



2025

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

3S ROBOTICS 冠视唯盛

MOKA 摩卡

JH 集萃智造
JIYU INTELLIGENT MANUFACTURING

MEGMEET
WELDING TECHNOLOGY

敏越科技

蕴硕物联
AIoT Engine Within

XJCS SENSOR
鑫精诚传感器

版权声明

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

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

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

GGII



序言

受益于国内制造业转型升级的持续深化，叠加焊接劳动力短缺、用工成本攀升等多重因素影响，智能焊接机器人的需求持续攀升。从下游应用领域看，汽车及汽车零部件行业仍是传统焊接机器人的首要应用场景，而在钢结构、船舶、隧道桥梁及能源等领域，由于标准化程度低且焊接工艺占生产流程比重高，行业对智能化焊接解决方案的必要性已形成广泛共识。

钢结构及船舶行业的小批量、多样化、非标化生产特性，导致传统手工焊接效率低下且质量稳定性不足，而传统示教型编程耗时冗长，其依赖人工操作的局限性日益凸显，已难以满足现代制造业对高效、灵活与智能化生产的核心诉求。

随着焊缝跟踪、信息传感、离线编程、智能控制、人工智能等技术的迭代突破，焊接机器人的智能化水平迎来显著提升。通过搭载激光传感器与 3D 视觉系统，智能焊接机器人可精准识别焊缝位置、尺寸及形状特征，实现焊接路径的自主规划，推动焊接技术向“免示教”方向演进。当前，焊接机器人正经历从传统示教型向“免编程”、“免示教”型的深刻转型。智能焊接解决方案（如智能焊接机器人、自动化焊接工作站及集成视觉传感的智能系统）不仅能够提升焊接效率与质量稳定性、降低工人劳动强度，更能有效改善作业环境并减少职业健康危害。此外，智能化技术有望缓解焊工资源短缺问题，通过降低对熟练焊工的依赖，保障焊接作业的连续性与稳定性。

相较于传统示教型焊接机器人，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、机器视觉、传感器技术、自动化控制和软件工程。目前来看，智能焊接机器人尚处于发展早期阶段，入局者正持续增加，在众多细分领域已陆续有相关批量化落地案例。GGII 判断，未来几年智能焊接将有望进入快速发展期，届时将涌现出诸多优秀的系统方案商、机器人厂商、传感器厂商等。相较于传统示教型设备，智能焊接机器人是融合机器人技术、人工智能、机器视觉、传感器技术、自动化控制与软件工程的高度集成化系统。当前，智能焊接机器人仍处于发展初期，市场参与主体持续增加，在钢结构、船舶、隧道桥梁和能源等细分领域已形成批量化落地案例。高工机器人产业研究所（GGII）判断，未来几年智能焊接技术将进入快速发展期，并催生一批具备竞争力的系统方案商、机器人本体厂商及传感器供应商。

高工机器人产业研究所（GGII）数据显示，2024 年中国市场焊接机器人销量达 5.25 万台，同比增长 12.9%；预计 2025 年销量将增至 5.75 万台，同比增长约 9.5%。相较于传统焊



接机器人，智能焊接机器人增速有望领跑。GGII 基于技术演进、市场需求及政策环境综合预测，中国智能焊接机器人销量将从 2024 年的 0.43 万台增长至 2030 年的 3.73 万台，2025-2030 年复合年均增长率（CAGR）将突破 43%。

从产业现状看，中国智能焊接机器人已在钢结构、船舶、隧道桥梁、能源等领域实现规模化应用，且在上述行业中渗透率持续上升，呈现出显著的积极发展态势。这将为智能焊接机器人的大规模应用创造有利条件。然而智能焊接机器人要达到大规模商业化应用的程度，还需克服诸多技术与非技术难题。

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）和所有参编企业真诚地祝福每一家志向远大的企业都能制定出高质量经营决策，不断获得新的成长和成功！

感谢以下联合参编单位（排名不分先后）：

上海昇视唯盛科技有限公司
芜湖摩卡机器人科技有限公司
江苏集萃智能制造技术研究所有限公司
深圳市麦格米特焊接技术有限公司
北京敏越科技有限公司
蕴硕物联技术（上海）有限公司
深圳市鑫精诚传感技术有限公司



目录

版权声明 2

序言 3

第一部分 基础篇..... 9

第一章 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..... 13

 第三节 智能焊接机器人 vs 传统示教焊接机器人..... 16

第二部分 产业链篇..... 18

第二章 智能焊接机器人产业链分析..... 18

 第一节 智能焊接机器人产业链概述..... 18

 第二节 智能焊接机器人系统核心模块分析..... 20

 第三节 中游系统集成..... 23

 第四节 智能焊接机器人生态地图..... 24

第三部分 市场篇..... 26

第三章 智能焊接机器人市场概况分析..... 26

 第一节 全球智能焊接机器人市场概况及趋势分析..... 26

 第二节 中国智能焊接机器人市场概况及趋势分析..... 29

第四部分 技术篇..... 39

第四章 技术发展分析..... 39

 第一节 核心技术发展分析..... 39

 第二节 智能焊接机器人技术专利分析..... 45

 第三节 国内外企业技术现状与差距分析..... 47

第五部分 应用篇..... 49

第五章 智能焊接机器人产业化应用分析..... 49

 第一节 钢结构行业..... 49

 第二节 船舶行业..... 51

 第三节 其他潜力行业..... 52

 第四节 总结..... 54

第六部分 前景篇..... 56



第六章 智能焊接机器人发展与展望	56
第一节 智能焊接机器人市场发展展望	56
第二节 智能焊接机器人技术发展趋势	58
第七部分 企业篇	61
第七章 参编企业介绍	61
第一节 昇视唯盛	61
第二节 摩卡机器人	69
第三节 集萃智造	75
第四节 麦格米特	83
第五节 敏越科技	92
第六节 蕴硕物联	98
第七节 鑫精诚传感器	111
第八部分 案例篇	116
第八章 智能焊接机器人典型应用案例	116
第一节 钢结构行业	116
第二节 船舶制造业	124
第三节 工程机械	127
第四节 汽车及零部件	137
第五节 轨道交通	138



图表目录

图表 1	焊接的分类.....	9
图表 2	焊接机器人分类、特点及主要应用.....	10
图表 3	智能焊接机器人系统构成.....	12
图表 4	协作机器人与传统工业机器人产品特点对比.....	13
图表 5	智能焊接机器人不同传感器类型特点对比.....	15
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.....	18
图表 8	2024 年智能焊接机器人系统成本结构占比情况（单位：%）	19
图表 9	智能焊接机器人生态地图.....	24
图表 10	智能焊接机器人产业链代表企业地区分布情况.....	25
图表 11	2017-2025 年全球工业机器人销量增长趋势及焊接机器人占比(单位:万台,%)	26
图表 12	2022-2030 年全球智能焊接机器人市场销量及预测（单位：万台，%） ..	27
图表 13	2022-2030 年全球智能焊接机器人市场规模及预测（单位：亿元，%） ..	28
图表 14	焊接机器人本体主要代表厂商.....	29
图表 15	2016-2025 年中国焊接机器人销量及预测(单位：万台，%)	30
图表 16	2022-2030 年中国智能焊接机器人市场销量及预测(单位：万台，%)	31
图表 17	2022-2030 年中国智能焊接机器人市场规模及预测（单位：亿元，%） ..	31
图表 18	线激光焊缝跟踪传感器和 3D 结构光相机特点对比.....	32
图表 19	2022-2030 年中国智能焊机器人视觉/激光跟踪系统市场规模及预测(单位：亿 元).....	33
图表 20	2022-2030 年中国智能焊机器人控制系统市场规模及预测(单位：亿元) .	34
图表 21	2022-2030 年中国智能焊机器人用焊接电源市场规模及预测(单位：亿元)	35
图表 22	中国市场内外资机器人焊枪代表厂商.....	36
图表 23	2022-2030 年中国智能焊机器人用焊枪市场规模及预测(单位：亿元) ...	36
图表 24	国内外机器人离线编程软件主要企业及产品.....	37
图表 25	2022-2030 年中国智能焊机器人离线编程软件市场规模及预测(单位：亿元)	38



图表 26 焊接机器人智能化技术发展路径..... 39

图表 27 智能焊接流程与所用到的关键技术示意..... 40

图表 28 2015-2024 年中国焊接机器人相关专利申请情况（单位：件，%） 45

图表 29 2015-2024 年中国智能焊接机器人相关专利申请情况（单位：件，%） .. 46

图表 30 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..... 47

图表 31 2017-2024 年中国钢结构产量及增长率（单位：万吨，%） 49

图表 32 2017-2024 年及 2025 年上半年中国造船三大指标增长情况(单位：万载重吨，%)..... 51

图表 33 智能焊接机器人下游应用行业特点及发展机会..... 54

第一部分 基础篇

第一章 定义与分类

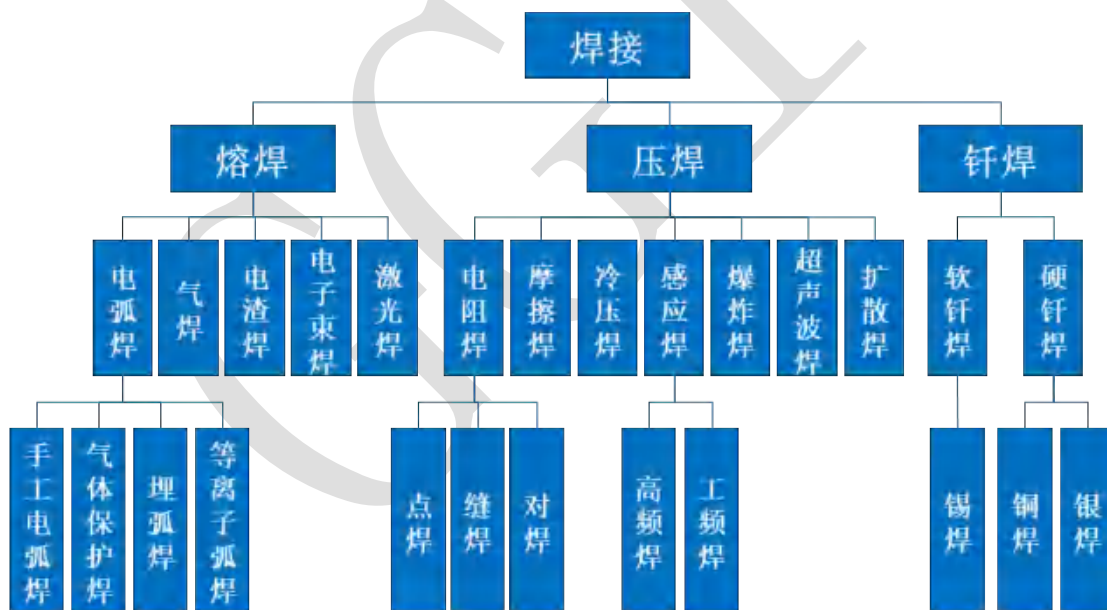
第一节 智能焊接机器人的定义

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。

焊接一般分为以下三大类：

- 1) **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。
- 2) **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。
- 3) **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链接焊件。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。

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

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。

通常来说，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、自动送丝装置等部分组成。

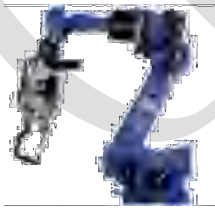
根据不同的焊接工艺分类，焊接机器人主要包括点焊机器人、弧焊机器人、激光焊接机器人以及搅拌摩擦焊机器人等。常见的焊接机器人包括点焊机器人和弧焊机器人，合计占比约 90%。其中：

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	焊接技术	图示	特点	主要应用
传统焊接	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。

新型焊接	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，可以利用人工智能技术进行自我诊断、自我纠错等，以提高焊接效率和精度，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

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的路径。
- ✓ 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。

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

智能焊接机器人是一种具备高度自动化和智能化的焊接设备，它结合了先进的机器人技术和智能化技术，以实现高效、精确的焊接作业。智能焊接机器人不仅能够在没有人类直接操作的情况下完成焊接工作，而且还具备自我控制和智能决策的能力，能够根据焊接过程中的实际情况进行实时调整和优化，从而提高焊接质量和效率。

智能焊接机器人的特点包括：

高自动化程度：智能焊接机器人能够自主完成焊接任务，减少人工干预，提高生产效率。

高精度和高稳定性：通过先进的控制系统和传感器技术，智能焊接机器人能够实现高精度的焊接，保证了焊接质量的一致性和可靠性。

智能化决策：具备自我优化路径的功能，能够根据焊接材料的特性、厚度等因素自动调整焊接参数，实现最佳的焊接效果。

适应性强：智能焊接机器人能够适应不同的焊接需求，通过更换不同的焊接头或调整参数，可以完成多种焊接任务。

高安全性：通过精确的控制和监测，智能焊接机器人能够减少操作过程中的安全隐患，保障工作人员的安全。

第二节 智能焊接机器人的分类

一、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常见的一种机器人结构，广泛应用于各种工业生产领域。在焊接领域，采用六轴工业机器人作为本体结构已有多年的应用历史，具有技术和工艺成熟，可靠性高的特点。采用六轴的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。其次，六轴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。

协作机器人是工业机器人领域新的分支，与传统的工业机器人相比，协作机器人更强调安全性、易用性和灵活性，它们能够适应各种工作场景，通常价格更低，体积更小，对人类来说更安全。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。

图表 4 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

随着焊接产品对高质量、多品种/小批量等要求日益提升，对焊接机器人本体的要求越来越高，而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。同时，协作机器人与人工智能、物联网和其他先进技术的融合将推动焊接智能化向更高层次发展。

协作机器人凭借其独特的优点，正在成为解决现代焊接挑战的重要工具，尤其是在那些追求高灵活性、高精度和高柔性的制造环境中。

二、基于不同传感器类型的分类

在机器人焊接智能化的过程中，实现智能化的关键点在于传感器、机器视觉技术的应用。实现智能化焊接需要对机器人焊接系统进行二次开发，通常包括给焊接机器人配置适当的传感器，柔性周边设备以及相应软件功能，如焊缝寻位、焊缝跟踪、焊接过程传感与实时控制以及焊接任务的离线规划与仿真软件等。

这些功能大大扩展了基本示教再现焊接机器人的功能，从某种意义上讲，这样的焊接机器人系统已具有一定的智能行为，但其智能程度的高低由所配置的传感器、控制器以及软硬件所决定。目前，这种焊接机器人智能化系统已成为发展趋势。

实现焊缝自主跟踪是机器人焊接智能化的关键。机器人进行焊缝跟踪的基础主要基于传感技术，目前智能焊接机器人采用较多方案主要以激光传感和视觉传感为主。

图表 5 智能焊接机器人不同传感器类型特点对比

	视觉传感	激光传感
基本原理	利用结构光投影或相机捕捉图像，通过图像处理算法识别焊缝特征，提供焊缝三维信息，辅助机器人进行路径规划。	基于激光三角测量法发射激光束并接收反射光，实现焊缝的高精度测量，提供焊缝深度、宽度等信息。实时监测焊接位置和状态，能够自动调整焊接路径。
所需硬件	3D 相机	激光视觉传感器
应用场景	识别、寻位	跟踪、寻位、纠偏
技术特点	效率高、部署调试方便、编程相对简单	精准度高、适用于复杂焊缝的跟踪
工作环境	可以在恶劣的环境中工作，如高噪声、高粉尘等，易受到太阳光、强光干扰。	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。
适用工件	适用于各种形状和尺寸的焊件	特别适用于对精度要求高的焊件
技术成熟度	技术不断发展，逐渐成为焊接自动化的重要技术。	技术相对成熟，在某些应用领域还在不断完善。

资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

智能焊接控制系统基于传感器提供的实时数据，调整焊枪的位置和姿态，确保焊缝跟踪的准确性。不同的传感技术各有优缺点，取决于具体的应用场景和对焊接精度、速度和成本的要求。随着技术的发展和成本的下降，未来智能焊接机器人可能会结合多种传感技术，以达到最佳的焊接效果。

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发展成“免示教”型，这一过程伴随着智能化水平的不断提高。因此，智能焊接机器人与传统示教型焊接机器人在技术特性、操作方式、适应能力和智能化水平上存在显著的区别。

传统示教焊接机器人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。当开始自动焊接时，机器人会严格按照示教的路径和参数进行操作，重现操作者的动作，实现精准的焊接。

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，大大提高了生产效率和灵活性。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，具有更强的灵活性和适应性。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，未来的焊接机器人可能会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
工作模式	示教+工装夹具	2D+3D 智能识别，智能焊接
编程模式	机器人工程师进行人工编程	离线编程，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
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
灵活性与适应性	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。
适应场景	标准化，大批量场景，如汽车	非标化，小批量、复杂化的柔性生产场景，如钢构
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。
成本与投资回报	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。

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 智能焊接机器人产业链概述

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的机器人整机所需关键零部件、智能焊接控制系统、3D 视觉/激光焊缝跟踪系统、离线编程软件及焊枪、焊接电源、变位机等配套设备，中游的系统集成商以机器人系统为核心进行集成开发，最终以智能焊接机器人工作站或智能焊接机器人生产线等成套设备的形式投入下游生产。

从下游应用来看，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。

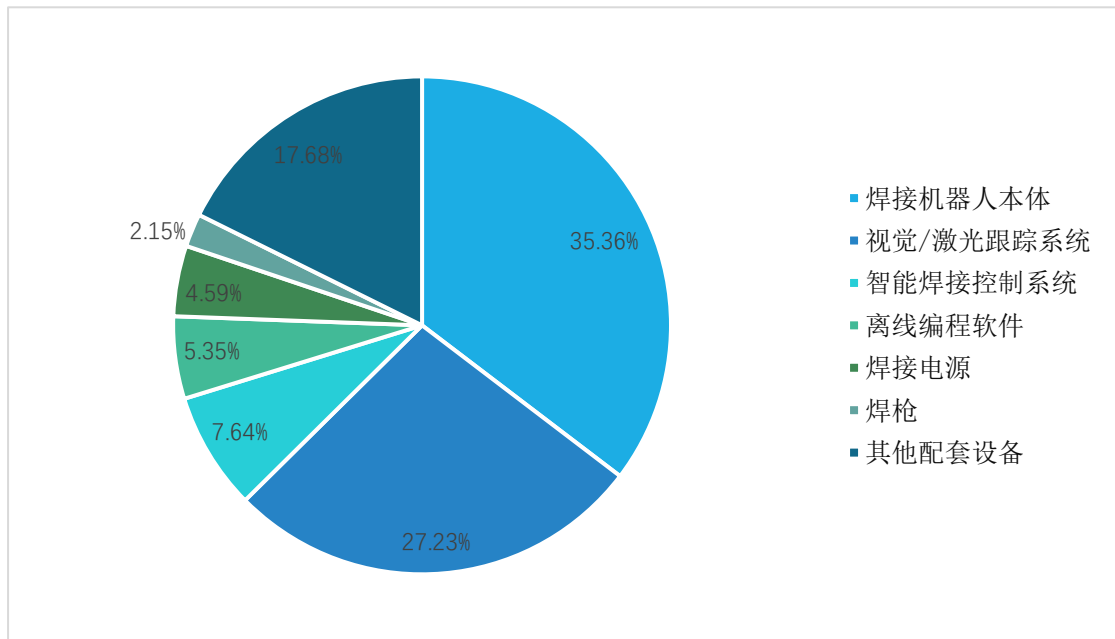
图表 7 智能焊接机器人产业链构成



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构成来看，机器人本体和视觉/激光跟踪系统是成本比重较大的两个部分，2024 年合计占比超过 60%。其次是智能焊接控制系统、离线编程软件、焊接电源、焊枪等。

图表 8 2024 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。

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。

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。

一些先进的系统同时结合了激光传感器和 3D 相机来识别焊缝，利用摄像头和图像处理及算法技术，系统能够识别焊缝的位置、尺寸和形状，达到自动规划焊接路径，实现“免示教”焊接。通过深度学习、模式识别和优化算法，系统能够分析焊接任务，自主决定焊接参数，如焊接速度、电流、电压等。智能焊接控制系统缩短了准备时间，提高了生产效率，特别适合小批量、多品种的生产环境。

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。一般面对小批量、非标件的焊接，需要机器人具备识别和自主规划焊接路径的能力，而智能焊接控制系统是决定机器人识别和自主规划能力的核心。

三、视觉传感&焊缝跟踪系统

在焊接作业中，通过传感器实时采集工件图像，根据焊缝类型采用相关算法对图像进行处理，找到跟踪点，随后将实时位置偏差信号反馈给焊接机器人控制器，机器人根据反馈信

号即时调整自身姿态使焊枪的中心点始终与焊缝对齐，以实现焊缝的实时跟踪。

焊缝跟踪技术是焊接过程纠偏的重要途径，机器人进行焊缝识别跟踪的基础是传感技术，目前主要的实现方式分为视觉传感、激光传感等。

视觉传感器的成像原理与 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。

激光传感器的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，然后经过漫反射后，激光轮廓在 CCD 或 CMOS 传感器上成像。然后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，用于修正焊接轨迹或者引导焊接，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。

四、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。

随着技术的进步和市场需求的变化，焊接电源需要不断提升其性能、可靠性和智能化水平，以满足不同行业对高质量焊接的需求。同时，焊接电源与焊接机器人技术之间的紧密协作也将促进整个焊接系统的优化，从而提高焊接效率和质量。

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，同时麦格米特连续多年蝉联中国弧焊机器人焊接电源市场份额第一，其产品在性能、稳定性等方面获得了市场的广泛认可。

五、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。

六、离线编程软件

目前，机器人编程方式可分成是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，通过自研离线编程软件的外资机器人本体厂商主要有 RobotStudio（ABB）、KUKA Sim Pro（KUKA）、Roboguide（FANUC）、MotoSim（YASKAWA）、FD on Desk（那智不二越）、RoboPlan（CLOOS，埃斯顿收购）等以及国产的本体厂商 CrobotpSim（卡诺普）、Estun Studio（埃斯顿）、InteRobot（华数机器人）等。

第三方离线编程软件供应商主要有 RobotMaster（加拿大）、RobotWorks（以色列）、RoboMove（意大利）、RobotCad（德国）、PQArt（中国华航唯实）、柏楚电子、敏越科技、智流形、越擎科技等。

第三节 中游系统集成

工业机器人系统集成是以工业机器人为核心,对工业机器人进行二次应用开发并集成配套设备,为终端客户提供满足其特定生产需求的非标准化、个性化成套工作站或生产线。

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联接、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。

焊接机器人工作站的构成主要包括焊接机器人、保护装置、焊接电源、焊接工具、传感器系统、控制系统、工作台和辅助设备等方面。我国焊接机器人大批量应用始于汽车制造行业,并陆续扩展到工程机械制造、钢结构制造、船舶制造、金属加工制造及其他一般工业等领域。

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较高。目前,国内下游应用集中在钢结构、船舶行业、汽车零部件、金属加工及部分重工行业,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

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 哈工智能 江苏北人	全视智能 中船鹏力智能 博智慧达 微视传感	微视传感 中船鹏力智能 明图智能	CLOOS 肯倍	特尔玛 常州全球 日皓焊切 世帝保 中纳焊接 东金	越擎科技 埃斯顿 那智	南京合信 江苏北人 英尼格玛 华恒焊接等
上海	发那科 安川 ABB 库卡 钱江 图灵 柴孚 新时达 中科新松	柏楚电子 库卡 蕴硕物联*	/	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	昇视唯盛 大界 上海君屹 中巽科技 鑫燕隆等
浙江	钱江 凯尔达 哈工现代	哈工现代	/	海康机器人	凯尔达	/	/	凯尔达 固建 万丰科技等
安徽	摩卡 埃夫特	/	哈工智测	/	/	/	埃夫特	行健机器人 工布智造 巨来科技等
广东	库卡 华数 尔必地 智哥 越疆等	中集飞秒 库卡 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	维密科技	库卡 华数 智流形	中集飞秒 佳士科技 启玄科技 瑞凌等
北京	配天 珞石 遨博 思灵	敏越科技	敏越科技 创想智控 同舟科技	梅卡曼德 伟景智能	/	/	华航唯实 敏越科技	安川首钢 北京时代 林克曼等
陕西	/	大熊星座	/	知象光电 知微传感 伟景智能	/	/	/	大熊星座 等
其他	卡诺普 松下 川崎 OTC 等	视比特	视比特 英莱科技 埃尔森等	盛景智能	奥太电气 松下 OTC 等	松下 OTC 丁驰 TBi 等	卡诺普 松下 OTC 川崎等	仁新焊机 唐山开元 天一智能 思尔特等

资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

第三部分 市场篇

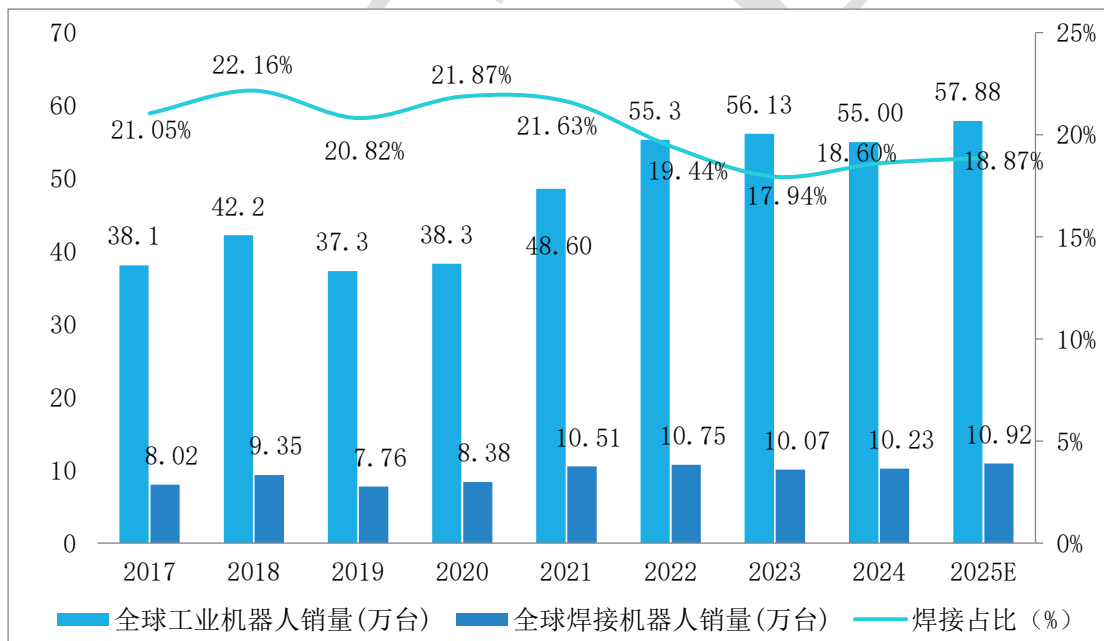
第三章 智能焊接机器人市场概况分析

第一节 全球智能焊接机器人市场概况及趋势分析

GGII 数据显示, 2024 年全球工业机器人销量 55 万台, 同比下降 2.01%。从 2017 年到 2024 年, 全球工业机器人销量年均复合增速为 5.38%。结合上半年工业机器人产业态势及宏观经济形势, GGII 预计 2025 年全年, 全球工业机器人销量将增长至 57.88 万台, 同比增长 5.24%。

GGII 数据显示, 2024 年全球焊接机器人销量 10.23 万台, 同比增长 1.59%。GGII 预计, 2025 年全球焊接机器人销量 10.92 万台, 同比增长 6.74%。从焊接机器人在工业机器人中的销量占比来看, 过去数年整体呈微降态势, 由 2017 年的 21.05% 下降到 2024 年的 18.60%。GGII 判断, 随着智能焊接技术的持续提升, 将有望大大降低焊接机器人的导入门槛, 如协作机器人焊接的比例正逐年上升, 未来几年焊接机器人在工业机器人中的销量占比有望迎来上升的拐点。

