

乳液聚合的最新进展(下)

王 群 府寿宽 于同隐

(复旦大学高分子科学系,上海,200433)

2.5 单分散聚合物微球的制备和应用

自从 50 年代, Vanderhoff 等人首次成功地制备单一尺寸的聚合物胶乳以来,对聚合物微球的兴趣日渐增长。乳液聚合是最早用于生产单分散聚合物微球的聚合技术,而且至今仍是最重要、最常用的技术。目前已成功制备的聚合物微球粒径范围从 $0.02\mu\text{m}$ 到 $100\mu\text{m}$,用途涉及显微学、色谱学、细胞测量学、组织分离技术、癌症医治和 DNA 技术等。正是因为这些原因,1991 年 10 月,曾在日本福岡举行了“聚合物微球国际学术讨论会”,期间共报告了 60 余篇关于聚合物微球的基础研究、制备方法和应用技术的论文。

在 50 年代,人们用两种方法制备单分散聚合物微球,其一是在无乳化剂或乳化剂浓度极低的乳液体系中使乙烯基单体聚合^[107,108];其二为在乳液聚合中,利用 Smith-Ewart 理论的第二种情况(即每个胶粒中的平均自由基数目为 0.5)下胶粒尺寸在增长中趋于平均化的效应^[109,110]。对乳液聚合产物粒径和粒径分布的决定因素的研究表明,产物的胶粒尺寸随乳化剂浓度和单体用量的变化而变化^[111],粒径分布取决于自由基进入胶粒的速率参数、阶段 II 中“稳态增长期”的长度、胶粒中的平均自由基数目及胶粒的体积增长速率^[111]。直接从乳液聚合获得的胶粒直径在 $0.03\sim 1\mu\text{m}$ 范围。直径小于该范围的微球可用微乳液聚合(见 2.3 节);直径大于该范围的微球可通过种子乳液聚合(辅以特殊的溶胀技术)^[112~115]、分散聚合(见 2.4 节)和无皂乳液聚合(见 2.1 节)。本节中将讨论微球制备中涉及的溶胀技术和一些特殊用途微球的制备技术。

用单步的乳液聚合,可制备直径达 $1\mu\text{m}$ 的

单分散微球。在通过种子乳液聚合制备更大微球的尝试中,遇到了体系趋于凝聚的麻烦。采用了反复溶胀和聚合的工艺之后,体系在最容易发生凝聚的条件下(即胶粒中的聚合物含量为 60%~90%)保持稳定的时间有所延长。虽然在聚合体系中加入大量的乳化剂可提高体系的稳定性,但是,这也同时有利于在水相中生成新的胶粒(称为“再次成核”)。曾有报道称在太空中成功地合成了直径达 $5\mu\text{m}$ 的单分散聚合物微球,并认为太空中没有重力的条件极为有利。通常认为在地球上不可能通过简单的种子乳液聚合制备直径大于 $3\mu\text{m}$ 的单分散微球。然而,目前已开发出新的方法,能够制备直径高达 $100\mu\text{m}$ 而标准偏差小于 2% 的单分散微球^[116]。

Ugelstad 等人^[112~115]采用的两步溶胀法为:(1)用一种极难溶于水的有机溶剂 Y 对单分散的聚合物、聚合物-齐聚物或齐聚物胶粒进行溶胀,并控制溶胀条件使 Y 向胶粒中扩散而胶粒中的物质不能向外扩散;(2)加入水和乳化剂,然后加入单体或单体混合物,并控制条件使单体易于通过水相朝胶粒中扩散,而 Y 则不容易向外扩散。显然,需要 Y 在水中的溶解度远远低于单体或单体混合物在水中的溶解度。如此得到的高度溶胀的胶粒比含有 60%~90% 聚合物的胶粒对凝聚的稳定性高得多,因为两步溶胀法得到的胶粒在聚合过程中处于上述“危险区域”的时间要比一步法得到的胶粒短得多。而且,胶粒中惰性物质的存在也有利于提高胶粒的稳定性。这种两步溶胀法已被用于直径在 $1\sim 100\mu\text{m}$ 范围的微球制备。

Okubo 等人^[117,118]提出了另一种有趣的一步溶胀法,称为“动态溶胀法”(DSM)。DSM 中

不需要溶胀剂却能制备出直径大于 $5\mu\text{m}$ 的单分散聚合物微球。其步骤如下:先在 65°C 下将单分散的聚苯乙烯微球分散在含有苯乙烯单体、引发剂过氧化苯甲酰和分散剂聚乙烯醇的乙醇-水溶液中,然后以 $-1^\circ\text{C}/\text{min}$ 的降温速率将体系冷却到 -5°C 。向体系中加入水以防溶入胶粒的苯乙烯重新回到连续相,并加入亚硝酸钠防止可能引起再次成核的水相聚合。如此得到的聚苯乙烯微球具有很高的单分散性。

近年来,对多孔性聚合物微球的研究很多,并且多孔性的苯乙烯-二乙烯基苯共聚物微球已被广泛用作离子交换剂、吸收剂和 GPC 柱填料的许多领域中^[119],例如微球中的大孔可对分子量为 50 万的生物分子进行分离^[120]。以往的制备中,通常采用向悬浮聚合体系中加入惰性稀释剂的方法,但是,这样得到的微球直径太大而且粒径分布很宽。使用单分散的大孔微球有助于获得高分离效率、最佳充填和较低的背压^[121]。

采用单分散聚苯乙烯种子胶粒作为惰性稀释物来制备大孔聚合物微球的尝试已获得成功^[122]。合成工艺分为 3 步:(1)溶胀;(2)共聚;(3)稀释物的除去。可用作惰性稀释剂的有线型聚合物(如聚苯乙烯)或线型聚合物与溶剂或非溶剂的混合物。在溶胀步骤中,用单体及溶剂型稀释剂(可以是溶剂或非溶剂)对线型的单分散聚苯乙烯种子胶粒进行溶胀,于是,溶胀的胶粒称为单独分散的类似本体聚合的体系。Cheng 等人^[123]对孔状结构的形成机理进行了研究,他们发现孔隙是由于稀释剂存在下发生相分离的结果。在共聚过程中孔状结构的产生可分为两个阶段,第一步是高度交联的微球形成并凝聚成聚合物胶粒;第二步是微球和凝聚物的结合以及稍后的结构固定^[124]。这些结果的依据包括共聚动力学的变化、凝胶含量、交联密度、胶粒形态、表面积、孔的容积和孔径分布。

