

DOI: 10.7524/j.issn.0254-6108.2014.06.011

生物可降解络合剂 [S,S]-乙二胺二琥珀酸改性蛭石和活性炭及其对 Fe(II) 的吸附性能^{*}

史海波 祝建中^{**} 陈胜鲁 吉栋梁 曹 阳 陈冠寰

(河海大学浅水湖泊综合治理与资源开发教育部重点实验室及河海大学环境学院, 南京, 210098)

摘 要 提出将 Fe(II) 离子吸附络合稳定于活性炭、蛭石表面, 再与 H₂O₂ 组成新的非均相 Fenton 反应体系, 通过加热、煮沸、干燥等简单的物理方法成功地将螯合剂 EDDS([S,S]-乙二胺二琥珀酸) 修饰到蛭石和活性炭表面, 对蛭石和活性炭进行改性. 主要研究了包括 pH、温度、初始浓度、反应时间对材料吸附性能的影响. 研究表明, 在相同条件下 EDDS 改性可以提高活性炭和蛭石对 Fe(II) 离子的吸附容量, 溶液 pH、温度、初始浓度对吸附有较大影响. 吸附等温线的拟合结果表明, Fe(II) 离子在 EDDS 修饰的活性炭和蛭石上吸附行为符合 Langmuir 吸附, 其饱和吸附量都有所提高, 且具有较大的吸附系数, 这是由于修饰在活性炭和蛭石表面的 EDDS 和金属离子形成强烈的络合作用所致.

关键词 蛭石, 活性炭, 改性, Fe(II), 吸附.

Biodegradable chelant EDDS([S,S]-ethylenediamine disuccinic acid) modified vermiculite and activated carbon and their adsorption performance for Fe(II)

SHI Haibo ZHU Jianzhong^{**} CHEN Shenglu JI Dongliang CAO Yang CHEN Guanhuan

(Key Laboratory of Integrated Regulation and Resource Development on Shallow Lake of Ministry of Education,
College of Environment, Hohai University, Nanjing, 210098, China)

Abstract: In this paper, activated carbon and vermiculite were used to adsorb Fe (II) ions, to form a heterogeneous Fenton reaction system with H₂O₂. Modified vermiculite and activated carbon were prepared by coating chelating agent EDDS onto their surface with the simple physical methods like heating, boiling, drying. In the study, the influence of pH, temperature, initial concentration and reaction time on the adsorption performance of the material for Fe(II) were investigated. The results showed that EDDS improved Fe(II) ion adsorption capacity of both activated carbon and vermiculite. And pH, temperature and the initial Fe(II) concentration had a great influence on the adsorption capacity. Adsorption isotherm fitting results showed that adsorption behavior of the Fe(II) ion on the modified activated carbon and vermiculite materials conformed to the Langmuir adsorption. The adsorption capacity was improved with a large adsorption coefficient, attributing to the strong complexing action of the metal ions with EDDS modified onto the surface of the activated carbon and vermiculite.

Keywords: vermiculite, activated carbon, modified, Fe(II), absorption.

2013 年 9 月 23 日收稿.

^{*} 教育部留学人员回国启动基金(1061-51200312); 中央高校(河海大学) 基本科研业务费专项资金(B11020157); 江苏水利科技项目基金(1061-51146012); 江苏科技项目基金(1061-51334512) 资助.

^{**} 通讯联系人, Tel: 13739186298; E-mail: zhuhai2010@ hhu.edu.cn

高级氧化技术中的 Fenton 试剂法因其反应速率较快,反应时对温度和压力的要求较低,已在各种废水处理中得到广泛应用.但是传统的均相 Fenton 试剂法只在酸性条件下起作用,且反应结束后会生成大量 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,夹杂一部分混凝的有机污染物,构成含铁污泥,铁泥的处置成本较高,会对水体造成二次污染,同时难以在天然水体和土壤以及地下水的原位处理上发挥作用,这些缺点限制了均相 Fenton 法的进一步应用.为了克服以上缺点,一些研究者将铁离子或铁的氧化物负载到一定载体上,制备成不溶于水的催化剂,将其应用于非均相类 Fenton 体系进行各种废水处理,取得了较好的效果,如 Parra^[1] 等利用离子交换树脂(膜)负载铁(或铁络合物)组成多相类芬顿试剂, Kušić 等^[2] 利用沸石负载铁或铁络合物的多相类芬顿试剂.此外赵立谦^[3] 利用天然含铁矿物构成的类芬顿试剂处理地下水中的三氯乙烯污染.在此基础上李婷婷^[4] 研究了地下水中天然有机质对类芬顿试剂降解三氯乙烯的影响.

