



中华人民共和国国家标准

GB/T 19229.2—2025

代替 GB/T 19229.2—2011

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

Coal-fired flue gas desulphurization equipment—
Part 2: Coal-fired flue gas dry/semi-dry desulphurization equipment

2025-10-31 发布

2026-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 类型和组成 3

 4.1 设备类型 3

 4.2 设备组成 3

5 技术要求 4

 5.1 通用要求 4

 5.2 性能要求 4

 5.3 脱硫设备子系统技术要求 4

 5.4 材料要求 7

 5.5 制造要求 7

 5.6 电气和控制系统要求 7

 5.7 安全环保、职业卫生及节能要求 7

 5.8 消防要求 8

 5.9 调试及验收要求 8

6 试验方法 8

 6.1 主要设备检验 8

 6.2 性能试验 9

7 检验规则 9

 7.1 检验分类 9

 7.2 出厂检验 9

 7.3 安装检验 10

 7.4 性能检验 10

 7.5 判定规则 10

8 标志和文件 10

 8.1 产品标志 10

 8.2 包装和储运标志 10

 8.3 文件 11

9 包装、运输和贮存 11

 9.1 包装 11

9.2 运输	11
9.3 贮存	11
附录 A (资料性) 脱硫设备典型工艺流程	12
A.1 脱硫设备典型工艺流程	12
A.2 烟气循环流化床脱硫典型工艺	12
A.3 增湿灰循环脱硫典型工艺	13
A.4 旋转喷雾脱硫典型工艺	14
附录 B (资料性) 吸收剂品质要求	16
B.1 生石灰粉品质要求	16
B.2 消石灰、电石渣粉品质要求	16
B.3 消石灰浆液品质要求	16
参考文献	17
图 A.1 烟气循环流化床脱硫典型工艺流程图	12
图 A.2 增湿灰循环脱硫典型工艺流程图	13
图 A.3 旋转喷雾脱硫典型工艺流程图	14
表 1 脱硫设备检验项目及要​​求	9
表 B.1 生石灰粉品质要求	16
表 B.2 消石灰品质要求	16
表 B.3 消石灰浆液品质要求	16

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 19229《燃煤烟气脱硫设备》的第2部分。GB/T 19229 已经发布了以下部分：

- 第1部分：燃煤烟气湿法脱硫设备；
- 第2部分：燃煤烟气干法/半干法脱硫设备；
- 第3部分：燃煤烟气海水脱硫设备。

本文件代替 GB/T 19229.2—2011《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》，与 GB/T 19229.2—2011 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了范围(见第1章,2011年版的第1章)；
- b) 增加了燃煤烟气干法/半干法脱硫设备、钙硫比、设备压力降的术语和定义(见3.1、3.7、3.8)；
- c) 删除了干法/半干法烟气脱硫工艺、主体工程、脱硫岛、脱硫装置、吸收剂制备装置、摩尔比、压力降、脱硫副产物和装置可用率的术语和定义(见2011年版的3.1~3.4、3.8、3.10~3.13)；
- d) 更改了术语吸收塔、预除尘器、脱硫除尘器、吸收剂和脱硫效率的定义(见3.2~3.6,2011年版的3.14、3.5、3.6、3.7和3.9)；
- e) 增加了“类型和组成”(见第4章)；
- f) 增加了三种典型工艺脱硫设备的具体技术要求(见5.3)；
- g) 增加了调试及验收(见5.9)；
- h) 更改了脱硫设备子系统和主要件的“试验方法”(见第6章,2011年版的第6章)；
- i) 更改了脱硫设备的“检验规则”，专门设置了“脱硫设备检验项目及要求”表(见第7章,2011年版的第6章)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国环保产业标准化技术委员会(SAC/TC 275)归口。

本文件起草单位：浙江菲达环保科技股份有限公司、浙江大学、中机生产力促进中心有限公司、福建龙净脱硫脱硝工程有限公司、武汉凯迪电力环保有限公司、中国标准化研究院、中国电力工程顾问集团有限公司、国能龙源环保有限公司、东方电气集团东方锅炉股份有限公司、中建材环保研究院(江苏)有限公司、西安热工研究院有限公司、浙江大维高新技术股份有限公司、浙江天洁环境科技股份有限公司、中建中环新能源有限公司、国能南京电力试验研究有限公司、浙江省白马湖实验室有限公司、浙江大学能源工程设计研究院有限公司、巩义市良慧环保科技有限公司、浙江宜成环保设备有限公司、浙江大学嘉兴研究院。

本文件主要起草人：罗水源、高翔、王少权、林春源、李艳波、斯洪良、吴敏、黄进、张力、张永强、张芳、张涌新、陈树发、王彬、黄晶晶、何育东、翁林钢、李哲、李兴华、邱永辉、李响、李军状、郑成航、张晓昕、周志颖、李学良、吴钢灿、周灿。

本文件于2011年首次发布，本次为第一次修订。

引 言

GB/T 19229 规定了燃煤烟气湿法脱硫设备、干法/半干法脱硫设备和海水脱硫设备的技术要求,由 3 个部分构成。

- 第 1 部分:燃煤烟气湿法脱硫设备。目的在于规定燃煤烟气湿法脱硫设备的技术要求,描述相应的试验方法,规定检验规则、标志、文件、包装、运输和贮存。
- 第 2 部分:燃煤烟气干法/半干法脱硫设备。目的在于规定燃煤烟气干法/半干法脱硫设备的类型、组成、技术要求,描述相应的试验方法,规定检验规则、标志、文件、包装、运输和贮存。
- 第 3 部分:燃煤烟气海水脱硫设备。目的在于规定燃煤烟气海水脱硫设备的技术要求,描述相应的试验方法,规定检验规则、标志、文件、包装、运输和贮存。

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

1 范围

本文件规定了燃煤烟气干法/半干法脱硫设备的类型和组成、技术要求,描述了相应的试验方法,规定了检验规则、标志、文件、包装、运输和贮存。

本文件适用于燃煤烟气采用干法/半干法脱硫设备的制造。燃气、燃油、燃生物质、掺烧其他燃料的燃煤锅炉以及钢铁、焦化、有色冶炼、建材、化工等行业需要采用烟气干法/半干法脱硫措施时参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 150(所有部分) 压力容器
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 12801 生产过程安全卫生要求总则
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 21508 燃煤烟气脱硫设备性能测试方法
- GB/T 34605 燃煤烟气脱硫装备运行效果评价技术要求
- GB/T 40514 电除尘器
- GB/T 45001 职业健康安全管理体系 要求及使用指南
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50017 钢结构设计标准
- GB 50029 压缩空气站设计规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范
- GB/T 50087 工业企业噪声控制设计规范
- GB 50128 立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范
- GB 50140 建筑灭火器配置设计规范
- GB 50187 工业企业总平面设计规范
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准
- GB 50229 火力发电厂与变电站设计防火标准

