

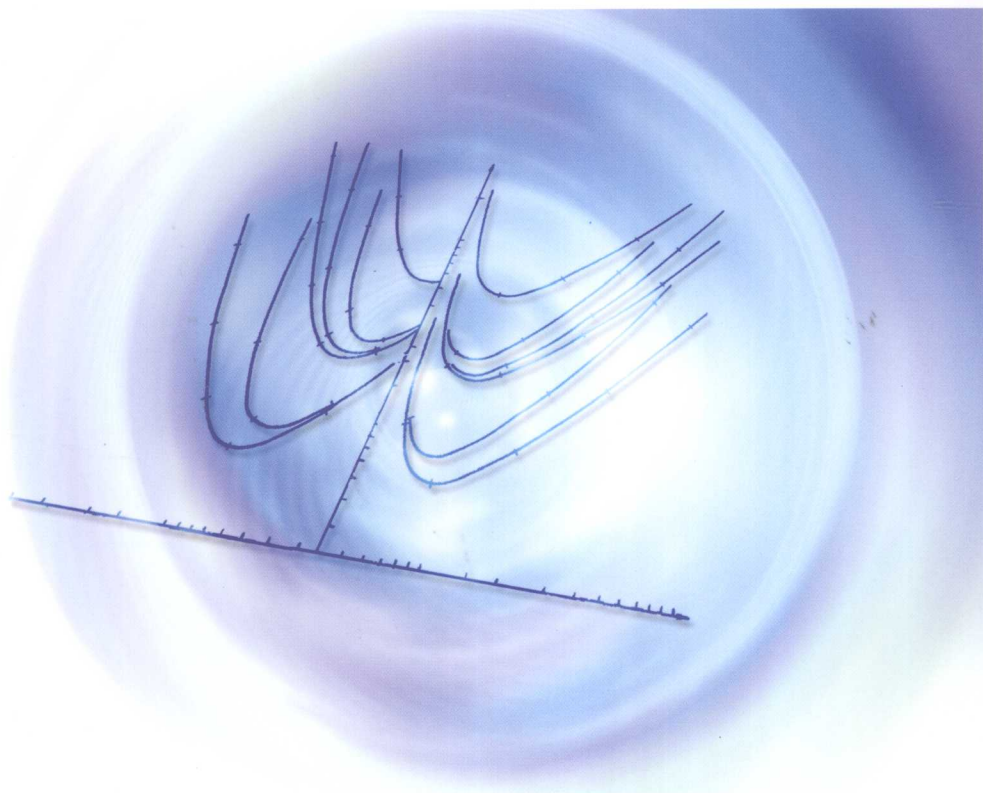
图解版 分析技术与实例丛书

图解

高效液相色谱 技术与应用



于世林 著



 科学出版社
www.sciencep.com

图解版分析技术与实例丛书

图解高效液相色谱 技术与应用

于世林 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

《图解高效液相色谱技术与应用》是《图解版分析技术与实例丛书》之一。

全书对高效液相色谱法的特点,仪器组成,测定中使用的固定相、流动相和梯度洗脱方法做了重点介绍,还对体积排阻色谱法、离子(交换)色谱法和亲和色谱法做了扩展介绍。其中对高效液相色谱法基本理论及建立高效液相色谱分析方法的一般步骤和实验技术的介绍是作者和国内、外专家实践经验的总结。全书提供的测定实例可供读者借鉴。

本书可作为中专和大专以上读者和工程技术人员以及化学专业研究生学习高效液相色谱分析技术的参考书,也可作为高等院校分析化学、仪器分析专业的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

图解高效液相色谱技术与应用 / 于世林著. —北京:科学出版社,2009
(图解版分析技术与实例丛书)

ISBN 978-7-03-024381-2

I. 图… II. 于… III. 液相色谱-图解 IV. O657.7-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 053868 号

责任编辑:杨 震 黄 海 沈晓晶 / 责任校对:张小霞
责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

随 主 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 5 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2009 年 5 月第一次印刷 印张: 30 1/4

印数: 1—3 000 字数: 590 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

《图解高效液相色谱技术与应用》是用图示方法演绎高效液相色谱方法全貌的一种尝试。希望读者能在一种比较轻松的气氛中,用感官直觉去帮助大脑思维,在较短时间的阅读中,获取尽可能多的分析信息。

