

· 经验交流 ·

## 蓄热式钢包烘烤装置自动控制系统的应用

张吉美, 叶 婷, 王 辉

(中钢集团鞍山热能研究院 工程设计所, 辽宁 鞍山 114044)

**摘要:**介绍了新型蓄热式钢包烘烤装置自动化系统的构成,重点叙述了其控制功能。针对首钢炼钢厂原有自身预热式钢包烘烤器存在燃气消耗量大、废气污染严重、烘烤效率低等问题,新型烘烤装置采用由西门子 S7-200 控制器及现场仪表组成的控制系统,通过逻辑顺序控制实现烧嘴自动交替加热及加热温度调节功能。系统自投入以来,运行稳定可靠,提高了生产线的自动化水平,达到了节能减排的目的。

**关键词:**钢包烘烤;蓄热;自动控制

**中图分类号:** TF702<sup>+</sup>. 9; TP273 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-7059(2009)01-0060-03

### Application of automatic control system for regenerative ladle baking device

ZHANG Jimei, YE Ting, WANG Hui

(Engineering Design Institute of Anshan Heat Energy Research Institute, Zhonggang Group, Anshan 114044, China)

**Abstract:** Constitution of automation system for new regenerative ladle baking device is introduced, and its control functions are described in detail. In original self-preheating ladle baker of Steelmaking Plant of Shougang, there were large gas consumption, serious waste gas pollution, and low baking efficiency etc. problems. Control system of new baking device consists of Siemens S7-200 controller and site instruments. Through logic sequence control, automatic alternation heating of burner and heating temperature regulation function were realized. Since the system was put into operation, running was stable and reliable, automation level of production line was improved, and purposes of energy saving and pollution reducing were achieved.

**Key words:** ladle baking; regenerative; automatic control

### 0 前言

钢水包烘烤是炼钢工序中的主要工艺环节之一,烘烤装置的性能对转炉出钢温度、作业率、钢包使用年限等有很大影响。传统式钢包烘烤装置由于自身的燃烧系统结构,决定了其在烘烤过程中,存在燃气消耗量大、废气污染严重等缺点。将蓄热式技术应用于钢包烘烤装置,可以大大改善上述状况。

首钢集团炼钢厂以负能炼钢为目标,对能耗高、污染大的设备进行更新改造。其间,中钢集团鞍山热能研究院承担了把原有两台离线自身预热

式钢包烘烤器改造成蓄热式烘烤器的工程项目,运用自动化手段控制其运行过程,取得了较好的生产效果和经济效益。

### 1 蓄热式烘烤工艺

本次改造中,蓄热式烘烤装置采用空气单蓄热方式,燃烧系统主要由一对蓄热式烧嘴、换向阀系统、风机系统和控制系统等组成。烧嘴成对布置,交替供热。工作时一烧嘴处于燃烧状态,火焰加热钢包内衬;另一烧嘴处于排烟引风状态,烟气加热蓄热体后,由引风机排出。经过一个燃烧周期后,换向阀自动换向,此时两烧嘴互相交换工作

收稿日期: 2008-03-03; 修改稿收到日期: 2008-09-11

作者简介: 张吉美(1980-),男,辽宁鞍山人,工程师,主要从事仪表自动化设计工作。

状态。每经过一个燃烧周期进行一次换向。这样,进入钢包的助燃空气被预热,燃烧温度相对提高,燃料燃烧更加充分。同时,烟气中的大部分余热得到回收,温度也迅速降低<sup>[1-2]</sup>。

由于蓄热式烘烤装置燃烧过程比较复杂,一旦出现故障状态,相关设备元件容易受到高温损害,甚至造成更大的事故,因此,在自动运行过程中需要实时监控燃烧状态、设备运行状况等。

### 2 自动控制系统组成

烘烤装置自动化系统由计算机系统、测控仪表、调节阀和电气控制系统等组成。计算机系统选用西门子公司 S7-200 PLC 并与检测仪表及执行机构相结合,对钢包烘烤温度、蓄热式燃烧系统的换向阀动作及相关保护措施等进行自动控制。

烘烤装置控制系统的输入、输出量较少。开关量包括换向阀开到位、关到位、温度计上限、包盖限位、电磁阀控制、风机控制等;模拟量包括温度、流量、压力、调节阀控制等。考虑到工艺控制要求、运行能力、使用环境等因素,选择 S7-200 比较理想。各种工艺参数通过变送器进入 PLC 系统相应的输入模块,阀门动作、调节信号也由其输出模块发出。

