

HJ

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 462—2021

代替 HJ 462—2009

工业锅炉烟气治理工程技术规范

Technical specification for flue gas treatment engineering of industrial boiler

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。



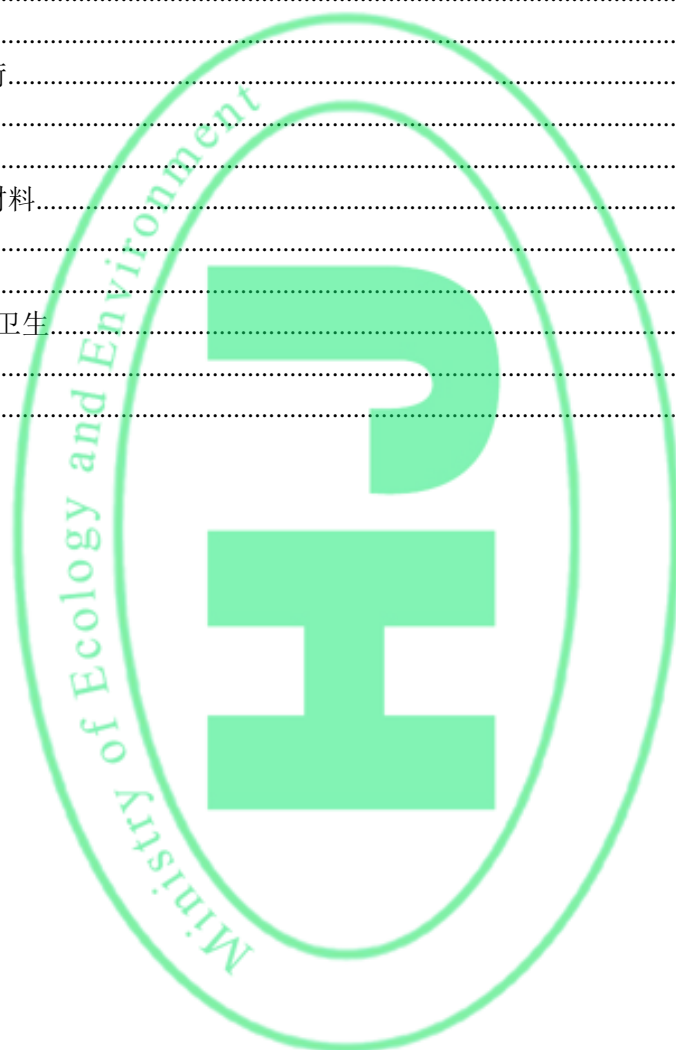
2021-04-30 发布

2021-04-30 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	2
4 污染物与污染负荷.....	3
5 总体要求	4
6 工艺设计	5
7 主要工艺设备和材料.....	12
8 检测与过程控制.....	13
9 主要辅助工程.....	14
10 劳动安全与职业卫生.....	15
11 工程施工与验收.....	15
12 运行与维护	16



前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《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设计、施工、验收和运行维护的技术要求。

本标准首次发布于 2009 年，本次为第一次修订。修订的主要内容如下：

——修改了标准名称；

——明确了工业锅炉的种类和容量范围；

——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。

自本标准实施之日起，《工业锅炉及炉窑湿法烟气脱硫工程技术规范》（HJ 462—2009）废止。

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 2021 年 4 月 30 日批准。

本标准自 2021 年 4 月 30 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

本标准规定了工业锅炉烟气治理工程的污染物与污染负荷、总体要求、工艺设计、主要工艺设备和材料、检测与过程控制、主要辅助工程、劳动安全与职业卫生、施工与验收、运行与维护等。

本标准所述的工业锅炉是指以煤为燃料的单台锅炉出力在 10 t/h 到 65 t/h（含）之间的蒸汽锅炉、容量大于 7 MW 的热水锅炉、有机热载体锅炉及层燃锅炉。

本标准适用于工业锅炉烟气中颗粒物、二氧化硫（SO₂）和氮氧化物（NO_x）三类污染物的治理工程，对工业锅炉烟气中汞等其他污染物宜优先考虑通过烟气治理工程的协同效应进行治理。

本标准可作为工业锅炉烟气治理工程环境影响评价、工程设计、施工、调试、验收、运行管理以及环境监理的技术依据。

使用燃油、燃气及其他燃料的锅炉和炉窑烟气中颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的治理工程可参照执行。