高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)分析方法是当前有机定量分析的主要方法,已在生物化学、生物工程、医药研究、临床检验、食品分析、环境监测、精细化工、高分子化工等领域得到广泛应用,是从事分析检验人员解决实际分析问题的有力工具。

本书从阐述 HPLC 入门知识着手,使读者全面、深入了解 HPLC 技术的关键所在,并扩展 HPLC 的应用领域,及时介绍了 HPLC 领域的新知识、新技术的进展,使读者可在分析实践中应用获取的知识去解决实际的分析问题。

全书共分 11 章。

第 1 章绪论、第 2 章高效液相色谱仪简介,使读者对 HPLC 方法的特点、高效液相色谱仪的组成等入门知识有初步的理解。

第 3 章固定相,介绍了液固色谱、液液色谱和键合相色谱中固定相的组成、分类以及评价的方法。第 4 章流动相,介绍了构成流动相的溶剂特性参数、多元混合溶剂的多重选择性及改善色谱分离选择性的方法。第 5 章梯度洗脱,介绍了梯度洗脱进行的方法、影响梯度洗脱的因素和优化梯度洗脱的方法。此三章内容是学习 HPLC 方法的关键,必须认真阅读,并切实掌握其中的要点。

第 6 章体积排阻色谱法、第 7 章离子(交换)色谱法、第 8 章亲和色谱法,将 HPLC 从用于一般有机化合物分析扩展到高聚物、离子型化合物和生物分子(包括生物大分子)的分析,展现了 HPLC 方法的整体全貌。

第 9 章高效液相色谱法的基本理论,使读者从基础分离理论上获得提高,可站在更高起点来加深对 HPLC 方法的理解,以提高业务水平和解决实际分析问题的能力。

第 10 章主要介绍建立高效液相色谱分析方法的一般步骤和实验技术,使读者获得更多的实践知识,并了解建立 HPLC 分析方法的全过程。

第 11 章高效液相色谱法的分析应用,介绍了 HPLC 方法在生物化学、生物工程、医药研究、食品分析、环境监测、精细化工中应用的 100 多个实例,为读者提供了可供借鉴的依据,并可进一步深化对 HPLC 分析原理和测定方法的理解。

本书每章提供的每一个小标题,都是一个独立的知识点,每个知识点都将图示或表格排在最前面,以加强对读者的感官冲击,其后紧跟文字说明,以加深读者对

知识点内容的确切理解。

每个知识点用三个数字编号,第一个数字表示章号,第二个数字表示知识点群的编号,第三个数字表示知识点的顺序编号。它们的总和就构成高效液相色谱技术与应用的全貌。

本书所有知识点中的图示和表格的总和,可以组成 ppt 课件,并能用于课堂教学。

作者相信通过认真的学习,本书一定会对读者掌握 HPLC 方法有切实的帮助。

由于应用图解方法演绎 HPLC 方法的全貌是首次尝试,在图解内容表述与阐述 HPLC 方法系统性的有机结合上仍有不足。此外,作者采用图例的主观意图与读者对图例的理解上也会有一些差异。加上作者水平所限,本书难免存在不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

于世林

2008 年 11 月

于北京化工大学北方学院

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1.1 茨维特经典液相色谱实验	2
1.1.2 现代高效液相色谱分析系统	3
1.1.3 高效液相色谱与经典液相(柱)色谱法的比较	4
1.1.4 高效液相色谱与气相色谱的比较	5
1.2.1 高效液相色谱按两相分离过程的物理化学原理分类	7
1.2.2 高效液相色谱按溶质在色谱柱洗脱的动力学过程分类	10
1.3.1 高效液相色谱法的应用范围	11
1.3.2 高效液相色谱法使用的局限性	12
第 2 章 高效液相色谱仪简介	13
2.1.1 高效液相色谱仪组成示意图	14
2.1.2 流动相的储液罐	15
2.1.3 流动相的过滤器	16
2.1.4 流动相的减压过滤和抽真空脱气	17
2.1.5 流动相的吹氮脱气	18
2.1.6 流动相的加热回流脱气	19
2.1.7 流动相的超声波脱气	19
2.1.8 流动相的在线真空脱气	20
2.2.1 高压输液泵的分类	21
2.2.2 注射式柱塞恒流泵	22
2.2.3 Perkin-Elmer 200 系列高精度注射式柱塞恒流泵	23
2.2.4 单柱塞往复式恒流泵	25
2.2.5 隔膜式单柱塞往复恒流泵	26
2.2.6 往复式柱塞泵中偏心凸轮的设计、柱塞剖面 and 单向阀结构	27
2.2.7 压力传感器的结构	28
2.2.8 双柱塞往复式并联泵	29
2.2.9 Waters 1500 系列双柱塞往复式并联泵的机械传动机构	30
2.2.10 日立 L-7100 型双柱塞往复式串联泵的机械传动结构	30
2.2.11 双柱塞往复式串联泵	31
2.2.12 依利特 P 230 型双柱塞往复式串联泵的机械传动结构和泵头组装	

