

文章编号: 1006-544X(2005)02-0245-03

赤泥对水体中铅离子的吸附

文小年^{a,b}, 王林江^{a,b}, 谢襄漓^b

(桂林工学院 a. 有色金属材料及其加工新技术省部共建教育部重点实验室, b. 材料与化学工程系, 广西 桂林 541004)

摘要: 研究了赤泥对水体中铅离子的吸附作用及赤泥的掺加量、吸附反应时间、溶液中 Pb^{2+} 初始浓度、温度等因素对吸附作用的影响。结果表明, 赤泥对铅离子有很好的吸附作用, 吸附达到平衡的时间为 2 h。赤泥的掺加量为 2 g/L 时, 2 h 后吸附率可达 99.6%; 溶液初始 Pb^{2+} 浓度越大, 吸附率越小。但当把赤泥的掺加量固定为 0.625 g 赤泥/100 mg Pb^{2+} 时, 溶液的初始 Pb^{2+} 浓度对吸附率影响较小。温度对吸附作用的影响较为显著, 温度越高, 吸附率越大, 表明吸附为化学吸附。

关键词: 赤泥; 铅离子; 吸附作用; 影响因素
中图分类号: X52; X758

文献标识码: A^①

赤泥是铝土矿经强碱浸出氧化铝后产生的残渣。其存放不仅占用大量土地和农田、耗费较多的堆场建设和维护费用, 而且造成严重污染^[1]。随着赤泥量的增多和人们环境保护意识的不断提高, 多渠道、最大限度地利用赤泥, 使赤泥达到零排放等问题已日益受到国内外众多专家的重视。目前, 赤泥利用方面的研究主要有: (1) Fe 等有用成分的回收^[2]; (2) 用作建筑材料的生产原料, 如加入 22%~60% (质量分数, 全文同) 的赤泥制备微晶玻璃^[3]; 制备赤泥-粉煤灰陶瓷^[4]; 用赤泥代替部分粘土原料生产硅酸盐水泥^[5], 等等; (3) 在环境污染修复中的应用, 如对水体中重金属离子的吸附, 水体中 F, As, P 以及有机污染物的吸附^[6]。

重金属普遍存在于环境中, 水体中的铅对人体的危害非常严重^[7]。目前含铅废水的处理方法主要有化学沉淀法、离子交换法、乳化液膜法、生物吸附法和电解法^[8], 而利用赤泥处理含铅废水的研究少有报道。

赤泥具有一系列宝贵的表面物理化学性能, 如高的比表面积和孔隙率、较好的吸附性能等, 使其可以被用作水体中有机、无机污染物的吸附

剂。本文研究了赤泥对水体中铅离子的吸附作用及其影响因素, 目的是为赤泥在生态环境材料领域的应用提供理论基础。

1 实验原料及方法

1.1 实验原料

本实验所用赤泥取自广西平果铝业公司。其主要化学成分是: Fe_2O_3 25.52%; CaO 24.29%; Al_2O_3 16.78%; SiO_2 6.21%; TiO_2 7.6%; Na_2O 1.96%。X 射线衍射分析表明, 赤泥的主要矿物成分为赤铁矿 ($\alpha-Fe_2O_3$) 和针铁矿 ($\alpha-FeOOH$)、水化石榴石 ($Ca_3AlFe(SiO_4)(OH)_8$)、一水硬铝石 ($Al_2O_3 \cdot H_2O$)、含水硅铝酸钠 ($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 1.68SiO_2 \cdot 1.73H_2O$)、钙钛矿 ($CaTiO_3$)、羟钙石 ($Ca(OH)_2$) 和方解石 ($CaCO_3$) 等, 其中赤铁矿和水化石榴石含量较高^[9]。本实验所用的 Pb^{2+} 用分析纯 $Pb(NO_3)_2$ (广西西陇化工厂生产) 配制。

1.2 实验方法

将赤泥烘干研磨后过 0.075 mm 筛, 用电子天平精确称取所需样品, 加入到 50 mL 所需 Pb^{2+} 浓

① 收稿日期: 2004-11-19

基金项目: 广西区教育厅资助项目 (桂教科研 [2003] 22)

作者简介: 文小年 (1976-), 男, 硕士研究生, 无机非金属材料专业。

度的 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中,在磁力加热搅拌器上搅拌后用离心分离机离心分离,取上层清液用原子吸收分光光度计(GGX-6A,北京地质仪器厂生产)分析其剩余铅离子浓度,并计算其吸附率.

