http://pmse.scu.edu.cn

丙烯酸酯类可剥离型表面去污剂的制备及性能

何智宇[1,2]，冉 可[1,2]，徐秀桃[3]，李银涛[2]，周元林[2]
（1.西南科技大学 环境友好能源材料国家重点实验室；2. 西南科技大学 材料与化学学院，四川 绵阳 621010；
3.四川东材科技集团股份有限公司，四川 绵阳 621010）

摘要：针对涉核活动中现有膜体去污技术存在适用性、本体性能较差、对去污效果判断缺乏科学研究手段的现状，文中采用丙烯酸酯类单体，以“软”“硬”单体嵌段合成的方式制备了可剥离型去污剂。通过红外和核磁表征证明成功合成了目标产物，并对去污剂的力学性能、去污性能进行了研究。结果表明，当 n(BA):n(MMA):n(AA)=1:0.9:0.1 时，去污剂具有较好的力学性能，其拉伸强度可达 9.16 MPa，断裂伸长率可达 671%，对物体表面污染水平能够降低90%以上，是一种很好的可剥离去污剂基材。通过光学显微镜对去污剂去污过程的研究，发现在以往单一依靠目视测试的基础上，能够有效地就去污剂对污染物的包覆情况和去污效果进行判断。

关键词：表面；去污剂；可剥离
中图分类号：TQ325.7 **文献标识码：**A **文章编号：**1000-7555（2024）08-0126-12

可剥离型去污剂因具有二次废物量及对人员辐照损伤小的优点，使其在核设施表面去污领域得到了广泛的应用[1~4]，但传统的制备工艺中，大量有机溶剂的使用对人体和自然环境带来了极大的危害，同时，在实际使用过程中还发现，可剥离去污剂存在固化后膜体易脆裂老化，力学性能欠佳等问题。然而可剥离去污剂在经济方面和去污处理过程中的优势[5,6]，使其仍具有进一步优化的需求。丙烯酸酯类单体因其结构上的多样性[7,8]，为合成制备具有一定结构的去污剂基材提供了有利条件，拓展了制备去污剂基材的范围，同时能够在制备过程中有针对性地对去污剂基材进行改性[9,10]。

基于目前可剥离型去污剂在使用中存在尚待改进之处，以及丙烯酸脂类单体在设计制备材料中的优点，本文拟通过选择合适的丙烯酸酯类单体，以设计具有软-硬-功能基团的思路构建去污剂分子结构，通过相关结构表征及性能分析，以去污剂固化成膜、力学、固化微形貌等性能分析为基础，对影响去污剂宏观性能的因素及去污过程进行研究。通过光学显微镜对去污剂固化后与污染物的结合状态进行表征，确认去污剂去污过程中的影响因素，为去污效果的研究提供实验支持。

1 实验部分

1.1 试剂与仪器

丙烯酸、丙酸丁酯、甲基丙烯酸甲酯、过硫酸钾、十二烷基硫酸钠、甲基丙烯酸：分析纯，成都科隆化学品有限公司。

核磁共振仪：Mercury-300MHz 型，美国 Varian 公司；红外光谱仪：Perkin-Elmer1730 型，美国 PE 公司；凝胶色谱仪：Waters-201 型，美国 TA 公司；激光粒度分析仪：Malvern 3000 HS 型,英国马尔文公司；光学显微镜：VHX-6000 型，日本基恩士公司；表面张力测定仪：K100 型，德国克吕士公司；冷冻切片机：

doi: 10.16865/j.cnki.1000-7555.2024.0164
收稿日期：2023-10-08
基金项目：西南科技大学科研基金资助成果(博士基金21zx7135)
通讯联系人：李银涛，主要从事表面去污剂的制备及性能研究，E-mail: liyintao@swust.edu.cn；
周元林，主要从事辐射防护材料制备及性能研究，E-mail: zhouyuanlin@swust.edu.cn

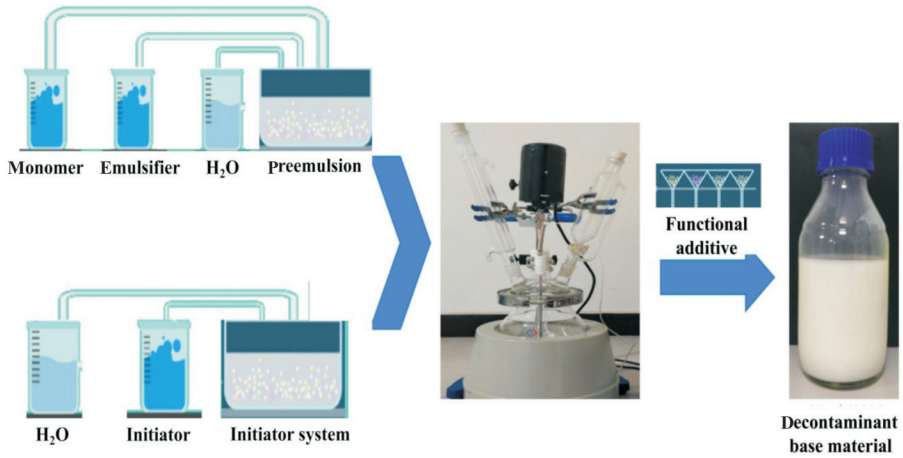


Fig. 1 Flow chart of the preparation of decontaminant

Leica-cm-1520，德国徕卡公司；Zeta 电位测试仪：PALS 型，美国 Brookhaven 公司；去污剂喷涂装置：浙江武义广利机电公司；电子万能试验机：QJ-210 型，上海倾技科技仪器有限公司。

