

青 岛 农 业 大 学

学 生 课 程 设 计

设 计 名 称： 大气污染控制工程课程设计

学生专业班级： 环境工程 1401

学生姓名（学号）：

指 导 教 师：

2016 年 11 月 2 日

目录

摘要	1
Abstract	1
关键字	1
1 绪论	1
1.1 设计依据	1
1.2 设计目的	1
1.3 参数	2
1.4 指标	2
1.5 原则	3
2 工艺概述	3
2.1 技术现状	3
2.2 工艺选择	3
2.3 本工艺优缺点	8
3 工艺计算	9
3.1 烟气量	9
3.2 污染物浓度	10
3.3 设备	11
3.4 管道设计	16
3.5 压降计算	17
3.6 风机等设备选型	19
4 工程概算和效益评估	20
4.1 主要工程投资估算	20
4.2 经济	21
4.3 环境	21
4.4 社会效益	21
5 结论	21
参考文献	22

摘要

本文主要介绍了对锅炉中燃煤烟气运用袋式除尘法和湿式脱硫法除尘除硫的工艺和设备，并比较了各种除尘设备的优缺点，选择了最经济，最高效的方案。

Abstract

This thesis mainly introduces the dust removal desulfurization process in the boiler flue gas of the coal by

1 绪论

1.1 设计依据

《大气污染物综合排放标准》（摘自 GB16297-1996）
《锅炉大气污染物排放标准》（摘自 GB13271-2001）
《环境空气质量标准》（GB3095-2012）
《中华人民共和国大气污染防治法》（2000/9/1）
《燃煤二氧化硫排放污染防治法》（2000/9/1）

1.2 设计目的

通过对大气污染控制工程课程的学习 掌握一定大气污染控制技术原理。并结合对烟气除尘脱硫实际问题的处理 使我们在学习专业技术基础和主要专业课程的基础上了解和掌握环境工程领域内主要设备设计的基本知识和方法体验设备的具体设计过程。培养我们综合运用所学的环境工程领域的基础理论、基本技能和专业知识分析问题和解决工程设计问题的能力和在处理问题过程中的团队协作能力同时培养调查研究查阅技术文献、资料、手册进行工程设计计算、图纸绘制及编写技术文件的基本能力提高我们分析解决实际问题的能力。

1.3 参数

1.3.1 设计题目 SHS35-39 双锅炉横置式燃煤炉烟气除尘脱硫系统设计

1.3.2 设计原始资料

锅炉型号：SHS35-39 即：双锅筒横置式室燃炉

设计耗煤量：4t/h

设计煤成分：CY=66%；HY=2.4%；OY=2.7%；NY=1.1%；SY=0.77%；AY=16.3%；WY=10.6%；

VY=18%，属于低硫烟煤。

排烟温度：160℃。

空气过剩系数 $\alpha = 1.38$

飞灰率=27.5%

烟气在锅炉出口前阻力为 850Pa。

连接锅炉、净化设备及烟囱等净化系统的管道假设长度 210m，90° 弯头 41 个。

1.4 指标

污染物排放按锅炉大气污染物排放标准中二类区新建排污项目执行。

（注：锅炉大气污染排放标准（GB13271—2001）中二类区执行标准烟气浓度排放标准（标准状况下）：200mg/m³ 二氧化硫排放标准（标准状况下）：900mg/m³）

若烟囱高度达不到 GB13271—2001 表 4 锅炉房烟囱最低允许高度（4t 锅炉烟囱高度最低 35m，6t 锅炉烟囱高度最低 40m）的要求，其排放标准值按 50%执行，即：

