
ICS 号

中国标准文献分类号

团 体 标 准

T/SDPEA 0001-2018

反渗透浓水资源化处理规范

Treatment and disposal specification for
reverse osmosis concentrate utilization

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

山东省电力企业协会 发布

前言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 起草。

本标准起草单位：

本标准起草人：

反渗透浓水资源化处理规范

1 范围

本标准规定了反渗透浓水资源化处理的术语和定义、处理方法与出料要求。

2 规范性引用文件

下列文件对于本规范的应用是必要的。凡是注有日期的文件，所著日期版本适用于本文件，凡是不注日期的文件，其最新版本适用于本文件。

- (1) 《水处理设备制造技术条件》 JB2932-1999
- (2) 《水处理用石英砂滤料》 CJ24.2-88
- (3) 《水处理设备油漆、包装技术条件》 ZBJ98003-87
- (4) 《通用用电设备配电设计规范》 GB50055-93
- (5) 《机电产品包装通用技术条件》 GB/T13384-92
- (6) 《压缩机、风机、泵安装工程施工及验收标准》 JBJ29-96
- (7) 《工业自动化仪表工程施工及验收规范》 GBJ122-88
- (8) 《电厂用水处理设备质量验收标准》 DL543-94
- (9) 接口法兰标准按照本项目《管道材料设计说明》执行。
- (10) 《钢制化工容器设计基础规定》 HG/T 20580-2011
- (11) 《钢制管法兰、垫片、紧固件》 HG20592~20653-2009
- (12) 《工业循环水冷却水处理设计规范》 GB50050-2007
- (13) 《塔器设计技术规定》 HG-T20652-1998
- (14) 《化工设备、管道外防腐设计规定》 HG-T20679-1990
- (15) 《玻璃钢化工设备设计规定》 HG-T20696-1999
- (16) 《橡胶衬里化工设备》 HG-T20677-1990
- (17) 《计量和单位》 GB 3100~3102 -93
- (18) 《外壳防护等级规范》 GB 4208 -93
- (19) 《工业自动化仪表工程施工及验收规范》 GB 50093 -2002
- (20) 《可编程控制器系统工程设计规定》 HG-T20700-2000
- (21) 《自控专业工程设计文件的校审提要》 HGT20636.9-1998
- (22) 《自控专业工程设计文件的控制程序》 HGT20636.10-1998
- (23) 《自控专业工程设计文件的组成和编制》 HGT20637.1-1998

(24) 《仪表设计规定的编制》 HGT20637.3-1998

(25) 《仪表施工安装要求的编制》 HGT20637.4-1998

3 术语与定义

反渗透浓水 reverse osmosis concentrate

经反渗透膜截留浓缩后的盐分较高的水。

资源化 utilization

将某废弃或排放的物质经过分类处理后回用为产品或原料。

电催化氧化 electro-catalytic oxidation

在外加电能的作用下,通过负载的极板上的催化剂的催化效应,改变水体中有机物与电子反应机理,降低有机物的还原氧化电位,从而加速有机物氧化分解的过程。

特种滤料 special stuff

专门用于吸附某类物质的过滤填料。

反渗透 reverse osmosis

在膜的原水一侧施加比溶液渗透压高的外界压力,只允许水及部分不带电小分子物质选择性透过,其他物质被膜截留在原来侧的过程。

纳滤 nanofiltration

在膜的原水一侧施加比溶液渗透压高的外界压力,只允许水、单价离子或不带电小分子物质选择性透过,其他物质被膜截留在原来侧的过程。

电渗析 electro dialysis

在外加电场作用下,水体中的带电离子在对应电场的作用下通过具有选择性的膜从而实现离子定向迁移浓缩的过程。

TDS 总溶固 total dissolved solids

单位体积水体中所有溶解的物质的重量。

4 反渗透浓水资源化处理方法

4.1 适用范围

适用于 TDS 在 6000~20000mg/L 的 RO 浓水以及循环水排污水。

4.2 原理

反渗透浓水多为用地下水、地表水经净化处理、反渗透浓缩后所得,组成为水、氯化钠、硫酸钠等以及其他有机杂质。本工艺根据水质成分特征,将杂质进行去除,将主要成分进行分离后回收。

