

聚电解质复合物

曾 晞 陈观文

(中国科学院化学研究所, 北京, 100080)

摘要 本文介绍了聚电解质复合物的研究及发展状况, 包括聚电解质复合物的形成、结构以及影响形成聚电解质复合物的各种因素, 还介绍了近年来以聚电解质复合物为材质的渗透汽化膜的应用和在生物医药方面的研究成果。

关键词 聚电解质复合物, 形成过程, 影响因素, 渗透汽化膜

在一定条件下, 荷电相反的两种聚电解质相互作用能够形成聚电解质复合物, 又称为聚离子复合物。参加反应的聚电解质包括聚合物酸、聚合物碱和聚合物盐类等, 甚至涉及到某些生物大分子和离子型表面活性剂。除了有机的聚电解质外, 无机化合物如聚磷酸盐和聚硅酸盐等也可以形成聚电解质复合物。在聚阴离子(PA)-聚阳离子(PC)复合过程中, 一般采用可溶性的尤其是水溶性的线形或支链高分子。聚电解质复合物中的作用力包括静电作用、憎水相互作用、氢键和范德华力等。在反应中由于聚电解质分子的长链结构, 当反应物分子之间某一对链段一旦发生复合反应, 相邻链段由于不需要发生分子构型的显著变化, 更加容易发生复合反应。聚电解质复合物与原来组分的性能有显著不同, 从而有不同的应用范围^[1,2]。

人们很早就知道了聚电解质复合物, 最早认识的主要是蛋白质之间相互作用形成的复合物。直到 50 年代 Michaels 等人系统研究了由乙烯类聚电解质制备的聚电解质复合物后, 高分子科学的这个领域才取得了比较大的进展^[3]。

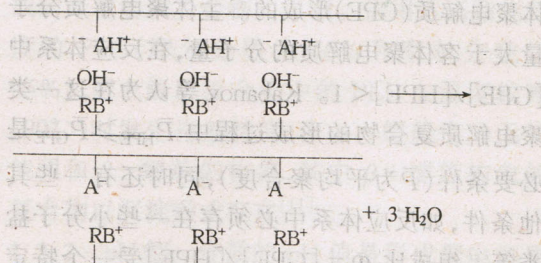
1 聚电解质复合物的形成过程及其影响因素

1.1 聚电解质复合物的形成过程

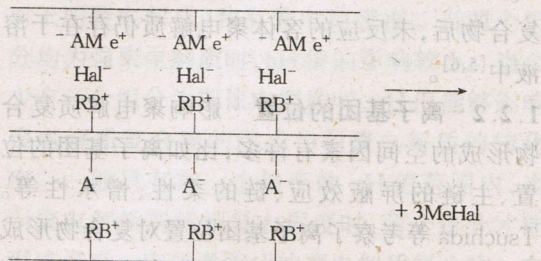
一般认为, 聚电解质复合物的形成过程是两步机理: 首先是荷电相反的两个聚合物互相结合, 这是一个扩散控制过程; 然后是已经接近的聚电解质链段上相反电荷的中和过程, 这一

过程与聚合物的结构、电荷密度和反应体系内的小分子电解质有关。一般说来有 3 种方法制备聚电解质复合物^[4]。

(1) 通过聚合物酸和聚合物碱之间的中和反应



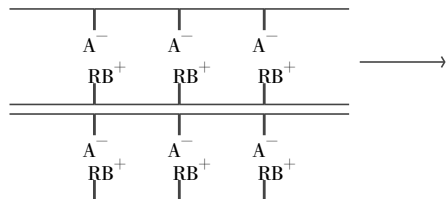
(2) 通过聚合物酸形成的盐和聚合物碱形成的盐之间的反应



(3) 具有离子基团的单体接合在聚电解质上之后再进行模板聚合。



曾 晞 1973 年出生于湖南省。1990~1994 年在南开大学化学系高分子专业攻读学士学位, 毕业后考入中国科学院化学研究所攻读硕士学位, 师从陈观文研究员, 从事渗透汽化膜材质与过程的研究。



