



美国博滤克斯 (POREX) 管式膜软化 在火电厂废水零排放中的应用

Thursday, December 3, 15

管式膜软化预处理, 为废水零排放保驾护航

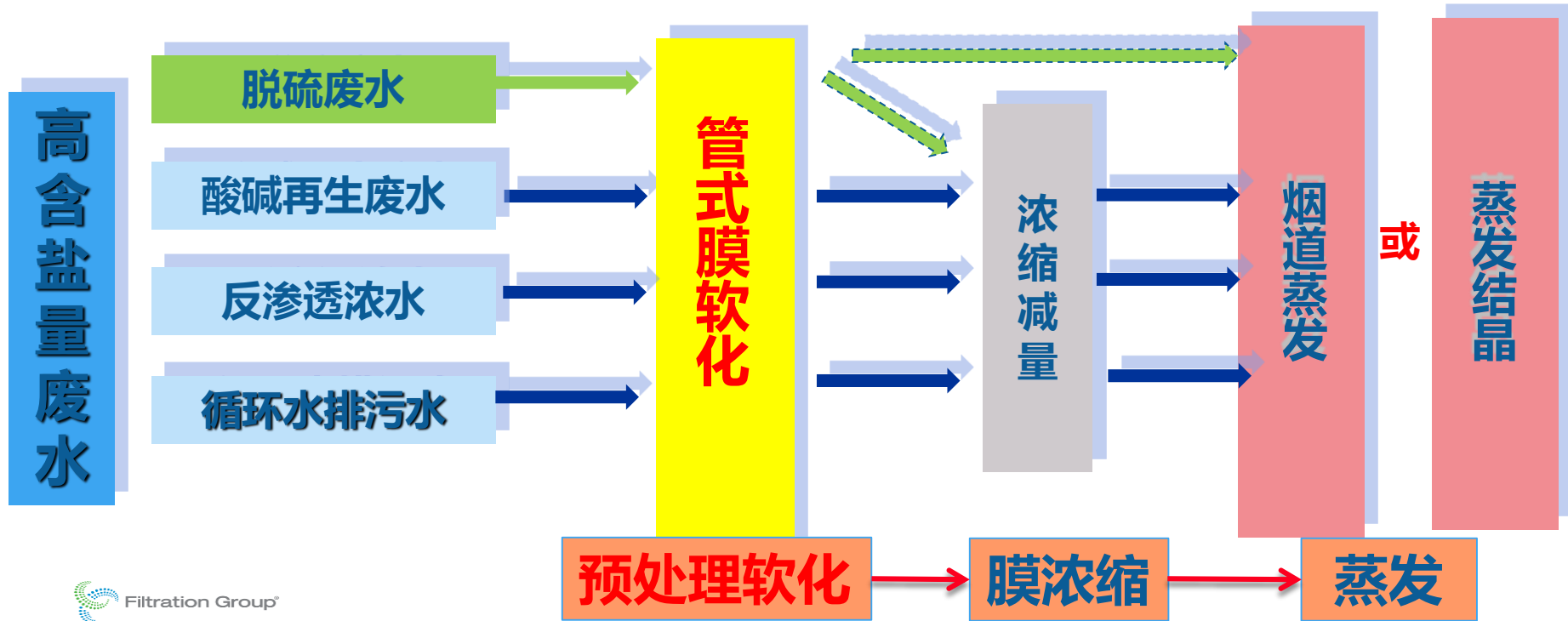
除浊、除硬管式膜更强

- 案例分享
 - ✓ 彻底的整厂废水零排放
 - ✓ 经典的脱硫废水零排放
 - ✓ 更经济的脱硫废水零排放
- 美国POREX公司介绍
- 管式膜产品
- 微信版管式膜选型软件



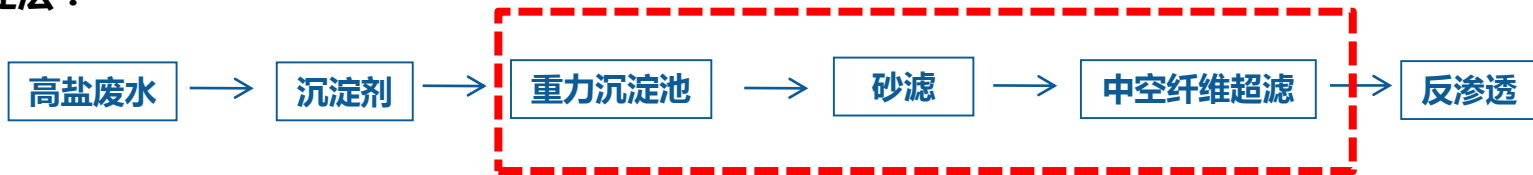
火电厂废水零排放

高效、稳定的**预处理**是电厂废水零排放的关键！



管式膜强化软化（MES）

传统重力沉淀法：



管式膜强化软化：



- 适合高盐复杂废水的除浊、除硬度；
- 增强了化学软化和除硅的效果，提高了产水水质的稳定性；
- 减少药剂投加的品种和投加量；
- 减少占地面积；

华电包头电厂整厂废水零排放项目

- 流量: 120m³/h
- 运行时间: 2018年6月
- 脱硫废水、反渗透浓水、酸碱废水混合
- 管式膜软化作为高压RO前处理
- 采用膜组件规格 : TUF-61

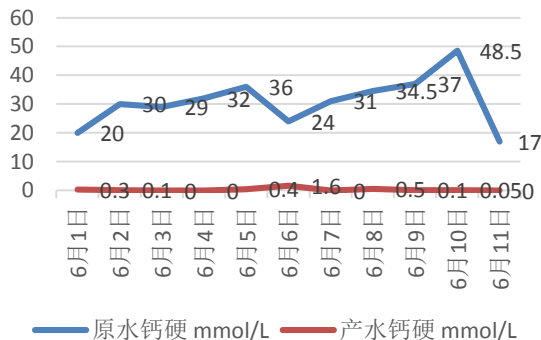


- 该电厂水源采用城市中水，并非常规自来水或地表水，污染物相对较多；
- 除盐水站的超滤反渗透和循环冷却塔构成了一次浓缩；
- 循环冷却塔排污水已建深度处理系统，产生浓水，这是二次浓缩；
- 脱硫工艺补水使用反渗透浓水，在此基础上混入燃煤和脱硫剂中各种污染物成分，同时高度浓缩；
- 水质表显示此废水具有相当高的**有机物、含盐量、硫酸根、钙镁硬度**。同时又如脱硫废水那样含有各种各样的重金属成分、铁等成分。

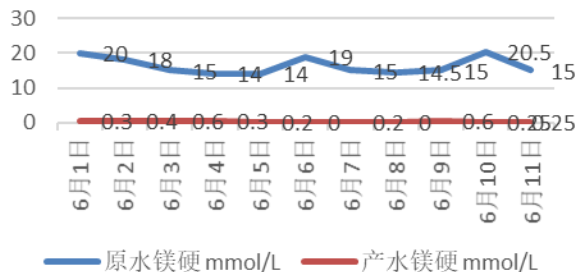
参数	混合废水平均值	混合废水最大值	混合废水最小值
钙硬 (mg/L)	1735.78	2121.75	1527.75
镁硬 (mg/L)	1193.88	1656.5	760.1
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	6161.22	8495	3432.5
SiO ₂ (mg/L)	56.93		
电导率 (us/cm)	25767.98		
全盐量 (mg/L)	20626.99	24869.5	14821
Cl ⁻ (mg/L)	6092.53	7376.6	5270.6
pH	7.63		
COD _{Cr} (mg/L)	463.96	463.5	234
铝 (mg/L)	0.28		
钡 (mg/L)	0.34		
锶 (mg/L)	12.30		
钾 (mg/L)	192.25		
钠 (mg/L)	3030.00	3945.75	2555.25
NO ₃ (mg/L)	90.00		
氨氮 (mg/L)	8.45		
亚铁 (mg/L)	<0.03		
悬浮物 (mg/L)	14.5		
亚硝酸盐 (mg/L)	0.05		
三价铁 (mg/L)	0.52		

