

# 智能焊接机器人行业专题

## 智能焊接大势所趋，钢结构行业放量在即

行业研究 · 行业专题

机械设备

投资评级：优于大市（维持）

证券分析师：吴双

0755-81981362

wushuang2@guosen.com.cn

S0980519120001

## ➤ 焊接需求大、焊工短缺，钢结构等非标场景机器换人需求迫切

- 焊接机器人现状：传统焊接机器人以示教机器人为主，已广泛应用于流程标准化的汽车、3C等行业；但在钢结构/船舶等行业中，焊接呈现“多品类、小批量、非标件”的特点，仍以人工焊接为主，只有焊接智能化才能满足此类非标场景的柔性化焊接需求，实现机器换人。
- 钢结构、船舶等行业机器换人大势所趋，智能转型升级是必然趋势。钢结构等行业焊接需求大，而焊接生产环境较差、焊接经验要求高导致年轻人就业意愿不足，成熟焊工出现短缺且焊工成本持续上升，叠加较为激烈的行业竞争，钢结构企业有迫切的降本增效需求。在此背景下，技术进步使得非标场景的智能焊接机器人已经具备可行性，从单层到多层焊的智能焊接技术正在持续取得突破。相比人工焊接，智能焊接机器人效率高、一致性强，同时依托于国内成熟的供应链体系已逐步具备性价比优势。
- 钢结构企业已开展焊接智能化工作，船舶、重工业等行业伴随技术成熟也有望跟随。钢结构行业龙头鸿路钢构2021年成立智能制造研发团队，加速推进焊接智能化，2023年8月和2024年4月两次大规模招标智能焊接机器人，预示着相关技术已经逐步成熟，其他钢结构厂商也在积极布局产线智能化。除此之外，船舶、重工业、航空航天等行业机器人难度更大，整体仍以人工焊接为主，未来也具备智能化升级的空间，船舶行业已有部分成熟焊接解决方案案例。从焊工人数看，2025/2035年钢结构焊工人数需求或达35/50万人，船舶行业中国船级社当前持证焊工数量约18.78万人，按照1台机器人替换2-3名焊工测算，钢结构和船舶行业长期智能焊接机器人需求约为20-35万台。

## ➤ 钢结构行业智能焊接机器人放量在即，核心难点在于算法和Know-how工艺库

- 钢结构行业智能焊接机器人放量在即，预计未来5年市场空间累计可达166亿元。考虑1台机器人替换2-3名焊工，未来5年机器换人渗透率达35%，据此测算钢结构行业智能焊接机器人累计市场规模达166亿元；远期考虑船舶行业机器换人，智能焊接机器人还有潜在巨大空间。
- 智能焊接核心在于软件算法和Know-how工艺库，硬件端可通过传统机器人供应链迭代升级完成。钢结构、船舶等行业焊缝种类多、工艺复杂度高、场景多样，使得非标属性突出，智能焊接核心在于需要根据工件信息和工艺Know-how数据库，通过算法自动定位并提取焊缝，自动规划加工路径，根据板材、板厚和焊接位置自动匹配工艺，完成整个焊接过程；硬件端可沿用传统焊接机器人供应链迭代升级完成适配。
- 全产业链推动智能焊接机器人放量，相关企业将充分受益。硬件环节包括本体、焊接电源及相关焊接套件等，主要企业包括库卡、大族机器人、埃斯顿、埃夫特、麦格米特等，软件环节壁垒更高，格局相对更好，主要企业包括柏楚电子、智流形等，其中柏楚电子在激光切割控制系统深耕多年，复制算法优势切入智能焊接先发优势显著，集成企业包括中集飞秒、行健机器人、倍可机器人等。

## ➤ 投资建议：维持“优于大市”评级

- 智能焊接大势所趋，钢结构行业已开始从0到1放量，相关企业将充分受益。重点推荐激光切割控制系统龙头【柏楚电子】，关注本体厂商【埃斯顿】、【埃夫特】、激光焊接设备厂商【大族激光】等。

## ➤ 风险提示：智能焊接技术发展不及预期；下游企业的焊接智能化改造意愿不及预期；智能焊接机器人行业竞争加剧。

# 智能焊接机器人产业链潜在相关的主要标的



表19：智能焊接机器人产业链相关标的最新估值（截止到2024年11月20日）

所属类型	代码	公司	投资评级	股价（元）	市值（亿元）	归母净利润（亿元）			EPS（元）			PE		
						23A	24E	25E	23A	24E	25E	23A	24E	25E
运控系统	688188.SH	柏楚电子	优于大市	195	401	7.29	9.89	13.02	4.98	4.81	6.34	39	41	31
	688255.SH	凯尔达	未评级	28	28	0.25	0.50	0.75	0.23	0.45	0.68	110	56	37
本体厂商	002747.SZ	埃斯顿	未评级	45	158	1.35	0.40	1.86	0.16	0.01	0.20	114	1765	89
	688165.SH	埃夫特-U	未评级	25	78	-0.47	N/A	N/A	-0.09	N/A	N/A	-166	N/A	N/A
设备厂商	002008.SZ	大族激光	未评级	18	299	8.20	17.40	11.59	0.78	1.67	1.08	36	17	26

资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理  
注：所有未评级标的盈利预测均为Wind机构一致预测

# 智能焊接机器人：蓝海市场，钢结构行业放量在即

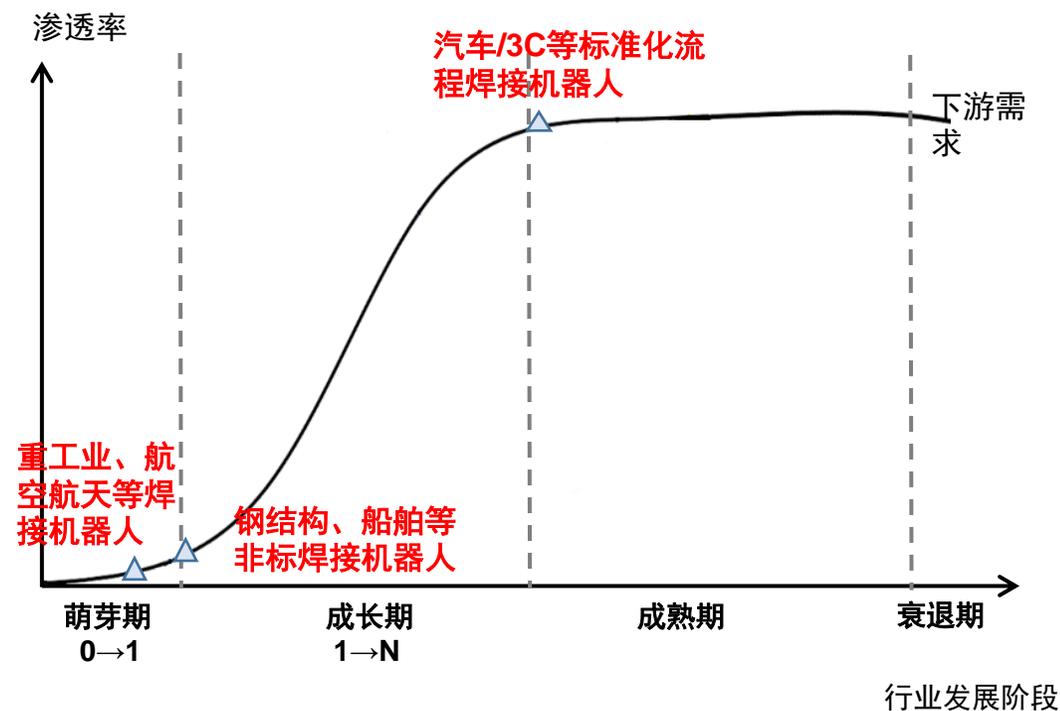
## ➤ 所处阶段：已实现从0-1突破，钢构行业放量在即

- **必要性：**焊接需求稳健增长背景下，钢结构等非标行业焊工短缺现象突出，焊工成本持续上升，亟需机器换人；
- **确定性：**钢结构行业竞争激烈，机器换人能显著增效降本提升企业竞争力，是钢结构企业转型升级的必然选择，当前技术发展使得智能化焊接替人已经具备技术可行性和经济性；
- **发展节奏：**钢结构龙头鸿路钢构持续推动焊接智能化，目前已完成两轮智能焊接机器人招标；其他大型企业积极跟进，船舶等行业亦在推进焊接智能化，当前已有智能焊接机器人展开应用，实现从0到1的突破；
- **如何实现真正放量：**核心解决焊接机器人的智能化，智能化需要解决控制算法和工艺know-how的瓶颈，掌握控制系统技术。

## ➤ 智能焊接机器人展望：累计潜在市场空间或近千亿的蓝海市场

- **钢结构行业：**智能焊接机器人正在从0到1放量，预计未来5年累计市场规模达166亿元，随着技术从单层焊、多层焊到全熔透多层多道焊的持续突破，考虑长期渗透率达到80%，累计市场规模达480亿元；
- **船舶行业：**中国船级社当前持证焊工数量约18.78万人，按照1台机器人替换2-3名焊工测算，考虑到船舶焊接大型化，按单台50万测算，智能焊接机器人累计潜在市场规模或达300-500亿元；
- **其他：**重工业、航空航天等行业技术难度更大，远期具备潜在的机器换人空间。

