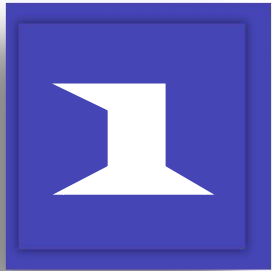


The background of the slide features a dynamic water splash. On the left, blue water splashes upwards. On the right, green water splashes outwards. In the center, there is a white rectangular area with a red top border and a blue bottom border, containing the main title.

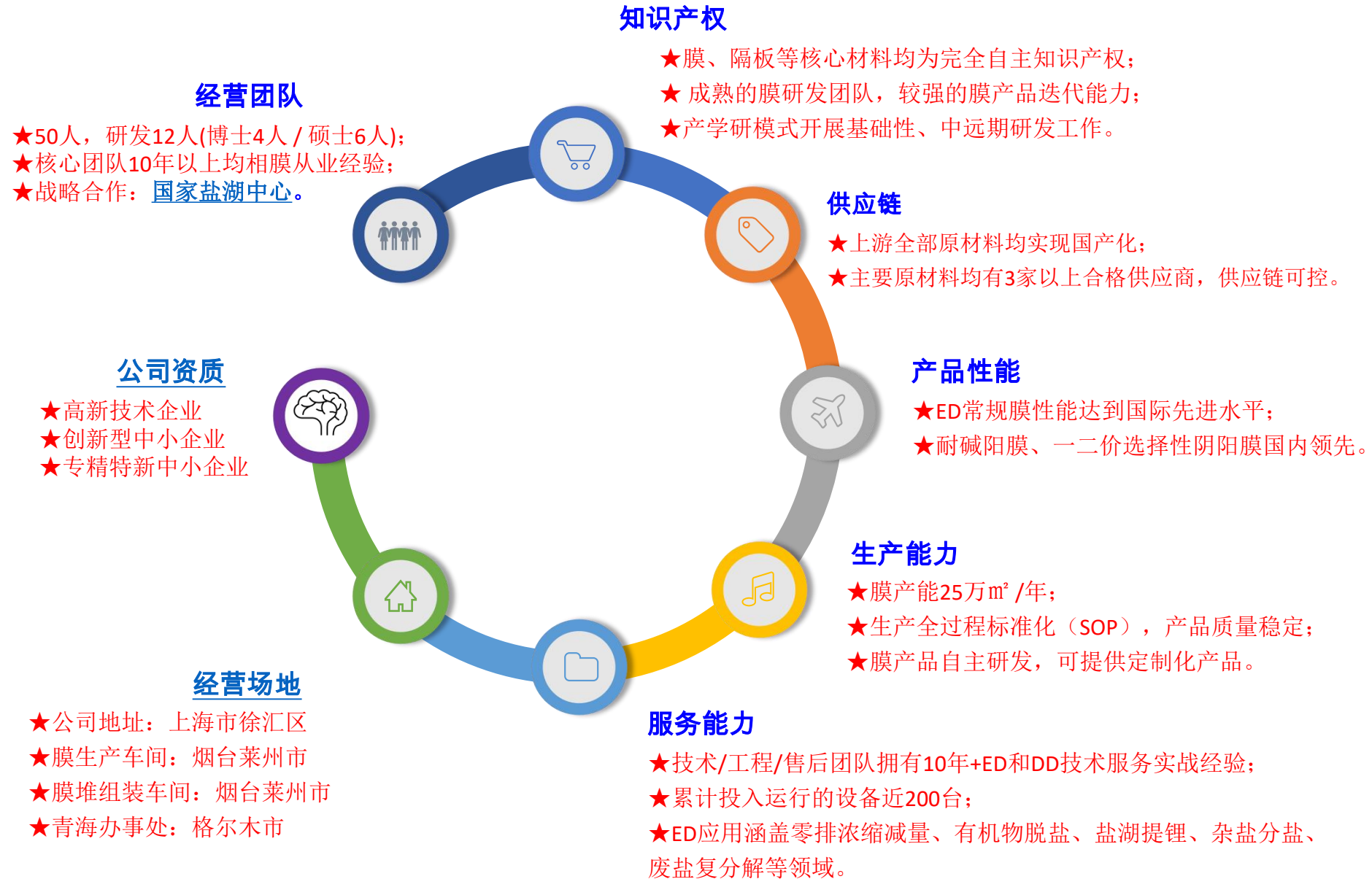
均相膜技术在酸碱盐 资源化中的应用与展望

上海三及新材料科技有限公司

2026年3月 杭州



公司介绍



2010-2019年

- ☆前期研发
- [华东理工大学](#)

2021年

- ☆DD在铝型材阳极氧化、腐蚀箔行业得到快速推广；
- ☆ED浓缩膜在火电厂脱硫废水、化工废水零排项目落地。

2023年

- ☆一二价选择性阴膜项目落地；
- ☆ED盐湖提锂项目落地（膜堆）；
- ☆12万m²/年宽幅膜产线投产；
- ☆电池生产废水资源化项目落地；
- ☆DD产品市场份额快速增长；
- ☆获高新技术、创新型企业称号。

2025年

- ☆一二价选择性阳膜投产；
- ☆钛白粉废硫酸项目中试落地；
- ☆酱油脱盐项目落地；
- ☆乳清脱盐中试项目落地；
- ☆上海创新创业优胜企业。



2020年

- ☆6万m²/年膜产线投产；
- ☆DD膜及设备投入使用；
- ☆ED浓缩膜及设备投入使用。

2022年

- ☆第二条6万m²/年膜产线投产；
- ☆ED脱盐膜物料脱盐项目落地；
- ☆DD磷酸回收项目落地；
- ☆ED气田采出水提锂项目落地；
- ☆硫酸铜资源化项目落地。

2024年

- ☆耐碱阳膜项目落地；
- ☆一二价阴膜脱硫废水项目落地；
- ☆肉碱脱盐项目落地；
- ☆完整ED工艺盐湖提锂项目落地；
- ☆双置换ED中试项目落地；
- ☆获“专精特新”中小企业称号。

 上海总部



材料研发平台

 生产基地



膜生产基地



装备化生产基地

“上海市高新技术企业”

“上海市专精特新中小企业” “上海市创新型中小企业” “上海创新大赛优胜奖”



中心简介

于2009年3月经国家科技部批准成立，由华东理工大学和青海盐湖工业集团股份有限公司联合组建。工程中心着眼于我国盐湖产业的科技开发前沿，立足于盐湖资源综合循环利用和固体废弃物资源化的国家战略需求，服务于地方经济建设，针对盐湖资源特色产业链的重大关键、基础、共性技术难题，通过自主研发、产学研结合、消化吸收再创新和国际交流合作等多种途径，进行系统化、配套化和工程化的研究开发。



于建国 教授（博导）
中心主任

上海市发明协会会长，国家环境保护专业技术领军人才；
国家督学，上海市十大科技精英，侯德榜化工科技成就奖

- ◆ “十一五”国家863资源与环境“领域专家”
- ◆ “十二五”国家863资源综合利用“主题专家”
- ◆ 教育部高等学校化工类教学指导委员会副主任

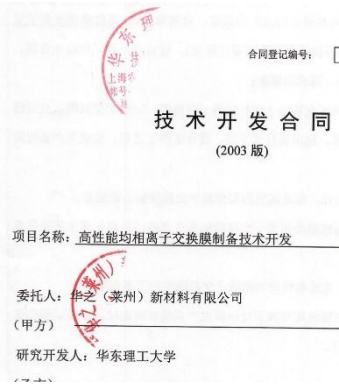
研究中心概况：科技获奖

序号	获奖项目名称	获奖奖项	等级	年份
1	青海盐湖低品位难开发钾盐高效利用技术	国家科技进步奖	二等	2015
2	盐湖钾镁资源高效与可持续开发利用关键技术	国家科技进步奖	二等	2011
3	高比能电池专用金属锂负极及核心原料成套制备技术与产业化	中国有色金属工业科技进步奖	一等	2019
4	高回收率、高品位氯化钾生产集成技术	青海科学技术进步奖	一等	2013
5	西部盐湖钾镁资源高效利用关键工程技术与装备	上海科技进步奖	一等	2010
6	恶唑类氯化钠浮选药剂合成新工艺及其在反浮选氯化钾生产中的应用	上海科技进步奖	一等	2001