A^- 为阴离子基团; RB^+ 为阳离子基团; Me^+ 为碱金属离子; Hal^- 为卤素离子

1.2 分子结构因素对聚电解质复合物形成过程的影响

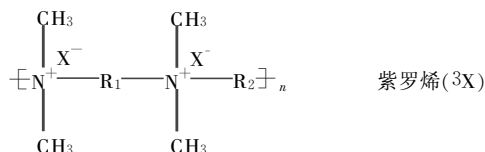
1.2.1 分子量

小分子复合物和聚电解质复合物最主要的区别在于聚电解质复合物中分子之间存在协同相互作用。因此很明显存在一个临界分子量, 在此分子量以下大分子之间不可能产生协同相互作用。有一种非等化学配比的聚电解质复合物是由主体聚电解质(HPE)和客体聚电解质(GPE)形成的。主体聚电解质分子量大于客体聚电解质的分子量, 在反应体系中 $[GPE]/[HPE] < 1$ 。Kabanov 等认为在这一类聚电解质复合物的形成过程中 $\bar{P}_{HPE} \geq \bar{P}_{GPE}$ 是必要条件($\bar{P}$ 为平均聚合度), 同时还有一些其他条件, 如反应体系中必须存在一些小分子盐类等。组成比 $\Phi = [GPE]/[HPE]$ 受一个特定值 Φ_c 的限制。如果反应时 $[GPE]/[HPE] > \Phi_c$, 则在形成具有特定组成比 Φ_c 的聚电解质复合物后, 未反应的客体聚电解质仍存在于溶液中^[5,6]。

1.2.2 离子基团的位置

影响聚电解质复合物形成的空间因素有许多, 比如离子基团的位置、主链的屏蔽效应、链的柔性、憎水性等。Tsuchida 等考察了离子基团位置对复合物形成的影响。他们采用聚苯乙烯磺酸钠(NaSS)作为聚阴离子, 季胺化的聚 4-乙烯基吡啶作为聚阳离子, 两者都是侧链型的聚电解质, 不管加入顺序如何, 都形成 $[PC]^+:[PA]^- = 1:1$ 的聚电解质复合物(图 1a, 图中 PCI 为聚阳离子, SPEC 为化学配比 1:1 的聚电解质复合物)。在制备另一种聚电解质复合物时, Tsuchida 等换用主链型聚阳离子 3X(如图)和 NaSS。当 NaSS 溶液加到 3X 溶液中, 在 $[NaSS]/[3X] =$

1 时形成了沉淀, 这个过程与侧链型聚电解质



R_1 为 $CH_2CH_2CH_2$, R_2 为 $CH_2-\text{---}\text{---}\text{---}CH_2$

相同。但是过量的 NaSS 加入体系中时, 沉淀开始减少, 在 $[NaSS]/[3X] = 3$ 时沉淀完全溶解。Tsuchida 等认为聚电解质复合物形成后, 体系的憎水性增加, 因而形成不溶于水的沉淀。当采用主链型的聚阳离子时, 其离子基团较少受到链段中其他基团的屏蔽作用。在形成复合物后离子基团的其他位置暴露在溶剂中, 这样有可能与其他聚阴离子发生相互作用, 形成由 1mol 聚阳离子和 3mol 聚阴离子组成的聚电解质复合物, 增加了亲水性, 从而能够溶解于水中(图 1b, NPEC 为化学配比(PC/PA)1:3 的聚电解质复合物)^[7]。

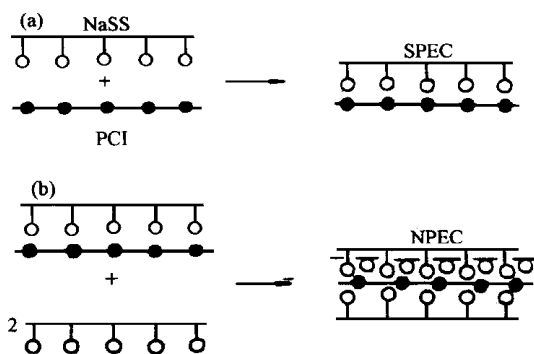


图 1 NaSS 与不同聚阳离子形成的复合物

1.2.3 电荷密度

聚电解质的电荷密度是指分子链上单位长度内离子基团的个数。电荷密度对复合物组成的影响受到离子基团的电离强度、聚电解质的浓度等因素的影响^[5]。Vishalakshi 等^[8]考察了不同浓度下电荷密度对聚电解质复合物的形成的影响。作者选用羧甲基纤维素(CMC)作为聚阴离子, 电荷密度不同的季胺化的聚 2-乙烯基吡啶和聚 4-乙烯基吡啶作为聚阳离子。CMC 分子是刚性链, 在溶

