

智能聚合物在医药与生物工程中的应用

Allan S. Hoffman

(Center for Bioengineering, FL - 20, University of
Washington, Seattle, WA 98195, U. S. A)

提要 智能聚合物是一类对于外界环境微小的物理和化学刺激,其自身性质会发生明显改变的聚合物。这类聚合物能以各种形式存在,如固体、溶液或吸附于载体表面。水溶性智能聚合物系统与生物分子相结合能够产生一类对物理、化学和生物刺激有响应的新的聚合物。本文综述了这类聚合物系统的研究进展。

关键词 智能聚合物,在医药和生物工程中的应用

1 前言

智能聚合物是一类对于外界环境微小物理和化学刺激,自身的某些物理和化学性质会发生相应的突变的聚合物,它可以是水溶性的、吸附于载体表面的或交联的聚合物系统。虽然玻璃化与熔化这两种相变过程也符合这个定义的范围,但是智能化聚合物系统研究的重点范畴在于聚合物水溶液、界面和水凝胶。智能聚合物也被称为“机敏性聚合物”、刺激-响应型聚合物或环境敏感聚合物。图1表示了在水溶液中,载体表面和水凝胶形式的智能聚合物系统。

已经研究过的外界环境刺激的类型和聚合物的响应方式有很多种,环境刺激因素有温度、pH、离子、电场、溶剂、反应物、光或紫外光、应力、识别和磁场等,对这些刺激产生有效响应的智能聚合物的自身性质如相、形状、光学、力学、电场、表面能、反应速率、渗透速率和识别性能等随之会发生变化。图2是水溶性聚合物和水凝胶的两种锐响应的例子。当聚合物对外界刺激产生锐响应时聚合物的很多性质都会发生改变。例如当水溶性聚合物受激沉淀时,会选择性地从水溶液中析出出现混浊;如果聚合物是接枝或吸附在固体载体表面,它会可逆性地改变吸附聚合物中的水吸附量,从而改变表面的润湿性;当水凝胶受激收缩时,水凝胶微孔中的水被排出变成不透明,机械强度会增强,体积收

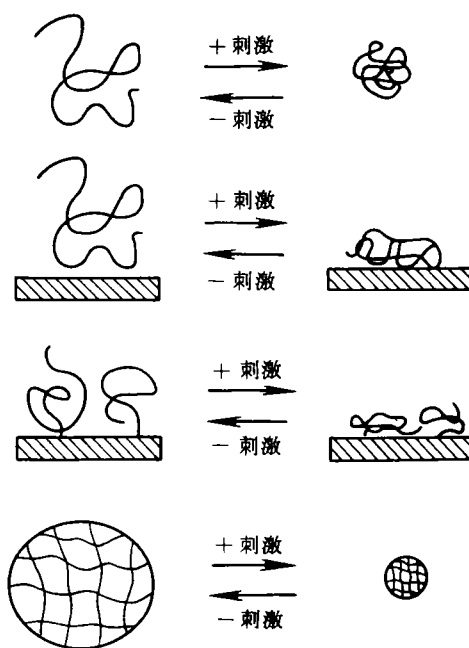


图1 水溶液中载体表面和水凝胶形式的智能聚合物系统

缩。这其中的一种、多种“信号”或相转变都有不同的应用价值。在过去10到15年里,已经有大量文章和专利对这类聚合物系统进行了报道^[1~15]。

对于这类天然和合成聚合物发生锐变的机理已经进行了深入研究^[16~21],引起这类聚合物性质发生锐变甚至不连续转变的可能的分子机

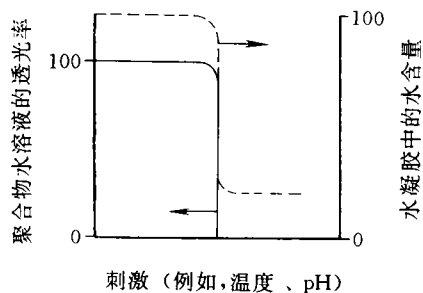


图 2 水溶液聚合物和水凝胶对于外界刺激发生响应, 图示溶液中的转变称为浊点 (cloud point) 或下部临界温度 (LCST)

理有: 离子化或中和作用、离子交换、离子间的吸引力和排斥力、疏水键结合水的形成和释放、螺旋形变化、链流动性的促进和抑制、结晶和熔化、亲水和疏水结构的异构化、电场导致离子规整排列的移动、电子转移氧化还原反应等。在这些可能的机理中都涉及到了水分子。

2 温度敏感聚合物和共聚物

温度敏感的机敏性聚合物在过去的 5~10 年里已经进行了较为深入的研究^[1~3, 6~15, 22]。许多聚合物在水溶液中都存在一个浊点 (cloud point) 或下部临界溶解温度 (LCST)。表 1 列举出了一些热敏聚合物的例子, 对于这些水溶-水不溶聚合物而言, 其聚合物链都存在亲水和疏水基团的平衡。热诱导相变的主要机理是聚合物释放出了疏水界面上的水, 从而引起了聚合

