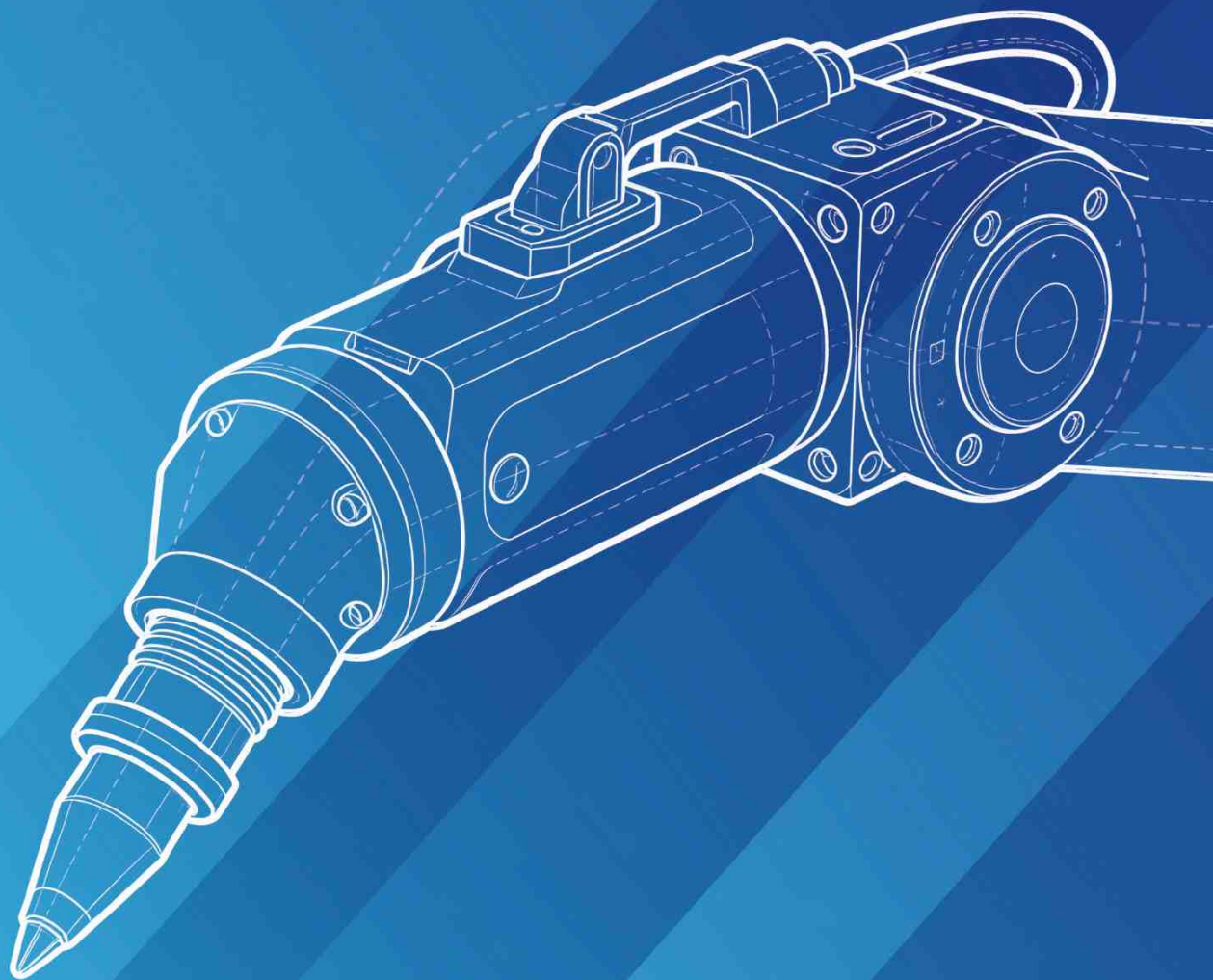


高工咨询 20th ANNIVERSARY

高工机器人

2026 THE BLUE BOOK ON THE DEVELOPMENT OF INTELLIGENT WELDING ROBOT INDUSTRY 智能焊接机器人产业发展蓝皮书



参编单位

FAIRINO
—法奥机器人—

ELITE ROBOTS
艾利特机器人

STEP
新时达

MOKA 摩卡

3S ROBOTICS
昇视唯盛

MEGMEET
WELDING TECHNOLOGY

HECIN 合信

版权声明

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

高工咨询（GGII）和所有参编企业对本报告拥有共同著作权。报告有偿提供给限定企业，应限于企业内部使用，仅供企业在分析研究过程中参考。如企业引用报告内容进行对外使用，所产生的误解和诉讼由企业自行负责，本公司不承担责任。

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

序言

2026 年国内制造业自动化、智能化改造进程全面提速，叠加新生代劳动力供给收缩、焊接岗位用工成本持续走高、熟练焊工缺口长期存在等多重现实约束，智能焊接机器人市场需求进入加速释放周期。汽车整车及零部件仍是焊接机器人基础刚需市场，但钢结构、船舶海工、隧道桥梁、新能源装备等行业，因产品非标化、小批量多批次、焊接工序占比高、现场作业环境恶劣等固有痛点，对免示教、自适应型智能焊接解决方案的落地需求更为迫切，行业智能化转型共识全面落地。

钢结构、船舶制造两大核心赛道工件尺寸差异大、装配一致性差、传统示教编程耗时长，依靠人工焊接不仅生产效率偏低，焊缝成形、力学性能等质量指标稳定性难以管控；传统示教型机器人需逐一对工件编程调试，换产周期长，已经无法适配当下柔性化、定制化的现代化生产诉求，产业升级瓶颈凸显。伴随 3D 结构光视觉、线激光焊缝跟踪、多传感器融合感知、离线自主编程、焊接工艺大模型、实时自适应控制等核心技术持续迭代成熟，智能焊接机器人完成从“加装传感辅助纠偏”向“全流程自主感知决策”跨越，逐步实现无人工预编程、焊缝自主识别、路径自动规划、工艺参数自适应匹配，行业正式迈入免编程、免示教规模化落地阶段。集成视觉感知、智能控制系统的智能焊接工作站、一体化焊接系统，既能大幅提升焊接产出效率与成品合格率，降低人工操作强度，同时隔绝烟尘、强光、高温等职业危害，缓解焊工紧缺行业难题，减少企业对资深焊工的人力依赖，保障产线连续稳定运转。

相较传统示教焊接设备，智能焊接机器人融合机器人运动控制、多模态人工智能、3D 机器视觉、多类型传感器、自适应自动化控制、焊接工艺数字化软件于一体，属于高度集成的复合型智能装备。结合 2026 年产业发展现状来看，国内智能焊接赛道入局企业持续扩容，在钢结构、船舶、风电塔筒、压力容器、工程机械等细分领域批量化落地项目持续增多，但整体行业仍处于高速成长早期，完整商业化普及尚需突破成本、算法通用性、多设备兼容、细分工艺积累等多重瓶颈。GGII 高工机器人产业研究所预判，2026-2030 年将是国内智能焊接机器人爆发增长黄金期，产业链上游传感器、控制系统、本体厂商、中游系统集成商、下游垂直行业服务商将迎来规模化成长机遇。

本蓝皮书以智能焊接机器人为核心，重点阐述了其各核心模块的发展态势，其中包含焊接机器人本体、3D 视觉及激光焊缝跟踪系统、智能焊接控制系统、离线编程软件、焊接配套设备如焊接电源、焊枪等，结合智能焊接机器人产业链各环节的技术特点，剖析智能焊接机器人市场和技术趋势，同时对智能焊接机器人的应用行业、应用场景和应用趋势进行分析，

旨在厘清智能焊接机器人的发展脉络，帮助智能焊接机器人产业链相关企业及投资机构了解当前智能焊接机器人行业的最新态势，把握市场机会，做出正确经营决策。

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

宏观外部环境的不确定性和复杂性加剧，高工咨询（GGII）和所有参编企业祝愿全产业链企业把握智能化转型红利，持续突破技术瓶颈，实现高质量长效发展！

感谢以下联合参编单位（排名不分先后）：

法奥（苏州）机器人技术股份有限公司
苏州艾利特机器人有限公司
上海新时达电气股份有限公司
芜湖摩卡机器人科技有限公司
上海昇视唯盛科技有限公司
深圳市麦格米特焊接技术有限公司
南京合信自动化有限公司

目录

版权声明	2
序言	3
第一部分 基础篇	9
第一章 智能焊接机器人定义与分类	9
第一节 智能焊接机器人的定义	9
第二节 智能焊接机器人的分类	14
第三节 智能焊接机器人 vs 传统示教焊接机器人	17
第二部分 产业链篇	19
第二章 智能焊接机器人产业链分析	19
第一节 产业链概述	19
第二节 智能焊接机器人系统核心模块分析	21
第三节 中游系统集成	30
第四节 智能焊接机器人生态地图	31
第三部分 市场篇	33
第三章 智能焊接机器人市场概况分析	33
第一节 整体市场规模与增长	33
第二节 中国智能焊接机器人市场概况及趋势分析	37
第四部分 技术篇	46
第四章 技术发展分析	46
第一节 核心技术发展历程	46
第二节 核心技术分析	48
第三节 技术专利分析	55
第四节 国内外企业技术差距分析	57
第五部分 应用篇	59
第五章 智能焊接机器人产业化应用分析	59
第一节 钢结构行业	59
第二节 船舶行业	63
第三节 其他潜力行业	68
第六部分 企业篇	70

第六章 参编企业介绍	70
第一节 法奥机器人	70
第二节 艾利特机器人	83
第三节 新时达	89
第四节 摩卡机器人	95
第五节 昇视唯盛	100
第六节 麦格米特	113
第七节 南京合信	122
第七部分 案例篇	123
第七章 参编企业案例介绍	123
第一节 钢结构	123
第二节 船舶制造	127
第三节 港机制造	135
第四节 工程机械	137
第五节 汽车	143
第六节 核电	146
第七节 轨道交通	147
第八部分 趋势篇	150
第八章 智能焊接机器人发展与展望	150
第一节 市场机遇与挑战	150
第二节 市场发展趋势	153
第三节 技术发展趋势	154
第四节 产品发展趋势	157

图表目录

图表 1	焊接的分类.....	10
图表 2	焊接机器人分类、特点及主要应用.....	11
图表 3	智能焊接机器人系统构成.....	13
图表 4	智能焊接机器人系统方案分类.....	14
图表 5	协作机器人与传统工业机器人产品特点对比.....	16
图表 6	传统示教焊接机器人 vs 免示教智能焊接机器人	17
图表 7	智能焊接机器人产业链构成.....	19
图表 8	2025 年智能焊接机器人系统成本结构占比情况（单位：%）	20
图表 9	智能焊接机器人生态地图.....	31
图表 10	智能焊接机器人产业链代表企业地区分布情况	32
图表 11	2022-2030 年全球智能焊接机器人市场销量及预测（单位：万台，%） ..	34
图表 12	2022-2030 年全球智能焊接机器人市场规模及预测（单位：亿元，%） ..	34
图表 13	2022-2030 年中国智能焊接机器人市场销量及预测(单位：万台，%)	35
图表 14	2022-2030 年中国智能焊接机器人市场规模及预测（单位：亿元，%） ..	36
图表 15	焊接机器人本体主要代表厂商	37
图表 16	2016-2026 年中国焊接机器人销量及预测(单位：万台，%)	38
图表 17	2022-2030 年中国智能焊接机器人控制系统市场规模及预测(单位：亿元)	39
图表 18	2025 年焊接电源竞争梯队	40
图表 19	2022-2030 年中国智能焊接机器人用焊接电源市场规模及预测(单位：亿元)	40
图表 20	线激光焊缝跟踪传感器和 3D 结构光相机特点对比	41
图表 21	2022-2030 年中国智能焊接机器人视觉/激光跟踪市场规模及预测(单位：亿元)	42
图表 22	国内外机器人离线编程软件主要企业及产品	42
图表 23	2022-2030 年中国智能焊接机器人离线编程软件市场规模及预测(单位：亿元)	43
图表 24	中国市场内外资机器人焊枪代表厂商	44
图表 25	2022-2030 年中国智能焊接机器人用焊枪市场规模及预测(单位：亿元) .	45

图表 26	焊接机器人智能化技术发展路径	46
图表 27	2016-2025 年中国焊接机器人相关专利申请情况（单位：件，%）	55
图表 28	2016-2025 年中国智能焊接相关专利申请情况（单位：件，%）	56
图表 29	智能焊接机器人系统核心模块国内外代表厂商及技术对比	57
图表 30	2017-2025 年中国钢结构产量及增长率（单位：万吨，%）	60
图表 31	2024 年各类钢结构产品占比	61
图表 32	钢结构智能焊接适用工件部分展示	61
图表 33	2017-2025 年及 2026 年 H1 中国造船三大指标增长情况(单位：万载重吨，%)	64
图表 34	造船建造流程与焊接工序分布	64
图表 35	船舶智能焊接适用工件部分展示	66

第一部分 基础篇

第一章 智能焊接机器人定义与分类

第一节 智能焊接机器人的定义

一、焊接工艺的介绍和分类

焊接被誉为“钢铁裁缝”，也称作熔接，是一种以加热、高温或者高压的方式接合金属或其他热塑性材料如塑料的制造工艺及技术。焊接作为现代制造业中不可或缺的核心工艺，广泛应用于汽车、船舶、钢结构、航空航天、工程机械等各个工业领域。

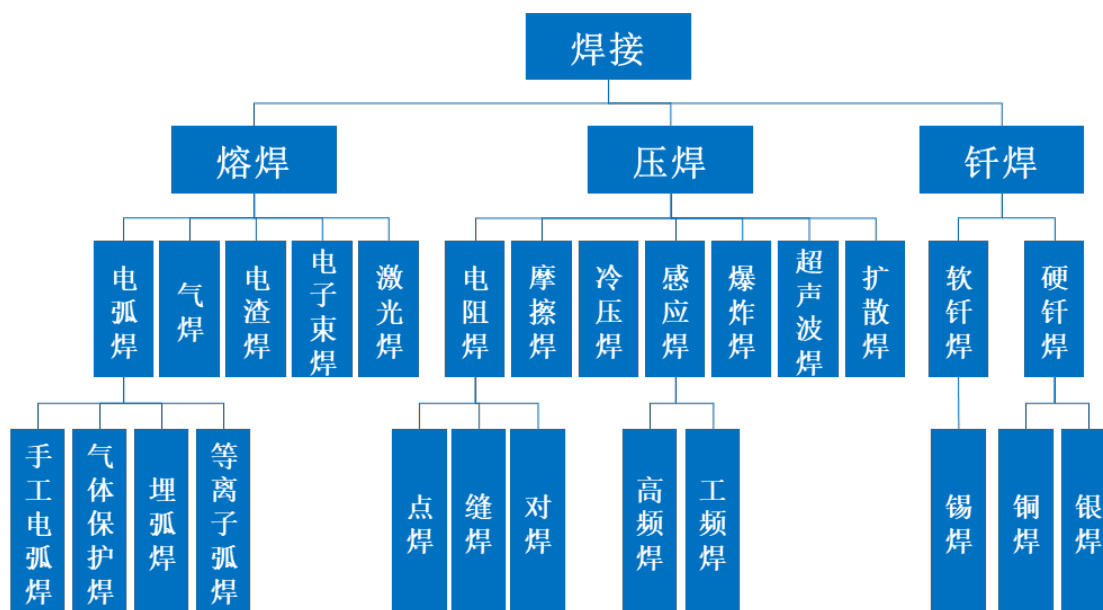
按照焊接过程的物理本质不同，焊接一般分为以下三大类：

熔焊——加热欲接合之工件使之局部熔化形成熔池，熔池冷却凝固后便接合，必要时可加入熔填物辅助，它是适合各种金属和合金的焊接加工，不需压力。具体包括电弧焊、气焊、电渣焊、电子束焊、激光焊等，其中电弧焊又可细分为手工电弧焊、气体保护焊、埋弧焊、等离子弧焊等。

压焊——焊接过程必须对焊件施加压力，属于各种金属材料及部分金属材料的加工。具体包括电阻焊、摩擦焊、冷压焊、感应焊、爆炸焊、超声波焊、扩散焊等，其中电阻焊又可分为点焊、缝焊、对焊等。

钎焊——采用比母材熔点低的金属材料做钎料，利用液态钎料润湿母材，填充接头间隙，并与母材互相扩散实现连接焊件。适合于各种材料的焊接加工，也适合于不同金属或异类材料的焊接加工。具体分为软钎焊和硬钎焊两大类，常见的有锡焊、铜焊、银焊等。

图表 1 焊接的分类



资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

二、焊接机器人的分类

焊接机器人是集机械、计算机、电子、传感器、人工智能等多方面知识技术于一体的现代化、自动化设备，主要由机器人本体部分和焊接配套设备两大部分构成。机器人本体部分主要由六轴机械臂（工业机器人和协作机器人）及控制器构成，其核心零部件为控制系统（控制柜及示教器）、减速机及伺服电机；焊接配套设备包括焊接电源、专用焊枪、自动送丝装置等。

根据不同的焊接工艺分类，焊接机器人主要包括点焊机器人、弧焊机器人、激光焊接机器人以及搅拌摩擦焊机器人等。常见的焊接机器人包括点焊机器人和弧焊机器人，合计占比约 90%。其中：

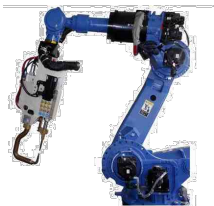
点焊机器人主要用于薄板件之间的点状焊接，广泛应用于汽车整车制造行业。就目前来看，点焊机器人市场主要还是由外资主导，特别是来自日本、欧洲的技术领先企业，如发那科、ABB、KUKA、川崎、安川、那智不二越等，凭借在自动化和机器人技术领域的深厚积累、创新能力以及广泛的国际销售和服务网络，树立了强大的品牌影响力，在全球市场占据主要份额，国产品牌在技术水平、品牌认知和市场覆盖等方面与上述外资企业相比仍存在较大差距。

弧焊机器人则适用于更广泛的材料厚度和焊接要求，对运动轨迹要求更加严格，需要沿着预设的焊缝路径精确地移动，保持焊枪与工件之间的距离一致。目前，国产焊接机器人厂

商主要聚焦在这个领域，市场竞争较为激烈。现阶段，市场上智能焊接机器人产品中，用于弧焊工艺的占据了主导地位。

随着近几年新能源汽车的高速发展以及汽车轻量化需求的驱动，对焊接技术提出了更高的要求，同时也推动了各种焊接技术的发展。其中，激光焊接技术已成为在新能源汽车及电池制造过程中常用的焊接技术。

图表 2 焊接机器人分类、特点及主要应用

焊接类型	图示	特点	主要应用
点焊		通过机器人末端的焊钳来实现，一般搭配重型六关节机器人，多以 160-210kg 级别机器人为主，外资仍占据主导。	多应用于汽车生产厂焊装车间流水线，完成汽车地板、侧围、顶盖等整车外壳的拼装焊接过程以及板材、钢材或铝材的点焊加工。
弧焊		弧焊设备较小且轻，一般配搭轻量型六关节机器人，多以 6-20kg 级别机器人为主，国产企业主要聚焦在弧焊领域。	汽摩制造、3C 电子制造、金属制品制造、建筑、桥梁、船舶、航空航天等领域，还可以应用于家电制造、健身器材等通用工业。
激光焊接		以半导体激光器作为焊接热源，对焊缝跟踪精度要求更高，具有能量密度高、焊接速度快、焊接应力和变形小、柔性好等优势。	广泛应用于汽车(包括新能源汽车电池单元或电池组)、航空航天和医疗等各个行业的高精度应用。
搅拌摩擦焊		适用于熔点较低的金属，作为铝、镁等合金的推荐焊接方法。在焊接过程中无烟尘、无弧光，不需要保护气体和焊丝的焊接技术，在成本等方面突显优越性，发展前景将会更加广阔。	应用领域涵盖汽车制造(包括新能源汽车电池托盘、电机壳体、控制器壳体)、航空工业、电子工业以及轨道交通等。

资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

三、智能焊接机器人的定义

按照机器人加工路径生成的方式不同,焊接机器人产品可以分为**传统示教型焊接机器人**和**智能焊接机器人**两类,传统示教型焊接机器人采用的是"示教-再现"的工作模式,通常需要人工示教来编辑焊缝的加工路径。智能焊接机器人通常配备有多种传感器,如视觉传感器、激光传感器等,用于精确地识别焊缝的位置和尺寸,基于传感器提供的数据,机器人能够自动规划焊接路径,无需人工示教。**智能焊接机器人系统可以由感知、决策、执行三大模块组成。**

1. 感知模块——智能焊接的"眼睛"与"触觉"

感知模块是智能焊接机器人获取外部信息的入口,主要通过各类传感器实现对工件、焊缝、焊接过程的实时感知。

视觉感知:通过 3D 结构光相机、线激光传感器等设备,实现焊缝识别、工件定位、焊缝跟踪等功能,获取焊缝的位置、尺寸、形状等三维信息。

力觉感知:通过六维力传感器、扭矩传感器等,感知焊接过程中的接触力、压紧力,实现柔顺控制与焊缝跟踪。

过程感知:通过熔池监测、弧光监测、声音监测等技术,实时感知焊接过程状态,为质量控制提供数据支撑。

2. 决策模块——智能焊接的"大脑"

决策模块是智能焊接机器人的核心,负责将感知数据转化为控制指令,实现焊接过程的智能规划与调整。

焊接工艺知识库与参数引擎:基于焊接工艺参数数据库、知识图谱、材料-工艺匹配模型,为不同工件、材料、焊缝类型匹配最优焊接参数。

智能规划与决策:实现焊接路径自主规划、多层多道焊智能规划、工艺参数自适应匹配,取代人工示教编程。

焊接过程实时控制与纠偏:通过焊缝跟踪纠偏算法、熔池动态调节、缺陷在线补偿,实现焊接过程的动态优化。

质量在线检测与评估:通过焊接缺陷识别算法、质量评分体系、追溯与报表系统,实现焊接质量的闭环管控。

3. 执行模块——智能焊接的"手脚"

执行模块是智能焊接机器人的动作执行端,负责将决策指令转化为实际焊接动作。

机器人本体执行：通过高精度轨迹规划与插补算法，实现焊枪的精确定位与运动控制，保证焊接轨迹的准确性。

焊接电源执行：根据决策模块的参数指令，实时调整焊接电流、电压、送丝速度等工艺参数。

外围设备协同执行：变位机、工装夹具、送丝机构等外围设备与机器人协同动作，实现复杂工件的多工位焊接。

一套完整的智能焊接机器人工作单元包含了智能焊接控制系统、视觉传感与焊缝跟踪系统、离线编程软件、焊接机器人本体以及焊接电源、焊枪等配套部分组成。智能焊接机器人在离线编程软件中编辑焊缝、生成焊接路径，并仿真模拟焊接过程，验证焊接路径的合理性，从而取代人工示教编程生成焊接路径，缩短编程调试周期。

图表 3 智能焊接机器人系统构成



资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

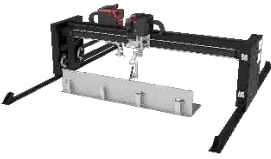
第二节 智能焊接机器人的分类

智能焊接机器人可从**工作站构型**和**机器人本体类型**两个维度进行划分。不同构型适用于不同的工件尺寸、作业空间和生产节拍要求；不同本体类型则在负载能力、精度、安全性、灵活性等方面各有侧重。

一、基于不同构型的分类

智能焊接工作站的构型设计直接决定了设备的作业范围、工件适配能力和场地需求，是系统集成方案的首要考量因素。

图表 4 智能焊接机器人系统方案分类

构型	图示	特点	主要应用
龙门式		龙门式智能焊接工作站采用龙门架结构，机器人安装在可沿 X、Y 轴移动的龙门横梁上，配合 Z 轴升降实现大范围空间作业。该构型具有作业范围大、刚性好、定位精度高等特点， 特别适合大型结构件的焊接，如大型钢结构件、船舶分段、工程机械车架等。	龙门式工作站通常可搭载多台机器人同时作业，焊接效率高，且工件固定不动， 避免了大型工件变位的难题。 但其设备占地面积大，初期投资成本较高，适合批量稳定的大型工件焊接场景。
地轨式		地轨式智能焊接工作站将机器人安装在可沿地面导轨移动的滑台上，通过机器人自身关节运动与导轨直线运动的配合，扩展机器人的作业半径。该构型兼具灵活性与扩展性，导轨长度可根据工件长度灵活定制。	地轨式工作站 适用于长条形工件的焊接，如型钢、管道、长梁等 ，可在一条导轨上布置多台机器人或多个工位，实现流水线式焊接生产。相比龙门式，地轨式成本更低、部署更灵活，是中大型工件焊接的主流构型之一。
移动式		移动式智能焊接工作站将焊接机器人集成在可移动的底盘上，包括 AGV 底盘、履带式底盘或轮式底盘等，机器人可自	该构型最大的特点是 柔性极强，不受固定工位限制 ，特别适合现场安装焊接、大型结构件现场补焊、船舶建造现场焊

		主移动至工件位置进行焊接作业。	接等 工件无法移动的场景 。移动式工作站通常搭配视觉自主导航与焊缝自主识别技术，实现“到了就焊”的免示教作业。
悬臂式		悬臂式智能焊接工作站将机器人安装在可旋转、可伸缩的悬臂机构上，通过悬臂的摆动和伸缩扩大作业范围。该构型结构相对紧凑，占地面积小，适合中大型回转类工件或箱型构件的焊接。	悬臂式工作站通常配合变位机使用，工件旋转与悬臂运动协同，实现复杂焊缝的连续焊接。在压力容器、管道预制、箱体焊接等场景应用较多。
固定式		固定式智能焊接工作站是 最基础的构型 ，机器人本体固定安装在基座上，依靠机器人自身关节运动完成焊接作业，工件通过变位机或人工上下料实现工位切换。	该构型结构简单、成本较低、部署快速，适合中小型工件的批量焊接。配合变位机、工装夹具等外围设备，可实现较为复杂的焊接工艺。固定式工作站是目前中小企业智能化改造中应用最广泛的入门级方案。

资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

二、基于不同本体类型的分类

六轴工业机器人是工业自动化中最常见的机器人结构，在焊接领域应用历史最长，技术和工艺成熟，可靠性高。六轴设计提供了高精度的定位和重复性，这对于需要高精度焊接的应用至关重要。

工业机器人通常具有更高的负载能力，可以处理更重的焊接工具和更复杂的焊接任务，如点焊、缝焊、弧焊、激光焊等，通过精确控制焊接参数和路径，提高焊接质量和生产效率。工业机器人负载范围覆盖广泛，从几公斤到数吨不等，可满足从轻薄件到重型结构件的各类焊接需求。

工业机器人适用于人机隔离的结构化生产环境，以重复性任务为主，适合标准化、大批量的生产模式。其操作需要专业的机器人工程师进行编程和维护，集成相对复杂，投资回收

周期较长。

协作机器人是工业机器人领域的新兴分支，与传统工业机器人相比，协作机器人更强调安全性、易用性和灵活性，能够适应各种工作场景，通常价格更低，体积更小，对人类更安全。协作机器人凭借力控安全特性，可实现人机共存的非结构化环境作业，无需安全围栏，节省场地空间。其操作方式更加友好，支持图形化编程、拖动示教，操作简单，无需深厚的编程基础，普通工人经过短期培训即可上手。

随着制造业对产品多样性和生产灵活性的要求不断提高，以及对工作场所安全性的日益重视，协作机器人在焊接领域的应用正在逐渐增多，特别是在小批量、定制化和需要频繁变更生产线布局的应用场景中。

目前协作机器人主要用于轻型和中型焊接任务，特别是那些对精度要求较高但负载相对较小的应用场景。随着技术的进步，协作机器人的负载能力、焊接精度和智能化水平均在不断提高，未来在焊接领域的应用将更加广泛。

图表 5 协作机器人与传统工业机器人产品特点对比

	协作机器人	传统工业机器人
焊接场景	弧焊、激光焊接	点焊、弧焊、激光焊接、搅拌摩擦焊等
生产模式	任务形式灵活多变，适合小批量多品种 柔性生产	重复性任务为主，标准化生产
作业环境	人机共存的非结构化环境	人机隔离的结构化环境
负载范围	较小，通常在 2-35kg	覆盖广泛，涵盖 2-2300kg
产品特性	轻量、低或可变的刚度	较大的自重和刚度
辅助设施	传感器种类多样	外接传感器少
投资回报	价格低、易集成、投资回收快	集成复杂、投资回收周期长
作业方式	人机协同作业	耐疲劳、连续作业
操作环境	图形化编程、可拖动示教、操作简单、 无需编程基础	操作复杂、专家编程、专员维护
常用领域	汽车及零部件、3C 电子、金属加工、 钢结构、新能源、船舶行业、其他一般 工业	汽车及零部件、3C 电子、金属加工、 工程机械、钢结构、新能源、船舶行 业、其他一般工业

资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

第三节 智能焊接机器人 vs 传统示教焊接机器人

焊接机器人的发展路径正从传统示教型逐渐演进为“免示教”型，这一过程伴随着智能化水平的不断提高。智能焊接机器人与传统示教型焊接机器人在硬件配置、技术特性、操作方式、适应能力和商业价值等多个维度存在显著区别。

传统示教焊接机器人采用“示教-再现”的工作模式，需要通过示教器进行引导操作，操作者手动引导焊枪沿预定的焊缝路径移动，同时调整焊枪的姿态和速度，机器人记录下这一系列的动作和位置信息。示教完成后，机器人能够存储这些信息作为运行程序的一部分，自动焊接时严格按照示教的路径和参数进行操作，重现操作者的动作。

智能焊接机器人利用传感器、机器视觉和人工智能技术，通过预先编程和传感器数据来自动规划焊接路径，能够自动识别工件特征和焊接轨迹，机器人根据这些规划信息和预先设定的焊接参数，自主完成焊接任务。智能焊接机器人可以通过学习和自我优化来提高焊接质量和效率，减少对人工干预的需求，能够适应不同形状、尺寸和材质的工件，即使在工件位置轻微偏移或形状略有变化的情况下，也能自动调整焊接路径和参数。

两种模式各有优势：示教型机器人易于理解和操作，适合于重复性高、焊缝路径固定的任务；而智能焊接机器人则更加智能和灵活，适合于复杂或变化频繁的焊接任务。随着技术的进步，未来的焊接机器人将融合更多智能感知和自主决策能力，进一步提高焊接的质量和效率。

图表 6 传统示教焊接机器人 vs 免示教智能焊接机器人

维度	传统示教焊接机器人	免示教智能焊接机器人
硬件差异	机器人本体+示教器+焊接电源+焊枪，硬件配置相对简单，传感器配置少	在基础配置上增加 3D 视觉相机、激光焊缝跟踪传感器等感知与计算硬件，系统复杂度更高
工作模式	示教+工装夹具	2D+3D 智能识别，智能焊接
编程模式	人工示教编程，逐点记录轨迹	离线编程软件自动生成路径，无需人工
前端技术人员需求	机器人工程师	无需
现场操作人员需求	机器人工程师	仅需普工
焊接信息来源	人工编程，手动示教调整	传感器自动识别，系统调动后台工艺数据包
操作方式	通常需要通过示教器进行编程。	减少人工示教甚至达到免示教，可以自主规划焊接路径。

柔性化和灵活性	路径依赖于预先设定的程序，因此在面对非标准或变化的工件时，可能需要重新示教和编程，限制了其灵活性和适应性。	能够适应不同的工件形状和尺寸，甚至在工件轻微变化的情况下也能维持焊接质量和速度。能够处理非标准化的任务，减少了重新编程的需求。
感知自适应能力	无感知能力，严格按预设路径执行，工件偏移即产生焊接偏差	具备视觉、激光、力觉等多维度感知能力，可实时识别焊缝位置偏差并自动纠偏，适应工件形变与定位误差
智能化程度	较低，简单的机器人替代人工生产	较高，机器人全流程智能完成
技术特性	基于预编程轨迹的精确重复执行，核心是运动控制精度	融合机器视觉、人工智能、传感器融合、离线编程等多技术，核心是环境感知与自主决策能力
投入产出效益	初期投资可能较低，但在长期运行中，频繁的人工干预和调整可能会增加总成本。	初期投入可能更高，但由于其高效率、满足柔性焊接需求，长期来看往往能提供更好的投资回报。
适应场景	标准化、大批量、工件一致性高的场景，如汽车整车制造	非标化、小批量、多品种、工件复杂的柔性生产场景，如钢结构、船舶、工程机械等

资料来源：柏楚电子，昇视唯盛，公开资料，GGII 整理

第二部分 产业链篇

第二章 智能焊接机器人产业链分析

第一节 产业链概述

智能焊接机器人是一种高度自动化的设备，集合了多种先进技术，包括机器人技术、人工智能技术、机器视觉技术、传感器技术、自动化控制和软件工程技术等。目前，智能焊接机器人尚处于发展早期阶段，入局者正持续增加，其全面商业化和广泛应用仍在探索中。

智能焊接机器人产业链主要分为上游核心零部件与配套设备、中游系统集成、下游应用行业三大部分：

上游：主要包括焊接机器人本体、智能焊接控制系统、3D 视觉/激光焊缝跟踪系统、离线编程软件、焊接电源、焊枪、变位机及其他辅助设备。其中，机器人本体、视觉/激光跟踪系统、智能控制系统是价值量最高的三大核心环节。

中游：系统集成商以机器人系统为核心进行集成开发，结合具体行业工艺需求，将本体、感知系统、控制系统、焊接配套设备整合为标准化或定制化的智能焊接工作站或自动化生产线。

下游：最终应用行业，目前智能焊接机器人在钢结构以及船舶行业应用较为集中。随着技术的不断突破和市场需求的拉动，智能焊接机器人在制造业中的角色将越来越重要，未来在汽车及汽车零部件、金属加工、重工机械、能源、航空航天以及其他一般工业等领域的应用也将日益广泛和深入。

图表 7 智能焊接机器人产业链构成

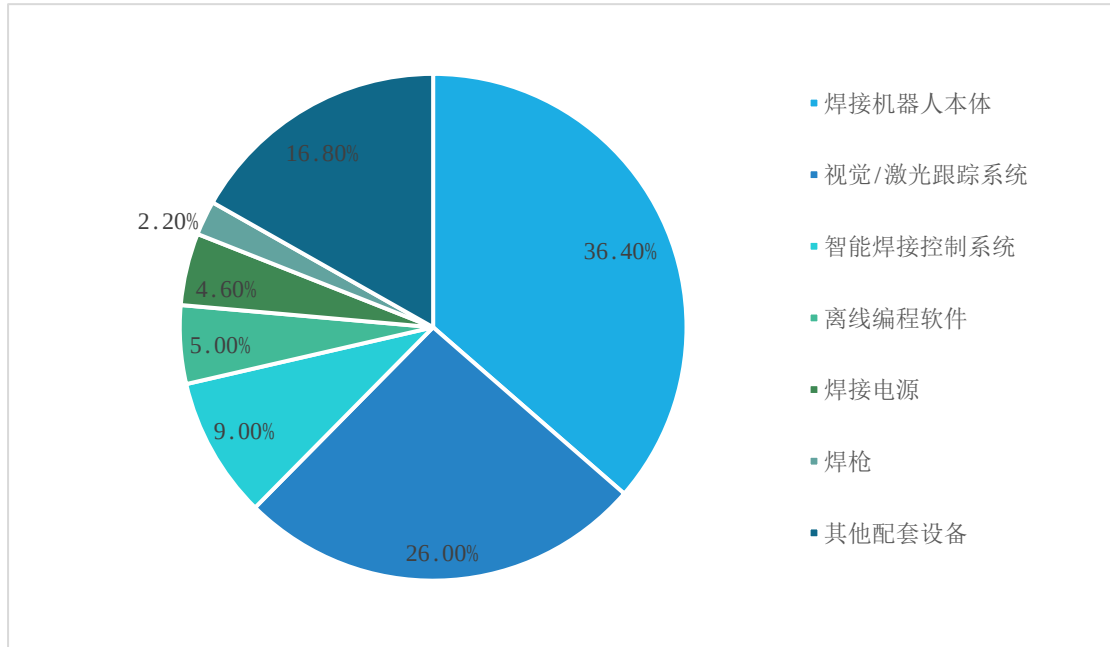


资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

从智能焊接机器人系统成本构成来看，各环节价值分布差异显著。2025 年数据显示，焊接机器人本体和视觉/激光跟踪系统是成本比重最大的两个部分，合计占比超过 60%。从

价值分布可以看出，视觉/激光跟踪系统+智能焊接控制系统+离线编程合计占比 40%，是智能焊接机器人区别于传统焊接机器人的核心增量价值所在，也是技术壁垒最高的环节。

图表 8 2025 年智能焊接机器人系统成本结构占比情况（单位：%）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

第二节 智能焊接机器人系统核心模块分析

一、焊接机器人本体

用于焊接机器人的本体通常以多关节工业机器人为主，在设计时考虑了焊接过程中的精度、重复性和负载能力，使其成为焊接自动化领域中最常见的选择。

近年来，协作机器人开始在焊接领域崭露头角。与传统的多关节工业机器人相比，协作机器人具有灵活性、易用性、较低的总成本和快速部署的优势，且在焊接场景中的应用正在逐年增长，目前主要用于轻型和中型焊接任务，特别是那些对精度要求较高但负载相对较小的应用场景。

随着技术的进步，协作机器人的负载能力、焊接精度和智能化水平均在不断提高，未来在焊接领域的应用将更加广泛，包括处理更重的负载和更复杂的焊接工艺。同时，协作机器人与人工智能、物联网和其他先进技术的集成将推动焊接自动化向更高层次发展。

目前国内焊接机器人本体厂商主要包括新时达、摩卡机器人、法奥机器人、艾利特机器人、埃斯顿、卡诺普、钱江机器人、埃夫特等，外资品牌包括发那科、安川、ABB、库卡、松下、OTC 等。



