

# 壳聚糖对地表水中污染物的净化作用\*

刘之杰 余 刚

(清华大学环境科学与工程系 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100084)

**摘要** 综述了壳聚糖絮凝剂对地表水中悬浮物、天然有机物(NOM)、人工合成有机物(SOCs)、藻类的去除和对细菌的抑制及残留铝的削减作用。壳聚糖在地表水净化中具有一定的应用价值。

**关键词** 壳聚糖 地表水 污染物 絮凝剂

壳聚糖在造纸<sup>[1]</sup>、电镀<sup>[2]</sup>、食品<sup>[3]</sup>等工业的废水处理中得到广泛应用。大量的毒理学研究已经证实,壳聚糖是无毒的<sup>[4,5]</sup>。美国食品与药品管理局(USFDA)已于 1983 年批准了壳聚糖可以作为食品添加剂,美国国家环保局(USEPA)亦于 1984 年批准它作为自来水净化剂<sup>[6]</sup>。本文围绕地表水中的主要污染物,总结分析了壳聚糖对地表水的净化作用。

## 1 对悬浮物的去除

水体中的各种悬浮物、胶体物质、浮游生物和微生物等杂质的含量与浊度是相关的。浊度是评价水源水质、净水工艺的净水效率及饮用水水质的重要指标。天然水体中由于粘土细菌等的存在而成为负电性的胶体体系,壳聚糖作为一种长链型的阳离子高聚体,可同时起到电中和凝聚及粘结架桥的双重作用,具有优越的絮凝特性。

### 1.1 对模拟配水中悬浮物的去除

高岭土和斑脱土是许多自然河水悬浮物中的主要成分。Huang 等<sup>[7,8]</sup>研究了壳聚糖对斑脱土配水的絮凝。在原水浊度相同的情况下,在 pH = 4 及 pH = 7 时的剩余浊度随壳聚糖投加量的变化大致相同,浊度可从 30 NTU 下降为 0.56 NTU,但 Zeta 电位随投加量的变化两者完全不同,说明壳聚糖作为絮凝剂处理斑脱土悬浊液时,随着 pH 的增加,电中和对胶体颗粒脱稳所起的作用变得并不显著,而主要是靠架桥作用。进一步的试验表明,壳聚糖作为絮凝剂处理斑脱土悬浊液时, pH 并非是影响絮凝效果的主要因素,原水浊度为 45 NTU, pH 在 4~9 范围内,浊度去除率均能达到 90% 以上,主要因素仍然是壳聚糖的投加量,壳聚糖的最佳投加量与原水浊度呈线性关系。Divakaran 等<sup>[9]</sup>研究了用壳聚糖

絮凝处理单一高岭土配水的效果,浊度去除的有效 pH 范围是 7.0~7.5,投加壳聚糖絮凝剂 1 mg/L,浊度去除率超过 90%,而 pH 超过这一范围,去除率会大大降低。Divakaran 等研究的高岭土配水的浊度与壳聚糖投加量的关系与 Huang 等研究的斑脱土悬浊液的絮凝情况截然不同。此外,壳聚糖对高岭土与斑脱土悬浊液絮凝作用不同还表现在适宜的 pH 范围上。用壳聚糖絮凝处理单一高岭土悬浊液时,只在很窄的 pH 范围内,壳聚糖才能与高岭土颗粒形成良好的聚合,而处理絮凝斑脱土悬浊液时,适宜的 pH 范围却较广。因此,当浊水中所含有与高岭土类似的颗粒物时,需要加入适量的斑脱土作为助凝剂,以改善壳聚糖对颗粒的聚合作用。

### 1.2 对实际地表水体悬浮物的去除

Divakaran 等<sup>[10]</sup>用壳聚糖絮凝处理汛期的 Periyar 河水,系统研究了 pH、原水浊度和壳聚糖投加量对絮凝效果的影响。结果表明,絮凝的最佳 pH 为 7.0~7.5,原水浊度 10~160 NTU,投加 0.5 mg/L 壳聚糖,经絮凝沉淀后,浊度均能降至 5 NTU 以下,而且形成的絮体粗大,沉降性好。

