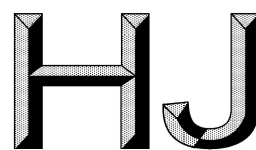


附件 2



中华人民共和国国家环境保护标准

HJ /T178-□□□□

火电厂烟气脱硫工程技术规范
烟气循环流化床法

**Technical specifications of flue gas circulation fluidized bed
desulfurization project for thermal power plant**

(征求意见稿)

201□—□□—□□发布

201□—□□—□□实施

环 境 保 护 部 发布

目 次

前 言.....	7
1 适用范围.....	8
2 规范性引用文件.....	8
3 术语和定义.....	10
4 污染物与污染负荷.....	12
5 总体要求.....	13
6 工艺设计.....	14
7 主要工艺设备和材料.....	18
8 检测与过程控制.....	18
9 主要辅助工程.....	20
10 劳动安全与职业卫生.....	21
11 施工与验收.....	22
12 运行与维护.....	23
附录 A（资料性附录）机械不完全燃烧热损失值和飞灰份额取值.....	25
附录 B（资料性附录）烟气循环流化床脱硫工艺流程图.....	26
附录 C（资料性附录）常用的吸收塔型式.....	27
附录 D（资料性附录）吸收剂、水品质要求.....	29
附录 E（资料性附录）脱硫装置运行维护管理.....	30

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》，规范火电厂烟气循环流化床脱硫工程建设和运行管理，防治环境污染，保护环境和人体健康，制定本标准。

本标准规定了火电厂烟气循环流化床脱硫工程的设计、施工、验收、运行和维护等技术要求。

本标准为指导性标准。

本标准首次发布于2005年，本次为首次修订。

本次修订的主要内容：

---明确了中低硫煤的适用范围；

---根据《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011）调整了工艺技术要求；

---充实了运行与维护技术内容。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境保护产业协会、福建龙净环保股份有限公司、武汉凯迪电力股份有限公司。

本标准环境保护部2000年00月00日批准。

本标准自2000年00月00日起实施。

本标准由环境保护部解释。

火电厂烟气脱硫工程技术规范 烟气循环流化床法

1 适用范围

本标准规定了火电厂烟气循环流化床法脱硫工程的设计、施工、验收、运行和维护的技术要求。

本标准适用于容量为 65t/h~2020t/h（机组容量为 15MW~600MW）等级、燃用中低硫燃料火电厂锅炉所采用的烟气循环流化床法脱硫工程，及相同容量下将烟气循环流化床脱硫工艺作为二级脱硫且入口二氧化硫（SO₂）浓度低于 3300mg/m³的工程，可作为火电厂建设项目环境影响评价、环境保护设施设计与施工、建设项目环境保护验收及建成后运行、维护与管理的技术依据。

供热、钢铁、有色冶金、垃圾焚烧、玻璃窑炉、炭黑尾气、煤化工尾气等行业运用烟气循环流化床法脱硫工程也可以参考执行。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准；凡不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB150	钢制压力容器
GB912	碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板和钢带
GB2894	安全标志
GB4053	固定式钢梯及平台安全要求
GB12348	工业企业厂界噪声标准
GB13223	火电厂大气污染物排放标准
GB18599	一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准
GB50009	建筑结构荷载规范
GB50010	混凝土结构设计规范
GB50011	建筑抗震设计规范
GB50017	钢结构设计规范
GB50029	压缩空气站设计规范
GB50033	建筑采光设计标准
GB50040	动力机器基础设计规范
GB50191	构筑物抗震设计规范
GB50217	电力工程电缆设计规范
GB50222	建筑内部装修设计防火规范
GB50229	火力发电厂与变电所设计防火规范
GB50260	电力设施抗震设计规范
GB/T699	优质碳素结构钢
GB/T3077	合金结构钢

GB/T6719 袋式除尘器技术要求

GB/T12801 生产过程安全卫生要求总则

GB/T19229.1 燃煤烟气脱硫设备 第1部分：燃煤烟气湿法脱硫

GB/T19229.2 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/T19587 气体吸附 BET 法测定固态物质比表面积

GB/T27869 电袋复合除尘器

GB/T50655 化工厂蒸汽系统设计规范

GBJ16 建筑设计防火规范

GBJ22 厂矿道路设计规范

GBJ87 工业企业噪声控制设计规范

GBJ140 建筑灭火器配置设计规范

GBZ1 工业企业设计卫生标准

DL5009.1 电力建设安全工作规程 第1部分：火力发电厂

DL5053 火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程

DL5121 火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程

DL5000-2000 火力发电厂设计技术规程

DL/T468 电站锅炉风机选型和使用导则

DL/T514 电除尘器

DL/T621 交流电气装置的接地

DL/T5032 火力发电厂总图运输设计技术规程

DL/T5035 火力发电厂采暖通风与空气调节设计技术规程

DL/T5041 火力发电厂厂内通信设计技术规定

DL/T5044 电力工程直流系统设计技术规程

DL/T5072 火力发电厂保温油漆设计规程

DL/T5136 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程

DL/T5153 火力发电厂厂用电设计技术规定

DL/T5175 火力发电厂热工控制系统设计技术规定

DL/T5196 火力发电厂烟气脱硫设计技术规程

DLGJ56 火力发电厂和变电所照明设计技术规定

HJ2040 火电厂烟气治理设施运行管理技术规范

HJ/T255 建设项目竣工环境保护验收技术规范 火力发电厂

HJ/T325 环境保护产品技术要求 袋式除尘器滤袋框架

HJ/T327 环境保护产品技术要求 袋式除尘器滤袋

JB/T10191 袋式除尘器 安全要求 脉冲喷吹类袋式除尘器用分气箱

- JB/T11076 脱硫用搅拌式干式石灰消化器
- JB/T11646 半干法脱硫装置专用设备 流化槽
- JB/T4735 钢制焊接常压容器
- JB/T8532 脉冲喷吹类袋式除尘器
- JB/T8470 正压浓相飞灰气力输送系统
- JCT820 水泥工业用空气输送斜槽
- JC/T 478.1 建筑石灰试验方法 第1部分：物理试验方法
- JC/T 478.2 建筑石灰试验方法 第2部分：化学分析方法
- 《建设项目（工程）竣工验收办法》（计建设[1990]1215号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 烟气循环流化床法脱硫工艺 **circulating fluidised bed flue gas desulphurization**

应用循环流化床原理，使含有吸收剂物料在吸收塔内多次循环形成流化床体，完成吸收剂与烟气中SO₂及其他酸性气体反应，实现烟气净化的脱硫工艺。

3.2 脱硫工程 **desulphurization project**

指脱硫装置及其服务的建（构）筑物。

3.3 脱硫装置 **desulphurization equipment**

用以完成吸收剂与烟气中的SO₂及其他酸性气体反应所需的设备、组件及系统集成。

3.4 吸收剂 **absorbent**

通过化学反应脱除烟气中的SO₂和其他酸性组份的物质，通常为钙基吸收剂。

3.5 吸收塔 **absorber**

指脱硫装置中形成循环流化床体脱除SO₂、SO₃、HCl、HF等有害物质的反应装置。

3.6 预除尘器 **pre-collector**

指布置在吸收塔上游，用于捕集烟气中粉尘的设备。

3.7 脱硫除尘器 **collector for desulphurization equipment**

脱硫装置中用于收集脱硫产物的设备。

3.8 石灰消化器 **hydrator**

指将生石灰粉（CaO）与适量的水反应，生成消石灰粉（Ca(OH)₂）的设备。

3.9 副产物 **by-product**

经脱硫装置处理后产生的最终固体物。

3.10 反应摩尔比 **molar ratio of reaction**

消耗的吸收剂中钙（Ca）的当量摩尔数与去除的二氧化硫中硫（S）、三氧化硫中硫（S）、氯化氢中氯（Cl）、氟化氢中氟（F）、二氧化碳中碳（C）及氮氧化物中氮（N）的当量摩尔总数之比。

按公式（1）计算：

$$S = \frac{M_{Ca(OH)_2}}{M_{SO_2} + M_{SO_3} + M_{CO_2} + 0.5M_{HCl} + 0.5M_{HF} + 0.5M_{NO_x}} \quad (1)$$

