

*****玻璃 XX

玻璃窑炉烟气除尘脱硫
设计
方案

*****XX

建立单位：*****玻璃 XX

工程名称：玻璃窑炉烟气除尘脱硫工程

施工单位：*****XX

总 经 理：***〔工程师〕

工程负责：***〔高级工程师〕

总工程师：***〔高级工程师〕

工 艺：*****〔教授〕

设 备：*****〔工程师〕

机 械：*****〔工程师〕

电 气：*****〔工程师〕

现 场：*****〔工程师〕

目 录

1	工程背景	2
2	设计原那么、依据、指标及范围	3
2.1	设计原那么	3
2.2	设计依据	4
2.3	设计治理目标	6
2.4	工程范围	6
3	脱硫工艺和脱硫剂选择	7
3.1	烟气脱硫方法简介	7
2.2.2	湿法脱硫技术和脱硫剂的评价与选择	9
2.3	钙-钙双碱法〔亚硫酸钙法〕脱硫工艺	11
2.3.1	反响原理	11
2.3.2	钙-钙双碱法与钠-钙双碱法及其他低pH值石灰石/石灰法的比拟	12
2.3.3	配套XP型塔板技术	13
2.4	方案确定	13
2.5	工艺流程	14
2.6	工艺设计	15
2.6.1	除尘脱硫系统	15

2.6.2 烟气系统16

2.6.3 脱硫剂制备环系统17

2.6.4 脱硫产物别离系统18

2.6.5 除尘系统19

2.6.6 控制系统19

2.7 平面与空间设计20

2.7.1 总平面设计20

2.7.2 总体空间设计21

2.8 根底处理21

2.9 主要设备清单21

2.10 系统运行分析27

2.10.1 本方案到达的主要技术经济指标27

2.10.2 水、电、脱硫剂消耗及脱硫本钱27

1 工程背景

*****玻璃 XX 烟尘废气主要来源为生产车间三条燃石油焦熔窑。公司领导一直十分重视环保工作，为了到达国家有关 SO₂ 排放总量控制的要求，贯彻执行国家和地方制定的排放标准，拟对现有三条熔窑烟气进展除尘脱硫处理，以使熔窑燃

石油焦产生的废气能达标排放。

受*****玻璃 XX 的委托,*****XX 对*****玻璃 XX 的三台熔窑除尘脱硫工程进展方案设计。根据以往的实践经历以及贵公司提供的根底数据和实际情况,本着投资省、效率高、运行平安、可靠、运行费用低、不产生二次污染、对环境友好的宗旨,编制本技术方案。

2 设计原那么、依据、指标及范围

2.1 设计原那么

2.1.1严格执行有关环境保护政策,确保炉窑烟气到达国家和地方排放标准;

2.1.2发挥本公司的技术优势,应用本公司的特有技术,在确保处理效果的前提下,尽可能减少工程投资与运行费用;

2.1.3满足炉窑运行需要,并留有较大的灵活性和调节余地,适应负荷变化,为了与窑炉运行匹配,脱硫装置的设计保证能快速启动,且在窑炉负荷波动时有良好的适应特性;

2.1.4脱硫公用系统〔脱硫剂制备系统、脱硫产物别离系统〕按 QZ2+QZ3 炉窑烟气量设计一套; QZ1 单独一套设计

2.1.5设计脱硫旁路系统,以便脱硫系统检修时不影响玻璃窑炉正常生产,提高系统平安性;

2.1.6采用切实可行的脱水除雾设施,尽可能降低烟气含水率,确保烟气不带

水；

2.1.1. 所有设备和管道〔包括烟道〕的设计都考虑了最差运行条件〔压力、温度、流量、污染物含量〕及事故情况下的平安余量；设计选用的材料适应实际运行条件，包括考虑了适当的腐蚀余量，特别是使用两种不同钢材连接时都会采取适当的措施；

