



基于原有离线设计软件的开发,熟悉的操作界面



集成模拟RO, NF和UF产品的运行组合



在联网状态下,可以在Windows、macOS或Android操作系统上访问

IMSDesign云是美国海德能公司的云端膜设计软件,可以更加灵活地配合您的办公地点和设备进行系统设计。PRO系列产品可采用IMSDesign云进行模拟计算。请登录 www.imsdesign.cn 了解更多。

联系方式

上海: 上海市长宁区遵义路150号南丰城C座16楼

电话: (021) 52082255

传真: (021) 52081910

北京: 北京市朝阳区建国路79号华贸中心写字楼2号楼2107室

电话: (010) 65900688

传真: (010) 65900788

www.hydranautics.cn Email: info@hydranautics.cn

声明: 美国海德能公司确信我们所提供的信息和数据是准确和有用的, 但由于无法控制用户的使用方法和使用条件, 因而这些信息和数据仅出于友好目的, 不作为保证值。美国海德能公司不承担由于使用这些信息和数据而产品的后果或损害, 用户应自行确认美国海德能公司的产品对于其特定用途的适应性。

版权所有 © 2021 美国海德能公司 (HYDRANAUTICS CORPORATION) 保留所有权利



扫一扫关注公众号

Nitto

Innovation for Customers

HYDRANAUTICS



美国海德能 (近)零排放解决方案

HYDRANAUTICS
(MINIMUM) ZERO LIQUID DISCHARGE SOLUTIONS

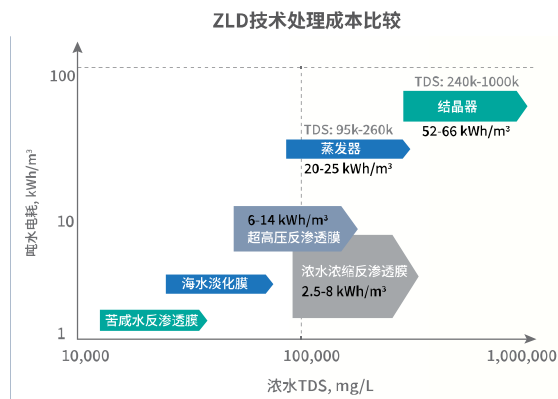
「近」零排放

一种兼顾水资源高效利用和运行成本的废水管理模式

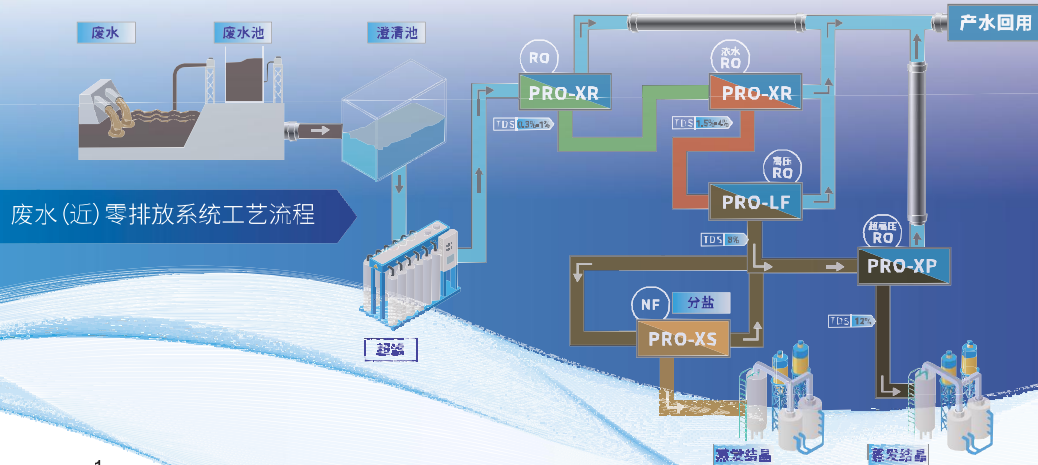
随着国家环保政策日益趋严、水资源使用成本升高等因素的影响，零排放（ZLD）以及近零排放（MLD），作为高难度工业废水处理的可持续水资源管理解决方案，正越来越受到市场的青睐。

然而，在多数情况下，处理是非常复杂的，并且需经多道工序去获取更高的水回收率与更纯的固态盐分结晶。其中所涉及到的关键问题有：

- 1 由于高有机物含量的进水而使膜受到快速污染
- 2 混合杂盐处理成本巨大
- 3 蒸发和结晶器的高成本



美国海德能 (Hydramautics)，始终坚持膜产品的创新和发展，专为应对各种高难度废水处理所研发的PRO系列膜元件，能够为 ZLD/MLD 系统提供优质的膜技术解决方案，为工业行业绿色转型及可持续发展提供可靠的技术支撑。



Meet the **PROs**

PRO系列膜元件产品型号

PRO系列膜元件可根据其产品特性应用于零排放系统的不同工艺阶段，能够在达成废水浓缩减量、提高水回收率、分盐资源化的同时，兼顾节能和控制成本的目的。

- PRO-XR1高脱盐率抗污染RO膜**
● 对抗污染，经久耐用，适用于更具挑战的水质条件
- PRO-LF1抗污染高压RO膜**
● 高盐度条件下，超强对抗有机物污染，高效耐用
- PRO-XP1超高压RO膜**
● 高倍浓缩，减量蒸发
- PRO-XS系列优异离子选择性NF膜**
● 具有高离子选择性，有效实现分盐资源化

主要细分市场和应用

煤化工	冶金	电力	市政
ZLD/MLD系统	循环排污水、脱硫废水	市政废水减量	分盐、回收
电镀	氯碱	印染	RO浓水减量
			新能源

Meet the **PROs**

助力零排放 废水资源化

PRO-XR1 高脱盐率抗污染RO膜

PRO-XR1是结合高脱盐率及高产水量性能的低压抗污染RO膜，能够出色处理各种具有挑战性的工业废水，包括高污染废水、或对特定离子浓缩浓度有要求的应用。PRO-XR1适用于对产水水质要求高的行业，如：煤化工、电力、冶金、电镀、造纸等。

应用领域

市政和工业污水回用

零排放的初级浓缩减量

特定离子的浓缩

产品特点

电中性、亲水性膜表面，
抗污染性能优越

增强的膜化学技术，
运行压力更低、产水量更大

耐受性好，超宽的清洗
pH值范围

高效脱除TOC、
硼、硅、硝酸盐

性能参数

SPECIFICATIONS

产水量: 11,500 gpd (43.5 m³/d)

脱盐率: 公称 99.8%
最低 99.5%

测试条件:

溶液 2,000 mg/L NaCl

压力 225 psi (1.55 MPa)