无机载体造价较低,很多天然无机材料经过简单活化处理均可作为非均相 Fenton 试剂法的载体,目前所报道的研究中,沸石、活性炭、活性 Al_2O_3 、分子筛、纤维、蒙脱石、硅胶、黏土等均为应用较广泛的无机载体.活性炭具有巨大的比表面积、发达的孔隙结构以及较好的化学稳定性和机械强度,已被广泛应用于金属离子的吸附中.如 Chen^[5-6] 等利用活性炭吸附废水中的 Cu^{2+} ; 赵梅青等^[7] 采用高锰酸钾氧化改性活性炭,以吸附 Cu^{2+} 为例,不仅缩短了吸附平衡所需要的时间,还明显改善了活性炭在吸附饱和后的解吸再生性能.蛭石有较高的层电荷数,因而具有较高的阳离子交换容量和较强的阳离子交换吸附能力,利用这一性质可以有效地吸附稳定重金属元素^[8-9].

络合剂在治理环境污染的问题中,发挥了其不可替代的作用^[10].无论是工业重金属离子废水的处理,还是受污染土壤的修复等,都不难发现络合剂的身影.由于络合剂能够强烈地与各种重金属离子发生络合反应,如 Cu、Pb、Zn 和 Cd 等,络合形成比较稳定的环状^[11],故其能够将重金属离子从溶液或土壤中抽取出来,从而能够治理一些环境污染问题.近年来,可生物降解络合剂 [S,S]-乙二胺二琥珀酸 ([S,S]-ethylenediamine disuccinic acid,简称 ED DS) 受到了广泛的关注^[12-13].研究^[14-15] 表明 ED DS 可以诱导植物修复重金属污染的土壤,在诱导植物修复重金属污染特别是 Cu 污染土壤中有很大的潜力,且环境风险较小.研究表明在络合反应中, FeY_2 -中 $\text{Fe}(\text{II})$ 很易被 H_2O_2 定量氧化为 $\text{Fe}(\text{III})$, H_2O_2 用量可以远远低于化学计算量,这可能是 H_2O_2 氧化 $\text{Fe}(\text{II})$ Y_2 -时诱导了氧气对 $\text{Fe}(\text{II})$ 的氧化作用^[16].这种诱导作用的存在,既可以减少 H_2O_2 用量,又能避免 H_2O_2 对螯合剂的氧化,控制 $\text{Fe}(\text{II})$ 的用量.

本文提出将 $\text{Fe}(\text{II})$ 离子吸附络合稳定于活性炭、蛭石表面,再与过氧化氢组成新的非均相 Fenton 反应体系,可以解决芬顿试剂在不含铁或含铁量很低的环境中处理效果低的问题.提高载体对 $\text{Fe}(\text{II})$ 离子的络合吸附容量,减少了铁泥的生成,不会造成水体的二次污染,同时利用络合诱导作用提高 H_2O_2 的效率,拓宽该方法的适用范围.采用加热、煮沸、干燥等简单的物理方法辅助 ED DS 对活性炭、蛭石进行有机化改性,主要研究了改性活性炭、蛭石对 $\text{Fe}(\text{II})$ 的络合吸附情况并与未改性的吸附材料进行比较分析.

1 实验部分

1.1 主要原料及仪器

试验仪器:UV-5200 型紫外/可见分光光度计(上海元析仪器有限公司); WHY-2 型数显水浴恒温振荡器(金坛市晶玻试验仪器厂); pB-10 酸度计(赛多利斯科学仪器有限公司); AUY120 电子天平(日本东京岛精制造所); 移液枪(大龙); DZF-6050 真空干燥箱(上海精宏实验设备有限公司).

原料及试剂:盐酸羟胺、邻菲罗啉、 $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 、NaAC、HCl、乙醇、ED DS([S,S]-乙二胺二琥珀酸)、天然蛭石、活性炭.