表 1 在水溶液中出现 LCST 行为的
聚合物和表面活性剂

醇类	N-取代酰胺类
羟丙基甲基丙烯酸甲酯	聚(N-取代的丙烯酰胺)
羟丙基甲基纤维素	聚(N-丙烯酰吡咯烷酮)
羟丙基纤维素	聚(N-丙烯酰哌啶)
羟乙基纤维素	聚(丙烯酰-L-氨基酸)
聚乙烯醇衍生物	聚(乙烯恶唑啉)
醚类	其他
环氧乙烷(PEO)	聚甲基丙烯酸
PEO 和环氧丙烷(PPO)的无规共聚物	
PEO-PPO-PEO 嵌段表面活性剂	
烷基-PEO 嵌段表面活性剂	

物的沉淀, LCST 聚合物通过物理吸附于某固体聚合物表面也具有同样的机理^[23~25]。若相应增加或减少聚合物中的亲水性成分的比例, 其 LCST 温度也会随之升高或降低, 同样, 聚合物在特定固体聚合物载体表面的物理吸附能力会有类似的影响^[25~27]。

近年来我们研究了综合有几种刺激-响应因素在内的智能性共聚物系统, 这些共聚物具有非常有趣的性质, 从而有广泛的应用价值。如果在聚合物中同时综合了温度敏感性和 pH 敏感性, 聚合物的 LCST 将会对 pH 值很敏感, 因为聚合物中的 pH 敏感成分的离子化状态具有强的亲水性。在由热敏和 pH 敏感单体组成的无规乙烯基聚合物中, 当 pH 值在 pH 敏感单体的电离常数 (pK) 值以上时, 少量 pH 敏感成分就能够使聚合物失去 LCST 性质^[28, 29]。

为了获得拥有双重敏感性质的聚合物, 我们合成了“杂交智能型”接枝和嵌段共聚物, 与无规聚合物不同的是, 这种新型聚合物的骨架和接枝或嵌段聚合物链都独立地具有并且保持各自不同的刺激-响应敏感性^[30]。图 3 和图 4 表示了热敏单体和 pH 敏感单体制备的接枝和无规聚合物的性质。

以聚丙烯酸(PAAc)作为热敏成分的接枝共聚物适用于局部给药或口服给药系统, 因为高分子量的 PAAc 是一种具有生物粘附性的

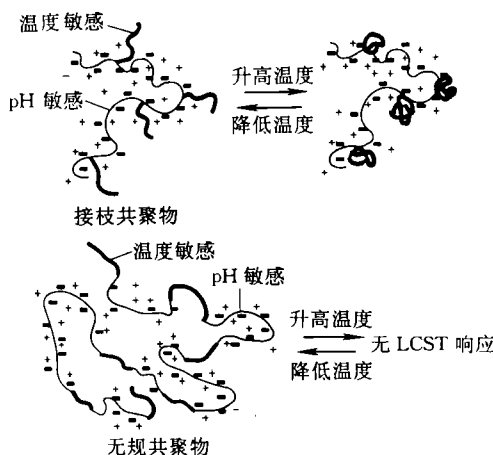


图 3 无规和接枝共聚物在 pH 敏感成分 pK 值以上温度诱导的响应

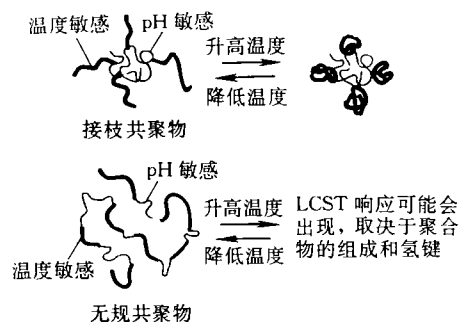


图4 无规和接枝共聚物在 pH 敏感成分 pK 值以下由温度诱导的响应

聚合物,能够与眼部、鼻、嘴、肺、胃肠道、阴道和肛门表层的水合粘膜细胞粘合。为了延长药物载体介质在粘膜表面的保留时间,聚合物中常引入 PAAc 成分。而且更多的亲水性成分如 pH 敏感聚合物的加入,有希望使药物的释放速率进一步降低。但是在 PAAc 和 *N*-异丙基丙烯酰胺(NIPAAm)组成的无规共聚物中为了获得生物粘附性增加的 AAc 成分会降低聚合物的温度敏感特性。以物理方式混合这两种聚合物也具有生物粘附性,但是处于物理分离状态的聚合物使药物的释放速率变得很快。因而,把两种性质引入同一分子的接枝共聚物方式是最有效可行的并且不存在物理分离。我们研究了这种接枝共聚物在眼部给药中的应用^[31]。以这种接枝共聚物为基础制备的水凝胶也与水溶性接枝共聚物具有类似的性质,关于这种“杂交智能型”凝胶的应用在下面有进一步的讨论。另外我们还合成了有 pH 敏感成分和热敏成分的嵌段共聚物,其不同组成成分的性质和接枝共聚物类似,在很大范围内保留了其自身的温度和 pH 转变点。

