

# 昆钢 2 ×120 万 t/a 氧化球团二期生产线 自动控制系统的设计

欧阳光

(昆钢技术中心)

**摘 要** 基于昆钢 2 ×120 万 t/a 氧化球团二期生产线的工艺流程特点和工艺对控制的要求,控制系统采用了“集中监测,分散控制”的设计思路,由计算机作为中央监控操作站,以 PLC 作为现场控制站,组成仪电合一的集散型控制系统。本文结合生产工艺特点,阐述了自动控制系统的设计思路、系统构成、功能和技术特点。

**关键词** 氧化球团 自动控制系统 Quantum PLC 控制功能

## 1 前 言

为满足对球团矿的巨大需求,昆钢筹建了两条年产 120 万 t 的链篦机 - 回转窑氧化球团生产线。工程分两期建设,一期工程生产线于 2004 年 7 月建成投产,2007 年 6 月,二期工程开工启动,2008 年 6 月 30 日,二期生产线热负荷试车成功。

基于氧化球团生产流程特点及工艺对控制的要求,在一期控制系统成功运行的基础上,二期控制系统采用了“集中监测,分散控制”的设计思路,由计算机作为中央监控工作站,以 Quantum PLC 作为现场控制站,组成仪电合一的集散型控制系统,完成各项控制功能。本文在此作一介绍。

## 2 球团工艺流程概况及控制要求

球团生产工艺流程主要包括铁精矿的受料和堆存、精矿干燥、高压辊磨、配料、强力混合、造球、生球筛分及布料、生球干燥及预热、氧化焙烧、冷却及成品球团矿落地堆存和输出等主要工序。二期生产线工艺流程(见图 1)主要包括:造球系统、生球筛分布料系统、链篦机 - 回转窑 - 环冷机焙烧系统、风流系统,其它流程与一期共用。

### 2.1 造球及筛分布料

混匀后的混合料运至造球室混合料仓,仓下采用定量给料机向 6 台造球盘给料(4 开 2 备),造球盘造出的生球,分别筛除 < 8 mm 和 > 16 mm 的不合格球,合格球通过摆式布料器、宽皮带机、小球辊式筛分布料机均匀地布到链篦机篦床上。该工序主要控制要求是实现排料量按设定值自动调节、造球加水量的自动检测和控制、混合料糟料位过低或过高时能报警并实现换槽联锁。

### 2.2 生球干燥、预热

链篦机采用“四段三室式”,即设有鼓风干燥段、抽风干燥段、预热段及预热段。生球在链篦机鼓风干燥段内用回收环冷机三冷段 200 ~ 250 的热废气进行干燥;在抽风干燥段,来自预热段下部耐热风机约 400 的回收热废气,从料层上方往下抽过;在预热段,来自环冷机二冷段 760 的热气流(直接通过热风管返回)对球团进行干燥和预热;在预热段,来自回转窑窑尾 1 050 的回收热气流使球团进一步加热和氧化。该工序的主要控制要求是风流系统的平衡、三大主机联速控制及各段各室温度、压力检测。

