



高 分 子 色 谱 固 定 相

胡 喜 章 苏 天 升

(中国科学院化学研究所, 北京)

提 要 本文扼要介绍气相色谱和高效液相色谱所应用的各种高分子色谱固定相概况、原理、类型和制备等问题, 高分子材料在色谱上的应用及其发展。

关键词 固定相、固定液、色谱分离介质、高分子色谱填料、单分散聚合

一、引 言

物质的鉴定、结构的研究先决条件是分离出单一的纯物质, 所以组分分离是分析化学、结构化学的首要课题, 在诸多的分离方法中, 色谱技术尤为突出。本世纪初Tswett用填充碳酸钙颗粒的玻璃柱将绿叶色素分离出叶绿素a、b和叶黄素等组分的各个色带,

“Chroma-Graphos”色谱由此诞生。试样经液体流动相的带动通过各种形式的固定相实现组分的分离, 针对众多的分离对象, 相继出现各种类型的纸色谱、柱色谱、薄层色谱等液相色谱(Liquid Chromatography, 简写LC)技术。为提高液相色谱的速度和效率, 50年代人们选用气体为流动相, 带动被气化的试样通过固定相, 实现了高速、高效和高灵敏色谱技术的飞跃——气相色谱(GC)法, 得到广泛应用, 并加速色谱理论的完善。气相色谱的发展, 除了仪器和各种高灵敏检测器的研制成功, 由于流动相可选用的气体很少, 促使大量的固定相问世。因气相色谱只能用于易气化和气化时稳定的试样, 60年代末液相色谱在色谱理论指导下, 高效液相色谱固定相的研制成功和高压液相色谱仪器的推出, 70年代初分离科学的新成就——高效液相色谱(High Performance Liquid Chromatography, 简写HPLC),

既保留了高速、高效和高灵敏, 又把分离对象扩展到一切可溶于液体的试样, 将色谱技术提高到一个新的水平。

色谱的飞速进展, 有各种因素, 如: 仪器的多功能化、高精度, 并配上电脑实现全自动化, 包括进样、色谱峰记录、数据处理乃至色谱条件的选择变更等, 但其“心脏”是均匀装填固定相的分离柱, 无论色谱分离基于吸附特性、溶解度、离子亲和能力以及分子尺寸差异等原理, 分离总是通过物质在固定相和流动相间分配的反反复复平衡来实现, 固定相的特性及选择是色谱分离成功的关键。

二、固 定 相

色谱的关键材料——固定相应具有一定的机械强度、对热和化学的稳定性, 适当的颗粒度、粒径分布窄, 有合适孔径分布和孔容的多孔材料, 不能对试样有催化、变性和不可逆吸附, 适用面广和选择性好等性能。针对众多的分离对象, 必然要有许许多多的固定相满足各种需求。迄今固定相种类繁多, 已商品化的就有近千种, 新牌号不断涌现, 其材料有天然和合成的, 可分成无机和有机两大类。

常见的固定相吸附剂有硅胶类、氧化铝、活性炭和分子筛, 还有人将无机盐的水

合物结晶和过渡金属络合物用于气相色谱,取得很好的效果。应用最广的气-液色谱固定相是在多孔材料颗粒(载体)上涂布具有各种分离特性的物质(固定液)而成,常用的载体有硅藻土系列、玻璃系列、金属和金属化合物、金属络合物等,当然还有正在发展的高分子多孔材料的“吸附剂”和载体。固定液不都是液体,有许多是固体,只是在往载体上涂布时需用适当的溶剂配成溶液涂布均匀,再将溶剂挥发后使用。固定液在气相色谱占了极大的比重,有上千种之多,色谱性能虽有许多是相似的,也有即使是同类型也会在选择性上出现很大的差异,固定液的评价,至今还处在经验积累的阶段。其材料有少数无机物,绝大多数是有机物和高分子。尽管固定液的应用例极多,但其稳定性、重复性较差,使用过程中“流失”是个最大的问题。化学键合型固定相重复性好、稳定性好,没流失问题,寿命长,尤其是在表面处理时,可控地制备成各种性能,发展很快。键合型固定相在液相色谱中占了主要地位,而固定液会溶于液体流动相无法使用。由于液体中分子扩散速度比气体小4个数量级,要实现液相色谱的高效、高速,固定相的粒径必需缩小到微米级,仪器系统要耐压,需用高压输液泵输送流动相,60年代末出现薄壳结构的高效填料,在30~40 μm 的载体表面,附上1~2 μm 的硅胶胶乳或高聚物多孔的薄壳层,实现了液相色谱的高效、高速化。尽管薄壳型填料可进行干法装柱,但薄壳层的样品容量小,不利于制备,~10 μm 的全多孔填料是HPLC的理想固定相,这就要用更高压力的输液泵进行湿法装柱和高速化运行。HPLC比柱色谱快100~1000倍,比薄层和纸色谱快10~100倍,几十分钟甚至几分钟就能完成分离分析的任务。用于HPLC的固定相目前以柱效高的硅胶类为主,但只能在pH2~8范围使用,样品容量小,并易使样品失去活性,而高分子