工程中心技术团队：

- 特聘专家：费维扬 院士
- 指导老师：教授 5人，副教授 6人
- 研究人员：在读博士31人，硕士37人
- 研发工程师：30人





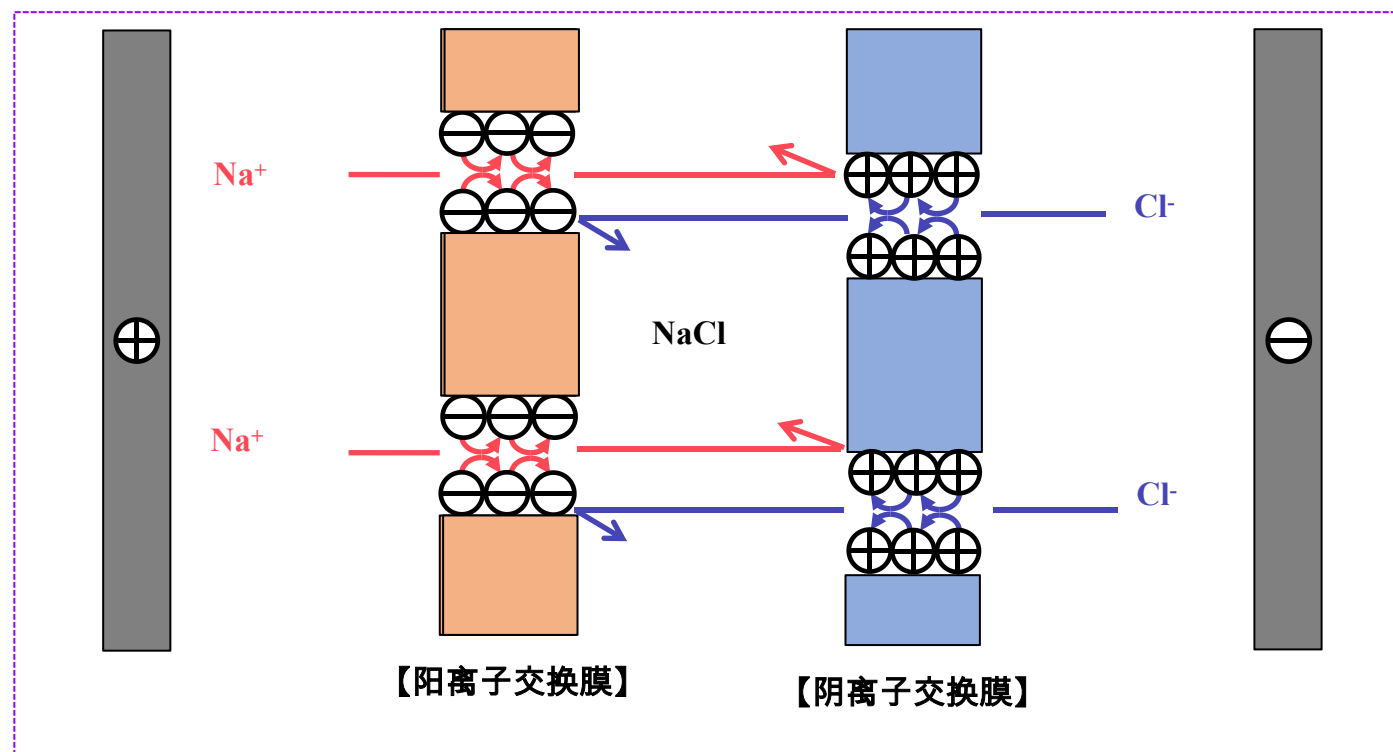
电渗析产品

离子交换膜是带有正电荷或负电荷的片状高分子薄膜，是电渗析系统的核心，主要分为以下两种膜：

- 透过阴离子的 **阴离子交换膜**
- 透过阳离子的 **阳离子交换膜**

▲基本原理：微观上有带电荷的官能团

电渗析系统通过直流电驱动离子迁移，不需要再生处理。



扩散渗析膜

- 常规酸回收膜
- 磷酸回收膜
- 一价酸回收膜

电渗析膜

- 浓缩阴阳膜
- 脱盐阴阳膜

双极膜

- 耐碱阳膜
- 双极膜
- 阻氢阴膜

特种膜

- 一二价阴膜
- 一二价阳膜
- 阴极膜
- 阳极膜

型号	类型	膜厚度，μm	膜电阻，Ω·cm2	离子交换容量，meq/g干膜	选择透过率，%	pH
CD	脱盐阳膜	100-120	2.0-3.0	1.0-1.5	≥90	1-9
AD	脱盐阴膜	100-120	2.0-3.0	1.0-1.5	≥96	1-9
CC	浓缩阳膜	100-120	2.0-3.0	0.8-1.3	≥90	1-9
AC	浓缩阴膜	100-120	4.0-5.0	0.8-1.3	≥96	1-9
CBS	耐碱阳膜	100-120	4.0-6.0	0.8-1.3	≥90	1-14
CCS	一二价阳膜	100-120	2.5-3.5	0.8-1.3	≥96	1-9
AAS	一二价阴膜	100-120	4.5-5.5	0.8-1.3	≥96	1-9

脱盐膜

电耗低

脱盐程度高

适用于对于脱盐液以及能耗要求高的系统

浓缩膜

浓缩浓度可达18%以上

回收率高

适用于浓缩浓度高、回收率要求高等系统

拥有丰富的型号对应客户不同的需求！

型号		SED-30	SED-55	SED-110S	SED-110H	SEDW-110H
规模		小试设备	中试设备	中型工业化设备	大型工业化设备	大型工业化设备
膜尺寸	cm	16*28cm	18*55cm	55*112cm	55*112cm	112*112cm
最大装入膜对数/台		20对	200对	220对	1000对	1200对
膜堆尺寸	mm	200 ^(W) *130 ^(D) *350 ^(H)	240 ^(W) *390 ^(D) *685 ^(H)	970 ^(W) *950 ^(D) *1750 ^(H)	1000 ^(W) *4000 ^(D) *1750 ^(H)	1594 ^(W) *4486 ^(D) *1730 ^(H)
重量（空载）	Kg	10	20	1000	3500	5000
处理量 (NaCl 3%→1%)	L/h	4	250	2000	9000	25500
使用上限温度		40℃	40℃	40℃	40℃	40℃

可根据项目的实际需求进行定制设计。如三隔室、四隔室、隔断室等特殊结构电渗析

项目	性能特点
离子交换膜 (核心)	• 均相离子交换膜，具有更高的性能，更低的膜电阻； • 脱盐、浓缩性能优越，浓缩浓度可达18%以上； • 中性有机物截留率可达95%以上； • 上游全部原材料均实现国产化； • 主要原材料均有3家以上合格供应商，供应链可控。
膜堆 (载体)	• 合理的隔板、膜堆整体设计构造，降低高盐废水的外漏，并且可以实现高脱盐率、高浓缩倍率等客户要求； • 有小试、中试、大型工业化膜堆、可满足不同水量的处理要求； • 按照客户需求进行设备的定制、部件采购、加工、组装以及出厂检验，确保设备的整体性能。
支持	• 提供膜堆之外的系统设计方案、各种技术支持； • 配合客户完成配套的设计、系统安装、调试工作。

