

改性沸石和铁粉的复合材料处理水中六价铬的研究

杜珮雯,党宏钰,张永祥* (北京工业大学建筑工程学院,水质工程与水环境恢复工程北京市重点实验室,北京 100124)

摘要: 利用海藻酸盐的凝胶化将零价铁粉固定于改性沸石表面,制得复合材料,以期在保留改性沸石的吸附性的同时增加铁粉的还原性.复合材料的扫描电镜图片可以看出铁粉分散嵌于海藻酸钙薄层,同时海藻酸钙不会阻碍 Cr(VI)与改性沸石的接触.实验考察材料去除水中 Cr(VI)性能,结果表明:复合材料,改性沸石,铁粉的除 Cr(VI)效率分别为:74.1%,38.4%,9.1%,这得益于改性沸石和铁粉相互的协同作用.对反应后复合材料进行 XPS 检测,其表面含有 Cr^{3+} , Cr^{6+} 表明了材料吸附能力同时还具有还原性.并且对 Cr(VI)去除的现象能用伪二级吸附动力学方程描述.平衡吸附量 q_e 和反应速率常数 k 呈相反的变化趋势.铁粉含量为 5.4%的材料性能较好: q_e 为 0.96mg/g, k 为 0.011g/(mg·h);在 Cr(VI)浓度为 70mg/L 时,上述铁含量的复合材料仍具有较高的处理性能,其 q_e 和 k 分别为 1.29mg/g, 0.0094g/(mg·h).

关键词: 改性沸石; 零价铁; 六价铬

中图分类号: X703.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2015)05-1384-07

Kinetic study for removal of soluble Cr(VI) by prepared surfactant-modified zeolites supported zero-valent iron composite. DU Pei-wen, DANG Hong-yu, ZHANG Yong-xiang* (College of Civil Engineering and Architecture, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China), *China Environment Science*, 2015,35(5): 1384~1390

Abstract: Based on the sol-gel transition property of sodium alginate, a kind of composite that: zero valent iron (ZVI) powder was immobilized on the surface of SMZ was prepared so that the composite would have both the adsorption capacity of SMZ and the reducibility of ZVI. The composite was scanned by scanning electron microscope, which indicated that iron powder was uniformly entrapped in a thin calcium-alginate film on the SMZ surface, besides the film did not impede the contact between Cr (VI) and SMZ. The batch experiments aimed to test the capability of removing soluble Cr (VI) by the composite and showed that: removal efficiency of composite, SMZ, ZVI was 74.1%, 38.4%, 9.1%, respectively. The reacted composites was also scanned by X-Ray photoelectron spectrometer (XPS), it revealed that Cr^{3+} , Cr^{6+} were both on the surface of the composite, which verified the composite owned the adsorption and the reducing ability. The reaction between the composites and Cr (VI) can be expressed by pseudo-second order kinetic model. The changing trend of q_e and k was opposite. The composite with a 5.4% iron content showed better performance: its q_e was 0.96mg/g, and k was 0.011g/(mg·h). And it still showed good performance when the concentration of Cr (VI) was 70mg/L. It has a q_e of 1.29mg/g, and a k of 0.0094g/(mg·h).

Key words: surfactant-modified zeolites; zero-valent iron; hexavalent chromium

铬广泛应用于炼钢,电镀,制革,木材防腐等生产工艺中^[1],工艺中产生的铬渣不合理的处置将导致地下水污染^[2].六价铬是已被证实的“三致”污染物,会引起一系列的健康问题^[3],所以对六价铬污染的地下水进行修复是刻不容缓的.

很多研究致力于找到一种合适的通过吸附去除六价铬的材料^[4].天然沸石具有优越的水力特性,较高阳离子交换能力^[5],廉价、易得性^[6],使其成为合适的渗透反应墙填料用以吸附水中的

阳离子污染物^[7],但是它对阴离子几乎没有吸附性^[8].用表面改性剂十六烷基三甲基溴化铵(HDTMA-Br)对沸石改性能提高它的阴离子交换能力^[9].从而使其对六价铬离子: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, CrO_4^{2-} , HCrO_4^- 具有吸附性.

