



中华人民共和国国家标准

GB/T 21509—2008

燃煤烟气脱硝技术装备

Denitration equipment of coal-fired flue gas

2008-03-12 发布

2008-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 工艺系统	4
4.1 总体布置	4
4.2 脱硝系统	4
4.3 还原剂储运制备系统	5
5 技术要求	5
5.1 基本要求	5
5.2 技术性能要求	5
5.3 材料和制造要求	5
5.4 电气和控制要求	6
5.5 安全环保职业卫生要求	6
5.6 消防要求	6
6 检验验收	6
6.1 装备验收	6
6.2 性能验收	6
7 标牌、标志、包装、运输和贮存	7
附录 A(资料性附录) 工艺布置及典型工艺流程	8
附录 B(资料性附录) 第一层催化剂入口烟气条件	10
附录 C(资料性附录) 催化剂及催化剂设计选型的基础数据	11
附录 D(资料性附录) 还原剂的制备及耗量的计算方法	13

前 言

本标准的附录 A～附录 D 均为资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出并归口。

本标准起草单位：机械科学研究总院、浙江大学热能工程研究所、江苏苏源环保工程股份有限公司、武汉凯迪电力环保有限公司、浙江菲达环保科技股份有限公司、北京博奇电力科技有限公司、浙江天地环保工程有限公司、中国华电工程(集团)有限公司、蓝天环保设备工程有限公司、四川恒泰环境技术有限责任公司、中电投远达环保工程有限公司、西安热工研究院有限公司、江西省电力设计院。

本标准主要起草人：高翔、孙克勤、李雄浩、葛介龙、郦建国、张涌新、吴树志、刘柏辉、沈明忠、付智明、杜云贵、许思龙、陈坚、任岷、张滨渭。

本标准首次发布。

燃煤烟气脱硝技术装备

1 范围

本标准规定了燃煤烟气脱硝技术装备的定义、适用范围、工艺系统、技术要求、检验验收、标牌、标志、包装、运输和贮存等内容。

本标准适用于燃煤锅炉选择性催化还原法(SCR)烟气脱硝需采用的技术装备。燃气、燃油、垃圾和生物质燃烧以及冶金化工行业的尾气需要采用 SCR 烟气脱硝技术装备时可以参考执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

- GBJ 87—1985 工业企业噪声控制设计规范
- GB 150 钢制压力容器
- GB/T 191—2000 包装储运图示标志(eqv ISO 780:1997)
- GB 536—1988 液体无水氨(GB/T 536—1988, neq ГOCT 6221:1982)
- GB 2440—2001 尿素
- GB 4053.1 固定式钢直梯安全技术条件
- GB 4053.2 固定式钢斜梯安全技术条件
- GB 4053.3 固定式工业防护栏杆安全技术条件
- GB 4053.4 固定式工业钢平台
- GB 6388—1986 运输包装收发货标志
- GB/T 13306—1991 标牌
- GB/T 13384—1992 机电产品包装通用技术条件
- GB 14554 恶臭污染物排放标准
- GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物和气态污染物采样方法
- GB 18218—2000 重大危险源辨识
- GB 50016—2006 建筑设计防火规范
- GB 50017—2003 钢结构设计规范
- GB 50040—1996 动力机器基础设计规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50058—1992 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范
- GB 50160 石油化工企业设计防火规范
- GB 50205—2001 钢结构工程施工质量验收规范
- GB 50222—1995 建筑内部装修设计防火规范
- GB 50229—2006 火力发电厂与变电站设计防火规范
- GB 50236—1998 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范
- GB Z1—2002 工业企业设计卫生标准
- GB Z2—2002 工业场所有害因素职业接触限值
- JB/T 4735—1997 钢制焊接常压容器

DL/T 5072—1997 火力发电厂保温油漆设计规程

DL/T 5153—2002 火力发电厂厂用电设计技术规定

《安全生产法》

《危险化学品安全管理条例》

《危险化学品生产储存建设项目安全审查办法》国家安全生产监督管理局、国家煤矿安全监察局令(第 17 号)