色谱固定相以柱稳定性和广泛的选择性见称,能用于全程pH范围,可保持试样的活性,样品容量比硅胶类大1~2个数量级,其缺点是柱效较低,Majors^[1]提出一种机械性能稳定又具开放性孔结构的高聚物是近年来所致力研究的固定相。再在聚合方法上利用1956年Vanderhoff^[2]最早介绍的分分散聚苯乙烯胶乳制备的原理进行高分子多孔微球的单分散聚合,可以设想,具有刚性骨架的多孔高分子组分,高分子本体相——“液膜”又足够薄的粒度均匀的多孔微球将是一种较理想的色谱固定相。

三、高分子色谱

固定相类别

1. 气相色谱固定相^[3]

(1) 聚合物“吸附剂” 气相色谱用的高分子填料分离机理,许多学者认为是吸附机理,也有人划归为载体类。高聚物填料能涂布固定液使用,但其本身可直接使用,不单纯是吸附特性,在很大程度上显现出溶解为主的特性^[4,5],这类填料具有优良的色谱性能^[6],受到人们重视。

聚合物填料以二乙烯苯为交联剂与苯乙烯或含各种基团的烯类单体用惰性溶剂致孔,通过悬浮聚合而成,可制成各种极性的高分子多孔小球。代表性产品有Porapak系列、Chromosorb系列和我所研制的Sinopak-GDX系列等,适用于烃、醇、酮、酸、醛、酯、醚、胺、腈类和卤代烃等有机物及含氮、氧、氯和硫化合物等各种极性样品的分离分析。这类填料对水的保留值小于绝大多数有机物,且峰形窄而对称,可用于各种有机物中的痕量水的定量分析^[7~10]。

(2) 炭分子筛 以高分子为基材经高温热分解炭化而成,70年代出现的新型气-固色谱固定相^[11],表面结构均匀、耐高温、耐腐蚀、重现性优于活性炭、硅胶等无机吸

附剂,不易毒化,寿命长。对惰性气体、稀有气体、低碳的烃、烯、炔类气体及含氮、氧、硫和氯的气体有优越的分离特性^[12],1972年国外出现无定形碳分子筛 Carbo-sieve B^[13],我所于70年代初研制成功球形碳分子筛TDX-10^[14],国外也相继出现球形产品Sphorocarb、Carbosieve S等,我们在TDX-01型基础上又研制出性能更优的TDX-02^[15],柱效高、选择性好,尤其是水峰可出在甲烷之前,能用于各种气体及所有的有机物中痕量水分析,已与痕量水专用色谱仪配套,用于大气污染监测车成功地解决了ppm级CO₂的测定^[16]。

(3) 聚合物载体 对化学稳定性差、极性特强和有化学活性的试样,可选用这类特殊的载体^[3],有聚芳烃、聚烯烃、含氟聚合物、聚氨基甲酸酯(聚脲烷)和葡聚糖凝胶等。

(4) 高分子固定液

a. 脂肪烃类:分子量 $10^4 \sim 10^5$ 的线型聚烯烃、聚二烯类及烯烃类共聚物等,适用于非极性、低沸点、高级脂肪烃、芳烃和高沸点化合物的分离分析。

b. 芳烃类:聚苯乙烯、三聚1,2-二苯乙烯、八苯基对-五联苯等,适用于非极性、高级脂肪烃、芳烃、高沸点和一些极性化合物。

c. 二醇类和醇醚类:各种分子量的聚二醇(聚环氧烷)、聚甘油、聚间苯醚、聚二醇烷基芳基醚类和环氧树脂等,适用于脂肪烃、饱和及不饱和烃、正构及支化烃、芳烃、环烷烃、环烯烃及胺类化合物的分析,应用极广。

d. 聚酯类:各种分子量的聚二醇苯二甲酸酯类、聚二醇硬脂酸酯类、聚环氧乙烷油酸酯类、聚二醇二酸酯类和聚碳酸酯等,适用于广范围不同极性、芳香族及不饱和化合物、烷基取代异构物、各种含氧、硫醇、硫醚、含萜烯和非萜烯化合物、高级脂肪