GB 50254 电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范
GB 50257 电气装置安装工程 爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范
GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范
DL/T 468 电站锅炉风机选型和使用导则
DL/T 678 电力钢结构焊接通用技术条件
DL/T 869 火力发电厂焊接技术规程
DL/T 1083 火力发电厂分散控制系统技术条件
DL/T 5072 发电厂保温油漆设计规程
DL/T 5121 火力发电厂烟风煤粉管道设计规范
DL/T 5142 火力发电厂除灰设计技术规程
DL/T 5153 火力发电厂厂用电设计技术规程
DL/T 5175 火力发电厂热工开关量和模拟量控制系统设计规程
DL 5190.4 电力建设施工技术规范 第4部分:热工仪表及控制装置
DL/T 5210.1 电力建设施工质量验收规程 第1部分:土建工程
DL/T 5210.4 电力建设施工质量验收规程 第4部分:热工仪表及控制装置
DL/T 5403 火电厂烟气脱硫工程调整试运及质量验收评定规程
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
HJ 75 固定污染源烟气(SO₂、NO_x、颗粒物)排放连续监测技术规范
HJ 76 固定污染源烟气(SO₂、NO_x、颗粒物)排放连续监测系统技术要求及检测方法
JB/T 5908 电除尘器 主要件抽样检验及包装运输贮存规范
JB/T 5911 电除尘器焊接件 技术要求
JB/T 8471 袋式除尘器 安装技术要求与验收规范
JB/T 8532 脉冲喷吹类袋式除尘器
JB/T 8536 电除尘器 机械安装技术条件
JB/T 11829 燃煤电厂用电袋复合除尘器
NB/T 47003.1 压力容器 第1部分:钢制焊接压力容器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

燃煤烟气干法/半干法脱硫设备 coal-fired flue gas dry/ semi-dry desulphurization equipment
吸收剂是以干态或增湿状态进入吸收塔与二氧化硫(SO₂)反应,脱硫终产物呈“干态”的脱硫设备。

3.2

吸收塔 absorber
使用物理或化学的处理方法脱除烟气中 SO₂ 及其他污染物的装置。

3.3

预除尘器 pre - deduster
布置在吸收塔上游用于收集烟气中颗粒物的装置。

3.4

脱硫除尘器 deduster after absorber

脱硫设备中用以收集吸收塔后烟气中颗粒物的装置。

3.5

吸收剂 absorbent

通过化学反应脱除烟气中的 SO_2 和其他酸性组分的物质。

3.6

脱硫效率 removal efficiency

脱硫设备脱除的 SO_2 浓度与脱硫设备进口烟气中所含 SO_2 浓度的百分比。

注：脱硫效率根据公式(1)计算：

$$\eta_{\text{SO}_2} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

η_{SO_2} ——脱硫效率；

C_1 ——脱硫设备进口烟气中 SO_2 的质量浓度，单位为毫克每立方米(mg/m^3)；

C_2 ——脱硫设备出口烟气中 SO_2 的质量浓度，单位为毫克每立方米(mg/m^3)。

3.7

钙硫比 calcium-sulfur molar ratio

加入吸收塔内新鲜的钙基吸收剂与脱除的 SO_2 及其他酸性气体的当量摩尔数之比。

注：钙硫比根据公式(2)计算：

$$M = \frac{M_{\text{Ca(OH)}_2}}{M_{\text{SO}_2} + M_{\text{SO}_3} + 0.5M_{\text{HCl}} + 0.5M_{\text{HF}} + 0.5M_{\text{NO}_2}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

M ——钙硫比；

$M_{\text{Ca(OH)}_2}$ ——消耗的吸收剂中 Ca(OH)_2 当量摩尔数，单位为摩尔(mol)；

M_{SO_2} ——脱除的 SO_2 当量摩尔数，单位为摩尔(mol)；

M_{SO_3} ——脱除的 SO_3 当量摩尔数，单位为摩尔(mol)；

M_{HCl} ——脱除的 HCl 当量摩尔数，单位为摩尔(mol)；

M_{HF} ——脱除的 HF 当量摩尔数，单位为摩尔(mol)；

M_{NO_2} ——脱除的 NO_2 当量摩尔数，单位为摩尔(mol)。

3.8

设备压力降 equipment pressure drop

烟气流经脱硫设备时的阻力，为脱硫设备入口至出口各段阻力之和。

注：单位为帕斯卡(Pa)。

4 类型和组成

4.1 设备类型

燃煤烟气干法/半干法脱硫设备(以下简称“脱硫设备”)按脱硫工艺类型可分为烟气循环流化床脱硫、增湿灰循环脱硫和旋转喷雾脱硫设备等。脱硫设备典型工艺流程见附录 A。

4.2 设备组成

脱硫设备主要由预除尘器(可选)、吸收塔、脱硫除尘器、吸收剂制备及供应系统、灰循环系统、副产物系统、烟气系统、工艺水系统、压缩空气系统及电气和控制系统组成。

5 技术要求

5.1 通用要求

5.1.1 按照经过规定程序批准的图纸和设计文件要求,对脱硫设备进行制造、安装、调试及验收。

5.1.2 脱硫设备的总平面布置应符合 GB 50016、GB 50187 和 GB 50229 的规定。

5.1.3 应根据烟气工艺参数、排放要求、场地环境、吸收剂条件和经济性等因素确定脱硫设备类型及布置方式。

5.1.4 吸收剂可直接外购符合品质要求的成品,或因地制宜现场制备。吸收剂的制备、贮存设施应集中布置在吸收塔附近,且应布置在主导风向的下游,吸收剂的运输、卸料和贮存等环节应有防止粉尘飞扬进入环境的措施。

5.1.5 脱硫设备的电气和控制系统宜与主体工程的电控系统合并布置。当需要设置独立的脱硫电控室时,应布置在脱硫设备附近。

5.1.6 脱硫设备的烟道及管线综合布置应与主体工程协调一致,主要管架、管线、沟道和电缆桥架宜集中布置,并留有足够的管线走廊。

5.1.7 脱硫设备设计寿命不应低于主体工程使用寿命,应能在主体工程正常工况条件下连续、稳定、安全运行。

5.1.8 脱硫设备响应速度应能满足主体工程的负荷变化速率。

5.2 性能要求

5.2.1 考核性能要求

在设计工况条件下,脱硫设备出口 SO_2 浓度¹⁾和颗粒物浓度应符合国家和地方环保的要求;需要满足超低排放要求时,出口 SO_2 质量浓度不应高于 35 mg/m^3 ,颗粒物质量浓度不应高于 10 mg/m^3 ;用户另有要求时应达到设计要求。

