

大孔离子交换树脂及新型吸附树脂的结构与性能^{*}

何炳林, 史作清

(南开大学高分子化学研究所, 天津 300071)

摘要: 该项研究发现了大孔交联聚苯乙烯型离子交换树脂的合成方法, 研究了惰性溶剂的性质与树脂的孔结构、树脂的孔结构与树脂的性能、树脂的特性与用途等方面的关系。在此基础上, 研制出高强度、抗辐射、动力学性能优越的大孔型离子交换树脂, 使其不仅能更好地应用于无机离子的交换, 还开拓了在有机合成、制药等领域的催化、脱色、提纯等多方面的广泛应用。在多孔性离子交换树脂的基础上, 还研制出系列吸附树脂。此类提取、分离材料, 可以有不同的结构和不同的吸附性能, 在天然产物的提取分离、抗菌素的提取、纯化、医疗、环境保护等领域有实际用途。上述两类功能高分子材料在多家企业实现了产业化, 为化工、制药、环保、医疗、分析等诸多行业提供了必要的材料, 在国民经济的发展中发挥了重要作用。

关键词: 大孔离子交换树脂; 吸附树脂; 合成; 提取分离

背景

离子交换树脂由酚醛型到聚苯乙烯型的转变是一个质的飞跃, 这使离子交换树脂的性能大幅度提高, 品种成倍地增加, 应用范围迅速扩大。其中最引人注意的两个应用领域是纯水的制备和核燃料的提取, 对世界经济、政治、军事的发展产生了巨大的影响。用离子交换树脂脱盐是制备软化水和纯水最有效的方法, 解决了锅炉用水对水质的严格要求问题, 大大促进了化工企业、火电厂、医药、食品、电子、环保等行业的发展。进入上世纪 50 年代以后, 核技术和核能的利用成为世界性的科学、技术、经济、军事课题。核燃料的生产, 包括铀的提取和 U^{235} 的分离浓缩两项关键技术, 成为由极少数国家控制的、许多国家积极开发的绝密技术。前一项技术就是采用阴离子交换树脂从含量很低的矿石中将铀提取出来。铀的特点是能与 SO_4^{2-} 形成带负电荷的络合物, 可被交换到阴离子交换树脂上, 从而与其它金属阳离子分离。因此季铵基阴离子交换树脂当时也是作为战略物资受到严格的控制。

南开大学从 1956 年开始研制离子交换树脂, 交联聚苯乙烯型季铵基阴离子交换树脂是其中的主要品种之一, 为发展我国现代离子交换树脂事业奠定了技术基础。从树脂的结构上说, 当时的各种离子交换树脂均属凝胶型, 干时无孔, 但在水中可以溶胀。

离子交换树脂在用于提取铀的过程中会受到核射线的作用, 研究证明, 这种作用的结果包括: 聚合物的骨架断链, 使树脂的溶胀增大, 强度降低; 季铵基团破坏, 离子交换能力下降; 在当时我国有机化工基础还比较薄弱的情况下, 阴离子交换树脂的造价还比较高, 延长树脂的使用寿命是很重要的。基于此, 作者开展了以提高离子交换树脂的辐射稳定性和机械强度为目标的多孔性离子交换树脂的研究。

由上述可以看出, 本项目有明确的应用背景, 所取得的许多研究成果经有关企业配合, 相继实现了产业化, 对推动我国科学技术和经济的发展发挥了重要作用, 这成为本项目的突出特点。

多孔性离子交换树脂的合成及应用

研究发现, 在使苯乙烯、二乙烯苯进行悬浮共聚时, 在共聚单体中加入惰性有机溶剂或线性聚合物

^{*} 本项目 1987 年获国家自然科学基金二等奖; 主要完成人为何炳林, 张全兴, 史作清, 钱庭宝, 陈洪彬, 孙君坦, 李效白。

(后称为致孔剂), 聚合结束后再把致孔剂提取出来, 得到了多孔性的共聚物^[1-3] (Pst 型, 后称为大孔树脂)。把这种共聚物进一步制成离子交换树脂, 发现其离子交换速度加快, 机械强度增大, 抗辐射性能提高。鉴于离子交换树脂在核燃料提取中的重要作用, 这一发明被有关部门视为重大技术秘密。