由于分散体系的基本性质取决于分散粒子的形状和取向,有些研究小组报道了单分散聚苯乙烯椭圆形胶粒的制备和表征^[125~127]。制

备的方法通常是先将粒径单分散的聚苯乙烯微球包埋在聚乙烯醇的基质中,然后在聚苯乙烯的 T_g 以上拉伸到一个预定的拉伸比。虽然这个方法看似简单,但是,实际上会遇到聚乙烯醇的拉伸不均匀等问题。

大多数制备不同尺寸、不同结构及不同表面性质聚合物微球的方法都是针对某种特定的应用要求的,因此,下面将介绍一些较为特别的应用。

各种孔径和孔径分布的单分散多孔聚合物微球可用于体积排除色谱(SEC),使用中发现单分散微球的分离效率和流动性能均优于市售的多分散微球。Pharmacia 开发的快速蛋白质液相色谱也采用了单分散多孔微球,在室温下分离蛋白质、多肽及核酸等生物提取液能达到很高的分辨率,而且分离时间较短。通过表面改性得到的强烈亲水性微球可用于新型的离子交换体系,能够在低压下高效率地分离蛋白质^[128]。

用乳液共聚、分散聚合及无皂乳液聚合等方法可制备表面带有各种基团的微球(见 2.1、2.4 和 2.7 节)。这些微球在免疫检测中非常有用。在计数的免疫检测中,由于微球具有很高的单分散性,而且粒径可随意调节,因此,可以采用极为简便的方法进行测试。表面带有羟基直径为 $2\mu\text{m}$ 的微球用于各种放射免疫检测(RIA)和免疫放射测定(IRMA)时,效果极佳。Nustad 等人^[129,130]把这类微球用于癌症早期抗原(CEA)和三碘甲状腺原氨酸 RIA。这类微球对标志配位体的物理吸附(非选择性结合)极低,因而比基于纤维素衍生物的市售 DASP 更为有效且结果更为可靠。类似的微球也被用于测定腺体激肽释放酶的 IRMA^[131]。采用酶测定法和 RIA 法测定血液中的激肽释放酶时,由于存在与憎水微球毫无作用的禁阻剂而难以进行。亲水微球被用于人体细胞中 IgM 测定的免疫吸收剂,结果表明其与 IgM 的选择性结合远比市售的基于金黄色葡萄球菌的固相材料强。

同一尺寸范围的表面带有其他功能基团的微球可用于流动细胞检测的校正。在 CEA 的流动细胞测试中,同时采用两种表面覆盖着具有相同特征而亲和性不同的抗体的直径分别为 $7\mu\text{m}$ 和 $10\mu\text{m}$ 微球,可有效消除高浓度下的钩针效应。同时使用不同种类的微球可在测试中自动探测不同抗原。此时,微球表面需覆盖上与所要检测的抗原具有特殊亲和力的抗体。用共价键连结着抗体的大孔聚丙烯酸酯微球特别适用于基于微球的流动细胞计数免疫检测,可用来检测 CEA 和 α -胚胎蛋白质^[132]。

Ugelstad 等人^[133]制备了含铁量高达 30% 的磁性微球,并将其用于细胞分离^[134,135]。Rembaum 等人^[134]把聚丙烯醛接枝到磁性微球表面,并认为这种微球适用通过共价键结合抗体。Kemshead 等人^[135]用单克隆和 $3\mu\text{m}$ 的多孔磁性微球从骨髓中除去肿瘤细胞。近来,单分散磁性微球还被应用于细菌、病毒和亚细胞成分的分离。

用于细胞分离的磁性微球须满足下列条件:(1)微球在细胞分离所用的介质中应不会凝聚;(2)在磁场作用之后剩磁量应很小;(3)与细胞没有非选择性结合;(4)结合有细胞的微球和多余的微球须在磁场作用下迅速并完全地得到分离;(5)其尺寸须尽可能较小吞噬作用。Ugelstad 等人^[115,136]已成功地制备了这种微球,并以“Dynabeads”的商品名上市。目前已有 300 多篇关于 Dynabeads 应用的报道,涉及用于自体骨髓移植中除去癌细胞的免疫磁场分离技术、同种异基因移植中正常 T 细胞的除去、干细胞的分离、外部血液中淋巴细胞的定量分析、细菌的免疫磁性分离^[137,138]等等。最近, Dynabeads 在 DNA 技术中又不断出现新的应用,包括作为探针,用于结合了蛋白质的 DNA 亲和性纯化、RNA 或单链 DNA 的分离以及序列反应。

近来,还报道了在烧孔记忆中采用染色的单分散聚合物微球,这样,就不必将操作温度局限在超低温范围。这一新技术是基于著名的形

态依赖性共振(MDR),但是,与常见的固态物质烧孔记忆的不同在于,由于利用了窄分布的聚合物微球和染料的作用,记忆的读写可在室温下进行^[139]。

2.6 复合聚合物胶乳

具有完好形态结构的胶乳体系适用于高强度、高韧性的先进工程塑料、高剥离强度的粘合剂以及膜分离和生物技术等的应用领域。在众多的复合聚合物胶乳产品中,最早的是由 Rohm&Haas 公司生产并命名为 K-120 的塑料改性剂。目前,已用种子乳液聚合及多阶段乳液聚合技术合成了各种具有不同组分因而具有不同形态特征的复合聚合物胶乳。合成中涉及的单体几乎覆盖了所有能进行自由基聚合的单体,然而最引人注目的是丙烯酸与甲基丙烯酸或苯乙烯组成的体系。

复合聚合物胶乳最具优势的特点在于能够获得各组分本身性能的最佳组合。这很大程度上取决于胶粒的形态学特征,因此近年的许多研究工作着重于形态研究和形态控制因素的研究,其中较突出的有 Sundberg 等人^[140]、Dimonie 等人^[141]、Cho 和 Lee^[142]、Okubo 等人^[143,144]以及 Cheng 等人^[145]的工作。

2.6.1 复合聚合物胶乳的制备与表征 合成复合聚合物胶乳的主要方法为种子乳液聚合或多阶段乳液聚合。首先,通过常规的间歇式乳液聚合或乳液共聚制备种子胶乳,然后在种子胶乳存在下进行另一种单体或单体混合物的聚合^[146]。第二步的聚合可以用不同的方式进行,例如,间歇式或半连续式,采用或不采用单体溶胀步骤,这样得到产物胶乳的形态会有很大的差异^[147]。

复合聚合物胶乳的表征涉及许多种测试技术,包括最为直接的透射电子显微镜(TEM)和扫描电子显微镜(SEM),以及薄层色谱(TLC)、核磁共振(NMR)、小角中子散射(SANS)和最低成膜温度(MFT)以及膜的力学性能等。

