

卫生和食品级反渗透和纳滤膜的污染和清洗

本公告的主要内容是美国海德能聚酰胺复合膜元件（RO / NF）的一般情况下的污染以及这些污染物该如何去除。本公告适用于食品加工用卫生级笼式聚酰胺/纳滤膜元件。

注意事项：

- 聚酰胺反渗透和纳滤膜的进水中不能含有游离氯。进水中游离氯会对膜造成不可修复的损坏。在管道或设备进行消毒时、化学清洗准备时、药剂储存时，都需特别注意确保清洗液没有游离氯进入到反渗透和纳滤系统的进水中。如有任何疑虑，需进行化学检测。采用亚硫酸氢钠还原余氯时，应确保混合均匀且有足够的接触时间来充分还原。还原 1.0ppm 的游离氯需投加 1.8-3.0ppm 亚硫酸氢钠。
唯一例外的是，HYDRACoRe 10/50/70在清洗过程中可使用最大100ppm含量的活性氯。
- 在清洗溶液中，严禁使用阳离子表面活性剂。因为这些药品与膜元件接触后，会导致膜元件不可逆转的污染。
- 膜元件不能接触含有油、油脂类或其它对膜会造成化学或物理破坏的物质。

如需详细资料，请与我公司技术服务部门联系。

清洗药品的选择与使用

有几种因素决定清洗药品的选择和正确的清洗方法。第一次清洗系统时，建议与设备制造商、膜厂商和药剂技术服务商协商确定。当确定可能的污染物时，先选择合适的清洗药剂。清洗药剂可以是市售的常规药剂，也可以是品牌专用清洗剂。常规药剂采用化学级即可，在当地的化学试剂店可以买到。品牌专用清洗剂会更贵，但比较容易使用操作。一些专业的清洗公司可通过测试从系统中取出的受污染膜元件，来确定化学清洗药剂和步骤。

在一次化学清洗中通常会采用几种药剂。一般来说，应先采用高 pH 清洗液清洗油类和微生物污染，然后采用低 pH 清洗液清洗无机垢类或金属氧化物污染。有时也先酸后碱，或者只采用一种药剂清洗。有时清洗液中加入洗涤剂以便去除微生物和有机污染物；有些加入螯合剂如 EDTA，以便更好地去除胶体、有机物、微生物和硫酸盐垢。如果选择清洗剂不当，或清洗顺序不当，会使污染恶化。

建议操作人员在清洗之前全面了解污染情况，然后选择合适的药剂和清洗方式。一些污染，如地下水源的铁污染，采用简单的低 pH 清洗即可。对于复杂的污染现象，美国海德能公司建议采用以下步骤：

技术服务公告

2020.4 TSB207.02

1. 采用膜系统产水冲洗系统
2. 高 pH 清洗 :按后面介绍的内容控制温度和 pH
3. 冲洗系统直到浓水 pH 低于 8.5
4. 低 pH 清洗
5. 采用产水冲洗
6. 消毒 (有必要时), 采用过氧化氢/过氧乙酸混合液, 温度低于 25℃
7. 最后冲洗
8. 清洗后立即测试产水通量, 来检查清洗效果

化学药剂选择和使用注意事项

- 如果采用品牌专用清洗剂, 请确认该清洗剂与美国海德能膜产品的兼容性。该清洗剂的使用条件应不超过本文推荐的清洗参数和限值。
- 如果采用常规通用性药剂, 应确认该药剂的适用性。
- 冲洗、清洗和消毒时必须用高品质水, 必须没有余氯。
- 清洗和漂洗过程中让温度变化不超过 11℃。
- 最小限度地采用强化学清洗。控制好 pH 值、温度和接触时间等清洗参数, 这样有利于膜的长期使用。
- 在推荐的温度下清洗, 优化清洗效果和膜元件寿命。
- 采用最少化学药品接触时间来优化膜元件寿命。
- 慎重调节 pH 值以延长膜使用寿命。温和 pH 值范围是 4-10, 强烈清洗范围是 2-12。
- 推荐盐酸做为酸洗溶液。不推荐硝酸, 其可能会对 NF 膜有氧化作用。
- 频繁采用氧化氢/过氧乙酸混合液对膜进行消毒, 可能会造成膜过早降解。
- 采用酶清洗 RO/NF 时, 可能会效果更好。
- 当有油或微生物污染时, 不要先采用低 pH 清洗, 以免油类和微生物污染凝结。
- 清洗和冲洗水流向应与正常运行时水流方向相同, 以避免膜损坏。
- 对于多段系统, 采用分段清洗是最有效的清洗方式, 流速可以优化且前段洗下来的污染物不用再经过后段。
- 采用高 pH 产水冲洗含有洗涤剂的清洗液时, 可减少泡沫问题。
- 必须遵守现场的清洗液排放规定。
- 当系统存在微生物污染时, 可在清洗后进行全面消毒。请确认杀菌剂与膜元件兼容, 不会带来健康风险, 能有效控制生物活性, 且价格不过高。
- 出于安全原因, 配药时需缓慢加药。
- 出于安全原因, 做化学药剂相关工作时需戴上眼镜、手套。
- 出于安全原因, 不能将酸与碱混合。当采用一种药剂清洗之后, 要冲洗干净系统后再采用下一种药剂清洗。

