

# 脱硫系统运行中废水旋流器的调整

纪来武

大唐国际股份有限公司张家口发电分公司, 河北 张家口 075100

DOI:10.61369/EPTSM.2025020006

**摘要：**在脱硫系统运行中，由于设备参数匹配不当、系统配置欠优化及工艺控制稳定性不足，真空皮带脱水机常出现滤饼厚度达不到设计要求和脱水效率下降等问题，为彻底解决此项问题，本文专门针对废水旋流器和真空皮带的运行方式进行了调整和完善，就脱硫剂和产生石膏以及废水排放进行了分析，通过创新调整废水旋流器运行模式——采用底流全排废技术强制分离杂质，并建立废旋给料箱与废水处理系统的直连通道，显著提升了系统杂质清除能力。在确保环保达标的基础上，解决了脱水效率与运行经济性之间的矛盾。

**关键词：**废水旋流器；真空皮带脱水机；脱水；调整

## Adjustment of Wastewater Hydrocyclone in Operation of Desulfurization System

Ji Laiwu

Datang International Co., Ltd. Zhangjiakou Power Plant, Zhangjiakou, Hebei 075100

**Abstract：** During the operation of desulfurization systems, vacuum belt dehydrators often exhibit suboptimal filter cake thickness (falling below design specifications) and reduced dehydration efficiency due to improper equipment parameter matching, suboptimal system configuration, and unstable process control. To address these challenges, this study focuses on optimizing the operational strategies of wastewater hydrocyclones and vacuum belt systems. Through innovative adjustments to the wastewater hydrocyclone operation mode—including the implementation of full underflow discharge technology to forcibly separate impurities and the establishment of a direct connection between the hydrocyclone feed tank and wastewater treatment system—the impurity removal capacity of the system has been significantly enhanced. Comprehensive analyses of desulfurizing agent utilization, gypsum production characteristics, and wastewater discharge patterns have been conducted. The proposed improvements effectively resolve the conflict between dehydration efficiency and operational economy while ensuring compliance with environmental standards, achieving both enhanced system performance and energy conservation objectives.

**Keywords：** wastewater hydrocyclone; vacuum belt dehydrator; dehydration; adjustment

## 一、脱硫系统概述

### (一) 烟气净化系统

锅炉产生的烟气首先通过静电除尘装置（ESP）进行净化，随后在引风机的作用下输送到连接烟囱的水平烟道内。该烟道设置双通道控制系统，通过原烟挡板可选择进入脱硫系统（FGD），或经由旁路挡板直接排放。选择脱硫处理的烟气需经增压风机（BUF）加压后导入吸收塔，在塔内经历90°流向转折形成气液逆流接触，通过大液气比工况下的石灰石浆液喷淋洗涤，实现烟气中95%二氧化硫的化学吸收反应（主要反应物为碳酸钙）。

## 二、目前需要解决的问题

我厂8台机组脱硫系统圆满结束168试运行至今已有近半

年的时间，在这段时间运行中，脱硫系统出现了不少问题，如：管道腐蚀严重，渗漏现象时有发生；泵与管道经常堵塞；吸收塔起泡、液位异常升高；真空皮带脱水效果不理想；废水排放困难等；本文主要针对石膏浆液的品质总是不能满足于真空皮带脱水机的正常运行进行阐述。目前存在的问题主要有：

### (一) 石膏浆液品质差

1. 石膏浆液中杂质过多。石膏浆液中黑色粉煤灰状物质及细颗粒石膏含量增多，主要是烟气烟尘和石灰石杂质组成。吸收塔中杂质来源主要是经化学分析，石灰石粉品质合格，杂质含量粒径均未超出设计标准但是FGD入口烟尘浓度超过200mg/Nm<sup>3</sup>设计范围。实际运行过程中，FGD入口烟尘浓度在221~350mg/Nm<sup>3</sup>，超过设计标准10~75%。烟尘中含有大量的有害成分在吸收塔内不断累积，吸收塔杂质含量不断增加，导致浆液品质变差，产生大量：含有杂质的石膏滤饼泡沫。同时这些杂质进入浆液后悬

浮于浆液中，会包裹  $\text{CaSO}_2$  而阻止其进一步氧化成石膏，干扰了吸收塔内化学反应的正常进行，影响了石膏的结晶和大颗粒石膏晶体的生成使石膏的纯度降低。另一方面杂质夹在石膏晶体之间，堵塞了游离水在石膏晶体之间的通道，使石膏脱水变得困难（见图三）。

2. 石膏浆液中  $\text{CaCO}_3$  或  $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$  过多。这是吸收塔内 pH 值控制不好以及氧化不充分所致。若 pH 值过高，则石膏中的  $\text{CaCO}_3$  就会增加，一方面导

致浆液品质恶化脱水困难，一方面又不经济，造成石灰石浆液的大量浪费。如果生成的  $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$  得不到充分的氧化，会导致  $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$  含量过高，脱水困难。

