

氩弧焊接电源数据采集方法设计与开发

杜文平, 梁 栋, 雷鹏玮

(西安航天发动机有限公司, 陕西 西安 710100)

摘 要:当前国内外先进的焊接行业,均利用信息化、网络化等手段对焊接过程的参数进行监控采集以保证焊接质量,但是仅限于自动化焊接设备。手工氩弧焊电源属于非自动化设备,没有数据接口,难以对焊接过程中各参数进行监控、采集。针对手工氩弧焊主要的焊接参数(焊接电流、电弧电压、氩气流量),通过设计专用的手工氩弧焊的焊接参数采集盒,在采集盒中集成电流、电压、气体流量传感器,实现焊接过程焊接参数实时采集。同时,利用采集盒以太网口进行焊接设备联网集控,实现焊接过程焊接参数实时监控、实时采集和设备集中管控,保证产品焊接质量。

关键词:数据采集;氩弧焊;采集盒;集中管控;系统集成

中图分类号:TP391.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-9374(2022)03-0087-06

Design and development of data acquisition method for TIG welding power supply

DU Wenping, LIANG Dong, LEI Pengwei

(Xi'an Aerospace Engine Co., Ltd., Xi'an 710100, China)

Abstract: At present, the advanced welding industry at home and abroad uses information technology, networking and other means to monitor and collect the parameters of the welding process to ensure the welding quality, but it is limited to automatic welding equipment. The power source of manual argon arc welding belongs to non-automatic equipment and has no data interface, so it is difficult to monitor and collect various parameters during the welding process. Aiming at the main welding parameters (welding current, arc voltage and flow rate of argon gas) of manual argon arc welding, a special welding parameter acquisition box for the manual argon arc welding is designed, in which current, voltage and gas flow sensors are integrated to realize the real-time acquisition of welding parameters in the welding process. At the same time, the Ethernet port of the acquisition box is used for networking and centralized control of welding equipment, which realizes real-time monitoring, real-time acquisition of welding parameters and centralized equipment control in the welding process, so as to ensure the welding quality of products.

Keywords: data acquisition; argon arc welding; data acquisition box; centralized management and control; system integration

0 引言

焊接是目前机械行业最主要的连接方式和制造工艺,常见的焊接工艺有手工氩弧焊、自动氩弧焊、真空钎焊、等离子弧焊、电阻点焊等,焊接接头形式主要有对接焊、角接焊、插接焊等^[1-3]。焊接过程质量可靠性直接影响产品质量,为保证焊接质量,焊接参数的制定和执行是最重要的内容。但通过分析发现在实际的焊接过程中,即使预设了相同的焊接参数,焊接质量仍有可能有较大的差异^[3-4]。通过分析发现在常规的焊接设备上,主要的焊接参数如焊接电流、电弧电压、送丝速度和焊接速度等的设置和监测是通过焊接设备上的指示仪表显示,但焊接是一个复杂的动态过程,仪表指示并不能真实地反映焊接过程的全部信息,此外由于焊机上的仪表不方便拆卸,不能经常检定,造成一段时间后焊机上表显的数据存在偏移的情况^[5]。

随着焊接技术的发展,目前国内外均对焊接参数进行实时在线监测、采集,以达到将对焊接质量直接的评价作为焊接过程质量控制的重要手段。哈尔滨工业大学利用 Lab View 开发软件管理系统,基于单片机核心开发了焊装车间生产过程信息监控系统,对焊接过程进行实时监控,实现生产过程信息的集中管理^[6]。华中科技大学构建了基于 WEB 的焊接过程远程监控系统,用来对点焊过程进行远程监控^[3]。利物浦约翰摩尔大学运用电流、电压、红外、超声波等传感器,提取电阻点焊各种特征信号,然后运用无线网络把数据传给主机进行分析^[7-9]。Impact Engineering 公司利用焊接过程监测系统,同时检测和分析焊接过程的电弧电压、焊接电流、送丝速度和保护气体流量^[10]。

以上系统从不同的角度研究了焊接过程监控与数据管理,但都是针对自动化程度高的自动化焊接设备,通过集成焊接设备自带的 OPC、Modbus 等接口采集数据,对于无接口的非自动化焊接的焊接参数的监控采集相关研究还较少。本文以手工氩弧焊为研究对象,针对氩弧焊的主要焊接参数设计焊接参数采集盒,并通过以太网将焊接设备联网集中管控,实现焊接参数的在线监控与数据采集。

