

基于 PLC 的重型 H 型钢连铸坯火焰切割系统设计

邹鑫,何文雪,牛杰

(青岛大学 自动化学院,山东 青岛 266071)

摘要:为解决大型钢铁企业对连续重型 H 型热坯切断的生产需求,设计一种基于可编程逻辑控制器的重型 H 型钢连铸坯火焰切割生产系统。该系统以西门子 S7-1500PLC 为控制核心,火焰切割机为执行机构,采用红外摄像定尺技术测量切割长度,使用 Wincc7.4 设计上位机画面对整条生产线进行实时的监测和控制,实现了对连续异形坯的自动切割,具有较高的切割控制水平和尺寸测量精度。

关键词:PLC;重型 H 型钢;火焰切割;生产线;红外定尺

中图分类号:TP273 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2022)01-0225-04

Design of Flame Cutting System for Heavy H-beam Continuous Casting Billet Based on PLC

ZOU Xin, HE Wenxue, NIU Jie

(School of Mechanical Automation, Qingdao University, Qingdao 266071, China)

Abstract: In order to meet the production demand of continuous heavy H-shaped hot billet cutting by large steel enterprises, a heavy H-shaped steel continuous casting billet flame cutting production system based on programmable logic controller was designed. With Siemens S7-1500 PLC as the control core and flame cutting machine as the actuator of the system, infrared camera was used to measure cutting length, and Wincc7.4 was adopted to design upper computer screen to monitor and control the entire production line in real time. With the system, the automatic cutting of continuous special-shaped blanks was realized with high level of cutting control and high accuracy of dimensional measurement.

Keywords: PLC; heavy H-shaped steel; flame cutting machine; production line; infrared fixed-length

0 引言

随着我国对高层建筑、大跨度桥梁等大型工程建设的不断投入,大型 H 型钢的需求量将会大幅度增长^[1]。采用异形坯生产 H 型钢材,可减少轧制道次,缩短轧制时间,节约能源;而且轧材性能的各向异性小,产品质量可靠。重型异形坯的连铸技术已逐渐成熟,但是对于重型 H 型钢异形连铸坯的切割系统并不完善。基于此,设计了一种以 S7-1500PLC 为控制器,火焰切割机为执行机构的切割系统,提高了自动化程度,节省了大量的人力,提高了生产效益。

1 切割系统方案设计

1.1 重型 H 型钢坯生产流程

重型 H 型钢连铸坯由引锭杆缓缓拉出,通过红外定尺技术把需要切割的长度尺寸发送给 S7-1500PLC,由 1500PLC 控制火焰切割机执行切割动作。生产流程图如图 1 所示。

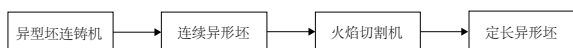


图 1 生产流程图

1.2 火焰切割机的组成和系统工作原理

火焰切割机由大车架、切割小车(由割枪、割嘴等组成,每一流分别有两个切割小车)、同步机构(由气缸等组成)、粒化水等装置组成^[2]。当 1500PLC 收到红外摄像定尺与规定切割长度相同的尺寸时,1500PLC 通过工业以太网控制火焰切割机的西门子 S120 变频器来驱动大车和割枪的电机,再通过电机上的旋转编码器将大车和割枪的位置反馈给 1500PLC,达到了整体的闭环控制,实现了系统的自动化控制。切割系统的工作原理如图 2 所示。

1.3 红外定尺系统

重型 H 型钢异形连铸坯切割尺寸由红外定尺系统测量,红外定尺系统由红外摄像机、CCD 半导体器件和工控机组成。摄像头主要负责信号的采集和处理。首先红外摄像头通过红外成像原理把铸坯实物通过处理转换成图形信号后送到 CCD,再经 CCD 处理转换成视频信号送到工控机,工控机处理后通过 PUT/GET 通信把实时测量铸坯前端面距标定原点的位置距离 L_2 发送给 1500PLC,通过上位机把需要切割的尺寸 L_1 输入到 1500PLC。当 $L_2 \geq L_1$ 时,1500PLC 控制火焰切割机完成切割命令^[3-4]。红外定尺系统工作原理如图 3 所示。

