

表面活性剂清洗法在污染土壤修复中的应用

高士祥, 高松亭, 韩朔睽, 王连生* (南京大学环境科学与工程系污染控制与资源化国家重点实验室, 南京 210093)

摘要: 探讨了表面活性剂清洗法对土壤中芳烃类污染物的清除作用, 并对常州市染化厂原址污染现场土壤样品进行了清洗研究. 研究表明, 表面活性剂对土壤中的芳烃类污染物有很好的去除效果, 十二烷基苯磺酸钠溶液对土壤中苯酚、硝基苯洗脱率分别达93.97%和78.74%. 对污染现场土壤样品中主要污染物的洗脱率达90%以上.

关键词: 表面活性剂, 芳烃类污染物, 土壤修复.

中图分类号: X131.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3301(2000)01-0084-03

Application of Surfactant Elution Method in Remediation of Contaminated Soil with Aromatic Compounds

Gao Shixiang, Gao Songting, Han Shuokui, Wang Liansheng (State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Department of Environmental Science and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract: The effect of surfactants in removing aromatic contaminants from soil was investigated. The results showed that aromatic contaminants can be removed effectively from soil by elution with surfactants. The elution efficiency of phenol and nitrobenzene from soil by sodium laurylbenzosulfonate were 93.97% and 78.74% respectively. The elution efficiency for the main contaminants in situ soil sample was higher than 90%.

Keywords: surfactants, aromatic contaminants, soil remediation.

污染土壤的修复国际上已有很多研究报道^[1]. 清洗法已广泛用于严重污染土壤的修复. 例如用表面活性剂溶液去除土壤中的石油污染及卤代芳烃污染^[2~4]; 用环糊精水溶液修复多组分有机化合物污染的土壤^[5]. 清洗法对有机化合物污染和重金属污染均较适用, 能经济快速地对污染土壤进行修复.

本文采用表面活性剂溶液清洗法对常州市染化厂原厂址芳烃类化合物污染土壤的修复进行了研究. 以苯酚、苯胺、硝基苯和萘4个代表化合物作为重点研究对象, 探讨了表面活性剂溶液对4种污染物在土壤上的洗脱作用, 并对污染现场土壤进行了清洗试验.

1 实验方法

1.1 表面活性剂选择

(1) 样品的制备 清洁土壤样品加代表污染物. 土壤样品取自南京市草场门南侧一建筑工地, 与现场土壤样品性质相似. 土壤样品风干后粉碎, 过18目筛. 取土壤样品各200g, 分别加入20mL苯酚、苯胺、硝基苯及萘的甲醇溶液20mL, 混匀, 晾干4d.

(2) 洗脱试验方法 将十二烷基苯磺酸钠(Sodium Laurylbenzosulfonate, LAS), 脂肪醇聚氧乙烯醚(Alkyl Polyethoxyl Ether, AEO-9)和辛基苯基聚氧乙烯醚(Octylphenyl Polyethoxyl Ether, OP), 分别配成0.2g/L, 0.5g/L和1.0g/L的水溶液. 取制备好的样品2g加入10mL离心管中, 分别加入不同浓度的

* 联系人
作者简介: 高士祥(1963~), 男, 博士生, 主要研究方向为有机污染化学.
收稿日期: 1999-04-23

表面活性剂溶液,以空白土壤样品为对照,每个样品做2个平行样.所有样品均放入震荡器中震荡16h,离心分离,水溶液用上海分析仪器厂生产的7520紫外分光光度计测定吸光度,以相应的空白土壤样品溶液作为参比,根据标准曲线计算浓度后,求出污染物的洗脱率.

1.2 土壤柱上的淋洗-洗脱实验

模拟污染土壤样品为:苯酚10.1mg/kg;苯胺10.7mg/kg;硝基苯9.89mg/kg;萘10.8mg/kg.取4种模拟污染土壤样品各2份,每份100g,加入4cm 直径的玻璃柱中,玻璃柱下端衬少许玻璃棉然后加1cm 石英砂,加入土壤样品后在土样上面再加1~1.5cm 石英砂.

将LAS配成1.0g/L的溶液.在各土壤柱中加此溶液150ml进行淋洗,用10ml刻度试管收集洗脱液,每10ml为一个组分,共收集9个组分,用7520紫外分光光度计测定各组分中污染物的浓度,画出各污染物的洗脱曲线,并计算各污染物的洗脱率.