1 焊接过程监控采集总体设计

氩弧焊焊接技术的原理是在普通电弧焊的基

础上,用惰性气体(氩气)对被焊接的焊材进行保护,焊接时利用高电流使焊丝在基材上融化形成液态熔池,即可使基材和焊材结合,在焊接过程中由于高温熔池中持续不断地送上惰性气体,使焊材和空气中的氧气隔离,从而防止了焊材的氧化,所以可以焊接不锈钢、铁类金属^[3,11-13]。手动氩弧焊主要的焊接参数有焊接电流、电弧电压、氩气流量^[3]。

焊接参数在线监控与采集系统网络拓扑如图 1 所示。各手工焊接电源通过统一的以太网实现联网集中管控,通过设计专用的数据采集盒,采集焊接电源的参数(电压、电流、气流量等),然后通过以太网将数据上传至网络交换设备,交换设备将数据上传至服务器。技术人员在现场 PC 终端和大屏,在浏览器中输入数据服务器的 IP 地址来实现对软件管理系统服务器的访问,从而实现对焊接作业现场的远程监控,可以实时查看目前所有焊接设备的运行情况和实时焊接参数,并可在焊接完成后追溯之前的焊接过程记录。

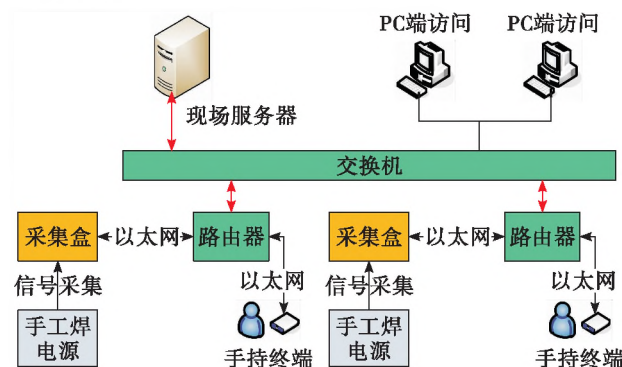


图1 焊接参数在线监控与采集系统网络拓扑

Fig.1 Network topology of online monitoring and acquisition system for welding parameters

2 数据采集盒设计

2.1 采集盒主要模块设计

为满足手工氩弧焊参数采集需要设计专门的参数采集盒,采集盒要实现焊接电流、电弧电压、氩气流量 3 个参数的采集,需要增加电流、电压、气体流量传感器,此外焊接电流、电弧电压、氩气流量需要统一进行信号处理显示,采集盒还需要微处理器。

1)焊接电流。氩弧焊焊接时焊枪接焊接电源的正极,地线接负极,形成焊接回路。需要采集焊机输出的电流就需要在焊接回路上增加电流表,但

是由于焊接电流从几十安培到上百安培,焊接电流过大,无法直接采集。电流传感器通过电流互感器,将大电流通过互感线圈转换成小电流进行采集,电流互感基本电路图如图2所示。

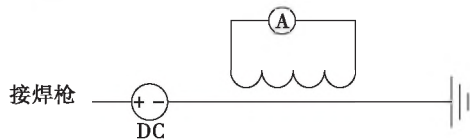


图2 电流互感基本电路图

Fig.2 Basic circuit diagram of current transformer

电流传感器的引脚如图3所示,将传感器的输出的电信号经过信号处理传递至采集盒的微处理器,在采集盒的显示屏上显示。

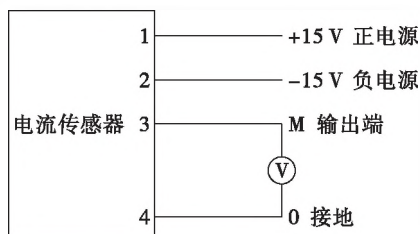


图3 电流传感器引脚图

Fig.3 Pin diagram of current sensor

2)电弧电压。电弧电压需要在焊机的正负极并联采集回路,由于手工氩弧焊枪内部一般采用水冷,无法直接在焊枪和电源进行并联采集,需要在电源正极引出一根信号线,负极与焊接电流接线形式一致,形成并联回路,在并联回路上增加电压传感器,电压传感器引脚如图4所示,电压传感器输出的信号再传递至采集盒微处理器,在采集盒的显示屏上显示。

