

ICS 27.020

P 60

备案号: J2160—2016

**DL**

**中华人民共和国电力行业标准**

**P DL / T 5196 — 2016**

代替 DL / T 5196 — 2004

---

**火力发电厂石灰石—石膏湿法  
烟气脱硫系统设计规程**

**Code for design of limestone / gypsum wet flue gas  
desulfurization system of fossil fired power plant**

2016-01-07 发布

2016-06-01 实施

---

**国家能源局 发布**

中华人民共和国电力行业标准

火力发电厂石灰石—石膏湿法  
烟气脱硫系统设计规程

Code for design of limestone/gypsum wet flue gas  
desulfurization system of fossil fired power plant

**DL/T 5196—2016**

代替 DL/T 5196—2004

主编部门：电力规划设计总院

批准部门：国家能源局

施行日期：2016年6月1日

中国计划出版社

**2016 北 京**

国家能源局  
公告

2016 年 第 1 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52 号）有关规定，经审查，国家能源局批准《核电厂常规岛及辅助配套设施建设施工技术规范 第 5 部分：水处理及制氢系统》等 345 项行业标准，其中能源标准（NB）54 项、电力标准（DL）125 项和石油天然气标准（SY）166 项，现予以发布。

附件：行业标准目录

国家能源局  
2016 年 1 月 7 日

附件：

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
.....						
171	DL/T 5196—2016	火力发电厂石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统设计规程	DL/T 5196—2004		2016-01-07	2016-06-01
.....						

## 前 言

根据《国家能源局关于下达 2012 年第一批能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技〔2012〕83 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结火力发电厂石灰石—石膏湿法烟气脱硫方面的设计工作经验,并在广泛征求意见的基础上,对原行业标准《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》DL/T 5196—2004 进行修订。

本标准共分 13 章,主要技术内容有:总则,术语,基本规定,吸收剂制备及供应系统,烟气系统,二氧化硫吸收系统,副产物处置系统,脱硫工艺水系统,浆液排放与回收系统,浆液管道及其管件、阀门,布置设计,防腐设计要求和对相关专业的设计要求。

本次修订的主要内容是:

1. 调整了本标准的适用范围,改为仅针对火力发电厂石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统设计做出规定,取消了其他相关专业的规定的内容,其他专业的设计规定内容执行各专业的相关规范标准。

2. 主要增加、修改及删除的内容如下:

增加了脱硫工艺水系统;浆液排放与回收系统;浆液管道及其管件、阀门,布置设计;吸收剂品质和脱硫石膏综合利用品质等方面的设计规定。

删除了总平面布置、废水处理系统、热工自动化、电气设备及系统、建筑结构及暖通等专业方面的设计规定。

修订了吸收剂制备及供应系统、烟气系统、二氧化硫吸收系统、副产物处置系统等方面的设计规定。

本标准自实施之日起,替代《火力发电厂烟气脱硫设计技术规



程》DL/T 5196—2004。

本标准由国家能源局负责管理,由电力规划设计总院提出,由能源行业发电设计标准化技术委员会负责日常管理,由中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送电力规划设计总院(地址:北京市西城区安德路 65 号,邮编:100120)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人、主要审查人:

**主 编 单 位:**中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司

**参 编 单 位:**中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司

**主要起草人:**田蓉荣 张华伦 罗 杨 陈卫国 张 晔  
付焕兴 申 克 吴东梅

**主要审查人:**赵 敏 彭红文 任德刚 陈 牧 朱文瑜  
周洪光 陈振宇 钟晓春 陈 昱 袁 果  
王凯亮 邓荣喜 韦迎旭 贾绍广 石荣桂

目 次

1 总 则 ..... ( 1 )

2 术 语 ..... ( 2 )

3 基本规定 ..... ( 4 )

4 吸收剂制备及供应系统 ..... ( 7 )

4.1 一般规定 ..... ( 7 )

4.2 石灰石卸料系统 ..... ( 7 )

4.3 石灰石贮存 ..... ( 8 )

4.4 湿磨制浆系统 ..... ( 9 )

4.5 干磨制粉系统 ..... ( 10 )

4.6 石灰石粉配浆系统 ..... ( 10 )

4.7 石灰石浆液供应系统 ..... ( 11 )

5 烟气系统 ..... ( 12 )

6 二氧化硫吸收系统 ..... ( 14 )

6.1 吸收塔 ..... ( 14 )

6.2 浆液循环喷淋系统 ..... ( 16 )

6.3 氧化空气系统 ..... ( 17 )

6.4 除雾器 ..... ( 17 )

6.5 浆池搅拌系统 ..... ( 18 )

7 副产物处置系统 ..... ( 19 )

7.1 一般规定 ..... ( 19 )

7.2 旋流系统 ..... ( 20 )

7.3 真空皮带脱水系统 ..... ( 20 )

7.4 厂内石膏堆放及运输 ..... ( 22 )

8 脱硫工艺水系统 ..... ( 23 )

9 浆液排放与回收系统 ..... ( 26 )

10 浆液管道及其管件、阀门 ..... ( 28 )

11 布置设计 ..... ( 30 )

12 防腐设计要求 ..... ( 33 )

13 对相关专业的设计要求 ..... ( 36 )

本标准用词说明 ..... ( 38 )

引用标准名录 ..... ( 39 )

条文说明 ..... ( 41 )

Contents

1 General provisions ..... ( 1 )

2 Terms ..... ( 2 )

3 Basic requirements ..... ( 4 )

4 Absorbent preparation and supply system ..... ( 7 )

    4.1 General requirements ..... ( 7 )

    4.2 Limestone unloading system ..... ( 7 )

    4.3 Limestone storage ..... ( 8 )

    4.4 Wet mill limestone slurry preparation system ..... ( 9 )

    4.5 limestone pulverizing system ..... ( 10 )

    4.6 Limestone powder and water compound system ..... ( 10 )

    4.7 Limestone slurry supply system ..... ( 11 )

5 Flue gas system ..... ( 12 )

6 Sulfur dioxide absorption system ..... ( 14 )

    6.1 Desulfurization absorber ..... ( 14 )

    6.2 Circulation slurry spray system ..... ( 16 )

    6.3 Oxidation air system ..... ( 17 )

    6.4 Mist eliminator ..... ( 17 )

    6.5 Absorber sump agitation system ..... ( 18 )

7 Byproduct treating system ..... ( 19 )

    7.1 General requirements ..... ( 19 )

    7.2 Hydraulic cyclone separation system ..... ( 20 )

    7.3 Vacuum belt dewatering system ..... ( 20 )

    7.4 In-plant gypsum storage and transport ..... ( 22 )

8 Flue Gas desulfurization process water system ..... ( 23 )

9 Slurry discharge and return system ..... ( 26 )

10 Slurry pipe and accessory, valve ..... ( 28 )

11 Design requirement of arrangement ..... ( 30 )

12 Design requirement of anticorrosion ..... ( 33 )

13 Design requirement for relevant specialties ..... ( 36 )

Explanation of wording in this standard ..... ( 38 )

List of quoted standards ..... ( 39 )

Addition:Explanation of provisions ..... ( 41 )

## 1 总 则

**1.0.1** 为了规范火力发电厂石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统设计,满足安全可靠、技术先进、经济合理的要求,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于燃煤发电厂石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统设计。

**1.0.3** 火力发电厂石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统的设计除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 吸收塔 desulfurization absorber

脱硫工艺中脱除二氧化硫等有害物质的反应装置。

### 2.0.2 脱硫效率 desulfurization efficiency

脱硫装置脱除的二氧化硫量与脱硫前烟气中所含二氧化硫量的百分比,脱硫效率应按下式计算:

$$\eta_{\text{SO}_2} = \left( \frac{C_1 - C_2}{C_1} \right) \times 100\% \quad (2.0.2)$$

式中: $\eta_{\text{SO}_2}$ ——脱硫装置的脱硫效率(%);

$C_1$ ——脱硫前烟气中二氧化硫的折算浓度(干基,6%含氧量)(mg/Nm<sup>3</sup>);

$C_2$ ——脱硫后烟气中二氧化硫的折算浓度(干基,6%含氧量)(mg/Nm<sup>3</sup>)。

### 2.0.3 吸收剂 absorbent

脱硫工艺中用于吸收烟气中二氧化硫等有害物质的反应剂。石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺的吸收剂指石灰石浆液。

### 2.0.4 副产物 by-products

吸收剂与烟气中二氧化硫等有害物质反应后生成的副产物。石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺的副产物主要成分是 CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O。又称脱硫石膏。

### 2.0.5 吸收塔烟气流速 flue gas velocity in desulfurization absorber

除鼓泡塔以外的吸收塔,塔内饱和实际烟气体积流量与吸收塔吸收区横截面积之比。又称空塔流速。

### 2.0.6 吸收塔浆池 desulfurization absorber sump

用于完成石灰石溶解、亚硫酸钙氧化、硫酸钙结晶析出等脱硫反应过程的浆池。

**2.0.7 液气比** liquid gas ratio

吸收塔内洗涤单位体积饱和烟气的循环浆液体积,液气比应按式计算:

$$L/G = \frac{q}{V} \quad (2.0.7)$$

式中: $L/G$ ——液气比( $\text{m}^3/\text{m}^3$ );

$q$ ——总的循环浆液流量( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$V$ ——吸收塔内饱和实际烟气流量( $\text{m}^3/\text{h}$ )。

**2.0.8 钙硫比** calcium-sulfur molar ratio

加入吸收塔新鲜的碳酸钙与吸收塔脱除的二氧化硫摩尔数之比。

**2.0.9 浆液含固量** solid ratio in slurry

浆液中的固体物质量与浆液质量之比。

**2.0.10 滤液水** filter liquor

脱硫石膏浆液经脱水设备处理后的排水。

**2.0.11 脱硫废水** FGD waste water

为控制吸收塔浆池中氯离子、惰性物质等浓度,脱硫系统必须排出的高盐分水。



### 3 基本规定

**3.0.1** 石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺技术方案的设计应根据燃煤含硫量、吸收剂供应条件、副产物综合利用条件、脱硫效率及二氧化硫排放指标的要求,结合脱硫工艺特点及现场条件等因素比较后确定。

**3.0.2** 石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统设计应符合下列规定:

1 二氧化硫吸收系统设计工况应选用锅炉燃用设计煤种或校核煤种,在 BMCR 工况下对脱硫装置烟气处理能力最不利的烟气条件,对应的煤种为脱硫最不利煤种;此时,吸收塔设计效率应满足二氧化硫排放指标的要求,该工况为脱硫装置/吸收塔设计工况;

2 脱硫装置入口的烟气设计参数应采用与主机烟道接口处的数据。吸收塔上游设置烟气余热回收装置时,还应对烟气余热回收装置停运工况时的设计参数进行校核;

3 对于改造项目,脱硫装置设计工况和校核工况宜根据运行实测烟气参数确定,并考虑煤源变化趋势。

**3.0.3** 石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统应采用强制氧化工艺技术。

**3.0.4** 烟气脱硫装置应能与机组同步进行调试、试运行、安全启停运行,并应能在锅炉任何负荷工况下连续安全运行。

**3.0.5** 烟气脱硫装置的负荷变化速度应与锅炉负荷变化率相适应。

**3.0.6** 脱硫前烟气中的二氧化硫含量应按下式计算:

$$M_{\text{SO}_2} = 2 \times K \times B_g \times \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \times \left(\frac{S_{\text{ar}}}{100}\right) \times \left[1 - \frac{\eta'_{\text{SO}_2}}{100}\right] \quad (3.0.6)$$

式中： $M_{\text{SO}_2}$ ——脱硫前烟气中的二氧化硫含量(t/h)；  
 $K$ ——燃煤中的含硫量燃烧后氧化成二氧化硫的份额，  
 煤粉炉  $K$  取 0.9,CFB 锅炉  $K$  取 1；  
 $B_g$ ——锅炉 BMCR 工况时的燃煤量(t/h)；  
 $q_4$ ——锅炉机械未完全燃烧的热损失(%)；  
 $S_{\text{ar}}$ ——燃料煤的收到基硫分(%)；  
 $\eta_{\text{SO}_2}^{\text{I}}$ ——CFB 锅炉炉内脱硫效率,煤粉炉时取值为零(%)。

**3.0.7** 烟气脱硫装置设计入口烟气条件中污染物种类应包括表 3.0.7 中各污染物含量。

**表 3.0.7 烟气脱硫装置设计入口烟气条件中污染物种类**

序号	污染物种类	单 位
1	二氧化硫	mg/Nm <sup>3</sup> ,干基,6%含氧量
2	三氧化硫	mg/Nm <sup>3</sup> ,干基,6%含氧量
3	粉尘	mg/Nm <sup>3</sup> ,干基,6%含氧量
4	氯化氢	mg/Nm <sup>3</sup> ,干基,6%含氧量
5	氟化氢	mg/Nm <sup>3</sup> ,干基,6%含氧量
6	其他	mg/Nm <sup>3</sup> ,干基,6%含氧量

**3.0.8** 石灰石进厂及脱硫石膏综合利用外运时应计量。

**3.0.9** 石灰石分析资料及品质要求应符合表 3.0.9 的规定。

**表 3.0.9 石灰石分析资料及品质要求**

序号	项 目	符 号	含 量
1	碳酸钙	CaCO <sub>3</sub>	不应低于 85%，不宜低于 90%
2	碳酸镁	MgCO <sub>3</sub>	不应超过 5.0%，不宜超过 3.0%
3	含白云石石灰石	CaCO <sub>3</sub> · MgCO <sub>3</sub>	不应超过 10.0%，不宜超过 5.0%
4	二氧化硅	SiO <sub>2</sub>	不应超过 5.0%，不宜超过 3.0%
5	三氧化二铁	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	不宜超过 1.50%
6	三氧化二铝	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	不应超过 1.5%，不宜超过 1.0%

续表 3.0.9

序号	项 目	符 号	含 量
7	水分	H <sub>2</sub> O	不应超过 5.0%，不宜超过 3.0%
8	可磨指数	BWI	实际测定
9	石灰石反应活性	—	可按现行行业标准《烟气湿法脱硫用石灰石粉反应速率的测定》DL/T 943 的要求实际测定