式中：

S——反应摩尔比；

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

M_{SO_2} ——脱除的 SO_2 当量摩尔数，mol；

M_{SO_3} ——脱除的 SO_3 当量摩尔数，mol；

M_{HCl} ——脱除的 HCl 当量摩尔数，mol；

M_{HF} ——脱除的 HF 当量摩尔数，mol；

M_{CO_2} ——脱除的 CO_2 当量摩尔数，mol；

M_{NO_x} ——脱除的 NO_x 当量摩尔数，mol。

3.11 空塔压降 empty bed pressure loss

吸收塔不投物料时，仅烟气通过吸收塔进口和出口烟气平均全压之差，单位为Pa。

3.12 床层压降 bed pressure loss

吸收剂在吸收塔内形成流化床体产生的压降，单位为Pa。

3.13 吸收塔压降 Total pressure loss

吸收塔内吸收剂形成流化床体时，烟气通过吸收塔进口和出口烟气平均全压之差，即空塔压降与床层压降之和，单位为Pa。

3.14 装置可用率

指脱硫装置每年正常运行时间与发电机组每年总运行时间的百分比。按公式（2）计算：

$$\text{可用率} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

A——发电机组每年的总运行时间，h；

B——脱硫装置每年因故障导致的停运时间，h。

3.15 漏风率

脱硫装置出口、进口烟气体积（标态，干基）之差并扣除工艺需要加入的气量与进口烟气体积（标态，干基）的百分比。按公式（3）计算：

$$\Delta\sigma = \frac{q_2 - q_1 - q_3}{q_1} \times 100 \quad (3)$$

式中：

$\Delta\sigma$ ——系统漏风率，%；

q_2 ——除尘器出口烟气体积（标态，干基）， m^3/h ；

q_1 ——吸收塔入口烟气量（标态，干基）， m^3/h ；

q_3 ——除尘器灰斗、灰循环中的流化风量、布袋清灰风量及消化器排气等因工艺需要加入脱硫装置的风量（标态、干基）， m^3/h 。

4 污染物与污染负荷

4.1 新建脱硫装置的烟气设计参数宜采用锅炉最大连续工况（BMCR）、燃用设计燃料时的烟气参数，校核值宜采用锅炉经济运行工况（ECR）燃用最大含硫量燃料时的烟气参数。烟气量考虑 10%裕量。

4.2 已建电厂加装烟气脱硫装置时，其设计工况和校核工况宜根据脱硫装置入口处实测烟气参数确定，并充分考虑燃料的变化趋势，烟气量考虑 10%裕量。

4.3 脱硫装置入口 SO_2 产生量可根据公式（4）估算：

$$M(\text{SO}_2) = 2 \times K \times B_g \times \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \frac{S_{ar}}{100} - M_{\text{脱除}(\text{SO}_2)} \quad (4)$$

式中：

$M_{(\text{SO}_2)}$ ——锅炉 SO_2 的产生量（质量流量）， t/h ；

$M_{\text{脱除}(\text{SO}_2)}$ ——锅炉炉内脱除的 SO_2 量（质量流量）， t/h ；

K ——燃料燃烧中硫的转化率（煤粉炉取 0.9）；

B_g ——锅炉 BMCR 负荷时的燃料消耗量， t/h ；

q_4 ——锅炉机械未完全燃烧的热损失（不同炉型取值参考附录 A），%；

S_{ar} ——燃料的收到基硫分，%。

4.4 锅炉烟尘的产生量（质量流量， t/h ）可根据公式（5）估算：

$$M_{(\text{烟尘})} = B \times \left(\frac{A_{ar}}{100} + \frac{Q_{\text{net} \cdot ar} q_4}{4.18 \times 8100 \times 100} \right) \times a_{fh} \quad (5)$$

式中：

$M_{(\text{烟尘})}$ ——锅炉烟尘的产生量（质量流量）， t/h ；

A_{ar} ——燃料收到基含灰分，%；

q_4 ——锅炉机械未完全燃烧的热损失（不同炉型取值参考附录 A），%；

a_{fh} ——排烟带出的飞灰份额（不同炉型取值参考附录 A），%；

$Q_{\text{net} \cdot ar}$ ——收到基低位发热量， kJ/kg ；

B ——燃料耗量， kg/h 。

4.5 脱硫装置入口烟气中的 SO_3 含量可根据公式（6）估算：

$$M_{(\text{SO}_3)} = \frac{\eta_1 \times \eta_2 \times M_{\text{燃煤}} \times S_{ar} \times 80}{32} \quad (6)$$

式中：

$M_{(\text{SO}_3)}$ ——脱硫系统入口 SO_3 的量（质量流量）， t/h ；

η_1 ——燃煤中收到基硫转换为 SO_2 的转换率（可按 100%考虑，此时灰硫比最小）；

η_2 —— SO_2 转换为 SO_3 的转换率（约为 1.8~2.2%，对于低硫煤可取最大值 2.2%，对于中硫煤可取 1.8%；后续经过 SCR 装置时，需要根据 SCR 装置的转化率增加）；

$M_{\text{燃煤}}$ ——锅炉燃煤量，t/h；

S_{ar} ——煤中收到基含硫量，%。

4.6 烟气中其他污染物成分（如 HCl、HF、Hg 等）的设计参数可依据燃料分析数据或其他类似烟气成分进行估算。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 火电厂应注重环保工作与节能、资源节约和综合利用、清洁生产密切结合，推行循环经济，坚持可持续发展。

5.1.2 锅炉的燃料宜满足设计品质要求，并尽量保持品质稳定。

5.1.3 新建、改建、扩建火电厂的烟气脱硫工程应和主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。脱硫技术方案和设备、材料的选择应依据全厂规划及实际情况，经技术经济论证后确定，优先选用节能、环保、安全的设备。

5.1.4 脱硫除尘器出口烟气中烟尘浓度、脱硫装置出口烟气中 SO_2 浓度均应符合 GB13223 或地方污染物排放标准规定的限值，且应满足环境影响评价批复文件要求和主要污染物总量控制要求。

5.1.5 脱硫装置设计的脱硫效率应根据所要求的排放限值进行综合确定，且最低不小于 90%。

5.1.6 脱硫装置应按当地环保部门的要求装设污染源自动连续监测系统。

5.2 建设规模

脱硫工程的建设规模应按锅炉最大连续工况（BMCR）、燃用设计燃料时的烟气参数进行设计，同时按采用锅炉经济运行工况（ECR）燃用最大含硫量燃料时的烟气参数进行校核；烟气量考虑 10% 裕量。

5.3 工程构成

5.3.1 脱硫工程包括：脱硫工艺系统及其服务的建（构）筑物、辅助工程、和配套设施等。

5.3.2 工艺系统包括：烟气系统、预除尘器系统、吸收塔系统、脱硫除尘器系统、吸收剂制备及供应系统、灰循环系统、工艺水系统、压缩空气系统、副产物输送系统等

5.3.3 辅助工程包括：厂区道路、供配电、建筑及结构、检测与控制、火灾报警与消防系统、采暖与通风工程、通信系统等。

5.4 总平面布置

5.2.1 新建发电机组的脱硫装置宜布置在锅炉与烟囱之间。已建电厂加装烟气脱硫装置时，脱硫装置宜布置在烟囱附近，具体可根据厂区的实际情况调整。

5.2.2 脱硫控制室宜与除灰空压机室、除尘配电室等合并布置在脱硫装置附近，也可结合工艺流程和场地条件设独立的脱硫控制室。

5.2.3 脱硫装置与火电厂各建（构）筑物之间的最小间距应按 DL5000-2000 中 5.2.3 的规定执行。

5.2.4 吸收剂卸料及贮存场所、副产物储存场所宜布置在常年主导风向的下风侧。石灰消化器、生石灰仓、消石灰仓（或电石渣仓）宜在吸收塔附近集中布置。

5.2.5 脱硫装置的布置应结合电厂主体工程的规划，脱硫装置布置、架空管道设计应按 DL/T5032 中的规定执行。

5.2.6 脱硫工程内道路的设计，应符合 GBJ22 的要求，并与电厂主体工程的道路设计协调一致。

5.2.7 脱硫场地的排水方式宜与主体工程相统一。

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 脱硫装置工艺参数应根据机组容量和调峰要求、燃料品质、污染物控制规划和环境影响评价要求的污染物排放浓度、吸收剂的供应、水源情况、副产物的综合利用、厂址场地布置等因素，经全面分析优化后确定。

6.1.2 脱硫装置的设计宜满足与锅炉同步启停。

6.1.3 新建机组的脱硫主体设备的设计使用寿命应不低于 30 年，已建机组的脱硫主体设备设计使用寿命不低于机组剩余寿命。装置可用率不低于 98%。

6.1.4 脱硫装置应设置供操作、测试、巡检、维护用的平台和扶梯，并符合 GB4053 的要求。

6.2 工艺流程

烟气循环流化床法脱硫工艺主要由烟气系统、预除尘器系统、吸收塔系统、脱硫除尘器系统、吸收剂制备及供应系统、灰循环系统、工艺水系统、压缩空气系统、副产物输送系统等组成。简易流程如图 1 所示。其典型工艺流程详见附录 B。

