

# 高吸水性树脂气溶胶沉降剂的制备及其应用

丁欣<sup>1</sup>, 李利<sup>1,2</sup>, 周宁琳<sup>1,2</sup>, 章峻<sup>1,2</sup>, 魏少华<sup>1,2</sup>, 沈健<sup>1,2</sup>

(1 南京师范大学 江苏省生物医药功能材料工程研究中心, 江苏 南京 210097)

(2 南京大学 江苏省表面与界面化学工程技术研究中心, 江苏 南京 210093)

[摘要] 以糊精、丙烯酸为原料合成高吸水性树脂, 并用于制备气溶胶沉降剂. 在实验室自制气溶胶环境模拟箱中燃烧蚊香模拟烟气的溶胶, 考察了树脂结构、沉降剂浓度和施用量以及表面活性剂对气溶胶沉降效果的影响. 结果表明, 以 2.0 g 糊精、8.0 g 丙烯酸、0.0175 g 交联剂和 0.055 g 引发剂制得的高吸水性树脂具有良好的沉降性能. 且当气溶胶沉降剂浓度为 0.2 g/L, 施用量为 90 mL (0.6 L/m<sup>3</sup>) 时, 可将沉降时间缩短至自然沉降的 19.7%. 表面活性剂的加入不利于沉降.

[关键词] 气溶胶, 高吸水性树脂 (SAP), 沉降

[中图分类号] O636.1<sup>+</sup>2 [文献标识码] B [文章编号] 1672-1292(2008)03-0039-04

## Preparation and Performances of An Aerosol Sedimentation Agent

Ding Xin<sup>1</sup>, Li Li<sup>1,2</sup>, Zhou Ninglin<sup>1,2</sup>, Zhang Jun<sup>1,2</sup>, Wei Shaohua<sup>1,2</sup>, Shen Jian<sup>1,2</sup>

(1 Jiangsu Engineering Research Center for Biomedical Function Materials, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

(2 Jiangsu Research Center of Surface and Interface Chemistry and Engineering Technology, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract** Dextrin-based super absorbent polymer (SAP) was synthesized and utilized in aerosol sedimentation. The effects of such factors as superabsorbent polymer structure, concentration and amount of aerosol agent and the surfactant were investigated in an aerosol environment simulation box. The results show that the solution to the dextrin-graft acrylic acid composite is very effective for sedimentating smoke aerosol when the dosage of dextrin, acrylic acid, cross-linker and initiator are 2.0 g, 8.0 g, 0.0175 g and 0.055 g respectively. And the sedimentation time declines to 19.7% of the natural sedimentation time while the concentration and amount of aerosol agent are 0.2 g/L and 90 mL.

**Key words** aerosol, SAP, sedimentation

根据国际标准化组织 ISO 的定义<sup>[1]</sup>, 气溶胶系指“沉降速度可以忽略的固体粒子、液体粒子或固体和液体粒子在气体介质中的悬浮体”. 目前我国针对气溶胶细粒子的分布与污染特征、来源识别等方面已展开了研究, 但对细粒子的产生、作用机理的研究及控制技术的开发都还很不够, 沉降剂的基础研究还有待于进一步加强<sup>[2,3]</sup>. 气溶胶污染日益严重的今天, 如何有效地去除气溶胶污染是普遍关注的问题<sup>[4-6]</sup>.

高吸水性树脂吸湿后能形成蓬松的网络结构, 具有较低的表面能及较大的比表面积, 已作为一种良好的微粒吸附材料, 用于气溶胶的减少或消除<sup>[7,8]</sup>. 探索取材广泛、价格低廉且吸附性能良好的新型吸水树脂, 辅以适量的活性助剂及其它物质来增强其润湿性和粘结性, 对气溶胶的沉降速度的提高具有重要意义<sup>[9,10]</sup>. 因此, 本文以含多羟基物质的糊精<sup>[11,12]</sup>为普通基料, 合成糊精接枝丙烯酸高吸水性树脂, 探讨了此种树脂作为气溶胶沉降剂的沉降效果及其主要影响因素.