3 智能聚合物和生物分子结合物

很多具有生物活性的分子(生物分子)能与智能聚合物形成结合物,表 2 中列举了这些生物分子的种类。图 5 是一个水溶性智能聚合物-生物分子结合物的模型。生物分子能结合到聚合物的侧链上及聚合物的一端或两端端基上,

其中智能聚合物可以是:(a) 水溶性聚合物;(b) 接枝在固体载体上的聚合物;(c) 以物理方式吸附于固体载体上的聚合物;或者(d)如图 1 中所示的水凝胶中的某个聚合物链片段。

表 2 固定于智能聚合物生物材料上的生物分子

蛋白/肽	药物	配体	其他
酶	肽和蛋白药物	激素受体	上述分子的结 合物或混合物 标记物 发色团 治疗性同位素 刚性分子
抗体	抗凝原因子	细胞表面受体	
抗原	抗肿瘤药物	(肽,多糖)	
细胞粘附分子	抗生素	抗生物素蛋白	
位阻蛋白	避孕药	生物素	
药物拮抗剂			
多糖	脂肪类	核酸,核苷酸	
糖	脂肪酸	单链或双链	
寡多糖	磷脂	DNA, RNA	
聚多糖	糖脂		

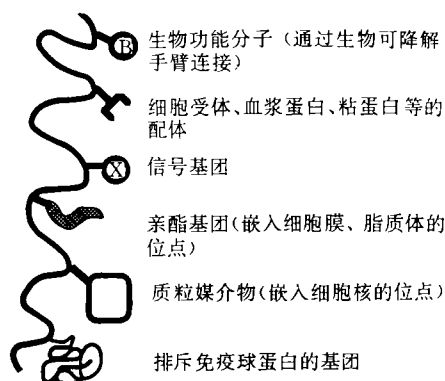


图5 各种合成或天然生物分子与智能聚合物骨架结合物模型

把生物分子连接到聚合物上形成结合物的一个重要方面是它预示了将多种生物分子结合到一个聚合物分子上的可能性,这样就会对生物活性起到明显的增效作用(图 6)。生物分子能够通过物理方式包埋于水凝胶内部,蛋白大分子永远包埋在聚合物内部,而小分子药物则是暂时性的包埋。环境敏感的智能聚合物生物材料,无论是否固定有生物分子,在生物医学和生物工程上已有了多方面的应用,表 3 举例说明了某些应用。

表 3 智能聚合物及其与生物分子结合物的某些应用

I. 聚合物处于溶液中	A. 光指示器(传感器,开关)
	B. 沉淀分离
	C. 亲和沉淀(分离,传感器和诊断)
	D. 相转移催化剂
	E. 结和/或刺激细胞(细胞分离、细胞表达、内噬或外噬作用、溶解等)
II. 聚合物处于载体表面(物理吸附-解吸附聚合物,接枝共聚物,凝胶)	A. 润湿性变化
	B. 细胞和蛋白吸附/解吸附(植入片剂,治疗装置)
	C. 生物活性表面(固定化酶)
	D. 亲和分离
	E. 微孔膜上的渗透开关
	F. 光指示器(传感器,开关)
III. 均相或非均相水凝胶	A. 分离(大小或亲和力)
	B. 给药系统(脉冲式,周期性,控制释放)
	C. 固定化酶,细胞(生物过程,植入片剂,治疗装置)
	D. 渗透型开关(分子孔)
	E. 自动化

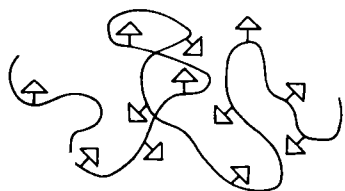


图 6 多个生物分子结合到同一智能聚合物分子上引起生物分子(如药物和酶)活性的放大效应,智能聚合物可以是在水溶液中、载体表面或水凝胶

4 刺激-响应聚合物水溶液

水溶性环境敏感的聚合物能够在特殊的环境条件下从水溶液中沉淀出来,利用这种性质聚合物系统可以作为温度或 pH 指示器或“开关”型光传导开关。图 7 表示了我们研究过的智能聚合物-生物分子结合物的三方面的应用。在第一个例子中,首先生物分子结合到聚合物上,然后由于条件的微小改变而选择性地从溶液中相分离出来。在这种方式中,生物过程中的酶能很容易地以相分离的方式循环利用,同时酶催化所得的产物能很方便地分离纯化^[32]。在第二个例子中,某种具有识别功能的生物分子或某种受体的配体,如细胞受体肽或抗体,被结合到智能聚合物上应用于沉淀诱导的亲和分离

