



全国中文核心期刊
中国科技核心期刊

环境工程学报

Chinese Journal of Environmental Engineering



第7卷 第2期

Vol.7 No.2

中国科学院 主办
生态环境研究中心
科学出版社 出版

2
2013

目次

水 污 染 防 治

颗粒活性炭深度处理抗生素废水	王健行	魏源送	成宇涛	李明月(401)
三维荧光区域积分评估城市污水中溶解性有机物去除	姚璐璐	涂 响	于会彬	徐东耀
污水再生处理微滤-反渗透工艺经济分析	汤 芳	孙迎雪	石 晔	李 旭
美国某给水厂处理工艺及净水效果	姚 宏	张士超	周小轮	王春荣(422)
絮体性质对纳滤膜污染的影响	于 洋	赵长伟	王艳贵	范卫红
香菇下脚料对水体中十二烷基苯磺酸钠的吸附				黄晓东
巢湖表层沉积物中重金属的分布特征及其污染评价	余秀娟	霍守亮	咎逢宇	赵广超
光催化氧化降解垃圾渗滤液中溶解性有机物	贾陈忠	刘 松	张彩香	席北斗
Cu/La 共掺杂 TiO ₂ 光催化氧化水中的氨氮	刘 佳	龙天渝	陈前林	杜 坤
改性树脂对 β-萘磺酸的吸附性能		李跃金	李 营	李长海(463)
厌氧序批式反应器中丝状颗粒污泥的形成			邵享文	彭党聪(468)
紫外光照处理低浓度萘普生废水	陈依玲	刘国光	姚 琨	吕文英(473)
新型立体浮床处理河道微污染源水的挂膜特性	陈亚男	郭宗楼	郑水生	汪开英
UASB 启动及不同 HRT 对老龄垃圾渗滤液处理效果的影响	刘子旭	孙力平	李玉友	邱春生
响应曲面法优化固相反硝化的工艺条件	徐 影	仇天雷	韩梅琳	李 军
不同沸石材料对沼液中磷素静态吸附去除	邢 贻	陈玉成	熊佰炼	孙晓东
固态碳源去除地下水硝酸盐的模拟实验		王曼曼	汪家权	褚华男(501)
旁路微氧池污泥停留时间对污泥减量化的影响	刘宇星	刘东方	张忠品	唐云鹭
工业废水中多金属离子的吸附净化	雷绍民	王 欢	王恩文	李 佳
改性粉煤灰吸附稀土废水中的氨氮			陈莉荣	李玉梅
改性玉米秸秆吸附 Cu ²⁺ 的动力学和热力学	陈 钰	龚正君	杨顺生	孙彩云(523)
微生物絮凝剂的研制及其对水体叶绿素 a 的去除		陆洪省	魏文超	薛婷婷(530)
多孔性 Mn ₃ O ₄ 的制备及其对水中镉的吸附		李长安	刘 伟	陈 上(535)
复合生物滤池处理城市高污染水体		张孝中	黄 新	荆肇乾
多孔孔板水力空化反应器的水力特性	朱孟府	邓 橙	宿红波	游秀东
臭氧催化氧化降解苯胺的机理			宁 军	陈立伟
改性沸石对低浓度氨氮废水的动态吸附	贾小宁	王耀龙	周林成	李彦锋(557)
电极面积对无质子交换膜微生物燃料电池协同去污能力的影响				
.....	冉春秋	李海燕	王 冰	孙红杰
质子化壳聚糖的除磷性能		仇春华	王文君	安晓雯
固体超强酸 SO ₄ ²⁻ /TiO ₂ -SnO ₂ /Ce ⁴⁺ 光催化降解含酚废水	王九思	王宏英	赵 来	吕涛涛
天然和 CPB 改性沸石对 Hg ²⁺ 的吸附特征	黄 慧	郝硕硕	朱家亮	申源源
改性甘蔗渣对 Cu ²⁺ 和 Zn ²⁺ 的吸附机理		齐亚凤	何正艳	余军霞
沼液中臭味物质的去除方法及其对营养物质的影响			张 晗	刘永军(591)
机械清洗法对 MBR 膜泥饼层的影响	尤朝阳	刘汤勤	张 丹	肖晓强
生物接触氧化法处理选矿废水的影响因素	宋卫锋	唐铁柱	林梓河	严 明
不同阳极微生物燃料电池产电性能的比较			尹 航	胡 翔(608)
活性炭吸附苯酚及其超声波再生效果		朱金凤	王三反	卢炯元(613)
油田水反硝化技术抑制硫酸还原菌	邵 涛	苟 智	王 林	(617)

大 气 污 染 防 治

商业 SCR 烟气脱硝催化剂钙中毒研究	商雪松	陈进生	姚 源	胡恭任(624)
膜生物反应器中生物膜的生长特性	苗峻赫	陈 蓉	廖 强	王永忠
				朱 恂(631)

湿法净化黑烟中添加剂对炭黑沉降性能的影响	战 琪 李彩亭 路 培 赵亚培 宋靖珂 方 鑫 罗飞杭 (637)
可旋转径向式微粒捕集器消声特性影响因素灰色关联分析	 龚金科 田 婵 王曙辉 陈 韬 左青松 官庆武 刘恒语 (643)
胶合竹材 GluBam 甲醛释放影响因素的气候箱实验与分析	 单 波 陈 杰 肖 岩 (649)
NiO/ γ -Al ₂ O ₃ 反应吸附苯并噻吩	 尹海燕 李春虎 周洪洋 (657)
钙基吸附剂捕集生物质燃气中的二氧化碳	 胡 辉 邹妍晖 张海旭 程 晖 李 芳 (663)
六铝酸盐催化剂的催化还原脱硫脱硝性能	 任晓光 朱旭东 李富霞 (668)
基于密相半干法脱硫工艺的生石灰消化及改性	 梁宝瑞 宋存义 赵荣志 常冠钦 刘希文 冷廷双 (673)
盆栽植物净化甲苯废气	 侯海萍 徐仲均 (679)

