

阳离子型聚丙烯酰胺在强酸性环境下的絮凝性能

彭 浩, 张 怡, 郑佐西, 刘雨昕

中国原子能科学研究院 放射化学研究所, 北京 102413

摘要:通过使用阳离子型聚丙烯酰胺(CPAM)对泥沙含固量为 50% 的强酸性土壤清洗废水进行絮凝沉淀处理, 结果表明: 在强酸性环境下, 阳离子型聚丙烯酰胺依然具有稳定高效的絮凝性能, 当相对分子质量为 1 400 万、离子度为 30%、用量在 13 mg/L 时, 阳离子型聚丙烯酰胺的絮凝性能非常优异, 能在 1 h 内将泥沙含固量降至 6%。

关键词:聚丙烯酰胺; 絮凝沉淀; 泥沙含固量

中图分类号: TL941.19 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-9950(2015)01-0058-03

doi: 10.7538/hhx.2015.37.01.0058

Flocculation Performance of Cationic Polyacrylamide Under the Condition of Strong Acidic Liquid

PENG Hao, ZHANG Yi, ZHENG Zuo-xi, LIU Yu-xin

China Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275(93), Beijing 102413, China

Abstract: Cationic polyacrylamide(CPAM) was selected to treat the waste water with 50% solid sediment from soil-washing process. It was found that CPAM still performed well under the condition of strong acidic turbid liquid. With the relative molecular mass of 14 million and the ion density of 30%, and at mass concentration is 13 mg/L, CPAM exhibits the best flocculation performance, which reduces the content of solid sediment to 6% within one hour.

Key words: CPAM; coagulation-flocculation process; solid sediment

近年来,随着核技术在工农业、医疗、地质、科研等领域的广泛应用,越来越多的放射性污染物进入到土壤中。土壤清洗去污技术^[1-4]根据污染核素在放射性污染土壤中的分布规律,用物理筛分和化学去污相结合的方法去除污染核素。清洗后的土壤可回填或当做极低放废物处置,而含有污染核素的废水则当做放射性废水处置,或经处理后循环利用,其去污效率高、工艺简单、适用范围较广,因而有着良好的实际应用前景。

但是,如果将土壤清洗工艺中的废水直接处理或处置,则会产生大量的二次废物,增加处理二

次废物的费用,因此有必要对土壤清洗废水进行预处理,使之循环利用,以减少二次废物的产生。当前,絮凝沉淀法^[5-8]作为国内外普遍接受的水处理方法,既经济又简单。该法向水中加入絮凝剂,使水中的胶体和悬浮物颗粒絮凝成较大的絮凝体而被分离出来,达到水质净化的目的。

本工作使用阳离子型聚丙烯酰胺(CPAM)^[9]作絮凝剂对土壤清洗废水进行絮凝沉淀处理,将废水中的泥沙悬浮物凝聚并沉淀下来。以 1 h 内废水上清液体积和泥沙含固量的改变量来表征絮凝剂的絮凝性能,探讨 CPAM 相对分子质量

(M_r)、离子度及用量与絮凝性能之间的关系,从而确定其在强酸性环境下的最佳使用参数。

1 实验部分

1.1 试剂与仪器

阳离子型聚丙烯酰胺,相对分子质量 600 万~1 400 万,离子度 10%~90%,北京沃特利源环保科技有限公司;HNO₃,化学纯,国药集团化学试剂有限公司。

AS200 control 型实验室筛分仪,德国 Retsch 公司;UWA-K-006 电子秤,厦门联贸电子有限公司;JJ-4 六联电动搅拌器,常州国华电器有限公司;XY-105W 卤素水分仪,青岛拓科仪器有限公司。

1.2 实验方法

取自制的去污水^[10],并将之与经烘干的小于 250 μm 的土壤颗粒按体积比 1:1 混合,经研磨清洗后得到泥沙含固量为 50% 的强酸性土壤清洗废水。

在 40 °C 水温、200 r/min 下配制 2 g/L 的 CPAM 溶液,取一定量该溶液加入废水水样中,在 120 r/min 下搅拌 1 min,使絮凝剂与土壤胶粒充分接触。记录微絮体开始产生的时间,再在 30 r/min 下搅拌 20 min,使微絮体进一步相互接触以生成更大的絮体。静置 30 min,形成的絮体进一步聚集并依靠重力自然沉降于烧杯底部。通过记录上清液体积占总体积的百分比并在 300 °C 条件下测定上清液泥沙含固量,即可验证所使用絮凝剂的絮凝性能^[11]。