《建设项目竣工环境保护验收管理办法》国家环境保护总局令第 13 号

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

燃煤烟气脱硝技术装备 denitration equipment of coal-fired flue gas

用于脱除烟气中氮氧化物(脱硝)的工艺系统装备,包括与工艺直接相关的设备以及工艺附属的公用设备。

3.2

选择性催化还原法(SCR) selective catalytic reduction

利用还原剂在催化剂作用下有选择性地与烟气中的氮氧化物(主要是一氧化氮和二氧化氮)发生化学反应,生成氮气和水,从而减少烟气中氮氧化物排放的一种脱硝工艺。

3.3

还原剂 reductant

使烟气中氮氧化物还原的物质。

3.4

催化剂 catalyst

促使还原剂选择性地与烟气中的氮氧化物在一定温度下发生化学反应的物质。

3.5

SCR 反应器 SCR reactor

燃煤烟气脱硝技术装备中选择性还原脱除氮氧化物的反应装置。

3.6

氨氮摩尔比 NH_3/NO_x molar ratio

喷入氨的物质的量与 SCR 反应器入口氮氧化物物质的量之比。

3.7

喷氨混合系统 ammonia injection and mixing system

在 SCR 反应器进口烟道内将经空气稀释后的氨气喷入及与烟气均匀混合的系统,一般有喷氨格栅(ammonia injection grid)、烟气混合器(flue gas mixer)等技术。

3.8

氨逃逸 ammonia slip

SCR 反应器出口烟气中氨的浓度。

3.9

SO_2/SO_3 转化率 SO_2/SO_3 conversion rate

烟气中的二氧化硫(SO_2)在 SCR 反应器中被氧化成三氧化硫(SO_3)的百分比。按公式(1)计算:

$$X = \frac{M_{\text{S}_2}}{M_{\text{S}_3}} \times \frac{S_{3o} - S_{3i}}{S_{2i}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

X —— SO_2/SO_3 转化率, %;

M_{S_2} —— SO_2 的摩尔质量, 单位为克每摩尔(g/mol);

M_{S_3} —— SO_3 的摩尔质量, 单位为克每摩尔(g/mol);

S_{3o} ——SCR 反应器出口的 SO_3 浓度(标准状态, 干基, 过剩空气系数 1.4), 单位为毫克每立方米(mg/m^3);

S_{3i} ——SCR 反应器入口的 SO_3 浓度(标准状态, 干基, 过剩空气系数 1.4), 单位为毫克每立方米(mg/m^3);

S_{2i} ——SCR 反应器入口的 SO_2 浓度(标准状态, 干基, 过剩空气系数 1.4), 单位为毫克每立方米(mg/m^3)。

3. 10

装备可用率 availability

脱硝装备每年正常运行时间与锅炉每年总运行时间的百分比。按公式(2)计算:

$$Y = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Y ——装备可用率, %;

A ——锅炉每年总运行时间, 单位为小时(h);

B ——脱硝装备每年因自身故障导致的停运时间, 单位为小时(h)。

3. 11

脱硝效率 denitration efficiency

脱硝装备脱除的 NO_x 量与未经脱硝前烟气中所含 NO_x 量的百分比。按公式(3)计算:

$$\eta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

η ——脱硝效率, %;

C_1 ——SCR 反应器入口烟气中 NO_x 的浓度(标准状态, 干基, 过剩空气系数 1.4), 单位为毫克每立方米(mg/m^3);

C_2 ——SCR 反应器出口烟气中 NO_x 的浓度(标准状态, 干基, 过剩空气系数 1.4), 单位为毫克每立方米(mg/m^3)。

3. 12

催化剂活性 catalyst activity

催化剂促使还原剂与氮氧化物发生化学反应的能力。按公式(4)计算:

$$k = -\frac{V_f}{S_c} \times \ln \left[1 - \frac{\eta}{100} \right] \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

k ——催化剂活性(标准状态, 湿基), 单位为米每小时(m/h);

V_f ——实验室测试通过催化剂的烟气流量(标准状态, 湿基), 单位为立方米每小时(m^3/h);

S_c ——催化剂单元(与工程上安装的单元尺寸相同)的表面积, 单位为平方米(m^2);

η ——氨氮摩尔比等于 1 条件下的脱硝效率, %。

3. 13

装备压力降 differential pressure of equipment

脱硝装备进口和出口烟气平均全压之差, 单位为帕[斯卡](Pa)。

4 工艺系统

4.1 总体布置

- 4.1.1 燃煤烟气脱硝技术装备的总平面布置应符合 GB 50016、GB 50160、GB 50222 和 GB 50229 等防火、防爆有关规范的规定。
- 4.1.2 燃煤烟气脱硝技术装备的工艺布置方案可根据节能、降耗、增效的原则进行选择。工艺布置及典型工艺流程参见附录 A。
- 4.1.3 脱硝系统应进行计算机数值模拟和物理流场模型优化试验。
- 4.1.4 喷氨混合系统一般布置在 SCR 反应器进口烟道内。
- 4.1.5 氨气稀释系统应靠近 SCR 反应器布置。
- 4.1.6 还原剂储运制备系统的布置位置应考虑厂区主导风向的影响。
- 4.1.7 还原剂储运制备系统区域与周围建筑物防火间距应符合 GB 50016、GB 50160 的规定。

