

# 医药行业中离子交换除盐水处理器的失效控制

何将军

(中国生物技术集团公司成都生物制品研究所 成都 610023)

**摘要** 介绍以一级复床除盐系统为基础的常用固定床离子交换除盐水处理器的失效检测和控制在方法,并提出改进措施。

**关键词** 离子交换 水质 吸附 失效 泄漏 控制

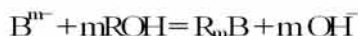
离子交换除盐水处理最简单的流程为阳床—阴床组成的一级复床除盐系统。有的一级复床除盐系统采用单元制,即每套一级复床除盐系统包括阳床、(除碳器)、阴床各一台,在离子交换除盐运行过程中,无论是阳床还是阴床先失效,都是同时再生;还有的一级复床除盐系统采用母管制,即阳床与阴床或阴床与阴床是并联运行的,哪一台交换器失效就再生哪一台。

## 1 检测和控制原理

强酸性阳树脂对水中各种阳离子的吸附顺序为: $\text{Fe}^{3+} > \text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{H}^+$ ;由此可知,水中金属离子 $\text{Na}^+$ 被吸附的能力最弱,所以当离子交换时树脂层的各种离子吸附层逐渐下移, $\text{H}^+$ 最后被其他阳离子置换下来,当保护层穿透时,首先泄漏的是最下层的 $\text{Na}^+$ ;因此监督阳离子交换器失效是以漏钠为标准的;其反应方程为(A代表金属阳离子,R为树脂基团):



强碱性阴树脂对水中各种阴离子的吸附顺序为: $\text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{OH}^- > \text{HCO}_3^- > \text{HSiO}_3^-$ 。由此可知, $\text{HSiO}_3^-$ 的吸附能力最弱,所以当离子交换时树脂层的各种离子吸附层逐渐下移, $\text{OH}^-$ 被其他阴离子置换下来,当保护层穿透时,首先泄漏的是最下层的 $\text{HSiO}_3^-$ ;因此监督阴离子交换器失效是以漏硅为标准的;其反应方程为(B代表酸根阴离子,R为树脂基团):



## 2 控制点和控制方法

由于母管制系统包含单元制系统,而且它具有能充分使用树脂、提高交换器的出水能力、降低酸碱消耗等优点,在研究中主要讨论以这种结构为基础

的离子交换除盐水处理系统。

以成都生物制品研究所蛋白分离车间纯水站为例,该系统为母管制水处理系统,系统的结构为:砂滤→活性炭过滤→粗滤→阳床→一阴→二阴→混床→精滤→纯水罐,系统产水能力为 $5\text{T/H}$ ,在系统的失效控制研究中,提出单元失效控制概念,也就是充分利用母管制制水系统的优点对系统进行失效控制。

以下是该车间第一套水处理器的—阴(即1.1阴)在一个运行周期中的部分数据。

供水离子柱	电导( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	供水离子柱	电导( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
1.1 阳—1.1 阴	4.99	1.1 阳—1.1 阴	3.00
1.1 阳—1.1 阴	4.47	1.1 阳—1.1 阴	3.05
1.1 阳—1.1 阴	3.59	1.1 阳—1.1 阴	3.09
1.1 阳—1.1 阴	3.30	1.1 阳—1.1 阴	2.57
1.1 阳—1.1 阴	3.27	1.1 阳—1.1 阴	2.22
1.1 阳—1.1 阴	3.26	1.1 阳—1.1 阴 (2.1 阳—1.1 阴)	4.93(4.05) 1.1 阳失效 (用 2.1 阳)
1.1 阳—1.1 阴	3.15	2.1 阳—1.1 阴	3.52
1.1 阳—1.1 阴	2.89	2.1 阳—1.1 阴	3.44
1.1 阳—1.1 阴	3.80	2.1 阳—1.1 阴	2.28
1.1 阳—1.1 阴	3.82	2.1 阳—1.1 阴	2.16
1.1 阳—1.1 阴	3.68	2.1 阳—1.1 阴	2.03
1.1 阳—1.1 阴	3.13	2.1 阳—1.1 阴	5.12 1.1 阴失效

以上数据均为车间实际运行记录数据,1.1 阴出水供给 1.2 阴后出水电导保证在 $3\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下,结合末级混床,最终出水水质一直保持在 $0.1 \sim 0.5\mu\text{S}/\text{cm}$ 。根据以上数据和该车间纯化水检测报告,我们进行标准化处理(25度,不间断运行)后,绘制3种情况下的水质曲线图(见图1,2)。

