

ICS 77-010

CCS H 04

团 体 标 准

T/HSES 0012-2025

冶金焦化脱硫废液硫资源综合回收 技术规范

Technical Specification for Comprehensive Recovery of Sulfur
Resources from Desulfurization Waste Liquid in Metallurgical Coking
Industry

2025-12-31 发布

2025-12-31 实施

湖南省环境科学学会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总体要求	3
5 工艺设计	4
6 主要工艺设备和材料	6
7 检测与过程控制	7
8 主要辅助工程	7
9 劳动安全与职业卫生	8
10 施工与验收	9
11 运行与维护	9
图 1 冶金焦化脱硫废液硫资源综合回收工艺流程	4
图 2 硫盐综合回收工艺流程	5
图 3 单质硫综合回收工艺流程	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。

本文件由湖南省环境科学学会提出并归口。

本文件起草单位：中南大学、安徽龙源环保有限公司、新引擎（长沙）科技发展有限公司、宁波合原环保科技有限公司、中冶长天国际工程有限责任公司。

本文件主要起草人：王庆伟、颜旭、史美清、林洁、李青竹、刘恢、高宝钗、张光春、赵飞平、张雪凯、梁彦杰、张理源、徐任远、卜华洋、刘佰越、陈瑶

本文件的某些内容可能涉及知识产权。本文件的发布机构不承担识别知识产权的责任。

本文件为首次发布。

冶金焦化脱硫废液硫资源综合回收技术规范

1 范围

本文件规定了冶金焦化脱硫废液硫资源综合回收工程的总体要求、工艺设计、主要工艺设备和材料、检测与过程控制、主要辅助工程、劳动安全与职业卫生、施工与验收、运行与维护等技术要求。

本文件适用于冶金焦化脱硫废液硫资源综合回收工程，可作为环境影响评价、环境保护设施设计与施工、建设项目竣工环境保护验收、日常运行管理及冶金焦化行业清洁生产的技术依据。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

- GB/T 2449.1 工业硫磺 第1部分：固体产品
- GB 3096 声环境质量标准
- GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- 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 14554 恶臭污染物排放标准
- GB 16171.1 炼焦化学工业大气污染物排放标准
- GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
- GB/T 50010 混凝土结构设计标准
- GB 50014 室外排水设计标准
- GB 50015 建筑给水排水设计标准
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
- GB/T 50034 建筑照明设计标准
- GB/T 50046 工业建筑防腐蚀设计标准
- GB 50052 供配电系统设计规范
- GB 50054 低压配电设计规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- GB 50069 给水排水工程构筑物设计规范
- GB 50187 工业企业总平面设计规范
- GB 50191 构筑物抗震设计规范
- GB 50194 建设工程施工现场供用电安全规范
- GB 50254 电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范
- GB/T 50326 建设工程项目管理规范
- GB 50332 给水排水工程管道结构设计规范
- GB 50974 消防给水及消火栓系统技术规范
- GBJ 22 厂矿道路设计规范

GBZ 1 工业企业设计卫生标准
GBZ 2.1 工业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 工业场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素
GBZ 158 工作场所职业病危害警示标识
HG/T 2124 桨式搅拌器技术条件
HG/T 2154 工业硫氰酸铵
HG/T 3923 循环冷却水用再生水水质标准
HG/T 5353 工业氨水
HG/T 5744 工业硫酸铵
HG/T 20203 化工机器安装工程施工及验收规范（通用规定）
HJ/T 60 水质 硫化物的测定 碘量法
HJ/T 369 环境保护产品技术要求 水处理用加药装置
HJ 2042 危险废物处置工程技术导则
JGJ 79 建筑地基处理技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

