

表面活性单体 NaAMC₁₄S/丙烯酰胺共聚物的 分子链微结构与疏水缔合性^{*}

江立鼎 高保娇^{**} 雷海波

(中北大学化学工程系 太原 030051)

摘 要 在实施丙烯酰胺型阴离子表面活性单体 2-丙烯酰胺基十四烷磺酸钠(NaAMC₁₄S)与丙烯酰胺(AM)水溶液均相共聚合过程中,分别通过改变 AM 与 NaAMC₁₄S 的投料比、改变外加电解质 NaCl 的加入量以及引发剂的用量,制备了分子链微结构系列变化的具有微嵌段结构的共聚物 NaAMC₁₄S/AM. 采用荧光探针法与表观粘度法研究了共聚物分子链微结构与其疏水缔合性能之间关系,探索了共聚物分子链中疏水微嵌段含量、疏水微嵌段长度及共聚物分子量诸微结构因数对共聚物疏水缔合性的影响. 结果表明,共聚物 NaAMC₁₄S/AM 的疏水缔合性随着疏水微嵌段含量的增加而增强,随着疏水微嵌段长度的增长而增强,当疏水微嵌段含量和嵌段长度一定时,共聚物的疏水缔合性随分子量的增大而增强.

关键词 阴离子表面活性单体, 丙烯酰胺, 疏水缔合, 微结构

所谓疏水缔合聚丙烯酰胺(HAPAM),是在亲水的聚丙烯酰胺大分子主链上引入少量的疏水基团的水溶性聚合物. 在水溶液中, HAPAM 大分子链之间的疏水基团发生强烈的疏水缔合作用,从而产生独特的流变性能. 由于 HAPAM 在三次采油、钻井、涂料及药物控制释放^[1~6]等众多科学技术领域有着广阔的应用前景,近十几年来,受到了学术界与工业界的广泛关注. 制备疏水缔合性聚丙烯酰胺所遇到的最大的困难在于疏水单体与亲水单体丙烯酰胺(AM)的不相溶^[7,8],故到目前为止,研究者们大多采用胶束共聚合的方法制备 HAPAM,胶束共聚合制备的 HAPAM,疏水单体以微嵌段(microblocks)的形式无规分布于聚丙烯酰胺主链上^[7]. 胶束共聚合是一种微杂相聚合体系^[7],由于小分子表面活性剂的加入,带来诸多的负面影响^[9,10],为了克服胶束共聚合的缺点,人们提出了用表面活性单体(surfmer)与 AM 水溶液均相共聚合制备 HAPAM 的新方法^[11,12]. 我们在前期的研究中,探索了丙烯酰胺型阴离子表面活性单体 NaAMC₁₄S 与 AM 遵循微嵌段共聚合的机理^[13],证实了在 NaAMC₁₄S 的浓度高于临界胶束浓度时, NaAMC₁₄S 与 AM 共聚合形成 HAPM,而在浓度低于临界胶束浓度时,则得到的是无规共聚物;

继而又对共聚物 NaAMC₁₄S/AM 的流变性能进行了研究,并发现 NaAMC₁₄S/AM 具有强烈的正性盐敏性^[14],即强烈的遇盐增稠性能. 本文则研究共聚物 NaAMC₁₄S/AM 大分子链微结构与其疏水缔合性之间的关系.

在胶束共聚合中,人们通过改变疏水单体与小分子表面活性剂的比例,调整共聚合前每个胶束中疏水单体的分子数目 N_H ,从而控制 HAPAM 大分子主链上疏水单体的序列长度,即疏水微嵌段的长度,进而研究大分子链微结构对疏水缔合性的影响^[15~17]. 而本文则根据表面活性单体与 AM 的共聚合机理,通过改变外加电解质的浓度,调整共聚合前表面活性单体胶束的聚集数^[18],从而控制共聚物 NaAMC₁₄S/AM 大分子链上疏水微嵌段的长度,进行大分子链微结构与疏水缔合性能关系的研究. 采用表面活性单体与 AM 水溶液均相共聚合的方法制备的 HAPAM,是新一族疏水缔合聚丙烯酰胺,研究其分子链微结构与疏水缔合性能之间的关系尚鲜见文献报道.