## 4 吸收剂制备及供应系统

### 4.1 一般规定

4.1.1 吸收剂制备系统的选择应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660 的有关规定。

4.1.2 石灰石粒径应符合下列要求：

1 外购石灰石块粒径不宜超过 20mm,最大石块粒径不宜超过 100mm。当石灰石块粒径不超过 20mm 时,可直接进入湿磨机制浆或干磨机制粉;当石灰石块粒径在 20mm~100mm 时应破碎,破碎后石块粒径不宜大于 5mm,再经湿磨机制浆或干磨机制粉。

2 进入吸收塔的石灰石粒径应根据石灰石成分、脱硫效率、吸收塔技术特点等因素确定,石灰石粒径宜在  $28\mu\text{m}\sim 63\mu\text{m}$  的范围内。

4.1.3 石灰石耗量应根据物料平衡计算,进行前期设计工作时石灰石耗量可按下式估算：

$$G_{\text{CaCO}_3} = M_{\text{SO}_2} \times \eta_{\text{SO}_2} \times \left( \frac{\text{Ca}}{\text{S}} \right) \times \frac{100}{64} \times \frac{1}{K_{\text{CaCO}_3}} \quad (4.1.3)$$

式中： $G_{\text{CaCO}_3}$ ——石灰石耗量(t/h)；

$M_{\text{SO}_2}$ ——脱硫前烟气中的二氧化硫含量(t/h)；

$\eta_{\text{SO}_2}$ ——脱硫效率(%)；

$K_{\text{CaCO}_3}$ ——石灰石中  $\text{CaCO}_3$  纯度(%)；

$\frac{\text{Ca}}{\text{S}}$ ——钙硫摩尔比,宜为 1.02~1.03。

### 4.2 石灰石卸料系统

4.2.1 石灰石块运输可采用公路、铁路方式。公路运输时,石灰

石块应由汽车直接运至厂区磨制区域；铁路运输时，石灰石卸车设施可与石灰石堆场合并设置。

**4.2.2** 当采用密封罐车运输石灰石粉进厂时，石灰石粉宜通过其自带的气力输送设备卸入石灰石粉仓。

**4.2.3** 当采用汽车运输石灰石块至厂区磨制区域时，宜通过地下料斗自动卸料，通过垂直提升设备经落料管直接送入石灰石仓贮存，落料管与水平面夹角不宜小于  $60^{\circ}$ 。

**4.2.4** 石灰石仓宜单独配置石灰石卸料斗、水平输送及垂直提升设备。

**4.2.5** 卸料系统的设计出力应满足  $6\text{h}\sim 8\text{h}$  内卸完石灰石日耗量的要求，其中垂直提升设备宜采用斗式提升机，设备总出力宜为卸料系统设计出力的  $1.2$  倍 $\sim 1.5$  倍。

**4.2.6** 石灰石卸料设施应设置防止二次扬尘等污染的收尘、除尘装置。

**4.2.7** 卸料斗可采用钢制或混凝土结构，应采取防磨和防堵措施，其入口应设置格栅板，出口水平输送段应设置除铁器。

**4.2.8** 石灰石块粒径大于  $20\text{mm}$  时，应设置破碎设备。破碎设备宜选用立式复合型式的破碎机，布置在石灰石块仓上游。

### **4.3 石灰石贮存**

**4.3.1** 石灰石贮存设施的容量和数量应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660 的有关规定。

**4.3.2** 石灰石块/粉仓可采用钢制或混凝土结构。采用锥形落料斗时，其锥体壁面与水平面倾角不宜小于  $60^{\circ}$ 。

**4.3.3** 平底石灰石块仓应设置自动下料装置。

**4.3.4** 石灰石块/粉仓应设置必要的人孔门等。

**4.3.5** 石灰石块/粉仓顶应设置除尘装置，石灰石粉仓顶应设置真空压力释放阀。

**4.3.6** 石灰石粉仓应设置流化装置，平底仓宜采用气化斜槽，锥

体仓宜采用气化板,流化气源可采用压缩空气或流化空气。

**4.3.7** 石灰石粉仓流化空气宜设置加热装置。

**4.3.8** 石灰石块/粉仓出料管应设置隔离阀。

**4.3.9** 石灰石块/粉仓出口应设置具备称重功能的给料设备。

## **4.4 湿磨制浆系统**

**4.4.1** 湿磨制浆系统主要设备的配置应符合下列规定:

1 厂内湿磨制浆系统与机组数量的匹配及主要设备的配置应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660 的有关规定。

2 1台机组设置1套湿磨制浆系统时,当不设置脱硫旁路烟道时,系统宜设置2台湿式球磨机,设备总出力不宜小于锅炉燃用设计煤种、在BMCR工况下石灰石耗量的200%,且不应小于锅炉燃用脱硫最不利煤种、在BMCR工况下石灰石耗量的100%;当设置脱硫旁路烟道时,系统宜设置1台湿式球磨机,设备出力不宜小于锅炉燃用设计煤种、在BMCR工况下石灰石耗量的150%,且不应小于锅炉燃用脱硫最不利煤种、在BMCR工况下石灰石耗量的100%。

3 当2台~4台机组设置1套公用的湿磨制浆系统时,湿式球磨机台数不应少于2台。

当设置2台湿式球磨机时,设备总出力不宜小于锅炉燃用设计煤种、在BMCR工况下石灰石耗量的150%~200%,且不应小于锅炉燃用脱硫最不利煤种、在BMCR工况下石灰石耗量的100%。不设置脱硫旁路烟道时,出力裕量宜取上限。

当设置3台及以上湿式球磨机时,系统应设置不少于1台的备用设备,运行设备总出力不应小于锅炉燃用设计煤种、在BMCR工况下石灰石耗量的100%,设备总出力不宜小于锅炉燃用设计煤种、在BMCR工况下石灰石耗量的130%~150%,且不应小于锅炉燃用脱硫最不利煤种、在BMCR工况下石灰石耗量的



100%。磨机台数少于 4 台时,出力裕量应取上限。

**4.4.2** 石灰石湿式球磨机型式宜选用卧式溢流型。

**4.4.3** 石灰石称重给料机数量宜与湿式球磨机相同,其设计出力不应小于湿式球磨机最大出力的 115%。石灰石称重给料机应能调节给料量,满足磨机不同负荷给料量的要求。

**4.4.4** 湿磨制浆系统的石灰石浆液箱总容量不宜小于脱硫装置设计工况下石灰石浆液 6h~10h 的总耗量,当湿式球磨机不设备用时,宜取上限。

**4.4.5** 石灰石浆液旋流器数量宜与湿式球磨机相同,应设置不少于 1 个备用旋流子,且备用旋流子总容量不应小于旋流器设计容量的 20%。多台机组公用 1 套湿磨制浆系统时,石灰石浆液旋流器出口宜设置溢流切换分配器,且石灰石浆液箱数量不应少于 2 座。

## **4.5 干磨制粉系统**

**4.5.1** 干磨制粉系统宜全厂集中设置,其系统出力不宜小于锅炉燃用设计煤种、在 BMCR 工况下石灰石耗量的 120%~150%,同时不应小于锅炉燃用脱硫最不利煤种、在 BMCR 工况下石灰石耗量的 100%,干磨机的数量和容量应经综合技术经济比较后确定。

**4.5.2** 石灰石干磨机宜选用立式中速磨,变频驱动。磨机动态分离器应采用变频驱动,并可调节石灰石粉细度。

**4.5.3** 石灰石粉水分应控制在 0.5%~1%。

**4.5.4** 石灰石粉外送宜采用气力输送,条件不具备时可采用汽车运输。

## **4.6 石灰石粉配浆系统**

**4.6.1** 当 2 台及以上机组设置公用的石灰石粉配浆系统时,石灰石浆液箱的数量不应少于 2 座。

**4.6.2** 石灰石粉配浆系统的石灰石浆液箱总容量不宜小于脱硫

装置设计工况下石灰石浆液 4h 的总耗量。

#### **4.7 石灰石浆液供应系统**

**4.7.1** 石灰石浆液供应系统的设计出力应满足吸收塔设计工况下石灰石浆液供应的要求,并能在锅炉各种运行工况下调节石灰石浆液供应量。

**4.7.2** 石灰石浆液可直接注入吸收塔,也可经浆液循环泵进入吸收塔,但应满足浆液循环泵切换运行时吸收剂的正常供应。

**4.7.3** 石灰石浆液泵型式、台数和容量的选择应符合下列规定:

1 石灰石浆液泵应选用离心泵;

2 每座吸收塔宜设置 2 台石灰石浆液供应泵,其中 1 台备用;

3 泵流量应同时满足吸收塔设计工况下石灰石浆液的最大耗量和系统管路最低流速的要求,裕量不应小于 10%;

4 泵扬程应按石灰石浆液箱最低运行液位至石灰石供应点的全程压降设计,裕量不应小于 15%。

**4.7.4** 当采用湿磨制浆系统时,石灰石浆液泵出口管路上宜设置滤网。



## 5 烟 气 系 统

**5.0.1** 脱硫增压风机宜与锅炉引风机合并设置。

**5.0.2** 脱硫增压风机型式、台数和容量选择应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB50660 的有关规定。

**5.0.3** 排烟升温换热装置的选型应根据燃煤含硫量、烟气参数、脱硫效率、场地布置条件、设备运行可靠性等,经综合技术经济比较确定,并应符合下列规定:

1 锅炉在 BMCR 工况下烟囱入口处烟气温度不宜低于 80℃;

2 回转式烟气换热器应采取措施控制原烟气向净烟气侧泄漏及防止换热元件腐蚀、堵塞,泄漏率不应超过 1%;

3 管式烟气换热器应根据换热管材料耐腐蚀性能、换热端差及脱硫系统运行水平衡等因素,确定降温段换热器的烟气降温幅度。降温段换热器回收的原烟气余热不足时,应采用机组辅助蒸汽作为辅助热源。换热器换热介质宜采用热媒水。

**5.0.4** 设置脱硫旁路烟道时,脱硫装置进、出口及旁路挡板门应有良好的操作和密封性能。挡板门应采用带密封风的挡板门,且每台炉宜单独设置密封风系统,密封风系统管道上的切换门宜选用蝶阀,也可选用密封性好的风门。旁路挡板门应有快开功能,其事故开启时间应能满足脱硫装置故障不引起锅炉跳闸的要求。

**5.0.5** 不设置脱硫旁路烟道且 2 台炉或多台炉公用 1 根烟囱内筒时,每座吸收塔靠近烟囱入口的净烟道上应设置检修隔离挡板门。

**5.0.6** 吸收塔入口烟道应设置事故高温烟气降温系统。

**5.0.7** 吸收塔入口可能接触到腐蚀性介质的原烟道、吸收塔出口

净烟道应采取防腐措施,防腐烟道壁厚不应小于 6mm;烟道设计应保证烟气通道的气密性。

**5.0.8** 防腐烟道不宜设置内撑杆。当大截面的防腐烟道因加固肋选型困难必须设置内撑杆时,内撑杆宜选用公称通径不小于 DN80 的无缝钢管;宜避免在同一截面上设置交叉形内撑杆,无法避免时,宜选用不同管径的内撑杆。

**5.0.9** 脱硫烟道补偿器宜采用非金属织物补偿器,应根据烟气特性和布置条件设计防腐、保温和排水措施。

**5.0.10** 低于吸收塔浆池液位布置的吸收塔入口原烟道、设置回转式烟气换热器的原烟道、吸收塔出口净烟道等低位积水处应设计排水管路。

**5.0.11** 脱硫烟道的烟气流速选取应符合现行行业标准《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程》DL/T 5121 的有关规定。

## 6 二氧化硫吸收系统

### 6.1 吸 收 塔

6.1.1 吸收塔的形式、数量应符合下列规定：

1 吸收塔的形式应根据吸收塔技术特点、脱硫效率要求、运行能耗、场地布置条件和长期稳定运行性能等因素确定；

2 吸收塔的数量应根据锅炉容量、吸收塔的处理能力和可靠性等确定，宜 1 炉配 1 塔。当设置脱硫旁路烟道时，200MW 级及以下机组可 2 炉或多炉配 1 塔。

6.1.2 吸收塔设计应符合下列规定：

1 钙硫比不宜大于 1.05；

2 采用塔内除雾器时，设计工况下吸收塔烟气流速不宜超过 3.8m/s；

3 吸收塔浆池与塔体宜为一体结构；

4 喷淋空塔浆液循环停留时间不宜小于 4min，液柱塔不宜小于 2.5min。浆液循环停留时间宜按下式计算：

$$T = \frac{V \times 60}{q} \quad (6.1.2)$$

式中：T——浆液循环停留时间(min)；

V——吸收塔正常运行液位对应的吸收塔浆池容积(m<sup>3</sup>)；

q——总的循环浆液流量(m<sup>3</sup>/h)。

5 吸收塔入口烟道与吸收塔垂直壁面相交处应设置挡水环及防雨罩；

6 喷淋空塔入口烟道宜采用斜向下进入布置方式。采用水平进入布置方式时应保证吸收塔入口相邻的第一个弯头处的烟道最低位置比吸收塔浆池正常运行液位高 1.5m~2m。液柱塔入口

烟道可采用水平或垂直进入布置方式；

7 喷淋空塔相邻喷淋层的间距不宜小于 1.8m；

8 喷淋空塔顶层喷淋层应仅向下喷浆，且距除雾器最底层净距不宜小于 2m；

9 对装有多孔托盘及湍流器的喷淋塔，多孔托盘及湍流器叶片应采用合金防腐材料；

10 当未设置排烟升温换热装置时，吸收塔空塔流速、液气比、浆液含固量等设计参数的选取应考虑脱硫效率的要求及减少净烟气液滴携带量等因素的影响；

11 吸收塔的设计应适应锅炉负荷及燃煤含硫量的设计范围。

**6.1.3** SO<sub>2</sub>吸收系统应设置吸收塔浆液 pH 值和密度测量装置，测量仪表可布置在吸收塔本体或塔外浆液管路上。设置在吸收塔本体上的密度测量装置应采取措施避免虚假液位的影响。每座吸收塔的 pH 值测量装置不应少于 2 套。

