新型聚合铝硅混凝剂处理洗浴废水的试验研究*

陈福泰[1]　诸永前[2]　王曙光[1]　栾兆坤[1]
(1. 中国科学院生态环境研究中心环境水化学国家重点实验室,北京 100085;
2. 上海市轻工业研究所,上海 200031)

摘　要　针对常规铝盐、铁盐去除洗浴废水中阴离子洗涤剂(LAS)效果不理想的状况,采用高碱化度钙型聚合铝硅混凝剂(CPASC)进行了试验研究,同时与聚合氯化铝(PAC)作了比较。结果表明,该混凝剂对洗浴废水中 COD、LAS、SS 及浊度都有较高的去除率,特别对 LAS、COD 的去除率分别比 PAC 高 10 %和 8 %以上。当投加量为 60 mg/L 时,出水各项指标均达到生活杂用水水质标准(GJ25.1-89)。

关键词　钙型聚合铝硅混凝剂　洗浴废水　中水回用　废水处理

Study on the flocculation performance of the novel polymeric aluminium-silica flocculant used in bathing wastewater reuse

Chen Futai[1]　Chu Yongqian[2]　Wang Shuguang[1]　Luan Zhaokun[1]
(1. State Key Laboratory of Environmental Aquatic Chemistry, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085;
2. Shanghai Light Industrial Research Institute, Shanghai 200031)

Abstract　A novel calcified polyaluminium silicate chloride (CPASC) flocculant with high basicity used in bathing wastewater reuse was investigated. The experimental results show that CPASC had high removal efficiency of COD, LAS, SS, and turbidity. The removal efficiency of LAS and COD with CPASC was higher 10 % and 8 % respectively than it did with PAC. The effluent can reach the national standards of wastewater reuse when the dosage of CPASC was 60 mg/L.

Key words　calcified polyaluminium silicate chloride (CPASC) flocculant; bathing wastewater; wastewater reuse; wastewater treatment

在建筑生活污水中,洗浴废水具有水量大、污染程度轻、易分流、便于收集等特点,是较理想的中水水源。对洗浴废水进行处理回用是实现废水资源化、缓解水资源不足的重要途径,具有重要的社会效益和经济效益[1]。

洗浴废水处理技术主要分为两类:生物法处理和物化法处理。国内多以生物法处理为主,但生物法处理洗浴废水存在着一些不足,如生物法处理废水所需停留时间较长,导致处理设备庞大;仅采用生物法处理废水,许多指标还不能达标,还需要增加沉淀、过滤等物化处理过程,使流程复杂化,增大了投资规模;同时生物法处理废水还有调试、运行较复杂、不便管理等缺点[2]。而物化法则具有投资小、运行简单、易于管理等优点,当前正成为研究与应用的热点[3]。

洗浴废水物化法处理技术主要有混凝-沉淀-过滤法、混凝-气浮法、微絮凝纤维过滤-膜滤法[1]等,其中都需要投加混凝剂产生絮体的混凝过程,而且混凝处理效果直接决定着后续处理流程的运行工况及出水质量等。但洗浴废水中 COD、BOD 和固体悬浮物(SS)并不高,特别是阴离子洗涤剂(LAS)含量较低,分子难以聚集以形成胶粒[4]。采用常规的铁盐、铝盐等混凝剂,往往不能产生很好的絮体,导致混凝效果不够理想,出水中洗涤剂的含量仍然达不到回用标准。因此,有必要探索更好的药剂来提高其混凝效果。

* 中国科学院知识创新工程资助项目(KZCZ2-409)

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

本文采用高碱化度钙型聚合铝硅混凝剂(CPASC)对洗浴废水进行了处理,探讨了新型聚合铝硅混凝剂投加量、pH、搅拌速度、搅拌时间、沉降时间以及水温对 COD、LAS、SS 和浊度去除率的影响,并与聚合氯化铝(PAC)进行了比较。

1 洗浴废水水质状况

洗浴废水中的污染物,主要是人体皮肤分泌物、油脂、皮屑、毛发及去污剂(肥皂与洗发膏中的油脂、香料、合成洗涤剂等),还有细菌、大肠菌群、病毒等有害生物体[2]。

研究中的洗浴废水取自清华大学学生浴池,其水质情况见表 1。

表 1 洗浴废水水质

分析项目	原水	混凝后
色度(度)	8	2
浊度(度)	25.84	1.10
pH	7.6	7.4
嗅	有皂味	无不快感觉
溶解性固体(mg/L)	383.6	262.6
悬浮性固体(mg/L)	46.6	2.8
总硬度(mg/L)	323.8	318.6
氯化物(mg/L)	134.2	118.3
氨氮(以 N 计)(mg/L)	7.6	4.3
铁(mg/L)	0.32	0.21
锰(mg/L)	0.08	0.04
COD_{Cr}(mg/L)	126.2	37.1
BOD_5(mg/L)	32.1	7.6
阴离子洗涤剂(mg/L)	5.4	0.90