鉴于壳聚糖的价格昂贵,可以将壳聚糖与其他絮凝剂,尤其是与无机絮凝剂复合使用。Pan 等<sup>[11]</sup>将壳聚糖与 PAC 复合使用处理新竹水厂原水。试验结果表明,絮凝效果随壳聚糖投加量的增加明显变好。复合使用所产生的絮体颗粒大而紧密、沉速快。当壳聚糖和 PAC 配比为 1:1 时,絮体沉速比单独投加 PAC 快 1.5 倍,明显提高固液分离效率,进而缩短沉淀池的停留时间。

由于地域的不同,地表水水质有较大的差异。对于不同浊度和碱度的自然水体,壳聚糖仍表现出优越的絮凝特性<sup>[12,13]</sup>。

第一作者: 刘之杰,男,1970 年生,硕士研究生,工程师,研究方向为污染控制化学。

\* 国家自然科学基金重点资助项目(No. 50238020)。

表 1 为壳聚糖与铝盐对不同浊度地表水的絮凝效果比较<sup>[12]</sup>。由表 1 可知,对于不同浊度的原水,壳

聚糖与铝盐复合投加后,两种絮凝剂的投加剂量均大大减少,而剩余浊度则有明显降低。

表 1 壳聚糖与铝盐对不同浊度地表水的絮凝效果比较

原水浊度/NTU	铝盐		壳聚糖		壳聚糖+ 铝盐	
	投加量 /(mg · L <sup>-1</sup> )	剩余浊度 /NTU	投加量 /(mg · L <sup>-1</sup> )	剩余浊度 /NTU	投加量 /(mg · L <sup>-1</sup> )	剩余浊度 /NTU
3 200	300	90	1.00	10	0.15+ 20	4
1 400	100	10	1.00	10	0.10+ 20	3
500	30	5	0.25	25	0.10+ 5	5
70	10	14	0.25	18	0.05+ 8	10

## 2 水中有机物的去除

### 2.1 对天然有机物(NOM)的去除

NOM 是消毒副产物的前驱体,壳聚糖可以絮凝去除水中的一部分 NOM,这对于饮用水中消毒副产物浓度的降低具有重要意义。

Bratskaya 等<sup>[14]</sup>研究表明,壳聚糖对腐殖酸及其衍生物的配水中的色度去除率基本为 100%。单宁酸和酚醛聚合物等有机物质也是水中 NOM 的组成部分,壳聚糖对于这些物质的絮凝去除率最高可达 46%<sup>[13]</sup>。由于壳聚糖是阳离子型絮凝剂,极易与负电性的大分子腐殖酸类絮凝,因而具有较好的去除作用。

壳聚糖和人工合成有机高分子絮凝剂尤其是阳离子型聚电解质,对水中 NOM 的絮凝效果是不尽相同的。常用的阳离子型聚丙烯酰胺(PAM)对腐殖酸的去除率极低,PAM-Fe(III)比单独 PAM 的絮凝作用稍强一些,但其最佳投加量的范围很窄,去除率也远不如壳聚糖<sup>[14]</sup>。

在絮凝-接触过滤中试工艺中,壳聚糖对水中色度有很好的去除效果<sup>[15,16]</sup>。原水为 Jonsvatnet 湖水及自来水的腐殖酸配水,当 TOC 为 5.5 mg/L 时,用壳聚糖絮凝后,TOC 和色度的去除率分别为 40% 和 80%,产生的污泥量比投加铝盐少 50%。类似的中试工艺中,Eikebrokk<sup>[17]</sup>得出了 pH 最佳范围是 5.4~5.8,壳聚糖投加量为 7.5 mg/L,此时对色度的去除率超过 80%,对 NPOC (Non-purgeable Carbon)的去除率接近 60%。

在用壳聚糖与 PAC 复合使用处理圆明园昆明湖水的试验研究中,加入壳聚糖后 PAC 对水中 TOC 的去除率最大可提高 10% 以上<sup>[18]</sup>。

### 2.2 对人工合成有机物(SOCs)的去除

水体中的 SOC<sub>s</sub> 多为痕量物质,对综合性指标 TOC 等贡献极小,因此对于 TOC 的去除,并不能完全代表合成有机物的去除,同时,常规的絮凝剂对水

中的 SOC<sub>s</sub> 的去除非常有限。在已有的文献报道中,较多的是将壳聚糖作为吸附剂,用于工业废水中合成有机物的去除。如利用壳聚糖吸附去除双酚-A 和对壬基酚<sup>[19]</sup>、农药甲基对硫磷<sup>[20]</sup>等。Wada 等<sup>[21]</sup>对壳聚糖絮凝去除工业废水中的酚类和芳香胺类有所研究,但尚未见壳聚糖去除地表水中的合成有机物的文献专门报道。