1 实验部分

1.1 试剂与仪器

自制 2-丙烯酰胺基十四烷磺酸钠(sodium 2-

^{*} 2006-06-14 收稿,2006-07-19 修稿. 山西省自然科学基金(基金号 9402)资助项目; ^{**} 通讯联系人, E-mail: gaobaojiao@126.com

acrylamido-tetradecane sulfonate, NaAMC₁₄S) ;丙烯酸酰胺(上海化学试剂站)化学纯,用前以丙酮为溶剂,二次重结晶纯化.过硫酸铵(西安化学试剂厂)分析纯.苾(Aldrich 产品) ;实验中所用水均为二次蒸馏水.其它试剂为市售分析纯试剂.

Hitachi F-2500 荧光光度计 ;上海天平厂 NDJ-1 型旋转粘度计 ;上海博迅实业有限公司医疗器械厂的 THZ-92 气浴恒温振荡仪.

1.2 三系列结构不同的共聚物 NaAMC₁₄S/AM 的制备

参照文献[14] 的步骤,控制单体的总浓度为 6 wt%,并使 NaAMC₁₄S 的浓度总处于其临界胶束浓度以上,在水溶液中实施 NaAMC₁₄S 与 AM 的均相共聚合.固定引发剂用量,通过改变 NaAMC₁₄S 在单体中的投料比,制备了疏水微嵌段含量不同的共聚物(A 系列).固定引发剂用量与 NaAMC₁₄S 在单体中的投料比,向体系中外加电解质 NaCl,改变 NaCl 的加入量,从而改变共聚合前 NaAMC₁₄S 胶束的聚集数,制备了疏水嵌段长度不同的共聚物(B 系列).固定 NaAMC₁₄S 在单体中的投料比,改变引发剂的用量,制备了分子量不同的共聚物(C 系列).

1.3 共聚物分子量的表征

以 1 mol/L 的 NaCL 水溶液为溶剂,在恒温 (30.0 ± 0.1) °C 条件下,使用乌氏粘度计测定共聚物水溶液粘度(浓度范围 0.1 wt% ~ 0.02 wt%),采用稀释外推法确定共聚物的特性粘数 [η],以此相对地表征共聚物的分子量.

1.4 共聚物水溶液表观粘度的测定

准确称取一定量的共聚物,先在蒸馏水中溶胀 1 ~ 3 天后,然后放在恒温振荡仪上振荡 7 ~ 12 天使之完全溶解.用蒸馏水稀释配制成聚合物浓度系列变化的纯水溶液,将溶液样品恒温在 (30.0 ± 0.1) °C,使用 NDJ-1 型旋转粘度计测定表观粘度.

1.5 共聚物水溶液中探针苾荧光光谱的测定

用二次蒸馏水配制聚合物水溶液.准确称取 2.0 mg 苾,溶解于乙醇后转移到 50 mL 容量瓶中,并用乙醇稀释至刻度,配制成 2×10^{-4} mol/L 的苾的乙醇溶液.用微量进样器移取 100 μL 该溶液于容量瓶中,通氮气将乙醇吹干.移取一定体积的聚合物水溶液于此容量瓶中,用蒸馏水稀释至刻度,使聚合物水溶液的浓度达所需要的数值,此聚合

物溶液中苾的浓度为 1×10^{-6} mol/L.如此配制各种聚合物浓度不同但苾含量完全相同的聚合物水溶液.将所配制的聚合物溶液置于恒温振荡仪上恒温振荡一天,使苾均匀分散于其中,再在常温下放置 48 h,测定探针苾的荧光发射光谱,激发波长为 335 nm,狭缝为 2.5 nm,扫描范围 350 ~ 450 nm,测试温度为 25 °C.

2 结果与讨论

2.1 微结构不同的共聚物 NaAMC₁₄S/AM

改变聚合条件,制得了微结构系列变化的三系列共聚物,相关数据列于表 1.