过程。它与多组分溶液混合时,结合物选择性地与其亲和体配位,当给予某种外界刺激(如温度的微小变化)时,就能够产生聚合物-配体\受体结合物\配合物沉淀,从而从溶液中分离出来。我们应用了一种热诱导的亲和沉淀过程从溶液中回收 IgG(免疫球蛋白),所使用的聚合物是聚(NIPAAm)-蛋白 A 结合物,最近还应用它从溶菌酶中分离 CD-44 细胞^[33]。

图 7 中的第三个例子是把亲和沉淀的原理应用到免疫分析中,所产生的沉淀是聚合物-第一种抗体/抗原/第二种标记的抗体类型^[34]。这种以智能聚合物为基础的亲和分离技术比传统的方法更为有效,如亲和凝胶色谱或酶联免疫分析(ELISA),因为两种方法都是在固体载体表面进行,存在着抗体或配体的脱吸附或非特异性吸附的缺陷。

当水溶性智能聚合物与溶酶体或细胞悬浮液混合时,聚合物可以通过接受某一外部刺激而发生相分离,并且能够通过疏水相互作用与溶酶体或细胞膜发生相互作用^[35]。细胞或溶酶体膜成分如磷脂等^[36~39]和细胞表面受体配体如 RGD 三肽^[40]已经被连接到一种热敏聚合物上形成复合物,当与细胞膜发生相互作用的复合物发生相分离时,形成一种凝胶^[39],细胞能可逆地在聚合物表面培养^[40]。另外一种水溶液

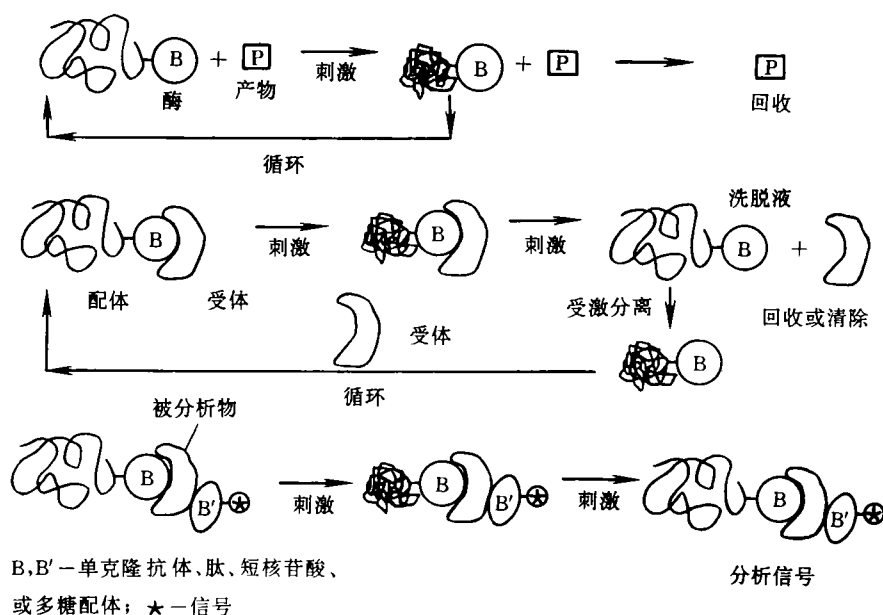


图 7 智能聚合物-生物分子结合物的三方面应用,包括生物过程、亲和分离、传感器、诊断过程等

中的智能聚合物是以某一天然生物分子的识别序列片段为基础,使这一片段的主要化学基团无规地排列在聚合物的骨架链上,其比例和天然识别分子具有相同的比例^[41]。若这种聚合物是刺激-响应型聚合物,就能够通过施加外界刺激来改变聚合物的构象,增加识别的可能性

5 载体表面的刺激-响应聚合物

刺激-响应聚合物通过化学接枝^[42]或物理吸附^[25]的方法固定于某固体聚合物载体的表面,在外部环境(如溶液温度、pH 或特殊的离子强度)发生微小变化时,显著地改变表面层的厚度、润湿性或表面电荷。因为表面涂层是很薄的,这种响应速度比水凝胶要快。将智能聚合物沉积到多孔表面的孔道中能够制备永久性的“开关”,从而控制孔道处于开或关的状态^[43~46]。当蛋白质或细胞与处于开或关状态的智能聚合物表面相互作用时,它们会选择性地吸附在较为疏水的表面部分^[47,48](图 8)。这个系统的一种应用是把蛋白质或细胞吸附于表层,从而能够降低其对温度的改变引起的失活程