5.2.2 其他性能要求

5.2.2.1 脱硫设备的脱硫效率、钙硫比、出口温度和设备压力降应符合设计要求。

5.2.2.2 脱硫设备的电耗、水耗、吸收剂消耗量、压缩空气消耗量和蒸汽消耗量为按需检验项目,检验结果应符合设计要求。

5.3 脱硫设备子系统技术要求

5.3.1 预除尘器

5.3.1.1 进入脱硫设备的原烟气未携带有效吸收剂且烟气中颗粒物质量浓度高于 10 g/m^3 或粉煤灰需要综合利用时,应设置预除尘器。当进入脱硫设备的原烟气携带有效吸收剂时,可不设预除尘器。

5.3.1.2 预除尘器宜采用电除尘器,除尘效率应高于 80%。

5.3.1.3 电除尘器应符合 GB/T 40514 和设计文件的规定。

5.3.2 吸收塔

5.3.2.1 吸收塔进口烟气温度应按设计工况下烟气温度加 10°C 裕量设计,吸收塔出口烟气温度应至少

1) 本文件中所涉及的 SO_2 浓度、颗粒物浓度均指标准状态下干烟气,并折算到对应行业规定的基准氧含量时的数值。

高于露点温度 15℃。

5.3.2.2 采用烟气循环流化床脱硫设备时：

- a) 吸收塔内烟气停留时间应大于 4 s,在设计工况下塔内流速应为 3 m/s~6.5 m/s;
- b) 吸收塔总压力降设计值不应大于 2 200 Pa,床层压力降设计值应为 800 Pa~1 400 Pa;
- c) 水喷枪应布置在吸收塔密相区,并根据水喷枪型式、布置位置和喷枪出力设计喷枪数量;
- d) 吸收塔文丘里区域应采用耐磨材料。

5.3.2.3 采用增湿灰循环脱硫设备时：

- a) 吸收塔内的烟气停留时间应大于 1 s,在设计工况下流速不应大于 18 m/s;
- b) 吸收塔压力降设计值不应大于 1 800 Pa;
- c) 吸收塔喉部区域应采用耐磨材料。

5.3.2.4 采用旋转喷雾脱硫设备时：

- a) 吸收塔内烟气停留时间应为 9 s~16 s;
- b) 吸收塔压力降设计值不应大于 1 200 Pa;
- c) 吸收塔入口应设置蜗壳或其他型式的烟气分配器。

5.3.2.5 吸收塔应设有防止塔内反应生成物结块或粘结的装置。

5.3.2.6 吸收塔的设计强度应能承受塔内可能出现的最大压力,并考虑壁板磨损及腐蚀余量。

5.3.2.7 吸收塔内部不应设内撑杆件,塔底应设有紧急排灰装置。

5.3.3 脱硫除尘器

5.3.3.1 脱硫除尘器宜采用袋式除尘器或电袋复合除尘器。

5.3.3.2 采用烟气循环流化床脱硫设备时,除尘器入口颗粒物质量浓度应按 $650 \text{ g/m}^3 \sim 1\,200 \text{ g/m}^3$ 设计。

5.3.3.3 采用增湿灰循环脱硫设备时,除尘器入口颗粒物质量浓度应按 $600 \text{ g/m}^3 \sim 1\,500 \text{ g/m}^3$ 设计。

5.3.3.4 采用旋转喷雾脱硫设备时,除尘器入口颗粒物浓度应按吸收塔入口实际颗粒物浓度加上石灰浆液和循环灰浆液进入到烟气中的颗粒物浓度之和进行设计。

5.3.3.5 应根据烟气成分、粉尘和滤料特性以及除尘器的运行模式、清灰方式等因素确定过滤风速。

5.3.3.6 采用电袋复合除尘器时,电除尘区效率设计值不应低于 80%,应选择振打加速度衰减小的机械振打方式,并应在脱硫除尘器入口设置预沉降装置;极线形式应满足高浓度粉尘条件下的使用要求。

5.3.3.7 脱硫除尘器灰斗应设有蒸汽或电加热装置,灰斗应有防积灰措施。

5.3.4 吸收剂制备及供应系统

5.3.4.1 吸收剂可采用生石灰、消石灰或电石渣等。吸收剂选用应根据设备类型、吸收剂来源、运输条件、投资及运行费用等进行技术经济比较后确定。当采用电石渣时,应采用干粉电石渣,应对活性不足的电石渣采取恢复活性的措施。吸收剂品质要求见附录 B。

5.3.4.2 采用烟气循环流化床脱硫或增湿灰循环脱硫设备时：

- a) 采取现场制备将生石灰消化为消石灰时,生石灰仓的有效贮粉量应大于设计工况下 2 d 的生石灰消耗量,循环流化床脱硫设备所属的消石灰仓的有效贮粉量应大于设计工况下 1 d~2 d 的消石灰消耗量;
- b) 生石灰消化器的出力应大于生石灰设计消耗量的 150%;
- c) 生石灰消化时应控制消化速率使消石灰含水率低于 1.5%;
- d) 直接采用消石灰或电石渣粉作为吸收剂时,吸收剂仓的有效贮粉量应大于设计工况下 2 d 的吸收剂消耗量;
- e) 吸收剂输送应采用带计量的机械输送或空气斜槽输送方式,输送装置出力应大于吸收剂设计

消耗量的 150%。

5.3.4.3 采用旋转喷雾脱硫设备时：

- a) 吸收剂料仓的有效贮粉量应大于设计工况下 2 d 的吸收剂消耗量；
- b) 浆液制备罐的有效容积应大于设计工况下 1 h 的浆液消耗量；
- c) 制浆系统应设置不少于 2 台全容量供浆液泵，其中至少设置一台备用，容量应按雾化器额定出力的 2 倍~3 倍选取，供浆液泵扬程应大于设计工况下最高扬程的 1.2 倍；
- d) 浆液制备罐至浆液贮罐间应设置篮式过滤器或振动筛；
- e) 浆液贮罐的有效容积应大于设计工况下 3 h 的浆液消耗量；
- f) 采用生石灰作为吸收剂制备浆液时，浆液制备罐顶部应设有除尘、除雾装置。