酸、氨基酸、甾类化合物和各种高沸点增塑剂的分析。

e. 聚酰胺及胺类:各种分子量的聚乙二醇胺、聚酰胺、聚酰亚胺、聚烯亚胺和聚N-乙烯基吡咯烷酮等,适用于各种极性化合物和异构物、高级烃、酯、醇和甾类等高沸点化合物的分析。不适用酸、醛类物质。

f. 含氯和氟的烃及全氟烃聚合物:这类固定液有优良的化学和热稳定性,各种分子量的聚氟氯代烯、乙二醇聚烷氧基全卤代苯醚和氟橡胶等,适用于各种极性物质、卤代烃、甾类、有机和无机的腐蚀性物质及高沸点化合物和石油重整产品(C₃~C₈烃)等的分析。

g. 聚硅氧烷:是最常用的固定液,耐高温,由于温度对其粘度影响不大,可在-50~300℃范围广泛使用,在碱性条件会解聚不能使用,各种分子量的聚甲基硅氧烷适用于非极性和弱极性化合物的同系物、各种高沸点极性化合物、高级脂肪酸、氨基酸、酚、醇、胺类物质的分析。各种分子量的含苯基聚硅氧烷适用于多核芳烃、C₁₂~C₁₆醇和酚、青霉素、硅和锆的氢化物和含氯农药等试样的分析。各种分子量的含氟烷基聚硅氧烷适用于芳烃、烯烃与烷烃和环烷烃的分离,醇和酮类的分离,含卤素、甾类和多核芳烃等物质、糖衍生物、非对映立体异构物和金属螯合物的分离分析。各种分子量的含氰基聚硅氧烷适用于芳烃和脂肪烃的分离,苯酚、酚醚、芳胺和生物碱等化合物的分析。各种分子量的聚碳硼烷硅氧烷是热稳定性极高的固定液,特适用高沸点物质的分析。

(5) 表面键合聚合物的高效气相色谱填料 具有很高的热稳定性、高柱效,并在一定范围内不随样品量和性质以及操作条件而改变,适用于脂肪烃、脂肪酸、芳烃、芳酸、醇、酮、酸、酯、胺、酚、氨基酸、核酸衍生物、农药及高沸点化合物的分离分析。

已商品化的有在硅藻土或多孔硅胶表面键合聚合硅氧烷的固定相^[17],在 Zipax 表面键合聚合各种硅油的薄壳型固定相 Permaphase ETH、Permaphase CN^[18],这类固定相的样品负载量较小。

2. 高效液相色谱固定相^[19~28]

(1) 液-固吸附型 常见的有硅胶、氧化铝、氧化镁、活性炭和分子筛多孔微粒为主,尤以硅胶类应用最广。高分子交联聚苯乙烯多孔微粒有 Amberlite XAD 系列^[29]、Hitachi 3010 系列^[30],归属于吸附型固定相,我所研制的交联聚苯乙烯多孔微粒 Sinopak YSG-01^[5,31],通过色谱性能综合研究发现,对少数非极性试样的吸附系数较大,对极性试样其溶解系数占总保留值的 80% 多^[5,32]。用正己烷为流动相时对全部试样其吸附系数为零,都呈溶解的分离机理^[32]。少数非极性试样的吸附系数大是由于溶胀的结果,不是吸附机理,我们认为这类固定相应归属于分配色谱^[5,32]。

(2) 液-液分配型 有交联聚苯乙烯类型: Hitachi 3010 系列, TSK Styrene 系列, Amberlite XAD 系列和 Shodex Polymerpak 等,我所研制的 YSG-01(*p*-DVB),见图 4、5、6。含极性基团烯类单体共聚物填料: Hitachi 3020 系列、TSK Gel-PW 系列等,我所研制的 Sinopak-EDPM^[34]、Sinopak-NDPM^[35] 和 Styvite-OR^[36]。能广泛地应用于极性、非极性流动相,适用于各类有机物、生化物质、药物、蛋白质、肽、氨基酸、核甙、核酸、甾类、糖类、酸、酶、维生素、抗生素、染料、添加剂、表面活性剂、防腐剂和农药等试样的分离分析,并在离子对色谱方面更具特色^[33]。

(3) 离子交换型 高分子类占主导地位,硅胶类受 pH 和失活的限制,已商品化的交联聚苯乙烯类有 Hitachi 2610 和 2630 系列、Aminex 系列、TSK gel SCX、TSK gel SAX 和 Dionex DC 等,我所研制的

YSG-SO₃H⁺、YSG-CH₃N⁺(CH₃)₃Cl^[-38],其他含极性基团烯类单体共聚物有 TSK gel-DEAE-5PW、TSK gel-DC-5PW、Hitachi 3030 系列、Mono-S 和 Mono-Q 等。广泛适用于离子型无机和有机物、两性物质和某些极性物质,特别在氨基酸、蛋白质、肽和糖类的分析更为突出^[37]。

