

HJ

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 462—2009

工业锅炉及炉窑湿法烟气脱硫 工程技术规范

Wet flue gas desulfurization project technical specification
of industrial boiler and furnace

(发布稿)

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2009-03-06 发布

2009-06-01 实施

环 境 保 护 部 发 布

目 次

前 言	11
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总体设计	3
5 脱硫工艺系统	4
6 材料、设备选择	9
7 施工与验收	10
8 运行与维护	11

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》，执行国家《锅炉大气污染物排放标准》、《工业炉窑大气污染物排放标准》，防治工业锅炉及炉窑大气污染，改善环境质量，制定本标准。

本标准对工业锅炉及炉窑湿法烟气脱硫工程的术语和定义、总体设计、脱硫工艺系统、材料和设备选择、施工与验收、运行与维护提出了技术要求。

本标准首次发布。

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：浙江天蓝脱硫除尘有限公司、中国环境保护产业协会、北京市环境保护科学研究院、浙江大学环境工程研究所、杭州天蓝环保设备有限公司、北京西山新干线脱硫有限公司、六合天融（北京）集团公司、北京利德衡环保工程有限公司。

本标准环境保护部 2009 年 3 月 6 日批准。

本标准自 2009 年 6 月 1 日起实施。

本标准由环境保护部解释。

工业锅炉及炉窑湿法烟气脱硫工程技术规范

1 适用范围

本标准对工业锅炉及炉窑湿法烟气脱硫工程的术语和定义、总体设计、脱硫工艺系统、材料和设备选择、施工与验收、运行与维护提出了技术要求。

本标准适用于采用石灰法、钠钙双碱法、氧化镁法、石灰石法工艺，配用在蒸发量 ≥ 20 t/h（14MW）的燃煤工业锅炉或蒸发量 < 400 t/h的燃煤热电锅炉以及相当烟气量炉窑的新建、改建和扩建湿法烟气脱硫工程，可作为环境影响评价、设计、施工、环境保护验收及建成后运行与管理的技术依据。燃油、燃气工业锅炉的湿法烟气脱硫工程参照本标准执行。

2 规范性引用文件

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

GB 8978	污水综合排放标准
GB 9078	工业炉窑大气污染物排放标准
GB 12348	工业企业厂界噪声标准
GB 13223	火电厂大气污染物排放标准
GB 13271	锅炉大气污染物排放标准
GB 18599	一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50040	动力机器基础设计规范
GB 50212	建筑防腐蚀工程施工及验收规范
GB 50222	建筑内部装修设计防火规范
GBJ 87	工业企业噪声控制设计规范
GB/T 16157	固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法
HG 23012	厂区设备内作业安全规程
HJ/T 75	固定污染源烟气排放连续监测技术规范(试行)
HJ/T 76	固定污染源烟气排放连续监测系统技术要求及检测方法(试行)
HJ/T 179	火电厂烟气脱硫工程技术规范 石灰石/石灰—石膏法
《建设工程质量管理条例》（中华人民共和国国务院令第279号）	
《建设项目（工程）竣工验收办法》（国家计委文件计建设[1990]1215号）	

《建设项目环境保护竣工验收管理办法》（国家环境保护总局令第13号）

《污染源自动监控管理办法》（国家环境保护总局令第28号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 脱硫装置

指脱硫塔以及配套的各类辅助设备、仪表、管路、建（构）筑物等的总称。

3.2 脱硫塔

指脱硫工艺中脱除SO₂等有害物质的反应装置。

3.3 脱硫剂

指脱硫工艺中用于脱除二氧化硫（SO₂）等有害物质的各类反应剂。脱硫剂包括石灰（主要成份为CaO）、消石灰（主要成份为Ca(OH)₂）、石灰石（主要成份为CaCO₃）、氧化镁、氢氧化镁、烧碱、纯碱，以及电石渣、白泥等碱性废渣。