此外,许多研究者用原位修复的方法,用零价

收稿日期: 2014-09-24

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2011BAC12B00)

* 责任作者, 教授, yxzhang@bjut.edu.cn

铁 PRB 将六价铬还原为三价铬是一种有效的修复手段^[10]。同时研究表明^[15], 零价铁粉粒径的降低有助于提高零价铁粉的处理效果。然而, 当所用的铁的粒径小于渗透反应墙填料的空隙时, 会随水流失^[16]。

海藻酸盐是一种常见于细胞培养过程中对生物组织无毒性的支撑材料^[17], 通过其与钙离子的凝胶化反应^[18], 纳米铁、活性炭, 被嵌于海藻酸钙中并成功用于去除水中的污染物^[19-20]。还有研究者通过海藻酸钠, 在棉纤维上形成一层海藻酸钙薄层用以去除 Pb(II)^[21]。用这种固定方法, 将铁粉和改性沸石联合使用的研究并不多见。本文拟通过海藻酸盐的特性, 在改性沸石表面形成海藻酸钠层, 将微米级铁嵌于海藻酸钠中, 通过凝胶化反应, 从而将铁粉固定在改性沸石表面, 在保留改性沸石吸附性的同时, 增加铁的还原性同时解决零价铁粉的流失问题, 得到去除六价铬的复合材料, 并考察了所制备材料去除六价铬的动力学特性。

1 材料与方法

1.1 实验材料

沸石为天然斜发沸石, 容重为 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$, 零价铁粉粒径 200 目。分析纯十六烷基三甲基溴化铵 (HDTMA-Br), 海藻酸钠, 氯化钙, 重铬酸钾。

1.2 复合材料制备

1.2.1 沸石改性 用标准筛选出粒径为 1~2mm 的沸石, 用去离子水清洗至水清后, 放入烘箱 105°C 烘干, 冷却后备用。将备用沸石放入用去离子水配制 $18\text{g}/\text{L}$ 的 HDTMA-Br 溶液中, 使沸石处于淹没状态。在 25°C 的恒温振荡摇床中 $150\text{r}/\text{min}$ 改性 24h, 使 HDTMA-Br 与天然沸石的反应足够达到平衡^[6]。用去离子水清洗改性后沸石 5 遍, 放入烘箱 105°C 烘干, 冷却后得到改性的斜发沸石。

1.2.2 零价铁粉固定 将铁粉加入的 $20\text{g}/\text{L}$ 的海藻酸钠溶液中, 充分搅拌均匀, 形成铁粉与海藻酸钠溶液的混合物。将备用改性沸石按 3 倍海藻酸钠溶液体积投入上述混合液中^[22], 充分搅拌, 使铁粉与海藻酸钠溶液的混合物均匀分散在改性沸石表面。将制得的铁粉、海藻酸钠溶液和改

性沸石混合物缓慢抖倒入 $20\text{g}/\text{L}$ 的 CaCl_2 溶液中, 用 CaCl_2 溶液浸泡混合物 24h, 使海藻酸盐的凝胶化过程有充足时间发生^[18], 铁粉就能均匀嵌于改性沸石表面的海藻酸钙薄层中。使用前用 $0.1\text{mol}/\text{L}$ 的稀盐酸搅拌清洗, 以去除并未嵌入牢固的铁粉, 再用蒸馏水清洗至中性即可使用。

1.3 复合材料、改性沸石和零价铁性能对比试验

以上述方法, 用 36g 铁粉, 144g 沸石(初始铁含量 20%)及 30mL 海藻酸钠溶液制得复合材料。向 3 个具塞广口瓶盛装的 500mL 重铬酸钾 ($50\text{mg}/\text{L}$) 溶液中分别投加复合材料, 及与材料中所含质量相等的改性沸石, 零价铁, 将其置于 25°C 、 $100\text{r}/\text{min}$ 的恒温摇床中, 定时测量广口瓶中六价铬的浓度。铁含量 = 铁粉质量 / (铁粉质量 + 改性沸石质量)。

1.4 复合材料制备方法可靠性检验

以上述方法, 初始投加铁粉的量使其含量分别为 5%, 10%, 30%, 制得复合材料, 检测复合材料中固定住零价铁的含量。以固定住的零价铁含量与初始投加铁粉含量的比值大小, 来确定制法是否可靠。