**6.1.4** 吸收塔宜采用钢结构，内部结构设计应满足烟气流场和防磨、防腐技术要求。吸收塔底部和浆液冲刷的位置应采取加强防磨蚀措施。

**6.1.5** 吸收塔浆池氧化空气分布装置宜采用矛式喷枪与搅拌注入方式，喷枪应设置冲洗管路；吸收塔浆池氧化空气分布装置可采用管网式，其管网壁厚不应小于 2mm，氧化空气应降温后进入浆池。

**6.1.6** 吸收塔浆池运行 Cl<sup>-</sup> 浓度不应高于 20000ppm，接触吸收塔浆液的部件材料防腐能力应按 Cl<sup>-</sup> 浓度不小于 40000ppm 进行设计。

**6.1.7** 脱硫废水排放量应以吸收塔浆池浆液中 Cl<sup>-</sup>、F<sup>-</sup>、Mg<sup>2+</sup> 等离子及惰性物质的控制浓度确定。

**6.1.8** 吸收塔外应设置供检修维护的平台和扶梯，平台设计荷载不应小于 4kN/m<sup>2</sup>，平台宽度不宜小于 1.2m，塔内不应设置固定

式的检修平台。

**6.1.9** 吸收塔喷淋层应考虑检修维护措施,检修时可在喷淋管上部铺设临时平台,喷淋管的强度设计应附加不小于  $0.5\text{kN/m}^2$  的检修荷载。

**6.1.10** 石膏排出泵型式、台数和容量的选择应符合下列规定:

- 1 石膏排出泵应选用离心泵,可采用定速泵或变速泵;
- 2 每座吸收塔应设置 2 台石膏浆液排出泵,其中 1 台备用;
- 3 泵流量应同时满足吸收塔设计工况下石膏排放量、泵出口回流管路最低流速和吸收塔浆池排空时间的要求,裕量不宜低于 5%;
- 4 泵扬程应满足吸收塔浆池最低液位下将石膏浆液排至石膏浆液旋流器或石膏脱水系统、或事故浆液箱的全程压降,取其中最大值,裕量不宜低于 10%。

## 6.2 浆液循环喷淋系统

**6.2.1** 喷淋塔喷淋系统应采用单元制,喷淋层不应少于 3 层;液柱塔喷淋系统也可采用母管制。

**6.2.2** 吸收塔浆液循环泵形式、台数和容量的选择应符合下列规定:

- 1 浆液循环泵宜选用离心式;
- 2 喷淋塔浆液循环泵台数宜与喷淋层数相同,每台浆液循环泵应对应一层喷嘴;液柱塔浆液循环泵可按母管制设置;浆液循环泵可不设备用;
- 3 浆液循环泵的数量应能适应锅炉部分负荷运行工况,在吸收塔低负荷运行条件下应有良好的经济性;
- 4 泵流量应根据吸收塔设计工况下循环浆液流量确定,不宜另加裕量;
- 5 泵扬程应按吸收塔浆池正常运行液位范围至喷淋层喷嘴出口的全程压降确定,另加 5%~10% 裕量。



**6.2.3** 浆液循环泵入口管道及液柱塔浆液循环泵出口支管上应设置全开全关的自动蝶阀。

**6.2.4** 喷淋塔浆液循环泵出口管道宜设置检修隔离措施。

### **6.3 氧化空气系统**

**6.3.1** 每座吸收塔宜设置 1 套氧化空气供应系统,也可 2 座吸收塔设置 1 套公用的氧化空气供应系统。

**6.3.2** 每座吸收塔设置 1 套氧化空气供应系统时,宜设置 2 台 100%容量或 3 台 50%容量的氧化风机,其中 1 台备用;2 座吸收塔设置 1 套公用的氧化空气供应系统时,宜设置 3 台 100%容量的氧化风机,其中 2 台运行、1 台备用。

**6.3.3** 氧化风机型式和容量的选择应符合下列规定:

1 氧化风机宜选用罗茨式,也可选用离心式,具体型式通过技术经济比较确定;

2 氧化风机流量应根据吸收塔物料平衡计算结果确定,不宜另加裕量;

3 罗茨式风机的选型点压头应按吸收塔浆池最高运行液位、浆池最大运行浆液密度确定,另加 5%~10%裕量;

4 离心式风机的设计点压头应按吸收塔浆池正常运行液位确定,选型点压头还应满足吸收塔浆池运行液位允许波动范围的要求,不另加裕量。

**6.3.4** 氧化风机吸风口应设置过滤装置和消声装置,排气口及对空排放口应设置消声装置。吸风口设在室外时,应采取防雨、防异物措施。氧化风机出口管道上的切换阀门宜选用蝶阀。

**6.3.5** 罗茨式氧化风机应设置隔音罩。

**6.3.6** 围绕吸收塔水平布置的氧化空气母管应高出吸收塔浆池最高运行液位 1.5m 以上。

### **6.4 除雾器**

**6.4.1** 除雾器选型设计应符合现行行业标准《湿法烟气脱硫装置

专用设备 除雾器》JB/T 10989 的有关规定。

**6.4.2** 除雾器宜设置在吸收塔内,可采用屋脊式或平板式,不应少于两级。除雾器支撑梁可作为检修维护通道。除雾器也可设置在吸收塔出口水平烟道内,宜采用平板式,不应少于两级。

**6.4.3** 除雾器设置在吸收塔内时,可在两级除雾器上游再设置一级管式除雾器。

## **6.5 浆池搅拌系统**

**6.5.1** 喷淋吸收塔可采用机械搅拌系统或脉冲悬浮扰动系统,液柱塔宜采用机械搅拌系统。

**6.5.2** 每座吸收塔宜设置 1 套浆池脉冲悬浮扰动系统。

**6.5.3** 扰动泵型式和容量的选择应符合下列规定:

1 扰动泵可选用离心式,每座吸收塔设置 2 台,其中 1 台备用;

2 泵流量应根据吸收塔浆池直径及浆液最大密度、喷嘴型式及数量等确定,不另加裕量;

3 泵扬程应满足吸收塔浆液最低运行液位至扰动喷嘴出口的全程压降要求,另加 5%~10%裕量。

## 7 副产物处置系统

### 7.1 一般规定

7.1.1 副产物处置系统设计应为脱硫石膏的综合利用创造条件,并应符合下列要求:

1 石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统宜设置石膏脱水系统;暂无综合利用条件时,经脱水后的石膏可输送至干式贮灰场;在贮灰场内应采取分隔措施,石膏应与灰渣分别堆放;

2 喷淋塔宜采用石膏浆液旋流器浓缩和真空脱水的两级处置方式制备脱硫石膏,真空脱水设备宜选用真空皮带脱水机,也可选用其他型式的脱水设备,但应通过技术经济比选后确定;

3 液柱塔可采用一级真空脱水系统制备脱硫石膏;

4 喷淋塔的脱硫废水宜从废水旋流器溢流液排出,液柱塔的脱硫废水可从滤液排出。

7.1.2 脱硫石膏品质应符合现行行业标准《烟气脱硫石膏》JC/T 2074的有关规定。

7.1.3 采用石膏浆液抛弃处置方式时,可不设置废水旋流系统,排出的石膏浆液经旋流器浓缩分离后抛弃。

7.1.4 石膏产量应根据物料平衡计算,进行前期设计工作时石膏产量可按下式估算:

$$G_{\text{石膏}} = \left[ M_{\text{SO}_2} \times \eta_{\text{SO}_2} \times \frac{172}{64} + M_{\text{SO}_2} \times \eta_{\text{SO}_2} \times \frac{100}{64} \times \left( \frac{\text{Ca}}{\text{S}} - 1 \right) + M_{\text{SO}_2} \times \eta_{\text{SO}_2} \times \frac{100}{64} \times \left( \frac{\text{Ca}}{\text{S}} \right) \times \left( \frac{1 - K_{\text{CaCO}_3}}{K_{\text{CaCO}_3}} \right) + M_{\text{粉尘}} \times \eta_{\text{粉尘}} \right] / 0.9 \quad (7.1.4)$$

式中: $G_{\text{石膏}}$ ——脱硫石膏产量(t/h);



$M_{\text{SO}_2}$ ——脱硫前烟气中的二氧化硫含量(t/h);

$\eta_{\text{SO}_2}$ ——脱硫效率(%);

$K_{\text{CaCO}_3}$ ——石灰石中  $\text{CaCO}_3$  纯度(%);

$\frac{\text{Ca}}{\text{S}}$ ——钙硫摩尔比,宜为 1.02~1.03;

$M_{\text{粉尘}}$ ——脱硫前烟气中的粉尘含量(t/h);

$\eta_{\text{粉尘}}$ ——吸收塔的除尘效率(%).

## 7.2 旋流系统

7.2.1 每座吸收塔宜设置 1 座石膏浆液旋流器。

7.2.2 石膏浆液旋流器容量应满足吸收塔设计工况下的排浆量,备用旋流子不应少于 1 个,且备用旋流子总容量不应小于设计容量的 20%。

7.2.3 每座吸收塔可设置 1 座废水旋流器,也可多座吸收塔设置 1 座公用的废水旋流器。废水旋流器容量应按最大脱硫废水排放量选取,备用旋流子不应少于 1 个,且备用旋流子总容量不应小于旋流器设计容量的 20%。

7.2.4 每座吸收塔宜设置 1 个溢流箱,有效容积应按可容纳 0.5h~1h 内收集的总浆液量设计。当滤液作为脱硫废水排放时,应单独设置滤液水箱/池。

7.2.5 石膏浆液旋流器入口管路上宜设置滤网,每个旋流子入口应配隔离阀。

## 7.3 真空皮带脱水系统

7.3.1 真空皮带脱水系统主要设备配置应符合下列规定:

1 真空皮带脱水系统与机组数量的匹配及主要设备的配置应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660 的规定;

2 对于 1 台机组设置 1 套真空皮带脱水系统,当不设置脱硫

旁路烟道时,系统宜设置 2 台脱水机,设备总出力不宜小于锅炉燃用设计煤种、在 BMCR 工况下石膏产量的 200%,且不应小于锅炉燃用脱硫最不利煤种、在 BMCR 工况下石膏产量的 100%;当设置脱硫旁路烟道时,系统宜设置 1 台真空皮带脱水机,设备出力不宜小于锅炉燃用设计煤种、在 BMCR 工况下石膏产量的 150%,且不应小于锅炉燃用脱硫最不利煤种、在 BMCR 工况下石膏产量的 100%;

**3** 当 2 台~4 台机组设置 1 套公用的真空皮带脱水系统时,真空皮带脱水机台数不应少于 2 台。

当设置 2 台真空皮带脱水机时,设备总出力不宜小于锅炉燃用设计煤种、在 BMCR 工况下石膏产量的 150%~200%,且不应小于锅炉燃用脱硫最不利煤种、在 BMCR 工况下石膏产量的 100%。当不设置脱硫旁路烟道时,出力裕量宜取上限。

当设置 3 台及以上真空皮带脱水机时,应设置不少于 1 台的备用设备,运行设备总出力不应小于锅炉燃用设计煤种、在 BMCR 工况下石膏产量的 100%,且设备总出力不宜小于锅炉燃用设计煤种、在 BMCR 工况下石膏产量的 130%~150%,且不应小于锅炉燃用脱硫最不利煤种、在 BMCR 工况下石膏产量的 100%。脱水机台数为 3 台时,出力裕量应取上限。

**7.3.2** 真空泵应与真空皮带脱水机单元制配置,宜采用水环式真空泵。

**7.3.3** 脱硫石膏综合利用时,真空皮带脱水机应设置滤饼冲洗水系统,滤饼冲洗水箱宜与真空皮带脱水机单元制配置。

**7.3.4** 每套真空皮带脱水系统宜单独设置滤液水箱/池,其有效容积宜按可容纳不小于 1h 内收集的总水量设计。

**7.3.5** 真空皮带脱水机应设置收水围堰,集中收集滤布冲洗水和脱水机滑道润滑水等,收水围堰的底板长边坡度不宜小于 2%、短边坡度不宜小于 5%。

## **7.4 厂内石膏堆放及运输**

**7.4.1** 石膏仓/库的容量应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660 的有关规定。

**7.4.2** 石膏仓应设置自动卸料装置,并应设计防腐和防堵措施。

**7.4.3** 石膏库宜采用单点落料及铲车装车的外运方式,场地条件受限时也可采用多点落料及铲车装车的外运方式。石膏装车过程应采取防洒落措施。

**7.4.4** 脱硫石膏宜采用封闭式汽车运输。

## 8 脱硫工艺水系统

**8.0.1** 脱硫工艺水可采用机组循环水,其水质应符合下列规定:

1 通过冲洗除雾器进入吸收塔的工艺水水质应符合表 8.0.1-1 规定。

**表 8.0.1-1 通过冲洗除雾器进入吸收塔的工艺水水质要求**

序 号	项 目	含 量
1	pH	7~8
2	Ca <sup>2+</sup>	不宜超过 200mg/l
3	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	不宜超过 400mg/l
4	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	不宜超过 10mg/l
5	总悬浮固形物	不宜超过 1000mg/l

2 直接进入脱硫系统的工艺水水质应符合表 8.0.1-2 规定。

**表 8.0.1-2 直接进入脱硫系统的工艺水水质要求**

序 号	项 目	含 量
1	pH	6.5~9.0
2	总硬度(以 CaCO <sub>3</sub> 计)	不宜超过 450mg/l
3	Cl <sup>-</sup>	不得超过 600mg/l,不宜超过 300mg/l
4	COD	不宜超过 30mg/l
5	氨氮(以 N 计)	不宜超过 10mg/l
6	总磷(以 P 计)	不宜超过 5mg/l
7	阴离子表面活性剂	不宜超过 0.5mg/l
8	油类	宜为 0.00mg/l

**8.0.2** 脱硫设备冷却水、密封水和石膏冲洗水宜采用机组工业

水,其水质应符合现行行业标准《火力发电厂水工设计规范》DL/T 5339的有关规定。

**8.0.3** 2台及以上机组宜公用工艺水箱,工艺水箱的有效容量宜为锅炉燃用脱硫最不利煤种、在BMCR工况下脱硫系统工艺水总耗量的0.5h~1h。

**8.0.4** 除雾器冲洗水泵与工艺水泵宜单独设置,也可合并设置。

**8.0.5** 单独设置除雾器冲洗水泵时,除雾器冲洗水泵型式、台数和容量选择应符合下列规定:

- 1 除雾器冲洗水泵宜选用离心式;
- 2 每座吸收塔宜设置1台除雾器冲洗水泵,2座及以上吸收塔应设置1台公用备用泵;
- 3 泵流量应满足单座吸收塔除雾器瞬间最大用水量的要求,裕量不宜小于10%;
- 4 泵扬程应按工艺水箱最低运行液位至除雾器冲洗喷嘴出口的全程压降设计,裕量不宜小于15%。

