

客车焊装线工人技能适配智能转型策略

戚红祥

昆明客车制造有限公司 云南昆明 650100

摘要：随着工业4.0技术在客车焊装领域的深度渗透，传统焊装工人的技能结构面临重构。智能化转型对工人技能需求的三大转变：从“体力劳动型”向“技术操控型”升级，从“单一技能”向“复合能力”拓展，从“经验决策”向“数据驱动”转型。研究提出“三维适配模型”，即通过技能培训体系重构、人机协作机制优化、组织管理模式创新，实现焊装工人技能与智能产线的动态匹配，为制造业智能化转型中的人力资源优化提供理论支撑。

关键词：客车焊装；技能需求；智能化转型

焊装车间是汽车工厂很重要的组成部分，很大程度上影响着汽车的产品质量，虽然不同车型生产工艺不同，但基本工艺类似^[1]。焊装线工人的智能化转型，必须依赖于一套系统性的解决方案，以确保“技术-人-组织”三者之间能够实现协同进化。这一转型过程不仅涉及技术的升级和优化，还包括对工人技能的全面提升以及组织管理模式创新。

一、客车行业焊装线发展现状

（一）智能化技术全面渗透

机器人焊接系统凭借其卓越的性能和稳定性，已然成为焊装生产线上的核心装备，发挥着至关重要的作用。该系统通过高精度的传感器和先进的控制算法，能够将焊接误差严格控制在2毫米以内，确保了焊接质量的极致精准。与此同时，其焊接合格率高达99%以上，几乎杜绝了不合格产品的产生，极大地提升了生产线的整体品质^[2]。

（二）柔性化生产能力显著提升

国内企业通过工艺创新与装备升级，突破了多车型混流生产瓶颈。郑州多元智能为五菱新能源打造的白车身焊装线，采用opengate柔性切换系统，支持多车型快速切换，生产节拍缩短至3分钟/台。福田P4车架焊装线则通过机器人弧焊反变形技术，实现车架纵梁等复杂结构的高精度焊接，满足新能源与传统能源车型共线生产需求^[3]。

（三）材料轻量化推动技术升级

铝合金车身的普及对焊装工艺提出更高要求。宇通客车通过激光-MIG复合焊技术，将铝合金焊接热输入量

降低40%，变形量减少47%，车身重量减轻35%。企业通过引入视觉引导系统、自动涂胶设备等，实现了轻量化材料与异种金属连接的工艺突破。

（四）产业链协同与本土化突破

国内焊装线设备供应商已形成完整技术体系。天永智能、瑞松科技等企业通过自主研发，掌握了机器人焊接、数字化工厂等核心技术，产品成功应用于比亚迪、宇通等主机厂，并出口至泰国、美国等市场。2023年国内汽车焊装设备市场规模达360.5亿元，其中客车产线改造占比超40%，本土企业市场份额已突破60%，逐步打破外资垄断格局。

二、客车行业焊装线智能化转型对工人技能需求的三大转变

（一）从“体力劳动型”向“技术操控型”升级

智能化改造使焊装线操作从高强度体力劳动转向设备操控与技术维护。传统焊接工位人工占比从65%降至20%以下，机器人替代率达80%（如宇通某焊装线改造数据）。工人需掌握工业机器人编程。

（二）从“单一技能”向“复合能力”拓展

智能产线要求工人兼具机械、电气、编程等跨领域能力。以铝合金激光焊工艺为例，工人需掌握激光设备操作，如IPG激光器参数设置、视觉检测系统校准及MES系统数据录入。某客车企业构建“技能矩阵”显示，复合能力达标率从2018年的38%提升至2024年的75%，但仍有25%的岗位存在“机械维护+数据分析”能力缺口。企业通过“1+X”证书制度，如焊接操作工+工业机器人操作员，推动技能复合化，培训周期从6个月缩短至3个月。

（三）从“经验决策”向“数据驱动”转型

生产决策从依赖工人经验转向基于实时数据的分

作者简介：戚红祥，1993年3月，男，彝族，云南弥勒，助理工程师，本科，研究方向：机电工程。

析。焊装线部署的物联网平台（如宇通安睿通系统）实时采集焊接电流、电压等50+参数，工人需通过看板系统（如西门子WinCC）分析设备OEE（综合效率），并依据AI预测模型调整生产节奏^[4]。

三、客车焊装线工人智能化转型的挑战

（一）技能培训体系滞后

培训内容与生产实际需求严重脱节。当前，职业院校的课程设置仍然主要侧重于传统的焊接技术教学，而对于智能装备操作，例如ABB机器人的编程技术，以及数字孪生系统的实际应用等前沿技术内容，其所占课程比例却明显偏低，不足总课程量的15%。

