包钢炼铁厂4#高炉环形吊车控制系统改造*

王 飞,李小龙

(内蒙古包钢钢联股份有限公司炼铁厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章主要介绍了西门子SIMATIC S7-300 PLC替代包钢炼铁厂4#高炉环形吊车SIEMENS S5 115U控制系统的过程。给出了这个系统的主要硬件构成和软件功能的实现方法;重点阐述了环形吊车控制系统改造方案及核心部件FM351的应用。

关键词: 高炉;环形吊车;PLC改造;控制系统

中图分类号: TF321 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)04-0053-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.04.019

Transformation for Control System of Ring Crane for 4# Blast Furnace of Iron-making Plant of Baotou Steel

Wang Fei, Li Xiao-long

(*Iron-making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, the process of replacing SIEMENS S5 115U control system of ring crane for 4# blast furnace of Iron-making Plant of Baotou Steel with SIEMENS SIMATIC S7-300 PLC is mainly introduced. Moreover, the main hardware constitution and the implementation method for the software function of the system are given; the transformation plan for control system of ring crane and the applications of core component FM351 are especially elaborated.

Key words: blast furnace; ring crane; PLC transformation; control system

4#高炉炉前的环形吊车设备是1994年从德国引进,它集PLC、变频器、编码器检测等先进自动化设备于一身,是包钢首次引进的德国SKET公司环形吊车。经过十几年的使用,设备部分已达到使用寿命,许多电气元器件老化,尤其是核心控制部分PLC早已是"负重"工作。4#高炉环形吊车原自动控制系统采用德国西门子SIMATIC S5-115U系列PLC,历时十六年的使用,设备已严重老化。

1 4#高炉环形吊车PLC改造方案

在不影响高炉炉前正常作业的前提下,硬件上需将西门子SIMATIC S5-115U控制系统改为西门子SIMATIC S7-300控制系统,并完成相应系统硬件配置;软件上需将原有S5控制程序转化为S7控制程序,且根据工艺原理将原程序加密部分进行重新编制、调试。改造原则:按照旧系统各功能进行,满足现有工艺的控制要求,以旧程序为基础,了解工艺流程,确定方案及新系统配置,破译加密部分、转换旧程序,在实验室进行模拟调试程序运行。计划在8 h内安装拆除新、旧设备,下装调试新程序,投入使用后,观测新系统在环吊上的使用情况。

* 收稿日期:2018-05-30

作者简介:王 飞(1981-),男,内蒙古巴彦淖尔市人,硕士,工程师,现从事设备部电气区域技术主管工作。

中国知网 https://www.cnki.net

2 4#高炉环形吊车工艺简述

4#高炉环形吊车与通常梁、门型等常规吊车不同，分内环轨道和外环轨道，吊车是以高炉炉身为中心，环绕做360°运转，实现炉前所需作业，而通常看到的吊车只是做往返的直线运行。这种环形吊车最关键的控制就是内环电机和外环电机的速度必须完全匹配，即以相同的角速度运行，这样才能正常运行，假如内外轨道的电机速度不同步，轻者造成吊车脱轨，重者吊车损坏轨道并有可能掉落的危险，所以要求环形吊车上的控制系统设备稳定、可靠性高，实现安全控制。

PLC控制系统核心控制部分是内外轨电机速度的采集、计算和内外轨变频器的速度给定、调节，只有内轨外轨电机速度完全匹配，才能保证环形吊车顺利、安全的围绕炉身正常运转，保证炉前正常作业。

环吊内外环的工作情况：操作人员在吊车操作室发出吊车行进、停止指令，行进指令有高低速和正反方向之分，内环电机和外环电机分别安装一套编码器，用于采集内外环的实时速度，然后将采集到的码值通过定位模块FM351传输到PLC控制器里，PLC控制器根据编码器采集到的码值通过内部应用程序的计算来最终调节模拟量输出模块的输出给定，实现环吊的按比例、行程、角速度沿内外轨运行。