(4) 体积排除型 分子量超过 2000 的试样,用排除色谱法进行各种分子量级分的分离,这类固定相的孔径及孔径分布是主要指标,除硅胶类外,对生化物质、临床医学、药物化学和生命科学领域,高分子类固定相更为优异。

a. 凝胶渗透色谱 (GPC): 适用于油性的大分子试样,有硅胶类,高聚物以交联聚苯乙烯为主,有 TSK gel-G-H 系列、Styragel 系列、PL-Gel 系列和 HSG 系列等,我所研制的 NDG-L 系列等。

b. 凝胶过滤色谱 (GFC): 适用于水溶性大分子试样,是生物技术、生命科学领域中必不可少的分离技术。这类固定相以高分子为主体,有亲水性高分子材料的 Shodex OH pak 系列、TSK gel-G-PW 系列、Spheron 系列等,我所研制的 Sinopak EGPM 系列^[39]。还有对多孔交联聚苯乙烯进行亲水性处理的 Shodex Ionpak 系列等。葡聚糖凝胶 Sephadex 系列、Sephacryl 系列等。琼脂糖凝胶 Sepharose 系列和其他类型亲水性凝胶 Bio Gel P 系列、Enzacryl Gel 系列等。

(5) 离子色谱 (IC) 1975 年 H. Small 创立以离子交换技术为基础的分析离子型试样的色谱新技术——离子色谱^[40],可广泛应用于环境科学、生命科学、医药和食品工业以及资源开发和能源利用等,适用于无机和有机的离子型物质的分离分析,特别是阴离子色谱,解决了无机阴离子系统分析的难题。这类固定相以高分子为主,已商品化的有 Dionex CS 和 Dionex AS

系列^[41], TSK-IC-Cation-P W 系 TSK-IC-Anion-PW^[26] 以及我所研制的 Sinopak-L-01A^[42~44]。

四、高分子色谱固定

相的制备

1. 悬浮聚合

将单体和交联剂以惰性溶剂为致孔剂加入过氧化物或偶氮类引发剂, 在水中, 用表面活性剂或皂土、碳酸镁等悬浮稳定剂保护经搅拌分散成液珠, 经加热引发进行悬浮聚合, 一般情况可制得0.10~0.50mm 的高分子多孔小球, 经处理和筛分后可用于气相色谱。高效液相色谱固定相粒径不超过40 μ m, 制备时沿用悬浮聚合法, 改进分散稳定体系, 加进适当的乳化剂进行高速搅拌分散聚合, 已能制出5~60 μ m的多分散高分子多孔微球, 必需进行分级处理成窄分布的级分才能有效地应用。高分子微球颗粒细、相对密度小、又易产生静电, 分级要采用溶液沉降法^[45]、液体流动浮选法^[46]、微孔筛分法^[47]、超声振荡液流筛分法^[31, 48], 但仍不够均匀, 很难达到高效的要求, 需在合成均匀颗粒的方法上寻找出路。

2. 单分散聚合

近年高分子微球的单分散聚合方法已由涂料和感光胶片的填料以及用于电镜标样等领域扩展到高效液相色谱。Ottewill^[49]等在Vanderhoff^[22]的单分散聚苯乙烯胶乳制备方法的基础上, 进行了无乳化剂的单分散聚合方法研究, 不加乳化剂、以水作介质, 用苯乙烯单体、过硫酸钾引发剂, 氯化钠调节体系的离子强度, 进行加温引发聚合, 制得了纯度高、粒度均匀的1 μ m以下的单分散聚苯乙烯胶乳。以此原理研制出单分散交联聚苯乙烯胶乳成功地用于离子色谱固定相的附聚层^[41~44]。目前这类方法聚合的颗粒不大, 只是在1 μ m以下能保持很好的单分散性, 制

备5~10 μ m的单分散微球要采用二步溶胀法, 1985年Ugelstad^[50]等用上述单分散胶乳作“种子”溶胀入单体、交联剂后进行聚合, 可制得适用于高效液相色谱的粒度, 经化学修饰后成了性能优异的固定相, 用于快速蛋白液相色谱(FPLC), 商品名 Mono Beads系列^[51]。1986年柴志宽等^[36]从高分子溶液理论进行非均相溶液聚合新方法研究, 能一步制得粒度5~8 μ m的单分散色谱性能优良的填料。

悬浮聚合可适用于各类单体, 能合成各种类型的高分子色谱固定相, 其缺点是多分散, 经分级后才能使用。单分散聚合是高分子色谱固定相较理想的制备技术, 但目前仅适用为数不多的体系, 对多元体系、致孔因素的控制等问题还有待深入研究。在分子科学发展的基础上, 按照色谱技术的要求, 进行高分子色谱固定相的聚合、结构与性能关系研究, 进行分子设计, 可望结合单分散聚合方法研究的进展, 定能让色谱技术更加完美。

