基于物联网技术的智能焊机设计与改造应用

孙秋阳，李红，卢坤，孙柳青，唐春云，姚舒扬，甘佰胜
中国核工业二三建设有限公司　北京　101300

摘要：为积极响应国家政策，提高数字化、信息化建设，针对民用项目、重大工程项目和核电工程项目建造过程中的焊接安装工程施工现场、焊工人员分配管理，以及焊接过程中的痛点、期望点和特殊要求，提出了将传统焊机进行物联网模块植入改造，利用物联网中先进的通信信息技术及大数据分析技术，实现焊接电源通信方式可配置切换，焊接工时、焊接电流及电弧电压等焊接参数的可视化大数据分析，同时对焊接工艺进行管理和分发。为实现焊接过程中“人、机、法、环”的网络一体化管理，建立人、机、焊接时间、焊接参数及焊接工艺数据库，对数据进行处理分析并实现大数据分析和智能化焊接，以及优化施工管理提供基础。
关键词：物联网；大数据分析；智能化焊接

Design and transformation application of intelligent welding machine based on internet of things technology

SUN Qiuyang, LI Hong, LU Kun, SUN Liuqing, TANG Chunyun, YAO Shuyang, GAN Baisheng
China Nuclear Industry 23 Construction Co., Ltd., Beijing 101300, China

Abstract: In order to actively respond to the company and national policies, improve the construction of digitalization and informatization, and in view of the pain points, expectations and special requirements in the construction process of welding and installation projects, welder personnel allocation management and welding process in the construction process of civil projects, major engineering projects and nuclear power engineering projects, it is proposed to implant and transform the traditional welding machine with the internet of things module, and use the advanced communication information technology and big data analysis technology in the internet of things to realize the configurable switching of welding power communication mode, welding man-hours, visual big data analysis of welding parameters such as welding current and welding voltage, and management and distribution of welding processes. In order to realize the integrated network management of man, machine, method and environment in the welding process, establish a database of man, machine, welding time, welding parameters and welding process, process and analyze the data, realize big data analysis and intelligent welding, and optimize the construction management to provide a foundation.
Keywords: internet of things; big data analysis; intelligent welding

1　序言

随着科技的迅速进步，物联网技术的广泛应用为各行各业带来了巨大的变革[1]。在焊接领域，传统焊机已经暴露出效率低下、操作繁琐、维护困难等问题。为了解决这些问题，本文提出了一个创新方案：将物联网模块植入传统焊机中进行改造，从

而提升焊接过程的智能化和自动化水平。通过引入物联网技术，提升传统焊机的效率与可靠性，简化操作过程，降低维护成本，进一步提升焊接质量，实现实时监控焊接过程，实现远程控制和故障诊断等功能，从而为焊接行业带来更大的便利和效益。

2 智能焊机硬件设计

基于物联网技术的智能焊机硬件设计，主要包括传感器、控制器、执行器等组件的选型和集成。通过安装传感器，可以实时监测焊接过程中的温度、焊接电流等参数，并将数据传输到控制器进行处理[2]。控制器根据接收到的数据，控制执行器进行相应的调整，以保证焊接过程的稳定性和质量。分别是控制板、PLC控制器板、电流电压转换板和TTL转485串口通信小板。

（1）控制板　控制板主要是在焊接开始前，读取焊工在刷卡区刷卡时焊工信息卡中的焊工信息并将读取出的焊工信息传输至触摸屏的显示界面；在焊接过程中，调用触摸屏内已经识别出的焊机编号、焊接方法、焊机报警，判断出焊接接头号、工艺卡号、焊机状态及焊接功能，计算出各层/道的平均焊接电流、平均电弧电压、热输入值、焊接参数、焊机开机时长等焊接信息；统计/储存各焊工各焊接接头的焊接工时、平均焊接电流\电弧电压、热输入值；通过无线或有线通信模块回传实时数据、焊接接头数据、热输入值、考试信息；控制考试系统的语音提示功能[3]。