4.2 脱硝系统

4.2.1 喷氨混合系统

- 4.2.1.1 喷氨混合系统的设计应考虑防腐、防堵、防磨和热膨胀。
- 4.2.1.2 喷氨混合系统应具有良好的抗热变形性和抗振性。
- 4.2.1.3 在喷氨混合系统上游和下游可分别设置导流和整流装置。

4.2.2 SCR 反应器

- 4.2.2.1 SCR 反应器设置的数量应根据锅炉容量、反应器大小和脱硝系统可靠性要求等确定。
 - 4.2.2.2 SCR 反应器宜采用钢结构,并考虑检修维护措施,设置必要的平台扶梯。钢结构设计应符合 GB 50017 的规定,并充分考虑耐热、热膨胀等方面的要求。
 - 4.2.2.3 SCR 反应器的设计压力应当与锅炉设计一致,瞬时不变形承载能力按照炉膛抗爆压力考虑。
 - 4.2.2.4 SCR 反应器内的设计流速一般在 4 m/s~6 m/s 之间选择。
 - 4.2.2.5 SCR 反应器内的催化剂一般设有一层或多层初装层,并预留备用层或附加层,备用层与初装层的技术要求一致,附加层是在原有的初装层上直接加装一定高度模块的催化剂。
 - 4.2.2.6 SCR 反应器整体结构设计应充分考虑在第一层催化剂入口的烟气流速偏差、烟气流向偏差、烟气温度偏差以及 NH_3/NO_x 摩尔比偏差等。第一层催化剂入口烟气条件参见附录 B。
 - 4.2.2.7 SCR 反应器设计应考虑堵塞、磨损等情况,应能适应锅炉各种工况以及负荷变化和启停的要求。
 - 4.2.2.8 SCR 反应器应设置足够大小和数量的人孔门,并设有催化剂取样口。
 - 4.2.2.9 SCR 反应器进出口应设置补偿器来吸收来自锅炉及自身的轴向位移、径向位移、角位移和振动。
 - 4.2.2.10 应防止大粒径灰进入 SCR 反应器,并设置清灰设施和采取防止积灰措施。
 - 4.2.2.11 SCR 反应器应设置催化剂模块安装、维护及更换所必须的起吊装置和平台。
 - 4.2.2.12 锅炉加装 SCR 反应器,应核算锅炉尾部烟道防爆压力、锅炉钢架结构荷重、基础荷载等;应核算加装 SCR 反应器后烟气温度及阻力变化对锅炉尾部烟气系统的影响(如引风机压头的变化等);应充分考虑 SCR 反应器对锅炉整体及锅炉尾部的布置、空预器腐蚀等的影响。
- #### 4.2.3 催化剂
- 4.2.3.1 SCR 反应器内承装的催化剂可选择蜂窝式、板式、波纹式或其他形式,以满足脱硝工艺要求。催化剂形式、催化剂中各活性成分含量以及催化剂用量应根据具体烟气特性、飞灰特性和灰分含量确定。催化剂及催化剂设计选型的基础数据参见附录 C。
 - 4.2.3.2 催化剂正常工作温度范围一般控制在 320℃~425℃。
 - 4.2.3.3 催化剂层数的配置及寿命管理模式应进行综合技术经济比较,优选最佳模式。催化剂在设计

寿命内应能有效保证系统运行脱硝效率及各项技术指标。

4.2.3.4 当催化剂活性下降致使脱硝系统不能达到预期规定的脱硝效率时,需加装或更换催化剂。

4.2.3.5 催化剂模块应布置紧凑,并留有必要膨胀间隙。

4.2.3.6 催化剂模块间应设计有效防止烟气短路的密封装置,密封装置的寿命应不低于催化剂的使用寿命。

4.2.4 烟气旁路

4.2.4.1 脱硝系统可以根据需要设置省煤器烟气旁路。

4.3 还原剂储运制备系统

4.3.1 燃煤烟气脱硝技术装备一般选择氨气作为还原剂。氨气可由液氨、氨水或尿素等原料制得。还原剂的制备及耗量的计算方法参见附录 D。

4.3.2 根据还原剂制备原料自身的特性及供应情况确定还原剂制备原料的储量和储存方式,总储量可按燃煤烟气脱硝技术装备在锅炉 BMCR 工况下 3 d~7 d 的总消耗量来设计。

4.3.3 采用液氨作为氨气来源时,液氨的品质应符合 GB 536 的要求。采用尿素作为氨气来源时,尿素应符合 GB 2440 的要求。采用氨水作为氨气来源时,氨水浓度一般为 20%~30%。