企业对于员工培训的投入严重不足。在客车行业中，每年用于员工培训的经费仅占企业工资总额的1.2%，这一比例明显低于制造业的平均水平2.1%。这种培训投入的不足，直接影响了员工技能的提升，进而制约了企业生产效率和产品质量的提高。

（二）人机协作安全风险加剧

事故率提升2.3倍。在智能装备与工人混合作业的复杂场景中，由于人机交互的不确定性和操作环节的复杂性，误操作的风险显著增加，导致事故发生的概率大幅提升。这种情况下，智能装备的高效性与人工操作的灵活性未能有效结合，反而增加了作业过程中的安全隐患，使得事故率相较于单一作业模式提升了2.3倍，亟需采取有效措施加以防范和改进。

焊装工人应急处置能力不足。突发故障时，仅48%的工人能正确执行机器人急停、手动模式切换等操作，导致故障恢复时间延长70%。

（三）数据安全与隐私保护挑战

敏感数据泄漏风险。焊接参数、工艺图纸等核心数据通过工业网络传输，某企业曾因未加密的机器人控制协议被攻击，导致生产线瘫痪48小时。

个人信息采集争议。智能摄像头、手环等设备实时监测工人操作行为，63%的工人担忧生物特征数据被滥用。

（四）代际认知差异与文化冲突

数字鸿沟显著。45岁以上工人智能手机使用率仅68%，远低于青年工人97%，导致智能培训系统（如VR焊接模拟）接受度低。

传统经验依赖。老员工对AI工艺优化建议采纳率不足30%，某企业因拒绝机器人参数优化导致焊接缺陷率反弹15%。

组织文化冲突。智能化强调标准化与效率，与传统“师徒制”经验传承模式产生矛盾，某车间因技能评价体系变革引发群体性劳资纠纷。

（五）组织管理模式转型阵痛

岗位权责模糊。人机协作场景中，设备维护、质量责任等边界不清晰，某焊装线因机器人程序错误导致产品报废，责任认定耗时2周。

晋升通道受阻。智能化减少了技术工人向管理岗位晋升的传统路径，青年工人职业发展空间压缩，离职率较转型前上升22%。

四、客车焊装线工人智能化转型的解决对策

（一）构建“三阶递进”技能培训体系

1. 模块化课程开发

开发针对工业机器人操作的标准化课程，涵盖诸如ABB机器人编程等核心技能，同时还包括MES系统应用的深入教学。为了进一步提升培训效果和效率，我们创新性地引入了VR仿真技术，通过虚拟现实环境的沉浸式体验，使学员能够在高度仿真的操作环境中进行实践演练，从而显著提高培训的实效性和学习效率^[5]。

设置数字孪生调试、AI工艺优化等进阶课程，与高校共建“智能焊接微专业”，培养复合技能人才，从而为客车产业发展注入强劲动力。

针对45岁以上工人推出“经验数字化”计划，将传统焊接经验转化为AI训练数据，成功提取了超过1200项工艺参数的优化规则。这些规则不仅涵盖了焊接过程中的各个环节，还包含了诸多细节上的改进建议，为提升焊接质量和效率提供了强有力的数据支撑。

2. 校企协同育人机制

推行“双导师制”。企业导师主要承担实践操作方面的指导工作，通过实际工作场景的模拟和实操训练，帮助学生掌握专业技能；而高校导师则专注于理论学习的引导，系统讲授专业知识，夯实学生的理论基础。

共建实训基地。建设一个集创新与实用于一体的“智能焊装产教融合中心”，该中心将全面配备包括数字孪生工厂在内的前沿技术设施，以及基于5G技术的全连接生产线等高端设备。数字孪生工厂能够实时模拟和优化生产过程，提升教学与实训的精准度和效率；而5G全连接生产线则确保数据传输的高速与稳定，为产教融合提供强有力的技术支撑，从而打造出高效、智能的现代化教育与实践平台。

3. 动态技能认证体系

制定《智能焊装工人能力标准》，该标准全面涵盖了多个关键能力维度，包括但不限于机器人操作技能（细分为初级L1级、中级L2级以及高级L3级），以及数据分析能力（分为基础L1级和进阶L2级）等多个方面，旨在系统性地提升智能焊装工人的综合素质和专业技能水平。