1.5 复合材料动力学拟合实验

1.5.1 不同铁含量的复合材料动力学拟合 向具塞广口瓶盛装的 500mL 重铬酸钾 ($50\text{mg}/\text{L}$) 溶液中分别投加含有等量改性沸石的不同零价铁含量复合材料, 置于 25°C 、 $100\text{r}/\text{min}$ 的恒温摇床中, 定时测量广口瓶中六价铬的浓度。

1.5.2 复合材料在不同初始铬离子浓度中的动力学拟合 向具塞广口瓶盛装 500mL 的不同浓度 (10, 30, 50, 70mg/L) 重铬酸钾溶液中分别投加等量复合材料, 置于 25°C 、 $100\text{r}/\text{min}$ 的恒温摇床中, 定时测量广口瓶中六价铬的浓度。

1.5.3 材料不同使用量的动力学拟合 向具塞广口瓶盛装 500mL、重铬酸钾 ($50\text{mg}/\text{L}$) 溶液中分别投加不同质量 (5, 10, 20, 30g) 复合材料, 置于 25°C 、 $100\text{r}/\text{min}$ 的恒温摇床中, 定时测量广口瓶中六价铬的浓度。

1.6 分析方法

水中 Cr(VI) 浓度的测定采用二苯基碳酰二

分光光度法;材料中固定住的铁含量采用间接法测定:用 5mLHCl:H₂O=1:1 的溶液和 5mLH₂O₂ 消解复合材料中的铁,再用邻二氮菲分光光度法测定滤液中的总铁的含量;材料表面形态检测采用扫描电子显微镜,型号为 Hitachi SU8020,元素分析采用 XPS 检测,型号为 ESCALAB 250 (ThermoFisher Scientific).

2 结果与讨论

2.1 复合材料表面形态

图 1 为天然沸石,改性沸石及复合材料表面形态.晶体状的自然沸石(图 1a)经过改性之后在表面形成很多突起,这是由于改性过程中当 HDTMA-Br 在天然沸石表面的浓度高于其临界胶团浓度时,就会在天然沸石表面形成稳定的双层或半胶团的形态^[6](图 1b).通过凝胶化在材料表面形成的海藻酸钙有较大空隙(图 1c-1),并不会阻碍六价铬与 HDTMA 和零价铁的接触.用本文方法,能使零价铁分散在改性沸石表面(图 1c-2).