**8.0.6** 单独设置工艺水泵时,工艺水泵型式、台数和容量的选择应符合下列规定:

- 1 工艺水泵宜选用离心式;
- 2 宜2座吸收塔设置2台工艺水泵,其中1台备用;
- 3 泵流量应满足除了除雾器冲洗水以外的各脱硫设备正常用水点、泵及管道短时冲洗的总用水量,裕量不宜小于10%;
- 4 泵扬程应按工艺水箱最低运行液位至用水压力要求最高的用水点的全程压降设计,裕量不宜小于15%。

**8.0.7** 除雾器冲洗水泵和工艺水泵合并设置时,合并后的工艺水泵型式、台数和容量选择应符合下列规定:

- 1 工艺水泵宜选用离心式;
- 2 泵电机宜配变频调速装置;
- 3 每座吸收塔宜设置1台泵,系统设置1台备用泵;
- 4 泵流量应同时满足除雾器冲洗水瞬间最大流量及各脱硫

设备正常用水点、泵及管道短时冲洗的要求,裕量不宜小于 10%;

**5** 泵扬程应按工艺水箱最低运行液位至用水压力要求最高的用水点的全程压降设计,裕量不宜小于 15%。

**8.0.8** 除雾器冲洗水母管宜设置恒压阀,恒压阀宜靠近除雾器布置。

## 9 浆液排放与回收系统

**9.0.1** 脱硫系统应设置事故浆液箱,其数量及容量应符合下列规定:

1 2座吸收塔宜设置1座事故浆液箱,事故浆液箱容量不宜小于1座吸收塔浆池最高运行液位时的容积;

2 石膏浆液抛弃处置时,事故浆液箱容量可按不小于 $500\text{m}^3$ 设计。

**9.0.2** 每座事故浆液箱应设置1台事故浆液返回泵,可不设备用泵。事故浆液返回泵容量宜满足 $8\text{h}\sim 10\text{h}$ 内将事故浆液箱内全部浆液送回吸收塔。

**9.0.3** 事故浆液箱应设置搅拌装置。

**9.0.4** 每座吸收塔应设置1个排水坑,排水坑内的浆液应能送至事故浆液箱和吸收塔。

**9.0.5** 吸收剂制备区域应设置排水坑,排水坑内的浆液应能送至吸收塔和石灰石浆液箱。

**9.0.6** 石膏脱水区域应设置排水坑,排水坑内的浆液应能送至吸收塔和溢流浆液箱。

**9.0.7** 排水坑泵型式、台数和容量的选择应符合下列规定:

1 排水坑泵可选用离心泵或液下泵,选用离心泵时应设置自启动系统;

2 每个排水坑宜设置2台排水坑泵,其中1台备用;

3 吸收塔区域排水坑泵流量宜满足单台浆液循环泵停运排空时的排放要求,裕量不宜小于 $10\%$ ;

4 吸收剂制备区域和石膏脱水区域排水坑泵流量不宜小于 $50\text{m}^3/\text{h}$ ;



**5** 泵扬程应按排水坑最低运行液位至最远输送点的全程降压设计,裕量不宜小于 20%。

**9.0.8** 排水沟至排水坑的入口处应设置滤网。

**9.0.9** 排水坑应设置搅拌器及集水井。



## 10 浆液管道及其管件、阀门

**10.0.1** 浆液管道应根据工艺系统、介质特性和布置条件进行设计,应选材正确、布置合理、安装维修方便、整齐美观。

**10.0.2** 吸收塔外浆液管道宜选用碳钢衬胶管道,也可选用 FRP 管道或碳钢衬陶瓷管道;吸收塔浆池内管道宜选用合金钢材料。

**10.0.3** 浆液管道介质流速宜控制在  $1.2\text{m/s}\sim 3\text{m/s}$ 。

**10.0.4** 除综合管架上的非自流浆液管道外,其余浆液管道应设计坡度。

**10.0.5** 浆液泵、浆液管道应设计停运排空冲洗系统;浆液泵入口应设置排空管道及切换阀门。浆液泵及不方便操作的浆液管道的排空阀门和冲洗阀门宜采用自动方式。

**10.0.6** 浆液管道布置应满足停运排空的要求,自流浆液管道布置还应根据浆液含固量采取适当坡度。浆液管道不宜采用袋形布置,否则应增设排空点。

**10.0.7** 浆液 pH 计设置在石膏排出管道上时,宜垂直布置,其布置方式和测量管径应满足 pH 计测量要求,并应设置自动冲洗水管路系统。

**10.0.8** 密度计设置在石膏排出管道上时,布置方式和测量管径应满足密度计测量要求,并宜设置自动冲洗水管路系统。

**10.0.9** 吸收塔浆液循环泵入口应设计阻拦大块固体物进入的措施,宜在塔内泵吸入口装设固定式金属滤网,滤网通流面积不宜小于泵入口管道通流面积的 3 倍,也可在塔外泵吸入管路上装设活动式不锈钢金属滤网。

**10.0.10** 浆液泵进出口应设置膨胀节,宜采用橡胶膨胀节。

**10.0.11** 吸收塔浆液循环泵入口大小头宜采用下偏心式。

**10.0.12** 严寒地区露天布置且在停运时不能排空或处于热备用状态的浆液、水管道应采取伴热措施。

**10.0.13** 浆液管道和与浆液接触的冲洗水管道宜选用衬胶蝶阀，阀门的通流直径宜与管道相同，且宜布置在水平管道，阀杆宜水平安装。

**10.0.14** 除雾器冲洗水支管上的关断阀宜选用衬胶蝶阀。

## 11 布置设计

**11.0.1** 二氧化硫吸收系统及烟气系统的主要设备及设施的布置应符合下列规定：

- 1 吸收塔宜靠近烟囱布置；
- 2 浆液循环泵应紧邻吸收塔布置；
- 3 氧化风机宜紧邻吸收塔布置，且宜室内布置；
- 4 增压风机宜布置在机组引风机与吸收塔之间；
- 5 烟气换热器宜紧邻吸收塔和烟囱布置；
- 6 吸收塔排水坑应靠近吸收塔布置；
- 7 在严寒地区，吸收塔及排水坑应采取防冻措施或室内布置；增压风机、浆液循环泵、氧化风机等设备应室内布置并采取防冻措施。

**11.0.2** 湿式球磨机制浆系统主要设备及设施的布置应符合下列规定：

- 1 湿式球磨机制浆车间宜布置在吸收塔附近，主要设备宜集中在同一建筑物内多层布置，也可结合工艺流程和场地条件因地制宜布置；
- 2 石灰石堆场宜靠近吸收剂制备车间布置；
- 3 石灰石块破碎设备宜布置在地下室内；
- 4 石灰石卸料设施与湿式球磨机制浆车间宜分隔布置；
- 5 石灰石浆液箱宜紧邻湿式球磨机布置；
- 6 石灰石浆液旋流器宜高位布置，布置高度应满足溢流液自流至相应的石灰石浆液箱及底流液自流至湿式球磨机回流口；
- 7 排水坑宜靠近湿式球磨机及石灰石浆液箱布置。

**11.0.3** 干磨制粉系统主要设备及设施的布置应符合下列要求：

- 1 干磨制粉车间宜独立布置；
  - 2 干磨机及成品粉收集设备应室内布置，干磨机宜布置在地面，其油站可半地下或地面布置；
  - 3 石灰石粉收集系统布袋除尘器宜高位布置，并应结合成品粉输送方式综合考虑布置位置；
  - 4 送风机宜单独室内布置。
- 11.0.4** 石灰石粉制浆系统的石灰石粉仓宜布置在吸收塔附近，石灰石浆液箱宜布置在石灰石粉仓下方。
- 11.0.5** 石膏脱水系统主要设备及设施的布置应符合下列规定：
- 1 石膏脱水车间宜布置在吸收塔附近，主要设备宜集中在同一建筑物内多层布置，也可结合工艺流程和场地条件因地制宜布置；
  - 2 石膏脱水机宜高位布置，并应结合石膏储存设施综合考虑布置位置；
  - 3 采用石膏仓储存石膏时，石膏脱水系统设备宜与脱硫废水处理系统设备集中布置。
- 11.0.6** 在严寒地区，吸收剂制备系统及石膏脱水系统中的浆液泵、水泵、浆液箱、水箱、石膏仓和排水坑等设备设施应室内布置并采取防冻措施。
- 11.0.7** 事故浆液箱的布置位置宜满足多套脱硫装置共用的需要。
- 11.0.8** 脱硫烟道、管道的布置及安装设计应符合下列规定：
- 1 吸收塔入口烟道的水平投影长度不应小于 5m；
  - 2 喷淋吸收塔烟道进入方式宜向下倾斜布置，倾斜面与水平面夹角不宜大于 15°；
  - 3 脱硫烟道的布置应避免运行时形成积水，有积水可能的烟道应设计排水收集系统。
- 11.0.9** 工艺设备检修起吊设施应符合现行国家标准《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660 的有关规定，并应符合下列要求：

- 1 吸收塔、箱、罐、仓应设置检修人孔；
- 2 吸收塔应设置检修起吊设施；
- 3 干磨制粉车间宜设置综合检修起吊设施。

## 12 防腐设计要求

**12.0.1** 防腐设计应满足脱硫装置可靠性、使用寿命和经济性等要求,根据工作环境和介质特性选择防腐材料。

**12.0.2** 吸收塔及其内部件的防腐设计材料选用应符合下列规定:

1 吸收塔入口烟道宜采用碳钢贴衬 C276 合金钢,合金钢厚度不宜小于 2mm;贴衬烟道长度距吸收塔壁最短距离不宜小于 2m。当采用其他防腐材料时,应有不少于 5 年的可靠运行业绩;

2 吸收塔内壁及内部支撑梁可衬橡胶或鳞片树脂防腐,吸收塔底板及底板以上 2m 高度的内壁、喷淋区域等严重磨蚀区域应设计提高耐磨性能的措施;

3 喷淋层宜采用 FRP 材料;喷淋层喷嘴宜选用成分等同于 DIN 9.4460 的碳化硅材料。喷嘴与喷淋层支管采用法兰及螺栓方式连接时,连接件应采用高镍合金材料;

4 吸收塔内浆液泵入口滤网宜选用 DIN 1.4539 合金材料,或耐磨耐腐蚀合金材料;

5 除雾器组件及其塔内冲洗管路等附件、喷嘴宜选用加强 PP 材料;

6 吸收塔内氧化空气喷枪或管网系统及其固定支撑件宜选用 DIN 1.4529 合金材料;

7 吸收塔内搅拌器的轴及叶轮宜采用 DIN 1.4529 合金材料或耐磨耐腐蚀性能等同的其他合金材料;

8 吸收塔内氧化空气管道宜采用 DIN 1.4529 合金材料或耐磨耐腐蚀性能等同的其他合金材料;

9 合金材料允许腐蚀量不应超过 0.1mm/年。



**12.0.3** 脱硫系统工艺设备及部件的防腐材料选取应符合下列规定：

1 净烟气挡板门和旁路挡板门叶片及轴宜选用 DIN 1.4529 合金材料或碳钢贴衬不小于 2mm 厚的 DIN 1.4529 合金材料，其挡板门的密封片和连接件宜选用 C276 合金钢，密封片厚度不宜小于 0.25mm；

2 回转式烟气换热器的换热元件宜选用耐腐蚀的碳钢冷镀搪瓷材质，搪瓷层厚度不宜小于 0.13mm；

3 管式换热器的换热管应根据换热管最低壁温、烟气酸露点温度等确定适宜的耐腐蚀材料；

4 烟道非金属补偿器的蒙皮宜选用氟橡胶、聚四氟乙烯、玻璃纤维布等复合组成的材料；

5 浆液泵的泵壳可选用耐磨耐腐蚀的合金钢、碳钢衬胶，叶轮可采用耐磨耐腐蚀的合金钢、冷铸陶瓷；

6 旋流器的旋流子可选用聚氨酯材料；

7 事故浆液箱搅拌器的轴及叶轮可采用 DIN 1.4529 合金钢、双相合金钢或碳钢衬胶，其他浆液箱/罐及排水坑搅拌器可采用双相合金钢或碳钢衬胶；

8 浆液箱/罐可采用碳钢衬鳞片树脂或衬橡胶；

9 烟道内的冲洗及喷淋管道、喷嘴应采用耐酸腐蚀的合金钢或双相不锈钢材料。

**12.0.4** 防腐原烟道、净烟道可采用钢衬鳞片树脂或钢衬橡胶，防腐材料应满足烟道运行温度的要求。

**12.0.5** 浆液管道可选用碳钢衬胶管道、FRP 管道。

**12.0.6** 脱硫吸收塔、吸收剂制备及石膏脱水系统排水坑及沟道可采用玻璃鳞片树脂或 FRP 涂层。

**12.0.7** 钢制石膏仓内表面可涂刷酚醛树脂涂料。

**12.0.8** 防腐材料的保证使用寿命应符合下列规定：

1 由高镍合金制造或高镍合金包裹和衬里的部件，保证使用



寿命不应少于 42000h;由合金钢、不锈钢制造或合金钢、不锈钢包裹和衬里的部件,保证使用寿命不应少于 30000h;

**2** 钢衬橡胶件或钢衬鳞片树脂件保证使用寿命不应少于 30000h;

**3** FRP、PVC、PP 材料保证使用寿命不应少于 30000h;

**4** 碳化硅部件保证使用寿命不应少于 60000h;

**5** 非金属膨胀节保证使用寿命不应少于 30000h。

**12.0.9** 采用冷却塔排烟时,净烟道宜采用 FRP 材料。

## 13 对相关专业的设计要求

**13.0.1** 对于取消脱硫旁路烟道的改造工程,脱硫供电系统设计应满足脱硫系统与机组同时启动的要求。

**13.0.2** 石膏库照明设备应布置在库顶处。

**13.0.3** 脱硫工艺系统控制及联锁要求应符合下列规定:

1 吸收塔浆池、浆液箱及坑、水箱应设置液位自动控制系统;

