

[工业机器人]

自动喷号机器人在热轧带钢生产线上的应用

文/王伟哲 李 敏
山东钢铁集团日照有限公司

热连轧生产线的带钢产品在成品环节需要在钢卷表面及端面进行喷码工作，便于后期产品追踪和科学管理。热连轧产线运输区待喷印钢卷温度较高且与生产线交叉，为了解决工人手工喷码存在工作环境安全隐患大、效率低下等问题，采取全自动喷号机器人解决问题。

随着冶金行业自动化程度的不断提高以及“智能制造”概念的提出，冶金行业追求更高水平、更高效的自动化和智能化生产模式。作为制造业典型的高端智能装备之一的工业机器人，被越来越广泛地应用到冶金行业生产中。在热连轧产线中，为成品钢卷进行喷码喷号工作是产品管理和质量管控的一个重要手段，钢卷运输区环境温度高并且与生产线交叉，由工人进行喷码作业效率低，并且存在一定安全风险。因此热连轧生产线采用了全自动机器人热态喷号机设备，该套设备可以根据生产线提供的钢卷信息按照预先设定自动生成标识信息，并自动测量钢卷位置尺寸后将钢卷信息精确地喷印到热轧钢卷表面和端面。

安装，防护等级为IP67，重复定位精度为0.05 mm，重复循环精度为0.12 mm。该机器人配有专用控制器，通过通信电缆与机器人相连。该机器人有维护间隔长、维护便利、动作灵活及高操作精度等优点，在制造业中有广泛应用。



图1 ABB IRB6700系列工业机器人（坐地式）

喷印系统组成及网络架构

1. 系统组成

全自动（热态）机器人喷印系统主要部件：工业机器人系统、PLC控制系统、机器人控制器、涂料系统及HMI监控终端。其中机器人安装在安全围栏内，PLC柜及涂料柜等安装在安全围栏后，HMI安装在卷取作业操作台内。

1) 工业机器人系统采用ABB IRB6700系列工业机器人，如图1所示。该机器人为六轴运动，负载为150 kg，工作范围为3.2 m，安装方式为坐地式

2) PLC系统由西门子S7-1500系列柜体、ET-200S分站及ABB机器人控制柜分站组成，该PLC柜用于接收来自轧线自动化系统上位PLC传输的钢卷信息并传输给机器人控制器，实现喷印机器人设备连锁控制，完成在线实时HMI监控功能。

3) 涂料系统由涂料柜、循环管路、压缩空气管路、静环水管路及喷枪组成，包括涂料泵、减压阀、电磁阀、过滤器及搅拌装置等部件，其中喷枪为该喷印机器人系统的核心部件，安装在机器人的第六轴

上。涂料由涂料罐中抽取并通过管路输送至喷头，而后经过喷涂压缩空气和雾化压缩空气的作用形成涂料喷雾喷印在钢板表面；喷印完成后涂料由循环管路回流涂料桶，喷头清洗装置从清洗剂罐中抽取清洗剂并结合清洗水对喷枪头进行清洁工作。

4) 监控HMI通过TCP/IP与PLC柜的通信，并实现参数修改、界面操作及监视报警等功能。操作界面可以监控机器人起动条件、运行状况、公辅设施状况及与上位机通信状况等。HMI还能够显示当前钢卷编号、基本参数面板（包括字符内容、字体大小及字符间距等）、控制面板及相关操作位置等；可以通过HMI手动修改喷印字符和喷印位置等。操作人员及运维人员可以通过HMI直观地监控设备运行状况，并进行故障排查等操作。

2. 电气自动化系统架构

喷印机器人PLC柜通信为该自动喷印系统的控制核心，如图2所示，轧线L1、L2级自动化PLC通过硬线I/O和TCP/IP与喷印PLC柜通信，喷印PLC柜与分站（现场操作箱、机器人控制柜）以及分站之间均通过Profibus-DP进行通信。喷印PLC接收到来自上位PLC的连锁信号、钢卷信息和喷印数据后，通过Profibus-DP发送给机器人控制器，并通过TCP/IP与HMI画面终端保持实时通信。机器人控制器通过专用控制电缆与机器人相连，当检测到钢卷到达喷印位置时机器人动作，通过压力传感器获得钢卷的精确位置，并计算机器人运动轨迹，最终完成钢卷端面 and 表面喷印。现场操作箱通过硬线I/O与涂料柜连接，控制涂料柜内电磁阀动作并反馈公辅水汽管路压力信号、涂料罐液位信号等。

