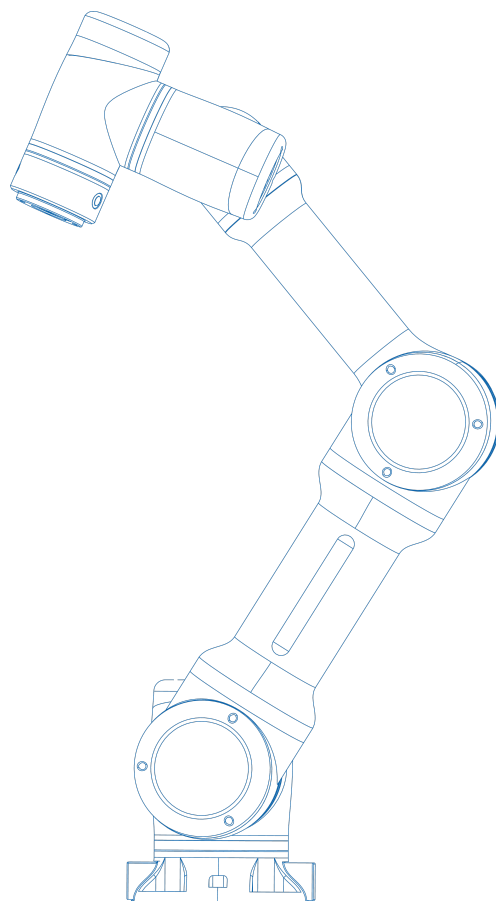


2025

全球协作机器人产业发展白皮书

——具身智能时代的技术突破与产业重构



2025

[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
引言.....	7
第一章：背景与定义.....	8
一、 技术与产业背景.....	8
1. 人工智能与大模型推动机器人产业跃迁.....	8
2. 具身智能.....	8
2.1 智能机器人	9
2.2 智能运载装备	11
二、 协作机器人概述.....	11
1. 协作机器人定义.....	12
2. 通用智能机器人.....	13
3. 协作机器人特点.....	14
第二章：协作机器人产业链分析.....	16
一、 上游：核心零部件-高度国产化、自主化	16
1. 中国产业链快速发展背景.....	17
2. 中国核心零部件发展现状.....	17
2.1 控制器	18
2.2 伺服系统	18
2.3 减速器	20
2.4 一体化关节	20
3. 自主化.....	22
二、 中游：厂商具身智能化转型.....	23
1. 机器人本体厂商.....	23
2. 周边配套本体厂商.....	25
三、 下游：系统集成商与终端用户-需求驱动创新，应用场景多元化	29
第三章：标准、认证及政策.....	30
一、 协作机器人安全标准解读.....	30
1. 协作机器人安全的意义.....	30
2. 协作机器人技术规范与安全要素.....	30
2.1 全球机器人安全标准发展历程	30
2.2 中国机器人安全标准发展历程	31
2.3 协作机器人安全标准解读	32
2.3.1 安全级监控静止	32
2.3.2 手动引导	33
2.3.3 速度和距离监控	33
2.3.4 功率和力限制	34
3. 协作机器人安全标准发展趋势.....	35
二、 协作机器人认证解读.....	36
1. 全球机器人认证说明.....	36
2. 当前协作机器人厂商认证情况一览.....	41

三、 协作机器人相关政策分析.....	42
第四章：协作机器人市场格局分析.....	49
一、 全球协作机器人市场分析.....	49
1. 全球协作机器人市场发展前景广阔.....	49
2. 协作机器人市场发展迅速，市场份额逐年攀升.....	50
3. 全球市场格局已初步定型.....	50
3.1 地区划分及定义	50
3.2 全球协作机器人市场格局	50
二、 中国协作机器人市场分析.....	53
1. 中国市场进入快速规模化发展阶段.....	53
2. 国产协作机器人厂商主导中国市场.....	54
3. 工业领域渗透率加速提升.....	54
4. 大负载趋势持续拓宽工业领域应用.....	55
三、 全球其他地区协作机器人市场特点及发展趋势.....	56
1. 欧洲.....	56
1.1 制造业分布	56
1.2 制造业自动化情况	58
1.3 协作机器人市场情况	59
2. 北美洲.....	60
2.1 制造业分布	60
2.2 制造业自动化情况	61
2.3 协作机器人市场情况	62
3. 南美洲.....	64
3.1 制造业分布	64
3.2 制造业自动化情况	64
3.3 协作机器人市场情况	65
4. 日本.....	66
4.1 制造业分布	66
4.2 制造业自动化情况	66
4.3 协作机器人市场情况	67
5. 韩国.....	69
5.1 制造业分布	69
5.2 制造业自动化情况	69
5.3 协作机器人市场情况	70
6. 东南亚.....	71
6.1 制造业分布	71
6.2 制造业自动化情况	72
6.3 协作机器人市场情况	73
7. 印度.....	74
7.1 制造业分布	74
7.2 制造业自动化情况	74
7.3 协作机器人市场情况	75
第五章：协作机器人应用发展趋势.....	78
一、 协作机器人应用定义.....	78

二、 协作机器人应用发展趋势.....	78
1. 协作机器人应用呈现垂直化、工艺化、多样化趋势.....	78
2. 协作机器人具身智能领域应用发展.....	82
第六章：协作机器人技术现状及发展趋势.....	88
一、 协作机器人核心技术定义.....	88
二、 协作机器人核心技术发展现状.....	88
1. 安全性.....	88
2. 易用性.....	89
3. 灵活性.....	92
三、 具身智能技术融合.....	93
1. 运动控制算法：具身智能物理行动的“基石”.....	93
2. 力控算法：具身智能物理交互的“执行中枢”.....	94
3. 多模态感知技术：具身智能环境认知的“感知网络”.....	95
第七章：全球 TOP 厂商动态与典型案例分析.....	96
一、 全球厂商动态.....	96
1. 2024-2025 年全球协作机器人及具身智能主要相关事件梳理 ...	96
二、 协作机器人典型案例分析.....	98
1. 汽车及相关行业.....	98
● 汽车零部件：车灯螺钉锁付.....	98
● 汽车零部件：变速箱螺栓拧紧.....	99
● 汽车零部件：汽车行业销轴加工.....	100
● 汽车电子：电流传感器检测.....	101
● 汽车整车：汽车整车柔性自动化产线.....	101
● 新能源汽车充电.....	102
2. 电子及相关行业.....	103
● 电子：PCBA 上下料检测.....	103
● 电子：电子产品精密涂胶.....	104
3. 金属制品及相关行业.....	104
● 金属制品：钢结构自动化焊接.....	104
● 金属制品：复合机器人 CNC 上下料.....	105
4. 日化及相关行业.....	106
● 日化行业：化妆品包装上下料.....	106
5. 锂电及相关行业.....	107
● 新能源：电芯模组柔性测试和组装线.....	107
6. 医疗及相关行业.....	108
● 医学样本全自动检测.....	108
7. 教育及相关行业.....	109
● 智能柔性制造模块化实训平台.....	109
8. 餐饮及相关行业.....	110
● 咖啡双臂拉花.....	110
● 智慧食堂.....	111
9. 其他.....	111
● 半导体行业：SiP 自动仓储物流解决方案.....	111
● 家电行业：空调外机检测、热交换器检漏、PCB 涂胶等.....	112

- 轨道交通：轨交智能巡检机器人.....113
- 特种领域：反射面激光靶标维护机器人.....113

图表目录

图 1 具身智能概念示意图	9
图 2 工业机器人与协作机器人	9
图 3 服务机器人	10
图 4 特种机器人	10
图 5 人形机器人	10
图 6 仿生机器人	11
图 7 复合机器人	13
图 8 双臂机器人	14
图 9 轮式机器人	14
图 10 协作机器人产业链	16
图 11 协作机器人三大核心零部件	17
图 12 伺服系统	18
图 13 谐波减速器	20
图 14 协作机器人一体化关节	20
图 15 JAKA 具身智能产品阵列	24
图 16 复合机器人方案	26
图 17 协作机器人视觉识别方案	27
图 18 协作机器人安全级监控静止示意图	32
图 19 协作机器人手动引导示意图	33
图 20 协作机器人速度和距离监控示意图	33
图 21 协作机器人功率和力限制示意图	34
图 22 认证样例：欧盟 CE-MD 认证	36
图 23 认证样图：美国 NRTL 认证	37
图 24 认证样图：韩国 KCs 认证	37
图 25 认证样图：CR 认证	38
图 26 认证样图：MTBF 认证	39
图 27 认证样图：SEMI-S2 认证	39
图 28 认证样图：中国防爆产品合格认证	41
图 29 SGS TÜV-Saar 功能安全证书	42
图 30 2015-2028 年全球协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	49
图 31 2017-2024 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）	50
图 32 2024 年全球协作机器人销售规模-分大洲（单位：千台）	51
图 33 2024 年全球协作机器人销售规模-分地区（单位：千台）	51
图 34 2024 年全球协作机器人销售规模-分厂商（单位：千台）	52
图 35 2015-2028 年中国协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	53
图 36 2024 年中国协作机器人销售规模-分厂商（单位：千台）	54
图 37 2024 年中国协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	54
图 38 2024 年中国协作机器人销售规模-分负载（单位：千台）	55
图 39 2015-2028 年欧洲协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	59
图 40 2024 年欧洲协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	59
图 41 2015-2028 年北美洲协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	62

图 42	2024 年北美洲协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	63
图 43	2015-2028 年南美洲协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	65
图 44	2024 年南美洲协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	65
图 45	2015-2028 年日本协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	67
图 46	2024 年日本协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	68
图 47	2015-2028 年韩国协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	70
图 48	2024 年韩国协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	70
图 49	2015-2028 年东南亚协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	73
图 50	2024 年东南亚协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	73
图 51	2015-2028 年印度协作机器人销售规模及预测（单位：千台）	75
图 52	2024 年印度协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）	76
图 53	2024 年中国协作机器人销售规模-分应用（单位：千台）	79
图 54	协作机器人焊接工作站	80
图 55	协作机器人一体式拧紧工作站	80
图 56	协作机器人码垛工作站	81
图 57	协作机器人机床上下料工作站	82
图 58	协作机器人“关节力矩传感器方案”	89
图 59	协作机器人图形化编程	90
图 60	协作机器人拖动示教	90
表 1	协作机器人概述	12
表 2	全球市场协作机器人阵营（不完全统计）	24
表 3	协作机器人周边配套的主要玩家	26
表 4	全球机器人安全标准代表事件	31
表 5	协作机器人代表厂商认证一览	41
表 6	全球各地区机器人产业相关政策	42
表 7	工业机器人行业相关部门及主要职责	46
表 8	2021-2025 年中国工业机器人相关政策	47
表 9	东欧代表产业及厂商	57
表 10	西欧代表产业及厂商	57
表 11	南欧代表产业及厂商	57
表 12	北欧代表产业及厂商	57
表 13	北美洲代表产业及厂商	61
表 14	南美洲代表产业及厂商	64
表 15	日本代表产业及厂商	66
表 16	韩国代表产业及厂商	69
表 17	东南亚代表产业及厂商	72
表 18	印度代表产业及厂商	74
表 19	协作机器人新兴应用场景	87

引言

在科技飞速发展的当下，具身智能已成为全球瞩目的焦点。从 2023 年世界人工智能大会上，众多企业对具身智能的积极探索，到 2024 年相关技术的持续迭代，再到 2025 年国务院政府工作报告明确提出培育具身智能等未来产业，这一领域正经历着爆发式的发展。

从工信部对具身智能的解释来看，具身智能指会思考的大脑+能感知和行动的物理身体。所以，具身智能从概念走向量产，离不开核心载体（身体）的支撑。协作机器人作为通用智能机器人代表之一，基于其本身的技术特性和作业能力，成为了具身智能的优秀载体之一，是这一进程中不可或缺的关键存在。而作为对智能具身化、情景化有着深刻实践的先行者，协作机器人在运动控制、一体化关节、传感器融合等核心技术上的积累，为以人形机器人为代表的其它具身智能载体突破量产瓶颈提供了坚实支撑，成为连接“技术突破”与“量产落地”的核心纽带。

2024 年，各大协作机器人厂商，在产品的软硬件智能化升级展开激烈竞逐，运动控制、力觉感知、机器视觉、应用工艺等技术不断突破，协作机器人在复杂场景与精密作业中的应用边界被大幅拓展。

传统工业领域，协作机器人在汽车、电子、金属制品、食品饮料等行业的渗透率快速提升，应用场景从上下料及简单组装，逐步向如柔性装配焊接、打磨、涂胶、喷涂等更多复杂的作业场景中渗透。除此之外，协作机器人在新能源领域如光伏、锂电等开拓新的应用场景，头部客户开始批量导入，规模效应快速形成。

非工业领域则是协作机器人另一个竞争新高地，相关市场份额正在快速放大。各厂商通过 AI 大模型及各类传感器提升产品的智能化、人性化、便捷化，在康复理疗、新零售、教育等非工业领域均有不同程度的突破。除此之外，协作机器人正在更多新的细分场景如新能源汽车充电、无人机充电、特种巡检、农业采摘等实现应用落地。

本书将从多方面客观阐述具身智能时代下的协作机器人产业发展现状及趋势，旨在帮助每一位读者深入普及行业知识、了解最新态势，并从中获得宝贵的信息和启发。

第一章：背景与定义

一、技术与产业背景

1. 人工智能与大模型推动机器人产业跃迁

人工智能自诞生以来，历经“符号主义”“连接主义”的迭代，但始终受限于任务单一化、数据依赖强、泛化能力弱的瓶颈。直到以 Transformer 架构为核心的大模型技术突破，才真正开启了“通用智能”的可能性，为整个智能领域带来颠覆性的范式重构。

大模型的核心优势在于规模化训练带来的涌现能力。与传统 AI 模型针对单一任务设计、依赖人工标注数据不同，大模型通过万亿级参数规模、跨领域大量数据（文本、图像、语音、视频等）的无监督预训练，具备了理解复杂语义、生成逻辑内容、跨任务迁移知识的能力。以 GPT 系列、Gemini、文心一言等为代表的大语言模型，不仅能流畅完成文本创作、代码生成、逻辑推理等任务，更能通过多模态融合（如 GPT-4V 的图文理解、Gemini 的跨模态交互），实现对“文本+视觉+语音”多源信息的统一处理。这种“跨模态理解+知识泛化”能力，打破了传统 AI 的任务局限，为智能技术向物理世界延伸奠定了基础。

长期以来，传统机器人作为自动化工具，仅能按照预设程序执行重复任务，缺乏对环境变化的适应能力与自主决策能力。而人工智能与大模型技术的进步，正推动传统机器人向智能机器人跃迁，并赋予了其感知、决策、交互三大能力。

2. 具身智能

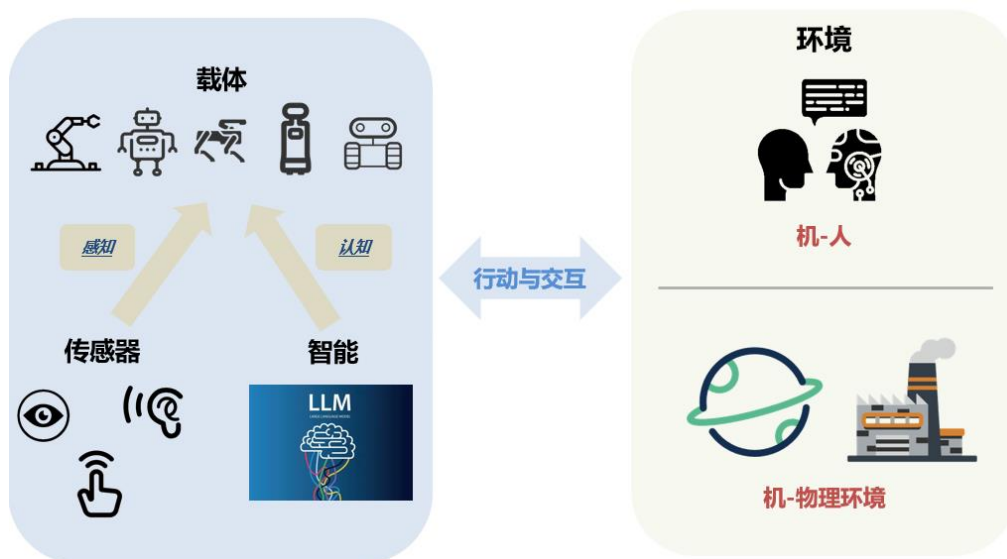
当大模型推动传统 AI 技术突破，并赋能传统机器人向智能机器人升级时，具身智能概念应运而生，成为定义下一代智能机器人的核心范式。