4.3 工艺流程

RO 浓水进入破稳除硬过滤单元,在除硬反应池中投加石灰、破稳剂、碳酸钠、

絮凝剂、助凝剂，然后在高效澄清池中进行澄清以在去除水中的硬度的同时降低来水的 TOC 及硅。澄清池沉淀泥排入污泥脱水间的污泥贮池，经板框压滤机脱水后外运。

澄清池出水经配水堰板均匀的进入过滤池，以去除残留的悬浮物和胶体。

过滤出水进入 CMBR 装置，去除水体中的有机物。

CMBR 装置出水进入 DECOM 装置，在此进一步进行残留有机物的降解后进入后续精滤装置。

精滤装置由砂滤及特种过滤组成，用于去除剩余的部分 COD 及污堵物，保障后续系统的稳定。精滤装置出水经过滤吸附后进入后续 RO 装置。

砂滤、特种滤料过滤设在线定期反洗。反洗采用自身精滤出水，反洗水回至 pH 调节池。

精滤出水经保安过滤器、高压泵进入反渗透模组。反渗透膜组配套保安过滤器、高压泵及段间增压泵，并在反渗透进水泵前投加还原剂和保安过滤器后投加阻垢剂，以及冲量式投加非氧杀菌剂。一级反渗透系统采用一级二段式，回收率 $\geq 60\%$ ，运行三年时的平均脱盐率 $\geq 97\%$ 。一级一段反渗透膜组的膜壳采用两端出水,分别接至两侧的产水主管，每个膜堆的两根产水主管道上设流量表、电导率、阀门等方便运行调节。

反渗透浓水经提升泵提升进入特种吸附装置后进入软化器，软化产水进入纳滤进水池。软化器采用盐酸再生氢氧化钠转型全自动定时/出水硬度控制再生模式。运行软化器出现再生信号时进入再生模式，备用软化器进入运行模式。再生水采用软化水池水，再生排水排至中和池，中和后回至原水池。

反渗透的产水与后续纳滤产水反渗透的产水都自流进入回用水池，反渗透产水进入回用水池后除供给用户使用外，其他用途有三：膜系统冲洗、清洗用，以及药剂配置使用。

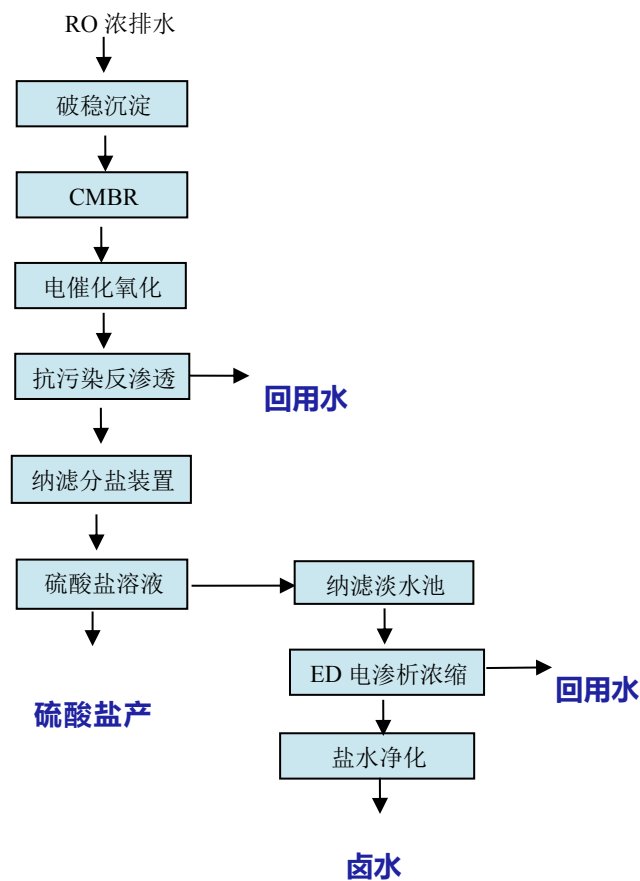
软化水经纳滤进水泵提升经保安过滤器、高压泵后进入纳滤进行分盐处理。设置一台纳滤，纳滤膜组配套高压泵及两台段间增压泵，并在纳滤进水泵前投加还原剂，以及冲量式投加非氧杀菌剂。纳滤系统采用一级三段式，回收率 $\geq 80\%$ ，硫酸根脱除率 $\geq 98\%$ 。纳滤膜组的膜壳采用两端出水,分别接至两侧的产水主管，每个膜组产水主管道上设流量表、电导率、阀门等方便运行调节。