3.4 脱硫渣

指脱硫工艺中脱硫剂与SO₂等有害物质反应后生成的副产物、未反应的脱硫剂以及被脱硫系统捕集下来的烟尘等的混合物。

3.5 脱硫效率

指烟气通过脱硫装置脱除的SO₂的量与脱硫前烟气中所含SO₂量的比值，按公式（1）计算：

$$\text{脱硫效率} = \frac{C_1 \times Q_1 - C_2 \times Q_2}{C_1 \times Q_1} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- C₁—脱硫前烟气中SO₂浓度，mg/m³；
- Q₁—脱硫前烟气流量，m³/h；
- C₂—脱硫后烟气中SO₂浓度，mg/m³；
- Q₂—脱硫后烟气流量，m³/h。

3.6 装置可用率

指脱硫装置每年总运行时间与工业锅炉及炉窑每年总运行时间的百分比，按公式（2）计算：

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

式中：

- A—工业锅炉及炉窑每年的总运行时间，h；
- B—脱硫装置每年的总运行时间，h。

3.7 液气比

指脱硫装置处理单位体积烟气所需脱硫循环液的体积，即脱硫液循环体积流量与吸收塔入口工况烟气的体积流量的比值，单位为l/m³。

3.8 脱硫塔阻力

脱硫塔入口与出口烟气的全压差，单位为Pa。

3.9 钙（镁）硫比

指脱硫剂的消耗量与脱硫装置脱除SO₂量的摩尔比值。

4 总体设计

4.1 一般规定

4.1.1 新建、改建和扩建工业锅炉及炉窑时，烟气脱硫装置应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

4.1.2 脱硫塔宜布置在锅炉/炉窑引风机之后，即脱硫塔宜采用正压操作。

4.1.3 燃煤烟气应先进行除尘，并使烟气含尘量小于400mg/m³（273K，101.325kPa）。当脱硫渣需资源化利用时，进入脱硫塔的烟气含尘量不宜大于100mg/m³（273K，101.325kPa）。

4.1.4 烟气脱硫装置设计寿命应与工业锅炉及炉窑的剩余寿命相适应，一般不宜小于20年。

4.1.5 烟气脱硫装置的设计脱硫效率应满足相应的排放标准和总量控制的要求；装置的设计可用率不宜小于98%。

4.1.6 脱硫装置界区内应设置废液收集系统。

4.1.7 脱硫装置的设计，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GBJ 87和GB 50040的规定，厂界噪声应达到GB 12348的要求。

4.1.8 脱硫剂的贮运、制备系统应有控制扬尘污染的措施。

4.1.9 脱硫渣暂不具备资源化利用条件的，在采取贮存、堆放措施时，贮存场、中转库等的建设和使用应符合GB 18599的规定。

4.1.10 脱硫装置的防火、防爆设计应符合GB 50016、GB 50222等有关标准的规定。

4.1.11 烟气脱硫工程设计、建设和运行中的职业卫生应按HJ/T 179的相关规定执行。

4.1.12 烟气脱硫工程设计、建设、运行过程中，除应符合本标准外，还应符合GB 8978、GB 18599、GB 13223、GB 13271、GB 9078等国家现行的环境保护法规和标准以及国家有关工程质量、安全等方面强制性标准的规定。

4.2 脱硫装置工艺参数的确定

4.2.1 脱硫装置工艺参数应根据工业锅炉及炉窑容量和负荷变化、燃料品质和变化趋势以及环境影响评价要求，经全面分析优化后确定。

4.2.2 新建燃煤锅炉的烟气脱硫装置入口烟气中的SO₂量可根据公式（3）估算：

$$M_{\text{SO}_2} = 2 \times K \times B_g \times \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \frac{S_{\text{ar}}}{100} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

M_{SO_2} —脱硫装置入口烟气中的 SO_2 质量流量, kg/h;

K —燃料燃烧中硫的转化率(循环流化床锅炉在未加固硫剂时取 0.75~0.80, 层燃炉取 0.80~0.85, 煤粉炉取 0.90);

