

引用本文: 佟埏, 柴琳琳, 高帅兵, 赵旭, 高凯, 娜孜叶尔克·叶尔波力, 麦热姆·图尔荪, 肖开提·阿布力孜. 柠檬酸修饰沙漠砂对Cd(II)吸附行为的研究[J]. 离子交换与吸附, 2025, 41(3): 208-213.

Citation: TONG Nian, CHAI Lin-lin, GAO Shuai-bing, ZHAO Xu, GAO Kai, NAZIYEERKE Yeerboli, MAIREYEMU Tuersun, XIAOKAITI Abulizi. Study on Adsorption Behavior of Desert Sands Modified with Citric Acid for Cd(II) [J]. Ion Exchange and Adsorption, 2025, 41(3): 208-213.

· 研究论文 ·

文章编号: 1001-5493(2025)03-0208-06

DOI: 10.16026/j.cnki.iea.2025030208

柠檬酸修饰沙漠砂对Cd(II)吸附行为的研究*

佟埏, 柴琳琳, 高帅兵, 赵旭, 高凯, 娜孜叶尔克·叶尔波力, 麦热姆·图尔荪, 肖开提·阿布力孜**

(新疆大学化工学院, 石油天然气精细化教育教育部&自治区重点实验室, 乌鲁木齐 830017)

摘要: 文章利用柠檬酸对沙漠砂 (Desert Sand, DS) 进行湿法修饰, 将修饰沙漠砂 (Modified Desert Sand, MDS) 作为吸附剂, 基于原子吸收光谱 (AAS) 研究MDS对Cd(II)的静态吸附行为并优化吸附条件。利用扫描电镜 (SEM)、傅里叶变换红外光谱 (FT-IR) 对沙漠砂修饰前后的表面形貌和官能团进行观察和表征。结果表明, 柠檬酸修饰使沙漠砂表面形貌发生变化的同时增加了其官能团数量, MDS对Cd(II)的吸附性稍优于原沙漠砂。通过Langmuir和Freundlich等温式进行拟合发现, Langmuir吸附模型更符合MDS对Cd(II)的吸附行为。在室温下, 溶液pH为6, 吸附时间为120 min时吸附率可达到83%, 修饰前后沙漠砂对Cd(II)的饱和吸附量分别可达到13.0 mg/g和15.6 mg/g。

关键词: 沙漠砂, 柠檬酸, 湿法修饰, 吸附行为

中图分类号: TQ 041 **文献标志码:** A

1 引言

镉作为一种有毒的重金属, 是造成环境重金属污染的“元凶”之一, 其毒性较强且具有累积效应, 即使环境中仅存在微量的镉, 也会给人体健康造成严重危害。长期处于镉污染环境的人群, 其健康状况往往会受到不良影响^[1-6]。在自然环境中, 微量镉离子与大量其他组分相互作用, 其处理与检测过程极易受到共存离子的干扰。因此, 深入探究微量镉离子的吸附分离与富集方法, 对于有效治理镉污染以及开展相关监测评价工作具有极为重要的意义。

微量镉离子的吸附分离、富集及其吸附行为的研究, 在相关领域备受瞩目并取得了大量的成果^[7-10]。借助吸附分离和富集技术, 能够将待处理的微量镉离子与共存组分高效分离并实现富集。吸附材料是吸附分离和富集技术的重

要组成部分, 涵盖人工合成材料与天然材料。人工合成材料具有种类丰富、性能独特以及可按需定制合成等优势, 然而其合成过程复杂繁琐、耗时久, 且存在产量低、产值高、易污染环境等缺陷; 天然材料则具有环保、环境适应性强以及易于降解等特性。由此可见, 大力研发天然吸附材料并拓展其在吸附分离和富集领域的应用尤为迫切和重要。

塔克拉玛干沙漠是世界第二大流动性沙漠, 蕴藏着极为丰富的沙漠砂资源。沙漠砂独特的微颗粒形态、多孔的表面形貌以及丰富的硅羟基基团, 使其具备成为吸附材料的天然特质。深入探究天然沙漠砂及其修饰产物对镉离子的吸附性能, 有望使其在镉污染治理以及微量镉离子的分离富集等领域发挥出特定的应用价值。硅藻土、石粉、木屑、稻壳、向日葵盘低酯化