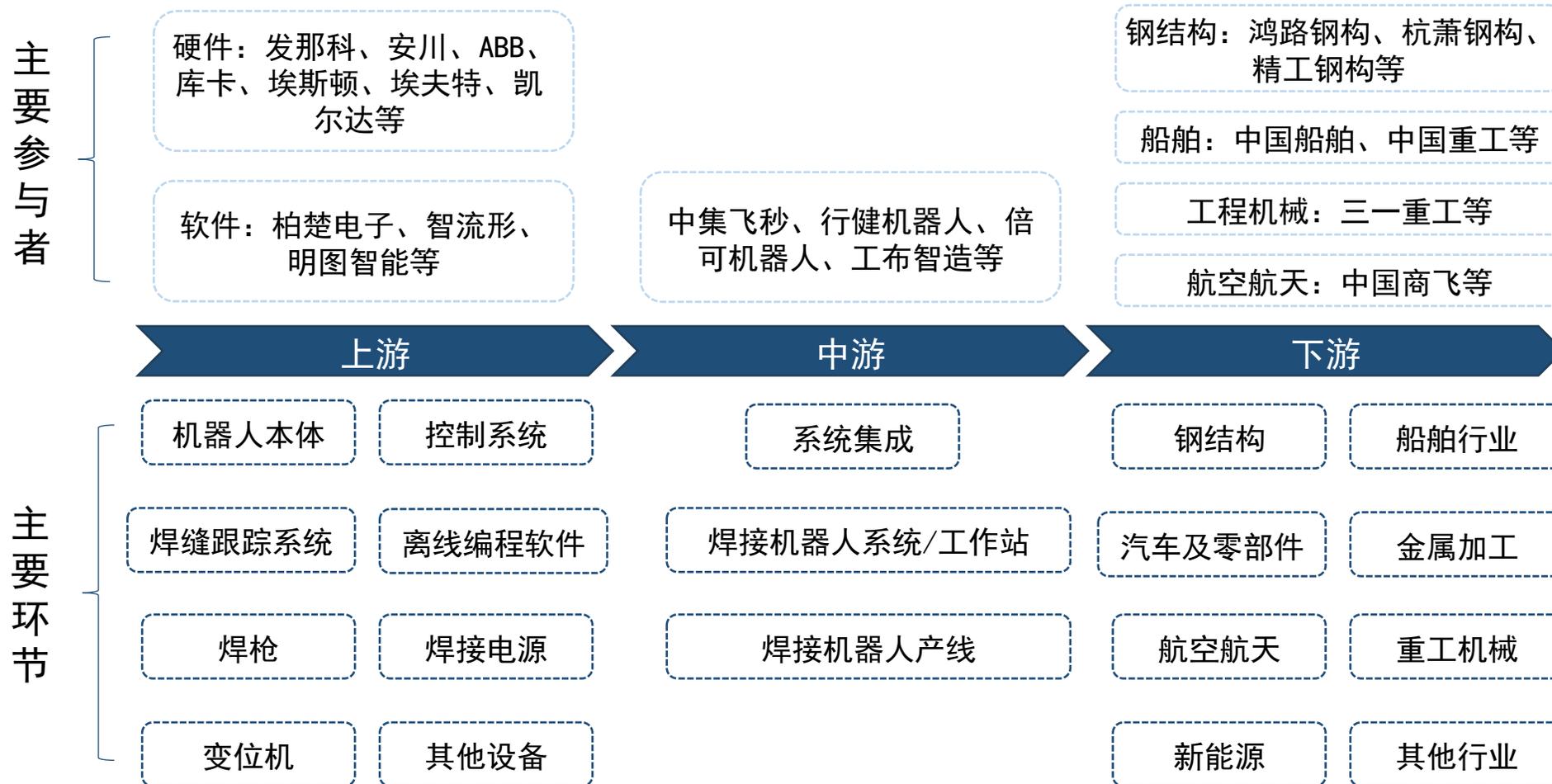
图1：焊接机器人：钢结构、船舶焊接机器人处于0-1阶段，正在快速发展



资料来源：高工机器人，国信证券经济研究所整理

# 智能焊接机器人产业链及主要玩家梳理

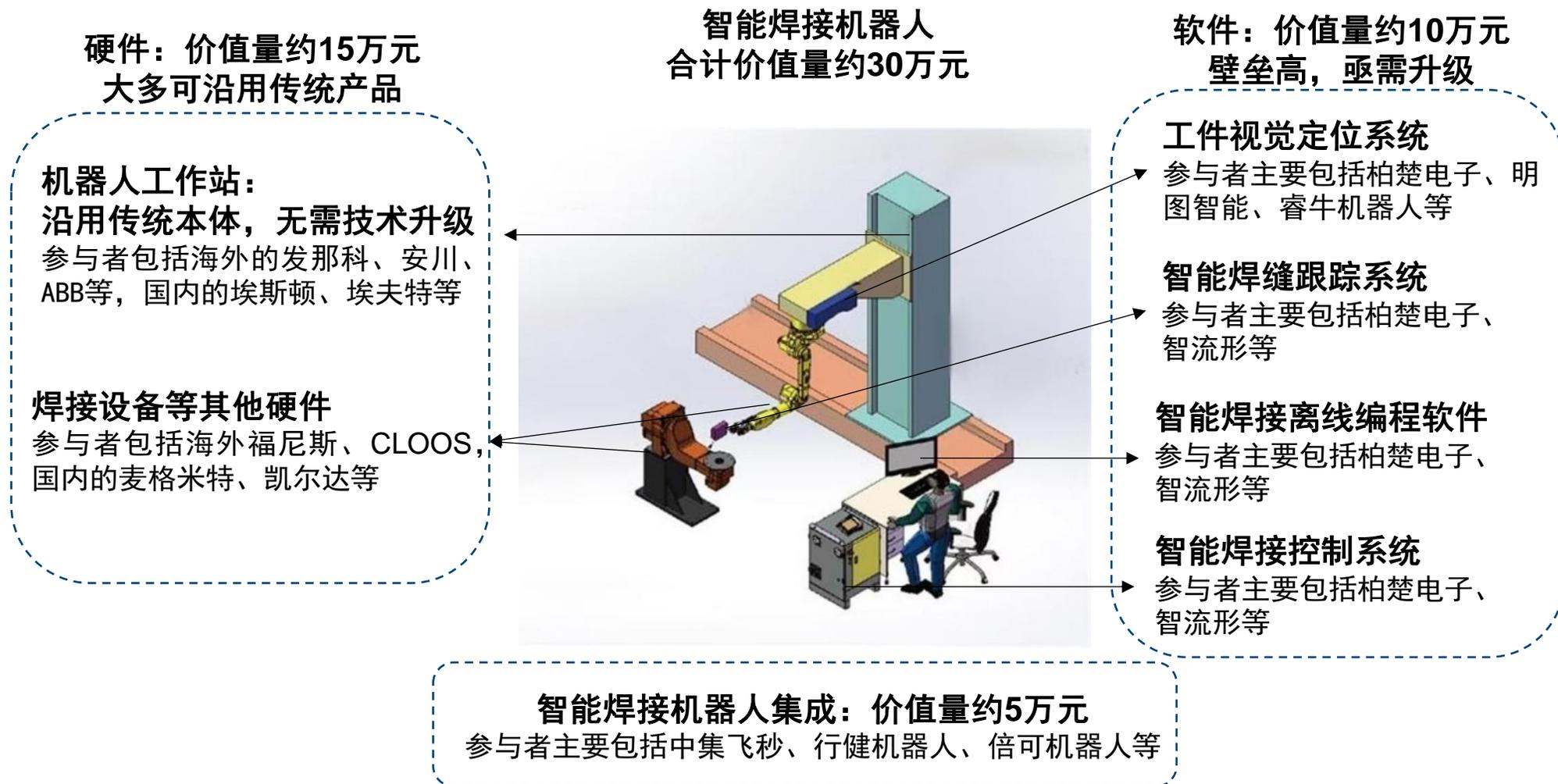
图2：智能焊接机器人产业链



资料来源：柏楚电子公告、各公司官网或新闻稿、高工机器人、国信证券经济研究所整理

# 一图看懂智能焊接机器人价值量和主要构成

图3: 智能焊接机器人结构



资料来源：柏楚电子公告、国信证券经济研究所整理 注：硬件价值量参考柏楚电子机器人工作站价格，软件价值量参考柏楚电子机器人各软件价值量之和，并考虑技术进步对价格的影响进行了调整

- [ 01 ] 焊接机器人市场现状概览
- [ 02 ] 智能焊接：钢结构、船舶行业需求迫切，放量在即
- [ 03 ] 智能焊接发展难点、市场空间及竞争格局
- [ 04 ] 投资建议
- [ 05 ] 风险提示

# 焊接机器人：工业机器人的主要品类之一，智能化是发展趋势

- 焊接机器人是工业机器人最主要的品类之一。工业机器人是智能制造业最具代表性的装备，其规模化应用是未来制造业机器换人、提高生产效率的重要手段。2022年全球工业机器人新增安装量中，焊接机器人占比约16%，仅次于搬运机器人。
- 传统（示教）焊接机器人已大规模应用汽车、3C等行业，但无法解决钢结构、船舶等流程非标化的焊接工作。传统焊接机器人具有高效率、高精度、一致性等优点，被广泛用于汽车/3C/金属制品/工程机械等焊接流程高度标准化、批量大的行业，替代了大部分人工焊接工作。但在钢结构/船舶等行业中，焊接呈现“多品类、小批量、非标件”的特点，需要焊接智能化才能满足此类柔性化的焊接需求。
- 焊接机器人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及控制器构成，其核心零部件为控制系统、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。就结构区别而言，传统焊接机器人有示教器，智能焊接机器人新增了大量软件和传感器，不需要人工编程，能自适应调整加工参数和路径，无需示教器。

图4：2022年全球工业机器人新增安装量的种类占比

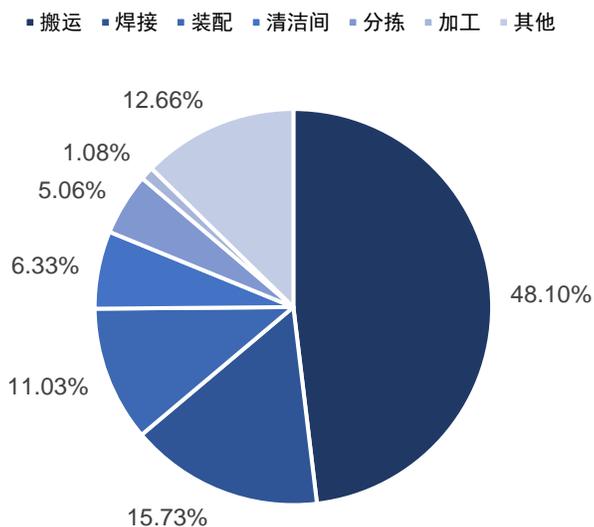
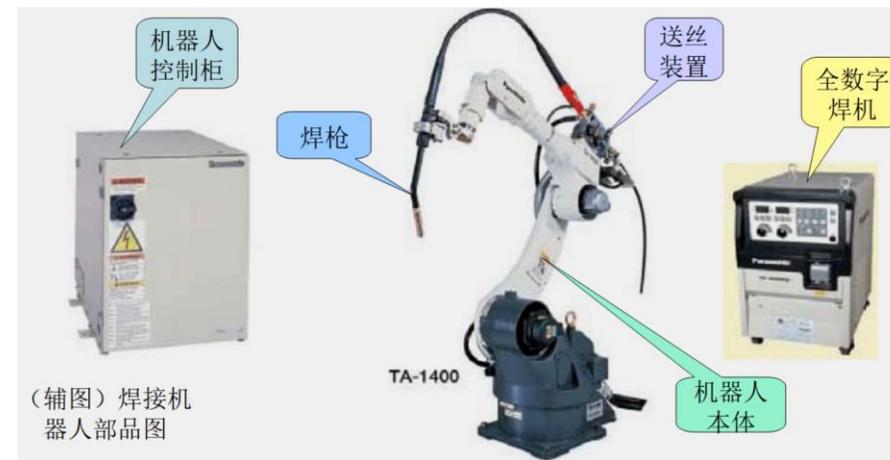


表2：示教机器人和免示教机器人对比

维度	传统（示教）焊接机器人	智能焊接机器人（免示教）
智能化功能	需要人工示教，调试	免示教，离线编程
加工特点	标准工件、批量加工	小批量、多品种工件柔性生产
工作效率	对于非标工件需要调试时间较长	智能识别之后，大幅缩短调试时间
配套要求	对配套的工装夹具精度要求较高	对配套工装夹具的精度要求较低
操作要求	操作复杂，需要专家编程，专人维护	操作简单，界面简洁，无需编程基础
常用领域	汽车及零部件、3C电子等标准化生产的领域	钢结构、船舶、金属加工、新能源等需要柔性生产的领域

图5：传统（示教）焊接机器人主要构成



资料来源：高工机器人、国信证券经济研究所整理

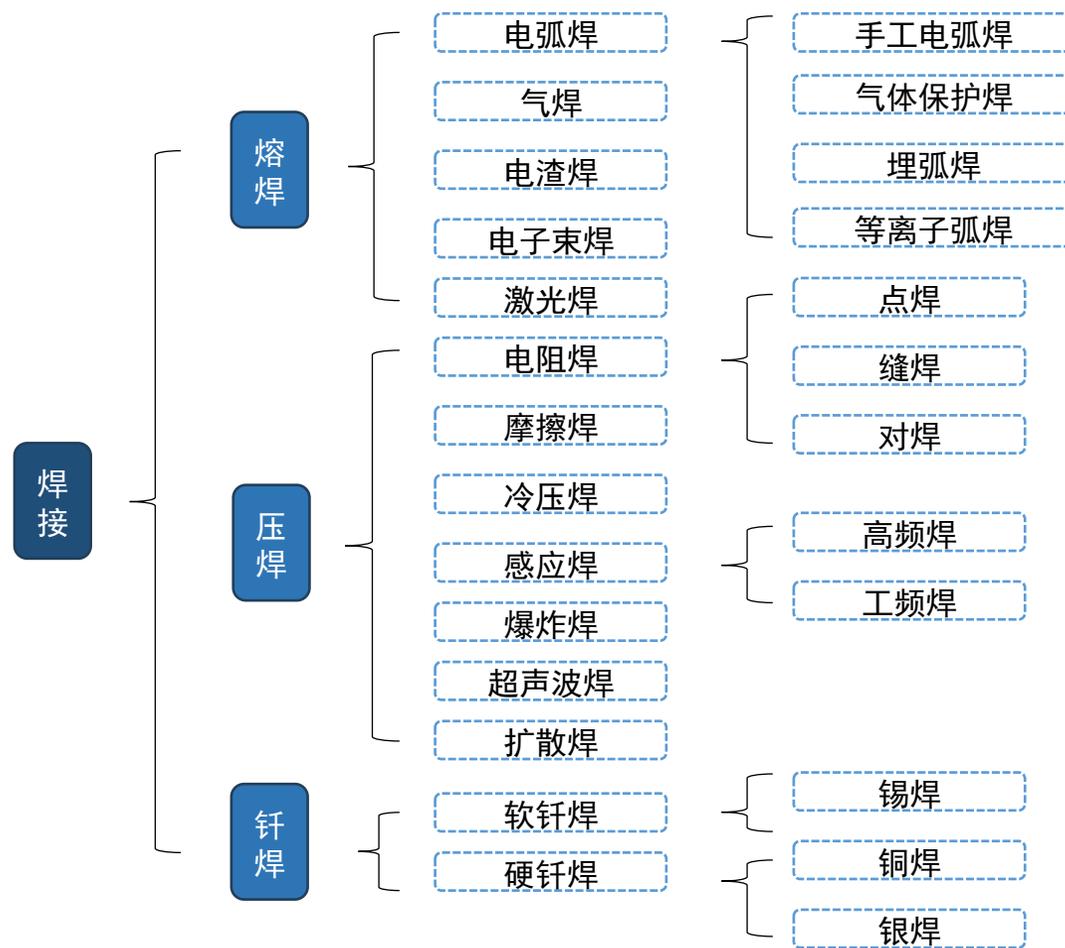
资料来源：高工机器人、国信证券经济研究所整理

资料来源：高工机器人、国信证券经济研究所整理

# 焊接工艺：传统焊接机器人单一，智能焊接机器人可灵活切换

- 根据焊接工艺的不同，焊接一般分为熔焊、压焊、钎焊
  - 1) 熔焊：工件加热后局部熔化，形成熔池，熔池冷却凝固后接合。适用于各种金属和合金的焊接加工。
  - 2) 压焊：加热或不加热状态下对组合焊件施加一定压力，使其产生塑性变形或融化，并通过再结晶和扩散等作用实现焊接。适用于焊接小型、精密、复杂的焊件。
  - 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。适用于各种材料的焊接加工。
- 传统机器人为弧焊/点焊，智能焊接机器人具备多种工艺
  - 传统机器人：一台掌握一种工艺，弧焊、点焊机器人合计占90%。
    - ✓ 1) 弧焊（熔焊）机器人：适用于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。焊接效率高、质量高，广泛应用于汽车制造、重型机械和金属加工等行业。弧焊机器人销量占焊接机器人的65%。
    - ✓ 2) 点焊（压焊）机器人：主要用于薄板件之间的点状焊接，速度快、精度高、适应性强，广泛应用于汽车车身、家电生产和一些金属连接作业。点焊机器人销量占焊接机器人的25%。
  - 智能焊接机器人：一台可同时掌握熔焊、压焊、钎焊等多种工艺，通过自动化控制、参数调节和传感器反馈的综合运用切换不同的焊接工艺。

