

THE BLUE BOOK OF
COBOTS INDUSTRY

2025

中国协作机器人产业发展蓝皮书



目录

| | |
|--|----|
| 第一章：协作机器人定义与概述..... | 5 |
| (一) 协作机器人概述..... | 5 |
| (二) 协作机器人分类..... | 6 |
| 1. 按结构形态划分..... | 6 |
| 2. 按关节轴数划分..... | 6 |
| 3. 按负载能力划分..... | 7 |
| (三) 协作机器人与人形机器人..... | 8 |
| 1. 什么是人形机器人..... | 8 |
| 2. 协作机器人与人形机器人之间的关系..... | 9 |
| 2.1 技术共通性 | 9 |
| 2.2 应用领域交叉 | 9 |
| 2.3 协作机器人与人形机器人的发展关系 | 10 |
| 第二章：协作机器人产业链分析..... | 12 |
| (一) 上游：核心零部件——国产化、自主化进程加速..... | 12 |
| (二) 中游：制造商——本体与配套制造商齐头共进..... | 15 |
| (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..... | 20 |
| 第三章：标准、认证及政策..... | 22 |
| 1. 协作机器人安全的意义..... | 22 |
| 2. 协作机器人技术规范与安全要素..... | 23 |
| 2.1 机器人安全标准发展历程 | 23 |
| 2.2 协作机器人安全标准解读 | 24 |
| 3. 协作机器人厂商安全方案解读..... | 25 |
| (一) 协作机器人认证解读..... | 26 |
| 1. 全球机器人认证说明..... | 26 |
| 2. 当前协作机器人厂商认证情况一览..... | 32 |
| (二) 协作机器人相关政策分析..... | 32 |
| 第四章：协作机器人市场格局分析..... | 36 |
| (一) 全球协作机器人市场分析..... | 36 |
| 1. 全球协作机器人市场发展前景广阔..... | 36 |
| 2. 协作机器人市场发展迅速，市场份额逐年攀升..... | 37 |
| (二) 中国协作机器人市场分析..... | 38 |
| 1. 中国市场高速稳步增长..... | 38 |
| 2. 中国市场格局初具雏形，但未完全定型..... | 39 |
| 3. 中国协作机器人国际竞争力大幅增强..... | 40 |
| 4. 协作机器人应用呈现垂直化、工艺化、多样化趋势..... | 41 |
| 5. 工业与非工业领域双轮驱动市场快速增长..... | 43 |
| 6. 大负载趋势持续拓宽工业领域应用..... | 44 |
| 第五章：协作机器人应用发展趋势..... | 47 |
| (一) 协作机器人应用定义..... | 47 |
| (二) 协作机器人应用发展趋势..... | 48 |
| 1. 工业..... | 48 |

| | |
|-----------------------------|----|
| 2. 非工业..... | 52 |
| 第六章：协作机器人技术现状及发展趋势..... | 57 |
| (一) 协作机器人核心技术发展现状..... | 57 |
| 1. 安全性..... | 57 |
| 2. 易用性..... | 58 |
| 3. 灵活性..... | 60 |
| (二) 新兴技术带来全新可能..... | 61 |
| 1. AI 技术..... | 61 |
| 2. AR/VR..... | 62 |
| 第七章：协作机器人典型行业应用案例分析..... | 65 |
| 1. 汽车及相关行业..... | 65 |
| ●汽车零部件：喷涂..... | 65 |
| ●汽车零部件：气密性检测与激光打标..... | 65 |
| ●汽车电子：汽车车灯涂胶..... | 66 |
| ●汽车电子：汽车车灯螺丝锁付..... | 67 |
| 2. 电子及相关行业..... | 67 |
| ●电子：CNC 设备上下料..... | 68 |
| ●电子：手机屏激光切割上下料..... | 68 |
| 3. 金属制品及相关行业..... | 69 |
| ●金属制品：船舶焊接..... | 69 |
| 4. 日化及相关行业..... | 70 |
| ●日化行业：样本全自动智能检测..... | 70 |
| 5. 锂电及相关行业..... | 72 |
| ●新能源：电池包螺丝拧紧..... | 72 |
| 6. 教育及相关行业..... | 72 |
| ●虚实联动数字孪生机器人教学平台..... | 73 |
| 7. 新零售及餐饮行业..... | 73 |
| ●机器人咖啡驿站..... | 74 |
| 8. 其他..... | 74 |
| ●特种行业：车顶无人化检修/机车车辆检修检测..... | 74 |
| ●特种行业：加油站自动加油..... | 75 |

图表目录

| | |
|---|----|
| 图 1 协作机器人产业链 | 12 |
| 图 2 精密减速器 | 13 |
| 图 3 伺服系统 | 13 |
| 图 4 协作机器人一体化关节 | 15 |
| 图 5 复合机器人方案 | 17 |
| 图 6 协作机器人视觉识别方案 | 19 |
| 图 7 认证样例：欧盟 CE-MD 认证 | 27 |
| 图 8 认证样图：美国 UL 认证 | 28 |
| 图 9 认证样图：韩国 KCs 认证 | 28 |
| 图 10 认证样图：CR 认证 | 29 |
| 图 11 认证样图：MTBF 认证 | 30 |
| 图 12 认证样图：SEMI-S2 认证 | 30 |
| 图 13 认证样图：中国国家防爆认证 | 32 |
| 图 14 2015-2028 年全球协作机器人销售规模及预测（单位：千台） | 36 |
| 图 15 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） | 37 |
| 图 16 2015-2028 年中国协作机器人销售规模及预测（单位：千台） | 38 |
| 图 17 2024 年中国协作机器人销售规模-分厂商（单位：千台） | 39 |
| 图 18 2024 年中国国产协作机器人厂商出口销售规模（单位：千台） . | 40 |
| 图 19 2024 年中国协作机器人销售规模-分应用（单位：千台） | 41 |
| 图 20 2024 年中国协作机器人销售规模-分行业（单位：千台） | 43 |
| 图 21 2024 年中国协作机器人销售规模-分负载（单位：千台） | 44 |
| 图 22 协作机器人焊接工作站 | 49 |
| 图 23 协作机器人一体式拧紧工作站 | 50 |
| 图 24 协作机器人码垛工作站 | 51 |
| 图 25 协作机器人机床上下料工作站 | 52 |
| 图 26 骨科手术机器人 | 53 |
| 图 27 手术机器人 | 53 |
| 图 28 康复护理机器人 | 54 |
| 图 29 配药机器人 | 54 |
| 图 30 艾灸机器人 | 55 |
| 图 31 变电站智能运维机器人 | 55 |
| 图 32 咖啡机器人 | 56 |
| 图 33 协作机器人“关节力矩传感器方案” | 58 |
| 图 34 协作机器人图形化编程 | 59 |
| 表 1 协作机器人对比传统工业机器人特点 | 5 |
| 表 2 协作机器人按结构形态分类 | 6 |
| 表 3 协作机器人按关节轴数分类 | 7 |
| 表 4 主流协作机器人厂商产品负载分布 | 8 |
| 表 5 全球协作机器人市场主要玩家 | 16 |
| 表 6 协作机器人周边配套的主要玩家 | 16 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 表 7 全球机器人安全标准代表事件 | 23 |
| 表 8 协作机器人代表厂商认证一览 | 32 |
| 表 9 工业机器人行业相关部门及主要职责 | 33 |
| 表 10 2021-2024 年中国工业机器人相关政策 | 33 |
| 表 11 协作机器人新兴应用场景 | 42 |

人工智能产业链联盟

版权属于MIR DATABANK，仅限智博科技内部使用，违规转发者将被追究相

第一章：协作机器人定义与概述

（一）协作机器人概述

协作机器人（Collaborative Robots）简称 Cobots。是一种被设计成可以安全地与人类进行直接交互 / 接触的机器人。

具体来讲，协作机器人是指具备内置安全功能、轻量化设计和易编程性的机器人，能够直接与人类共同完成任务，适应柔性化生产需求。国际标准化组织（ISO 10218-2和 ISO/TS 15066）对其安全标准进行了明确规定，确保人机协作时的风险可控。

其技术发展特点主要体现在易用性、灵活性和安全性三个方面。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，能在非结构化环境下与人配合，完成复杂动作和任务，成为人的合作伙伴。它结合了人的智力、灵巧性和机器的体力、力量及准确性，人机协作可完成诸如精密装配等工作，解决传统工业机器人应用的局限性。

表：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 | ① 关节圆弧边缘设计 ② 依赖主动安全技术（力矩传感器、电子皮肤等） | ① 需物理隔离（安全围栏） |
| 灵活性与易用性 | ① 灵活性：自重轻，装卸便捷，占地面积小，部署时间短 ② 易用性：图形化编程，拖动示教 | ① 安装复杂耗时，工程量大，部署时间长 ② 移动困难 ③ 专业编程语言，编程难度高 |
| 负载与速度 | 载荷能力有限（≤50kg） | 运行节拍快，有效负载能力可达数百公斤 |
| 成本与投资回报 | 前期成本低，如系统集成和使用培训成本，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 |

协作机器人不仅可用于工业领域的搬运、检测、装配、打磨、焊接等场景，还能应用于商业领域，如医疗康复、新零售、餐饮、新能源充电等。工作人员与协作机器人直接交互具有安全执行复杂任务、直观和用户友好的教学和编程等优势。其开发目标包括共存、协作和安全系统等，需要高级算法来实现其在高混合、

小批量生产环境中的巨大制造潜力。此外，拥有 AI + 智能视觉系统的协作机器人能够提升生产效率和制造质量。

（二）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。目前主流协作机器人厂商如华沿机器人（HUAYAN）产品额定负载达 50kg（S50）、珞石（ROKAE）产品额定负载达 45kg（CR35-45）、节卡机器人（JAKA）产品额定负载达 40kg（JAKA MAX）、优傲（UR）产品额定负载为 30kg（UR30）。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，按额定负载统计） | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------|------------|------------------|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|----------|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|--|--|--|
| | | | 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 | 45 | 50 | | | |
| 国 际 | | UR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ABB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Fanuc | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | KUKA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 中 国 | | HUAYAN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | JAKA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | TECHMAN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | AUBO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ELITEROBOT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | DOCUROBOT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | DOBOT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | ROKAE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | FAIR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

（三）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。

人形机器人技术的崛起，让人们看到了过去科幻电影中机器人与人协同作业的场景照入现实的可能。目前，在人形机器人领域实现技术突破已成为每一家机器人企业以及每一个国家的重要战略目标。在政策和资本的推动下，人形机器人正在逐步成为未来新质生产力的核心组成部分。

