火电厂脱硫废水零排放技术分析及案例

导读

火电厂脱硫废水的杂质来自烟气和脱硫用的石灰石，主要包括悬浮物、过饱和的亚硫酸盐、硫酸盐以及重金属：其中很多是国家环保标准中要求控制的第一类污染物由于水质的特殊性，脱硫废水处理难度较大，处理不达标造成的水污染严重，本文对火电厂脱硫废水零排放技术分析，详看下文：

脱硫废水水质与处理难点

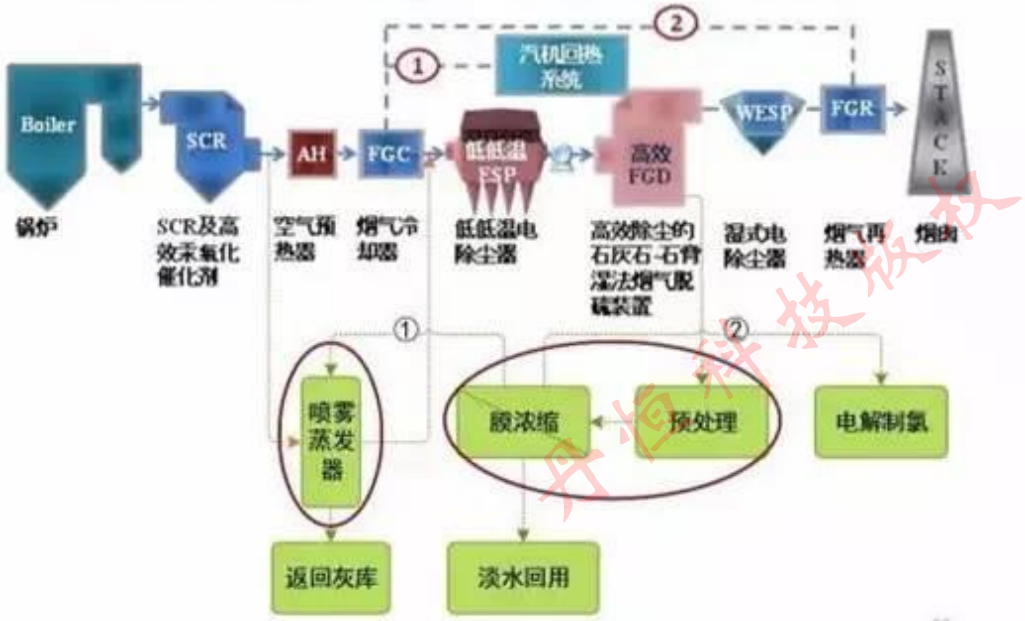
名称	A电厂	B电厂	C电厂	D电厂	F电厂
Cl^-(mg/L)	11372	1579	10447	4418	8600
SO_4^{2-}(mg/L)	5902	10696	11894	26313	49524
Ca^{2+}(mg/L)	1047	626	1679	546	560
Mg^{2+}(mg/L)	3406	2423	2510	11834	12624
全硅(mg/L)	103	74	23	112	82.65
氨氮(mg/L)	18	593	16	\	\
COD(mg/L)	\	350	475	\	880
TOC(mg/L)	18	85	21	\	22
含盐量(mg/L)	66650	19494	33800	91290	100120

处理难点：

- 水质、水量受燃煤、脱硫系统补水及脱硫运行工况影响大，水质波动范围很大；
- 悬浮物浓度高，细颗粒物比例大，易造成膜过滤装置污堵；
- 硅、镁等浓度高，硫酸钙过饱和度高，结垢倾向强，膜系统结垢清洗恢复难；
- 有机物浓度高时，显著影响膜系统运行性能，造成膜污堵。