1.2 制备过程

采用预乳化半连续滴加工艺，将由不同丙烯酸脂类单体、蒸馏水和乳化剂配制的 1/3 预乳化液、水、1/3 乳化剂加入装有冷凝管、搅拌器和温度计的四口烧瓶中，在水浴中升温至 75 ℃，再将剩余的 2/3 预乳液，2/3 乳化剂连续滴加入四口烧瓶，控制在 4 h 内滴加完毕，然后升温至 80 ℃，反应 2 h，降温排料后制得去污剂基材。

1.3 测试与表征

1.3.1 *力学性能测试*：采用国际 GB /T 1040.1-2006 标准进行制样及测试。样品使用电子万能试验机测试。

1.3.2 *红外分析*：采用溴化钾压片法对样品进行测试。最高分辨率优于 0.5 cm^{-1}，信噪比 5000:1MRS，扫描范围 400~4000 cm^{-1}。

1.3.3 *核磁分析*：重水作为溶剂，常规扫描一维氢谱。

1.3.4 *粒度分析*：将采用去离子水稀释后的样品使用激光粒度分析仪进行。

1.3.5 *膜体平整度测试*：使用光学显微镜对膜体平整度进行研究。膜片在实验室自制的方形模具（20 cm×20 cm）中固化制成。取中心 5 cm×5 cm 面积，在光学显微镜系统景深扫描模式下对固化后的膜体平整度，以及采用冷冻干燥切片后的膜体横截面进行研究。

1.3.6 *去污率测试*：参照 GB/T14057-93、IAEA 安全丛书 48 号试验方法开展。

2 结果与讨论

2.1 单体聚合行为分析

对不同单体之间发生聚合反应的可能情况，采用对单体的共轭效应（Q）、自由基转换程度（e）来进行判断，当不同单体之间的 Q，e 值较接近时，相互间能进行反应，且发生理想共聚的可能性较大[11,12]，Fig.2 为不同单体的 Q-e 值。如 Fig.2 所示，所选择的不同丙烯酸酯类单体之间的 Q，e 值均较接近，有进行聚合反应的可能。

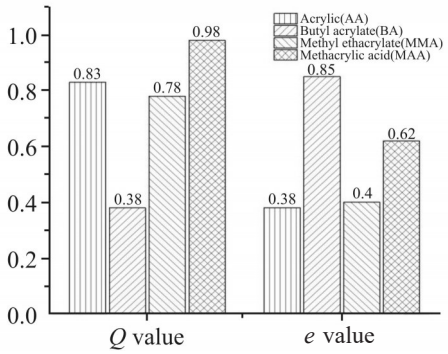


Fig. 2 *Q*-*e* values of different monomers

在聚合过程中，不同单体之间进入聚合物链的速率不同，可以通过竞聚率来进行研究。如 Fig.3 所示，不同单体之间的竞聚率及竞聚率之间的关系均呈现 $r_1>1$，$r_2<1$ 的情况，同时两两单体竞聚率之间乘积除 BA/MMA 之外，其余均小于 1，满足了 $r_1 \cdot r_2<1$，