管式膜软化系统水质优异

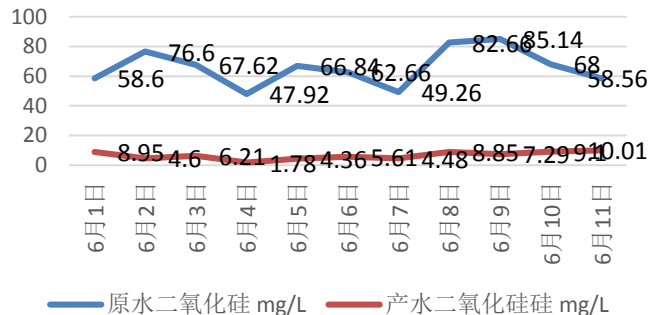
软化前后钙硬度对比



软化前后镁硬度对比



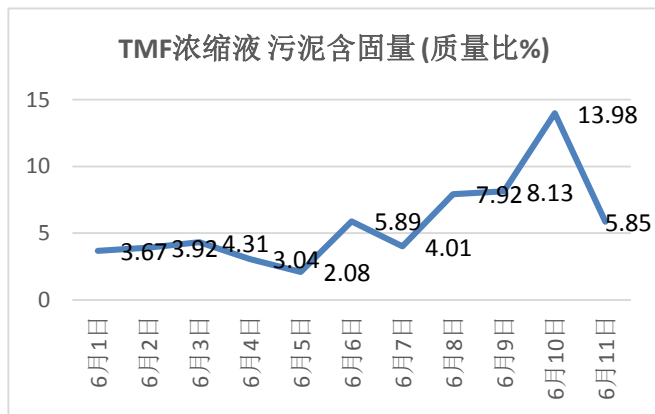
原水/管膜产水二氧化硅浓度对比



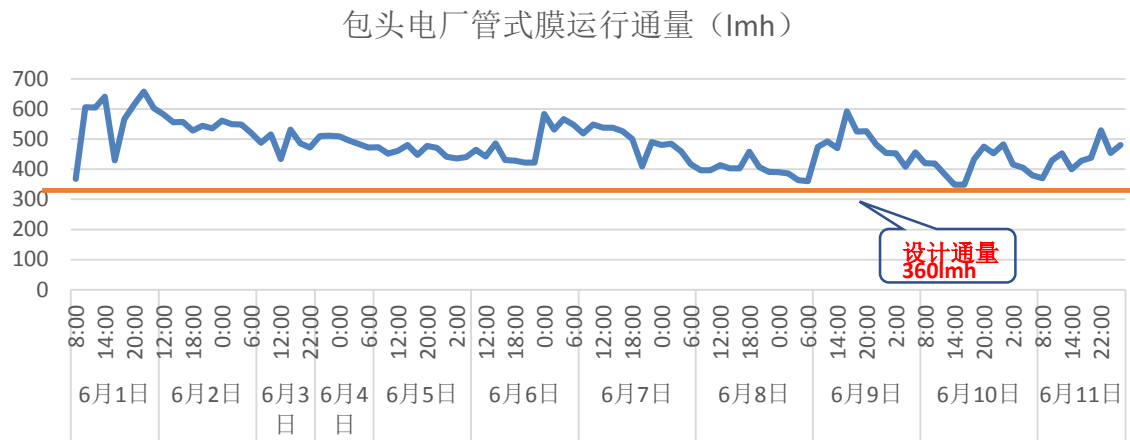
- 出管式膜强化软化工序大大降低了水中的钙、镁硬度，二氧化硅浓度也持续保证在10mg/l一下，有效保证了后续纳滤、反渗透、蒸发器的良好性能。
- 管式膜强化软化的另一个特点是无论进水水质如何波动，只要添加足量的药剂将致垢成分转化为不溶物，则依赖管式膜的高效截留，产水中这些成分都可以降至极低浓度。

管式膜软化系统产水量稳定

管式膜进水悬浮物浓度曲线



华电内蒙古包头电厂废水零排放系统168期间管式膜运行通量曲线



➤ 如上两张表可以发现POREX管式膜可以在污泥浓度在3-8% (短时甚至超过) 的范围内, 在168小时连续运行期间, 一直保持高于设计通量的高水通量运行, 而且没有经过任何化学清洗!

典型脱硫废水水质

水质、水量差异大

受电厂燃煤煤种、工艺水水质和石灰石品质的影响，水质、水量变化较大

含盐量高

Cl⁻浓度可达20000mg/L，Ca²⁺、Mg²⁺、SO₄²⁻浓度也极高；多数电厂重金属超标。

悬浮物高

悬浮物主要是烟气中的粉尘、及脱硫产物（CaSO₄和CaSO₃）形成的细小颗粒物。

弱酸性

目前大部分电厂脱硫废水pH在4~6，呈弱酸性。

水质指标	单位	数值	水质指标	单位	数值
Na ⁺	mg/L	29.6~658.0	Cl ⁻	mg/L	1127~14524
Ca ²⁺	mg/L	476.2~5206.0	SO ₄ ²⁻	mg/L	1142~25380
Mg ²⁺	mg/L	204.7~9037.7	总硬度	mmol/L	56.8~767.45
pH	/	2.9~6.99	碳酸盐硬度	mmol/L	0~3.53
COD _{Cr}	mg/L	26.7~708.00	非碳酸盐硬度	mmol/L	56.7~766.76
BOD ₅	mg/L	15.4~315.00	溶解固形物	mg/L	4765~59185
电导率	us/cm	6500~57200	悬浮物	mg/L	172~79892

注：以上水质源自《石灰石-石膏湿法烟气脱硫废水处理导则》

国电汉川电厂脱硫废水零排放

- 国电汉川电厂一、二期工程装机容量为 $4 \times 330\text{MW}$ ，分别于1991年和1998年建成投产，是湖北省第一个大型火电厂。国电汉川电厂三期扩建工程拟建设 $2 \times 1000\text{MW}$ 超超临界燃煤机组，分阶段实施。先行建设的5号 $1 \times 1000\text{MW}$ 超超临界燃煤机组，于2010年9月27日正式开工建设，2012年12月21日通过168小时试运行。6号机组建设 $1 \times 1000\text{MW}$ 超超临界燃煤机组，本期工程主机采用国产超超临界参数机组，同步建设烟气脱硫、脱硝装置。
- 国电汉川电厂1-6号机组烟气脱硫均采用石灰石-石膏湿法脱硫工艺。1-6号机组的脱硫废水已按常规方案即采用“中和（碱化）+絮凝+澄清”方案建成并投运。经达标排放处理的脱硫废水经过“预处理软化+浓缩减量+蒸发结晶”后实现脱硫废水零排放。