* 收稿日期: 2024-07-31

基金项目: 国家自然科学基金项目 (基金号 52163030); 新疆维吾尔自治区大学生创新训练计划项目 (基金号 S202210755032)。

作者简介: 佟埏 (2002—), 学士。

**通信作者: 肖开提·阿布力孜, E-mail: shawket_abliz@sina.com.

果胶、生物质凝胶及其衍生物等, 这些源自大自然的环境友好型天然物质, 在作为吸附剂使用时不会对环境造成污染, 它们不仅能够发挥与人工合成吸附材料相似的作用, 还具有成本低廉、易于获取、天然环保且易于降解等显著优势, 因而备受各界关注^[11-19]。陈佑宁等^[20]采用 NaOH 对农业废弃物稻壳进行改性处理, 成功制备出改性稻壳吸附剂, 并深入研究了其对 Pb(II) 和 Cr(VI) 的吸附行为, 研究成果有力地证实了改性稻壳吸附剂在重金属废水处理领域具有潜在的应用前景。Salazar 等^[21]运用柠檬酸和酒石酸等对来自白松的天然木屑进行精细修饰, 由于修饰过程中成功接入了羧基和羟基等官能团, 改性后的木屑对 Pb(II) 的吸附性能得到了显著提升。程欢等^[22]研究了再生砂(由废弃混凝土破碎而成且粒径 < 4.75 mm 的颗粒) 对水、亚甲基蓝以及醚类聚羧酸系减水剂的吸附规律, 发现再生砂的吸水率会随着废弃混凝土料源强度等级的升高而降低, 且与孔结构存在一定的关联; 其对亚甲基蓝的吸附性会因黏土矿物含量的减少而降低, 与孔结构的相关性并不显著; 其对醚类聚羧酸系减水剂的吸附性则受到孔结构和黏土矿物的共同作用影响, 且主要取决于黏土矿物的含量。本文选取廉价且易于获取的塔克拉玛干天然沙漠砂修饰衍生物 (Modified Desert Sand, MDS) 作为吸附剂, 研究其对 Cd(II) 的吸附行为, 同时全面考察 pH 值、温度、吸附时间、浓度等多种因素对吸附过程的影响, 致力于优化吸附条件, 并探讨吸附模型。

2 实验部分

2.1 原料及试剂

取塔克拉玛干天然沙粒, 用去离子水冲洗至水变得透明, 除去沙粒上的灰尘及水溶性组分, 使其 pH 接近中性, 置于电热恒温干燥箱 80 °C 干燥; 1.000 g/L 镉标准溶液, 天津市大茂化学试剂厂, 实验中不同浓度的镉溶液通过稀释此标准溶液而得; 柠檬酸, 天津天泰精细化学品有限公司; HCl、NaOH, 浓度均为 1 mol/L, 乌鲁木齐迪城化工有限公司; 去离子水, 新疆大学化工学院去离子水供应房。

2.2 仪器

原子吸收光谱仪 (AA-6880, 日本岛津公司);

电热恒温干燥箱 (DHG-9071A, 上海精宏实验设备有限公司); 扫描电子显微镜 (LEO1430VP, 德国 ZEISS 公司); 傅里叶变换红外光谱仪 (BRUKER EQUINOX55 型, 德国 BRUKER 公司); 真空干燥箱 (DZF-6020, 上海一恒科技有限公司); 离心机 (TDL-4, 上海安亭科学仪器有限公司); 超级恒温水浴 (金怡 601, 江苏金怡仪器科技有限公司); 镉空心阴极灯 (日本岛津公司)。

2.3 柠檬酸修饰沙漠砂

称取粒径为 50~70 μm 的沙漠砂 (Desert Sand, DS), 在室温下浸泡于饱和柠檬酸溶液中, 每隔 4 h 搅拌 5 min, 放置 24 h 后用倾斜法去除柠檬酸溶液, 并用去离子水反复洗涤至去离子水的 pH 值为 6~7, 真空烘干, 得到 MDS 备用。

