

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 091—2023

矿井排水膜法零排放系统技术指南

Specification for construction of small-scale green mines technical guide for zero liquid discharge of mine water with membranes

2023 - 12 - 29 发布

2024 - 01 - 01 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 零排放系统	1
5 零排放工艺技术	3
附录 A (资料性) 预处理工艺流程	5
附录 B (资料性) 膜法零排放工艺流程图	7

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。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：国能水务环保有限公司、国家能源集团科技环保有限公司、国家能源投资集团有限责任公司、国电环境保护研究院有限公司、大唐环境产业集团股份有限公司、中国矿业大学（北京）、中关村绿色矿山产业联盟、宿州学院。

本文件主要起草人：王延忠、赵焰、陈雪、郭旭涛、苏双青、郭盼盼、刘宸、陆梦楠、盛飞、祖坤勇、徐峰、樊陈子、王圣、刘海、邓久帅、王亮、吕珊珊、彭位华、林曼利。

矿井排水膜法零排放系统技术指南

1 范围

本文件规定了矿井排水零排放系统和零排放工艺技术等。
本文件适用于矿井排水膜法水处理系统。

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。

GB/T 5085.7	危险废物鉴别标准 通则
GB 8978	污水综合排放标准
GB 18599	一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB/T 21534	工业用水节水术语
GB/T 37758	高矿化度矿井水处理与回用技术导则
DL/T 5046	发电厂废水治理设计规范
HJ/T 92	水污染物排放总量监测技术规范
HJ 2015	水污染治理工程技术导则
HJ 2301	火电厂污染防治可行技术指南
T/CEC 549	火电厂末端废水零排放处理系统技术要求

3 术语和定义

请选择适当的引导语

3.1

矿井排水 mine wastewater

在矿山建设、开采过程中和闭坑后，产生的地下涌水、地表渗透水和生产排水。

3.2

浓缩减量 concentration and reduction

利用加热、膜分离、电渗析、膜蒸馏、蒸发塘等方法使废水浓缩，废水量减少，含盐量升高。

3.3

末端废水 terminal wastewater

矿井排水经过梯级重复利用后不能再经济利用的废水。

4 零排放系统

4.1 常规处理

4.1.1 一般规定

- 预处理系统宜具备去除氟离子、重金属沉淀、絮凝澄清、中和、软化等功能。
- 设备选型及辅助系统配置应按废水处理时的化学反应条件、设备处理能力和容量确定。
- 预处理工艺应按废水利用水质要求、原废水水量、项目建设条件，典型工艺路线见附录A。

4.1.2 废水池（箱）

废水池（箱）应确保出水量连续稳定。废水池（箱）宜设置搅拌、曝气装置。

4.1.3 三联箱

pH 调整箱、反应沉降箱、絮凝箱宜采用三联箱形式。废水中含有重金属和悬浮物时，宜设置三联箱。

4.1.3.1 pH 调整箱

- a) pH调整箱宜用于中和沉淀重金属。pH 控制范围应为8.8-9.2。
- b) pH调整箱容积应满足中和反应时间，水在pH调整箱内停留时间宜为30 min-60 min。

4.1.3.2 反应沉降箱

- a) 反应沉降箱中应添加有机硫化物。
- b) 反应沉降箱中应加入絮凝剂。

4.1.3.3 絮凝箱

- a) 水在箱中的停留时间宜为 30 min-60 min，箱内应设导流板。
- b) 应配备低速机械搅拌机。搅拌机转速应保持将颗粒悬浮，应维持合适的絮凝条件。

4.1.4 管式过滤膜设备

- a) 废水中主要污染物为大于0.05 μm 的颗粒时，可设置管式过滤膜设备。
- b) 应包括浓缩槽、工艺泵或循环泵和膜组件，应监控系统运行压力和过滤液流量。
- c) 应采用微孔膜在压力驱动下的错流式过滤工艺，膜通量不应大于膜元件制造商规定的水通量值。
- d) 待过滤的颗粒物为胶体或固体状态，应直接过滤。去除溶解态成分时，应经前处理，前处理应包括还原反应、pH调整、氧化反应等。

4.2 浓缩处理

4.2.1 纳滤膜设备

- a) 应根据废水水质特点选择透水量大、脱盐率高、化学稳定性好、抗污染性能好及机械强度好的高盐污水回用纳滤膜。 MgSO_4 脱盐率宜大于98%。
- b) 当蒸发结晶系统对结晶盐实现分盐时，宜设置纳滤膜设备。
- c) 纳滤系统应采用全自动连续方式。系统运行及反洗应分别手动和自动控制。纳滤装置运行应根据超滤水箱水位自动控制。