5.3.4.4 吸收剂储仓及输送设备应有防潮、防结垢、防搭桥及防扬尘的措施。

5.3.5 灰循环系统

5.3.5.1 采用烟气循环流化床脱硫设备时：

- a) 循环灰宜采用空气斜槽输送，并设有灰流量调节装置，空气斜槽出力应大于设计输送量的 150%；
- b) 除尘器灰斗流化槽及空气斜槽应分别设置流化风机，并设有流量调节装置。

5.3.5.2 采用增湿灰循环脱硫设备时：

- a) 循环灰宜采用流化槽输送，并设有灰流量调节装置，流化槽出力应大于设计输送量的 150%；
- b) 喷枪应布置在增湿器顶部，并根据增湿器选型和增湿水量大小设置喷枪数量；
- c) 除尘器灰斗空气斜槽(如有)和流化槽可共用流化风机，流化风管应设有流量和压力调节装置。

5.3.5.3 流化槽或空气斜槽所需流化风量应按选用的流化板通气率要求选取，流化风机数量不应少于 2 台，其中至少设置一台备用，流化风加热后温度不应小于 80℃，加热后的流化风管道应保温。

5.3.5.4 采用旋转喷雾脱硫设备时：

- a) 循环灰宜采用带计量的机械输送方式，输送出力应大于循环灰设计消耗量的 150%；
- b) 循环灰中间仓有效容积应大于设计工况下 4 h 的循环灰消耗量，当与贮灰库合并设置时，其有效容积应大于设计工况下 24 h 的排灰量；
- c) 循环灰制浆罐与储罐(如有)的有效容积之和应大于设计工况下 3 h 的浆液消耗量；
- d) 循环灰供浆液泵选型应符合 5.3.4.3 c) 的规定。

5.3.6 副产物系统

5.3.6.1 脱硫副产物应根据其理化性质及特点进行贮存和处置。

5.3.6.2 应根据输送物料的性质、环境条件、输送距离及经济性等因素确定合适的输送方式，输送设备应采用气力输送或机械输送方式，输送设备选型应符合 DL/T 5142 的规定。

5.3.6.3 脱硫副产物和粉煤灰应各自设置灰库，集中布置，分开贮存。

5.3.7 烟气系统

5.3.7.1 采用烟气循环流化床脱硫设备时，烟气系统应设置清洁烟气再循环系统。

5.3.7.2 采用增湿灰循环脱硫设备时，单吸收塔系统宜设置清洁烟气再循环系统，多吸收塔系统应根据设备布置及实际运行工况决定。

5.3.7.3 挡板门(如有)应防止泄漏，清洁烟气再循环系统的挡板门应有良好的操作性及调节性。

5.3.7.4 烟气系统应设置测试孔、人孔及相应的检修平台。

5.3.7.5 烟道设计应符合 DL/T 5121 的规定，并考虑保温措施。

5.3.7.6 脱硫设备应负压运行，引风机的选型和配置应符合 DL/T 468 的规定。

5.3.8 工艺水系统

5.3.8.1 水箱容量应按设计工况下吸收塔 0.5 h~1 h 的耗水量设计,水箱入口、水泵入口应设置滤网。

5.3.8.2 采用烟气循环流化床或增湿灰循环脱硫设备时,每座吸收塔应设置不少于 2 台全容量工艺水泵,水泵额定流量应按喷枪额定出力的 1.3 倍~1.8 倍选取,水泵扬程应大于设计工况下最高扬程的 1.2 倍,并至少设置一台备用。循环流化床脱硫设备的消化水泵宜独立设置。

5.3.8.3 采用旋转喷雾脱硫设备时,水泵额定流量应大于雾化器工艺水设计消耗量的 2 倍,水泵扬程应大于设计工况下最高扬程的 1.2 倍。浆液管道冲洗水泵应独立设置。

5.3.9 压缩空气系统

5.3.9.1 压缩空气用于袋式除尘器喷吹用气(如需)、雾化器密封用气(如需)、控制及仪表用气、气力输送及检修用气,其品质应满足脱硫设备使用要求。

5.3.9.2 压缩空气站的设计应符合 GB 50029 的规定。

5.4 材料要求

5.4.1 脱硫设备中的压力容器应符合 GB/T 150(所有部分)的规定,所用的钢材应附有钢材生产单位的质量证明书。

5.4.2 钢制设备所用的钢材应符合 GB/T 699、GB/T 3274 和 GB/T 3077 的规定。

5.4.3 塔内降温水喷枪的喷嘴材料宜采用碳化钨或碳化硅,枪体应采用防腐性能不低于 S31603 的不锈钢材料。

5.4.4 塔外增湿水喷枪的喷嘴和枪体应采用防腐性能不低于 S30408 的不锈钢材料。

5.4.5 吸收剂浆液雾化装置应采用具有耐磨、耐腐蚀性能好的材料,喷嘴材料宜采用碳化硅。

5.5 制造要求

5.5.1 脱硫设备钢结构设计应符合 GB 50017 的规定,施工应符合 GB 50205 的规定。

5.5.2 钢制设备、材料的焊接应符合 DL/T 678 和 DL/T 869 的规定。

5.5.3 电除尘器的制造应符合 JB/T 5911 和 JB/T 8536 的规定。

5.5.4 袋式除尘器的制造应符合 JB/T 8532 和 JB/T 8471 的规定。

5.5.5 电袋复合除尘器的制造应符合 JB/T 11829 的规定。

5.5.6 吸收塔的制造和安装验收应符合 NB/T 47003.1 和 GB 50128 的规定。吸收塔的垂直度要求应小于 2 mm/m,累计偏差应小于 50 mm。

5.5.7 设备、管道的保温和油漆工程验收应符合 DL/T 5072 的规定。

5.6 电气和控制系统要求

5.6.1 脱硫设备的电气设计应符合 DL/T 5153 和 GB 50058 的规定,电气设备验收应符合 GB 50254、GB 50257 和 GB 50303 的规定。

