

# 基于 DeltaV 系统平台的炼铜转炉控制系统

张 鹏

(中国恩菲工程技术有限公司 电气二室, 北京 100038)

[摘 要] 介绍了北方铜业有限公司某冶炼厂炼铜转炉生产的工艺流程以及 Emerson 公司 DeltaV 控制系统的主要特点, 详细阐述了该转炉自动控制系统的硬件组态及控制功能。实践证明, 基于 DeltaV 平台的转炉控制系统完全满足转炉生产的需要, 取得了良好的效果。

[关键词] DeltaV 控制系统; DCS; 转炉; 铜冶炼

[中图分类号] TP273

[文献标志码] B

[文章编号] 1003-8884(2015)01-0011-04

## 1 转炉生产工艺简介

北方铜业公司某冶炼厂设计规模为年处理 500 kt/a 多金属矿, 采用富氧底吹熔炼炉熔炼, 转炉吹炼, 阳极炉精炼的火法工艺。混合铜精矿进入富氧底吹熔炼炉熔炼, 产生的铜铕用铜铕包经行车送往转炉进行吹炼, 转炉产生的粗铜再用相同的方式送往阳极炉进行精炼。

转炉吹炼采用的是 3 台  $\Phi 3.16 \text{ m} \times 8.8 \text{ m}$  的转炉, 其中 2 台使用, 1 台处于热备状态, 图 1 是其 1<sup>#</sup> 转炉的工艺流程图。来自底吹炉的铜铕, 在转炉中进行吹炼, 转炉吹炼所需要的压缩空气由设在鼓风机房的高压风机提供。吹炼过程是由炉后捅风眼机经风口鼓入压缩空气, 铜铕在这个过程中要经历造渣期和造铜期两个阶段<sup>[1]</sup>。

造渣过程是使氧气混入压缩空气中, 经风口鼓入转炉内, 使铜铕中的 FeS 氧化, 同时从转炉的加料口加入石英石, 从而形成渣, 除去铜铕中的铁和其它杂质。为了使吹炼温度控制在  $1150 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 1240 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 在吹炼期间, 要通过加料口加入冷料。在造渣末期, 进行筛渣操作。造铜期是将白铜铕吹炼成铜渣。造铜是否结束可以通过从加料口用铁棍取样或根据烟气的颜色判断。转炉产生的粗铜倒入铜包, 用行车运至阳极炉精炼工段。

当转炉出渣、出铜时, 炉内不需要供风, 这时需要将供风管道上的送风阀关闭, 放风阀打开, 让压缩

空气排空。当转炉处于吹炼、加料状态时, 炉内需要供风, 这时需要将送风阀打开, 放风阀关闭<sup>[2]</sup>。

## 2 基于 DeltaV 平台的转炉控制系统简介

DeltaV 是由 Fisher-Rosemount 公司于 1996 年推出的现场总线系统, 经过数十年的发展, 到目前, 该系统已被多家石油石化、冶金企业使用。它不仅继承了该公司 PROVOX 和 RS 传统的优势, 还具有传统 DCS 所不具备的优势。工业以太网和控制器构成控制网络的节点即 FF 规定的拓扑结构使 TCP/IP 数据得到了 DeltaV 系统控制器的直接支持, 数据传输速率约为 100 Mbps, 此项数据远高于其它 DCS 系统<sup>[3]</sup>。

(1) 智能化的控制器卡件。支持带电热插拔操作。更高的集成度、更小的体积、接线端子与 IO 卡件一体化, 都确保了卡件安装的便利性和运行的可靠性。

(2) 完善的控制器冗余系统。在不需要停车的情况下, 只要把底板(备用控制器所在)与运行控制器的底板通过标准插口连接起来, 则系统自动实现冗余功能。

(3) DeltaV 系统首次采用了远程工作站。即通过网关和应用站或 Plus 站连接起来的任意一以太网, 就可以在该网络上配置远程工作站, 该站可以进行组态和操作, 即具备 DeltaV 系统本地工作站同样的功能。本文中的转炉控制系统就是整个冶炼厂区 DCS 系统网络中的一个远程工程师站。