4.2.2 反渗透膜设备

- a) 当进水TDS为10000-30000 mg/L时，宜采用普通反渗透浓缩废水；当进水TDS为35000-40000 mg/L时，宜设置海水淡化反渗透设备；当进水TDS为30000-70000 mg/L时，宜设置高压等反渗透设备。
- b) 反渗透脱盐浓缩单元应包括升压泵、保安过滤器、高压泵、增压泵、反渗透组件及机架、加药装置、清洗装置、冲洗装置、能量回收装置、自动控制装置及配套就地仪表及远传仪表、阀门、管道等。
- c) 反渗透脱盐浓缩单元性能应符合下列规定：
 - 1) RO系统脱盐率，运行1年后，不应小于99%；运行3年后，不应小于97%；运行3年后，水回收率不应小于55%。
 - 2) 反渗透脱盐浓缩单元应采取防止膜表面 CaCO_3 、 CaSO_4 、 BaSO_4 、 SrSO_4 、 SiO_2 等盐类结垢的措施。
- d) 末端废水处理时，运行压力达到7 MPa以上，宜判定为高压反渗透，除高压反渗透，其他反渗透设备压力不宜大于12 MPa以下。

4.2.3 离子交换膜设备

- a) 均相离子膜浓缩单元性能应符合下列规定：

1) 浓水TDS不应小于200000 mg/L, 且处于稳定状态。

2) 淡水TDS应小于10000 mg/L。

b) 均相离子膜浓缩单元采用的离子交换膜宜具有高选择性、低电阻、高交换容量、低渗透率, 宜具有较好的机械性能、化学性能、膜抗污染和清洗恢复性。

4.2.4 双极膜设备

a) 双极膜设备应包括双极膜膜堆、淡水循环箱和循环泵、钠盐循环箱和循环泵、氯盐循环箱和循环泵、氯化钠循环箱和循环泵、阳极液循环箱和循环泵、阴极液循环箱和循环泵、直流电源柜、纳滤分盐和反渗透浓缩、加药装置、清洗装置、换热器等单元, 及其配套的电气、热控系统、仪表、管道、阀门等。

b) 应用离子置换浓缩除盐时, 应用于高硬度、高含盐量的浓盐水阴阳离子分别脱除和浓缩, 不宜额外投加药剂。

4.3 末端处理

4.3.1 蒸发结晶设备

a) 蒸发结晶设备可包括中文名称多效蒸发(MED)和中文名称机械压缩蒸发(MVR)等, 可利用空间较大时, 可采用MED; 末端废水蒸发结晶设备宜采用MVR蒸发工艺。

b) 高浓盐水经浓缩减量段处理后的浓缩液应经进料泵加压后, 进入到冷凝液预热器和蒸汽预热器进行预热, 升温后进入强制循环结晶器中。

c) 工艺流程宜为原料液→进料泵→冷凝水预热器→蒸汽预热器→强制循环换热器→结晶分离器→强制循环泵→出料泵→增稠器→离心机→结晶盐至流化床。

4.3.2 电解制氯设备

a) 电解制氯设备发生装置应包括机械设备、电气设备和热控设备。

b) 运行条件应符合下列规定:

1) 电解液应采用化学纯硫酸0.5 mol/L;

2) 电解液温度应为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;

3) 阳极电流密度应为 20000 A/m^2 。

4.3.3 干灰拌湿设备

浓盐水浓缩液应进入厂区降尘系统。

4.3.4 烟气干燥设备

a) 烟气干燥设备可采用气流式喷雾干燥、旋转雾化离心干燥或耦合团聚梯级蒸发干燥设备;

b) 气流式喷雾干燥、旋转雾化离心干燥宜采用旁路烟道, 气流式喷雾干燥宜采用二流体或三流体喷头;

c) 旋转雾化离心干燥宜采用旋转雾化器;

d) 耦合团聚梯级蒸发干燥宜为烟道直喷。

5 零排放工艺技术

5.1 一般规定

矿井排水零排放工艺选择应在全厂水务管理优化的前提下, 分质处理、逐级利用确定。处理工艺应运行稳定、经济合理。浓缩减量后的废水溶解性总固体(TDS)为60000-200000 mg/L。