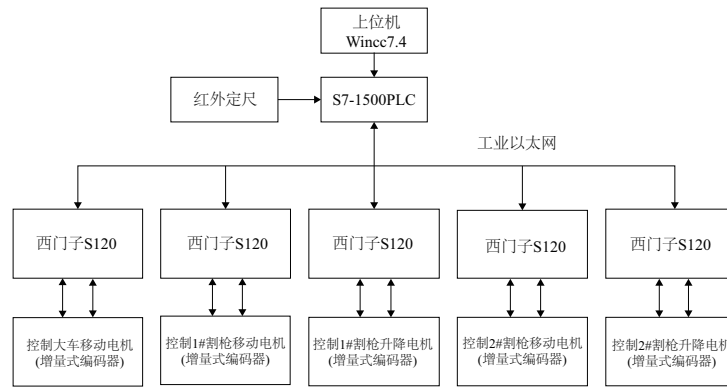


图2 切割工作原理图

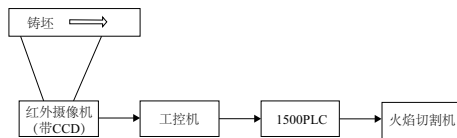


图3 红外定尺系统工作原理图

2 切割系统的硬件设计

基于 PLC 的重型 H 型钢连铸坯火焰切割系统主要是完成连续铸坯的定尺切断,从硬件的角度考虑,主要包括控制器和执行机构的选择^[5]。

2.1 控制器的选择

所设计的重型 H 型钢切割系统复杂,输入、输出的开关量较多,工作在高温的环境下,控制精度要求高。因此选用西门子高性能 S7-1500 系列 PLC,其 CPU 选用 1513-1 PN,通信响应速度和数据传输快,抗干扰能力强,安全性能好,能适应复杂的工作环境^[6]。S7-1500 PLC 模块具有诊断的功能并且诊断的级别为通道级,不需要进行额外的编程就能快速准确地查到受影响的通道,减少因故障而停机时间。电源模块选用 60 W 120/230VAC/DC_1,根据系统的输入输出点数选择两个 DI 32x24VDC BA、两个 DQ 32x24VDC/0.5A BA。

2.2 执行机构的选择

由 1500PLC 控制执行机构完成切割任务,执行机构选用火焰切割机,其大车和切割小车的驱动电机选用变频调速的异步电动机,大车行走速度 $V_c = 3 \sim 20 \text{ m/min}$,割枪行走速度 $V_g = 0.09 \sim 2.5 \text{ m/min}$,割枪升降距离 $S = 200 \text{ mm}$ 。

编码器选用倍加福增量型旋转编码器 RHI58N-0BAK1R61N-1000,其性能高、分辨率角度高、6 通道信号输出,可灵活使用,通过附带的转矩支架固定在适当的位置,通过电缆连接器进行电气连接。

该系统中大车和小车的方向和速度控制单元选用西门子 S120 高性能驱动器,集 V/F、矢量和伺服控制于一身,可实现单轴驱动和多轴控制。控制模块 CU310 与功率模块 PM340 配合组成 S120 单轴控制系统^[7]。1500PLC 通过标准报文与 S120 驱动器通信控制大车和割枪的方向和速度。

3 切割系统的软件设计

3.1 系统组态

使用 TIA V15.1 软件完成控制系统的硬件组态如图 4 所示。S1201 控制大车的移动方向和速度,S1202 控制 1#割枪的水平移动方向和速度,S1203 控制 1#割枪的垂直移动方向和速度,S1204 控制 2#割枪的水平移动方向和速度,S1205 控制 2#割枪的垂直移动方向和速度。PLC 通过工业以太网与 S120 变频器连接。

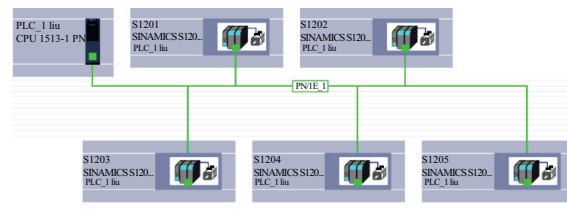


图4 控制系统硬件组态

3.2 切割系统的软件设计

PLC 的程序设计是重型 H 型钢连铸坯火焰切割系统的核心部分。该切割系统在满足控制要求和生产需要的情况下,设计自动模式、手动干预两种模式。自动切割过程中,用户可以根据需要通过割枪操作手柄使割枪退出自动切割方式,这种方法称为手动干预。手动干预后,自动关闭切割氧,停止切割。手动干预后,有两种进入程序的方式,一种是手动把割枪开到铸坯边缘,打开预热火焰扳动启动开关,割枪会进入自动切割程序;另一种是在预热氧打开时按下切割氧按钮,割枪直接以切割速度切割。程序流程图如图 5 所示。