图片：摩卡工业焊接机器人



图片：法奥协作焊接机器人

二、智能焊接控制系统

智能焊接控制系统是焊接自动化领域的一项先进技术，它结合了多种现代科技手段，如人工智能（AI）、机器人技术、传感器技术和智能控制，旨在简化焊接机器人编程和操作流程，以实现焊接过程的智能化。智能焊接控制系统是智能焊接机器人的“大脑”，很大程度上决定了焊接机器人的智能化程度。

传统焊接机器人需要进行“示教”，即操作员手动引导机器人末端执行器（焊枪）沿着预定的焊接路径移动，并记录每个点的位置信息，这一过程耗时且需要专业技能。相比之下，智能焊接控制系统通过使用传感器、机器视觉、人工智能和其他先进技术，能够自动调整焊接参数，如电流、电压、送丝速度等，以适应不同的焊接条件。

智能焊接控制系统主要包含四大核心模块：

1、焊接工艺知识库与参数引擎

焊接工艺知识库是智能焊接控制系统的数据库基础，通过积累大量焊接工艺数据，构建焊接工艺参数数据库、知识图谱、材料-工艺匹配模型。

焊接工艺参数数据库：存储不同材料、板厚、接头形式、焊接位置对应的最优工艺参数，包括电流、电压、焊接速度、送丝速度、气体流量等。

焊接工艺知识图谱：构建材料-工艺-缺陷-对策之间的关联关系，支持工艺推理和缺陷诊断。

材料-工艺匹配模型：根据工件材料、厚度、焊缝类型等输入条件，自动匹配推荐最优的焊接工艺参数。

工艺知识库的丰富程度直接决定了智能焊接系统的工艺适配能力和焊接质量，是各系统厂商的核心竞争力所在。

2、智能规划与决策模块

智能规划与决策模块负责将感知数据转化为具体的焊接方案，实现从“看到”到“规划”的转化。

焊接路径自主规划：根据焊缝识别结果，自动生成机器人焊接运动轨迹，包括焊枪姿态、焊接方向、起弧收弧位置等。

多层多道焊智能规划：针对厚板焊接，自动计算焊道排布数量、每道焊缝的偏移量和工艺参数，实现多层多道焊的自动编程。

工艺参数自适应匹配：根据焊缝尺寸、材料特性、工件位置等因素，动态调整焊接工艺参数，确保焊接质量稳定。

3、焊接过程实时控制与纠偏模块

焊接过程实时控制与纠偏模块负责焊接过程中的动态调整，是保证焊接质量的关键。

焊缝跟踪纠偏算法：接收激光传感器的实时偏差数据，通过滤波、预测算法处理后，控制机器人实时修正轨迹，使焊枪始终对准焊缝。

熔池动态调节：根据熔池监测数据，实时调整焊接电流、电压、焊接速度等参数，控制熔池大小和熔深。

缺陷在线补偿：检测到焊接过程中的异常情况（如间隙变化、错边）时，自动调整工艺参数进行补偿，减少缺陷产生。

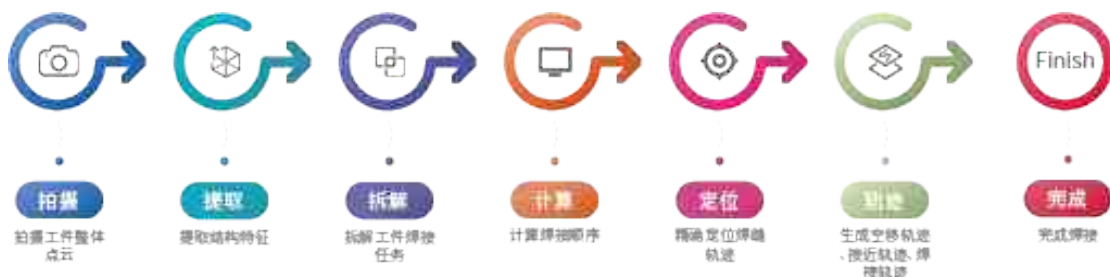
4、质量在线检测与评估模块

质量在线检测与评估模块实现焊接质量的闭环管控，是智能焊接系统向更高阶发展的重要方向。

焊接缺陷识别算法：通过视觉、声音、电流电压信号等多源数据，识别气孔、裂纹、未焊透、咬边等常见焊接缺陷。

质量评分体系：建立焊接质量综合评价模型，对每道焊缝进行质量打分和等级评定。

追溯与报表系统：记录每道焊缝的焊接参数、过程数据、质量评估结果，生成质量报表，支持产品全生命周期追溯。



图片：哈工现代 3in1 具身智能焊接系统

三、焊接电源

焊接电源作为机器人专用焊接设备中的核心部件，其性能和发展对于焊接机器人技术的整体进步至关重要。高质量的焊接电源能够提供稳定的电流和电压输出，确保焊接过程的可控性和一致性。

焊接电源的主要功能是为焊接电弧提供能量，根据不同的焊接工艺要求输出相应的电流、电压波形。智能焊接机器人所使用的焊接电源通常具备数字化控制、多工艺兼容、参数实时调节等功能，能够与智能控制系统联动，根据焊缝位置、材料厚度、焊接速度等参数动态调整焊接工艺参数。

送丝机是弧焊系统中的重要配套设备，负责稳定、精确地输送焊丝。智能焊接系统中的送丝机通常采用高精度伺服电机驱动，配合送丝轮和导丝管，实现匀速、稳定的送丝。高端送丝机还具备焊丝缓冲、防粘丝、自动回抽等功能，能够有效减少焊接缺陷。

近年来，焊接电源的国产化率伴随着焊接机器人的国产化率不断提升，**以麦格米特为代表的国产焊接电源厂商份额逐年提升**，其他代表性企业还包括奥太电气、凯尔达、佳士科技、瑞凌等，外资品牌主要有伏能士、林肯、肯倍、松下、OTC 等。



图片：麦格米特焊接电源

四、感知子系统

感知子系统是智能焊接机器人区别于传统示教型机器人的核心标志,是实现"免示教"和"自适应"的硬件基础。**感知子系统主要包括激光焊缝跟踪传感器、大线扫相机和力矩传感器三类。**

1、激光焊缝跟踪传感器

激光焊缝跟踪传感器是目前智能焊接机器人中应用最广泛的感知设备,主要用于焊缝跟踪,实时纠正在焊接过程中的焊缝位置偏差。其基本原理是基于激光三角形测量法:激光器发射线激光照射到工件表面,经过漫反射后,激光轮廓在 CCD 或 CMOS 传感器上成像,由控制器对采集到的图像进行处理分析,从而获取到焊缝的位置信息,用于修正焊接轨迹或者引导焊接。

激光焊缝跟踪传感器具有获取信息丰富、焊缝特征明显、图像处理过程简单、抗干扰能力强等优点,同时具有寻位和跟踪功能,满足智能化焊接的需求。传感器安装在焊枪前方,实时检测焊缝的位置偏差,通过控制系统调整机器人运动轨迹,使焊枪始终对准焊缝中心。

激光焊缝跟踪传感器适用于各种复杂的焊接环境,特别是需要高精度定位的场合和对精度要求高的焊件。目前代表性企业包括敏越科技、柏楚电子、赛融、创想智控、英莱科技、博智慧达、超准视觉、深视智能等。



图片：敏越科技激光焊缝跟踪系统

2、大线扫相机

大线扫相机也称为 3D 结构光扫描相机,主要用于无 CAD 模型的 3D 逆向建模,通过扫描

整个工件获取三维点云数据，进行焊缝识别并建模，为智能决策提供基础数据。其成像原理与 3D 结构光相机类似，通常采用红外 LED 或者红外激光器作为外部光源，向物体表面投射特定的图案，通过外部光源进行投影的方式提取焊缝的三维特征信息。基于 3D 结构光相机提供的信息，可以优化焊接路径，减少不必要的移动，提高焊接效率。

与激光焊缝跟踪传感器侧重“实时跟踪”不同，大线扫视觉系统侧重“前期建模”：在焊接开始前对整个工件进行全面扫描，建立工件的三维模型，自动识别所有焊缝的位置、类型、尺寸，然后由智能规划系统一次性生成全部焊接路径和工艺参数。

大线扫视觉系统特别适用于非标工件、复杂结构件、没有 CAD 图纸的场景，是实现真正“免示教”焊接的关键技术。目前代表性企业包括柏楚电子、敏越科技、梅卡曼德、如本科技、视科普、伟景智能等。



图片：柏楚电子大线扫相机

3、力矩传感器

力觉感知通过六维力传感器或扭矩传感器，感知焊接过程中焊枪与工件之间的接触力、压紧力，实现柔顺控制与焊缝跟踪。

力觉感知在焊接中的应用主要包括：

- ✓ 接触式焊缝寻位：通过焊枪轻触工件表面，根据力反馈确定工件精确位置，适用于反光、强弧光干扰等视觉难以工作的场景。
- ✓ 柔顺焊接控制：在搅拌摩擦焊、堆焊等需要恒定压力的工艺中，通过力反馈实时调整焊枪下压量。
- ✓ 碰撞检测与防护：实时监测末端受力，异常碰撞时立即停机，保护设备安全。

目前力觉感知在焊接领域的应用相对较少，主要受限于传感器成本较高、焊接环境恶劣（高温、飞溅）对传感器防护要求高等因素。代表性企业包括鑫精诚传感器、蓝点触控、坤维科技、宇立仪器等。



图片：鑫精诚六维力传感器

五、离线编程软件

目前，机器人编程方式可分为在线示教编程和离线编程两种。在焊接领域，传统的示教编程方法虽然在一定程度上能够满足基本的焊接需求，但在面对更为复杂和多变的焊接任务时，其局限性逐渐显现出来，尤其对于非标产品、种类多及小批量生产的焊接任务，示教编程不但费时而且也难以满足工艺精度要求，通用的、高准确度的离线编程乃至自主编程正逐渐取代手工示教成为发展趋势。

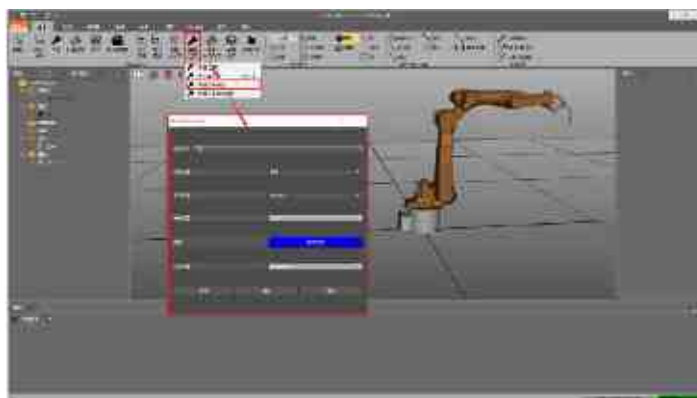
离线编程软件是智能焊接机器人的重要工具，能够在计算机虚拟环境中完成焊接路径规划、工艺参数设置、碰撞检测、仿真验证等工作，生成可直接下载到机器人的程序，无需占用生产现场的机器人时间。

智能焊接场景下的离线编程软件通常具备以下功能：

- ✓ 三维工件模型导入与焊缝自动识别
- ✓ 焊接路径自动规划与优化
- ✓ 多层多道焊自动排布
- ✓ 机器人运动仿真与碰撞检测
- ✓ 焊接工艺参数数据库匹配
- ✓ 后置处理与机器人程序导出

离线编程软件可分为机器人本体厂商自带的离线编程软件和第三方离线编程软件。目前，外资机器人本体厂商的自研离线编程软件主要有 RobotStudio(ABB)、KUKA Sim Pro(KUKA)、Roboguide(FANUC)、MotoSim(YASKAWA)等；国产本体厂商有 Estun Studio(埃斯顿)、AIRLab(法奥机器人)、STEPStudio(新时达)等。

第三方离线编程软件供应商主要有 RobotMaster(加拿大)、RobotWorks(以色列)、PQArt(华航唯实)、敏越科技、智流形、越擎科技等。



图片：新时达 STEP Studio 离线编程与仿真软件

六、焊枪

焊枪是焊接机器人系统中用于执行焊接任务的关键组件。机器人焊枪直接安装在机器人设备上，与机器人共同完成焊接工作。与人工焊接相比，机器人焊接在部分规模化生产中具备工作质量稳定、生产效率高、生产成本相对较低等优势。

根据不同的焊接工艺，机器人用焊枪可分为：

- ✓ MIG/MAG（金属惰性气体/金属活性气体）焊枪，主要适用于连续送丝焊接，常见于碳钢、不锈钢等材料的焊接。
- ✓ TIG（钨极惰性气体保护）焊枪：用于薄板或特殊合金材料的精细焊接。
- ✓ SAW（埋弧焊）焊枪：用于厚板的大熔深焊接，常用于大型结构件的制造。
- ✓ PAW（等离子弧焊）焊枪：适用于高速、高能量密度的焊接。

根据不同的冷却方式，机器人用焊枪分为：气冷（Air-Cooled）和液冷（Water-Cooled）。其中，气冷焊枪与液冷焊枪主要基于机器人焊枪散热方式进行区分，气冷焊枪是利用保护气对焊枪进行冷却，适用于薄、中板或是暂载率不高的焊接工艺；液冷焊枪是利用冷却液对焊枪进行冷却，适用于厚板、堆焊等暂载率较高的焊接工艺。国内外机器人焊枪代表厂商包括 TBi、松下、OTC、特尔玛、上海沪工、亿诺焊接等。



图片：特尔玛焊枪

第三节 中游系统集成

焊接作为工业机器人的主要应用场景之一，焊接机器人的系统集成通常是以工业机器人或协作机器人本体为核心进行集成开发，与生产线上的其他设备进行连接、调试和优化，最终以焊接机器人工作站或焊接机器人生产线等成套设备的形式投入生产应用，以实现自动化焊接生产的过程。

相比较传统焊接机器人，智能焊接机器人的系统集成结合了传感器技术、机器视觉、离线编程、虚拟仿真技术以及人工智能等多种先进技术，对整体的技术集成要求更高。系统集成商在智能焊接机器人产业链中扮演着关键的“翻译官”和“落地者”角色，其核心价值体现在：

工艺转化价值：将下游客户的具体焊接需求转化为技术方案，匹配合适的本体、感知系统、控制系统和配套设备，形成完整的解决方案。

系统整合价值：将来自不同厂商的机器人本体、视觉传感器、控制系统、焊接电源等异构设备整合为一个协同工作的整体，解决接口兼容、数据互通、联动控制等技术问题。

行业 Know-how 价值：深入理解特定行业的焊接工艺要求，积累行业专用的工艺参数库和典型工件解决方案，形成行业壁垒。

目前国内智能焊接机器人系统集成商主要包括昇视唯盛、集萃智造、中集飞秒、行健机器人、工布智造、南京合信、江苏北人、大界机器人、中翼科技、智昌、仝人智能等。对于中小规模集成商来说，智能焊接机器人的系统集成面临着较高的技术壁垒，包括高昂的研发成本、人才短缺以及复杂的市场准入条件等挑战。集成商不仅需要具备深厚的焊接工艺知识，理解不同材料的焊接特性，以及掌握如何选择合适的焊接参数等，还需要具备开发或定制用于控制和监控焊接过程的软件、离线编程、模拟仿真和路径优化等技术软件开发能力。

鉴于这些技术难题，下游终端厂商亦开始涉足智能焊接机器人的系统集成业务，旨在通过自主研发或与专业团队合作来解决上述提到的技术难题。在这方面，国内部分钢构生产企业如鸿路钢构、中建钢构、富煌钢构等已经开始对内或对外提供智能焊接机器人的集成解决方案。

第四节 智能焊接机器人生态地图

从区域分布来看，长三角地区（江苏、上海、浙江、安徽）是智能焊接机器人产业链最完整的区域，各环节均有代表性企业布局，尤其在系统集成和本体制造方面优势明显。珠三角地区（广东）在焊接电源、视觉传感器、系统集成方面实力突出，麦格米特等龙头企业带动效应显著。京津冀地区（北京）则在智能控制系统、离线编程软件、3D 视觉等高端环节具备较强的技术实力。

整体来看，中国智能焊接机器人产业生态已初步形成，从上游核心零部件到中游系统集成再到下游应用，各环节均有一批代表性企业。随着技术进步和市场扩容，产业生态将进一步完善，企业间的协作与融合将不断加深，推动智能焊接机器人产业持续快速发展。

图表 9 智能焊接机器人生态地图



资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

注：蓝色深浅表示智能焊接机器人产业链企业数量多少，颜色越深表示企业越多，反之越少

图表 10 智能焊接机器人产业链代表企业地区分布情况

分布	焊接机器人	智能焊接系统	线激光焊缝跟踪传感器	3D 相机	焊接电源	焊枪	离线编程软件	系统集成
江苏	埃斯顿 CLOOS 法奥机器人 集萃智造 艾利特 九川机器人	道尔芬 江苏北人 极向智造	全视智能 中船鹏力 博智慧达 微视传感	微视传感 中船鹏力 明图智能	CLOOS 肯倍	特尔玛 常州全球 日皓 世帝保	越擎科技 埃斯顿	南京合信 江苏北人 英尼格玛 华恒焊接
上海	发那科 安川 ABB 库卡 柴孚 新时达 中科新松	柏楚电子 库卡 蕴硕物联 新时达 昇视唯盛	/	昇视唯盛	伏能士 林肯 上海沪工 上海和宗	上海沪工 亿诺焊接	发那科 安川 ABB 库卡 柏楚电子 新时达	昇视唯盛 大界 中翼科技 鑫燕隆
浙江	钱江 凯尔达 哈工现代 海康机器人	哈工现代 智野智能	/	海康机器人	凯尔达	/	/	智昌 凯尔达 固建 万丰科技
安徽	摩卡 埃夫特	行健机器人 工布智造	/	/	/	/	埃夫特	行健机器人 工布智造 巨来科技
广东	汇川 华数 越疆 华沿机器人 尔必地 智哥	中集飞秒 智流形 超准视觉	深视智能	如本科技 视科普 新维焊接	麦格米特 必高 宾采尔 瑞凌	维密科技	库卡 华数 智流形	中集飞秒 佳士科技 启玄科技 瑞松科技 明珞科技
北京	配天 珞石 遨博 思灵	敏越科技 小雨智造 认知光子 同舟兴业	敏越科技 创想智控 同舟兴业	梅卡曼德 伟景智能	/	/	华航唯实 敏越科技	安川首钢 北京时代 林克曼
陕西	/	大熊星座	/	知象光电 知微传感	/	/	/	全人智能 大熊星座
其他	卡诺普 松下 川崎 OTC	视比特	中科宏伟 英莱科技 埃尔森	盛景智能	奥太电气 松下 OTC	松下 OTC 丁驰 TBi	卡诺普 松下 OTC 川崎	华工赛百 仁新焊机 唐山开元 天一智能

资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

第三部分 市场篇

第三章 智能焊接机器人市场概况分析

第一节 整体市场规模与增长

一、全球智能焊接机器人市场分析

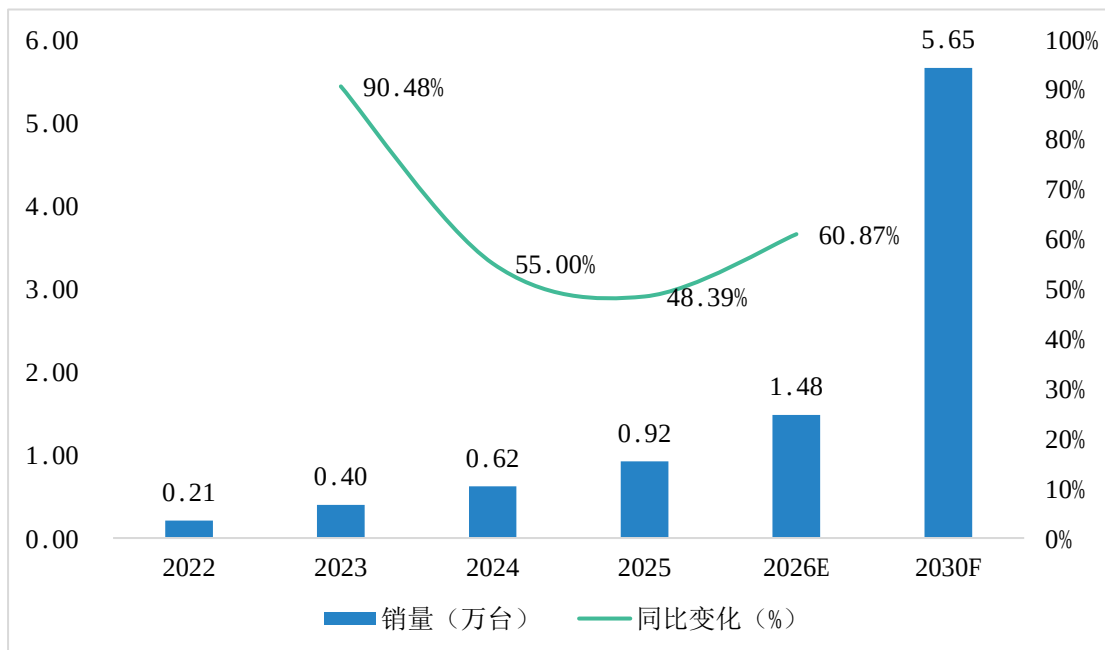
焊接机器人的发展路径体现了从简单的示教-再现模式向更先进的感知型系统，最终迈向高度智能化的发展趋势。过去，无论是国内还是国际市场上的焊接机器人大多采用的是示教-再现技术，即通过人工教导机器人进行特定动作，并随后重复这些动作。然而，随着机器视觉和传感器技术的进步，现代焊接机器人已经能够感知周围环境的变化。利用集成的视觉传感器和线激光等技术，机器人可以灵活地调整其操作行为，确保即使在环境条件变化时也能顺利完成焊接任务，从而显著提升了焊接过程的智能化水平。

对于智能焊接机器人，不但需要具有感知能力，而且具有独立判断、行动、记忆、推理和决策的能力，能适应外部对象、环境协调地工作，能完成更加复杂的动作，具备故障自我诊断及修复能力。

当前智能焊接机器人在钢结构、船舶、核能、隧道桥梁、电网、轨道交通行业已有少量客户尝试导入智能焊接机器人来提高效率和焊接质量，相比之下，智能焊接机器人在其他行业的落地应用案例仍然相对有限。

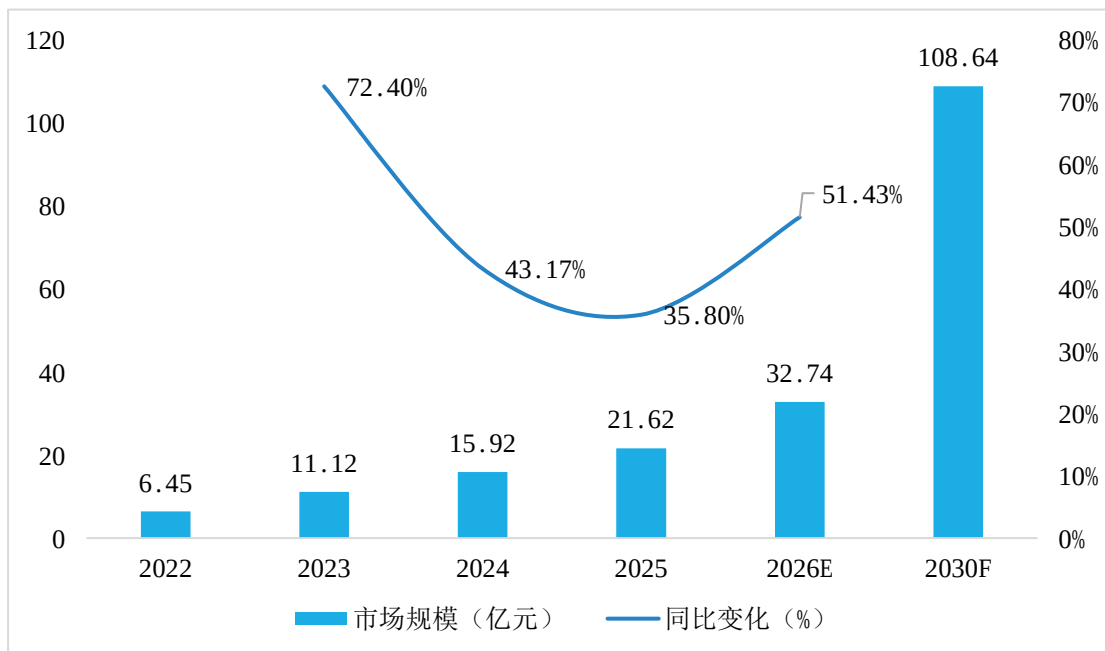
智能焊接机器人在钢结构和船舶行业的应用前景呈现出积极趋势，尽管目前智能焊接机器人主要相关技术还处于发展初期阶段，但随着技术的不断提升、成本的逐年降低以及应用场景的持续拓展，未来几年其在其他领域的渗透率也将逐步提升。根据 GGII 数据，2025 年全球智能焊接机器人销量为 0.92 万台；GGII 预计，至 2030 年全球智能焊接机器人销量有望突破 5 万台，市场规模或超 100 亿元。

图表 11 2022-2030 年全球智能焊接机器人市场销量及预测（单位：万台，%）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

图表 12 2022-2030 年全球智能焊接机器人市场规模及预测（单位：亿元，%）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

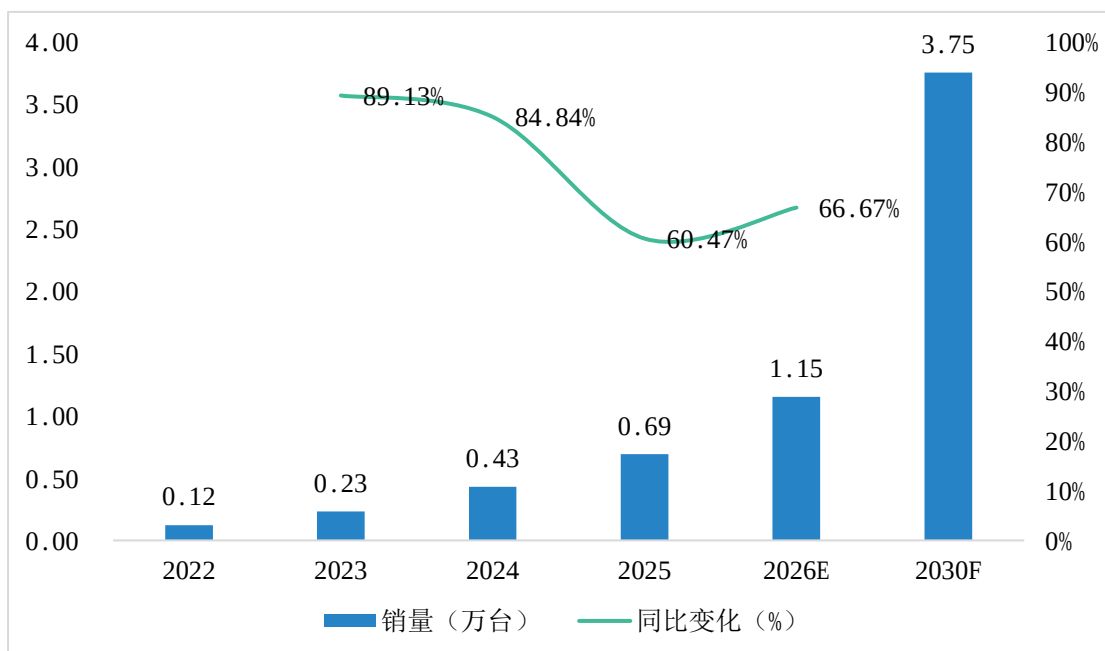
注：智能焊接机器人的实际销量、规模可能会受到多种因素的影响，包括但不限于技术创新速度、市场需求变化、政策法规环境、市场竞争格局以及成本效益比等，以上数据基于 GGII 的中性预测分析。

二、中国智能焊接机器人市场分析

现阶段来看,中国智能焊接机器人产业的萌芽与发展主要依托于以钢结构、船舶行业为代表的巨大下游市场需求,叠加智能焊接机器人产业链各环节技术的逐年提升,这都为智能焊接机器人的大规模应用创造了有利条件。不过,智能焊接机器人距离实现大规模商业化应用还有一段路要走,同时,还需克服多项技术和非技术难题。

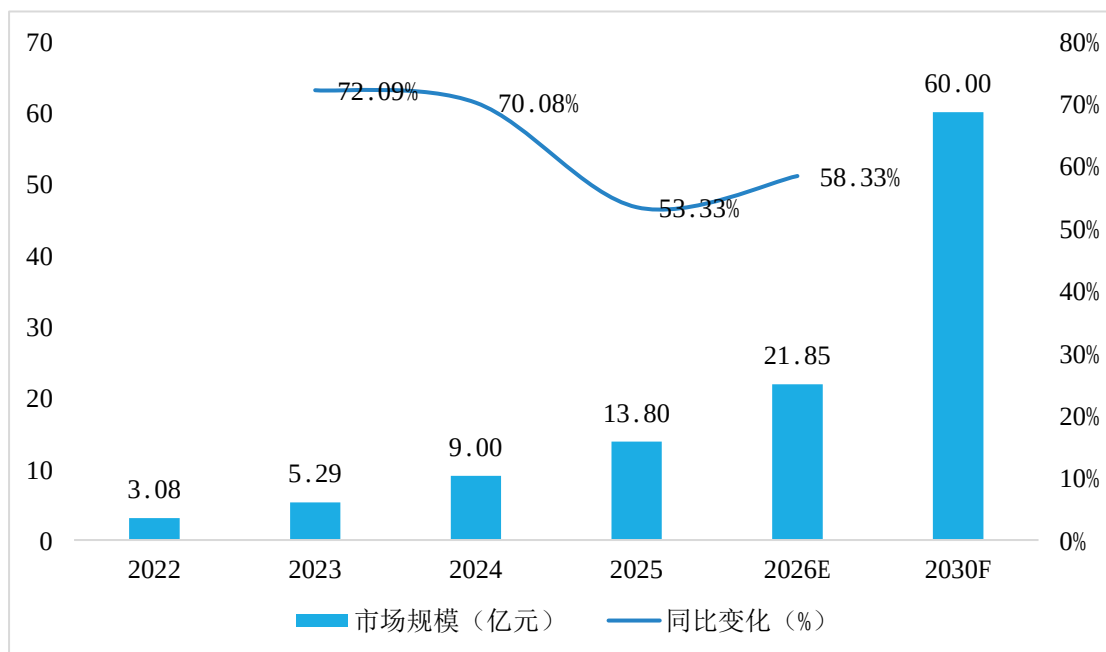
GGII 预测,中国智能焊接机器人销量将从 2025 年的 0.69 万台增长至 2030 年的 3.75 万台,CAGR 将超过 40%;2025 年中国智能焊接机器人市场规模为 13.8 亿元,预计到 2030 年将有望达到 60 亿元,CAGR 将超过 30%。

图表 13 2022-2030 年中国智能焊接机器人市场销量及预测(单位:万台,%)



数据来源: 高工机器人产业研究所 (GGII)

图表 14 2022-2030 年中国智能焊接机器人市场规模及预测（单位：亿元，%）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

注：智能焊接机器人的实际销量、规模可能会受到多种因素的影响，包括但不限于技术创新速度、市场需求变化、政策法规环境、市场竞争格局以及成本效益比等，以上数据基于 GGII 的中性预测分析。

第二节 中国智能焊接机器人市场概况及趋势分析

一、焊接机器人市场分析

受益于国内制造业转型升级的推动，叠加焊接劳动力短缺、用工成本上升等多种因素的影响，中国焊接机器人本体市场经历了显著的增长，国产化率不断提升。

在点焊领域，应用下游主要以汽车整车制造的焊装为典型代表，由于点焊技术的特殊性及其对高精度和稳定性的要求，目前该领域仍主要由外资厂商占据主导地位，国产厂商入局相对较晚，尚未形成规模效应。

在弧焊领域，国内工业焊接机器人市场厂商主要分为日系、欧系、国产三大派别，日系品牌主要有安川、发那科、OTC、松下、川崎重工等；欧系品牌包括 KUKA（美的收购）、CLOOS（埃斯顿收购）、ABB（软银收购）、COMAU 等；国产品牌中核心玩家主要为摩卡机器人、新时达、钱江机器人、卡诺普、埃斯顿、埃夫特、配天机器人、凯尔达等。

此外，协作焊接机器人近年来的入局者亦快速增加，主要分为内外资两大派系，外资品牌代表有 UR、发那科、ABB、斗山、KUKA 等；国产品牌中核心玩家主要为法奥机器人、艾利特机器人、华沿机器人、遨博智能、节卡机器人、越疆机器人、珞石机器人、九川机器人、集萃智造等。

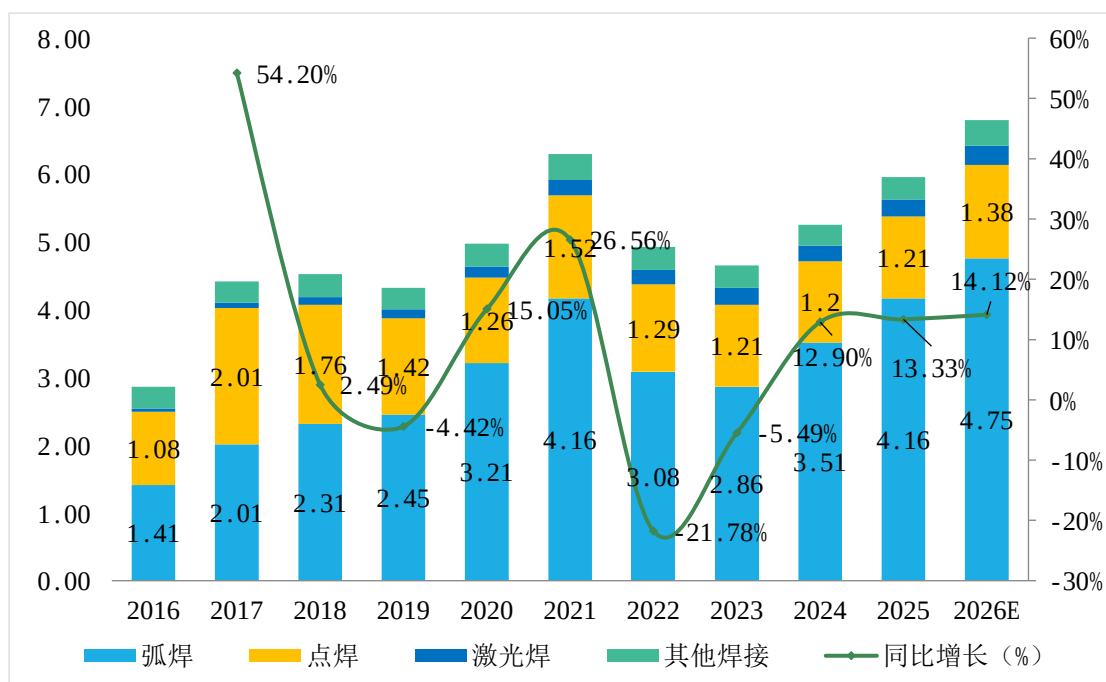
图表 15 焊接机器人本体主要代表厂商

类型	品牌	主要厂商
工业机器人	日系品牌	发那科、安川、松下、OTC、那智不二越、川崎等
	欧系品牌	ABB、KUKA、COMAU、CLOOS(埃斯顿收购)、IGM（艾捷默）等
	国产品牌	新时达、摩卡机器人、钱江机器人、卡诺普、柴孚机器人、图灵机器人、华数机器人、埃斯顿、埃夫特、配天机器人、尔必地、凯尔达、倍可机器人等
协作机器人	外资品牌	UR、发那科、ABB、斗山、KUKA 等
	国产品牌	法奥机器人、艾利特机器人、华沿机器人、遨博智能、中科新松、节卡机器人、越疆机器人、集萃智造、珞石机器人、九川机器人等

资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）

GGII 数据显示，2025 年中国市场焊接机器人销量 5.95 万台，同比增长 13.33%，其中弧焊机器人销量 4.16 万台，同比增长 18.52%。GGII 预计，2026 年中国市场焊接机器人销量 6.79 万台，同比增长约 14.12%，其中弧焊机器人销量 4.75 万台，同比增长约 14.18%。

图表 16 2016-2026 年中国焊接机器人销量及预测(单位: 万台, %)



数据来源: 高工机器人产业研究所 (GGII)

二、智能焊接控制系统市场分析

智能焊接控制系统作为智能焊接机器人的核心部件之一,融合了多项前沿技术,包括人工智能、机器人技术、传感器技术、算法等技术以实现自主焊接。

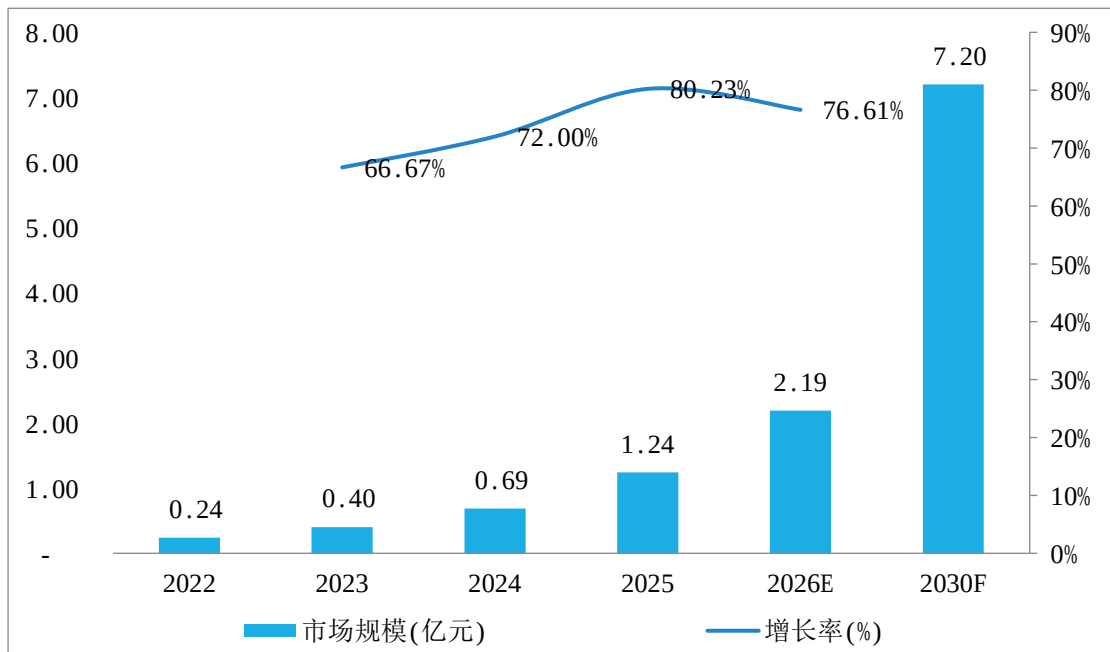
当前来看,智能焊接控制技术尚处于持续提升与优化阶段,尤其是在处理复杂工件和非标准化焊接需求时,其准确性和可靠性方面依然面临一定的挑战。