B_g —锅炉额定负荷时的燃煤量, kg/h;

q_4 —锅炉机械未完全燃烧的热损失, %;

S_{ar} —燃料的收到基硫份, %。

4.2.3 脱硫装置的设计脱硫效率不宜小于90%。对于65t/h以下工业锅炉脱硫装置在满足排放标准和总量控制要求的前提下, 设计脱硫效率可适当降低, 但不宜小于80%。

4.2.4 脱硫装置的主要技术指标应符合表1的要求。

表1 脱硫装置主要技术指标

序号	脱硫效率	脱硫方法	液气比(l/m^3)	钙(镁)硫比	循环液 pH 值
1	>90%	石灰法	>5	<1.10	5.0~7.0
2		氧化镁	>2	<1.05	5.0~7.0
3		石灰石法	>10	<1.05	5.0~6.0
4		双碱法	>2	<1.10	5.0~8.0

4.3 总图设计

4.3.1 脱硫工程应优先选用占地面积小、流程简洁的工艺。总图设计应符合HJ/T 179的相关要求。

4.3.2 脱硫剂制备系统与脱硫塔相距较远时, 宜在各脱硫塔附近设置脱硫剂中间罐。

4.3.3 采用粉状脱硫剂时, 物料装卸区的设置应考虑风向。采用碱性废渣如电石渣、白泥等作脱硫剂时, 脱硫剂制备系统优先考虑布置在便于物料运输的地方。

5 脱硫工艺系统