2.1.1. 脱硫系统的平面布置综合设施布置、物流人流通畅、管理维护方便各种因素，进展合理布置，满足现场需要。

2.2 设计依据

2.2.1 国家相关法律法规及标准

- 1) 国家?大气污染物综合排放标准?〔GB16297-1996〕；
- 2) XX省地方?大气污染物排放限值?〔DB44/27-2001〕；
- 3) ?采暖通风和空气调节设计标准?〔GBJ19-88〕；
- 4) ?机械设备安装工程施工及验收标准?〔TJ231-78J〕；
- 5) ?工业管道工程施工及验收标准?〔GBJ235-82〕；
- 6) ?通风与空调工程施工及验收标准?〔GBJ243-82〕；
- 7) ?建筑安装工程质量检验评定标准?〔通用机械设备安装工程〕〔TJ305-75〕；
- 8) ?低压配电装置及线路设计标准?〔GBJ54-83〕；
- 9) ?通用用电设备配电标准?〔GBJ50055-93〕；

10) XX 省地方?水污染排放限值?〔DB44/26-2001〕。

2.2.2根底数据

根底数据列表如下：

表 2-1 窑炉烟气相关根底数据

工程名称	单位	数值	数值	数值	备注
炉型		QZ1	QZ2	QZ3	
数量	条	1	1	1	
工况烟气流量	m3/h				
标况烟气流量	Nm3/h	36000	50000	39000	
排烟温度	℃	380～450	380～450	380～450	
燃石油焦量	吨/天/条	33	33	33	
石油焦含硫量	%	3	3	3	
窑炉出口烟尘浓度	mg/ Nm3	600	600	600	
窑炉出口 SO2 浓度	mg/ Nm3	2600	2600	2600	
年运行时间	h	8760	8760	8760	
引风机全压	Pa	5800	5800	5800	

引风机流量	m3/h	90000	120000	120000	
-------	------	-------	--------	--------	--

2.3 设计治理目标

按照 XX 省《大气污染物排放限值》〔DB44/27-2021〕第二时段标准要求，玻璃窑炉二氧化硫的最高允许排放值为 400 mg/Nm³，烟尘 140 mg/Nm³，林格曼黑度(级)≤1 考虑环保总量控制以及越来越严的环保要求，本设计方案的具体治理目标，详见表 2-2。

表 2-2 主要设计指标

林格曼黑度(级)	≤1
二氧化硫排放浓度〔mg/Nm³〕	≤400
粉尘排放浓度〔mg/Nm³〕	≤40
脱硫塔脱硫率〔%〕	≥9
脱硫系统阻力降〔Pa〕	~1500

2.4 工程范围

工程范围包括烟气脱硫系统工艺流程确实定、非标设备的设计与制作、电气设计与安装；标准设备的选型与购置等全部工程内容。

从系统的完整性角度划分，整个脱硫系统分为：脱硫剂制备系统、脱硫塔吸收系统、烟气系统、脱硫液循环系统、脱硫产物处理系统和电气控制系统。

3 脱硫工艺和脱硫剂选择

3.1 烟气脱硫方法简介

近几十年来全世界研究的低浓度 SO_2 脱除方法多达上百种,但真正在工业上应用的仅十多种。

按是否回收烟气中硫为有用物质分,烟气脱硫有回收法和抛弃法二类。回收法是用吸收、吸附、氧化复原等方法,将烟气中硫转化为硫酸、元素硫、液体二氧化硫或工业石膏、亚硫酸钠等产品,其优点是变害为利,但一般需付出高的回收本钱,经济效益低,甚至亏损。抛弃法是将 SO_2 转化为固体残渣抛弃,优点是设备简单,投资和运行费用低,但硫资源未回收利用。

按完成脱硫后的直接产物是否为溶液或浆液分,烟气脱硫又可分为湿法、半干法和干法三类。湿法脱硫是用溶液或浆液吸收 SO_2 ,其直接产物也为溶液或浆液的方法。半干法是用雾化的脱硫剂溶液或浆液脱硫,但在脱硫过程中,雾滴被蒸发枯燥,直接产物呈干态粉末的方法。干法是利用固体吸附剂、气相反响剂或催化剂在不增加气相湿度下脱除 SO_2 的方法。