图6：焊接工艺分类

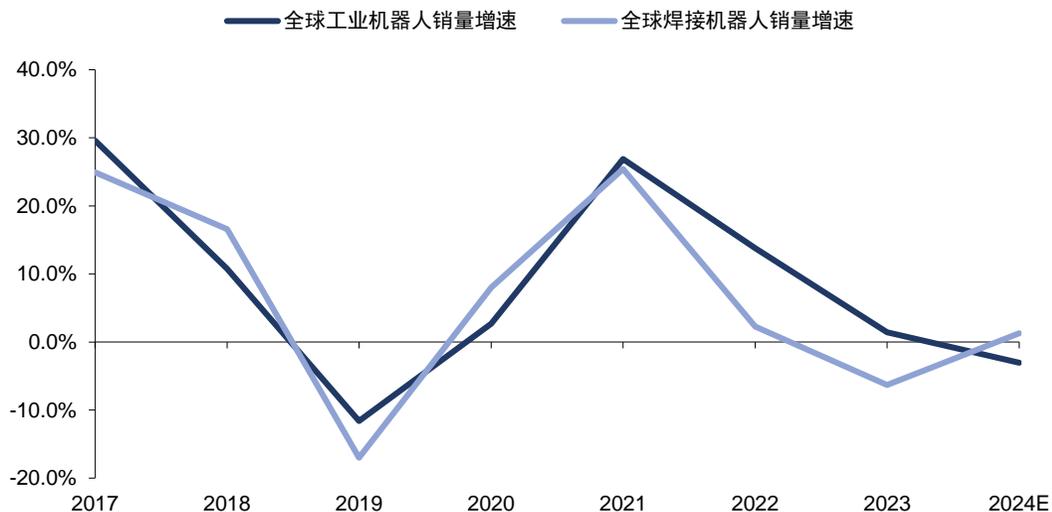


资料来源：中国焊接协会、高工机器人、国信证券经济研究所整理

# 下游应用：传统/智能焊接机器人分别满足标准化/非标行业需求

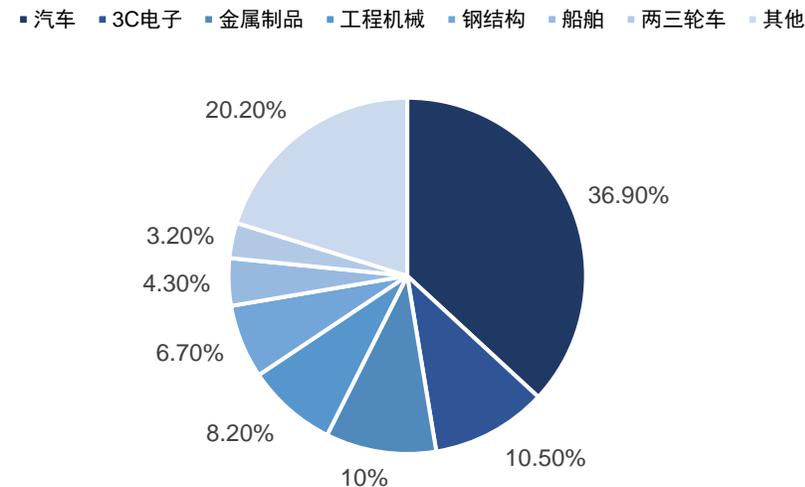
- 掌握单一工艺的传统焊接机器人仅能满足标准化行业需求，汽车、3C电子是主要下游。
  - 传统焊接机器人的下游包括汽车、3C电子等标准化行业。汽车、3C电子行业的产品具有大量相同的部件，适合批量生产，具有明显的标准化特征。在实际生产中，掌握单一焊接工艺的机器人可以通过批量化生产发挥最大效益，因此标准化行业是传统焊接机器人的主要下游：2023年，汽车、3C电子、金属制品占比分别为36.9%/10.5%/10.0%。
- 传统焊接机器人无法解决非标行业的机器人换人，智能焊接是最优解。
  - 钢结构、船舶等行业的焊接需求具有高度非标、小批量、多品种、项目制的特点，焊接工艺要求复杂多变，若使用传统焊接机器人，人工编程示教等工作量大幅增加，且无法通过大批量生产摊薄成本，因此过去未能解决这些行业的机器人换人。未来，随着智能焊接机器人进一步成熟，非标行业的焊接机器人渗透率有望持续提升。

图7：2017-2024年全球工业机器人和焊接机器人销量增速



资料来源：高工机器人、国信证券经济研究所整理

图8：2023年国内焊接机器人下游



资料来源：高工机器人、国信证券经济研究所整理

# 钢结构、船舶等非标场景有大量焊接需求

- 下游行业焊接需求庞大，钢结构、船舶等非标场景行业机器人空间大。目前国内焊接需求较高的行业包括汽车及汽车零部件、钢结构、船舶等行业。根据行业协会或高工机器人测算数据，钢结构、汽车及汽零、重工业、航空航天等行业体量未来增速为个位数；船舶行业周期明显且处于上行周期，预计未来几年体量将保持较高增速；新能源行业处于快速发展趋势中，预计未来增速为两位数增长。

表3：不同应用场景的市场规模

	市场规模	市场规模增速预测
钢结构	2022年全国钢结构加工量超过1亿吨，其中60%需要焊接	长期CAGR约5%
船舶	2023年全国造船完工量4232万载重吨，同比增长11.8%；新接订单量7120万载重吨，同比增长56%。截至12月底，手持订单量13939万载重吨，同比增长32%	景气度较高，预计未来几年将保持较快增长
新能源	2023年全球可再生能源新增装机5.1亿千瓦，其中中国的贡献超过了50%；2023年我国新能源汽车产量958.7万辆	预计未来两位数增长
汽车及汽车零部件	2023年我国汽车产量3016.1万辆	预计未来个位数增长
重工业领域	2023年我国重工业市场规模将达到11.8万亿元，同比增长8.5%	未来CAGR约5%
航空航天	2023年全球航天产业的总收入为4000亿美元；2023年中国航天发射次数近70次，将200余个航天器发射升空	未来增速约7%-8%

资料来源：高工机器人、行业发展白皮书、国信证券经济研究所整理

# 钢结构、船舶等非标场景机器人换人空间广阔

## ➤ 非标领域有大量的机器替人需求，机器人换人空间广阔

- 1) 非标行业：钢结构和船舶行业属于高度非标行业，虽然焊接需求大，但是仍以人工焊接为主，机器人换人空间大；
- 2) 部分非标行业：新能源、重工业、航空航天等行业的焊接工件部分非标准化，仍有较多的机器人换人的空间。
- 3) 标准化行业：汽车及汽零行业标准化程度高。目前焊接自动化程度为80%-90%，仍有少量机器人换人的空间。

表4：不同应用场景的焊接机器人需求

	行业焊接特征	焊接自动化现状	未来机器人换人空间
钢结构	<b>高度非标准化</b> 焊接工件小批量、高度非标	渗透率低，现有的示教焊接机器人无法满足终端需求	空间大
船舶	<b>高度非标准化</b> 中组立结构具有焊缝短、结构形式多样等特点	渗透率低，主要依赖人工焊接，焊接成本占船体建设总成本的30%以上	空间大
新能源	<b>部分非标准化</b> 存在一定的复杂焊接工作；焊接环境有一定危险性（如核电）	新能源汽车焊接自动化程度90%，风电光伏自动化程度70%-80%，核电自动化程度相对较低	有一定空间
汽车及汽车零部件	<b>标准化</b> 焊缝标准化	目前主流车企新车间的焊接自动化程度为80%-90%	空间较小
重工业领域	<b>部分非标准化</b> 部分焊接结构复杂且重型，形状各异	行业整体自动化水平约60%	有一定空间
航空航天	<b>部分非标准化</b> 对焊接的要求极为严格	民航自动化水平50%-60%； 航天器、卫星、无人机自动化水平60%-70%	有一定空间

资料来源：高工机器人、AGV网、各行业发展白皮书、国际机器人联合会、国信证券经济研究所整理

- [ 01 ] 焊接机器人市场现状概览
- [ 02 ] 智能焊接：钢结构、船舶行业需求迫切，放量在即
- [ 03 ] 智能焊接发展难点、市场空间及竞争格局
- [ 04 ] 投资建议
- [ 05 ] 风险提示

# 钢结构机器换人动力：焊接需求大，但焊工短缺&焊工成本上升

## ➤ 必要性：焊接需求大，焊工短缺&焊工成本持续上升

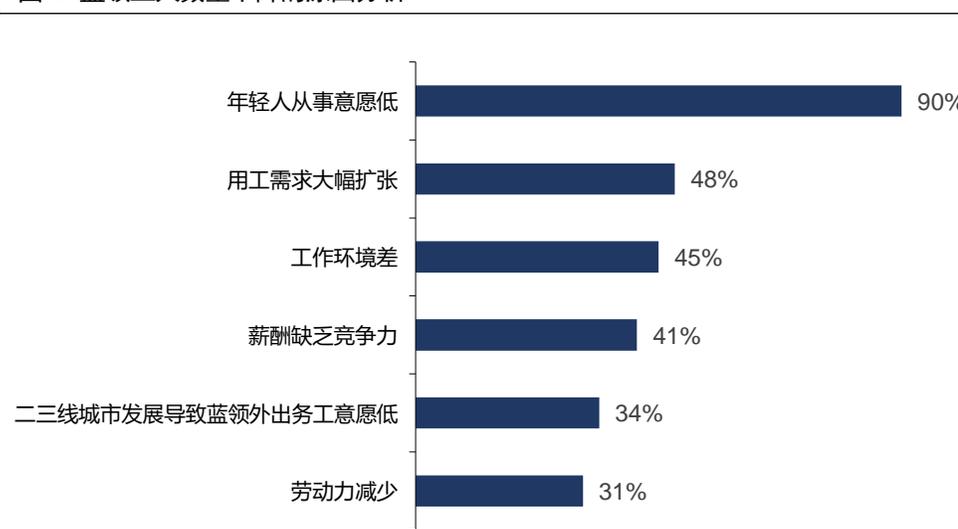
- **钢结构行业健康发展，焊接需求持续增长。**2022年我国钢结构加工制造总产量10140万吨。《钢结构行业十四五规划及2035年远景目标》提出，到2025年钢结构产量达到1.4亿吨，到2035年产量达到2亿吨，预计未来十年产量CAGR约5%，焊接需求增速或与产量持平。
- **经验丰富的焊工短缺现象严重。**钢结构焊接生产环境较差、焊接经验要求高。目前老一代焊工逐渐退休，新一代年轻人当焊工意愿低，但焊工需求持续增加，导致焊工缺口持续扩大：根据中国政府网新闻，2022年第四季度全国招聘大于求职“最缺工”的100个职业排行中，焊工位列第12名。根据人社部、工信部、教育部公布的《制造业人才发展规划指南》统计，预计到2025年，全国制造业重点领域人才缺口将接近3000万人，缺口率将达48%，技能型人才供应将呈现供不应求的状态，主要集中在10个重点制造业领域里，包括船舶制造、汽车制造、工业机械设备打磨等。
- **焊工成本或将持续增加。**目前焊工平均年薪已经超过18万元/人，且经验丰富的成熟焊工年薪更高，考虑到焊工供给紧张且需求持续增加，未来焊工的薪水有逐渐上升趋势。

表5：焊工在“最缺工”职业中排名第二

“最缺工”的职业排行	
1	营销员
2	汽车生产线操作工
3	快递员
4	餐厅服务员
5	商品营业员
6	家政服务员
7	保洁员
8	保安员
9	包装工
10	车工
11	不变分类的其他从业人员
12	焊工

资料来源：中国政府网、国信证券经济研究所整理

图9：蓝领工人数量下降的原因分析



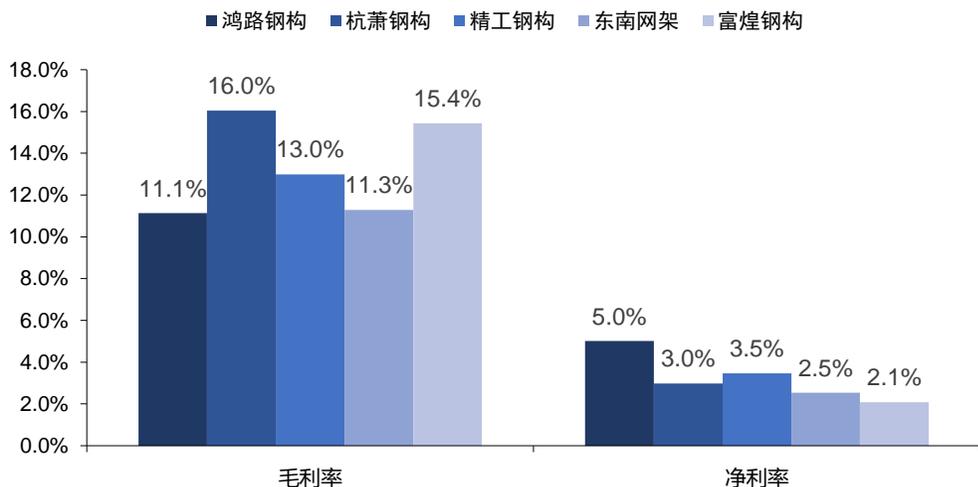
资料来源：中国政府网、国信证券经济研究所整理

# 钢结构机器人换人动力：行业有降本诉求&机器人经济优势突出

## ➤ 迫切性：①钢结构企业有迫切的降本诉求

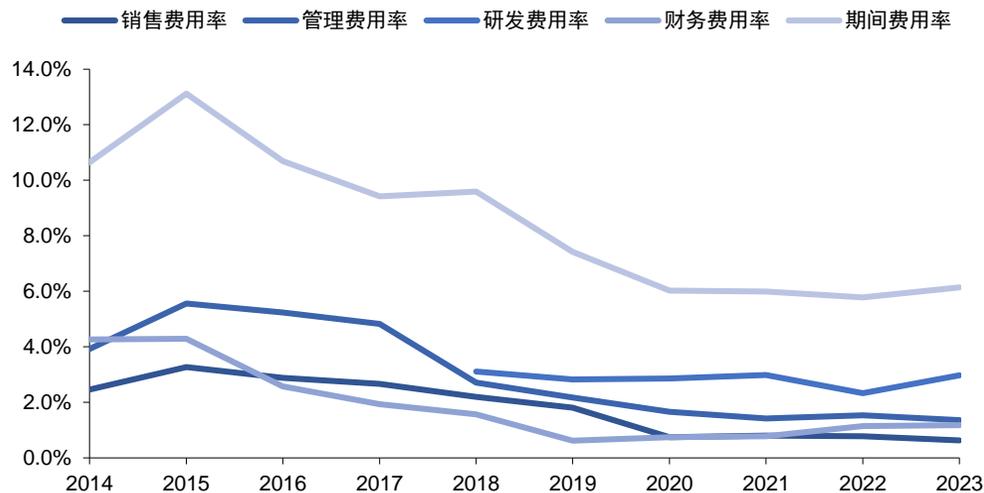
- **智能化是钢结构行业产业升级的关键，政策支持产业升级。**2021年12月，工业和信息化部、国家发展和改革委员会等八部门联合印发《“十四五”智能制造发展规划》：70%的规模以上制造业企业基本实现数字化网络化，建成500个以上引领行业发展的智能制造示范工厂。钢结构行业体量庞大，但因为集中度低、产品非标属性强，传统钢结构的焊接环节通常依赖人工操作，智能化程度较落后。焊接智能化可以显著提升焊接环节的生产效率和精确度、缩短生产周期、降低焊接环节成本，是钢结构行业发展的必然趋势。
- **钢结构企业盈利能力弱，智能化渗透提升将有效提升盈利能力。**2023年，国内龙头钢结构企业平均毛利率13.4%，平均净利率仅3.2%，利润微薄。同时行业的费用率难有下降空间：以行业龙一鸿路钢构为例，近四年公司期间费用率约6%，其中用于智能化研究的研发费用率3%，其他期间费用率合计仅3%，下降空间几乎为0。参考国信证券建材组报告《鸿路钢构（002541.SZ）-钢结构制造商龙头，智能化升级引领者》，智能焊接机器人渗透率每提升5%，公司的毛利率将提升0.3个百分点（净利率也将提升0.3个百分点）。因此，钢结构企业迫切需要提升智能化，降低营业成本，提升公司的盈利能力。

