 2015-2028 年韩国协作机器人销售规模及预测（单位：千台）



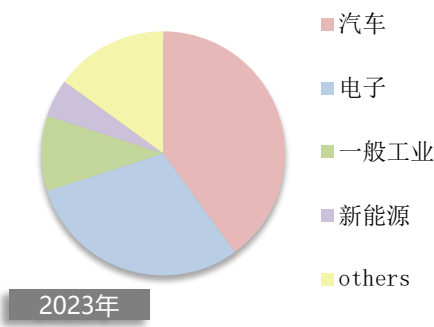
数据来源：MIR DATABANK

韩国的机器人产业兴起部分得益于政府在 2000 年代中后期对 IT 产业的快速发展支持，这促使政府投入规模化及系统化的机器人应用研发支持。2008 年，

韩国出台了《智能型机器人开发与普及促进法》，构建了机器人产业的鼓励政策体系和监管体系。

韩国的协作机器人产业近年来取得了显著的发展，这也主要得益于政府的大力支持和私营企业的积极参与，如 DOOSAN、NEUROMEKA。DOOSAN 作为韩国最大的协作机器人制造商，由斗山集团在 2015 年创立，针对各个产业量身打造产品，解决劳动力不足的问题，并在 2023 年通过首次公开募股 (IPO) 成功上市。NEUROMEKA 成立于 2013 年，专注于为中小制造企业提供工程自动化所需的协作机器人。2022 年 9 月 NEUROMEKA 在纳斯达克上市，进一步加速了其全球化的步伐。韩国的协作机器人产业在技术创新、市场扩张和政府支持等方面都展现出了强大的实力和潜力，预计未来将在全球市场上发挥更加重要的作用。

图 35 2023 年韩国协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

韩国协作机器人市场主要集中于其重点制造业（如图 35 所示）。目前，韩国的汽车及电子行业均有批量化使用协作机器人，现代、三星等龙头企业使用协作机器人用于生产线上的搬运、焊接及检测。值得一提的是，韩国拥有较强的本土协作机器人品牌，他们不仅在本土工业领域有较大的市场份额，在餐饮、新零售等商业领域也开发了较多方案并已实现批量化落地，DOOSAN、NEUROMEKA 针对韩国本土的炸物文化、咖啡文化推出了炸物机器人、咖啡机器人等服务业专用机器人，在市场上快速渗透。

6. 东南亚

6.1 制造业分布

东南亚制造业近年来在全球供应链中扮演着越来越重要的角色，随着全球供应链的重构，东南亚国家受益于中美贸易争端和美国推动的“供应链多元化”政

策，承接了中国的部分产业订单。其中越南、泰国、马来西亚、印度尼西亚 GDP 增长较快，主要受电子、汽车等产业转移的带动。东南亚目前已超过中国成为全球发展中国家 FDI（外国直接投资）最大目的地。

表 19 东南亚代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车	本田、丰田、比亚迪、长城、哪吒	泰国
电子	三星、LG、歌尔、京东方、立讯	越南
食品饮料	洽洽、味之素、雀巢	泰国、越南、马来西亚

6.2 制造业自动化情况

东南亚受近几年产业转移带动，自动化水平有所提升。其中汽车制造工厂主要集中在泰国，日系及中国车企均设立泰国工厂，这些车企对产品的标准化和生产效率要求较高拉动了当地自动化设备导入。电子制造工厂主要集中在越南，也对东南亚制造业自动化水平的提升起到较大积极作用。

东南亚自动化水平与其他地区相比仍较为落后。主要原因有二：①东南亚大多数国家拥有充足的劳动力资源，尤其是印度尼西亚、越南和菲律宾。这些国家的劳动力人口规模较大，为制造业和服务业提供了丰富的人力资源；②东南亚整体缺乏制造业高素质人才，专业技术和管理人员的比例在各国间存在显著差异，新加坡以 58.7%的比例领先，而缅甸的比例最低，仅为 5.5%。导致自动化设备换人的投资回报周期过长，一定程度上阻碍了自动化进程。

同时，东南亚存在着巨大的的自动化导入潜力。主要原因有二：①东南亚社会的文化多元性强，经济主义的思维并不占据主导地位，守时、加班、连续稳定工作，对于当地人来说未必是天经地义的工作伦理，这便容易导致企业生产效率的不稳定；②东南亚国家的教育水平存在差异，较多国家的劳动力可能缺乏必要的技能和教育背景，导致企业生产良率不稳定。提升自动化设备的导入有助于解决目前人工的难点痛点，提升制造业生产水平。

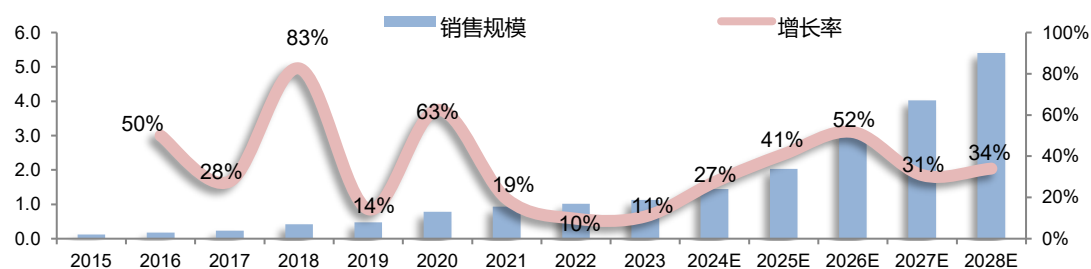
东南亚各国政府出台税收优惠等政策，吸引外资在当地建厂投资，通过额外的税收优惠，激励自动化设备和机器人的应用与生产。以泰国为例，在当地组装、装配机器人或自动化设备的项目，投资者将享受五年的企业免税；在 EEC（泰国东部经济走廊）投资机器人和自动化的企业，还将再享受 5 年 50%的企业所得税

减免。

此外，东南亚各国为“工业 4.0”战略目标，推进自动化相关技术人才培养，有利于自动化的渗透率进一步提升。

6.3 协作机器人市场情况

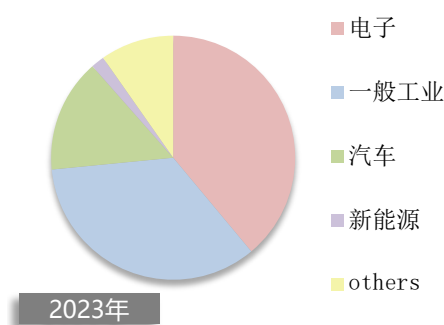
图 36 2015-2028 年东南亚协作机器人销售规模及预测（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

近几年，东南亚地区在协作机器人的使用和发展方面呈现出积极的态势。随着该地区经济的快速增长、工业自动化需求的上升，协作机器人在东南亚的渗透率将快速提升。

图 37 2023 年东南亚协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

目前，协作机器人伴随着全球电子制造产业转移，在东南亚迅速渗透（如图 37 所示）。而一般工业主要集中在新加坡等地区，协作机器人主要被用于医疗用品、智慧农业及物流业。

东南亚的劳动力市场以年轻、成本较低的工人为特点，但同时也面临着劳动力参差不齐、技术工人短缺的问题，这有利于协作机器人的推广。相比工业机器人，协作机器人具备易安装、易编程、易调试等特点，极大地降低了使用门槛，

可较好的解决当地缺乏技术人才的痛点。

7. 印度

7.1 制造业分布

2023 年，印度的 GDP 达到 3.49 万亿美元，经济增速高达 8.2%，跃升至全球第五大经济体，超过英国。印度工业体系比较完善，药品制造、汽车零配件、钢铁等产业水平较高，竞争力较强，近年来，印度汽车制造、电子制造等产业也取得了进一步发展。

表 20 印度代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车零部件	曼达、塔塔汽车	新德里、孟买
药品制造	太阳制药、格兰马克	古吉拉特邦、孟买
钢铁	JSW 钢铁、塔塔钢铁	孟买

7.2 制造业自动化情况

印度全国 14 亿人口，是世界第一的人口大国，但由于劳动力水平参差不齐，印度制造业对自动化换人的需求强烈。

印度汽车零部件制造商协会（ACMA）数据显示，2023 年印度汽车零部件行业的营业额同比增长了 9.8%，达到了 6.1 万亿卢比。印度零部件供应同比增长 8.9%，达到 5.18 万亿卢比，而出口同比增长 5.5%，达到 212 亿美元。以 Minda 为代表的印度本土汽车零部件企业为确保零部件的标准性、合格率，满足主机厂要求，在上下料、搬运等应用场景采用了工业机器人替代人工。

2023 年，印度制造业对 GDP 的贡献比例仅为 12.8%，针对这一现象，政府推出的一系列政策和计划，旨在推动制造业的现代化和全球竞争力。

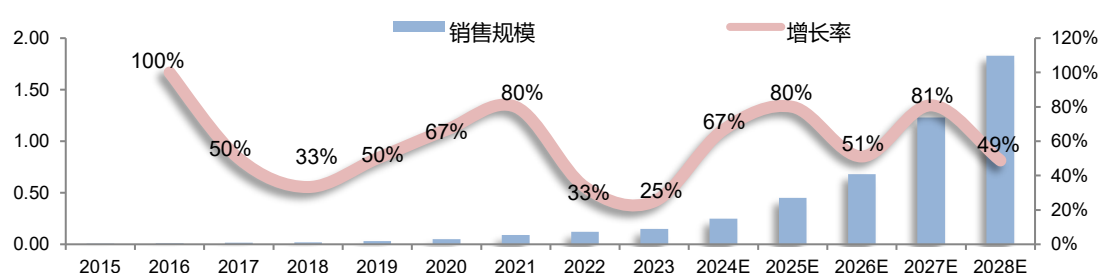
“印度制造”计划：莫迪政府推出的“印度制造”计划，旨在 2025 年将制造业 GDP 占比提升至 25%，并将印度打造成为全球制造业中心，通过吸引外资和推动本土制造来提升制造业的质量和规模。该计划鼓励采用先进的自动化技术，以提高生产效率和降低成本。