图表 11 2017-2025 年全球工业机器人销量增长趋势及焊接机器人占比(单位: 万台, %)



数据来源: 高工机器人产业研究所 (GGII) 整理

焊接机器人的发展路径体现了从简单的示教一再现实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一再现实技术, 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

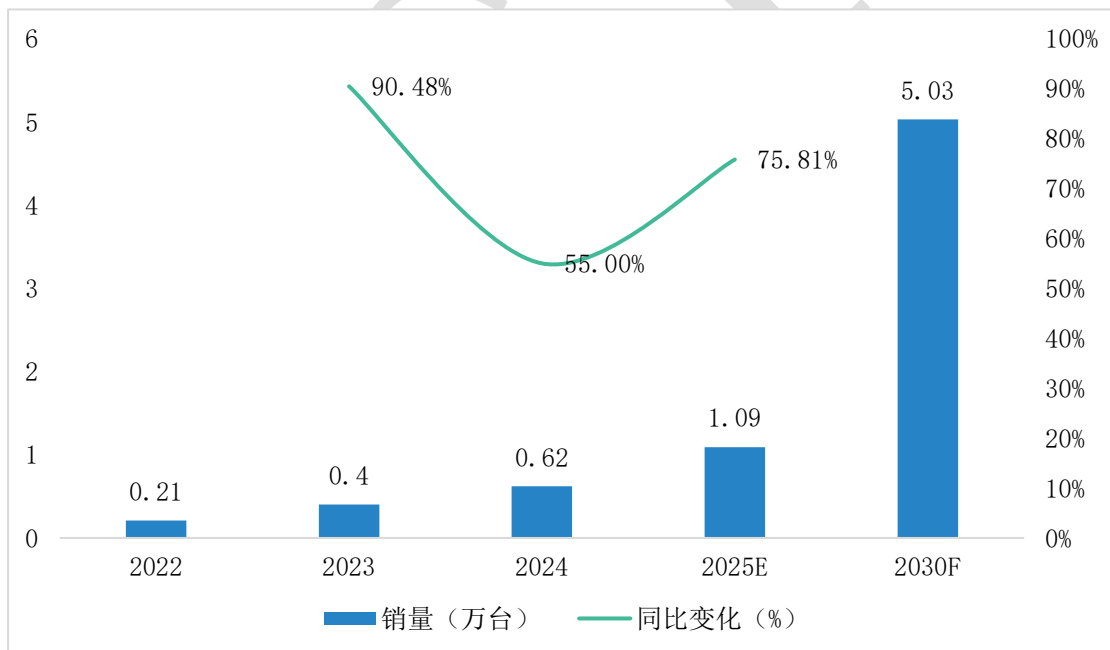
器视觉和传感器技术的进步，现代焊接机器人已经能够感知周围环境的变化。利用集成的视觉传感器和线激光等技术，机器人可以灵活地调整其操作行为，确保即使在环境条件变化时也能顺利完成焊接任务，从而显著提升了焊接过程的智能化水平。

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。

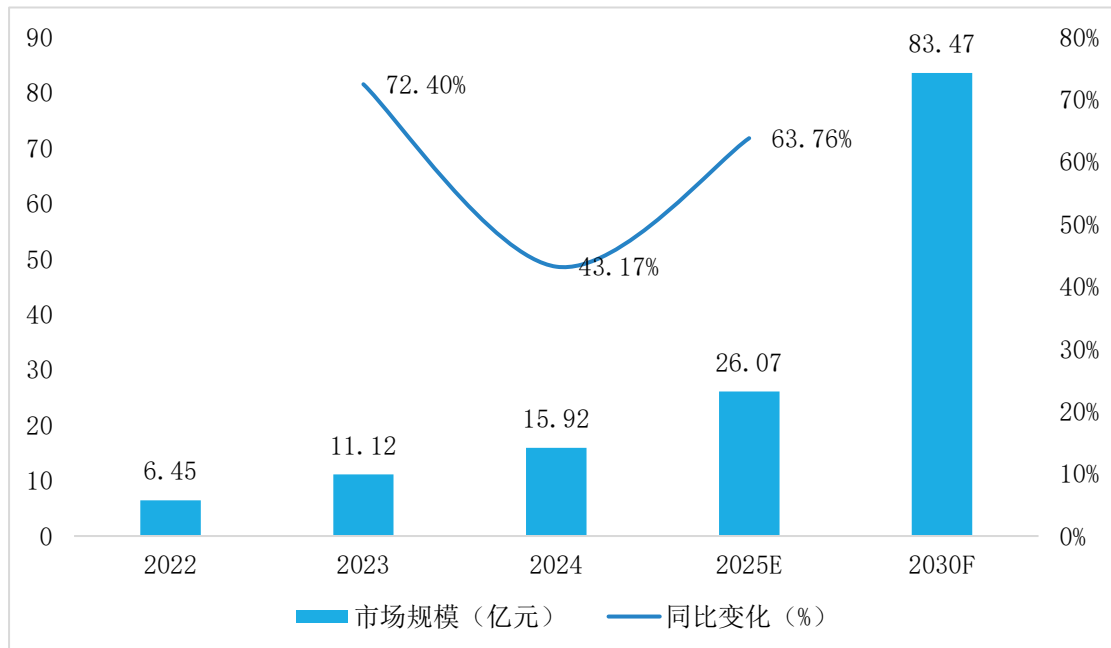
智能焊接机器人在钢结构和船舶行业的应用前景呈现出积极趋势，尽管目前智能焊接机器人主要相关技术还处于发展初期阶段，但随着技术的不断提升、成本的逐年降低以及应用场景的持续拓展，未来几年其在其他领域的渗透率也将逐步提升。根据 GGII 数据，2024 年全球智能焊接机器人销量为 0.62 万台；GGII 预计，至 2030 年全球智能焊接机器人销量有望突破 5 万台，市场规模或超 80 亿元。

图表 12 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 13 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。

第二节 中国智能焊接机器人市场概况及趋势分析

一、智能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、COMAU 等；国产品牌主要有埃斯顿、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、埃夫特、配天机器人、新时达、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；国产品牌代表有法奥机器人、集萃智造、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、珞石机器人、九川机器人等。

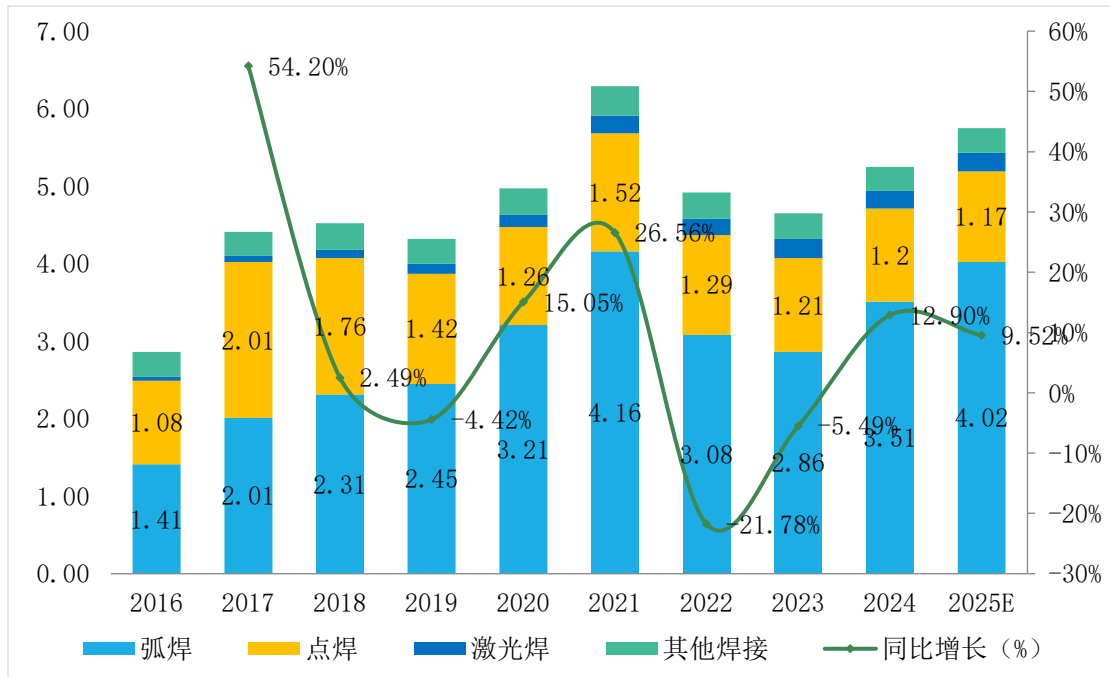
图表 14 焊接机器人本体主要代表厂商

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	埃斯顿、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、埃夫特、配天机器人、新时达、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、集萃智造、华沿机器人、遨博智能、中科新松、节卡机器人、越疆机器人、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，2024 年中国市场焊接机器人销量 5.25 万台，同比增长 12.9%，其中弧焊机器人销量 3.51 万台，同比增长 22.73%。GGII 预计，2025 年中国市场焊接机器人销量 5.75 万台，同比增长约 9.5%，其中弧焊机器人销量 4.02 万台，同比增长约 14.53%。

图表 15 2016-2025 年中国焊接机器人销量及预测(单位: 万台, %)

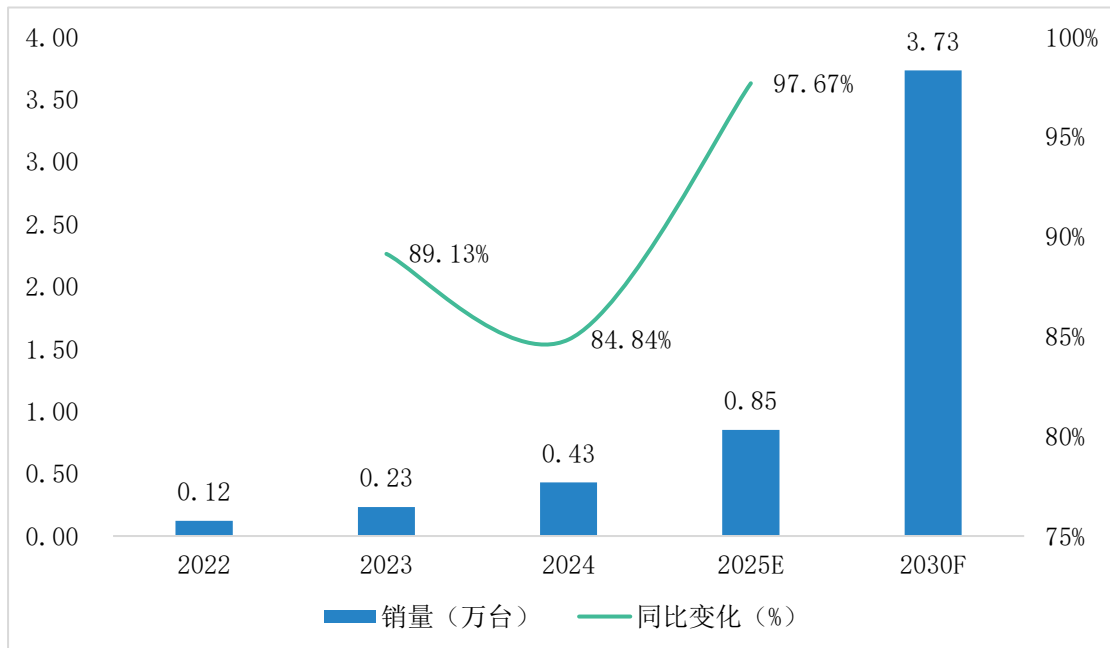


数据来源: 高工机器人产业研究所 (GGII)

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。

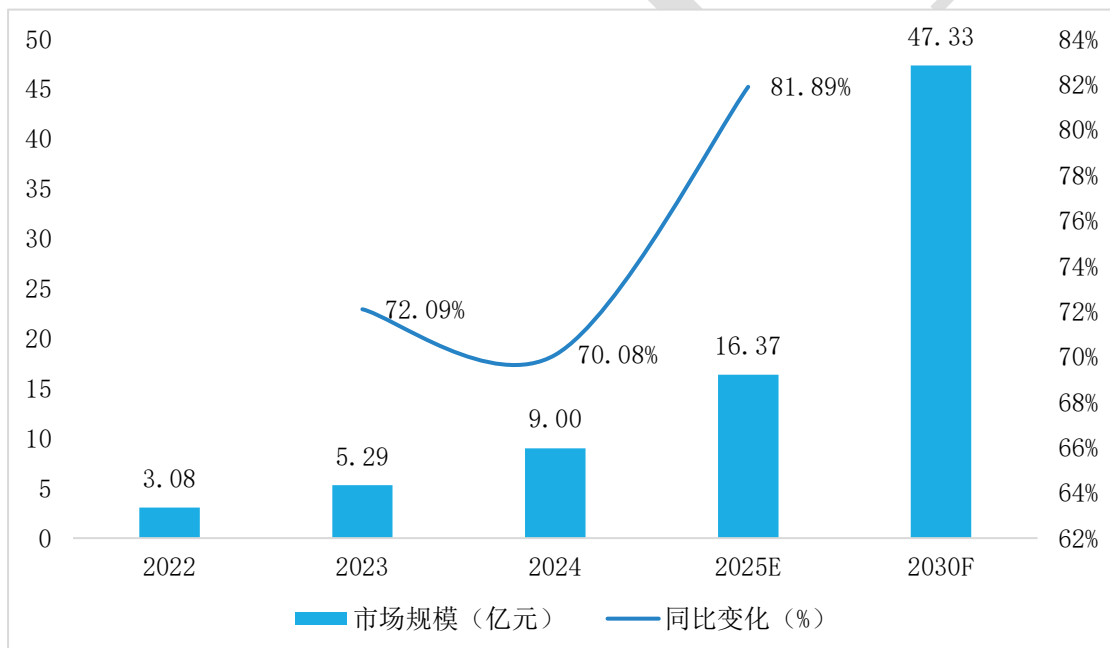
GGII 预测,中国智能焊接机器人销量将从 2024 年的 0.43 万台增长至 2030 年的 3.73 万台,2025-2030 年 CAGR 将超过 43%;2024 年中国智能焊接机器人市场规模为 9 亿元,预计到 2030 年将有望超 47 亿元,2025-2030 年 CAGR 将超过 30%。

图表 16 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 17 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。

二、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 18 线激光焊缝跟踪传感器和 3D 结构光相机特点对比

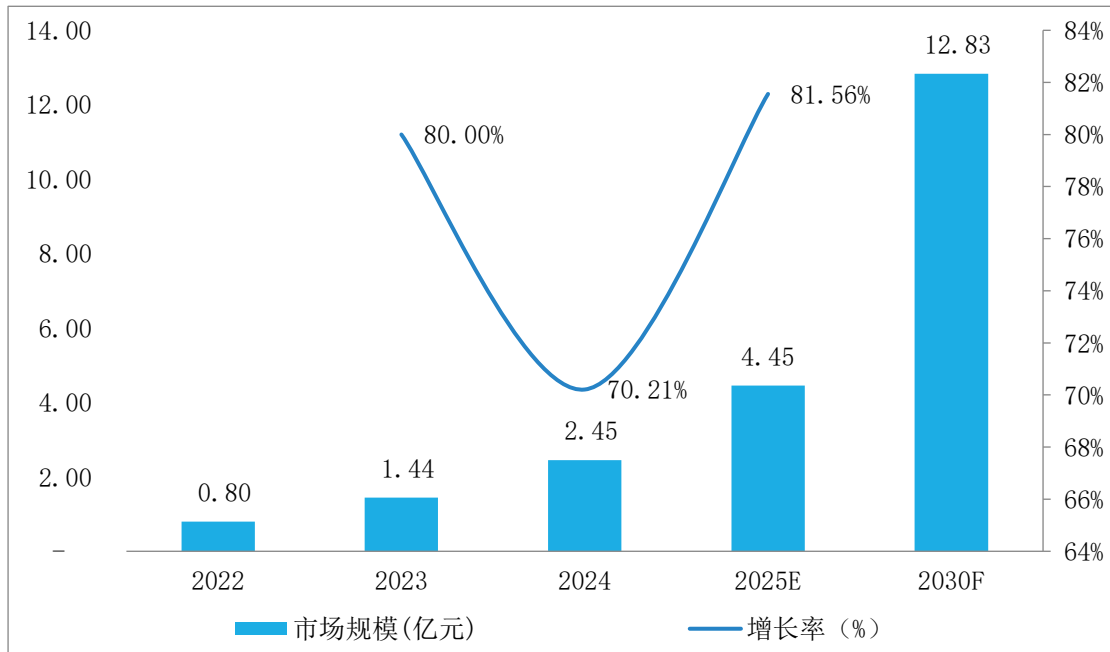
技术	工作原理	特点	代表厂商
线激光焊缝跟踪传感器	基于激光三角测量原理，通过投射一条激光线到物体表面并用相机捕捉反射的激光线，从而计算出物体的三维形状。	优点：精度高； 不足：扫描效率低，调试部署麻烦，编程复杂。	赛融 (SERVO-ROBOT)、宾采尔、倍加福、英莱科技、创想智控、全视智能、同舟科技、中船鹏力智能、中科宏伟光电、敏越科技、超准视觉等。
3D 相机	投射具有特定结构的光图案（如条纹或散斑）到物体上，并使用相机捕捉反射图案的畸变，来计算物体的三维形状。	优点：效率高，部署调试方便；编程相对简单； 不足：容易受强光（室内/自然光）干扰。	昇视唯盛、知象光电、微视传感、伟景智能、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，2024 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 2.45 亿元，预计到 2030 年将增长至 12.83 亿元，2025-2030 年年均复合增长率 (CAGR) 约为 32%。

图表 19 2022-2030 年中国智能焊机器人视觉/激光跟踪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)

三、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。

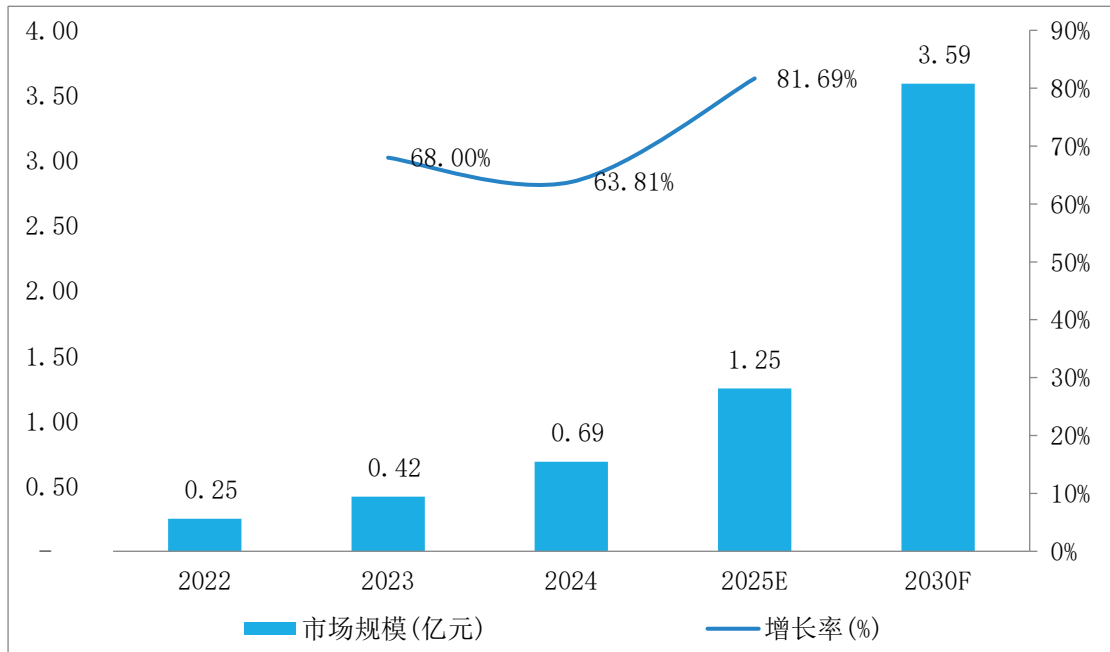
当前来看,智能焊接控制技术尚处于持续提升与优化阶段,尤其是在处理复杂工件和非标准化焊接需求时,其准确性和可靠性方面依然面临一定的挑战。

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。

从企业方面来看,国内市场涉足智能焊接控制系统的厂商相对较少,目前主要厂商包括库卡(智能焊接系统 SmartWelding)、敏越科技(智能决策系统 Robotsmart、免示教焊接系统 SmartWeld)、智流形、中集飞秒(Fesinweld 智能焊接系统)、柏楚电子(FSWELD2800 免示教焊接系统)、哈工智能(IBWS 智能焊接系统)、道尔芬(免示教焊接系统、自主决策焊接系统)以及大熊星座(WOS 智能焊接系统)等。

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,2024 年智能焊接机器人中智能焊接控制系统的市场规模为 0.69 亿元,预计到 2030 年将增长至 3.59 亿元,2025-2030 年年均复合增长率(CAGR)约为 32%。

图 20 2022-2030 年中国智能焊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

四、焊接电源市场分析

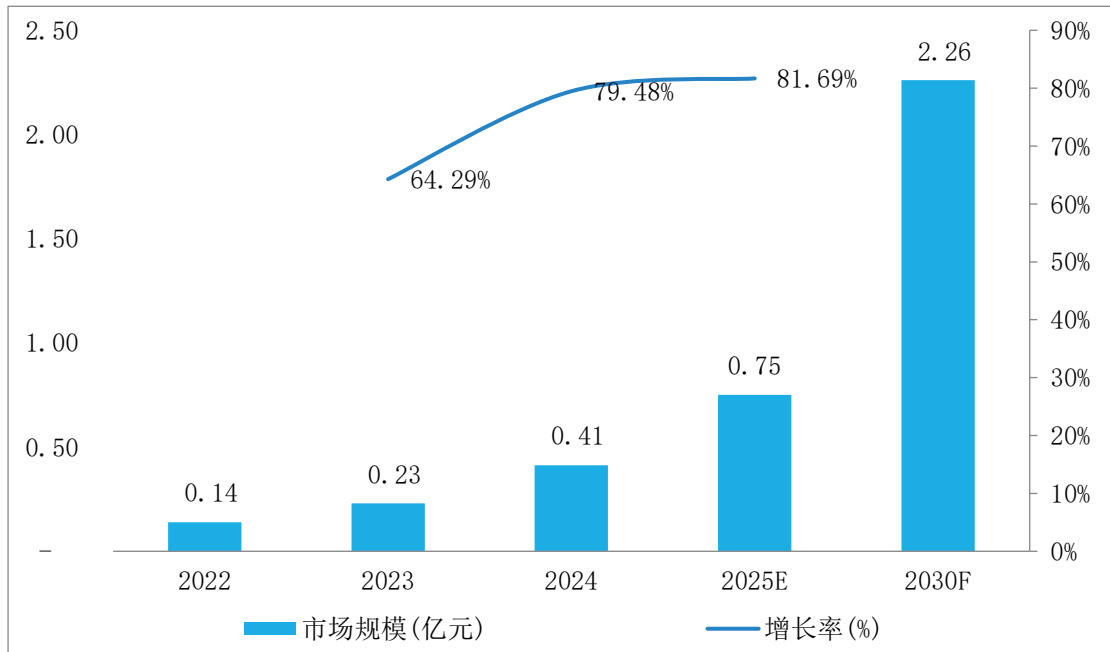
从当前竞争格局来看，中国机器人焊接电源市场外资品牌主要包括日本松下、日本 OTC、安川电机、奥地利伏能士(Fronius)、丹麦米加尼克(Migatronik)、美国林肯、芬兰肯倍(Kemppi)、德国 EWM、CLOOS 等。

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)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，2024 年麦格米特以较大的领先优势位居销量榜首，其次是奥太电气，位居第二名。

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，2024 年智能焊接机器人中焊接电源的市场规模为 0.41 亿元，预计到 2030 年将增长至 2.26 亿元，2025-2030 年年均复合增长率（CAGR）约为 33%。

图表 21 2022-2030 年中国智能焊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

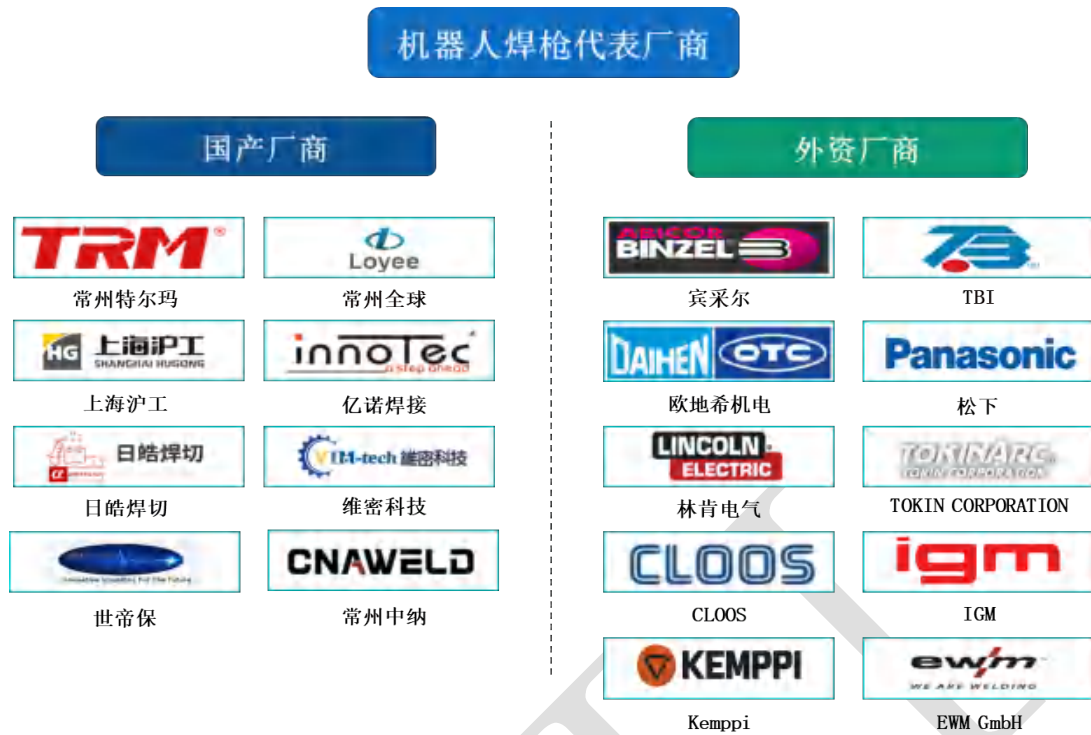
五、焊枪市场分析

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、上海沪工、亿诺焊接、日皓焊切、维密科技、世帝保、阿波罗、常州中纳焊接等厂商。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,其产品与控制精度、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。

