

# 数字化智能焊钳系统的开发与应用

孙鹤冲 汉俊梅 张钊楷 金鑫 刘久月 陈壬申

(一汽模具制造有限公司, 长春 130013)

**摘要:** 开发数字化智能焊钳系统是一个具有广阔应用前景的技术发展方向, 所开发的数字化智能焊钳系统是打破传统焊钳的模式, 在传统焊钳基础上加装各类智能传感器和数据采集器, 使其具备关键的大数据采集能力。开发的SCADA系统具备智能焊钳数据、焊接控制器数据以及工件数据的分析能力, 实现智能焊钳工况监控、预测性维护、焊点在线质量监控与追溯预警以及工件质量报表推送功能, 达到了传统焊钳在焊装生产线上的数智化转型升级发展需求。

**关键词:** 数字化 智能 数据采集 SCADA系统 质量

中图分类号: TP23 文献标识码: B DOI: 10.19710/J.cnki.1003-8817.20220212

## Development and Application of Digital Intelligent Welding Tong System

Sun Hechong, Han Junmei, Zhang Zhaokai, Jin Xin, Liu Jiuyue, Chen Renshen

(FAW Tooling Die Manufacturing Co., Ltd., Changchun 130013)

**Abstract:** The development of digital intelligent welding tong system is a technological development direction with broad application prospects. The developed digital intelligent welding tong system is a mode breakthrough of the traditional welding tong that is fitted with various intelligent sensors and data collectors on the basis of traditional welding tong, so that they have key big data collection capabilities. Through the development of SCADA system with intelligent welding tong data, welding controller data and workpiece data analysis, to achieve intelligent welding tong condition monitoring, predictive maintenance, solder joint online quality monitoring and trace warning and workpiece quality report push function, the upgrading demand of digital and intelligent transformation of the traditional welding tong is realized on the welding line.

**Key words:** Digital, Intelligent, Data acquisition, SCADA system, Quality

### 1 前言

现代大规模汽车制造业普遍应用机器人电阻点焊技术完成白车身拼装连接, 然而, 随着电阻点焊技术的发展, 对焊钳的要求越来越高, 不仅要求其具有良好的可操作性, 还对其自动化、可视化、透明化、可预测性及自适应性提出了更高要求。

但目前焊钳作为一种末端执行机构, 仅能依据自动化及焊接控制柜的指令执行相应的动作,

其本身无法自检运转情况, 判断健康情况。同时目前的焊接控制柜着重对于焊接参数的检测和比对, 如电流值、电压值, 同样无法判断焊钳健康状况。因此在目前的模式下, 焊钳系统在故障诊断及维修方面仍属于对质量的被动管理, 需停机查找故障的原因并解决, 数字化与智能化程度低, 人为干预比较多, 设备的自主性低。本文通过开发数字化智能焊钳系统, 对相关的参数及过程进行实时监测并分析, 能快速定位出问题所在, 也可以

**作者简介:** 孙鹤冲(1992—), 男, 工程师, 学士学位, 研究方向为汽车焊装自动化控制。

**基金项目:** 高柔性4+N种车型自适应切换系统及数字化智能焊钳系统开发(20210301031GX)。

**参考文献引用格式:**

孙鹤冲, 汉俊梅, 张钊楷, 等. 数字化智能焊钳系统的开发与应用[J]. 汽车工艺与材料, 2023(4): 1-6.

SUN H C, HAN J M, ZHANG Z K, et al. Development and Application of Digital Intelligent Welding Tong System [J]. Automobile Technology & Material, 2023(4): 1-6.

提前预防故障发生,规避了大的故障发生风险,实现了对传统焊钳的数智化转型升级。

## 2 传统焊钳弱点和常见故障分析

### 2.1 传统焊钳弊端分析

在现行焊装车间的应用中,使用集机械、电、水、气等物理特性为一身的传统电阻焊钳,焊钳长期高速运行中,不可避免地会出现磨损甚至损坏,焊钳故障不仅会造成焊点质量问题,严重时会造成生产线停机。同时,传统焊钳作为实现白车身机器人焊接的关键执行机构,在进行焊接工作时存在对执行过程缺少感知且没有记忆的问题和没有丝毫成果与经验积累的缺点。

### 2.2 传统焊钳常见故障

传统焊钳常见故障和造成的影响分为以下6类:第一,由驱动装置故障引发的压力衰减,导致焊点质量下降;第二,由轴承及轨道磨损引发的压力衰减,导致焊点质量下降;第三,由电极及焊钳臂磨损引发的压力衰减导致能耗增加、焊点质量下降;第四,由于冷却回路故障引起的能耗增加,压力衰减,导致焊点质量下降;第五,由次级软连接磨损引起的能耗增加;第六,由变压器故障引发的停机,见图1。