改善中小企业融资渠道：印度中小企业在该国整体工业经济中发挥着重要作用，约占制造业产出的 45%。但是商业的非正规性质，缺乏获得充足和及时融资

的机会等问题，一直制约着中小企业的增长。针对这些问题，“印度制造”战略中列出的一些措施，包括：个人出售住宅物业和重新投资一家新创办的中小微企业(MSME)时，可以享受长期资本利得税的减免；为中小企业设立证券交易所，并为风险资本基金设立税收通行证，特别关注中小企业等。

7.3 协作机器人市场情况

图 38 2015-2028 年印度协作机器人销售规模及预测（单位：千台）

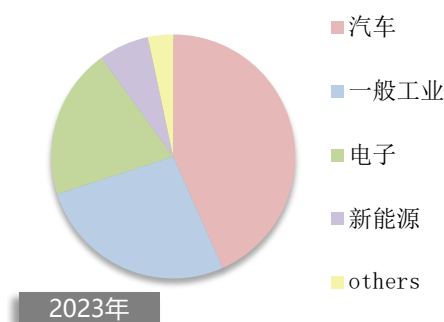


数据来源：MIR DATABANK

印度的机器人市场起步较晚，政府在早期通过政策和计划支持机器人技术的发展，例如“印度制造”计划，旨在推动本国制造业的发展。在政府的推动下，近 2-3 年印度的机器人市场开始高速发展，也包括协作机器人，近几年，印度的一些本土企业也开始涉足协作机器人领域，例如 Addverb 公司推出了 Trakr 辅助狗机器人和医疗协作机器人 Heal，这些机器人的推出标志着印度在机器人技术领域迈向了新的里程碑。

印度政府的目标是到 2030 年推广百万台机器人，这将需要进一步的政策支持和投资，这有利于未来印度协作机器人市场的高速发展。

图 39 2023 年印度协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

汽车行业是印度机器人最大的下游行业，电子、二轮车的机器人安装量也在

不断增长。目前，印度协作机器人市场仍较小，主要应用于上述几个行业（如图 39 所示）。

印度 Bajaj 摩托车工厂是协作机器人成功应用的案例之一。自 2010 年起，该工厂已部署超过 100 台 UR 协作机器人，用于装配生产线。在品类丰富、劳动密集型的摩托车厂，协作机器人凭借部署灵活、简单易用完美的解决了产线节拍超时问题，提高生产效率。

印度政府采取措施支持使用机器人技术，包括生产相关激励（PLI）计划，该计划将持续到 2025 年，为在印度的汽车、金属、制药和食品加工等行业使用机器人的公司提供补贴，这有望进一步推动了机器人技术的应用和发展。

第五章：协作机器人技术现状及发展趋势

协作机器人产品技术的核心要素主要包括安全性、易用性以及灵活性。应当说，与协作机器人相关的技术开发工作都是紧紧围绕着这三个核心要素来进行的，其目的是为了持续强化协作机器人在人机协同以及柔性生产等场景当中的优势。近两年，AI、工业视觉、MR 等新兴技术兴起，它们与协作机器人产品的相互结合，将会引发众多全新的变革。在本章中，我们将以核心技术定义、技术发展现状以及新兴技术融合这三个方面作为话题，深入探讨协作机器人技术的现状以及其未来发展的趋势。

（一）协作机器人核心技术定义

协作机器人与传统工业机器人在设计理念和应用方式上有着显著的区别。它们从一开始就被设计为能够与人类工人在同一个工作区域内安全地互动。这种设计哲学使得协作机器人的应用场景更富有多多样性。而作为其重要支撑的核心技术要素主要包括：安全性，以确保人机近距离互动时的人员安全；易用性，使操作人员能够轻松上手和操作；灵活性，以便更好地适应不同应用场景的需求。

（二）协作机器人核心技术发展现状

1. 安全性

协作机器人的设计初衷是为了在工业环境中与人类工人共同工作，因此它们在安全性方面的设计和性能要求与传统工业机器人有着本质的不同。

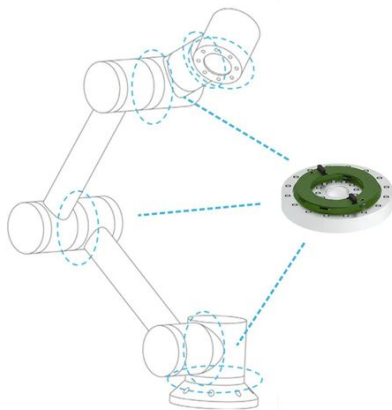
碰撞检测是确保协作机器人安全运行的关键技术之一，它通过不同的方法来监测和预防机器人在操作过程中可能发生的碰撞。这项技术包括基于传感器的碰撞检测和基于无传感器的碰撞检测，主流方案有“电流环（无传感器）方案”、“力扭矩传感器方案”。

① “**电流环（无传感器）方案**”：这种方案通过监测机器人电机的电流变化来推断外部力矩，进而检测潜在的碰撞。它依赖于机器人的力学模型和电流-力矩关系，不需要额外的传感器，由于不依赖外部传感器，这种方案在成本上具

有明显优势，也是业内玩家普遍使用的方案。无传感器方案需要依赖系统的动态模型进行控制，而实际系统中往往存在参数不确定性和非线性因素，这可能导致控制精度下降。同时，外力矩在通过减速机传递给电机时会有出现力损失。这些因素都影响了该方案的碰撞检测精度，在对于碰撞、震动要求较高的应用中难以匹配需求。

②“力矩传感器方案”：该方案除力矩传感器本身高敏感度因素外，由于传感器安装在机器人的连杆或关节处，可以绕过减速机，从而避免了减速机的摩擦力和柔性构造对力矩测量的干扰，能够更准确地检测到碰撞事件。但使用传感器产品，成本相比“电流环（无传感器）方案”存在劣势。协作机器人的“力矩传感器方案”主要通过在不同部位安装力矩传感器来实现碰撞检测和力控制。“底座力矩传感器方案”在机器人的底座或基座处安装力矩传感器，可以监测整个机器人系统受到的外力。这种方案适合于需要整体碰撞检测的应用，如搬运和装配任务。“关节力矩传感器方案”（如图 40 所示）在机器人的每个关节处安装力矩传感器，检测碰撞更灵敏，并可以在应用中提供更精细的碰撞检测和力控制，该方案成本较高。

图 40 协作机器人“关节力矩传感器方案”



2. 易用性

易用性是协作机器人区别于传统工业机器人的代表技术要素，传统工业机器人采用专业编程设备及语言进行编程，有较高的使用门槛。而更为简单易懂的图形化编程（图 41）等技术目前已被广泛在协作机器人编程中采用。“安全性”作为协作机器人“人机近距离协同作业”的技术前提，使其具备了解锁人机高度互

动的拖动示教（图 42）等更为多样灵活的示教方式的可能性，简单的编程及示教方式真正意义上赋予了协作机器人“易用性”这一技术属性。受益于“易用性”优势，协作机器人产品向下兼容能力扩大，导入门槛大幅降低，甚至为未来机器人进入家庭场景打下了坚实的基础。

图 41 协作机器人图形化编程

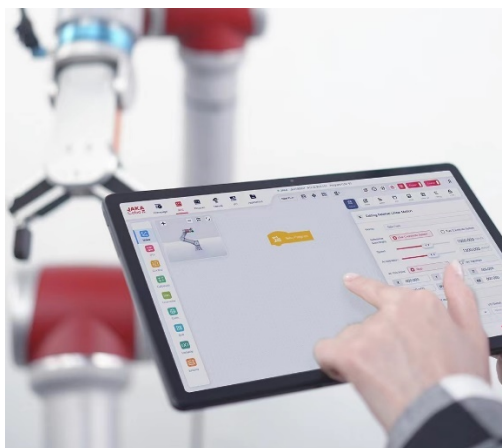


图 42 协作机器人拖动示教



① “**图形化编程**”是一种用户友好的编程方法，它将复杂的代码指令转化为图形化的模块或图标，并允许编程者通过拖拽、连接这些图形模块来构建程序的逻辑结构。这些图形模块通常代表着不同的功能或操作，例如机器人的运动控制、传感器数据读取、逻辑判断等。图形化编程工具会将用户构建的图形化程序转换为机器人可执行的代码，从而实现对协作机器人的控制。通过拖拽和连接图形模块的方式，编程者可以快速构建程序逻辑，减少了编写代码的时间和工作量。这有助于提高编程效率，缩短开发周期。

② “**拖动示教**”在使用时需要通过拖拽机器人手臂到达目标点位进行记忆，是一种非常直观的交互式编程方式。虽然“拖动示教”在形式上看上去非常简单，

其实现需要依赖于协作机器人配备的力传感器和先进的控制系统，背后蕴藏着复杂的力学技术原理。当操作人员对机器人的末端执行器或机械臂施加外力时，电流环或力传感器会检测到这个外力的大小和方向，并将这些信息反馈给控制系统。控制系统根据反馈信息，计算出机器人应该运动的方向和速度，从而使机器人跟随操作人员的拖拽动作进行运动。在拖拽过程中，操作人员可以将机器人移动到期望的位置，并通过特定的操作（如按下按钮）来记录这些位置点。控制系统会将这些位置点和相应的运动轨迹信息存储下来，以便机器人能够重复执行相同的任务。“拖动示教”的技术核心在于如何“拖动”。基于“拖动”的实现方式不同，主流的“拖动示教”方案有“无力传感器方案（电流环）”、“六维力传感器方案”、“关节力矩传感器方案”等。其中，“六维力传感器方案”是目前一种比较容易实现的方案，适用于包括传统工业机器人在内的几乎所有机械臂类产品。其原理主要是在机械臂的末端安装“六维力传感器”，通过对末端各个方向受力情况的实时感应反馈实现“拖动示教”。因其拥有容易安装且对机械臂本体设计几乎不造成任何影响的优势，在协作机器人领域被广泛使用。同时其缺点也比较明显，由于感知区域被限制在机械臂末端，同时控制量是带宽较小的位置，拖动整个机械臂时的反应速度较慢，实际手感较重。“无力传感器方案”的原理是基于力学模型，在机器人的力矩模式中，通过控制“电流”对重力、摩擦力、库仑力等进行补偿，经过补偿后机械臂关节在“拖动”时造成的阻力变小，实际“拖动”变得非常容易。这种方案最大的优势在于整个方案中无需额外搭载传感器产品，使得其性价比非常高。但同时由于摩擦力影响因素多，模型构建复杂，真正意义上的补偿以目前的技术水平还难以实现，导致直线及圆弧“拖动”比较困难。“关节扭矩传感器方案”是通过在机械臂的关节处内置扭矩传感器进行力矩的闭环控制从而对电机的惯量、关节的摩擦力等物理量进行较为精准的补偿，最终达到更加顺滑的“拖动示教”的效果。与“六维力传感器方案”对比，这种方案的优势在于可以实时感应机械臂各关节的力矩，同时控制量是带宽较大的力矩，可以较大的减少拖动时的“沉重感”。与“无力传感器方案”相比，这种方案直接对实际的力进行感应，无需建立复杂的力学模型，很大程度上削弱了摩擦力的影响。但是这种方案改变了本体的基础设计，且需要内置数个“关节扭矩传感器”，导致系统成本较高。