1.2 改性活性炭、蛭石的制备

活性炭、蛭石的预处理:将蛭石分别通过 20 目、32 目方孔筛,得粒径范围 0.5—0.9 mm 的蛭石颗粒,同样,活性炭在研钵中进行研磨后过方孔筛(20 目和 32 目),得到粒径 0.5—0.9 mm 的活性炭颗粒.所得活性炭和蛭石颗粒,用去离子水反复冲洗多次,烘干备用.

活性炭、蛭石的改性处理:取 2 个 100 mL 小烧杯,分别加入 10 g 活性炭和蛭石,然后各加入 50 mL

0.05 mol·L⁻¹的EDDS溶液,充分搅拌,并用电炉加热煮沸2 h后,在室温条件下放置12 h,随后把两种材料用去离子水充分清洗,最后将材料放入烘箱,于105℃下烘干后备用,并将所得材料分别记为G-活性炭和G-蛭石。

1.3 含Fe(Ⅱ)溶液的处理方法

量取一定浓度的Fe(Ⅱ)溶液25 mL于锥形瓶中调节溶液的pH值到6左右,加入准确称量的吸附剂,锥形瓶放入摇床中,调节水温,转速控制在130 r·min⁻¹.反应进行24 h后取出三角瓶,将溶液过滤后测定其吸光度.研究溶液的pH、溶液的初始浓度、振荡温度、反应时间对吸附性能的影响。

1.4 分析方法

采用邻菲罗啉分光光度法测定溶液中铁离子的含量^[17].二价铁离子的标准曲线见图1。

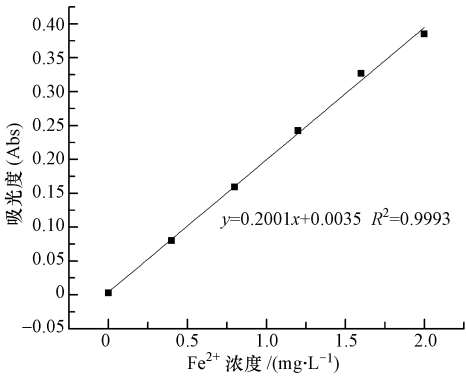


图1 Fe(Ⅱ)的标准曲线
Fig.1 The standard curve of Fe(Ⅱ)

实验过程中测得水样的吸光度值,根据标准曲线计算Fe(Ⅱ)的含量,计算吸附剂的吸附量:

$$q = \frac{C_0V_0 - C_tV_t}{m} \tag{1}$$

式中, q 为吸附量($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$),即单位质量的吸附剂吸附金属离子的量; $C_0(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$ 为加入的金属离子的标准溶液的浓度; V_0 和 V_t 分别为标准溶液和进行吸附后溶液的体积(本实验计算令 $V_0 \approx V_t$); $C_t(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$ 为吸附反应后溶液中金属离子的浓度, $m(\text{g})$ 为发生吸附时吸附剂的质量。

2 结果与讨论

2.1 反应时间对吸附效果的影响

取 50 mol·L⁻¹ Fe(Ⅱ)溶液, pH 值调至 4.0, 每组加入 2 g 的改性/非改性活性炭和蛭石, 于 25℃, 130 r·min⁻¹ 振荡器中在反应时间为 10、20、60、120、240、360、540、840、1200 min 取样, 考察反应时间对于吸附效果的影响。

图2表明,随着吸附时间的增加,吸附剂对Fe(Ⅱ)的吸附量呈上升趋势.刚开始增加的速率较快,后来速率变慢,吸附2 h后,蛭石和改性蛭石对Fe(Ⅱ)的吸附量和去除率基本不再变化,因此可以认为已达到吸附平衡;而活性炭和改性活性炭吸附14 h后,还有继续吸附的趋势.通过比较可知,蛭石材料比活性炭材料吸附速率要大,蛭石和改性蛭石在2 h的吸附量已经达到 2.76 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 3.03 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 而活性炭和改性活性炭此时的吸附量才达到 1.60 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 1.85 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$. 分别比较两种材料改性前后对吸附的影响可知,蛭石通过改性,平衡吸附量提高了 12.6%, 活性炭通过改性,平衡吸附量提高了 21.9%。