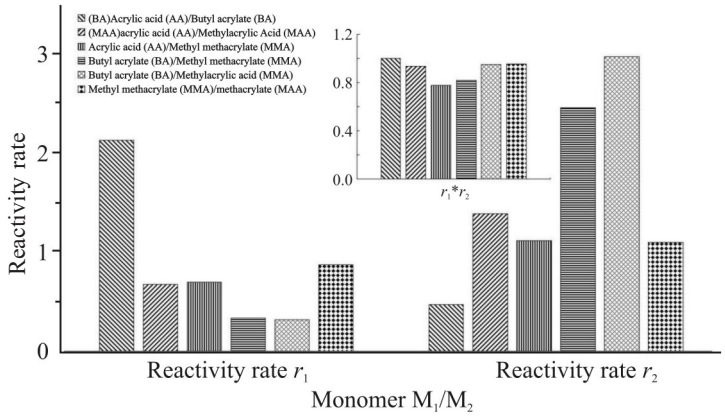


Fig. 3 Reactivity rate of different monomers and $r_1 \cdot r_2$

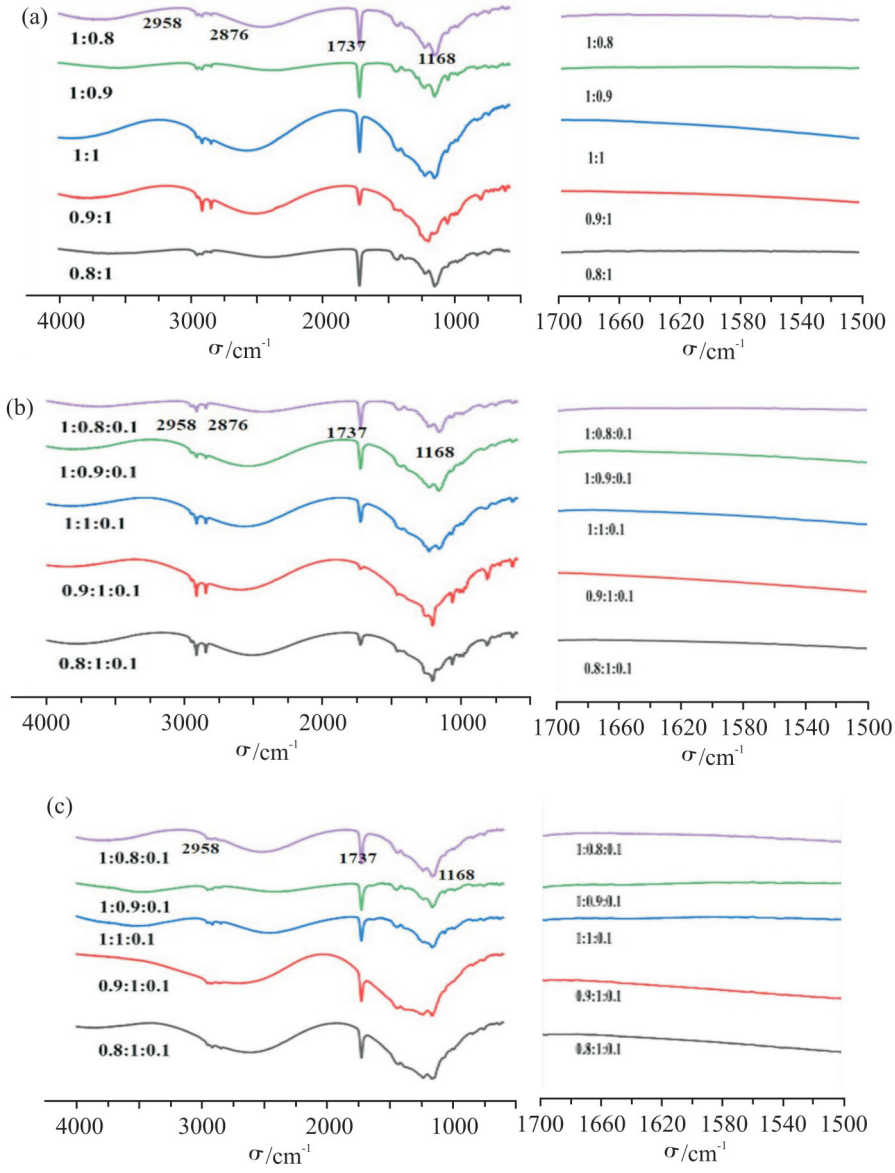


Fig. 4 FT-IR of different monomer combinations and ratios: (a) BA/MAA; (b) BA/MMA/MAA; (c) BA/MMA/AA

$r_1>1$,$r_2<1$的非理想共聚情况[11,12]。通过对不同单体之间Q,e值及竞聚率之间关系的分析发现,在不同单体之间存在发生共聚反应的基础,所合成的单体之间能够进行反应形成聚合物。

2.2　聚合物结构分析

为了判断所选择单体之间是否发生聚合反应生成高分子聚合物,可通过红外和核磁对产物进行表征。

2.2.1　红外分析:Fig.4为不同单体组合及配比的合成物的红外光谱图。通过Fig.4可知,所选择单体的对应基团均在红外光谱图中出现,例如,—CH_3—的吸收峰出现在2958 cm^{-1}处,— CH_2—的吸收峰出现在2876 cm^{-1},3400 cm^{-1}处为—O—H—的吸收峰,—C=O—的吸收峰出现在1737 cm^{-1}处,—C—O—的吸收峰出现在1168 cm^{-1}处,因所选择的单体之间包含有不饱和的双键,而发生聚合反应时会出现键的打开,因此,可以通过红外光谱图中是否存在双键的吸收峰来判断聚合物是否发生反应,通过对1500~1700 cm^{-1}区间进行分析可以发现无吸收峰出现,可以推断所选择的单体发生了聚合反应。

2.2.2　核磁分析:Fig.5为不同单体组合产物的核磁图谱。如图所示,通过对图中H的化学位移的分析,对参与反应的单体中各基团的情况进行研究,从图中可以发现,—CH_3—中H的化学位移对应于δ0.96,δ缺

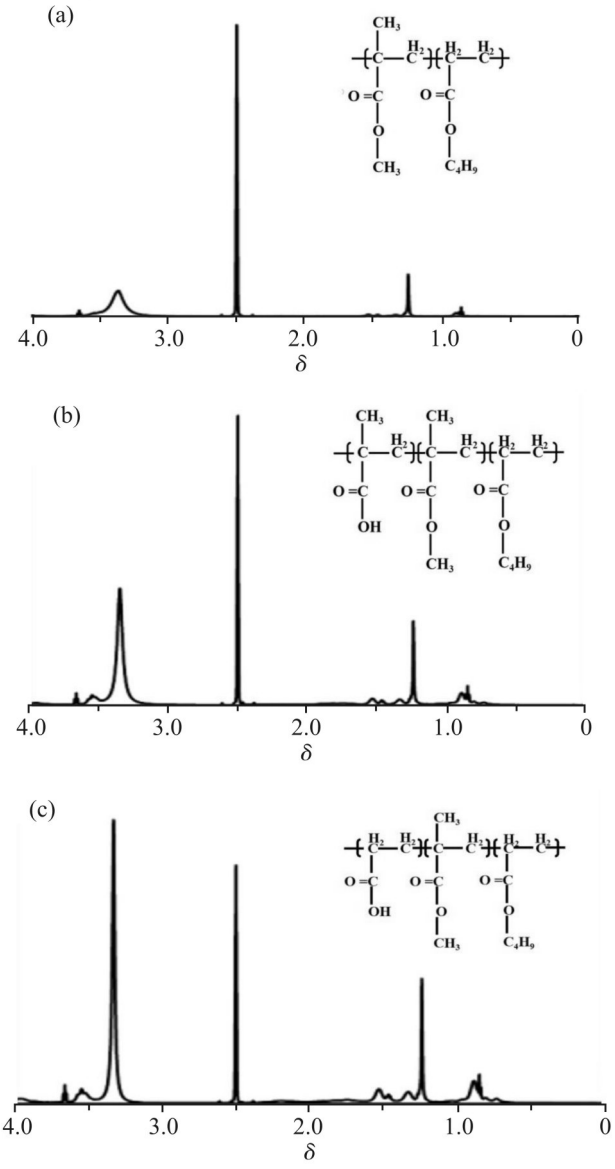


Fig. 5 Nuclear magnetic spectrum of different monomer combinations: (a) BA/MAA; (b) BA/MAA/MAA; (c) BA/MMA/AA