## 1 实验部分

### 1.1 仪器与试剂

气溶胶环境模拟箱 (自制, 体积为 0.15 m<sup>3</sup>, 带微型风扇)、85-1 磁力搅拌器 (上海志威电器有限公司)、

收稿日期: 2008-02-27

基金项目: 科技部重大基础研究前期研究专项基金 (2005CCA00400)、教育部博士点基金 (20050319010)、江苏省工程研究中心基地建设基金 (JHJD03-008) 和江苏省自然科学基金 (05KJB610068, 04KJB430072) 资助项目.

通讯联系人: 李利, 教授, 研究方向: 功能高分子材料的合成及理化性质、生物医用材料的抗凝血机理、含能材料热分解与燃烧机理等.

E-mail: lilil3@njnu.edu.cn

HLD-LPR-II 型激光透光率测量仪 ( 南京恒立达光电仪器厂 ) . 糊精 ( dextrin ) ( 北京奥博星生物技术有限公司 ) , 丙烯酸 ( AA ) ( 化学纯 , 上海凌峰化学试剂有限公司 ) , N , N - 亚甲基双丙烯酰胺 ( 化学纯 , 中国医药 ( 集团 ) 上海化学试剂公司 ) , 其它试剂均为分析纯 .

1.2 高吸水性树脂的合成

糊精接枝丙烯酸高吸水性树脂的合成按照文献方法<sup>[7]</sup>, 通过改变糊精的比重、交联剂和引发剂的用量, 制备不同结构的糊精接枝丙烯酸高吸水性树脂.

取适量部分中和 ( 中和度 80% ) 的丙烯酸溶液, 加入一定量的已糊化好的糊精. 通入 N<sub>2</sub>, 45℃ 水浴下高速分散 30 min 并依次加入交联剂、引发剂, 搅拌至发生预聚. 在 N<sub>2</sub> 保护下, 密封放入 45℃ 水浴中反应 1 h 再在 70℃ 水浴条件下反应 2 h 取出产物切片, 放入 110℃ 烘箱中干燥 24 h, 研磨并过 100 目筛备用.

1.3 气溶胶沉降实验

取粉末状糊精接枝丙烯酸高吸水性树脂, 加入蒸馏水中, 添加适量表面活性剂, 搅拌至均匀, 作为实验用气溶胶沉降剂.

本实验在模拟装置 ( 见图 1 ) 内燃烧定量市售蚊香产生一定浓度的烟来模拟烟气的溶胶, 得到一定浓度的烟气后, 向模拟箱中喷入雾化的气溶胶沉降剂, 一方面观察用激光源照射烟雾以产生气溶胶所特有的丁达耳现象, 另一方面由透光率的自动检测来为沉降效果提供评判依据. 透光率的计算公式为  $T(\%) = \frac{E_2 \times \lambda}{E_1}$ , 其中  $T$  为瞬时的透光率,  $\lambda$  为校正系数,  $E_1$  为探头 1 接受到的光强值 (  $k$  ),  $E_2$  为探头 2 接受到的光强值 (  $k$  ). 由透光率仪专用软件记录瞬时透光率的变化, 利用 Origin7.0 制成气溶胶沉降曲线.

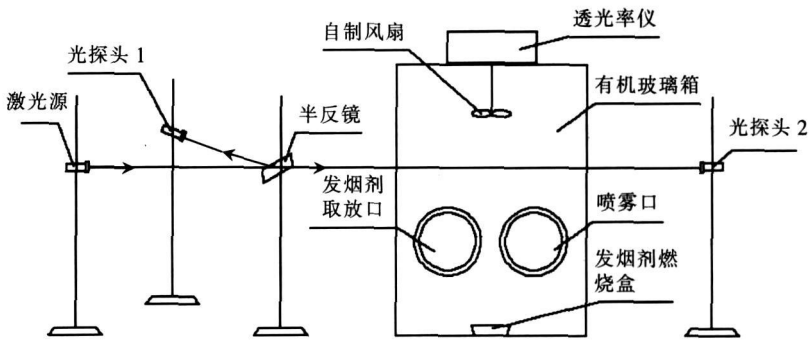


图 1 气溶胶环境模拟箱  
Fig.1 Aerosol environment simulation box

2 结果及讨论

2.1 沉降剂浓度对沉降效果的影响

以糊精比重 ( $W_{\text{dextrin}}/W_m$ ) 为 20% 的高吸水性树脂为原料制成气溶胶沉降剂, 在一定施用量 ( 90 mL ) 下探讨了其浓度对沉降效果的影响, 结果如图 2 所示.

