

第三版

# 注册环保工程师 专业考试复习教材

第三分册 (下册)

全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会 编写  
中国环境保护产业协会

中国环境科学出版社

# 注册环保工程师 专业考试复习教材 (第三版)

第三分册 下册

全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会  
中 国 环 境 保 护 产 业 协 会 编写

中国环境科学出版社·北京

# 目 录

## 一、环境质量标准

|                  |    |
|------------------|----|
| 地表水环境质量标准 .....  | 3  |
| 地下水质量标准 .....    | 12 |
| 环境空气质量标准 .....   | 16 |
| 室内空气质量标准 .....   | 20 |
| 土壤环境质量标准 .....   | 35 |
| 声环境质量标准 .....    | 39 |
| 城市区域环境振动标准 ..... | 49 |
| 电磁辐射防护规定 .....   | 51 |

## 二、污染物排放（控制）标准

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 污水综合排放标准 .....          | 59  |
| 城镇污水处理厂污染物排放标准 .....    | 79  |
| 纺织染整工业水污染物排放标准 .....    | 88  |
| 污水海洋处置工程污染控制标准 .....    | 95  |
| 畜禽养殖业污染物排放标准 .....      | 99  |
| 杂环类农药工业水污染物排放标准 .....   | 104 |
| 制糖工业水污染物排放标准 .....      | 140 |
| 制浆造纸工业水污染物排放标准 .....    | 145 |
| 发酵类制药工业水污染物排放标准 .....   | 152 |
| 化学合成类制药工业水污染物排放标准 ..... | 159 |
| 提取类制药工业水污染物排放标准 .....   | 167 |
| 羽绒工业水污染物排放标准 .....      | 173 |
| 中药类制药工业水污染物排放标准 .....   | 178 |
| 混装制剂类制药工业水污染物排放标准 ..... | 184 |
| 生物工程类制药工业水污染物排放标准 ..... | 189 |
| 淀粉工业水污染物排放标准 .....      | 199 |
| 酵母工业水污染物排放标准 .....      | 205 |
| 油墨工业水污染物排放标准 .....      | 211 |
| 城市污水处理厂污水污泥排放标准 .....   | 219 |
| 污水排入城市下水道水质标准 .....     | 222 |
| 城市污水再生利用 分类 .....       | 232 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 城市污水再生利用 城市杂用水水质 .....     | 235 |
| 城市污水再生利用 景观环境用水水质 .....    | 239 |
| 城市污水再生利用 工业用水水质 .....      | 247 |
| 城市污水再生利用 农田灌溉用水水质 .....    | 252 |
| 大气污染物综合排放标准 .....          | 257 |
| 锅炉大气污染物排放标准 .....          | 278 |
| 工业炉窑大气污染物排放标准 .....        | 282 |
| 火电厂大气污染物排放标准 .....         | 289 |
| 水泥工业大气污染物排放标准 .....        | 297 |
| 炼焦炉大气污染物排放标准 .....         | 304 |
| 恶臭污染物排放标准 .....            | 310 |
| 生活垃圾填埋场污染控制标准 .....        | 316 |
| 生活垃圾焚烧污染控制标准 .....         | 327 |
| 危险废物贮存污染控制标准 .....         | 333 |
| 危险废物填埋污染控制标准 .....         | 343 |
| 危险废物焚烧污染控制标准 .....         | 352 |
| 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准 ..... | 358 |
| 城镇污水处理厂污泥处置 混合填埋泥质 .....   | 363 |
| 城镇污水处理厂污泥处置 单独焚烧用泥质 .....  | 368 |
| 社会生活环境噪声排放标准 .....         | 375 |
| 工业企业厂界环境噪声排放标准 .....       | 380 |
| 建筑施工场界噪声限值 .....           | 386 |
| 铁路边界噪声限值及其测量方法 .....       | 387 |
| 高压交流架空送电线无线电干扰限值 .....     | 390 |
| 电镀污染物排放标准 .....            | 395 |
| 合成革与人造革工业污染物排放标准 .....     | 420 |
| 铝工业污染物排放标准 .....           | 441 |
| 陶瓷工业污染物排放标准 .....          | 450 |
| 铅、锌工业污染物排放标准 .....         | 461 |
| 镁、钛工业污染物排放标准 .....         | 470 |
| 铜、镍、钴工业污染物排放标准 .....       | 479 |

### 三、环境工程相关技术（设计）规范

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 污水再生利用工程设计规范 .....         | 493 |
| 室外排水设计规范 .....             | 502 |
| 城市污水处理厂运行、维护及其安全技术规程 ..... | 555 |
| 纺织染整工业废水治理工程技术规范 .....     | 575 |
| 含油污水处理工程技术规范 .....         | 592 |
| 氧化沟活性污泥法污水处理工程技术规范 .....   | 602 |