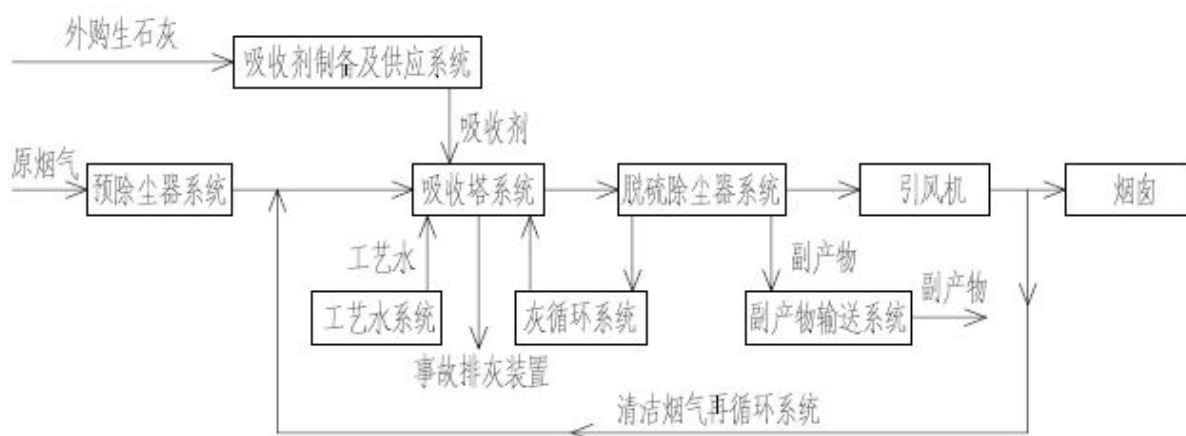


图 1 火电厂烟气循环流化床法脱硫工艺简易流程图

6.3 烟气系统

6.3.1 烟气系统一般由预除尘器、吸收塔、脱硫除尘器、引风机、烟道、清洁烟气再循环系统、挡板门、测量和控制设备等组成。

6.3.2 脱硫装置宜设置清洁烟气再循环系统，用于补充锅炉低负荷时吸收塔内流化所需的烟气量。清洁烟气再循环量根据锅炉最低负荷时烟气量、吸收塔形成流化床体所需最低烟气量确定；吸收塔形成流化床体所需最低烟气量一般为 BMCR 工况的 50~70% 负荷。

6.3.3 挡板门应有较好的密封性能，清洁烟气再循环系统调节挡板门应有良好的操作性及调节性。

6.3.4 脱硫装置的漏风率应控制在 5% 以下。

6.3.5 烟气系统应按相关规范设置测试孔、人孔及相应的检修平台。

6.3.6 烟道系统设计应符合 DL5121 的要求，并考虑保温、伴热措施。

6.3.7 脱硫装置引风机的设计选型应符合 DL/T468 的要求。

6.3.8 脱硫装置后的烟道、烟囱不需要设计防腐。

6.4 预除尘器系统

6.4.1 炉内无脱硫，配套的脱硫装置入口粉尘浓度高于 $10\text{g}/\text{m}^3$ 时，应设置预除尘器；炉内有脱硫时，脱硫装置可不设预除尘器。

6.4.2 预除尘器宜采用电除尘器，除尘器的除尘效率可根据情况进行设计，一般为 80%。

6.4.3 已建电厂加装烟气脱硫装置时，可利用原有的除尘器作为预除尘器。

6.5 吸收塔系统

6.5.1 吸收塔系统主要由吸收塔进口及气流均布装置、气流加速扰流装置、反应段、出口段组成，并设置塔底吹扫装置和事故排灰装置。

6.5.2 吸收塔的容量宜按相对应的燃用设计燃料时 BMCR 工况烟气量设计。烟气温度按燃用设计燃料时 BMCR 工况下，吸收塔进口烟温应加 10°C 的温度裕量。

6.5.3 吸收塔的数量应根据机组容量确定。600MW（或 2020t/h）等级机组宜采用一炉两塔脱硫装置，300MW（或 1025t/h）等级及以下机组宜采用一炉一塔脱硫装置。多炉一塔脱硫装置应按当量烟气量参照执行。

6.5.4 吸收塔压降设计值宜小于 2200Pa，空塔压降设计值宜小于 800Pa，床层压降设计值宜大于 800Pa，吸收塔出口烟温宜高于露点温度 15°C 以上。

6.5.5 吸收塔内的烟气停留时间宜在 4s 以上。

6.5.6 吸收塔直管段设计流速宜在 3~6.5m/s 之间。

6.5.7 吸收塔内壁设计不需要设计防腐。

6.5.8 吸收塔内部不宜设内撑杆件。

6.5.9 常用的吸收塔型式见附录 C。

6.6 脱硫除尘器系统

6.6.1 脱硫除尘器入口粉尘浓度宜按 $800\sim 1200\text{g}/\text{m}^3$ 设计。

6.6.2 脱硫除尘器的设计应符合 GB/T19229.2 的规定，宜采用电除尘器、袋式除尘器、电袋复合除尘器。脱硫工况时，要保证出口粉尘浓度低于 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，袋式除尘器气布比宜不大于 $0.75\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{min}$ ；要保证出口粉尘浓度低于 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，袋式除尘器气布比宜不大于 $0.65\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{min}$ 。

6.6.3 脱硫除尘器灰斗宜采用大灰斗形式。脱硫除尘器灰斗应设有蒸汽或电伴热系统和灰斗振打装置；蒸汽系统的设计应符合 GB/T50655 的规定。

6.6.4 脱硫除尘器灰斗应设有四个料位信号：高高、高、低、低低。

6.7 灰循环系统

6.7.1 灰循环系统主要由灰斗流化槽、空气斜槽、插板阀、气动流量控制阀门等组成。

6.7.2 灰循环系统中的循环灰宜采用空气斜槽输送，并根据床层压降自动调节气动流量控制阀开度。

6.7.3 除尘器灰斗流化槽及空气斜槽宜分别设置流化风机。流化风宜按选用的流化帆布单位面积通气率要求的风量选取，流化风机宜设置备用风机；流化风宜加热至 80~120℃，加热器后的流化风管道应保温。

6.7.4 灰斗流化槽及空气斜槽每个流化点的流化风管应设有手动调节装置，用于调节每个流化点的流化风量。

6.7.5 灰循环系统应根据烟气中的粉尘浓度、烟气量大小进行相关设备的计算选型。

6.7.6 空气斜槽应根据膨胀量设计选用膨胀节。

6.8 吸收剂制备及供应系统

6.8.1 吸收剂的选用应根据吸收剂的来源、运输条件、一次性投资及运行费用等进行技术经济比较后确定。吸收剂可直接外购消石灰、电石渣或就地进行生石灰消化。吸收剂品质要求详见附录 D。

6.8.2 生石灰仓和消石灰仓的有效容积应根据石灰供应和运输情况确定。现场进行生石灰消化时，生石灰仓的有效贮粉量宜满足锅炉最大连续出力时 2~4d 的消耗量；消石灰仓的有效贮粉量宜满足锅炉最大连续出力时 1~2d 消耗量。直接外购消石灰、电石渣时，吸收剂仓的有效贮粉量宜满足锅炉最大连续出力时 3~5d 消耗量。

6.8.3 石灰消化器的出力宜不小于 BMCR 工况生石灰消耗量的 150%。

6.8.4 吸收剂宜采用空气斜槽或气力输送方式输送进入吸收塔。吸收剂设有计量调节加入装置，根据入口二氧化硫量和出口排放浓度调节加入脱硫反应系统。计量调节加入装置的出力宜按 BMCR 工况时，石灰消耗量的 150%设计；根据锅炉燃料性质的不同，调节加入装置宜按两路设计。

6.8.5 生石灰仓应设有料满就地指示信号。

6.8.6 生石灰仓、消石灰仓应密封，内表面应平整光滑不积粉；仓内壁锥斗部宜设气化板，以避免下料系统的堵塞。

6.8.7 生石灰仓、消石灰仓流化风机可共用一台，也可单独设置；流化风量根据布置的气化板面积确定。

6.8.8 生石灰仓、消石灰仓顶部应有放气管。气管通大气时应设置除尘装置；除尘装置应配置排气风机，保持仓内微负压。生石灰仓、消石灰仓顶部应有真空释放阀，保持仓内压力平衡。

6.8.9 生石灰仓、消石灰仓应防止受潮，对金属仓外壁宜采取保温措施。

6.9 工艺水系统

6.9.1 脱硫装置用水包括：吸收剂消化水、吸收塔工艺水、辅助设备的冷却用水。脱硫装置用水的水

质应符合附录D的要求。

6.9.2 吸收塔工艺水系统包括水箱、高压水泵、连接管道阀门、喷枪、调节装置。

6.9.3 水箱容量宜按 BMCR 工况下吸收塔 0.5~1h 的耗水量设计，水箱入口、喷枪入口应设置滤网。

6.9.4 每座吸收塔可设置 1~4 根喷枪。喷枪的额定出力宜按 BMCR 工况吸收塔耗水量的 1.3~1.5 倍选取。喷枪的位置宜布置在吸收塔锥形段的密相区处。