### 2.3 氧化焙烧

球团矿的焙烧固结在回转窑内进行,控制焙烧气流温度为 1 250 ~ 1 350 。窑头设有煤气烧嘴燃烧供热,烧嘴的火焰形状及火焰长度

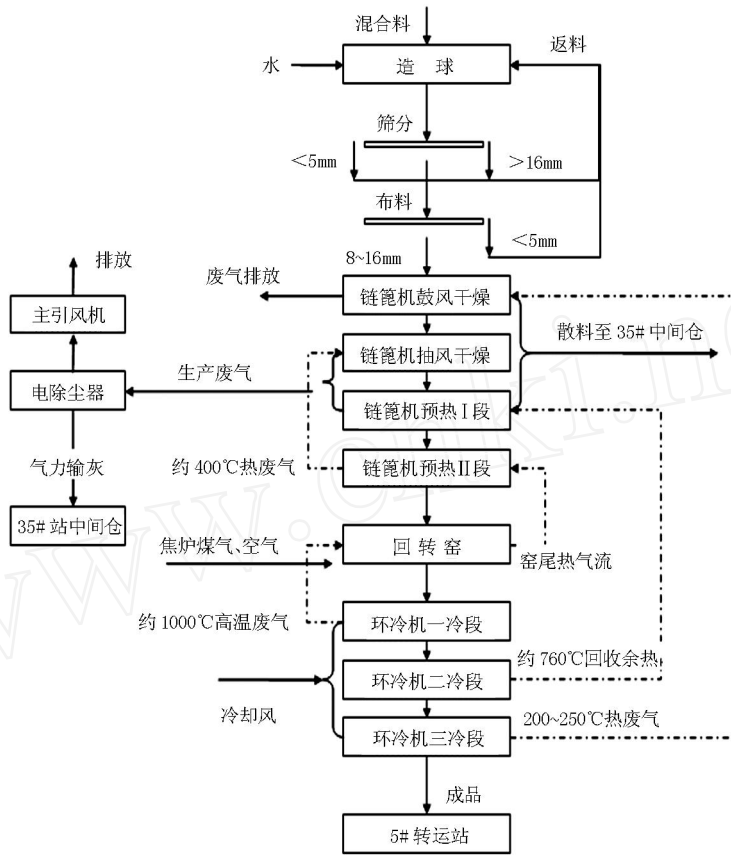


图 1 球团二期生产线工艺流程图

可调,保证球团在翻滚运动过程中得到均匀焙烧;同时来自环冷机一段 1 000 ~ 1 150 的高温废气直接返回窑内,用于提高窑内气体温度;回转窑转速可以根据原料的不同进行调整,以确定停留时间并最终决定球团矿的质量。该工序主要控制要求是控制焙烧温度,进行压力、流量检测和控制,煤气、空气低压时联锁和报警处理。

### 2.4 冷却

焙烧好的球团进入环冷机,环冷机采用“三段三室式”冷却制度,即风箱设有一冷段、二冷段以及三冷段,配备 3 台环冷鼓风机,进口设有电动执行器,可调节风门开度,从而调节冷却风量来控制回热风温度,保证球团矿冷却效果以及最大限度地利用各段热废气。该工序主要控制要求是回热风的温度控制,以及风机轴承温度、冷却水压力检测、上限报警等。

## 3 控制系统构成设计

二期生产线控制系统主要完成从造球到环

冷的生产全过程自动控制、监视、数据处理和生产管理,确保球团系统能稳定、安全、高效地连续生产,达到方便操作,提高生产控制水平的效果。控制系统包含回路控制和逻辑控制功能,以满足模拟量与数字量混合控制的要求,实现系统设备的顺序逻辑控制、过程参数检测、回路自动控制及 PID 调节等功能。所有仪表检测控制参数、生产设备运行信号均纳入控制系统。

根据球团生产线工艺流程特点及工艺对自动化的要求,控制系统总体方案按“集中监测,分散控制”方式设计,采用上位监控和现场自控两级控制网络,组成仪电合一的集散型控制系统。球团厂区内的电气楼内设中控室、低压变电所、仪表室。中控室内配置上位机工作站,设置仪控、电控主机控制站;在配料仪表室、电气楼仪表室设远程 I/O 站。控制系统构成见图 2。