（2）PLC控制器　PLC控制器在焊机中主要有两个功能，一是从焊机中读取实时焊接电流和实时电弧电压在内的焊接参数信息；二是执行计算工作数据的命令，包括计算焊接的有效时长、某层/道的平均焊接电流、平均电弧电压和保存数据指令，以及根据在触摸屏中输入的焊接电流系数、焊接电流漂移、电弧电压系数、电弧电压漂移计算显示在触摸屏中的焊接电流、电弧电压等[4]。

（3）电流电压转换板　电流电压转换板是将霍尔传感器采集到的信号转化成实时焊接电流、电弧电压值传递至PLC控制器进行处理。

（4）串口通信协议　焊机芯片中的焊接参数信息使用的是TTL串口通信协议，而PLC控制器、触摸屏和控制板均为485串口通信协议，PLC控制器与焊机芯片之间通信是通过TTL转485串口通信小板将芯片的焊接信息由TTL串口通信协议转化成485协议进行信息传输[5]。

3 智能焊机软件设计

智能焊机的软件设计主要包括焊接参数的设定、焊接过程的控制、焊接数据的处理等方面。通过物联网技术，可以实现焊接参数的远程设定和调整，使焊接过程更加灵活和高效。同时，软件还可以对焊接过程中的数据进行实时处理和分析，提供焊接质量的评估和预测，为焊接过程的优化提供数据支持[6]。

软件设计使用B/S架构，后端基于微服务框架开发，前端页面基于React构建SPA（Single-Page Application）应用，使用前后端分离架构，前后端基于RESTful API进行数据交互，同时支持websocket。本系统平台在python平台下开发，数据库使用MySql存储数据，缓存数据通过Redis保存。

在网页端可以进行数据查看及操作，主要包括可查看整体焊接任务完成数据，整体工时数据以及实时数据、焊机数据，电弧电压、焊接电流等过程参数，工人个人焊接任务完成情况及合格率等信息，工艺使用次数，工艺合格率，以及见证件清单、焊接材料清单、余料位置等数据，同时可在网页端进行焊接接头任务的工艺、焊接材料、焊工的确定，以及在网页端添加接头相关的QC/班组长/技术员/烘干员等人员，并完成任务下发，在网页端进行焊接任务的确定并下发后，被添加的焊接接头关联人员可在个人APP内查看到相关焊接接头信息。

4 现有焊机的物联网化改造

基于传统焊机原型，在焊机内部传感器、控制单元、执行单元等组件组合而成的物联网模块，可使传统焊机实现物联网焊机功能。

4.1 具体操作流程

以林肯CV500P焊机为案例，具体操作流程如下。

（1）拆机　将焊机外壳螺丝全部拧下，拆下焊机上面板及两侧面板（见图1）。

（2）焊机上盖板开孔　根据触摸屏尺寸及刷卡模块尺寸在焊机上面板开孔（见图2）。 USB转接口需在焊机后面板（CV500P 为前面板）处以不影响焊机使用且安装方便为前提进行开孔，开孔直径