具身智能（Embodied Intelligence，亦称 Embodied AI）是人工智能与机器人学交叉的前沿领域。一方面机器人的通用智能需要借助人工智能，另一方面人工智能走向物理世界则需要一个载体。

具身智能的核心思想源于认知科学的具身认知理论，强调智能无法脱离物理身体而存在，必须通过身体与环境的交互来形成与发展。在机器人领域，具身智能被定义为智能体通过物理载体，在真实环境中实现“感知—决策—行动

一反馈”的闭环，从而获得适应环境、完成任务、与人协作的能力。其核心包含三个要素：一是物理具身，智能必须依附于具体的机器人实体，通过机械臂、移动底盘等实现物理行动；二是环境交互，智能通过与真实环境的直接接触（如抓取物体、躲避障碍）获取数据，而非依赖虚拟数据；三是闭环进化，通过行动反馈不断优化感知与决策能力，实现智能的持续迭代。

图 1 具身智能概念示意图



来源：MIR DATABANK

具身智能的落地形态有很多种，总体可以分为智能机器人、智能运载装备两大类。每个类别其中还可划分多种细分产品。

2.1 智能机器人

- **工业/协作机器人：**用于工业生产领域，如组装、焊接、搬运等工作。它们具有高精度、高速度和高可靠性的特点，能在各种工业场景中替代人工完成重复性、高强度的劳动，提高生产效率和产品质量。其中协作机器人也可用于非工业领域，如康养理疗、新零售、教育等等。

图 2 工业机器人与协作机器人



- **服务机器人：**主要为人们提供各种服务，如家庭服务机器人可以完成扫地、拖地、擦窗等家务劳动；餐厅、酒店的配送机器人能自主规划路径，完成餐品配送任务；医疗服务机器人可辅助医生进行手术、护理等工作。

图 3 服务机器人



- **特种机器人：**适用于一些特殊环境和特殊任务，如消防机器人可在火灾现场进行灭火、救援、探测等工作；排爆机器人能代替人类进行危险的爆炸物处理；水下机器人可用于海洋勘探、海底作业等。

图 4 特种机器人



- **人形机器人：**具有类人的外形和动作能力，能更好地适应人类的生产生活环境。它们可以模仿人类的动作和行为，执行一些需要人类灵活性和判断力的任务。

图 5 人形机器人



- **仿生机器人：**模仿自然界中生物的形态、结构和运动方式设计而成。如机器狗，它可以模仿狗的行走、奔跑等动作，具有良好的地形适应能力，可应用于巡逻、探测、运输等场景。

图 6 仿生机器人



2.2 智能运载装备

- **智能网联汽车：**具备自动驾驶功能，能够通过传感器感知周围环境，利用智能算法进行决策和控制，实现自动驾驶。
- **智能无人船：**可在水上自主航行，执行巡逻、监测、运输等任务。它们通常配备了各种传感器和控制系统，能够适应不同的水域环境和任务需求。
- **智能无人机：**广泛应用于航拍、测绘、物流配送、农业植保、灾害救援等领域。无人机可以在空中自由飞行，具有灵活、高效的特点，能够快速到达人类难以到达的地方，完成各种任务。

二、 协作机器人概述

1. 协作机器人定义

协作机器人（Collaborative Robots）简称 Cobots。

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，可配合视觉传感器、力矩传感器、移动底盘、AI 模型，实现与人类在共同工作空间、近距离、协同作业的智能机器人。旨在协助人类在工业及非工业场景中完成重复或危险的工作。

表 1 协作机器人概述

图示	
设计目的	与人类在工业生产中协同工作，强调安全性、易用性和灵活性，旨在适应一定性非结构化环境
结构形态	① 一体化多关节手臂（6-7 关节） ② 单臂/双臂 ③ 可搭载移动底盘组成复合机器人
技术路线	① 拖动示教、图形化编程 ② 可集成力矩传感器、视觉传感器、末端夹具、移动底盘，并结合 AI 大模型实现具身智能
应用场景	① 汽车、电子、一般工业、新能源等绝大部分工业场景中的搬运、装配、检测、焊接等 ② 新零售、医疗健康、教育等非工业
市场定位	在工业及非工业场景有诸多批量化落地的成熟案例，具身智能批量化落地的先行者和重要参与者

2. 通用智能机器人

作为智能机器人中的重要品类，协作机器人自诞生以来，以“安全人机交互、柔性操作”为核心优势，在电子制造、汽车零部件等领域实现初步应用。随着大模型与多技术的融合，协作机器人正突破局限，向具备自主认知、决策、执行能力的智能机器人演进。

随着技术革新和多样化场景的需求，协作机器人的泛用性正在不断提升。协作机器人通过多元化的技术路线衍生出了更多的产品形态，从而形成了通用智能机器人。通用智能机器人，里面的通用，可以两个维度理解，一个是本体厂商设计研发的机器人，硬件形态上具备通用性（通信接口通用；扩展机械接口通用；具备移动操作等等）；二是从客户的维度，当机器人可以干多种技能、多种任务，从专一的工具变为通用性工具时，智能机器人便具备了通用性。

随着技术的成熟与需求的驱动，通用智能机器人已形成多种产品形态，涵盖复合机器人、双臂机器人、轮式双臂机器人等，每种形态都针对特定场景的需求，展现出独特的技术特征与应用价值。

- ① 复合机器人是将协作机器人与自主移动底盘（AMR/AGV）融合的产品形态，核心是实现移动与操作的一体化，解决传统机器人的固定工位局限的痛点。

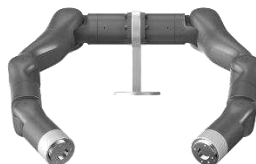
图 7 复合机器人



- ② 双臂机器人以双协作机械臂为核心，模拟人类双手的协同动作，通过双臂的协调控制与力觉感知，实现单臂机器人难以完成的复杂操作任务。其核心技术在于双臂运动规划与协同控制，需确保两臂

在运动过程中不碰撞、动作同步且力协调。

图 8 双臂机器人



- ③ 轮式双臂机器人是在移动底盘上集成双协作机械臂的升级形态，兼具复合机器人的移动能力与双臂机器人的协同操作能力，解决了移动机器人操作单一与双臂机器人活动范围有限的问题。

图 9 轮式机器人



3. 协作机器人特点

协作机器人作为通用智能机器人的基石，拓展了机器人功能内涵中“人”的属性，其开放共融的理念可快速融合 AI 及各类周边配套设备，使其具备自主行为和智能协作能力，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。

协作机器人应用过程中具备安全、灵活、易用优势，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。而在通用智能属性的加持下，更是让协作机器人的核心优势实现了质的飞跃，从“辅助协同”向“主动适配、智能协同”升级，进一步打破了人机协作的技术边界，拓宽了其应用场景的深度与广度。

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，其基础安全性体现在配备了灵敏的传感器和防护机制，能及时感知人类的接近及碰触并做出相应的减速或停止动作，以避免碰撞伤害。随着通用智能技术升级，协作机器人搭载多模态融合感知系统，整合视觉、触觉、力觉、听觉等多维度传感器数据，不仅能感知人类的存在与动作，更能通过 AI 算法理解人类的行为意图灵活性，进一步降低了人机协同的安全风险，甚至能在复杂场景下主动规避潜在的碰撞隐患。

灵活性

协作机器人的灵活性表现在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。通用智能赋予了协作机器人更强的环境适应与任务学习能力，使其灵活性从被动适配升级为主动迭代。一方面，它能够通过自主感知环境变化，实时优化运动参数与作业策略，无需人工重新调试；另一方面，借助强化学习与模仿学习算法，它能够通过观察人类操作或接收简单示范，快速掌握新任务技能。

易用性

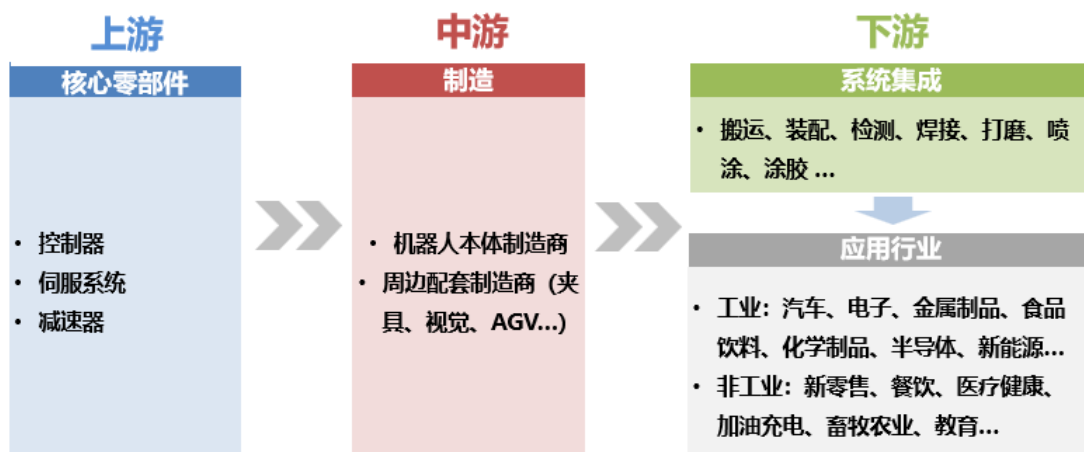
协作机器人易于编程操作，使得非专业技术人员也能快速上手，通过直观的界面和简单的指令就能让机器人执行复杂的任务。其拖动示教功能使其无需编程，便可形成作业所需路径。

随着交互方式的智能化升级，协作机器人大幅提升了其通用智能属性。协作机器人交互方式开始支持自然语言对话、手势控制等更贴近人类习惯的交互方式，机器人就能通过语音识别与视觉定位精准执行任务；对于复杂动作，只需人类手动引导完成一次示范，它就能通过视觉与力觉融合记忆动作细节，形成标准化作业路径。

第二章：协作机器人产业链分析

具身智能的核心诉求是物理实体与环境的智能交互，在具身智能“感知-决策-行动”的闭环体系中，协作机器人本体及周边配套不仅是物理执行载体，更是实现“人机共生、动态适配、智能响应”的底层支撑。协作机器人的减速机、伺服驱动、控制器及一体化关节，通过突破多重技术壁垒，构建起契合具身智能需求的硬件能力，成为其区别于传统机器人的核心竞争力所在。

图 10 协作机器人产业链



来源：MIR DATABANK

目前协作机器人核心零部件正在逐步从上游供应商提供向本体自研快速发展，上游中游合并趋势明显。过去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，当下协作机器人本体厂商为提升核心竞争力，也开始了核心零部件的自主设计及制造。周边配套制造商为协作机器人提供“手-夹具”、“眼-视觉”、“脚-AGV”等配套设备，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等进行集成，为用户提供完整的应用解决方案。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。

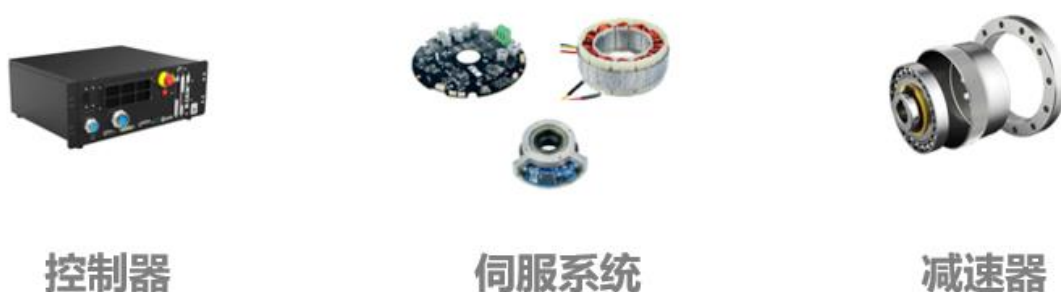
一、上游：核心零部件-高度国产化、自主化

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、减速机（图 11），协作机器人的核心零部件成本占本体生产成本的约 70%，其重要性

不言而喻。在具身智能的要求下，核心零部件不断实现技术突破。

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；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。电机作为驱动源，正朝着高功率密度、低能耗方向发展，为协作机器人在复杂任务中的快速响应与持久作业提供动力保障；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。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 11 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。

2.1 控制器

控制器是协作机器人的“神经中枢”，负责整合感知数据、解析指令并生成执行策略。传统工业机器人控制器以“预编程执行”为核心，仅能按照固定程序运行，缺乏自主决策能力；而具身智能下的协作机器人控制器，需融合多模态感知数据与大模型决策能力。

具身智能的场景多样性要求控制器具备开源化、可配置的接口，方便开发者二次开发。传统工业机器人控制器多为封闭系统，接口不开放，难以适配新场景；而协作机器人控制器采用 ROS 2（机器人操作系统）开源架构，提供丰富的 API 接口，开发者可根据工业、医疗、家庭等场景需求，快速开发定制化算法，大幅缩短场景适配周期。这种生态开放性让协作机器人能快速融入具身智能的多元化应用生态，而传统工业机器人则因封闭性难以突破场景局限。

2.2 伺服系统

图 12 伺服系统



伺服系统由伺服电机、伺服驱动器和反馈装置（如编码器）组成，负责将电能转化为机械能，驱动机器人的关节运动，并通过实时反馈调整速度、位置和力矩，确保机械臂动作精准。

协作机器人的核心需求是高精度运动控制、灵活交互及安全协作，而这些功能的实现高度依赖伺服系统。传统工业机器人伺服驱动以稳定速度输出为核心，

控制逻辑简单，而具身智能下的协作机器人，需在动态环境中实现“感知-驱动-执行”的协同，对伺服系统提出了较高的技术要求。

- ① **力电融合控制**：协作机器人无论是与人协同工作还是执行精密作业，都离不开力矩感知。这要求伺服驱动具备力电融合控制能力—将力觉传感器信号与电机电流信号实时耦合，实现“力-位-速”三闭环协同。传统工业机器人伺服驱动仅支持位置或速度闭环控制，无法直接融入力信号；而协作机器人伺服驱动内置专用力控算法模块，可根据实际作业情况自动调整电流输出。
- ② **小型化与轻量化**：协作机器人通常体积较小、关节紧凑，要求伺服电机和驱动器更小巧（如采用无框电机、集成式驱动器），同时保持足够功率密度。

无框力矩电机：无框力矩电机凭借去外壳、去轴承的特殊结构设计，成为协作机器人关节集成的最优解。在结构紧凑性上，无框力矩电机采用中空轴一体化设计，可直接嵌套于协作机器人关节模组中。这一设计使关节模组体积压缩 40% 以上，尤其适配人形协作机器人、轻型机械臂等对空间要求严苛的产品。代表企业包括雷赛智能、大族电机、步科股份、易尔泰、富兴机电、昊志机电等。

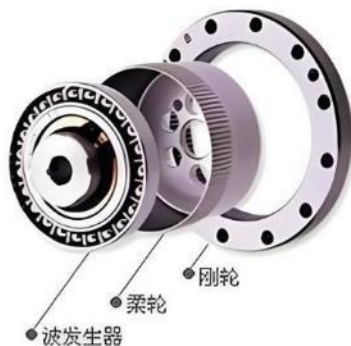
伺服驱动器：伺服驱动器作为协作机器人的“动力控制大脑”，其性能直接决定电机动作的精度与稳定性。近年来，国内伺服驱动器厂商通过算法突破与场景适配，不仅实现了与国际品牌的性能对标，更在国产化协作机器人供应链中占据核心地位。如汇川技术、禾川科技的产品性能已大幅接近国际品牌。在产业格局上，伺服驱动器呈现“专业厂商供应+本体厂商自研”双轨并行的态势。除汇川、禾川等专业供应商外，头部协作机器人本体厂商为实现软硬件深度协同，也开始布局伺服驱动器自研，如节卡机器人（JAKA）等。

编码器：编码器是协作机器人的“位置与速度感知单元”，其精度与可靠性决定具身智能系统的决策准确性—只有通过编码器实时反馈关节的角位移、转速数据，大模型才能生成精准的动作调整指令。早期国内协作机器人多依赖海德汉、倍加福等外资品牌的绝对值编码器，虽精度达标，但价格高昂且交货周期长；如今，国产编码器厂商通过技术对标和成本优化为具身智能的规模化落地提供了硬