1) 系统的预压紧和压紧信号由红外定尺系统给出,当铸坯走过的长度达到设定的长度时,红外定尺系统给 1500PLC 压紧信号,1500PLC 会发出命令控制同步机构压紧铸坯,铸坯和大车同步运行,边走边切。

2) 由于重型 H 型钢铸坯厚度大,多采用仿弧式切割方式,当割枪水平切割到铸坯腹板位置时,割枪开始以一定斜度下降,割枪下降到距腹板安全切割高度时停止下降,

继续以平移方式切割铸坯,切割速度是设定切割速度的 3 倍。当两枪相遇时(相遇极限发出信号),画面上选择为“1#或 2#相遇后返回”的割枪关闭切割氧,延时关闭预热氧,延时关闭燃气。割枪快速向原位退回程序如图 6 所示。当退到翼板边缘时,需要判断割枪当前高度是否小于

35 mm。如果小于就可以继续后退。如果高度>35 mm,为了防止割枪后退时撞上翼板,就需要停下来等割枪上升高度<35 mm后才能快速返回到原点。另一把割枪继续切割完剩余铸坯后,关闭切割氧,延时关闭预热氧,延时关闭燃气,以快速方式向割枪原位退回。

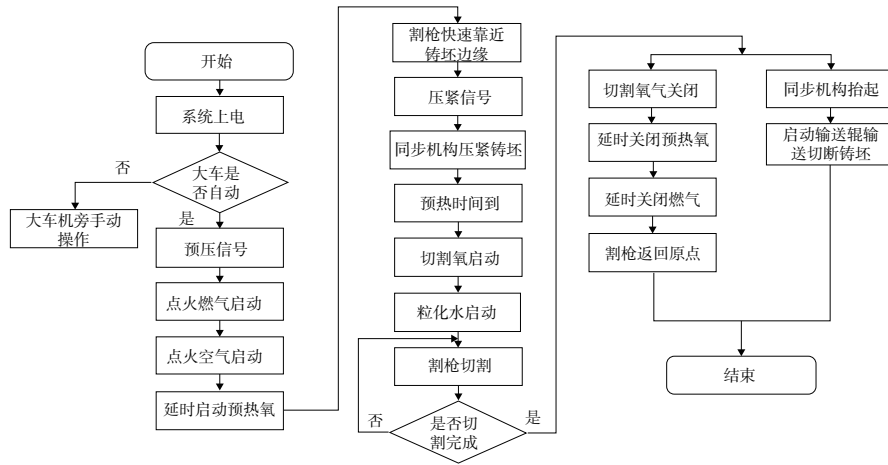


图 5 程序流程图

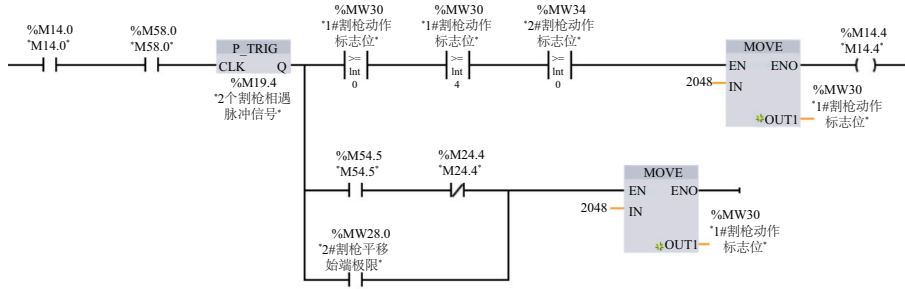


图 6 割枪相遇返回程序

3)割枪在切割过程中,因破口起切失败或切割速度过快而产生翻渣时,可采用手动干预方式。按照现场情况,用手动的办法处理事故。这时操作割枪操作手柄使割枪返回,割枪返程的速度是 3 500 mm/min,割枪返程后到达翻渣位置,人工打开切割氧后,割枪重新进行切割,同时这把割枪的状态又恢复到自动状态。如果破口失败,则把割枪开出铸坯,人工扳动“启动”按钮,割枪就进入自动切割程序,自动打开预热火焰,按设定的时间预热,预热完毕后打开切割氧,开始以始切速度进行切割破口。

