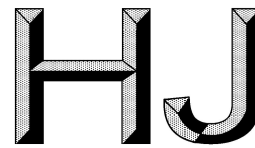


附件 1



中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 462-202□

工业锅炉烟气治理工程技术规范

Technical specification for flue gas treatment engineering of
industrial boiler

(征求意见稿)

202□-□□-□□ 发布

202□-□□-□□ 实施

生 态 环 境 部 发布

目 次

前 言.....	II
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	3
4 污染物与污染负荷.....	4
5 总体要求.....	5
6 工艺设计.....	6
7 主要工艺设备和材料.....	16
8 检测与过程控制.....	18
9 主要辅助工程.....	19
10 劳动安全与职业卫生.....	20
11 工程施工与验收.....	21
12 运行与维护.....	23
附录 A（资料性附录）分析检测项目及检测周期.....	26
附录 B（资料性附录）电气系统故障应急预案.....	27
附录 C（资料性附录）检测、控制系统故障应急预案.....	28
附录 D（资料性附录）氨泄漏应急预案.....	29

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》等法律法规，防治环境污染，改善生态环境质量，规范工业锅炉烟气治理工程的建设和运行管理，制定本标准。

本标准规定了工业锅炉烟气治理工程的主要技术要求。

本次修订的主要内容：

——修改了标准名称；

——增加了工业锅炉烟气除尘与脱硝等内容，增补了烟气脱硫的技术种类；

——充实了工业锅炉烟气治理设施的运行、维护、安全与职业卫生防护等内容；

——增加烟气治理工程运行过程的应急预案；

——完善了资料性附录；

——燃油、燃气及燃烧其它燃料的工业锅炉和工业炉窑的烟气治理工程可参照执行。

本标准首次发布于 2009 年，本次为首次修订。

本标准由生态环境部科技与财务司、法规与标准司组织修订。

本标准起草单位：中国环境保护产业协会、浙江天蓝环保技术股份有限公司、生态环境部华南环境科学研究所、浙江大学环境技术研究所、北京市劳动保护科学研究所、北京利德衡环保工程有限公司、福建永恒能源管理有限公司。

本标准生态环境部202□年□□月□□日批准。

本标准自202□年□□月□□日起实施。

本标准由生态环境部解释。

工业锅炉烟气治理工程技术规范

1 适用范围

本标准规定了燃煤工业锅炉烟气治理工程的术语和定义、总体要求、工艺设计、主要工艺设备和材料、检测与过程控制、劳动安全与职业卫生、施工与验收、运行与维护等技术要求。

本标准适用于以燃煤为燃料的单台锅炉出力在 10t/h 到 65t/h（含）之间的蒸汽锅炉、容量不小于 7MW 的热水锅炉及有机热载体锅炉、容量不小于 7MW 的层燃炉和抛煤机炉。

本标准适用于燃煤工业锅炉烟气中二氧化硫（SO₂）、氮氧化物（NO_x）和颗粒物三类污染物的治理工程，可作为燃煤工业锅炉新建、改建、扩建工程环境影响评价，环境保护设施设计、施工、调试、验收和运行管理以及环境监理的技术依据。

使用燃油、燃气、型煤、水煤浆、生物质成型燃料、生活垃圾等的工业锅炉和工业炉窑，其烟气治理工程可参照执行。

本标准不适用于以危险废物为燃料的锅炉。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 536	液体无水氨
GB 2894	安全标志
GB 5083	生产设备安全卫生设计总则
GB 5749	生活饮用水卫生标准
GB 8978	污水综合排放标准
GB 12348	工业企业厂界环境噪声排放标准
GB/T 12801	生产过程安全卫生要求总则
GB 18218	危险化学品重大危险源辨识
GB 18597	危险废物贮存污染控制标准
GB 18598	危险废物填埋污染控制标准
GB 18599	一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准
GB/T 27869	电袋复合除尘器
GB 50009	建筑结构荷载规范
GB 50011	建筑结构抗震设计规范

GB 50013	室外给水设计标准
GB 50014	室外排水设计规范
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50019	工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 50034	建筑照明设计标准
GB 50040	动力机器基础设计规范
GB 50041	锅炉房设计规范
GB 50052	供配电系统设计规范
GB 50058	爆炸危险环境电力装置设计规范
GB 50084	自动喷水灭火系统设计规范
GB/T 50087	工业企业噪声控制设计规范
GB 50140	中国建筑灭火器配置设计规范
GB 50160	石油化工企业设计防火规范
GB 50212	建筑防腐蚀工程施工规范
GB 50219	水喷雾灭火系统技术规范
GB 50222	建筑内部装修设计防火规范
GB 50243	通风与空调工程施工质量验收规范
GB 50229	火力发电厂与变电所设计防火规范
GB 50726	工业设备及管道防腐蚀工程施工规范
GBJ 22	厂矿道路设计规范
GBZ 1	工业企业设计卫生标准
GBZ 2.1	工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素
GBZ 2.2	工作场所有害因素职业接触限值第2部分：物理因素
DL/T 997	火电厂石灰石—石膏湿法脱硫废水水质控制指标
HJ 75	固定污染源烟气（SO ₂ 、NO _x 、颗粒物）排放连续监测技术规范
HJ 76	固定污染源烟气（SO ₂ 、NO _x 、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法
HJ 178	烟气循环流化床法脱硫工程通用技术规范
HJ 179	石灰石/石灰—石膏法烟气脱硫工程通用技术规范
HJ 562	火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法

- HJ 563 电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性非催化还原法
- HJ 2020 袋式除尘工程通用技术规范
- HJ 2028 电除尘工程通用技术规范
- HJ 2053 燃煤电厂超低排放烟气治理工程技术规范
- JB/T 5909 电除尘器用瓷绝缘子
- JB/T 10989 湿法烟气脱硫装置专用设备 除雾器
- JB/T 11648 燃煤烟气电石渣湿法脱硫设备
- JB/T 12129 燃煤烟气脱硝失活催化剂再生及处理方法
- JB/T 12131 燃煤烟气净化SCR脱硝流场模拟试验技术规范
- JB/T 12593 燃煤烟气湿法脱硫后湿式电除尘器
- JC/T 2074 烟气脱硫石膏
- TSG G0001 锅炉安全技术监察规程

《危险化学品安全管理条例》（中华人民共和国国务院令 第591号）

《危险化学品建设项目安全许可实施办法》（国家安全生产监督管理总局 第8号令）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 脱硝还原剂 DeNO_x reductant

在脱硝工程中用来还原烟气中 NO_x 的物质，主要指氨水 ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)、尿素 ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) 和液氨 (NH_3)。

3.2 SNCR-SCR 联合脱硝 SNCR-SCR combined DeNO_x

SNCR(选择性非催化还原法脱硝)技术与SCR(选择性催化还原法脱硝)技术的联合应用，即将脱硝还原剂喷入SNCR反应区，先进行部分 NO_x 的脱除，从SNCR反应区逃逸的还原剂氨随烟气进入装有少量催化剂的SCR脱硝反应器内实现二次脱硝。

3.3 标准状态 standard condition

锅炉烟气在温度为273K，压力为101325Pa时的状态，简称“标态”。本标准规定的排放浓度均指标准状态下干烟气中的数值。

3.4 氨逃逸浓度 ammonia slip

脱硝装置出口烟气中氨的质量与烟气体积（标态，干基，9%基准氧含量）之比。单位为 mg/m^3 。

3.5 烟气阻力 flue gas resistance

烟气通过某设备（烟道或系统）时产生的流动阻力与局部阻力之和，是该设备（烟道或

系统)运行过程中进出口处烟气的全压之差,单位为Pa。

3.6 液气比 (L/G) liquid/gas ratio

吸收塔中循环吸收液体积流量 (L/h) 与烟气流量 (m^3/h) 的比值,单位为 L/m^3 。

3.7 脱硫剂 desulfurizer

吸收烟气中二氧化硫 (SO_2) 的物质,在工业锅炉烟气脱硫工程中常用的脱硫剂有石灰石 (CaCO_3)、石灰 (CaO)、电石渣 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)、氧化镁 (MgO)、纯碱 (Na_2CO_3)、烧碱 (NaOH) 等。

3.8 副产物 by-products

锅炉烟气治理工程运行过程中伴随治理主工艺产生的各类物质。

4 污染物与污染负荷

4.1 污染物来源

燃煤工业锅炉的烟气污染物主要来源于燃煤燃烧过程,包括颗粒物和气态污染物,烟气污染物的初始排放浓度与燃料品质、燃料成分、锅炉炉型、锅炉负荷等密切相关。本标准主要针对 SO_2 、 NO_x 、颗粒物的治理提出技术要求。

4.2 污染负荷

污染负荷的计算可参照 HJ 2053,治理工程的污染物设计负荷应在理论计算的基础上,结合燃煤煤质波动、锅炉负荷、操作方式变动及相似工况实测值等条件综合确定。

4.3 工程设计时宜收集的主要数据

工程设计时宜收集的主要数据包括但不限于以下数据:

4.3.1 通用数据

- a) 锅炉引风机参数;
- b) 锅炉的烟气量,包括正常烟气量范围、最大烟气量;
- c) 烟风系统阻力及阻力分布;
- d) 烟气温度,包括最高温度、正常温度范围、酸露点温度;
- e) 厂区总平面布置图及交通运输图;
- f) 锅炉初始污染物排放浓度和污染物产生的工作制度;
- g) 污染物允许排放浓度与排放总量;
- h) 供电及公用工程参数;
- i) 气象条件、地震荷载等。

4.3.2 其它相关数据

- a) 锅炉型式;

- b) 锅炉热力计算、炉内温度分布、省煤器进出口温度、烟道布置图等；
- c) 除盐水、工艺水水质指标；
- d) 燃料的种类、含湿量、热值；
- e) 治理设施入口的烟气成分；
- f) 燃料、颗粒物的工业分析和元素分析数据。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 烟气治理工程设计和建设前，应优先考虑采取源头控制、协同减排、清洁燃烧等技术降低锅炉烟气中污染物的初始浓度。

5.1.2 烟气经治理后 SO_2 、 NO_x 和颗粒物的实际排放浓度应满足排放限值和环境影响评价报告中对总量控制的要求。

5.1.3 污染物的设计脱除效率应根据污染物入口浓度、排放限值、排放总量等数据综合考虑后确定，并应留有裕量。

5.1.4 新建项目的烟气治理工程应和锅炉同时设计、同时施工、同时投产使用。

5.1.5 治理工程宜设置计量装置对各种物料的消耗量进行计量。

5.1.6 工程运行时产生的副产物应妥善处置。暂无综合利用条件时，其贮存场的建设和使用应符合 GB 18597 或 GB 18599 的相关要求。

5.1.7 烟气排放自动连续监测系统（CEMS）的设置和运行维护应符合 HJ 75、HJ 76 的规定。

5.1.8 烟气治理工程需要对锅炉本体进行改造时，其设计及施工要符合 GB 50041 和 TSG G0001 标准的要求。

5.2 工程构成

5.2.1 工业锅炉烟气治理工程由 SO_2 、 NO_x 和颗粒物治理系统的主体工程、公用系统、辅助工程等构成。

5.2.2 SO_2 治理系统主体工程包括吸收系统、吸收剂制备系统、副产物处理系统等； NO_x 治理系统主体工程包括还原剂系统、反应系统等；颗粒物治理系统主体工程包括除尘器、卸输灰系统等。

5.2.3 公用系统包括工艺水系统、压缩空气系统、蒸汽系统等。

5.2.4 辅助工程包括电气与控制、建筑与结构、在线监测、消防和给排水、暖通等。

5.3 总平面布置

5.3.1 一般规定

5.3.1.1 烟气治理工程的总平面布置应与锅炉布置相协调，并应遵循以下原则：

- a) 工艺布局合理、流程顺畅，各烟气治理设施的配置应协调一致；

- b) 交通运输便捷；
- c) 设备运行稳定、施工维修及管理方便；
- d) 合理利用竖向空间，少占地，经济合理，运行费用低、便于运维；
- e) 根据环境保护、消防、劳动安全和职业卫生等要求，合理设置防火、防爆区域。

5.3.1.2 烟气治理工程在设计与施工中应避免变动锅炉的建（构）筑物和地下管线。当不能避免时，应采取合理的过渡措施。

5.3.2 总图布置

5.3.2.1 烟气治理工程的总平面布置应符合GBZ 1、GB 50016、GB 50222和GB 50229 等的规定。

5.3.2.2 根据具体的烟气治理技术，其总图布置应符合 HJ 562、HJ 563、HJ 2020、HJ 2028 、HJ 178、HJ 179等的相关规定。

5.3.2.3 烟气治理工程的公用系统和辅助系统宜统一考虑，并充分利用厂内已有设施。

5.3.2.4 原料与副产物的贮存间或暂存间的布置应靠近主要运输通道。

5.3.2.5 氨区与其他建（构）筑物的间距应符合GB 50160、GB50016的规定，氨区的其它设计要求应满足HJ 562等相关的国家或行业标准。

5.3.3 交通运输

5.3.3.1 烟气治理工程的交通运输设计应符合GBJ 22的要求。

5.3.3.2 应根据物料运输、消防和检修便捷的需要，合理设置道路，主要设备附近应设检修通道。

5.3.4 管线布置

5.3.4.1 管线布置应根据总平面布置、管道输送介质、施工维护和检修等因素确定，在平面及立面上应与主体工程相协调。

5.3.4.2 管线集中布置时应遵循以下原则：

- a) 含有腐蚀性介质的管线布置在管架最下层，公用管道、电缆桥架依次在上层布置；
- b) 优先布置需自流的管线；
- c) 优先布置工程量大、安装维护难度大、检修维护频繁的管线；
- d) 新建管路的布置不影响现有管线。

5.3.4.3 管线与其他构筑物、道路之间的水平与垂直最小间距等可参照HJ 2020执行。

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 烟气治理工艺的选择应综合考虑排放限值、排放总量和锅炉炉型等实际条件，依据

技术成熟、运行可靠、经济合理、能耗低、二次污染少等原则确定。

6.1.2 设计时应充分考虑燃料及锅炉负荷等对所选工艺的影响，提高其适应性和可调节性。

6.1.3 烟气治理工程改造时应核算已有引风机的出力是否满足改造工艺的要求。

6.1.4 设计与施工时应满足 TSG G0001 的要求。

6.1.5 烟气各污染物治理工艺应协调一致，避免相互干扰，优先选用具有协同治理效应的烟气治理工艺。

6.1.6 低氮燃烧的工艺设备不能影响锅炉的运行与检修。

6.1.7 常见燃煤工业锅炉烟气治理的典型工艺流程示意图 1~图 3。

a) 煤粉锅炉：

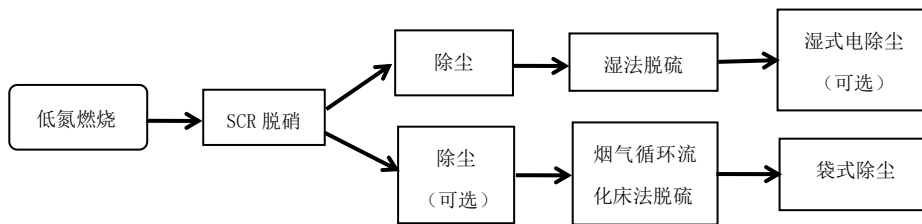


图 1 煤粉锅炉烟气治理工艺流程示意图

b) 层燃炉：

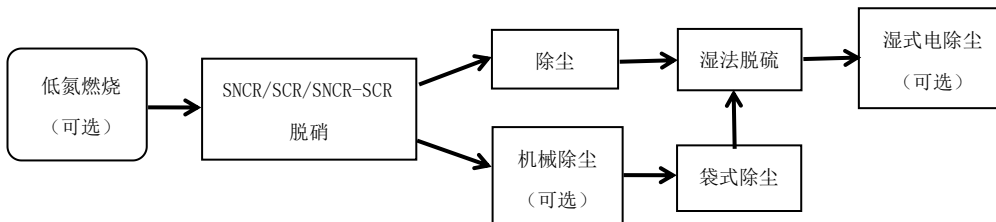


图 2 层燃炉烟气治理工艺流程示意图

c) 循环流化床锅炉：

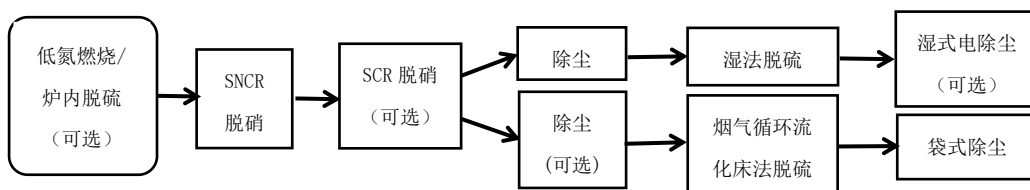


图 3 循环流化床锅炉烟气治理工艺流程示意图

6.2 低氮燃烧

6.2.1 低氮燃烧具有投资费用低、运行简单、维护方便等特点。

6.2.2 应充分考虑低氮燃烧工艺对空预器、引风机和除尘器等的影响，控制烟气中一氧化碳的浓度，不降低锅炉的出力。

6.2.3 应结合热工计算和模拟实验的结论，合理确定燃料、空气、烟气在炉膛各处的分布。

6.2.4 低氮燃烧的 NO_x 减排效果与锅炉炉型的关系较大，煤粉锅炉实施低氮燃烧后烟气中 NO_x 的初始排放浓度宜控制在 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 以下；循环流化床锅炉实施低氮燃烧后烟气中 NO_x 的初始排放浓度宜控制在 $250\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