结构	32
2.2.13 双柱塞往复式并联泵和串联泵的结构比较	33
2.2.14 双柱塞各自独立驱动的往复式串联泵	34
2.2.15 Alliance 2690 分离单元主柱塞和蓄积柱塞相对运动矢量图	35
2.2.16 恒压泵(气动放大泵)	36
2.2.17 低压梯度(外梯度)	37
2.2.18 HP 1100 四元低压梯度系统	38
2.2.19 高压梯度(内梯度)	39
2.2.20 HP 1100 二元高压梯度系统	40
2.3.1 管道过滤器	40
2.3.2 脉动阻尼器	41
2.3.3 反压调节阀	42
2.3.4 无限直径效应	42
2.3.5 停流进样装置	43
2.3.6 六通阀进样装置	44
2.3.7 Rheodyne 7125 型六通进样阀的结构	45
2.3.8 Rheodyne 7410 型和 7520 型六通进样阀	46
2.3.9 Valco 微量注射六通阀	47
2.3.10 自动进样器	48
2.4.1 色谱柱材料及规格	49
2.4.2 保护柱	50
2.4.3 色谱柱连接方式	51
2.5.1 检测器的分类和响应特性	52
2.5.2 检测器的性能指标	53
2.5.3 基线的噪声、漂移;检测器的线性范围、灵敏度、敏感度的测量	54
2.5.4 固定波长紫外吸收检测器	55
2.5.5 可变波长紫外吸收检测器	56
2.5.6 紫外吸收检测器的光源特性	57
2.5.7 单通道 UVD 流通池的结构	58
2.5.8 光二极管阵列检测器	59
2.5.9 折射率检测器	60
2.5.10 蒸发光散射检测器的工作原理	61
2.5.11 ELSD 直通式漂移管中的撞击器	62
2.5.12 ELSD 流动相雾化和蒸发过程	63
2.5.13 ELSD 检测过程	64
2.5.14 荧光检测器	65

2.5.15	FLD 的检测池结构	66
2.5.16	电导检测器	67
2.5.17	电雾式检测器	68
2.5.18	多角度激光光散射检测器	69
2.6.1	微处理机	70
2.6.2	色谱工作站	71
2.6.3	HPLC 仪器简介	72
第3章	固定相	75
3.1.1	高效液相色谱常用的固定相	76
3.1.2	表征固定相性质的重要参数	77
3.1.3	固定相的粒径与标准筛的目数关系	78
3.1.4	全多孔、薄壳、非多孔硅胶(或 Al_2O_3)固定相的外观、形态	79
3.1.5	全多孔固定相的内部结构	80
3.2.1	液固吸附色谱的基本原理	81
3.2.2	液固吸附色谱固定相的分类及溶质的保留特性	82
3.2.3	全多孔硅胶表面硅羟基的结构	83
3.2.4	硅胶含有的金属杂质及对色谱行为的影响	84
3.2.5	硅胶表面结构经热处理后的变化	85
3.2.6	流动相水含量对硅胶固定相分离的影响	86
3.2.7	非典型、具有特殊孔隙结构的硅胶	87
3.2.8	苯乙烯-二乙烯基苯高交联全多孔(非多孔)共聚物[P(S-DVB)] 微球	88
3.2.9	流通粒子	89
3.2.10	聚合物包覆硅胶	90
3.2.11	石墨化炭黑的性能	91
3.2.12	石墨化炭黑的晶体结构	92
3.2.13	液固色谱法常用固定相的物理性质	93
3.3.1	液液分配色谱的基本原理	95
3.3.2	液液分配色谱使用的固定液	96
3.4.1	化学键合固定相的结构	97
3.4.2	化学键合固定相的制备	97
3.4.3	制备键合固定相进行的化学反应	98
3.4.4	化学键合固定相的类型及应用范围	99
3.4.5	正相键合相色谱法的分离原理	100
3.4.6	反相键合相色谱法的分离原理	101
3.4.7	硅胶表面残留硅羟基对化学键合相保留行为的影响	102

