

附件二：

HJ

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ □□□—20□□

火电厂烟气脱硫工程技术规范 氨法

Technical specification of flue gas ammonia desulfurization projects for
thermal power plant

(征求意见稿)

20□□-□□-□□发布

20□□-□□-□□ 实施

环境保护部 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.....	4
5 总体设计.....	4
6 工艺设计.....	6
7 主要工艺设备和材料.....	10
8 检测与过程控制.....	10
9 辅助系统.....	12
10 劳动安全与职业卫生.....	15
11 施工与验收.....	16
12 运行与维护.....	18
附录 A（资料性附录）典型工艺流程.....	20

前 言

为贯彻执行《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》，控制火电厂二氧化硫排放，改善环境质量，促进火电厂可持续发展和烟气脱硫行业技术进步，制定本标准。

本标准对火电厂氨法烟气脱硫工程的设计、施工、验收、运行和维护等提出了技术要求。

本标准由环境保护部科技标准司组织制定。

本标准为首次发布。

本标准主要起草单位：中国环境保护产业协会、江苏新世纪江南环保有限公司、国电环境保护研究院、云南亚太环境工程设计研究有限公司。

本标准由环境保护部2010年□□月□□日批准。

本标准自2010年□□月□□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 氨法

1 适用范围

本标准规定了火电厂氨法烟气脱硫工程的设计、施工、验收、运行和维护等技术要求。

本标准适用于100MW及以上机组的火电厂氨法烟气脱硫工程，可作为环境影响评价、工程咨询、设计施工、环境保护验收及建成后运行与管理的技术依据。

100MW以下机组的火电厂、工业炉窑或工业锅炉的氨法烟气脱硫工程可参照执行。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是未注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB535	硫酸铵
GB536-1988	液体无水氨
GB2440-2001	尿素
GB3559-2001	农业用碳酸氢铵
GB12801	生产过程安全卫生要求总则
GB13223	火电厂大气污染物排放标准
GB14679	空气质量 氨的测定
GB/T16157	固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法
GB16297	大气污染物综合排放标准
GB50009	建筑结构荷载规范
GB50011	建筑抗震设计规范
GB50016	建筑设计防火规范
GB50019	采暖通风与空气调节设计规范
GB50033	建筑采光设计标准
GB50046	工业建筑防腐蚀设计规范
GB50057	建筑物防雷设计规范
GB50058	爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范
GB50160	石油化工企业设计防火规范
GB50219	水喷雾灭火系统设计规范
GB50222	建筑材料内部装修设计防火规范
GB50229	火力发电厂与变电站设计防火规范
GB50243	通风与空调工程施工质量验收规范
GBJ87	工业企业噪声控制设计规范

GBZ 1	工业企业设计卫生标准
DL/T748.10	火力发电厂锅炉机组检修导则 第10部分：脱硫装置检修
DL/T808	副产硫酸铵
DL/T986	湿法烟气脱硫工艺性能检测技术规范
DL5000	火力发电厂设计技术规程
DL/T5035	火力发电厂采暖通风与空气调节设计技术规程
DL5053	火力发电厂劳动安全和工业卫生设计规程
DL/T5153	火力发电厂厂用电设计技术规定
DL/T5196	火力发电厂烟气脱硫设计技术规程
DL/T5403	火电厂烟气脱硫工程调整试运及质量验收评定规程
HG1-88-1981	工业氨水
HJ/T75	固定污染源烟气排放连续监测技术规范(试行)
HJ/T179	火电厂烟气脱硫工程技术规范 石灰石/石灰-石膏法
HJ533	环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法
	《建设项目(工程)竣工验收办法》(计建设[1990]1215号)
	《建设项目竣工环境保护验收管理办法》(原国家环境保护总局令第13号)

3 术语和定义

3.1 脱硫系统 desulfurization system

采用物理或化学方法脱除烟气中二氧化硫(SO₂)的系统。

3.2 氨法烟气脱硫 flue gas ammonia desulfurization

指以氨基物质作吸收剂,脱除烟气中的SO₂并回收副产物(硫酸铵)的湿式烟气脱硫工艺。简称氨法。

3.3 吸收剂 absorbent

用于吸收烟气中SO₂等有害物质的氨(液氨、气氨)、氨水、碳铵及尿素等氨基类物质。

3.4 副产物 by-product

吸收剂与烟气中SO₂等反应后生成的物质以及对反应生成的物质进行进一步加工形成的物质。

3.5 系统可用率 system availability

脱硫系统每年正常运行时间与锅炉每年总运行时间的百分比,按公式(1)计算:

$$\text{可用率} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

A: 锅炉每年总运行时间, h;

B: 脱硫系统每年总停运时间, h。

3.6 脱硫效率 efficiency

由脱硫系统脱除的SO₂量与脱硫前烟气中所含SO₂量的百分比，按公式(2)计算：

$$\text{脱硫效率} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

C_1 ：脱硫前烟气中SO₂的折算浓度（标准状态、干基、6%O₂），mg/m³；

C_2 ：脱硫后烟气中SO₂的折算浓度（标准状态、干基、6%O₂），mg/m³。

3.7 氨(回收)利用率 ammonia (recovery) utilization rate

脱硫系统副产物中氨的量与用于脱硫的氨的量之比。以副产硫酸铵为例，按公式(3)计算：

$$\text{氨(回收)利用率} = \frac{X \times Y + \sum_{i=1}^n (X_{i2} \times Y_{i2} - X_{i1} \times Y_{i1})}{X_1 \times Y_1} \times 2M_1/M_2 \times 100\% \quad (3)$$

式中：

X ：计算期生产的硫酸铵产品的质量，kg；

Y ：计算期生产的硫酸铵产品中平均硫酸铵质量百分含量，%；

X_1 ：计算期内投入吸收剂的总质量，kg；

Y_1 ：投入的吸收剂含氨的质量百分含量，%；

X_{i1} 、 X_{i2} ：计算期期初、期末时系统中第*i*项设备中副产物总质量，kg；

Y_{i1} 、 Y_{i2} ：计算期期初、期末时系统中第*i*项设备中副产物中氨及铵盐折算硫酸铵的质量百分含量，%；

n ：脱硫系统中存有副产物的设备数；

M_1 ：氨的分子量；

M_2 ：硫酸铵的分子量。

3.8 增压风机 booster fan

为克服脱硫系统的烟气阻力增加的风机。

3.9 氧化风机 oxidation fan

提供氧气（空气）用于氧化脱硫生成的亚硫酸（氢）铵的设备。

3.10 氨逃逸质量浓度 ammonia slip

脱硫后烟气中氨的质量与烟气体积（标准状态、干基、6%O₂）之比，以mg/m³表示。

3.11 氧化率 oxidation rate

吸收液或产品中硫酸（氢）盐物质的量占亚硫酸（氢）盐及硫酸（氢）盐物质的量的总和的百分比，按公式(4)计算：

$$\text{氧化率} = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

n_1 ：吸收液或产品中硫酸（氢）盐的物质的量，mol；

n_2 : 吸收液或产品中亚硫酸(氢)盐离子的物质的量, mol。

3.12 吸收塔内饱和结晶 saturation crystal in absorber

在吸收塔内, 利用进口烟气的热量, 使副产物溶液达到饱和并析出晶体, 简称塔内结晶。

3.13 吸收塔外蒸发结晶 evaporative crystal out of absorber

在吸收塔外, 利用蒸汽等热源, 将副产物溶液进行蒸发并析出结晶。简称塔外结晶。

4 污染物与污染负荷

4.1 主要污染物与污染负荷

进入脱硫系统的烟气中 SO_2 含量可按 4.3 规定计算。

进入脱硫系统的烟气中烟尘含量不宜超过 GB13223 排放限值的 130%。

4.2 烟气条件的确定

a) 新建机组同步建设氨法烟气脱硫系统时, 其设计工况宜采用锅炉最大连续工况 (BMCR)、 SO_2 浓度为设计值时的烟气参数。校核工况宜采用锅炉经济运行工况 (ECR)、 SO_2 浓度为最大值时的烟气参数。