2.6.2 热力学方法与模型预测 复合聚合物胶粒形态特征的控制因素可分成两大类,即

热力学因素和动力学因素。热力学因素决定了复合胶粒最终的平衡形态,而动力学因素则决定了取得这种动力学上有利的形态的难易程度。

Cheng 等人^[148]提出了一种预测最终形态的理论模型,其中的热力学分析是基于 Torza 和 Mason^[149]给出的关于三元不相容体系界面行为的分析方法。他们分析了在连续相(液体 2)中一种凝聚层液滴(液体 3)包裹另一种原先存在的液滴(液体 1)的条件,用铺展系数 S_i 表示:

$$S_i = \gamma_{jk} - (\gamma_{ij} + \gamma_{ik}) \quad (4)$$

假定液体 1 与液体 2 的界面张力(γ_{12})大于液体 3 与液体 2 的(γ_{23}),则 S 只有 3 种取值方式,它们分别对应于 3 种不同的平衡形态:完全包裹(正常的核-壳)、部分包裹(半球形)及不包裹(独立的粒子)。完全包裹仅出现在 $S_3 > 0$ 、 $S_2 < 0$ 且 $S_1 < 0$ 的体系中;而当 $S_2 < 0$ 、 $S_3 < 0$ 且 $S_1 < 0$ 时,将出现部分包裹。Torza 和 Mason 测定了一系列液体的界面张力,计算出 S 值然后观察三元体系的相结构,从而验证了他们所提出的方法的可行性。在大多数情况下,即只要液体的流动性足够高而热力学因素是体系最终形态的决定性因素时,用 S 值来预测形态结构的结果令人满意。近来,Sundberg 等人^[140]用上述方法对聚合物包裹微米级尺寸的较大油性液滴的体系形态进行了热力学分析。他们的结果揭示出形成的微胶囊的类型主要由各相间的界面张力决定。Dimonie 等人^[141]通过实验证明了这样一个假设:在复合聚合物胶乳体系中,除了聚合场所的粘度(与链的流动性有关)以外,聚合物之间的界面张力是决定胶粒形态的主要参数。

Cheng 等人^[148]的热力学分析与 Sundberg 所作的相似,但他们还导出了一个关于体系自由能与复合胶粒形态(如图 3 所示)关系的数学模型。模型的合理性和准确性通过亚微米级复合胶粒的最终形态得到了证明。模型的分析中考虑了自由能变化的情况。初态包括聚合物相

1(被单体 2 溶胀的聚合物 1 的种子胶粒)分散于含有乳化剂的水连续相中。终态则是图 3 中的某一种形态。这样的考虑中,造成体系自由能变化的因素只有新界面的形成和相应的界面张力的变化。对于分散在水连续相中的胶粒来

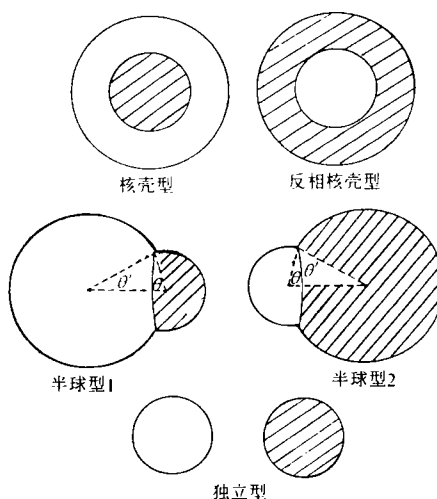


图 3 复合胶粒的典型形态
(阴影部分为聚合物 1;空心部分为聚合物 2)

说,上述的界面包括聚合物相(1)/水、聚合物相(2)/水和聚合物相(1) 聚合物相(2)。聚合物相(2)为聚合物(2)(聚合物 1 存在下单体 2 聚合而产生)及溶胀于其中的单体 2。单体 2 的总浓度由转化率所决定。假定单体在两种聚合物之间的分布正比于聚合物的体积分数。图 3 中各种形态的总自由能变化由下式给出:

$$\Delta G = \sum \gamma_{ij} A_{ij} - \gamma_0 A_0 \quad (5)$$

其中 γ_{ij} 是相 i 和 j 之间的界面张力, A_{ij} 为相应界面的面积, γ_0 为分散于水相中的聚合物相 1(即被单体 2 溶胀的聚合物 1 的种子胶粒), A_0 为其界面面积。图 3 中各形态的自由能变化的方程也已导出^[145],自由能变化的计算涉及逐次逼近法,采用计算机运算。热力学有利的形态应该是界面自由能变化最小的形态。如果各相之间的界面张力可独立测定,则这一方法非常方便。

上述模型的预测可用实验来检验^[148],其

中各聚合物相与水相之间的界面张力用重力液滴体积法测定^[150],两个聚合物相之间的界面张力则根据 Broseta 等人的工作^[151]进行估算,胶粒形态用 TEM 观察,用四氧化钨对聚苯乙烯进行染色,用磷钨酸对聚甲基丙烯酸甲酯进行染色。另外,还研究了各聚合物组分体积比、表面活性剂类型及引发类型对最终的胶粒形态的影响^[148]。实验结果有力地证明了模型的合理性。

2.6.3 结构与性能 除了上述模型中提到的 3 种胶粒形态之外,各种特定的体系中还会生成其他类型的形态结构,例如“聚合物油包油”(POO)^[152]、山莓型^[153]、带空洞的胶粒^[154]等。这些特殊结构也导致了各不相同的性能。

最早对复合聚合物胶粒物理性质进行研究的是 Hughes 和 Brown^[155]。他们提出微相分离是胶乳及其所成的膜的物理性质的决定因素。

由复合聚合物胶乳形成的膜的力学性能的决定因素为界面张力下的粘弹松弛和胶粒界面的聚合物分子间的相互作用。这些与胶粒界面聚合物的玻璃化转变温度有关,因而又与胶粒的形态有关,因此胶乳的成膜性能能够提供一些关于胶粒形态的信息^[156,157]。研究发现具有核-壳结构的 PMMA/PEA 复合胶粒的 MFT 比相同组成的 MMA-EA 共聚物低。原因是在核-壳复合胶粒中,壳层为软的 PEA 而核为硬的 PMMA,总的成膜性能是由壳层的聚合物性质决定的。

对上述核-壳胶乳所成膜的力学性能测试表明其拉伸强度和模量均比相应的无规共聚物高得多^[158,160]。这些结果也表明在核与壳之间存在着一个界面层,它加强了硬性的核与柔软的壳之间的结合,从而起到了分散或转移应力的缓冲区的作用。对 PVAc/PBA 核-壳胶乳也有类似的报道^[159]。已经证明界面层是由核内单体和壳层单体的共聚物构成,且共聚物的组成具有一个梯度,从富含核单体逐渐变为富含壳单体^[158]。这一结论也从 T_g 数据得到