五、色谱应用例

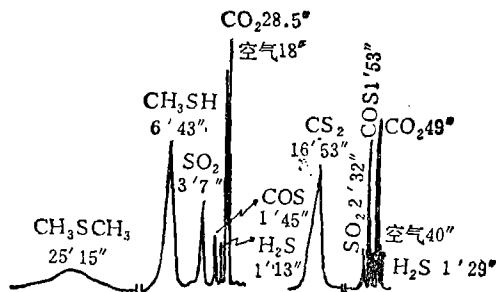


图 1 GDX-303用于硫化物的分析

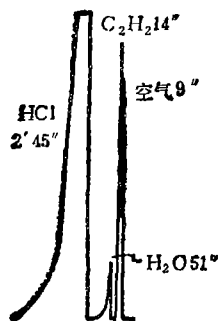


图 2 GDX填料用于痕量水的分析

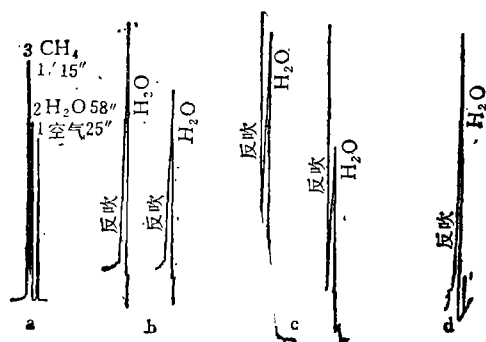


图 3 TDX填料用于痕量水的分析

- a—空气、水、甲烷的分离；
b—丁二烯中痕量水的分析；
c—C₆馏分中痕量水的分析；
d—正庚烷中饱和水的分析

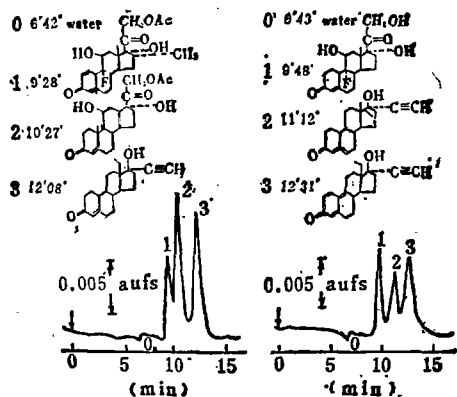


图 4 p-DVB用于甾类物质的分析

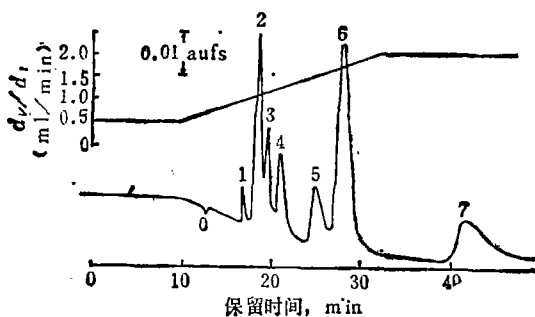


图 5 p-DVB用于芳烃物质的分析

- 0—12'52''水；
1—17'32''苯；
2—19'02''苯甲酸甲酯；
3—20'08''苯甲酸丙酯；
4—21'34''苯甲酸丁酯；
5—25'30''苯；
6—28'02''联苯；
7—42'12''菲

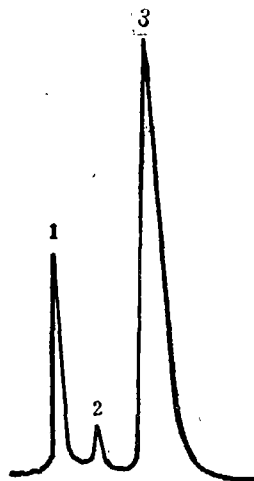


图 6 YSG-01用于激素物质的分析

- 1—3'27''雌(甾)二醇；
2—5'35''雌(甾)酮；
3—10'16''孕(甾)酮

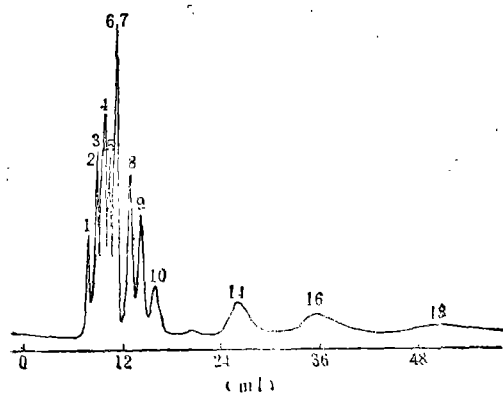


图 7 Styvite-OR用于脂肪酸的分析 ($\phi 10 \times 300$)

