

文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2021) 12-074-04 中图分类号: TP273

安钢100t电炉精炼炉控制系统升级与优化

Upgrade and Optimization of Control System for 100t EAF Refining Furnace in Angang

★ 李明, 王岚潇 (安阳钢铁股份有限公司, 河南 安阳 455004)

摘要: 介绍了安钢100t电炉精炼炉控制系统的组成及各系统的功能, 针对系统存在的问题进行了分析, 并提出了相应的升级与改造措施。通过实施使该系统运行更加优越, 降低了能源的消耗, 有效提升了精炼炉的生产效率。

关键词: 精炼炉; EtherNet/IP; PLC

Abstract: This paper introduces the composition and functions of the control system of refining furnace in Anyang Iron and Steel Co., Ltd. Through the implementation of the system, the operation is more superior, the energy consumption is greatly reduced, and the production efficiency of the refining furnace is effectively improved.

Key words: Refining furnace; EtherNet/IP; PLC

1 前言

安钢100t电炉精炼炉(LF炉)是100吨电炉炼钢工程的配套主体设备之一。1999年投产至今, 精炼炉除了用作电炉炉外精炼设备, 还是缓冲设备, 起到调节炼钢和连铸生产节奏的作用, 在生产流程中显得尤为重要。面对生产任务、产品质量及工艺的要求, 问题逐渐显露出来。针对精炼炉存在的问题, 从设备硬件上进行了多项升级改造; 从软件上也进行改造、优化控制, 其稳定性和实行性都比以前要更先进, 设备控制和操作更加优越, 降低了冶炼过程消耗, 减少了设备事故, 提高了生产率, 为实现低能耗、高品质的生产做出更大贡献。

2 精炼炉工艺流程及功能

2.1 精炼炉工艺流程

精炼炉是平均处理钢水量100t、最大处理量125t、最小处理量70t的交流钢包炉, 处理周期为20~45min, 变压器容量18MVA。来源于转炉和电炉的钢水, 尽量做到无渣出钢, 并在出钢过程中, 往钢包中加入一定数量造渣剂和钢种所需要的合金料。出钢结束后, 由吊车把钢包运至精炼炉钢包车上, 接通钢包底部氩气吹氩, 然后开车将钢水送至LF炉冶炼位, 开始下电极送电加热。在精炼过程中进行测温取样, 根据分析结果, 以适当的功率加热, 加入造渣剂和所需合金。

通过约30分钟的精炼, 成分和温度合格后, 最后对钢水进行喂丝处理, 以便进一步脱氧、脱硫和改夹杂物形态, 为连铸机生产无缺陷的钢坯提供高质量的钢水。

2.2 精炼炉的主要功能

投产以来, 精炼炉发挥了重要的生产优势, 完成钢水脱硫、去夹杂、脱氧除气及成分与温度精确调整任务, 既满足了对不同钢水的质量要求, 又充分协调和缓冲炼钢——连铸的配合生产。主要功能如下:

(1) 大气压下电弧炉加热升温、人工测温取样, 最终温度控制精确, 从而优化浇注温度。

(2) 底吹氩气搅拌, 使钢液温度均匀, 成分均匀、纯净。

(3) 合金微调, 使得成分控制精确, 通过添加铁

合金元素或铝或进行喂丝处理可以高效地达到最终要求的化学成分。

(4) 喂丝，使得钢液脱硫、脱氧，改变夹杂物形态和分布及准确控制合金元素。同时具有合金获取率高、钢液温降小优点。

(5) 缓冲炼钢与连铸的衔接，实现连铸连浇。

3 原精炼炉控制系统的组成

3.1 主要控制系统设备组成

根据精炼炉生产的要求与工艺流程的特点，控制系统的主要配置是使用西门子S5-155U系列PLC控制器，对参与联锁和控制的设备的工艺过程进行集中监控。从系统总体结构上，考虑构成一个功能分担合理、层次清晰，集生产管理、过程控制为一体，安全、高效、开放的控制系统，为生产提供必要的中心基础。原控制系统组成如图1所示。

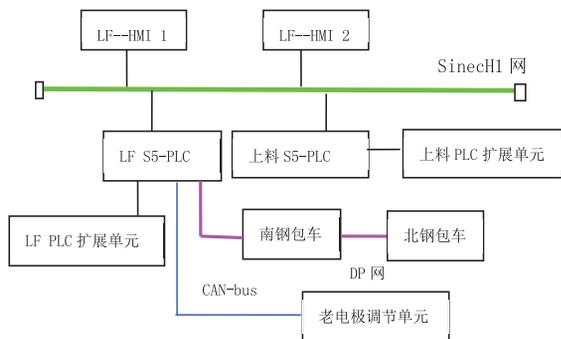


图1 原控制系统图

该控制系统组成上，设2台操作员站HMI，完成人机界面的监控操作，通过画面输入有关工艺操作数据，向PLC下达控制命令，另外，HMI通过PLC可采集生产过程中的各种检测数据，并以数据文件或生产流程图等形式在CRT上显示。控制系统由两大（LF本体和上投料）PLC组成，均为SIMENS S5-155U，由于PLC的I/O点数较多，所以都配置了一个扩展机架。通过交换机，LF炉系统连接到整个电炉系统的H1网络上，从而实现通讯、数据的实现交换。

