

48 环境工程技术专任教师岗位试讲内容

注意事项:

1. 每位考生试讲时间为 15 分钟;
2. 试讲内容: 统一指定 1 个内容并根据高职学生的特点进行试讲;
3. 采用板书教学, 可自带教具, 不能使用多媒体辅助教学;
4. 考生报到时需提交教材打印件和授课教案各 8 份, 请不要在教材和教案上写上姓名。

一、教学内容: 模块 4 气态污染物的净化技术(4.3 NO_x 的净化技术)

教材: 大气污染控制技术与技能实训, 页码范围: 154-157

重点: 4.3.3、4.3.4、4.3.5, 可自备教具及自备案例

二、教材封面



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

大气污染控制 技术与技能实训

新世纪高职高专教材编审委员会 组编
主 编 王继斌 李俊鹏

第四版



大连理工大学出版社

模块:

目 录

模块 1 大气污染及其综合防治	1
1.1 大气与大气污染	1
1.2 大气污染源和大气污染物	7
1.3 大气环境质量控制标准	11
1.4 大气污染综合防治	16
模块 2 大气污染控制技术基础	21
2.1 大气污染物的性质	21
2.2 大气污染物的来源和产生机理	29
2.3 大气污染控制设备的性能指标	43
2.4 烟气量的计算	49
2.5 烟囱高度的计算	57
模块 3 颗粒污染物的控制技术与设备	63
3.1 机械式除尘器	64
3.2 过滤式除尘器	78
3.3 静电除尘器	88
3.4 湿式除尘器	98
3.5 除尘装置的选择	105
模块 4 气态污染物的净化技术	109
4.1 气态污染物综合净化技术	109
4.2 低浓度 SO ₂ 的净化技术	133
4.3 NO _x 的净化技术	150
4.4 汽车尾气净化技术	158
4.5 挥发性有机物治理技术	162
模块 5 大气污染控制系统的整合、运行与维护	170
5.1 废气治理设备的安装、运行与维护	170
5.2 通风机	176
5.3 集气罩	187
5.4 通风管道	192
5.5 排气筒高度的确定	197
5.6 废气治理净化系统的正常运行防护	202
5.7 现场教学	206