### 3 对藻类的去除

常规的混凝沉淀对藻类有一定去除作用<sup>[22,23]</sup>,但由于使用铝盐絮凝剂,对藻类的去除效果并不十分理想<sup>[23]</sup>。曾有人用混凝-气浮法,加入作为助凝剂的壳聚糖和表面活性剂<sup>[24]</sup>,但这种方法对于藻类的去除并不太适用。

新近报道了壳聚糖对藻类絮凝作用的研究情况<sup>[25]</sup>。研究者选用 3 种淡水藻即螺旋藻、颤藻、小球藻,以及一种半咸水藻即蓝绿藻。原水的 pH 为 4~9,叶绿素-a 的质量浓度范围是 80~800 mg/m<sup>3</sup>,相应的浊度范围是 10~100 NTU。研究结果表明,pH 对壳聚糖的絮凝效果影响很大,对于淡水物种来说,在 pH 为 7 时去除效果最好,而对于海洋物种,pH 则还要低一些。壳聚糖的适宜投加量取决于水体中的藻类浓度,一般而言,藻类浓度越高,所需投加的壳聚糖剂量也越多,而壳聚糖投加量的增加,往往使絮凝和沉淀进行的更快。

试验中得出了叶绿素-a 浓度与浊度具有线性关系,这样,通过浊度即可衡量藻类的去除情况。当 pH 为 7 时,5.0 mg/L 壳聚糖对水中浊度去除可达 90%,且藻类浓度越高,絮体颗粒越粗大,沉降性能越好。由镜检知,絮凝沉降而被去除的藻类只是聚集粘附在一起,仍处于完好的活泼状态,机械搅动不会使其分散,但不宜用高速离心来分离絮凝后的絮体,这样会造成藻类细胞的破裂,并导致细胞内的物质进入水体中,从而使出水水质恶化。由于壳聚糖并不会对水中的物种造成任何负面影响,与加入其他人工合

成有机水处理药剂不同的是, 处理后的水仍可用于淡水养殖。壳聚糖的生产成本约2美元/kg, 估算其吨水处理费用为0.040~0.004美元。

#### 4 对细菌的抑制作用

壳聚糖对革兰氏阴性菌<sup>[26, 27]</sup>和真菌<sup>[28]</sup>能产生明显的抑制作用。研究者分别采用固体培养和液体培养两种方式, 选用了6种菌株: 3种革兰氏阴性菌(鼠伤寒沙门氏菌、绿脓假单胞杆菌、大肠杆菌); 3种革兰氏阳性菌(金黄色葡萄球菌、芽胞梭菌、粪链球菌)。研究结果表明, 壳聚糖对水传病原体具有杀灭能力, 特别是对革兰氏阴性菌效果更强, 而且壳聚糖的脱乙酰度和浓度均对其抗菌性有所影响, 一般来说, 脱乙酰度和浓度越大, 灭菌能力越强。壳聚糖的抗菌性显然使其在饮用水净化中更具优势, 但在处理工艺中如何发挥尚待进一步的试验研究。

#### 5 对残留铝的削减作用

铝盐类和聚合铝类絮凝剂在自来水处理工艺中应用极为广泛, 然而使用铝盐絮凝剂可导致饮用水中铝含量增加。饮用水中的残留铝对人体健康有严重危害<sup>[29, 30]</sup>。目前对饮用水中的铝含量已有限制标准, USEPA推荐的二级标准中铝的质量浓度为0.05~0.20 mg/L, 我国2001年最新生活饮用水水质卫生标准以及WHO制定的《饮用水水质标准》第二版中, 铝的限值均为0.20 mg/L。壳聚糖也存在出水残留的问题<sup>[16]</sup>, 但由于壳聚糖天然无毒的特性, 这些残留的壳聚糖不会对人体产生危害, 而且在后续的处理工艺中可以被去除<sup>[17]</sup>。另外, 将壳聚糖与PAC等无机絮凝剂复合使用, 可以使残留铝含量有所降低<sup>[18~]</sup>。因此, 在饮用水处理中, 壳聚糖具有其他合成有机高分子絮凝剂所无法替代的优越性。