b) 现有机组建设氨法烟气脱硫系统时, 其设计工况和校核工况宜根据脱硫系统入口处实测烟气参数确定, 并充分考虑燃料的变化趋势。

c) 烟气参数应按 GB/T16157 进行测试。

4.3 烟气中 SO_2 的计算

脱硫前烟气中 SO_2 含量按 DL/T5196-2004 中 3.0.7 计算。

$$M_{\text{SO}_2} = 2 \times K \times B_g \times \left[1 - \frac{\eta_{\text{SO}_2}}{100} \right] \times \left[1 - \frac{q_4}{100} \right] \frac{S_{\text{ar}}}{100} \quad (5)$$

式中:

M_{SO_2} : 脱硫系统入口烟气中的 SO_2 含量, t/h;

K : 燃料燃烧中硫的转化率 (煤粉炉一般 0.9);

B_g : 锅炉最大连续工况负荷时的燃煤量, t/h;

η_{SO_2} : 除尘器的脱硫效率, %;

q_4 : 锅炉机械未完全燃烧的热损失, %;

S_{ar} : 燃料的收到基硫分, %。

4.4 SO_2 脱除效果

脱硫系统的 SO_2 排放浓度应符合国家或地方的相关标准。

5 总体设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 应根据当地吸收剂来源、副产物市场、安全环境等条件进行技术经济比较后选择工艺路线。
- 5.1.2 脱硫系统应根据企业的实际情况及规划选择与其生产条件相适应的工艺及设备，宜首选安全、环保、节能的工艺和设备，如利用锅炉烟气热量进行浓缩结晶的塔内结晶工艺、利用锅炉热风干燥成品工艺等。
- 5.1.3 脱硫系统所需水、电、气等公用工程宜尽量利用电厂主体工程设施。
- 5.1.4 脱硫系统应设置有效的安全、消防、卫生设施，控制有害物质产生与扩散。
- 5.1.5 吸收塔设计使用寿命一般不低于 30 年，发电机组寿命低于 30 年时吸收塔设计寿命不应低于发电机组寿命。
- 5.1.6 脱硫系统可用率不小于 95%。
- 5.1.7 氨逃逸质量浓度应低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。氨（回收）利用率应不小于 97%。
- 5.1.8 烟囱设计应符合安全、环保评价的要求。已建电厂建设脱硫系统时，应对现有烟囱进行分析鉴定后确定改造方案。

5.2 工程项目构成

5.2.1 设计对象和范围

- 5.2.1.1 氨法烟气脱硫工程的设计对象和范围应根据工程实际进行界定。设计对象一般是工艺、设备、土建、电气、防雷、控制、防腐、消防、照明、给排水等设计；设计范围一般包括从锅炉引风机出口烟道到烟囱进口的所有工艺系统、公用系统和辅助系统等。
- 5.2.1.2 工艺系统包括烟气系统、吸收系统、副产物处理系统、吸收剂储存供给系统和事故排空系统等。
- 5.2.1.3 公用系统包括蒸汽系统、压缩空气系统、工艺水及循环冷却水系统等。
- 5.2.1.4 辅助系统包括电气系统、仪表及控制系统、土建、采暖通风及空调、给排水系统等。

5.2.2 工程项目的范围应根据工程承建方式、电厂主体工程建设等实际情况进行确定。工程项目一般包括基础设计、基础设计审查、详细设计、设备和材料的采购运输、土建工程施工、安装工程施工、试运行、性能考核、技术培训、技术服务、项目验收和资料交付等内容。

5.3 总平面布置

5.3.1 一般规定

- 5.3.1.1 总平面布置应符合 GB50016、GB50160 和 DL/T5196 的规定。
- 5.3.1.2 脱硫系统应根据吸收剂及副产物的特点进行布置，满足生产、环境、安全、卫生的要求。
- 5.3.1.3 副产物处理系统应结合工艺流程和场地条件因地制宜布置。可将副产物处理系统布置在与吸收循环系统相对独立的交通便利的区域，吸收循环系统与副产物处理系统间的物料可用管道输送。
- 5.3.1.4 副产物仓库应布置在交通顺畅的道路边，副产物厂房与仓库之间应设置适应成品转动的通道。库房应便于自然通风。
- 5.3.1.5 当吸收剂为液氨时，液氨罐区地坪宜低于周围道路标高。

5.3.2 交通运输

- 5.3.2.1 副产物处理系统及仓库宜设顺畅的运输通道。

5.3.2.2 当吸收剂为液氨时，道路运输设计应符合相应吨位车辆运输、卸车停靠规范。

5.3.3 管线布置

5.3.3.1 管线综合布置应根据总平面布置、管内介质、施工及维护检修等因素确定，在平面及空间上应与主体工程相协调。已建厂区的脱硫系统边界管道宜利用原有管廊敷设。

5.3.3.2 集中管廊布置时，含有腐蚀性介质管道宜布置在下层，公用工程管道、电缆桥架宜布置在上层。

5.3.3.3 管线的附属构筑物（如补偿器、检查井等）应相互交错布置，避免冲突。地上管线较多时，尽可能共架（共杆）布置。

5.3.3.4 在多层管廊上布置液氨管道时应与蒸汽管道、电缆分层布置。

5.3.3.5 液氨罐区的配管管架应为滑动结构。

5.3.3.6 电缆敷设设计应避免腐蚀性介质接触，宜架空或采取防腐措施埋地。

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 脱硫系统宜根据烟气量、SO₂等含量及环境影响评价的要求至少有10%的裕量进行设计。