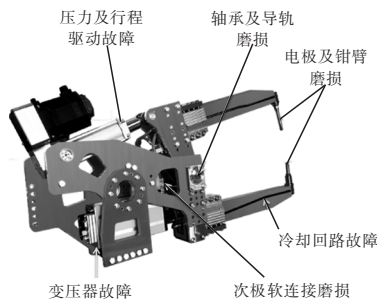


图1 传统焊钳常见故障

## 3 数字化智能焊钳概念

数字化智能焊钳是在传统机器人焊钳结构上加装特种精密传感器件和电子数据处理单元,让机器人焊钳能够以毫秒级时间采集焊接过程中的关键物理参数,感知电阻点焊钳在高速焊接过程中的工况变化。通过有或无线、端对端、直至通过5G组网方式实现机器人焊钳物联网组网,完成焊接过程数据采集和通讯。

结合专有的监视控制系统(Supervisory Control And Data Acquisition System, SCADA)数据处理和存储软件,将焊接过程中产生的异构数据全时在线筛选、融合、记录,由此而产生的过程大数据能力为汽车焊装车间的数字化管理应用建立了不可或缺的基础。为汽车工业对生产过程数据分析及利用创造了前提条件。将数字化概念嵌入传统机器人焊钳后,焊钳就拥有了数字及数据处理能力、与物联网链接能力。在数据支持下,可以避免传统焊钳无记忆性的缺点,能够进行预测性维护、在线质量检测等工作。

数据采集与监视控制系统(SCADA)的概念和应用来自于生产各个环节分布距离远、生产单位分散的行业,如电力输送、变电站、天然气管线、油田、自来水管网等生产系统,SCADA系统可以实现对设备远程监控。

SCADA在车身焊装线上的应用解决了设备种类和数量繁多、故障频繁、故障排查困难、人员培训复杂、维修人员多、维修成本高、生产过程不透明、质量检验低效、停台损失大的问题。

## 4 数字化智能焊钳网络架构

数字化智能焊钳系统的网络架构使用千兆等级的以太网交换机,并使用玻璃光纤介质进行传输,使用星型网络拓扑结构。

数字化智能焊钳系统的网络架构见图2。

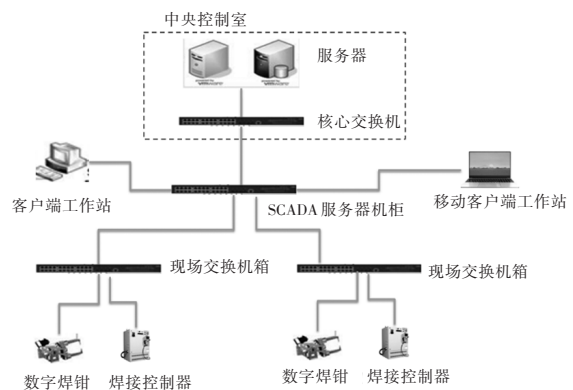


图2 数字化智能焊钳系统整体网络架构

## 5 数字化智能焊钳上的硬件构成

数字化智能焊钳上的硬件构成包括压力传感器、温度传感器、水流量传感器、次级电流传感器、

次级测压线传感器、数字焊钳电子数据采集处理器、数字化智能焊钳采集器与各传感器之间通讯和供电线缆、数字化智能焊钳采集器与管线包和快换盘相连接的,安装在采集器上的单侧插座。各传感器用途说明详见表1。

序号	传感器名称	传感器用途
1	压力传感器	监控焊钳工作压力并为压力追溯及辅助焊点质量评判提供数据支撑
2	温度传感器	监控变压器二极管温度工况,进一步保障变压器的正常运行
3	水流量传感器	监控焊钳水路状态,进一步保障焊钳的正常运行
4	次级电流传感器	监控焊钳次级输出电流,为次级电流追溯及辅助焊点质量评判提供数据支撑
5	次级测压线传感器	监控焊钳次级输出电压,进一步监控次级回路电阻汇流排预测性维护提供数据支撑

压力传感器用于采集焊接过程中的焊接压力数据,并经过数据采集处理器上传 SCADA 系统,可在 SCADA 系统中设置压力预警和报警触发值,当焊钳工作过程中压力出现较大偏差时,SCADA 系统可通过可视化功能发出预警和报警。

另外,SCADA 系统通过在 PLC 端获取工件信息,并将工件信息发送给数字化智能焊钳,数字化智能焊钳将工件信息与焊点压力数据进行绑定,可实现工件上每个焊点的压力过程数据的追溯并辅助评判对应焊点质量。