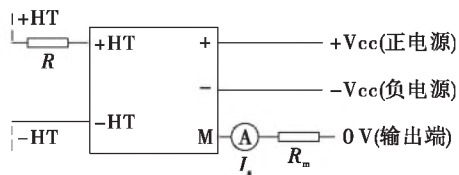


图4 电压传感器引脚图

Fig.4 Pin diagram of voltage sensor

3)氩气流量。手工焊接电源的氩气一般采用厂房集中供气或氩气瓶供气,电源上有氩气的输入接口。氩气流量采集可在氩气输入口增加气体流量传感器,气体流量传感器将气流量转换

为4~20 mA电流信号,通过采集模块将电流信号转换为电压信号传给采集盒处理器,显示在采集盒的显示屏上。

4)采集盒微处理器。焊接电流、电弧电压、氩气流量需通过信号处理集中转化并显示,采集盒的控制器采用单片机控制。单片机程序主要分3个线程:线程1负责液晶屏显示和按键处理;线程2负责电流、电压、气流量等数据采集;线程3负责以太网数据发送和接收。

2.2 采集盒内部模块和线路设计

通过以上主要模块的设计,为满足采集盒焊接参数采集、显示、以太网传输,采集盒的主要模块由电源模块、氩气流量信号采集模块、焊接电流采集模块、电弧电压采集模块、显示模块、处理器模块和基于以太网的数据输出模块组成,图5所示为采集盒内部功能框图。

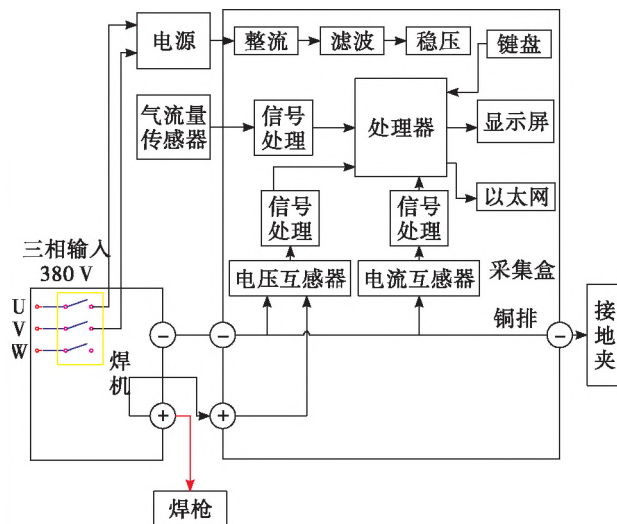


图5 采集盒内部原理图

Fig.5 Internal schematic diagram of acquisition box

1)电源模块。由整流、滤波、稳压电路组成,将变压器输入的 ± 26 V AC电源稳压至 ± 15 V DC、24 V DC、3.3 V DC。其中 ± 15 V DC给电流互感器和电压互感器供电,24 V DC给气流量传感器供电,3.3 V DC给处理器、显示屏、以太网等模块供电。

2)焊接电流采集模块。主要为电流传感器,电流传感器选用JXNB-600A/C,霍尔电流传感器的初、次级之间是绝缘的,用于控制、测量直流、交流和脉冲电流。

3)焊接电压采集模块。主要为电压传感器,电

压传感器选用 YNV-25P,该传感器系列闭环型霍尔电压传感器,初、次级之间绝缘。

4)气流量采集模块。主要为气体流量传感器,气体流量传感器选用 PFM750,测量范围 1 ~ 50 L/min,供电电压 24 V DC,输出信号 4 ~ 20 mA。

5)显示模块。选用 2.4 寸 LCD 彩屏,可显示当前焊接参数和网络配置信息。

6)处理器模块。主要负责将接收采集模块采集到的模拟信号转换为数字信号,并传至以太网模块。主控制器采用 STM32F103RGT6 微控制器,STM32F103RGT6 单片机为增强型系列单片机,使用高性能的 ARM Cortex-M3 32 位的 RISC 内核,工作频率为 72 MHz,供电电压 2.0 ~ 3.6 V。

7)以太网数据传输模块。主要负责将处理器传出的信号通过 RJ45 网口传递至上游网络设备,进而传递至服务器。

2.3 采集盒实物外接接口设计

按照以上采集盒内部模块和线路设计出如图 6 所示的采集盒实物图,采集盒的尺寸 (mm):166 × 153 × 67.5,采集盒设计 11 个对外接口,各接口的说明如表 1 所示,采集盒的功能参数如表 2 所示。

