

# Design and Simulation of Intelligent Welding Line for Forklift Truck frame Structural Parts

Hongbo Zhang

Xuzhou Xugong Special Engineering Machinery Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221000, China

## Abstract

With the development of the industrial system, the production demand of the automation and intelligence of the forklift industry is also gradually increasing. This paper takes the welding production line of forklift frame structural parts as an example, combined with the welding process characteristics of forklift frame structural parts, and designs an intelligent production line with robot automatic welding and automatic logistics as the circulation mode. This design method can reduce the labor intensity of the workers, ensure the welding quality of the workpiece, and improve the overall production efficiency of the production line. At the same time, logistics simulation as a reference to verify whether the design is feasible.

## Keywords

automation; intelligence; robot; total control system

# 叉车车架结构件智能焊接线设计与仿真

张洪波

徐州徐工特种工程机械有限公司, 中国 · 江苏 徐州 221000

## 摘 要

伴随着工业体系的发展, 叉车产业自动化、智能化的生产需求也在逐渐增强。论文便以叉车车架结构件焊接产线为例, 结合叉车车架结构件焊接的工艺特点, 设计出以机器人自动焊接为主, 采用自动化物流作为流转方式的智能产线。该设计方式可以降低工人劳动强度、保证工件的焊接质量、提升产线整体生产效率。同时以物流仿真为做参考, 验证本次设计是否可行。

## 关键词

自动化; 智能化; 机器人; 总控系统

## 1 引言

近年来伴随着产线智能化概念的普及, 工程机械行业也开始引进自动化、智能化设计理念。论文以叉车车架结构件生产线为例, 通过信息化采集、自动化输送、自动化焊接等技术, 设计出该叉车车架结构件焊接智能化生产线。

## 2 产线工艺要求

根据对叉车生产制造企业的调研, 发现目前行业内叉车车架结构件的生产节拍需求大致为 10min/ 台。在对该结构件的工艺要求进行了解分析后, 便以工艺要求为框架, 生产节拍为目的, 设计了一条含有自动焊接工艺且可以自动周转的智能焊接产线。

论文中设计的叉车车架结构件智能焊接线由油箱焊自动接线、左右车体自动焊接线和车架自动焊接线三部分构

成, 以上部分包含: 自动化清洗、自动化物流、自动化对中、机器人自动化焊接、机器人自动化搬运、自动化校正和信息化采集等技术。

## 3 产线整体设计

### 3.1 产线主要内容

本生产线主要内容包括油箱自动焊接线、左右车体自动焊接线和车架自动焊接线三部分, 总体布局是一字排开的流水线形式。

油箱自动焊接线包含油箱清洗机、分控系统、滚筒输送线系统、人工拼点系统, 机器人自动焊接系统、机器人自动搬运系统, 油箱试漏系统。

左右车体自动焊接线包含人工拼点系统, 板链输送线系统, 机器人自动焊接系统、机器人自动搬运系统, RGV 输送系统。

车架自动焊接线包含人工拼点系统, 板链输送线系统, 机器人自动焊接系统、机器人自动搬运系统, 人工补焊系统, 车架校正系统。

【作者简介】张洪波 (1984-), 男, 中国山东济阳人, 硕士, 工程师, 从事生产管理与工艺技术研究。

## 3.2 产线主要设备

### 3.2.1 机器人自动焊接系统

本产线所有焊接机器人自身均为六个自由度（不含外部轴），且所有电机均为伺服电机，由伺服控制器驱动，机器人作业时可按准确按照预设路径进行行走，配合本产线的变位机及焊接系统，可实现最大效率的焊接作业。

①焊接系统。为了能够在大电流长期稳定工作，焊枪采用双路水冷的 MIG 焊枪。

为了防止焊枪碰撞，添加了焊枪防碰撞及枪夹机构，焊枪依靠预载弹簧实现准确定位，在碰撞发生时，弹簧弯曲后启动开关，机器人立即停止运行。由于碰撞脱离机构的屈从设计，碰撞发生后不需要对焊枪重新校验。

为了确保焊接质量，焊枪喷嘴内部的飞溅必须定期清理，因此添加了清枪机构。清枪程序采用模块化设计，清枪的间隔周期基于不同的焊接任务和工艺，根据经验而预先设定。

由于需要使用接触传感器寻找焊缝，一致的焊丝长度成为必要的条件，因此在寻找焊缝之前，需要采用剪丝机构保证一致的伸长。

②变位机。变位机旋转和尾架移动均为该系机器人外部轴，可与机器人系统联合进行轨迹插补。外部轴电机驱动减速机，通过独有的齿轮无间隙传动技术，齿轮在转动过程中始终与回转支撑啮合，驱动变位器转盘旋转。尾架 x 轴移动，兼容多种规格工件。

变位机由系统集中控制，运行平稳、准确、可靠。变位机的整体结构保证刚性和运动的稳定，设置有零点位置和极限位置，人工可以使用外部控制盒控制变位机旋转定位。

### 3.2.2 车架机器人自动搬运系统

自动搬运系统机器人的外部轴，同样也可与机器人系统联合进行轨迹插补，驱动台车在导轨上滑行。采用的伺服电机和机器人属于同一系列，同时受基于工控机基础上开发的机器人控制柜控制，因此可以实现重载地轨和机器人的联动。