液中以棒状构象存在。高浓度时,聚阳离子链以卷曲构象存在,相同长度的链段上正电荷的数量大于负电荷数量,导致了只有部分正电荷参与反应,因此复合物中 $[PA]/[PC]=0.67$ (图2 a)。当电荷密度降低时,化学配比变为1:1(图2 b)。在低浓度时,聚阳离子链由于静电排斥作用以棒状构象存在,使得电荷密度明显降低,因此复合物中 $[PA]/[PC]=1:1$ (图2 c)。当聚阳离子的电荷密度降低时,导致只有部分负电荷参与反应,使得复合物的组成变为 $[PA]/[PC]=1.5:1$ (图2 d)。

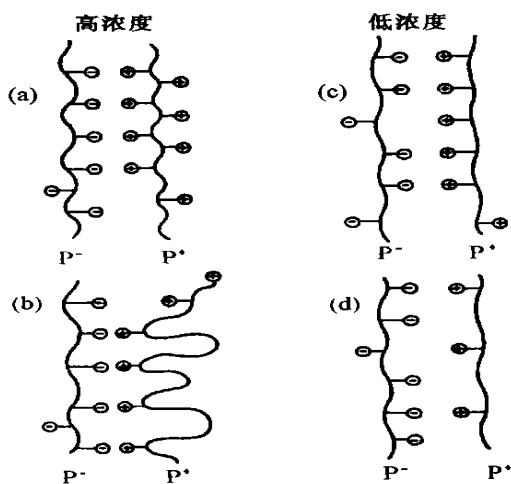


图2 不同浓度下,CMC与不同电荷密度的聚4-乙烯基吡啶形成聚电解质复合物的示意图

1.2.4 离子基团的电离强度 聚电解质可以根据其离子基团的离解常数分为强聚电解质和弱聚电解质。两种强聚电解质混合时,一般形成有一定化学配比的复合物,即使某一组分过量时,过量的该组分仍保留在溶液中。当组分为弱聚电解质时,则聚电解质复合物的组成(Φ)可以通过下式来表示^[9]:

$$\Phi = [PC]/[PA] = \beta_{PA}/\beta_{PC}$$

其中 β_{PA} 、 β_{PC} 分别为聚阴离子和聚阳离子的离解常数。一般认为弱聚电解质中离子基团只有离解后才会与相应的带相反电荷的基团反应形成离子键,故电离强度的影响往往受到许多外部因素的影响,如pH值、离子强度、温度等。

Lega等^[10]考察了聚丙烯酸、丙烯酸-丙烯酰胺共聚物和马来酸-丙烯酰胺共聚物与聚(N , N -二甲基二烯丙基氯化铵)形成聚电解质复合物的情况。前两种聚阴离子都形成了化学配比为2:1的复合物,而后一种聚阴离子只形成化学配比为1:1的复合物。

1.3 反应条件对聚电解质复合物形成过程的影响

1.3.1 温度 某些聚电解质在不同温度下有不同的构象,因此温度对由这些聚电解质形成的复合物的形态有一定的影响,但是受到其他因素如pH值、分子结构等的影响。在水溶液中,聚L-赖氨酸(PLL)在50℃有一个构型转变,从 α -螺旋转变为 β -螺旋。Komoto等研究了温度对PLL和聚乙烯醇硫酸酯(PVS)形成的聚电解质复合物的影响。选用适当酯化程度的PVS(摩尔分数为46%和摩尔分数为95%),聚电解质复合物中的PLL在温度较高(90℃)时发生构型转变,由 α -螺旋变为无规线团和 β -螺旋的构象,其中 β -螺旋构象的复合物以沉淀形式存在^[11]。

1.3.2 pH值 介质的pH值是形成聚电解质复合物最重要的反应条件之一,因为 H^+ 的活度决定了聚电解质中离子基团的离解度(尤其对于弱聚电解质)和有效电荷密度。当两个组分均为强聚电解质时,pH值的影响较小。当至少有一个组分为弱聚电解质时,pH值能够影响聚电解质复合物的组成和弱聚电解质的转化率。一般只有在一个较窄的pH值范围内,当弱聚电解质离解到最大程度时,两个组分才能形成具有一定化学配比的聚电解质复合物。在这个范围外,弱聚电解质的离解度非常低,只能形成非等化学配比的聚电解质复合物。pH值能影响一些天然高分子的构型,从而会导致这些天然高分子形成的聚电解质复合物的组成发生改变^[9,12]。