国电汉川电厂脱硫废水零排放工艺流程



POREX
Filtration Group®



国电汉川电厂三期扩建工程
脱硫废水深度处理EPC工程
工艺流程图

工艺适应性强 自动化程度高

国电汉川电厂脱硫废水管式膜软化系统

- 设计流量: 56m³/h
- 脱硫废水零排放“预处理软化-膜浓缩-蒸发结晶”工艺成功运行的核心关键之一
- 脱硫废水经过管式膜预处理软化系统后, 出水硬度降到了非常低的水平, 完全满足膜浓缩的进水要求, 大大降低了膜结垢的风险。

管式膜强化软化效果

Item 项目	Unit 单位	脱硫废水软化系统出水水质
pH	(S.U.)	8
浊度 Turbidity	NTU	<1.0
钙离子 Ca	mg/L	<10
镁离子 Mg	mg/L	<8
溶解态二氧化硅 SiO ₂	mg/L	<10
钡离子 Ba	mg/L	<0.1
锶离子 Si	mg/L	<0.1

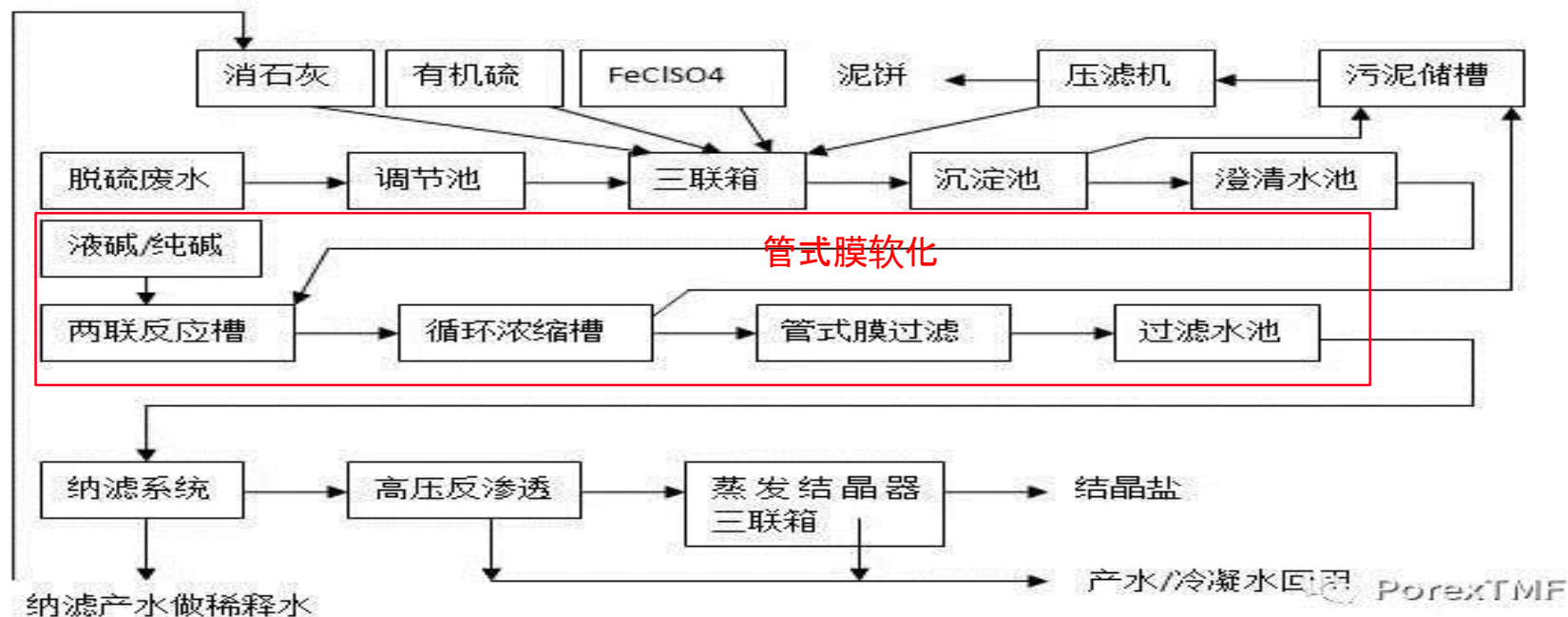


国电荥阳电厂废水零排放项目

- 2×600MW机组
- 流量: 30m³/h
- 运行时间: 2018年3月
- 脱硫废水
- 管式膜软化作为高压RO前处理
- 采用膜组件规格: TUF-61



工艺流程



管式膜软化可以达到何种效果？

实际进水

项目	1号水样	2号水样	单位
钙离子	1280	1000	mg/l
镁离子	41400	21200	mg/l
钠离子	4570	1840	mg/l
钾离子	864	427	mg/l
铵根离子	1110	567	mg/l
碳酸根	ND	57	mg/l
碳酸氢根	295	572	mg/l
氯离子	27400	14700	mg/l
硫酸根	105000	46700	mg/l
氟化物	548	269	mg/l
化学需氧量	1320	507	mg/l
总含盐量	254000	102000	mg/l

实际产水

指标	沉淀池出水	管式膜产水	备注
总硬度(mmol/l)	160	2.5	
钙硬度(mmol/l)	13	0.3	
镁硬度(mmol/l)	147	2.2	
二氧化硅	44.34	1.49	
硫酸根	23025.5	13645	

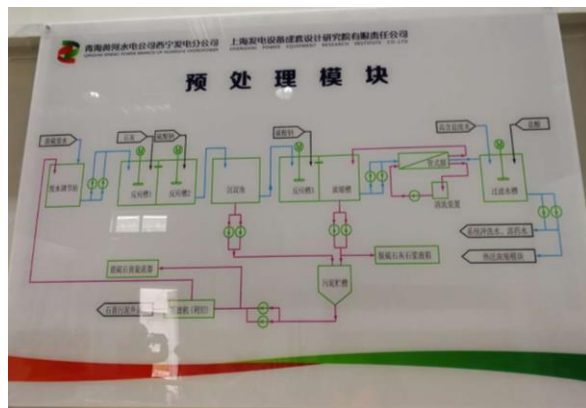
青海黄河水电公司西宁发电公司脱硫废水零排放

- 流量: 24m³/h
- 运行时间: 2018年4月
- 脱硫废水
- 管式膜软化+热法浓缩减量+烟道蒸发
- 采用膜组件规格: TUF-61



- 脱硫废水经过废水调解池后，首先投加石灰和**硫酸钠**，然后经沉淀池，上清液投加碳酸钠后直接进入TUF管式超滤膜过滤，以达到除浊、除硬的目的。管式膜产水经盐酸回调pH值后，一部分回用作为系统冲洗水、溶药水，另外一部分进入热法浓缩模块，浓缩减量后最后一部分浓缩经烟道蒸发，最终达到废水零排放。

