

磁性壳聚糖在水处理中的应用

韩志刚^{1,2}, 陈 卫^{1,2}

(1. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏南京 210098; 2. 河海大学饮用水安全研究所, 江苏南京 210098)

摘 要 磁性壳聚糖具有吸附性能强、廉价和易回收等优点, 论文探讨了磁性壳聚糖水处理机理, 综述了磁性壳聚糖在去除金属离子、处理印染废水、含酚废水、造纸废水和食品废水等领域的研究进展; 比较了磁性壳聚糖与其他改性壳聚糖和传统絮凝剂的性能, 提出磁性壳聚糖的优越性; 同时对磁性壳聚糖的研究开发提出了建议。

关键词 壳聚糖 磁性壳聚糖 水处理 水处理剂

中图分类号: O636.1 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2009)01-0015-05

Application of Magnetic Chitosan in Water Treatment

HAN Zhi-Gang^{1,2}, CHEN Wei^{1,2}

(1. College of Environmental Science and Engineering, Hehai University, Nanjing 210098, China;

2. Institution of Drinking Water Safety Research Academy of Hehai University, Nanjing 210098, China)

Abstract Magnetic chitosan has advantages such as good adsorption capacities, low-cost and easily recyclable. The mechanism of treating water with magnetic chitosan was discussed and a summary was made on the study progress of application of magnetic chitosan in fields such as metal ions removal, textile dyeing wastewater treatment, phenol-containing wastewater treatment, paper making wastewater treatment and food wastewater treatment. Compare magnetic chitosan with other modified chitosans and conventional flocculants, magnetic chitosan shows obvious advantage. Moreover, several advices are given to the research and development of this new water treatment agent.

Key words chitosan magnetic chitosan water treatment water treatment agent

磁性壳聚糖(MC)是一种高效、环保、经济和可持续使用的新型水处理剂, 可解决现在水处理中存在的很多问题, 因此在水处理中的应用越来越为人们所重视。

1 壳聚糖及其改良磁性壳聚糖的特性

1.1 壳聚糖的特性

地球上每年甲壳素的生物合成量为数十亿吨, 是产量仅次于纤维素的天然高分子物质。壳聚糖是甲壳素脱乙酰基后的产物, 不溶于水和碱溶液以及稀的硫酸、磷酸^[1-2], 可溶于稀的盐酸、硝酸等无机酸和大多数有机酸。

壳聚糖是天然氨基多糖, 具有优良的生物亲和性、无毒和易于化学改性^[1]。壳聚糖分子表面含有大

量的-OH、-NH₂使得它和很多有机物有很好的相容性。壳聚糖结构还决定了它能够吸附捕集多种水污染物质, 能和很多金属离子发生螯合作用。壳聚糖表面的-NH₂在一定条件下可以转化为-NH₃⁺, 能够与水里很多负电荷的物质进行相互吸引而产生吸附、絮凝等作用。因此壳聚糖可作为吸附剂、离子交换剂、絮凝剂等在水处理中使用^[1-2]。

1.2 磁性壳聚糖的特性

壳聚糖虽然能溶解在酸性溶液中, 但稳定性差, 有学者^[3-4]通过将壳聚糖包裹纳米磁性粒子制备成磁性壳聚糖微球, 结果表明这种磁性微球稳定性好、吸附性能强, 有效地提高了壳聚糖的应用价值。目前制备磁性壳聚糖的方法主要有悬浮聚合法、乳液聚合法、包埋法及分散聚合法等^[5]。E.B.Denkbas 等^[6]对制取的磁性壳聚糖微球进行了表征, 电镜显示该微球的粒径在 250 μm 左右, 粒径波动范围较小, 壳聚糖分子包裹在纳米磁性粒子周围, 并含有-OH、-NH₂等基团。因此, 磁性壳聚糖微球具有比表面积大、多孔、粒径窄分布等特征, 同时具有易回收、可再生等优点。

[收稿日期] 2008-06-17

[基金项目] 国家 863 科技攻关(2006AA06Z311), 国家自然科学基金(50778062)