6.1.2 脱硫系统应设置事故槽（池）、围堰、地坑等事故排空系统，以应付生产事故或污染物负荷变化大等情况。

6.1.3 脱硫系统应能在锅炉最低稳燃负荷工况和BMCR工况之间的任何负荷持续安全运行。脱硫负荷变化速度应与锅炉负荷变化率相适应。

6.2 工艺路线

6.2.1 氨法烟气脱硫工艺路线

氨法烟气脱硫工艺主要分为吸收和副产物处理两部分。工艺流程示意图见图1。详细典型的氨法烟气脱硫工艺流程参见附录A。

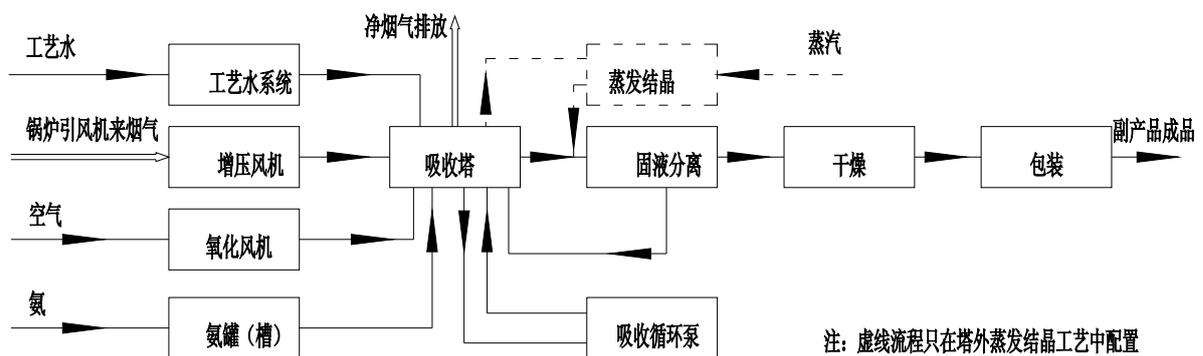


图1 氨法烟气脱硫工艺流程示意图

6.2.2 吸收工艺路线（副产硫酸铵）

a) 用液氨、气氨、氨水作吸收剂时，应采取专门防护措施。

b) 来自锅炉引风机（或增压风机）的原烟气宜降温至70℃以下，用加氨后的吸收液循环吸收烟气中的SO₂。

c) 脱硫后的净烟气经除雾后可由烟囱排放,也可经过吸收塔塔顶湿烟囱排放或送机组冷却塔排放。回烟囱排放可湿烟气排放也可再热后排放。

d) 吸收循环液吸收烟气中的 SO_2 形成亚硫酸(氢)铵,吸收液中亚硫酸(氢)铵在吸收塔的氧化池或氧化设备中用空气氧化成硫酸(氢)铵。

e) 烟气温度大于 100°C , 烟气 SO_2 含量大于 $1500\text{mg}/\text{m}^3$ (标态), 进吸收塔烟气含尘量小于 $200\text{mg}/\text{m}^3$ (标态) 时, 宜选择塔内结晶工艺进行硫酸铵结晶, 即将硫酸铵溶液与原烟气换热得到含有硫酸铵晶体的浆液, 再将此硫酸铵浆液送入副产物处理系统进行固液分离生产合格产品。

烟气温度小于 100°C , 烟气 SO_2 含量小于 $1500\text{mg}/\text{m}^3$ (标态), 进吸收塔烟气含尘量大于 $200\text{mg}/\text{m}^3$ (标态) 或对硫酸铵结晶粒径有特殊要求时, 可选择塔外结晶工艺进行硫酸铵结晶, 即将一定浓度的硫酸铵溶液直接送副产物处理系统的蒸发结晶设备进行蒸发形成硫酸铵结晶。

6.2.3 副产物处理工艺路线(副产硫酸铵)

a) 塔内结晶工艺路线宜为: 吸收塔内形成的含有硫酸铵晶体的浆液进入副产物系统, 经固液分离得湿物料产品, 母液回吸收系统进行再结晶, 湿物料产品进干燥系统干燥成含水符合要求的干物料, 干物料经包装得最终产品。

b) 塔外结晶工艺路线宜为: 将吸收塔内形成的浓度大于 30% 的硫酸铵不饱和溶液送副产物系统, 一般通过一效或多效的蒸发结晶形成含有硫酸铵晶体的浆液, 浆液再进行固液分离、干燥、包装得最终产品。

c) 可将吸收产生的中间副产物进行酸解等处理生成 SO_2 等其它产品。

6.3 烟气系统

6.3.1 烟气系统应考虑脱硫系统建设后机组沿程阻力的变化, 经充分论证后选择烟气系统动力来源。可选择通过改造锅炉引风机或增设增压风机以满足烟气系统阻力增加的要求。