表 2-3 列出当前全世界正在应用和开展的主要烟气脱硫方法。据国际能源机构煤炭研究所对全世界 17 个国家燃煤电厂已安装 FGD 装置的调查,湿式钙法占 FGD 总装机容量的 75% 左右,加上其他湿式工艺,湿法工艺占 FGD 总装机容量的 82%。

近 30 年来,烟气脱硫技术逐渐得到了广泛的应用。1980 年全球电厂烟气脱硫

总容量约为 30GW，1990 年增加到 130GW。1998 年在全世界 226GW 装机容量电厂安装的烟气脱硫装置中,有 86. 6%是湿式抛弃法,10. 9%是干式抛弃法,只有 2. 3%采用了再生回收工艺。综合考虑技术成熟度和经济因素，当前全世界应用最广的还是湿式石灰石脱硫法。

截至 2003 年底，我国火电厂约 9000MW 机组的烟气脱硫装置投入运行，约 15000MW 机组的脱硫装置在建。烟气脱硫的机组不到当时火电装机容量的 4％。在已安装的烟气脱硫装置中，世界上有的工艺技术，我国大局部都有。

表 2-3 当前全世界的主要脱硫方法

方 法		脱 硫 剂 及 操 作		主 要 产 物
湿 法	石灰石/石灰法-石膏法	CaCO ₃ /Ca(OH) ₂ 浆液吸收，空气氧化		CaSO ₄ 2H ₂ O
	石灰石/石灰法-亚硫酸钙法	CaCO ₃ /Ca(OH) ₂ 浆液吸收		CaSO ₃ 1/2H ₂ O
	间接石灰石法、钠-钙双碱法	Na ₂ CO ₃ /NaOH/Na ₂ SO ₃ 溶液吸收	再生剂： CaCO ₃ / Ca(OH) ₂	CaSO ₃ 1/2H ₂ O
	碱式硫酸铝法	Al ₂ (SO ₄) ₃ /Al ₂ O ₃ 溶液吸收,空气氧化		CaSO ₄ 2H ₂ O
	液相催化氧化法	H ₂ O 吸收，Fe ³⁺ /Mn ²⁺ 催化氧化		CaSO ₄ 2H ₂ O
海水脱硫		海水中 CO ₃ ²⁻ 、HCO ₃ ⁻ 等碱性物质		硫酸盐，排入大海
回 收	钠碱法： 威尔曼洛德法	Na ₂ SO ₃ 溶液循环吸收，加热分解、补充Na ₂ CO ₃		高浓度 SO ₂
	亚硫酸钠法	Na ₂ CO ₃ 溶液吸收，浓缩、结晶		Na ₂ SO ₃
	氨吸收法： 氨-酸法	NH ₃ 的水溶液吸收，H ₂ SO ₄ 分解		SO ₂ ， (NH ₄) ₂ SO ₄
	亚硫酸铵法	NH ₃ /NH ₄ HCO ₃ 溶液吸收，浓缩、结晶		(NH ₄) ₂ SO ₃

		金属氧化物法：氧化镁法 氧化镁法	$\text{Mg}(\text{OH})_2$ 浆液吸收，吸收产物干燥、煅烧 ZnO 烟灰浆液吸收，酸/热分解/空气氧化	SO_2 $\text{SO}_2/\text{ZnSO}_4$
半 干 法		喷雾干燥法〔SDA〕	向喷雾干燥器喷 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 浆液，反响、蒸发	CaSO_4 , CaSO_3 干粉
		炉内喷钙—炉后活化法 (LIFAC)	炉内喷 CaO 粉，炉后加水活化，反响、蒸发	CaSO_4 , CaSO_3 干粉
	循 环 流 化 床	烟气循环流化床〔CFB〕	CaO 粉和水喷入循环流化床，反响、蒸发	CaSO_4 , CaSO_3 干粉
		回流式循环流化床〔RCFB〕 新型一体化脱硫系统 (NID) 气体悬浮吸收脱硫〔GSA〕	CaO 粉和水喷入循环流化床，反响、蒸发 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 粉和水混合后进流化床反响、蒸发 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 浆液喷入循环流化床，反响、蒸发	
干 法		荷电干粉喷射脱硫〔SDSI〕	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 干粉荷电后喷入烟道反响	CaSO_4 , CaSO_3 干粉
	回 收 法	电子束照射法〔EBA〕	SO_2 、 NO 被自由基氧化后与水汽成酸，再铵化	硫酸铵、硝酸铵
		活性炭吸收法 催化氧化法	活性炭吸附、氧化为 SO_3 , H_2O 再生 催化氧化为 SO_3 ，与 H_2O 生成硫酸	稀 H_2SO_4 浓 H_2SO_4