受益于“图形化编程”、“拖动示教”等一系列软硬件技术，协作机器人在应用部署中也体现出较高的“易用性”。

3. 灵活性

软件方面，目前 AI 算法正在不断赋能协作机器人的应用，实现协作机器人的“机器学习”从而应对来自于各种场景的多样化需求。这些算法使协作机器人具备了较强的“灵活性”，同时现阶段通过“机器学习”可以适应的场景还相对简单且局限。而面对影响因素较多的复杂的场景时，目前的技术仍然不够成熟，如何使机器人产品作为大型系统的一部分，在进行协同作业的前提下实现有效且高效的学习演化是目前整个行业的课题。

在硬件方面，目前目前主流协作机器人的结构设计与 6 轴工业机器人的设计思路基本相同，6 自由度设计使协作机器人具备了较高的“灵活性”，可以覆盖绝大多数应用场景需求。相比起更侧重于刚度，且结构设计较为厚重的传统工业机器人，协作机器人采用了紧凑且纤细的外观设计以及轻量化材料，使得它在“灵活性”方面的表现更为出色。除了主流的 6 自由度设计之外，行业中常见的 6 + 自由度以及双臂协作机器人等具有更高自由度的设计，毫无疑问能够更好地应对那些对“自由度”有着更高要求的场景。此外，用于定义协作机器人在应用场景中功能的末端执行器产品，在协作机器人的产业链中占据着极为关键的地位。日益丰富多样的执行器产品，将会进一步增强协作机器人的“灵活性”优势，使其能够更加灵活地适应各种复杂多变的工作场景和任务需求，为不同行业的生产和服务提供更加高效、智能的解决方案。

这些在实际应用场景中所展现出的“灵活性”优势，让协作机器人在产业迅速升级、招工愈发困难的工业领域中拥有广阔的导入空间。随着产业的快速发展和升级，传统的生产方式面临着诸多挑战，而协作机器人的“灵活性”使其能够更好地适应产业升级所带来的变化。同时，招工难的问题日益凸显，协作机器人的出现为解决这一问题提供了新的途径。其能够灵活地完成各种复杂的任务，在一定程度上弥补了劳动力不足的问题。

（三） 新兴技术带来全新可能

1. AI 技术

目前 AI 技术在协作机器人产品上的应用主要集中在“AI 机器视觉”与“机器学习”上。现阶段的 AI 技术被定义成可以用与人类智能相似的方式做出反应的算法技术，即可以像人一样进行“感知”、“决策”与“控制”。

“AI 机器视觉”区别与“传统机器视觉”，“AI 机器视觉”是通过 AI 技术对视觉传感器所观测到的环境进行理解，对场景与物体进行识别并对图像信息内容进行解释的一种技术。从原理和技术上来看，传统机器视觉主要依赖于规则化的算法和预定义的特征提取方法，如边缘检测、角点检测等，这些方法通常需要仰赖工程人员调用机器视觉演算法与规则设定。AI 视觉则利用深度学习模型，尤其是卷积神经网络（CNN），自动从大量数据中学习特征，无需人工干预即可提取复杂特征。也就是说“AI 机器视觉”可以利用视觉传感器和算法获得类似于人类对目标进行分割、分类、识别、跟踪、判别决策的能力，从而赋予协作机器人一双智慧的眼睛。

“机器学习”则是通过 AI 技术使机器具备类似于人类对数据及事件进行分析、学习、决策、预测的能力，针对不同的事件可以输出一个符合实际需求的最优解决模型。随着 AI 技术的进步，协作机器人的智能化程度预计将进一步提高，这将推动它们在更多应用场景中的规模化应用。自然语言处理工具如 ChatGPT 的出现，展示了生成式 AI 在理解和生成对话方面的能力，这有助于提升协作机器人的自主认知和人机交互能力。

在“机器视觉”与“机器学习”的加持下，协作机器人将可以对环境进行观察，自主识别“目标材质特征”、“目标结构特征”等物理量特征。同时，协作机器人将可以自主学习掌握更多的方案，无需人工介入自主为不同的目标选择不同的最优解。

2. AR/VR

增强现实（AR）和虚拟现实（VR）技术正在制造业中发挥越来越重要的作用，与协作机器人的结合更是为工业自动化和人机交互带来了新的机遇和可能性。

AR 技术可以为协作机器人的操作和维护提供直观的指导。通过 AR 设备，操

作人员可以在真实的工作场景中看到虚拟的操作指南、机器人状态信息和维护提示等。这有助于提高操作的准确性和效率，减少错误和培训时间。例如，在机器人的安装和调试过程中，AR 可以显示详细的步骤和参数，让操作人员更加清晰地了解操作流程。

VR 技术则可以为协作机器人的设计和模拟提供沉浸式的体验。设计人员可以在虚拟环境中创建和测试协作机器人的模型，模拟其运动和工作场景，提前发现潜在的问题和优化空间。这有助于缩短产品开发周期，降低成本，并提高机器人的性能和可靠性。此外，VR 还可以用于培训操作人员，让他们在虚拟环境中熟悉机器人的操作和 workflows，提高实际操作中的技能和应对能力。当 VR 与协作机器人在实际应用中结合时，还可以实现远程操作和监控。操作人员可以通过 VR 设备在远程位置获取现场的实时信息，并对协作机器人进行远程控制，实现更加灵活和便捷的工作方式。这种远程操作模式在一些危险环境或特殊场景中具有重要的应用价值。

AR/VR 与协作机器人的结合将为工业生产、教育培训、远程协作等方面带来创新的解决方案，推动协作机器人的应用和发展向更加智能化、高效化和人性化的方向迈进。

3. 5G/6G 通信技术

5G 通信技术目前已较为成熟，在赋能协作机器人产品时，“大带宽（eMBB）”特性使协作机器人可以摆脱线束限制，这将大幅度提高协作机器人的部署灵活性并拓宽协作机器人可传输的数据容量，使数据采集、处理、传输量要求较大的 AI 及 AR/VR 技术今后的成熟导入与应用的基石。5G 技术的发展也推动了协作机器人在智能工厂中的应用。在 5G 网络的支持下，工厂内的协作机器人可以与其他设备（如生产线上的机器、仓储系统等）实现无缝连接和协同工作，实现整个生产过程的自动化和智能化，提高生产效率，降低成本。

6G 技术，即第六代移动通信技术，是继 5G 之后的下一代通信技术，预计将在 2030 年左右开始商用。6G 技术将带来更高的数据传输速率、更低的延迟、更广的连接范围以及更强大的网络能力。6G 通信能力理论上可达到 5G 的 50~100 倍之高，时延理论上只有 5G 的十分之一，更低的延迟将使远程控制协作机器人变得更加实时和精准。操作人员可以通过 6G 网络几乎无延迟地对机器人进行控

制，使其能够在更广泛的场景中应用，如危险环境的救援、远程医疗手术等。6G 技术的发展将为协作机器人带来革命性的变化，使其在性能、功能和应用场景方面都得到极大的提升和扩展。

第六章：协作机器人应用发展趋势

（一）协作机器人应用定义

协作机器人应用是指将协作机器人技术应用于各个领域的实际操作中，以实现人机协作、提高生产效率、提升工作质量和安全性等目标。

协作机器人具有安全性高、灵活性强、易于操作和编程等特点，能够与人类工作人员在同一工作空间内协同工作，完成各种任务，如物料搬运、装配、焊接、检测、包装等。在协作机器人应用中，机器人可以根据预设的程序和指令，自动执行重复性、高精度的工作，而人类工作人员则可以专注于更具创造性、复杂性和需要人类判断力的工作，从而实现人机优势互补，提高整体工作效率和质量。

在工业领域，随着协作机器人技术的不断迭代以及解决方案的不断开发，我们认为可以把应用分为三个阶段：基础应用如搬运、码垛、上下料；进阶应用如组装、测试、熨烫、锁螺丝；高难度应用如曲面涂胶、打磨、焊接、喷涂、柔性线束插拔等等。目前，协作机器人应用主要集中于基础和进阶应用，未来将逐渐向高难度、高附加值应用场景加速渗透。

协作机器人应用不仅局限于工业制造领域，还可以扩展到医疗、新零售、餐饮、农业等多个行业，为这些行业带来创新和变革。例如，在医疗领域，协作机器人可以协助医生进行手术、康复治疗等；在新零售领域，协作机器人可以进行咖啡及奶茶制作等工作。随着技术的不断发展和创新，协作机器人应用的范围和领域还将不断扩大和深化。

（二）协作机器人应用发展趋势

1. 工业

协作机器人以其安全性、灵活性和易用性在工业领域中越来越受到重视，它们能够填补传统工业机器人无法覆盖的空白区域，成为工业生产自动化过程中的重要补充。这些机器人能够在定制化产线、人机混合产线等场景中发挥显著优势，特别是在汽车制造、3C 电子、金属加工、食品饮料等多个行业中，如下：