### 3.1 现场自控层

采用 Quantum PLC 主机、远程 I/O 站及现场总线组成现场控制站,用于完成生产过程参

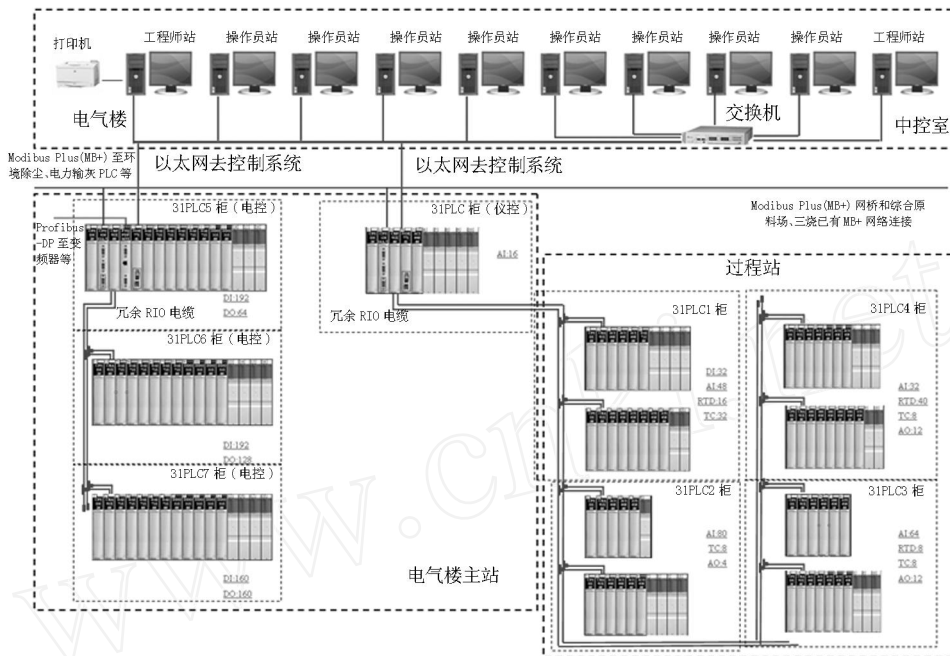


图 2 氧化球团二期生产线控制系统构成示意图

数的数据采集、处理、过程控制。

根据电气和仪表专业设计,及生产线控制 I/O 点数统计(数字量 928 点,模拟量 390 路),控制站选用施耐德 Quantum 系列大型 PLC,设置 2 台 PLC 主机站,电控、仪控各 1 台。电控主站带 2 个远程分站,仪控主站带 8 个远程分站。PLC 主机站配置 CPU 模块(140 - CPU - 534 - 14A,带内部集成的(MB+)接口),RIO 头通讯模块(140 - CRP - 93X - 00)、以太网通讯模块(140 - NOE - 771 - 01)、Profibus DP 网络模块(PTQ - PDPMV1)。每个远程站均配置远程 RIO 子站通讯模块(140 - CRA - 93X - 00)及 I/O 模块(数字量模块:140 - DAI - 753 - 00、140 - DDO - 353 - 00,模拟量模块:140 - ACI - 040 - 00、140 - ATI - 030 - 00、140 - ARI - 030 - 00、140 - ACO - 020 - 00)。主机站与 I/O 远程站之间通过 RIO 双缆冗余连接进行主从通信。

### 3.2 上位监控层

由 DELL 工控机组成的上位机作为中央监控工作站,通过光纤交换机构成 TCP/IP 工业以太网,实现与现场自控层实时通讯,完成过程参数的存储、显示、记录、操作参数的设定、修改、

远方操作,显示工艺流程图画、参数组态画面、操作指导画面、报警画面等。

中控室设置 10 台上位机,包括 8 台操作站、2 台工程师站,所有操作站和工程师站均配置以太网卡和 MB+网卡。上位机之间、上位机与 PLC 之间、PLC 主站之间通过工业以太网进行通讯;电控 PLC 与电气专业的变频器(VVVF)、定量给料机 PLC(S7 - 200PLC)通过 Profibus DP 网进行通讯,实现在操作站画面上对各设备变频器和定量给料机进行操作;PLC 的 MB+通信口与环境除尘系统、气力输灰等厂家提供的 PLC 控制系统通过 MB+网进行通讯;通过仪控 PLC 的 MB+分支器与综合原料场、三烧已有 MB+网连接。

工程师站配置 UnityPro XL V3.1 编程软件,以实现硬件组态配置、编制系统应用软件和软件的维护,两个工程师站互为备用;操作站配置 Ifix 3.0 上位图形监控软件,通过 CRT 监控画面,进行生产过程监视和操作控制,各操作站互为备用。主要 CRT 监控画面有:造球系统画面、焙烧系统画面、报警画面。各系统画面包括:

- (1) 系统流程画面(显示设备的启动/停止状态);
- (2) PID 调节及回路状态;
- (3) 各过程参数显示值;
- (4) 各连锁设备运行状态;
- (5) 有关报警参数报警显示等。

## 4 控制系统功能设计

### 4.1 电气控制功能设计

根据工艺要求和现场实际操作情况,设置了三种系统控制方式:自动方式、键盘手动方式和机旁手动方式。中控室将各设备的选择开关置于“自动”位置即启用自动方式,PLC 按照预先设定的连锁关系控制各设备自动连锁启动运转及停机;在试运行或自动控制系统出现差错时,中控室采用键盘手动方式操作,在键盘上解除连锁,即可单个操作单体设备的启动和停止;机旁手动操作为电气纯手动操作,故障或者检修时,由中控室在 CRT 上选择切换到机旁操作方式,操作人员就能在机旁方便地操作并监视各设备的运转状态。

为有效地防止因下游设备故障而引起上游皮带堆料,防止操作人员在机旁进行误操作,系统正常运行时,以中控优先为主,如运行安全连锁、工艺参数连锁、启动或停止顺序连锁、故障停机连锁、电控和仪控之间的连锁等。

按生产流程划分,电控系统设计了包括造球筛分布料系统、干燥预热系统、焙烧冷却系统、粉尘输送系统几个部分。在操作站可通过 CRT 画面完成以下基本操作:

- (1) 系统运行方式的选择;
- (2) 系统流程的选择;
- (3) 实现连锁启动前系统的检查;
- (4) 系统的顺启、顺停,或齐启、齐停选择;
- (5) 变频调速设备速度控制;
- (6) 混合料仓换仓处理和流程的时序控制,当某个贮仓在运行当中由于空仓或堵料等原因,需变更到另一个贮仓运行时,进行料槽变更的运算处理;
- (7) 往返移动设备的控制。

### 4.2 自动控制功能设计

完成从造球排料到环冷等工艺生产过程参数的数据采集处理、自动控制、参数显示、越限报警和报表打印等功能。

#### 4.2.1 仪表信号的采集与处理

系统采用模块化思想,利用 UnityPro 编程软件的派生功能块将重复性较强的部分功能编写在独立功能块(DFB)中,如实现工程量转换、上下限报警的 AI-SCALE-O 功能块,实现与变频器、定量给料机 PLC 通过 DP 网进行数据通讯的 SL-V、DZC 功能块等。在控制程序中可直接调用这些功能块,便于查找问题,也节约了 PLC 的存储空间。

实现料仓料位监视及管理功能;定量给料机排料量的瞬时流量、累计值测量显示功能;链篦机四段烟罩内、风箱内气体温度、压力检测;回转窑点火温度、窑皮(头、身、尾)温度检测;煤气、空气流量和压力检测,煤气、空气低压时连锁及报警处理,其中在煤气低低压、空气低低压时自动切断中央烧嘴煤气,且送电气连锁信号;环冷机一、二、三冷段热风温度、压力检测;各耐热风机和主引风机温度、压力、流量、振动、风门开度检测等主要功能。

#### 4.2.2 造球排料控制

与电气控制方式类似,造球排料工艺控制设计三种控制方式:

(1) 自动排料控制:造球排料系统的各种计算及跟踪等功能由控制系统完成。控制系统根据生球流量和定量给料机的运转台数均分求出每台定量给料机排料量的设定值,通过 DP 网络送到定量给料机的 PLC 上,由定量给料机 PLC 进行 PI 控制运算,输出控制信号给变频器调节转速,控制排料量。

排料量设定值演算公式为:

$$WS_i = W_t / K$$

式中:  $WS_i$ —贮矿槽排料量设定值

$W_t$ —生球量(人工在 CRT 上设定)