图10：2023年钢结构上市公司盈利能力对比



资料来源：Wind、各公司公告、国信证券经济研究所测算

图11：鸿路钢构四项费用率



资料来源：Wind、各公司公告、国信证券经济研究所测算

# 钢结构机器人换人动力：行业有降本诉求&机器人经济优势突出



## ➤ 迫切性：②智能焊接机器人的成本已经低于焊工

- 智能焊接工作站主要构成包括：机器人本体、焊接设备（焊枪和焊接电源）、系统（总控和视觉）。参考柏楚电子公司公告，工作站总成本28万元；
- 根据柏楚电子定向募集说明书，焊工的平均焊接能力约为400吨/人/年，假设焊接工人年薪约15万元，一条万吨钢结构生产线的年人工焊接成本约为375万元；
- 假设一套焊接机器人的成本30万元，每个焊接机器人可替代2-3个人工，同时每3台机器人需要1名普通操作工，普通操作工人年薪为10万元，一条万吨钢结构生产线的年智能焊接成本约为330万元。考虑到机器人技术进步带来的成本下降、人工成本上升和机器人折旧，机器人的性价比有望持续提升。

表6：焊工和智能焊接机器人成本对比

项目	焊工	智能焊接机器人
一条万吨钢结构生产线	25名	10台机器人+3名操作工
单位成本	焊工15万元/人/年	机器人约30万元/台，操作工10万元/人/年
总成本	25*15=375万元	10*30+3*10=330万元
成本趋势	上升	下降

智能焊接机器人成本较焊工低45万元，且差距会继续拉大。

成本差额

若考虑技术进步带来的成本下降、人工成本上升、机器人折旧，机器人的性价比会更突出

资料来源：柏楚电子定向募集说明书、国信证券经济研究所测算

# 钢结构机器人换人动力：技术瓶颈已有突破

## 技术可行性：智能焊接厚积薄发，核心技术瓶颈有所突破

- 此前受智能化能力不足制约，我国的焊接机器人仅能完成标准化工件的焊接。我国从2015年开始推进智能制造战略，2021年部分龙头企业具备了研发智能焊接机器人的能力，2023年部分钢构龙头企业开始尝试智能焊接机器人，智能焊接机器人的技术瓶颈正在被突破。

表7：智能焊接机器人发展重要事件点和时间梳理

当年重点政策及内容	智能焊接行业重大事件
2015 《中国制造2025》强调要大力推动智能制造技术的发展，重点发展数字化、智能化生产线，包括焊接工艺在内的核心制造工艺将逐步实现智能化和自动化。	中国开始推进智能制造战略，焊接领域开始引入人工智能（AI）和机器视觉等技术
2016 《智能制造发展规划（2016-2020年）》提出加速关键技术领域的突破，包括焊接技术，推动智能化焊接设备和智能焊接系统的开发和应用	
2017 《“十三五”智能制造发展规划》提出到2025年，智能制造在中国的各个领域，尤其是焊接、机加工等制造工艺中将得到广泛应用，形成较完善的产业体系	在一些先进制造企业，智能焊接系统的试点应用取得了突破，焊接过程中引入了自动化监控系统
2019 《关于推动制造业高质量发展的指导意见》提出在高端制造领域，推动智能焊接、激光焊接等技术的应用，尤其是汽车制造、轨道交通、船舶制造等行业	通过国家政策的支持，越来越多的中小型企业也开始应用智能焊接技术
2020 《智能制造标准化白皮书（2020）》明确了在智能焊接过程中对自动化、机器人焊接系统、质量控制系统、智能感知系统等设备的技术要求。为焊接领域的智能设备和系统设立了标准	一些领先企业开始通过AI算法优化焊接参数，减少人工干预，焊接过程中通过深度学习模型优化焊接路径和速度，提升了生产的灵活性和效率
2021 《十四五制造业发展规划》提出推动智能焊接机器人、激光焊接系统、机器视觉检测等技术在行业中的广泛应用，提升整体生产效率	<b>部分龙头企业可以研制智能焊接机器人，如柏楚电子定向增发以研发和生产智能焊接机器人相关项目；鸿路钢构成立了智能制造研发团队</b>
2023 《制造业可靠性提升实施意见》提出重点提升激光焊接与切割装备、工业机器人等产品的可靠性水平	钢结构行业已经出现了符合商用要求的智能焊接机器人，鸿路钢构进行了招标
2024 《推动工业领域设备更新实施方案》提出推动控机床与基础制造装备、增材制造装备、工业机器人等通用智能制造装备更新	鸿路钢构持续发布机器人和智能制造产线相关的招标公告

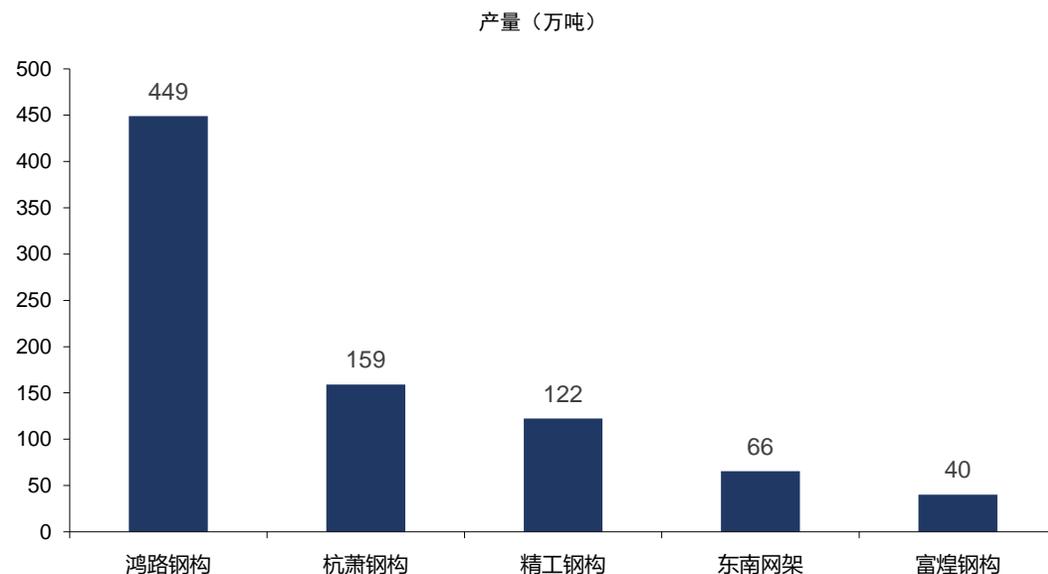
资料来源：各政府官网、鸿路钢构和柏楚电子公告、国信证券经济研究所整理

# 钢结构机器人换人进展：龙头鸿路钢构引领行业智能化升级

## ➤ 机器人换人进展：龙头企业具有智能化改造基因

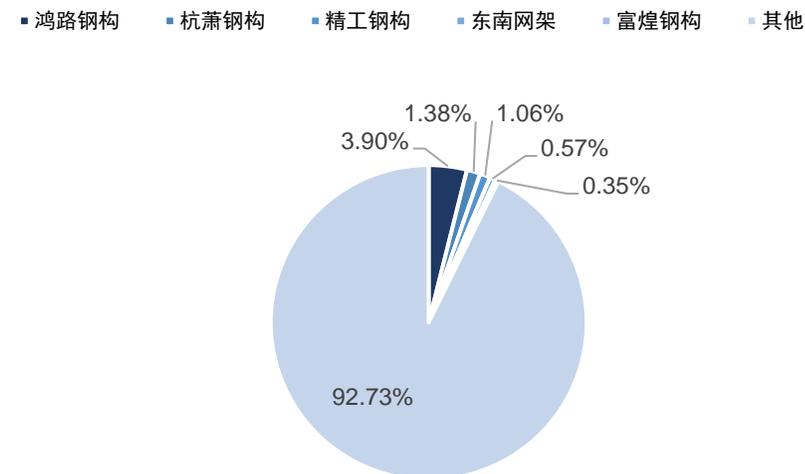
- **投入智能化的意愿强。**鸿路钢构拥有业内最大的钢结构产能。根据鸿路钢构公司公告，预计到2024年底，公司钢结构产品产能将达到520万吨，未来或将进一步扩产至1000万吨，焊工短缺问题对其影响会越来越显著；
- **部分生产环节已实现智能化改造，具有智能化基因。**鸿路钢构是行业中为数不多的，已经完成切割环节智能化改造的钢结构企业。切割环节成本下降后，公司更有动力提升焊接环节智能化水平。

图12：2023年中国钢结构主要上市公司产量



资料来源：鸿路钢构等公司公告、国信证券经济研究所整理

图13：2023年中国钢结构企业竞争格局（按产量）



资料来源：鸿路钢构等公司公告、国信证券经济研究所整理

# 鸿路钢构力推智能焊接，引领钢结构行业机器人换人趋势



## ➤ 机器人换人进展：鸿路钢构进展领先，已批量招标

- 2023年年报中，鸿路钢构将“智能焊接”放在智能制造技术的首位。公司一直致力于智能化装备的进步，为公司的下一步通过智能化提升产能，提高产品质量，降低成本打下了基础。
- 钢结构行业的机器人换人是必然发展趋势。鸿路钢构持续提升智能焊接技术，努力通过智能化降低成本，提升利润空间。鸿路钢构2010年成立国内首家焊接研究所，并此后积极研发相关技术、建设相关产能。2023年8月和2024年4月，鸿路钢构招标了大量智能焊接机器人，预示着相关技术已经符合达到使用要求。可以预见的是，钢结构行业机器人换人是短期必然趋势，未来智能焊接机器人也将显著提升钢结构行业的效率。

表9：鸿路钢构进行了两次大规模的智能焊接机器人招标

时间	招标内容
2023年8月	1000台弧焊机器人、1000套机器人焊接电源、1000套机器人焊接视觉、1000套机器人地轨、500套角焊缝免示教机器人焊接工作站
2024年4月	免示教焊接机器人分项招标：2000套水冷焊枪、2000套清枪器、2000套地轨

资料来源：“鸿路采购物流中心”公众号、国信证券经济研究所整理

表8：鸿路钢构焊接智能化发展历程

时间	具体事件
2010	成立了国内首家焊接研究所，聘请了众多行业内的专家进行技术指导，专注于研究解决钢结构加工制造过程中的焊接难题
2011	立足于安徽合肥，生产基地开始向外拓延——计划投资8亿元在湖北团风建设30万平方米的钢结构生产基地（该生产基地于2014年已投产）
2013	募投项目“年产50万m <sup>2</sup> 聚氨酯复合板技术改造项目”、“年产5万吨管型钢结构自动化生产线技术改造项目”、“立体停车库项目”陆续投产
2014	确立了“智能制造和绿色智能建筑”为公司当年及未来几年的重要发展方向，提出该两大科研方向即公司全新的经营理念，“智能制造”能有效解决未来几年的生产成本控制及生产效率问题。
2015	加强对钢结构生产线部分关键设备进行智能化技术改造的研发，彼时样机已试制及调试完成，已具备批量化改造的条件。“机器人”一词首次出现在鸿路钢构的年报中。
2016	募集资金不超过12.18亿元，募集资金将用于“高端智能立体停车设备项目”、“智能化制造技改项目”等项目。
2017	提出2018年的目标是：继续快速推进钢结构制造智能化技术改造，焊接机器人将达到500台的规模。而这也是“焊接机器人”首次在其年报中出现。
2018	再一次利用募投资金及部分自有资金共计投入约1.6亿，对公司原有钢结构生产线进行了大规模的智能化改造
2018~2021	批量化引进焊接机器人、喷涂机器人、自动翻转机、全自动双弧双丝埋弧焊生产线、全自动剪切配送生产线、镀锌生产线等设备及相关工艺技术，加快了对钢构生产线的智能化改造。
2021	成立了智能制造研发团队，有效地推进了智能化焊接、激光切割、喷涂油漆等方面的应用。
2022	加快了激光智能切割、小型连接件的专业化智能化生产、机器人自主寻位焊接、机器人喷涂等智能化改造。
2023	通过智能化改造提升产能及新建生产基地产能逐步释放，营收和利润持续增长，并于2023年8月公开招标大量机器人相关项目。

资料来源：鸿路钢构公告、高工机器人、国信证券经济研究所整理

# 鸿路钢构积极寻找智能焊接最优解

## ➤ 机器人进展：鸿路钢构与多家企业合作，寻找智能焊接最优解

- 为寻求智能焊接的最优解，鸿路钢构与行业内大部分龙头企业进行了合作。2023年3月之前，公司大多与海外企业合作，尝试并学习国际先进的智能焊接技术和经验。此后，公司转向与国内优质企业合作，并进行批量采购。