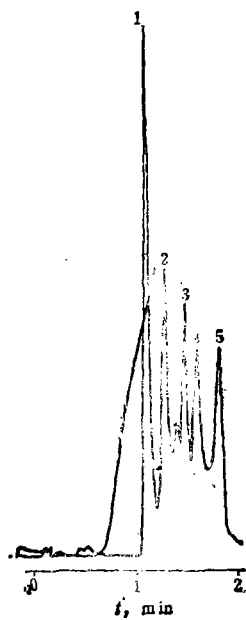


图 8 Mono-Q用于蛋白质的分离

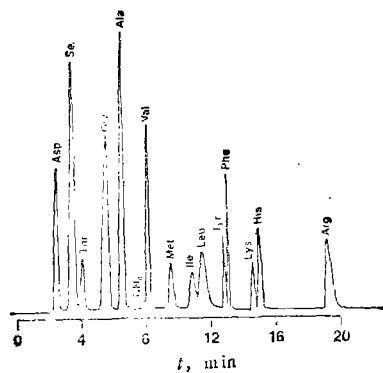


图 9 Dionex CS4用于氨基酸的分离 ($\phi 4 \times 250$)

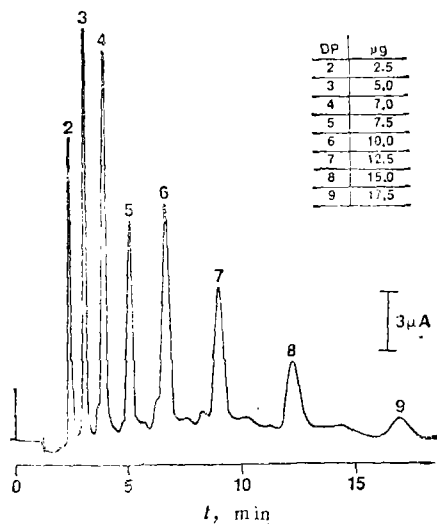


图 10 Dionex AS用于糖类物质的分离

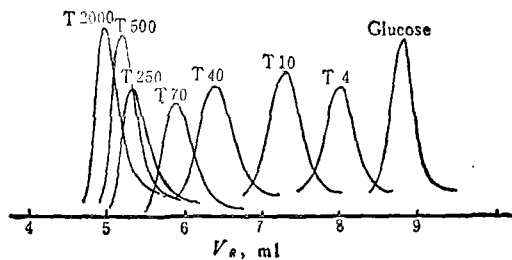


图 11 Sinopak-N-5011 ($\phi 4.6 \times 500$)
葡聚糖标样图谱

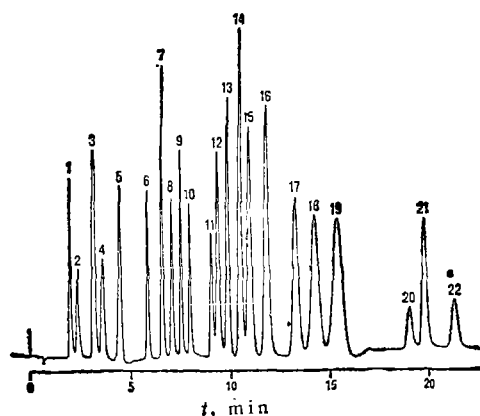


图 12 Dionex AS填料分离22种
无机和有机阴离子物质

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1— F^- ; | 2—Acetic; |
| 3—Formic; | 4—Pyruvic; |
| 5—Monochloroacetic; | 6— BrO_3^- ; |
| 7— Cl^- ; | 8— NO_2^- ; |
| 9— HPO_4^{2-} ; | 10— $HAsO_4^{2-}$; |
| 11—Glutaric; | 12—Succinic; |
| 13—Maleic; | 14— SO_4^{2-} ; |
| 15— NO_3^- ; | 16—Oxalic; |
| 17—Fumaric; | 18—Trichloroacetic; |
| 19—Oxaloacetic; | 20—Pyrophosphate; |
| 21—Citric; | 22—Isocitric |

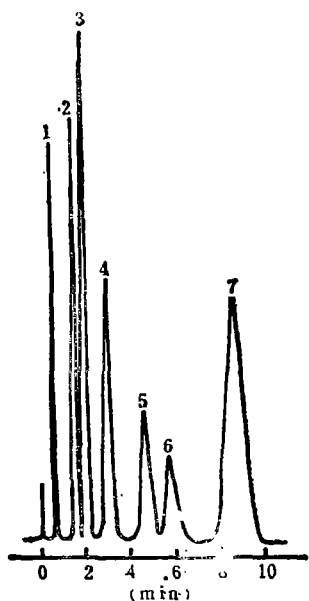


图 13 Sinopak-L-OIA分离7种
常见阴离子

- 1— F^- 1.5ppm; 2— Cl^- 4ppm; 3— NO_2^- 10ppm;
4— HPO_4^{2-} 25ppm; 5— Br^- 20ppm; 6— NO_3^-
30ppm; 7— SO_4^{2-} 30ppm