[作者简介] 韩志刚(1984-), 男, 硕士研究生, 研究方向为水污染控制理论与技术。电话: 015850510324; E-mail: hzg@hhu.edu.cn。

[通讯作者] 陈 卫, 电话: 025-83787618; E-mail: cw5826@hhu.edu.cn。

磁性壳聚糖微球扩大了磁分离技术在水处理中的应用范围。磁分离技术处理对象是具有磁性的废水,而磁性壳聚糖可以很好地吸附各种物质,再通过外加磁场可将水中污染物质快速去除,这样又使得磁分离技术在水处理工程中的广泛应用成为可能。

2 磁性壳聚糖水处理的机理及影响因素

磁性壳聚糖主要通过吸附和絮凝作用去除水中污染物质,在水中显示出螯合、离子交换和孔道阻碍(pore-blockage)等特性。

2.1 吸附机理

磁性壳聚糖水处理的吸附过程主要是物理吸附、化学吸附、物理化学综合吸附和生物亲和吸附。磁性壳聚糖微球的大比表面积、多孔等特性使其对水中的污染物质有物理吸附作用;表面大量的-OH、-NH₂活性基团可以通过氢键作用吸附有机物,同时结合质子后形成的-NH₃⁺表现出阳离子型聚电解质的作用,吸附水中带负电荷污染物质^[1,4,6-10]。对于像造纸废水这样成分复杂的污水,物理和化学吸附会共同进行作用。壳聚糖良好的生物亲和性可用来处理含蛋白质、淀粉等物质的食品废水^[11]。

陈亮等研究表明^[6],壳聚糖吸附处理废水的动力学符合 Langmuir 等温方程和 Freundlich 等温方程,其中对金属离子的吸附等温曲线拟合得最好^[4,6,9]。

2.2 絮凝机理

磁性壳聚糖在水中可以质子化而带正电,属于阳离子型聚电解质^[1]。可与带负电荷的污染物质电性中和、压缩胶粒的双电层厚度,促使微粒间相互碰撞而产生絮凝作用;也可以对废水中的微粒起吸附架桥的絮凝作用;磁性的作用也可以使粒子之间相互聚集形成网状结构而捕集水中的悬浮物质^[1,6]。

2.3 螯合机理

磁性壳聚糖为多孔结构,表面含有-OH、-NH₂等基团对多种金属离子具有选择性螯合作用。Gregory 等研究^[4]表明随着磁性壳聚糖对金属离子的去除,反应溶液中氢离子没有增加,而且吸附速度变慢,说明溶液中金属离子需要和氢离子竞争氨基部位来进行配位螯合。周利民等^[10]用乙二胺改性的磁性壳聚糖(EMCS)对 Hg²⁺和 UO₂²⁺进行了螯合作用研究,其螯合作用的示意图如图 1。

另外,结合氨基螯合树脂的特性^[12],可以知道磁性壳聚糖对 Au³⁺、Cu²⁺、Ni²⁺、Hg²⁺、Zn²⁺、Mn²⁺等有较强的螯合作用,其中对 Au³⁺、Cu²⁺和 Hg²⁺的选择性好。利

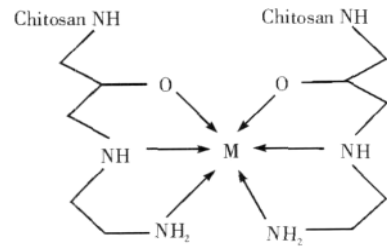


图 1 Hg²⁺和 UO₂²⁺与 EMCS 形成的配合物结构

Fig.1 Complex structure of Hg²⁺ and UO₂²⁺ with EMCS

用螯合机理可以选择分离废水中的金属污染物质。

2.4 离子交换机理

表面的-OH、-NH₂基团使壳聚糖可作为离子交换树脂来使用,主要为弱碱离子交换树脂。但金属离子主要是通过和氢离子竞争氨基部位进行配位螯合作用,所以离子交换机制进行吸附的过程中主要是氨基在强酸性溶液中质子化,溶液中有高浓度的负离子才可能发生^[1-2]。周利民等研究^[10]表明在 pH<2.5 的条件下磁性壳聚糖主要利用离子交换机制去除 Hg²⁺,主要交换过程为: R-NH₂+HCl⇌R-NH₃⁺Cl⁻, HgCl₂+Cl⁻⇌HgCl₃⁻, R-NH₃⁺Cl⁻+HgCl₃⁻⇌R-NH₃⁺HgCl₃⁻+Cl⁻。

