

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.06.024

# 基于机器人技术的卷板喷标系统设计

罗福兴<sup>1</sup>, 李厚福<sup>1</sup>, 徐捷<sup>2</sup>, 李炎洲<sup>1</sup>, 王利刚<sup>1</sup>

(1. 杭州浙大精益机电技术工程有限公司, 浙江 杭州 311121;  
2. 浙江商业职业技术学院, 浙江 杭州 310053)

**摘要:** 针对卷板生产过程中产品标识存在错误率较高的问题, 在对目前多数卷板生产企业实际工况及采用的标识方法进行分析的基础上, 研究开发了一套基于机器人技术的自动卷板喷标系统。根据现场要求, 提出了机器人卷板喷标系统的总体方案, 对喷标系统硬件及软件进行了设计, 对机器人选型、信息交互以及字符的形成过程等关键问题进行了分析。研究结果表明, 基于机器人技术的自动卷板喷标系统既能提高卷板产品标识的准确性及质量追溯的成功率, 又能降低劳动强度, 同时提高标识规范性, 为后期的仓储及管理自动化提供技术保障, 有较大的推广应用价值。

**关键词:** 卷板; 机器人; 喷标系统

中图分类号: TH39; TP273; TP242 文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2014)06-0787-04

## Design of coil painting system based on robot technology

LUO Fu-xing<sup>1</sup>, LI Hou-fu<sup>1</sup>, XV Jie<sup>2</sup>, LI Yan-zhou<sup>1</sup>, WANG Li-gang<sup>1</sup>

(1. Hangzhou Zhejiang University Jingyi Electromechanical Technology Engineering Co., Ltd.,  
Hangzhou 311121, China; 2. Zhejiang Business College, Hangzhou 310053, China)

**Abstract:** Aiming at high error rate during identification process of coil production, the actual working conditions and commonly used identification methods in most coil manufacturers being analyzed, a set of coil painting system based on robot technology was developed. In accordance with requirements of working site, the overall plan of the coil painting system was presented, software and hardware were engineered, and critical questions such as robot model selection, information interaction and formation of characters were studied. The results indicate that coil painting system based on robot technology, with great value of promotion and application, increases accuracy of product identification and success rate of product tracking, reduces labor intensity and enhances standardization of marking, thus providing technical guarantee for future storage and automatic management.

**Key words:** coil; robot; painting system

## 0 引言

一般来说, 卷板在完成卷曲工序后, 要求马上进行产品标识<sup>[1]</sup>。现有的卷板生产线上通常采用人工制模, 然后在带有字符形状孔洞的模板上喷上高温漆, 形成所需要的字符。这种方式的标识正确性依赖于人为因素, 字符变化频繁时极其容易出现错误。卷板自有的几百摄氏度高温也给操作带来一定困难。

喷标自动化是解决现实问题的途径之一, 例如采

用多维运动机械结构搭载喷头的方式, 但存在热防护措施复杂、故障率较高等新问题, 系统维护量大甚至影响正常生产。为此, 本研究根据用户需求, 结合现场的实际状况, 开发设计机器人卷板喷标系统。

## 1 卷板喷标系统的总体结构及功能

卷板喷标系统主要由机器人、喷标系统及辅助机构等三大部分组成。该系统的主要功能是: 完成一行在端面呈弧形排列的字符的喷印, 三行在钢卷外圈圆

周面与卷心平行排列的字符的喷印。以上动作要求在80 s的设计周期内完成。

主要技术参数如表1所示。

表1 主要技术参数

项目	圆弧排列 字符数	外圈圆周面 字符数	字高 /mm	字符类型
参数	12	11×3	60~100	数字、字母及 特殊字符

## 2 机器人卷板喷标系统的设计方案

### 2.1 机器人设计选型

按照钢卷尺寸(宽度800 mm~1 680 mm, 钢卷外径Φ1 100 mm~2 030 mm), 对机器人臂展的要求为2 500 mm。根据喷印位置及字符串方向设定机器人的维度为6轴。机器人需搭载喷头、管路、电缆、隔热防护板等装置, 其负载能力需大于150 kg。再加上工业现场对稳定性的要求, 因此本研究选择ABB品牌的IRB 6600型机器人<sup>[2-5]</sup>。实践证明, 该款机器人可以满足包括生产节奏在内的各项指标。