本标准不适用于以危险废物为燃料或掺烧危险废物的锅炉烟气治理工程。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 2894	安全标志及其使用导则
GB 5083	生产设备安全卫生设计总则
GB 8978	污水综合排放标准
GB/T 12801	生产过程安全卫生要求总则
GB 13271	锅炉大气污染物排放标准
GB 18598	危险废物填埋污染控制标准
GB/T 19229.2	燃煤烟气脱硫设备 第 2 部分：燃煤烟气干法/半干法脱硫设备
GB/T 21509	燃煤烟气脱硝技术装备
GB/T 27869	电袋复合除尘器
GB 50009	建筑结构荷载规范
GB 50011	建筑抗震设计规范
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	动力机器基础设计标准
GB 50041	锅炉房设计规范
GB 50052	供配电系统设计规范
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 50160	石油化工企业设计防火标准
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 50229	火力发电厂与变电所设计防火标准
GB 50243	通风与空调工程施工质量验收规范
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	烟气循环流化床法烟气脱硫工程通用技术规范
HJ 179	石灰石/石灰-石膏湿法烟气脱硫工程通用技术规范
HJ/T 320	环境保护产品技术要求 电除尘器高压整流电源
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	火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性非催化还原法
HJ 820	排污单位自行监测技术指南 火力发电及锅炉
HJ 991	污染源源强核算技术指南 锅炉
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
HJ 2301	火电厂污染防治可行技术指南
DL/T 1844	湿式静电除尘器用导电玻璃钢阳极检验规范
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
JB/T 10989	湿法烟气脱硫设备 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 12539	选择性非催化还原法烟气脱硝系统运行技术条件
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
NB/T 47041	塔式容器
TSG 11	锅炉安全技术规程
TSG G0002	锅炉节能技术监督管理规程

《企业文件材料归档范围和档案保管期限规定》(国家档案局令 第10号)

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(NH₃·H₂O)、尿素(CO(NH₂)₂)和液氨(NH₃)。

3.2

标准状态 standard condition

工业锅炉烟气在温度为 273.15 K，压力为 101 325 Pa 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的数值。

3.3

副产物 by-products

工业锅炉烟气治理工程运行过程中伴随治理主工艺产生的物质。

3.4

烟气阻力 flue gas resistance

烟气通过某设备或烟道时产生的沿程阻力与局部阻力之和,是该设备或烟道运行过程中进出口处烟气的全压之差,单位为 Pa。

3.5

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 反应区逃逸的氨与 SCR 反应器前喷入的氨随烟气进入 SCR 脱硝反应器内,实现 NO_x 的二次脱除。

3.6

氨逃逸浓度 ammonia slip

工业锅炉烟气脱硝装置出口烟气中氨的质量与烟气体积 (标态, 干基, 9% 基准含氧量) 之比, 单位为 mg/m³。

3.7

脱硫剂 desulfurizer

吸收烟气中二氧化硫 (SO₂) 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或白泥 (CaCO₃)、生石灰 (CaO)、熟石灰或电石渣 (Ca(OH)₂)、氧化镁 (MgO)、纯碱 (Na₂CO₃)、烧碱 (NaOH)、小苏打 (NaHCO₃) 等。

3.8

液气比 (L/G) liquid/gas ratio

吸收塔中循环吸收液体积流量 (L/h) 与吸收塔出口饱和烟气标态体积流量 (m³/h) 的比值。

4 污染物与污染负荷

4.1 污染物来源

工业锅炉烟气的污染物主要来源于燃烧过程, 主要包括颗粒物、SO₂ 和 NO_x。

4.2 污染负荷

烟气治理工程的污染物设计负荷应在理论计算 (宜参照 HJ 991 的有关规定执行) 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进行校核。

4.3 工程设计时宜收集的主要资料

工程设计时宜收集的主要资料包括但不限于:

- a) 锅炉污染物初始排放浓度、污染物产生设备情况及工作制度;
- b) 污染物允许排放浓度、排放总量、排污许可证;
- c) 锅炉的烟气量, 包括正常烟气量范围、最大烟气量;
- d) 烟气温度, 包括正常温度范围、最高温度;
- e) 锅炉型式及锅炉设计说明书;
- f) 供电及公用工程参数;
- g) 厂区总平面布置图、交通运输图;
- h) 厂区地质条件、气象条件;
- i) 已投运锅炉烟风系统的阻力及阻力分布;

- j) 已投运锅炉烟气治理设施入口的烟气成分；
- k) 已投运锅炉燃料、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 工业锅炉宜采用洁净燃料、低氮燃烧和炉内控制等技术降低锅炉烟气污染物的初始浓度。
- 5.1.2 烟气治理工程应符合环境影响评价文件及批复的要求，并与锅炉主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。
- 5.1.3 烟气经治理后颗粒物、SO₂和NO_x的排放浓度应满足 GB 13271 及地方排放标准的要求，污染物的排放量应符合排污许可证的要求。
- 5.1.4 烟气污染物的设计脱除效率宜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，并宜留有裕量。
- 5.1.5 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，宜对副产物进行性质鉴别，并依据性质鉴别结果确定其贮存场的建设和使用要求。
- 5.1.6 应按 GB 13271 的有关规定安装烟气排放连续监测系统（CEMS），烟气排放口 CEMS 的设置应符合 HJ 75、HJ 76 的有关规定，依法与生态环境部门联网。
- 5.1.7 烟气治理工程需要对锅炉本体进行改造时，其设计和施工应符合 GB 50041 和 TSG 11、TSG G0002 等的有关规定。

5.2 工程构成

- 5.2.1 烟气治理工程由颗粒物、SO₂和NO_x治理主体工程、公用工程、辅助工程等构成。
- 5.2.2 颗粒物治理主体工程包括除尘器、卸输灰系统等；SO₂治理主体工程包括吸收塔及吸收剂制备系统、副产物处理系统等；NO_x治理主体工程包括反应器及还原剂系统等。
- 5.2.3 公用工程包括水系统、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、给排水与消防、采暖与通风系统等。