2.4 吸附实验

取 10 mL Cd(II) 溶液于离心管中, 加入 50 mg MDS 或 DS 进行吸附实验, 吸附达到平衡后离心分离上清液, 通过原子吸收光谱 (Atomic Absorption Spectroscopy, AAS) 在最佳测定条件下测定 Cd(II) 浓度。吸附量和吸附率的计算公式为:

$$Q = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \quad (1)$$

$$R = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中: Q 为吸附量, mg/g; R 为吸附率, %; C_0 为原溶液中 Cd(II) 浓度, mg/L; C_e 为吸附达到平衡时离心后上清液中 Cd(II) 浓度, mg/L; V 为溶液体积, mL; m 为吸附剂干质量, g。

2.4.1 吸附容量

在室温条件下, 取 10 mL 浓度分别为 50、100、150、200、250、300 和 350 mg/L 的 Cd(II) 溶液 (pH 值为 6), 分别加入 50 mg DS 和 MDS, 每隔 20 min 搅拌一次, 静置 120 min, 观察 DS 和 MDS 对 Cd(II) 的饱和吸附容量。

2.4.2 吸附动力学

在室温条件下, 取 10 mL 质量浓度为 150 mg/L 的 Cd(II) 溶液 (pH 值为 6), 分别加入 50 mg DS 和 MDS, 每隔 20 min 搅拌一次, 分别静置 30、60、90、120、150 和 180 min, 观察 MDS 和 DS 对 Cd(II) 的吸附达到平衡所需要的时间。

2.4.3 溶液 pH 值

在室温条件下, 取 10 mL 质量浓度为 150 mg/L, pH 值分别为 1、2、3、4、5、6、7 和 8 的 Cd(II) 溶液, 分别加入 50 mg MDS 和 DS, 每隔 20 min

搅拌一次, 静置 120 min, 观察 pH 值对 Cd(II) 吸附的影响。

2.4.4 吸附温度

在室温条件下, 取 10 mL 质量浓度为 150 mg/L 的 Cd(II) 溶液 (pH 值为 6), 加入 50 mg MDS, 每隔 20 min 搅拌一次, 静置 120 min, 水浴温度分别调节为 20、30、35、40、50 和 60 °C。观察吸附温度对 Cd(II) 吸附的影响。

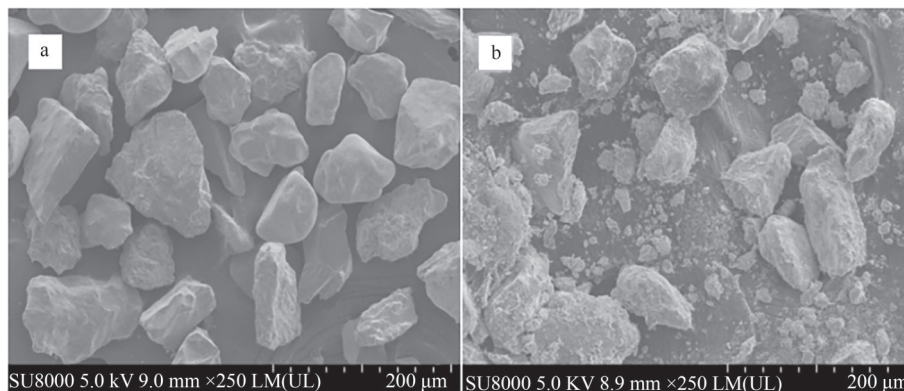


图1 扫描电镜图: (a) DS; (b) MDS.

Figure 1 Image of SEM: (a) DS; (b) MDS.

表1 DS和MDS的比表面积、平均孔径和平均孔体积结果.

Table 1 Results of specific surface area, average hole diameter and average hole volume of DS and MDS.

样品	比表面积 ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	平均孔径 (nm)	平均孔体积 ($\text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)
DS	11.8	2.35	20.9
MDS	13.6	3.83	23.4

注: DS的粒径为 50~70 μm 。

由表1可知, 与 DS 相比, MDS 的表面形貌发生变化, 其比表面积、平均孔径和平均孔体积增大。这是因为在浸泡过程中, 柠檬酸和 DS 的硅羟基之间发生弱氢键结合和羟基-羧基缩合作用, 柠檬酸渗透于 DS 表面的孔和微细缝中, 引起孔径和孔缝的扩充与扩裂, 这有利于比表面积的增大、有效吸附位点的增加和吸附性能的提高。