1. 什么是人形机器人

人形机器人是一种仿生机器人，指形状及尺寸与人体相似，能够模仿人类运动、表情、互动及动作的机器人，具备自感知、学习和决策能力。人形机器人通常由硬件和软件构成：①**硬件部分（身体）**：机械本体模块（核心零部件及金属机械结构构成的头身腿）、环境感知模块（激光雷达、摄像头、毫米波雷达组成的眼睛）；②**软件部分（大脑）**：运动控制模块、决策控制模块（负责处理来自环境感知模块的信息，并做出决策，如路径规划、行为决策等）、人机交互模

块。这些模块和组件通过高效的协同工作，使得人形机器人能够执行各种复杂的任务，并在各种环境中稳定运作。

2. 协作机器人与人形机器人之间的关系

2.1 技术共通性

协作机器人和人形机器人都强调人机协作。在感知系统上，它们均配备视觉、听觉、触觉等多种传感器来感知环境，且利用多传感器融合技术对数据进行综合处理，增强对环境的理解。人机交互领域，二者都重视安全控制，设有安全监测机制，并且支持语音、手势等多种交互方式，以达成与人类的有效互动。此外，在智能决策上，协作机器人与人形机器人都可借助人工智能算法，对感知信息进行分析处理，从而做出决策、规划行动，并不断优化自身行为策略。

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。

2.2 应用领域交叉

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教育、医疗、餐饮等市场加速渗透。而人形机器人产业，目前仍处于初期发展阶段。受限于技术瓶颈与成本因素，其应用场景尚在不断探索之中。不过，部分相对成熟且流程较为简单的工业场景，如重复性物料搬运工作，以及商业服务领域，像酒店的前台引导与简单清洁工作等，预计将成为人形机器人最先实现规模化落地的突破口。随着技术的持续革新与成本的逐步降低，人形机器人将稳步拓展至工业及商业通用场景，承担更为复杂多样的任务。在教育科研领域，人形机器人有望成为重要的研究载体与教学伙伴；特种行业中，可执行诸如危险环境探测、救援等艰巨任务；甚至在家庭服务场景，为人提供陪伴、协助家务等贴心服务，成为家庭生活的得力助手。

因此，协作机器人与人形机器人在实际应用场景中既存在重叠交集，也展现出鲜明的差异化。二者凭借独特的技术优势与功能特性，在工业制造、物流仓储、医疗康养、家庭服务等工业与非工业领域，均构建起不可替代的应用生态，共同推动着人机协同时代的智能化变革。

2.3 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。

随着全球人口老龄化的加剧和劳动力成本的上升，以及人们对生活品质要求的提高，无论是工业领域还是服务领域，对机器人的需求都在不断增加。协作机器人和人形机器人作为机器人领域的重要分支，都受益于这一市场趋势，市场规模不断扩大。

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。他们更多是在各自擅长的领域中发挥优势。

人形机器人：具有高度的灵活性和适应性，能够模仿人类的动作和行为，在复杂的非工业环境中执行多种任务。例如，在救援场景中，人形机器人可以像人类一样在废墟中行走、攀爬，进行搜索和救援工作；在一些需要与人类进行密切交互的社交场合，人形机器人能够通过丰富的表情和动作与人们进行自然的互动，提供陪伴和服务；在工业场景中人形机器人能够模拟人类的灵活移动及柔性作业，但目前仍处于展示阶段，缺乏真正规模化实际落地的案例。

协作机器人：侧重于与人类协同工作，具备高精度的操作能力和良好的安全性。它们通常被设计用于在工业生产线上与工人协作完成任务，如装配、焊接、搬运等。协作机器人可以精确地控制力度和动作，确保工作的准确性和质量，同时能够实时感知人类的存在，避免发生碰撞等安全事故。

在两者的发展过程中又是如何互补呢？

协作机器人为人形机器人铺路：协作机器人市场目前相对更加成熟，应用也更为广泛。协作机器人在市场上的成功应用，有助于提高人们对机器人技术的认知度和接受度，为人形机器人的市场推广打下基础。当人们看到协作机器人在工业和服务场景中能够安全、高效地工作时，会对人形机器人在更广泛领域的应用充满期待，从而促进人形机器人市场的发展。

部分协作机器人厂商凭借在机器人核心部件领域的深厚积累（如电机、驱动器等），已悄然构建起人形机器人产业链的技术衔接优势。这些企业在核心零部

件技术上长期沉淀，为人形机器人的关节驱动、运动控制等核心环节奠定了坚实基础。这种从核心部件技术向人形机器人领域的自然延伸，通过产业链协同效应，形成了“部件技术反哺整机研发”的独特竞争优势，使协作机器人在人形机器人的产业链中扮演了至关重要的角色。

人形机器人同时也会反哺协作机器人：人形机器人概念的火热，吸引了大量的投资和研发资源进入机器人领域，这也会带动协作机器人相关技术的发展和成本的降低。例如，一些为人形机器人研发的高性能传感器和轻量化材料，可能会逐渐应用到协作机器人中，提高协作机器人的性能和竞争力。同时，人形机器人的市场宣传也会提升整个机器人行业的关注度，为协作机器人创造更多的市场机会。

第二章：协作机器人产业链分析

图 1 协作机器人产业链



协作机器人产业链呈现出技术密集度高、垂直领域细分明显、场景驱动创新等特点，各环节参与者通过专业化协作与技术创新，共同推动着行业的发展与升级。同时，整个产业链也正在结构性变革，核心环节从传统分工模式向“垂直整合 + 生态协同”加速演进。

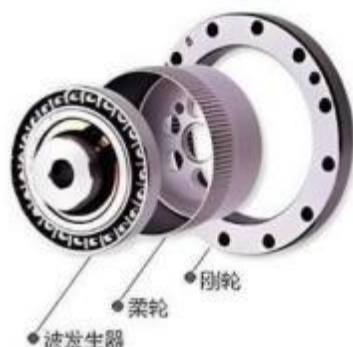
协作机器人核心零部件逐步从上游供应商提供向本体自研快速发展，上游中游合并趋势明显。过去协作本体厂商主要负责协作机器人产品的设计、研发、组装、销售以及部分系统集成，当下协作机器人本体厂商为提升核心竞争力，也开始了核心零部件的自主设计及制造。周边配套制造商为协作机器人提供“手-夹具”、“眼-视觉”、“脚-AGV”等配套设备，系统集成商根据终端用户的需求，将协作机器人与周边设备等进行集成，为用户提供完整的应用解决方案。下游行业则落实到各行业最终使用协作机器人的终端用户，涵盖工业及非工业多个领域。

（一）上游：核心零部件——国产化、自主化进程加速

在协作机器人本体的成本链中，核心零部件成本占比最高，约占据整体生产成本的 70%。协作机器人的核心零部件是决定其性能（如精度、负载、稳定性）的关键。中国协作机器人核心零部件的生产制造主要有本土零部件制造商及协作机器人本体厂商两类角色参与，整体呈现高度国产化及自研化特征。主要细分领域包括：

精密减速器

图 2 精密减速器



谐波减速器



RV 减速器

作为协作机器人的“关节”，减速器承担着降速增扭的核心功能。过去轻负载协作机器人使用的减速机以谐波减速器为主。近两年，协作机器人的最大负载已拓宽到 50kg 甚至以上，部分厂商在协作机器人的一二关节采用 RV 减速机，随着越来越多的厂商推出大负载协作机器人，RV 减速机使用将逐步增多。

谐波减速器：因体积小、传动比大，在轻负载机器人中应用广泛（包括协作机器人、轻负载六轴机器人、SCARA 机器人）。国内企业如绿的谐波、杉川机器人、同川精密的产品精度已接近国际水平（定位精度 ≤ 15 弧秒），且成本对比进口产品较低。目前中国本土协作机器人已基本实现 100%使用国产谐波减速机。

RV 减速器：多用于需要高刚性和大负载的场景（如协作机器人底座关节），国内厂商如双环传动、中大力德、北京智同等通过自主研发，逐步打破日本纳博特斯克等企业的垄断。

伺服系统（电机 + 伺服驱动器+编码器）

图 3 伺服系统



伺服系统是协作机器人的“肌肉”，负责将电信号转化为精准运动。

无框力矩电机：因结构紧凑（中空设计便于内部走线）、响应速度快，成为协作机器人的主流选择。2023 年国内无框力矩电机市场规模约 1.8 亿元，其中协作机器人领域占比达 70%，预计 2028 年市场规模将突破 5.6 亿元，年复合增长率超 25%。代表企业包括雷赛智能、华沿机器人、步科股份、易尔泰等。

伺服驱动器：通过算法优化实现对电机的精准控制，国内厂商汇川技术、禾川科技、华沿机器人的产品性能已与国际品牌相媲美。目前，部分头部协作机器人本体厂商已实现伺服驱动器自研自产。

编码器：

协作机器人编码器是一种将协作机器人的角位移或直线位移转换成电信号的设备，在协作机器人的运动控制中起着关键作用。

2023 年以前，国内协作机器人厂商多采用外资编码器，在国家政策支持和国内企业技术进步的双重推动下，国产编码器将加速替代外资产品。2024 年开始，禹衡光学、禾川科技、华沿机器人、汇川技术、步科股份等国产编码器的渗透率快速提升。

核心零部件自主化

机器人的性能深受其伺服系统和控制器的软硬件的影响，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，包括机械设计、硬件架构、算法开发和软件应用等，以实现技术的持续升级和性能的扩展。

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，或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华沿机器人（HUAYAN）、节卡机器人（JAKA）、遨博机器人（AUBO）等。其中，华沿机器人（HUAYAN）已成功实现电机和控制器自研自产、伺服驱动及编码器自主研发、一体化关节自主设计，构建了显著的技术优势。电机方面，华沿建立了整套设

计及工艺体系。编码器方面，华沿拥有完全自主知识产权，全球唯一的双读数头设计。华沿机器人为了提升机器人整体的安全性及可控性，一体化关节内采用电磁抱闸，从而实现刹车距离零滑动。

图 4 协作机器人一体化关节



（二） 中游：制造商——本体与配套制造商齐头共进

协作机器人本体厂商

协作机器人本体厂商是产业链的核心枢纽，协作机器人本体厂商可大致分为两类（如表 5 所示）：第一类为专注于协作机器人本体的厂商，主流协作厂商包括优傲机器人（UR）、华沿机器人（HUAYAN）、节卡机器人（JAKA）、达明机器人（TM）等；第二类为具有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，ABB 等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 5 全球协作机器人市场主要玩家

| | 国际品牌 | 中国品牌 |
|-----------|---|--|
| 主流协作机器人厂商 |  UNIVERSAL ROBOTS  FRANKA EMIKA  DOOSAN  neuromeka |  华远机器人 HUAYUAN ROBOTICS  JAKA  达博智能 DOBOT  DUCO  ELITE ROBOTS 艾利特机器人  FLEXIV  CCEXI |
| 传统工业机器人厂商 |  ABB  FANUC  YASKAWA  Kawasaki Robotics  KUKA  STÄUBLI |  ROKAE  ESTUN AUTOMATION  CROBOT  EFORT  INOVANCE  FMC  Warsonco  Agilebot  捷尔特 |