2.2 pH 值对改性/非改性活性炭和蛭石吸附效果的影响

将配好的 4 组 50 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 Fe(Ⅱ)溶液,用 NaOH 和 HCl 溶液调节不同的 pH 值(pH 2、3、4、5), 分别加入 0.2 g 改性/非改性活性炭和蛭石,放入水浴恒温振荡器(25℃, 转速 130 r·min⁻¹)振荡 24 h 后过滤,考察 pH 对 Fe(Ⅱ)的吸附效果的影响(图3)。

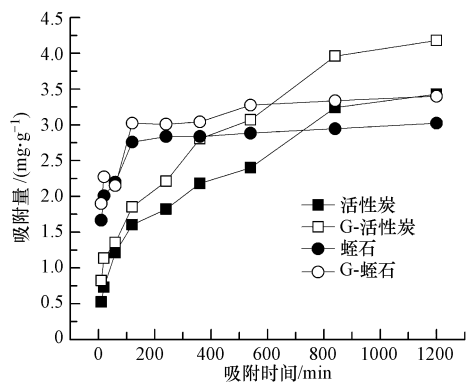


图2 时间对改性/非改性活性炭和蛭石吸附Fe(Ⅱ)效果的影响

Fig.2 The effect of time on Fe(Ⅱ) adsorption on modified and non modified activated carbon and vermiculite

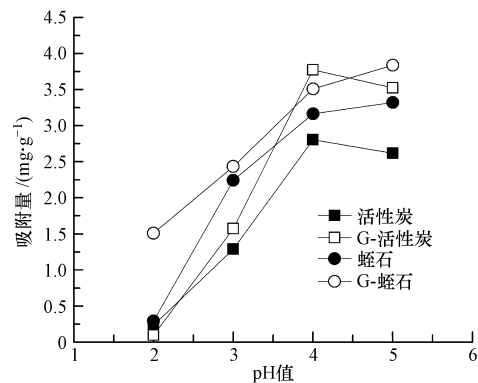


图3 pH对改性/非改性活性炭和蛭石吸附Fe(Ⅱ)效果的影响

Fig.3 The effect of pH on Fe(Ⅱ) adsorption on modified and non modified activated carbon and vermiculite

图3表明,在pH值为2—5时,改性前后的蛭石对Fe(Ⅱ)的吸附呈现相同的趋势,随着pH的升高,改性前后蛭石对Fe(Ⅱ)的吸附量都呈现上升趋势.结合戴清清等^[8]的研究,因为蛭石晶体的表面带负电荷,在pH值较低的情况下,H⁺与被吸附重金属离子之间存在着竞争吸附,并且H⁺的有效水合离子半径比重金属离子要小得多,因此在酸性条件下,蛭石对重金属的吸附效果较差,而且pH值越大,其吸附效果越明显.活性炭在改性前后对Fe(Ⅱ)的吸附也呈现相同的趋势,在pH值为2—4时,随着pH的升高,改性前后活性炭对Fe(Ⅱ)的吸附量呈现上升趋势,但当pH大约超过4之后活性炭材料对Fe(Ⅱ)的吸附能力开始降低,这同时也说明pH=4左右时活性炭吸附剂对Fe(Ⅱ)的吸附能力达到最佳,吸附量分别为活性炭2.81 mg·g⁻¹, G-活性炭为3.78 mg·g⁻¹.因此选择pH=4为吸附剂的吸附能力最佳pH值.

2.3 初始浓度对吸附效果的影响

取不同浓度的(10、20、30、50、100 mg·L⁻¹) Fe(Ⅱ)溶液,用NaOH和HCl溶液调至最佳pH=4.0,然后均加入0.2 g改性/非改性活性炭和蛭石放入水浴恒温振荡器(25℃,转速130 r·min⁻¹)振荡180 min后过滤,考察Fe(Ⅱ)初始浓度对吸附效果的影响(图4).