表10：鸿路钢构与智能焊接机器人领域多家企业签署合作协议

时间	合作对象	合作内容
2020年10月	库卡	与德国库卡机器人公司合作，引进了库卡的焊接机器人系统，进一步实现了钢结构生产过程的自动化与智能化，提升了焊接的质量和生产效率。
2021年8月	ABB	与瑞士ABB公司合作，在智能焊接领域进行了技术升级。ABB提供的机器人焊接系统帮助鸿路钢构提升了钢结构生产的自动化水平，减少了人工干预，提升了焊接的精度和效率。
2021年11月	华中数控	与华中数控公司在自动化焊接领域开展了深度合作，华中数控为鸿路钢构提供了先进的数控技术和自动化焊接系统，帮助提升了钢结构生产过程中的焊接效率和精度。
2022年5月	米勒	与米勒电气（Miller Electric）合作，在其钢结构生产线中引入了米勒的智能焊接设备。通过这次合作，鸿路钢构在钢结构的焊接工艺中引入了更多自动化和智能化技术，提升了生产效率和焊接精度。
2023年3月	发那科	与日本发那科（FANUC）公司继续深化合作，引进了发那科的最新焊接机器人系统，提升了钢结构制造过程中的自动化和智能化水平。
2023年8月	中集飞秒	签署战略合作协议，双方将围绕钢结构制造行业数字化、智能化升级开展多方合作，共同致力于为钢结构制造业提高生产效率，提升产品质量、精度和附加值，深耕钢结构智能制造。
2023年11月	柏楚电子	在智能焊接机器人领域顺利达成合作，具体内容未公布。
2024年4月	钱江机器人	正式签订800台钱江焊接机器人采购合同。
2024年4月	麦格米特	签署战略合作协议，麦格米特将向鸿路钢构供应1500台机器人焊接电源。

资料来源：鸿路钢构公告和公众号、国信证券经济研究所整理

# 除鸿路钢构外，多家钢构企业也在布局智能化改造

## ➤ 机器人进展：其他大型钢构企业积极布局智能化改造

- 除鸿路钢构外，杭萧钢构、精工钢构、东南东南网架、富煌钢构等企业也在积极布局产线智能化，智能焊接是其中最重要的环节之一。根据公司年报和相关新闻稿，各公司均将制造产线的智能化转型升级作为十四五规划中最重要的战略目标之一，并且已经有实质性进展。

表11：钢结构龙头企业产线智能化进展

	公司年报关于制造或焊接智能化的表述	智能化进展
杭萧钢构	制造产线的智能化转型升级，是企业的“十四五规划”中最重要的战略目标之一。通过工厂智能化改造升级和协同制造管理系统应用，公司整体的产能和履约能力将逐步得到释放和提升。	已累计完成16条智能生产线投产。公司与清华大学、浙江大学等多所知名高校和研究机构建立了紧密的合作关系，成立了博士后科研工作站和省级院士工作站。
精工钢构	公司“五五战略”明确了打造“创新驱动的钢结构建筑科技公司”的战略目标，以技术创新为抓手，不断推进智能化、数字化转型升级。	完成钢结构H型钢智能化焊接制造示范线，总体达到国际先进水平。积极引导各生产基地开展机器人和智能化设备升级，目前在柯桥、袍江等生产基地应用焊接机器人等智能化设备。
东南网架	在产业转型过程中，公司主动拥抱数字技术，加快数智化建设，有效促进制造业绿色技术创新和生产模式变革	公司投资建设的“20万吨新型装配式钢结构数字化工厂”，是行业首家以虚拟工厂、自动化和柔性生产线、以MES为核心的生产系统、机器人焊接、构件智能绿色涂装和数字化工厂施工管理系统
富煌钢构	公司围绕创新驱动、智能转型、绿色发展等方面向绿色、环保、智能制造战略转型，实施“以技术养技术，以技术推动技术，以技术推动市场”的综合性改革	公司通过智能下料、机器人焊接、喷漆等途径，加快推进智能制造生产线建设，主要包括引进先进的铣、组、焊等设备，致力打造一条全国一流的钢构智能制造生产线

资料来源：各公司公告、国信证券经济研究所整理

# 钢结构机器人进度领先于船舶、航空航天等行业

## ➤ 因生产流程、技术要求、成本等原因，钢结构机器人进展领先。

- **钢结构：**钢构行业焊接需求旺盛，有部分钢结构件（如钢梁、钢柱等）形状较为规则，焊接难度较小，焊接自动化的适用性较强，适合智能焊接机器人迈出第一步。
- **船舶：**船舶结构庞大、形状多变、工作环境较为特殊，这对自动化设备的适应性、精度和稳定性要求较高。同时造船业的生产周期长且项目复杂，自动化设备的投入和回报周期较长，初期愿意尝试的智能焊接机器人企业较少。在钢结构的智能焊接机器人技术相对成熟后，船舶行业有望尽快引入智能焊接机器人。
- **航空航天等行业：**应用场景更为复杂、焊接难度更大，待技术成熟后航空航天等行业有望逐步引入智能焊接机器人。

表12：钢构行业和船舶行业智能化焊接难度对比

	钢结构	船舶
焊接难度	钢结构行业制造过程较为简单、重复。大多数钢结构件（如钢梁、钢柱等）形状较为规则，且生产的零部件通常较为统一， <b>焊接自动化的适用性较强</b>	造船行业涉及更复杂的焊接工作，船体结构复杂、形状不规则，需要进行大量的定制化焊接工作。虽然也有模块化部分（如船体的某些区域或设备间隔），但整体上造船业的工艺要求比钢构更为多样化， <b>焊接工艺复杂度更高</b>
工作环境	焊接的技术要求较为统一，不同焊缝的焊接难度跨度较大， <b>对于焊接难度小的焊缝可以提前试用智能焊接机器人</b>	船体的焊接技术更为复杂。焊接不光是在工厂内的标准化生产，往往还需要在船舶建造现场进行复杂的焊接工作。由于 <b>船舶结构庞大、形状多变、工作环境较为特殊，这对自动化设备的适应性、精度和稳定性要求较高</b> ，增加了机器换人的难度
投资回报	在生产过程中的劳动密集度较低，且人工成本较高，因此引入自动化焊接设备、机器人等可以大幅提高生产效率	尽管造船行业也面临人工成本上升的压力，但由于造船业的生产周期长且项目复杂， <b>自动化设备的投入和回报周期较长，技术更新和改造的难度大</b>
行业周期	钢结构周期性不明显，生产通常可以长时间保持规模化、流水化，且生产周期较短，因此更容易引入自动化和机器人替代人工，提升产能	造船业的生产周期通常较长，且每一艘船舶的生产过程差异较大，因此无法像钢结构一样进行规模化生产。自动化设备的引入需要面对个性化定制和现场施工的复杂性，导致自动化改造进程缓慢。

资料来源：高工业机器人、国际船舶网、国信证券经济研究所整理

# 船舶：景气度高且焊接需求大，智能焊接机器人已经起步

## 船舶行业：焊接需求大，目前仍有大量手工焊接，机器换人空间较大

- **焊接现状：**根据高工机器人，在造船业中，焊接工作量及成本均占船体建造的30%-50%，其中长直焊缝主要通过焊接专机等设备焊接，分段舱室等中组立结构具有焊缝短、结构形式多样等特点，传统焊接机器人无法适应其焊接特点，目前全部采用手工焊接的方式。
- **景气度：**2023年以来全球造船业维持高景气，未来几年造船业的焊工需求或将持续增加；
- **手工焊接规模：**手工焊接仍然是主要的焊接手段。根据中国船级社计算，截至2024年7月，中国船级社持证焊工数量约18.78万人，机器换人空间广阔。
- **具体进展：**1) 中集集团的中集飞秒生产的智能焊接机器人可以同时进行扫描提取—对接识别—路径规划—精准焊接的全自动焊接流程；2) 麦格米特全新推出了第二代载波焊机。在集装箱自动化焊接产线的应用中，麦格米特焊接技术已累计交付超过4000套系统。

图14：2023年以来造船业维持高景气



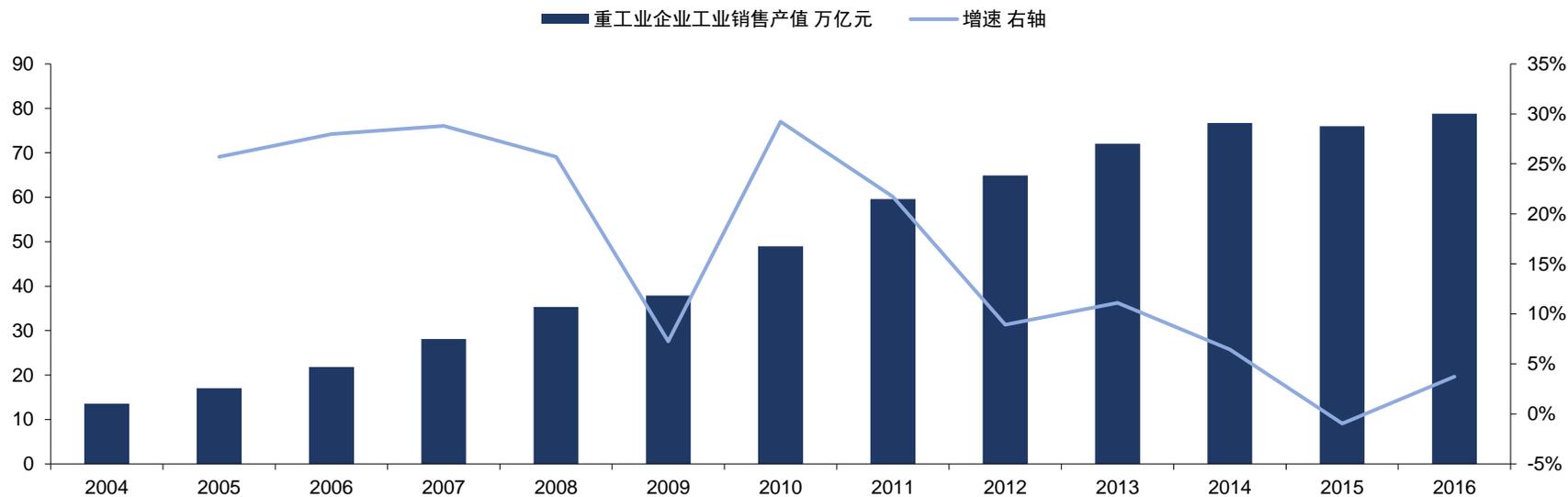
资料来源：高工机器人、国信证券经济研究所整理

# 重工业：行业稳健发展，机器人需求大

## ➤ 重工业行业：下游广泛且有一定非标属性，定制化工件仍需人工

- **行业介绍：**重工业是国民经济的重要组成部分，涵盖了钢铁、机械、船舶、电力、化工、矿产资源加工等多个子行业。
- **焊接现状：**焊接在重工业中的应用非常广泛，涉及钢铁制造、机械加工、船舶建造、电力设备、矿山设备等多个领域。尽管自动化技术在某些领域逐步取代手工焊接，但定制化和低批量生产的工件仍需要依赖人工操作。
- **景气度：**在全球经济复苏和政策支持下，行业保持了良好的发展势头，预计未来几年将保持5%左右的增速；
- **手工焊接规模：**根据中国焊接协会数据和我们对行业的整体判断，预计**目前重工业领域的自动化占比约50%-60%，未实现自动化的比例较高，未来仍有较大的机器人换人空间。**

图15：2004-2016年国内重工业企业工业销售产值及增速



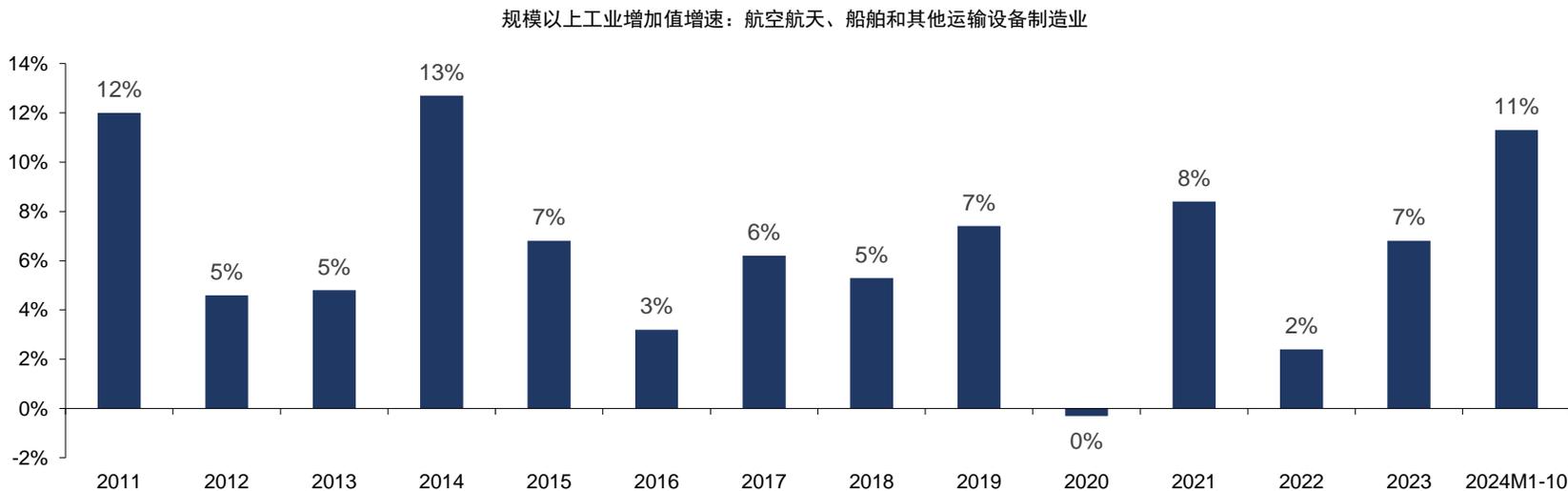
资料来源：国家统计局、国信证券经济研究所整理

# 航空航天：行业景气度较好，机器换人的空间和难度均较大

## ➤ 航空航天行业：政策推动行业稳健发展，极高的要求导致智能化难度大

- **焊接现状：**焊接在航空航天制造中占据重要地位，特别是在航空发动机、航天器、卫星、火箭等高精度、特殊材料的组件制造中，焊接工艺要求非常高，往往涉及高温合金、钛合金、铝合金等高强度材料。在航空发动机外壳、火箭构件等标准化和大批量生产中，自动化焊接大大提高了生产效率和焊接质量，但一些高精度、高难度的焊接任务仍需依赖人工操作，特别是对于结构复杂、尺寸较小的部件。
- **景气度：**“中国制造2025”战略等政策和科技进步的推动下，航空航天景气度持续向好，预计未来增速将达到7%–8%；
- **手工焊接规模：**参考波音787的机身制造，约有60%的工作是由机器人自动完成，**我们认为航空航天领域仍有较大的机器换人空间。**主要涉及定制化或单件小批量生产的航空航天部件、钛合金、铝合金等特殊材料的焊接，对柔性化、焊接精度和焊接技术要求更高。**虽然机器换人的空间较大，但是替换的难度极大。**