温度 77 °F (25 °C)

回收率 15%

pH 6.5 - 7.0

*性能参数是在系统稳定运行 10 分钟取得的。实际测试条件可能与上述数据不完全相同，这种情况下，性能参数是根据标准条件进行标准化后的数据。产水量偏差范围在±15%之内。

产品描述

PRODUCT DESCRIPTION

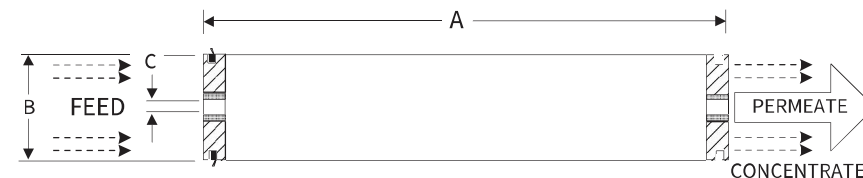
结构 抗污染卷式

膜材料 芳香聚酰胺

有效膜面积** 400ft² (37.2m²)

进水隔网 34 mil (0.86 mm)

包装: 每一支膜元件在出厂时均包含一个浓水密封圈、一个连接适配器和配套的 O 型圈。膜元件密封在聚乙烯塑料袋中并添加不大于 1.0 % 的亚硫酸氢钠溶液作为保护液，然后包装在纸箱中。



膜元件尺寸**

A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)

**所列数值仅供参考，未作具体规定。更详细的参数，请参见美国海德能相关技术文件或与美国海德能技术人员联系。

产品运行限制

OPERATING LIMITS

最大运行压力:	600 psig (4.14 MPa)	最大进水浊度:	1.0 NTU
最大进水余氯浓度:	< 0.1 mg/L	最大进水 SDI ₁₅ :	5.0
最高进水温度:	113 °F (45 °C)	最大进水量:	85 gpm (19.3m ³ /h)
运行(清洗)pH 范围:	2-11 (1-13) T<25°C 2-11 (1-12) 25≤T<35°C 3-10.5 (2-11) 35≤T≤45°C	单支膜元件最大压降:	15 psi (0.10 MPa)
		最小浓水流量:	12gpm(2.7m ³ /h)

*此处仅为通用限制条件。对于具体项目，更保守的运行参数可以确保更好的性能和更长的使用寿命。详情请参见美国海德能相关技术资料。

免责声明: 这里提供的信息和数据是出于善意并代替一切保证。所有明示或暗示的保证，包括特定用途的适销性和适合性的保证，在此全部否认和排除。我们产品的使用条件和方法超出我们的控制范围。美国海德能公司不承担由于使用这些信息和数据而产生的结果或损害。用户有责任自行确定美国海德能公司的产品对其特定用途的适合性。

Meet the PROs

助力零排放 废水资源化

PRO-LF1 高压抗污染RO膜

PRO-LF1具有电中性、亲水性膜表面,可以减少某些表面活性剂的吸附污染。它的高脱盐率和耐高压的特点和海水淡化RO膜接近,这使PRO-LF1成为处理ZLD高污染浓盐水的理想选择。

应用领域

零排放的中级浓缩减量

高盐水的回收利用

高价值物质的浓缩

产品特点

最高耐压8.27MPa
(1200psi)

电中性、亲水性膜表面,
抗污染性能优越

宽流道进水隔网,
降低阻力损失

耐受性好,超宽的清洗
pH值范围

性能参数

SPECIFICATIONS

测试条件:

产水量: 7,700 gpd (29.1 m³/d)
脱盐率: 公称 99.8%
最低 99.7%

溶液 32,000 mg/L NaCl
压力 800 psi(5.5 MPa)
温度 77°F(25°C)
回收率 10%
pH 6.5-7.0

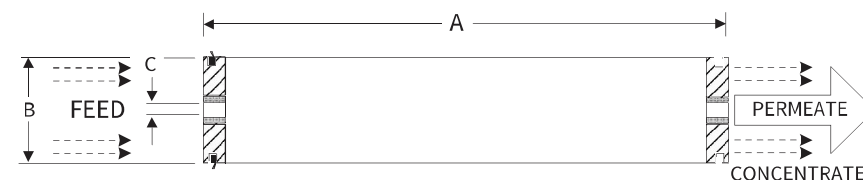
*性能参数是在系统稳定运行 10 分钟取得的。实际测试条件可能与上述数据不完全相同,这种情况下,性能参数是根据标准条件进行标准化后的数据。产水量偏差范围在±15 %之内。

产品描述

PRODUCT DESCRIPTION

结构 抗污染卷式
膜材料 芳香聚酰胺
有效膜面积** 400ft² (37.2m²)
进水隔网 34 mil (0.86 mm)

包装:每一支膜元件在出厂时均包含一个浓水密封圈、一个连接适配器和配套的O型圈。膜元件密封在聚乙烯塑料袋中并添加不大于 1.0 %的亚硫酸钠溶液作为保护液,然后包装在纸箱中。



膜元件尺寸**

A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)

**所列数值仅供参考,未作具体规定。更详细的参数,请参见美国海德能相关技术文件或与美国海德能技术人员联系。

产品运行限制

OPERATING LIMITS

最大运行压力:	1200 psig(8.27 MPa)	最大进水浊度:	1.0 NTU
最大进水余氯浓度:	<0.1 mg/L	最大进水 SDI ₁₅ :	5.0
最高进水温度:	113°F(45°C)	最大进水量:	85 gpm(19.3m³/h)
运行(清洗)pH 范围:	2-11(1-13) T<25°C 2-11(1-12) 25≤T<35°C 3-10.5(2-11) 35≤T≤45°C	单支膜元件最大压降:	15 psi(0.10 MPa)
		最小浓水流量:	12gpm(2.7m³/h)

*此处仅为通用限制条件。对于具体项目,更保守的运行参数可以确保更好的性能和更长的使用寿命。详情请参见美国海德能相关资料。

免责声明: 这里提供的信息和数据是出于善意并代替一切保证,所有明示或暗示的保证,包括特定用途的适销性和适合性的保证,在此全部否认和排除。我们产品的使用条件和方法超出我们的控制范围,美国海德能公司不承担由于使用这些信息和数据而产生的结果或损害。用户有责任自行确定美国海德能公司的产品对其特定用途的适合性。

PRO-LF1

Meet the PROs

助力零排放 废水资源化

PRO-XP1 超高压RO膜

PRO-XP1是专为有挑战性的工业应用而特别开发的超高压RO膜，其采用更坚固的材料结构，最高运行压力可达12.4MPa (1800psi)，其压力等级比传统RO膜提高近50%，可进一步用膜法缩减浓水排放量约50%，从而减少下游工艺的设备规模，降低投资和运行成本。

