

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—XXXX

火电厂脱硫废水零排放技术规范

Technical specifications for zero discharge of desulfurization wastewater from
thermal power plants

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体原则与要求	2
4.1 一般要求	2
4.2 水质要求	2
4.3 职业健康安全要求	2
5 工艺设计	3
5.1 工艺选择原则	3
5.2 预处理单元	3
5.3 浓缩减量单元	3
5.4 固化处理/回用单元设计	3
6 设备与材料要求	4
7 检测与控制	4
7.1 检测要求	4
7.2 控制要求	4
8 施工与验收	5
8.1 施工要求	5
8.2 验收要求	5
9 运行维护与应急处置	5
9.1 运行维护	5
9.2 应急处置	5

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国西部开发促进会标准与认证工作委员会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

火电厂脱硫废水零排放技术规范

1 范围

本文件规定了火电厂脱硫废水零排放工程的总体原则与要求、工艺设计、设备与材料要求、检测与控制、施工与验收、运行维护与应急处置。

本文件适用于火电厂脱硫废水零排放工程的设计、施工、验收、运行及维护。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GBZ 1 工业企业设计卫生标准
- GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素
- GBZ 2.2 工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素
- GBZ/T 194 工作场所防止职业中毒卫生工程防护措施规范
- GB 2893 安全色
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB 5083 生产设备安全卫生设计总则
- GB/T 6920 水质 pH值的测定 玻璃电极法
- GB/T 7475 水质 铜、锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法
- GB/T 7484 水质 氟化物的测定 离子选择电极法
- GB/T 11896 水质 氯化物的测定 硝酸银滴定法
- GB/T 11901 水质 悬浮物的测定 重量法
- GB/T 11905 水质 钙和镁的测定 原子吸收分光光度法、
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB/T 12801 生产过程安全卫生要求总则
- GB/T 13869 用电安全导则
- GB/T 50046 工业建筑防腐蚀设计标准（附条文说明）
- GB/T 50087 工业企业噪声控制设计规范（附条文说明）
- GB 50660 大中型火力发电厂设计规范
- GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范
- GB 50235 工业金属管道工程施工规范
- DL/T 951 火电厂反渗透水处理装置验收导则
- DL/T 997 燃煤电厂石灰石-石膏湿法脱硫废水水质控制指标
- DL/T 5046 发电厂废水治理设计规范
- HJ 1075 水质 浊度的测定 浊度计法
- HJ 2008 污水过滤处理工程技术规范
- JB/T 11392—2013 脱硫废水处理设备

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

脱硫废水 desulfurization wastewater

湿法脱硫过程中排放的废水。废水中含有的杂质主要包括悬浮物、高浓度的无机盐及重金属。

[来源：JB/T 11392—2013，3.11]

3.2

废水零排放 zero wastewater discharge

火电厂排水系统达到无废水外排，水中的盐类和污染物以固体形式排出处置或再利用。

3.3

浓缩减量单元 concentration treatment unit

脱硫废水经预处理后，通过热法或膜法浓缩工艺使脱硫废水实现浓缩减量，并回收一部分淡水的处理过程。

3.4

膜法浓缩 membrane separation concentration

利用纳滤、反渗透和电渗析等膜分离技术，使脱硫废水实现除盐后的净水回用与盐水浓缩的过程。

3.5

热法浓缩 heating dehydration

利用多效蒸发（MED）、机械蒸汽再压缩（MVR）和烟气余热蒸发浓缩等技术，使脱硫废水浓缩减量的过程。

4 总体原则与要求

4.1 一般要求

4.1.1 脱硫废水零排放工程总体规划应符合 GB 50660 的规定，新建火电厂项目的脱硫废水零排放工程应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

4.1.2 脱硫废水零排放处理设计应符合 DL/T 5046 的规定，在保证发电厂安全、经济运行的前提下，合理利用水资源，节约原水用量，提高水利用率，减少对环境的影响。

4.1.3 脱硫废水零排放处理工程应结合电厂现有生产系统的实际情况，遵循因地制宜、节水优先、梯级利用、经济合理的原则，优先采用成熟可靠、低成本、低能耗的技术方案。

4.1.4 工程噪声和振动控制设计应符合 GB 50087 的规定，施工和运行应采取隔声、消声、减振等降噪措施，厂界噪声排放应符合 GB 12348 的规定。

4.2 水质要求

4.2.1 处理后回用水质应根据回用场景确定，用于循环水补充水、捞渣机补水等场景时，应满足对应工艺用水的水质要求；产生的结晶盐或固体废弃物应符合相关环保处置要求。