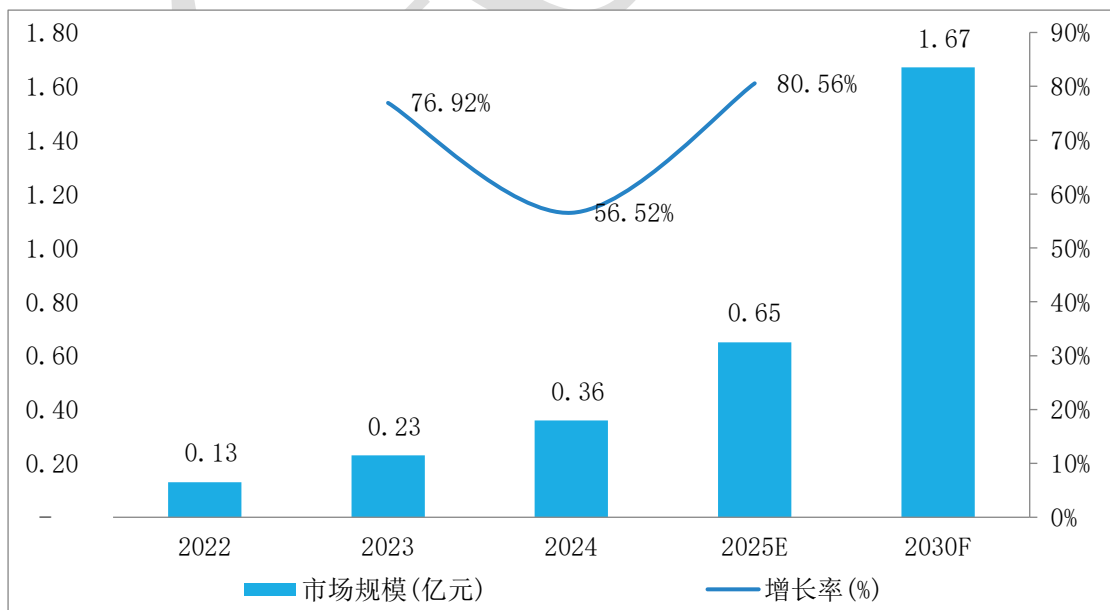
图表 22 中国市场内外资机器人焊枪代表厂商



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，2024 年智能焊接机器人焊枪的市场规模为 0.36 亿元，预计到 2030 年将增长至 1.67 亿元，2025-2030 年年均复合增长率（CAGR）约为 29%。

图表 23 2022-2030 年中国智能焊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

六、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 24 国内外机器人离线编程软件主要企业及产品

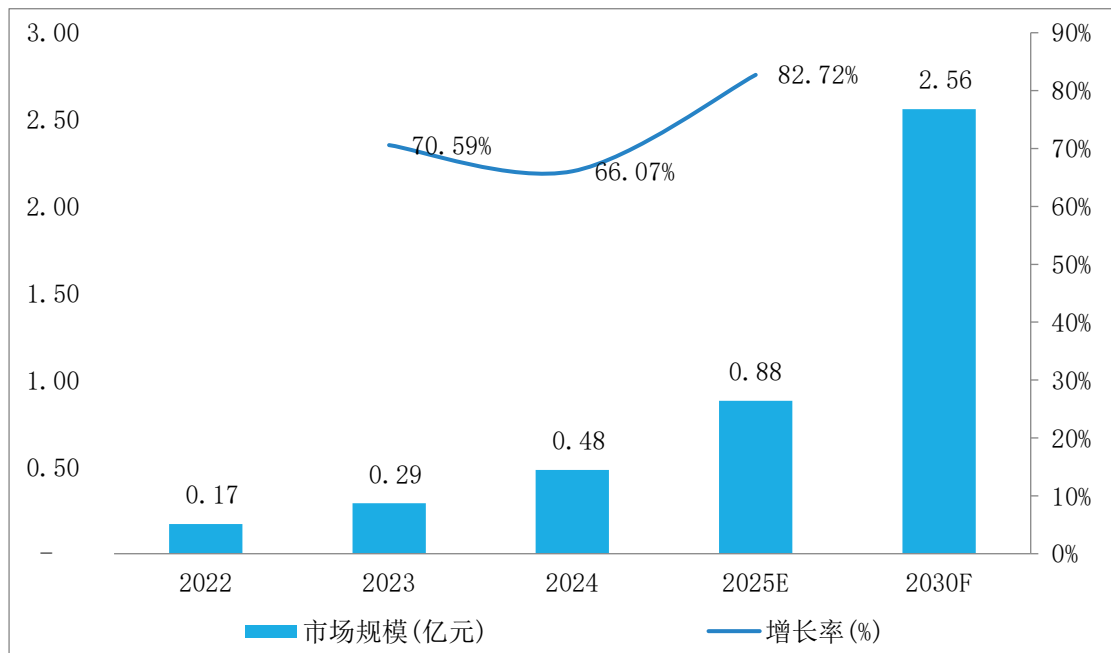
机器人厂商	所属国家	主要产品	第三方厂商	所属国家	主要产品
KUKA	德国	KUKA Sim Pro	Dassault Systèmes	法国	DELMIA
FANUC	日本	Roboguide	Jabez Technologies (Hypertherm)	加拿大	Robotmaster
ABB	瑞士	RobotStudio	Compucraft	以色列	RobotWorks
YASKAWA	日本	MotoSim	RoboDK Inc	加拿大	RoboDK
那智不二越	日本	FD on Desk	西门子	德国	Robcad
卡诺普	中国	CrobotpSim	ESA S. P. A	意大利	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
川崎重工	日本	K-ROSET	越擎科技	中国	iRobotCAM
埃夫特	中国	ER_Factory			
华数机器人	中国	InteRobot			

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，2024 年智能焊接机器人离线编程软件市场规模为 0.48 亿元，预计到 2030 年将增长至 2.56 亿元，2025-2030

年年复合增长率（CAGR）约为 32%。

图表 25 2022-2030 年中国智能焊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）

第四部分 技术篇

第四章 技术发展分析

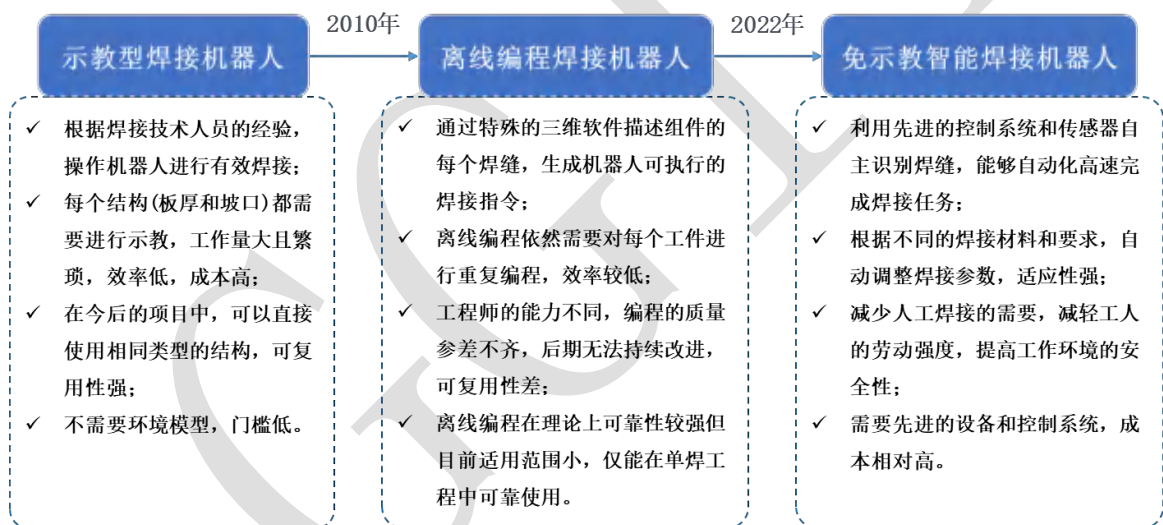
第一节 核心技术发展分析

从技术发展历程来看，焊接机器人的发展经历了两次技术迭代，分别为焊接机器人装上“大脑”和“眼睛”。

第一次迭代由示教型焊接机器人向离线编程焊接机器人进步，为焊接机器人装上了“大脑”，用于自主描述焊缝并生成焊接指令，而非人工识别焊缝亲自操作机器人焊接，但离线编程的问题在于需要对每个工件重复编程，效率低。

第二次迭代是由离线编程焊接机器人升级至免示教智能焊接，免示教焊接机器人是通过机器视觉（眼睛）和路径规划控制系统，实现焊接路径的自动识别和规划，无需人工操作引导，适用于小批量、非标工件的焊接，有望解决当前焊接非标化困境。

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

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，但免示教智能焊接技术已初露头角。

工艺复杂、结构复杂和非标，是焊接机器人当前面临的三大难题，以钢结构为例，其主要特性是非标，免示教的出现核心解决的是非标的问题，需要具备极高的柔性，能满足不同类型工件的焊接需求，在焊接行业智能化趋势下，是未来开发的热点领域。

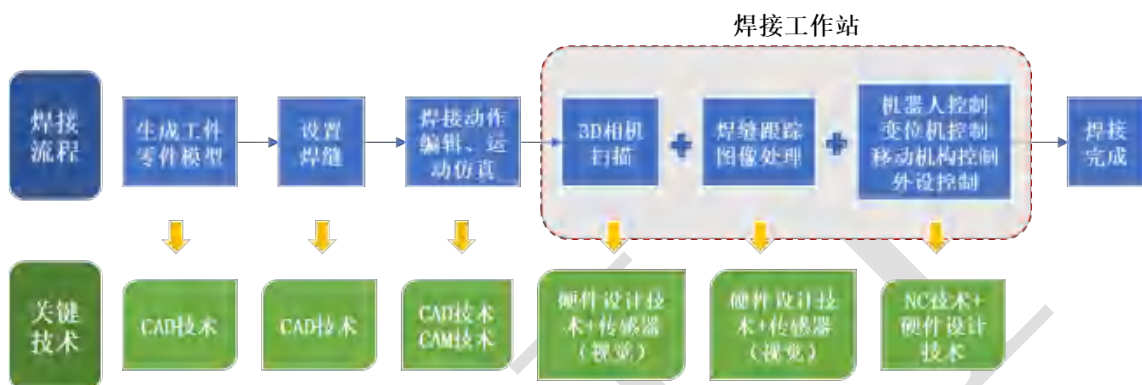
焊接机器人主要有两种驱动方式实现免示教：模型驱动和视觉驱动。其中模型作为“大脑”，3D 视觉作为“眼睛”，二者作为智能焊接的核心，缺一不可。

目前较为主流的两种路线是单纯的视觉驱动，以及以视觉驱动为核心融合模型驱动。单纯依靠模型驱动是较理想的状态，但实际生产的工件情况远比理想中的复杂。

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。

图表 27 智能焊接流程与所用到的关键技术示意



资料来源：柏楚电子，公开资料，GGII 整理

注：

CAD 技术—计算机图形软件，通过计算机建模或从图纸读取数字模型，进行图形识别、编辑和优化处理，并输出待焊接模型。

CAM 技术—计算机辅助制造软件，在焊接模型的基础上，根据焊接相关的工艺要求，通过计算机辅助生成所需的刀路轨迹以及光路、气路、焦点等控制参数和自动化加工模型，并生成可被数控系统(NC)执行的指令。

NC 技术—数控软件，可以实现根据生成的代码指令执行具体焊接工序。

一、焊缝识别跟踪技术

焊缝识别跟踪技术是焊接自动化领域的一个关键技术，它使得焊接机器人能够精确地定位焊缝并沿着焊缝路径进行焊接，从而提高焊接质量和生产效率。这项技术的核心在于传感器的使用和相应的跟踪算法，以确保焊枪能够自动调整并保持与焊缝的正确对准。

机器人具备对焊接环境的感知功能可利用计算技术、视觉技术实现，将对焊接工件整体或局部环境的视觉模型作为规划焊接任务、无碰路径及焊接参数的依据，这里需要建立三维视觉硬件系统以及实现图像理解、物体分割、识别算法软件等技术。

基于传感技术的焊缝识别跟踪涉及多种传感器和方法，根据传感器的工作方式不同，焊

接机器人焊缝识别跟踪的传感器分为 3D 视觉传感器和焊缝跟踪传感器(线激光视觉传感器)。3D 视觉传感器和焊缝跟踪传感器都是基于三角测量原理的主动视觉方法, 3D 视觉传感器通常采用结构光成像技术, 通过 CCD 摄像机和激光组成主动式视觉传感器进行焊缝跟踪, 通过 CCD 摄像机采集焊缝的图像信息, 然后根据特定的一系列图像处理算法识别焊缝的中心位置, 通过主控计算机控制焊枪的运动, 从而实现对焊缝跟踪的精确控制。

线激光视觉传感器的工作原理在于将激光投射到焊缝表面, 形成具有一定特征的激光条纹并由视觉传感器进行焊缝特征信息提取, 进而识别焊缝特征点位置, 后续焊接机器人依据相关信息进行焊接位置实时校准。

焊接机器人需要精确控制焊枪与工件之间的相对轨迹位置关系、运动速度以及焊枪姿态等, 因此焊缝跟踪的研究在机器人焊接中更为重要。焊缝跟踪则是基于上述传感信息, 通过算法处理和控制策略来实时调整焊枪姿态和位置, 确保焊缝的正确对准。这包括:

- (1) 闭环控制: 传感器连续采集焊缝信息, 控制器根据偏差调整焊枪的位置和角度, 形成一个动态反馈控制环路。
- (2) 路径规划和优化: 基于焊缝的几何信息, 计算最优的焊接路径, 同时考虑焊接效率和质量。
- (3) 自适应调整: 在焊接过程中, 根据焊缝变化和外部干扰自动调整焊接参数, 如电流、电压和速度。
- (4) 智能学习: 通过机器学习算法, 系统可以学习和记忆焊接过程中的经验, 逐渐优化跟踪策略和焊接参数。

焊缝识别跟踪技术的应用极大地提高了焊接自动化水平, 减少了对人工操作的依赖, 同时也降低了因人为因素导致的焊接缺陷, 是现代工业自动化焊接中不可或缺的一部分。随着传感器技术和控制算法的不断进步, 焊缝跟踪技术将继续向更高精度、更高效率和更广泛适用范围的方向发展。

二、焊接机器人离线编程与仿真技术

机器人离线编程是一种在不直接使用实际物理机器人的情况下设计、测试和优化机器人控制程序的方法。允许工程师在虚拟环境中创建和优化机器人的运动轨迹和任务流程, 从而避免了在真实环境中进行调试的时间和成本。

离线编程技术主要包括两大方向: 基于三维软件的机器人离线编程和基于视觉技术的机器人快速编程。

1、基于三维软件的机器人离线编程技术开发

基于三维软件的机器人离线编程技术，通过使用专门的离线编程、仿真软件，如 RobotMaster、RobotStudio、Roboguide 等，可以在虚拟三维环境中创建机器人的模型和其工作环境，然后在这个虚拟环境中进行编程、路径规划和运动仿真。

虚拟仿真与轨迹规划技术在现代工业自动化中扮演着至关重要的角色，尤其是在机器人应用中。这些技术不仅提高了生产效率和质量，还减少了生产成本和潜在的生产风险。

虚拟仿真技术使用三维建模和动画来模拟机器人系统的行为和工作环境。通过仿真，工程师可以预测机器人的运动轨迹、评估其性能，并在实际部署之前发现并解决潜在的问题。虚拟仿真有助于优化机器人路径、避免碰撞、测试不同场景下的机器人行为，以及对操作员进行培训。

轨迹规划是确定机器人从起点到终点的最佳运动路径的过程。在离线编程和虚拟仿真中，轨迹规划技术是核心，因为它直接影响到机器人的工作效率、精度和安全性。轨迹规划涉及到考虑机器人的运动学约束、工作空间障碍物、目标点的可达性以及路径的平滑度和效率。现代轨迹规划技术通常结合了优化算法、机器学习和人工智能，以适应复杂的工业环境和多变的生产需求。

离线编程、虚拟仿真和焊接轨迹规划，共同构成了一个完整的机器人编程和测试流程：

- (1) 轨迹规划在离线编程的早期阶段进行，以定义机器人的基本运动路径。
- (2) 虚拟仿真随后用于验证和优化轨迹规划的结果，确保机器人在虚拟环境中按照预期执行任务，同时检查可能的碰撞和运动学限制。
- (3) 离线编程则整合轨迹规划和仿真结果，生成最终的机器人控制程序，这些程序可以在实际机器人上运行，而无需在生产现场进行调试，从而减少了停机时间和生产成本。

焊接机器人离线编程与仿真涉及的关键技术包括机器人运动学技术、CAD 图形环境交互技术、碰撞检测算法技术及后置处理技术。

虚拟仿真及轨迹规划技术与离线编程的结合，为工业自动化提供了强大的工具，使得机器人能够在复杂多变的环境中高效、准确地执行任务。随着技术的进步，这些工具将变得更加智能和高效，进一步推动工业自动化和智能制造的发展。

2、基于视觉技术的机器人快速编程

基于视觉技术的机器人快速编程，是指利用视觉传感器（如摄像头）捕捉实际工作环境中的物体，然后将这些信息传输给机器人，以实现快速和自动化的编程。这种方式特别适合于需要频繁改变工作对象和布局的场景，其主要特点包括：

环境感知：视觉技术可以让机器人实时感知工作环境，识别物体的位置、形状和尺寸，

从而自动生成相应的运动轨迹。

快速适应：一旦工作环境发生变化，机器人可以立即更新其编程，快速适应新的任务需求，大大提高了生产灵活性。

简化编程：视觉引导下的编程减少了对传统编程语言的依赖，使得非专业人员也能轻松完成编程任务，降低了操作门槛。

增强人机协作：视觉技术使机器人能够更好地理解和响应人类操作员的指令，增强了人机之间的协作能力。

无论是基于三维软件的机器人离线编程还是基于视觉技术的机器人快速编程，都是为了提高机器人编程的效率、精度和灵活性，减少实际生产中的错误和成本。随着技术的不断进步，这些编程方法将更加智能化，为工业自动化和智能制造提供更强大的支持。

三、焊接机器人系统集成技术

焊接机器人系统集成技术专注于为特定的焊接应用提供一套完整的解决方案，其目的是通过自动化和智能化手段来改进焊接过程。这一技术涵盖了焊接工艺的优化、生产设备的合理布局、机器人及其相关标准设备的选择、非标准设备的设计（例如机器人末端执行器和焊接夹具）、整体方案的虚拟仿真、工业控制软件的编程、专用工艺软件的开发、硬件间的通信协调、在线/离线编程与仿真、传感器信号的采集与处理、焊接工艺的集成应用以及相关周边技术的研发和应用等方面。

焊接机器人系统集成技术的核心目标是为客户定制个性化的、一体化的焊接机器人系统，随着智能技术的不断进步和市场需求的不断增长，这项技术正朝着更加模块化、功能化、标准化和智能化的方向发展。

通过这些技术的综合运用，焊接机器人系统集成技术能够满足不同行业对高质量焊接的需求，并且能够更好地适应多样化的生产环境和工艺要求。

四、基于人工智能的智能焊接机器人控制技术

具备人工智能的自动焊接机器人控制技术是现代工业自动化领域的一项前沿技术，它将人工智能（AI）、机器学习（ML）和大数据分析等技术融入到焊接机器人控制中，以实现更智能、更高效的焊接过程。基于人工智能的智能焊接控制系统的关键技术及功能包括：

1、机器学习算法

机器学习算法使焊接机器人能够从历史数据中学习，优化焊接参数（如电流、电压、速度等），并根据材料类型、厚度和环境条件自动调整。这不仅提高了焊接质量和一致性，还减少了对人工干预的需求。

2、实时监控与反馈

通过集成传感器（如视觉传感器、力矩传感器、温度传感器等），系统能够实时监控焊接过程，收集数据并反馈给控制中心。AI 系统可以实时分析这些数据，调整焊接策略，以应对焊接过程中可能出现的任何异常或变化。

3、预测性维护

AI 系统能够分析设备运行数据，预测潜在的故障或维护需求，从而提前采取措施，减少意外停机时间，提高生产效率和设备寿命。

4、自适应焊接路径规划

基于深度学习的路径规划算法能够根据焊缝的形状、尺寸和位置，自动规划最优的焊接路径，确保焊接质量和效率。即使在复杂或不规则的焊缝上，也能实现精确的焊接。

5、数据驱动的决策支持

AI 系统能够收集和分析大量的焊接数据，包括焊接参数、焊接结果、设备状态等，为工程师提供数据驱动的决策支持，帮助他们优化生产流程，提高产品质量。

6、人机协作与远程控制

通过语音识别、手势识别等技术，AI 系统使焊接机器人能够与人类操作员进行自然的交互，实现更安全、更高效的人机协作。此外，远程控制功能使得技术人员可以从远端监控和控制机器人，提高操作的灵活性和安全性。

7、虚拟现实/增强现实（VR/AR）集成

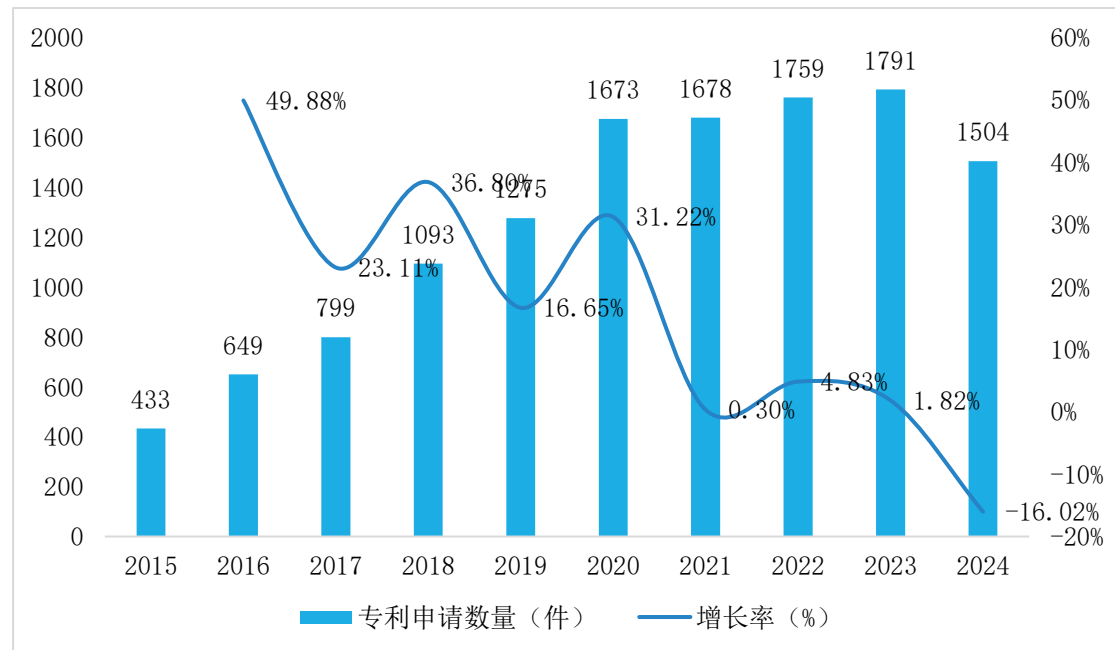
AI 系统可以与 VR/AR 技术结合，为操作员提供沉浸式的培训和操作指导，提高他们的技能和效率，同时减少生产中的错误。

基于人工智能的自动焊接机器人控制系统，通过智能化的数据分析、自适应控制和预测性维护，不仅提高了焊接质量和生产效率，还为工业自动化带来了更高的灵活性、安全性和经济性。随着技术的不断发展，这种智能控制系统将在未来的工业生产中发挥越来越重要的作用。

第二节 智能焊接机器人技术专利分析

截至 2024 年末，中国焊接机器人相关专利申请共 12654 件，呈逐年稳步上升的趋势，整体来看，2020 年之后中国焊接机器人技术发展处于相对平稳期。2024 年中国焊接机器人相关专利申请数量为 1504 件，同比下降 16.02%。

图表 28 2015-2024 年中国焊接机器人相关专利申请情况（单位：件，%）



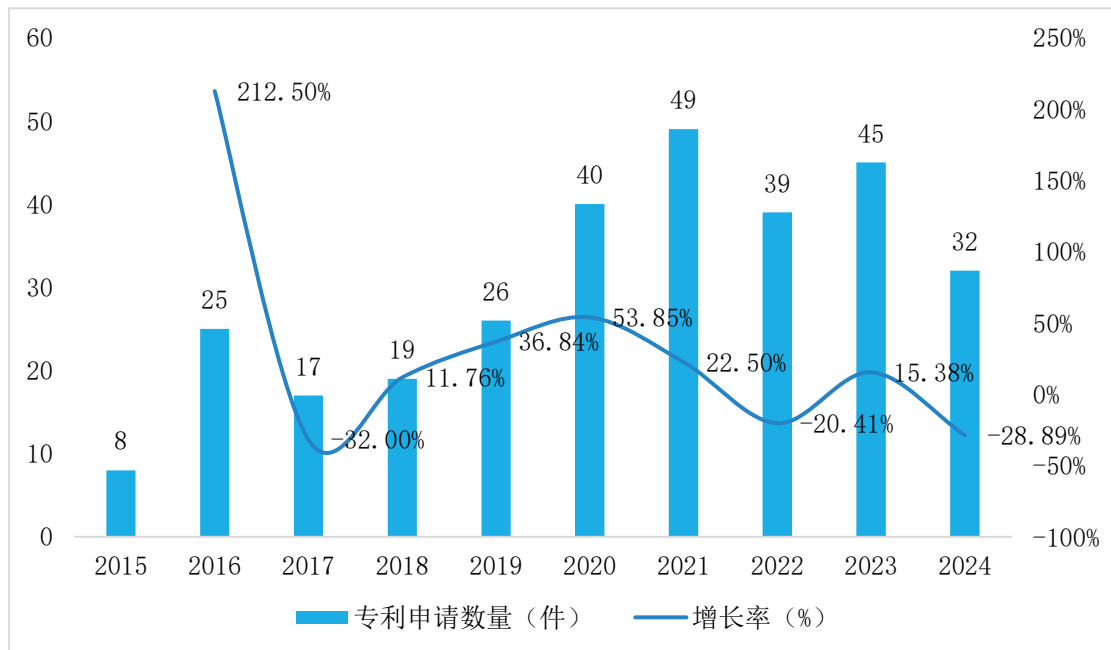
（注* RainPat 最新数据同步有一定滞后性）

数据来源：RainPat，高工机器人产业研究所（GGII）整理

2015-2024 年期间，中国智能焊接机器人相关专利申请共 300 件，相较于焊接机器人相关专利申请情况的占比来看，比重相对较低。

目前来看，中国智能焊接机器人市场仍处于初期发展阶段，在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。

图表 29 2015-2024 年中国智能焊接机器人相关专利申请情况（单位：件，%）



（注* RainPat 最新数据同步有一定滞后性）

数据来源：RainPat，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第三节 国内外企业技术现状与差距分析

从智能焊接系统核心模块来看，外资厂商在机器人本体、视觉/激光传感系统及离线编程软件、算法等方面的技术积累及品牌优势均要优于国内厂商。

在智能焊接系统方面，国内外企业均处于发展初期阶段，潜在提升空间较大。

从下游应用来看，目前已有多家钢构、船舶企业开始导入国内厂商的智能焊接机器人系统及解决方案应用于焊接场景，国内企业凭借性价比和本土化服务优势，已在部分下游市场领域获得认可。

此外，需要正视国内外厂商在智能焊接技术方面依然存在一定的差距，国内企业还处于快速追赶的阶段。一方面，加大对核心技术的研发投入，另一方面，加快拓展下游应用市场。技术与产品能力通过应用场景快速验证与迭代，下游应用通过新技术的导入持续提质增效，通过技术-产品-应用的闭环，逐渐形成良性运行的生态体系。届时，国内智能焊接相关企业有望获得质的提升与飞跃。

图表 30 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。	卡诺普、埃斯顿、摩卡、柴孚、钱江、法奥机器人、图灵、埃夫特、凯尔达、广州数控、新时达、九川机器人等。	在核心运动控制、整机长时可靠性方面国产与国际厂商仍存在一定差距。
智能焊接控制系统	SmartWelding(库卡)	智流形、FSWELD2800(柏楚电子)、Fesinweld(中集飞秒)、敏越科技(SmartWeld)、metallique(道尔芬智能)、大熊星座(WOS 智能焊接系统)、工布智造、江苏北人。	国内外均处于发展早期阶段，国内落地案例相对较多
3D 视觉/激光传感系统	POWER-TRAC 4.0™系统(赛融)、SmartRay 系统(宾采尔)、GarLine 系列(Garmo Instruments)	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。	国际厂商拥有较为成熟的技术及专利积累，可靠性、耐用性高，精度和灵敏度高。