6.3 SNCR 脱硝

6.3.1 工业锅炉烟气 SNCR 脱硝的工艺设计及典型流程可参照 HJ 563。

6.3.2 还原剂选用尿素时，其喷射点应设在温度为 $950^\circ\text{C}\sim 1150^\circ\text{C}$ 的区间内；还原剂选用氨水时，其喷射点应设在温度为 $850^\circ\text{C}\sim 1050^\circ\text{C}$ 的区间内。

6.3.3 系统应能适应锅炉负荷变化，并结合常用煤种及运行工况进行数值模拟和/或物模，根据模拟结果和实际测温数据确定喷枪布置方式，强化还原剂与烟气的混合效果。数值模拟时可参考 JB/T 12131。

6.3.4 工程对应的锅炉炉膛温度常会发生较大波动时，宜设计备用喷射点。

6.3.5 SNCR 脱硝系统应不增加烟气阻力。

6.3.6 煤粉锅炉和层燃炉的脱硝效率可达 $20\%\sim 40\%$ ，循环流化床锅炉的脱硝效率可达 $40\%\sim 70\%$ 。

6.3.7 喷射系统的设计和施工应符合 GB 50041 和 TSG G0001 等要求。

6.3.8 喷射系统的安装位置不能影响锅炉的正常检修。

6.4 SCR 脱硝

6.4.1 工业锅炉烟气 SCR 脱硝的工艺设计及典型流程可参照 HJ 562。

6.4.2 活性温度窗口在 $300^\circ\text{C}\sim 420^\circ\text{C}$ 的催化剂常称为高温型催化剂；活性温度窗口在 $200^\circ\text{C}\sim 300^\circ\text{C}$ 的催化剂常称为中低温型催化剂。应合理选择高温型或中低温型的催化剂。

6.4.3 烟气流经 SCR 催化剂表面时的温度应与催化剂的活性温度窗口一致，烟气温度低于催化剂活性温度时，应对烟气采取合适的升温措施。

6.4.4 应根据锅炉烟气的特性确定催化剂的结构形式及布置位置。

6.4.5 SCR 脱硝还原剂常选用尿素或氨水，也可选用液氨。

6.4.6 应根据数值模拟和/或物模结论指导喷氨格栅、反应器入口导流板、反应器出口等设备或部件的设计。

6.5 SNCR-SCR 联合脱硝

6.5.1 一般规定

锅炉烟气采用 SNCR-SCR 联合工艺脱硝时，其中的 SNCR 和 SCR 各自的工艺设计等内容可参照 HJ 563 和 HJ 562 执行。

6.5.2 典型工艺流程

典型工艺流程见图 4。

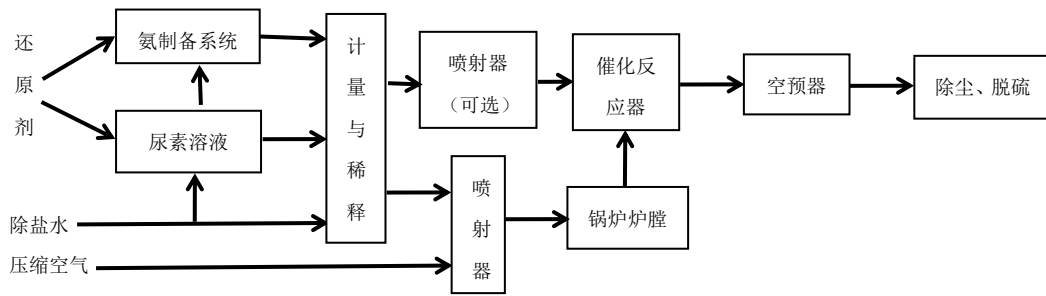


图 4 SNCR-SCR 联合脱硝典型工艺流程示意图

6.5.3 还原剂系统

6.5.3.1 尿素作为还原剂，在炉膛温度窗口合适时，可不设尿素制氨系统。尿素在炉膛内分解产生的部分未反应的氨进入 SCR 催化反应器，作为 SCR 的还原剂。

6.5.3.2 采用液氨或氨水作还原剂时其要求同 HJ 563。

6.5.3.3 还原剂除主要通过 SNCR 喷射系统加入外，部分可通过催化反应器入口烟道的补氨装置喷入。

6.5.4 SCR 催化反应器

6.5.4.1 SNCR-SCR 联合脱硝工艺催化剂的设计量应明显低于单独采用 SCR 工艺时催化剂的量。

6.5.4.2 从 SNCR 逃逸的氨在进入 SCR 时已与烟气充分混合，经 SCR 反应器后有利于控制氨逃逸浓度。

6.5.4.3 催化反应器可不设喷氨格栅，不设喷氨格栅时宜在 SCR 入口烟道内设补氨喷枪。

6.6 除尘

6.6.1 一般规定

6.6.1.1 电除尘适用于锅炉烟气中粉尘的比电阻在 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm} \sim 1 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 的场合。

6.6.1.2 袋式除尘适用于烟气温度高于酸露点 $15^\circ\text{C} \sim 20^\circ\text{C}$ ，且无滤袋烧毁风险的除尘工程。

6.6.1.3 电袋复合除尘具有袋式除尘和电除尘优点，适用于燃煤锅炉烟气除尘工程。

6.6.1.4 湿式电除尘器适用于湿法烟气脱硫后的颗粒物去除。

6.6.1.5 机械式除尘对粒径较大的颗粒物具有较高的去除效率，适用于预除尘或用作层燃锅炉采用袋式除尘时前置的保持措施。

6.6.1.6 锅炉烟气除尘工程采用电除尘、袋式除尘、电袋复合除尘、湿式电除尘时宜分别参照 HJ 2028、HJ 2020、GB/T 27869、JB/T 12593 执行。

6.6.1.7 除尘后烟气中颗粒物的排放浓度应满足国家或地方排放标准的要求。

6.6.1.8 除尘器的检修维护周期应与锅炉一致。

6.6.2 工程构成

6.6.2.1 电除尘、袋式除尘、电袋复合除尘系统主要由除尘器本体、输灰系统、电气与控

制系统、公用工程等子系统组成。

6.6.2.2 湿式电除尘系统主要由除尘器本体、喷淋冲洗系统、高压绝缘保护系统、电气与控制系统、公用工程等子系统组成。

6.6.2.3 机械式除尘主要由除尘器本体构成。

6.6.3 除尘器本体

6.6.3.1 电除尘器、袋式除尘器、电袋复合除尘器、机械式除尘器本体一般均位于锅炉引风机的上游，为负压布置。

6.6.3.2 湿式电除尘位于湿法烟气脱硫的下游，宜正压布置。湿式电除尘按布置形式可分为一体式和分体式，按结构形式分为立式和卧式。

6.6.3.3 负压布置的除尘器壳体一般采用碳钢制作，壳体及灰斗均需保温，必要时设灰斗加热和振打装置。保温材料应是阻燃型或自熄型的。

6.6.3.4 除尘器本体的漏风率应满足 HJ 2028 和 GB/T 27869 的规定。

6.6.3.5 应根据烟气及颗粒物的性质、排放浓度限值合理选择电场区比集尘面积、设计风速、滤料种类和过滤风速等。

6.6.3.6 湿法脱硫后的烟气应先经除雾器再进入湿式电除尘器，产生的灰水作为湿法脱硫系统的补充水。

6.6.3.7 湿式电除尘器与湿烟气接触的材质应满足耐腐蚀要求，适应脱硫后的烟气环境。阴极线宜采用 2205 合金和/或钛材质；阳极板宜设计成模块，阳极模块可采用 2205 等耐腐蚀的合金材质制作，也可采用导电玻璃钢制作。