纳滤二价浓水自流进入二价盐水池，作为硫酸盐化工产品原料经二价盐水外送泵外送。

纳滤一价产水进入纳滤产水池。

纳滤产水池水经 ED 进水泵送入 ED 淡水循环池以及 ED 浓水循环池。淡水池、浓水池、极液池溶液分别由淡水循环泵、浓水循环泵、极液循环泵提升进入电渗析系统循环至淡水 TDS 约 1 万后进入 ED 淡水池，浓水 TDS>20 万自流进入卤水池，经卤水泵提升外送。

流程图如下：



RO 浓水资源化处理工艺流程图

4.4 主要工艺设备

破稳沉淀装置、CMBR 装置、电催化氧化装置、反渗透浓缩装置、纳滤分盐装置、ED 电渗析浓缩装置

4.5 处理结果

回用三种物料，规格如下：

a) 回用水

回用水水质如下

序号	项 目	单位	含 量	备 注
1	pH		6.8~7.8	
2	电导率(25℃)	μS/cm	<500	包含挥发性电导
3	氨氮	mg/L	--	
4	氟化物	mg/L	--	
5	氯根离子(Cl ⁻)	mg/L	<150	
6	硫酸根离子(SO ₄ ²⁻)	mg/L	<20	
7	钠离子(Na ⁺)	mg/L	<200	
8	钙离子(Ca ²⁺)	mg/L	<1	
9	镁离子(Mg ²⁺)	mg/L	<1	
10	TDS	mg/L	<500	包含挥发性 TDS
11	TOC	mg/L	<0.1	包含挥发性 TOC

b) 回收卤水

回收卤水水质如下

项目	指标范围	项目	指标范围
盐份	≥200g/L	总铵	≤30mg/L
Ca ²⁺	≤1.6g/L	Si	≤2.3 mg/l
Mg ²⁺	≤0.22g/L	Al	≤0.02 mg/l
SO ₄ ²⁻	≤4.1g/L	Ni	≤0.01 mg/l
Ba	≤0.1mg/l	Mn	≤0.01 mg/l
Sr	≤0.1mg/l	TOC	≤5 mg/l
Fe	≤0.02 mg/l		

c) 回收硫酸钠

十水硫酸钠含量> 90%

4.6 原材料要求

由于 RO 浓水中氯离子浓度高，RO 浓水处理工艺中 pH 变化大。要求所有的触液部分材质防腐。仪表触液材质宜选用 SS316L 材质，泵、阀门、管道触液材质宜选用 SS316L 材质（高压或低压阀门）、钢衬胶/衬塑材质或工程塑料材质。罐体防腐宜选用防腐塑料或衬玻璃鳞片等。

4.7 仪表、电气与自控

4.7.1 配备的仪表精度、量程应满足设备运行需求。接口无泄漏。

4.7.2 电气控制柜应符合电气行业相关规定，安全且便于操作。所有电器接触良好，柜、机、泵及相关设备均有安全保护措施，保证电气安全。

4.7.3 自动化控制灵敏，能识别故障，在故障时能停机并启动安全保护程序。

5 主要工艺设备

5.1 破稳沉淀装置

5.1.1 适用范围

适用于处理含钙镁硬度、硅、分散稳定剂等反渗透浓水及循环水排污水。硬度范围 500-3000mg/L, 硅 5-100 mg/L。

5.1.2 原理

破稳沉淀主要包括破稳和硬度、硅的协同去除。

破稳反应主要是破除原水中加入的阻垢/分散剂，因为前级反渗透或者循环水普遍使用阻垢剂或分散剂，使得原水体系中的微细悬浮颗粒稳定分散、悬浮在水体中，难以直接絮凝去除，污堵后续的膜系统，经过充分破稳反应后，稳定体系被打破，在投加碱、碳酸钠助凝剂、絮凝剂产生沉淀时，被破稳的微细颗粒物同时被絮凝沉降去除。硅与除硬药剂发生复合反应，协同沉淀。然后在斜管区沉淀分离。