其次,由于涉及高精度部件和多学科技术集成,智能焊接机器人及其配套设备的成本相对较高,面临技术成熟度、应用场景及初始投资成本方面的挑战。

市场涉足智能焊接控制系统的厂商相对较少,核心玩家主要有新时达 (SmartRobot 免示教智能焊接系统)、库卡 (智能焊接系统 SmartWelding)、柏楚电子 (FSWELD2800 免示教焊接系统)、昇视唯盛 (V 系列智能通用焊接系统、S 系列智能定制焊接系统)、敏越科技 (智能决策系统 Robotsmart、免示教焊接系统 SmartWeld)、智流形 (imanifold 智能焊接系统)。

GGII 根据智能焊接控制系统在智能焊接机器人系统内的成本占比测算,2025 年智能焊接机器人中智能焊接控制系统的市场规模为 1.24 亿元,预计到 2030 年将增长至 7.20 亿元,2025-2030 年年均复合增长率 (CAGR) 约为 42%。

图表 17 2022-2030 年中国智能焊接机器人控制系统市场规模及预测(单位: 亿元)



数据来源: 高工机器人产业研究所 (GGII) 整理

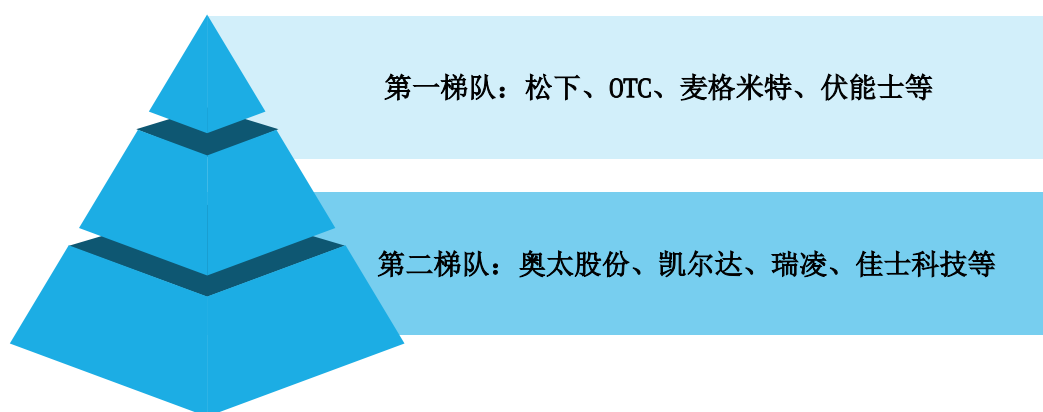
三、焊接电源市场分析

从当前竞争格局来看,中国机器人焊接电源市场外资品牌主要包括日本松下、日本 OTC、安川电机、奥地利伏能士(Fronius)、丹麦米加尼克(Migatronik)、美国林肯、芬兰肯倍(Kemppi)、德国 EWM、CLOOS 等。

国产品牌主要有麦格米特、奥太电气、凯尔达、威尔泰克、必高(BINGO)、瑞凌、佳士科技等。相比之下,国内焊接电源厂商对自动化、机器人焊接设备关键技术的掌握、生产应用以及焊接工艺的研究和积累方面与国外厂商仍有一定的差距,大部分高端市场份额仍然被进口品牌占据。

随着焊接机器人国产化率的提升,一定程度上带动了国产焊接电源销量的增长。根据 GGII 的调研统计,2025 年麦格米特以较大的领先优势位居销量榜首,根据焊接电源的市场出货量及产品技术角度综合判断,GGII 列出焊接电源的竞争梯队,其中第一梯队厂商以松下、OTC、伏能士等外资品牌及国产品牌麦格米特为代表,第二梯队以奥太股份、凯尔达、瑞凌、佳士科技等国产品牌为代表。

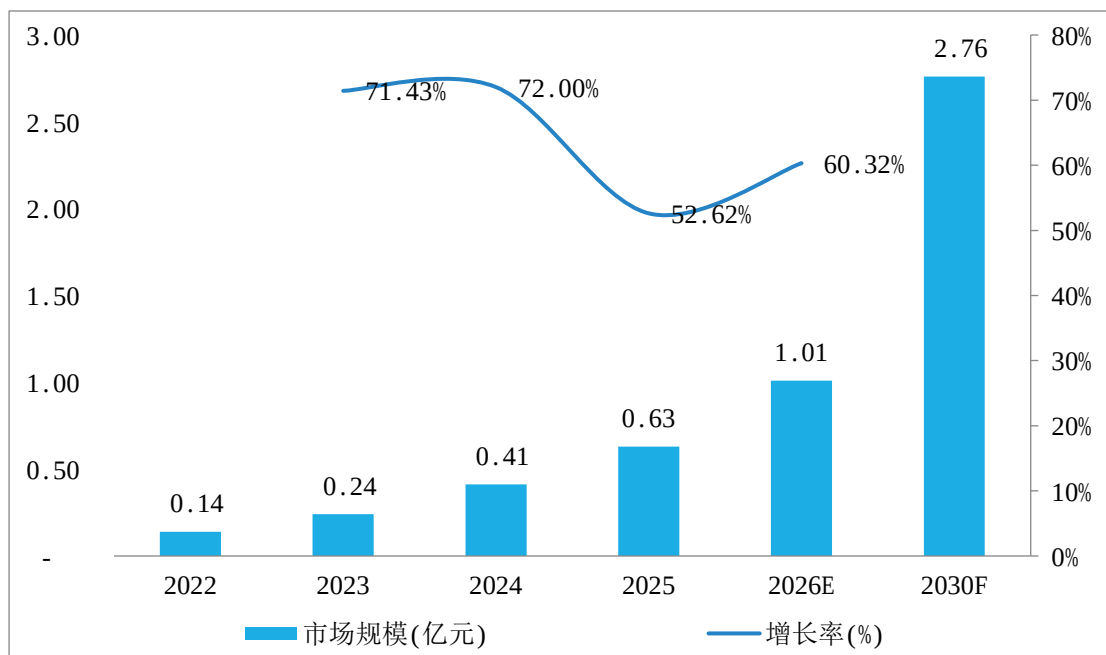
图表 18 2025 年焊接电源竞争梯队



资料来源：高工机器人产业研究所(GGII)

焊接电源作为智能焊接机器人核心的配套设备之一，其与智能焊接机器人本体可以默认为 1:1 的关系。GGII 根据焊接电源在智能焊接机器人系统内的成本占比测算，2025 年智能焊接机器人中焊接电源的市场规模为 0.63 亿元，预计到 2030 年将增长至 2.76 亿元，2025 -2030 年年均复合增长率（CAGR）超 30%。

图表 19 2022-2030 年中国智能焊接机器人用焊接电源市场规模及预测(单位：亿元)



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

四、视觉/激光跟踪市场分析

实现焊缝自主识别跟踪是机器人焊接智能化的关键。当前，智能焊接机器人较为常用的技术方案主要包括线激光焊缝跟踪传感器和 3D 结构光相机。

线激光和机器视觉技术，在智能焊接中发挥着重要作用。它们能够提供高精度的焊缝跟

踪能力，帮助焊接机器人自动调整动作并保持焊接质量。随着技术的发展，这类系统将进一步提升焊接过程的智能化水平，为制造业带来更高的效率和更优质的产品。

图表 20 线激光焊缝跟踪传感器和 3D 结构光相机特点对比

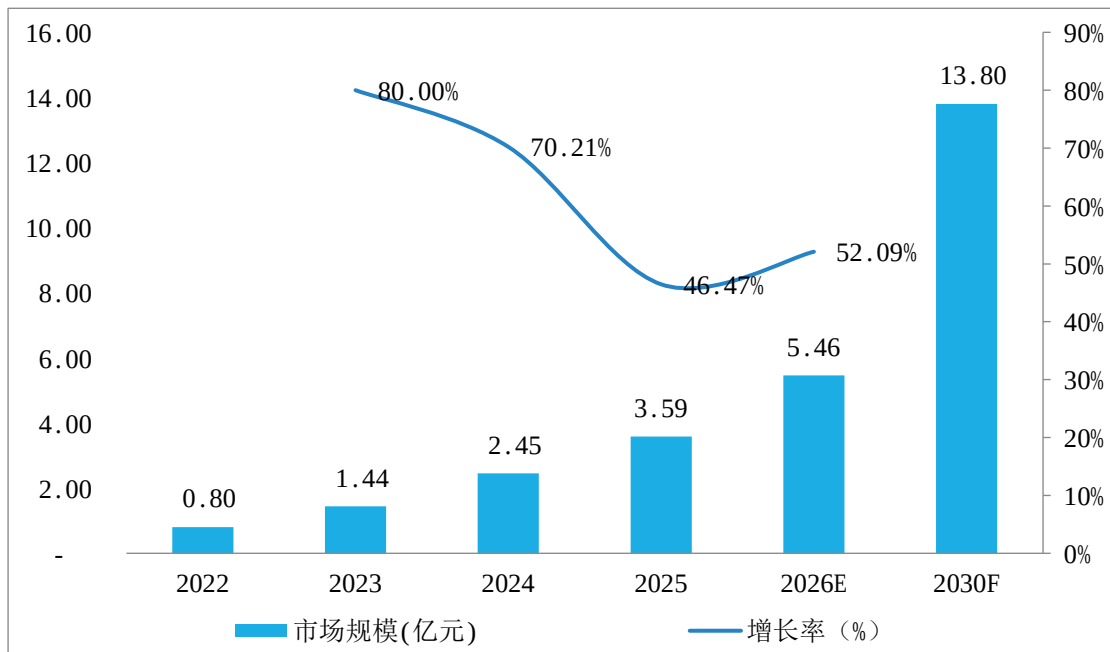
技术	工作原理	特点	代表厂商
线激光焊缝跟踪传感器	基于激光三角测量原理，通过投射一条激光线到物体表面并用相机捕捉反射的激光线，从而计算出物体的三维形状。	优点：精度高； 不足：扫描效率低，调试部署麻烦，编程复杂。	赛融(SERVO-ROBOT)、宾采尔、倍加福、敏越科技、英莱科技、创想智控、全视智能、同舟科技、中船鹏力智能、中科宏伟光电、超准视觉、柏楚电子等。
3D 相机	投射具有特定结构的光图案（如条纹或散斑）到物体上，并使用相机捕捉反射图案的畸变，来计算物体的三维形状。	优点：效率高，部署调试方便；编程相对简单； 不足：容易受强光（室内/自然光）干扰。	昇视唯盛、知象光电、微视传感、伟景智能、中船鹏力智能、明图智能、梅卡曼德、如本科技、新维焊接等。

资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）

现阶段，机器视觉和激光跟踪技术正在快速发展，随着技术的不断成熟和成本的逐年降低，预计未来几年将有望在焊接行业中得到更广泛的应用。

GGII 根据机器视觉/激光跟踪系统在智能焊接机器人系统内的成本占比测算，2025 年智能焊接机器人中机器视觉/激光跟踪系统的市场规模为 3.59 亿元，预计到 2030 年将增长至 13.8 亿元，2025-2030 年年均复合增长率（CAGR）超 30%。

图表 21 2022-2030 年中国智能焊接机器人视觉/激光跟踪市场规模及预测(单位: 亿元)



数据来源: 高工机器人产业研究所 (GGII)

五、离线软件市场分析

随着工业自动化的深入发展,机器人本体厂商越来越重视提供集成化的系统解决方案,包括硬件和软件。离线编程(Off-line Programming, OLP)软件作为这一趋势的一部分,正变得越来越普遍和重要。

通过离线编程,用户可以在不占用实际机器人工作时间的情况下进行编程和调试,这大大节省了生产时间,提高了效率。随着物联网(IoT)、大数据和人工智能(AI)等技术的发展,离线编程软件可以更好地与其他系统集成,实现数据驱动的决策和智能化。

机器人厂商通过自主开发或对外合作提供更先进、更易用的离线编程软件,不仅能够提升自身产品的竞争力,更能为用户提供更加全面的服务和支持。

图表 22 国内外机器人离线编程软件主要企业及产品

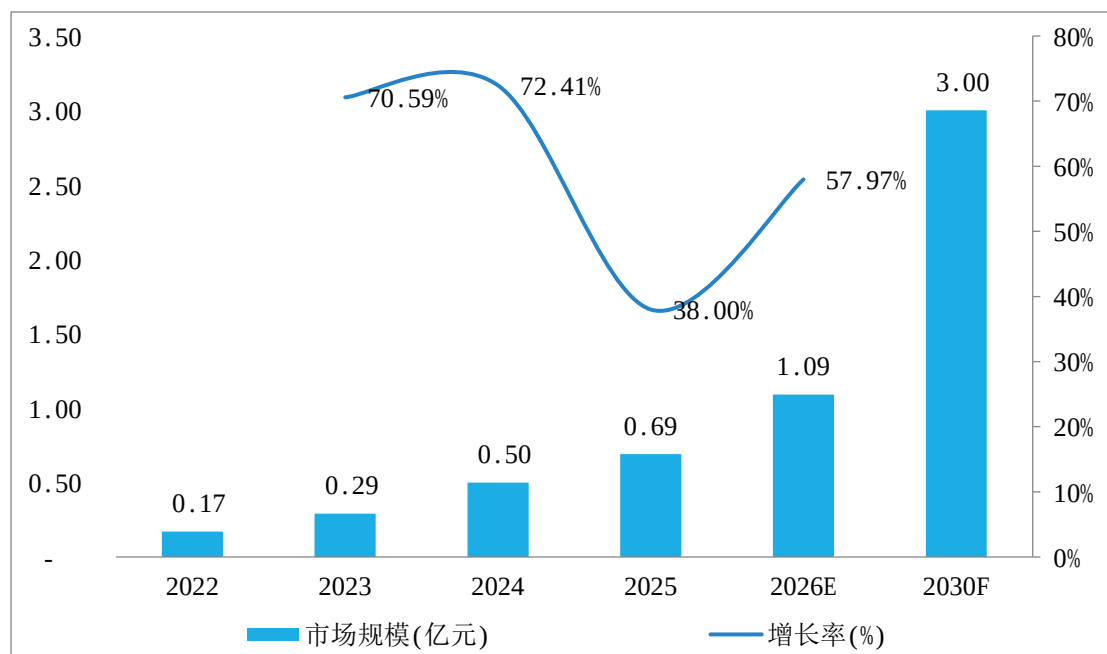
机器人厂商	所属国家	主要产品	第三方厂商	所属国家	主要产品
KUKA	德国	KUKA Sim Pro	Dassault Systèmes	法国	DELMIA
FANUC	日本	Roboguide	Jabez Technologies (Hypertherm)	加拿大	Robotmaster
ABB	瑞士	RobotStudio	Compucraft	以色列	RobotWorks
YASKAWA	日本	MotoSim	RoboDK Inc	加拿大	RoboDK

那智不二越	日本	FD on Desk	西门子	德国	Robcad
卡诺普	中国	CrobotpSim	ESA S.P.A	意大利	ROBOmove
埃斯顿	中国	Estun Studio	Delfoi Robotics	芬兰	Delfoi ARC
CLOOS (埃斯顿收购)	德国	RoboPlan	CENIT	德国	FASTSUITE
松下	日本	DTPS	敏越科技	中国	RobotSmart
OTC	日本	FD-ST	华航唯实	中国	PQArt
法奥机器人	中国	AIRLab	越擎科技	中国	iRobotCAM
埃夫特	中国	ER_Factory	柏楚电子	中国	/
新时达	中国	STEPStudio	智流形	中国	iManifold Edge Space

资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）

GGII 根据离线编程软件的在智能焊接机器人系统中的成本占比测算，2025 年智能焊接机器人离线编程软件市场规模为 0.69 亿元，预计到 2030 年将增长至 3 亿元，2025-2030 年年均复合增长率（CAGR）超 30%。

图表 23 2022-2030 年中国智能焊接机器人离线编程软件市场规模及预测(单位：亿元)



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

六、焊枪市场分析

当前，中国机器人焊枪市场的竞争格局主要呈现为日系、欧系和国产三大派系。日系主要厂商包括日本 OTC、日本松下、TOKIN CORPORATION 等，欧系主要厂商包括宾采尔、TBI、Kemppi、EWM GmbH、CLOOS、IGM、Parweld 等。

国产品牌主要包括常州特尔玛、常州全球、阿波罗、上海沪工、亿诺焊接、日皓、维密科技、世帝保等厂商。日系和欧系品牌由于其技术积累和市场进入时间较早，占据国内高端市场的主要份额，尤其是在汽车整车和零部件领域的应用。国产品牌在一般工业领域如工程机械、两三轮车、五金家具、钢结构等领域应用较为广泛，近年来市场份额正稳步提升。

从配套情况来看，外资焊接机器人本体厂商通常选择外资品牌焊枪居多，外资焊枪品牌具有较长时间的技术积累，其产品在控制精度、稳定性、耐用性等方面优于国产同类品牌。随着焊接机器人市场销量规模的持续扩大，加上焊接机器人国产化率的逐年提升，中国入局机器人焊枪领域的厂商亦在逐年增加，国内企业在缩小与外资品牌差距的同时，也逐渐形成了一定的市场竞争力。

图表 24 中国市场内外资机器人焊枪代表厂商

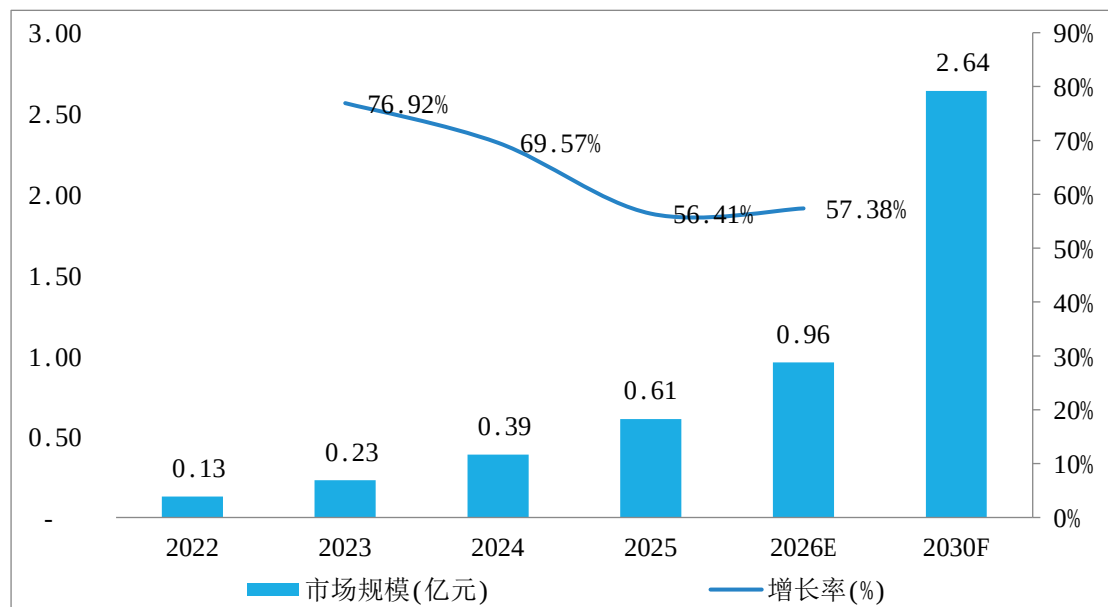


资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

焊枪作为智能焊接机器人核心的配套设备之一，考虑到其耗材的属性，具有一定的更换周期，GGII 根据焊枪在智能焊接机器人系统内的成本占比测算，2025 年智能焊接机器人焊

枪的市场规模为 0.61 亿元，预计到 2030 年将增长至 2.64 亿元，2025-2030 年年均复合增长率（CAGR）超 30%。

图表 25 2022-2030 年中国智能焊接机器人用焊枪市场规模及预测(单位：亿元)



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

第四部分 技术篇

第四章 技术发展分析

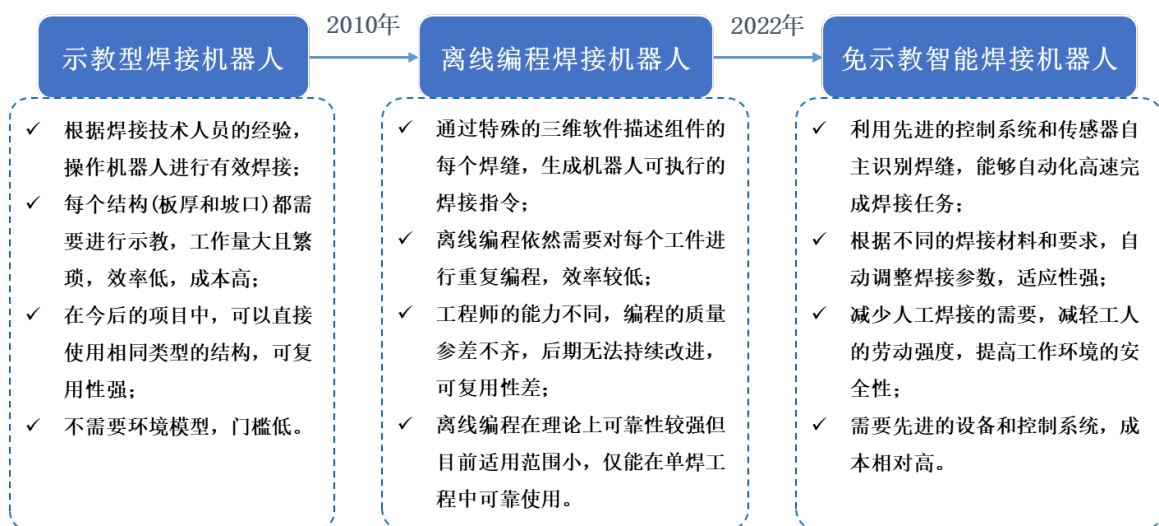
第一节 核心技术发展历程

从技术发展历程来看,焊接机器人的智能化演进先后经历两次核心技术迭代,逐步完成了"大脑"(编程决策)与"眼睛"(视觉感知)的能力赋能;随着免示教技术的深化落地,行业技术路线进一步分化,当前智能焊接控制系统已形成规则驱动与数据驱动两大核心体系。

第一次迭代由示教型焊接机器人向离线编程焊接机器人升级,为焊接机器人装上了"大脑",可自主描述焊缝并生成焊接指令,替代了人工识别焊缝、手动操作机器人的传统模式。但离线编程仍需针对每个工件单独编程,整体效率偏低,且编程质量高度依赖工程师能力,后期难以持续优化,可复用性较弱。

第二次迭代由离线编程焊接机器人升级至免示教智能焊接,为焊接机器人装上了"眼睛",通过机器视觉与路径规划控制系统,实现焊接路径的自动识别与自主规划,无需人工操作引导,适配小批量、非标工件的焊接需求,是破解行业非标化困境的核心技术方向。

图表 26 焊接机器人智能化技术发展路径



资料来源:东吴证券研究所,公开资料,GGII 整理

当前,免示教智能焊接技术已进入路线分化期,按照核心控制逻辑的差异,智能焊接控制系统可分为规则驱动与数据驱动两大类别,其中规则驱动是当前商业化落地的主流路线,数据驱动则代表下一代具身智能技术方向。

一、规则驱动型控制系统

规则驱动是传统智能焊接的经典技术路线，以柏楚为代表厂商，核心逻辑是基于预设的工艺规则、几何算法与控制逻辑，按既定框架完成焊缝识别、路径规划与参数匹配，技术成熟度高、落地稳定性强。根据核心驱动要素的不同，规则驱动路线又可细分为视觉驱动与模型驱动两类实现方式：

视觉驱动（3D 视觉+人工点选）：依然需要人的全程参与，效率偏低，智能化程度不高。

视觉驱动+模型驱动（3D 视觉+模型导入）：通过导入现有模型，结合视觉作为眼睛实现智能焊接，但对现有模型要求较高，模型的工艺数据数量和质量直接决定智能化程度和系统稳定性。

二、数据驱动型控制系统

数据驱动是智能焊接领域的新兴技术路线，技术范式类比当前具身智能大模型，该路线的代表厂商有昇视唯盛。该路线不依赖预设的工艺规则与精确三维模型，而是基于海量焊接场景数据、工艺数据与人工操作数据训练模型，实现端到端的焊接决策生成。

数据驱动路线具备更强的泛化能力与环境适应性，可适配高度非标、工况复杂的焊接场景，是破解极致非标焊接难题的核心前沿方向，但目前该技术整体成熟度仍低于规则驱动方案，在大批量非标生产场景下的稳定性与经济性仍待进一步验证。

需要指出的是，当前示教编程仍为大批量标准化生产中稳定性最高且最为经济的方案；规则驱动的免示教智能焊接技术已实现规模化落地，是中小批量非标场景的主流选择；数据驱动的大模型范式尚处于产业化初期，但长期成长空间明确，是未来行业技术研发的核心热点。

工艺复杂、结构复杂和非标，是焊接机器人规模化应用面临的三大核心难题。在焊接行业智能化的长期趋势下，从规则驱动向数据驱动演进、持续提升系统柔性及泛化能力，是行业技术发展的核心主线。

第二节 核心技术分析

智能焊接机器人是融合机械工程、自动化控制、机器视觉、人工智能、材料科学等多学科的复杂技术系统，其技术体系可按照“感知-决策-执行-支撑”四层逻辑架构进行系统性拆解。感知层作为系统“眼睛”与“触觉”，负责环境与过程信息的实时采集；决策层作为系统“大脑”，负责工艺推理、路径规划与动态调控；执行层作为系统“手脚”，负责高精度运动输出与工艺执行；数字化支撑层则贯穿全流程，为系统调试、运维与优化提供数字化底座。四大技术模块协同构成闭环，共同决定智能焊接机器人的智能化水平与工程落地能力。

一、智能感知技术

智能感知是智能焊接机器人区别于传统示教型机器人的核心标志，是实现“免示教”与“自适应”焊接的硬件基础。通过多类型传感器对工件几何特征、焊缝位置、焊接过程状态进行多维度实时感知，为后续决策与控制提供高保真数据输入。当前主流感知技术涵盖焊缝识别定位、过程状态监测与多传感器融合三大方向。

1、焊缝精准识别与定位技术

焊缝精准识别与定位是智能焊接的前提性技术，直接决定焊接起始点精度与轨迹跟踪质量。基于主动光学测量原理，当前主流技术路线分为线激光焊缝跟踪与结构光 3D 扫描两类，二者在精度、效率与适用场景上形成互补。

线激光焊缝跟踪技术方案成熟度高、抗干扰能力强，可在强弧光、烟尘环境下稳定工作，主要用于焊接过程中的实时焊缝跟踪与纠偏。其技术演进方向集中于更高帧率（从 30fps 向 100fps 以上升级）、更小体积与更强抗反光能力，以适应高速焊接与高反射材料场景。

结构光 3D 扫描技术相较于线激光的“线式”测量，结构光具备“面式”扫描能力，可一次性获取工件整体形貌，支持复杂焊缝（如相贯线、空间曲线焊缝）的自动识别与路径规划，是实现“免示教”焊接的关键感知手段。2025 年以来，大线扫视觉系统在钢结构、船舶等厚板焊接场景加速落地，其扫描范围与精度持续提升，单帧扫描点云密度可达百万级。

2、熔池/弧光/噪声实时监测技术

焊接过程状态感知是实现质量闭环控制的核心环节，通过对熔池形貌、电弧特征、声纹信号等多物理量的实时监测，可间接反映焊接质量状态，为缺陷预警与参数调节提供依据。

熔池视觉监测采用高速相机配合滤光系统，穿透强弧光捕捉熔池液态金属的动态形貌，提取熔池面积、长宽比、凝固速率等关键特征。基于深度学习的熔池图像分析可识别气孔、

未熔合、咬边等典型缺陷先兆，是焊接质量在线监控的核心技术路径。**当前技术难点在于弧光抑制与高速图像处理，2025 年多光谱成像与偏振成像技术开始进入工程化应用阶段，显著提升熔池图像信噪比。**

电弧信号监测通过高速采集焊接电流、电压波形，提取电弧稳定性、熔滴过渡频率、短路时间等电信号特征，间接判断焊接过程稳定性。该技术方案成本低、部署简单，可与现有焊接电源无缝集成，是当前商业化程度最高的过程监测手段。基于电信号的缺陷识别算法已可实现对气孔、断弧、偏吹等常见异常的实时检测。

声发射与噪声监测通过采集焊接过程中的声纹信号，分析声波频率、能量分布特征，识别焊接异常状态。等离子体声发射特征与熔透状态存在强相关性，可用于背面熔透状态的间接判断，尤其适用于封闭结构或背面不可视的焊接场景。该技术目前多作为视觉监测的补充手段，与其他模态数据融合使用。

3、多传感器信息融合技术

单一传感器受物理原理限制，难以覆盖焊接全维度状态感知需求。多传感器信息融合技术通过协同整合视觉、激光、力觉、电信号、声纹等异构数据，实现信息互补与交叉验证，是提升感知系统鲁棒性与准确性的核心技术方向。

从融合层级看，可分为**数据级融合、特征级融合与决策级融合**三类。数据级融合直接对原始传感器数据进行配准与叠加，对时空同步精度要求最高；特征级融合分别提取各模态特征向量后进行拼接或映射，是当前主流技术路线；决策级融合则基于各传感器独立判断结果进行投票或加权融合，实现难度最低但信息损失较大。

二、智能决策与控制技术

智能决策与控制技术是智能焊接机器人的“大脑”，承担将感知数据转化为控制指令的核心功能，直接决定系统的智能化水平与自适应能力。该模块涵盖工艺知识推理、路径规划、大模型赋能、缺陷补偿与高精度控制五大技术方向，是当前行业技术攻关的核心焦点。

1、焊接工艺知识库与参数智能匹配

焊接工艺知识库是智能决策的基础数据底座，通过系统化沉淀不同材料、板厚、坡口形式、焊接位置下的最优工艺参数组合，实现**“输入工件特征-输出工艺方案”**的智能匹配。

传统工艺参数依赖人工经验查表，效率低且一致性差。**现代焊接工艺知识库构建呈现三大特征：一是数据结构化**，基于知识图谱技术建立材料-坡口-工艺-质量的关联网络，支持

多条件组合查询与推理；二是**模型化预测**，基于大量实验数据训练机器学习模型，可对未出现过的参数组合进行性能预测与推荐；三是持续自进化，系统可从实际生产数据中自动提取有效工艺样本，持续丰富知识库并优化推荐精度。

当前头部企业的工艺知识库已覆盖碳钢、不锈钢、铝合金等主流材料，支持 CO₂ 气体保护焊、MIG/MAG、TIG 等多种焊接工艺。但针对高强钢、钛合金等特种材料，以及厚板多层多道焊等复杂场景，工艺数据积累仍相对薄弱，是未来重点建设方向。

2、焊接路径自主规划算法

焊接路径自主规划是实现“免示教”的核心算法，**基于工件三维模型或点云数据**，自动识别焊缝位置并生成最优焊接轨迹，取代传统人工示教编程。

路径规划技术可分为基于 CAD 模型的离线规划与基于点云的在线规划两类。基于 CAD 模型的规划精度高、计算速度快，适用于有数字模型的标准化产品；基于点云的在线规划不依赖预设模型，通过实时扫描自动提取焊缝特征，更适合非标工件与现场定位偏差较大的场景，是当前技术突破的重点方向。

针对厚板焊接的多层多道焊路径规划是技术难点之一，需综合考虑焊道排布策略、层间温度控制、熔敷效率与变形控制等多目标优化。**2025 年以来，基于强化学习的多层多道焊智能排布算法取得进展**，可根据坡口截面形状自动生成最优焊道堆叠方案。此外，基于强化学习的焊接顺序优化算法可通过智能规划焊接先后顺序，主动控制焊接变形，在大型结构件焊接中价值尤为突出。

3、焊接大模型与免示教技术

大语言模型与多模态大模型的快速发展为焊接智能化带来**范式级变革**。通过向焊接大模型投喂产线焊接数据、材质工艺数据、焊缝数据等，推动焊接机器人从“按程序执行”向“理解任务并自主完成”跃升，是实现真正意义上“免示教”的核心技术路径。

焊接大模型的技术应用体现在两个层面：一是多模态工艺决策，融合视觉点云、电信号、工件参数等多模态输入，综合判断焊接状态并动态调整策略，具备更强的泛化能力；二是故障诊断与工艺优化建议，基于积累的焊接数据与故障案例，大模型可自动分析异常原因并给出优化方案。

2025 年以来，工业大模型在焊接领域的应用加速落地，多家头部企业推出焊接专用大模型产品，在焊缝识别准确率、工艺参数推荐效果上均得到有效提升。但**焊接大模型仍面临行业数据积累不足、物理机理嵌入深度不够、实时性不足等挑战**，当前更多以“辅助决策”角

色存在，完全端到端的大模型闭环控制仍处于验证阶段。

4、焊接缺陷预测与在线补偿技术

焊接缺陷预测与在线补偿是质量闭环控制的关键环节，通过实时感知焊接状态偏差，动态调整工艺参数，将缺陷消除在形成过程中，实现“零缺陷”焊接目标。

缺陷预测技术基于实时采集的熔池图像、电信号、温度场等多源数据，结合深度学习预测模型，提前预判气孔、未熔合、烧穿、咬边等缺陷发生概率。相较于事后检测，预测式控制可主动干预、避免缺陷产生，质量控制价值更高。在线补偿则根据预测结果或实时检测到的偏差，自动调整焊接电流、电压、焊接速度、摆幅等参数，或修正焊枪位置与姿态，使焊接过程回归最优状态。

当前已实现工程化应用的在线补偿技术主要包括：焊缝跟踪位置补偿（横向与高低偏差实时纠偏）、焊接电流电压自适应调节（根据间隙变化动态调整热输入）、熔透控制（基于熔池背面或声发射信号控制熔透状态）。更复杂的缺陷预测与补偿仍处于研发阶段，尤其对内部气孔、裂纹等不可视缺陷的在线预测仍是行业难题。

5、高精度轨迹控制与振动抑制

高精度轨迹控制是保证焊接成形质量的基础，尤其在高速焊接、薄板焊接与精密部件焊接场景中，轨迹精度直接决定焊缝成形美观度与力学性能。

传统机器人轨迹控制面临机械传动误差、柔性形变、惯性振动等精度损失问题。现代高精度控制技术通过前馈补偿、自适应滤波、振动抑制等算法提升轨迹跟随精度：一是动力学前馈控制，基于机器人动力学模型提前计算关节力矩补偿量，减小动态跟踪误差；二是末端振动抑制，通过输入整形技术或主动阻尼算法抑制机器人末端残余振动，在高速启停与换向场景效果显著；三是视觉伺服闭环，将视觉检测的焊缝位置偏差直接闭环至运动控制层，实现微米级实时纠偏。

2025 年协作机器人焊接方案快速普及，其轻量化设计使得本体的刚性被削弱，带来的柔性振动问题更为突出，振动抑制算法的重要性进一步凸显。

三、本体与执行技术

本体与执行技术是智能焊接系统的物理执行端，决定焊接动作的精度、速度与负载能力。该模块围绕机器人本体运动性能、力控柔顺能力与多机协同效率三大方向演进，是智能焊接技术落地的硬件载体。

1、高精度轨迹规划与插补算法

轨迹规划与插补是机器人运动控制的底层核心算法，直接决定焊枪运动的平滑性、精度与效率。焊接场景对轨迹连续性要求极高，速度突变或加速度突变会直接影响焊缝成形质量。

传统直线插补与圆弧插补难以满足空间复杂曲线焊缝的高精度需求。现代轨迹规划技术发展方向包括：一是 NURBS 曲线插补，支持任意空间自由曲线的高精度插值，适配相贯线、空间螺旋线等复杂焊缝；二是速度前瞻控制，提前预判路径拐点并自动加减速，保证运动平滑无冲击；三是四元数平滑插补，实现位置与姿态的同步平滑过渡，保证焊枪工作角与行走角始终符合工艺要求。

针对摆动焊接工艺，专用的摆弧插补算法可实现正弦、三角、梯形等多种摆动波形的精确控制，支持摆幅、摆频、停留时间等参数独立调节。**2025 年以来，多层多道焊的摆弧插补技术取得进展**，可根据每道焊缝实际宽度动态调整摆动参数，进一步提升厚板焊接质量一致性。

2、力控与柔顺控制技术

力控与柔顺控制技术使机器人具备“触觉”感知与自适应能力，**在接触式焊接场景中价值显著**。通过实时检测焊枪与工件间的接触力，动态调整机器人位置与姿态，保证焊接压力稳定或实现主动避让。

力控技术方案主要分为基于六维力传感器的直接力控与基于电流检测的无传感器力控两类。六维力传感器方案精度高、响应快，可实现亚牛级力控精度，适用于精密焊接场景；无传感器力控方案通过监测电机电流变化间接估算接触力，无需额外硬件、成本更低，在中低端应用中加速普及。

焊接场景下力控技术的典型应用包括：一是坡口侧壁接触寻位，通过接触力反馈精确确定焊缝实际位置，补偿工件装夹偏差；二是碰撞检测与安全保护，实时监测异常碰撞力并触发急停，保护焊枪与工件安全。