- 单台组处理能力大；
- 结构科学，流体、电流分布均匀
- 结构紧凑，占地面积小；
- 匠心制造，现代工业风，高品位质感。

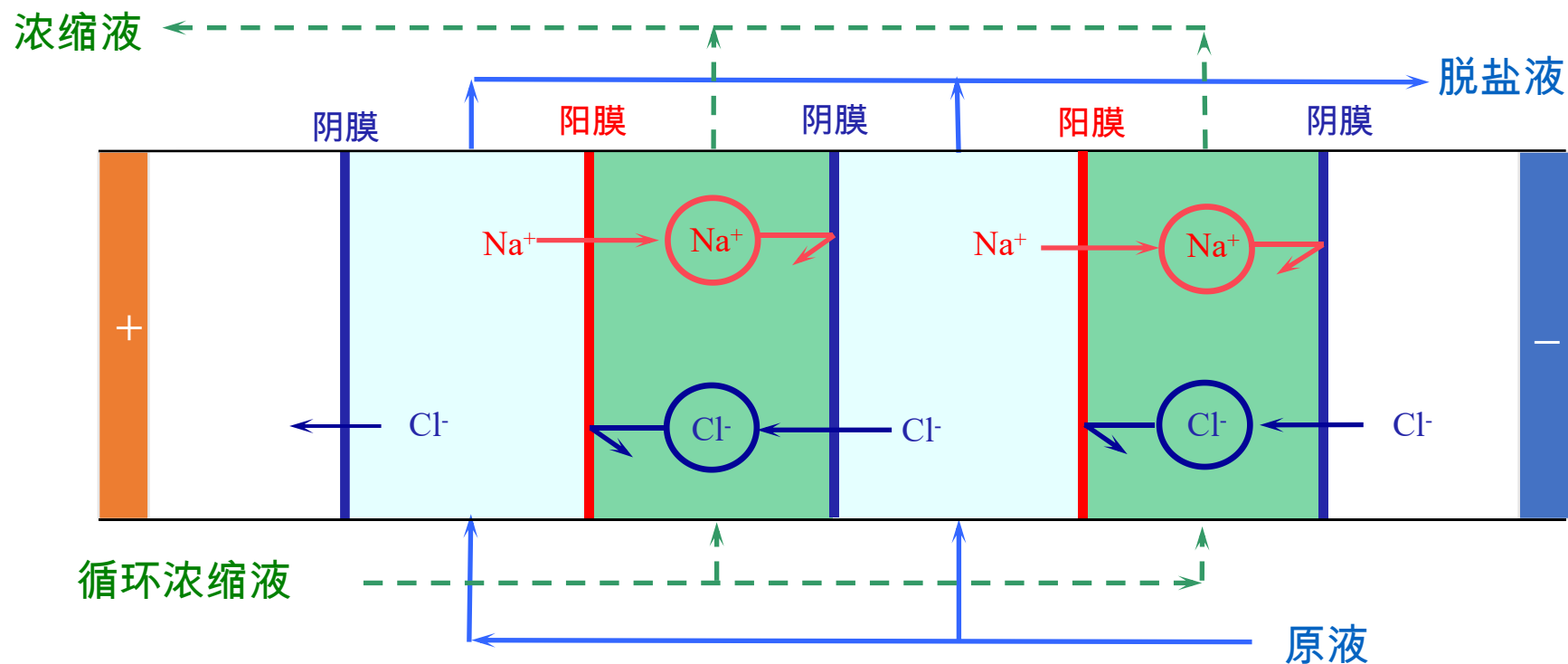




电渗析应用

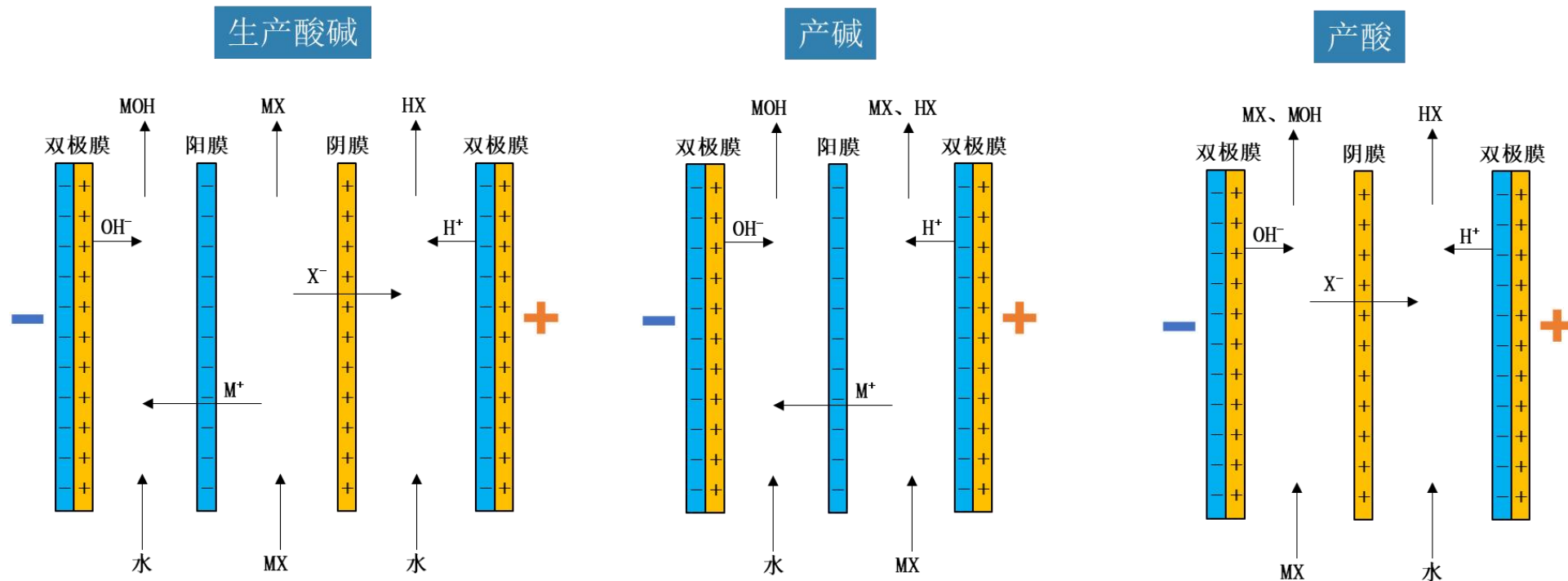
3.1.1 常规电渗析工作原理

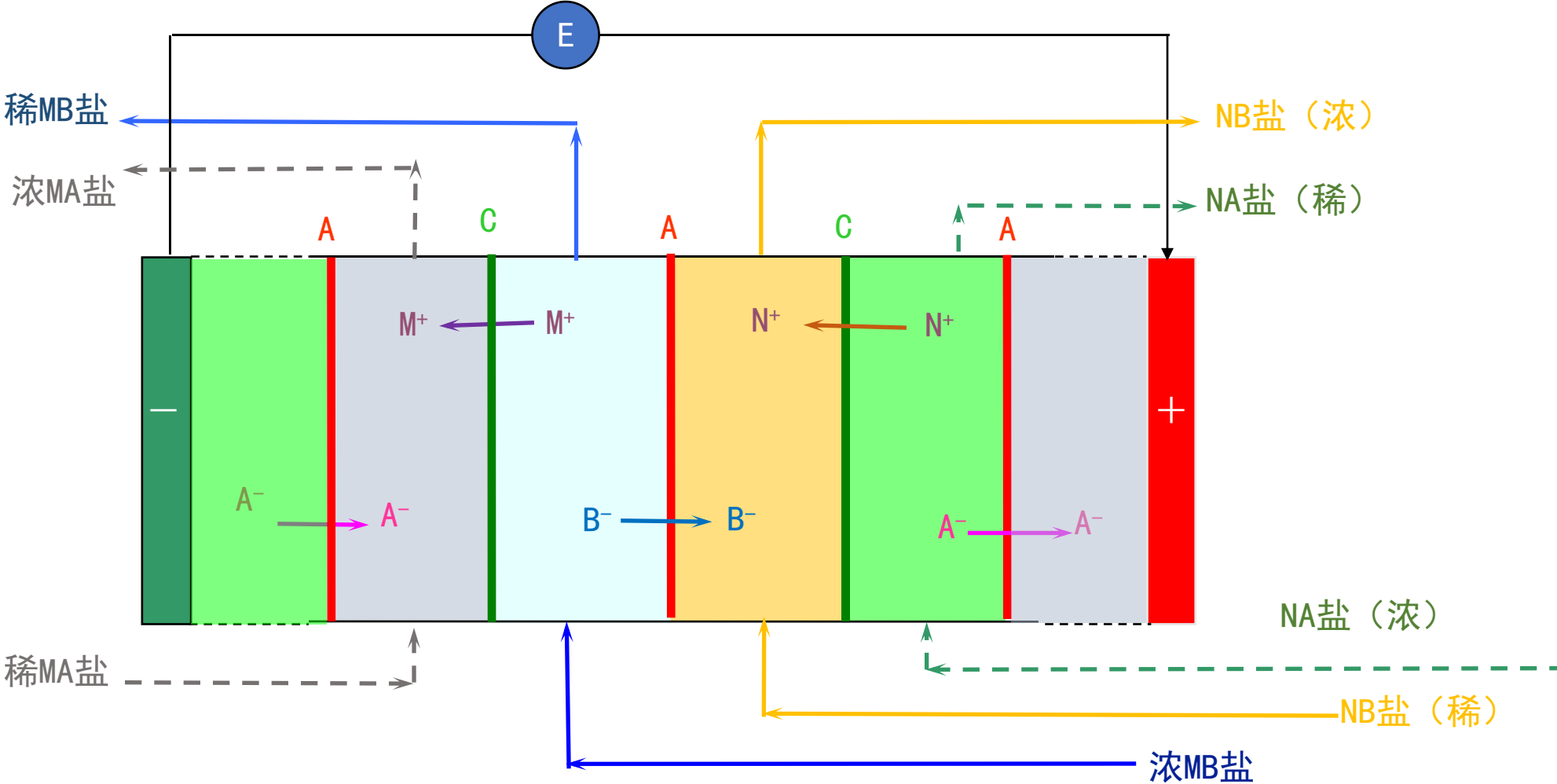
两侧配置阳电极和阴电极，中间阳离子交换膜和阴离子交换膜交替排列，形成脱盐室和浓缩室。在电场力作用下，离子从脱盐室穿过膜进入浓缩室，而不带电的有机物则无法透过膜而被截留下来，从而实现脱盐、浓缩以及无机离子与有机物分离的功能。



3.1.2 双极膜电渗析工作原理

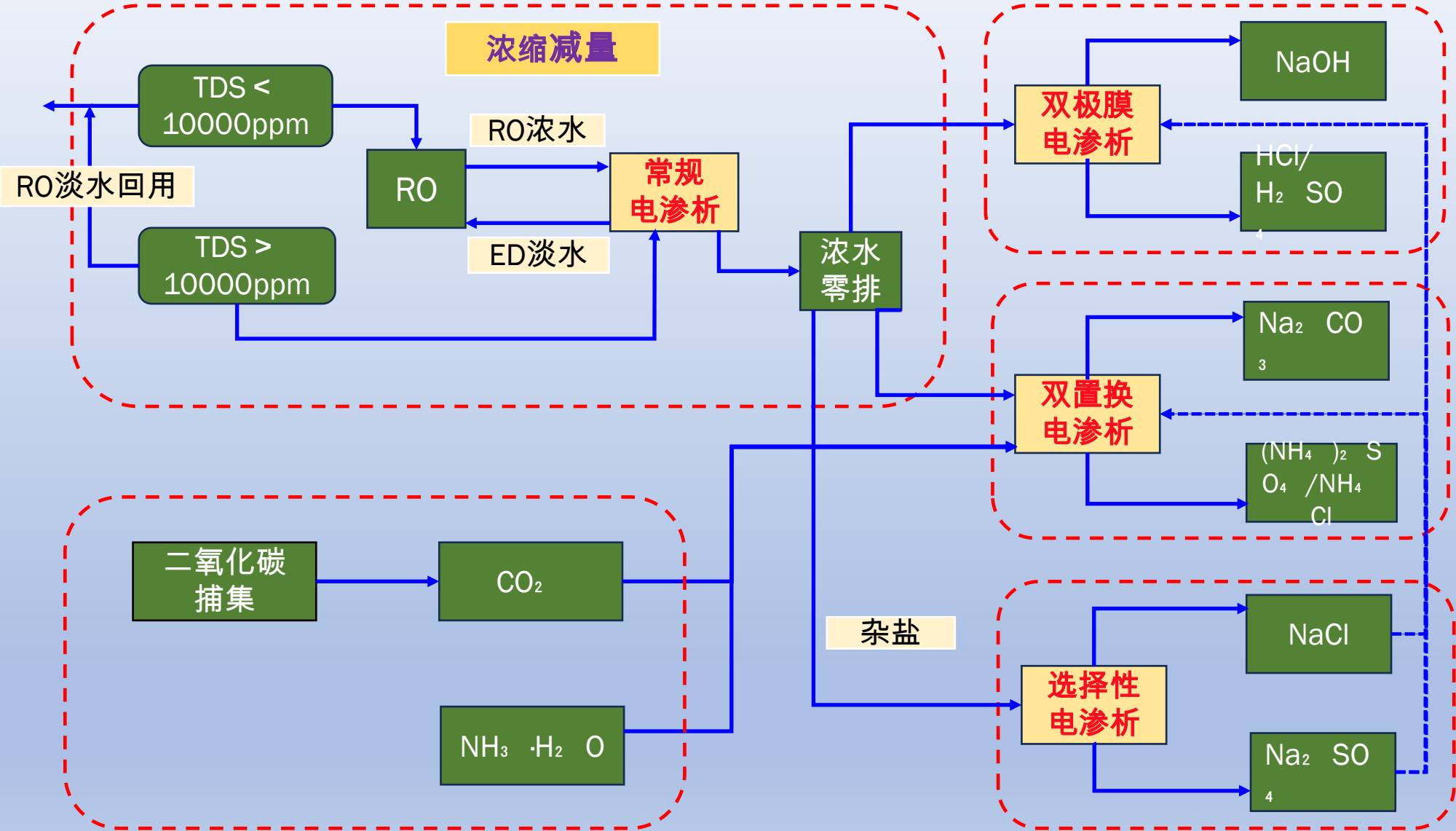
- 双极膜一般由阴离子交换树脂层（AL）、阳离子交换树脂层（CL）和中间层组成。
 - ① 中间层市场上常用别称：过渡层、催化层、复合层、界面层等；
 - ② 中间层，厚度一般在 10×10^{-9} m以内（纳米级别）。
- 在直流电场的作用下，阴、阳膜复合层间的 H_2O 解离成 H^+ 和 OH^- ，并进行离子定向迁移，分别通过阳离子交换膜层和阴离子交换膜层，作为系统 H^+ 和 OH^- 离子供应源。 H^+ 和 OH^- 则主要通过过渡区水的解离而得到及时的补充，消耗的水又通过周围溶液中的水向膜中间渗透而弥补。
- 基于双极膜的特点，配备不同的阳离子交换膜、阴离子交换膜及其他配件，可以组装成不同形式的双极膜电渗析（双极膜电渗析的形式含：二隔室、三隔室、四隔室、五隔室等）。
- 其中常规双极膜电渗析主要作用如下：
 - ① （无机系统）无机盐制备对应的酸和碱：硫酸钠、氯化钠、硫酸锂、硝酸钠、氯化铵等；
 - ② （有机系统）有机酸盐制备对应的有机酸和碱（有机碱盐与之类似）：酒石酸、葡萄糖酸、柠檬酸、维生素C、四甲基氢氧化铵、四丙基氢氧化铵等。