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逐渐缩小。2018 年中国市场中本土协作机器人厂商的市场份额首次超过外资，此后前者份额逐年攀升。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客户的认可，且已在多家不同行业的大型企业中实现批量应用。

周边配套本体厂商

协作机器人周边配套应用的概念更为广泛，结合机器人、末端执行工具、视觉、AGV（自动导引车）、应用程序等方面，强调协作的理念本身，发展前景将更为广阔，生态圈概念孕育而出。

表 6 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 |      |     |

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，成为制造业与服务业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，部分厂商如多可(DOCU)、遨博(AUBO)独立开发集成复合机器人产品，也有厂商如华沿机器人(HUAYAN)以核心部件的形式赋能合作伙伴开发复合机器人。

图 5 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 44）。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 6 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，华沿机器人（HUAYAN）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

系统集成商：定制化方案的“翻译官”

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、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。

人工智能产业链联盟

版权属于MIR DATABANK，仅限智博科技内部使用，违规转发者将被追究相

第三章：标准、认证及政策

在导入机器人技术的工作场所中，存在机器人对周围人员造成伤害的危险性。特别是传统工业环境中大量使用的工业机器人因其高速率、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事故发生的主要原因。

在此背景下，以“安全性”为首要诉求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。“安全性”成为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。

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”。

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。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。所以，协作机器人与传统工业机器人的本质区别在于“人机共线作业”，其安全设计需满足 ISO/TS 15066 等国际标准，确保碰撞力 $\leq 50\text{N}$ 、接触压力 $\leq 60\text{N} \cdot \text{cm}^2$ 等关键指标。例如，优傲机器人（UR）的机械臂采用软质外壳和弹性关节，当检测到与人接触时，电机电流骤降，0.1 秒内触发紧急停止，将碰撞力控制在 20N 以内，仅相当于成年人轻推的力度。这种安全机制避免了传统工业机器人因高速运动导致的挤压、碰撞等致命风险，使工人可在机器人旁直接进行质量检查、工艺调整等操作，无需物理隔离。

从企业自动化改造成本来看，传统工业机器人因安全防护成本高（需配套围栏、光栅等，占项目成本 20%-30%），难以普及至中小型工厂。协作机器人通过

内置安全功能（如碰撞检测、限速模式），无需额外安全设施，使中小企业的自动化改造成本降低 50%。

协作机器人的安全意义不仅是满足法规要求的“底线”，更是推动其从“边缘工具”走向“核心生产力”的“上限”。未来，随着安全技术与 AI、数字孪生等深度融合，协作机器人将突破“人机协作”的初级阶段，迈向“人机共融”的新境界——在医疗中成为医生的“第三只手”，在家庭中成为可靠的“生活伙伴”，在工业中成为柔性生产的“智能中枢”。这种安全驱动的技术进化，最终将重构人与机器的关系，开启“安全即生产力”的智能化新时代。

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。

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 7 所示）。

表 7 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。 | <ul style="list-style-type: none"> • 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。 | <ul style="list-style-type: none"> • 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，有效的推动了中国工业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，导致在很长的一段时间里对机器人与人之间如何安全交互

并没有明确的描述，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。

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。

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。

3. 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华沿机器人（HUAYAN）、节卡机器人（JAKA）、ABB、优傲机器人（UR）等。

③电磁抱刹闸方案：电磁抱刹闸从接收到制动信号到完成制动的响应时间可控制在 50ms 以内，满足碰撞检测、急停按钮触发等紧急场景的快速制动需求。相较于传统机械抱闸（响应时间约 100-200ms），能有效缩短机器人失控距离，降低对操作人员及周边设备的冲击风险。采用此方案的机器人在急停或断电等状况下，机器人姿态会立刻锁死在原地，刹车距离实现零滑动。采用了此类安全性方案的代表厂商有华沿机器人（HUAYAN）等。

④双读数头编码器解决方案：在协作机器人的精密控制场景中，单读数头编码器易受机械振动、电磁干扰或器件老化影响，导致位置反馈误差甚至失效，直接影响机器人运动精度与安全性。双读数头编码器通过冗余设计与信号融合技术，可显著提升位置检测的可靠性与精度，尤其适用于医疗手术、精密装配、微电子制造等对误差敏感的场景。采用此种安全方案的代表性企业有华沿机器人（HUAYAN）等。

⑤双重防碰撞安全技术：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。

（一）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 7 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。

美国 UL 认证：UL 认证，是指美国安全检测实验室（UL）制定的美国产品安全认证的行业标准。UL 标准保护人们免受触电、火灾及身体伤害。电器产品通过 UL 认证并非是其进入美国市场的强制性要求，但事实上进口商或经销商又通常要求电器产品通过 UL 认证。美国消费品安全委员会在处理有关安全事故时，也通常以 UL 的安全标准来衡量电器产品的安全性。美国的消费者在购买电器产品时十分关注其是否有 UL 标志，没有就觉得不安全。因此尽管 UL 的安全标

准和 UL 认证并非美国法律法规的要求，实际上它却扮演着“准法规”的角色。

图 8 认证样图：美国 UL 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。

图 9 认证样图：韩国 KCs 认证



中国目前主流的机器人相关认证是由中国机器人检测认证联盟、国家机器人

检测与评定中心等有关机构正式发布的《中国机器人 CR 认证目录》（如图 10）。功能安全认证作为其中的一部分成为机器人必须符合的要求。

图 10 认证样图：CR 认证



行业认证

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 11 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 12 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。

图 13 认证样图：中国国家防爆认证



2. 当前协作机器人厂商认证情况一览

表 8 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/UL | 澳洲 RCM | 中国 CR | 韩国 KCs | SEMI-S2 | 国际防爆认证 中国防爆认证 |
| UR | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| HUAYAN | √ | √ | | √ | √ | √ | √ |
| JAKA | √ | √ | | √ | √ | √ | √ |
| TECHMAN | √ | √ | | √ | √ | √ | |
| AUBO | √ | √ | | √ | √ | √ | √ |
| ELITE ROBOT | √ | √ | | √ | √ | √ | |
| DOBOT | √ | √ | | √ | √ | √ | |

(二) 协作机器人相关政策分析

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 9 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 10 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 |

| | | | | |
|---|--|-------------|-------------------|--|
| | | | | <p>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。</p> <p>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。</p> |
| 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 | <p>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。</p> |
| 5 | 《“机器人+”应用行动实施方案》 | 2023 年 1 月 | 工信部 | <p>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。</p> |
| 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 | <p>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”。</p> |
| 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 | <p>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。</p> |
| 8 | “十四五”智能制造发展规划》 | 2021 年 12 月 | 工信部等八部门 | <p>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。</p> |
| 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 | <p>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。</p> |

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。

人工智能产业链联盟

版权属于MIR DATABANK，仅限智博科技内部使用，违规转发者将被追究柏

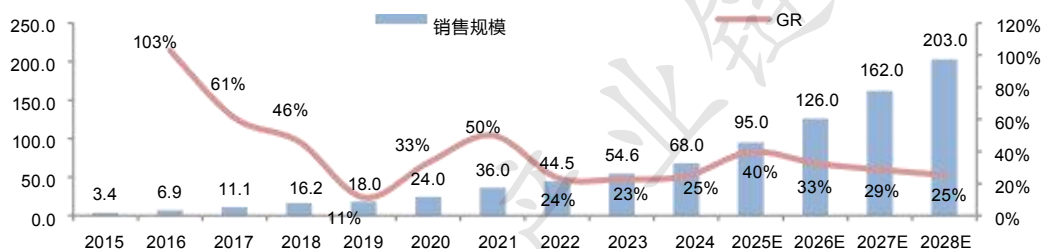
第四章：协作机器人市场格局分析

（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

在全球制造业格局深刻变革的当下，一场以创新与节能为内核的产业转型浪潮正席卷而来。这场转型的核心，是自动化、数字化与智能化装备的深度融合与大规模应用，它们如同精密齿轮，共同驱动着制造业向高效、柔性、绿色的未来迈进。对于制造企业而言，如何借助这些先进装备实现降本增效，以敏捷姿态应对快速迭代的市场需求，已成为关乎生存与发展的战略命题。在这一进程中，协作机器人以其独特的技术禀赋与显著的应用价值，宛如一把“金钥匙”，为企业打开了通往智能制造的新大门。

图 14 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

纵观目前全球协作机器人市场的发展历程，可划分为：起步期、调整期、迸发期、稳步期四个阶段。

起步期（2015-2017 年）：在机器人技术革新的重要节点，国际标准化组织（ISO）发布首项协作机器人工业标准 ISO/TS 15066，这一里程碑事件正式拉开协作机器人产业规范化发展的序幕，标志着协作机器人发展元年的到来。与此同时，工业机器人行业迎来 2.0 时代的质变跨越。在此背景下，人机协作、人机共融逐渐成为行业发展的核心方向与市场主流趋势。不过，当前协作机器人市场仍处于培育初期，各大厂商聚焦于产品开发、技术试错，力求在这片新兴领域中构建核心竞争优势。

调整期（2018-2019 年）这一阶段，世界经济格局震荡调整与国际贸易环境的剧烈波动形成双重压力，成为行业发展的主要制约因素。在全球经济增速放缓

的大背景下，汽车、电子等传统制造业呈现下行态势。作为协作机器人的核心应用领域，汽车与电子行业市场规模的萎缩，直接导致协作机器人的市场需求缩减。市场遭遇“急刹车”，行业发展节奏显著放缓，各厂商放缓市场拓张，进入修炼内功（产品优化、技术迭代、解决方案打磨）的阶段。

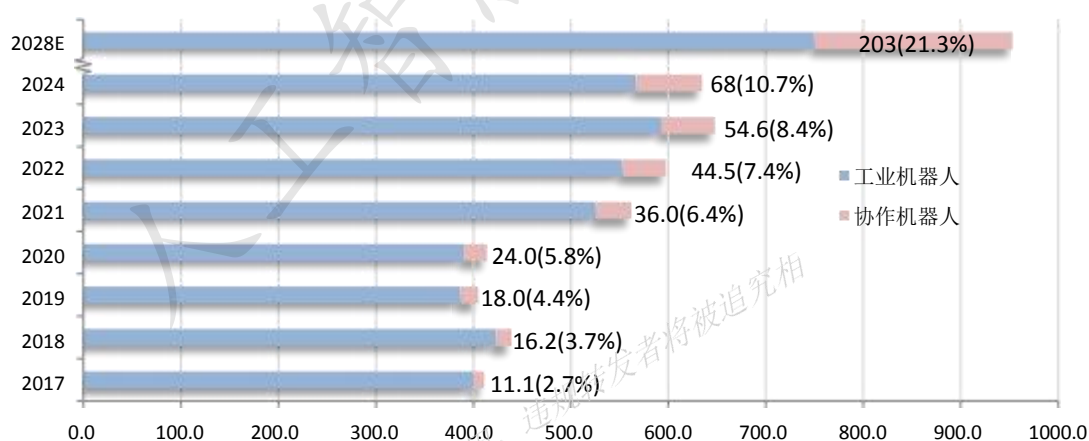
迸发期（2020–2021年）随着全球疫情的逐渐稳定，下游需求迅速爆发。资本热度高涨叠加疫情快速修复的中国市场表现尤为突出，拉动整个全球协作市场实现突破式增长。