6.6.3.8 湿式电除尘上的所有人孔门及检修门均应设置安全连锁。

6.6.3.9 应根据烟气温度及环境温度对湿式电除尘器壳体敷设保温层。

6.6.4 输灰系统

6.6.4.1 除尘器的卸灰、输灰宜采用机械输送、气力输送或空气斜槽输送，输灰方式应根据输送量、输送距离、平立面布置条件等因素综合确定。

6.6.4.2 后一级输灰的输灰能力应大于前一级的输灰能力和/或卸灰阀的排灰量。

6.6.4.3 卸灰、输灰和排灰装置应保持良好的气密性，避免粉尘的泄漏和漏风。

6.6.5 喷淋冲洗系统

6.6.5.1 喷淋冲洗系统的水源宜与湿法脱硫除雾器冲洗用水一致，水质应满足 JB/T 10989 的要求。

6.6.5.2 供水管路应装有过滤器，过滤器宜设置检修维护旁路。

6.6.5.3 湿式电除尘器内部的供水管路及喷嘴应采用不锈钢或其它耐腐蚀的材质制作。

6.6.5.4 喷嘴处的水压宜控制在 0.20MPa~0.40MPa。

6.6.6 高压绝缘保护系统

6.6.6.1 高压绝缘部件应采取加热、保温、热风吹扫隔离等措施避免发生结露现象。

6.6.6.2 通向高压电气设备的入口门应与其供电整流变压器安全联锁。

6.6.6.3 绝缘子内外壁应保持干净、无损伤，绝缘装置应符合 JB/T 5909 的要求。

6.7 石灰石/石灰-石膏法烟气脱硫

6.7.1 一般规定

6.7.1.1 工业锅炉烟气采用石灰石/石灰-石膏法烟气脱硫技术时可参照 HJ 179 执行。

6.7.1.2 脱硫后烟气中 SO₂ 排放浓度应满足国家或地方排放标准的要求。

6.7.1.3 当项目地附近有电石渣或白泥等碱性废渣可利用时，应优先选用电石渣/白泥代替石灰石/石灰作为脱硫剂。

6.7.1.4 脱硫副产物石膏的品质应能满足综合利用条件，其品质应符合 JC/T 2074 的要求。

6.7.1.5 为保证石膏的品质，脱硫系统入口颗粒物浓度宜低于 50mg/m³。

6.7.2 工艺流程与工程构成

烟气脱硫系统主要由脱硫剂制备、吸收与氧化、除雾、副产物回收、废水处理、电气与控制、公用工程等子系统组成，典型工艺流程见图 5。

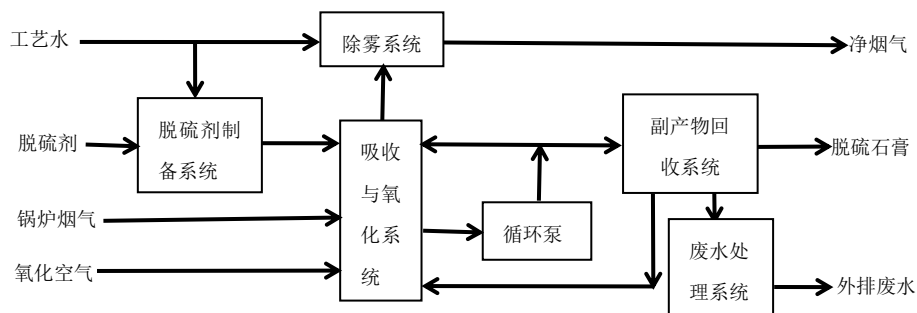


图 5 石灰石/石灰-石膏法烟气脱硫典型工艺流程示意图

6.7.3 脱硫剂制备系统

6.7.3.1 工业锅炉一般不设石灰石的制粉系统。采用生石灰作脱硫剂时宜设置生石灰的消化系统。

6.7.3.2 脱硫剂粉仓的容积宜与运输车辆的容积相匹配。

6.7.3.3 电石渣或白泥作为脱硫剂时，可参照 JB/T 11648 执行。

6.7.3.4 合理设计浆液输送系统，避免脱硫剂输送管路的堵塞。

6.7.4 吸收与氧化系统

6.7.4.1 吸收与氧化一般为一体化设计，常采用空塔喷淋、氧化喷枪+侧搅拌器的组合；也可采用空塔喷淋、氧化管网+喷射搅拌的组合。

6.7.4.2 入口烟气温度宜低于 150℃，超温时宜对入口烟气作应急降温处理。

6.7.4.3 降低入口烟气温度可减少系统的耗水量，并有利于脱硫效率的提高。

6.7.4.4 吸收系统钙硫比 (Ca/S) 不宜超过 1.05。

6.7.4.5 采用电石渣或白泥作脱硫剂时，吸收塔浆液池浆液停留时间宜大于HJ 179的规定值。

6.7.5 除雾系统

6.7.5.1 除雾器常为多级折流板式、旋流板式/管束式。

6.7.5.2 除雾器应设工艺水定时自动冲洗系统（自动程序控制）。

6.7.5.3 冲洗水应分区，每个分区的供水宜单独控制。

6.7.6 副产物回收系统

6.7.6.1 副产物石膏的回收系统包括石膏浆液的分级浓缩和脱水。

6.7.6.2 石膏的分级浓缩可采用水力旋流器，经浓缩粒径较大的底流送往脱水机，顶流送往废水系统或返回吸收与氧化系统。

6.7.6.3 经浓缩脱水后的石膏，其游离水含量宜满足 JC/T 2074 的要求。

6.7.7 废水处理系统

6.7.7.1 脱硫废水宜纳入全厂或所在区域的废水系统统一管理。

6.7.7.2 脱硫废水的设计处理量根据物料衡算确定。

6.7.7.3 单独设置废水处理系统时，一般采用中和、沉淀、絮凝、澄清、污泥浓缩脱水等工序去除废水中的悬浮物。

6.8 氧化镁法烟气脱硫

6.8.1 一般规定

6.8.1.1 吸收塔入口烟气含尘量宜低于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 。

6.8.1.2 脱硫后烟气中 SO_2 排放浓度应满足国家或地方排放标准的要求。

6.8.1.3 脱硫界区内应设置废液收集系统。

6.8.2 工艺流程与工程构成

氧化镁法烟气脱硫工程包含脱硫剂制备系统、吸收与氧化系统、除雾系统、废水处理系统、电气控制系统及辅助系统等组成，典型工艺流程见图 6。

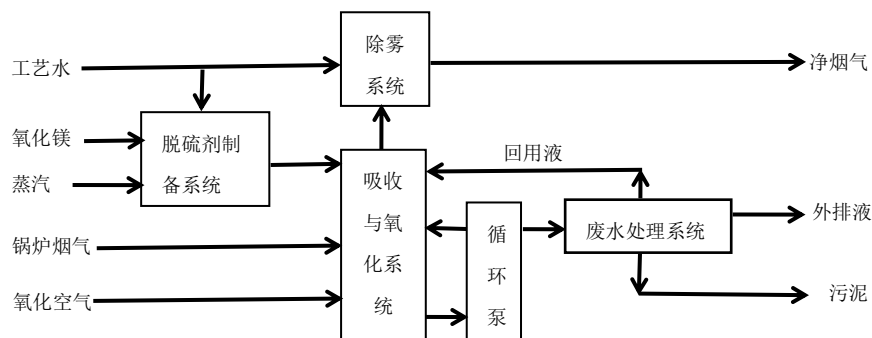


图 6 氧化镁法烟气脱硫典型工艺流程示意图

6.8.3 脱硫剂制备系统

6.8.3.1 脱硫剂宜选用轻烧氧化镁，氧化镁纯度宜不低于 85%，酸不溶物宜不高于 6%。

6.8.3.2 宜设氧化镁熟化工序，熟化温度宜控制在不低于 70℃，熟化时间宜不小于 2h。

6.8.3.3 氧化镁细粉极易吸潮，氧化镁储罐宜设置热风搅动和/或流化板。

6.8.3.4 脱硫剂浆液制备系统的出力应按设计工况下脱硫剂消耗量的 150%设计。

6.8.4 吸收与氧化系统

6.8.4.1 吸收系统可采用空塔喷淋或旋流板塔等形式，并配置除雾器，除雾器应配套设置清洗水系统。

6.8.4.2 宜设置氧化系统将脱硫产物全部氧化为硫酸镁。

6.8.4.3 液气比宜大于 5L/m³。

6.8.4.4 pH 值宜控制在 5.0~7.0。

6.8.5 废水处理系统

6.8.5.1 设有副产物回收系统的工程，废水应回用。

6.8.5.2 无副产物回收系统的废水宜纳入全厂或所在区域的废水系统统一管理。

6.8.5.3 脱硫废水的设计处理量根据物料衡算确定。

6.8.5.4 单独设置废水处理系统时，宜采用中和、压滤脱水、澄清等工序去除废水中的悬浮物。

6.9 钠碱法烟气脱硫

6.9.1 一般规定

6.9.1.1 吸收塔入口烟气含尘量宜小于 50mg/m³。

6.9.1.2 脱硫后烟气中 SO₂ 排放浓度应满足国家或地方排放标准的要求。

6.9.1.3 项目所在地附近有碱性废液可用时，宜优先选用碱性废液替代（或部分替代）钠碱作脱硫剂，脱硫后的吸收液应经处理后排放或返回原碱性废液处理系统。

6.9.2 工艺流程与工程构成

钠碱法烟气脱硫工程包含吸收系统、除雾系统、废水处理系统、电气控制系统及辅助系统等组成，典型工艺流程见图 7。

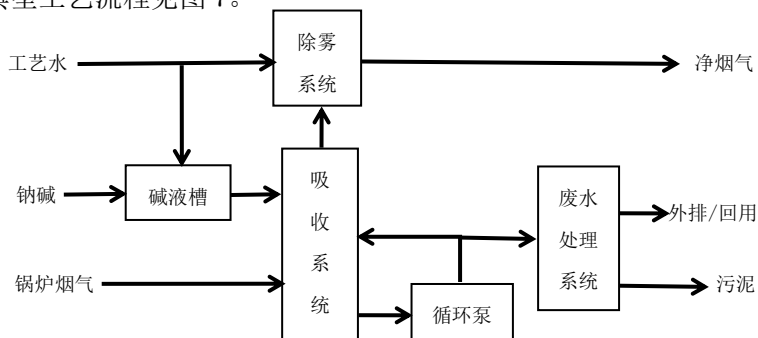


图 7 钠碱法烟气脱硫典型工艺流程示意图