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| 膜分离法污水处理工程技术规范 .....             | 629  |
| 序批式活性污泥法污水处理工程技术规范 .....         | 642  |
| 厌氧-缺氧-好氧活性污泥法污水处理工程技术规范 .....    | 668  |
| 酿造工业废水治理工程技术规范 .....             | 691  |
| 电镀废水治理工程技术规范 .....               | 713  |
| 制革及毛皮加工废水治理工程技术规范 .....          | 740  |
| 屠宰与肉类加工废水治理工程技术规范 .....          | 763  |
| 人工湿地污水处理工程技术规范 .....             | 779  |
| 污水混凝与絮凝处理工程技术规范 .....            | 791  |
| 污水气浮处理工程技术规范 .....               | 807  |
| 污水过滤处理工程技术规范 .....               | 826  |
| 火电厂烟气脱硫工程技术规范 烟气循环流化床法 .....     | 847  |
| 火电厂烟气脱硫工程技术规范 石灰石/石灰—石膏法 .....   | 866  |
| 防治城市扬尘污染技术规范 .....               | 885  |
| 钢铁工业除尘工程技术规范 .....               | 897  |
| 水泥工业除尘工程技术规范 .....               | 917  |
| 工业锅炉及炉窑湿法烟气脱硫工程技术规范 .....        | 939  |
| 火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法 .....     | 950  |
| 火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性非催化还原法 .....    | 974  |
| 火电厂烟气脱硫工程技术规范 氨法 .....           | 990  |
| 大气污染治理工程技术导则 .....               | 1008 |
| 燃煤电厂锅炉烟气袋式除尘工程技术规范 .....         | 1036 |
| 生活垃圾转运站技术规范 .....                | 1057 |
| 生活垃圾卫生填埋技术规范 .....               | 1065 |
| 城市生活垃圾好氧静态堆肥处理技术规程 .....         | 1078 |
| 生活垃圾焚烧处理工程技术规范 .....             | 1086 |
| 危险废物集中焚烧处置工程建设技术规范 .....         | 1109 |
| 医疗废物集中焚烧处置工程建设技术规范 .....         | 1128 |
| 危险废物安全填埋处置工程建设技术要求 .....         | 1150 |
| 医疗废物高温蒸汽集中处理工程技术规范（试行） .....     | 1169 |
| 医疗废物化学消毒集中处理工程技术规范（试行） .....     | 1188 |
| 医疗废物微波消毒集中处理工程技术规范（试行） .....     | 1206 |
| 铬渣污染治理环境保护技术规范（暂行） .....         | 1224 |
| 废塑料回收与再生利用污染控制技术规范（试行） .....     | 1248 |
| 废铅酸蓄电池处理污染控制技术规范 .....           | 1253 |
| 危险废物集中焚烧处置设施运行监督管理技术规范（试行） ..... | 1265 |
| 医疗废物集中焚烧处置设施运行监督管理技术规范（试行） ..... | 1282 |
| 废弃电器电子产品处理污染控制技术规范 .....         | 1297 |
| 生活垃圾填埋场渗滤液处理工程技术规范（试行） .....     | 1309 |

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| 生活垃圾卫生填埋场封场技术规程 .....                | 1320 |
| 生活垃圾卫生填埋场环境监测技术要求 .....              | 1326 |
| 生活垃圾应急处置技术导则 .....                   | 1334 |
| 生活垃圾转运站工程项目建设标准 .....                | 1348 |
| 生活垃圾卫生填埋处理工程项目建设标准 .....             | 1356 |
| 生活垃圾焚烧处理工程项目建设标准 .....               | 1364 |
| 生活垃圾堆肥处理工程项目建设标准 .....               | 1372 |
| 生活垃圾焚烧处理工程技术规范 .....                 | 1378 |
| 生活垃圾焚烧厂运行维护与安全技术规程 .....             | 1406 |
| 城镇污水处理厂污泥处理技术规程 .....                | 1418 |
| 生活垃圾填埋场填埋气体收集处理及利用工程技术规范 .....       | 1432 |
| 建筑垃圾处理技术规范 .....                     | 1447 |
| 生活垃圾采样和分析方法 .....                    | 1454 |
| 生活垃圾转运站评价标准 .....                    | 1469 |
| 工业企业噪声控制设计规范 .....                   | 1480 |
| 民用建筑隔声设计规范 .....                     | 1499 |
| 声屏障声学设计和测量规范 .....                   | 1514 |
| 500 kV 超高压送变电工程电磁辐射环境 影响评价技术规范 ..... | 1537 |
| 城市区域环境振动测量方法 .....                   | 1553 |
| 建筑隔声评价标准 .....                       | 1558 |
| 畜禽养殖业污染治理工程技术规范 .....                | 1576 |
| 农村生活污染控制技术规范 .....                   | 1596 |

## 中华人民共和国环境保护行业标准

## 火电厂烟气脱硫工程技术规范

## 烟气循环流化床法

Flue gas circulation fluidized bed desulfurization project technical  
specification of thermal power plant