从水质分析结果可以看出,原水中总硬度、氯化物和氨氮大部分指标已达到生活杂用水水质标准(GJ25.1-89),处理的主要任务是去除有机物、阴离子洗涤剂(LAS)、悬浮性固体(SS)和浊度。

2 材料与方法

2.1 主要仪器与试剂

HH-5 型 COD 仪、P&B-700 六联搅拌机、HACH DR/4000U 紫外分光光度计、ORION 420A 型 pH 计,LAMOTTE-2008 浊度计。

一水合磷酸二氢钠、直链烷基苯磺酸钠、盐酸、氢氧化钠、三氯甲烷、浓硫酸、重铬酸钾、硫酸亚铁铵均为分析纯;亚甲基蓝为指示剂级。

2.2 新型聚合氯化铝硅混凝剂(CPASC)的制备

在温度 < 100 ℃、常压、剧烈搅拌的条件下,定量将粉末状碱化剂碳酸钙固体或其悬浊液分批加入到低碱化度的聚合氯化铝溶液中,待反应完全后得到高碱化度的含钙聚合氯化铝,然后将聚合硅酸引入到该高碱化度的含钙聚合氯化铝中,最终得到高碱化度钙型聚合氯化铝硅混凝剂。其有效成分为:Al_2O_3 为 8%—12%;CaO 为 3%—5%;SiO_2 为 0.5%—1.5%;碱化度为 70%—90%[5]。

2.3 测定方法

COD 测定采用重铬酸钾法,阴离子洗涤剂(LAS)测定采用亚甲蓝分光光度法,pH 测定采用玻璃电极法,SS 测定采用滤纸法,浊度测定采用分光光度法。

2.4 操作步骤

量取 1 L 洗浴废水,调节废水的 pH,投加适量的混凝剂,控制搅拌速度和搅拌时间,静置一定时间后,沉降分层,取上清液测定其 COD、LAS、SS 和浊度等指标。改变任一条件,固定其他条件不变,依次优化出 pH、搅拌速度、搅拌时间、沉降时间、水温、混凝剂用量等,确定上述因素的最佳范围。

3 结果与讨论

3.1 pH 对洗浴废水 COD、LAS、SS 及浊度去除率的影响

由图 1 可见,pH 在 6.5—8.5 范围内,COD、LAS、SS 及浊度的去除率都较大,其中,浊度去除率达 96%以上,COD 去除率达 45%,LAS 去除率达 68%,SS 去除率达 85%左右。当 pH < 6.0 或 pH > 9.0 时,COD、LAS、SS 及浊度的去除率有所下降,但幅度并不大,说明了 CPASC 有适应较宽 pH 范围的

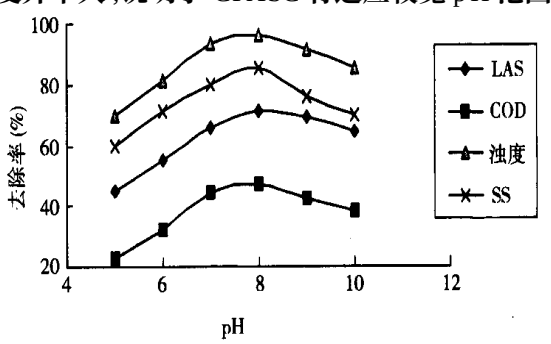

图 1 pH 对去除率的影响

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

能力。洗浴废水的 pH 一般在 6.5 —8.5 范围内,所以可以直接投加混凝剂而无需调节废水的 pH 值。

3.2　CPASC 混凝剂投加量对 COD、LAS、SS 及浊度去除率的影响

由图 2 可以看出,随着 CPASC 混凝剂投加量的增加,COD、LAS、SS 以及浊度的去除率呈上升趋势,但从投加量 75 mg/L 开始,COD、LAS、SS 以及浊度去除率的增加渐趋缓慢,因此,选择混凝剂的投加量为 60 mg/L。另外,随着投加量的逐渐增加,COD、LAS、SS 以及浊度去除率均先呈上升趋势,到最大值后,其去除率又有下降的趋势。这是因为当投加量过量时,会产生"胶体保护"作用,使脱稳胶粒电荷变号或使胶粒被包卷而重新稳定,不利于吸附架桥的进行,因此导致去除率下降[6]。当投加量为 60 mg/L(以 Al_2O_3 计)时,出水 COD 为 37.1 mg/L、LAS 为 0.90 mg/L、浊度为 1.10 NTU,SS 为 4.8 mg/L,均达到生活杂用水水质标准(GJ25.1-89)。

