

Spectra/Gel®离子交换树脂 高效去除饮用水中的砷

简介

在全球大多数地区，饮用水中的砷（As）污染都是严重的环境安全问题，其是重要的致癌物质，大面积的水体 As 污染，甚至可能使疾病出现“流行”现象。2001 年，EPA 将饮用水中 As 的最高污染水平定为 50ppb，近年来，该值又逐步下调到了 10ppb。

水中的 As 主要以 As (III) 或 As (V) 形式存在，As 的不同化合价状态及所形成的化合物具有不同毒性和流动性，As (III) 盐的毒性是 As (V) 盐的 4-10 倍，不同方法对两者的清除效果亦有较大差别。目前，已经有一些方法用于 As 的去除，比如聚沉之后过滤清除，或者将 As 吸附到金属氧化剂（如活性氧化铝）后去除。离子交换树脂也常用于饮用水中 As 的去除，因树脂可良好再生，所以该方法相比其它技术，更为经济，其操作也更为简单，无需特殊前处理，从而避免了样品保存过程对 As 物质的影响。

但离子交换树脂对 As 的清除效果受诸多因素的影响，比如 pH、氧化还原电位、反应时间、As 的氧化状态以及吸附剂的类型等。本文测试了 Spectra/Gel 离子交换树脂对水溶液中 As(As(III) 和 As (V)) 的清除效果，以及不同因素对处理结果的影响，包括 pH、吸附容量以及时间等。

实验

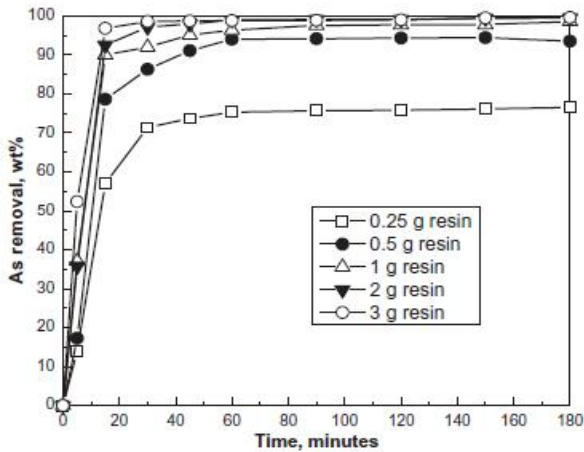
实验使用强碱阴离子交换树脂 Spectra/Gel IE 1×8（产品编号 122080；珠体尺寸：75-150μm；交联率 8%；吸附容量 1.2meq/ml），树脂以苜三甲基铵基团为交换位点，以 Cl⁻ 形式供货。As (III) 和 As (V) 分别采用亚砷酸钠 (NaAsO₂) 和七水砷酸氢二钠 (Na₂HAsO₄·7H₂O)。



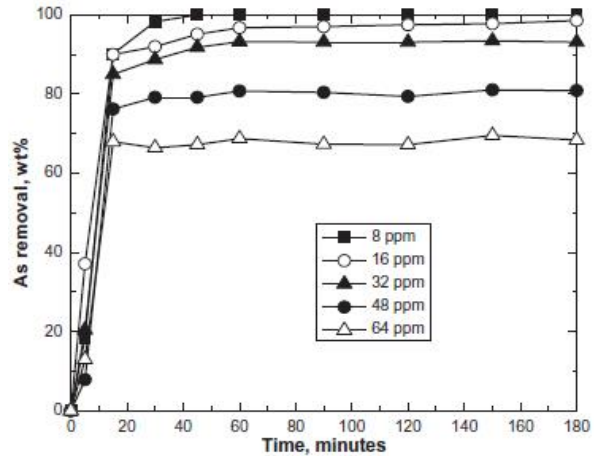
批量吸附实验在 500mL 烧瓶内搅拌进行，分别测试在不同砷浓度 (8ppm-64ppm)、不同树脂浓度 (0.25g/L-3g/L) 以及不同 pH 条件下的吸附清除结果，反应时间设定为 180min，间隔取样，以 0.2μm 针头式滤器过滤后，以电感耦合等离子体发射光谱仪测定 As 浓度。实验结束后，以 2M NaCl 洗脱树脂上吸附的 As，并以双蒸水漂洗树脂。