少数值为—$CH_3(CH_2)_3$ OOC—中—CH_3—的H的化学位移，δ1.4和δ1.6是—$CH_3(CH_2)_2$—中—CH_2—的H的化学位移。δ2.6是—CH_2—CH_2—CH_2—中—CH_2—的H的化学位移，δ3.6为—COO—CH_3—中H的化学位移。

对不同单体Q，e值、竞聚率的分析得出，在理论上能够发生共聚，结合红外、核磁的进一步分析，可以得出，所选择的单体之间发生了共聚反应。

2.3 不同单体组合去污剂固化成膜性能

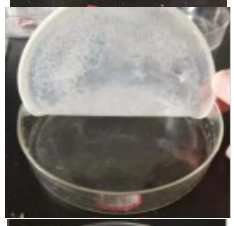
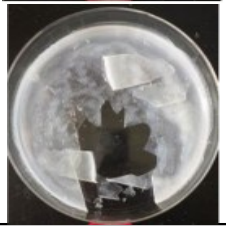
去污剂固化后的成膜及剥离情况将直接影响去污效率，通过对去污剂固化成膜情况进行研究，对不同单体及组合去污剂是否满足去污需求的情况进行说明，通过目视观察的方式对去污剂固化后的成膜情况进行分析。

Tab.1~Tab.3为不同单体组合及配比去污剂的固化成膜情况。从表中可以发现，随着单体配比及组合的改变，去污剂的固化情况随着MMA含量的增加，膜体呈现出先变好后变差的情况，从单体性质分析，MMA作为硬单体存在，其添加量增加能有效地提升去污剂固化后成膜的硬度，但当含量增加过多时，其会引起去污剂整体硬度上升，表现为去污剂固化后所形成膜体材料刚性的增加，去污剂变脆，在外力作用下的应变行为变差。

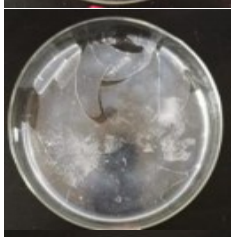
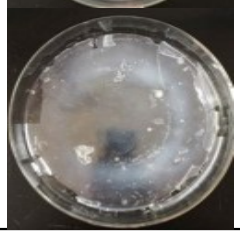
2.4 不同单体组合及配比去污剂的力学性能

为对去污剂固化后的力学性能进行说明，对不同单体组合及配比的去污剂断裂伸长率及拉伸强度

Tab. 1 Film formation with different monomer ratios of BA/MMA/MAA

n(BA)/*n*(MMA)/*n*(MAA)	Film formation	
1:0.8:0.1	Membrane body is soft	
1:0.9:0.1	Moderate hardness	
1:1:0.1	Membrane becomes hard and brittle	
0.9:1:0.1	Membrane is hard and brittle and cannot be peeled off	
0.8:1:0.1	Membrane is hard and brittle and cannot be peeled off	

Tab. 2 Film formation with different monomer ratios of BA/MMA/AA

n(BA)/*n*(MMA)/*n*(MAA)	Film formation	
1:0.8:0.1	Continuous film formation, soft	
1:0.9:0.1	Moderate hardness	
1:1:0.1	Continuous film formation, film hardening	
0.9:1:0.1	Film formation at early stage, brittle cracking at late stage	
0.8:1:0.1	Membrane is hard and brittle and cannot be peeled off	

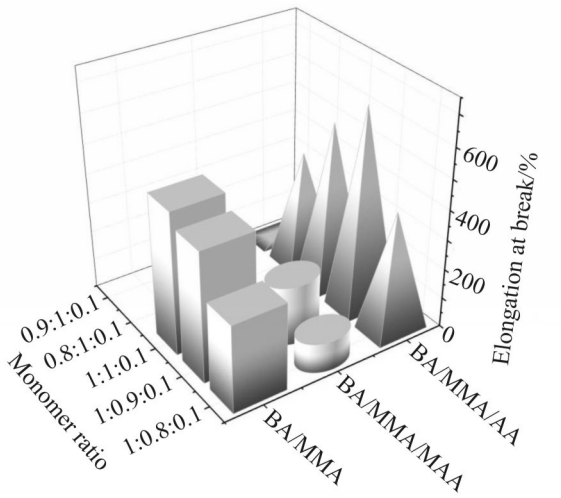


Fig. 6 Elongation at break of different monomer combinations and ratio

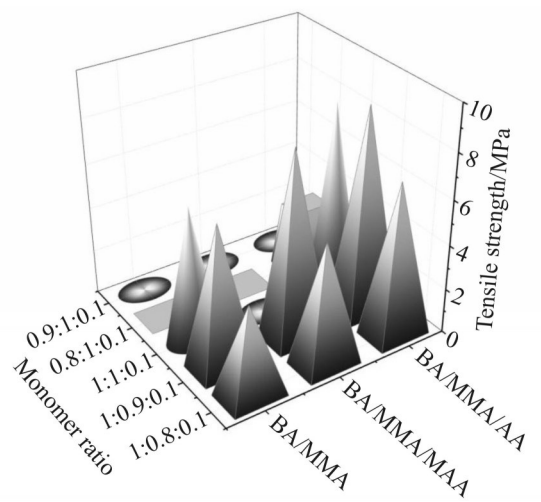
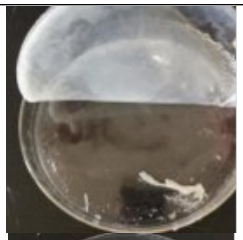
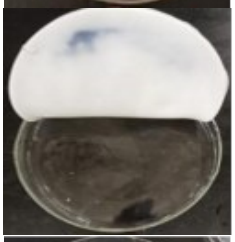


Fig.7 Tensile strength of different monomer combinations and ratio

Tab. 3 Film formation with different monomer ratios of BA/MMA

n(BA)/*n*(MMA)	Film formation	
1:0.8	Continuous film formation, soft, transparent	
1:0.9	Moderate hardness	
1:1	Continuous film formation, the membrane begins to harden	
0.9:1	Film formation at early stage, brittle cracking at late stage	
0.8:1	Membrane is hard and brittle and cannot be peeled off	