3.2 红外光谱分析

通过傅里叶变换红外光谱 (FI-IR) 来判断修饰前后官能团的变化, 结果如图2所示。DS 和 MDS 分别在 3423 cm^{-1} 和 3431 cm^{-1} 处出现的宽峰是 —OH 的重叠拉伸振动引起的, MDS 的峰强度明显高于 DS。MDS 在 1567 cm^{-1} 处产生了强吸收峰, 对应羧基中的 C=O 的特征峰; 在 1432 cm^{-1}

3 结果与讨论

3.1 扫描电镜分析

DS 和 MDS 表面形貌的扫描电镜图和 BET 数据如图1和表1所示。由图1可知, DS 表面较为光滑, 凹凸不平程度不是很明显 (图1(a)); MDS 的粒径变小、表面显得更为粗糙, 且出现凹凸不平的多孔 (图1(b))。

处产生的吸收峰是 —CH₂— 剪式振动引起的; 在 1269 cm^{-1} 和 1080 cm^{-1} 处出现了 C—O 伸缩振动引起的吸收峰。DS 和 MDS 分别在 867 cm^{-1} 和 840 cm^{-1} 处产生了吸收峰, 这是 O—Si—O 和 Si—O 弯曲振动引起的。此外, MDS 在 606 cm^{-1} 和 532 cm^{-1} 处出现新的吸收峰, 这与 Si—O 的弯曲和扭曲振动有关, 柠檬酸修饰导致了沙漠砂的畸变, 改变了其对红外检测的响应。FI-IR 结果可以表明, 柠檬酸修饰使得沙漠砂表面有了更为丰富的官能团结构。

3.3 吸附等温曲线

观察 DS 和 MDS 对 Cd(II) 的饱和吸附容量, 结果如图3所示。由图3可知, 随着 Cd(II) 浓度的

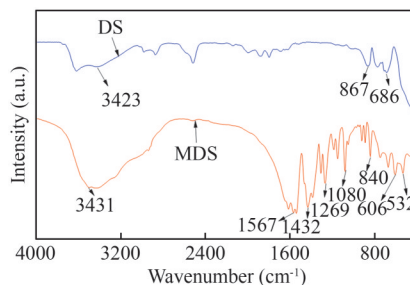


图2 DS和MDS的红外光谱图.

Figure 2 FI-IR of DS and MDS.

增大, 吸附量逐渐增大, 当溶液浓度为 150 mg/L 时出现饱和吸附容量, 然后吸附量再没有明显变化。DS 和 MDS 对 Cd(II) 饱和吸附容量分别可达到 13.0 mg/g 和 15.6 mg/g。结果表明, 吸附达到平衡时, MDS 的饱和吸附容量比 DS 的饱和吸附容量略大。

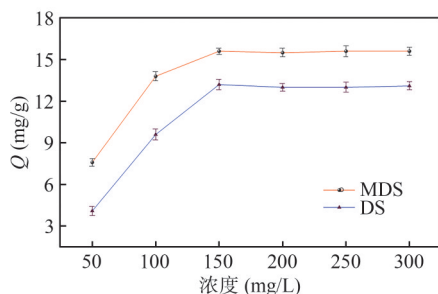


图3 DS和MDS对Cd(II)的吸附等温曲线。

Figure 3 Adsorption isotherm curves of Cd(II) on DS and MDS.

3.4 吸附动力学曲线

观察了 MDS 和 DS 对 Cd(II) 的吸附达到平衡所需要的时间, 结果如图 4 所示。结果表明, 当吸附时间为 120 min 时, 吸附基本达到平衡, 出现饱和吸附容量, 此时吸附率达到 83%。因吸附达到平衡出现饱和吸附容量后, 溶液中过剩的 Cd(II) 和吸附时间的延长对吸附没有太大的贡献, 综合考虑最佳吸附时间确定为 120 min。

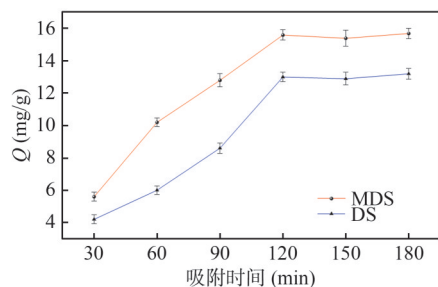


图4 DS和MDS对Cd(II)的吸附动力学曲线。

Figure 4 Adsorption kinetics curves of Cd(II) on DS and MDS.