烟尘浓度排放标准(标准状态下)：100 mg/m³

二氧化硫排放标准(标准状态下)：450 mg/m³

1.5 设计原则

- （1）根据燃煤的原始数据计算锅炉燃烧产生的烟气量，烟尘和二氧化硫浓度。
- （2）净化系统设计方案的分析，包括净化设备的工作原理及特点；运行参数的选择与设计；净化效率的影响因素等。
- （3）除尘设备结构设计计算
- （4）脱硫设备结构设计计算
- （5）烟囱设计计算
- （6）管道系统设计，阻力计算，风机电机的选择
- （7）根据计算结果绘制设计图，系统图要标出设备、管件编号、并附明细表；除尘系统、脱硫设备平面、剖面布置图若干张，以解释清楚为宜，最少 3 张 A4

图，并包括系统流程图一张。

2 工艺概述

2.1 技术现状

袋式除尘器的基本特点是除尘效率高、处理风量大、操作维修方便，为达到相同的除尘效率，其投资成本和运行费用均比静电除尘器低。在国外，许多燃烧低硫煤的火电厂使用袋式除尘器。在美国，几乎所有的循环流化床锅炉均采用袋式除尘器。在先进的袋式除尘器和普通老式的设计相比，无论是滤袋材料、除尘器的结构，还是清灰技术等方面都做了很大的改进，大大提高了其可用率。根据美国的经验，一台脉冲式袋式除尘器的使用寿命在 40 年以上，易损件滤袋的使用寿命也超过了 4 年，因此它是一种高效可靠的燃煤锅炉除尘设备。我国燃煤引起的大气污染，包括粉尘污染是十分严重的，我国现行的锅炉烟尘排放标准与国际标准相比还是相对较低，随着我国经济的不断发展和人民生活水平的逐步提高，今后我国环境保护标准也必将日趋严格。因此，袋式除尘器以及其极高的除尘效率和比静电除尘器更低的投资成本及运行费用，必将会在我国逐渐得到推广，最终在相当程度上取代静电除尘器。

2.2 工艺选择

2.2.1 除尘器的选择

1. 除尘器的性能指标

除尘器性能指标包括技术性能指标和经济性能指标，其中，前者包括含尘气体处理量、除尘效率、阻力损失，后者包括总费用（含投资费用和运转费用）、占地面积、使用寿命。

2. 除尘器的选择

在选择除尘器过程中，应全面考虑一下因素：

- （1）除尘器的除尘效率；
- （2）选用的除尘器是否满足排放标准规定的排放浓度
- （3）注意粉尘的物理特性（例如黏性、比电阻、润湿性等）对除尘器性能有较大的影响另外，不同粒径粉尘的除尘器除尘效率有很大的不同；
- （4）气体的含尘浓度较高时，在静电除尘器或袋式除尘器前应设置低阻力的出净化设备去除粗大粉尘，以使设备更好地发挥作用；
- （5）气体温度和其他性质也是选择除尘设备时必须考虑的因素；
- （6）所捕集粉尘的处理问题；
- （7）设备位置，可利用的空间、环境条件等因素；
- （8）设备的一次性投资（设备、安装和施工等）以及操作和维修费用等经济因素。

表 1 各类除尘器的优缺点

除尘器类型	优点	缺点
机械除尘器	机械简单投资少，维修容易	体积大，效率低
电除尘器	压力损失小，处理烟气量大，能耗低	一次性投资高，安装精度要求高
袋除尘器	效率高，性能稳定可靠，操作性强	滤袋检修与更换的工作量大，对粉尘比电阻有一定的要求
湿式除尘器	结构简单，占地面积小，操作维修方便	管道易腐蚀，污水处理困难

根据工况下烟气量，烟气温度及达到的除尘率要求选择的除尘器为袋式除尘器。

除尘种类	除尘效率	净化程度	特点
简易袋式	30%	中净化	简单，除尘率低
机械振动袋式	90%	中净化	要求滤料薄而光滑，质地柔软，再过滤面震动力大
脉冲喷吹袋式	99%	细净化	清灰方式作用强度很大，而且其强度和频率都可以调节，清灰效果好。
气环式袋式	99%	细净化	适用高湿度、高浓度的含尘气体，造价较低，气环箱上下移动时近贴滤袋，使滤袋磨损加快，故效率较高。