件支撑。2024 年开始，禹衡光学、禾川科技、汇川技术、步科股份等国产编码器的渗透率快速提升。同时，国内协作机器人本体厂商为降低供应链风险，积极推进国产化替代。

2.3 减速器

图 13 谐波减速器



作为协作机器人关节的“动力转换核心”，减速器承担着降速增扭的核心功能。协作机器人使用的减速机以谐波减速器为主，具有体积小、重量轻、传动比高、精密度高等特点。具身智能应用场景丰富多样，从复杂工业环境中的协同作业，到应用于商用家用等对空间有较高要求的环境，都对协作机器人的体积与重量提出了严苛要求。相较于传统减速机，谐波减速机去除了大量冗余结构，采用一体化设计理念，将柔轮、刚轮、波发生器等核心部件紧凑集成。其外形尺寸小巧，在满足同等传动需求的前提下，体积及重量大幅缩减。这种轻量化、小型化优势，使得协作机器人关节更加纤细灵活，能够在有限空间内自由穿梭、灵活转动，完美契合了具身智能灵活部署的需求。

国内企业如绿的谐波、来福谐波、杉川机器人、同川精密的产品精度已越来越接近国际水平。目前中国本土协作机器人厂商已基本实现 100%使用国产谐波减速机。

2.4 一体化关节

图 14 协作机器人一体化关节

计与组装，减速机、电机等核心零部件一般采取外购的模式。除此之外，目前，部分头部人形机器人本体厂商也在进行一体化关节的自主开发与生产。

第二类是谐波减速器、电机、伺服系统等上游零部件厂商。核心零部件厂商依托自身硬件产品的技术经验，配合外购的其余组件，集成一体化关节模组产品，面向协作机器人、人形机器人、四足机械狗、医疗设备等多个领域。代表厂商有绿地谐波、同川精密、步科股份、科尔摩根、意优机器人、泰科智能、钛虎机器人等。

未来，随着下游各类场景对机器人智能化、轻量化、精准化要求不断提升，以及各类传感器技术和生产工艺的不断进步，一体化关节将集成入更多的传感器和精密组件，朝着集成化、小型化发展。将采用更先进的制造材料与产品结构，通过降低自身重量、减小自身体积，助力具身智能机器人产品的快速落地。

3. 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）、华沿机器人（HUAYAN）等。其中，节卡机器人（JAKA）已全面掌握伺服系统与控制器的关键研发技术，建立起从设计、测试到制造的全流程自主研制体系，成功实现了“控制器+伺服系统”的整体自研自产，构建了业界领先的一体化技术闭环能力。

在控制器方面，节卡机器人（JAKA）自主研发了具备高度自主可控、模块化与可扩展特性的软硬件系统架构。该控制系统集成了高实时性与多任务协同能力，不仅确保了机器人在复杂应用场景中的高安全性与高可靠性，还通过开放式架构支持功能扩展与二次开发。公司打造的协作机器人智能算法库，深度融合视觉感知、力控交互与运动规划技术，赋能机器人实现高精度环境感知、自然人机交互与本体运动的最优控制。

伺服系统方面，节卡机器人（JAKA）自主掌握电机设计、驱动控制、编码器反馈等核心环节，具备从参数优化到整机验证的全链研制能力。通过对伺服性能的精细化调校与测试验证，节卡实现了机器人系统在精度、响应性与稳定性方面的显著提升。

相较于仍高度依赖国际厂商核心零部件的多数机器人企业，节卡机器人（JAKA）凭借“控制器-伺服系统”双自研的技术布局，真正实现了在关键部件层面的全面自主可控。这一能力不仅有效规避了供应链外部依赖风险，更使其在具身智能核心技术上持续积累底层创新优势，为高端协作机器人的智能化、柔性化发展奠定了坚实基础。

二、 中游：厂商具身智能化转型

1. 机器人本体厂商

协作机器人本体厂商可大致分为两类（如表 2 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）、华盛控机器人（Warconco）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 2 全球市场协作机器人阵营（不完全统计）

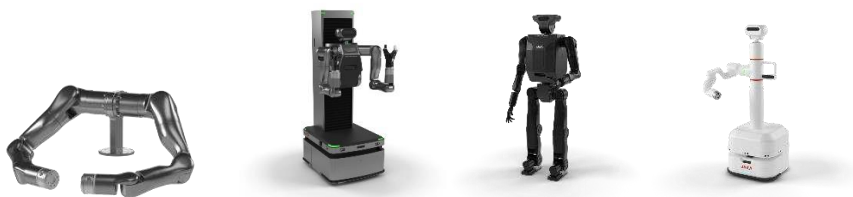
	国际品牌	中国品牌
主流协作机器人厂商	 UNIVERSAL ROBOTS  FRANKA EMIKA  DOOSAN  neuromeka	 JAKA TM  HUAYAN 华迎机器人  DOBOT  DUCO 多可协作机器人  ELITE ROBOTS 艾利特机器人  FLEXIV  CEXI
传统工业机器人厂商	 ABB  FANUC  YASKAWA  Kawasaki Robotics  KUKA  STÄUBLI	 ROKAE  ESTUN AUTOMATION  CROBOT  EFORT  INOVANCE  HNC 华中数控  Warsonco 华盛控科技  Agilebot 捷勃特

来源：MIR DATABANK

近年来，以节卡机器人(JAKA)为代表的中国协作机器人本体厂商在持续深耕并加速传统机器人业务发展的同时，也积极布局具身智能这一前沿领域，大力推进相关产品的创新研发与产业化进程，展现出向智能化、具身化方向积极转型的战略动向。

节卡机器人(JAKA)作为中国头部协作机器人企业，正快速突破具身智能关键技术，并推出一系列具身智能软硬件产品。软件：JAKA EVO 工业具身智能平台采用了多模态大模型，融合视觉图像、语音、关节位姿、六维力、触觉等多源数据，可实现高准确率跨模态语义识别及高力交互精度。此外，该平台还支持轻量任务学习机制，大大提高了机器人的适应性和灵活性。硬件：双臂机器人 JAKA K1、轮式人形 JAKA K1W、腿足人形 JAKA K1L、具身平台 JAKA Lumi。

图 15 JAKA 具身智能产品阵列



JAKA K1

双臂机器人 JAKA K1 是 JAKA 推出的第一款具身智能产品，可实现数据采集、模型训练、执行闭环的一体化，用于快速搭建人形作业场景下的即时数采训练系统。节卡机器人(JAKA)具备成熟的关节设计经验，这使得 JAKA K1 双臂机器人拥

有更高的刚性，且运动控制更加平稳。JAKA K1 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。

JAKA K1W

JAKA K1W 轮式人形机器人，硬件系统包括七轴机械臂、视觉相机、升降机构、移动底盘等，这些组件共同构成了一个高度灵活和精确的机器人系统。具有 20 个自由度，能够实现复杂的动作控制，而视觉相机则提供了高精度的环境感知能力。这种硬件系统的协同设计使得机器人能够在各种复杂环境中完成任务。

JAKA Lumi

针对配送、巡检、分拣等轻量数采和模型训练场景，JAKA 开发了具身平台 JAKA Lumi，覆盖商业零售、科研教育、生物化学等多领域场景训练需求。平台的硬件系统由六轴机械臂、视觉相机、升降机构和移动底盘等组件构成。使 JAKA Lumi 能够在复杂环境中高效完成任务，其快速部署和易用性特点，进一步提升了其在商业零售、科研教育等领域的应用价值。

JAKA Lumi 具身智能平台原生兼容 MuJoCo、NVIDIA Isaac Sim 等主流仿真环境，支持从数据采集到模型部署的“虚实融合”链路闭环。这种算法和软件的集成使得机器人能够在虚拟环境中进行训练，并将学习到的技能快速迁移到实际场景中，大大提高了 AI 算法的开发和迁移效率。

JAKA K1L

JAKA K1L 腿足人行机器人针对非结构化工业环境的全地形自适应作业需求开发，采用高动态腿足底盘和腰部俯仰设计，还原人腿结构关节，实现腿足协同、全向移动，适应复杂地形。

随着 JAKA（节卡）具身智能平台产品的不断扩充，“JAKA 具身家族”已与部分汽车产业链企业就人形机器人应用展开场景测试与验证，探索机器人在真实场景下的工艺融合、场景适配和长期应用能力。

2. 周边配套本体厂商

感知与执行是具身智能技术闭环的必要组成部分。而相机、力矩传感器、移动底盘、末端执行器等机器人周边配套设备则是实现感知与执行硬件基础，是实现具身智能的关键硬件支撑。

协作机器人以开放共融为核心理念，致力于与周边配套设备厂商共建生态合作圈，具备高度灵活的集成能力，可快速兼容并整合各类外围硬件。这一特性在当前具身智能技术加速落地应用的背景下，显得尤为关键。

表 3 协作机器人周边配套的主要玩家

	国际品牌	中国品牌
夹具	   	   
AGV	 	   
视觉	   	   
力矩传感器	  	   
焊接电源	    	  

来源：MIR DATABANK

复合机器人

AGV（自动导引车）与协作机器人的结合，突破了传统工业设备的空间限制与功能边界，形成“移动底盘+智能机械臂”的复合机器人方案。这种创新组合不仅拓展了作业范围，更通过人机协同、场景适配和数据互联，成为制造业与服务柔性化升级的核心工具。目前国内诸多协作机器人厂商推出自己的复合机器人产品，如节卡机器人(JAKA)以核心部件的形式赋能合作伙伴开发复合机器人。

图 16 复合机器人方案



相较于传统 AGV（自动导引车）和机械臂单一功能的局限性，复合机器人将两者特性有机结合，呈现出显著的柔性化特征，具备反馈迅速、操作简便、可移动作业等突出优势。协作机器人不再局限于某一个单元、区域或工种，不仅可以在各工序间实现搬运和调度，且能根据生产扩展需要，将机器人调配到任意工位中共同参与生产。从技术架构来看，复合机器人的 AGV 移动底盘主要采用激光 SLAM、视觉导航等多元导航技术，能在复杂车间环境里灵活自主避障与规划路径，配合集成视觉及执行器的机械臂，从而实现车间自动化设备柔性化生产的需求。

在实际应用场景中，复合机器人可应用于多种行业中。在工业制造领域，柔性装配场景下，3C 电子行业利用复合机器人组成的“移动装配单元”，可用于手机、笔记本电脑等多型号产品的混线生产。半导体行业，半导体工厂借助洁净级 AGV 搭载协作机器人完成晶圆搬运，有效避免人工接触污染风险，实现“仓储→清洗→检测”全流程无人化。重工维修场景中，船舶制造运用大型 AGV 运载协作机器人至船体内部，机械臂通过力控反馈进行焊接或防腐喷涂及打磨，作业效率大幅提升，还降低了工人高空作业风险。在非工业服务领域，医疗配送场景下，医院部署 AGV+协作机器人，机械臂抓取药品或医疗器械，AGV 按导航路径配送至科室。餐饮服务场景里，餐厅使用小型 AGV（负载 10kg）搭载协作机器人完成菜品递送。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、无人零售超市、农业采摘等场景也多有应用。

视觉

协作机器人与视觉系统的深度融合，赋予机器人“眼睛”和“大脑”，使其从“程序化执行工具”升级为具备环境感知、自主决策能力的智能体。这种组合不仅提升了机器人在复杂场景中的适应性，更推动了工业自动化、医疗、物流等领域向柔性化、智能化转型（图 17）。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外增加了空间维度，可获取物体的深度信息，实现多维度定位识别。

图 17 协作机器人视觉识别方案



在实际应用中机器人+视觉可实现多场景技术突破。手眼协调(Eye-in-Hand): 将相机安装于协作机械臂末端,通过动态校准算法(如 Tsai 标定法)消除运动误差,实现移动中实时定位;例如,激光焊接系统采用手眼视觉,可在机械臂移动时跟踪焊缝偏差并实时调整,焊接合格率大幅提升。多相机协同:在汽车总装场景部署多台视觉相机,从不同角度扫描车身姿态,机器人根据融合数据调整装配力度,大幅降低车门安装间隙误差。

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。

力矩传感器

力矩传感器,也被称为扭矩传感器、扭力传感器或转矩传感器,能对各种旋转或非旋转机械部件上的扭转力矩进行精确感知和检测。其工作原理基于多种物理效应,常见的有应变效应、电磁感应原理、磁致伸缩效应等。

在协作机器人执行任务时,力与力矩的精准控制至关重要。以精密装配任务为例,协作机器人需要将微小的零件准确安装到指定位置,这就要求机器人能够精确感知装配过程中的阻力和扭矩。力矩传感器如同机器人的触觉神经,实时将这些力的信息传递给机器人的控制系统。控制系统根据这些反馈信息,快速调整机器人关节的运动,确保零件安装的精度和质量。若机器人在装配时用力过小,零件可能无法安装到位;用力过大,则可能损坏零件或导致设备故障。通过力矩传感器的精准反馈,协作机器人能够将装配力精确控制在极小的范围内,大大提高了装配的准确性和产品质量。在打磨、抛光等需要恒定力作用的任务中,力矩传感器同样发挥着不可替代的作用。由于这些任务难以实现自动化,机器人需要力反馈来确定施加的力是否合适。通过在程序中引入力反馈回路,结合力矩传感器实时监测的力数据,协作机器人可以精确调整打磨、抛光的力度,实现制造流

程的一致性，确保产品表面质量的均匀性。

三、 下游：系统集成商与终端用户-需求驱动创新，应用场景多元化

集成商需将标准化的协作机器人产品与行业特性结合，解决“最后一公里”落地问题。

相比传统工业机器人，协作机器人作为新兴发展市场，其系统集成市场规模较小。协作机器人系统集成商主要以本土企业为主。多数系统集成商近几年才开始拓展协作机器人集成业务，不少仍处于摸索阶段；且由于协作机器人系统集成非标性强、可复制性较小、跨领域接单较难，目前协作集成商营收规模普遍偏小。

就行业来看，协作机器人工业应用场景中汽车、金属制品、电子占据主导地位；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。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，尤其是针对工业垂直细分领域，要求系统集成商具备较强的方案落地能力以及针对细分市场下探及深耕的能力。因此，协作机器人领域的下游集成商正持续向多元化场景深度渗透，在焊接、码垛、机床上下料、喷涂、打磨、拧紧等工业场景，以及医疗手术、理疗康复等民生领域展开精细化布局。这种场景深耕策略，既体现了协作机器人从标准化产品向场景定义型解决方案的升级，也标志着其应用边界从工业制造向民生服务领域的拓展，为行业打开更广阔的增长空间。

协作机器人产业链的成熟度，标志着智能制造从“自动化”向“柔性化、具身智能化”的升级。未来，随着 AI 算法、传感器技术与新材料的融合，产业链各环节将进一步打破边界，推动协作机器人在更多非结构化场景中实现规模化应用，例如家庭服务、灾害救援等，最终构建人机协同的新型生产与生活方式。

第三章：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 全球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 4 所示）。

表 4 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
1992	ISO 10218《工业机器人安全要求》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 2011 发布第二版 2025 年 2 月发布第三版 ISO 10218-1&-2:2025
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
2016	随着协作机器人的出现，ISO 发布了 ISO/TS 15066:2016，用于增补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
2025	2025 年 2 月，ISO 正式发布 ISO 10218-1&-2:2025 机器人安全要求。该版本整合了协作机器人应用的安全要求，将 ISO/TS 15066 的内容进行了合并。	这是继 2011 版后的首次重大修订。

2.2 中国机器人安全标准发展历程

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 20867.1-2024《机器人安全要求应用规范第1部分：工业机器人》、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，有效的推动了中国工业机器人在各工业领域广泛应用。

2.3 协作机器人安全标准解读

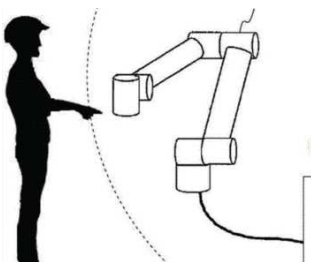
ISO/TS 15066:2016 是国际上第一份针对协作机器人的安全技术规范。《ISO 15066 Robots and robotic devices - Collaborative robots》于2016年2月份发布。在 ISO/TS 15066 发布之前，没有专门为协作机器人制定的相关规范，厂商一般采用 ISO 10218 中的相关条款作为参考。导致了在很长的一段时间里，机器人的相关标准里对于机器人与人之间如何安全交互并没有明确的描述，导致用户对协作机器人安全的定义仍停留在简单的认知，认为协作机器人的安全性就是简单的撞到人能及时停止。

