

# 氯碱工艺效率： 平衡之法

如何选择合适的膜以最大限度  
提升氯碱工艺效率





## 摘要

氯碱工艺由来已久，可以追溯到 1892 年，现在由于经济和环境方面的考虑，该工艺更倾向于采用膜技术。

每种氯碱环境都有其独特的细微差别，包括盐水来源/质量、电力成本、可用资本和劳动力的经验水平，因此几乎不可能有放之四海而皆准的解决方案。然

而，有一点在各种设施中始终未变：对于更加一致的性能和节能的渴求。氯碱膜技术可实现出众的能源效率和卓越的电压性能。但是，如果没有适当的操作环境，就无法保证性能。这就是为什么与膜供应商和电解器供应商尽早合作、频繁合作是成功的关键。

本白皮书将把复杂的氯碱膜选择工艺和随后的系统优化提炼成重要的最佳实践和考量因素，以帮助制造商达到有效率的运营。

## 氯碱加工现状

我们首先来了解一下膜技术是如何成为行业标准的。

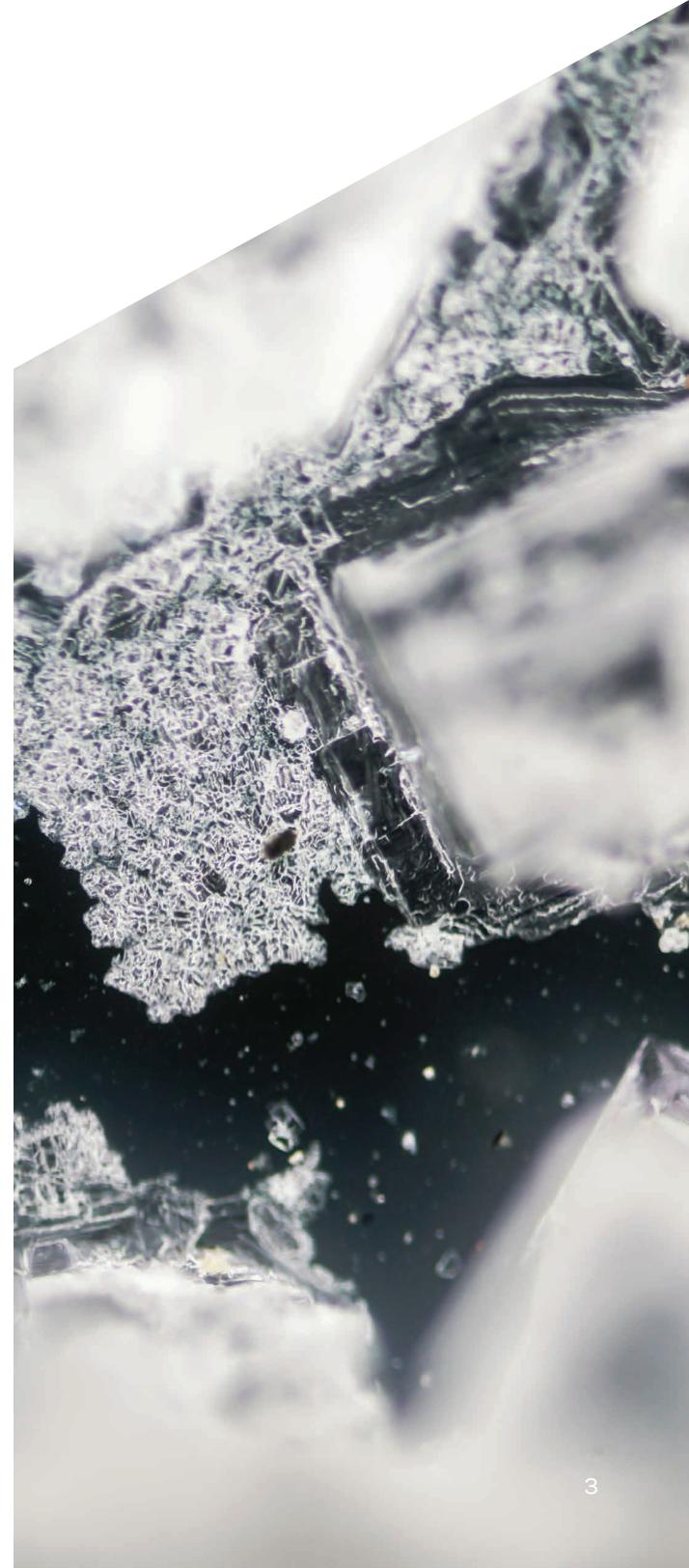
氯碱加工技术多年来的重大变革，大都是出于环保和安全方面的考量。50年前，氯碱制造商在氯碱加工方面只有两种选择：汞或隔膜电池。如今，几乎所