3.4.8	在正相键合相色谱中的氢键作用力	103
3.4.9	在反相键合相色谱中的疏水作用力	104
3.4.10	反相键合相色谱中流动相组成对分离选择性的调节	105
3.4.11	键合相的型号对色谱分离重现性的影响	106
3.4.12	新型单齿空间保护键合固定相	107
3.4.13	新型单齿水平聚合键合固定相	108
3.4.14	新型单齿高密度键合固定相	109
3.4.15	新型单齿立体保护键合固定相	109
3.4.16	新型单齿静电屏蔽键合固定相	110
3.4.17	新型双齿键合固定相	111
3.4.18	新型双齿多层键合固定相	111
3.4.19	新型多齿网络状多层键合固定相	112
3.4.20	新型高效键合固定相简介	113
3.4.21	评价反相固定相特性的 Tanaka 参数	115
3.4.22	用 Tanaka 参数评价常用反相色谱柱	116
3.4.23	评价反相固定相特性的平面六轴极坐标图示	117
3.5.1	整体色谱柱	118
3.5.2	聚合物凝胶整体柱	119
3.5.3	交互传导介质整体柱	120
3.5.4	硅胶凝胶整体柱	121
3.5.5	硅胶凝胶整体柱与硅胶微粒填充柱的渗透性能比较	122
3.5.6	整体柱与微粒填充柱、开管柱的柱性能比较	123
3.6.1	反相离子对色谱法基本原理	124
3.6.2	反相离子对色谱法的固定相和流动相	125
3.6.3	反相离子对色谱法分离强极性有机酸	126
3.6.4	正相离子对色谱法的固定相和流动相	127
3.6.5	离子对色谱法中,流动相的 pH 对分离选择性的影响	128
3.6.6	正相离子对色谱法分离生物胺	129
3.6.7	在离子对色谱法中,离子对试剂的性质和浓度的影响	130

第 4 章 流动相

4.1.1	在高效液相色谱分析中,对作为流动相溶剂的要求	132
4.1.2	高效液相色谱法中选择流动相的一般方法	133
4.1.3	在高效液相色谱分析中,表征溶剂特性的重要参数	134
4.1.4	溶剂强度参数 ϵ^0	135
4.1.5	溶解度参数 δ	138
4.1.6	极性参数 P'	139

4.1.7	黏度 η	141
4.1.8	二元混合溶剂流动相的表面张力 γ 和介电常数 ϵ	142
4.1.9	作为高效液相色谱法流动相的溶剂性质	143
4.2.1	溶剂的选择性分组	145
4.2.2	多元混合溶剂的多重选择性	146
4.2.3	在正相色谱中流动相的选择	150
4.2.4	在反相色谱中流动相的选择	151
4.2.5	反相色谱中具有等强度洗脱能力的二元混合溶剂的对应组成 ..	152
4.2.6	流动相的极性与溶质的容量因子的关联	153
4.3.1	通过调节流动相的极性来改善色谱分离的选择性	154
4.3.2	反相色谱中,改变多元混合溶剂中强洗脱溶剂组成对分离选择性 的影响	155
4.3.3	通过向流动相中加入改性剂来改善色谱分离的选择性	156
4.3.4	溶质的保留值随流动相溶剂极性变化的一般规律	157
4.4.1	绿色流动相——超热水	158
4.4.2	超热水流动相的获取方法	159
4.4.3	超热水作流动相,以 UVD 作检测器的高效液相色谱仪	160
4.4.4	超热水作流动相,以 FID 作检测器的高效液相色谱仪	161
4.4.5	以超重水 (D_2O) 作流动相的高效液相色谱仪,并同时构成 HPLC-NMR-MS 联用体系	162
第 5 章	梯度洗脱	163
5.1.1	等度洗脱和梯度洗脱	164
5.1.2	梯度洗脱的基本原理	166
5.1.3	梯度洗脱中平均容量因子 $\bar{k}'$ 和梯度洗脱时间 t_G 的计算	167
5.2.1	影响梯度洗脱的各种因素:梯度洗脱时间 (t_G) 对分离的影响	168
5.2.2	梯度陡度对保留值的影响	169
5.2.3	强洗脱溶剂组分 B 浓度变化范围的影响	171
5.2.4	柱温变化对保留值的影响	173
5.2.5	梯度洗脱程序曲线形状的影响	174
5.3.1	梯度洗脱的实验条件:空白梯度	175
5.3.2	色谱柱中流动相的平衡	176
5.3.3	线性梯度洗脱的滞后现象	177
5.4.1	梯度洗脱的图示方法:二元溶剂梯度洗脱	178
5.4.2	三元溶剂梯度洗脱	179
5.4.3	四元溶剂梯度洗脱	181

