

· 系统与装置 ·

## 再加热炉燃烧控制系统

马志坚, 魏光星

(中冶东方工程技术有限公司 自动化所, 内蒙古 包头 014010)

**摘要:**以攀钢集团成都钢铁厂 318 轧管厂再加热炉为研究对象, 从炉温检测系统、炉温调节系统及用户程序三方面介绍了该再加热炉比例式燃烧控制系统, 以及与常规双交叉燃烧控制系统的区别。针对该种燃烧控制系统及不同的外部干扰因素, 编制控制程序时采取了一些相应措施, 可将炉温有效地控制在设定值  $\pm 5$  范围内, 并在炉温大幅偏离设定温度值时, 能够在短时间内将炉温重新稳定在设定值, 而不会出现大幅振荡。比例式燃烧控制系统具有控制灵活、准确度高、可有效提高生产效率及降低劳动强度等特点。

**关键词:**再加热炉; 比例式燃烧控制系统; 炉膛温度

**中图分类号:** TF066; TP273 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-7059 (2009) 01-0039-05

## Combustion control system for reheating furnace

MA Zhi-jian, WEI Guang-xing

(Automation Research Institute, BERIS Engineering and Research Corporation, Baotou 014010, China)

**Abstract:** Taking reheating furnace of 318 Tube Rolling Plant of Panzhihua Iron and Steel Group as investigating subject, proportional type combustion control system for reheating furnace and difference between the system and regular double crossing combustion control system are described in three-aspects of temperature measuring system, temperature regulating system and user program. Based on this type of combustion control system and different external interference factors, some corresponding measures could be taken in writing control program, so as to effectively control furnace temperature within  $\pm 5$  of set point without occurrence of big extent of vibration. Proportional type combustion control system is characterized by flexible control, high accuracy, effectively improving productivity and reducing labor intensity.

**Key words:** reheating furnace; proportional combustion control system; hearth temperature

攀钢集团成都钢铁有限公司 (以下简称“攀成钢”) 318 轧管厂是成都钢铁公司整体搬迁工程的一部分, 该项目除轧机利旧外, 其它均为新建。工程已于 2006 年 7 月 29 日正式投产运行。该项目的工程设计由中冶东方工程技术有限公司负责, 轧线上的再加热炉由“中冶东方包头贝瑞工业炉公司”总包。本文主要介绍该生产线上再加热炉燃烧控制系统构成、功能及 PLC 系统的配置。

### 1 再加热炉工艺

再加热炉位于周轧机后, 扩径机前。将来自

周轧机轧制的荒管从 300 ~ 600 加热到 820 ~ 970 后送扩径机。该加热炉为步进梁式再加热炉, 沿炉长方向分 3 段, 即: 预热段、加热段、均热段。其中预热段不供热, 利用烟气的余热加热荒管, 在加热段和均热段沿炉宽方向分别设置 3 个燃烧控制段, 共 6 段炉温控制, 分别为: 加热段、加热段、加热段、均热段、均热段、均热段。每段设 5 个烧嘴, 共 30 个烧嘴。

### 2 燃烧控制系统

该再加热炉采用比例式燃烧控制系统, 与常

收稿日期: 2008-05-20; 修改稿收到日期: 2008-09-08

作者简介: 马志坚 (1970-), 男, 内蒙古包头人, 高级工程师, 主要从事工业自动化工程设计、编程及调试工作。

规双交叉限幅燃烧控制系统(以下简称“常规燃烧控制系统”)相比,无论是控制元件还是编程方法都有较大区别。燃烧控制系统流程见图 1,图中只给出均热段,其它 5 段与此完全相同。

再加热炉燃烧控制系统包括 3 个部分,即炉温检测系统,炉温调节系统及用户程序。

### 2.1 炉温检测系统

炉温检测系统与常规燃烧系统无任何区别,每段设 2 支 S 型热电偶检测炉膛温度,通过程序判断取一个温度值参与炉膛温度调节。具体判断方法为:当某一支热电偶故障时取另一只热电偶检测到的温度值,反之亦然;当 2 支热电偶均正常时取测量值高的一点温度作为调节系统的过程值;当 2 支热电偶均故障时,控制系统强行使过程值等于设定值,保持空气调节阀阀位不变,以故障前的阀门开度继续燃烧,同时在 HMI 上发出报警提示。提醒操作人员将该段炉温控制系统切换到“软手动”操作方式,根据实际情况给出调节阀的开度,保证加热炉正常生产,并尽快更换热电偶。

