

海水淡化反渗透系统预处理工艺和进水管线的加氯

简介

美国海德能公司的海水淡化膜已在世界各地的海水淡化厂得到应用，到 2014 年，总产水量超过 370 万 m³/d。大量的工厂运行数据表明，膜系统能可靠地提供高品质产水。然而，有些工厂的膜系统污染速度较快，主要与原水水质特点和预处理方式有关。预处理方式有很多，包括海滩打井过滤、絮凝沉降、砂滤或多介质过滤、保安过滤、微滤、超滤等。许多预处理工艺采用加氯来控制微生物生长，有些现场还用加氯来控制进水管线中的微生物。聚酰胺膜元件会被氯氧化降解。美国海德能公司要求 RO 系统的进水余氯含量为零。如果前面工艺中有加氯杀菌，RO 系统前必须加入还原剂，且有足够的混合时间，以便能全部发生氧化还原反应，使 RO 进水中不含余氯。

虽然余氯能有效控制管路和设备的微生物滋生，在许多工厂还是发现了 RO 膜和膜壳明显受到微生物污染。这种现象是因为余氯一旦被去除，微生物重新开始生长。生物污染会造成水厂更长地停机时间，进水压力高带来的高运行成本，化学药品用量增加，膜使用寿命缩短，产水水质变差。

现阶段的研究

近期的研究展现了膜法海水淡化系统微生物污染的原因和控制的新观点。Saeed, Jamaluddin 和 Tisan¹在一篇论文中研究了投加絮凝剂的最佳位置选择；投加还原剂的最佳位置选择，加氯/脱氯工艺的中止等。总的来说，研究表明只要有余氯存在，就可以防止管道和设备的微生物生长且延缓生物膜的形成；但是，一旦余氯被还原，微生物马上迅速地重新生长。这表示微生物并没有被氯杀死。微生物的生长速度在加氯和脱氯之后，比未经加氯的原水还快。这是因为经氯降解的有机物为微生物的生长提供了营养源²。该研究还表明，当营养被消耗之后，微生物的生长速度放慢。例如紧跟在脱氯步骤后面的工艺，生物膜的形成速度远高于工艺中远离脱氯步骤的部位。因此，脱氯点必须在保证控制整套设备的生物污染得到控制的基础上，**尽可能地远离膜元件**。如果没有加氯和脱氯过程，膜内生物膜的形成会更慢，膜系统的压降也会降低 33%。他们得出的结论是加氯过程增强了微生物滋生，可能导致膜内形成生物膜。然而作者在研究了取水管线中的生物膜情况时，认为需要在取水管线中加氯。

对于具体的水源，微生物生长的速度取决于水温、有机营养、进水 pH 和其它影响因素。因此持续地加氯/脱氯、间歇性加氯/脱氯或是完全不加氯等工艺均可用到，根据水厂的现场情况而变化。有些现场表明每一到两周加氯一次能控制取水管线的微生物³，其它工厂发现不加氯运行的更好⁴。

美国海德能公司的经验

美国海德能公司有海水淡化膜元件运行在没有加氯/脱氯的预处理之后。这些海水淡化厂在南欧和地中海地区，没有明显的微生物污染问题。在某些情况下，不加氯能提高系统性能。以前美国海德能建设和运行的海水淡化厂⁵就没有连续地加氯。系统设计时包括加氯装置，但只有在监测到生物污染迹象时才投加。这些现象包括：系统内的细菌量的增加、压差的增加、膜壳内表面细菌粘泥的出现等。初期级别的微生物污染可以通过给水管线上的间歇式加氯，或者整个系统采用非氧化性杀菌剂来去除。长期经验表明上述预处理方法能有效降低污染速度，而且可以避免膜被氧化而损坏的风险。

总结

- 高水温、高有机物浓度、加氯后有机物降解等会加剧生物污染。
- 间歇性加氯/脱氯 或不加氯可以作为许多海水淡化厂的另一种技术选择。美国海德能公司的膜元件有这方面的成功应用经验。
- 每个现场都需独立进行加氯/脱氯工艺的评估。如果系统需要连续或间歇性加氯，脱氯步骤（加还原剂）应尽可能地远离 RO 系统。
- 去除微生物的营养源可以减少微生物生长和膜污染。对于高有机物含量的水源，重要的是有效的絮凝和过滤。
- 有加氯/脱氯工艺的用户必须确保 RO 进水的余氯为零。本文的信息仅供技术性参考。美国海德能公司不担保采用或不采用加氯/脱氯工艺的系统性能。

¹ “Biofouling in a Seawater Reverse Osmosis Plant on the Red Sea Coast, Saudi Arabia” by M.O. Saeed, A.T. Jamaluddin, I.A. Tisan, Proceedings of the IDA World Congress on Desalination, San Diego, CA, Volume II, Pages 207-221, 1999.

² “Biofouling Status of the Saline Water Conversion Corporation (SWCC) Reverse Osmosis (RO) Plants in the Kingdom of Saudi Arabia, A Consultancy Report”, by H. Winters, 23, 1994.

³ A. Hamida and I. Moch Jr., The International Desalination and Water Reuse Quarterly, 6/3 (1996) 40-44.

⁴ “New Technology to control Biofouling”, I. Moch Jr., A. Ben Hamida, H. Pohland, Proceedings of the IDA World Congress on Desalination, Abu Dhabi, UAE, Vol. IV, 59-72, Nov. 18-24, 1995.

⁵ “Operating results and economics of single stage and two stage large size seawater RO systems”, S. Kremen, M. Wilf and P. Laverty, Desalination, 82 (1991) 15 - 30.