脱硫废液 desulfurization waste liquid

焦炉煤气通过湿式氧化脱硫工艺产生的硫泡沫，主要含有单质硫、硫氰酸盐、硫酸盐、硫代硫酸盐、有机物及催化剂等成分。

3.2

硫膏 sulfur paste

脱硫废液固液分离过程中产生的固体废物，主要含有单质硫、焦油、粉尘、水分等成分。

3.3

吸附脱色 adsorption and decolourisation

通过使用固体吸附剂，将脱硫废液经固液分离后清液中的焦油类有机物进行吸附并去除的过程。

3.4

气液强化氧化 gas-liquid enhanced oxidation

将空气以微气泡形式分散于脱硫废液固液分离后清液中，使其含有的硫代硫酸盐氧化的工艺过程。

3.5

结晶分盐 crystallization and salt separation

利用硫酸盐和硫氰酸盐的溶解度差异，使两者在溶液中依次结晶析出，从而实现两者分离的过程。

3.6 深度精细分盐 deep fine salt separation

通过醇析法、膜法工艺对含硫酸盐和硫氰酸盐的混盐分离提纯，制备高纯度硫酸盐与硫氰酸盐产品的工艺过程。

3.7

强化脱水 enhanced dewatering

利用超声破孔与高速离心作用将硫膏中的水分高效脱除，降低含水率的过程。

3.8

熔融气浮除杂 melted gas flotation for impurity removal

在高温环境下通过微气泡气浮将熔融状态硫膏中的杂质上浮分离的过程。

3.9

溶硫液 sulphur solution

通过化学和物理作用将硫膏中的单质硫选择性高效转化为可溶性多硫化物溶液。

3.10

热解析出 thermal analysis output

通过温度调控，使可溶性多硫化物中的硫元素以结晶或沉淀形式析出并得到硫磺产品的过程。

4 总体要求

4.1 一般规定

4.1.1 冶金焦化脱硫废液硫资源综合回收技术除应遵守本文件外，还应符合国家现行的法律、法规、标准、规范的有关规定。

4.1.2 冶金焦化企业应推行清洁生产。

4.1.3 工程应配套建设预防二次污染的措施。对处理设施及建构筑物应根据其接触介质的性质，采取防腐、防渗、防漏等措施。

4.1.4 脱硫废液硫资源综合回收过程产生的污染物应妥善处理，并应设置事故应急处理设施。

4.1.5 在易燃、易爆或有腐蚀性的环境下工作的设备设施应做好防爆、防腐措施，防爆应符合现行国家标准GB/T 3836.1的规定。

4.1.6 鼓励采用自动化、智能化技术，建设智慧管控平台，提升生产效率、安全管理和环保监控水平。

4.2 工程项目构成

4.2.1 工程项目应包括主体工程、辅助工程和配套设施。

4.2.2 主体工程应包括固液分离单元、吸附脱色单元、气液强化氧化单元、结晶分盐单元、深度精细分盐单元、强化脱水单元、熔融气浮除杂单元、选择性溶硫单元、热解析出单元等。

4.2.3 辅助工程应包括给排水和消防系统、配电室、控制室、检测分析室、设备保养和检修车间、视频监控系統、处理车间厂房、围墙、道路、周边绿化工程等。

4.2.4 配套设施包括办公室、休息室、卫生间、浴室、更衣室及其它生活设施等。

4.3 场址选择

4.3.1 工程的选址应符合冶金焦化企业总体规划和设计要求。

4.3.2 吸附脱色废渣临时贮存设施的选址和建设应符合现行国家标准 GB 18597 有关规定。

4.3.3 醇析溶剂贮存设施的选址和建设应符合现行国家标准 GB 50016 有关规定。

4.3.4 原料及成品仓库的选址和建设应符合现行国家标准 GB 50016、GB 50974 有关规定。

4.4 总平面布置

4.4.1 总平面布置应综合考虑工艺流程的要求和场地条件并应遵循节约用地的原则。

4.4.2 厂区道路的设置，应满足交通运输、消防、绿化及各种管线的敷设要求。

4.4.3 平面布置应符合现行国家标准 GB 50187、HJ 2042 有关规定。

4.4.4 车间的防火等级应符合现行国家标准 GB 50016 有关规定。

5 工艺设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 工艺设计应遵循技术可靠、成熟稳定、经济适用、安全环保的原则。
- 5.1.2 工艺设计应包括废气、废水、固体废物、噪声等污染控制设施的设计。
- 5.1.3 工艺设计应符合安全、节能、环保等相关法规要求，并应考虑任一处理设施设备因检修、清洗而停运时仍能保证产出满足要求的合格产品。
- 5.1.4 工艺技术参数的选择宜对原料成分进行分析，并宜通过小试、中试等方式确定。
- 5.1.5 冶金焦化脱硫废液硫资源综合回收过程中产生的产品及副产品，应符合现行国家标准 GB/T 2449.1、HG/T 2154、HG/T 5353、HG/T 5744 等有关规定。
- 5.1.6 工艺设计应充分考虑自动化与智能化控制的需求，为关键工艺参数的在线监测和自动调控预留条件。