图4表明,随着Fe(Ⅱ)的初始浓度的增加,吸附剂对Fe(Ⅱ)的吸附量呈上升趋势,且当初始浓度浓度为100 mg·L⁻¹时吸附量达到最大,分别为活性炭3.21 mg·g⁻¹,蛭石3.55 mg·g⁻¹, G-活性炭4.55 mg·g⁻¹, G-蛭石4.24 mg·g⁻¹.然而4种材料对Fe(Ⅱ)的去除率随着Fe(Ⅱ)初始浓度的增加而降低,初始浓度从10 mg·L⁻¹到100 mg·L⁻¹,对Fe(Ⅱ)的去除率的变化分别是活性炭:80.13%降到25.67%; G-活性炭:95.63%降到36.42%;蛭石:69.66%降到28.41%; G-蛭石:78.64%降到33.91%.这是因为吸附剂本身的吸附点位是有限的,只能吸附一定量的金属离子.综合考虑去除率和吸附容量,确定本研究中含Fe(Ⅱ)废水的初始浓度为50 mg·L⁻¹.

2.4 温度对吸附效果的影响

将浓度为50 mg·L⁻¹的Fe(Ⅱ)溶液用NaOH和HCl溶液调至最佳pH=4.0后,每组加入0.2 g改性/非改性活性炭和蛭石,分别在不同温度条件下(T=20、30、40、50),转速均为130 r·min⁻¹,反应平衡后取出,过滤后测其吸光度,考察温度对于吸附效果的影响,结果见图5.

图5表明,吸附剂对Fe(Ⅱ)的吸附量随着温度的升高而升高,这可能是因为温度的升高加快了金属离子扩散到吸附剂微孔内的速率或是促进了吸附剂上新的有效吸附电位的形成^[18].同时也说明蛭石和活性炭对Fe(Ⅱ)的吸附属于吸热反应,高温有利于吸附.

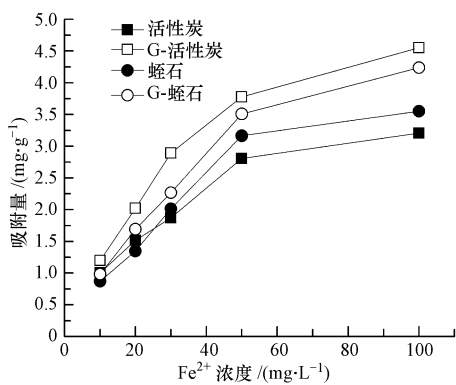


图4 初始浓度对改性/非改性活性炭和蛭石吸附Fe(Ⅱ)效果的影响

Fig.4 The effect of initial concentration on Fe(Ⅱ) adsorption on modified and non modified activated carbon and vermiculite

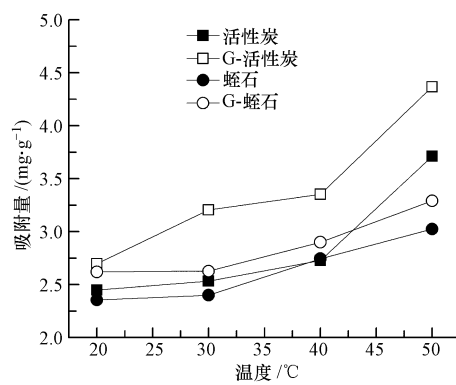


图5 温度对改性/非改性活性炭和蛭石吸附Fe(Ⅱ)效果的影响

Fig.5 The effect of temperature on Fe(Ⅱ) adsorption on modified and non modified activated carbon and vermiculite

2.5 吸附等温线

将吸附剂与一定体积的已知初始浓度的溶液相混合,在选定温度下使之达到平衡,分离吸附剂后,测定液相的最终溶质浓度.根据其浓度变化,计算出平衡时吸附量.吸附条件为:初始浓度为10、20、30、50、100 mg·L⁻¹,吸附剂的用量均为2 g,pH值为4,吸附时间为24 h,振荡温度为25℃,进行吸附实验,将吸附数据分别按Langmuir型吸附等温线和Frenundlich型吸附等温线进行拟合(图6).

由图6及表1可以看出,Langmuir吸附等温线性方程的R²值要普遍高于Freundlich模型.所以,改性前后活性炭和蛭石对Fe(Ⅱ)离子的吸附更为符合Langmiur模型.从利用拟合的Langmuir吸附等温方程计算出吸附剂的最大吸附量来看,经过EDDS改性后的活性炭和蛭石对Fe(Ⅱ)的吸附能力均有所提高,而且Langmuir吸附系数b也较改性前有所提高.Langmuir吸附系数b与形成单分子吸附层的键合能量系数有关^[19],b值越大说明金属离子越容易吸附在吸附剂表面的高能位点且解离系数较小^[20].较大的吸附系数是由于修饰在吸附剂表面的EDDS和金属离子形成强烈的络合作用所致^[21].