2 结果与讨论

2.1 反应时间对吸附作用的影响

溶液的初始 Pb^{2+} 浓度为 200 mg/L,赤泥的掺加量为 2 g/L,反应温度为室温(20 ± 2 °C),控制反应时间分别为 0.25, 0.5, 1, 1.5, 2, 4, 8, 12 和 16 h. 其吸附率与反应时间的关系见图 1a,图中曲线拟合的相关系数 $R^2 = 0.918\ 02$,拟合曲线符合 I 型等温吸附模型(即 langmuir 型)^[10],说明吸附为单分子层的化学吸附.从图可知,反应时间对吸附作用有明显的影响:反应时间越长,吸附率越高.当反应时间为 15 min 时,吸附率为 61.1%;反应时间为 2 h 的时候即达到 99.6%;时间再增加,其吸附率并不会明显变化,说明吸附达到平衡的时间为 2 h.因此,吸附反应时间控制为 2 h 即可.

2.2 赤泥掺加量对吸附作用的影响

溶液初始 Pb^{2+} 浓度为 200 mg/L,反应温度为室温(20 ± 2 °C),控制赤泥的掺加量分别为 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75 和 2 g/L,反应时间为 2 h(图 1b).图中曲线拟合的相关系数 $R^2 = 0.988\ 41$.赤泥的掺加量对吸附作用有明显的影响:掺加量越大,其吸附率越高.当掺加量为 0.25 g/L 时,吸附率仅为 31%;而赤泥的掺加量为 1.25 g/L 时,其吸附率就达到了 91.2%;赤泥的掺加量增加到 2 g/L 时,其吸附率为 99.6%,增幅不是很大,说明赤泥的最佳掺加量为 1.25 g/L.

2.3 溶液的初始 Pb^{2+} 浓度对吸附作用的影响

赤泥掺加量为 2 g/L,反应温度为室温($20 \pm$

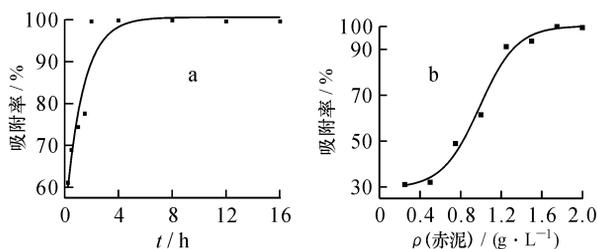


图 1 反应时间(a)和赤泥掺加量(b)对吸附作用的影响

Fig. 1 Effect of contact time (a) and red mud content in solution (b) on adsorption

2°C),控制溶液的初始 Pb^{2+} 浓度分别为 100, 200, 300, 400, 500 和 600 mg/L,反应时间为 2 h.其吸附率与 Pb^{2+} 初始浓度的关系见图 2A 中的 a 曲线,曲线拟合的相关系数 $R^2 = 0.997\ 69$.溶液的初始 Pb^{2+} 浓度对吸附作用有明显的影响,初始浓度越大,其吸附率越低.当初始浓度为 100 mg/L 时,吸附率达到 99.8%;初始浓度为 200 mg/L 时,吸附率为 99.6%;但当初始浓度为 600 mg/L 时,吸附率仅为 53.7%.其原因是虽然溶液中 Pb^{2+} 的初始浓度增加,即 Pb^{2+} 的总量增加,但赤泥的量没有增加,当吸附达到平衡以后,赤泥没有能力再吸附剩余的 Pb^{2+} ,所以吸附率随着 Pb^{2+} 初始浓度的增加而下降.

在实际应用中,视水体中 Pb^{2+} 浓度的不同,赤泥的掺加量应相应改变,以保证有较高的吸附率.上文提到的赤泥的最佳掺加量为 1.25 g/L,是由于 Pb^{2+} 的浓度为 200 mg/L,即赤泥的掺加量可设为 0.625 g 赤泥/100 mg Pb^{2+} ,反应温度为室温(20 ± 2 °C), Pb^{2+} 的初始浓度分别为 100, 200, 300, 400, 500 和 600 mg/L,反应时间为 2 h.其吸附率与 Pb^{2+} 初始浓度的关系如图 2A 中的 b 曲线,其吸附率都比较高(91.2% ~ 94.3%),波动不大.说明把赤泥的掺加量固定为 0.625 g 赤泥/100 mg Pb^{2+} 时,溶液的初始浓度对吸附率影响较小,即当水体中的 Pb^{2+} 浓度变化时,固定赤泥的掺加量为 0.625 g 赤泥/100 mg Pb^{2+} 即可达到满意的吸附效果.