表 1 采集盒对外接口说明

Tab. 1 Description of external interface in acquisition box

序号	接口名称	接口用途
1	输入端子	连焊机输出负极
2	输出端子	连焊机接地夹
3	气流量传感器 1 进气口	第 1 路气体
4	RJ45 接口	通过以太网网线连现场交换机
5	USB 口	主要功能是通过 U 盘升级采集盒程序
6	气流量传感器 1 出气口	流量采集接口
7	检定接口	用于采集盒定期检定的接口
8	气流量传感器 2 进气口	第 2 路气体
9	电源接口	通过此接口给采集盒供电
10	气流量传感器 2 出气口	流量采集接口
11	电压信号采样接口	连焊机输出正极

表 2 采集盒功能参数

Tab. 2 Function parameters of acquisition box

序号	参数项目	参数值
1	供电	± 20 V AC
2	采集参数	电流、电压、气流量
3	显示方式	2.4 寸液晶屏
4	通信方式	以太网

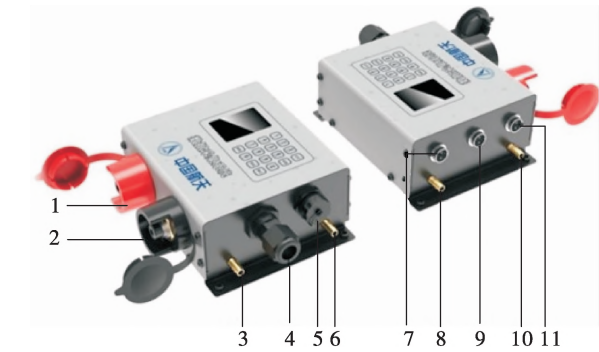


图 6 采集盒实物图

Fig. 6 Physical picture of acquisition box

3 焊接设备集中控制系统软件功能设计

焊接参数的在线监控与采集系统实现对焊接设备的联网监控,同时为满足生产管理的需要,将采集系统与 MES(manufacturing execution system,制造执行系统)^[14-15]集成,实现焊接任务下发、焊接过程监控、焊接数据采集、焊接过程数据事后追溯和查看等全过程的管控,焊接参数在线监控与采集整体业务流程如图 7 所示。

系统的主要功能模块为焊接工艺设计模块、生产过程管理模块、焊接过程监控模块、系统管理模块、MES 数据交互模块,各模块主要功能如下。

1)焊接工艺设计模块。工艺管理员可通过系统对焊接工艺基础数据进行管理,主要包括接收来自 MES 的焊接工艺、自建焊接工艺和焊接工艺查看、修改。

2)生产过程管理模块。接收来自 MES 生产任务信息,形成生产任务台账,供焊工在手持终端领取并进行作业。

3)焊接过程监控模块。在焊工进行焊接任务时,能够实时监控到设备的工作情况,并且在任务结束后能够进行回溯查看,对于报警等异常情况能够及时进行提醒并对数据进行记录。

4)系统管理模块。系统管理员可进行系统人员角色、权限菜单、焊接设备、接口配置等基本信息的管理。

5)MES 数据交互模块。系统与 MES 进行数据交互,将 MES 的焊接工艺、电子跟踪卡信息等数据通过 Webservice 接口^[16-18]以 XML 格式发送系统^[19],解析 XML 文件并存储至系统数据库中。任务完成后,将焊接过程中采集的焊接参数、焊接设备、焊接时间等数据通过 Webservice 接口以 XML 格式上传至 MES,完成数据交互。