结果

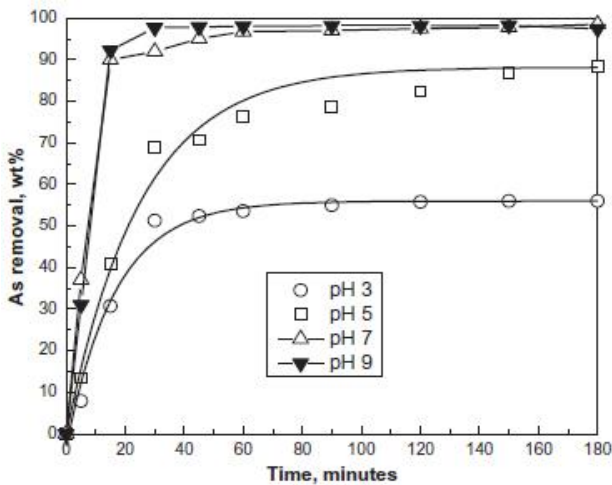
Spectra/Gel 离子交换树脂对 As (V) 的吸附效果极佳，且随 pH 的升高而升高，在 pH 7 条件下处理 90min，清除率可达 97.8%，而在 pH 9 条件下处理 30min，清除率即可达 99.2%，但进一步增加 pH 值，清除率增加不明显，而在较低 pH 条件下 (pH 3 或 5)，清除率最高仅为 51%及 85%。树脂的含量也会影响 As (V) 的清除，虽然最终清除率差异不明显，但可显著降低处理时间，同样达到 99.2%的清除率，使用 3g/L 的树脂浓度，处理用时约为 1g/L 树脂的 1/5。此外，As (V) 的起始浓度也会影响清除率，浓度越低，清除率越高，说明树脂的吸附能力受其表面位点的限制，但也从另一个侧面说明，树脂在极低污染浓度下也可起到极佳的清除效果。



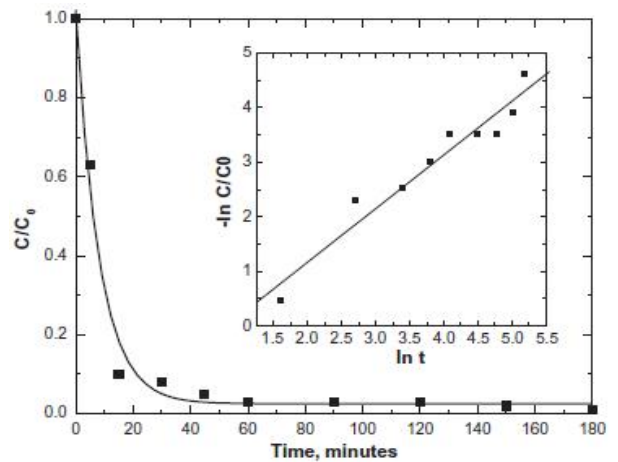
不同 Spectra/Gel IE 1×8 树脂浓度对 As (V) 的吸附行为的影响, As (V) 浓度 16ppm, pH 9



Spectra/Gel IE 1×8 对不同 As (V) 起始浓度样品的吸附行为, pH 9, 树脂浓度 1 g/L

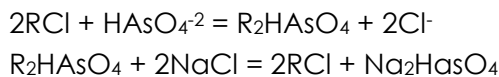


Spectra/Gel IE 1×8 在不同 pH 条件下对 As (V) 的吸附行为, As (V) 浓度 16ppm, 树脂浓度 1 g/L



Spectra/Gel IE 1×8 树脂吸附 As (V) 的动力学曲线, As (V) 浓度 16ppm, pH 9, 树脂浓度 1g/L

Spectra/Gel 离子交换树脂清除 As (V) 的过程可描述如下: 含有 As (V) 的样品通过 Cl⁻¹ 形式树脂床, Cl⁻¹ 与 HAsO₄⁻² 离子交换, 形成 HAsO₄⁻² 形式树脂。处理结束后, 使用 NaCl 即可使树脂再生。



但树脂对 As (III) 的吸附性较差, 最高仅为 10%, 其原因可能是亚砷酸与砷酸结构的差异, 砷酸根上的双键氧相对容易离子化, 形成负电荷, 亦即砷酸

的电离常量显著低于亚砷酸, 而吸附反应的关键在吸附位点与可溶性带电粒子之间的离子交换。但这种现象可通过调节溶液的氧化还原电位 (Eh) 和酸碱度 (pH) 来调节, 即实现 As (III) 和 As (V) 的转化, 从而实现总体 As 的清除。

讨论

强碱阴离子交换树脂 Spectra/Gel IE 1×8 可有效用于水中 As (V) 的清除, 反应过程符合准一级反应动力学, 且使用 2M NaCl 可有效再生树脂, 并洗脱吸附的 As。