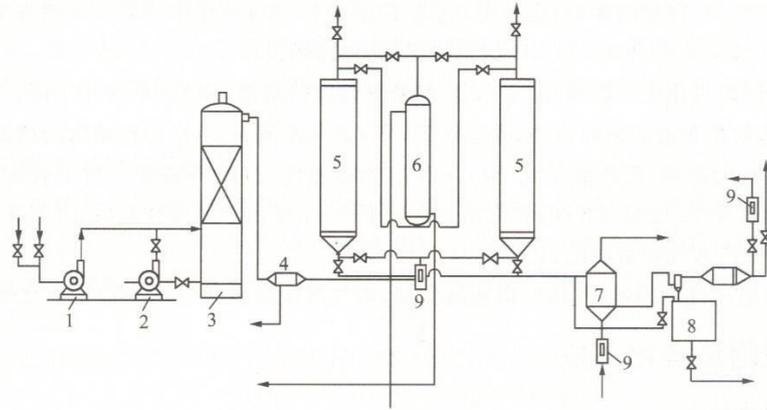


图 4-29 分子筛吸附法工艺流程图

1—风机；2—酸泵；3—冷却塔；4—丝网过滤器；5—吸附器；
6—加热器；7—冷凝冷却器；8—酸计量泵；9—转子流量计

2. 活性炭吸附法

(1) 化学原理

活性炭对低浓度的 NO_x 有很强的吸附能力，活性炭不仅能吸附 NO_2 ，促进 NO 氧化成 NO_2 ，而且还可以将 NO_x 还原为 N_2 。

(2) 工艺流程

图 4-30 为活性炭吸附净化 NO_x 的工艺流程， NO_x 尾气进入固定床吸附装置被吸附，净化后的气体排放至大气。活性炭失效后，经过再生处理可以重新使用。

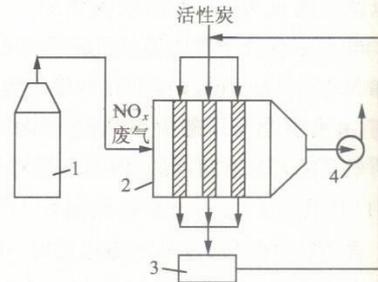


图 4-30 活性炭吸附净化流程

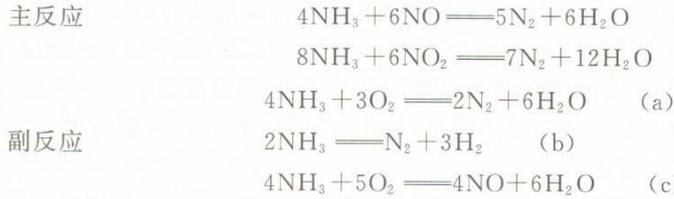
1—酸洗槽；2—固定吸附床；3—再生器；4—风机

4.3.3 选择性催化还原法(SCR)

催化还原法是在催化剂作用下，利用还原剂将氮氧化物还原为氮气。选择性催化还原法 (Selective Catalytic Reduction, SCR) 是指在铂或非重金属催化剂的作用下，在较低温度条件下，用 NH_3 作为还原剂“有选择地”将废气中的 NO_x ，还原为无毒无污染的 N_2 和 H_2O ，而基本上不与氧发生反应，(故称为“选择性”)，从而避免了非选择性催化还原法的一些技术问题。不仅使用的催化剂易得、选择余地大，而且还原剂的起燃温度低、床温低，从而有利于延长催化剂寿命和降低反应器对材料的要求。选择性催化还原法主要用于硝酸生产、硝化过程、火电厂烟气脱硝、金属表面的硝酸处理、催化剂制造等产生的 NO_x 废气。SCR 脱硝技术已在发达国家得到较多应用，据有关文献记载及工程实例监测数据，SCR 法一般的 NO_x 脱除效率可维持在 70%~90%，一般的 NO_x 出口浓度可降低至 100 mg/m^3 左右，是一种高效的烟气脱硝技术。如德国，火力发电厂的烟气脱硝装置中 SCR 法大约占 95%。在我国已建成或拟建的烟气脱硝工程中采用的也多是 SCR 法。我国第一家采用 SCR 脱硝系统的火电厂是福建漳州后石电厂，该电厂 600MW 机组采用日立公司的 SCR 烟气脱硝技术，总投资约为 1.5 亿人民币。四川化工厂、北京东风化工厂、兰州化肥厂和大庆化肥厂也采用选择性催化还原法净化工艺尾气中的 NO_x 。

1. 化学原理

该法用 NH_3 、 H_2S 、 CO 等为还原剂,通常以 NH_3 为还原剂。其原理为:



副反应(b)、(c)需在 $350\text{ }^\circ\text{C}$ 以上才能进行, $450\text{ }^\circ\text{C}$ 以上才变得激烈,在一般生产温度下,可以忽略不计,在 $350\text{ }^\circ\text{C}$ 以下只有副反应(a)。实际生产中,一般控制反应温度在 $300\text{ }^\circ\text{C}$ 以下,选择合适的催化剂可使两个主反应的速度远远大于副反应(a)的速度,使 NO_x 还原占绝对优势,从而达到选择性还原的目的。

以 NH_3 为还原剂还原 NO_x 的过程较易进行,所用催化剂可以是 Pt、Pd 等贵金属,亦可以是 Cu、Cr、Fe、V、Mn 等非贵金属的氧化物或盐类。几种 NO_x 催化剂性能见表 4-11。