湿法脱硫技术和脱硫剂的评价与选择

湿法脱硫技术与脱硫剂是密切相关的。通过以上对湿法脱硫技术和脱硫剂的了解，我们可以得出以下结论：

〔1〕 如果采用氢氧化钠〔NaOH〕或碳酸钠〔Na₂CO₃〕脱硫，将存在如下诸多问题：

可采用前面介绍过的威尔曼洛德法、亚硫酸钠法等回收流程，但因存在流程过长、回收费用过高、副产品无销路等问题而不能采用；

②脱硫剂消耗量大，脱硫本钱很高；

③增加水处理费用 本工程钠碱脱硫剂脱硫后，每年将产生大量亚硫酸钠〔 Na_2SO_3 〕，如直接排放，大量具有复原性能的 SO_3^{2-} 将使环境水体的 COD 大大升高，势必造成对环境水体的严重污染，这是绝对不允许的；假设作污水处理后排放，那么处理费用可能不低于烟气脱硫费用，企业难以承受。

〔 〕 氧化镁法、氧化锌法、湿式氨法和碱式硫酸铝法均不适合而不采用。

〔3〕 石灰石/石灰法、钙-钙双碱法的脱硫产物都是难溶于水的亚硫酸钙或硫酸钙固体，可容易地从脱硫系统中别离出来，不会对环境水体造成严重污染，不存在脱硫废水的处理问题；并且这些方法需要的全部或主要脱硫剂都是价格低廉的石灰石或石灰，脱硫本钱低，企业能承受；这些方法技术成熟，可靠性高。因此本工程可从这些方法中选择一种更好的方法。

〔4〕 为防止设备和管道结垢堵塞，石灰石/石灰法必须采用较低 pH 值的浆液脱硫，因而单位体积浆液的脱硫量低。为取得高的脱硫率，脱硫浆液的循环量必须很大，因而循环泵的动力消耗很大；钙-钙双碱法脱硫浆液的 pH 值和单位体积浆液的脱硫量都比该法的高，液气比〔L/G〕小，循环泵的动力消耗较小。

） 钠-钙双碱法脱硫副反响生成的 Na_2SO_4 再生较难，过程需不断补充 NaOH 或 Na_2CO_3 ，运行费用较高，且再生液的液固别离也使工艺复杂化；钙-钙双碱法脱硫剂单一（只用石灰），不耗钠碱，运行费用低，不存在从脱硫渣中别离出脱硫液的液固别离过程，工艺简单。

综上所述，本工程决定采用以石灰作脱硫剂的钙-钙双碱法脱硫技术。

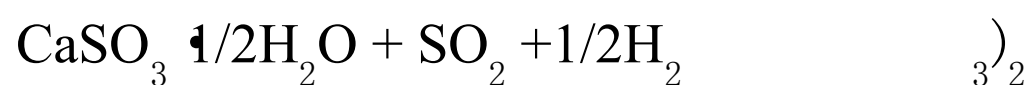
2.3 钙-钙双碱法〔亚硫酸钙法〕脱硫工艺

2.3.1 反响原理

常规石灰湿法脱硫工程存在的主要问题是石灰乳直接脱硫过程生成的亚硫酸钙和硫酸钙在水中的溶解度很小，极易到达过饱和而结晶出来，在器壁上形成垢层，严重时将使设备、管道堵塞而无法运行。