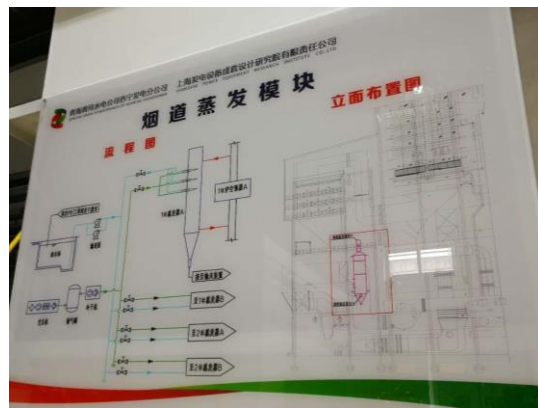
预处理模块



热法浓缩模块



烟道蒸发模块



采用硫酸钠除钙法，可以将该电厂脱硫废水零排放系统的吨水药剂成本由原来的**32.83元/吨水**，降低到**17.16元/吨水**

POREX公司介绍



POREX



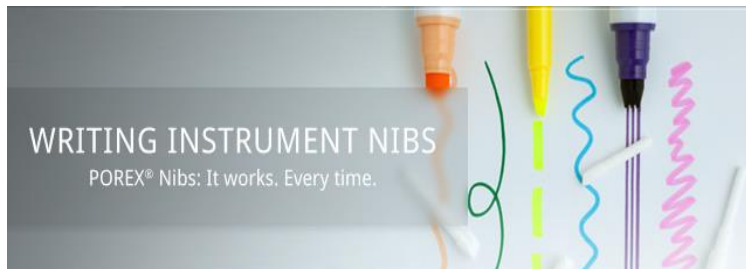
POREX
Filtration Group®



ESSENTRA
POROUS TECHNOLOGIES

POREX

微孔塑料技术的世界领导者



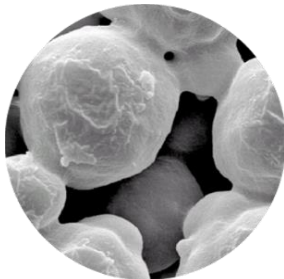
- 始创于1961年, 创新的模塑微孔塑料提高书写墨水使用性能
- 不断发展的新科技包括烧结PTFE和Nubiform® 弹性体应对市场需求

POROUS TECHNOLOGIES (Essentra业务)

微孔纤维技术的世界领导者

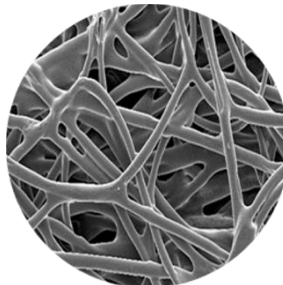


- 始创于1960年, 创新的纤维烧结提升油墨控制性能
- 发展了烧结海绵体应用广泛



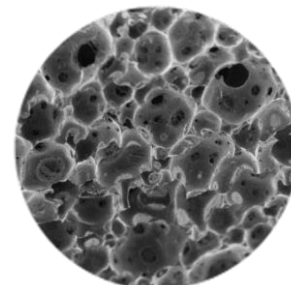
颗粒烧结

- HDPE, UHMWPE, PP, PTFE, Elastomeric
- 定制结构, 3维立体孔结构
- 天然疏水用于防水通气



纤维烧结

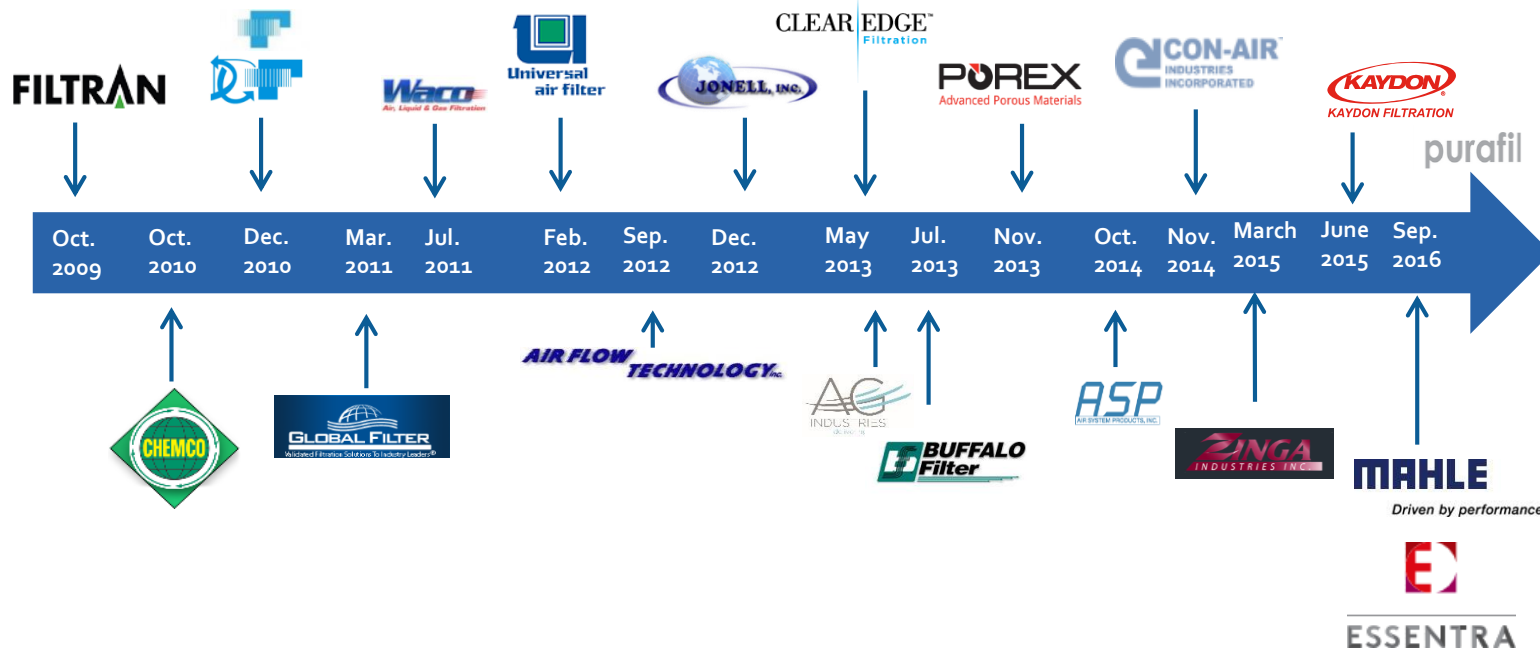
- PET, Polyolefin, PP, Nylon, 醋酸纤维
- 维弹性孔结构
- 吸水、催化剂吸收和释放



开孔海绵体

- 聚亚胺脂
- 亲水或疏水特性
- 大容量吸收同时感觉柔软

FILTRATION GROUP 的全资子公司



火电厂废水零排放实验室

• 2016年，POREX母公司Filtration Group 美国过滤集团，联合POREX管式膜中国区代理商**南京丹恒科技有限公司**，向华北电力大学捐赠“火电厂废水零排放实验室”。旨在针对火电厂末端废水进行深度处理，最终达到零排放的各项技术、工艺、核心设备等进行研究、试验以及评价。



烧结管式膜组件

- 过滤膜为PVDF材料
- 塑料烧结支撑骨架材料为HDPE 或 PVDF
- 外壳为PVC, 不锈钢或PVDF材料
- 膜管直径为 1" 或 1/2"
- 膜过滤孔径0.02um, 0.05um, 0.1um, 0.5um