6.3.2 烟气系统的压力和风量设计可参照 HJ/T179, 烟气系统进行引风机改造或增设增压风机宜符合 DL/T5196 的要求。

6.3.3 需设置烟气再热器时, 可选择气气换热、蒸汽加热等形式。烟气再热器应设清灰设施, 宜配有水冲洗设备, 材质应能满足干、湿两种工况要求。

6.3.4 新建发电机组建设脱硫系统或已运行机组增设脱硫系统, 不宜设置烟气旁路。如确需设置的, 应保证脱硫系统进出口和旁路挡板门具有良好的操作和密封性能。

6.3.5 吸收塔进口烟道应有足够的防腐距离, 净烟气烟道系统应防腐。

6.4 吸收系统

6.4.1 一般规定

6.4.1.1 吸收系统应能满足技术性能要求, 首选占地少、流程短、节能的工艺及设备, 如集脱硫、浓缩结晶、氧化、除雾等为一体的多功能复合塔工艺。

6.4.1.2 当泵组、槽组排列布置时, 宜设置槽与槽连通联合平台。

6.4.1.3 吸收系统宜设置事故槽(池), 事故槽(池)的容量宜不小于最大吸收塔最低运行液位时的总

容量。

6.4.1.4 吸收系统区域应设置集液地坑、地坑泵收集回收系统的冲洗水。

6.4.1.5 所有的浆液槽（池）应设置搅拌器。

6.4.1.6 应减少尘、油及其它杂质进入吸收液系统，必要时宜配置相应的除杂质设施。

6.4.2 吸收塔

6.4.2.1 吸收塔的液气比不应小于 $1\text{L}/\text{m}^3$ ，喷淋层不应少于 2 层。

6.4.2.2 应尽量降低吸收塔烟气阻力，吸收塔压力降宜控制在 1000Pa 以下。

6.4.2.3 吸收塔的顶部或出口烟道上应设除雾器。除雾器出口烟气中的雾滴量宜不大于 $75\text{mg}/\text{m}^3$ 。

6.4.2.4 吸收塔内部结构、液气比及喷淋层的设定应保证吸收液及烟气的充分接触，应在保证脱硫效率的同时控制氨逃逸。

6.4.2.5 吸收塔塔外应设置供检修维护的平台和扶梯。

6.4.3 吸收循环泵

6.4.3.1 吸收循环泵宜根据工艺特点设置，与喷淋层相对应，至少设置两台。

6.4.3.2 吸收循环泵及其它主要流程泵可靠性应大于 95%，必要时应有备用。

6.4.4 氧化风机

6.4.4.1 氧化风机宜根据风量及压头要求进行选型，可选择罗茨风机、活塞式压缩机或螺杆式压缩机等。

6.4.4.2 氧化风机应根据风机特点、锅炉数量、负荷变化进行设置，至少一台备用。

6.4.5 管道

6.4.5.1 含结晶的浆液管道设计宜符合 DL/T5196 要求。

6.4.5.2 管道内应避免浆液沉积，减少介质对管道的磨损和压力损失。

6.4.5.3 浆液管道上的阀门宜选用蝶阀或球阀。

6.4.5.4 浆液管道上应设排空和停运冲洗的设施。

6.5 副产物处理系统

6.5.1 一般规定

6.5.1.1 应根据技术要求及市场条件来选择副产物品种及质量等级，确定工艺路线，但不得影响脱硫系统的主要技术性能。

6.5.1.2 副产物质量宜达到国家或行业相应产品标准要求，应评估杂质对副产物产品品质的影响，可根据用途确定检测指标及检测方法。

6.5.1.3 宜首选副产农用硫酸铵。硫酸铵氧化率应不小于 98.5%。其它指标宜达到 GB535 农用合格品以上标准，不得低于 DL/T808 指标的要求。

6.5.1.4 副产物车间应根据产品性质、加工用途进行设计，设备布置宜充分利用物料的重力作用布置。

6.5.1.5 应考虑原烟气含尘对副产物及脱硫系统的影响，必要时应设置除灰设备并考虑滤渣堆放和运输。

6.5.1.6 副产物处理系统产能及设备选型需适应脱硫系统负荷变化，产能应达到脱硫系统满负荷运行时

的 150%。

6.5.2 副产物结晶

6.5.2.1 宜优先选用较节能的塔内结晶，对产品粒径有较高要求时，可选择塔外结晶。

6.5.2.2 塔外结晶应根据经济技术比较确定具体方案，优先使用多效、蒸汽喷射泵等节能工艺和设备。

6.5.3 固液分离

6.5.3.1 固液分离流程宜包括分级分离、过滤脱水两道工序。

6.5.3.2 固液分离设备的容量要满足晶体含量波动的要求，宜备用一台。

6.5.3.3 固液分离系统应尽量减低分离产物的水分，宜控制硫酸铵进干燥设备的水分含量 $\leq 5\%$ 。

6.5.4 干燥

6.5.4.1 根据物料产量、含水量、杂质含量等选择干燥设备形式，应综合考虑能耗和占地面积。干燥设备厂房面积和高度应能满足工艺布置和通风除尘的要求。

6.5.4.2 干燥可用锅炉热风或蒸汽等作热源，不宜直接使用原烟气作干燥热源。

6.5.4.3 干燥后的管路、料仓宜密闭。

6.5.4.4 干燥气应有收尘设施，排放应符合 GB16297 的规定。也可将干燥气回吸收塔与烟气一并净化后排放。

6.5.5 包装

6.5.5.1 副产硫酸铵应按 GB535、DL/T808 的规定及用户要求进行包装和储存。其它副产物应参照相关国家或行业标准执行。

6.5.5.2 包装设备应选用扬尘少的称重及包装方式，应配置收尘系统。

6.6 吸收剂储存供给系统

6.6.1 吸收剂的选择与制备

6.6.1.1 可选择氨（液氨、气氨）、氨水、碳铵和尿素等氨基物质作为吸收剂。氨基吸收剂的质量应符合表1的要求。

表 1 氨基吸收剂

吸收剂	液氨	氨水 ^a	碳铵	尿素
宜执行标准	GB536-1988 合格品 氨含量 99.6%	HG1-88-1981 农用品	GB3559-2001 合格品	GB2440-2001 农用合格品
^a 可在脱硫系统水平衡允许范围内降低氨水浓度要求				

6.6.1.2 吸收剂应根据来源情况及当地条件进行安全、经济、环保等综合评价后选择。

6.6.1.3 可使用焦化、化工等副产氨或氨水等氨基吸收剂进行脱硫，但应对其成分进行分析控制，不得影响产品质量和脱硫系统的正常运行。

6.6.1.4 液体、气体吸收剂可直接使用，固体吸收剂宜设置溶解设备将其配制成水溶液使用。

6.6.2 吸收剂的储存

6.6.2.1 液氨通常用常温卧式罐或球罐储存，应由专用槽车运输。氨水为常压密封储存，用槽车或管道运输。碳铵和尿素通常为固体，宜散料或袋装。

- 6.6.2.2 吸收剂储量宜满足 3 天~10 天用量，可根据输送距离远近及供应能力增减储量。
- 6.6.2.3 液氨罐（槽）的设计、制造和使用应符合相关规定，并应配置就地和远传压力表、液位计。
- 6.6.2.4 液氨贮槽区应遮阳或绝热，并设置喷淋水、排水等设施。
- 6.6.2.5 应设置液氨泄漏的预防措施，设置事故吸收罐。
- 6.6.2.6 氨罐区应有消除静电措施，对设备、管线应作接地处理。

6.7 二次污染物控制措施

- 6.7.1 脱硫系统应无生产废水排放，生活污水宜与电厂原生活污水排放系统相统一。
- 6.7.2 脱硫系统的设计、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国家相应的规定。
- 6.7.3 厂区及厂界环境中氨、SO₂、烟尘等污染物浓度应符合相关标准限值。

7 主要工艺设备和材料

7.1 一般规定

- 7.1.1 连续运转的关键设备应至少在线备用一台（套），有困难时也应至少库存一台（套）主机或备品、备件备用。
- 7.1.2 材料的选择应满足设备的工艺要求，且应满足加工制造和维修需求。
- 7.1.3 选材应考虑设备使用寿命、检修周期、停产损失、设备的检修与保护费用等因素。
- 7.1.4 与吸收液接触部位的材质应充分考虑介质的腐蚀磨损特性。
- 7.1.5 其它可参照 HJ/T179—2005 执行。

7.2 材料选择

- 7.2.1 吸收塔塔体及内构件应选择合适的材质。塔体及塔内支撑件宜采用碳钢内衬玻璃鳞片涂料或衬胶、合金钢及玻璃钢（FRP），选用的吸收塔主材应有控制其质量与安全的措施。塔内其它构件宜采用玻璃钢、聚丙烯（PP）、合金钢及碳钢衬防腐材料。
- 7.2.2 循环泵及其它吸收液泵应充分考虑不同介质的耐腐耐磨情况。
- 7.2.3 浆液管道应充分考虑工作介质对管道系统的腐蚀与磨损，宜选用玻璃钢、钢衬塑或钢衬胶管道。
- 7.2.4 固液分离设备材质应能适应浆液冲刷及腐蚀。
- 7.2.5 塔外结晶设备应根据介质组分、温度、压力等选择合适材质。

7.3 设备选择

- 7.3.1 设备的选择和配置应满足长期稳定运行的要求。
- 7.3.2 吸收塔的数量应根据锅炉容量、台数、吸收塔的容量、操作弹性、可靠性和布置条件等确定。
- 7.3.3 常用的液体输送设备宜设置备用，浆液输送泵可按多用一备配置。

8 检测与过程控制

8.1 一般规定

- 8.1.1 检测与过程控制应符合 DL/T 5196 的规定。
- 8.1.2 现场仪表应满足氨法烟气脱硫工作介质要求。
- 8.1.3 新建机组同步建设脱硫系统时，宜将脱硫系统的控制纳入机组单元控制系统。
- 8.1.4 已建机组建设脱硫系统时，可设置独立的脱硫控制室。当条件具备时，可将脱硫系统控制室与机炉集控室合并，或将脱硫系统的控制纳入已经建成的机组单元控制系统。
- 8.1.5 脱硫系统控制宜采用分散控制系统（DCS）或可编程逻辑控制器（PLC），其功能包括数据采集和处理、模拟量控制、顺序控制及联锁保护、脱硫厂用电源系统监控等。
- 8.1.6 副产物处理系统、烟气再热器、卸氨系统等可设置辅助专用就地控制设备。