度。另一种应用是在某种化学接枝的具有 LCST 性质的聚合物表面可逆地进行细胞培养,当细胞培养一段时间后,只需简单地改变外部环境把聚合物表面转变成亲水性的,细胞就会自动游离出来而不需要加入胰蛋白酶^[48,49]。而且对于某些特殊的细胞能够通过调节聚合物成分来适应细胞表面的性质使在具有 LCST 性质的共聚物表面达到分离的目的。若智能聚合物只是物理吸附于载体表面,当细胞可逆性地从表面脱吸附时就会出现不符合常规的结果,因为聚合物也有可能与细胞一同从载体表面脱吸附^[50]。

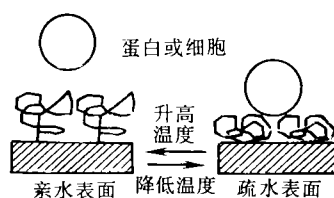


图 8 通过外部刺激将载有某智能聚合物的表面从亲水转变成疏水,从而将排斥蛋白或细胞的表面转变成对蛋白和细胞有强亲和力的表面

我们将一种细胞受体配位体肽——RGD 连接于一种热敏聚合物形成的复合物具有与室温相近的 LCST。这种聚合物被固定于某种特定的载体表面,在受到环境温度变化刺激时,对热可逆性的细胞培养具有吸附和脱吸附的性质^[40](图 9)。与此类似,我们还将单克隆抗体连接于同样的具有 LCST 性质的聚合物上应用于膜形式的免疫分析。当被分析溶液流经微孔表面时,室温下聚合物-抗体复合物中的热敏聚合物部分能选择性地吸附在某种能够阻止蛋白吸附的醋酸纤维素膜表面,因为热敏聚合物的 LCST 接近于室温并且其成分被设计成能够选择性地与醋酸纤维素相互作用(图 10)^[24]。

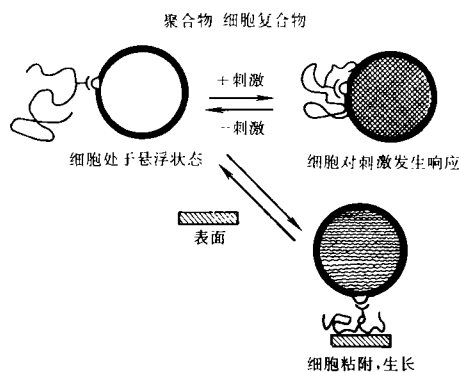


图 9 细胞受体配体-智能聚合物结合物与细胞表面受体相结合,刺激细胞响应,如表面可逆细胞培养

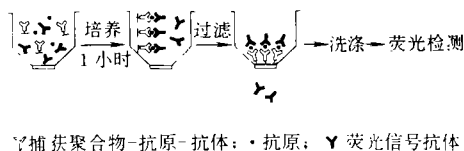


图 10 将聚合物-抗体结合物吸附于膜表面的新型膜免疫分析,膜表面本身是阻止蛋白吸附的

6 刺激-响应水凝胶

智能聚合物中研究得最为深入的刺激-响应水凝胶,特别是由 pH 敏感^[1,7,13,28,51~56]和热

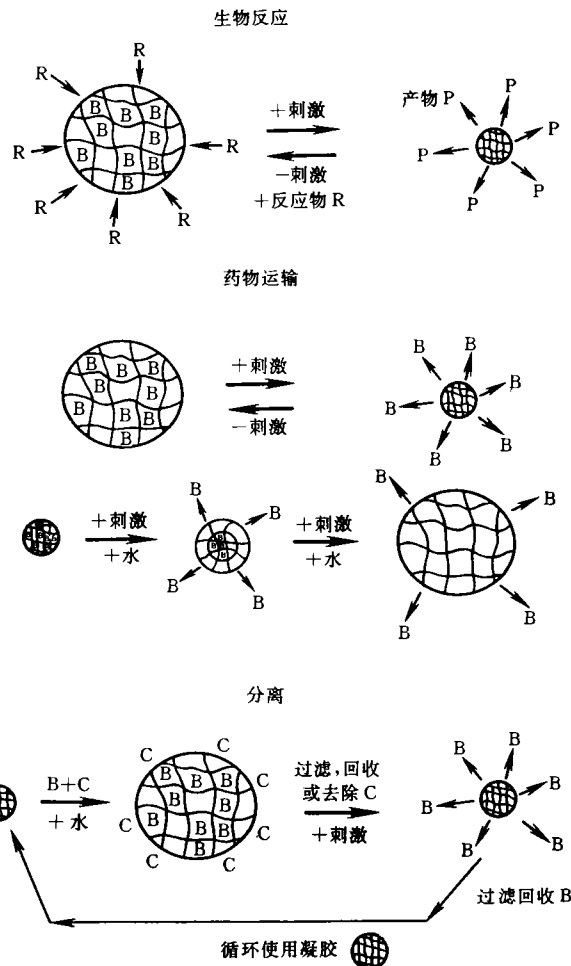


图 11 智能水凝胶在医药和生物工程领域的应用

敏感^[1~3,6~14,22]的单体形成的聚合物。在很多研究中,当吸附于水凝胶中的酶将底物转化为产物时引起自身 pH 的变化从而影响了凝胶的膨胀程度和孔径大小^[4,57]。环境中的某些因素如混合溶剂、特殊离子或溶解物、pH、电场或电磁波都能够影响到水凝胶的膨胀或收缩。水凝胶的这种性质已经被应用于蛋白溶液脱盐或脱水^[2,3]、微型自动化学和人工肌肉^[13]、固定化酶的开关反应体系^[58,59]。