工艺选择见附录B。

5.2 全膜法

a) 该法适用于矿井排水TDS $< 30000\text{ mg/L}$, 排放量大于30 t/h, 环境敏感的区域;

b) 废水成分全部回收利用时, 宜采用“全膜法”

c) 采用该工艺时,最末端应采用蒸发结晶设备,预处理应采用管式膜+三联箱设备,浓缩分盐宜采用纳滤膜+反渗透膜设备。

d) 该法可采用三联箱+管式膜的预处理单元+纳滤+反渗透的浓缩减量单元+蒸发结晶系统的末端零排放单元。

5.3 制氯法

a) 该法适用于在厂区附近有次氯酸钠需求时。末端系统宜采用电解制氯设备,浓缩系统宜采用纳滤+反渗透设备,预处理系统宜采用三联箱+管式膜设备;

b) 沿海开式冷却循环系统电厂,浓缩减量后废水氯离子含量大于11000 mg/L时,可直接电解制氯。

c) 可采用三联箱+管式膜的预处理单元+纳滤+反渗透的浓缩减量单元+电解制氯的末端零排放单元。

5.4 简易膜法

a) 该法适用于有降尘需求时。水中盐离子影响周围环境时,不宜采用此法。

b) 该法可采用三联箱的预处理单元+反渗透+高压反渗透的浓缩减量单元+干灰拌湿的末端零排放单元。

5.5 双极膜法

a) 该法适用于资源化零排放项目,无软化预处理条件下高倍率浓缩减量,或适用于有酸碱加药需求的电厂。

b) 矿井排水处理不加软化药剂时,浓缩系统可采用双极膜设备,预处理系统宜采用三联箱设备。

c) 产出酸碱时,末端系统可采用双极膜设备,浓缩系统可采用诱导结晶设备,预处理系统可采用三联箱设备。

d) 可采用三联箱的预处理单元+离子交换膜浓缩的浓缩减量单元+末端零排放单元。

附录 A
(资料性)
预处理工艺流程

A.1 末端废水预处理，宜根据处理水进水水质、出水水质要求等因素，选用下列工艺流程：
a) 三联箱工艺流程见图 A.1a)。该工艺宜配备氢氧化钙或石灰、酸、凝聚剂、有机硫化物、氧化剂、助凝剂和脱水剂等加药装置。