#### 6 结 语

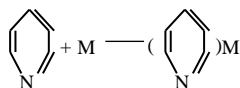
壳聚糖对地表水中的悬浮物、有机物和藻类有较好的去除作用, 并可抑制菌类, 降低出水的残留铝浓度, 在给水处理中有一定的应用前景。

#### 参考文献

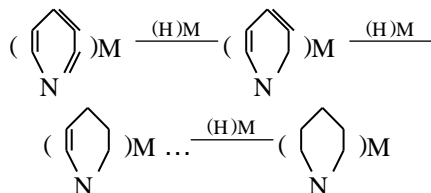
- Ganjidoust H, Tatsumi K, Yamagishi T, et al. Effect of synthetic and natural coagulant on lignin removal from pulp and paper wastewater. *Water Science and Technology*, 1997, 35(2~3): 291~296
- Seo S B, Kajiuchi T, Kim D I, et al. Preparation of water soluble chitosan blendmers and their application to removal of heavy metal ions from wastewater. *Macromolecular Research*, 2002, 10(2): 103~107
- Selmer Olsen E, Ratnaweera H C, Pehrson R. A novel treatment process for dairy wastewater with chitosan produced from shrimp

- shell waste. *Wat Sci Tech*, 1996, 34(11): 33~40
- Dodane V, Vilivalam V D. Pharmaceutical applications of chitosan. *Pharmaceutical Science & Technology Today*, 1998, 1(6): 246~253
- Koide S S. Chitin-chitosan: properties, benefits and risks. *Nutrition Research*, 1998, 18(6): 1091~1101
- Shahidi F, Janak K V A, Jeon Y J. Food applications of chitin and chitosans. *Trends in Food Science & Technology*, 1999, 10(2): 37~51
- Huang C P, Chen Y. Coagulation of colloidal particles in water by chitosan. *Chem. Tech. Biotechnol*, 1996, 66: 227~232
- Huang C P, Chen S C, Pan J R. Optimal condition for modification of chitosan: a biopolymer for coagulation of colloidal particles. *Wat Res*, 2000, 34(3): 1057~1062
- Divakaran R, Sivasankara P V N. Flocculation of kaolinite suspensions in water. *Water Research*, 2001, 35(16): 3904~3908
- Divakaran R, Sivasankara P V N. Flocculation of river silt using chitosan. *Water Research*, 2002, 36(9): 2414~2418
- Pan J R, Huang C P, Chen S C, et al. Evaluation of a modified chitosan biopolymer for coagulation of colloidal particles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 1999, 147: 359~364
- Kawamura S. Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment. *J. AWWA*, 1991, 83(10): 88~91
- Quintin P P, Edwin L J. Method for treating an aqueous medium with chitosan and derivatives of chitin to remove an impurity. US: 3533940. 1970-10-13
- Bratskaya S Y, Avramenko V A, Sukhoverkhov S V, et al. Flocculation of humic substances and their derivatives with chitosan. *Colloid Journal*, 2002, 64(6): 756~761
- Eikebrokk B, Saltnes T. NOM removal from drinking water by chitosan coagulation and filtration through lightweight expanded clay aggregate filters. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, 2002, 51(6): 323~332
- Saltnes T, Eikebrokk B, Odegaard H. Coagulation optimization for NOM removal by direct filtration in clay aggregate filters. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, 2002, 51(2): 125~134
- Eikebrokk B. Coagulation-direct Filtration of soft, low alkalinity humic waters. *Wat Sci Tech*, 1999, 40(9): 55~62
- 刘之杰, 余刚, 刘满红. 壳聚糖絮凝剂对聚合氯化铝的助凝作用. *环境化学*, 2004, 23(3): 306~309
- Aoki N, Nishikawa M, Hattori K. Synthesis of chitosan derivatives bearing cyclodextrin and adsorption of p-nonylphenol and bisphenol A. *Carbohydrate Polymers*, 2003, 52(3): 219~223
- Yoshizuka K, Lou Z R, Inoue K. Silver-complexed chitosan microparticles for pesticide removal. *Reactive & Functional Polymers*, 2000, 44(1): 47~54
- Wada S, Lchikawa H, Tatsumi K. Removal of phenols and aromatic amines from wastewater by a combination treatment with tyrosinase and a coagulant. *Biotechnology and Bioengineering*, 1995, 45(4): 304~309
- Clasen J, Misch U, Drikas M, et al. An improved method for detecting electrophoretic mobility of algae during the destabilisation process of flocculation: flocculant demand of different species and the impact of DOC. *Journal of Water Services Research and Technology-AQUA*, 2000, 49(2): 89~101
- Liu J C, Chen Y M, Ju Y H. Separation of algal cells from water by column flotation. *Separation Science Technology*, 1999, 34(11): 2259~2272