4.3.4 氨/空气混合器内氨与空气的混合比例应符合 GB 536 的防爆规定。

4.3.5 系统应设有紧急停止供氨的措施,当出现下列情况时,应自动停止供氨。

——SCR 脱硝装备出现故障(含还原剂储运制备系统发生泄露情况)时;

——SCR 反应器的入口烟气温度在 320℃~425℃之外时;

——氨气稀释比例高于 8%(体积百分比)时。

4.3.6 当氨逃逸超过 3.80 mg/m³(标准状态,干基,过剩空气系数 1.4)时,系统应根据情况减少或停止供氨。

4.3.7 液氨储罐的设计应遵循 GB 150。

4.3.8 氨水储罐可采用钢制常压容器。

4.3.9 尿素应贮于场地平整、阴凉、通风干燥的仓库内,包装件堆放整齐,堆叠高度应小于 7 m,其储仓、输送装置应采取防潮、防尘措施。

4.3.10 当采用液氨或氨水作为氨气来源时,系统内应就地设有事故喷淋系统、氨气泄漏检测报警系统、氨气吹扫装置和防雷防静电等安全防范设施,且系统内的地上、半地下储罐或储罐组应设置非燃烧、耐腐蚀材料的防火堤,系统周围应就地设置排水沟。

5 技术要求

5.1 基本要求

按照经过规定程序批准的图纸和设计文件要求,对燃煤烟气脱硝技术装备进行制造、安装、调试及验收。

5.2 技术性能要求

——氨逃逸不大于 2.28 mg/m³(标准状态,干基,过剩空气系数 1.4);

——SO₂/SO₃ 转化率小于 1%;

——脱硝效率和装备压力降等参数满足设计要求,氮氧化物排放达到国家环保部门规定;

——主体设备设计使用寿命不低于锅炉的剩余使用寿命;

——装备可用率保证在 95%以上。

5.3 材料和制造要求

5.3.1 燃煤烟气脱硝技术装备中的压力容器应遵循 GB 150,非压力容器应遵循 JB/T 4735。

5.3.2 燃煤烟气脱硝技术装备所用钢材应附有钢材生产单位的钢材质量证明书。燃煤烟气脱硝技术装备的生产厂家应按钢材质量证明书对钢材进行验收,必要时进行复验。

5.3.3 燃煤烟气脱硝技术装备钢结构的施工应遵循 GB 50205。

5.3.4 燃煤烟气脱硝技术装备的保温、油漆应符合 DL/T 5072 的规定。

5.3.5 催化剂模块的材料和制造应满足催化剂的性能要求和强度要求。

5.4 电气和控制要求

5.4.1 燃煤烟气脱硝技术装备中还原剂储运制备系统的电气设计应遵循 GB 50058, 脱硝系统的电气设计应遵循 DL/T 5153。

5.4.2 燃煤烟气脱硝技术装备的热工自动化系统可采用分散控制系统(DCS)或可编程控制器(PLC), 其功能包括数据采集和处理(DAS)、模拟量控制(MCS)、顺序控制(SCS)及联锁保护。

5.4.3 燃煤烟气脱硝技术装备应采取防雷、接地措施, 并符合 GB 50057 的有关规定。

5.4.4 SCR 反应器进出口烟道应设有烟气检测仪器, 以监测烟气温度、流量、压力、氮氧化物浓度、氧气浓度以及出口氨逃逸等参数。

5.4.5 检测仪表和执行装置应满足燃煤烟气脱硝技术装备运行和热控整体自动化的功能与接口要求。

5.5 安全环保职业卫生要求

5.5.1 燃煤烟气脱硝技术装备的工作平台、扶梯、栏杆等应符合 GB 4053.1~GB 4053.4 的规定。

5.5.2 还原剂储运制备系统应按 GB 18218 进行辨识, 并建立档案。

5.5.3 氨的储运和制备应遵循《安全生产法》、《危险化学品安全管理条例》和《危险化学品生产储存建设项目安全审查办法》的规定, 并应满足 GB Z1、GB Z2 和 GB 14554 的要求。

5.5.4 燃煤烟气脱硝技术装备的噪声控制设计应符合 GBJ 87 的规定, 振动控制设计应符合 GB 50040 的规定。

5.6 消防要求

5.6.1 消防系统的设计应符合 GB 50229、GB 50016 的要求, 消防水系统的设置应覆盖所有设备。消防水源宜由厂内管网主消防系统供给。

5.6.2 消火栓应根据需要沿道路设置, 并宜靠近路口。

6 检验验收

6.1 装备验收

6.1.1 燃煤烟气脱硝技术装备中各设备在制造完成时, 应进行试验以证明其性能符合各设备规范和合同要求。

6.1.2 燃煤烟气脱硝技术装备中各设备及相关工业管道、钢结构在建设工程地焊接安装完毕后, 应按 GB 50236、GB 50205 规范进行验收, 单体设备应验收合格。

