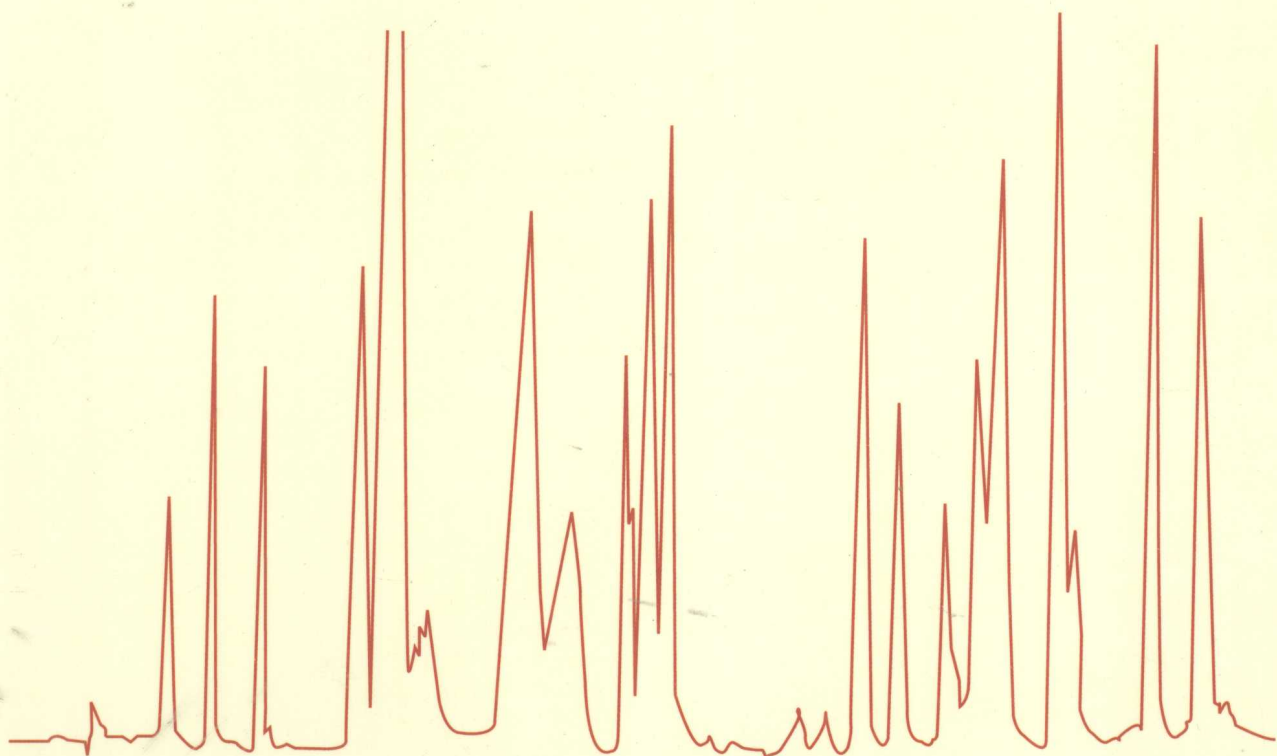


张庆合 主编 张维冰 杨长龙 李彤 副主编

# 高效液相色谱 实用手册

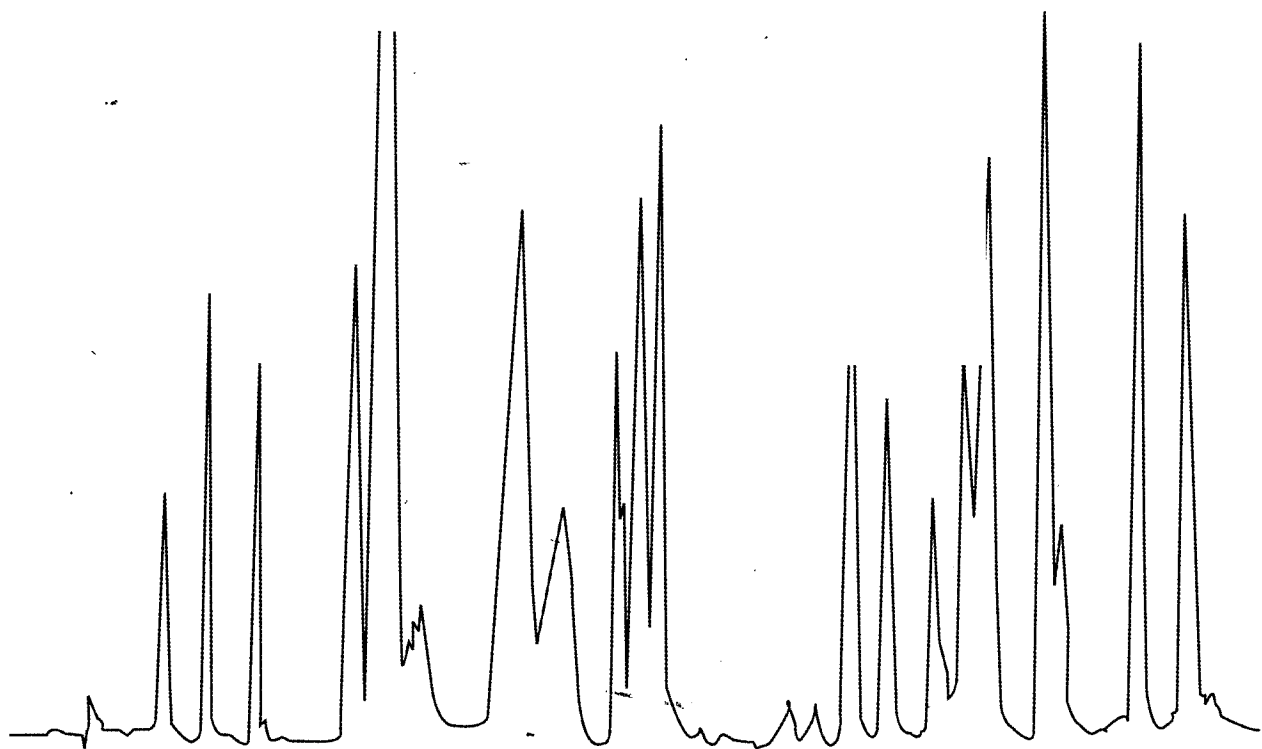


化学工业出版社

张庆合 主编

张维冰 杨长龙 李彤 副主编

# 高效液相色谱 实用手册



化学工业出版社

· 北京 ·

本书由两篇构成，第一篇是液相色谱分析的基础与最新进展，包括液相色谱基本知识及名词术语、流动相、色谱柱、仪器、定性与定量分析、样品前处理与液相色谱方法建立等内容；第二篇收集了300余张生物大分子、天然产物、食品添加剂、生化医药及中草药等领域典型的实际应用谱图与详尽的分析方法，以便读者参阅。

本书在取材上突出实用性，注重基础知识、基础数据与色谱技术的最新进展，提供了系统了解液相色谱基础知识、查阅常用资料数据、参阅相关样品的分离检测方法、排除常见故障等方面的综合信息。内容丰富、资料翔实。可供各行业从事色谱分析工作的人员查阅参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

高效液相色谱实用手册/张庆合主编. —北京: 化学工业出版社, 2008.1

ISBN 978-7-122-01645-4

I. 高… II. 张… III. 液相色谱-手册 IV. 0657.7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 187799 号

---

责任编辑: 任惠敏

文字编辑: 刘志茹

责任校对: 吴静

装帧设计: 张辉

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$  字数 448 千字 2008 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

随着相关学科的发展与色谱工作者的不懈努力,高效液相色谱已经成为目前环境、生化、制药、食品安全等领域应用最为广泛的分离分析技术之一,尤其是近 10 年来,在仪器集成与自动化、色谱柱与色谱填料、色谱方法建立等方面的快速发展,更加突出显示了高效液相色谱在现代分析检测中的巨大作用。基于液相色谱应用实际,我们编著了《高效液相色谱实用手册》,作为液相色谱实验室的案头手册,提供系统了解液相色谱基础知识、查阅常用资料数据、参阅相关样品的分离检测方法、排除常见故障等方面的综合信息。近年来超高效液相色谱、多维液相色谱、整体色谱柱等本学科的最新进展和热门研究方向,尤其随着蛋白质组学、环境科学等方面取得的诸多令人瞩目的研究进展,给高效液相色谱的应用提供了更为广阔的空间,本书中对这些问题皆有涉猎,以满足读者对最新研究进展了解的需求。

