

智能焊接机器人行业深度报告：智能焊接大势所趋， 看好具备先发优势的国产厂商

首席证券分析师：周尔双
执业证书编号：S0600515110002

证券分析师：罗悦
执业证书编号：S0600522090004
luoyue@dwzq.com.cn 18502542232

2023年12月9日

● 我国焊工短缺困境突出，机器替人大势所趋

我国年均3亿吨钢材需要焊接加工，2022年全球占比50%以上，焊接需求大。当前我国焊接仍以人工为主，但在多重因素推动下，机器替人大势所趋：①**新一代焊工供应量不足**：人口红利减弱，年轻人就业意愿不足，2022年人社部统计报告显示焊工为最短缺的十大行业之一；②**用人成本高企**：2021年东部地区焊工平均年薪9-11万元，远高于制造业平均年薪7.2万元，高级焊工年薪高达20万元；③**人工焊接质量亟待提升**：人工焊接质量参差不齐，无法满足日益提升的焊接要求。焊接机器人焊接质量稳定、焊缝美观，一台可替代2-3名人工，经济性优异。

● 智能焊接渗透率提升，钢结构和船舶行业有望带来大量需求增量

焊接机器人大幅提高焊接自动化水平和柔性化程度，市场需求日益旺盛，2016-2021年销量CAGR 17%。分下游看，当前标准化程度较高的汽车工业为最大下游，2022年销量占比达37%。汽车行业虽是焊接机器人最大下游，但行业需求已经较为固定且机器人渗透率已相对较高。我们认为未来机会在于非标化的钢结构等行业，原因在于免示教智能焊接机器人的出现有望解决行业非标化焊接难题，行业成长空间被打开。智能焊接渗透率提升逻辑下，我们预计2035年我国钢结构行业焊接机器人需求量达到50万台，对应市场空间504亿元。

● 智能焊接核心壁垒在于焊接模型与3D视觉，看好具备先发优势的国产厂商

不同于搬运和码垛等其他机器人，其应用场景标准化程度高，动作路径固定，而焊接机器人的焊接对象非标化程度高，无法用同一个动作完成大量非标件焊接。小批量、非标件的焊接需要机器人搭载具备识别和自主规划焊接路径的焊接系统，目前焊接系统的突破难点在于焊接模型和3D视觉。①**焊接模型**：以CAD（计算机图形软件）、CAM（计算机辅助制造软件）、NC（数控软件）等工业软件算法为核心，大量数据积累为基石，发展难点在于跨学科技术+数据积累，技术壁垒较高，国内90%的工业软件由海外企业垄断。②**3D视觉**：以识别算法为核心，但国内3D工业视觉市场处于早期发展阶段，产业链尚不成熟，国内企业多为初创企业，算法迭代仍需大量数据反哺。随着柏楚电子、中集飞秒等企业逐步突破模型及视觉难点，推出免示教智能焊接解决方案，国产厂商有望推动钢结构、船舶等行业向智能化焊接迈进。

● **投资建议**：鸿路钢构大规模招标已经印证免示教焊接机器人产品成熟，行业进入1-10放量阶段，相关企业将充分受益。推荐掌握智能焊接系统底层技术的【柏楚电子】、焊接机器人领域隐形冠军【埃斯顿】，建议关注即将突破万台关口的【埃夫特】以及与CLOOS深度合作的【中集飞秒】（未上市）。

● **风险提示**：智能焊接机器人推广不及预期、智能焊接机器人模型及视觉突破不及预期、市场竞争加剧风险

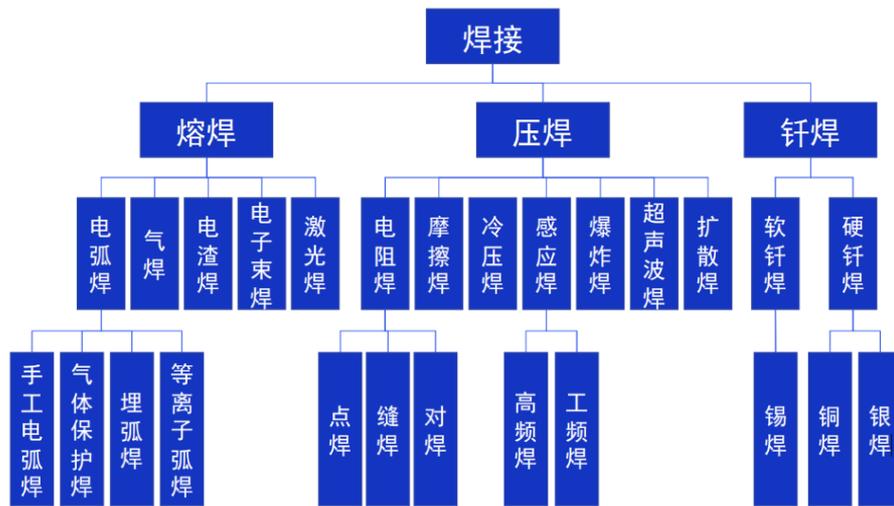


- 一、我国焊工短缺困境突出，机器替人大势所趋
- 二、焊接机器人市场：钢结构和船舶行业有望带来大量需求增量
- 三、智能焊接机器人发展关键在于焊接系统与3D视觉
- 四、行业竞争格局和重点公司推荐
- 五、投资建议与风险提示

1.1 我国粗钢产量世界首位，焊接加工需求大

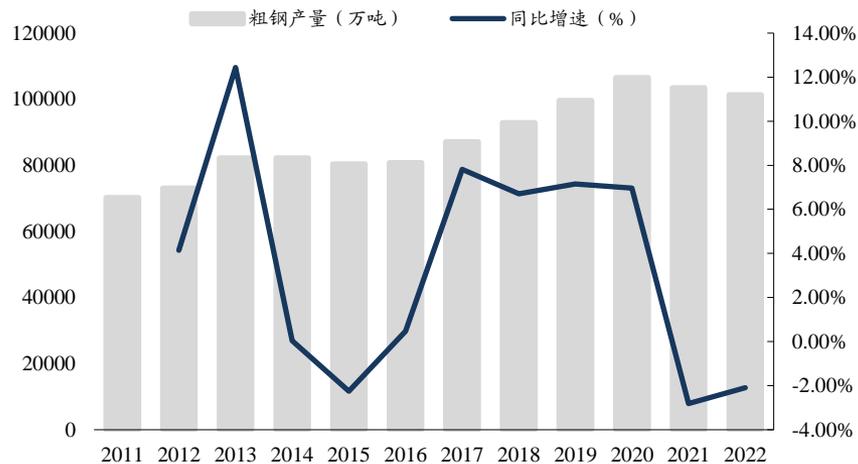
- 用钢量为衡量焊接水平的重要指标，2022年我国粗钢产量占全球57%，焊接需求大。据世界钢铁协会统计数据显示，2022年中国粗钢产量达10.5亿吨，占世界总产量56.5%；“十三五”规划期间，中国年均3亿吨钢材用于焊接加工，占全球焊接加工总量的50%以上。钢铁和焊接加工产量位居全球领先地位。
- 焊接大致可分为熔焊、压焊、钎焊三类，细分来看点焊和弧焊为较多应用工艺。点焊是压焊的一种，主要用于厚度4mm以下的薄板构件冲压件焊接，特别适合汽车车身及车厢、飞机机身的焊接，主要用于大批量生产金属件；弧焊是熔焊的一种，适用于焊接复杂形状的工件，包括曲面焊接等。

图：焊接大致分为熔焊、压焊、钎焊三类



数据来源：Wind，东吴证券研究所

图：2022年我国粗钢产量为10.5亿吨，占世界总产量的54%



数据来源：Wind，东吴证券研究所

1.2 焊工短缺困境突出，机器替人大势所趋

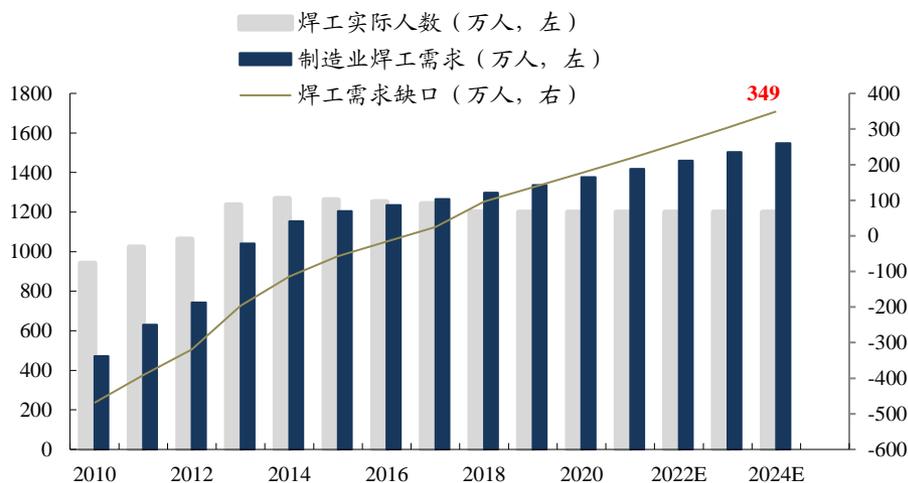
- 我国焊工短缺，机器替人成为主要趋势。根据人社部发布的《2022年全国招聘求职100个短缺行业》报告，焊工排在第十位，且需求量以每年3%的增速增长；并且预计到2024年，高级焊工短缺可能会达到40万人左右。而我们认为机器替人为主要趋势的逻辑为：
 - 1) 新一代焊工供应量不足：我国人口红利逐渐减弱，上一代具有丰富焊接经验的成熟焊工即将退休，而新一代年轻人不愿意从事焊工职业，主要系焊接等生产制造业工作时间长、内容枯燥乏味、工作环境脏乱差，年轻人就业意愿不足；

图：人社部统计报告中焊工为最短缺的十大行业

排序	职业名称	职业定义
1	营销员	从事市场调查、商品与服务推销工作的人员
2	车工	操作车床，进行工件旋转表面切削加工的人员
3	餐厅服务员	在餐饮场所中，安排顾客座位，点配菜点，进行宴会设计、装饰、布置等就餐服务的人员
4	快递员	从事快件揽收、派送和客户信息收集、关系维护及业务推广工作的人员
...
...
10	焊工	使用焊机或焊接设备，焊接金属工件的人员

数据来源：人社部，东吴证券研究所

图：预计2024年我国焊工需求缺口为349万人

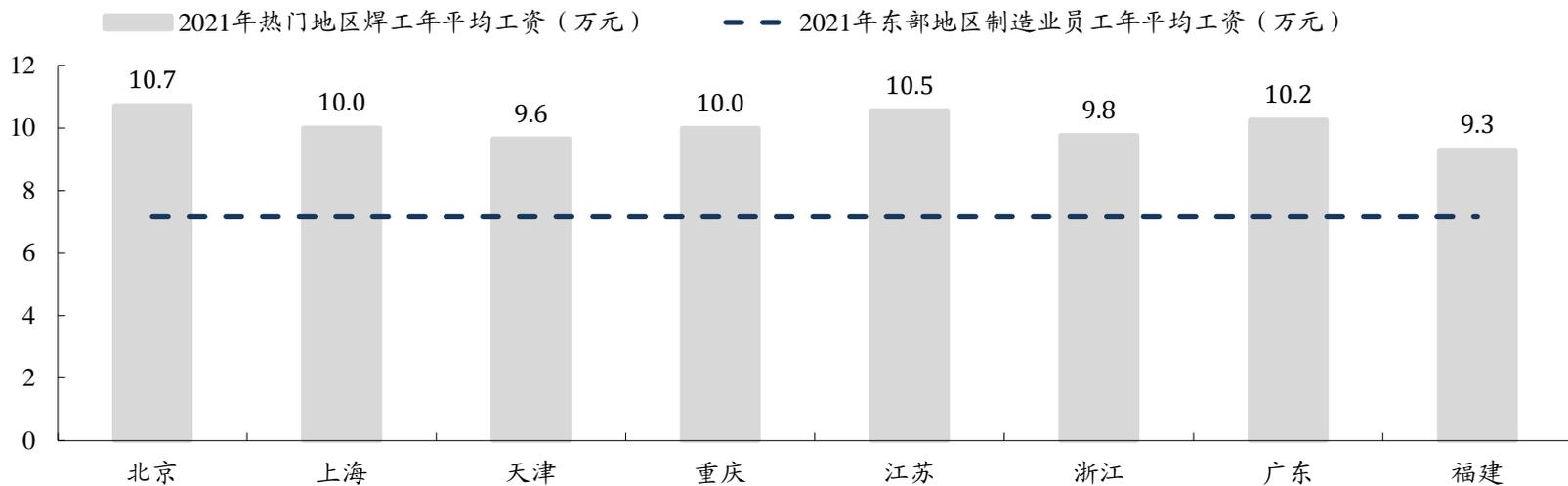


数据来源：国家统计局，中国焊接协会，Wind，东吴证券研究所

1.2 焊工短缺困境突出，机器替人大势所趋

- **2) 用人成本高企:** 由于工作环境恶劣&招工难，焊工工资高于其他行业，根据国家统计局数据，2021年我国东部地区制造业员工平均年工资约7.2万元，而北京、上海等热门地区焊工平均年薪为9-11万元不等，远高于生产制造业平均工资，高级焊工年薪甚至达到20万元以上，企业财务负担大，而焊接机器人成本逐渐降低;
- **3) 焊接质量&效率提升需求:** 市场上专业焊工少，焊接质量参差不齐，焊接一致性差，焊缝不美观; 建筑、桥梁、船舶工程等行业产生焊接订单大多处于炎热夏季，工期短，人工大多每天工作6-6.5小时，焊接效率较低，机器人可以24小时不间断工作，大幅提高焊接效率。

图：焊工平均工资高于制造业工人平均工资



数据来源：国家统计局，焊工团公众号，东吴证券研究所

1.3 焊接机器人经济性优良，1年内即可回本

- 焊接机器人具备优良经济性，可节约大量人工成本。我们以一条万吨钢结构生产线为例，测算焊接机器人的经济性。按照一个焊接机器人可替代2-3名焊工，保守按照一台机器人替代2.5个焊工计算，一条万吨钢结构生产线熟焊工一年焊接400吨钢铁计算，一条万吨生产线焊接需要25个焊工，若使用机器替人，则仅需10台机器人。焊工平均工资约10万元/年，而焊接机器人价格为28万元/台，按照焊接机器人使用年限2年计算，一条万吨钢结构生产线使用智能焊接机器人替代人工每年可节约110万元成本，具有优良经济性。

表：焊接机器人经济性优异

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
单位成本	10万元/人/年	28万元/台
总成本	25*10=250万元	10*28=280万元
设备使用年限	/	2
平均年成本	250万元	140万元
成本差额	250-140=110万元/年	

数据来源：Wind，东吴证券研究所整理



- 一、我国焊工短缺困境突出，机器替人大势所趋

- 二、焊接机器人市场：钢结构和船舶行业有望带来大量需求增量

- 三、智能焊接机器人发展关键在于焊接系统与3D视觉

- 四、行业竞争格局和重点公司推荐

- 五、投资建议与风险提示

2.1. 焊接机器人结构拆分

- 焊接机器人主要由机器人本体、焊接设备以及焊接系统三大部分构成。机器人本体大多为六轴工业机器人或协作机器人。焊接设备部分，以点焊为例，由焊接电源、焊枪、传感器、修磨器等部分组成。以松下示教焊接机器人为例，组成部分包括机器人控制柜、示教器、本体、焊枪(执行机构)、送丝装置(填充焊料，把焊料送到焊枪前段)、全数字焊机(提供热源，将电能转换为热能)、辅助装置等。

