

# 氧化铝悬浮焙烧炉烟气脱硝配液 喷液系统及其过程控制

鲁 鹏 刘成龙 高 峰

(沈阳鑫博工业技术股份有限公司, 辽宁 沈阳 110000)

**摘 要** 本文以沈阳鑫博工业技术股份有限公司氧化铝悬浮焙烧炉烟气脱硝改造工程为背景, 结合生产过程, 着重介绍氧化铝悬浮焙烧炉烟气脱硝系统中的配液喷液系统的组成及其过程控制的构成和具体实现步骤方法, 此系统及过程控制方法已经成功应用于现场生产, 取得显著的控制效果。

**关键词** 氧化铝悬浮焙烧炉 烟气脱硝 DCS 模糊控制 PID

中图分类号: TF821

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)07-0033-02

在氧化铝制备工业, 氢氧化铝在焙烧过程中所需的热源由燃料燃烧提供, 燃料燃烧时, 燃料中的  $N_2$  和空气中的  $N_2$  在高温下氧化产生  $NO_x$ ,  $NO_x$  主要是指  $NO$ 、 $NO_2$  及  $N_2O_3$  等氮氧化物。 $NO_x$  的危害性不仅在于它是酸性气体, 而且  $NO$  会显著破坏臭氧层,  $NO$  和  $NO_2$  同时也是温室气体,  $NO$  和烃在阳光作用下反应造成光化学污染, 对人体有毒害作用。

目前的焙烧炉产生的烟气中  $NO_x$  含量  $300 \sim 400 mg/Nm^3$ , 随着国家对环境治理的迫切要求, 其中铝行业特别排放限值参照《铝工业污染物排放标准及修改单》(GB25465-2010), 粉尘排放小于  $5 mg/Nm^3$ 、氮氧化物排放小于  $50 mg/Nm^3$ , 因此有必要开发一种脱硝装置, 在不影响氧化铝质量的前提下, 对  $NO_x$  进行有效的治理, 本文阐述的是氧化铝悬浮焙烧炉脱硝系统中的配液喷液系统及其过程控制。

## 1 配液喷液系统工艺设备构成

配液喷液系统由如下 16 部分组成:

1—溶解槽 A、2—溶解槽 B、3—溶解槽 A 液位计、4—溶解槽 B 液位计、5—溶解槽 A 搅拌电机、6—溶解槽 B 搅拌电机、7—溶解槽 A 进水调节阀门、8—溶解槽 B 进水调节阀门、9—总进水流量计、10—尿素加料控制阀门、11—溶解槽 A 出水阀门、12—溶解槽 B 出水阀门、13—计量泵 A、14—计量泵 B、15—计量泵出口溶液流量计、16—尿素仓

其中, 为满足工业生产需要, 溶解槽 A、B, 计量泵 A、B 为一备一用配置。

## 2 配液喷液系统过程控制

### 2.1 控制系统硬件组成

本控制系统采用和利时 K 系列 DCS 控制系统, 其中主要包括 CPU 冗余模块、IO-BUS 模块、AI 模块、AO 模块、DI 模块、DO 模块等。

其中 CPU 采用 K-CU01, K-CU01 是 K 系列硬件的控制器模块, 是系统的核心控制部件, 主要工作是收集 I/O 模块上报的现场数据, 根据组态的控制方案完成对现场设备的控制, 同时负责提供数据到上层操作员站显示。控制器基

本功能块主要包括: 系统网通讯模块、核心处理器、协处理器 (IO-BUS 主站 MCU)、现场通讯数据链路层、现场通讯物理层以及外围一些辅助功能模块。本控制系统 K-CU01 控制器模块采用两路冗余 IO-BUS 和从站 I/O 模块进行通讯。

其中 IO-BUS 模块采用冗余 K-BUS02, K-BUS02 模块是 K 系列 8 通道星形 IO-BUS 模块, 同时作为 IO-BUS 从站, 将直流电源状态、IO-BUS 链路故障、机柜温度等信息上报给控制器。