10

火电厂脱硫废水零排放推荐工艺路线



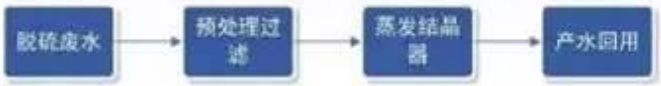
36

丹恒科技版权

脱硫废水零排放技术路线

脱硫废水零排放技术路线

技术路线一：无软化预处理蒸发结晶（晶种法）（产混盐）



技术路线二：软化预处理-蒸发结晶（产混盐）

技术路线三：软化预处理-膜浓缩-蒸发结晶（可实现分盐）

技术路线四：预处理-膜浓缩-烟气蒸发（无需处置固体盐）

丹恒科技版权

脱硫废水零排放产物

预处理系统产固体泥渣

蒸发结晶系统产混盐

广东河源电厂脱硫废水零排放工程产物展示

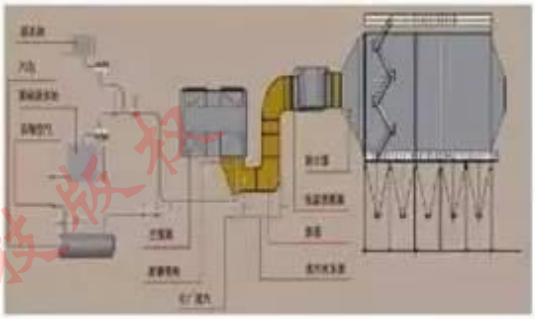
脱硫废水零排放技术待解决的问题

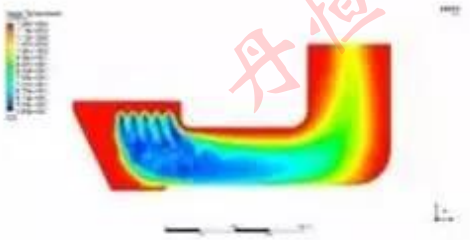
- 蒸发结晶设备**投资高、运行能耗高**；
- 预处理软化**药剂费用高**，预处理设备**产泥量大**；
- 蒸发结晶**产混盐处置费用高**；
- 分盐技术路线，使处理工艺进一步拉长，**运行成本进一步上升**；
- 分盐后产出的工业氯化钠、硫酸钠等**市场价值低，难以回收成本**；
- 火电厂**无售盐资格**，需再考虑外委处置。

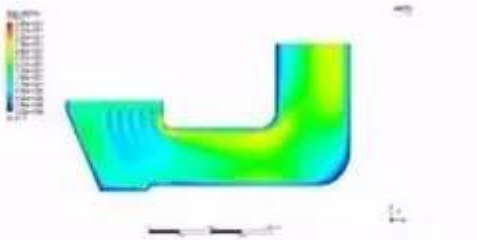
蒸发结晶路线存在的上述问题，促使火电研发机构开展利用电厂尾部烟气余热的脱硫废水固化技术研究。

丹恒科技版权

脱硫废水烟道喷雾蒸发







脱硫废水烟道喷雾蒸发

烟道喷雾蒸发需解决的问题：

1)处理能力较低，不能完全满足零排放要求；

2)设计不当的条件下，烟道结垢严重，可能造成烟道部分堵塞，垢样成分与水泥类似，很难清洗；

3)喷头的布置对蒸发固化效果影响很大，对炉后烟道安装位置要求高，在低低温改造后布置困难；

4)需考虑烟气和烟尘的性质变化对除尘的影响；

5)可能增大机组正常安全运行的风险。

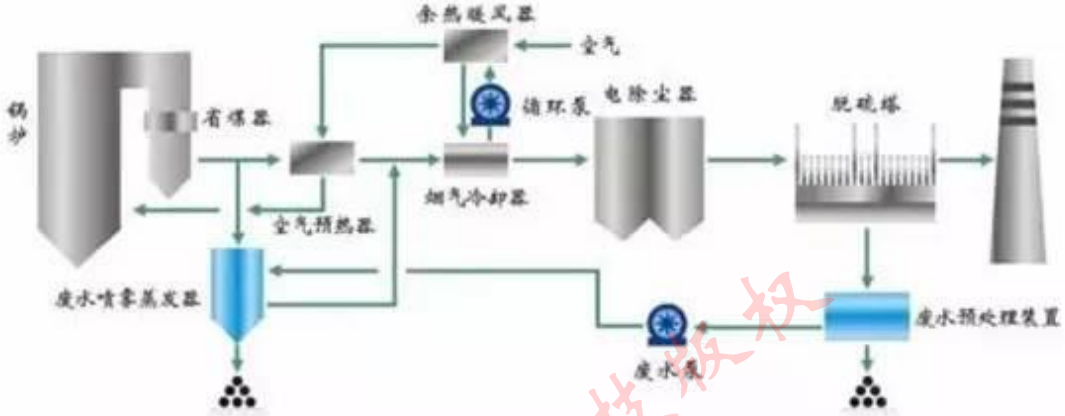
物质	CaO	MgO	SiO_2	Cl^-（可溶）	溶解性物质	pH
质量比 %	3.56	2.29	49.10	1.30	42.80	9.36