HJ/T 178—2005\*

## 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》、《建设项目环境保护管理条例》和《火电厂大气污染物排放标准》，规范火电厂烟气脱硫工程建设，控制火电厂二氧化硫排放，改善环境质量，保障人体健康，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。

本标准适用于火力发电厂烟气脱硫工程的规划、设计、评审、采购、施工及安装、调试、验收和运行管理。工业炉窑采用烟气循环流化床法脱硫工艺时，可参照执行。

本标准由国家环境保护总局科技标准司提出。

本标准为首次发布。

本标准由中国环境保护产业协会组织起草，并委托中国环境保护产业协会锅炉炉窑脱硫除尘委员会具体承担起草协调工作。

本标准由武汉凯迪电力股份有限公司、清华同方环境有限责任公司、上海龙净环保科技工程公司、北京市环境保护科学研究院、北京市劳动保护科学研究所、北京国电龙源环保工程有限公司、江苏苏源环保工程股份有限公司、山东山大能源公司、国电环境保护研究所等单位负责起草。

本标准国家环境保护总局 2005 年 6 月 24 日批准，自 2005 年 10 月 1 日起实施。

本标准由国家环境保护总局解释。

## 1 总 则

### 1.1 适用范围

本规范适用于新建、扩建和改建容量为 65~1 025 t/h（机组容量为 15~300 MW）燃煤、燃气、燃油火电厂锅炉或供热锅炉采用烟气循环流化床法工艺烟气脱硫工程的规划、

\* 本技术规范根据 2008 年 1 月“国家环保总局公告 2008 年第 5 号”进行了修改。

设计、评审、采购、施工及安装、调试、验收和运行管理。

## 1.2 实施原则

1.2.1 烟气脱硫工程的建设，应按国家的基本建设程序进行。设计文件应按规定的内容和深度完成报批和批准手续。

1.2.2 新建、改建、扩建火电厂或供热锅炉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。

1.2.3 烟气脱硫工程主体设备的设计使用寿命应不低于 30 年，系统的可用率不低于 95%。脱硫效率不低于 85%。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。

1.2.4 烟气脱硫工程建设，除应符合本规范外，还应符合国家有关工程质量、安全、卫生、消防等方面的强制性标准条文的规定。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB 12348 工业企业厂界噪声标准
- GB 12801 生产过程安全卫生要求总则
- GB 13223 火电厂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 50009 建筑结构荷载规范
- GB 50011 建筑抗震设计规范
- GB/T 50033 建筑采光设计标准
- GB 50040 动力机器基础设计规范
- GB 50191 构筑物抗震设计规范
- GB 50217 电力工程电缆设计规范
- GB 50222 建筑内部装修设计防火规范
- GB 50229 火力发电厂与变电所设计防火规范
- GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范
- GB 50260 电力设施抗震设计规范
- GBJ 11 建筑抗震设计规范
- CHJ 16 建筑设计防火规范
- CBJ 22 厂矿道路设计规范
- GBJ 87 工业企业噪声控制设计规范
- GBJ 140 建筑灭火器配置设计规范
- GBZ 1 工业企业设计卫生标准
- DLGJ 56 火力发电厂和变电所照明设计技术规范
- DL/T 621 交流电气装置的接地
- DL 5000 火力发电厂设计技术规程

- DL 5009.1 电力建设安全工作规程(火力发电厂部分)
- DL/T 5035 火力发电厂采暖通风与空气调节设计技术规程
- DL/T 5041 火力发电厂厂内通信设计技术规定
- DL/T 5044 火灾自动报警系统设计规范
- DL 5053 火力发电厂劳动安全与工业卫生设计规程
- DL/T 5120 小型电力工程直流系统设计规程
- DL/T 5136 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程
- DL/T 5153 火力发电厂厂用电设计技术规定
- DL/T 5175 火力发电厂热工控制系统设计技术规定
- NDGJ 16 火力发电厂热工自动化设计技术规定
- HJ/T 75 火电厂烟气排放连续监测技术规范
- HJ/T 76 固定污染源排放烟气连续检测系统技术要求及检测方法
- 《建设项目(工程)竣工验收办法》(国家计委 1990 年)
- 《建设项目环境保护竣工验收管理办法》(国家环境保护总局 2001 年)

### 3 术语

#### 3.1 脱硫岛

指脱硫装置及为脱硫服务的建(构)筑物。

#### 3.2 吸收剂

指脱硫工艺中用于吸收二氧化硫( $\text{SO}_2$ )等有害物质的反应剂。烟气循环流化床脱硫工艺使用的吸收剂为消石灰 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 或生石灰( $\text{CaO}$ )。