5.1 一般规定

5.1.1 脱硫装置一般由脱硫剂制备与输送系统、吸收系统、脱硫渣处理系统、烟气系统、自控和在线监测系统等组成。

5.1.2 工业锅炉及炉窑湿法烟气脱硫参考工艺流程有石灰法工艺流程(图1)、钠钙双碱法工艺流程(图2)、氧化镁法工艺流程(图3)、石灰石法工艺流程(图4)等。

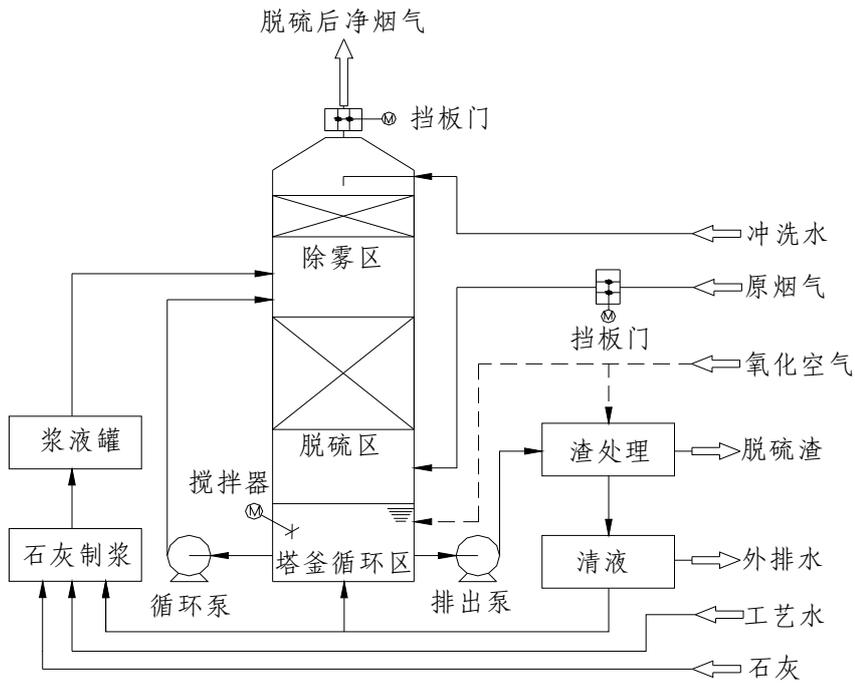


图1 石灰法工艺流程

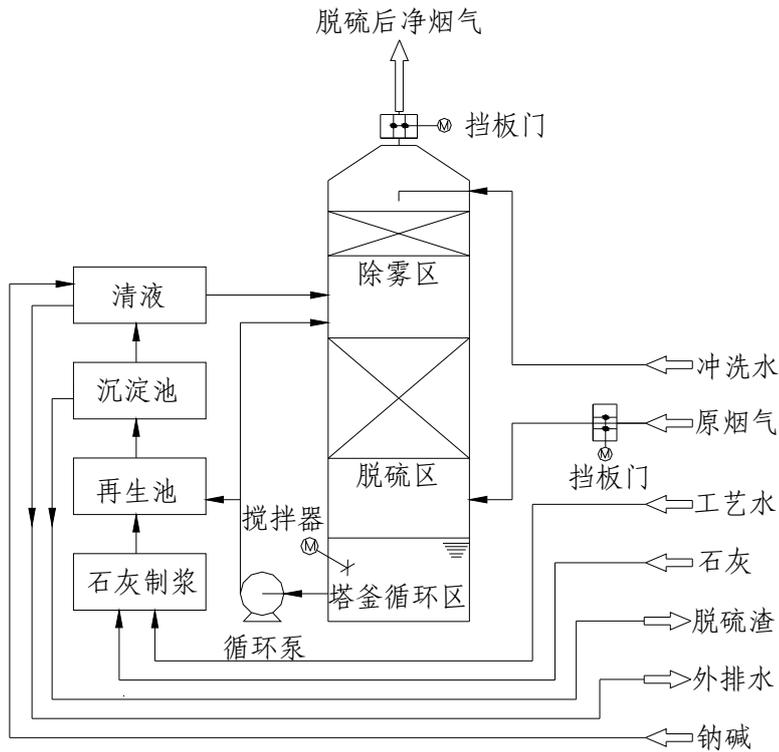


图2 钠钙双碱法工艺流程

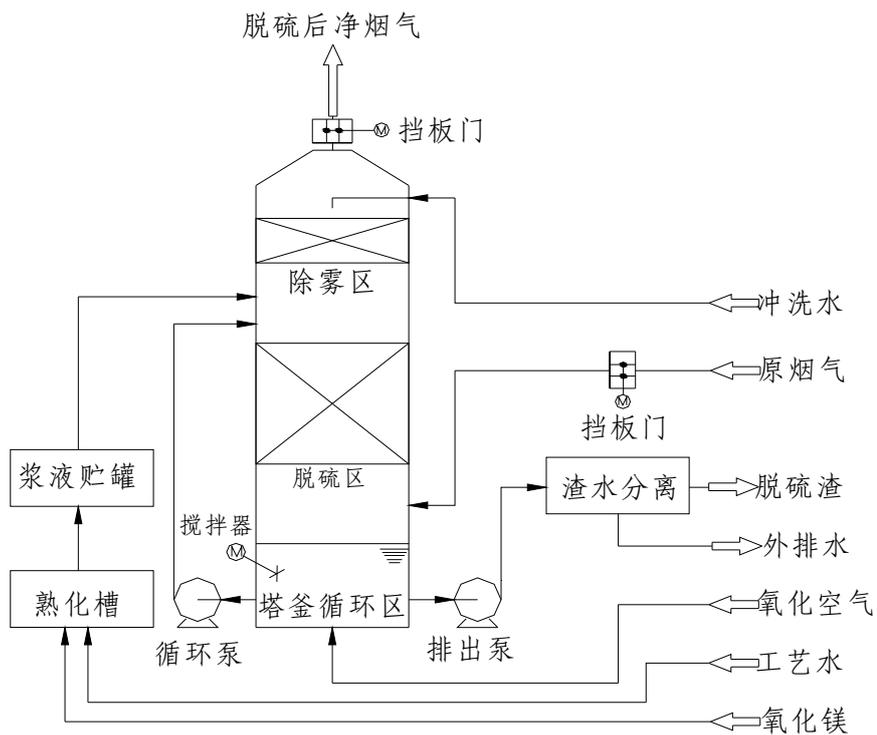


图3 氧化镁法工艺流程

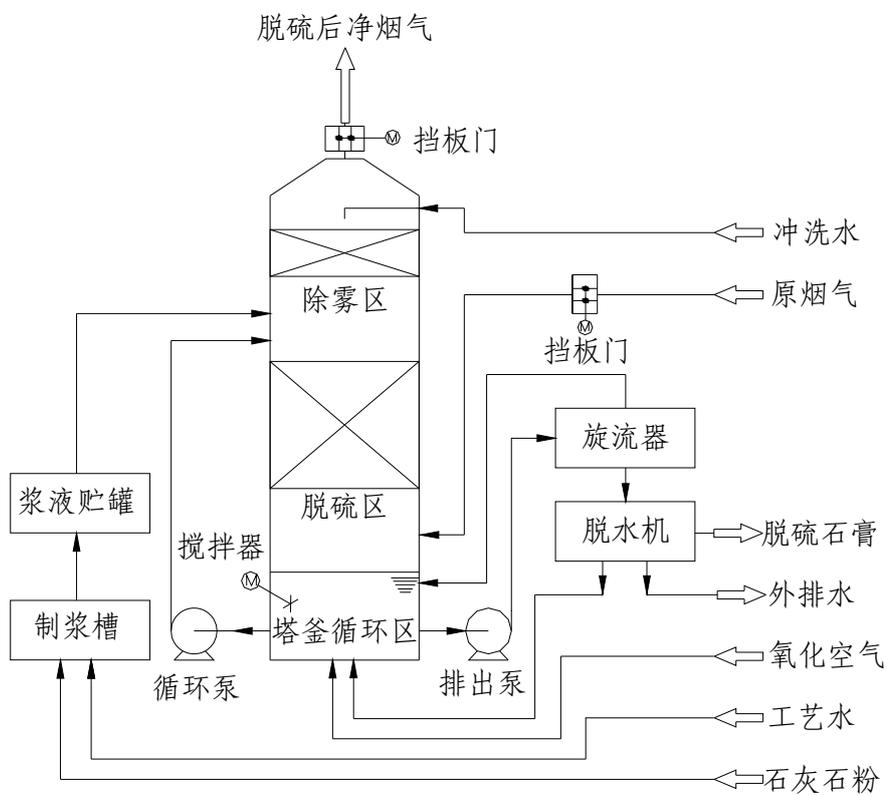


图4 石灰石法工艺流程

5.2 脱硫剂的选择、浆液制备与输送系统

5.2.1 脱硫剂的选择

5.2.1.1 脱硫剂的选择应充分考虑当地可用的各种脱硫剂资源、运输条件，并结合脱硫渣的利用与处置情况、技术经济指标，经综合比选后确定。