3 原S5程序分析与解读

原S5程序采用STL语句表和功能块相结合完成的，结构相对于顺控梯形图LAD要复杂，程序篇幅大、解读困难，参数状态显示不直观，不利于数据监控和条件判断。

原S5程序中程序块FB111是加密的，经重新进行编制后才完成了此次改造的难点部分，现将重新编制程序的具体内容描述如下：在每次动车初始先设置内外环编码器的参考点坐标，其中外环编码器参考点坐标为4 998，内环编码器的参考点坐标1 842，然后以此做为初始值，程序在不停的判断内外环编码器的码值，吊车运行时，只要内外环码值有任何一个大于9 900或小于100，则就执行同步程序，重新设置一次参考点 。吊车调整如下：在吊车运行过程中，用内环编码器的码值乘以系数2.714再被外环编码器码值做减法运算，若差值大于50，则将差值乘以0.3加上内环给定推给内环输出；若差值大于100，再判断速度给定是否大于250，若大于250则将250输出，若不大于250则将给定输出；在差值大于100的情况下，再判断差值的正负，若差值为正，并且给定为负，或者差值为负给定为正则将200推给内环输出，否则就把200推给外环输出；若差值大于150，则直接封锁内外环输出给定，即将0推给内外环的AO通道. 每次判断的输出，外环推给DW31，内环推给DW34，外环的中间地址再乘以0.863 6，然后分别推给内外环的AO通道，输出分别控制相应的变频器，进而实现内外轨同步控制。

4 控制系统硬件组态与程序设计

4.1 SIMATIC S7－300简介

SIMATIC S7－300系列PLC产品是西门子公司推出的微型可编程控制器。具有功能强、速度快、模块化、无排风结构、易于实现分步、可扩性强、用户便利等特点，适用于极其快速的过程处理或对数据处理能力有特别要求的规模控制系统[1]。系统中的S7－300可通过输入模板采集数字量信号和模拟量信号，在经CPU进行逻辑运算、数值运算后，由模拟量输出模板输出到变频器实现自动控制。另外，系统网络采用工业以太网TCP/IP通讯，可以高速方便的实现和编程器的连接，实时监测编码器的码值和模拟量输出模块的速度给定，然后根据不同的情况来实现相应的分析、记录、控制等功能。

S7－300系列PLC产品的程序设计开发环境采用西门子公司提供的STEP7来实现。其编程的基本步骤如下：

(1) 生成工作站(station)和CPU程序项目；

(2) 选择输入数据的方法(梯形图LAD、语句表STL、功能块FBD)；

(3) 指定符号名，既可通过绝对地址，也可通过符号地址存取数据，绝对地址是通过编辑变量说明表确定的，符号地址是通过编辑符号表(symbol table)确定的；

(4) 配置S7－300结构/模块；

(5) 配置CPU间通信；

(6) 装入程序，即下载至CPU；

(7) 调试程序，STEP7可以提供在线调试程序的应用功能；

(8) 监视CPU，可以监视程序状态，显示状态或修改变量，同时也可以显示扫描循环时间以及诊断寄存器等。

中国知网 https://www.cnki.net

4.2　环形吊车自动控制系统硬件组态

根据环吊系统要求，PLC 硬件配置如下：

机架型号：6ES7 390 - 1AF30 - 0AA0

电源模块（PS）：选用 PS307/5 A

中央处理器模块（CPU）：选用 CPU315 - 2DP

存储卡：选用 128 M 闪存

通讯模块（CP）：选用 CP343 - 1

定位模块（FM）：选用 FM351

模拟量输出模块（AO）：选用 SM332（AO 4xl2Bit），共 1 块（4 点/块），处理 4 点输出信号。

数字量输入模块（DI）：选用 SM321（DI 16xDC24V）. 共 2 块（16 点/块），处理 32 点输入信号[2]。

S7 central unit with rack 6ES7 390 - 1AF30 - 0AA0

根据系统要求，我们设计了以下几种模块：

（1）FC（功能）模块：共有 l2 块，用以实现数据采集、数据类型转换、计算，模拟量输出数据处理等功能。

（2）DB（数据块）模块：共有 5 个 DB（数据块），被 FC（功能块）调用。

（3）OB（组织块）模块：用以调用以上各功能模块。

开关量地址见表 1。

表 1　控制程序开关量地址表

PLC 地址	名称	PLC 地址	名称	PLC 地址	名称	PLC 地址	名称
I12.0	外磁阀开关	I14.0	点动按钮	I13.0	备用	I15.0	操作输入
I12.1	内磁阀开关	I14.1	点动方向 1	I13.1	备用	I15.1	操作输入
I12.2	机械停车（无压）	I14.2	点动方向 2	I13.2	备用	I15.2	操作输入
I12.3	温度报警	I14.3	备用	I13.3	闸接触器	I15.3	操作输入
I12.4	手柄零位	I14.4	备用	I13.4	变频器无故障	I15.4	操作输入
I12.5	方向 1	I14.5	备用	I13.5	变频器准备好	I15.5	操作输入
I12.6	方向 2	I14.6	备用	I13.6	零赫兹	I15.6	备用
I12.7	备用	I14.7	调整吊车按钮	I13.7	零赫兹	I15.7	备用