进行研究，对影响去污剂力学性能的因素进行分析。

Fig.6和Fig.7分别为不同单体组合及不同单体配比去污剂膜体的拉伸强度及断裂伸长率。如图所示，整体来讲，三元组合所制备合成的去污剂在力学性能上优于二元组分的产物，如同样的配比为1:0.8:0.1的情况下，BA/MMA的断裂伸长率为295%，而BA/MMA/MAA及BA/MMA/AA的断裂伸长率分别为348%及401%，拉伸强度分别为4.08 MPa，5.48 MPa及6.86 MPa。从结构分析，三元共聚中MMA，AA均作为具有一定亲水性的单体，其基团中所蕴含的羧基能够在聚合物的外部空间中与水形成氢键，从而有效降低粒子之间因相互接触碰撞而形成较大颗粒的概率，能够形成更加均匀的粒径分布，从而形成更为均匀和致密的膜体。同时，三元组合的结构，能够提供更多的交联，有效提升去污剂的宏观力学性能[13,14]。

从对不同单体的配比结构中分析可以发现，不同结构的去污剂基材的力学性能随着单体组合和单体比例的变化而呈现出一定的规律。而粒径是影响合成制备去污剂的重要因素，为对不同单体组合及配比去污剂的性能进行研究，选择了成膜性能和力学性能较好的一组进行透射电镜分析，Fig.8为不同

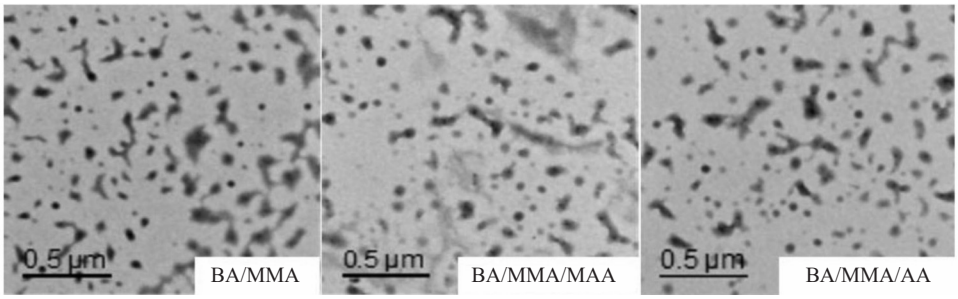


Fig. 8 Transmission electron microscopy of different monomer combination decontaminant emulsions

单体组合中成膜及力学性能较好的一组去污剂乳液的透射电镜图。结合Fig.9可以发现,所选择进行研究的一组去污剂其粒径分布较为集中,说明在固化成膜过程中,粒径进行紧密堆积时,其粒子相互间受力更为均匀,所形成的膜体也更加均匀,具有较好的力学性能,印证了去污剂粒径对固化后膜体性能的影响。

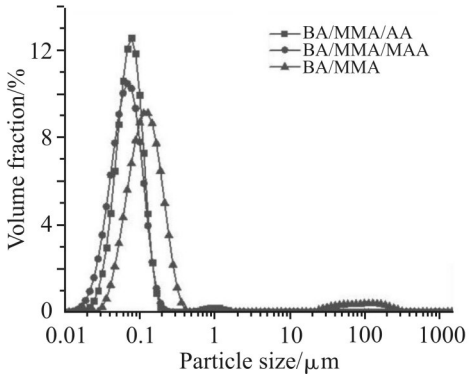


Fig. 9 Particle size distribution of different monomer combinations

通过对不同单体的分析可以发现,MMA与BA分别作为成膜中的软硬单体部分,能够通过对两者含量的控制实现对去污剂固化后宏观性能的调整,其中作为硬单体的MMA的颗粒硬度大,黏度小,BA黏性大,硬度小,MMA粒子因不易发生团聚能够随着其含量的增多提升去污剂整体性能,但继续增多时,硬度的提升会造成膜体与物体接触程度的减弱,BA粒子进入聚合物中能够有效的对去污剂整体的宏观性能进行调节[15,16]。

2.5　不同物体表面不同单体组合去污剂形貌

良好的力学性能是去污剂使用的基础,但去污剂与物体表面的接触情况将对去污剂的使用产生影响,通过对去污剂在物体表面接触情况的分析,能够有效地对去污剂的使用进行判断。如Fig.10所示,通过对去污剂在物体表面的铺展情况,膜体是否能够有效地将污染物固定在物体表面,直接从平面的观察不能有效地对其进行评价,因此,通过对去污剂在物体表面三维深度的研究,对去污剂固化后与物体表面的结合情况进行说明。

Fig.11为不同单体组合去污剂的三维深度测试图,研究中,能够通过不同区域颜色的变化反映去污剂在物体表面成膜的均匀性情况,从而体现去污剂与物体表面及物体表面的污染物进行接触的情况。研究表明,当去污剂在物体表面固化成膜更为平整时,将更有利于去污过程的进行。

为进一步探讨影响去污剂固化成膜高度的因素,从不同单体组合及其配比进行讨论,从Fig.11中可以发现,整体来讲,随着MMA单体含量的增多,3组单体组合的膜体高度均出现先下降后上升的情