Sakiyama等考察了由壳聚糖和 κ -角叉菜溶液形成的聚电解质复合物凝胶的溶胀情况。凝胶只在pH=10~12的范围内产生溶胀,在

pH=10.5 时平衡溶胀率达到最大值 10.2。Sakiyama 等提出了一个溶胀机理,即凝胶中含有 κ -角叉菜的磺酸基和壳聚糖的氨基,初始状态下,这两种带有相反电荷的基团依靠静电作用力结合在一起。在碱溶液中,氨基被中和,而磺酸基仍带有负电荷,凝胶由于静电作用的消失而发生溶胀。在酸性环境下,磺酸基由于具有强酸性并未被中和,仍以阴离子状态存在,复合物中的静电作用仍然存在,因此凝胶不发生溶胀^[13]。

1.3.3 离子强度 聚电解质溶液的离子强度是由聚电解质和小分子电解质的浓度共同决定的。在一个含有小分子电解质的聚电解质溶液中,小分子离子由于聚电解质静电场的吸引,富集在聚电解质的周围,使得聚电解质链段上电荷基团之间的屏蔽作用增加;聚电解质的离子基团与抗衡离子之间形成的离子对数也增加,使聚电解质的有效电荷密度降低。在这两种效应的影响下,大分子线团收缩,聚合物离子周围微环境中相同电荷的离子的浓度增加,使聚电解质复合物的形成受到阻碍。在聚电解质复合物溶液中增加小分子电解质的浓度,能使已形成的聚电解质复合物中的静电作用减弱,难溶的聚电解质复合物可以在一定溶液中溶解,甚至进一步离解为原来的组分^[9,14]。Sakiyama 等研究了小分子电解质对壳聚糖和 κ -角叉菜形成聚电解质复合物凝胶的影响。在不同浓度的 NaCl 溶液中,产生的聚电解质复合物形态不同。当两个组分在没有 NaCl 的情况下混合,立即产生沉淀;在 NaCl 浓度较大时,反应体系不发生相分离,只形成凝聚。这主要是由于 Na^+ 和 Cl^- 的存在,阻碍了壳聚糖的胺基和 κ -角叉菜的磺酸基之间的静电相互作用,即阻止了聚集过程的发生,使得沉淀不能产生,只形成凝胶^[13]。

1.3.4 浓度 若两个组分均为强聚电解质时,它们能在相当宽的一个浓度范围内相互作用形成聚电解质复合物。当其中至少有一个组分为弱聚电解质时,聚电解质浓度能够影响弱聚电

解质的离解度和有效电荷密度,从而影响复合物的组成。Dautzenberg 等用光散射的方法研究了在稀溶液中,浓度对聚苯乙烯磺酸钠和聚二甲基二烯丙基氯代胺(P-DMDAAC)形成聚电解质复合物的影响。实验中得到的光散射曲线表明随着聚电解质浓度的增加,聚集程度增加。颗粒的质量和尺寸与浓度存在简单幂律关系,同时存在质量与尺寸之间的幂律关系^[15]。

1.4 聚电解质复合物的结构

对于聚电解质复合物的超分子结构,Michaels^[3]提出“炒蛋模型”(scrambled egg model)。一般认为这个模型比“软梯模型”(ladder model)更接近于真实情况(见图3)。从实验结果可以发现,“炒蛋模型”和“软梯模型”仅是两种极端的情况。一般的结果位于两者之间,但是更接近于前者^[16]。

2 聚电解质复合物的应用

2.1 概述

聚电解质复合物的应用可以大致分为两大类^[4]:

- (1) 利用其特殊性能;
- (2) 利用聚阴、阳离子复合过程,象絮凝和吸附一样以求获得某种特殊效果。

作为一种高分子材料,聚电解质复合物最重要的性质是其高度亲水性和它们在溶胀状态下能保持良好的机械性能。在实际使用过程中还有许多限制因素,比如聚电解质复合物膜会在一定条件下溶解,在强酸性、强碱性和高离子强度的环境中膜的机械性能会大幅度下降。利