$K$ —配料秤运转台数

(2) 手动设定排料量控制:在 CRT 画面上直接设定各台配料秤排料量。

以上两种控制方式的定量给料机 PLC 工作状态为外给定状态。

(3) 单机控制:在定量给料机仪表面板上设定排料量设定值,由其完成单机排料控制。此时定量给料机 PLC 工作状态为内给定状态。

4.2.3 回转窑燃烧控制

最佳的焙烧温度和焙烧时间是保证生球质量的关键。通过对供给回转窑燃烧用的煤气、空气流量进行自动控制,既保持生球有最佳焙烧温度,又能实现煤气的充分燃烧。

燃烧控制设计了两种控制方式:一是根据窑内气氛温度进行煤空比例串级控制;二是设定值控制,即在操作站上设置中央烧嘴煤气流量设定值,进行煤空比例控制。

(1) 窑温及煤、空比例串级控制

在画面上设定回转窑温度控制的目标值,控制系统根据该设定值和回转窑温度的测量值

进行 PID 控制运算,控制输出作为中央烧嘴煤气流量调节单元的设定值。煤气流量调节单元则根据此设定值和煤气流量测量值进行 PID 控制运算,输出控制信号给煤气流量调节阀,调节煤气流量。而空气流量调节单元的设定值则是由煤气流量经比例环节的控制运算后得到,再与空气流量测量值进行比较,经过 PID 运算,输出控制信号给空气流量调节阀,调节空气流量,从而实现窑内温度及煤、空比例串级自动控制(系统方框图见图 3)。

设定空燃比:根据生产经验,在画面上手动设定空燃比值。

实际空燃比:空燃比演算

$$R_h = F_{ah} / F_{gh}$$

式中:R<sub>h</sub>—实际空燃比;

F<sub>ah</sub>—空气流量测定值;

F<sub>gh</sub>—煤气流量测定值。

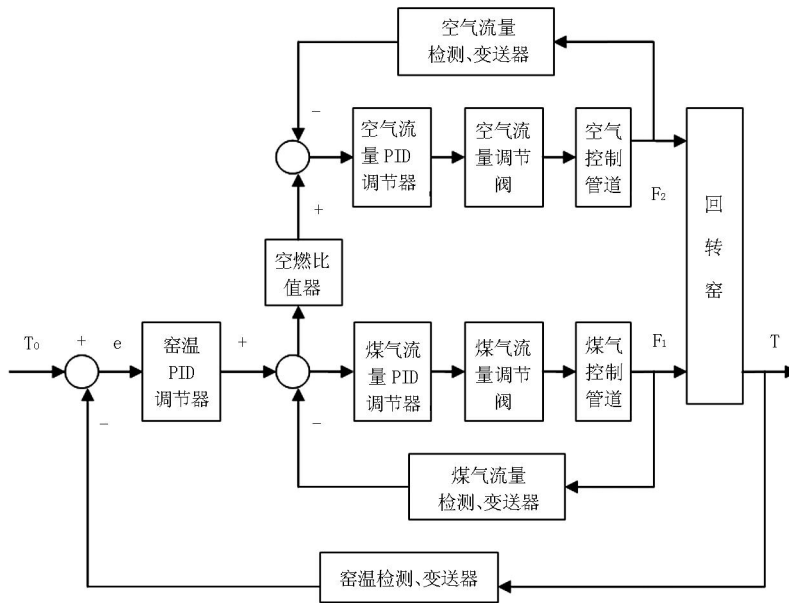


图 3 窑温及煤、空比例串级控制系统方框图

T - 回转窑温度; T<sub>0</sub> - 窑温设定值; F<sub>1</sub> - 煤气流量; F<sub>2</sub> - 空气流量,系煤气流量的从流量

(2) 设定值控制

根据窑温在画面上设定中央烧嘴煤气流量的设定值,控制系统根据该设定值自动调节煤气流量,空气流量则根据煤气流量通过空燃比值调节进行自动控制。

4.2.4 风流系统控制

在焙烧系统中,生球在链篦机上干燥和预热,在回转窑中焙烧、固结,在环冷机中进行冷却,期间绝大部分热废气热量都被有效地回收利用到立体的球团生产工艺中。风流系统的风量、热量平衡与否对生产的稳定起着重要的作用,为保证含有大量水分的生球在干燥中不发