3.2.1 电渗析-盐资源化概览

▲基本原理：直流电驱动带电离子在流体中迁移



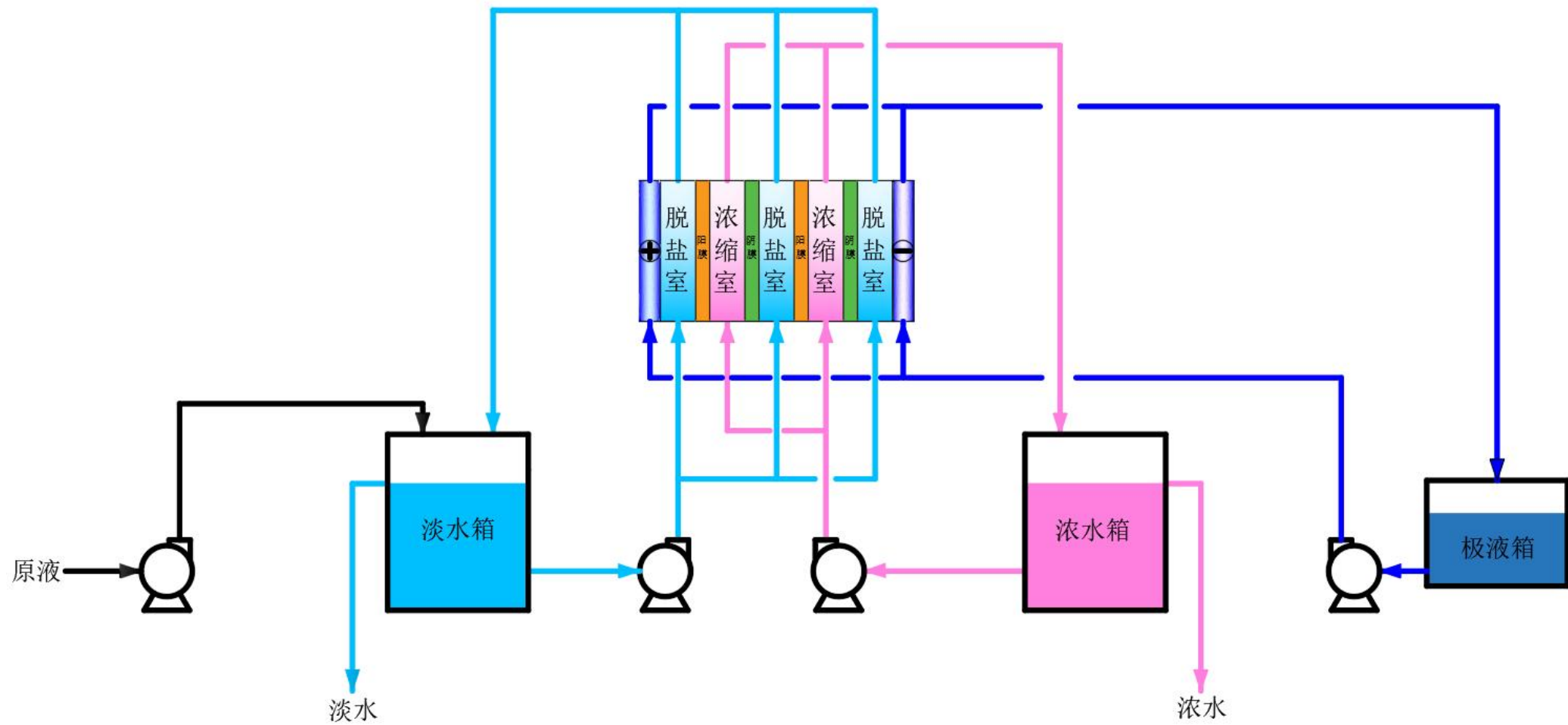
欢迎垂询：董淑坤，13917751873



- 浓缩浓度高，浓水浓度18%以上；
- 脱盐液建议保持在0.5%以上；
- 电耗低，吨水电耗最低仅为5kWh；

主要处理对象：1-10%的盐浓缩、脱盐包括混盐、氯化钠、硫酸钠、氯化铵、硫酸铵、硝酸钠、硝酸铵等





目前，我国每年废盐产生量2100万吨。2022年全球CO₂捕捉量6400万吨，到2030年全球碳捕捉能力将在目前水平的基础上增加6倍。

目前技术条件下，这些大量的**二氧化碳主要以封存法为主，无法有效无害处置。**

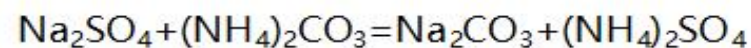
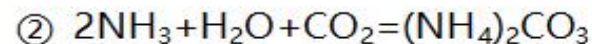
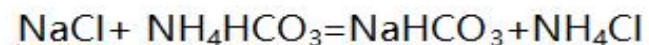
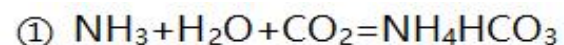


利用双重置换电渗析达成**复分解反应**，从而将“**废盐+二氧化碳+氨水**”变为具有相应经济价值的盐，成为同时解决废盐资源化和二氧化碳资源化双重难题的路线之一：即，该技术路线可以**同时实现废盐资源化和碳中和。**

➤ **四隔室结构设计，实现废盐向有附加值无机盐的转化**

设计特殊结构的四隔室电渗析，在通直流电的情况下，实现废盐与碳酸铵或碳酸氢铵的阴阳离子互换，产生碳酸钠或者碳酸氢钠及相应的有一定经济价值的铵盐，**具有安全性高、成本低、不产生新的污染源**的特点，为企业带来了经济性。

➤ **原料来源于CO₂的捕捉，实现双碳目标**



安全系数高

该技术整个过程**不产生高热量，不产生废气、废水**，没有任何化工行业常见的易燃、易爆、中毒等安全风险。



设备可以全自动运行

四隔室电渗析设备**全自动运行，降低人工成本**。



试验结果符合预期

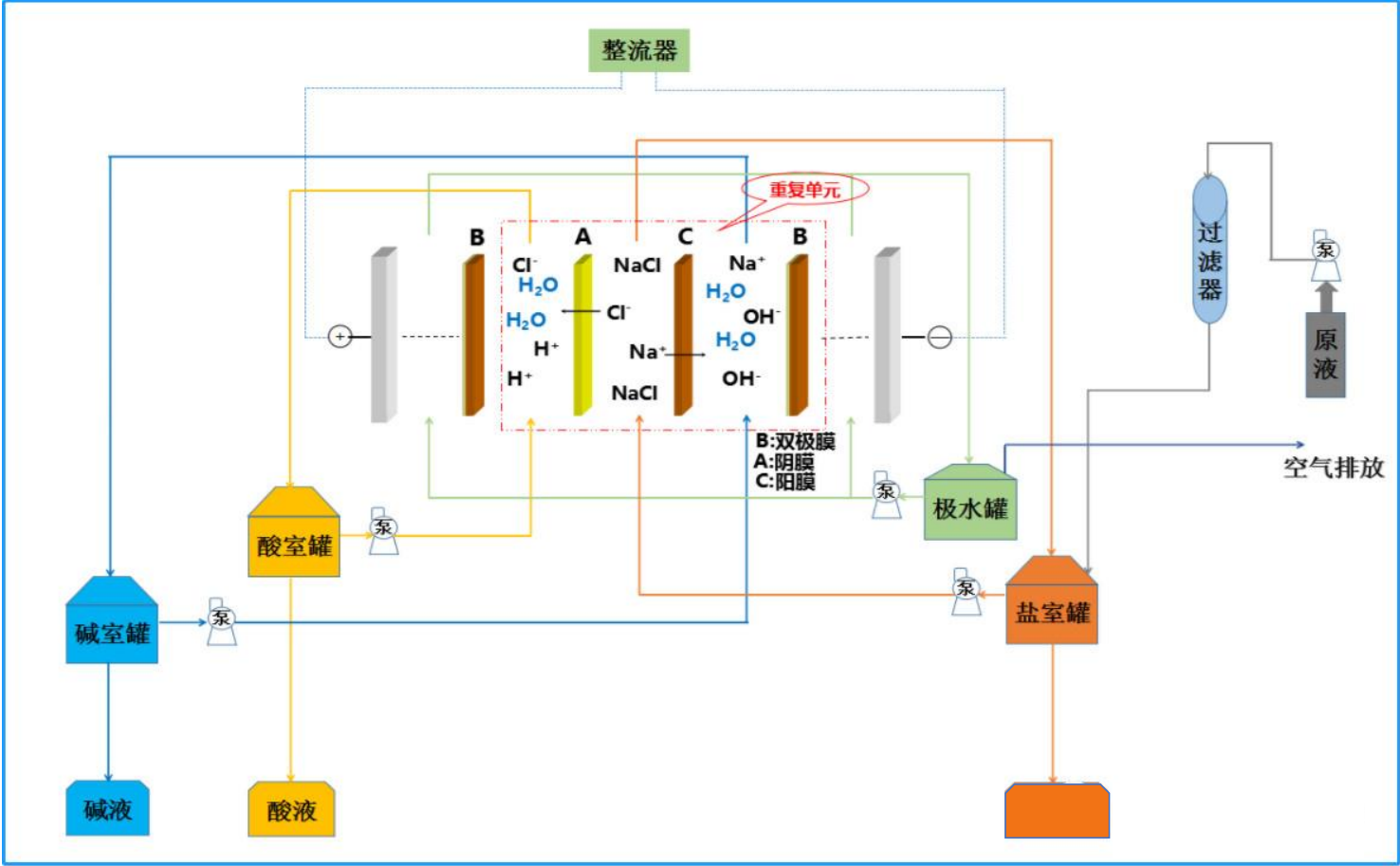
低浓度（通常控制在1.5%~2%范围内）的**碳酸氢铵和硫酸钠可以重复使用，降低生产用水量，节能降耗**。

碳酸氢铵和硫酸钠溶液通过四隔室电渗析进行双置换后，得到碳酸氢钠溶液（浓度在11.32%左右）和硫酸铵溶液（浓度在13.07%），产物的浓度还可以进一步提高。



3.5.1 双极膜的工艺流程图

常规双极膜系统简易流程图





进水水质

- 双极膜只适用于Li、Na、K、铵等一价盐系统；
- **盐浓度要求：1.5N-2.5N浓度最佳；**
- 二价及二价以上阳离子总量： $< 1\text{ppm}$ ；
- 油、表面活性剂总量 $< 2\text{ppm}$ ，有机溶剂类别及含量需要询问厂家。
- 硅含量 $< 20\text{ppm}$ ，TSS类指标 $< 0.1\text{ppm}$ 。