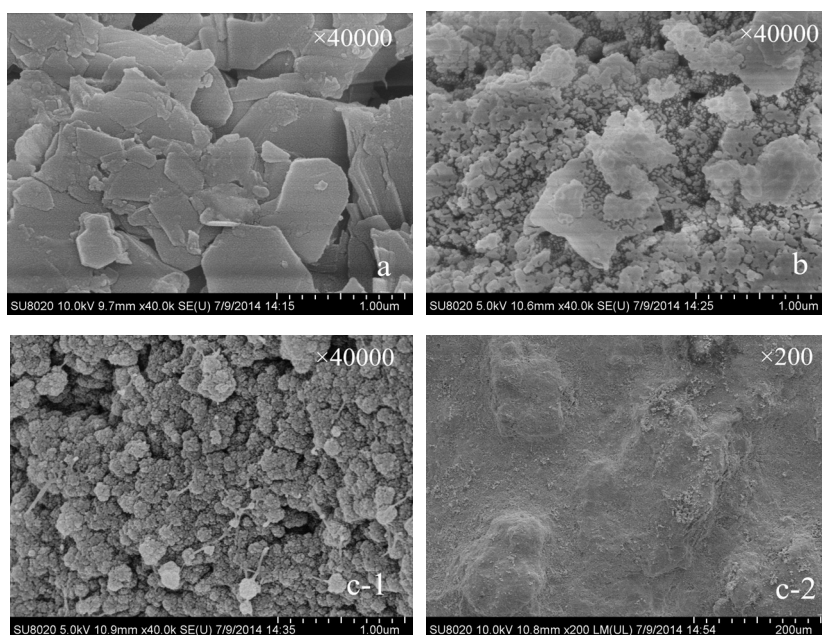


图 1 不同材料的扫描电镜图片

Fig.1 SEM image for different materials

a:天然沸石; b:改性沸石; c:复合材料

2.2 复合材料、改性沸石、零价铁性能对比

在摇床中震荡并未使复合材料表面的铁粉脱落.所用的复合材料制备时初始铁粉含量为 20%,最终测得固定住的铁含量为 8.6%.取 10g 复合材料,9.14g 改性沸石和 0.86g 零价铁分别投入重铬酸钾溶液中,对六价铬去除效率如图 2 所示,三者的去除率最终稳定于:74.1%,38.4%,9.1%,复合材料的去除率远远大于改性沸石与零价铁去除率之和,并且改性沸石的吸附式对六价铬去除

的主要作用.这主要是由于在复合材料表面,铁粉处于分散状态,能有效增多零价铁与溶液中六价铬的接触^[23].其次,改性沸石表面的 HDTMA 所带的正电,能够吸引更多重铬酸根到材料表面,有助于零价铁和六价铬之间的电子转移^[24].

2.3 反应过程探讨

取上述反应后的材料进行 XPS 分析,谱图用 C 1s 的峰位 284.5 校正.由图 3a 能够看到材料表面明显出现了铬元素,Cr 2p 窄谱主要由以

下 4 种物质拟合^[25]: Cr_2O_3 主要出现在结合能为 575.7、576.7、578.5eV 的位置, $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 出现在结合能为 577.3eV 的位置,铁铬的复合物: FeCr_2O_4 出现在结合能为 575.9 和 577.9eV 的位置, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 出现在结合能为 579.5eV 的位置.4 种物质含量由峰面积计算所得见表 1.由拟合结果可见,六价铬的去除既有还原作用,也存在直接吸附作用.并且由组分含量可知,还原作用占主要地位,该结果与图 2 所得结果不符,主要是由于 XPS 检测需要干燥样品,本次测试的样品是在氮气保护下加热干燥的,可能是在干燥的过程中,原本被吸附的六价铬被还原.

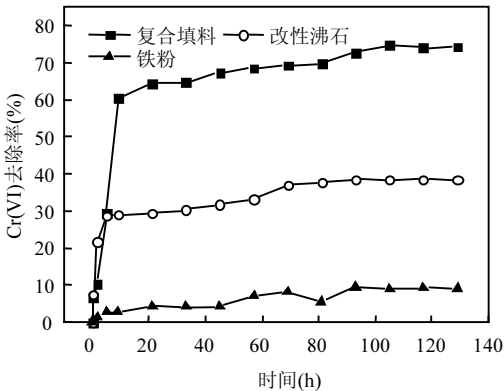


图2 复合材料,改性沸石和零价铁对六价铬的去除效率
Fig.2 Cr(VI) removal efficiency of composite, SMZ and ZVI