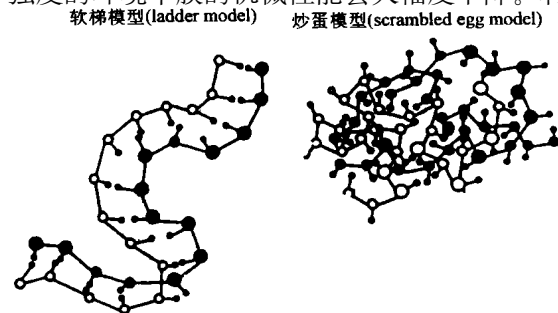


图3 聚电解质复合物的结构示意图

用聚阴、阳离子之间的复合过程主要是考虑:聚电解质之间的相互作用可以在许多条件下存在,并且能够随条件的改变而变化;聚电解质复合物随组分分子结构的变化而具有不同的性质。

聚电解质复合物的潜在和已经应用的一些领域见于表 1。

表 1 聚电解质复合物的应用领域

作为高分子材料的应用领域	作为过程的应用领域
不同用途的膜材料	结合在药物(肝素)中
薄膜和纤维的涂敷物	生物大分子的分离和分级
医用植入材料	水处理(絮凝)和造纸业
微胶囊	通常的实验室分析
造纸业中的辅助产品	
催化剂载体	
土壤改良剂	

2.2 在渗透汽化过程中的应用

渗透汽化过程(PV)作为膜分离技术的一种,在分离液体混合物时,与其他传统分离方法如蒸馏法等相比,具有能耗低、操作简单等优点。水/有机液混合物是渗透汽化过程的一个重要分离体系。在水优先透过的渗透汽化分离膜中,引入离子基团能提高膜对于水的选择性和渗透速率。Kurokawa 等测试了水和几种有机溶剂在某些聚电解质复合物膜中的溶解情况。在各种膜中,与有机溶剂相比,水的溶解选择性最大。这个现象主要是由于离子基团的强

烈亲水性,从而排斥了有机溶剂^[17,18]。

聚丙烯酸盐(PAA)由于分子中含有大量的羧酸根,其膜在分离水/乙醇体系时,对水有很高的选择性。但其性能随着金属离子的流失,下降非常厉害。采用聚阳离子与之形成聚电解质复合物膜后,其性能由于大分子之间的相互缠绕,可以稳定存在。Karakane 等^[19]研究了平板型复合膜的分离性能,所用的聚阳离子见图 4。在几种聚阳离子中,以紫罗烯类聚阳离子形成的聚电解质复合物膜分离性能最好。Tsuyumoto 等^[20]研究了中空纤维膜的情况,不同膜面积的组件均具有良好的性能,其中 0.1 m² 的组件在 99%乙醇水溶液中试验了 8 个月,其性能十分稳定。

除此之外,还有以其他聚电解质为原料形成的聚电解质复合物膜的报道。聚电解质复合物膜不仅对乙醇/水体系有较好的分离性能,对其他有机溶剂/水体系也具有良好的 PV 性能^[21]。表 2 中列举了一些聚电解质复合物膜的 PV 性能。

2.3 在生物、医药方面的应用

许多生物功能像基因信息的传递、酶的选择性和抗体-抗原作用等主要是基于生物大分子之间的相互作用或者生物大分子与小分子化合物之间的相互作用。由于聚电解质复合物在结构与性能上与生物大分子存在许多相似性(如表面电荷、亲疏水性、小分子物质的选择输