Table 1 Copolymers with different microstructures

Co-polymer	Feed ratio (wt%)	Amount of K ₂ S ₂ O ₈ ^a	Amount of NaCl	<i>N</i> _{agg} ^b	[η] ^c
	NaAMC ₁₄ S	(wt%)	(nmol/L)		
PAM	0	0.07	—	0	889.6
A-1	1.8	0.07	—	—	873.7
A-2	2.0	0.07	—	—	880.6
A-3	2.1	0.07	—	—	862.3
A-4	2.3	0.07	—	—	860.6
B-1	1.8	0.07	0	15	873.7
B-2	1.8	0.07	5	17	856.3
B-3	1.8	0.07	10	19	86.3
B-4	1.8	0.07	15	21	858.9
C-1	1.8	0.07	—	—	873.7
C-2	1.8	0.10	—	—	803.6
C-3	1.8	0.15	—	—	760.5
C-4	1.8	0.21	—	—	693.1

^a Weight fraction of initiator K₂S₂O₈ in the total feed ; ^b Number of NaAMC₁₄S ; ^c Intrinsic viscosity (mL/g)

表面活性单体 NaAMC₁₄S 在 40 °C 的临界胶束浓度为 8.2×10^{-4} mol · L⁻¹ [18],而聚合体系中单体总浓度为 6 wt%,据此可算得制备共聚物的体系中,NaAMC₁₄S 的浓度均在其临界胶束浓度(CMC) 以上(约为 3CMC).按照已探明的表面活性单体与 AM 的共聚合机理^[13,19,20],共聚物具有微嵌段结构,即 NaAMC₁₄S 以微嵌段的形式分布在共聚物主链上.影响 HAPAM 疏水缔合性能的微结构因素主要有,疏水微嵌段的含量,疏水微嵌段的长度及大分子的分子量.共聚物 NaAMC₁₄S/AM 大分子链上疏水微嵌段的数量决定于单体投料中 NaAMC₁₄S 的比例.疏水微嵌段的长度则与聚合前 NaAMC₁₄S 胶束的聚集数 *N*_{agg} 相当(A、B 两系列共聚物的特性粘数变化很小,可视为分子量基本不变)而共聚物 NaAMC₁₄S/AM 大分子链的分子量

决定于引发剂的用量大小,表 1 给出了三系列共聚物的这些微结构参数.

在制备 B 系列共聚物时通过外加电解质 NaCl 改变聚合前 NaAMC₁₄S 胶束的聚集数,从而达到改变共聚物中疏水微嵌段的长度的目的.与普通离子型表面活性剂相类似,外加电解质会增大表面活性单体 NaAMC₁₄S 胶束的聚集数 N_{agg} ,关于 NaAMC₁₄S 的 N_{agg} 以及 N_{agg} 随 NaCl 浓度的变化规律,文献[18]进行了较详实的研究测定,据此可估算出本研究的聚合体系中尤其是 B 系列共聚物体系中,不同 NaCl 浓度下对应的 NaAMC₁₄S 胶束聚集数 N_{agg} ,即为最后制得的共聚物 NaAMC₁₄S/AM 大分子链上疏水嵌段的长度.在制备 B 系列共聚物时发现,NaCl 的量加入过多时,可能由于疏水嵌段太长,造成共聚物在水溶液中的不溶,故 NaCl 的加入量控制在表 1 所示的 15 nmol/L 以下.