6.9.3 吸收系统与除雾系统

6.9.3.1 钠碱法脱硫的反应速度快，液气比较低，可采用旋流板塔等塔形，并配置除雾器。

6.9.3.2 pH 值宜控制在 5.5~7.0。

6.9.3.3 钠碱法脱硫时一般不设氧化系统。

6.9.3.4 除雾器应设冲洗水，可用澄清液作为冲洗水。

6.9.3.5 碱性废液法脱硫废水排到原废水处理系统，必要时设氧化系统。

6.9.3.6 需回收脱硫副产物亚硫酸钠 (Na_2SO_3) 时，pH 值宜控制在 7 以上，循环吸收系统宜添加合适的阻氧剂。

6.9.4 废水处理系统

6.9.4.1 设有副产物回收系统的工程，废水应回用。

6.9.4.2 无副产物回收系统的废水宜纳入全厂或所在区域的废水系统统一管理。

6.9.4.3 脱硫废水的设计处理量根据物料衡算确定。

6.9.4.4 单独设置废水处理系统时，一般采用中和、压滤脱水、澄清等工序去除废水中的悬浮物。

6.10 烟气循环流化床法烟气脱硫

6.10.1 一般规定

6.10.1.1 烟气循环流化床法烟气脱硫工程应参照 HJ 178 执行。

6.10.1.2 脱硫后烟气中 SO_2 排放浓度应满足国家或地方排放标准的要求。

6.10.1.3 当项目附近有干粉电石渣可利用时，应优先选择电石渣作为脱硫剂。

6.10.1.4 宜根据脱硫副产物的理化特性进行综合利用。

6.10.1.5 工程的设计应充分考虑锅炉负荷及燃煤品质的变化，提高脱硫工艺系统的适应性与可调节性。

6.10.2 工艺流程与工程构成

烟气循环流化床法烟气脱硫工程主要包括脱硫剂制备系统、吸收系统、除尘系统、灰循环系统、电气控制系统及辅助系统等组成，典型工艺流程见图8。

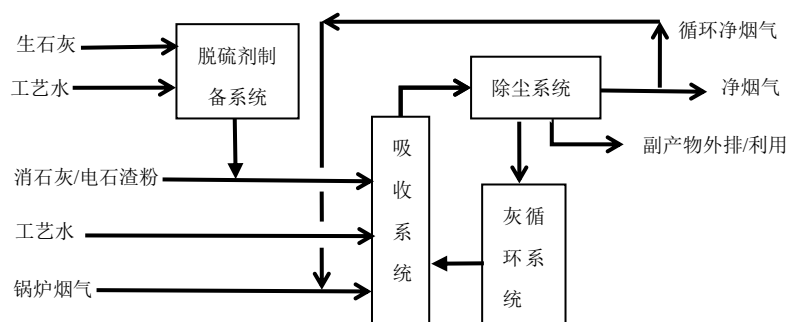


图 8 烟气循环流化床法烟气脱硫典型工艺流程示意图

6.10.3 脱硫剂制备系统

6.10.3.1 采用生石灰作脱硫剂时脱硫剂制备系统中宜设消化系统，对生石灰进行消化。

6.10.3.2 采用电石渣作脱硫剂时应控制电石渣的含水率，电石渣的品质指标参照HJ 178的要求执行。

6.10.3.3 脱硫剂粉仓的容积宜与运输车辆的容积相匹配。

6.10.4 吸收系统

6.10.4.1 吸收系统主要由吸收塔进口段及气流均布装置、气流加速扰流装置、反应段、出口段组成，并设置塔底吹扫等装置。

6.10.4.2 吸收塔宜按工况烟气量设计，运行中锅炉烟气量接近或低于设计值下限时，宜开启净烟气循环系统。

6.10.4.3 吸收塔出口烟气温度与湿度应满足除尘系统的要求。

6.10.5 灰循环系统

6.10.5.1 灰循环系统主要由空气斜槽、灰量控制阀门、流化风及加热器等组成。

6.10.5.2 运行时根据吸收塔压降信号调节循环灰的流量。

6.10.5.3 空气斜槽宜单独设置流化风机，流化风宜加热至80℃以上。

6.11 二次污染控制措施

6.11.1 除尘灰、脱硫石膏、脱硫灰、污泥等副产物宜综合利用。

6.11.2 脱硝还原剂贮存与输送区域的废水不得直接外排。应设置事故或检修时药剂的收集系统，在设备及管道清理、事故和长期停运时，储罐、管道及药剂收集系统中的还原剂应集中处理。

6.11.3 湿法烟气脱硫界区内应设置收集池和事故池用于收集系统内的无组织排放和设备检修或清洗时排放的废液，收集液返回到脱硫系统中，不得排入雨水系统或污水系统。

6.11.4 湿法脱硫后的烟气需除雾，除雾后烟气中液滴含量可参照 HJ 179。

6.11.5 锅炉启停及低负荷时，流经 SCR 反应器的烟气温度可能达不到催化剂运行温度的要求，会造成 NO_x浓度超标和氨的逃逸，加剧催化剂失活，要及时减少或停加还原剂，控制氨逃逸浓度。

6.11.6 各种粉料在装卸、贮运、计量、制备过程中优先采取全封闭系统，设置必要的除尘设施，避免粉尘的二次污染。

6.11.7 采用液氨或氨水作为脱硝还原剂时，系统应有防氨气泄漏的措施。

6.11.8 纯碱、烧碱等具有强腐蚀性的化学物质，要避免化学药品的伤害和污染。

6.11.9 废水宜回用，不能直接回用时应使其满足 GB 8978 标准或地方标准的要求后排放。

6.11.10 不能再生利用的废催化剂应送往有资质的专业厂家处置，或按 GB 18598 的要求填埋。

6.11.11 废弃滤袋应妥善处置，应根据滤袋的材质采取机械破碎、清洗、熔化、裂解、焚烧等方法进行资源化或减量化处理。

7 主要工艺设备和材料

7.1 主要工艺设备

7.1.1 SCR 脱硝反应器

- 7.1.1.1 催化剂迎风面烟气平均流速的设计应满足催化剂的性能要求。
- 7.1.1.2 每层催化剂设置吹灰装置，吹灰可采用蒸汽吹灰或声波吹灰等方式。
- 7.1.1.3 反应器入口应设置导流板，出口设置收缩段，其倾斜角度应能避免该处积灰。
- 7.1.1.4 反应器入口设置温度检测仪表，反应区温度应符合催化剂性能要求。
- 7.1.1.5 反应器侧壁应设置催化剂装载门和检修人孔。
- 7.1.1.6 本体可采用整体悬挂方式或支撑方式，外壁应保温。

7.1.2 氨气稀释与喷射设备

- 7.1.2.1 稀释空气量（体积流量）宜不低于氨气最大消耗量（体积流量）的 20 倍。
- 7.1.2.2 稀释空气风机宜按一用一备设置。
- 7.1.2.3 喷射系统宜采用喷氨格栅的形式。
- 7.1.2.4 喷氨格栅应设有防堵塞和防磨措施。

7.1.3 SCR 脱硝催化剂

- 7.1.3.1 催化剂配方和结构形式的选择应综合考虑烟气温度、NO_x浓度、SO₂浓度、湿度、颗粒物性质及浓度等因素。
- 7.1.3.2 催化剂的用量应根据具体烟气工况、灰质特性和脱硝效率确定。
- 7.1.3.3 采用炉内反应器时，催化剂的尺寸宜与锅炉竖井烟道相匹配，并充分考虑反应器对锅炉烟气系统的影响，必要时可对竖井烟道进行改造，满足催化剂的安装要求；采用炉外反应器时，反应器的尺寸宜由烟气流速确定，结合催化剂模块大小及布置方式进行调整。
- 7.1.3.4 催化剂应制成模块，模块规格宜统一，且应采用钢结构框架。
- 7.1.3.5 每层催化剂均应设置可拆卸的催化剂测试单元。
- 7.1.3.6 反应器下游的空预器应考虑防腐。
- 7.1.3.7 催化剂使用过程中需定期检测其活性，催化剂的寿命宜与 HJ 2053 的要求一致。
- 7.1.3.8 催化剂的再生按 JB/T 12129 执行，失效的催化剂应妥善处置。

7.1.4 吸收塔

- 7.1.4.1 常见的湿法烟气脱硫吸收塔形式有喷淋塔、旋流板塔、鼓泡塔、湍流塔等。
- 7.1.4.2 湿法烟气脱硫吸收塔塔体宜采用碳钢内衬玻璃鳞片防腐，也可采用全玻璃钢或麻石等非金属材料制作。
- 7.1.4.3 采用喷淋塔时，喷淋区塔壁要作特别的防冲刷磨损设计，必要时局部衬贴耐磨板。
- 7.1.4.4 湿法烟气脱硫吸收塔内构件均需作防腐处理，或采用防腐性能不低于 2205 的材质。