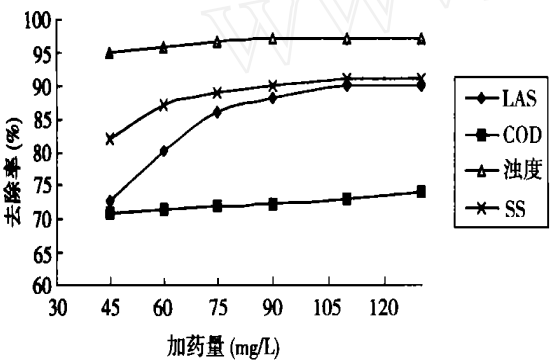

图 2　加药量对去除率的影响

3.3　搅拌速度和搅拌时间对洗浴废水 COD、LAS、SS 和浊度去除率的影响

快速搅拌的目的是为了使混凝剂迅速均匀地扩散于水中,但搅拌时间不宜过长,慢速搅拌的目的是为形成大而密实的絮体创造有利的水力条件。实验结果表明,快速搅拌速度为 240 r/min 左右,搅拌 1 —1.5 min;慢速搅拌速度为 35 r/min 左右,搅拌 8 —10 min,可得到较好的 COD、LAS、SS 和浊度的去除效果。

3.4　沉降时间、混凝温度的影响

实验结果表明,搅拌结束静置 1 h 后,各项去除率基本趋于稳定。随沉降时间的增加,COD、LAS 的去除率缓慢增加,SS、浊度去除率变化很大。一般 4 h 后基本保持不变。温度低,COD、LAS、SS、浊度的去除率也低。这是因为无机盐混凝剂水解要吸热,温度越低,水解速度越慢;低温时,水中杂质布郎运动减弱,不利于凝聚。另外,水温低,胶体颗粒的水化作用增强,也妨碍了胶体凝聚。

3.5　新型聚合铝硅复合混凝剂与聚合铝处理效果的比较

从图 3、图 4、图 5、图 6 中可以看出,在同一条件下,CPASC 的处理效果好于 PAC。尤其是在对 LAS 的去除上,CPASC 的处理能力更强,投药量相同时,LAS 的去除率提高 10 %以上。

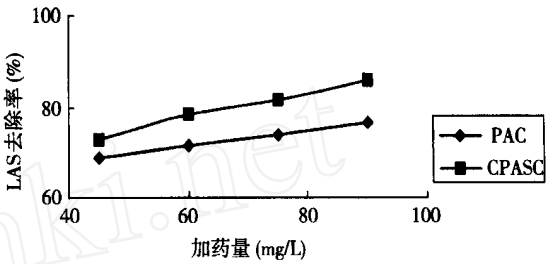

图 3　CPASC 和 PAC 对 LAS 去除率的比较

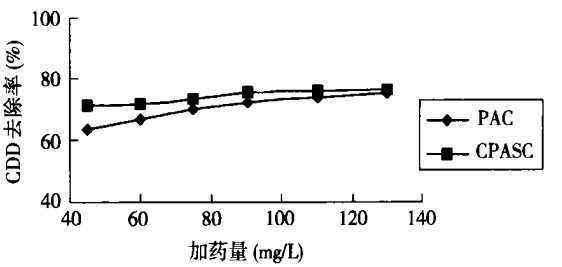

图 4　CPASC 和 PAC 对 COD 去除率的比较

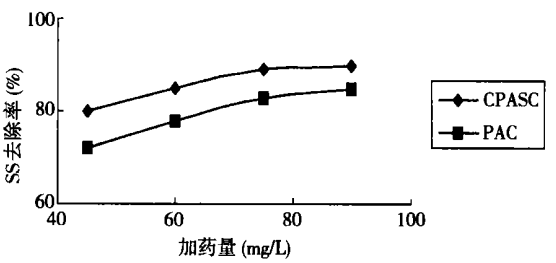

图 5　CPASC 和 PAC 对 SS 去除率的比较

LAS 在水中主要以分散和胶粒表面吸附两种形式存在[7],混凝时,不仅要去除废水中以胶粒形式和吸附在胶粒表面上的 LAS,还要使溶解在水相中的 LAS 形成絮体,这样出水中 LAS 才能降到 1.0 mg/L 以下。在后面的解释中,由于 CPASC 高效的吸附架桥能力,能与溶解于水中的 LAS 形成絮体,所以,CPASC 对 LAS 的去除率高于 PAC。这一点由图 3 可以看出。