其中 AI 模块采用 K-AI01, AI01 为 K 系列 8 通道模拟量通道隔离输入模块, 测量范围  $0 \sim 22.7 mA$  模拟信号 (默认出厂量程  $4 \sim 20 mA$ ), 可以接二线制仪表或四线制仪表。

其中 AO 模块采用 K-AO01, K-AO01 为 K 系列硬件 8 通道模拟量通道隔离输出模块, 最大输出范围  $0 \sim 22.7 mA$  模拟信号 (默认出厂量程  $4 \sim 20 mA$ )。

其中 DI 模块采用 K-DI01, K-DI01 为 K 系列硬件 16 通道 24VDC 数字量输入模块, 既可以接有源触点, 也可以接无源触点。

其中 DO 模块采用 K-DO01, K-K-DO01 为 K 系列硬件 16 通道 24VDC 数字量输出模块, 支持多种输出类型: 常开或常闭, 干触点或湿触点。模块不直接驱动现场设备与继电器端子板配套使用。

上述模块支持带点热插拔、支持冗余配置, 具备完善断线、短路、超量程诊断功能, 面板设计有丰富的 LED 指示灯, 除指示模块电源、故障、通讯信息外, 每个通道也有指示灯, 可以方便指示各通道的断线、短路、超量程等信息。

本氧化铝悬浮焙烧炉烟气脱硝项目使用两块冗余 K-CU01、两块冗余 K-BUS02 模块、2 块 K-AI01 模块、1 块 K-AO01 模块、3 块 K-DI01 模块、2 块 K-DO01 模块, 用以采集现场设备及仪表信号使用。

主要检测仪表有: 差压液位计、电磁流量计、压力变送器、 $NO_x$  分析仪、PT100 热电阻、氨气分析仪等。

### 2.2 控制系统过程控制

根据生产状况和业主的需求, 控制系统结构体系划分

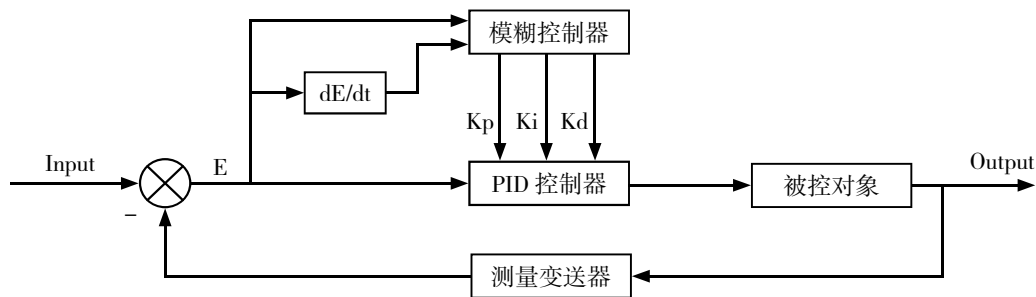


图 1

为两层，第一层为过程监控层，第二层为过程控制层。

过程监控层由上位机组态监控、故障诊断、运行管理组成。首先由 DCS 完成系统所需数据的采集，通过通讯方式传给上位机组态进行监控，操作员根据组态画面显示进行生产操作；故障诊断是对生产过程中将要发生的事和故障进行预报，给操作员提供报警信息，使得生产能够顺利进行；运行管理包括设备管理、生产安全管理、报表生成与打印等功能，辅助生产管理者对生产情况进行有效的分析，促进更好的调整生产状态。

过程控制层包括设备控制回路程序和逻辑联锁程序组成。其中设备控制回路分为两大块，一为尿素溶液配制，二为喷液系统自动控制。

### 2.2.1 尿素溶液配制

尿素溶液配制程序主要涉及到溶解槽搅拌机、溶解槽液位、溶解槽进水阀门、溶解槽进水量计、尿素下料量等组成。本脱硝项目使用的是尿素溶液，需将溶液配制成浓度为 15%–20% 的尿素溶液，此浓度为质量比。