8.2 控制系统功能

8.2.1 数据采集和处理系统（DAS）

- 8.2.1.1 DAS 功能包括脱硫系统的数据采集与处理、屏幕显示、参数越限报警、事件顺序记录、事故追忆记录、操作员记录、性能与效率计算和经济分析、打印制表、历史数据存储和检索等。
- 8.2.1.2 脱硫系统监测的主要参数宜包括系统工况及工艺系统的运行参数、主要设备的运行状态、主要阀门的启闭状态及调节阀门的开度、主要的电气参数等。

8.2.2 模拟量控制系统（MCS）

- 8.2.2.1 脱硫系统自动调节由 DCS 中的 MCS 完成。主要的调节项目宜包括槽（池）液位控制、吸收液的 pH 值控制、蒸发结晶温度控制、干燥温度的控制等。

8.2.3 顺序控制（SCS）

- 8.2.3.1 SCS 功能组应包括烟气系统功能组、吸收系统功能组、公用工程系统功能组和副产物处理系统功能组等。

8.2.4 联锁保护

- 8.2.4.1 脱硫系统的联锁保护由 DCS 内部组态连接来实现。
- 8.2.4.2 脱硫系统的联锁保护条件包括进口温度异常、进口压力异常、出口压力异常、脱硫系统入口烟尘含量超标、风机故障及事故联锁等。
- 8.2.4.3 来自机组的脱硫系统保护条件包括锅炉主燃料跳闸（MFT）、锅炉油枪投入、除尘器故障等。
- 8.2.4.4 应设置关键设备的本体联锁保护、箱罐液位联锁、管道设备冲洗联锁等。

8.3 烟气连续监测系统

- 8.3.1 脱硫系统应依据 HJ/T75 的要求设置烟气在线检测系统（CEMS）。CEMS 一般包括以下检测项目：SO₂、水、氧量、烟尘浓度、氮氧化物（NO_x）、温度、压力和烟气流量。
- 8.3.2 吸收塔出口宜配备氨检测仪，烟气的氨逃逸质量浓度在线检测困难时应增加抽样检测频率。

8.4 氨罐区检测

- 8.4.1 氨罐上应布置压力、温度和液位检测设备。氨罐区及相应的区域应设置氨气泄漏检测报警仪。
- 8.4.2 氨罐区为 II 类防爆区域，所有现场检测仪表防爆等级应不低于 Exd II BT4。

8.5 工业电视

宜设置与电厂主装置相统一的工业电视系统。

8.6 分析检测

8.6.1 应配备对进厂吸收剂、脱硫中间产物及副产物等分析检测的手段，也可与电厂主体工程共用。

8.6.2 烟气测试方法依据 GB16297、GB13223、GB/T16157 进行。

8.6.3 环境中氨的检测宜按 GB14679 或 HJ533 执行。烟气中氨的检测宜用稀硝酸吸收烟气中的氨，参照 GB14679 或 HJ533 进行抽样并分析样品中 NH_4^+ 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 的量，然后计算得出烟气中氨的浓度。烟气中氨也可使用电化学传感器法、快速检测管法进行检测。

8.6.4 日常检测内容见表 2。

表 2 日常检测内容

序号	类别	名称	分析项目指标	检测方案
1	原料	吸收剂	有效成分含量、杂质	取样分析
2	原料	进口烟气	SO_2 、 NO_x 、 O_2 、 H_2O 、尘	CEMS 或取样分析
3	中控	出口烟气	SO_2 、 NH_3 、 NO_x 、 O_2 、 H_2O 、尘	CEMS 或取样分析
4	中控	吸收液	pH 值、硫酸铵、亚硫酸（氢）铵、密度	取样分析
5	中控	循环液	pH 值、硫酸铵、亚硫酸（氢）铵、密度	取样分析
6	中控	产出液	pH 值及含固量	取样分析
7	产品	硫酸铵	含氮量、水分、游离酸	取样分析

8.7 火灾探测及报警系统

8.7.2.1 火灾探测及报警系统的设备选型宜与主厂房一致，火灾报警控制屏宜布置在脱硫控制室。

8.7.2.2 脱硫区的火灾探测及报警系统宜与全厂火灾探测及报警系统实现通信。

8.7.2.3 其它要求应符合 GB50229。

9 辅助系统

9.1 电气系统

9.1.1 供电系统

9.1.1.1 供电设备及系统的设置应符合 DL/T5153 及 DL/T5196。

9.1.1.2 液氨罐应采取二类防雷措施，并符合 GB50057 的规定。

9.1.1.3 液氨罐防爆区域范围按 GB50058 执行。

9.1.2 通讯系统

脱硫系统应设置与电厂主厂房统一的生产行政通讯及调度通讯系统。

9.2 建筑与结构

9.2.1 建筑

9.2.1.1 一般规定

a) 脱硫系统建筑设计应根据工艺流程、使用要求、自然条件、建筑地点等因素进行整体布局，同时应考虑与建筑周围环境的协调，满足功能要求。

- b) 建筑物的防火设计应符合GB50016的要求。
- c) 建筑物的噪声设计应符合 GBJ87 的规定。
- d) 建筑物的防腐设计应符合 GB50046 的规定。
- e) 脱硫区域的建筑设计除执行本规定外，应符合国家和行业的现行有关设计标准的规定。

9.2.1.2 采光和照明

- a) 脱硫系统的建筑宜优先考虑天然采光，建筑物室内天然采照度应符合 GB50033 的要求；
- b) 脱硫系统的建筑宜采用自然通风，墙上和楼层上的通风孔应合理布置，避免气流短路和倒流，并应减少气流死角。

9.2.1.3 室内外装修及防腐

- a) 建筑的室内外墙面应根据使用和外观需要进行处理，地面和楼面材料除工艺要求外，宜采用耐磨、易清洁的材料。
- b) 当有腐蚀性介质（如氨水、吸收液等）直接接触设备基础、地面和楼面、沟渠时应进行防腐设计。长期接触脱硫溶液的地面和沟渠防腐可使用耐酸石板或砖（灰缝为树脂胶泥）、树脂稀胶泥或砂浆、沥青砂浆、聚合物水泥砂浆等，少量或偶尔接触的也可用水玻璃混凝土、耐酸石板或砖（灰缝为水玻璃胶泥或砂浆、沥青胶泥、聚合物水泥砂浆等）。

9.2.2 结构

9.2.2.1 土建结构的设计应符合现行国家规范及行业标准的要求。

9.2.2.2 作用在屋面、楼（地）上的设备荷载和管道荷载（包括设备及管道的自重，设备、管道及容器中的填充物重）检修、施工安装时的载荷应按活荷载考虑。组合值和频遇值系数应不小于 0.7，准永久值系数不应小于 0.6，主要建筑物参数见表 3。荷载取值还应符合 GB50009。

表 3 屋面、楼（地面）活荷载

序号	类别	标准值 KN/m ²	组合值系数 Ψ_c	频遇值系数 Ψ_f	准永久值系数 Ψ_q
1	配电装置楼面	6.0	0.9	0.8	0.8
2	控制室楼面	4.0	0.8	0.8	0.8
3	副产物车间	4.0	0.8	0.7	0.7
4	作为设备通道的混凝土楼梯	3.5	0.7	0.5	0.5

9.2.2.3 建筑物的抗震设计应符合 GB50011 的要求，同时要结合当地的抗震设防烈度等级进行设计。在计算地震作用下，建筑的重力荷载代表值应取结构和构配件自重标准值和各可变荷载组合值之和，各组合值系数见表 4。