应用领域

零排放的极限浓缩

高价值物质的浓缩

热法浓缩的部分替代

产品特点

强化卷式膜结构，
最高耐压12.4MPa

提升RO膜法的
盐分浓缩极限值

提高ZLD/MLD系统的
整体效率

性能参数

SPECIFICATIONS

产水量: 8,000 gpd (30.3 m³/d)

脱盐率: 公称 99.8%
最低 99.7%

测试条件:

溶液 32,000 mg/L NaCl

压力 800 psi (5.5 MPa)

温度 77°F (25°C)

回收率 10%

pH 6.5-7.0

*性能参数是在系统稳定运行 10 分钟取得的。实际测试条件可能与上述数据不完全相同，这种情况下，性能参数是根据标准条件进行标准化后的数据。产水量偏差范围在产水量偏差范围在-15%~+25%之内。运行在接近高压极限时，水通量可能下降25%~45%之内。

产品描述

PRODUCT DESCRIPTION

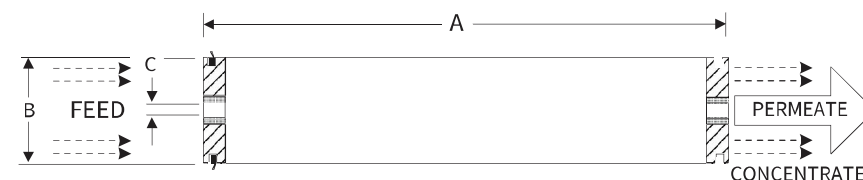
结构 卷式

膜材料 芳香聚酰胺

有效膜面积** 365 ft² (33.9 m²)

进水隔网 34 mil (0.86 mm)

包装: 每一支膜元件在出厂时均包含一个浓水密封圈、一个连接适配器 and 配套的O型圈。膜元件密封在聚乙烯塑料袋中并添加不大于 1.0 % 的亚硫酸钠溶液作为保护液，然后包装在纸箱中。



膜元件尺寸**

A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)

**此处数值是指示性的，非指定。更详细的参数，请参见美国海德能相关技术文件或与美国海德能技术人员联系。

产品运行限制

OPERATING LIMITS

最大运行压力:	1800 psig (12.4 MPa) @30°C	最大进水浊度:	1.0 NTU
最大进水余氯浓度:	<0.1 mg/L	最大进水 SDI ₁₅ :	5.0
最高进水温度:	与压力相关	最大进水量:	85 gpm (19.3 m³/h)
运行(清洗)pH 范围:	2-11 (1-13) T<25°C 2-11 (1-12) 25≤T<35°C 3-10.5 (2-11) 35≤T≤45°C	单支膜元件最大压降:	15 psi (0.10 MPa)
		最小浓水流量:	12 gpm (2.7 m³/h)

*所列数值仅供参考，未作具体规定。对于具体项目，更保守的运行参数可以确保更好的性能和更长的使用寿命。详情请参见美国海德能相关技术资料。

免责声明: 这里提供的信息和数据是出于诚意并代替一切保证。所有明示或暗示的保证，包括特定用途的适用性和适合性的保证，在此全部否认和排除。我们产品的使用条件和方法超出我们的控制范围。美国海德能公司不承担由于使用这些信息和数据而产生的结果或损害。用户有责任自行确定美国海德能公司的产品对其特定用途的适用性。

Meet the PROs

助力零排放 废水资源化

PRO-XS系列 优异离子选择性NF膜

PRO-XS系列膜元件具有高离子选择性，对二价阳离子和阴离子具有高排斥性，可选择性地去除和浓缩离子，适用于多价盐的分离、提纯和回收利用。为满足不同应用场景的需求，PRO-XS系列有高压及低压共计2款产品可供选择。

应用领域

零排放/近零排放分盐

盐湖提锂和提纯

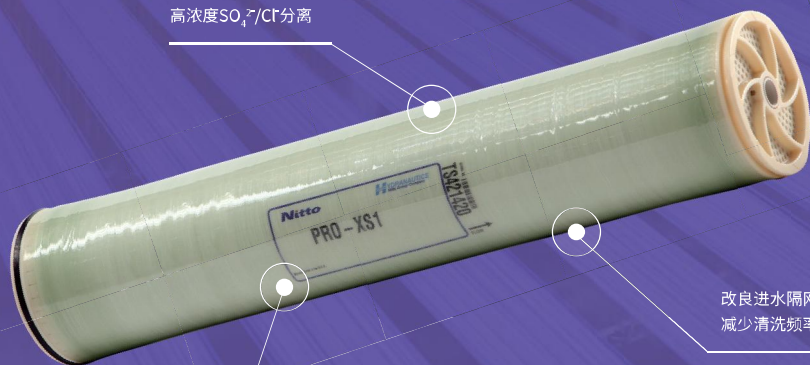
氯碱化工脱硝

脱硫废水、印染废水中硫酸钠回收利用

特种物料分离

产品特点

高离子选择性，可实现高浓度 $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ 分离



硬度和有机物脱除率好

改良进水隔网设计，减少清洗频率和成本

性能参数

SPECIFICATIONS

	PRO-XS2	PRO-XS5
最大运行压力	600 psig (4.14 MPa)	1200 psig (8.27 MPa)
产水量	11000 gpd (41.6m³/d)	9650 gpd (36.5m³/d)
脱除率 (平均/最低)	99.7%/99.6%	99.8%/99.6%
溶液	2000 mg/L MgSO_4	2000 mg/L MgSO_4
压力	110psi (0.76 MPa)	110psi (0.76 MPa)
温度	77 °F (25 °C)	77 °F (25 °C)
回收率	15%	15%
PH	6.5 - 7.0	6.5 - 7.0
SO_4 脱除率/ Cl 脱除率	99.8%/ $<10\%$ ⁽¹⁾	99.8%/ $<10\%$ ⁽¹⁾

*性能参数是在系统稳定运行 10 分钟取得的。实际测试条件可能与上述数据不完全相同，这种情况下，性能参数是根据标准条件进行标准化后的数据。产水量偏差范围在 $\pm 20\%$ 之内。

(1) 模拟水测试条件: 10000mg/L NaCl +10000mg/L Na_2SO_4 流速15L/MH, 温度25℃, 回收率15%, PH 6.5-7.0

产品描述

PRODUCT DESCRIPTION

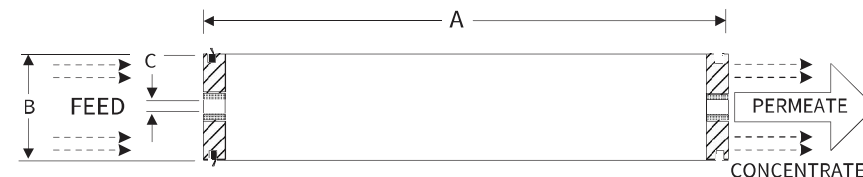
结构 抗污染卷式

膜材料 芳香聚酰胺

有效膜面积** 400ft² (37.2 m²)