第 6 章 体积排阻色谱法	184
6.1.1 体积排阻色谱法原理	185
6.1.2 样品分子的分布系数和凝胶的渗透极限、排阻极限.....	186
6.1.3 体积排阻色谱法的特点	187
6.2.1 体积排阻色谱法固定相的分类	188
6.2.2 软质凝胶:葡聚糖.....	189
6.2.3 半刚性凝胶	190
6.2.4 刚性凝胶	191
6.2.5 新型体积排阻固定相	194
6.2.6 凝胶固定相的特性参数	196
6.2.7 凝胶色谱柱的制备	197
6.2.8 体积排阻色谱图的特点	198
6.3.1 体积排阻色谱法中对流动相的要求	199
6.3.2 凝胶渗透色谱使用的流动相	200
6.3.3 一些聚合物样品的折射率	201
6.3.4 凝胶过滤色谱使用的流动相	202
6.4.1 聚合物的平均相对分子质量	203
6.4.2 聚合物的相对分子质量分布	204
6.4.3 典型的凝胶渗透色谱图	205
6.4.4 凝胶渗透色谱柱标定曲线的制作	206
6.4.5 通用的校正方法——普适校正法	207
6.4.6 常见聚合物-溶剂体系中,Mark-Houwink 方程中的 K 和 α 值	209
第 7 章 离子(交换)色谱法	211
7.1.1 离子交换色谱分离原理	212
7.1.2 离子交换色谱的选择性系数和容量因子	213
7.2.1 苯乙烯-二乙烯基苯共聚物为基体的阳、阴离子交换树脂的制备	214
7.2.2 常用离子交换树脂的性质	215
7.2.3 离子交换树脂的结构形态	216
7.3.1 抑制器的工作原理	217
7.3.2 树脂填充抑制器	218
7.3.3 管状空心纤维抑制器	220
7.3.4 平板微膜抑制器	221
7.3.5 自动再生连续工作的抑制器	223
7.4.1 离子(交换)色谱的流动相组成	224
7.4.2 在线淋洗液发生器	225
7.5.1 直流安培检测器	226

7.5.2	脉冲安培检测器	229
7.5.3	积分安培检测器	230
7.6.1	用在线淋洗液发生器分析多种阴离子混合物	231
7.6.2	体液中儿茶酚胺的测定	232
7.6.3	基于脉冲安培检测的糖类分析方法	233
7.6.4	基于积分安培检测的氨基酸分析方法	234
第8章	亲和色谱法	235
8.1.1	亲和色谱法的分离原理:锁匙结构络合物的生成	236
8.1.2	亲和色谱法的分类	238
8.2.1	亲和色谱法固定相对基体材料的要求及基体材料的分类	239
8.2.2	葡聚糖	240
8.2.3	琼脂糖	242
8.2.4	聚丙烯酰胺及其衍生物	244
8.2.5	甲基丙烯酸酯共聚物凝胶	247
8.2.6	脲醛树脂	248
8.2.7	多糖聚合物基体的活化	249
8.2.8	合成高聚物基体的活化	250
8.2.9	无机载体材料的活化	251
8.3.1	间隔臂在亲和固定相中的作用	252
8.3.2	间隔臂长度的选择	253
8.3.3	疏水性间隔臂	254
8.3.4	亲水性间隔臂	255
8.4.1	亲和色谱的配位体分类	256
8.4.2	生物特效配位体	257
8.4.3	染料配位体	258
8.4.4	定位金属离子配位体	259
8.4.5	包合配合物配位体	260
8.5.1	亲和色谱流动相的组成	261
8.5.2	非选择性洗脱法(一):改变流动相的 pH	262
8.5.3	非选择性洗脱法(二):改变流动相的离子强度	263
8.5.4	非选择性洗脱法(三):改变流动性的极性	264
8.5.5	非选择性洗脱法(四):加入离液序列试剂	265
8.5.6	特效性洗脱法	266
8.5.7	特殊洗脱方法	267
第9章	高效液相色谱法的基本理论	268
9.1.1	色谱分离过程的基本关系式(一):溶质的保留值	269