### 3 控制功能及实现

#### 3.1 温度控制

钢包温度是烘烤效果的重要指标。根据温度反馈情况,改变煤气管道和空气管道上电动调节阀的开度,从而调节燃料供给量,控制烘烤温度,实现钢包升温、保温等一系列温控过程。

采用铂 - 铑铂型热电偶作为测温元件,热电偶安装在包盖顶部下侧。调试期间,在钢包内均匀布置 5 个试验测温点,将这 5 个测温点温度的平均值视为钢包内温度的实际值。在钢包升温过程中记录试验测温点和包盖测温点的温度。经过反复试验后,得出钢包内部温度与包盖测温点温度的大概对应关系(见图 1),进而将包盖温度作为钢包内部温度的参考值。

考虑到炼钢厂内烘烤装置使用的燃气都是未经净化处理的焦炉煤气,含有大量的水、焦油等杂质,对流量仪表测量精度影响较大,因此决定采用根据烘烤中不同阶段的温度要求设定燃气供给量的控温方案。

PLC 系统将钢包温度测量值 ( $T_0$ ) 与烘烤曲线中升温、保温过程的临界值 ( $T_n, T_m$ ) 相比较,根据

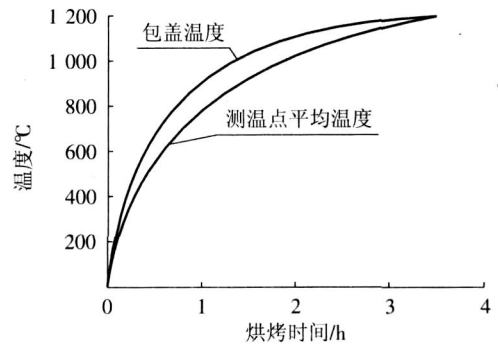


图 1 试验测温点平均温度与包盖温度的对应关系

Fig. 1 Comparison between the average temperature of 5 points with the one on the top of heater

比较结果输出事先已设定的煤气、空气管道调节阀开度,调节燃气量,从而达到钢包温度控制的目的(见图 2)。其中,调节阀在不同阶段的开度是根据所需燃气量确定的,而燃气流量的大小则由升温速度决定。由于厂内燃气压力比较稳定,经过一段时间的试验观察,可以根据升温曲线设定  $T_1 = 600$ ,  $T_2 = 800$ ,  $T_3 = 1000$ , 保温温度  $T_4 = 1180$ , 设定煤气管道调节阀状态 1 的开

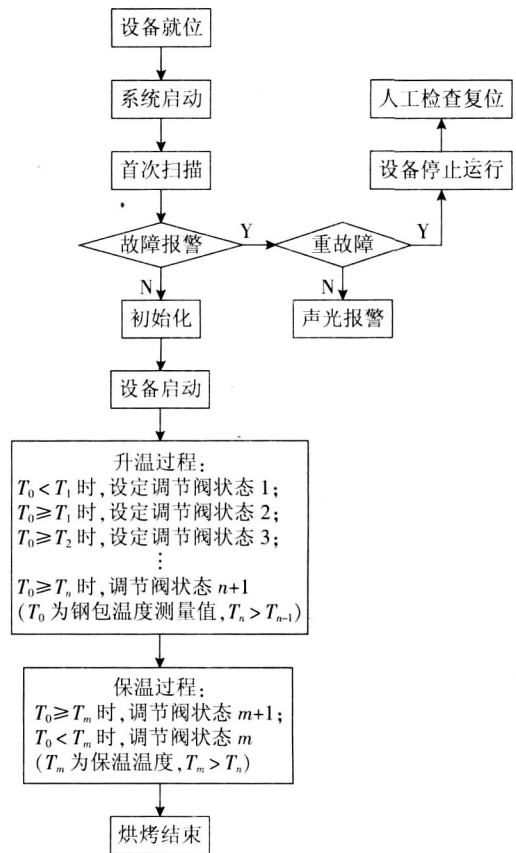


图 2 温度控制流程

Fig. 2 Temperature control flow

度为 36%, 状态 2 的开度为 43%, 状态 3 的开度为 49%, 状态 4 的开度为 54%, 状态 5 的开度为 51%。由于温度调节存在滞后, 所以在保温阶段调节阀的开度会在 51% ~ 54% 之间波动。

### 3.2 燃烧控制方式

换向方式采用定时自动换向配合定温(排烟温度)自动换向。在正常换向周期内, 排烟温度超过设定值时, 换向系统强制换向; 快切阀及四通阀换向故障报警时, 燃烧系统自动停止工作。还可以根据工艺要求灵活地设置烘烤方式, 例如: 先常规式烘烤后蓄热式烘烤等。