丹恒科技版权

脱硫废水烟道喷雾蒸发

脱硫废水烟道喷雾工程喷头及烟道壁结垢

脱硫废水旁路烟气蒸发（新工艺）



热烟气蒸发处理调质脱硫废水系统图

- 脱硫废水经预处理及浓缩后，避免喷雾蒸发过程的结垢、堵塞烟道等问题；
- 喷雾蒸发器排出烟气湿度增加，可提高除尘器效率；
- 脱硫废水蒸发水分进入脱硫塔，可降低脱硫工艺水耗；
- **能够实现稳定、经济、真正意义的脱硫废水零排放，无需单独处置固体盐。**

北恒科技版权

脱硫废水旁路烟气蒸发（新工艺）

脱硫废水热烟气蒸发试验台

脱硫废水旁路烟气蒸发现场中试及示范

脱硫废水旁路烟气蒸发现场中试及示范

案例1 预处理-四效强制循环蒸发结晶

- 设计进水水质

PH	Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	SS (%)	SiO_2 (mg/L)	TDS (mg/L)
5.2-5.8	1300-3500	3500-6000	11000-19000	2500-6000	1.0-3.3	100-200	>25000

- 设计处理水量
  - 25m³/h（含凝结水精处理再生废水）
- 设计出水水质
  - 达到 GB50050-2007《工业循环冷却水处理设计规范》中“间冷开式系统循环冷却水水质指标”的要求

丹恒科技版权

TPRI 西安热工研究院有限公司
Xi'an Thermal Power Research Institute Co.,Ltd

案例1 预处理-四效强制循环蒸发结晶

- 脱硫废水经预处理，确保蒸发结晶设备长时间稳定运行；
- 采用成熟的制盐蒸发结晶工艺，系统可靠性较高；
- 脱硫废水未浓缩，蒸发结晶投资及运行费用较高，结晶盐需单独处置。

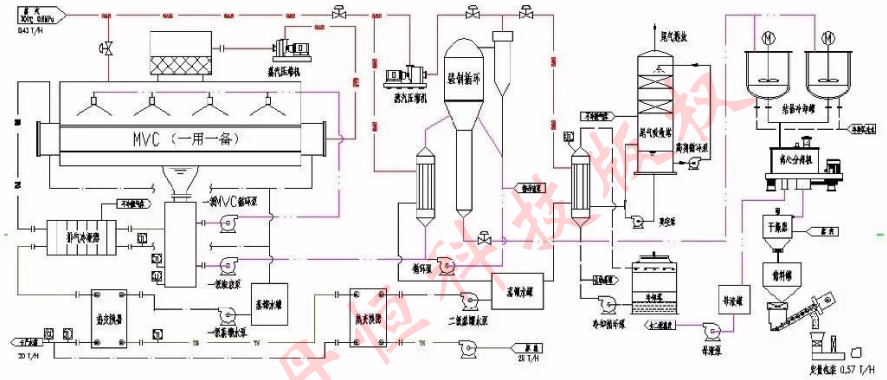
TPRI 西安热工研究院有限公司
Xi'an Thermal Power Research Institute Co.,Ltd

案例1 预处理-四效强制循环蒸发结晶

案例2 MVC-MED蒸发结晶

- 设计进水水质
  - SiO_2 >130 ppm
  - SO_4^{2-} >3500 ppm
  - TDS 1.0–3.5%
  - Cl^- : 1000-15000 ppm
- 设计处理水量
  - 500m³/d（含离子交换再生废水）
- 设计出水水质
  - 达到工业水水质要求，作为脱硫系统补水