高度集成的系统联线总成包含机器人的动力电缆及信号电缆，外部轴的动力电缆及信号电缆均采用高柔性电缆。轨道上为搬运机器人附 1 个背料架，1 套共轨的自动送料小车，自动送料小车从输送线接料送到需要上料位，节约搬运机器人的上料节拍，搬运过程中放置待焊与焊接完工的工件。搬运机器人完成一次上下料。车架搬运机器人抓手采用气动抱夹的方式实现车架的上下料，整个抓取过程中平抓平放。设计有浮动机构保证工件始终在夹紧受力状态。

## 3.3 总控系统

①产量统计功能：可以按产品型号、工位、班次统计产量和总产量。

②与上位控制系统信息交互功能：PLC 支持 OPC UA 通信协议与 SCADA 及 MES 等系统进行通讯，PLC 将所有的设备信息、报警信息、工艺数据、产品物料等信息储存于 DB 数据块内，供上级系统进行信息调用；线体具备 MES

订单生产模式、手动订单生产模式、无订单生产三种生产模式，当上层系统无订单下发时，可以通过手动选择产品型号，进行自动生产，并将相应的生产信息回传到中控系统。

③操作模式：设备具备自动、手动、维护操作模式，设备根据需求可以具备调整、通过、返修等模式。

④安全功能：安全功能单独编写安全功能块，涉及急停、安全门锁、安全光幕、报警灯、原位信号、设备报警、报警信息、机器人干涉、行走限位、气压保护、安全限位等一系列安全逻辑，包括安全信息记录及上传功能。

⑤网络状态监视功能：系统具备总线网络状态监视功能，为降低 CPU 负荷，网络状态可以手动刷新，HMI 上可以显示各个网络节点的网络状态。各节点出现网络通信问题时，通过网络诊断就可辨识出是哪个设备出现问题，为及时解决网络问题提供便利。

## 3.4 信息化系统

本产线的工件信息采集主要通过扫码的方式将工件信息与工件绑定，并以此来确定后续的工艺流程，同时还各工位的信息以看板的形式在大屏幕上实时播报，展示的具体内容有：①订单信息；②设备状态统计；③标准工艺流程；④工艺参数监控；⑤焊接设备故障；⑥物流设备故障。

## 4 仿真及分析

论文采用 FLEXSIM 物流仿真软件对产线设计进行验证，根据相关信息条件输入至仿真模型，经试验后得到输出结果，根据仿真结果与设计预期结果对比分析，验证设计的是否有效。

### 4.1 建立模型

①输入和假设。按照产线的设计产能要求，输入油箱、左右车体、车架总成的加工时间、工位总耗时及机器人搬运时间。②建立模型逻辑（见图 1、图 2）。

### 4.2 数据分析

模型截取时间为生产线连续工作了 18 小时后的数据。在 18 小时内，油箱焊接完成后输出的数量为 104 个，其中仍有 6 个油箱在输送线上，5 个油箱在焊接工位上，1 台油箱正在被机械臂输送，2 个油箱正在试漏工位上进行试漏。左车体工位输出车体数量为 55 个，右车体工位输出车体数量为 55 个；车体焊接完成后输出的数量为 100 个，其中每条输送线上有 2 个车体，4 个油箱在焊接工位上进行加工，机械臂正在运输 2 个车体。

从图 3 中可以看出，在 24 小时内，焊接完成后，左车体工位输出车体数量与右车体工位输出车体数量相同；左下角的折线图为每一张左车体 / 右车体在焊接工位所需焊接时间的关系图。右侧桑基图为左车体 / 右车体在焊接工位中的流向图，左侧 2 个图块分别为左右车体的组对工位，中间 8 个图块即为仿真图中 8 个焊接工位，最后焊接完成后流向下游输送线。