5.2 工艺设计要求

- 5.2.1 工艺流程应选择路线短、投资及运行费用低、操作简单、低（无）二次污染。
- 5.2.2 脱硫废液中硫盐、石膏中单质硫的硫资源回收率宜大于90%。

5.3 工艺选择

- 5.3.1 冶金焦化脱硫废液硫资源综合回收工艺应包括脱硫废液固液分离工艺、硫盐综合回收工艺和单质硫综合回收工艺，工艺流程见图1。

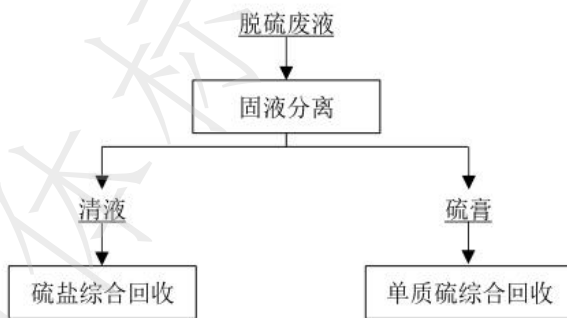


图1 冶金焦化脱硫废液硫资源综合回收工艺流程

- 5.3.2 脱硫废液固液分离工艺应包括固液分离单元，脱硫废液固液分离宜选用压滤机或陶瓷过滤器，过滤精度宜选择10-100微米。
- 5.3.3 硫盐综合回收工艺应包括吸附脱色单元、气液强化氧化单元、结晶分盐单元及深度精细分盐单元，工艺流程见图2。

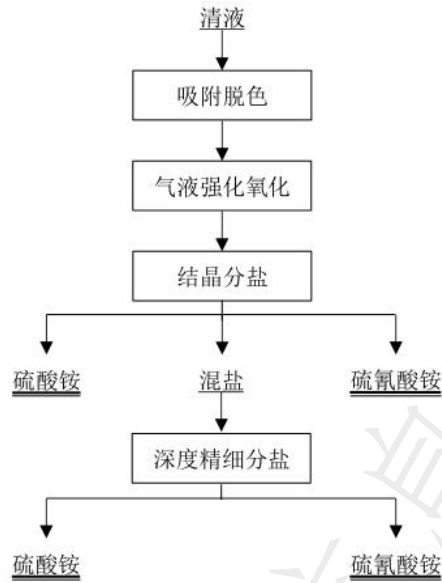


图2 硫盐综合回收工艺流程

5.3.4 硫盐综合回收工艺各单元应符合以下规定：

- 吸附脱色主要除去废液中有有机物和催化剂等杂质，宜选用活性较高的活性炭粉末作为吸附剂。
- 空气气液强化氧化pH值宜在1-4之间；pH调节宜采用稀硫酸，宜通过pH计自动控制投加。
- 空气气液强化氧化曝气强度应通过试验确定。
- 结晶分盐温度宜控制在60℃-85℃；搅拌机驱动电机应选用变频电机，搅拌机内壁和底部应配置刮泥刀。
- 深度精细分盐应选择醇析法纯化或膜法纯化。膜法纯化的膜系统宜选择纳滤膜，混盐溶液中硫酸铵质量分数应为0.1%-1.5%。

5.3.5 单质硫综合回收工艺应包括强化脱水单元、熔融气浮除杂单元、选择性溶硫单元及热解析出单元，工艺流程见图3。

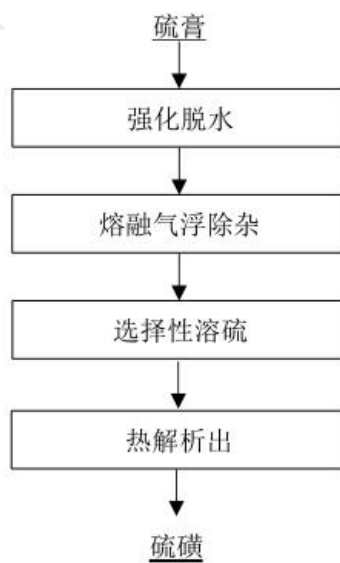


图3 单质硫综合回收工艺流程

5.3.6 单质硫综合回收工艺各单元应符合以下规定：

- a) 超声频率宜为 40kHz-50kHz；超声时间宜为 30min-60min；离心分离因数（Fr）宜选用 $1.1 \times 10^3 - 1 \times 10^4$ 。
- b) 气浮熔硫釜温度宜控制在 120℃-150℃，期间应持续鼓入热氮气。
- c) 吸附脱色主要除去废液中有有机物和催化剂等杂质，宜选用活性较高的活性炭粉末作为吸附剂。
- d) 热解反应釜温度宜控制在 80℃-100℃，热分解时间宜为 1h-2h。