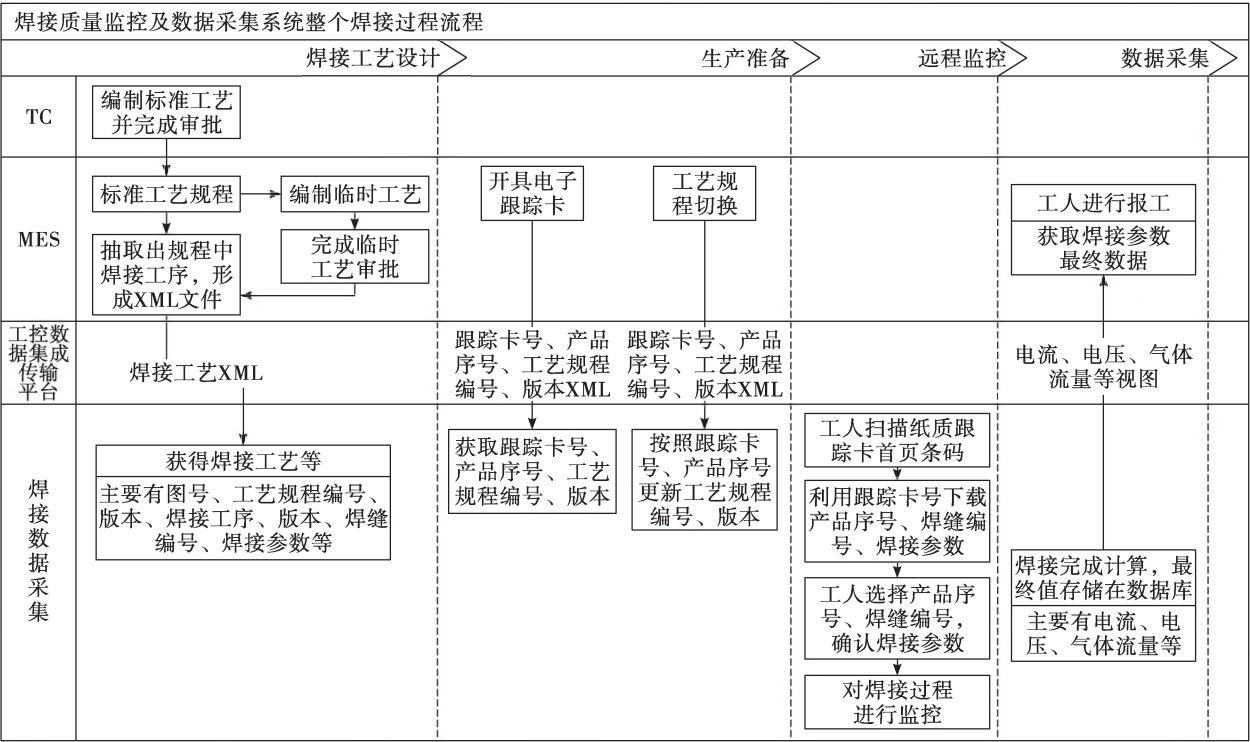


图 7 焊接参数在线监控与采集整体业务流程

Fig.7 Overall business process of online monitoring and acquisition for welding parameters

4 系统功能验证

4.1 硬件功能验证

采集盒安装在不影响焊工使用焊接设备的一侧,对应采集盒 4 个角打孔固定。此外,为方便工人操作使用,每台手工焊配置手持操作终端一台,工人在手持操作终端上进行生产任务的选择并可查看实时采集的焊接参数数据。手持终端通过以太网与系统服务器连接获取数据,为简化网络部署工作,每台焊接设备配置小路由器进行网络分线,分出来的网口分别连接采集盒和手持操作终端^[20]。图 8 为采集盒和路由器安装示例,图 9 为手持操作终端安装示例。

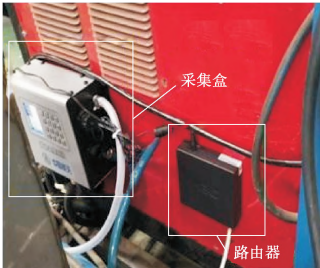


图 8 采集盒与路由器安装示例

Fig.8 Sample installation of acquisition box and router



图 9 手持操作终端安装示例

Fig.9 Installation example of handheld operation terminal

4.2 软件功能验证

软件功能主要包含焊接工艺管理、焊接任务管理、焊接过程监控管理、焊接设备总览等,其中焊接过程监控分为 PC 终端过程监控和手持终端过程监控。系统可实现工艺基础数据、生产任务信息的展示和增删改查等功能,同时对于同一图号及同一类型的规程进行分版本管理。

系统支持登录用户所在的车间、班组,显示该车间下的车间布置图及其焊机状态包括开机、待机、正在作业等信息。点击相应的焊机可查看图 10 所示焊机详细实时信息,如焊机正在作业可查看采集盒采集的当前焊接电流、电弧电压、氩气流量实时数据。