5.6.2 脱硫设备的防雷、接地应符合 GB 50057 和 GB/T 50065 的规定。

5.6.3 脱硫设备的热工自动化设计应符合 DL/T 5175 和 DL/T 1083 的规定,热工仪表及控制装置验收应符合 DL 5190.4 的规定。

5.6.4 检测仪表和执行装置的设置应满足脱硫设备运行监控的需要,烟气排放连续监测装置的配置、安装应符合 HJ 75 和 HJ 76 的规定。

5.7 安全环保、职业卫生及节能要求

5.7.1 脱硫设备的噪声控制应符合 GB/T 50087 的规定。

5.7.2 职业安全与职业卫生管理应符合 GB/T 45001、GBZ 1、GBZ 2.1 和 GBZ 2.2 的规定。

5.7.3 脱硫设备的安全管理应符合 GB/T 12801 的规定。

5.7.4 脱硫设备应选用节能高效设备。

5.7.5 脱硫设备应选择先进的脱硫工艺,并采用合理配置,减少脱硫副产物的生成量。

5.7.6 采用电石渣作为脱硫剂时,应有防止乙炔气体在箱罐内聚集的措施。

5.8 消防要求

5.8.1 脱硫设备的消防给水系统和室内、室外消防设施应与主体工程的消防系统统一规划建设,且符合 GB 50016 的规定。

5.8.2 脱硫设备与主体工程应根据消防对象设置火灾自动报警装置和专用灭火设施,灭火器配置应符合 GB 50140 的规定,火灾探测及报警系统应符合 GB 50229 的规定,应纳入主体工程的火灾探测和报警系统。

5.9 调试及验收要求

5.9.1 建筑工程验收

建筑工程验收应符合 GB 50300 和 DL/T 5210.1 的规定。

5.9.2 安装工程验收

5.9.2.1 应做好设备及文件的检查与验收、存放、保管和防护工作,并作好记录。

5.9.2.2 专有技术和设备,应按照提供方的设计技术文件、设备技术规范及设计规定执行。

5.9.3 调试及竣工验收

5.9.3.1 安装工作结束后,应按调试顺序完成检查试验后进行分部调试。

5.9.3.2 应在分部调试项目全部完成、并经质量验收合格后开始整套启动调试。启动调试应符合 DL/T 5403 的规定。

5.9.3.3 调试结束后,脱硫设备应通过 168 h 或 72 h 连续满负荷试运行,满负荷试运行期间各子系统应运转正常并符合性能要求;试运行结束后移交试生产。

5.9.3.4 脱硫设备竣工环境保护验收应在自生产试运行之日起的 3 个月内,自主组织验收并报送所在地县级以上环境保护主管部门。

5.9.3.5 脱硫装备的运行效果应根据 GB/T 34605 进行评价。

6 试验方法

6.1 主要设备检验

6.1.1 脱硫设备钢结构及附属机械检验按 GB 50205 执行。

6.1.2 电除尘器制作和安装的检验和验收按 JB/T 5908 和 JB/T 8536 执行。

6.1.3 袋式除尘器制作和安装的检验按 JB/T 8532 和 JB/T 8471 执行。

6.1.4 电袋复合除尘器制作和安装的检验按 JB/T 5908、JB/T 8536、JB/T 8532 及 JB/T 8471 执行。

6.1.5 吸收塔检验按 NB/T 47003.1 和 GB 50128 执行。

6.1.6 设备、管道的保温和油漆工程检验按 DL/T 5072 执行。

6.1.7 低压电器设备的检验按 GB 50254 执行,爆炸和火灾危险环境电气装置检验按 GB 50257 执行。

6.1.8 热工仪表及控制装置检验按 DL/T 5210.4 执行。

- 6.1.9 烟气排放连续监测系统检验按 HJ 75 和 HJ 76 执行。
- 6.1.10 脱硫设备噪声测量按 GB/T 21508 执行。
- 6.1.11 消防和灭火装置检验按 GB 50229 和 GB 50016 执行。

6.2 性能试验

6.2.1 性能试验条件

性能试验宜在设备正常运行 2 个月后、6 个月内进行,应选择有资质的第三方测试单位进行性能试验。

6.2.2 考核性能试验

脱硫设备出口 SO₂ 和颗粒物排放浓度试验方法按 GB/T 21508 执行。

6.2.3 其他性能试验

脱硫设备性能验收其他项目包括脱硫效率、钙硫比、出口温度和设备压力降按 GB/T 21508 执行。

脱硫设备性能验收按需检验项目为电耗、水耗、吸收剂消耗量、压缩空气消耗量和蒸汽消耗量等,性能验收方法按 GB/T 21508 执行。

7 检验规则

7.1 检验分类

脱硫设备的检验分为出厂检验、安装检验和性能检验。

7.2 出厂检验

- 7.2.1 每台脱硫设备所有零、部件应经检验合格方可交付使用。
- 7.2.2 检验项目及要求见表 1。

表 1 脱硫设备检验项目及要求

序号	项目名称	技术要求	试验方法	出厂 检验	安装 检验	性能 检验
1	脱硫设备钢结构及附属机械 ^a	5.5.1、5.5.2	6.1.1	√	√	—
2	电除尘器主要件制作及安装	5.5.3	6.1.2	√	√	—
3	袋式除尘器主要件制作及安装	5.5.4	6.1.3	√	√	—
4	电袋复合除尘器主要件制作及安装	5.5.5	6.1.4	√	√	—
5	吸收塔	5.5.6	6.1.5	√	√	—
6	保温和油漆	5.5.7	6.1.6	√	√	—
7	电气设备	5.6.1、5.6.2	6.1.7	√	√	—
8	热工仪表及控制装置	5.6.3	6.1.8	√	√	—
9	烟气排放连续监测系统	5.6.4	6.1.9	√	√	—
10	噪声 ^a	5.7.1	6.1.10	√	√	√

表 1 脱硫设备检验项目及要求（续）

序号	项目名称	技术要求	试验方法	出厂 检验	安装 检验	性能 检验
11	消防和灭火装置	5.8.1、5.8.2	6.1.11	√	√	—
12	性能考核试验 （出口 SO ₂ 浓度和颗粒物浓度）	5.2.1	6.2.2	—	—	√
13	其他性能试验 （脱硫效率、钙硫比、出口温度、设备压力降）	5.2.2.1	6.2.3	—	—	√
14	其他性能试验 电耗 ^a 、水耗 ^a 、吸收剂消耗量 ^a 、 压缩空气消耗量 ^a 、蒸汽消耗量 ^a	5.2.2.2	6.2.3	—	—	√
注：打“√”表示需要检验的项目，“—”表示不需要检验的项目。						
^a 表示该项目为按需检验项目。						

