

ED / DD / BMED 工艺选型手册

围绕处理对象、目标产物、驱动力、预处理与验证边界，快速建立电膜技术候选路线。

先按项目目标初筛

ED、DD 和 BMED 都使用离子交换膜，但驱动力、处理对象与目标产品不同。选型时应先回答“需要移动哪些离子、最终得到什么物流”，再讨论膜种、级数和设备规模。

ED · 电渗析

在直流电场作用下迁移离子，常用于脱盐、浓缩、分盐前处理或降低后续蒸发负荷。

DD · 扩散渗析

利用浓度差和膜选择性回收游离酸或碱，通常不依赖外加直流电场作为主要驱动力。

BMED · 双极膜电渗析

利用双极膜水解离并迁移离子，将合适的盐体系转化为对应酸和碱物流。

五问初筛法

1. 原液中目标组分是游离酸碱、可迁移盐，还是需要转化的盐？
2. 目标是脱盐、浓缩、回收游离酸碱，还是制备酸碱？
3. 有机物、硬度、金属、悬浮物、氧化剂和溶剂处于什么水平？
4. 产品需要返回哪个工序，允许哪些杂质和浓度波动？
5. 是否具备小试 / 中试条件，以及浓液、残液和清洗液的去向？

不能仅凭电导率选型。相同电导率可能对应完全不同的离子组成、价态、有机物和结垢风险。至少需要主要阴阳离子、pH、COD / TOC、硬度、硅、悬浮物与温度等信息。

ED：离子脱除与盐水浓缩

适合优先评估的任务

- 对含盐水进行淡化，获得可进入后续回用或精处理的低盐水；
- 将盐分从淡室迁移到浓室，形成较高浓度盐水，降低后续蒸发处理量；
- 在离子性质和膜选择性允许时，辅助分离一价 / 多价离子或盐与非离子有机物；
- 对工艺液进行脱盐、除灰分或闭路循环中的离子平衡调整。

关键设计输入

离子组成与价态、进出水浓度目标、流量、温度、pH、回收率、允许压差及连续运行时间。

主要风险

极化与水解离、结垢、膜污染、渗漏与串液、温升、杂散电流以及浓水最终去向。

典型流程逻辑

01

分质与调节

均衡水量水质，避免不兼容物流在系统前混合。

02

保护性预处理

按风险去除悬浮物、油、有机物、硬度、硅或氧化性物质。

03

ED 分离

通过膜堆、循环流量、电流密度与级段配置实现目标迁移。

04

产品与浓液管理

分别监测品质，并匹配回用、精制、蒸发或其他后续单元。

评价 ED 不宜只看瞬时脱盐率。还应比较单位处理量能耗、目标离子回收、浓缩倍数、产品水回收率、清洗后恢复以及连续运行稳定性。

DD：游离酸碱回收

工作逻辑

扩散渗析主要利用膜两侧浓度差和离子交换膜的选择透过性，使游离酸或碱中的相关离子优先迁移，同时尽量限制金属盐或其他杂质迁移。实际选择性取决于物料组成、膜材料、温度、流量与浓差等条件。

常见候选场景 金属表面处理废酸、电子材料相关酸液、湿法冶金酸性物流，以及组成适合的废碱回收任务。	不宜直接判断的场景 游离酸碱很低、杂质高度复杂、强氧化剂或溶剂超出材料边界，或回收液没有明确使用点。
--	--

选型需要核对

维度	需要确认的内容
目标组分	游离酸 / 碱浓度、总酸 / 总碱、目标回收率和回收液品质
杂质	金属离子、盐、有机物、颗粒、油、氧化性组分与悬浮固体
水力条件	原液和水侧流量、浓差变化、压力平衡、流道堵塞风险
材料边界	膜、垫片、框板、管路和泵阀对温度与化学介质的兼容性
后续去向	回收液返回点、残液处置、清洗液收集和不合格液切换

水量平衡很重要：DD 回收过程中会发生水和溶质迁移，回收液浓度与回收率需要结合具体运行方式评价，不能只以单一指标作性能结论。

BMED：盐向酸碱的转化

工作逻辑

双极膜在电场作用下促进水解离形成氢离子和氢氧根离子，并与盐体系中的阴、阳离子分别组合，形成酸、碱物流。系统通常还包含阴膜和阳膜，具体膜对配置取决于原料盐、产品要求和杂质风险。

原料 组成明确、浓度合适且杂质可控制的盐溶液或经预处理的含盐工艺液。	产品 可返回生产或进入后续精制的酸、碱，以及需要管理的淡盐液或残余物流。	验证重点 电流效率、产品浓度与纯度、能耗、离子泄漏、温升、污染结垢和稳定周期。
--	--	---