2.5 孔道阻碍机理

Rorrer 等^[4]在用磁性壳聚糖去除 Cr²⁺的时候发现直径 1 mm 微球单位面积吸附量不到直径 3 mm 微球的两倍,这和吸附量与表面积成正比例的理论关系不符合,于是他用孔道阻碍机理来解释这种现象:金属离子大部分是吸附在微球的表面而不进入内部,由于表面的氨基部位优先与金属离子结合,其他的金属离子被阻挡而很难进入孔内与氨基结合。

2.6 磁性作用机理

磁性可促使壳聚糖在酸性溶液中保持稳定,同时还可以和磁分离技术结合使用,通过磁场的作用快速回收再生使用。磁性还可以改变水中微粒表面的电荷分布,通过压缩双电层将污染物质相互聚集,形成絮凝体沉淀。

2.7 再生机理

磁性壳聚糖主要通过氨基的质子化来吸附、螯合废水中的金属物质,其中一个主要的反应表达式如下: R-NH₃⁺+Me⁻→R-NH₃⁺Me⁻(Me 为污染物质)。因此可以通过 NaOH、NaCl 和 HCl 溶液来进行再生,研究^[4,10-11,13-14]发现 NaOH 溶液或者 NaOH 和 NaCl 的混合溶液再生能力比其他溶液的再生能力要强。强碱的作用可能是改变了壳聚糖和污染物质之间的带电性,使得静电作用减弱,从而很容易把污染物质脱附下来。

2.8 影响因子

2.8.1 溶液 pH 值的影响

pH 是影响磁性壳聚糖水处理的最重要因数影响因素, pH 和吸附量的关系曲线一般为单峰形。造纸废水、含酚废水、食品废水的处理和废水中金属离子的去除适宜的 pH 值都小于 7^[4,7-18]。在酸性条件下胺基可以质子化, 容易与废水中污染物进行结合。pH 值过高会影响胺基的作用而不能去除污染物质, 但是如果 pH 值太低壳聚糖又会不稳定, 且对污染物没有吸附作用, 所以确定适合的 pH 值是磁性壳聚糖应用的关键。

2.8.2 反应时间的影响

随着反应时间的进行, 磁性壳聚糖对污染物质的去除量逐渐增加, 但是时间过长去除率和去除量都不再增加, 即达到了饱和平衡状态^[10,13]。因为磁性壳聚糖主要通过表面吸附、絮凝处理废水中污染物质, 所以随着时间的增加吸附量必然会增加, 但是达到平衡状态后就不再作用。

2.8.3 磁性壳聚糖用量与废水初始浓度之比的影响

壳聚糖用量的增加会影响其带的正电与溶液负电的静电作用, 同时壳聚糖本身也是耗氧物质会影响去除率。研究表明^[4,8-10,12-17], 向一定浓度的废水中投加磁性壳聚糖超过一定数量后去除率不再变化, 可以通过调节废水的初始浓度来选择磁性壳聚糖的投加浓度。

3 磁性壳聚糖水处理应用研究

3.1 处理金属离子

磁性壳聚糖可以用来去除 Cu^{2+} 、 Cr^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Ag^{+} 等金属离子; 另外对稀土金属离子也有很好的吸附作用, 比如 La^{3+} 、 Nd^{3+} 、 Eu^{3+} 、 Lu^{3+} 、 Ce^{3+} 等。已有研究^[4,7-10,18-24]从吸附时间、pH 等条件出发研究其吸附处理金属离子的工艺条件, 见表 1。从表 1 可以看出磁性壳聚糖微球对金属离子有很强的去除能力, 并且可以很快达到平衡。