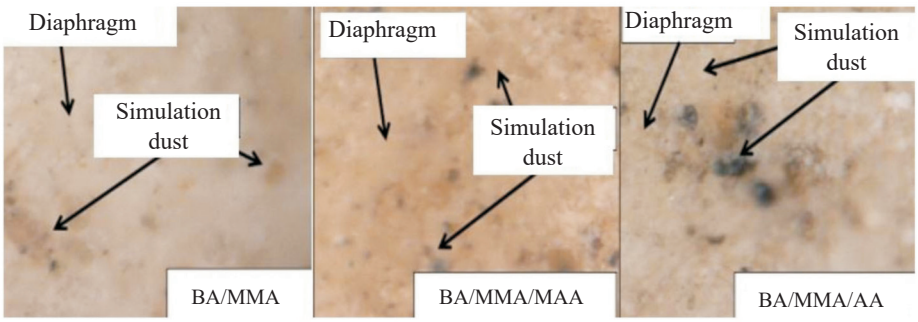
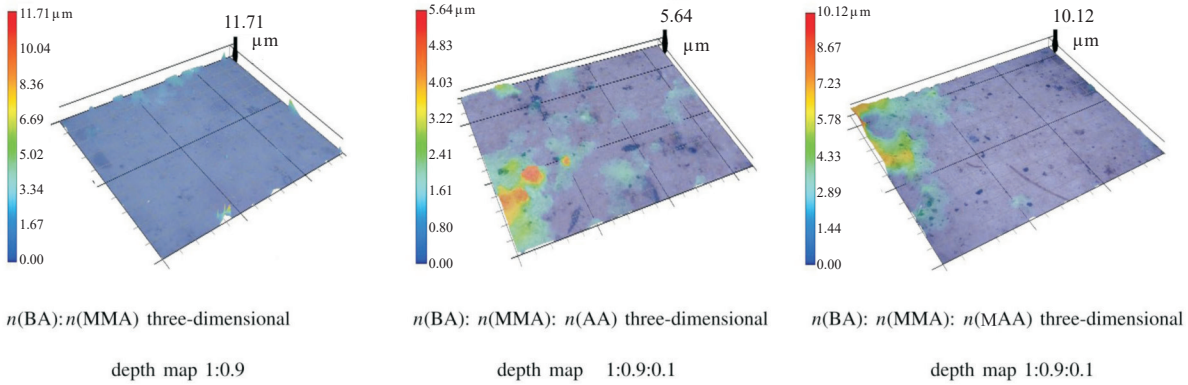


Fig. 10 Surface spreading of different monomer and combination decontaminant



n(BA):*n*(MMA) three-dimensional depth map 1:0.9

n(BA): *n*(MMA): *n*(AA) three-dimensional depth map 1:0.9:0.1

n(BA): *n*(MMA): *n*(MAA) three-dimensional depth map 1:0.9:0.1

Fig. 11 Three-dimensional depth map of different monomer combinations

况，对MMA的分析认为，其单体在进行聚合时，当前期单体浓度不高时，能够有效地提供活性中心，形成大小均一的粒子，但随着含量增多，粒子之间相互接触频率上升，容易团聚形成较大颗粒，从而影响了对应单体配比去污剂的粒径分布，同时，MMA作为硬单体，其在增大膜硬度的同时，将造成膜体固化时与物体表面接触程度的降低，因此，随着MMA含量的增多，膜体成膜高度变大，膜体不均一性加剧。同时，相对于有MAA的单体组合，有AA存在的单体组合中，膜体整体的成膜高度有明显的降低，例如以成膜高度最低的*n*(BA):*n*(MMA)=1:0.9这一组进行比较，BA/MMA为11.71 μm，BA/MMA/AA为5.64 μm，BA/MMA/MAA为10.12 μm，从组成单体的性质进行分析，因AA作为柔性基团，能够有效地改善高分子链段的柔顺性，同时其支链程度较低，在宏观下将表现为促进去污剂在物体表面的流动[17,18]。

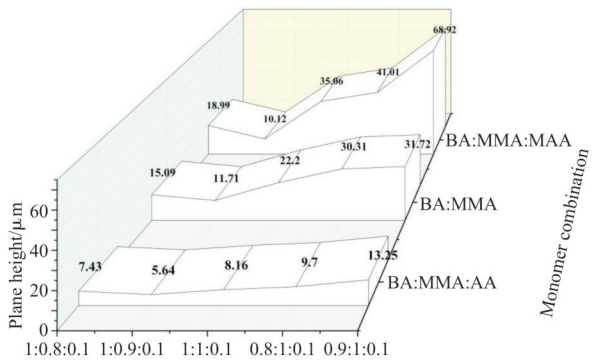


Fig. 12 Three-dimensional depth map of different monomer combinations and proportions

2.6 去污剂去污性能

综合比较各项指标后，确定对*n*(BA):*n*(MMA):*n*(AA)=1:0.9:0.1所制备的去污剂进行研究，选择对在放置有同种模拟粉尘的相同模具内去污剂剥离前后粉尘质量的比较进行判断，同时通过对去污剂与物体表面及污染的接触情况的分析，对去污剂的去污性能进行说明。

Fig.13分别为去污涂覆前和去污剂固化后的情况。如Fig.13所示，去污剂涂覆固化后，能够有效的将去污剂结合，将污染物包覆在去污剂覆盖范围内，去污剂完成了对污染物的压制和包覆，将作为去污对象的模拟粉尘压制在了物体表面，避免二次污染出现的情况，同时通过Fig.14的观察可以发现，去污剂渗透进入了污染物与物体界面之间，在污染物附着界面以及与污染物之间固化后形成了膜体，最终膜体与污染物形成了一个连续的整体，当对去污剂进行剥离作业，将其从物体表面进行剥离时，被去污剂固化后包裹的污染物将从物体表面去除，实现对被污染表面的去污，完成去污作业。

为对所合成制备的表面去污剂的实际使用效果进行评价，在相关涉核场所对表面去污剂使用前后的物体表面辐照水平进行测试，对去污剂的使用效果进行说明。

Fig.15为不同测试点去污剂使用前后表面辐射水平及去污率，从不同测试点位去污剂去污率可以发现，在不同测试点位去污剂固化并完全剥离后，残留在不同测试点位的辐射水平均有明显下降，其去污率整体能够保持在90%以上。说明采用可剥离型去污剂能够有效地去除物体表面的污染物，并降低辐射水平。