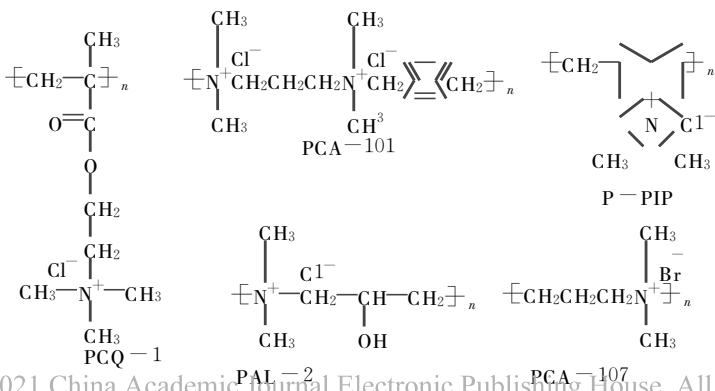


图 4 一些聚阳离子的化学结构

表 2 一些聚电解质复合物膜的渗透汽化性能

聚阴离子	聚阳离子	$T/^{\circ}\text{C}$	进料液乙醇 浓度(质量分数)/%	渗透速率 J $/\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$	分离系数 $\alpha(\text{水}/\text{乙醇})$	参考文献
PAA	PCA-107	70	95.0	0.82	1940	19
PAA	PCA-101	70	95.0	0.79	1710	19
P(AN-AA)	P(AN-VP)	50	90.0	0.420	599	22
硫酸纤维素	P-DMDAAC	50	80.0	3.4	145	23
硫酸纤维素	PEI	50	83.6	1.9	295	24
硫酸纤维素	P-PIP	50	79.4	2.7	125	24

P(AN-AA)为聚(丙烯-丙烯酸)共聚物;P(AN-VP)为聚(丙烯-乙烯基吡啶)共聚物;PEI 为聚乙烯亚胺。

运等),因而聚电解质复合物在生物医用材料方面有着巨大的应用前景,如膜、生物相容性材料、药物控释体系、药物和酶载体等^[5,25]。

生物膜是一种复合物体系,它具有许多特殊的功能,如对特定离子的选择性输运、对小分子物质良好的渗透性等。聚电解质复合物膜由于与生物膜拥有一些相似之处,它可以用于了解生物膜的本质,或者作为生物膜的替代品。Kikuchio 等研究了聚电解质复合物膜对碱金属离子的主动选择输送性能。他们发现这种主动输送的推动力是 H^{+} 浓度差。载体的亲和性、物理化学性能的改变和 H^{+} 浓度是决定膜的主动输送性能的主要因素^[26,27]。Vishalakshi 等考察了聚电解质复合物膜的渗透性。试验结果表明,电荷密度的不同,可以影响聚电解质复合物膜的渗透性能和结构^[28]。

在治疗诸如糖尿病等激素和新陈代谢方面的疾病中,细胞移植是一个有力的手段,但是有核细胞的固定性和组织的脆弱性是一个不利因素。将细胞固定在一个载体上再移植到寄主上,这种方法可降低上述两个不利因素的影响。Shao Wei 等考察了电荷密度对聚电解质复合物微胶囊中包裹的活细胞的活性的影响情况。采用含甲基丙烯酸的聚电解质与含季胺化的二甲胺甲基丙烯酸乙酯的聚电解质来形成聚电解质复合物,活细胞为人体的 Burkitt 淋巴瘤(Raji)细胞。在两种不同电荷密度情况下,细胞都能保持原有的功能,进行分裂繁殖。但是在低电荷密度的聚电解质形成的微胶囊里,Raji 细胞拥有更好的结构整体性,营养液和废

物的渗透性较好,微胶囊表面的生物反应性很低^[29]。

蛋白质在水溶液中能与聚电解质形成复合物,这个现象有重要意义,比如可以用于蛋白质分离,或者了解生物体系中大分子之间的相互作用机理等。Izumii 等用胶体滴定的方法研究了 pH 值对木瓜蛋白酶与聚苯乙烯磺酸钾和聚苯乙烯磺酸钠形成复合物的影响情况。复合物中聚阴离子的摩尔比率(M_s)随 pH 值而变化, M_s -pH 值的曲线与聚阴离子的种类和分子量无关。在酸性环境中,木瓜蛋白酶的 pH 值一活性曲线向碱方向移动,这是由于复合物带有一定的负电荷的缘故,同时复合物中酶的活性与分子量有关^[30]。

抗原和聚电解质形成的复合物,由于两者的静电相互作用和憎水相互作用而稳定存在。复合物不仅表现出高免疫性,而且还具有明显的保护活性。Petrov 等考察了牛血清蛋白(BSA)和牛 γ -球蛋白(BGG)与 4-乙烯基-N-十六烷基溴代吡啶共聚物(CP)形成复合物的情况。实验表明,一分子 CP 能够分别与三分子 BSA 和一分子 BGG 形成复合物。BSA、BGG 与 CP 分别形成的复合物,其免疫活性比纯的蛋白质溶液有显著提高;BSA、BGG 和 CP 形成的三元复合物的免疫活性并不显著提高,而 BSA 与 CP 形成的复合物和 BGG 与 CP 形成的复合物的混合物的免疫活性却有显著提高^[31]。