离线编程软件	Dassault Systemes 、 Jabez Technologies 、 Compucraft 、 RoboDK Inc、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卡诺普、埃斯顿、埃夫特、华数机器人等本体厂商。	国际厂商成熟度较高，主流外资本体厂商均已实现自主开发，国内仅少数本体企业实现自研。
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；国内部分头部企业已形成差异化优势，填补行业多模态智能诊断空白。
系统集成商	库卡、柯马	中集飞秒、行健机器人、大熊星座、南京合信、江苏大族智能焊接、华工科技、大界、启玄科技等。	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）

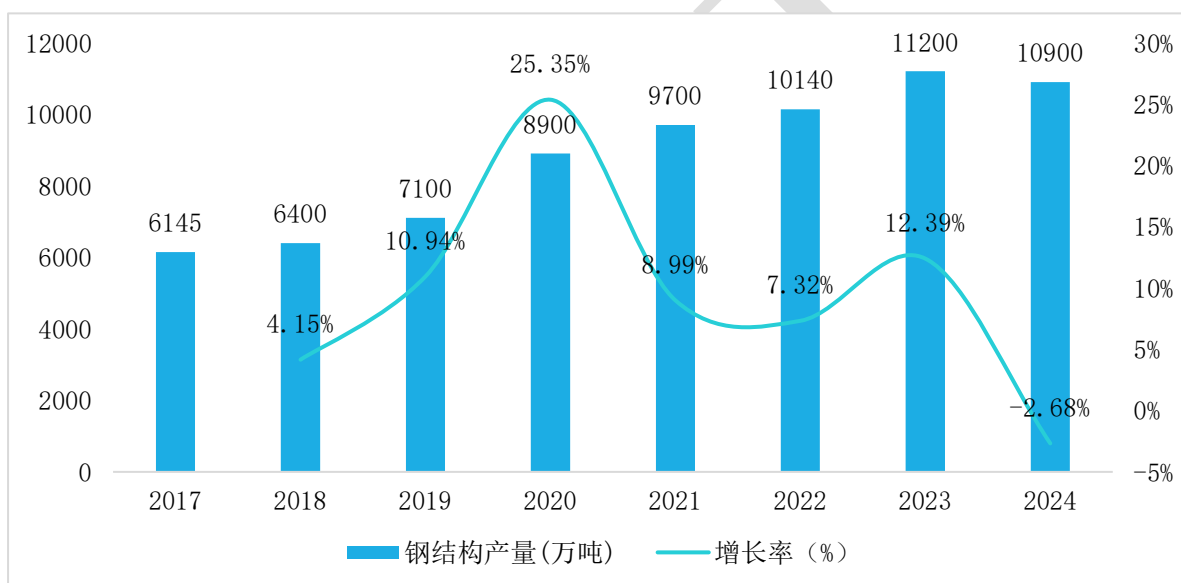
第五部分 应用篇

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

钢结构凭借其独特的材料性能与工程优势，已在建筑、桥梁、工业设施、能源等多个领域实现规模化应用。根据中国钢结构协会的统计，国内钢结构产量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。2017-2023 年间年均复合增长率达 10.52%，而 2024 年产量同比下降 2.7%，标志着行业从高速增长阶段进入平稳发展期。

图表 31 2017-2024 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

政策环境层面，近年来国家持续出台支持钢结构产业发展的指导文件。参照《钢结构行业“十四五”规划及 2035 年远景目标》的规划目标，到 2035 年，基本实现钢结构建造智能化。

随着我国钢结构产业的稳定发展，钢结构产品产量增加直接带动钢构焊接市场需求。当前，国内钢结构制造领域焊接工序的自动化水平较低，仍高度依赖人力资源，尤其是熟练焊工。焊接作业环境恶劣，包括接触有害废气、吸入金属粉尘、面对熔渣飞溅、长时间暴露于强光照射、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。这些因素威胁工人健康，影响工作效率和焊接质量。

同时，社会经济发展和劳动力结构变化导致年轻人对焊接等艰苦工种兴趣不高，加剧了

劳动力短缺问题。焊接工作的高强度、高危险和健康风险降低了职业吸引力，加之教育水平提升，年轻群体更倾向于选择非体力劳动行业。此外，钢结构的小批量、多样性加工特点使传统示教编程耗时过长，严重影响效率。因此，行业对智能化焊接解决方案的需求日益增长。

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。以昇视唯盛为例，该公司在中铁项目中成功实现了隧道钢拱架的智能化焊接，解决了高原地区施工条件艰苦和技术工种短缺的问题。其系统集成 H 型钢短料组拼焊接、弯曲、定长切割、AGV 物流及自适应焊接等功能，显著提升了重工领域大型结构的制造效率，解决了原本因工件一致性差、种类变换频繁导致的生产节拍不稳定和工艺适配困难等问题，实现现场工件高柔性生产，确保了焊接质量的稳定性和一致性。

市场量化分析显示：2024 年全国钢结构加工量达 1.09 亿吨，其中 60%（约 6540 万吨）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： $(10900 \text{ 万吨} \times 60\% / 100) \times 4 = 261.6 \text{ 万台}$ 。若其中 10% 的焊接工序由机器人承担，则对应约 26 万台焊接机器人的市场容量。随着智能化成本持续下探与技术成熟度提升，该比例有望进一步扩大。

第二节 船舶行业

根据中国船舶工业协会数据,2024 年我国造船三大指标实现全面增长:造船完工量 4818 万载重吨,同比增长 13.84%;新接订单量 11305 万载重吨,同比增长 58.78%;手持订单量 20872 万载重吨,同比增长 49.74%。市场份额连续 14 年居世界第一,三大指标全球占比分别达 55.7%、74.1%和 63.1%。2025 年上半年,我国造船完工量 2413 万载重吨、新接订单量 4433 万载重吨、手持订单量 23454 万载重吨,分别占世界市场份额的 51.7%、68.3%、64.9%,继续保持全球领先地位。当前全球船厂产能持续处于紧平衡状态,存量船队周期性更新需求释放,造船业景气周期仍将持续。

图表 32 2017-2024 年及 2025 年上半年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

在船体建造环节,焊接工作量及成本占比高达 30%-50%。行业自动化呈现两极分化:长直焊缝(如拼板、小组立工序)已广泛应用焊接专机设备;而复杂结构焊缝(如分段舱室等中组立结构)因焊缝短、形态多变、装配误差大,仍主要依赖手工焊接。船舶焊缝结构复杂、种类繁多、长度较短,且装配精度有限,同型结构存在偏差,传统机器人示教方式操作量大、效率低,难以推广。

随着船舶制造技术进步,行业向规模集成化、巨型化、效能最大化发展,传统手工焊接工艺效率低、质量控制难,无法满足高标准需求。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,按一台焊接机器人可替代 3 名焊工测算,2024 年船舶行业对焊接机器人的需求将超过 6.2 万台。因此,推动焊接技术智

能化升级成为工业现代化的紧迫任务。智能焊接技术能提升质量与效率，减少人为误差，改善作业环境，契合船舶制造高精度、高可靠性要求，是实现智能制造与绿色制造的关键环节，对提升我国船舶制造业竞争力具有战略意义。

第三节 其他潜力行业

目前除了在钢结构和船舶行业应用外，智能焊接机器人因其高精度、高效率和灵活性等特点，还在多个其他行业中发挥着重要作用，不仅提高了生产效率和产品质量，还极大地改善了工作环境的安全性，减少了人为因素导致的错误，降低了生产成本。随着技术的不断进步，智能焊接机器人的功能将越来越强大，将在更多领域展现出其独特的优势。

重工机械领域，如工程机械、农业机械等，智能焊接机器人已被广泛应用于大型焊接结构的制造。它们能够处理各种复杂和重型的焊接任务，提高生产效率和产品质量。由于重工工业领域的工件往往体积庞大且形状各异，智能焊接机器人通过灵活的编程和自适应的能力，能够适应多种焊接条件。

能源领域，智能焊接机器人在核电、石化、电网、风电、光伏、锂电等领域发挥着关键作用。它们能够在复杂环境下完成对焊接部件的连接，保障能源设备的结构强度和安全性。特别是对于核电站这样的特殊环境，智能焊接机器人可以很好的规避人类工人暴露在潜在危险环境中，同时确保焊接作业的准确无误。

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，金属加工行业包括冶金、有色金属、建材、机械、轻工、纺织等行业。焊接作为等材制造的核心工艺，应用普遍。智能焊接机器人在金属加工领域的应用尚处于导入期，潜在市场空间巨大，作为典型的长尾市场，在技术能满足应用需求的前提下，预计当智能焊接机器人系统综合成本降到 10 万元以下时，该领域的需求有望被加速释放。

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。智能焊接机器人能够在

复杂的工作环境中进行精确、高效的焊接操作，如飞机结构的焊接，确保航空航天产品的安全性和性能。通过精密的传感器系统和控制算法，能够适应各种不同的焊接要求，实现高质量的焊接效果。

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。

CSGH

第四节 总结

得益于机器人技术进步及汽车制造商对效率与成本的追求,传统焊接机器人在汽车行业应用最为成熟,自动化率较高。GGII 调研数据显示,2024 年中国弧焊机器人下游应用呈现多元化格局。其中,汽车工业占据主导地位,占比约 35%;紧随其后的是金属加工领域(约 24%);钢结构、重工机械领域占比相当,分别约为 8.5%;船舶制造领域占比约 5%;其他一般工业领域则贡献了约 19%的份额。这些领域共同构成了中国弧焊机器人的多元应用生态。

与传统焊接机器人相比,智能焊接机器人对灵活性及焊缝智能识别能力的要求显著提升。目前国内智能焊接机器人下游主要应用于钢结构行业和船舶行业。一方面是受中国社会老龄化影响,焊接工人数量呈现逐渐减少趋势。其次,钢结构和船舶行业多以非标设计和小批量生产为主,示教型焊接机器人适应性不足,从而进一步催化了智能焊接机器人在该领域的应用需求。

随着市场认知提升与技术进步,智能焊接机器人有望在更多下游领域放量增长。工业 4.0 与智能制造趋势下,焊接机器人将深度融合 AI、大数据等先进技术,进一步提升非标与小批量生产中的灵活性与智能性。

图表 33 智能焊接机器人下游应用行业特点及发展机会

应用领域	行业特点	智能焊接机器人发展机会
钢结构	✓ 行业集中度较低,中小企业占据主要份额; ✓ 多以非标设计和小批量生产; ✓ 对焊接机器人的灵活性、中厚板焊接能力、智能识别焊缝的能力要求高,实现自动化生产难度较高; ✓ 既有的示教机器人无法满足终端需求。	2024 年全国钢结构加工量达到 1.09 亿吨,其中 60%需要焊接,假设每 100 吨钢铁需要 4 台气保焊焊接设备,则需要 $(10900 \text{ 万} * 60\% / 100) * 4 = 261.6$ 万台焊接电源,假设 10%用机器人焊接,则需要 26 万台焊接机器人。
船舶	✓ 对焊接工人的依赖程度还较高,自动化程度较低; ✓ 焊接工件大(需要使用龙门或者悬臂),对机器人要求更高; ✓ 焊接成本约占船体建造总成本超过 30%; ✓ 既有的示教机器人无法满足终端需求。	按一台焊接机器人替代 3 名焊工,根据中国船级社(CCS)持证焊工数量计算,船舶行业对焊接机器人的市场空间超 6.2 万台。



汽车及零部件	✓ 高精度和高可靠性； ✓ 多样化的产品需求； ✓ 生产效率和成本控制； ✓ 工件标准化程度相对较高； ✓ 智能化程度高。	对于高柔性、易部署的协作焊接机器人需求将逐年提升
工程机械	✓ 产品种类繁多，需要灵活的生产方案； ✓ 部件尺寸较大，形状复杂，需要精确定位； ✓ 智能化程度相对较低； ✓ 生产效率和成本控制。	中厚板智能焊接需求逐渐增加
电动两轮车	✓ 生产、工作环境较为恶劣； ✓ 对人工的依赖程度还较高，自动化程度较低。	自动化技术改造需求较大，车架焊接领域进入壁垒相对较低。以每万台产能配置 2~3 台焊接机器人测算，电动两轮车行业对焊接机器人的需求空间将达到 1.5~2 万台。

注：截至 2024 年 7 月，中国船级社持证焊工数量约 18.78 万人

资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

第六部分 前景篇

第六章 智能焊接机器人发展与展望

第一节 智能焊接机器人市场发展展望

智能焊接机器人作为工业自动化皇冠上的明珠，代表着焊接领域的未来方向。尽管潜力巨大，目前整体市场仍处于技术突破与商业化验证的初期阶段，面临一系列挑战，同时也孕育着无限机遇。

一、当前市场发展面临的挑战

技术成熟度待提升：要实现真正自主、可靠的智能焊接，高度依赖先进的传感器、高鲁棒性的机器视觉、复杂的 AI 算法等技术栈。这些技术在处理高度复杂、非标准化、小批量工件时（如大型钢结构异形焊缝、船舶厚板多层多道焊），其识别精度、决策可靠性和适应性仍面临考验。作为一个复杂系统集成体（机械、电气、传感、软件、AI），其整体稳定性易受硬件故障、软件缺陷、算法局限性或不同子系统间协同问题的掣肘。

应用场景聚焦与局限：目前智能焊接机器人系统的主要价值在于解决非标、小批量、复杂几何形状工件的自动化难题。然而，对于大批量、高度标准化的重复性焊接任务（如汽车白车身点焊），其投入产出比相对于传统专机或基础型工业机器人尚无明显优势，效率和成本竞争力有待进一步优化。

成本与投资回报（ROI）：前期研发投入高，系统成本（尤其高性能传感器和 AI 软件）相对昂贵，用户对投资回收期的担忧是市场推广的重要门槛。

二、市场发展的核心驱动力与必然性

尽管存在挑战，智能焊接机器人取代传统人工和基础自动化焊接，是产业升级的必然趋势，因为它能系统性解决长期存在的痛点：

破解劳动力困局：有效应对熟练焊工日益短缺、人力成本持续攀升、工作环境恶劣（高温、烟尘、弧光）招工难的问题。

质量与一致性飞跃：显著减少人为因素（疲劳、技能差异）导致的焊接缺陷（气孔、夹渣、未熔合、变形），大幅提升产品焊接质量的一致性和可靠性。

生产效率提升：实现 24/7 连续稳定生产，提高生产节拍，缩短交货周期。

工艺优化与可追溯：数字化过程控制便于工艺优化和知识沉淀；完整的数据记录为质量追溯提供坚实基础。

安全效益：将工人从危险、重复的焊接工位中解放出来，降低职业健康风险。

三、未来市场发展趋势与增长点

1、技术持续突破驱动市场渗透

智能化程度加深：更强大的 AI 算法将不断提升机器人在复杂场景下的自主决策能力和适应性，逐步实现“免调试”、“免示教”的即插即用体验。

成本下探与性能提升：随着核心部件规模化、技术成熟度提高以及系统优化，单位成本有望下降，性价比提升。

2、应用场景深化与拓展

潜力蓝海市场：钢结构、船舶海工、重型机械、压力容器、航空航天部件、轨道交通等领域的焊接具有高度非标、劳动强度大、质量要求严苛、环境恶劣等特点，是智能焊接机器人最能发挥价值、激发巨大潜在需求的战场。

传统领域升级：在汽车及零部件（尤其新能源车电池托盘、底盘）等领域，智能焊接技术将在提升复杂零部件焊接质量、柔性化生产方面找到更多用武之地。

推动制造业转型：作为智能制造和工业 4.0 的关键执行单元，智能焊接机器人是制造业向数字化、网络化、智能化升级不可或缺的一环。

3、人机协作模式普及

协作焊接机器人将在需要人机优势互补的场景（如小空间作业、精密部件配合焊接、返修工位）加速应用，形成更灵活的生产单元。

4、数据价值深度挖掘

基于云平台的远程监控、数据分析、预测性维护服务将成为制造商提供增值服务、提升客户粘性的重要手段。焊接大数据将成为优化生产工艺、提升产品质量的核心资产。

5、生态系统构建

随着更多企业（机器人本体厂商、焊接设备商、传感器供应商、AI 软件公司、系统集成商）入局，智能焊接机器人的技术链、供应链和应用生态将加速成熟和完善。

GGII 判断，智能焊接机器人的前期发展受限于技术瓶颈和高成本，进步相对缓慢。然而，随着产业链各环节参与者的持续投入和技术攻关，以及应用场景的不断打磨，其系统生态正加速构建与完善。一旦核心技术在可靠性、易用性上取得实质性突破，同时系统成本达到用户大规模应用的临界点，智能焊接机器人市场将迎来爆发式增长与持续放量，成为驱动工业自动化升级的重要引擎。未来十年，将是其从技术验证走向规模化应用的关键时期。

第二节 智能焊接机器人技术发展趋势

智能焊接机器人技术作为现代制造业自动化和智能化的关键组成部分，正经历深刻变革。其主要发展趋势体现在以下两大方面：

一、人工智能技术赋能智能焊接机器人智能化升级

人工智能（AI）、机器学习（ML）与深度学习（DL）的深度融合，正推动智能焊接机器人在效率、精度与适应性上实现显著跃升。机器人对焊接环境理解更深，能自适应复杂工件与多变条件，实现自主决策与参数优化，大幅提升焊接质量和生产效率。

智能感知与跟踪：基于 ML/DL 训练的视觉系统能精准识别和跟踪各类复杂焊缝位置与形状，即使面对非标准条件也能保持高精度。深度神经网络擅长处理高维视觉数据，精确区分不同材料与焊接表面特征，完成复杂焊缝识别任务。

参数优化与策略学习：通过实时采集与分析焊接过程数据（电流、电压、速度、气体流量等），ML 算法可自动调整参数至最优状态。强化学习的应用使机器人能通过与环境的交互，持续学习并优化焊接策略。

自适应焊接控制：机器人能根据材料厚度、温度变化等实时工况，动态调整焊接参数，实现自适应控制。持续学习机制使其能积累经验，对新工件和环境做出更精准的判断与调整。

二、焊接质量全链智控体系构建与数智化跃迁

焊接质量控制范式正经历从离线抽检向全流程、高精度、自适应的闭环智控体系跃迁。该体系深度融合数字孪生、边缘智能与跨域数据融合技术，构建覆盖设计-生产-检测全生命周期的质量管控闭环，驱动焊接生产向零缺陷目标迈进。

1、该方向的技术演进聚焦于：

质量闭环智能化：行业正从“事后抽检”转向“在线闭环控制”。通过图形化工具（如包迹线分析、概率密度分布）降低 AI 应用门槛，使工艺人员可自主配置质量评价模型，推动焊接过程透明化与标准化。

数据驱动闭环优化：利用云计算和边缘计算能力，对焊接全流程数据进行更深度挖掘，构建从设计、工艺规划、在线控制到质量反馈的闭环优化系统，实现真正的“数据驱动焊接”。

2、应用实例与补充

多模态 AI 缺陷实时诊断系统：依托同步采集的焊接电信号（电流、电压）与熔池视觉图像等多模态数据，构建 AI 缺陷诊断模型，可实时识别焊接过程中的各类缺陷。该系统的运作机制如下：对采集到的电流、电压信号进行特征提取，获取电弧稳定性相关参数，如电

流波动幅度、电压峰值等；同时对熔池视觉图像进行处理，提取熔池的形状、大小、边缘状态等视觉特征。通过融合算法将电信号特征与视觉特征相结合，建立二者与焊接缺陷的关联模型。这种基于多模态信号构建的 AI 模型，综合了电信号反映的焊接能量变化和视觉信号呈现的熔池状态，避免了单一信号诊断的局限性，能更精准地实时识别焊接缺陷，为及时调整焊接参数、改进焊接质量提供有力支持。

三、多模态融合感知是智能焊接的重要发展方向

焊接感知技术正从单一传感器监测加速向多模态智能融合跃迁。通过协同整合电流、电压、声学、视觉、热力学等多物理场信号，结合材料成形机理与动态工艺模型，构建对焊接质量的全周期、全维度感知能力，已成为推动焊接智能化升级的关键方向。

1、该方向的技术演进聚焦于：

全域信号协同感知：突破单点监测局限，实现对电信号、熔池形态、声纹特征、接触力/力矩反馈等异构数据的高精度同步采集与时空对齐。技术挑战在于解决跨协议设备互通、毫秒级时序同步及多物理量耦合标定。

机理驱动的数据互证：建立跨模态数据耦合模型（如电流波动与熔池流动性的映射），使多源信息从并行采集升级为机理互证，显著提升缺陷预警的可解释性与准确性。

闭环自治系统构建：基于实时诊断焊接缺陷（气孔/未熔合等）与工艺偏移，动态生成优化指令，形成“感知-决策-执行”闭环，推动质量控制从事后抽检转向过程实时干预。

2、未来演进的核心维度

感知维度拓展：融入光谱分析、红外热场监测等新物理量，构建更完备的焊接质量表征体系。

云边协同架构：依托边缘计算保障实时控制，通过云端数据聚合驱动工艺模型持续进化。

3、应用实例与补充

激光-视觉协同系统：激光点云精准定位焊缝轨迹，熔池视觉实时捕捉液态金属动态，联合预判焊道成形质量；当检测到焊缝变形时，通过电流波形与熔池图像交叉验证热输入稳定性，避免误判；针对厚板焊接等复杂场景，基于热场分布与视觉数据的关联分析，动态调整层间温度控制策略。

力学传感技术的融合价值：作为多模态感知体系的关键补充，实时监测焊枪与工件间接触力及力矩变化，显著提升系统适应性与可靠性。其作用包括：敏锐感知工件形变或装配偏移引发的异常应力，联动控制动态修正焊枪轨迹，保障复杂结构焊接精度；捕捉电弧压力波动与熔滴过渡力学特征，结合电流波形分析热输入稳定性，预防未熔合等缺陷；基于建立的

动态压力阈值模型，在检测到碰撞或过载风险时触发主动避让机制，保障设备与工件安全。

四、模块化与可扩展性架构推动智能制造生态构建

智能焊接机器人的硬件与软件架构正加速向模块化、标准化演进，通过解耦核心功能单元并定义统一接口标准，显著提升系统的灵活配置能力与可持续升级潜力。该演进方向的核心价值在于赋能用户根据具体生产需求、工艺迭代及技术升级路径，动态调整系统能力边界，实现投资效益最大化。

CSG

第七部分 企业篇

第七章 参编企业介绍

第一节 昇视唯盛

一、企业简介

成立时间：2020 年 总部：上海

上海昇视唯盛科技有限公司(英文简称:3Srobotics)是智能制造机器人产品的提供商,是中国制造产业智能化浪潮的引领者。得益于与韩国现代的战略合作,凭借机器人本体的技术沉淀、融合先进的 AI 视觉和工艺系统,昇视唯盛成功开发出新一代智能工业机器人,并在行业细分领域(焊接、打磨、切割)实现技术突破,是全球少数同时具备机器人本体、AI 视觉和工艺系统三项关键技术并深度融合的企业,具备国际领先的技术优势。

昇视唯盛的研发团队汇聚了来自爱丁堡大学、巴斯大学、爱荷华大学、德国柏林工业大学、悉尼大学、哈尔滨工业大学、上海交通大学、北京航空航天大学等知名高校以及 ABB、KUKA 机器人等业界龙头企业的顶尖科技人才,形成了团队骨干力量。

昇视唯盛的技术团队遍布全国 100 多个城市,赋能包括大基建、中国中铁、宝钢钢构、中国铝业、国家电网、中国建材、宝胜集团、芜湖天航重工、海尔、三星、松下、中国北车在内的近 200 家优秀企业客户,覆盖桥梁、船舶、隧道钢、电力、重工、工程机械、高铁动车、汽车、3C、家电等多个行业领域。昇视唯盛专注于提供卓越的产品和服务,旨在助力制造业合作伙伴实现智能化转型、推动业务增长,共同迈向智能化的未来。

二、核心技术

1、哈工现代 3in1 智能焊接机器人

- 1) 适应性强,针对轻钢格构件、非标件快速部署;
- 2) AI 模型不断积累结构知识、焊接知识;
- 3) 无需模型图纸导入和示教编程,通过拍照识别定位并匹配相应工艺;
- 4) 无需人工介入,全流程自主作业,降低操作人员门槛;
- 5) 新构件只需对生成的焊接任务继续进行确认;
- 6) 机器人、视觉、焊接电源全系软硬件自研,系统匹配度稳定性高,售后服务及时高效。



2、V 系列智能通用焊接系统

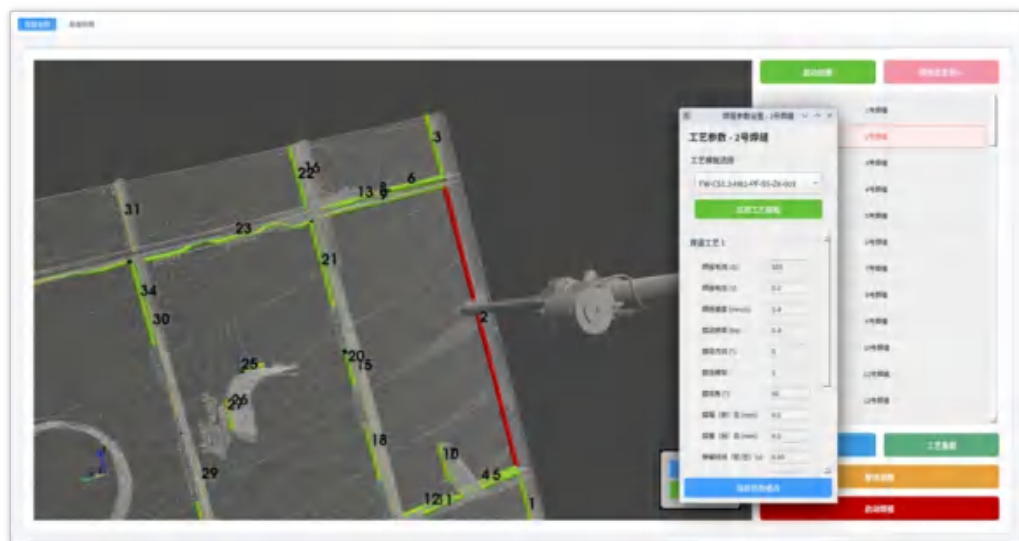
- 1) 快速部署，硬件安装+软件部署+TCP 标定+视觉标定，1 天内完成部署；
- 2) AI 自学习；
- 3) 底层融合，微秒级通讯周期，焊接精度为 1mm；
- 4) 不仅替代焊工，更超越焊工；
- 5) 适用于钢构、船舶、桥梁、油箱、变配电箱、工程机械等行业的免试教焊接。



3、S 系列智能定制焊接系统

- 1) 快速部署，硬件安装+软件部署+视觉标定，1 天内完成部署；
- 2) AI 自学习，可适用于各种非标工件的快速识别和自动化焊接；
- 3) 底层融合，微秒级通讯周期；
- 4) 不仅替代焊工，更超越焊工；
- 5) 算法兼容性强，可实现多品种工件的通用识别，适合小批量多品种的生产场景。

6) 可适用于变压器油箱, 环保设备, 工程机械, 桥梁钢模板等多行业的免示教焊接。



4、机器人激光应用模块

- 1) 焊缝质量高: 焊接头自带高频双摆, 可实现多种光斑图形, 满足客户焊缝成型要求
- 2) 稳定性高: 激光器功率稳定性极佳, 光电转换效率高; 光束质量好稳定性高
- 3) 形变小: 热量输入很小, 焊缝深宽比大, 热影响区小使得工件收缩及变形较小
- 4) 成型美观, 焊接头自带高频双摆, 可实现多种图形, 满足焊接工艺要求;
- 5) 高速焊接, 相同材料焊接速度相较弧焊可达 2-3 倍;
- 6) 薄板适配, 薄板适配优异, 可实现 0.4-3mm 板材有效焊接;
- 7) 材料适配, 可适配碳钢、不锈钢、铝合金等材料, 可调节焊缝材料成分。