本手册的内容分为两个部分(两篇),第一部分是基础篇,依次介绍了液相色谱基本知识及名词术语、液相色谱流动相、液相色谱柱、色谱仪器、定性与定量分析、样品前处理与液相色谱方法建立;第二部分汇集了 300 余张生物大分子、天然产物、食品添加剂、生化医药及中草药等领域色谱分离分析的实际应用谱图与详尽的分析方法,以便读者参阅。

本书第一章、第六章由张维冰编写;第二章、第五章由杨长龙编写;第三章、第四章、第七章由张庆合编写;应用谱图部分由杨长龙、张庆合整理,最后由张庆合、张维冰、李彤汇总定稿。此外,张丽华、魏远隆、唐涛、初洪涛、陶红、张英、徐鹏等也参加了本书的部分编写工作。谱图部分的工作得到了大连依利特分析仪器有限公司、Waters、Shodex、Merck、ThermoFisher、Agilent 等公司的全力支持与帮助,使本书的内容更充实、完善。

在本书编写过程中,得到了中国计量科学研究院、中国科学院大连化学物理研究所、齐齐哈尔大学、大连依利特分析仪器有限公司同仁的大力支持和帮助,张玉奎院士认真审阅了本书大纲,并作了斧正,对本书的出版给予了热情关注。任惠敏编辑提出了许多宝贵建议,作者在此一并表示由衷感谢。

由于时间较为仓促,不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

作者

2007 年秋于北京

# 目 录

## 第一篇 液相色谱分析原理与技术

第一章 液相色谱基础 .....	1
1.1 液相色谱基本原理和方法 .....	1
1.1.1 高效液相色谱发展简史 .....	1
1.1.2 高效液相色谱分离原理 .....	3
1.1.3 高效液相色谱的分类 .....	3
1.1.4 高效液相色谱仪的基本构造 .....	4
1.2 常用术语 .....	8
1.2.1 色谱曲线 .....	8
1.2.2 分离模式 .....	9
1.2.3 仪器 .....	10
1.2.4 固定相和流动相 .....	11
1.2.5 色谱参数 .....	12
1.2.6 其他概念 .....	13
1.3 重要色谱参数的计算及测定方法 .....	15
1.3.1 保留时间和保留体积 .....	15
1.3.2 柱效能指标 .....	16
1.3.3 谱带展宽 .....	17
1.4 微柱液相色谱系统 .....	18
1.4.1 泵系统 .....	19
1.4.2 检测系统 .....	19
1.4.3 进样系统 .....	20
1.4.4 柱系统 .....	20
1.5 多维液相色谱系统 .....	21
1.5.1 二维液相色谱原理 .....	21
1.5.2 二维液相色谱切换技术 .....	21
1.6 常用液相色谱参考资料及相关网站 .....	22
1.6.1 国内出版的图书 .....	22
1.6.2 国内外相关杂志 .....	23
参考文献 .....	26
第二章 流动相 .....	28
2.1 液相色谱流动相的特征 .....	28
2.1.1 对流动相选择的一般要求 .....	28