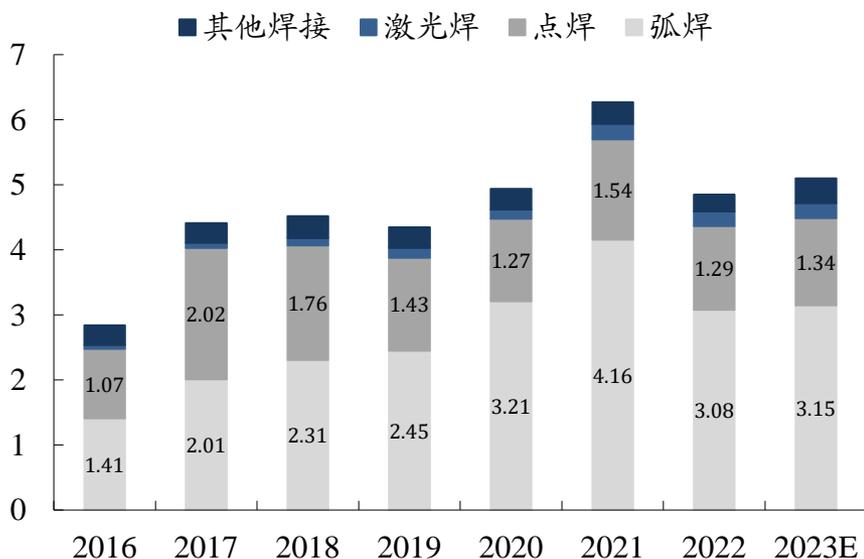
图：松下焊接机器人结构示意图



2.2 制造业智能化升级驱动下，市场需求快速增长

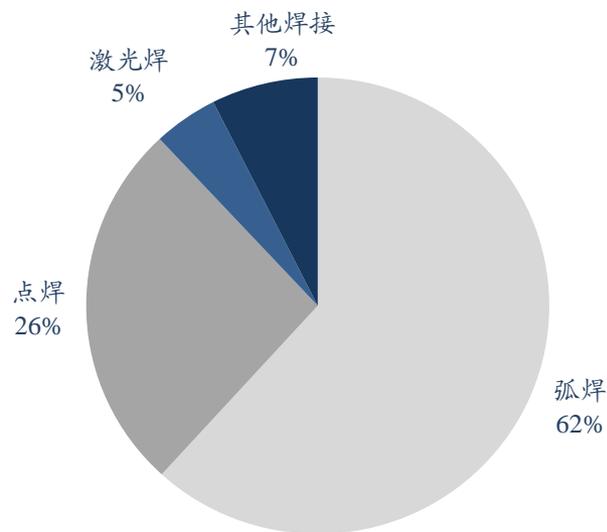
- 焊接机器人市场需求不断提升，2016-2021年销量复合增速17%。焊接机器人已成为制造业发展热点，由于能大幅提高焊接自动化水平和柔性化程度，市场需求日益旺盛。2016-2021年我国焊接机器人市场销量从2.84万台增长至4.85万台，年复合增速为17%。2022年由于市场需求下行，销量有所下滑；2023年市场回暖，预计销量将回升至5.1万台。分种类来看，弧焊是焊接机器人最大类型，2016-2022年销量从1.41万台增长至3.08万台，总销量占比超过50%，主要系弧焊下游为一般工业，市场需求大。

图：2016-2023年我国各类焊接机器人销量及预测
(单位：万台)



数据来源：高工机器人，东吴证券研究所

图：2023年我国不同类型焊接机器人销量占比预测
(%)



数据来源：高工机器人，东吴证券研究所

2.3 国产厂商集中于弧焊领域，标准化的汽车行业为最大下游

- 点焊和弧焊为传统焊接方式，激光焊接和搅拌摩擦焊为未来发展趋势。①点焊：主要应用于汽车领域，环节主要为汽车底板、侧围、顶盖等整车外壳拼装焊接；②弧焊：下游更偏向于一般工业，如3C电子制造、金属制品制造等。③激光焊接：利用高能量密度的激光束作为热源的一种新型焊接方法，优点在于焊接工件无变形、焊接效率高、焊后无需清理等，是目前最先进的汽车车身焊接技术，但缺点在于只能焊薄板。④搅拌摩擦焊：利用摩擦热作为焊接热源的一种固相焊接方法（金属间通过表面接触，不需要熔化过程，直接进行连接），适用于铝合金等熔点较低的金属加工，广泛应用于飞机制造业。随着汽车、飞机、船舶逐渐向轻量化的方向发展，铝合金焊接发展前景广阔。
- 国产厂商主要集中于弧焊领域，主要系①弧焊设备小，搭配中小型机器人，壁垒较低，而点焊需搭配重载六轴机器人，壁垒较高，国产厂商布局较少；②汽车工业与外资机器人黏性较强，而一般工业更追求性价比，国产厂商具备性价比优势。

图：机器人焊接技术类型、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，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

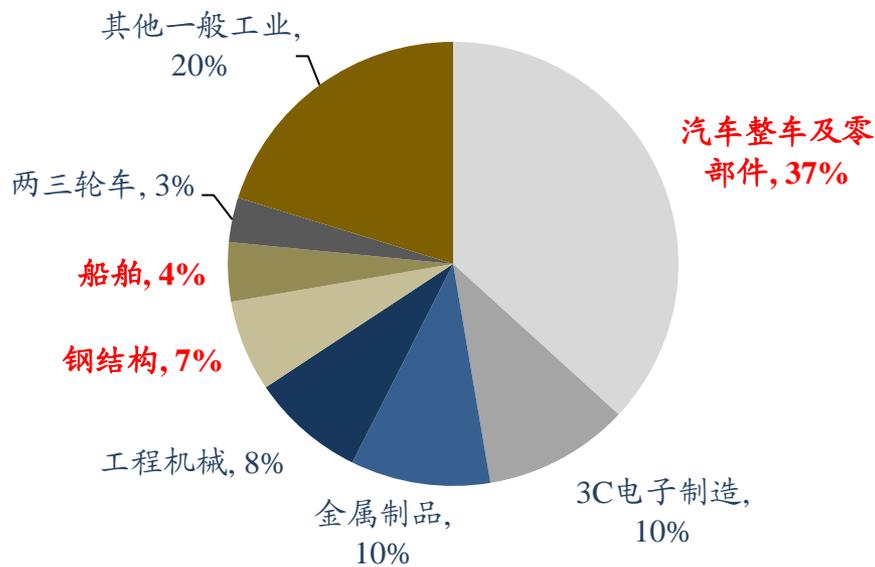
2.3 国产厂商集中于弧焊领域，标准化的汽车行业为最大下游

- 标准化、大批量的汽车行业是焊接机器人最大下游应用市场，销量占比37%。焊接机器人下游主要应用包括汽车工业、3C电子制造，金属制品、工程机械、钢结构、其他一般工业等。由于当前市场上大多焊接机器人智能化程度较低，无法解决标准化程度低、小批量工件的焊接问题，因此大部分焊接机器人应用集中在自动化和标准化程度较高的汽车工业领域。从销量口径看，2022年应用于汽车整车及零部件的焊接机器人占比37%，是焊接机器人最大下游。
- 钢结构、船舶等行业尚未实现智能化改造，焊接工件呈现定制化、小批量特点，焊接需求大但机器人渗透率较低。2022年应用于钢结构、船舶行业的焊接机器人销量占比仅为7%、4%。

图：焊接机器人下游主要应用



图：2022年焊接机器人分下游销量占比



2.4 钢结构与船舶行业开启智能化升级，有望催生大量需求

● 钢结构、船舶等行业焊接市场广阔，有望催生大量焊接机器人需求。汽车行业虽是焊接机器人最大下游，但行业需求已经较为固定且机器人渗透率相对较高。我们预计焊接机器人未来发展机会主要在于钢结构、船舶等行业，主要系上述行业智能化升级需求紧迫，同时机器人渗透率较低。以2022年我国1亿吨钢结构产量、焊接机器人10%的渗透率为基础测算，2022年钢结构焊接机器人需求量达到24万台，是当前焊接机器人市场出货量的5倍，随着钢结构、船舶等行业逐步实现智能化升级，上述行业有望成为焊接机器人未来最大发展机会。

图：钢结构与船舶行业有望产生大量焊接机器人需求

应用领域	市场规模	特点	发展机会
钢结构行业	2022年，全国钢结构加工量达到超过1亿吨，其中60%需要焊接，预计2025年将增长到1.4亿吨，复合增长率超过10%	<ol style="list-style-type: none"> 1、行业集中度较低，中小企业占据主要份额； 2、多以非标设计和小批量生产； 3、对焊接机器人的灵活性、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； 4、既有的示教机器人无法满足终端需求 	每100吨钢铁需要4台气保焊焊接设备，则需要(10000万*0.6/100)*4=240万台焊接电源，假设10%用机器人焊接，则需要24万台焊接机器人
船舶行业	2023年1-6月，全国造船完工量2113万载重吨，同比增长14.2%；新接订单量3767万载重吨，同比增长67.7%；全国手持订单量12377万载重吨，同比增长20.5%	<ol style="list-style-type: none"> 1、对焊接工人的依赖程度还较高，自动化程度较低； 2、对焊接设备及焊接工艺都需要很高的要求； 3、焊接成本约占船体建造总成本超过30% 	船舶行业根据生产船舶的类型和大小对焊工人数有不同的要求，按一台焊接机器人可替代4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需求将超过3.5万台
电动两三轮车	2022年产量合计超过5000万辆以上，全球八成以上产量在中国	<ol style="list-style-type: none"> 1、生产、工作环境较为恶劣； 2、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，电动两三轮车行业对焊接机器人的需求空间将达到1.5-2万台
锂电池行业	目前，中国激光焊接设备市场规模超过百亿元级别。2022年中国动力锂电池出货量为294.7GWh，储能锂电池出货量为130GWh	<ol style="list-style-type: none"> 1、焊接质量较高、变形小，以非标、定制化为主； 2、需要企业同时具备激光技术和机器人自动化等核心技术，具有较高的技术门槛。 	现阶段，激光焊接设备主要集中在产能需求旺盛、生产扩张明显的新能源汽车动力电池及储能领域。激光焊接由于其工艺难度较大，渗透率还不高

数据来源：高工机器人，东吴证券研究所

2.4.1 钢结构：建筑业转型升级方向，助力智能建造

- **钢结构是建筑行业的“预制件”，具备工厂化制作&环保属性。**相比传统的混凝土建筑，钢结构建筑用钢板或型钢替代钢筋混凝土，强度更高，抗震性更好。并且由于构件可以工厂化制作，现场装配，可以大幅提升建筑行业的工业化和智能化水平，减少工期。由于钢材的可重复利用，有助于减少建筑垃圾，更加绿色环保，因而被世界各国广泛采用，应用在工业建筑和民用建筑中。
- **钢结构焊接多存在于劳动密集型行业，装配式建筑、非标小件等焊接智能化程度快速提升。**钢结构可以替代以往的混凝土结构广泛应用于各类建筑中，例如装配式建筑、隧道、电力铁塔、桥梁以及路灯、扶梯、机床底座等非标小件。从智能部分占比来看，目前装配式建筑及非标小件智能化程度最高，能达到20%-30%，隧道钢、电力铁塔、桥梁等应用场景的钢结构智能化程度较低，仍有较大提升空间。

图：装配式建筑和非标小件焊接智能化程度较高

下游应用	智能化程度	焊接结构	覆盖客户
住宅、装配式、高层建筑	30%	空间结构、轻钢别墅、门式框架结构建筑、公共建筑等	主要覆盖钢结构企业、国央企建设单位等
隧道钢、地铁钢拱架	8%-10%	智能焊接、切割、智能组焊等，主要布局铁路隧道建设、城市地下建设	中铁系统、城建系统
电力铁塔	10%-12%	主要涉及应用与坡口、大件、宽屏、焊缝等级等技术壁垒	国家电网、电力设备、重钢、船工等
管塔	12%		
桥梁	3%-5%		
非标小件	20%-24%	小批量多品种，多为角焊缝类结构形式	路灯、扶梯、新能源、机床底座等

数据来源：东吴证券研究所整理

2.4.1 钢结构：建筑业转型升级方向，助力智能建造

- **钢结构非标属性突出，大规模扩张难度大，我国钢结构产业发展处于初期阶段。**不同于钢材、零部件等标准化加工制造业务，钢结构加工需根据具体项目需求进行定制化制造。钢结构加工流程为设计院提供图纸→备料与编制工艺流程→加工制作（包括切割、制孔、组装、焊接等），每一个环节都需根据具体项目进行定制化设计与加工，这种非标制造使得其大规模扩张对管理要求非常高，很少形成大型钢构企业，行业集中度低，2022年我国钢结构行业CR5仅7%，同期美国CR5超50%。在行业标准化程度低、竞争激烈等因素制约下，我国钢结构产业发展仍处于前期阶段。

图：我国钢结构行业面临多个痛点，大规模扩张难度大

钢结构行业现状痛点

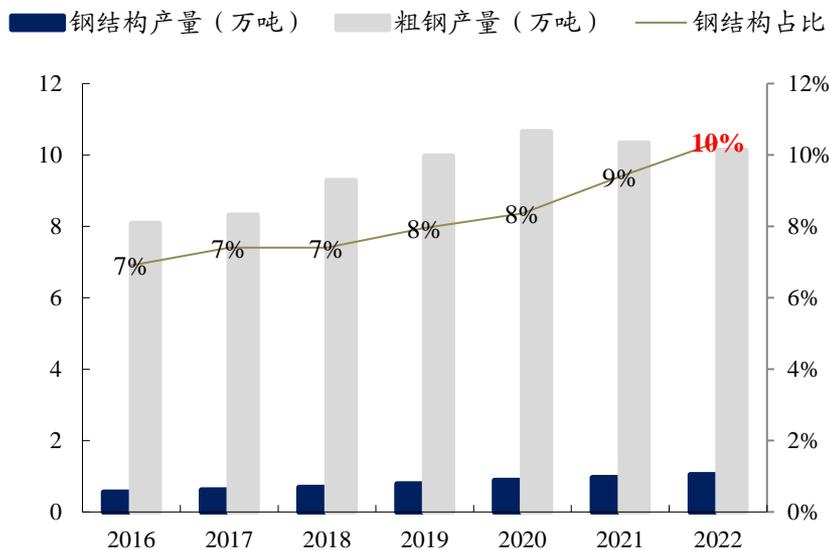
不仅来自于钢结构本身，还来源于各大问题引伸导致行业现状



2.4.1 钢结构：建筑业转型升级方向，助力智能建造

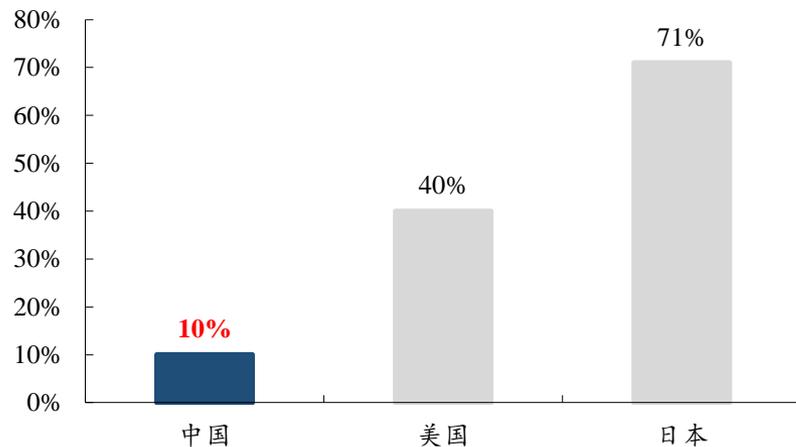
- 我国钢结构产量占比仅10%，产业前景明朗。钢结构占比是衡量一个国家建筑业产业化和智能化的重要标准。同发达国家钢结构市场对比，2022年我国钢结构产量在粗钢产量中仅占比10%，远低于同期美国40%、日本约70%水平。广泛采用钢结构对推行智能制造起到巨大作用，钢结构是未来建筑行业确定性趋势，产业前景广阔。