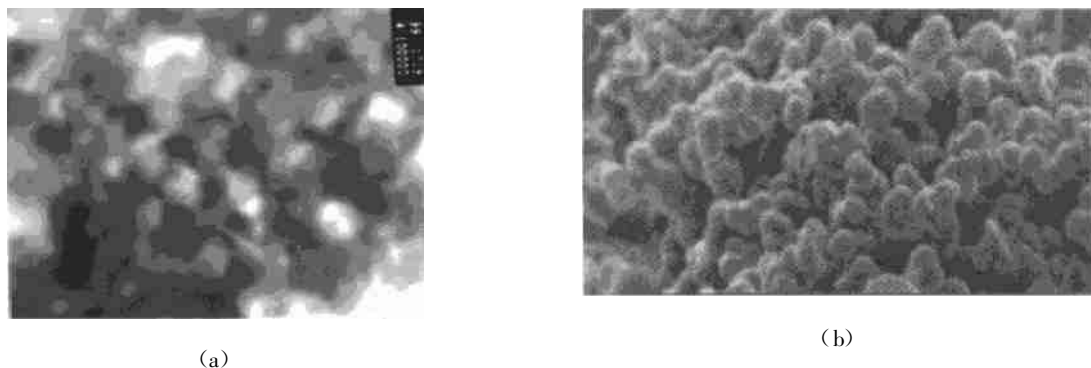


图 1 多孔树脂的透射电镜(a)和扫描电镜(b)的照片

Figure 1 TEM photo(a)and SEM photo(b)of macroporous Polystyrene resin

传统的聚合方法有本体聚合、溶液聚合、悬浮聚合、界面聚合等。本项目实际上是发现了一种新的聚合方法, 用这种聚合方法可以制备球状大孔聚合物, 并可进一步制成性能优良的新型离子交换树脂。对致孔剂与树脂的孔结构以及孔结构与树脂的性质的关系的研究表明, 致孔剂可以是多种多样的, 按其性质可分为: 良溶剂致孔剂-能与单体混溶, 并能溶胀共聚物; 非良溶剂致孔剂-能与单体混溶, 但不能溶胀共聚物; 混合致孔剂-由良溶剂和非良溶剂按一定比例混合。

多孔共聚物的孔结构(包括比表面积、孔径、孔体积)可由所用致孔剂的种类和比例来调节。这样便可制备出许多结构、性能、用途不同的离子交换树脂(见表 1), 这些多孔树脂在许多方面有不可替代的重要用途。

表 1 一些代表性的多孔离子交换树脂
Table 1 The representative macroporous ion exchange resins

树脂类型	型号	结构	主要用途
强酸性阳离子交换树脂	D001	P-SO ₃ H	烯烃水合, 酯化, 水解
弱酸性阳离子交换树脂	D113	P-COOH	水处理, 药物提取、纯化
强碱性阴离子交换树脂	D201	P-N ⁺ (CH ₃) ₃	药物提取分离, 天然产物脱色
弱碱性阴离子交换树脂	D301	P-N(CH ₃) ₂	提取金, 重铬酸的回收

最早研制的多孔伯胺基弱碱树脂(D390)用于精制链霉素, 可以分离出链霉胍和二连胺, 使我国链霉素的质量提高到了国际先进水平^[6, 7](见表 2)。

表 2 一些国家链霉素品质的比较
Table 2 The quality of streptomycin of some countries

国别	致死剂量/(mg·kg ⁻¹)	链霉胍/%	二连胺/%
美国	2800	0.313	1.44
英国	2500	0.68	1.43
日本	3000	1.06	2.05
中国	3900	0.32	0.30

随后制备的大孔磺酸催化树脂(D001), 用于催化茛菪烯直接水合制异龙脑^[8], 并进一步脱氢制樟脑。此成果避免了强酸催化, 先酯化再水解的腐蚀性麻烦工艺, 不仅有学术上、技术上的创新性, 在实用上还是一种环境友好的、可连续化生产的新工艺。此种树脂还可用作其它烯烃的水合、酯化、酯的水解等反应。