稳步期（2022–2024 年）这一阶段，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。协作机器人展现出了其发展的强劲韧性与潜力。

未来随着协作机器人技术迭代升级及下游行业应用的不断拓展，人机协作这一创新模式，将不再局限于生产环节的局部优化，而是成为定义下一代机器人核心竞争力的关键维度。未来协作机器人市场的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 15 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

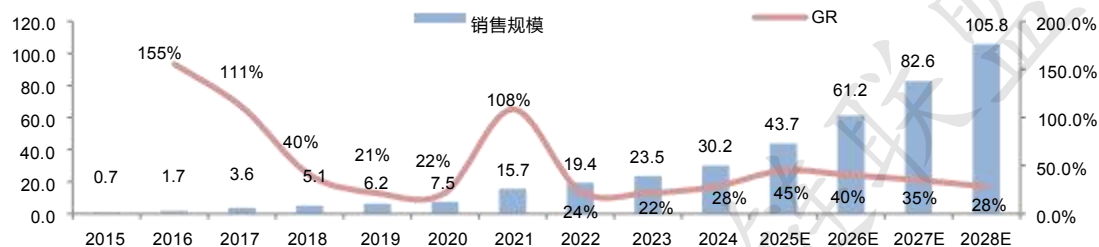
协作机器人市场起步较晚，但近年来全球市场内协作机器人占工业机器人整体市场的份额逐年攀升。据统计（如图 18 所示），2017 年协作机器人销量仅占

工业机器人总销量的 2.7%。2022-2024 年全球产业投资活动放缓背景下，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，协作机器人的适用范围将大幅扩大。预计 2028 年协作机器人市场份额将突破 20%，全球协作机器人市场将进入新的高速发展阶段。

（二）中国协作机器人市场分析

1. 中国市场高速稳步增长

图 16 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

随着中国适龄劳动力人口数量的减少和人力成本的提升，各制造企业选择使用机器人替代低端劳动力的倾向越发显著。协作机器人与传统工业机器人相比，具有低成本、轻量化、安全性能高等突出优势。因此，中国劳动力结构的加速调整将进一步带动协作机器人的市场应用需求，中国市场人机协作趋势正在兴起。从技术趋势来看，协作机器人高度契合制造业企业对于人机协同、柔性化制造的转型需求，市场拓展潜力巨大。

2013-2017，随着全球协作机器人龙头企业优傲（UR）进入中国市场并在中国建立销售体系，打开了中国协作机器人市场的大门。其成熟的产品及应用方案，启发了一批中国本土协作机器人厂商，自此中国协作机器人市场正式拉开帷幕。

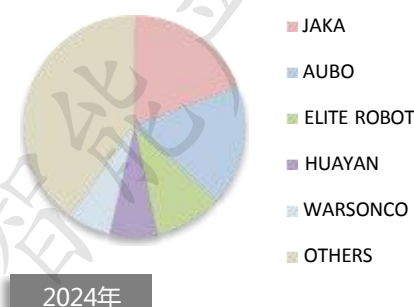
2018 年起内资份额开始反超外资。下游行业更加多样化，除传统 3C 电子与汽车相关行业以外，大健康、新零售、餐饮、教育等新兴行业的市场需求开始呈现高速增长趋势。2020-2021 年疫情虽在一定程度上延缓了协作下游市场投资，但不改协作机器人市场的复苏趋势。作为协作机器人“主战场”的中国率先进入“后疫情时代”，市场修复基本完成，下游需求快速扩大，并带动全球市场节奏。

2022-2024 年，全球经济放缓、制造业投资低迷的背景下，中国协作机器人市场展现出了较强的韧性。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。这得益于两点：①本土协作机器人企业展现其丰富的解决方案及高性价比，助力下游制造终端轻资产自动化改造。②政府持续出台扶持政策，如《“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。

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，还可以在农业、特种巡检、家庭、汽车充电等非工业领域开拓新场景。除中国主战场外，中国企业也在纷纷出海，在海外市场实现更多下游细分行业方案的落地，将成熟度高的优质方案向本土行业用户反向输入，进一步拉动本土协作机器人产品下游市场的成长。

2. 中国市场格局初具雏形，但未完全定型

图 17 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

随着工业机器人厂商加速进入协作机器人市场，2024 年市场集中度微幅降低。TOP5 厂商份额维持在 60%，相比 2023 年有一定降低。各家厂商积极寻求突破，排名切换激烈。整个协作机器人市场参与玩家正在不断增多，市场也暂未定型，各类玩家蓄势待发。

国际协作机器人厂商中，优傲机器人（UR）仍然占据外资龙头地位，但其市场份额受国产协作机器人厂商挤压，目前仅在汽车整车、半导体、医疗等对机器人性能要求较高领域存在一定优势，而这些行业的市场份额也在逐年减少。其余

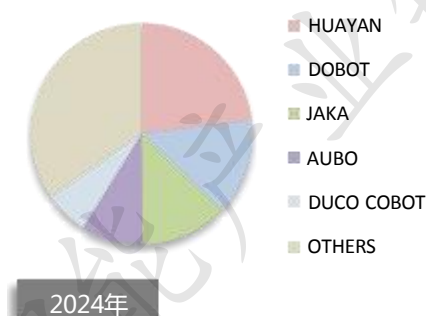
如传统工业机器人四大家族均在早期阶段便开始积极布局协作机器人领域，基于深厚的技术储备和丰富的应用方案积累，目前主要在原有工业机器人优势行业推广自己的协作机器人产品。

中国厂商以节卡机器人（JAKA）、华沿机器人（HUAYAN）等为代表，重点布局工业领域，在国内收获较多内资大客户的认可，且批量进入到要求苛刻的合资企业中，市场份额快速增长。

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. 中国协作机器人国际竞争力大幅增强

图 18 2024 年中国国产协作机器人厂商出口销售规模（单位：千台）



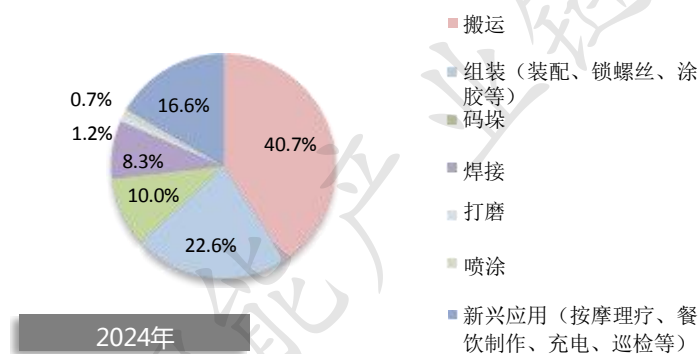
中国协作机器人企业在积极拓展国内市场的同时，也加快了海外市场的布局，通过在海外设立基地、与当地企业合作等方式，提升其在全球市场的竞争力。尤其近几年，中国协作机器人品牌如华沿机器人（HUAYAN）、越疆机器人（DOBOT）、节卡机器人（JAKA）等开始作为强有力的竞争者走向世界，技术和品质得多国际巨头的高度认可。体现了中国新质生产力的国际竞争力和技术水平。

中国协作机器人的「出海」不仅是产品的输出，更是智能制造范式的全球化实践。当技术创新、本土化运营与生态共建形成合力，中国厂商正在重新定义全球协作机器人市场的竞争规则，而这一进程，或将成为「中国智造」走向世界的新标杆。

4. 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 19 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，以华沿机器人（HUAYAN）、节卡（JAKA）为首的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 19 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。

组装：于电子、汽车两大核心产业，协作机器人在螺丝锁付、柔性装配、精密涂胶等组装场景中的应用渗透率快速增长。以 3C 产品生产为例，协作机器人高精度力控系统可实现螺丝锁付、柔性线束插拔中的精准扭矩控制，避免因力度

不当导致的产品损伤；在汽车零部件装配中，柔性机械臂能灵活适应不同型号组件的组装需求，有效提升生产效率与装配质量，强力拉动组装类应用市场份额持续攀升。

焊接：协作机器人完美契合当前焊接领域对柔性化生产的迫切需求。协作机器人通过拖动及图形化示教可快速切换焊接参数与工艺路径，解决传统焊接设备在小批量生产中调试复杂、成本高昂的难题，快速渗透到如钢构、船舶等对柔性焊接需求较高的行业，焊接应用市场份额实现跨越式增长。

码垛：码垛应用市场的增长主要由食品饮料以及化学制品两大行业所驱动。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，市场快速增长。

打磨：尽管当前协作机器人在打磨场景的应用占比相对较低，但随着工艺优化与技术突破，市场潜力亟待释放。在 3C 产品外观件精细化打磨、汽车零部件曲面处理，以及金属制品表面抛光等细分场景中，协作机器人凭借其灵活部署、人机协同的特性，将逐步攻克传统打磨作业效率低、粉尘危害大等痛点，市场份额也将逐步提升。

喷涂：随着防爆协作机器人的推出，协作机器人的安全性到达了更高的维度。其应用逐渐拓展到了高温高危环境的喷涂工作，高密封高防尘等特性使协作在喷涂领域的认可度提升。

表 :: 协作机器人新兴应用场景

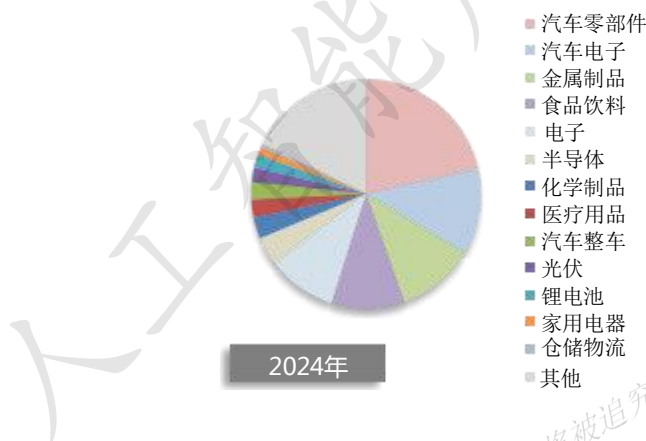
| 行业 | 细分场景 |
|-----|------------------------|
| 大健康 | 康复护理、复健、按摩、艾灸等 |
| 电力 | 设备及电站巡检、配电柜分/合闸、开关柜倒闸等 |
| 餐饮 | 咖啡制作、面食制作、冰激凌制作等 |
| 畜牧业 | 动物打针、挤奶、饲喂、清扫等 |
| 农业 | 果蔬采摘、收割蔬菜、喷农药等 |

| | |
|------|-------------------|
| 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 |