生爆裂,并使预热球具有一定强度后再进入回转窑焙烧,链篦机 2 个干燥段和 2 个预热段的热气流温度必须按工艺要求严格控制。

风流系统的控制主要包括:

(1) 自动调节链篦机各段鼓干风机、主引风机、耐热风机出口的风量调节阀和风机入口兑冷风阀开度来调节风量,进而对各段风箱压力、温度进行调节控制。系统设计了对鼓风干燥段风箱、预热段上罩、预热段上罩压力进行控制;对 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup> 耐热风机和主引风机入口温度进行控制。

(2) 自动调节 3 台环冷鼓风机风门开度,通过调节冷却风量来控制 3 段回热风温度。系统设计对环冷机一冷段上罩压力和二、三冷段上罩温度进行控制。

系统对上述温度、压力采用闭环负反馈 PID 控制,操作方式设计为自动/手动两种。

#### 4.2.5 三机联速控制

系统设计联动/单动两种控制方式,对链篦机、回转窑和环冷机速度进行联动比例串级控制。系统采用 PID 控制输出给变频器来调节链篦机速度,控制链篦机布料厚度(160 mm),同时联动比例串级 PID 控制调节回转窑、环冷机速度,来保证球团矿质量及台车料厚(760 mm)。

#### 4.2.6 其他功能

包括根据现场采集的各工艺参数,自动生成生产日报表和班报表及打印功能;对过程参数监视及报警处理功能;对重要工艺参数进行趋势记录功能等。

## 5 技术特点

鉴于昆钢球团生产的特点,从生球进入链篦机开始直至窑头排出,整个生产过程中要产生大量的数据,而且需要对这些数据进行存储、处理。因此,控制系统采用了“集中监测,分散控制”的方式,既做到对底层设备的分散控制,又保证上位系统对下层设备的集中管理,提高了控制系统的稳定性和可靠性,为提高球团矿产质量创造了条件。同时结合球团一期的生产实践,充分汲取一期控制系统的优点,并针对一

期系统投产初期存在的问题,在设计中进行了改进和完善。

### 5.1 控制系统网络

(1) 控制系统网络采用光纤工业以太网,拓扑结构为环形,介质为光缆,以提高网络传输速度和抗干扰能力。同时将一期控制系统 MB+网升级为以太网,解决一期系统采用单缆 MB+网进行数据传输,因处理的信息量大,上、下位机通讯拥挤的问题,使网络故障对生产的影响降到最低。

(2) 充分利用一期工程原有的 MB+网络基础,用于同外围设备和系统通讯,做到以较少的改造投入获得最大的效益。实现在主控室监测环境除尘系统、气力输灰等独立控制系统的运行状态,显示检测模拟量;实现球团控制系统与综合原料场、三烧的控制系统进行数据传输,确保综合原料场的原料输入和成品球团向高炉的输出。

(3) I/O 远程站分散到设备负荷密集地段,同时主机站与 I/O 远程站采用双通道 RIO 适配器模块 CRP 和 CRA,通过双缆冗余连接,进行双向通讯,提高了过程参数数据通讯的安全性和稳定性。

(4) 设置 DP 现场总线,采用 ProfiBus DP 网络通讯,完成 PLC—定量给料机—变频器及 PLC—三大机变频器的自动控制和故障监控。由一根通讯电缆取代了复杂的外部硬接线路,既节约了 PLC 模拟量模块,简化了外部控制线路,又能迅速、安全、稳定地采集外部设备的信号和发送控制指令,提高对现场设备的中控室监控水平。

### 5.2 控制功能

(1) 控制系统采用中控优先模式,便于中控室统一进行生产组织、质量控制,并减少因生产故障或人为操作失误造成的停机,满足球团生产工艺的特殊性要求(停机后,升降温度恢复正常生产过程较长)。同时设计了三种控制方式(自动、键盘手动和机旁手动)之间在逻辑控制上互锁,每次仅且只有一种控制方式存在,避免了操作上不必要的混乱,既满足球团生产要求