表 4 各种荷载组合系数

可变荷载种类	组合值系数
雪荷载	0.5
屋面活荷载（屋面设备及管道的活荷载另计）	不计入
按实际情况计算的楼面活荷载	1.0

9.3 暖通与给排水

9.3.1 一般规定

9.3.1.1 采暖通风与空气调节应符合 GB50243、GB50019、DL/T5196 及 DL/T5035。

9.3.2 采暖

9.3.2.1 脱硫系统的建筑物采暖宜与主厂区其它建筑物一致。当主厂区设有集中采暖系统时，采暖热源宜由主厂区采暖系统提供。

9.3.2.2 在集中采暖地区，值班室应设采暖设备。脱硫区域建筑物室内无人员活动或每名工人占用的建筑面积较大时($\geq 50\text{m}^2$)，房间冬季采暖设计温度应不低于 5°C ，在休息地点设采暖设施时，采暖室内设计温度应不低于 18°C 。

9.3.2.3 需防止冻结的场所应由单独的立、支管供暖，散热器立管不应设调节阀。

9.3.2.4 室内采暖管道、支架及附件应做防腐处理，采暖管道保温材料应选用不燃材料。

9.3.2.5 副产物处理系统的建筑物采暖选用散热器应耐腐蚀，不易积尘，便于清扫。

9.3.3 通风

9.3.3.1 副产物处理系统的厂房、副产物仓库等建筑应尽量采用自然通风，自然通风达不到卫生和生产要求时，可采用机械通风或自然与机械的联合通风。

9.3.3.2 副产物处理系统的厂房等有可能逸出大量有害物质的场所，应设计事故通风设施，事故通风换气次数不小于 12 次/h。

9.3.3.3 通风系统的设备、管道及附件均应防腐，风管材料宜选用耐腐蚀的复合材料。

9.3.4 空气调节

9.3.4.1 脱硫区域配电间及其它建筑在夏季对室内温度有要求的房间，当室内外空气温差较大时，宜利用室外空气降低室内温度。当室内外空气温差较小时，宜采用直接蒸发式冷风机组降低室内温度。

9.3.5 给排水

9.3.5.1 给排水应符合 DL5000 的规定。

9.3.5.2 给排水系统划分应与已建系统或拟建设项目的给排水系统一致。

9.3.5.3 脱硫系统应设置事故排水的应急措施，生产废水应汇集回收。

9.4 消防

9.4.1 脱硫系统涉及的物料应按国家相关规定确定其危险类别。

9.4.2 消防设计应符合国家相关规定。新建电厂脱硫系统的消防站(队)宜由全厂统一设置；已建电厂加装脱硫系统时，尽量利用已有的消防设施、消防给水系统，在脱硫系统内布置消防给水管网及消防器材。

9.4.3 脱硫系统消防用水应从消防管网的主管接入，消防给水管道的公称直径应不小于 100mm。室外消防栓的间距应不大于 120m，其保护半径应不大于 150m。

9.4.4 氨罐区消防给水量按 4h、30L/s 计算，并符合 GB50016 的要求。氨罐区冷却用水量应按储罐区一次灭火最大需水量计算，且距着火罐罐壁 1.5 倍直径范围内(卧式罐按其投影面积)的相邻储罐应进

行冷却，其冷却水的供给范围和供给强度应符合 GB50016 的要求。

9.4.5 氨罐区的消火栓应设置在防火堤或防护墙外。距罐壁 15m 范围内的消火栓，不应计算在该罐可使用的数量内。

9.4.6 氨罐区应设置消防通道，当储量达 1500m³ 时应设置环形车道。消防车道可利用交通道路，但要满足消防车道通行和停靠要求。

9.4.7 储存液氨的罐区应设置符合 GB50219 规定的水喷雾灭火系统。

10 劳动安全与职业卫生

10.1 一般规定

10.1.1 脱硫系统在设计、制造、安装、使用和维修各个阶段，应重视职业人员的安全与卫生防护。应遵守以下原则：

- a) 建设、运行中污染物的防治与排放应执行国家现行的环境保护法规和标准的有关规定；
- b) 可行性研究阶段应有环境保护、劳动安全和工业卫生的论证内容。在初步设计阶段，应提出深度符合要求的环境保护、劳动安全和工业卫生专篇；
- c) 建设单位在脱硫系统建成运行的同时，安全和卫生设施应同时建成运行。

10.1.2 安全与卫生的设计应安全可靠、技术先进、经济合理、互相协调一致，尽可能达到本质安全化、符合人机工程学原则。

10.1.3 劳动安全和工业卫生设计应符合 DL5053 及其它有关规定。安全管理应符合 GB12801 的有关规定。

10.1.4 防火、防爆设计应符合 GB50016、GB50222 和 GB50229 的规定。

10.1.5 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 GBZ 1 的规定。

10.1.6 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。

10.1.7 应配备个人安全与卫生防护设施，包括防尘防毒防噪声等防护服、逃生器械、急救用品等防护用品。

10.2 氨的安全卫生措施

10.2.1 应对氨罐区进行全面监控，严密监视氨罐安全状态。应对氨罐区安全状况进行定期检查，建立危险源安全管理档案；对存在事故隐患和缺陷的危险源应及时整改，不能立即整改的，应采取切实可行的安全措施。

10.2.2 应具有氨泄漏紧急处置措施，包括应在脱硫系统区域设置报警设施、喷淋系统及方向标和洗眼器。氨泄漏检测报警仪设置数量宜参照 GB50116 配置。

10.2.3 液氨的装卸应采用鹤管。

10.2.4 氨罐和氨管道防火防爆措施：

- a) 应设置可靠的防火防爆措施和火灾报警系统，合理选择和配备消防设施；
- b) 贮罐和管线在安装投用前、检修前、检修后的投用前应使用氮、蒸汽等介质置换或保护，经检

测合格后方可使用或检修；

- c) 在氨罐区敷设电缆时，应采取阻燃措施或采用阻燃电缆；
- d) 应有消除静电措施，设备、管线应接地处理；

10.2.5 氨罐区应标识安全标志、紧急疏散、急救通道等标识，应设置黄色区域警戒线、警示标识和中文警示说明。

10.2.6 氨罐和氨管道在调试、投运前应建立安全、卫生管理制度，落实安全、卫生管理措施。

11 施工与验收

11.1 施工

11.1.1 脱硫系统的工程总承包、设计、施工单位应具有相应的资质。

11.1.2 工程施工应符合国家和行业相应专项工程施工规范、施工程序及管理文件的要求。

11.1.3 贮气罐、液氨罐、液氨管道等压力容器及其配套项目施工前应向特种设备主管部门办理相关手续，施工过程中接受其监督。

11.1.4 工程施工中采用的工程技术文件、承包合同文件对施工质量验收的要求不得低于国家相关专项工程规范的规定。

11.1.5 应具备下列条件方可进行工程施工：

- a) 设计施工图纸、有关技术文件及必要的安装使用说明书已齐全；
- b) 施工图纸经过会审；
- c) 经过技术交底和必要的技术培训等技术准备工作；
- d) 施工现场具备施工条件。