5.4 二次污染控制

5.4.1 工程建设和运行过程中产生的废水、废气、废渣、噪声及其他二次污染物的防治与排放应符合现行的国家环境保护法规和标准要求。

5.4.2 处理过程中产生的废水应单独收集并优先回用，无法回用的应经处理后达标外排。

5.4.3 处理过程中产生的废气应采取废气污染控制措施，产生的气体应采用吸收塔吸收后达标排放，尾气排放应符合现行国家标准 GB 14554、GB 16171.1 有关规定。

5.4.4 处理过程中产生的吸附脱色废渣等固体废物应按照其管理属性分别处置。经鉴别属于危险废物的，其贮存、处置、转移等应符合现行国家标准 GB 18597、HJ 2042 和《危险废物转移管理办法》有关规定。

5.4.5 振动电机、压缩机、离心机、压滤机及各类泵等机械设备的噪声和振动的设计应符合现行国家标准 GB 3096、GB 12348 有关规定。

5.4.6 脱硫废液硫资源综合回收过程中所产生的产品输送宜采用密封型输送设备，装卸、设备故障、检修等造成洒落的物料应收集并进行处理。

6 主要工艺设备和材料

6.1 设备选择

6.1.1 设备选择应满足工艺要求，应采用质量可靠、运行稳定、高效节能、便于运行维护及管理的设备，并应符合国家现行的产品标准。

6.1.2 所选设备应满足防火、防爆、防潮、防尘及防腐等安全需要。

6.1.3 设备宜包括收集容器、输送设备、水泵、加药设备、反应设备、固液分离设备、气体处理系统、反应釜等。机械设备的材质应具有耐腐蚀性、耐磨损性和较高机械强度。

6.1.4 输送设备宜选用密闭的螺旋输送和带式输送设备。

6.1.5 水泵的选型应根据其所输送介质的特性及水泵的用途来确定，应配备备用泵。

6.1.6 加药设备应符合现行国家标准 HJ/T 369 有关规定。

6.1.7 废水与药剂的混合与反应宜采用机械搅拌，采用桨式搅拌器应符合现行国家标准 HG/T 2124 有关规定，反应设备宜选用耐腐蚀反应釜。

6.2 材料选择

6.2.1 材料的选择应满足工艺的特点和技术要求，并应保证系统可靠性和经济性。

6.2.2 易腐蚀材料应采取相应的防腐蚀措施，并应符合现行国家标准 GB/T 50046 有关规定。

6.2.3 管道材料宜选用耐腐蚀的非金属材料或带内衬的金属材料。

6.2.4 氧化装置、结晶分离装置材质宜采用不锈钢、搪瓷、玻璃钢等；热解析出装置材质宜采用钢衬四氟。

6.2.5 螺旋输送设备材质宜选用 316L 材质；带式输送设备材质宜选用橡胶、硅胶、聚氯乙烯、聚氨酯

等。

6.2.6 硫酸储罐材质宜采用钢衬四氟、玻璃钢、碳钢防腐等，溶硫液储罐材质宜采用 316L、钢衬四氟等，碱性药剂储罐材质宜采用碳钢防腐、不锈钢、玻璃钢等。

7 检测与过程控制

7.1 一般规定

7.1.1 工程应根据工程规模、处理工艺、运行管理等要求设置检测与控制项目。

7.1.2 工程运行应进行分析化验检测、自动化仪表检测和自动化过程控制。

7.1.3 自动化仪表及控制系统的设置应以保障生产运行的安全、处理效果的稳定、改善工人的劳动条件、方便操作和管理为基础，并为实现工艺优化和智能决策提供数据支持。

7.1.4 计算机控制管理系统应兼顾现有、新建及规划要求，并应设有或预留数据上传通信接口，便于接入工业互联网平台或智能管控中心。

7.2 检测

7.2.1 分析化验检测所采用的方法应符合有关分析标准、脱硫废液及硫膏的特点。分析化验所选设备应能满足分析化验检测的最低需要。

7.2.2 工艺应检测脱硫废液及硫膏成分指标。硫膏及硫磺成分的测定应采用现行国家标准 GB/T 2449.1 规定的方法，液相中的硫离子的测定应采用现行国家标准 HJ/T 60 规定的方法，硫代硫酸根的测定应采用碘量法，硫氰酸根的测定应采用饱和溴水和碘量法。