1.3 污染现场土壤样品在土壤柱上的淋洗-洗脱实验

污染现场土壤样品从常州市染化厂原址采集.污染现场土壤样品的淋洗与代表污染物的淋洗方法相同.紫外光谱扫描发现污染现场土壤样品洗脱液在整个紫外区均有明显的吸收,而LAS在250nm附近吸收较强,在280nm吸收微弱(吸光度A=0.098),因此选择在波长280nm处测定了各个组分的吸光度.

2 结果与讨论

2.1 不同表面活性剂对污染物在土壤上的洗脱作用

LAS,AEO-9,和OP对4种污染物苯酚、苯胺、硝基苯和萘在土壤上的洗脱作用结果见表1.从表1中可看出,3种表面活性剂对苯酚、苯胺和硝基苯均有较好的洗脱作用.LAS浓度为0.5g/L与1.0g/L时对苯胺和苯酚洗脱作用基本相同.浓度为1.0g/L时对硝基苯洗脱作用较好.AEO-9和OP对硝基苯和萘的洗脱作用高于LAS,但对极性较强的苯酚和苯胺洗脱作用

不如LAS.采用0.5g/L LAS加0.5g/L AEO-9的混合溶液洗脱作用低于单一表面活性剂溶液.从上面的比较看出对本文中研究的4种污染物采用LAS溶液作为洗脱剂比较好.

表1 不同表面活性剂对4种污染物在土壤上的洗脱率/%

表面活性剂/g·L ⁻¹		苯酚	苯胺	硝基苯	萘
LAS	0.2	29.1	38.8	28.7	0
	0.5	46.9	51.6	57.5	0
	1.0	43.8	54.2	62.8	0
AEO-9	0.2	4.42	32.91	32.5	0
	0.5	28.0	32.14	42.4	2.28
	1.0	29.2	39.58	114.8	11.62
OP	0.2	38.6	23.5	0	0
	0.5	50.3	23.8	68.35	1.53
	1.0	53.4	29.6	>100	6.0
LAS+ AEO-9(0.5+0.5)		41.0	33.1	27.4	0

2.2 污染物在土壤柱上的洗脱曲线

污染物在土壤柱上的淋洗曲线见图1.从

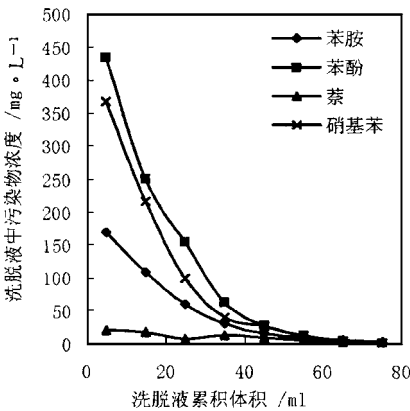


图1 4种污染物在土壤柱上的淋洗曲线

图1中可以看出,1.0g/L的LAS溶液对苯酚和硝基苯有很好的洗脱作用,洗脱液中污染物的浓度随洗脱液体积的增加而降低.苯酚和硝基苯的起始浓度分别为437.25mg/L和367.3mg/L;且随着洗脱液体积的增加浓度迅速下降,淋洗80ml后洗脱液中苯酚和硝基苯的浓度已分别降为0.98mg/L和1.50mg/L,说明苯酚和硝基苯较易洗脱;苯胺的洗脱液起始浓度比苯酚和硝基苯低,浓度下降得也较慢,说明在土壤上吸附较好,洗脱较慢.4种污染物中萘的洗脱液起始浓度最低,随着洗脱液体积的增加,洗脱液中萘的浓度变化很小,说明萘不易被阴离子表

面活性剂洗脱。

根据各组分中污染物的含量计算出的洗脱率分别为苯酚93.97%, 硝基苯78.74%, 苯胺37.94%, 萘7.29%。从4种污染物的溶解度来看, 苯胺的溶解度为36500mg/L 而硝基苯的溶解度仅为1204mg/L, 苯胺应该比硝基苯更容易从土壤上洗脱, 但本文的研究结果却表明经过相同体积和浓度的洗脱液淋洗, 硝基苯的洗脱率比苯胺大1倍以上。由于污染物从土壤上的洗脱过程是一个溶解和吸附的平衡过程^[6,7], 污染物洗脱的难易不仅与其水溶解度有关而且与其在土壤上的吸附系数有关, 苯胺在土壤上的吸附系数 $\log K_{oc}$ 为3.11, 而硝基苯的 $\log K_{oc}$ 仅为2.30^[8], 说明污染物土壤吸附系数的大小对污染物在土壤上的洗脱行为起重要作用。