2 除雾器冲洗水压力应控制为恒定;

3 对于不设置脱硫旁路烟道,吸收塔所有浆液循环泵跳闸或入口烟气温度超温时,锅炉应 MFT;

4 对于设置脱硫旁路烟道,吸收塔所有浆液循环泵跳闸或入口烟气温度高或锅炉引风机或脱硫增压风机跳闸时,脱硫旁路挡板门应快开。脱硫危急工况旁路挡板门不能快开时,锅炉应 MFT。

**13.0.4** 机组循环水系统设计添加阻止结垢的药品类型及用量应满足脱硫石膏结晶及脱水的要求。

**13.0.5** 石灰石堆场应设置避雨的顶棚,围墙高度宜满足物料堆放 5m~6m,出入口宽度不宜小于 6m,堆场内柱距不宜小于 9m。

**13.0.6** 石膏库的围墙设计应考虑物料堆积产生的水平荷载,库内不宜设置建筑物支撑柱,如必须设置时,柱距不宜小于 9m。

**13.0.7** 石膏浆液脱水设施与石膏仓综合布置的建(构)筑物可设置 1 台 1t~2t 的客货两用电梯。

**13.0.8** 当采用烟气—烟气换热器时,烟囱设计应考虑机组低负荷工况时脱硫后烟气结露对烟囱的腐蚀。

**13.0.9** 已建机组加装脱硫装置时,应对现有烟囱进行分析鉴定,确定是否需要改造或加强运行监测。

**13.0.10** 烟囱设计应考虑饱和湿烟气冷凝液的收集及排放以及防止饱和湿烟气二次携带冷凝液的措施。

## 本标准用词说明

**1** 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

**2** 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660
- 《烟气湿法脱硫用石灰石粉反应速率的测定》DL/T 943
- 《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规定》DL/T 5121
- 《火力发电厂水工设计规范》DL/T 5339
- 《烟气脱硫石膏》JC/T 2074
- 《湿法烟气脱硫装置专用设备 除雾器》JB/T 10989

中华人民共和国电力行业标准

火力发电厂石灰石—石膏湿法  
烟气脱硫系统设计规程

**DL/T 5196—2016**

代替 DL/T 5196—2004

条文说明

## 修 订 说 明

《火力发电厂石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统设计规程》DL/T 5196—2016,经国家能源局 2016 年 1 月 7 日以第 1 号公告批准发布。

本规程是在行业标准《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》DL/T 5196—2004 的基础上修订而成,上一版的主编单位是西南电力设计院,主要起草人有:李劲夫、罗永禄、张永全、周明清、彭勇、蒲皓、李承蓉、赵齐、叶丹琼、高元、孙卫民。

本次修订的主要原则:

1. 贯彻执行国家有关法律、法规和方针、政策,密切结合工程应用情况,充分考虑设计、施工、运行的使用需求,合理利用资源,做到技术先进、经济合理、安全适用;

2. 采用成熟的先进技术,充分反映近年来脱硫工艺技术的设计经验及应用效果,完成了《燃用高硫煤机组石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统的设计及运行情况调研报告》、《石灰石—石膏湿法烟气脱硫装置无旁路烟道的设计运行情况调研报告》、《石灰石及脱硫用水对石灰石—石膏湿法烟气脱硫装置影响的调研报告》、《石灰石—石膏湿法烟气脱硫装置的除尘效果及“石膏雨”情况调研报告》,体现了行业需求与应用水平;

3. 对于多种工艺系统方案,指明各种系统的适用条件,供设计单位结合具体工程情况进行选择;

4. 注重与国内相关标准的协调,本标准中涉及的一些内容,在国家现行或行业标准中已有明确规定的内容,仅指明应符合相关标准的有关规定,并写出标准的名称和编号,不再抄写其内容;

5. 搜集和吸收了国际标准的内容。



重要问题说明：

1. 我国环保政策日益严格，2011 年颁布的现行国家标准《火电厂大气污染物排放标准》GB 13223—2011，提高了火电厂烟气二氧化硫排放浓度限值；国家环保部 2010 年发布的《关于火电企业脱硫设施旁路烟道挡板实施铅封的通知》要求：“拆除已建脱硫设施的旁路烟道”和“所有新建燃煤机组不得设置脱硫旁路烟道”，新建机组均不能设置脱硫旁路烟道。但鉴于一些国外项目合同要求设置脱硫旁路烟道，或允许执行我国相关设计标准，因此，本次标准修订仍保留了设置脱硫旁路烟道的相关设计要求。

2. 本标准“对相关专业的设计要求”章节中，仅列出了由于机组设置烟气脱硫系统而需特别注意的相关专业设计要求，各相关专业的的设计应执行相关国家和行业规范、标准及规程的要求。

尚需深入研究的有关问题：

为适应高硫煤、高脱硫效率下的烟气脱硫装置运行要求，国内脱硫公司开始着力于除常规喷淋塔以外的其他吸收塔技术引进和开发。这些烟气脱硫技术尚存在应用项目少、运行时间短的情况，其技术成熟程度、所能达到的稳定脱硫效率的极限值、技术的局限性、合理的技术经济平衡点等尚需长期实际运行效果检验，主要设计参数的选取及设计规定还有待于进一步优化或调整。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

## 目 次

1	总 则 .....	( 47 )
3	基本规定 .....	( 49 )
4	吸收剂制备及供应系统 .....	( 51 )
4.1	一般规定 .....	( 51 )
4.2	石灰石卸料系统 .....	( 51 )
4.3	石灰石贮存 .....	( 51 )
4.5	干磨制粉系统 .....	( 51 )
5	烟气系统 .....	( 52 )
6	二氧化硫吸收系统 .....	( 54 )
6.1	吸收塔 .....	( 54 )
6.2	浆液循环喷淋系统 .....	( 61 )
6.3	氧化空气系统 .....	( 62 )
6.4	除雾器 .....	( 62 )
7	副产物处置系统 .....	( 63 )
7.1	一般规定 .....	( 63 )
7.2	旋流系统 .....	( 64 )
7.3	真空皮带脱水系统 .....	( 64 )
7.4	厂内石膏堆放及运输 .....	( 65 )
8	脱硫工艺水系统 .....	( 66 )
9	浆液排放与回收系统 .....	( 67 )
10	浆液管道及其管件、阀门 .....	( 68 )
11	布置设计 .....	( 69 )
12	防腐设计要求 .....	( 70 )

# 1 总 则

**1.0.2** 本条系原行业标准《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》DL/T 5196—2004“1 范围”的修改条文。

本条文调整了本标准的适用范围,本标准仅针对火力发电厂石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统设计做出规定,取消了对其他相关专业的设计规定的内容,相关内容执行各专业的相关标准。

本标准适用于各种容量新建、改建和扩建燃煤发电厂的石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统设计,取消了原标准中对锅炉容量的限制。国内燃油发电厂项目少,配套的石灰石—石膏湿法烟气脱硫装置设计和建设经验积累少,尚不具备编制相关设计规定的条件,待燃油发电厂项目增多时,积累相关的设计和运行经验后,再考虑修订本标准有关条款的内容。燃气发电厂排烟中  $\text{SO}_2$  排放浓度水平通常低于现行国家标准《火电厂大气污染物排放标准》GB 13223 的限值要求,不需要设置烟气脱硫装置。

**1.0.3** 本条文强调在石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统设计中,除本标准外,相关的现行国家标准还有:《大中型火力发电厂设计规范》GB 50660、《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 及国家有关工程质量、安全、卫生、消防、环保等方面的强制性现行标准。

烟气脱硫系统及辅助附属设施设计相关的现行行业标准有《火力发电厂职业安全设计规程》DL 5053、《火力发电厂职业卫生设计规程》DL 5454 和《火力发电厂保温油漆设计规程》DL/T 5072 等。

烟气脱硫系统的管道设计相关的现行行业标准有《火力发电厂汽水管路设计技术规定》DL/T 5054、《火力发电厂油气管道设计规程》DL/T 5204。

烟气脱硫系统的烟道设计相关的现行行业标准有《火力发电厂烟风煤粉管道设计技术规程》DL/T 5121。

### 3 基本规定

**3.0.2** 本条系原行业标准《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》DL/T 5196—2004 第 3.0.3 条~第 3.0.5 条和第 6.1.2 条的修改条文。

本条文对石灰石—石膏湿法烟气脱硫系统的设计容量做了原则性规定。

**1** 脱硫装置烟气处理能力最不利工况是指脱硫装置需同时满足锅炉燃用设计煤种和校核煤种、在 BMCR 工况下的  $\text{SO}_2$  脱除要求,权衡各种组合工况下吸收塔入口烟气量、 $\text{SO}_2$  浓度和脱硫效率等主要输入条件后,对吸收塔及相关系统的设备容量选取等起决定作用的工况。

**2** 当吸收塔上游加装烟气余热回收装置且停运时,吸收塔入口烟气温度升高,造成吸收塔内蒸发水量增加,一方面,脱硫系统补水量随之增加;另一方面,净烟气量随之增加,吸收塔内烟气流速升高。当未考虑该工况时,易发生脱硫系统供水能力不足、吸收塔除雾器出口液滴浓度无法达标、吸收塔入口烟道防腐材料选择不当等问题。

**3.0.3** 石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺可分为抑制氧化和强制氧化两种技术,前者的氧化率不超过 15%,副产物没有综合利用价值,现已被强制氧化工艺所代替;后者的氧化率可以达到 95% 以上,副产物为硫酸钙含量不低于 90% 的脱硫石膏,具有综合利用价值。

强制氧化工艺技术是指向吸收塔浆池中喷入空气,将可溶性亚硫酸盐和亚硫酸氢盐几乎完全氧化成硫酸盐,最终以石膏的形式结晶析出。

**3.0.6** 本条系原行业标准《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》DL/T 5196—2004 第 3.0.7 条的修改条文。

本条文中公式补充了 CFB 锅炉燃煤含硫量燃烧后氧化成二氧化硫的份额。

**3.0.9** 本条系原行业标准《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》DL/T 5196—2004 第 3 章的新增条文。

表 3.0.9“石灰石分析资料及品质要求”序号 8 可磨指数,在国内实施的电厂中一般实际测定的数据范围是  $11\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t} \sim 14\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ 。

## 4 吸收剂制备及供应系统

### 4.1 一般规定

4.1.2 对于采用双回路石灰石—石膏湿法烟气脱硫技术,下回路循环浆液 pH 值较低(4.5~5.3),有利于石灰石的溶解,因此,进入吸收塔的石灰石粒径可放大至 200 目( $74\mu\text{m}$ ,90%通过)。

### 4.2 石灰石卸料系统

4.2.5 国内个别电厂采用了挡边皮带输送石灰石块,可一次性完成水平和垂直输送,但存在沿途物料洒落的现象。

### 4.3 石灰石贮存

4.3.2 在国内实施的大多数电厂中,采用锥形落料的石灰石块/粉仓,单座仓的有效容积一般没有超过  $700\text{m}^3$ 。

### 4.5 干磨制粉系统

4.5.1 本条系原行业标准《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》DL/T 5196—2004 第 5.0.5 条的修改条文。

国内燃煤发电厂设置干磨制备石灰石粉系统的项目较少,从了解到部分项目的干式立磨机运行效果来看,进口磨机价格较高,性能相对可靠稳定,出力能达到设计要求,国产磨机价格相对较低,运行效果受石灰石来料粒径和含水量等因素影响较大,出力不稳定,因此,国产设备出力裕量应取上限,磨机数量和容量配置选择应经过综合技术经济比较后确定。



## 5 烟 气 系 统

**5.0.1** 本条系原行业标准《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》DL/T 5196—2004 第 6.2.1 条的修改条文。

随着设备制作能力及质量的提高,目前国内绝大多数新建燃煤电厂按脱硫增压风机与锅炉引风机合并设置设计,系统简单、运行管理方便;同时,拆除脱硫旁路烟道的不少项目,出于节能和提高机组可靠性的考虑,也拆除了脱硫增压风机或设置机组启动及低负荷时脱硫增压风机旁路烟道。

**5.0.3** 本条系原行业标准《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》DL/T 5196—2004 第 6.2.3 条~第 6.2.5 条的修改条文。

本条文明确了排烟升温换热装置的设置依据;规定了对排烟升温装置型式选择的要求。

目前,国内电厂烟气脱硫装置多采用回转式换热器,普遍反映实际运行效果不佳,存在泄漏量高(实际泄漏量约 3%)和易堵塞结垢等问题。一方面,易堵塞结垢使得机组可靠性降低;另一方面,泄漏量高使得需提高吸收塔的脱硫效率以满足系统脱硫效率要求,对于脱硫装置脱硫效率要求高的项目,可能导致吸收塔的脱硫能力无法满足排放要求。因此,回转式换热器适用于脱硫装置脱硫效率要求不高或日常维护管理水平较高的机组或设置了脱硫旁路烟道的机组。

对于不适宜采用回转式换热器的项目,可考虑采用管式换热器。目前,国内仅有少数电厂(珞璜电厂、安顺电厂)设置管式换热器,降温段换热器均布置在吸收塔入口,腐蚀严重,甚至无法正常运行,可靠性差。在国外,管式换热器主要在日本应用,由于日本法令限制,需提高吸收塔排烟温度,管式换热器降温段设置在空预

器与电除尘器之间,与低温除尘器共同实施,在提高烟囱排烟温度的同时,提高除尘器效率、降低能耗,已应用于多台 1000MW 机组,技术成熟。管式换热器在日本已成功运行多年,国内若选用管式换热器,应着重研究换热管材和换热管壁温等方面的问题。

鉴于上述情况,本条文对回转式烟气换热器和管式烟气换热器做出了选型规定。

**5.0.4** 本条系原行业标准《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》DL/T 5196—2004 第 6.2.6 条的修改条文。

本条文取消了宜设置脱硫旁路烟道的要求,完善了设置脱硫旁路烟道时的脱硫装置进、出口及旁路挡板门的选型要求。

**5.0.6** 当吸收塔入口未设置烟气降温换热装置或其冷却介质可旁路运行时,吸收塔直接面对脱硫装置和机组发生事故时的高温烟气,需要设置事故高温烟气降温措施。电厂运行时可能发生吸收塔入口烟气超温的事故工况主要有两种:

(1)全部浆液循环泵跳闸,未经降温的热烟气直接进入吸收塔内,需要将吸收塔入口烟温降至塔内衬及内部件可承受的温度约 80℃;

