



服务 源于专业

反渗透技术服务及相关药剂耗材 技术手册

P 产品及服务
Products &
Service

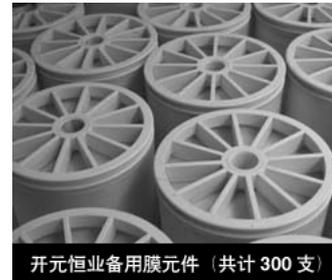
郑州开元恒业水处理设备有限公司

ZHENGZHOU BEGIN FOR. WATER TREATMENT CO.,LTD.

BEGIN

反渗透膜元件离线清洗

1. 由开元恒业提供性能优良的**备用膜元件**替换系统中的反渗透膜（单套系统停运时间约 2 个小时左右），将拆卸下来的反渗透膜元件送回郑州开元公司所在地进行处理（以保证没有备用膜元件的情况下系统不间断运行，不至于影响整个生产的正常进行）；
2. **反渗透膜元件性能测试（在开元恒业进行）：**
 - ① 对每一支膜元件单独测试其各项性能指标，包括：脱盐率、产水量、压差、重量等，并作好测试前记录
 - ② 脱盐率、产水量和压差测试条件：2000ppm NaCl, 225psi (1.6Bar), 25°C, pH=7.5, 15%回收率。（**测试设备由开元恒业设计制造**）
3. 系统清洗前了解系统目前运行状况；
4. 采集运行反渗透系统的各参数指标，作好原始记录；
5. 根据用户原水全分析报告、性能测试结果及所了解的系统信息判断清洗流程；
6. 准备 KY-410、KY-420、KY-430 反渗透膜专用清洗剂；
7. 准备非氧化杀菌剂 KY-221 及清洗活性剂；
8. 在反渗透专用清洗设备上用以上清洗剂结合物理处理清洗手段进行试验性清洗，以选择恰当的清洗配方和清洗程序；
9. 确定清洗方法，对以上所有膜元件进行处理；
10. 对清洗后的膜元件进入测试平台进行测试并作记录，不符合要求的将重新送入清洗设备进行处理；
11. 整理清洗数据资料，写出清洗总结报告，提交用户。



开元恒业备用膜元件（共计 300 支）

清洗期间使用备用膜元件的优点

- 1、可以收集备用膜元件在其装置上使用期间系统运行参数（包括系统各段压力、各部分流量和电导率以及进水 SDI、FTU 等）的变化数据；
- 2、分析以上数据，根据分析结果调整系统（包括多介质过滤器、保安过滤器等）运行方式，判断药剂类型及加药量的合适与否，使得系统能够在最佳的条件下稳定运行，必要时可适当延长备用膜在系统上的使用时间。

提示：什么是离线清洗？离线清洗的优点、条件以及经济分析参见第 27 页《技术服务相关论文》



论文：反渗透膜元件的重度污染及离线清洗

[摘要] 随着反渗透脱盐工艺的广泛应用，反渗透膜的污染因其与处理工艺、预处理效果以及各地水源水质的不同，会产生各种各样的污染。反渗透膜污染到一定程度，就必须进行清洗。而反渗透膜在遭受重度污染的情况下，在线清洗已经不能够满足膜元件性能恢复的需要，离线清洗就成为解决这一问题的唯一办法。本文主要介绍了反渗透膜重度污染的原因、特征以及离线清洗操作方法、清洗配方的选择和清洗实例，以供同行参阅。

[关键词] 反渗透；重度污染；离线清洗

The serious contamination and cleaning off-line of RO membrane

SONG Jing-feng

(Begin chemical, zhengzhou 450012, China)

Abstract: With the application of RO unit, contamination appears in different forms due to different preconditions and different water sources. The problems of the cleaning of membrane is following with the contamination. But the cleaning on-line become not enough when the contamination is serious, the only choice is the cleaning off-line. This paper introduces the reasons and characteristics of serious contaminated RO membrane, the selection of prescription of the cleaning membrane, emphasizes on operation and concrete examples in order to consult with professionals.

Key words: reverse osmosis(RO); serious contamination; cleaning off-line

反渗透系统因其先进的技术及经济特性，已形成国内各行业庞大的用户群，据不完全统计，目前国内反渗透水处理用户已超过数千家。

反渗透膜元件作为深层的过滤手段，其表面不可避免的会残留有胶体、微生物、杂质颗粒及难溶盐类在其表面的析出，因此，在多种领域使用的反渗透装置，一旦投入使用，最终都需要清洗，只是清洗周期的长短不同而已。然而，在线清洗作为一种反渗透系统清洗保养、冲击性杀菌以及定期保护的手段，在面临反渗透膜元件重度污染时就显得无能为力，这个时候就需要对反渗透膜元件进行离线清洗。

1 反渗透膜元件重度污染的原因、特征

虽然反渗透系统的设计中都会有一定程度的富裕量，以保证在紧急时刻不至于因为反渗透系统的产水量或脱盐率下降、反渗透系统压差升高而使得供水不足而对安全生产造成威胁，但实

际上也正是由于这些富裕量的存在才使得有时候隐藏的故障不能够及时的表现出来，这样最终可能就演变为反渗透膜元件的重度污染。

1.1 反渗透膜元件重度污染的概念

指反渗透系统进水中所含的悬浮物、胶体、有机物、微生物及其它颗粒对 RO 膜产生的表面附着、沉积污染或者水中的化学离子成分在膜表面因浓差极化等因素导致的离子积大于溶度积后的化学垢类生成等现象。重度污染则指污染后的单段压差大于系统投运初期单段压差值的 2 倍以上、反渗透系统产水量下降 30% 以上或者单支反渗透膜元件重量超过正常数值 3 公斤以上的情况。

重度污染往往是重度物理污染和重度化学污染的叠加，某些情况下，二者同时伴生。

1.2 反渗透膜元件重度污染的原因及特征

由于各地水源水质不同，所采用的与处理方式也不尽相同，所以 RO 膜元件的原因也不尽相同，常见的污染原因及特征有以下几种：

1.2.1 水处理工艺系统设计及制造缺陷

(1) 对于反渗透预处理过滤器来讲，源水未井水的情况下，设备滤速大于 8.5 米/小时，而地表水设计中设备滤速大于 8 米/小时，导致反渗透进水 SDI 超标；(2) 源水中含有胶体、悬浮物等杂质，而在设计中没有去除措施；(3) 源水中 COD>3 而没有去除措施；(4) 反渗透膜元件设计通量超标的反渗透装置二段结垢及压差升高快，产水量衰减及脱盐率下降快。

以上 (1)、(2)、(3) 设计缺陷可能导致反渗透系统一段压差增加；(3) 还有可能导致二段压差增加，一上所有设计缺陷都有可能导致系统产水量降低。

1.2.2 反渗透添加剂及其它耗材选用不当

(1) 反渗透阻垢剂类型或加药量选用不当，如：反渗透阻垢剂类型与源水不相兼容，譬如源水中含有铝离子、铁离子或者预处理加药中使用了铁、铝等絮凝剂，尽量选择有机磷系的反渗透阻垢剂，尽量避免采用聚羧酸型；反渗透阻垢剂的加药量一般在 2—4ppm 之间（按进水量计算），最多不能超过 6ppm 等，阻垢剂类型与加药量的选择不当会导致系统产水量迅速下降，系统压差明显增加；(2) 反渗透保安过滤器滤芯在选择过程中要确保质量可靠，号称 5 微米而实际精度达不到的滤芯对反渗透膜元件的安全运行时非常不利的；(3) 反渗透预处理系统中的絮凝剂及助凝剂的选择不当会造成膜元件的严重污染，而杀菌剂的选择不当则使得反渗透系统脱盐率的严重损伤；

1.2.3 水处理运行条件的突变导致的系统异常

一般情况下是由于气候变化导致源水中悬浮物含量增加，或者源水类型的转变（如：由地下水更改为自来水导致反渗透进水中余氯含量的增加）时的反渗透装置运行状况恶化，形成重度污染。



1. 2. 4 系统运行操作管理问题

(1) 不按操作规程操作；(2) 设备状态参数调整不及时；(3) 运行参数的调整不当；(4) 添加药剂的计量未作优化；(5) 系统达到清洗条件时不及时清洗系统；(6) 系统表计不按时调校；(7) 缺乏运行管理总结。

1. 2. 5 水处理系统供水紧张

除了以上情况，在相当多的企业，由于水处理系统供水紧张，使得反渗透装置即使出现了运行参数的恶化，系统遭受污染，但因供水紧张的原因而不能进行及时的清洗，结果导致系统污染逐步严重，形成重度污染。

2 重度污染 RO 膜的离线清洗要求

当下列情况发生时，需要对重度污染 RO 膜元件进行离线清洗：(1) 反渗透膜元件污染符合“重度污染”标准；(2) 反渗透系统通过在线清洗不能够达到系统额定标准的；(3) 水处理系统由于供水紧张而不能进行在线清洗或没有在线清洗设备的；(4) 反渗透污染类型较为复杂，通过在线清洗容易引起交叉污染的；(反渗透系统前段污染物可能会通过在线清洗被带入系统后段，而使后段膜元件遭受污染的称为交叉污染)