3、多机器人协同控制技术

多机器人协同焊接是提升大型结构件焊接效率的重要技术方向，通过两台或多台机器人同时作业，配合变位机、行走轴等外部轴，实现复杂工件的多工位同步焊接。

多机协同的技术难点在于多机器人的运动同步与空间避碰。当前主流方案包括：一是主从式协同，一台主机规划整体焊接时序，从机跟随主机节奏同步动作，适用于双机对称焊接

场景；二是集中式调度，由上位控制系统统一规划所有机器人的运动轨迹与时序分配，全局优化焊接效率，避免空间碰撞；三是分布式自主协同，各机器人基于局部环境进行自主决策，边缘节点负责局部快速决策，适合动态环境，能降低通信延迟，提升系统鲁棒性。

2025 年，多机器人协同焊接在钢结构、船舶海工等大型工件场景加速应用。典型配置为“双机器人+变位机+地轨”的柔性工作站，可实现工件一次装夹、多面焊接，生产效率较单机提升 50%以上。随着智能调度算法成熟，协同机器人数量正从 2-4 台向 5 台以上的集群协同方向演进。

四、数字化使能技术

数字化使能技术贯穿智能焊接全生命周期，为系统设计、调试、生产、运维全流程提供数字化支撑。该技术不直接参与焊接过程执行，但显著提升系统部署效率、降低运维成本、放大数据价值，是智能焊接系统从“设备”向“系统级解决方案”升级的关键支撑。

1、数字孪生与焊接过程仿真

数字孪生技术通过构建与物理焊接系统一一对应的虚拟数字模型，实现焊接过程的可视化、可仿真、可优化。在虚拟空间中完成工艺验证、轨迹规划与碰撞检测，可大幅减少现场调试时间与试错成本。

焊接数字孪生的应用层次分为三级：第一级是几何与运动孪生，还原机器人、工件、工装几何形态与运动学关系，用于离线编程与碰撞检测，是当前商业化最成熟的层级；第二级是工艺过程孪生，融入焊接热过程、熔池流动、应力变形等物理仿真模型，可预测焊接变形与残余应力，辅助工艺方案优化；第三级是全要素实时孪生，通过实时数据驱动数字模型与物理系统同步运行，实现生产状态可视化与远程监控，是长期演进方向。

2025 年以来，数字孪生在焊接领域的应用从离线规划向实时监控延伸。头部方案商推出焊接数字孪生平台，集成离线编程、工艺仿真、生产监控、数据分析于一体，可将新工件调试周期从数天缩短至数小时。焊接热变形仿真与路径补偿的联动技术也取得进展，可在规划阶段主动修正轨迹以抵消焊接变形，提升大型结构件焊接精度。

2、Sim2Real 虚实调试技术

Sim2Real(仿真到现实迁移)技术旨在解决虚拟仿真与物理现实之间的“现实鸿沟”问题，使在仿真环境中训练优化的算法与程序能够直接迁移至真实机器人运行，减少现场调试工作量。

焊接场景的 Sim2Real 技术挑战主要来自三方面：一是视觉感知迁移，仿真渲染图像与真实工件图像存在域差异，导致视觉识别准确率下降；二是运动控制迁移，仿真机器人与真实机器人的机械参数、动力学特性存在偏差；三是工艺效果迁移，仿真焊接成形与实际焊接质量难以精确对应。针对上述问题，主流技术路径包括域随机化、域适应等，通过丰富仿真环境多样性或对齐虚实特征分布，提升模型泛化能力。

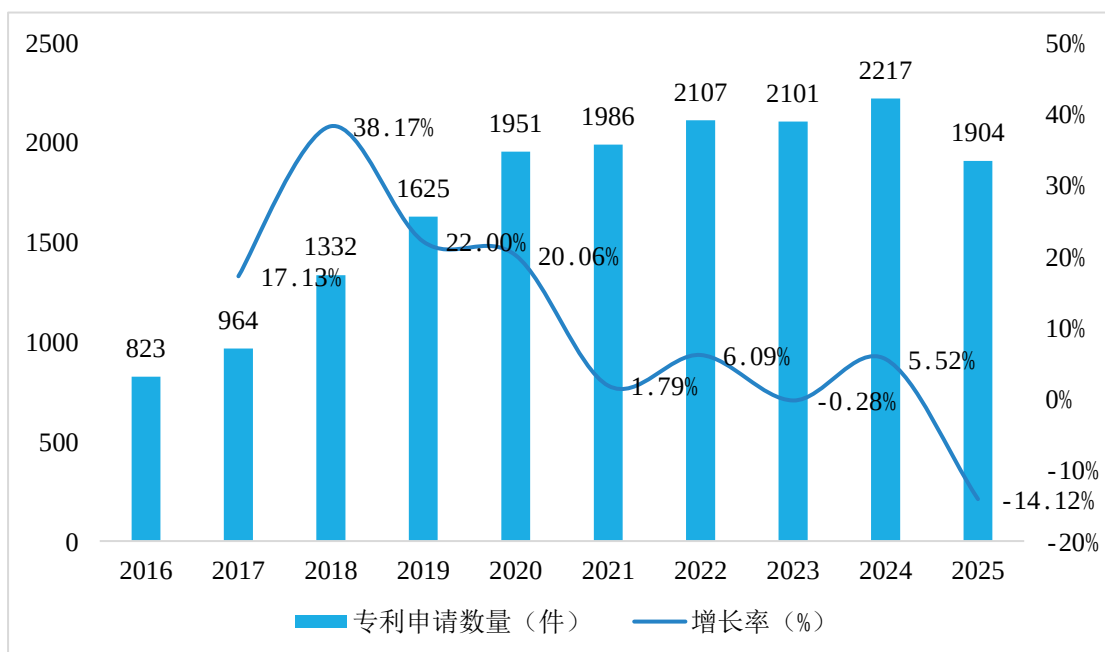
2025 年，Sim2Real 技术在焊接路径规划与焊缝识别领域率先落地。通过在仿真环境中生成大量焊缝样本训练识别模型，再通过少量真实样本微调，可大幅降低数据标注成本。焊接参数优化也开始采用 Sim2Real 训练框架，先在仿真环境中完成大量探索训练，再迁移至真实场景微调，显著提升算法迭代效率。

第三节 技术专利分析

截至 2025 年，中国焊接机器人相关专利累计申请量已超 1.9 万件，整体呈现“快速增长—平稳发展—结构性调整”的三阶段演进特征。

从年度申请量看，2016-2020 年为行业专利爆发期，年均增速 24%，反映出这一阶段国内机器人产业政策红利释放、企业研发投入集中加码的行业特征。2020-2024 年进入平稳增长期，年均增速回落至 3.2%，专利申请量从 1951 件稳步攀升至 2217 件，技术创新从数量扩张转向质量提升。2025 年以后专利进入结构性调整期，专利申请量回落至 1904 件，传统焊接机器人技术趋于成熟，基础专利布局趋于饱和，增量专利向智能化方向集中。**整体来看，焊接机器人基础技术专利已进入存量博弈阶段，技术创新重心正向智能化、数字化方向迁移。**

图表 27 2016-2025 年中国焊接机器人相关专利申请情况（单位：件，%）



数据来源：智慧芽，高工机器人产业研究所（GGII）整理

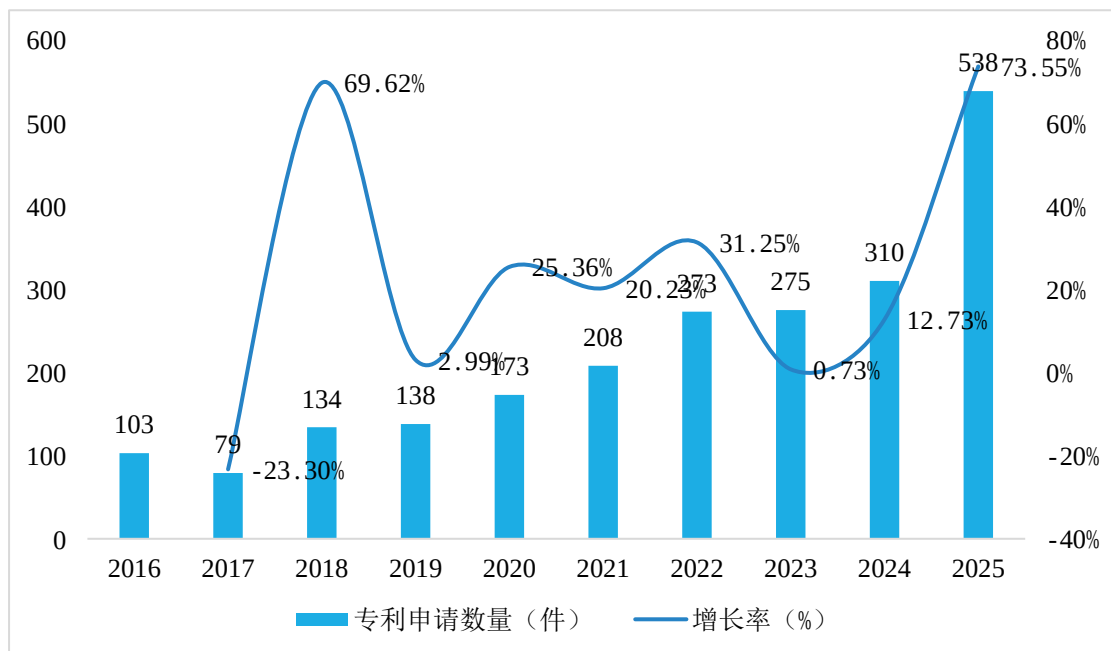
截至 2025 年，中国智能焊接相关专利申请共 2476 件。目前来看，中国智能焊接机器人市场仍处于初期发展阶段，相关技术方面的投入正逐年上升，同时需要正视的是，在智能焊接技术方面依然面临挑战，如算法的精确度和鲁棒性、成本效益比、焊接过程的实时控制与优化等方面。随着技术的不断进步和市场需求持续释放，智能焊接机器人将持续演进，向着更高层次的自主性、灵活性和智能化方向迈进。

智能焊接作为焊接机器人领域的新兴技术方向，专利增长态势显著区别于整体市场，呈现出加速爆发的鲜明特征。2018 年专利申请量迅速反弹，标志着智能焊接领域技术投入启

动；2019-2023 年专利申请量从 138 件增长至 275 件，年均增速在 18.8%，技术研发处于持续积累阶段；2024 年增速回升至 12.73%，2025 年迎来爆发式增长，全年专利申请量达到 538 件，同比激增 73.55%，创下历史最高增速。

2025 年智能焊接专利爆发式增长原因是大模型、机器视觉等 AI 技术与焊接场景深度融合，催生大量算法类专利申请。智能焊接专利占焊接机器人整体专利的比重已从 2016 年的 12.5% 提升至 2025 年的 28.3%，技术创新重心向智能化迁移的趋势明确。GGII 判断，随着智能焊接商业化进程加速，未来技术竞争将从感知层算法向决策层大模型延伸。

图表 28 2016-2025 年中国智能焊接相关专利申请情况（单位：件，%）



数据来源：智慧芽，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第四节 国内外企业技术差距分析

智能焊接机器人是多学科交叉的复杂技术系统，国内外技术差距主要体现在智能焊接机器人系统的多个核心模块上。其中，机器人本体核心性能和高端离线编程软件差距较大。外资厂商在本体精度、可靠性、寿命等基础性能上拥有数十年积累，高端离线编程软件生态成熟，国产仍处于追赶阶段。激光/视觉传感系统和焊接电源部分差距有限。国产厂商已实现规模化国产替代，性能指标接近国际水平，但在极端工况适应性、长期稳定性、高端产品上仍有差距。智能焊接控制系统、焊中质量诊断和系统集成基本实现同步甚至局部领先。国内外基本处于同一起跑线，国内企业依托丰富的应用场景与快速迭代能力，在多模态质量诊断、钢结构/船舶等行业集成方案上甚至形成局部优势。

图表 29 智能焊接机器人系统核心模块国内外代表厂商及技术对比

核心部件	国际代表厂商	国内代表厂商	对比分析
机器人本体	安川、发那科、松下、OTC、川崎、CLOOS、ABB、库卡	摩卡、新时达、柴孚、钱江、法奥机器人、艾利特、哈工现代、卡诺普、埃斯顿、埃夫特、凯尔达等	一是高端本体的长期可靠性与精度保持性，国产机器人运行数千小时后的精度衰减、关键部件寿命仍有差距；二是高速重载场景下的动态性能，高速焊接与厚板焊接场景中外资品牌稳定性优势明显；三是焊接专用工艺包的成熟度，外资厂商积累了大量工艺数据与专用算法。
智能焊接控制系统	库卡、CLOOS、ABB	智流形、柏楚电子、新时达、昇视唯盛、中集飞秒、敏越科技、道尔芬、工布智造	一是实时性控制，外资方案有独立控制的外部高级接口，控制周期更短、响应更快；国产方案软件接口较为局限，实时性不够。二是系统稳定性与鲁棒性，复杂工况下的容错能力与异常处理机制仍有提升空间。
3D 视觉/激光传感系统	赛融、宾采尔、Garmol	英莱科技、创想智控、全视智能、昇视唯盛、知象光电、梅卡曼德、微视传感、知微传感、伟景智能、如本科技、明图智能、新维焊接等	一是产品精度与稳定性，国产传感器在高反光等恶劣工况下的表现有待提升。二是算法鲁棒性，针对特殊焊缝的识别准确率与抗干扰能力仍有差距

离线编程软件	RobotMaster、RobotWorks、RoboDK、西门子、ESA S.P.A、Delfoi Robotics 等第三方厂商及 KUKA、FANUC、ABB、YASKAWA、那智等本体厂商	华航唯实、敏越科技、越擎科技等第三方厂商和新时达、法奥机器人、卡诺普、埃斯顿、埃夫特等本体厂商	一是仿真引擎的成熟度，国际软件经过数十年迭代，运动学仿真、碰撞检测的精度与可靠性显著领先；二是生态体系完整性，国际软件已形成插件生态与用户社区，国产软件仍以功能开发为主；三是复杂场景处理能力，针对航空航天、汽车整车等高端复杂场景的专用功能仍有差距。
焊中质量实时诊断分析系统	HKS、伏能士（CLOOS）等	蕴硕物联	国际厂商多绑定自身焊接设备生态，依赖单一模态信号，国内在多模态融合算法、行业场景适配方面甚至具备局部优势。
焊接电源	福尼斯、林肯、伊萨、CLOOS、松下	麦格米特、奥太电气、佳士科技、瑞凌股份	一是高端工艺技术，如 CMT 冷金属过渡、高精度脉冲焊、铝合金 MIG 焊等高端工艺仍以国外品牌为主；二是长期可靠性与一致性，大批量生产的产品一致性、关键元器件寿命仍有差距；三是数字化与智能化程度，焊接电源与上位系统的互联互通、工艺专家系统的深度仍有提升空间。
系统集成商	库卡、柯马、IGM	昇视唯盛、南京合信、中集飞秒、行健机器人、华工赛百、大界、全人智能、智昌等	国际厂商在汽车行业拥有较强的系统集成能力，能够提供完整的智能焊接解决方案；国内厂商更多聚焦钢构、船舶等行业，已获得市场初步认可

资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）

第五部分 应用篇

第五章 智能焊接机器人产业化应用分析

第一节 钢结构行业

一、行业发展机遇

钢结构凭借其高强度、轻量化、施工周期短、可回收利用等独特性能优势，已在建筑、桥梁、能源、海洋工程等多个领域实现规模化应用，是国民经济建设中不可或缺的基础性结构材料。然而，当前国内钢结构制造领域焊接工序的自动化水平整体偏低，仍高度依赖人力作业，尤其是具备丰富经验的熟练焊工。

焊接作业环境恶劣是行业普遍面临的痛点。焊工长期接触有害废气、吸入金属粉尘、面对熔渣飞溅、暴露于强光弧光照射、忍受高分贝噪音、遭受高强度电磁辐射以及高温作业环境等多重职业危害。这些因素不仅严重威胁工人身体健康，也直接影响焊接生产效率和质量稳定性。

同时，社会经济发展和劳动力结构变化加剧了焊工短缺问题。随着教育水平普遍提升，年轻群体就业偏好转向非体力劳动行业，对焊接这类高强度、高风险、高健康风险的工种意愿持续下降。人社部发布的《“最缺工”的100个职业排行》中，焊工常年位居前列。其中钢结构行业2025年焊工需求量约35万人，供需矛盾突出。

此外，钢结构产品具有小批量、多品种、非标化的加工特点，传统示教型焊接机器人需要针对每种工件逐一编程，换产耗时过长，严重制约生产效率。在此背景下，具备免示教、自适应能力的智能化焊接成为行业转型升级的核心解决方案，市场需求日益迫切。

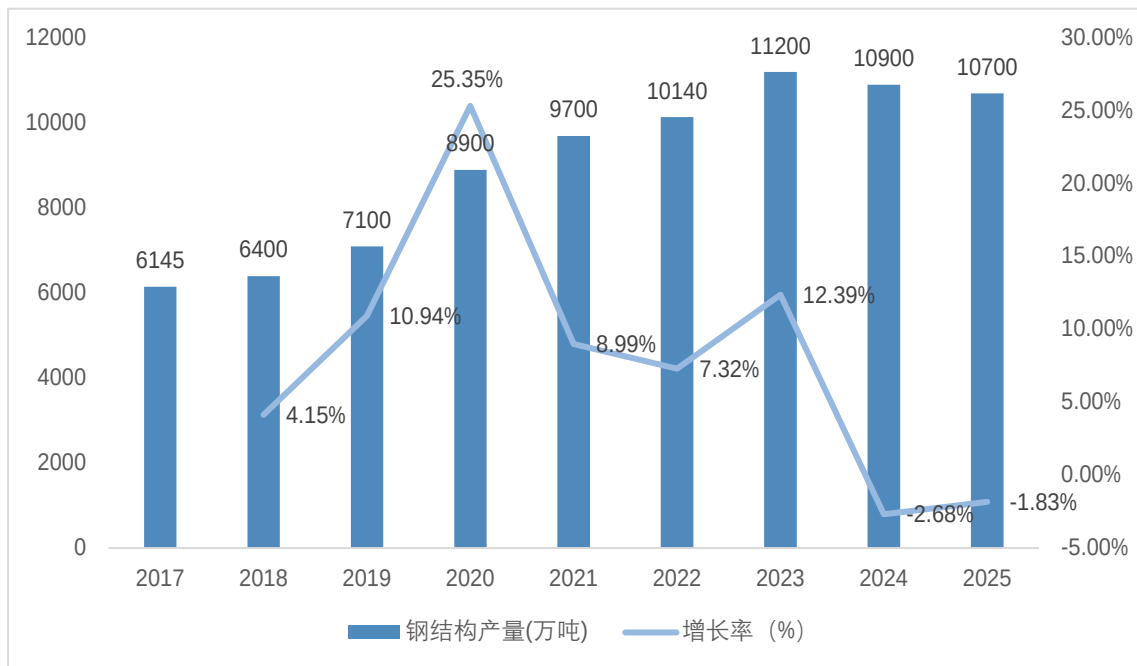
智能化焊接方案，如智能焊接机器人、自动化焊接工作站以及集成视觉和传感技术的高级焊接系统，不仅可以提高焊接效率和质量，减轻工人劳动强度，还能在很大程度上改善工作环境，减少对人体健康的危害。此外，智能化焊接技术的应用还将有助于缓解焊工短缺的问题，通过减少对熟练焊工的依赖，实现焊接作业的持续性和稳定性，从而推动钢结构行业向更高效、更安全、更环保的方向转型升级。

二、钢结构下游应用领域

根据中国钢结构协会统计数据，国内钢结构产量整体呈现先升后稳的发展态势。2017年产量为6145万吨，至2023年达到历史峰值1.12亿吨，2024年小幅回调至1.09亿吨，2025

年继续小幅回调至 1.07 亿吨，标志着行业从高速增长阶段进入高质量平稳发展期。

图表 30 2017-2025 年中国钢结构产量及增长率（单位：万吨，%）

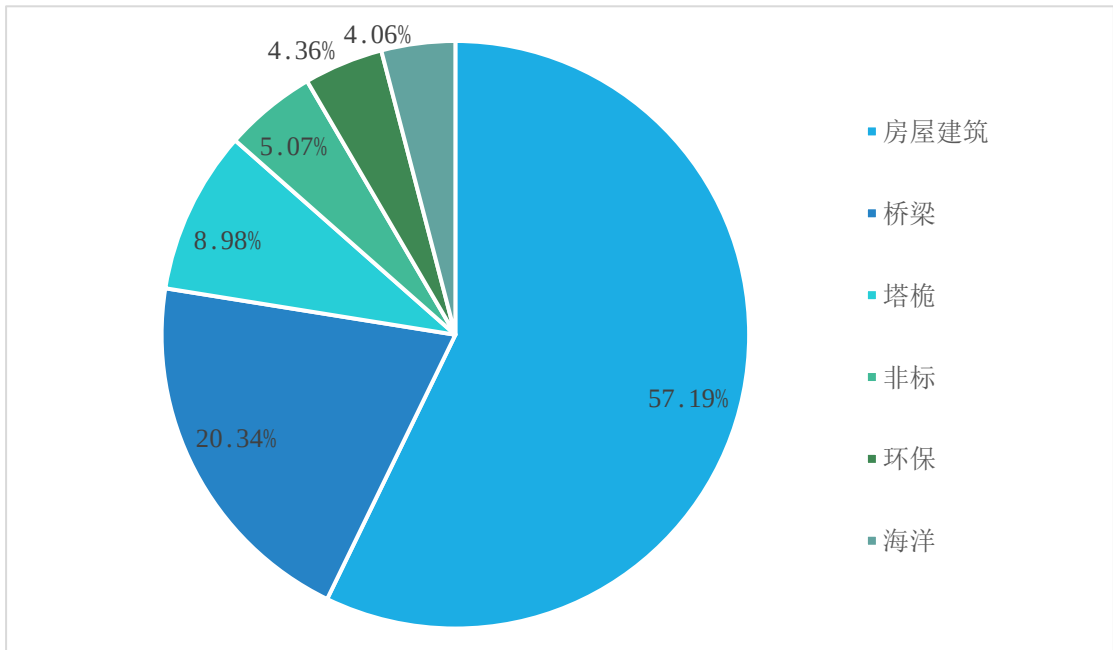


数据来源：中国钢结构协会，高工机器人产业研究所（GGII）整理

按照应用途径，我国钢结构主要分为建筑钢结构、桥梁钢结构、电力钢结构和海洋钢结构等，其中建筑钢结构和桥梁钢结构占据绝对主导地位。

房屋建筑领域占比 57.19%，是钢结构最大的应用市场。具体包括工业厂房、高层及超高层商业建筑、文体场馆与会展建筑、住宅建筑等细分方向。桥梁工程领域占比 20.34%，是钢结构第二大应用方向。全国新建桥梁中采用钢结构的比例逐年提升，其中公路桥梁占大多数，铁路桥梁次之。随着跨海大桥、跨江大桥等重大基础设施项目持续推进，大跨度钢箱梁、钢桁梁等桥梁钢结构需求稳定增长。非标领域占比 5.07%，多应用于设备钢结构、高层重钢结构、大跨度钢结构、海洋石油钢结构等高端领域。塔桅和环保领域占比分别为 8.98%、4.36%，随着 AI 算力中心的需求爆发和“碳达峰、碳中和”国家战略的不断深入，以发电厂、冷却塔钢结构为代表的环保类钢结构，以及风力发电塔、输电塔、变电构支架为代表的塔桅类钢结构潜力不断释放。

图表 31 2024 年各类钢结构产品占比



数据来源：中国钢结构协会 2025 年蓝皮书，高工机器人产业研究所（GGII）整理

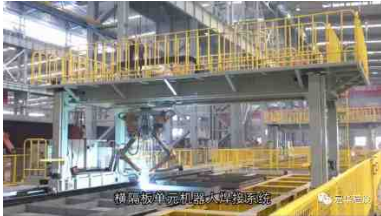
三、适用工件类型

智能焊接机器人在钢结构行业的适用工件类型丰富，覆盖主要标准构件与部分非标构件，具体包括：

- 1、H 型钢构件：最基础、应用最广泛的钢结构构件，包括焊接 H 型钢柱、H 型钢梁等。主要焊缝为腹板与翼缘板之间的角焊缝，形状规则、焊缝长直。
- 2、箱型柱/箱型梁：由四块钢板组焊而成的箱形截面构件，广泛应用于高层建筑框架。需要焊接四条纵向主焊缝及内部横隔板焊缝。
- 3、钢箱梁：桥梁工程的核心构件，具有大跨度、大截面、厚板等特点。焊缝包括顶板、底板、腹板的纵长焊缝及内部加劲肋焊缝。
- 4、管桁架/圆管构件：广泛应用于体育场馆、高铁站房等大跨度空间结构。
- 5、加劲板、连接板等小型构件：各类钢结构节点处的加强板、连接板、牛腿等附件，数量多、规格杂。

图表 32 钢结构智能焊接适用工件部分展示

H 型柱	箱型柱	筋板
------	-----	----

		
牛腿	標托	桁架
		
桥梁板单元	桥梁 T 排	桥梁 U 肋
		
钢箱梁	横隔板	内隔板

数据来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

四、市场空间测算

2025 年全国钢结构加工量达 1.07 亿吨，假设其中 60%需进行焊接加工，按照每 100 吨钢材配置 4 台气保焊设备的行业标准测算，焊接设备需求量为： $(10700 \text{ 万吨} \times 60\% / 100) \times 4 = 256.8 \text{ 万台}$ 。若其中 10%的焊接工序由机器人承担，则对应约 **25.68 万台焊接机器人的市场容量**。随着硬件成本的下降及软件智能化水平提升带来的成本上升，假设未来钢结构领域智能焊接机器人单工作站价格维持在 15 万元/台，则**钢结构领域智能焊接机器人的市场容量为 385 亿元**。

第二节 船舶行业

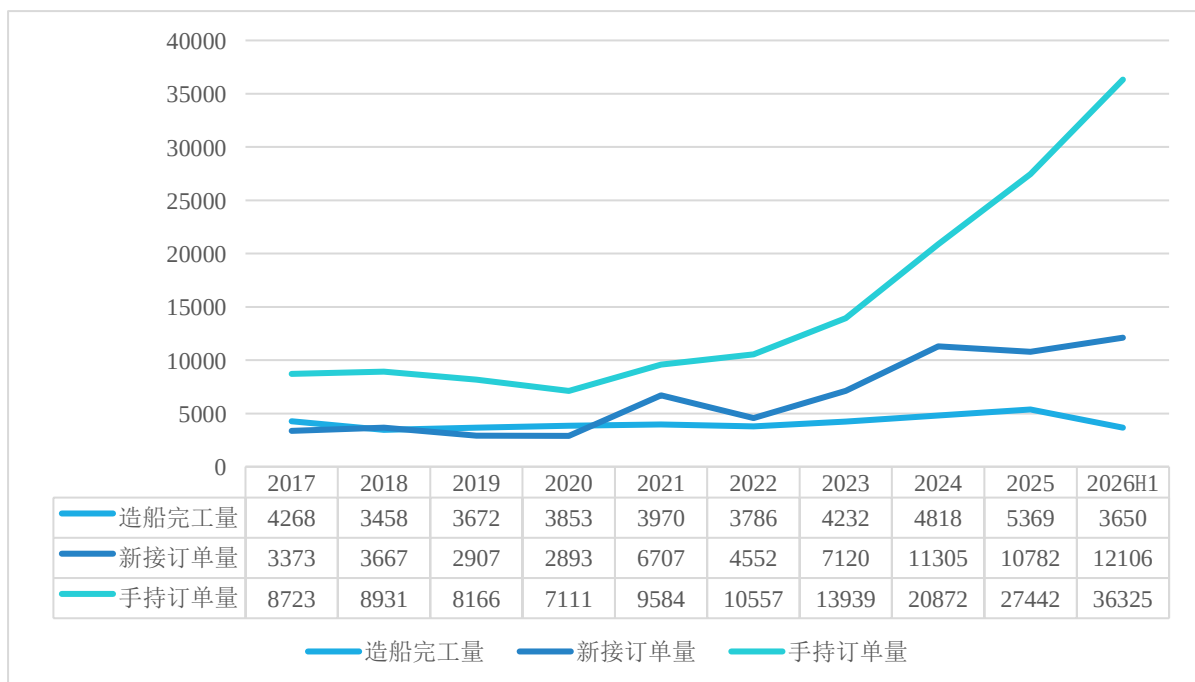
一、行业发展机遇

当前全球造船业正处于新一轮上行周期，中国造船业凭借完整产业链优势持续领跑全球。根据工业和信息化部数据，**2025 年我国造船业三大指标继续保持世界第一，连续 16 年位居全球首位**：造船完工量 5369 万载重吨，同比增长 11.4%；新接订单量 10782 万载重吨，同比下降 4.6%；手持订单量 27442 万载重吨，同比增长 31.5%。三大指标全球占比分别达 56.1%、69%和 66.8%。

进入 2026 年，行业景气度进一步攀升。2026 年上半年，我国造船完工量 3650 万载重吨，同比增长 51.2%，占世界总量的 62.2%；新接订单量 12106 万载重吨，同比增长 173.1%，占世界总量的 82.3%；手持订单量 36325 万载重吨，同比增长 54.9%，占世界总量的 71.2%。在散货船、集装箱船和油轮三大主流船型的新接订单中，中国所占国际市场份额均超过 80%，全球竞争优势持续巩固。

船舶工业作为典型强周期行业，船舶行业供需波动幅度较大。大型船坞投资规模高、建设周期漫长，下行周期产能难以快速出清，历史经验促使全球船厂在本轮景气阶段克制资本开支，优先挖掘存量产能。叠加岸线资源、环保政策、用工短缺等现实约束，全球造船产能持续维持紧平衡；存量船队周期性更新需求集中释放，船厂订单饱满、**订单交付排期已至 2030 年**。依托老龄船队替换与国际海运脱碳法规双重支撑，**本轮造船上行周期有望持续至 2032 年**。供给扩张受限之下，自动化升级成为船厂提效核心路径，焊接工序自动化改造需求稳步上行，智能焊接机器人具备长期成长空间。

图表 33 2017-2025 年及 2026 年 H1 中国造船三大指标增长情况(单位: 万载重吨, %)



数据来源: 中国船舶工业协会, 高工机器人产业研究所 (GGII) 整理

二、船舶建造流程与焊接工序分布

现代船舶建造采用"分段建造法", 即像搭积木一样将船体拆分为数十个分段分别建造, 再进行总组搭载。完整的船舶制造流程可分为十一个主要阶段。

图表 34 造船建造流程与焊接工序分布

船舶建造流程	流程介绍
钢材入场	船舶建造的起始环节, 主要完成钢板、型材等原材料的进厂检验、材质核对、表面预处理等工作。本阶段无焊接工序, 是生产准备环节。
切割加工	根据生产设计图纸, 将钢板通过数控切割机切割成各种形状的零件板材, 型材通过锯切、坡口加工等制成构件。本阶段以切割、坡口加工为主, 仅存在少量定位焊, 焊接工作量极小。
小组立装焊	将切割好的零件板材与型材组装焊接成小型组件(如 T 型材、肋板组件、小型肘板组件等)的生产阶段。小组立工件形状相对规则、作业空间固定、焊缝多为长直角焊缝, 是当前焊接自动化程度最高的工序, 也是智能焊接机器人进入船舶制造的核心切入点。
中组立装焊	将小组立部件进一步组装成平面分段或曲面分段的中间阶段, 形成舱

	壁、甲板片、舷侧片等中型结构单元。中组立焊缝种类增多，包括角焊缝、对接焊缝等，部分结构开始出现空间曲线焊缝，装配误差影响增大。本阶段平直面焊缝可采用自动化焊接，但复杂结构焊缝仍大量依赖人工，是智能焊接机器人的重点突破方向。
大组立装焊	将中组立部件、外板等组装成完整船体分段的生产阶段，形成底部分段、舷侧分段、甲板分段、舱壁分段等大型三维分段单元。大组立工件尺寸大、结构复杂、焊缝位置多样，且装配偏差较大，焊接难度高，目前仍以手工焊为主，是智能焊接机器人中长期技术攻坚的目标领域。
涂装	对完工分段进行喷砂除锈、喷涂防腐涂料等表面处理工序。本阶段无焊接作业，属于表面处理环节。
舾装	在分段阶段提前安装管系、电缆支架、设备基座等舾装件，以减少船坞阶段工作量。本阶段焊接主要为小型附件焊接，工作量相对分散。
总组	将两个或多个分段在总组平台上组装成更大的总段，以减少船坞搭载工作量。
船坞搭载	将各总段、分段在船坞内吊装合拢，形成完整船体的核心阶段。船坞搭载焊接受天气影响大，目前大量依赖手工焊接，是船舶建造中焊接难度最大的环节之一，智能焊接机器人尚难大规模渗透。
码头舾装	船舶下水后停靠码头，完成各类设备、系统的安装调试工作。
码头试验	泊试验、航行试验前的最终调试与检验。本阶段几乎无新增焊接工作量，主要为检验发现缺陷后的补焊。

数据来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

在船舶建造环节，焊接的工作量占总工程量的 30%-40%。船舶建造各工序中，小组立是智能焊接机器人当前的核心应用场景，中组立是近期重点突破方向，大组立、总组、船坞搭载和码头舾装则是中长期技术高地。

三、适用工件类型

智能焊接机器人在船舶行业的适用工件主要集中在分段建造的中前期工序，具体包括：

1、T 型材：小组立阶段最典型的规则构件，由腹板面板与垂直筋板焊接而成，焊缝为连续角焊缝，形状简单规则，是船舶智能焊接机器人的基础应用工件。

2、肋板组件：小组立阶段典型的构件，是船体横向加强结构，由肋板与加强筋、肘板等组焊而成。焊缝以角焊缝为主，分布相对规则，适合机器人工作站批量焊接。

3、纵骨：船体纵向加强材，包括球扁钢、角钢等型材与板材的焊接，焊缝长直连续。

4、平面分段构件：中组立阶段的甲板片、舱壁片等平面结构，由板材与纵横骨架组焊而成。平面焊缝规则度高，是智能焊接机器人从中组立切入的核心工件类型。

5、小型舱体分段：结构相对简单的小型分段，如边舱、双层底分段等，内部焊缝可达性较好的位置可采用机器人焊接。

6、舾装件：船舶管系中管子与法兰的环缝焊接，工件标准化程度高，可采用专用焊接机器人实现自动化焊接。

图表 35 船舶智能焊接适用工件部分展示

T 型材 	船舶中组立 	船体分段 
管道 	船用装卸臂 	锚链盘 
吊耳 	船舱门 	舾装件 

数据来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

四、市场空间测算

根据中国船级社(CCS)持证焊工数量计算，截至 2024 年 7 月，中国船级社持证焊工数量

约 18.78 万人。随着未来机器人智能化升级和产线配置的系统级优化，假设未来 1 台智能焊接机器人平均可替代 2 名焊工，考虑到并非所有焊接工位都适合焊接机器人替代，结合技术可行性与经济性，实际可替代比例约为 65%，则**对应中国约有 6.1 万台智能焊接机器人的市场容量**。随着硬件成本的下降及软件智能化水平提升带来的成本上升，假设未来船舶建造领域智能焊接机器人单工作站价格维持在 40 万元/台，则**船舶建造领域中国智能焊接机器人的市场容量为 244 亿元**。

第三节 其他潜力行业

除钢结构与船舶两大核心应用行业外，智能焊接机器人凭借高精度、高效率、柔性化等优势，在能源、工程机械、汽车零部件、航空航天等多个行业也具备广阔应用潜力。各细分行业因工件特征、焊接工艺要求不同，智能焊接机器人的渗透节奏各有差异。

能源领域，在能源产业体系中，智能焊接机器人广泛应用于核电、石化、电网、风电、光伏、锂电等赛道，承担各类关键构件的焊接成型任务，稳固能源装备结构强度，保障设备长期运行安全。针对核电站等高风险特殊工况，智能焊接机器人能够替代人工进入危险作业环境，规避人员辐射、安全暴露风险，同时持续保障焊接工艺精度与质量一致性。电力装备是 2025 年增长弹性突出的潜力赛道。伴随 AI 算力需求持续爆发，全球掀起数据中心建设浪潮，带动大范围电网扩容改造；自 2025 年底起，美国大规模数据中心建设持续拉动上游电力基础设施投资，变压器油箱、输电铁塔等核心构件的自动化焊接需求显著上行。叠加国内特高压工程稳步推进、新能源装机持续扩容并网等多重驱动，电力装备行业订单维持高景气，产业链焊接智能化改造需求持续释放。

工程机械领域，工程机械是焊接机器人的传统应用领域之一，挖掘机、装载机、起重机、推土机、压路机等各类特种车辆，以及港口机械制造中的岸桥、门机、集装箱龙门吊、牵引车等港机装备，其结构件制造均涉及大量焊接工序。工程机械与港机结构件普遍具有工件厚重、焊缝长、焊接位置复杂、承载要求高等特点，长期承受重载与交变载荷，对焊接质量与强度要求严苛。智能焊接机器人在工程机械行业主要应用于动臂、斗杆、铲斗、车架、回转支承、车厢板、港机主梁、门架、平衡梁、行走支座等核心结构件的焊接。

汽车及零部件领域，汽车制造是焊接机器人需求最大的行业之一，焊接工艺贯穿整车生产多个环节。点焊机器人多应用于汽车白车身生产厂焊装车间流水线，完成汽车地板、侧围、顶盖等整车外壳的拼装焊接过程以及板材、钢材或铝材的点焊加工。弧焊机器人主要应用于汽车车身结构件以及各类汽车金属零部件的焊接，如后桥、车身框架、底盘、车门、引擎盖等部位的焊接等。从中国焊接机器人的应用市场来看，汽车及零部件行业是需求占比最大的领域，占整体销量份额 30% 以上。智能焊接机器人技术的提升将为汽车工业注入新的创新活力，不仅可以更好的匹配汽车零部件柔性化、高精度焊接的需求，也将大大加快汽车工业提质降本增效的进程。

