

## 第二章 系统描述

### 2.1 FGD 系统构成

烟气脱硫（FGD）装置采用高效的石灰石/石膏湿法工艺，整套系统由以下子系统组成：

- （1）SO<sub>2</sub>吸收系统
- （2）烟气系统
- （3）石灰石浆液制备系统
- （4）石膏脱水系统
- （5）供水和排放系统
- （6）废水处理系统
- （7）压缩空气系统

### 2.2 SO<sub>2</sub> 吸收系统

烟气由进气口进入吸收塔的吸收区，在上升过程中与石灰石浆液逆流接触，烟气中所含的污染气体绝大部分因此被清洗入浆液，与浆液中的悬浮石灰石微粒发生化学反应而被脱除，处理后的净烟气经过除雾器除去水滴后进入烟道。

吸收塔塔体材料为碳钢内衬玻璃鳞片。吸收塔烟气入口段为耐腐蚀、耐高温合金。

吸收塔内烟气上升流速为 3.2-4m/s。塔内配有喷淋层，每组喷淋层由带连接支管的母管制浆液分布管道和喷嘴组成。喷淋组件及喷嘴的布置设计成均匀覆盖吸收塔上流区的横截面。喷淋系统采用单元制设计，每个喷淋层配一台与之相连接的吸收塔浆液循环泵。

每台吸收塔配多台浆液循环泵。运行的浆液循环泵数量根据锅炉负荷的变化和对吸收浆液流量的要求来确定，在达到要求的吸收效率的前提下，可选择最经济的泵运行模式以节省能耗。

吸收了 SO<sub>2</sub> 的再循环浆液落入吸收塔反应池。吸收塔反应池装有多台搅拌机。氧化风机将氧化空气鼓入反应池。氧化空气分布系统采用喷管式，氧化空气被分布管注入到搅拌机桨叶的压力侧，被搅拌机产生的压力和剪切力分散为细小的气泡并均布于浆液中。一部分 HSO<sub>3</sub><sup>-</sup> 在吸收塔喷淋区被烟气中的氧气氧化，其余部分的 HSO<sub>3</sub><sup>-</sup> 在反应池中被氧化空气完全氧化。

吸收剂（石灰石）浆液被引入吸收塔内中和氢离子，使吸收液保持一定的 pH 值。中和后的浆液在吸收塔内循环。

吸收塔排放泵连续地把吸收浆液从吸收塔送到石膏脱水系统。通过排浆控制阀控制排出浆液流量，维持循环浆液浓度在大约 8—25wt %。

脱硫后的烟气通过除雾器来减少携带的水滴，除雾器出口的水滴携带量不大于  $75\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。两级除雾器采用传统的顶置式布置在吸收塔顶部或塔外部，除雾器由聚丙烯材料制作，型式为 z 型，两级除雾器均用工艺水冲洗。冲洗过程通过程序控制自动完成。

吸收塔入口烟道侧板和底板装有工艺水冲洗系统，冲洗自动周期进行。冲洗的目的是为了避免喷嘴喷出的石膏浆液带入口烟道后干燥粘结。在吸收塔入口烟道装有事故冷却系统，事故冷却水由工艺水泵提供。