①高柔性要求的个性化产线：柔性生产的核心是利用协作机器人的易部署、

灵活、兼容性强、搭配移动性、易操作性、易换线等特点，实现产线生产切换灵活、柔性。未来多品种少批量、个性化定制化生产成为中国制造业的发展趋势，协作机器人方案则具有较低的系统成本、快速部署的能力、简单易用的操作方法等优点，成为未来机器人产业大力发展方向。如在 3C 等产业中，产品更新换代速度快，需要频繁切换产线，利用协作机器人可以柔性高效地对产线进行改造。

②需要人工参与的产线：一些产线、工位由于生产特殊性需有人工参与或配合进行辅助、协同作业、调试巡检等操作，同时空间相对狭窄，操作人员在设备间穿行时存在安全隐患。为保证人员安全，使用协作机器人可以与人无护栏协同工作，提高生产效率及安全性。

③空间有限的局部改造项目：一些制造企业由于厂房老旧、新旧设备交杂、原始产线规划不合理等问题而导致部署空间紧张，进行整体化改造难度大，可采用轻量化、高度集成、易部署、适应性强的协作机器人进行局部改造。

④中小型用户项目：协作机器人潜在的中小制造企业用户基数庞大，而中小型企业往往产品生产体量小、对制造成本敏感，往往会对部署周期长、价格高的传统工业机器人望而却步。协作机器人可部署安装，初期投入成本低、投资回报周期短，可满足中小型企业的诉求。此外，一些中小型企业缺乏相应的机器人技术人才，而协作机器人具备较强的易操作性，不需要太多的人才培训和完善的技术服务就能快速落地。

⑤示范性/标杆性项目：客户希望采用前沿性及创新型技术，引入协作概念，抓住热点打造示范性产线，协作机器人可以为有此类需求的企业赋能。

2. 非工业

协作机器人的技术特点使其在可拓展性方面表现出色，使其具备了覆盖众多非工业场景需求的可能性。协作机器人在非工业领域的应用将主要聚焦于 4D 应用场景，用于取代或协助人工完成 Dull（枯燥的）、Dangerous（危险的）、Duplicate（重复的）、Dirty（肮脏的）的工作，将人工解放出来。当前协作机器人在非工业领域的应用趋势主要可以从服务行业、高危作业环境、特种行业及

家庭应用场景四个方面进行说明，如下：

- ①**服务行业：**新零售、餐饮、康复护理等属于重复性高、劳动强度高、人工密集型应用场景，人员流动率高，培训周期长。未来协作机器人替换空间较大。
- ②**高危作业环境：**石油、化工、煤矿等属于高危作业环境，在运输和贮存的各个过程中，都可能会发生爆炸和火灾等严重事故。目前在日常运维中用机器人替代人工已成为发展趋势。为满足高防护标准的工作环境需求，拥有高安全性防爆技术的协作机器人已应运而生。
- ③**特种行业：**医疗手术、电力等特种行业已逐渐应用协作机器人以降低人为干扰因素，保证作业过程中的安全性、稳定性，提升效率。如协作搭载 AGV 模式的复合机器人已经成熟应用于高压电线搭接、电力巡检等场景中。
- ④**家庭应用场景：**协作机器人的出现提供了一个让机器人走入普通人生活的可能性，如老龄化带来的保健及康复需求、护理及养老需求等。伴随着未来协作机器人轻型化、智能化、成本降低等发展趋势，生活中还有更多可以运用到协作机器人的环节有待发掘。

（三） 协作机器人生态圈助力应用丰富化发展

协作机器人周边配套应用的概念更加广泛，将机器人、末端执行工具、视觉、AGV、应用程序等结合在一起考虑，强调协作的理念本身，其发展前景将更为广阔，生态圈的概念便孕育而出。

AGV

对于传统的工业机械臂来说，由于机身位置固定、运动半径受臂展大小的限制导致作业范围被限定，很多公司开始尝试开发协作机器人搭载 AGV 小车的复合机器人方案（图 43）。

图 43 复合机器人方案



“手+脚”的方案扩展了机械臂的工作范围，提高了执行任务的灵活性，使得协作机器人不再局限于某一个单元、区域及工种，而是提升为生产线团队中的“自由机器人”，不仅可以在各工序间作搬运和调度，而且能够根据生产扩展需要，将机器人调配到任意一个工位中共同参与生产，或者在特定安全区域与操作人员进行协同工作，满足了车间自动化设备柔性化生产的需求。以机床上下料为例，工厂可采用复合机器人“一看多”的方式对多台机床进行上下料。通常厂房机床之间的部署较为密集、供人工操作及相关自动化设备部署的空间有限。传统的设备看护及上下料，需要工人在数控机床、注塑机或其他类似设备前长时间站立，以确保可以时刻注意机器的运行需求，比如更换刀具或补充原料。这一过程耗时漫长且乏味，工人往往需要在恶劣环境下进行危险作业。这种情况下，复合机器人有利于提高原材料及配件的传送、工件的装卸以及机器的装配等的自动化程度，不仅能解放人工并能实现一台协作机器人维护多台机器，提高生产率的同时并降低成本；也能改善劳动条件、避免人身事故的发生。

目前，复合机器人除了用于自动化工厂，在仓储分拣、医疗配送、机房数据管理、电力巡检及带电作业、无人零售超市、农业采摘等场景也多有应用。

视觉

视觉技术相当于协作机器人的“眼睛”，“协作机器人+视觉”使得机器人智能化变成现实（图 44）。同时将视觉技术应用于协作机器人安全方案中可以极大得提高人机协同作业过程中的安全性。目前主流的机器视觉方式分为 2D 视觉和 3D 视觉两大类。2D 技术起步较早，技术和应用也相对成熟。相较于 2D 视觉，

3D 视觉更接近人眼，其核心在于对 3D 几何数据的采集和利用，在传统的图像颜色信息之外增加了额外的空间维度，可获取物体的深度信息，实现多维度定位识别。

图 44 协作机器人视觉识别方案



2D 及 3D 视觉具备各自的优势和局限性。虽然 3D 视觉正在多个领域中实现应用落地，但整体而言仍处于早期，落地场景都还比较分散。未来，2D 视觉和 3D 视觉将在工厂应用中融合应用，比如机器人末端配置 2D 相机，用来检测产品表面瑕疵、识别二维码等。3D 视觉则安装在上方，对产品进行定位从而确认机器人的走位，引导机器人的动作，协助机器人进行柔性分拣操作。未来将有越来越多的协作机器人搭载视觉系统以满足工厂柔性化、智能化的生产需求。

第七章：全球 TOP 厂商动态与典型案例分析

(一) 全球厂商动态

协作机器人市场规模逐年扩大，各协作机器人纷纷在产品创新、应用解决方案和软件开发、下游行业拓展、生态建设、产业链合作、全球化布局等多方面展开新的角逐。

1. 2023-2024 年协作机器人主要相关事件梳理

	厂商名称	市场动态
1	JAKA 节卡机器人	2024 年 9 月 24 日，节卡机器人在中国工博会上面向全球首发首展 JAKA MAX 40 工业协作机器人和 JAKA K-1 人形机器人两款重磅新品，同时首次展示“性能之王” JAKA A 系列协作机器人，极大拓展协作机器人应用边界。其中，JAKA MAX 系列工业协作机器人揽获 2024 CIIF 工博会大奖，奠定其行业领先地位。
		2024 年 9 月 2 日，节卡机器人正式获得由国际认证机构 SGS 颁发的基于 ISO13849-1:2023 版标准的 SGSTÜV-Saar 功能安全证书，成为中国首家通过该标准认证的协作机器人企业。
		2024 年 7 月，JAKA 推出 Cobo π 软件平台，兼容、易扩展的特性可为开发者和系统集成商提供“低代码”的 AddOn 开发框架、以进行具体应用场景的软件开发。
		2024 年 5 月，JAKA 在 2024 年美国芝加哥国际自动化及机器人展览会(AUTOMATE)上，发布了全新 JAKA S 系列协作机器，内嵌高精度六维力/力矩传感器，实现 0 安装、0 部署的极简单、极便利使用体验，并拿下医疗、焊接等领域订单。
		2024 年 4 月 22 日，JAKA 在德国汉诺威工业博览会上展示了其最新产品 JAKAZu20，西门子官宣节卡机器人成为中国首位获得 SRCI(Standard Robot Command Interface)认证的协作机器人厂商。
		2024 年 4 月，JAKA 推出 JAKA Zu 20，可用于食品包装、日化、生物医药等的码垛场景，并通过了欧洲、美国、韩国等多国家认证。
		2023 年 10 月 25 日，JAKA 在 2023 年工厂创新周展会上荣获日本优良设计奖 G-Mark 大奖，再次获得国际认可。
		2023 年 9 月 19 日，中国工博会上，JAKA 小助系列协作机器人力控 s 版（JAKA Zus）荣获“CIIF 机器人奖”。
		2023 年 3 月 1 日，节卡机器人入选“上海市重点服务独角兽企业”榜单。
2	Universal Robots 优傲机器人	2024 年 8 月 21，Universal Robots 参加 2024 年台北国际自动化工业大展，展出新世代协作型机器人 UR30、UR20 及 e 系列产品线，其中 UR30 为首度在台亮相，负重能力提高至 30 公斤。
		2024 年 05 月 15 日，全球协作机器人制造商，Universal Robots 和 MiR 自主移动机器人宣布丹麦欧登塞 20000 平方米的新总部盛大开幕。
		2024 年 5 月 5 日， Universal Robots (UR) 宣布与西门子 PLC 无缝集成，现已将标准机器人命令接口 (SRCI)集成到其软件中。