6.9.5 每座吸收塔宜设置 2 台全容量供水泵，其中 1 台备用。水泵容量宜按喷枪额定出力的 1.3~1.5 倍选取。水泵压力按喷枪要求的最大压力与所选泵容量相应管道系统阻力之和的 1.1 倍选取。

6.9.6 生石灰的消化水泵宜采用 2 台全容量水泵，其中 1 台备用。

6.10 副产物输送系统

6.10.1 脱硫副产物输送系统的选择，应根据脱硫副产物的排量、脱硫副产物的化学、物理特性，以及发电厂与贮灰场的距离、高差、地形、地质和气象等条件，通过技术经济比较确定。副产物输送系统宜采用干式输送方式。

6.10.2 副产物的输送可选用负压气力输送系统、正压气力输送系统等系统，正压气力输送系统应符合 JB/T 8470 规定。仓泵的控制宜直接进入脱硫控制系统，并设就地控制箱。

6.10.3 脱硫副产物输送系统的设计出力应根据系统脱硫副产物的排量、系统型式、运行方式等确定，应不小于燃用设计燃料时 BMCR 工况的脱硫副产物量的 2.0 倍，并设置必要的紧急事故处理设施。

6.10.4 副产物库的设置和总容量设计宜按下列要求确定：

- 1) 副产物库宜与粉煤灰库集中布置，分开贮存。
- 2) 当作为中转或缓冲库时，宜满足燃用设计燃料时 BMCR 工况的脱硫副产物量贮存 12h 以上。
- 3) 当作为贮存库时，宜满足燃用设计燃料时 BMCR 工况的脱硫副产物量贮存 48h 以上。脱硫副产物在灰库内储存时间不宜超过 72h。

6.10.5 副产物库卸灰设施的配置应满足下列要求：

- 1) 当装卸干灰时，应设置能防止干灰飞扬的装车（船）设施。
- 2) 当外运调湿灰时，应设干灰调湿装置。

6.10.6 灰库流化系统应设专用流化风机。在系统中应设专用流化风加热器，加热器应靠近灰库布置。流化风的要求与 6.7.3 一致。

6.10.7 气力输送系统中的直管段宜采用碳钢管；气力输送系统中的弯管段、输送介质速度较高、磨蚀严重的直段应采用耐磨管。

6.11 压缩空气系统

6.11.1 脱硫装置内的压缩空气用于脱硫装置仪表用气、气力输送及内检修用气。压缩空气品质满足设备使用要求。

6.11.2 脱硫装置可新建压缩空气站，也可直接利用厂里现有压缩空气系统。新建电厂宜主体工程一并考虑脱硫装置压缩空气耗量；已建电厂加装烟气脱硫装置时，若厂区原有压缩空气量不足时，根据脱硫装置压缩空气耗量增设压缩空气站，增设的压缩空气系统宜与主体工程原有压缩空气系统串联。

6.11.3 压缩空气站的设计应符合GB50029的规定。

6.12 二次污染控制措施

6.12.1 生石灰仓及消石灰（电石渣）仓顶应设置独立的除尘装置收集二次扬尘。除尘系统粉尘排放浓度满足 GB13223 的规定。

6.12.2 脱硫工程的地面冲洗水及设备冷却水应妥善收集处理。

6.12.3 副产物处置宜优先综合利用。暂无综合利用条件，采取贮存、堆放措施时，贮存场、贮存间等的建设和使用应符合 GB18599 的规定。

6.12.4 脱硫工程的设计、建设，应采取有效的隔声、消声、绿化等降低噪声的措施，噪声和振动控制的设计应符合 GBJ87 和 GB50040 的规定，厂界噪声应达到 GB12348 的要求。

7 主要工艺设备和材料

7.1 主要工艺设备

7.1.1 袋式除尘器宜采用耐高湿、适应高浓度粉尘的脉冲袋式除尘器，应符合 JB/T8532、HJ/T325、HJ/T327、JB/T10191 的规定。袋式除尘器的设计应符合 GB/T6719 的规定。

7.1.2 电除尘器的设计应符合 DL/T514 的规定。

7.1.3 电袋复合除尘器的设计应符合GB/T27869的规定。

7.1.4 石灰消化器应满足JB/T11076的规定，消化后的消石灰含水率 $\leq 1.5\%$ 、消石灰比表面积 $\geq 15\text{m}^2/\text{g}$

7.1.6 水喷枪宜采用回流式喷枪或双流体喷枪，喷头宜采用碳化硅，枪体宜采用316L。

7.1.7 气动流量控制阀宜采用滚筒式调节阀，滚筒材质宜采用不锈钢。

7.1.8 空气斜槽应满足JCT820的规定，宜留有50%以上的输送余量，帆布表面宜铺设防磨铁丝。

7.1.9 灰斗流化槽应满足JB/T11646的规定。

7.2 材料

7.2.1 烟气脱硫设备中的压力容器应遵循GB150的规定，非压力容器应符合JB/T4735的规定，所用的钢材应附有钢材生产单位的质量证明书。

7.2.2 脱硫除尘器滤袋根据脱硫后烟气性质选择，宜选择 PPS 滤料。

7.2.3 钢制设备所用的钢材应符合GB/T699、GB912及GB/T3077的规定。

7.2.4 烟气脱硫设备中的非金属设备及管道应符合GB/T19229.1的规定。

7.2.5 烟气脱硫设备的保温、油漆应符合DL/T5072的规定。

7.2.6 吸收塔和烟道采用碳钢材料Q235。

8 检测与过程控制

8.1 一般规定

8.1.1 烟气脱硫装置的自动化系统应符合DL/T5196、DL/T5175的规定。

8.1.2 烟气脱硫装置应采用集中控制，在控制室内以操作员站显示屏和键盘作为监视控制中心，不设置常规仪表盘。

8.1.3 烟气脱硫装置的控制可采用以分散控制器为基础的分散控制系统（DCS）或可编程控制系统（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）和连锁保护。

8.1.4 脱硫控制系统在启、停、运行及事故处理情况下均应不影响主机的正常运行。

8.2 过程检测

8.2.1 烟气脱硫过程检测主要包括：

- 1) 脱硫工艺系统主要运行参数；
- 2) 仪表和控制用电源、气源、水源及其他必要条件的供给状态和运行参数；
- 3) 脱硫变压器、脱硫电源系统及电气系统和设备的参数与状态检测；
- 4) 必要的环境参数。

8.2.2 烟气连续监测系统宜按脱硫装置运行监控需要独立设置，装设在脱硫装置的进/出口烟道上，并留有外部通讯接口供有关部门使用。

8.2.3 烟气脱硫过程重要参数测点应冗余或三冗余设置，至少包括以下参数：

- 1) 吸收塔入口压力。
- 2) 吸收塔出口压力。
- 3) 吸收塔出口温度。

8.3 连锁保护

8.3.1 脱硫装置的连锁保护应由脱硫控制系统软逻辑实现。

8.3.2 脱硫控制系统应有防止误动和拒动的措施。

8.3.3 连锁保护系统应遵循独立性原则：

- 1) 主要的保护系统的逻辑控制单独设置；
- 2) 主要的保护系统应有独立的IO通道，并有电隔离措施；
- 3) 冗余的IO信号应通过不同的IO模件引入；
- 4) 脱硫装置与主机用于保护的信号应采用硬接线方式。

8.4 过程报警

8.4.1 过程报警由脱硫装置的控制系统实现。

8.4.2 烟气脱硫控制系统的所有模拟量输入、数字量输入、模拟量输出、数字量输出和中间变量的计算值，都可作为报警源。

8.4.3 烟气脱硫装置功能范围内的全部报警项目应能在操作员站显示屏上显示和在打印机打印。

8.5 脱硫控制系统

8.5.1 脱硫装置的控制系统应采取成熟、可靠的原则，具有数据采集与处理、自动控制、保护、连锁功能。

8.5.2 脱硫装置的控制系统应设置与主机DCS进行信号交换的硬接线，以使脱硫装置能与机组协调运行。

8.5.3 新建电厂宜将脱硫装置和除尘、脱硫灰外排系统的控制集中在同一个控制室内。一般两炉设一个烟气脱硫控制室；当规划容量明确时，也可采用多台炉合设一个烟气脱硫控制室。已建电厂增建脱