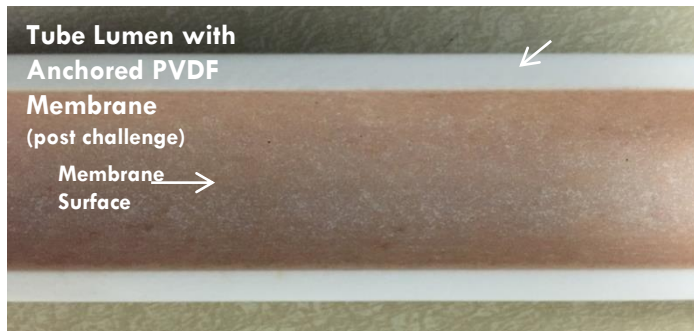


POREX烧结管式膜专为高盐废水软化设计，并具有革命性的创新和新材料

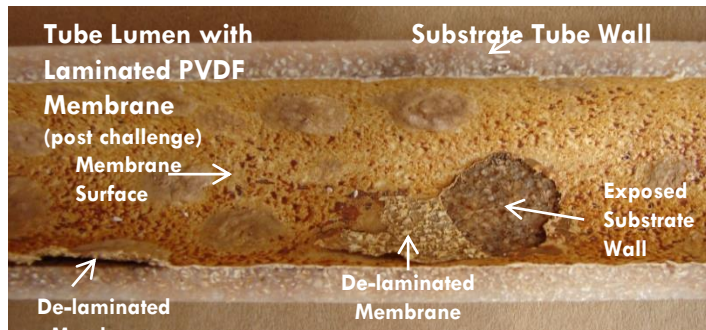
- 微孔滤膜，提供优异的过滤水质
- 半英寸膜管，节省运行能耗
- 61芯膜组件，单支组件装填面积大
- 超强耐化学性能 pH 0-14
- 耐摩擦，适合粗糙颗粒的固液分离，不脱皮
- 大通道，错流循环，允许高固体物负荷，无需前处理
- 组件专门为废水处理设计，寿命5—8年



锚接膜与 涂层膜的对比



POREX膜管

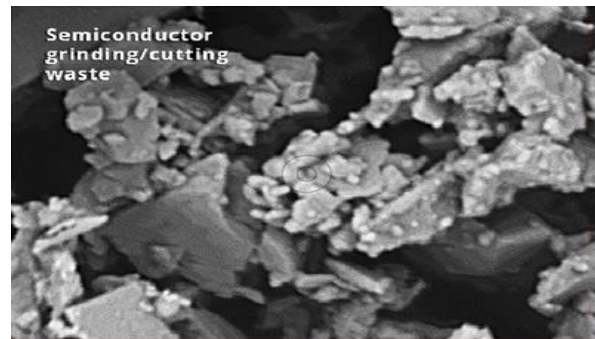
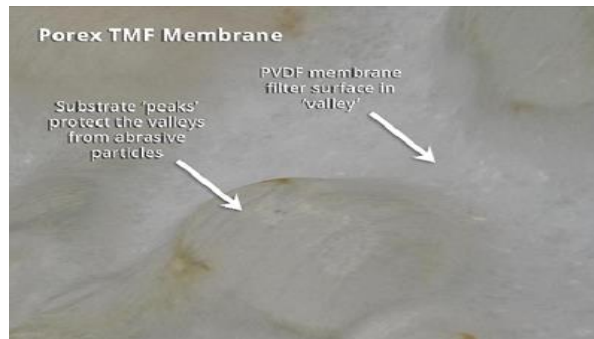
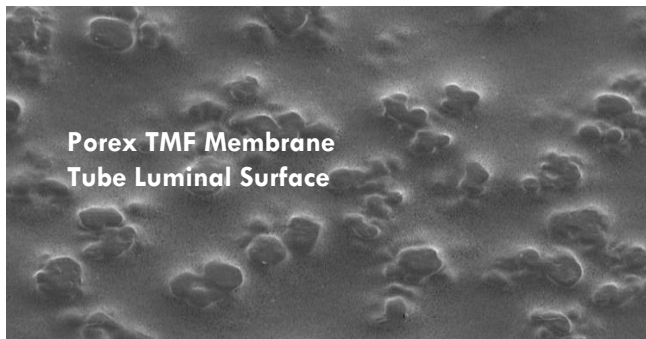


其它厂家膜管

对锚接膜管（博滤克斯）和涂层膜管（其它厂家）进行平行测试

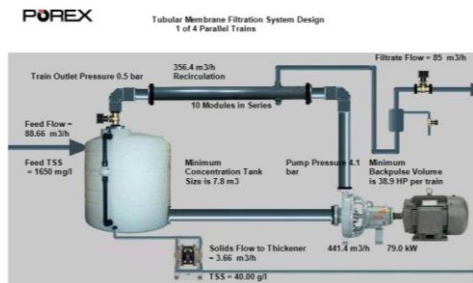
- 锚接膜的过滤层完好无损，正常运行
- 涂层膜的过滤层分层，膜皮剥落，露出支撑管管壁

独特的表面形貌



- 博滤克斯管式微滤膜制备工艺制形成了独特的“高峰和低谷”过滤内表面结构
- 支撑管“山峰”能保护位于“山谷”的PVDF膜，免受高磨蚀进水的磨损，例如含有大量无机物沉淀的浓盐水、半导体磨削和切削过程中产生的高浓度尖锐硅屑的研磨废水。

售前

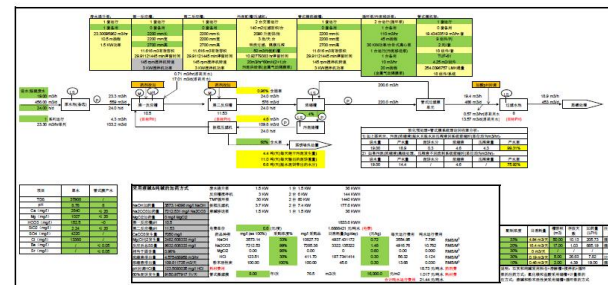


TMF-PRO计算软件

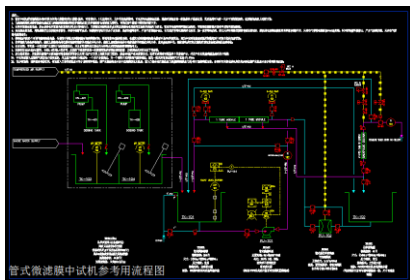
方案书目录

第一章 系统概述	3
1.1 系统现状	3
1.2 工艺确定	3
1.3 设计原则	3
第二章 设计依据	5
2.1 设计水量	5
2.2 进水质	5
2.3 产水质	7
2.4 供货范围	8
第三章 工艺方案描述	9
3.1 采用管式过滤提高系统的回收率	9
3.2 工艺流程描述	11
3.3 系统工艺简述	11
3.4 废水处理主体工艺说明	12
3.5 工艺单元设计说明	17
3.6 设备图例释义	24
第四章 主设备清单	28
第五章 管式膜系统流程图	30