		2023 年 5 月 11 日，Universal Robots (UR) 在 Automate2023 上首次推出全球首款协作机器人点焊机以及全新协作机器人驱动的码垛和机床操控单元。
		2023 年 2 月 3 日，Universal Robots 与 Rapid Robotics 建立了新的合作伙伴关系，为北美地区的协作机器人工作单元提供机器人手臂。
3	Neuromeka 纽禄美卡	2024 年 8 月 21 日，Neuromeka 宣布与德国过程自动化公司 EHRLICH 签署合作协议。两家公司在今年的汉诺威工业博览会上会面，讨论相互合作的事宜。这是 Neuromeka 的第一份欧洲合作伙伴协议。
		2024 年 8 月 19 日，Neuromeka 和专门从事机器人运动部件和解决方案的公司 RS Automation 签署了相互合作谅解备忘录，着手联合开发 Neuromeka 专门用于高速协作机器人的多轴驱动器和冗余传感器板。
		2024 年 7 月 8 日，HD 现代机器人公司最近签订了一份合同，为焊接船体提供 Neuromeka 协作机器人。合同金额为 17.6 亿韩元。造船现场使用的 12 台焊接协作机器人将通过 HD Hyundai Robotics 供应给 HD Hyundai Samho 造船厂。
		2023 年 10 月 11 日，Neuromeka 与总部位于奥地利的全球机器人和工业自动化解决方案公司 KEBA 签署了一份谅解备忘录 (MOU)。
		2023 年 8 月 29 日，Neuromeka 宣布其旗舰“INDY7”6 轴协作机器人已获得国家卫生基金会 (NSF) 认证。
4	FANUC 发那科	2024 年 8 月，FANUC 发布防爆机器人 CRX-10iA/L Paint，可应用在汽车、汽车零部件、家具等需要防爆规格的涂装现场。
5	Doosan Robotics 斗山机器人	2024 年 5 月 20 日，斗山机器人公司宣布在德国杜塞尔多夫成立欧洲分公司斗山机器人欧洲公司。
		2024 年 5 月 6 日，Doosan Robotics 在 Automate 2024 展会上推出搭载 Max-Power 技术的“PRIME-SERIES”协作机器人。

（二）典型案例分析

协作机器人以人机协作为核心，具备安全性、灵活易用性、人机交互性等关键性能，尤其适合现代制造业中灵活快速变化的生产场景需求，在汽车、电子、金属制品、食品饮料等多个领域有着广泛的应用前景。同时，伴随协作机器人智能化、人机友好互动、可灵活部署等优势的不不断提升，以及产品成本的逐步下降，协作机器人正加速在零售、教育、医疗等非制造业的拓展应用。

1. 汽车及相关行业

汽车行业是自动化水平较高的行业，但在一些工艺相对繁琐且工序灵活的工段仍需要人工去完成。协作机器人凭借其灵活、柔性等特点能够很好的替代人工应用于这些工艺环节。

● 汽车零部件：车灯螺钉锁付

案例 照片



导入 背景

客户为中国汽车车灯总成的龙头企业，主要为各大知名汽车品牌配套汽车车灯。客户定制化程度不断提升，多品种、小批量生产逐渐取代大批量生产，产品质量和供货能力是客户关注的要点。

痛点 描述

1. 产线改造空间有限，设备运动空间受限，可能与其他设备产生撞机风险。
2. 锁付工艺具有特殊性，精度和稳定性要求高。

方案 优势

1. 项目配置了两台协作机器人，自重 22 公斤，有效负载 7 公斤，工作半径 819mm，精度达 $\pm 0.02\text{mm}$ 。通过倒装的方式，将机器人安装于工作站顶部，工作台左右各放置一个托盘，通过托盘与运行程序的转换，以及人机共融的工作模式，可实现快速换产。
2. 通过调整锁付姿态、角度，减少不必要的过渡点，使所有点位全部直线运

动，确保每个点位回初始位时不会碰撞。同时通过提高节拍，实现平均 3 秒完成吸钉、上抬、运动至锁付点、完成锁付、回到初始位置的整套流程，实现高效锁付。

成效概述 经过测算，相较于人工作业，该工作站每日完成车灯总成的数量翻了近三番。目前，该工作站已在汽车车灯行业复制千套，高效助力客户柔性智能生产。

● 汽车零部件：变速箱螺栓拧紧

案例
照片



导入背景 在客户原来的变速箱侧盖板生产线上，4 名工人在各自工位上手动完成螺栓拧紧工艺。人工进行螺栓拧紧需长时间重复相同的动作，对工人来说，工作单调乏味易疲劳；对企业来说，人工管理成本较高。

痛点描述 客户产线现场空间紧凑，输送线外面是人行过道，过道宽度约 800mm，没有多余安装设备的空间，原设备布局不能改动。

方案优势

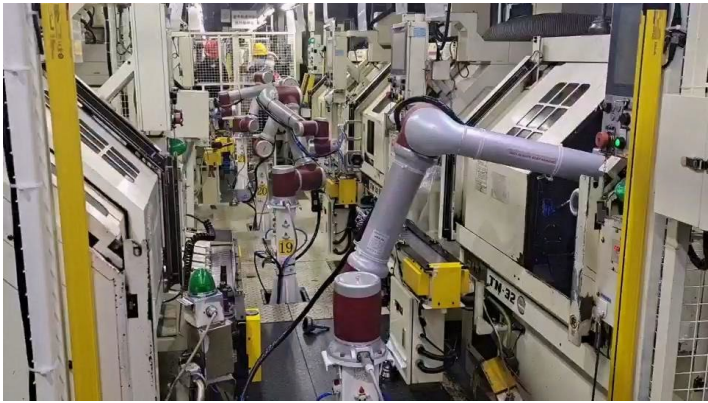
- 1. 改造后的产线采用 4 台协作机器人代替人工，完成变速箱侧盖板 4 个工位共计 25 颗螺栓的拧紧工作。
- 2. 针对本次自动化改造面临的难点，协作机器人采用模块化关节设计，通过优化零部件构型、排布方案等，在狭小的壳体空间内实现零部件高度集成，体积小、负载自重比高，满足小空间部署需求。协作机器人安全性高，能够与人、机器、周围环境在同一空间共融协作，无需安装安全围栏。这些特点使机器人可以在狭小空间内灵活安装，便捷部署，降低自动化改造的费用、时间成本。此外，机器人螺栓拧紧应用在大螺栓大扭矩条件下，依然具有稳定作业、扭矩承载力高的特点。

成效描述

- 1. 代替人工进行螺栓拧紧作业，节省人工成本。
- 2. 协作机器人的重复定位精度为±0.02mm，机器人标准化操作，保证螺栓扭矩拧紧的一致性，杜绝返工。
- 3. 提高产线自动化率，生产效率提高 5~10%。

● 汽车零部件：汽车行业销轴加工

案例
照片



导入
背景

汽车销轴加工长期依赖人工完成，存在生产效率低、工艺水平不统一、工作环境恶劣等问题。

痛点
描述

- 1. 种类繁多、结构复杂。销轴种类繁多（规格达数百种）、环境复杂（粉尘、油污、高温等）、姿态各异（随意堆叠、贴边/贴角摆放）。
- 2. 环境固定，通道狭窄。销轴加工需利用数控机床，而机床间的通道一般为1.0m-1.5m，仅能让手推车通过，难以实施自动化改造。
- 3. 现场改造调试时间长。传统流水线的自动化改造方案，对于拥有成百上千台机床的车间来说，调试周期过长，影响正常生产。

方案
优势

- 1. 紧凑化机器人本体设计。让机器人可在狭小空间中安装作业。
- 2. 机器人高精度运动控制技术。采用高精度编码器，实时获取机器人运动位置。同时，采用基于速度优化和前馈补偿相结合的运动控制算法，使节卡机器人重复定位精度可达±0.02mm，保证销轴加工的位置精度。
- 3. 机器人与外设通信技术。机器人全线支持 TCP/IP、Modbus (RTU/TCP)、EtherNet/IP 和 PROFINET 等通信协议，基本覆盖目前主流工业总线。无需考虑通讯协议，即可与大多数 PLC、数控机床等设备匹配使用，实现设备间的无缝连接。
- 4. 辅助装置高效配合。采用气吹装置、监控装置及时处理切削堆积，保证销轴加工顺利实施。

成效
描述

协作机器人全自动销轴加工工作站高效满足销轴加工要求，有效代替人工，实现取放料、检测等功能，占地面积小、生产效率高、工艺修改灵活。目前，工作站已在全球知名汽车制造商工厂投入使用，1 台机器人可管理 2 台数控机床进行销轴加工，助力汽车行业提升效率，降低人工成本。

● 汽车电子：电流传感器检测

案例
照片



导入
背景

某传感器龙头企业市场影响力快速提升，月订单实现从几万单位向几十万单位的 10 倍需求增长，急需自动化设备加入产线进行自动化改造。
精密件人工生产全流程的复杂、周转困难。

痛点
描述

机器人代人实现 7*24 小时作业，机器人协同参与电流传感器的检测、激光调阻两大重点工序，人工检测作业时工件误判、漏判情况难免发生，激光调阻环节时有遗漏情况，影响产线生产效率和产品高质量生产。

方案
优势

用 10 台 5kg 负载协作机器人加入其传感器产品的自动化产线，代人进行精准、高效的取料、送检、下料作业，精细化电流传感器检测、激光调阻工序，保障产品高质量大批量生产。

1. 柔性部署，20min 快速换产。20min 内，机器人可协同自动化生产设备快速部署，轻松达成多环节作业链接和多品种产品切换，满足传感器短周期内快更新的生产需求。
2. 稳定高效，保障工厂长效运维。相比人工取放送检、分拣、下料。
3. 操作简单，自动化改造便利。机器人采用简易多元的图形化编程系统，用户友好型交互模式，自动化设备门槛低，降低机器使用学习成本，支持工人快速上手开展生产活动。