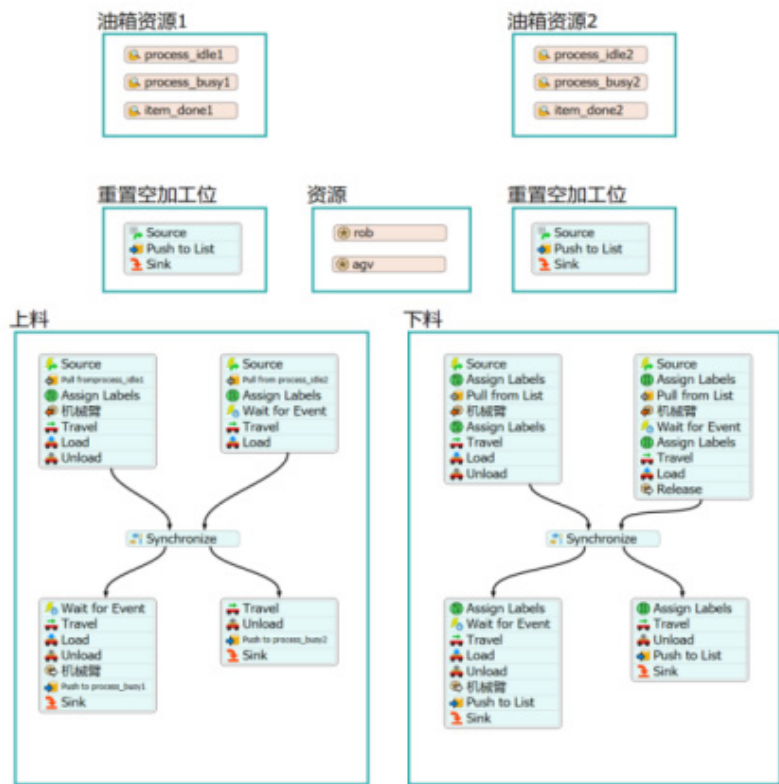


图 1 工位逻辑建立

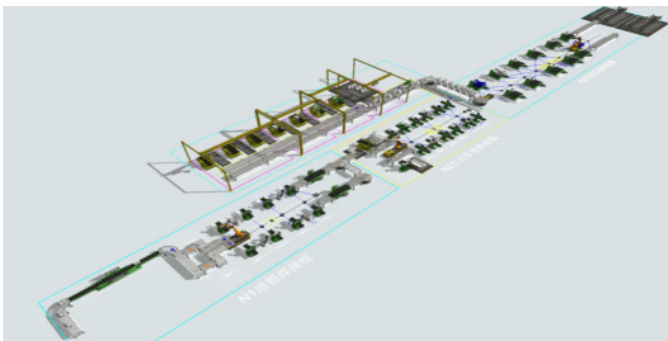


图 2 三维模型建立

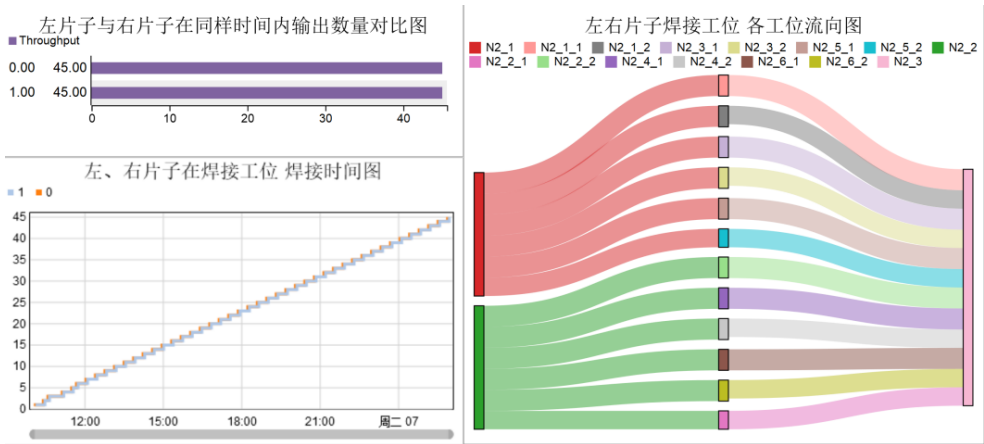


图 3 仿真结果柱状图

4.3 仿真结果

从上面图表中可以看出油箱焊接线、左右车体焊接线及车架总成焊接线能够达到 10min/ 台，油箱焊接工位的复合效率为 35%，而油箱组对和清洗工位的使用效率均高于 60%，另外搬运机器人的工作效率为 95%。左右车体焊接工位的复合效率为 21%，而左右车体的组装工位的使用效率均为 50% 左右，另外搬运机器人的工作效率约为 90%。车架总成焊接工位的复合效率为 66%，搬运机器人的工作效率约为 90%。

5 结语

论文基于叉车行业通过对叉车车架结构件生产工艺需求的分析，整体规划设计了该叉车车架结构件智能焊接线。该产线主要采用机器人自动焊接提升焊接效率，同时针对性的设计了输送方案，通过总控系统，使得输送和焊接的效率大幅提升，最后以信息化采集的方式，提升整线的智能化程度。最后为了验证整条产线的生产节拍，进行了物流仿真并通过分析可以得出以下结论：

①该叉车车架结构件智能焊接线的设计方案，可以有效提升生产效率，降低了工人作业强度的同时保障了生产安全。

②该叉车车架结构件智能焊接线的设计方案，为叉车行业车架结构件生产提供了设计思路，为关键工序设备的改进提供了指导方向。

参考文献

[1] 张民才,管秀艳,常晟.风缸焊接机器人的开发与研制[J].设备管理与维修, 2014(1):4.

[2] 姚长江,陈瑞诚,郝江婷.焊接机器人工作站在钻头焊接中的研究与应用[J].西部探矿工程, 2018, 30(9):3.

[3] 任进丽,刘乐斌,张勇.轮毂总成柔性装配线自动化在线检测[J].汽车工艺师, 2017(3):4.

[4] 卫兵,赵蕾,朱鹏涛,等.叉车结构件自动化焊接生产线[J].制造业自动化, 2022(8):44.

[5] 叶道军,刘元清.年产20万件托辊支架智能焊接生产线设计[J].工程建设与设计, 2019(9):140-142.