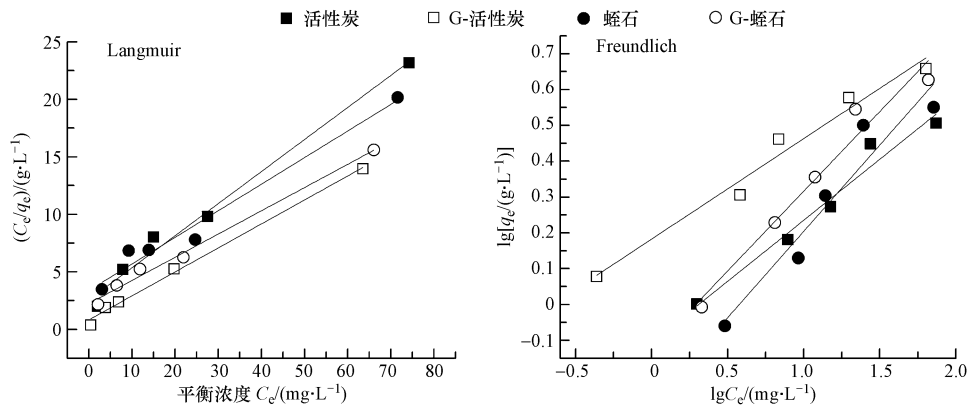


图6 吸附剂的Langmuir和Freundlich吸附等温线

Fig.6 Langmuir and Freundlich adsorption isotherm of the adsorbents

2.6 吸附动力学

取50 mg·L⁻¹ Fe(Ⅱ)溶液,pH值调至4.0,每组加入2 g的改性/非改性活性炭和蛭石,在25℃,130 r·min⁻¹振荡器中时间为10、20、60、120、240、360、540 min分别取样,根据其浓度变化,计算出吸附量,将实验数据分别按准一级动力学方程及准二级动力学方程进行拟合.由图7及表2可知准二级动力学方程的相关系数在0.9728—0.9995左右,明显高于准一级动力学方程的相关系数;利用准二级动力学方程计算q_e值均接近实测值.由此可知,活性炭和蛭石对铁离子的吸附动力学过程可用准二级动力学方

程进行模拟.

表 1 吸附剂的 Langmuir 和 Freundlich 等温吸附常数
Table 1 Constants in Langmuir and Freundlich adsorption isotherms

吸附剂	Langmuir 方程			Freundlich 方程		
	$b/$ ($\text{L}\cdot\text{mg}^{-1}$)	$q_{\text{m}}/$ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	R^2	n	$k/$ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	R^2
活性炭	0.108	3.95	0.9875	2.936	0.784	0.966
G-活性炭	0.247	4.88	0.9959	3.564	1.522	0.9748
蛭石	0.068	4.33	0.9762	2.076	0.528	0.9222
G-蛭石	0.09	4.95	0.9922	2.245	0.743	0.9629

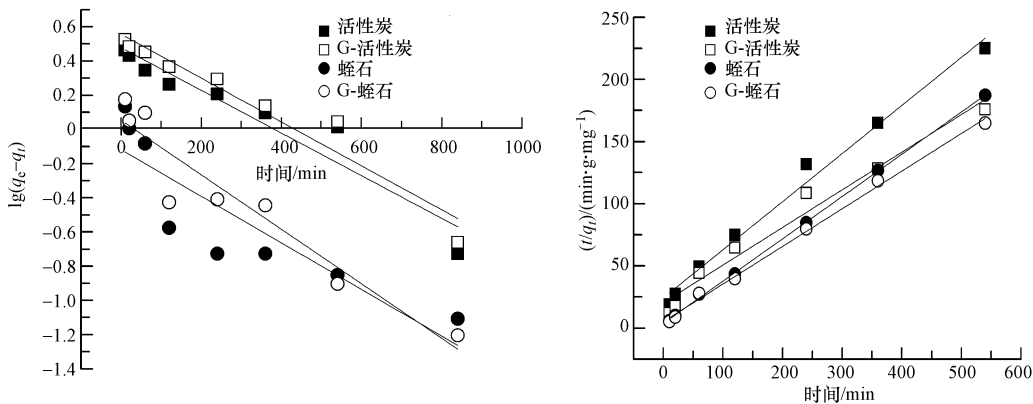


图 7 吸附剂的准一级和准二级动力学曲线
Fig.7 Pseudo-first order and pseudo-second kinetics curve of adsorbents