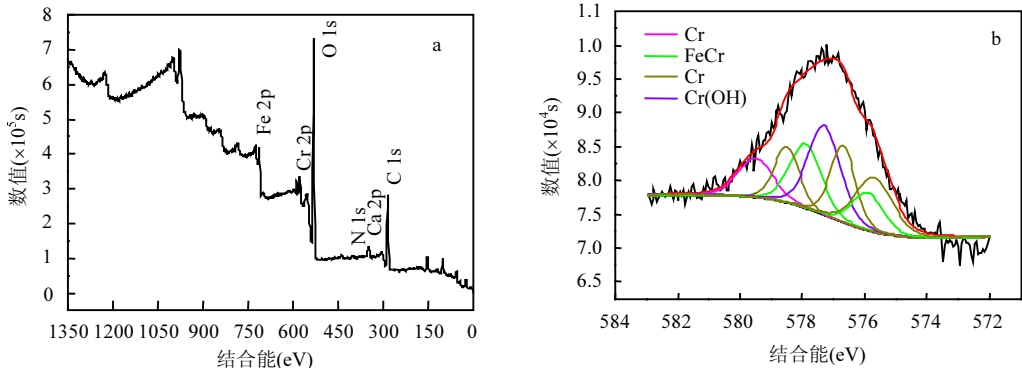


图3 反应后材料 XPS 检测
Fig.3 XPS analysis of the reacted composites
a:全谱;b:Cr 2p 窄谱

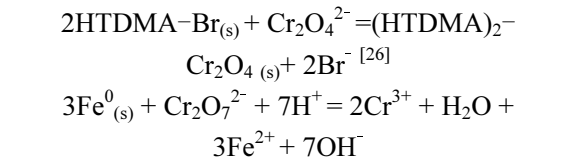
表 1 反应后复合材料表面 Cr 的存在形式及含量			
Table 1 State and percentage of Cr on the reacted composite			
组分	峰所在结合能(eV)	峰面积	含量(%)
Cr_2O_3	575.7	13325.75	15.8
	576.7	12497.17	14.8
	578.5	9112.658	10.8
$\text{Cr}(\text{OH})_3$	577.3	18926.78	22.6
FeCr_2O_4	575.9	7862.875	9.3
	577.9	13421.18	16.0
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	579.5	9038.883	10.7

2.4 复合材料制备方法的可靠性
按照本文方法,在制备时,以不同的初始铁粉含量(5%,10%,20%,30%),得到的复合材料的

固定住的铁粉含量分别为 :1%,5.4%,8.6%,21.3%.固定住的零价铁含量与初始投加铁粉含量的比值分别为 :0.4,0.54,0.43,0.71.能看出固定住的铁粉含量相比于制备时的铁粉含量比较低,几乎有一半的铁粉并未能牢固嵌入复合材料表面的海藻酸钙薄层中.主要原因是改性沸石与分散有零价铁的海藻酸钠溶液混合搅拌时,HDTMA-Br 会与海藻酸钠溶液中的水反应,会产生极多的直径约为 2mm 的气泡,从而阻碍部分铁粉与海藻酸钠的良好接触,在最终凝胶化过程中使得这部分铁粉并未牢固嵌于海藻酸钙薄层中.

2.5 动力学拟合
本实验不考虑后续 Cr^{3+} 与氧化态铁的复杂

反应的情况下,Cr(VI)的去除主要有以下反应:



$\text{Cr}_2\text{O}_4^{2-}$ 以离子交换的形式被吸附同时被还原为 Cr^{3+} ,由于主要考察 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的浓度变化,可将 Cr(VI) 被还原视为化学吸附处理.尽管影响 $\text{Cr}_2\text{O}_4^{2-}$ 去除的影响因子包括 pH 值,温度等,整个过程仍可用常用来描述化学吸附的伪二级动力学模型表示^[8,27],其表示式为:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{kq_e^2} + \frac{1}{q_e}t$$

式中: k 是反应速率常数, $\text{g}/(\text{mg}\cdot\text{h})$; q_e 是理论平衡吸附量, mg/g ; q_t 是 t 时刻被复合材料吸附的量, mg/g .

通过用 t/q_t-t 的拟合曲线可以得到复合材料去除 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的 k, q_e .

2.5.1 不同铁含量的复合材料的动力学拟合 不同铁含量的复合材料动力学拟合曲线见图 4a,拟合参数见表 2.铁含量为 1%和 21%的复合材料反应速度快,分别是由于 Cr(VI) 浓度较高,铁粉足量;但是二者 q_e 并不高,对于 1%的复合材料是由于其铁含量有限,而 21%的复合材料并未反应完全.5.4%和 8.6%的复合材料反应速度相对较慢,但是其反应完全的程度较高所以其 q_e 相对较高.5.4%的复合材料反应速度比 8.6%的复合材料反应速度快,但是 q_e 并未减小很多,在实际使用过程中,应尽量在制备过程中减少铁粉的使用量,同时使复合材料 q_e 和 k 较大.因此,铁粉含量为 5.4%的复合材料性价比最高,下述拟合便选其为实验对象.