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。

2.3.1 安全级监控静止

图 18 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。

2.3.2 手动引导

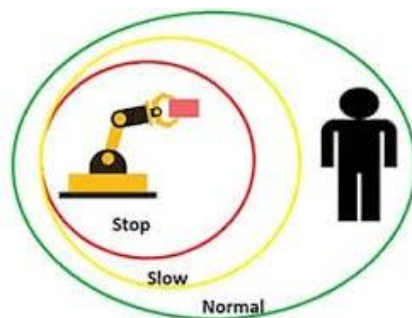
图 19 协作机器人手动引导示意图



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。

2.3.3 速度和距离监控

图 20 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。

2.3.4 功率和力限制

图 21 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。

2025 年新版 ISO 10218 进一步将协作机器人安全要求纳入主标准，

ISO 10218-1:2025 于 2025 年 2 月由国际标准化组织（ISO）正式发布，这是继 2011 版后的首次重大修订，并首次将 ISO/TS 15066:2016 协作机器人安全规范纳入主标准，提出“协作应用”概念。新版标准新增网络安全、机器人结构设计要求、功能安全等级及机器人类别等要求。这标志着人机协作从单一技术合规迈向系统性安全设计。

1. 网络安全强化：新增覆盖控制系统硬件、软件、通信网络的全方位安全防护要求，明确需通过威胁建模和攻击面分析识别潜在风险，并参考 IEC 62443 系列标准构建防护体系，以应对工业 4.0 时代的网络化威胁。

2. 协作机器人整合：将原 ISO/TS 15066 技术规范纳入主标准，提出“协作

应用 (Collaborative Application) ” 概念，细化力控传感器、视觉系统等模块的安全要求，明确功率和力限制 (PFL) 等功能的量化阈值。

3. 功能安全分级优化：摒弃旧版对 PLd/Cat. 3 或 SIL2 的强制限定，引入更灵活的安全等级框架，允许通过先进诊断技术实现单通道安全设计 ($PFHd < 4.43 \times 10^{-7}/h$)，降低企业合规成本。

4. 分类与测试标准化：将工业机器人划分为 Class I (低能量传递) 和 Class II 两类，新增 Class I 机器人的最大力值测试方法 (Annex E)，并细化安全通信协议要求，指向 IEC 61784 系列标准。

此次修订还整合了手动操作、末端执行器等场景的安全指引，未来将作为欧盟新机械法规的协调标准，将于 2027 年 1 月随着欧盟机械法规强制生效，为全球工业机器人安全实践提供了系统性框架。

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。

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 22 认证样例：欧盟 CE-MD 认证

针对行业应用场景的特殊化需求还存在对于产品特殊性能的认证及下游细分行业的认证。同时，随着协作机器人产品的下游应用领域及场景越来越丰富，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 26 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 27）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 27 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。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）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。

图 28 认证样图：中国防爆产品合格认证



2. 当前协作机器人厂商认证情况一览

表 5 协作机器人代表厂商认证一览

	地区认证					行业认证	
	欧盟	美国	澳洲	中国	韩国	SEMI-S2	国际防爆认证 中国防爆认证
	CE	NRTL	RCM	CR	KCs		
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 29 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 29），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 6 所示），旨在全力支持和规范协作机器人行业的茁壮成长。

表 6 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	“骨太方针” 草案	2025 年 6 月	政府内阁	将在 2025 年度内制定搭载人工智能（AI）的尖端机器人应用相关战略。政府将扶持相关开发和将其引入社会的举措，明确与该领域处于领先的美中抗衡。该战略将明确医疗护理、农业、生产一线等领域的机器人应用方向，特别关注人形机器人在复杂环境中的实用化进程。
	《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）》	2024 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和普及。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	《美国制造业战略计划 2024》	2024 年 11 月	商务部	计划中将机器人技术入列先进制造研究和开发主要领域。
	《美国机器人路线图：机器人让明天更美好》	2024 年 5 月	美国计算机社区联盟	此为第五版更新，剖析了机器人技术在人工智能（AI）具身、劳动力市场、数字经济、人口结构变化、可持续发展以及全球化等关键领域的大趋势
	《关键和新兴技术（CET）清单》	2022 年 2 月	白宫	进一步细化了机器人相关领域的技术条目，加强机器人技术布局；
	《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	《敏感技术研究和相关机构政策》	2025 年 1 月	联邦政府	明确将机器人与自主系统列为“敏感技术研究领域”之一，其他还包括人工智能、量子科技、先进武器、航空航天、数字基础设施、生物技术等
	《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 1.1》	2024 年 6 月	德国联邦教研部	新增提出：1、利用人工智能技术推进未来机器人研发，开展可联网机器人基础研究。2、对本国机器人顶尖研究机构进行联网；确保机器人研究机构的国际能见度和全球竞争力。3、为未来机器人的研发人才提供支持。
	《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	《智能机器战略 2035》	2025 年 2 月	英国科学、技术和创新部	概述了英国成为机器人领域全球领导者的路线图，提出了到 2035 年释放智能机器全部潜力的战略目标和可操作步骤。该战略指出，到 2035 年，智能机器（与人无缝集成到物理世界的智能、半自动系统）可以彻底改变英国经济的各个领域，推动可持续的经济增长。
	《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。
印度	《国家机器人战略》	2024 年	电子和信息技术部	提出“到 2030 年使印度成为全球机器人领导者”的愿景，并围绕“四大优先领域、六大创新支柱、一套实施机制”展开。
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（AI）、智能机器人、绿色转型、人机协同等关键词。协作机器人作为 AI 的优质载体，与各国战略方向有较高的契合度，随着政策的更新落地，将推动全球协作机器人产业快速发展。

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 7 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 8 2021-2025 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	《轻工业数字化转型实施方案》	2025 年 3 月	工信部、教育部、市场监管总局	支持企业开展设备更新，推广应用可编程逻辑控制器（PLC）、分布式控制系统（DCS）等工控系统和工业机器人、智能检测装备、计算机辅助设计（CAD）、制造执行系统（MES）、供应链管理系统（SCM）等智能装备和工业软件。
2	《5G 规模化应用“扬帆”行动升级方案》	2024 年 11 月	工信部	推动基于 5G 的智能机器人、智能移动终端、云设备等研发应用，鼓励融合 5G 的 XR 业务系统、裸眼 3D、智能穿戴、智能家居等产品创新发展。
2	《关于加强煤炭清洁高效利用的意见》	2024 年 10 月	发改委等部门	重点推进开采系统智能决策自主运行、掘进系统工艺设备高效协同，采掘工作面实现超视远程控制与现场少人无人，推广应用固定场所无人值守、危险繁重岗位机器人替代，提升煤矿安全高效生产管理水平。
2	《工业机器人行业规范条件（2024 版）》	2024 年 7 月	工信部	进一步规范工业机器人行业管理，引导企业良性竞争，推动行业高质量发展。
3	《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。
4	《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。
5	《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。

6	《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。
7	《“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。
8	《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”。
9	《“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。
10	“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。
11	《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、矿业、农业、教育、医疗等行业中。

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。

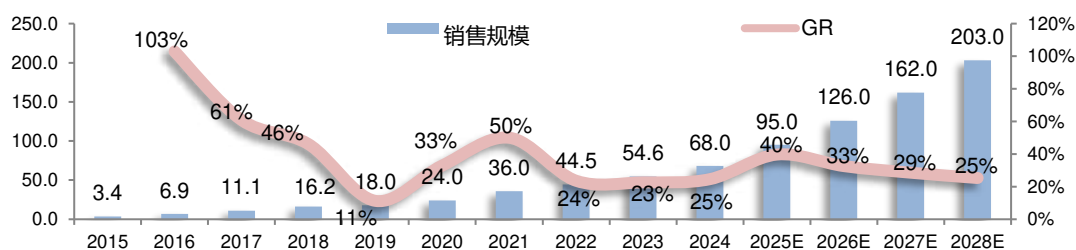
第四章：协作机器人市场格局分析

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数据、算法为核心的人工智能转型，这一转型的关键在于机器人本体、机器学习、和智能决策系统的深度融合。如何借助人工智能技术优化生产流程、精准预测市场需求、提升产品创新速度，以在瞬息万变的全球竞争中站稳脚跟，已成为制造企业亟待破解的核心难题。企业为了实现生产全链路的智能管控、降低运营风险、提高生产效率，同时推动个性化定制生产的规模化落地，正越来越多地引入协作机器人。协作机器人凭借其具备的自主学习、人机无缝交互、场景快速适配、低运维成本和高协同价值的特性，成为助力制造企业在人工智能转型浪潮中抢占先机的重要支撑。

图 30 2015-2028 年全球协作机器人销售规模及预测（单位：万台）



数据来源：MIR DATABANK

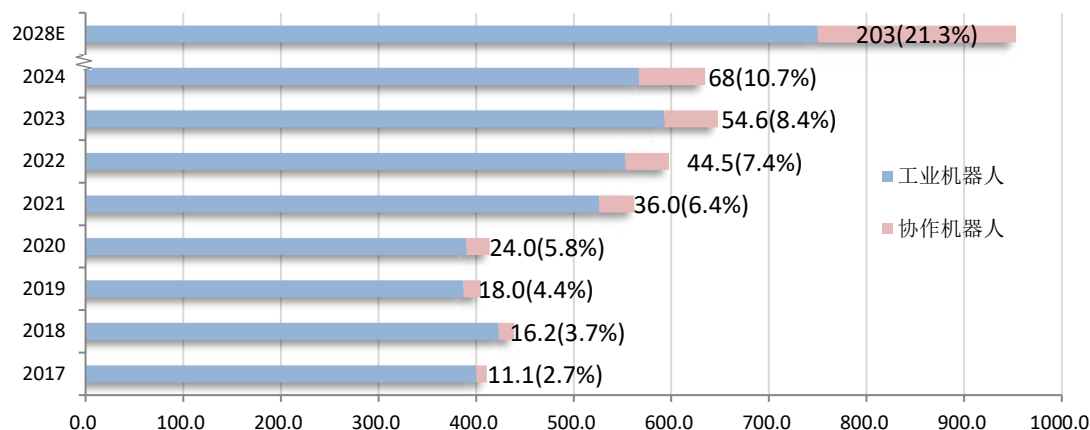
MIR 睿工业数据显示，2024 年全球协作机器人整体市场规模达 6.8 万台，同比增长 25%。这一增长态势在全球经济增速放缓、制造业投资普遍低迷的大背景下更显亮眼，其核心驱动力源于协作机器人相较于传统工业机器人的独特优势——灵活部署能力可适应多品种、小批量的生产需求，帮助企业快速响应市场订单变化；降本提效特性则通过优化人机协作流程，在提升生产效率的同时降低人工成本与管理复杂度，成为制造业应对不确定性的重要工具。

MIR 睿工业预测，随着协作机器人在各行业的应用不断扩大，规模化效应凸显，2025 年全球协作机器人销量有望冲刺 10 万台，同比增速达 40%或以上。展望未来，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 31 2017-2024 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 31 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 2024 年跃至 10.7%。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

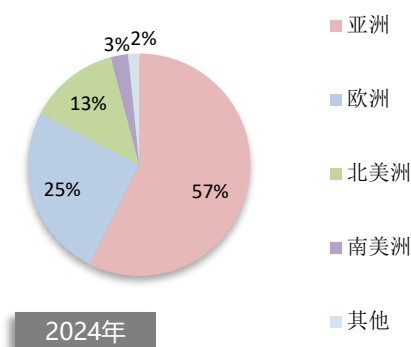
本章节根据全球制造业区域分布情况及自动化发展差异性要素，将全球划分为九个地区：中国、韩国、日本、印度、东南亚、欧洲、北美洲、南美洲、其它地区，并根据此划分进行后续章节的分析。

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

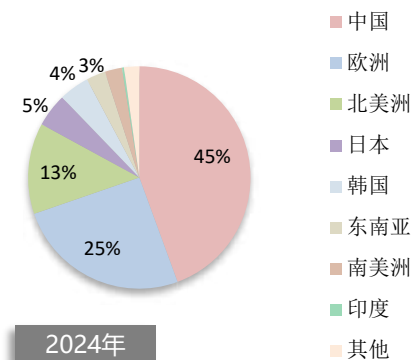
全球协作机器人市场格局在不同地区呈现出一定的特点和差异（如图 32、33 所示）。目前亚、欧、北美是全球协作机器人市场的主要市场，占据 95% 的市场份额。

图 32 2024 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 33 2024 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

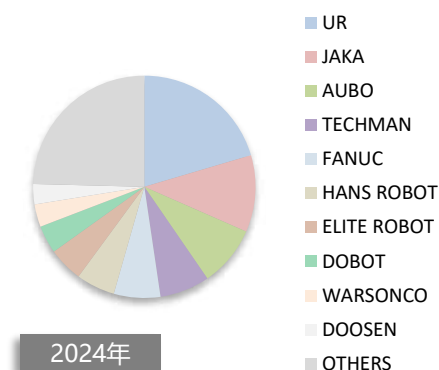
亚洲地区是协作机器人市场增长最快的地区之一。其中，中国作为全球制造业大国，也是全球协作机器人最大单一市场，在汽车、电子、金属制造、锂电等多行业实现协作机器人规模化落地，其市场份额已接近 50%。日本和韩国在机器人技术方面具有较强的实力，随着近两年对具身智能、人机协作概念的深入，其协作机器人的渗透率也在加速扩大。此外，巴西、阿根廷、印度、越南、泰国等新兴经济体，处在生产自动化转型和技术人才紧缺的背景下，也开始加速关注并导入协作机器人以实现轻量化自动化改造，市场潜力巨大。

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 34 2024 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 34 所示），UR 作为协作机器人的开创者，常年保持市场 TOP1。TOP5 阵营中有三家中国企业，分别是 JAKA、AUBO、TECHMAN，这三家企业都是中国地区专注协作机器人领域的头部玩家。

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，在过去几年深入布局海外市场，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。2024-2025 年 JAKA 更是推出其人形机器人产品及具身智能平台，深度参与具身智能相关领域，目前已成为一家全球领先的通用智能机器人公司。

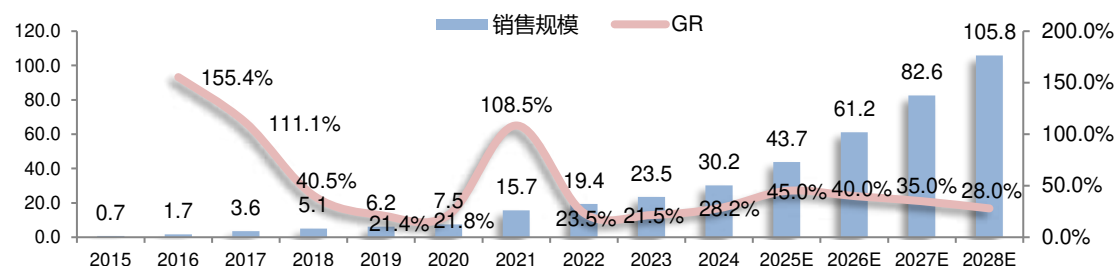
其余如 FANUC、HUAYAN、DOSSAN 等协作机器人领先厂商，在各自的地区及优势领域都具备较强的实力，未来各协作机器人厂商依靠创新技术及解决方案将继

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. 中国市场进入快速规模化发展阶段

图 35 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

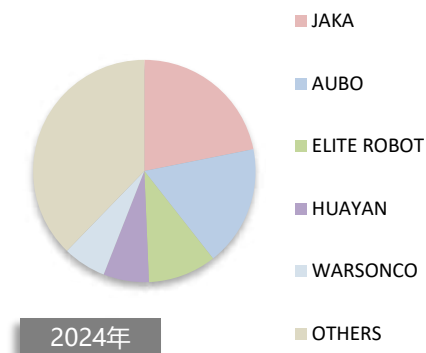
随着中国劳动力市场的变化，适龄劳动力人口减少和人力成本上升，制造业企业越来越倾向于采用机器人技术来替代传统的低端劳动力。协作机器人与传统工业机器人相比，展现出易部署、高安全等显著优势。这些特点使得协作机器人在中国市场的需求日益增长，特别是在劳动力结构快速调整的背景下，人机协作的趋势愈发明显。

MIR 睿工业数据显示，2024 年中国协作机器人整体市场规模约 3 万台，同比增长 28%。从 2025 年上半年的市场表现来看，预计 2025 年全年市场规模将突破 4 万台，增速有望冲刺 50%。随着协作机器人在各行业的应用不断扩大，规模化效应凸显，2028 年中国协作机器人销售规模有望突破 10 万台。

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. 国产协作机器人厂商主导中国市场

图 36 2024 年中国协作机器人销售规模-分厂商（单位：千台）



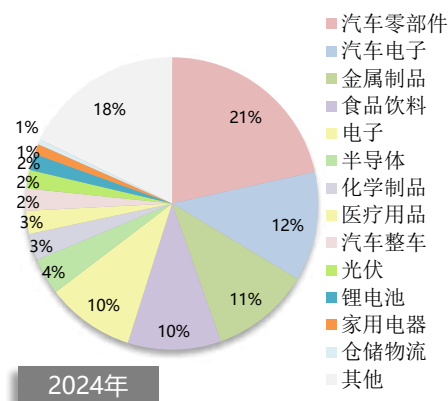
数据来源：MIR DATABANK

2024 年整体市场以中国协作机器人厂商为主导，国产替代趋势进一步明显。MIR 睿工业统计数据显示，2024 年 TOP5 厂商由中国厂商占领，占据市场超过 60% 的份额（如图 36 所示）。中国厂商凭借不断加强产品新应用新方案落地，灵活调整市场竞争策略，市场竞争力持续提升。此外，中国厂商具备快速的本地响应速度，为客户提供高效且高质量的售前与售后技术服务支持，取得显著成果。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、教育等行业持续收货订单。2024 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。