图：2022年我国钢结构产量在粗钢产量中占比10%



数据来源：Wind，东吴证券研究所

图：2022年我国钢结构占比低于其他发达国家



数据来源：高工机器人大会，东吴证券研究所

2.4.1 钢结构：政策大力扶持，行业需求持续扩容

- **政策大力扶持下，钢结构行业需求持续扩容。**为推动装配式钢结构建筑发展，我国政府自2017年开始陆续出台各项政策助力装配式钢结构建筑渗透率提升。2022年1月，住建部制定《“十四五”建筑业发展规划》，明确要求“十四五期间”装配式建筑占新建建筑的比例要达到30%以上，到2025年底全国钢结构用量达到1.4亿吨左右，占全国粗钢产量比例15%以上；到2035年钢结构用量达到每年2亿吨以上，占粗钢产量25%以上，基本实现钢结构制造智能化。

图：装配式建筑、钢结构相关支持政策整理

时间	发布单位	文件名	具体内容
2017年1月	国务院	《“十三五”节能减排综合工作方案》	2020年城镇绿色建筑面积占新建建筑面积比重提高到59%
2017年2月	住建部	《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》	积极发展钢结构、现代木结构等建筑结构体系
2017年5月	住建部	《建筑业发展“十三五”规划》	到2020年，全国装配式建筑占新建建筑的比例达到15%以上
2018年3月	住建部	《住房城乡建设部建筑节能与科技司关于印发2018年工作要点的通知》	推进装配式建筑发展
2019年3月	住建部	《关于印发住房和城乡建设部建筑市场监管司2019年工作要点的通知》	开展钢结构装配式住宅建设试点，推动试点项目落地
2020年5月	住建部	《关于推进建筑垃圾减量化的指导意见》	大力发展装配式建筑,积极推广钢结构装配式住宅
2020年8月	住建部等8部门	《住房和城乡建设部等部门关于加快新型建筑工业化发展的若干意见》	大力发展钢结构建筑，鼓励医院、学校等公共建筑优先采用钢结构，积极推进钢结构住宅和农房建设
2021年3月	国务院	《第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》	推广绿色建材、装配式建筑和钢结构住宅
2021年10月	国务院	《关于印发2030年碳达峰行动方案的通知》	推广钢结构住宅
2022年1月	住建部	《“十四五”建筑业发展规划》	积极推进高品质钢结构住宅建设、鼓励学校医院等公共建筑优先采用钢结构，到2025年底全国钢结构用量达到1.4亿吨左右，占全国粗钢产量比例15%以上；到2035年钢结构用量达到每年2亿吨以上，占粗钢产量25%以上
2022年5月	国务院办公厅	《关于推进以县城为重要载体的城镇化建设的意见》	推广装配式建筑

数据来源：各部门官网，东吴证券研究所

2.4.1 钢结构：鸿路钢构公开招标，开启行业智能化新阶段

- 非标阻碍产业智能化进程，头部企业深度影响行业标准化程度。产业智能化升级壁垒在于工件标准化程度低，阻碍自动化和信息化在行业内的应用，而行业标准化的提升离不开头部企业的带领和深度参与，如参与国家级设计标准的制定、投入大量资金进行自动化升级等。
- 鸿路钢构是钢结构行业领头羊，公开招标免示教智能焊接机器人意味着行业迈入智能制造新阶段。鸿路钢构早在2013年就开始布局智能化升级，2021年投资5.83亿元用以引进及研发自动化生产线，2022年以来智能化改造加速，23年8月公司微信公众号公布500套免示教机器人焊接工作站招标公告，行业龙头的招标公告侧面印证免示教智能焊接产品已经成熟，即将进入1-10放量阶段。3-4台免示教智能焊接机器人仅需配备一个操作员，大幅提升智能化水平。

图：鸿路钢构角焊缝免示教机器人焊接工作站招标公告

技术参数	配置要求
六轴弧焊机器人	国外四大家族及国内一线品牌工业弧焊机器人
焊接电源	中厚板焊接电源，国内一线品牌，工作环境温度:-5C~55C
视觉	具备模型导入功能、视觉定位功能
地轨(外部轴)	有效工作范围10000mm，负载1T，距离地面高度400mm，精度0.1mm，行走速度最大0.2m/s，设备配置需国内一线品牌
智慧工厂	设备数据上传到MES系统中，智慧大屏展示设备状态、每天焊接量、焊接效率等数据

数据来源：鸿路采购物流中心公众号，东吴证券研究所

2.4.1 钢结构：焊接机器人需求量测算

- 免示教智能焊接机器人有望解决钢结构行业智能化升级痛点问题，行业成长空间被打开。预计2035年我国钢结构行业焊接机器人需求量达到50万台，对应市场空间504亿元。
- 关键假设如下：①根据十四五规划，2025年、2035年我国钢结构产量达到1.4/2.1亿吨，其中约60%的钢结构需要焊接，即2025/2035年我国钢结构焊接需求量为0.8/1.3亿吨，每100吨钢铁需4台焊接设备，即2025/2035年钢结构焊接所需焊接设备328/504万台；②随着钢结构智能化的发展，2025/2035年我国钢结构焊接产业中，焊接机器人渗透率分别为5%/10%，对应焊接机器人需求量分别为16.4/50.4万台；③2025/2035年智能焊接机器人价格降至20/10万元。

图:钢结构行业焊接机器人需求量测算

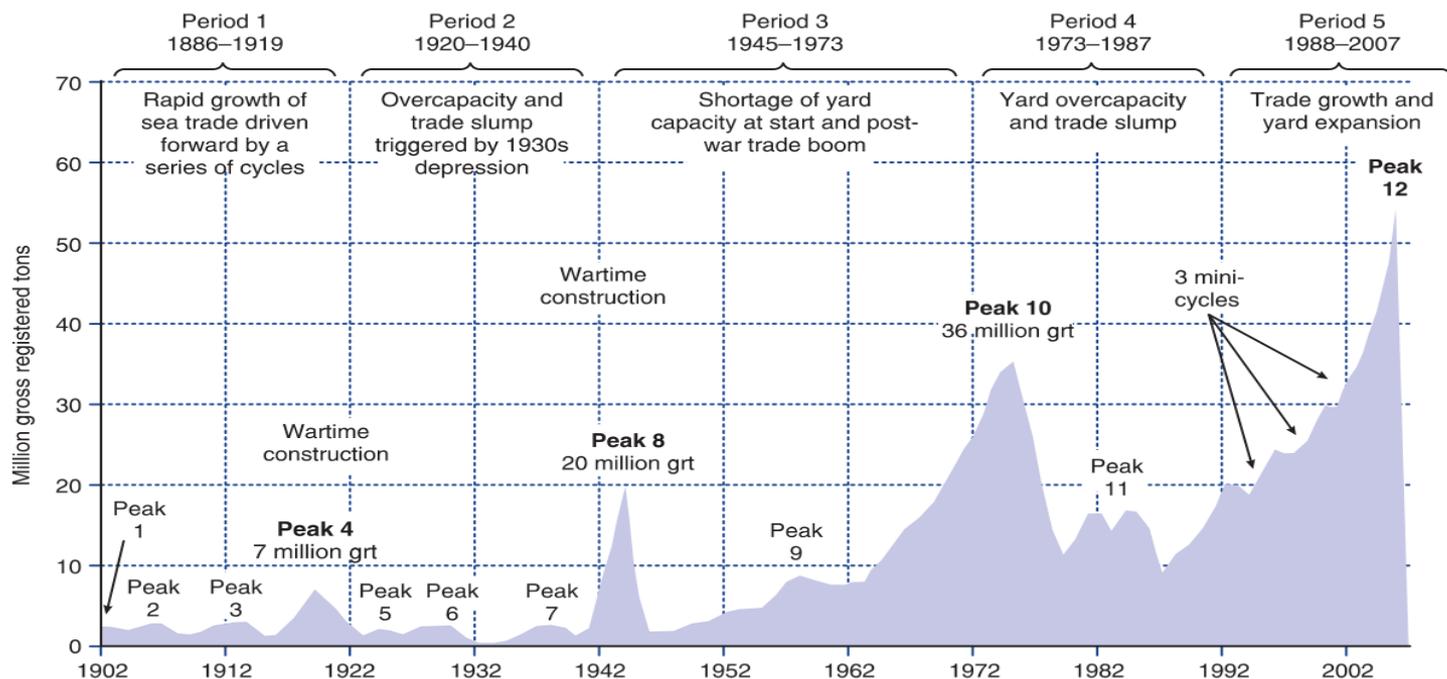
	2022	2025E	2035E
我国粗钢产量 (亿吨) ①	10.5	10.5	10.5
钢结构渗透率 ②	10%	13%	20%
钢结构产量 (亿吨) ③=①*②	1.1	1.4	2.1
钢结构行业焊接需求比例	60%	60%	60%
钢结构行业焊接需求量 (亿吨) ④	0.6	0.8	1.3
每100吨钢铁需要的焊接设备 (台) ⑤	4	4	4
焊接设备需求量 (万台) ⑥=④*⑤*100	252	328	504
焊接机器人渗透率 (%) ⑦	1%	5%	10%
焊接机器人需求量 (万台) ⑧=⑥*⑦	2.5	16.4	50.4
焊接机器人价格 (万元/台) ⑨	25	20	10
钢结构行业焊接机器人市场空间 (亿元) ⑩=⑧*⑨	63	328	504

数据来源：Wind，高工焊接机器人大会，柏楚电子公告，东吴证券研究所

2.4.2 船舶：替换周期启动，造船需求开启高景气

- 三大逻辑支撑下，全球造船行业开启高景气。我国是全球造船大国，截至2022年我国已经连续十三年在造船市场份额居全球第一、新接订单全球第一。2021年以来，全球造船市场开启高景气上行通道，我国造船产业充分受益，主要有三大原因支撑全球造船市场上行：
- ①全球轮船周期开启上行通道：商船使用年限约20-30年，因此造船业“繁荣-衰退”周期时间间隔约20年左右。上一轮周期新船交付量在2005-2006年快速增长，此轮周期上行起点约为2025-2026年，但前两年的集中运输导致此轮周期提前开始。

图：全球轮船周期（1902-2007）



2.4.2 船舶：替换周期启动，造船需求开启高景气

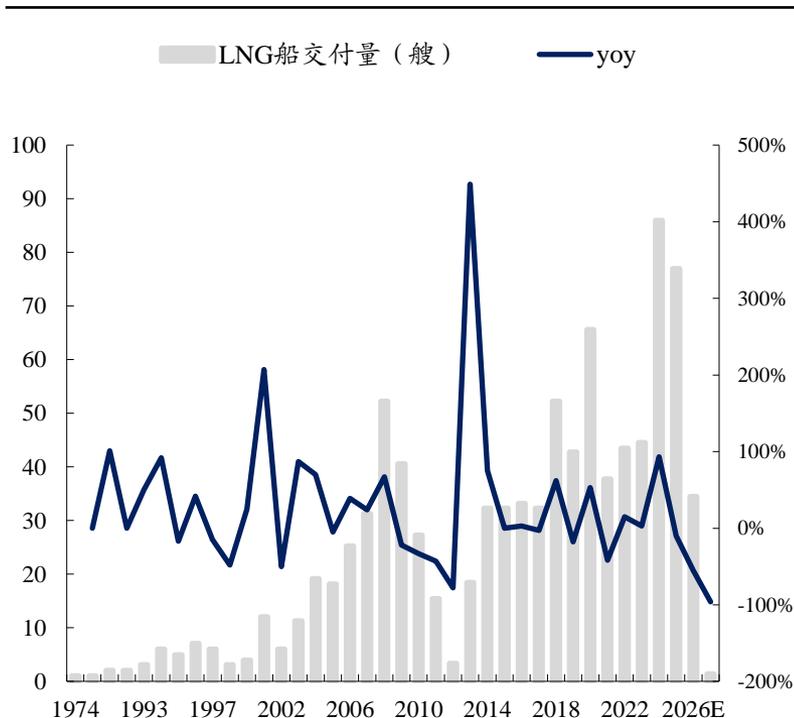
- ②环保政策加速船舶更新换代：航运绿色转型发展为大势所趋，IMO国际航运规在2023年正式生效，对船运排污治理提出了更高的要求。政策约束下，不符合规定的旧船将被淘汰，船舶更新换代加速。
- ③全球天然气需求上升推动LNG运输船需求：温室气体减排政策持续和欧洲能源危机刺激下，LNG船新船的订单量自2019年以来一直维持在较高水平，2022年全年新增订单更是超出过去两年订单之和。根据克拉克森预测，短期内能源贸易格局不会大幅改变，LNG需求在未来3年内都将保持较高增量。

图：环保政策加速船舶更新换代

时间	政策/公约	政策要求
1983	MARPOL 73/78	1973年和1978年通过了MARPOL公约和1978年MARPOL议定书。合并后的文书于1983年10月2日生效。MARPOL 73/78是最重要的国际文书，涵盖防止船舶因操作或意外原因造成的海洋环境污染。
2003	单壳油轮政策	在2010年前淘汰单壳油轮。
2008	EEDI	2008年10月，IMO在第58届MEPC会议上提出将新造船CO2设计指数标准改为EEDI，且强制实施
2018	GHG战略	2018年通过IMO温室气体(GHG)初始战略，以在本世纪末之前尽快实现该行业的脱碳，为在MARPOL内部制定和采取进一步措施以提高船舶能效奠定了政策框架。
2019	压载水公约	2019.1.22《国际船舶压载水和沉积物控制与管理公约》在我国正式生效，规定所有远洋船舶在2024年9月8日之后都需要安装压载水管理系统
2020	限硫令	2016年10月，国际海事组织通过了全球航行船舶使用0.5%低硫燃油标准。2020年1月1号起，全球范围内的限硫令开始实施。船舶在全球范围内都必须使用硫含量不得超过0.5m/m的燃油，如果船舶安装了脱硫器，可以继续使用硫含量超过0.5m/m的燃油
2023	EEXI、CII	所有现役船舶必须满足特定的二氧化碳排放要求，船舶需要先进行初步评估，然后获得初步技术文件许可并最终得到EEXI的合规认证；CII要求船舶必须记录燃油消耗、航行距离和航行时间以满足IMO的数据收集要求用于计算船舶的能效比(AER)

数据来源：IMO，中国海洋报，东吴证券研究所

图：LNG运输需求保持高增

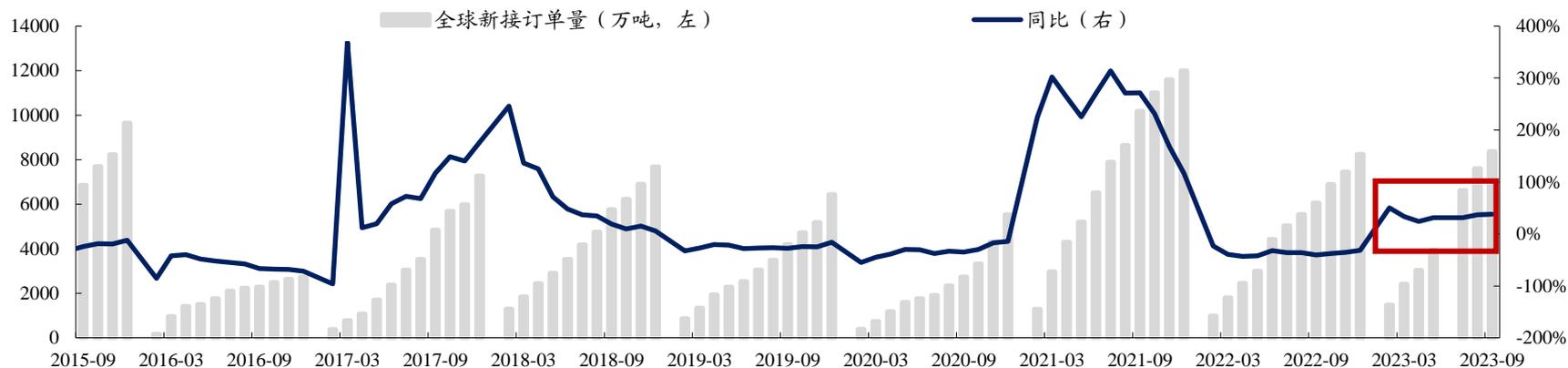


数据来源：Clarkson，东吴证券研究所

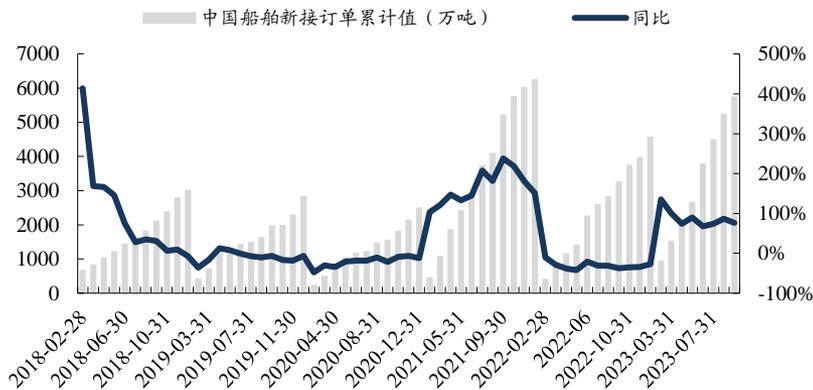
2.4.2 船舶：替换周期启动，造船需求开启高景气

- 2023年以来全球造船业维持高景气，中国作为最大造船国充分受益。2023年全球造船行业延续2022年的高景气，截至9月底，全球造船新接订单量8368万吨，同比+38%；我国9月新接订单5231万吨，同比+77%，高于全球其他地区增速，累计造船完工1129万吨，同比+23%。在船舶建造过程中，焊接加工广泛应用，我国造船业需求上行也会带动焊接需求增加。