出于对生物传感器的兴趣,Lebedeva 等考察了免疫球蛋白(IgG)在几种高分子膜上的吸

附情况。IgG 的吸附量随下列顺序而减小:聚电解质复合物、丙烯酸共聚物、聚合物单分子层、结晶性高分子、聚缩醛。IgG 不仅被聚电解质复合物膜吸附,而且能渗透到聚合物的内部。实验表明,当复合物由松散结构变为紧凑结构时,吸附量减小;当复合物由疏水性变为亲水性时,吸附量显著减小^[32]。

3 结论

聚电解质复合物是一类具有特殊结构与性能的高分子。作为一种材料,其最重要的性能是其高度的亲水性和在溶胀状态下仍能保持良好的机械强度,改变它们的化学结构会引起溶胀度和水渗透性的变化。预计在选择性分离膜及生物医用材料领域将充分体现出它们的特点而获得广泛应用。

4 参考文献

- 1 Smid J, Fish D. *Encycl Polym Sci and Engin*, 1988, 11, 720
- 2 Bixler H J, Michaels A S. *Encycl Polym Sci Technol*, 1969, 10, 765
- 3 Michaels A S, Miekka R G. *J Phys Chem*, 1961, 65, 1765
- 4 Philipp B, Dautzenberg H, Linow K — J, Korz J, Dawydoff W. *Prog Polym Sci*, 1989, 14, 91
- 5 Petrak K. *Polyelectrolyte*, 1993, 265
- 6 Kabanov V A, Zezin A B. *Pure Appl Chem*, 1984, 56(3), 343
- 7 Tsuchida E, Osada Y, Sanada K. *J Polymer Sci, Part A, Polymer Chem*, 1972, 10, 397
- 8 Vishalakshi B, Ghosh S, Kalpagam V. *Polymer*, 1993, 34(15), 3270
- 9 Mikulik J, Vinkarek Z, Vondruska M. *Collect Czech Chem Commun*, 1993, 58, 713
- 10 Lega M, Olteanu M, Ionescu — Bujor I. *Rev Roum Chim*, 1989, 34(3), 811
- 11 Cho C — S, Komoto T, Nakagami A, Kawai T. *Makromol Chem*, 1979, 180, 1951

- 12 Kikuchi Y, Kubota N. *Makromol Chem, Rapid Commun*, 1985, 6, 387
- 13 Sakiyama T, Chu C — H, Fujii T, Yano T. *J Appl Polym Sci*, 1993, 50, 2021
- 14 Itoh Y, Negishi K, Lizuka E, Abe K. *Polymer*, 1992, 33(14), 3016
- 15 Dautzenberg H, Rother Gand Hartmann J. *Polyelectrolyte Complex Formation, ACS Symposium Series*, 548, 1994, 210
- 16 Chatterjee S K, Yadav D, Ghosh S, Khan A M. *J Polymer Sci, Part A, Polymer Chem*, 1989, 27, 3855
- 17 Maeda Y, Kai M. *Pervaporation Membrane Separation Process*, 1991, 391
- 18 Kurokawa Y, Shirakawa N, Terada M, Yui N. *J Appl Polym Sci*, 1980, 25, 1645
- 19 Karakane H, Tsuyumoto M, Maeda Y, Satoh K, Honda Z. *Proc 3rd Intern Conf PV Process in the Chem Ind*, 1988, 194
- 20 Tsuyumoto M, Karakane H, Maeda Y, Tsugaya H. *Desalination*, 1991, 80, 139
- 21 Schorter I, Rodicker H, Radke N. *Proc 5th Intrn Conf PV Process in the Chem Ind*, 1991, 484
- 22 Jo W H, Kang Y S, Kim H J. *J Membrane Sci*, 1993, 85, 81
- 23 Schwarz H H, Richau K, Paul D. *Polym Bull*, 1991, 25, 9
- 24 Schwarz H H, Richan K, Paul D. *Proc 5th Intern Conf PV Process in the Chem Ind*, 1991, 79
- 25 Petrak K, Phil D. *High Perform Biomater*, 1991, 779
- 26 Kikuchio Y, Kubota N. *Bull Chem Soc Jpn*, 1985, 58, 2121
- 27 Kikuchio Y, Kubota N. *J Appl Polym Sci*, 1985, 30, 2565
- 28 Vishalakshi B, Kalpagam V. *Ind J Chem*, 1992, 31, 334
- 29 Wei S, Alexander H, Inchikel A, Stevenson W T K. *Biomaterials*, 1995, 16, 325
- 30 Izumii T, Hiroata M, Takahashi K, Kokufuta E. *J M S — Pure Appl Chem*, 1994, A31(1), 39
- 31 Petrov R V, Mustafaez M I, Norimov A S. *Biomed Sci*, 1990, 1(5), 531
- 32 Lebedeva T S, Rahnanskaya A A, Egorov V V, Pshezhetskii V S. *J Coll Interface Sci*, 1991, 147(2), 450