本项目尿素使用吨包装袋包装，一袋重量为 1t，故加入尿素质量可以根据加入袋数得到。例如此次配液计划加入 2 袋尿素，则尿素质量为 2t，如果需要配置的尿素溶液浓度为 20%，则需要加入 8t 的工业软水，此加入尿素和水的量公式已经在 DCS 程序里编写，操作员只需在上位机组态画面输入加入的尿素袋数控制程序会根据加入尿素量自动计数出加入工业软水的量，工业软水加入量是由两种方法计数得知：一为根据进水量计进行流量累计得知；二为根据溶解槽的尺寸可以得知溶解槽底面积，溶解槽底面积  $\times$  溶解槽液位（进水高度）可以得到进水体积，根据软水的密度近似换算出进水质量。

以 A 侧溶解槽配液为例，具体控制程序如下：操作员关闭溶解槽出水阀门，在上位机组态画面输入配液使用尿素袋数，点击组态画面上的配液按钮，则 DCS 的配液程序开始工作，首先 DCS 发出指令打开溶解槽进水阀门 V401，进水量计 FT402 开始进行进水量累计，溶解槽液位计也同时进行差值运算，根据现场溶解槽侧壁安装的 PT100 铂热电阻的测量的软水温度值和当地大气压值进行工业软水温度和压力补偿计算，得出当时的工业软水密度，计算出所需水的体积，当进水量计 FT402 进水量累计值或者溶解槽液位差值  $\times$  溶解槽底面积得到的进水量达到所需

体积的 99% 时，DCS 关闭进水阀门 V401，根据生产观测，当 V401 完全关闭时正好达到所需进水量。

### 2.2.2 喷液系统自动控制

喷液系统主要涉及到计量泵 A、计量泵 B、泵出口溶液流量计、安装在烟气检测点的 NO<sub>x</sub> 分析仪和氨气分析仪。

喷液系统控制方式采用模糊控制 PID 调节。基本模糊 PID 控制，即利用模糊逻辑并根据一定的模糊规则对 PID 的参数进行实时的优化，以克服传统 PID 参数无法实时调整 PID 参数的缺点<sup>[1]</sup>。模糊 PID 控制包括模糊化、确定模糊规则、解模糊等组成部分。本控制系统根据装在烟气检测点的 NO<sub>x</sub> 分析仪和氨气分析仪反馈到 DCS 的数据，根据给定的模糊规则进行模糊推理，最后对模糊参数进行解模糊，输出 PID 控制参数，通过调节计量泵变频器的输出大小控制出口流量，以达到控制 NO<sub>x</sub> 及氨气排放要求，模糊 PID 控制系统组成如图 1 所示。

### 2.2.3 逻辑联锁程序

首先以单个设备为主体，从启动、安全、操作和停车等方面考虑设备的联锁要求并建立相应的联锁关系，建立联锁模型，逻辑联锁程序包括单体设备安全联锁、溶解槽液位低限联锁、溶解槽液位高限联锁、尿素仓进料选择联锁、溶解槽 AB 配液选择联锁、计量泵 AB 使用选择联锁等。逻辑联锁程序可以保证操作人员及生产设备的安全<sup>[2]</sup>。

## 3 结语

本文针对氧化铝悬浮焙烧炉烟气脱硝系统中的配液喷液系统特点和控制要求，提出了过程监控与过程控制的系统架构，并进行了系统的设计与开发。

自 2017 年以来公司已先后完成近 40 台氧化铝悬浮焙烧炉烟气脱硝改造，取得了良好的减排效果。本过程控制系统的自动运行也提高了氧化铝悬浮焙烧炉的生产效率，安全逻辑联锁功能给操作人员和生产设备提供了安装保障。

## 参考文献：

- [1] 苏明. 模糊 PID 及其 MATLAB 仿真 [J]. 现代机械, 2004, 04(06):52–55.
- [2] 杭州和利时. 和利时 HOLLiASMACSK 系列硬件手册 [M]. 杭州: 杭州和利时自动化有限公司, 2017.