约为 27mm，可用专用钻头开孔。所有开孔的位置严格参照样机位置。

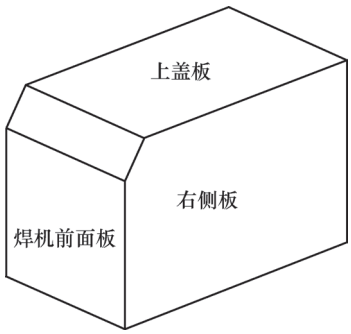

图1　焊机外观示意

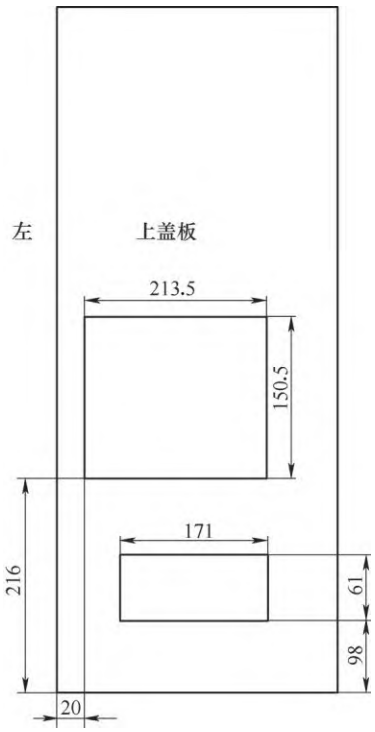

图2　焊机上盖板开口示意

（3）打孔　在焊机后面板开孔固定 PLC 面板，焊机内部开孔固定采集板及 PLC板，焊机顶盖开孔固定触摸屏保护板，准备 3～6mm 的手工钻进行打孔操作。

（4）触摸屏及刷卡模块　在上面板开孔位置将触摸屏及刷卡模块用卡扣固定好后再用热熔胶将卡扣固定。触摸屏连接 DB9 通信线，触摸屏24V供电取自变压器，触摸屏接 USB 转接线、刷卡模块5p端子接采集板刷卡模块天线。

（5）变压器固定及接线　需打孔将变压器固定在焊机内部，接线输入端为 380V，取自焊机内部，输出为24V后面给采集板、PLC板、电流电压转换板供电。

（6）焊接电流采集　焊接电流采集方式为霍尔传感器采集，将焊机下部螺钉拧开，霍尔元件套入后拧好螺钉，注意传感器箭头方向，并将霍尔传感器预留出4根线，分别为“+”“－”“M”“0”，与电流电压转换板相连。

（7）电弧电压采集　电弧电压采集方式为直接取自焊机内部把线。在焊机前面板里边“+”“－”分别接两根线后面，与电流电压转换板相连。

（8）电流电压转换板　电路板 24V 供电取自变压器、电流电压采集线接入电流电压转换板、电流电压两路输出线路后面与 PLC 相连。

（9）PLC板　PLC板供电24V取自变压器，“AD1”处接电流输出一根线，“AD2”处接电压输出一根线，“0”处接电流电压输出2根线。此处预留24V供电线后面给触摸屏供电。

（10）采集板　24V供电取自变压器，485接口接通信线2P端子，刷卡模块5P端子接采集板，刷卡模块4G通信线接采集板。

（11）器件固定　采集板、PLC板通过六角柱固定，其他器件固定牢固。

物联网模块元器件接线如图3所示。

操作过程中的注意事项主要包括以下几个方面。

1）焊机改造过程中，保证焊机处于断电状态。

2）提前确定打孔位置，且打孔位置不宜过大。

3）接线处应先使用电烙铁进行锡焊，再使用绝缘胶带进行包裹。

4）焊机组装完成后再进行供电。

4.2　改造案例

将物联网模块植入不同品牌焊机内部进行应用并测试其效果，选定多品牌焊机型号进行物联网焊机改造测试，虽然焊机品牌和型号不同，但传统焊机作业功能及工作原理基本相同，本文以林肯CV500P焊机为例，进行焊机物联网模块植入改造研究与分析，将常见问题进行原因分析并给出解决方案，见表1。