设计方案



工艺流程



中试设备PID

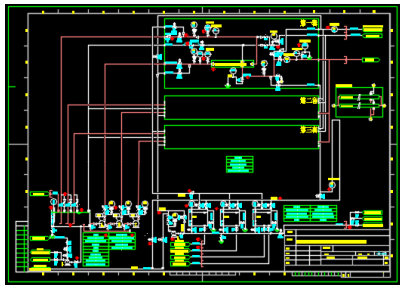


中试机

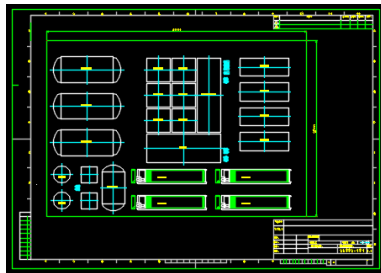


中试服务

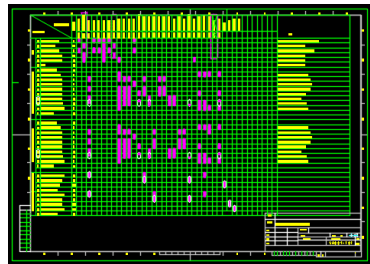
售后



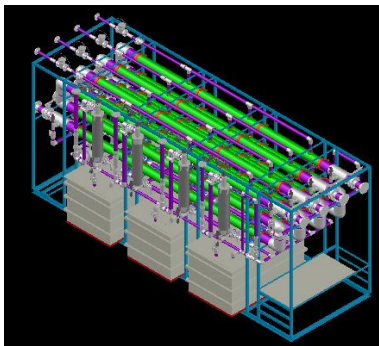
PID图



平面布置图



逻辑步骤图



机架装配图

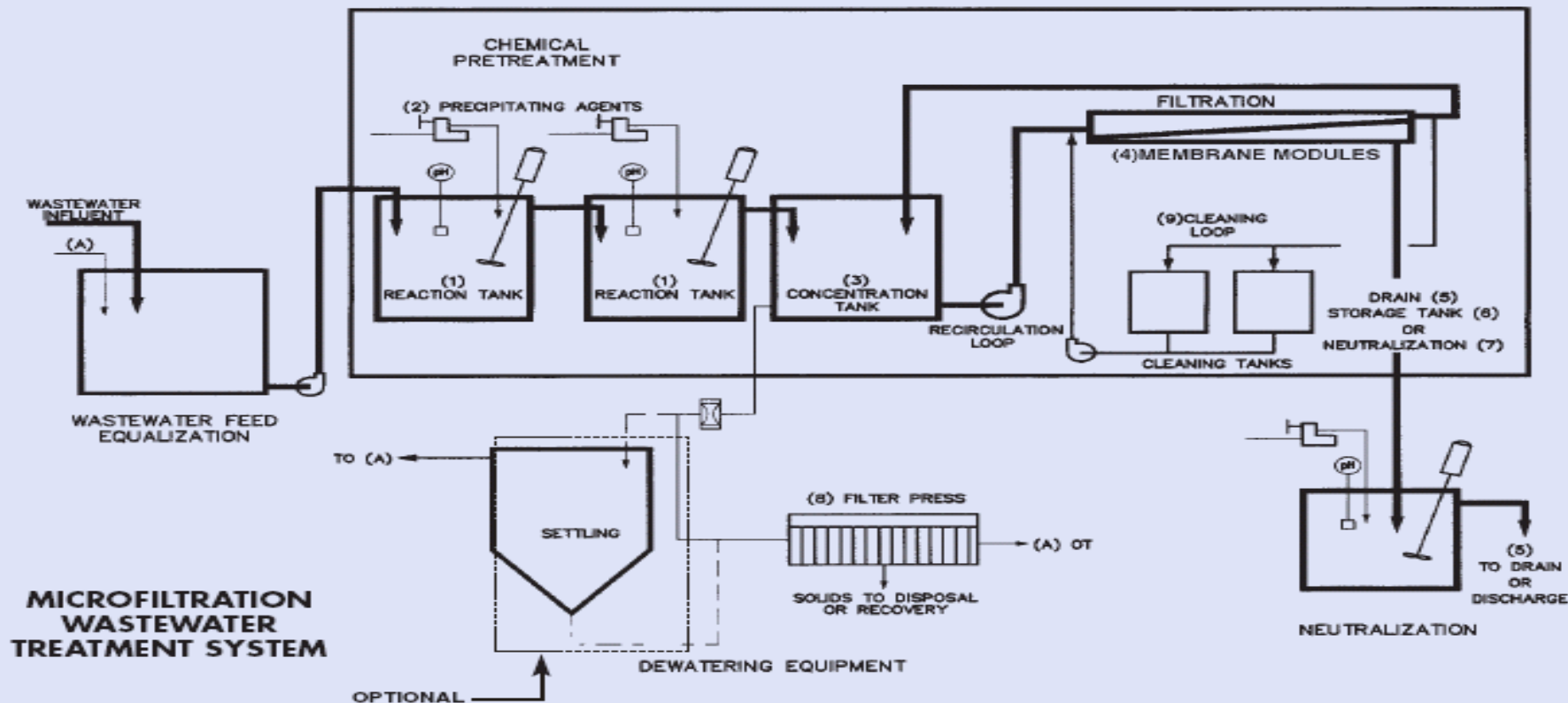


开机调试指导

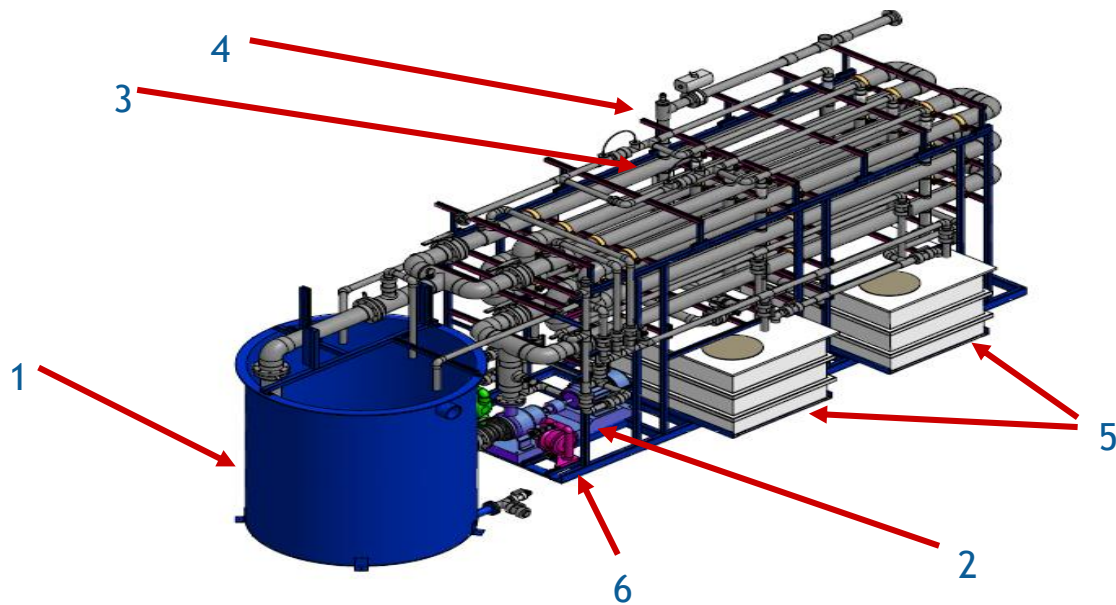


故障排查

典型工艺流程图



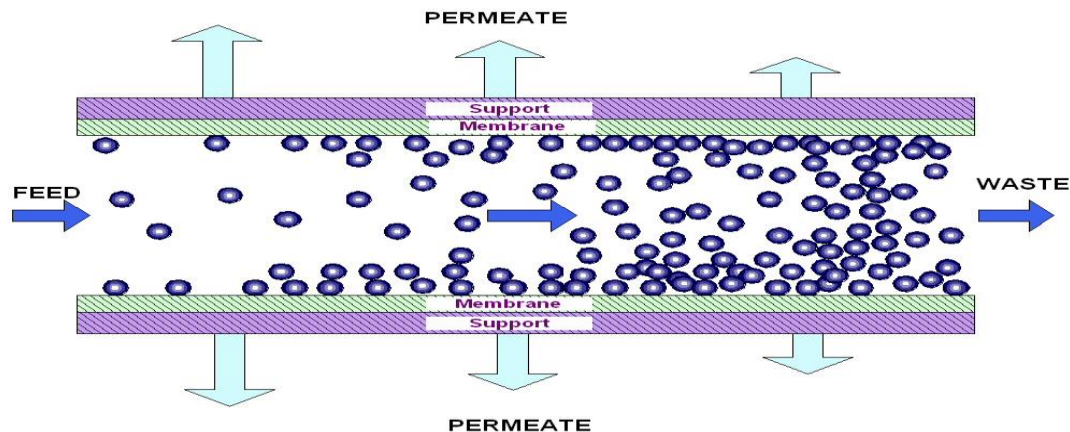
管式膜系统



- 1. 浓水水箱
- 2. 循环泵
- 3. 管式膜
- 4. 反冲洗柱
- 5. 清洗水箱

管式膜如何进行过滤？

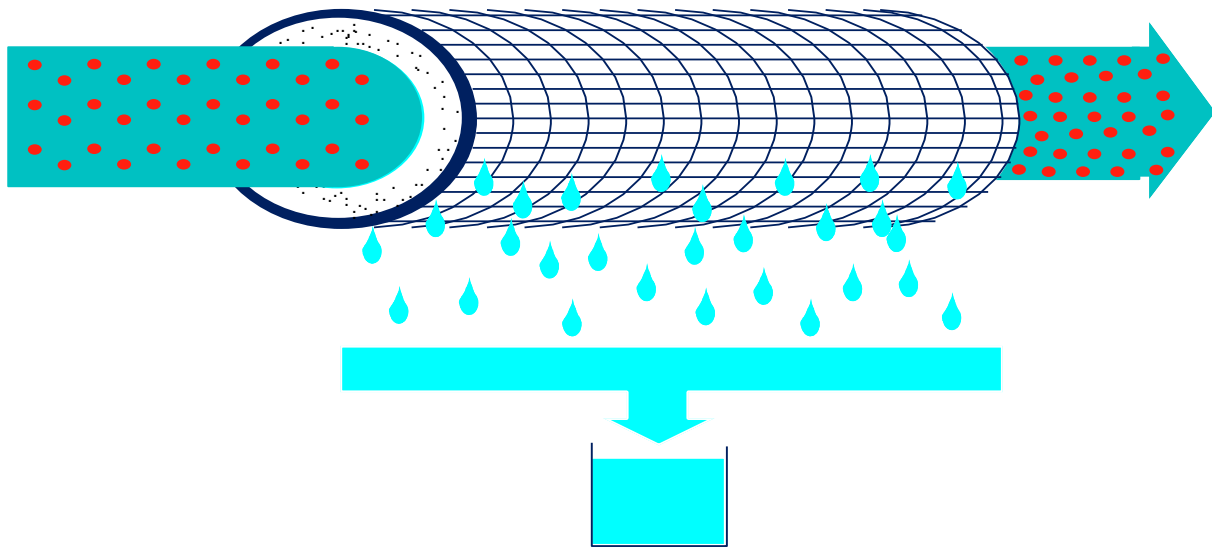
- 低压（0.7-7bar）运行膜过滤，用以分离液体中的高浓度悬浮固体
- 采用“错流”过滤方式，固液混合物在压力下在膜表面错流流动
- 固体颗粒随着错流状态下在固液混合物中不断浓缩，不在膜表面堆积



错流过滤



POREX
Filtration Group®



Permeate 产水