2.2 疏水嵌段的含量对共聚物 NaAMC₁₄S/AM 疏水缔合性能的影响

A 系列为疏水微嵌段长度及分子量 A 基本相同但疏水嵌段含量系列变化的共聚物,图 1 为 A 系列共聚物水溶液的表观粘度 η_a 与聚合物浓度的关系曲线.从图中可以看出(1)共聚物水溶液的表观粘度比均聚物 PAM 水溶液表观粘度大得多,特别是在浓度较高时,随着聚合物含量的增加,表观粘度大幅度上升.其原因在于疏水缔合共聚物 NaAMC₁₄S/AM 大分子链上的 NaAMC₁₄S 疏水嵌段在疏水相互作用下,发生分子间的缔合作用,形成动态物理交联网络,即形成超分子结构,增大了分子线团的流体力学体积,故使溶液粘度大幅度提高,表现出强的疏水缔合作用.(2)4 种共聚物水溶液的表观粘度曲线的增幅均在 0.20 wt% 附近明显变大,然后表观粘度都随浓度的增大迅速上升.此规律表明,0.20 wt% 是共聚物 NaAMC₁₄S/AM 由分子内缔合向分子间缔合转变的浓度,即临界缔合浓度 c^* ,大于此浓度后,随着共聚物浓度增大,大分子链之间的距离变小,分子间的缔合程度加强,使缔合网络增大,同时缔合网络的数目也增多^[21],故表观粘度大幅度提高(PAM 分子链间无缔合现象,只是随浓度增加,分子链间相互缠绕程度加强,表现为表观粘度逐渐增大).(3)4 种共聚物的临界缔合浓度 c^* 及同浓度时的溶液表观粘度,均随 NaAMC₁₄S 含量(即疏水微嵌段的含量)规律性的变化,疏水微嵌段的含量越高, c^* 越低,同

浓度时的溶液的表观粘度越大.这是由于 NaAMC₁₄S/AM 大分子链中疏水微嵌段含量越高,疏水缔合作用越强,在较低的浓度下即可发生分子间的缔合作用,故有较低的 c^* ,而且在相同的聚合物浓度时,会形成更大的物理交联网络,故表现出更高的表观粘度.按照图 2 的作图方式,确定 A 系列共聚物的临界缔合浓度,然后得到图 3.

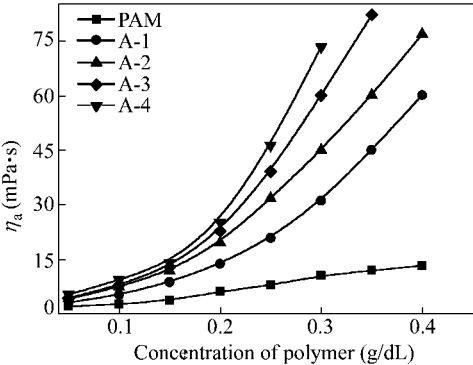


Fig. 1 Apparent viscosity of copolymer aqueous solution versus polymer concentration for series A
Temperature : (30.0 ± 0.1) °C ; Shear rate : 6 s⁻¹