4.3　分析总结

经排查分析，焊接数据异常主要分为焊机开机时间和焊接时间相同、焊接数据无法采集两种情

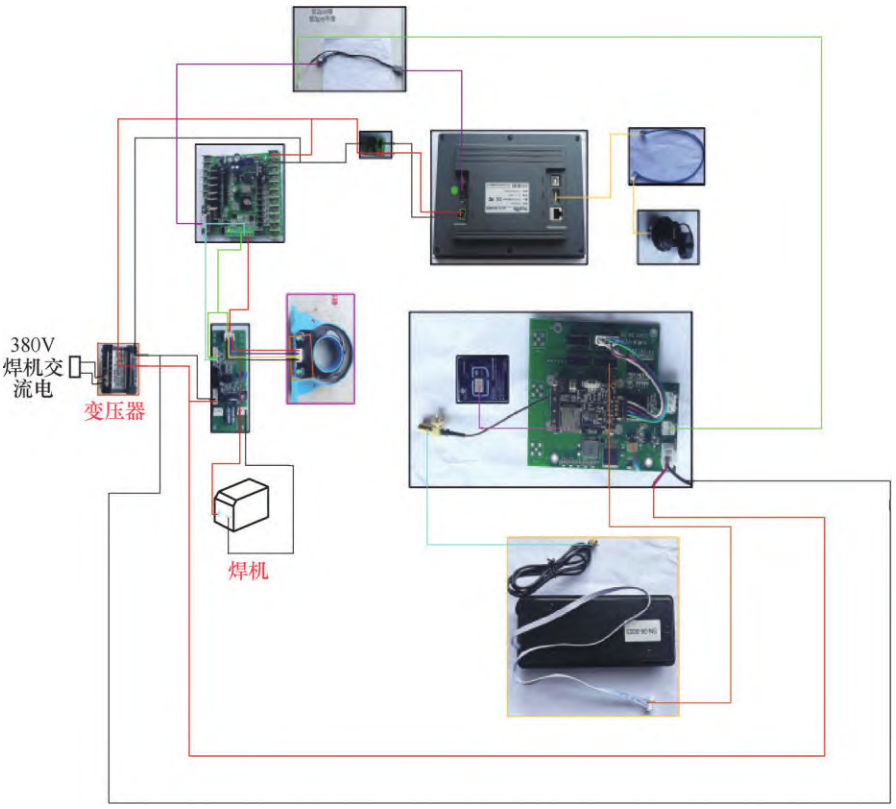

图3　物联网模块元器件接线示意

表1　焊机改造故障原因分析及解决办法

问题类型	序号	焊接设备编号	原因分析及解决方案
无信号	1	1150601090	原因分析： 1.4G模块接口积灰 2.触摸屏程序未升级 3.传感器及PLC板烧毁 解决方案： 1.拆卸清理灰尘 2.升级触摸屏程序 3.更换新元器件
	2	1211201081	
	3	1151201097	
	4	1161201060	
	5	1151101133	
	6	1151101137	
	7	1151101129	
	8	1211201081	
信号灯不亮，无设备编号	9	1151101133	观察485灯和net灯是否正常闪烁，一般为网络原因
	10	1151101129	
无焊接数据	11	1220101056	原因分析： 传感器安装位置不妥当，与导磁环产生涡流产生高温，导致传感器以及PLC、电压电流采集板损坏（判断方法见图4） 解决方案： 采用物理方法将传感器与磁环隔离：改变传感器安装位置，更换合适型号的传感器将其穿过焊接内部铁片横梁位置
	12	1161201135	
	13	1161201132	
	14	1210601104	
	15	1161201132	
焊接时间与开机时间相同	16	1220501019	

况。以上情况的具体排查及检修方案如下。

（1）焊机开机和焊接时间相同故障处理　焊机开机时间和焊接时间相同故障解决方案如图4所示。

（2）焊接数据无法采集故障处理（传感器安装方式）　将霍尔传感器与导磁环隔离，具体方法如下：将传感器从原来位置拆卸，穿过焊机铁片横梁进行安装，并用扎带固定在与导磁环较远的位置（见图5）。若传感器尺寸较小，不能穿过焊接铁片横梁，则需要用扎带将导磁环与传感器固定隔离在较远的位置（见图6）。

4.4　改造优化

针对核电现场作业环境恶劣，结合焊机改造后出现的问题，优化物联网模块植入焊机的改造安装方式，根据焊机和物联网模块的元器件尺寸，在不改变焊机改造原理的前提下，定制外挂盒子（见图7），将分散的物联网模块元器件集中在外挂盒子里，避免因灰尘及铁屑在电流电压转化板、PLC板及采集板的上表面堆积而造成短路等情况。外挂盒子安装焊机如图8所示，内部设计如图9所示。优化后的安装方式能有效地简化安装流程，可极大地提高安装效率，方便后期维护与保养。