图：9月全球船舶累计新接订单8368万吨，同比+38%



图：9月我国船舶累计新接订单5231万吨，同比+77%



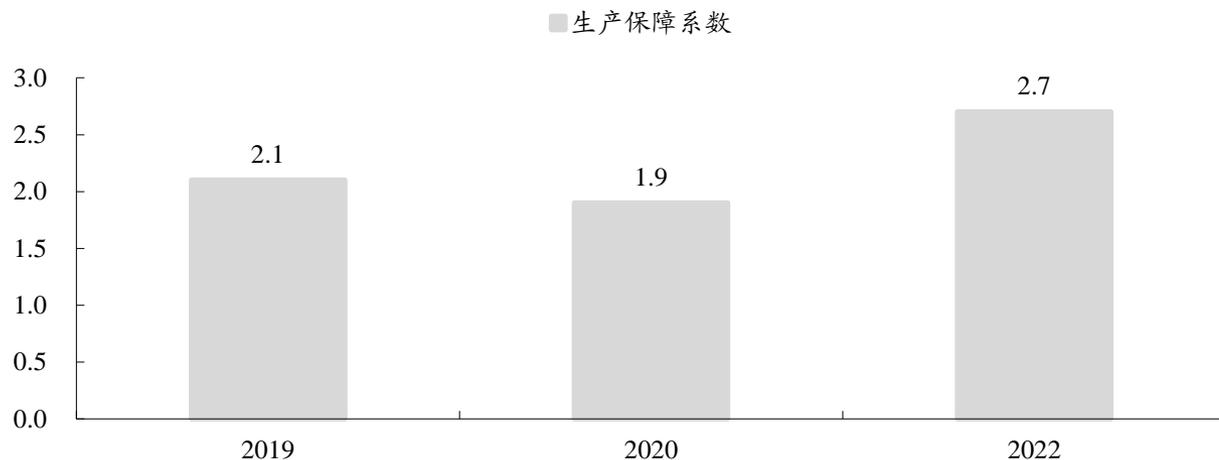
图：9月我国船舶累计造船完工1129万吨，同比+23%



2.4.2 船舶：生产任务饱满与劳动力不足矛盾突出，加速机器人导入

- 船舶制造智能化&用工紧张问题突出，加速焊接机器人导入进程。
- ①我国造船业亟需智能化升级：我国虽是全球第一大造船国，但我国造船自动化和智能化程度较低，造船效率仅为日韩的30%左右。在人口红利消失和要素成本上升的挑战下，我国造船业亟需智能化升级。
- ②生产任务饱满与劳动力不足矛盾突出：近几年船企生产任务饱满，我国造船业生产保障系数从2020年1.9提升至2022年2.7，在手订单饱满。但随着高技术船舶订单快速增长，熟练劳务工的需求加大，加剧了用工紧张问题，特别是电焊等关键工种的熟练工的流动性大幅上升；此外，船舶焊接生产环境恶劣，危险系数高，长期以来用工缺的问题一直都很突出。
- ③船舶焊接要求较高的质量稳定性，人工焊接达不到要求。船舶焊接成本在船体建造成本中占比30%-50%，焊接质量直接影响到船舶建造的周期、成本和质量。船舶焊接大多为中厚板焊接，为保证质量，每道焊缝需要数十道焊接工序，拍片检验时合格率要求达到100%，严格的焊接要求下，手工焊接达不到质量预期，自动化的机器人可以在实现焊接质量稳定可靠的同时提高焊接效率。
- 根据中国船级社(CCS)持证焊工数量，2022年我国持证焊工约14万人，按一台焊接机器人可替代4名焊工计算，船舶行业对焊接机器人的需求量约为3.5万台。

图：2022年我国造船业生产保障系数提升至2.7



数据来源：中国船舶工业行业协会，东吴证券研究所

注：生产保障系数=手持船舶订单/近三年新船完工量均值

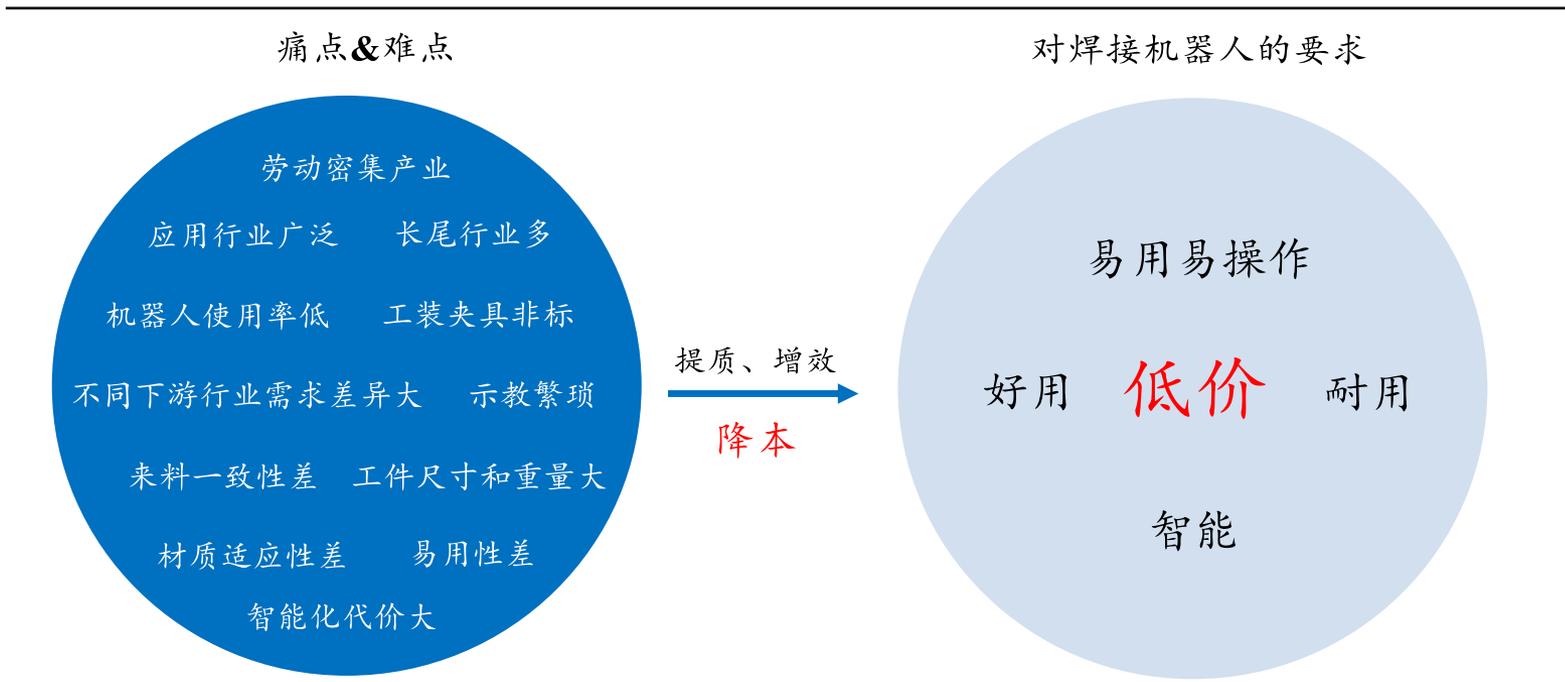


- 一、我国焊工短缺困境突出，机器替人大势所趋
- 二、焊接机器人市场：钢结构和船舶行业有望带来大量需求增量
- 三、智能焊接机器人发展关键在于焊接系统与3D视觉
- 四、行业竞争格局和重点公司推荐
- 五、投资建议与风险提示

3.1. 焊接机器人推广存在困境，下游应用渗透率低

- 焊接机器人面临推广困境，下游应用渗透率较低。早在上个世纪末我国就研发出了第一台焊接机器人，但直到现在，焊接机器人在下游行业中的渗透率仍较低，主要系焊接机器人推广应用存在诸多难点和痛点：①下游行业标准化程度低，以钢结构行业为例，国内钢结构构件的设计大多不采用标准化，而目前的焊接机器人技术对非标行业适应性较差，每一次焊接都需要重新编程，耗费大量的时间，效率低下；②我国机器人焊接构件的坡口主要为人工装配，坡口精度较差，按照当前焊接程序容易出现未焊满、漏焊或多焊的情况，往往需要人工二次修补，当前的焊接机器人技术很难实质性提升焊接的效率和**质量**。③智能化程度较高的焊接机器人产量低，**价格昂贵**，一整套焊接机器人+设备+系统价格高达上百万元，大多企业负担不起。

图：焊接行业目前问题&对焊接机器人的需求

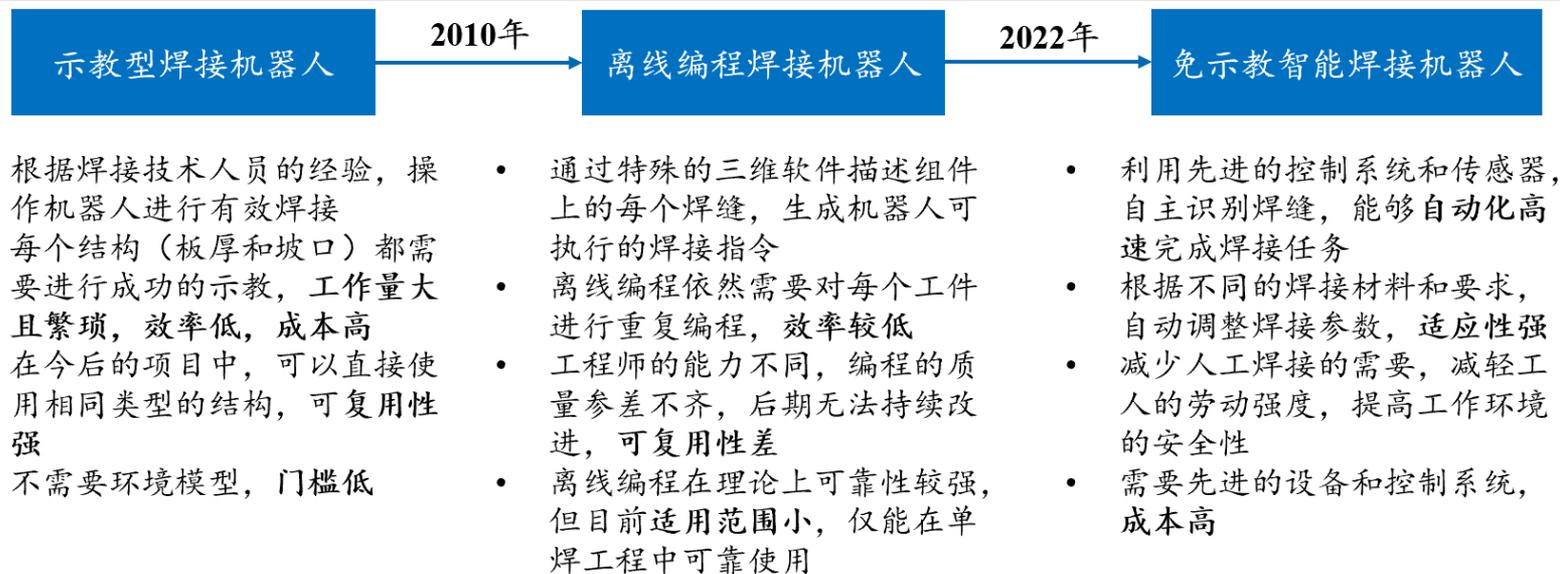


数据来源：高工机器人大会，东吴证券研究所

3.2 免示教智能焊接机器人兴起，有望解决焊接非标准化困境

- 决定焊接机器人智能化程度的关键在于焊接系统。决定人形机器人智能化程度的关键在于控制系统，而非关节、躯体等硬件，焊接机器人也是如此，决定焊接机器人智能化程度的关键在于焊接系统，而非机器人本体或焊接设备。对比其他工业机器人，如搬运和码垛机器人，应用场景标准化程度高，动作路径固定，而焊接机器人的焊接对象非标准化程度高，无法用同一个动作完成大量非标件焊接。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，而焊接系统是决定机器人识别和自主规划能力的核心，本体只发挥“机械臂”功能，与搬运或码垛等机器人并无太大差异。
- 焊接机器人的发展经历了两次技术迭代，为焊接机器人装上“大脑”和“眼睛”。第一次迭代由示教型机器人向离线编程进步，为焊接机器人装上了“大脑”（即编程软件），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准化困境。当前示教编程仍为大批量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，在焊接行业智能化趋势下，是未来开发的热点领域。