固 体 废 物 处 置

垃圾焚烧飞灰中不同粒径的毒性特性	 李夫振 周少奇 林奕明 (684)
石灰污泥共热法在水泥煅烧中的应用	 范海宏 张 鹏 李斌斌 (689)
水热炭化餐厨垃圾制备纳米铁/炭复合材料	 吴倩芳 吴建芝 张付申 (695)
石灰预处理和干发酵对稻草热解特性影响	 梁越敢 程备久 司友斌 曹德菊 郑 正 罗兴章 (701)
污泥膜覆盖好氧发酵通风调节方法	 盛金良 龚 莹 官 宁 施 炜 (705)
利用某尾矿制备纳米 SiO ₂	 廖茂荫 徐文彬 何舜锋 (711)
过量生石灰对污泥含水率和有机物含量的影响	 周宏仓 徐 露 周云桥 何都良 章文斌 查 键 聂东阳 (717)
菇渣作为有机栽培基质好氧改性的实验	 张唐娟 袁巧霞 陈 红 张利红 洪 娟 张俊峰 (722)
餐厨垃圾混菌发酵制备燃料乙醇	 刘爱民 徐双锁 蔡 欣 彭 鹏 卢存龙 (727)
风淬钢渣对高炉渣基微晶玻璃性能的影响	 陈左朋 申星梅 吕辉鸿 李辽沙 (732)
河湖疏浚淤泥的表征、絮凝和脱水	 李 冲 吕志刚 陈洪龄 许 超 常 健 (737)
医疗废物回转窑焚烧线中二恶英的生成	 卢 青 (743)
多元回归和 BP 人工神经网络在预测混合厌氧消化产气量过程中的应用比较	 张文阳 张良均 李 娜 周红艳 (747)

环 境 生 物 技 术

污泥好氧颗粒化过程中氨氧化菌群结构的演替与分析	 张 斌 陈照立 陈 哲 李君文 王景峰 赵 阳 (753)
pH、接种量及固形物含量对氧化亚铁硫杆菌 LX5 煤炭生物脱硫的影响	 刘玉娇 杨新萍 张德伟 王世梅 (759)
灵芝漆酶对直接蓝 86 的催化脱色性能	 赵世光 刘 强 张庆庆 汤明礼 (765)
铜绿假单胞菌 NY3 所产表面活性剂对原油降解的影响	 常 虹 聂麦茜 葛碧洲 刘 超 杨 琴 周立辉 樊晓宇 孙 超 韦绒绒 蒋 欣 (771)
低温 1,2,4-TCB 降解菌的选育、降解特性及邻苯二酚 1,2-双加氧酶基因表达水平	 胡日查 孙立波 (777)
一株高效 MC-RR 降解菌的分离鉴定及其降解特性	 崔亚青 俞 鲁 高雪莲 马田田 杨兴明 沈其荣 (783)
响应面法和神经网络优化 <i>Acinetobacter</i> sp. DNS32 发酵基质	 王 洋 王志刚 王 溪 郭火生 孟冬芳 张 颖 (791)

环 境 监 测 与 评 价

“7.16”大连新港石油管道爆炸事故中的热红外溢油监测	 陈 澎 李 颖 余小凤 刘丙新 (796)
-----------------------------------	-----------------------------

CONTENTS

Advanced treatment of antibiotic wastewater by granular activated carbon	Wang Jianxing Wei Yuansong Cheng Yutao Li Mingyue(401)
Evaluation of dissolved organic matter removal in municipal wastewater based on fluorescence regional integration	Yao Lulu Tu Xiang Yu Huibin Xu Dongyao Han Lu Song Yonghui(411)
Cost analysis for a microfiltration-reverse osmosis (MF-RO) process applied in wastewater reclamation	Tang Fang Sun Yingxue Shi Ye Li Xu Hu Hongying(417)
Process design and water purification efficiency of one water treatment plant in America	Yao Hong Zhang Shichao Zhou Xiaolun Wang Chunrong(422)
Effect of floc characteristics on nanofiltration membrane fouling	Yu Yang Zhao Changwei Wang Yangui Fan Weihong Luan Zhaokun(427)
Adsorption of sodium dodecylbenzenesulfonate from aqueous solutions by lentinus deodes residue	Huang Xiaodong Lou Benyong(433)
Distribution characteristics and contamination assessment of heavy metals in surface sediments of Chaohu Lake, China	Yu Xiujuan Huo Shouliang Zan Fengyu Zhao Guangchao Xi Beidou Su Jing(439)
Degradation of dissolved organic matter in landfill leachate during photocatalytic treatment process	Jia Chenzhong Liu Song Zhang Caixiang Qin Qiaoyan(451)
Photocatalytic catalytic oxidation of ammonia in aqueous solutions by Cu/La-codoped TiO ₂	Liu Jia Long Tianyu Chen Qianlin Du Kun(457)
Adsorption behavior of β -naphthalenesulfonic acid by modified resin	Li Yuejin Li Ying Li Changhai(463)
Formation of granular sludge with filamentous microorganisms in anaerobic sequencing batch reactor (ASBR)	Shao Xiangwen Peng Dangeong(468)
Treatment of naproxen-containing water in low concentration by ultraviolet irradiation	Chen Yiling Liu Guoguang Yao Kun Lü Wenyong(473)
Biofilm colonization characteristics of tridimensional floating bed in treating micro-polluted river source water	Chen Yanan Guo Zonglou Zheng Shuisheng Wang Kaiying Wu Haitao Liu Lu(477)
Impact of UASB start-up and different HRT on treatment effect of old landfill leachate	Liu Zixu Sun Liping Li Yuyou Qiu Chunsheng Zhu Yongqiang(483)
Optimization of solid-phase denitrification process using response surface methodology	Xu Ying Qiu Tianlei Han Meilin Li Jun Wang Xuming(489)
Static adsorption characteristics and removal efficiency of phosphate in biogas slurry by different zeolite substrates	Xing Ze Chen Yucheng Xiong Bailian Sun Xiaodong Sun Xiaojing(494)
Simulation test of nitrate removal in groundwater with solid carbon source	Wang Manman Wang Jiaquan Chu Huanan(501)
Effect of retention time on sidestream bypass oxygen-limited sludge reduction process	Liu Yuxing Liu Dongfang Zhang Zhongpin Tang Yunlu Yu Jie Chen Ruiping Li Kexun(507)
Adsorption and purification of multiple metal ions in industrial wastewater	Lei Shaomin Wang Huan Wang Enwen Li Jia Guo Zhenhua Xu Teng(513)
Adsorption of ammonia nitrogen in rare-earth wastewater by modified fly ash	Chen Lirong Li Yumei Du Mingzhan(518)
Kinetics and thermodynamics for Cu ²⁺ adsorption by modified corn straw	Chen Yu Gong Zhengjun Yang Shunsheng Sun Caiyun(523)
Preparation of microbial flocculant and its removal of chlorophyll a in water	Lu Hongsheng Wei Wenchao Xue Tingting(530)
Preparation of porous Mn ₃ O ₄ and its adsorption for cadmium in water	Li Changan Liu Wei Chen Shang(535)
Treatment of urban highly polluted water by composite biofilter	Zhang Xiaozhong Huang Xin Jing Zhaoqian Cao Shiwei(541)
Hydraulic characteristics of hydrodynamic cavitation reactor with orifice plate	Zhu Mengfu Deng Cheng Su Hongbo You Xiudong Chen Ping Yuan Yinghai Zhu Lu(546)
Degradation mechanism of aniline by ozonation catalysis	Ning Jun Chen Liwei Cai Tianming(551)
Ammonia nitrogen dynamic adsorption from low concentration wastewater by modified zeolite	Jia Xiaoning Wang Yaolong Zhou Lincheng Li Yanfeng(557)
Effect of electrode area on collaborative removal of pollutant by membrane-less microbial fuel cells	Ran Chunqiu Li Haiyan Wang Bing Sun Hongjie Li Junjie Sun Jianan(563)
Dephosphorization effect of protonated chitosan	Zhang Chunhua Wang Wenjun An Xiaowen Hao Yannan(568)
Photocatalytic degradation of phenol solution by solid superacid catalyst SO ₄ ²⁻ /TiO ₂ -SnO ₂ /Ce ⁴⁺	Wang Jiushi Wang Hongying Zhao Lai Lü Taotao Wang Qi(573)
Adsorption characteristic of mercury (II) on natural and CPB modified zeolite	Huang Hui Hao Shuoshuo Zhu Jialiang Shen Yuanyuan Wang Zhigang Chen Hong(579)
Adsorption mechanism for Cu ²⁺ and Zn ²⁺ by modified bagasse	Qi Yafeng He Zhengyan Yu Junxia Chi Ruan(585)
Methods for bad smell materials removal and their impacts on nutrients in anaerobic fermentation liquids	Zhang Han Liu Yongjun(591)
Effect of mechanical cleaning method on MBR membrane sludge cake layer	You Chaoyang Liu Tangxun Zhang Dan Xiao Xiaoqiang Liu Zhiyin(598)