表 2 不同铁含量的反应动力学拟合参数表

Table 2 Fitting parameter for different iron contents

铁含量(%)	$q_e(\text{mg}/\text{g})$	$k[\text{g}/(\text{mg}\cdot\text{h})]$	R^2
1.0	0.68114787	0.022282359	0.95412
5.4	0.95942588	0.011075878	0.99499
8.6	1.013859459	0.009832714	0.94485
21	0.799891215	0.01864404	0.91067

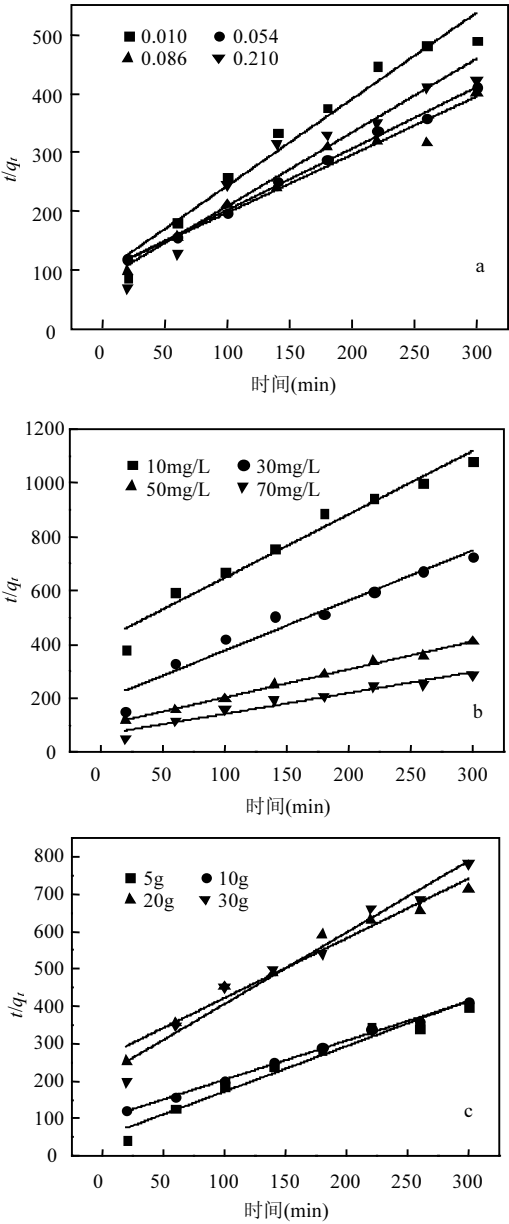


图 4 t/q_t-t 的拟合曲线

Fig.4 t/q_t-t fitting curve

a:不同零价铁含量的复合材料;b:不同初始 Cr(VI)浓度下的复合材料;c:复合材料不同投加量

2.5.2 不同初始 Cr(VI)浓度下的复合材料的动力学拟合 图 4b 所示为 10g 铁粉含量为 5.4%的复合材料与不同 Cr(VI) 浓度反应的动力学拟合曲线.随着 Cr(VI) 浓度的上升, q_e 值逐渐上升.表 3 与表 2 对比可发现, Cr(VI) 的浓度对于反应的影响更明显,在 Cr(VI) 浓度升高的过程中促使反应向正向移动.

尤其是Cr(VI)的浓度为70mg/L, q_e 较大同时反应速率并未减小太多.这证明了所制的复合材料对高浓度Cr(VI)污染去除的有效性和快速性.

表 3 不同 Cr(VI)初始浓度的反应动力学拟合参数
Table 3 Fitting parameter for different initial Cr (VI) concentrations

Cr(VI)浓度(mg/L)	q_e (mg/g)	k [g/(mg·h)]	R^2
10	0.424124184	0.013498521	0.95913
30	0.53636271	0.018282569	0.94254
50	0.95942588	0.011075878	0.99499
70	1.289523908	0.009407192	0.93885

2.5.3 不同复合材料投加量的动力学拟合 图4c所示为铁粉含量为5.4%的复合材料以不同投加量反应的动力学拟合曲线.表4所示的 q_e 和 k 的变化情况与表所以类似.投加量为5g和30g的复合材料反应速度快,分别是由于Cr(VI)含量较高,复合材料足量.投加量为20,30g时的 q_e 较低,但是其去除的总量仍在增加,表明投加量的增多也是促使反应向正向移动.在这一点上,与表对比可知,铁含量的增加对于 q_e 的影响则有限,并不是铁粉含量越高越好.