出水水质

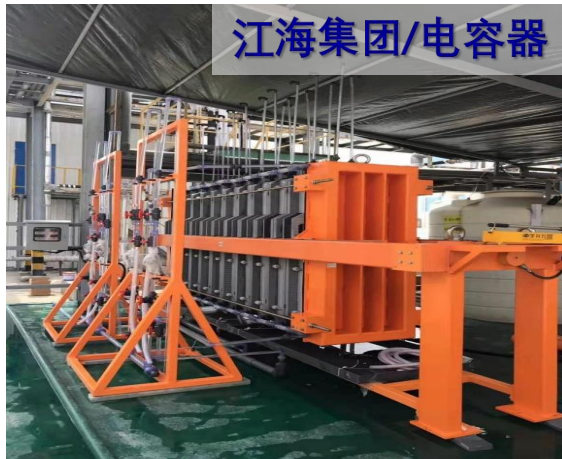
- 如果进水是混盐，那出水得到的就是混酸或混碱。
- **出水酸浓度：0.5N-2N可调，1N-2N经济性最优，**其中氧化性较强的酸除外，浓度有限制。
- **出水碱浓度：0.5N-2N可调，1N-2N经济性最优。**
- 系统出水酸、碱纯度：酸碱中均会含有少量的盐，一般有0-1g/L左右的盐（与进水盐浓度、出水酸碱浓度等有关）。

- 双极膜系统，大部分是整流器的能耗，动设备的占比相对非常小。
- **以硫酸钠15%为例：**双极膜系统生产1KG氢氧化钠，**运行能耗约为1.5-2.2kWh**，折算到硫酸钠进水，吨水能耗约127-186kWh，电费以0.6元/度估算，则吨水处理能耗约76-112元，或**生产1t氢氧化钠能耗费用约900-1300元**。
- **以氯化钠15%为例：**双极膜系统生产1KG氢氧化钠，**运行能耗约为1.3-1.8kWh**，折算到氯化钠进水，吨水能耗约133-185kWh，电费以0.6元/度估算，则吨水处理能耗约80-111元，或**生产1t氢氧化钠能耗费用约780-1100元**。
- 电渗析系统是电驱动的原理，离子迁离产生电流形成回路，在不考虑其他因素的影响下，所需处理离子含量越多，则能耗越高。很明显，生产1KG氢氧化钾能耗要远远低于生产1KG氢氧化钠。同样的原理，折算到进水各类一价无机盐废水系统，硫酸盐、硝酸盐、氯化盐等系统，吨水处理能耗也会有明显的差异。
- 基于双极膜的原理，单个工艺单元的吨水处理能耗要比常规的膜处理工艺高很多。但整体个工艺包而言，双极膜系统用相对较低的能耗生产得到了附加值较高的碱，解决高盐废水处理问题。

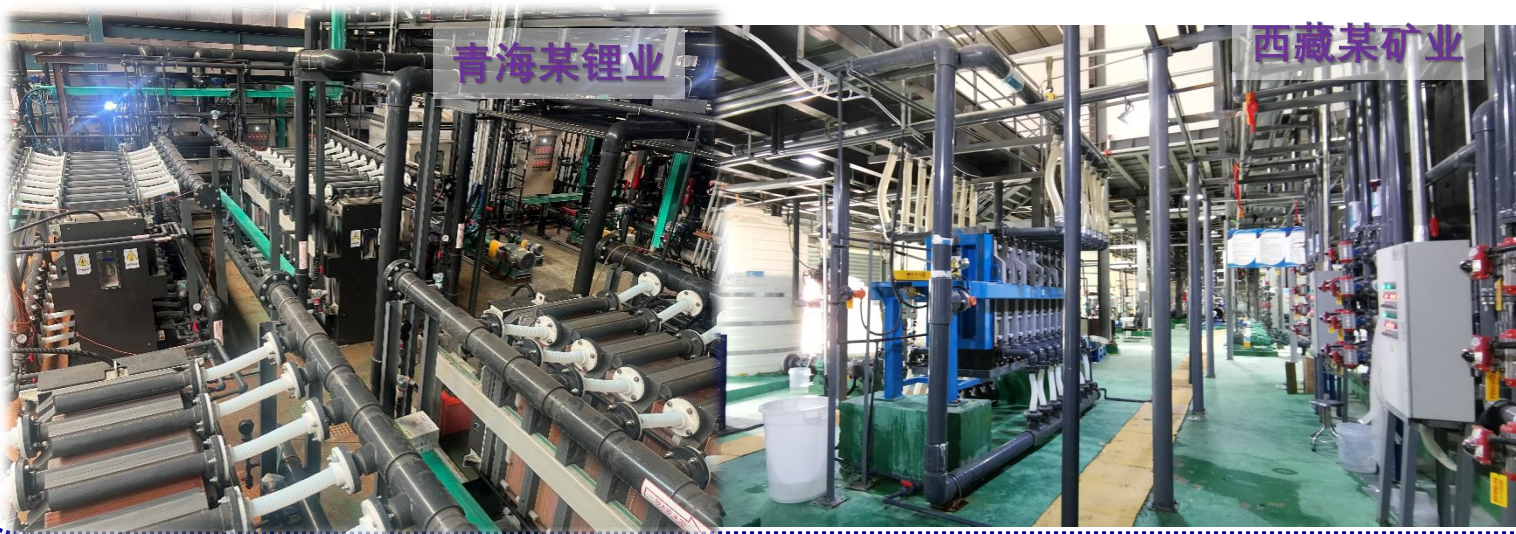


典型案例

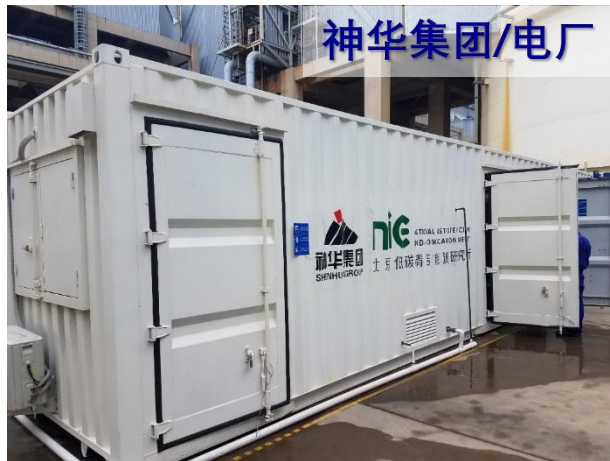
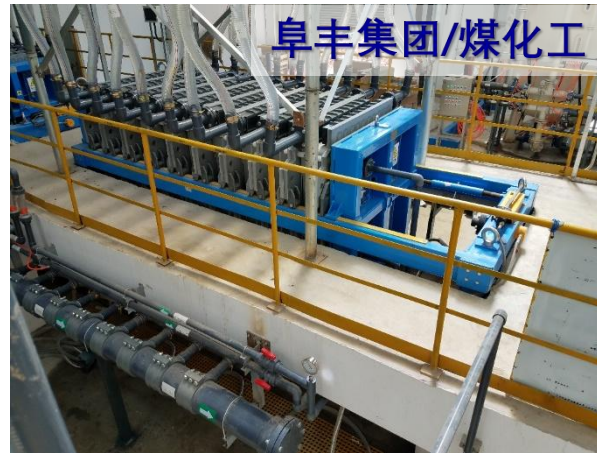
资源化领域



新能源领域



废水资源化利用

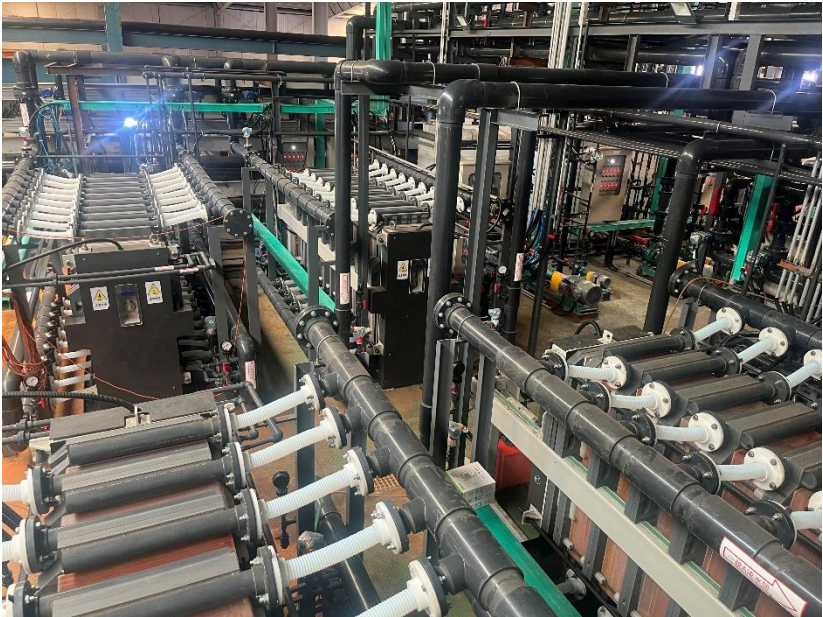


食品健康/生物医药



- 项目时间：2024年
- 锂回收率：> 99%
- 锂浓缩浓度：4~6.0g/L → 20g/L
- 硼去除率：> 85%
- 硅去除率：> 85%
- 处理原水量：10 m³/h

运行日期	原液		浓水产水		淡水产水	
	锂g/L	硼g/L	锂g/L	硼g/L	锂g/L	硼g/L
24年7月9日	5.227	0.43	20.512	0.26	0.066	0.48
24年7月16日	4.772	0.35	20.197	0.2	0.020	0.4
24年7月23日	4.609	0.39	19.364	0.23	0.052	0.42
24年7月30日	5.156	0.41	20.531	0.23	0.053	0.5
24年8月6日	4.506	0.43	20.219	0.27	0.047	0.49