综合考虑除尘效率，处理风量以及总过滤面积，查阅相关资料，最终选择脉冲喷吹袋式除尘器。

各种滤料的性能

滤料名称	直径/ μm	耐温/K		吸水率/%	耐酸性	耐碱性	强度
		长期	最高				
棉织物	10-20	348-358	368	8	很差	稍好	1
蚕丝	18	353-363	373	16-22			
羊毛	5-15	353-363	373	10-15	稍好	很差	0.4
尼龙		348-358	368	4.0-4.5	稍好	好	2.5
奥纶		398-408	423	6	好	差	1.6
涤纶		413	433	6.5	好	差	1.6
玻璃纤维	5-8	523	—	4.0	好	差	1
芳香族聚酰胺		493	533	4.5-5.0	差	好	2.5
聚四氟乙烯		493-523	—	0	很好	很好	2.5

根据各种滤料的性能相比较和选择，最终决定选择聚四氟乙烯作为袋式除尘器的滤料。

粉尘种类	纤维种类	清灰方式	过滤速度 $/m \cdot \text{min}^{-1}$	粉尘比阻力系数 $/N \cdot \text{min} \cdot g^{-1} \cdot m^{-1}$
------	------	------	------------------------------------	--

飞灰（煤）	玻璃、聚四氟乙烯	逆气流、脉冲喷吹、机械振动	0.58-1.8	1.17-2.51
飞灰（油）	玻璃	逆气流	1.98-2.35	0.79
水泥	玻璃、丙烯酸系聚酯	机械振动	0.46-0.64	2.00-11.09
铜	玻璃、丙烯酸系	机械振动、逆气流	0.18-0.82	2.51-10.86
电炉	玻璃、丙烯酸系	逆气流、机械振动	0.46-1.22	8.5-119
硫酸钙	聚酯		2.28	0.067
白云石	聚酯	逆气流	1.00	112
石膏	棉、丙烯酸	机械振动	0.76	1.05-3.16
氧化铁	聚酯	逆气流机械振动	0.30	9.50
石灰窑	玻璃	逆气流	0.70	1.50

根据我组对各种清灰方式的使用情况比较，决定选用逆气流脉冲除尘清灰。

脉冲袋式除尘器是一种周期性的向滤袋内或滤袋外喷吹压缩空气来达到清除滤袋上积尘的袋式除尘器，它具有处理风量大，除尘效率高的优点，而且清灰机构设有运动部件，滤袋不受机械力作用，损伤较小，滤袋使用周期长的特点。

用《除尘器手册》中选取 ppc 系列逆喷脉冲袋式除尘。

2.2.2 除尘过程：

含尘气体经进气口进入除尘器，较大颗粒的粉尘直接落入灰斗，含有微粒粉尘的气体通过滤袋，粉尘被滞留在滤袋外表面，而气体则经净化后由引风机排入大气。

清灰过程：

随着过滤工作的不断进行，附着在滤袋外表面的粉尘不断增多，除尘器运行阻力增大，某一过滤单元的转换阀关闭，过滤单元停止工作，反吹压缩空气逆向进入过滤单元，吹掉滤袋外表面的粉尘，然后转换阀板打开，该过滤单元重新工作，清灰转向下一过滤单元。整个清灰过程是各个过滤单元轮流交替进行的。

2.2.3 除尘特点：

- 1、除尘效率可达 99.9 以上，粉尘排放可控制在 30mg/Nm³ 以下。
- 2、可处理 100g/Nm³ 以下的高浓度粉尘。
- 3、先进的密封措施，漏风系数小于 2%。
- 4、先进的结构设计，单位体积过滤面积大，设备体积小。
- 5、清灰方式独特有效，延长滤袋的使用寿命。
- 6、关键部位质量可靠，使用寿命长。
- 7、性能稳定，自动化程度高，日常维护管理简单。