给药系统是水凝胶应用^[4~6,11~14,28,31,39,54,56]中的另一个深入研究的课题,温度周期性的变化或电场刺激能够周期性地使物理性吸附的药物分子释放出来^[11,14,60],见图 11。图 12 表明了

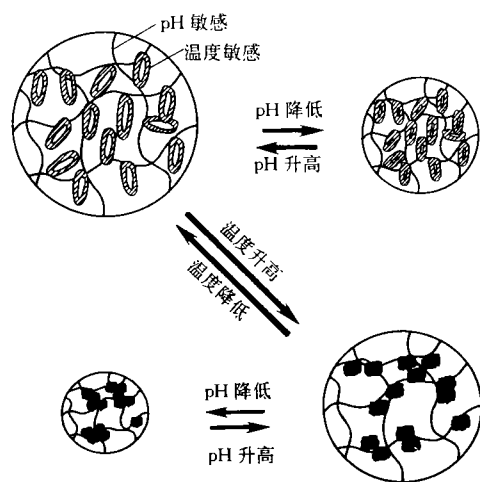
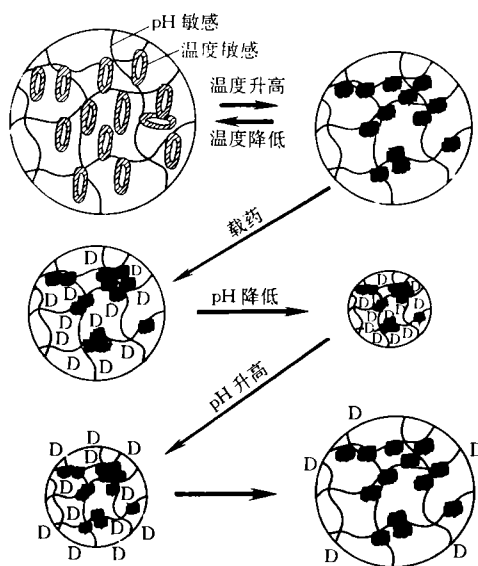


图 12 双重敏感的“杂交型”智能水凝胶对于单一的温度或 pH 刺激产生单一的响应

一种新型水凝胶的结构,它将各种环境的刺激因素综合起来。图 13 表明了这种混合型的新型水凝胶在应用于生物粘附性药物控制给药中的应用价值。当酶被固定于水凝胶内部时,环境的周期性变化引起水凝胶的周期性膨胀和收缩从而使酶的活性处于开或关的状态,还能够加速底物进入水凝胶的速度和产物从水凝胶中脱出的速度(见图 11 中的“生物反应”),从而使这种生物反应器系统的产率显著提高。

当酶被固定于一种 pH 敏感的水凝胶上时,酶-底物的反应会使自身微环境的 pH 值发生改变,导致凝胶膨胀和收缩的实际上的“刺激”是底物的浓度。这种类型的凝胶能用作生物传感器或作为一种渗透性开关加以应用,例如如图 11 中的“药物运输”所示的以新陈代谢产生的葡萄糖的浓度的变化来刺激胰岛素的释放^[4,57,61]。

水凝胶的孔径能够被环境条件和水凝胶的组成所控制^[62],因而,控制孔径的水凝胶能用于某些分子的分离(见图 11 中的“分离”)^[2,3,62]。将某种特殊性的识别配位体(如抗体)固定于凝胶内,如果与之相应的特异性抗原分子大小合适就能够被选择性地从溶液中提取



缓慢膨胀和释放药物

图 13 双重敏感的“杂交型”智能水凝胶的药物吸附和释放示意图,药物释放是由 pH 值增大、水凝胶的离子化刺激引起的

出来。这个过程能被用来选择性地提取某种需求的化合物或某种不需要的化合物如毒素^[6,63]。如果在固定化的配位体和/或其对应的结合物之间有多个配位点,那么这个结合过程就能使凝胶收缩^[63]。

7 动力学研究

不同的“智能”响应的动力学对于外界刺激的速度和被刺激系统的大小是很敏感的。水凝胶是响应最慢的聚合物系统,因为它比涂层形式更厚,而且在溶液中会膨胀得更“厚”,具有最高的面积/体积比。根据外界刺激作用于智能聚合物分子或片段的阻力不同,刺激的速度有很大的差别,其中电磁波是最快速的刺激,因为整个系统对于辐射而言是透彻的,而那些通过分子间的扩散起作用的刺激将是最慢的。