#### 3.3 一级除尘器

指布置在脱硫塔进口,用以除去锅炉出口烟气中飞灰的除尘器。

#### 3.4 二级除尘器

指布置在脱硫塔出口,用以除去脱硫塔出口烟气中脱硫灰的除尘器。

#### 3.5 分离器

指布置在脱硫塔出口,二级除尘器前,用以分离烟气中的脱硫灰的分离装置。

#### 3.6 生石灰消化装置

指将生石灰( $\text{CaO}$ )与适量的水反应,生成消石灰 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 或者生成消石灰浆液的装置。

#### 3.7 脱硫塔

指脱硫工艺中脱除  $\text{SO}_2$  等有害物质的反应装置。

#### 3.8 脱硫副产物

指脱硫工艺中吸收剂与烟气中  $\text{SO}_2$  反应后生成的物质。

#### 3.9 近绝热饱和温度

指脱硫塔出口烟温与烟气的绝热饱和温度之差,单位:  $^{\circ}\text{C}$ 。

#### 3.10 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(3-1)计算:

$$\text{可用率} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (3-1)$$

式中:  $A$ ——发电机组每年的总运行时间,  $h$ ;

$B$ ——脱硫装置每年因脱硫系统故障导致的停运时间,  $h$ 。

### 3.11 脱硫效率

指由脱硫装置脱除的  $\text{SO}_2$  量与未经脱硫前烟气中所含  $\text{SO}_2$  量的百分比, 按公式 (3-2) 计算:

$$\text{脱硫效率} = \frac{c_1 - c_2}{c_1} \times 100\% \quad (3-2)$$

式中:  $c_1$ ——脱硫前烟气中  $\text{SO}_2$  的折算浓度 (过剩空气系数燃煤取 1.4, 燃油、燃气取 1.2),  $\text{mg/m}^3$ ;

$c_2$ ——脱硫后烟气中  $\text{SO}_2$  的折算浓度 (过剩空气系数燃煤取 1.4, 燃油、燃气取 1.2),  $\text{mg/m}^3$ 。

## 4 总体设计

### 4.1 脱硫装置工艺参数的确定

4.1.1 脱硫装置工艺参数应根据锅炉容量和调峰要求、燃料品质、二氧化硫控制规划和环境影响评价要求的脱硫效率、吸收剂的供应、水源情况、脱硫副产物和飞灰的综合利用、废渣排放、厂址场地布置等因素, 经全面分析优化后确定。

4.1.2 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。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。

4.1.3 烟气中其他污染物成分 [如氯化氢 (HCl)、氟化氢 (HF)] 的设计数据宜依据燃料分析数据计算确定。

4.1.4 脱硫装置入口烟气中的  $\text{SO}_2$  质量流量可根据公式 (4-1) 估算:

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

式中:  $M(\text{SO}_2)$ ——脱硫装置入口烟气中的  $\text{SO}_2$  质量流量,  $t/h$ ;

$K$ ——燃料燃烧中硫的转化率 (煤粉炉一般取 0.9);

$B_g$ ——锅炉 BMCR 负荷时的燃煤量,  $t/h$ ;

$q_4$ ——锅炉机械未完全燃烧的热损失, %;

$S_{\text{ar}}$ ——燃料的收到基硫分, %。

4.1.5 烟气脱硫装置的最低稳定工作负荷应与锅炉最低稳燃负荷工况相一致。

### 4.2 总图设计

#### 4.2.1 一般规定

4.2.1.1 火电厂烟气脱硫装置的总体设计, 应与火电厂的总体设计相协调, 包括总平面布置、竖向布置、管线综合布置、绿化规划等。并应符合下列要求:

(1) 工艺流程合理, 烟道短捷;

- (2) 交通运输方便;
- (3) 处理好脱硫装置与电厂设施、生产与生活、生产与施工之间的关系;
- (4) 与电厂总体规划相协调;
- (5) 方便施工,有利于维护检修;
- (6) 合理利用地形、地质条件;
- (7) 充分利用厂内公用设施;
- (8) 节约用地,工程量小,运行费用低;
- (9) 符合环境保护、劳动安全和职业卫生要求。

4.2.1.2 技改工程应避免拆迁在运行机组的生产建、构筑物 and 地下管线。当不能避免时,应采取合理的过渡措施。

4.2.1.3 脱硫吸收剂卸料及贮存场所宜布置在常年主导风向的下风侧。

#### 4.2.2 总平面布置

4.2.2.1 脱硫装置宜布置在烟囱附近,吸收剂可在厂内就地制备或由厂外运输进厂,吸收剂制备设施、生石灰粉仓、消石灰仓宜在脱硫塔附近集中布置。

4.2.2.2 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。

4.2.2.3 脱硫装置与火电厂各建、构筑物之间的最小间距,应按DL 5000中5.2.3的规定执行。

4.2.2.4 脱硫装置的竖向布置,应结合电厂主体工程的规划,并符合下列要求:

(1) 脱硫岛应不受洪水危害,室外设计标高应高于设计高水位0.5 m。

(2) 各建、构筑物、道路等的标高和布置,应便于维修、扩建、排水畅通,满足生产使用的方便。

(3) 新建电厂,脱硫场地的平整及土石方平衡应由主体工程统一考虑。技改工程,脱硫场地应力求土石方自身平衡。场地平整坡度视地形、地质条件确定,一般为0.5%~2.0%,困难地段不小于0.3%,但最大坡度不宜大于3.0%。

4.2.2.5 建筑物室内、外地坪高差及特殊场地标高应符合下列要求:

(1) 有车辆出入的建筑物室内、外地坪高差,一般为0.15~0.30 m;

(2) 无车辆出入的室内、外高差可大于0.30 m;

(3) 易燃、可燃、易爆、腐蚀性液体贮存区地坪宜低于周围道路标高。

4.2.2.6 当开挖工程量较大时,可采用阶梯布置方式,但台阶高差不宜超过5 m,并设台阶间的连接踏步。挡土墙高度3 m及以上时,墙顶应设安全护栏。同一套脱硫装置宜布置在同一台阶场地上。卸腐蚀性液体的场地宜设在较低处,且地坪应做防腐蚀处理。

4.2.2.7 脱硫场地的排水方式宜与主体工程相统一。

4.2.2.8 物料装卸场地需要洒水冲洗时,宜在场地低处设截水沟,或采用其他方式集中排水。

4.2.2.9 架空管道在跨越道路时应保持4.5~5.0 m的净空,有大件运输要求或在检修期间有大型起吊设施通过的道路应根据需要确定。在跨越铁路时,一般管线应保持离轨面5.5 m的净空,当为易燃或可燃液体、气体管道时,应保持6.0 m的净空。当采用电力机车牵引时,与铁路轨顶应保持6.55 m的净空距离。

### 4.2.3 交通运输

4.2.3.1 脱硫岛内道路的设计,应符合GB J22的要求。

4.2.3.2 脱硫岛内道路的设计,应与电厂主体工程的道路设计协调一致。

4.2.3.3 脱硫岛内道路的设计,应保证脱硫岛的物料运输便捷,消防通道畅通,检修方便,并满足场地排水的要求。

4.2.3.4 吸收剂宜采用具有自卸能力的密封罐车运输,当由水路运输时应防止吸收剂进水。脱硫副产品宜采用机械输送或气力输送,外运至灰渣场或客户时,宜采用自卸密封车运输。

4.2.3.5 脱硫岛内及与电厂的各建、构筑物之间,应根据生产、生活、消防和检修的需要设置行车道路、消防车通道和人行道。

脱硫岛与电厂干道相连的道路宽度,应根据电厂总平面规划来确定。

脱硫吸收剂及副产品的运输道路宽度不小于6.0 m,转弯半径不小于9.0 m。物料装卸区域停车位道路纵坡宜为平坡,困难时坡度不宜大于1.5%,并应设足够的汽车会车、回转场地,按行车路面要求进行硬化处理。

脱硫岛内一般行车路面宽度不宜小于4 m,困难情况下也可采用不小于3.5 m,转弯半径不小于7.0 m。

通往建筑物出入口处的人行引道的宽度宜与门宽相适应。

4.2.3.6 脱硫岛道路的结构形式应与电厂道路相一致,脱硫岛内装置密集区域宜采用混凝土块铺砌等硬化方式处理,以便于检修及清扫。

4.2.3.7 进厂吸收剂应设有计量装置和取样化验装置,也可与电厂主体工程共用。

### 4.2.4 绿化布置

脱硫岛的绿化布置应与电厂主体工程的绿化规划协调一致。

## 5 脱硫工艺系统

### 5.1 工艺流程

5.1.1 烟气循环流化床主要由吸收剂制备系统、二氧化硫吸收系统、除尘系统、吸收剂再循环系统、自控和在线监测系统等组成。其典型工艺流程见图5-1所示。

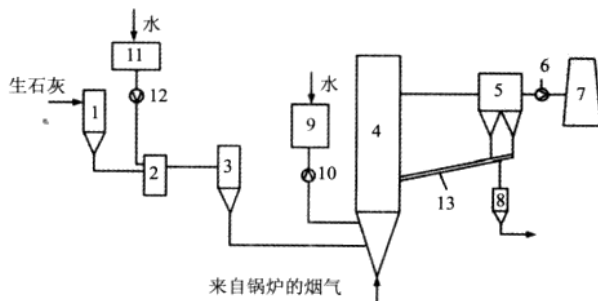


图 5-1 火电厂烟气循环流化床法脱硫工艺流程图

1. 生石灰仓 2. 生石灰干化装置 3. 消石灰仓 4. 脱硫反应器 5. 分离器或除尘器  
6. 引风机 7. 烟囱 8. 残渣仓 9. 工艺水箱 10. 工艺水泵 11. 消化装置水箱  
12. 消化水泵 13. 吸收剂再循环回送装置