- 项目时间：2024年
- 硫酸根截留率：>72%
- 氯化钠浓度：>16%
- 处理原水量：140 m³/h



1500方/天页岩气压返排液盐资源化

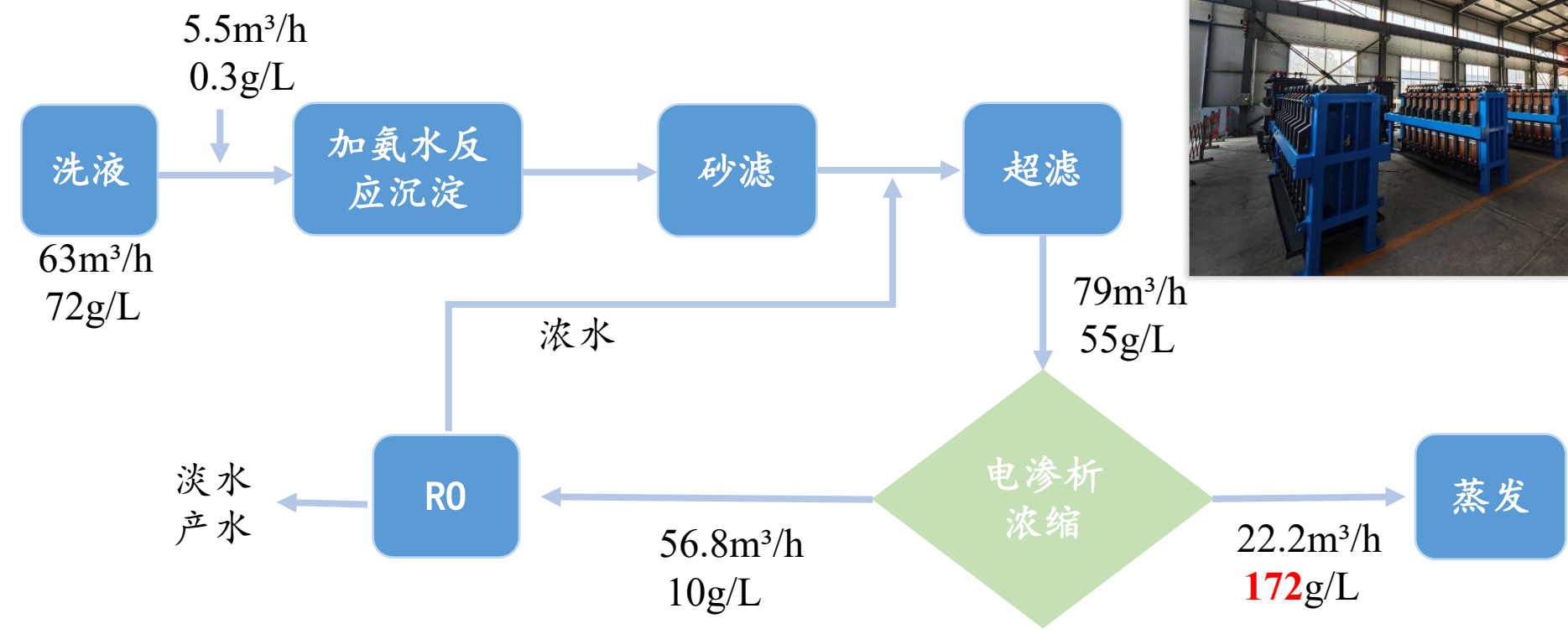
副产品盐:

➤ 96.4% 结晶盐达到《工业盐》
(GB/T5462-2015) 指标要求;



项目	结 晶 盐	指标								
		精制工业盐						日晒工业盐		
		工业干盐			工业湿盐					
		优级	一级	二级	优级	一级	二级	优级	一级	二级
氯化钠 (g/100g)	≥99.5	99.1	98.5	97.5	96.0	95.0	93.3	96.2	94.8	92.0
水 (g/100g)	≤0.27	0.30	0.50	0.80	3.00	3.50	4.00	2.80	3.80	6.00
水不溶物 (g/100g)	≤0.02	0.05	0.10	0.20	0.05	0.10	0.20	0.20	0.30	0.40
钙镁离子总量 (g/100g)	≤0.05	0.25	0.40	0.60	0.30	0.50	0.70	0.30	0.40	0.60
硫酸根离子 (g/100g)	≤0.01	0.30	0.50	0.90	0.50	0.70	1.00	0.50	0.70	1.00

工艺简介



洗液后混合进入反应池，添加氨水，沉淀池清水经过砂滤和超滤处理后，进入电渗析浓缩，电渗析浓水后续进蒸发，淡水经过反渗透浓缩后返回到超滤前端进行预处理之后再进电渗析，实现废水的零排放。

- 项目时间：2022年
- 地点：四川遂宁
- 气田水处理水量：500m³/d
- 浓缩倍数：4倍



• 单位：mg/L

运行日期	锂 (ED进)	锂 (ED淡水)	锂(ED浓水)
23年4月12日	4567	1813	18239
23年4月18日	4553	1984	18398
23年4月21日	4452	1967	18600

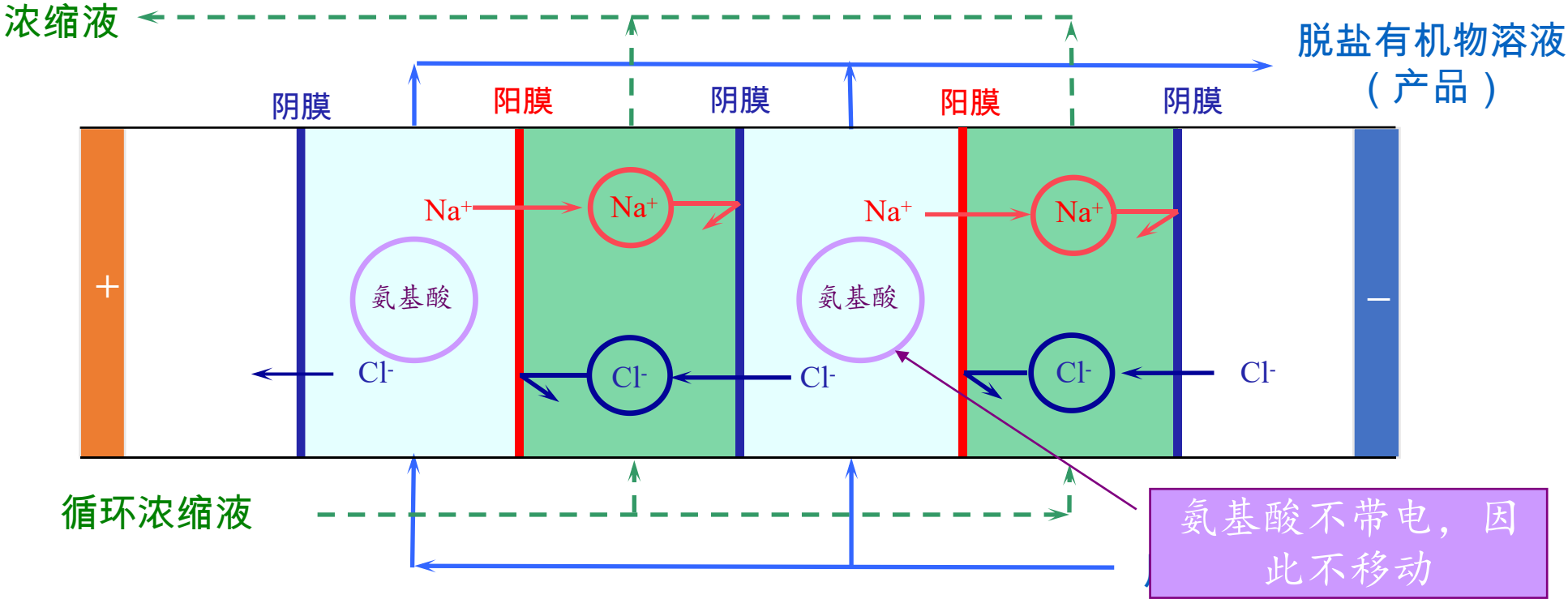
- 项目时间：2022、2023、2024年
- 地点：湖北公安
- 处理量：8m³/d
- 氨基酸收率 > 90%
- 氯化铵浓水浓度 > 15%