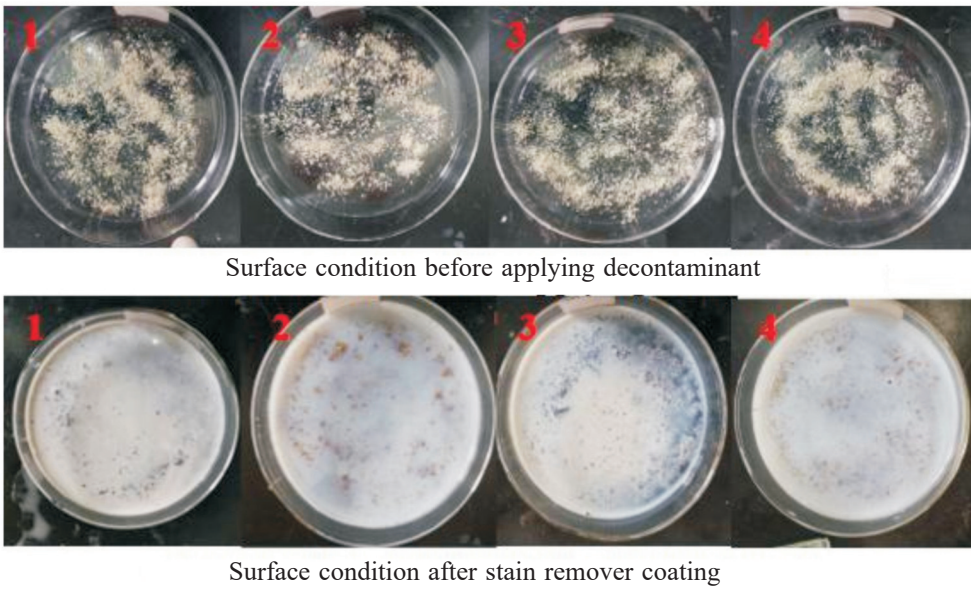


Fig. 13 Condition of decontaminant before coating and after curing

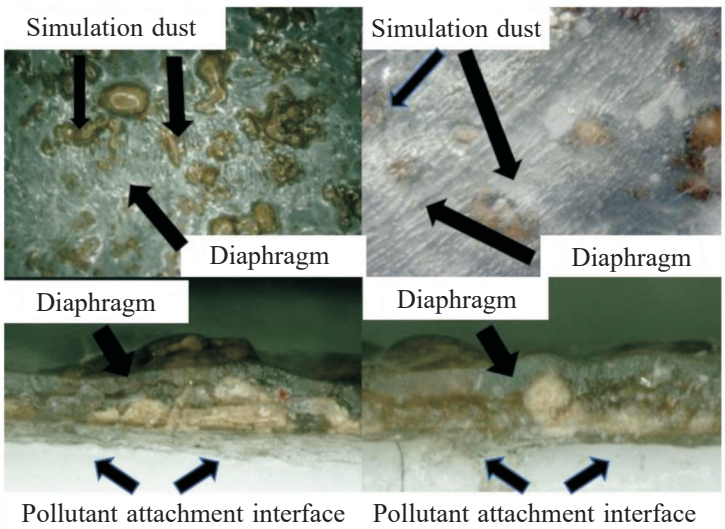


Fig. 14 Surface and profile of the membrane after surface decontaminant curing

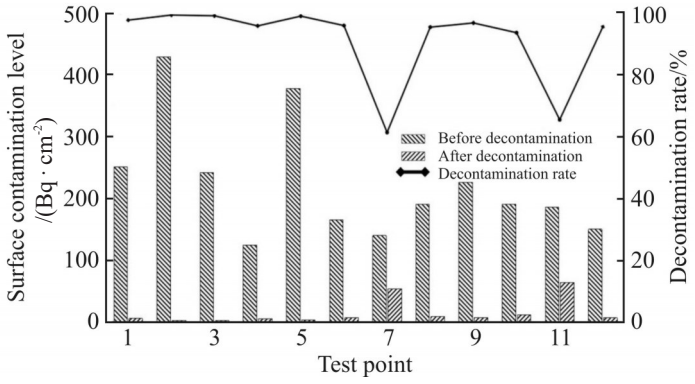


Fig. 15 Radiation level and decontamination rate before and after using detergent at different test points

3 结论

本文针对现有的表面去污剂存在种类较多、不同去污对象的去污效果存在明显差异、二次废物量较大以及影响去污作业因素研究尚不深入等方面的问题，采用软硬嵌段的方式合成制备了不同单体组合及配比的系列可剥离型去污剂，通过研究去污剂固化成膜、力学性能、去污剂作用过程，以及放射性核素场景下去污剂的去污率，对系列去污剂与去污对象作用机理及去污性能之间的关系进行了研究。结果表明，能够通过软硬单体调控的方式，可实现对去污剂整体宏观性能以及微观粒径的控制，通过光学显微镜能够为去污效果的判断提供更精准的表征，研究结果可为表面放射性去污剂的制备及去污机理研究提供一定的理论参考和实验依据。

参考文献：

[1] 张敏, 韩俊文, 翁云宣, 等. 高填量疏水型Al_2O_3/TPU防腐蚀可剥离膜的制备及耐腐蚀性能[J]. 高分子材料科学与工程, 2019, 35(5): 143-149.
Zhang M, Han J W, Weng Y X, *et al*. Preparation and corrosion resistance of high fill hydrophobic Al_2O_3/TPU anti-corrosion peel film [J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2019, 35(5): 143-149.