3 反渗透膜元件的离线清洗方式及步骤

3. 1 首先用性能优良的备用膜元件替换反渗透系统上的待清洗膜元件，以保证反渗透系统不停止运行，保证整个生产工艺的持续稳定。

3. 2 反渗透膜元件性能测试：

① 对每一支膜元件单独测试其各项性能指标，包括：脱盐率、产水量、压差、重量等，并作好测试前记录；

② 脱盐率、产水量和压差测试条件：符合不同类型膜厂商提供的标准。

3. 3 系统清洗前了解系统目前运行状况；

3. 4 采集运行反渗透系统的各参数指标，作好原始记录；

3. 5 根据用户原水全分析报告、性能测试结果及所了解的系统信息判断清洗流程；

3. 6 污染物的鉴定。首先根据 3. 5 的分析结果初步判定，再通过特殊的设备、器具作进一步的验证，以确定具体污染物类型。

3. 7 根据 3. 5、3. 6 的分析结果，确定所需清洗配方。当 RO 膜上的污染物确定后，我们可以选择膜制造商提供的系列配方，选择较为合适的一种或两种配方；或者选择特殊配方（当 RO 膜被特殊的污染物污染时，采用普通的配方效果欠佳，或者从经济性角度比较时，特殊配方较为经济）。目前，国内外有许多反渗透膜元件清洗的专用药剂，如开元恒业的 KY 系列清洗药剂和杀菌剂，根据笔者的经验，使用效果良好，且同传统药剂比较，经济性也不错。

3. 8 在反渗透专用清洗设备上用以上清洗剂结合物理处理清洗手段进行试验性清洗，以选择

恰当的清洗配方和清洗程序；

3. 9 确定清洗方法，对以上所有膜元件进行处理；

3. 10 对清洗后的膜元件进入测试平台进行测试并作记录，不符合要求的将重新送入清洗设备进行处理；

3. 11 整理清洗数据资料，写出清洗总结报告。

4 离线清洗实例

河南某电厂水处理两套反渗透装置（BW30-400 膜元件）最初设计能力为 2×45 吨/小时，采用一级两段处理，6: 3 排列，该系统从 2004 年 2 月投运，最初的系统进口压力为 11.6kgf/cm²，系统产水量为 45 吨/小时。后因结垢问题，进行了第一次在线清洗，由于清洗强度激清洗剂选择失当，脱盐率下降了 1 个百分点；后产水量再次下降后，再次进行在线清洗已没有效果。

4. 1 清洗前的运行参数

清洗前运行参数见表 1

表 1 清洗前的运行参数

项目	进水压力 /MPa	产水量 /m ³ /h	脱盐率/%	浓水量/ m ³ /h
#1 反渗透	1.48	33	97.1	15
#2 反渗透	1.45	26	97.2	15

注：2004 年 8 月份监测

表 2 清洗后的运行参数

项目	进水压力 /MPa	产水量 /m ³ /h	脱盐率/%	浓水量/ m ³ /h
#1 反渗透	1.16	45	97.6	15
#2 反渗透	1.07	45	97.2	15

4. 2 以上两套系统离线清洗过程

鉴于在线清洗对于恢复系统产水量已经没有效果，且当时锅炉系统正在进行吹管，供水量很大。考虑以上因素，最终选择了离线清洗方式，由备用膜元件替代现有系统中的膜元件，不仅解决了燃眉之急，同时也给被污染反渗透膜的清洗争取了时间。

根据对系统工艺流程的分析和膜元件污染情况的观察，初步确定了可能是由保安过滤器滤芯纤维丝的脱落进入了膜元件内部、循环水或反渗透进口所加盐酸中的带电粒子对反渗透膜的产水量造成了损失，同时系统进口其它有机胶体杂质、颗粒杂质等对膜元件的污染同样不可小视。

最终在试验了传统药剂后没有效果的情况下，采用了由郑州开元恒业研制的 KY-430 产品并结合物理的方法对所有膜元件进行了反复清洗、测试后，发现效果良好，基本所有膜元件的测试参数都接近了新膜的水平。同样膜元件再安装到系统上之后的效果同样令人满意，清洗后的运行参数见表 2。

5 清洗效果评定

5.1 系统评定（聚合硅沉积物除外）

$$Q \geq 0.98 \times Q_0$$

$$T \geq T_0$$

$$P \geq P_0 + 0.5 \times a$$

式中 Q 为清洗后系统的产水量， Q_0 为系统刚投运时的系统产水量； T 为清洗后系统的脱盐率， T_0 为系统清洗前的系统脱盐率； P 为清洗后系统的进水压力（单位是 BAR）， P_0 为系统刚投运时的系统进口压力； a 表示运行年数。

5.2 单支膜元件评定

$$Q \geq 0.99 \times Q_s$$

$$T \geq T_{s0}$$

$$\Delta P \geq 15 \text{ PSI}$$

式中 Q 为清洗后单支膜元件测试的产水量， Q_s 为新膜标准产水量； T 为清洗后单支膜元件测试的脱盐率， T_{s0} 为清洗前单支膜元件的脱盐率； P 为清洗后单支膜元件的压差。

6 结束语

在反渗透的污染控制中，最根本的措施在于以反渗透为核心的水处理系统的设计及制造安装过程、反渗透系统各种耗材的选择、运行管理水平等方面的控制。这些方面的良好把握对反渗透系统的安全健康运行起着至关重要的作用。

当然，当反渗透系统发生严重污染时，首先采取的措施一定是要分析污染的原因、查找解决污染的方法，并通过恰当的途径在最短的时间内对反渗透系统进行清洗，因为随着时间的延长，意味着清洗难度的下降。

同时建议在清洗工作开始前，要咨询资深水处理专家或专业技术公司，力争清洗方案的完备性。



论文：重度污染反渗透清洗前后的经济性分析

[摘要] 反渗透系统遭受污染的情况下，反渗透整体效率下降；特别是遭受重度污染时，反渗透技术作为一种除盐的方式，其运行及使用的经济性将受到严重的制约。本文主要介绍了反渗透膜重度污染对反渗透膜元件寿命的危害、系统运行成本的增加、原材料及资料的浪费等等，并在离线清洗前后对系统进行经济性分析。

[关键词] 反渗透的重度污染；经济性分析

反渗透系统的污染通常是指系统进水中所含的悬浮物、胶体、有机物、微生物及其它颗粒对RO膜产生的表面附着、沉积污染或者水中的化学离子成分在膜表面因浓差极化等因素导致的离子积大于溶度积后的化学垢类生成等现象。

1 反渗透系统污染程度的界定

反渗透系统污染程度的界定通常通过其运行参数的变化程度进行判断，通常情况下满足以下任何一个条件的即可被认为是轻度污染：

- (1) 在正常的给水压力下，标准化后的产水量较正常值下降 10—15%；
- (2) 为维持正常的产水量，经温度校正后的给水压力增加 10—15%；
- (3) 产水水质降低 10—15%（进水电导不变时，产水电导增加 10—15%）；
- (4) 系统各段之间压力降明显增加。

随着反渗透膜元件污染程度的加深，系统运行参数继续恶化，已经严重影响到水处理系统的安全生产，这种情况下的反渗透膜元件污染一般称为重度污染，其满足以下任何一个条件：

- (1) 在正常的给水压力下，标准化后的产水量较正常值下降超过 30%；
- (2) 为维持正常的产水量，经温度校正后的给水压力增加超过 3kgf/cm²；
- (3) 系统单段压差降较系统初期投运时增加 2kgf/cm² 以上；
- (4) 被污染的膜元件重量超过正常数值 3kg 以上；

重度污染往往是重度物理污染和重度化学污染的叠加，某些情况下，二者同时伴生。

2 反渗透重度污染的危害

反渗透系统遭受到轻度污染后，系统运行所受到的影响还不十分明显，对生产的危害也不是很大，此时应采取在线清洗（特殊污染应立即采取离线清洗措施才能解决）对污染物进行清除。如若

不然，随着反渗透系统发展到重度污染的情况，会带来以下的危害：

2.1 反渗透膜元件寿命缩短

重度污染发生时，有以下几个因素会导致反渗透膜元件寿命的严重缩短，系统换膜成本增加：

- (1) 反渗透膜元件遭受污染严重，污染物复杂，膜元件重量增加过大，虽然可以通过离线清洗解决，但因成本过高，清洗价值不大，使得膜元件提前报废；
- (2) 系统压差过大或进口压力过高，使得单支膜元件所承受压力降过高，其外部玻璃钢（FRP）保护层破裂，内部膜片因失去保护被撕裂、脱盐层破裂；（俗称“爆膜”）
- (3) 反渗透在遭受重度污染后，因清洗措施不当，造成膜元件脱盐率下降，使用寿命缩短；
- (4) 反渗透系统进水中所含颗粒物质、氧化性物质等使得反渗透系统一段膜元件被机械划伤或氧化降解；

2.2 反渗透系统回收率下降，水耗增加

为了保证反渗透装置二段后几支膜元件浓水侧有足够的浓水流量以产生紊流、携带其表面的杂质离开系统，所有的反渗透厂商对膜元件浓水侧的流量都有一个最低流量限制。

因此对于设计合理的反渗透装置，其浓水量也应是一个比较合理的数值，无论发生什么情况，浓水流量都应保持不变。在此种情况下，产水量的降低及即意味着系统回收率的下降，对于重度污染的系统来讲，30%产水量的下降，意味着回收率将低于66%，水耗增加将超过14%。

2.3 水处理药剂的严重浪费

在反渗透系统回收率降低的情况下，预处理系统中加药量（絮凝剂、助凝剂、反渗透阻垢剂等）也只能严格按照反渗透进水量的大小进行调整，而和回收率的变化毫无关系。这样，在发生重度污染时，大于14%的水资源浪费同时也意味着大于14%的水处理药剂费用的增加。

2.4 制水电耗明显增加

反渗透是利用浓水侧与产水侧的压力差克服渗透压、管道及膜元件阻力获得产品水的。随着系统污染程度的增加，制造同样的产水产品量需要越来越高的进水压力，也就需要反渗透之前的高压泵提供越来越多的动力。对于重度污染的膜元件，进水压力增加3kgf/cm²，就意味着较正常情况下需要增加超过26%的电能。

2.5 反渗透装置寿命的大幅度降低

反渗透重度污染发生后，过高的进水压力使得高压泵、反渗透压力容器及相关阀门所承受的压力都接近极限，这样势必会降低以上部件的使用寿命。同时，重度污染发生时，频繁的在线清洗也成为日常工作之一，强酸、强碱、高温的清洗环境会降低不锈钢管道、橡胶密封的强度，最终导致管道、密封泄漏，使用寿命大幅度降低。