3.2 处理印染废水

Wong 和 G.Mckay 等^[25-26]曾对壳聚糖处理印染废水做了很详细的研究, 结果表明壳聚糖对许多类型的染料具有很高的亲和力, 其中包括分散、直接、活性、酸性、硫化和纳夫妥染料, 仅对碱性染料具有较低的亲和力。洪爱真等^[14]用壳聚糖包裹铁制成的磁性微球来处理酸性偶氮染料废水, 结果表明对于一

表 1 磁性壳聚糖对金属离子的吸附研究

Tab.1 Research on the removal of some metal ions by magnetic chitosan

金属离子	饱和吸附量 $/(mg \cdot g^{-1})$	去除率 /%	平衡时间 /min	pH 值
Cd^{2+}	518	99	20	6.5
Hg^{2+}	877.314	>90	30	5
Zn^{2+}	20.4	90	2	3~5
Pb^{2+}	48.3	98	540	5~7
Cu^{2+}	72	98	300	7
Ag^{+}	226.8	90	60	6
Au^{3+}	709.2	90	30	3
Co^{2+}	27.42	98	60	5.5
Ce^{3+} , Pr^{3+} , Lu^{3+} , La^{3+} , Nd^{3+}		>90	1	6
Am^{3+} , Cm^{3+} , Eu^{3+} , Tm^{3+}		95~99	0.75	5

定浓度的甲基橙溶液, 活性碳需 8 h 才能去除 88 %, 而磁性微球只需 1 h 可以去除 95 % 以上; 当 pH 为 3, 染料废水浓度为 250 mg/L 时磁性微球具有最高的吸附量和吸附率, 在此条件下, 吸附剂的饱和吸附量为 665 mg/g 微球。韩德艳等^[13]也做过相关实验, 反应 1 h 对印染废水色度的去除率为 98 % 以上。

3.3 处理造纸废水

朱开梅等^[15]利用磁性壳聚糖微球对造纸厂废水进行处理研究, 将微球与废水按照一定的配比进行脱色处理, 处理工艺条件为: 废水的 pH 值 6.0~9.0; 空气流量 5.0 L/min; 磁性微球与废水质量比为 0.001 4:1; 反应时间 4.0 h, 经重复试验在该工艺条件下 COD 的去除率可达 85 % 以上, 但废水中的悬浮物去除效果不理想。

3.4 处理含酚废水

李晓飞等^[16]曾用壳聚糖包缚草酸铁制取的微球来处理含酚废水, 研究结果表明用 ZnFe_2O_4 /壳聚糖核壳磁性微球处理苯酚废水的工艺条件为: pH 值 7 左右, 搅拌速率 120 r/min, 吸附时间大于 1 h, 静置时间为 10 min, 对苯酚去除率可达到 64 % 左右。马秀玲等^[17]也曾利用磁性壳聚糖微球固定化辣根过氧化物酶(HRP)对模拟含酚废水进行处理实验, 将磁性壳聚糖微球固定酶、壳聚糖微球固定酶和原酶三种处理剂分别对含酚废水进行处理, 实验结果表明磁性壳聚糖微球固定酶有非常大的优越性。

3.5 处理高蛋白含量的食品废水

壳聚糖有很强的生物亲和性, 对蛋白质、淀粉有很高的亲和性。有文献^[27]报导用壳聚糖为絮凝剂可以回收食品加工废水中的蛋白质、淀粉等。磁性壳聚糖微球的应用将改进原来的技术, 可以更高效; 配合磁场更方便地回收所需要的物质, 并且不产生二次污染。董海丽等^[11]用磁性壳聚糖微球吸附的方法吸

附大豆乳清废水中蛋白质的实验表明,磁性壳聚糖微球对食品废水中的蛋白质可实现去除,在磁性壳聚糖微球投入量为 25 g/L,接触时间为 10 min,温度为 30 ℃,pH=5 的条件下,能有效吸附大豆乳清废水中的蛋白质,大豆乳清废水中蛋白质去除率最高达 95.6 %。