11.1.6 工程施工应按设计文件、施工图纸和设备安装使用说明书的规定进行，工程变更应取得设计单位确认并出具设计变更文件后再进行施工。

11.1.7 工程施工所用的设备、材料、器件等应有产品合格证书、产品性能检测报告。主要材料应有进场复验报告。

11.1.8 工程施工除遵守相关的施工技术规范以外，还应遵守相关的劳动安全及卫生、消防等规定。

11.1.9 液氨罐、液氨管道及其配套件应由具有相应资质的单位进行设计、制造、安装、监理、检验。

11.2 竣工验收

11.2.1 竣工验收应按《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有关规定组织。

11.2.2 贮气罐、液氨罐、液氨管道等压力容器及其配套件应经特种设备主管部门验收。

11.2.3 竣工验收的依据应包括设计文件和设计变更文件、工程合同、设备供货合同和合同附件、设备技术文件、专项工程施工与验收规范、国家现行有关标准的规定及其它相关文件。

11.3 调试考核

11.3.1 脱硫系统的调试验收宜按 DL/T5403 执行，调试工作分为分部试运（包括设备和分系统试运）、

整套启动试运行（包括整套启动调试优化和满负荷试运行）两阶段。

11.3.2 按分系统试运、具备整套启动试运前条件、带负荷调试、满负荷试运等阶段进行调试工作。调整试运质量的检验及评定，应按检验项目、分项、专业、阶段、整套试运等顺序依次进行，最后进行工程质量总评。

11.3.3 脱硫系统调整试运前，应在施工（含单机试运）质量检验评定合格、且有完整原始记录的基础上，进行质量检查及评定。

11.3.4 在脱硫系统调整试运中，调试人员应对各检验项目的质量进行全数检查，建设单位和试运验收组可视情况作全数检查或随机抽查。

11.3.5 对整体启动试运行中出现的问题应及时消除。在整体启动试运行及满负荷调试优化后，进行满负荷试运行考核，技术指标达到设计要求后，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。经批准后，方可进行生产试运行。

11.4 竣工环境保护验收

11.4.1 脱硫系统的工程竣工环保验收应符合HJ/T 255要求，应满足《建设项目竣工环境保护验收管理办法》规定的条件，在生产试运行期间应对工程进行性能试验，性能试验报告应作为环境保护验收的重要内容。

11.4.2 脱硫系统的性能试验宜在系统运行正常6个月内进行。

11.4.3 脱硫系统的性能试验宜参照DL/T 986进行。

11.4.4 脱硫系统的性能试验包括功能试验、技术性能试验、设备试验和材料试验。其中，技术性能试验至少应包括以下项目：

- a) 脱硫效率；
- b) 氨逃逸质量浓度；
- c) 脱硫系统压力降；
- d) 吸收剂、水、电、汽的消耗量；
- e) 脱硫副产物产量及质量；
- f) 氨（回收）利用率；
- g) 进出口烟气成分（SO₂、氧、烟尘、氮氧化物、温度、压力和烟气流量）；
- h) 合同约定的其它试验项目。

11.4.5 脱硫系统的工程竣工环境保护验收的主要技术依据包括：

- a) 项目环境影响报告书审批文件；
- b) 环境监测报告；
- c) 批准的设计文件和设计变更文件；
- d) 满负荷生产试运行报告；
- e) 试运行期间烟气连续监测报告；
- f) 完整的启动试运行、生产运行记录等。

12 运行与维护

12.1 一般规定

12.1.1 脱硫系统的运行、维护及安全管理除应符合本规范外，还应符合国家现行有关标准的规定。

12.1.2 脱硫系统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，确保系统稳定可靠运行。

12.1.3 应建立与脱硫系统运行维护相关的各项管理制度，包括运行、操作和维护规程；建立整个脱硫系统及主要设备运行状况的台帐制度。

12.2 人员与运行管理

12.2.1 宜成立脱硫系统运行的专门管理部门，并配备相应的人员。

12.2.2 应对脱硫系统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设备及其它附属设施正常运行的具体操作和应急情况的处理措施。氨罐区操作人员应经主管部门培训考核合格后持证上岗。

12.2.3 运行操作人员上岗前应进行以下内容的专业培训：

- a) 启动前的检查和启动要求的条件；
- b) 处置设备的正常运行，包括设备的启动和关闭；
- c) 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；
- d) 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；
- e) 设备运行故障的发现、检查和排除；
- f) 事故或紧急状态下人工操作和事故处理；
- g) 设备日常和定期维护；
- h) 设备运行及维护记录，以及其它事件的记录和报告。

12.2.4 应建立脱硫系统运行状况、设施维护和生产活动等记录制度，主要记录内容包括：

- a) 系统启动、停止时间；
- b) 吸收剂进厂质量分析数据、进厂数量和进厂时间；
- c) 系统运行工艺控制参数记录，至少应包括脱硫系统进出口SO₂含量、烟气温度、烟气流量、烟气压力、用水量和用氨量；
- d) 主要设备的运行和维修情况的记录；
- e) 烟气连续监测数据记录；
- f) 副产物处理系统运行情况的记录；
- g) 生产事故及处置情况的记录；
- f) 定期检测、评价及评估情况的记录等。

12.2.5 运行人员应按照规定做好交接班制度和巡检制度，液氨或氨水的装卸应加强监控。

12.3 维护保养

12.3.1 脱硫系统的维护保养应纳入全厂的维护保养计划中。脱硫系统检修宜按DL/T748.10进行。

12.3.2 维修人员应根据维护保养规定定期检查、更换或维修设备及其部件。

12.3.3 维修人员应做好维护保养记录。

12.3.4 液氨罐及其配套件应定期由具有相应资质的单位检验。

附录 A
(资料性附录)
典型工艺流程

A.1 氨法烟气脱硫工艺流程分类

氨法烟气脱硫工艺流程按各主要工序工艺及设备的差异分类如下：

a) 按副产物的结晶方式分：塔内饱和结晶、塔外蒸发结晶等，其中塔外蒸发结晶又分为单效蒸发、二效蒸发等。

b) 按塔型式分：复合塔型、双塔型等。

c) 按脱硫系统的烟气动力源分：设置增压风机；不设增压风机，原引风机增容。

还可按脱硫剂、副产物等进行分类。

脱硫系统的工艺流程通过以上分类可组合成多种工艺流程，以下只是其中两种典型流程。

A.2 典型的塔内饱和结晶—不设增压风机的氨法烟气脱硫工艺流程

A.2.1 适用范围

塔内饱和结晶—不设增压风机的氨法烟气脱硫工艺流程图见图 A.1，此流程适用于对结晶的粒径无特殊要求、锅炉引风机能力能满足脱硫系统要求或通过引风机改造能满足脱硫系统要求的电厂。