转炉控制系统作为全厂 DCS 系统的一个组成部分, 单独设置冗余控制器, 通过光纤与位于底吹炉的中央控制室控制器通讯。3 台转炉每一个转炉有

[收稿日期] 2014-12-16

[作者简介] 张 鹏 (1987-), 男, 山东济南人, 工程师, 硕士研究生, 主要从事有色金属冶炼领域电气设计、电气传动控制研究工作。

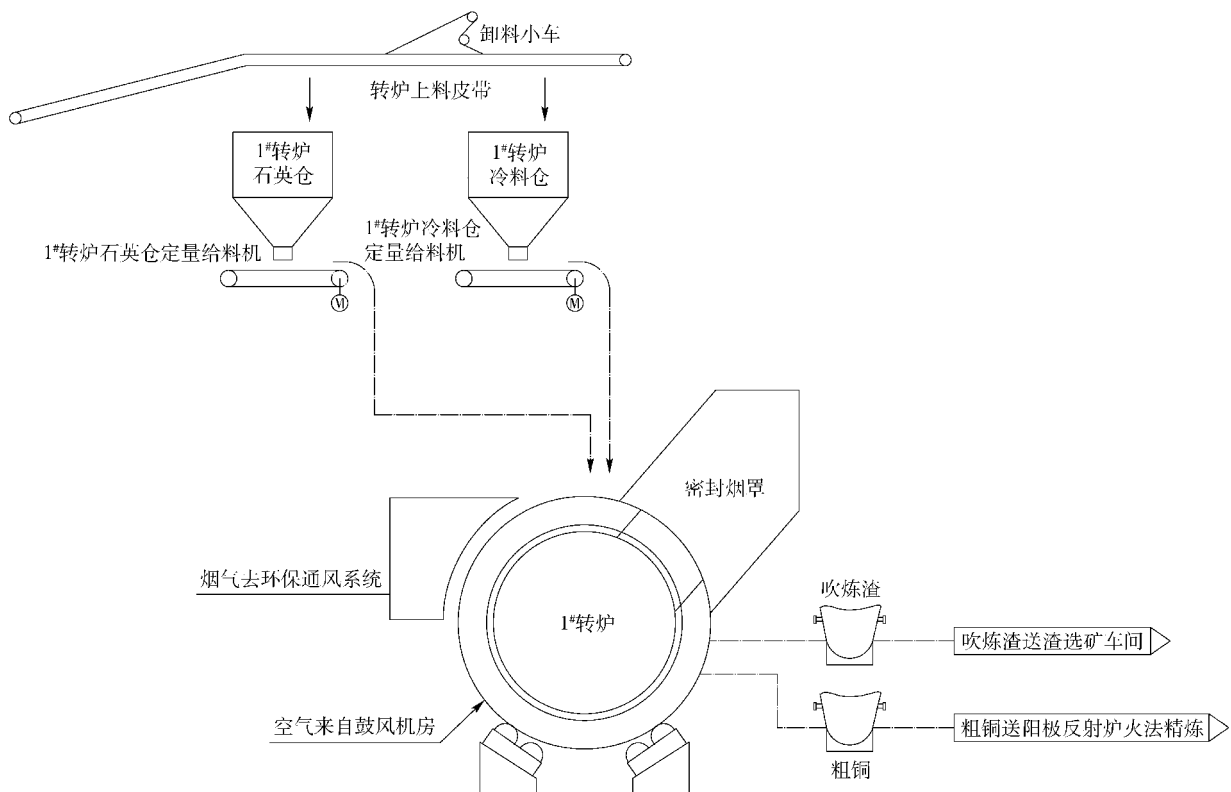


图 1 转炉工艺流程图

独立的控制室,每个控制室放置一台操作员站,共 3 台。操作员站与转炉机柜间控制器采用 TCP/IP 协议,通过以太网通讯。转炉 DCS 控制系统的网络拓扑结构如图 2 所示。