表 4 不同投加量的反应动力学拟合参数
Table 4 Fitting parameter for different using doses

投加量(g)	q_e (mg/g)	k [g/(mg·h)]	R^2
5	0.822875951	0.029345419	0.96143
10	0.954626598	0.011131587	0.99499
20	0.626209367	0.009722397	0.96137
30	0.522048728	0.017128823	0.96618

3 结论

3.1 用海藻酸盐包覆零价铁粉能解决其流失问题,并能将铁粉较分散固定在复合材料表面,同时保留了改性沸石的吸附能力.所得复合材料去除Cr(VI)的能力远超出改性沸石和铁粉的去除能力.

3.2 复合材料去除Cr(VI)的实验现象能用伪二级反应动力学方程描述.铁粉含量为5.4%的复合材料具有较高的 q_e 和 k ,同时在Cr(VI)浓度较高时复合材料仍有较好的去除能力.

3.3 影响复合材料与Cr(VI)的反应因素较多:pH值,温度等,本实验并未完全考察.同时复合材料通过离子交换吸附和还原去除Cr(VI)的数量并不清楚.为了在实际中更好的使用复合材料,应解决以上问题.

参考文献:

[1] Fonseca B, Pazos M, Tavares T, et al. Removal of hexavalent chromium of contaminated soil by coupling electrokinetic remediation and permeable reactive biobarriers [J]. Environmental science and pollution research international, 2012,19(5):1800-1808.

[2] 朱文会,王兴润,董良飞,等.实验条件对固定化铁粉填料除Cr(VI)特性的影响 [J]. 环境工程, 2013,31(增刊):175-178.

[3] Cieslak-Golonka M. Toxic and mutagenic effects of chromium (VI) [J]. Polyhedron, 1996,15(21):3667-3918.

[4] Bajda Tomasz, Kłapyta Zenon. Adsorption of chromate from aqueous solutions by HDTMA-modified clinoptilolite, glauconite and montmorillonite [J]. Applied Clay Science, 2013,86:169-173.

[5] Mier M V, Callejas R L, Gehr R, et al. Heavy metal removal with mexican clinoptilolite: multi-component ionic exchange [J]. Water Research, 2001,35(2):373-378.

[6] Chutia P, Kato S, Kojima T, et al. Adsorption of As (V) on surfactant-modified natural zeolites [J]. Journal of Hazardous Materials, 2009,162(1):204-211.

[7] Bowman R S. Applications of surfactant-modified zeolites to environmental remediation [J]. Microporous and Mesoporous Materials, 2003,61(1-3):43-56.

[8] Du G X, Li Z H, Liao L B, et al. Cr (VI) retention and transport through Fe (III)-coated natural zeolite [J]. Journal of Hazardous Materials, 2012,221:118-23.

[9] Haggerty G M, Bowman R.S. Sorption of chromate and other inorganic anions by organo-zeolite [J]. Environmental Science and Technology, 1994,28(3):452-458.

[10] Mojdeh Owlad, Mohamed Kheireddine Aroua, Wan Ashri Wan Daud, et al. Removal of hexavalent chromium-contaminated water and wastewater: A Review [J]. Water, Air, and Soil Pollution, 2009,200(1-4):59-77.

[11] 秦泽敏,董黎明,刘平,等.零价纳米铁吸附去除水中六价铬的研究 [J]. 中国环境科学, 2014,34(12):3106-3111.

[12] 聂宁,丁远昭,李喜青.制备斜发沸石和零价铁复合材料处理水中的六价铬污染 [J]. 中国环境科学, 2013,33(3):443-447.

[13] 张珍,沈珍妙,范天恩,等.腐植酸对nZVI去除水中Cr(VI)的抑制及抑制作用的消除 [J]. 中国环境科学, 2013,33(1):63-68.

[14] 朱文会,王兴润,董良飞,等.海藻酸钠固定化Fe-Cu双金属去除Cr(VI)的作用机制 [J]. 中国环境科学, 1965-1971.