3 反渗透膜元件离线清洗的标准

作为反渗透膜元件清洗的一种新手段，离线清洗在克服重度污染方面越来越发挥着其独特的优势，经过离线清洗后的反渗透系统应能达到以下标准：

$$Q \geq 0.98 \times Q_0$$

$$T \geq T_0$$

$$P \geq P_0 + 0.5 \times a$$

式中Q为清洗后系统的产水量， Q_0 为系统刚投运时的系统产水量；T为清洗后系统的脱盐率， T_0 为系统清洗前的系统脱盐率；P为清洗后系统的进水压力（单位是BAR）， P_0 为系统刚投运时的系统进口压力；a表示运行年数。

4 案例分析

某集团公司热电厂 2×60 吨/小时反渗透系统，由于原水水质的突变，使得反渗透系统进水严重恶化，膜元件遭受到严重污染，系统运行参数急剧恶化，反渗透装置运行的经济性的不到体现，运行成本严重增加。经离线清洗及对预处理进行调整并调试后，运行状况得到很大改观，系统运行经济性和设备寿命也得到相当大的提高。清洗前后的运行参数分别见表 1、表 2：

表 1 清洗前的运行参数

项目	进水压力 /MPa	产水量/ m ³ /h	脱盐率 /%	浓水量 / m ³ /h	回收率 /%
#1RO	1.80	36	92.1	20	64
#2RO	1.81	32	91.6	20	61.5

注：2004 年 5 月份监测

表 2 清洗后的运行参数

项目	进水压力 /MPa	产水量 /m ³ /h	脱盐率 /%	浓水量 / m ³ /h	回收率 /%
#1RO	1.18	60	97.2	20	75
#2RO	1.21	60	96.8	20	75

从以上数据看出，清洗后该二套反渗透装置的运行参数基本恢复到其额定水平，产品水水质也

得到很到改观，反渗透系统清洗前后每百吨反渗透产品水所消耗成本平均计算如下：

表 3 反渗透清洗前后经济性分析

项目	电耗/kwh	水耗/吨	絮凝剂/kg	RO 阻垢剂/kg
清洗前	140	158	1. 28	0. 474
清洗后	55	133	1. 06	0. 4
清洗后节省	85	25	0. 22	0. 074

按照此两套反渗透装置每年供水 720,000 吨产品水，当地电价 0.6 元/kwh，水价 1.5 元/吨，絮凝剂价格 8 元/kg，RO 阻垢剂价位 52 元/kg 计算，重度污染的反渗透膜元件经过离线清洗后**直接节约运行成本约**：

百吨水节约运行成本： $85 \times 0.6 + 25 \times 1.5 + 0.22 \times 8 + 0.074 \times 52 = 94.1$ 元

合计： $720000 \div 100 \times 94.1 = \underline{677,520}$ 元

5 结束语

以上案例分析中的经济性分析若将有可能节省的设备维护费用和膜元件更换费用计算在内，通过离线清洗并结合现有提供的“保运服务”等，经济效益将更加可观。

随着反渗透技术的日益普及应用，相关的技术服务的形式和内容也越来越丰富，设备的应用过程中不可避免地会有各种问题出现，但只要在多样的服务中选择合适的方式，就能够大幅度降低运行和维护成本。

KY Number 150

CONTAINS MIXTURE OF ORGANIC ACIDS

化学品安全技术说明书

KY-150 是一种高效阻垢分散剂，特别适用于金属氧化物、硅及致垢盐类含量高的水质，其阻垢性能高且不与残留絮凝剂或富铝富铁的硅化合物发生凝聚形成不溶聚合物。在系统中使用该产品可以降低反渗透（RO）、纳滤（NF）系统的设备投资和运行费用，以替代离子交换与处理系统。

产品特点：

- KY-150 以含磷小分子有机物为主要成分。能有效控制 CaCO_3 、 CaSO_4 、 BaSO_4 、 SrSO_4 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 SiO_2 的结垢。
- 适用于美国陶氏化学公司（Dow Filmtec）产 BW 系列、TW 系列及 XLE 系列超低压 RO 膜；美国海德能公司（Hydrantsutics）ESPA 系列、CPA 系列及最新 LFC 膜、美国科氏公司（KOCH 原 Fluid Systems）各式反渗透膜。
- 在很大的浓度范围内有效控制无机物结垢，在不加酸的条件下 LSI 最大允许值达 2.8。
- 不与铁铝氧化物及硅化合物凝聚形成不溶物。
- 能有效地控制硅的聚合和沉积。
- 符合国家饮用水使用标准，可使用于饮用水制造系统。
- 便于稀释、加药方便，采用抑菌配方，有效抑制药箱、管路及 RO 系统菌类的生长。
- 对控制铁、铝及重金属污染物特别有效，与原水采取混凝处理中所加聚铁、聚铝等无敏感性。
- 给水 PH 在 5—10 范围内均有效。
- 浓水侧最大允许值 $\text{Fe}=4\text{ppm}$
- 极佳的溶解性，在水中性质稳定，不易分解。

适用水质：

污染较重而投加絮凝剂的地表水系和 $\text{TDS}<2000$ 的地下水系。

理化性质：

外观：澄清无色透明液体

PH 值（1%水溶液）：2.0—3.0

比重：1.35—1.50g/cm³

主要成分：含磷小分子有机物

KY Number 150

CONTAINS MIXTURE OF ORGANIC ACIDS

KY-150 的性能评定（与六偏磷酸钠对比）

项目	KY-150	六偏磷酸钠+酸
LSI	2.8	<0.5
总 Fe	15 mg/L	无作用
Al	15 mg/L	无作用
SiO ₂ 及水合物	180 mg/L	无作用
CaSO ₄	4 倍 K _{SP}	2 倍 K _{SP}
BaSO ₄	40 倍 K _{SP}	50 倍 K _{SP}
SrSO ₄	800 倍 K _{SP}	8 倍 K _{SP}
对 PH 值要求	5—10	需大量加酸 PH<6.5
加药剂量	几个 mg/L	几到几十个 mg/L
对微生物影响	可有效抑制细菌生长	无作用
COD. TOC	不起作用	无作用
阳离子絮凝剂	容忍	无作用
适用水质	污染较重而投加絮凝剂的地表水系和 TDS<2000 的地下水水系	较为干净的地表淡水或低含盐量的地下水（TDS<500）

加药剂量及方式：

KY-150 的加药剂量根据系统进水水质全分析报告、系统预处理情况及反渗透装置本身的运行参数计算确定。由专业的技术服务工程师按现场装置的设计制定加药方案。

产品保质期：

KY-150 物化性质稳定，可长期保存，保质期为三年。

包装及贮存：

KY-150 由净重 25Kg 兰塑料桶包装，贮存于阴凉干燥处。

KY Number 160

CONTAINS MIXTURE OF ORGANIC ACIDS

化学品安全技术说明书

KY-160 是一种高效阻垢分散剂，特别适用于给水中Ba、Sr、F含量高，BaSO₄、SrSO₄、CaF₂结垢倾向严重的RO系统、NF系统，其阻垢性能高且不与残留絮凝剂或富铝富铁的硅化合物发生凝聚形成不溶聚合物，在高含盐量条件下仍可正常运行的理想药剂。

产品特点：

- 本品以含磷大分子长链多官能团有机物为主要成分，能有效控制 CaCO₃、CaSO₄、BaSO₄、SrSO₄ 及 CaF₂ 的结垢。
- 适用于美国陶氏化学公司 (Dow Filmtec) 产 BW 系列、TW 系列及 XLE 系列超低压 RO 膜；美国海德能公司 (Hydrantsutics) ESPA 系列、CPA 系列及最新 LFC 膜、美国科氏公司 (KOCH 原 Fluid Systems) 各式反渗透膜。
- 适用于所有的反渗透 (RO) 膜、纳滤 (NF) 膜。
- 有效控制 CaCO₃ 结垢，不加酸的情况下 LSI 最大允许值达 2.6。
- 符合国家饮用水使用标准，可适用于饮用水制造系统。
- 便于稀释、加药方便，采用抑菌配方，有效抑制药箱、管路及 RO 系统菌类的生长。
- 给水 PH 在 5—10 范围内均有效。
- 环保配方，不会造成环境污染和设备的腐蚀。
- 能有效地控制硅的聚合和沉积。

适用水质：

高含盐量的地下苦咸水，为节水而减少浓水排放的高回收率、高浓缩倍率的干旱缺水地区。

理化性质：

- 外 观：淡黄色液体
- PH 值：<2.0
- 比 重：1.15±0.05 g/cm³

KY Number 160

CONTAINS MIXTURE OF ORGANIC ACIDS

KY-160 的性能评定（与六偏磷酸钠对比）

项目	KY-160	六偏磷酸钠+酸
LSI	2.6	<0.5
总 Fe	4 mg/L	无作用
Al	4 mg/L	无作用
SiO ₂ 及水合物	240 mg/L	无作用
CaSO ₄	10 倍 K _{SP}	2 倍 K _{SP}
BaSO ₄	120 倍 K _{SP}	50 倍 K _{SP}
SrSO ₄	1200 倍 K _{SP}	8 倍 K _{SP}
对 PH 值要求	5—10	需大量加酸 PH<6.5
加药剂量	几个 mg/L	几到几十个 mg/L
对微生物影响	可有效抑制细菌生长	无作用
COD, TOC	可容忍	无作用
阳离子絮凝剂	较好容忍	无作用
适用水质	污染较轻的地表水和地下苦咸水（TDS<3000）	较为干净的地表淡水或低含盐量的地下水（TDS<500）

加药剂量及方式:

KY-160 的加药剂量根据系统进水水质全分析报告及系统预处理情况及反渗透装置本身的运行参数计算确定。由专业的技术服务工程师按现场装置的设计制定加药方案。

产品保质期:

KY-160 物化性质稳定，可长期保存，保质期为三年。

包装及贮存:

KY-160 由净重 25Kg 兰塑料桶包装，贮存于阴凉干燥处。



化学品安全技术说明书

产品性能

- 可以有效地防止各种水系统中水垢的形成
- 大大减少系统中水垢的数量，降低薄膜的清洗频率
- 减少酸的用量或不使用酸
- 进料速度小，防水垢的效果明显
- 适用于各种薄膜
- 已经积累了将近 20 年的实践经验
- 对铁有螯合作用
- 作为反渗透阻垢剂中的高端产品，其对钡、锶、硅等难溶盐垢类的析出有强大的抑制功能
- 比六偏磷酸钠（SHMP）更稳定、更有效
- 可以加速系统的再生

主要用途

BSS200 是薄膜业中高端的防水垢剂，在需要使用防水垢药剂和大量使用食盐的系统中该产品已经成功地使用了近二十年的时间。

一般说明

BSS200 是一种液态产品。它的化学和物理性质，可参看它的材料安全数据表。

安全事项与处置方法

- 存在危险性；

BSS200 没有危险，但处置和使用时仍然需要十分小心，因为它毕竟是一种化学品。BSS200 的安全数据表可向我公司索取。

BSS200 是美国索普化学（SOAP Chemical sep. GROUP INC.）公司的注册商标。

应用

1985 年薄膜系统第一次使用 BSS200，此后世界各地开始纷纷采用 BSS200 来防止水垢的生成，包括一些大型的饮用水厂。世界上大多数薄膜制造商都认为 BSS200 是一种高效的防水垢剂，值得推广使用。

BSS200 可以减少水垢的风险，使用系统不再使用酸洗的办法，大大提高了生产效率。同时作为反渗透阻垢剂领域中的高端产品，它不但能够对一般性的水源起到防止结垢的作用，它的优势更体现在水体中钡（Ba）、锶（Sr）、硅（SiO₂）等大量存在的情况。

人们对防止水垢生成的过程作过详细的研究。在薄膜系统中，水垢生成的“临界值”起着很重要的作用。

BSS200 是一种适用于各种饱和食盐溶液的防水垢剂。因此系统再生速度快，且具备以下优点：

- 在浓溶液的排放方面完全符合相关的环保条例。
- 进一步提高其有效性。
- 可以减少各种化学品的用量
- 可以减少废弃浓溶液的量
- 可以减少进水量

水垢	指标	使用 BSS200 后的限值	典型的进料速度
碳酸钙	LSI	≤ 3.2	2.0 to 4.0mg/L
硫酸钙	Ipb:Ksp	≤ 25	1.0 to 3.5mg/L
硫酸钡	Ipb:Ksp	≤ 2500	0.5 to 3.5mg/L
硫酸锶	Ipb:Ksp	≤ 1200	0.5 to 3.5mg/L
氟化钙	Ipb:Ksp	≤ 120	1.0 to 3.0mg/L
二氧化硅	mg/L	≤ 240	0 to 4.0mg/L
铁	mg/L	≤ 4	0 to 6.0mg/L
Al	mg/L	≤ 4	0 to 6.0mg/L

注：(a) 如果采用 *Stiff&Davis* 饱和指数，则 *S&DSI* 的最大限值从来没有达到过（对 BSS200 而言）

(b) 我公司建议的铁含量指标要求蒸汽中铁的含量在 1.2mg/L 以下。

二氧化硅的污染

在二氧化硅含量比较高的条件下，BSS200 仍然能使系统保持正常的运行。当二氧化硅在盐水中的含量小于 240 mg/L 时，可使用 BSS200，当二氧化硅的含量超过该数值时，应当使用 BSS200+。

BSS200 与酸性的比较

- 使用 BSS200 比使用酸要安全的多；

- BSS200 的剂量比酸的剂量要低，因此成本更低；
- 硫酸只能除去碳酸盐，而且还会增加硫酸钙的含量，而 BSS200 则二种盐类都可以除去。BSS200 处理过的水，其 PH 值比较高，可以抑制碳酸氢盐的生成；
- 在一般 PH 值的条件下，工作环境基本上没有腐蚀性。

BSS200 与六偏磷酸钠

- 六偏磷酸钠 (SHMP) 的保存时间比较短, 需要天天配制。
- 在防水垢方面, BSS200 的效果比 SHMP 要好得多, 而且 LSI 值和 I_{pb}/K_{sp} 值都很高, 这就说明使用 BSS200 后, 系统的再生速度加快了。
- BSS200 比 SHMP 稳定得多, 而且不容易生成磷酸钙或磷酸铁的沉淀。因此, 系统的清洗次数大大减少。
- BSS200 的剂量明显低于 SHMP。

存在铁离子的环境中的BSS200 的性能

在下列条件下, 研究人员对 BSS200 抑制碳酸钙和铁盐的能力进行了考察:

PH	8.0
钙离子 (mg/L)	640
碳酸氢根离子 (mg/L)	808
NH_4Cl (mg/L)	50
时间	2 小时
搅拌速度	200rpm
温度	25°C
LSI	+2.43

实验结果表明, 有 1.5 mg/L 的铁离子得到了抑制。空白实验表明, BSS200 的浓度达到了 3.0 mg/L 时, 钙离子得到完全的控制。如果铁离子的浓度为 5 mg/L, 那么, BSS200 的浓度必须达到 6 mg/L 才能将钙离子完全抑制住, 因为抑制铁离子所需要的 BSS200 浓度大于抑制钙离子时所需的浓度, 所以需要同时抑制这两种离子时,

BSS200 的浓度必须高一些, 在上述试验中, BSS200 的浓度需要达到 9 mg/L 左右, 才能同时抑制钙离子和铁离子。

存在钡、锶环境中的BSS200 的性能

在上述条件下, 试验结果证明, 在浓度为 8mg/L 时, BSS200 可抑制硫酸钡 (2500 K_{sp}) 与碳酸钡共存, 而硫酸锶则为 1200 K_{sp} 。

毒性化学和环保方面的信息

研究表明, BSS200 对饮用水和环境是无害的。

理化特性

外观与形状 :	淡黄到琥珀色有胺味
水中溶解度 :	完全溶解
比重 :	1.25 ± 0.05 g/cm ³
PH(1%) :	~10.0—11.0

稳定性和反应性

禁配物 :	强酸类, 强氧化物
储存 :	防冻
分解产物:	碳氧化物 (COX), (氮氧化物)

服务

我们的技术代表是可以帮助你制定具体的水处理计划, 若你需要任何协助或信息, 请及时联系我们。



化学品安全技术说明书

产品性能

- 非氧化性杀菌剂，迅速有效的杀菌作用
- 对细菌形成的粘泥有良好的剥离作用
- 与所有的膜都能兼容
- 使用 PH 范围广，生物降解性好，不污染环境
- 使用浓度低，药效持续时间长
- 与其他水处理剂相容性好
- 不产生泡沫
- 每次三十分钟，每两周一次的加药即可取得较好的效果
- 可在正常运行过程中添加，不需要停系统

主要用途

BSS881 反渗透专用杀菌剂可作为反渗透系统运行中的杀菌、停运保洁剂使用，同时可以作为反渗透系统在线、离线清洗的辅助。

一般说明

BSS881 是一种液态产品。它的化学和物理性质如下所示：

外观：淡黄色或淡绿色透明液体

PH 值（1%）： 2.0~5.0

比重： 1.02~1.06 g/cm³

安全事项与处置方法

BSS881 有一定的腐蚀性，在处置和使用时仍然需要十分小心，因为它毕竟是一种化学品。BSS881 的安全数据表可向我公司索取。

BSS881 是美国索普化学（SOAP Chemical sep. GROUP INC.）公司的注册商标。

应用

由于反渗透、纳滤等特殊的运行工况和材质，决定了在系统有菌藻生长时膜被快速降解与污堵，极大的影响膜元件的使用寿命和各项指标，而其对进水水质中余氯的要求（<0.1ppm）使系统无法使用氯、溴系统的强氧化性杀菌剂，一般的保洁剂或杀菌剂的效果又远远无法满足 RO 系统对生物污染控制得的要求。

作为高效而安全的反渗透专用非氧化杀菌保洁剂，经实践证明，BSS881 对反渗透膜元件无任何氧化、降解、或污染倾向，以具体水质的生物污染的程度，可每半月或一定时间冲击性投加一次，可与 BSS200 反渗透专用阻垢分散剂同时投加，使用方便，并且可以大大降低运行费用，对环境无污染。

服务

我们的技术代表是可以帮助你制定具体的水处理计划，若你需要任何协助或信息，请及时联系我们。

KY Number 410

CONTAINS MIXTURE OF ORGANIC ACIDS

化学品安全技术说明书

一般说明

KY-410 反渗透专用清洗剂是一种低 PH 值的液体复合配方，用于除去反渗透系统中析出的碳酸钙、金属氧化物、氢氧化物和其他的垢类，它适用于芳香聚酰胺反渗透膜、中空纤维膜以及纳滤（NF）和超滤（UF），优良的清洗效果可以延长反渗透膜的运行时间。

为了得到最佳效果，KY-410 反渗透专用清洗剂应与 KY-420、430、440 等反渗透专用清洗剂、BSS881 反渗透专用杀菌剂配合使用。

产品性能

- 适用于所有芳香聚酰胺膜和醋酸膜
- 低泡沫配方
- 稀释液调节 PH 保持在 3 ± 0.5
- 可应用于生产饮用水的反渗透系统中
- 液体药剂，可以缩短混合时间
- 可重复使用