温度传感器用于采集焊钳工作过程中变压器内二极管的工作温度,并经过数据采集处理器上传 SCADA 系统,可在 SCADA 系统中设置此温度预警和报警触发值,当焊钳工作过程中二极管温度过高时,SCADA 系统可通过可视化功能发出预警或报警。

另外,可通过追溯二极管工作环境温度,进一步保障变压器的正常工作,当变压器长期处在 75℃ 环境工作时,二极管寿命可能会受影响,若出现此类预警或报警信息,可以通过增加焊钳冷却水流量或者改善焊接工艺来进一步保障二极管寿命。

水流量传感器用于采集焊钳实时水流量数据,

并经过数据采集处理器上传 SCADA 系统,可在 SCADA 系统中设置压力预警和报警触发值,当焊钳工作过程中水流量出现较大偏差时,SCADA 系统可通过可视化功能提出预警或报警,此时若某回路水流量过低,可能导致电极或者变压器冷却不足。

次级电流传感器用于采集焊接过程中的次级电流数据,并经过数据采集处理器上传 SCADA 系统,可在 SCADA 系统中设置压力预警和报警触发值,当焊钳工作过程中次级电流出现较大偏差时,SCADA 系统可通过可视化功能发出预警或报警。

另外,SCADA 系统通过在 PLC 端获取工件信息,并将工件信息发送给数字化智能焊钳,数字化智能焊钳将工件信息与焊点次级电流数据进行绑定,可实现工件上每个焊点的次级电流过程数据追溯并辅助评判对应焊点质量。

次级测压线传感器用于采集焊接过程中的次级电压数据,经过数据采集处理器上传 SCADA 系统,可在 SCADA 系统中设置压力预警和报警触发值,当焊钳工作过程中次级电压出现较大偏差时,SCADA 系统可通过可视化功能发出预警或报警,此时说明焊钳次级回路电阻较大,若出现此类预警或报警信息,则需要关注电极帽、电极握杆或者汇流排状态是否满足继续使用的要求。具体的硬件构成示意可见图3。

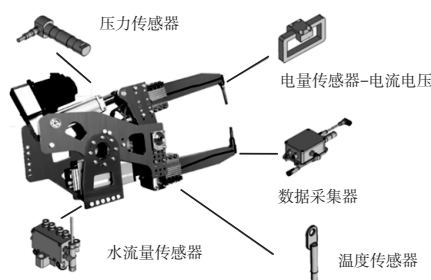


图3 数字化智能焊钳上的硬件构成

## 6 数字化智能焊钳系统实现的主要功能

SCADA 系统通过与生产线进行信息交互。对应设计数字化智能焊钳系统的相关内容,SCADA 系统与生产线信息交互内容见图4。

SCADA 系统由信息处理功能、设备监控功能、数据融合功能、统计报表功能、预测性维护功能及数字焊钳传感器校准功能6个部分组成。

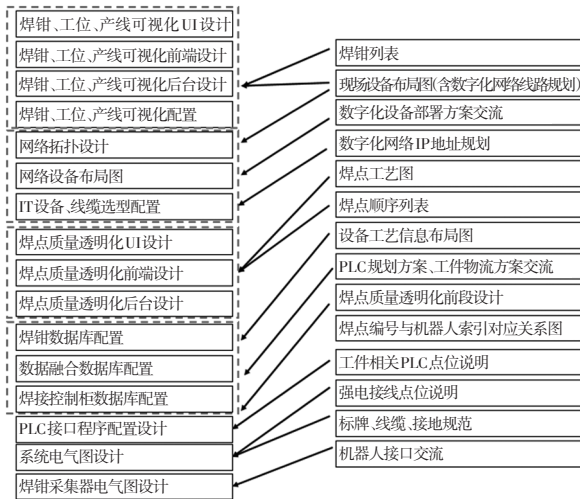


图4 SCADA系统与生产线信息交互

其中,信息处理系统为整个SCADA系统提供信息来源及信息管理方法。

设备监控功能用于数字化智能焊钳的工作状态监控、焊接控制柜的工作状态监控及修磨器的工作状态监控。

数据融合功能提供一种数据融合方法,对工件信息、设备工况信息以及焊接过程稳定性信息进行整合。

统计报表功能利用信息处理系统中有用的信息,对其中的客户数据提供一种聚合和展示的方式,使数据产生更高的实用价值。

预测性维护功能,利用SCADA可采集到的焊钳数据进行预测性维护应用。

数字化智能焊钳传感器校准功能用于数字化智能焊钳各个传感器初始化、使用过程中的定期标定及工作状态检查。

### 6.1 信息处理功能

主要具备系统接口、数据管理、用户管理、各种查询、统计等,其中系统接口规范包括TCP接口规范(用于SCADA系统获取PLC中工件信息)及西门子WinCC接口规范(用于SCADA系统获取PLC中设备状态信息),另外,数字化智能焊钳及焊接控制柜主要采集数据可详见表2和图5,为当前SCADA系统可采集数据。