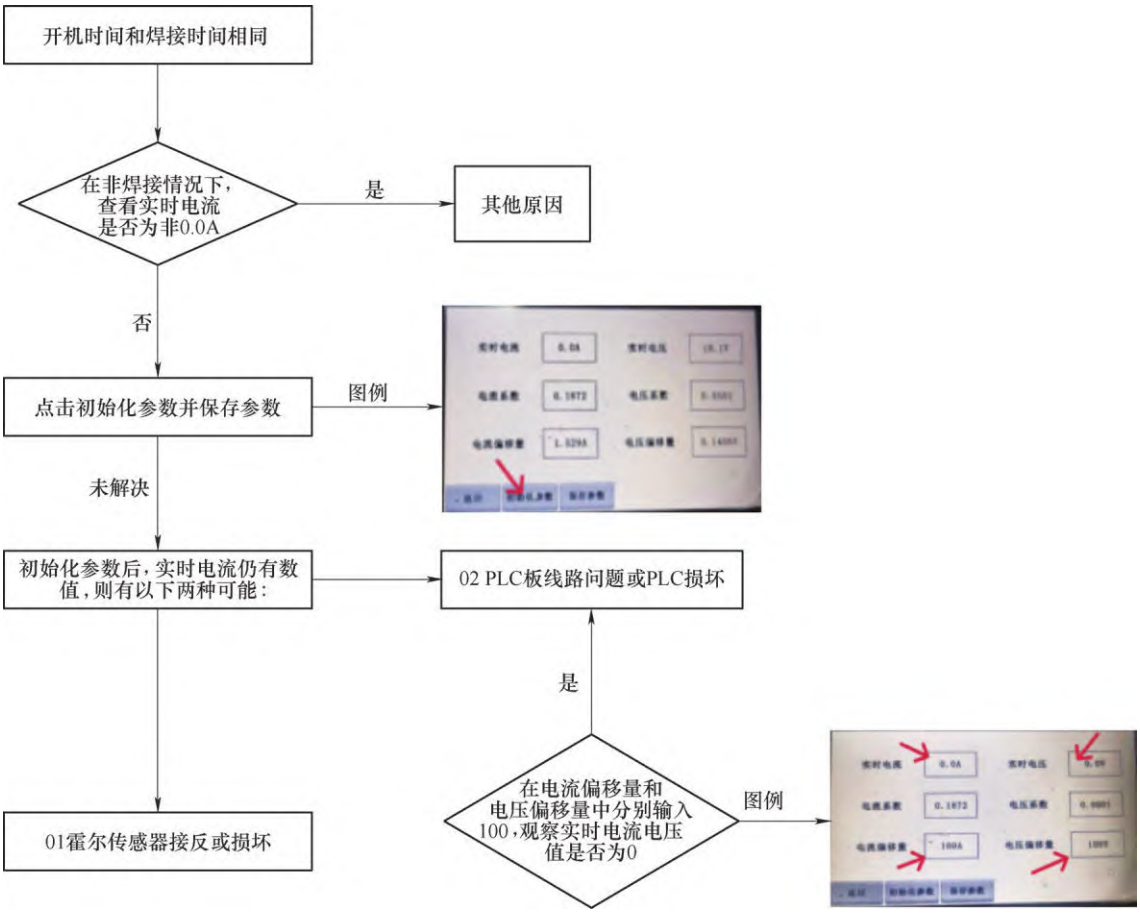

图4　焊机开机时间和焊接时间相同故障解决方案

图5　尺寸合适的传感器安装方式

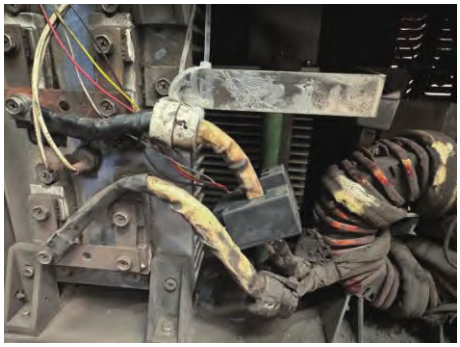

图6　尺寸不合适的传感器安装方式

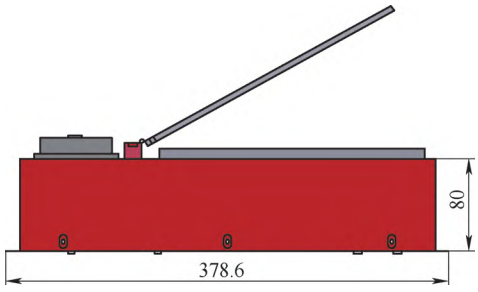

图7　外挂盒子外观设计

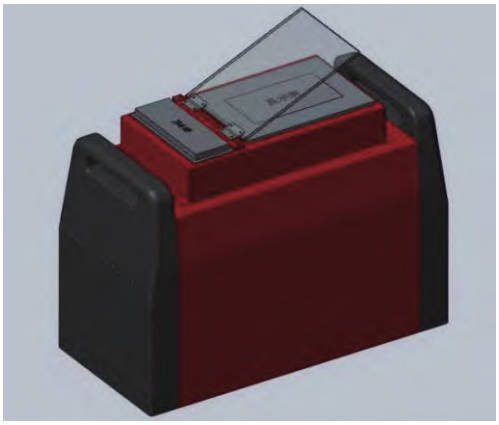

图8　外挂盒子安装焊机

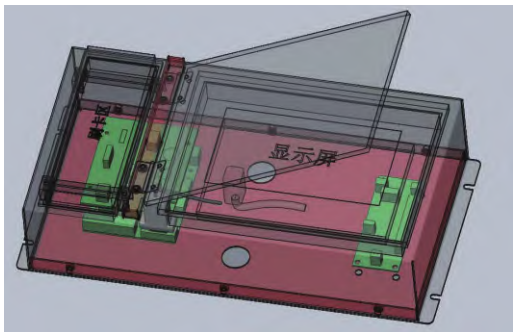

图9　外挂盒子内部设计

5　验证试验

在物联网模块与焊机结合后，为了确保其性能和稳定性，进行一系列的验证试验，验证过程及结果如下。

（1）实时采集焊接电流、电弧电压参数并永久保存　在网页端可查看焊接作业的实时焊接电流、电弧电压，可选择任意时间段进行数据回溯，数据可永久保存（见图10、图11）。

（2）有效工时提高14%　以小管预制车间为例，通过观察相应焊接时长以及在系统内观察具体的起弧、熄弧时间，分析影响制约因素的存在，实现有效工时的提升。如2023年6月第四周（第一次统计）所有人（除点口焊工）一天平均有效焊接时间1.82h，详细数据见表2；8月第三周（最近一次数据统计）为2.08h，详细数据见表3，相比提高了约14%。