成效
描述

产线良品率提升至 98%以上，减降工厂质量损失，保障产品交付周期和交付质量。产品校准、终检、扫码检测自动化产线作业 ROI 回报周期<8 月。

● 汽车整车：汽车整车柔性自动化产线

案例
照片



导入
背景

某中国汽车行业的领航者，需要在总装车间内加入协作机器人进行自动化改造，要求机器人产品作业稳定性强、作业节拍高，且公司团队有老道的汽车产线改造经验。

痛点
描述

客户产线现场空间紧凑，原设备布局不接受大幅度改动；需要稳定性强、持续作业能力长的机器人。

方案
优势

引入 14 台协作机器人，实现前后挡风玻璃底涂、三角窗底涂、悬挂扭矩检测和尾门压胶条等场景全自动化作业，大幅提升了总装线的作业效率与响应速度，解放人工，确保每一道工序精益求精。

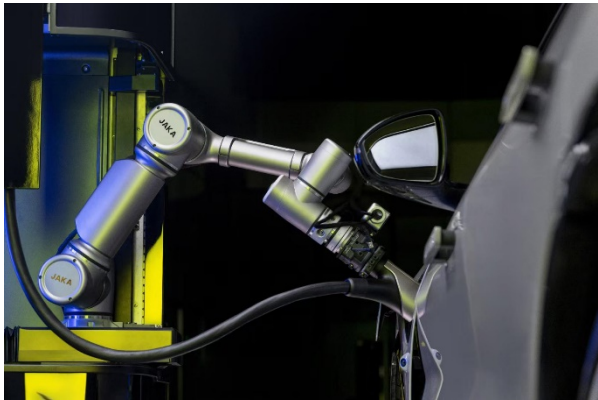
- 1. 机器人产品小巧灵活，打破布局紧凑的汽车总装工厂内打破各工站有限空间限制，提供最佳产线机器人部署方案。
- 2. 即刻到场的技术服务团队。
- 3. 定制化升级机器人控制平台，将操作易用性推向极致，协作安全性增强，做到多重车型的快速切换、快速的点位示教调整，1 分钟完成产线功能切换，全程维护无忧。

成效
描述

- 1. 压胶条：机器人代替人工进行螺栓拧紧作业，节省人工成本，保证胶条按压平整、高质量产品一致性生产。
 - 2. 底涂：机器人狭窄空间内协同作业，高阶路径规划无冲撞，稳定运行提质增效，5 分钟生产一片玻璃，系该自动化产线有序生产的最佳节拍。
 - 3. 三角窗底涂、检测产线良品率提升至 98%。
 - 4. 螺栓扭矩检测：螺栓组装 100% 达标。
 - 5. 1 台机器人对于总装产线上整车的 4 个车门拍照扫描，快速测试多种车辆。
- 打通整体工厂智能制造协同系统，完成全流程数字化生产，打造 7×24h 不停产的“黑灯工厂”。

● 新能源汽车充电

案例
照片



导入
背景

面对全球电动化、智能化的时代浪潮，客户希望通过不断引入行业领先技术，为用户提供进阶的全场景补能体验，让驾驭者以更加智慧、便捷、高效的方式享受纯电生活。

痛点
描述

传统手动充电方式，客户车主需完成取枪、插枪、充电、拔枪、还枪的全流程，纠结停车角度，有着枪线脏重、操作繁琐的顾虑。

方案
优势

用户任意角度停车，协作机器人与 3D 相机也能“手眼”配合准确识别规划路径，自动完成电动汽车插拔充电过程，助力企业构建高质量运营服务，为终端用户提供智能化车辆充电体验。

成效
描述

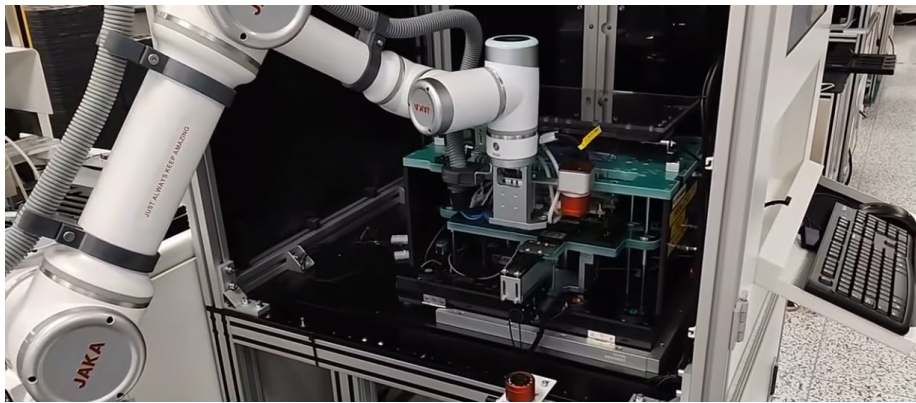
高效、快速、精准地为车辆补能，自动完成充电插拔全过程，无需纠结停车角度。

2. 电子及相关行业

电子领域是中国协作机器人产品应用的主要领域，由于电子领域产品品类丰富多样，制造柔性化程度高，对于自动化生产提出了极高的要求和挑战，随着协作机器人与电子产业的不断深度融合，针对电行业的机器人应用场景也在不断扩展。

● 电子：PCBA 上下料检测

案例
照片



导入背景	某大型电子元器件制造商，拥有超 200 条全球先进现代化 SMT 生产线，主营业务包括 PCBA 等加工生产，在 FT 工段中涉及到多规格 PCBA 的搬运、检测任务，随着客户企业订单增多，希望通过提高 FT 工段的智能化、柔性化水平，提升检测效率与一致性，并满足产线快速换型换产需求。
痛点描述	原产线为人工手动上料、手持扫码枪检测来料，单调重复，人工检测易疲劳，作业精度欠佳且综合成本高。
方案优势	协作机器人搭配 2D 相机，融合定位、检测等多种视觉场景，机器人+视觉+运动控制一体化集成，缩短调试时间，向导式操作，1 小时内即可快速部署。一站多用，有效满足上下料、插拔、LED 屏幕画面检测、Tray 盘整理搬运 4 大任务模块。同时具备一键自学习检测功能，可通过算法自动根据产品种类、环境亮度等信息匹配检测模板，提升有效检测时间与产品一致性，严控产品质量，适应多品类电路板检测需求。
成效描述	引入新工站后，1 台机器节省扫码枪成本和 2 位人工成本，综合检测、上下料等多种功能，系统精度可达±0.3mm，有效提升产品合格率和综合效率，满足了客户多型号产品产线快换需求。

● 电子：电子产品精密涂胶

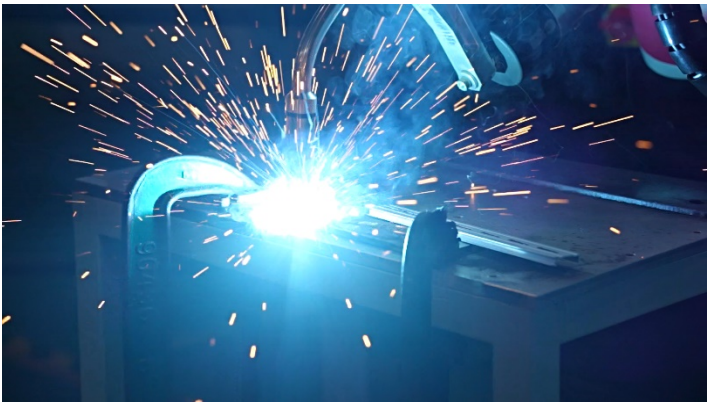
案例照片	
导入背景	蓝牙耳机形状各异、结构紧凑，内部集成音频、驱动、麦克风、蓝牙、运动传感器、电池等多个模块。 1. 路径复杂，多不规则弧线。
痛点描述	2. 精密涂胶工艺，难以实施。 1. 涂胶工艺一致性要求严格。 2. 胶水种类多，需兼容多工艺。
方案优势	机器人涂胶工作站采用“力传感+机器人+专机”架构，实现对蓝牙耳机复杂腔体的涂胶和擦胶处理。涂胶时，力控协作机器人根据采集的力传感器数据，结合先进的力控算法、轨迹规划，实时调整涂胶路径，实现精密的运动控制，避免涂胶抖动和自动移位，保证专机的涂胶质量。同理，擦胶时，协作机器人也会自感知擦胶力度，解决涂胶、擦胶效率和质量难以同时兼顾这一难题。
成效描述	该工艺已在国际知名高端蓝牙耳机生产商工厂应用数百套，有效提升生产效率、良品率和产品一致性，推动 3C 电子行业智能自动化发展。

3. 金属制品及相关行业

在金属制造中，典型的任务包括操控机器，处理待切割、成形、焊接和检查零部件等。这些工序不仅非常枯燥，而且相当危险。因此，很多金属加工工厂纷纷采用性价比高的协作机器人，将这些任务自动化，既有利于工人执行附加值更高的工作，同时更避免受伤。

● 金属制品：钢结构自动化焊接

案例
照片



导入
背景

钢结构领域的稳健增长，让作为技术工种的焊接工人需求缺口进一步扩大。然而，由于焊工老龄化、现场作业高温、焊接工艺技术门槛高等原因，焊接从业者数量远不能满足现有行业生产需求。此外，大多传统钢结构工厂尚处在自动化转型阶段，专机生产和机器人生产规模较小，产线对焊工依赖程度较高，如遇产能波动，产品的交付周期和交付质量皆可能受到影响。

痛点
描述

钢结构，又分轻钢和重钢，其应用场景多样，结构复杂。作业环境严苛高温、焊接工艺复杂、功能需求多元。

方案
优势

- 某大型焊接集成商采用 3kg 及 5kg 负载协作机器人，打造便捷式灵巧焊机器人。
1. 高度集成，小巧易用。凭借仅 12kg 的协作机器人本体，便捷式灵巧焊机器人支持单手”提溜“，并因此轻松穿行于非固定式布局的工厂环境中，稳定灵巧地作业于尺寸偏大、材质厚重的钢结构产品。
 2. 简洁易用、快速操作。便携式灵巧焊机器人内置焊接工艺库，支持焊接小白 1 分钟快速上手，10 秒内完成设备系统内简单焊缝编程。

成效
描述

1 个普通工人可操作 3 台机器人，完成 3 个熟练焊工的日常作业量，实现高效生产。在一日两班的生产规划下，机器人 7*24 小时支持工厂设备满负荷长效生产，同面积内厂房产能大幅提升，设备投入 ROI 周期仅需 8 个月。