图16：疫情后航空航天行业景气度明显复苏



资料来源：高工机器人、国信证券经济研究所整理

# 汽车：产线自动化较成熟，仅有少量机器人换人空间

- 汽车及汽车零部件行业：大部分产线已经实现自动化生产，手工焊接环节占比较少
  - 焊接现状：广泛使用焊接机器人进行生产。尤其是在车身制造的生产线上，机器人点焊和激光焊接在保证高精度的同时，提高了生产效率。
  - 景气度：在新能源车的推动下，汽车及汽车零部件的景气度较高，预计未来汽车销量保持个位数增长；
  - 手工焊接规模：手工焊接在某些生产环节仍然占有一定的份额。特别是在一些低批量、定制化生产或特殊材料的焊接中，手工焊接仍具有一定优势。根据AI汽车网数据，汽车行业自动化程度约70%-80%，机器人换人空间较少。

图17：2011-2023年国内汽车销量及增速



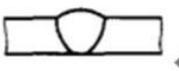
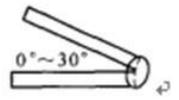
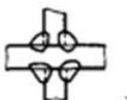
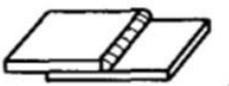
资料来源：高工机器人、国信证券经济研究所整理

- [ 01 ] 焊接机器人市场现状概览
- [ 02 ] 智能焊接：钢结构、船舶行业需求迫切，放量在即
- [ 03 ] 智能焊接发展难点、市场空间及竞争格局
- [ 04 ] 投资建议
- [ 05 ] 风险提示

## ➤ 焊接接头的常见类型可分为4类，细分种类数量多

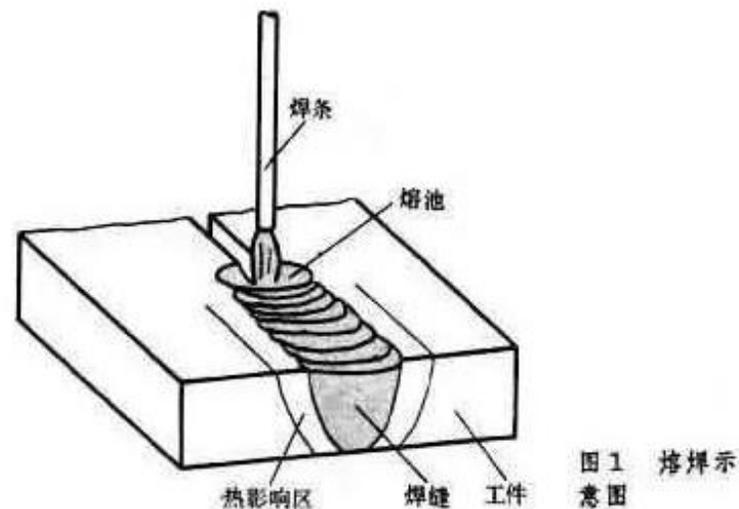
- 有两个或两个以上零件利用焊接方式组合的接头称为焊接接头。焊接接头包括焊缝、融合区和热影响区。根据国家标准，焊接接头常见的基本形式可简单分为对接接头、搭接接头、角接接头和T形接头。
- **对接接头**：两个焊接面相对平行的接头，是焊接结构中采用最多的一种接头形式，能承受较大的静载荷或动载荷。
- **搭接接头**：两个焊件部分重叠构成的接头，一般用于12毫米以下钢板，采用双面焊接这种接头对装配要求不高，也易于焊接施工，但承载能力较低，只能用于不重要的结构中。
- **角接接头**：两个焊件端面构成大于30度，小于135度夹角的接头，一般用于不重要的焊接结构中。
- **T型接头**：焊接端面与定义焊接平面构成直角或近仿直角的接头。T型接头应用广泛，对承受载荷有一定要求。

图18：焊接接头的简单分类

名称	焊缝形式	名称	焊缝形式
对接接头		端接头	
T形接头		斜对接接头	
角接接头		卷边接头	
搭接接头		封底对接接头	

资料来源：百度百科、国信证券经济研究所整理

图19：焊接接头及其坡口形式示意图



资料来源：高工机器人、国信证券经济研究所整理

# 不同种类接头的焊接技术不同，多层多道焊接的难度高、需求多

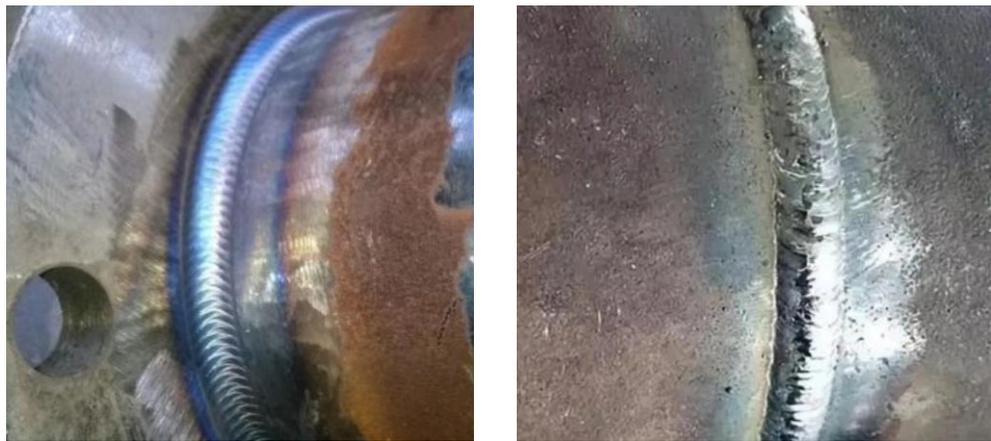
## ➤ 不同种类的接头所需要的焊接技术不同，可粗略分为单层、多层、多层多道焊接

- **单层：**即一层一道焊缝，主要用于焊脚尺寸小于8mm的焊缝、焊条直径3-5mm的情况，主要用于低碳钢、特种钢等薄板，预计需求中等，智能焊接机器人已经具备替代人工的能力；
- **多层：**即两层两道焊缝，主要用于焊脚尺寸8-10mm的焊缝，对熔渣清理、电流控制等方面有更高的要求，主要用于中碳钢、高合金钢、桥梁钢等，预计需求略多于单层焊接，是智能焊接机器人替代人工的难度中等，是中期目标；
- **多层多道：**用于焊脚尺寸大于10mm的焊缝。除对熔渣清理、电流控制有更高的要求以外，对焊接的速度、夹角等方面均有严格要求，主要用于重型结构钢、高强度低合金钢等，预计需求最多，智能焊接机器人替代人工的难度大，是远期目标。

## ➤ 根据焊缝质量，钢结构焊缝质量等级可分为三个等级

- **一级：**对焊缝质量的要求最高，要求焊缝连接牢固、无裂缝、无气孔、无夹渣、无焊缝偏位等缺陷，主要用于重要的承重结构；
- **二级：**要求焊缝连接牢固，允许有少量的裂纹、气孔夹渣等缺陷，但不能影响焊缝的强度和稳定性，主要用于一般的钢结构工程；
- **三级：**要求焊缝连接牢固，但允许有一定数量和大小的缺陷，不应影响焊缝的强度和稳定性，主要用于非重要的钢结构工程。

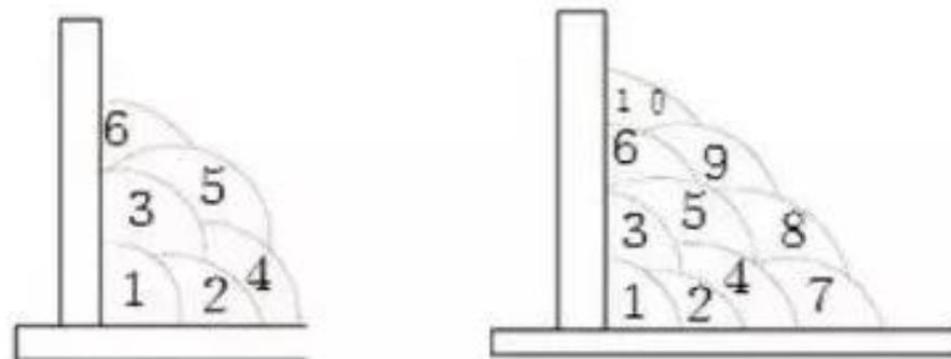
图20：一级焊缝（左）和三级焊缝（右）对比图



资料来源：华亿钢机官网、国信证券经济研究所整理

请务必阅读正文之后的免责声明及其项下所有内容

图21：多层多道焊缝焊接示意图（左图是三层六道、右图是四层十道）

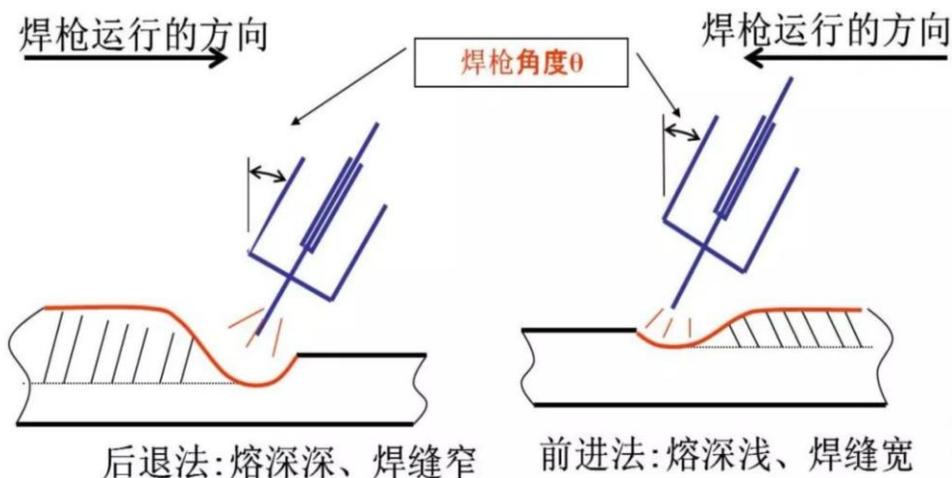


资料来源：高工机器人、国信证券经济研究所整理

# 焊接工艺复杂度高，场景多样，需要实时动态调整

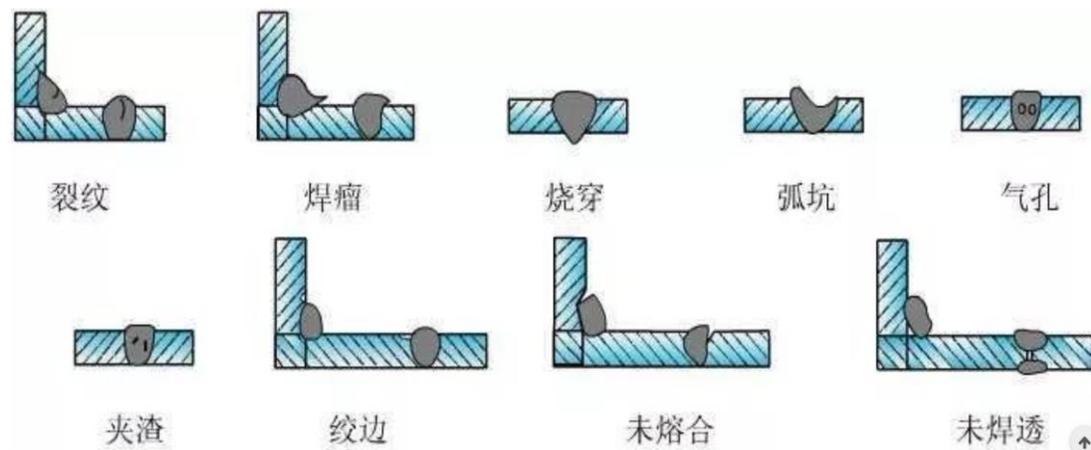
- 焊接的过程极为复杂，需要随时根据焊接情况进行调整
  - 焊接前：根据工件的坡口形状、焊接质量要求，焊工需要判断出焊接的路径、焊枪的运行方向、焊枪的角度、焊接顺序、设置的电流电压参数；
  - 焊接时：坡口可能会受热产生未知形变、每条焊缝的深度和焊接速度、出现质量问题时如何调整都需要做出精准判断，需要焊工根据日积月累的经验进行判断，难以形成文字性、规范化的说明。
- 成熟焊工掌握特殊材料焊接、多种焊接方法、焊接缺陷实时分析等多项能力，具备足够的工艺积累和大量实操经验。