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。

5. 工业与非工业领域双轮驱动市场快速增长

图 20 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

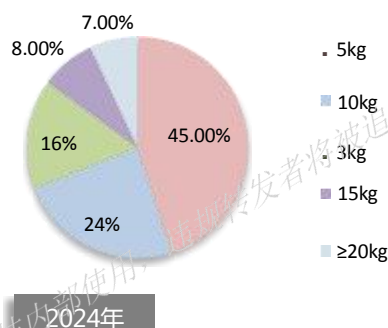
2024 年，协作机器人在光伏、食品饮料行业出货高速增长，电子、半导体行业出货稳定增长（如图 20 所示）。2024 年，全球电子行业迎来全面复苏周期，手机全产业链对协作机器人的需求呈现显著增长态势。这一趋势的形成主要得益于两大核心驱动力：一方面，华为品牌强势回归市场，带动产业链上下游结构件供应商及整机组装厂商积极推进自动化改造升级，协作机器人作为智

能化生产的关键设备，被大规模引入生产制造环节；另一方面，AI 技术与消费电子产品的深度融合，显著提振了手机、笔记本电脑等终端产品的市场需求，出货量持续攀升。在此背景下，产业链各环节为提升生产效率、保障产品质量，纷纷加大自动化设备投入，进一步推动了协作机器人的广泛应用与市场扩容。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。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、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。

6. 大负载趋势持续拓宽工业领域应用

图 2：2024 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，

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 21 所示，2024 年 10kg 及以上负载的协作机器人市场份额已占到市场一半，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 $\geq 30\text{kg}$ 的协作机器人产品，协作机器人的负载范围不断扩大，UR30、FANUC CRX-25ia、HUAYAN S50 及 JAKA MAX(40kg)、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。

30kg 以上且臂展超 1500mm 的协作机器人在研发时面临诸多技术难点。

自重负载比：为承载 30kg 以上负载，机器人结构需增强，这会增加自重。而高自重会带来运动能耗增加、灵活性下降等问题。因此，机器人需采用高强度轻量化材料，并优化机械结构设计，以降低自重，提高自重负载比，保障机器人在重载下仍具备良好的操作性能。

大臂展使得机器人末端受力臂长，对机械结构强度和刚性要求极高。为避免因自重过大导致的抖动和精度下降，需在保证臂展的同时，通过创新结构设计（如桁架式结构）和轻质材料应用，实现低自重与大负载能力的平衡，确保末端执行器能精准定位和稳定操作。

供电电压：由于负载大，运动时电机功率需求高。48v 低压供电难以满足其功率需求，可能出现动力不足、响应迟缓等问题，因此通常采用 220v 供电，以提供足够电能，保证机器人稳定运行。

减速机方案：重载下，减速机需具备高承载能力和高传动精度。部分厂商在

机械臂的一二关节会选用大扭矩、高精度的 RV 减速机，这种减速机传动效率高、刚性强，能承受较大轴向和径向力。但 RV 减速机成本较高、体积较大，研发时需在保证性能的前提下，优化设计，降低成本和减小体积，同时确保减速机与电机、机械臂的良好匹配，提高系统整体性能。

速度：重载使得机器人运动惯量大，启动、制动过程中容易产生较大冲击，限制运行速度。为提高运行速度，需优化电机控制算法，采用更先进的伺服控制系统，实现平滑加减速控制，减少冲击。同时，加强机械结构的刚性和稳定性，确保机器人在高速运行时不会出现振动和变形，影响作业精度和安全性。

大臂展导致机器人末端线速度大，对运动控制精度和稳定性挑战巨大。在提高速度的同时，需精确控制各关节运动协调，避免因速度过快导致末端抖动或超调。这要求研发高精度的运动规划算法和高性能的传感器反馈系统，实时监测和调整机器人运动状态，确保在高速运行下仍能精准完成作业任务。

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，加速向医疗、新零售、餐饮、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。在医疗场景中，协作机器人凭借精准的运动控制与实时交互能力，深度参与手术辅助、康复治疗等关键环节，有效提升诊疗精度与患者康复效率；新零售领域内，协作机器人化身智能咖啡师与奶茶制作专家，以标准化操作流程、稳定出品质量和 24 小时不间断服务，重塑消费体验与商业模式。

随着人工智能、传感器技术、人机交互等前沿科技的迭代升级，协作机器人的应用场景将持续拓展，功能边界不断深化。从智慧农业中的作物采摘、精准播种，到餐饮行业的自动化烹饪与送餐服务，协作机器人正以其柔性、智能、安全

的特性，为传统行业注入新动能，引领多领域智能化转型浪潮，构建更加高效、便捷、人性化的未来生产生活图景。

（二）协作机器人应用发展趋势

1. 工业

协作机器人产品的安全、灵活、易用等特征使其可以补充工业领域许多传统工业机器人服务的空白，成为工业生产从全人工到人机协同过程中重要的一环。而在工业生产模式发展进化的过程中，企业主将会遇到诸如定制化产线、人机混合产线等诸多协作机器人产品可以发挥优势的生产场景，越来越多的复杂生产场景对人机协同自动化改造开始提出诉求。协作机器人也在不断进化自身的应用范围以适应更多复杂场景，这就是前文提到的协作机器人应用工艺化。协作机器人突破各类工艺瓶颈，以工作站的形式开启在工业领域新一波增长浪潮。

- 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。

目前国内厂商如华沿机器人（HUAYAN）根据不同焊接工件、不同生产场景，推出固定式、推车式和便携式等多种焊接工作站。其中，便携式焊接工作站搭配磁力底座，采用最长可达 50m 的连接线缆，能够单手提动并固定

到任意工作点位。此外，还在焊接机器人末端配备力矩传感器，使拖拽示教更为精准。未来，华沿机器人还将陆续推出龙门吊式焊接工作站等。

图 22 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。

如华沿机器人（HUAYAN）推出拧紧专用工作站，搭配智能拧紧系统（智能电批），可以精准、稳定地完成螺丝取、放、拧紧等工序，满足不同锁付场景。此外，系统能够采集、检测、追溯、监控螺丝锁付结果，保证锁付工艺可控、效率攀升。

图 23 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。

如华沿机器人（HUAYAN）基于 S 系列大负载机器人打造的一站式码垛工作站，负载可达 50KG，结合 2 米超长臂展，可满足各行各业复杂多样的码垛需求。针对码垛行业实际情况，华沿机器人专门开发了码垛工艺包，支持单双吸模式、双线交叉码垛、抽检工艺、垛型智能生成等功能。

图 24 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。

华沿机器人（HUAYAN）携手合作伙伴，为机床自动化上下料打造多款柔性工作站，包括单层料盘柔性小车、双层料盘柔性小车和零点料盘柔性小车，它们部署更加灵活、简便，可按需适配不同类型的机床。

图 25 协作机器人机床上下料工作站



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，具备了覆盖众多非工业场景需求的可能性。当前协作机器人在非工业领域的应用主要集中于如下场景。

（1）医疗健康：伴随人口老龄化和经济水平提高，人们对医疗健康机器人的需求最为刚性且持续存在。在医疗领域，协作机器人能够应用的场景有很多，如手术机器人、辅助诊断治疗机器人、康复护理机器人、按摩理疗机器人、配药机器人等。

- ① **手术机器人：**手术机器人技术壁垒极高，但鉴于其微创和高稳定性等优势，可应用于部分外科手术场景。目前手术机器人龙头企业直觉外科（ISRG）是最为成功的典范，2019 年 ISRG 营收高达 44.8 亿美元，执行手术数超过 120 多万次。目前手术机器人在发展中国家渗透率很低，2019 年 ISRG 开发的达芬奇手术机器人在中国累计装机量仅约 140 台。未来随着手术机器人系统的成本下降和技术进一步成熟，中国手术机器人市场可期，目前国内已经出现了天玑、妙手 S 等手术机器人系统，采用协作机器人来协助完成较高难度的手术方案如腹腔手术、骨科手术、神经外科手术、超声治疗手术等。

除此之外，穿刺手术也是协作机器人的重要应用场景之一，穿刺手术是将穿刺针插入人体组织内提取病灶样本、注入药物及消融病灶的医学诊疗技术。穿刺手术在临床上有广泛需求，对人体各个部位的穿刺活检需要穿刺针精准到达靶点位置提取活检组织。从技术流程上，手术机器人

的控制需要通过手术导航系统、光学定位仪与安装有标记点的光学识别工具来确定机械臂所持穿刺针位姿与 CT 扫描图像的相对位置关系，进而控制机械臂使穿刺针抵达靶点。因此，从目前医疗领域应用来看，轻量安全型的协作机器人在实际应用中存在着较大优势。国产协作机器人厂商华沿机器人（HUAYAN）与合作伙伴携手，通过协作机器人开发运用于医疗领域穿刺手术，有效辅助医生操作，显著提高手术效果。

图 26 骨科手术机器人



图 27 手术机器人



- ② **辅助诊断治疗机器人：**病毒测试、胶囊胃镜、辅助诊断、核酸检测、远程医疗机器人等辅助治疗机器人领域同质化程度低，资本布局投资的机会也较多。
- ③ **护理机器人：**协作机器人安全性高，加上机械臂模仿人类手臂的灵活特性，非常适合用在康复护理场合。康复护理机器人市场空间广阔，而目前中国市场尚未有成熟的康复机器人产品出现。此外，随着人口年龄结构的老龄化趋势日益显著，医院住院护理、养老看护等诸多护理情景今后也将带来较为广阔的协作机器人应用机会。

图 28 康复护理机器人



- ④ **配药机器人：**当前药房配药工作由取得相应资格证书的药师来完成，人工配药的门槛相对较高。此外，人工配药存在着一些痛点，如枯燥的重复工作，可能会出现取药错误，以及调配过程难以追溯等问题。配药协作机器人可用于智慧药房中，帮助医院提升配药的安全性，简化库存管理，并减轻人员劳动强度，缓解人手短缺的问题。