8 结论

智能聚合物和水凝胶在组成、分子结构和物理性质上的设计存在多种可能性,这些多样

性为其在医学和生物工程上的多种新的应用提供了可行性条件。

致 谢

我很感谢在近 10 至 15 年来工作于这个振奋人心的领域里的我的学生和同事提出的很多“智能性的”和创造性的“刺激”。我还想指出的是所列出的参考文献主要是说明性的,并不是所有有关文献的综合,在此我为自己的遗漏感到抱歉。

9 参考文献

- 1 Tanaka T. Sci Amer, 1981, 244: 124
- 2 Cussler E L, et al. AIChE J, 1984, 30: 578
- 3 Cussler E L. US. 4555344. 1982
- 4 Ishihara K, et al. Polym J, 1984, 16: 625
- 5 Heller J. Med Diag Ind, 1985, 7: 34
- 6 Hoffman A S. J Contr Rel, 1987, 6: 297
- 7 Peppas N A, Korsmeyer R W. Hydrogels in Medicine and Pharmacology. Boca Raton, Florida; CRC Press, 1987
- 8 Bae Y H, et al. Makromol Chem - Rapid Comm, 1987, 8: 481
- 9 Hoffman A S, Monji N. US. 4912032. 1990
- 10 Kost J. Pulsed and Self - Regulated Drug Delivery. Boca Raton, Florida; CRC Press, 1990
- 11 Okano T, et al. J Contr Rel, 1990, 11: 255
- 12 Hoffman A S. Mater Res Soc Bull, 1991, XVI(9): 42
- 13 DeRossi D, et al. Polymer Gels. New York: Plenum Press, 1991
- 14 Kwon I C, et al. Nature, 1991, 354: 291
- 15 Osada Y, et al. Nature, 1992, 355: 242
- 16 Dusek K, Patterson D. J Polym Sci(Part A - 2), 1968, 6: 1209
- 17 Verdugo P. Biophys J, 1986, 49: 231
- 18 Tanaka T. Nature, 1987, 325: 796
- 19 Tanada T. Structure and Dynamics. Amsterdam; Nijhoff Publ, 1987: 237
- 20 De Gennes P G. Phys Lett, 1972, A38: 339
- 21 Urry D, et al. JACS, 1988, 110: 3303
- 22 Schild H G. Progr Pol Sci, 1992, 17: 163
- 23 Heskins H, Guillet J E. J Makromol Sci - Chem, 1968, A2: 1441
- 24 Monji N, et al. Biochem Biophys Res Comm, 1990, 172: 652
- 25 Miura M, et al. J Biomat Sci - Polymer Ed, in press
- 26 Taylor L D, Cerankowski L D. J Polym Sci Polym Chem, 1975, 13: 2551
- 27 Priest J H, et al. Reversible Polymeric Gels and Related Systems. Washington, D. C. : ACS, ACS Sympos Series 350, 1987: 225
- 28 Dong L C, Hoffman A S. J Contr Rel, 1991, 15: 141
- 29 Nabeshima Y, et al. Unpublished results, University of Washington, Washington, Seattle, Washington 1992
- 30 Chen G H, Hoffman A S. Nature, 1995, 373: 49
- 31 Chen G H, Hoffman A S. Macromol Rapid Comm, in press
- 32 Chen G H, Hoffman A S. Bioconj Chem, 1993, 4: 509
- 33 Chen J P, Hoffman A S. Biomat, 1990, 11: 631
- 34 Monji N, Hoffman A S. Appl Biochem Biotech, 1987, 14: 107
- 35 Park T G, Hoffman A S. Unpublished results, University of Washington, Washington, Seattle, Washington 1990
- 36 Nightengale J A S, et al. Proc Soc for Biomat, 1987: 56
- 37 Ringstorf H, et al. Macromol, 1991, 24: 1678
- 38 Schild H G, Tirrell D A. Langmuir, 1991, 7: 1319
- 39 Wu X S, et al. J Intell Mtls Syst and Struct, 1993, 4: 202
- 40 Miura M, Hoffman A S. Unpublished Results, Univrsity of Washington, Washington, Seattle, Washington 1992
- 41 Tardieu M, et al. J Cell Physiol, 1992, 150: 194
- 42 Uenoyama S, Hoffman A S. Radiat Phys Chem, 1988, 32: 665
- 43 Tirrell D A. J Contr Rel, 1987, 6: 15
- 44 Iwata H, et al. J Membr Sci, 1991, 55: 119
- 45 Osada Y O, et al. J Membr Sci, 1986, 27: 327
- 46 Yoshida M, et al. Rad Eff and Defects in Solids, 1993, 126: 409
- 47 Kawaguchi H, et al. Collid Polym Sci, 1992, 270: 53
- 48 Okano T, et al. J Biomed Mater Res, 1993, 27: 1243
- 49 Yamada N, et al. Makromol Chem - Rapid Comm, 1990, 11: 571
- 50 Takezawa T, et al. Biotech, 1990, 8: 854
- 51 Kuhn W, et al. Nature, 1950, 165: 514
- 52 Ilvsky M. Macromol, 1982, 15: 782
- 53 Yu H, Grainger D. Ph. D. thesis of Yu H, Oregon Graduate Institute, Beaverton, Oregon, 1994
- 54 Siegel R A, et al. J Contr Rel, 1988, 8: 179
- 55 Nakamae K, et al. Makromol Chem, 1992, 193: 983
- 56 Dong L C, et al. J Contr Rel, 1992, 19: 171
- 57 Albin G, et al. J Contr Rel, 1985, 2: 153
- 58 Park T G, Hoffman A S. Appl Biochem Biotech, 1988, 19: 1