图22：焊接过程中需要根据需要调整焊枪的角度和运行方向



资料来源：高工机器人、国信证券经济研究所整理

图23：焊接过程中可能随时会出现质量问题，需要提前预判并及时调整



资料来源：高工机器人、国信证券经济研究所整理

# 智能焊接机器人：无需人工编程，焊接过程全自动化

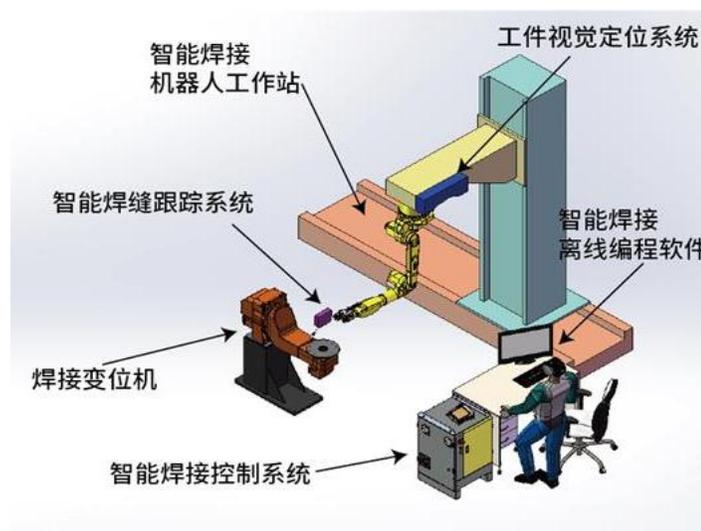
- 智能焊接机器人借助离线编程软件、控制系统、视觉定位摆脱人工约束，独立完成焊工的“判断和调整”。主要部件包括：
  - 1) 离线编程软件：智能焊接第一环，生成焊接路径，检查焊接路径合法性，相当于成熟焊工的“焊接经验和焊接工艺”；
  - 2) 智能焊接控制系统：实现运动控制、定位焊接起点、偏差校正等功能，集中控制各环节，相当于成熟焊工的“大脑”；
  - 3) 智能焊缝跟踪系统：探测焊缝，并实时修正焊接过程中的偏差，提供精确的微观视觉，相当于成熟焊工的“眼睛”；
  - 4) 其他选配件（智能焊接机器人工作站、工件视觉定位系统、焊接变位机等）：提高智能焊接的准确性、灵活性、自动化程度；
  - 5) 机器人本体、焊枪、焊接电源等：合计占总成本的50%左右，标准程度高，可沿用传统产品，无需额外升级，相当于成熟焊工的“手”。

表13：智能焊接机器人核心模块及其功能

模块	具体功能
机器人运动	1) 直接控制机器人本体电机驱动器 2) 控制机器人与外部移动轴（地轨）插补运动，支持机器人精度检测等
离线编程	1) 自动提取焊缝并规划路径 2) 自动规划寻位动作，配合相机模型生产高精度寻位路径
视觉定位	在机器人末端运动扫描，实现非接触式焊缝定位、焊缝端点搜索等功能
焊接工艺	1) 内置焊接工艺包，支持脉冲、直流等多种焊接工艺，支持包角焊、连续焊、多层多道焊接等高级工艺 2) 支持多种起收弧动作，电弧跟踪支持X方向、Z方向跟踪
控制模块	同时兼容三平动外部轴和机器人协同运动，同时支持多款变位机控制

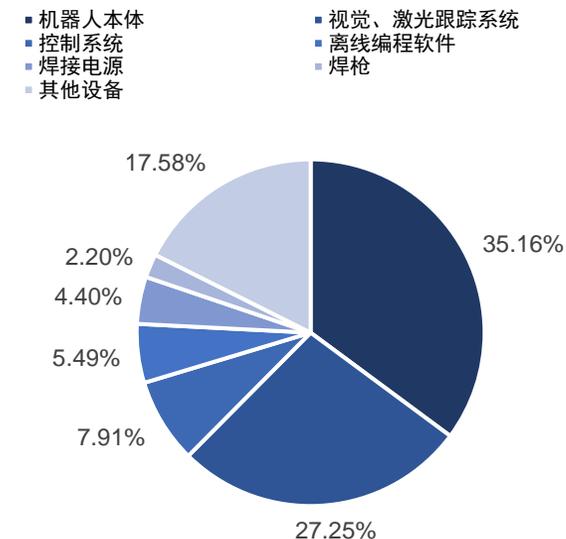
资料来源：柏楚电子公司公告、国信证券经济研究所整理

图24：智能焊接机器人结构图



资料来源：柏楚电子公司公告、国信证券经济研究所整理

图25：2023年智能焊接机器人系统成本结构占比

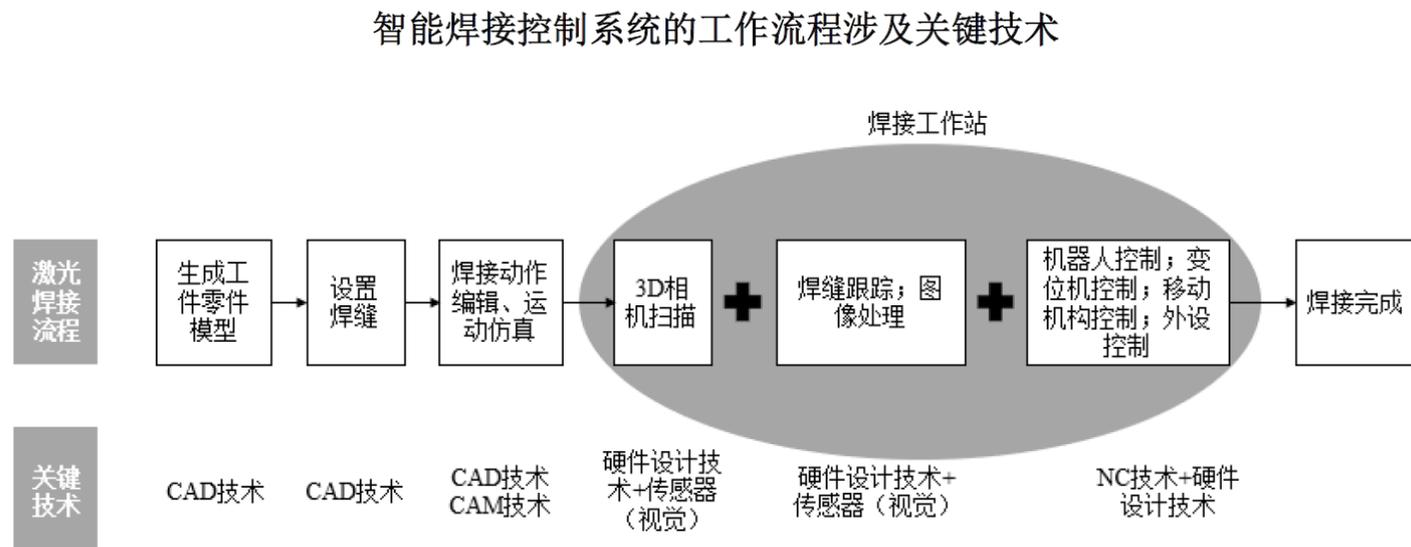


资料来源：高工机器人、国信证券经济研究所整理

# 智能焊接机器人核心在于算法和Know-how工艺库

- 智能焊接机器人的核心变化在于软件算法（大脑、眼）和工艺know-how（工艺库、眼）。智能焊接机器人的加工流程包括：
  - 1) 导入图纸：从Tekla, Revit等建筑设计软件里导出需要焊接的钢结构工件模型。
  - 2) 设置焊缝：对钢结构工件模型进行编辑，设置焊缝，生成坡口并设置焊道顺序。
  - 3) 生成焊接路径：在数字孪生系统中编辑机器人焊接动作，进行运动仿真，确认加工路径正确没有碰撞，并生成焊接加工站运行指令。
  - 4) 进行焊接：3D相机扫描整个工件，对工件进行识别和空间定位，并校正焊缝的加工位置数据。然后机器人根据焊接指令运动到焊缝起始位置进行焊接。焊接过程涉及机器人姿态自适应调整，动态规划路径以及自动避障，焊接工艺选择匹配，焊缝跟踪传感器控制，图像信号处理，焊缝位置识别及跟踪过程以及焊接工艺参数实时调整，最终完成零件的焊接。
  - 5) 调整工件位置：通过变位机旋转翻转工件，调整工件位置实现连续焊接。

图26：智能焊接控制系统的关键技术



资料来源：柏楚电子公司公告、国信证券经济研究所整理

# 智能焊接市场规模测算相关假设

## ➤ 关键假设：

- 参考前文测算，我们假设2025年国内焊工需求量35万名，长期焊工需求量增长至50万名，每年焊工需求新增1.5万名；
- 考虑到智能焊接机器人的技术进步节奏，假设2024-2026年的智能焊接机器人替代率分别为2%，5%，10%。参考其他设备行业经验，峰值年度的销量将会达到总体累计需求空间的5-10%，假设2027-2028年，更多的焊接技术实现突破，机器人替代率将快速增长，每年替代率将分别提升10/15个百分点。远期智能焊接机器人替代率达到80%；
- 假设每个智能焊接机器人可以替代2.5名焊工；
- 技术进步和规模效应带动智能焊接机器人本体等部件的成本下降，智能焊接机器人的应用场景日益复杂也会导致机器人成本增加。两因素叠加，假设机器人整机的成本保持30万元/台不变。

表14：2019-2022年各类型机器人年安装量

基本假设	
焊工需求人数 万人	参考前文测算，我们假设2025年国内焊工需求量35万名，长期焊工需求量增长至50万名，每年焊工需求新增1.5万名
智能焊接机器人替代率 %	考虑到智能焊接机器人的技术进步节奏，目前角焊缝技术已经实现突破，假设2024-2026年的智能焊接机器人替代率分别为2%，5%，10%。假设2027-2028年，更多的焊接技术实现突破，机器人替代率将快速增长，每年替代率将分别提升10/15个百分点。远期智能焊接机器人替代率达到80%。
焊接机器人需求 万台	假设每个智能焊接机器人可以替代2.5名焊工。
单台机器价值量 万元	技术进步和规模效应带动智能焊接机器人本体等部件的成本下降，智能焊接机器人的应用场景日益复杂也会导致机器人成本增加。两因素叠加，假设机器人整机的成本保持30万元/台不变。

资料来源：国信证券经济研究所整理

# 智能焊接市场规模未来5年累计达166亿元，远期累计近500亿



## ➤ 钢结构行业智能焊接机器人市场空间

- 根据测算我们预计未来5年钢结构行业智能焊接机器人累计市场规模达166亿元，高峰期可达75亿元，远期累计空间将达到480亿元；
- 根据测算，我们预计钢结构行业智能焊接机器人的累计市场规模有望在2027年达到90亿，远期将达到480亿元。

## ➤ 船舶、航空航天等其他行业智能焊接机器人潜在空间

- 中国船级社当前持证焊工数量约18.78万人，按照1台机器人替换2-3名焊工测算，考虑到船舶焊接大型化，按单台50万测算，智能焊接机器人累计潜在市场规模或达300-500亿元；重工业、航空航天等行业技术难度更大，远期具备潜在的机器换人空间。

表15：钢结构行业智能焊接机器人市场空间测算

	2024	2025	2026	2027	2028	远期
焊工需求人数 万人	30.0	35.0	36.5	38.0	39.5	50.0
智能焊接机器人渗透率 %	2%	5%	10%	20%	35%	80%
机器替人节省的焊工数 万人	0.6	1.8	3.7	7.6	13.8	40.0
焊接机器人需求 万台	0.2	0.7	1.5	3.0	5.5	16.0
当年新增需求 万台	0.2	0.5	0.8	1.6	2.5	——
单台机器价值量 万元	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
<b>智能焊接机器人市场规模 亿元</b>	<b>7.2</b>	<b>21.0</b>	<b>43.8</b>	<b>91.2</b>	<b>165.9</b>	<b>480.0</b>
<b>智能焊接机器人当年销售额 亿元</b>	<b>7.2</b>	<b>13.8</b>	<b>22.8</b>	<b>47.4</b>	<b>74.7</b>	<b>——</b>

资料来源：国信证券经济研究所整理及测算

# 竞争格局：智能焊接参与者众多，软件及控制环节竞争格局较好

## ➤ 从产业链来看，智能焊接各个环节均有龙头企业布局

- 机器人本体：包括海外的发那科、安川、ABB等，国内的埃斯顿、凯尔达等；
- 焊接设备：包括海外的CLOOS、福尼斯，国内的麦格米特、凯尔达；
- 软件及控制系统：包括柏楚电子、智流形等；软件是制约智能化的核心环节，竞争格局较好，柏楚电子领先同行；
- 视觉系统：包括柏楚电子、明图智能、睿牛机器人等；
- 集成商：包括中集飞秒、行健机器人、倍可机器人等。

图27：焊接机器人各环节竞争格局

焊接机器人本体		焊接设备	软件及控制系统	视觉系统	智能焊接集成
发那科	安川	麦格米特	柏楚电子	柏楚电子	中集飞秒
ABB	库卡	CLOOS	智流形	明图智能	行健机器人
埃斯顿	CLOOS	福尼斯	唐山开元	睿牛机器人	倍可机器人
埃夫特	凯尔达	奥太	固高科技	创想智控	工布智造
新松机器人	新时达	凯尔达	西安全人	知象光电	瑞松科技
钱江机器人	卡诺普	松下		优复博	南京合信

资料来源：高工机器人、柏楚电子等公司公告、国信证券经济研究所整理

# 软件格局：具有核心算法能力的柏楚电子先发优势显著



## 柏楚电子复刻激光切割系统的技术优势，先发优势显著

- 柏楚电子在激光切割系统领域有极强的优势。柏楚电子自2012年切入激光切割运控系统，是国内唯一一家掌握五大底层核心技术、并推出了一体化控制系统解决方案的运控系统商，系统的兼容性、易用性、软硬件结合方面均为国际领先，具有极强的算法优势。
- 智能焊接和激光切割在运控系统方面有一定共通性，柏楚电子可以复刻技术优势。分技术来看，除焊接工艺之外，与激光切割控制中的视觉识别工件、排样、工艺路径规划、运动控制所涉及的核心技术知识领域是相同的。因此，柏楚电子面临的主要难题是提升自己的焊接工艺库、通过大量实例迭代智能焊接系统。