当下，中国的协作机器人市场格局已初具雏形，但未完全定型，参与玩家还在不断增多。随着更多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，厂商依靠产品、技术、方案创新仍存在突围机会。其中，以 ESTUN、INOVANCE、HUASHU 等为代表的国产工业机器人头部企业在近两年加大对协作机器人产品的技术投入，出货量实现快速增长。协作机器人市场竞争正在越来越激烈。

3. 工业领域渗透率加速提升

图 37 2024 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

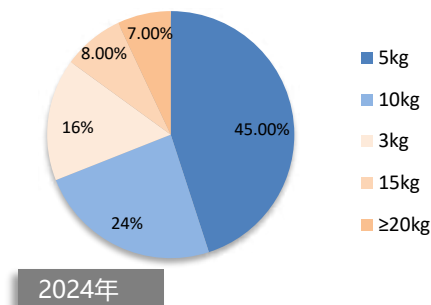
2024 年，协作机器人的主要应用行业集中在汽车、金属制品、食品饮料、电子等传统工业行业（如图 37 所示）。电子行业市场回暖，协作机器人导入需求快速复苏。同时，协作机器人加速渗透半导体、光伏、医疗用品、锂电等新兴工业。

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。在金属制品行业，协作机器人加速渗透机加工上下料及金属焊接等应用场景，将人从重复、对人体有害的应用场景中解放出来。在食品饮料行业，协作机器人主要用于后道码垛场景，各协作机器人厂商不断推出 20kg 以上的大负载机型，它们具备快速部署、易于使用和更大臂展及载荷能力优势，解决了许多多老旧食品产线的自动化改造难题。在光伏行业，协作机器人主要用于光伏行业组件生产的柔性改造，如线束无序分拣场景以及检测上下料场景，未来还可能将在室外光伏板清洗等别的场景持续渗透。

除了工业领域，医疗健康、教育、新零售等非工业行业对协作机器人的需求加速回暖。中国主流协作机器人厂商均已布局非工业领域，针对不同场景开发各类工作站，如咖啡工作站、理疗工作站、人体检测工作站等，未来有望实现批量化落地，市场想象空间较大。

4. 大负载趋势持续拓宽工业领域应用

图 38 2024 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，且早期主要应用于汽车部件、电子行业中轻量化的搬运及装配，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。随着协作机器人的应用领域的不断细分以及负载能力的突破，大负载协作机器人正在食品饮料、半导体、锂电、化学制品等行业加速渗透。如图 38 所示，2024 年 10kg 及以上负载的协作机器人市场份额接近 40%，15kg 及以上负载协作机器人市场份额接近 20%。

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，重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 $\geq 20\text{kg}$ 的重负载协作机器人产品，协作机器人的负载范围不断扩大，UR30、CRX-25ia、JAKA Zu30 及 TM30S、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。

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。

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。

表 9 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
汽车整车	斯柯达	捷克
木材加工	SIMON & NAGY BT、DREW-EL MARIUSZ TKACZEWSKI	匈牙利、波兰

表 10 西欧代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车整车	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 11 南欧代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车整车	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 12 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

欧洲制造业自动化程度处于世界领先水平，欧洲企业高度重视先进技术的研发与应用，持续投入大量资金探索适合制造业场景的新技术。最为典型的代表就是“灯塔工厂”建设。“灯塔工厂”代表着全球制造业数字化、智能化转型的顶尖水平，欧洲在这方面起步早、数量多、革新快，目前已有 38 家“灯塔工厂”。如德国的西门子安贝格电子制造工厂引入人工智能算法优化生产排程和质量控制，实现了生产效率的大幅提升和产品质量的零缺陷；荷兰的飞利浦工厂利用数字孪生技术实时模拟和优化整个生产过程，显著降低生产成本，缩短产品上市时间。

政策大力支持也是欧洲自动化高速发展的重要原因。欧洲各国政府积极制定并实施一系列鼓励制造业数字化、智能化转型的政策措施。

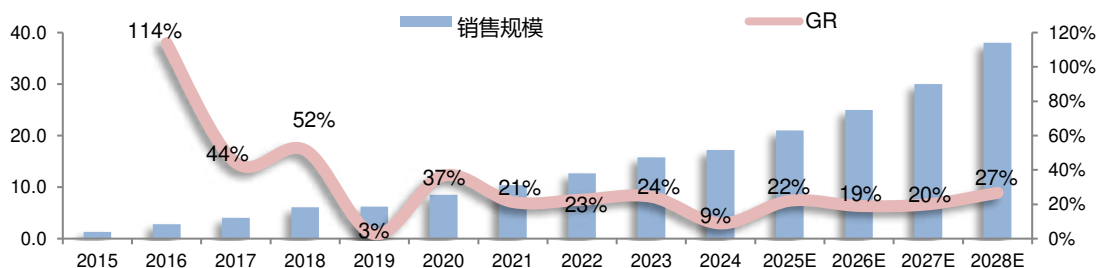
工业 5.0：欧盟强调研究和创新作为向可持续、以人为本和有韧性的欧洲工业转型的驱动力。在工业 5.0 的框架下，人机协作被置于重要位置，旨在通过人工智能、自动化、大数据分析等 IT 技术的发展，推动经济和社会的转型。

机器人相关政策：①2025 年 2 月 11 日，英国科学、技术和创新部（DSIT）发布《智能机器战略 2035》，概述了英国成为机器人领域全球领导者的路线图，提出了到 2035 年释放智能机器全部潜力的战略目标和可操作步骤。该战略指出，到 2035 年，智能机器（与人无缝集成到物理世界的智能、半自动系统）可以彻底改变英国经济的各个领域，推动可持续的经济增长。如果完全采用，到 2035 年，智能机器可以将英国各行业的总增加值从 64 亿英镑增加到 1500 亿英镑（约合 1.38 万亿元人民币）。②继 2023 年 12 月首次发布“机器人研究行动计划”后，德国联邦教研部于 2024 年 6 月中下旬推出行动计划 1.1 版，并于 7 月 1 日启动“德国机器人研究所”项目，进一步推动本国人工智能机器人发展。

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 39 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

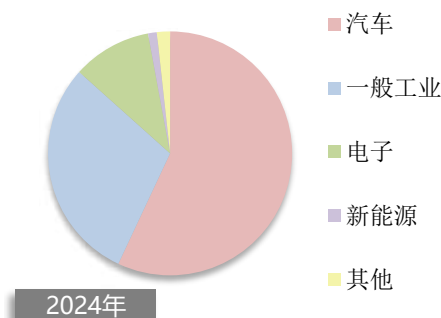
而欧洲地区之所以能成为协作机器人应用的高地，是社会环境、技术积累、产业需求等多重因素共同作用的结果。2024 年欧洲市场受到短暂冲击，德国、法国、意大利等欧洲主要经济体制造业面临困境，机器人需求大幅下滑。协作机器人市场也受到较大冲击，增速大幅放缓，预计未来几年市场增速将迅速回暖。

社会环境：欧洲多国（如德国、意大利、日本等）面临严重的人口老龄化问题，劳动年龄人口比例下降，制造业长期存在招工难的困境。协作机器人可替代重复劳动，填补人力缺口，尤其在汽车零部件、电子组装等劳动密集型环节作用显著。欧洲劳动力成本普遍较高（如德国制造业平均时薪远超新兴市场），企业通过引入协作机器人可降低长期人力支出，同时避免因人员流动导致的生产波动。

技术环境：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。

产业需求：欧洲制造业企业（尤其是中小企业）对自动化升级的意愿强烈，且员工对人机协作的接受度较高——这与企业长期的技术培训体系、工会对“技术提升而非替代人力”的认知有关（协作机器人更多被视为“助手”，而非威胁）。

图 40 2024 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

2024 年的数据显示，欧洲制造业中，协作机器人在汽车与金属制品行业的渗透已形成显著规模优势。汽车产业作为欧洲制造业的支柱领域，从零部件精密装配到整车质检环节，协作机器人凭借高精度力控与柔性编程能力，深度融入生产线。金属制品行业同样受益显著，欧洲在积极尝试协作机器人进行金属焊接，更值得关注的是，欧洲正通过标准体系建设加速协作机器人焊接的规模化应用。目前这两大行业占据欧洲协作机器人市场近 80% 的份额。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。

未来，食品饮料、医疗用品、仓储物流等领域有望成为协作机器人增长的新引擎，而这一趋势的核心驱动力来自波兰、捷克等中东欧市场的快速崛起。这些中东欧国家的制造业自动化升级需求，正推动协作机器人在新兴领域的份额持续扩大。

欧洲协作机器人的普及，本质上是“需求牵引”（劳动力与生产模式压力）与“供给支撑”（技术、政策、产业链）共同作用的结果。其经验也为其他地区提供了参考：协作机器人的应用不仅是技术选择，更需要与本地产业结构、法规环境和社会观念相适配。

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 13 北美洲代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车整车	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、得克萨斯州
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。

美国制造业自动化应用高度集中于汽车领域，国际机器人联合会主席 Takayuki Ito 表示：“美国拥有全球自动化程度最高的汽车产业之一：机器人密度（每万名工厂工人配备的机器人数量）与日本、德国并列全球第五，领先于中国，这是现代化建设的重大成就。但在制造业其他关键行业的自动化方面，美国仍落后于竞争对手。”

2025 年上半年，特朗普政府试图通过一系列政策措施，促使美国制造业企业将生产环节迁回国内，以重振美国制造业，增加就业岗位，提升美国经济的竞争力和供应链安全性。这将有利于提升美国各类制造业自动化水平快速提升。

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。

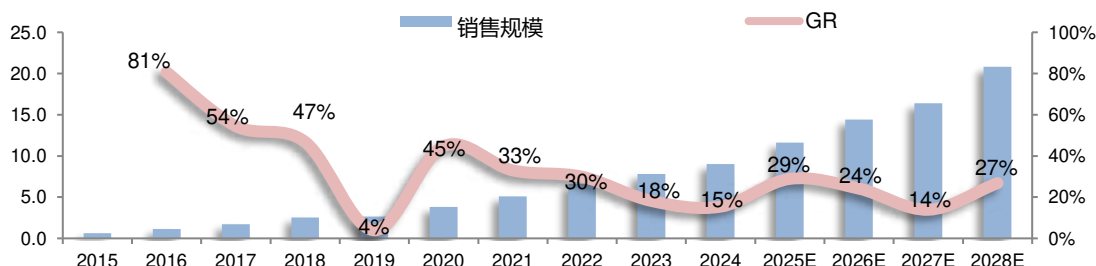
近年来，墨西哥制造业产值高速增长，主要凭借其地理位置、成本效益、较为完善的制造业基础及与北美市场的紧密联系，墨西哥成为了众多企业近岸外包的首选地，吸引了特斯拉、宝马、日产、本田、福特、奥迪、戴姆勒、马自达和丰田等知名汽车制造商在墨西哥设立或扩建装配厂。而随着墨西哥经济的持续增长，本土市场潜力的持续释放，企业在墨西哥投资建厂，不仅可以服务美国市场，还可以开拓墨西哥本地市场。

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 41 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

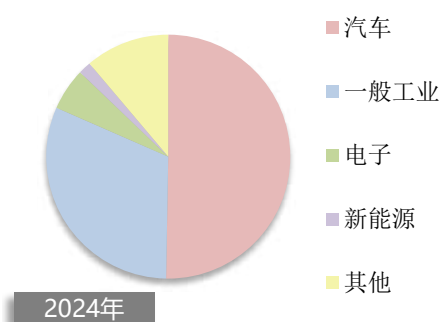
美国对协作机器人的研究和应用非常重视，将其视为先进机器人技术乃至智能制造发展的重点方向之一。美国政府通过多个计划加速协作机器人的发展，如 2011 年启动的《国家机器人计划 1.0》，该计划的核心是研发下一代机器人技术，提高机器人的功能性和实用性，以更好地辅助人类生产和形成人机互动的工作体系。2016 年启动了《国家机器人计划 2.0》，扩展了计划的范围和目标，计划的重点是打造协作机器人“无处不在”的工作环境，意味着协作机器人将与人类在

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 42 2024 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领域（如图 42 所示）。

从 2024 年各行业表现来看，食品和消费品成为协作机器人订单增长最快的行业，无人化零售、生命科学、制药和生物医学等行业表现也较好，订单高速增长。不过，汽车行业仍然是协作机器人的主要应用领域，2024 年所有新增协作机器人销量中约有 50% 用于汽车行业。

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。

北美制造业将持续面临劳动力短缺的问，“婴儿潮一代”退休，劳动力市场人员减少，促使许多企业为提高生产效率、降低成本而增加对协作机器人的需求。

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 14 南美洲代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车整车	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

巴西的工业制造发展确实呈现出 “本土基础相对薄弱，外部产业转移推动明显” 的特征。

巴西拥有庞大的人口基数和相对低廉的劳动力成本（相比欧美），同时国内消费市场潜力大，吸引了全球制造业企业将部分生产环节转移至巴西。例如，中国、韩国的家电企业在巴西设立组装厂，利用本地劳动力和市场辐射南美地区；汽车领域，大众、通用、丰田、现代、等跨国车企在巴西布局生产线，2025 年比亚迪、长城等中国车企也相继在巴西建厂，使其成为南美汽车制造中心。产业转移带来了就业机会、生产自动化设备和管理经验，推动巴西制造业产值增长。

为了推动工业和制造业的发展，巴西政府也积极行动。2024 年 1 月，巴西启动“巴西新工业”计划，计划在未来 10 年投入大量资金，旨在通过提供信贷额度、给予政府补贴等手段，扭转长期以来的去工业化进程，促进工业生产本地化。这一计划涵盖农业、健康产业、数字化转型、能源转型、国防技术等多个领域，目前已初见成效。2024 年，巴西工业产值同比增长 3.1%，制造业产值增长

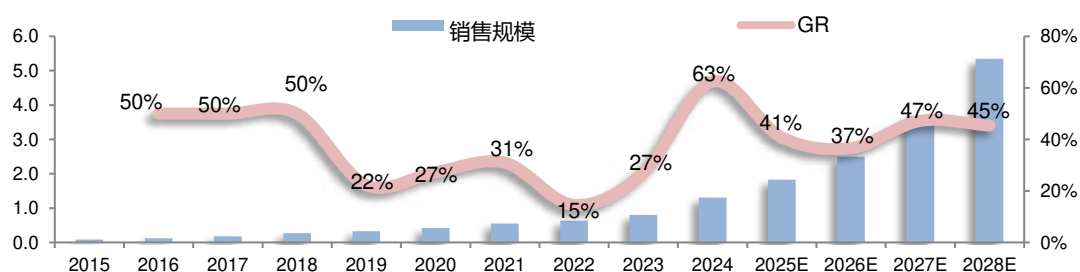
3.7%，耐用消费品增长 10.6%，资本货物增长 9.1%，巴西国家地理统计局数据显示，统计范围内 25 个工业部门中有 20 个实现正增长。

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 43 2015-2028 年南美洲协作机器人销售规模及预测（单位：千台）

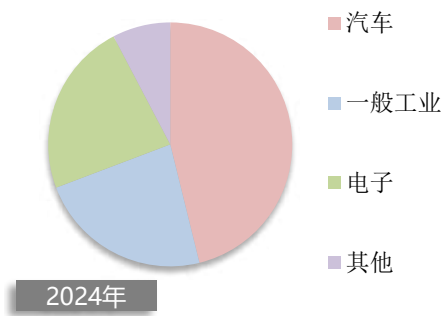


数据来源：MIR DATABANK

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。特别是在汽车行业中，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。

从地区来看，巴西游装机量最大，占南美总量约 60%。行业来看，汽车依然是绝对主力，占南美协作机器人已装机量的 45-50%。典型场景是车灯光学检测、座椅/仪表盘拧紧、车身内部喷涂。菲亚特、通用、本田、大众、比亚迪、奇瑞等车企工厂率先导入协作机器人。其他行业如食品饮料、电子也是协作机器人重点使用行业，雀巢巴西巧克力工厂用 ABB 协作机器人进行二次包装、分拣、码垛。TCL、富士康巴西工厂用 5-10kg 轻载协作机器人做 PCB 插件、功能测试，解决招工难问题。