Some influencing factors of flotation wastewater treatment with bio-contact oxidation method	Song Weifeng Tang Tiezhu Lin Zihe Yan Ming Deng Qi Chen Xiaoping (603)
Comparison of power generation performance of different types of anodes in microbial fuel cells	Yin Hang Hu Xiang (608)
Phenol adsorption on activated carbons and their regeneration performance by ultrasonic	Zhu Jinfeng Wang Sanfan Lu Jiongyuan (613)
Denitrification inhibiting sulfate-reducing bacteria activity in oilfield water	Shao Tao Gou Zhi Wang Lin (617)
Study on calcium poisoning of commercial SCR de-NO _x catalyst	Shang Xuesong Chen Jinsheng Yao Yuan Hu Gongren (624)
Growth characteristics of biofilm in membrane bioreactor	Miao Junhe Chen Rong Liao Qiang Wang Yongzhong Zhu Xun (631)
Effect of additives in smoke wet purification on soot settling properties	Zhan Qi Li Caiting Lu Pei Zhao Yapei Song Jingke Fang Xin Luo Feihang (637)
Grey relational analysis on influencing factors of muffling characteristic in a radial rotatable diesel particulate filter	Gong Jinke Tian Chan Wang Shuhui Chen Tao Zuo Qingsong Guan Qingwu Liu Hengyu (643)
Influencing factors analysis of formaldehyde emission from GluBam sheet by climate chamber test	Shan Bo Chen Jie Xiao Yan (649)
Reactive adsorption of benzothiophene on NiO/ γ -Al ₂ O ₃ adsorbent	Yin Haiyan Li Chunhu Zhou Hongyang (657)
Capturing carbon dioxide in biomass gas by calcium-based sorbents	Hu Hui Zou Yanhui Zhang Haixu Cheng Hui Li Fang (663)
Properties of hexaaluminate catalysts and catalytic reduction activity for desulfurization and denitrification	Ren Xiaoguang Zhu Xudong Li Fuxia (668)
Digestion and modification of lime based on dense semi-dry desulfurization process	Liang Baorui Song Cunyi Zhao Rongzhi Chang Guanqin Liu Xiwen Leng Tingshuang (673)
Toluene purification by potted plants	Hou Haiping Xu Zhongjun (679)
Toxicity characteristics of different particle sizes of fly ash from municipal solid waste incinerators	Li Fuzhen Zhou Shaoqi Lin Yiming (684)
Application of sludge drying heat with lime in cement burning	Fan Haihong Zhang Peng Li Binbin (689)
Fe/C nano-materials development from kitchen garbage under hydrothermal condition	Wu Qianfang Wu Jianzhi Zhang Fushen (695)
Effect of lime pretreatment and dry digestion on pyrolysis characteristics of rice straw	Liang Yuegan Cheng Beijiu Si Youbin Cao Deju Zheng Zheng Luo Xingzhang (701)
Ventilation adjustment methods in sludge static aerobic fermentation with membrane covering technology	Sheng Jinliang Gong Ying Gong Ning Shi Wei (705)
Preparation of nano SiO ₂ by using tailings	Liao Maoyin Xu Wenbin He Yifeng (711)
Effect of adding excessive lime on moisture content and organic matter content in sludge	Zhou Hongcang Xu Lu Zhou Yunqiao He Duliang Zhang Wenbin Zha Jian Nie Dongyang (717)
Aerobic modified experiment of mushroom residue as organic substrate	Zhang Tangjuan Yuan Qiaoxia Chen Hong Zhang Lihong Hong Juan Zhang Junfeng (722)
Fuel ethanol production from food waste by being mixed microbial fermentation	Liu Aimin Xu Shuangshuo Cai Xin Peng Peng Lu Cunlong (727)
Effect of air quenched steel slag on properties of glass-ceramic based on blast furnace slag	Chen Zuopeng Shen Xingmei Lü Huihong Li Liaosha (732)
Characterization, flocculation and dehydration of dredged sludge	Li Chong Lü Zhigang Chen Hongling Xu Chao Chang Jian (737)
Formation of dioxin in a rotary kiln medical waste incineration line	Lu Qing (743)
Comparing multiple regression and BP artificial nerve net model used on prediction of anaerobic co-digestion gas-producing process	Zhang Wenyang Zhang Liangjun Li Na Zhou Hongyan (747)
Evolution and analysis of ammonia-oxidizing bacteria communities during aerobic sludge granulation	Zhang Bin Chen Zhaoli Chen Zhe Li Junwen Wang Jingfeng Zhao Yang (753)
Effect of pH, inoculation and coal burden on bio-desulfurization of coal by <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> LX5	Liu Yujiao Yang Xinpeng Zhang Dewei Wang Shimei (759)
Decolorization of Direct Blue 86 catalyzed by laccase from <i>Ganoderma lucidum</i>	Zhao Shiguang Liu Qiang Zhang Qingqing Tang Mingli (765)
Effects of rhamnolipid on oil degradation by <i>Pseudomonas aeruginosa</i> strain NY3	Chang Hong Nie Maiqian Ge Bizhou Liu Chao Yang Qin Zhou Lihui Fan Xiaoyu Sun Chao Wei Rongrong Jiang Xin (771)
Isolation, degradation characteristics and catechol 1,2 dioxygenase gene expression level of 1,2,4-TCB degrading bacterium under low temperature	Hu Richa Sun Libo (777)
Isolation and identification of a MC-RR degradation bacillus and its degradation characteristics	Cui Yaqing Yu Lu Gao Xuelian Ma Tianian Yang Xingming Shen Qirong (783)
Optimization of fermentation medium for <i>Acinetobacter</i> sp. DNS32 by response surface methodology and artificial neural network	Wang Yang Wang Zhigang Wang Xi Guo Huosheng Meng Dongfang Zhang Ying (791)
Thermal infrared oil spills monitoring in “7.16” Dalian Xingang oil pipeline explosion	Chen Peng Li Ying Yu Xiaofeng Liu Bingxin (796)