7.1.4.5 循环流化床法烟气脱硫吸收塔通常采用碳钢材质制作。

7.1.5 浆液泵

7.1.5.1 脱硫系统浆液循环泵采用金属泵时，所有过流部件均应耐磨耐腐，运行时浆液中Cl⁻的浓度宜不高于20g/L。

7.1.5.2 浆液泵设有在线备用泵时，切换阀应尽可能靠近管路分界点。

7.1.5.3 浆液泵入口应设有排净口，泵出口宜设冲洗水。

7.1.5.4 脱硫浆液管路宜采用蝶阀作为切断阀。

7.1.5.5 浆液泵流量的调节可采用变频调速或陶瓷球阀回流调节的方式。

7.1.6 烟气切换门

7.1.6.1 烟气切换门宜采用带密封风的挡板门，密封风机停运时密封风管路应同步关闭。

7.1.6.2 密封风加热器之后的密封风管路应保温。

7.1.6.3 吸收塔进出口烟气的切换与隔断也可采用插板门。

7.1.6.4 插板门的插板宜垂直向上开启。

7.1.6.5 用于烟气隔绝的插板门宜设关闭时插板的锁紧装置。

7.1.7 风机

7.1.7.1 锅炉烟气治理工程改造时，系统增加的烟气阻力优先考虑由锅炉引风机承担，锅炉引风机裕量不足时，可视情更换引风机或设置增压风机。

7.1.7.2 增压风机应布置在除尘器之后，不宜布置在湿法烟气脱硫之后。

7.1.7.3 氧化风机进风口宜设在洁净区，需定期检查并清理氧化风机入口滤网和消音器。

7.1.7.4 氧化风机、流化风机可采用罗茨鼓风机。

7.1.7.5 氧化风机出口宜设置水喷淋降温装置。

7.1.8 除雾器

7.1.8.1 除雾器常与湿法烟气脱硫吸收塔一体布置。

7.1.8.2 采用折流板式除雾器时应满足JB/T 10989的要求。

7.1.8.3 除雾器与烟气冷却器配合使用可降低烟气的含湿量，降低烟气颗粒物排放浓度。

7.1.8.4 应设置自动冲洗/清洗装置，防止结灰或结垢。

7.1.8.5 除雾器宜模块化布置，各单元部件应易于更换与维护。

7.1.8.6 除雾器宜采用有机防腐材料制作，也可采用316L或2205等耐腐蚀合金制作。

7.2 主要材料

7.2.1 材料的选择应满足各污染治理工程的工艺要求。

- 7.2.2 SCR 反应器中直接与高温烟气接触的部件材质应选用 Q345 材质。
- 7.2.3 可能接触腐蚀性介质的部位，应根据工程的特点采取合适的防腐措施。
- 7.2.4 与低温湿烟气接触的设备需采用或衬贴耐腐蚀的非金属材料或合金材料。
- 7.2.5 当承压部件衬贴非金属材料时，应保证非金属材料与金属材料之间的黏结强度。
- 7.2.6 湿式电除尘器的阳极板可采用合金或导电玻璃钢制作。
- 7.2.7 导电玻璃钢的技术指标见表 1。

表 1 导电玻璃钢技术指标

序号	名称	单位	指标
1	表面电阻	Ω	≤100
2	体积电阻率	Ω·cm	<5×10 ⁶
3	巴氏硬度	HBa	≤50
4	密度	g/cm ³	>1.8
5	树脂热变形温度	℃	>100
6	拉伸强度	MPa	≤400
7	拉伸模量	GPa	≤25
8	弯曲强度	MPa	≤500
9	弯曲模量	GPa	≤22
10	氧指数 LOI	%	≤28
11	使用寿命	年	≤20

7.2.8 燃煤工业锅炉烟气治理工程的主要工艺设备和材料的其它要求可参照 HJ 562、HJ 563、HJ 2020、HJ 2028、GB/T 27869、HJ 178、HJ 179、HJ 2053 等相关标准。

8 检测与过程控制

8.1 一般规定

- 8.1.1 锅炉烟气治理工程检测与过程控制的设计应满足安全、环保、经济的要求，并能实现系统的正常运行控制与启停操作。
- 8.1.2 烟气治理工程的控制系统与仪表设备选型宜一致，并兼顾锅炉主体工程检测与过程控制系统的选型原则。
- 8.1.3 烟气治理工程的控制系统宜集中设置在一个控制室内，控制系统应设有与锅炉主控制系统通讯的接口，锅炉负荷、进出口烟气参数、仓罐液位等参数可实现共享。
- 8.1.4 烟气治理工程与锅炉主体同步建设时宜统筹考虑控制方式。
- 8.1.5 烟气治理工程宜配置手工检测、分析和比对用仪器，检测实验室由全厂统筹考虑。
- 8.1.6 宜设一套工业电视监视系统，对现场设备的运行环境进行监视。

8.2 过程检测

8.2.1 工业锅炉烟气治理工程的过程检测参数主要包括：工艺运行参数、各设备和供配电系统的状态参数、各类物料和副产品参数、公用系统参数等。

- 8.2.2 运行过程中需要进行监视与控制的参数应设置远传仪表，并设置必要的报警装置。
- 8.2.3 进出口烟气温度、除尘器灰位、循环液 pH 值与密度等重要参数的测量仪表应设冗余。
- 8.2.4 增压风机的控制宜由锅炉专业负责。
- 8.2.5 需要现场监护才允许启停操作的设备应设必要的就地仪表。
- 8.2.6 pH 计、密度计等测量仪表宜定期进行校验与比对。

8.3 控制系统

- 8.3.1 自动控制系统应具备连锁保护、报警、历史数据保存与查询等功能，主要参数的历史运行数据及曲线的保存时间应满足要求。
- 8.3.2 操作人员在控制室内应对烟气治理设施进行控制与监视。
- 8.3.3 控制系统宜对除尘器阻力、反应器阻力、料位、液位、浓度、pH 值、排放浓度、除雾器冲洗、袋式除尘器清灰等关键工艺控制参数进行自动调节与控制。

8.4 CEMS

- 8.4.1 各烟气治理工程的进出口宜设置一套 CEMS 用于烟气治理工程的工艺控制，上一烟气治理设施的出口 CEMS 与下一烟气治理工程入口的 CEMS 可考虑合并。
- 8.4.2 最后一级的烟气治理工程工艺控制用的出口烟气 CEMS 可取消，由污染源自动监控 CEMS 的参数代替，数据通过硬接线的方式接入烟气治理工程的控制系统。
- 8.4.3 脱硫工艺控制用 CEMS 至少包括： SO_2 浓度、烟气流量、含氧量、湿度、温度等；脱硝工程控制用 CEMS 至少包括： NO_x 浓度、烟气温度、风压、烟气流量、 NH_3 浓度、烟气含氧量等；颗粒物控制用 CEMS 至少包括：颗粒物浓度、烟气流速/流量、烟气含氧量、温度等。
- 8.4.4 CEMS 的安装参照 HJ 75 执行，CEMS 的技术要求及检测方法参照 HJ 76 的要求执行，污染源自动监控 CEMS 应与生态环境部门联网。

8.5 分析检测

烟气治理工程的主要检测项目及检测周期见附录 A。

9 主要辅助工程

9.1 电气系统

- 9.1.1 烟气治理工程供配电设计应符合 GB 50052 中的有关规定。
- 9.1.2 供电系统应充分利用锅炉主体工程的余量，余量不足时宜参照 HJ 179 的相关要求重新设计供电系统。
- 9.1.3 电缆应采用阻燃电缆，管线穿墙填料应为不可燃材料。
- 9.1.4 失电后对系统会产生重大安全影响的用电设备应设计双电源供电。
- 9.1.5 系统应设一套交流不间断电源装置（UPS），以确保系统内的计算机、CEMS、监测仪表、调节装置、火灾报警装置、应急降温装置、紧急喷淋等重要负荷的用电可靠性。

9.1.6 爆炸火灾危险环境的电气装置设计应符合 GB 50058的相关规定。

9.2 建筑与结构

9.2.1 工程建筑物的防火设计应符合 GB 50016的规定。

9.2.2 工程建筑的室内装修参照 GB 50222执行。

9.2.3 系统宜设置事故照明系统，照明的设计应符合 GB 50034的规定。

9.2.4 建筑与结构的设计应符合 GB 50009及相关行业规范的要求。

9.2.5 建筑与结构的抗震设计应符合 GB 50011的要求。

9.3 给排水与消防系统

9.3.1 烟气治理工程的给排水与消防水系统宜由锅炉统一考虑。

9.3.2 烟气治理工程新增的给排水与消防系统的设计应符合 GB 50013、GB 50014、GB 50016、GB 50222等的有关规定。

9.3.3 灭火器的配置应满足 GB 50140规范的要求。

9.3.4 脱硫、脱硝工艺用水应与生活用水管网隔离。

9.3.5 氨区、液氨贮罐区消防系统设计应满足 GB 50016、GB 50084、GB 50219等规范的要求。

9.4 暖通

9.4.1 工程的暖通设计与验收应符合 GB 50019和 GB 50243的规定。

9.4.2 位于室内且未设保温的设施，应充分考虑其散热量对暖通设计的影响。

9.4.3 脱硫副产物处理系统、电石渣或白泥浆液制备系统、废碱液存贮系统等有可能产生有害物质的场所应设置事故通风设施，通风强度按换气次数不低于12次/h 设计。

9.5 道路与绿化

9.5.1 烟气治理工程的道路与绿化依托锅炉主体工程。

9.5.2 烟气治理工程在总图与运输布置时应统一考虑检修、巡检和物料进出的通道。

10 劳动安全与职业卫生

10.1 一般规定

10.1.1 工程在设计、施工和运行过程中，应高度重视劳动安全和工业卫生，采取各种有效的安全技术措施，消除事故隐患，避免因突发停电、停水、停气、物料中断等造成的事故，保护人身的安全和健康。