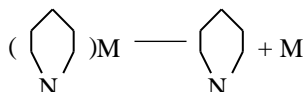
(下转第357页)



(3) 在催化阴极表面上吡啶与新生态氢反应(多次)生成哌啶



(4) 哌啶从催化剂表面脱附扩散离去



#### 4 该工艺的技术特色及环境经济效益

该工艺采用的有机电催化还原是利用电能,在催化电极表面形成初生态吸附氢,进行催化加氢反应的电学方法。初生态吸附氢具有很强的反应活性,故可在温和的反应条件下进行还原反应<sup>[4~6]</sup>。这使该工艺具有以下特点。

(1) 该工艺的反应推动力是电势,而不是常规下的热能或压力。反应中使用的氢是水或水合离子被催化阴极还原并吸附在其表面的高活性氢而不是氢气。

(2) 工艺操作简单、安全,易于控制。避免了传统工艺繁琐的操作过程,反应的开始或停止只需开关电源即可,易于调节和控制自动化。

(3) 该工艺产品的产率高、纯度高、经济效益好。产率达98%以上,电流效率接近100%;反应中间产物在反应停止几分钟后,皆分解为吡啶或哌啶,无副产物的生成,产品的纯度高。

(4) 该工艺环境效益高,为清洁生产工艺。

整个工艺过程无污染排放。对原料纯度要求低,工业纯即可,减少了“三废”污染的产生;萃取塔

的下层液为含有微量吡啶的碱溶液,可直接送回电解槽的阴极区再次使用;分馏塔分离出的醚类亦可直接送回萃取塔重复使用。

该工艺节约了能源和资源。反应的推动力是电势,有效降低了能耗;反应中使用的氢是高活性氢而不是氢气,也不需要甲醇,节省了资源。

该工艺反应条件温和。它在常温常压下进行且不使用氢气,不仅降低了能耗,同时改善了操作环境,降低了生产过程中的危险因素。

#### 5 结 论

采用有机电催化还原方法可以实现哌啶的清洁生产。反应最佳条件为低浓度的碱-水介质中,采用Raney Ni板式电极,在电流密度为20~80 A/dm<sup>2</sup>,常温下进行电还原反应。该清洁生产工艺具有产率高、纯度高,反应条件温和,节约能源和资源等优点。

#### 参考文献

- 程能林,胡声闻.溶剂手册(下册).北京:化学工业出版社,1987. 203
- Highfield J G, Oguro K, Grushko B. Raney multimetallic electrodes from regular crystalline and quasicrystalline precursors: I Cu-stabilized Ni/Mo cathodes for hydrogen evolution in acid. *Electrochemical Acta*, 2001, 47(3): 465~481
- Kiros Y, Majari M, Nissinen T A. Effect and characterization of dopants to Raney nickel for hydrogen oxidation. *Journal of Alloys and Compounds*, 2003, 360 (1~2): 279~285
- 吴跃东,张 静,骆红山,等.乙腈液相选择性加氢中Ni-B非晶态合金和Raney Ni催化性能的比较. *化学研究与应用*, 2003, 15 (4): 463~466
- Rothe J, Homes J, Schild C, et al. X-ray absorption spectroscopy investigation of the activation process of Raney nickel catalysts. *Journal of Catalysis*, 2000, 191(2): 294~300
- 陈新兵,安忠维,刘赛峰,等.4-乙基-1-苯基环己醇的Raney Ni氢解反应研究. *合成化学*, 2001, 9(6): 524~527

责任编辑:陈泽军 (修改稿收到日期:2004-04-18)

(上接第340页)

- Hejzlai J, Dolejs P, Komarkova J, et al. Effect of biomanipulation on the structuring of the planktonic food web and water treatability by coagulation. *Water Science and Technology*, 1998, 37(2): 105~112
- Divakaran R, Sivasankara P V N. Flocculation of algae using chitosan. *Journal of Applied Phycology*, 2002, 14(5): 419~422
- Helander IM, Nummiahio L E L, Ahvenainen R, et al. Chitosan disrupts the barrier properties of the outer membrane of Gram-negative bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 2001, 71(2~3): 235~244
- Chen YM, Chung Y C, Wang L W, et al. Antibacterial

properties of chitosan in waterborne pathogen. *Journal of Environmental Science and Health*, 2002, A 37 (7): 1379~1390