5.1.3 产品结构

产品共包含三个区域破稳反应区、除硬脱硅反应区、高效沉淀区、污泥浓缩区。

5.1.4 技术要求

设计进出水水质：

项目	单位	设计进水水质	设计出水水质
pH	-	6~9	~10
TDS	mg/L	10000~20000	10000~20000
钙硬	mg/L	~1050	<100
镁硬	mg/L	~1535	<100
溶解性二氧化硅	mg/L	~105	<5

5.1.6 搅拌器的要求

搅拌机的临界转速应高于工作转速的 15% 以上，振动烈度应不大于 0.28mm/s。

5.1.7 配套装置

药剂投加装置、污泥泵

5.2 CMBR 一体式膜生物活性炭装置

5.2.1 适用范围

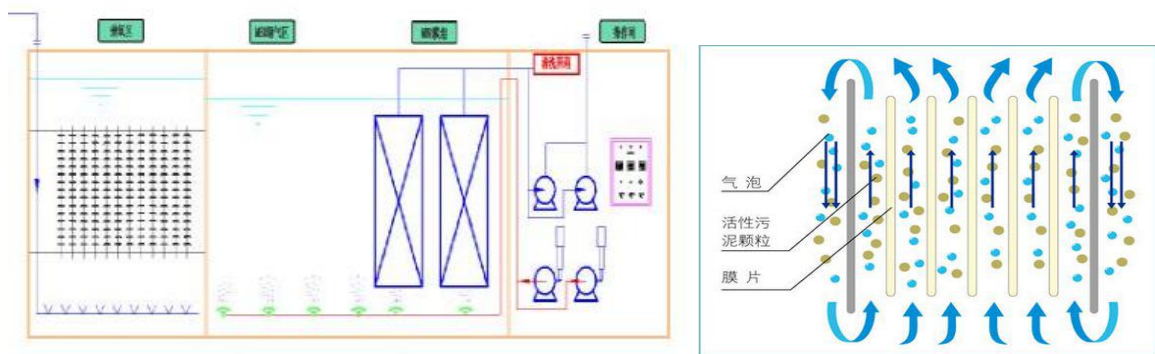
CMBR 适用于大多数中低浓度 COD 废水处理。

4.2.2 原理

一体式膜生物活性炭法是通过在膜生物反应器(M em b rane b io re2acto r, 简称 MBR) 中投加粉末活性炭(PAC)，利用物理吸附和生物净化的协同增效作用，提高处理能力。

5.2.3 产品结构

CMBR 污水处理装置主要由兼氧池、好氧池、平板膜、曝气装置组成。



4.2.4 性能参数

运行通量：10~20L/m².h

设计进出水水质：

项目	单位	设计进水水质	设计出水水质
pH	-	6~9	6~9
TDS	mg/L	10000~20000	10000~20000
COD	mg/L	~300	<100
SS	mg/L	/	<3

5.2.6 主要配套设备

产水泵、 风机、清洗系统

5.3 DECOM

5.3.1 适用范围

含有各种难降解有机物的高盐废水 。

5.3.2 原理

电催化氧化是指预处理后的污水在外加电场的作用下，利用电极表面负载的催化剂，无须添加任何药剂，通过化学、物理作用达到高效净化水中污染物的清洁处理工艺。

本协议电催化氧化是采用直接氧化与间接氧化相结合。直接氧化——可选专用

催化剂可直接氧化特定种类有机物。间接氧化是催化氧化产生的活性物质可全面氧化有机物。

直接电化学反应：利用电极表面的电催化氧化的专用催化氧化涂层，使污染物在电极表面上发生直接的电化学氧化或还原反应，直接去除水体里的目标污染物，已达到净化水体的目的。