3. 石膏浆液过饱和度控制不好，导致结晶颗粒过细或出现针状及层状晶体。

4. 煤质变差，硫分偏高，从而导致烟气脱硫装置 (FGD)  $\text{SO}_2$  含量增加。如果进口烟气中  $\text{SO}_2$  的含量严重超标，会带来两方面负面影响：一方面导致

$\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$  氧化不充分；另一方面也导致石膏晶体结晶的时间过短，不能生成大颗粒的石膏晶体，从而脱水困难。

5. 吸收塔浆液或石膏浆液的含固量达不到要求。吸收塔浆液的含固量达不到要求，则直接导致石膏旋流器底流出来的石膏浆液含固量偏低。而如果石膏浆液含固量达不到要求，则直接影响脱水效果<sup>[1]</sup>。

6. 石膏浆液中 Cl 含量超标。为了保证塔内反应正常进行及石膏的质量，废水处理系统必须正常投入运行，保证废水排放，以降低吸收塔内 Cl 浓度及杂质含量，保证塔内化学反应的正常进行及晶体的生成和长大。塔内 Cl 浓度应控制在  $10000\text{mg/l}$  以下，并尽量维持低运行值。因为浆液中的 Cl 对设备具有较强的腐蚀性，低 Cl 浓度可延缓设备腐蚀，提高设备的使用寿命。

### （二）废水旋流器旋流效果差废水系统不能正常投用

系统中杂质无法排出。脱硫系统中排出的废水取自废水旋流器底流及顶流中的溢流部分，含固量约 2%，主要为细灰、石灰石中带来的杂质和未溶的石灰石。废水旋流器旋流效果不理想，吸收塔内的细灰杂质没有一个正常的出路只能积累在浆液中被排出。由于这些杂质大多质量相对较轻，当石膏浆液流到皮带机滤布上时，较轻的杂质漂浮在浆液的上部，并且颗粒较石膏颗粒细且粘性大，因此石膏饼表面常被一层呈深褐色物质覆盖，这层物质手感很黏，且很难析出水分。如果废水系统不能正常投用，系统中杂质就会累积，导致石膏脱水越来越困难（见图四）。

### （三）真空皮带脱水机石膏率饼薄增加消耗的电量

1. 石膏浆液箱液位降低 1 米需要的时间

当四个石膏旋流器的底流都进入石膏浆液箱，石膏滤饼厚度设计为 20—25mm 左右，间断运行。现阶段运行中石膏滤饼厚度不足 10mm（见图五），造成脱水困难的时候真空皮带脱水机需要连续运行，大大增加了脱硫系统的耗电量。

## 三、废水旋流器在系统中的作用

### （一）废水旋流器的作用

1. 废水旋流器的来水及来水根据石膏水力旋流器顶部溢流出

来的浆液一部分流入废水旋流器给料箱、一部分流入滤液箱，当滤液箱液位高于 5.5 米时切至废旋给料箱，当废旋给料箱液位高于 3.5 米时切至滤液箱。废水箱中的浆液通过废旋给料泵打入废水旋流器<sup>[2]</sup>。

### 2. 废水旋流器的构造和原理

废水旋流器的构造、原理和石膏水力旋流器一样，也是利用了离心力加速沉淀分离的原理，只是体积比石膏水力旋流器小。进入旋流器的浆液悬浮切向流产生离心运动，粗大颗粒富集在水力旋流器的周边，并向下流动，形成底流，流入底流箱，自流至滤液箱；细小的微粒从旋流器的中心向上流动，形成顶流，流入废水箱，由废水泵打至废水处理系统。

### （二）废水旋流器的来水量和水质

根据脱硫设计物料平衡表说明，石膏旋流器到废旋给料箱的流量大致为 4.796T/h，而废水旋流器底流返回滤液箱的流量为 1.254T/h，废水旋流器顶流的流量为 3.543T/h。

脱硫系统中排出的废水取自废水旋流器顶流及底流中的溢流部分，含固量约 2%，主要为细灰、石灰石中带来的杂质和未溶的石灰石。

### （三）废旋给料箱和滤液箱的水质比较

2023 年 11 月 5 日滤液箱、废水箱、废旋给料箱采样分析结果如下表：

编号	样品	比重	PH	SiO <sub>2</sub> %	MgO%	CaCO <sub>3</sub> %	CaCO <sub>3</sub> ·1/2H <sub>2</sub> O%
1	滤液箱	1.09	6.67	33.94	7.52	13.62	0.42
2	废旋箱	1.08	6.69	39.57	10.01	19.56	0.35
3	废水箱	1.07	7.14	42.32	7.50	19.89	0.35
4	废旋顶流	1.07	6.72	35.67	6.88	19.70	0.30
5	废旋底流	1.09	6.68	43.17	8.15	19.08	0.35
6	废旋顶底流	1.08	6.76	39.31	6.88	18.42	0.23