5.2.1.2 当厂址附近有可靠的新鲜电石渣可利用时，宜优先选用电石渣作为脱硫剂，电石渣中氢氧化钙（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）含量宜大于75%（干基），酸不溶物宜小于5%（干基）。

5.2.1.3 选用石灰作为脱硫剂时，石灰中氧化钙（ CaO ）含量宜大于75%，酸不溶物宜小于5%（干基）；选用消石灰粉做脱硫剂时，消石灰粉中氢氧化钙（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）含量宜大于90%（干基），酸不溶物宜小于3%（干基）。

5.2.1.4 选用氧化镁作脱硫剂时，氧化镁（ MgO ）含量宜大于85%，酸不溶物宜小于3%（干基）。

5.2.1.5 选用石灰石粉作为脱硫剂时，石灰石粉中碳酸钙（ CaCO_3 ）的含量宜大于90%，石灰石粉的细度应保证250目90%过筛率。

5.2.2 脱硫剂浆液的制备

5.2.2.1 脱硫剂浆液制备系统应设置脱硫剂的计量装置，脱硫剂浆液的浓度应控制在工艺允许的范围内，脱硫剂浆液的浓度与消耗量宜纳入自动控制系统。

5.2.2.2 石灰或氧化镁作为脱硫剂时，浆液细度应至少保证200目90%的过筛率，否则应设置预处理系统。当采用电石渣等碱性废渣作脱硫剂时，应设置脱硫剂预处理系统。