案例2 MVC-MED蒸发结晶



- 脱硫废水无预处理，混盐结晶技术路线；
- 蒸发结晶器结垢迅速，蒸发器需每周清洗，运行维护工作量大；
- 结晶混盐产物处置困难。

丹恒科技版权

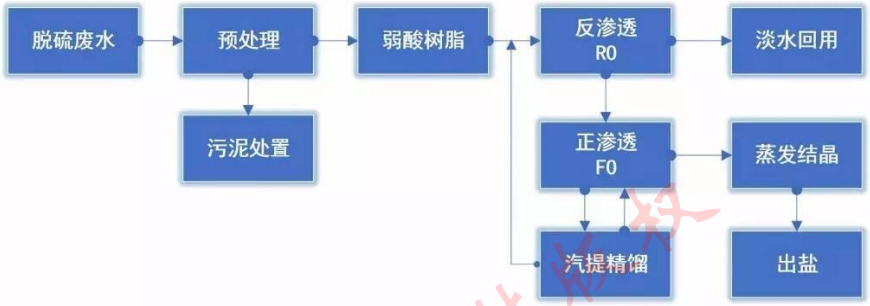
案例2 MVC-MED蒸发结晶

案例3 预处理-反渗透-正渗透-强制循环蒸发结晶

- 设计进水水质
  - 钙离子：1000-2000 mg/L
  - 镁离子：100-500 mg/L
  - TDS：15000-25000 mg/L
- 设计处理水量
  - 22 m^3/h（含离子交换再生废水）
- 设计出水水质
  - TDS≤20 mg/L，作为化学水处理系统补水水源之一。

丹恒科技版权

案例3 预处理-反渗透-正渗透-强制循环蒸发结晶



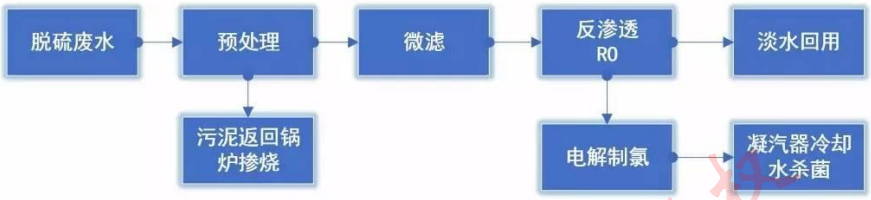
- 脱硫废水经双碱法预处理和弱酸离子交换，硬度降到极低；
- 采用反渗透进行初步浓缩，反渗透浓水电导率：6~8万us/cm，送入正渗透；
- 正渗透系统将脱硫废水浓缩至TDS=18~20万mg/L，浓水继续进入蒸发结晶器，正渗透汲取液进入汽提精馏系统回收，淡水分离；
- 采用正渗透替代了热法蒸发浓缩，但工艺流程长，工艺稳定性有待观察。

案例3 预处理-反渗透-正渗透-强制循环蒸发结晶

案例4 预处理-膜浓缩-电解制氯

- 设计进水水质
  - 钙离子：800~6200 mg/L
  - 镁离子：1100~2400 mg/L
  - 电导率：17000~58000 μs/cm
  - Cl^- ：5800-13000 mg/L
- 设计处理水量
  - 100m³/h
- 设计出水水质
  - 达到工业水水质要求后回用

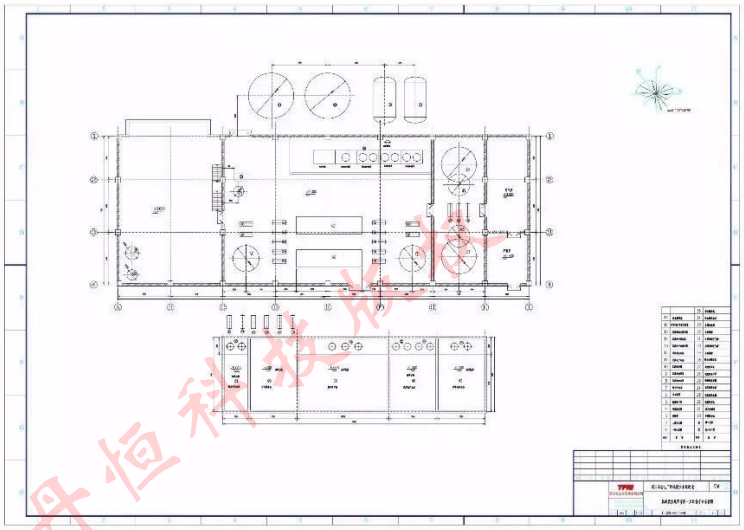
案例4 预处理-膜浓缩-电解制氯



- 脱硫废水经预处理和微滤处理，降低了结垢离子和颗粒物量，降低了后续反渗透系统的风险，预处理产泥渣返回锅炉掺烧，显著降低固废处置费用；
- 采用反渗透工艺将脱硫废水浓缩至含盐量8%左右，淡水可回收利用；
- 反渗透浓水主要含氯化钠，可直接进入电解制氯系统，用于凝汽器冷却水系统杀菌，实现脱硫废水的综合利用；
- 化学反应微滤工艺在脱硫废水处理中的工程应用较少，需经工程运行验证。

开恒科技版权

案例4 预处理-膜浓缩-电解制氯



丹恒科技版权