6.1.3 催化剂验收应包括: 催化剂生产单位、生产制造所执行的标准、产品规格与型号、质量证明书、产品合格证、产品编号、使用说明书、生产日期、出厂日期等。催化剂到现场后, 应根据供需双方约定进行随机取样封存, 并送国家权威机构进行检验。

6.1.4 工程安装、施工结束后应进行调试前的分步试验验收, 验收应合格。

6.1.5 燃煤烟气脱硝技术装备应通过 168 h 运行, 运行期间各子系统应运转正常, 技术指标应达到设计和合同要求。

6.2 性能验收

6.2.1 燃煤烟气脱硝技术装备性能试验至少应包括: 脱硝效率, 氨逃逸, SO_2/SO_3 转化率, 装备压力降以及电、水、氨的消耗等。性能验收采样方法参照 GB/T 16157 执行。

6.2.2 燃煤烟气脱硝技术装备竣工环境保护验收按《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定进行。一般在自生产试运行之日起的 3 个月内, 向有审批权的环境保护行政主管部门申请该装备的竣工环境保护验收。

7 标牌、标志、包装、运输和贮存

7.1 标牌和标志

7.1.1 标牌应符合 GB/T 13306 的有关规定。

7.1.2 燃煤烟气脱硝技术装备中各设备应在明显位置装有固定标志,且至少应包括:制造厂名或商标,产品型号及名称,额定处理能力,设备外形尺寸,执行标准号及产品编号,制造日期。

7.2 包装、运输和贮存

7.2.1 燃煤烟气脱硝技术装备的包装应符合 GB/T 13384 的规定,包装与运输的标志应符合 GB 6388 和 GB/T 191 的规定。

7.2.2 运输时应对设备的接管法兰表面加以保护,采用合理装载加固措施,依次码好,使法兰面不受损坏。

7.2.3 燃煤烟气脱硝技术装备应附有下列图样和随机文件:设备总清单;设备总图、基础图、管路图及安装图;产品合格证;使用说明书;包装清单及备品备件清单;上述图样及技术文件清单。

7.2.4 建设过程中,燃煤烟气脱硝技术装备钢结构件及大件设备允许露天存放,其余设备、电器、仪表、催化剂及设备配件宜库存。

附录 A

(资料性附录)

工艺布置及典型工艺流程

A.1 工艺布置

本标准针对 SCR 烟气脱硝技术,无其他脱硝方法如 SNCR,电子束辐射法等内容。

在燃煤电厂中的 SCR 反应器一般有三种布置方式:高尘布置(HD,High Dust),位于锅炉后部省煤器与空气预热器之间(见图 A.1);低尘布置(LD,Low Dust),位于电除尘器(ESP,electrostatic precipitator)后空气预热器(APH,Air Pre-Heater)之前(见图 A.2);尾部布置(TE,Tail end),位于烟气脱硫除尘之后(见图 A.3)。