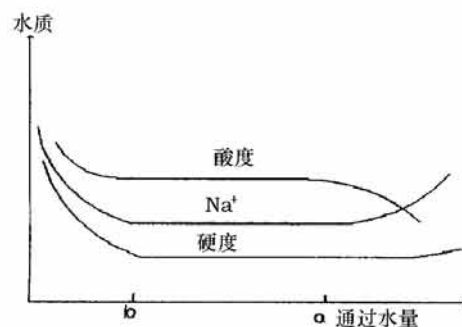


图1 阳床出水水质

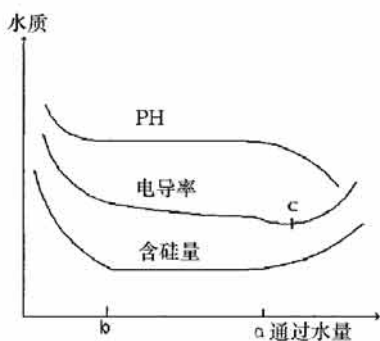


图2 阴床出水水质

### 3 出水水质

原水经一级复床除盐后,电导(25℃)低于 $10\mu\text{S}/\text{cm}$ ,水中硅含量低于 $100\mu\text{g}/\text{L}$ 。

(1)阳床出水水质 图1中b点以前三条曲线都迅速下降,表明离子交换器中树脂再生后,正洗时出水中各种杂质的含量(酸度、钠离子浓度和硬度)都迅速下降,当出水水质达到一定的标准(如b点)时就可以投入运行。所以,在ba段运行期间,阳床出水呈酸性,而且基本成缓慢变化趋势。运行至a点时,阳床开始有阳离子穿透,根据离子交换活性知道,最先泄漏出的是钠离子;在除盐系统中,为了除去水中 $\text{H}^+$ 以外的所有阳离子,强酸性离子交换器必须在有钠泄漏时停止运行(一般此时出水的酸度接近中性),并进行再生,如图1的a点位置,此点为钠离子穿透点。(2)阴床出水水质 由于离子交换除盐系统中阴床始终是阳床的后级,所以阴离子交换器的水质变化分2种情况:(1)阳床正常运行时,阴床先失效时的阴床出水水质 阴床出水水质见图2,b点以前几条曲线迅速下降,表明再生后正洗时,水中杂质迅速下降直至达到运行的出水水质标准,ba区间为稳定交换运行期,出水水质的pH值为7-9,电导率 $<5\mu\text{S}/\text{cm}$ ,含硅量(以 $\text{SiO}_2$ 计)为 $20\sim 50\mu\text{g}/\text{L}$ 。运行至a点后,阴床开始失效,但阳床仍在正常运行。此时,阴床由于酸泄漏,故阴床出水的pH值下降;与此同时,阴床出水中的硅含量和电导率增加。(2)阳床先失效时,阴床出水水质 复床系统运行到a点,阳床开始失效,但阴床仍在正常运行(见图3)。

此时阳床漏出的 $\text{Na}^+$ 流经阴床,在阴床的出水中含有 $\text{NaOH}$ ,使阴床出水的pH值升高,并对强碱性阴树脂对 $\text{HSiO}_3^-$ 的吸附产生干扰作用,使出水的含硅量增加,其反应为:

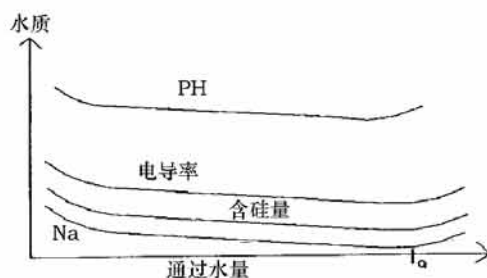
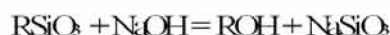


图3 阳床先失效时阴床出水水质

### 4 结论和改进方法

当阳床接近失效时,水中 $\text{Na}^+$ 的含量逐渐增加,从而影响阴离子交换器,在对纯化水水质要求不是很高时(如医药行业等),可以通过控制阳床出水的酸度(母管制)和阴床的出水电导(一级复床)来控制阳床的失效。由于阳床产水中溶解有 $\text{CO}_2$ ,未经过排除进入阴床,在阴床中与 $\text{OH}^-$ 反应,影响阴床处理能力,因此,可以在阳床和阴床之间加装除碳器。

由于 $\text{HCO}_3^-$ 一般在阳床中已经去除,加之电导率对 $\text{OH}^-$ 较敏感,因此在对于对将硅作为非检测项目的行业(如医药行业等),可以通过检测阴床的出水电导来控制阴床的失效。

离子交换的硅泄漏是世界性的难题,实践证明:采用双阴床+混床的离子交换系统对于控制硅泄漏十分有效。

### 参考文献

- 1 中国生物制品规程,2000
- 2 中华人民共和国国家标准,电子级水规格和实验方法,GB T11446 I-1997
- 3 闻瑞梅,王在忠编著,高纯水的制备及检验技术,北京:科学出版社,1999
- 4 周本省,工业水处理技术,北京:化学工业出版社

(下接第71页)

Track:

4~5亿美元:Nikon, Spectris Plc, Roche( Applied Science), Beckman Coulter, Sartorius, Roper;

3~4亿美元:Eppendorf, Qiagen, SPX Kendro, Carl

Zeiss, Affymetrix, Coming;

2~3亿美元:Ametek, Bruker Biosciences, Diconex, Horiba, Barloworld, Bruker Biospin, Smiths Detection, ABB, Becton Dickinson, Foss, MDS Sciex.

译自"Instrumenta" July 2005, Vol 22, No 6/7