烟气经过一级除尘器后进入脱硫塔主体,吸收剂可以是干粉状,同时以少量水作为增湿水分别进入脱硫反应塔中(也可以将吸收剂与水混合制成浆液,再喷入脱硫反应塔中),烟气与加入的吸收剂及再循环灰充分混合、反应,脱除烟气中酸性气体,烟气由脱硫塔上部出口排出,经过分离器、二级除尘器除尘(也可以兼作分离器)后,固体颗粒被分离,大部分送入塔内进行再循环,烟气继续经过引风机,通过烟囱排入大气。

## 5.2 脱硫主要工艺系统

### 5.2.1 吸收剂制备系统

5.2.1.1 吸收剂可选用生石灰或消石灰。吸收剂的确定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。

5.2.1.2 吸收剂的制备方式,可采用下列方案中的任一种:

- (1) 由市场直接购买粒度符合要求的粉状成品消石灰;
- (2) 由市场购买一定粒度要求的生石灰粉,现场消化成消石灰粉(或制成消石灰浆);
- (3) 由市场购买一定粒度要求的块状生石灰,经破碎、消化后制成消石灰浆液。

5.2.1.3 生石灰的品质要求:生石灰粉细度宜在 2 mm 以下,加适量水后 4 min 内温度可升高到 60℃,纯度:CaO 含量 $\geq$ 80%。

5.2.1.4 生石灰仓和消石灰仓(罐)的有效容积应根据石灰供应和运输情况确定。生石灰仓的有效贮粉量宜满足锅炉最大连续出力时 2~4 d 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 1~2 d 消耗量。

5.2.1.5 生石灰仓、消石灰仓应密封,内表面应平整光滑不积粉。

5.2.1.6 生石灰仓、消石灰仓相邻两壁间交线与水平面的夹角大于 60°,而且壁面与水平面的交角大于 65°,相邻壁交角的内侧应做成圆弧形。

5.2.1.7 生石灰仓、消石灰仓内壁锥斗部宜设气化板,以避免下料系统的堵塞。

5.2.1.8 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,以使排出的气体符合污染物排放标准的要求。

5.2.1.9 生石灰仓、消石灰仓应防止受潮,对金属仓外壁要采取保温措施。

5.2.1.10 消化装置的出力按锅炉 BMCR 工况时,石灰消耗量的 150%设计。

5.2.1.11 石灰的消化水泵可采用 2 台全容量水泵,其中一台备用。每台水泵容量按消化系统满负荷时消耗水量的 1.5~2.0 倍选用。水泵压力按喷嘴要求最大压力与所选泵容量相应管道阻力之和,备用系数取 1.1。

### 5.2.2 烟气系统

5.2.2.1 引风机装设位置在二级除尘器之后。引风机的风量按二级除尘器出口风量加 10% 裕量,另加 10℃ 的温度裕量。

增压风机的基本风压为锅炉本体烟气侧阻力,与炉后脱硫系统阻力及烟道、烟囱排烟阻力之和。风机压头裕量不低于 20%。

5.2.2.2 在用发电机组增设脱硫装置时,脱硫增压风机宜装在二级除尘器之后。每套脱硫装置可设一台增压风机。

5.2.2.3 在用电厂建设脱硫装置,且烟气从原引风机之后引出时,脱硫风机的基本风压为脱硫系统的阻力,及由于排烟温度降低造成烟囱接口处压力变化值之和。脱硫增压风机的压头裕量不低于 20%。

5.2.2.4 大容量增压风机宜用静叶可调轴流风机或高效离心风机。经比较经济技术合理时,可采用动叶可调轴流风机。

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

5.2.2.6 脱硫系统装置漏风率应控制在6%以下。

### 5.2.3 二氧化硫吸收系统

5.2.3.1 脱硫塔的数量应根据锅炉容量、脱硫塔的容量和可靠性等确定。

5.2.3.2 脱硫塔的容量宜按相对应的锅炉设计燃料 **BMCR** 工况下烟气量设计。烟气温度按锅炉设计燃料 **BMCR** 工况时,脱硫塔进口烟温加 10℃ 的温度裕量。

5.2.3.3 吸收系统设计时,脱硫塔阻力宜在 2 500 Pa 以下,脱硫塔出口烟温应高出绝热饱和温度 15℃ 以上。

5.2.3.4 脱硫塔内粉尘浓度宜按标准状态下 800~1 000 g/m<sup>3</sup> 设计。当粉尘浓度较高时,应设分离器,分离器也可以和二级除尘器本体合为一体。二级除尘器可选用静电除尘器或布袋除尘器。

5.2.3.5 每座脱硫塔宜设置 2 台全容量供水泵,其中一台备用。宜按锅炉 **BMCR** 工况下,脱硫塔耗水量的 1.5~2.0 倍选取。水泵压力按喷嘴要求的最大压力与所选泵容量相应管道系统阻力之和,备用系数取 1.1。