5.2.2.3 脱硫剂浆液制备系统宜设为公用系统，宜按两套或多套脱硫装置合用一套浆液制备系统设置。

5.2.2.4 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，脱硫剂浆液贮罐的容量宜不小于设计工况下2h的浆液消耗量。

5.2.2.5 脱硫剂用量大于3t/d时，宜采用自动加料系统。

5.2.2.6 脱硫剂的贮存宜采取必要的措施防止脱硫剂吸潮、变质与板结。

5.2.3 脱硫剂输送

5.2.3.1 粉状脱硫剂的装卸宜采用气力输送或提升机等密闭装卸方式，粉料仓的设计容积应不少于2d的脱硫剂消耗量。

5.2.3.2 每台脱硫塔宜设置两台脱硫剂浆液供应泵，一台运行，一台备用。脱硫剂浆液供应量的控制宜通过变频调速等办法来实现，并纳入自动控制系统。

5.2.3.3 浆液管道设计时应根据介质特性，选择合适的材质与流速。

5.2.3.4 浆液管道上的开关阀门宜选用蝶阀。

5.2.3.5 浆液管道上应有排空和停运后的冲洗设施。

5.2.3.6 浆液罐/池应根据介质的特性采取可靠的防腐措施，防腐材料可按6.1的要求选取。

5.2.3.7 所有浆液罐/池均应装设防沉积装置，如加装浆叶式搅拌器、气力/水力搅拌装置等。

5.3 吸收系统

5.3.1 每台工业锅炉及炉窑宜配置一台脱硫塔。

5.3.2 进入脱硫塔前的烟气温度超过 150℃时宜设置必要的烟气降温系统，进入脱硫塔前的烟气温度偶尔超过 150℃时宜设计应急降温设施。

5.3.3 脱硫后烟气应经除雾器脱水后才能进入烟囱，除雾器出口烟气中雾滴的设计浓度宜小于 75mg/m³。

5.3.4 除雾器宜设置在脱硫塔内，装在塔内的除雾器应设置清洗装置。除雾器的形式与安装位置应充分考虑检修维护方便。

5.3.5 循环泵入口宜装设滤网。

5.3.6 脱硫塔外应设置供检修维护的平台和扶梯，平台设计荷载不得小于 4000N/m²，塔体及烟道应设置足够的人孔或检修孔。

5.3.7 脱硫塔及其内部结构应考虑防磨、防腐、防冲刷。

5.4 脱硫渣处理系统

5.4.1 当采用钙基化合物脱硫剂时，脱硫渣应氧化，并考虑副产物的综合利用。

5.4.2 当采用镁基化合物脱硫剂时，应考虑亚硫酸镁、亚硫酸氢镁或硫酸镁的回收利用，脱硫产物不回收时，外排脱硫液应充分氧化。

5.4.3 脱硫渣处理系统宜按公用系统设置。

5.4.4 脱硫渣处理系统的处理能力应大于系统最大脱硫渣量的 150%。

5.5 烟气系统

5.5.1 热态烟气量≤140000m³/h（相当于蒸发量 65t/h 锅炉烟气量）的工业锅炉及炉窑烟气脱硫工程不得设置烟气旁路。

5.5.2 热态烟气量>140000m³/h（相当于蒸发量>65t/h 锅炉烟气量）的工业锅炉及炉窑烟气脱硫工程，不宜设置烟气旁路。如确需设置烟气旁路，应保证脱硫装置进、出口和旁路烟道上的挡板门具有良好的操作和密封性能，旁路挡板门的开启时间应能满足脱硫装置故障不影响锅炉/炉窑安全运行的要求。