理化指标

外观：清澈透明

比重： ~ 1.31

PH 值： 3 ± 0.5 （1：45）

冰点： $< -15^{\circ}\text{C}$

最低贮存温度： -10°C

使用说明

- 1、检查清洗水箱、管道、保安过滤器、清洗水泵和相关设备，必要时更换滤芯等重要配件；
- 2、将反渗透产品水或除盐水注入清洗水箱至

适当量；

- 3、缓慢加入计算得到的加药量，一般情况下为 1:45，调节清洗液 PH 在 3 ± 0.5 ，用清洗泵循环混合液。用加热器加热到膜厂家所规定的温度；
- 4、以进水方向循环清洗 30 分钟。清洗流量应按膜厂家或系统供应商的推荐值（单支膜壳的清洗流量保持在 4 吨/小时左右，系统进水压力尽可能低，以能满足浓水能够回到清洗水箱为准）。
- 5、以进水方向循环清洗 30 分钟。清洗流量应按膜厂家或系统供应商的推荐值（单支膜壳的清洗流量保持在 6 吨/小时左右，系统进水压力尽可能低，以能满足浓水能够回到清洗水箱为准）。
- 6、以进水方向循环清洗 60 分钟。清洗流量应按膜厂家或系统供应商的推荐值（单支膜壳的清洗流量保持在 9 吨/小时左右，系统进水压力尽可能低，以能满足浓水能够回到清洗水箱为准）。
- 7、如果污染严重，请将第一次回水（体积最多为 15%）排掉以防止污染物的再沉积。
- 8、对于多段系统，每段应单独清洗以获得更大效果。如果清洗液变混浊或 PH 值超出建议的范围，需要重新配制洗液或补充清洗剂。
- 9、系统在重新投运前最好用 RO 产水冲洗。
- 10、以上系统清洗只是针对于系统污染发现及时、成垢时间短、污染较轻的系统，如以上清洗达不到理想效果请咨询开元恒业或反渗透清洗专业网，尝试采用单支膜元件清洗的方式。

KY Number 420

CONTAINS MIXTURE OF ORGANIC ALKALI

化学品安全技术说明书

一般说明

KY-420 反渗透专用清洗剂是一种高 PH 值的液体复合配方,用于除去反渗透膜表面的油、有机物及生物粘泥,它适用于芳香聚酰胺反渗透膜、中空纤维膜以及纳滤(NF)和超滤(UF)。优良的清洗效果可以延长反渗透膜的运行时间。

为了得到最佳效果, KY-420 反渗透专用清洗剂应与 KY-410、430、440 反渗透专用清洗剂、BSS881 反渗透专用杀菌剂配合使用。

产品性能

- 适用于所有芳香聚酰胺膜和醋酸膜
- 能高效地从表面除去油、有机物及生物粘膜
- 提高温度,效果更佳
- 稀释液调节 PH 保持在 10.5 ± 0.5
- 可应用于生产饮用水的反渗透系统中
- 液体药剂,可以缩短混合时间

理化指标

外观: 清澈透明

比重: ~ 1.18

PH 值: 10.5 ± 0.5 (1: 45)

冰点: $< -5^{\circ}\text{C}$

最低贮存温度: -5°C

使用说明

- 1、检查清洗水箱、管道、保安过滤器、清洗水泵和相关设备,必要时更换滤芯等重要配件;
- 2、将反渗透产品水或除盐水注入清洗水箱至

适当量;

- 3、缓慢加入计算得到的加药量,一般情况下为 1:45,调节清洗液 PH 在 10.5 ± 0.5 ,用清洗泵循环混合液。用加热器加热到膜厂家所规定的温度;
- 4、以进水方向循环清洗 30 分钟。清洗流量应按膜厂家或系统供应商的推荐值(单支膜壳的清洗流量保持在 4 吨/小时左右,系统进水压力尽可能低,以能满足浓水能够回到清洗水箱为准)。
- 5、以进水方向循环清洗 30 分钟。清洗流量应按膜厂家或系统供应商的推荐值(单支膜壳的清洗流量保持在 6 吨/小时左右,系统进水压力尽可能低,以能满足浓水能够回到清洗水箱为准)。
- 6、以进水方向循环清洗 60 分钟。清洗流量应按膜厂家或系统供应商的推荐值(单支膜壳的清洗流量保持在 9 吨/小时左右,系统进水压力尽可能低,以能满足浓水能够回到清洗水箱为准)。
- 7、如果污染严重,请将第一次回水(体积最多为 15%)排掉以防止污染物的再沉积。
- 8、对于多段系统,每段应单独清洗以获得更大效果。如果清洗液变混浊或 PH 值超出建议的范围,需要重新配制洗液或补充清洗剂。
- 9、系统在重新投运前最好用 RO 产水冲洗。
- 10、以上系统清洗只是针对于系统污染发现及时、成垢时间短、污染较轻的系统,如以上清洗达不到理想效果请咨询开元恒业或反渗透清洗专业网,尝试采用单支膜元件清洗的方式。
- 11、具体的药剂加药量和清洗导则请咨询开元恒业

KY Number 430

CONTAINS MIXTURE OF ORGANIC

化学品安全技术说明书

一般说明

KY-430 反渗透专用清洗剂是一种中性 PH 值的液体复合配方,用于除去反渗透膜表面的金属氧化物和氢氧化物垢类,它适用于芳香聚酰胺反渗透膜、中空纤维膜以及纳滤 (NF) 和超滤 (UF)。优良的清洗效果可以延长反渗透膜的运行时间。

为了得到最佳效果, KY-430 反渗透专用清洗剂应与 KY-410、420、440 反渗透专用清洗剂、BSS881 反渗透专用杀菌剂配合使用。

产品性能

- 适用于所有芳香聚酰胺膜和醋酸膜
- 能高效地从表面除去金属氧化物、氢氧化物垢类
- 提高温度, 效果更佳
- 加药量比例为 1:45
- 可应用于生产饮用水的反渗透系统中
- 液体药剂, 可以缩短混合时间

理化指标

外观: 清澈透明

比重: ~1.24

冰点: <-5℃

最低贮存温度: -5℃

使用说明

- 1、检查清洗水箱、管道、保安过滤器、清洗水泵和相关设备, 必要时更换滤芯等重要配件;
- 2、将反渗透产品水或除盐水注入清洗水箱至适当量;

- 3、缓慢加入计算得到的加药量, 一般情况下为 1:45, 用清洗泵循环混合液。用加热器加热到膜厂家所规定的温度;
- 4、以进水方向循环清洗 30 分钟。清洗流量应按膜厂家或系统供应商的推荐值 (单支膜壳的清洗流量保持在 4 吨/小时左右, 系统进水压力尽可能低, 以能满足浓水能够回到清洗水箱为准)。
- 5、以进水方向循环清洗 30 分钟。清洗流量应按膜厂家或系统供应商的推荐值 (单支膜壳的清洗流量保持在 6 吨/小时左右, 系统进水压力尽可能低, 以能满足浓水能够回到清洗水箱为准)。
- 6、以进水方向循环清洗 60 分钟。清洗流量应按膜厂家或系统供应商的推荐值 (单支膜壳的清洗流量保持在 9 吨/小时左右, 系统进水压力尽可能低, 以能满足浓水能够回到清洗水箱为准)。
- 7、如果污染严重, 请将第一次回水 (体积最多为 15%) 排掉以防止污染物的再沉积。
- 8、对于多段系统, 每段应单独清洗以获得更大效果。如果清洗液变混浊或 PH 值超出建议的范围, 需要重新配制洗液或补充清洗剂。
- 9、系统在重新投运前最好用 RO 产水冲洗。
- 10、以上系统清洗只是针对于系统污染发现及时、成垢时间短、污染较轻的系统, 如以上清洗达不到理想效果请咨询开元恒业或反渗透清洗专业网, 尝试采用单支膜元件清洗的方式。
- 11、具体的药剂加药量和清洗导则请咨询开元恒业

KY Number 440

CONTAINS MIXTURE OF ORGANIC

化学品安全技术说明书

一般说明

KY-440 反渗透专用清洗剂是一种高 PH 值的液体复合配方，用于除去反渗透膜表面的硫酸钙、硫酸钡、硫酸锶等重金属硫酸盐垢类，它适用于芳香聚酰胺反渗透膜、中空纤维膜以及纳滤（NF）和超滤（UF）。优良的清洗效果可以延长反渗透膜的运行时间。

为了得到最佳效果，KY-440 反渗透专用清洗剂应与 KY-410、420、430 反渗透专用清洗剂、BSS881 反渗透专用杀菌剂配合使用。

产品性能

- 适用于所有芳香聚酰胺膜和醋酸膜
- 能高效地从表面除去硫酸钙、硫酸钡、硫酸锶等重金属硫酸盐垢类
- 提高温度，效果更佳
- 稀释液调节 PH 保持在 10.5 ± 0.5
- 可应用于生产饮用水的反渗透系统中
- 液体药剂，可以缩短混合时间