三、核心产品

产品 1—哈工现代 V 系列智能焊接系统工作站

哈工现代 V 系列智能焊接系统工作站采用昇视唯盛智能焊接 V4 系统，V4 系统是面向轻钢、船舶、桥梁等行业的智能焊接标准品，融合了哈工现代机器人技术、数字孪生、自研焊接工艺及视觉技术，可赋能工业焊接场景，降低操作人员要求，提高焊接效率，实现免示教智能化焊接作业。

该工作站具备复杂的多自由度运动能力，无需频繁更换设备或调整焊接工艺，就能轻松到达工件的各个焊接位置，包括形状复杂、空间受限的工件，从而大大提高了焊接的可达性和适应性。其通过编程和控制系统优化焊接路径，使焊接机器人能够以最短路径和最快速度完成焊接任务，节省焊接时间，提高生产效率。

此外，该工作站采用先进传感器技术和高精度控制系统，可实现精确定位和运动控制，确保焊接点的准确性，焊接精度可达毫米级甚至更高，从而保证焊接质量的一致性和稳定性。



产品 2—哈工现代 S 系列智能焊接系统工作站

哈工现代 S 系列智能焊接机器人工作站部署了昇视唯盛的智能机器人焊接系统，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。



产品 3—哈工现代激光焊接工作站

哈工现代激光焊接工作站采用 HGXD 机器人，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。



产品 4—弧焊应用模块系列

名称	介绍
HA006B/HH010L-NBC-350HS 超薄板 (0.4~1.0mm) 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溶滴过渡。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 中厚板 (≥4mm) 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、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。 

产品 5—HS220-SP0T-7/8HD 点焊应用模块

- 1) 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；
- 2) 机器人本体电机种类少，降低存储配件成本，售后维护方便；
- 3) 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；
- 4) 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；
- 5) 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。



产品 6—机器人本体系列

							
产品型号/Model			HA006B	HH010L	HH020	HH050	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/Gegree of Freedom			6	6	6	6	6
重复精度/Repeatability			±0.05mm	±0.08mm	±0.06mm	±0.06mm	±0.11mm
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°
臂力矩 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



第二节 摩卡机器人

一、企业简介

1、成立时间：2020 年 总部：芜湖

芜湖摩卡机器人科技有限公司是一家专业从事于工业机器人本体研发、生产制造、销售为一体的公司，目前拥有 30 余款系列工业机器人产品，包括六轴通用机器人、中空焊接机器人、压铸打磨专用机器人、SCARA 机器人、冲压机器人、协作机器人等，当下产品负载从 4KG-500KG。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“引领新一代机器人自动化革命”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、超高速度、超高性价比的机器人本体，得到了市场的广泛认可。多次荣获行业内重量级产品奖项，在工业机器人销售总量及细分领域销量上稳居国产品牌前列。目前公司拥有各类发明专利共 88 项，并荣获省级“专精特新”企业，“高新技术企业”等荣誉称号，摩卡机器人在“2023 年国产机器人整机出货量”位列国产前六，“国产工业机器人六轴产品出货量”位列第三，“焊接机器人产品出货量”全国前三。

2、产品矩阵

产品线	代表机型	技术参数亮点	应用场景
协作机器人	MB12CP-1250	重复定位精度±0.04mm	3C 电子精密装配
SCARA 机器人	MB10SC-600	重复定位精度±0.02mm	3C 电子精密装配
六轴搬运机器人	MB25-1840	重复定位精度±0.05mm	汽车零部件装配

3、主流服务行业

- ①汽车制造：（例：提供整车厂焊装/涂装线机器人）
- ②3C 电子：（例：高速 SCARA 机器人应用于手机主板检测环节）
- ③新能源：（例：光伏硅片搬运解决方案提升客户产能 30%）

二、核心技术

1、机器人控制系统模块化关节一体化设计

A. 核心技术

- ①高度集成的关节模块（电机+谐波减速器+编码器+制动器一体化封装）。
- ②轻量化材料（如碳纤维外壳、铝合金拓扑优化结构）。
- ③分布式驱动架构（单关节独立伺服驱动，支持 EtherCAT 总线通信）。

B. 技术趋势及方向

- ①标准化接口：模块化关节即插即用（如 ISO/TC 299 机器人模块标准）。
- ②无框电机直驱：取消减速器，降低传动损耗（如 Magnetic Innovations 的直驱方案）。
- ③自诊断关节：内置振动传感器预测寿命。

2、工业机器人控制柜散热装置

A. 核心技术

- ①动态风冷调节：热敏电阻实时监测散热片温度，通过电路放大器控制风扇转速，实现按需散热，节能高效。
- ②导热结构优化：横向+纵向导热片组合，增强热传导效率，集成模块直接散热。
- ③主动清洁散热：驱动电机带动擦布自动擦拭导热片，结合压水组件保持清洁，提升散热持续性。

B. 技术趋势及方向

- ①智能化：AI 预测温升曲线，提前调节散热参数。
- ②低能耗：刹车电阻回收电机能量，减少电能损耗。
- ③高防护：密闭设计（进/出风板小孔）适配恶劣环境，未来或引入相变材料散热。

3、焊接机器人智能除尘系统

A. 核心技术

- ①静电吸附除尘：静电发生器+吸尘板高效捕捉烟尘颗粒，解决传统过滤易堵塞问题。
- ②模块化净化设计：集成烟气净化机、可调波纹管吸嘴，实现焊接烟尘的源头捕获与深度净化。
- ③移动式灵活作业：带移动轮的承载台+气密箱体，适配不同工位需求。

B. 技术趋势及方向

- ①智能化：加装传感器实时监测烟尘浓度，自动调节吸力。
- ②清洁：开发振动或反吹式除尘结构，延长滤芯寿命。
- ③轻量化：采用复合材料降低设备重量，提升移动便捷性。

4、搬运机器人智能调度系统

A. 核心技术

- ①动态速度调节：通过输送平台计数器实时监测货物数量，自动调整机器人搬运速度，实现高效作业。
- ②全局协同调度：中心控制器基于监控摄像头和位置传感器数据，智能分配机器人任务，避免聚集或空载。

③安全避障设计：激光雷达+防撞挡块双重防护，确保移动安全。

B. 技术趋势及方向

①AI 优化调度：引入机器学习算法预测货物堆积趋势，提前调配机器人资源。

②5G 低延迟控制：提升多机器人协同响应的实时性。

③能耗管理：开发空载休眠模式，降低 30%以上能耗。

三、核心产品

1、产品 1—MR12-2010

摩卡焊接机器人 MR12-2010 具有高速、高精等特点，产品额定负载 12KG，最大运动半径 2010mm，该款机型重复定位精度可达 $\pm 0.05\text{mm}$ ，轨迹精度 $\pm 0.03\text{mm}$ 以内，速度高于同等产品的 20%，刚性高于 30%，机器人手腕采用中空结构，四轴小臂与五轴腕部均设置内置走线通道，焊枪可 360° 旋转而不会使线路缠绕，比传统外置结构焊枪空间运动范围更大，操作更灵活，实现性能与能效的最优化。

MR12-2010 机器人有 6 个自由度，不仅可以在两个平面之间进行物品搬运，MR12-2010 机器人拥有翻转功能和圆筒旋转功能，基本可以实现“360”的范围搬运，可以实现气保、氩弧、激光、铝、不锈钢、碳钢等方面的焊接。主要应用于汽车制造、五金、工程机械、压力容器、轨道交通等多个行业领域。



2、产品 2—MR10W-1440

MR10W-1440 是焊接专用机器人，有效载荷 10kg，重复定位精度 $\pm 0.05\text{mm}$ ，运动半径 1440mm，机器人重量 210kg。1 轴 S 运动速度 $285^\circ/\text{s}$ ，2 轴 L 运动速度 $247^\circ/\text{s}$ ，3 轴 U 运

动速度 $285^{\circ}/s$ ，4 轴 R 运动速度 $392^{\circ}/s$ ，5 轴 B 运动速度 $272^{\circ}/s$ ，6 轴 T 运动速度 $1353^{\circ}/s$ 。主要应用于汽车制造、五金、工程机械、压力容器、轨道交通等多个行业领域。



3、产品 3—MB10W-1550

六轴焊接机器人 MB10W-1550，是一款高性能负载 10KG、臂展 920mm 的焊接机器人，采用模块化设计，工作半径达 1550mm，最大负载 10kg，重复定位精度 $\pm 0.03\text{mm}$ ，满足高精度焊接需求。机身采用防溅水与防尘设计（IP65 防护等级），适应恶劣焊接环境，并配备专用焊枪接口与线缆管理系统，减少运动干涉。

高精度轨迹控制：支持弧焊、点焊等多种工艺，焊接速度可达 15mm/s ，确保焊缝质量稳定；

智能焊接系统：集成焊缝跟踪与自适应参数调节，兼容激光视觉传感器，实现自动化焊接；

快速部署：支持主流焊接电源（如 FANUC、OTC 等），提供即插即用接口，降低集成难度。

主要应用于汽车制造：车身焊接、零部件拼接；工程机械：钢结构焊接、管道连接；五金加工：金属柜体、框架焊接。



4、产品 4—MB15-1550

六轴搬运机器人 MB15-1550，是一款中负载六轴工业机器人，专为重型物料搬运和自动化产线设计。采用高强度铸铁机身结构，工作半径 1550mm，最大负载 15kg，重复定位精度 $\pm 0.03\text{mm}$ 。

六轴联动设计，灵活适应复杂搬运路径；IP65 防护等级，适应各类工业环境，内置碰撞检测与过载保护功能；配备智能力矩控制，实现精准抓取与末端执行器（如夹爪、吸盘）的快速更换；集成 EtherCAT 总线控制。

主要应用于汽车制造：发动机/变速箱搬运；金属加工：钢板/型材上下料；家电行业：大型家电装配；物流仓储：托盘码垛/拆垛。



5、产品 5—MB50-2650

六轴搬运机器人 MB50-2650，是一款大负载六轴工业机器人，专为重型物料搬运和自动化产线设计。采用高强度铸铁机身结构，工作半径 2650mm，最大负载 50kg，重复定位精度 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

六轴联动设计，灵活适应复杂搬运路径；IP65 防护等级，适应各类工业环境，内置碰撞检测与过载保护功能；配备智能力矩控制，实现精准抓取与末端执行器（如夹爪、吸盘）的快速更换；集成 EtherCAT 总线控制。

主要应用于汽车制造：发动机/变速箱搬运；金属加工：钢板/型材上下料；家电行业：大型家电装配；物流仓储：托盘码垛/拆垛。



第三节 集萃智造

一、企业简介

成立时间：2016 年 总部：南京

江苏集萃智能制造技术研究所有限公司成立于 2016 年 9 月，总部位于南京，在苏州、常州、合肥、滁州等地设立控股子公司。是一家专注于人机共融智能机器人研发与应用系统解决方案的国家级专精特新小巨人企业。

作为专业的人机共融智能机器人研发与应用系统解决方案提供商，自成立以来，公司一直秉持“创新是研究所发展的灵魂”为理念，攻克了复杂动力学建模、基于摩擦的拖拽示教、人机共融碰撞检测算法、基于 3D 视觉检测的无序抓取、便携式焊接工艺包、高精度地图导航与定位、自主充电与多层梯控、多机协同云端大脑控制等关键技术，突破了人形机器人稳定性控制、多模态大模型具身智能等“卡脖子”技术，研制出 CI 系列协作机器人、2 款便携式焊接机器人、3 款智能咖啡机器人、2 款室内清洁机器人、3 款室内外零售清洗清洁车、具身智能人形机器人等产品，并已经广泛应用于工业制造、生活服务、农业等多个领域。

集萃智造不仅是江苏省智能机器人工程研究中心、江苏省智能机器人创新中心(培育)、还是国家级专精特新小巨人企业，是国产协作机器人的优质品牌。在助推国内各行业发展的同时，集萃智造也不断走向国际。近年来，产品已经远销德国、巴西、俄罗斯、澳大利亚、阿根廷、智利、韩国、新加坡等 30 多个国家及地区，并在欧洲、美洲、日韩、俄罗斯等重点市场设立服务中心，并拥有众多高价值客户，储备了大量优质项目，销售和技术支持网络逐渐覆盖全球。

二、核心技术

1、机器人本体核心部件

集萃智造核心零部件包括电机、减速器、伺服驱动、编码器等，这些部件的性能直接决定了协作机器人的整体性能。目前除谐波减速器外的部件已基本实现全自研。电机采用高功率密度比的永磁无框力矩电机，能够为机器人提供强劲且稳定的动力输出，同时具备快速响应特性，满足机器人高速运动和精准定位的需求。伺服驱动和编码器系统保证控制器能够精确控制电机的转速、位置和扭矩，其响应速度和控制精度直接影响机器人的动态性能。集萃智造通过自主设计伺服驱动的软硬件，实现了与电机、编码器、减速器的高度适配，保证了核心零部件之间的高效工作。同时具备各个核心零部件的规模化量产能力，保证协作机器人能够稳定生产。

2、机器人核心算法模块

在算法层面，集萃智造全自研运动学及动力学建模、实时在线规划、离线规划、力位混合控制、焊接摆动轨迹、多层多道轨迹等较全面的轨迹生成算法，保证轨迹运行平滑、路径准确；拖动示教功能能够让使用者更快速的进行编程，同时在安全与稳定控制环节，突破无感电流碰撞检测与安全防范机制、协作机器人负载机型的抖动抑制技术等问题，使机器人能够更稳定的工作。无感电流碰撞检测技术无需额外安装力传感器，通过实时监测电机电流变化，精准识别机器人与人体或障碍物的接触力，避免人机碰撞伤害，同时降低硬件成本；针对机器人的抖动问题，通过自适应振动补偿算法，实时分析机器人高速运动或负载切换时的振动频率，生成反向补偿信号抵消抖动，解决机器人运动中“定位漂移”“末端晃动”等问题，将定位精度提升至毫米级，满足重型工件搬运、大型设备装配等场景需求。

3、机器人控制系统

集萃智造自主研发的机器人控制系统融合高性能硬件平台与先进控制算法，具备以下特性：高实时性与稳定性：基于实时操作系统和高速总线架构，保证控制指令的毫秒级响应。

模块化与扩展性：控制器采用模块化设计，可灵活扩展多轴控制、外部传感器接入与工艺功能插件，支持多场景应用。

智能化控制算法：集聚力位混合控制、自适应振动抑制、轨迹平滑补偿等算法，确保机器人在高速、高精度和大负载条件下仍能稳定运行。

人机协作安全：通过无感电流碰撞检测、安全力限位和区域监控机制，提升协作安全性，满足国际安全标准。

开放性与互联互通：支持 EtherCAT、CANopen、Modbus、ROS2 等多种工业通信协议，方便与各类产线及上位机系统集成。

4、高精度运动控制与焊接热变形动态补偿算法

高精度运动控制与焊接热变形动态补偿算法是实现复杂场景下焊接精准化的核心技术，其技术体系围绕“轨迹精准识别 - 焊接过程保障 - 热变形实时修正”构建。主要分为三大模块：

激光焊缝跟踪技术：提供了“先扫后焊”的功能，根据扫描点数据，提取焊缝轨迹，机器人智能自主决策。主要应用于扫描角度与焊接角度不一致，焊接空间狭窄的情况。

自动寻找起弧点：在焊接过程中，如果发生起弧失败或者中途熄弧，则会按照参数配置，自动尝试重新起弧。

焊接热变形技术：通过瞬态热-结构耦合有限模拟，实时计算变形并生成补偿指令。结合模糊逻辑与 PID 控制，动态调整补偿参数以适应焊接过程中的不确定性。搭配电弧跟踪系

统，通过检测焊接电流或电压变化来实时监测并自动调整焊枪位置，确保焊缝精准对接。

技术趋势与方向 1—更高性能的本体

随着电机技术与减速器技术的提升，高功率密度电机与更低背隙减速能够进一步提升机器人本体的精度及稳定性。更轻量化、高强度材料应用，能够提升机器人的负载自重比，让机器人更轻巧，负载能力更强，增加灵活性。

技术趋势与方向 2—更全面的运动轨迹

融合 AI 与自适应控制的轨迹算法，接入大模型，能够实现生成式动作指令；支持多工艺、多场景的复合轨迹（焊接、打磨、搬运等）在线/离线混合规划，实现柔性化生产。

融合 AI 与智能算法的轨迹控制技术，打破传统固定轨迹局限，实现“生成式、复合化、场景化”运动能力：

生成式动作指令突破：将自适应控制轨迹算法与工业大模型（如机器人专用大模型 RoboGPT）深度融合，可基于任务目标（如“打磨不规则曲面工件”）自动生成最优动作序列，无需人工编写复杂轨迹程序，使新工况调试时间从数天缩短至数小时；

复合轨迹规划升级：支持焊接、打磨、搬运等多工艺轨迹的在线 / 离线混合规划，结合数字孪生技术实现“虚拟仿真 - 轨迹预演 - 现场执行”闭环——例如汽车焊接场景中，机器人可离线规划车身不同部位的焊接轨迹，在线作业时根据实时视觉反馈调整路径，适配多车型混线生产；

柔性生产适配：通过多轴协同控制（如 7 轴冗余机器人），可实现复杂姿态下的连续运动，满足航空航天部件（如机身曲面打磨）等非标准工件的加工需求，降低生产线切换成本。

技术趋势与方向 3—更智能的操作系统

友好的人机交互界面与拖拽式编程，集成 AI 学习功能，使机器人具备自学习与自优化能力。

云端互联，支持远程监控、维护与智能调度。

操作系统向“人性化交互、自学习进化、云端协同”方向升级，推动机器人从“工具”向“智能伙伴”转变：

友好化人机交互：除拖拽式编程外，新增语音交互（支持工业场景噪声下的指令识别，准确率 $\geq 95\%$ ），使非专业人员（如产线操作工）可在 1 小时内掌握基础操作；

AI 自学习能力：集成强化学习与迁移学习算法，机器人可通过“试错 - 优化”自主适配不同工件（如抓取软质包装与硬质零件时自动调整夹持力），同时将某一场景的操作经验快速迁移至相似场景，减少重复训练成本；

云端互联协同：基于“边缘计算 + 云端平台”架构，实现远程监控（实时查看机器人运行参数与故障预警）、预测性维护（通过传感器数据预判减速器寿命，提前安排保养）、智能调度（多机器人协同作业时，云端动态分配任务，提升整体效率 30% 以上）。

技术趋势与方向 3—更高等级的安全与协作

内置多传感器融合的安全控制（力、视觉、触觉），满足 ISO 10218、ISO/TS 15066 等协作机器人国际安全标准，实现人机无隔离高效协同。

依托多传感器融合与国际标准落地，构建“感知 - 决策 - 防护”全链路安全体系，推动人机协作从“隔离作业”向“近距离协同”升级：

多传感器安全感知：集成 3D 视觉传感器（识别人体位置与运动轨迹）、六维力传感器（检测碰撞力，触发急停）、触觉反馈传感器（接触人体时自动降低夹持力），实现“预判 - 规避 - 缓冲”三级安全防护；

国际安全标准落地：严格符合 ISO 10218（工业机器人安全通用要求）与 ISO/TS 15066（协作机器人安全标准），例如当人机距离小于 50cm 时，机器人自动将运动速度降至 0.25m/s 以下，碰撞力控制在 10N 以内，避免人员伤害；

人机协同场景落地：在汽车总装线中，机器人负责重型部件（如车门）的定位，工人同步进行螺栓拧紧作业，无需物理隔离栏；在电子厂中，协作机器人辅助工人搬运物料，通过触觉反馈避免工件损伤，实现“人机分工、高效协同”。

三、核心产品

产品 1—CI 系列协作机器人

为柔性制造而生的 CI 系列协作机器人拥有 3~20kg 多种负载型号，覆盖 3C、汽车、半导体、金属加工、医疗、新零售等 15+行业 200+应用场景，具有安全高效、灵活易用等优点，在产线中可以快速切换作业，满足客户对性能、效率以及柔性化等方面的需求。集萃智造通过本土化研发与制造，为中国企业构建柔性生产体系提供“国产方案”，从“设备替代”到“效率升级”，切实推动“中国制造”向“中国智造”的转型跃迁。

产品优势：

（1）部署灵活：小身量大负载，可叠加在各产线，平均 1 小时快速部署，不影响原产线运转，而且体积小，便于包装运输，且安装轻松，拆卸简单。

（2）轻便易用：以轻便灵活著称的协作机器人，自重更轻负载更强，以常用的 5kg 机器人为例，自重仅有 21kg，负载达 5kg，且具有多种负载型号。

（3）安全稳定：拥有碰撞检测等功能，保证安全的人机共融，通过欧盟 CE、CMA 等多

项认证，能够直接与人一起工作，且无需使用安全围栏进行隔离，具有高度的可靠性和安全性。

（4）柔性生产：最大工具端平均速度可达 2.5m/s，运行效率高，轨迹轻柔，动作连贯，±360° 单关节自由度，球形工作空间，无死角，任意角度安装，结构紧凑。

（5）简单操作：拖动示教、可视化编程、离线编程、远程培训支持，无需精通编程语言，即使零基础的操作者也可轻松操作机器人，人机协作更人性化。支持示教器、平板、APP 三端无缝操作，兼容性行业领先。

（6）接口丰富：控制柜有安全 I/O、通用 I/O、模拟 I/O 及 RS485，可连多种设备并协同通信；工具末端支持 RS485 和 I/O 通讯，适配各类执行器，增强集成本力与任务适应性

（7）应用广泛：已在上下料、锁螺丝、喷涂、打磨、焊接、医疗健康、科研教育、餐饮、新零售等领域多重应用。



产品 2—CI-W05 协作机器人

2025 年 6 月 28 日，集萃智造强势破局，以颠覆行业的 19500 元（本体 300 台起订，500 台及以上送焊接工艺包）超低定价，正式发布全新一代焊接版协作机器人——IIMT-CI-W05 焊将！集萃智造以强大的自主研发实力和供应链整合能力，击穿了协作机器人应用的成本壁垒。这不仅仅是一台机器人，更是一台投入焊接领域的顶级王炸，让高性价比智能焊接真正落地寻常车间！

产品性能亮点：

（1）场景适配，精益求精：独家黑灰配色方案，突破传统工业审美。采用沉稳专业的黑灰配色方案，不仅显著提升耐脏、耐磨性能，更与焊接场景的工业美学深度呼应，由内而



外重塑专业装备气质。

(2) Mini 工控一体机，集成无忧：相较以往，集萃智造本次升级采用体积更加小巧的工控一体机，大大节省设备空间。无论是集成到现有焊接工位，还是构建全新工作站，都更加灵活便捷，部署效率获得大幅提升。其提供丰富的通信接口、SDK 接口，支持 70 多个常用二次开发接口；支持 C++ 进行在 ROS2 上进行二次开发；支持多种伺服电机 modbus rtu 进行控制如松下，禾川，雷赛等，用户可基于集萃智造机器人进行自主性很强的二次开发。

(3) 智能软件，兼容无界：全平台的焊接工艺软件包，不仅支持在示教器上进行焊接参数的选取调用，还支持在平板电脑和 APP 上同步操作，三端均可实现无缝运行，打破平台束缚。强大的兼容性无需为特定系统额外投入，现有设备轻松接入，即装即用，让焊接编程与管理畅通无阻。其搭载的焊接工艺包，以智能内核驱动效率与精度跃升。强大工艺文件管理系统支持一键调用历史参数，实现相同工况的秒级编程。专家数据库基于板材厚度、焊丝直径智能推荐工艺方案，结合拖拽式快速示教与“直线四点+圆弧七点”轨迹定义法实现复杂路径的快速取点与防碰撞仿真。

(4) 外围生态，柔性站点：集萃智造注重“机械臂+”的生态构建，用户可根据实际需求自由选配外部轴，打造柔性生产。其集成高扩展性接口，可快速构建一站式焊接解决方案，配备激光焊缝跟踪系统，通过实时扫描焊缝位置，适应工件变形与装配误差。针对多种工件的需求，可选配变位机进行协同，其支持双/三轴变位机联动，可轻松实现空间任意角度无死角焊接。此外，地/轻轨、龙门、悬臂等多样的外部轴选配，使其工作半径大幅延伸，轻松满足大型框架、储罐等工作需求。支持“工位预存+路径规划”模式，机器人在工位 A 焊接时，工位 B 同步完成上下料，双工位无缝切换，产线整体效率提升！外部轴协同控制算法，让变位机与机器人六轴实时同步，针对曲面焊缝，实现“机器人轨迹+工件姿态”的快速匹配，一次走枪完成全焊缝焊接。

(5) 数字通信，精准可控：搭载 CANopen、ModbusTCP 等多种数字通讯协议，重构机器人与焊机协同。焊接参数（电流/电压/速度）实时双向传输，动态调节精度进行有效提升。全数字信号取代传统模拟量，彻底规避电压波动导致的焊接缺陷。每一道焊缝的完整参数集（电流曲线/电弧特性/修正记录）自动同步至云端，无缝对接 MES 系统，实现质量缺陷逆向溯源。



产品 2—智能便携式焊接工作站

集萃智造智能便携式焊接工作站是由集萃智造 CI 系列协作机器人作为核心,基于拖拽示教、3D 视觉等技术,同时搭配自主研发的焊接工艺包与专家库系统,可提供直焊、圆弧、摆焊、多层多道等多样化焊接工艺,能根据焊接接材质与焊接类型,智能匹配焊接工艺方案。“傻瓜式”操作、简单易上手,普通工工人也能成为“高级”焊工。目前已广泛应用于港口机械、船舶制造、钢结构工程、变压器行业、金属加工、汽车制造等领域。

产品核心优势:

(1) 多重防护、安全可靠:集萃智造机器人采用更先进的电磁式抱闸,遭遇突发断电、急停时可原地抱死不下坠,机器人本体轻巧可控,安全电压供电,配备了高灵敏度的碰撞检测功能,能够有效地保障人机协作的安全性。

(2) 焊接工艺、专家智库:数字化焊接工艺包:转化焊工经验,提供直观示教操作,支持直焊、摆焊、圆弧焊等任务快速设置。焊接专家库:智能匹配板材厚度、焊丝直径等参数,自动生成最优工艺方案,支持参数导出、保存与修改。

(3) 批量高效,质稳可靠:专为高要求、大批量焊接设计,确保效果一致;人机协作,实时人工检验每条焊缝;内置专家工艺与多功能辅助,保障焊缝质量。

(4) 随用随搬、快速部署:搭配磁吸底座或移动小车,随用随搬机器人本体轻巧、快捷安装使用。

(5) 接口丰富、开发灵活:支持纯 socket 通讯控制和 SDK 接口控制,二次开发包支持

70 多个常用功能接口，对 C++ 和 Python 开发语言支持友好。支持 C++ 在 ROS2 上进行二次开发；平台支持多种伺服电机使用 Modbus RTU 进行控制，如松下，禾川，雷赛等，用户可基于集萃智造机器人进行自主性很强的二次开发。

（6）灵活搭配、持续升级：支持选配焊枪、焊接电源、线缆等组件，适配国内外多品牌焊机厂家，包括肯倍、林肯、EWM、伊萨等。选配按键/无线/摇杆操控方式；可扩展外部轴（地轨、龙门架、变位机等）及功能模块。