硫装置应因地制宜，设独立控制室或与除灰控制室合并。具备条件时，可以将脱硫装置的控制纳入机组单元控制室。

8.5.4 对不影响整体控制系统的辅助装置，可设就地控制设备。对就地巡检需要监视和操作的场所，可设就地监视和操作手段，但重要信息应送至控制室。就地操作手段用于故障或事故时的紧急操作。

8.5.5 当脱硫装置具有两个及以上单元时，宜设置公用系统控制系统网络，经过通讯接口分别与两个（及以上）单元控制系统相联。公用系统应能在两套（及以上）控制系统中进行监视和控制，并确保任何时候仅有一个操作站能发出有效操作指令。

8.5.6 在电厂装设MIS或SIS系统时，烟气脱硫控制系统应预留与MIS或SIS的通讯接口。当与MIS或SIS系统通信时应考虑设置安全可靠的保护隔离措施。

8.6 过程控制

8.6.1 脱硫系统过程控制应达到一定的自动化水平，至少包括如下自动控制回路：

- 1) 脱硫装置出口SO₂浓度自动控制。
- 2) 吸收塔床层压降控制。
- 3) 吸收塔出口温度控制。

8.6.2 当设置脱硫引风机、且独立于前级引风机时，宜对吸收塔入口压力进行自动控制。

8.6.3 当设置清洁烟气再循环系统时，宜对流经吸收塔的烟气量进行自动控制。

9 主要辅助工程

9.1 电气系统

9.1.1 供电系统

9.1.1.1 脱硫装置高、低压厂用电电压等级宜与发电厂主厂房厂用电电压等级一致。

9.1.1.2 脱硫装置厂用电系统中性点接地方式宜与发电厂主厂房厂用电中性点接地方式一致；交流电气装置的接地应符合DL/T621的规定。

9.1.1.3 电气系统设计应符合DL/T5153中的有关规定。

9.1.1.4 电力工程电缆设计应符合GB50217中的有关规定。

9.1.2 直流系统的设计应符合DL/T5044的规定。

9.1.3 交流保安电源和交流不停电电源（UPS）设计应符合DL/T5153中的有关规定。

9.1.4 二次线设计应符合DL/T5136和DL/T5153的规定。

9.1.5 热工电源和气源

9.1.5.1 热工控制柜（盘）进线电源的电压等级不得超过220V，进入控制装置柜（盘）的交、直流电源除停电一段时间不影响安全外，应各有两路，互为备用。工作电源故障需及时切换至另一路电源，应设故障报警和自动切换装置。

9.1.5.2 烟气脱硫控制系统及保护装置应设互为备用的两路电源，一路采用交流不停电电源，一路采用脱硫工作段电源。

9.1.5.3 脱硫装置交流不停电电源在机组交流不停电电源容量允许下可以引自机组，也可单独设置。交流不停电电源原则上由电气统一考虑。

9.1.5.4 用气动执行机构时，气源品质和压力应符合有关国家标准，满足气动执行机构的需要。

9.2 建筑及结构

9.2.1 建筑

9.2.1.1 建筑设计应根据生产流程、功能要求、自然条件、火电厂主体工程、建筑材料和建筑技术等因素，并结合工艺设计做好建筑物的平面布置、空间组合、建筑造型、色彩处理以及维护结构的选择。

9.2.1.2 有条件时应积极采用多层建筑和联合建筑，防火设计应符合GB50229、GBJ16及国家其他有关防火标准和规范的要求。

9.2.1.3 脱硫工程建筑物宜优先考虑天然采光，建筑物室内天然采光照度应符合GB/T50033的要求。

9.2.1.4 脱硫工程照明设计应符合DLGJ56规定。

9.2.1.5 建筑物的室内外墙面应根据使用和外观需要进行适当处理。地面和楼面材料除工艺要求外，宜采用耐磨、易清洗的材料。室内装修防火要求应符合GB50222的规定。有腐蚀性物质的房间，其内表面（包括室内外排放沟道的内表面）应防腐蚀。

9.2.2 结构

9.2.2.1 建（构）筑物结构设计应符合GB50010、GB50017规定。

9.2.2.2 建筑结构荷载按GB50009执行。

9.2.2.3 建（构）筑物抗震设防应按GB50191、GB50011和GB50260执行。

9.3 火灾报警与消防系统

9.3.1 脱硫装置火灾报警系统的设计应满足GB50229的规定。

9.3.2 建筑灭火器配置应满足GBJ140设计规范的规定。

9.4 采暖与通风

采暖与通风的设计应符合DL/T5035的规定。

9.5 通信系统

通信系统的设计应符合DL/T5041的规定。

10 劳动安全与职业卫生

10.1 一般规定

10.1.1 脱硫工程在设计、建设和运行过程中，应高度重视劳动安全和工业卫生，采取各种防治措施，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GB12801中的有关规定。

10.1.3 建设单位在脱硫工程建成运行的同时，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 在容易发生事故危机生命安全的场所和设备，应有安全标志，并按GB2894进行设置。

10.2 劳动安全

10.2.1 脱硫工程的建设应遵守DL5009.1和DL5053及其他有关规定。

10.2.2 脱硫工程应备有防尘面罩、洗眼液等防护用品。

10.2.3 建立并严格执行经常性的和定期的安全检查制度，及时消除事故隐患，防止事故发生。

10.3 职业卫生

10.3.1 脱硫工程室内防尘、防噪声与振动、防电磁辐射、防暑与防寒等职业卫生要求应符合GBZ1的规定。

10.3.2 生石灰、消石灰及脱硫副产物的贮运，应采用密闭性较好的设备，并应有防止漏粉、漏灰及飞扬的措施。在易发生粉尘飞扬或洒落的区域设置必要的除尘设备或清扫措施。

10.3.3 可能产生粉尘污染的装置，宜采用全负压密闭系统，尽量实现机械化和自动化操作，减少人工直接操作，并采取适当通风措施。

10.3.4 应尽可能采用噪声低的设备，对于噪声较高的设备，应采取减震消声措施，尽量将噪声源和操作人员隔开。工艺允许远距离控制的，可设置隔声操作（控制）室。

11 施工与验收

11.1 工程施工

11.1.1 脱硫工程设计、施工单位应具有国家相应工程设计、施工的资质。脱硫工程应按设计文件进行建设，对工程的变更应取得设计单位的设计变更文件后再进行施工。

11.1.2 脱硫工程的施工应符合国家和行业施工程序及管理文件的要求。施工单位除遵守相关的施工技术规范以外，还应遵守国家有关部门颁布的劳动安全及卫生、消防等国家强制性标准。

11.1.3 脱硫工程施工中使用的设备、材料、器件等应符合相关的国家标准，并应取得供货商的产品合格证后方可使用。

11.2 工程验收

11.2.1 脱硫工程验收应按《建设项目（工程）竣工验收办法》、相应专业现行验收规范和本规范的有关规定进行组织。

11.2.2 工程安装、施工完成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。

11.2.3 通过脱硫装置整体调试，各系统运转正常，技术指标达到设计和合同要求后，应进行启动试运行。

11.2.4 对整体启动试运行中出现的问题应及时消除。在整体启动试运行连续试运168h，技术指标达到设计和合同要求后，建设单位向有审批权的环境保护行政主管部门提出生产试运行申请。

11.3 环境保护验收

11.3.1 脱硫工程竣工环境保护验收符合HJ/T255的规定，环保验收项目至少包括脱硫效率、SO₂排放浓度及粉尘排放浓度等。

11.3.2 脱硫装置性能实验至少包含以下项目：

- (1) 脱硫效率；
- (2) 吸收剂消耗量；
- (3) 系统压力降；
- (4) 水消耗量；
- (5) 电耗；
- (6) 吸收剂活性与纯度；
- (7) 副产物品质；

11.3.3 经竣工环境保护验收合格后，脱硫装置方可正式投入使用。

12 运行与维护

12.1 一般规定

12.1.1 脱硫装置的运行、维护及安全管理除应执行本规范外，还应符合HJ2040及国家现行有关强制性标准的规定。

12.1.2 脱硫装置运行应在满足设计工况的条件下进行，并根据工艺要求，定期对各类设备、电气、自控仪表及建（构）筑物进行检查维护，确保装置稳定可靠地运行。

12.2 管理制度

电厂应设立各项管理制度，主要包括交接班管理制度；巡回检查制度；设备定期试验和轮换制度；运行台帐、报表、记录管理制度；安全、文明生产管理制度；记录管理制度；照明及用电管理制度；操作管理制度；工作票管理制度；操作票管理制度；点检定修管理制度；设备评级管理制度；异常、障碍管理制度；设备检修管理制度；检修费用管理制度；缺陷管理制度；控制室及运行场所管理制度；消防系统的停、用管理制度；事故预想、演练管理制度；经济分析、节能分析管理制度；规程管理制度；生产奖惩制度等。