有新装配的氯碱装置都会采用膜技术。

这种转变是如何发生的呢？这些技术有何不同之处？我们在下一页将进行详细介绍。

## 这种转变是如何发生的呢？

## 这些技术有何不同之处？



## 加工选项 - 过去和现在

### 过去

#### 汞电池

- 由于对汞排放造成的环境和健康问题的担忧，汞电池在全球许多地方已经被淘汰。自 1970 年以来，世界上没有生产过新的汞电池。
- 采取环保措施增加了生产成本。
- 尽管产品质量是所有加工选项中最高的，但产品中存在着微量汞污染。

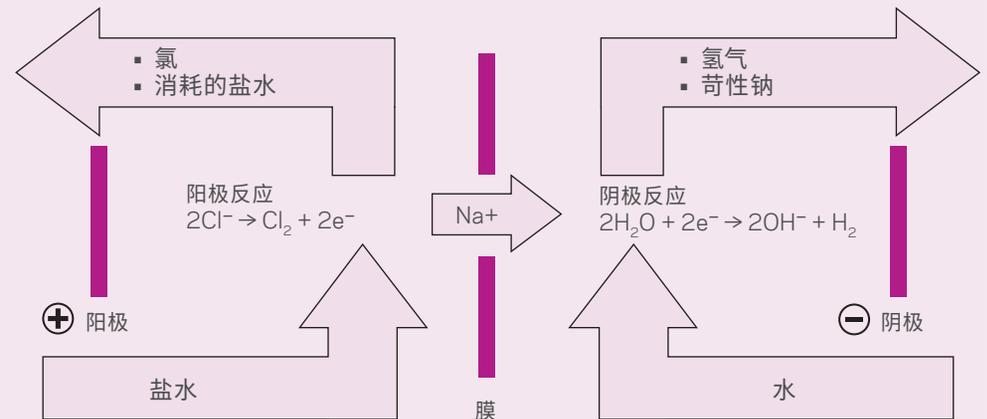
#### 隔膜电池

- 产生碱浓度较低的电解液，必须通过蒸发和沉淀将其与盐分离。
- 由于涉及蒸发和分离步骤，需要最高的能源消耗。
- 在所有加工方案中，产生的氯碱质量最差。
- 许多工艺使用石棉，会产生额外的处置成本和环境问题。
- 在所有加工选项中投资最高。

### 现在

#### 膜电池

- 30 年的成功应用历史。
- 在三种技术中，功耗最低。
- 对环境的影响最小。
- 碱纯度几乎等同于汞电池的等级，而且氯的氧含量比来自隔膜工艺的相应值低。
- 基层项目的理想工艺选择。



## 做好功课：膜选择重要考量因素

很可能大多数制造商要么已在其业务中使用了膜技术，要么正计划在未来采用该技术。现在该怎么办呢？

在选择适合其设施的膜时，制造商需要谨记诸多不同的考量因素。在与膜供应商开展讨论，以确定最能恰当平衡制造商需求的选项时，可将此清单视作一个良好的起点。

**制造商需要谨记诸多不同的考量因素……**



## 膜选择检查清单

### ✓ 电压性能:

由于电力约占氯碱运营成本的 60%，良好的电压性能不仅是一项优势，而且是必要条件。当涉及到电压性能时，要把它看作是一场马拉松，而不是短跑。制造商选择的膜必须能提供出众的电压性能，不仅是在初期，而且是在整个膜的使用寿命期间始终如此。