（3）焊机超标定日期作业100%　预警焊机的标定到期时间可以在可视化界面上显示，同时显示开机时长、焊接时间、闲置率、空载率及负荷率等相关信息，当焊机超过标定日期作业时，焊机预警并强制关机（见图12）。

（4）100% 规避超电流焊接作业　焊工只能在设定范围内调节旋钮选择合适电流进行作业。2023年11月3日在现场对此项目标进行验证。当设定焊接电流为60～120A时，焊工刷卡确认任务后，通过旋转焊机上的旋钮选择设定范围内合适的作业电流，旋钮只能选到60～120A内的值，故保证100%规避

图10　焊接电流和电弧电压参数可视化

图11　焊接参数可视化

表2　小管预制车间第一次统计有效焊接时间详情　（h）

姓名	合计	平均	6月20日	6月21日	6月22日	6月23日	6月24日
陈**	13.25	2.65	3.26	3.02	2.31	2.25	2.41
陈**	11.35	1.89	2.44	2.47	2.03	1.13	2.04
张**	10.65	1.78	2.78	2.42	1.18	0.96	1.07
饶**	9.25	1.54	1.37	2.16	2.02	1.29	1.16
王**	4.84	1.21	0	1.28	0.6	0	1.5
张**	4.78	0.80	0.63	1.36	1.68	0.49	0.33
幸**	1.76	0.29	1.02	0	0.29	0.01	0.26