### 5.2.4 设备布置

5.2.4.1 脱硫岛设备布置应满足脱硫生产工艺流程的要求,并做到设备布局 and 空间利用合理,管线连接短捷、整齐,岛内设施紧凑、恰当,方便运行和检修。

5.2.4.2 设备布置宜按一级除尘器、脱硫塔、二级除尘器、引风机的顺序排列。

5.2.4.3 当风机和水泵露天布置时,电动机宜采用全封闭形式。

5.2.4.4 引风机露天布置时,电动机宜采用全封闭形式。

5.2.4.5 阀门、挡板及其执行机构的布置应便于操作和维修,必要时可设置操作维护平台。

5.2.4.6 生石灰消化装置可露天布置,但在多雨地区或严寒地区,应采用局部封闭或全封闭。

### 5.2.5 脱硫灰(脱硫副产物)处理系统

5.2.5.1 脱硫灰处理系统的选择,应根据脱硫灰的排量、脱硫灰的化学、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。

脱硫灰处理系统的设计应为脱硫灰的综合利用创造条件。脱硫灰处理系统应采用干式输送方式。

5.2.5.2 脱硫灰的输送可选用负压气力输送系统、正压气力输送系统等集中系统。

5.2.5.3 脱硫灰输送系统宜采用连续运行方式,设计出力应根据系统脱硫灰的排量、系统型式、运行方式等确定,并留有足够的裕量,同时应设置必要的紧急事故处理设施。

5.2.5.4 脱硫灰输送系统的设计出力应有不小于该系统燃用设计煤种时排出的脱硫灰100%的裕度。

5.2.5.5 脱硫灰库的设置和总容量宜按下列要求确定:

- (1) 脱硫灰库宜与电厂粉煤灰库集中布置, 分开贮存。
- (2) 当作为中转或缓冲库时, 宜满足贮存8 h排出的脱硫灰量。
- (3) 当作为贮存库时, 应满足贮存24 h排出的脱硫灰量。

5.2.5.6 脱硫灰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。

(3) 灰库流化系统应设专用流化风机, 1~3台风机经常运行时, 可设1台备用。流化空气应为热空气。在系统中应设专用空气加热器, 加热器应靠灰库布置。加热器后的空气管道应保温。

5.2.5.7 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、磨损严重的管段应采用耐磨管。

## 6 脱硫主要辅助系统

### 6.1 电气系统

#### 6.1.1 供电系统

6.1.1.1 脱硫装置高、低压厂用电电压等级应与发电厂主厂房厂用电电压等级一致。

6.1.1.2 脱硫装置厂用电系统中性点接地方式应与发电厂主厂房厂用电中性点接地方式一致。

6.1.1.3 脱硫工作电源的引接:

(1) 脱硫高压工作电源可设脱硫高压变压器从发电机出口引接, 也可直接从高压厂用工作母线引接。

(2) 脱硫装置与发电厂主体工程同期建设时, 脱硫高压工作电源宜由高压厂用工作母线引接, 当技术经济比较合理时, 也可增设高压变压器。

(3) 脱硫装置为预留时, 宜采用高压厂用工作变压器预留容量的方式。

(4) 已建电厂加装烟气脱硫装置时, 如果高压厂用工作变压器有足够备用容量, 且原有高压厂用开关设备的短路动热稳定值及电动机启动的电压水平均满足要求时, 脱硫高压工作电源应从高压厂用工作母线引接, 否则应设脱硫高压变压器。

(5) 脱硫低压工作电源应单设脱硫低压工作变压器供电。

6.1.1.4 脱硫高压负荷可设脱硫高压母线段供电, 也可直接接于高压厂用工作母线段。当设脱硫高压母线段时, 每炉宜设1段, 并设置备用电源。每台炉宜设1段脱硫低压母线。

6.1.1.5 脱硫高压备用电源宜由发电厂启动/备用变压器低压侧引接。当脱硫高压工作电源由高压厂用工作母线引接时, 其备用电源也可由另一高压厂用工作母线引接。

6.1.1.6 除满足上述要求外, 其余均应符合 DL/T 5153 中的有关规定。

#### 6.1.2 照明和检修系统

照明要求应符合 DLGJ 56。

#### 6.1.3 电缆敷设

电缆敷设应符合 GB 50217。

#### 6.1.4 防雷和接地

防雷和接地应符合 DL/T 621。

#### 6.1.5 控制保护及自动装置

控制保护及自动装置应符合 DL/T 5153 和 DL/T 5136 中的有关规定。

#### 6.1.6 直流系统

6.1.6.1 新建电厂同期建设烟气脱硫装置时, 脱硫装置直流负荷宜由机组直流系统供电。

当脱硫装置布置离主厂房较远时, 也可设置脱硫直流系统。

6.1.6.2 脱硫装置为预留时, 机组直流系统不考虑脱硫负荷。

6.1.6.3 已建电厂加装烟气脱硫装置时, 宜装设脱硫直流系统向脱硫装置直流负荷供电。

6.1.6.4 直流系统的设置应符合 DL/T 5120 的规定。

#### 6.1.7 交流保安电源和交流不停电电源 (UPS)

6.1.7.1 120 MW 及以上机组配套的脱硫装置宜设单独的交流保安母线段。当主厂房交流保安电源的容量足够时, 脱硫交流保安母线段宜由主厂房交流保安电源供电, 否则宜由单独设置的能快速启动的柴油发电机供电。其他要求应符合 DL/T 5153 中的有关规定。