- Roller S, Covill N. The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. *International Journal of Food Microbiology*, 1999, 47(1~2): 67~77
- Stauber J L, Florence T M, Davies C M, et al. Bioavailability of Al in alum-treated drinking water. *J. AWWA*, 1999, 91 (11): 84~93
- Pontius F W. Regulations for aluminum in drinking water. *J. AWWA*, 2000, 92(4): 18~22

责任编辑:闵 怀 (修改稿收到日期:2004-05-25)

the catalyst still showed high NO<sub>x</sub> conversion at the very high space velocity.

**Keywords:** Ag-Ag<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Sol-gel

Nitrogen oxides

Selective catalytic reduction

Oxygen concentration

C/N molar ratio

### Enhancements of flocculants on sludge granulation in high-rate anaerobic reactor

Li Yaxin Yue Xiuping

(Department of Environmental Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan Shanxi 030024)

The effects of three different kinds of flocculants, polyaluminum chloride, polyacrylamide and polyquaternary amine, were evaluated on the activities of sludge in anaerobic reactor. Dosed into reactors with different dosages, the anaerobic degradabilities and effects on specific methanogenic activities as well as settling performance of anaerobic sludge, were assessed by methods of biochemical methane potential (BMP) test and anaerobic toxicity assay (ATA). Polyquaternary amine finally is selected for enhancing agent in anaerobic sludge granulation. It is recommended that polyquaternary amine is dosed into reactor at intervals and the concentration of mass is 10~50 mg/L.

**Keywords:** Sludge performance

Flocculant

Anaerobic reactor

### Operation characteristics of expanded granular sludge bed reactor

Guo Xiaoyan<sup>1</sup> Zhang Zhenjia<sup>2</sup> Huang Guangyu<sup>3</sup>

(1. College of Environmental Science & Engineering, Nankai University, Tianjin 300071; 2. College of Environmental Science & Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030; 3. Guangdong Jiujiang Distillery Co. Ltd., Nanhai Guangdong 528205)

The EGSB reactor appears today as a robust technology and is by far the widely used high-rate anaerobic process, but there are some disadvantages, such as higher operation conditions. How the varied organic loading rate, different feeding water and intermittent operation exerted influences on the stability of EGSB reactor was studied. The results indicated that after the EGSB reactor was successfully started up, it operated smoothly in spite of the change of organic loading rate and feeding water in certain ranges; it was restarted up rapidly after intermittent a period of time.

**Keywords:** Anaerobic treatment

EGSB reactor

Rice wine wastewater

Operation

### Removal of contaminants from surface water by chitosan

Liu Zhijie Yu Gang

(Department of Environmental Sciences and Engineering, Environmental Simulation and Pollution Control State Key Joint Laboratory, Tsinghua University, Beijing 100084)

Removal of contaminants from surface water by chitosan, such as suspended substance, natural organic matter (NOM), synthetic organic chemicals (SOCs) and algae were reviewed, and antibacterial properties and characteristic of less residual aluminum of chitosan were summarized. Chitosan can be a promising flocculant in treatment process of surface water.

**Keywords:** Chitosan

Surface water

Contaminants

Flocculants

### Electrokinetics in remediation of heavy metal contaminated underground environment

Jin Chunji Li Hongjiang Jia Yonggang

Luo Xianxiang Guo Xiujun

(Institute of Environment Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao Shandong 266003)

Electrokinetics is an emerging in situ soil remediation technology in foreign countries in recent years. Firstly basic principles of electrokinetics are introduced, and then much attention is paid to several overseas electrokinetic techniques in remediation of heavy metal contaminated soils: Lasagna technology, insertion of a conductive solution between the cathode and the soil, cation-selective membrane, CEHXM technology, Electro-Klean™ technology, Electrochemical geooxidation, Electrochemical ion exchange, Electro-sorb™, pointing out their strengths and drawbacks. Finally the advantages of electrokinetic remediation for heavy metal polluted underground environment are evaluated as a whole and the present problems are put forward.

**Keywords:** Electrokinetics

Soil

Heavy metal

Remediation

### Technique progress on organic wastes' treatment and resource recycling

Shi Lei Zhao Youcai Bian Bingxin

(State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092)