表3　小管预制车间最近一次统计有效焊接时间　（h）

姓名	合计	平均	8月15日	8月16日	8月17日	8月18日	8月19日
陈**	16.23	3.25	3.41	3.75	3.41	3.05	2.61
杨**	12.18	2.44	2.08	2.7	2.19	2.83	2.38
白*	10.88	2.18	2.35	2.52	2.03	2.54	1.44
饶**	9.53	1.91	2.43	2.68	1.64	1.48	1.3
张**	8.87	1.77	0.9	2.33	4.94	0.46	0.24
齐*	8.67	1.73	1.04	2.15	1.7	2.55	1.23
王**	6.42	1.28	0.73	2.22	0.45	2.11	0.91
顾*	3.21	0.64	0.41	0.27	0.3	1.01	1.22

图12　焊机超标定日期作业预警测试

超电流焊接作业。

6　结束语

物联网模块植入传统焊机，赋予焊机以智能化的特质，可引发生产力的崭新变革。通过物联网模块，实时掌握设备的数据变化，及时有效地对设备进行优化，提升工作效率；通过实时监控焊机的运行状态，进行焊接数据分析和预测，第一时间发现潜在的故障或问题，减少维修时间和成本；通过收集并传输焊机的使用数据和生产数据，为企业管理者提供管理数据，优化生产计划，提高生产管理效率，支持企业绿色精益化管理，助力核工程建安施工提质增效。

参考文献：

[1] 谢铮，梁立康，董超. 物联网技术在制造业生产过程数字化中的应用分析[J]. 今日制造与升级，2023（3）：105-107.

[2] 张磊，王博健，于静伟，等. 数据采集系统在焊接领域中的应用现状[J]. 电焊机，2020，50（12）：26-31，109-110.

[3] 田志勇，胡安成，冯英超，等. 焊接有效工时分析系统设计[J]. 金属加工（热加工），2021（10）：65-67.

[4] 王象元，王府强，刘城，等. 基于PLC的焊接参数采集系统设计与应用[J]. 焊接技术，2020，49（6）：69-72.

[5] 周一峰. 基于WiFi的电焊机网络监控系统设计与实现[D]. 成都：成都理工大学，2018.

[6] 郭宇骞. 基于边缘计算与物联网技术的信息系统项目实时监测及控制平台开发[J]. 科技创新与应用，2023，13（34）：132-135.

MW 20240409

（上接第81页）

2）填丝等离子弧焊焊接Hastelloy C276合金时理化性能均能符合要求，但热输入比氩弧焊多层多道焊高，因此焊接过程要严格控制，调节合适的焊接参数，以防点蚀不合格概率增加。

3）通过对比可发现，填丝等离子弧焊对于船用脱硫洗涤塔的制造具有很大优势。相比于氩弧焊，填丝等离子弧焊自动化程度高，只要有基本焊接知识的焊接操作人员就较容易掌握，既能保证焊接质量，又能节约大量人工费用。

参考文献：

[1] 刘帅，吴冬冬，柴东升，等. Hastelloy C-276薄板激光焊接接头疲劳性能[J]. 中国有色金属学报，2016，26（12）：2555-2563.

[2] 余磊，曹睿. 镍基合金焊接裂纹研究现状[J]. 金属学报，2021，57（1）：16-28.

[3] 毛琪钦，王龙. 纯镍与N10003哈氏合金TIG焊接工艺及质量控制研究[J]. 电焊机，2023，53（12）：22-27.

[4] 陈俭峰，王昌盛，鲍碧霞. 深熔氩弧焊与等离子弧焊工艺性能对比分析[J]. 金属加工（热加工），2020（8）：37-39.

MW 20240413