理化指标

外观：清澈透明

比重： ~ 1.28

PH 值： 10.5 ± 0.5 （1：45）

冰点： $< -5^{\circ}\text{C}$

最低贮存温度： -5°C

使用说明

1. 检查清洗水箱、管道、保安过滤器、清洗水泵和相关设备，必要时更换滤芯等重要配件；
2. 将反渗透产品水或除盐水注入清洗水箱至适当量；

3. 缓慢加入计算得到的加药量，一般情况下为 1:45，调节清洗液 PH 在 10.5 ± 0.5 ，用清洗泵循环混合液。用加热器加热到膜厂家所规定的温度；
4. 以进水方向循环清洗 30 分钟。清洗流量应按膜厂家或系统供应商的推荐值（单支膜壳的清洗流量保持在 4 吨/小时左右，系统进水压力尽可能低，以满足浓水能够回到清洗水箱为准）。
5. 以进水方向循环清洗 30 分钟。清洗流量应按膜厂家或系统供应商的推荐值（单支膜壳的清洗流量保持在 6 吨/小时左右，系统进水压力尽可能低，以满足浓水能够回到清洗水箱为准）。
6. 以进水方向循环清洗 60 分钟。清洗流量应按膜厂家或系统供应商的推荐值（单支膜壳的清洗流量保持在 9 吨/小时左右，系统进水压力尽可能低，以满足浓水能够回到清洗水箱为准）。
7. 如果污染严重，请将第一次回水（体积最多为 15%）排掉以防止污染物的再沉积。
8. 对于多段系统，每段应单独清洗以获得更大效果。如果清洗液变混浊或 PH 值超出建议的范围，需要重新配制洗液或补充清洗剂。
9. 系统在重新投运前最好用 RO 产水冲洗。
10. 以上系统清洗只是针对于系统污染发现及时、成垢时间短、污染较轻的系统，如以上清洗达不到理想效果请咨询开元恒业或反渗透清洗专业网，尝试采用单支膜元件清洗的方式。
11. 具体的药剂加药量和清洗导则请咨询开元恒业

论文：反渗透膜阻垢剂性能评价方法的研究

[摘要] 分别提出几种方便于现场和实验室对反渗透阻垢剂性能进行评价的方法。以反渗透专用阻垢剂 KY-150 和 KY-160 为例分别在实验室，模拟反渗透现场水质作为进料水，通过成垢物质的结垢速率来判断阻垢剂的阻垢效果，对以上药剂的阻垢性能进行评价，并与美国清力公司的同类产品 PTP0100 作对比；以 KY-150 为例在现场对其足够效果进行评价；试验表明以上方法简便有效，且 KY-150 和 KY-160 可达到与 PTP0100 相近的阻垢性能。

[关键词] 反渗透；阻垢剂；性能评价

反渗透 (RO) 技术在水处理领域中已经得到越来越广泛的应用，添加阻垢剂防止和控制膜结垢在反渗透运行中起着至关重要的作用。市场上不断有新的阻垢剂推出，在投入生产使用前必然要进行性能评价，目前在现场进行的阻垢剂性能评价方法试验周期长、涉及反渗透装置比较大、费用高，无法对结垢和污染的机理进行细致研究，并且存在很大的风险，因此急需一种能够较快的检验阻垢剂使用效果的方法。

国外开发的浓缩液循环技术对研究 CaSO_4 结垢取得很好的效果，但是因为膜结垢是一种累积效果，由于没有在固定回收率下经过一段时间的运行，与实际运行情况有一定的差异，得到的结果存在较大的偏差。此外由于 CaCO_3 ， BaSO_4 ， SrSO_4 的溶解度较 CaSO_4 小得多，研究它们的结垢所需的浓缩倍数相应也小得多。所以我们采用一种间歇排出部分产水的循环技术以解决浓缩液循环技术中存在的问题。

1 实验部分

1.1 实验水质

实验水质为模拟黄河水配制，配制水质如表 1 所示，实验中为了在现有装置上模拟较高回收率的运行，以表 1 水质为参照按一定的浓缩倍数用二级除盐水和一些基本离子配制。

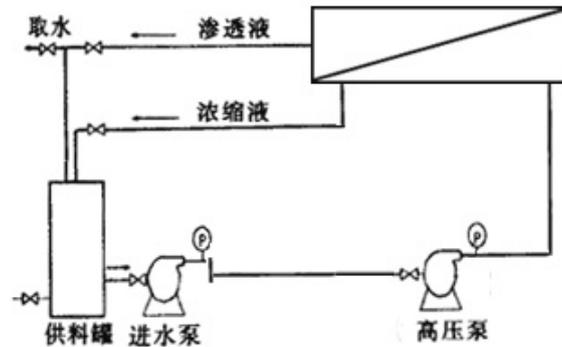
表 1 以黄河水作为参照 RO 进料水典型水质

离子种类	质量浓度/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	离子种类	质量浓度/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
Ca^{2+}	72.14	Sr^{2+}	0.90

Mg^{2+}	36.45	Fe^{3+}	0.323
HCO_3^-	262.39	Cl^-	116
Na^+	95.88	NO_3^-	15
Ba^{2+}	0.10	Al^{3+}	0.03
SO_4^{2-}	144.03		

1.2 实验装置

装置如图 1 所示。采用连续式一分段式(浓水分段)工艺流程, 原水从供料罐进入单支反渗透压力容器进行处理。采用美国陶氏(DOW)公司 BW30-330 卷式反渗透膜元件, 膜类型 TFC (Thin Film Composite), 膜材料 PA(Polyamide)。



1.3 实验方法

实验装置由单个膜元件组成, 所以该装置的最高回收率不超过 20%, 然而反渗透生产中回收率一般为 75%, 如果要用此装置在高回收率的情况下评价阻垢剂的性能, 则需要增加膜元件, 否则就会造成流速过大, 损坏膜结构。为了利用现有的装置在高回收率的情况下评价阻垢剂, 本实验在浓缩液回流和排出部分产水的循环模式下, 采用提高进料水中成垢物质的浓度, 模拟高回收率的运行方式, 然后使装置在不超过 15% 的回收率下运行, 而使得总的回收率达到或者超过 75%。通过间歇排除部分产水的方式改变装置的回收率, 并使装置在一定的回收率下运行一段时间(60min), 考察不同回收率下膜结垢情况以及不同阻垢剂用量。通过比较达到的回收率和固定时间内平均结垢速率来评价阻垢剂性能。

2 实验结果与讨论

2.1 模拟浓水实验中总回收率及结垢速率的计算

2.1.1 总回收率的计算

设设备的回收率为 Y ，即为装置中渗透液量和进料液流量的比值；浓缩倍数为 CF ，即为浓缩液和供料罐中 Ca^{2+} 的质量浓度的比值，所以， $y=1-1/CF$ ， $CF=C_s/C_f$ 式中： C_s ——浓缩液中 Ca^{2+} 的质量浓度， mg/L ； C_f ——供料罐中 Ca^{2+} 的质量浓度， mg/L 。

设设备供料罐中 Ca^{2+} 的质量浓度为表1所示的黄河原水中 Ca^{2+} 的质量浓度 C_f 的 K 倍； $K=C_f/C_{f0}$ 。设相对于黄河原水装置模拟的总回收率为 $Y_{总}$ ，浓缩倍数为 $CF_{总}$ ，所以， $CF_{总}=C_s/C_{f0}$ ； $Y_{总}=1-1/CF_{总}$

综上所述设备模拟的总回收率 $Y_{总}$ 为： $Y_{总}=1-(1-Y)/K$ (1)

2.1.2 结垢速率的计算

设第 i 个运行时段结束时膜上累积的成垢物质总量为 M_i ，则：

$$M_i=C_oV_o-C_iV_i=C_oV_o-C_i(V_o/K_i)=V_o(C_o-C_i/K_i) \quad (2) \text{ 式中:}$$

C_o, V_o ——初始供料罐中 Ca^{2+} 的质量浓度和供料液的体积；

C_i, V_i, K_i ——分别为第 i 个时间段结束时供料罐中 Ca^{2+} 的质量浓度，料液的体积和对初始供料罐中的料液的浓缩倍数。

因此只要测得不同时段供料罐中 Ca^{2+} 的质量浓度，并且知道供料罐中溶液的浓缩倍数就可以计算一定时间内的成垢量。

所以，第 i 个固定时间段内 Ca^{2+} 的平均结垢速率 V_i 可按下式计算： $V_i=\Delta M/\Delta t=(M_i-M_{i-1})/\Delta t=V_o(C_{i-1}/K_{i-1}-C_i/K_i)/\Delta t$ ($i=1, 2, \dots, M_0=0, K_0=1$) (3)

其中 Δt 为一个固定时段长。

此时可以通过 V_i 的大小来评价阻垢剂的阻垢效果。

2.2 阻垢剂性能评价

2.2.1 不同阻垢剂阻垢性能比较

以装置在一个运行时段内平均结垢速率来评价阻垢剂的性能，分别对阻垢剂KY-150, KY-160 和 PTP 0100 进行了阻垢实验。KY-150 与KY-160 的主要成分分别是小分子有机膦，PTP0100 为KingLee 公司常用产品。

如表2所示，高压泵压力为1.1 MPa，阻垢剂量为3mg/L，pH值为7.5时，3种阻垢剂在回收率小于80%时，结垢速率均为0，当回收率继续提高，使用3种阻垢剂均出现结垢现象。当高压泵压力仍为1.1MPa，pH值为8.6，投加量增加为3mg/L时，当回收率提高到一定程度后，使用3种阻垢剂均出现结垢现象。两次实验的结果有一定的重现性，表明KY-150, KY-160 的效果接近PTP0100。

但是KY-150 和KY-160 在价格上有绝对优势，并且是绿色环保型阻垢剂，在实际生产中回收率一般为75%，此时3种阻垢剂的效果并无明显差别，因此可以代替PTP0100等药剂在生产中使用。

表2 各种阻垢剂在不同条件下结垢速率对比

阻垢投加量 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	高压泵压力/MPa	pH 值	回收率/%	结垢速率/ ($\text{g} \cdot \text{h}^{-1}$)		
				KY-150	KY-160	PTP0100
1	1.1	7.5	75	0	0	0
			80	0	0	0
			81.6	3.2	3.1	3.8
			82.2	21.3	20.12	12.82
2	1.1	8.6	75	0	0	0
			76	0	0	0
			76.8	5.2	4.4	3.3
			72.6	21.8	20.03	18.1