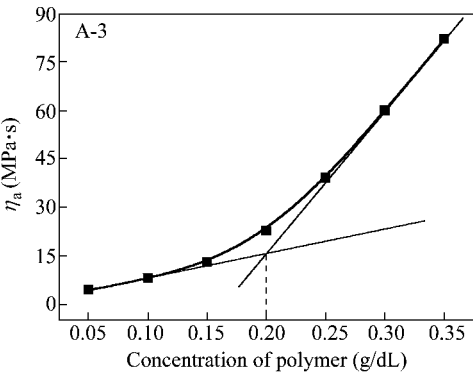


Fig. 2 Determination of c^* from curve η_a versus c

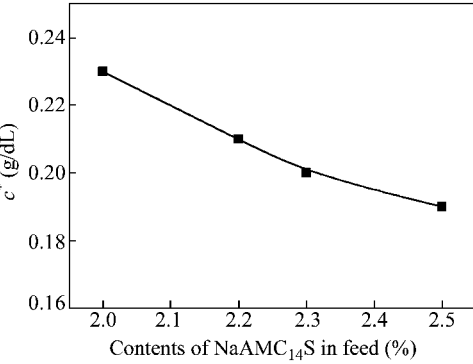


Fig. 3 Variation of c^* as function of the content of NaAMC₁₄S

表观粘度的变化是 HAPAM 疏水缔合性能的

宏观表现,而荧光探针则能从分子水平上反映 HAPAM 的疏水缔合行为. 芘探针荧光光谱的 I₁峰与 III 峰强度之比值 I_1/I_3 通常被称作为“极性标尺”,芘探针所处微环境的极性越小,比值 I_1/I_3 越小. 图 4 为探针芘在 A 系列某一浓度的聚合物水溶液中的荧光发射光谱,计算探针分子的 I₁峰与 III 峰强度比值 I_1/I_3 ,绘制比值 I_1/I_3 -聚合物浓度的关系曲线,得到图 5. 从图中看到 (1) 4 种聚合物的 I_1/I_3 曲线均在 0.2 wt% 的浓度附近突然变小,这是分子内缔合向分子间缔合转变的信号,由于分子间缔合形成了疏水微区,油性分子芘进入其中,芘分子周围环境的极性发生变化,使比值 I_1/I_3 发生突变. 采用类似图 2 的方法亦可得到 4 种聚合物的临界缔合浓度,结果与图 3 完全吻合,疏水微嵌段的含量越高者,聚合物的 c^* 越低. (2) 在相同浓度下,4 种聚合物的 I_1/I_3 数值随疏水微嵌段含量的不同而有规律地变化,疏水微嵌段含量越高者, I_1/I_3 的数值越低,尤其是越过临界缔合浓度后,共聚物 A-4 的 I_1/I_3 数值下降的幅度最大,由 1.7 下降到 1.35. 共聚物 A-4 的分子链中,疏水嵌段的含量最高,分子间的疏水缔合作用最强,形成了更大的物理交联网络,因此疏水微区大,水分子不易渗透进入,因此疏水微区内的非极性最强,故 I_1/I_3 的数值最低.

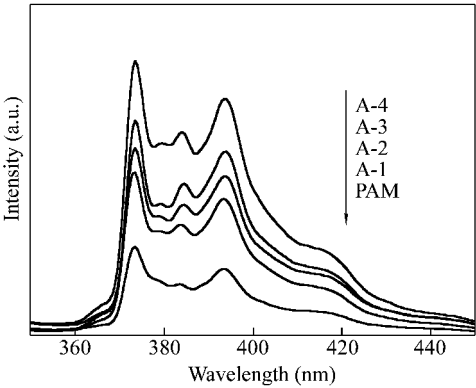


Fig. 4 Emission spectra of pyrene in copolymer aqueous solution of series A
Concentration of copolymer : 0.3 wt%

2.3 疏水嵌段长度对共聚物 NaAMC₁₄S/AM 疏水缔合性能的影响

B 系列为疏水微嵌段含量相同且分子量基本相同但疏水微嵌段长度系列变化的共聚物,图 6 为 B 系列共聚物水溶液的表观粘度与聚合物浓度的关系曲线,按图 2 的方法获得各聚合物的临界缔合

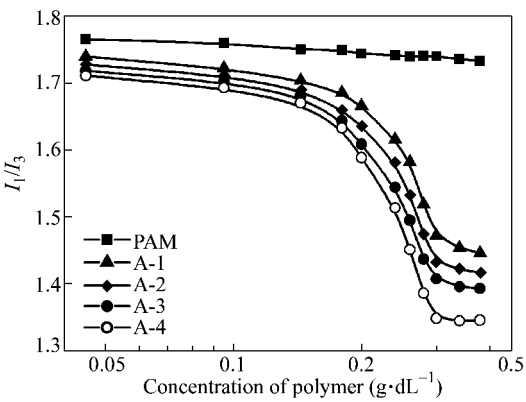


Fig. 5 Variation of I_1/I_3 as function of content of PNaAMC₁₄S in copolymers

浓度 c^* ,从而得到图 7. 从图 6、7 中可以看出 4 种共聚物水溶液的临界缔合浓度 c^* 及表观粘度均随疏水微嵌段长度的不同而有规律地变化,疏水微嵌段越长者,其 c^* 越低,相同浓度下水溶液的表观粘度越大. 共聚物 NaAMC₁₄S/AM 分子链中 NaAMC₁₄S 的微嵌段越长,疏水缔合作用越强,故导致上述结果. 从图 7 还发现,疏水嵌段长度对 c^* 的影响很显著,B-4 的 c^* 降至 0.18 g/dL 附近.