进水隔网 34 mil (0.86 mm)

包装: 每一支膜元件在出厂时均包含一个浓水密封圈、一个连接适配器和配套的O型圈。



膜元件尺寸**

A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)

**此处数值是指示性的，非指定。更详细的参数，请参见美国海德能相关技术文件或与美国海德能技术人员联系。

产品运行限制

OPERATING LIMITS

最大进水余氯浓度: <0.1 mg/L	最大进水 SDI_{15} :	5.0
最高进水温度: 113°F (45°C)	最大进水流量:	85 gpm (19.3m³/h)
最大进水浊度: 1.0 NTU	单支膜元件最大压降:	15 psi (0.10 MPa)
运行pH范围: 3.0-9.0	最小浓水流量:	12gpm (2.7m³/h)
清洗pH范围: PRO-XS2 1.0-11.5 PRO-XS5 1.0-12.0		

*此处仅为通用限制条件。对于具体项目，更保守的运行参数可以确保更好的性能和更长的使用寿命。详情请参见美国海德能相关技术资料。

免责声明: 这里提供的信息和数据是出于诚信并代替一切保证。所有明示或暗示的保证, 包括特定用途的适用性和适合性的保证, 在此全部否认和排除。我们产品的使用条件和方法超出我们的控制范围。美国海德能公司不承担由于使用这些信息和数据而产生的结果或损害。用户有责任自行确定美国海德能公司的产品对其特定用途的适用性。

高脱盐抗污染RO膜PRO-XR1

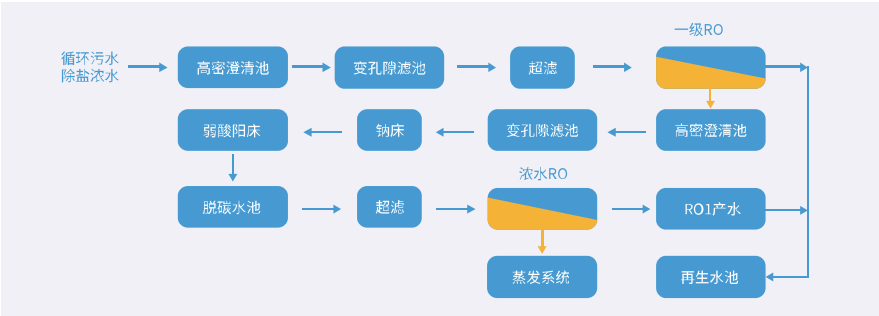
在宁夏某煤化工零排项目中的应用



背景介绍 · Background

宁夏某煤化工企业坐落于宁东能源化工基地，地处中温带干旱气候区，具有干燥、雨量少、蒸发量大、日照时间长等特点。基于现代煤化工项目环境准入条件要求，该企业在入驻之初就投建了废水零排放设施。

此前，该企业使用的是传统苦咸水RO膜，系统工艺流程如下，其含盐进水具有高硬度、有机物浓度较高的特点，总处理量为2,800m³/h。经过高密澄清池、变孔隙滤池和前处理超滤后，进入一级反渗透+浓水反渗透，达到废水浓缩减量效果。一级反渗透单元采用二段设计，单套处理水量196 m³/h，回收率70%。



项目	信息
应用	煤化工 ZLD
产水量(m³/h)	196
水源种类	含盐车间废水
进水 CODcr(mg/L)	>50
进水电导(μS/cm)	5500
回收率(%)	70.0
水通量(lmh)	14.8
排列	34:17(7)
单套膜数量	357



现场照片

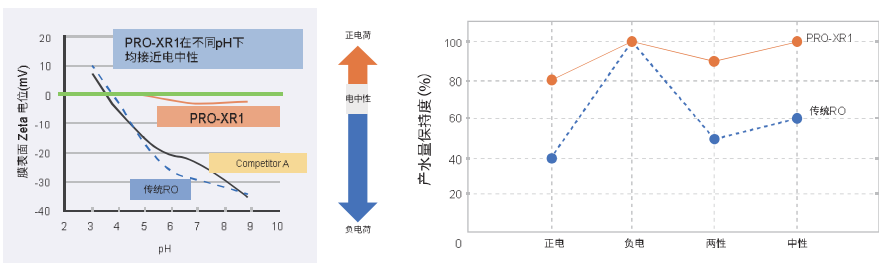
超过两年的运行，由于该系统一级RO的进水高COD，传统苦咸水RO膜的化学清洗2次/月，脱盐率降至~96%。且原水为循环污水和除盐浓水的混合液，具有水质波动的风险，传统苦咸水RO膜可能难以有效的应对水质波动的冲击。

为降低现场膜系统运行风险及维护管理成本，并配合国家节能减碳政策，业主要求对原有系统进行升级，以达到降本增效的效果。



解决方案 · Solution

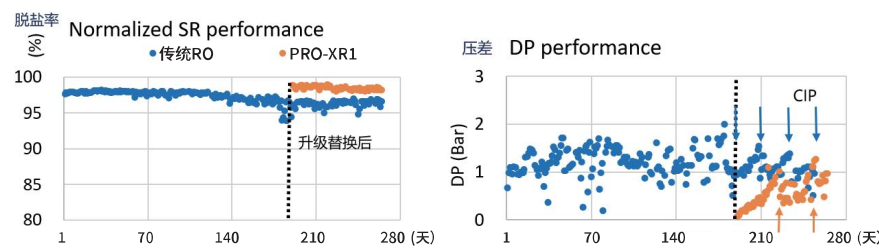
海德能于2021年采用PRO系列零排放抗污染反渗透膜PRO-XR1对膜系统进行了升级。PRO-XR1具有优于传统苦咸水膜元件的抗污染表现。其采用膜表面电中性改良，膜表面不易吸附正电性的表面活性剂，水通量更加稳定。同时，对蛋白质吸附力低，膜表面更不易受到有机物或微生物的污染。



✓ PRO-XR1的导入延长了RO膜的使用寿命及CIP的周期，为客户降低了运行成本，提供了长期优质且稳定的回用水水质。

实际效果 · Result

对比PRO-XR1及传统苦咸水RO膜的运行数据，PRO-XR1压差增长缓慢，压差值低于传统苦咸水RO膜，且系统脱盐率保持在98.5%以上。此外，PRO-XR1的化学清洗周期延长至约1次/月，CIP频率的降低为业主减少了约50%的化学清洗成本，同时延长了膜元件的使用寿命。