图 29 配药机器人



- ⑤ **理疗机器人：**理疗行业具有人员流动频繁、劳动力招聘困难、培训周期长等特点。理疗机器人可以在提高服务水平的时候，减少人力的投入并提高工作效率，可帮助行业降低人工成本门槛，加速健康产业智能化。未来理疗机器人在健康行业如医院、养老院、运动中心、健身机构、理疗机构、康复机构、甚至普通家庭中都有着非常大的应用前景。

而如今，随着人们亚健康问题的日益突出，艾灸作为调理身心的理疗方式之一，逐渐成为新的消费热点。但传统艾灸在适应新的消费需求上存在诸多痛点。首先，有研究表明，有烟艾灸产生的苯系物是无烟艾灸的6倍，甲醛、多环芳烃等危害性气体在狭小的空间内将对艾灸师与患者

都造成健康隐患。其次， 养生机构内艾灸师职业培训不够完善， 艾灸专业人才十分稀缺， 培养难度大， 造成门店经营人力资源不稳定， 运营成本高。

图 30 艾灸机器人



(2) 电力行业：目前，智能电网建设和增强供电可靠性已上升为国家战略，电力设备状态检测、监测作为近几年发展起来的新兴行业，呈现出巨大的成长潜力和发展空间。传统的人工电力巡检方式工作风险大、效率较低、巡检质量得不到切实保障，同时在检测数据精准度、气象与地理条件限制等方面遭遇很大挑战，已经无法完全满足不断变化、日益增长的电力巡检作业需求。

近年来，协作机器人搭配 AGV 的智能巡检机器人方案（图 31）逐渐应用于电力巡检、带电作业等场景，因其灵活的控制/运行方式、无人化等优点，逐渐在无人值守或少人值守的变电站和配电站房执行巡检任务，规避了人工作业的安全风险并提升工作效率。智能电网建设规划将极大地推动智能巡检机器人的市场需求，成为巡检机器人行业持续增长的长期推动力。未来巡检机器人在发电厂、变电站、管道设施、桥梁隧道等潜在危险场景中的应用将会越来越普遍。

图 3: 变电站智能运维机器人



(3) 餐饮行业：目前，协作机器人在餐厅、快餐店、奶茶店、咖啡馆等服

务应用场景逐渐增多，其中，连锁快餐、饮品、小吃轻食领域标准化程度相对高，适合协作机器人加工制作，是当前协作机器人重点发展方向，协作机器人已应用于煎牛排、制作面条、冰淇淋、咖啡（如图 32）、奶茶、调酒、泡茶等场景。

图 32 咖啡机器人



其中，自建的中央厨房对食材进行标准化处理（包括切配、过油、腌制等工序），并将处理后的食材以冷链运输的方式配送至门店。机器烹饪设备会根据顾客的需求从冷库自动调取用料，精准烹饪制作。菜品制作完成后再由送餐机器人或云轨系统将菜品直接送达顾客所在桌位，实现了初步的机器人餐厅全链条系统运营模式。此外，其自主研发的智慧支撑体系，包括客户服务系统（多渠道点餐、微服务架构、云平台部署等）以及机器人设备调度系统，可实现对设备的可视化管理和实时交互，进一步确保机器人的正常运营和提升用户体验。协作机器人在餐饮领域的应用有利于提升大众对协作机器人的认知，未来将加速协作应用的拓展。

除上述行业外，非工业领域细分市场众多且未来市场发展空间巨大，协作机器人可应用在农业、畜牧业、无人超市、石油煤矿等众多应用场景。未来非工业市场将为协作机器人应用带来新的发展机遇。同时由于许多非工业领域对于机器人产品极为陌生，市场虽然具备广袤的想象空间，但目前还缺乏行业规范以及符合行业要求的解决方案。

第六章：协作机器人技术现状及发展趋势

在智能制造领域，协作机器人产品技术的革新始终围绕安全性、易用性与灵活性三大核心要素展开。这三大要素不仅是衡量协作机器人性能的关键指标，更是其 在人机协同作业与柔性生产场景中构建竞争优势的基石。安全性方面，通过先进的传感器技术与智能防护系统，协作机器人能够精准感知周围环境，在与人类近距离协作时及时规避风险；易用性则体现在简洁直观的操作界面与低门槛的编程设计，大幅降低了使用门槛，使普通工人也能快速上手；灵活性上，模块化设计与自适应控制技术赋予机器人灵活适配不同生产任务的能力，有效满足多品种、小批量的柔性生产需求。

近年来，人工智能（AI）、机器视觉、增强现实 / 虚拟现实（AR/VR）等前沿技术呈爆发式增长，与协作机器人的深度融合正催生全新的技术变革与应用场景。AI 技术的引入，让协作机器人具备自主学习与智能决策能力，能够根据生产环境变化动态调整作业策略；机器视觉系统赋予机器人“智慧双眼”，使其可精准识别、定位目标物体，显著提升复杂场景下的操作精度；AR/VR 技术则为用户提供沉浸式交互体验，通过远程操控与虚拟调试，实现更高效的人机协作与远程运维。这些创新技术的跨界融合，不仅将进一步强化协作机器人的核心竞争力，更有望开启人机协同与柔性生产的全新时代。

（一）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。

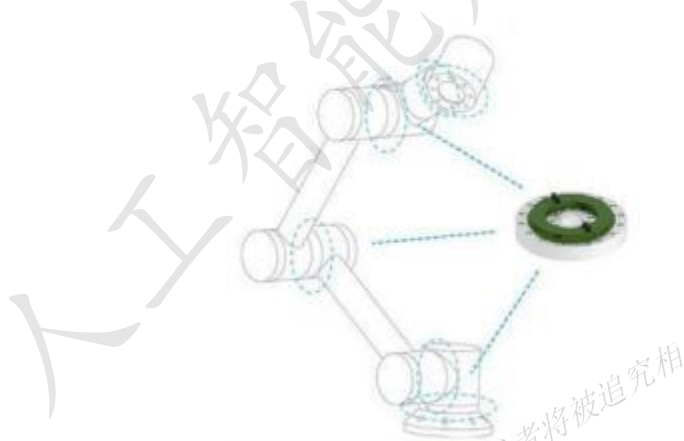
碰撞检测是确保协作机器人安全运行的关键技术之一，它通过不同的方法来监测和预防机器人在操作过程中可能发生的碰撞。这项技术包括基于传感器的碰撞检测和基于无传感器的碰撞检测，主流方案有“电流环（无传感器）方案”、“力扭矩传感器方案”。

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”主要通过安装在机器人的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 33 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 33 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 34）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 34 协作机器人图形化编程



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。

（二）新兴技术带来全新可能

1. AI 技术

当前阶段的人工智能（AI）技术，本质上是一系列能够模拟人类认知与思维模式的算法体系。它通过对海量数据的学习和分析，实现对复杂信息的处理与理解，进而以近似人类智能的方式进行逻辑推理、问题求解和决策制定。当协作机器人系统深度融合 AI 技术后，便能够构建起一套完整的智能闭环：借助传感器阵列实现环境“感知”，依托深度学习算法完成信息“决策”，并通过精密的

驱动装置执行“控制”指令，最终达成类人化的自主行动与交互能力。这种技术融合不仅突破了传统机器人的程式化运作模式，更推动其向具备认知智能、情感理解与环境适应能力的新一代智能体演进。

更高级的智能化：随着 AI 技术的不断发展，协作机器人将具备更高级的智能化能力。一方面，深度学习算法将进一步优化，使机器人能够更好地处理复杂的视觉、语音等信息，实现更精准的识别和理解。另一方面，强化学习和迁移学习等技术将被广泛应用，让机器人能够自主学习新的任务和技能，适应不同的工作场景和需求。例如，机器人模型的持续进步有望为协作机器人能力提升装上加强版外挂，可以满足更多复杂场景的应用需求，尤其在商用服务领域，协作机器人的易用性和智能性有望获得质的提升。

自主决策与规划能力提升：AI 将赋予协作机器人更强的自主决策和规划能力。机器人可以根据实时感知到的环境信息和任务要求，利用优化的路径规划算法和决策模型，自主生成最优的行动方案。在面对突发情况或意外事件时，能够快速做出反应并调整策略，例如在遇到障碍物或人员靠近时，自动调整运动轨迹，确保工作安全高效地进行。

多模态交互发展：AI 推动协作机器人的交互方式向多模态方向发展。除了传统的视觉和力觉交互外，语音交互、手势交互等将更加自然和流畅。机器人能够理解人类的语音指令和手势动作，并做出相应的回应，实现更加便捷和高效的人机协作。例如，在医疗保健领域，医生和护士可以通过语音指令控制协作机器人完成药品配送、设备搬运等任务，提高工作效率。

与其他技术融合加深：AI 将与其他新兴技术如物联网、大数据、5G 等深度融合，进一步提升协作机器人的性能和应用范围。通过物联网技术，机器人可以与其他设备和系统进行无缝连接和信息共享，实现更高效的生产流程和资源管理。大数据技术为机器人的学习和决策提供了丰富的数据支持，5G 技术则确保了机器人之间以及机器人与云端之间的高速、低延迟通信，使远程控制和协同作业更加稳定和可靠。

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。

应用现状

- **培训方面：**利用 VR 技术可以创建虚拟的工作场景和任务流程，让操作人员在虚拟环境中进行模拟培训，熟悉协作机器人的操作方法和工作流程，降低培训成本，提高培训效率和安全性。例如，新员工可以通过 VR 设备反复练习操作协作机器人进行零件装配，而无需在真实设备上进行实践，避免因操作失误造成设备损坏或人员伤害。AR 技术则可以将操作指南、提示信息等虚拟内容叠加到现实场景中，操作人员佩戴 AR 眼镜后，就能在实际操作协作机器人时实时获取相关信息，快速上手操作。
- **远程协作方面：**当协作机器人在实际工作中遇到问题时，专家可以通过 AR 技术远程查看机器人的工作状态和周围环境，将标注、指示等信息实时传送给现场操作人员，指导他们进行故障排除和问题解决。例如，在工业生产线上，若协作机器人出现故障，远程专家可以通过 AR 技术看到机器人的具体情况，并用虚拟箭头、文字等指示操作人员进行维修操作。
- **操作辅助方面：**AR 技术可以为协作机器人的操作提供实时的视觉辅助。比如，在机器人进行复杂零件装配时，AR 系统可以将零件的装配位置、装配顺序等信息以虚拟图形的方式展示在操作人员的视野中，帮助操作人员更准确地完成任务，提高装配精度和效率。

发展趋势

- **与 AI 技术深度融合：**AI 技术可使 AR/VR 系统更加智能。例如，通过 AI 的图像识别和分析能力，AR/VR 设备能够自动识别协作机器人的工作状态和周围环境，实时调整虚拟信息的展示内容和方式，为操作人员提供更精准、更贴合实际需求的辅助信息。同时，AI 驱动的语音交互技术也将使操作人员与 AR/VR 系统之间的沟通更加自然、便捷，提高工作效率。
- **硬件设备不断升级：**随着技术的发展，AR/VR 硬件设备将朝着更轻便、更舒适、显示效果更出色的方向发展。例如，新一代的 AR 眼镜可能会采用更先进的显示技术，提供更高的分辨率和更广阔的视野，同时减轻