操作高度集中的特点,又满足特殊情况下单机控制的需求,符合生产工艺要求。

(2) 优化燃烧控制和回热风自动控制,优化风流热工匹配,达到降低能耗、改善环境的效果。

(3) 控制要求充分考虑与一期系统的衔接,在公共流程和交叉流程中一、二期系统保持一致性。同时将一、二期控制系统监控画面集成在一起,操作方式尽可能保持一致,提供良好的人机界面,方便操作人员尽快熟练使用。

### 5.3 主要仪表设备选型

(1) 在造球盘传动系统设计中,充分采用了变频控制调速技术,以达到最佳的造球效果。

(2) 回转窑测温装置采用双色测温仪与固定热电偶相结合的检测方式,提高了燃烧控制功能在自动方式下的可靠性。

(3) 高温区使用的电缆和仪表电缆,均选用高温电缆,同时敷设时,改进电缆线路的走向和

增大线路与热源间的距离,减少不必要的损坏。

## 6 结 语

昆钢 2 ×120 万 t/a 氧化球团二期生产线投入运行以来,自动检测和控制功能正常,生产稳定,有望在近期内稳产、达产。控制系统达到了设计目标要求,满足了球团工艺流程特点及工艺对控制的要求,同时达到了节约能源、改善劳动环境、提高操作和管理水平的目的。但是,氧化球团生产自动控制系统是一个复杂的系统工程,其稳定和可靠性受到原料状况、工艺参数设计、设备可靠性、计量准确性、操作水平等诸多因素的影响,在以后的生产中还需要在上述各方面不断完善,不断改进。

### 参考文献

- 1 周少武. 大型可编程序控制器系统设计. 北京:冶金工业出版社,2002

## Application of Automation Control System in Second Phase 2 ×1. 2Mt/a Oxidized Pellet Production Line of KISCO

Ouyang Guang

**Abstract** According to the process characteristics of the 2nd 2 ×1. 2Mt/a oxidized pellet production line of Kunming Iron & Steel Co., Ltd. (KISCO), a centralized monitoring and distributed control automation system is designed to meet the control requirement. The system fulfils its function with computers as monitor center and Quantum PLC as spot controllers, which makes up of a distributed control system. The design thought, structure, function and technical characteristics of this practical automation system are introduced detailedly in this paper.

**Keywords** oxidized pellet, automation control system, Quantum PLC, control function

## 一种环保烧结生产新技术——Eposint & MEROS<sup>®</sup>

为了使烧结生产的各项环境排放指标满足日益严格的环保标准,采用西门子奥钢联与奥钢联钢铁公司联合开发的 Eposint (环保型工艺优化烧结) 烧结废气选择性循环系统,并配合西门子奥钢联开发的 MEROS<sup>®</sup> 新型废气干法除尘系统有望实现此目标。Eposint 的优点是:大幅度减少废气产生量,节约废气净化投资和运行成本,废热利用和 CO 二次燃烧降低燃料消耗,为利用现有烧结设备扩大产量(通过增大烧结机长度和宽度)提供了经济的解决方案。

MEROS<sup>®</sup> 新型废气干法除尘系统是极有效的干法废气净化工艺,由西门子奥钢联针对烧结厂和球团厂废气处理而开发。根据客户要求和现场条件,主要有两种脱硫剂可供选择,即小苏打或熟石灰。该工艺能使烧结厂废气中灰尘、酸性气体以及有害金属和有机物成分的含量大大低于传统废气处理技术的水平。

实际实用显示:灰尘排放量减少了 99% 以上,低于 5mg/Nm<sup>3</sup>;汞和铅排放量分别减少了 97% 和 99%;有机物,如二恶英和呋喃(PCDD/F)以及有机挥发分去除率达 99% 以上;SO<sub>2</sub> 排放也显著低于应用前的水平。 邱 实