由图 2 可见, 气溶胶沉降剂的施用使烟气的溶胶的沉降效果有显著提高, 且随着高吸水性树脂的浓度加大, 沉降时间明显缩短, 到达最低沉降时间后, 沉降时间随其浓度的加大反而增加. 喷入气溶胶沉降剂后, 沉降剂与气溶胶颗粒发生碰撞, 在离子键、氢键和范德华力的作用下, 同时吸附多个颗粒, 可以使小颗粒凝聚成大颗粒, 增大颗粒的密度, 从而提高沉降效率<sup>[9-10]</sup>. 当浓度增加到一定值时, 沉降剂液滴本身的自重增大较多, 在空气中漂浮的时间较短, 从而降低了与气溶胶分子接触的机率.

2.2 沉降剂施用量对沉降效果的影响

以糊精比重 ( $W_{\text{dextrin}}/W_m$ ) 为 20% 的高吸水性树脂为原料制成气溶胶沉降剂, 保持浓度不变 ( 0.2 g/L ) 探讨气溶胶沉降剂用量对沉降效果的影响, 结果如图 3 所示.

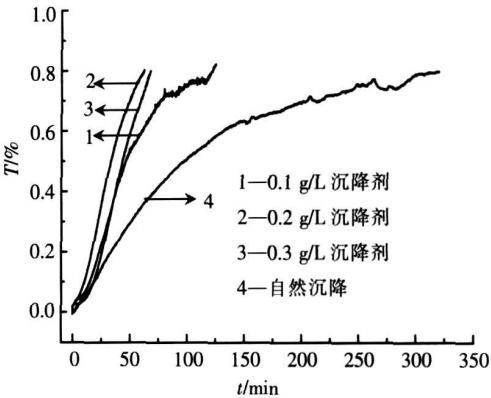


图 2 气溶胶沉降剂的浓度对沉降效果的影响  
Fig.2 Agent concentration on the effects of sedimentation

当气溶胶沉降剂喷入量为 90 mL,即单位体积分散量为 0.6 L时,沉降效果最好.随着树脂溶液的用量加大,沉降时间明显缩短,到达最低沉降时间后,沉降时间随着用量加大反而增加了.这是由于低浓度的树脂溶液吸水后形成高膨胀态,具有较大的表面积,当气溶胶分子与其结合时,能容易地吸附在其表面<sup>[8]</sup>,所以在较稀浓度时能缩短沉降时间.但是当施用量增加到一定值时,空气中沉降剂微粒过于密集,容易相互聚集而加速自身的沉降,从而减少了与气溶胶分子接触的时间,所以气溶胶沉降效率反而下降.

### 2.3 不同结构的高吸水性树脂对沉降效果的影响

在沉降剂的浓度为 0.2 g/L 和喷入量为 90 mL 的条件下,探讨高吸水性树脂结构对沉降效果的影响,如图 4~6 所示.

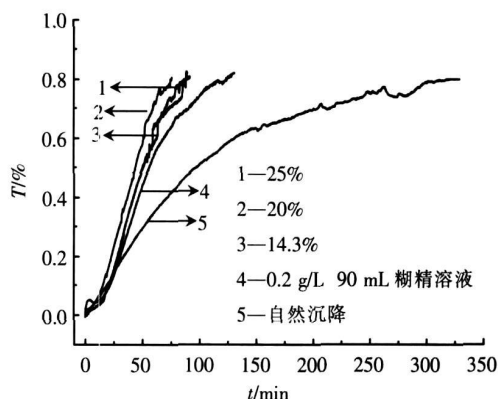


图 4 高吸水性树脂中糊精含量对沉降效果的影响  
Fig.4 Amount of dextrin ( $W_{\text{dextrin}}/W_m, \%$ ) on the effects of sedimentation