12.3 电厂应制定运行、操作和维护规程，运行维护管理内容参加附录E。

12.4 人员与运行管理

12.4.1 脱硫装置的运行人员宜单独配置。当电厂需要整体管理时，也可以与机组合并配置运行人员。

12.4.2 电厂应对脱硫装置的管理和运行人员进行定期培训，使管理和运行人员系统掌握脱硫设备及其他附属设施正常运行的具体操作和应急情况的处理措施。运行操作人员上岗前还应进行至少以下内容的专业培训：

- 1) 启动前的检查和启动要求的条件；
- 2) 处置设备的正常运行，包括设备的启停、操作、巡视等；
- 3) 控制、报警和指示系统的运行和检查，以及必要时的纠正操作；
- 4) 最佳的运行温度、压力、脱硫效率的控制和调节，以及保持设备良好运行的条件；
- 5) 设备运行故障的发现、检查和排除；
- 6) 事故或紧急状态下人工操作和事故处理；

- 7) 设备日常和定期维护;
- 8) 设备运行及维护记录, 以及其他事件的记录和报告等。

12.4.3 电厂应建立脱硫装置运行状况、设施维护和生产活动等的记录制度, 主要记录内容包括:

- 1) 系统启动、停止时间;
- 2) 吸收剂进厂质量分析数据, 进厂数量, 进厂时间, 吸收剂制备及消耗量;
- 3) 系统运行工艺控制参数记录, 至少应包括: 脱硫装置出、入口烟气温度, 烟气流量, 床层压降, 清洁烟气再循环风挡开度, 脱硫布袋除尘器压差等;
- 4) 主要设备的运行和维修情况的记录;
- 5) 烟气连续监测数据、脱硫副产物处置情况的记录;
- 6) 生产事故及处置情况的记录;
- 7) 定期检测、评价及评估情况的记录等。

12.5 维护保养

12.5.1 脱硫装置的维护保养应纳入全厂的维护保养计划中。

12.5.2 电厂应根据脱硫装置技术负责方提供的系统、设备等资料制定详细的维护保养规定。

12.5.3 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。

12.5.4 维修人员应做好维护保养记录。

附录 A

(资料性附录)

机械不完全燃烧热损失值和飞灰分额取值

表 A.1 机械不完全燃烧热损失值

炉型	q_4 (%)	备注
煤粉炉	3~6	
链条炉	5~10	无烟煤取 7~14
抛煤机链条炉	6~8	
往复炉 (振动炉排)	10~14	
抛煤机炉 (固定炉排)	6~10	
沸腾炉	15~25	石煤、矸石取 20~30

表 A.2 飞灰分额取值

锅炉型式	固态排渣炉	液态排渣炉	旋风炉	
			立式	卧式
飞灰分额 (%)	90	60	40~45	15~30

附录 B

(资料性附录)

烟气循环流化床脱硫工艺流程图

烟气循环流化床脱硫工艺系统主要由烟气系统、预除尘器系统（15）、吸收塔系统（4）、脱硫除尘器系统（5）、吸收剂制备及供应系统（1，2，3）、灰循环系统（12）、工艺水系统（9，10）、压缩空气系统、流化风系统、副产物输送系统（8）等组成，相似脱硫工艺有CFB、LJD、RCFB等。工艺流程图如下：

1、生石灰仓；2、石灰消化器；3、消石灰仓；4、吸收塔；5、脱硫除尘器；6、引风机；7、烟囱；8、仓泵；9、工艺水箱；10、工艺水泵；11、消化水泵；12、灰循环装置；13、清洁烟气再循环；14、调节风挡；15、预除尘器。

原烟气经过预除尘器（15）除尘后，从吸收塔（4）下部进入，经过文丘里管使烟气加速，与吸收剂、吸附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石灰消化器（2）消化后制成消石灰粉贮存于消石灰仓（3）中，或外购的消石灰粉直接加入到消石灰仓（3）中，然后通过计量把消石灰加入到吸收塔（4）。符合品质要求的吸附剂通过计量加入到吸收塔（4）。净化降温用的工艺水由水喷枪喷嘴雾化加入到吸收塔（4）中，通过喷嘴雾化加入到吸收塔中，水分被热烟气蒸发，烟气温度下降，烟气中的二氧化硫（SO₂）及多组份污染物与吸收剂、吸附剂发生物理、化学反应而被去除，离开吸收塔（4）的烟气进入除尘器（5）收集副产物，由除尘器收集的副产物大部分通过在循环斜槽（12）循环返回吸收塔，实现高倍率的循环脱硫及净化，少量副产物通过输送设备外排。净化后的烟气经引风机（6）升压后由烟囱（7）排入大气。当脱硫装置入口烟气量低于70%负荷时，开启清洁烟气再循环系统（13），维持吸收塔在70~110%烟气量负荷运行时最佳的传热、传质状态，保证整个脱硫装置稳定运行。

附录 C

(资料性附录)

常用的吸收塔型式

C.1 循环流化床法烟气脱硫技术 (CFB、LJD) 吸收塔型式

吸收塔的入口与出口方向的夹角为 0° 布置示意图:

吸收塔的入口与出口方向的夹角为 90° 布置示意图:

吸收塔的入口与出口方向的夹角为 180° 布置示意图:

C.2 回流式循环流化床法烟气脱硫技术（RCFB）吸收塔型式
吸收塔水平出风布置示意图：

附录 D
(资料性附录)
吸收剂、水品质要求

D.1 吸收剂品质要求

D.1.1 生石灰粉的品质要求见 GB/T19229.2-2011 附录 B 中 B.1.1。

D.1.2 消石灰粉的品质要求见 GB/T19229.2-2011 附录 B 中 B.1.2。

D.1.3 电石渣粉的品质要求见表 D.1。

表 D.1 电石渣粉品质

序号	指标名称	参数	测试方法
1	Ca(OH) ₂ 含量	≥90%	JC/T478.2
2	比表面积	≥18m ² /g	GB/T19587
3	粒径	≤50μm	JC/T478.1
4	含水率	≤1.5%	JC/T478.1

D.2 工艺水、消化水、冷却水品质要求

D.2.1 工艺水、消化水品质要求见表 D.2。

表 D.2 工艺水、消化水品质

序号	项目	单位	数值
1	工艺水品质要求		
1.1	可允许的悬浮物最大粒径	μm	≤30
1.2	可允许的磨损物含量	ppm	≤10
1.3	可允许的最高固体浓度	mg/L	≤30
1.4	Cl ⁻ 含量	mg/L	<60
1.5	腐蚀物总量	mg/L	<450
1.6	pH 值		6~10
2	石灰干消化水质要求		
2.1	水硬度	dH	≤120
2.2	pH		7±1
2.3	SO ₄ ²⁻ 含量	mg/L	<100
2.4	Cl ⁻ 含量	mg/L	<60
2.5	NH ₃ 含量	mg/L	<7
2.6	可允许的最高固体浓度	ppm	≤400
2.7	干残留物	mg/L	<100

D.2.2 冷却水的品质要求见 GB/T19229.2-2011 附录 B 中 B.2.1、B.2.2、B.2.3。

附录 E

(资料性附录)

脱硫装置运行维护管理

E.1 脱硫装置启动前

E.1.1 启动前的试验及验收

首次投运脱硫装置或脱硫装置大修后重新投运, 应具备以下投运基本条件(要求完成有关的试验项目): 烟道、吸收塔、除尘器的漏风率测试, 气流均布试验、吸收塔的空塔压降试验, 水喷嘴喷雾试验, 除尘器的试验, 石灰消化系统的试验, 压缩空气、加热流化风系统试验, 传动试验, 设备转动试验。脱硫装置中的电除尘器应做冷态伏安特性试验、阻力特性试验, 振打性能试验等。

做好辅助系统、设施的验收。检修工作全部结束, 场地干净, 道路畅通, 各平台走道扶手完整、照明充足, 各沟道有盖板, 转动机构有护罩, 各人孔封堵, 设备标识清晰、完整, 安全连锁完好。

E.1.2 脱硫装置启动前的工作

E.1.2.1 脱硫装置开机前24小时所要做的工作: 脱硫装置需要伴热的部分, 宜在装置开机前24小时有效投入(如灰斗伴热, 循环灰、外排灰管路等处的伴热)。

脱硫除尘器为布袋除尘器或电袋复合除尘器的, 应对布袋进行预涂灰。

脱硫除尘器为电除尘器的, 应启动放电极绝缘子室, 放电极振打瓷轴的加热装置。

E.1.2.2 脱硫装置开机前8小时所要做的工作:

- 1) 各系统供电。
- 2) 各阀门、风挡好用, 且在正确位置。
- 3) 压缩空气系统正常运行, 储气罐内有足够的压缩用气满足脱硫要求, 气压满足使用要求。
- 4) 流化风系统设备及其加热器手动投入(灰斗流化风系统、斜槽流化风系统、生消石灰仓流化风系统等), 调节好加热温度。
- 5) 确认灰斗内是否有灰, 如灰斗内没有足够的灰, 需要向灰斗内注入粉煤灰。
- 6) 工艺水箱上水正常, 并保证液位在2/3以上。
- 7) 现场配消化器的, 购进生石灰, 贮存在生石灰仓内, 待制备; 若现场未配消化器, 则购进消石灰(或电石渣), 贮存在消石灰仓内。
- 8) 吸收塔水喷嘴插入塔内。
- 9) 准备好足够的吸收塔底排灰用的装灰车。
- 10) 校对各设定值。
- 11) 接到指令锅炉点火或因燃烧不稳而投油时: 脱硫除尘器为布袋除尘器的, 将布袋喷吹切为手动控制; 脱硫除尘器为电除尘器的, 除尘器停运, 振打装置切为手动模式并连续振打。

E.2 脱硫装置的启动

E.2.1 脱硫装置的正常开机顺序

- 1) 完成启动前的所有准备工作。

- 2) 开启脱硫除尘器出入口风挡，锅炉引风机运行，脱硫装置烟气系统启动。
- 3) 根据锅炉投油情况，确定脱硫除尘器的投入。
- 4) 启动吸收剂制备系统。
- 5) 当灰斗料位高于最低料位时，脱硫循环灰系统投入，但应保证灰斗料位不低于料封料位。
- 6) 脱硫循环灰系统投入后，视情况开启烟气再循环风挡（保证脱硫装置最低风量要求）。
要求开启再循环风挡时，与锅炉配合缓慢调整，以不影响锅炉安全运行为准。
- 7) 逐渐建立稳定床层，升至1.0~1.2kPa后才能投脱硫
- 8) 启动脱硫吸收塔喷水系统，喷嘴投入，逐步降低吸收塔出口温度至70~75℃（系统运行正常后，可根据情况调低此温度）。
- 9) 视SO₂排放情况，投入吸收剂供应系统。
- 10) 脱硫装置稳定后，将各联锁保护投入。
- 11) 当脱硫装置前有预除尘器系统时，此时预除尘器宜投入。
- 12) 辅助系统投入，如塔底吹扫及排灰系统，脱硫灰外排系统等。

E.2.2 脱硫装置的热态启动顺序

热态启动是指脱硫除尘系统中的除尘部分已启动但还没有投运脱硫灰、消石灰、高压水，即脱硫装置原烟气通过但未建立床层情况下，投运脱硫灰循环系统、消石灰给料系统、高压水喷水系统的一种启动方式。

- 1) 原烟气通过脱硫除尘烟气系统正常稳定。
- 2) 确认吸收塔水喷嘴伸入吸收塔中，并已安装好。
- 3) 开启工艺水箱进水门将水位补在高液位。
- 4) 吸收剂制备系统正常或消石灰仓料位可满足脱硫需要。
- 5) 布袋除尘器的灰斗料位满足脱硫投运时建立流化床的需要。
- 6) 根据烟气流调整烟气再循环风挡。
- 7) 脱硫循环灰系统投入。
- 8) 脱硫吸收塔床层压降宜在1000~1200pa左右时，启动脱硫吸收塔喷水系统，喷嘴投入，逐步降低吸收塔出口温度至烟气露点温度以上15℃。
- 9) 视SO₂排放情况，投入吸收剂供应系统。
- 10) 脱硫装置稳定后，将各联锁保护投入。
- 11) 辅助系统投入，如塔底吹扫及排灰系统，脱硫灰外排系统等。

E.2.3 脱硫装置运行中调整及监视

1) 吸收塔床层压降控制

床层压降宜控制在1000~1600pa，当脱硫效果较差且锅炉引风机出力有裕度时，床层压降可适当增大，但不宜高于2000pa，最大不宜高于2400pa。

床层压降低于800pa时，脱硫吸收塔喷水系统停运，床层压降低于500pa时，吸收塔系统退出，并

查找原因。

当脱硫效果较好时，宜适当降低床层压降，以降低系统耗能。

2) 吸收塔出口烟温控制

吸收塔出口烟温应控制在烟气露点温度15~20℃以上。

3) 脱硫除尘器出口温度控制

脱硫除尘器出口温度控制宜高于烟气露点温度15℃以上。

脱硫除尘器为布袋除尘器时（采用PPS作为滤料），出口温度宜控制在高于烟气露点温度15℃以上至160℃，短时间内最高不超过180℃（持续时间不得超过15分钟，仅允许6次/年）。当有糊袋现象时，提高烟温，消除糊袋现象，并提高设定的烟温值。

4) 烟气流控制

当机组负荷降低，烟气流降低，吸收塔床层有塌床可能，应适当开启清洁烟气再循环风挡。脱硫装置正常运行时，可适当降低烟气流，以吸收塔塔底不出现较多大颗粒灰为宜，以减少系统耗能。当脱硫效果较差时，可根据床层压降的提高相应提高烟气流。

5) 吸收塔出口SO₂浓度控制

SO₂浓度控制可通过调整吸收剂的投入量、吸收塔出口温度、床层压降、烟气流等控制。

6) 脱硫除尘器灰斗料位控制

脱硫除尘器灰斗料位宜控制在高料位和低料位之间。不得低于低料位，不得高于高料位。

7) 脱硫除尘器出口粉尘浓度的控制

当脱硫装置出口的粉尘排放浓度超过规定值，电除尘器可调整电流、电压、火化率等措施。提高除尘效率应联系检修对测点或除尘器进行检查。

8) 装置出口氧量监测

当脱硫装置出口与入口氧量差值较大时，应联系检修对装置漏风情况进行检查。

9) 脱硫效率

脱硫效率应在保证值以上。当脱硫效率低于保证值，应加大吸收剂的投入量，降低吸收塔出口温度（即加大吸收塔喷水量），提高床层压降并相应提高烟气流等措施降低出口SO₂浓度。

E.3 脱硫装置的停运

E.3.1 正常停机顺序

1) 观察消石灰仓料位，提前将消石灰仓内消石灰用完。

2) 关闭高压水系统。

3) 停运吸收剂制备系统及供应系统。

4) 停运脱硫循环灰系统。

5) 脱硫除尘器为电除尘器时，除尘器停运后振打投手动连续振打，宜运行1~2小时。布袋除尘器若停运超过7天，启动布袋除尘器快速清灰程序，将布袋上粘灰清除干净，判断是否清除干净的方法是观察布袋压差，启动快速清灰时，压差会持续下降，当降到某一个值，基本不发生变化时，说明布

袋粘灰已基本清除干净。

- 6) 启动仓泵外排灰程序，将灰斗内存灰全部排往灰库。
- 7) 关停脉冲清灰系统。
- 8) 关停布袋清灰用气管阀门。
- 9) 关停引风机。
- 10) 灰斗流化风系统、空气斜槽流化风系统和灰斗加热继续持续运行2小时。
- 11) 关停灰斗加热。
- 12) 关停灰斗流化风系统、空气斜槽流化风系统及其蒸汽加热器。
- 13) 关停锅炉（由锅炉控制室负责）。
- 14) 关停脱硫除尘器。
- 15) 关停预除尘器（若有）
- 16) 关停脱硫灰排放气力输送系统。
- 17) 关停清洁烟气关断及循环风挡。

E.3.2 紧急停机（FGD停机）

- 1) 关闭高压水系统。
- 2) 停运吸收剂制备系统及供应系统。
- 3) 停运脱硫循环灰系统。
- 4) 关闭清洁烟气再循环风挡。
- 5) 停运斜槽流化风系统。
- 6) 除尘器灰斗外排灰按除尘器运行情况确定。
- 7) 吸收塔塔底喷吹及排灰装置启动，直至排空。

E.4 脱硫装置的常见故障、原因及处理

具体详见HJ2040-2014中“附录D.4 烟气循环流化床干法脱硫设施故障处理及预防措施”。

E.5 定期工作

E.5.1 定期设备检查

在运行期间，要求建立每班一次对脱硫除尘岛现场进行巡检的制度，巡检必须到达每个有设备的平台。

总的巡检要求表

可能出现问题的地方	首选对策措施
异常噪音	寻找音源，如果有可能，建议控制室关停该设备，并转为启用备用设备，然后进行维修
高压水泵的漏水	建议控制室关停该设备，并转为启用备用设备，然后进行维修
出现漏灰现象	建议控制室关停该设备，并转为启用备用设备，然后进行维修
转动设备的异常振动	建议控制室关停该设备，并转为启用备用设备，然后进行维修