应用案例

高脱盐抗污染RO膜PRO-XR1

助力陕西园区污水厂高难废水零排系统升级项目

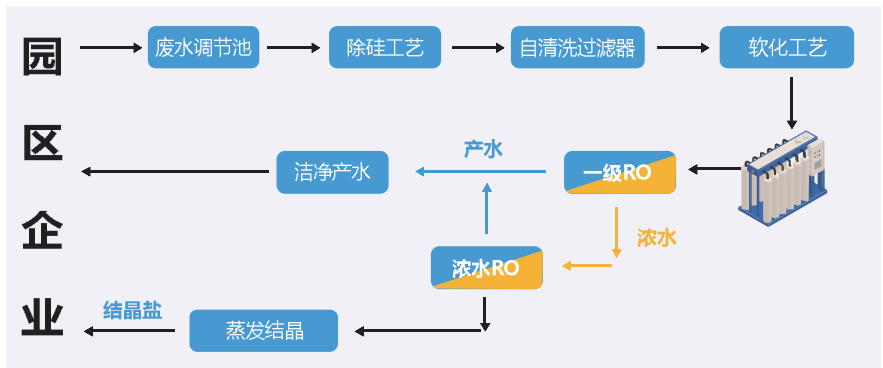


背景介绍 · Background

我国陕西省作为长江以北的资源大省，蕴藏着丰富的煤炭、天然气和石油资源。而随着工业的迅猛发展，该地区的水资源紧缺问题愈发显现。因此，位于该省最北端的榆林市横山区早在十年前就意识到了水资源将成为其高新区发展的重要瓶颈，并于2014年在当地率先成立了国有污水处理公司，与国际知名膜厂家Nitto集团-海德能™（以下简称海德能™）展开全方位合作，旨在针对工业园区的化工废水进行回收再利用，通过集中处理和循环利用来减少无定河流域河流水体盐碱化程度，最终达到缓解当地水资源匮乏的终极目标。

该污水处理厂设计总处理规模9万吨/天，分三期建设。目前，一期工程已建成并投入运营，处理规模为3万吨/天。其采用的主体工艺为“预处理+膜浓缩+蒸发结晶”工艺（如图1所示）。

图1. 工艺流程图



根据园区设计，各上游排污企业排水水质需达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级排放标准（其中，排水含盐量最高理论限制为5000mg/L），而本园区水厂处理后的中水水质则需满足《城市污水再生利用-工业用水水质》（GB-T19923-2005）和《城市污水再生利用-城市杂用水水质》（GB-T18920-2002）标准。随着工业园区的不断发展，园区企业的废水量持续上升，污水处理厂的处理压力激增，系统进水含盐量已远超理论限值，对包括“膜浓缩”在内的各套处理装置均提出了挑战。

解决方案 · Solution

榆林污水厂自投运以来就一直使用海德能™膜元件，建厂以来运行一直保持着良好、稳定。但随着给水COD和电导率的升高，业主也对膜元件的低能耗、抗污染性以及脱盐率等性能提出了更高的要求。为满足企业持续增长的废水处理需求，海德能™在2023年对其中一套336支一级反渗透RO系统进行了升级，将原有的传统RO膜产品替换为了专为高难废水设计的海德能™抗污染RO膜PRO-XR1。

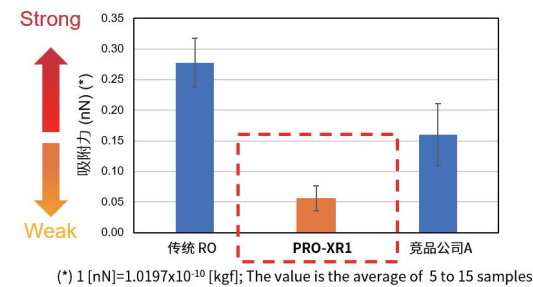
表1. 一级RO系统配置

项目	信息
处理水量	295 * 4 (m³/h)
给水硬度	100-300 mg/L
给水电导率	8,000 - 11,000 µS/cm
给水 CODcr	80-150 mg/L
给水 SiO ₂	25 mg/L
回收率	75%
运行通量	17.6 lmh
系统排列	34:14 (7)*4
膜元件型号	PRO-XR1/传统RO膜
单套数量	336 pcs



相较于传统RO膜，海德能™抗污染RO膜PRO-XR1利用先进的高分子合成技术，改变了膜表面电荷性质，从而在整个pH范围内均显示出接近零的Zeta电位，这一特性使得PRO-XR1膜元件的产水量更加稳定。此外，通过AFM（原子力显微镜）下的蛋白质（BSA）吸附实验显示（图2），PRO-XR1的蛋白质吸附力更低，能有效避免大部分有机物污染物的紧密附着，从而降低化学清洗的难度，进一步延长膜系统的使用寿命。

图2. 蛋白质(BSA) 吸附实验 PRO-XR1 vs 传统RO
(蛋白质吸附力越低，说明膜表面更不易受到有机物或微生物的污染)



实际效果 · Result

园区水厂与海德能™深度合作，在现场实际对比了2023/12/24至2024/11/8期间PRO-XR1及传统RO膜的运行数据，在相同给水温度及产水流量的情况下，PRO-XR1较传统RO膜的系统平均运行压力低9.45%，大大降低了系统高压泵的能耗。更低的运行压力也能有效缓解现场的CIP压力，并有助于延长化学清洗的周期，减少人工和化学品的消耗。

高脱盐抗污染RO膜PRO-XR1

在电解铜箔废水回用项目中的应用



背景介绍 · Background

位于江西南昌经开区的某新材料有限公司所生产的3~6μm“极薄化、高抗拉强度、高延伸率”电解铜箔作为动力电池和储能电池的关键技术,已成为国内外多家锂电池龙头企业不可或缺的核心部件。有资料显示,自2021年起,动力电池铜箔产能缺口逐渐明显。为满足电池企业的保供需求,该企业也着手加速推进产能扩张战略。

众所周知,电解铜箔在生产过程中先将电解铜氧化制成硫酸铜溶液,随后通过生箔机电解反应生产出生箔,再经过诸如酸洗、粗化、固化、镀黄铜等一系列后处理工艺最终获得成品铜箔。在这个电解和电镀的过程中,势必会产生大量的含金属铜离子的漂洗、冲洗废液。