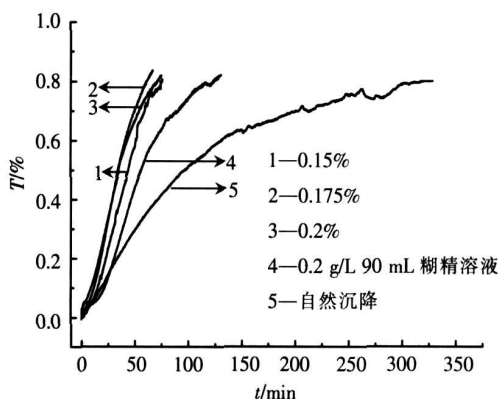


图 5 高吸水性树脂中交联剂的用量对沉降效果的影响  
Fig.5 Amount of cross-linker ( $W_c/W_m, \%$ ) on the effects of sedimentation

糊精为多羟基的环状高分子聚合物,以其为原料制成的气溶胶沉降剂,在氢键和范德华力的作用下,可吸附多个颗粒,提高沉降效率.接枝丙烯酸制得的高吸水性树脂吸水后形成蓬松的网络结构,具有较低的表面能及较大的比表面积,更利于吸附粘并颗粒,提高沉降效果.随着糊精在整个聚合物中比例的增加,高吸水性树脂表面的黏附性有所提高,但是到一定比例之后,分子内及分子间的氢键作用影响了对颗粒的黏附,当糊精比重为 20% 即 2.0 g 时,沉降时间最短,沉降效果最佳.

而交联剂和引发剂用量改变,吸水树脂结构会发生变化.用量过多网格孔径小,复合材料的溶胀能力小,吸水时抑制交联网络膨胀;用量过少,材料中高分子不能全部形成三维网络结构,比表面积小,都不利于颗粒表面的吸附.从实验结果可见,当交联剂和引发剂的用量分别为质量比 0.175%、0.55% 时的高吸水性树脂吸附效果最好,利于沉降.

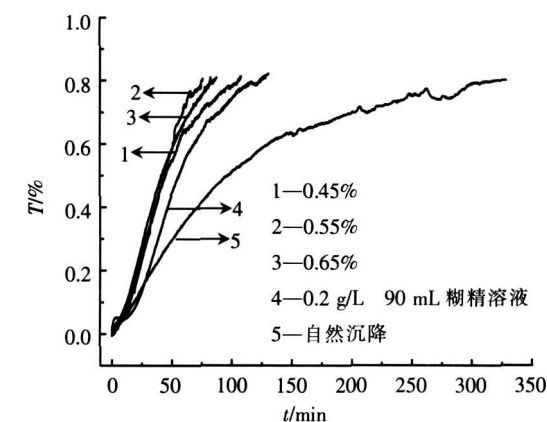


图 6 高吸水性树脂中引发剂的用量对沉降效果的影响  
Fig.6 Amount of initiator ( $W_i/W_m, \%$ ) on the effects of sedimentation

## 2.4 不同表面活性剂对沉降效果的影响

以糊精比重 ( $W_{\text{dextrin}}/W_m$ ) 为 20% 的高吸水性树脂为原料, 在沉降剂的浓度为 0.2 g/L 和喷入量为 90 mL 的条件下, 控制添加表面活性剂 (丙三醇和聚乙二醇-400) 用量为质量比 0.2%, 探讨其对沉降剂沉降效果的影响, 结果如图 7 所示。加入表面活性剂后, 沉降剂的沉降效果有下降趋势。高吸水性树脂为水、油两亲性物质, 醇类表面活性剂的加入, 降低固液界面张力, 对固体表面起润湿作用。提高了高吸水性树脂的亲水性, 亲油部分减弱, 不利于吸附亲油性气溶胶。

## 3 结论

高吸水性树脂制得的高效气溶胶沉降剂具有良好的沉降效果, 且其结构对沉降效果也有很大影响。以糊精比重为 20% (2.0 g)、交联剂和引发剂用量分别为质量比 0.175% 及 0.55% 的高吸水性树脂制备气溶胶沉降剂, 当其浓度为 0.2 g/L, 施用量为 90 mL ( $0.6 \text{ L/m}^3$ ) 时, 可将沉降时间缩短至自然沉降的 19.7%。表面活性剂的加入减弱亲油性气溶胶的吸附, 不利于沉降。