### ✓ 电流效率:

如果电流效率下降，产量也会相应下降。如果有能力，可以增加电流以维持生产；但是，这将导致电压上升，从而增加功耗。选好膜之后，最重要的考量因素是遵循操作说明，以使电流效率保持一致。

### 要考虑的因素

- **设备状况:** 为了获得最佳电压，您将需要最新的低电压膜和专门为膜技术优化的系统。一般来说，老旧的设备或状况不佳的设备会给低压膜带来更恶劣的环境。
- **操作条件:** 为了充分利用低压膜，您必须控制盐水质量、操作条件和操作员的技能/培训，因为这些方面都会影响膜的寿命。
- **寻求指导:** 一些专为提供卓越电压性能而设计的膜对于制造商的设备或操作范例来说可能不够耐用。制造商若要升级其膜的等级，则应该与膜供应商和电解器供应商密切合作，以确定适合其操作的选项。

### 要考虑的因素

- **操作条件:** 盐水质量、操作条件和操作员的技能/培训都会影响膜的使用寿命。
- **寻求指导:** 制造商应该与膜供应商和电解器供应商紧密合作，以确定适合其操作的选项。

## 膜选择检查清单 (续)

### ✓ 机械耐用性:

有些膜比其他膜更耐用; 然而, 差别是微妙的, 仍然必须谨慎地处理和操作所有膜。

### ✓ 抗杂质性:

盐水纯度是在恒定电压和电流效率下实现较长膜寿命的关键因素之一。一些膜对一些杂质的抵抗力较高, 如镍、镁和钴 (会提高电压), 以及钡和碘化物 (会降低电流效率并可能提高电压)。

### 要考虑的因素

- **安装过程:** 设施的温度和湿度水平以及处理程序对膜的使用寿命有影响, 所以制造商应尽可能地努力控制环境。
- **操作很关键:** 频繁的停机、停电、突然的减载和压力波动都会对膜的使用寿命产生机械性影响。
- **老旧的设备/技术:** 老旧的系统在机械方面可能不如新膜的要求宽松, 而更耐用的膜可能是更好的选择。遗憾的是, 膜越耐用, 其功耗就越大。
- **寻求指导:** 与膜供应商和电解器供应商紧密合作, 验证膜选择以及推荐的处理和操作程序。

### 要考虑的因素

- **盐水来源:** 一些盐水来源含有很难以经济方式去除的杂质, 如铝、碘化物和二氧化硅。
- **操作很关键:** 不管选择哪种膜, 盐水处理系统都必须得到妥善维护, 并确保正确操作。
- **寻求指导:** 较新的膜对某些杂质的抵抗力较强; 然而, 这种增强可能会对机械耐久性产生影响。与膜供应商和电解器供应商紧密合作, 验证膜选择以及推荐的处理和操作程序。



## 膜选择检查清单 (续)

### ✓ 技术和硬件:

较新的设备一般更适合使用高性能膜; 老旧的设备可能需要耐久性更高的膜。

### ✓ 操作条件:

温度、工业生产液流浓度、盐水纯度和压差都会影响膜的性能。

### 要考虑的因素

- **操作很关键:** 两个相同的设备设计可能会带来截然不同的性能, 这取决于具体操作方式。
- **寻求指导:** 膜供应商可以提供培训和操作说明, 这有助于维持膜的性能和使用寿命。

### 要考虑的因素

- **取得平衡:** 在较低的碱浓度下使用可以提供更好的电压性能, 但电流效率较低。在较高的碱浓度下使用可以提供更高的电流效率, 但电压性能较差。
- **寻求指导:** 每种膜都有可接受的浓度和温度范围, 以实现更优性能。膜供应商可以提供相关建议, 以优化制造商的设施。