重量，使操作人员能够长时间佩戴而不会感到疲劳。这将进一步提升协作机器人与 AR/VR 技术结合的实用性和用户体验。

- **应用领域不断拓展：**除了目前常见的工业制造领域，未来协作机器人与 AR/VR 技术的结合还将在医疗、教育、物流等更多领域得到应用。在医疗领域，可辅助医生进行手术模拟和远程医疗指导；在教育领域，可创建沉浸式的教学环境，让学生更直观地学习机器人相关知识和技能；在物流领域，可帮助工作人员更高效地完成货物的分拣、搬运等任务。

人工智能产业链联盟

版权属于MIR DATABANK，仅限智博科技内部使用，违规转发者将被追究柏

第七章：协作机器人典型行业应用案例分析

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：喷涂

案例
图



导入
背景

与北京某行业客户进行深度合作，为汽车 4S 店喷漆车间提供免示教、全自动的机器人喷涂解决方案，并在汽车保险杠喷涂方面成功落地，解决喷漆品质不稳定、劳动力短缺等问题。

痛点
描述

1. 工人长时间在油漆雾化弥漫的喷漆房内作业，可能患上尘肺病等职业病，对喷漆工人身体健康、企业安全生产都造成严重影响。
2. 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。
3. 喷涂环境恶劣，需要高防护等级的防爆机器人。

方案
优势

本项目中，采用华沿 Elfin-Ex 系列防爆型协作机器人，通过架及外部轴，可以在 4mx7m 的喷漆房内同时为 4 种不同车型的保险杠。设备启动后，通过搭配 3D 视觉系统，对保险杠进行定位操作，并根据喷涂工艺，自主从工具区取换色漆枪、清漆枪或吹风筒，整个过程中无需人工干预。

成效
概述

一个操作工可以同时值守多台设备，节省人力。除了人力方面的效率，机器人相对工人，色漆节省约 10%、清漆节省约 7%。

● 汽车零部件：气密性检测与激光打标

案例
照片



导入背景

汽车防水连接器是汽车生产的重要配件，一辆汽车一般需要使用近百个各类防水连接器，它的防护等级一般要求达到 IP68。为了保证出厂成品的良率，生厂商往往需要投入大量人力，对汽车防水连接器进行气密性检测、标记入库等操作。

痛点描述

工作比较乏味，工人很难一直保持高度专注，容易出现错漏等情况。

方案优势

在产线上，以华沿 Elfin 系列协作机器人为中心的半圆空间里，顺时针依次放置了待检料框、气密性检测设备、视觉相机和完成检测的料框，Elfin 搭载的末端工具使用吸盘揭开料框塑料盖，自动取出两个汽车防水连接器，依次放入气密性检测设备中进行检测，完成检测后再通过视觉设备进行瑕疵检测，如无异常则完成检测（反之，则将成品放入不合格区域），进入激光打标（二维码标）和收料入库的环节。机器人运行效率满足了客户对生产节奏的要求。

成效概述

一台 Elfin 系列协作机器人一天可以对 2000 个汽车防水连接器进行气密性检测、激光打标操作，整体效率提升了 50% 以上。

● 汽车电子：汽车车灯涂胶

案例照片



导入背景

高质量的涂胶是确保车灯密封性能及耐候性能可靠的重要保证之一。大部分汽车零部件生厂商一般采用人工涂胶或自动涂胶机完成这项工作。客户选择在人机协作及柔性化生产方面有着天然优势的协作机器人进行涂胶作业，来解决人工痛点。

痛点描述

1. 人工涂胶出胶量不稳定、涂胶精度不稳定、涂胶速度也不稳定，导致涂胶效率和成品一致性大大降低。
2. 自动涂胶机则存在设备维护难，小批量、多品种生产线柔性化程度低等问题，产品或工艺切换时，调试复杂。

方案优势

采用一台冷胶供胶设备同时为两台华沿 Elfin-05 协作机器人供胶，进行双工位自由涂胶，提升涂胶效率。

Elfin-05 提供两种涂胶轨迹设置方法，一是通过零力示教的方式，用拖拽的方式完成轨迹设定，一次示教，重复使用，普工也能快速完成操作；二是提供离线编程方式，用户将车灯需要涂胶的轨迹导入华沿机器人提供的仿真软件中，实现可视化操作，完成涂胶轨迹操作。

在涂胶过程中，机械臂在自研振动抑制算法的加持下，可稳定地沿着需要涂胶的轨迹进行匀速运动。与此同时，华沿机器人已经实现 1000/4000Hz 实时通讯

速度，机械臂可以非常精准地控制末端胶枪的开合，确保不会发生堆胶、溢胶等异常情况。

成效概述 相对人工涂胶作业，避免废胶废液，为企业节省大笔物料采购费用。此外，还节约了人工培训时间，机器人使用简单，只需要完成固定步骤设置即可投产。

● 汽车电子：汽车车灯螺丝锁付

案例图



导入背景

某汽车车灯厂商在几年前已于产线中导入了部分自动化生产设备，并且已经开始使用了工业机器人以推进产线自动化升级，但工业机器人的安装、调试、维护都相对复杂，急需一款操作简单易上手的设备替代。

痛点描述

- 1. 人工锁螺丝，劳动强度大，容易出现螺丝歪斜、打滑丝等问题。
- 2. 工业机器人使用门槛较高。

方案优势

采用人机协同作业的生产方式。在华沿 Elfin-10 协作机器人末端搭载两套吹气式智能电批工具，按需供给两种不同规格的螺丝钉，满足不同车灯点位、锁付不同螺丝的基本需求，整个锁付过程仅需配备一名普工按时进行取/放料操作。Elfin-10 协作机器人采用吊装方式进行部署，在占地面积约为 1.5 m² 的紧凑空间里，依次为两组汽车车灯进行高精度的螺丝锁付作业，提质增效。

成效概述

释放客户人力、缓解招工压力，同时基于协作机器人的自动化作业能力，大幅度降低工人业务培训难度，实现“人到即可上岗”，双管齐下实现降本增效。

2. 电子及相关行业

3C 电子领域正在蓬勃发展，需要可以快速、轻松地整合至各类电子设备和
技术生产中的机械手臂，包括照明、手机、计算机、输入设备、音频和视频等。
协作机器人高精度、更安全、易装配的特点，可轻松应用于精密组装、检测、上
下料、包装等工作，提高产品品质、降低员工受伤风险。

● 电子：CNC 设备上下料

案例
照片



导入
背景

客户是国内较大的 3C 领域制造商，有大量的 CNC 设备，需要专业人员对设备进行操作、维护，用工成本日益高涨。

痛点
描述

1. CNC 设备操作维护相对复杂且具有一定的危险性，企业用工成本增加外还需承担一定的事故风险。
2. 近些年工厂招工难问题日益突出，培养熟练操作工不但耗时久，流动性还居高不下，不利于生产效益的稳定。

方案
优势

客户选择了以华沿协作机器人为“手臂”的复合机器人系统（华沿Elfin-05-L、AGV、智能相机、调动系统）来实现 CNC 设备的自动上下料。

具体步骤如下：

- 1、CNC 设备加工完成，并把完成信号发送给调度系统。
- 2、调度系统收到 CNC 加工完成信号，向复合机器人下发到相应 CNC 机台进行取放料作业。
- 3、复合机器人到达 CNC 站点，相机拍照定位，协作机器人进入 CNC 取出已加工完成的物料放置在 AGV 平台的放料区，然后将 AGV 上的待加工料放入 CNC，取放料完成。
- 4、调度系统收到取放料作业完成信号，驱动复合机器人到物料缓存区或者下发其他 CNC 机台的取放料任务。

成效
概述

由于客户产品加工时间较长，单台复合机器人可以完成 1 对 10 甚至更多 CNC 机台的自动上下料任务，大大缓解招工难、用工难等问题。

● 电子：手机屏激光切割上下料

案例
照片



| | |
|------|---|
| 导入背景 | 客户主要为全球消费电子电器、IT、通讯整机产品提供高精密度零部件产品与服务。近几年，行业内招工荒越来越严重。同时，企业为了降本增效，保证产品质量稳定可靠，逐步引进自动化设备，不断提升自身的自动化、柔性制造能力。 |
| 痛点描述 | 客户在近几年已开始引入自动化生产产线，最初使用激光切割机+伺服电机+视觉相机，来实现产品的自动化生产，这种方案在进行产品切换、调试的时候操作太过繁杂，不利于现场的操作人员快速切换、调试新品。 |
| 方案优势 | 使用一台华沿Elfin-10 协作机器人倒装，同时为四台激光切割机进行上下料，这四台切割机两两对放，中间使用一个第七轴导轨实现协作机器人在各机台间的移动取放料。激光切割机对放料精度要求在 0.1mm 左右，因此通过机器人+视觉相机来实现取放产品时的定位工作。 |
| 成效概述 | 原先为单机操作，每台激光切割机都需要有一个人进行上下料，通过此方案一个人可同时看管多台设备，人工只需定期加料即可。 |

3. 金属制品及相关行业

金属加工是现代工业生产中不可或缺的重要环节，是一种广泛的机械制造技术，它在航天航空、汽车、船舶、轨道交通、电子、家电、医疗器械、建筑材料等领域都有着极为广泛的应用。

协作机器人结构紧凑且部署简单，能够很方便地集成到产线，在焊接、CNC 上下料、螺丝锁付、打磨抛光、激光打标、装配、搬运等场景都有用武之地，能够轻松“对付”不同工艺流程、不同金属材质，助力金属加工柔性升级。

● 金属制品：船舶焊接

案例图



| | |
|------|---|
| 导入背景 | 客户是国内船舶行业“智能工厂解决方案试点示范”企业，累计向全球用户建造交付 270 多艘高品质船舶，客户希望利用自动化、柔性化、智能化程度更高的焊接机器人，在实现焊接质量稳定可靠的同时，提高焊接效率，确保交付及时。 |
| 痛点描述 | 1. 是随着社会经济的向上发展，年轻一代逐渐“逃离”工作强度大（焊接点位种类不同，操作姿态或趴或蹲或卧且时间长）、作业环境差（闷热、焊花飞溅，一般还需要穿着厚重的防护服）的船舶焊接车间，熟练焊工年龄结构畸形，平均年龄明显偏大。 |

2. 是国内船舶建造行业高端化转型脚步加紧，企业对关乎船舶质量的焊接工艺要求越来越高，“每道焊缝需要数十道焊接工序，拍片检验时合格率要求达到 100%”。在严格的质量要求下，传统手工焊效率达不到预期。