换向系统主要由换向阀及配件、PLC 系统和电气控制部分组成。换向阀采用气动方式, 配有限位开关、二位五通电磁阀等附件。换向阀开、关到位信号来自限位开关, 通过继电器输入 PLC 系统; 电磁阀的开、关控制也由 PLC 系统经继电器输出。操作柜面板上设有手动、自动切换按钮, 便于调试检修时使用。换向阀动作顺序按照同一烧嘴内先进空气, 再进煤气(燃烧); 先断煤气, 再断空气(蓄热)的原则。PLC 系统在确定换向阀开或关到位信号后, 发出下一动作指令。如果在规定时间内换向阀仍没有开或关到位, 则自动停止燃烧系统: 首先关闭煤气快切阀, 调节阀开度调到指定位置, 然后停止引风机, 最后停止鼓风机<sup>[3-4]</sup>。

烟气温度由安装在引风机前排烟管道上的温度计测量。换向过程在按照设定的周期进行期间, 当检测到温度计发出上限报警信号时, 换向模式从原来的按时间换向转为按排烟温度换向。此时, 系统载入指定的换向周期, 待温度降低之后再恢复到按时间换向模式。如果一段时间后降温效果不明显, 则燃烧系统自动停止。

### 3.3 故障报警

(1) 由于烘烤装置的烧嘴、包盖外表面由耐火材料构成, 若长时间在超高温环境中工作, 使用寿命会大大降低, 因此, 在包盖温度超过上限时要减少燃气量。当热电偶损坏或者补偿导线断线等影响正常温度信号测量的故障产生时, PLC 无法判断此时的实际温度, 失去了控制功能, 因此需要自动停止燃烧系统, 避免事故。

(2) 为了保护蓄热体、引风机、阀门等设备不受烟气的高温损害, 当排烟管道上的温度计发出温度上限信号时, 需要调整换向模式, 在严重超温情况下要及时停止燃烧。

(3) 换向阀换向顺序和换向时间都有严格的规定, 顺序错误或者时间延误都可能造成设备损坏, 甚至发生爆炸事故。

(4) 烘烤装置所用燃气中含有大量 CO 等有毒有害气体, 在使用过程中容易发生泄漏事故。当厂房内通风条件较差时, 烘烤装置周围的人员就存在中毒危险。因此在经常有人活动的场所设置有有毒气体报警仪, 以保证安全。

故障产生后可采取相应的解决措施, 见表 1。

表 1 故障判断及解决措施

Table 1 Failure and solution

故障类型	性质	措施
包盖热电偶测量超温	轻	减小调节阀开度
包盖热电偶信号异常	重	停止燃烧
引风机前管道高温	轻	更改换向模式
引风机前管道超高温	重	停止燃烧
空、煤气压力低/高	轻	声光报警
煤气压力过低/高	重	停止燃烧
换向阀换向超时	重	停止燃烧
风机系统故障	重	停止燃烧
周围环境有毒气体超标	轻	声光报警

## 4 存在问题及改进措施

烘烤装置于 2006 年 5 月初投入生产, 经过半个月的试运行, 根据炼钢厂内实际情况, 针对调试过程中出现的问题对控制系统做了适当调整。

(1) 由于热电偶测量温度存在滞后, 电动调节阀在由升温到保温过程中开度持续减小, 导致烧嘴前煤气和空气压力减小, 产生故障。因此, 对电动调节阀需要设置最小开度, 以保证烧嘴前煤气和空气要求的最小压力。

(2) 阀门换向周期、换向延迟时间、排烟报警温度值、烘烤曲线等参数需要根据设备运行时间、工作状态等因素而改变。由于生产现场没有对控制器进行参数输入的设备, 使得参数修改比较麻烦。因此决定在 PLC 系统中增加网络通信模块 EM277, 将参数信息通过 Profibus-DP 通信总线传至控制室, 在现场与控制室之间建立实时联系。这样, 具体工艺参数、设备运行状态等都显示在控制室的上位机中, 实现集中操作、报警和记录功能。

### 参考文献:

- [1] 孙全应. 蓄热燃烧技术在工业炉上的合理应用 [J]. 工业炉, 2005, 7(1): 23-26  
SUN Quan-ying Reasonable using high temperature air

(下转第 65 页)