9.1.2	色谱分离过程的基本关系式(二):色谱柱的柱效	270
9.1.3	色谱分离过程的基本关系式(三):相邻组分的分离度	271
9.2.1	表征液相色谱柱填充性能的重要参数(一):总孔率	272
9.2.2	表征液相色谱柱填充性能的重要参数(二):柱压力降	273
9.2.3	表征液相色谱柱填充性能的重要参数(三):柱渗透率	274
9.3.1	高效液相色谱的速率理论:液体和气体流动相性质的差别	275
9.3.2	影响溶质在液相色谱柱中运行的各种因素	276
9.3.3	引起溶质色谱峰形扩展的因素(一):涡流扩散项	277
9.3.4	引起溶质色谱峰形扩展的因素(二):分子扩散项	278
9.3.5	引起溶质色谱峰形扩展的因素(三):固定相的传质阻力项	279
9.3.6	引起溶质色谱峰形扩展的因素(四):移动流动相的传质阻力项	280
9.3.7	引起溶质色谱峰形扩展的因素(五):滞留流动相的传质阻力项	281
9.3.8	速率理论:范第姆特方程式的表达及图示	282
9.3.9	高效液相色谱和气相色谱范第姆特曲线的比较	283
9.4.1	描述色谱柱性能的折合参数	284
9.4.2	诺克斯方程式	285
9.4.3	使用不同粒度固定相色谱柱的 $h-v$ 曲线的比较	286
9.5.1	色谱柱的三个重要操作参数	287
9.5.2	实用柱操作参数的优化	288
9.5.3	保持色谱柱柱效不变前提下,色谱分析参数的相关性	289
9.5.4	色谱柱操作参数优化的图示法	290
9.5.5	在不同黏度流动相中,色谱柱操作参数的优化图示法	292
9.6.1	HPLC 中的“无限直径”效应	294
9.6.2	HPLC 的柱外效应	295
9.7.1	超高效液相色谱技术	296
9.7.2	超高效液相色谱的理论基础	297
9.7.3	ACQUITY UPLC™ C ₁₈ 色谱柱	298
9.7.4	超高效液相色谱的输液系统	300
9.7.5	超高效液相色谱的高速检测器	302
9.7.6	低扩散、低交叉污染的自动进样器	303
9.7.7	超高效液相色谱的应用	305
9.7.8	UPLC 中使用亚 2 μ m 反相固定相的色谱分离特性	307
9.7.9	UPLC 与 HPLC 的比较和超高效液相色谱仪的研制现状	308
第 10 章	建立高效液相色谱分析方法的一般步骤和实验技术	310
10.1.1	建立 HPLC 分析方法的一般步骤	311
10.1.2	分离模式选择的依据(一):样品的溶解度	312

10.1.3	分离模式选择的依据(二):样品的相对分子质量范围	313
10.1.4	分离模式选择的依据(三):样品的分子结构和分析特性	314
10.1.5	根据样品的溶解性质来选择 HPLC 分离方法	319
10.1.6	根据样品的相对分子质量来选择 HPLC 分离方法	320
10.2.1	分离操作条件的选择:容量因子 k' 和死时间 t_M 的测量	322
10.2.2	色谱柱操作参数的选择	323
10.2.3	样品组分保留值和容量因子的选择	324
10.2.4	相邻组分的选择性系数和分离度的选择	325
10.3.1	HPLC 的实验技术(一):溶剂的纯化技术	327
10.3.2	HPLC 的实验技术(二):HPLC 色谱柱的装填方法:干法填充 和湿法填充	328
10.3.3	HPLC 的实验技术(三):梯度洗脱技术	333
10.3.4	HPLC 的实验技术(四):色谱柱前和柱后的衍生化技术	334
第 11 章	高效液相色谱法的分析应用	335
11.1.1	在生物化学和生物工程中的应用	336
11.1.2	氨基酸分析中使用的柱前衍生化试剂及高效液相色谱分析	337
11.1.3	氨基酸和小肽的液相色谱分离	342
11.1.4	蛋白质的高效液相色谱分离	345
11.1.5	核碱和核苷的紫外吸收曲线及高效液相色谱分析	351
11.1.6	核碱、核苷和核苷酸组成的对应关系与它们的高效液相色谱 分析	354
11.1.7	寡聚核苷酸、核酸及其碎片与它们的高效液相色谱分析	360
11.1.8	生物碱的高效液相色谱分析	365
11.2.1	在医药研究中的应用	367
11.2.2	解热镇痛药 APC 的成分分析	368
11.2.3	镇静药巴比妥类药物分析	369
11.2.4	安定药物的成分分析	370
11.2.5	心血管药物的分析	371
11.2.6	磺胺类消炎药的成分分析	372
11.2.7	甾类药物的分析	373
11.2.8	肾上腺皮质激素的分析	374
11.2.9	抗生素分析	375
11.2.10	头孢菌素混合物的分析	376
11.2.11	硫酸庆大霉素有效成分分析	377
11.2.12	四环素的分离	378
11.2.13	生物碱类药物分析	379