了证实^[156~158]。

对复合聚合物胶乳其他性能的研究也有报道,包括胶乳稳定性^[160]、粘结性^[144]、耐水性^[144]以及胶乳所成膜的光学性能^[144,157]。

2.7 表面功能化的聚合物微球

在过去 10 年中,表面功能化的聚合物微球受到越来越多的重视,因为此类微球可广泛应用于许多领域,例如生物化学和生物医学、可交联的涂料、聚合物改性、催化剂、信息工业、微电子工业、干式和湿式复印机墨粉、色谱柱填料,等等。已有的大量基础研究工作涉及各种具有不同物理化学性质和聚合活性的功能单体,从中探讨了在非均相体系中的聚合动力学以及功能单体在产物微球中的位置。已经明确地了解到最终产物的性能很大程度上取决于功能基团是位于微球的表面还是微球的内部。至今已经制备了带有各种不同功能基团的聚合物微球,这些基团包括羟基、羧基、乙烯基、氨基和吡啶基等。制备的方法包括乳液共聚、沉淀聚合和分散聚合以及对已聚合的胶乳进行表面改性。

2.7.1 制备与表征 制备表面功能化聚合物微球的最常用方法是非均相体系中的共聚。这种共聚多数是以无皂乳液聚合及分散聚合形式进行的。

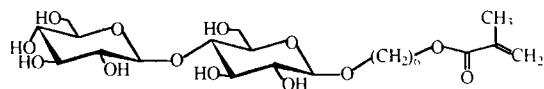
Matsumoto 等人^[161~164]报道了制备带有羧基的聚合物胶粒的方法,产物中羧基主要吊挂在胶粒的表面。简单的一步共聚法被排除在外,因为已经发现即使采用亲水性极强的共聚单体,如丙烯酸,绝大多数的羧基还是处于胶粒内部^[4,165~167]。为了使羧基定位于胶粒的表面,已提出许多改进方法,如功能单体后加法、乳液共聚过程中对共聚单体进行中和等,然而这些方法并没有得到预期的效果。较为有效的后处理方法有,将 PEA 胶粒表面的酯基直接用碱水解^[168],对苯乙烯-马来酸酐共聚物胶粒中的羧基进行重新分布^[169]。另一种方法是,在低 pH 值下无皂聚合所得苯乙烯-丙烯酸丁酯-马来酸酐三元共聚种子胶粒存在时,在高 pH 值条件下进行苯乙烯和丙烯酸丁酯的无皂

乳液共聚^[170]。用电导滴定测得的羧基表面含量结果表明,只要采用适当的单体加入技术,如吸附法,可以使56%的羧基定位于胶粒表面。

表面带有乙烯基的微米级单分散聚合物微球可用种子分散聚合方法制备^[171]。在聚苯乙烯种子存在下进行苯乙烯与二乙烯基苯的分散共聚,种子是在以聚丙烯酸为分散剂的条件下用分散聚合制备的。微球表面的乙烯基数量用溴滴定法估算,结果颇为满意。同样的方法可用于制备表面带有氯甲基的微米级单分散聚合物微球,此时,共聚单体为氯甲基化的苯乙烯^[172]。

表面带乙烯基的聚合物微球也能通过无皂乳液聚合制备,其中采用苯乙烯或甲基丙烯酸甲酯为主单体,而共聚单体可采用乙二醇双甲基丙烯酸酯(EDMA)。实际上,无皂乳液聚合可用来制备表面带有不同功能基团的许多聚合物微球,功能基团包括磺酸基^[173]、氨基^[174]等。

一些近期的研究表明采用某些大单体可以制备具有立体稳定作用的模型聚合物微球^[175,176]。大单体通常有一个可聚合的端基,而另一端则是功能基团或功能链(通常是憎水的),例如一种具有甲基丙烯酸己酯端基的低聚糖,称为6-(2-甲基丙烯酰氧基)-己基 β -D-纤维素二糖^[177]。



这样一个大单体可以在主单体无皂乳液聚合获得的种子胶乳的存在下与苯乙烯或甲基丙烯酸甲酯共聚。

分散聚合是向微球表面引入功能基团或功能链的最为方便的方法。只要选择合适的分散剂,使它不仅具有胶态稳定作用而且含有功能基团,则很容易将微球表面功能化。例如,在使用ABA或AB型嵌段分散剂时,憎液链段在微球表面抛锚,而亲液链段则吊挂在连续相中,起到功能链段的作用。这种类型的分散剂在汽车

用金属涂料的生产中应用很广,其吊挂的亲液链段还能溶于连续相的大单体反应生成交联的聚合物膜^[81,97-101,187]

2.7.2 应用 表面带羟基的聚合物微球的制备方法是將甲基丙烯酸缩水甘油酯(GMA)、甲基丙烯酸羟乙酯和乙二醇双甲基丙烯酸酯沉淀共聚,然后用稀酸或稀碱溶液水解。类似的方法也能用来制备表面带氨基的聚合物微球,只是沉淀共聚得到的微球用氨水进行处理。这两种微球均可用于细胞标记^[178]、免疫凝集试验^[179]、噬菌体活性氧测定^[180-182]和噬菌体酶活性的测定^[183,184]。

表面同时带有环氧基和羧基的微球可通过GMA和MMA在异丙醇介质中的沉淀共聚制备。制得的微球用碳化二亚胺方法引入IgG,可用作诊断材料,由于表面的亲水性,这种材料具有非特征性聚集的优点^[185]。

通过MMA和HEMA(甲基丙烯酸羟乙酯)在十二烷基苯磺酸钠存在下的乳液共聚可制得表面带羧基和羟基的聚合物微球。这样的微球很容易结合上各种抗原、抗体及药物或同位素等,因此可用于TEM对细胞特征标志的检测、相应配对物的分离和纯化(免疫吸附剂)、外循环血液中有毒物质的清除(人工脏器)以及用特定抗体、毒素、抗癌药物或同位素等定向治疗恶性肿瘤(导弹疗法)。

另一处应用涉及一类有趣的两亲聚合物。例如在水中具有最低临界溶解温度(LCST)(31℃)的聚(N-异丙基丙烯酰胺),该水溶液在LCST以上会发生可逆的相分离。可以推测,LCST的出现是由于聚合物与水之间的氢键作用和聚合物分子间憎水作用的平衡。利用这种可逆相分离行为可进行蛋白质的分离和纯化^[186]。

非水分散体系和水基胶乳在涂料、汽车金属罩面漆和胶粘剂方面有广泛应用。力学性能和耐久性研究中的重点。一个重要的控制因素是胶粒间的交联。为了获得满意的交联效果,人们设计并合成了带有两种功能基团的聚