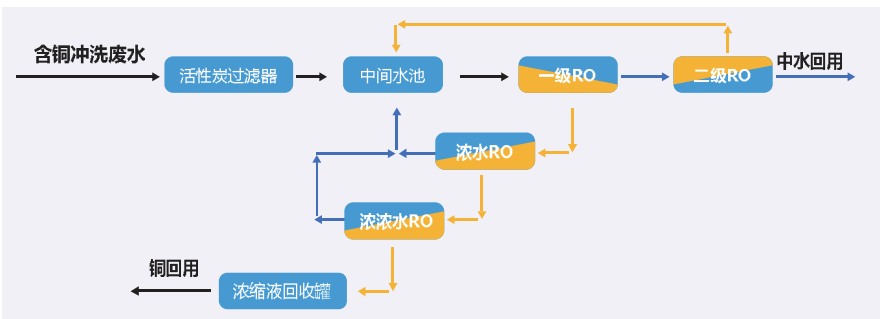
一方面,含金属离子的废水基本无法通过分解的方式有效去除,直接排放极易对环境造成严重影响;另一方面,这股废水中富含经济价值的铜元素,如果能浓缩后再回收,可大大减少企业原材料采购成本。

海德能™深刻了解“膜”在含铜冲洗水高倍浓缩、资源再回收再利用中的核心价值,在该企业新一期扩能产线表面处理机配套水处理设施立项之初,便与之建立了紧密的合作关系。值得注意的是,本现场由于回收工艺等因素的限制,为防止铜离子在中间过程中提前沉淀影响回收效率,其含铜冲洗废水必须全程保持在pH2.0~3.5之间。另外,在夏季,受到环境影响其废水温度超过40℃。这一系列严苛的条件,对膜元件的化学稳定性和耐久性提出了更高的要求。

Tips:在没有有效应对处理的前提下,过低的pH极易导致RO膜的隔网、无纺布、粘结剂等辅助材料加速老化,从而影响膜元件的寿命。

解决方案 · Solution

海德能™专家团队通过深入调研业主的实际工况与具体需求,结合多年行业经验,提出了如下膜系统解决方案:工艺流程图如下图所示:



从产水流量方面看,相较于与传统RO,PRO-XR1的流量更加稳定,受到前端水质变化和温度影响的幅度更小。

图3. 运行压力对比

(给水温度:24~34.7℃,受季节影响,1月水温最低)

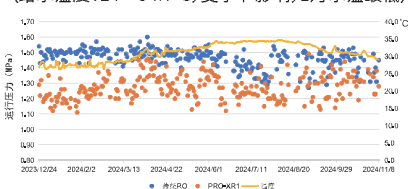
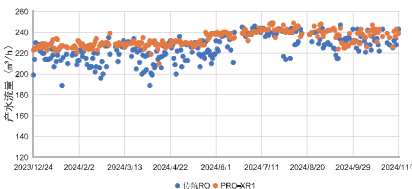
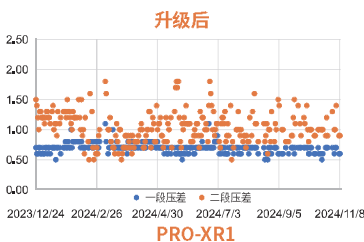
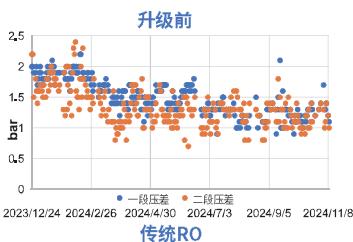


图4. 产水流量对比



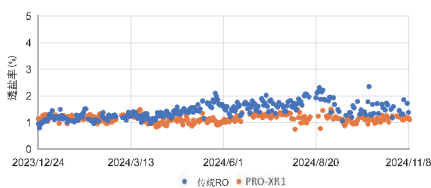
从压差方面看,结合本现场进水COD较高,并伴有周期性的不良进水导致的硅结垢风险,两款产品在同时存在这些问题的情况下,即使发生了冲击性水质恶化,通过化学清洗,各段压差依然能保持稳定。通过比较发现,使用PRO-XR1升级后,一段压差更低,能使清洗周期延长约50%,且CIP恢复性更好。

图5. 压差对比



从透盐率方面看,传统RO膜虽然通过化学清洗可以恢复部分透盐率,但整体仍呈现上升趋势,运行近一年后,透盐率上升至2%。相比之下,PRO-XR1在连续运行近1年后,系统透盐率未明显升高,脱盐率仍保持在99%。

图6. 透盐率对比



为提高废水中铜元素含量、降低需要回收的污泥总量，海德能™专家团队在经过一系列IMSDesign设计软件理论验证、小试、中试等试验环节后，在浓水RO和浓水RO等关键膜工艺系统中，选用了专门应对此类“高难废水处理”的抗污染RO膜PRO-XR1，以取代常见的传统RO膜产品。

浓水&浓水RO	内容
处理水量	2,880 吨/天
给水温度	35-45 °C
给水电导率	28,000 µS/cm
给水 CODcr	42 mg/L
给水 Cu ²⁺	3,340 mg/L
回收率	50-60 %
系统排列	4 (5) * 2 3 (5) * 1
膜元件型号	PRO-XR1



实际效果 · Result

在给pH 3.2~3.5、给水温度 39.8~41.3°C的工况条件下，海德能™的抗污染RO膜产品PRO-XR1展现出了卓越的性能。与传统RO膜产品相比，在不提高系统压力、压差等增加系统能耗负荷的同等运行条件下，PRO-XR1在多项关键性能指标上均实现了显著的提升与优化。

图1 运行性能对比

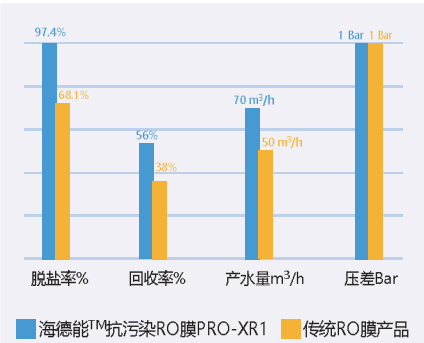
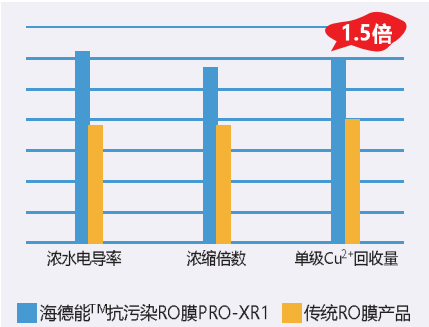