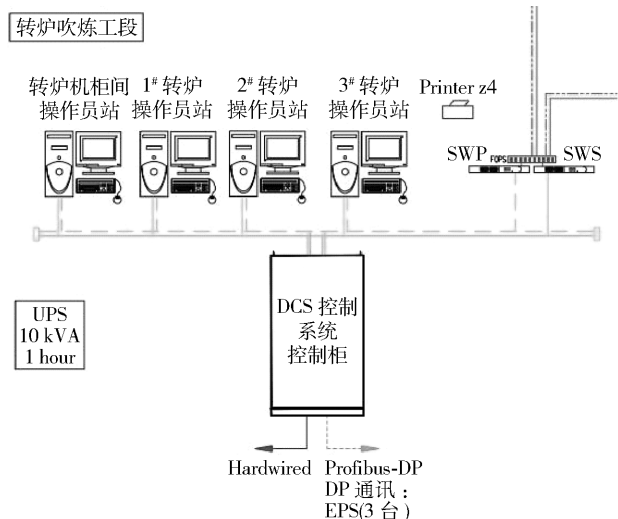


图 2 转炉工段网络拓扑图

### 3 转炉控制系统的实现

本转炉控制系统由五部分组成,分别为倾炉子

系统、回炉子系统、事故倾转子系统、上料加冷料子系统以及上料加熔剂子系统,所需控制的设备有交流变频主驱动电机,密封烟罩、密封挡板、闸门卷扬、溜槽卷扬、定量给料机。炉体的定位装置采用电子凸轮控制器和安装在减速机轴外侧的旋转编码器,双重测量确保能够把正确的炉体位置传送到 DCS。本节详细介绍如何在 DeltaV 平台上实现这五个子系统。

#### 3.1 倾炉子系统和事故倾转子系统

##### 3.1.1 倾炉和事故倾转的控制要求

转炉在出铜或者滤渣操作时,需要将炉体由吹炼位置转至 62°。倾炉开始时,密封烟罩、密封挡板自动开启;炉体自吹炼位置向前转动,转炉角度越过 +20°时,关闭氧气调节阀。越过 +45°时,送风阀、放风阀自动切换,放风阀先打开,在放风阀打开 50%后,关闭送风阀,关闭烟气切断阀。越过 62°时,倾炉结束。

在转炉处于正常吹炼时,转炉在正常生产中如果出现以下情况,系统将控制交流变频主电机做事故倾转,使炉体由吹炼位旋转至安全角度(62°),以此来防止熔体倒灌入风眼或喷溅事故发生,同时发

出声光报警,通知炉后人员停止捅风眼操作。交流变频电机的频率由控制台给定。主要事故情况有:转炉交流失电;转炉送风阀后压力小于 0.06 MPa。

### 3.1.2 倾炉子系统和事故倾转子系统的程序实现

打开 DeltaV explorer,在转炉厂区内新建一个类型为 Equipment Module 的程序,重命名为 QL。右键 Open with control studio 进入编辑界面。该段程序为顺序控制程序由 Step 和 Transition 条件构成,每个 Step 里包含程序执行到这一 Step 时需要执行的 Action,只有上一个 Step 中的 Action 执行结束并且满足 Transition 的条件时,程序才可以继续执行下一步。S0000 为开始 step,FINISHED 为结束 Step,T0 ~ T6 为判断条件。图 3 为倾炉子系统事故倾转系统程序图。

通过图 3 可以看出,倾炉子系统和事故倾转系统的程序不同之处在于两处 Transition 条件的判断。即 T1 和 T5,T4 和 T6。T1 和 T4 为倾炉时的判断条件,T5 和 T6 是事故倾转时的判断条件。T1 的含义是判断密封烟罩是否提升,密封挡板是否打开以及炉体是否越过 20°。T4 的含义是判断密封烟罩是否完全打开,送风阀是否关闭,放风阀是否打开,烟气阀门是否完全关断以及炉体是否越过 62°。由于事故倾转时,炉体需要迅速的转动至安全位,此时为了保护炉体以及人身安全会忽略密封烟罩和密封挡板的位置。因此,T5 和 T6 中的判断条件只包含角度判断。