3.2 一级控制系统主要功能

(1) 精炼炉本体主站PLC：完成电极调节及升降、高压系统功能、钢包车、液压站、喂丝机的驱动等。

(2) 上投料PLC：完成皮带、除尘风机、加料称量、仪表设备数据采集功能。

4 存在问题及分析

电炉精炼炉，主要是100吨电炉工程的关键配套设备，不仅担负电炉钢水精炼，还担负转炉钢水精炼，是生产必不可少的重要环节。精炼炉设备能否正常使用非常关键，随着控制设备的不断升级导致备件组织困难，严重威胁设备的正常运行，事故频繁。生产过程中主要存在问题及分析如下：

(1) 原LF炉本体PLC和上投料PLC控制系统使用西门子S5系统，现在已经不再生产，备品备件很难组织，故障率也明显增加。

(2) 1#精炼炉电极调节系统为ArCOS系统，老电极调节的硬件看门狗，数据异常、不能工作的情况经常发生，需要升级系统。

(3) 控制系统升级后，网络设计为树状结构网络，网络结构不清晰，干涉较多，且容错率极低，一旦发生网络故障将导致掉站情况，而且不能自恢复。

(4) 炉下双钢包车控制需要优化，缩短钢包车联动进站时间，利于提高精炼效率。

(5) 对原有系统进行升级改造后，使用PRIMETALS公司产品MeltExpert。该系统的封闭性、保密性导致了与新的LF炉系统Controllogix的Ethernet/IP兼容性较差，如何建立有效通讯迫在眉睫。

5 系统升级与改造

5.1 精炼炉本体PLC和上投料PLC的控制系统升级

原精炼炉本体PLC和上投料PLC控制系统是当年主流的西门子S5-155U集中控制系统。随着科技发展，西门子S5系统备件已经停产，升级换代是解决问题的最好方法。控制系统升级为罗克韦尔公司的Controllogix 1756系列自动化控制系统，新系统可靠性高、抗干扰能力强；并且采用工业级芯片，支持热插拔与热备冗余，兼容性好、可无限扩展，相互兼容通讯；支持多种协议，分层结构，也可以实现点对点的通讯。升级后的精炼炉本体PLC为一个主站和一个从站；上投料PLC

为一个主站和四个从站，并且在原人工上料操作室内增加一个HMI，实现上料人机界面操作和监控。整个控制系统通过光纤环网、工业以太网、EtherNet/IP以及PROFIBUS网络建立有效连接。升级后的1#精炼炉控制系统图如图2所示。

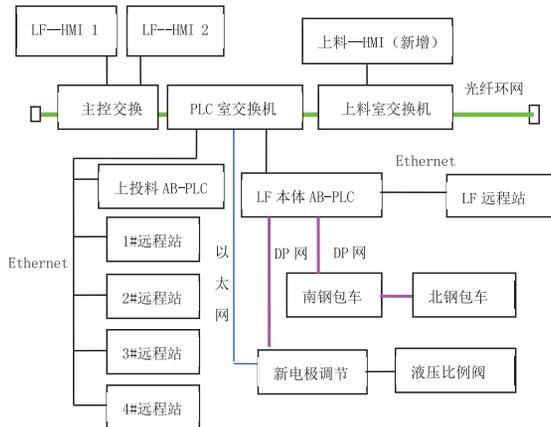


图2 升级后的LF炉控制系统图

5.2 电极调节控制系统的升级

在生产过程中，为了节约能源，减少吨钢的电耗，减少电极消耗，提高产品质量，需要在不同的冶炼阶段采取不同的弧功率值，并保持恒定。即要求电极调节器具有抗干扰性强，调节迅速、灵敏的特点。选择适当的电极控制策略，就会达到此目的并获得满意的效果。改造原电极控制系统，消除原系统存在的缺陷，主要利用升级换代产品。对原有系统进行升级改造，采用MeltExpert控制中心。改造中现场线路尽量保持不动，除控制中心外大部分利旧，电极控制系统的现场信号电缆都进到原系统电极控制柜内，为了减少现场工程量、降低重新敷设电缆成本、保证系统的完好性，原系统电极控制柜不变，既简单又保证了系统的完整性，不增加额外的工作和成本。