2.1.2 液相色谱流动相的物理性质 .....	28
2.2 正相色谱流动相 .....	33
2.2.1 溶剂强度 .....	33
2.2.2 溶剂的选择性 .....	34
2.3 反相色谱流动相 .....	35
2.3.1 流动相的选择 .....	35
2.3.2 流动相的 pH 值 .....	36
2.4 离子交换色谱流动相 .....	36
2.4.1 流动相的 pH 值 .....	36
2.4.2 流动相的离子强度 .....	37
2.5 体积排阻色谱流动相 .....	37
2.5.1 凝胶渗透色谱的流动相选择 .....	38
2.5.2 凝胶过滤色谱的流动相 .....	38
2.6 常用缓冲溶液流动相及其配制方法 .....	38
2.6.1 缓冲溶液流动相的配制程序 .....	38
2.6.2 常用缓冲液的配制 .....	39
2.7 液相色谱流动相常见问题 .....	42
2.7.1 流动相的脱气 .....	42
2.7.2 流动相的过滤 .....	42
2.7.3 流动相的贮存 .....	43
2.7.4 卤代有机溶剂应特别注意的问题 .....	43
参考文献 .....	43

<b>第三章 色谱柱</b> .....	<b>44</b>
3.1 色谱柱结构与性能评价 .....	44
3.1.1 色谱柱的分类 .....	44
3.1.2 色谱柱结构 .....	44
3.1.3 色谱柱的评价 .....	45
3.2 液相色谱填料基质 .....	47
3.2.1 硅胶微粒 .....	48
3.2.2 多孔聚合物 .....	49
3.2.3 石墨化炭填料 .....	49
3.2.4 化学键合固定相 .....	50
3.3 正相色谱固定相 .....	51
3.3.1 几种常用的正相色谱固定相 .....	51
3.3.2 常见的商品极性化学键合相 .....	52
3.4 反相色谱固定相 .....	54
3.4.1 硅胶基质反相色谱固定相 .....	54
3.4.2 有机高分子类型的反相色谱填料 .....	54
3.4.3 强极性化合物分离反相色谱固定相 .....	55
3.4.4 全氟烷基键合固定相 .....	56

3.5	离子交换色谱固定相 .....	56
3.5.1	多糖基质离子交换色谱固定相 .....	57
3.5.2	聚合物基质的离子交换色谱固定相 .....	58
3.6	体积排阻色谱固定相 .....	62
3.6.1	无机基质凝胶 .....	62
3.6.2	高聚物类型的凝胶渗透色谱填料 .....	64
3.6.3	高聚物类型的凝胶过滤色谱填料 .....	64
3.6.4	商品凝胶色谱填料信息 .....	67
3.7	手性色谱固定相 .....	67
3.7.1	手性固定相的分类 .....	67
3.7.2	商品手性固定相信息 .....	69
3.8	其他类型 HPLC 固定相 .....	72
3.8.1	疏水性相互作用固定相 .....	72
3.8.2	高效亲和色谱固定相 .....	72
3.8.3	灌注色谱固定相 .....	75
3.8.4	高聚物型离子色谱填料 .....	75
3.8.5	膜基质 .....	75
3.8.6	HPLC 整体柱 .....	76
3.9	色谱柱常见问题 .....	76
3.9.1	键合硅胶固定相的稳定性 .....	76
3.9.2	色谱柱寿命与使用条件 .....	77
3.9.3	保留值与选择性变化 .....	78
3.9.4	保留值与分离度重现性变化 .....	78
3.9.5	色谱峰拖尾 .....	79
3.9.6	色谱柱的再生 .....	79
	参考文献 .....	80

<b>第四章</b>	<b>仪器系统 .....</b>	<b>81</b>
4.1	输液系统 .....	81
4.1.1	输液泵的种类与原理 .....	81
4.1.2	气动放大泵 .....	81
4.1.3	螺旋注射泵 .....	82
4.1.4	隔膜泵 .....	82
4.1.5	往复式柱塞泵 .....	82
4.2	梯度洗脱装置 .....	84
4.2.1	梯度混合器 .....	84
4.2.2	梯度滞后体积 .....	84
4.2.3	商品液相色谱输液泵的指标 .....	85
4.2.4	液相色谱输液系统常见问题 .....	85
4.3	进样系统 .....	87
4.3.1	进样阀 .....	87