## 膜选择之后,真正的考验才刚刚开始

制造商可以选择适合其设施的膜,但如果对膜的储存、处理、安装和操作有不当之处,则将损害膜的性能和使用寿命。膜在安装和操作过程中容易受到机械损伤,性能和使用寿命受操作条件的影响很大,包括盐水质量的影响。膜供应商提供广泛培训,但下面列出了能最大限度提升膜性能的一些最佳实践。

## 下面列出了能最大限度提升膜性能的一些最佳实践。

### 确保膜能发挥预期性能的提示

- 必须根据制造商的说明谨慎地处理膜。必须对可能切割或撕裂膜的行为和设备进行控制。

- 安装过程中不得使膜变干。如果膜收缩,则会在操作过程中起皱,并会受到磨损。
- 必须遵循启动规范(包括温度和浓度),以使膜在稳定状态下得到适当“调节”,以实现预期性能。
- 恰当控制盐水的杂质规格对于防止杂质在膜中堆积非常重要,这种情况可能会降低电流效率并提高电压。
- 保持操作条件,特别是浓度,对于延长膜的使用寿命非常重要。
- 保持较低的压力波动对于防止对膜的机械损伤(如磨损)至关重要。
- 监测关机和待机条件对防止膜的附属损害也非常重要,如阴极腐蚀导致镍被吸收到膜中。

### 经济考量因素

膜选择和正确操作的重要性可以通过经济学来证明,如下所示:

1. 假设每天运行 200 个电化学装置 (ECU) (200 公吨氯气加 225 公吨氢氧化钠), 电力成本为 0.10 美元/千瓦时, 公开市场价格为 400 美元/ECU。
2. 考虑 40 毫伏 (mV) 的电压上升 (或差异)。电费将增至 19,000 美元/月。
3. 考虑电流效率从 96% 下降到 95%:
  - 如果提高电流以弥补每天少运行 2 个 ECU 的损失, 增加的功率将导致成本增至 18,000 美元/月。
  - 另外, 如果不提高电流, 在公开市场上购买, 每天 2 个 ECU 的产能成本将达到 25,000 美元/月。

# 凭借 Nafion™ 膜重塑能源市场

凭借 50 多年的丰富经验，Nafion™ 膜和分散剂团队拥有深厚的专业知识，能引领能源行业走向更安全、更清洁的世界。Nafion™ 离子交换膜一直是氯碱电解的优选产品，具有出众的性能和耐用性。如今，Nafion™ 膜还为能源储存、燃料电池、水电解、超高纯度化学品生产和其他特殊应用提供领先的解决方案。

## 科慕 Nafion™ 膜具备以下优势：

### 卓越的化学稳定性和质子传导率

Nafion™ 膜的结构包括灵活的疏水主链，该主链具有出色的机械和化学稳定性，而其侧基则具有高质子传导率。

### 对各种电解质系统的适应性

Nafion™ 膜的特性（例如离子传导率和交叉率）以科慕强大的知识基础和行业经验为基石，可在单体、聚合物和膜处理技术的各个层面进行调整。

### 行业领先的现场经验打造可靠的卓越性能

Nafion™ 离子交换膜已成为多个行业的标杆材料。



是时候着眼未来了。赶紧加入我们吧！

欢迎访问 [Nafion.com](http://Nafion.com)，或致电我们的技术专家：

美国和加拿大.....	+1 844 773 2436 或 +1 302 773 1000
亚太地区 - 北部.....	+86 400 8056 528
亚太地区 - 南部.....	+91 124 479 7400
欧洲/中东/非洲.....	+41 22 719 1500
巴西.....	0800 110 728
墨西哥.....	1 800 737 5623 或 +55 55 5125 4907 (DF)

### Nafion™ 膜用于电解应用的更多优势

- 耐用
- 提供高性能
- 在腐蚀性和低电压环境中工作
- 不会随时间丧失其属性
- 非常适合使用间歇性可再生能源的应用