## 3.2 回炉子系统

### 3.2.1 回炉的控制要求

炉体从加料位置(大于 62°)向吹炼位置转动,越过 62°时,送风阀和放风阀连锁启动,送风阀打开,放风阀关闭。密封烟罩开始下放。当炉体越过 45°时,系统开始检测送风流量和送风风压,此时炉体停止转动。当送风流量大于 8000 m<sup>3</sup>/h 同时送风风压大于 0.05 MPa 时,炉体继续转动至吹炼位置。当炉体停止转动 10 s 后,系统自动关闭密封挡板,打开氧气切断阀,回炉结束。

### 3.2.2 回炉子系统的程序实现

根据回炉的控制要求,按照本文 3.1.2 节的方法,编译一个名为 HL 的程序。回炉子系统的控制程序图见图 4。

本程序中 S0002 步骤中的检测风压风量尤为重要,在这里,需要将 S0002 中的 Action 与送风风压和送风风量的限值连锁,防止炉体在风压或风量不够

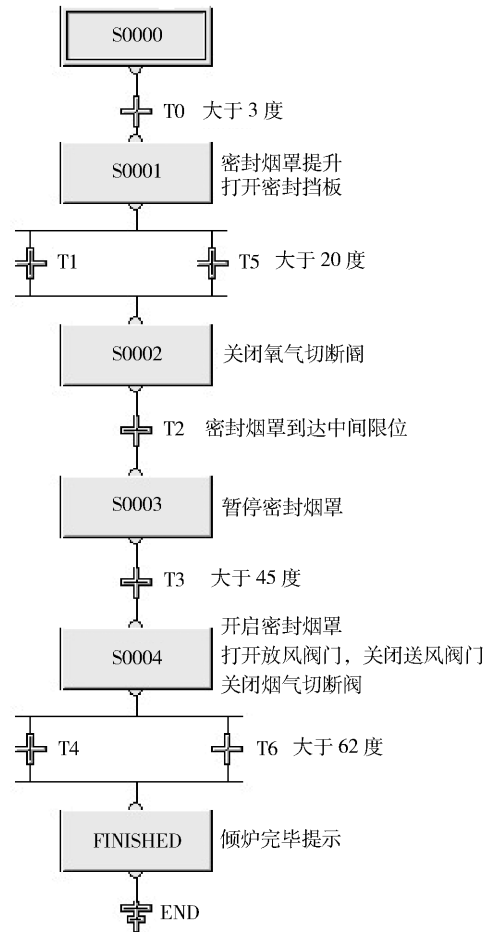


图 3 倾炉子系统与事故倾转子系统程序图

的时间向上转动致使熔体倒灌风眼的情况发生。

## 3.3 加冷料子系统和加熔剂子系统

### 3.3.1 加冷料和加熔剂的控制要求

转炉加冷料和加熔剂子系统所包含的电气设备是完全相同的,均包括定量给料机、活动溜槽、闸门卷扬以及限位开关等。这两个系统的区别是它们的给料仓装有不同的物料,冷料仓装的是从配料厂房输送来的细返料,熔剂仓装的是细石英石。

当转炉位于 +3°至 -3°之间,并处于停止状态时,方可进行加冷料或者加熔剂操作。启动顺序为:提升闸门卷扬至全开限位,下放活动溜槽至下限位,启动定量给料机。停车顺序为:停止定量给料机,延时一段时间使定量给料机皮带上没有物料时,提升活动溜槽至上限位,下放闸门卷扬至关闭限位。同时定量给料机与活动溜槽、闸门卷扬连锁,若给料时,活动溜槽不在下限位或者闸门卷扬不在开限位,定量给料机连锁停止。活动溜槽与闸门卷扬连锁,若闸门卷扬不在开限位,活动溜槽不能下放。