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宜与锅炉布置相协调，并应遵循以下原则：
 - a) 工艺布局合理、流程顺畅、烟气阻力小，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、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时宜避免变动锅炉的建（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 GB 50229、GB 50016、GB 50222 和 GBZ 1 等的有关规定。
- 5.3.2.2 根据具体的烟气治理技术，其总图布置应符合 GB/T 19229.2、HJ 178、HJ 179、HJ 562、HJ 563、HJ 2020 和 HJ 2028 等的有关规定。
- 5.3.2.3 烟气治理工程的公用工程和辅助工程宜统一考虑，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设施宜靠近主要运输通道。

5.3.2.5 氨区与其他建（构）筑物的间距应符合 GB 50016、GB 50160 的有关规定，氨区的其他设计要求应符合 HJ 562 等国家和行业标准的有关规定。

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 的有关规定。

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

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，在平面及立面上宜与锅炉主体工程相协调。

5.3.4.2 管线集中布置时宜遵循以下原则：

- 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；
- 优先布置需自流的管线；
- 优先布置工程量大、安装维护难度大、检修维护频繁的管线；
- 新建管线的布置不影响现有管线。

5.3.4.3 管线与其他构筑物、道路之间的最小间距应符合 HJ 2020 的有关规定。

5.3.4.4 管线布置时，应根据输送介质的特性合理设置管线的坡度。

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波动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宜保证各治理设备入口、内部流场的均匀性，减少阻力损失，并核算已有引风机的出力是否满足改造工艺的要求。

6.1.4 烟气治理工程中后一级设备的处理能力不能低于前一级。

6.1.5 脱硫剂制备、副产物处理系统的处理能力宜按设计工况下正常量的 150% 设计。

6.1.6 烟气治理设施应保持有良好的气密性，避免泄漏和漏风。

6.1.7 根据物料温度、环境温度和工艺要求等条件对工艺设备采取保温、伴热措施，保温材料应采用阻燃型或自熄型的材料。

6.1.8 统筹考虑除尘、脱硫、脱硝工艺的组合，优先选择适宜、高效的烟气治理工艺组合。

6.1.9 常见工业锅炉烟气治理典型工艺流程示意图 1 和图 2。

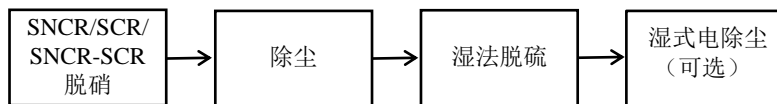
a) 煤粉锅炉、循环流化床锅炉：



注：湿法脱硫是指石灰石/石灰-石膏法、钠碱法或氧化镁法烟气脱硫。

图 1 煤粉锅炉及循环流化床锅炉烟气治理工艺流程

b) 层燃锅炉：



注 1: 湿法脱硫是指石灰石/石灰-石膏法、钠碱法或氧化镁法烟气脱硫。

注 2: 层燃锅炉烟气采用袋式除尘器时, 宜前置滤袋保护设施。

图 2 层燃锅炉烟气治理工艺流程

6.2 低氮燃烧

6.2.1 煤粉锅炉、循环流化床锅炉宜优先选用低氮燃烧工艺。

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, 确保燃烧充分, 工艺设备的布置不影响锅炉的运行与检修。

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

6.3 SNCR 脱硝

6.3.1 工业锅炉烟气 SNCR 脱硝的工艺设计宜参照 HJ 563 的有关规定执行, 工程构成与运行要求等宜参照 JB/T 12539 的有关规定执行。

6.3.2 还原剂选用尿素时, 脱硝反应区宜设在 850~1 050℃ 区间内; 还原剂选用氨水时, 脱硝反应区宜设在 800~1 000℃ 区间内。

6.3.3 脱硝工程应能适应锅炉负荷的变化, 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量数据确定喷枪布置方式, 强化还原剂与烟气的混合效果。数值模拟宜参照 JB/T 12131 的有关规定执行。

6.3.4 脱硝反应区温度波动较大时, 宜设计备用喷射点。

6.3.5 喷射系统的安装位置不能影响锅炉的正常检修, 喷射点周围管壁宜采取必要的防腐措施。

6.4 SCR 脱硝

6.4.1 工业锅炉烟气 SCR 脱硝的工艺设计宜参照 HJ 562 的有关规定执行。

6.4.2 烟气温度在 300~420℃ 时, 应选用高温型 SCR 催化剂; 烟气温度在 300℃ 以下时, 应选用中低温型 SCR 催化剂。催化剂配方、用量、结构形式及布置位置的选择应综合烟气温度、湿度、颗粒物性质、NO_x 浓度、SO₂ 浓度、颗粒物浓度及设计脱硝效率等因素确定。

6.4.3 当烟气温度较长时间低于催化剂活性温度时, 宜及时采取掺混部分高温烟气等办法使烟气升温。

6.4.4 采用炉内反应器时, 催化剂的尺寸宜与工业锅炉竖井烟道相匹配, 并充分考虑反应器对工业锅炉烟风系统的影响, 必要时可对竖井烟道进行改造; 采用炉外反应器时, 反应器的尺寸宜根据烟气流速确定, 结合催化剂模块大小及布置方式进行调整。