合物微球,其中一种(称为功能基 A)是亲液的,因此处在微球表面,另一种(称为功能基 B)为憎液的,因此处于微球的内部。当微球分散在体系中时,两种基团不发生接触,但在成膜时,随着分散介质的蒸发,微球互相靠近,因而功能基 A 可能穿透另一个微球的表面与功能基 B 发生反应,达到交联的目的。表 2 给出了一些可用于室温固化交联涂料和胶粘剂的功能基配对。

表 2 一些可交联的功能基团组合及其生成的交联结构

功能基团 A	功能基团 B	交联结构
$-\text{COOH}$	$\begin{array}{c} \text{---C---C---} \\ \quad \quad \\ \text{O} \end{array}$	$-\text{COO}-\text{C}-\text{C}-\text{OH}$
$-\text{COOH}$	$\begin{array}{c} \text{---C---N---C---} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{O} \quad \quad \text{O} \quad \quad \text{C} \end{array}$	$-\text{COO}-\text{C}-\text{C}-\text{N}-\text{C}-\text{O}$
$-\text{COOH}$	$\begin{array}{c} \text{---N---C---} \\ \quad \quad \\ \text{C} \end{array}$	$-\text{COO}-\text{C}-\text{C}-\text{NH}$
NH	$\begin{array}{c} \text{---C---C---} \\ \quad \quad \\ \text{O} \end{array}$	$\text{N}-\text{C}-\text{O}$
NH	$-\text{COOH}$	$\text{N}-\text{C}-\text{O}$
NH	$\begin{array}{c} \text{---C---N---C---} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{O} \quad \quad \text{O} \quad \quad \text{C} \end{array}$	$\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{NH}-\text{C}-\text{O}$

3 参考文献

- Luther M, Heuck C (I. G. Farbenindustrie A. G.). US, 1864078. 1932 (Chem Abstr, 1932, 26, 4505)
- Arai M, Arai K, Saito S. *ibid*, 1980, 18, 2811
- Munro D, Goodall A R, Wilkinson M C, et al. *J Colloid Surface Sci*, 1979, 1, 1
- Ceska G W. *J Appl Polym Sci*, 1974, 18, 427
- Shen Z. 合成橡胶工业, 1987, 4, 248
- Ohtsuka Y, Kawaguchi H, Sugi Y. *J Appl Polym Sci*, 1981, 26, 1637
- Ohtsuka Y, Kawaguchi H, Sugi Y. *ibid*, 1981, 26, 1649
- Juang M S, Kreiger I M. *J Polym Sci, Polym Chem Ed*, 1976, 14, 2089
- Liu L J, Kreiger I M. *ibid*, 1981, 19, 3013
- Arai M, Arai K, Saito S. *ibid*, 1982, 20, 1021
- Konno M, Shimizu K, Arai K, Saito S. *ibid*, 1987, 25, 223
- Homola A M, Inoue M, Robertson A A. *J Appl Polym Sci*, 1975, 19, 3077
- Okubo M, Yamada A, Shibao S, Nakamae K, et al. *ibid*, 1981, 26, 1675
- Goodall A R, Wilkinson M C, Hearn J. *J Polym Sci, Polym Chem Ed*, 1977, 15, 2193
- Arai M, Arai K, Iwasaki S, Saito S. *J Polym Sci, Polym Chem Ed*, 1982, 20, 1203
- Zurkova E, Bouchal K, Zdenkova D, et al. *ibid*, 1983, 21, 2949
- Chen S A, Chang H S. *ibid*, 1990, 28, 2547
- Chen S A, Chang H S. *ibid*, 1983, 23, 2615
- Cheng J. 高分子通讯, 1986, 36, 1
- Ono T, Yamaguchi T. *Kobunsh*, 1985, 34, 90
- Yamaguchi T, Ono T, Ito H. *Angew Macromol Chem*, 1973, 32, 177
- Yamaguchi T, Ono T, Ohara S. *ibid*, 1976, 53, 6
- Yamaguchi T, Ono T, Hasegawa H. *Chem Ind*, 1975, 6, 748
- Ugelstad J, El-Aasser M S, Vanderhoff J W. *J Polym Sci, Polym Chem Ed*, 1973, 11, 503
- Grimm W L, Min T I, El-Aasser M S, et al. *J Colloid Interface Sci*, 1983, 94, 531
- Hansen F K, Ofstad E B, Ugelstad J. *Theory and Practice of Emulsion Technology*. Smith A L ed. New York: Academic, 1973. 113
- Hansen F K, Ugelstad J. *J Polym Sci, Polym Chem Ed*, 1979, 17, 3069
- Chamberlain B C, Napper D H, Gilbert R G. *J Chem Soc, Faraday Trans*, 1982, 1, 78, 591
- Delgado J, El-Aasser M S, Vanderhoff J W. *J Polym Sci, Polym Chem Ed*, 1986, 24, 861
- Delgado J, El-Aasser M S, Silebi C A, et al. *ibid*, 1988, 26, 1495
- Delgado J, El-Aasser M S, Silebi C A, et al. *ibid*, 1989, 27, 193
- Delgado J, El-Aasser M S, Silebi C A, et al. *ibid*, 1990, 28, 777
- Pan Z R, Fan H, Weng Z, Huang Z. *International Symposium on Polymeric Microspheres*. Japan, 1991, 57
- Gortz R J, El-Aasser M S. *J Colloid Interface Sci*, 1991, 142, 317
- Choi Y T, El-Aasser M S, Sudol E D, Vanderhoff J W. *J Polym Sci, Polym Chem Ed*, 1985, 23, 2973
- Hoar J P, Schulman J H. *Nature*, 1943, 152, 102
- Ottewill R H. *Emulsion Polymerization*. Piirma I ed. New York: Academic, 1982. 1