7.2.3 气液强化氧化及溶硫解析过程在线检测宜包括流量、温度、pH、压力和液位。

7.2.4 应在给料单元、加药单元、曝气氧化、溶硫解析等主要生产工序设置生产控制、运行管理所需的检测仪器仪表，检测对象宜为给料量、药剂投加量、给水量、酸碱度、电导率、氧化还原电位等参数。

7.3 过程控制

7.3.1 过程控制模式应根据处理规模、工艺要求、企业经济条件等因素确定。规模较大时，宜采用集中显示、分散控制的系统。有条件时，可构建集成工艺模型、数据分析与优化算法的智能控制系统。

7.3.2 现场检测仪表应具有防腐、抗渗漏等功能。

7.3.3 过程控制应参照现行国家标准 GB 50014 有关规定。

8 主要辅助工程

8.1 电气系统

8.1.1 供电宜按二级负荷设计，供电等级应与生产车间相同。

8.1.2 电气供配电系统设计应符合现行国家标准 GB 50052 有关规定；低压配电设计应符合现行国家标准 GB 50054 有关规定；照明设计应符合现行国家标准 GB/T 50034 有关规定。

8.1.3 电气防火、防爆和防雷设计应符合现行国家标准 GB 50057、GB 50058 有关规定。

8.1.4 建设工程施工现场供用电安全应符合现行国家标准 GB 50194 有关规定。

8.1.5 重要处理单元的控制主站及中央控制室应配备有不间断供电电源（UPS）。

8.2 给水、排水和消防

8.2.1 给水和排水设计应符合现行国家标准 GB 50014、GB 50015 和 GB 50332 等有关规定。

8.2.2 消防设计应符合现行国家标准 GB 50016 有关规定。

8.3 采暖通风与空调

8.3.1 采暖通风与空气调节设计应符合现行国家标准 GB 50019 有关规定。

8.3.2 对生产性建筑物，应根据使用性质和场所环境，采取必要的通风措施。其中在药剂库、药剂间、变配电间、压滤间、化验室及通风不畅的工作场所，应设置通风设施。

8.4 建筑与结构

8.4.1 土建设计应符合现行国家标准 GB/T 50010、GB 50069 和 JGJ 79 等有关规定和处理工艺的技术要求，土建防腐、抗震、防火和特殊地基处理应符合现行国家标准 GB 50016、GB/T 50046 和 GB 50191 等有关规定。

8.4.2 工程建筑风格宜与厂区协调、统一，平面布置和空间布局应满足工艺流程要求，并应考虑生产发展和技术改造的可能性。

8.4.3 工程的建筑物和构筑物应根据不同地区的气候条件采用不同的结构形式。严寒地区的建筑物和构筑物均应采取防冻措施。

8.5 厂区道路和绿化

厂区内道路和绿化设计应符合现行国家标准 GBJ 22 有关规定。

9 劳动安全与职业卫生

9.1 劳动安全

9.1.1 劳动安全管理应符合现行国家标准 GB/T 12801 有关规定。

9.1.2 各构筑物应设有便于行走的操作平台、走道板、安全护栏和扶手，栏杆高度和强度应符合国家有关劳动安全卫生规定。护栏内设备需要操作或维护的，应设活动门或活动护链。

9.1.3 设备检修或故障时应有相应的警示、保护设施。

9.1.4 具有有害气体、易燃气体、异味和粉尘的场所，应设置通风设施。宜在重点危险源区域设置有毒有害气体、可燃气体泄漏的智能监测与报警系统，并宜与通风、消防等设施实现应急联动。