图 44 2024 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

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。

南美洲协作机器人市场目前体量不大，但在汽车、食品等行业的示范效应和劳动力短缺的双重推动下，正从“早期采用”迈向“快速扩散”阶段。

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 15 日本代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车整车	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、EPSON、KAWASAKI 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。

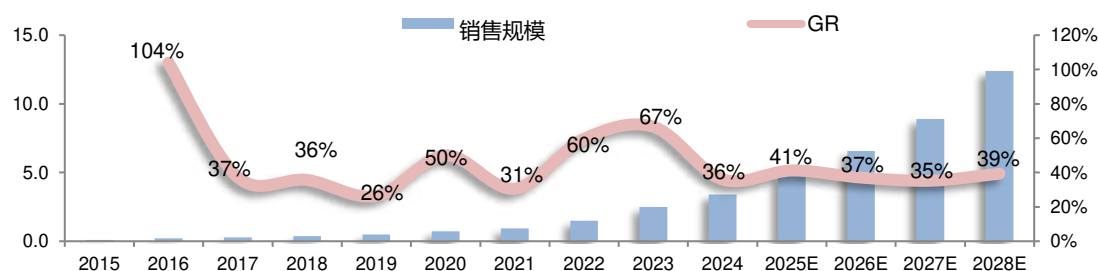
日本制造业的全球竞争力不仅体现在其产品的质量和技术上，还体现在其供应链管理 and 创新能力上。日本政府也在积极推动制造业的数字化转型（DX）和绿色转型（GX），以应对全球制造业的新趋势和挑战。

2024 年 6 月 4 日，日本内阁通过 2024 财年“综合创新战略”，指出在国内劳动力不足日益严峻的背景下，依靠 AI 和机器人技术实现自动化和节省劳动力是当务之急，要加快 AI 和机器人技术的实际应用。

日本政府正大力推动 AI 与机器人技术融合应用，通过加大财政投入、成立专项组织等支持研发及中小企业普及，以应对劳动力不足，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 45 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。

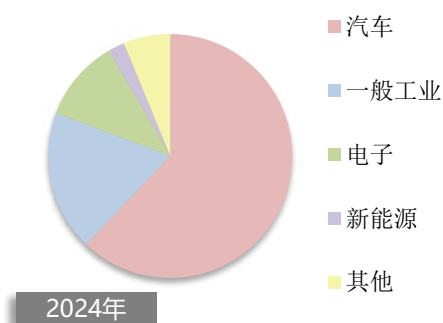
日本政府通过各种政策和计划支持机器人技术的发展，包括“日本机器人新

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。除此之外，日本也正在推动协作机器人的应用。

2024 年，日本成立机器人产业基础技术合作创新伙伴关系组织(Robo CIP)，旨在帮助该国 350 万家中小企业更便宜地引入机器人和协作机器人，计划使中小企业引入机器人的成本降低 60%。

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 46 2024 年日本协作机器人销售规模-分行业（单位：千台）



数据来源：MIR DATABANK

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 46 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。

日本龙头汽车及部件厂商丰田、爱信等在自己的生产线上批量使用 JAKA 协作机器人，以提升生产效率。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。ALPHA Corporation 在群马工厂的关键切割生产线部署优傲 UR3 和 UR5 协作机器人后，汽车钥匙成型工艺生产效率提高大幅提高。丰田汽车北海道工厂利用优傲协作机器人改进差速小齿轮装载过程的生产设施，运行速率得到提高。日本 SUS 公司通过部署 ABB YuMi 双臂协作机器人，克服了劳动力短缺问题。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 16 韩国代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车整车	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。

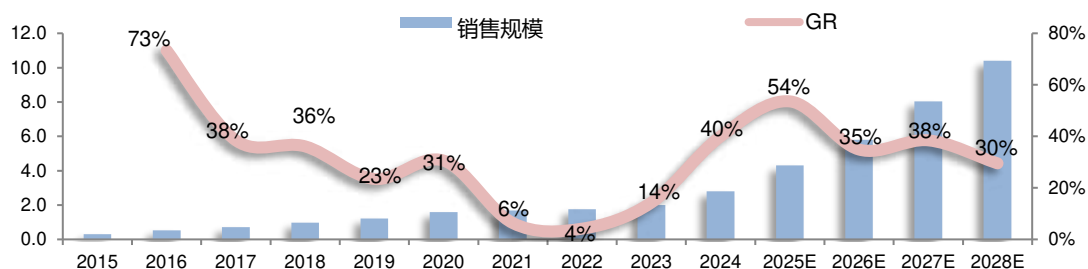
智能工厂支持设立专项投资项目：2024 年，政府和私人部门将联合对制造业内的 26 个项目投资 3.7 万亿韩元（约 2.6 亿美元），用于应用人工智能技术，其中政府将在未来四年贡献 190 亿韩元。2025 年，产业通商资源部计划到 2028 年投入 1400 亿韩元，在 10 个产业园区推进人工智能转型项目，每个联盟在 3 年半内可获得 140 亿韩元的资金支持。

聚焦重点行业：2025 年，产业通商资源部将投入约 2600 亿韩元用于增强韩国造船业竞争力，推进环保船舶研发、造船业数字化转型和自主航行船舶建造，其中在船舶建造工程数字化转型领域投入约 700 亿韩元。

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 47 2015-2028 年韩国协作机器人销售规模及预测（单位：千台）

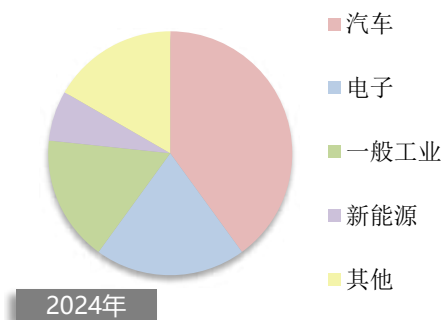


数据来源：MIR DATABANK

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。2024 年 1 月，韩国政府发布了《第 4 期智能机器人基本计划 (2024 - 2028)》，提出了面向 2030 年的机器人产业发展蓝图。该计划以“打造引领全球市场的 K-机器人经济”为愿景，确立了三大核心战略方向：①提升机器人三大核心竞争力；②扩大全球市场中的 K-Robot 输出；③构建机器人产业友好型基础设施。韩国政府计划到 2030 年通过政企协作，投入超过 3 万亿韩元的资金，推广普及 100 万台高端机器人。通过实现这一目标，韩国不仅希望催生出以机器人为基础的新型商业模式，还期待全面提升产业与社会的整体生产力。

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 48 2024 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 48 所示）。目前，韩国的汽车、电子、船舶制造行业均有批量化使用协作机器人。现代、起亚、三星、LG 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，韩国船舶制造产业正在积极引进协作机器人进行柔性生产。最为代表的就是 HD 现代集团旗下的 HD 现代三湖重工。目前 HD 现代三湖重工已与 Rainbow Robotics、UR、NEUROMEKA 等多家协作机器人品牌展开合作。计划到 2030 年实现“智能自主运营造船厂”的目标，届时生产效率有望提高 30%、部分在建船舶的工期将大幅缩短 30%。其自动化创新中心还规划建设专门的机器人测试培训设施，构建以非熟练工人为基础的生产系统。韩国协作机器人领军企业 NEUROMEKA 与 HD 现代三湖重工密切合作，为其供应专门用于船舶分段焊接的“OPTi”系列协作机器人，并参与“高难度船舶分段生产工艺 AI 自主制造系统开发”国策课题，研发轻量协作机器人等。韩华海洋也计划斥资 2 亿多美元将机器人自动化率从 10% 左右最高提升至 70%。

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 17 东南亚代表产业及厂商

产业	代表厂商	分布地区
汽车整车	本田、丰田、比亚迪、长城	泰国
电子	三星、LG、歌尔、京东方、立讯、伟创力	越南、泰国
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，日本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。

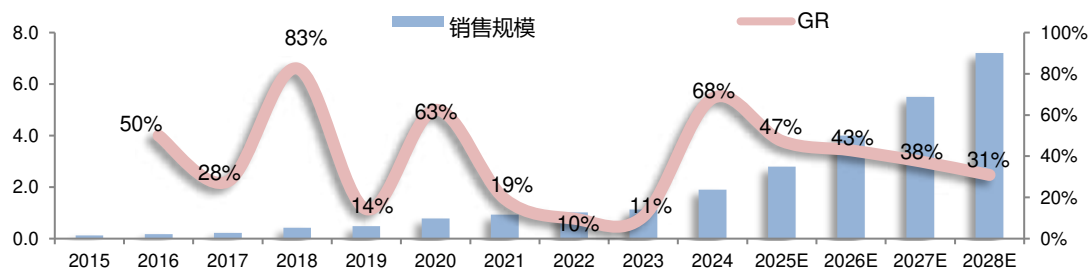
东南亚各国政府出台税收优惠等政策，吸引外资在当地建厂投资，通过额外的税收优惠，激励自动化设备和机器人的应用与生产。以泰国为例，在当地组装、装配机器人或自动化设备的项目，投资者将享受五年的企业免税；在 EEC（泰国

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 49 2015-2028 年东南亚协作机器人销售规模及预测(单位:千台)

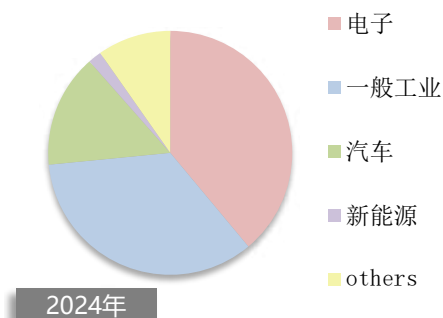


数据来源: MIR DATABANK

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。

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。

图 50 2024 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、汽车制造产业转移,在泰国、越南迅速

渗透（如图 50 所示）。一般工业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。此外，新加坡、马来西亚正跃升全球半导体新枢纽，协作机器人广泛应用于半导体晶圆盒搬运及后道封测上下料。

泰国东海岸工业经济区知名汽车零部件供应商 SFT 产业园区内，全球领先的 5G 技术供应商以及泰国知名电信运营商强强联合、共同建设的东南亚第一座 5G 智能工厂正式投入运营。园区内使用了大量的工业机器人、协作机器人以及移动机器人，为泰国以及东南亚区域的现代化智能工厂建设树立了标杆。

7. 印度

7.1 制造业分布

2024 年印度 GDP 总量达到了 38066 亿美元，以美元计算，比 2023 年增长 6.7%。印度多年的 GDP 在世界排名第五，仅次于美国、中国、德国、日本，超过了原来的宗主国英国。

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 18 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，在 2024 年 4 月至 2025 年 3 月这一财年期间，印度汽车零部件行业营业额同比增长 9.6%，达到约 802 亿美元（以当时汇率换算成卢比后，金额相当可观）。印度零部件供应同比增长 8.7%，达到约 5.6 万亿卢比，而出口同比增长 6.2%，达到 225 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，这也反映出印度汽

车零部件行业在提升生产效率和质量方面积极拥抱自动化技术。

然而，2024 年印度制造业对 GDP 的贡献比例仅 13.2%，提升幅度较为有限。针对这一现象，政府正在计划持续推出一系列政策和计划，着重推动制造业各细分领域尤其是高附加值制造业的现代化发展，力求提升印度制造业在全球产业链中的竞争力，期望吸引更多外资投入，扩大制造业规模，创造更多就业岗位，以改变制造业在 GDP 中占比偏低的现状。

“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。2024 年印度大选前夕，政府承诺加快基础设施建设和升级，再提将印度打造成“全球制造业强国”的目标，并推出聚焦电子制造业的专项“生产关联激励”计划，着重推动本土电子制造业发展。

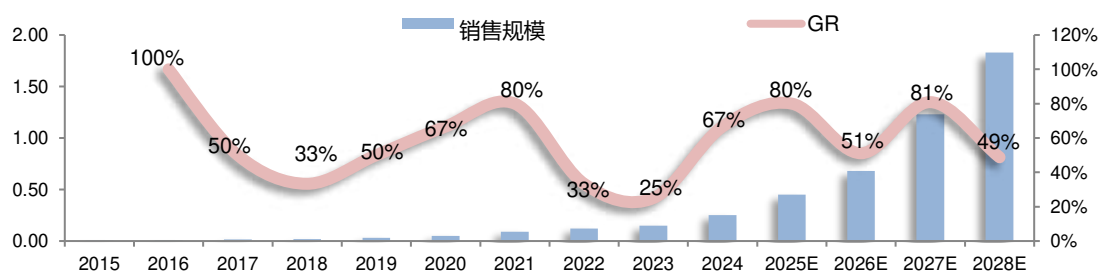
“生产关联激励”（PLI）计划：旨在通过产业政策和专项资金扶持，推动电子、汽车、光伏产品等 14 个领域的制造业企业扩大在印度国内的生产规模。

电子制造业：在 PLI 计划推动下，印度吸引了苹果、三星、富士康等巨头投资设厂，已成为全球第二大手机生产国，初步形成产业集群效应。2024 年印度电子产品出口增长 35.1%，达到 35.8 亿美元，贡献了印度制造业出口增量的 40%。

制药行业：PLI 计划为印度制药行业注入增长动能，推动印度从“世界药房”向“创新高地”转型，产业链本土化有所加速，原料药国产化成效初显。2024 年，印度药品和医药技术出口额跃升至全球第四位，仿制药占据全球市场约 20% 的份额。

7.3 协作机器人市场情况

图 51 2015-2028 年印度协作机器人销售规模及预测（单位：千台）

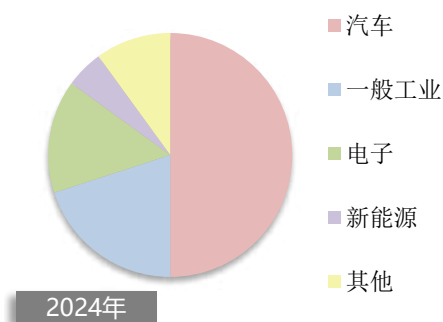


数据来源：MIR DATABANK

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 Systemantics 推出 6-10kg 级 SCARA/六轴协作机器人，价格约为进口品牌的 70%。Addverb 公司推出了 Trakr 辅助狗机器人和医疗协作机器人 Heal，已在阿波罗医院、Flipkart 仓库落地。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。此外印度也正在建设协作机器人相关产业链及周边配套企业，本土供应链逐步成型，泰米尔纳德邦、卡纳塔克邦已出现减速器、末端执行器、控制器本地代工。

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 52 2024 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

汽车及零部件、电子、两轮车、制药、食品饮料是当前用量最大的五大细分行业，各邦在电子、汽车、制药园区建设中预留“协作机器人示范线”，降低中小企业试用门槛。

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、简单易用完好的解决了产线节拍超时问题，提高生产效率。Craft & Technik Industries（汽配中小企业）导入 UR 协作机器人负责 CNC 上下料与在线称重分拣，产能提升 15-20%。

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：协作机器人应用发展趋势

一、 协作机器人应用定义

经过多年的技术积累与验证，无论是传统的工业领域市场还是近期发展迅速的非工业领域市场中，越来越多的协作机器人相关技术快速地完成着从实验室阶段向实际应用阶段的落地进程。

在工业制造领域，随着协作机器人技术的持续突破与解决方案的迭代升级，其应用场景呈现出阶梯式拓展的特征，可系统划分为三大发展阶段：第一阶段为基础应用层，主要涵盖搬运、码垛、上下料等标准化、重复性劳动场景，通过替代人工完成高频次、规律性作业实现生产效率提升。第二阶段为进阶应用层，协作机器人聚焦于组装、测试、熨烫、锁螺丝等需精密操作与流程配合的环节，协作机器人凭借高精度控制与灵活部署优势，显著优化产品质量与工艺稳定性。第三阶段则是高难度应用层，该阶段协作机器人逐步适用于一些高柔性应用场景，涉及曲面涂胶、打磨、焊接、喷涂、柔性线束插拔等高复杂度任务，此类场景对机器人的动态路径规划、力控精度及环境自适应能力提出严苛要求。当前，协作机器人的实际应用仍以基础层与进阶层场景为主，两者凭借技术成熟度高、部署成本可控等优势，占据市场应用的主导地位。展望未来，随着机器视觉、力控传感、AI 算法等核心技术的深度融合，协作机器人将加速向高难度、高附加值的生产环节渗透，助力工业制造向智能化、柔性化方向纵深发展。

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。协作机器人的应用边界正持续突破工业制造的固有范畴，加速向具身智能平台、教育、医疗、商业、农业等多元领域延伸，成为驱动多行业创新变革的核心力量。