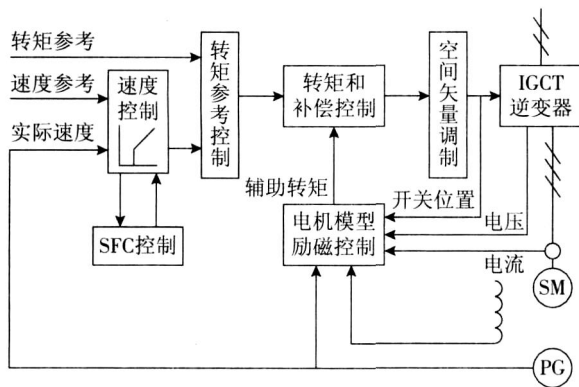


图 3 逆变器控制原理框图

Fig.3 Control schematic diagram of the inverter

进行 PD 调节,输出参考转矩。SFC 控制用于消除机器轴向共振。

转矩参考控制:速度控制的输出转矩参考和给定的转矩参考进行比较,得出差值,进行 PI 调节,输出磁链给定值。

转矩和补偿控制:定子磁链角的偏差是由转矩偏差产生的,磁链幅值的偏差直接由给定值来调整,这样通过磁链矢量的偏差加上定子电阻压降补偿就可以得到电压矢量的给定值。

空间矢量调制:通过空间矢量调制单元产生对称的 PWM 波形,在一个控制周期内连续发出多个电压矢量,对定子磁链幅值实现精确控制,使得定子磁链更能逼近圆形轨迹,从而减小定子磁链和转矩脉动,同时保证功率开关频率恒定。

### 3 应用效果

#### 3.1 传动系统性能

静态精度按照“(速度参考值 - 速度反馈值) / 最高速度 在 1 s 内的平均值计算。调试时分别在 10% 速度基速和最高速度下测试静态精度;速度响应时间分别在不带机械负载和带机械负载下测试;冲击速降是指在基速下输入 100% 负荷时的

速度恢复时间。传动系统静态精度值、响应时间和冲击速降值参见表 1。

表 1 电机调试性能表

Table 1 Performance test value of the motors

设备名称	静态精度 (最高速度 下) / %	响应时间 (不带接 轴) / ms	响应时间 (带接轴) / ms	冲击速降 (100% 负载) / s
BGV 电机 (6 000 kW)	< ±0.01	< 90	< 180	0.3

#### 3.2 逆变器输出性能

ACS 6000SD 在 BGV 轧机应用中,采用 SVPWM 调制算法,3.3 kV 的 IGCT 变流器电压、电流波形如图 4 所示。

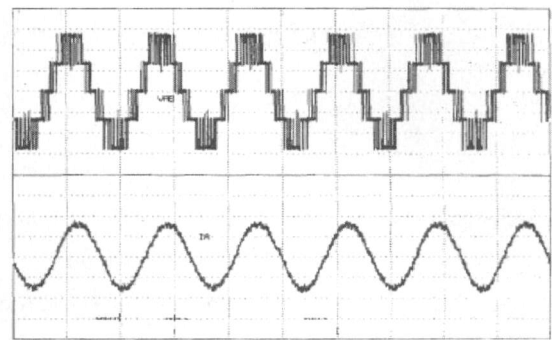


图 4 3.3 kV IGCT 变流器电压、电流波形

Fig.4 Voltage/current waveform 3.3 kV IGCT converter

从表 1 静态精度和响应时间,以及图 4 中变频器的输出电压和电流波形可以看出,ACS 6000SD 交流变频装置具有控制精度高、动态响应快、谐波含量少的特点。

ACS 6000SD 中压交流变频传动装置在马鞍山钢铁集团公司高速线材厂的成功应用,体现了其优异的性能和高可靠性,是大、中型电机拖动系统较为理想的传动装置。 [编辑:沈黎颖]

(上接第 62 页)

combustion technology in industrial furnace[J]. Industrial Furnace, 2005, 7(1): 23-26

[2] 陈 巍,方会斌,秦 文. 蓄热式钢包烘烤技术的研究与应用[J]. 冶金能源, 2007, 26(3): 39-42

CHEN Wei, FANG Hui-bin, QIN Wen Study and application of the regenerative ladle preheating technology[J]. Energy for Metallurgical Industry, 2007, 26(3): 39-42

[3] 刘玉梅,郝万新,李忠明. 基于 PLC 控制的双蓄热式钢包烘烤器自动控制系统[J]. 仪表技术与传感器,

2008(3): 94-95.

LIU Yu-mei, HAO Wan-xin, LI Zhong-ming Pair of regenerative ladle roaster automatic control system based on PLC control [J]. Instrument Technique and Sensor, 2008(3): 94-95.

[4] 杜 昂. PLC 控制系统在蓄热式烘烤装置上的应用[J]. 河南冶金, 2003(2): 43.

DU Ang Application of PLC system on regenerative preheating equipments[J]. Henan Metallurgical, 2003(2): 43. [编辑:魏 方]