当吸收塔入口烟道由于吸收塔上游设备意外事故造成温度过高而旁路挡板未及时打开或所有的吸收塔循环泵切除时本系统启动。

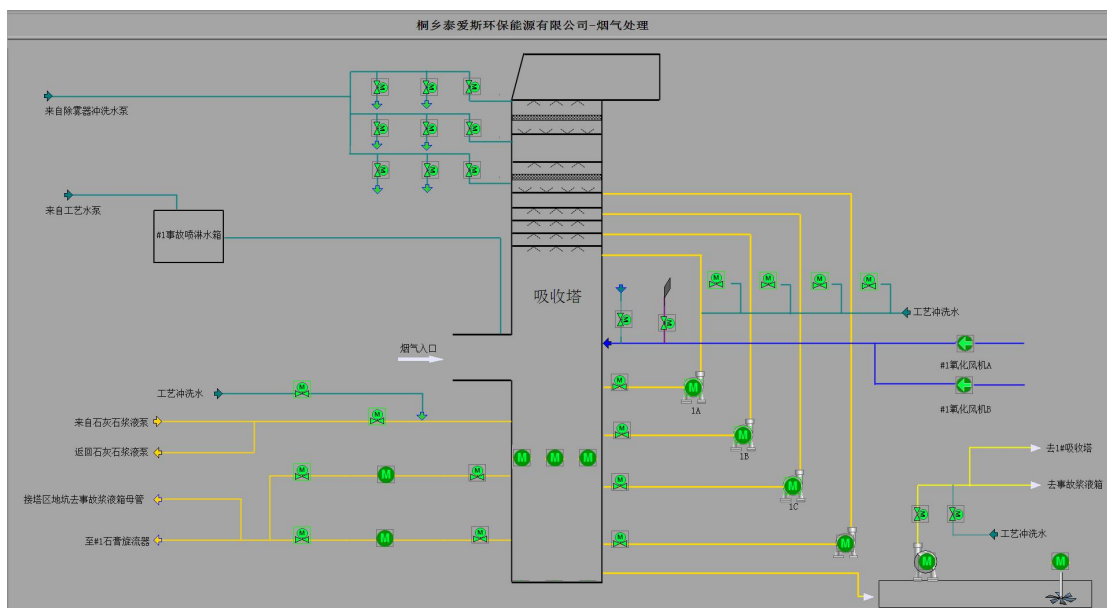


图 2-1 吸收塔 PID 图

## 2.3 烟道系统

### 2.3.1 烟气挡板门

#### 2.3.1.1 塔入口挡板门

塔入口挡板门的启停与锅炉引风机联锁，在锅炉 DCS 主机上实现。本控制策略不做详细介绍。

### 2.3.1.2 净烟气挡板门

自动开启条件：

1#锅炉引风机（信号来自锅炉 DCS）启动。

自动关闭条件：

1#锅炉引风机（信号来自锅炉 DCS）关闭且任意一台其他炉引风机为运行状态；

**自动/手动可切换**

## 2.4 石灰石浆液制备与供给系统

由汽车运来的石灰石卸至石灰石浆液制备区域的地斗，通过斗提机送入石灰石贮仓（贮仓的容量按需要的石灰石耗量设计），石灰石贮仓出口由皮带称重给料机送入石灰石湿式磨机，研磨后的石灰石进入磨机浆液循环箱，经磨机浆液循环泵送入石灰石旋流器，合格的石灰石浆液自旋流器溢流口流入石灰石浆液箱，不合格的从旋流器底流再送入磨机入口再次研磨。

系统设置一个石灰石浆液箱，每塔设置 1 台石灰石浆液供浆泵。吸收塔配有一条石灰石浆液输送管，石灰石浆液通过管道输送到吸收塔。每条输送管上分支出一条再循环管回到石灰石浆液箱，以防止浆液在管道内沉淀。

脱硫所需要的石灰石浆液量由锅炉负荷，烟气的 SO<sub>2</sub> 浓度和 Ca/S 来联合控制，而需要制备的石灰石浆液量由石灰石浆液箱的液位来控制，浆液的浓度由浆液的密度计控制测量量作前馈控制旋流器个数。

## 2.5 石膏脱水系统

机组 FGD 所产生的 25wt% 浓度的石膏浆液由吸收塔下部布置的石膏浆液排放泵（每塔两台石膏浆液排放泵，一运一备）送至石膏浆液旋流器。系统设置 1 套石膏旋流站，1 套石膏旋流站底流自流进入 2 台真空皮带脱水机。每台真空皮带脱水机的设计过滤能力为 2 台机组脱硫系统石膏总量的 75%。

石膏脱水系统包括以下设备：

—石膏旋流站

—真空皮带过滤机

—滤布冲洗水箱

—滤布冲洗水泵

—滤液水箱及搅拌器

—滤液水泵

- 石膏饼冲洗水泵
- 废水旋流站给料箱
- 废水旋流站给料泵
- 废水旋流站
- 石膏输送机
- 石膏库

#### (1) 石膏旋流站和废水旋流站

浓缩到浓度大约 55% 的旋流站的底流浆液自流到真空皮带脱水机，旋流站的溢流自流到废水旋流站给料箱，一部分通过废水旋流站给料泵送到废水旋流站，其余部分溢流到滤液水箱。废水旋流站溢流到废水箱，通过废水输送泵送到废水处理系统，底流进入滤液箱。

#### (2) 真空皮带脱水机

设置 2 套容量为 2 台机组脱硫系统石膏总产量 75% 的脱水系统。真空皮带脱水机和真空系统按此容量设计。

石膏旋流站底流浆液由真空皮带脱水机脱水到含 90% 固形物和 10% 水分，脱水石膏经冲洗降低其中的 C1—浓度。滤液进入滤液水回收箱。脱水后的石膏经由石膏输送皮带送入石膏库房堆放。