实施“技能银行”制度。焊装工人通过参与各类培训所取得的成果，可以按照一定的标准兑换成相应的学分。这些学分不仅能够用于焊装工人的学历提升，还能够作为岗位晋升的重要依据，为他们在职场上的发展提供强有力的支持。

（二）创新人机协作安全管理模式

1. 风险分级管控系统

开发一套名为“红橙黄蓝”的四色预警系统，该系统通过集成先进的力控传感器技术和高精度的3D视觉监控设备，能够实时、动态地监测人机之间的距离。力控传感器负责精确捕捉机械臂或其他设备的运动状态，而3D视觉监控则提供全方位的视觉数据支持，两者协同工作，确保系统能够在不同工作场景下，准确判断人机距离的变化，并根据预设的安全阈值，及时发出红、橙、黄、蓝四色预警信号，从而有效预防潜在的安全风险，保障作业人员的安全。

建立机器人“软停止”机制。当工人进入危险区域时，机器人自动减速而非急停，减少生产中断损失30%。

2. 认知负荷优化设计

采用“信息过滤+优先级排序”技术，将MES系统数据从50余项精简为12项关键指标，工人信息处理效率提升40%。

开发AR辅助眼镜，实时显示机器人状态、工艺参数等信息，降低低头操作频率55%。

3. 应急处置能力提升

构建“故障树+知识库”应急系统，集成1000余项故障案例，工人可通过语音交互快速获取解决方案。

实施“每月无脚本演练”，模拟机器人失控、网络攻击等场景，来检验和锻炼焊装工人的应急处理能力。通过这种高频次、高仿真的演练，能显著提升应对突发事件的效率和效果。

（三）完善数据安全与隐私保护机制

1. 工业数据分级防护

将焊接参数、工艺图纸等核心数据列为一级保护对象，采用国密算法加密传输，某企业因此避免了一起潜在的数据泄露事件。建立“数据沙箱”环境，供工人进行AI训练与工艺优化，确保生产数据不泄露。

2. 个人信息合规管理

引入先进的区块链技术，实现生物特征数据的分布式存储机制，有效地将数据被滥用的风险大幅降低，提升数据安全性和企业信誉。严格遵循“最小必要”的数据采集原则，并且在采集数据过程中，必须获得工人的明确授权和同意，充分尊重和保护员工的个人隐私。

（四）推动组织管理模式重构

为了更好地适应智能化和数字化的发展趋势，设立“人机协作工程师”和“数据分析师”等一系列全新的岗位。这些岗位的增设旨在充分利用人工智能和大数据技术的优势，优化工作流程，提升工作效率。

实施“技能积分制”管理策略。具体而言，将员工在培训过程中所取得的成果、在工作实践中所展现的创新贡献以及其他相关技能提升等因素，进行系统化的量化评估，并将其转化为相应的积分。这些积分将作为重要参考依据，广泛应用于员工的岗位竞聘和薪酬分配环节，从而激励员工不断提升自身技能和创新能力，促进企业整体竞争力的提升。

（五）强化政策支持

申请智能制造专项补贴，这笔资金将主要用于两大方面：一是对现有工人进行全面的智能技能培训，提升其操作智能化设备的能力；二是对企业现有的生产设备进行升级改造，引入更先进的智能制造技术，以提高生产效率和产品质量。政府要对那些主动开展智能技能培训的企业实施税收减免政策。这一政策的实施，不仅有助于企业节省培训开支，还能进一步提升员工的专业技能水平，从而为企业乃至整个社会的智能化转型奠定坚实基础。

结语

智能产线对工人技能的要求已从传统体力劳动向技术操控、复合能力和数据决策能力跃迁，这种转变既是技术迭代的必然结果，也是产业升级的核心驱动力。三维适配模型通过重构培训体系、优化人机协作、创新管理模式，为实现技能供需动态平衡提供了系统性解决方案，不仅拓展了制造业人力资源管理理论的应用边界，更为企业应对智能化转型中的“人机协同困境”提供了可操作路径。

参考文献

- [1] 马菲, 徐西亮, 兰冬云, 邵丹. 汽车工厂焊装车间生产线融入性改造方案研究[J]. 汽车工艺师, 2022(12).
- [2] 程慧, 张艺溶. 数智供应链[M]. 人民邮电出版社, 202312.
- [3] 孙巍伟. 智能制造概论[M]. 化学工业出版社, 202308.
- [4] 李红, 王军. 工业4.0背景下制造业技能需求变化研究[J]. 中国职业技术教育, 2023(15): 45-50.
- [5] 魏高亮. 广西汽车制造业高技能人才评价体系构建研究[D]. 广西大学, 2024.