4 磁性壳聚糖与其他改性壳聚糖的比较

壳聚糖的分子中含有羟基、氨基等功能团,在一定的条件下,能发生羧烷基化、酯化、醚化、酰化、交联和接枝共聚等反应,生成相应的壳聚糖衍生物,这些衍生物在水处理方面的应用国内外已经有很多研究^[28]。改性的壳聚糖比未改性的壳聚糖具有明显的优势,Viera 等^[29]曾合成了环氧氯丙烷交联壳聚糖和戊二醛交联壳聚糖,用来吸附 Hg^{2+} ,其吸附量分别为 30.3 mg/g 和 75.5 mg/g,而单纯的壳聚糖对 Hg^{2+} 吸附量只有 25.3 mg/g。虽然这些改性壳聚糖吸附能力提高了,但是效果并不明显,而磁性壳聚糖对 Hg^{2+} 的吸附量可高于 800 mg/g 以上^[10],磁性壳聚糖表现出明显的高吸附性能。与其他改性的壳聚糖对各种重金属离子的吸附性能^[30-31]相比,可以发现,磁性壳聚糖都具有一定的优势。

在印染、造纸等行业,磁性壳聚糖与其他改性的壳聚糖相比也具有优势,Sakkayawong 等^[32]研究表明只有交联壳聚糖的粒径比较小和温度比较高的时候对印染废水有高的去除率,虽然其去除率和磁性壳聚糖相当,但是磁性壳聚糖的吸附时间比较短,效率更高。因此磁性壳聚糖与其他改性的壳聚糖树脂或者壳聚糖絮凝剂相比,具有容易回收,高吸附性能,稳定等优势。

5 磁性壳聚糖与传统絮凝剂的比较

王雅娜等^[33]用壳聚糖与无机絮凝剂聚合氯化铝进行处理印染废水比较研究,结果表明壳聚糖比一般无机絮凝剂效果要好而且壳聚糖还可以改善无机絮凝剂的絮凝效果。曾德芳等^[34]的研究也说明壳聚糖絮凝剂比传统絮凝剂在污水处理上效果要好,对 COD、SS 及金属离子的去除率能提高 10 %~20 %,成本下降 40~60 %,具有明显的经济效益和环境效益。

田国鹏等^[35]曾将壳聚糖改性成壳聚糖铁絮凝剂,并对比了壳聚糖-铁絮凝剂、壳聚糖、聚合氯化铁和壳聚糖-聚合氯化铁复合絮凝剂对高岭土悬浊液的处理效果,结果发现壳聚糖-铁絮凝剂比其他絮凝剂处理效果要好,而且用量比较少,节约成本。这些

研究结果证明磁性壳聚糖比传统絮凝剂更具有应用价值。

6 结语

(1)把磁性壳聚糖微球用于很多行业废水的处理都可以取得很好效果,其中对大部分金属离子的去除率超过 90 %;对印染废水吸附 1 h 后色度去除率可达 98 %以上;对造纸废水中 COD 的去除率为 85 %以上;对石油化工废水中酚去除率可达到 64 %左右,明显优于其他处理剂;另外对食品废水中蛋白质去除率也可达到 95.6 %。