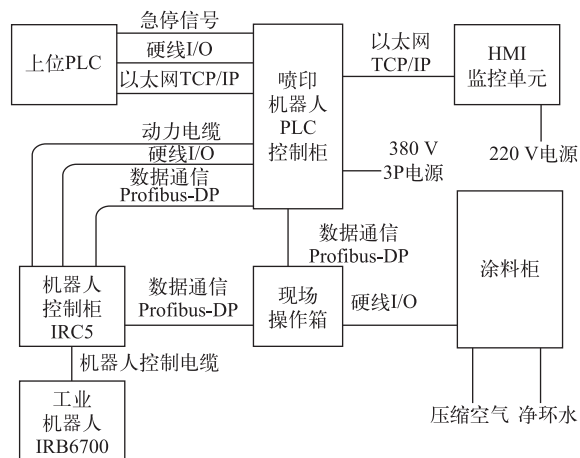


图2 喷印机器人电气自动化系统结构图

现场布置及钢卷喷印工作流程

1. 现场布置方案

喷印机器人安装在主轧线卷取机出口钢卷运输链轨道侧面设备基础上面向轨道安装，PLC柜放置在电气室内，涂料柜、机器人控制柜及现场操作箱安装在机器人后方的隔热围栏内，HMI终端放置在操作台内。机器人作业区域运输链轨道两侧用安全围栏分隔用以保证作业安全，围栏装有安全连锁，当围栏处于打开状态时，机器人无法工作。

2. 喷印工作流程

当喷印机器人的起动条件全部满足时，机器人可以自动进行钢卷喷印工作。钢卷喷印工作流程如图3所示，主要包括五个步骤：

1) 钢卷到位检测，当喷印位传感器检测到钢卷进入喷印位置时，上位PLC发出钢卷数据（钢种、宽度、厚度、钢卷号及重量等），经喷号机PLC进行数据转换后下发至机器人控制器，机器人控制器将钢卷数据转化为字符等待喷印。

2) 喷印周期开始，机器人对钢卷的端面及侧面方向进行定位测量，形成精确的钢卷位置及尺寸信息。

3) 若测量信息与系统接收信息一致，且机器人状态正常，则进入喷印作业，机器人移动到喷印位置对钢卷的端面和侧表面进行喷印，喷印周期中喷号机向上位机发送连锁信号，锁定运卷托盘防止钢卷移动。