的催化剂, 替代硫酸、甲苯磺酸等强腐蚀性催化剂, 可消除这些催化剂对设备的腐蚀和对环境的严重污染。

大孔 α -甲基吡啶基树脂(D280)是国内外第一个针对天然色素的专用脱色树脂^[9], 也是我国首个在植物提取物的纯化中获得实际应用的树脂。其对天然提取物的脱色功能是由功能基和孔结构的协同作用而产生的。

传统的凝胶型离子交换树脂在水中被溶胀, 高分子链间有一定的空隙, 其尺寸在 1nm 以下, 这对早期用于无机离子的交换是可以的。但此种树脂在干燥状态无孔, 不能在有机溶剂中使用, 也不能用于吸附或交换分子体积较大的有机化合物。大孔离子交换树脂在溶胀状态下既有高分子链间的空隙, 也有合成时由致孔剂所产生的大孔(几个到上百个纳米); 在失水后尽管链间的空隙消失, 但大孔仍然可以保留, 此部分孔后来被称为物理孔, 此种树脂被称为大孔树脂。研究表明, 大孔结构的存在使离子交换树脂的用途从凝胶型树脂对无机离子的交换, 扩展到交换或吸附有机物, 从水溶液扩展到了非水体系。上述 3 个成功应用的实例说明了多孔离子交换树脂在相关的应用领域所显示出来的重要作用。

多孔树脂的发明导致吸附树脂的诞生

传统凝胶型离子交换树脂的交联度一般在 4%~8% 之间, 大孔离子交换树脂则提高到 10% 左右。在这种条件下, 大孔离子交换树脂的孔表面积多在几十到 $100\text{m}^2/\text{g}$ 之间。研究表明, 大孔树脂的孔结构依赖于树脂的交联度和所使用的致孔剂(见图 2, 3)^[10]。

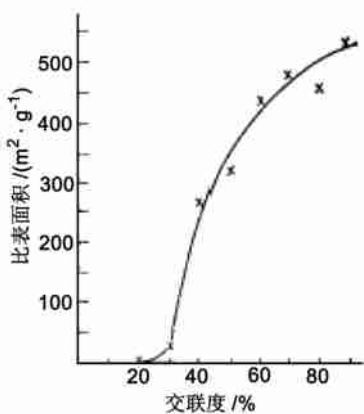


图2 大孔树脂的比表面积与交联度的关系

Figure 2 The relationship of the specific surface area and cross-linkage of macroporous resin

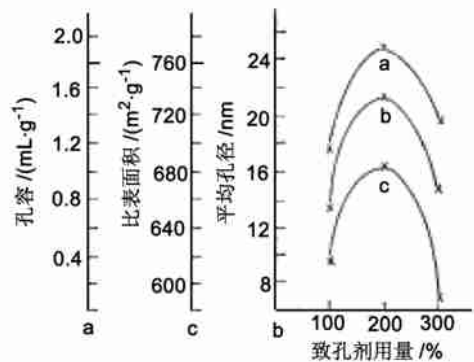


图3 树脂的孔参数与致孔剂用量的关系
a 孔容 v ; b 平均孔径 r ; c 比表面积 s

Figure 3 The relationship of pore parameter and porogenic quantity of resin

在进行共聚时, 将交联度提高到 40% 以上时, 共聚物的比表面积可以高达 $500 \sim 600\text{m}^2/\text{g}$ ^[11], 这种高比表面积的多孔性聚合物有很好的物理吸附能力, 由此便诞生了一类新的吸附分离材料-吸附树脂。

吸附树脂的性能取决于孔表面积的大小和孔表面的性质, 这可由合成工艺来调节。后来的研究表明, 以下几种合成路线在学术上和技术上都是很有价值的。

以非良溶剂为致孔剂, 由烯烃进行悬浮聚合, 可得到非极性或极性吸附树脂。这种树脂的孔径较大, 孔表面积较小; 以良溶剂为致孔剂, 由烯烃进行悬浮聚合, 得到的吸附树脂比表面积较大, 但孔径较小; 以良溶剂和非良溶剂为混合致孔剂, 用悬浮聚合法制备的吸附树脂的孔径和比表面积介于前两种之间^[11], 并且树脂孔结构参数可用两种溶剂的种类和比例进行调节。