6.4.5 催化剂宜制成钢结构框架的模块, 模块规格宜统一。

6.4.6 每层催化剂均应设置可拆卸的催化剂测试单元, 需定期检测测试单元的催化剂活性, 催化剂的寿命宜参照 HJ 2053 的有关规定执行。

6.4.7 失活催化剂的再生应参照 JB/T 12129 的有关规定执行。

6.5 SNCR-SCR 联合脱硝

6.5.1 锅炉烟气采用 SNCR-SCR 联合脱硝工艺时, 其中 SNCR 和 SCR 各自的工艺设计等内容可参照 HJ 563 和 HJ 562 的有关规定执行, 典型工艺流程见图 3。

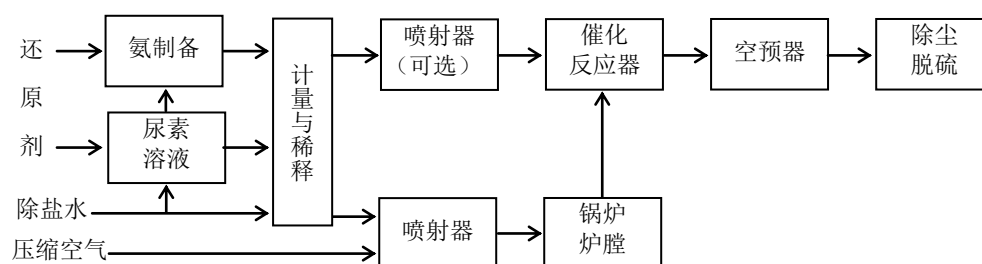


图3 SNCR-SCR联合脱硝典型工艺流程

6.5.2 尿素作为还原剂时，可不设氨制备系统，直接将尿素溶液喷入温度合适的锅炉炉膛区间。液氨或氨水作还原剂时，宜参照 HJ 563 的有关规定执行。

6.5.3 还原剂主要通过 SNCR 喷射系统加入，部分还原剂通过 SCR 补氨装置加入。

6.5.4 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 电除尘适用于入口烟气中颗粒物的工况比电阻在 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 的除尘工程。

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

6.6.1.3 电袋复合除尘器入口烟气条件应满足 6.6.1.1 和 6.6.1.2 的要求。

6.6.1.4 湿式电除尘器适用于石灰石-石膏法、氧化镁法、钠碱法等湿法烟气脱硫后颗粒物去除的场合，入口烟气宜为饱和湿烟气。

6.6.1.5 机械式除尘适用于预除尘，可作为层燃锅炉采用袋式除尘时的前置保护措施。

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 有关规定执行。

6.6.1.7 除尘器的检修维护周期宜与锅炉一致。

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、电气与控制、公用工程等系统组成。

6.6.2.2 湿式电除尘系统主要由除尘器本体、喷淋冲洗、电气与控制、公用工程等系统组成。

6.6.3 除尘器本体

6.6.3.1 电除尘器、袋式除尘器、电袋复合除尘器的本体一般均位于锅炉引风机的上游，为负压布置。除尘器灰斗需保温，必要时设灰斗加热和振打装置。

6.6.3.2 湿式电除尘器位于湿法烟气脱硫的下游，宜正压布置。除尘器壳体可采用碳钢内衬玻璃鳞片或防腐性能不低于 S 31603 的不锈钢材料制作。

6.6.3.3 除尘器本体的漏风率应符合 HJ 2028、GB/T 27869 和 JB/T 12593 的有关规定。

6.6.3.4 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。

6.6.3.5 湿式电除尘器产生的灰水宜作为湿法烟气脱硫的补充水。

6.6.3.6 湿式电除尘器与湿烟气接触的材质应满足耐腐蚀要求，材质的选用可参照 JB/T 12593 的有关规定执行。

6.6.3.7 应根据烟气温度及环境温度对除尘器壳体敷设保温层，保温材料应采用阻燃型或自熄型的材料。

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等方式，输灰方式的选择应

根据输送量、输送距离、平立面布置等因素综合确定。

6.6.4.2 后一级输灰装置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，水质宜符合 JB/T 10989 的有关规定。

6.6.5.2 供水管路宜设过滤器，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他耐腐蚀的材质制作。

6.6.5.4 喷嘴处的水压宜控制在 0.20~0.40 MPa。

6.6.6 电气与控制系统

6.6.6.1 湿式电除尘器的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 电除尘器（含湿式电除尘器和电袋复合除尘器）电场区人孔门、高压开关柜门应与高压电源实现安全联锁。