### 2.2 喷标系统硬件设计方案

喷标系统由喷头、泵柜、控制器、PLC、上位机、交换机、位置检测所需的检测元件等组成, 整个系统的方案如图1所示。

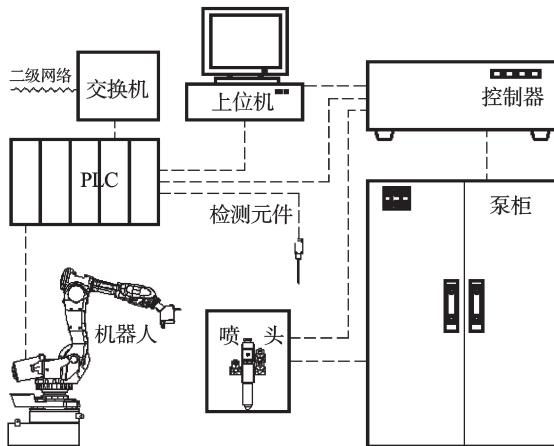


图1 系统方案图

PLC是整套系统的控制核心, 它的作用有如下3点:

首先, 它通过交换机从二级网络中获取当次喷印的数据, 然后通过RS232串口发送给喷标控制器。

再次, 它通过Profibus网络<sup>[6-9]</sup>来设定机器人的运行参数, 如速度、字符间距、行间距等, 同时接收现场检测元件的信号, 据此来控制机器人的启动、停止等动作。

最后, PLC通过Profibus网络和上位机建立通讯, 为其提供实时的监控信息。

喷头、泵柜、控制器三者负责系统的喷印。泵柜通过隔膜泵来为系统提供喷印所需的涂料。控制器用于接收PLC发送的喷印字符, 控制喷嘴动作, 把喷印内容喷到钢卷上。

喷嘴是最后的执行机构, 它的设计直接决定了喷标效果, 是整个设计方案中的关键元器件。喷印阀中心体是可被电磁铁吸上的喷针(阀芯);涂料供应至内腔, 不喷印时带压涂料封闭在内腔并回流;清洗水气混合后进入外腔。喷针被快速吸起、释放一次, 完成一个点的喷印。在整个喷印过程中, 与机器人动作配合, 喷针多次吸起释放, 完成字符喷印<sup>[10]</sup>。

机器人的作用是控制喷头的运行轨迹。

### 2.3 喷标系统软件设计方案

#### 2.3.1 系统设计流程

该系统以PLC为控制核心, 由它来控制器机器人的启停、喷标控制器的喷印等动作。其工作流程如图2所示。

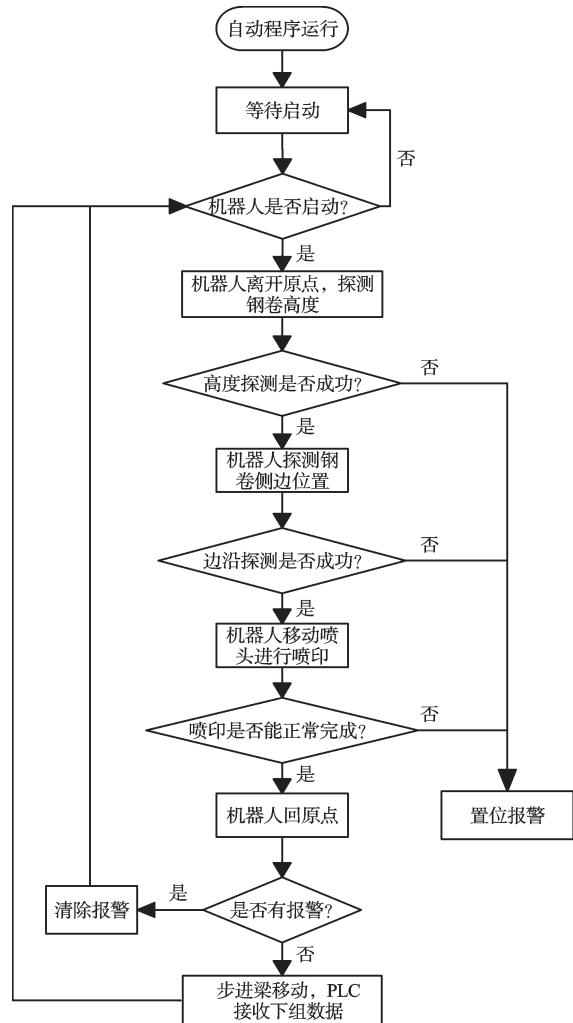


图2 PLC控制器流程图

### 2.3.2 PLC 程序设计

PLC 程序采用西门子 S7 梯形图编程<sup>[11]</sup>,采用模块化设计和标准功能块调用方式,各功能块设置如图 3 所示。

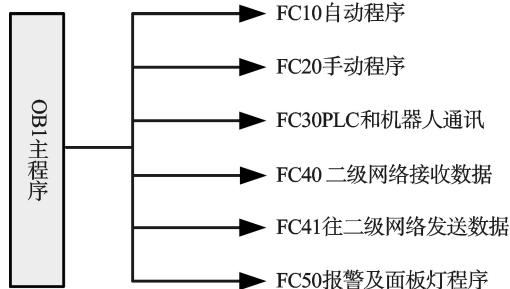


图 3 PLC 各程序组成图

### 2.3.3 机器人程序设计

机器人程序的主要作用是根据喷印的内容计算出喷印的轨迹,然后带着喷头喷印出相应的字符。每个字符的喷印可以分为 3 个步骤:

第 1 步:接收字符。每次 PLC 通过 Profibus 网络把喷印的内容写入到机器人所在的 Profibus 地址空间内,然后机器人控制器通过调用自身的函数读取这部分内容,就能得到当次喷印的字符。

第 2 步:解析字符。每个字符都是一个数组,数组内容是一组 2 个字节(16 位)长度的数据。每个数据的每个位都有特定的含义,其规则如表 2 所示(双字节的最低位为第 1 位,最高位为第 16 位)。

表 2 每个数据的每个位的特定含义

位编码	第 1~5 位	第 6~10 位	第 14 位	第 16 位	其他
含义	列坐标	行坐标	开/闭喷嘴	结束位	保留位

本研究以字符“H”为例,该字符的内容如下:  
`unsigned short Font_H[ ] = {0x00E1,0x00E2,0x00E3,  
0x00E4,0x00E5,0x2081,0x00A1,0x00C1,0x0101,0x0121,  
0x0141,0x2145,0x0125,0x0105,0x00C5,0x00A5,0x0085,  
0x8000};`

字符“H”轨迹图如图 4 所示,H 字符的第一点是 0x00E1,那么按照表 2 的定义其列坐标为 1,行坐标为 7,其位置就是图中点 1 的位置,同时第 14 位 0 表示要开启喷嘴电磁阀。依次类推,机器人就能解析出 H 这个字符所有点的相关信息。

第 3 步:喷印字符。机器人根据第 2 步解析出来的坐标信息带着喷头运动到指定的位置,同时根据开/闭喷嘴的信息控制喷嘴的开启和关闭,这样就能完整

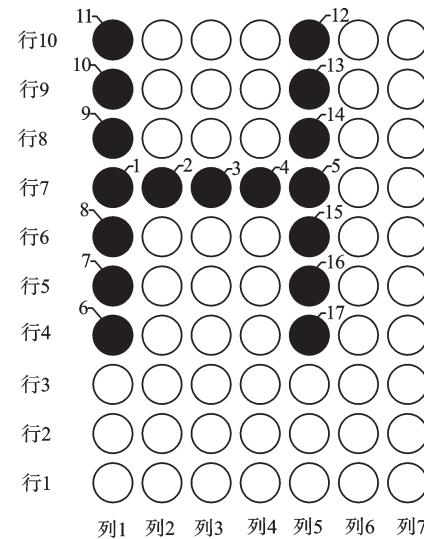


图 4 字符“H”轨迹图

地喷出这个字符。

机器人会重复操作上述的 3 个步骤,直到当次钢卷的所有信息都喷完为止。

### 2.3.4 上位机设计

上位机通过 CP5611 和 PLC 建立 Profibus 网,通过该网络来进行过程监控和数据交换。上位机通过西门子的 WinCC 编程<sup>[12]</sup>。上位机的界面图如图 5 所示。通过该软件可以显示当前系统的运行状态,调出参数设定界面,设定运行参数;同时,还有记录及报表打印功能。在钢卷喷印完成后自动生成带有卷径、材质、卷号、炉号、生产时间等内容的数据库,以便用户随时查询。



图 5 上位机界面图

## 3 系统应用效果

机器人卷板喷标系统在攀钢集团攀枝花钢钒有限公司(下转第 799 页)

#### 本文引用格式:

罗福兴,李厚福,徐捷,等.基于机器人技术的卷板喷标系统设计[J].机电工程,2014,31(6):787-789,799.

LUO Fu-xing, LI Hou-fu, XV Jie, et al. Design of coil painting system based on robot technology [J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(6):787-789, 799.  
《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

统从设计开发到应用至今已逐步成熟,实现了基层站所由每月低压配电设备巡视转变为远程监控和调阅运行数据的智能化管理,提高了该公司在农村公变低压配电设备维护的主动性、及时性和准确性。同时,利用故障预(告)警信息双通道实时传送、接收和故障自动隔离、自愈技术,优化了低压配电设备运行的安全性,提高了长期供电可靠性。随着供电企业信息自动化不断完善,该公司还将对该系统不断改进、升级,保持持续提升和深化应用。

### 参考文献(References):

- [1] 曹孟州.供配电设备运行、维护与检修[M].北京:中国电力出版社,2011.
- [2] 赵文龙,赵德,许光泞,等.低压配电监控系统的设计[J].电工技术杂志,2003(6):47-49.
- [3] 许卫兵.基于数据融合技术的电力变压器在线故障诊断研究[J].机电工程,2006,23(7):34-36.
- [4] 管爱东,郑建国.低压配电网无线远程监控管理信息系统

研究[J].计算机技术与发展,2007,17(11):201-204.