常见候选方向

- 有机酸盐转化为对应有机酸与碱；
- 无机盐转化为可利用的酸与碱，减少外购药剂或副盐；
- 与前端分盐、浓缩及后端精制组合，构建酸碱循环；
- 在锂电材料、化工、冶金、电子材料等场景中评估特定盐体系资源化。

需要谨慎的边界

多价离子、硬度、重金属、有机物、表面活性剂、悬浮物和强氧化性物质可能影响膜堆稳定性；产品浓度上升时，反向迁移、渗透和能耗也可能增加。原料盐是否适合直接转化必须通过具体数据和试验判断。

BMED 的价值应按“盐处置成本变化 + 酸碱替代价值 + 前后处理成本 + 产品利用稳定性”综合评估，不能只用酸碱产量或设备功率判断。

技术对比与预处理边界

比较维度	ED	DD	BMED
主要驱动力	直流电场	浓度差	直流电场 + 双极膜水解离
典型处理对象	可迁移离子的含盐水 / 工艺液	含游离酸或碱的废液	适合转化的盐溶液
主要目标	脱盐、浓缩、选择性迁移	回收游离酸或碱	由盐制备酸和碱
关键输出	淡液与浓液	回收液与残液	酸液、碱液及淡盐 / 残余物流
常见风险	极化、结垢、污染、串液	选择性、浓度衰减、水迁移	离子泄漏、能耗、污染、产品纯度

预处理按风险而不是按固定设备表配置

颗粒与胶体 评估悬浮物、浊度、粒径和沉降性；可采用过滤、固液分离或稳定化措施。	结垢组分 核对钙、镁、钡、锶、硅、碳酸根、硫酸根及浓缩后的饱和风险。
有机与油类 识别 COD / TOC 来源、表面活性剂、溶剂、油和生物污染潜势。	材料不兼容组分 关注强氧化剂、特定溶剂、温度、极端 pH 及可能影响膜与密封件的介质。

预处理的目的是保持电膜单元可预测运行，不是追求所有指标最低。过度加药也可能引入新的离子、有机物或污泥负荷，应把前后单元作为整体评估。

试验与数据记录

代表性水质资料

除处理量、pH、电导率和 COD 外，建议按技术路线补充主要阴阳离子、总酸 / 游离酸或总碱 / 游离碱、硬度、碱度、硅、金属、有机物、悬浮物、油、氧化还原特性和温度。复杂物料应提供多个批次及波动范围。

试验记录最小集

类别	建议记录
输入	样品来源、取样时间、储存条件、预处理方式、初始组成与体积
运行	流量、压力 / 压差、温度、pH、电导率、电压、电流及运行时长
输出	各物流体积、主要组分、产品纯度、回收 / 迁移结果与质量平衡
稳定性	性能随时间变化、清洗条件、恢复程度、异常和停机原因
放大信息	有效膜面积、流道、循环方式、级段关系、泵与仪表工作区间

小试回答 路线是否可行、目标组分能否分离、主要风险是什么、哪些参数值得进入连续验证。	中试回答 真实波动下的稳定周期、清洗恢复、能耗区间、控制逻辑和工程放大输入。
--	--

所有百分比指标都应注明计算基准。例如“回收率”可能按质量、摩尔量、体积或目标组分计算；“脱盐率”也需明确采样时点和进出物流边界。

结果评审

优先检查物料平衡是否闭合、检测方法是否一致、样品是否代表真实工况，再比较技术指标。异常点不能简单删除，应记录原因并确认是否反映工程风险。

选型决策清单

技术路线

- ✓ 处理对象和目标产品定义清楚
- ✓ 主要离子与风险杂质数据完整
- ✓ 候选技术与目标驱动力匹配
- ✓ 前后处理和残余物流有明确去向
- ✓ 材料兼容性与安全边界已核对

工程与商务

- ✓ 小试 / 中试指标与验收方法一致
- ✓ 设计处理量、波动和备用策略明确
- ✓ 设备、公用工程和控制接口清楚
- ✓ 能耗、药耗、耗材与处置成本可追溯
- ✓ 供货、安装、调试和售后边界书面化

推荐决策顺序

先排除不满足物料和材料边界的路线，再通过试验比较候选路线的产品品质、稳定性与全流程成本；最后根据现场条件和项目目标确定组合工艺。一个项目也可能同时使用 ED、DD 或 BMED 中的两类技术，但必须明确各自承担的任务。

联系易澈：合肥市高新区香樟大道 211 号香枫创意园 A 座 6 楼
400-022-8199 / 0551-63618199 · wyl@hfch.cn · 周一至周五 8:30-17:30

使用说明：本手册用于技术初筛和沟通，不构成具体项目的工艺承诺或选型结论。膜材料、设备配置、运行参数和性能指标应根据实际物料、试验结果、现场条件及双方技术协议确定。