(2)锅炉尾部空预器着火燃烧时,高温烟气未经降温直接进入吸收塔内,需要将吸收塔入口烟温降至 160℃ 以下,塔内喷淋浆液继续进行烟气降温。

**5.0.8** 脱硫防腐烟道采用鳞片树脂防腐时,要求烟道内壁光滑平整,使得鳞片树脂便于涂刷和不易破损。设置内撑杆时,内撑杆与烟道壁衬板之间以及内撑杆之间连接处的鳞片树脂易脱落,造成腐蚀,因此,不宜设置内撑杆,减少烟道腐蚀的机会。

## 6 二氧化硫吸收系统

### 6.1 吸收塔

**6.1.1** 本条系原行业标准《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》DL/T 5196—2004 第 6.1.1 条的修改条文。

石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺的吸收塔塔型主要有喷淋塔、液柱塔和鼓泡塔等,其中,鼓泡塔由于能耗高、脱硫负荷适应性差、检修维护困难等因素,在国内未能推广应用。

喷淋塔是目前应用最为广泛的塔型,喷淋塔组成示意图见图 1。

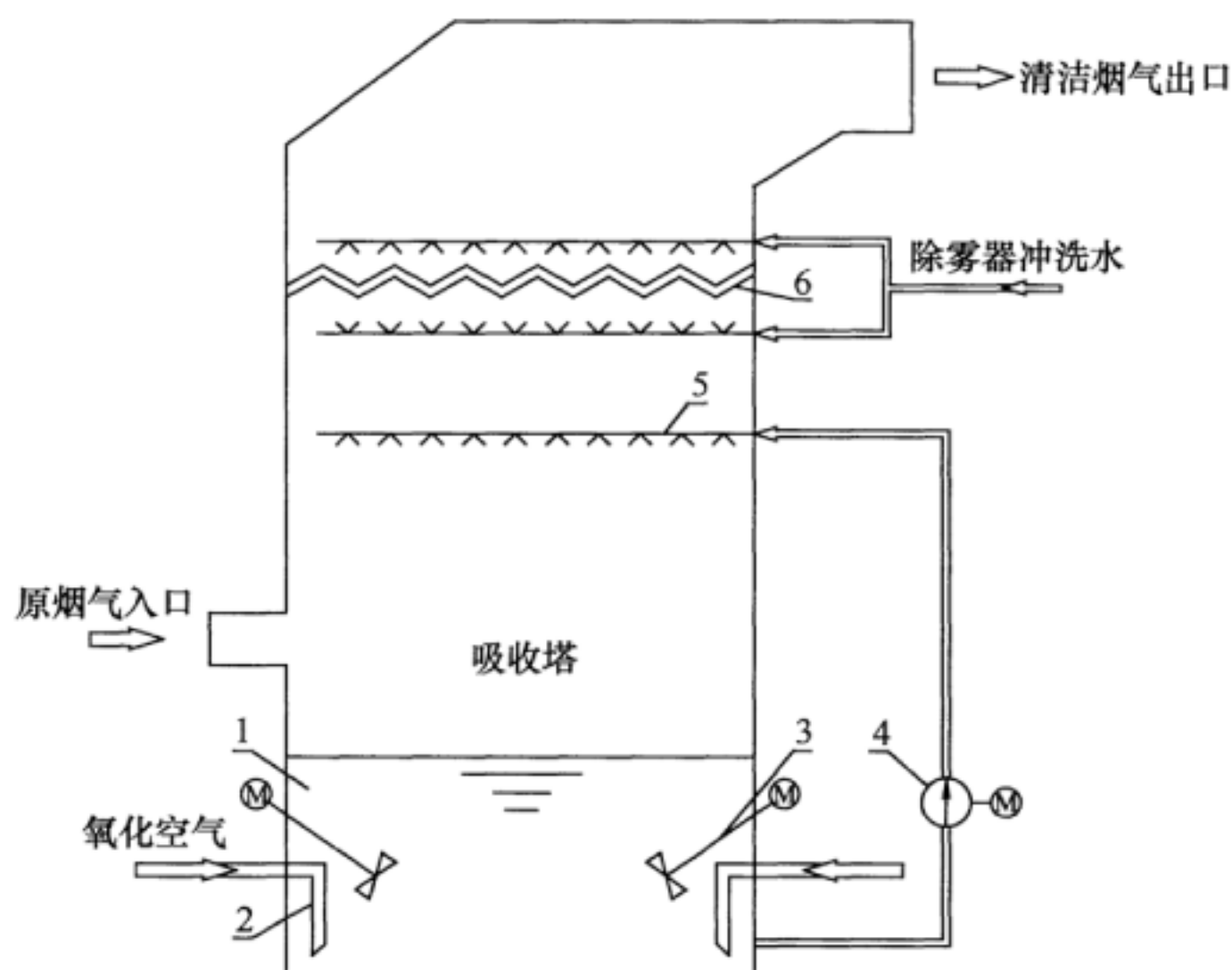


图 1 喷淋塔组成示意图

1—吸收塔浆池;2—氧化空气喷枪;3—搅拌器;4—浆液循环泵;

5—喷淋层;6—除雾器

喷淋塔具有下列特点：

①脱硫效率高，装置经济的脱硫效率为 95%，对于高硫煤项目，脱硫效率可达到 97%~97.5%的水平；

②单塔烟气处理量大，可处理 1000MW 等级机组的全部烟气量；

③吸收塔结构简单、烟气阻力小；内部件少，便于检修维护；

④设置单元制喷淋层，吸收塔可随脱硫负荷的变化调整喷淋层投运数量，运行经济性较好。

随着我国环保政策日益严格和发电企业环保意识的提高，常规喷淋塔难以在能耗和投资合理的前提下适应高脱硫效率的技术要求，为了应对这种情况，可进一步提升脱硫效率的其他吸收塔塔型得到采用，如双回路喷淋塔、配置旋汇耦合器的喷淋塔、液柱塔和多孔托盘喷淋塔等。

(1)双回路喷淋塔。

双回路技术喷淋塔流程示意图见图 2。

设置两级浆液循环回路，两级循环回路分别设有独立的循环浆池和喷淋层，根据不同的功能，每一回路具有不同的运行参数。烟气首先经过下回路循环浆液洗涤，此级脱硫效率一般在 30%~70%，循环浆液 pH 控制在 4.6~5.0，浆液停留时间约 5min，其主要功能是保证优异的亚硫酸钙氧化效果和石灰石颗粒的快速溶解。特别是对于高硫煤，可以降低氧化空气系数，从而降低氧化风机电耗，同时提高石膏品质。经过下回路循环浆液洗涤的烟气进入上回路循环浆液继续洗涤，此回路主要功能是保证高脱硫效率，由于不用侧重考虑石膏氧化结晶，pH 可以控制在较高水平，达到 5.8~6.4，保证循环浆液的 SO<sub>2</sub> 吸收能力。双回路技术喷淋塔具有下列特点：

①系统浆液性质分开后，可以满足不同工艺阶段对不同浆液性质的要求，更加精细地控制了工艺反应过程，适合用于高含硫量的机组或者对脱硫效率要求高的机组；

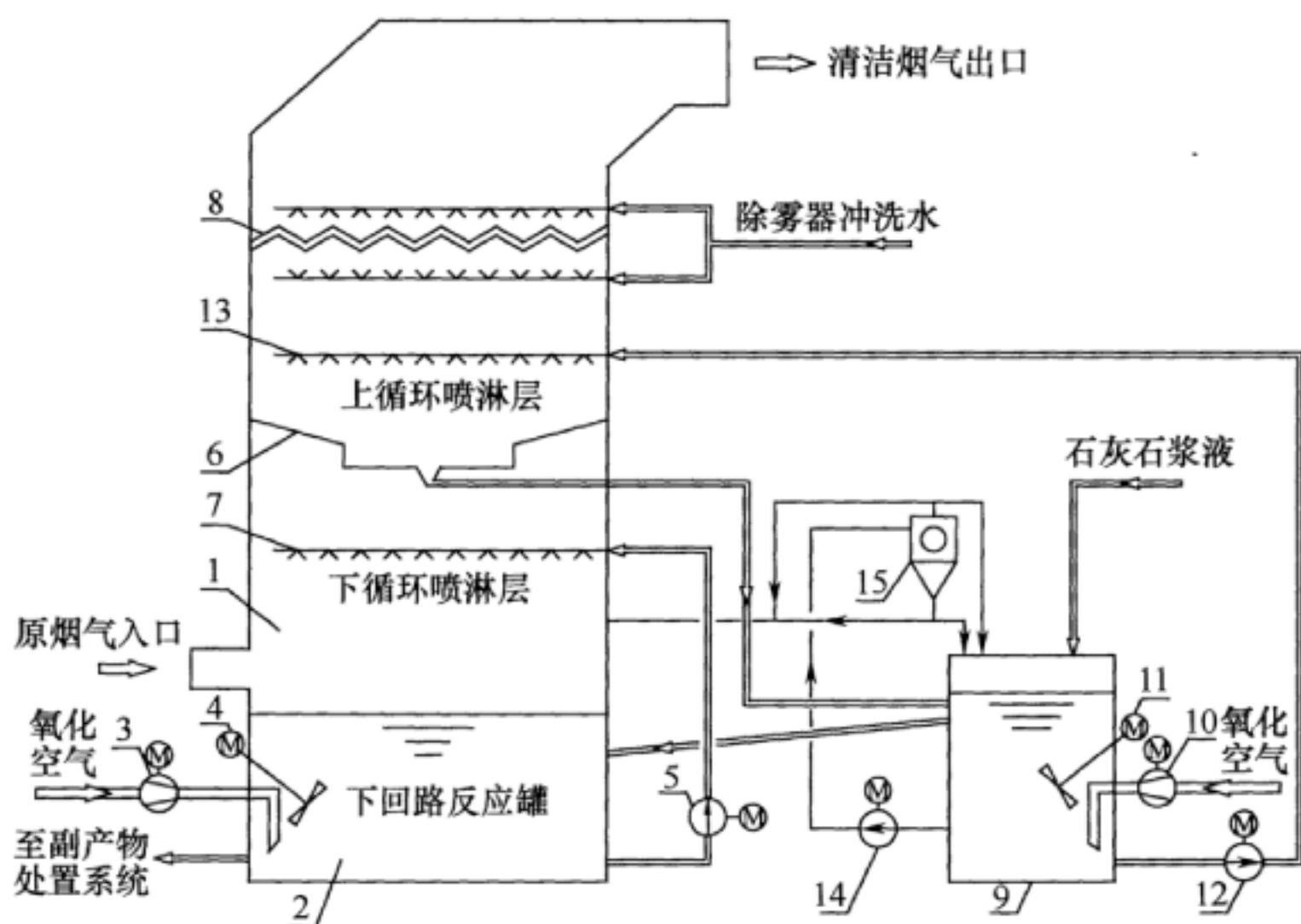


图 2 双回路技术喷淋塔流程示意图

1—吸收塔；2—下回路反应罐；3—吸收塔氧化风机；4—吸收塔搅拌器；  
5—下回路循环泵；6—集液斗；7—下循环喷淋层；8—除雾器；9—加料槽；  
10—加料槽氧化风机；11—加料槽搅拌器；12—上回路循环泵；13—上循环  
喷淋层；14—加料槽排浆泵；15—加料槽旋流器

②两个循环过程的控制是独立的，避免了参数之间的相互制约，可以使反应过程更加优化，以便快速适应煤种变化和负荷变化；

③高 pH 值的上循环在较低的液气比和电耗条件下，脱硫效率可达 98% 以上；

④低 pH 值的下循环可以保证吸收剂的完全溶解以及石膏品质，并提高氧化空气利用率，降低氧化风机电耗；

⑤石灰石在工艺中的流向为先进入上循环再进入下循环，两级工艺延长了石灰石的停留时间，在 pH 值较低的下循环浆液中完成颗粒的快速溶解，允许使用品质较差和粒径较大的石灰石颗



粒,利于降低吸收剂制备系统电耗。在 pH 值较高的上循环中,较低的液气比和电耗条件下,保证较高的脱硫效率。

## (2)配置旋汇耦合器的喷淋塔。

旋汇耦合器技术基于多相紊流掺混的强传质机理,利用气体动力学原理,通过特制的旋汇耦合装置产生气液旋转翻覆湍流空间,气液固三相充分接触,迅速完成传质过程,从而达到气体净化的目的,脱硫效率可达 98% 以上。该技术的关键部件是塔内的旋汇耦合器。配置旋汇耦合器的喷淋塔流程示意图见图 3。