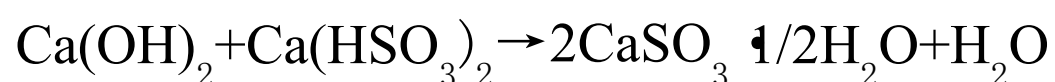
本公司采用的钙-钙双碱法法脱硫工艺正是在这种状况下被研发出来。该法的脱硫及防垢机理如下：

脱硫塔内的反响： SO_2 与亚硫酸钙发生反响



本研究测定了 $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ 在 30℃ 时的饱和浓度为 12.4g/100g H_2O ，不会结晶析出。因此，可以防止 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 在塔内结垢。

循环池内的反响： $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与脱硫液中 $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ 反响，再生出 $\text{CaSO}_3 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ 。



其实质就是用亚硫酸钙悬浮液在塔内脱硫，生成溶解度很大的亚硫酸氢钙（因

，再用氢氧化钙在循环池内与亚硫酸氢钙反响，再生出亚硫酸钙循环脱硫。在这里，循环池实际上是一个亚硫酸钙的再生反响器。

钙-钙双碱法与钠-钙双碱法及其他低 pH 值石灰石/石灰法的比拟

表 2-4 钙-钙双碱法与传统〔钠-钙〕双碱法的比拟

	钙-钙双碱法	钠-钙双碱法
方法的目的	防止结垢	防止结垢
塔内脱硫剂〔第一碱〕	$\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ (来源于 $\text{Ca}(\text{OH})_2$)	Na_2SO_3 (来源于补充的 NaCO_3 .)
塔内脱硫反响	$\text{CaSO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaHSO}_3$
防垢机理	脱硫生成的 $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ 溶解度很大，不会结晶析出。	脱硫生成的 NaHSO_3 溶解度很大，不会结晶析出。
池内再生剂〔第二碱〕	石灰 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$	石灰 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$
池内再生反响	$\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + 3/2 \text{H}_2\text{O}$	$2 \text{NaHSO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + 3/2 \text{H}_2\text{O}$

表 2-5 钙-钙双碱法与低 pH 值石灰石/石灰法的比拟

	钙-钙双碱法	低 pH 值石灰石/石灰法脱硫
池内 pH	6.0~7.0	5.5~6.0
反响机理	吸收 $\text{CaSO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ 再生 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2 \rightarrow 2\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	吸收 $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HSO}_3^- + \text{H}^+$ 氧化 $\text{HSO}_3^- + 1/2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ 中和 $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
浆液含固量	16.5%〔 CaSO_3 〕	11~15%〔其中 CaSO_3 为 30%〕
L/G(L/m ³)	3.0~5.0	10~26

耗	低	高
---	---	---

不难看出,与传统〔钠-钙〕双碱法相比, 钙-钙双碱法的优点是:

系统物料单一, 只有钙一种物质;

②工艺简单, 无从再生钠碱液中别离出 $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 沉渣的别离过程;

③不消耗钠碱, 脱硫费用低。

④由表 2-5 可见, 由于钙-钙双碱法操作 pH 值比低 pH 值石灰石/石灰法高, 浆液有效浓度比石灰石/石灰法高, 因此液气比低得多, 故能耗低得多。

配套格栅型塔板技术

由公司研究开发的格栅型塔板具有特殊孔形和分布, 它是一种很好的气液传质及除尘器件, 国内外未见使用这种塔板进展除尘与脱硫的报道。当烟气通过该塔板时, 被高度分散, 气液接触面巨大, 高效将 SO_2 及细尘脱除。比照实测结果说明, 在条件完全类同时, 单层 XP 型塔板的脱硫效率和除尘效率分别比单层旋流塔板高出 5%—10% 和 20% 左右。

SO_2 溶于水生成的亚硫酸和稀硫酸腐蚀性很强, 格栅型塔板用国外进口的耐腐蚀材料和专用模具在 200 吨液压机上压制而成, 正常运行条件下寿命 10 年以上。

2.4 方案确定

按照全面考虑、兼顾开展的思想, 提出以下设计方案;

☆本工程采用 QZ1 一窑一塔构造。QZ2+QZ3 为两窑一塔构造。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/898125003143006106>