表 2 吸附剂的动力学方程参数
Table 2 Kinetics equation parameters of adsorbents

	准一级动力学方程			准二级动力学方程		
	$k_0/$ [$\text{g}\cdot(\text{mg}\cdot\text{min})^{-1}$]	$q_e/$ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	R^2	$k_1/$ [$\text{g}\cdot(\text{mg}\cdot\text{min})^{-1}$]	$q_e/$ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	R^2
活性炭	0.005	3.43	0.9198	0.006	2.596	0.9886
G-活性炭	0.007	4.18	0.9424	0.01	3.072	0.9728
蛭石	0.002	3.03	0.7827	0.047	2.923	0.9995
G-蛭石	0.024	3.4	0.9106	0.044	3.101	0.9966

3 结论

- (1)通过加热、煮沸、干燥等简单的物理方法辅助 EDDS 对活性炭、蛭石进行有机化改性,可以明显提高其对Fe(Ⅱ)离子的吸附能力.
- (2)研究各种因素对吸附的影响,确定吸附剂吸附体积为 25 mL、初始浓度 50 mg·L⁻¹的含铁废水的最佳条件为 pH 值为 4 左右,吸附剂投加量为 2 g.改性前后没有改变吸附剂对Fe(Ⅱ)的吸附平衡时间.温度升高有利于吸附的进行.
- (3)活性炭和蛭石的对Fe(Ⅱ)离子的吸附行为更倾向于符合 Langmuir 模型和准二级动力学方程.基于修饰在活性炭和蛭石表面的 EDDS 和 Fe(Ⅱ)离子的络合作用,该吸附具有较大的吸附系数值.

参 考 文 献

[1] Parra S, et al., Discoloration of azo-dyes at biocompatible pH-values through an Fe-histidine complex immobilized on Nafion via Fenton-like processes[J]. The Journal of Physical Chemistry B, 2004. 108(14): 4439-4448

[2] Kušić H, Koprivanac N, Selanec I. Fe-exchanged zeolite as the effective heterogeneous Fenton-type catalyst for the organic pollutant minimization: UV irradiation assistance[J]. Chemosphere, 2006. 65(1): 65-73

[3] 赵立谦. 似芬顿试剂处理 TCE 污染源区的方法研究[D]. 北京: 中国地质大学硕士论文, 2009

[4] 李婷婷. 天然有机质对似芬顿试剂去除三氯乙烯的影响研究[D]. 北京: 中国地质大学硕士论文, 2012

[5] Chen J, Yiacoumi S, Blaydes T G. Equilibrium and kinetic studies of copper adsorption by activated carbon[J]. Separations Technology, 1996. 6(2): 133-146

[6] 杨连珍, 梁霞, 王吟, 等. 微波辅助 HNO₃ 改性竹炭对 Cu²⁺ 的吸附性能[J]. 环境化学, 2013, 32(3): 387-393

[7] 赵梅青, 马子川, 张立艳, 等. 高锰酸钾改性对颗粒活性炭吸附 Cu²⁺ 的影响[J]. 金属矿山, 2008, 11: 110-113

[8] 戴清清, 宋绵新, 张宝述, 等. 溶液 pH 值对不同粒径蛭石吸附 Cu²⁺, Pb²⁺ 的影响[J]. 矿业研究与开发, 2006, 3: 18

[9] 梁洪祥, 姚献东. 环境因素对蛭石吸附重金属钴离子的影响及机理[J]. 化学试剂, 2013, 35(6): 551-554

[10] 钟玉凤, 吴少林, 戴玉芬, 等. 有机螯合剂在环境保护中的应用[J]. 江西科学, 2007, 25(3): 351-354

[11] 李倩倩, 李义久, 相波. 高分子螯合剂在重金属废水处理中的应用[J]. 工业水处理, 2004, 24(7): 5-8

[12] Zhang L, Zhu Z, Zhang R, et al. Extraction of copper from sewage sludge using biodegradable chelant EDDS[J]. Journal of Environmental Sciences, 2008, 20(8): 970-974