6.1.7.2 新建电厂同期建设烟气脱硫装置时, 脱硫装置交流不停电负荷宜由机组 UPS 系统供电。当脱硫装置布置离主厂房较远时, 也可单独设置 UPS。

6.1.7.3 脱硫装置为预留时, 机组 UPS 系统不考虑向脱硫负荷供电。

6.1.7.4 已建电厂加装烟气脱硫装置时, 宜单独设置 UPS 向脱硫装置不停电负荷供电。

6.1.7.5 UPS 宜采用静态逆变装置。其他要求应符合 DL/T 5136 中的有关规定。

#### 6.1.8 二次线

6.1.8.1 脱硫电气系统宜在脱硫控制室控制, 并纳入分散控制系统。

6.1.8.2 脱硫电气系统控制水平应与工艺专业协调一致, 宜纳入分散控制系统控制, 也可采用强电控制。

6.1.8.3 接于发电机出口的脱硫高压变压器的保护。

(1) 新建电厂同期建设烟气脱硫装置时, 应将脱硫高压变压器的保护纳入发动机变压器组保护装置。

(2) 脱硫装置为预留时, 发动机变压器组差动保护应留有脱硫高压变压器的分支的接口。

(3) 已建电厂加装烟气脱硫装置时, 脱硫高压变压器的分支应接入原有发动机变压器组差动保护。

(4) 脱硫高压变压器保护应符合 DL/T 5153 中的规定。

6.1.8.4 其他二次线要求应符合 DL/T 5136 和 DL/T 5153 的规定。

#### 6.1.9 火灾探测及报警系统

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

6.1.9.2 脱硫除尘岛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。

6.1.9.3 其他要求应符合 GB 50229。

#### 6.1.10 通信系统

6.1.10.1 脱硫岛内应设置生产行政通信和调度通信系统, 应利用电厂的程控交换机, 在脱硫岛宜单独设置每个通信系统的总配线箱。

6.1.10.2 其他要求应符合 DL/T 5041。

## 6.2 热工自动化

6.2.1 脱硫热控系统在启、停、运行及事故处理情况下均应不影响电厂主机组的正常运行

### 6.2.2 热工自动化水平

6.2.2.1 脱硫系统应实现脱硫工艺系统及其辅助系统的自动化运行。

6.2.2.2 脱硫系统应采用集中控制,在控制室实现脱硫工艺系统及其辅助系统的启停,运行工况监视和调整,停机和事故处理。

6.2.2.3 烟气脱硫可采用分散控制系统(DCS)或可编程控制器系统(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)及连锁保护。

6.2.2.4 随辅机设备本体成套提供及装设的检测仪表和执行装置,应满足脱硫装置运行和热控自动化的功能与接口要求。

### 6.2.3 控制方式及控制室

6.2.3.1 脱硫系统的控制应采用集中控制方式,宜将脱硫系统和除尘、除灰渣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4台炉合设一个烟气脱硫控制室。已建电厂增建脱硫系统应因地制宜,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。

6.2.3.2 脱硫系统应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。

6.2.3.3 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。

### 6.2.4 热工检测

6.2.4.1 烟气脱硫热工检测包括:

- (1) 脱硫工艺系统在各种工况下安全、经济运行的参数;
- (2) 辅机的运行状态;
- (3) 电动和气动阀门的开闭状态以及调节阀的开度;
- (4) 仪表和控制用电源、气源及其他必要条件的供给状态和运行参数;
- (5) 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;
- (6) 必需的环境参数。

6.2.4.2 烟气分析仪宜按脱硫系统运行监控需要独立设置,装设在脱硫系统的进/出口烟道上。

6.2.4.3 用于环境监测的烟气连续监测系统应装设在烟囱上,并提供通讯接口,向环境保护部门定时传输数据和图表。

### 6.2.5 热工保护

6.2.5.1 烟气脱硫热工保护应纳入脱硫控制系统,并由脱硫控制系统软逻辑实现。

6.2.5.2 热工保护系统的设计应有防止误动和拒动的措施,保护系统电源中断和恢复不会误发动作指令。

6.2.5.3 热工保护系统应遵守独立性原则。

- (1) 重要的保护系统的一次元件应单独设置。