从上表中可以看出：废水旋流器顶流的 SiO<sub>2</sub>% 含量为 35.67%，CaCO<sub>3</sub>% 含量为 19.70%，MgO% 含量为 6.88%，废水旋流器底流的 SiO<sub>2</sub>% 含量为 43.17%，CaCO<sub>3</sub>% 含量为 19.08%，MgO% 含量为 8.15%，废旋底流的 SiO<sub>2</sub>% 和 MgO% 含量均偏高，即杂质偏高，所以导致可重复利用的有效成分降低。这样，浆液回收后，会使耗电量增加，同时因为杂质含量偏高，增加了真空皮带脱水机的负担，也由于粘土、沙含量偏高，降低石膏的脱水率，导致石膏的含水率增大，从而影响到石膏的品质。

由表可以看出废水旋流器底流（进入滤液箱）的 SiO<sub>2</sub>% 含量为 43.17%，MgO% 含量为 8.15%，CaCO<sub>3</sub>% 含量为 19.08%，CaSO<sub>3</sub>·1/2H<sub>2</sub>O% 含量为 0.35%，废水箱中 SiO<sub>2</sub>% 含量为 42.32%，MgO% 含量为 7.5%，CaCO<sub>3</sub>% 含量为 19.89%，CaSO<sub>3</sub>·1/2H<sub>2</sub>O 含量为 0.35%，各成分相差很少，也就是说经过废水旋流器后的泥沙等杂质及未参加反应的 CaCO<sub>3</sub>，进入滤液箱的和进入废水箱的几乎相等，而 CaSO<sub>3</sub>·1/2H<sub>2</sub>O 含量完全相等，这些物质进入滤液箱再回到吸收塔内大大增加了系统的能耗。因此废水旋流器的底流完全可以排入废水箱。

## 四、采取的解决对策

### (一) 废水旋流器的调整

方式一：将废水旋流器的底流用人工方法堵塞，将废水旋流器全部底流、顶流排入废水箱，增加废水量。

现运行方式中我厂四台机组共用一个废水旋流器，当1台废旋给料泵运行时，废水箱液位升高1大约需要1小时废水箱的设计直径为2.5米，这样运行方式中一小时排废水约为4.908m<sup>3</sup>/h，增加了废水排放量<sup>[3]</sup>。

方式二：将废旋给料箱和废水箱底部联通，在废水水量不能保证或者真空皮带脱水机脱水困难时，直接将废旋给料箱内浆液进行废水处理。

## 五、废水旋流器调整后效果

### (一) 调整后的正面效果

#### 1. 石膏脱水效果好

石膏脱水率能够达到设计的含水率10%的要求(见图六)，同时，真空皮带脱水机的运行方式也恢复到以前的设计状态——间断运行。脱水系统用电量明显减少，如下表：

石膏脱水系统	原连续运行方式			每天累计节电
	功率	24h	10h	
真空泵	185KW	4440KWh	1850 KWh	2800 KWh
真空皮带脱水机	15KW	360 KWh	150KWh	
合计	200KW	4800 KWh	2000KWh	

按月计算每月可以节电84000 KWh,可以降低我厂厂用电率(按月发电量10亿 KWh 计算)0.0084%,为进一步降低脱硫耗电率打下基础。

2. 提高了石膏品质大大降低了石膏中SiO<sub>2</sub>、MgO、CaSO<sub>3</sub>·1/2H<sub>2</sub>O等成分，为石膏销售前景奠定基础。

### (二) 调整的负面效果和如何克服

#### 1. 增加了废水的排放和目前如何解决

这样的运行方式每小时约增加1.365吨的废水排放，但是目前我厂废水全部进行综合处理并排至7号炉一号捞渣机参与冲灰水运行，灰渣水经炉渣脱水仓后回收，完全实现了闭环运行。

#### 2. 增加的排泥量和如何解决

在增加的废水中,含固量约为125kg/h,在连续运行中每天增加的排泥量为3T,可以在运行中仍将排泥放置到固定地点存放，不影响正常运行效果。

## 六、结论

在合理安排节能和完全保证环保的前提下，虽说这样的运行方式还有不尽如意之处，但是在保证脱硫石膏脱水系统的正常运行和经济运行方面，仍起到了一些积极的效果，同时杜绝了应石膏脱水系统因脱水不利而造成的石膏库卫生差和周边环境卫 生差，在以后的运行中在加以完善使之更加能够指导运行操作达到节能和环保的目的。

## 参考文献

- [1] 钱权；樊国辉.火电厂石灰石湿法脱硫系统吸收塔浆液致盲分析处理[J].云南水力发电,2023(06).  
 [2] 高志刚；王靖宇；罗纯仁；钟振成.我国脱硫石膏的综合利用现状与展望[J].工业安全与环保,2024(01).  
 [3] 刘显丽.燃煤电厂脱硫石膏的产生及综合利用[J].化工设计通讯,2022(06).