表 4-11 几种常用的 NO_x 催化剂及性能

催化剂型号	75014	8209	81084	8013
催化剂成分	25% $\text{Cu}_2\text{Cr}_2\text{O}_5$	10% $\text{Cu}_2\text{Cr}_2\text{O}_5$	钒锰催化剂	铜盐催化剂
反应温度/ $^\circ\text{C}$	250~350	230~330	190~250	190~230
进气温度/ $^\circ\text{C}$	220~240	210~220	160~190	160~180
空速/ h^{-1}	5 000	10 000~14 000	5 000	10 000
转化率/ $\%$	≥ 90	≈ 95	≥ 95	≥ 95

2. 工艺流程

选择性催化还原法在硝酸尾气治理中得到了较多的应用。硝酸的生产工艺不同,其净化工艺也不完全相同。综合法硝酸尾气的净化系统一般设在引风机后,工艺流程如图 4-31 所示。

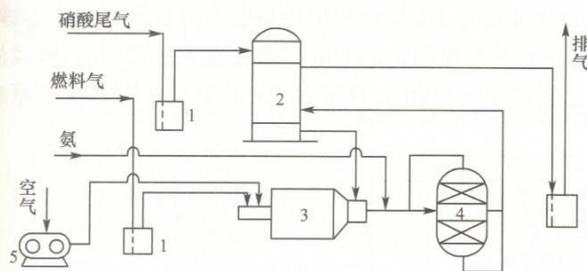


图 4-31 综合法尾气治理工艺流程

1—水封;2—换热器;3—燃烧炉;4—反应器;5—罗茨鼓风机

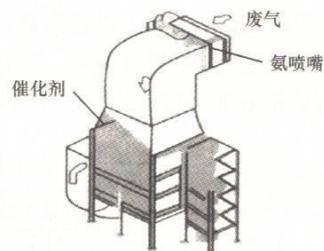


图 4-32 SCR 反应器示意图

硝酸尾气首先进入换热器与反应后的热净化气进行热交换,升温后再与燃烧炉产生的高温烟气混合升温到反应温度,进入反应器(图 4-32)。在反应器中,当含有 NO_x 的废气通过催化剂层时,与喷入的 NH_3 发生反应,反应后的热净化气预热尾气后经过水封排空。

3. 影响因素

(1) 催化剂 不同的催化剂由于活性不同,反应温度及净化效率也不同。

(2) 反应温度 采用铜-铬催化剂,在 350 °C 以下时,随着反应温度的升高,NO_x 的转化率增大,超过 350 °C 后温度再升高时,副反应会增加,这时一部分 NH₃ 转变成 NO。用铂作催化剂时,温度控制在 225~255 °C。温度过高,会发生 NO 的副反应;而温度低于 220 °C 后,尾气中将出现较多的 NH₃,说明还原反应进行的不完全,在此情况下可能生成大量的硝酸铵和有爆炸危险的亚硝酸铵,严重时会使管道堵塞。

(3) 空速 只有适宜的空速才能既经济又可获得较高的净化效率。空速过大时,反应不充分;空速过小时,设备不能充分利用。

(4) 还原剂用量 还原剂用量的大小一般用 NH₃ 与 NO_x 物质的量的比值来衡量。该值小于 1 时,反应不完全;该值大于 1.4 时,对转化率无明显影响,此时由于不参加反应的氨量增加,同样会造成大气污染,同时增加了氨耗。在生产上一般控制在 1.4~1.5。

4.3.4 选择性非催化还原法(SNCR)

选择性非催化还原法(SNCR)是一种经济实用的 NO_x 脱除技术,其原理是含有 NH_x 基的还原剂(如氨气、氨水或者尿素等)喷入炉膛温度为 850~1 100 °C 的区域,将烟气中的 NO_x 还原成 N₂。主要的化学反应为:



SNCR 工艺中 NH₃ 还原 NO 的反应对于温度条件非常敏感,炉膛上喷入点的选择,也就是温度窗口的选择,是 SNCR 还原 NO 效率高低的關鍵。一般认为理想的温度范围为 850~1 100 °C,当反应温度低于温度窗口时,由于停留时间的限制,往往使化学反应进行的程度较低反应不够彻底,从而造成 NO 的还原率较低,同时未参与反应的 NH₃ 残余量增加。而当反应温度高于温度窗口时,NH₃ 的氧化反应开始起主导作用:



如图 4-33 所示,典型的 SNCR 系统由还原剂储槽、多层还原剂喷入装置以及相应的控制系统组成,其初始投资相对于 SCR 工艺来说要低得多,因为 SNCR 系统不需要催化剂床层,可以方便地在现有装置上进行改装,只需在现有的燃煤锅炉的基础上增加氨或尿素储槽,氨或尿素喷射装置及其喷射口即可,系统结构比较简单。但相比 SCR 法,SNCR 工艺的 NO 还原率较低,数据表明通常在 30%~60%。

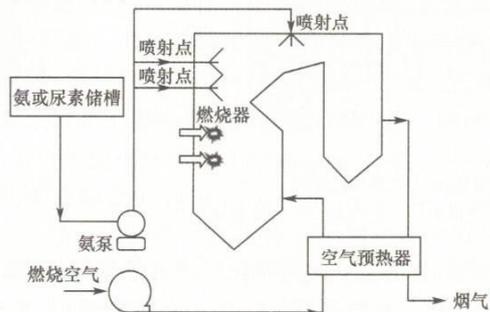


图 4-33 SNCR 工艺流程示意图

4.3.5 应用实例

实例:氨选择性催化还原法净化硝酸尾气中的 NO_x 。

(1)废气组成及排放量

废气排放量为 $3.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ (标准状态), NO_2 的浓度为 $1800 \times 10^{-6} \sim 2500 \times 10^{-6} \text{ kg}/\text{m}^3$, 主要污染物是 NO 和 NO_2 。

(2)净化原理及工艺流程

氨选择性催化还原法处理硝酸废气,是在铜-铬催化剂的作用下,使 NH_3 与尾气中的 NO_x 进行选择性还原反应,将 NO_x 还原为 N_2 。

从吸收塔中出来的废气,经过两个预热器加热至 $249 \text{ }^\circ\text{C}$,进入废气与氨气混合器,再进入反应器进行反应,处理后的废气经换热器回收能量后,由 80 m 高的烟囱排入大气。

(3)主要工艺控制条件(表 4-12)

表 4-12 主要工艺控制条件

处理能力	40 000 m^3/h (标准状态)
NO_x 的进口浓度	1 800 mg/m^3 (标准状态)
NO_x 的出口浓度	200 mg/m^3 (标准状态)
气体进口温度	$249 \text{ }^\circ\text{C}$
气体出口温度	$273 \text{ }^\circ\text{C}$
上段催化剂装填量	4 m^3
下段催化剂装填量	4 m^3
转化率	90%

(4)主要技术经济指标

设备及催化剂费用:28.9 万元;运行费用:8.97 万元/年;热回收价值:13.8 万元/年;处理成本:0.333 元/100 m^3 。



学习任务单

1. 填空题

- (1)处理 NO_x 的方法有()、()、()等多种。
- (2)工业上应用较多的是()法、()法。
- (3)活性炭吸附法控制在 $200 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下的原因是();得到的再生产物是()。
- (4)丝光沸石吸附法中吸附剂的再生经过()、()、()、()四个步骤完成。
- (5)选择性催化法的还原剂一般是();常用的催化剂有()、()、()、()、()等。

2. 简答题

- (1)简述以丝光沸石为吸附剂吸附 NO_x 废气的工作原理。
- (2)什么是催化还原法?
- (3)什么是选择性催化还原法?
- (4)简述选择性催化还原法处理 NO_x 尾气的工艺流程。