5.5.3 所有烟道均应进行保温。

5.5.4 与脱硫后的低温湿烟气接触的烟道和烟囱均应采取必要的防腐措施，并设疏水装置。

5.5.5 脱硫装置入口烟道要充分考虑烟气在此处的温度和湿度变化而可能造成的腐蚀。

5.5.6 脱硫装置入口和出口烟道上应按 GB/T 16157、HJ/T 75、HJ/T 76 的要求设置检测孔点，并建立永久检测采样工作平台。

5.5.7 烟道系统的设计应尽可能降低烟气的阻力，避免出现急弯，必要时设置导流板，烟道上应设置足够数量的膨胀节（伸缩节）。

5.6 自控和在线监测系统

5.6.1 脱硫装置应配备自动控制系统，具有完善的模拟量控制、顺序控制、联锁、保护、报警等

功能，设集中和现场两种操作方式。

5.6.2 自控系统应对脱硫装置的脱硫剂浓度、脱硫液 pH 值、液位、系统阻力、烟气温度、循环泵电流、物料消耗等主要参数进行监控。

5.6.3 关键工艺控制参数，如脱硫剂的浓度、脱硫液的 pH 值、液位等应进行自动调节与控制。多套脱硫装置宜合用一套控制系统进行集中控制。

5.6.4 脱硫装置应按照《污染源自动监控管理办法》的规定安装烟气连续监测系统，并与当地环保部门联网。连续监测系统的技术要求、安装部位、监测方法、数据传输等应符合 HJ/T 75 和 HJ/T 76 的规定。

5.7 外排水系统

5.7.1 脱硫装置的浆液、清液以及冷却水等应循环利用。

5.7.2 少量外排液应经氧化、沉淀、分离等处理，并按照国家有关规定排放。

5.8 供电系统

5.8.1 新建锅炉/炉窑脱硫装置的供电系统应与锅炉/炉窑同步设计、建设。

5.8.2 已有锅炉/炉窑新建或改建脱硫装置时应充分利用已有供电系统的余量。已有的电力负荷余量不足时可按 HJ/T 179 的相关要求重新设计独立的脱硫供电系统。

5.8.3 脱硫配电室应靠近脱硫装置用电负荷中心布置，宜设置独立的电度表。

6 材料、设备选择

6.1 材料选择

6.1.1 金属材料的选择参照 HJ/T 179 的相关要求执行。

6.1.2 用于防腐蚀和防磨损的非金属材料性能应负荷 HJ/T 179 的规定，其适宜的使用部位见表 2。对含氟较高的烟气，防腐材料中不得含有玻璃成份。

表 2 主要非金属材料及使用部位

序号	材料名称	材料主要成分	使用部位
1	玻璃鳞片树脂	玻璃鳞片 乙烯基酯树脂 酚醛树脂 环氧树脂	脱硫后净烟气、低温原烟气段、脱硫塔、 脱硫浆液箱罐等内衬
2	花岗岩	二氧化硅	脱硫塔塔体、副塔、烟道、文丘里 沉淀池、浆液池、滤液池内衬
3	塑料	聚丙烯、聚乙烯、聚氨脂、 聚氯乙烯等	脱硫液管道、除雾器、泵叶轮、泵体内 衬
4	玻璃钢	玻璃纤维	脱硫塔喷淋层、管道、箱罐

序号	材料名称	材料主要成分	使用部位
		乙烯基酯树脂	脱硫塔出口烟道
		酚醛树脂	脱硫塔塔体
5	陶瓷	碳化硅、氮化硅	脱硫喷嘴、冷却降温喷嘴
6	橡胶	氯化丁基橡胶	脱硫塔、管道、箱罐、水力旋流器等的内衬
		氯丁橡胶	
		丁苯橡胶	真空皮带机、输送皮带