在非极性吸附树脂的孔表面上引入解离性或非解离性功能基, 可制得具有特殊功能的高选择性吸附树脂^[12, 13]。

通过付氏反应将聚苯乙烯进行后交联, 可使凝胶型聚合物转化成超高交联树脂, 其比表面积可高达

$1300\text{m}^2/\text{g}^{[14,15]}$ 。还可以控制其孔径,使其成为具有筛分作用的双功能吸附树脂。

上述合成方法已成为合成大孔树脂的系统的技术体系,可以制备出多种多样的吸附树脂。大孔树脂的发现,既属科学创新也是技术创新。吸附分离材料的诞生是这一发现的最重要的成果。基于本项目的成果开发出来的吸附树脂有以下几种类型(见表 3)。

表 3 有代表性的吸附树脂
Table 3 Representative adsorbents

树脂	类型	比表面积/($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	孔径/mm	特 性
H-103	PS 非极性	1300	9	广谱性、高吸附量
X-5	PS 非极性	600	30	广谱性吸附
AB-8	PS 非极性	550	14	广谱性吸附
NKA-9	PS 极性	290	16	孔表面改性 有适宜选择性
NKA-II	PS 极性	200	15	孔表面改性 吸附极性物质
S-8	PS 强极性	120	30	高选择性,兼具吸附、分离双重功能

吸附树脂的性能及其在相关科学技术领域的重要作用

与以往的吸附剂(活性炭、分子筛、氧化铝等)相比,吸附树脂的性能非常突出,主要是吸附量大,容易洗脱,有一定的选择性,强度好,可以重复使用。特别是可以针对不同的用途,设计树脂的结构,因而使吸附树脂成为一个多品种的系列,在多个重要领域显示出优良的吸附分离性能。

集中体现本项目研究成果的是在天然产物的提取方面。如,甜菊甙是甜菊叶的 8 个皂甙成分的总称。针对两亲性皂甙类的提取,作者研制了经适当表面改性的非极性树脂 AB-8(见表 3),使其以疏水表面的范德华力和极性基团的静电力的协同作用来吸附甜菊甙,吸附量可达 $70 \sim 100\text{mg}/\text{mL}^{[16]}$ 。用 60% ~ 90% 的乙醇溶液可容易地将甜菊甙洗脱。

非极性或改性非极性吸附树脂的特点是其广谱性,可以吸附水溶液中许多具有一定疏水性的天然化合物。在其吸附甜菊甙的同时也吸附浸取液中的天然色素和其它一些杂质,这降低了提取的甜菊甙的纯度。前面提到的 α -甲基吡啶基多孔离子交换树脂(D280)可用于对甜菊粗提取物进行脱色,并使甜菊甙的纯度提高。普通离子交换树脂对非解离性分子没有值得重视的吸附作用,而大孔型 D280 对色素的优良吸附性能使其成为一个专用的脱色树脂^[19]。研究认为, D280 的强极性基团对天然色素分子的大共轭 π 键的诱导极化,在树脂的离子基团和极化的色素分子之间发生了“离子-偶极”吸附作用,其吸附力介于物理吸附和离子交换之间。被吸附的色素用酸、碱溶液(离子交换洗脱剂)或乙醇(物理吸附常用洗脱剂)来洗脱,效果都很差,只有把两类洗脱剂混合在一起才有好的洗脱效果。这种现象是“离子-偶极”吸附机理的一个有力的证据。上述吸附-脱色方法在天然产物的提取中得到了成功的应用。

在生物体系内,吸附树脂显示出高选择性的吸附性能。一是在发酵体系中,吸附树脂可以在大量蛋白质、糖、无机盐和其它杂质的存在下,将浓度很低的产物(维生素、抗菌素等)提取出来;二是可从血液中吸附内源性或外源性毒物,以实现人体的血液解毒。