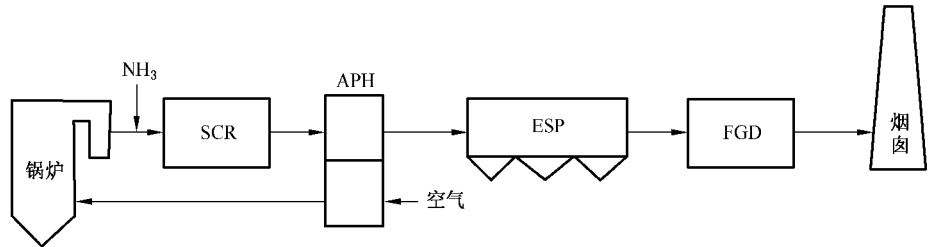


图 A.1 高尘布置图

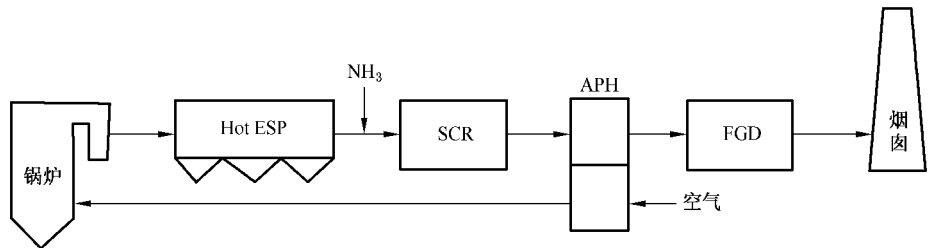


图 A.2 低尘布置图

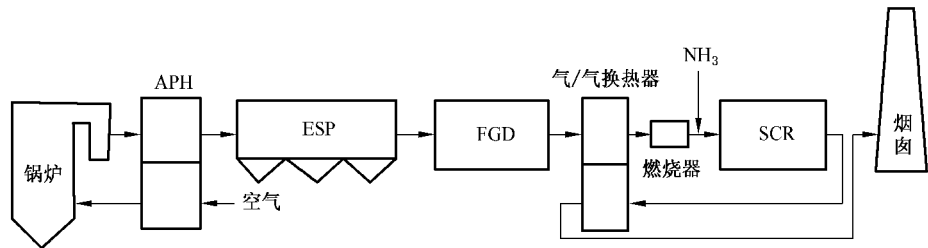


图 A.3 尾部布置图

高尘布置(HD),SCR 反应器所处位置的烟气温度为 $300^{\circ}\text{C}\sim 430^{\circ}\text{C}$,正好是一般催化剂的最佳活性温度窗口,这种布置方案烟气在进入 SCR 反应器前不需要采用加热器对其进行再加热,因而投资费用与运行费用较低。

低尘布置(LD),该布置方式减少了烟气中烟尘对催化剂的冲刷腐蚀,避免了催化剂的堵塞,延长催化剂的使用寿命,但必须使用高温电除尘器(Hot ESP)。

尾部布置(TE),SCR 反应器位于烟气脱硫及除尘之后的低温烟气区,需要加设一套额外的烟气再热系统(含烟气换热器和燃烧器),提升脱硫后烟气的温度以满足催化剂的温度要求,因而投资费用与运行费用较高。

一般,燃煤烟气脱硝技术装备首选高尘布置工艺。

A.2 典型工艺流程

如图 A.4 所示,典型的燃煤烟气 SCR 脱硝技术装备工艺一般包含脱硝系统和还原剂储运制备系统,其中脱硝系统一般由喷氨混合系统、SCR 反应器、催化剂和烟气旁路等组成。

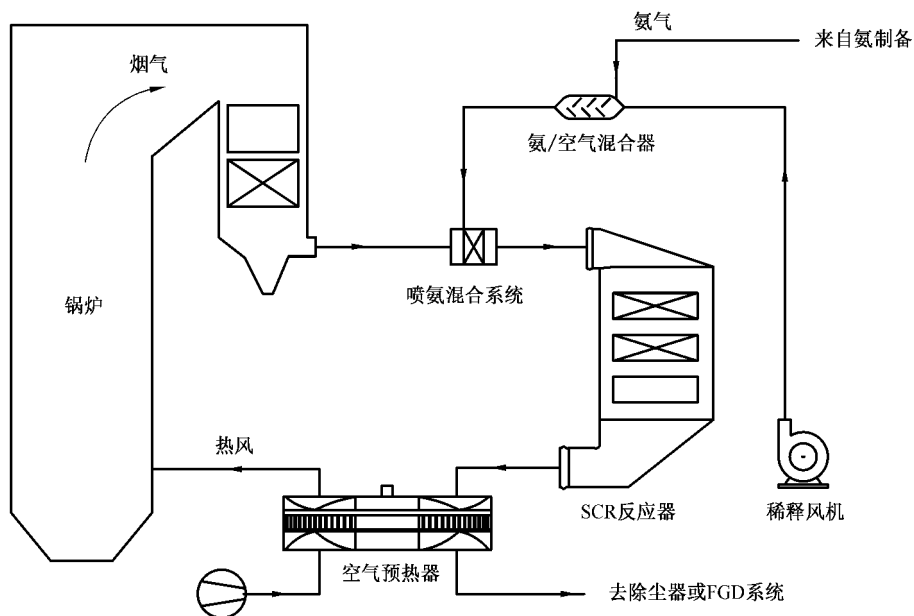


图 A.4 典型燃煤烟气 SCR 脱硝技术装备工艺流程图

将还原剂制备系统制备得到的氨气送入氨/空气混合器内与来自稀释风机的空气充分混合,再通过喷氨混合系统将用空气稀释好的氨气喷入 SCR 反应器入口烟道内与烟气均匀混合,并在下游的 SCR 反应器内与烟气中的氮氧化物在催化剂催化条件下发生化学反应,生成氮气和水,从而去除了烟气中的大部分氮氧化物。

附 录 B
(资料性附录)