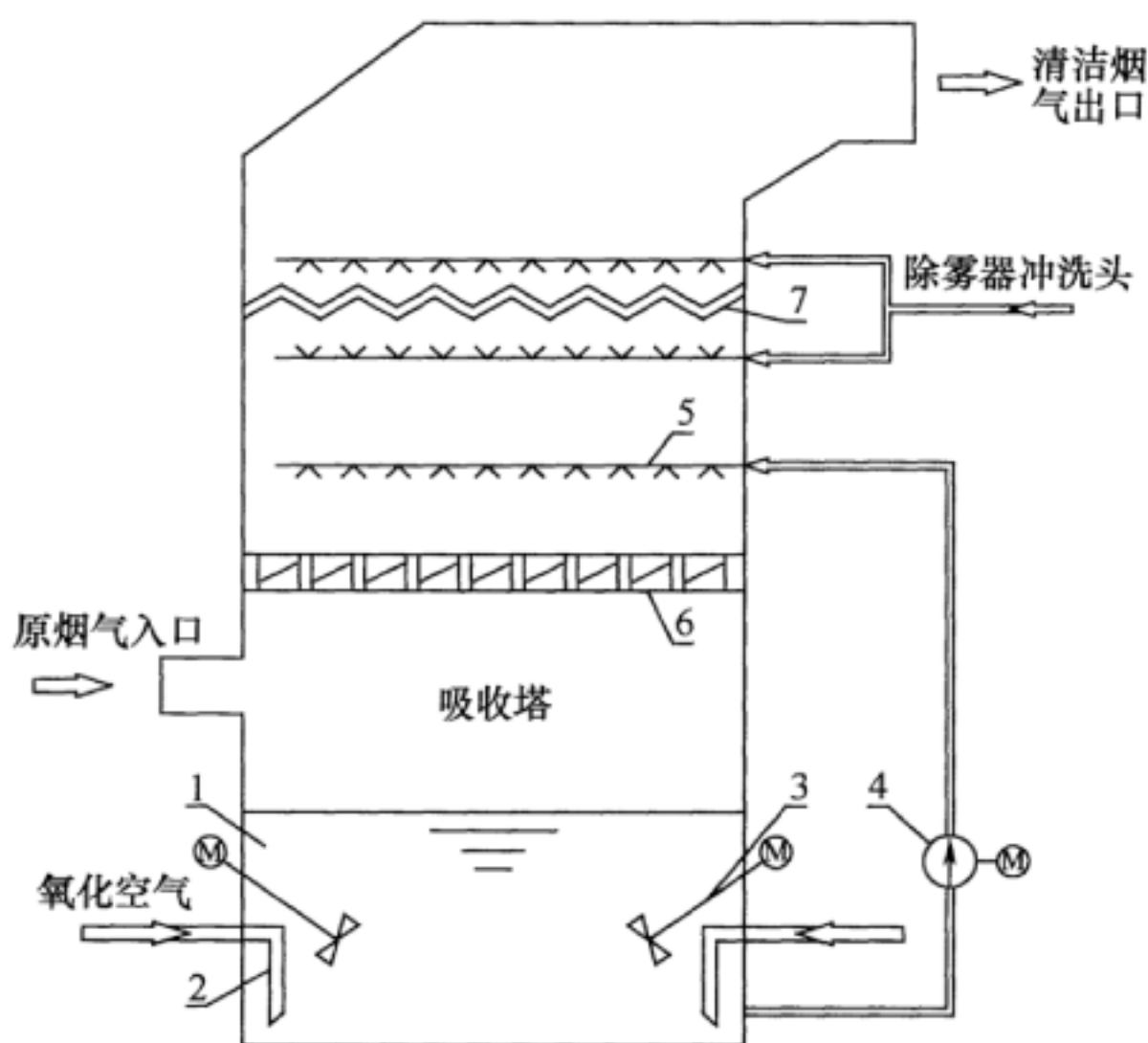


图 3 配置旋汇耦合器的喷淋塔流程示意图

1—吸收塔浆池；2—氧化空气喷枪；3—搅拌器；4—浆液循环泵；

5—喷淋层；6—旋汇耦合器；7—除雾器

配置旋汇耦合器的喷淋塔具有下列特点：

①均气效果好。吸收塔内气体分布不均匀,是造成脱硫效率低和运行成本高的重要原因,安装旋汇耦合器的脱硫塔,均气效果比一般空塔有较大提高,脱硫装置能在比较经济、稳定的状态下运

行。旋汇耦合器同时可以避免因烟气爬塔壁造成的短路现象。

②传质效率高、降温速度快。从旋汇耦合器端面进入的烟气，通过旋流和汇流的耦合，旋转、翻覆形成湍流很大的气液传质体系，烟气温度迅速下降，有利于塔内气液充分反应，各种运行参数趋于最佳状态。

③入口二氧化硫含量适应范围宽、能耗较低。与常规喷淋塔技术相比，同等条件下实现同一脱硫效率时，液气比更小，浆液循环泵电耗较低。

(3)液柱塔。

液柱塔的原理是吸收塔浆池浆液由循环泵送至塔内喷嘴系统，由喷嘴将浆液向上喷出，将原烟气卷入液柱，液柱上升过程中与原烟气充分接触，循环浆液与烟气发生吸收反应；液柱到达顶部后分散成细小的液滴下降，液滴在下降的过程与上升的液滴互相碰撞形成高密度液滴层，又与上升的烟气再次进行吸收反应。液柱塔吸收反应原理示意图见图 4。

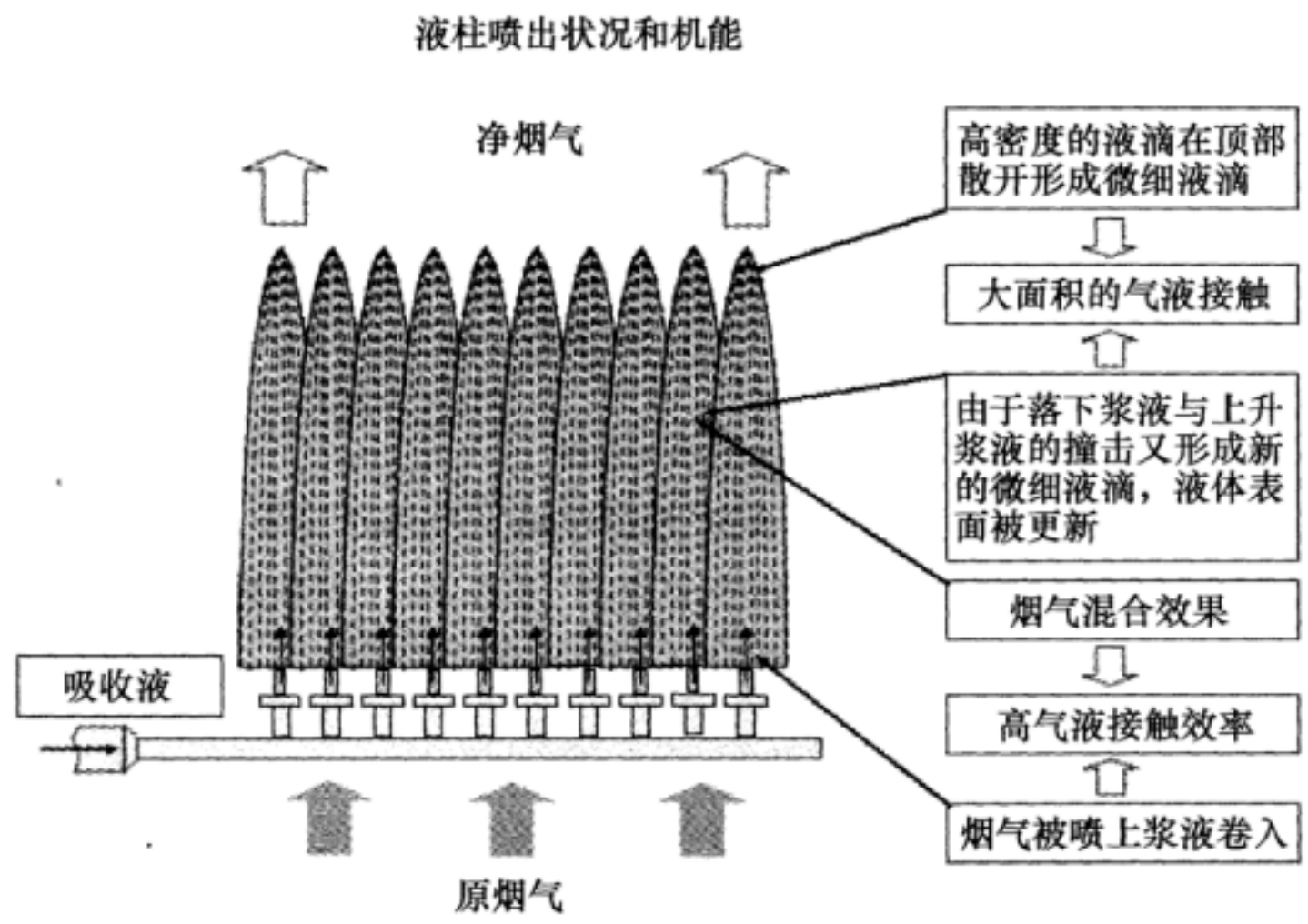


图 4 液柱塔吸收反应原理示意图



液柱塔有单塔和双塔两种配置方式,单液柱塔和双液柱塔结构示意图见图 5。

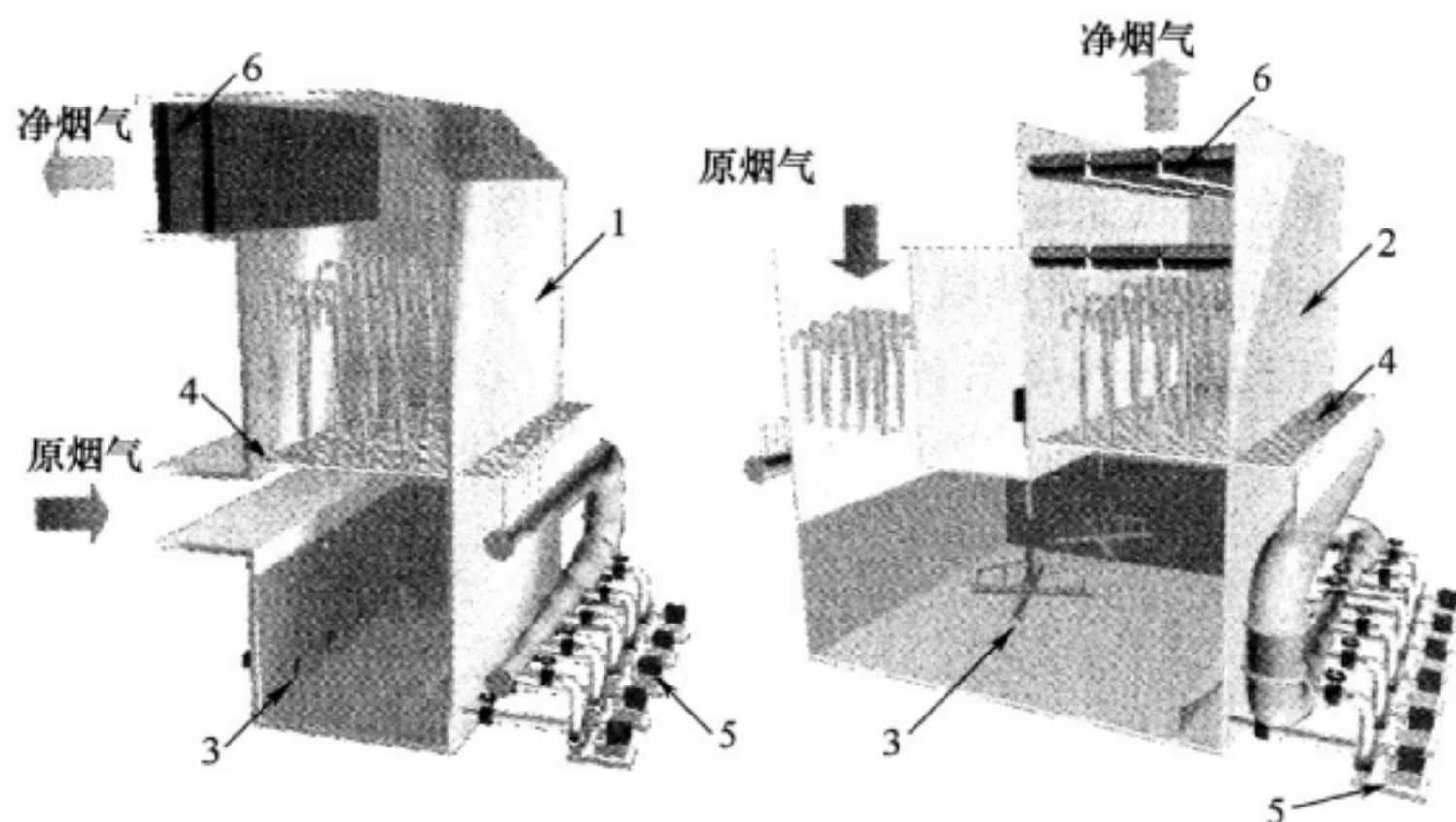


图 5 单液柱塔和双液柱塔结构示意图

1—单液柱塔;2—双液柱塔;3—搅拌器;4—液柱喷淋层;  
5—浆液循环泵;6—除雾器

双液柱塔由两个单液柱塔串联组成,一级塔为顺流塔,二级塔为逆流塔,两塔浆池相连通。原烟气首先进入顺流塔,与液柱顺流接触去除一部分  $\text{SO}_2$ ,然后通过连接通道进入逆流塔,与液柱逆流接触进一步去除剩余的  $\text{SO}_2$ ,整体脱硫效率可达 98% 以上。液柱塔具有下列特点:

- ①两级串联,连结紧凑,脱硫效率高;
  - ②吸收塔内构造简单,维修容易;吸收塔喷嘴采用中空结构,不易堵塞。喷嘴呈网格状单层排列布置;
  - ③喷嘴无背压,循环泵压头低,能耗低,塔内阻力低。
- 塔内只有一层液柱层及喷嘴,浆液循环泵的扬程较低,能耗较小;
- ④液柱塔塔内气液两相反复接触,传质充分,能够保证较高的

