

## 反渗透膜元件的重度污染及离线清洗

郑州开元恒业水处理设备有限公司（河南郑州 450012） 宋景锋

**[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

登封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  $2 \times 45$  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/cm<sup>2</sup>, 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 <sup>3</sup> /h	脱盐率/%	浓水量/ m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /h	脱盐率/%	浓水量/ m <sup>3</sup> /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)

$$Q \geq 0.98 \times Q_0$$

$$T \geq T_0$$

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

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

$$Q \geq 0.99 \times Q_s$$

$$T \geq T_{s0}$$

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

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。