工作原理

当非离子形态的有机物（例如氨基酸等）与有机盐共存时，可以利用有机物不能透过离子交换膜的原理，实现有机物与无机盐的分离。

※可以通过调整电荷平衡（等电点）来限制氨基酸的移动。



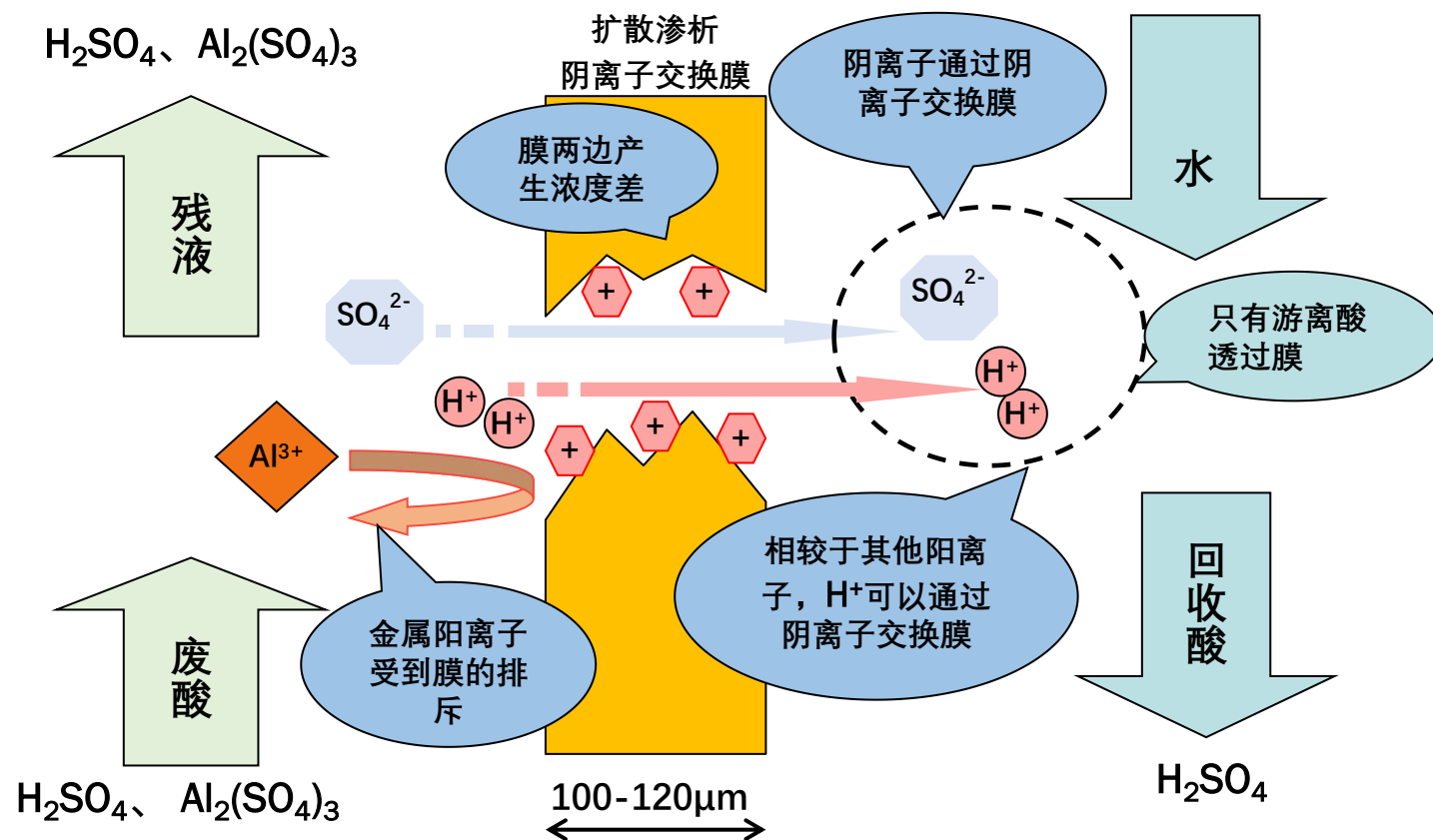


扩散渗析产品

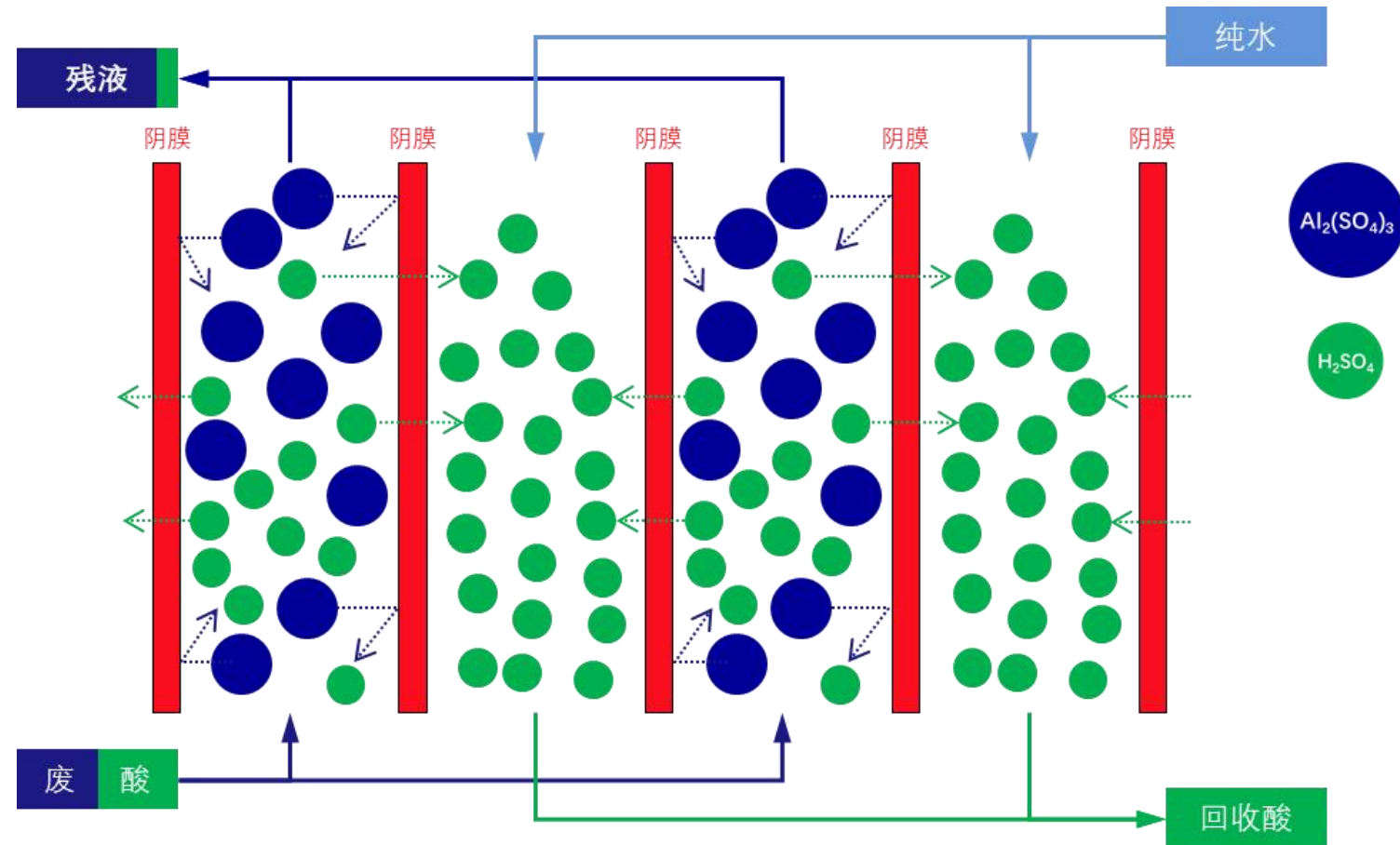
扩散渗析膜是带有正电荷或负电荷的片状高分子薄膜，是扩散渗析系统的核心，主要分为以下两种膜：

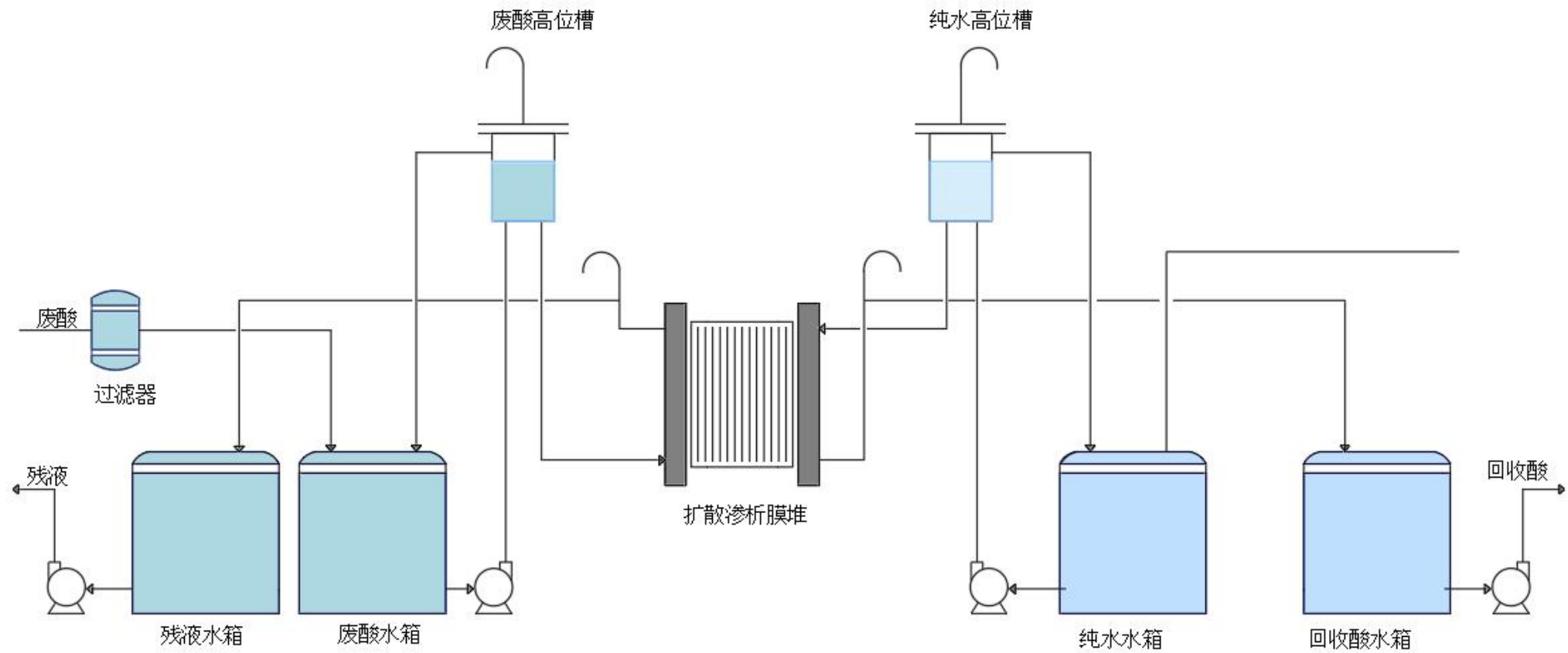
- 透过阴离子的 **阴离子交换膜（酸回收膜）**
- 透过阳离子的 **阳离子交换膜（碱回收膜）**