### 2.2 炉温调节系统

炉温调节系统与常规燃烧系统有较大区别。再加热炉为中高温炉,燃烧温度一般为 820~970,最高不超过 1050。由于该加热炉采用天然气作为燃料,热值高,一般为  $(8300 \times 4.18) \text{ kJ/m}^3$ ,因此,炉温调节采用比例燃烧控制系统。即:在每个燃烧段的空气段管设 1 台高温型调节蝶阀(图 1 中 TV-101),每个燃烧段的每个烧嘴前的天然气支管处设 1 台点火电磁阀(图 1 中 SV-101-1~SV-101-5),1 台机械式比例阀(图 1 中 FV-101-1~FV-101-5);每个燃烧段的每个烧嘴配 1 台烧嘴控制器(图 1 中 TK-101-1~TK-101-5),1 台电离式火焰监视器(图 1 中 UV-101-1~UV-101-5),1 台点火变压器(图 1 中 TY-101-1~TY-101-5)。整个再加热炉 6 个燃烧段共设计了 6 台高温型调节蝶阀,30 台烧嘴控制器、点火电磁阀、机械比例阀及点火变压器。其中火焰监视与烧嘴控制器集成为一台设备,安装在各个燃烧段附近的就地箱内。由于点火电缆长度要求不超过 5 m,点火变压器安装在每个烧嘴附近的小控制箱内。

通过烧嘴控制器打开点火电磁阀并控制点火变压器产生高压电火花对每个烧嘴单独点火。可通过控制网络实现远程点火,也可操作烧嘴控制器上的开关进行就地点火,通过火焰监视器远程

监视每个烧嘴是否点燃火焰。

### 2.3 用户程序

当再加热炉正常生产时,PLC 系统接收来自现场的炉膛温度值,通过用户程序的 PI 运算及一系列边界条件的处理输出信号,控制空气段管上高温型调节蝶阀的开度来改变该段助燃空气流量,并将助燃空气通过空气支管分配到该段 5 个烧嘴。与此同时,该段 5 个烧嘴前的天然气支管的机械比例阀根据输送到各自烧嘴前空气支管的流量,调节自身开度,改变输送到烧嘴的天然气的流量,从而调节炉膛各个燃烧段的温度到设定温度值。其中空燃比通过机械比例阀开度的动态调节及烧嘴前工艺球阀静态开度共同作用使之得到有效保障。

根据比例燃烧控制系统的特点,用户程序只考虑助燃空气流量的调节,即:根据炉膛温度调节助燃空气段管上高温型调节蝶阀的开度,而不必考虑天然气流量调节,天然气流量通过机械比例阀调节。这也是与常规燃烧控制系统的最大不同之处。

在理想状态下,每个燃烧段的控制程序中给出 PD 指令的设定温度值和实际温度值,调整好 PI 参数即可调节炉膛温度。但实际情况是:温度为缓慢变化的过程量,空气、天然气流量的变化,在短时间内不会引起温度发生明显变化。而且运行过程中影响炉温稳定的干扰因素较多,这些干扰将会使炉温大幅偏离设定温度值,针对不同的干扰采取相应措施尽快将炉温调节到设定温度值。在实际调试过程中发现引起炉温波动的主要因素有:

(1) 开、关出料炉门对炉膛温度的影响。由于再加热炉炉膛容积小相对热容量小,开、关出料炉门对炉膛温度影响较大。当出料炉门关闭炉温稳定时,均热段 3 个段要保持相同温度,各个段空气调节阀的开度是不同的,即各个段所需空气量和天然气量不同。一般情况下均热段所需空气量是均热段的 3 倍左右,而均热段所需空气量是均热段的 4 倍左右。当打开出料炉门时由于热量的散失或吸入冷空气的原因使均热段温度大幅下降。由于段与段之间互相干扰,因此均热、段的温度也随之下降。关闭出料炉门时,均热段温度升高,带动均热、段的温度也随之升高。一般每次开、关出料炉门时均热段温度波