Polyelectrolyte Complex

Zeng Xi, Chen Guanwen

(*Institute of Chemistry, Academia Sinica, Beijing 100080*)

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

Summary This paper presents the research and development of polyelectrolyte complex, including the formation, structure and several factors affecting the formation of polyelectrolyte

complex. It also introduces the application of pervaporation membrane made from polyelectrolyte complex, and some results of research in biology and medicine.

Key Words Polyelectrolyte complex, Formation process, Influence factors, Pervaporation membrane

1996 年度青年化学奖在京颁奖

中国化学会、国家自然科学基金委员会化学科学部 1996 年度青年化学奖颁奖仪式于 1996 年 12 月 20 日在北京举行。

中国化学会理事长陈懿教授主持了会议、执行理事长朱道本教授宣布了获奖人名单,唐敖庆院士、钱人元院士、黄葆同院士、蒋丽金院士、梁敬魁院士以及化学家孙亦梁教授、习复教授、宋心琦教授、白春礼教授、张志尧教授等出席了会议,并为获奖者颁发了奖状、奖金和奖牌。

由中国科学院院士组成的青年化学奖评选委员会对申请者的研究成果进行了严格的评审,最后评定出 7 名青年荣获 1996 年度青年化学奖,他们是:

刘维民	男	33 岁	中国科学院兰州化学物理所副研究员
周德建	男	27 岁	北京大学化学与分子工程学院讲师
胡昌玉	男	30 岁	中国科学院长春应用化学研究所副研究员
郭少云	男	33 岁	四川联合大学高分子研究所副教授
黄志真	男	32 岁	杭州大学化学系副教授
黄荣彬	男	35 岁	厦门大学化学系副教授
鞠焜先	男	31 岁	南京大学化学化工学院副教授

与会的老一代科学家对获奖青年表示热烈地祝贺,并殷切地希望他们以振兴祖国的科学事业和攀登科学高峰为已任。积极、刻苦地学习,努力开拓知识面,勇于拼搏,不断创新。为化学科学事业的蓬勃发展,为伟大祖国的繁荣昌盛,为世界和平与进步做出更大的贡献。

周德建同志代表获奖青年在会上发言,首先感谢辛勤培育他们的老师、感谢化学界的各位前辈,给他们提供了刻苦钻研、努力奋斗、严谨治学的光辉榜样,并给予青年一代热情的扶植和大力支持;今天获得青年化学奖对他们的工作给予了充分的肯定,更加增强了他们献身于化学事业的信心和决心,表示戒骄戒躁,沿着老一代化学家开辟的道路,努力奋斗,为我国化学事业的发展和中华民族的科技腾飞,做出贡献。

本届 7 名获奖者的平均年龄只有 31.5 岁,他们研究工作的领域是有机化学 1 名、无机化学 1 名、物理化学 1 名、分析化学 1 名、高分子化学 1 名、应用化学 1 名、计算机化学 1 名。

中国化学会自 1983 年设立了青年化学奖,奖励在化学理论探讨、化学实践应用与化学教学三方面有所创新、革新、改进、做出较为突出成绩的 35 岁下青年化学工作者。并于 1987 年度开始和国家自然科学基金委员会化学科学部共同设立了该项奖励。14 年来,已有 101 名青年化学科技工作者获奖。

(王少文)