10.1.2 生产过程安全卫生管理应符合GB 5083、GB/T 12801中的有关规定。

10.1.3 安全和卫生设施应同时建成运行，并制定相应的操作规程。

10.1.4 岗位人员要定期进行职业健康体检。

10.2 劳动安全

10.2.1 在容易发生事故危及生命安全的场所和设备应有安全标志，并按GB 2894进行设置。

10.2.2 烟气治理设施在维护检修时要办理好工作票，并严格执行动火、临时用电、吊装、高处、受限空间等特殊作业的要求。

10.2.3 建立并执行安全检查制度，及时消除事故隐患，防止事故发生。

10.2.4 生产现场应配备防尘面罩、防毒面罩等防护用品和洗涤设施。

10.3 职业卫生

10.3.1 烟气治理工程职业卫生要求应符合 GBZ 1、GBZ 2.1、GBZ 2.2 的规定。

10.3.2 噪声较高的设备，应采取减振、降噪、隔声等措施，并尽量将噪声源和操作人员隔开，噪声和振动控制应符合 GB/T 50087 和 GB 50040 的规定。

10.3.3 执行 HJ 562、HJ 563、HJ 2028、HJ 2020、GB/T 27869、HJ 179、HJ 178 等相关规定，保护人身安全和健康。

10.3.4 氨的存储和氨水的制备应符合 GB/T 536、《危险化学品安全管理条例》、《危险化学品建设项目安全许可实施办法》和 GB 18218 的有关规定。

10.3.5 工程的防火、防爆应符合 GB 50016、GB 50222 和 GB 50229 等有关标准的规定。

10.3.6 在使用液氨、氨水、烧碱等有害介质的建筑物中，应设置足够数量的洗眼器、事故淋浴器。

11 工程施工与验收

11.1 工程施工

11.1.1 施工单位应熟悉设备的结构、性能及有关图样和技术文件，按已编制的施工组织方案进行施工。

11.1.2 施工前设计人员应向施工单位进行图纸和施工技术交底。

11.1.3 特种作业人员需持证上岗。

11.1.4 工程施工应按有效的施工图文件、设备图纸和设计变更文件等进行。

11.1.5 工程施工应符合 HJ 562、HJ 563、HJ 2028、HJ 2020、GB/T 27869、HJ 179、HJ 178 等的相关规定。

11.1.6 工程施工中使用的设备、材料、器件、工具等应符合相关的国家标准，焊接、吊装、涂装等作业时应执行相关的国家标准，施工用电应符合电气安全技术规程，部分零部件在组装/安装前要进行性能试验、耐压试验、绝缘性能试验、校正等工作。

11.1.7 防腐内衬及塑料除雾器等极易燃烧，应在动火作业结束后再安排施工与安装。

11.1.8 防腐内衬的施工应严格按照 GB 50212和 GB 50726相关的施工规范执行，施工期间严禁烟火。

11.1.9 管道工程、结构工程、电气工程、机电设备施工安装等应执行现行的国家和行业的施工验收规范。

11.1.10 设备安装完毕后应对工程各部件和附属设备进行检查与单独试运转,及时解决发现的问题。

11.2 工程验收

11.2.1 工程验收应按相应专业现行验收规范和本规范的有关规定进行。

11.2.2 土建施工质量、机械设备安装质量、电气装置、控制装置、保温施工、防腐施工等的验收应符合相应国家规范的规定。

11.2.3 设计文件、工程合同和技术规范书等是工程验收的主要依据。

11.2.4 工程安装、施工完毕后应进行调试前的启动验收,启动验收合格和对在线仪表进行校验后方可进行分项调试和整体调试。

11.2.5 系统带负荷联动试车72h且正常后,办理工程交接手续,工程实物交付用户使用。

11.2.6 烟气治理工程竣工验收前宜在设计条件下进行性能试验。系统性能试验包括功能试验、技术性能试验、设备和材料试验。性能试验应由第三方机构独立进行。

11.2.7 脱硝工程技术性能试验主要参数:

- a) NO_x 排放浓度、脱硝效率、 SO_2/SO_3 转化率;
- b) 反应器烟气阻力;
- c) 脱硝系统电、水、气、汽等的消耗指标;
- d) 氨逃逸、还原剂消耗量、氨氮比(SCR、SNCR、SNCR-SCR)。

11.2.8 除尘工程技术性能试验主要参数:

- a) 除尘器出口含尘浓度与除尘效率;
- b) 除尘器烟气阻力与温降;
- c) 除尘器本体的漏风率;
- d) 电、水、气、汽消耗指标;
- e) 输灰能力。

11.2.9 脱硫工程技术性能试验主要参数:

- a) 烟气流量、脱硫效率与出口 SO_2 排放浓度;
- b) 烟气阻力与温降;
- c) 脱硫剂品质与脱硫剂的消耗指标;
- d) 脱硫副产物量及副产物成分指标;
- e) 出口烟气颗粒物浓度;
- f) 电、水、气、汽消耗指标。

12 运行与维护

12.1 一般规定

12.1.1 装置的运行、维护及安全管理除应符合本规范外，还应符合行业或国家规范的有关规定。

12.1.2 应提前建立运行维护的各项管理制度、操作法、运行规程、检修规程，建立主要设备台账。

12.1.3 装置投运前，应全面检查运行条件，符合要求后按操作法依次启动。

12.1.4 锅炉开机前应保证烟气治理设施处于热备状态，锅炉停机后烟气治理设施才能按操作法有序退出运行。

12.1.5 SNCR、SCR 系统在还原剂喷射点烟气温度达不到设计值时应暂停还原剂的喷射。

12.1.6 锅炉在投油启动或煤、油混烧时，电除尘高压部分可不投入运行，袋式除尘要做好滤袋的保护。

12.1.7 电除尘器正式投入运行前（电除尘高压部分未送电），阴阳极振打装置应设为连续振打模式，电除尘器正常运行后再转为按程序自动振打模式。

12.1.8 定期对各类设备、电气、仪表等进行检查维护，确保装置稳定可靠地运行。

12.1.9 装置投运后应尽快切换到自动控制状态，保证系统稳定运行和达标排放。

12.1.10 运行过程中应认真观察运行参数变化情况，及时调整。

12.1.11 注意系统设备冬季的保温、防冻和夏季的通风、降温工作。

12.1.12 锅炉短期停运，烟气治理设施无检修任务时，治理设施宜处于热备用状态，热备用状态应符合下列要求：

- a) 灰斗加热、热风加热系统继续运行；
- b) 振打、排灰系统仍按工作状态运行；
- c) 所有人孔、检修门处于关闭状态，仪表检测系统正常投运；
- d) CEMS 系统正常投运；
- e) 脱硫吸收塔液位正常，侧搅拌继续运行；
- f) 脱硫剂浆液贮存罐（池）保持正常运行液位，搅拌器继续运行。

12.1.13 配备足够的操作、维护、检修人员及检测仪器，制定运行及维护规程。系统停车时间较长时，应采取有效措施避免脱硫剂、尿素、副产物等的板结或失效。

12.1.14 应制定生产物料和备品配件的采购计划，制定装置中、大修计划，制定应急预案。

12.2 人员与运行管理

12.2.1 烟气治理系统的运行人员宜单独配置，并至少应设置 1 名专职管理人员。

12.2.2 烟气治理系统投运前应对设备全面的检查，检查及维修保养时应按规定办理好工作票。

12.2.3 岗位员工应熟悉工艺、设施的运行及维护要求，具有熟练的操作技能，遵守劳动纪律，执行操作规程。

- 12.2.4 管理和运行人员应系统掌握主设备及附属设施的正常操作和应急处理。
- 12.2.5 运行操作人员上岗前至少要接受以下内容的专业培训：
- a) 启动前应检查的内容和启动需具备的条件；
 - b) 设备正常运行的操作方法，包括设备的启停操作条件；
 - c) 控制、报警和指示系统的运行和检查，必要的纠正操作；
 - d) 温度、压力、效率的控制和调节；
 - e) 设备运行故障的发现、检查和排除；
 - f) 事故或紧急状态时的操作和事故处理；
 - g) 设备日常和定期维护内容；
 - h) 设备运行和维护记录。
- 12.2.6 如实填写运行记录，严格执行巡回检查制度、备用设备的定期切换制度和交接班制度。
- 12.2.7 应记录的主要内容：
- a) 各设备启动、停止的时间；
 - b) 脱硫剂、还原剂进厂质量分析数据，进厂数量、进厂时间；
 - c) 除尘灰、脱硫产物产量及清运时间；
 - d) 系统运行主要工艺控制参数；
 - e) 设备的维修保养情况；
 - f) 烟气连续监测数据报表；
 - g) 生产事故及处置情况。
- 12.2.8 采用液氨作为脱硝还原剂时，运行人员应对液氨卸车作业和液氨蒸发等过程进行监督和配合，防止和纠正装卸过程中物料对环境的污染。