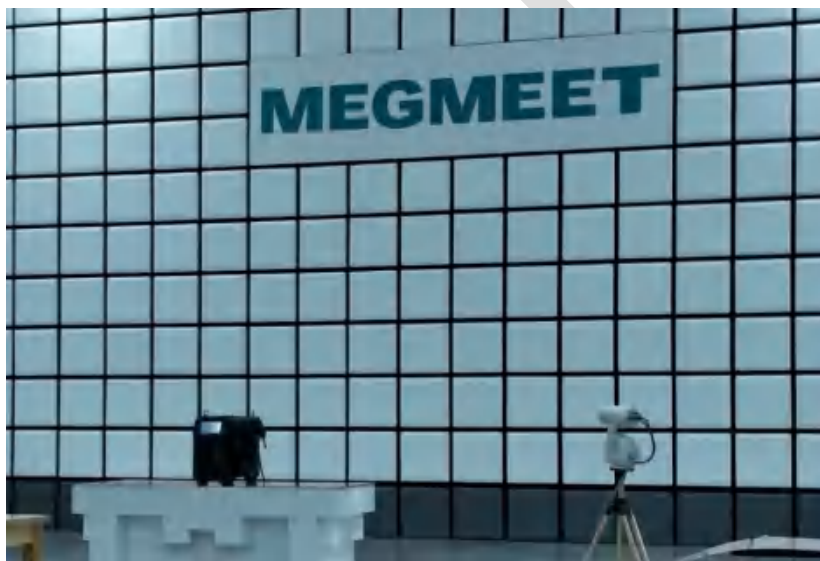


第四节 麦格米特

一、企业简介

成立时间：2003 年 总部：深圳

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。截至 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，总建筑面积 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。

各系列焊机与机器人通讯方式

机器人 焊机系列	焊机与机器人通讯方式							接触寻位		电弧 跟踪
	模拟	DeviceNet	EtherNet/IP	EtherCAT	Profinet	CANopen	MEGMEET CAN	54V	5V	
Ehave	●								●	●
Artsen	○	○	⊙	⊙	⊙	○	○	●	●	●
Artsen Plus	○	○	⊙	⊙	⊙	○	○	●	●	●
Dex	○	○	⊙	⊙	⊙	○	○			●

● 标配 ○ 多选一 ⊙ 定制开通



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：

- A. 相比传统直流焊接，飞溅降低量达 99%，实现几乎零飞溅焊接；
- B. 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；
- C. 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；



- D. 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；
- E. 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。



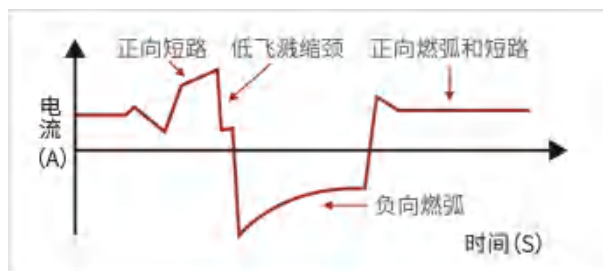
3、交流 MIG 焊接工艺

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。

- A. 独特的负向稳定算法,极性高速稳定交替,电弧更柔和;
- B. 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;
- C. 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;
- D. 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;
- E. 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（Artsen 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。

- A. 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
- B. 双枪共熔池：两把焊枪呈黄金夹角（ $0-45^{\circ}$ ），共享同一个熔池；
- C. 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；
- D. 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；
- E. 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



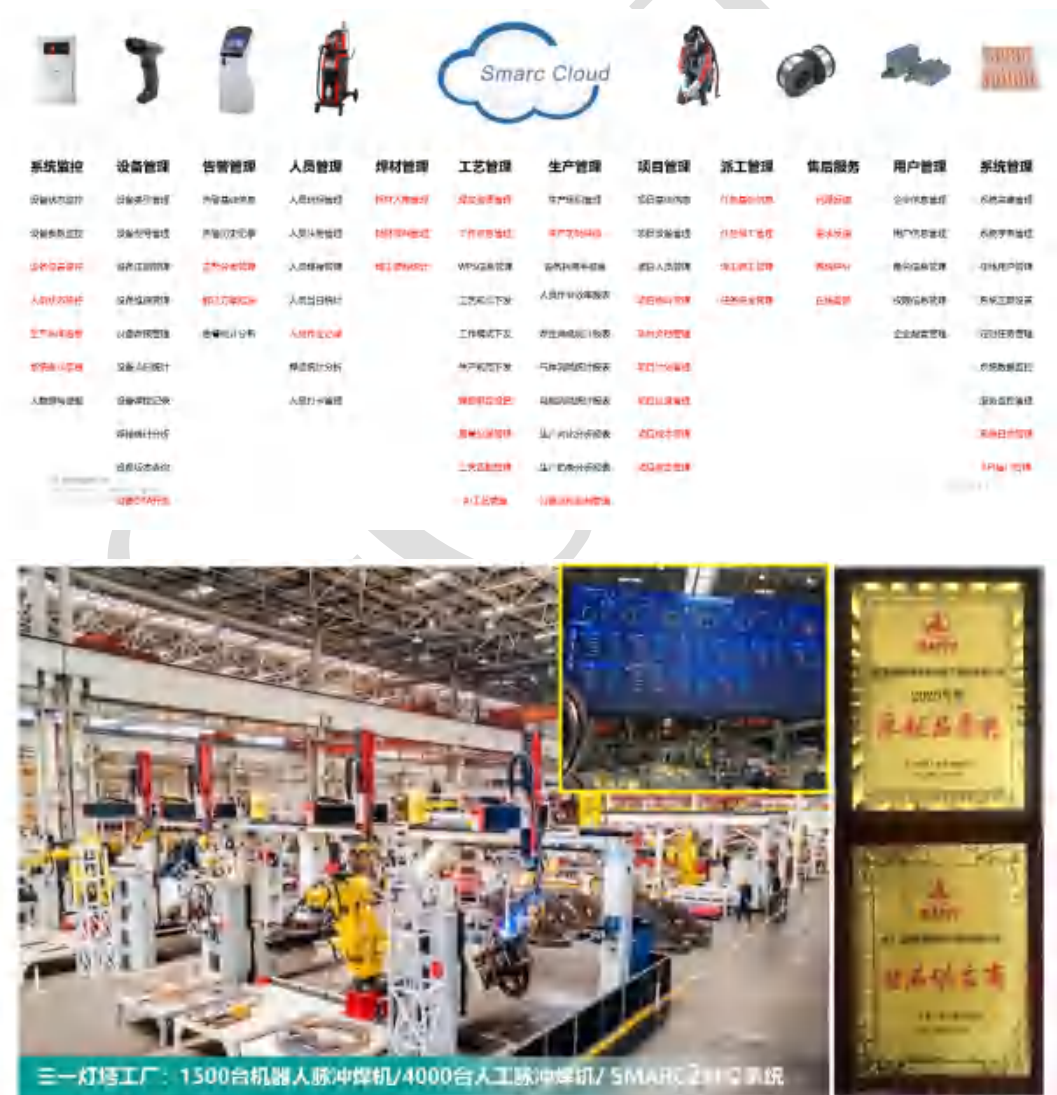
- A. 两个焊接系统可选：中继推拉丝机器人双送丝焊接系统、机器人单丝焊接系统；
- B. 专为激光智能焊接开发的控制系统，拥有完全的自主知识产权，更专业、更智能；
- C. 支持 100 组 JOB 参数存储及调用，可在不间断过程中平稳切换 JOB 参数，切换过程稳定可靠；
- D. 数字化通讯技术，相比仅有模拟/IO 通讯更方便快捷，可实现的功能更全面；
- E. 独特光斑设计方案，飞溅更低，焊缝成形更美观，具有预热效果，更适合高反材料的焊接。



6、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，截止目前已累积近 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、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。



第五节 敏越科技

一、企业简介

成立时间：2016 年 总部：北京

北京敏越科技有限公司（以下简称敏越科技）是一家专注于 3D 视觉传感器和工业具身智能的高科技创新企业。公司秉承“智能、易用”的核心理念，旨在打破国外在高端智能制造技术上的垄断，支持中国智能制造的发展。作为国家级高新技术企业，敏越科技已构建完整的研发、生产、销售体系，研发总部设在北京，并在南京、佛山、成都等地设立应用和技术服务中心，形成覆盖全国的技术支持网络。公司核心研发团队多毕业于清华大学、华中科技大学等知名高校，具备机器人学、图像处理算法、3D 视觉算法、传感器设计、CAM/CAD 以及人工智能等领域的深刻理解和丰富从业经验。

敏越科技以工业具身智能感知能力与工业大模型决策能力为核心技术基底，核心产品分为具身智能视觉感知与大模型驱动软件两大方向，深度覆盖工业焊接、切割等核心加工场景。产品包含：1. 具身智能视觉感知核心：激光视觉焊缝跟踪系统（SmartEye）系列，该系列是工业具身智能的“核心感知器官”，定位为工业焊接场景下的高精度视觉感知模块，通过激光视觉技术实现焊接场景的实时精准感知，支撑其在弧焊、氩弧焊、激光焊等多类焊接应用中实现精准执行，夯实工业具身智能感知层的国产化基础，实现了进口高端视觉感知产品的技术替代。2. 大模型驱动的具身智能执行系统：免示教焊接/切割系统（SmartWeld/SmartCut）。该系列基于全自研软硬件构建工业工艺大模型，实现工业焊接/切割大模型与具身智能的“决策 - 执行闭环载体”，可直接驱动机器人完成“一键启动焊接/切割”，无需人工干预中间流程，解决传统工业场景中示教编程耗时久、机器人利用率低的痛点，为工程机械、煤机、钢结构、船舶等离散制造行业注入智能决策 + 高效执行能力，显著提升离散化加工生产效率，推动工业场景从机器自动化向具身智能化跨越。

截至 2025 年，焊缝跟踪系列产品累计出货超过 3000 台，智能化坡口切割系统超过 200 套，免示教焊接系统超过 400 套。在免示教坡口切割/焊接应用上，处于国内领先水平，客户覆盖中小企业到大型制造集团。当前公司国内市占率稳步上升，未来计划拓展国际市场，推动中国智能制造“走出去”，助力制造业升级。



二、核心技术

1、全栈自研 3D 视觉技术

A. 核心技术

敏越科技从算法、软件和硬件的全技术栈角度进行自主研发与攻关，成功解决了精度不足、反光敏感、易受弧光干扰以及传感器发热量大等关键问题，为客户提供完善的线激光焊缝跟踪器和双目结构光 3D 视觉解决方案。

在线激光焊缝跟踪技术方面，敏越科技采用四大核心技术：

- 1) **硬件层面：**选用业界领先的 500 万像素全局曝光 CMOS 芯片，在大视野条件下实现最高精度达 0.01mm；
- 2) **底层控制算法：**基于兼容机器人原生 API 接口，实现更复杂、智能化的视觉定位功能；
- 3) **焊缝识别：**提出基于深度学习的图像分割和焊缝检测算法，可识别包括边焊缝、对接焊缝、V 型焊缝、直角焊缝在内的三十余种焊缝类型；通过灰度图像融合算法，实现无间隙焊缝检测；
- 4) **热管理：**采用嵌入式 FPGA 方案，将图像处理、特征提取、焊缝检测等功能集成于传感器头部，功耗降至 5W 以下，从而有效解决发热问题；

在双目结构光视觉技术方面，敏越科技采用三大核心技术：

- 1) **3D 结构光投影：**集成 DLP 和 MEMS 两种投影方案，以满足不同场景下发热控制和精度需求；
- 2) **成像算法：**提出自主研发的条纹投影编码与解码算法，将边缘检测精度较传统正弦和格雷码投影提升一倍，在坡口切割应用中实现顿边精度达 $\pm 0.5\text{mm}$ ；
- 3) **视野扩展：**采用短焦距镜头，开发定制化的高精度畸变校正和手眼标定方法，在短距离条件下，使拍照范围和精度达到国内领先水平。

B. 技术趋势及方向

相较于抓取分拣应用，焊接切割领域对 3D 视觉提出三大新挑战：

- 1) **高精度要求：**焊接和切割等热加工工艺依赖工具末端与焊缝的精确接触，以确保焊道和切口坡口成型可靠且美观；在激光焊应用中，精度要求甚至需控制在 0.1mm 以内；
- 2) **大视野范围：**随着小批量多品种生产趋势的深化，工件定位误差较大规模生产中的高精度工装显著增大；在工程机械、桥梁钢构、船舶构件等领域，粗定位偏差可达 3cm；在满足精度前提下，如何维持视野范围成为关键难题；

3) **高稳定性要求**: 焊接环境复杂, 现场高温、弧光和飞溅干扰严重; 在某些线激光实时跟踪应用中, 传感器需在距 1000℃ 以上金属熔池 15cm 范围内连续工作 1 小时以上。

因此, 应用于焊接切割领域的 3D 视觉传感器技术, 将向更高精度、更宽视野范围以及更强稳定性方向持续演进。

2、自适应机器人智能轨迹规划

A. 核心技术

为解决通用场景下复杂焊接切割机器人工作站的自动编程难题, 敏越科技提出基于自适应实时学习和 3D 视觉传感算法的机器人轨迹规划方法, 克服了手工编程和传统离线编程效率低下、使用复杂的痛点, 为客户提供一键式自动化编程功能。

敏越科技的轨迹规划包含三大核心技术:

1) **高精度点云成像算法**: 在环境感知层面, 利用自主研发的大视野线扫激光实现全环境点云采集; 采用动态 HDR 算法抑制高反光干扰; 通过深度学习方法, 实现快速点云分割, 过滤杂点、反光和缺失等干扰;

2) **逆向建模技术**: 基于点云特征, 利用高效算法自动提取直线、圆弧、样条曲线和曲面, 实现千万级点云规模的快速逆向建模, 为机器人轨迹规划和碰撞检测奠定基础;

3) **自适应实时学习路径规划算法**: 采用带反馈机制的自适应学习算法, 在多机器人、多外部轴配置下实现复杂多自由度约束条件的实时轨迹规划, 将解算时间缩短两个数量级, 支持业界最多机器人和外部轴数量的扩展。

B. 技术趋势及方向

随着小批量多品种离散化生产趋势的加速, 传统机器人焊接切割面临编程效率低下和精度不足的问题。在桥梁构件、船舶钢构等大型零部件焊接作业中, 工件编程复杂, 且工作站往往涉及多机器人与多外部轴配置, 人工示教编程工作量巨大。传统离线编程虽部分解放一线劳动力, 但仍需大量人工干预, 对操作人员专业水平要求较高。同时, 大型工件摆放位置精度难以保障, 使用离线编程时需采用三点或多点标定形式实现定位, 显著降低软件效率。因此, 应用于焊接切割的机器人轨迹规划需解决大型工件复杂路径规划以及多机器人、多外部轴协同功能; 此外, 需基于外部视觉输入实现在线轨迹规划。总体而言, 机器人轨迹规划将向更智能、更通用、更高效的方向发展。

3、基于大模型的焊接与切割热加工工艺库

A. 核心技术

针对复杂的焊接和切割加工工艺，敏越科技构建了热加工工艺专属工业大模型，以“参数输入 - 模型决策 - 数据迭代”闭环，替代人工经验，支撑工业切割/焊接具身智能落地。包含两大核心技术：

1) **工艺决策自动化算法**。焊接场景中，输入板材类型、板厚等参数，结合焊接工艺，自动输出电压、送丝速度等参数，直驱机器人；坡口切割场景，兼容火焰、激光等工艺，输入基础参数后，除生成电流、气体流量等通用参数，还能输出偏移距离等专属参数。

2) **模型自我进化技术**。生产数据本地存于工控机并上传云端，随数据积累，模型通过深度学习优化工艺库，提升决策精准度与普适性。

B. 技术趋势及方向

焊接和切割作为基础制造加工工序，其应用场景多样化。焊接涵盖气体保护焊、氩弧焊、激光焊、搅拌摩擦焊等；切割包括火焰切割、等离子切割和激光切割。应用于焊接切割领域的激光视觉焊缝跟踪传感器需在加工工艺上积累深厚经验，包括点焊、平焊、立焊、多层多道焊等。随着工艺创新，堆焊、激光复合焊等新兴技术不断涌现。总体而言，随着对加工质量和效率要求的提升，热加工工艺将向参数更复杂、种类更丰富的方向演进。

三、核心产品

1、激光焊缝跟踪系统 SmartEye



产品介绍：经过多年应用积累，敏越推出了线激光跟踪器 SmartEye 系列产品，可覆盖气体保护焊、氩弧焊、激光焊、搅拌摩擦焊、激光氩弧复合焊等多种焊接工艺。针对复杂结构件，如重型机械、船体、钢结构、电梯等行业，精度从 0.01 到 0.1mm，检测距离覆盖 80 到 500mm，测量范围覆盖 20 至 600mm。针对 0 间隙激光焊接领域，推出了 SmartEye LSHA 激光视觉跟踪传感器，结合了焊接过程中的三角测量中激光线的深度信息和图像采集的灰度信息，准确提取激光拼焊过程窄间距焊缝位置。同时，基于 FPGA 的图像处理硬件加速，保证传感器频率达到 200Hz/s，满足激光焊接 0.2~0.5m/s 焊接速度要求。

2、免示教焊接系统 SmartWeld

产品介绍：敏越免示教焊接系统 SmartWeld 包含大视野 3D 传感器、智能决策系统 RobotSmart 和高精度焊缝跟踪器。通过配置，可提供有模型的方案和无模型输入的方案。利用数模或点云输入，智能决策系统 RobotSmart 能快速实时生成机器人运动轨迹。RobotSmart 既可通过工件模型选取三维模型上的点、线、面等信息生成工件的焊接轨迹点及其位姿，也可以通过视觉拍摄点云进行边界分割、逆向建模和自动提取获取焊缝。适用性强，可灵活地配置多种应用场景，支持大型复杂件和多机器人多外部轴工作站，编程效率比传统方法提高 10 倍以上。

3、免示教坡口切割系统 SmartCut

产品介绍：敏越免示教切割系统 SmartCut，内置 RobotSmart 智能坡口决策系统，能够快速生成机器人运动轨迹，有效解决切割轨迹示教复杂编程效率低、机器人利用率低等现场应用问题。兼容包含正切、反切、双面和渐变等多种形式的坡口，提供覆盖

0.2m~10m的全尺寸坡口切割小、中、大站等标准解决方案，利用3D视觉系统及激光焊缝跟踪系统实现0.5mm精度精准定位，利用基于大模型的切割热加工工艺库实现工艺自适应，从而系统性地解决装夹位置、尺寸大小和热变形等误差问题，实现生产过程精细闭环控制，显著提升了坡口精度和一致性。



第六节 蕴硕物联

一、企业简介

成立时间：2019 年 总部：上海

蕴硕物联是一家焊接工艺领域的具身智能现象级公司，由材料工艺、智能制造和人工智能领域的多位知名院士和专家教授领衔创立，融合多模态 AI 技术与金属材料成形机理，构建具身智能垂类大模型平台让焊接设备及机器人拥有精准的工艺感知和决策能力，实现焊接质量由事后识别到实时诊断的颠覆性跨越，已在船舶、轨交、重型装备、特种装备、汽车、家电等行业头部企业实现商业化应用：

公司拥有多项殊荣：世界人工智能超级引领者 (Super AI Leader) Top30、全球算法大赛工业算法 Top10、工信部优秀工业互联网 APP、全国工业 APP 大赛最高奖、中国创新创业大赛国赛优秀奖、全国颠覆性技术大赛国赛优秀奖、上海市专精特新企业等，是 2 项国标的主要参编单位，获得发明专利授权十余项，已累计获得多轮知名投资机构的投资。



二、核心技术

核心技术 1—多模态数据融合感知技术

多模态数据融合感知技术以智能数采网关为核心，聚焦焊接过程中多源数据的全域感知与融合，通过突破设备壁垒、协议限制和数据异构性，构建完整的焊接过程感知体系。

全品类数据接入：支持焊接电源、机器人、送气装置、熔池相机等全类型设备的数据采集，通过 8 路 AD 通道（每通道可达 50KHz 采样率）同步获取多模态信号，实现焊接过程中电、声、光、热等物理量的全面感知。

跨协议数据互通：兼容 ModbusTCP/RTU、MQTT、ZMQ、OPC 等主流工业协议，解决不同厂商设备的通讯障碍，将机器人姿态、焊接速度等异构数据转化为统一格式，确保各模态数据在时间维度上的精准对齐，为融合感知奠定基础。

多模态数据整合：基于焊接机理建立数据关联规则，将电流波动与熔池形态变化、气体流量与电弧声特征等跨模态信息进行智能匹配，消除数据孤岛，形成对焊接过程的完整感知视图。例如，通过关联电流信号与熔池图像的时序关系，直观呈现“电流变化-熔池响应”的动态过程，实现对焊接状态的全景式感知。

该技术通过多模态数据的融合感知，打破了传统单一信号监测的局限性，让焊接过程中各环节的状态信息得以全面、同步呈现，为后续的质量分析提供了完整、精准的感知数据支撑。



多模态工艺智能网关

标准版 YSAiG-T-HW-GW-C2	高级版 YSAiG-T-HW-GW-C3
云联精简版-LAN YSAiG-T-HW-GW-C4	云联精简版-WIFI YSAiG-T-HW-GW-C5

[立即采购](#)

多协议解析

支持各种 PLC、机器人等工业协议数据采集和协议解析；
可支持 MQTT、ZMQ 等协议对接，可内置 Redis、Mysql 等多种时序或关系数据库；

多连接接口选择

支持 8 路最高 50KAD 采样；
支持以太网及串口设备（RS232/485/422）接入；
支持以太网、WIFI、3G/4G/5G（全网通）联网（WIFI 和 4G 二选一）；

可靠性

断线重连，内置看门狗服务程序；
全封闭防尘，全铝机身散热

智能引擎

蕴藏物联智能引擎算法模型

开放平台

可支持接入第三方平台接入；
百万级工业大数据并发；
通用操作系统，兼容性强；

核心技术 2—工艺孪生镜像技术

以超高频多模态数据同步为基石,通过数字孪生技术构建与物理焊接过程动态映射的虚拟镜像,融合 AI 监测能力,实现焊接全流程的可视化追踪与实时管控,成为连接物理焊接与数字分析的核心枢纽。

超高频数据实时同步:具备 16kHz~50kHz 超高频接收能力,同步采集工艺参数(电流、电压等)与熔池视频等多模态数据,通过毫秒级同步技术将误差控制在 200ms 内,确保虚拟镜像与物理过程的时序一致性,为精准映射提供数据支撑。

数字孪生可视化呈现:依托同步数据搭建高精度可视化平台,实时呈现焊接电信号波形、物理参数(线能量、气体压力)及熔池微观状态(边缘、面积),将抽象工艺转化为直观数字镜像,实现全维度可视化监控。

缺陷实时诊断:支持焊接缺陷 AI 模型专业化封装,基于孪生镜像数据实时诊断未熔合、焊瘤、气孔等异常,精准预测焊中缺陷,为质量把控提供即时决策依据。

超工艺/超工况识别:实时监测电弧稳定性、线能量波动、气体压力异常等超工艺状态,及时捕捉电弧不稳等工况异常并触发预警,保障过程稳定。

该系统通过“数据同步-镜像呈现-智能诊断”闭环,既实现物理焊接的数字孪生映射,又通过 AI 赋能突破传统监控局限,推动焊接管控从“事后追溯”向“实时干预”升级。



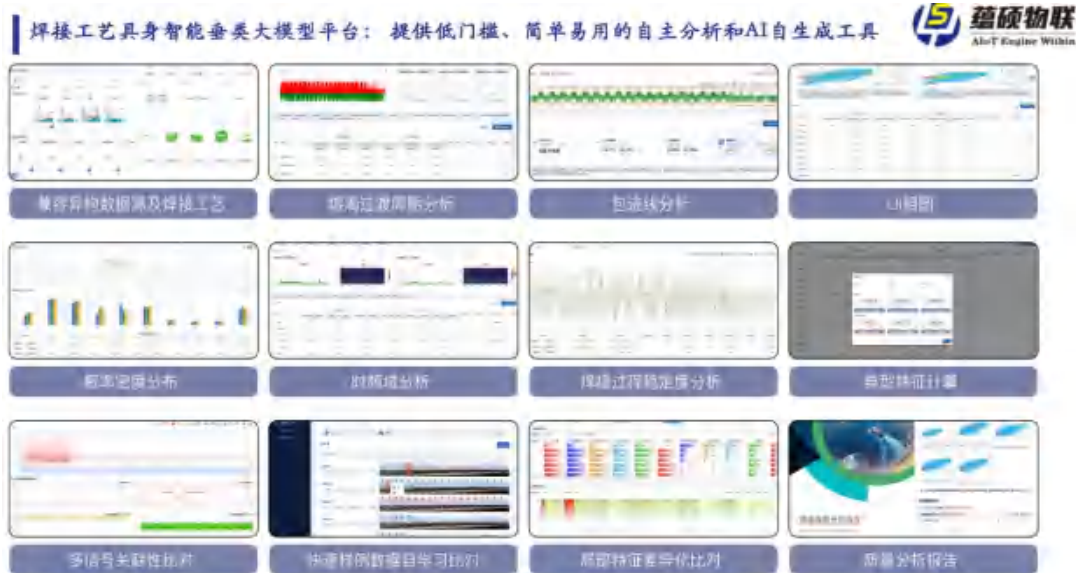
核心技术 3—工艺智能焊接垂类大模型技术

聚焦焊接场景数据深度分析需求,以特征提取、低代码应用、工艺综合评定、缺陷模型构建为核心能力,构建焊接数据智能分析体系,破解数据挖掘难、工艺评定缺精准工具、缺陷诊断效率低等痛点。

多模态特征智能提取:集成先进算法,自动从焊接电流、电压、熔池图像等多模态数据

中，抓取关键工艺特征；支持自定义规则，适配不同焊接工艺特征需求，筑牢分析根基。

低代码分析工具集：打造轻量化低代码工具库，用户通过拖拽配置即可调用工具，无需复杂编程，大幅压缩工艺分析周期，聚焦业务逻辑挖掘。

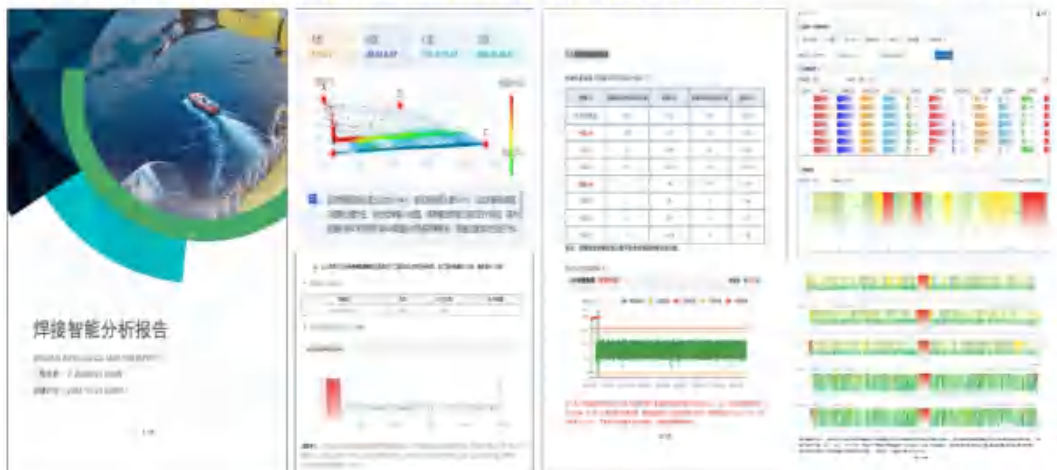


工艺综合评定体系：基于特征数据，构建“工艺一致性、电弧稳定性”等多维度评定模型，以雷达图、趋势图量化呈现焊缝分段健康度。支持自定义评定规则与权重，适配不同场景质量标准，提供量化决策依据。