7.3 安装检验

安装检验在现场进行，检验项目及要求见表 1。

7.4 性能检验

每台脱硫设备均应做性能检验，检验项目及要求见表 1。

7.5 判定规则

7.5.1 检验项目符合性能要求，则脱硫设备判定为合格。

7.5.2 脱硫设备性能指标有不合格项时，允许对其进行调整、消缺，并重新进行性能检验。

8 标志和文件

8.1 产品标志

脱硫设备子系统主要设备应在合适而明显位置上固定产品标牌，其型式和尺寸应符合 GB/T 13306 的规定，主要包括以下内容：

- a) 制造单位名称或商标；
- b) 子系统主要设备型号及名称；
- c) 设计处理能力；
- d) 子系统设备外形尺寸；
- e) 子系统设备执行的标准编号；
- f) 子系统设备编号；
- g) 生产日期。

8.2 包装和储运标志

包装和储运的标志应符合 GB/T 191 和 GB/T 6388 的规定。

8.3 文件

应随机提供安装、运行、维护等阶段的文件资料,主要应包括以下内容:

- a) 脱硫设备总图、系统图、基础图和安装图等;
- b) 脱硫设备总清单、材料清单、备件清单和耗材清单等;
- c) 安装技术要求;
- d) 使用说明文件、运行维护手册。

9 包装、运输和贮存

9.1 包装

9.1.1 脱硫设备的包装应符合 GB/T 13384 的规定。

9.1.2 脱硫设备零部件及外购件应在出厂检验合格后方可进行包装。

9.1.3 包装箱内应有产品合格证。

9.2 运输

9.2.1 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,对易变形的部件应有在运输和贮存环节不致发生损坏的包装措施。

9.2.2 产品在运输过程中,应防止雨淋、水浸、压轧、撞击和玷污。

9.3 贮存

9.3.1 建设过程中,脱硫设备钢结构件及大件设备可露天存放。

9.3.2 电子产品及保温材料不应露天存放。

9.3.3 脱硫设备配件箱应库存。

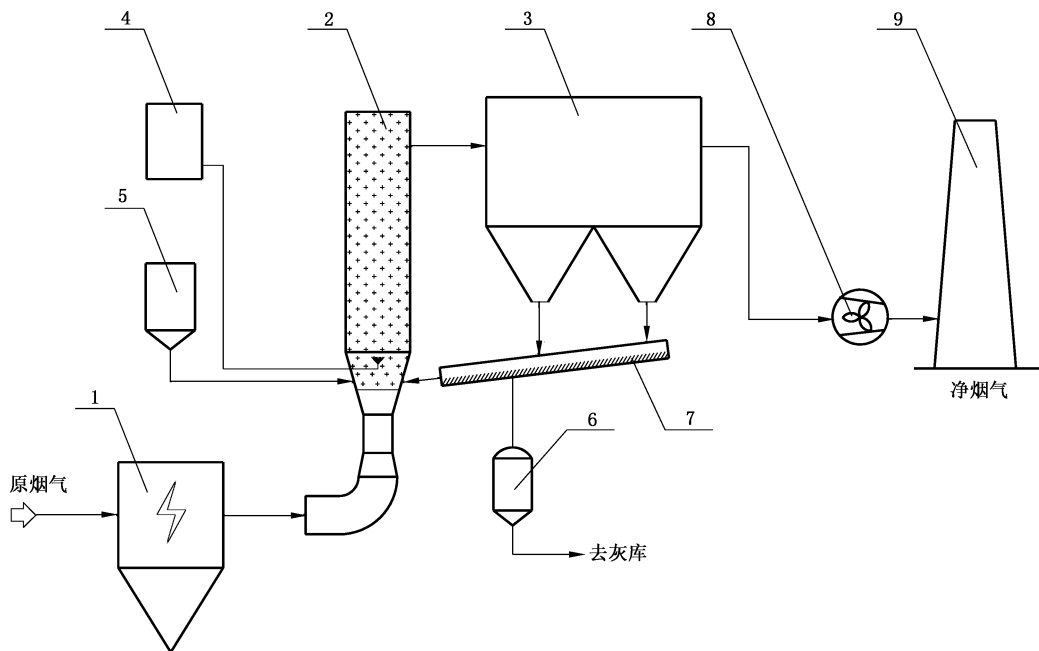
附 录 A
(资料性)
脱硫设备典型工艺流程

A.1 脱硫设备典型工艺流程

脱硫设备典型工艺可分为烟气循环流化床脱硫工艺、增湿灰循环脱硫工艺和旋转喷雾脱硫工艺。
图 A.1、图 A.2、图 A.3 是燃煤烟气干法/半干法脱硫典型工艺流程图。

A.2 烟气循环流化床脱硫典型工艺

烟气循环流化床脱硫典型工艺流程图见图 A.1。



标引序号说明：

- 1——预除尘器；
- 2——吸收塔；
- 3——脱硫除尘器；
- 4——水箱；
- 5——吸收剂料仓；
- 6——输灰设备；
- 7——空气斜槽；
- 8——引风机；
- 9——烟囱。

图 A.1 烟气循环流化床脱硫典型工艺流程图

烟气循环流化床脱硫典型工艺系统通常由预除尘器(1)、吸收塔(2)、脱硫除尘器(3)、水箱(4)、吸收剂料仓(5)、输灰设备(6)、空气斜槽(7)、引风机(8)等组成，相似脱硫工艺有循环流化床烟气脱硫技术(CFB)、回流式循环流化床烟气脱硫技术(RCFB)、气体悬浮吸收技术(GSA)等。当脱硫设备入口颗粒

物浓度较高或粉煤灰需要综合利用时,宜设置预除尘器(1)。

原烟气通过预除尘器(1)从吸收塔(2)下部进入,通过烟道变径使烟气加速,与吸收剂和循环灰等混合形成烟气循环流化床。

符合品质要求的生石灰粉经消化后制成消石灰粉贮存于吸收剂料仓(5)中,或外购的消石灰粉用罐装车泵入到吸收剂料仓(5)中,然后加入到脱硫除尘器(3)下的空气斜槽(7)中或直接加入吸收塔(2),脱硫降温用的工艺水来自水箱(4),由喷嘴雾化加入到吸收塔(2)中,水分被热烟气蒸发,烟气温度下降,烟气中的 SO_2 等酸性组分与吸收剂发生化学反应而被去除,离开吸收塔(2)的烟气进入脱硫除尘器(3)收集脱硫副产物,由除尘器收集的脱硫副产物大部分通过空气斜槽(7)循环返回吸收塔,实现高倍率的循环脱硫,少量脱硫副产物通过输灰设备(6)外排。净化后的低温烟气经引风机(8)后由烟囱(9)排入大气。