第一层催化剂入口烟气条件

B.1 第一层催化剂入口烟气条件一般以第一层催化剂入口的烟气流速偏差、烟气流向偏差、烟气温度偏差、 NH_3/NO_x 摩尔比偏差等表示。

B.1.1 烟气流速偏差一般指第一层催化剂入口烟气速度分布的相对标准偏差。

B.1.2 烟气流向偏差一般指第一层催化剂入口烟气流向与催化剂横截面垂直方向的夹角。

B.1.3 烟气温度偏差一般指第一层催化剂入口烟气温度分布的绝对偏差。

B.1.4 NH_3/NO_x 摩尔比偏差一般指第一层催化剂入口 NH_3/NO_x 摩尔比分布的相对标准偏差。

B.2 第一层催化剂入口烟气条件的一般要求：

- 烟气流速偏差小于 15%；
- 烟气流向偏差小于 10° ；
- 烟气温度偏差小于 $\pm 15^\circ\text{C}$ ；
- NH_3/NO_x 摩尔比偏差小于 5%。

附 录 C (资料性附录)

催化剂及催化剂设计选型的基础数据

C.1 催化剂材料

催化剂一般由 TiO_2 、 V_2O_5 、 WO_3 、 MoO_3 等物质组成。催化剂材料从功能上划分,可分为活性成分、载体和辅助材料三部分。所谓活性成分,指能促使氨气与氮氧化物发生化学反应的络合体成分。一般可以用金属、金属氧化物、活性炭等作为活性成分。载体是使活性成分得以分散的媒体物质,为了增加活性成分与烟气的接触机会,一般都用多孔质的物质作为载体,且与活性物质相协调,使活性物质均匀分散。作为载体使用的物质中,有各种多孔质的陶瓷类,矿物等,一般采用铝、钛、硅等的氧化物多孔质材料。辅助材料主要是指保证为催化剂的机械强度而使用的粘结剂或骨料,根据催化剂的不同形状,可分别采用高岭土、玻璃纤维、陶瓷、钢板、铁丝网等作为载体。

C.2 催化剂选择

催化剂的选择应根据烟气特性、飞灰特性、灰分含量、反应器形状、脱硝效率、氨逃逸、 SO_2/SO_3 转化率、装备压力降以及使用寿命等条件综合考虑。当煤质含硫量高时,可选择 SO_2/SO_3 转化率低的催化剂,防止对下游设备产生影响;当飞灰含量高时,可选择具有高耐磨损性的催化剂。含有 SO_2 或者 SO_3 的烟气中,应避免使用多孔质氧化铝(矾土)作为催化剂载体,以避免与 SO_2 和 SO_3 作用形成亚硫酸盐和硫酸盐。此时,催化剂载体可选用钛或硅的氧化物作为催化剂载体。

C.3 催化剂失活

由于受到烟气中的气体条件、粉尘条件和温度条件方面因素的影响,催化剂的活性一般都会随着时间的延长而降低,主要原因如下:

- 1) 烟气中成分(碱金属、碱土金属、As、卤素等)使催化剂中毒,降低催化剂的活性;
- 2) 烟气中飞灰对催化剂的冲刷、玷污、堵塞,降低催化剂的活性;
- 3) 温度过高,引起催化剂烧结,致使催化剂失活。

不同的催化剂有不同的活性温度窗口。一般烟气温度范围控制在 $320^\circ\text{C} \sim 425^\circ\text{C}$, 过高或过低的温度都会导致催化剂无法正常起到催化作用,致使系统脱硝效率降低。

C.4 催化剂设计选型的基础数据

催化剂设计选型的基础数据一般应包括:

煤种的工业分析,元素分析;

煤种的其他常量和微量元素分析:

Na 含量, %;

K 含量, %;

As 含量, %;

Cl 含量, %;

F 含量, %;

飞灰粒径分布;

飞灰的矿物质成分分析:

SiO_2 含量, %;

Al₂O₃ 含量, %;

Fe₂O₃ 含量, %;

CaO 含量, %;

游离 CaO 含量, %;

MgO 含量, %;

TiO₂ 含量, %;

MnO 含量, %;

V₂O₅ 含量, %;

Na₂O 含量, %;

K₂O 含量, %;

P₂O₅ 含量, %;

SO₃ 含量, %;

烧失量, %;

未燃尽碳含量, %;

烟气体积流量(标准状态,湿基或干基), m³/h;

烟气温度范围, °C;

烟气中飞灰含量(标准状态,干基,过剩空气系数 1.4), g/m³ 或 mg/m³;

烟气组分分析:

H₂O 含量(标准状态), %;

O₂ 含量(标准状态,干基), %;

CO₂ 含量(标准状态,干基), %;

N₂ 含量(标准状态,干基), %;

NO_x 含量(标准状态,干基,过剩空气系数 1.4), mg/m³;