■ 焊接工艺具身智能垂类模型平台：自动生成焊接质量报告
相对于目前事后低效的无损检测报告，更迅速、更直观、更科学、更精细

蕴硕物联
AIoT Engine Within



缺陷模型智能构建：融合焊接机理与机器学习，用特征数据训练缺陷识别模型。支持在线迭代优化，结合工艺评定结果实现缺陷预警与根因追溯，形成“特征-评定-诊断”闭环，提升质量管控智能化水平。

缺陷诊断技术路线—自主分析平台—基于多模态信号模型构建技术流程

自主分析平台—平台化焊接质量缺陷模型部署过程



通过“特征提取-低代码分析-工艺评定-缺陷建模”链路，将焊接数据转化为工艺知识，推动行业从经验驱动向数据智能驱动转型，助力企业实现焊接质量“精准诊断、实时优化”。

核心技术 4—熔池视觉监测技术

熔池视觉监测技术依托高帧率相机与智能算法，专注于焊接熔池的实时状态监测与精准分析，解决传统焊接中熔池状态难捕捉、缺陷发现滞后的痛点，为焊接质量控制提供直观、即时的数据支撑。核心能力体现在三个维度：

抗干扰高清成像：采用工业级高速相机配合智能光学过滤系统，自动调节透光率，有效抑制电弧强光、飞溅干扰，确保在复杂焊接环境下，清晰捕捉熔池边缘、面积、液态金属流动等细节，实现高对比度、低噪声的实时图像采集，成像分辨率达亚毫米级。

实时智能分析：搭载自研图像识别算法，实时提取熔池关键参数，如面积、长宽比、焊

枪偏移量及尾托角（反映凝固趋势）；通过时域与空域滤波融合算法，去除图像噪声与运动模糊，精准识别熔池异常行为。

动态预警与闭环控制：建立熔池状态动态阈值模型，当检测到熔池面积骤增、偏移超阈值等异常时，立即触发声光报警；支持与焊接机器人控制系统集成，根据熔池实时状态自动调整焊枪姿态，形成“监测-预警-调控”闭环，提升焊接质量稳定性。

该技术通过“高清成像-智能分析-实时调控”的技术链路，将熔池状态转化为可量化、可干预的质量信号，推动焊接质量控制从“事后检测”向“过程实时监控”升级。



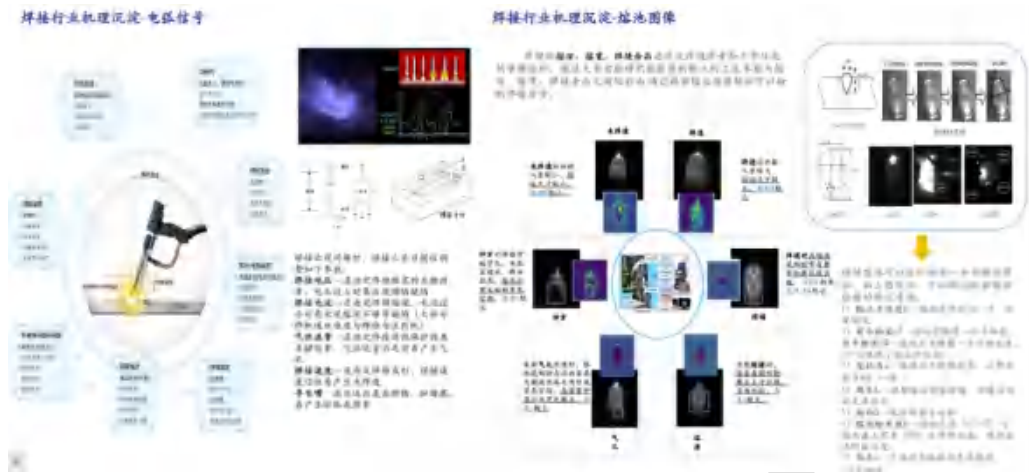
技术趋势与方向 1—多模态感知向“全维度信号融合与机理深化”演进

基于蕴硕物联多模态数据融合感知技术的核心能力，焊接感知正沿着“信号维度拓展-机理深度耦合-控制闭环升级”的路径持续突破。

当前，已实现电流、电压、熔池图像等可观测信号的 50kHz 同步采集与跨协议整合，依托智能网关完成“电信号+视觉”的基础融合，可实时诊断气孔、未熔合、焊穿等缺陷，并输出工艺干预依据，为焊接装备自适应调整提供决策支撑，初步构建“在线监测-实时响应”的联动机制。

未来将进一步拓展与焊接质量强相关的信号维度，新增弧光光谱特征、熔池红外温度场分布等可观测数据，构建“电-光-热-形”多物理场信号网络；同时深化“信号-机理”双向关联，引入材料热力学、流体动力学等物理模型，实现电信号波动与熔池流动状态、视觉特征与焊缝成形质量的定量耦合（如电流变异系数与熔池面积变化率的数学映射、熔池流动与电压波形的动态关联），使多模态数据从“并行采集”升级为“互证分析”，大幅提升缺陷预警的精准度与可解释性。

通过全尺度感知（从宏观参数到微观冶金行为）与机理驱动的决策优化，推动焊接质控从“单点监测”迈向“可解释、可干预、可迭代”的自治化生产阶段，而蕴硕物联的智能网关与数据整合技术，将成为支撑这一演进的核心硬件载体。

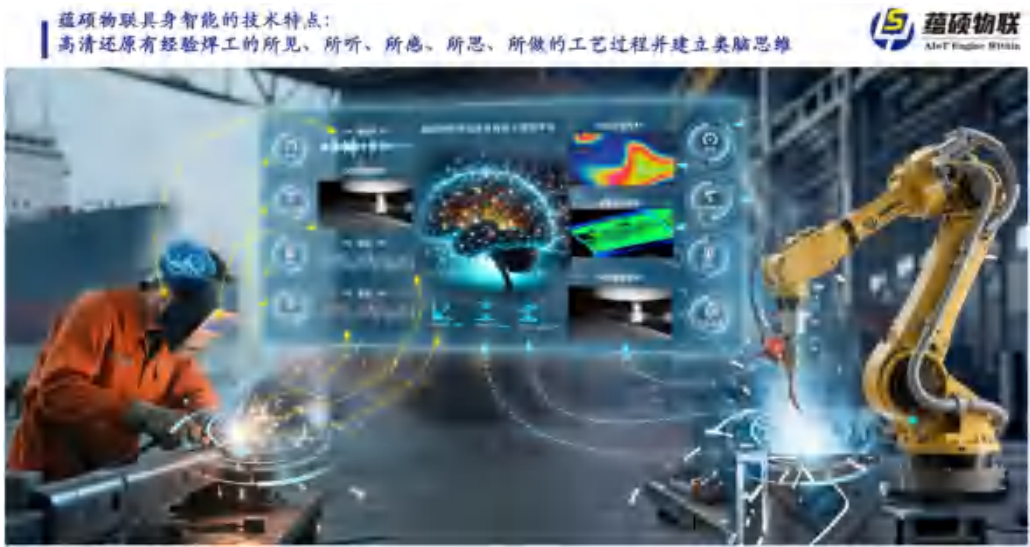


技术趋势与方向 2—数字孪生向“虚实交互闭环控制”深化

以工艺孪生镜像实时系统为核心载体，数字孪生技术正从“物理焊接过程的可视化映射”加速向“虚实动态交互与闭环控制”升级，成为焊接智能化从“监测”迈向“自治”的关键纽带。

当前，系统已基于电信号、熔池视觉等多模态数据，实现焊接过程 1:1 实时数字镜像构建与缺陷实时诊断，为虚实交互奠定数据基础。未来将进一步强化“虚拟仿真-物理执行”的深度联动：通过孪生模型实时模拟工艺参数对熔池形态的影响，结合 AI 缺陷识别结果生成最优调整方案，再通过标准接口向焊接机器人/装备下发执行指令——例如检测到熔池偏移时，毫秒级输出焊枪位置补偿参数；识别到未焊透风险时，自动修正电流电压参数，形成“感知（镜像数据）-分析（缺陷诊断）-决策（参数优化）-控制（设备执行）”的完整闭环。

这一演进深度融合具身智能理念，通过工艺机理模型与控制策略的自学习迭代，未来可实现焊接轨迹自优化、参数自调整与异常自恢复，推动焊接装备从“自动化执行”向“自治化生产”跨越。其中，蕴硕物联的毫秒级数据同步技术与缺陷 AI 模型封装能力，是打通虚实交互、缩短复杂构件工艺调试周期的核心支撑，将显著降低对熟练焊工的依赖，加速智能制造产线落地。



技术趋势与方向 3—垂类大模型驱动“行业化精准分析与标准定制”

以工艺智能焊接垂类大模型平台为核心，焊接 AI 正从“通用数据分析”向“行业化深度渗透”加速演进，依托模型的特征提取能力，实现细分场景的精准适配与标准自主定义。

当前，平台已基于电信号、熔池视觉数据，完成核心特征的自动化提取，支撑多场景的基础质量分析。在此基础上，正聚焦船舶、轨交、重工装备等高端制造领域，利用具身智能大模型的泛化能力与“小样本学习+工艺机理适配”技术路径，快速形成行业专属方案——例如针对船舶厚板多层多道焊，优化熔池堆叠形态与电信号时序特征的关联算法，提升角焊缝未熔合、气孔等缺陷的识别精度；针对轨交铝合金焊接，定制脉冲电流基值/峰值比与熔池流动性的匹配模型，强化成形一致性评定。

未来将进一步构建“行业特征库+定制化评定模型”体系：通过现场采集的 50~100 组工艺数据，2 周内完成模型与场景的轻量化适配；同时支持企业基于平台工具自定义行业质量

标准，实现从“数据解析”到“标准输出”的闭环。

这一趋势的落地，依托于蕴硕物联垂类大模型平台的特征挖掘能力、低代码工具的易用性，以及小样本学习的快速适配优势，将大幅降低行业智能化门槛，推动焊接质量分析从“通用模型套用”向“行业知识沉淀与标准自主化”转型。

技术趋势与方向 4—云边协同与 SaaS 化服务普及

未来焊接智能化质控将全面向云边协同与 SaaS 化发展，实现数据安全与智能普惠的统一。蕴硕物联构建的“边缘端实时分析+云端全局优化”架构，边缘侧通过多模态一体机完成本地高频数据处理和缺陷识别，满足工厂数据安全要求；云端平台则进行跨工厂数据汇聚、模型迭代和工艺优化，并支持可视化集中管理。基于该架构，蕴硕物联推出轻量化 SaaS 服务“焊接质量分析云”，客户可选择订阅，无需额外服务器即可获得跨厂质量监测与优化能力。



在实际应用中，客户可以通过该平台实现多车间焊接业务集中管理，实现异常缩短预警响应时间，降低运维成本。实现焊接质控从单厂智能化向跨厂、跨企业协同升级，加速智能焊接在装备制造行业的普及落地。

三、核心产品

产品 1—焊接工艺智能感知硬件

蕴硕物联聚焦焊接场景核心感知需求，以自研硬件为核心，构建“智能分析终端+数据融合网关”的一体化感知体系，覆盖多场景焊接质量监测的硬件支撑需求。

焊接工艺具身智能分析仪（移动式）：作为公司自研核心智能硬件，主打移动场景适配，集成高性能处理单元与多接口模块，支持现场焊接数据的实时采集、分析与可视化呈现。设备轻便易携，可快速部署于手工焊、机器人焊等多工位，直接对接焊接电源与熔池监测设备，实现电流、电压、熔池图像等关键数据的本地化处理，为现场工艺调试与质量诊断提供即时硬件支撑。



多模态工艺智能网关：提供标准版、高级版、云联精简版（LAN/WiFi）等多版本选择，适配不同工厂的联网环境与部署需求。核心功能聚焦多模态数据的融合采集与精准传输，支持 50kHz 高频同步采集电流、电压、气体流量等电信号与物理信号，兼容 Modbus、MQTT 等主流工业协议，可无缝对接焊接设备与上层系统，为全流程数据感知提供稳定的硬件枢纽。

两款硬件协同构建从“前端数据采集”到“现场智能分析”的完整链路，精准支撑焊接质量监测的实时性与可靠性需求。



多协议解析	多连接接口选择	可靠性	智能引擎	开放平台
支持多种PLC、机器人等工业协议数据实时解析与传输，可兼容Modbus、MQTT等主流工业协议。	支持4路RS485/RS422接口，支持2路USB接口，支持1路RJ45接口，支持1路WiFi接口。	新机型采用工业级元器件，全固态设计，无机械触点，稳定性高。	搭载自主研发的智能算法引擎，可实现对焊接过程的实时监控与数据分析。	支持接入第三方平台，可实现与MES、ERP等系统的无缝对接。

硬件规格

接口		运行/安全/尺寸	
RS232	1路	看门狗	CPU内置
RS232/RS485	1路	运行温度	-20°~70°
以太网	2路1000M	电源 [可选]	12V 可配置380V/220V适配器
AD	最多8路, 每通道采样频率可达50kHz, 分辨率16bit	尺寸	178mmx123mmx55mm (注3)
USB3.0	4路	其他	
USB2.0	2路		
主控		VGA	1路
CPU	Core™i3 四核处理器	HDMI	1路
RAM	8G	4G/8G	和RAM二选一
ROM	8G	Wi-Fi	1
RTC	板载		

产品 2—工艺孪生镜像实时系统

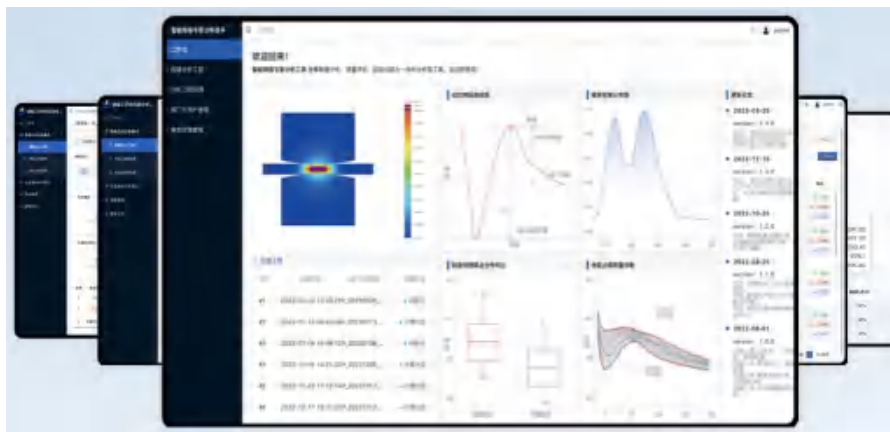
工艺孪生镜像软件是蕴硕物联为焊接领域推出解决焊接设备侧管理黑洞的利器,主打高实时、精细化、智能化,具有多信号融合采集、高频数据实时孪生镜像、工单管理、AI 质量诊断等不同功能,采集包括电流、电压、送丝速度、焊接速度、气体流量、熔池影像、红外影像等多模态高频数据信号,让用户见所未见,体验高精度还原的原始波形,同时结合高频IoT 多模态数据+业务机理+AI 驱动构建的工艺事件模型和质量判定模型,实现设备工艺可用性的识别以及焊接风险在线实时诊断,通过工艺智能的手段,让事后质量检测走向实时在线监测和预测。



产品 3—工艺智能焊接垂类大模型平台

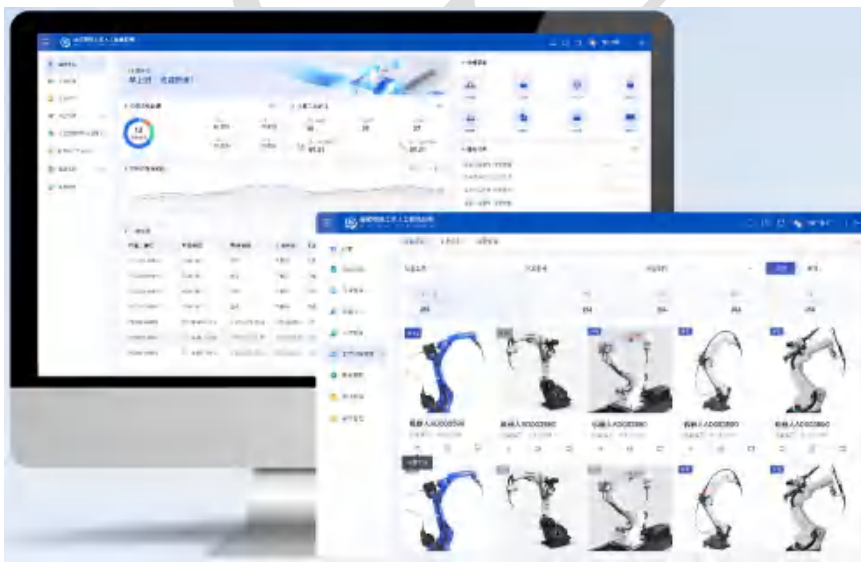
工艺智能焊接垂类大模型平台是蕴硕物联为焊接行业量身打造的一款面向质量分析的系统,基于多模态 AI 技术,对焊接过程多维度数提供丰富质量分析应用的工具集,支持实时在线和离线分析,并提供私有化部署和云端 SaaS 平台的不同应用需求。系统提供简易比对分析模式和专业调参分析模式,其中简易分析模式让没有基础的用户可以简单定义认可的焊接质量标准,系统将自动建立对应的 AI 模型,精准把控焊接过程的问题,帮助客户从根源上解决质量不稳定的难题。专业调参分析模式提供 UI 相图、概率密度分析、特征分析、工艺综合评定等 13 个不同维度的分析模块,能将晦涩的焊接工艺知识转化为直观易懂的数

字化模型，快速诊断焊接问题和根因，便于工艺经验的沉淀与创新。



产品 4—工艺过程质量追溯及协同管理系统

工艺过程质量追溯及协同管理系统是面向焊接精细化管理的一套软件，包含工艺过程镜像、设备 OEE、焊接生产任务管理等模块，可实现生产基本信息管理、焊接产品和零件 BOM 管理；实现工单开立、细化到焊层焊道级的现场过程详细管理，并具备和物联数据对接的功能，同时包含工作进度统计、材料消耗统计等功能，核心特点是将焊接工单、工艺规范、焊工三者完美融合，并系统性的实现了焊缝实名制，让每一道焊缝的具体执行历史细节都能被清晰记录和事后追溯，焊接过程追溯系统是企业焊接管理的得力助手，功能强大，操作便捷，部署简单，性价比超高，以小投入获取大效益！



产品 5—数字化工艺驾驶舱

焊接驾驶舱产品依托先进组态技术，打造定制化管理界面，直观呈现焊接全流程关键信息。它能实时展示焊接设备电流、电压、速度等运行参数，以及焊缝质量监测数据，异常时自动报警并精准定位问题设备与参数，辅助快速排障。同时，支持历史数据回溯，助力分析

工艺稳定性、优化流程、实现质量追溯。此外，还可集中管控多设备、多工位，跨区域生产线也能统一调度，显著提升管理效率，降低人力成本与失误率。



第七节 鑫精诚传感器

一、企业简介

成立时间：2009 年 总部：深圳

深圳市鑫精诚传感技术有限公司自 2009 年成立以来，始终专注于专业测力传感器及解决方案的研发与创新，凭借深厚的技术积累和卓越的创新能力，已成为国内测力传感器领域的佼佼者。

鑫精诚公司是一家集研发、生产、销售和服务于一体的高新技术企业，研发团队由 60 多位专业工程师组成，涵盖数学、力学、材料科学等多个领域。公司凭借强大的研发实力，获得了 20 余项发明专利、70 余项实用新型专利以及 30 余项软件著作权，技术成果丰硕。公司严格执行 SGS - ISO9001、ISO14001 等国际管理体系认证，并取得 CE/ROHS/UL 等国际产品认证，确保产品质量与国际标准接轨。此外，公司还参与起草了 3 项国家标准和 9 项团体标准，为行业的发展贡献了重要力量。

2025 年 1 月，公司的“用于多指灵巧手的指关节微型六维力传感器研发”项目被立项为深圳市科技重大专项智能机器人专项项目，其“结构解耦融合解耦算法的六维力传感器关键技术研制及应用”项目经国家工业信息安全发展研究中心确认，技术水平达到国际先进水平，这标志着公司在六维力传感器领域的技术实力得到了权威认可。

2025 年 2 月鑫精诚传感器成功完成首轮融资金额总计近亿元。本轮融资由深圳市创新投资集团有限公司（简称“深创投集团”）领投，聚合资本、仁智资本共同跟投，将主要用于推进鑫精诚传感器基于 MEMS 原理的六维力传感器自动化产线建设与投产、新产品研发投入以及各类中试实验室的建设。

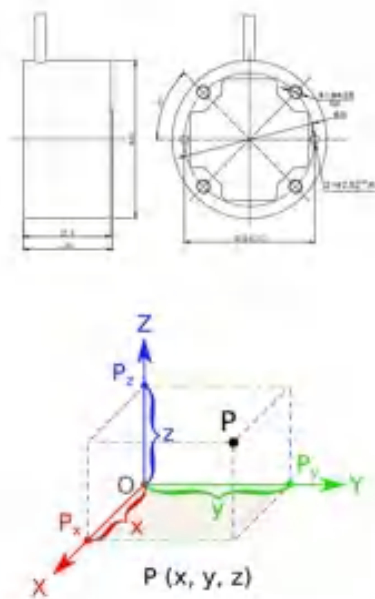
鑫精诚公司主要聚焦于机器人高端测力/力矩传感器，专注于电阻应变式、电容式、MEMS 式和压电式四种核心原理技术，形成了多维度、多层次的技术体系。公司通过对不同技术原理的深入研究与创新整合，能够根据具体应用场景及客户需求，充分发挥各技术路线的独特优势，为客户提供定制化、最优性能的测力传感器及解决方案。公司构建了覆盖全尺寸（ $\Phi 9.5\text{mm}$ - $\Phi 500\text{mm}$ ）、全场景的产品矩阵，输出信号类型支持各模拟量、数字量（RS232/RS485/CAN/EtherCAT/EtherNET）及定制化协议，满足了不同客户的需求。

深圳市鑫精诚传感技术有限公司凭借其在测力传感器领域的深厚技术积累和不断创新的精神，已成为行业的领航者。公司将继续秉承“专精特新”的发展理念，致力于为客户提供最优质的测力传感器及解决方案，推动机器人产业、工业自动化以及大型机械设备行业的发展，为实现智能化未来贡献力量！

二、核心技术

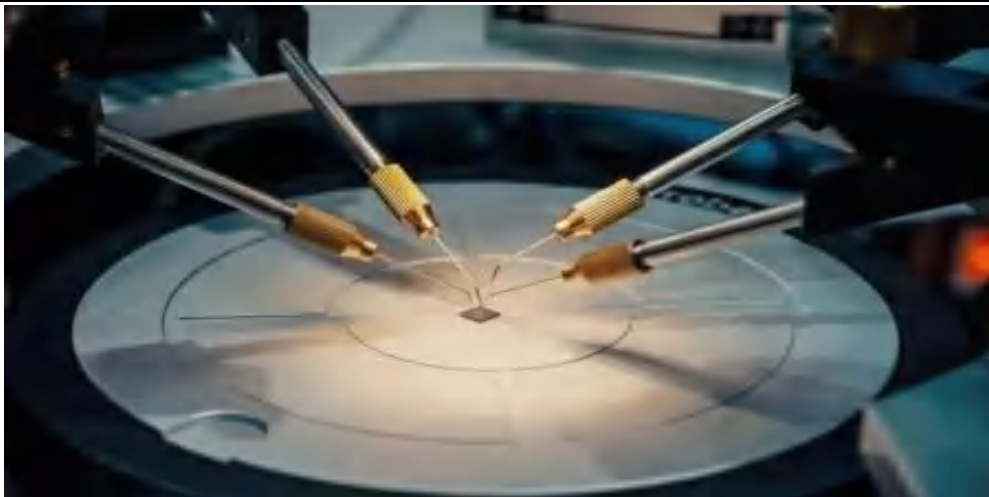
1、企业核心技术 1—结构解耦融合软件解耦的双重解耦技术

鑫精诚公司的“结构解耦融合软件解耦的双重解耦技术”突破了纯结构解耦精度低及纯软件解耦稳定性差、易受边界条件影响的技术瓶颈，显著提升了传感器的性能与可靠性。通过这种技术，公司解决了标定精度提升与传统标定设备复杂度、标定成本控制及标定工时优化之间的矛盾，实现了高度自动化生产和规模化制造。此外，该技术还攻克了传统解耦算法无法有效应对的高阶非线性问题，集成温度感知与补偿功能的神经网络子模块，使非线性误差和温度稳定性大幅提升。



2、企业核心技术 2—基于微熔工艺的 MEMS 应变片技术

鑫精诚公司全球首推的“基于微熔工艺 MEMS 应变片技术”的六维力传感器，填补了国内外在六维力传感器领域实现批量化自动生产的技术空白。与传统应变式六维力传感器相比，该技术突破了复杂贴片与组桥工艺的局限，实现了高度自动化生产和规模化制造，产品制造周期可缩短 1/2 以上，大幅降低了产品成本，同时显著提升了传感器的性能指标和可靠性。此外，该传感器在极低应变条件下工作，具备超高使用寿命，无胶水粘贴设计有效避免了零点漂移和满量程漂移问题，长期稳定性优异，能够有效应对人形机器人在复杂工况下的冲击过载问题，为人形机器人脚踝部位的力感知需求提供了最佳解决方案。



3、企业核心技术 3—抗交叉载荷、高刚性、高寿命关节扭矩传感技术

为了解决关节扭矩传感器的交叉载荷对输出信号影响的痛点，鑫精诚公司开发了独特的交叉载荷自补偿技术，将交叉载荷带来的串扰误差控制在 0.5% 以下，大幅降低了外界载荷对扭矩信号的扰动，确保了测量结果的高精度与可靠性。针对人形机器人在高动态运动场景中因瞬时强冲击导致关节扭矩传感器出现过载、零点漂移等现象，以及传统电阻应变式传感器因刚性不足而诱发的机器人定位精度下降、运动控制不稳定的行业痛点，公司推出了“基于微熔工艺 MEMS 应变片技术”的关节扭矩传感器。基于这种技术的产品不仅可以在极端环境下展现出非凡的稳定性和耐用性，还为机器人关节的精确控制提供了坚实的技术保障。与此同时，基于 MEMS 的自动化生产线还将显著提升公司的产能上限，有效应对市场对大批量、高质量关节扭矩传感器的迫切需求，为人形机器人产业的快速发展注入强劲动力。

三、核心产品

产品 1：鑫精诚 MEMS 六维力传感器



国内首条 MEMS 六维力传感器量产线，运用了硅基微电子技术和微机械加工技术，产品可达 0.5%F.S 线性精度，1%F.S 串扰精度，0.01 N·m 感知精度，拥有 9.5mm 最小应变式电阻六维力传感器超微型结构尺寸，以及 IP68 防护等级。经过 16 年积累与突破，鑫精诚力学传感器已具备领先的六维力传感器设计及制造能力，期间攻克了核心量产工艺、核心设备、核心性能、尺寸等关键技术难题，为工业自动化及人工智能等多种领域市场应用提供了高品质的力学传感器及力控解决方案。

产品 2：鑫精诚石英压电微型测力传感器



- 微型化 4mm 技术，直径 $\Phi 4\text{mm}$ – $\Phi 12\text{mm}$ 超微型传感器
- 超 1 亿次循环寿命，高刚度，高固有频率，毫米级尺寸

此微型系列中直径低至 $\Phi 4\text{mm}$ 的超微型产品，代表了当前石英压电传感器微型化工程的先进水平。这一尺寸的实现，极大地拓展了高精度力学测量的应用边界，使得在以往因空间限制而无法部署传感器的关键节点进行直接力学测量成为可能。