树脂吸附法从发酵液中提取维生素 B_{12} , 成为一种很有优势的分离方法。由于维生素 B_{12} 的分子量很大,所选用的吸附树脂须具有较大的孔径,以便能让维生素 B_{12} 容易进入。在本项目中研制的 X-5 就很合适,不仅吸附量大,而且吸附速度也较快。

对抗菌素提取,吸附树脂也是有效的提取分离材料^[17]。本项目曾研究了青霉素、头孢菌素、林可霉素等的吸附分离效果。对于洁霉素的提取有多种吸附树脂可以使用。多种吸附树脂的对比表明,表 2 所列的 H-103 树脂对洁霉素的吸附量最高(见表 4)。树脂吸附法的优点是溶剂的用量大大减少,仅为溶剂萃取法的 15%。

表 4 几种树脂对洁霉素的吸附量比较

Table 4 Adsorption capacity of some adsorbents for jiemycin

树脂型号	HP-20	XAD-4	H-103	NKA-II	1300-I
吸附量(mg/mL)	66	118	132	81	85
洗脱率(%)	87.9	89.6	86.8	86.5	84.3

吸附树脂在医疗方面的应用, 无论对功能高分子材料还是对医疗技术来说都是一项令世人瞩目的创新。其中最具有代表性的例子是用血液灌流的方式去除进入血液中的安眠药^[18~24]。曾研究了多种吸附树脂对安眠药的吸附性能, 结果如表 5 所示。

表 5 一些吸附树脂对安眠药的吸附能力

Table 5 Adsorption ability of some adsorbents to hypnotics

树脂	比表面积/($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	吸附量/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)		
		盐酸氯丙嗪	巴比妥钠	安定
H-103	1100	41.2	9.7	16.1
H-CN	210	47.7	10.9	17.2
H-COOH	873	47.3	11.4	17.4

血液净化的方法是把患者的动脉切开, 利用患者的血压将血液经一软管泵入吸附树脂(如 H-103)罐, 在血液流经树脂时, 血液中的毒物即被树脂吸附, 净化了的血液再经过软管流回静脉。用这种方法可以有效地抢救重症安眠药中毒患者的生命。

选择性吸附树脂对内源性毒物, 如尿毒症产生的肌酐、尿酸、肝硬化或肝损伤产生的胆酸、胆红素, 系统性红斑狼疮患者血液中的 DNA/抗 DNA“免疫复合物”等, 都有很好的吸附性能, 可以选择性地吸附这些毒物而不影响血液中的其它成分^[25~29]。

表 6 说明, 用吸附树脂去除血液中的胆酸、胆红素的效果比用多孔离子交换树脂要好。其中 NKA-9 的性能最好, 对结合胆红素和未结合胆红素均匀较好的吸附能力。

对于红斑狼疮免疫复合物的吸附是将 DNA 负载到树脂上, 制成了具有生物活性的吸附树脂免疫吸附剂。这种树脂上的 DNA 能专一性地吸附血液中的抗 DNA, 生成 DNA/抗 DNA 复合物而将其清除。这在临床试验上已经取得了成功。

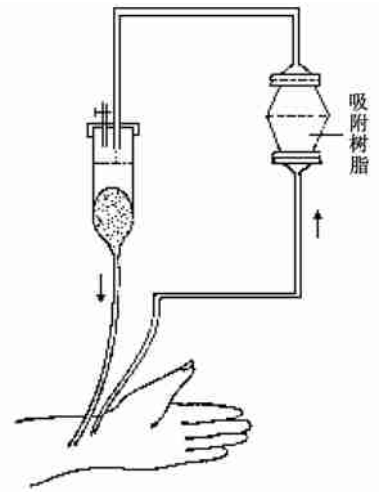


图 4 血液灌流示意图

Figure 4 Sketch map of blood hemoperfusion

表 6 一些树脂对胆酸和胆红素的吸附率(%)

Table 6 Adsorption ratio of some adsorbents to cholic acid and bilirubin

树脂	吸附树脂			大孔阴离子交换树脂		
	NK-110	4006	NKA-9	D296	D370	D390
胆酸	96	—	—	76	84	86
结合胆红素		0	50.3	62		
未结合胆红素		50	55.5	1.7		
总胆红素		21	53.4	37.5		