● 金属制品：复合机器人 CNC 上下料

案例 照片



导入 背景

机加工产线环节繁复、物料多、柔性高，期望导入协作机器人以快速响应作业场景动态变换的需求。

痛点 描述

机床上下料主要依赖人工或专用设备，存在生产效率低、质量不稳及安全风险。

方案 优势

移动作业机器人自带主控系统，统一了人机交互接口，简单易用，综合定位精度可达 $\pm 0.3\text{mm}$ ，兼具协作机器人的柔性灵活和 SLAM 自主导航能力，车身稳定系统，支持手动、自动、单电池和双电池换电四种补能方式，可快速实现一台复合机器人管理多台机床，做到单工位换料小于 20s 的工作节拍，并满足工厂 24h 运行需求，实现快速部署。

成效 描述

单台机器人可完成 12 台 CNC 机床上下料任务，帮客户实现高效生产。该产品集成了 AGV 移动平台（脚）、协作机器人（手）和视觉系统（眼），利用机器视觉、机器学习和自适应控制等技术，实现“手、脚、眼、脑”智能协作，显著减少成本，提高生产灵活性。

4. 日化及相关行业

中国日化制造业尚未高度集中，产品制造呈现多品种、少批量的特点；日化企业的生产线以半自动化为主。协作机器人凭借柔性强、重量轻、易部署等优点在日化行业逐渐渗透。

在日化包装行业，产品包装封箱后，需要经过堆垛以方便进行运输、储藏。目前大部分日用品企业采用人工码垛的方式，耗费人力较多，而且效率低。近两年，协作机器人码垛代替人工码垛，成为日化企业的重要选择。

● 日化行业：化妆品包装上下料

案例
照片



导入
背景

客户是一家专业生产化妆品包装容器的公司。在客户的 10 多条包装产线上，上下料环节原本采用人工作业。随着客户企业订单量增长，人工作业效率不足以满足生产需求，客户希望通过进行产线自动化升级，解决这一问题。

痛点
描述

由于客户产线采用开放式布局，自动化设备附近区域可能有工人随时进入，因此客户在选择机器人设备时，除了考虑生产节拍、占地面积等，对机器人的安全防护能力也有着高标准的要求。

方案
优势

- 在客户包装产线上，协作机器人集成视觉防护相机，代替人工执行上下料作业。视觉防护相机提供实时安全防护，具备以下几大特点：
1. 支持自定义多级区域防护。
 2. 可自由设置机器人运行速度。
 3. 支持分类防护监测，有效避免料件、小车、机器人光线变化等引起的无效触发。
 4. 内嵌事件记录功能，可自动记录触发前后视频，便于后台追溯。
 5. 无接触防护，保障人机协同工作。

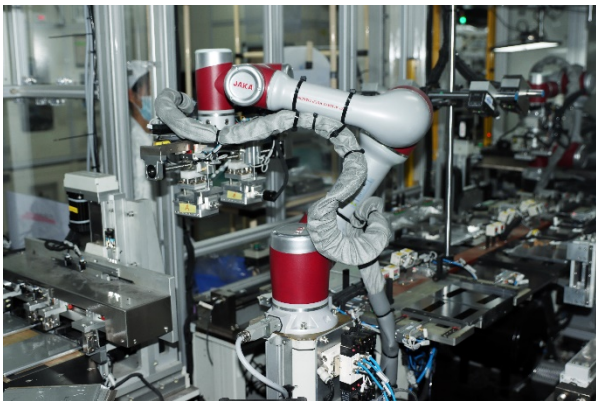
成效
描述

1. 1 台机器人替代 1 名工人，节省人力成本，减少繁琐重复工作量。
2. 有效提高生产效率和生产节拍，满足客户需求。
3. 机器人及视觉防护相机体积小、占地面积少，无需改变客户产线原有布局，落地部署快。
4. 无接触式视觉防护，有效保障作业安全和生产效率，实现人机协作生产。

5. 锂电及相关行业

作为高端技术领域，锂电制造技术向高精度、高效率、高稳定、无人化、数字化、自动化方向发展。近两年，协作机器人在锂电行业有着明显突破，在动力电池产线改造项目上的应用增多，如用于电芯搬运、pack 螺丝拧紧、涂胶、扫码、外观检测等。

● 新能源：电芯模组柔性测试和组装线

案例 照片		
	导入背景	1. 产线人工依赖性强，劳动强度大，易出错，安全性要求高。 2. 工艺提升对设备精度要求高。
痛点 描述		1. 产线节拍要求较快。 2. 防呆机制要足够完善。 3. 异常处理简单快速。 4. 设备耐久性要强。
		方案优势
成效 描述		1. 产线采用协作机器人，重复定位精度$\pm 0.02\text{mm}$，可满足产线工艺精度要求。 2. 节拍方面，通过路径规划、轨迹平滑等算法优化提升机器人运动节拍。 3. 防呆机制方面，机器人可实现与 PLC 交互与互锁，保证机器人与其他设备之间的安全协作。 4. 异常处理方面，通过程序对机器人的各种状态进行判断，保证机器人在任何状态下，都能实现复位继续运行。
		成效描述
提高产线安全性，降低生产过程风险隐患；提高产线安全性，降低生产过程风险隐患；每台机器人单日可替代 4 名工人；稳定性强，精度高，提升锂电产品一致性和良品率；新线体帮助客户完成了工艺的改善。		

6. 医疗及相关行业

在医疗领域，协作机器人可应用于医院及医疗研究中心的多个场景。

医疗研究中心的日常工作中存在较多内容简单重复性高且耗时的任务，协作机器人可以代替人员完成大部分这样的任务，例如试管分拣、试剂检测、药品运送等，人员可将时间和精力放在重点的工作上。

在医院中，门诊部、药局、手术室、住院部等各种环境都有协作机器人可以应用的场景，例如药品递送、按摩理疗、手术辅助（手术台上为主刀医师递送器具）等，机器人的导入可以提升医院内各类业务的整体效率。

近年来人力成本上升、人口老龄化成为比较明显的社会趋势。这将促使医疗及相关行业的变革加快，同时协作机器人在医疗行业的应用前景将进一步拓宽。

● 医学样本全自动检测

案例
照片



导入背景	某医院不断增加的体检规模，要求体检中心可以提供更快速、更准确、更高效的检测服务。
痛点描述	1. 样品检测体量大、通量高、检测报告周期短。 2. 不同工作站之间的检测结果需要人工转移到下一站。 3. 检测设备空间狭小，集成难度高。
方案优势	1. 小巧灵活，小空间灵活运行：机器人体积小，负载 1Kg、臂展 580mm，在狭窄空间内也可灵活运行，易于集成在标准样本检测工站内。 2. 周期缩短，高效自动化：机器人全自动完成开盖、放置、移液、加样、快速取样等工序，极限缩短检测和转运工序周期。 3. 智能提升，精准可靠：协作机器人保障检测精准度，有效提高检测准确性。

成效描述

通过引入节卡机器人全自动检测方案，中心实现了生化免疫、血常规、血凝标本的全自动化流转，减少人工干预、提高检验工作效率，且标本过程管理可追溯，实现零差错、无污染、精准、高效的医学检测。

7. 教育及相关行业

随着协作机器人逐步得到市场认可，企业对机器人操作人员的需求也在不断增涨。与有经验的教育领域合作伙伴共同推进协作机器人应用与开发，形成多元化的协作机器人教育环境，是协作机器人教育领域的新方向。

● 智能柔性制造模块化实训平台

案例照片



导入背景

由高校与协作机器人公司联合发起的乒乓球机器人赛项，以乒乓球比赛为载体，通过机器人自主控制，实现乒乓球及环境感知，完成进攻、对抗和防守等决策与执行，促进机器人技术的发展与创新，为学生提供了一个具有娱乐性和创意性的实践机器人设计与编程的平台，激发学生对科学技术的兴趣。

级别：国家级赛事

痛点描述

- 1. 协作机器人应用规模日益庞大，院校需要以赛促教的形式引导学生深入学习、开发机器人。
- 2. 赛事需综合考量学生对乒乓球轨迹预测、机械臂的运动规划和控制及人工智能技术应用等。

方案优势

“感知、决策、执行”作为赛事的三大核心挑战，要求参赛团队构建出全面而智能的视觉系统，使机器人能在比赛中展现出敏捷的决策力与精确的执行力，这一过程中的技术创新无疑将引领高校团队在机器人运动控制领域迈向新的里程碑。

成效描述

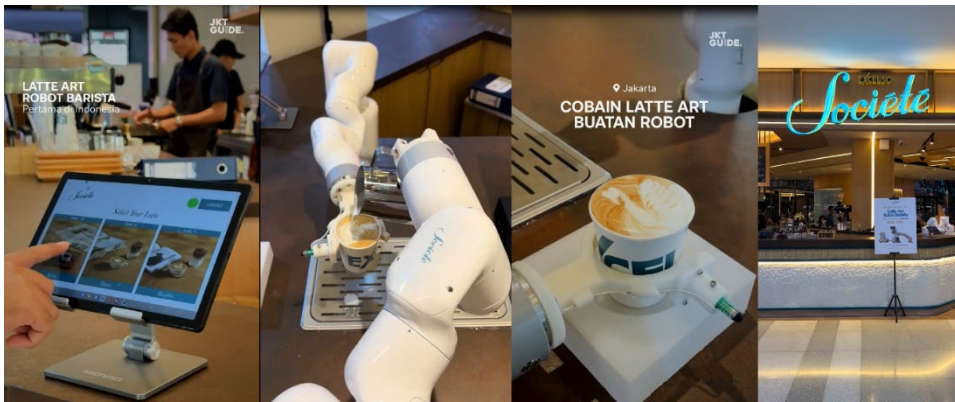
赛项一经发布就吸引了众多院校参赛，是产、学、研、用紧密融合的见证，实现教育资源与产业需求的有效对接，为中国机器人赛事的国际化发展和高技能人才的培养铺设坚实基础，推动机器人产业新质生产力跃迁。