图 4 说明了在对 COD 的去除方面,CPASC 和

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

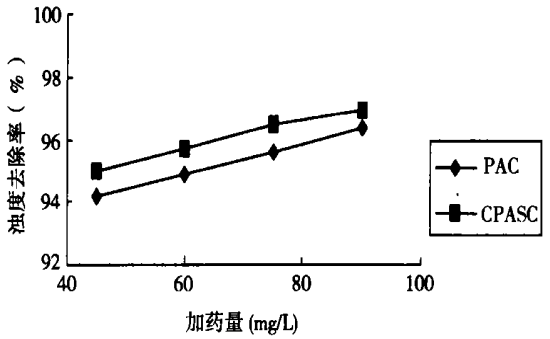

图 6 CPASC 和 PAC 对浊度去除率的比较

PAC 都能够使出水 COD 达到回用标准，但在投药量较低时，CPASC 的去除率高于 PAC 8 %。投药量高时，由于混凝剂的网捕与卷扫作用，两者对 COD 的去除效果相差无几。但在实际工程中，一般不会采用如此高的投药量。

CPASC 的混凝除浊效果均好于 PAC。图 5 是两者对 SS 去除率的比较，图 6 是两者对浊度去除率的比较。由两图可知，两者对 SS 和浊度都有较高的去除效率，不过 CPASC 的去除效率稍高。

另外，在实验中观察到，CPASC 混凝形成的矾花颗粒明显大于 PAC，结构密实，而且矾花形成速度快。矾花沉降后，污泥密实，含水率较低，污泥便于脱水与处置。

CPASC 凝聚絮凝作用机理为：高电荷聚合铝形态，如 Al_b（包括 Al_{13}）强烈的吸附/电中和，使胶体颗粒脱稳凝聚，高聚合度大分子的聚硅酸、铝的水解聚合形态以及硅酸与聚合铝相互作用的产物在脱稳颗粒间迅速产生强力的粘附架桥作用，使脱稳胶体颗粒迅速生成大的絮体颗粒[8]。

与 PAC 相比，CPASC 中引入了聚硅酸，CPASC 的聚合度与分子量均显著大于 PAC，吸附架桥理论认为，聚合物的分子量越大，越有利于吸附架桥作用的进行，即使胶体颗粒间静电斥力仍阻碍其碰撞接触，只要混凝剂分子链长超过胶粒间的有效排斥距离，就会产生絮凝作用。CPASC 比 PAC 的聚合物尺寸大得多，因此在混凝过程中，对胶体电中和脱稳程度要求较低，更有利于实现吸附架桥作用[8]。

新型聚合铝硅混凝剂的碱化度较高，高碱化度混凝剂具有更强的电中和、凝聚脱稳、吸附架桥能力，并且处理后水的 pH 降低很少而不必调节[5]。另外，新型聚合铝硅混凝剂中的钙盐起到了良好的助凝性能，而无需再加助凝剂，减少了一套加药装置，具有一定的经济性和简便性。

4 结 论

(1) 高碱化度钙型聚合铝硅混凝剂对洗浴废水中 COD、LAS、SS 及浊度都有较高的去除率，当投加量为 60 mg/L 时，出水各项指标均达到生活杂用水水质标准（GJ25.1-89）。

(2) 通过与聚合氯化铝的对比实验，发现在相同条件下，高碱化度钙型聚合铝硅的处理效果好于聚合铝，特别对 LAS、COD 的去除率分别比 PAC 高 10 %和 8 %以上。

(3) CPASC 的混凝性能高于 PAC，且具有絮体形成速度快、形成的絮体颗粒大、结构好等特点，可以更好地应用到混凝-沉淀、混凝-气浮及微絮凝纤维过滤等工艺中。

参 考 文 献

[1] 张洪国，赵洪宾等. 气浮-纤维过滤法和微絮凝纤维过滤-膜滤法处理洗浴废水的研究. 中国给水排水，**1998**，14(2)：10—13

[2] 胡志安. 宝钢洗浴污水的处理工艺. 上海环境科学，**1995**，14(7)：25—26

[3] 邹志峰. 以高锰酸钾强化中水的物理化学处理方法. 环境工程，**1998**，16(5)：15—18

[4] 薛罡，赵洪宾等. 洗浴废水超滤膜处理回用技术研究. 哈尔滨建筑大学学报，**2000**，33(6)：66—69

[5] 栾兆坤，宋永会. 高碱化度钙型聚合铝硅复合混凝剂及其制备方法. 专利公开号 CN1257046A，**2000**. 6

[6] 严煦世等. 给水工程(第四版). 北京：中国建筑工业出版社. **1999**，260

[7] 李铁，王栋等. 我国表面活性剂 LAS 废水的处理技术进展. 环境污染治理技术与设备，**2000**，1(1)：65—71

[8] 宋永会. 新型高效聚合铝硅复合混凝剂的研制和应用[博士学位论文]. 北京：中国科学院生态环境研究中心，**1999**，77—83

(责任编辑：郑晓梅)

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net