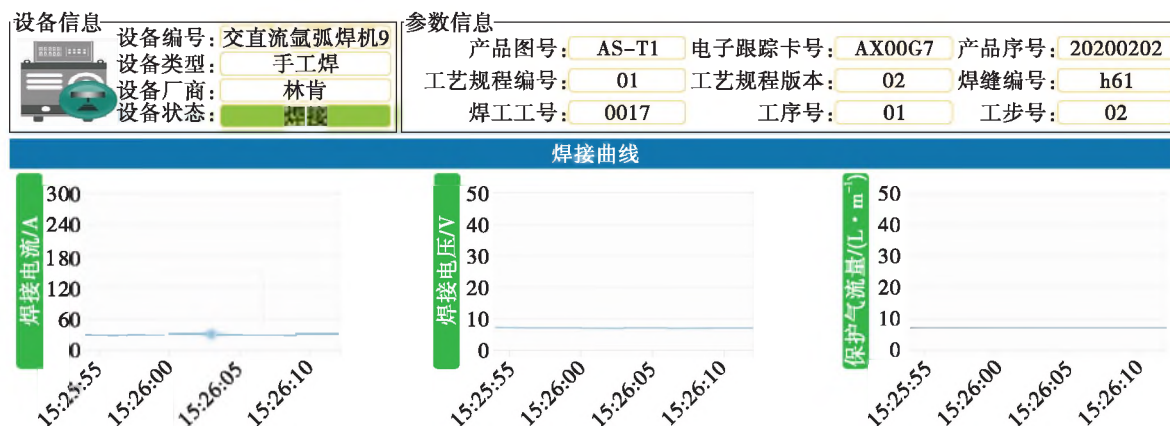


图 10 焊机详细的实时信息

Fig. 10 Detailed real-time information of welding machine

5 结语

本文针对手工氩弧焊主要参数焊接电流、电弧电压、氩气流量的过程控制问题,通过焊接技术、信息技术、通信控制和管理等新理念结合,实现焊接工艺、焊接任务执行、焊接过程监控、焊接参数采集等统一管理。针对性地设计手工焊接电源数据采集盒,通过采集盒的联网,实现焊接设备的联网集控、焊接过程的有效管控、焊接事后的全数据追溯,保障焊接质量和数据追溯能力,并为焊接制造的信息化提供解决方案,为企业管理提供大数据支持。

参考文献:

- [1] 魏超,马双民. 液体火箭发动机焊接技术[M]. 北京:中国宇航出版社,2016.
- [2] 王现荣,丁艳辉. 金属材料焊接[M]. 北京:北京理工大学出版社,2012.
- [3] 贾鸿谟. 手工钨极氩弧焊技术及其应用[M]. 太原:山西科学技术出版社,2006.
- [4] 胡敏达. 薄壁不锈钢板的 TIG 手工氩弧焊方法研究[J]. 南方农机,2020,51(22):106-107.
- [5] 兰志强,曹宇轩. 一种自动氩弧焊控制系统:CN107052532A[P]. 2017-08-18.
- [6] 梅冬胜,张忠典,李冬青,等. 焊装车间生产过程监控系统及其信息分析[J]. 焊接,2011(10):45-48.
- [7] 陈鹏展,陈益平,胡德安,等. 基于 Web 的焊接过程远程监控系统构建[J]. 中国机械工程,2007,18(8):941-944.
- [8] 张向奎. 弧焊过程的网络化监测与管理系统研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2010.
- [9] 徐士侠. 氩弧焊的技术及应用[J]. 现代经济信息,2013(17):390.
- [10] CULLEN J D, ATHI N, AL-JADER M, et al. Multisensor fusion for on line monitoring of the quality of spot welding in automotive industry[J]. Measurement, 2008, 41(4): 412-423.
- [11] 焦万才,张文明,刘兆甲. 氩弧焊[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2007.
- [12] 于增瑞. 钨极氩弧焊实用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [13] 孙景荣. 氩弧焊技术入门与提高[M]. 北京:化学工业出版社,2008.
- [14] 王志新,金寿松. 制造执行系统 MES 及应用[M]. 北京:中国电力出版社,2006.
- [15] 林巨广. 面向装配过程的可视化制造执行系统及其关键技术的研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2007.
- [16] 胡泽,廖闻剑,彭艳兵. WebService 技术研究及应用[J]. 硅谷,2009,2(5):48.
- [17] 严竞雄. 基于 Webservice 的系统信息上报平台的设计与实现[J]. 电子技术与软件工程,2020(3):212-214.
- [18] 黄刚,李晋航,巫婕好,等. 离散制造业可适应制造执行系统的研究与实现[J]. 计算机集成制造系统,2011,17(10):2137-2143.
- [19] 方翔. XML 文档到关系数据库的直接转换[J]. 计算机工程,2001,27(11):65-66.
- [20] 王廷尧. 以太网技术与应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.