SO₂ 含量(标准状态,干基,过剩空气系数 1.4), mg/m³;

SO₃ 含量(标准状态,干基,过剩空气系数 1.4), mg/m³;

HCl 含量(标准状态,干基,过剩空气系数 1.4), mg/m³;

HF 含量(标准状态,干基,过剩空气系数 1.4), mg/m³;

CO 含量(标准状态,干基,过剩空气系数 1.4), mg/m³。

在 SCR 烟气脱硝工程前期,还应尽量提供有助于催化剂设计的相关数据如主体工程每年在各种负荷工况下的预计运行时间等。如果项目中应用到多种燃料,催化剂设计选型的基础数据还应包括各种燃料所使用的比例。

附录 D

(资料性附录)

还原剂的制备及耗量的计算方法

D.1 还原剂的制备

D.1.1 还原剂制备方法

D.1.1.1 液氨法:通过液氨卸料压缩机将液氨由槽车送入储氨罐内,储氨罐内的液氨在压差和自身重力势能的作用下被送至液氨蒸发器内蒸发为氨气,氨气送到氨气缓冲槽经调压阀减压后,送入氨/空气混合器中与来自稀释风机的空气充分混合,再通过喷氨混合系统将用空气稀释好的氨气喷入 SCR 反应器入口烟道内与烟气均匀混合,随后进入下游的 SCR 反应器。氨气系统紧急排放的氨气则引入氨气稀释槽中,经水吸收排入废水池,再由废水泵送至废水处理厂处理。

D.1.1.2 氨水法:将 20%~30% 的氨水溶液,通过加热装置使其蒸发,并引出氨气。一般可采用接触式蒸发器法和喷淋式蒸发器法。

D.1.1.3 尿素法:一般有水解法和热解法两种。

D.1.1.3.1 水解法:将储料仓中的干尿素(NH_2CONH_2)送入混合罐中,通过加水搅拌使尿素完全溶解。溶解好的尿素溶液,通过计量泵送入水解槽之前必须过滤。在水解槽中,尿素溶液通过蒸汽预热器加热到反应温度,并与水反应成氨和二氧化碳。

D.1.1.3.2 热解法:将一定温度的空气送入专门设计的热解室(又称混合燃烧室),使喷入热解室的高浓度尿素溶液转化成氨气。

D.1.2 还原剂制备原料比较

D.1.2.1 液氨属于危险品,需十分注意安全防护;氨水容易运输较液氨安全,氨区更易整合在电厂总平面布置中,但是运输体积大;尿素是安全原料(肥料),湿或干的形态都容易运输,但是其制氨的系统相对液氨和氨水来得复杂,设备占地面积大,储存量大时需考虑潮解问题。

D.1.3 安全考虑

D.1.3.1 氨对铜、铜合金、铝等有腐蚀性,相关的管道、阀门以及仪器上不能使用这些材料。

D.1.3.2 为防止氨气逆流,应设置止回阀。

D.1.3.3 考虑到氨的毒性,在管和管接头、以及阀门类的连接处,应采用焊接连接;若不能采用焊接连接时,也可采用法兰连接,但应采取相应的加强严密性的措施。

D.1.3.4 各管道设备应采取防止静电的接地措施。

D.2 还原剂耗量的计算方法

以氨气作为 SCR 法脱硝还原剂,其耗量按式(D.1)计算(NO_x 浓度换算为 NO_2 浓度):

$$Q = V_m \times F \times \frac{C_{\text{NO}_x}}{M_{\text{NO}_2}} \times n \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (\text{D.1})$$

$$n = \frac{M_{\text{NO}_2}}{M_{\text{NH}_3}} \times \frac{C_{\text{slipNH}_3}}{C_{\text{NO}_x}} + \frac{\eta}{100} \quad \dots\dots\dots (\text{D.2})$$

式中:

Q ——氨气耗量,单位为立方米每小时(m^3/h);

V_m ——标准状况下气体摩尔体积,值等于 22.4, L/mol ;

F ——锅炉烟气流量(标准状态,干基,过剩空气系数 1.4),单位为立方米每小时(m^3/h);

C_{NO_x} ——SCR 反应器入口换算为 NO_2 的浓度(标准状态,干基,过剩空气系数 1.4),单位为毫克每立

方米(mg/m^3)；

M_{NO_2} —— NO_2 的摩尔质量,单位为克每摩尔(g/mol)；

M_{NH_3} —— NH_3 的摩尔质量,单位为克每摩尔(g/mol)；

n ——氨氮摩尔比；

C_{slipNH_3} ——氨逃逸(标准状态,干基,过剩空气系数 1.4),单位为毫克每立方米(mg/m^3)；

η ——脱硝效率, %。