- [15] 李铁龙,刘海水,金朝晖,等.纳米铁去除水中硝酸盐氮的批试验[J]. 吉林大学学报(工学版), 2006,36(2),264-268.
- [16] Qian Ao, Liao Peng, Yuan Songhu, et al. Efficient reduction of Cr (VI) in groundwater by a hybrid electro-Pd process [J]. Water Research, 2014,48:326-334.
- [17] Anisha G S, Prema P. Cell immobilization technique for the enhanced production of α -galactosidase by *Streptomyces griseolalbus* [J]. Bioresource Technology, 2008,99(9):3325-3330.
- [18] Rocher V, Siaugue J M, Cabuil V, et al. Removal of organic dyes by magnetic alginate beads [J]. Water Research, 2008,42(4/5): 1290-1298.
- [19] Kim H, Hong H J, Jung J, et al. Degradation of trichloroethylene (TCE) by nanoscale zerovalent iron (nZVI) immobilized in alginate bead [J]. Journal of Hazardous Materials, 2010,176(1-3): 1038-1043.
- [20] Dang Hongyu, Zhang Yongxiang, Peiwen Du. Enhanced removal of soluble Cr (VI) by using zero-valent iron composite supported by surfactant-modified zeolites [J]. Water Science and Technology, 2017,70(8):1398-1404.
- [21] Park Hyun Gyu, Chae Myeong Yun. Novel type of alginate gel-based adsorbents for heavy metal removal [J]. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 2004,79(10):1080-1083.
- [22] 王兴润,朱文会,王 琪.一种双金属高分子渗透反应墙填料及制备方法:中国, 102671614A [P]. 2012-09-19.
- [23] Shi Li-na, Zhang Xin, Chen Zu-liang. Removal of chromium (VI) from wastewater using bentonite-supported nanoscale zero-valent iron [J]. Water Research, 2011,45(2):886-892.
- [24] Yuan Peng, Fan Mingde, Yang Dan, et al. Montmorillonite-supported magnetite nanoparticles for the removal of hexavalent chromium [Cr(VI)] from aqueous solutions [J]. Journal of Hazardous Materials, 2009,166(2,3):821-829.
- [25] Biesinger Mark C, Payne Brad P, Grosvenor Andrew P, et al. Resolving surface chemical states in XPS analysis of first row transition metals, oxides and hydroxides: Cr, Mn, Fe, Co and Ni [J]. Applied Surface Science, 2011,257(7):2717-2730.
- [26] Warchol J, Misaelides P, Petrus R, et al. Preparation and application of organo-modified zeolitic material in the removal of chromates and iodides [J]. Journal of Hazardous Materials, 2006, 137(3):1410-1416.
- [27] Ho Y S, Mckay G. The kinetics of sorption of divalent metal ions onto sphagnum moss peat [J]. Water Research, 2000,34(3):735-742.

作者简介: 杜珮雯(1990-),女,江西新余人,北京工业大学硕士研究生,研究方向为地下水环境污染控制。

《二〇一五年循环经济推进计划》出台 将在京津冀长三角区域开展清洁生产审核

国家发展改革委日前印发《2015年循环经济推进计划》(以下简称《计划》),旨在贯彻落实《循环经济发展战略及近期行动计划》,扎实推进循环经济发展。

《计划》从5个方面提出了今年我国循环经济发展的相关任务和目标。

一是加快构建循环型产业体系.在抓好重点行业循环经济发展方面,《计划》要求,在京津冀、长三角等区域以及资源消耗大、污染防治任务重的行业开展清洁生产审核,实施清洁生产技术改造;在十大重点行业推行循环经济典型模式,构建循环经济产业链。

二是大力推进园区和区域循环发展.制定发布《园区循环化改造示范试点中期评估及考核验收管理办法》,完善园区循环化改造评估标准,对已实施循环化改造的部分园区进行中期评估.推进国家低碳工业园区试点,完善评价指标体系,加强对低碳工业园区建设指导,提升国家生态工业示范园区建设水平。

三是推动社会层面循环经济发展.要构建再生资源回收体系,提升再生资源利用产业化发展水平.实施绿色建筑行动,推进建筑节能降碳以及建筑垃圾资源化利用。

四是推行绿色生活方式.向全社会传播循环经济理念.推行绿色采购,严格执行强制或优先采购节能环保产品制度,制定相关实施细则,提高节能、节水、再生利用产品的比重。

五是强化组织保障.要完善法规规章,健全标准和认证体系,构建统计评价体系,加强政策引导和支持,增强技术支撑,强化监督管理。

摘自中国环境报

2015-04-21