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 的有关规定。

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

6.7.1.3 脱硫副产物石膏的品质应能满足综合利用条件，其品质宜符合 JC/T 2074 的有关规定。

6.7.1.4 脱硫工程入口烟气颗粒物浓度宜小于 50 mg/m³。

6.7.2 工艺流程与工程构成

石灰石/石灰-石膏法烟气脱硫主体工程主要由脱硫剂制备、吸收与氧化、除雾、副产物处理、废水处理等系统组成，典型工艺流程见图 4。

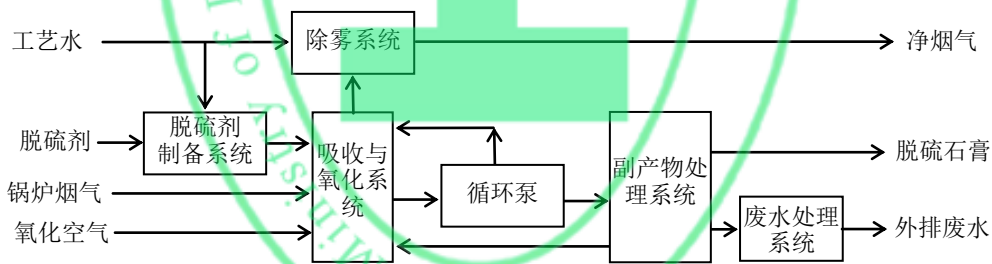


图 4 石灰石/石灰-石膏法烟气脱硫典型工艺流程

6.7.3 脱硫剂制备系统

6.7.3.1 脱硫剂为石灰石时，宜采用成品石灰石粉直接配制成脱硫剂浆液待用；脱硫剂为生石灰时，宜设置生石灰的消化系统；脱硫剂为熟石灰时，可直接配制成脱硫剂浆液待用；脱硫剂为电石渣或白泥时，宜参照 JB/T 11648 的有关规定执行。

6.7.3.2 石灰/石灰石的品质宜参照 HJ 179 的有关规定执行。

6.7.3.3 脱硫剂粉仓的容积宜与运输车辆的容积相匹配。

6.7.3.4 应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 吸收与氧化可一体化设计或分体设计。吸收系统常采用空塔喷淋，氧化系统宜采用氧化空气喷枪+侧搅拌器的组合或氧化空气管网+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 入口烟气温度湿度的变化对蒸发量有较大影响，宜做水平衡。
- 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 的有关规定值。
- 6.7.5 除雾系统
- 6.7.5.1 除雾器可选用多级折流板式、旋流板式/管束式。
- 6.7.5.2 除雾器宜设自动冲洗，能对除雾器全断面进行冲洗。
- 6.7.5.3 冲洗水宜分区设计，每个分区的供水宜单独控制，各个分区不应同时供水。
- 6.7.6 副产物处理系统
- 6.7.6.1 副产物石膏的处理系统包括石膏浆液的分级浓缩和脱水。
- 6.7.6.2 石膏的分级浓缩宜采用水力旋流器，经浓缩后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 的有关规定。
- 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处理系统统一管理。
- 6.7.7.2 脱硫废水的设计处理能力宜根据物料衡算确定。
- 6.7.7.3 设置废水处理系统时，宜采用 pH 调整、沉淀、絮凝、澄清、浓缩、氧化、污泥脱水等工序处理后回用或间接排放。

6.8 氧化镁法烟气脱硫

6.8.1 一般规定

- 6.8.1.1 吸收塔入口烟气颗粒物浓度宜小于 50 mg/m³。
- 6.8.1.2 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。
- 6.8.1.3 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

氧化镁法烟气脱硫主体工程主要由脱硫剂制、吸收与氧化、除雾、废水处理等系统组成，典型工艺流程见图 5。

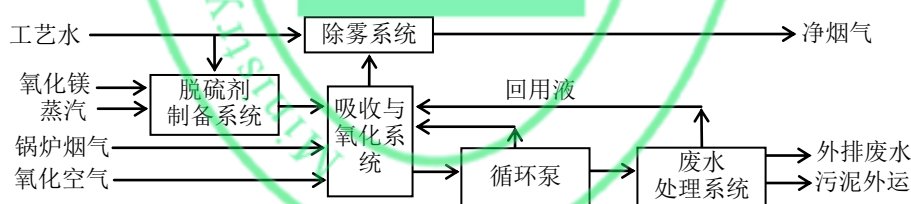


图 5 氧化镁法烟气脱硫典型工艺流程

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，氧化镁纯度宜高于 85%，酸不溶物宜低于 6%。
- 6.8.3.2 宜设氧化镁熟化工序，熟化温度宜高于 70℃，熟化时间宜大于 2 h。
- 6.8.3.3 氧化镁储罐宜设置热风搅动和/或流化板。

6.8.4 吸收与氧化系统

- 6.8.4.1 吸收塔可采用空塔喷淋或旋流板塔等形式，按副产物处理工艺的要求确定是否设置氧化系统。
- 6.8.4.2 副产物为硫酸镁时，宜设置氧化系统将脱硫产物全部氧化为硫酸镁。
- 6.8.4.3 吸收系统设计液气比宜大于 5 L/m³。
- 6.8.4.4 吸收系统循环液的 pH 宜控制在 5.0~7.0。