(2)磁性壳聚糖与其他改性壳聚糖和传统絮凝剂相比,具有更高的吸附絮凝能力,更低的成本,能够带来更好的环境效益和经济效应,更加具有应用价值。

(3)今后应加强机理方面的研究,探讨其再生途径及实现循环使用;结合磁分离技术研究开发新的水处理装置或工艺;同时可以尝试将该水处理剂应用在饮用水处理中。

参考文献

- [1] 胡玉洁.天然高分子材料改性与应用[M].北京:化学工业出版社,2003:107-110.
- [2] 戈进杰.生物降解高分子材料及其应用[M].北京:化学工业出版社,2002:118-136.
- [3] Ding X B, Sun Z H, Wan G X, et al. Synthesis of thermosensitive magnetic polymer microspheres[J]. Acta Polymerica Sinica, 1998, (5):628-631.
- [4] Rorrer G L, Hsien T Y, Way J D, et al. Synthesis of porous-magnetic chitosan beads for removal of Cadmium ions from waste water[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 1993, 32(9): 2170-2178.
- [5] Denkbaz E B, Kilicay E, Birlikseven C, et al. Magnetic chitosan micro-spheres: preparation and characterization [J]. Reactive & Functional Polymers, 2002,50(3):225-232
- [6] 陈亮,陈东辉,李步祥.壳聚糖吸附处理废水的研究进展[J].四川环境,2001,20(3):19-22
- [7] Zhou L M, Wang Y P, Liu Z R, et al. Carboxymethyl chitosan- Fe_3O_4 nanoparticles:preparation and adsorption behavior toward Zn^{2+} ions [J]. Acta Physico-Chimica Sinica,2006,22(11):1342-1346.
- [8] Chang Y C, Chang S W, Chen D H. Magnetic chitosan nanoparticles: studies on chitosan binding and adsorption of Co^{2+} ions [J]. Reactive & Functional polymers,2006,66:335-341.
- [9] Donia A M, Atia A A, Elwakeel K Z. Recovery of Au^{3+} and Ag^{+} on a chemically modified chitosan with magnetic properties [J]. Hydrometallurgy, 2007, 87: 197-206.
- [10] 周利民,王一平,黄群武.乙二醇改性壳聚糖磁性微球吸附 Hg^{2+}