A.3 增湿灰循环脱硫典型工艺

增湿灰循环脱硫典型工艺流程图见图 A.2。

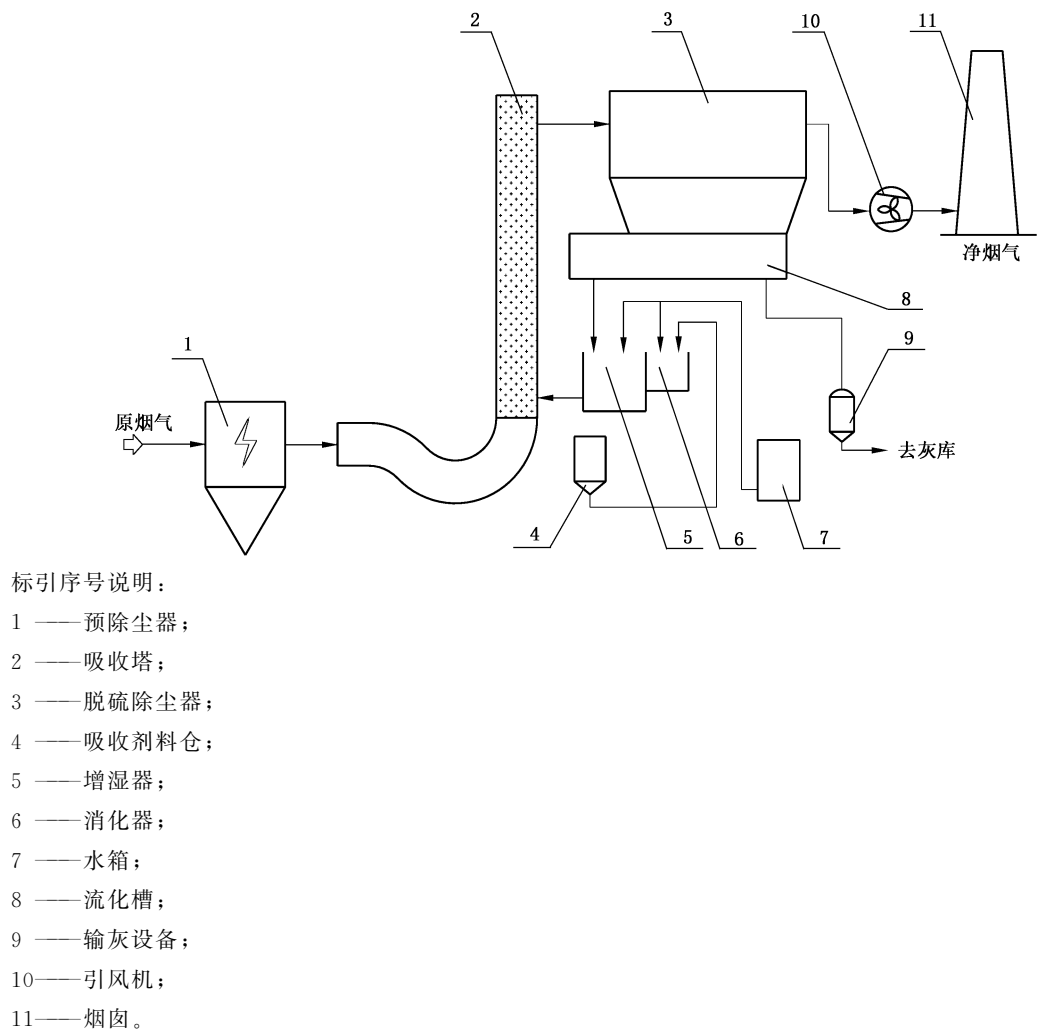


图 A.2 增湿灰循环脱硫典型工艺流程图

增湿灰循环半干法烟气脱硫典型工艺系统通常由预除尘器(1)、吸收塔(2)、脱硫除尘器(3)、吸收剂料仓(4)、增湿器(5)、消化器(6)、水箱(7)、流化槽(8)、输灰设备(9)、引风机(10)等组成,相似工艺如消化增湿一体化脱硫技术(NID)、垃圾焚烧烟气半干法脱硫技术(MHGT)等。当脱硫设备入口颗粒物浓

度较高或粉煤灰需要综合利用时,宜设置预除尘器(1)。

符合品质要求的生石灰粉通过密封罐装车泵入吸收剂料仓(4),然后经计量给料设备加入到消化器(6)并由水箱(7)及给水泵加水消化成氢氧化钙,完成消化的氢氧化钙粉溢流进入增湿器(5),在增湿器中,从流化槽(8)计量给料阀下来的循环灰与来自消化器(6)的消石灰混合并被增湿(含湿量 2%~4%),直接进入吸收塔(2),在吸收塔内,混合灰表面水分被蒸发,烟气温度下降,烟气中的 SO₂ 等酸性组分与表面湿润的吸收剂发生快速的化学反应而被去除。吸收塔(2)出口与脱硫除尘器(3)相连,干燥的脱硫终产物(通常含水 1%~2%)被脱硫除尘器(3)收集,除尘器收集下来的脱硫终产物大部分通过流化槽(8)循环返回到增湿器(5),经加水增湿后进入吸收塔(2),实现高倍率的循环,少量通过输灰设备(9)外排。脱硫后温度为 70℃~80℃的净烟气经引风机(10)通过烟囱(11)排入大气。

吸收剂也可直接外购合格品质的消石灰粉。

消化器是一种至少两级的搅拌式消化装置,第一级实现混合及初级消化,第二级实现深度消化及分离,即利用石灰粉与消石灰粉的密度差,使消化生成的密度较轻消石灰粉溢流进入增湿器。