6.8.5 除雾系统

6.8.5.1 除雾器常为旋流板式或双级折流板式。

6.8.5.2 除雾器宜设自动冲洗，能对除雾器全断面进行冲洗，冲洗时不得留有冲洗死角，冲洗喷嘴喷洒投影面宜设计不小于 30% 的重叠区。

6.8.5.3 冲洗水宜分区设计，每个分区的供水宜单独控制，各个分区不应同时供水。

6.8.5.4 可采用副产物处理系统和废水处理系统的回用水作为冲洗水水源。

6.8.5.5 吸收塔需补水时，宜采用工艺水对除雾器进行冲洗的方式补水，水质宜符合 JB/T 10989 的有关规定。

6.8.6 废水处理系统

6.8.6.1 设有副产物处理系统的工程，处理过程中产生的清液宜回用，可用于氧化镁浆液配制或除雾器冲洗等。

6.8.6.2 无副产物处理系统的废水宜纳入全厂或所在区域的废水系统统一管理。

6.8.6.3 脱硫废水的设计处理能力宜根据物料衡算确定。

6.8.6.4 单独设置废水处理系统时，宜采用中和、压滤脱水、澄清等工序去除污染物。

6.9 钠碱法烟气脱硫

6.9.1 一般规定

6.9.1.1 吸收塔入口烟气颗粒物浓度宜小于 50 mg/m^3 。

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

6.9.1.3 有碱性废液可用时，宜优先选用碱性废液替代（或部分替代）钠碱作为脱硫剂，脱硫后的吸收液宜返回原碱性废液处理系统。

6.9.2 工艺流程与工程构成

钠碱法烟气脱硫主体工程主要由吸收、除雾、废水处理等系统组成，典型工艺流程见图 6。

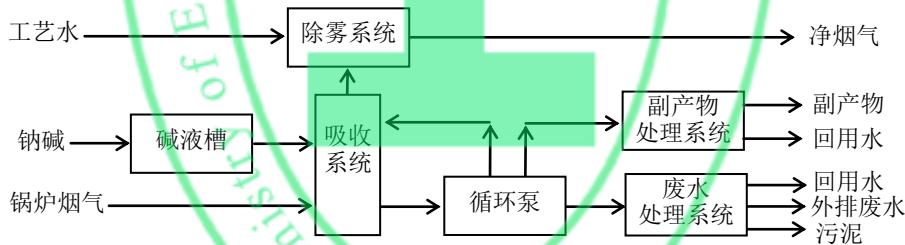


图 6 钠碱法烟气脱硫典型工艺流程

6.9.3 吸收系统与除雾系统

6.9.3.1 钠碱法脱硫塔可采用旋流板塔等塔形，并配置除雾器。

6.9.3.2 pH 宜控制在 5.5~7.0。

6.9.3.3 除雾器应设冲洗水，可用澄清液作为冲洗水。

6.9.3.4 碱性废液法脱硫废水宜排到原废水处理系统，必要时设氧化系统。

6.9.3.5 需回收脱硫副产物亚硫酸钠 (Na_2SO_3) 时，吸收系统宜添加合适的阻氧剂。

6.9.4 除雾系统

钠碱法脱硫的除雾系统与氧化镁法的系统相似，可参照 6.8.5 的有关规定执行。

6.9.5 废水处理系统

钠碱法的废水处理系统与氧化镁法的系统相似，可参照 6.8.6 的有关规定执行。

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宜参照 HJ 178 有关规定执行。设备的技术性能要求和适用范围宜参照 GB/T 19229.2 有关规定执行。

6.10.1.2 有电石渣等干粉碱性废渣可用时，宜优先选择干粉碱性废渣作为脱硫剂。

6.10.1.3 脱硫副产物宜根据其理化特性进行综合利用。

6.10.1.4 工程的设计应充分考虑锅炉负荷及燃煤品质的变化，提高工艺的适应性与可调节性，必要时设置净烟气再循环系统，确保低负荷时反应器床层的稳定。

6.10.2 工艺流程与工程构成

烟气循环流化床法烟气脱硫主体工程主要包括脱硫剂制备、吸收、除尘、灰循环等系统组成，典型工艺流程见图 7。

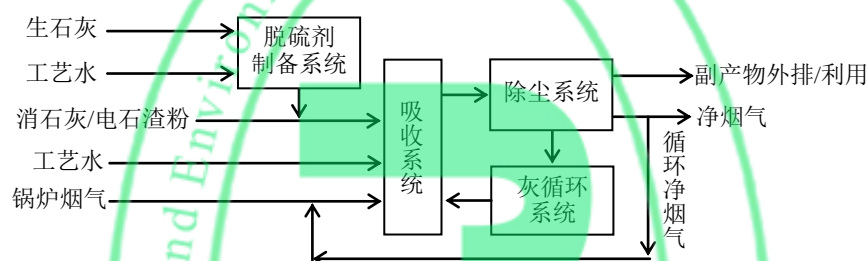


图 7 烟气循环流化床法烟气脱硫典型工艺流程

6.10.3 脱硫剂制备系统

6.10.3.1 采用生石灰作脱硫剂时，生石灰宜经消化系统后再送入吸收塔。

6.10.3.2 采用电石渣干粉作脱硫剂时，应控制其含水率，电石渣的品质指标宜参照 HJ 178 的有关规定执行。

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、塔底吹扫段等组成。

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，宜开启净烟气再循环系统。

6.10.4.3 吸收塔出口烟气温度与湿度应与除尘器的要求一致。

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 运行时宜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 烟气治理工程所在区域应设置事故或检修时药剂的收集设施，所有废水和收集液不得直接外排。