4.3.2	自动进样器	88
4.3.3	自动进样器常见问题和解决办法	90
4.4	检测器	90
4.4.1	紫外检测器	90
4.4.2	二极管阵列检测器	95
4.4.3	荧光检测器	97
4.4.4	示差折光检测器	99
4.4.5	蒸发光散射检测器	101
4.4.6	质谱检测器	104
4.4.7	电化学检测器	106
4.4.8	其他类型的液相色谱检测器	110
4.5	色谱配件	111
4.5.1	管路与连接件	111
4.5.2	连接件	113
4.5.3	其他配件	114
	参考文献	114
<b>第五章 定性定量方法</b>		115
5.1	液相色谱定性分析	115
5.1.1	利用已知标准样品定性	115
5.1.2	利用检测器的选择性定性	115
5.1.3	利用紫外检测器全波长扫描定性	116
5.1.4	利用保留值规律定性	117
5.1.5	联用技术结合定性	118
5.2	定量分析方法	118
5.2.1	准确度、精密度和线性范围	118
5.2.2	检测限和定量限	119
5.2.3	信号的测量	119
5.2.4	峰高与峰面积定量	120
5.2.5	定量方法	120
5.2.6	痕量组分定量分析方法	124
	参考文献	125
<b>第六章 样品预处理</b>		126
6.1	概述	126
6.2	液-液萃取	128
6.2.1	液-液萃取的基本操作	129
6.2.2	液-液萃取溶剂的选择	129
6.2.3	液-液萃取常用装置	130
6.3	固相萃取	131
6.3.1	固相萃取的原理及特点	131



6.3.2	固相萃取常用的吸附剂 .....	131
6.3.3	洗脱剂 .....	133
6.3.4	固相萃取装置及操作 .....	133
6.3.5	固相微萃取 .....	134
6.4	膜分离 .....	136
6.4.1	膜分离原理 .....	137
6.4.2	膜的分类 .....	137
6.4.3	膜分离过程的类型及特点 .....	137
6.4.4	膜分离装置 .....	137
6.4.5	膜分离技术存在的问题及解决方法 .....	138
6.5	衍生化技术 .....	139
6.5.1	衍生化作用与反应要求 .....	139
6.5.2	柱前衍生化 .....	140
6.5.3	柱后衍生化 .....	140
6.5.4	紫外衍生化 .....	140
6.5.5	荧光衍生化 .....	143
	参考文献 .....	144

## 第七章 液相色谱方法发展 .....

7.1	分离方法的建立 .....	145
7.1.1	样品的性质 .....	145
7.1.2	分离的目的 .....	145
7.1.3	建立分离方法 .....	146
7.1.4	有机残留物确认方法 .....	149
7.1.5	常见问题 .....	149
7.2	液相色谱分析方法的论证与完善 .....	149
7.2.1	准确度 .....	150
7.2.2	精密度 .....	150
7.2.3	线性 .....	151
7.2.4	范围 .....	151
7.2.5	检测限和定量限 .....	151
7.2.6	专属性 .....	151
7.2.7	抗耐性 .....	152
7.2.8	系统适用性 .....	152
7.2.9	论证结果和最终方法的文件形成 .....	152
	参考文献 .....	153