金属加工领域，金属加工行业涵盖冶金设备、通用机械、五金制品、建材等广泛领域，焊接作为等材制造的核心工艺应用极为普遍。该领域企业数量众多、分布分散、工件类型多

样，属于典型的长尾市场。当前智能焊接机器人在通用金属加工领域尚处于导入期，制约因素主要在于非标工件种类繁多对智能算法通用性要求高。预计当智能焊接机器人算法通用性大幅提升后，该长尾市场的需求有望被加速释放，潜在市场空间巨大。

航空航天工业领域，航空航天工业对焊接质量的要求极为严格，焊缝直接关系飞行安全，属于高壁垒、高价值应用领域。飞机机身结构、发动机部件、火箭箭体等产品的焊接，均要求高精度、高可靠性、零缺陷。通过精密的传感器系统、激光跟踪与闭环控制算法，智能焊接机器人能够在复杂工况下进行精确高效的焊接操作，确保航空航天产品的安全性与性能一致性。由于行业技术门槛极高、资质认证周期长、产品批量小，智能焊接机器人在航空航天领域的整体渗透率仍较低，随着商业航天快速发展，行业长期增长潜力可观。

智能焊接机器人在各个行业的应用不仅能提升焊接的质量和效率，还将极大地改善工作环境的安全性，减少人为因素导致的错误，降低生产成本。随着技术的持续提升与进步，智能焊接机器人的功能将越来越强大，将有望在更多细分领域展现出其独特优势。

第六部分 企业篇

第六章 参编企业介绍

第一节 法奥机器人

一、企业简介

法奥机器人成立于 2019 年，是国内率先实现供应链创新、全核心零部件自研自产的机器人企业。公司以“做机器人普及者”为发展战略，先后获评国家高新技术企业、中国潜在独角兽企业、国家级专精特新“小巨人”企业等荣誉。

目前，法奥机器人正加速构建全球化发展体系，公司总部位于苏州，承担技术研发与全球运营职能；淄博布局智能制造基地，打造规模化生产能力。同时在海外建立 50+ 销售服务网点，业务覆盖北美、欧洲、日韩、东南亚等全球 100 多个国家和地区，为全球客户提供高效服务与支持。



淄博智能制造基地于 2024 年启动建设，占地 133 亩，定位为机器人规模化制造核心基地，规划形成 10 万台机器人年产能，重点布局机器人核心零部件研发制造、整机生产及智能化制造体系建设，项目已于 2026 年 7 月正式投产。



苏州全球总部基地于 2026 年 2 月启动建设，预计 2027 年底投入使用，定位为公司技术研发与全球运营中心，聚焦协作机器人、人形机器人及具身智能核心技术突破，打造集研发创新、中试验证、运营服务于一体的综合创新平台。



在产品方面，法奥打造了"协作+人形"两大产品矩阵。在协作机器人领域，法奥打造了负载 3-35kg、覆盖全场景的协作机器人产品矩阵，涵盖 FR3 至 FR35 等型号，并针对细分应用领域衍生出面向焊接的 WM 系列、面向商用的 C 系列产品。同时，基于 AIRLab 具身智能平台，推出 AIRLab 智能焊接、AIRLab Bin-Picking、智能码垛、智能双臂机器人等产品，实现从"机械执行"到"感知决策"的技术跨越。在人形机器人领域，法奥致力于成为人形机器人

全栈方案 Tier-1 供应商，构建起人形机器人全栈方案供应体系，提供从核心关节模组到整机参考设计的全链供应服务，满足上下游企业需求。这些创新成果已深度落地具身智能、汽车制造、精密电子、康养医疗、商业服务、工业焊接、物料搬运等多元场景，服务近万家客户。



2025 年，法奥机器人保持高速增长，全年订单量突破 1.3 万台，同比增长 86%；出货量突破 1.1 万台，同比增长 68%，成为 2025 年协作机器人全球出货量最大厂家。海外订单量超 4200 台，同比增长 251%；出货量超 3100 台，同比增长 176%。其中欧洲、日韩、北美等市场签单与出货规模占海外总量 85% 以上，全球化竞争力持续增强。据高工机器人产业研究所（GGII）权威榜单，法奥机器人荣膺 2025 年度中国协作机器人品牌销量 TOP1、2025 年度中国协作机器人出货量 TOP1、2025 年度中国协作焊接机器人出货量 TOP1。2026 年上半年，公司订单同比增长 120%，持续保持强劲增长态势。

二、核心技术

1、核心零部件自研自产，实现高性能协同

法奥机器人通过全栈自研伺服电机、谐波减速机、编码器、驱动器及控制器等核心部件，实现全核心零部件自主可控。

在关节伺服系统控制方面，采用全闭环的系统结构和矢量控制方式，针对谐波减速机刚度低而引起负载端的振动、系统的轨迹跟踪精度差等问题，在驱动底层集成自适应残余振动抑制算法、自适应末端抖动抑制算法以提高关节的动态性能，降低运动抖动。以法奥 FR5 为例（臂展 922mm），重复定位精度 $\pm 0.02\text{mm}$ ，特别适用于智能焊接等高要求场景。

在控制器方面，法奥机器人将动力学模型嵌入实时控制系统（控制周期 1ms），实现对惯性力、科氏力等非线性干扰的动态补偿，考虑机器人关节的动力学特性，优化运动速度、加速度曲线，避免运动过程中的振动与冲击，提高焊接过程的平稳性与精度，使机器人能够流畅地完成复杂空间曲线焊缝的焊接任务，在高速运动时，通过快速响应算法、振动抑制算法，确保机器人末端执行器在复杂焊接轨迹上稳定、精准运动。

在绝对精度标定方面，法奥机器人使用高精度激光测量设备以及自研全自动运动学标定方法、高精度编码器校准方法对机器人进行运动学参数标定，标定完成可使机器人在工作空间内的绝对定位精度达到 0.5mm 及以下。



2、智能碰撞检测与柔顺控制，提升人机协作安全性

法奥机器人基于精确的动力学理论模型和碰撞检测算法，在最低级 1 级碰撞等级下，不使用电子皮肤、六维力传感器、关节力传感器辅助下实现 1m/s 安全速度；加装电子皮肤和六维力传感器/关节力传感器机型可实现 0.1Nm 的碰撞检测精度；加装关节力传感器机型可实现拖动力 < 5N，实现真正的零力示教，采用导纳控制、阻抗控制或力位混合控制等先进控

制架构，并配合高带宽的力/力矩感知（如关节扭矩传感器或基于外力矩的估计算法），机器人系统能够实现极其灵敏、自然的人机物理交互，操作者仅需施加 1-5N 的微小引导力，即可流畅地拖动机器人进行示教，交互过程平滑、无粘滞感。

智能碰撞检测与柔顺控制技术通过构建“感知-决策-响应”的全链路安全体系，显著提升人机协作的安全性与可靠性。该技术以关节动力学模型为基础，结合高精度传感器实现 1ms 级碰撞检测响应，配合阻抗与导纳控制策略，实时分析碰撞过程中各关节输出力矩及电机电流的动态变化特性，从而建立精准的碰撞识别方案与分级响应机制。当检测到接触外力时，系统瞬间触发安全机制，通过切换至多种柔顺控制模式，驱动机器人沿原运动轨迹柔性回退至碰撞前指定位置，有效降低二次碰撞风险。

这一技术体系已通过 ISO/TS15066 协作机器人安全认证，在保障机器人作业效率的同时，将人机碰撞接触力严格控制在安全阈值内，为柔性制造场景中“人机共融”的高效协同提供了可靠的技术支撑。

3、开放接口与智能协同，赋能广泛应用

法奥机器人的核心优势不仅体现在硬件性能上，更在于强大的软件平台与接口能力，特别是其对开发者友好的多语言 API 支持，法奥机器人提供丰富且成熟的 API 接口，全面支持多种主流编程语言，如 Python, Java, C++, C#等，显著降低机器人应用开发的技术门槛。

法奥机器人提供丰富的焊接工艺能够满足各类焊接场景，包含多种摆动类型、可调焊接摆动参数、可支持直线圆弧整圆螺旋线、摆动、自定义摆动、定点摆动、摆动幅度停留时间渐变、相贯线、多层多道焊、段焊、电弧跟踪、激光寻位、激光跟踪、焊丝寻位、包角焊、直线导轨协同、变位机协同。

法奥机器人全面支持 ROS/ROS2，这是机器人领域最广泛采用的开源中间件框架。法奥机器人的深度支持使其能够轻松与其他支持 ROS/ROS2 的传感器（激光雷达、摄像头）、执行器、软件模块甚至其他品牌机器人进行集成。ROS/ROS2 在实时性、安全性、分布式架构上的优势，使法奥机器人能更好地满足工业级、服务级应用日益增长的需求。原生支持避免了繁琐的桥接，保证了性能和稳定性。融入 SRCI 标准的法奥机器人可以由西门子用户进行编程，西门子生态链内的客户可轻松实现法奥机器人与 PLC 的无缝集成与使用，这种简单、易用的优势有利于提升不同厂商机器人间的互操作性，从而提升行业通用性，扩大机器人在工业中的使用。法奥的核心技术为用户提供了强大的工具和无限的可能性，体现了“开放互联，赋能未来”的理念。融合 3D 视觉、先进 AI 模型、智能避障算法，大幅提升机器人的不同场景适应性，尤其适用于复杂多变的工业场景。



4、AIRLab 模块化智能平台，重构工业生产新范式

AIRLab 作为法奥机器人自主研发的工业自动化离线仿真与编程平台，也是机器人智能化升级的核心载体，以“模块化工具箱”为核心设计理念，致力于破解复杂工艺场景下的机器人应用难题，覆盖龙门焊接方案、移动焊接轨道系列方案等焊接相关场景落地需求。区别于传统仿真软件，平台通过功能插件化架构，将焊接、混合码垛、无序抓取等多元工艺需求转化为可快速调用的标准化模块，用户无需底层代码开发，仅需根据场景选择对应插件，即可实现从虚拟仿真到实际生产的无缝衔接，显著降低工业自动化编程门槛，通过融合轻量级机器学习、模仿学习算法+深度学习、强化学习算法、VLA 算法和机器视觉检测技术，为机器人提供在各类复杂工业环境中的智能化升级。集成高精度工业视觉算法与动态路径规划器，可实时识别工件位置、姿态及环境约束，一键添加焊缝并生成焊接位姿，自动进行避障规划，并动态补偿误差，实现免示教编程；离线仿真层面，通过数字孪生技术 1:1 还原生产场景，预验证机器人运动轨迹与工艺参数。

AIRLab 平台未来将围绕高智能、强柔性、广适配、轻量化部署四大核心方向持续迭代升级，依托自研三层智控架构与模块化插件体系，持续夯实技术壁垒，引领工业机器人智能化、简易化、通用化发展趋势。技术迭代层面，平台将重点深化多模态感知技术与具身智能大模型深度融合，升级 LLM 自然语言指令解析、工业视觉精准识别与动态路径优化能力，进一步强化复杂非标工况、动态变化场景下的机器人自主决策、智能避障与自适应作业水平，彻底摆脱人工干预，实现全流程自主作业。同时持续优化数字孪生仿真系统，提升场景还原精度与工艺预演效率，缩短工艺部署周期，持续迭代开放接口体系，丰富插件功能库，降低各行业自动化适配与二次开发门槛，让工业机器人编程与调试更轻量化、高效化。架构升级层面，将持续优化智能决策、控制中枢、设备执行三层架构的协同效率，提升层间通信速率与执行精度，强化全链路智能化管控能力。场景拓展层面，在稳固传统工业制造、智能仓储、船舶焊接、精密装配等核心场景的基础上，积极向医疗康复、商业服务、特种工程等新兴领域延伸，针对细分行业打磨专属工艺算法模块。

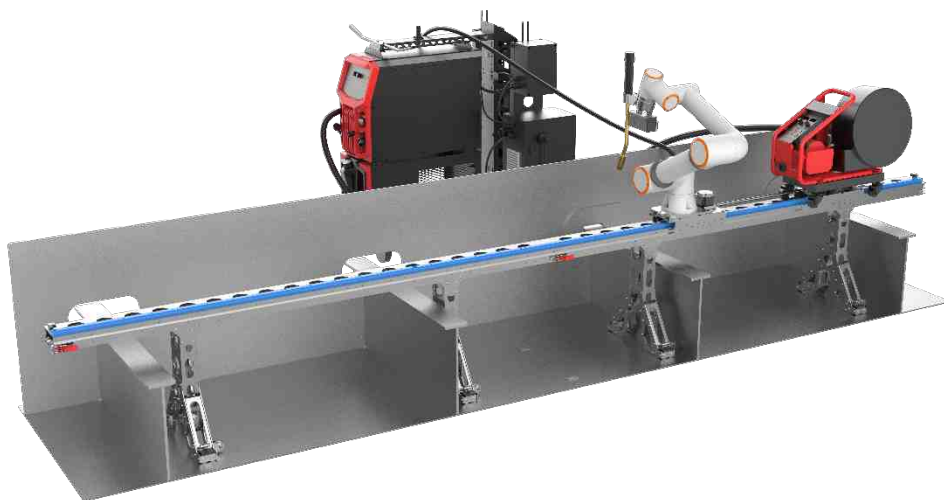
AIRLab 平台技术架构

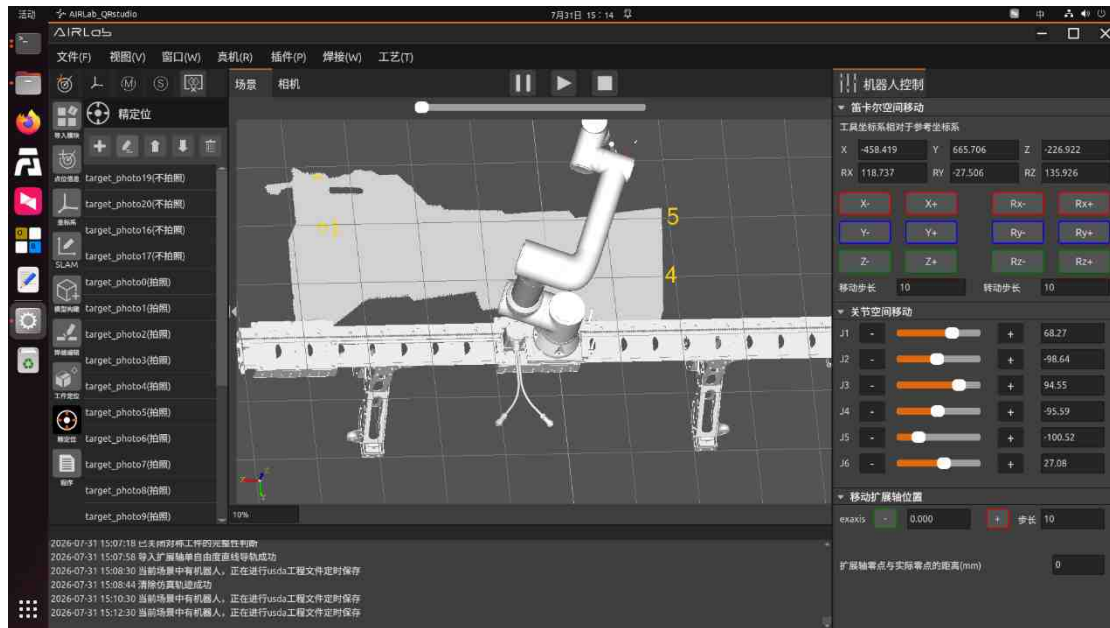
工业机器人离线仿真与智能化编程平台



三、核心产品

1、AIRLab 移动轨道船舶焊接解决方案





针对船舶制造、港口机械等领域的大型仓体焊接场景，法奥推出 AIRLab 移动轨道船舶焊接解决方案，依托自研 AIRLab 具身智能平台与轻型移动焊接轨道，实现设备灵活移动作业。系统构建了"焊缝自动识别（感知）-智能方案决策（决策）-多类型焊接执行（执行）"全流程智能化闭环，并搭载法奥专用焊接工艺包适配多元焊接需求。此外，方案具备焊接模型复用功能，显著减少重复调试时间，有力助推行业焊接环节智能化升级。

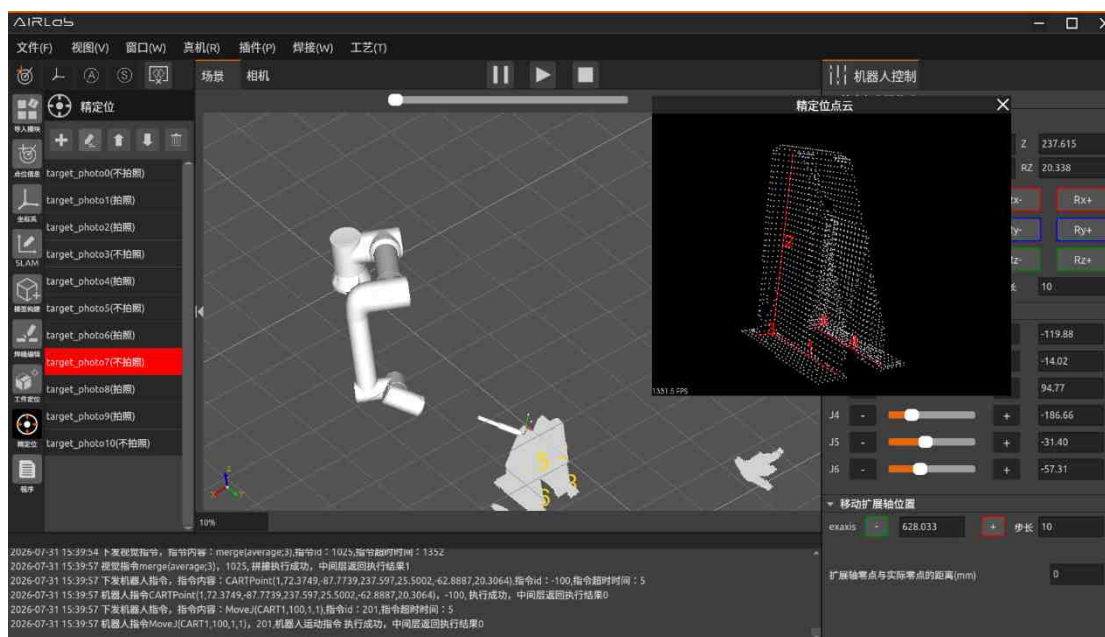
特性优势：

- **智能感知与精准识别：**融合 3D 视觉与 AI 算法，自动识别焊缝位置与形态。
- **免示教编程：**无需人工示教，系统可基于实时点云数据快速生成焊接路径。
- **复杂场景深度适配：**专注大型结构件焊接量身打造，能够从容应对箱体、船舱等狭窄、复杂工况下的焊接挑战。
- **工艺集成：**内置丰富焊接工艺包，覆盖多类型焊接作业需求。
- **模型复用：**支持焊接参数模型灵活复用与快速调用，大幅减少重复调试时间。

应用领域：

适用于大型结构件焊接、船舶海工制造、港口机械焊接等重型装备领域。

2、AIRLab 移动轨道小件混流焊接解决方案



针对多品种小批量焊接换产慢、编程调试复杂、工位调度不灵活等痛点，法奥推出AIRLab移动轨道小件混流焊接解决方案。该方案采用"协作机器人+移动焊接轨道"的组合形式，打破了传统固定工位的局限，大幅扩展了作业半径与灵活性。在作业流程上，系统通过拍照对比模型库、调用对应模板，按"识别一个、焊接一下"流程高效作业，中途可灵活调整后续工位物料，真正实现换产无需重新编程。

特性优势：

- **超长焊接距离灵活作业：**通过协作机器人与移动焊接轨道协同联动，大幅扩展焊接距离，

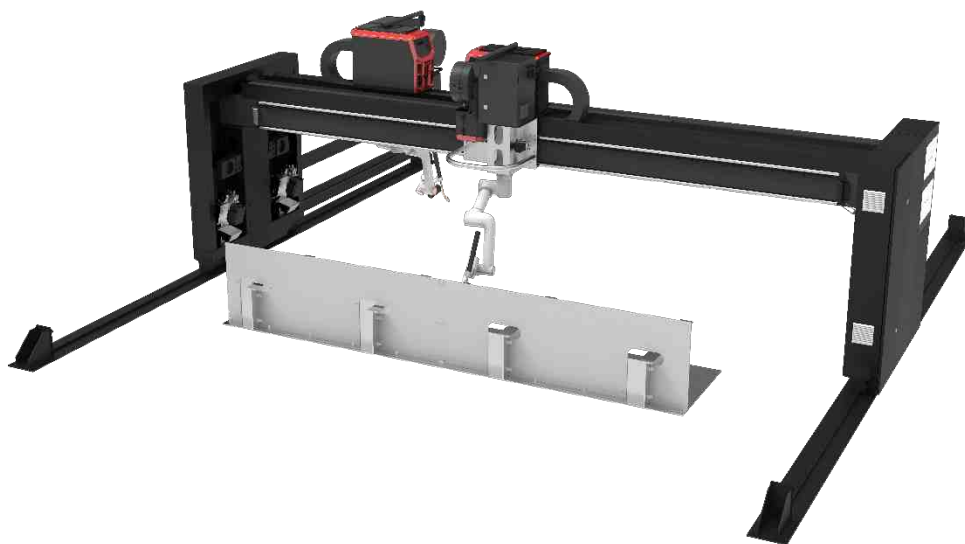
轻松应对多工位、大跨度作业需求。

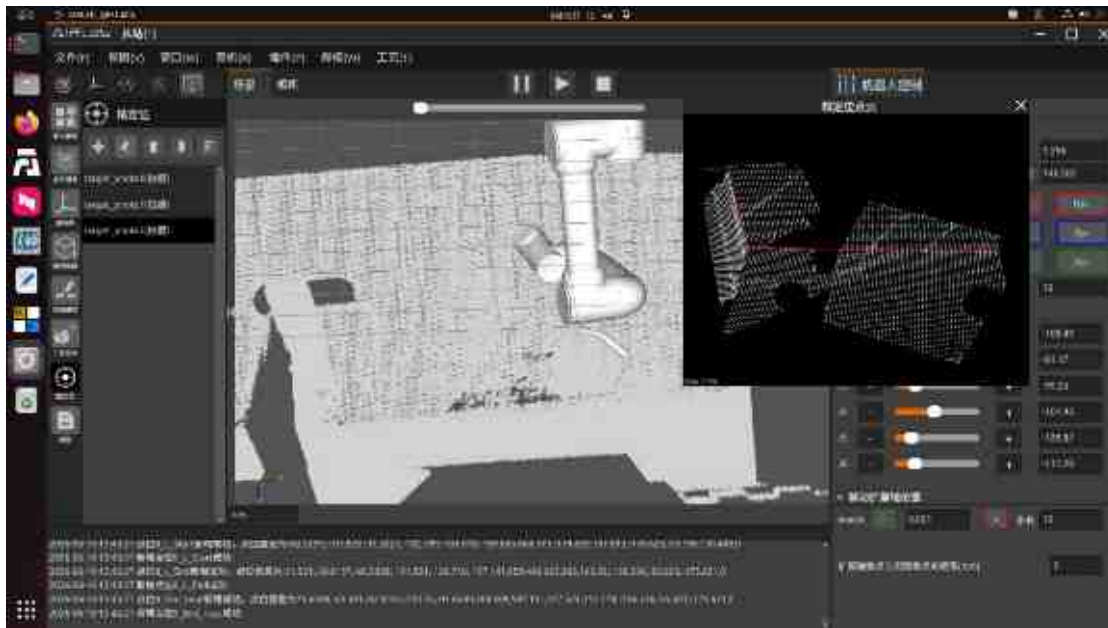
- **适配多品种小批量生产：**换产无需重新编程，满足多品种小批量结构件焊接作业场景。
- **全流程智能高效作业：**深度融合 3D 视觉和 AIRLab 具身智能平台，全程自动识别工件位置与姿态偏差、规划焊接路径，并自主完成焊接操作，显著提升整体焊接效率。

应用领域：

适用于建筑钢结构、工程机械、轨道交通、船舶海工等领域。

3、AIRLab 龙门焊接解决方案





针对船舶制造、重型装备等领域大尺寸结构件焊接过程中普遍面临的作业空间受限、精度控制难度大、人工成本高昂等痛点，法奥推出 AIRLab 龙门焊接解决方案。该方案将高刚性龙门机械结构与先进的智能感知系统深度融合，不仅突破了传统焊接设备的工作空间桎梏，更实现了超大范围内的稳定、精准作业，是推动重型装备焊接产线迈向高度自动化与智能化的关键核心装备。

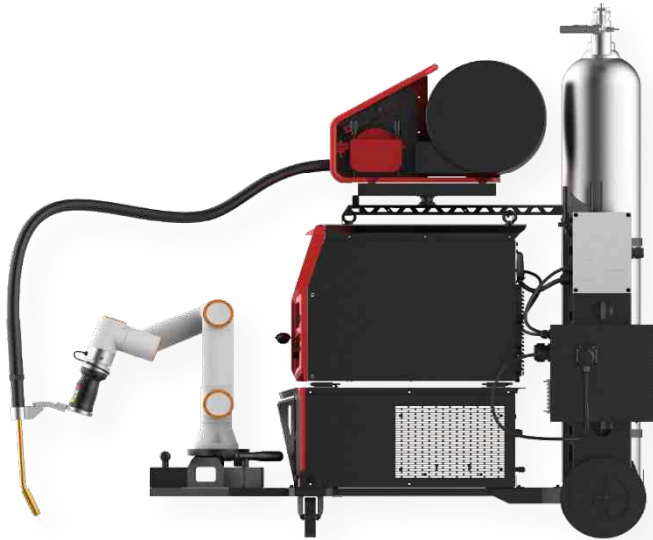
特性优势：

- **大范围作业覆盖：**采用高刚性龙门架结构设计，机械臂可灵活自如移动，作业空间大幅增加。
- **免示教免编程作业：**系统基于工件三维模型自动生成最优焊接路径，无需人工逐点示教和复杂编程，大幅降低操作门槛与调试周期。
- **3D 视觉精准定位：**深度融合高精度 3D 视觉系统，可自动校准工件位置、识别焊缝形态，补偿工件装夹偏差，保障焊接成型精度与质量一致性。
- **智能调度：**多机器人协同作业，支持 2-4 台机器人按需调配，提升焊接效率与产线柔性。

应用领域：

适用于船舶制造、桥梁结构工程、重型机械制造、建筑钢结构等领域。

4、移动式焊接解决方案



移动式焊接解决方案集成移动小车、轻便型磁吸底座、SMART TOOL 智能编程手柄、六维力传感器等核心设备单元，各设备单元协同工作实现精准焊接作业，有效解决传统固定式焊接设备场景适配性弱、现场部署周期长、操作技能门槛高等行业难题。

特性优势：

- **高效灵活：**依托移动小车可在多类复杂作业场景下快速转场；磁吸式底座无需复杂工装夹具即可完成设备固定，支持多姿态、全角度焊接作业，适配非标准化的现场施工需求。
- **精准控制：**搭配六维力传感器实现实时力反馈控制，结合 SMART TOOL 智能编程手柄实现焊接精准控制，显著提高焊接质量一致性和稳定性。
- **操作简单：**操作人员无需具备专业焊接知识，只需简单设置焊接任务和参数，设备即可自动执行焊接任务，大幅降低技能门槛。
- **快速部署：**采用高度集成化的模块化设计，显著压缩现场安装与调试周期，设备可快速投产，有效缩短单工件焊接周期，提升现场作业效率。

应用领域：

适用于船舶制造、桥梁建设、重型机械制造、五金制造、金属加工等众多领域。

5、人形机器人焊接解决方案



人形焊接概念图

面对未来智能制造场景，法奥将依托 AIRLab 具身智能平台技术沉淀，结合人形机器人本体与成熟工业焊接工艺体系，打造 AI 具身智能焊接解决方案。通过融合多模态感知、智能决策、自主规划、柔性操作与焊接工艺数据库，人形机器人能够像熟练焊工一样理解作业环境、自主识别工件、规划焊接路径，并完成复杂构件的高质量焊接任务。

第二节 艾利特机器人

一、企业简介

艾利特机器人是 AI 产业链智能操作机器人领军企业、全球在 AI 光基建行业实现量产的具身智能公司，在“光链”核心场景占据主导地位，实现了智能基础设施、智能终端、智能科学三大前沿场景的规模化部署，同时深度赋能 AI 产业、汽车、3C、半导体等多元行业。公司全栈自研，深度融合“元启 Primo”具身大模型，秉承“一脑多形”，构建协作、复合、人形三大机器人矩阵。矢志成为具身智能机器人全球龙头企业，持续塑立 AI 与光行业的双重标杆。

融资历程：

2016 年：Pre-A 轮 1500 万元（朗玛峰创投）

2018 年：A 轮 5000 万（元禾原点、策源创投、索道投资）

2019 年：B 轮 1 亿（国中资本）

2021 年：B+轮 2 亿、B++轮 1 亿、C 轮数亿（联想创投、达晨财智、中金甲子等）

2026 年：完成 D 轮 6 亿元融资（中际旭创、天孚通信、Lavender Hill Capital Partners、元禾控股、园丰资本、达晨财智等）

产品矩阵：

- **协作机器人：**CS 系列、CSA 先进系列、CSF 力控系列、ES 系列、LS 系列、CSH 地平线系列、CS 防爆系列
- **复合机器人：**迈融系列复合机器人、一体化控制器、迈驰系列物流 AMR、迈启系列 AMR 底盘、迈灵系列潜伏顶升车、迈擎系列无人叉车
- **人形机器人：**Centaur-G1 轮式人形机器人
- **大模型：**元启 Primo 具身大模型

主流应用行业：

全面辐射 AI 产业、汽车、3C、半导体、新能源、医疗、新消费等领域，在智能基础设施、智能终端、智能科学三大前沿场景构建起不可替代的技术壁垒。

二、核心技术

1、全功能焊接工艺包

图形化配置，一键生成程序，编程效率倍增。无需专业代码知识，高级工艺轻松部署。全工艺集成，涵盖 MAG 焊、激光焊、等离子切割等主流焊接工艺。提供直线焊接、圆弧焊接、混合焊接、接触寻位、电弧跟踪等多路径焊接等高级功能模块。灵活适配多样化焊接场景，从小批量到规模化生产，均能高效覆盖，助力企业快速响应多样化生产需求。

核心优势：

- 1) **全维覆盖：**多种寻位模式可覆盖绝大多数工件定位误差场景，确保焊枪精准抵达焊缝轨迹点。
- 2) **高抗干扰性：**采用电接触检测原理，不受工件表面反光、弧光干扰或烟尘影响，在恶劣焊接环境下仍保持稳定可靠的寻位精度。
- 3) **高效便捷：**寻位过程自动执行，只需简单示教基准点，即可在焊前自动完成位置检测与路径补偿，大幅减少人工示教与调整时间。

2、免示教焊接系统

针对多品种、小批量制造场景下频繁换线、示教耗时以及招工难等业务痛点，本系统通过“3D 视觉+智能算法”的深度融合，打通从图纸解析到实际焊接的完整闭环，显著降低生产对人工编程经验的依赖。

极简交互与快速部署

- 1) **全图形化操作界面：**采用向导式 UI 设计，逻辑清晰。普通操作员经过短期培训即可完成日常的工艺调用与任务下发。
- 2) **内置专家级工艺库：**针对碳钢、不锈钢、铝合金等常见材质及不同板厚、接头形式，预置标准化工艺参数（电流、电压、送丝速度等），支持快速匹配与一键调用。
- 3) **便捷手眼标定：**具备自动化校准程序。在设备移机或更换产线后，在重新标定 TCP 后，快速对齐坐标系，缩短停机等待时间。

高精度的视觉感知与跟踪

- 1) **抗干扰 3D 视觉传感器：**专为焊接环境研发，有效抑制金属反光、环境光干扰，稳定提取 V 型、U 型、角接等复杂坡口的三维形貌特征。
- 2) **多传感技术协同：**将 3D 视觉免示教与线激光技术结合，解决大型工件的自动化焊接难题。即使工件在焊接过程中发生热变形，系统仍可实时补偿偏差，确保焊枪准确对中。

稳定的运动控制与防错机制

1) **平稳的轨迹控制：**优化机械臂底层的运动控制逻辑，确保在处理复杂空间曲线和拐角处时的平稳过渡，避免因设备抖动引发的咬边或焊瘤。

2) **异常状态自动监测：**具备过程防错功能，在遭遇起弧失败、断弧、粘丝等突发状况时，系统将自动触发报警并执行停机或重试逻辑，降低工件报废率。

三、核心趋势与方向

1、全功能焊接工艺包

在自动化焊接生产中，工件因下料误差、组对偏差或装夹位置变化，常导致机器人示教轨迹与实际焊缝位置发生偏移。艾利特机器人全能焊接工艺包还支持接触寻位及电弧跟踪功能，在应对工件一致性差、热变形大等复杂工况时，可始终保持稳定可靠的焊接质量，为精密焊接生产提供坚实保障。

接触寻位，精准可靠：通过焊丝与工件表面的物理接触检测，在焊前自动感知工件实际位置与姿态，精准修改焊接路径。尤其适用于组对误差较大、工件一致性较差的中厚板焊接场景，如工程机械结构件、重型装备部件、复杂铸件等。

电弧跟踪，高精纠偏：通过在焊接过程中实时检测电弧参数变化，根据焊接工艺需求，电弧跟踪可针对不同方向的偏差进行动态补偿，覆盖常见的热变形和装配误差场景。让焊枪在摆动中可实时感知焊缝位置，动态调整自身轨迹，有效克服热变形、装配误差和定位偏差对焊接质量的影响。对于大型结构件、长焊缝、厚板多层焊等场景，可显著降低焊后返工率，提升焊缝成形一致性与一次合格率。

2、免示教焊接系统

焊接作为现代制造业的关键工艺环节，正经历从“经验驱动”向“数据驱动”的深刻变革。艾利特机器人以前瞻性技术布局，围绕数据沉淀、自适应控制、工艺进化三大核心方向，推动焊接智能化技术持续迭代升级。

构建焊接全要素数据库

焊接质量的决定因素涉及材料、坡口形式、板厚、接头类型、焊接姿态、工艺参数等数十个变量，传统方式依赖焊工个人经验进行判断与调整，难以标准化与复制。艾利特以免示教焊接系统为数据入口，在每一次焊接作业中自动采集并记录工件特征、焊缝几何信息、实际焊接参数与环境数据，逐步构建覆盖多材质、多工况的焊接全要素数据库作为工艺优化的基础。

自适应焊接：从静态编程到动态闭环

传统焊接是“开环”的——机器人按预设轨迹执行，无法感知实际工况变化。艾利特焊接系统通过电弧跟踪与传感器融合技术，在焊接过程中实时监测电弧参数、熔池状态与工件热变形，动态调整焊接电流、电压、速度及摆动参数，实现从“开环执行”到“闭环自适应”的跨越。当工件组对间隙变化或热变形发生时，系统自动补偿，无需人工干预，确保每一道焊缝的一致性与可靠性。

工艺进化：让焊接系统越用越“聪明”

焊接数据库的价值在于持续学习与迭代。随着焊接数据不断积累，系统可通过 AI 算法对海量工艺数据进行分析与挖掘，自动优化参数匹配模型，识别最优焊接策略，并反哺至免示教系统的路径规划与工艺匹配环节。这一“数据采集→模型训练→策略优化→系统升级”的闭环，使艾利特焊接系统具备自我进化的能力——用得越久，越懂焊接。

四、核心产品

1、CWT 桌面式焊接工作站

产品介绍：



图：CWT13（标准版）



图：CWT18（拓展版）

面向精密、固定工位焊接的基石型解决方案。一体集成，无限拓展，快速部署，可通过软硬功能配件的自由组合实现产能与功能的快速提升。工作台面采用 D16 三维柔性焊接平台，并配备多种工装夹具，工件适应能力强。集成焊机、送丝机、水箱等设备，即插即用，工站可任意快速部署。三维焊接台面支持多种结构附件，工作空间最大化，多工作台可搭接使用，适应更多工位、更大尺寸工件。可配置大型系统控制箱，为安全设备、轻量化外部轴、轻型变位机提供扩展空间。

2、CWC 小车式焊接工作站

产品介绍:



图: CWT13 (标准版)



图: CWT18 (拓展版)

专为移动焊接场景设计的敏捷型焊接解决方案,可替代传统固定工位,自由灵活移动,成为车间内的"焊接服务车",完美应对多工位作业、大工件原位焊接、维修任务及柔性产线补充的需求。标配磁吸,用户可根据工件情况,灵活搭配地轨、简易工作台或直接将机器人移至工件旁作业。高强度钢结构框架,配备重型万向脚轮,集成气瓶固定架、送丝机挂架、线缆管理系统。集成焊机、送丝机、水箱、气瓶,实现真正的"一车在手,焊接全有"。结构紧凑稳定,可在狭窄车间自由穿梭,部署快捷。转向灵活,非常适合维修车间、小批量多品种生产,轻松覆盖零星、分散焊点。

3、CWP 变位机式焊接工作站

产品介绍:



图: CWP18

面向中大型工件多角度、高效率焊接的专业化解决方案。创新性地将协作机器人与大负载 L 型变位机深度集成,构建以"工件运动"为核心的焊接动力核心,适用于需要复杂姿态焊接的批量生产场景,大幅降低高端焊接自动化集成的技术门槛与工程时间。

安全高效布局:集成负载 500kg 的 L 型双轴变位机和 CS620、CS66-18 协作机器人,占地空间小,实现人机区域自然隔离,在保障安全的同时提升生产效率。深度集成设计,将控

制、安全、工艺辅助系统高度集成于变位机本体，交付即是一个完整的焊接单元。从机械设计（扭矩-负载匹配）到安全功能（支持安全激光雷达），均符合 ISO10218-2 标准。产品高度集成、布局紧凑，可一体化搬运、随时随地部署，减少厂内物流时间和成本，适配多品种小批量。