增湿器是通过流化风把含有消石灰的混合灰充分流态化,并使混合灰加湿的专用设备,灰作为水的载体,因而吸收塔中无需喷嘴,避免了可能出现的结垢。

A.4 旋转喷雾脱硫典型工艺

旋转喷雾脱硫典型工艺流程图见图 A.3。

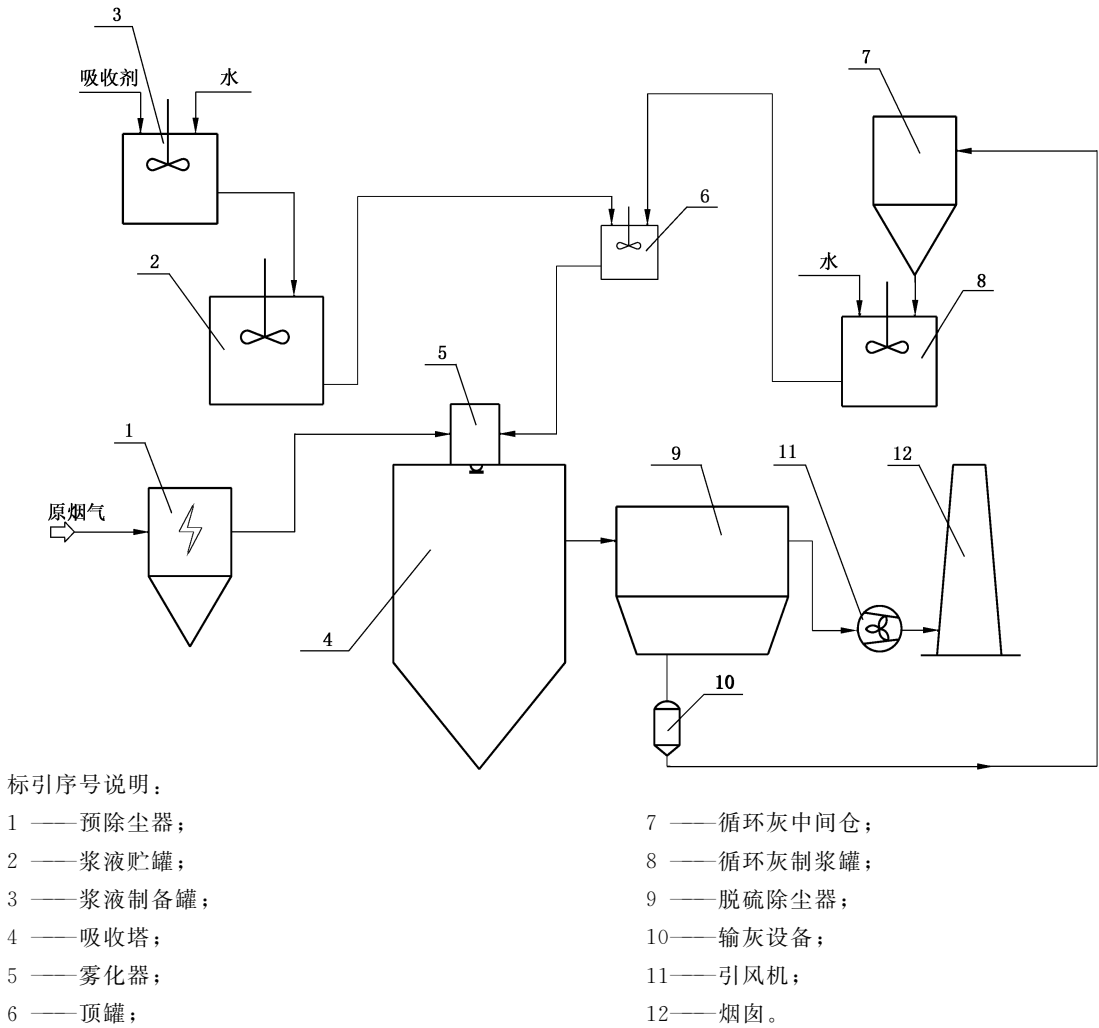


图 A.3 旋转喷雾脱硫典型工艺流程图

旋转喷雾脱硫典型工艺系统通常由预除尘器(1)、浆液贮罐(2)、浆液制备罐(3)、吸收塔(4)、雾化器(5)、顶罐(6)、循环灰中间仓(7)、循环灰制浆罐(8)、脱硫除尘器(9)、输灰设备(10)、引风机(11)等组成。考虑到高浓度粉尘对后续设备的磨蚀性或粉煤灰综合利用的需要,宜设置预除尘器(1)。

旋转喷雾脱硫典型工艺是指以生石灰为吸收剂,经浆液制备罐(3)消化制成消石灰浆液存贮于浆液贮罐(2),经浆液泵送到顶罐(6),与循环灰制浆罐(8)输送过来的循环灰浆液混合,再自流进入吸收塔(4)内的雾化器(5),实现浆液的扩散雾化,热烟气使微小的雾滴表面水分蒸发,导致烟气温度下降,烟气中 SO_2 扩散并溶解到吸收剂微粒表面及内部,发生化学反应而被去除。同时,烟气的潜热将脱硫副产物固化、干燥,反应后的净烟气进入脱硫除尘器(9)实现气固分离,净化后的烟气经引风机(11)升压后通过烟囱(12)排入大气。

从输灰设备(10)出来的灰被输送到循环灰中间仓(7)后,进行制浆,然后被循环灰浆液泵送至顶罐(6),与浆液贮罐(2)出来的消石灰浆液混合,再进入雾化器(5)。

附 录 B
(资料性)
吸收剂品质要求

B.1 生石灰粉品质要求

生石灰粉品质要求见表 B.1。

表 B.1 生石灰粉品质要求

序号	指标名称	参数	测试方法
1	CaO 含量	$\geq 85\%$	JC/T 478.2
2	粒径	$D_{90} \leq 75\ \mu\text{m}$ 其余 $D_{10} \leq 1\ \text{mm}$	JC/T 478.1
3	水化活性	$T_{60} \leq 4\ \text{min}$	DIN EN 459-2:2021

B.2 消石灰、电石渣粉品质要求

消石灰品质要求见表 B.2。当采用电石渣粉作脱硫剂时, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含量大于或等于 85%, 其余参数与表 B.2 相同。

表 B.2 消石灰品质要求

序号	指标名称	参数	测试方法
1	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含量	$\geq 90\%$	JC/T 478.2
2	比表面积	$\geq 18\ \text{m}^2/\text{g}$	GB/T 19587
3	粒径	$\leq 50\ \mu\text{m}$	JC/T 478.1
4	含水率	$\leq 1.5\%$	JC/T 478.1

B.3 消石灰浆液品质要求

消石灰浆液品质要求见表 B.3。

表 B.3 消石灰浆液品质要求

序号	指标名称	参数	测试方法
1	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 浓度	15%~25%	JC/T 478.2
2	总悬浮固形物	1 g/L	JC/T 478.1
3	悬浮固形物最大粒径	$\leq 2\ \text{mm}$	JC/T 478.1

参 考 文 献

- [1] GB/T 19587 气体吸附 BET 法测定固态物质比表面积
 - [2] JC/T 478.1 建筑石灰试验方法 第 1 部分:物理试验方法
 - [3] JC/T 478.2 建筑石灰试验方法 第 2 部分:化学分析方法
 - [4] DIN EN 459-2:2021 Building lime—Part 2: Test methods; German Version EN 459-2:2021
-