3.5 溶液 pH 值的影响

溶液 pH 值对 Cd(II) 吸附的影响如图 5 所示。结果表明, 当 pH 值为 6 时, DS 和 MDS 对 Cd(II) 的吸附量达到最大, 之后吸附量逐渐下降。由图 5 可知, DS 和 MDS 对 Cd(II) 的吸附受溶液 pH 值的影响, 强酸性溶液中存在大量的 H^+ , H^+ 减弱了吸附位点的功能, 随着溶液酸性的减弱, DS 和 MDS 对 Cd(II) 的吸附量增大, 酸性减弱到一定程度时 Cd(II) 开始水解沉淀, 从而导致 DS 和 MDS 对 Cd(II) 的吸附量急剧下降。

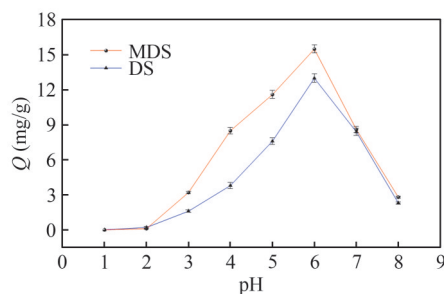


图5 溶液 pH 值对 Cd(II) 吸附的影响。

Figure 5 Effect of solution pH on Cd(II) adsorption.

3.6 吸附温度的影响

吸附温度对 Cd(II) 吸附的影响如图 6 所示。结果表明, 虽然随着吸附温度的升高, MDS 对 Cd(II) 的吸附量稍有波动, 但波动幅度不是很明显。根据热力学有关理论, 温度会影响离子热运动, 温度的变化在改变吸附速率的同时, 也能改变脱附速率。温度对吸附的影响关系到吸附质、吸附剂、吸附体系的种类以及性质等诸多因素, 因此在吸附领域的相关研究中出现温度对吸附/脱附过程的影响不一致的现象。综合考虑, 最佳吸附温度确定为 20~25 °C, 即室温。

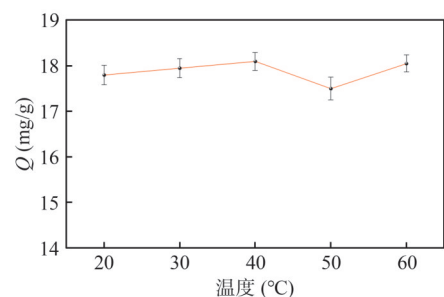


图6 吸附温度对Cd(II)吸附的影响。

Figure 6 Effect of adsorption temperature on Cd(II) adsorption.

3.7 吸附模型

根据吸附等温式进行拟合, 探究 MDS 对 Cd(II) 的吸附模型, 吸附等温式采用 Langmuir 等温式和 Freundlich 等温式, 即根据式(3)和(4)建立吸附模型。

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{KQ_m} + \frac{C_e}{Q_m} \quad (3)$$

$$\ln Q_e = \frac{1}{n} \ln C_e + \ln K_f \quad (4)$$

式中: Q_e 为吸附平衡时 Cd(II) 吸附量, Q_m 为 Cd(II) 最大吸附量, K 为 Langmuir 常数, K_f 为 Freundlich 常数, $\frac{1}{n}$ 为吸附指数。

Langmuir吸附等温线和Freundlich吸附等温线如图7所示。通过拟合线的 R^2 可判断MDS对Cd(II)的吸附模型。其中,通过Langmuir等温式

所得拟合线的 R^2 为0.9709,由Freundlich等温式所得拟合线的 R^2 为0.7810。因此,MDS对Cd(II)的吸附行为更符合Langmuir吸附模型。