2.2.2 pH 值对阻垢剂性能的影响

pH 值降低导致 LSI 指数的急剧下降，结垢趋势降低。从表 2 可以看出无论是对 KY-150，KY-160 和 PTP0100 在较低投加量都能维持在较高的回收率下不结垢。实验中 pH 值从 8.6 降到 7.5，阻垢剂的投加量大大减少，实际运行中应综合考虑加酸量、阻垢剂量和运行费用以及后处理费用等，确定最佳的 pH 值，但一般情况下，地下水的 PH 较低，地表水的 PH 一般也没有超过 7.8 左右，因此以上药剂在不加酸的情况下就能够满足生产的需要。

3 结论

实验中，从结垢速率看，结垢开始时其速率均达到了 2 g/h 以上，说明可以用结垢速率来判断结垢的开始。实验在所设定的不同条件下进行，如不同的 pH 值、不同的阻垢剂投加量、不同的操作压力，评价结果具有一致性，且本循环模式下得出的实验结果和实验室的静态实验的结果具有一致性，说明本评价方法是可行的。实验评价结果表明 KY-150、KY-160 的效果同 PTP0100。

论文：反渗透系统采用软化与阻垢方式经济性比较

[摘要] 反渗透装置在运行过程中，进水中的难溶盐类物质在膜元件内不断被浓缩且超过其溶解度极限时，它们就会在反渗透膜膜面上发生结垢。为了防止结垢造成反渗透膜元件的损坏，国内通常采用的方法是软化和添加反渗透专用阻垢剂等。本文主要介绍了反渗透系统为了防止结垢而分别采用软化处理及添加反渗透专用阻垢剂所带来的经济性、环保性及操作管理等方面的不同，以供同业者参考。

[关键词] 软化除盐；反渗透专用阻垢剂；经济性

如果反渗透水处理系统采用 50%回收率操作时，其浓水中的盐浓度就会增加到进水浓度的两倍，回收率越高，产生结垢的风险性就越大。目前出于水源短缺或对环境影响的考虑，提高回收率（通常为 75%）或设置反渗透浓水回收系统成为一种习惯性做法，在这种情况下，采取精心设计、考虑周全的结垢控制措施和防止微溶性盐类超过其溶解度而引发沉淀与结垢尤为重要。

理论上能够应用于防止反渗透膜面上发生无机盐结垢的措施有：加酸、加阻垢剂、强酸阳树脂软化、弱酸阳树脂脱碱度、石灰软化、预防性清洗和调整操作参数等措施，而随着技术的发展和实际运行工作的检验，目前常用的措施主要是添加反渗透专用阻垢剂和强酸阳树脂软化两种方式。

1 添加反渗透专用阻垢剂

阻垢剂可以用于控制碳酸盐垢、硫酸盐垢以及氟化钙垢等，通常有三类阻垢剂：六偏磷酸钠（SHMP）、聚合有机磷酸盐和多聚丙烯酸盐。

相对聚合有机阻垢剂而言，六偏磷酸钠价廉但不太稳定且用量大，它能少量的吸附于微晶体的表面，阻止结垢晶体的进一步生长和沉淀。但须使用食品级六偏磷酸钠，还应防止SHMP在计量箱中发生水解，一旦水解，不仅会降低阻垢效率，同时也有产生磷酸钙沉淀、在计量箱内发生微生物污染的危险。因此，目前极少使用SHMP，有机磷酸盐效果更好也更稳定，同时也适应于防止不溶性的铝和铁的结垢，通过分散作用还可以减少 SiO_2 结垢的形成。

目前，多聚丙烯酸盐虽然也有一定的用量，但是多聚丙烯酸盐遇到阳离子聚电解质或多价阳离子时，可能会发生沉淀反应，例如铝或铁，所产生的胶状反应物，非常难以从膜面上除去。

因此，目前能够安全有效的使用于反渗透装置的反渗透专用阻垢剂主要是以有机磷酸盐为主的药剂，经过多年的发展，国产的阻垢剂已经占领了国内市场的一半左右，并逐渐形成了企业标准，

但国家标准还暂时没有颁布。

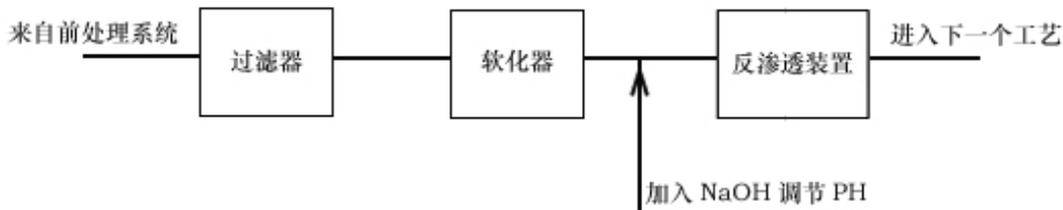
2 强酸阳树脂软化

可以使用 Na^+ 离子置换和除去水中结垢阳离子如 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 和 Sr^{2+} 。交换饱和后的离子交换树脂用 NaCl 再生，这一过程称为原水软化处理。在这种处理过程中，进水pH不会改变。因此，不需要采取脱气操作，但原水中的溶解气体 CO_2 能透过膜进入产品侧，引起电导率的增加，操作者仍可以在软化的后的水中加入一定量的 NaOH (直到pH8.2)以便将水中残留 CO_2 转化成重碳酸根，重碳酸根能够被膜所脱除，使反渗透产水电导率降低，一般膜元件的脱盐率在中性pH范围内较高。

这一过程的主要特点是相当高的 NaCl 消耗，存在环境问题，也不经济，目前已经有越来越多的反渗透水处理系统放弃了软化技术而采用添加反渗透阻垢剂的手段来降低成本，较少环境污染，提高水资源利用率等。

3 案例分析

某啤酒集团公司郑州分厂纯水车间采用反渗透技术，其原水来自本地地下水（其中水质分析报表见表1）。1×20吨/小时反渗透系统在最初的设计过程中采用钠离子交换器来去除原水中的钙、镁、钡、锶硬度等杂质，并在反渗透装置前加入 NaOH 来调节系统进水pH值，其系统工艺流程如下：



后经过改造，将反渗透于处理部分的软化器部分去除，在原来 NaOH 加药部分更改为添加反渗透专用阻垢剂KY-150，如图：

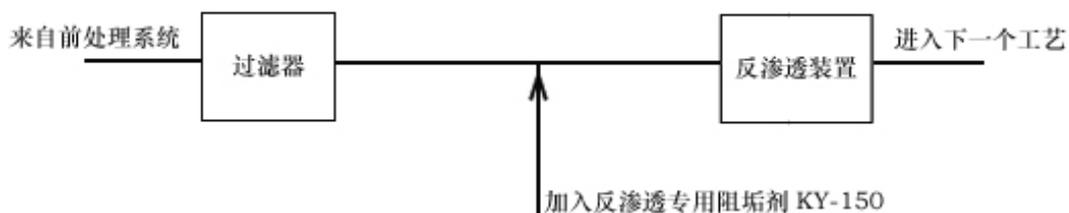


表 1 系统原水全水质分析报表

水样名称	清水	取样日期	2005. 8. 10
采样地点	委托检验	分析日期	2005. 8. 10-20
气温, °C		水样温度, °C	18
项目	分析值		
总 硬, mmol/l	6. 60		
全铁 (Fe), mg/l	0. 323		
钙离子(Ca ²⁺), mg/l	72. 14		
镁离子(Mg ²⁺), mg/l	36. 45		
氨离子(NH ₄ ⁺), mg/l	<0. 03		
钠离子(Na ⁺), mg/l	95. 88		
钾离子(K ⁺), mg/l	23. 33		
硫酸根 (SO ₄ ²⁻), mg/l	144. 03		
碳酸氢根 (HCO ₃ ⁻) mg/l	262. 39		
氯离子(Cl ⁻), mg/l	116		
硝酸根 (NO ₃ ⁻) mg/l	15		
全硅(SiO ₂), mg/l	5. 5		
电导率, us/cm	690		
pH 值	7. 76		
备注:			

系统运行方式进行更改后, 经过一段实践的运行, 系统表现稳定, 各项参数运转正常。更换前

后反渗透的参数如下：

表 2 运行参数

项目	进水压力 /MPa	产水量/ m ³ /h	脱盐率 /%	浓水量 / m ³ /h	回收率 /%
改造前	1. 21	20	98. 0	7	74
改造后	1. 20	20	98. 2	6. 8	74. 6

注：2005 年 10 月份监测

在添加反渗透专用阻垢剂后，我们也对反渗透水处理系统的运行经济性等方面也进行了详细地分析，主要经济指标如下：

表 3 主要耗材指标（元/月）

项目	工业盐	NaOH	反渗透专用阻垢剂 KY-150	合计
改造前	7800	600	无	8400
改造后	无	无	2750	2750
节省	7800	600		5650

按照每台软化器每月再生、正洗、反洗等消耗 1000 吨水，当地水价 2.5 元/吨；软化器运行增加消耗的电量按每月 1000KWH，当地电价 0.6 元/KWH；在合计每月水处理系统耗材所节省的费用，那么每月直接节约运行成本约：

$$5560+1000 \times 2.5+1000 \times 0.6=8660 \text{ 元}$$

$$\text{合计每年节约成本约：} 8660 \times 12 = \underline{103,920} \text{ 元}$$

4 结束语

以上案例分析中的经济性分析若将有可能节省的设备维护费用和膜元件更换费用计算在内，通过离线清洗并结合现有提供的“保运服务”等，经济效益将更加可观。

随着反渗透技术的日益普及应用，相关的技术服务的形式和内容也越来越丰富，设备的应用过程中不可避免地会有各种问题出现，但只要在多样的服务中选择合适的方式，就能够大幅度降低运行和维护成本。