### [参考文献] (References)

- [1] 王玮, 汤大钢, 刘红杰, 等. 中国 PM<sub>2.5</sub> 污染状况和污染特征的研究 [J]. 环境科学研究, 2000, 13(1): 1-5.  
Wang Wei, Tang Dagang, Liu Hongjie, et al. Research on current pollution status and pollution characteristics of PM<sub>2.5</sub> in China [J]. Research of Environmental Science, 2000, 13(1): 1-5 (in Chinese)
- [2] 张华俊, 刘菲, 张兴凯. 路面抑尘剂综述 [J]. 劳动保护科学技术, 2000, 20(6): 40-42.  
Zhang Huajun, Liu Fei, Zhang Xing kai. Overview of road dust suppressants [J]. Science and Technology of Labor Protection, 2000, 20(6): 40-42 (in Chinese)
- [3] 蒲恩奇. 大气污染治理工程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1999: 91-183.  
Pu Enqi. Air Pollution Control Project [M]. Beijing: Higher Education Press, 1999: 91-183 (in Chinese)
- [4] 黄振中. 中国大气污染防治技术综述 [J]. 世界科技研究与发展, 2004, 26(2): 30-35.  
Huang Zhenzhong. Air pollution prevention and control technologies in China [J]. World Science-Technology R&D, 2004, 26(2): 30-35 (in Chinese)
- [5] 王万祥, 骆良孟, 张朝辉, 等. 高压静电法在治理饮食业油烟中的应用 [J]. 黑龙江环境通报, 2006, 30(2): 89-90.  
Wang Wanxiang, Luo Liangmeng, Zhang Zhao hui, et al. Application of high-pressure static removal method in restaurant oil smoke [J]. Heilongjiang Environmental Journal, 2006, 30(2): 89-90 (in Chinese)
- [6] Gaunt L F, Hughes J F, Harrison N M. Removal of domestic airborne dust particles by naturally charged liquid sprays [J]. Journal of Electrostatics, 2003, 58: 159-169. (in Chinese)
- [7] 徐斌, 李利, 司玲, 等. 一种高吸水材料的合成及其除烟效果研究 [J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2003, 3(3): 55-59.  
Xu Bin, Li Li, Si Ling, et al. Synthesis and smoke abatement effect of a super absorbent resin [J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2003, 3(3): 55-59 (in Chinese)
- [8] 邹新禧. 超强吸水剂 [M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2002: 473-635.  
Zou Xinxi. Superabsorbent Agent [M]. 2nd ed. Beijing: Chemical Industry Press, 2002: 473-635 (in Chinese)
- [9] 白向兵, 刘建, 闫英桃, 等. 城市扬尘污染和抑尘剂研究现状及展望 [J]. 山西理工学院学报, 2005, 21(4): 43-46.  
Bai Xiangbing, Liu Jian, Yan Yingtao, et al. Fugitive dust pollution of city and situation and prospect of study on dust depressor [J]. Journal of Shanxi University of Technology, 2005, 21(4): 43-46 (in Chinese)
- [10] 赵由才. 环境工程化学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 235.  
Zhao Youcai. Environmental Engineering Chemistry [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003: 235 (in Chinese)
- [11] Fukami T, Funishi T, Suzuki T, et al. Improvement in solubility of poorly water soluble drug by cogrinding with highly branched cyclic dextrin [J]. Journal of Inclusion Phenomena and Macro Cyclic Chemistry, 2006, 56(1/2): 61-64
- [12] Liu Z, Pan W, Nie S, et al. Preparation and evaluation of sustained ophthalmic gel of enoxacin [J]. Drug Development and Industrial Pharmacy, 2005, 31(10): 969-975.

[责任编辑: 严海琳]

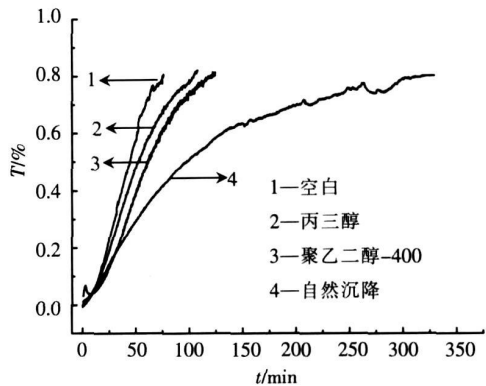


图 7 表面活性剂对沉降效果的影响

Fig.7 Surfactant on the effects of sedimentation