[2] Ma L, Wang J, Han L, *et al.* Research progress of chemical decontamination technology in the decommissioning of nuclear facilities[J]. International Core Journal of Engineering, 2020, 6: 57-61.

[3] Yang H M, Park C W, Lee K W. Enhanced surface decontamination of radioactive Cs by self- generated,strippable hydrogels based on reversible cross- linking[J]. Journal of Hazardous Materials，2019, 362: 72-81.

[4] Kaminski M D, Lee S D, Magnuson M. Wide- area decontamination in an urban environment after radiological dispersion: a review and perspectives[J]. Journal of Hazardous Materials, 2016, 305: 67-86.

[5] Kohli R. Chapter 2-applications of strippable coatings for removal of surface contaminants[M]// Kohli R, Mittal K L. Developments in surface contamination and cleaning: applications of cleaning techniques. Elsevier, 2019: 49-96.

[6] Zhang K, Wang S, He Z, *et al.* Study on acrylate peelable nuclear detergent for film formation at low temperature[J]. Applied Radiation and Isotopes, 2020, 162: 109187.

[7] 崔梦雅，李瑞海，刘川，等. 丙烯酸酯乳液及其胶膜的制备和性能表征[J]. 高分子材料科学与工程, 2014, 30(4): 16-21.
Cui M Y, Li R H, Liu C, *et al.* Preparation and characterization of acrylate emulsion and its film[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2014, 30(4): 16-21.

[8] 王利敏, 宋晓宇, 程森祥, 等. 复合型水性丙烯酸树脂乳液的制备和性能[J]. 高分子材料科学与工程, 2024, 40(3): 39-47.
Wang L M, Song X Y, Cheng S X, *et al*. Compound preparation and performance of water- based acrylic resin emulsion [J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2024, 40(3): 39-47.

[9] Jiang L, Wu B, Lei Y, *et al*. Preparation and characterization of the acrylic latex-laminating adhesives applied in BOPP/PE composite films[J]. Polymer Bulletin, 2019, 76: 4469-4483.

[10] Wang C D, Guan S, Guo J C, *et al.* Preparation and properties of UV cation initiated self - crosslinking acrylate pressure sensitive adhesive without reactive diluent[J]. Progress in Organic Coatings, 2023, 181: 107572.

[11] 刘振国，韩业，周超，等. 丙烯酸丁酯/苯乙烯-丙烯腈乳液聚合动力学[J]. 高分子材料科学与工程，2010，26(8): 12-15.
Liu Z G, Han Y, Zhou C, *et al.* Kinetics of emulsion polymerization of butyl acrylate/styrene- acrylonitrile [J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2010, 26(8): 12-15.

[12] 潘祖仁. 高分子化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.

[13] 张兴, 乔永洛, 申亮. 丙烯酸乳液的合成及其在塑料基材上的应用[J]. 涂料工业, 2019, 49(1): 62-66.
Zhang X, Qiao Y L, Shen L. Synthesis of acrylic emulsion and its application on plastic substrates[J]. Coating Industry, 2019, 49 (1): 62-66.

[14] Yang Y F, Chen J Y, Ma G L, *et al*. Waterborne gross- linkable polyacrylate latex coatings with good water resistance and strength stabilized by modified hectorite[J]. Polymers, 2021, 13: 2470.9

[15] 徐志兵，李静诚，吴佳佳，等. 改性丙烯酸乳液合成及性能研究

[J]. 高分子通报,2019(8):52-59.

Xu Z B, Li J C, Wu J J, *et al.* Synthesis and properties of modified acrylic emulsion[J]. Polymer Bulletin, 2019(8): 52-59.

[16] 张心亚,孙志娟,江庆梅,等. MMA/BA 半连续乳液聚合过程中乳胶粒径及其分布[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2009, 41 (5): 108-113.

Zhang X Y, Sun Z J, Jiang Q M, *et al.* Particle size distribution in MMA/BA semi-continuous emulsion polymerization [J]. Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition), 2009, 41 (5): 108-113.

[17] 罗通,王志东,徐若愚,等. MMA-BA 自由基共聚物的结构及性能[J]. 中国塑料, 2011, 25(12): 26-30.

Luo T, Wang Z D, Xu R Y, *et al*. The structure and performance of MMA and BA free radicals copolymer[J]. China Plastics, 2011, 25(12): 26-30.

[18] Bukowskl C, Zhang T R, Riggleman R A, *et al.* Load-bearing entanglements in polymer glasses[J]. Science Advances, 2021, 7: 9763.

Preparation and Properties of Strippable Acrylic Acid Surface Decontaminant

Zhiyu He[1,2], Ke Ran[1,2], Xiutao Xu[3],Yintao Li[2], Yuanlin Zhou[2]

(*1.State Key Laboratory of Environment-Friendly Energy Materials, Southwest University of Science and Technology; 2. School of Materials and Chemistry, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China0; 3.Dongcai Technology Group Co Ltd, Mianyang 621010, China*)

ABSTRACT: In view of the need to effectively reduce the level of radionuclide contamination in nuclear-related activities, as well as the applicability, poor ontology performance, and lack of scientific research methods for judging the decontamination effect of existing membrane decontamination technologies, this paper prepared a peelable decontaminant by block synthesis of acrylate monomers used as "soft" and "hard" monomer, and demonstrated the mechanical properties and decontamination properties of the target product by infrared and nuclear magnetic characterization. The results show that at *n*(BA):*n*(MMA):*n*(AA)=1:0.9:0.1, the decontaminant has a at elongation break of 671%, and the pollution level of the surface can be reduced by more than 90%. It is a good peelable decontaminant substrate. Through the study of the decontaminant decontamination process, on the basis of relying solely on visual testing in the past, the decontaminant can effectively judge the decontaminant coating situation and decontamination effect.

Keywords: surface; decontaminant; peelable