扩散渗析膜通过膜两边的浓度差来驱动离子迁移，不需要再生处理。



由于阴离子交换膜两侧存在浓度差，酸从废酸侧向纯水侧扩散移动，而金属离子或有机物分子则无法透过阴离子交换膜而被截留下来，从而实现游离酸与其他成分的有效分离。





扩散渗析技术可广泛应用于无机酸与金属离子的分离。



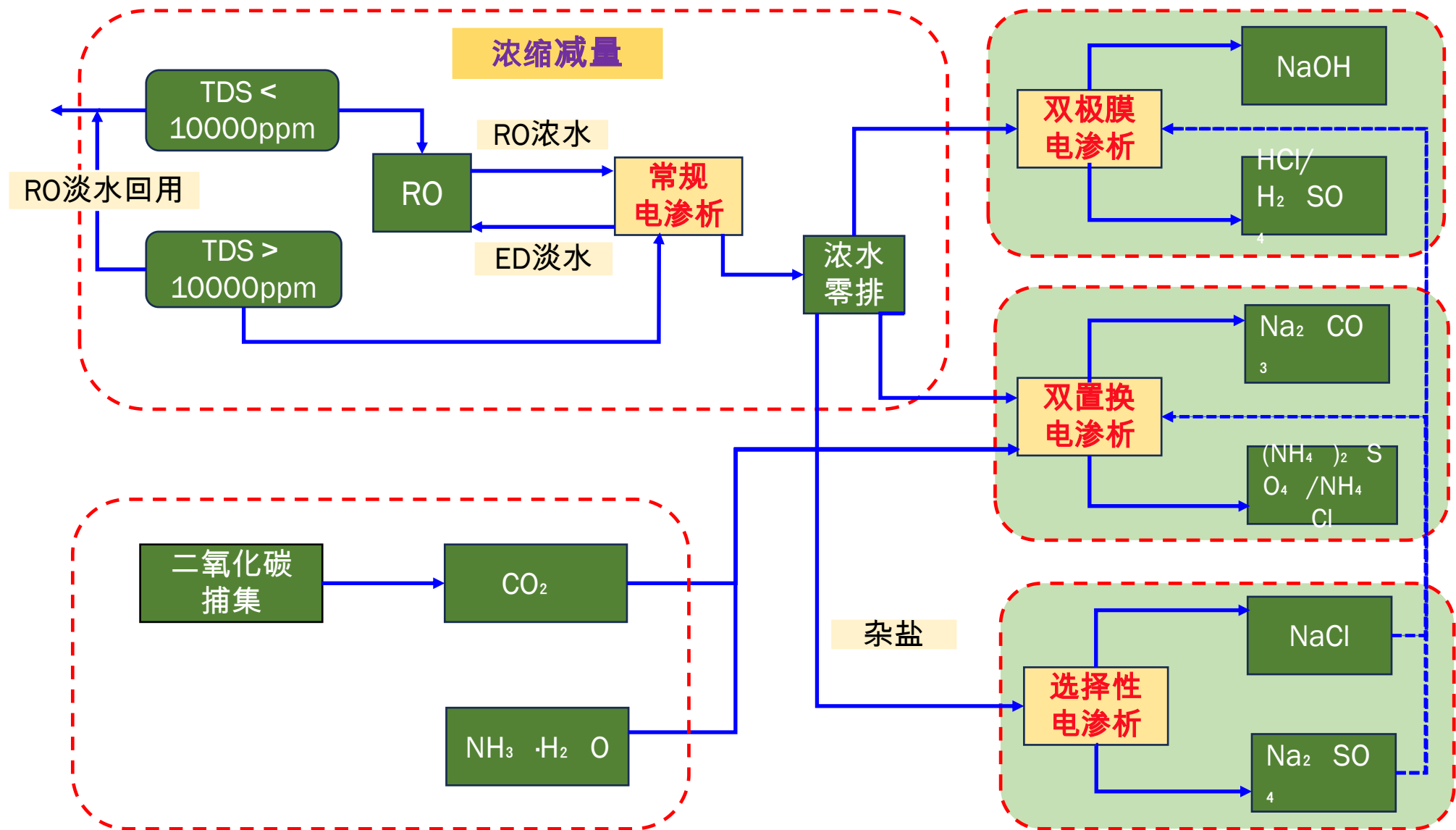
应用领域	铝型材	电极箔	不锈钢	钛白粉	电子产品	食品/药品	湿法磷酸
废酸来源	阳极氧化	腐蚀工艺	表面酸洗	生产	阳极氧化	生产	生产/萃余酸
处理对象	硫酸/铝	硫酸/盐酸/铝	硝酸/氢氟酸/铁	硫酸/铁	磷酸/硝酸/铝	盐酸/硫酸/有机物	磷酸/铁/钙
原酸组份	H_2SO_4 (10%-20%) + Al^{3+} (1-5g/L)	H_2SO_4 (8%-15%) + HCl (3%-5%) + Al^{3+} (2-6g/L)	HNO_3 (15%-25%) + HF (2%-5%) + Fe^{3+} (3-8g/L)	H_2SO_4 (15%-24%) + Fe^{2+}/Fe^{3+} (10-160g/L)	H_3PO_4 (5%-12%) + HNO_3 (3%-8%) + Al^{3+} (1-3g/L)	HCl (6%-18%) / H_2SO_4 (8%-15%) + 少量有机物	H_3PO_4 (20%-50%) + $Fe^{3+}/Ca^{2+}/Mg^{2+}$ (0.3%-4.0%)
酸回收率	80%-85%	80%-88%	68%-70%	88%-90%	75%-82%	70%-78%	40%-45% (有效磷回收率)
金属截留率	$Al^{3+} \geq 90\%$	$Al^{3+} \geq 90\%$	$Fe^{3+} \geq 97\%$, $Cr^{3+} \geq 98\%$, $Ni^{2+} \geq 96\%$	$Fe^{2+}/Fe^{3+} \geq 99\%$	$Al^{3+} \geq 90\%$	(无金属离子)	$Fe^{3+} \geq 86\%$, $Mg^{2+} \geq 99\%$, $Al^{3+} \geq 94\%$
吨酸投资/万	1.2-1.8	1.5-2.2	1.8-2.5	1.6-2.3	1.7-2.4	2.0-2.8	1.3-1.9
注：各种无机酸的回收能力大致关系为：	盐酸>硝酸>硫酸>氢氟酸>>磷酸					100-150	40-70

行业	累计单位	累计台数	累计膜面积
电子铝箔	15家+	30台	3万平
铝型材	30家+	50台	4W平
化抛	10家+	10台	1万平
其他	10家	10台	1万平



均相膜应用展望

6.1 电渗析应用展望



欢迎垂询：董淑坤，13917751873

常规电渗析

- ★无机盐浓缩减量 面临的其他工艺竞争越来越激烈
- ★有机物分盐 与其他工艺相比优势明显

选择性电渗析

- ★盐湖提锂 缩短多级纳滤+常规电渗析工艺，减低成本（阳膜）
- ★海水/苦咸水资源化 与海淡、绿电结合，提高整体收益（阳膜）
- ★火电厂脱硫废水除硬（阴膜）
- ★其他杂盐分盐

置换电渗析

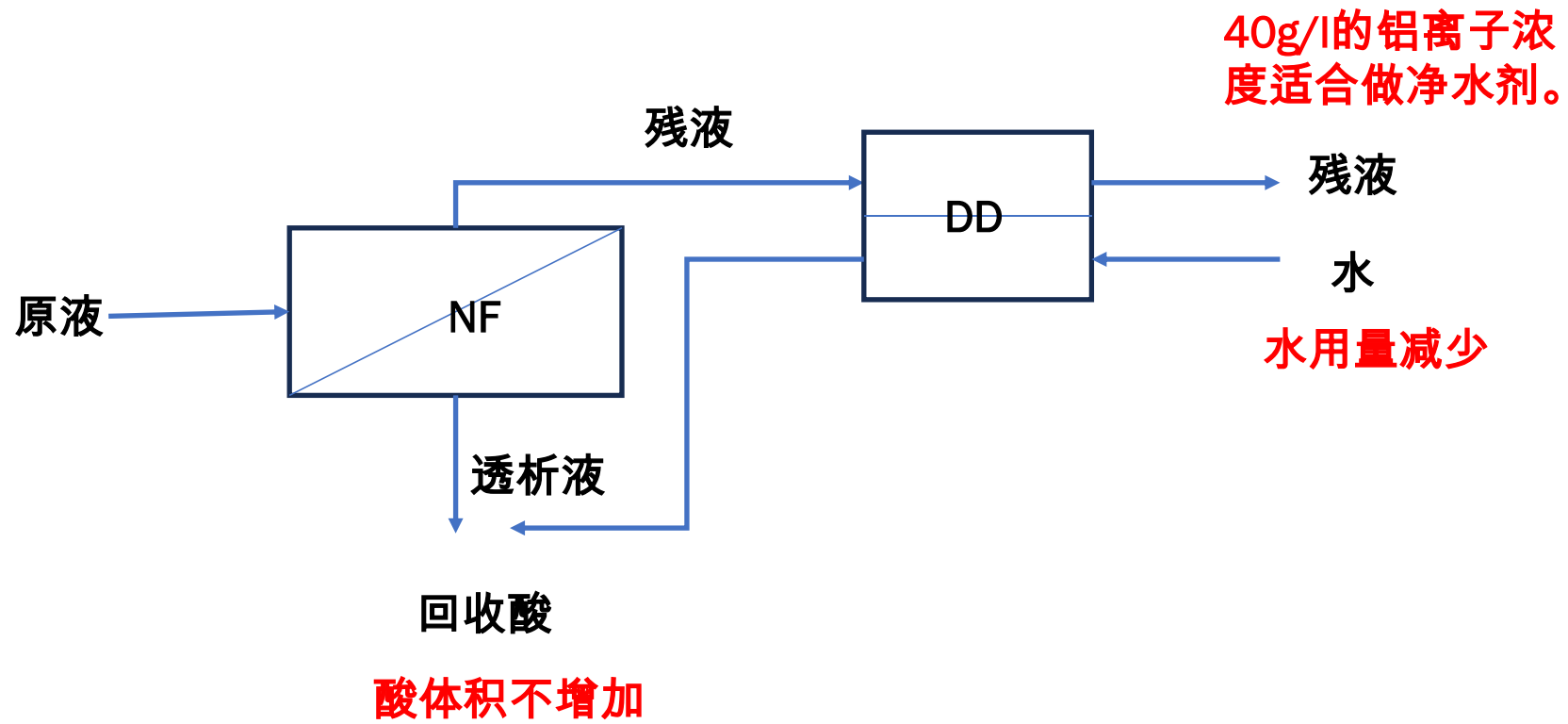
- ★单置换：有机酸盐制备有机酸，回收低解离度的有机酸
- ★双置换：有CO₂、氨水、废盐场景下，制备碱和高附加值铵盐

双极膜电渗析

- ★有机酸盐制备有机酸
- ★无机酸盐制备酸碱
- ★性能提升后，可以实现双极膜合成氨

工艺	体积总量	盐浓度	酸浓度	操作	残液中酸浓度	残液处理
NF	减少	浓缩	不变	高压	不变	残酸浓度高
离子交换树脂	不变	不变	减少	常压	减少	反洗困难
扩散渗析	增倍	不变	略降	常压	减少	低浓度盐残液利用问题？

残液处理问题？



亟需膜性能提升

电渗析
碱浓缩

(提高阴膜耐碱性)

扩散渗析
碱回收

(提高阳膜的碱渗析系数)



谢谢！

上海三及新材料科技有限公司拥有本资料的著作权和其他权利。本资料牵涉到上海三及新材料科技有限公司的销售机密(包括其他第三方的机密信息)。

在未得到本公司许可的情况下，不得对本资料进行复制，不得泄露给第三方公司。

 **SMax** 高性能膜分离材料及装备供应商
上海三及新材料科技有限公司