间接电化学反应：利用电极表面负载的专用催化剂，在电场的作用下产生强氧化性活性物质，这些强氧化性活性物质再与水体里的污染物发生氧化还原反应。通过放电作用，在阳极表面高性能催化剂引导下产生大量羟基自由基，可以与溶液中的污染物包括 COD、 NH3-N 和 CN⁻等发生氧化反应，快速矿化成小分子无机物，从而达到完全脱毒的目的。

5.3.3 产品结构

电极：采用高性能纳米管表面复合金属氧化晶体电极

反应器：反应器结构设计中加入湍流结构设计配合高速循环装置使水体分布均匀并增加水体与电极的接触机会

5.3.4 性能参数

停留时间：2h

设计进出水水质：

项目	单位	设计进水水质	设计出水水质
pH	-	6~9	6~9
TDS	mg/L	10000~20000	10000~20000
COD	mg/L	<100	<10
SS	mg/L	<3	<3

5.3.6 主要配套设备

电源、催化氧化模块、循环泵等

5.4 抗污染反渗透装置

5.4.1 适用范围

10000<tds <13000mg/L, COD<30 mg/L

5.4.2 原理

反渗透（reverse osmosis, RO）：在压力驱动下，溶剂（水）通过半透膜进入膜的低压侧，而溶液中的其他组分（如盐）被阻挡在膜的高压侧并随浓缩水排出，从而达到有效分离的过程。

5.4.3 性能指标

整套设备脱盐率>95%

单套淡水回收率>60%

设计进出水水质：

项目	单位	设计进水水质	设计出水水质	设计浓水水质
pH	-	6~9	6~9	6~9
TDS	mg/L	10000~20000	~200	25000~50000
COD	mg/L	<10	<3	<25
钙硬	mg/L	<100	<5	<250
镁硬	mg/L	<100	<5	<250

5.4.4 配套装置设计要求

高压泵的进出口分别需设有低压、高压保护。较大系统膜进水处应设有慢开阀。

5.4.5 膜保护注意事项

反渗透出水管侧压力不得高于浓缩水侧压力 0.03MPa，产水管设爆破膜片。

长期停机时，应清洗膜并注入保护液。

5.4.6 进水条件

来水污堵指数 SDI<5;

游离氯<0.1mg/L;

浊度<1.0NTU;

COD<50 mg/L.

其他硬度、重金属等难溶盐类，根据溶解度、浓水端浓度等控制在合理范围。

5.4.7 操作温度、压力

温度：4~45 摄氏度

压力：压力低于 4.0MPa。

5.4.8 配套设备

提升泵、保安过滤器、高压泵、增压泵、反渗透模块等

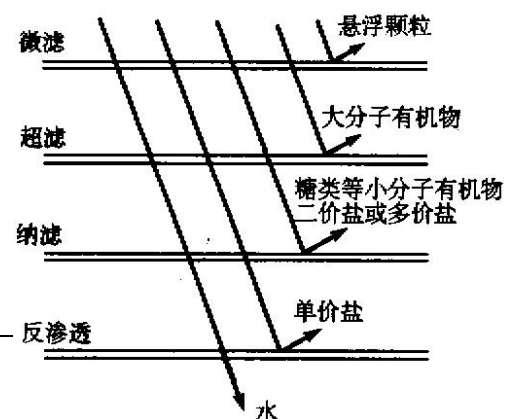
5.5 纳滤装置

5.5.1 适用范围

用于一价与二价盐的分离。

5.5.2 原理

纳滤(NF)是 20 世纪 80 年代后期发展起来的一种介于反渗透和超滤之间的新型膜分离技术，早期称为“低压反渗透”或“疏松反渗透”。纳滤技术是为了适应工业软化水的需求



及降低成本而发展起来的一种新型的压力驱动膜过程。

在本工艺中，纳滤用于盐分的分离，将硫酸钠从来水中分离，分离后作为硫酸盐类产品原料，如可用作硫酸钙晶须原料，作芒硝原料等。

5.5.3 性能指标

分离效率：二价盐种氯离子低于<10000mg/L

一价盐溶液中硫酸根离子低于<300mg/L

二价溶液总溶固：>80000mg/L

5.5.4 配套装置设计要求

高压泵的进出口分别需设有低压、高压保护。较大系统膜进水处应设有慢开阀。

5.5.5 膜保护注意事项

纳滤膜出水管侧压力不得高于浓缩水侧压力 0.03MPa，产水管设爆破膜片。

长期停机时，应清洗膜并注入保护液。

5.5.6 进水条件

来水污堵指数 SDI<5;