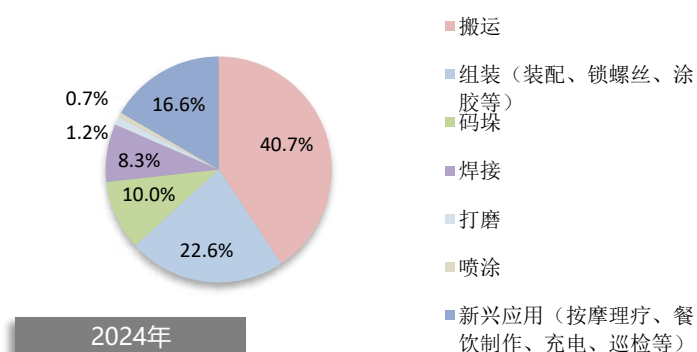
二、 协作机器人应用发展趋势

1. 协作机器人应用呈现垂直化、工艺化、多样化趋势

近两年，协作机器人（Cobots）的应用模式正经历新的变革，逐步从“通用型应用+非标定制化”的 1.0 阶段，迈向“应用工艺化+标准化”的 2.0 时代。早

期，由于协作机器人应用场景较为单一，所以在单一行业或客户难以快速上量。各协作厂商为了快速占领市场而选择向多行业多客户销售产品。而不同细分行业甚至同一细分行业的不同客户的生产流程都具备较大差异性、工艺需求较为复杂，协作机器人多采用 case by case 的非标定制方案，虽然能精准适配需求，但存在开发周期长、成本高昂、难以快速复制推广等弊端。如今，随着行业认知深化与技术成熟，针对不同细分领域的核心应用场景，开发兼具标准化模块与可定制功能的工作站成为主流趋势，如：码垛工作站、机床看护工作站、检测工作站、焊接工作站、智能咖啡机、智能按摩机等。

图 53 2024 年中国协作机器人销售规模-分应用（单位：千台）



2023 年以前，协作机器人搬运应用长期占据市场 50% 以上的份额。协作机器人被质疑在工业场景是否只能胜任简单重复的搬运应用，其市场主战场是否不是工业领域而是想象空间更大的非工业领域。2023-2024 年，国产协作机器人厂商纷纷加速强化工艺包，突破复杂工艺瓶颈，推出可以用于组装、焊接、码垛等场景的工艺型协作机器人工作站，并得到终端客户的认可，在垂直细分领域快速渗透。如图 53 所示，2024 年工艺型应用市场份额已超过搬运，且仍在加速增长中。

- ① **焊接工作站：**焊接技术是工业制造过程中非常重要的工艺，一般来说，只要有金属材料加工的地方就会用到焊接工艺。但是，焊接作业也是一份“辛苦差事”，手工焊接需要焊工师傅长时间保持站、趴、蹲、卧等操作姿态，还要应对焊花飞溅、闷热的工作环境。此外，焊工平均年龄逐年增长，年轻一代逐渐“逃离”工作强度大、作业环境差、对身体有危害的焊接工种，年龄断层较为严重。目前 70% 的焊接场景是工业机器人未渗透且不易覆盖的，其中包含大量带着“非标”“柔性”等属性的场景，协作机

机器人具备较大覆盖优势。目前，协作机器人不仅可以实现拖动示教焊接轨迹路径、模块化编程等便捷操作，在工艺上也可以较好实现多层多道焊、摆焊、包角焊、圆弧焊、焊缝跟踪、断弧重起等复杂功能。因此借助操作简单、柔性灵活的协作机器人进行自动化焊接作业，可以有效解决熟练焊工短缺、焊接质量一致性难以保证等问题，助力企业实现降本增效、产线升级。

图 54 协作机器人焊接工作站



- ② **一体式拧紧工作站：**打螺丝作为工厂装配环节非常重要和普遍的工序之一，其装配工艺和效率直接影响整个流水线的生产力。目前装配生产线的打螺丝工序大多需手动操作，工作量大，而人工锁螺丝存在工作强度大、招工难及锁付良率低等问题：一个电子产品的不同部件需要装配多颗螺丝，不同部件的不同位置需要装配多颗螺丝。工人在长时间、高强度的工作压力下，很容易出现产品的螺丝漏锁及锁不到位的问题，最终流到客户手中，也会给公司造成直接和间接的损失。将协作机器人应用于打螺丝，可精准对位螺丝并锁紧，避免人工漏打、打歪等情况，解决人工锁螺丝效率低、且难以保证产品一致性的问题，保障工艺质量，协作机器人拧紧工作站已在 3C 电子、汽车零部件等行业实现批量应用。

图 55 协作机器人一体式拧紧工作站



- ③ **码垛工作站：**中小型食品饮料以及日化品终端企业具有较为典型的特征。这些企业的产线自动化程度普遍偏低，尤其是在后道码垛环节，大多仍采用人工搬运的传统方式。一方面，人工搬运效率低下，难以满足企业日益增长的生产规模需求；另一方面，人工成本的不断攀升也给企业带来了沉重的负担。同时，老旧产线在自动化柔性码垛方面存在诸多不足，难以适应产品多样化、订单小批量多批次的市场新趋势，因此这些老旧产线对自动化柔性码垛改造有着强烈且迫切的需求，协作码垛机器人较好的解决了这些难题。主流机器人厂商敏锐捕捉到了码垛行业蕴含的巨大应用潜力，纷纷加大研发投入，推出 20kg 及以上负载的机型，将各类码垛工艺如旋转交错式码垛、重叠式码垛、纵横交错式续码、正反交错式码垛等融入机器人工艺包，开发专用的协作机器人码垛工作站，明确将目标瞄准码垛行业市场，期望在这片新兴市场中占据一席之地。

图 56 协作机器人码垛工作站



- ④ **机床上下料工作站：**在机加工行业中，工件的上下料工序占据了很大一部分工作量，此工序属于典型的繁重、重复性高的工作，且对精度有一定的要求。手动上下料需要大量人工操作，效率较低，人工成本高。传统的机

床上下料方式存在误差，往往靠人工的技术水平和经验进行操作。而采用协作机器人进行自动化操作可以有效地规避这些误差，保证加工质量，提高产品质量。目前，机床上下料工作站多采用可移动复合机器人的方案，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。

图 57 协作机器人机床上下料工作站



2. 协作机器人具身智能领域应用发展

在当前技术迭代与产业需求双重驱动下，协作机器人具身智能相关应用正处于快速演进的关键阶段。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，尤其适合具身智能应用快速落地。工业制造作为具身智能的先行应用领域，未来将持续深化拓展。在汽车制造、电子制造等传统优势行业，协作机器人将从单一的装配、搬运任务向全流程的柔性制造渗透。同时，具身智能机器人除渗入工业场景外，将加速向教育、商业、物流、家庭服务、智慧养老等新兴领域拓展。下面将列举协作机器人在具身智能领域的主流案例：

工业领域

● 具身工业智能柔性产线

案例
照片



导入
背景

传统的工业生产线在面对多样化、个性化的产品需求时，往往显得灵活性不足，效率不高。

痛点
描述

- 1. 工业生产线需要处理多种型号关节，分拣任务复杂，人工操作效率低下，且容易出错。
- 2. 工业环境中的物料转运和加工环节需要高精度和高速度，传统方法难以满足这些要求。

方案
优势

全流程具身智能工具链：
提供完整工业场景具身智能工具链，涵盖自动数据采集、大规模合成、基座模型训练与自动化部署全流程。

高精度双臂协同操作：
搭载 7 自由度高精度双臂系统，支持协同操作，1ms 通讯频率高速响应，±0.05mm 重复精度精准定位，具备 20 自由度全域覆盖能力，适用于人机协作场景。

多元感知与动态避障：
集成 360° 激光雷达、4 路 AI 视觉及双六维力控传感，实现毫秒级多源感知与动态避障，适应复杂环境。

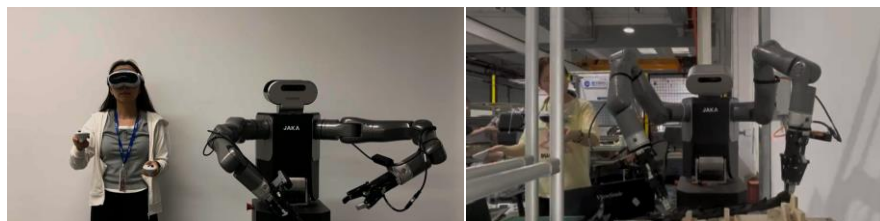
快速部署，开箱即用：
采用一体式底盘-手臂-感知架构，支持快速部署与开箱即用，具备 3D 合成数据训练和强化学习功能。

成效
概述

通过高精度双臂协同操作和多源感知技术，实现了对多种型号关节的精准分拣和转运，提升了生产效率和产品质量。完整的具身智能工具链支持，使得生产线能够快速适应市场变化，提高了企业的竞争力和市场响应速度。快速部署和自动化集成能力，使得生产线的升级改造更加灵活和高效，降低了实施难度和成本。

● JAKA K1W 工业级智能机器人遥操作数采

案例 照片



导入 背景

JAKA K1W 工业级智能机器人通过遥操作数采流程，实现了对机器人的高效远程控制 and 数据采集，提高了生产效率和灵活性。

痛点 描述

1. 工业机器人操作过程中，人工干预效率低下，且容易出错。
2. 传统数据采集方法耗时长，难以实现实时监控和调整。
3. 缺乏灵活的遥操作方案，难以适应多变的生产环境和任务需求。

方案 优势

高精度双臂协同操作

搭载 7 自由度高精度双臂系统，支持协同操作，1ms 通讯频率高速响应， $\pm 0.05\text{mm}$ 重复精度精准定位，适用于人机协作场景。

兼容性强

原生兼容 MuJoCo、NVIDIA Isaac Sim 等主流仿真平台，支持从数据采集、算法仿真到实物部署的“虚实融合”全流程，整机支持与大模型平台对接和二次开发，适用于配送、分拣、人机交互等多种智能机器人应用场景。

成效 概述

引入 JAKA K1W 工业级智能机器人后，制造企业的生产效率显著提升，产品质量和一致性得到保障。通过遥操作数采流程，实现了对工业机器人的远程控制和数据采集，提高了生产灵活性和响应速度。快速部署和自动化集成能力，使得生产线的升级改造更加灵活和高效，降低了实施难度和成本。

● JAKA K1 双臂机器人物流分拣

案例 照片



导入 背景

随着电子商务的快速发展，物流行业面临着日益增长的订单量和对分拣效率的更高要求。传统的人工分拣方式效率低下，且容易出错。为了提高分拣效率和准确性，物流行业开始寻求自动化和智能化的解决方案。

痛点 描述

1. 人工分拣效率低，难以应对高峰期的订单量
2. 人工成本高，且存在人为错误的风险
3. 需要一种能够快速识别包裹信息并进行准确分拣选的自动化解决方案

方案优势	端到端数据分拣
	JAKA K1 双臂机器人通过先进的视觉系统和智能算法，能够实现从包裹识别到分拣的全流程自动化，提高分拣效率和准确性。
	多模态识别能力
	机器人能够识别多种信息，适应不同的物流场景和需求。
成效概述	灵活性和适应性
	机器人可以根据不同的分拣任务和环境进行快速调整和部署，提高生产线的灵活性。
	效率提升：JAKA K1 双臂机器人的应用使得物流分拣效率显著提升，能够快速响应订单需求，缩短分拣时间。准确性提高：机器人的高精度视觉系统和智能算法确保了分拣的准确性，减少了错误率。成本降低：自动化分拣解决方案减少了对人工的依赖，降低了人力成本和因错误导致的额外成本。

非工业领域

● Lumi 智慧零食小站

案例照片	
导入背景	随着人们生活节奏的加快和消费习惯的改变，传统便利店的运营模式面临着诸多挑战，如人力成本增加、服务效率难以提升、顾客体验不够个性化等。
痛点描述	- 便利店需要在有限的空间内提供多样化的商品，但传统的货架管理和商品补货方式效率低下，容易出现缺货或积压的情况。 - 顾客在选购商品时，往往需要花费较多时间寻找自己想要的商品，影响购物体验。 - 便利店的营业时间较长，尤其是在夜间或非高峰时段，人力成本较高，但顾客流量却相对较少。
方案优势	高效智能，提升购物体验 JAKA Lumi 智慧零食小站通过激光雷达实时构建环境高精度地图，借助差速移动底盘自主导航至目标区域，集成深度视觉相机与 AI 大模型，实现对多种商品的精准识别与定位，30 秒内即可完成“寻货-抓取-递送”的闭环，大大提升了顾客的购物体验。机器人能够识别多种信息，适应不同的物流场景和需求。
成效概述	灵活适应，降低运营成本 该设备具备 6 自由度协作机械臂、360° 激光 SLAM 移动底盘、可升降模块及多类传感器，系统开箱即用，可快速适应多种复杂场景任务，减少对人力的依赖，降低运营成本。
	JAKA Lumi 智慧零食小站的引入，使便利店的运营效率得到了显著提升，商品补货更加及时，缺货情况大幅减少，顾客满意度显著提高。通过智能化的购物流程，顾客能够快速找到并获取自己想要的商品，购物时间大幅缩短，便利店的客

流量和销售额也随之增加。设备的自动化操作减少了对人力的依赖，降低了便利店在人力成本方面的支出，尤其在夜间或非高峰时段，运营成本得到有效控制。兼容性强的特点使得便利店能够根据自身需求进行二次开发和应用拓展，为未来的智能化发展提供了广阔的空间。

● JAKA Lumi 语音交互具身教育平台

案例
照片



导入
背景

随着人工智能技术的快速发展，教育领域对创新教学方式的需求日益增长。传统的教育模式难以满足学生对具身智能技术的实践和体验需求，而语音交互具身教育平台的出现，为教育领域带来了新的机遇和挑战。

痛点
描述

1. 传统教育模式中，学生对人工智能技术的理解和应用能力有限，缺乏实践机会，难以将理论知识与实际操作相结合。
2. 教育资源分配不均衡，一些学校和教育机构缺乏先进的教学设备和技术支持，无法为学生提供高质量的人工智能教育。

方案
优势

实践性强，提升综合能力

该平台具备路径规划、视觉定位、柔性抓取和语音交互等功能，学生可以通过实际操作，深入了解人工智能技术的应用和原理，提升动手能力和创新思维，培养综合实践能力。

兼容性强，拓展应用广泛

平台支持与多种主流仿真平台和大模型平台对接，可进行二次开发和应用拓展，满足不同教育场景和教学需求，为教育机构提供了灵活的教学解决方案。

成效
概述

1. 语音交互具身教育平台的引入，使教育机构能够为学生提供更加丰富和生动的人工智能教育体验，激发了学生对人工智能技术的学习兴趣和探索欲望。
2. 学生通过实践操作，深入理解了人工智能技术的应用和原理，动手能力和创新思维得到了显著提升，为未来的学习和职业发展奠定了坚实的基础。
3. 平台的兼容性强和可拓展性，使教育机构能够根据自身需求进行定制化开发和应用拓展，提高了教学资源的利用效率，降低了教学成本。
4. 该平台的广泛应用，促进了人工智能教育的普及和发展，为培养更多适应未来社会需求的创新型人才提供了有力支持。

值得关注的是，协作机器人的应用边界正从传统工业场景向非工业领域拓展。智能咖啡工作站搭载标准化的机械臂操控系统，既能执行通用的咖啡制作流程，又可根据用户口味偏好定制萃取时间、奶泡比例；智能按摩工作站通过标准化的机械传动与压力反馈模块，结合用户体型数据和按摩需求，提供个性化的按摩方案；电车机无人充电站通过机械臂+视觉传感器+定制化充电枪并与汽车智驾配合，

让新能源汽车无人化充电得以实现。这些标准定制化工作站，通过“共性模块复用+个性需求开发”的模式，在保障专业性与高效性的同时，显著降低部署成本与时间，正成为协作机器人行业规模化发展的新引擎。同时，也使得协作机器人在非工业市场的应用进一步普及。未来协作机器人应用模式尤其是面向非工业领域的相关应用将会更加丰富化、多样化，从而加速协作机器人市场的发展。

表 19 协作机器人新兴应用场景

行业	细分场景
大健康	康复护理、复健、按摩、艾灸等
电力	设备及电站巡检、配电柜分/合闸、开关柜倒闸等
餐饮	咖啡制作、面食制作、冰激凌制作等
畜牧业	动物打针、挤奶、饲喂、清扫等
农业	果蔬采摘、收割蔬菜、喷农药等
教育	实训工作站、实训平台等
展示表演	跳舞、写毛笔字、打乒乓球等
交通	电动汽车充电、车辆除尘、轮胎检测等
建筑	墙体粉刷、混凝土喷射、擦玻璃等
特种行业	探测、拆卸设备、排爆
其他	自动清洁、智慧档案管理等