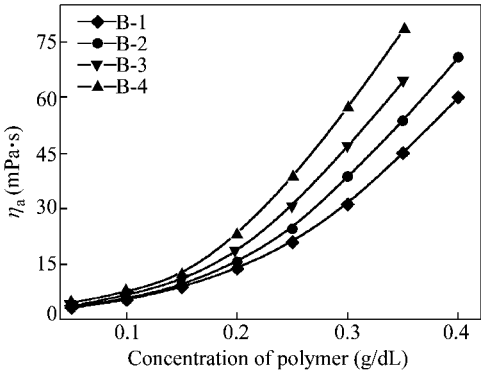


Fig. 6 Apparent viscosity of copolymer aqueous solution of series B versus polymer concentration
Temperature : (30.0 ± 0.1) °C ; Shear rate : 6 s⁻¹

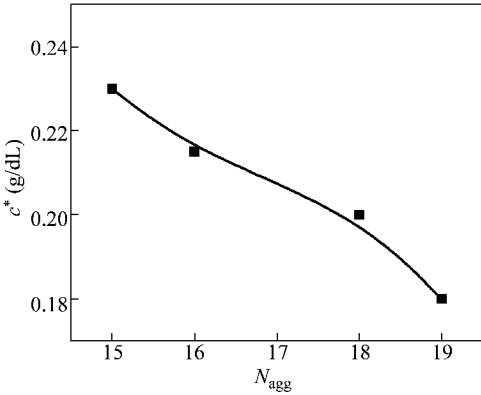


Fig. 7 Variation of I_1/I_3 as function of length of hydrophobic micro blocks

图 8 为探针芘在 B 系列聚合物水溶液中比值 I_1/I_3 与聚合物浓度的关系曲线. 从图中看出, 在相同浓度下, 4 种聚合物的 I_1/I_3 数值随疏水嵌段长度的不同而有规律地变化, 疏水嵌段越长者, I_1/I_3 的数值越低. 如上所述, 疏水嵌段越长的共聚物, 分子链间的疏水缔合作用越强, 缔合形成的疏水微区越大, 内部的非极性越强, 故 I_1/I_3 的数值越小.

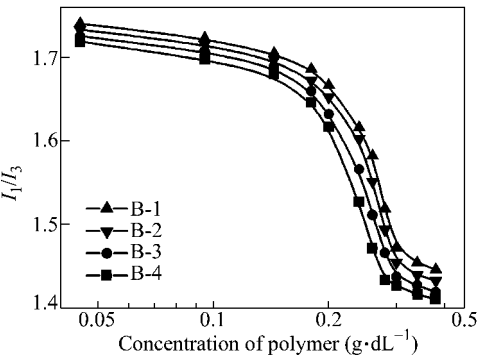


Fig. 8 Variation of I_1/I_3 as function of length of hydrophobic blocks

2.4 分子量对共聚物 NaAMC₁₄S/AM 疏水缔合性能的影响

C 系列为疏水嵌段含量及长度均相同而分子量系列变化的共聚物, 图 9 为 C 系列共聚物水溶液的表观粘度与聚合物浓度的关系曲线, 按图 2 的方法获得各聚合物的临界缔合浓度 c^* , 从而得到图 10. 从图 9、10 中可以看出 4 种共聚物水溶液的临界缔合浓度 c^* 及表观粘度均随分子量的不同而有规律地变化, 分子量越大者, 其 c^* 越低, 相同浓度下水溶液的表观粘度越大. 共聚物的分子量越大, 分子链在良溶剂水中伸展的长度就越长, 相互之间运动接触的几率就越大, 因此, 因疏水相互作用而发生缔合所需要的浓度就越小, 故导致了越低的 c^* . 越过临界缔合浓度后, 共聚物的分子量越大, 分子链越长, 在相同浓度下相互间缔合形成的物理交联网络越大, 大分子线团的流体力学体积就越大, 导致了大的表观粘度.