反渗透阻垢剂售后服务方案

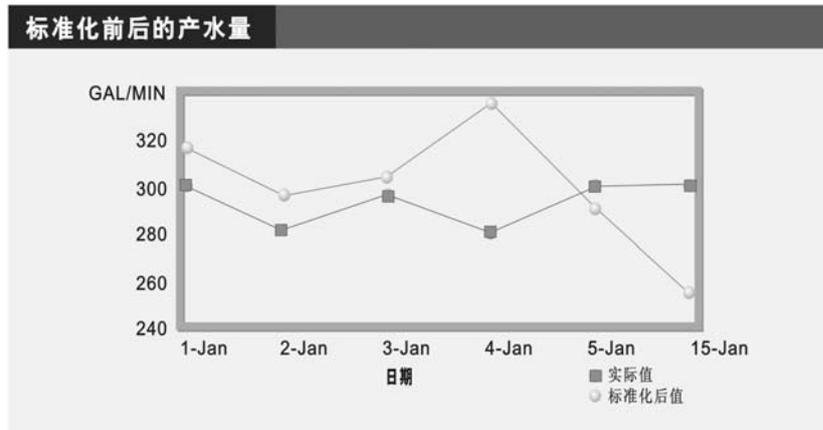
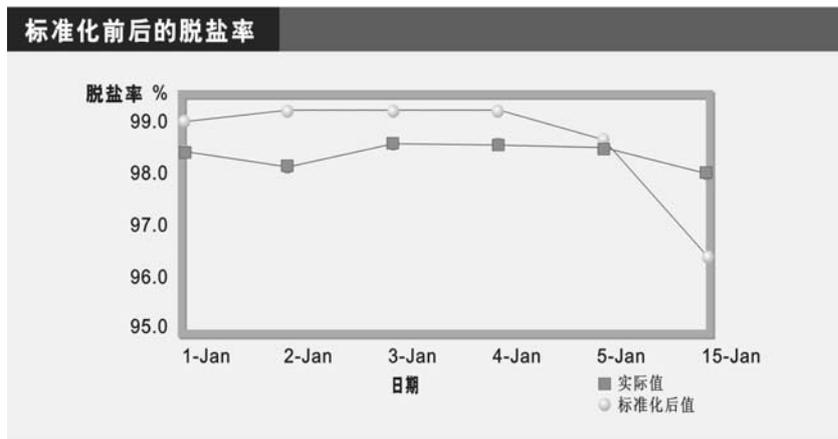
反渗透水处理系统在长期运行的过程中，反渗透进水中的杂质颗粒、有机物、微生物会在反渗透膜表面上沉积，水中易结垢的成分在浓水会结晶析出。造成的后果往往是压差升高、产水量下降，进口压力上升，采取适当的反渗透专用阻垢剂处理的系统，压差升高、产水量下降及进口压力上升的速度将会非常缓慢，但反渗透膜作为水处理系统中最高一级起着过滤作用的装置，污堵则是不可避免的；同时随着水处理系统水源条件的变化及设备运行时间的增加，不可预见因素的影响，反渗透膜污堵的几率就大大增加。

作为专业的反渗透技术服务提供者，开元恒业在反渗透专用药剂售后服务方面我们可提供以下服务，以消除用户的后顾之忧。具体内容如下：

序号	服务项目
1	准确掌握用户现有水处理系统的设计现状，详细记录并分析各项设计参数，找出系统设计中的不足因素
2	准确掌握用户现有水处理系统的运行现状，详细记录并分析运行参数，找出运行环节中的不足因素
3	确定多介质过滤器、保安过滤器及反渗透等水处理装置的改造方案
4	确定水处理添加剂包括混凝剂、杀菌剂、反渗透阻垢剂等的选用方案
5	确定反渗透阻垢剂等药剂的最佳加药剂量，核准加药泵的设定参数，确保加药系统的加药准确性及可靠性
6	核准澄清池的运行参数，确定最佳的混凝剂、助凝剂加药量，搅拌机转速，排污周期等（如果有澄清池则提供）
7	核准无阀滤池、石英砂过滤器、多介质过滤器的运行参数，确定最佳的反洗周期，反洗水量，压差控制参数
8	分析保安过滤器的运行情况，确定滤芯的使用精度、压差参数、更换周期，确保滤芯的拦截功能
9	对现有运行操作规程进行修改，提交用户并对现场操作人员进行培训
10	每年不少于四次的用户回访，并对反渗透系统进行清洗保养，调整反渗透系统运行参数的合理性

11	每三十天收集一次用户的反渗透运行状态参数（所需数据包括进水压力、各段压力、产水流量、产水电导率等），负责用户反渗透装置运行参数的数据标准化工作并电脑绘制压差、产水量、脱盐率变化的曲线，曲线参数出现预警警报时及时通报用户调整相应运行参数，将可能出现的问题消灭在萌芽状态。
12	将上述标准化后的数据及曲线变化制成电子版光盘数据库或以纸张形式，每一个运行年度提交客户一次，便于用户查找运行数据及分析运行变化状态，提供后续运行的借鉴。

以下是标准化处理的案例示意图



※ 以上曲线是根据某60吨/小时反渗透系统运行数据绘制

反渗透单元件清洗装置

新型反渗透装置辅助设备

作为日常的维护，膜元件的清洗是利用传统的清洗配方并在反渗透装置本体上进行。但反渗透膜在使用一段时间后（一般为 1.5~2.0 年），膜元件表面积累了相当多数量的无机物颗粒、垢类和微生物等污堵成份，这些污染物就成为反渗透系统性能下降的根源。这种情况下利用系统在线清洗很难达到理想的效果，清洗结果的彻底，表现出来的情况往往是：刚刚清洗后系统性能部分恢复，但很快就迅速下降到清洗前的水平。

针对以上实际情况，开元恒业研制出了反渗透膜元件清洗装置，利用此装置可以大大的提高反渗透膜清洗的速度，提高效率，节省药品。同时可根据反渗透膜在系统中的不同位置采取不同的清洗配方，使得清洗更加彻底，反渗透膜再次发生污染的可能性大大降低。

产品特点：

- 1、 膜元件可以单支清洗，清洗的污染物不会对其他的膜元件造成影响，造成二次污染；
- 2、 清洗效率高、节省药品，根据膜元件在系统中位置的不同、配合膜元件性能测试装置，得知每一支膜元件性能的情况下，可选用不同的清洗配方和清洗时间；
- 3、 对于难以判断成份的污染物，在进行清洗配方的选择时可在清洗装置上进行小试或中试工作；
- 4、 装置采取高性能材料制作，耐酸、碱腐蚀，可长期使用，基本无检修负担；
- 5、 体积小，便于移动，位置可任意安放；
- 6、 清洗效果可以从装置指标中得到判断

适用范围：

- 根据用户要求的不同可选择适合于清洗直径为 1.8 英寸、2.5 英寸、4.0 英寸、8.0 英寸膜元件的设备型号。
- 以上所有型号适合于美国陶氏化学公司（Dow Filmtec）产 BW 系列、TW 系列及 XLE 系列超低压 RO 膜；美国海德能公司（Hydrantsutics）ESPA 系列、CPA 系列及最新 LFC 膜、美国科氏公司（KOCH 原 Fluid Systems）各式反渗透膜。

反渗透单元件测试装置

新型反渗透装置辅助设备

反渗透膜元件制造商及相关专家提出：“能够在水处理现场进行单元件的试验确实很有意义，被怀疑有问题的元件可以得到迅速的测试和判断其好坏”，“在对整个系统进行清洗前，拟采取的清洗策略可从单个污染元件的清洗进行试验和印证，以便操作者探索最适宜清洗条件，或对污染严重的系列连续地取出每支压力容器内的元件进行清洗，最大限度的恢复膜元件的性能。”

自 2002 年起，由郑州开元恒业水处理设备有限公司引进美国技术并结合自身的膜元件性能恢复技术设计制作的反渗透单元件测试装置，具备清洗及测试功能；经过近 4 年时间的不断调整更新，近 8000 支反渗透膜元件性能成功恢复的实践检验，目前作为一个成熟的产品，成为反渗透装置不可或缺的工作“伴侣”。

在任何反渗透装置正常工作过程中，其中每一支膜元件的运行状态则不完全一样。首先接近装置进口端的膜元件往往截留了更多的无机物颗粒、胶体、有机物和承受了更多的氧化性物质的损害；但由于膜元件承受的压力从进口端开始到膜端逐渐下降，因此接近进口端的元件又为系统的产水量做出了更多的贡献。接近出口端的膜元件处于系统中盐水浓度最高的位置，在其脱盐和制水的过程中，更多的易结晶析出的垢类物质也附着在其表面。同时，因为系统运行条件波动而导致每一支压力容器内膜元件的运行条件也不尽相同。但这所有的不同无法直接通过装置看到，这就需要一台能够具体检测膜元件性能的装置。

性能特点：

- 1、 适合于现有市场上的各式反渗透膜；
- 2、 测试条件可根据不同膜元件厂商的要求或客户现场的具体情况而变动；
- 3、 可让反渗透用户全面掌握装置内部不同膜元件的不同性能，从而为现场工作提供指导；
- 4、 能够筛选不同品质的膜元件，在膜元件的更换中提供依据，从而降低生产成本；
- 5、 可作为反渗透膜元件清洗过程中的辅助，为清洗提供指导；
- 6、 高品质不锈钢或其他耐腐蚀材料制作，经久耐用。
- 7、 体积小，便于移动，位置可任意安放；

适用范围：

- 适合于清洗直径为 8.0 英寸的膜元件
- 系统容量超过 100 吨/小时的水处理系统



WWW.ROCLEAN.COM
WWW.ROCLEAN.COM WWW.ROCLEAN.COM
WWW.ROCLEAN.COM
WWW.ROCLEAN.COM

郑州开元恒业水处理设备有限公司

ZHENGZHOU BEGIN FOR WATER TREATMENT CO.,LTD.

地址：郑州市健康路159号发展大厦 电话：0371-63280990

传真：0371-63553183

网址：www.roclean.com

E-mail:service@roclean.com kaiyuan@roclean.com