第六章：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，具身智能的发展，为协作机器人的进化提供了强大的助推力。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，让协作机器人朝着智能体快速进化。同时，协作机器人通过自身的核心技术要素与特点，也正在成为具身智的底层技术底座。

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。

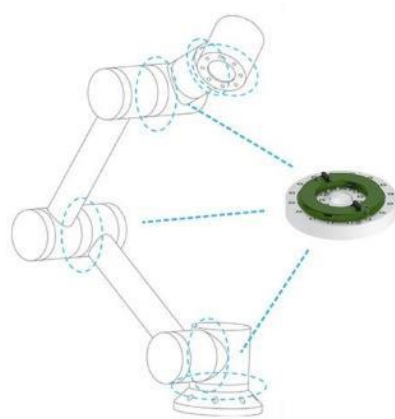
碰撞检测是确保协作机器人安全运行的关键技术之一，它通过不同的方法来监测和预防机器人在操作过程中可能发生的碰撞。这项技术包括基于传感器的碰撞检测和基于无传感器的碰撞检测，主流方案有“电流环（无传感器）方案”、“力扭矩传感器方案”。

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。

- ③ “**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 58 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 58 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 59）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 60）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 59 协作机器人图形化编程



图 60 协作机器人拖动示教



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。

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的较高的“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 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、 具身智能技术融合

具身智能的核心诉求在于让智能体通过物理载体与真实环境实现“感知-决策-行动”的闭环协同，而协作机器人作为具身智能在工业、服务等领域的核心物理载体，其能否精准理解环境、灵活适配任务、安全协同人类，完全依赖于其底层技术的支撑。

其中，运动控制算法、力控算法、多模态感知技术，是协作机器人核心三大底层技术。运动控制算法决定了其运动的准确性与流畅性，力控算法决定了协作机器人行动的精度与柔性，多模态感知技术则赋予了其感知环境的广度与深度，三者的深度融合不仅满足了具身智能对“物理交互”的基础要求，更推动协作机器人从“程序化执行”向“自主化决策”演进，构筑起具身智能落地的核心技术底座。

1. 运动控制算法：具身智能物理行动的“基石”

具身智能的“行动闭环”首先依赖于协作机器人实现精准、稳定、灵活的运动控制。运动控制算法通过对机械臂关节电机的精确调控，将上层决策转化为符合任务要求的轨迹与动作，是协作机器人完成各类物理操作的前提。现代协作机器人的运动控制算法通过融合轨迹规划、动力学建模与运动优化技术，实现了“高精度、高响应、高柔性”的运动能力，成为具身智能物理载体的“行动骨架”。

轨迹规划是运动控制的核心环节，负责根据任务需求生成机械臂各关节的运动轨迹。针对具身智能的动态场景需求，主流算法可分为“关节空间规划”与“笛卡尔空间规划”两类。关节空间规划直接在关节角度空间内生成轨迹，通过多项式插值、样条曲线等方式，确保关节运动的平滑性与连续性。例如在协作机器人搬运工件时，该算法能避免关节启停时的冲击，保障运动稳定性；笛卡尔空间规划则在三维直角坐标系内规划末端执行器的运动轨迹，可精确控制末端的位置

置、姿态与运动速度，如在精密装配中，能让机械臂末端按照预设的直线或圆弧轨迹精准移动，满足“毫米级”的操作精度要求。此外，为适配具身智能的动态环境，**在线轨迹重规划算法**应运而生：当多模态感知系统检测到环境障碍（如突然出现的工人或障碍物）时，算法可在毫秒级时间内重新计算避障轨迹，无需中断任务即可完成路径调整，这一动态响应能力正是具身智能应对复杂环境的关键。

协作机器人的机械臂通常由多个关节组成，多轴协同控制算法通过同步调控各关节的运动节奏，实现复杂的整体动作。例如在拧螺丝任务中，需要机械臂末端同时完成“平移靠近”与“旋转拧紧”两个动作，多轴协同算法通过协调各关节的运动速度与相位，确保两个动作同步衔接；在人机协作场景中，该算法能根据人类的动作速度实时调整机械臂的运动节奏，实现人机同频的柔性配合。这种多维度动作协调能力，让协作机器人能够完成类似人类肢体的复杂操作，是具身智能拟人化行动的核心支撑。

2. 力控算法：具身智能物理交互的“执行中枢”

具身智能强调通过身体感知世界，而协作机器人与物理世界的直接交互载体是机械臂的末端执行器，力控算法则是确保这一交互“精准、安全、柔性”的核心技术。传统工业机器人依赖位置控制，仅能按照预设轨迹运动，无法应对环境中的微小变量，而力控算法通过实时感知和调节机械臂与环境、工件、人类之间的接触力，让协作机器人具备了类似人类肢体的触觉反馈与自适应调节能力。

从技术原理来看，协作机器人的力控算法主要分为“阻抗控制”“力/位混合控制”“自适应力控制”三大类，分别对应具身智能在不同交互场景下的需求。阻抗控制通过建立机械臂末端的刚度模型，模拟人类肌肉的弹性特性——例如在电子元件装配中，当机械臂接触到电路板时，阻抗控制会自动降低末端刚度，避免因用力过大损坏元件，这种柔性响应正是具身智能对物理交互的核心要求；力/位混合控制则在复杂任务中实现力与位置的协同调节，比如在汽车座椅安装过程中，机械臂需要精准控制螺栓的拧紧位置（位置控制），同时严格把控拧紧力矩（力控制），算法通过实时融合位置参数与力传感器数据，确保两个维度的参数同步达标，实现到位且精准的交互效果；自适应力控制则针对动态变化的场景，通过机器学习实时调整力控参数——在水果采摘中，不同成熟度的果实硬度存在差

异，算法能根据第一次接触的力反馈，自动适配后续采摘的力度，这种自主适配能力直接呼应了具身智能的“环境交互智能化”诉求。

3. 多模态感知技术：具身智能环境认知的“感知网络”

具身智能的前提是理解环境，而协作机器人对环境的认知依赖于多模态感知技术构建的全方位感知网络。与单一传感器相比，多模态感知通过融合视觉、触觉、听觉、力觉、位置等多维度传感数据，让协作机器人像人类一样综合判断环境信息，从而突破单一感知的局限性，为上层 AI 决策提供全面、可靠的输入。

感知技术一直以来是机器人产品接受外部信息的方法手段，是实现机器人产品与人、环境、设备间交互的核心技术领域之一。区别于传统工业机器人，由于通常协作机器人的使用环境更为复杂，与人互动的需求更高，如何使机器人产品在交互方面更符合人的自然交互习惯将成为行业技术发展的重要课题。这就意味着更多更新的技术融合在协作机器人产品的感知技术领域中，以便尽可能全面的接受信息。

单一模态的感知存在天然局限性，视觉感知易受光照、遮挡影响，力觉感知难以识别非接触式的环境变化，而多模态数据融合技术通过算法将不同传感器的信息进行互补、校正、整合，大幅提升感知的可靠性与准确性。在协作机器人的技术架构中，多模态融合分为“数据层融合”“特征层融合”“决策层融合”三个层次：数据层融合直接对原始传感数据进行整合，例如将 3D 视觉的点云数据与力传感器的实时力数据进行时空对齐；特征层融合则从各模态数据中提取关键特征（如视觉的形状特征、力觉的力度特征），通过神经网络进行特征匹配；决策层融合则基于各模态的独立决策结果，通过投票、加权等方式输出最终认知结论。

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. 2024-2025 年全球协作机器人及具身智能主要相关事件梳理

	厂商名称	市场动态
1	JAKA 节卡机器人	2025 年 9 月，JAKA EVO 多模态感知驱动的工业具身智能平台发布，突破多项行业痛点，属于 AI+工业智能机器人操作系统，实现从点位编程到作业能力泛化，是“下一代工业智能核心能力”的技术底座，可赋能工业现场从任务开发到实机运行全流程提效。
		2025 年 7 月，集中发布 JAKA K1 双臂人形、K1W 轮式人形及 K1L 足式人形等多形态具身智能产品，标志着其在具身智能领域的战略布局实现阶段性进阶。
		2025 年 6 月，节卡机器人作为牵头起草单位，主导制定的国家标准 GB/T 45579-2025《机器人智能化视觉评价方法及等级划分》正式获批发布。
		2025 年 5 月，节卡机器人发布 JAKA Lumi 具身智能平台，覆盖商业零售、科研教育、生物化学等多领域需求。
		2025 年 5 月，JAKA 推出 JAKA AL 系列，主要面向 CNC 机床上下料、视觉检测等场景。
		2025 年 5 月，节卡机器人与卧龙电驱集团、欣奕华等不同行业龙头企业签署战略合作协议。
		2025 年 4 月，JAKA 推出 JAKA Zu30，主要面向重物搬运、码垛、大扭矩拧紧等应用场景。
		2025 年 1 月，节卡机器人正式启用节卡机器人创新园区；节卡机器人与均普智能（688306.SH）签署全球战略合作协议，共同推动新一代智能机器人技术革新及应用场景建设，赋能全球工业智变升级。
		2024 年 12 月，节卡机器人推出的“面向车灯柔性制造的新型螺丝锁付解决方案”成功入选工信部 2024 年度智能制造系统解决方案“揭榜挂帅”项目名单；节卡机器人入选符合《工业机器人行业规范条件(2024 版)》的企业名单(第一批)。
		2024 年 11 月，节卡机器人“协作机器人汽车车灯行业中的柔性应用”入选《2024 年度上海市智能机器人标杆企业与应用场景推荐目录》。
		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 MAX40 工业协作机器人和 JAKA K1 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, JAKA 在德国汉诺威工业博览会上展示了其最新产品 JAKA Zu20, 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 Zu20, 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。
2	Universal Robots 优傲机器人	2025 年 5 月, Universal Robots 推出 UR15 (UR30、20 同系列), 可实现 TCP 速度 5 米/秒。
		2024 年 11 月, Universal Robots 推出中国定制款机型: UR7e、UR12e。
		2024 年 8 月, 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, 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, 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。
3	Neuromeka 纽禄美卡	2025 年 4 月, Neuromeka 获全球第三大机床企业 DN Solutions 50 亿韩元融资。
		2025 年 1 月, Neuromeka 与造船企业 HD 现代三湖一起入选了产业通商资源部主管的“高难度船舶曲形分段生产工艺的 AI 自主制造系统开发”国家项目。
		2024 年 11 月, 成功获得浦项控股 (POSCO Holdings) 100 亿韩元投资。
		2024 年 8 月, 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, 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, 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。
4	ABB	2025 年 7 月, ABB 推出中国市场定制的高速协作机器人系列 PoWa 系列, 聚焦高增长的通用工业、消费品制造及电子制造行业需求。
5	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。

6	Doosan Robotics 斗山机器人	2025 年 8 月, Doosan Robotics 以约 2590 万美元收购美国机器人系统集成与自动化工程公司 ONExia 89.59% 的股份, 并签署了股权购买协议与增资协议。
		2024 年 5 月, Doosan Robotics 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, 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、 协作机器人典型案例分析

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

4.

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。

5.

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±0.02mm。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	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

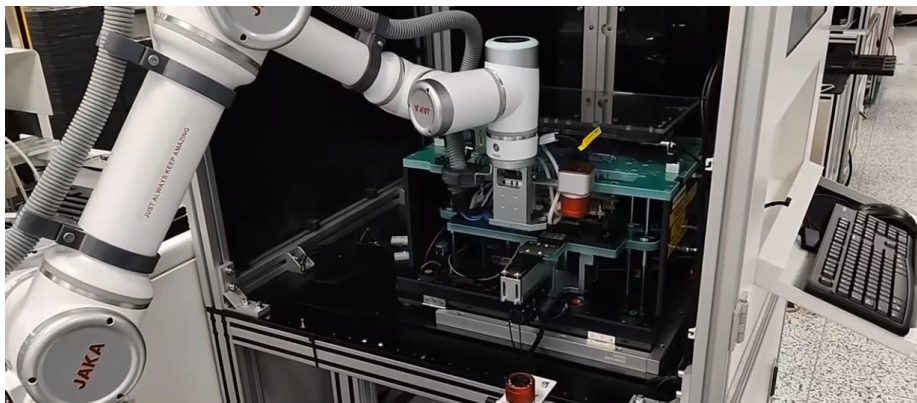
描述 度。

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。
痛点描述	1. 路径复杂，多不规则弧线。 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

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

描述 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

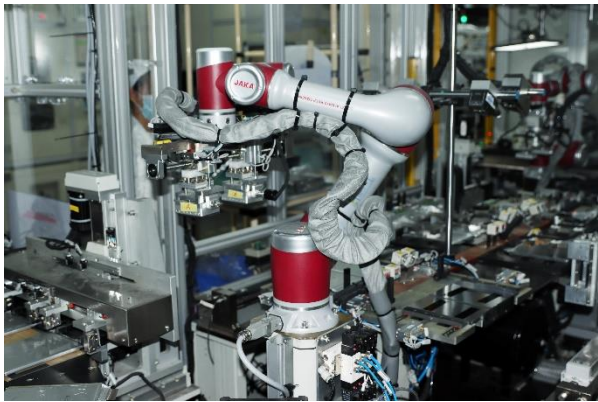
- 1. 1 台机器人替代 1 名工人，节省人力成本，减少繁琐重复工作量。
- 2. 有效提高生产效率和生产节拍，满足客户需求。
- 3. 机器人及视觉防护相机体积小、占地面积少，无需改变客户产线原有布局，落地部署快。
- 4. 无接触式视觉防护，有效保障作业安全和生产效率，实现人机协作生产。

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

- 1. 产线采用协作机器人，重复定位精度±0.02mm，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：机器人体积小巧，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

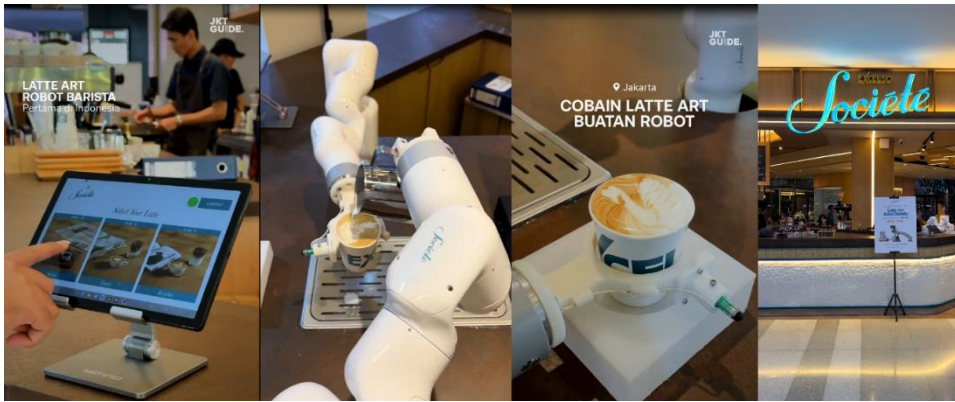
赛项一经发布就吸引了众多院校参赛，是产、学、研、用紧密融合的见证，实现教育资源与产业需求的有效对接，为中国机器人赛事的国际化发展和高技能人才的培养铺设坚实基础，推动机器人产业新质生产力跃迁。

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

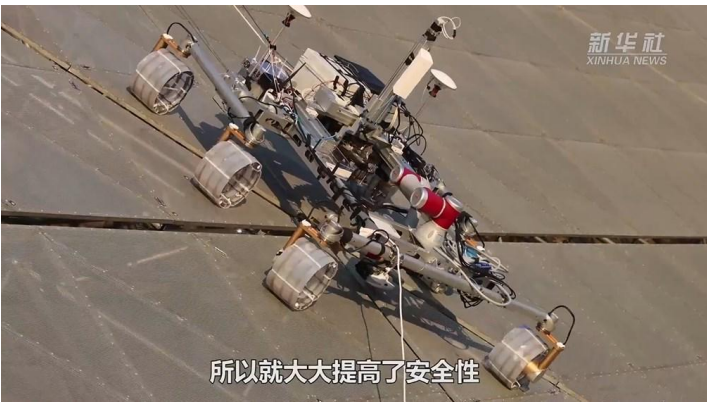
针对轨道交通巡检工作痛点，协作机器人公司与合作伙伴共同打造了轨道交通智能巡检机器人，集成节卡机器人、AGV、上视全景 2D 相机、高精度彩色 3D 相机等，在轨交股道间灵活穿梭，近距离、多角度、快速地拍摄轨交车底部件，助力智慧维保。

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“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>