适用范围：

广泛应用于水泥厂的破碎、包装、库顶、熟料冷却机和各种磨机等收尘系统，还应用于冶金、化工、机械和民用锅炉等废气的收尘。

结构特点：

(1) 壳体部分：包括清洁室（或称气体净化箱）、过滤室、分室隔板、检修门及壳体结构。清洁室内设有提升阀与花板，喷吹短管；过滤室内设有滤袋及其骨架。

(2) 灰斗及卸灰机构：卸灰斗可按不同系列、不同进口粉尘浓度，分别设置螺旋输送机、空气输送斜槽和刚性叶轮卸料器(卸灰阀)。

(3) 进出风箱体：包括进出风管路及中隔板。单排(或单列)结构布置在壳体一侧，双排(或称双列)结构布置在壳体中间：32 系列较小无箱体，进出风管路分别接于灰斗与清洁室上。

(4) 脉冲清灰装置：包括脉冲阀、气包、提升阀用气缸及其电磁阀等。

(5) 压缩空气管路及减压装置、油水分离器、油雾器等。

(6) 支柱及立式笼梯、栏杆。

气箱脉冲袋式除尘器的滤袋直径为 130mm，长度多为 2448mm，部分型号为 3060mm。过滤面积为 62~4340m²，处理气体流量为 6000~390000m³/h，过滤风速为 1.0~1.5m/min，压力损失为 1200~1470Pa。

2. 3 脱硫设备的选择

2. 3. 1 吸收 SO₂ 的吸收塔的选择

表 2-5 吸收塔优缺点的比较

名称	操作参数	优 点	缺 点
填料塔	空塔气速 2.0~5.0m/s 液气比 0.5~1.0L/m ³ 压力损失 200~1000Pa	结构简单，设备小，制造容易， 占空间小；液气比小，能耗低； 气液接触好，传质较易，可同时 除尘、降温、吸收	不能无水运行
自激湍球塔	液气比 1~10L/m ³ 喷淋密度 6~m ³ /(m ² ·h) 压力损失 500Pa/m 空塔气速 0.5~1.2m/s	结构简单，制造容易； 填料可用耐酸陶瓷，较易解决防 腐蚀问题； 流体阻力较小，能量消耗低； 操作弹性较大，运行可靠。	不能无水运行
筛板塔	空塔气速 1.0~3.0m/s 小孔气速 16~22m/s 液层厚度 40~60mm 单板阻力 300~600Pa 喷淋密度 12~15 m ³ /(m ² ·h)	结构较简单，空塔速度高，处理 气量大； 能够处理含尘气体，可以同时除 尘、降温、吸收； 大直径塔检修时方便	安装要求严格，塔板要求水 平； 操作弹性较小，易形成偏流 和漏液，使吸收效率下降。

喷淋塔	空塔气速 2.5~4.0m/s 液气比 13~30L/m ³ 压力损失 500~2000Pa	结构简单，造价低，操作容易； 可同时除尘、降温、吸收，压力 损失小	气液接触时间短，混合不易 均匀，吸收效率低； 液体经喷嘴喷入，动力消耗 大，喷嘴易堵塞； 产生雾滴，需设除雾器
-----	---	---	---

通过比较各种设备的性能参数，自激湍流塔流体阻力小，能量消耗低；操作弹性较大，运行可靠，我们最终选取自激湍球塔。

2.3.2 脱硫方法的选择

(1) 工艺比较

湿法脱硫是采用液体吸收剂洗涤 SO₂ 烟气以除去 SO₂ 的技术。

本设计为 SO₂ 烟气的湿法脱硫。

湿法脱硫是目前世界上应用最广的脱硫技术,其优点是技术成熟,脱硫效率高,操作简便,吸收剂价廉易得适用煤种范围广,所用设备较简单等优点。常用方法有石灰/石灰石吸收法、钠碱吸收法、氨吸收法。