4.2.2 在车间或车间处理设施废水排放口应对脱硫废水进行采样监测，浓度限值应符合 DL/T 997 的规定。

4.3 职业健康安全要求

4.3.1 职业卫生应符合 GBZ 1、GBZ 2.1、GBZ 2.2 的规定，工作场所卫生工程防护措施应符合 GBZ/T 194 的规定。

4.3.2 易产生粉尘、腐蚀性气体或有毒有害物质的区域，应设置通风、除尘、防护等设施，并配备相应的个人防护用品。

4.3.3 安全管理应符合 GB/T 12801、GB 5083 的规定，用电安全应符合 GB/T 13869 的规定，安全标志设计应符合 GB 2893、GB 2894 的规定。

5 工艺设计

5.1 工艺选择原则

- 5.1.1 应根据进水水质、水量、回用要求、场地条件及经济性，选择适配的零排放工艺路线。
- 5.1.2 工艺系统宜包含预处理单元、浓缩减量单元、结晶固化/回用单元，各单元应协同匹配，确保处理效率与运行稳定性。
- 5.1.3 预处理单元应能有效去除废水中的悬浮物、重金属、硬度等污染物，降低后续单元的处理负荷与设备损耗；浓缩减量单元应根据水质特点选择膜法、热法或耦合浓缩技术；结晶固化单元应优先利用电厂余热或烟气热源，降低能耗。

5.2 预处理单元

5.2.1 化学软化澄清

- 5.2.1.1 应设置化学软化工艺，通常投加石灰（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）、纯碱（ Na_2CO_3 ）或氢氧化钠（ NaOH ）等药剂。
- 5.2.1.2 软化澄清系统应包括反应池、澄清池（或沉淀池）和污泥浓缩等设施。设计参数应符合 HJ 2008 的相关规定。

5.2.2 过滤

- 5.2.2.1 澄清池出水应经过过滤处理，进一步降低出水浊度和悬浮物。
- 5.2.2.2 可选用多介质过滤器、超滤（UF）等过滤形式。超滤系统的设计应符合 HJ 579 的相关规定。

5.2.3 pH 调节

应设置中和沉淀单元，过滤后出水进行pH调节，调节pH至6.5~9.0，使重金属形成沉淀物，以满足后续单元进水要求。

5.3 浓缩减量单元

5.3.1 一般规定

- 5.3.1.1 浓缩减量单元通过膜法或热法大幅减少废水体积，降低后续固化单元的处理负荷和能耗。
- 5.3.1.2 应采用膜分离技术进行浓缩减量，膜系统性能应符合 DL/T 951 的规定。
- 5.3.1.3 浓缩液处理单元应设置在线监测系统，实时监控浓缩倍数，浓缩倍数应不小于 5 倍。

5.3.2 膜法浓缩

- 5.3.2.1 可选用反渗透（RO）、碟管式反渗透（DTRO）等膜技术。
- 5.3.2.2 反渗透系统的设计应符合 HJ 579 的规定。进水污染指数（SDI）应控制在小于 5。
- 5.3.2.3 膜浓缩产生的淡水应回用，浓水进入后续固化单元。

5.3.3 热法浓缩

- 5.3.3.1 可选用多效蒸发（MED）、机械蒸汽再压缩（MVR）和烟气余热蒸发浓缩等技术。
- 5.3.3.2 热浓缩系统设计应充分考虑结垢和腐蚀问题，应选用耐腐蚀、抗结垢的材料。
- 5.3.3.3 热浓缩产生的冷凝水应回用，浓缩液进入后续固化单元。

5.4 固化处理/回用单元设计

- 5.4.1 烟气蒸发固化工艺宜分为直接烟道蒸发和旁路烟道蒸发工艺：
- a) 采用直接烟道蒸发工艺时，对浓缩浓水进行软化预处理，利用同轴喷嘴协同高温鞘气向主烟道喷射，通过闪蒸相变及气泡膨胀机制形成低密度中空盐粒，引导低密度中空盐粒随气流偏转进入富盐支路；经虚拟冲击器气膜保护引入后，利用气动旋流分级进一步分离细微飞灰并回收废盐；

- b) 采用旁路烟道蒸发工艺时，浓缩浓水应送入旋转喷雾干燥塔，利用空预器旁路烟气进行换热；旋转喷雾干燥塔应配备高效雾化装置，防止喷嘴堵塞；干燥后的结晶颗粒落入灰斗，与粉煤灰一同处置，换热后的烟气送入空预器与除尘器间的烟道。