模块化兼容：焊接系统可选配 CWC13 套件或原厂小车，现场布局更自由。

4、CWG 系列焊接工作站

产品介绍：

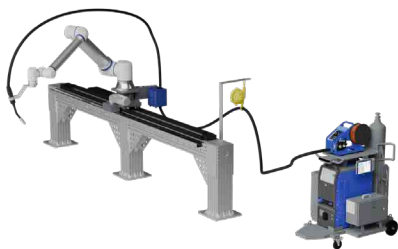


大尺寸大重量工件原位焊接，最大跨度 4 米，最大高度 2.5 米，搭配 CS620、CS66-18 大臂展协作机器人，满足超长、超宽结构件的原位焊接。集成焊机、送丝机、水箱、气瓶、系统控制箱、遥控无轨驱动轮，单人可一次性完成移动部署，随需随到，切换工位效率高。

多重保障，精度稳定可靠，结构重量轻、现场安装设备依赖小，安装速度快，主要设备安装位置低，易维护。

5、CWF 系列焊接工作站

产品介绍：



大尺寸工件长焊缝连续焊接，最大长度 10 米，最大高度 1.5 米，搭配 CS620、CS66-18 大臂展协作机器人，满足超长、超宽结构件的连续焊接。高刚度轻量化结构，单跨宽度可达 3 米，安装调平工作量大、维护简单，模块化结构，重新部署成本低、速度快。

第三节 新时达

一、企业简介

新时达机器人是新时达（股票代码：002527）旗下机器人业务平台，专注于工业机器人及智能制造解决方案的研发、制造与应用，致力于以机器人重构生产力，推动智能制造高质量发展。

作为国内较早布局工业机器人核心技术的企业，新时达机器人始终坚持自主创新，完整掌握机器人控制系统、伺服驱动系统、运动控制系统及工业软件等核心技术，形成覆盖 SCARA 机器人、六轴机器人、半导体机器人、人形机器人等多元化产品体系，并持续推进 AI 技术与机器人深度融合，加快工业具身智能技术创新与产业化应用。

公司是工业和信息化部《工业机器人行业规范条件》首批本体企业，国家智能制造系统解决方案供应商规范条件企业，国家机器人标准化总体组成员，并通过 CR、CE 等国内外产品认证，持续参与行业标准制定，推动中国机器人产业高质量发展。

在研发创新方面，新时达机器人坚持“技术立企”，持续对标国际先进水平，打造高水平研发团队，长期围绕机器人控制算法、运动控制、视觉应用、人工智能、数字化软件平台等关键技术开展创新。截至目前，公司已累计获得授权发明专利、实用新型专利、外观设计专利及软件著作权数百项，形成完善的自主知识产权体系，为产品持续升级提供坚实支撑。

在智能制造方面，公司在上海、深圳建有现代化研发制造基地，拥有国际领先的机器人制造机器人智能工厂，形成覆盖 SCARA 机器人、六轴机器人等产品的规模化制造能力，年产能达 2 万台。工厂先后入选上海市首批智能工厂、国家级智能制造示范工厂、上海市首批标杆性智能工厂，实现制造全过程数字化、智能化管理，有效保障产品品质和交付效率。

在行业应用方面，新时达机器人累计出货量已超过 5 万台，持续保持国产工业机器人第一梯队地位。公司围绕焊接、切割、搬运、码垛、装配、上下料、打磨抛光、分拣等核心工艺，打造丰富的行业解决方案，广泛服务于新能源汽车、汽车及零部件、锂电、光伏、半导体、3C 电子、白色家电、食品饮料、金属加工等行业，助力客户实现生产自动化、数字化和智能化升级。

面向 AI 时代，新时达机器人正积极拥抱人工智能技术，以工业具身智能为战略方向，持续推动机器人与 AI、大模型、机器视觉、数字孪生等技术融合创新，加快构建更智能、更柔性、更开放的新一代机器人产品和解决方案，为全球制造业客户持续创造价值，践行“重构生产力的无限可能”的发展使命。

二、核心技术

1、SA 系列高性能焊接机器人与焊接套装



高性能本体：SA12 系列焊接专用机器人，重复定位精度达 $\pm 0.03\text{mm}$ ，手腕 IP67 / 本体 IP54 防护等级，支持地面、壁挂、倒挂多种安装方式；采用齿轮传动设计，中空手腕孔径大，便于焊枪线缆集成走线；高刚性本体结构，抗撞机能力强，撞机后可快速复线；各关节最高转速进一步提升，满足高节拍焊接需求，整体节拍提高 30%；全系列产品符合新功能安全认证标准：ISO 10218-1:2025。

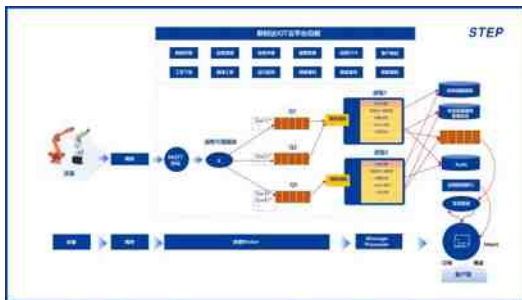
焊接电源技术：自研 STEP-D 系列数字焊接电源，掌握超低飞溅核心算法，碳钢焊接飞溅量可降低 90% 以上；支持超低飞溅、短弧脉冲等多种工艺，新型接触回抽起弧技术大幅提升起弧成功率；焊机与机器人控制系统深度通讯，参数实时反馈，原生适配电弧跟踪功能。

2、全栈自研弧焊工艺包与 IOT 远程运维技术



自研弧焊工艺包：覆盖接触寻位、视觉功能、多层多道、多机协同等多种复杂焊接工艺；支持五种空间摆焊类型；支持飞行起弧、鱼鳞焊、间断焊等进阶工艺；电弧跟踪最高可纠正

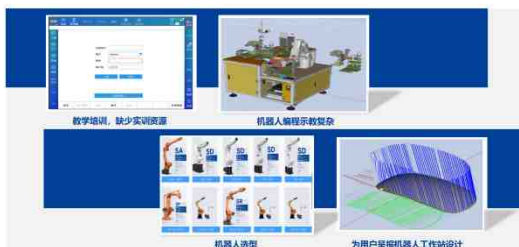
17° 直线偏差，最薄支持 2mm 板材、110A 小电流跟踪；视觉功能支持坡口自适应、模糊跟踪、点云扫描等高难度功能；多机协同最多支持 4 台机器人联动焊接。



控制与 IOT 运维技术：自研 SRC4S 系列驱控一体控制柜，Pro 版能够实现单柜 11 轴的控制能力，目前行业能最强；IOT 运维系统，专属的焊接专用功能，能够实现焊前 - 焊中 - 焊后全流程监控（设备监控、OEE 看板、工艺库管理），通过多维度数据采集与算法分析，完成从“被动维修”到“预测性维护”的升级。

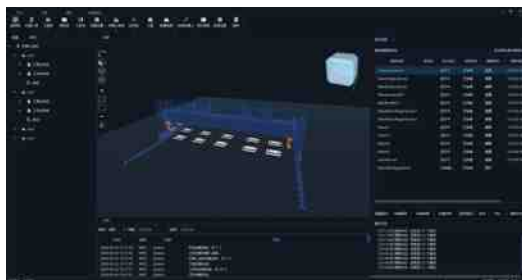
3、STEPStudio 自主离线编程与数字孪生虚拟调试技术

STEP-Studio使用场景



STEPStudio 是新时达完全独立开发、具备完整知识产权的机器人离线编程仿真软件。采用数字孪生与虚拟调试技术，与新时达机器人本体、HMI 无缝集成；支持工作站级仿真、路径规划与虚拟调试；并且新时达与西门子 PDPS 生态深度对接（STEP OLP&RCS），服务汽车行业方案规划与虚拟调试。功能开发自主可控，可快速响应客户个性化定制需求。

4、Smart Robot 智能焊接系统



基于新时达自研机器人控制系统与 3D 视觉技术深度融合的智能机器人加工平台，将环境感知、动态决策与精准执行能力深度融合，集数字孪生模型解析、AI 视觉定位、工艺参

数自动匹配、轨迹二次校准于一体。通过 AI 深度学习自动提取焊缝路径，精确识别焊缝位置与板厚，无需人工示教即可完成编程调试，实现 "模型导入即生产"，打造集离线技术、感知算法、运动控制于一身的通用技术底座。

三、技术趋势与方向

1、焊接电源与机器人本体的深度一体化集成

焊接机器人本体正朝着"高速度、高精度、高刚性、专用化"方向发展，同时焊接电源与机器人本体的**深度一体化集成**成为关键趋势。传统方案在通讯延迟、工艺协同上存在瓶颈，而本体-电源一体化设计可实现更优的起弧控制、更精准的电弧跟踪与更快的送丝响应。新时达具备机器人本体、控制系统、焊接电源的全栈自研能力，形成了区别于集成商厂商的硬核差异化优势。

2、工艺+运维数据化的综合服务模式

焊接行业正从"单一硬件销售"向"工艺+运维数据化"的综合服务模式演进。一方面，工艺能力从硬件内嵌转向软件定义，通过持续迭代的算法与工艺库构建壁垒；另一方面，设备联网、数据上云、远程运维成为智能制造标配。新时达凭借自研控制系统的底层开放优势，将专家工艺经验软件化，并与 IOT 运维能力打通，形成"工艺+控制+数据+服务"的全链路竞争力。

3、数字孪生驱动的虚拟调试

传统的在线示教占用生产时间、效率低下，而数字孪生驱动的虚拟调试可在投产前完成方案验证与程序优化，大幅缩短产线部署周期。新时达掌握离线编程核心软件的自主知识产权，区别于行业普遍的 OEM 贴牌模式，在软件生态与定制化响应上构筑了独特护城河。

4、AI + 视觉 + 运动控制的深度整合

传统焊接自动化方案依赖专业工程师耗时示教，或者依赖前道与复杂的工装夹具进行工件的定位，仅适合大批量单一品种产品的焊接需求；而小批量多品种的柔性制造趋势，要求焊接系统具备自主感知、决策与执行能力。新时达通过 AI+视觉+运动控制的深度整合，大幅降低操作门槛，普通工艺人员即可上手，精准命中柔性生产的核心痛点。

四、核心产品

1、SA 系列焊接机器人

SA12 系列焊接机器人具有高节拍、高精度的特点，额定负载 12KG，拥有 1498.5mm 与 2012mm 两款臂展，全系重复定位精度可达 $\pm 0.03\text{mm}$ ，轨迹与绝对定位精度可达 $\pm 0.2\text{mm}$ ，

机器人手腕采用准双齿轮传动方式，比传统中空结构拥有更大的孔径，操作更灵活，便于枪缆与相机线缆走线，抗冲击能力更强，灵活应对复杂的使用场景。

SA12 系列焊接机器人可以实现气保、氩弧、激光等多种工艺的焊接。主要应用于汽车、工程机械、压力容器、轨道交通、五金家具等多个行业领域。



2、SRC4S pro 驱控一体机器人控制柜

STEP SRC4 pro 系列控制柜是 SRC4 家族的专业升级版本，是用于焊接、切割等应用的专业机器人控制柜，整柜 IP54 防护，设计紧凑、拓展性强、易用性高。采用模块化设计，保留驱控一体技术，稳定性高预留充足的选配安装空间。拓展性强，单控制柜最多可控制 11 轴电机。预留安全控制器+交流接触器，满足功能安全认证要求，预留边缘数据网关模块，支持 IOT 远程运维，预留视觉及免示教控制系统安装空间，适配主流品牌，支持不同类型的地脚安装方式，满足不同场景的放置和转运要求。



3、新款 SWT 竖式焊接专用示教器

新款 SWT 竖式焊接专用示教器，采用中英文双语丝印，支持海外使用需求；支持丰富的自定义功能按键，方便设置快捷指令，简单易用；支持快捷插入常用运动、焊接指令，兼容激光焊接与激光切割语句，提高编程效率独立的功能区域与操作位置，符合人体工学设计，

支持盲操。



4、STEP-D 系列焊接电源

STEP-350D/DP 超低飞溅焊机，能够实现机器人与焊机的完美耦合，支持超低飞溅、短弧脉冲等多种工艺，可实现碳钢、不锈钢、镀锌板的超低飞溅焊接，焊接飞溅量减小 60%；焊接过程降低 10%~20% 热输入量，变形小，支持高速间断焊功能，更适合薄板焊接，以优异的性能提供更高的生产力，具有极高的性价比。



第四节 摩卡机器人

一、企业简介

芜湖摩卡机器人科技有限公司是一家专业从事智能机器人本体研发、生产制造、销售为一体的公司，目前拥有 36 余款 4-280KG 工业机器人，5 款 7-40KG 协作机器人、2 款工业具身智能机器人。公司依托 13 年机器人研发技术优势和自身强大的细分市场高效定制能力，于 2023 年先后成立了"五大事业部"、"五大国内运营服务中心"和"三大海外国际技术服务中心"，在全面布局全球化战略的同时，深耕国内细分市场。摩卡机器人致力于将机器人自动化技术应用到各行各业，并以"新一代智能机器人制造商及具身智能核心部件提供商"为公司使命，始终践行"速度至上，精准为王"的产品理念，打造超高精度、超高速、超高性价比的智能机器人产品。

二、核心技术

1、高精度六轴运动控制技术

MB10W 系列采用六轴垂直多关节构型，六个自由度使焊枪可灵活到达从平面焊缝到立焊、仰焊等各类复杂焊接姿态。搭载高动态伺服系统与前瞻抖动抑制算法，实现复杂轨迹下的速度前瞻与平稳过渡。在角焊缝、圆周焊等应用中，焊接速度波动率低于 5%（传统方案通常高于 15%），有效保障焊道均匀性。重复定位精度达 $\pm 0.03\text{mm}$ ，远优于传统焊接机器人，确保长周期运行下起弧点重复精度偏差小于 0.05mm。

2、中空臂体与柔性化作业技术

采用中空臂体与集成线缆包设计，极大减少焊枪电缆干涉与磨损，提升设备长期运行的可靠性。MB10W-1500 臂展 1500mm，本体重量 165kg；MB10W-2050 臂展 2050mm，本体重量 233kg。两种臂展规格分别针对中小型工件与大型结构件优化空间可达性，配合外部变位机可实现多品种工件快速换产，新产品导入调试时间减少约 70%。

3、多工艺自适应焊接与智能参数匹配技术

MB10W 系列内置焊接工艺专家库系统，融合了焊接工艺知识、运动控制与 AI 算法，可根据工件材质、板厚、焊缝形式等参数智能匹配最优焊接工艺。系统支持气保焊、氩弧焊、激光焊等多种工艺的一键切换，覆盖铝、不锈钢、碳钢等常见材料。针对中厚板焊接，系统内置多层多道焊工艺包，可自动规划排道策略与焊接参数，无需人工反复试焊调试。激光焊模式下，支持功率缓升缓降、提前出光/衰减、粘丝检测等功能，确保焊接过程能量分布均匀。MB10W-2050 凭借 2050mm 长臂展优势，尤其适用于大型结构件的中厚板多层多道焊

接场景，在保证熔深与成形一致性的同时，显著降低了对操作人员工艺经验的依赖。

4、高刚性轻量化本体结构设计技术

MB10W 系列采用基于有限元分析与模态分析的现代结构优化设计方法，通过拓扑优化对机器人大小臂、基座等关键承载部件进行精准减重与刚性强化。在非受力部位采用减孔镂空设计，在保证焊接工况下抗弯、抗扭刚度的前提下，实现结构重量的有效控制——MB10W-1500 本体重量仅 165kg，MB10W-2050 为 233kg，在同级别长臂展六轴焊接机器人中处于领先水平。轻量化设计不仅降低了设备安装与部署难度，更减少了运动过程中的惯量负载，使机器人在高速焊接时仍能保持轨迹精度与姿态稳定性。

三、技术趋势与方向

1、从"自动化替代"走向"工艺智能化"

焊接机器人的竞争逻辑正从"是否使用机器人"转向"机器人能否稳定解决复杂焊接问题"。行业关注点已从简单替代人工，升级为对焊接质量一致性、工艺稳定性、柔性适配能力的综合要求。未来，焊接机器人的核心竞争力将从本体参数转向工艺理解能力、参数沉淀能力和场景交付能力。MB10W 系列通过内置工艺数据库与深度工艺集成，正体现了这一趋势的前瞻布局。

2、应用场景从汽车向多元行业拓展

长期以来汽车制造是焊接机器人的最主要应用领域，但新增需求正加速向汽车零部件、工程机械、钢结构、船舶分段、重型装备等细分行业延伸。这些领域普遍存在工件尺寸差异大、焊缝形式复杂、质量一致性要求高等特点。MB10W 系列凭借 1500mm 与 2050mm 两种臂展规格、10kg 负载能力以及对气保焊、激光焊等多种焊接工艺的支持，能够灵活适配从中小型精密件到大型结构件的多元化焊接场景。

3、焊接工艺能力成为核心竞争力

焊接机器人的竞争逻辑正从"本体参数竞赛"转向"工艺能力竞赛"。与搬运、码垛等标准化应用不同，焊接高度依赖工艺参数、材料特性、焊缝形式和现场条件。未来市场更看重的不是"能不能焊"，而是"能不能稳定焊、批量焊、持续焊"。谁能把复杂工艺沉淀成标准化、可复制、可交付的能力体系，谁就能在下一阶段竞争中建立壁垒。MB10W 系列通过内置工艺专家库与多工艺自适应能力，正沿着这一方向持续深耕——将老师傅的"手感"转化为可复用的算法与参数，让机器人不仅"会动"，更"懂焊"。

4、结构设计走向轻量化与高刚性的协同进化

焊接机器人的结构设计正面临“轻量化”与“高刚性”的双重挑战。在船舶、钢结构、汽车制造等场景中，生产空间往往紧凑受限，同时工件来料散乱、焊接需求多变，对机器人的灵活部署能力提出了更高要求。一方面，轻量化已成为行业共识，新型高强度轻质材料的应用使机器人负载/自重比持续优化；另一方面，焊接过程中机器人末端承受的持续负载与冲击，要求结构必须具备足够的刚性以保证轨迹精度与焊缝质量的一致性。未来趋势是通过现代设计方法实现轻量化与高刚性的协同——借助有限元分析、拓扑优化、模态分析等手段，在减重的同时提升或维持结构刚性。与此同时，模块化与可重构设计正在成为结构创新的另一重要方向。MB10W 系列通过中空臂体与紧凑化结构设计，已在轻量化、高刚性、紧凑化三个维度上实现了有效平衡，为未来进一步向模块化、可重构方向演进奠定了结构基础。

四、核心产品

1、MB10W-1500 六轴焊接机器人

产品介绍：



MB10W-1500 是一款专为精密焊接场景开发的六轴工业机器人，负载能力 10kg，最大臂展 1500mm，重复定位精度达 $\pm 0.03\text{mm}$ ，本体重量仅 165kg。产品针对焊接工艺的严苛要求，通过专用结构、高性能控制与深度工艺集成，实现了超越传统机器人的焊接表现。

核心优势：

高精度与高刚性结构。采用中空臂体与集成线缆包设计，焊枪电缆、送丝管等全部内置于机械臂内部，极大减少电缆干涉与磨损。1500mm 臂展针对中小型工件尺寸优化空间可达性，在狭小空间及复杂工件周边焊接时具备出色的通过性与灵活性。重复定位精度远优于传统焊接机器人（传统方案常大于 $\pm 0.1\text{mm}$ ），确保长周期运行下起弧点重复精度偏差小于

0.05mm。卓越轨迹与过程控制。搭载高动态伺服系统与前瞻抖动抑制算法，实现复杂轨迹下的速度前瞻与平稳过渡。在角焊缝、圆周焊等典型应用中，焊接速度波动率低于 5%（传统方案常高于 15%），有效保障焊道均匀性，避免薄板焊接烧穿等质量问题。

智能化焊接工艺集成。内置焊接工艺数据库，支持气保焊、氩弧焊、激光焊及铝、不锈钢、碳钢等多种材料的一键调用参数。标配电弧跟踪与激光寻位接口，可自适应补偿工件装配误差与热变形，电弧跟踪实时补偿范围达±2mm。通过工艺包与焊接电源深度协同，典型焊缝编程时间缩短 50%以上。

高可靠性与易维护性。关键部件防护等级达 IP65/IP67，能够有效适应焊接车间的烟尘、粉尘环境。模块化设计便于快速维护，平均无故障时间（MTBF）超过 60,000 小时。提供碰撞检测与自动恢复功能，有效减少意外中断造成的生产损失。典型应用效果：在钢结构件焊接中，焊缝一次合格率从人工约 92%提升至 99.2%以上，综合焊接效率提升 40%-60%。单台可替代 2-3 名高级焊工，配合外部变位机可实现多品种工件快速换产，新产品导入调试时间减少约 70%。在两班制作业条件下，投资回收周期通常为 12 至 18 个月。

1、MB10W-2050 六轴焊接机器人

产品介绍：



MB10W-2050 是 MB10W 系列的加长臂展版本，负载能力 10kg，最大臂展 2050mm，重复定位精度±0.03mm，本体重量 233kg。与 MB10W-1500 共享相同的本体结构设计语言，零部件通用化率超过 70%，有效降低了客户备件库存成本与维护复杂度。

核心优势：

长臂展覆盖大尺寸工件。2050mm 的超长臂展专为大型结构件、工程机械、船舶分段等大尺寸工件焊接场景优化。在保证高刚性结构的前提下实现了轻量化设计，使机器人在高速

焊接时仍能保持轨迹精度与姿态稳定性。配合外部变位机，可满足从平面焊缝到立焊、仰焊等各类复杂焊接姿态的需求。

高精度与卓越轨迹控制。与 MB10W-1500 相同，搭载高动态伺服系统与前瞻抖动抑制算法，焊接速度波动率低于 5%。重复定位精度 $\pm 0.03\text{mm}$ ，确保长周期运行下起弧点重复精度偏差小于 0.05mm ，保障焊缝起始点一致性。

智能化焊接工艺集成。内置焊接工艺数据库，支持气保焊、氩弧焊、激光焊及铝、不锈钢、碳钢等多种材料的一键调用参数。标配电弧跟踪与激光寻位接口，可实时补偿 $\pm 2\text{mm}$ 的工件装配误差与热变形。通过工艺包与焊接电源深度协同，典型焊缝编程时间缩短 50% 以上。对于非标件或复杂结构件，系统支持基于逆向建模的智能焊接模式，无需三维模型即可通过视觉扫描自动生成焊接路径。高可靠性与工业级防护。关键部件防护等级达 IP65/IP67，适应焊接车间的烟尘与高温环境。

模块化设计便于快速维护，平均无故障时间（MTBF）超过 60,000 小时。提供碰撞检测与自动恢复功能，有效减少意外中断造成的生产损失。

典型应用效果：在大型钢结构件焊接中，焊缝一次合格率从人工约 92% 提升至 99.2% 以上，综合焊接效率提升 40%-60%。单台可替代 2-3 名高级焊工，新产品导入调试时间减少约 70%。在两班制作业条件下，投资回收周期通常为 12 至 18 个月。

第五节 昇视唯盛

一、企业简介



图 1：上海昇视唯盛研发中心

上海昇视唯盛科技有限公司（英文简称：3Srobotics，品牌：哈工现代 HGXD）深耕智能制造机器人领域，同时掌握机器人本体、AI 视觉和工艺系统三大核心技术，并将其深度耦合，形成业内少有的全栈技术壁垒。基于该技术体系及超 20000 组 AI 大模型训练数据积累，昇视唯盛打造的新一代智能工业机器人，已在焊接、打磨、搬运、码垛等典型工况中规模应用，有效解决了多项行业工艺痛点。

研发团队方面，公司技术骨干占比超 35%，核心成员来自爱丁堡大学、巴斯大学、哈尔滨工业大学、上海交通大学、北京航空航天大学等国内外知名高校，以及 ABB、KUKA 等工业机器人行业头部企业，兼具深厚的学术研究背景与丰富的工程实践经验。

服务层面，昇视唯盛服务网络已覆盖全国 100 多个城市，客户遍及建筑制造、重工机械、工程机械、汽车制造、3C 家电等领域，累计服务超 500 家知名企业，如中国中铁、国家电网、中国建材、芜湖天航重工、海尔、松下、中国中车等。公司将自身技术能力转化为客户可感知的生产效益，围绕智能化转型中的实际需求，提供从产品到落地的全流程支持。

二、核心技术

1、哈工现代 3in1 智能焊接机器人

产品介绍：

新一代具身智能焊接机器人无需人工示教，省去数模导入过程，凭借"本体+AI 视觉+焊接工艺"3 in 1 深度融合：

- 手：机器人本体——保障焊接操作的稳定性与灵活性；
- 眼：AI 视觉——实时 3D 重构并精准识别视野内所有节点焊缝；
- 脑：工艺系统——同步计算最优路径与焊接参数。

三者紧密协作，一键即可启动生产，真正实现自主感知、决策、执行的"机械焊工"。

产品工作流程：



软件介绍：

哈工现代 3in1 具身智能焊接系统是哈工现代基于 3D 视觉感知、人工智能算法、数字孪生、机器人运动控制及自适应焊接工艺技术打造的新一代免示教智能焊接平台。系统集成工件识别、焊缝提取、轨迹规划、工艺匹配及焊接执行于一体，无需 CAD 模型、无需人工示教即可自动完成焊接任务部署与生产切换。

系统既能够满足工程机械、变压器油箱、环保设备等非标构件的小批量、多品种柔性生产需求，也能够适应钢结构、桥梁、船舶等大型结构件的长焊缝、多层多道及复杂空间焊接场景，实现从柔性制造到重工制造的全场景智能焊接应用。

产品性能及优势：

①AI 视觉感知：基于高精度 3D 视觉与智能算法，自动识别工件特征及焊缝信息，实现精准定位与自动建模。

②免示教编程：无需人工示教和复杂编程，自动生成机器人焊接轨迹，大幅降低机器人应用门槛。

- ③柔性生产：支持适应多品种、小批量及频繁换型生产场景，实现快速切换与柔性制造。
- ④复杂工艺支持：支持连续焊、断续焊、包角焊、搭接焊、管板焊、过孔焊、球扁钢焊接及多层多道焊等多种焊接工艺。
- ⑤智能轨迹规划：自动提取焊缝路径并生成最优运动轨迹，提升焊接效率和轨迹一致性。
- ⑥智能工艺决策：内置焊接工艺专家库，根据焊缝类型自动匹配焊接参数和工艺策略。
- ⑦重工焊接能力：满足钢结构、桥梁、船舶等大型构件的长焊缝焊接、复杂空间焊接及厚板焊接需求。
- ⑧多机协同控制：支持双机器人、多机器人及机器人工作站协同控制，实现焊接任务智能分配、运动路径协同规划及防碰撞控制，满足大型结构件高效率自动化焊接需求。



图 2：智能通用焊接系统截图

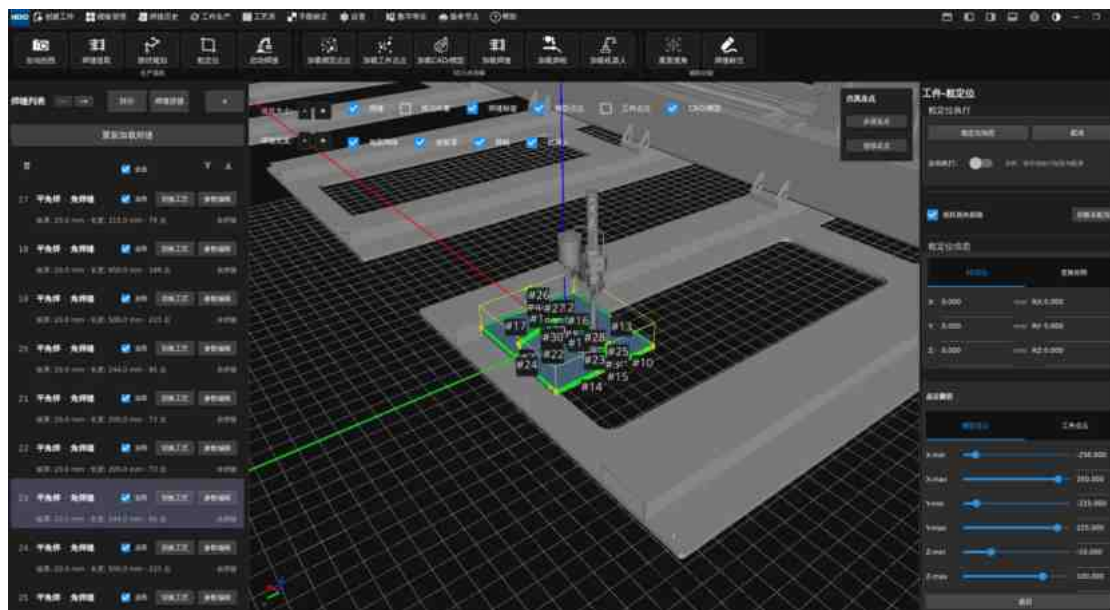


图 3：S 系列智能通用焊接系统截图

2、机器人激光应用模块

- **焊缝成型优良：**搭载 SUP 25AD 同轴双摆焊接头，内置数字高频双摆控制系统，支持 255 种光斑扫描图形，灵活调控熔池，优化焊缝成型，适配多样化焊接工艺。
- **运行安全可靠：**焊接头搭载 V2.0 安全监测系统与高清工业 CCD 视觉模块，实现高灵敏运行状态检测，支持信号拓展，保障设备持续、安全作业。
- **系统稳定性高：**激光器功率输出平稳，光电转换效率高，光束质量优异。
- **工件变形量小：**激光热量输入小，焊缝深宽比大，热影响区窄，工件焊后收缩及变形程度低。
- **高速焊接：**同等材料焊接速度相较弧焊可达 2-3 倍。
- **薄板适配优异：**可实现 0.4-3mm 板材稳定有效焊接。
- **材料适配广泛：**可适配碳钢、不锈钢、铝合金等材料，可调节焊缝填充材料成分。
- **布局紧凑省空间：**激光器与机器人控制柜一体化集成，整机占地面积相较传统方案减少 30% 以上。



图 4：机器人激光应用系统

三、核心产品

1、哈工现代智能焊接系统工作站-固定式、地轨、悬臂、龙门工作站

目前哈工现代智能焊接机器人工作站适配的外部结构有固定式、地轨、悬臂、龙门、多机等，该系统能更精准地处理复杂非标工件的焊接任务。通过全新优化的 AI 算法，系统针对异形复杂工件，提高探索权重，保证工件的成像完整。

该工作站系统内置先进的焊缝识别算法，利用 AI 方案，在不同的非标场景下实现焊缝的自动快速识别，并自动规划焊接工艺。对非标工件上的一些特殊焊接需求，可以对工件的成像/识别方案的定制化开发，实现对非标场景的快速重建，及特殊焊缝的识别功能添加及特殊工艺适配。

同时，该系统采用了更灵活、精度更高的运动规划算法。能够在保证精度的同时，有效地扩大工作范围，提高工作效率，并且在机器人运动、焊接过程中实现实时碰撞检测，保证现场更高效更安全的生产。



图 5：智能焊接工作站单站



图 6：哈工现代地轨式智能焊接系统工作站实拍图

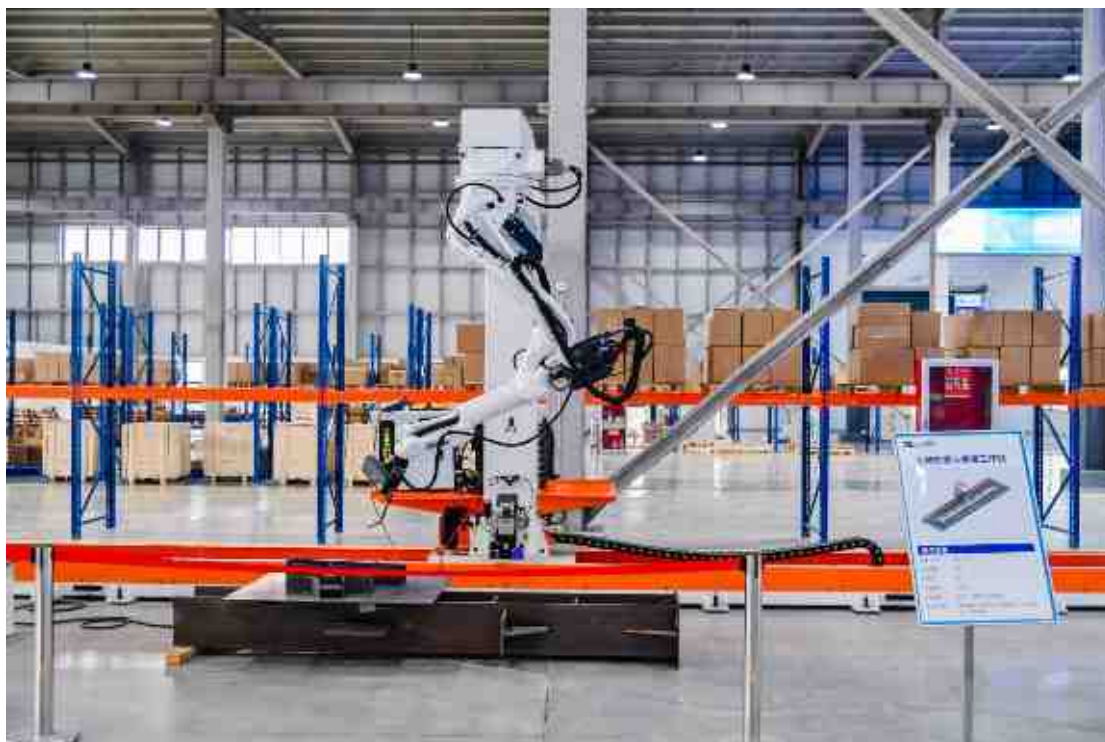


图 7：哈工现代悬臂式智能焊接机器人实拍图

2、哈工现代智能焊接系统工作站-轮式、履带式移动智能焊接工作站

同时，哈工现代智能焊接机器人工作站也适配于轮式及履带式智能焊接机器人工作站，可灵活部署，多车协同，给场地受限的客户场景提供一种新的解决方案。尤其适用油箱、变压器、工程机械等需要立面焊接的特殊场景。具备灵活快速部署特点，不改造现有产线，最快 1 小时投产焊缝 100%复现，不怕换人、换班、换场地影响质量。



图 8: 哈工现代轮式移动智能焊接机器人实拍图



图 9: 哈工现代履带式移动智能焊接机器人实拍图

3、哈工现代多足式移动焊接机器人工作站

哈工现代移动四足焊接机器人工作站搭载昇视唯盛智能机器人焊接系统，是面向造船、大型钢结构、海洋平台等非结构化工业场景打造的具身智能焊接解决方案。

系统依托四足底盘强大的地形适应能力，融合动态感知引擎、空间稳态补偿、母子机解

耦供能架构、数字档案系统四大核心技术模块；四足底盘支持 20cm 台阶跨越、全向平移、零半径转向，可在狭窄舱室自主越障灵活作业。设备可零改造入场，无需预设 CAD 模型即可识别工件、定位焊缝、自主规划焊接路径，同时通过毫秒级姿态实时纠偏保障极端工况厘米级焊接精度；依托脐带持续供能破除电池续航瓶颈，支持 24 小时连续作业，并完整留存全流程焊接数据，实现焊缝精准追溯。这套方案将焊接自动化边界从固定围栏拓展至自由移动场景，能够覆盖行业内 70% 以上传统自动化难以触及的焊接盲区。

系统核心价值在于把自动化边界从围栏内固定作业延伸至现场自由移动作业，覆盖 70% 以上工业焊接需求。在节省超 90% 场地改造成本、12-18 个月完成投资回收、显著提升作业效率的同时，实现安全生产风险管控与焊接质量管理能力升级。



图 10：哈工现代多足焊机机器人图

4、哈工现代激光焊接工作站

哈工现代激光焊接工作站应用激光深熔焊或激光填丝焊等焊接技术焊接，主要应用于卫浴/厨具行业、五金仪表行业、汽车/电动车行业、家具行业、新能源等行业。

激光器与机器人控制柜一体化，相较于传统激光焊接解决方案节省约 30% 空间；功能软件包集成度高，通过使用焊接指令进行编程，相较于传统开关量信号控制效率更高，更直观；可对焊接过程中的工艺参数进行实时控制，如提前送气，收弧功率提前衰减，焊丝回抽等功能，避免粘丝情况的出现，减小工艺调试难度。