6.11.2 废水应优先回用，不能回用时应采取措使其符合 GB 8978 和地方排放标准的有关规定后排放。

6.11.3 各种粉料在装卸、贮运、计量、制备过程中宜优先采取全封闭方式，必要时设置除尘设施。

6.11.4 烟气治理工程产生的副产物宜综合利用。

6.11.5 脱硝装置运行时应控制脱硝还原剂的喷入量，氨逃逸应符合 HJ 562 和 HJ 563 的有关规定。锅

炉启停及低负荷时，应及时减少或停加还原剂，控制氨逃逸。

6.11.6 采用液氨或氨水作为脱硝还原剂时，应有防氨气泄漏的措施。

6.11.7 失效的催化剂应由有资质的专业厂家处置，或按 GB 18598 的有关规定执行。

6.11.8 废弃滤袋宜参照 HJ 2301 妥善处理。

6.11.9 湿法脱硫后的烟气应除雾，除雾后烟气中液滴含量宜参照 HJ 179 的有关规定执行。

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 催化反应器入口烟气的流速、流向、温度、 NH_3/NO_x 摩尔比等偏差值宜参照 GB/T 21509 中规定的“第一层催化剂入口烟气条件”执行；催化反应器下游的空预器应考虑防腐。

7.1.1.2 每层催化剂均宜设置吹灰装置，吹灰装置可采用蒸汽吹灰或声波吹灰等方式。

7.1.1.3 反应器宜按数值模拟和/或物模的结论进行设计。

7.1.1.4 反应器入口宜设置温度检测仪表，反应区温度应符合催化剂的使用要求。

7.1.1.5 反应器侧壁宜设置催化剂的装载门和检修人孔。

7.1.1.6 反应器本体可采用整体悬挂或支撑方式安装，反应器外壁应保温。

7.1.2 脱硝还原剂储存设备

脱硝还原剂储存设备的设计宜参照 HJ 562、HJ 563 等的有关规定执行。

7.1.3 氨气稀释与喷射设备

7.1.3.1 稀释空气风机的设计体积流量应不低于氨气最大消耗量（体积流量）的 20 倍。

7.1.3.2 稀释空气风机宜按一用一备设置。

7.1.3.3 喷射设备宜采用喷氨格栅的形式。

7.1.3.4 喷氨格栅应按防堵塞、抗磨损设计。

7.1.4 湿法烟气脱硫吸收塔

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、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制作，也可采用全玻璃钢或麻石等非金属制作。

7.1.4.3 采用喷淋塔时，喷淋区塔壁要做特别的防冲刷磨损设计，必要时局部衬贴耐磨板。

7.1.4.4 湿法脱硫吸收塔内构件均需做防腐处理，或采用防腐性能不低于 S 31603 的材质。

7.1.4.5 吸收塔及其塔顶烟囱的强度设计应符合 NB/T 47041 的有关规定。

7.1.5 浆液泵

7.1.5.1 脱硫浆液循环泵采用金属泵时，所有过流部件均应耐磨耐腐，运行时浆液中氯离子的浓度宜低于 20 g/L。

7.1.5.2 浆液泵设有在线备用泵时，切换阀宜尽可能靠近管路分界点。

7.1.5.3 浆液泵入口宜设有排净口，泵出口宜设冲洗水。

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宜同步关闭。

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有插板的锁紧装置。

7.1.7 风机

7.1.7.1 工业锅炉新建时，锅炉引风机的选型应考虑烟气治理工程所需克服的烟气阻力；烟气治理工程改、扩建时，若原有锅炉引风机裕量不足宜优先考虑改造引风机，经技术经济比较后也可增设增压风机。

7.1.7.2 增压风机宜布置在颗粒物浓度低且无烟气结露风险的区域。

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

7.1.7.4 氧化风机、流化风机可采用罗茨鼓风机。

7.1.7.5 氧化风机出口管路上宜设置水喷淋装置。

7.1.8 除雾器

7.1.8.1 除雾器宜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宜符合 JB/T 10989 的有关规定。

7.1.8.3 除雾器宜模块化布置，各单元部件应易于更换与维护。

7.2 主要材料

7.2.1 材料的选择应符合烟气治理工程的工艺要求。

7.2.2 SCR 反应器中直接与高温（ $\geq 350^{\circ}\text{C}$ ）烟气接触的部件材质宜选用 Q355 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部件应选用合适的耐腐蚀材料制作或在接触表面衬贴相应的耐腐蚀材料。

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，导电玻璃钢的技术指标参照 DL/T 1844 执行。

7.2.7 治理工程的主要工艺设备和材料的其他要求宜参照 GB/T 27869、HJ 178、HJ 179、HJ 562、HJ 563、HJ 2020、HJ 2028 和 HJ 2053 等的有关规定执行。

8 检测与过程控制

8.1 一般规定

8.1.1 烟气治理工程检测与过程控制的设计应能实现整个工程的正常运行控制与启停操作。

8.1.2 控制系统与仪表设备选型宜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 控制系统宜集中设置在一个控制室内，控制系统宜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、仓罐料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人工检测、分析和比对用仪器，检测实验室宜由全厂统筹考虑。

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 烟气治理工程的过程检测参数主要包括：工艺运行参数、各设备的状态参数、各类物料和副产物参数、公用工程参数等。