3.3 上位机画面设计

该系统使用 Wincc7.4 对上位机进行设计,该生产线采用一机二流的方式对铸坯切割,一流火切机器人交互界面如图 7 所示。异形连续铸坯火焰切割系统的上位机系统由人机交互界面、数据通信、脚本策略组成。通过人机交互界面,操作人员可以输入定尺长度、预热时间等参数。通过指示灯、动画等可视化的方式让操作员了解设备的工作状态。脚本策略负责对 1500PLC 较为复杂的算法计算和复杂动画的制作。数据通信负责上位机和 1500PLC 的数据传输,上位机通过 SIMATIC NET OPC 的方式,实现

1500PLC 和上位机的数据交互^[8]。

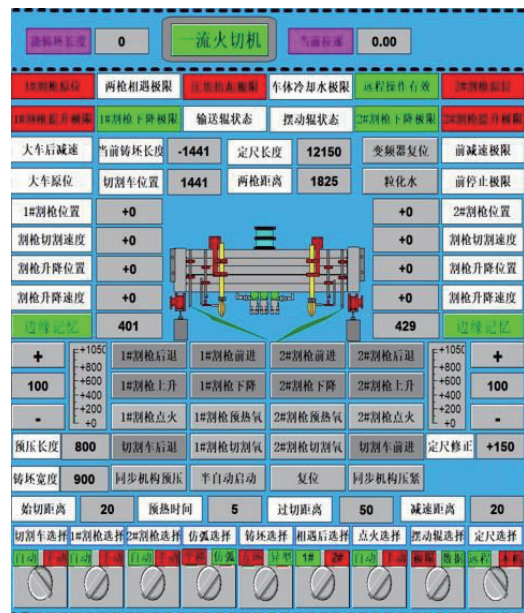


图 7 上位机人机交互界面

4 结语

使用 S7-1500PLC 作为重型 H 型异形连铸坯火焰切割系统的控制核心,红外定尺系统对铸坯移动长度进行测量,人机交互界面对设备的工作状态进行实时的监控,共同完成该生产线的控制系统。系统配有有机旁操作箱,当系统出现故障时,可以进行手动干预处理。该系统投入到生产应用中,能够按照设计的切割流程工作,可以灵活切换各种操作模式,提高了系统的自动化程度,大大提高了切割铸坯的精度和效率,避免了人工切割产生的误差和质量问题,降低了成本,经济效益明显。

参考文献:

- [1] 吴保桥,夏勳,姜婷,等. 重型热轧 H 型钢生产技术的发展[J]. 安徽冶金,2016(2):18-21,54.

- [2] 周红梅. 浅谈板坯连铸火焰切割机结构设计[J]. 冶金与材料,2019,39(2):147-148.
- [3] 魏颖洁. 基于西门子 PLC 的方坯红外摄像定尺切割系统[J]. 冶金管理,2019(19):63-64.
- [4] 张涛. 自动红外摄像定尺测量控制系统的应用[J]. 天津冶金,2019(S1):64-66.
- [5] 刘少鹏,何文雪. 包装生产线自动测量系统设计与实现[J]. 机械制造与自动化,2021,50(2):233-235.
- [6] 何文雪. PLC 编程与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [7] 朱奎林. 西门子新一代驱动器——SINAMICS S120[J]. 电气时代,2011(11):72-73.
- [8] 陆毅华. 基于 WINCCV_{7.0} 和 S7-1500 的锯切成套设备控制系统的设计[J]. 机电工程技术,2015,44(4):16-20.