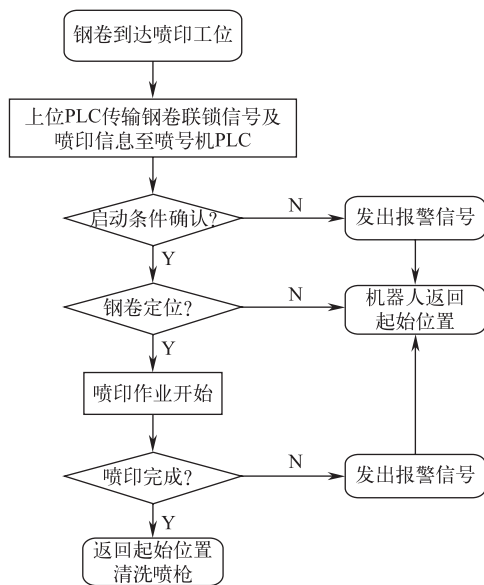


图3 自动喷印机器人系统工作流程图

4) 喷印作业完成后, 机器人回到原始位置并向控制器发出完成信号, 上级PLC收到完成信号后托盘解锁允许钢卷运走, 完成一个喷印周期。

5) 每个喷印周期完成后, 机器人对喷枪进行一次自动清洗以延长喷枪寿命。

喷印机器人特点

1. 喷印标识特点

热连轧产线产品规格较多, 钢种、宽度及厚度不同, 产品有商品卷也有供给冷轧产线的中间卷, 因此对于喷号字符组合的自由度及喷印清晰度要求较高。该系统可以打印英文字母A~Z和阿拉伯数字0~9组合, 并且可以喷印条形码和二维码。在喷印PLC接收到上位PLC下发的钢卷喷印信息后, 通过Profibus-DP网络将喷印内容传输给机器人控制器, 机器人控制器通过调用函数解析获得喷印字符并发送给机器人。喷印信息按照行列和字符排列, 每个字符都有设定的书写方式, 机器人按照程序设定完成书写动作。喷印效果如图4所示, 结合IRB6700型机器人的高精度伺服控制可以满足清晰的喷印效果。

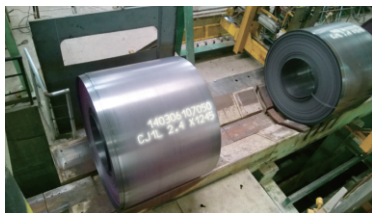


图4 实际喷印效果示意图(例)

2. 钢卷定位

本喷印机器人采用压力传感定位方式, 机器人第六轴上安装有压杆, 压杆连接压力传感器。当检测到钢卷进入喷印工位后机器人开始动作, 机器人根据接收到的钢卷信息, 按照钢卷尺寸(宽度830~1 900 mm, 外径 ϕ 1 000~2 230 mm)在钢卷的端面及外圈进行压测, 并最终获得钢卷的精确定位。机器人在完成喷印表面的定位后方可按照定位进行喷号作业。

3. 喷印系统维护

IRB6700型工业机器人技术成熟, 维护需求较小, 喷印机器人系统主要的维护点在于定期对喷枪和涂料系统进行清洁保养, 喷号不清晰多数是由于喷枪堵塞或涂料系统问题造成的。作业区维检人员

按照技术手册指导, 每周、季度和年度对喷号机系统进行点检维护作业。

结束语

提高热轧厂产品经济指标, 除了改善轧钢工艺外, 提高产品的质量监督管理工作也是必不可少的。对带钢产品进行喷码是提升产品质量管控、提高仓储管理效率的有效手段。该全自动机器人喷印系统自投用以来, 有运行稳定、驱动系统响应迅速、控制精度高及喷印标识清晰准确度高等优点, 在提高生产效率、降低人工风险的同时, 也为热轧厂钢卷库智能化管理提供了技术保障, 具有较高的推广价值。EA

(收稿日期: 2022-04-21)

参考文献

- [1] 张安龙. 提高喷号机喷枪使用寿命的措施[J]. 武钢技术, 2011(49): 5.
- [2] 李家兴. 机器人喷码系统在板坯连铸生产线的应用[J]. 冶金自动化, 2020(44): 2.
- [3] 刘锋国. 交流伺服驱动系统在喷号机上的应用[J]. 冶金管理, 2020(6).
- [4] 绍长琚. 自动喷号机在莱钢1 500 mm热轧带钢线的设计与应用[J]. 通讯世界, TG335. 11-A-1006-4222(2017)11-0144-02.
- [5] 李少博. 工业机器人的应用分析[J]. 科技传播, 2019(4): 145.
- [6] 蔡自兴. 人工智能在冶金自动化中的应用[J]. 冶金自动化, 2015, 39(1): 1.
- [7] 庄国贤, 术茜. 电力调度机器人系统设计与评价[J]. 电气应用, 2020, 39(9): 93-97.
- [8] 黄双得, 周仿荣, 普凯, 等. 电缆隧道架空式巡检机器人行走机构研究与应用[J]. 电气应用, 2020, 39(4): 71-76.
- [9] 伏松平. 基于人工智能技术的电气化铁路接触网检测研究[J]. 电气应用, 2020, 39(9): 50-54.
- [10] 周明. 人工智能技术的铁路电力自动化系统可靠性评估[J]. 电气应用, 2020, 39(6): 35-39.