河湖疏浚淤泥的表征、絮凝和脱水

李冲^{1,2} 吕志刚^{1,2} 陈洪龄^{1,3} 许超^{1,2} 常健^{1,2}

(1. 江苏江达生态科技有限公司, 无锡 214061; 2. 江苏省河海湖泊生态修复与资源化工程技术研究中心, 无锡 214061; 3. 南京工业大学化学化工学院, 南京 210009)

摘要 以无锡锡山湿地公园河道淤泥及太湖贡湖湾疏浚底泥为研究对象, 对比分析了两种淤泥的矿物组成、粒径分布及泥微粒表面基团、 ζ 电位等理化特性。以聚丙烯酰胺类聚合物 (polyacrylamide, PAM) 为絮凝剂, 对比分析了其在 2 种底泥絮凝分离、真空抽滤脱水过程中的作用特征, 并对相关影响因素进行了探讨。结果表明, 两种淤泥样具有相近的主体矿物组分、有机基团及 ζ 电位值, 但有机质含量稍高的淤泥样中大颗粒所占比例相对较高。相比阳离子型 PAM, 阴离子型 PAM 在较少用量下即可获得较大絮团, 但上清液浊度较高。絮凝泥在抽滤过程受絮团尺寸影响较大, PAM 不同类型基团间的差异对其影响较小, 但对趋于平衡后的泥饼含水率略有影响。

关键词 疏浚淤泥 聚丙烯酰胺 絮凝 脱水

中图分类号 X524 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2013)02-0737-06

Characterization, flocculation and dehydration of dredged sludge

Li Chong^{1,2} Lü Zhigang^{1,2} Chen Hongling^{1,3} Xu Chao^{1,2} Chang Jian^{1,2}

(1. Jiangsu Jiangda Biological Technology Co. Ltd., Wuxi 214061, China; 2. Jiangsu Engineering Technology and Research center of Surface Waters Ecological Restoration and Utilization, Wuxi 214061, China; 3. College of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

Abstract The Wuxi Xishan wetland park river sediment and dredged sewage from Gonghu Bay of Tai Lake were chosen and studied. The characteristics such as particle size distribution, mineral composition, surface groups and zeta potentials were comparatively analyzed. The process of flocculating separation and vacuum filtration with the polyacrylamide (PAM) was discussed. The results showed that these two kinds of dredge sludge had similar mineral components, organic groups and ζ potential values, but the sludge sample with higher organic matter content had a relatively high large particle proportion. Compared with the cationic PAM, the anionic PAM could get larger flocculents with less doses, but the separated liquid turbidity value was bigger. The filtration rate of the flocculation sample was affected by the size of flocculate more than the difference between ionic groups of PAM, but the moisture content of mud cake after equilibrium was slightly affected.

Key words dredged sludge; polyacrylamide; flocculation; dewater

底泥疏浚是清除湖泊内源污染, 降低湖泊污染负荷的有效手段。据资料介绍, 仅太湖流域 2002—2006 年期间疏浚面积高达 93.6 km², 工程量总规模为 2 512 万 ~ 3 448 万 m³, 并规划在 2008—2012 年期间清淤量达到 3 541 万 m³[1-5]。随着污染河湖治理工程项目的不断开展, 为避免疏浚底泥的二次污染, 底泥的妥善处置与处理变得尤为重要。在疏浚底泥的资源化的过程中, 底泥的脱水减量是资源化前处理中的关键环节[6-12]。

机械脱水处理方式具有灵活性高、时间短等优点, 但存在处理量小、成本高等缺陷。堆场自然风干仍是国内目前采用的较多的方案, 但存在占地面积大, 脱水时间长, 易产生二次污染等缺点。真空预压

脱水法具有施工方便、脱水效果好等特点, 但脱水周期仍较长, 整体能耗偏高[13-15]。

聚丙烯酰胺 (polyacrylamide, PAM) 作为一种性能优异的高分子絮凝剂, 多年来在污水絮凝处理、污泥调质脱水领域得到广泛应用[16]。

将絮凝前处理与真空预压法结合以加快前期泥水分离、促进排水速率, 缩短整体周期具有可行性。国内部分研究人员采用了不同离子类型的聚丙烯酰

基金项目: 江苏省科技支撑 (社会发展) 计划项目 (BE2010636); 江苏省科技基础设施建设计划 (BM2010668)