6.2 设备选择

6.2.1 脱硫装置各设备的选择和配置应考虑脱硫装置长期可靠运行的要求。

6.2.2 常用的流体输送设备宜设置备用，浆液循环泵可按多用一备设置，涉及浆液的备用泵其进出管路也宜设置备用。

6.2.3 出渣设备宜设置备用。多套脱硫装置合用一套渣处理系统时，渣处理系统中的主设备宜配置 2 台设计能力均为总处理能力 75% 以上的相同设备。

6.2.4 当选用压滤机作脱水设备时应充分考虑其间歇运行的特点，设置不小于 4h 容量的缓冲池/罐。

6.2.5 循环泵的过流部件应能耐固体杂质（颗粒）磨损、耐酸腐蚀、耐高氯离子腐蚀。

7 施工与验收

7.1 施工

7.1.1 工程施工应符合 HJ/T 179 的相关规定。

7.1.2 防腐内衬的施工应严格按照 GB 50212 相关的施工规范执行。

7.2 验收

7.2.1 脱硫装置的工程验收应依据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、技术规范书等文件。

7.2.2 应对脱硫装置各部件和附属设备进行必要的检查与单独试运转试验，并及时解决试验中发现的问题。

7.2.3 脱硫装置热态调试结束后应进行 72h 连续试运行验收测试。

7.2.4 环境保护验收应按《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定进行。验收时，除《建设项目竣工环境保护验收管理办法》规定的验收材料以外，申请单位还应提供工程质量验收报告和脱硫装置性能试验报告，性能试验报告的主要参数应包括：

- 1) 脱硫效率；
- 2) 水消耗量；

- 3) 系统压力降;
- 4) 脱硫剂消耗指标;
- 5) 电能消耗。

8 运行与维护

8.1 一般规定

8.1.1 脱硫装置运行单位应设立环境保护管理机构，配备足够的操作、维护、检修人员及脱硫装置检测仪器，制定脱硫装置运行及维护的规章制度。

8.1.2 岗位员工应熟悉脱硫工艺和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，通过培训考核上岗。

8.1.3 岗位员工应填写运行记录，做好脱硫剂的领用与验收、脱硫渣的清运工作，严格执行巡回检查制度和交接班制度。

8.1.4 应制定脱硫剂的采购计划、制定脱硫装置中、大检修计划和应急预案。

8.2 运行

8.2.1 脱硫装置投运前，应全面检查运行条件，符合要求后才能按开车程序依次启动脱硫装置各系统。

8.2.2 脱硫装置投运后应尽快切换到自动控制状态；锅炉/炉窑工况变化时，应通过调节保证正常运行和达标排放。

8.2.3 脱硫塔入口烟气温度应低于设计温度。

8.2.4 运行过程中应认真观察各运行参数变化情况，重点保证循环液 pH 值和烟气系统的阻力在指标范围内运行。

8.2.5 检查脱硫剂与脱硫渣的库存量应定期检查，及时补加脱硫剂，清运脱硫渣，确保物料进出平衡。

8.2.6 定期进行仪器、仪表的校验。对重要控制指标如脱硫液的 pH 值、浓度、比重、脱硫剂成份等应每天进行手工检测分析并与仪表显示值进行比对。

8.2.7 当环境温度低于冰点温度时，系统停机时要做好保温防冻工作。

8.2.8 浆液输送管道停用时，应及时排空并清洗。

8.2.9 系统停车时间较长时，宜采取有效措施避免脱硫剂的板结与失效，清空脱硫剂贮仓/贮罐内的物料。

8.3 维护保养

8.3.1 脱硫装置的维护保养应纳入全厂的维护保养计划中，并制定脱硫装置详细的维护保养规程。

8.3.2 运行管理人员和维护人员应熟悉维护保养规定。

8.3.3 维修人员应根据维护保养规程定期检查、更换或维修必要的部件，做好维护保养记录。

8.3.4 维护保养包括正常运行时的检查、管路和设备清扫、疏通堵塞、定期加注或更换润滑油(脂)、小修、中修和大修。

8.3.5 对于取暖锅炉等间隙运行的脱硫系统应重视其停运期间的保养。

8.3.6 设备检修时应做好安全防范，切断设备电源，在检修门、电控柜处挂“警示牌”。人员需进入脱硫塔及箱罐内时，应执行 HG 23012 的要求。