5.4.2 结晶固化产生的固体废弃物应进行成分分析，符合相关标准要求的可综合利用，不符合要求的应按危险废物或一般固体废弃物的处置规定妥善处理。

5.4.3 回用水应根据用途设置相应的水质监测指标，用于循环水补充水时，应控制硬度、碱度等指标，防止管道结垢。

6 设备与材料要求

主要设备与材料应符合以下要求：

- 泵、阀门、管道等设备的选型应满足耐腐蚀、耐磨损的要求。材料选择应根据废水及药剂的腐蚀特性确定，宜选用不锈钢（如 316L、2205 双相钢）、非金属（如硬聚氯乙烯（PVC-U）、聚丙烯均聚物管材（PPH）、聚偏二氟乙烯（PVDF））或内衬防腐材料；
- 膜元件的选型应根据进水水质、回收率要求和运行成本综合确定；
- 蒸发结晶设备的主体材料应能承受高温、高盐分和氯离子腐蚀，宜选用钛材、镍基合金等高等级材料；
- 所有设备、管道及结构的安装应符合 GB 50231 和 GB 50235 的规定。

7 检测与控制

7.1 检测要求

7.1.1 应设置完善的水质、水量、温度、压力、流量等检测指标，检测点应覆盖预处理单元进水、浓缩单元进出水、回用出水及结晶固体废弃物。

7.1.2 脱硫废水回用水质要求应符合表 1 的要求。

表 1 脱硫废水处理水质要求

指标	限值	测试方法
pH	6.5~9.0	GB/T 6920
悬浮物（SS）	≤5 mg/L	GB/T 11901
氯离子（Cl ⁻ ）	≤10000 mg/L	GB/T 11896
总溶解固体（TDS）	≤1000 mg/L	GB/T 11905
重金属（以Cd计）	≤0.05 mg/L	GB/T 7475
氟化物（F ⁻ ）	≤10 mg/L	GB/T 7484
浊度	≤10 NTU	HJ 1075

7.1.3 固体废弃物应定期采样检测，检测指标包括重金属含量、含水率、浸出毒性等，检测频率应符合相关环保规定。

7.2 控制要求

7.2.1 应建立自动控制系统，实现对药剂投加量、设备运行参数（如泵流量、风机风量、膜运行压力、烟气温度等）的自动调节与控制。

7.2.2 自动控制系统应具备数据采集、存储、显示、报警等功能，报警信号应能及时反馈至运行监控中心。

7.2.3 系统运行指标：

- 废水处理率：应不小于 99.5%。废水处理率测试：通过进水与出水水量比计算；
- 水资源回收率：应不小于 95%。水资源回收率测试：通过进水与回收水量比计算；
- 能耗指标：单位处理水量能耗应不高于 5.0 kWh/m³。能耗测试：通过电能表计量系统总电耗；
- 系统连续运行时间：应不小于 365 d，故障率应不大于 0.5%；
- 进行连续 72 h 运行测试，监测关键指标波动范围，波动范围应不大于 ±10%。

8 施工与验收

8.1 施工要求

- 8.1.1 施工单位应具备相应的施工资质，施工方案应经审批后方可实施。
- 8.1.2 设备安装应符合设计要求和设备安装说明书的规定，管道连接应严密，无泄漏；防腐工程施工应符合 GB/T 50046 的规定，确保防腐层完好。
- 8.1.3 施工过程中应进行质量控制，关键工序应进行旁站监理，隐蔽工程验收合格后方可进入下一道工序。

8.2 验收要求

- 8.2.1 工程验收应包括施工质量验收、设备性能验收、系统试运行验收等环节，验收标准应符合本文件及相关国家标准、行业标准的规定。
- 8.2.2 试运行应连续运行不少于 72 h，试运行期间系统运行稳定，出水水质、回用率、能耗等指标应达到设计要求。
- 8.2.3 验收资料应完整，包括设计文件、施工记录、设备质量证明文件、检测报告、试运行记录等。

9 运行维护与应急处置

9.1 运行维护

- 9.1.1 应制定完善的运行操作规程，明确各岗位职责、操作步骤、工艺参数控制范围等。
- 9.1.2 设备应定期巡检、维护和保养，包括膜组件的清洗、喷嘴的疏通、管道的防腐维护、仪表的校准等，确保设备正常运行。
- 9.1.3 应建立运行记录制度，记录内容包括进水水质、出水水质、设备运行参数、药剂消耗量、固体废弃物处置情况等，运行记录应至少保存 3 年。
- 9.1.4 应定期清理炉渣滤床、沉煤池、浓缩沉淀池的沉淀物，检查皮带输送设备和泵的运行状况。

9.2 应急处置

- 9.2.1 应制定应急预案，针对设备故障、水质异常、停电、火灾等突发事件，明确应急处置流程、责任分工、应急措施等。
 - 9.2.2 应配备必要的应急设备和物资，如备用泵、应急电源、消防器材、中和药剂等，并定期检查和维护。
 - 9.2.3 发生突发事件时，应立即启动应急预案，采取相应的应急措施，防止污染扩大，并及时向相关部门报告。
-