[13] Kołodźńska, D. Application of strongly basic anion exchangers for removal of heavy metal ions in the presence of green chelating agent[J]. Chemical Engineering Journal, 2011, 168(3): 994-1007

[14] 魏岚, 陈亚华, 钱猛, 等. 可降解螯合剂 EDDS 诱导植物修复重金属污染土壤的潜力[J]. 南京农业大学学报, 2006, 29(2): 33-38

[15] 钱猛, 沈振国, 魏岚. 螯合剂 EDDS 和 EDTA 诱导海州香薷积累土壤重金属的比较研究[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(1): 113-118

[16] Harris D C. Quantitative chemical analysis (5th ed) [M]. New York: W H Freeman, 1999.

[17] 魏复盛. 国家环境保护总局与水和废水监测分析方法编委会, 水和废水监测分析方法. 北京: 中国环境科学出版社, 2002

[18] 张勇. 微波活性炭处理重金属废水研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2007

[19] Ma L Q, Rao G N. Chemical fractionation of cadmium, copper, nickel, and zinc in contaminated soils[J]. Journal of Environmental Quality, 1997, 26(1): 259-264

[20] Adhikari T, Singh M V. Sorption characteristics of lead and cadmium in some soils of India[J]. Geoderma, 2003, 114(1): 81-92

[21] 郭迎卫, 李登好, 冯良东, 等. EDTA 修饰凹凸棒石黏土及其对锰离子的吸附性质[J]. 南昌大学学报 (工科版), 2011, 4: 4

2014 慕尼黑上海分析生化展 (analytica China)
关注环境监测与实验分析

不论是实验室、科研院所、环境服务商, 还是环境监测机构, 都需要更有效、精确地进行环境监测和实验分析, 使用最尖端的技术和仪器设备能帮助您高效采集样本并得到检测数据. 以《国家环境监测“十二五”规划》为目标, 强化监测站标准化建设、完善城市空气质量、地下水监测、沙尘暴控制、落实好重金属监测等工作成为了环境监测的重中之重.

中国乃至亚洲最大的分析、实验室技术、诊断和生化技术领域的专业博览会——慕尼黑上海分析生化展 (analytica China) 将于 2014 年 9 月 24—26 日在上海新国际博览中心举行. 展示面积预计将达 30000 m². 本届展会共开设三大展区, 分别为生命科学、生物技术及诊断展区; 分析与质量控制展区; 实验室装备与技术展区.

analytica China 2014 全面关注环境监测与实验分析, 超过 600 家中外商将为超过 20000 名专业观众带来关于水、土壤、空气的测定解决方案等多个领域的产品以及先进解决方案的集中展示, 如大气及废气监测分析仪器、辐射/噪声/土壤监测分析仪器、水及废水监测分析仪器、通用仪器设备等. 安捷伦、耶拿、布鲁克、岛津、东西分析、HORIBA、Jasco、梅特勒、PerkinElmer、赛默飞、日立等优秀厂商都会在本次盛会展示其先进的产品和技术解决方案.

此外, 展会同期将举办多场高质量同期研讨会, 包括备受好评的“上海国际分析化学研讨会”, 会议将围绕“分析化学——我们身边的科学”这一主题展开深入讨论, 与环境相关的主要议题有: 环境领域的分析化学、分离科学和质谱技术、分析化学的新技术与新方法等; Tutorial 系列培训班, 包括气象色谱法培训、构建中心切割及全二维液相色谱系统 (2D-LC) 的理论背景和实践方法、样品制备技术及反相高效液相色谱法固定相的选择、分析化学中的质量保证等.

2014 慕尼黑上海分析生化展网上观众预登记现已开通, 立即登陆 www.a-c.cn 在线进行观众预登记, 可立即获取电子胸卡免费入场, 此外还将获得展会会刊、欢迎礼包等多项优惠.