4.3　定位模块 FM351 的使用

此次改造核心就是内外环的速度给定，而速度采集又是这个核心中的关键，FM351 定位模块的功能如下介绍。

FM351 定位模块可用于在 SIMATIC S7 - 300 自动化系统中执行受控定位（通过快速/慢速运行的驱动器）。该模块有 2 个独立通道，因此一次可控制一条旋转轴或一条线性轴。该模块的每个通道均支持一个增量编码器或一个绝对编码器（SSI），我们此次改造的环吊采用的是增量编码器 24 V，非对称，来检测内外环的速度。

FM351 可提供以下工作模式和功能：

（1）“微动”模式

（2）“参考点逼近”模式

（3）“绝对/相对增量逼近”模式

（4）设置实际值

（5）设置参考点

（6）循环逼近

此次改造使用的是 FM351 的“参考点逼近”模式和设置参考点的功能。

4.4　环形吊车自动控制系统程序设计

改造后的 S7 系统使用 SIMATIC Manager STEP7 V5.4 sp2 版编程软件来实现，采用 STL 语句表和顺控梯形图相结合的方式进行编程，LAD 结构简单、清晰，程序量小（原 S5 需要 20 个段落才能完成的程序 S7 只需 7 行即可完成）、参数状态直观、数据变化和条件改变一目了然，有利于故障原因的查找，便于现场维护。

本系统在控制思想和软件编制上具有小偏差小动作，大偏差大动作的特点，既加快了响应速度，又提高了调节精度。

5　使用效果

新系统投入使用后系统运行状况很好。新系统解决了原S5系统备品备件短缺问题，扭转了4#高

（下转第 67 页）

中国知网　https://www.cnki.net

(1) 冲洗过程需要从上游到下游用橡胶锤或木锤沿程敲打管路,尤其是管路的接头、弯头、焊口处等,并改变冲洗方向来增强冲洗效果。

(2) 冲洗油温通常控制在 40 ~ 60 ℃,不超过 60 ℃为宜。保证冲洗油温的目的是降低油的粘度,使管子发生热胀冷缩,便于冲掉内壁的脏物。冬天冲洗油温达不到 40 ℃时,要采用加热装置; 若油温超过 60 ℃,则要采用冷却装置。

(3) 冲洗油液加入油箱时需过滤,过滤精度不宜低于系统的过滤精度。

(4) 未及时回装的液压缸或阀台接口必须做包扎防尘处理。

(5) 滤芯更换频次最好以过滤器前后压力表的差值为依据,如果压力差值达到 0.25 MPa 时,则应更换滤芯。

5　结束语

液压冲洗方案要根据设备性能灵活选择,随着液压传动技术的发展,系统中伺服阀应用增多,对油液的清洁度等级要求也越来越高。只有各环节严格按照规范施工,才能取得较好的冲洗效果。包钢 4#高炉大修炉顶液压系统有伺服阀系统,设计的油液清洁度为 NAS6 级。通过设计合理的液压冲洗装置,以及严格的过程管控,此次冲洗施工共用了 8 天(192 h)时间,经油液检测中心数据显示油液清洁度等级达到了 NAS4 级。从冲洗时间和油液清洁度来看,液压管路的冲洗施工取得了圆满成功。

参　考　文　献

[1] 付雪丽. 冶金液压系统的污染与控制 [J]. 合成润滑材料,2014,(1):21.

[2] 李德飞. 浅谈液压系统冲洗 [J]. 工业技术,2013,(27):149.

[3] 王守城,段俊勇. 液压元件及选用 [M]. 北京: 化学工业出版社,2007.

[4] 牛建平. 液压管道的循环冲洗 [J]. 液压与气动,2002,(4):45 -47.

(上接第 55 页)

炉由于 S5 系统频繁故障而无法正常使用的被动局面。新系统使用的编程环境 STEP7 更加通用,而且其安装环境也更方便,可以在任何一台安装 windows XP 系统或 windows2000 系统下的个人计算机安装,上位机通讯采用 TCP/IP 通讯,通讯连接更加方便,可以方便的在线监视相关变量,模块稳定性更好,抗干扰更强,所有模板均采用表面封装技术,提高了产品的集成化程度,防尘能力强,更加适用于高炉炉前恶劣的环境,高速强大的 CPU 控制器和超大的内存容量可带来更高的工作效率,更好满足工艺要求。强大的诊断功能可以提高系统、设备的可靠性。

6　结束语

新系统采用了新设备和掌握原系统控制设计思想,系统控制精度得以提高,系统稳定可靠性增强,自投运后运行正常,消除了以前的故障,满足了高炉生产需要。

参　考　文　献

[1] 姜建芳. 西门子 S7 -300/400 PLC 工程应用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社,2015.

[2] 胡敏. 深入浅出西门子 S7 -300PLC [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社,2004.

中国知网　https://www.cnki.net