表 2-6 脱硫工艺比较

项目	优点	缺点
石灰/石灰石吸收法	脱硫效率高，吸收剂资源广泛，价格低廉，副产品石膏可用建筑材料	系统复杂，占地面积大，造价高，容易结垢造成堵塞，运行费用高，只使用大型电站锅炉
氢氧化钠吸收法	价格便宜，脱硫效率高，副产品的溶解度特性更适用加热解吸过程，可循环利用，吸收速度快	高温下 NaHSO ₃ 转换成 Na ₂ SO ₃ ，丧失吸收二氧化硫的能力
氨吸收法	脱硫效率高，运行费用低	吸收剂在洗涤过程中挥发产生氨雾，污染环境，投资大

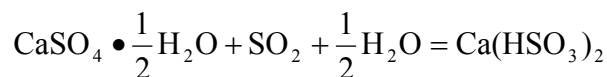
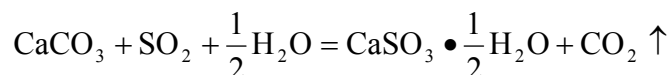
我们选用石灰/石灰石吸收法吸收二氧化硫。

(2) 原理

将石灰石粉加水制成浆液作为吸收剂泵入吸收塔与烟气充分接触混合，烟气中的二氧化硫与浆液中的碳酸钙以及从塔下部鼓入的空气进行氧化反应生成硫酸钙，硫酸钙达到一定饱和度后，结晶形成二水石膏。经吸收塔排出的石膏浆液经浓缩、脱水，使其含水量小于 10%，然后用输送机送至石膏贮仓堆放，脱硫后的烟气经过除雾器除去雾滴，再经过换热器加热升温后，由烟囱排入大气。由于吸收塔内吸收剂浆液通过循环泵反复循环与烟气接触，吸收剂利用率很高，钙硫比较低，脱硫效率可大于 95%。

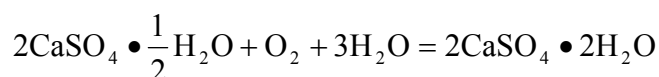
采用石灰/石灰石浆液吸收烟气中的 SO₂，分为吸收和氧化两个阶段。先吸收生成的亚硫酸钙，然后将亚硫酸钙氧化成硫酸钙(即石膏)。该方法的实际反应机理是很复杂的，目前还不能完全了解清楚。这个过程发生的反应如下。



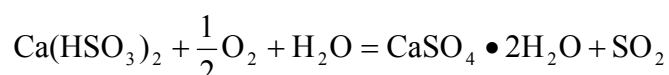


由于烟气中含有 O_2 ，因此吸收过程中会有氧化副反应发生。

氧化：在氧化过程中，主要是将吸收过程中所生成的 $\text{CaSO}_3 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ 氧化称为 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ：



由于在吸收过程中生成了部分 $\text{Ca(HSO}_3)_2$ ，在氧化过程中，亚硫酸氢钙也被氧化，分解出少量的 SO_2 ：



设备运行过程中的问题及出现这种问题的原因：

①设备腐蚀：化石燃料燃烧的排烟中含多种微量的化学成分。在酸性条件下，对金属的腐蚀性相当强，包括吸收塔、言其后续设备。

②结垢和堵塞：固体沉积主要以三种方式出现：湿干结垢，即因溶液水分蒸发而使固体沉积； Ca(OH)_2 或 CaCO_3 沉积或结晶析出； CaSO_3 或 CaSO_4 从溶液中结晶析出。其后是导致脱硫塔内发生结构的主要原因。

③除雾器的堵塞：液体中的小液滴，颗粒物进入除雾器，引起堵塞。解决方法：定期(每小时数次)用高速喷嘴喷清水进行冲洗。

(3) 工艺流程

我们所采用的是石灰石/石灰法湿式烟气脱硫技术。锅炉烟气经除尘、冷却后送入吸收塔，吸收塔内用调配好的石灰石或石灰浆液洗涤含 SO_2 的烟气，洗涤净化后的烟气经除雾和再热后排放。吸收塔内排出的吸收液流入循环槽，加入新鲜的石灰石或石灰浆液进行再生。

(4) 填料的选择

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/438105015101007005>