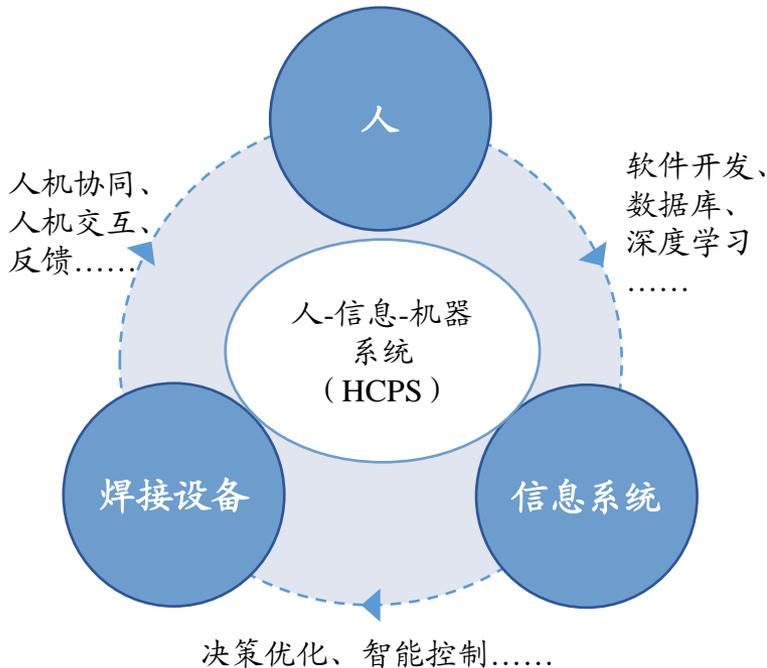
图：焊接机器人智能化发展路径



3.3.1 免示教智能焊接原理：整合人机智能，形成智能化信息系统

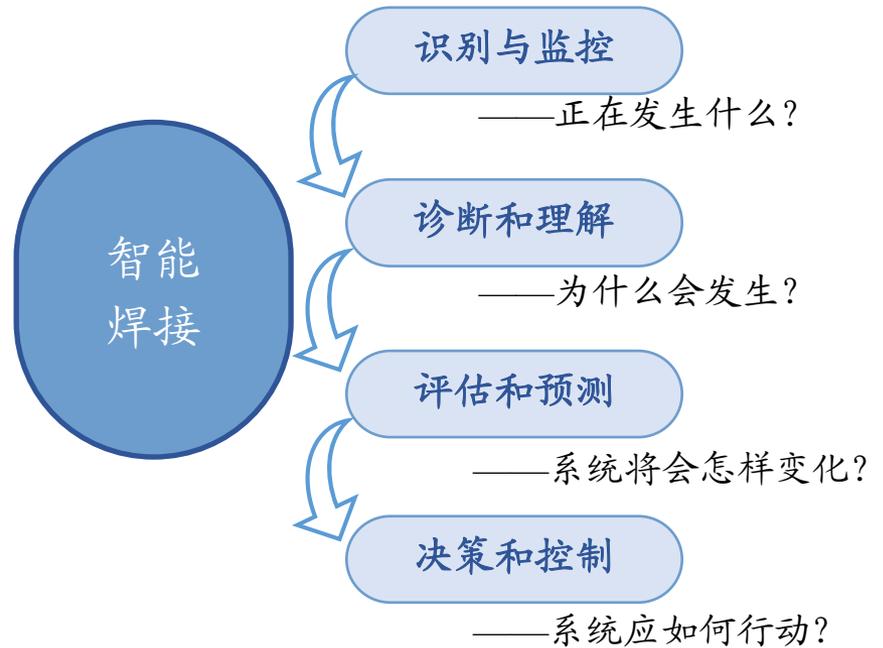
- 智能焊接的重要意义在于整合了人的先进性和物理系统的先进性，形成智能化的信息系统：整合数字化、网络化和人工智能技术，以取代或增强人类的感官能力（视觉、听觉、触觉），集成人的经验知识（如熔池行为、电弧声音、焊缝外观）、判断（焊接经验知识学习、推理和决策等）和焊接工艺优化知识。因此，焊接系统的工作效率、质量和稳定性等从依靠人的经验转变成依靠信息物理系统的知识，得到提高和改善。

图：智能焊接整合人机智能



数据来源：东吴证券研究所整理

图：智能焊接应用架构

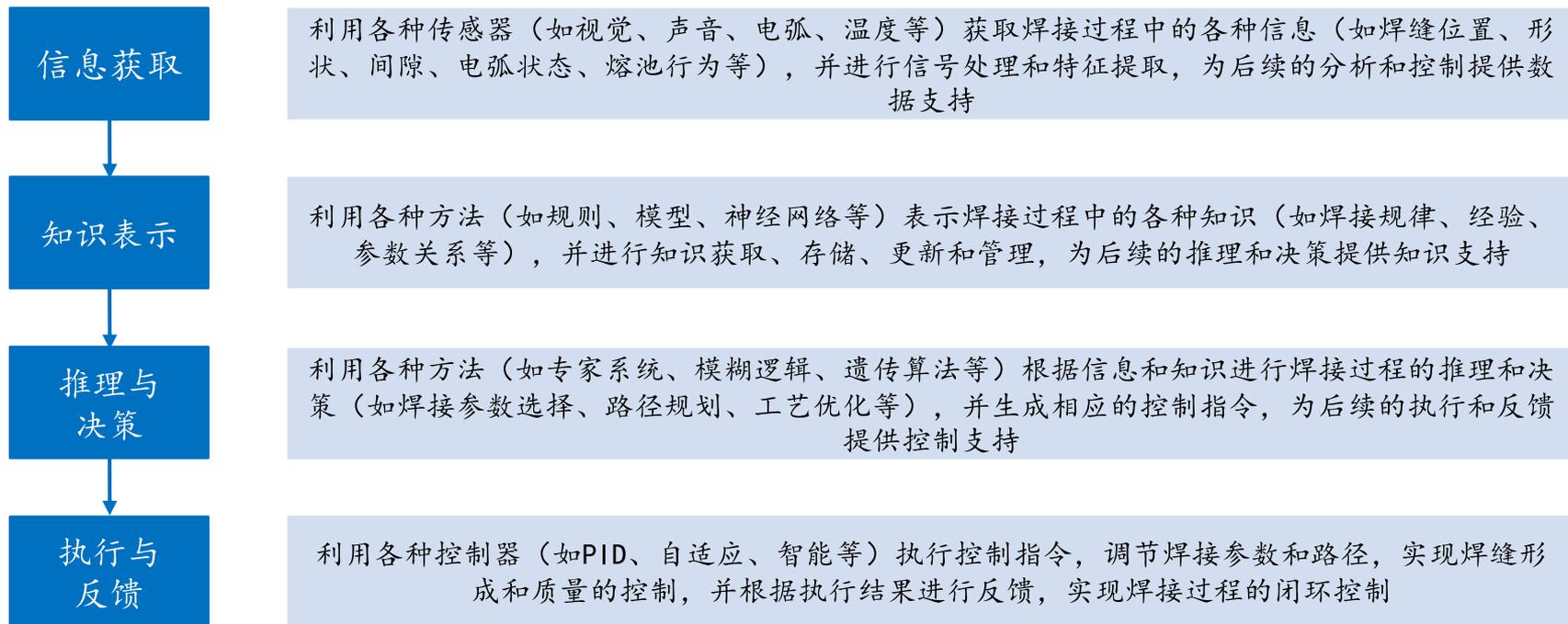


数据来源：东吴证券研究所整理

3.3.1 免示教智能焊接原理：整合人机智能，形成智能化信息系统

- 免示教智能焊接技术主要涉及信息获取、知识表示、推理与决策、执行与反馈四个流程，通过智能化技术，将全流程中的信息数字化，使得焊接机器人拥有与人类似的信息处理能力，从而实现焊接过程的精确可靠。

图：免示教智能焊接工作流程

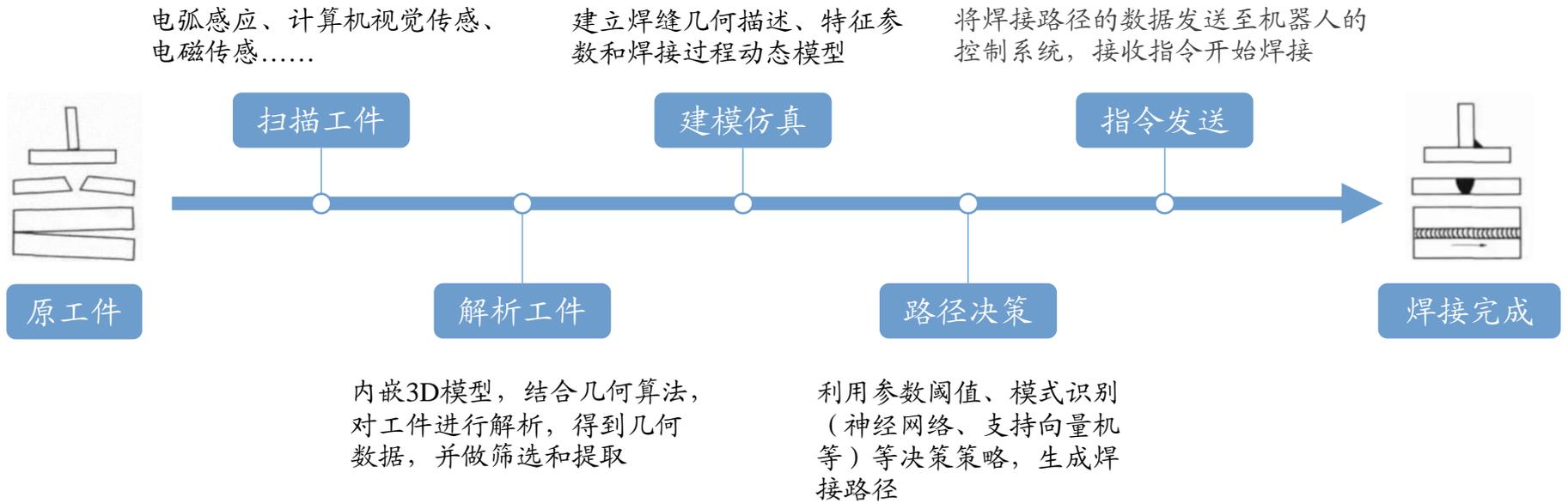


数据来源：高工机器人大会，东吴证券研究所

3.3.2. 免示教智能焊接全流程无人参与，智能系统自主完成

- 免示教智能焊接系统的工作流程为：①扫描工件：通过电弧感应、计算机视觉传感、电磁传感等传感器对工件进行扫描，形成3D图像；②解析工件：用内嵌的3D模型解析工件，用几何算法解析三维模型几何数据，并做筛选和提取；③建模仿真：建立焊缝几何描述、特征参数和焊接过程动态模型；④路径决策：利用参数阈值、模式识别（神经网络、支持向量机等）等决策策略，生成焊接路径；⑤指令发送：焊接路径的数据发送至机器人的控制系统，焊接设备接收指令开始焊接。
- 全流程实现无人参与，免示教智能系统自主完成。

图：免示教智能焊接机器人焊接流程示意



数据来源：《Intelligent welding system technologies: State-of-the-art review and perspectives》，东吴证券研究所整理

3.3.3. 免示教智能焊接具备显著优势，适应非标场景

● 免示教智能焊接系统在兼容性、效率、稳定性方面具有显著优势：

- ①**适应非标性场景，实现真正的智能焊接：**无需人工编程和示教，通过传感器识别、离线/在线编程适应非标化、小批量、复杂的工件焊接。
- ②**保证编程效率：**离线编程取代人工编程，节省大量焊接前编程时间，提高焊接效率。系统通过深度学习工艺数据包，优化离线程序，进一步提高效率；
- ③**保障焊接的稳定性和一致性：**生产现场无需技术人员，智能系统贯穿焊接规划、控制、调整全流程，焊接进度和质量不会因技术人员变动而改变。

表：传统示教焊接系统与免示教焊接系统对比

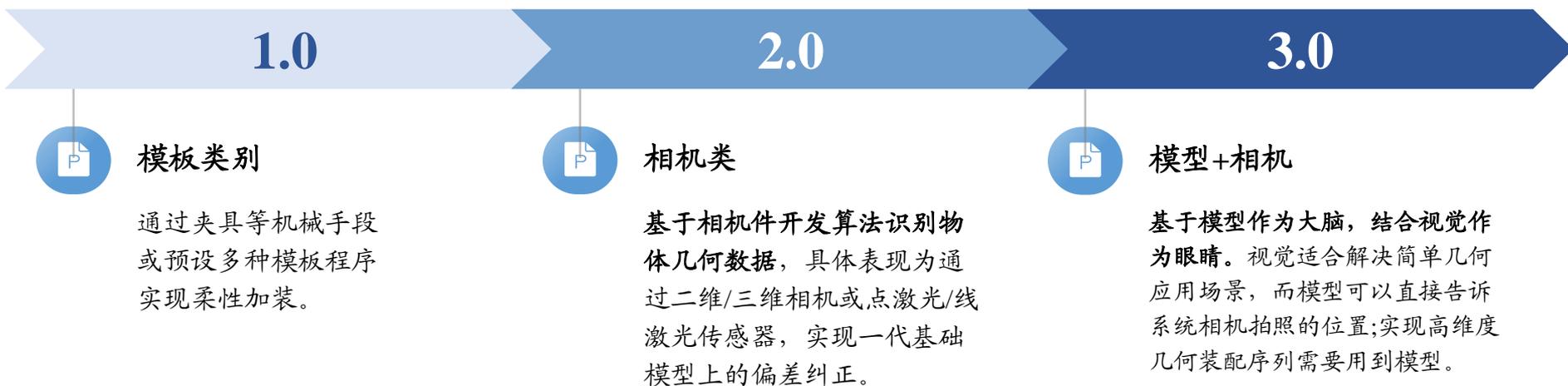
对比维度	示教焊接机器人	免示教焊接机器人
工作模式	示教+工装夹具	2D+3D智能识别、智能焊接
编程模式	机器人工程师进行人工编程	离线编程，无需人工
前端技术人员需求	机器人工程师	无需
现场操作人员需求	机器人工程师	仅需普工
焊缝信息来源	人工编程，手动示教调整	传感器自动识别，系统调动后台工艺数据包
智能化程度	较低，简单的机器人代替人工生产	较高，机器人全流程智能完成
适应场景	标准化、大批量场景，如汽车生产	非标准化、小批量、复杂化的柔性生产场景，如钢结构加工

数据来源：柏楚电子公告，昇视唯盛官网，东吴证券研究所

3.4.1. 免示教智能焊接技术关键在于模型+3D视觉

- 基于模型作为“大脑”，结合3D视觉作为“眼睛”，是智能焊接的核心逻辑，二者缺一不可。AI模型指导视觉排除环境干扰，完成对复杂结构的信息获取；3D视觉确保对焊缝的准确定位，为路径决策提供依据。当前市场上大多企业在这两方面（尤其是模型方面）仍有缺陷，因此存在两种替代性方案，但都不够完善：
 - ①3D视觉+人工点选：缺点是人工点选需要高素质焊工，且焊接过程需要人的全程参与，效率较低、不智能。
 - ②3D视觉+模型导入：用人工导入现有模型的方式取代离线编程，缺点是现有模型不一定适应新的焊接环境，出现模型不达标、导入不稳定乃至系统瘫痪问题。未来的技术进步方向是利用以往工艺积累给模型提供底层数据支撑，用AI和3D视觉相结合减少人工参与，实现真正的智能化。

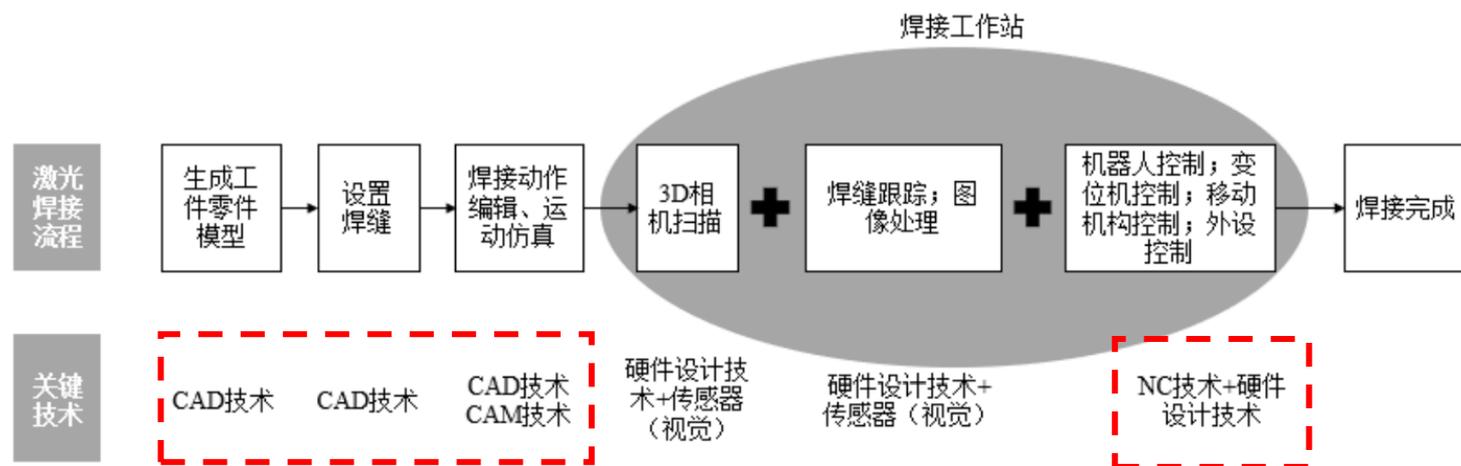
图：免示教焊接技术发展阶段一览



3.4.2. 智能焊接模型：难点在于跨学科技术+数据积累

- 智能焊接模型以CAD（计算机图形软件）、CAM（计算机辅助制造软件）、NC（数控软件）等软件算法为核心，大量数据积累为基石。
- ①CAD技术：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。（通过CAD了解用户“我要焊什么”）。
- ②CAM技术：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。（通过CAM了解用户“我要怎么焊”）。
- ③NC技术：可以实现根据生成的代码指令执行具体焊接工序。（通过NC最终把用户想要的产品焊出来）。
- 以柏楚电子为例，智能焊接在生成零件模型和设置焊缝这步需使用CAD技术，在焊接动作编辑和运动仿真部分需用到CAD+CAM技术，在控制机器人焊接这部分需用到NC技术，这三者缺一不可。