图 11 为探针芘在 C 系列聚合物水溶液中比值 I_1/I_3 与聚合物浓度的关系曲线. 从图中看出, 在相同浓度下, 4 种聚合物的 I_1/I_3 数值随共聚物分子量的不同而有规律地变化, 分子量越大者, I_1/I_3 的数值越低. 如上所述, 分子量越大的共聚物, 相互间缔合形成的物理交联网络越大, 缔合形成的疏水微区越大, 水分子不易渗透进入, 疏水微

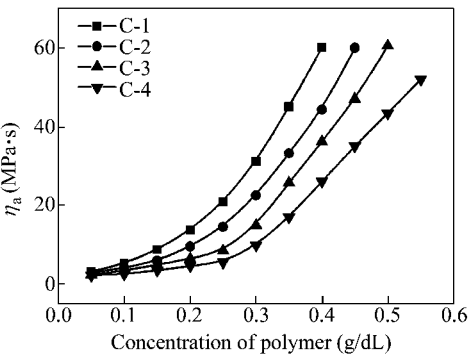


Fig. 9 Apparent viscosity of copolymer aqueous solution of series C versus polymer concentration

Temperature : $(30.0 \pm 0.1)^\circ\text{C}$; Shear rate : 6 S^{-1}

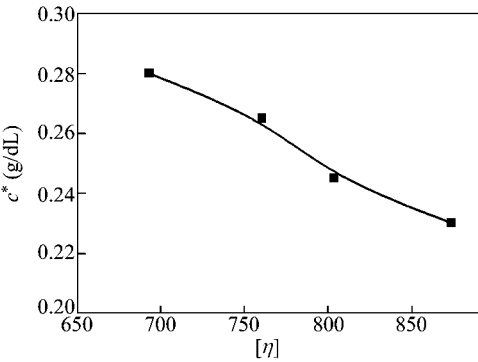


Fig. 10 Variation of I_1/I_3 as function of molecular weight of copolymer

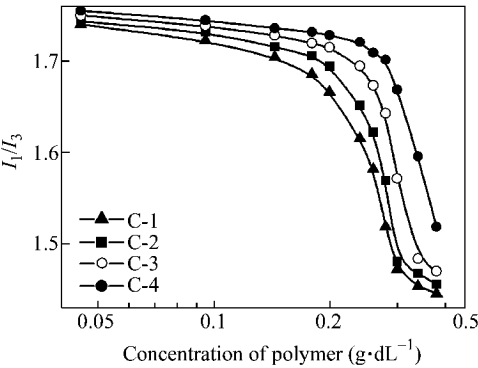


Fig. 11 Variation of I_1/I_3 as function of copolymer molecular weight

区内的非极性, 故比值 I_1/I_3 越小; 相反, 分子量越小的共聚物, 相互间缔合形成的物理交联网络越小, 缔合形成的疏水微区越小, 水分子容易渗透进入, 疏水微区内的非极性变弱, 故比值 I_1/I_3 变大.

综上所述, 在阴离子表面活性单体 NaAMC₁₄S 与丙烯酰胺进行水溶液均相共聚时, 使

NaAMC₁₄S 处于其临界胶束浓度以上,制得具有微嵌段结构的共聚物 NaAMC₁₄S/AM,荧光探针法与表观粘度法研究的结果表明,其疏水缔合性能首先决定于大分子链微结构.与胶束共聚所得的 HAPAM 相似,影响共聚物 NaAMC₁₄S/AM 疏水缔合性能的微结构因素主要有疏水微嵌段的含量,

疏水微嵌段的长度及共聚物分子量.疏水微嵌段含量越大,疏水缔合性越强,表现在临界缔合浓度低,溶液的表观粘度大.疏水微嵌段越长,疏水缔合性越强.当疏水微嵌段含量和嵌段长度一定时,共聚物的分子量越大,疏水缔合性越强.