通过上述研究, 诞生了一类医用吸附功能高分子材料, 可以用来去除血液中的内源性和外源性有毒物质, 治疗以往难于医治的一些疾病。相对于药物、手术治疗方式来说, 上述用吸附树脂进行血液净化的

治疗方法已被称为“第三医疗技术”，越来越受到重视。

吸附树脂的优良性能，使其在有机污水的处理方面成为一种不可取代的分离材料^[30, 31]。苯酚废水、农药废水、染料废水是难于治理的几种有机污水。用树脂法吸附废水中的这些污染物，不仅可消除污染，还可通过洗脱实现资源的回收、利用。

成果的意义、影响

本项研究的意义在于推动了功能高分子材料的发展，包括大孔离子交换树脂和吸附树脂在内的吸附分离材料已成为品种最多、应用范围和规模最大的功能高分子材料。相对于高分子结构材料来说，功能高分子材料的经济价值要高出好多倍，对经济的发展贡献很大。为了提高吸附分离材料的选择性，其物理化学结构需要精确控制，这大大地推动了高分子合成技术的发展。

吸附分离材料发展的深远影响是极大地促进了相关学科和应用领域的发展。如上所述，在医药、食品添加剂、化工催化、环保等领域的应用，提高了这些领域的技术水平。发展至今，不仅多孔树脂的品种增多、质量提高、应用规模和范围大大地扩展，其在科学技术和国民经济中重要性也日益增大。特别是在中草药有效成分的提取、纯化方面以已成为不可缺少的关键技术，对中药的振兴、实现中药现代化正在发挥重要的作用。上世纪 80 年代，靠吸附树脂、脱色树脂的研究提高了我国甜菊甙的生产技术和产品质量，在与日本的竞争中，使我国逐步成为世界上最大的甜菊糖生产国和出口国。现在中药有效成分的提取所使用的树脂吸附法又在与国外的溶剂萃取法相竞争，其中最具有代表性的是产量最大的银杏叶提取物的生产，我国使用选择性很高的 ADS-17 吸附树脂，只吸附-洗脱一个工序便代替了溶剂萃取法的四种溶剂、六步萃取，不仅生产成本大大降低，提取物的纯度还大大地提高（见表 7）。

表 7 树脂吸附法与溶剂萃取法在银杏叶提取物(GBE)生产中的应用效果
Table 7 Effect of adsorbent separation and solvent extraction in the production of GBE

吸附树脂牌号	GBE 质量/%		收率(g/100g 干叶)
	黄酮甙	萜内酯	
Diaion HP-20(日)	20.0	5.0	3.0
溶剂萃取法	24.0	6.0	
ADS-17	32	8.0	1.9
	44	10.3	

表 7 说明，用 ADS-17 树脂生产的提取物，黄酮甙和萜内酯的含量远高于溶剂萃取法。由此实例可以预期，吸附树脂对于中药的发展将会成为一种关键的分离纯化技术^[32]，与溶剂萃取法相比，树脂吸附法更适合天然产物的提取。

天然产物对于经济的可持续发展和对人们生活、健康的重要性日益受到重视，大孔树脂将会在开发、利用天然产物的事业中起到重要作用。

参考文献:

- [1] 何炳林, 钱庭宝, 陈伟朱. 原子能科学技术, 1964, 515.
- [2] 何炳林, 等. 南开大学学报, 自然科学(化学专刊), 1964, 5(2): 103.
- [3] 钱庭宝, 何炳林. 化学通报, 1965, (2): 27 总 91.
- [4] 何炳林, 钱庭宝, 等. 高分子通讯, 1965, 7(3): 185.
- [5] 何炳林, 刘操. 高分子通讯, 1978, (2): 103.
- [6] 何炳林. 合成材料, 1979 (4): 13.
- [7] 何炳林. 南开大学自然科学(化学专刊), 1977, (2): 58.
- [8] 何炳林, 刘永勋, 黄文强. CN, 85 1 04105 1, 1991.
- [9] 刘永宁, 史作清, 何炳林. 离子交换与吸附, 1993, 9(5): 429.
- [10] 于占如, 史作清, 等. 高分子学报, 1988 (3): 203, 207.