A.2.2 流程说明

a) 锅炉引风机来原烟气通过原烟气挡板门进入吸收塔，通过吸收液洗涤脱除 SO_2 后，烟气成为 50°C 左右湿的净烟气，净烟气经吸收塔内除雾器除去雾滴后经净烟道进烟囱排放。

b) 吸收液与烟气中 SO_2 反应生成亚硫酸（氢）铵。亚硫酸（氢）铵在吸收塔的氧化池被氧化风机来的空气氧化成硫酸铵。

c) 吸收液在与原烟气接触过程中水被蒸发，在塔内吸收液喷淋过程中形成硫酸铵结晶。

d) 含硫酸铵结晶的吸收液送副产物处理系统，经旋流器、离心机的固液分离产生湿硫酸铵，湿硫酸铵进干燥机干燥后成干硫酸铵，干硫酸铵经包装后得成品硫酸铵。

e) 吸收液在循环的过程中根据脱硫需要从吸收剂储存系统的氨罐补充吸收剂。

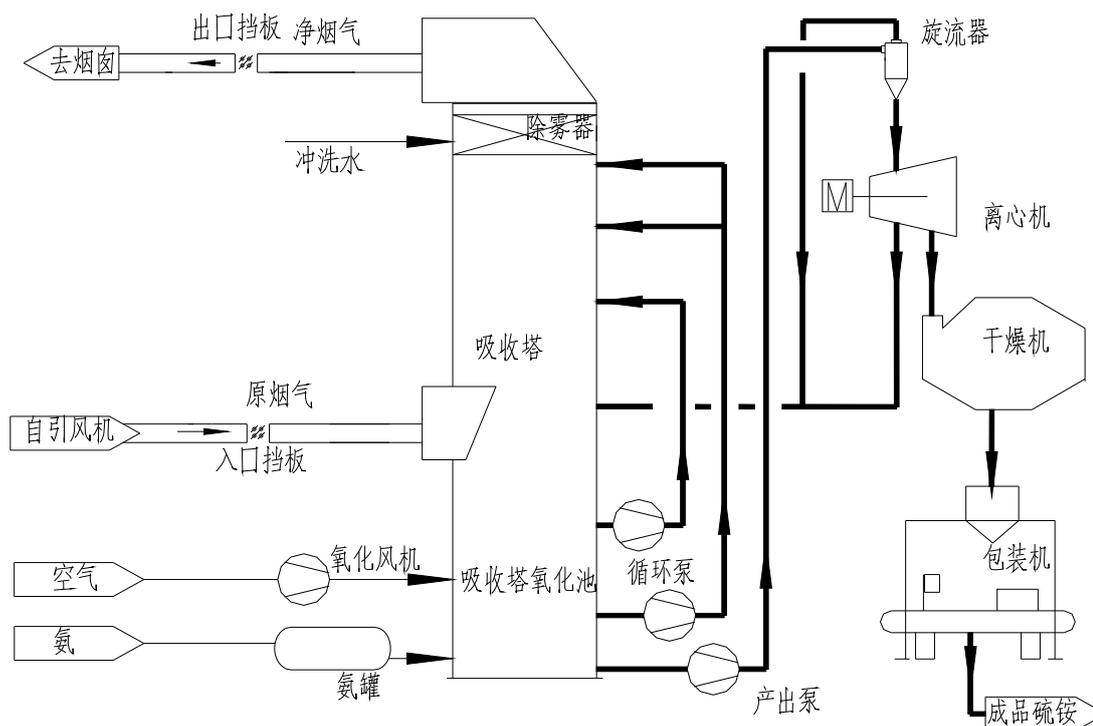


图 A.1 塔内饱和结晶—不设增压风机的氨法烟气脱硫工艺流程图

A.3 典型的塔外蒸发结晶（二效）—设置增压风机的氨法烟气脱硫工艺流程

A.3.1 适用范围

塔外蒸发结晶（二效）—设置增压风机的氨法烟气脱硫工艺流程图见图 A.2，此流程适用于要求结晶的粒径大且产能在 15t/h 以下、锅炉引风机能力不足或改造困难的电厂。

A.3.2 流程说明

a) 锅炉引风机来的原烟气通过增压风机增压后进入吸收塔，通过吸收液洗涤脱除 SO_2 后烟气成为 50°C 左右湿的净烟气，净烟气经吸收塔内的除雾器除去雾滴后通过塔顶设置的直排烟囱排放。

b) 吸收液与烟气中 SO_2 反应生成亚硫酸（氢）铵。亚硫酸（氢）铵在吸收塔的氧化池被氧化风机来的空气氧化成硫酸铵。

c) 硫酸铵溶液送副产物处理系统的二效蒸发结晶系统，将水分蒸发后形成硫酸铵结晶。

d) 含硫酸铵结晶的浆液送旋流器、离心机进行固液分离产生湿的硫酸铵，湿的硫酸铵进干燥机干燥后形成干的硫酸铵，干的硫酸铵经包装后得成品硫酸铵。

e) 吸收液在循环的过程中根据脱硫需要从吸收剂储存系统的氨罐补充吸收剂。

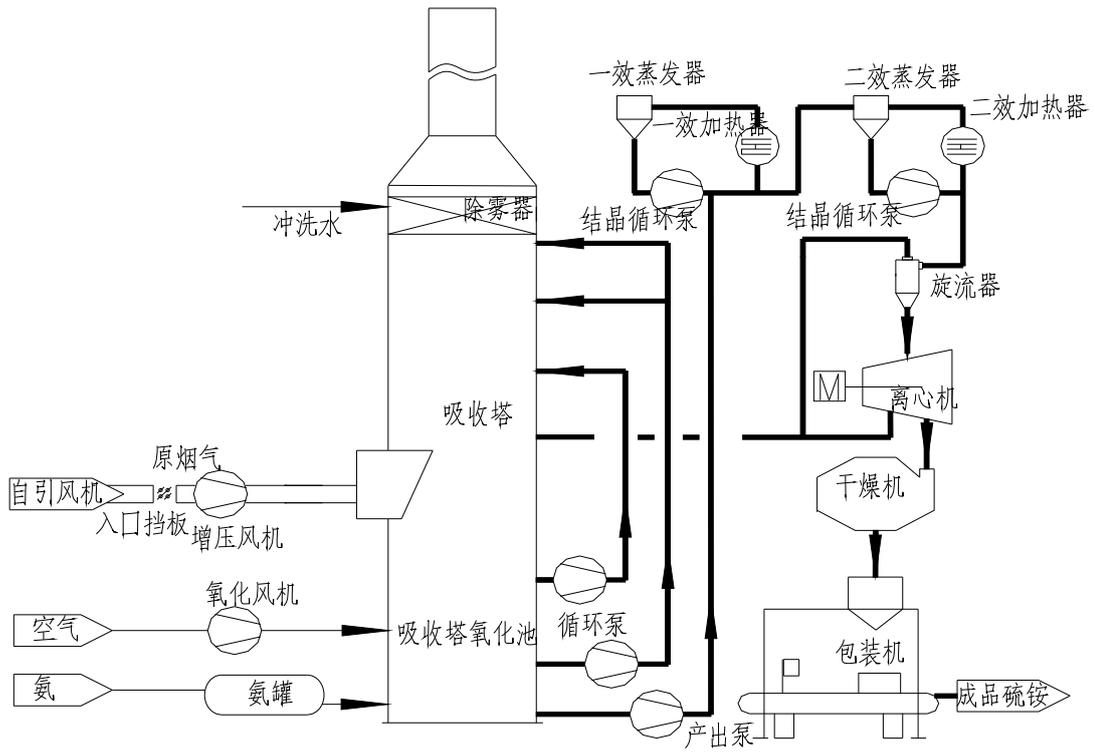


图 A.2 塔外蒸发结晶（二效）—设置增压风机的氨法烟气脱硫工艺流程图