- [5] 赵峰,刘君.基于DGA与神经网络融合的变压器故障诊断方法[J].机电工程,2008,25(7):27-30.
- [6] 翁国庆,华良.基于SCADA/EMS的变电设备故障诊断专家系统[J].机电工程,2008,26(10):74-77.
- [7] 冯作栋,籍立强,王新峰,等.中低压配电网故障在线检测系统的应用[J].农村电工,2011,19(5):27-29.
- [8] 刘鹏,刘娜,张叶峰.农村电力通信网组网方式[J].农村电气化,2013(10):38-39.
- [9] 钱新建.智能化辅助系统在智能变电站的应用[J].浙江电力,2011,27(12):31-34.
- [10] 贾聚光,门亮.基于统一采集与集中监控的智能配电台区[J].农村电气化,2013(2):7-8.
- [11] 袁钦成.配电系统故障处理自动化技术[M].北京:中国电力出版社,2007.
- [12] 桂颖,谷涛.Java开发手册[M].北京:电子工业出版社,2013.
- [13] 夏振华,蔡昌新,王晓爽.远程故障诊断报警系统的设计[J].工业仪表与自动化装置,2010(4):62-64.

[编辑:李辉]

### 本文引用格式:

吴宇红,章建森.低压配电设备故障诊断及运行监控系统[J].机电工程,2014,31(6):795-799.

WU Yu-hong, ZHANG Jian-sen. System of fault diagnosis and operation monitoring for low-voltage distribution equipment [J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(6):795-799.  
《机电工程》杂志:<http://www.meem.com.cn>

(上接第789页)

限公司、天铁热轧板有限公司等大型板卷厂得到应用。机器人卷板喷标系统应用效果如图6所示,是该系统最早在包钢股份(集团)有限公司的喷印效果。

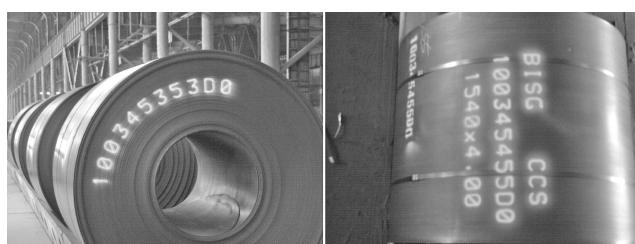


图6 机器人卷板喷标系统应用效果

## 4 结束语

机器人卷板喷标系统经过多种现场工况条件和一年以上的使用表明,针对不同规格、材质的板卷,均能按照自动顺序完成作业,可以经受300℃~1 000℃高温以及生成过程中出现的板卷呈塔形等恶劣条件的考验。喷印字体清晰,很好地满足了用户对板卷的标识及质量追溯要求。该系统先进程度高,标识一致性好,运行维护方便,具有较大的推广应用价值。

### 参考文献(References):

- [1] 雷党萍,程懿麟,何刚.热轧板带钢生产工艺[M].北京:中国劳动社会保障出版社,2009.
- [2] 叶晖,管小清.工业机器人操作及应用技巧[M].北京:机械工业出版社,2010.
- [3] ABB集团.ABB机器人编程手册[M].ABB集团,2011.
- [4] 郑向华.基于FluidSIM的清洗机器人柔性自动限踪清洗功能设计与仿真实现[J].液压气动与密封,2013(2):83-84.
- [5] 晏祖根,王瑞泽,孙智慧,等.四自由度并联机器人运动学分析[J].包装与食品机械,2013(2):34-36,57.
- [6] 徐忠,王万良.基于Profibus-DP的远程数控系统通讯研究[J].机电工程,2009,26(2):42-45.
- [7] 蓝丽,李红星.基于Profibus\_DP现场总线控制系统的集成[J].微计算机信息,2007,23(16):23-24.
- [8] 张虎,薛利军,李自田.一种分布式远程通讯系统的实现[J].微计算机应用,2003,24(1):34-36.
- [9] 程金良.不同PLC之间的通讯技术实例[J].宝钢技术,2005(S1):25-27.
- [10] 濮良贵,纪名刚.机械设计[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [11] 张春.西门子STEP7编程语言与使用技巧[M].北京:机械工业出版社,2009.
- [12] 刘华波.组态软件Wincc及其应用[M].北京:机械工业出版社,2009.

[编辑:李辉]