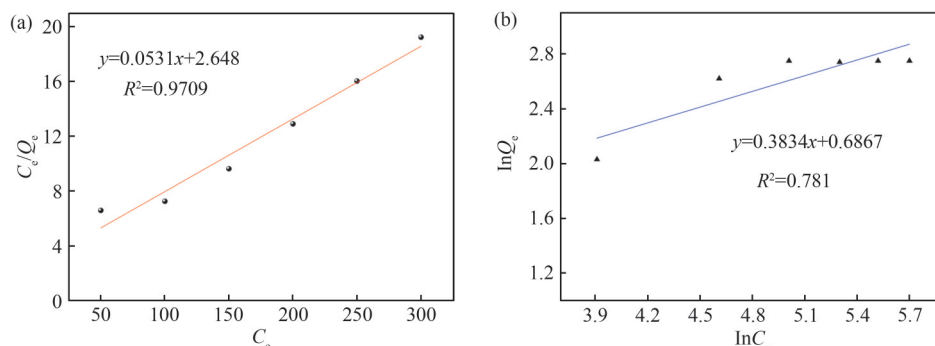


图7 (a) Langmuir 吸附等温线; (b) Freundlich 吸附等温线.

Figure 7 (a) Langmuir adsorption isotherm; (b) Freundlich adsorption isotherm.

4 结 论

天然沙漠砂是新疆地区成本低廉且易于获取的天然产物,其天然的微粒形状、凹凸不平且富含微孔的表面形貌以及丰富的硅羟基基团,赋予了其独特的吸附性能。对天然沙漠砂及其修饰产物的吸附性能展开研发工作,不但能够拓宽天然吸附材料的范围,还能实现将废弃材料转化为有用资源的目标。天然沙漠砂及其经有机酸(柠檬酸)修饰的产物,凭借其环保、环

境适应性强和易降解的特性,在吸附分离领域展现出潜在的应用价值。柠檬酸属于较为安全的有机酸,在食品添加剂和工业化学品领域有着广泛应用。研究结果显示,经柠檬酸修饰的沙漠砂的粒径显著变小,比表面积得以增大,表面形貌更加粗糙,有效吸附位点数量也明显增多。通过柠檬酸对沙漠砂进行修饰,在保留天然沙漠砂环保性、适用性与易降解性的同时,有效提升了其吸附性能,从而使其在吸附分离和富集领域具备更为出色的应用潜力。

参 考 文 献

- Hosono T, Su C C, Siringan F, et al. Effects of environmental regulation on heavy metal pollution decline in core sediments from Manila Bay[J]. *Marine Pollution Bulletin*, **2010**, 60(5): 780-785.
- Chi Z, Tan S, Tan X, et al. The toxicity of cadmium ion (Cd^{2+}) to phycocyanin: An in vitro spectroscopic study[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, **2018**, 25(15): 14544-14550.
- 余梓鹏, 王宝娥, 王柳玲, 等. 生态修复后某矿区下游农田土壤金属污染特征与风险评价[J]. *中国环境监测*, **2023**, 39(5): 134-138.
- Cadorim H R, Schneider M, Julia H, et al. Effective and high-throughput analytical methodology for the determination of lead and cadmium in water samples by disposable pipette extraction coupled with high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry[J]. *Analytical Letters*, **2019**, 52(13): 2133-2142.
- Priya T, Dhanalakshmi N, Karthikeyan V, et al. Highly selective simultaneous trace determination of Cd(II) and Pb(II) using porous graphene/carboxymethyl cellulose/fondaparinux nanocomposite modified electrode[J]. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **2019**, 833: 543-550.
- 吴世豪, 宋祥瑞, 赵鹏, 等. 高精度X射线荧光光谱法快速分析人体血液中6种有毒重金属元素[J]. *分析试验室*, **2023**, 42(7): 878-881.
- 安富强, 代新, 王晓华, 等. 水杨酸型螯合吸附材料对重金属离子的吸附性[J]. *化学通报*, **2012**, 75(5): 446-451.
- Aray M, Wang L L, Shawket A, et al. Preparation, characterization of Cd(II) ion-imprinted microsphere and its selectivity for template ion[J]. *Coatings*, **2022**, 12: 1038-1052.
- Radha E, Gomathi T, Sudha P N, et al. Cadmium(II) ion removal from aqueous solution using chitosan