参 考 文 献

- [1] Majors, R. E., *J. Chromatogr. Sci.*, 1977, 15, 334.
- [2] Vanderhoff, J. W., Vitkuske, J. F., et al., *J. Polym. Sci.*, 1956, 20, 225.
- [3] 中国科学院化学研究所色谱组,《气相色谱手册》,科学出版社,北京,1977,66-206.
- [4] 中国科学院化学研究所色谱组,分析化学,1975, 3, 188.
- [5] 邓澧儒、胡喜章、吴其辉等,中国科学(B), 1982, (7), 607.
- [6] Dave, S. B., *J. Chromatogr. Sci.*, 1969, 7, 389.
- [7] Hollis, O. L., Hayes, W. V., *J. Chromatogr. Sci.*, 1960, 4, 235.
- [8] Onska, F., Jank, J., Krcmanave, M., *J. Chromatography*, 1969, 40, 209.
- [9] 北京分析仪器厂,分析仪器,1970, 1, 1.
- [10] Gough, T. A., *J. Chromatography*, 1972, 68, 31.
- [11] Kaiser, R., *Chromatographia*, 1969, 2, 453.
- [12] 苏天升、邓澧儒,化学试剂,1985, 7, 36.
- [13] Bollman, D. H., Mortimore, D. M., *J. Chromatogr. Sci.*, 1972, 10, 523.
- [14] 中国科学院化学研究所色谱组,化学通报, 1975, (3), 30.
- [15] 中国科学院化学研究所色谱组,分析化学, 1979, 7, 83.
- [16] 金文珠,环境科学,1978, (5), 32.
- [17] Hastings, C. R., Aue, W. A., *J. Chromatogr.*, 1970, 53, 487.
- [18] Kirkland, J. J., Destefano, J. J., *J. Chromatogr. Sci.*, 1970, 8, 309.
- [19] Snyder, L. R., Kirkland, J. J., "Introduction to Modern Liquid Chromatography", John Wiley & Sons, NEW YORK, 1974.
- [20] Walton, H. F., *Anal. Chem.*, 1980, 52, 15R.
- [21] Majors, R. E., Barth, H. G., Lochmuller, C. H., *Anal. Chem.*, 1982, 54, 323R.
- [22] Majors, R. E., Barth, H. G., Lochmuller, C. H., *Anal. Chem.*, 1984, 56, 300R.
- [23] Barth, H. G., Barber, W. E., Lochmuller, C. H., Majors, R. E., Regnier, F. E., *Anal. Chem.*, 1986, 58, 211R.
- [24] Barth, H. G., Barber, W. E., Lochmuller, C. H., Majors, R. E., Regnier, F. E., *Anal. Chem.*, 1988, 60, 387R.
- [25] 山辺武郎,《高速液体クロマトグラフィーの手引き》,幸书房,东京,1975.
- [26] Toyo Soda,《高速液体クロマトグラフィー総合カタログ'86》,东洋曹达工业株式会社,东京,1986.
- [27] Pharmacia, "FPLC: Data File", Pharmacia (下转第43、62页)



聚合物加工学会 (PPS)

聚合物加工学会 (The Polymer Processing Society, PPS) 成立于1985年3月28~29日, 在美国俄亥俄州的阿克伦 (Akron), 来自世界各地的工业公司和大学的200多位专家代表参加了成立大会, 热情地通过了新学会的宗旨。1986年4月1~4日在加拿大蒙特利尔举办了第二次年会, 与会者超过300人。PPS成立以后继续向前发展, 约有450人参加了在联邦德国斯图加特 (Stuttgart) 召开的第三次PPS年会, 以及在美国奥兰多 (Orlando) 的第四次 PPS 年会得到了国际上的广泛参与, 并制定了极好的科学和技术规划。第五次年会于1989年4月11~14日在日本京都举行。第六次PPS年会将于1990年4月17~20日在法国尼斯 (Nice) 召开, 目前正在征集会议论文, 联系人: 会议总秘书 Michel VINCENT-CEMEF, Ecole des Mines de Paris Rue Claude Daunes-

se-Sophia Antipolis, 06560 VALBONNE-FRANCE。

PPS的目的, 正象载入其章程中的那样, 是为了促进在聚合物加工方面的科学认识和技术发明, 为在这个领域中的世界范围内的工程师和科学家们提供一个讨论的论坛。PPS的主题范围包括应用于聚合物体系的从单体形式到商品的转变过程中所有的配方、转化和成型操作。

除了国际年会外, PPS的活动有地区的和地方的会议安排, 一种期刊出版物, 以及主办教育讨论班。

PPS的会员资格是对所有在这个领域中的研究人员以及所有感到学会的活动对其专业进展有促进作用的个人开放的。会员福利包括免费得到正式PPS期刊和优惠参加年会的机会。目前每年的会员费为40美元。

(吴 强)

(上接第43页)

Polymeric Chromatographic Stationary Phase

Hu Xizhang and Su Tiansheng

(Institute of Chemistry, Academia Sinica, Beijing)

Summary The polymeric materials as the chromatographic stationary phase have been described briefly in this review including the general situation, the separation principle on the gas and liquid chromatography.