脱硫效率；

⑤由于吸收塔浆液循环系统采用母管制且母管流速有一定限制，循环浆液泵的台数及流量的匹配设计应满足机组负荷的变化范围，且节能运行；

⑥液柱塔采用矩形外形，应通过吸收塔浆池流场试验数据优化设计氧化空气系统，保证氧化空气分布均匀。

(4)多孔托盘喷淋塔。

多孔托盘喷淋塔由美国巴威公司开发，属于喷淋塔的一种塔型，在国内有一定的应用规模。多孔托盘喷淋塔结构示意图如图 6 所示。

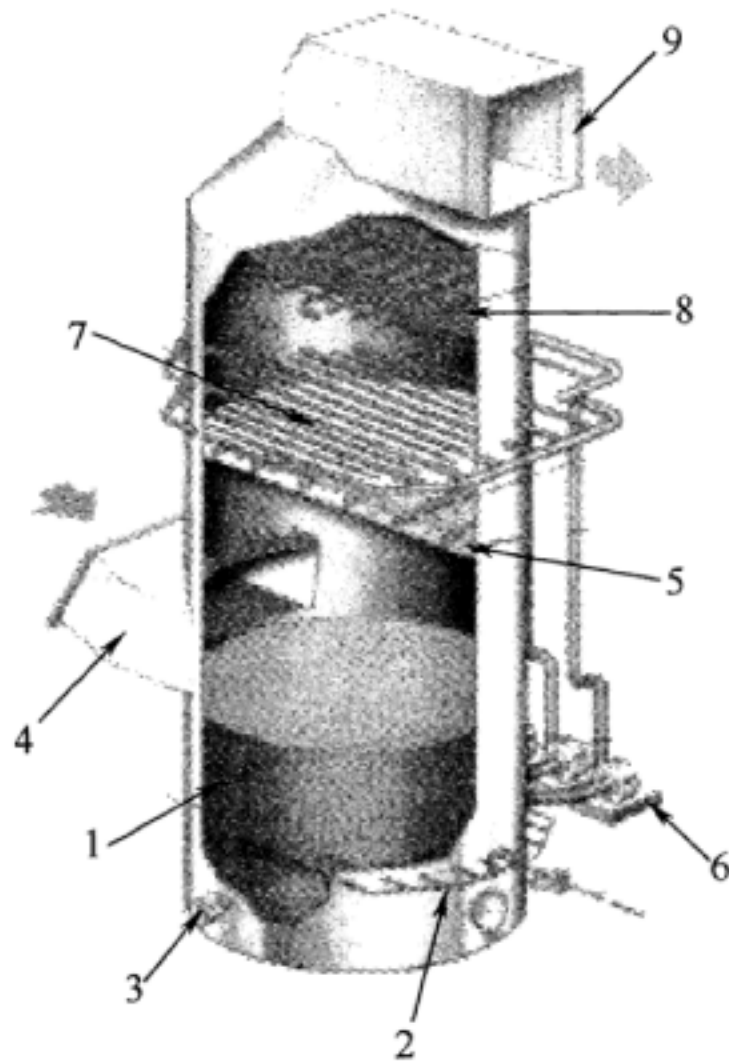


图 6 多孔托盘喷淋塔结构示意图

1—吸收塔浆池；2—氧化空气管网；3—搅拌器；4—入口烟道；5—多孔托盘；  
6—浆液循环泵；7—喷淋层；8—除雾器；9—出口烟道

该技术在吸收塔内的底部喷淋层与烟气入口之间安装 1 个或多个多孔合金托盘，托盘上表面被高约 300mm 的隔板分隔成若

干块,托盘上的持液高度随着吸收塔入口烟气压力自动调节,同时,托盘表面液膜可以使塔内烟气分布均匀。运行时,烟气穿过一些孔向上流动,同时循环浆液通过另外一些孔向下流动。托盘上是连续液相,烟气通过喷射或鼓泡的方式通过托盘上的孔洞。多孔托盘技术喷淋塔具有传质效果和均气效果好、液气比低、烟气阻力较高等特点,此外,在锅炉低负荷工况下,由于烟气流速降低使得托盘表面浆液湍动强度减弱,使脱硫效率有所降低,整体脱硫效率可达 98% 以上。多孔托盘技术喷淋塔的托盘数量主要根据脱硫装置入口  $\text{SO}_2$  浓度和脱硫效率确定,当燃煤含硫量和脱硫效率要求较高时,需选用双托盘。

**6.1.2** 本条对吸收塔设计做出了规定。

**2** 吸收塔的设计烟气流速较高时可以减少循环浆液量,降低循环泵的电耗及吸收塔的投资成本,但流速太高烟气会夹带较多的液滴穿过除雾器,增加烟气排放固体物中的石膏含量,因此,当除雾器设置在吸收塔顶部时,吸收塔烟气流速需要满足除雾器正常运行的烟气流速范围,避免除雾器叶片间的烟气流速超过重新夹带临界速度。如果除雾器设置在净烟道内,此时,吸收塔设计烟气流速可以适当提高。

## **6.2 浆液循环喷淋系统**

**6.2.3** 对于喷淋塔,浆液循环泵通过进口阀门开关切换循环泵的投运台数,改变喷淋层的投运层数,以适应锅炉负荷和  $\text{SO}_2$  浓度的变化,实现经济运行。对于液柱塔,浆液循环泵通过进、出口阀门开关切换循环泵的投运台数,改变液柱高度,以适应锅炉负荷和  $\text{SO}_2$  浓度的变化,实现经济运行。

**6.2.4** 为便于某台喷淋塔浆液循环泵发生故障时在线隔离检修,在泵出口管路上设置烟气隔断措施,可以防止吸收塔内烟气通过喷淋层、浆液循环管窜出。可通过浆液循环泵出口管路预留接口,放入金属气球阀,以隔绝烟气。

## 6.3 氧化空气系统

### 6.3.3 本条系新增条文。

2 吸收塔物料平衡计算结果中的氧化空气量已考虑氧化空气利用率的因素,与氧化空气理论用量相比,已有 30% 以上的过剩空气量,设备选型时不需另加裕量。

3 最高运行液位指吸收塔溢流液位。吸收塔浆池中氧化空气喷口埋深较大时压头裕量可取下限。

4 离心式风机的设计点压头是指满足吸收塔设计工况下正常运行液位时氧化空气的压力要求。离心式风机的选型点压头是指满足吸收塔运行液位允许波动范围时氧化空气的压力要求,吸收塔运行液位允许波动范围上限: +500mm ~ +1000mm, 下限: -1000mm。

## 6.4 除雾器

6.4.3 在两级除雾器上游再设置一级管式除雾器,可以除去部分粒径较大的液滴,减轻后续除雾器的除雾负担,同时起到均布烟气流场的作用,提高后续除雾器除雾效果。

## 7 副产物处置系统

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 本条系原行业标准《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》DL/T 5196—2004 第 7.0.1 条、第 7.0.2 条的修改条文。

**2** 目前,国内石灰石—石膏湿法烟气脱硫装置绝大多数均选用真空皮带脱水机作为石膏浆液脱水处置设备,仅个别项目采用圆盘式真空脱水机,其核心部件为由一组布满毛细孔盘片组成的圆盘,利用盘片的毛细作用,在抽真空时,只让水通过,空气和固体颗粒无法通过,保证无真空损失,实现固液分离。通过减速机带动圆盘转动,在圆盘转动一圈当中,完成初始过滤、滤饼淋洗、滤饼干燥、滤饼卸料、盘片反冲洗等一系列过程。

(1)初始过滤:工作时,盘片浸没在料浆槽的石膏浆液中,在盘片真空吸引作用下,在其表面形成一层石膏初始滤饼,滤液通过盘片的滤液通道进入气水分离器中,滤液直接由气水分离器的排液口排入滤液水箱。

(2)滤饼淋洗:石膏滤饼通过盘片转出料浆槽的石膏浆液后,通过喷嘴对滤饼进行洗涤,降低石膏中氯离子含量,提高石膏品质。

(3)滤饼干燥:盘片继续旋转至滤饼干燥区,在真空抽力作用下进一步完成石膏脱水。

(4)滤饼卸料:通过刮刀将盘片表面的干燥滤饼刮除,自动卸料。

(5)盘片反冲洗:完成滤饼卸料后,通过清洗装置对盘片进行清洗,恢复盘片毛细孔的抽真空功能。

圆盘脱水机按以上五个步骤循环运行。



圆盘脱水机的技术特点是真空泵容量小、节省电耗、结构紧凑、占地面积小、需定期停机对盘片进行酸洗再生、盘片使用寿命较短(约 3 个月)。

圆盘式真空脱水机因为结构紧凑、占地面积小的特点,目前应用于业绩较少且多用于脱硫扩容改造项目中,尚属推广应用阶段。

**3** 液柱塔技术的石膏浆液浓度较高,可达 28%~32%,高于喷淋塔技术。因此,液柱塔可以不设置石膏浆液旋流器,直接将塔内石膏浆液送至脱水机,经脱水处理生成石膏。当不设置石膏浆液旋流器时,可以不设置废水旋流器,脱硫废水从滤液排出。

**7.1.3** 本条系原行业标准《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》DL/T 5196—2004 第 7.0.2 条的修改。

国内环保政策严格,禁止采取石膏浆液抛弃的处置方式。但考虑到部分国外工程要求设置石膏浆液抛弃系统,本规程保留了石膏浆液抛弃系统的设计要求。

## **7.2 旋流系统**

**7.2.4** 溢流箱用于接收石膏浆液旋流器溢流和废水旋流器底流。当不单独设置滤液水箱/池时,溢流箱可同时接收滤液水;当滤液作为脱硫废水排放时,单独设置的滤液水箱/池只接收真空脱水系统滤液水,不接收真空脱水设备的冲洗水、围堰排水等。

## **7.3 真空皮带脱水系统**

**7.3.4** 当不设置石膏浆液旋流器时,可不设废水旋流器,脱硫废水从含固量较低的真空脱水系统滤液水排出,避免高含固量浆液排入脱硫废水处理系统增加其处理负荷,此时,滤液水箱/池只接收真空脱水系统滤液水,不接收真空脱水设备的冲洗水、围堰排水等。当设置石膏浆液旋流器时,滤液水箱/池可用于收集真空皮带脱水系统产生的滤液水、真空皮带脱水机围堰内的排水等。

## **7.4 厂内石膏堆放及运输**

**7.4.4** 脱硫石膏的运输应该充分考虑利用社会车辆,如果电厂需要配置石膏运输车辆时,车辆数量可以参照现行行业标准《火力发电厂除灰设计技术规程》DL/T 5142 的有关规定执行。



## 8 脱硫工艺水系统

**8.0.2** 脱硫设备冷却水冷却设备后,可全部返回机组工业水回水系统;脱硫设备密封水、石膏冲洗水使用后,全部进入脱硫工艺水系统利用。

**8.0.7** 本条系新增条文。

**2** 除雾器冲洗水泵和工艺水泵合并设置时,工艺用水可分为连续用水和间歇用水两种,连续用水主要指湿磨制浆系统或石灰石粉配浆系统、真空皮带脱水机滤饼冲洗水、真空泵密封用水等,用水量较小;间歇用水主要指除雾器冲洗用水,间隔时间根据实际运行情况确定,用水量较大。鉴于工艺水泵的上述运行特点,设置变频调速装置可节省电耗。变频器的数量与工艺水泵的工作泵数量一致,不设置备用,可节省投资。

## 9 浆液排放与回收系统

**9.0.1、9.0.2** 这两条系原行业标准《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》DL/T 5196—2004 第 6.1.7 条的修改。

事故浆液箱的数量及容量一般根据吸收塔容量、数量及锅炉燃煤特性、是否设置脱硫旁路烟道等因素确定,也有个别电厂设置事故浆液池。

第 9.0.1 条第 1 款:通常 2 座吸收塔设置 1 座全容量的事故浆液箱可以满足运行要求,但当锅炉燃用无烟煤时,锅炉调试及点火启动期间,有大量油污和高浓度粉尘进入吸收塔,如果不及时排出吸收塔内被污染的浆液,运行中可能会导致脱硫装置非正常停运,从而影响到机组运行,因此,目前有些已建电厂就此实施改造增加 1 座事故浆液箱,也有电厂在设计阶段就考虑每座吸收塔设置 1 座事故浆液箱。

## 10 浆液管道及其管件、阀门

**10.0.3** 现在工程设计中,脱硫浆液管道的设计流速取值通常如表 1。

表 1 浆液管道流速

介 质	管 道	流速(m/s)
浆液	离心泵吸入管道	1.2~3.0
石灰石浆液	泵出口管道	1.2~2.5
石膏浆液	泵出口管道	1.2~3.0
浆液	无压力排放管道	<1.2

**10.0.4** 现在工程设计中,脱硫浆液管道的设计坡度取值通常如表 2。

表 2 浆液管道坡度

介 质	浆液含固量(%)	坡 度
有压浆液管道	<30	$\geq 0.05$
	$\geq 30$ , 且 $\leq 50$	$\geq 0.1$
	>50	$\geq 0.2$
无压浆液管道	<10	$\geq 0.05$
	$\geq 10$ , 且 $\leq 30$	$\geq 0.1$
	>30, 且 $\leq 45$	$\geq 0.3$
	>45	$\geq 0.4$

**10.0.12** 管道拌热可以采用电拌热措施。

## 11 布置设计

**11.0.2、11.0.5** 这两条系新增条文。

湿式球磨机制浆系统和石膏脱水系统主要设备分别集中布置在同一建筑物内,结合工艺流程特点采用多层布置,使得布置紧凑、流程顺畅、便于维护检修。受场地条件限制时,湿式球磨机制浆车间可以考虑与石膏脱水车间合并设置,零米地面主要布置湿式球磨机、石膏贮存间等;石灰石块仓布置在湿式球磨机入料端上方空间,真空皮带脱水机布置在石膏贮存间顶部;其他辅助设备根据工艺流程,贴近上下游设备布置。

第 11.0.5 条第 3 款:在采用石膏仓储存石膏时,通常把真空皮带脱水机布置在石膏仓顶楼层,真空泵布置在真空皮带脱水机楼层或其下方楼层,溢流箱、滤液水箱、废水箱等布置在室内 0 米或室外,其他辅助设备分散布置在脱水机下方各楼层。由于石膏仓较高,脱水机下方各楼层仍有不少空置楼面,因此,可以将脱硫废水处理系统的部分设备布置在石膏脱水车间内,节省占地。

**11.0.8** 吸收塔入口烟道在水平投影长度指由距离吸收塔最近的第一个烟道弯头出口与吸收塔塔壁烟道插入点之间的烟道水平投影长度。该投影长度可降低事故情况下吸收塔浆池内浆液溢入烟道的可能性或降低塔内喷淋浆液飘移至烟道的量,避免影响吸收塔上游烟气系统设备的安全运行。

## 12 防腐设计要求

### 12.0.2 本条系新增条文。

1 吸收塔入口烟道采用碳钢贴衬 C276(DIN2.4605)合金钢时,可采用爆破贴衬工艺和焊接贴衬工艺;

2 对于吸收塔底板及底板以上 2m 高度内壁、喷淋区域等严重磨蚀区域,通常采取增加橡胶层厚度(总厚度宜为 5mm~6mm)或鳞片树脂加入耐磨配方等提高耐磨性能的措施。

12.0.4 由于吸收塔内喷淋浆液易漂移至吸收塔入口烟道内(尤其是锅炉低负荷工况),会对烟道造成腐蚀,因此,该段原烟道需采取防腐措施,应根据原烟气正常运行温度选用耐高温型鳞片树脂。吸收塔出口净烟气正常运行烟温约 50℃,事故工况烟温为 70℃~80℃,可按此温度选用鳞片树脂或橡胶防腐。