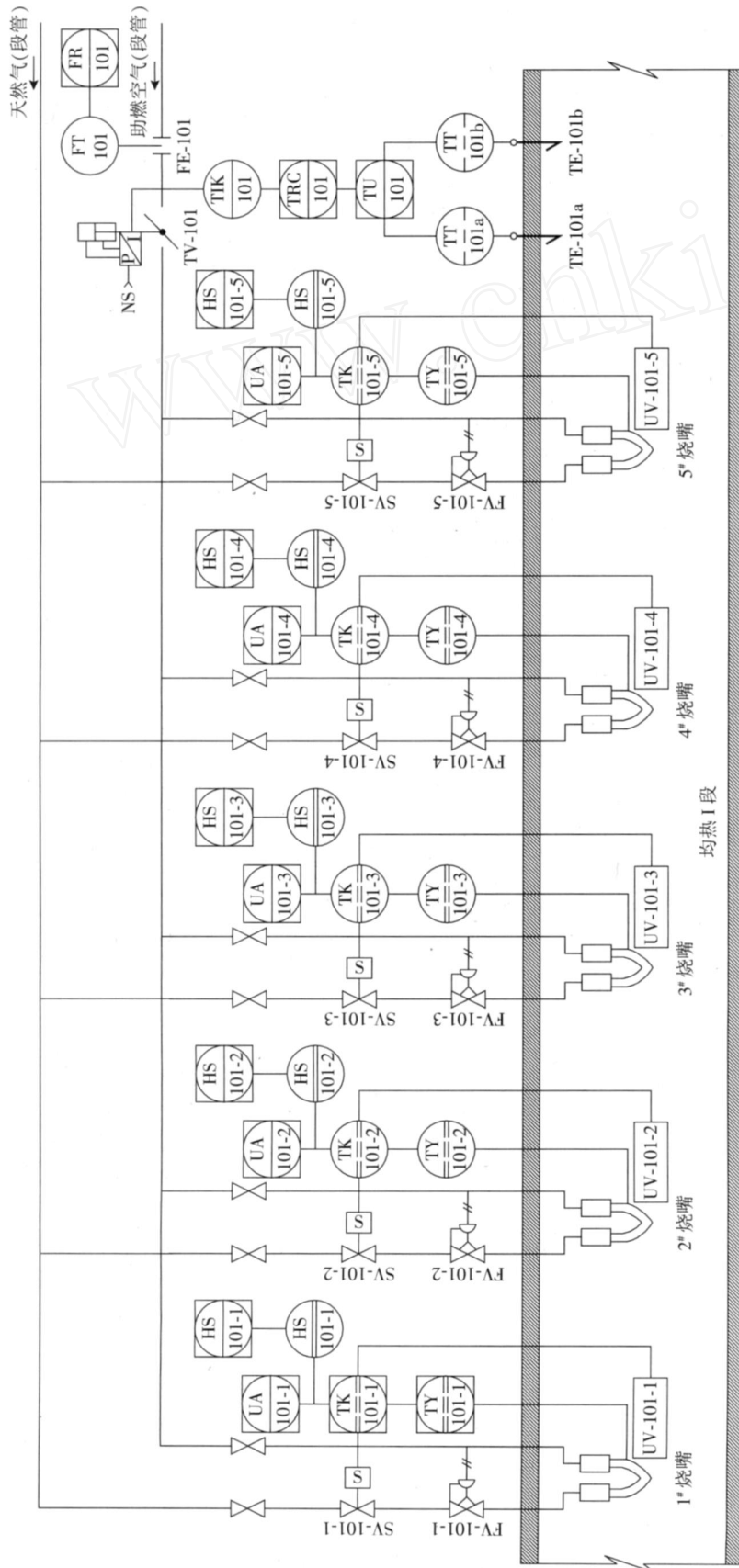


图 1 燃烧控制系统流程图

Fig. 1 Diagram of combustion control system

- 点火变压器(安装在就地小控制箱内);
- 流量变送器; ● 温度记录调节器; ● 温度变送器; ● 流量记录器; ● 火焰报警器; ● 温度多功能选择器; ● 流量记录仪; ● 点火热电偶; ● 高温型调节蝶阀(带电-气阀门定位器);
- 转换开关(安装在就地箱盘面); ● 烧嘴控制器及火焰监测(安装在就地箱内); ● PLC系统完成的功能; ● 烧嘴操作器(安装在PLC柜正面); ● 温度变送器(安装在PLC柜内);

FV—带取压管的机械比例阀; TE—热电偶; FE—热电偶; UV—火焰监测器

动值约为 100 左右,均热、段的温度波动值一般在 20 左右。

(2)热风放散阀开、关对炉膛温度的影响。为了保护换热器,当热风总管温度达到 450 时,需打开热风放散阀。此时,部分空气被放散,输送到各个段的空气量减少,炉温大幅下降。为保持炉温需增大调节阀开度。当关闭热风放散阀时,空气全部输送到各个段,助燃空气量显著增加,炉温将上升。

(3)天然气压力及炉膛压力的波动。天然气压力及炉膛压力的波动也会造成炉膛温度的波动。

无论何种因素其影响最终都体现在炉温变化上,因此在编制程序时须从炉膛温度入手,结合该炉温调节系统的特点设置了以下 5 种解决措施:

(1)强行升降温。当炉膛温度高于或低于设定值 20 以上时,程序强制 PD 指令切换到“手动”状态,并给 PD 指令一个阀门开度的上下限值,强制空气调节阀在该开度范围内燃烧,该开度上下限值需要经过反复观察确定,既要保证炉温能尽快上升或下降,同时也要保证炉温不能大幅振荡。均热段每个燃烧段空气阀门的上下限开度值是不同的。

(2)快速 PI 调节。当炉膛温度与设定值之间的偏差在 10~20 之间时,为了尽可能快速达到设定温度,P 值及 I 值比较大,此时 PD 指令的操作输出值的个位数发生变化。

(3)慢速 PI 调节。当炉膛温度与设定值之间的偏差在 2~10 之间时,为了避免炉膛温度超调,P 值及 I 值比较小,此时 PD 指令的操作输出值小数点后数值发生变化。

(4)设定死区。PD 指令的死区设为  $\pm 2$ , 即当炉膛温度与设定值之间的偏差在  $\pm 2$  之间时,空气调节阀阀位保持不变。

(5)设定阀位上、下限值。为了有效抑制炉温超调,为快速 PI 调节及慢速 PI 调节分别设定了阀位的上下限值。

通过以上 5 种措施综合作用,可以使炉温快速达到设定温度,也不会出现温度大幅度长时间的波动。

### 3 系统控制方式

控制方式有 3 种,即自动、软手动和硬手动。

(1)自动方式。每个燃烧段的炉温设定值由

操作员在 HMI 的画面上手工输入。根据该设定值程序自动调节高温型调节蝶阀的开度,使炉膛温度达到设定值。

(2)软手动方式。操作员在控制子画面上给每个燃烧控制系统的调节阀输入一个开度值(0%~100%),PD 指令控制每个调节阀到对应的开度,从而控制每个燃烧段的炉膛温度。

(3)硬手动方式。在调试前期或紧急情况下如 HMI 或 PLC 故障,造成操作员不能有效控制现场设备时,操作人员可以在位于主控室后备操作盘上的后备操作器上直接手动调节高温型调节蝶阀。

### 4 PLC 系统配置

再加热炉仪控计算机系统采用 PLC 系统下挂现场总线 I/O 模块。PLC 采用 Siemens 公司的 S7-300 产品。现场总线 I/O 模块采用德国 Turck 公司的 Piconet 系列产品。现场总线网络采用 Profibus-DP 协议。HMI 选用美国 Nematron 公司专为冶金行业开发生产的工控机。

HMI 与 PLC 之间采用工业以太网连接,传输介质为双绞线。与传动系统的 PLC 之间以及 HMI 之间通过工业以太网连接,传输介质为光纤。通信协议为标准工业以太网协议,即 MAC(介质访问控制)通信协议。该配置实现了分散过程控制的目的,同时又可保障数据共享。具体配置见图 2。

Piconet 现场总线 I/O 模块的防护等级为 IP-67,具有坚固、全密封的特点,可直接装于设备上,工作温度为 0~55,适用于再加热炉现场工况。每个 I/O 模块集成了 Profibus-DP 通信接口,即每个模块为一个网络节点。其信号电缆、电源电缆及通信电缆全部采用 Turck 公司的专用预铸电缆。提高了施工维护效率并降低了劳动强度,同时提高了系统的稳定性。

该加热炉每个燃烧段配置 2 个 Piconet 的开关量输入模块及 1 个开关量输出模块,与该段的烧嘴控制器共同安装在就地箱内。

### 5 结束语

采用比例燃烧控制系统具有以下优点:

(1)通过控制网络可以实现远程点火、灭火并可远程监视加热炉各个烧嘴是否熄火,有效地提高了生产效率并减轻了劳动强度。

(2)独立的烧嘴控制,可根据燃烧情况随时

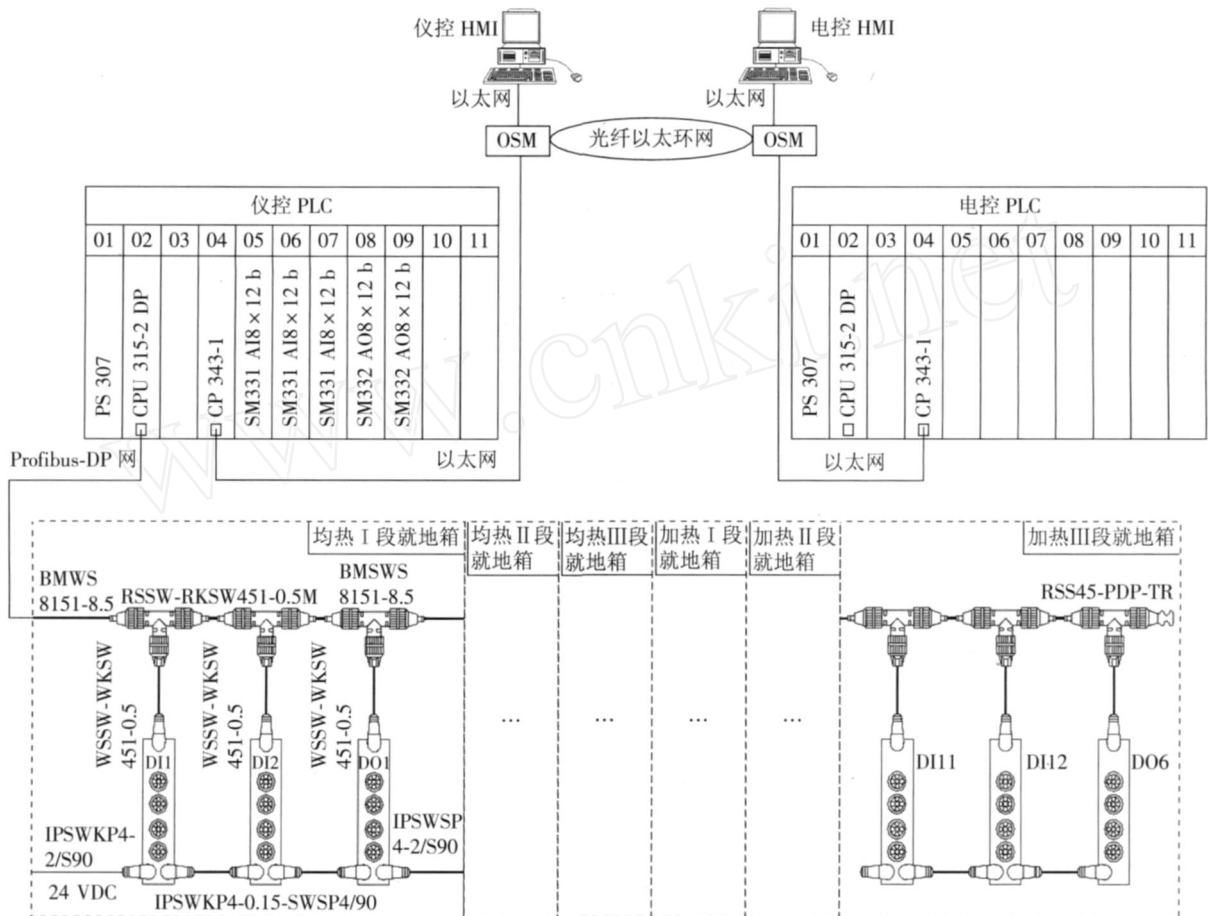


图 2 PLC系统配置

Fig.2 PLC system configuration

减少或增加工作烧嘴的数量,极大地提高了炉温控制的灵活性,实现了温度控制的精确性。

该加热炉自投产运行至今,燃烧控制系统工作稳定可靠,操作简单,炉温控制精确度高,完全满足后续轧制要求。 [编辑:魏方]

(3) 一次投资要低于常规燃烧控制系统。

### “首钢总公司电信网络资源管理信息系统 通过总公司验收

2008年 10月 31日,首钢总公司组织了“首钢总公司电信网络资源管理信息系统 科技成果验收评估会。由首钢自动化信息技术有限公司自主研发的“首钢总公司电信网络资源管理信息系统 顺利通过总公司验收评估。这一科技成果的成功开发是首钢总公司坚持科研开发与生产、管理应用紧密结合取得的一项管理技术创新的重要突破,标志着首钢总公司在电信资源管理上攀上了新的水平。

该项目第 1次将首钢内部通信系统的语音、视频、数据网络等相关的地下管道、线缆和联络设备整合在一个管理信息平台之上,实现了首钢电信网络资源地理分布图形和数据的一体化管理。并具有把 GIS电信管网平台的概念应用于首钢电信网络资源系统;自动生成管网资源地理图形,批量导入电信网络资源的 GPS(全球卫星定位系统)坐标,同时将 WGS-84(世界大地坐标系)转换成北京地方坐标系,自动与矢量地图进行空间叠加,经过对网络资源坐标的空间分析,自动构造线路、线缆及附属设备等网络资源的拓扑关系,生成其地理分布图并实现了首钢电信资源空间分布和管理数据的无缝连接等创新点,从而使企业电信管网的管理水平得到了明显提高。

(北京首钢自动化信息技术有限公司 郭雨春)

欢迎广大科技工作者踊跃投稿