收稿日期: 2011-12-09; **修订日期:** 2012-02-14

作者简介: 李冲 (1984 ~), 男, 硕士, 主要从事水污染防治的相关工作。E-mail: sd_lichong@163.com

胺对淤泥样的脱水作用特征进行了分析,并从药剂的角度对相关机理进行了分析^[17-19]。但针对不同淤泥样理化性质差异性对后继絮凝脱水效果影响的研究仍相对较少。

本文在对2种淤泥样理化性质对比分析的基础上,采用聚丙烯酰胺(PAM)对泥样进行了固液分离处理,并对絮凝处理泥样进行了真空抽滤处理,对过程中的作用特征及相关影响因素进行了探讨。

1 实验部分

1.1 实验材料及仪器设备

1.1.1 实验材料及试剂

淤泥样分别取无锡锡山湿地公园河道淤积河底及太湖贡湖湾疏浚现场,稀释用水取自淤泥样采集区域。淤泥样取回后密封、阴凉处保存。2种淤泥样分别记为S_X和S_G,其外观分别呈深棕色及棕色,pH约为6.8~7.2,固含量(质量分数,%)范围为18%~28%,有机质含量质量分数分别为5.1%及2.3%(GB 9834-88)。

阳离子聚丙烯酰胺(CPAM),为甲基丙烯酰氧乙基三甲基氯化铵、丙烯酰胺共聚物,阳离子度为15%,相对分子质量约为600万(GB/T12005.10-92),记为CPAM_JD;阴离子聚丙烯酰胺(APAM),为丙烯酰胺均聚后水解产物,水解度为25%,分子量约为1200万,记为APAM_JD;非离子聚丙烯酰胺(NPAM),分子量约为1000万,记为NPAM_JD。

其余试剂皆为分析纯。

1.1.2 实验仪器

激光衍射法粒度分析仪(Malvern MS 2000,英国马尔文公司)、微电泳仪(JS94H型,上海中晨数字设备有限公司)、精密数显酸度计(PHS-3C型,上海康宁电光技术有限公司)、六联程控搅拌器(TA6-4,武汉恒岭科技有限公司)、浊度仪(GDS-3C,无锡科达仪器厂)、循环水式真空泵(SHZ-D,上海科兴仪器有限公司)。

1.2 实验方案及步骤

1.2.1 淤泥样性质表征

采用Nicolet iS10型FT-IR仪对2种淤泥样进行分析,研究其表面基团种类。通过激光粒度仪对泥浆进行粒径分析,获取其粒径分布数据;采用JS94H型微电泳仪测定泥浆悬浮微粒的 ζ 电位值^[20-22]。

1.2.2 PAM絮凝条件的选择

根据实验室前期工作,PAM均在使用前24 h内

溶解,溶液质量分数为0.1%,对淤泥样进行预处理,挑出相对明显的杂物,以采集的水样进行稀释、搅拌处理,控制2种淤泥样固含量为14%。PAM投加絮凝条件为:分别于250 mL烧杯中加入200 mL淤泥样,在250 r/min转速下搅拌,加药搅拌30 s,静置沉降,记录上清液和絮团间清晰界面从量筒刻度值(200 mL)降到下一刻度值(175 mL)的时间,记为第一刻度沉降时间,以s表示。静置沉降10 min后,测定上清液浊度,以NTU记,并记录压实层体积,以mL表示。

参考以上步骤,尝试不同试剂投加量,第一刻度沉降时间值最小时可视为最佳投药量。

1.2.3 不同离子类型PAM絮凝效果对比

采用不同离子类型PAM对2种泥样进行絮凝处理,在相同条件下考察絮凝剂投加量对絮凝效果的影响并分析及变化规律。

1.2.4 不同离子类型PAM对絮凝泥抽滤过程的影响

参考1.2.2中方法筛选出不同离子类型PAM最佳投药量,分别对淤泥样进行絮凝处理,沉降10 min后移去适量上清液,以静置沉降絮凝泥样为研究对象,未处理原淤泥为对照(静置沉降浓缩处理,固含量约30%)。

将约70 mL泥样移入漏斗(直径80 mm)中,泥表面覆橡胶膜密封,于0.1 MPa下恒压过滤。分别于不同时间间隔记录下几种泥样的滤液量。

至无明显滤液(固定时间60 min)时,取出泥饼烘干称重,测定终点固含量($=1 - \text{含水率}$)。

2 结果与讨论

2.1 淤泥样性质表征

2.1.1 FT-IR谱图分析

由图1可知,S_X、S_G红外谱图形状相似,均在 1040 cm^{-1} 处有强吸收峰出现,为硅酸盐中Si—O

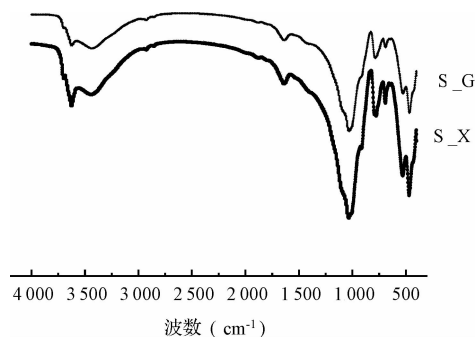


图1 淤泥样FT-IR谱图对比

Fig. 1 Comparison of FT-IR spectra

键振动所引起; $0 \sim 3\,640\text{ cm}^{-1}$ 处为O—H振动吸收峰, $3\,450 \sim 3\,520\text{ cm}^{-1}$ 处较宽峰为N—H振动吸收峰; $0 \sim 2\,920\text{ cm}^{-1}$ 处的微弱峰为脂肪族的—CH₂—振动峰, $0 \sim 1\,710\text{ cm}^{-1}$ 处吸收峰为羧基的C=O吸收峰。

可见,S_X、S_G具有相同的粘土矿物类无机主体组分,有机吸收峰的出现表明淤泥样中存在一定量的有机质。

2.1.2 粒径分布

泥颗粒的粒径尺寸及其分布规律对淤泥的沉降规律有明显的影响,图2给出了S_X、S_G粒径分布数据对比。为保证淤泥颗粒测样过程中的分散性,激光粒度仪进样控制条件为循环进样,搅拌泵速为2 500 r/min,数据为重复3次测定均值。