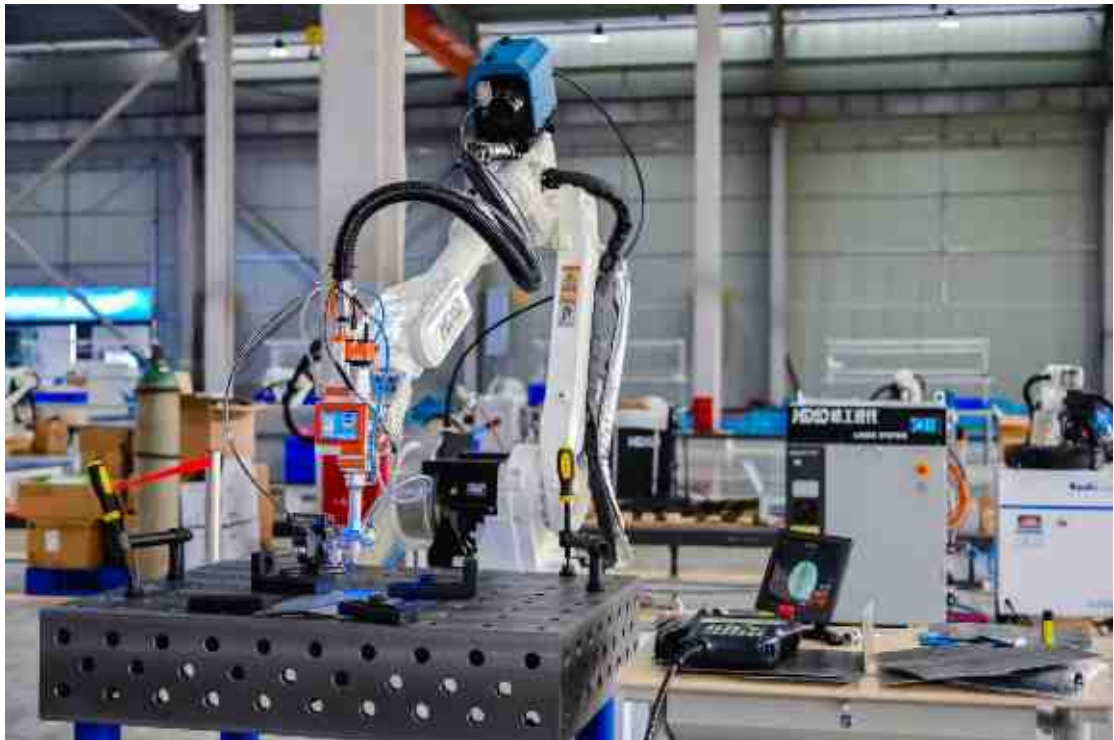


图 11：哈工现代激光焊接工作站实拍图

5、弧焊应用模块系列

名称	介绍
HA006B/HH010L- NBC-350HS 超薄板 （0.4~1.5mm）弧焊 应用模块	作为一款高性能焊接设备，采用德国先进技术，全数字电路设计，能够精准控制各种输出波形和熔滴过渡。本机将高速焊接、精准电弧控制和超低飞溅的优势融为一体，为客户带来高效的产出。直流模式下适用电流 30-120A 稳定焊接，采用混合气，可以实现更低飞溅。焊机通过的专有控制算法，精准控制溶滴短路过渡，极大的抑制焊接过程中飞溅的产生。适用 0.4-1.5mm 厚的板材焊接，在汽车、电动车、金属家具、机箱等领域广泛应用。 
HA006B/HH010L- NBC-500HP	作为一款高性能焊接设备，采用德国先进技术，全数字电路设计、内置高端的嵌入式芯片，能够精准地控制各种输出波形和溶滴过渡。将

中厚板（≥4mm）弧焊 应用模块

高速焊接、精准控制和超低飞溅的优势融为一体，为客户带来高效的产出。脉冲能量强弱明显，鱼鳞纹清晰，焊接几乎无飞溅。适用于机械制造、汽车零部件、造船、桥梁、五金制造行业。



6、HS220-SPOT-7/8HD 点焊应用模块

- 焊接效果美观，一致性强，在点与点之间位移时速度快捷，动作平稳柔和，重复定位精度高，运行周期短；
- 机器人本体电机种类少，降低存储配件成本，售后维护方便；
- 使用多摩川电机、纳博减速机，分离式编码器和电机，可单独更换；
- 一站式集成安装，缩短客户项目周期，大大提高工作效率，降低人力成本；
- 采用专用点焊管线包，结构紧凑、美观，同时具有绝佳的耐用性。



7、机器人本体系列

哈工现代工业机器人本体系列包含 HA006B、HH010L、HH020、HH050、HS220 等多种负载规格机型，能够实现弧焊、激光焊接、机床上下料、物料搬运、打磨去毛刺、码垛、

喷涂等多样化作业。设备重复定位精度高，整机可靠性强，可灵活应用于众多制造行业自动化改造项目。



产品型号/Model			HGXD-HA006B	HGXD-HH010L	HGXD-HH020	HGXD-HH050	HGXD-HS220
有效负载/Payload			6kg	10kg	20kg	50kg	220kg
可达范围/Max.Reach			1425mm	1964mm	1742mm	2239mm	2666mm
控制轴数/Geeree of Freedom			6	6	6	6	6
动作范围 Max. Motion Range	S	回旋	±172°	±185°	±185°	±180°	±180°
	H	前后	+180°~-78°	+195°~-70°	+195°~-70°	+170°~-65°	+155°~-10°
	V	上下	+180°~-82°	+180°~-80°	+180°~-80°	+180°~-80°	+190°~-80°
	R2	旋转2	±180°	±195°	±195°	±360°	±360°
	B	弯曲	±135°	±135°	±135°	±125°	±128°
	R1	旋转1	±360°	±360°	±360°	±360°	±360°
容许力矩 Allowable Torque	R2	旋转2	1.2kgf.m	2.5kgf.m	4kgf.m	22kgf.m	145kgf.m
	B	弯曲	1.0kgf.m	2.5kgf.m	4kgf.m	22kgf.m	145kgf.m
	R1	旋转1	0.6kgf.m	1.1kgf.m	2kgf.m	15kgf.m	79kgf.m
工作速度 Max. Speed	S	回旋	230°/s	190°/s	190°/s	175°/s	120°/s
	H	前后	230°/s	180°/s	180°/s	175°/s	105°/s
	V	上下	230°/s	190°/s	190°/s	175°/s	115°/s
	R2	旋转2	430°/s	380°/s	380°/s	250°/s	145°/s
	B	弯曲	430°/s	380°/s	380°/s	250°/s	145°/s
	R1	旋转1	640°/s	600°/s	600°/s	350°/s	220°/s
可配轴数			16	16	16	16	16
环境温度/Ambient Temperature			0~45℃	0~45℃	0~45℃	0~45℃	0~45℃
近似重量/Approximate Weight			145kg	230kg	225kg	645kg	955kg
安装方式/Installation			地面/侧装/倒装 Floor/Wall/Ceiling	地面/侧装/倒装 Floor/Wall/Ceiling	地面/侧装/倒装 Floor/Wall/Ceiling	地面/侧装/倒装 Floor/Wall/Ceiling	地面 Floor

图 13：机器人本体系列参数表



图 14: 机器人本体系列实物图

第六节 麦格米特

一、企业简介

麦格米特公司成立于 2003 年，于 2011 年收购了原艾默生旗下电焊机业务，并于 2017 年成立子公司“深圳市麦格米特焊接技术有限公司”，全力聚焦于工业智能焊接业务。



10 米法波电波实验室-麦格米特（长沙）研发中心

麦格米特是国内极少数同时拥有电力电子技术、电力传动技术、软件控制技术、电弧物

理、金属材料学、工业物联网技术、工业现场总线技术等关键技术开发能力的公司，拥有完善的软件、硬件开发流程、测试流程，公司产品拥有全部自主知识产权。截止 2024 年底，麦格米特已累积了近 200 项工业智能焊机的核心专利技术，已成为中国工业智能焊机的领头羊。其中，麦格米特的机器人焊机年出货超万台，已连续 10 年蝉联中国机器人焊机销量第一，市场占有率近 30%。

2024 年，麦格米特长沙研发中心正式启用，该研发中心总投资 6 亿元，共建筑面积 7.5 万平方米，拥有电力电子行业完善的测试设备，包括安规认证、EMC、可靠性、失效分析等 8 个不同领域 48 间实验室，120 余套专业测试设备，其中配备 3 个 3 米法电波暗室和 1 个 10 米法电波暗室。具备完善的产品研发与测试能力，为客户提供更加完备、高效、高质量的"一站式"服务。

麦格米特是中国高端焊接市场国产替代的先行者，已经在汽车零部件、工程机械、船舶海工、轨道交通、钢结构等领域实现了大批量的国产替代，解决了众多焊接难题，获得了用户的高度认可。

二、核心技术

1、机器人专用高性能工业智能焊机

机器人焊机的研发需要强大的多学科技术应用能力，涉及电力电子技术、电力传动技术、软件控制技术、电弧物理、金属材料学、工业现场总线技术等。

麦格米特的机器人焊机拥有丰富的通讯接口，多种通讯方式可灵活选择，能够与各类工业机器人、协作机器人、自动化设备深度配合。



麦格米特的机器人焊机最多可支持 3999 组 JOB 参数调用，可根据用户需求进行各类参数设置，切换过程仅 0.08 秒，JOB 切换稳定可靠，无虚焊、漏焊、弧坑等焊接缺陷，特别适合机器人长时间、多工艺种类的复杂焊接运用，稳定高效。



同时，麦格米特的机器人焊机支持 OTA 升级、USB 升级等，确保客户随时享受最前沿的焊接工艺及功能定制。

2、RDT 零飞溅高速伺服弧焊技术

冷过渡零飞溅高速伺服弧焊技术作为先进弧焊技术的标杆，历来受到焊接专业人士的高度关注，该领域的核心技术一直被欧美同行牢牢把控，国产焊接设备厂家鲜有涉足，也是中国弧焊行业长期被“卡脖子”的核心技术之一。

麦格米特的 RDT 零飞溅高速伺服弧焊技术综合运用了超低热输入电流波形精细控制技术、熔滴缩颈预判技术、熔滴精细控制技术、能量泄放及高效回收系统、微秒级极性切换专利、微秒级动态响应的多节点工业现场总线控制技术、高精度高频正反转切换的电机及驱动算法等几十项专利技术，形成了如下领先优势：

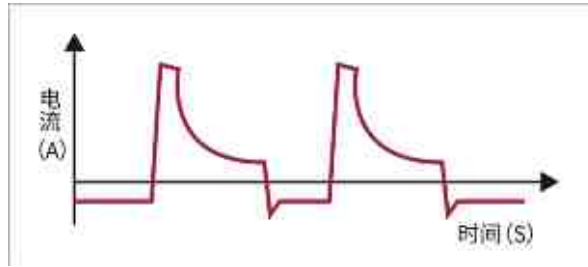
- 相比传统直流焊接，飞溅降低量达 99%，实现几乎零飞溅焊接；
- 实现最高 200Hz 正反转超高精度精细往返送丝，频率更高，熔滴更细腻，焊接成型更好；
- 超低热输入，极小的焊接变形，最薄可实现 0.3mm 极薄板焊接及大间隙、不均匀间隙搭桥，适合汽车制造、新能源及储能、电弧 3D 增材等领域的高效高品质焊接；
- 微秒级信息延时的多节点工业现场总线，控制精度更高，参数更稳定，特别适合机器人焊接应用；
- 智能化程度强，支持在线群控、离线群控、NFC 权限智能管理；支持便捷克隆不同设备间的工艺数据，快捷共享先进的焊接工艺；支持 200-600V AC 全球电网，适应性更广，所有外围件均为低压器件，更能保障焊接的安全。



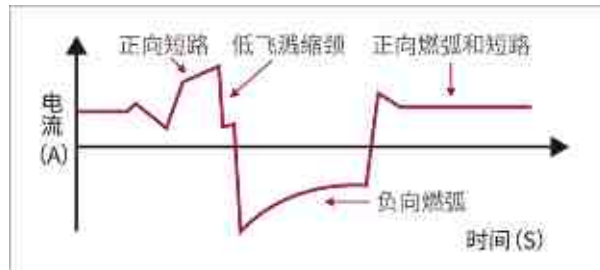
3、交流 MIG 焊接工艺

交流 MIG 焊接工艺，结合了传统 MIG 焊的高效率和 TIG 焊的精密控制能力，推出 AC-Pulse MIG、AC 短路过渡、临界脉冲等高端工艺，可轻松实现碳钢、不锈钢、铝合金等材料的高品质焊接。

- 独特的负向稳定算法，极性高速稳定交替，电弧更柔和
- 全流程热输入管理，精确控制熔深，轻松实现 0.5mm 极薄板的高品质焊接
- 通过调节 EN/EP 比例，动态调整焊丝熔化速度，熔敷率更高，大幅提升焊接效率
- 间隙容忍度高，搭桥能力强，适合于大间隙搭接头、不均匀间隙的焊接
- 焊接烟尘大幅减少，焊缝无黑烟沉积，焊缝更美观



交流脉冲



交流短路过渡

4、Sync Twin 双丝协同焊接技术



通过使用双电源（Art sen Max）组成的双丝协同焊接系统，满足焊接速度和焊接质量的高要求工况。只需要添加一根高速同步线（SyncLAN）和简单配置，就能完成双电源组成双丝焊接系统。

- 双丝协同稳定：2套焊接系统协同控制，精准调控电流 / 电压，实现双电弧动态平衡
- 双枪共熔池：两把焊枪呈黄金夹角（0-45°），共享同一个熔池
- 熔敷率高：双丝同时焊接大幅提高熔敷率，是单丝的2倍，减少焊接时间成本
- 焊接速度快：双丝协同运作，极大提高焊接速度，比传统焊接效率提升2.5倍

- 焊接质量高：共熔池冶金优化，气体冶出更充分

5、机器人激光焊接系统



- 两个焊接系统可选：中继推拉丝机器人双送丝焊接系统、机器人单丝焊接系统
- 专为激光智能焊接开发的控制系统，拥有完全的自主知识产权，更专业、更智能
- 支持 100 组 JOB 参数存储及调用，可在不间断过程中平稳切换 JOB 参数，切换过程稳定可靠
- 数字化通讯技术，相比仅有模拟/IO 通讯更方便快捷，可实现的功能更全面
- 独特光斑设计方案，飞溅更低，焊缝成形更美观，具有预热效果，更适合高反材料的焊接



6、ArcPilot 工业级电弧增材制造系统

ArcPilot 简洁易用定向能量沉积增材专用软件，通过参数化配置适用于 DED 工艺的切

片、填充、工艺库、路径、工具参数等，自动完成程序生成。

- 精准控制：从模型导入到路径生成，提供全流程的精细调整选项
- 工艺优化：业界领先的路径规划算法，为零件选择最优的成形策略
- 效率提升：通过智能规划和协同制造，最大化设备利用率与产出
- 知识沉淀：将宝贵的工艺参数转化为可复用的数字资产，持续积累



7、SMARC 智能焊接信息化云平台系统

麦格米特的 SMARC 系统，创新性的将工业互联网技术与焊接应用技术深度融合，实现了精细化的焊接数据监测、实时在线的焊缝质量检测、多维度的焊接数据分析、数字化的焊接生产管理等功能。

麦格米特的 SMARC 系统是焊接群控的隐形冠军，截至目前已累积近 5 万台工业智能焊机的群控组网，在中集集团、三一重工、徐工、新时代船厂、新扬子船厂、中建钢构、鸿路钢构等众多行业的知名龙头企业有丰富的应用案例，有 4G 通讯、WIFI、远程终端等多种通讯保障手段。同时，麦格米特的 SMARC 系统支持不同品牌的焊机接入，可便捷的与 MES、ERP 等第三方平台对接，支持用户对焊接数据的各类孪生应用，特别适合于大场景多车间的复杂组网。



三、核心产品

经过十多年的持续创新，麦格米特焊接重新定义了工业数字化智能焊机，不断丰富焊接领域产品，先后推出了交直流 MIG/MAG 气体保护焊机、手工电弧焊机、碳弧气刨焊机、交直流氩弧焊机、工业激光焊机、交直流多丝埋弧焊机、机器人配套弧焊机等超高可靠性的焊接设备，为客户提供更多可靠的焊接产品与解决方案。

产品家族图

BBG	YGS	SAW	BMG	LGSS	SmartWeld	SmartWeld	Automatic
							
工业级 智能焊接机器人 应用 Agree 工业机器人 标准工业 工业级工业 工业级工业 工业级工业	工业级 工业级 工业级工业	工业级 工业级工业	工业级工业	工业级 工业级工业 工业级工业级工业	工业级 工业级工业	工业级工业	工业级 工业级工业 工业级工业 工业级工业 工业级工业 工业级工业



第七节 南京合信

一、企业简介

南京合信自动化有限公司坐落于南京新港国家经济开发区，是一家致力于重工装备制造行业智能化整体解决方案的高新技术企业。业务涵盖风电新能源、港口机械、海洋船舶、汽车（含新能源）、新农用机械、工程机械、特种车辆等领域。公司领先国内外同行，做到“既具有软、硬件全套的整体方案解决技术体系，又在关键工艺环节掌握技术领先的拳头产品”。历经 6 年，已经成为行业头部企业，打造多条国家示范工程产线。同时，围绕以南京总部为研发核心，已在长沙、徐州分别设立了子公司、分公司，在盐城成立盐城合信制造工厂，拥有近 2 万平的生产制造基地，打造全新的离散型智能制造工厂。

公司目前员工 200 余人，其中专业研发设计团队 70 余人，70%以上拥有本科及以上学历；与南京航空航天大学、江苏科技大学在材料成型、焊接技术进行产学研合作。拥有具有自主知识产权的 IMS 信息化系统、SCADA 及工业智能网关、焊接工艺专家云平台、机器人智能编程软件、重载型复合 RGV 及 AGV 物流单元、智能柔性装配单元，在工业作业机器人制造行业研究重型装配机器人、机器人外部运动及工件变位机构、先进焊接制造工艺等相关技术，主导产品基于机器视觉的智能柔性焊接装备机器人重工多行业完善的焊接工艺、柔性装配工艺数据库及解决方案等为核心技术的产业模块，授权专利 68 件（其中发明 11 件）。

第七部分 案例篇

第七章 参编企业案例介绍

第一节 钢结构

案例一	STEP[®] 新 时 达
案例名称	针对隧道拱架应用下的机器人智能焊接应用
客户所属行业	桥梁钢构
客户需求点	隧道拱架以工字钢弯制成形，需将盖板焊接在拱架本体上。客户产品规格多（工字钢尺寸、拱架弧度、盖板尺寸各异）、单批批量小、换型频繁，希望实现盖板抓取装配与焊接的全流程自动化，摆脱“换一种规格、重新示教一次”的传统模式。
面临挑战	1. 规格离散：工字钢尺寸与拱架弧度组合多，逐规格示教编程工作量大、换型停机时间长 2. 工件偏差：弯制成形的工字钢存在回弹与尺寸偏差，固定示教轨迹难以直接复用 3. 多机协同：盖板抓取装配与焊接需多台机器人时序配合，防碰撞与协同调度难度大 4. 工艺联动：盖板角焊缝空间位置随规格变化，焊接工艺参数需随工件联动调整
项目应用核心技术点	1. 参数化编程：以工字钢规格关键参数驱动，自动生成抓取、装配、焊接全流程作业程序 2. 免示教轨迹生成：焊缝与装配轨迹由系统按参数自动计算，无需人工逐点示教 3. 多机器人协同控制：两台机器人负责工字钢抓取与盖板贴合，两台机器人负责焊接，统一调度、时序互锁 4. 焊接工艺库：按板厚与焊脚尺寸自动匹配焊接参数，随工件规格自动切换

核心技术指标要求	1. 规格覆盖：支持客户全系列工字钢拱架（不同截面尺寸、弧度）的使用 2. 快速换型：不同尺寸工件换型无需重新示教，换型时间由小时级降至分钟级 3. 全流程自动化：上料、盖板装配、焊接由机器人自动完成，无需人工干预 4. 焊接质量：角焊缝成形均匀、熔透稳定，满足客户焊接验收标准
解决方案	配置 4 台机器人协同作业的免示教焊接工作站：两台机器人负责工字钢抓取上料与盖板拾取、贴合、压紧，两台机器人负责盖板角焊缝焊接；搭载参数化免示教系统，输入工件关键参数后，自动生成各机器人的作业程序与协同时序，实现"参数一改、全程可用"，换型无需重新示教轨迹。
设备用量	机器人 4 台（2 台抓取装配、2 台焊接）；配套焊接电源 2 套；参数化免示教焊接系统 2 套；配套定位工装 1 套。
项目成效及效益体现	1. 换型效率：不同尺寸工字钢拱架无需反复示教即可投产，换型难度与换型时间大幅降低（小时级→分钟级） 2. 人力替代：减少对熟练焊工与示教编程人员的依赖，缓解焊工短缺压力 3. 质量一致：机器人自动施焊、工艺参数自动匹配，焊缝成形一致性提升，返修率下降 4. 柔性产能：一套工作站覆盖多规格产品，小批量多品种订单承接能力与设备利用率提升

案例二	
案例名称	头部钢结构厂焊接应用案例
客户所属行业	钢结构行业
客户需求点	以焊接智能体为核心，打造面向大型钢结构制造的智能焊接解决方案。

面临挑战	依靠人工经验的焊接模式已难以满足规模化、精益化制造需求。
解决方案	结合移动焊接小车、协作机器人、智能焊接手柄实现多角度、复杂焊缝的稳定焊接，深入施工工地现场大型不可移动构件、狭窄半封闭空间等人工难以覆盖的作业场景，稳定完成多角度异性焊缝焊接作业。
项目成效及效益体现	推动钢结构制造智能化转型升级，助力行业实现更高效、更稳定、更柔性的智能制造升级。
	

案例三	
案例名称	钢结构智能焊接工作站 宝胜系统集成
客户所属行业	钢结构行业
客户需求点	钢结构行业是典型的劳动密集型产业，依赖人工操作，尤其在焊接和组装环节。然而，焊接作业劳动强度大，存在光、烟尘、噪音等职业危害，青年从业意愿下降，专业工人老龄化，职业断层明显。此外，人工焊接质量不稳定，难以满足工艺要求，效率低下，影响核心竞争力。
面临挑战	工件不规则，结构形式多变
项目应用核心技术点	1. 适用钢结构多种节点类型； 2. 哈工现代智能焊接机器人可实现各类变截面 H 型钢智能焊接，针对加密筋板、窄间距节点，通过视觉识别的自动避障算法，有效避免焊枪碰撞的前提下，还可满足最小间距 100mm 的节点平焊缝的焊接，尽

	可能提高机器人焊接范围； 3. 哈工现代通用机器人稳定的重复定位精度和昇视唯盛自研的高质量 3D 视觉成像及高效精确的识别算法，所有焊缝的焊丝定位精度、板厚、装配间隙、坡口尺寸识别误差可控制在±1.5mm 以内，坡口角度识别可控制在±2° 之内，搭配强大的焊接工艺数据库，哈工现代智能焊接机器人无需进行任何工艺设置，可实现包括端板、牛腿等坡口焊缝在内的不同焊脚、坡口尺寸焊缝的高效高质量焊接。
核心技术指标要求	1. 高质量的焊缝成型； 2. 高效稳定的焊接产能。
解决方案	借助于深度学习理论，采集各类节点的样本数据，训练网络模型，在实现节点识别的基础上，通过点云算法，逆向建模形成节点模型，提出模型的点、线、面等多种特征，自动规划出各节点的机器人轨迹；
项目成效及效益体现	1. 经过智能焊接工作站的搭建，为企业提供了智能焊接一体化的完整解决方案； 2. 实现了免示教、免模型导入、适用多种结构形式、深度自主学习算法、自主避障、更广焊接范围、高质量焊接成型等多项关键需求； 3. 一位普工即可同时操作多台设备，为企业大幅降低成本、提高质量和效率。
 	

第二节 船舶制造

案例一	FAIRINO —法奥机器人—
案例名称	头部船企焊接应用案例
客户所属行业	船舶制造行业
客户需求点	针对船舶海工行业复杂焊接需求，打造面向大型装备制造的智能焊接解决方案。
面临挑战	船舶与海洋工程装备制造具有结构尺寸大、焊接任务复杂、工况环境恶劣等特点。大型船舶分段、海工平台结构件等产品普遍存在焊缝数量多、作业区域跨度大、工艺要求高等挑战，传统焊接方式高度依赖熟练焊工，生产周期长，质量一致性难以保障。
解决方案	通过融合机器人运动控制、视觉感知、智能工艺规划及数据闭环能力，实现从工件识别、焊缝定位到路径规划、焊接执行的全过程智能化。在复杂曲面、长距离、多姿态焊接场景中，法奥机器人结合移动轨道、柔性末端执行结构及智能控制系统，实现大范围覆盖与高精度焊接作业，有效提升焊接效率与质量稳定性。
项目成效及效益体现	基于模块化设计理念，方案能够快速适配不同船型、不同结构件及不同生产场景，推动船舶海工制造由“设备自动化”向“工艺智能化”迈进。

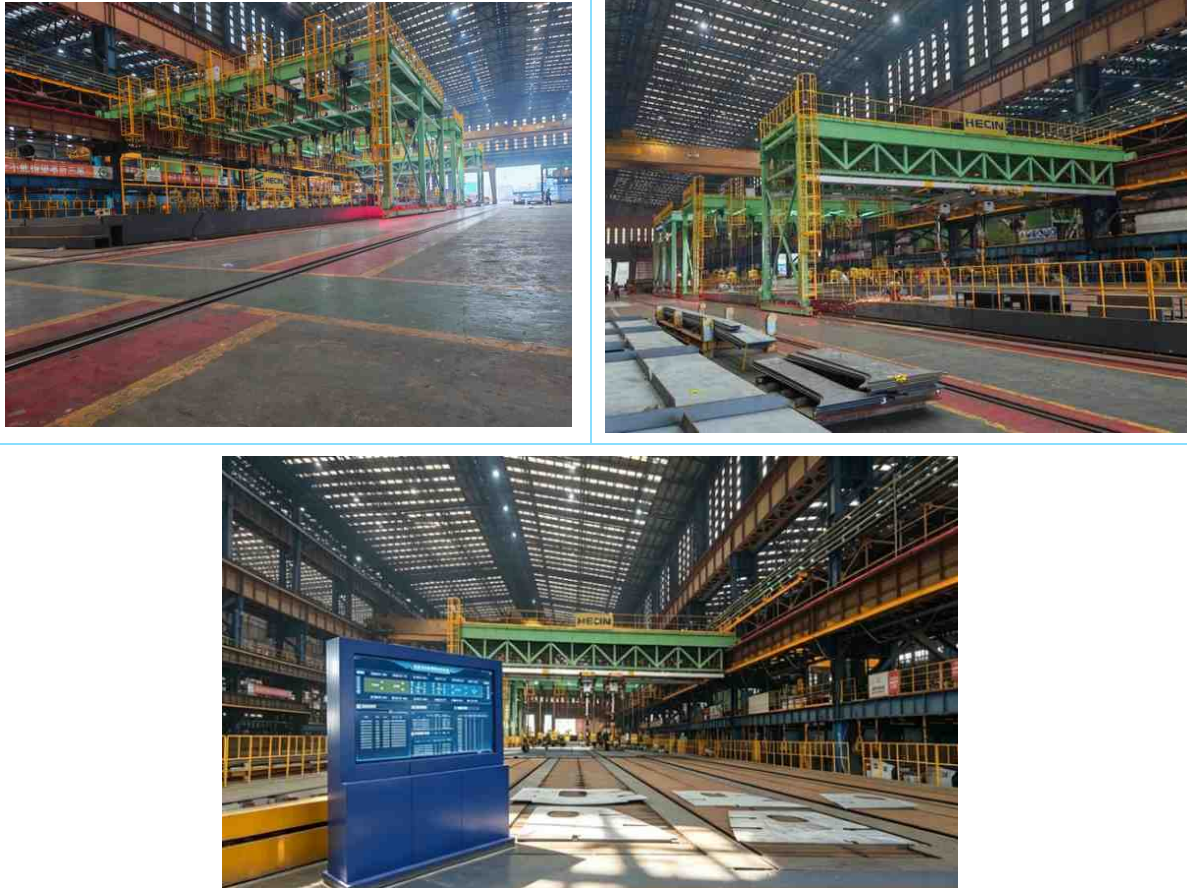


案例二	
案例名称	华东造船厂智能焊接项目
客户所属行业	船舶行业
客户需求点	船舶小组立焊接工序量大、占比高，行业专业焊工缺口大、人力成本高，且现场作业环境恶劣、人工焊接质量稳定性差。为降低人工劳作强度、规避安全风险，提升焊接质量与生产效率，客户引入智能焊接设备，替代人工完成多品种、小批量船舶构件焊接作业，实现自动化柔性生产。
面临挑战	1.船舶构件品类多、规格差异大，多品种小批量生产模式，设备适配难度高； 2.钢材焊接易产生形变，工件装配误差较大，传统机器人焊接工艺无法适配偏差工况； 3.构件焊缝复杂，圆弧、包角、过焊孔等异形节点多，常规设备焊接适配性、连续性差； 4.船舶焊接验收标准严苛，人工及传统自动化设备难以稳定满足船级社质量要求，返工率高。
项目应用核心技术点	1.搭载三维视觉系统，自主扫描识别焊缝与工件特征，免示教、免模型导入，自主规划焊接轨迹完成作业； 2.双焊接机器人搭配第七轴行走轴，可根据构件长短、尺寸灵活调节作业行程，适配多规格工件生产； 3.采用可移动自适应线体，可随工件规格调整设备宽度，适配柔性化生产需求。
解决方案	方案一：全自动一体化作业，完成构件自动续焊、整体焊接，适配大批量标准化构件生产； 方案二：专项精准焊接，聚焦构件端板焊接，适配异形、小批量定制化构件生产。
核心技术指标要求	1.3D 视觉自动识别焊缝，自动匹配焊接工艺，自动焊接； 2.工件换型调试速度快，适配多品种小批量生产场景；

	3.多设备协同运行，焊接精度稳定，完全符合船舶行业船级社质量认证标准。
项目成效及效益体现	1.焊接效率高，设备可长时间连续作业，船厂日均焊接产能可达 700-800 米，产能提升显著； 2.作业稳定性强，标准化焊接工艺，焊缝成型均匀美观，大幅提升焊接合格率； 3.生产成本优势显著：设备采购成本约一年即可回本；单人可同时值守多台设备，并支持多机协同运行，有效大幅降低人力投入与返工损耗。 4.适配性广，可兼容各类船舶小组立构件焊接，完美匹配行业多品种生产特性； 5.替代高危人工岗位，规避人员劳损、安全事故问题，彻底解决焊工短缺、人员不稳定等行业难题。
	

案例三	HECIN 合信 —— 诚信 合作 匠心 ——
案例名称	韩华海洋小组立智能装焊生产线案例
客户所属行业	船舶行业
客户需求点	韩华海洋作为全球头部船舶与海洋工程装备制造企业，针对烟台厂区 5DS 车间小组立构件生产升级，提出全流程自动化、数字化产线建设核心诉求： 1、产能扩容与节拍均衡需求； 2、柔性多品类生产需求；

	3、减人增效、改善作业环境需求； 4、焊接质量标准化管控需求； 5、全厂数字化打通需求； 6、高稳定性长寿命设备需求。
面临挑战	船舶小组立智能焊接生产线的落地，面临行业共性与场景专属的多重技术与落地挑战，具体如下： （一）行业共性挑战： 1、非标构件柔性适配难度大； 2、长线焊接工艺稳定性差； 3、人力与质量双重矛盾； 4、多设备协同控制复杂； （二）项目专属落地挑战： 1、车间场地约束； 2、多工位并行协同难题； 3、恶劣工况设备防护挑战； 4、全维度数据采集难度高。
项目应用核心技术点	4*6 段分区龙门协同技术，组立 / 长线焊 / 满焊分工作业；600KG 电永磁智能助力臂，实现工件翻转无坠落；97 米分段双向板链输送，单 / 多组联动运行；弹簧自适应柔性接地保障长线电弧稳定；西门子全域 PLC 总线控制，搭配 75 寸数字孪生大屏，实时采集焊机、设备、环境全量数据，预留 MES 对接端口。
解决方案	产线划组装、长线焊、手工焊、修补四大工位，配置组立、12 焊、22 焊三套分区龙门；8 组独立变频板链贯通全线，配套焊渣收集结构；组立工位搭载电永磁翻转助力臂，两套焊接龙门分长短焊缝作业；搭载集中电控与双模式操作台、无线平板；配套 75 寸数字孪生可视化系统，集成气体、温湿度监测，多重声光急停防护，交付含设计、安装、7 天连调、人员全套培训与 1 年质保服务。
核心技术指标要求	产线总长 97.1m，轨距 19.5m，适配最大 3.5m×23m 构件；龙门行走 0~12m/min，板链 0~7m 双向调速；助力臂负载 350KG，吊笼葫芦承重 250kg；整机设计寿命 20 年，适配 -15℃~40℃高湿车间；全线多重电气、机械安全连锁；焊缝成型符合 CCS 规范，设备稼动≥92%；大屏 1 秒刷新数据，

	支持工单、焊机、能耗全维度追溯。
项目成效及效益体现	一体化流水线消除转运等待，综合产能提升 180%，换型调试缩短 85%；自动化焊接降低 60% 高危焊工，人工、返修耗材成本显著下降；焊缝一次探伤合格率达 99.2%，完全满足船级社标准；数字大屏实现车间透明管控，故障排查效率提升 60%；设备综合稼动率由 75% 提升至 92%，打通生产数据孤岛，打造海工小组立少人化、数字化标杆产，投资回报周期约 2.2 年。
	

案例四	HECIN 合信 —— 诚信 合作 匠心 ——
案例名称	重磅板、吊耳结构件免示教智能焊接线
客户所属行业	船舶装备
客户需求点	对多种不同类型不同大小外形相识的工件进行自动化焊接
面临挑战	1. 工件种类多，大小差异性大； 2. 来料尺寸偏差大，焊接后容易出现焊偏、咬边现象；

	3.多层多道焊接时，需要进行适宜的焊道偏移，自适应补偿； 4.焊接完成后工件容易产生变形。
项目应用核心技术点	1.工件逆向建模技术； 2.工件坡口特征提取，点云生成； 3.焊接路径自动规划规划； 4.焊接工艺包自适应调取。
解决方案	采用大小相机组合进行免试教焊接 1.大量程激光线扫相机：初定位扫描及逆向建模 适用于大面积、复杂工件的初定位扫描和逆向建模，具有扫描范围广、速度快、精度高的优势，支持免示教在线编程，实现焊接轨迹和姿态的自动提取和在线设定。 初定位扫描：利用大量程激光线扫相机对工件进行全局初定位扫描，获取工件的完整表面点云数据。大量程激光线扫相机具备扫描范围广、速度快、精度高的优势，能够在较短时间内覆盖大面积工件，适用于大型复杂工件的初步定位和建模。 逆向建模：基于初定位扫描获得的点云数据，进行工件的三维逆向建模，生成高精度的三维模型。逆向建模过程能够精确还原工件的几何形状，为后续的工艺规划和在线编程提供数据支持。大量程激光线扫相机在逆向建模中的优势在于其高分辨率和高精度，确保了模型的准确性和细节表现。 免示教在线编程：在完成逆向建模后，系统能够自动进行焊接轨迹的提取和焊缝生成，无需手动示教，大大提升了编程效率。支持焊接姿态和焊接轨迹的在线设定和规划，实时调整焊接参数，以适应不同的工艺需求和工件特征。大量程激光线扫相机在在线编程中的优势在于其高效的数据采集和处理能力，确保编程过程的自动化和智能化。 2.小量程激光线扫相机：精定位及焊缝特征提取 用于焊接过程中关键区域的精定位扫描和特征提取，具有高分辨率和高精度的优势，能够实现焊缝寻位跟踪和坡口特征提取，优化焊接路径。 精定位扫描：利用小量程激光线扫精定位相机，对工件关键区域进行高精度扫描，获取详细的焊缝和坡口特征点云数据。小量程激光线扫相机具有更高的分辨率和精度，适用于精细特征的定位和提取，特别是在焊接过程中对焊缝和坡口的精准识别。

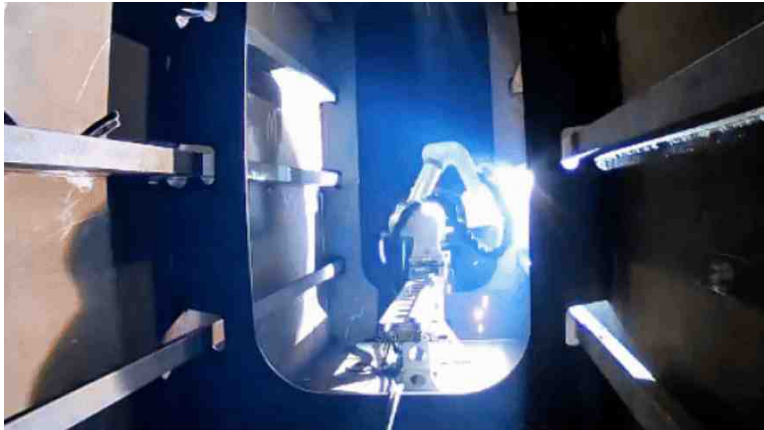
	焊缝寻位跟踪：基于初定位扫描的点云数据，通过相应的算法进行焊缝的寻位跟踪。小量程激光线扫相机能够实时捕捉焊接过程中焊缝的动态变化，确保焊接头始终在正确的位置进行焊接，提升焊接质量和精度。 坡口特征提取：通过精定位相机获取的高精度点云数据，进行坡口特征的提取，识别坡口的几何形状和尺寸。利用相应的算法分析点云数据，自动生成焊接路径和焊接参数，优化焊接工艺。小量程激光线扫相机在特征提取中的优势在于其卓越的分辨率和灵敏度，能够准确捕捉和识别细微的焊接特。 通过合理配置和使用大量程与小量程激光线扫相机，可以实现从初定位扫描到精细焊接的全流程自动化，提高生产效率和焊接质量。
项目成效及效益体现	该工作站（两套四台机器人）达到每年完成重磅板结构件 16600 件，满足每班设备利用率 85%，工作时间利用率 90%等产能和效率指标。该工作站实现 100%焊达率需求，焊后无需打磨，大大降低了人力成本，也改善了工人的工作环境投资回报周期约 2.5 年。





第三节 港机制造

案例一	F AIRINCO —法奥机器人—
案例名称	头部港机厂小件混流焊接应用案例
客户所属行业	港机制造行业
面临挑战	港机制造过程中，挡块、耳板、吊耳等小型结构件具有型号多、尺寸变化频繁等特点。传统工业机器人焊接方案通常依赖专用工装夹具和人工示教编程，每次产品切换都需要重新调整设备参数，导致换型周期长、生产柔性不足，难以满足多品种混流生产需求。
解决方案	针对小件结构件柔性焊接需求，法奥推出 AIRLab 移动轨道小件混流焊接解决方案，依托 AIRLab 具身智能平台与 3D 视觉感知技术，实现工件自主识别、精准定位和焊接轨迹自动生成。
项目成效	生产过程中，系统无需针对每种工件提前制作专用工装，也无需人工进行复杂编程，只需完成工件放置，即可通过视觉感知快速识别零件特征，自动生成焊接轨迹，实现识别一个焊接一个。同时，结合移动焊接轨道与柔性机器人协同能力，系统进一步拓展焊接覆盖范围，可快速适配不同尺寸、不同类型工件的混流生产需求，大幅降低换型成本，提高生产效率。
	