表16：柏楚电子激光切割和智能焊接控制系统技术差异对比

技术类型	对比	基本情况	共通性	差异点
工艺	激光切割控制系统 智能焊接控制系统	金属切割工艺 金属焊接工艺	金属热加工	焊接工艺不同于切割工艺
加工图形导入	激光切割控制系统 智能焊接控制系统	零件加工图纸排版 在零件的3D模型上设置焊缝	CAD技术：CAD核心模块、智能绘图模块技术	切割是2D排版，编辑焊缝是3D绘图
路径规划	激光切割控制系统 智能焊接控制系统	2-5轴路径规划，速度规划，切割头避障；难点在加工速度快，最快可达600mm/s 6-9轴路径规划，速度规划，机器人智能避障；难点在：6-9轴路径规划，机器人智能避障	CAM技术：速度规划，避开障碍物	切割为2-5轴路径规划，焊接为6-9轴路径规划
运动控制	激光切割控制系统 智能焊接控制系统	切割头的随动控制，振动抑制，龙门双驱的高速控制 6-9轴伺服电机的同步控制，机器人尖端振动抑制算法，焊缝跟踪的随动控制	NC技术	切割控制精度要求高：0.01-0.05mm 焊接控制精度要求较低：0.1-0.5mm
传感技术	激光切割控制系统 智能焊接控制系统	电容测距、2D视觉识别 3D视觉传感器、焊缝跟踪传感器（即：线激光扫描视觉传感器）	视觉传感识别定位技术，模板匹配技术	传感方式不同，切割主要为电容传感为主，视觉辅助焊接主要为线激光扫描视觉传感
硬件设计技术	激光切割控制系统 智能焊接控制系统	模拟电子电路设计，数字电子电路设计、传感器电路设计、机构设计 模拟电子电路设计，数字电子电路设计、传感器电路设计、机构设计	基本一致	无

资料来源：柏楚电子公司公告、国信证券经济研究所整理

# 软件格局：具有核心算法能力的柏楚电子先发优势显著



## 柏楚电子积极对接下游，迭代自身系统

- 2020年，公司进入智能焊接软件行业，结合已有五大核心技术方向（CAD，CAM，NC，传感器控制，硬件设计）进行多维度拓展；
  - 2021年，公司开始研制智能焊接控制系统并完成立项调研及方案设计工作；
  - 2022年4月，公司向特定对象发行A股股票成功，并于当年7月开始使用募集资金，其中“智能焊接机器人及控制系统产业化项目”总投资金额超4亿元（产能目标见右表）；
  - 2022年12月，公司与宏宇重工（集成商是科耐特机器人）、八方钢构、中建钢构签署智能焊接机器人的购买协议，合计采购金额2625万元；
  - 2023年11月，安徽鸿路钢结构（集团）股份有限公司与柏楚电子签署战略合作协议，在智能焊接机器人领域顺利达成合作。
- 综上，截至2023年底，柏楚电子在智能焊接系统领域已经形成了集合离线编程软件、智能焊缝跟踪系统、智能焊接控制系统、工件视觉定位系统与智能焊接机器人工作站的完整产品解决方案，并与下游龙头鸿路钢构达成合作，并积极扩充产能，产能充足，综合实力领先同行企业。

表17：柏楚电子在智能焊接系统领域的布局

年份	柏楚电子的发展
2020	公司进入智能焊接软件行业，结合已有五大核心技术方向（CAD，CAM，NC，传感器控制，硬件设计）进行多维度拓展
2021	公司开始研制智能焊接控制系统并完成立项调研及方案设计工作
2022	4月，公司向特定对象发行A股股票成功，并于当年7月开始使用募集资金，其中“智能焊接机器人及控制系统产业化项目”总投资金额超4亿元；12月，公司与宏宇重工（集成商是科耐特机器人）、八方钢构、中建钢构签署智能焊接机器人的购买协议，合计采购金额2625万元
2023	11月，安徽鸿路钢结构（集团）股份有限公司与柏楚电子签署战略合作协议，在智能焊接机器人领域顺利达成合作

资料来源：柏楚电子公司公告、国信证券经济研究所整理

表18：2022年柏楚电子智能焊接板块定增的产能规划

产品	功能	可选与 否	规划产能 (套)
智能焊接离线编程软件	导入图纸并自动生产焊接路径	必备	3000
智能焊接控制系统	配合工件视觉定位系统实现焊缝起点定位；配额智能焊缝跟踪系统实现焊接过程对焊缝的实时跟踪与偏差校正；实现焊接机器人本体的运动控制；实现机器人及其直角坐标行走机构，变位机的联动控制	必备	3000
智能焊缝跟踪系统	探测焊缝，并实时修正焊接过程中的偏差	必备	3000
工件视觉定位系统	自动识别工件、寻找焊缝起点	可选	2000
智能焊接机器人工作站	机器人本体及直角坐标行走机构	可选	1000
焊接变位机	变位机可以改变工件的位置和形态，从而实现不同多条焊缝的连续焊接	可选	1000

资料来源：柏楚电子公司公告、国信证券经济研究所整理

- [ 01 ] 焊接机器人市场现状概览
- [ 02 ] 智能焊接：钢结构、船舶行业需求迫切，放量在即
- [ 03 ] 智能焊接发展难点、市场空间及竞争格局
- [ 04 ] 投资建议
- [ 05 ] 风险提示

# 智能焊接机器人产业链潜在相关的主要标的

- 智能焊接大势所趋，钢结构行业已开始从0到1放量，相关企业将充分受益。重点推荐激光切割控制系统龙头【柏楚电子】，关注本体厂商【埃斯顿】，【埃夫特】、激光焊接设备厂商【大族激光】等。

表19：智能焊接机器人产业链相关标的最新估值（截止到2024年11月20日）

所属类型	代码	公司	投资评级	股价（元）	市值（亿元）	归母净利润（亿元）			EPS（元）			PE		
						23A	24E	25E	23A	24E	25E	23A	24E	25E
运控系统	688188.SH	柏楚电子	优于大市	195	401	7.29	9.89	13.02	4.98	4.81	6.34	39	41	31
	688255.SH	凯尔达	未评级	28	28	0.25	0.50	0.75	0.23	0.45	0.68	110	56	37
本体厂商	002747.SZ	埃斯顿	未评级	45	158	1.35	0.40	1.86	0.16	0.01	0.20	114	1765	89
	688165.SH	埃夫特-U	未评级	25	78	-0.47	N/A	N/A	-0.09	N/A	N/A	-166	N/A	N/A
设备厂商	002008.SZ	大族激光	未评级	18	299	8.20	17.40	11.59	0.78	1.67	1.08	36	17	26

资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理  
注：所有未评级标的盈利预测均为Wind机构一致预测

# 柏楚电子：激光切割控制系统龙头，智能焊接打开第二成长曲线



## 公司是激光切割运控系统和切割头，第二成长曲线智能焊接系统即将放量

- **激光切割运控系统和切割头：**公司从2012年开始进军激光切割系统领域，经过多年的技术积累，公司掌握激光切割系统所需的五大底层技术，开创了操作简洁的一体化控制系统解决方案。2019年公司配合系统开发了智能切割头，达成“1+1>2”的效果，在中低功率市场的市占率70%，高功率市占率30%（其余70%几乎全是海外品牌），市场地位稳固。2023年公司激光控制系统实现收入8.71亿元，同比增长51.5%，智能切割头实现收入3.35亿元，同比增长106.5%，增速均远大于行业增速，二者合计占公司总收入的85.7%。
- **智能焊接：**2021年公司定增募资3亿元用于开发智能焊接机器人。公司具有算法优势、积极与下游多家钢构企业合作，获得了智能焊接系统的算法和迭代能力。目前公司的智能焊接系统已经进入多家大型钢构企业的供应商名单，进度领先同业。我们预计2024年该业务将贡献少量利润，2025年开始该业务利润或将爆发式增长。
- **公司近5年收入/业绩CAGR达42%/39%，净利率55%-65%：**营收/归母净利润从2018年的2.5/1.4亿元增至2023年的14.1/7.3亿元，CAGR达41.8%/39.3%，收入及业绩均实现高速增长；2018-2023年公司毛利率79%-82%，净利率55%-65%，保持较高水平。

➤ **核心看点：**公司主业受益中高功率产品结构性高成长及智能切割头放量保持较好增长，新业务智能焊接控制系统将打开第二成长曲线。我们维持2024-2026年盈利预测，预计2024-2026年归母净利润为9.89/13.02/16.54亿元，对应PE值39/30/23x，维持“优于大市”评级。

图28：激光切和运控系统和切割头是公司主要业务

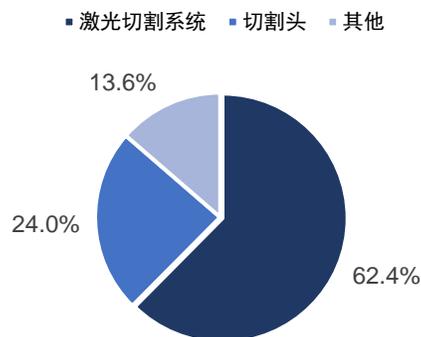


图29：2024年前三季度柏楚电子营业收入同比增长31%

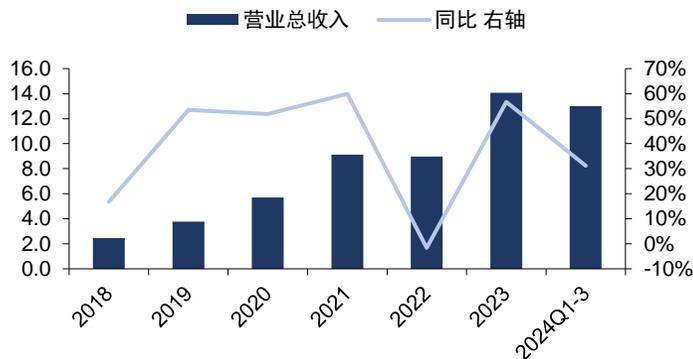
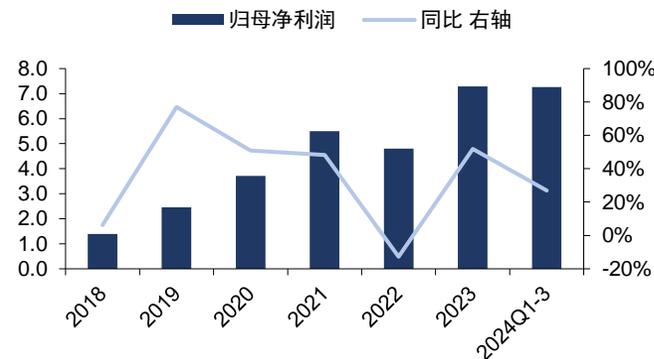


图30：2024年前三季度柏楚电子归母净利润同比增长27%



资料来源：公司公告、Wind、国信证券经济研究所整理

请务必阅读正文之后的免责声明及其项下所有内容

资料来源：公司公告、Wind、国信证券经济研究所整理

资料来源：公司公告、Wind、国信证券经济研究所整理

- [ 01 ] 焊接机器人市场现状概览
- [ 02 ] 智能焊接：钢结构、船舶行业需求迫切，放量在即
- [ 03 ] 智能焊接发展难点、市场空间及竞争格局
- [ 04 ] 投资建议
- [ 05 ] 风险提示

## 一、智能焊接技术发展不及预期

当前智能焊接技术仍处于萌芽期，相关技术仍需较长的时间才能日益成熟。如果未来技术研发的进度低于预期，可能会影响技术产业化的节奏，最终影响智能焊接机器人投入使用的节奏；

## 二、下游企业的焊接智能化改造意愿不及预期

市场环境的变化也可能影响钢结构企业对于智能焊接机器人的投资决策。市场需求波动可能导致企业在面对资本支出时更加谨慎，尤其是在经济下行或需求疲软的情况下，企业更倾向于保持现有的生产模式，而不是进行大规模的技术改造，或影响智能焊接机器人放量。

## 三、智能焊接机器人行业竞争加剧

智能焊接机器人是新兴产业行业处于起步期，目前市场上已经出现了一批积极布局相关产业链的企业。如果未来行业竞争加剧，可能会影响智能焊接机器人的价格，从而影响相关公司的业绩。

## 国信证券投资评级

投资评级标准	类别	级别	说明
报告中投资建议所涉及的评级（如有）分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现，也即报告发布日后的6到12个月内公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。A股市场以沪深300指数（000300.SH）作为基准；新三板市场以三板成指（899001.GSI）为基准；香港市场以恒生指数（HSI.HI）作为基准；美国市场以标普500指数（SPX.GI）或纳斯达克指数（IXIC.GI）为基准。	股票投资评级	优于大市	股价表现优于市场代表性指数10%以上
		中性	股价表现介于市场代表性指数±10%之间
		弱于大市	股价表现弱于市场代表性指数10%以上
	行业投资评级	无评级	股价与市场代表性指数相比无明确观点
		优于大市	行业指数表现优于市场代表性指数10%以上
		中性	行业指数表现介于市场代表性指数±10%之间
	弱于大市	行业指数表现弱于市场代表性指数10%以上	

### 分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道；分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

### 重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

### 证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。



国信证券

GUOSEN SECURITIES

## 国信证券经济研究所

---

### 深圳

深圳市福田区福华一路125号国信金融大厦36层

邮编：518046 总机：0755-82130833

### 上海

上海浦东民生路1199弄证大五道口广场1号楼12楼

邮编：200135

### 北京

北京西城区金融大街兴盛街6号国信证券9层

邮编：100032