方案优势

采用华沿 Elfin 系列协作机器人本体，它自重轻，单人可以拎/抱到焊接车间的任意位置；操作简单，通过拖拽示教或图形化编程，即可快速投入焊接作业；如采用 Elfin-Pro 还可支持一体化末端力控，仅需 3N 以内的拖拽力即可轻松实现拖拽；帮助用户轻松、快速地将焊枪拖拽到指定的目标焊点，实现精准无误，提升工作效率。实际焊接作业时，焊工师傅通过机械臂末端按钮，可以在拖拽过程中轻松完成焊接任务建立、焊接起点、焊接终点、焊接启动等操作，简单便捷高效。

成效描述

据客户工场部相关负责人表示，在所有设备正常运行的情况下，1 个普通焊工可以同时操作 4 台焊接机器人，作业效率得到大幅提升，焊接质量较之传统手工焊，更加稳定可靠，成品一致性也更强。

4. 日化及相关行业

日化企业的生产线以半自动化为主，人工作业仍然占比很重，工人们往往需要从事繁重、繁杂的生产活动，长时间的劳作让人难以保持高质量、高效率的工作状态。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，需要经过码垛以方便进行运输、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优先选择。

● 日化行业：样本全自动智能检测

案例照片



导入背景

某公司是全球领先的日化企业之一，为了对产线质量进行监控，以及产品出厂前的质量控制，每天都需要生产线上取洗发水样本送到实验室进行检测。

**痛点
描述**

大批量的产品样本检测要求下，纯人工无法满足需求，并同时存在人工记录检测数据时常出错等可能造成重大损失的技术性差错。

**方案
优势**

人工取样：首先采用了人工取样的方法；取样后，将进样盘放入智能化场景实验室，即可自动完成样本检测工作。将进样盘推入智能化自动检测实验台后，所有检测工作将全部由机器人负责完成。

进样盘推入后机器人开始工作：将进样盘推入智能检测台后，机器人将自动开始工作；如果当前自动检测仪器是闲置状态，机器人会优先将样本瓶送到自动检测仪器上，将指示其开始检测工作。

将样本瓶送入待检样盘：自动检测仪器完成一个样本的检测周期是 5-10 分；机器人会利用这个时间将进样盘内的样本瓶移动到待检样盘中，在这里排队等候检测。

机器人将检测完的样本瓶送去清洗：自动检测仪器完成一个样本的检测后，管理系统会通知机器人将样本瓶取走，送到自动清洗设备上清洗。然后去待检样盘中再取一个样本瓶送到自动检测仪器中进行检测。

**成效
描述**

智能化场景实验室的检测效率，最高可为人工操作的 5 倍；1 名管理员即可以正常工作时间内完成工作，无人工因素干涉数据精准，保证检测可控。

● 日化行业：码垛**案例
图****导入
背景**

客户是国内日化清洁领域的龙头企业，在其流水线上，单箱产品重量超过 15KG，日均出货量大，人工码垛难以持续。

**痛点
描述**

1. 人工劳动强度大，码垛效率低。
2. 老旧产线改造难度大，希望不变动产线的情况下进行码垛自动化升级。

**方案
优势**

采用华沿 S30 打造的双线交叉码垛模式，码垛机器人配备升降机构，最高码垛高度达 2.2m，凭借 8-13 轮次/分钟的码垛速度，24 小时不间断码垛作业。

成效描述 原本需要 5 人完成的码垛工位，现仅需 1 人负载用叉车更换码垛后的栈板即可。显著降低工人劳动强度，码垛效率大幅提高，缩短生产周期。

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：电池包螺丝拧紧

案例
照片



| | |
|------|--|
| 导入背景 | 全球著名电池企业向智能化转型，希望对 PACK 线进行柔性自动化改造，锁螺丝工序人工较多，成为关键改造工艺点。 |
| 痛点描述 | 1. 人工锁付效率低、误差难控制。 2. 锁付作业空间有限。 |
| 方案优势 | 产线采用华沿 Elfin-15 协作机器人，机器人满足 $100-130\text{N} \cdot \text{m}$ 大扭矩需求，可应对 M6 螺丝，采用吊装占地小，实现多角度无死角锁付。 |
| 成效描述 | 帮助企业实现 PACK 线锁螺丝工艺段的柔性自动化改造，作业效率大幅提升。 |

6. 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。

● 虚实联动数字孪生机器人教学平台

案例
图



导入
背景

数字化高技能人才的需求缺口却越来越大，其中机器人专业人才的需求更加突显。但现实中，机器人人才培养却面临诸多挑战。

痛点
描述

1. 要实现在虚拟空间中完成与实体设备的精准映射，必须使用数字孪生技术。
2. 数字孪生技术是集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程，虚拟现实技术是创建和运行数字孪生实现数据交互与融合的基础，而数字孪生是在此基础上依托并集成其他技术，与传感器共同在线以保证其保真性、实时性与闭环性。

方案
优势

1. 按照华沿机器人的虚拟示教器进行示教器操作基础知识学习和训练（如：示教器操作模拟、机器臂运动训练、I/O 配置、程序创建、坐标标定等）；进行简单编程训练（如：直线运动、弧线运动、增删及修改点位等）。
2. 虚拟场景中，可根据机器手臂实现自由拖拽编程，极大降低在线编程实操中的机器臂调节时间，极大提升编程效率。同时，平台提供多领域应用的 VR 场景及相对应的编程任务，对学员学习效果进行编程能力的任务检测。
3. 平台提供机器人 VR 基础知识（如：机器人结构组成、关节结构、坐标系运动原理、控制系统、内外部传感器、电动系统等，同时提供教学使用课件等）、多个领域或行业的 VR 机器人应用场景。

成效
描述

《数字孪生机器人教学平台》充分利用虚拟仿真技术，在虚拟环境下实现对主流品牌机器人的知识学习和体验真实环境应用，并利用数字孪生技术，在虚拟仿真技术基础上依托并集成其他技术以保证其保真性、实时性和闭环性，实现精准映射、虚实互动，让教学和实训更高效。

7. 新零售及餐饮行业

在过去疫情的影响下，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。

● 机器人咖啡驿站

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. 实体店购买咖啡需要长时间排队。
3. 不同实体店不同人工操作导致口味偏差的情况。

方案 优势

华沿机器人同合作伙伴联合打造机器人咖啡驿站，以“协作机器人”作为平台，融合咖啡研磨模块，打造无人咖啡驿站，该驿站占地不足 3 平方，免除传统咖啡经营的场地限制，接上电就能开业。解决了目前服务行业对于高人力成本高租金成本的痛点。

成效 描述

无人咖啡机购买咖啡不但可以节省大量排队浪费的时间，同时还能够在短时间之内饮用到适合口味的咖啡。

8. 其他

● 特种行业：车顶无人化检修/机车车辆检修检测

案例 照片



导入 背景

客户希望该机器人设备具备自动化、智能化程度高，能在狭小检修场所运行灵活、高效稳定作业，以达到列车车顶检修作业自动化升级的目标。

痛点

车顶检修作业危险系数大——对检修工人来说，存在触电、高处坠落等危险；

| | |
|------|---|
| 描述 | 对列车来说，则存在设备漏检、工具遗留等事故。 |
| 方案优势 | 华沿 Elfin 机器人与驱动系统、供给系统和升降系统结合，能够对列车车顶部件进行自动化、智能化清洁和外观检查，对受电弓、空调状态进行检测，自动更换空调滤网等，无需人工登顶检修，“是我国首台列车车顶无人化检修机器人”。 |
| 成效描述 | 机器人与其它具备自主学习能力的智能系统实现高效对接，能够基于海量检修数据进行高强度的“训练”，变得更加“聪明”“自主”，大幅提升处置能力和检修效率。 |

● 特种行业：加油站自动加油

案例图



| | |
|------|---|
| 导入背景 | 仅提供加油服务的传统加油站，面临着用工成本上升、收益却逐步下滑的窘境。与此同时，新能源汽车的迅猛发展，也加剧了传统加油站的危机感。“机器人+”应用已经成为国家重要发展战略，依托加油机器人，利用科技力量把基础加油服务做到极致，为传统加油站注入新的发展动力，已经成为整个行业前瞻性布局的重要方向。 |
| 痛点描述 | 汽车加油服务也是一项高重复、低附加值的劳动力密集型行业，工人作业环境比较特殊，易燃易爆物质、高压等危险因素长期存在，因此“机器换人”也是实现安全生产的重要措施之一。 |
| 方案优势 | <p>基于华沿 E15-F 防爆系列协作机器人，可以在存在挥发性易燃易爆气体环境中正常作业，能与 3D 视觉识别系统、一体式抓取末端工具（包括吸盘工具、夹具等）、第七轴及相关业务软件快速对接，自主识别并确定汽车油箱盖位置，并主动完成开盖、抓取油/气枪、加油/气、挂放油/气枪及关闭汽车油箱盖等动作。</p> <p>在实际使用过程中，车主停好车后，仅需通过手机 APP 即可完成加油/气下单，在车内即可完成加油/气及支付等操作，让车主在全程不下车、零交流的情况下，享受全新的自动化加油/气服务。</p> <p>E15-F 型号的协作机器人已经完成国家防爆认证，能在油气挥发的作业环境中正常使用。此外，它部署简单，占地空间相对较小，对加油站设施设备改造小，一般不会对加油站正常业务造成影响。</p> |
| 成效描述 | 利用华沿防爆机器人进行自动化作业，能在 2 分钟以内完成全部操作，最重要的是它能在无人干预的情况下，24 小时连续作业，可以极大地提高传统加油站的运营效率。 |

AI人工智能产业链联盟

每日为你摘取最重要的商业新闻

更新 · 更快 · 更精彩



Zero

AI音乐创作人

水墨动漫联盟创始人

百脑共创联合创始人

人工智能产业链联盟创始人

中关村人才协会秘书长助理

河北北大企业家分会秘书长

墨玖星辰智能科技有限公司CEO

河北清华发展研究院智能机器人中心线上负责人

中关村人才协会数字体育与电子竞技专委会秘书长助理



主要业务:AI商业化答疑及课程应用场景探索, 各类AI产品学习手册, 答疑及课程



欢迎扫码交流

提供: 学习手册/工具/资源链接/商业化案例/行业报告/行业最新资讯及动态



人工智能产业链联盟创始人

邀请你加入星球, 一起学习

人工智能产业链联盟报告库



星主: 人工智能产业链联盟创始人

每天仅需0.5元, 即可拥有以下福利!

每周更新各类机构的最新研究成果。立志将人工智能产业链联盟打造成市面上最全的AI研究资料库, 覆盖券商、产业公司、研究院所等...

知识星球

微信扫码加入星球 ▶