收稿日期:2021-04-13

(上接第 202 页)

力增加。其中调压气机整流叶片效果明显,但发动机有可能进入高压涡轮前温度控制状态。调开压气机整流叶片 1° ,推力增加 1.38%,燃烧室出口温度升高 8 K;

3) 5 km, 0.9 M 点在高压涡轮前温度限制状态,调开风扇整流叶片角度,缩小喷管喉道面积发动机推力增加。调开 1° 后推力增加 0.24%,风扇进口换算流量增加 0.35 kg/s,喷管喉道面积缩小 1%后推力增加 0.32%,风扇稳定裕度降低 0.85%;

4) 在低压物理转速与高压涡轮前温度控制状态下调节压气机整流叶片角度对发动机推力影响很小。调节喷管喉道面积对 3 种控制状态发动机推力影响的量级相当。

参考文献:

- [1] VAN TREUREN K W, MCCLAIN S T. The challenges of high altitude gas turbine engine cycles [C]//Proceedings of ASME Turbo Expo 2010: Power for Land, Sea, and Air. Glasgow, UK: 2010: 367-378.
- [2] RUED K. Future trends in aero engine design - new engine concepts and technology trends [C]//AIAA International Air and Space Symposium and Exposition: The Next 100 Years. Dayton, Ohio. Reston, Virginia: AIAA, 2003: 2612.
- [3] 李志,孙智孝. X-47B 战术技术指标分析研究[J]. 航空科学技术,2016,27(4):60-63.
- [4] 张洋,高纪朝,周昊,等. X-47B——美国海军舰载无人战斗机[J]. 飞航导弹,2009(1):12-14.
- [5] Martin J G, Stephen R J. An integrated approach to propulsion and power for unmanned air vehicles [C]//2nd AIAA "Unmanned Unlimited" Conf. and Workshop & Exhibit, 2003: 6527.
- [6] 胡晓煜. 无人机推进系统技术研究[J]. 燃气涡轮试验与研究,2008,21(1):58-61.
- [7] 郭琦,李兆庆. 无人机和巡航导弹用涡扇/涡喷发动机的设计特点[J]. 燃气涡轮试验与研究,2007,20(2):58-62.

- [8] 王涛. 变几何三轴式燃气轮机总体性能及控制规律研究[D]. 北京:中国科学院大学(中国科学院工程热物理研究所), 2019.
- [9] BARBOSA J R, SILVA F J D S, TOMITA J T, et al. Influence of variable geometry transients on the gas turbine performance [C]//Proceedings of ASME 2011 Turbo Expo: Turbine Technical Conference and Exposition. Vancouver, British Columbia, Canada: 2012:273-281.
- [10] BARBOSA J R, BRINGHENTI C, TOMITA J T. Gas turbine transients with controlled variable geometry [C]//Proceedings of ASME Turbo Expo 2012: Turbine Technical Conference and Exposition. Copenhagen, Denmark: 2013:415-421.
- [11] 夏存江. CFM56-3 发动机可变几何控制系统对发动机性能的影响[J]. 航空发动机,2008,34(3):42-45.
- [12] 李伟,李军,刘宗龙. α_1 和 α_2 调节通道对某型涡扇发动机加速性能的影响[J]. 航空动力学报,2005,20(1):49-53.
- [13] 李伟,李军,董顺义. 喷管面积调节精度对某型涡扇发动机加力性能影响的数值仿真[J]. 航空动力学报,2005,20(4):556-560.
- [14] 唐宇峰,沈锡钢,李泳凡,等. 喷管喉道面积变化对大涵道比分排涡扇发动机性能的影响[J]. 航空发动机,2011,37(1):12-15,19.
- [15] 李志刚,陶增元,李剑. 变几何部件对发动机性能的影响分析[J]. 航空发动机,2005,31(2):6-7,23.
- [16] 袁继来,陈仲光,薛海波,等. 混合排气涡扇发动机外涵混合面积变化对整机性能的影响[J]. 航空科学技术,2016,27(4):32-36.
- [17] 骆广琦,李游,刘琨,等. 变循环发动机组合变几何调节方案[J]. 航空动力学报,2014,29(10):2273-2278.
- [18] 唐鸿羽,阙建锋,邱建. 民用航空涡扇发动机增压级后可调放气阀控制规律设计[J]. 航空科学技术,2018,29(5):25-31.

收稿日期:2020-07-01