5.3 炉下双钢包车控制系统的优化

炉下南北两台钢包车，中间为冶炼位，原设计一台车进站时另一台车必须在自己的停靠位，在冶炼周期中，这一炉次冶炼完毕必须开出到位，另一台车方可启动进站，任何时间只有一台车运行，由PLC程序内部连锁。经过现场确认，我们将另一台车进站启动条件修改为在停靠位或者当冶炼位钢包车已经离开并且正在移动运行时。实际运行时，就是工作位车一移动离开，另一台车就启动进站，工作位车到停靠位时，进站车基本到

位，节约流程进站时间1分钟。

5.4 上投料控制系统升级后的网络优化改造

将网络结构改为环形网络结构，在上投料主PLC机架上增加一块通讯模板来实现环网结构，这样就允许中间开路状态下正常运行，增强其容错性，且PLC内网与交换机的外网进行物理隔离，减少其干涉。升级后的上投料系统网络改造如图3所示。

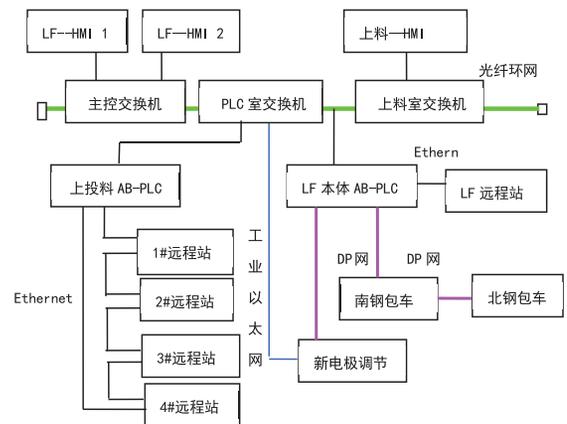


图3 上投料升级后的网络控制系统改造图

5.5 新电极调节PRIMETALS与新控制系统的兼容处理

由于罗克韦尔自动化的以太网通讯协议为EtherNet/IP，而MeltExpert并不支持该协议，所以必须设立一个中转，增加一个S7-300站，数据由MeltExpert发出，通过以太网将数据遵循S7COMM协议与S7-300进行通讯交换。数据存入S7-300的CPU后，通过PROFIBUSDP与AB系统中的ProSoft模块进行数据交换。AB-1756的CPU就可以从自身机架上的Prosoft进行数据交换了。

(1) 利用S7-300与RedlionControls解决系统兼容性，建立有效的通讯连接。

(2) S7-300与RedlionControls组合能够实现我厂现行各电气系统的完美对接，建立有效通讯，解决了通讯问题。

6 应用效果

6.1 本体控制系统升级

控制系统升级为罗克韦尔公司Controllogix 1756系列自动化控制系统，改造后整个控制系统优越显著，

在2018年生产中没有因控制系统问题造成连铸断浇，工序衔接良好。

6.2 电极调节控制系统升级

新系统电极调节器更具有电弧控制稳定、降低电耗、减少电极消耗、增加控制过程的平稳性等特点。电极调节系统更容易测量电气参数，通过向上或向下移动单个电极来确定其工作点，有效保护变压器不受过流的影响，实现电极在短路、断极、非导体上触地状况下的自动保护措施；电极升降控制更加平稳，冶炼电耗及电极消耗明显降低，提高了精炼各项指标。

6.3 钢包车控制系统优化

经过此次改造后，实际运行时，实现联动控制，节约流程进站时间1分钟，显著提高精炼效率。

6.4 控制系统升级后的网络优化

改造后的环形网络结构允许中间开路状态下能正常运行，增强其容错性，且PLC内网与交换机的外网进行物理隔离，减少其干涉。改造后没有发生网络掉站问题，通讯非常稳定。

6.5 电极调节与AB-Controllogix的兼容

主系统Controllogix由EN2TR模板通过EtherNet/IP与RedlionControls产生通讯^[1]，再由RedlionControls进行编程与协议转换，通过

PROFINET与电极调节系统建立连接，电极调节所需的重要数据如液压缸根部压力、二次电压电流以及Rexroth液压比例调节阀精准控制，则采取相对独立的PROFIBUS进行通讯，主系统Controllogix经过Prosoft接入到PROFIBUS与之产生数据交换，同时也为物流、二级系统提供了通讯保证。

7 结语

安钢100t电炉精炼炉控制系统升级与优化后，提高了生产效率，降低了生产成本。升级后的系统通过优化，运行比较稳定，使用效果非常良好，保证了炼钢和连铸工序的通畅和衔接，充分发挥了精炼炉的优势。**AP**

作者简介：

李明（1982-），男，河南安阳人，电气工程师，硕士，现就职于安阳钢铁股份有限公司，从事冶金电气设备管理与创新工作。

王岚潇（1975-），男，河南潢川人，电气高级工程师，学士，现就职于安阳钢铁股份有限公司，从事冶金电气设备管理与工业自动化维护工作。

参考文献：

[1] 邓李. Controllogix系统实用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008: 196 - 198.