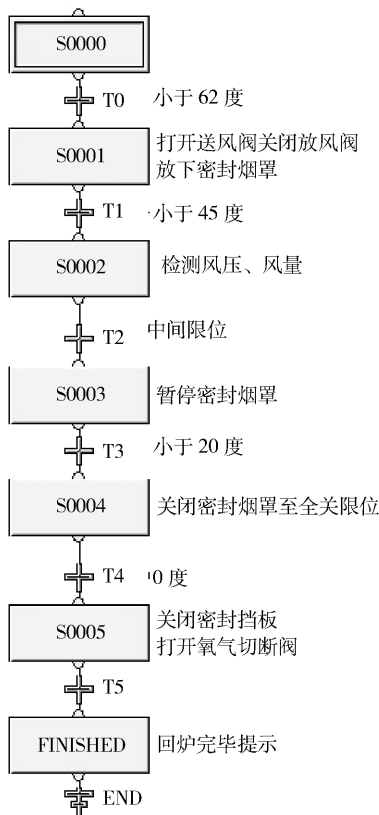


图 4 回炉子系统程序图

### 3.3.2 加料子系统的程序实现

加冷料与加熔剂子系统的程序仍然采用 DeltaV 的 Equipment Module 来创建。与倾炉、回炉子系统不同的是,在加料子系统中,要包含两部分内容:联锁启动程序和联锁停止程序。由于两部分内容相似,在此仅介绍加冷料子系统的联锁启动程序的实现。

如图 5 所示, S0001 ~ S0003 为 3 个执行 Action 的 Step, 里面编写联锁启动设备的程序。T1 ~ T3 为上一个 Step 的执行结果的判断条件, 若某一个 Step 执行未完成或者在执行过程中有设备故障, 系统自动解除联锁。

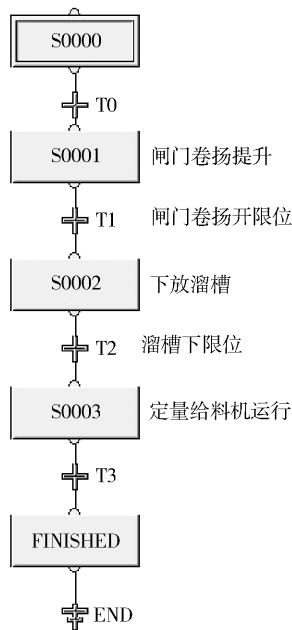


图 5 加料子系统程序

## 4 结语

本文在根据工艺情况分析了转炉的控制要求之后, 基于艾默生公司的 DeltaV 平台设计开发了转炉控制系统, 详细阐述了转炉的回炉、倾炉、事故倾转、加冷料、加熔剂子系统的控制要求和实现方法。该套系统在山西某冶炼厂投运之后, 运行正常, 大大减少了操作员的劳动强度, 更重要的是避免了转炉熔体倒灌风眼诸如此类事故的发生, 得到了工程实践的认可和肯定。

### [参考文献]

- [1] 刘忠新. 铜转炉控制系统的改进[J]. 甘肃冶金, 2011, 33 (1): 115 - 117.
- [2] 蒋继穆. 氧气底吹炉连续炼铜新工艺及其装置[J]. 中国有色建设, 2009, (1): 20 - 22.
- [3] 陈在平, 岳有军. 工业控制网络与现场总线技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 25 - 40.

# Control System Based on the DeltaV Platform for Converter of Copper Smelting

ZHANG Peng

**Abstract:** The paper introduces the producing process of converter for copper smelting in copper smelter of Northern Copper Co., Ltd. and the main characteristic of DeltaV control system of Emerson, detail elaborates the hardware configuration and control functions of the converter automatic control system. It has been proved that control system based on the DeltaV platform for converter of copper smelting meets the needs of production converter fully, and achieves good results.

**Key words:** DeltaV control system DCS; converter; copper smelting