第八部分 案例篇

第八章 智能焊接机器人典型应用案例

第一节 钢结构行业

案例一	
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，所有类型焊缝焊丝重复定位精度、板厚、装配间隙、坡口尺寸识别可控制在 $\pm 1.5\text{mm}$ 之内，坡口角度识别可控制在 $\pm 2^\circ$ 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。





案例二	MEGMEET
案例名称	针对钢结构复杂工况情况下的机器人智能焊接应用
客户所属行业	钢结构
客户需求点	1、钢结构焊接目前以人工焊接为主，提高生产效率； 2、工件全位置焊接，保证焊接质量； 3、行业向高效化、自动化、绿色化方向发展，焊接工艺优化。
面临挑战	1、工件种类多且小批量，自动化应用不足； 2、高强钢应用增多，焊接工艺需升级； 3、需要通过自动化、智能化降低焊接成本； 4、要求焊缝探伤合格率大于 99%。
项目应用核心技术点	1、焊接质量要求高，要求保证焊机稳定性； 2、需要适用工业机器人焊接、协作机器人焊接、其它自动化设备等，并要适应加装外部轴、变位装备、工业视觉等。
解决方案	1、广泛应用机器人弧焊机，提升自动化率 50%以上； 2、针对协作机器人的拖拽示教、工业机器人的免示教等多种自动化应用，开发对应工艺包，匹配各种工业机器人、协作机器人、自动化设备； 3、超低飞溅工艺、短弧脉冲工艺，适用于钢结构中厚板焊接，提高焊接速度，减少飞溅，焊缝更加美观。
设备用量	超过 3800 台焊机
项目成效及效益体现	已批量应用，率先在钢结构行业工况复杂多变的场景批量推广机器人焊接，与鸿路钢构共同解决质量稳定性、效率瓶颈、成本压力的问题，推动向自动化、数字化、绿色化转型。



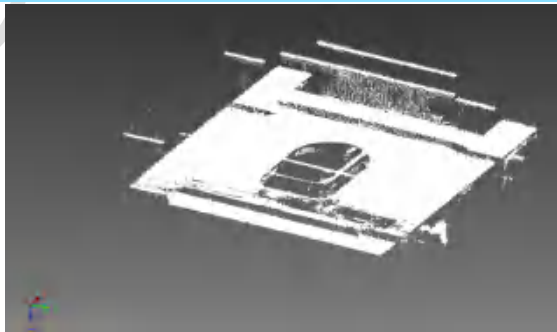
2024 年

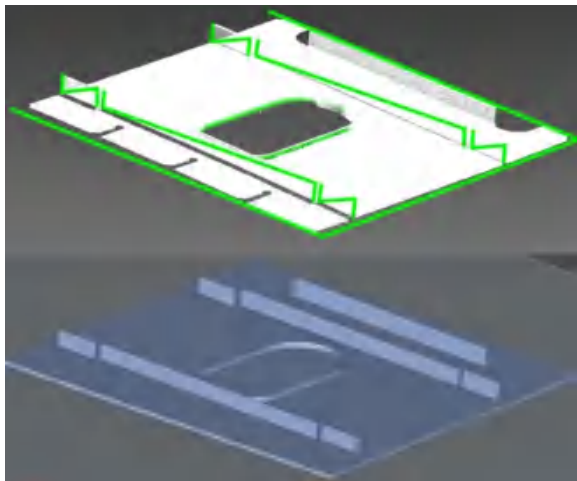


2025 年

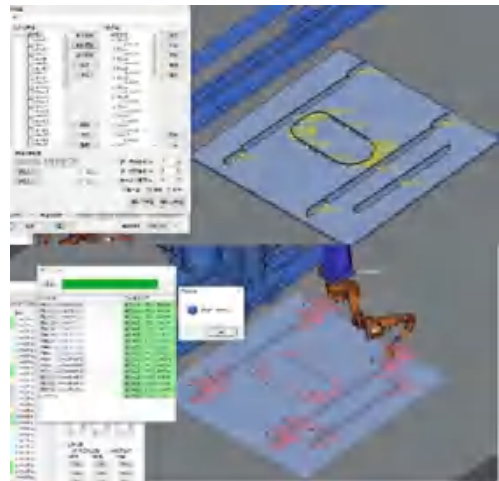


案例三	MOKA 摩卡
案例名称	免示教智能焊接方案
客户所属行业	钢结构行业
客户需求点	操作简单易用、成本低、可复制、减少对焊工人力的依赖。
面临挑战	1、建筑、船舶、路桥行业大量的非标，小批量工件； 2、下料拼装一致性差，导致无法使用机器人示教方式焊接； 3、传统免示教机器人依托第三方视觉和机器人控制系统，学习成本高，操作复杂，无基础普工上手困难。
项目应用核心技术点	1、模型+专家算法驱动的离线编程：根据焊接工作站配置专属焊接场景，自动提取模型焊缝，配合焊接专家算法自动生成寻位动作和焊接路径，并匹配工艺，省去人工调试时间； 2、前馈与反馈结合的焊缝跟踪系统：利用模型作为前馈引导，焊接前利用线激光扫描进行焊缝准确定位，并在焊接过程中利用电弧跟踪进行实时反馈修正； 3、多种方案解决不同钢结构场景需求：多种机型适配不同工件、多种途径获取工件图纸、多种方式进行工件定位。
解决方案	集成离线编程、机器人控制、视觉模块、焊接工艺的多模块协同，有利于打破不同模块之间的数据隔阂，软件操作一体化：通过离线编程生成刀路文件，再进行现场吊运工件上胎架，根据钢号找到刀路文件，先实现工件粗定位，再进行重映射，准确定位焊缝，最终实现自动化焊接。
项目成效及效益体现	提高生产效率，降本增效，解决对于焊工的依赖。
	

案例四	
案例名称	桥梁钢结构无模型免示教焊接
客户所属行业	桥梁钢结构
客户需求点	自动识别工件并提取焊缝，一键式操作，实现拍照即焊接的过程。
面临挑战	工件识别难度大，无 3D 数模，机器人轨迹规划难度大。
项目应用核心技术点	解决方案：采用敏越自主研发的免示教焊接系统 SmartWeld，通过大视野 3D 传感器、智能决策系统 RobotSmart 和高精度焊缝跟踪器 SmartEye，实现工件种类的快速识别、逆向建模、焊缝提取和路径实时规划，达到无模型一键式焊接效果。
核心技术指标要求	1、拍照范围覆盖 4x10m，传感器检测精度 0.1mm，检测成功率 98%； 2、新工件切换和投产时间小于 20 分钟。
设备用量	500 台
项目成效及效益体现	采用敏越免示教焊接系统，在无模型的情况下，新工件投产时间由传统手动编程的 8 小时缩短至半小时 20 分钟，焊接合格率由 92%提升到 98%以上，连续无故障时间达到 150 小时以上，企业的生产效率得到显著提升。
三轴龙门智能焊接工作站	
	
(三轴龙门焊接工作站)	(逆向建模)
逆向建模与轨迹规划	



（逆向建模）



（自动轨迹规划）

支持工件类型广泛



（规则焊缝焊接）



（异形焊缝焊接）

案例五	
案例名称	施工现场焊接应用
客户所属行业	钢结构行业
行业痛点	在施工现场，焊接环节堪称“老大难”的代名词。操作环境恶劣，狭窄夹层需蜷缩作业；人员矛盾尖锐，熟练焊工培养时间较长，新手质量差、老手效率低；传统设备笨重，移动搬运困难，电缆杂乱，换作业面布线耗时长，复杂焊缝难以适配。
解决方案	集萃智造便携式焊接机器人以“轻巧机身 + 智能内核”，为这些难题提供了破局之道，重新定义现场焊接，将施工团队从传统困境中解放出来。 1、轻盈灵动，随需而焊：集萃智造便携式焊接机器人摒弃了工业“壮汉”的笨重外衣，化身车间里的“灵巧舞者”。仅约 21kg 的轻盈机身，普通工人即可轻松搬运流转，不再依赖吊装设备或复杂迁移计划。无需复杂固定底座与围栏！集萃智造便携式焊接机器人底部配备磁吸底座，可灵活放置于工作台、产线间隙甚至移动小车上，即搬即用，快速部署。无论是紧凑的维修车间、狭窄的船舶舱室，还是繁忙的装配流水线，其小巧身形皆能游刃有余地切入。 2、操作简单，功能强大：灵巧的身躯之下，是集萃智造在焊接工艺领域深耕的专业底蕴。搭配自研焊接工艺软件包和专家库系统，为每一次精准焊接注入工匠之魂。 3、工艺包支持对焊接工艺文件的保存和调用，可实现快速焊接。用户可根据不同焊接场景灵活快速调配参数，满足各类焊接需求。专家库预置海量成熟工艺参数模板，用户只需选择“板厚、焊丝直径、焊缝类型、焊缝模式”即可获得推荐的参数。同时，随时支持工艺方案的保存和修改。普通人通过简单教学也能变成焊接“老师傅”。
	

第二节 船舶制造业

案例一	
案例名称	校企合作典型生产实践项目建设
客户所属行业	船舶制造业
行业痛点	某地区船舶工业保持良好发展势头，2023 全年实现产值 382.4 亿元，同比增长 39.9%，行业指标实现全面增长，占全球市场份额的十分之一。船舶行业含有大量焊接工作，而新一代焊工供应量不足，我国人口红利逐渐减弱，上一代具有丰富焊接经验的成熟焊工即将退休，而新一代年轻人从事焊工职业意愿不足。
解决方案	1、集萃智造依托协作焊接机器人设备，携手某中专院校共同培养智能制造专业技能人才，助力当地船舶企业智能化转型，服务地方产业发展，突出校企合作精神。有针对性的为企业培养所需技能人才，注重人才的实用性与实效性、培养质量、在校学习与企业实践、学校与企业资源、信息共享的“双赢”。集萃智造作为专业的智能机器人及智能化转型的服务商，具有丰富的企业合作经验，了解企业最新需求，与市场接轨，与更多制造业企业合作，形成实践与理论相结合的培养方案。 2、集萃智造针对协作焊接机器人设备，从协作机器人应用、焊接工艺包应用、焊接机器人使用等方面对某中专院校相关师生进行培训，包括设备安全培训，安装、编程等技术指导培训，工艺设置、设备运行、调试和维护培训。并免费提供协作机器人操作手册、焊接机器人工艺包系统操作手册等技术手册作为培训资料，同时，对后续教学进行技术支持。
	

案例二	
案例名称	船用低速柴油机智能焊接实时质量管控系统
客户所属行业	船舶制造业（中船发动机公司）
客户需求点	客户焊接工艺占生产总量 70%，存在人员水准造成的质量参差不齐，此前采用事后检验模式导致次品反复出现且难以追溯，订单普遍延误 2~3 个月，急需实时监测与质量管控方案。
面临挑战	船用低速柴油机焊接部件结构复杂，焊缝类型多样，对焊接质量稳定性要求极高；需实现从传统事后检验向全流程实时监测的转型，同时满足大规模生产中的高效缺陷识别与追溯需求。
项目应用核心技术点	1、基于 AIoT 技术实现焊接过程实时数据采集与分析，将焊缝质量诊断时间从 3~15 天缩短至 5 秒内； 2、建立焊缝质量风险分类模型，可精准定位缺陷位置； 3、支持手工焊与自动焊全场景覆盖，实现焊接参数、焊缝图像等多维度数据联动分析； 4、构建缺陷追溯数据库，记录焊接全流程信息，实现次品源头快速定位； 5、搭载智能预警系统，异常情况实时报警，避免批量缺陷产生。
核心技术指标要求	1、焊缝质量终检合格率提升至 99%左右（较之前提升约 15%）； 2、重点故障类型检出率达到 100%； 3、实现焊接质量实时监测，诊断响应时间不超过 5 秒。
解决方案	蕴硕物联为客户部署智能焊接质量监测系统，通过物联网终端采集焊接电流、电压、气体流量等实时数据，结合 AI 算法构建缺陷识别模型。系统可自动完成焊缝质量判定、风险分类及缺陷定位，同步生成质量报告并关联生产全流程信息，实现从焊接过程到成品检验的全链条管控。
设备用量	1. 人工焊及龙门自动对焊场景数十台套的首期应用 2. 后续计划引入几十台套应用于更多相关场景
项目成效及效益体现	系统上线后，焊缝质量终检合格率提升约 15%，稳定在 99%左右，重点故障类型实现 100%检出，彻底解决次品反复出现的问题。订单延误周期从 2~3 个月

大幅缩短，生产计划达成率显著提升。

客户反馈，该系统不仅解决了传统事后检验的滞后性问题，还通过数据追溯功能降低了质量纠纷处理成本，同时为工艺优化提供了数据支撑，成为新一代信息技术与焊接工艺融合的标杆应用。





第三节 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加速效率，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，过渡性适用性能力范围大。
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	MEGMEET
案例名称	三一重工灯塔工厂的智能焊接应用及焊接信息化互联
客户所属行业	工程机械
客户需求点	1、焊接信息化互联； 2、机器人焊接大规模应用。
面临挑战	1、打造灯塔工厂，需要大场景多车间的复杂组网，需要与 MES 等第三方系统进行高效数据对接，需要联网多品牌焊机、焊材、保护气体等各类设备，联网焊机超过 5500 台； 2、大批量机器人焊接应用，要求能应对多样化的焊接工艺，而且稳定可靠。
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速切换 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、根据用户需求，进行 SMARC 焊接信息化云管理系统的深度定制开发，并匹配各类数据采集仪，打通与第三方系统的通讯连接； 2、所用焊机进行高可靠性打造，模拟各种恶劣工况进行焊机可靠性测试，率先采用了业界独有的 D 级浪涌雷击、HALT 加速寿命破坏测试等，全方面保障焊机的高可靠性； 3、参数一致性保障，通过软件算法、硬件监测及补偿多重保障，减少对硬件精度的依赖，确保在网压波动、温度变化、输出线缆长度变化、送丝线缆长度变化各种情况下，参数高度一致。
设备用量	超过 5500 台焊机（4000 台人工焊接焊机+1500 台机器人焊机）
项目成效及效益体现	麦格米特 SMARC 系统已成功应用于三一集团 18 号灯塔工厂，并创下了联网焊机之最（超 5500 台焊机），其中，机器人焊机应用数量超过 1500 台，为三一重工降本增效立下汗马功劳。

项目图片



案例三	
案例名称	矫直机场景焊接缺陷智能检测与质量管控平台级应用
客户所属行业	重型机械制造业（太原重工股份有限公司）
客户需求点	作为国家特大型重点骨干企业，太原重工在矫直机生产领域始终追求高品质与高效率，为进一步提升焊接质量管控的标准化、智能化水平，计划构建数字化检测体系，以实现焊接缺陷识别的精准化与质量判定标准的统一化，助力生产效能持续优化。
面临挑战	矫直机部件体积大、焊接工艺复杂，缺陷类型多样且隐蔽性强；需突破传统人工判定的主观性限制，形成标准化的缺陷检测与判定流程，同时满足重型机械生产的高可靠性要求。
项目应用核心技术点	1、构建典型焊接缺陷模型数据库，实现缺陷类型自动识别与分类； 2、开发矫直机焊接缺陷质量模型，形成自主知识产权的算法体系； 3、制定实时检测数字化规范与判定标准，统一质量验收尺度； 4、实现焊接过程数据与缺陷检测结果联动分析，支撑工艺持续优化。
核心技术指标要求	1、形成矫直机焊接缺陷自主建模能力，模型识别准确率达 95%以上； 2、返修周期较之前缩短 30%以上； 3、建立可复用的数字化检测规范，为多场景拓展奠定基础。
解决方案	蕴硕物联基于 AI 工艺智能技术，为太原重工定制矫直机焊接缺陷检测方案。 通过搭建缺陷模型数据库，训练 AI 算法实现缺陷自动识别；同步制定数字化检测规范，将质量判定标准嵌入系统，实现从焊接过程到缺陷判定的全流程数字化管控，减少人工干预。
设备用量	1. 矫直机场景关键焊接工位数十套的首期应用 2. 后续计划引入几十套应用于更多相关场景
项目成效及效益体现	项目实施后，太原重工成功建立矫直机焊接缺陷自主开发能力，形成标准化检测流程，返修周期显著缩短。该方案不仅提升了矫直机生产效率，还为其他重型机械产品的焊接质量管控提供了示范，成为企业数字化转型的重要支撑。客户评价其“实现了焊接质量从经验判定到数据驱动的转变”。



GGII

案例四	
案例名称	抓斗行业隐形冠军的焊接质量过程追溯与分析应用
客户所属行业	特种装备生产（上海佩纳沙士吉打机械有限公司）
客户需求点	作为抓斗行业隐形冠军，佩纳对大型抓斗装备焊接质量有着极高标准，始终秉持精益求精的理念，持续追求更高水平的过程管控能力。为进一步强化焊接质量全流程管理，提升异常追溯的精准度与效率，计划通过高频数据分析与 AI 技术构建更智能的管控体系，以匹配其对卓越品质的持续追求。
面临挑战	需突破关键工位高频数据（1kHz~5kHz）采集与处理瓶颈，解决工业少样本场景下 AI 模型训练及精准分析难题；实现数十台焊机群联，兼顾异常即时识别、追溯与成本控制，适配大型抓斗等装备对焊接质量的高要求，满足规模化生产智能化升级。
项目应用核心技术点	1、关键工位部署边缘侧高频采集终端，微秒级捕捉电流、电压等参数，为 AI 分析提供高密度数据，契合大型装备关键焊缝管控需求； 2、构建基于焊接机理的 AI 异常识别模型，经高频数据训练，精准识别典型缺陷并快速判定异常； 3、开发自有焊机群联管理系统，集中监控设备状态与数据，支撑质量异常的全链路追溯，形成“关键工位高频分析-全量设备群联追溯”闭环，保障大型装备焊接质量稳定。
核心技术指标要求	1、关键工位高频数据采集准确率$\geq 99.9\%$； 2、AI 模型对关键焊接异常的识别率$\geq 95\%$； 3、焊机群联系统实现异常信息全流程追溯。
解决方案	重点突破：在关键工位焊机部署边缘侧高频采集终端与 AI 分析模块，借助焊接工艺具身智能大模型平台深度挖掘实时数据，动态解析参数波动特征以识别异常，保障大型抓斗等装备关键部位焊接质量。 全面覆盖：搭建焊机群联管理系统，整合全量设备信息与异常数据，实现焊接异常的跨设备追溯，推动质量管控从被动检验向主动预防升级。
设备用量	已全面覆盖几十台焊接设备，并在数台关键工位进行了深度应用

项目成效及效益体现

系统上线后，关键工位焊接异常识别效率提升 70%，返工率下降 25%，保障大型抓斗等装备关键焊缝质量；焊机群联后，异常追溯时间从 1 小时缩至 15 分钟，解决源头定位难题。

客户认为，该系统通过“关键工位 AI 深度分析+设备群联追溯”模式，控本同时实现焊接质量管控智能化跃升，为相关装备生产提供可靠保障，成为行业“精准分析+全面追溯”融合应用典型，为后续产能扩张智能化管理提供可复制方案。



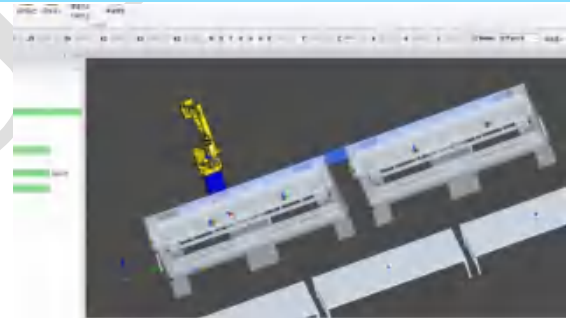
案例五	
案例名称	变压器领域焊接应用
客户所属行业	工程机械
行业痛点	在电力装备变压器生产中，焊接作为其中的重要环节，其面临熟练焊工培养周期长、工作环境差导致年轻人不愿入行、人工成本高，人工操作受疲劳、情绪影响稳定性差导致焊缝质量不稳、一次合格率低等痛点。
解决方案	集萃智造智能便携式焊接工作站是由集萃智造 CI 系列协作机器人为核心, 基于拖拽示教、3D 视觉等技术, 同时搭配自主研发的焊接工艺包与专家库系统, 可提供直焊、圆弧、摆焊、多层多道等多样化焊接工艺, 能根据焊接接材质与焊接类型, 智能匹配焊接工艺方案。“傻瓜式”操作、简单易上手, 普通工工人也能成为“高级”焊工。 1、人机协同与便捷部署: 采用磁吸式底座设计, 5 分钟内完成设备安装; 拖拽示教功能使普通工人 30 分钟即可上手编程, 降低对熟练焊工的依赖。可实现“一人多机”管理模式, 提升生产效率。 2、完善工艺包与专家库: 焊接参数模块功能全面, 用户可根据不同焊接场景灵活快速调配参数, 满足各类焊接需求。支持单层单道和多层多道焊接路径模式, 具备多种摆动轨迹类型。专家数据库系统可基于焊接板材厚度、焊丝直径等自动匹配最佳工艺参数, 确保工艺一致性、降低废品率。 3、实施成效与行业价值: 综合焊接效率提升, 材料损耗与人工成本降低, 焊缝一次交检合格率大幅度提升。
	

案例六	 敏越科技
案例名称	智能长工件免示教坡口切割
客户所属行业	工程机械
客户需求点	大工件高精度等离子坡口切割
面临挑战	工件尺寸大，易变性，定位复杂，边沿一致性差。
项目应用核心技术点	解决方案：采用敏越自主研发的免示教切割系统 SmartCut，通过智能决策系统 RobotSmart、大场景双目结构光相机和高精度焊缝跟踪器 SmartEye，实现大件的粗定位和边缘轮廓的精确定位。支持正反面切割和多工件切割。
核心技术指标要求	1、单个工件编程时间小于 10 分钟； 2、焊接合格率高于 98%； 3.对于大工件(>10m)，顿边切割精度 $\pm 1\text{mm}$ ，顿边角度 $\pm 1^\circ$ 。
设备用量	10 台
项目成效及效益体现	采用敏越免示教切割系统，新工件投产时间由传统手动编程的 10 小时缩短至 5 分钟，切割合格率提升到 98%以上，对于超过 10m 的件，顿边精度可以达到 $\pm 1\text{mm}$ ，角度误差在 $\pm 1^\circ$ 之内。

龙门上下料免示教坡口切割工作站



(徐工免示教坡口切割工作大站)



(智能决策平台 RobotSmart 生成轨迹)

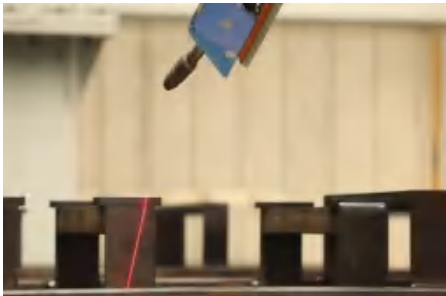


(传感器扫描保证精度)

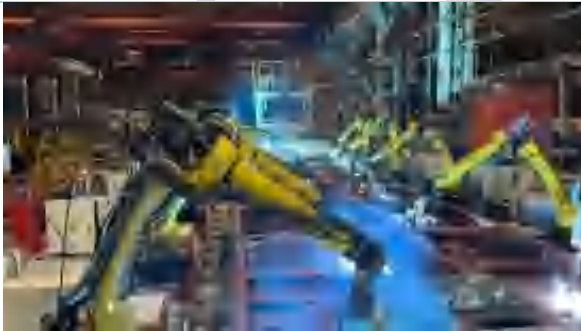


(工件切割后效果图)

第四节 汽车及零部件

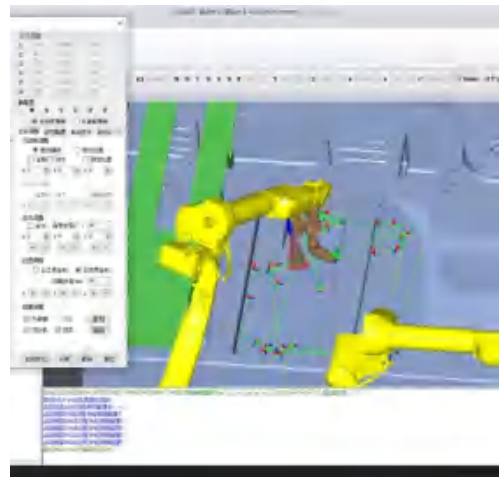
案例一	 敏越科技		
案例名称	工程机械结构件免示教焊接		
客户所属行业	汽车零部件		
客户需求点	工件种类多，小批量生产，多机器人协同焊接		
面临挑战	工件识别难度大，多个外部轴，编程难度大，焊缝识别和轨迹规划困难		
项目应用核心技术点	采用敏越自主研发的 SmartEye 激光视觉系统以及机器人智能决策系统 RobotSmart，根据数模输入和 3D 视觉传感，实现工件焊缝精准提取定位和焊接过程参数自适应控制。同时突破了编程效率低下的瓶颈，实现新工件快速投产和型号快速切换。		
核心技术指标要求	1、传感器检测精度 0.05mm，检测成功率 99.5%； 2、编程时间由 8 小时缩短至半小时。		
设备用量	10 台		
项目成效及效益体现	采用敏越免示教焊接系统，新工件投产时间由传统手动编程的 8 小时缩短至半小时，焊接合格率由 85%提升到 99%以上。为企业节省了至少四名焊接工人，15 个月以内即可收回投资成本，大大提升了该细分行业的生产加工水平。		
			
(双机焊接工作站)		(智能轨迹规划)	
			
(传感器实时检测)		(焊接效果)	

第五节 轨道交通

案例一	
案例名称	某铁道车辆生产企业多机协同免示教焊接
客户所属行业	轨道交通
客户需求点	多机协同提升生产效率，自动避碰，自适应工艺库，一键式操作。
面临挑战	空间狭容易干涉，机器人和工件、机器人之间容易碰撞，生产节拍要求高，需高效分配各机器人任务。
项目应用核心技术点	解决方案：采用敏越自主研发的免示教焊接系统 SmartWeld，通过智能决策系统 RobotSmart 和高精度焊缝跟踪器 SmartEye，实现多机器人复杂轨迹自动规划，利用数字孪生技术，实现生产信息统计。
核心技术指标要求	1、单个工件 10 台机器人累计编程时间小于 1 小时。 2、焊接合格率高于 98%
设备用量	20 台
项目成效及效益体现	采用敏越免示教焊接系统，新工件投产时间由传统手动编程的 50 小时缩短至 1 小时，焊接合格率由 92%提升到 98%以上，连续无故障时间达到 150 小时以上，企业的生产效率得到显著提升。
中车眉山 10 机协同免示教焊接工作站	
	
(中车眉山 10 机协同焊接工作站)	(中车眉山 10 机协同焊接工作站)
智能决策平台自动协同规划 10 台机器人焊接轨迹	

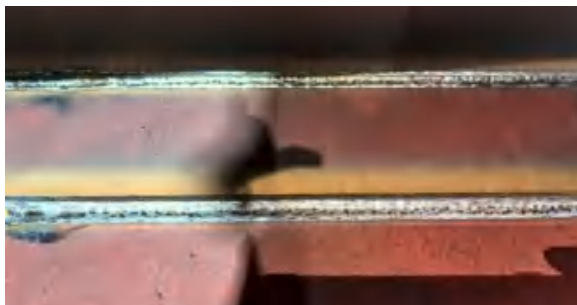


(智能决策平台 RobotSmart)



(自动轨迹规划)

支持工件类型广泛



(焊接后焊缝)



(焊接后焊缝)

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

联系我们：

高工机器人产业研究所 (GGII)

电话：13632944360

邮箱：sn.luo@gaogong123.com



高工机器人
官方微信号



高工移动机器人
官方微信号