- [11] 何炳林 张全兴, 施荣富, 等. X-5 吸附树脂鉴定资料, 南开大学, 1985 年.
- [12] 何炳林 王林富. 离子交换与吸附, 1986 2(1): 44.
- [13] 何炳林 张全兴, 李效白, 施荣富. 高等学校化学学报(庆祝中国化学学会成立 50 周年), 1982 (1): 136.
- [14] 何炳林 张全兴, 李效白. 高分子通讯, 1980, (6): 328.
- [15] 何炳林 张全兴, 李效白, 施荣富, 王建英. 高等学校化学学报 1981, 2(2), . 397.
- [16] 何炳林 张全兴, 施荣富, 等. 树脂法提取甜菊甙新工艺鉴定资料, 南开大学, . 1985.
- [17] 张全兴 李效白, 施荣富, 朱孝伦, 何炳林. 南开大学学报(自然科学), 1985, 2 期: 55.
- [18] Chen C Z, Zhang Q X, Yu Y T, He B L. Proceeding of the. 5th. Intemational Symposium on Hemoepfusion and Artificial Organs. 1983. 350.
- [19] Qian S C, Yu Y T, He B L. *Ibid.*, 1983, 357.
- [20] Tong M R, Chen C Z, Liu R X, Yu Y T, He B L. *Ibid.*, 1983 379.
- [21] Chen C Z, Yang X M, Yu Y T, He B L. *Ibid.*, 1983, 286.
- [22] Gu H Q, Xu S T, He B L. *Ibid.*, 1983 443.
- [23] 钱绍诚 宋继昌, 陈长治, 相晓明, 俞跃庭, 何炳林, 等. 中华内科杂志, 1985, 24(5): 296.
- [24] 董明容 王补森, 杨小明, 俞跃庭, 何炳林. 中国生物医学工程学报, 1986, 5(4): 252.
- [25] 李乃宏 鲁格, 孙克敏, 程嘉建, 钱庭宝, 何炳林. 中国生物医学工程学报, 1982, 1(1): 40.
- [26] 相彦, 李乃宏, 左渠, 何炳林, 钱绍诚, 宋继昌, 等. 中国生物医学工程学报, 1985, 4 期: 88.
- [28] 相彦, 李乃宏, 何炳林, 权武裂, 钱绍诚, 等. 高等学校化学学报 1985, 6 (9): 843.
- [29] 杨彦, 孙莉, 何炳林. 生物化学杂志, 1986 2, (4): 29.
- [30] 何炳林 王槐三, 张全兴, 史作清, 郭贤权, 等. 高分子通讯, 1983, (5): 356.
- [31] 王槐三 刘玉鑫, 王 泉, 张全兴, 何炳林. 成都科技大学学报, 1982 (4): 75.
- [32] 元英进 刘明言, 董岸杰. 中药现代化生产关键技术. 北京: 化学工业出版社. 2002, 93 ~ 107.

The Structure and Properties of Macroporous Ion Exchange Resins and New type of Adsorbents

HE Bing-lin, SHI Zuo-qing

(*Institute of Polymer Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071, China*)

Abstract: In the studies of this item, the paper contains three parts: the first part was the discovery of the synthesis of polystyrene macroporous ion exchange resins; the second part was to study the preparation of the macroporous resins in the presence of inert solvent of different properties; the third part was the investigation of the relationship between the structures and the properties. Based on the studies, it was proved that the properties of the macroporous resins possessed radioresistance, good ion exchange reaction kinetics and excellent mechanical strength. The macroporous ion exchange resins were not only exchanging very well with the inorganic ions, but also could be used for decolorization, catalyst and purification of organic substances. The macroporous resins without functional groups could be used as polymeric adsorbents. They can be used for the extraction and purification of natural products and also be used for antibiotics production, blood hemoepfusion, environmental protection, etc. The macroporous ion exchange resins and adsorbents mentioned above have been produced and widely applied in chemical industry, medicine production, environmental protection, medical treatment, analysis and so on.

Key words: Macroporous pore; Macroporous ion exchange resin; Adsorbent; Extraction and separation