8.2.2 工艺运行参数、设备状态参数的监视与控制仪表应具备远传功能，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宜设冗余。

8.2.4 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。

8.2.5 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 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符合有关规定。

8.3.2 操作人员在控制室内应能对烟气治理设施进行控制与监视。

8.3.3 控制系统宜对料位、液位、浓度、pH值、除雾器冲洗、袋式除尘器清灰等关键参数和工艺过程进行自动调节与控制。

8.4 分析检测

8.4.1 污染物排放的自行监测内容和要求宜参照 HJ 820 的有关规定执行。

8.4.2 治理工程的主要分析检测项目及检测周期参见表 1。

表 1 日常分析检测项目及检测周期

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 1 次
8	石膏含水率	重量法	石膏脱水效果	每周 1 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 1 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 1 次
12	硫酸镁浓度	EDTA-2Na 滴定	校验	每周 2 次

9 主要辅助工程

9.1 电气工程

9.1.1 烟气治理工程供配电应符合 GB 50052 的有关规定，高压电源应符合 HJ/T 320 中的有关规定。

9.1.2 应充分利用锅炉主体工程的裕量，裕量不足时宜参照 HJ 179 的有关规定执行。

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 失电后对治理工程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 宜设一套交流不间断电源装置（UPS），以确保计算机、CEMS、检测仪表、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。

9.2 建筑与结构

9.2.1 工程建筑物的防火设计应符合 GB 50016 的有关规定。

9.2.2 工程建筑的室内装修宜参照 GB 50222 执行。

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

9.2.4 建筑与结构的设计应符合 GB 50009 及相关行业规范的有关规定。

9.2.5 建筑与结构的抗震设计应符合 GB 50011 的有关规定。

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主体工程统一考虑。

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 脱硫、脱硝工艺用水应与生活水管网隔离。

9.3.4 氨区、液氨贮罐区的消防设计应符合 GB 50016、GB 50084、GB 50219 等的有关规定。

9.4 采暖与通风

烟气治理工程的暖通设计与验收应符合 GB 50019 和 GB 50243 的有关规定。

9.5 道路与绿化

烟气治理工程的道路与绿化宜由锅炉主体工程统一考虑，治理工程在总图与运输设计时，应同步考虑检修、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，应采取各种有效的安全技术措施，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 的有关规定。

10.1.3 安全和卫生设施应同时建成运行，并制订相应的操作规程。

10.1.4 岗位人员应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应有安全标志，安全标志应符合 GB 2894 的有关规定。

10.2.2 烟气治理设施在维护检修时应严格执行动火、临时用电、吊装、高处、受限空间等特殊作业的有关规定。

10.2.3 应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。

10.3 职业卫生

10.3.1 烟气治理工程职业卫生的设计应符合 GBZ 1、GBZ 2.1、GBZ 2.2 的有关规定。

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 50040 和 GB/T 50087 的有关规定。

10.3.3 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、事故淋浴器等设施。

11 工程施工与验收

11.1 工程施工

11.1.1 施工单位应按已编制的施工组织方案进行施工。

HJ 462—2021

11.1.2 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。

11.1.3 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、涂装等作业时执行相关的国家标准。

11.1.4 防腐内衬、玻璃钢部件及塑料除雾器等应在相应区域动火作业结束后再安排作业。

11.1.5 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 土建、机务设备、电气、热工仪表及控制、保温、防腐衬里等的安装与施工验收应符合国家和行业标准的有关规定。

11.2.2 烟气治理工程竣工验收前宜在设计条件下进行技术性能试验。

11.2.3 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；
- b) 反应器烟气阻力；
- c) 电、水、气、汽等的消耗指标；
- d) 氨逃逸、还原剂消耗量、氨氮比。

11.2.4 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。

11.2.5 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 SO₂ 排放浓度；
- b) 烟气阻力，烟气循环流化床法烟气脱硫系统的烟气温降；
- 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 烟气治理工程的运行、维护及安全管理除应符合本标准的有关规定外，还应符合国家和行业标准的有关规定。

12.1.2 配备足够的操作、维护、检修人员及检测仪器。

12.1.3 制定并严格执行操作法、运行规程、应急预案等各项管理制度。

12.1.4 制定并严格执行检修规程、备品配件管理制度，确保装置稳定可靠地运行。

12.2 人员与运行管理

12.2.1 烟气治理工程的运行人员宜单独配置，宜至少配置 1 名专职管理人员。

12.2.2 烟气治理工程投运前应对设备全面的检查。

12.2.3 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流程。

- 12.2.4 如实填写运行记录，严格执行巡回检查制度、设备的定期切换制度和交接班制度。
- 12.2.5 各类记录除保存纸质版记录外宜同步保存电子版文件，记录保存时长不得低于3年，工程其他相关文件资料的保存宜参照《企业文件材料归档范围和档案保管期限规定》执行。

12.3 维护保养

- 12.3.1 烟气治理设施的检修维护宜纳入全厂统筹考虑，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 应提前组建事故应急机构、储备应急物资、制订应急预案，并定期组织演练。
- 12.4.2 发生事故后，应立即按相应的应急预案进行处置，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。应组织对事故原因进行分析、研究制定防范措施，防止同类事故重复发生。