- 38 Scriven L E. *Nature (London)*, 1976, 263: 123
- 39 Friberg S, Lapezynska I, Gillberg G. *J Colloid Interface Sci*, 1976, 56: 19
- 40 Thomas W M, Wang D W. *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*. 2nd ed. New York: Wiley, 1985. 169
- 41 Halverson F, Panzer H P. Kirk Othmer *Encyclopedia of Chemistry Technology*. Vol 10. New York: Wiley, 1980
- 42 Vanderhoff J W, Bradford E, Tarkowski H L, et al. *Adv Chem Ser*, 1962, 34: 32
- 43 Graillat C, Pichot C, Guyot A, El - Aasser M S. *J Polym Sci, Polym Chem Ed*, 1986, 24: 427
- 44 Leong Y S, Candau F. *J Phys Chem*, 1982, 86: 2269
- 45 Candau F, Leong Y S, Pouyet G, et al. *J Colloid Interface Sci*, 1984, 101: 167
- 46 Guo J S, El - Aasser M S, Sudol E D, et al. *J Colloid Interface Sci*, 1990, 140: 175
- 47 Candau F, Leong Y S, Fitch R M. *J Polym Sci, Polym Chem Ed*, 1985, 23: 1903
- 48 Carver M, Dreyer U, Kroesel R, et al. *ibid*, 1989, 27: 2161
- 49 Atik S S, Thomas J K. *J Am Chem Soc*, 1982, 104: 5868
- 50 Tang H I, Johnson P L, Gulari E. *Polymer*, 1984, 25: 1357
- 51 Guo J S, El - Aasser M S, Vanderhoff J W. *J Polym Sci, Polym Chem Ed*, 1989, 27: 691
- 52a Wang Q, Lei P, Fu S. submitted
- 52b Qian R, Wu L, Napper D H, et al. *Macromolecules*, 1993, 26: 2950
- 52c Wu C, Chan K K, Woo K F, et al. *Macromolecules*, 1995, 28, in press
- 52d Wu C, Chan K K. *J Polym Sci, Polym Phys Ed*, 33, 1995, in press
- 52e Zhao J, Min W, Lu X, Wang C, Fu S. *Macromolecules*, submitted
- 53 Feng L Z, Simon Ng K Y. *J Colloid Surface Sci*, 1991, 153: 349
- 54 Kuo P L, Turro N J, Tseng C M, et al. *Macromolecules*, 1987, 20: 1216
- 55 Guo J S, Sudol E D, Vanderhoff J W, El - Aasser M S. *J Polym Sci, Polym Chem Ed*, 1992, 30: 703
- 56 Fouassier J P, Loughnot D J, Zuchowicz I. *Eur Polym J*, 1986, 22: 933
- 57 Candau F, Zeknnini Z, Heatley F. *Macromolecules*, 1986, 19: 1895
- 58 Ponratnam S, Kapur S L. *Makromol Chem*, 1977, 178: 1029
- 59 Plochocka K. *Rev Macromol Chem*, 1981, C20: 67
- 60 Kurenkov V F, Myagchenkov V A. *Eur Polym J*, 1980, 16: 1229
- 61 Johnson P L, Gulari E. *J Polym Sci, Polym Chem Ed*, 1984, 22: 3967
- 62 Barrett K E. *Br Polym J*, 1973, 5: 259
- 63 Osmond D W J. *Chem Ind (London)*, 1974, 22: 891
- 64 Thomas H R. *Farbe & Lack*, 1971, 77: 525
- 65 Napper D H. *Trans Faraday Soc*, 1968, 64: 1701
- 66 Napper D H. *Polymeric Stabilization of Colloid Dispersion*. London: Academic, 1983
- 67 Napper D H. *Colloid Dispersion*. Goodwin J N ed. London: Royal Society of Chemistry, 1982
- 68 Cohen - Stuart M, Waajen F H W H, Cosgrove T, et al. *Macromolecules*, 1984, 17: 1825
- 69 Dolan A K, Edwards S F. *Proc R Soc London, Ser A*, 1975, 343: 427
- 70 Levine S, Thomlinson B B, Robinson K. *Faraday Discuss, Chem Soc*, 1978, 65: 202
- 71 Osmond D W J, Walbridge D J. *J Polym Sci Part*, 1970, C 30: 381
- 72 Doroszkowski A, Lambourne R. *Discuss, Faraday Soc*, 1978, 65: 252
- 73 Higgins J S, Dawkins J V, Taylor G. *Polymer*, 1980, 21: 627
- 74 Walbridge D J. *Dispersion Polymerization in Organic Media*. Barrett K E J, ed. London: Wiley, 1975
- 75 Dawkins J V, Taylor G. *Polymer*, 1979, 20: 599
- 76 Croucher M D, Hair M L. *J Colloid Interface Sci*, 1981, 81: 257
- 77 Saam J C, Tsai C H. *J Appl Polym Sci*, 1974, 18: 2279
- 78 Waite F A. *J Oil Colour, Chem Assoc*, 1971, 54: 342
- 78 Imperial Chemical Industries Ltd. BR, 1052241. 1966
- 79 Fitch R M, Kamath Y K. *J Indian Chem Soc*, 1972, 49: 1209
- 80 Imperial Chemical Industries Ltd. BR, 1325927. 1973
- 81 Chattha M S, Theodore A N. *J Coat Technol*, 1985, 57 (721): 67
- 82 Antl L, Goodwin J W, Hill R D, et al. *Colloid Surf*, 1986, 17: 67
- 83 Barsted S J, Norwakowski L J, Wagstaff I, Walbridge D J. *Trans Faraday Soc*, 1971, 67: 3598
- 84 Choi G N, Krieger I M. *J Colloid Interface Sci*, 1986, 113: 94
- 85 Everett D H, Stageman J F. *Faraday Discuss Chem Soc*, 1978, 65: 230
- 86 Cebule D J, Goodwin J W, Ottewill R H, et al. *Colloid Polym Sci*, 1983, 261: 555
- 87 Dawkins J V, Maghami G G, Shakir S A. *Polym Prepr, Am Chem Soc, Div Polym Chem*, 1985, 26(1): 234
- 88 Barrett K E J, Thomas H R. *Dispersion Polymerization in Organic Media*. London: Wiley, 1975. Chap 4