- 通常采用PLC控制
- 一般间隔为20—30分钟
- 用于反向冲洗掉进入膜孔中的细小颗粒

反洗柱

- 产水被压力空气压入系统中反向冲洗膜

压力空气不接触膜

反洗泵

反洗柱现场照片



典型化学清洗药剂

·酸: 5-10% H_2SO_4 或5-10% HCl 溶液

(去除金属及硬度离子对膜的污染)

·碱: 3-5% NaOH 溶液

(去除硅及部分有机物对膜的污染)

·氧化剂: 酸性溶液 (混合物 5-10% H_2SO_4 / 3-5% H_2O_2) 碱性溶液(混合液 5-15% NaOCl / 1-3% NaOH)

(去除有机污染)

管式膜强化软化可以用于哪些地方？

- **高硬度废水进入RO系统或者蒸发前的强化软化和除硅**
- **反渗透浓排水**
- **脱硫废水**
- **冷却循环水排污水**
- **环保发电厂废水零排放**

管式膜强化软化保证后续系统的稳定运行

- 美国加州High Desert 发电厂废水零排放（2003年）

后续的反渗透系统可以达到极高的回收率。

此外，因为使用了管式微滤膜，该系统中反渗透的清洗间隔时间不少于6个月。

- 国内大量管式膜强化软化系统作为**反渗透、电渗析、正渗透、蒸发器**等高盐废水浓缩系统的**预处理**

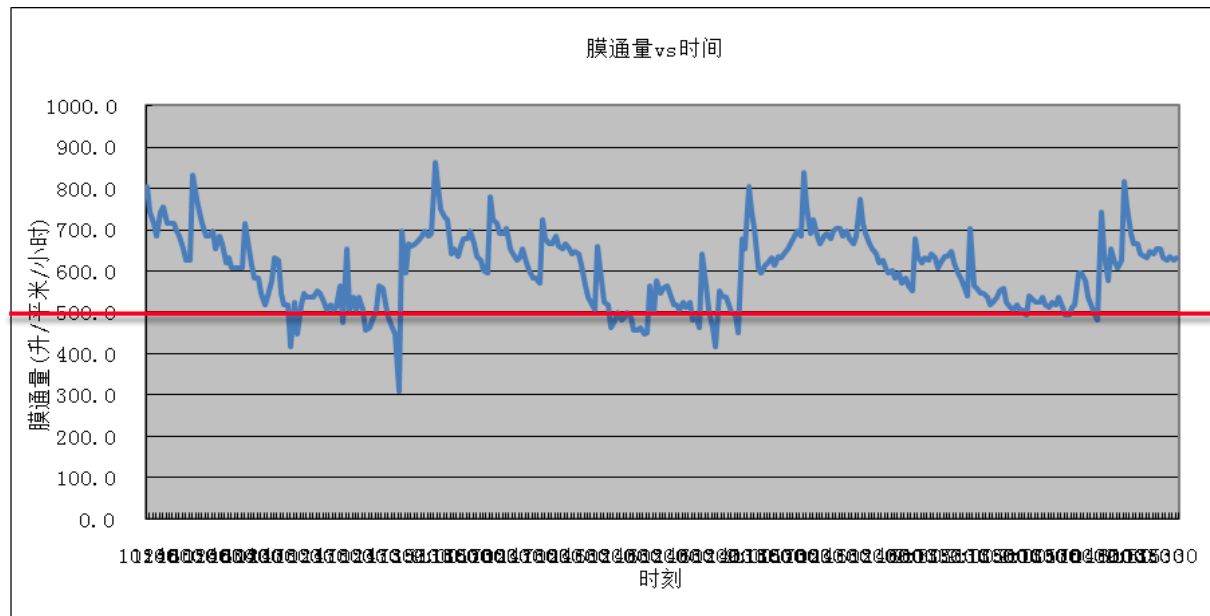
为后续系统提供除浊、除硬后的优质进水，保证了后续系统的稳定运行，延长了后续系统的清洗时间。