- 和 UO_2^{2+} [J].核化学与放射化学,2007,29(3):184-188.
- [11] 董海丽,任晓燕.磁性壳聚糖微球对大豆乳清废水中蛋白质的吸附作用[J].食品科学,2007,28(7):205-207.
- [12] 焦剑,姚军燕.功能高分子材料[M].北京:化学工业出版社,2006:43-45.
- [13] 韩德艳,谢长生.铁壳聚糖磁性微球对甲基橙废水的脱色研究[J].湖北师范学院学报(自然科学版),2006,26(1):19-21,25.
- [14] 洪爱真,魏燕芳,陈盛.磁性壳聚糖微球对酸性偶氮染料废水的脱色的研究[J].福建轻纺,2003(2):1-5.
- [15] 朱开梅,顾生玫,黄耀峰,等.壳聚糖磁性微球的制备及在处理造纸工业废水的应用[J].华夏医学,2006,19(1):3-5.
- [16] 李晓飞,黄绍洁.壳聚糖包缚草酸铁处理含酚废水研究[J].江苏环境科技,2007,20(3):26-28.
- [17] 马秀玲,陈盛,黄丽梅,等.磁性固定化酶处理含酚废水的研究[J].广州化学,2003,28(1):17-22.
- [18] 周利民,王一平.刘峙嵘,等. Fe_3O_4 /改性壳聚糖磁性微球对 Hg^{2+} 和 UO_2^{2+} 的吸附[J].核技术,2007,30(9):765-772.
- [19] Chen A H, Liu S C, Chen C Y, et al. Comparative adsorption of Cu (II), Zn (II), and Pb (II) ions in aqueous solution on the crosslinked chitosan with epichlorohydrin[J].Journal of Hazardous Materials, 2008,6,154:184-191.
- [20] 李继平,宋立民,张淑娟.磁性交联壳聚糖对稀土金属离子的吸附性能[J].中国稀土学报,2002,20(3):219-221.
- [21] 宋立民,张淑娟,杨文利.磁性交联壳聚糖对 Ce^{3+} 离子的吸附性能研究[J].辽宁化工,2005,34(11):461-463.
- [22] 宋立民,李继平,张淑娟.磁性壳聚糖对 Pr^{3+} 离子的吸附性能研究[J].辽宁化工,2001,30(12):517-519.
- [23] Donia A M, Atia A A, Lwakeel K Z, et al. Selective separation of mercury(II) using magnetic chitosan resin modified with Schiff's base derived from thiourea and glutaraldehyde[J].Journal of Hazardous Materials, 2008,151:372-379.
- [24] 金玉仁,李冬梅,张宝川,等.磁性壳聚糖的制备及其对三价铜系和镧系元素的吸附性能研究[J].离子交换与吸附,1999,15(2):177-181.
- [25] Wong Y C, Szeto Y S, Cheung W H, et al. Adsorption of acid dyes on chitosan-equilibrium isotherm analyses [J].Process Biochemistry, 2004,39:693-702.
- [26] Cheung W H, Szeto Y S, Mckay G, et al. Intra particle diffusion processes during acid dye adsorption onto chitosan[J].Bioresource Technology,2007,98:2897-2904.
- [27] 刘秉涛,张焱,王海荣.壳聚糖对含蛋白废水的絮凝与回收[J].华北水利水电学院学报,2005,26(4):69-71
- [28] 田艳,张敏,程爱民.壳聚糖及其衍生物在工业污水处理中的研究及应用[J].工业水处理,2007(3),27(3):7-9.
- [29] Viera R S, Beppu M M. Interaction of natural and crosslinked chitosan membranes with Hg (II)ions [J].Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects,2006,279:196-207.
- [30] 唐星华,杨晓燕,沈明才.5-溴水杨醛改性壳聚糖的制备及吸附性能[J].水处理技术,2005(8),31(8):25-27.
- [31] 胡慧玲,苏敏刚,徐江萍.改性壳聚糖的制备及对 $\text{Cu}^{2+}\text{Pb}^{2+}$ 的吸附研究[J].离子交换与吸附,2007,23(3):274-281.
- [32] Sakkayawong N, Thiravetyan P, Nakbanpote W. Adsorption mechanism of synthetic reactive dye wastewater by chitosan [J]. Journal of Colloid Interface Science,2005,286(1):36-42.
- [33] 王雅娜,崔励,徐同宽.壳聚糖改性絮凝剂在染料废水处理中的应用[J].毛纺科技,2008,5:18-20.
- [34] 曾德芳,李娟,袁继祖.天然高分子絮凝剂在工业污水处理中的应用[J].工业水处理,2004(2),24(2):20-22
- [35] 田国鹏,张雯,魏刚,等.壳聚糖-铁絮凝剂的制备及其絮凝性能[J].北京化工大学学报,2008,35(4):47-51.

未来三年上海环保投 860 亿

2008 年 12 月 12 日,从市环保局召开的上海环境与发展国际咨询研究会上获悉,上海第四轮环保三年行动计划已形成初稿,2009 年初正式启动实施。这一计划围绕“绿色世博”、节能减排和创建国家环境保护模范城市等,将安排 200 多个项目。

与前三轮环保三年行动计划相比,新一轮环保行动计划在重点领域基本保留原六大领域的同时,首次把循环经济与清洁生产从工业污染治理领域中分离出来,单列为一个重点领域,并将噪声污染控制第一次列入了环保三年行动计划,同时加强环保体制机制建设、政策和科技支撑。值得一提的是,新一轮环保三年行动计划更多关注改善市民生活环境质量,如大气环境治理突出了机动车污染控制,出厂新车提前实施“国 IV”标准,淘汰重污染车辆;着力推进加油站油气回收,继续推进燃煤设施脱硫脱硝以及深化扬尘污染全过程控制,并着力推进清洁生产以及电子废物等资源回收与综合利用等。第四轮环保三年行动计划在污水及垃圾处理领域的预期效益为,污染治理水平达到全国先进水平。二级以上污水处理能力达到 775 万吨/日,建成区实现污水管网全覆盖,城镇生活污水处理率超过 90%以上,污水厂污泥问题基本解决;全市所有燃煤电厂机组实施烟气脱硫;生活垃圾无害化处理率达到 85%左右,垃圾渗滤液基本得到妥善解决。

(来源:中国水网水业 e 刊第 277 期)