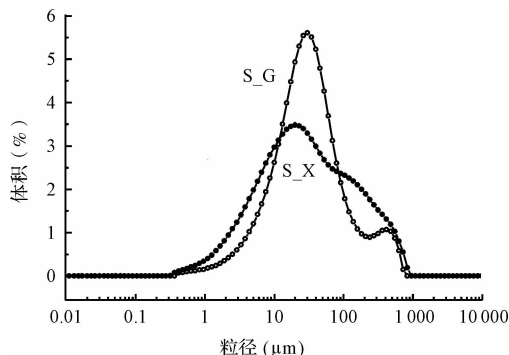


图2 S_G、S_X淤泥样粒径分布

Fig.2 Particle size distribution of S_G and S_X

由图2知,2种泥颗粒均为微米级别;S_G粒径分布相对集中, $10 \sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 微粒约占69.5%以上,高于S_X的50.3%;均在 $100 \sim 1\,000\text{ }\mu\text{m}$ 间均有明显较大颗粒出现,且S_X所占比例高达21.8%。

可见淤泥样颗粒整体较细,S_X、S_G中位径 $d(50)$ 分别为27.614及25.139 μm , $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上的大颗粒是由于有机质的存在含有的COOH、OH、C=O等多种活性基团,可以和细颗粒泥沙中的粘性组分发生作用,包覆在泥颗粒表面,形成有机包裹层致使细颗粒泥沙絮团粒径增大,有机质含量稍高的S_X样更为明显。

2.1.3 Zeta 电位

粘土类泥微粒表面的电化学性质对其絮凝、沉降有较强的影响作用,通常粘土类矿物中的晶格单元因低价离子的同晶置换效应而显负电性,因颗粒间的排斥力而呈一定稳定性。

图3、图4分别给出了2种淤泥样的 ζ 电位值随

pH的变化规律,图中的 ζ 电位值均为不同pH下淤泥样的4次测定均值。S_X、S_G的 ζ 电位值有相似的变化趋势,均为pH值愈大, ζ 电位负电势愈强。

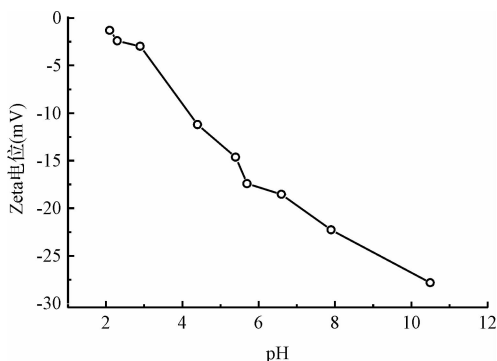


图3 S_G泥颗粒的 ζ 电位值

Fig.3 Particle Zeta potentials of S_G

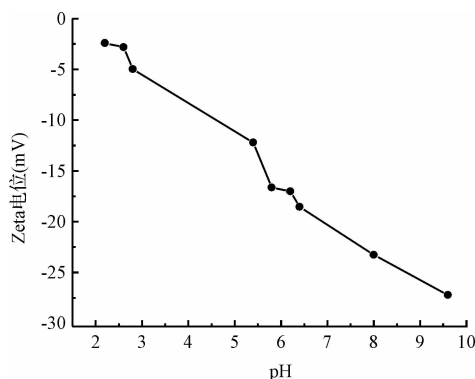


图4 S_X泥颗粒的 ζ 电位值

Fig.4 Particle Zeta potentials of S_X

S_X的 ζ 电位负值稍强,可见除受硅铝酸盐类矿物自身的影响外,有机质颗粒的腐殖酸类多聚电解质在水中的解离亦影响到泥颗粒 ζ 电位,且生成的有机包裹层会致使颗粒电负性增强。

综上所述,2种淤泥样具有相近的矿物组成成分、有机基团及 ζ 电位值,但2种淤泥样有机质含量略有差异,受淤泥中有机物质的影响,S_X粒径分布异于S_G, $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上大颗粒所占比例较高。

2.2 淤泥泥浆的絮凝处理

2.2.1 最佳投药量范围下不同PAM的絮凝效果对比

控制2种淤泥样固含量为14%,选用质量分数为0.1%阴、阳及非3种絮凝剂。根据1.2.2中絮凝控制条件,根据第一刻度沉降时间、上清液浊度及压实层体积对比筛选3种药剂的最佳投药量范围。

根据筛选出的最佳投药量范围,分别采用不同离子类型PAM对2种泥样进行絮凝处理,对比分析投药量及泥样差异性对絮凝效果的影响。

表 1 CAPM_JD 的投加量对絮凝效果的影响

Table 1 Effect of CPAM_JD dose on flocculation efficiency

编号	投加浓度 (mg/L)	压实层体积 (mL)	上清液浊度 (NTU)	絮团描述
S_G	120.8	160	26.1	较小
	130.4	170	18.3	小
	139.8	175	10.6	中等
S_X	101.1	150	33.0	较小
	111.0	155	26.4	小
	120.8	160	18.5	中等

表 2 NPAM_JD 的投加量对絮凝效果的影响

Table 2 Effect of NPAM_JD dose on flocculation efficiency

编号	投加浓度 (mg/L)	压实层体积 (mL)	上清液浊度 (NTU)	絮团描述
S_G	101.1	155	46.0	中等
	111.1	160	48.4	大
	120.8	165	47.2	较大
S_X	90.9	140	54.3	中等
	101.1	145	52.8	大
	111.1	150	58.4	较大

表 3 APAM_JD 的投加量对絮凝效果的影响

Table 3 Effect of APAM_JD dose on flocculation efficiency

编号	投加浓度 (mg/L)	压实层体积 (mL)	上清液浊度 (NTU)	絮团描述
S_G	58.8	150	110.9	大
	69.8	155	139.4	较大
	80.5	160	160.8	团状
	47.6	140	130.2	大
S_X	58.8	140	160.6	较大
	69.8	145	182.4	团状

综合表 1 ~ 表 3, 针对 2 种淤泥样及阴、阳及非 3 种离子类型 PAM, S_G 整体用量略高于 S_X。对比 2 种泥样的差异性, 可能是由于 S_G 粒径分布相对集中, 小微粒 (10 ~ 100 μm) 所占比例相对较高所致。表中压实层体积、上清液浊度值均为固定投加浓度下, 3 次重复测定的均值。投加浓度为每 200 mL 固含量为 14% 淤泥样中 PAM 投加质量 (干粉计)。