2.3 污染现场土样的实验室淋洗结果

由于污染现场土壤样品成分复杂, 难以对各种成分的浓度变化进行逐个分析, 而现场的主要污染物已确定为芳烃类化合物, 因此以洗脱液紫外吸光度的变化作为淋洗效果的评价标准。1.0g/L LAS 水溶液对污染现场采集的土壤样品在土壤柱中的淋洗结果见图2。从图2中可以看出随着淋洗的进行洗脱液的吸光度迅速下降, 淋洗达70ml 时洗脱液的吸光度即由开始的1.86下降为0.337, 说明表面活性剂淋洗对去除土壤中的有机污染物效果显著。

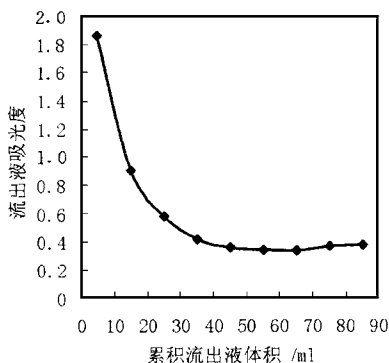


图2 污染现场土壤样品淋洗曲线

3 结论

(1) 对污染现场土壤样品和实验室模拟污染土壤样品的清洗研究表明, 清洗法可以有效

地去除土壤中的有机污染物。对水和不同表面活性剂的清洗效果研究显示, 表面活性剂对污染物的洗脱能力高于水。阴离子表面活性剂 LAS 对强极性污染物洗脱效果好, 而非离子表面活性剂对弱极性污染物洗脱效果较好。用 1.0g/L 的 LAS 溶液为淋洗剂对含苯酚、苯胺、硝基苯和萘的模拟污染土壤样品及现场土壤样品在土壤柱中进行的淋洗研究表明, 该淋洗液可有效去除模拟污染土壤样品及现场土壤样品中的大部分污染物。

(2) 土壤修复方法对国内各类化工企业搬迁后土壤的修复具有重要的参考意义。表面活性剂清洗技术可广泛应用于各种类型的有机化合物污染土壤的修复, 例如化工厂、染料厂、印染厂、农药厂以及各种精细化工生产企业污染的土壤。

参考文献

- 1 李永涛, 吴启堂. 土壤污染治理方法研究. 农业环境保护, 1997, 16(3): 118~122
- 2 Dipak and James A Smith. Enhanced Trichloroethene Desorption from Long-Term Contaminated Soil Using Triton X-100 and pH Increase. Environ. Sci. Technol., 1997, 31(7): 1910~1915
- 3 Paul T Imhoff, Morris H Arthur et al. Complete Dissolution of Trichloroethylene in Saturated Porous Media. Environ. Sci. Technol., 1998, 32(16): 2417~2424
- 4 Richard G Luthy, David A Dzombak, Catherine A Peters et al. Remediating Tar-Contaminated Soils at Manufactured Gas Plant Sites. Environ. Sci. Technol., 1994, 28(6): 266A~276A
- 5 John E Mccray and Mark L Brusseau. Cyclodextrin-Enhanced in Situ Flushing of Multiple-Component Immiscible Organic Liquid Contaminated at the Field Scale Mass Removal Effectiveness. Environ. Sci. Technol., 1998, 32(9): 1285~1293
- 6 胡永梅, 王敏健. 土壤中有机污染物迁移行为的研究方法. 环境科学进展, 1998, 6(4): 44~55
- 7 张增强, 张一平. 化学物质在土壤中的持留释放与运移. 农业环境保护, 1997, 16(4): 168~171
- 8 Donald Mackey, Wan Y in Shiu and Kuo Ching Ma. Illustrated Handbook of Physical-Chemical Properties and Environmental Fate for Organic Chemicals. Published by Lew is Publishers, 1992, Vol. IV: 284, 812, 764