12.3 维护保养

- 12.3.1 烟气治理设施的检修维护应纳入全厂统筹考虑，检修周期和工期宜与锅炉同步。
- 12.3.2 应制定详细的维护保养规定。
- 12.3.3 维修人员应根据维护保养规定定期检查、更换或维修必要的部件，并做好维护保养记录。
- 12.3.4 对于取暖锅炉等间隙运行的装置应重视其停运期间的保养。

12.4 事故应急

- 12.4.1 提前组建事故应急机构、储备事故应急物资、制定事故应急预案，并定期组织演习。
- 12.4.2 系统发生事故，应立即按相应的事故应急预案进行处置，并及时向有关部门报告。
- 12.4.3 事故处理过程中应做好记录，注意留存证据，现场事故处理完毕，应及时恢复系统正常运行。分析事故发生的原因、研究制定防范措施，防止同类事故重复发生。

12.4.4 烟气污染物排放浓度超标预案

- a) 岗位操作人员立即检查超标发生的原因，发出有针对性的处理指令；
- b) 原因不明或短时间内难以恢复时，通知锅炉准备减负荷，并按程序通知上级领导；
- c) 烟气污染物超标的主要原因与对策措施见表 2。

表 2 烟气污染物排放超标对策措施表

序号	原因	对策措施
1	入口烟气污染物浓度、烟气温湿度或烟气流异常	请求锅炉调整操作，启动应急降温系统
2	设备本体故障（泄漏、电除尘电场故障、滤袋破损、堵塞、烟气短路、烟气阻力异常等）	通知检修消除故障，增加冲洗或吹灰频次
3	公用工程供应不正常（水、电、气中断或品质变化）	检查、并恢复供应
4	脱硫剂、脱硝还原剂等供应异常（品质变化或断料）	检查、恢复，改为手动控制，增加供应量
5	副产物处理系统故障（处理或排放量不足）	启用备用系统，增加处理与排放量
6	系统废水排放量不足，循环吸收液中可溶性盐浓度太高	增加废水处理量，加大外排量
7	氧化空气系统故障	启用备用风机，修复喷枪、搅拌器或曝气管网
8	催化剂堵塞或局部失效	增加反吹，及时再生或更换
9	脱硝反应区温度窗口偏离	调整锅炉的操作，启用升温系统
10	控制参数异常或仪表显示值偏差过大	人工比对，对仪表进行标定、校验
11	CEMS系统故障或定期吹扫、标定时间过长	重新标定，缩短标定时长

12.4.5 其它应急预案

参见附录 B《电气系统故障应急预案》、附录 C《检测、控制系统故障应急预案》、附录 D《氨泄漏应急预案》。

附录 A

(资料性附录)

分析检测项目及检测周期

日常分析与检测项目及检测周期见表 A.1。

表 A.1 日常分析检测项目及检测周期表

编号	测试项目	测试方法	测试目的	测试周期
1	CEMS 各参数	HJ 75	校准	HJ 75 表 4
2	氨水浓度	酸碱中和滴定法	校验	每周 2 次
3	尿素溶液浓度	容量法	校验	每周 2 次
4	吸收塔浆液密度	重量法	密度计比对	每周 3 次
5	吸收塔清液密度	重量法	调整废水处理量	每周 1 次
6	循环吸收液 pH 值	pH 计标准液	比对校准	每周 2 次
7	循环吸收液氯离子含量	硝酸银络合滴定	调整废水外排量	每周 3 次
8	石膏含水率	重量法	石膏脱水效果	每周 2 次
9	石膏纯度 (钙、镁离子浓度)	EDTA 络合滴定	产品质量控制	每周 1 次
10	石膏中碳酸盐浓度	酸碱中和滴定	产品质量控制	每周 3 次
11	石膏中亚硫酸盐浓度	硫代硫酸钠氧化还原滴定	氧化效果分析	每周 2 次
12	硫酸镁浓度	EDTA-2Na 滴定	校验	每周 2 次

附录 B

(资料性附录)

电气系统故障应急预案

- B.1 供电母线失电，应及时查明失电原因。
- B.2 按规定的报告程序汇报实际情况，并申请投入备用电源。
- B.3 按“检查故障→排障→恢复供电”的程序有序进行。
- B.4 进线综保动作类故障，按母线绝缘→配电电器→电缆→电动机（变压器）排查，消除故障。
- B.5 高压分支综保动作类故障，应立即切除故障分支回路，及时恢复供电。
- B.6 低压变故障，退出变压器，投合分段母联断路器，改为单母线运行。
- B.7 直流电源系统瘫痪。恢复性抢修，短时间内难以使直流电源正常工作，须转入系统停运程序。
- B.8 低压 PC 段母线故障。按母线绝缘→配电电器→电缆→用电设备顺序排查，消除故障，切除故障回路，退出故障电源，及时投入备用电源。
- B.9 检查配电间及电气柜的温度、湿度、电压、声音、有无异味、有无小动物出入（重点做好防鼠），电缆沟有无积水、火花痕迹等。
- B.10 系统失电后，必须对停运的浆液管道进行全面冲洗，防止堵塞。同时严密监控各池、罐、地坑等的液位，必要时联系检修投入潜水泵。

附录 C

（资料性附录）

检测、控制系统故障应急预案

- C.1 仪表、传感器失灵或出现虚假数据时，自动控制过程应立即切回手动或解锁控制模式。同时增加现场巡检次数，避免类似打空泵、池子溢流等情况的发生。
- C.2 远程控制执行机构等故障时，应立即切换到现场操作模式。
- C.3 DCS 故障时，应对 DCS 系统机柜及 UPS 电源进行全面检查，如有问题及时处理，进入实时监控画面，观察系统是否运行正常。
- C.4 DCS 操作界面发生数据不刷新，手、自动切换无法操作等情况时，应联系 DCS 负责人进行维护或重启。
- C.5 厂用电将出现长时停电时，可以对 DCS 电源进行断电操作。
- C.6 DCS 系统断电操作步骤：
- a) 每个操作站依次退出实时监控及操作系统后，关闭操作站工控机及显示器电源；
 - b) 依次关闭卡件柜、继电器柜、网络柜、电源柜的电源。
- C.7 DCS 系统送电操作步骤：
- a) 对 DCS 系统进行全面检查无异常；
 - b) 依次合上电源柜、卡件柜、继电器柜、网络柜；
 - c) 开启各操作站及显示器电源，之后按照正常操作步骤操作；
 - d) 检查各回路参数、调节阀的开度等一切正常后方可再次投入自动。

附录 D

(资料性附录)

氨泄漏应急预案

- D.1 严格执行国家和地方有关危化品管理的法律法规，持证上岗，严格执行运行操作规程。
 - D.2 定期进行严密性试验，加强巡检，一旦发现泄漏，立即进行可靠隔绝，并抢修。
 - D.3 氨区配备正压式空气呼吸器、氨气专用过滤式防毒面具、隔离式防化服、橡胶防冻手套、化学安全防护眼镜、胶靴、堵漏材料、便携式氨浓度检测仪、毛巾等防护用品。
 - D.4 氨区配备适量的 2%醋酸水或 2%的硼酸水等急救药品。
 - D.5 氨水罐附近应装设水喷淋装置，人员碰触到氨水时能及时清洗。伤情严重立即送医。
 - D.6 氨区消防喷淋水系统每月应试喷一次，因故退出运行时必须提前做好应急预案。
 - D.7 应急处置：
 - a) 泄漏事故发生后，发现人应立即向上级报告，按应急预案进行操作与处置，远方关闭泄漏部位上游阀门；
 - b) 事故应急机构各专业成员接到通知后立即赶赴现场进行应急处理；
 - c) 事件进一步扩大时，应同时启动环境污染事故、人身事故、火灾事故的处置预案；
 - d) 现场应急处置原则：“救人第一”，先控制扩散区域和中毒人员，后疏散救人、处置毒源；
 - e) 进入事故处理现场的所有人员必须穿戴好防化、防护用品，做到皮肤无裸露部位；
 - f) 处置场所作业时需设专人穿戴好防护用具负责监护；
 - g) 泄漏到地面或设备上的氨水，必须用大量清水冲洗；冲洗水应回收到废水处理系统经处理合格后再排放。
-