技术服务公告

2020.4 TSB207.02

化学清洗药液

溶液 1: 0.1%氢氧化钠和 0.3% (W) 的 Na-EDTA 混合的高 pH (pH 值为 11) 清洗液。它用于去除天然有机污染物、无机/有机胶体混合污染物和微生物 (菌素、藻类、霉菌、真菌) 污染。Na-EDTA 是一个具有螯合性的有机螯合清洗剂, 可有效去除二价和三价阳离子和金属离子。此溶液是非常强烈的清洗配方。请注意采用此清洗液时不能超过表 1 中所列的最高 pH 值与温度极限值。

溶液 2: 0.5% (W) 盐酸低 pH 清洗液 (pH 为 2.5), 主要用于去除无机物垢 (如碳酸钙垢、硫酸钙、硫酸钡、硫酸锶垢等), 金属氧化物/氢氧化物 (铁、锰、铜、镍、铝等), 及无机胶体。盐酸 (HCl) 是强酸, 市售为不同浓度的溶液。

溶液 3: 这是消毒溶液。过氧化氢溶液或过氧化氢/过氧乙酸共混液可用于消毒。请注意水中不能有过渡金属 (铁、锰等), 否则会造成膜元件的催化氧化。过氧化氢浓度不能超过 0.1%, 消毒时温度不能超过 25°C, 且应在酸性条件下。

重要提示: 建议从化学品供应商处得到化学药剂的性能参数、操作指南和安全注意事项, 并且在处理和保存所有化学品时严格按照说明书要求执行。

表1: 海德能卫生、食品级聚酰胺反渗透/纳滤膜的化学清洗pH和温度范围

膜型号	连续运行pH	最大清洗温度		
		>50°C	≤50°C	≤45°C
DAIRY NF	3-9	不允许	1.8-10.5	1.8-11.0
HYDRACoRe	2-11	不允许	1.5-11.0	1.0-12.0
DAIRY RO	2-10	不允许	1.8-11.0	1.5-11.5
DAIRY RO-HF	2-10	不允许	1.8-11.0	1.5-11.5
DAIRY RO-HT	2-10	不允许	1.8-11.0	1.5-11.5
DAIRY RO-HS	2-10	不允许	1.8-11.0	1.5-11.5
SanRO HS	2-10	不允许	1.8-11.0	1.0-12.0

注意: 上面列出的是不同pH值范围对应的最高温度。在极限条件下清洗效果会更好, 但可能会因为水解缩短膜的使用寿命。美国海德能公司建议在确定有效清洗的前提下, 采用相对温和清洗方式或控制好药液与膜元件的接触时间。进水和清洗液pH值应密切监测并控制。pH表计应定期校准以确保其读数精确。通常清洗时药液循环30—45分钟。浸泡是可以的, 但溶液pH值需更温和。更多内容请参见后面清洗方法和步骤相关内容。

技术服务公告

2020.4 TSB207.02

表2：单支压力容器的清洗及冲洗流量

(进口压力不得超过60psi (4bar))

压力容器尺寸	LPM	m ³ /h
4英寸	34-45	2.0-2.7
6英寸	68-91	4.1-5.5
8英寸	136-182	8.2-10.9

注：在膜元件压降过高的情况下，初始清洗流量应限制在最初正常清洗流量的1/3。这将有助于防止膜元件的伸缩变形和进水隔网偏移。当污染物去除后，可缓慢增加到正常清洗流量。