Key words Stationary phase, Stationary liquid, Chromatography separation media, Polymer chromatography packings, Mono-dispersed polymerization

- C. S. Polym. Prepr.*, 1987, 28, 209.
- [19] Webster, O. W., *ibid*, 1986, 17, 161.
- [20] Yen Wei and Wnek, G. E., *ibid*, 1987, 28, 252.
- [21] Sogah, D. Y., Hertler, W. R. and Webster, O. W., *ibid*, 1984, 25(2), 3.
- [22] Sogah, D. Y., *ibid*, 1986, 27(1), 163.
- [23] Eastmond G. C., Grigor, J., *Makromol. Chem. Rapid Commun.*, 1986, 7, 375.
- [24] Hellstern, A. M., *A. C. S. Polym. Prepr.*, 1988, 29(1), 148.
- [25] Hellstern, A. M., Smith, S. D. and McGrath, J. E., *ibid*, 1987, 28(2), 328.
- [26] Spinell, J. H., *PCT Int. Appl. WO.*, 8, 600, 626.
- [27] Webster, O. W., Hertler, W. R., Sogah, D. Y. and RajanBabu, T. V., *J. Macromol. Sci. -Chem.*, 1984, A21, 943.
- [28] Hertler, W. R., *A. C. S. Polym. Prepr.*, 1987, 28(1), 108.
- [29] Hertler, W. R., *Macromolecules*, 1987, 20, 2976.
- [30] Webster, O. W., 《高分子合成-聚合反应与机理学术论文报告会预印集》, 南京, 1988.

Recent Development in Group Transfer Polymerization

Ruan Weixiang and Xu Lingyun

(Department of Material Science Fudan University, Shanghai)

Summary Recent developments in Group Transfer Polymerization on initiators, catalysts, monomers, stereochemistry, block and star polymers, end-capping, chain transfer and application have been reviewed with 30 references.

Key words Group transfer polymerization, Polymethyl methacrylate, Block copolymers, Star copolymers, Living polymerization

(上接第61页)

- cia, Uppsala, 1986.
- [28] 金恒亮, 《高压液相色谱法》, 原子能出版社, 北京, 1987, 84-166.
- [29] Cantwell, F. F., Baum, R. G., et al., *Anal. Chem.*, 1980, 52, 15.
- [30] 高井信治, 山辺武郎, 生产研究, 1974, 26, 344.
- [31] Deng Liru, et al., *J. Chromatogr.*, 1979, 186, 317.
- [32] 邓澧儒、吴其辉、胡喜章, 分析化学, 1985, 13, (2), 81.
- [33] Kroeff, E. P., Pietrzyk, D. L., *Anal. Chem.*, 1978, 50, 502.
- [34] 邓澧儒、苏天升、王玉梅, 分析化学, 1982, 10, 82.
- [35] 苏天升、孟庆成、王玉梅, 化学通报, 1982, (7), 13.
- [36] 柴志宽、蒋文辉、何秀娟、杜金玉、史兰阁, 中国专利, 86101723.4, 1988.
- [37] Wood, R., Cummings, L., Jupille, T., *J. Chromatogr. Sci.*, 1980, 18, 551.
- [38] 邓澧儒、李汝宜、胡喜章等, 《功能高分子学术论文报告预印集》, 中国化学会, 昆明, 1981, (B-01), 50.
- [39] 孟庆成、苏天升、邓澧儒, 科学通报, 1984, 29, 914.
- [40] Small, H., Stevens, T. S., Bauman, W. C., *Anal. Chem.*, 1975, 47, 1801.
- [41] Dionex, "Basic Ion Chromatography", Dionex Co., 1983.
- [42] 胡喜章、袁中利、孟庆成等, 《中国化学会第五次全国色谱学术报告会文集》, 1985, 成都, 526.
- [43] 袁中利、胡喜章、孟庆成、苏天升、郝晶慧、邓澧儒, 色谱, 1985, 3, 39.
- [44] 苏天升、胡喜章、周凤祥、郝晶慧, 科学通报, 1987, 32, 672.
- [45] Huber, J. F. K., *J. Chromatogr. Sci.*, 1969, 7, 85.
- [46] Deelder, R. S., et al., *J. Chromatogr.*, 1971, 57, 67.
- [47] Karger, B. L., et al., "An Introduction to Separation Science", John Wiley & Sons, NEW YORK, 1973, 543.
- [48] 胡喜章、李玉良、邓澧儒、郭学敬, 《中国化学会凝胶色谱讨论会论文摘要汇编》, 中国化学会, 桂林, 1981, 059, (G)-4.
- [49] Ottewill, R. H., et al., *Colloid & Polymer Sci.*, 1974, 252, 464.
- [50] Ugelstad, J., et al., *Makromol. Chem. Suppl.*, 1985, 10/11, 215.
- [51] Hearn, M. T. W., *Adv. Chromatogr.*, 1982, 22, 7.

(下转第62页)