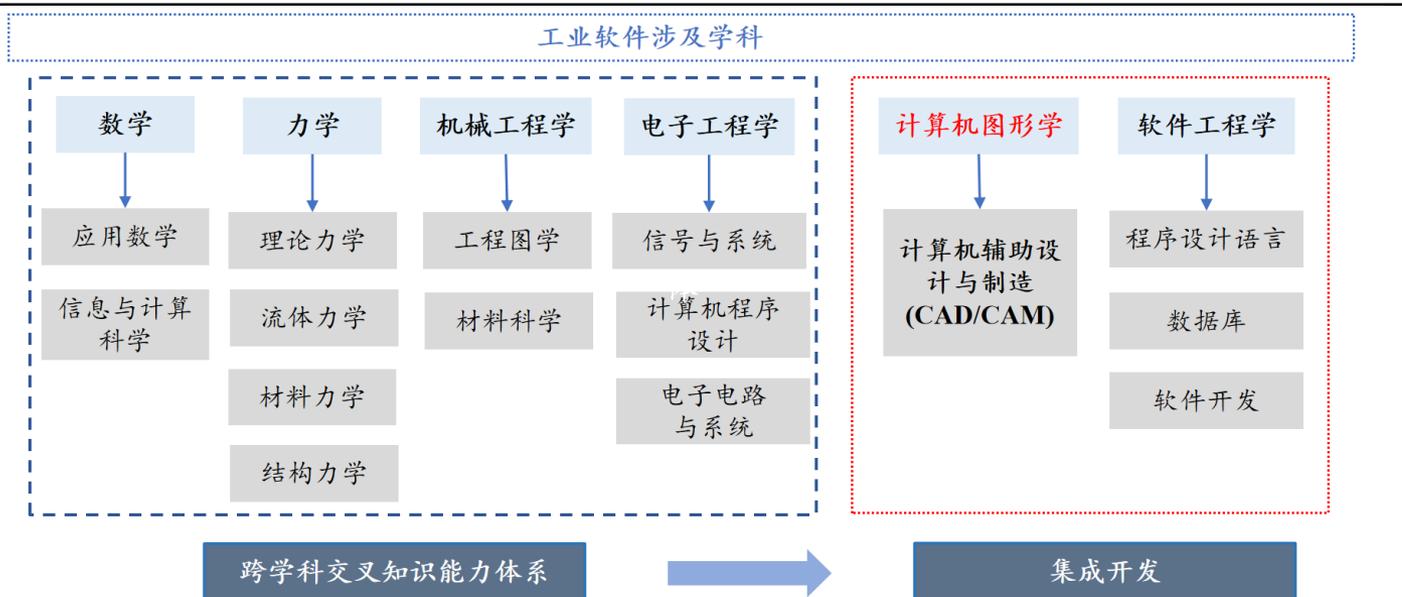
图：柏楚电子智能焊接流程与所用到的关键技术示意



3.4.2. 智能焊接模型：难点在于跨学科技术+数据积累

- **CAD/CAM/NC等工业软件具备高壁垒：**①**跨学科性：**工业软件是以数学为基础，贯穿了计算机科学、化学、力学、材料科学等诸多领域的交叉学科，因此开发难度大、流程复杂、对开发人员的专业知识要求高。②**数据积累：**工业软件的开发和迭代需要行业实际经验的数据支持，没有交互的工程用户反馈，任何工业软件都不可能发展起来。世界主流CAD公司都是脱胎于航空业，波音公司、达索公司，都给了那些CAD软件厂商足够的机会、充分的反馈，这才使得国外的CAD厂商逐渐壮大。
- **CAD/CAM/NC等工业软件试错+学习成本高，国内软件公司产品推广难度大。**工业软件内容丰富，操作复杂，这就使得其学习成本很高，其次工业应用场景要求工业软件具有很高的稳健性（robustness），而只有经过用户试用-反馈-bug修复的过程，才能使软件高效、稳定。新产品由于缺乏反馈再完善的过程，使用中更可能出现漏洞，影响开发、生产进程。由于高转换成本，工业软件的用户粘性很强。国外CAD/CAM长期占据市场优势地位（以CAD为例，国外产品在我国市占率达90%以上），已经深度嵌入用户使用场景。国产CAD/CAM即使成功开发出产品，也很难得到推广。在国产替代尚未得到重视时，国内厂商并没有换用国产软件的需求和意愿。

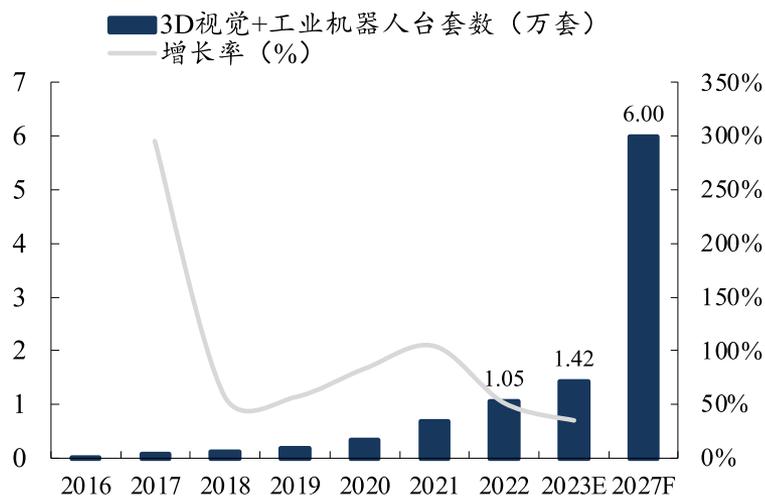
图：工业软件涉及学科广泛



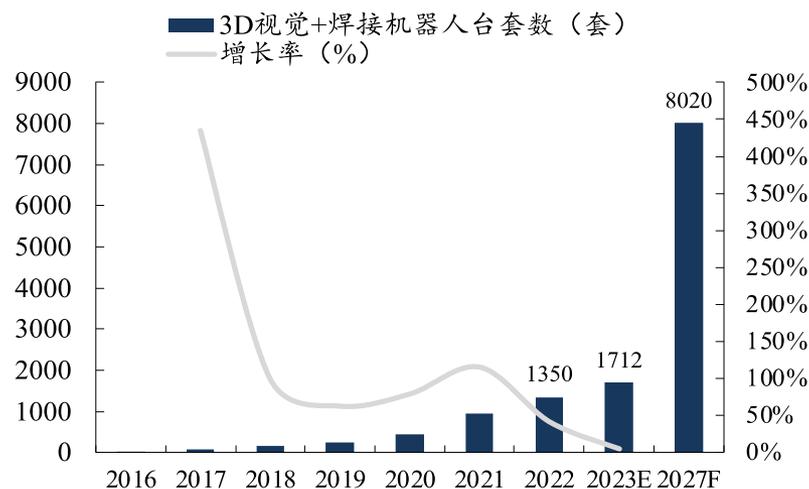
3.4.3. 3D视觉：以识别算法为核心，渗透率有望快速提升

- **3D视觉以识别算法为核心，帮助自主识别焊缝。** 由于焊接过程中存在着工装夹具误差、工件不一致、焊接过程中的热变形等问题，传统的焊接机器人无法感知这些外部变化，导致焊接作业中出现焊接轨迹偏差、焊接工艺参数和实际焊缝不匹配等情况，3D视觉的主要作用在于自主识别焊缝，识别之后将焊缝发给“大脑”，“大脑”进行分析和编程，自动生成焊接路径。
- **3D视觉给机器人装上“眼睛”，不仅提高了机器人焊接的精度和效率，还降低了对工件特征和编程的要求。** 3D视觉未来几年内将会以蓬勃之势不断发展和布局，市场规模也将不断增大。根据高工机器人预测，2027年我国装配3D视觉的工业机器人销量将达到6万台，2022-2027年CAGR达42%；2027年我国装配3D视觉的焊接机器人销量将达到8020台，2022-2027年CAGR达43%。
- **3D视觉以识别算法为核心，但国内3D工业视觉市场处于早期发展阶段，产业链尚不成熟，国内企业多为初创企业，3D视觉产业的不成熟也阻碍了焊接机器人智能化进程。**

图：2016-2027年中国3D视觉+工业机器人销量及预测
(单位：万套，%)



图：2016-2027年中国3D视觉+焊接机器人销量及预测
(单位：套，%)





- 一、我国焊工短缺困境突出，机器替人大势所趋

- 二、焊接机器人市场：钢结构和船舶行业有望带来大量需求增量

- 三、智能焊接机器人发展关键在于焊接系统与3D视觉

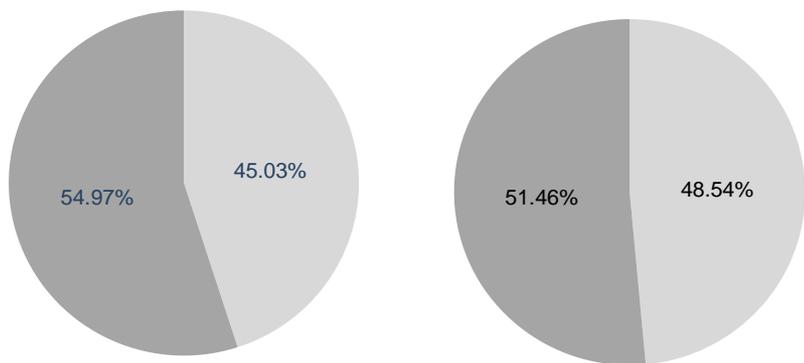
- 四、行业竞争格局和重点公司推荐

- 五、投资建议与风险提示

4.1. 市场竞争格局：国产厂商加速追赶

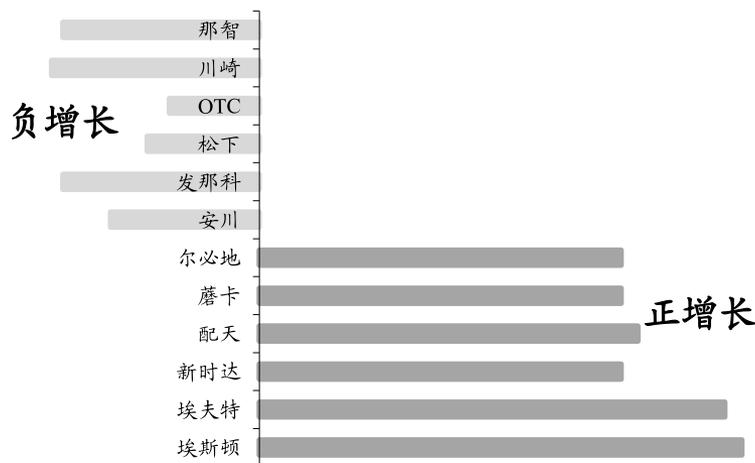
- 我国焊接机器人市场主要包括日系、欧系和国产品牌。日系品牌（发那科、安川、松下、OTC、那智不二越、川崎等）大多是从上游伺服电机、运动控制系统、焊机核心部件领域起家，再慢慢向焊接机器人整机拓展，具有全产业链的特点；欧系品牌（ABB、KUKA、COMAU、Cloos、IGM等）多是从通用机器人或集成业务向焊接机器人发展，具有终端应用经验丰富、产品完善等特点，但价格相对而言较为昂贵。
- 在技术进步、政府扶持力度、本土优势等多个因素的共同作用下，国产品牌加速追赶。国产焊接机器人如埃斯顿、埃夫特、凯尔达、配天等企业，通过钻研技术、切入细分行业、兼并收购、合资设立公司等方式发展迅速。2023年上半年国产厂商通过高性价比和及时响应的服务优势迅速切入下游客户，在行业下行的背景下，国产品牌焊接机器人销量实现逆势上涨，而同期外资品牌均有不同程度下跌。

图：2022-2023年中国市场弧焊机器人内外资占比及预测（按销量划分）



资料来源：柏楚电子公司官网，东吴证券研究所整理

图：2023H1中国市场主要焊接机器人厂商销量增长情况对比



资料来源：公司官网，东吴证券研究所整理

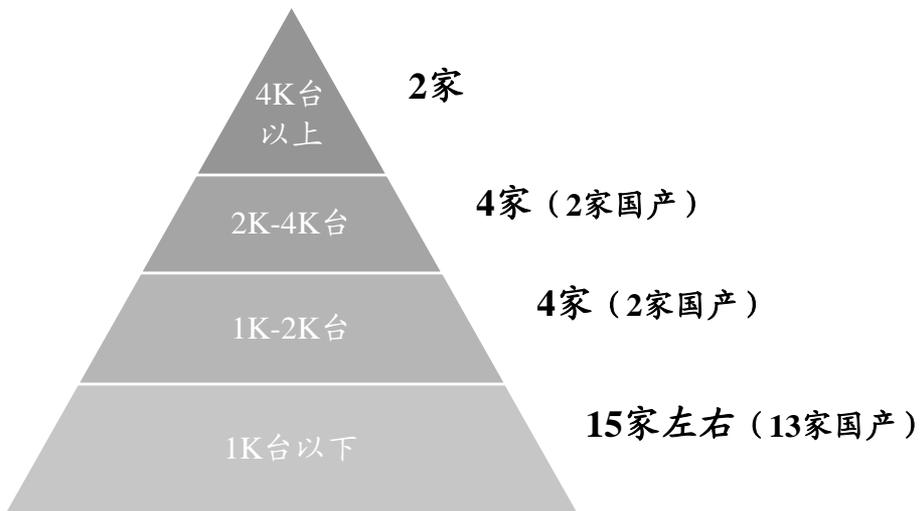
4.1. 市场竞争格局：国产厂商加速追赶

表：国产品牌快速追赶，弧焊领域内外资竞争加剧

品牌	主要厂商
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、卡诺普、磨卡、柴孚、钱江机器人、图灵机器人、华数机器人、埃夫特、配天机器人、新时达、尔必地、九众九、倍可机器人、凯尔达等

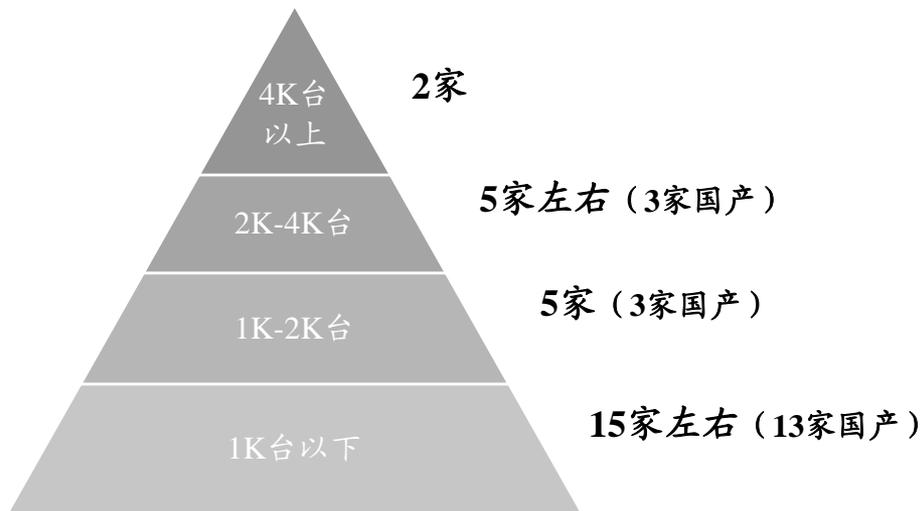
数据来源：高工机器人，东吴证券研究所整理

图：2022中国弧焊机器人企业年销量规模梯次分布



资料来源：高工机器人，东吴证券研究所整理

图：2023E中国弧焊机器人企业年销量规模梯次分布



资料来源：高工机器人，东吴证券研究所整理

4.2.1. 【柏楚电子】激光切割系统龙头，纵向切入焊接领域即将进入放量期

- 切割与焊接属于上下游工序关系，焊接为切割的下一道工序，柏楚电子作为激光切割系统的龙头，纵向拓展焊接领域技术，具备技术共通性和客户先发优势。
- 除焊接工艺之外，智能焊接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；技术方面，焊接与激光切割在 CAD 技术、CAM 技术、NC 技术、传感器技术和硬件设计等方面存在共通性。