不同 PAM 投加浓度下的 S_X 与 S_G 的絮凝效果具有相近的变化趋势, 其规律及原因分析如下:

(1) APAM_JD 在较少用量即下可获得较大的絮团, 但上清液浊度较高。这是由于阴离子型 PAM 分子量相对较大, 其分子链上 COO⁻ 基团间斥力的存在致使分子链相对舒展, 更易于捕获淤泥颗粒, 但

COO⁻ 基团与颗粒间的负电斥力仍然存在, 致使浊度较高。

(2) CPAM_JD 整体用量相对较高, 生成絮团较小, 但上清液浊度值较低。这是由于 CAPM_JD 上所带的阳离子基团可以与淤泥颗粒发生静电中和, 压缩其扩散层, 但由于分子量相对不高, 形成的絮团较小。

(3) NPAM 由于不带离子基团, 高分子链易扭转卷曲, 絮凝效果相对不佳。

(4) 在一定范围内, 随着浓度的增加, CPAM_JD 可以获取更低的上清浊值, 但絮团变化不大; APAM_JD 生成絮团进一步增大, 但上清液浊度值增加明显。

2.2.2 不同离子类型 PAM 对抽滤过程的影响

图 5、图 6 给出了 0.1 MPa 真空度下 2 种淤泥样及对应 PAM 絮凝处理淤泥样的抽滤曲线。

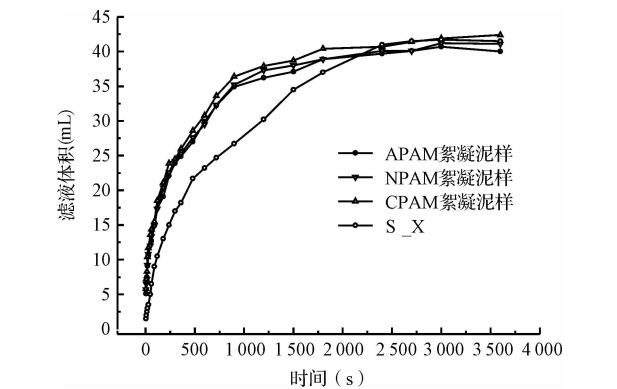


图 5 S_X 淤泥样抽滤曲线

Fig. 5 Filtration curves of S_X

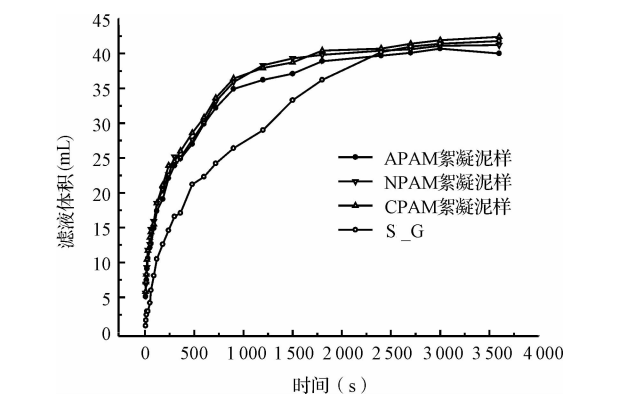


图 6 S_G 淤泥样抽滤曲线

Fig. 6 Filtration curve of S_G

表 4 给出了抽滤终止后, 不同泥样经烘干称重后的固含量值。

表 4 淤泥样及絮凝样泥固含量
Table 4 Solid contents of sludge and flocculated sample (%)

	原 泥	CPAM 样	NPAM 样	APAM 样
S_X	58.2	61.0	57.6	56.8
S_G	59.4	61.2	60.2	58.3

由图 6 知,在保证絮凝效果良好的情况下,不同离子类型的 PAM 絮凝泥样具有相似的抽滤曲线,前期抽滤速率均高于原泥,长时间抽滤后趋于平衡。

分析其变化趋势,结论如下:

(1)淤泥样絮团结构对抽滤曲线有明显影响,对前期速率提升有促进作用,明显优于原泥;2 种淤泥样数据相差不大,均在 500 s 时出现转折点,速度逐渐减缓。这是由于絮凝生成的絮团为小絮团聚集而成,具有双孔隙结构,抽滤过程为大絮团靠近、大尺寸孔隙的减少消失,而后是小絮团的粒间的小孔隙减少消失的过程;未经处理的淤泥样为典型泥饼层过滤,随着泥颗粒在滤布表面的沉降、堆积,致密泥层形成,阻力增加明显。

(2)不同离子类型 PAM 基团间的差异对抽滤过程影响较小,但对趋于平衡时的泥饼固含量有所影响。

S_X 原泥及絮凝泥样固含量均低于 S_G 及对应絮凝泥样,可能是由于有机质含量相对较高的 S_X 中泥颗粒表层具有更多的亲水性物质,脱水难度相对较大;针对 2 种淤泥样,CPAM 处理泥样含水率相对较低,这是由于阳离子基团对泥微粒表面的扩散层进行了压缩,一定程度上降低了弱吸附水的比例所致。

3 结 论

Sludge_X、Sludge_G 2 种淤泥样具有相似的矿物组成成分、有机基团及 ζ 电位值,但有机质含量前者略高,受有机质含量影响,前者 100 μm 以上大颗粒所占比例较高。

针对 2 种淤泥样及阴、阳及非 3 种离子类型 PAM, S_G 整体用量略高于 S_X。对比 2 种泥样的差异性,可能是由于 S_G 粒径分布相对集中,小微粒(10 ~ 100 μm)所占比例相对较高所致。APAM_JD 在较少用量即下可获得较大的絮团,但上清液浊度较高。APAM_JD 整体用量相对较高,生成絮团较小,但上清液浊度值较低。

淤泥样絮团尺寸对抽滤曲线有明显影响,对前期速率有提升作用,略优于原泥;不同离子类型 PAM 基团间的差异对抽滤过程影响较小,但对趋于平衡时的泥饼固含量有所影响。

参 考 文 献

[1] 张小璐,何圣兵,张美兰,等. 疏浚底泥脱水资源化试验研究. 水处理技术, 2008,34(12):50-53
Zhang Xiaolu, He Shengbing, Zhang Meilan, et al. Experimental research of availability of dewatering dredged sediment. Technology of Water Treatment, 2008,34(12):50-53 (in Chinese)