游离氯<0.1mg/L;

浊度<1.0NTU;

其他有机物、硬度、重金属等难溶盐类，根据溶解度、浓水端浓度等控制在合理范围。

设计主要进出水水质指标：

项目	单位	设计进水水质	设计一价出水水质	设计二价出水水质
pH	-	6~9	6~9	
TDS	mg/L	25000~50000	13000~26000	~100000
COD	mg/L	<25	<7.5	<20
钙硬	mg/L	<250	<25	<2300
镁硬	mg/L	<250	<25	<2300
硫酸根	mg/L	6800~13600	~200	67000
氯离子	mg/L	~6800~13600	7500~15000	6000~12000

5.5.7 操作温度、压力

温度：4~45 摄氏度

压力：压力低于 4.0MPa。

5.5.8 配套设备

提升泵、保安过滤器、高压泵、增压泵、纳滤模块等

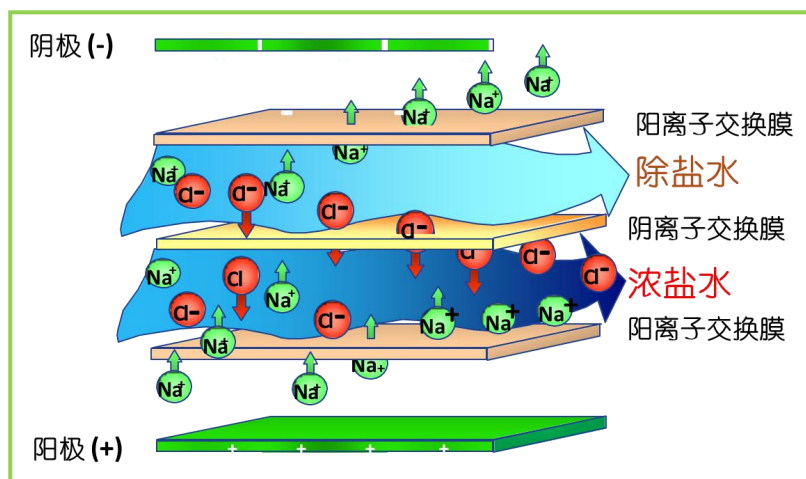
5.6 电渗析装置

5.6.1 适用范围

用于盐分的地浓缩

5.6.2 原理

电渗析装置是利用离子交换膜和电能的作用来分离溶液中的离子物质的，从而实现了物质有效的脱盐、浓缩、提纯和回收。



5.6.3 工艺控制条件

分离效率：淡水侧 TDS<10000mg/L

浓水侧 TDS>200000mg/L

5.6.4 配套装置设计要求

高压泵的进出口分别需设有低压、高压保护。较大系统膜进水处应设有慢开阀。

5.6.5 膜保护注意事项

纳滤膜出水管侧压力不得高于浓缩水侧压力 0.03MPa，产水管设爆破膜片。

长期停机时，应清洗膜并注入保护液。

5.6.6 进水条件

来水污堵指数 SDI<5;

游离氯<0.1mg/L;

浊度<1.0NTU;

其他有机物、硅、硬度、重金属等难溶盐类，根据溶解度、浓水端浓度等根据实际情况控制在合理范围。

设计主要进出水水质指标：

项目	单位	设计进水水质	设计淡水出水水质	设计浓水水质
pH	-	6~9	6~9	6~9
TDS	mg/L	13000~26000	<10000	>200000
COD	mg/L	<7.5	<7.5	<10
钙硬	mg/L	<25	<12.5	<220
镁硬	mg/L	<25	<12.5	<220
硫酸根	mg/L	~200	~100	<4000
氯离子	mg/L	7500~15000	<5000	~132000

5.6.7 操作温度、压力

温度：4~45 摄氏度

压力：压力低于 0.5MPa。

5.6.8 配套设备

提升泵、保安过滤器、电渗析模块、循环泵等