8. 餐饮及相关行业

在疫情的影响下，整个餐饮市场的需求和消费者习惯都发生了巨大变化。在餐饮服务业人员健康风险和人力成本控制等因素的影响下，机器人赋能餐饮成为了一个新的机会增长点。对于餐饮企业而言，提高自身抗风险能力，降低人力成本势在必行，用机器人替代部分岗位的诉求日益强烈。

● 咖啡双臂拉花

案例照片



导入背景

印尼雅加达某连锁品牌咖啡店，拉花咖啡师人才短缺、培养周期长、且制作效果难以标准化，客户体验不佳。

痛点描述

- 1. 品牌连锁店铺正在快速扩展，专业咖啡师的人才短缺问题日益突出。
- 2. 由于咖啡师的拉花技术差异较大，拿铁等对拉花要求较高的饮品销量不佳。
- 3. 咖啡制作工艺存在较大个体差异，难以实现标准化，不利于品牌的快速开拓。

方案优势

- 1. 精准度高，确保一致性：机器人双臂高精度协同，能够确保每杯咖啡的拉花效果稳定一致，解决了人工拉花水平参差不齐的问题。
- 2. 高效稳定，提升产能：机器人插电即可 24 小时运行，有助于缓解咖啡师因疲劳或情绪波动而影响效率的情况，能够在高峰时段快速制作咖啡，延长咖啡供应时间，提升整体生产效率。
- 3. 降低人力成本，缓解咖啡师短缺问题：减少对高技能咖啡师的依赖，降低人力成本，并有效应对咖啡师人才短缺的行业挑战。

成效
描述

该品牌引入双臂拉花解决方案后，拿铁拉花类产品点单量较以往提升了 20%，出品标准化程度高，消费者投诉率显著下降，且机器人小巧灵活，融入咖啡馆整体氛围，用户能全程透明观看机器人咖啡师的拉花流程，为品牌店铺快速提升流量，提升运营效率，大大缩短 ROI 周期。

● 智慧食堂

案例
照片



导入
背景

随着城市人口老龄化的不断加剧，社区养老服务的需求日益凸显。大量的老年人面临着日常生活中的诸多不便，尤其是就餐问题。

痛点
描述

- 1. 社区食堂关注老年用户群体，价格低廉，但运营成本压力较高。
- 2. 出品需要根据地域口味差异调整。
- 3. 制作品类较多，出品难以标准化。

方案
优势

- 1. 智慧便捷：只需扫码下单，机器人大厨 1-2 分钟便可制作好一碗热气腾腾的美味浇头面，新鲜食材现制，整个生产过程透明化、自动化。
- 2. 延长运营时间：机器人智慧面档支持全天候运营，满足了不同时间段用餐需求，为社区居民提供便利，尤其是对于夜间或非高峰期的顾客。

成效
描述

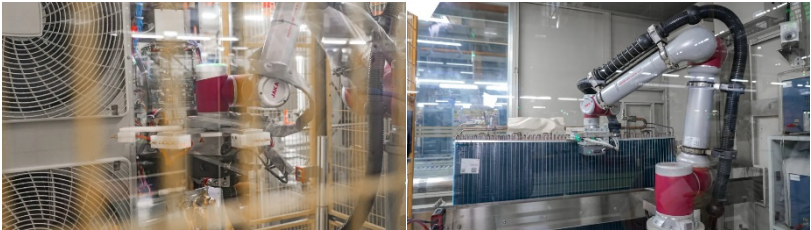
- 1. 从投料到烹煮，机器人全程自主操作，保证每碗面条的口感和质量一致，提升了的标准化水平。
- 2. 机器人替代了传统的人工面档操作，降低了食堂的人员配置需求，有助于控制人力成本，提升了运营效益。

9. 其他

● 半导体行业：SiP 自动仓储物流解决方案

案例照片	
导入背景	泛半导体产业快速发展，客户对质量的要求，工厂对效率、管理的追求，促使泛半导体行业智能制造进入快车道，某知名半导体集成商与协作机器人本体厂商共同打造 SiP（System in package，系统级封装）自动仓储物流解决方案，赋能泛半导体行业柔性智造、质效提升。
痛点描述	泛半导体制造的高难度和复杂性，对自动化生产的整体要求极高。
方案优势	1. 协作机器人结合外部轴扩展运动范围，一台机器人对应多台仓储机，生产效率高。 2. 具备碰撞保护功能，避免物料被撞坏。 3. 支持多设备联动通讯，在上下料时，为避免压到物料，传感器检测到相应信号后会发给机器人，机器人收到信号后会跳过当前点位。 4. 柔性设计，兼容性好，可快速换产，实现参数化、精细化管理，提高产线的信息化和智能化水平。
成效描述	传统的泛半导体仓储物流产线采用人工上料，可能出现夹手等问题，自动仓储无人化管理，保证生产安全，节省人力成本。生产效率达到 23 秒/个，产能约 150 个/时，并能有效提升良品率，减少物料浪费。

● 家电行业：空调外机检测、热交换器检漏、PCB 涂胶等

案例照片	
导入背景	某全球空调行业龙头，面对智造变革浪潮、个性化消费崛起的时代背景，希望引入智能机器人来进一步赋能生产力向上，选择导入节卡机器人完成空调外机绝缘耐电压检测、热交换器高压 He 检漏、钣金件树脂扣安装、PCB 板涂胶搬运等工作。

痛点
描述

传统人工检测易错检、漏检，同时高压作业具有一定危险性。

方案
优势

机器人高度集成一体化关节设计，拥有 6 自由度，可在狭小空间内以近球体的工作范围。产品具备高品质运动控制，重复定位精度最高可达±0.02mm。图形化编程界面，降低编程门槛，简单易上手，部署快速。

成效
描述

80S 内完成 1 台空调外机的绝缘耐电测试；80S 内完成 192 个焊点检漏，高品质运动控制，检测误差最小化，有效提升产线坪效及良品率。

● 轨道交通：轨交智能巡检机器人

案例
照片



导入
背景

传统轨道交通巡检采用人工巡检作业，夜间车底光线差，巡检人员需用手电筒照射，检查列车底部项点是否存在缺陷，并手动记录缺陷。随着中国轨交线网加速建设，列车数量不断上升，维护运营负荷加大，巡检模式由传统人工巡检转向自动化、智能化、规模化成为必然趋势。

痛点
描述

- 1. 人工巡检肉眼观察、手写记录，项点容易遗漏。
- 2. 发现隐患设备不及时。
- 3. 人工巡检记录的数据量有限，数据可靠性风险高。
- 4. 直接影响轨交故障诊断的精确性和检测效率。
- 5. 冬夏环境艰苦，作业人员夜班辛苦，车底作业易磕碰受伤，劳动强度大。

方案
优势

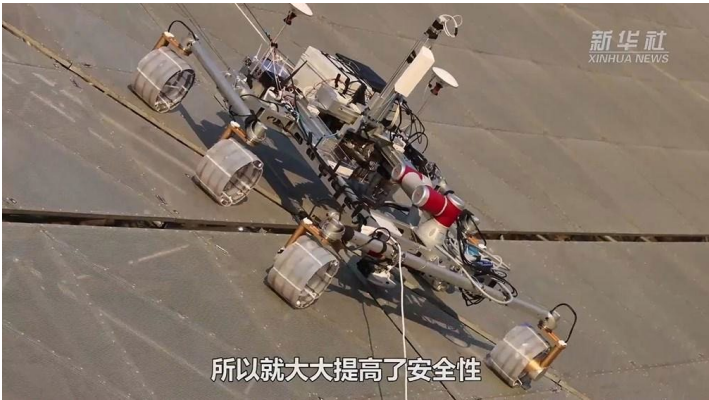
针对轨道交通巡检工作痛点，协作机器人公司与合作伙伴共同打造了轨道交通智能巡检机器人，集成节卡机器人、AGV、上视全景 2D 相机、高精度彩色 3D 相机等，在轨交股道间灵活穿梭，近距离、多角度、快速地拍摄轨交车底部件，助力智慧维保。

成效
描述

- 1. 2 台搭载协作机器人的巡检机器人互相配合，节省原有工班 75%人力成本。
- 2. 巡检过程和结果数字化，数据可追溯。
- 3. 巡检覆盖率和准确性提高，避免了人为因素造成的漏检。
- 4. 保证巡检作业安全，降低综合运维成本。

● 特种领域：反射面激光靶标维护机器人

案例
照片



导入
背景

2023 年，国家重点研发计划“智能机器人”重点专项“重大科学基础设施 FAST 运行维护作业机器人系统”项目通过验收，以期为“中国天眼”提供智能运维保障工作。由中国科学院自动化研究所与国家天文台、贵州射电天文台联合研制的反射面激光靶标维护机器人是其中一项重要成果，该机器人选用了节卡机器人。

痛点
描述

FAST 反射面上分布了 2225 个激光靶标，是其控制系统的重要组成部分，需要定期维护和更换。然而，反射面由厚度仅为 1mm 的铝板构成，难以承受一个正常成年人的重量，存在维护效率低、安全性差、难以维护大坡度环境下的靶标等缺点。

方案
优势

机器人负载自重比高，底座直径小，空间占比小，简单易部署。高品质运动控制，最高重复定位精度可达±0.02mm，精准运维。最高防护级别可达 IP68，防水防尘，有效解决 FAST 运行维护中制约望远镜使用的气候影响等，提高望远镜的使用效率，促进天文成果的产出。

成效
描述

有力解决此前人工运维存在的高危作业风险隐患、人工维护效率低下、气候条件制约观测等问题，极大提升 FAST 维护作业的效率 and 安全性。



以工匠精神 做市场研究

CONDUCT MARKET RESEARCH WITH CRAFTSMANSHIP SPIRIT.

北京铂睿德佳信息服务有限公司

地址:北京市朝阳区望京街10号 望京SOHO塔3, B座16层1607室

电话:010-8476-6336

官网: <http://www.delkaconsulting.com>

MIR DATABANK: <http://www.mirdatabank.com>