- 89 Fitch R M, Kamath Y K. *J Colloid Interface Sci*, 1976, 54: 6
- 90 Barrett K E J, Thomas H R, Tolman R J. *Kinet Mech Polyreactions, Int Symp Macromol Chem Prepr. Vol 3. 1969. Chap 17*
- 91 Barrett K E J, Thomas H R. *J Polym Sci, Polym Chem Ed*, 1969, 7: 2629
- 92 王群. [学位论文]. 上海: 复旦大学, 1992
- 93 Thompson M W. *Polymier Collids. Buscall R, Corner T and Stageman J F ed. London: Elsevier, 1985*
- 94 Imperial Chemical Industries Ltd. US, 3686114. 1972
- 95 Cairns R J R, Ottewill R H, Osmond D J, Wagstaff I. *J Colloid Interface Sci*, 1976, 54: 45
- 96 Walbridge D J, Waters J A. *Discuss Faraday Soc*, 1966, 42: 294
- 97 PPG Industries Inc. US, 4055607. 1977
- 98 Backhouse A J. *J Coat Technol*, 1982, 54(693): 83
- 99 Imperial Chemical Industries Ltd. US, 4180489. 1979
- 100 Ford Motor Co. US, 4528317. 1985
- 101 Chattha M S, Cassatta J S. *Ind Eng Chem Prod Res Dev*, 1986, 25: 423
- 102 Dai Nippon Ink Chemical K K. JP, 61051006. 1986
- 103 Ricoh Co. Ltd. JP, 60248711. 1985
- 104 Ricoh Co. Ltd. JP, 60248714. 1985
- 105 Hercules Inc. BE, 877607. 1980
- 106 Nippon Oils, Fats. BR, 2071116. 1982
- 107 Ottewill R H, Shaw J N, Kolloid Z Z. *Polym*, 1967, 215: 161
- 108 Goodwin J W, Hearn J, Ho C C, Ottewill R H. *Colloid Polym Sci*, 1974, 252: 464
- 109 Vanderhoff J W, Bradford E B. *Tech Assoc Pulp Pap Ind*, 1956, 39: 650
- 110 Vanderhoff J W, Vitkuski J F, Bradford E B, Alfrey T. *J Polym Sci*, 1956, 20: 225
- 111 Wang Q, Qian Y, Fu S. *功能高分子学报*, 1993, 6(1): 12
- 112 Ugelstad J, Kaggerud K H, Hansen F K, Berge A. *Makromol Chem*, 1979, 180: 737
- 113 Ugelstad J, Mork P C, Kaggerud K H, et al. *Adv Colloid Interface Sci*, 1980, 13: 101
- 114 Ugelstad J, Kaggerud K H, Fitch R M. *Polymer Colloid II*. Fitch R M ed. New York: Plenum, 1980
- 115 Ugelstad J, Mork P C, Berge A, et al. *Emulsion Polymerization*. Piirma I ed. New York: Academic, 1982
- 116 Ugelstad J, Mfutakamba H R, Mork P C, et al. *J Polym Sci, Polym Symp*, 1985, 72: 225
- 117 Okubo M, Shiozaki M, Tsujihiro M, Tsukuda Y. *Colloid Polym Sci*, 1991, 269: 217
- 118 Okubo M, Shiozaki M, Tsukuda Y, Nakagawa T. *International Symposium on Polymeric Microspheres. Japan: 1991. 91*
- 119 Seidl J, Malinsky J, Dusek K, et al. *Adv Polym Sci*, 1967, 5: 113
- 120 Haradil J, Wojaczynska M, Svec F, et al. *React Polym*, 1986, 4: 277
- 121 Ugelstad J, Soderberg L, Beerg A, et al. *Nature(London)*, 1983, 303: 95
- 122 Cheng C M, Michale F J, Vanderhoff J W, et al. *J Polym Sci, Polym Chem Ed*, 1992, 30: 235
- 123 Cheng C M, Vanderhoff J W, El-Aasser M S. *ibid*, 1992, 30: 245
- 124 Cheng C M, Michale F J, Vanderhoff J W, et al. *J Colloid Interface Sci*, 1992, 150: 549
- 125 Keville K M, Caruthers J M, et al. *J Microscopy*, 1986, 142: 327
- 126 Naga M, Keller A. *Polym Commun*, 1989, 30: 133
- 127 Ho C C, Keller A. Ottewill R H, Odell J A. *International Symposium on Polymeric Microspheres. Japan: 1991. 105*
- 128 Ellingsen T, Aune O, Ugelstad J, et al. *J Chromatogr*, 1990, 535: 141
- 129 Nustad K, Ugelstad J, Berge A, et al. *Radioimmunoassay and Related Procedures in Medicine. Vienna: 1982*
- 130 Nustad K, Johansen L, Schmid R, et al. *Agents Action Suppl*, 1982, 9: 207
- 131 Johansen L, Nustad K, Bergorstadvik T, et al. *J Immunol Methods*, 1983, 59: 255
- 132 Frengen J, Schmid R, Nustad K. et al. *Abstract for ISAC Congress XV, Aus, 25, 1991*
- 133 Ugelstad J, Berge A, Ellingsen T, et al. *PCT Int Appl*, 1983, No. 83 /03, 920
- 134 Rembaum A, Yen R S K, Kempner D H, et al. *J Immunol Methods*, 1982, 54: 341
- 135 Kemshead J T, Ugelstad J, Rembaum A, et al. *Eur J Cancer and Clin Onc*, 1982, 18: No. 10
- 136 Ugelstad J, Olsvik A, Ellingsen T, et al. *Makromol Chem, Macromol Symp*, 1988, 17: 177
- 137 Olsvik A, Wateson Y, Lund A, Horne E. *Int J Food Microbiol*, 1991, 12: 103
- 138 Uhlen M. *Nature(London)*, 1989, 340: 733
- 139 Arnold S, Liu G T, Whitten W B, et al. *Optics Letter*, 1991, 16(6): 420
- 140 Sundberg D, Casassa A P, Pantazopoulos J, et al. *J Appl Polym Sci*, 1990, 41: 1425
- 141 Dimonie V, El-Aasser M S, et al. *Polym Material Sci &*