### 6.2 设备监控功能

设备监控运行系统由SCADA应用服务器及客户端工作站组成。展示界面由设备导航栏、状态可视化页面、消息管理页面及功能选项组成,包含

设备的运行状态(包括焊钳的主进水流量状态监控,两路分回水路流量状态监控,二极管工作温度监控,焊接电流监控,焊接电压监控,焊接压力监控)的监控。

表2 SCADA系统可采集数据统计

数字设备名称	SCADA可采集数据名称
数字化智能焊钳	焊接过程压力数据、焊接过程电流数据、焊接过程电压数据、水流量数据、变压器二极管温度数据
焊接控制器	焊点质量数据
PLC	工件数据
机器人	修磨器运行信号、修磨器电机故障信号、修磨器上帽仓无帽信号、修磨器下帽仓无帽信号

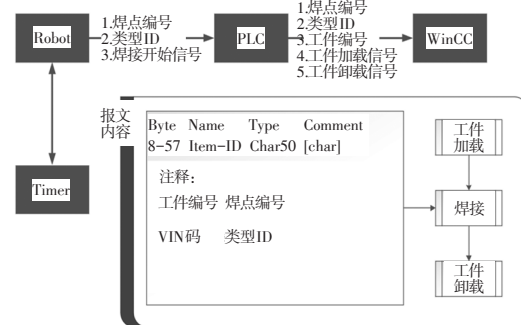


图5 SCADA与PLC间TCP接口结构

可进行设备数据可视化展示、设备监控相关参数配置、设备故障报警信息展示等工作见图6。

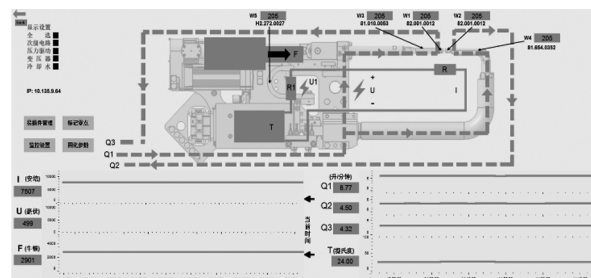


图6 设备监控系统示意

### 6.3 数据融合功能

提供的数据融合功能用于实现工件信息、数字焊钳信息及焊接控制柜信息的数据融合,选取现场集成PLC、数字焊钳以及焊接控制柜中有用的并且具备关联性的信息相互关联,用于实现焊接过程稳定性评判与追溯,数据融合对话框如图7所示。

### 6.4 统计报表功能

报表用于每一个工件上所有焊接过程稳定性不合格数量及合格率的统计,对焊接过程实时调



误和故障,可以通过数据分析进行预测性维护。同时,车身相关质量信息也可进行追溯,如图13所示。

车身焊点质量追溯表						
序号	时间	车身编号	焊点号	焊点Q值	焊点质量判定	焊钳工艺
1	2020.09.03.08:40	BD0001	P0001	0.9	合格	OK
2	2020.09.03.08:40	BD0001	P0002	0.8	合格	OK
3	2020.09.03.08:40	BD0001	P0003	0.8	合格	OK
4	2020.09.03.08:40	BD0001	P0004	0.8	合格	OK
5	2020.09.03.08:40	BD0001	P0005	0.4	不合格	Not OK
6	2020.09.03.08:40	BD0001	P0006	0.8	合格	OK
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4001	2020.09.03.08:42	BD0002	P0001	0.7	合格	OK
4002	2020.09.03.08:42	BD0002	P0002	0.8	合格	OK
4003	2020.09.03.08:42	BD0002	P0003	0.9	合格	OK
4004	2020.09.03.08:42	BD0002	P0004	0.3	不合格	OK
4005	2020.09.03.08:42	BD0002	P0005	0.9	合格	OK
4006	2020.09.03.08:42	BD0002	P0006	0.9	合格	OK
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....



图13 车身焊点质量追溯

## 8 结束语

数字化智能焊钳系统在技术方面的价值在于

通过将焊钳加装特种精密传感器件和电子数据处理单元对相关信息数据进行采集,通过有线或无线、端对端直至5G组网方式实现机器人焊钳物联网组网,完成焊接过程数据的采集和通讯并建立SCADA系统,对相关数据进行数字化处理,很好地解决了传统焊钳在故障分析、数据处理上的弊端。数字化智能焊钳系统展示了一个具备发展潜力的市场前景,代表着汽车白车身焊装领域的最前沿方向,未来在整个行业中会发挥不可或缺的作用。