石膏库房通过优化设计，使石膏运输车辆装料便于进行，不会对厂区环境造成污染。

工业水作为密封水供给真空泵，然后收集到滤布冲洗水箱，用于冲洗滤布，滤布冲洗水被收集到滤饼冲洗水箱，用于石膏滤饼的冲洗。

滤液水箱收集的滤液、冲洗水等由滤液水泵输送到石灰石浆液制备系统和吸收塔。

## 2.6 供水和排放系统

### 2.6.1. 供水系统

从电厂供水系统引接至脱硫岛的水源，提供脱硫岛工业和工艺水的需要。工业水主要用户为：除雾器冲洗水及真空泵密封水。冷却水冷却设备后排至吸收塔排水坑回收利用。

工艺水主要用户为（不限于此）：

- 石灰石浆液制备用水；
- 烟气换热器的冲洗水；
- 所有浆液输送设备、输送管路、贮存箱的冲洗水。

工艺水/工业水进入岛内工艺水/工业水箱，通过工艺水/工业水泵、除雾器冲洗水泵分别送至 FGD 区域的每个用水点。

系统内的配套管道及其测量和控制仪表。

### 2.6.2. 排放系统

FGD 岛内设置一个公用的事故浆液箱，事故浆液箱的容量应该满足单个吸收塔检修排空时和其他浆液排空的要求，并作为吸收塔重新启动时的石膏晶种。

吸收塔浆池检修需要排空时，吸收塔的石膏浆液输送至事故浆液箱最终可作为下次 FGD 启动时的晶种。

事故浆液箱设浆液返回泵（将浆液送回吸收塔）1 台。

FGD 装置的浆液管道和浆液泵等，在停运时需要进行冲洗，其冲洗水就近收集在各个区域设置的集水坑内，然后用泵送至事故浆液箱或吸收塔浆池。

## 2.7 压缩空气系统

脱硫岛仪表用气和杂用气由岛内设置的压缩空气系统提供，压力为 0.85MPa 左右。

按需要应设置足够容量的储气罐，仪用稳压罐和杂用储气罐应分开设置。贮气罐的供气能力应满足当全部空气压缩机停运时，依靠贮气罐的贮备，能维持整个脱硫控制设备继续工作不小于 15 分钟的耗气量。气动保护设备和远离空气压缩机房的用气点，宜设置专用稳压贮气罐。贮气罐工作压力按 0.8MPa 考虑，最低压力不应低于 0.6MPa。

## 2.8 脱硫废水处理系统

### 废水排放标准

《国家污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准

| 序号 | 项目  | 单位   | 浓度      |
|----|-----|------|---------|
| 1  | 悬浮物 | mg/l | ≤70     |
| 2  | PH  |      | 6.0-9.0 |
| 3  | COD | mg/l | ≤100    |
| 4  | BOD | mg/l | ≤25     |

|    |       |      |      |
|----|-------|------|------|
| 5  | 硫化物   | mg/l | ≤1.0 |
| 6  | 氟化物   | mg/l | ≤10  |
| 7  | 总铜    | mg/l | ≤0.5 |
| 8  | 总锌    | mg/l | ≤2.0 |
| 9  | 总镉    | mg/l | ≤0.1 |
| 10 | 总 Cr  | mg/l | ≤1.5 |
| 11 | 六价 Cr | mg/l | ≤0.5 |
| 12 | 总砷    | mg/l | ≤0.5 |
| 13 | 总铅    | mg/l | ≤1.0 |