表：切割控制系统和智能焊接控制系统存在共通性

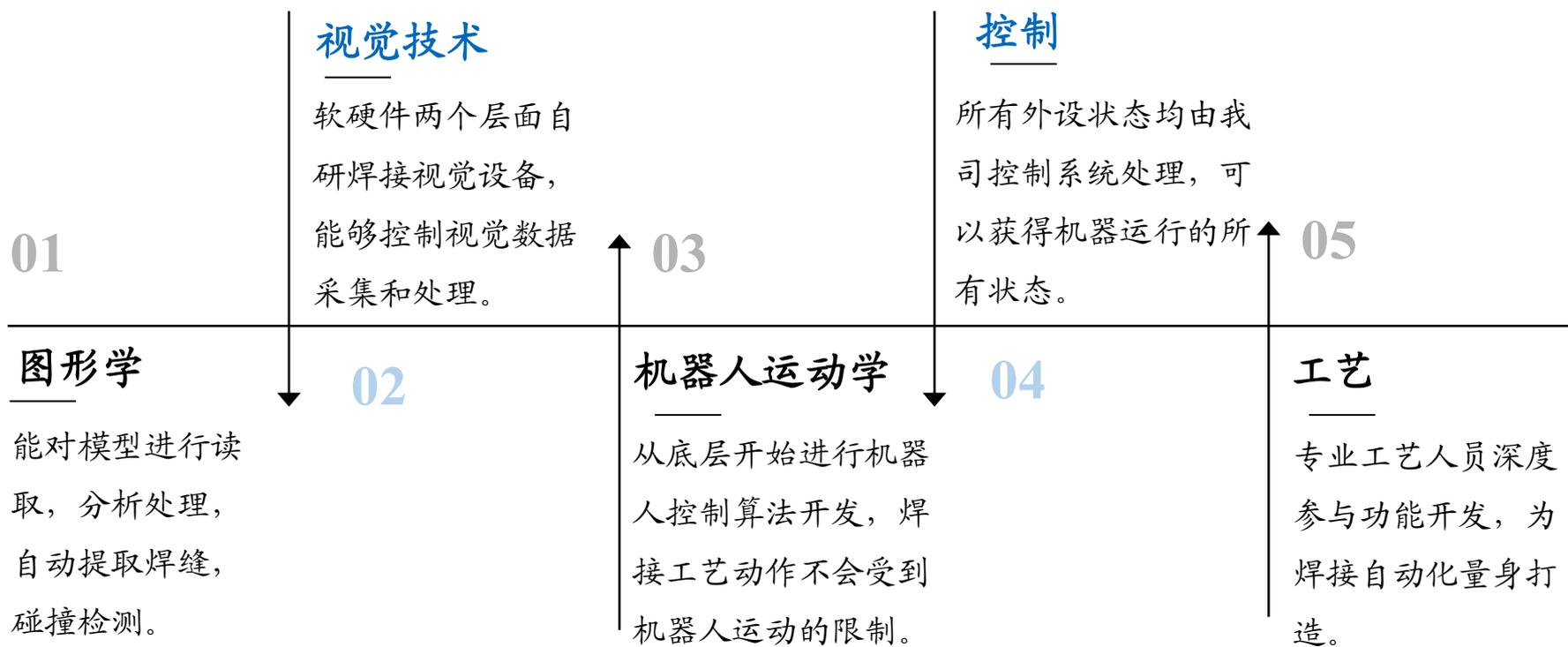
技术类型	对比	基本情况	共通性	差异点
工艺	激光切割控制系统	金属切割工艺	金属热加工	焊接工艺不同于切割工艺
	智能焊接控制系统	金属焊接工艺		
加工图形导入	激光切割控制系统	零件加工图纸排版	CAD技术:CAD核心模块、智能绘图模块技术	切割是2D排版，编辑焊缝是3D绘图
	智能焊接控制系统	在零件的3D模型上设置焊缝		
路径规划	激光切割控制系统	2-5轴路径规划，速度规划，切割头避障；难点在加工速度快，最快可达600mm/s	CAM技术:速度规划，避开障碍物	切割为2-5轴路径规划，焊接为6-9轴路径规划
	智能焊接控制系统	6-9轴路径规划，速度规划，机器人智能避障;难点在:6-9轴路径规划，机器人智能避障		
运动控制	激光切割控制系统	切割头的随动控制，振动抑制，龙门双驱的高速控制	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
	智能焊接控制系统	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		
传感技术	激光切割控制系统	电容测距、2D视觉识别	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 焊接主要为激光扫描视觉传感
	智能焊接控制系统	3D视觉传感器、焊缝跟踪传感器(即:线激光扫描视觉传感器)		
硬件设计技术	激光切割控制系统	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	基本一致	无
	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		

数据来源：柏楚电子公告，东吴证券研究所

4.2.1. 【柏楚电子】激光切割系统龙头，纵向切入焊接领域即将进入放量期

- 柏楚电子公司产品由五大能力组成，分别是图形学、视觉技术、机器人运动学、控制和工艺。五大能力使得公司能针对客户使用场景、针对焊接需要，快速响应需求。
- 柏楚电子公司也充分运用公司的核心技术，即计算机图形学（CAD）、计算机辅助制造（CAM）、数字控制（NC）、传感器和硬件技术五大方面，不断提高自主研发智能焊接技术，用技术创新驱动智能焊接机器人行业的发展。

图：柏楚电子公司产品的五大能力

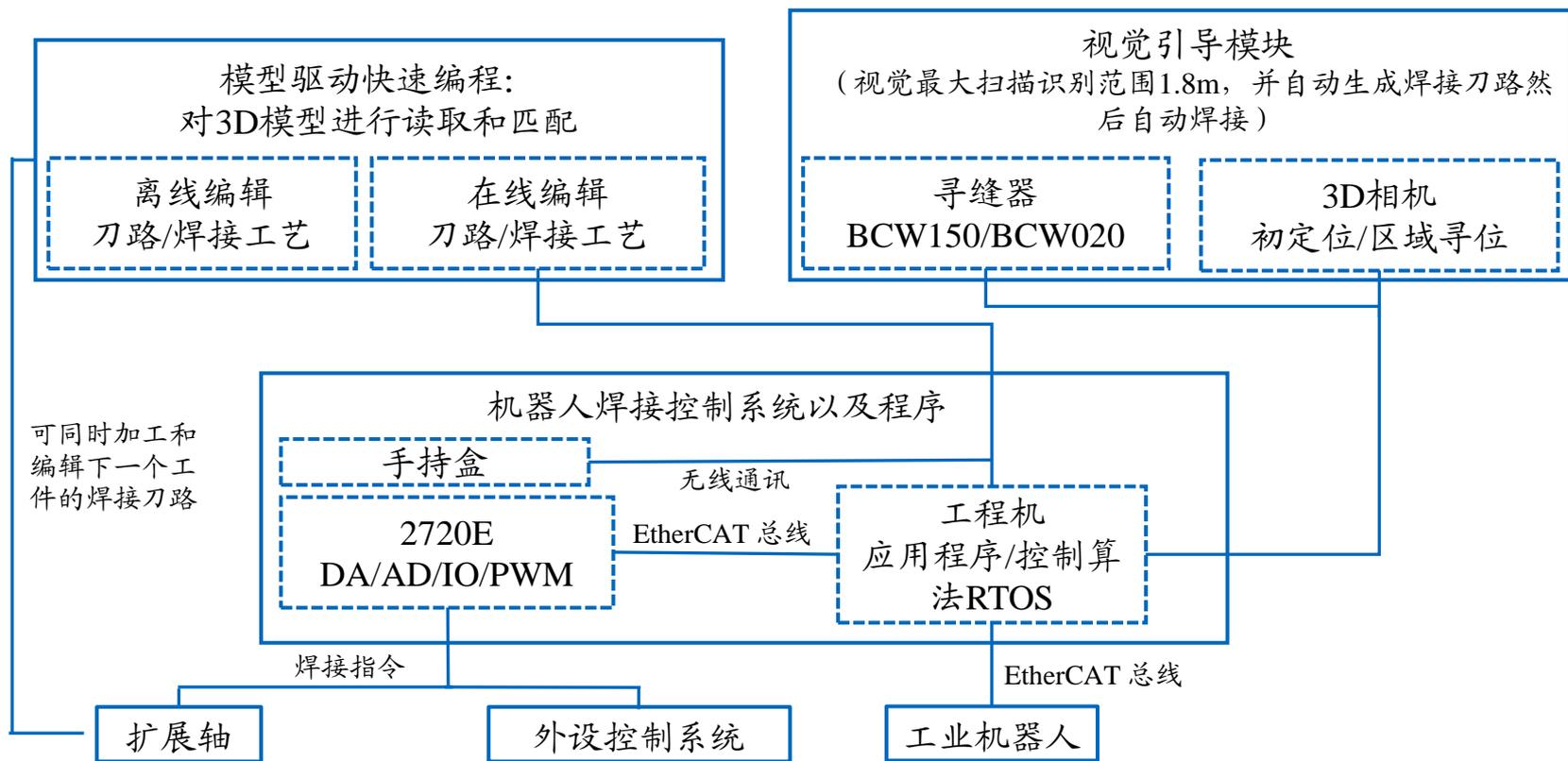


数据来源：高工焊接机器人大会，东吴证券研究所

4.2.1. 【柏楚电子】激光切割系统龙头，纵向切入焊接领域即将进入放量期

- 公司针对目前智能焊接方案的痛点研发出了眼脑合一的智能焊接方案：通过智能焊接软件，对设计3D立体模型进行离线或在线编辑，甚至可以做到同一条设备一边在加工，另一边在编辑下一个工件的焊接刀路。通过视觉定位系统，自动识别工件，并为寻缝器定位第一条焊缝起点，这一步减少了人工定位起点调试的步骤，提升自动化程度，最后就是通过焊接控制系统和程序执行焊接指令，实现智能焊接，提升自动化程度，提高生产效率。

图：柏楚电子智能焊接方案流程图



4.2.1. 【柏楚电子】激光切割系统龙头，纵向切入焊接领域即将进入放量期

- 公司与多个钢结构企业达成合作，有望受益于免示教智能焊接机器人1-10放量。公司智能焊接机器人及控制系统产业化项目规划研发和生产的的产品分别为：智能焊接离线编程软件、智能焊缝跟踪系统、智能焊接控制系统、工件定位系统、焊接变位机以及智能焊接机器人工作站，六大类产品共同构成一套完整的智能焊接机器人解决方案。在公司定增项目达产后，将实现年产3000台智能焊接机器人的产能。根据公告，公司已分别与鸿路钢构、江苏宏宇、江苏八方钢构、中建钢构江苏有限公司达成合作或签署购买协议，有望充分受益于免示教智能焊接方案成熟并进入放量阶段。

表：公司智能焊接业务产能规划

具体产品	功能	必备/可选	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

数据来源：柏楚电子公告，东吴证券研究所

风险提示：募投项目进度不及预期；下游需求不及预期

4.2.2. 【埃斯顿】全球焊接领域隐形冠军，焊接技术领先

- 2019年8月22日，埃斯顿公司为进一步拓展机器人业务在下游领域的应用，公司与大股东以现金方式出资1.96亿欧元收购德国CLOOS 100%的股权，2020年4月29日CLOOS正式完成过户，标志着公司在焊接机器人领域走向新纪元。且对比美的收购库卡48倍PE，利大智能收购冠致自动化24倍PE，公司收购CLOOS的16倍PE相对较低。
- 在过去的几年里，埃斯顿曾多次出手收购国际先进技术企业，海外业务营收也一路走高。本次重大资产重组，由最初的发行股份方案变更为现金收购，对此埃斯顿方面解释称，交易方案的调整有利于缩短CLOOS公司并入上市公司的进程，加速双方的融合，协调双方优势资源，实现CLOOS与公司的协同发展，进一步落实公司“双核双轮驱动”、机器人产业国际化的发展战略。

表：收购案例对比

收购方	收购标的	收购估值	收购PE	业务协同
美的集团	库卡	308亿元	48	1、美的消费电器产业生产自动化改造 2、库卡子公司Swissing与美的
利大集团	冠致自动化	8亿元	24	扩大业务工业自动化模块
埃斯顿	CLOOS	15.5亿元	16	进军机器人激光焊接，激光3D打印，整车市场，协同拓展薄板中高端焊接机器人市场；获得CLOOS在全国的50多家销售和服务中心。 协助公司全球化

数据来源：各公司官网，东吴证券研究所（汇率为1人民币=0.13欧元）

4.2.2. 【埃斯顿】全球焊接领域隐形冠军，焊接技术领先

- 经历百年发展，CLOOS是全球弧焊龙头。CLOOS成立于1919年德国，成立之初专注于焊枪、切割枪等气焊配件的生产与制造。20世纪70年代，CLOOS首先将机器人应用于自动化焊接，并于80年代初推出首款焊接机器人ROMAT。90年代后，CLOOS不断在先进焊接工艺的创新道路上进行探索，先后推出双丝焊、激光复合焊等高效焊接技术。历经百年CLOOS已经成为创新焊接技术的定义者，产品遍布全球40多个国家，助力数以万计的企业实现高效生产，全球弧焊龙头地位已成。

表：CLOOS百年发展历程

时间	发展历程
1919	成立伊始，专注焊接市场
1948	一战、二战，CLOOS抓住战后基础设施建设复兴的步伐，实现产业延续
1956	全球首秀无间断送丝技术
1958	全球首发机器人焊接电源
1968	首发脉冲焊接实现电弧完美控制
80年代初	进军工业机器人领域
1996	双丝焊接技术，至今领先全球
2004	激光复合加工焊接技术推向市场
2019	CLOOS与埃斯顿携手，强强联合，迈向新纪元

数据来源：CLOOS官网，东吴证券研究所

4.2.2. 【埃斯顿】全球焊接领域隐形冠军，焊接技术领先

- **CLOOS的龙头地位来源于超高的焊接技术壁垒：**
 - ① **零部件自产：**CLOOS已实现控制系统、焊接电源，送丝机、焊枪、机器人等核心零部件的自主生产，有效实现降本增效。
 - ② **先进的焊接工艺：**例如双丝焊、深熔焊等，CLOOS在90年代研发的双丝焊接技术，至今仍领先全球；例如深熔焊，CLOOS于2006年研发出深熔焊技术，目前已进入专题深度研究阶段，而国内同行刚刚开始研发。
 - ③ **提供全方位技术解决方案：**CLOOS凭借其先进的焊接技术与丰富的焊接经验，可以为客户提供全方位综合技术解决方案，真正能够做到机器换人。

表：CLOOS五大焊接工艺

工艺种类	采用技术	工作原理	应用范围	优势
深熔焊	高强喷射电弧工艺	采用高度收缩的喷射电弧加上高速送丝实现了大熔深与高熔敷率	较厚的普通结构钢、高强度焊接	高熔深、低飞溅、弧长控制和动态控制好
双丝焊	双焊丝结合、脉冲同步工艺	采用将两根焊丝相结合的复合工艺，将两条彼此绝缘的电弧共同作用于一个熔池	间隙较大的焊接、斜角的焊接	最佳焊接效果、集成便利
动态焊接	脉冲焊和焊丝缓冲工艺	脉冲焊和焊丝缓冲功结合，频率180赫兹的送丝和回抽	应用面广，高端汽车领域应用较多	稳定性高、不需要后续处理
精细控制焊	MIG/MAG短弧工艺	使用数字化焊接电源完成超精细电流控制，达到热影响区小、无飞溅的效果	适用于混合气体和二氧化碳的焊接应用，以及电动车、自行车、模焊等薄板精细焊接。	可控性强、工作变形率小、飞溅极低、不需要后续处理
激光复合焊	激光焊接和MIG技术	焊枪向焊缝发射高能量、高聚拢的激光，使材料升温产生小孔，激光直射孔底，接着MIG技术利用熔融金属填充小孔，形成结构均匀的完美焊缝。	适用于狭长笔直的焊缝、板材、热敏性高的材料的焊接	熔深大、热输出小、焊缝深度大、焊接速度最大