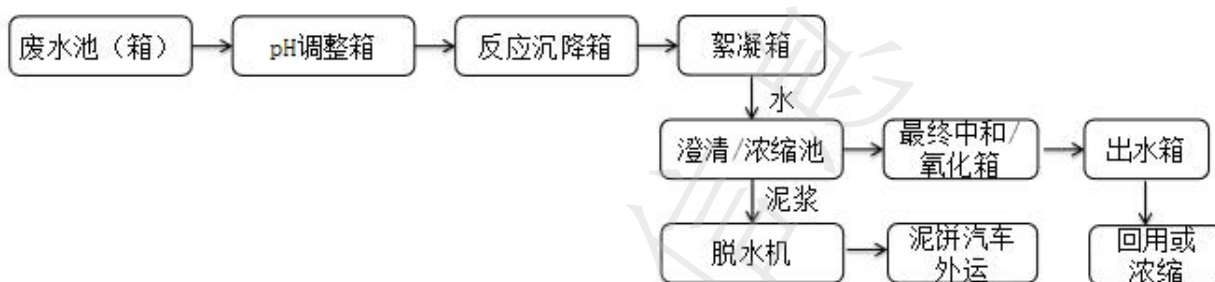


图 A.1a) 三联箱工艺流程

b) 高效预处理工艺流程见图 A.1b)：

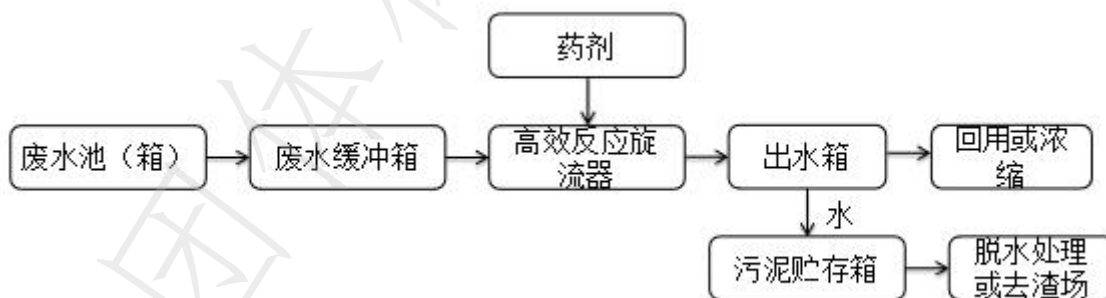


图 A.1b) 高效预处理工艺流程

c) 深度预处理工艺流程见图 A.1c)。该工艺应采用 NaOH 和 Na₂CO₃ 去除钙和镁。

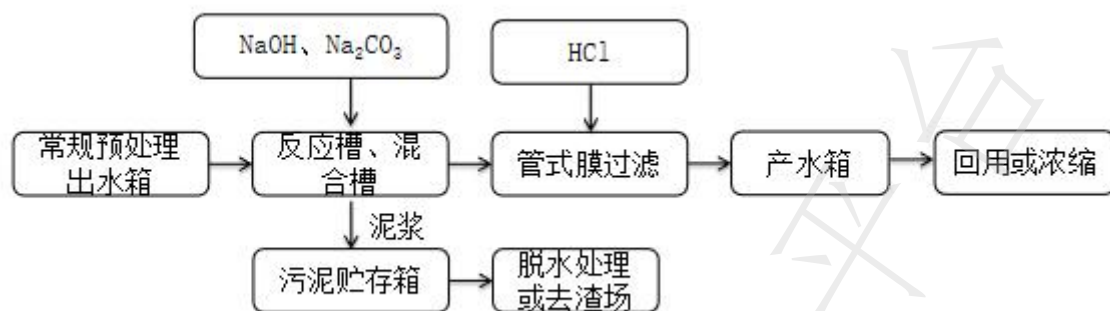


图 A. 1c) 深度预处理工艺流程

附录 B
(资料性)
膜法零排放工艺流程图

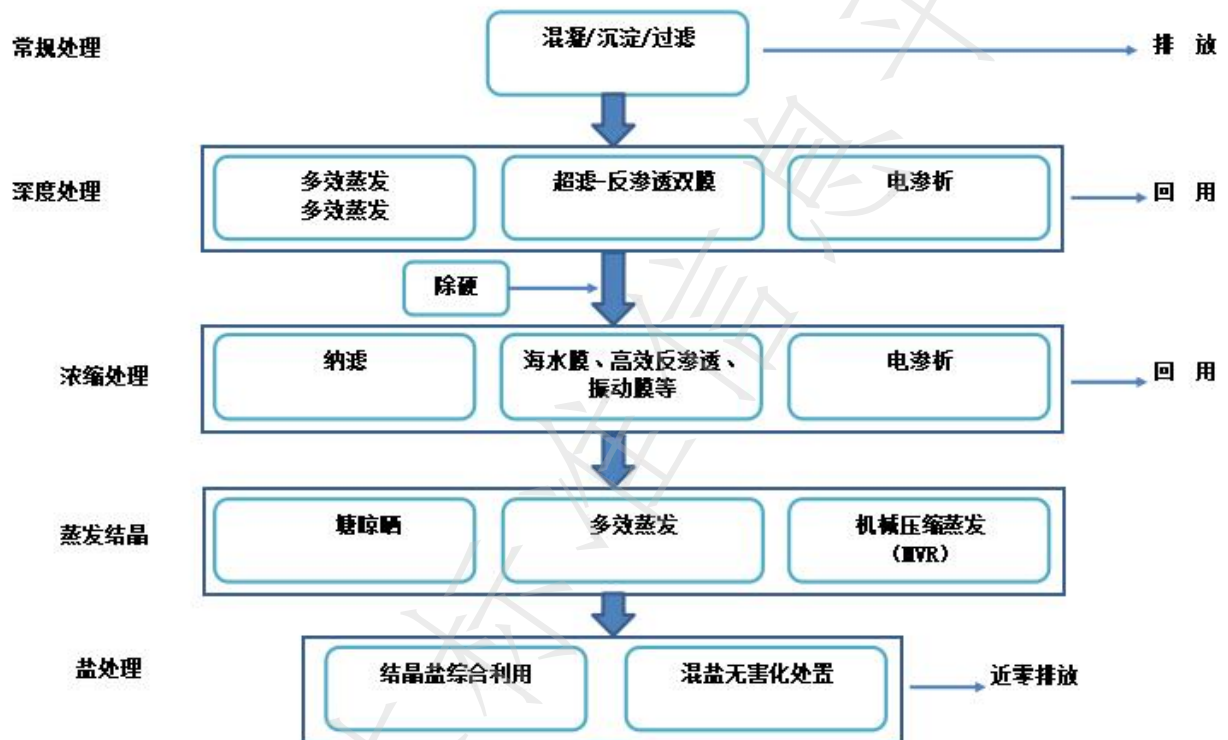


图 B 膜法零排放工艺流程图