在国内实际项目中取得的数据

	RO brine 反渗透浓排水 (化工厂清净下水经双膜法处理后的 反渗透浓水)		Permeate water quality 管式膜软化后产水 (仅投加NaOH)	
	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2
HCO ₃ (As HCO ₃) , mg/l	1411			<10
COD _{cr} , mg/L	57	140	48	68.2
Phosphate mg/L	0.26	<0.01		<0.01
Ca , mg/L	518	460	6.65	2.91
Mg , mg/L	638	590	6.31	1.66
Ba , mg/L		1.05		None (<0.03)
St , mg/L		7.42		0.037
Total Silica (As SiO ₄) , mg/L	90.4	56.1	3.9	2.8

管式膜软化典型膜通量



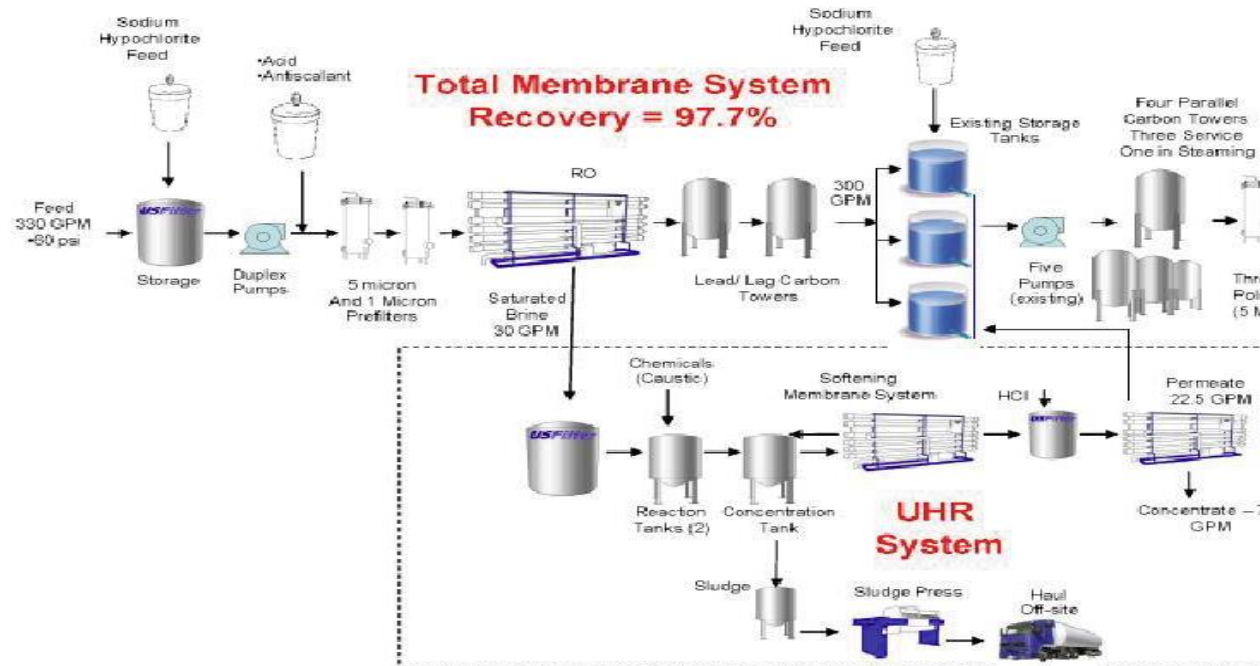
连续运行20天，分别在第6, 12, 及18天进行化学清洗 (CIP)

Operating 20 days, with chemical cleaning (CIP) at day 6, day 12, and day 18.

超高回收率膜处理系统

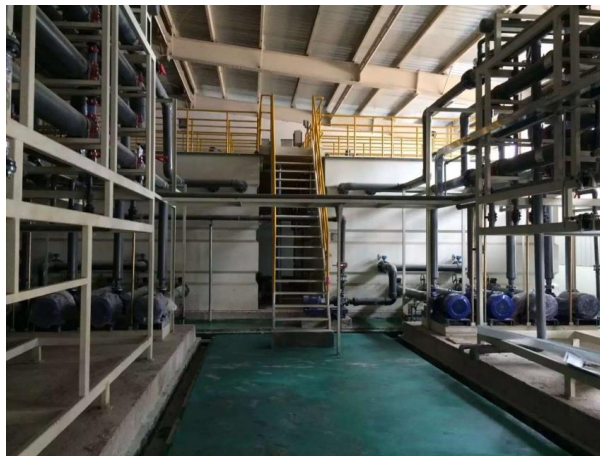


POREX
Filtration Group®



鄂尔多斯化工园区废水零排放

- 流量: 6000m³/d
- 运行时间: Oct 2015
- 反渗透浓水、
管式膜强化软化作为DTRO前处理
- 采用膜组件规格: 61-tube
modules



阳煤平定化工废水零排放

- 流量: **8000m³/d**
- 运行时间: **Aug 2016**
- **反渗透浓水、**
- **管式膜强化软化作为RO前处理**
- 采用膜组件规格: **61-tube modules**



阳煤太原化工废水零排放

- 流量: 5000m³/d
- 运行时间: Jan 2017
- 反渗透浓水、
- 管式膜强化软化作为RO前处理
- 采用膜组件规格: 61-tube modules



垃圾焚烧厂渗滤液零排放

管式膜强化软化

垃圾焚烧厂渗滤液特点



电导:15000-22000us/cm

COD高 : 50000-70000mg/L

悬浮物高:3000-10000mg/L

垃圾焚烧厂执行标准

GB 中华人民共和国国家标准

GB16889-2008 《生活垃圾填埋场污染控制标准》

GBT19923-2005 《城市污水再利用 工业用水水质》（敞开式循环冷却水系统补充水）标准

焚烧厂典型生化出水水质分析表

项目	1#	2#	3#	4#	5#
TDS	13200	12600	12100	11500	11255
电导率	19500	19400	18300	18000	16160
Ca ²⁺	46.3	140	351	148	53.2
Mg ²⁺	242	368	301	250	191.0
Cl ⁻	2400	4520	4200	3800	3500
SO ₄ ²⁻	465	732	697	866	273
总硬度	1123	1880	2170	1411	929
总碱度	2000	2790	3060	621	2296
SiO ₂	21.1	19.4	38.8	21.5	23.2
COD	430	498	510	380	372

Filtration Group®



回收率90%



渗滤液处理工艺3.0

项目地址：杭州九峰垃圾焚烧厂渗滤液项目

项目规模：1500吨/天

处理废水：生化产水

处理工艺：MBR+TUF+DTRO

系统回收率为 **85%以上**



管式膜软化用于垃圾焚烧发电厂废水零排放



杭州余杭光大九峰电厂

规模：1500吨每天

进水：生化MBR产水

**工艺：管式膜软化
+DTRO浓缩**

项目阶段：在建



深圳老虎坑垃圾焚烧电厂

规模：350吨每天

进水：RO浓水

**工艺：管式膜软化
+蒸发器**

项目阶段：运行



北京首钢生物质电厂

规模：300吨每天

进水：RO浓水

**工艺：管式膜软化
+蒸发器**

项目阶段：运行



江苏丰县焚烧厂

规模：300吨每天

进水：RO浓水

**项目工艺：管式膜软化
+蒸发器**

项目阶段：在建

管式膜系统选型计算软件

（手机微信版）



管式膜选型设计软件(微信版)



扫码关注

在线使用 TMF-Pro 系统设计软件