REFERENCES

1 Yahaya G O,Ahdab A A,Ali S A,Abu-Sharkh B F,Hamad E Z. *Polymer*,2001,42 3363 ~ 3372

2 Taylor K C,Hisham A. *Petrol Sci and Engin*,1998,19 265 ~ 285

3 Kwon G S,Kataoka K. *Adv Drug Deliv Rev*,1995,16 295 ~ 309

4 Tuzar Z. Iranian J. Polym Sci Tech,1995,44(1) 34 ~ 40

5 Xue W,Hamley I W,Castelletto V,Olmsted P D. *Eur Polym J*,2004,40 47 ~ 56

6 Ma J,Liang B,Cui P,Dai H,Huang R. *Polymer*,2003,44 1281 ~ 1286

7 Candau F,Selb J. *Adv Colloid Interface Sci*,1999,79 149 ~ 172

8 Taylor K C,Nasr-Ei-Din H A. *Petrol Sci and Engin*,1998,19 265 ~ 280

9 Hill A,Candau F,Selb J. *Macromolecules*,1993,26 4521 ~ 4532

10 Ye L,Luo K,Huang R. *Eur Polym J*,2002,36 1711 ~ 1715

11 Wu H,Kawaguchi S,Ito K. *Colloid Polymer Science*,2004,282 1365 ~ 1373

12 Summers M,Eastoe J,Davis S,Du Z,Richardson R M,Heena R K,Steytler D,Grillo I. *Langmuir*,2001,17 5388 ~ 5397

13 Yu Yaming(于亚明),Wang Zhonghua(王中华),Gao Baojiao(高保娇),Wang Ruexin(王蕊欣). *Acta Phys Chim Sin(物理化学学报)*,2006,22(4) 496 ~ 501

14 Jiang Liding(江立鼎),Gao Baojiao(高保娇),Kong Delun(孔德轮). *Acta Polymerica Sinica(高分子学报)*,2007,(4) 349 ~ 355

15 Volpert E,Shelb J,Candau F. *Polymer*,1998,39 1025 ~ 1033

16 Xue W,Hamley I W,Castelletto V,Olmsted P D. *Eur Polym J*,2004,40 47 ~ 56

17 Regalado E J,Selb J,Candau F. *Macromolecules*,1999,32 8580 ~ 8588

18 Gao B J,Yu Y M,Jiang L D. *Colloid and Surface,A Physicochem Eng Aspects*,2007,293 210 ~ 216

19 Stähler K,Shelb J,Candau F. *Mat Sci Eng C*,1999,10 171 ~ 178

20 Tuin G,Candau F,Zana R. *Colloid and Surfaces*,1998,131 303 ~ 313

21 Shashkina Y A,Zaroslov Y D,Smirnov V A,Philippova O E,Khokhlov A R,Pryakhina T A,Churochkina N A. *Polymer*,2003,44 2289 ~ 2293

MICROSTRUCTURE OF MACROMOLECULAR CHAINS AND HYDROPHOBIC ASSOCIATION PROPERTIES FOR COPOLYMERS OF SURFACE-ACTIVE MONOMER NaAMC₁₄S AND ACRYLAMIDE

JIANG Liding, GAO Baojiao, LEI Haibo

(*Chemical Engineering Department, North University of China, Taiyuan 030051*)

Abstract Hydrophobically associated polyacrylamide was synthesized by copolymerization of acrylamide (AM) and a surface-active monomer, sodium 2-acrylamidotetradecane sulfonate (NaAMC₁₄S), in an aqueous homogenous phase system. Based on the exploited copolymerization mechanism and by controlling the concentration of NaAMC₁₄S above its critical micelle concentration, copolymers NaAMC₁₄S/AM with microblocks structure were obtained. By varying the feed ratio of NaAMC₁₄S and AM, the added amount of electrolyte NaCl and the amount of initiator, respectively, three series of copolymers NaAMC₁₄S/AM with various microstructures were prepared. The dependences of hydrophobic associating properties of the copolymers on the microstructures were studied by the fluorescence probe method and the apparent viscosity measurement method, and the effects of the content and length of the hydrophobic blocks and the molecular weight of the copolymers were explored thoroughly. The experimental results show that the hydrophobic associating properties of copolymers NaAMC₁₄S/AM is strengthened with the increase of the content and length of the hydrophobic blocks and is enhanced with the increase of the molecular weight of the copolymers.

Key words Anionic surface-active monomer, Acrylamide, Hydrophobic association property, Microstructure