### 2.8.1. 脱硫废水处理工艺

脱硫废水处理系统包括以下三个子系统：脱硫装置废水处理系统、化学加药系统、污泥脱水系统。

### 2.8.2. 脱硫装置废水处理系统工艺流程

脱硫废水→中和箱(加入石灰乳)→沉降箱(加入  $\text{FeClSO}_4$  和有机硫)→絮凝箱(加入助凝剂)→澄清池→清水 pH 调整箱→达标排放

上述工艺流程反应机理为：

首先，脱硫废水流入中和箱，在中和箱加入石灰乳，水中的氟离子变成不溶解的氟化钙沉淀，使废水中大部分重金属离子以微溶氢氧化物的形式析出；

随后，废水流入沉降箱中，在沉降箱中加入  $\text{FeClSO}_4$  和有机硫使分散于水中的重金属形成微细絮凝体；

第三步，微细絮凝体在缓慢和平滑的混合作用下在絮凝箱中形成稍大的絮凝体，在絮凝箱出口加入助凝剂，在下流过程中助凝剂与絮凝体形成更大的絮凝体；

既而在澄清池中絮凝体和水分离，絮凝体在重力浓缩作用下形成浓缩污泥，澄清池出水（清水）流入清水箱内加酸调节 pH 值到 6~9 后排至后续的除氯处理系统。

#### 2.8.2.1. 化学加药系统

脱硫废水处理加药系统包括：石灰乳加药系统； $\text{FeClSO}_4$  加药系统；助凝剂加药系统；有机硫化物加药系统；盐酸加药系统等。

##### • 石灰乳加药系统

石灰乳加药系统流程如下：

石灰粉→石灰粉仓→制备箱→输送泵→计量箱→计量泵→加药点

石灰粉由自卸密封罐车装入石灰粉仓，在石灰粉仓下设有旋转锁气器，通过螺旋给料机输送至石灰乳制备箱制成 20%的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  浓液，再在计量箱内调制成 5%的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶液，经石灰乳计量泵（1 用 1 备）加入中和箱。

- $\text{FeClSO}_4$  加药系统

$\text{FeClSO}_4$  加药系统流程如下：

$\text{FeClSO}_4 \rightarrow \text{FeClSO}_4$  搅拌溶液箱  $\rightarrow$   $\text{FeClSO}_4$  计量箱  $\rightarrow$   $\text{FeClSO}_4$  计量泵  $\rightarrow$  加药点

$\text{FeClSO}_4$  制备箱和加药计量泵以及管道、阀门组合在一小单元成套装置内。为防止污染，溶液箱地面敷设耐腐蚀地砖，周围设有围堰。 $\text{FeClSO}_4$  在制备箱配成溶液后进入计量箱， $\text{FeClSO}_4$  溶液由隔膜计量泵（1 用 1 备）加入絮凝箱。

- 助凝剂加药系统

助凝剂加药系统流程如下：

助凝剂  $\rightarrow$  助凝剂制备箱  $\rightarrow$  助凝剂计量箱  $\rightarrow$  助凝剂计量泵  $\rightarrow$  加药点

助凝剂制备箱和加药计量泵以及管道、阀门组合在一小单元成套装置内。为防止污染，溶液箱地面敷设耐腐蚀地砖，周围设有围堰。助凝剂溶液由隔膜计量泵（1 用 1 备）加入絮凝箱。

- 有机硫化物加药系统

有机硫化物加药系统流程如下：

有机硫化物  $\rightarrow$  有机硫制备箱  $\rightarrow$  有机硫计量箱  $\rightarrow$  有机硫计量泵  $\rightarrow$  加药点

有机硫制备箱和加药计量泵以及管道、阀门组合在一小单元成套装置内。为防止污染，溶液箱地面敷设耐腐蚀地砖，周围设有围堰。有机硫在制备箱配成溶液后进入计量箱，有机硫溶液由隔膜计量泵（1 用 1 备）加入沉降箱。

- 盐酸加药系统

盐酸加药系统流程如下：

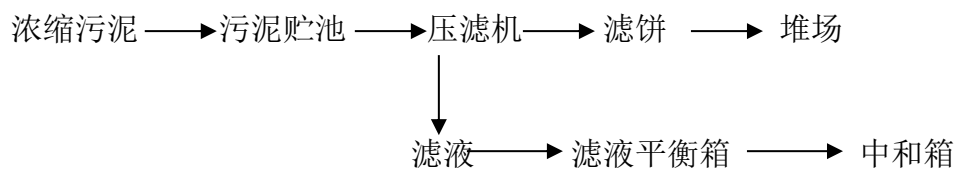
盐酸计量箱  $\rightarrow$  盐酸计量泵  $\rightarrow$  加药点

盐酸计量箱和加药计量泵以及管道、阀门组合在一小单元成套装置内。为防止污染，溶液箱地面敷设耐腐蚀地砖，周围设有围堰。盐酸溶液由隔膜计量泵

（1 用 1 备）加入出水箱。根据实际情况确定加药量。

#### 2.8.2.2. 污泥脱水系统

污泥处理系统流程如下：



澄清池底的浓缩污泥中的污泥一部分作为接触污泥经污泥回流泵送到中和箱参与反应，另一部分污泥由污泥输送泵送到污泥脱水装置，污泥脱水装置由板框式压滤机和滤液平衡箱组成，污泥经压滤机脱水制成泥饼外运倒入灰厂，滤液收集在滤液平衡箱内，由泵送往第一沉降阶段的中和槽内。