塔底积灰	建议启动塔底排灰输送机，若排灰一次发现粗颗粒大于 0.5m ³ ，请立即检查高压水系统。
塔底排灰输送机下的灰车容量不足	根据灰量多准备几部灰车
出现漏油现象	寻找原因，检查设备的放油孔是否锁紧或者是设备损坏。

E.5.2 运行巡检要求

1) 下列巡检线路每隔 2 小时巡检一次

控制室→水箱→高压水泵→回水调节阀→空气斜槽流化风机、加热器及出口手动阀位置→灰斗流化风机、加热器及出口手动阀位置→脱硫灰再循环系统→脱硫灰外排系统→控制室。

2) 下列巡检线路每隔 4 小时巡检一次

控制室→脱硫布袋除尘器灰斗蒸汽加热→FF 灰斗料位→灰斗流化→斜槽流化→吸收塔水喷嘴→生、消石灰仓料位→消石灰调频旋转给料器→进料空气斜槽→控制室。

消化器及消石灰气力输送系统→生石灰仓仓顶布袋除尘器及排气风机→生石灰仓料位。

3) 每班巡检皆要运行吸收塔塔底排灰输送机，并在运行后将塔底储灰车清空。

4) 巡检发现设备运行异常，应及时通知控制室切换备用设备，并做好设备异常记录。

5) 在检查灰斗料位、生消石灰仓料位时，应佩戴防护面具，以免脱硫灰、生消石灰伤害人眼，若发生请及时用水清洗。

6) 要建立巡检记录台帐，巡检人要对记录负责并签名。

7) 在运行值班巡检的基础上，各系统设备分解落实责任到每个运行人员，使每个人能有重点地连续跟踪各自所负责的设备。

E.5.3 定期加油

1) 按设备润滑油要求进行定期加油。

2) 在巡检中，发现设备油位不足，要及时补充至正常油位。对严重漏油的要及时切换备用设备并通知检修人员处理。

3) 设备检修后要更换新油。

E.5.4 机械设备定期制度

序号	设备名称	内容	周期
1.	烟气系统		
1.1.	清洁烟气再循环风挡	风挡密封性、执行机构检查	每年
1.2.	脱硫布袋除尘器	详见布袋除尘器说明书	
1.3.	吸收塔	壁结垢、底部积渣检查	每班
2.	工艺水系统		
2.1.	工艺水箱	清洗	每年
2.2.	高压水泵	轴承润滑油油脂更换	每年
2.3.	水喷嘴	喷头及喷枪有无磨损	每月

序号	设备名称	内容	周期
		喷嘴止回阀、滤网检查	每1~3月
		连接软管破漏严重应更换	
3.	流化/输送空气系统		
3.1.	气力输送风机	窄“V”带的张力偏正	每月
		更换V皮带	每年
		清洗空气滤清器	每3个月
		更换滤清器滤芯	每年
		更换齿轮箱的润滑油、轴承箱的润滑脂	每半年
		垫片、油封检查，磨损的应更换	每年
		清洗风机的齿轮、轴承、油密封、气密封、校正各工作间隙	大修时
3.2.	斜槽流化风机	润滑油及润滑脂清洗并更换	每3个月
		垫片、油封检查，磨损的应更换	每年
		清洗风机并校正各空间间隙	大修时
3.3.	蒸汽加热器	清洗加热器的换热管	每半年
3.4.	灰斗流化风机	窄“V”带的张力偏正	每月
		更换V皮带	每年
		清洗空气滤清器	每3个月
		更换滤清器滤芯	每年
		更换齿轮箱的润滑油、轴承箱的润滑脂	每半年
		垫片、油封检查，磨损的应更换	每年
		清洗风机的齿轮、轴承、油密封、气密封、校正各工作间隙	大修时
3.5.	蒸汽加热器	清洗加热器的换热管	每半年
4.	吸收剂制备系统		
4.1.	生石灰仓	检查流化板	每年
		检查内部集灰、结块	每年
4.2.	生石灰仓仓顶布袋除尘器	检查排气风机、电磁阀是否运行正常	每天
		人孔门密封性检查	每天
		清理过滤减压阀的滤芯	每年
		更换破损布袋	2年
4.3.	螺旋给料机	润滑脂、润滑油更换	每半年
4.4.	旋转给料器	传动装置更换	每年

序号	设备名称	内容	周期
	皮带秤	检查十字簧片是否变形，紧固螺栓是否松动	每3个月
4.5.	消化器	排空消化器内杂灰、结块	每天，消化器停运后或开启前
		填料箱密封性检查, 填料函的温度超过 40-50℃时重新调整, 无法调整时应更换	每天
		检查轴承温度及噪音, 若超标应更换	每周
		检查填料函是否松动、减速器油位	每半个月
		一级消化器传动装置同轴性调整, 并检查其弹性传动接头橡胶零件的磨损情况	每半年
		检查二、三级传动链磨损度, 必要时更换	每半年
		检查观察孔密封件磨损度, 严重时更换	每半年
		检查壳体的紧密性, 更换橡胶圈	每半年
		消化器搅拌桨片、传动带磨损时, 应更换	每年
		润滑油、润滑脂清洗更换	每 8000h
4.6.	消化器出口旋转给料器	润滑脂、润滑油更换	每半年
		传动装置链条更换	每年
4.7.	消石灰喷射器	检查内部积灰、结块, 磨损程度	每年
4.8.	消化器排气布袋除尘器	检查排气风机、电磁阀是否运行正常	每天
		人孔门密封性检查	每天
		清理过滤减压阀的滤芯	每年
		更换破损布袋	2年
5.	吸收剂供应系统		
5.1.	消石灰仓	检查流化板	每年
		检查内部集灰、结块	每年
5.2.	消石灰调频旋转给料器	传动装置链条更换	每年
5.3.	进料空气斜槽	检查帆布的破损程度, 必要时更换	每年
6.	脱硫灰循环系统		
6.1.	灰斗回料槽	检查底部流化帆布有无磨损, 必要时更换	每年
		清扫设备内结灰、结块、异物	每半年
		流量控制阀转筒检查, 磨损严重时更换	每半年
		垫片检查	每年
		流量控制阀气缸活塞杆磨损程度检查	每3个月
		开关箱漏气检查, 保险连接器检查	每3个月
6.2.	空气斜槽	检查帆布的破损程度, 必要时更换	每年

序号	设备名称	内容	周期
7.	吸收塔底排渣系统		
7.1.	塔底排灰输送机	检查减速机、输送机的运行状态	每天
		润滑油、润滑脂清洗更换	每运行 5000h
		去除叶片上的结灰、结块、异物等	每年
7.2.	气动插板阀	清扫设备内结灰、结块、异物	每半年
		阀气缸活塞杆磨损程度检查	每 3 个月
7.3.	重锤式双层翻板阀	清除阀内异物，避免阀体堵塞	每天
		检查阀板与重锤阀之间的紧密性，必要时可更换阀板	每半年
		润滑脂添加	每半月
8.	蒸汽加热系统	检查蒸汽截止阀、疏水阀是否完好，检查蒸汽加热管有无泄漏、堵塞情况，更换腐蚀与堵塞严重的蒸汽管路	大修时

E.5.5 热工测量设备定检周期表

序号	工作项目	达到的要求	周期
1.	现场热工设备巡检	外观良好，标识清楚。	一周
		保温装置良好。	
		伴热、吹扫气投入。	
		仪表柜、端子柜完好，柜内无积尘。	
2.	DCS柜清扫	柜内设备整洁，无杂物	三个月
3.	SO ₂ 分析仪校验	测量准确	一个月
4.	O ₂ 分析仪校验	测量准确	两个月
5.	粉尘测量仪	外送校验	一年
6.	温度元件校验	测量准确	一年
7.	压力（差压）变送器	测量准确	两年
8.	热电子湿度仪	外送校验	一年
9.	压力表	测量准确	一年
10.	料位探头和电子线路清灰及校准	正确指示料位情况，灵敏度及延迟时间合适	一年

E.5.6 脱硫运行记录表

***火电厂脱硫除尘装置运行记录表

序号	时间	机组负荷	引风机 电流	引风机 静叶	循环风 挡开度	出口 SO ₂ 浓度 (干 标, 6%O ₂)	出口 粉尘 (干 标, 6%O ₂)	吸收塔 入口 压力	吸收塔 出口 压力	床层 压降	吸收塔 入口 温度	吸收塔 出口 温度	脉冲 喷吹 间隔	清灰 风机 压力	布袋 压差	物料循环开度						出口 工况 烟气 流量	脱硫率
		MW	A	%	%	mg/m ³	mg/m ³	KPa	KPa	KPa	℃	℃	s	KPa	KPa	1 #	2 #	3 #	4 #	5 #	6 #	m ³ /h	%
1																							
2																							
3																							
4																							