图2 单级RO浓缩倍数对比

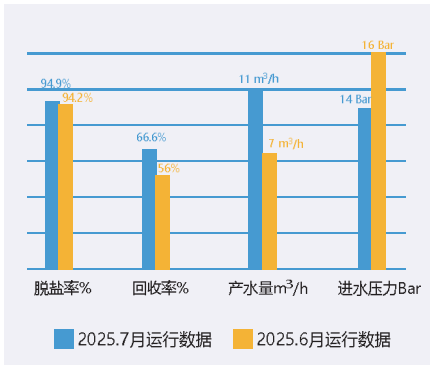
*单级Cu²⁺的回收量是基于本案例实际浓水侧TDS及浓缩倍数得出的合理估算值



如上图所示，使用PRO-XR1后，在系统回收率提高了18%的同时，产水量也实现了40%的提升，这大大提高了系统的运行效率。在关键的脱盐率方面，其系统脱盐率的平均值也实现了29.3%的提升。以铜离子浓缩率为例，经检测，系统整体的进水Cu²⁺浓度为3,340mg/L，在经过三级RO膜系统的浓缩处理后，Cu²⁺的浓度达到了惊人的16,700mg/L，浓缩率达到了5倍。这不仅显著降低了企业废水处理成本，更通过铜资源的高效回收创造了额外的经济价值。

从系统稳定性来看，在最低给水pH 2.3、最高给水温度 42°C的工况条件下，经过1个多月的连续运行，在各套RO系统中，PRO-XR1的产水量、回收率、压力相关数据均基本保持不变。最为关键的脱盐率均值也依然维持在原有水平，反映了经过分离层表面修饰后的PRO-XR1具有了更良好的稳定性能。即使在此类严苛的进水工况下，海德能™抗污染RO膜PRO-XR1也为现场RO系统后续的长久运转提供了充足的信心！

图3 稳定性对比



本次项目中，业主对海德能™的抗污染RO膜产品PRO-XR1的运行表现给予了高度评价，鉴于此，该企业计划继续增设高压反渗透RO浓缩装置PRO-LF1。此举旨在将回收液中的铜离子含量进一步提升至20,000mg/L以上，从而大幅度缓解回收成本，为企业带来更为显著的经济效益。

PRO系列高压、超高压膜元件

在煤化工近零排放项目中的应用



背景介绍 · Background

新疆某能源公司是由煤制甲醇的煤化工企业，年产50万吨甲醇。该厂早期仅有中水回用系统，把工艺污水和循环水进行处理回用，浓水排到蒸发塘中。但因蒸发塘容量有限，该厂于2018年8月增建了100m³/h的浓盐水近零排放处理系统。系统主要采用两级RO膜浓缩减量，高盐浓水量减至25m³/h再排到蒸发塘中；RO系统产水回用于循环水系统中，工艺流程简图见图1，系统配置见表1。

系统投运之初采用某品牌的高压RO膜和超高压RO膜。经过一年多的运行，RO系统脱盐率降至90-93%，清洗周期从投运之初的一个月左右变成3天左右，用户不堪重负提出换膜。用户对于膜元件的要求是抗污染性能更好、清洗周期更长、使用寿命更长、脱盐率保持稳定。

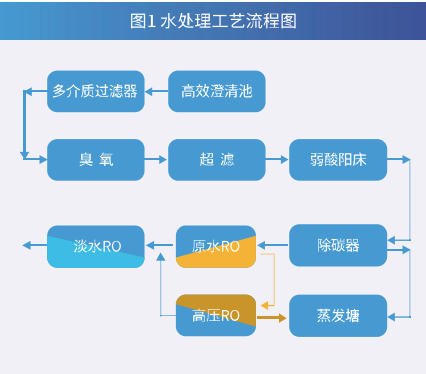


表1 两级RO系统配置			
现场照片		 	
		原水RO系统	高压RO系统
设计产水量 (m³/h)	30X2套	7.5X2套	
设计回收率 (%)	56	31.9	
排列	(6:3) 6	(2:2) 6	

解决方案 · Solution

美国海德能公司根据原有RO系统的型号，推荐对两个系统分别采用对标的产品型号PRO-LF1和PRO-XP1。PRO-LF1对膜表面进行了亲水性和电中性改性，该设计可降低有机污染物在膜表面的吸附；而PRO-XP1对材料有严格的筛选，且强化了组件结构，膜元件的耐压等级提升至12.4MPa。

高压RO系统的PRO-XP1于2020年1月投运，其典型进水和产水水质见表2。运行初期，进水COD_{Cr}在300-1,000mg/L之间波动，PRO-XP1系统在两个月之后才进行第一次化学清洗。化学清洗采用pH11.5的碱液和pH1.5的酸液，清洗后系统压差从4.6bar降至3.8bar，基本恢复到初始状态。在4-5月期间，有一段时间因为臭氧系统出现故障，进水COD_{Cr}超过2,000mg/L，系统压差上升较快，最高达到7.3bar，通过加强药剂、延长清洗时间等方式，最终将系统压差降下来，见图2。

在半年多的运行中，尽管受到水质大幅波动的冲击，PRO-XP1系统性能表现稳定，标准透盐率在1%以下，系统标准脱盐率维持在99%以上(图3)。



图2 PRO-XP1系统标准压差

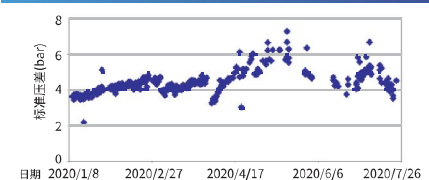


图3 PRO-XP1系统标准透盐率

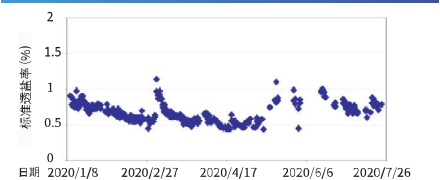


表2 PRO-XP1系统典型进水和产水水质

项目	单位	进水	产水	项目	单位	进水	产水
TDS	mg/L	42,300	436	Cl ⁻	mg/L	2,020	203
NH ₃ -N	mg/L	2.19	0.142	SO ₄ ²⁻	mg/L	4,710	22.5
Ca ²⁺	mg/L	12.6	<0.02	NO ₃ ⁻ 以N计	mg/L	250	9.35
Mg ²⁺	mg/L	17.8	0.1	F ⁻	mg/L	7.8	0.186
Na ⁺	mg/L	13,800	160	SiO ₂	mg/L	48.7	0.28
K ⁺	mg/L	140	2.69	pH	-	8.1	6.58
HCO ₃ ⁻ 以CaCO ₃ 计	mg/L	1,677.5	13.66				

PRO-LF1系统于2020年5月份投入运行。更换PRO-LF1之前的膜系统第一段压差都已达8bar；进水电导44,500 μS/cm，产水电导率4,240 μS/cm，脱盐率仅为90%。而换上PRO-LF1之后，第一段压差不到1bar，脱盐率接近99%。虽然系统进水COD_{Cr} 500-1,200mg/L，PRO-LF1膜元件表现出良好的抗有机物污染能力。在运行两个月后，系统标准压差上升了约50%，达到1.5bar时进行了第一次化学清洗。采用常规酸洗清洗后，标准压差降到了1bar(图4)，系统标准透盐率稳定在1%以下(图5)。