2 结果与讨论

2.1 CPAM 相对分子质量与絮凝性能的关系

图 1 为 CPAM 相对分子质量与絮凝性能的关系。图 1 表明,在其他条件相同的情况下,随着 CPAM 相对分子质量的增大,废水上清液中的泥

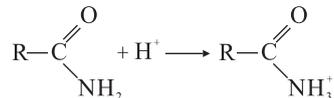
沙含固量(q)降低,体积分数(φ)增大。当 CPAM 相对分子质量为 1400 万(相对分子质量在 1 400 万以上时由于其在略高于室温的条件下溶解度过低而难以配制成溶液)时,上清液泥沙含固量最低,体积分数最大,CPAM 絮凝性能最高。

随着相对分子质量的增大,其絮凝性能逐渐提高。这是因为聚合物相对分子质量太小时吸附架桥作用较弱,而相对分子质量增大则可增强这种作用,使絮团迅速增大,从而有利于絮凝沉淀,但聚合物相对分子质量过大也会导致聚合物水溶性变差,反而使其絮凝性能下降。

2.2 CPAM 离子度与絮凝性能的关系

图 2 为 CPAM 离子度与絮凝性能关系图。图 2 表明,在其他条件相同的情况下,随着 CPAM 离子度的增大,废水上清液中的泥沙含固量先降低,后升高,体积分数先增大,后减小,当 CPAM 离子度为 30% 时,上清液泥沙含固量最低,体积分数最大,CPAM 絮凝性能最高。

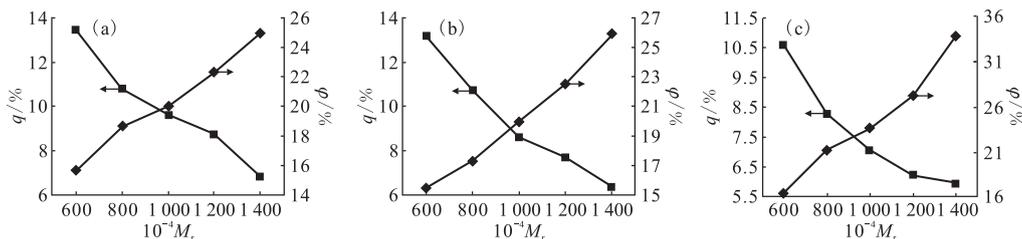
在酸性水溶液中,CPAM 中的酰胺基会和 H⁺ 发生如下反应:



随着离子度的增大,CPAM 分子链上阳离子基团,即—NH₃⁺ 增多,分子链之间的静电排斥作用增强,高分子链更加伸展,有利于架桥效应,且负电粒子的中和作用加强,有利于絮凝沉淀;但离子度过大时,分子链上阳离子基团过多,使絮凝剂与胶体颗粒的吸附作用增加,导致能够桥联的结构减少,废水中颗粒表面的负电荷完全中和后,剩余正电荷使颗粒表面电荷性质反转,颗粒间斥力增大,反而不利于絮凝。

2.3 CPAM 用量与絮凝性能的关系

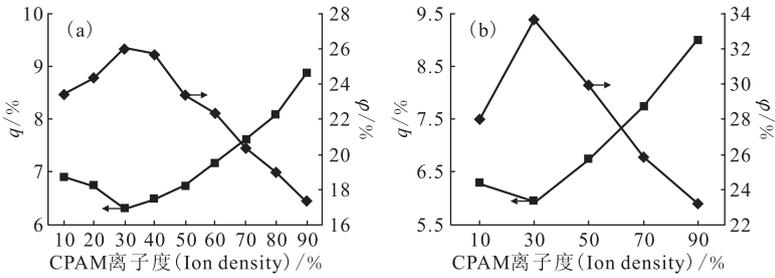
CPAM 用量与絮凝性能关系示于图 3。图 3



CPAM: (a)——离子度(Ion density)20%, 2 mg/L; (b)——离子度(Ion density)30%, 2 mg/L; (c)——离子度(Ion density)30%, 13 mg/L