[2] 郑金秀,胡春华,彭祺,等. 底泥生态疏浚研究概况. 环境科学与技术, 2007,30(4):111-114
Zheng Jinxiu, Hu Chunhua, Peng Qi, et al. Ecological dredging of sediments. Environmental Science and Technology, 2007,30(4):111-114 (in Chinese)

[3] 江惠霞,肖继波. 污染河流生态修复研究现状与进展. 环境科学与技术, 2011,34(3):138-142
Jiang Huixia, Xiao Jibo. Eco-remediation of polluted rivers: Status quo and progress. Environmental Science and Technology, 2011,34(3):138-142 (in Chinese)

[4] 张丹,张勇,何岩,等. 河道底泥环保疏浚研究进展. 净水技术,2011,30(1):3-7
Zhang Dan, Zhang Yong, He Yan, et al. Research progresses of environmental dredging engineering project for river sediments. Water Purification Technology, 2011,30(1):3-7 (in Chinese)

[5] 颜昌宙,范成新,杨建华,等. 湖泊底泥环保疏浚技术研究展望. 环境污染与防治, 2004,26(3):189-192
Yan Changyu, Fan Chengxin, Yang Jianhua, et al. Prospect and progress of the study on environmental dredging technology of lake sediment. Environmental Pollution and Control, 2004,26(3):189-192 (in Chinese)

[6] 吕斌,杨开,洪汉清,等. 东湖底泥的脱水性能试验研究. 中国给水排水, 2003,19(5):56-58
Lü Bin, Yang Kai, Hong Hanqing, et al. Experimental study on the dewatering performance of east lake bottom silt. China Water and Wastewater, 2003,19(5):56-58 (in Chinese)

[7] 霍守亮,席北斗,荆一凤,等. 环保疏浚底泥干化技术研究. 环境工程, 2007,25(5):72-74
Huo Shouliang, Xi Beidou, Jing Yifeng, et al. Research on dredging sludge dewatering technologies for environmental dredging. Environmental Engineering, 2007, 25 (5):72-74 (in Chinese)

- [8] 陈雄峰,荆一凤,吕鑑,等. 开沟主动排水对环保疏浚堆场底泥干化的影响. 环境科学研究, **2006**,19(5):49-53
Chen Xiongfeng, Jing Yifeng, Lü Jian, et al. The research on effect ditching and active drainage on dehydration of environmental dredged landfill sludge. Research of Environmental Sciences, **2006**,19(5):49-53 (in Chinese)
- [9] Reddy K. R., Urbanek A., Khodadoust A. P. Electro-osmotic dewatering of dredged sediments: Bench-scale investigation. Journal of Environmental Management, **2006**,78(2):200-208
- [10] Smith K. E., Banks M. K., Schwab A. P. Dewatering of contaminated sediments: Greenhouse and field studies. Ecological Engineering, **2009**,35(10):1523-1528
- [11] Worley J. W., Bass T. M., Vendrell P. F. Use of geotextile tubes with chemical amendments to dewater dairy lagoon solids. Bioresource Technology, **2008**,99(10):4451-4459
- [12] Ma Jianli, Zhao Youcai, Wang Jinmei. Effect of magnesium oxychloride cement on stabilization/solidification of sewage sludge. Construction and Building Materials, **2010**,24(1):79-83
- [13] 吕斌,杨开,杨小俊,等. 武汉某湖泊底泥的机械脱水性能研究. 中国给水排水, **2008**,24(3):68-71
Lü Bin, Yang Kai, Yang Xiaojun, et al. Study on mechanical dewatering performance of sediment from a lake in wuhan. China Water and Wastewater, **2008**,24(3):68-71 (in Chinese)
- [14] 高智荣,宋珏容. 污泥脱水机械的选择讨论. 工业安全与环保, **2002**,28(6):18-20
Gao Zhirong, Song Juerong. Discussions on the selection of sludge dewatering machine. Industrial Safety and Environmental Protection, **2002**,28(6):18-20 (in Chinese)
- [15] 陈雄峰,荆一凤,吕鑑,等. 电渗法对太湖环保疏浚底泥脱水干化研究. 环境科学研究, **2006**,19(5):54-58
Chen Xiongfeng, Jing Yifeng, Lü Jiang, et al. The research of environmental dredged sludge dewatering in taihu lake by electro-osmotic. Research of Environmental Science, **2006**,19(5):54-58 (in Chinese)
- [16] 李振华. 剩余污泥浓缩脱水投药量优化和模型建立. 环境工程学报, **2011**,5(12):2797-2800
Li Zhenhua. Dosage optimization and modeling of concentration and dehydration of surplus sludge. Chinese Journal of Environmental Engineering, **2011**,5(12):2797-2800 (in Chinese)
- [17] 郑立庆,崔红帅,黄瑞娟,等. 新型改性聚丙烯酰胺的合成及对污泥调理效果的研究. 环境工程学报, **2011**,5(5):1166-1170
Zheng Liqing, Cui Hongshuai, Huang Ruijuan, et al. Synthesis of novel modified polyacrylamide and its effect on dewatering performance of sludge. Chinese Journal of Environmental Engineering, **2011**,5(5):1166-1170 (in Chinese)
- [18] 张跃军,黄娟凤,周莉,等. 不同离子性质絮凝剂在淤泥脱水中的脱水作用特征. 精细化工, **2007**,24(9):903-909
Zhang Yuejun, Huang Juanfeng, Zhou Li, et al. Dehydration characteristics of flocculants with different ionic properties and molecular weights in the processes of sludge dehydration. Fine Chemicals, **2007**,24(9):903-909 (in Chinese)
- [19] 梁启斌,倪杰,林潇,等. 滇池疏浚底泥脱水试验研究. 安徽农业科学, **2011**,39(3):1698-1700
Liang Qibin, Ni Jie, Lin Xiao, et al. Research on the dehydration test of dredged sediment in dian lake. Journal of Anhui Agriculture Science, **2011**,39(3):1698-1700 (in Chinese)
- [20] Hunter R. J. Measuring zeta potential in concentrated industrial slurries. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, **2001**,195(1):205-214
- [21] Kim J. Y., Sansalone J. J. Zeta potential of clay-size particles in urban rainfall-runoff during hydrologic transport. Journal of Hydrology, **2008**,356(1):163-173
- [22] Kaya A., Yukselen Y. Zeta potential of soils with surfactants and its relevance to electrokinetic remediation. Journal of Hazardous Materials, **2005**,120(1):119-126