59 Park T G,Hoffman A S. Biotech Bioeng,1990,35:152

60 Bae Y H,et al. ACS Sympos Series,1994,545:98

61 Horbett T A,et al. Recent Advances in Drug Delivery Systems. New York:Plenum Press,1984. 209

62 Park T G,Hoffman A S. Biotechnol Progr,1994,10:82

63 Kokufata E,et al. Nature,1991,351:302

“Intelligent” Polymers:Applications in Medicine and Biotechnology

Allan S. Hoffman
(Center for Bioengineering,FL-20,University of Washington,Seattle,WA 98195,U. S. A)

Summary One can define “intelligent polymers” as those polymers which respond with large property changes to small physical or chemical stimuli. These polymers may be in various forms, such as in solution,on surface,or as solids. One may also combine “intelligent” aqueous polymer systems with biomolecules,to yield a large family of polymers with respond “intelligently” to physical,chemical or biological stimuli. This article overviews such interesting and versatile polymer systems.

Key words Intelligent polymers,Application in medicine and biotechnology
(北京大学化学系 罗毅 译)

专利摘要

专 利 摘 编

天然铁红带锈底漆

本发明的天然铁红带锈底漆,是由天然铁红、氯磺化聚乙烯、聚苯乙烯、苯、甲苯和二甲苯调制而成。采用了不同于制备酚醛底漆的原料和方法,具有成本低廉、制造简便、表面不氧化、长期不结块、特别是无需除锈涂刷的特点,适用于涂覆在黑色金属、带锈钢铁表面上,起打底防锈作用,是替代铁红酚醛底漆的理想产品。

反光复合涂料

本发明涉及一种借助外来光而反光、光消除后产生余辉的反光复合材料,它是以基体树脂、耐晒颜料为基本原料,长余辉光致发光粉与一定数目的玻璃微珠为有效成分,加上至少两种辅助添加剂按份数比配制而成。它具有成本低、配制工艺简单、常规性能符合国家相应标准、金属与非金属都适用、发光率达到国际同类产品的通用标准、余辉光时间长等优点。特别适用于铁路、公路等各类交通运输安全设施标志、道路标线与机动车牌照上。

铝制容器衣保温瓶除垢液

本发明公开了一种铝制容器及保温瓶除垢液,它选用硝酸钠、磷酸二氢钠、氨基磺酸为原料,并按下列质量比配制而成:硝酸钠 1%~2%、磷酸二氢钠 1%~

2%、氨基磺酸 18%~30%、自来水 60%~80%。该液在常温下浸泡除垢,除垢方法简便、无毒,对铝制容器及保温瓶腐蚀性较小。

二氧化钛颜料及其制备方法

本发明涉及一种具有良好耐久性和优良的光学特性的颜料钛复合物,基本组成为:颗粒二氧化钛基料、沉积于二氧化钛基料上的水合氧化锆层及沉积于水合氧化锆层上的水合氧化铝层。所述的氧化铝层由勃姆石型氧化铝和/或假勃姆石型氧化铝组成。本发明还涉及一种制备颜料复合物的方法,包括(1)制备含水和颗粒二氧化钛基料的浆液;(2)在二氧化钛基料上沉积一层水合氧化锆沉淀;(3)在水合氧化锆层上沉积一层基本组成为勃姆石型氧化铝和/或假勃姆石型氧化铝的水合氧化铝沉淀。

新型涂产制作技术

本发明涉及一种涂料制作技术。该技术所采用的原料包括淀粉、硫酸、高锰酸钾、烧碱、硼砂、尿素、碳酸钙、滑石粉、钛白粉和水。制造工艺有制胶、配料、配色和研磨等工序,其中制胶包括去除粗纤维、氧化、糊化和络合等步骤。根据本发明的技术制备的涂料具有适应性强、粘结力强、稳定性好、不老化和成本低之优点,是一种水溶性自干涂料。