图 1 CPAM 相对分子质量与絮凝性能关系

Fig. 1 Relationship between the relative molecular mass of CPAM and flocculation performance

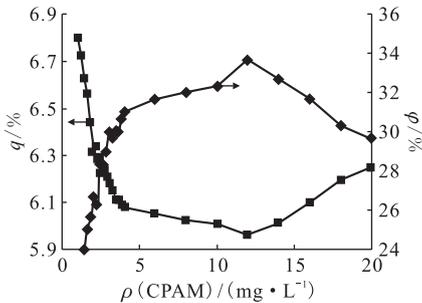


CPAM, $M_r = 1.4 \times 10^7$; (a) — 2 mg/L; (b) — 13 mg/L

图 2 CPAM 离子度与絮凝性能关系

Fig. 2 Relationship between the ion density of CPAM and flocculation performance

表明,在其他条件相同的情况下,随着 CPAM 用量的增大,废水上清液中的泥沙含固量先降低,后升高,体积分数先增大,后减小,当 CPAM(相对分子质量 1 400 万,离子度 30%)用量为 13 mg/L 时,上清液泥沙含固量最低,体积分数最大,CPAM 絮凝性能最高,能在 1 h 内将泥沙含固量从 50% 降至 6%。



$M_r(\text{CPAM}) = 1.4 \times 10^7$, 离子度 (Ion density) 30%

图 3 CPAM 用量与絮凝性能关系

Fig. 3 Relationship between the concentration of CPAM and flocculation performance

当絮凝剂用量较少时,电性中和和少,吸附架桥作用较弱,起不到电荷中和与吸附架桥的作用。增大用量,初期吸附量增大,有利于吸附电中和与吸附架桥,使形成的絮体粒径增加,沉降速率增大。但当用量过大时,一方面,会使胶体粒子带上异性电荷而重新处于稳定状态;另一方面,大量的絮凝剂吸附在悬浮颗粒上将其包裹而产生胶体保护作用,阻止架桥结构的形成,因而絮凝性能反而降低。

3 结论

(1) CPAM 在强酸性环境下依然具有稳定高效的絮凝性能;

(2) CPAM 的絮凝性能随着相对分子质量(完全溶解)的增大逐渐升高,随着离子度的增大

先升高后降低,随着用量的增加也是先升高后降低,当相对分子质量为 1 400 万、离子度为 30%、用量为 13 mg/L 时,絮凝性能非常优异,能在 1 h 内将泥沙含固量从 50% 降至 6%。

参考文献:

- [1] 巩宗强,李培军,台培东,等. 污染土壤的淋洗法修复研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(7): 45-50.
- [2] Griffiths R. Soil-washing technology and practice[J]. J Hazard Mater, 1995, 40(2): 175-189.
- [3] Semer R, Reddy K R. Evaluation of soil washing process to remove mixed contaminants from a sandy loam[J]. J Hazard Mater, 1996, 45(1): 45-57.
- [4] Mann M J. Full-scale and pilot-scale soil-washing[J]. J Hazard Mater, 1999, 66(122): 119-136.
- [5] 杨腊梅,俞杰,张勇. 放射性废水处理技术研究进展[J]. 污染防治技术, 2007, 20(4): 35-38.
- [6] 马青山,贾瑟,孙丽眠. 絮凝化学和絮凝剂[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1988: 3.
- [7] 刘婷. 水处理絮凝剂的研究进展[J]. 山西煤炭管理干部学院学报, 2004(4): 118-121.
- [8] Torres L G, Belloc C, Vaca M, et al. Bandala (2009): Coagulation-flocculation process applied to wastewaters generated in hydrocarbon-contaminated soil washing: interactions among coagulant and flocculant concentrations and pH value[J]. Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, 2009, 44: 13, 1449-1456.
- [9] 王香梅,曹霞. 阳离子型聚丙烯酰胺絮凝剂的开发和应用[J]. 精细石油化工进展, 2002(1): 9-15.
- [10] 沙峰. 放射性污染土壤的清洗去污研究[D]. 北京: 中国原子能科学研究院, 2005.
- [11] 周立正,张悦,鲁战明. 污水处理剂与污水检测技术[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2007: 3, 38-40.