9.1.5 机械设备的传动部分应设置防护罩，周围设置操作活动空间。

9.1.6 加药间应配置紧急洗眼器、防毒面具等安全防护器具；危险药品周围应设置围堰。

9.1.7 应对职工进行必要的培训，应制定相应的安全操作规程、注意事项等。

9.1.8 应配备必要的劳动安全卫生设施和劳动防护用品。岗位操作人员上岗时应穿戴相应的劳保用品。

9.2 职业卫生

9.2.1 车间应配备良好的通风设施，作业区环境应符合现行国家标准 GBZ 1、GBZ 2.1、GBZ 2.2 和 GBZ 158 有关规定。

9.2.2 职工在药剂间、压滤间等粉尘、异味的环境下应佩带必要的劳动保护用具。

9.2.3 应对从事职业病危害作业的作业人员进行上岗前、在岗期间、离岗时的职业健康体检，并应建立职业健康档案卡。应定期对职工进行职业卫生教育，加强防范意识。

10 施工与验收

10.1 工程施工

10.1.1 工程的施工应符合现行有关工程施工程序及管理文件的要求，符合国家相关强制性标准和技术规范。

10.1.2 工程施工中使用的设备、材料、器件等应符合国家相关标准，并取得供货商的产品合格证。

10.1.3 建设过程中产生的废水、废渣、噪声及其他污染物排放应严格执行国家环境保护法规和标准的有关规定。

10.1.4 工程质量监督管理应符合现行国家标准GB/T 50326有关规定。

10.2 设备安装

10.2.1 设备安装应符合相应的规范及技术要求。

10.2.2 设备基础应按照设计要求和图纸规定浇筑，混凝土强度等级、基面位置高程应符合说明书和技术文件的规定。混凝土基础应平整、坚实，并有隔震措施。

10.2.3 各种电机设备的安装、调试应符合现行国家标准 GB 50254、HG/T 20203 有关规定。

10.3 工程验收

10.3.1 工程施工应符合国家相关法律法规及强制性标准的有关规定。

10.3.2 工程施工单位应具有工程建设资质、设备安装资质等。

10.3.3 设备安装应符合相应的规范及技术要求。

10.3.4 工程竣工验收应符合国家的相关法律、法规、标准及法定程序。

10.4 技术验收

10.4.1 工程安装验收后应进行荷载调试。

10.4.2 荷载调试结束后应进行调试运行。调试运行应连续72h，工程设计规模及产品质量指标应满足设计要求。

10.5 环境保护

10.5.1 废水、废气、废渣、噪声及二次污染物应符合现行的国家及地方环境保护法规和强制性标准要求。

10.5.2 吸附脱色废渣应纳入冶金焦化企业固废处理单元。

10.5.3 符合现行国家标准HG/T 3923要求的回用水进入冶金焦化企业冷却水系统或水处理系统。

11 运行与维护

11.1 一般规定

11.1.1 工程运行过程应制定详细的工艺操作规程、安全操作规程、设备运行与维护规程、运行管理要求、维修保养制度，各类设施、设备应按照工艺设计的要求使用；设备的运行、维护及其安全，除应符合本文件外，还应符合国家现行有关标准的规定。

11.1.2 企业应建立健全规章制度、岗位操作规程和质量管理等文件。

11.1.3 企业应建立脱硫废液及硫膏处理台账，内容包括来源、数量、种类、处理方式、时间、进料速率、检测结果、最终去向。

11.1.4 企业应建立药剂购买、贮存、使用台账，内容包括药剂名称、品牌、购买时间及数量、每日投

加数量、剩余库存数量等。

11.2 人员与运行管理

11.2.1 运行管理应遵守制定的操作规程和质量管理流程文件。

11.2.2 运行人员上岗前应接受相关法律法规、工艺流程、专业技术、安全防护、紧急处理等方面的培训，并应定期对运行人员进行培训及考核。

11.2.3 运行人员应严格按照操作规程作业，填写运行记录。

11.2.4 运行人员应遵守企业规定的巡视制度和交接班制度。

11.3 维护

11.3.1 应定期对系统设备进行现场维护，仪器、试剂等应在有效使用期内；流量、液位应正常。

11.3.2 设备的日常维护、保养应以规章制度明确，定期对各处理构筑物中的设备、仪表进行校准和维修保养，并应做好相关记录。

11.4 应急措施

11.4.1 应编制事故应急预案（包括环境应急预案），配套相应的应急处理设施。

11.4.2 企业应制定应急处理措施，并应配套相应的人力、设备、通讯等应急处理必备条件。

11.4.3 处理设施发生异常情况或重大事故时，应启用应急处理措施。