图4 PRO-LF1系统标准压差

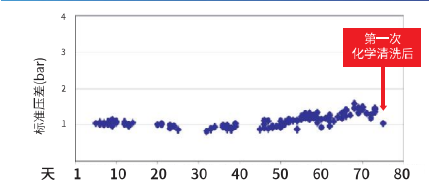
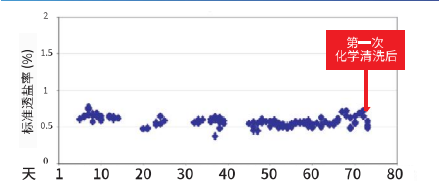


图5 PRO-LF1系统标准透盐率



实际效果 · Result

在煤化工近零排放项目中，用户选择采用PRO-XP1和PRO-LF1替换原有其他品牌的膜元件。PRO-XP1和PRO-LF1投入运行后，系统脱盐率从原有其他品牌的90-93%提高至99%。化学清洗频率从原来的3-5天一次，减少到30-60天一次，减少约10倍清洗次数。运行到目前为止，PRO-XP1和PRO-LF1膜性能表现，达到了用户对减少清洗频率和保持脱盐率稳定的要求。

高压纳滤膜PRO-XS3

在某电厂废水零排项目中的分盐应用案例

内蒙古

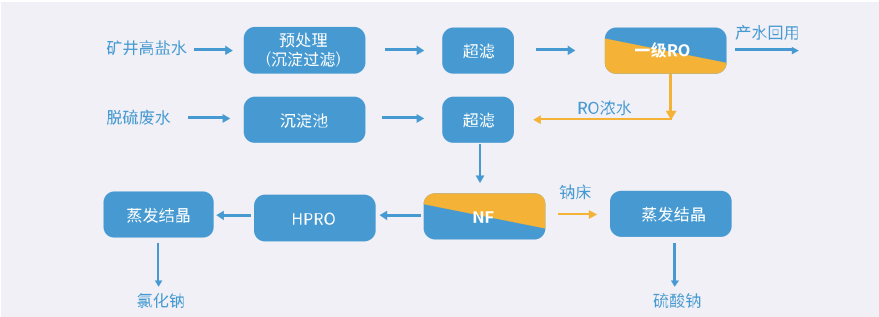
背景介绍 · Background

该电厂新建零排项目位于内蒙古鄂尔多斯市，业主综合矿区废水处理资源化，提出了水平衡优化及废水零排放设计理念。其水处理车间的高含盐废水的主要来源是未利用的矿井高盐水和电厂脱硫废水。众所周知，我国北方煤炭基地开采过程中，产生的矿井水普遍呈现水量大、含盐量高的特点。该项目因地制宜，对过剩的矿井水进行膜法深度处理后RO产水再利用于生产环节。然而，RO浓水含有多种混合离子，为了避免蒸发结晶后产出杂盐，业主同时提出了浓盐水分盐的资源化诉求。

解决方案 · Solution

针对客户的废水再利用以及盐水资源化诉求，海德能提出了RO+NF的综合解决方案，总处理水量3,600m³/d。膜系统中反渗透单元起到废水脱盐和浓缩减量的效果，纳滤单元可对反渗透浓盐水进行过滤，达到分盐效果且后续蒸发结晶单元分别获得氯化钠和硫酸钠。

工艺流程图如下图所示：



其中分盐单元采用海德能高压纳滤膜PRO-XS3，设计回收率80%，运行通量14.3LMH。

项目	信息
应用场景	浓盐水分盐
应用行业	电力
设计水量(m³/h)	28.8
进水源	煤矿采出废水 RO 浓水
进水温度(°C)	29.5
回收率(%)	80
水通量(LMH)	14.3
排列	6:3(6)
膜型号	PRO-XS3
膜数量/套	54

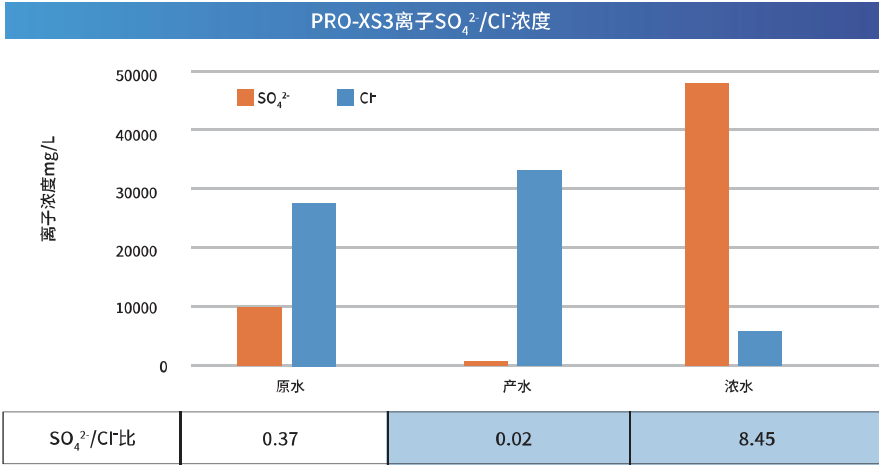


现场照片

Meet the PROs

实际效果 · Result

零排放车间于2021年7月正式启用通水，PRO-XS3纳滤单元压差维持在1bar左右，稳定运行超过一年以上。参考现场分盐后水样的化验结果，纳滤膜分盐性能如下图所示。



对比SO₄²⁻/Cl⁻可知，NF产水富集了氯离子，呈现明显负截留效果。而硫酸根离子在NF产水中的浓度约为600mg/L，PRO-XS3运行超过一年后仍保持良好去除率，硫酸根离子富集于NF浓水侧。后续两股盐水分别通过蒸发结晶单元，得到的固体氯化钠和硫酸钠。其中，氯化钠结晶盐满足《GB/T5462-2015工业盐》标准所规定的精制工业盐二级标准，硫酸钠满足《GB/T6009-2014工业无水硫酸钠》标准所规定的II类一等品标准。

该零排项目通过采用RO+NF的膜系统工艺，一举多得达到的环保和经济效果如下：

- ① 过剩矿井废水处理再利用，降低生产水源补给，提高废水再利用率；
- ② NF分盐系统解决客户需求，避免产生杂盐，降低了项目的固废处理成本；
- ③ PRO-XS3单元运行稳定，分盐后获取达标的氯化钠&硫酸钠结晶盐，可对外销售增加收益。