案例二	FAIRINO —法奥机器人—
案例名称	头部港机厂箱体焊接应用案例
客户所属行业	港机制造行业
面临挑战	陆侧岸桥作为港机核心承重部件，其箱体结构普遍采用厚板、高强度钢材焊接制造，焊缝质量直接影响设备运行安全与使用寿命。传统人工焊接长期面临高温、烟尘、狭窄空间等复杂作业环境挑战，尤其是在箱体内部等半封闭领域，作业人员劳动强度大、操作姿态受限，高温环境易导致焊接参数波动，造成焊缝质量不稳定。
解决方案	针对港机重型结构件焊接难题，法奥 AIRLab 移动轨道船舶焊接解决方案实现复杂环境下的稳定作业。通过智能工艺控制、精准轨迹规划及实时焊接状态调节，持续输出高一致性、高质量焊缝。在应用中，系统综合绝对定位精度 $\leq \pm 1\text{mm}$ ，满足大型结构件高精度焊接需求；柔性关节设计结合移动焊接轨道，实现机器人在狭小空间内灵活作业，突破传统设备空间限制，实现复杂箱体结构全方位无死角焊接。
项目成效	该方案不仅提升了港机核心结构件焊接的稳定性与一致性，也推动大型装备制造从“依赖人工经验”向“智能化精准制”升级。
	

第四节 工程机械

案例一	
案例名称	中国中铁：川藏线、甘肃中铁、南宁中铁智能化钢拱架生产线
客户所属行业	工程机械
客户需求点	随着我国高原地区道路施工，工人作业特别是技术工种对于工地缺口较大。为了减轻工人劳作强度及提高质量、提升效率，哈工现代新一代 3in1 智能焊接机器人在此场景成功替代焊工，实现现场工件高柔性生产。
面临挑战	1. 型钢冷弯尺寸，多样化； 2. 型钢冷弯变形误差较大，常规机器人焊缝追踪工艺难以满足； 3. 拱架弧径变化、长短差异变化大，适应性强，能覆盖不同弧径和长度的拱架。
项目应用核心技术点	1. 采用三维相机自动寻找焊缝，自动进行焊接技术； 2. 进口双焊接机器人配第七轴行走轴，可针对长短不同型钢进行调整； 3. 中空夹紧变位机实现 200° 旋转，双电机变位； 4. 可移动线体，做不同长短型钢拱架时跟随机器人宽度做调整。
解决方案	方案一：自动续焊、切断、端板上料、焊接； 方案二：自动续焊、切断、端板焊接； 方案三：自动端板焊接。
核心技术指标要求	1. 可独立工作，可相互通讯联动，主控电脑实时反馈工作情况； 2. 实现整体焊接，实现 200° 转向，完成整体焊接。
项目成效及效益体现	1. 焊接效率高； 2. 工作持续性高，工作稳定性强； 3. 投入成本相对低； 4. 有效兼容 4-9 米工件焊接； 5. 每天可工作 20 小时以上，每小时产出成品 10+ 根。无需担忧人员稳定性、人员工作劳损等问题。



案例二	HECIN 合信 —— 诚信 合作 匠心 ——
案例名称	智慧农机产业园水稻机械智能化焊接车间
客户所属行业	农业机械
客户需求点	改善侧板人工组装效率低、良品较差的现状；解决箱体钣金焊接变形、漏粮的质量缺陷；把控皮带导轮装配精度，降低农机工作时皮带跑偏、物料卡滞等设备故障，整体提升生产效率与成品合格率。
面临挑战	1. 侧板零部件规格繁杂，传统人工拼装模式生产效率低下，组装精度不稳定，成品良品率难以保障； 2. 粮箱箱体钣金件焊接后极易变形，频发箱体鼓包、焊缝间隙超标、粮食渗漏等质量问题； 3. 输送槽皮带导轮安装位置精度难把控，装配公差超标会引发皮带跑偏、物料卡滞、杂草堵塞等农机运行故障。
项目应用 核心技术点	1. 机器视觉定位技术 + 焊接机器人自动组焊技术； 2. 箱体电阻焊焊接工艺； 3. 皮带导轮专属定位装配工装。

解决方案	1. 视觉-焊接机器人协同作业，侧板实现全自动无人化组焊。依靠工业机器人搬运侧板工件，依托视觉系统实时完成工件定位、偏差校正，搭配自动焊接机器人完成全套焊接工序，全程无需人工干预； 2. 粮箱箱体采用电阻焊工艺，减小钣金焊接形变量，解决箱体鼓包、焊瘤等瑕疵，保障箱体密封性，杜绝漏粮隐患； 3. 配置侧壁张紧轴专用装配工装，精准固定各组皮带导轮位置，保障导轮互相平行，规避装配误差带来的设备故障。
项目成效及效益体现	解放人工、加快生产节拍，生产线自动化程度提升；工件焊接装配精度稳定，产品良品率上涨；箱体焊接变形问题得到根治，彻底改善漏粮缺陷；皮带导轮装配精度达标，农机作业故障大幅下降，产品整体品质升级。
	
	
	

案例三	HECIN合信 —— 诚信 合作 匠心 ——
案例名称	自动拼焊技术（剪叉高空作业车项目）
客户所属行业	工程机械
客户需求点	1. 臂架零部件种类繁多，传统人工划线、工装拼装组对效率低下，需提升整线组对生产效率；

	2.臂架属于核心受力结构件，组对尺寸、形位公差要求严格，需要统一组对精度，稳定成品质量； 3.需要标准化组对工艺，适配自动化、数字化升级； 4.减少人工重复高强度作业，降低人工依赖，改善车间作业环境，推进绿色智能制造落地。
面临挑战	1.臂架长短规格多、多品种小批量轮番生产，传统固定式工装通用性差，换型调试耗时久； 2.高强钢型材折弯存在微量形变，来料尺寸偏差不一，人工组对校正难度大，尺寸不良率偏高； 3.人工定位组对一致性差，后续焊接易出现错边、间隙超标，直接影响臂架结构强度与整机使用寿命； 4.产能扩张下用工成本持续上涨，依靠人工组对难以稳定控制生产成本。
项目应用 核心技术点	1.整站集成上下料料盘、自动化物流转运机构、伺服气动自动组对工装、搬运机器人、点焊焊接机器人等多元设备，采用统一主控系统实现多设备联动协同调度，打通上料、转运、定位组对、机器人点焊全工序时序衔接，消除各设备独立运行卡顿、动作干涉问题，保障整条线连续稳定自动化流转。 2.依托伺服可调模组、气动压紧机构，搭配测距、位置检测传感器，搭建闭环定位系统，实现剪叉车臂架自动组对、高精度定位，实时补偿工件来料形变、尺寸偏差，严格控制装配间隙与错边量，从源头规避尺寸不良问题。 3.搬运机器人负责工件转运、上下料抓取就位，焊接机器人搭载点焊焊枪执行拼接定位点焊；可搭配外部轴、变位机拓展焊接作业范围，二者配合完成臂架多角度、全长度无死角装配点焊，保障组对定型牢固可靠。 4.搭建剪叉车臂架专属标准化点焊工艺包，针对不同厚度高强钢工件差异化预设点焊电流、压力、焊接时长等参数，精准匹配高强钢材质特性，有效避免母材灼伤、虚焊、焊点脱落等缺陷，保障点焊临时固定强度。

	5.可对接车间 MES 管理系统，自动记录工装定位参数、机器人点焊数据、工件良品信息，生产数据全程可追溯，助力车间自动化、数字化智能制造转型。
解决方案	1.采用气动、伺服、检测等方式，实现工件的自动组对、精确定位，减少工件来料形变或尺寸偏差导致的质量问题； 2.工件上料落位后，工装自动定位压紧、机器人自动点焊固定，整套工序无需多人现场拼装、点焊，仅配置少量人员值守，大幅削减高强度装配、点焊岗位用工，降低人力成本与人员流动带来的质量波动； 3.整站采用组对+点焊同步完成，相比传统人工模式压缩单件加工时长，工位自动化率提升 50%以上，直接提升整条臂架产线产能； 4.六轴机器人搭载点焊焊枪，依托工装基准自动执行多点点焊，焊接参数标准化，点焊效果统一牢靠；辅以外部轴、变位机，实现臂架全长度、多角度无死角点焊；定制高强钢专属点焊工艺包，分板厚设定焊接参数，规避灼伤母材、虚焊脱落问题。
项目成效及效益体现	项目已实现批量规模化落地，率先在工程机械剪叉车臂架复杂多变的多品种生产场景推广智能化自动组对方案；协同装备制造企业攻克臂架组对精度差、换型慢、产能不足、人工成本高的痛点；大幅降低后续焊接返修率，臂架成品结构稳定性显著提升；加速企业生产线自动化、数字化、智能化转型，有效降本增效。





第五节 汽车

案例一	MEGMEET
案例名称	卡斯马的自动化焊接产线智能升级
客户所属行业	汽车行业
客户需求点	卡斯马（Cosma International）是全球汽车巨头麦格纳 Magna International 旗下全资一级事业部。麦格纳为世界 500 强、全球头部汽车系统供应商，业内被誉为“车界富士康”，拥有整车研发、整车代工能力（奔驰 G、宝马 Z4 等车型均由麦格纳代工），全球布局 27 个国家，300+制造基地。 卡斯马作为麦格纳核心底盘&车身结构板块，是全球领先的车身、底盘安全结构件一级 Tier1 供应商。主营副车架、控制臂、悬挂总成、车身高强钢结构件，配套奔驰、宝马、大众、通用、福特、新势力等国内外主流主机厂；具备材料开发、冲压、液压成型、自动化焊接、轻量化工艺一体化研发制造能力，底盘零部件属于整车安全关键件，焊接质量标准严苛，执行全球统一麦格纳质量规范。 卡斯马大量生产汽车底盘高强钢结构件，以多机器人集群自动化 MAG 焊为主，当下行业大环境新项目减少、产线技改、老旧产线升级改造需求激增
面临挑战	1.产线改造通讯适配难题。车间机器人品牌混杂，早期进口焊机通讯协议封闭、版本老旧，新旧设备改造对接成本极高、周期漫长，同时多条工位机器人近距离并行焊接，强电磁干扰容易造成通讯断连、信号延迟，引发起弧异常、电弧跟踪失效； 2.数字化工厂改造门槛高。车企要求焊接参数实时上传 MES、全程工艺追溯、工艺锁参。传统进口焊机数据接口受限，不支持本地信息化平台对接；数据采集功能选配昂贵，难以满足底盘安全件数字化管控要求；

	3. 高强钢焊接工艺固有挑战，540/600MPa 高强钢批量焊接，易出现熔深不足、未熔合、咬边；飞溅量大，焊后打磨成本高；冲压工件拼缝存在公差波动，容易产生烧穿、熔合不良；24 小时两班连续生产，对焊机持续稳定性要求严苛； 4. 技改项目预算收紧，方案灵活性要求高。产线改造不支持大规模整线更换设备，需要焊机兼容原有工装、线缆、机器人程序；客户追求投入可控、改造周期短、落地风险低，进口整套方案改造投入压力大； 5. 原有设备运维成本高、响应慢。备件采购周期长、价格昂贵；出现通讯故障、软件 bug，原厂技术支持排期久。技改项目大多利用停产窗口期实施，停机时间极其宝贵，长时间等待维修极易造成产线损失。
项目应用核心技术点	1. 开放包容的焊接信息化系统，大场景复杂组网应用，应对我方品牌焊机、它方品牌焊机、保护气体等不同设备要有不同的数据采集设备及采集方式； 2. 稳定可靠的机器人焊接应用方案，设备要有高度的稳定性、参数要严苛一致，应对复杂焊接工艺的灵活切换能够快捷切换 JOB 参数，应对不同长度的送丝线缆、功率线缆要有不同的保障方案；
解决方案	1. 开放式多协议通讯平台，完美适配产线技改升级。 麦格米特 Artsen Plus 系列具备全类型开放式总线通讯：原生支持 EtherCAT、Profinet、CANopen、Modbus 等主流协议，兼容市面上绝大多数机器人品牌。 1) 焊机内部菜单一键选择机器人型号，无需复杂二次开发； 2) 支持高速实时数据交互，完美匹配电弧跟踪、接触寻位功能；内置高压寻位，穿透工件表面油污、锈迹，适配底盘冲压件； 3) 抗电磁干扰通讯架构，多机器人集群同步焊接场景下，稳定避免信号漂移、通讯中断； 4) 无需额外加装昂贵协议网关，老旧产线技改可以最大限度沿用原有机器人、线缆布局，大幅降低改造成本与调试周期。 5) 原生对接 SMARC 焊接物联网平台，焊接电流、电压、故障数据实

	时上传 MES，轻松满足车企数字化追溯规范。 2.工艺性能保障底盘高强钢焊接质量 1) 全数字波形精准控制，脉冲低飞溅 MAG 工艺； 2) 稳定控制熔滴过渡，保证高强钢角焊缝、搭接焊缝稳定熔深，改善咬边、未熔合缺陷，满足底盘安全件探伤与疲劳测试标准； 3) 显著降低焊接飞溅，减少工件、工装附着飞溅，削减焊后打磨工序，降低导电嘴、喷嘴耗材损耗； 4) 内置自适应电弧算法，容忍冲压件装配间隙波动，减少烧穿、熔合不良问题；工业级硬件，高负载持续率，支撑产线全天候不间断量产。 3.本土化服务优势，适配现阶段大量技改项目。 当下新项目变少，产线技改成为主流，改造项目大多挤停产窗口实施，抢修、调试时效性至关重要： 1) 响应速度优势：国内本地化技术团队，区域就近支持，通讯调试、工艺优化、故障上门远快于进口品牌；不存在海外工程师排期、时差问题； 2) 维保与备件成本优势：整机、核心备件国产化供应链成熟，配件价格远低于进口焊机；无需漫长海外订货，备件本地常备；后期维修、软件升级费用透明，没有高额上门服务费； 3) 软件灵活迭代：针对现场通讯适配、工艺优化需求，可快速推送固件升级包，远程调试优化；进口品牌软件迭代周期长，很多定制化需求难以落地。
设备用量	超过 200 台高频能量控制 Artsen Max 系列机器人焊机
项目成效及效益体现	1.产线技改改造成本下降； 2.焊接生产良率提升，减少返工成本； 3.耗材消耗降低； 4.设备全生命周期运维成本优于原有焊机

5.对于新品开发，快速支撑车型迭代开发		
		

第六节 核电

案例一	HECIN合信 —— 诚信 合作 匠心 ——
案例名称	核电钢结构件 SC 焊接及打磨免示教具身智能项目
客户所属行业	核电行业
客户需求点	1.焊接及打磨作业自动化提升，免人工试教； 2.提高焊接打磨效率、合格率； 3.提高人工作业环境，降低职业健康风险。
面临挑战	1.核电 SC 结构件多为大型非标重型构件，体积大、重量大，需降低转运次数，常规自动化设备难以满足使用需要； 2.大型厚板构件需多层多道焊填充坡口，大热输入易引发焊接变形，焊枪易偏离预设轨迹，常规机器人难以实现焊缝实时跟踪修正。 3.焊接质量要求极高，需满足无损检测合格标准，自动化焊接的工艺参数适配、焊缝成形一致性控制难度大； 4.核电 SC 结构件表面曲面复杂多变，不同区域打磨余量、精度要求差异大； 5.打磨过程产生的大量金属粉尘易侵入自动化设备的传感器、运动机

	构，需额外配套高等级防护与粉尘回收系统。
项目应用核心技术点	1.SC 结构件焊接通过模型导入加 HECIN 免试教系统自动生成焊接轨迹； 2.SC 结构件焊接通过线激光传感器扫描焊缝位置，结合视觉处理算法对焊缝进行精确定位； 3.SC 结构件焊接后打磨通过 HECIN 参数化结合视觉系统自动逆向建模获取所需打磨点位置，并自动生成打磨运行轨迹；
解决方案	1.SC 结构件焊接 4 机器人协同作业，每个机器人配置 3 个外部行走轴，对应 X、Y、Z 轴，提高焊接效率，机器人配置线激光传感器； 2.SC 结构件打磨 2 机器人协同作业，机器人配置视觉相机； 3.所以设备标配防尘系统及打磨头标配打磨铁屑回收系统。
项目成效及效益体现	此焊接、打磨全自动流程相比传动人工作业效率提升 2-3 倍
 	

第七节 轨道交通

案例一	HECIN合信 —— 诚信 合作 匠心 ——
案例名称	中车资阳构架数字化生产线项目
客户所属行业	轨道交通
客户需求点	1、构架焊接站满足机车框架 9 种型号产品自动焊接。 2、侧梁焊接站满足 24 种型号产品自动拼点自动焊接，拼点缝隙小于 2mm。 3、横梁焊接站满足直梁 24 种、C 型梁 2 种、弯梁 4 种产品自动拼点、焊接。

面临挑战	1. 机车构架产品多样、复杂，生产换型频次高，兼容产品类型多少，夹具结构设计复杂。 2. 客户产品折弯角度误差 $\pm 5\text{mm}$，自动拼点夹具对工件的定位要求高。
项目应用核心技术点	1. 采用搬运机器人与桁架机器人相配，对不同重量的产品实现自动上下件。 2. 自动拼点采用激光检测拼点缝隙，对拼点直梁进行检测。 3. 采用离线编程技术，对机器人焊接姿态、焊枪可达性、工件运动轨迹、站内设备干涉区域进行全场景模拟验证 4. 信息化计算，实施监控机器人焊接参数（电流、电压、焊接速度、气体流量）焊接质量追根溯源。
解决方案	1. 柔性化工装通用设计，实现多产品兼容生产。本项目摒弃传统单一产品专用工装结构，采用柔性可调式工装整体设计思路。工装的定位、夹紧、限位结构具备大范围自适应调节能力，无需更换工装主体，即可适配多款同类型、不同规格工件的装夹需求。 各焊接站工装配置如下： ①构架焊接站：采用一款工装兼容所有构架 ②横梁焊接站：由于横梁种类繁多、特征差异较大，针对直梁、弯梁、C 型梁分别设计一款工装，三款工装兼容所有横梁产品 ③侧梁站：采用一款焊接夹具和一款拼点工装，兼容所有直梁产品 、模块化架构设计，快速换型、运维便捷 2. 整套工作站采用标准化、模块化系统架构，将装夹定位模块、焊接执行模块、搬运模块、检测辅助模块、电控模块独立拆分、标准化集成。产品换产时，仅通过局部模块快速替换与参数调用即可完成产线切换，无需重新整体调试设备、重构程序逻辑。极大缩短产品换型时间、提升产线柔性响应速度；同时模块化结构便于后期设备维护、故障排查、升级改造，系统稳定性与可扩展性大幅提升 3. 侧梁、横梁拼点采用搬运机器人与桁架机械手相配合，小件采用搬

	运机器人进行上件拼点，大件采用桁架机械手实现自动上下件，通过拼点夹具对折弯件进行压紧矫形，保证成品拼点尺寸一致性。
项目成效及效益体现	通过柔性工装、模块化设计、数字化仿真、自动组焊一体化、智能物流联动五大技术创新，本项目实现了多产品柔性生产、工艺质量稳定、换产效率高、运维成本低、安全无人化作业的整体优势，为中车后续同类焊接产线自动化升级提供了成熟、可复制、可推广的标杆方案，通过自动化项目的实施，人力成本减少 60%、产品合格率提升 80%



第八部分 趋势篇

第八章 智能焊接机器人发展与展望

第一节 市场机遇与挑战

一、机遇

1、政策支持力度加大

国家层面持续出台推动制造业智能化、机器人产业发展的政策文件，为智能焊接机器人产业营造良好的政策环境。《“十四五”机器人产业发展规划》明确提出要推动工业机器人向高端化、智能化发展，提升焊接等典型工艺的智能化水平；《“十四五”智能制造发展规划》将智能焊接机器人列为重点推广的智能制造装备方向。各地方政府也相继出台配套补贴政策，对企业购置智能焊接设备给予一定比例的财政补贴或税收优惠，直接降低企业智能化改造成本。

2、劳动力成本上升与技能工人短缺

人口结构变化背景下，焊接行业面临严峻的劳动力短缺困境。一方面，焊工职业具有高温、烟尘、弧光、高强度等特点，职业吸引力持续下降，年轻从业者占比逐年降低，焊工队伍老龄化趋势明显；另一方面，制造业整体用工成本持续攀升，熟练焊工月薪普遍过万元，且招工难度不断加大。根据人社部 2026 年数据，全国焊工缺口超 300 万人，高端焊接技术人才缺口 28 万人，熟练焊工平均年龄 45 岁以上，35 岁以下占比不足 20%。

劳动力成本上升与技能工人短缺的双重压力，倒逼企业加速焊接自动化、智能化转型，通过智能焊接机器人替代人工，不仅可以解决招工难问题，还能显著降低单位产品的人工成本，提升生产效率与质量稳定性。

3、技术进步与成本下降

近年来，智能焊接核心技术快速迭代成熟，产业链各环节成本持续下探，为大规模商业化应用创造条件。依托具身智能模型技术迭代，智能焊接机器人在决策算法、机器视觉两大核心领域实现重大技术突破；配套智能焊接控制算法持续迭代优化，免示教工艺成熟度提升。技术进步推动产品性能提升的同时，系统整体成本持续下降，智能焊接工作站的投资回收期从早期的 3-5 年缩短至 2-3 年，经济性显著改善，使得更多中小企业具备了智能化改造的

承受能力。

4、产品质量与一致性要求提升

下游行业升级**对焊接质量提出更高要求**。在高端装备制造领域，如轨道交通、航空航天、压力容器等行业，焊接质量直接关系产品安全性能，对焊缝成形一致性、内部缺陷率、焊接参数可追溯性等要求极为严格。

传统人工焊接受焊工技能水平、身体状态、情绪等因素影响，质量波动大，且难以实现全流程参数追溯。智能焊接机器人通过精准的参数控制与实时质量监测，保证焊缝的工艺和成形质量稳定，且焊接全过程数据可记录、可追溯，完全满足高端制造的质量管控要求。随着下游各行业质量标准持续提升，智能焊接的质量优势将进一步凸显。

5、制造业转型升级需求

中国制造业正处于从“制造大国”向“制造强国”转型的关键时期，智能制造是核心方向。焊接作为制造业的基础工艺，其智能化水平直接决定整条产线的智能化程度。在钢结构、船舶、工程机械等传统焊接大户行业，企业正加速推进数字化车间、智能工厂建设，对智能焊接装备的需求日益迫切。同时，海工装备、轨道交通等新兴产业的快速发展，也带来大量新增的高端焊接需求。**制造业整体转型升级的大趋势**，为智能焊接机器人提供了广阔的市场空间。

二、挑战

1、核心算法与工艺知识积累不足

智能焊接的核心竞争力在于算法与工艺知识库的深度积累。当前国内企业在**焊接工艺数据积累方面仍显薄弱**，尤其是针对高强钢、钛合金、铝合金等特种材料，以及厚板多层多道焊、空间曲线焊缝等复杂工艺场景，**有效工艺样本量不足**，导致智能匹配的参数推荐准确率有限。同时，焊接大模型、缺陷预测等前沿算法仍处于研发验证阶段，泛化能力与鲁棒性有待提升。

2、复杂工况适应性难题

实际工业现场焊接工况复杂多变，给智能焊接系统带来严峻挑战。工件方面，非标工件尺寸偏差大、坡口加工精度不一、装夹定位误差大；环境方面，车间烟尘、弧光干扰、强电磁干扰、温度湿度变化均可能影响传感器工作稳定性；工艺方面，不同材料、板厚、坡口形

式、焊接位置的组合千变万化。当前智能焊接系统在标准化程度较高的场景下表现良好，但面对极端复杂工况时，识别准确率下降、焊接质量波动，适应性仍有待提升。

3、焊接过程质量在线监控与精确控制瓶颈

焊接质量闭环控制是智能焊接的终极目标之一，但目前实现程度有限。一方面，焊接缺陷种类繁多，气孔、裂纹、未熔合、咬边等缺陷的形成机理复杂，且多数内部缺陷无法通过表面视觉直接观测，在线检测难度大；另一方面，焊接过程是强耦合的多物理场作用过程，电流、电压、速度、姿态等参数相互影响，建立精确的质量控制模型极为困难。当前已实现的在线监控多集中于焊缝位置跟踪与表面缺陷识别，对内部质量的实时感知与精确控制仍处于探索阶段。质量在线监控能力不足，使得智能焊接系统难以实现真正的“零缺陷”闭环控制。

4、顶尖人才短缺

智能焊接机器人是融合机械、电气、自动控制、软件编程、机器视觉、焊接工艺等多领域技术的高度集成化系统，对从业人员综合专业素养要求严苛。当前产业人才短板的核心矛盾在于高端算法人才争夺失衡：**人形机器人、通用具身大模型赛道企业行业热度更高、前景更受市场看好，对头部模型算法人才吸引力远高于智能焊接机器人企业**，行业顶尖第一梯队算法人才大多流向前者，造成智能焊接相关企业高端研发人才引进困难，成为制约行业人才供给的首要关键因素。

第二节 市场发展趋势

一、从通用工作站向行业专用解决方案演进

智能焊接机器人市场正从**"通用型工作站"向"行业专用解决方案"深化演进**。早期智能焊接产品多追求功能通用性，试图以一套方案覆盖多个行业，但不同行业的焊接工艺特点、工件特征、生产节拍差异巨大，通用方案难以做到最优适配。随着市场发展，头部企业开始深耕细分行业，针对钢结构、船舶、压力容器、工程机械等不同行业开发专用的智能焊接解决方案，在工艺知识库、焊缝识别模型、路径规划算法等方面进行行业定制化优化。

二、从单站向产线级整体方案升级

智能焊接的应用形态正沿着**"单机设备→标准工作站→柔性产线"**的路径持续升级，价值量与客户粘性同步跃升。当前市场主流仍以单工作站形式交付，解决单一工位的焊接自动化问题。但随着客户智能化改造深入，单点设备已无法满足整体生产效率提升的需求，企业开始追求**产线级的整体解决方案**，将智能焊接工作站与上下料、物流运输、检测、后处理等工序打通，实现全流程自动化。

产线级方案不仅包含多台智能焊接机器人，还集成 AGV 物流系统、变位机集群、智能工装、MES 系统对接等，实现工件从入厂到出厂的全流程自动化焊接生产。典型如钢结构智能焊接产线，可实现型钢上料、组立、焊接、校正、切割、下料全工序自动化，生产效率较单站模式实现高效提升。**从单站到产线的升级**，既是客户需求升级的必然结果，也是行业价值量扩容的核心驱动力。

三、出海与全球化布局加速

中国智能焊接机器人企业正加速出海，**全球化布局成为重要发展方向**。一方面，国内企业在本体制造、视觉算法、系统集成等方面的竞争力持续增强，产品性价比优势显著，在国际市场具备较强的吸引力；另一方面，全球制造业智能化转型浪潮下，海外市场对智能焊接装备的需求快速增长，东南亚、中东、欧洲、北美等地区市场空间广阔。

目前，国内头部智能焊接企业已开始通过设立海外办事处、发展当地代理商、参与国际展会等方式拓展海外市场。相较于传统工业机器人，智能焊接作为新兴赛道，国内外技术代差较小，中国企业依托国内庞大的应用场景快速迭代，在钢结构、船舶等细分领域的方案能力甚至具备国际竞争力。未来，出海将成为国内智能焊接机器人企业的重要增长极，**海外市场销量占比有望持续提升**。具备全球化服务能力的企业将在新一轮竞争中占据优势。

第三节 技术发展趋势

智能焊接机器人技术正处于多维度、全方位的迭代升级阶段，结合行业技术迭代规律与落地应用现状，未来产业技术发展将聚焦六大核心方向。

一、从规则驱动转向数据驱动新模式

行业技术从传统规则驱动模式转向数据驱动新模式。当前焊接智能模型多依托结构化工艺数据训练，工况适配泛化能力有限，**未来将融合焊接传热学、材料学、流体力学等物理机理知识与海量工业生产数据**，构建“机理+数据”双驱动的焊接大模型，大幅提升未知工艺场景下的参数推理与适配能力。

同时，技术端将持续深化**多模态数据融合**应用，整合视觉点云、熔池图像、电信号、声纹等多维度数据，实现焊缝状态、焊接异常的全方位智能感知，**摆脱对人工预设规则的依赖**。例如，结合点云焊缝形貌与熔池视觉特征，综合判断当前焊接状态并动态调整策略。

适配工业现场实时控制需求，行业将**逐步落地“云端训练+边缘推理+端侧控制”的云边端协同架构**，通过模型压缩、知识蒸馏等轻量化技术，**平衡 AI 智能决策能力与设备实时控制精度**，成为未来智能焊接的主流技术架构。

二、免示教自主焊接技术持续深化落地

彻底打破传统焊接机器人人工示教、反复编程的作业局限。现阶段免示教技术仍存复杂厚板焊接自动化程度低、工件偏差适配性弱等问题，**未来无图纸逆向建模技术将持续突破**，依托大视场高精度 3D 扫描与通用焊缝语义识别算法，实现无序摆放工件的全自动扫描、焊缝识别、路径规划与焊接作业，全程无需人工干预，适配钢结构、工程机械等非标工件生产场景。

厚板焊接是免示教技术的硬骨头，多层多道焊需要精确计算每一道的焊道位置、摆幅、工艺参数，且层间温度控制、变形补偿等因素相互耦合。**当前多数方案仍需人工设定焊道层数与排布方式，全自动程度有限。**针对厚板焊接行业痛点，未来多层多道焊将基于坡口截面实时扫描结果，动态生成每一层每一道的最优焊接参数，实现“扫到哪、焊到哪、自动层间堆高”的全自主厚板焊接。同时结合焊接热变形预测模型，主动调整焊道顺序与参数以抵消焊接变形。

实际生产中工件尺寸偏差、装夹偏差、坡口加工偏差普遍存在，是免示教落地的主要障碍之一。**未来技术发展将重点提升系统的偏差自适应能力：**通过扫描获取工件实际形貌后，

系统自动判断偏差类型与程度，动态调整焊接策略——间隙变大时自动增加摆幅与热输入，错边时自动调整焊枪对中位置与角度，坡口形状变化时自动重新规划焊道排布。

三、多模态融合感知与质量全链智控

构建**焊接全过程闭环质量管控能力**。当前焊接感知系统多为“视觉主传感器+辅助信号”的松散组合，各模态数据独立处理。未来向深度融合方向发展：在数据层面，实现视觉、激光、力觉、电信号、声纹等多源数据的时空精准同步与特征级融合，**利用不同模态信息的互补性提升复杂工况下的感知准确率**。例如，在高反光材料焊接时，视觉信号受干扰，可通过力觉与电信号交叉验证焊缝位置；在封闭空间焊接时，声发射信号可补充视觉无法观测的背面熔透信息。

在**质量检测层面**，**技术突破将实现从表面缺陷检测向内部质量检测延伸**，通过多光谱熔池成像、超声相控阵在线检测、声发射缺陷识别等技术组合，实现气孔、未熔合、裂纹等内部缺陷的实时在线检测，替代传统人工抽检模式。在此基础上，**感知数据将与智能控制系统深度联动**，当系统检测到质量异常先兆时，自动触发工艺参数调整或焊接路径修正，将缺陷消除在萌芽状态。同时，每一道焊缝的完整工艺数据、过程监测数据、质量评估数据都将自动存入质量数据库，形成全生命周期可追溯的质量档案。形成“事前预判、事中纠偏、事后追溯”的全链路质量管控体系，推动**焊接质量管控从经验化向数据化、智能化转型**。

四、数字孪生与虚实融合技术普及

早期数字孪生主要用于离线编程的碰撞检测，功能相对单一。当前正向“**离线编程-虚拟仿真-工艺验证-参数优化**”一体化方向发展：在孪生环境中不仅可以规划焊接路径，还可以模拟焊接热输入、预测焊接变形、评估残余应力，辅助工艺工程师在虚拟环境中完成完整的工艺方案设计与验证。通过仿真预先发现工艺问题、优化参数，可大幅减少现场调试的试错次数与材料浪费。

依托 5G 与边缘计算技术，实时数字孪生技术将实现物理产线与虚拟模型的 1:1 同步映射，管理人员可远程实时监控设备运行状态、焊接进度与质量情况，同时支撑虚拟调试、远程运维等增值服务，降低企业运维成本。此外，Sim2Real 仿真迁移技术将持续成熟，通过仿真环境批量生成焊接样本与缺陷数据，弥补工业现场缺陷样本稀缺的痛点，结合域适应算法优化模型迁移效果，大幅降低 AI 算法训练成本与周期。

五、多机协作与移动焊接技术升级

拓展智能焊接的作业边界与场景适配能力。当前双机协同焊接已相对成熟，但四台及以上的多机集群协同仍面临调度复杂、避碰困难、效率优化空间大等问题。未来技术升级方向包括：一是智能任务调度算法，基于整体焊接任务量自动分配各机器人的作业区域与焊接顺序，**全局优化生产节拍**；二是动态避碰规划，多机器人在共享空间内实时运动规划，自动避让，无需人工预设安全区域。

针对大型工件、现场焊接等固定工位无法适配的场景，**移动式智能焊接机器人自主作业能力将持续增强**，融合 SLAM 自主导航、智能焊缝识别技术，实现设备自主移动、自主对位、自主焊接、自主归位，适配船舶建造、钢结构现场安装、大型压力容器制造等特殊场景。

同时，机器人本体与变位机、地轨、升降轴等外部轴将实现多轴联动协同控制，统一轨迹规划与姿态调控，实现复杂空间焊缝的连续稳定焊接，减少工件装夹次数，提升复杂工件焊接效率与质量。

第四节 产品发展趋势

一、模块化与可扩展性架构

智能焊接机器人产品正**向模块化、可扩展的架构方向演进**，以灵活应对多样化的客户需求。传统一体化设计的产品难以兼顾不同行业、不同规模客户的差异化需求，而模块化架构通过将系统拆解为标准化功能模块，客户可**按需选配、灵活组合**，既降低入门门槛，又支持后续升级扩展。

1、硬件模块化

将感知模块（激光传感器/3D 相机）、控制模块、焊接电源模块、机器人本体模块、变位机模块等设计为标准化可插拔单元，接口统一。客户可**根据预算与需求选择不同配置**——基础版配置单激光传感器实现焊缝跟踪，进阶版增加 3D 大线扫实现无图纸逆向建模或增加熔池相机实时在线监控焊接状态。

2、软件功能模块化

智能焊接软件系统采用功能模块化设计，焊接路径规划、多层多道焊、工艺参数库、质量检测、数据报表等功能以独立插件形式存在，客户可**按实际需求开通对应功能模块，按模块付费**。软件模块化降低了客户的初始采购成本，也为厂商创造了持续的软件服务收入。

3、部署形态灵活扩展

支持从单工作站向多机产线的平滑扩展。客户初期可先采购单站验证效果，后续扩产时直接追加工作站并接入统一调度系统即可，无需更换整体方案。模块化架构的可扩展性保护了客户投资，降低了决策风险，是推动中小企业客户尝试智能焊接的重要产品策略。

二、易用性持续提升

降低使用门槛、提升产品易用性是智能焊接机器人产品普及的关键。当前智能焊接系统操作仍相对复杂，需要专业技术人员调试维护，限制了在中小企业的推广。未来产品将围绕**"让普通焊工也能轻松使用"**的目标，持续提升易用性。

1、操作界面简化与图形化

告别复杂的参数代码与专业术语，采用图形化、拖拽式的操作界面。焊工只需在触摸屏上点选焊缝、选择材料与板厚，系统自动生成焊接方案，一键启动焊接。常见工艺场景预制

为标准模板，用户直接调用即可，无需从零配置。针对行业典型工件，还可提供专用的 App 式操作入口，进一步简化操作流程。

2、自动调试与自校准能力增强

减少对人工调试的依赖。传感器自动标定、机器人工具坐标系自动校准、焊缝自动寻位等功能不断完善，系统上电后可自行完成大部分校准工作。针对新工件，系统通过扫描自动识别焊缝并生成程序，无需专业工程师离线编程。自调试能力的提升将大幅缩短新工件上线时间，降低对专业技术人员的依赖。

3、AI 辅助运维与故障自诊断

集成智能运维助手，设备出现异常时**自动诊断故障原因并给出解决方案建议，甚至自动修复**。常见问题如传感器污染、参数漂移、通信异常等，系统可自动检测并提示操作人员处理步骤，无需等待专业工程师到场。AI 辅助运维显著降低了设备维护难度，提升了客户的使用体验与设备稼动率。

三、远程运维与预测性维护普及

智能焊接产品的服务模式正从传统的**"故障报修-上门维修"被动模式**，向**"远程监测-预测维护"主动模式**升级，提升设备可用性，降低客户全生命周期运维成本。

1、远程运维平台

通过工业物联网将现场设备接入云端运维平台，厂商可远程查看每台设备的运行状态、焊接参数、故障报警等信息。**大部分软件问题、参数调整问题都可远程解决**，无需工程师上门，响应速度从"天级"提升至"小时级"。远程运维还支持远程程序升级、工艺包更新，持续为客户优化产品性能。

2、预测性维护

基于设备运行数据与 AI 算法，预测性维护系统可实时评估关键部件的健康状态，**提前预警潜在故障，在故障发生前安排计划性维护**。例如，通过分析伺服电机的电流波形变化预判减速机磨损趋势，通过监测传感器信号噪声预判镜头污染程度。预测性维护将非计划停机转化为计划内检修，显著提升设备稼动率，降低生产损失。对于产线级客户，减少意外停机带来的价值尤为显著。

关于我们：

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

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

高工咨询服务矩阵：



联系我们：

深圳市高工咨询有限公司

地址：深圳市南山区蛇口网谷万海大厦 A 座 401-402

电话：0755-26981898

邮箱：sn.luo@gaogong123.com 或 bz.cai@gaogong123.com

联系我们：

高工机器人产业研究所 (GGII)

电话：15017556468

邮箱：bz.cai@gaogong123.com



高工机器人
官方微信号



高工人形机器人
官方微信号