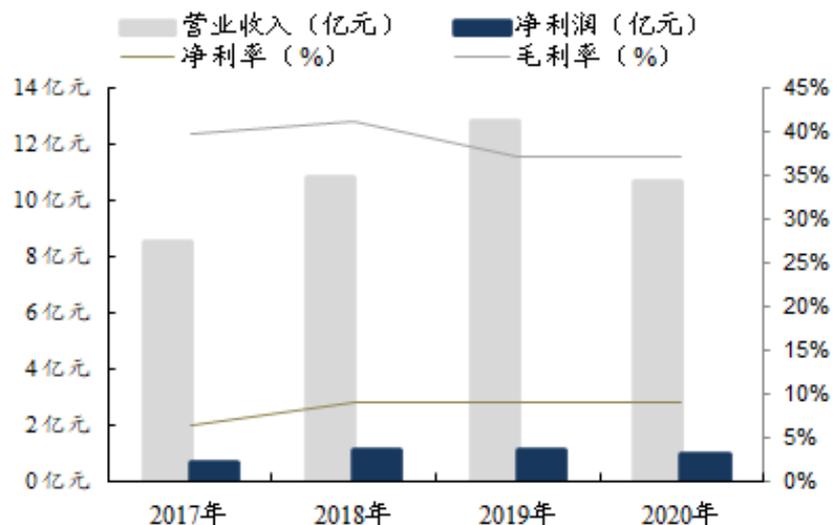
4.2.2. 【埃斯顿】全球焊接领域隐形冠军，焊接技术领先

- **收购CLOOS强强联手，协同效应助力迈向焊接新纪元。** 并购前，CLOOS的业务范围主要集中于中厚板弧焊市场，主要面向工程机械，煤矿机械，轨道交通，船舶、特殊管道等重工业领域，技术难度大，产品附加值较高。并购后，埃斯顿将利用本土渠道和销售渠道帮助CLOOS在中低端领域提升市占率。
- **短期来看，埃斯顿收购CLOOS协同效应已显：** CLOOS国内出货量由2019年的1026台提升至2020年的1700台，同比+66%。而2021年以来，CLOOS（中国）又接连收获头部客户超大订单，助力业绩增长。
- **长期来看，焊接自动化趋势明显+强强联手补足中薄板短板：** 埃斯顿有望凭借技术、产业链、资金等多重优势，有望快速提升在国内焊接机器人市场的份额，达成工业机器人的“两万台”战略目标，进而实现规模效应提升盈利水平。

表：CLOOS下游主要客户与合作产品

客户	合作产品
郑煤机	煤矿机械
宇通客车	大巴车
中车集团	高铁
安徽合力	叉车
特变电工	变压器邮箱
北方股份	矿用卡车
徐工集团	挖机

图：CLOOS历史业绩（汇率为1人民币=0.13欧元）



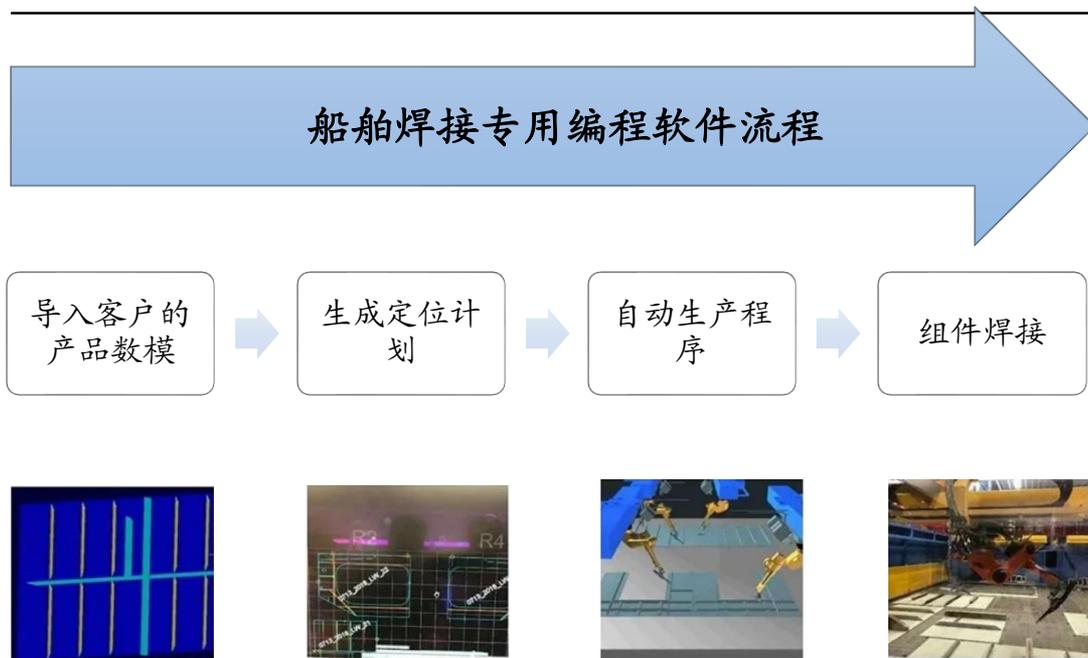
4.2.2. 【埃斯顿】全球焊接领域隐形冠军，焊接技术领先

- CLOOS开发出船舶行业专用焊接软件，有望在船舶焊接领域取得领先优势。船舶领域有较多复杂型工件，面临超高的焊接难度。为此公司开发出QIROX快速焊接编程软件和即时机器人编程系统IRPS实现自主焊接，焊接效率提升60%，轻松完成小批量、多品类工件的自动焊接工作。此外，公司选用CLOOS全球领先的王牌焊接工艺——双丝复合焊应用于船舶焊接，该工艺一次成型且焊接质量极高，能够单面焊接、双面成型，满足工件对刚性、密闭性的严苛要求。
- 同时，根据公司公告，埃斯顿与CLOOS在鸿路钢构的招标中已经中标，钢构行业将成为埃斯顿/CLOOS焊接机器人下一步重点发展的应用行业之一。

图：CLOOS船舶工业焊接软件



图：CLOOS船舶焊接专用编程软件流程



数据来源：CLOOS公众号，东吴证券研究所

数据来源：CLOOS公众号，东吴证券研究所

风险提示：下游需求不及预期；行业竞争格局恶化

4.2.3. 【埃夫特】与安徽工布合作，携手进入智能焊接行业

- 埃夫特参股安徽工布，携手进入钢结构智能焊接行业。2018年埃夫特参股安徽工布，双方就钢结构制造细分领域展开技术研发、市场布局、产品升级、资金支持全方位的紧密合作。工布智造成立于2017年7月，是国内钢结构行业目前唯一的自动化与信息化技术应用系统、产品与解决方案供应商，历经五年的沉淀与积累，成功研发金属结构智能操作系统，并于2020年装机应用投放市场，技术水平处于行业领先地位。二者合作模式为埃夫特提供机器人本体，工布提供焊接软件系统和定制化解决方案。

表：埃夫特与工布在非标钢结构中的合作方案（包含2套焊接机器人+2套焊接电源+2套视觉系统+6米行走轴）

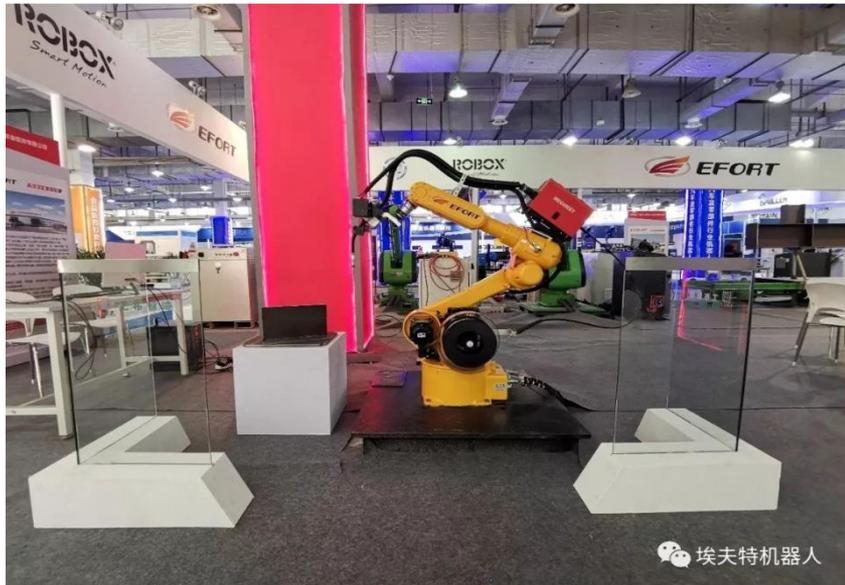
序号	名称	规格型号	单位	品牌	数量	单位（元）	总价（元）	备注
1	工业机器人	ER10L-C60	台	埃夫特	2	110,000	220,000	1、六轴工业机器人，最大负载10Kg，重复定位精度±0.06mm，臂展2022mm，示教器线缆10m，电柜到本体线缆8m，16输入16输出，电源电压AC220V。 2、焊接功能包括起始点寻味、电弧跟踪、防碰撞传感器。
	焊接电源	PM500F		麦格米特		38,000	76,000	
	水冷焊枪			国产				
2	水箱		套	国产	2			
	清枪站			国产				
3	视觉系统			安徽工布	2	25,000	50,000	
4	行走轴			安徽工布	1	80,000	80,000	
5	运费			/	1	10,000	10,000	
6	服务			安徽工布	2	20,000	40,000	安装、调试、培训
							共计	476,000

数据来源：工布智造公众号，东吴证券研究所

4.2.3. 【埃夫特】与安徽工布合作，携手进入智能焊接行业

- 埃夫特与工布合作强强联合，充分发挥双方优势：
- ①工布在钢结构焊接系统领域积累多项核心技术，处于行业领先地位：①智能焊接系统直接从Xsteel等各类设计软件中提取钢结构产品的各项参数并形成焊缝轨迹；②自主生成机器人运动轨迹和匹配焊接工艺参数，一键启动运行；③使用相机识别和激光定位技术，解决钢结构在拼装过程中的偏差以及钢板不平整等问题，满足精准定位焊接的要求。
- ②工布智造客户多为船舶、钢结构行业客户：钢结构客户公司包括中建、中铁、中铁建、中交等；船舶客户公司包括芜湖造船厂、扬州宝桥厂、韩通船舶重工、中建钢构等，客户拓展优势显著。
- ③埃夫特本体即将突破万台关口，规模优势显现。埃夫特2023年1-9月工业机器人出货量达9567台，同比增长118%，全年有望突破万台关口，已跻身国内头部企业行列，在品牌、渠道、销售等方面具备优势，助推智能焊接机器人的推广与应用。

图：智能焊接系统SmartWeld人机交互版



图片来源：埃夫特机器人公众号

图：智能焊接系统SmartWeld模型驱动版



图片来源：埃夫特机器人公众号

风险提示：下游需求不及预期；行业竞争格局恶化

4.2.4. 【中集飞秒】与CLOOS合作，强强联合进军钢结构智能焊接

- 中集飞秒携手CLOOS进军智能焊接，呈现焊接数字化完整解决方案。“中集飞秒”为中集集团旗下智能机器人子公司，与国内高校硕博团队建立协同开发关系，掌握工业软件、算法的核心知识产权，致力于智能传感器、MEMS微结构光相机硬件、机器人工业仿真软件内核及模块开发。2023年11月，克鲁斯机器人和中集飞秒共同研发地轨型正装智能焊接工作站，搭配大视野线扫、3D视觉传感器及智能焊接系统，实现精准定位、免模型免编程免示教、自动化焊接，针对性解决钢结构小批量多种类焊接工件、节点形式复杂多样等焊接难题。
- 中集飞秒与鸿路钢构达成战略合作，深耕钢结构智能焊接。鸿路钢构为国内钢结构龙头，2022年以来大规模采购激光切割机、智能焊接机器人，其智能化产线改造加速推进中。2023年8月，鸿路钢构发布500套角焊缝免示教机器人焊接工作站招标公告，对机器人的智能化免示教功能提出了较高的要求；随后中集飞秒顺利中标并签署战略合作协议，双方将围绕钢结构制造行业数字化、智能化升级开展合作。2023年9月，中集飞秒第一批智能焊接机器人已经交付至鸿路钢构安徽涡阳基地。
- 风险提示：下游需求不及预期；行业竞争格局恶化

图：中集飞秒+CLOOS联合推出免编程焊接工作站





- 一、我国焊工短缺困境突出，机器替人大势所趋

- 二、焊接机器人市场：钢结构和船舶行业有望带来大量需求增量

- 三、智能焊接机器人发展关键在于焊接系统与3D视觉

- 四、行业竞争格局和重点公司推荐

- 五、投资建议与风险提示

- **投资建议：**免示教智能焊接无需人工编程和示教，通过传感器识别、离线/在线编程适应非标准化、小批量、复杂的工件焊接，解决了钢结构、船舶等行业非标准化焊接的痛点，有望打开焊接机器人市场空间。鸿路钢构大规模招标已经印证免示教焊接机器人产品成熟，行业进入1-10放量阶段，相关企业将充分受益。推荐掌握智能焊接系统底层技术的【柏楚电子】、焊接机器人领域隐形冠军【埃斯顿】，建议关注即将突破万台关口的【埃夫特】以及与CLOOS深度合作的【中集飞秒】（未上市）。

表：智能焊接机器人标的估值表（市值及收盘价截至2023/12/8）

证券代码	证券简称	市值 (亿元)	收盘价 (元)	归母净利润(亿元)				PE			
				2022A	2023E	2024E	2025E	2022A	2023E	2024E	2025E
688188.SH	柏楚电子	359	246	4.8	7.26	10.40	13.77	75	49	35	26
002747.SZ	埃斯顿	159	18	1.7	2.26	4.27	6.61	95	70	37	24
688165.SH	埃夫特-U	56	11	-1.7	-	-	-	-	-	-	-

数据来源：Wind，东吴证券研究所（柏楚电子、埃斯顿盈利预测来自于东吴证券研究所）

- 1.智能焊接机器人推广不及预期:** 下游客户产线智能化需大量资金, 智能化升级可能对下游客户产生较大的财务压力, 可能造成推广时间推迟风险。
- 2.智能焊接机器人研发不及预期:** 目前智能焊接机器人产业处于刚起步阶段, 尚未大规模推广, 若研发和技术发展不及预期, 可能出现机器人性价比低, 焊接效果不及人工的风险。
- 3.市场竞争加剧风险:** 智能焊接机器人是未来焊接行业发展主流方向, 已有不少企业布局, 未来可能会出现市场竞争加剧导致企业盈利不及预期风险。

● 免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。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。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中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投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

投资评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）），具体如下：

公司投资评级：

- 买入：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在15%以上；
- 增持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于5%与15%之间；
- 中性：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-5%与5%之间；
- 减持：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准介于-15%与-5%之间；
- 卖出：预期未来6个月个股涨跌幅相对基准在-15%以下。

行业投资评级：

- 增持：预期未来6个月内，行业指数相对强于基准5%以上；
- 中性：预期未来6个月内，行业指数相对基准-5%与5%；
- 减持：预期未来6个月内，行业指数相对弱于基准5%以上。

东吴证券研究所
苏州工业园区星阳街5号
邮政编码：215021
传真：（0512）62938527
公司网址：
<http://www.dwzq.com.cn>

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券 财富家园