- oligosaccharide based blend[J]. *Polymer Bulletin* **2021**, 78(2): 1109-1132.
- 10 Aray M, Gao S B, Shawket A, et al. Synthesis and characterization of cadmium ion-imprinted/natural sand composite and research on its adsorption properties[J]. *Coatings*, **2023**, 13(7): 1288.
- 11 张广田, 刘娟红, 孔丽娟, 等. 石英岩型铁尾矿机制砂中石粉的吸附特性及机理[J]. *材料导报*, **2021**, 35(6): 6071-6077.
- 12 彭晓夏, 高蕊蕊, 逯晓青, 等. 向日葵盘低酯化果胶对水溶液中镉离子的吸附作用[J]. *离子交换与吸附*, **2023**, 39(2): 135-146.
- 13 王振, 李化建, 黄法礼, 等. 典型岩性机制砂的吸附行为研究[J]. *建筑材料学报*, **2023**, 26(3): 251-258.
- 14 Gao Q, Ma Z M, Xiao J Z, et al. Effects of imposed damage on the capillary water absorption of recycled aggregate concrete[J]. *Advances in Materials Science and Engineering*, **2018**, 1: 2890931.
- 15 王丽婷, 蒋燕妮, 张为国, 等. 新型黄原酸基生物凝胶对强酸溶液中Pb(II)的选择性吸附[J]. *离子交换与吸附*, **2023**, 39(4): 352-367.
- 16 杨丽萍. 改性沸石在农村生活污水处理中的应用[J]. *当代化工*, **2024**, 53(5): 1223-1227.
- 17 买迪娜木·阿不都瓦依提, 司马义·努尔拉, 肖开提·阿布力孜. 聚丙烯腈/天然沙粒复合材料的制备及FAAS分析其对Pb(II)吸附性[J]. *光谱学与光谱分析*, **2015**, 35(2): 539-542.
- 18 肖开提·阿布力孜, 阿不都热依木, 司马义·努尔拉. 原子吸收光谱法研究自然沙粒对Pb²⁺的吸附性能[J]. *光谱学与光谱分析*, **2011**, 31(11): 3126-3129.
- 19 吾热古丽·依明, 买迪娜木·阿不都瓦依提, 布热比·赛迪麦提, 等. 修饰沙粒对Pb(II)的吸附性及其在痕量Pb(II)分离富集与测定中的应用[J]. *化学研究与应用*, **2015**, 27(2): 233-236.
- 20 陈佑宁, 贾双, 黄金鸿. 改性农业废弃物稻壳对水体中Pb(II)和Cr(VI)的吸附研究[J]. *离子交换与吸附*, **2022**, 38(5): 444-451.
- 21 Salazar J J, Leyva R R. Novel biosorbent with high adsorption capacity prepared by chemical modification of white pine (*Pinus durangensis*) sawdust adsorption of Pb(II) from aqueous solutions[J]. *Journal of Environmental Management*, **2016**, 169: 303.
- 22 程欢, 李化建, 黄法礼, 等. 废弃混凝土再生砂的吸附特性研究[J]. *硅酸盐通报*, **2024**, 43(6): 2198-2205.

Research paper

Study on Adsorption Behavior of Desert Sands Modified with Citric Acid for Cd(II)

TONG Nian, CHAI Lin-lin, GAO Shuai-bing, ZHAO Xu, GAO Kai, NAZIYEERKE Yeerboli,
MAIREYEMU Tuersun, XIAOKAITI Abulizi*

(School of Chemical Engineering, Xinjiang University, Key Laboratory of Oil and Gas Fine Chemicals of
Ministry of Education & Autonomous Region, Urumqi 830017, China)

Abstract Natural desert sand (DS) was wet modified with citric acid and used as adsorbent. The static adsorption behavior of the modified desert sand (MDS) for Cd(II) was studied and the adsorption conditions were optimized based on atomic absorption spectroscopy (AAS). Scanning electron microscopy (SEM) and infrared spectroscopy (FT-IR) were used to characterize the surface morphology and functional groups of desert sand before and after modification. The experimental results showed that the adsorption behavior of MDS for cadmium ions was slightly better than that of the original desert sand. By fitting the Langmuir and Freundlich isothermal formulas, and the adsorption behavior of MDS for Cd(II) was more suitable for the Langmuir adsorption model. At room temperature, the pH of the solution was 6, the adsorption time was 120 min, the adsorption rate could reach 83%, and the saturated adsorption capacity of Cd(II) ion on the desert sand before and after modification could reach 13.0 and 15.6 mg/g, respectively.

Keywords Desert sand, Citric acid, Wet modification, Adsorption behavior

* Corresponding author: XIAOKAITI Abulizi, E-mail: shawket_abliz@sina.com.