表3：单支膜元件清洗所需溶剂量

膜元件尺寸	清洗液体积*	
	(此容量不包括最初排放、管路、过滤器等体积)	
尺寸	(美制 加仑)	(升)
4英寸	2.5	9.5
6英寸	5	19
8英寸	9	34

(*) 是推荐的清洗水箱的最小值。在清洗过程中使用的实际体积可能需要更大，在重度污染的情况下可能需要的清洗液体积大于一个清洗水箱容积。

化学清洗和冲洗程序

RO/NF 膜元件保留在压力容器中，通过低压和相对高流量来循环清洗。RO 清洗程序取于现场情况。系统清洗需要 2-4 个小时。典型清洗温度为 45-50℃，化学消毒温度为不超过 25℃。建议分别记录清洗前和清洗后的标准化数据，以评估清洗效果。

常规清洗步骤如下：

注意：在清洗或冲洗过程中，产水阀门始终保持开启。如果产水阀门关闭，产水侧压力会与进水压力相同。这样产水压力可能会高于浓水压力，即产水压力高于末端膜元件的进水压力，可能会造成膜片分层影响性能。

1. 在 4bar (60psi) 或更低压力下进行低压冲洗，即从清洗水箱中(或合适的水源)向压力容器中注入冲洗水，把膜元件中原有的进水/浓水冲掉排放。冲洗水应是 RO 产水或脱

技术服务公告

2020.4 TSB207.02

盐水，不含硬度、过渡金属和游离氯。

2. 在清洗水箱中配制选定的清洗溶液。配制用水必须是不含硬度、过渡金属和活性氯的 RO 产水或脱盐水。将清洗液的温度和 pH 应调到目标值。检查并记录清洗液的 pH、温度、电导率、浊度和铁浓度。
3. 开始按设定时间循环。循环初始阶段，先排放系统内滞留的水以免稀释清洗溶液，然后再排掉约 20% 的带下来污染物的清洗液，然后再将清洗液回流至清洗水箱中。在开始循环 5 分钟内，缓慢地将流量调节到最大清洗流量的 1/3，以避免进水通道被大量洗下来的污染物污堵；之后增加流量至最大设计流量的 2/3 循环 5 分钟，最后再增加流速至最大设计清洗流量值。如有必要，当 pH 的变化大于 0.5，就要重新添加药品调节至目标 pH 值。清洗液温度在整个循环过程中都需要控制在最高允许范围内。每个循环步骤后，都需检测清洗液的电导率、浊度、铁含量等。如果这些数值明显高于初始值，清洗液应该排掉并更换成新的，以便提高清洗效果。

注意：不要超过表 1 中具体膜型号的最高 pH 值和温度极限值。

4. 清洗时通常交替采用循环清洗和浸泡程序。浸泡时间可根据制造商或化学品供应商的建议选择 0.5-8 小时。典型的清洗周期包括循环 30 分钟，浸泡 30 分钟。在整个清洗过程中要保持合适的温度和 pH 值，因为浸泡增加了膜元件与化学药品的接触时间。

注意：不要超过表 1 中具体膜型号的最高 pH 值和温度极限值。

5. 采用一种药剂清洗结束后，要用清洁水（不含硬度、过渡金属和游离氯的 RO 产水或脱盐水）进行低压冲洗，冲洗掉 RO 系统和清洗系统中的残留化学药剂。排放并冲洗清洗水箱，然后再用清洁水完全注满清洗水箱。将清洗水箱中全部注入压力容器冲洗并排放掉，有必要时再重复冲洗一次。
6. 采用清洁水彻底冲洗后，就可用经过预处理的进水进行最后的低压冲洗，产水排放。进水压力应低于 4bar，最终冲洗持续进行直至冲洗水干净，且不含任何泡沫和清洗剂残余物。通常这需要 15-60 分钟。操作人员可用干净的烧杯取冲洗排放水样并摇动，通过没有泡沫来判断清洗液已冲干净。可采用电导率测试冲洗排放液，当排放水的电导率与进水电导相差 10-20% 以内，可认为已冲洗干净；pH 表也可用来比较冲洗水与进水的 pH 值。

7. 当各段都清洗后，且药剂都冲干净后，系统可以重新开始运行。