11.2.14	麻醉药物的分析	380
11.2.15	手性药物心得安对映体的分离	381
11.2.16	中药人参中有效成分分析	382
11.2.17	中药银杏提取液中有效成分分析	383
11.3.1	在食品分析中的应用	384
11.3.2	单糖在胺基键合相上的分离	385
11.3.3	有机酸及酸味剂的分离	388
11.3.4	水溶性维生素的分析	391
11.3.5	油溶性维生素的分析	393
11.3.6	食品中防腐剂的分离	396
11.3.7	食品中抗氧化剂的分离	399
11.3.8	软饮料中糖精和甜味素的分离	402
11.3.9	食用香料的分离	404
11.3.10	在反相键合相上,人工合成色素的分析	406
11.3.11	在多孔石墨碳反相柱,用 ELSD 分析矿泉水中痕量无机离子 ..	411
11.3.12	食品污染物的分析	412
11.4.1	在环境污染分析中的应用	415
11.4.2	多环芳烃的紫外吸收波长和荧光的激发和发射波长以及它们的 高效液相色谱分析	415
11.4.3	在硅胶正相吸附色谱柱上多氯联苯的分离	419
11.4.4	在正相分配色谱柱上有机氯农药的分离	421
11.4.5	在反相键合相上有机磷农药的分离	422
11.4.6	在反相键合相上氨基甲酸酯类农药的分离	423
11.4.7	在反相键合相上苯酚及其衍生物的分离	424
11.4.8	在反相键合相上脂肪胺的分离	425
11.5.1	在精细化工分析中的应用	427
11.5.2	在正相分配固定相上芳基取代醇和多元醇的分析	427
11.5.3	在反相键合相上芳香醇、醛、酮的分析	428
11.5.4	在硅胶正相吸附色谱柱上肉豆蔻醚和芳香醚的分析	429
11.5.5	在非极性色谱柱上脂肪酸的分析	430
11.5.6	在反相键合相上芳香酸酯的分析	431
11.5.7	在键合固定相上表面活性剂的分析	433
11.5.8	用凝胶渗透色谱柱分析聚合物标样	436
11.5.9	用高效阴离子交换柱 (HPAE) 和脉冲安培检测器 (PAD) 分析 天然产物聚合物	437

参考文献.....	440
参考书目.....	444
附录一 高效液相色谱仪的故障排除与维护.....	445
附录二 色谱柱的平衡、保护与清洗、再生技术.....	452
附录三 高效液相色谱的固定相.....	458

第一章 绪 论

内 容 提 要

高效液相色谱法 (high performance liquid chromatography, HPLC) 是在 20 世纪 60 年代末期迅速发展起来的用于有机物定量分析的仪器分析方法。

HPLC 是在经典液相(柱)色谱的基础上,采用了由全多孔或非多孔高效微粒($1.7\sim 10\mu\text{m}$)固定相制备的色谱柱,由高压输液泵(high pressure transfer liquid pump)输送流动相,用高灵敏度检测器进行检测,实现了高柱效、高选择性、高灵敏度的快速分析,并成为有机物定量分析的主要分析工具。

本章主要介绍经典液相(柱)色谱法、高效液相色谱法各自的特点,并进行对比。

为阐明高效液相色谱法在有机定量分析中的重要性,本章将它与气相色谱法(gas chromatography, GC)进行了比较。

为了全面了解 HPLC 的概貌,本章还对它的分类方法、应用范围和使用的局限性做了简要的介绍。