- Eng, 1988, 58: 821
- 142 Cho I, Lee K W. J Appl Polym Sci, 1985, 30: 1903
- 143 Okubo M, Katusta Y, Matsumoto T. J Polym Sci, Polym Lett Ed, 1980, 18: 481
- 144 Okubo M, Seike M, Matsumoto T. J Appl Polym Sci, 1983, 28: 383
- 145 Cheng Y C, Dimonie V L, El - Aasser M S. Polym Int., 1993, 30: 185
- 146 Merkel M P, Dimonie V L, El - Aasser M S, et al. J Polym Sci, Polym Chem Ed, 1987, 25: 219
- 147 Min T J, Klein A, El - Aasser M S, et al. ibid, 1983, 21: 2845
- 148 Cheng Y C, Dimonie V L, El - Aasser M S. International Symposium on Polymeric Microspheres. Japan: 1991. 45
- 149 Torza S, Mason S, J Colloid Interface Sci, 1970, 33: 67
- 150 Cheng Y C, Dimonie V L, El - Aasser M S. J Appl Polym Sci, 1991, 42: 1049
- 151 Broseta D, Leibler L. J Chem Phys, 1987, 87: 7248
- 152 Okubo M, Yamada A, Matsumoto T. J. J Polym Sci, Polym Chem Ed, 1980, 18: 3219
- 153 Okubo M Y, Matsumoto T J. J Polym Sci, Polym Lett Ed, 1982, 20: 45
- 154 Okubo M, Ando M, Yamada A, et al. J Polym Sci, Polym Lett Ed, 1981, 19: 143
- 155 Hughes L J, Brown G L. J Appl Polym Sci, 1961, 17: 580
- 156 Erickson J R, Seidewand R J. ACS Symp, 1981, 165: 483
- 157 O'Conner K, Tsavir S L. J Appl Polym Sci, 1987, 33: 2007
- 158 Shen N, Cheng G, Yao K, Hu J. 聚合物材料科学与工程, 1987, 3(3): 21
- 159 Cavaillie J Y, Jourdan C, Kong X Z, et al. Polymer, 1986, 27: 693
- 160 Yamazaki S. Kobunshi Ronbunshu, 1974, 31: 663
- 161 Matsumoto T, Okubo M. Mem Fac Eng Kobe Univ, 1974, 20: 229
- 162 Matsumoto T, Okubo M, Onoe S. Kobunshi Ronbunshu, 1975, 32: 522
- 163 Matsumoto T, Okubo M. J Adhes Soc Jpn, 1974, 10: 105
- 164 Matsumoto T, Okubo M, Onoe S. Kobunshi Ronbunshu, 1976, 33: 565
- 165 Matsumoto T, Shimada M. Kobunshi Ronbunshu, 1965, 22: 172
- 166 Muroi S, Hosoi K. ibid, 1969, 26: 416
- 167 Vijayendran B R. J Appl Polym Sci, 1979, 23: 893
- 168 Matsumoto T, Okubo M, Yasui M. Kobunshi Ronbunshu, 1974, 31: 112
- 169 Okubo M, Miyanaga M, Nakamura Y, et al. ibid, 1983, 40: 77
- 170 Okubo M, Kanaida K, Matsumoto T. J Appl Polym Sci, 1987, 33: 1511
- 171 Okubo M, Katayama Y, Yamamoto Y. Colloid Polym Sci, 1991, 269: 217
- 172 Okubo M, Ikegami K, Yamamoto Y. ibid, 1989, 267: 193
- 173 Kim J H, Chainey M, El - Aasser M S, et al. J Polym Sci, Polym Chem Ed, 1989, 27: 3187
- 174 Hosaka S, Murao Y, Tamaki H, et al. International Symposium on Polymeric Microspheres. Japan: 1991. 245
- 175 Hoshino F, Sakai M, Kawaguchi H, et al. Polym J, 1987, 19: 383
- 176 Westby M J. Colloid Polym Sci, 1988, 266: 46
- 177 Charleux B, Declair T, Mardrand M, et al. International Symposium on Polymeric Microspheres. Japan: 1991. 239
- 178 Uchida T, Hosaka S, Murao Y. Immunol Commun, 1982, 11: 467
- 179 Hosaka S, Murao Y, Masuko S, et al. ibid, 1983, 12: 509
- 180 Yamamoto H, Mori H, Okano K, et al. Jpn J Alcohol Drug Dep, 1986, 21: 183
- 181 Yokoo T, Hayashi K, Yanai M, et al. Igaku no Ayumi, 1987, 142: 349
- 182 Masuko S, Hosaka S, Uchida T, et al. Jinko Zoki, 1989, 18: 63
- 183 Uchida T, Hosaka S, Miura K. Biochem Biophys Res Commun, 1985, 127: 584
- 184 Uchida T, Suzuki K, Hosaka S, et al. Polymers in Medicine. New York: Plenum, 1986. 149
- 185 Hasegawa J, Fujimoto T, Haneda H, et al. International Symposium on Polymeric Microspheres. Japan: 1991. 257
- 186 Chen J P, Hoffman A S. Biomaterials, 1990, 11: 631
- 187 Nakao Y, Yabuta M, Tominaga A. International Symposium on Polymeric Microspheres. Japan: 1991. 263

(下转第 239 页)

4 参考文献

- 1 Friedrich C, Driancourt A, Noel C. J Membrane Sci, 1981, 36: 39
- 2 小山清, 西村正人. 膜, 1980, 5: 189
- 3 Jitsuhara I, Kimura S. J Chem Eng Japan, 1983, 16(5): 394
- 4 Simpson A E, et al. Desalination, 1987, 64: 305
- 5 Cadotte J, Forester R, Kin M. 悉尼国际膜会议论文集 B7. 1988
- 6 Jitsuhara I, Kimura S. J Chem Eng Japan, 1983, 16: 389
- 7 阿部重光, 伊达正纯, 川喜田哲哉. 日本公开特许公报. 1987
- 8 Miyama H, Fujii N, Kuwano A, Nagaoka S, Mori Y, Noishiki Y. J Biomed Mater Res, 1986, 20: 895
- 9 Miyama H, Tanaka K, Nosaka Y, Fujii N, Tanzawa H, Nagaoka S. J Appl Polym Sci, 1988, 36: 925
- 10 Miyama H, Yoshida H, Nosaka Y, Tanzawa H. Makromol Chem, Rapid Commun, 1988, 9: 57
- 11 鲁学仁, 高从阶等. 膜科学与科技, 1994, 14(2): 22
- 12 夏冰, 董声华等. 水处理技术, 1992, 18(2): 75
- 13 杨少华, 董声华等. 水处理技术, 1993, 19(2): 138
- 14 Hou Taiping, Dong Shenghua, Zheng Lingying. Water Treatment, 1991, 6: 51
- 15 Kimura S, Tamano A. Membranes and Membrane Processes. New York: Plenum Press, 1986. 191
- 16 伊达正纯, 阿部重光, 川喜田哲哉. 第 8 回日本膜学会年会讲演要旨集. 1986, 24A01: 45
- 17 Nakao S, Hosada. Desalination, 1988, 70: 191

Charged Polymer Nanofiltration Membranes

Yin Xiuli, Yu Junlin, Ding Guirong

(Department of Materials Science, Tianjin Institute of Textile Science and Technology, Tianjin, 300160)

Summary The preparation properties and application of charged polymer nanofiltration membrane have been reviewed. The article laide mphasis on overviewing the new research achievements on this field anddeals with 20 references.

Key words Charged Polymer, Nanofiltration membranes, Separation

(上接第 219 页)

Recent Progress in Emulsion Polymerization

Wang Qun, Fu Shoukuan, Yu Tongyin

(Department of Macromolecular Science, Fudan University, Shanghai, 200433)

Summary Emulsion polymerization technical progress advanced in recent years, e. g. soapless polymerization, miniemulsion polymerization, microemulsion polymerization, dispersion polymerization etc. is reviewed. Both preparation method and theoretical background are introduced. Currently hot points, such as composit latexes mono - dispersed polymeric microspheres and surface functionalized lafex particles, both preparation method and application are summarized.

Key words Kinetics of emulsion polymerization, Soapless emulsion polymerization, Microemulsion polymerization, Miniemulsion polymerization, Latex microspheres