2.4 温度对吸附作用的影响

实验条件:溶液初始 Pb^{2+} 浓度为 200 mg/L,赤泥掺加量为 1 g/L,控制反应温度分别为 15, 20, 25, 30, 35 和 40°C,反应时间为 2 h,图 2B 曲线拟合的相关系数 $R^2 = 0.996\ 64$,当温度为 15°C 时,吸附率仅为 61.5%;温度为 20°C 时吸附

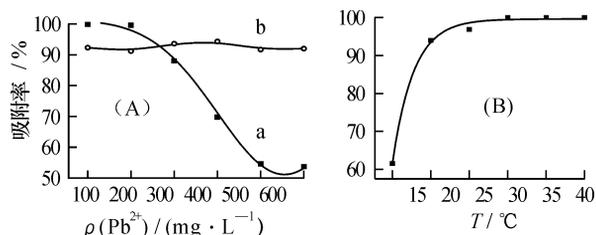


图 2 初始 Pb^{2+} 浓度 (A) 及反应温度 (B) 对吸附作用的影响

Fig. 2 Effect of lead ion original content (A) and reaction temperature (B) on adsorption

率就达到94%;当温度上升到30℃以上时,吸附达到完全.温度对吸附效果的影响非常明显,温度越高,吸附率越高.这是由于赤泥对 Pb^{2+} 的吸附反应为化学吸附,其吸附过程需要活化能,温度升高可提高吸附速率.化学吸附的吸附速率较慢,从反应时间的影响研究可以得知,吸附平衡时间较长,为2h,当时间再增加时,其吸附率不会下降,说明此吸附反应不易解吸.这是由于化学吸附的吸附力产生于吸附剂与吸附质分子之间的化学键力,一般较强,所以吸附很稳定,一旦吸附,就不易解吸.

3 结论

实验证明,赤泥对 Pb^{2+} 有明显的吸附作用,所以利用赤泥作为吸附剂处理含铅废水,在理论上是可行的.同时,对赤泥吸附影响因素的研究表明:吸附达到平衡的时间为2h;赤泥的最佳参加量为1.25g/L;吸附率随着 Pb^{2+} 初始浓度的增加而下降;当水体中 Pb^{2+} 的浓度变化时,固定赤泥的参加量为0.625g赤泥/100mg Pb^{2+} ,可达到满意的吸附效果.吸附受温度影响显著,温度越高,吸附率越高.

赤泥具有高的比表面积和孔隙率、高的表面反应活性等宝贵的表面物理化学性能,利用赤泥开发环境污染修复材料处理水体以及土壤中的无机、有机污染物,可起到以废治废的效果,经济

效益可观.所以,赤泥环境修复材料是赤泥开发的高层次产品,应该是赤泥开发利用的重要方向.随着赤泥环境修复材料新产品的成功开发,传统赤泥开发项目(如有用成分的回收、建筑材料的生产原料等)的不断完善,将使赤泥的零排放成为可能,赤泥的环境污染问题有望得到彻底的解决.

参考文献

- [1] 何伯泉,周国华,薛玉兰.赤泥在环境保护中的应用[J].轻金属,2001,(2):24-26.
- [2] 刘丕旺.谈广西平果铝土矿拜耳法赤泥的综合利用[J].轻金属,1994,(7):13-16.
- [3] 张培新,林荣毅,阎加强.赤泥微晶玻璃的研究[J].有色金属,2000,52(4):77-79.
- [4] 安松琦.赤泥-灰渣在建筑陶瓷上的应用[J].轻金属,2000,(12):49-52.
- [5] Singh M. Preparation of special cements from red mud[J]. Waste Management, 1996, 16(8):665-670.
- [6] 王林江,谢襄漓,文小年.赤泥在环境污染修复中应用[J].桂林工学院学报,2004,24(3):381-383.
- [7] Vinod K Gupta, Monika Gupta, Saurabh Sharma. Process development for removal of lead and chromium from aqueous solutions using red mud—A aluminium industry waste[J]. Thermochemica Acta, 1995, (254):337-345.
- [8] 张少峰,胡熙恩.含铅废水处理技术及其展望[J].环境污染治理技术与设备,2003,4(11):68-71.
- [9] 杨世杰,杨明,杨元龙,等.平果铝厂赤泥的物相分析[J].中南工业大学学报,1996,27(5):569-572.
- [10] 亚当森 A W. 表面的物理化学[M].北京:科学出版社,1985.

Adsorption of Lead in Aqueous Solution from Red Mud

WEN Xiao-nian^{a,b}, WANG Lin-jiang^{a,b}, XIE Xiang-li^b

(a. Key Laboratory of Nonferrous Materials and New Processing Technology, Ministry of Education,

b. Department of Materials and Chemistry Engineering, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: Red mud as an byproduct during the processing of bauxite ore is used for the adsorption of lead in aqueous solution with different influence such as contact time, content of red mud and lead ion original in solution and temperature. The material exhibits good adsorption capability and the data follow both Langmuir and Freundlich models. The time for the adsorption balance is two hours. When red mud content in solution is 2 g/L, the adsorption ratio would be 99.6%. When red mud content in solution is 0.625 gram red mud per 100 mg lead ion, the lead ion original content changes because the adsorption ratio will decline with the rising of lead ion original content. The influence of temperature to the adsorption is obvious. The adsorption ratio will increase with the rising of temperature, indicating a chemistry adsorption

Key words: red mud; lead ion; adsorption; influence factor