## 第二篇 液相色谱应用图集

### 第八章 生物样品谱图集 .....

图 8-1	肽和蛋白质的分离谱图 .....	156
-------	------------------	-----

图 8-2	标准蛋白分离谱图 .....	156
图 8-3	用于分子量标记的蛋白质的分离谱图 .....	157
图 8-4	乳清蛋白质的分离谱图 .....	157
图 8-5	标准蛋白分离谱图 .....	157
图 8-6	人血清中蛋白的分离谱图 .....	158
图 8-7	木瓜蛋白酶的分离谱图 .....	158
图 8-8	抗生素蛋白的分离谱图 .....	158
图 8-9	胰凝乳蛋白酶的分离谱图 .....	159
图 8-10	碳酸酐酶等蛋白质分离谱图 .....	159
图 8-11	胰凝乳蛋白酶 A 等蛋白质分离谱图 .....	159
图 8-12	醛缩酶等蛋白质的分离谱图 .....	160
图 8-13	大豆中脂肪氧化酶的分离谱图 .....	160
图 8-14	胶原质消化物与 BSA 的分离谱图 .....	160
图 8-15	BSA 及其二聚体和三聚体分离谱图 .....	161
图 8-16	小鸡白蛋白(粗品)的分离谱图 .....	161
图 8-17	粗脂肪氧化酶分离谱图 .....	161
图 8-18	粗过氧化氢酶的分离谱图 .....	162
图 8-19	粗己糖激酶的分离谱图 .....	162
图 8-20	人血清的分离谱图 .....	162
图 8-21	人胰蛋白酶消化物中免疫球蛋白 G (IgG) 的分离谱图 .....	163
图 8-22	伴刀豆球蛋白 A 等蛋白质的分离谱图 .....	163
图 8-23	血浆和血清中胆红素的分离谱图 .....	163
图 8-24	苯基硫脲衍生氨基酸的分离谱图 .....	164
图 8-25	氨基酸分离谱图 .....	164
图 8-26	NBD 衍生氨基酸分离谱图 .....	165
图 8-27	2,4-二硝基氟苯柱前衍生测定 18 种氨基酸 .....	165
图 8-28	17 种氨基酸分离谱图 .....	166
图 8-29	18 种氨基酸的分离谱图 .....	166
图 8-30	ELSD 检测氨基酸的分离谱图 .....	167
图 8-31	SinoChrom 柱分离四种氨基酸的谱图 .....	167
图 8-32	犬尿氨酸的分离谱图 .....	167
图 8-33	羟脯氨酸异构体的分离谱图 .....	168
图 8-34	14 种未衍生氨基酸的分离谱图 .....	168
图 8-35	17 种未衍生氨基酸标准混合溶液的 HPLC-ELSD 色谱图 .....	168
图 8-36	标准氨基酸衍生物的色谱分离图(a) 及质谱总离子流图(b) .....	169
图 8-37	精氨酸类物质的分离谱图 .....	169
图 8-38	烟酸及其衍生物的分离谱图 .....	170
图 8-39	核酸碱的分离谱图 .....	170
图 8-40	18 种核苷及其碱的分离谱图 .....	170
图 8-41	19 种核苷酸的分离谱图 .....	171
图 8-42	寡核苷酸分离谱图 .....	171

图 8-43	核苷酸分离谱图(1)	171
图 8-44	核苷酸分离谱图(2)	172
图 8-45	环核苷酸分离谱图	172
图 8-46	腺嘌呤与吡啶核苷酸类物质的分离谱图	172
图 8-47	丙氨酸小肽的分离谱图	173
图 8-48	核苷酸的分离谱图	173
图 8-49	核糖核苷酸与环式核苷酸的分离谱图	173
图 8-50	十二种核苷酸的分离谱图	174
图 8-51	糖核苷酸的分离谱图	174
图 8-52	六种肽的分离谱图	174
图 8-53	碱性肽的分离谱图	175
图 8-54	用酸性及碱性洗脱液分离寡肽	175
图 8-55	寡肽的分离谱图	176
图 8-56	二肽的分离谱图	176
图 8-57	高半胱氨酸与谷胱甘肽的分离谱图	176
图 8-58	垂体后叶催产素等肽的分离谱图	177
图 8-59	亲水性小肽的分离谱图	177
图 8-60	极性小肽的分离谱图	177
图 8-61	血清中胆红素的分离谱图	178
图 8-62	酪蛋白磷酸肽的分离谱图	178
图 8-63	太子参中环肽类化合物的 HPLC 图(a) 和 HPLC/ESI-TOF-MS 总 离子流图(b)	178
图 8-64	游离霉酚酸及其代谢物分离谱图	179
图 8-65	人体主要乳蛋白的分离谱图	179
图 8-66	金属硫蛋白分离谱图	180
<b>第九章 中草药样品谱图集</b>		<b>181</b>
图 9-1	安神胶囊中五味子醇甲分离	181
图 9-2	芍药苷分离谱图	181
图 9-3	欧前胡素分离谱图(1)	181
图 9-4	欧前胡素分离谱图(2)	181
图 9-5	腺苷分离谱图	182
图 9-6	橙皮苷分离谱图	182
图 9-7	补骨脂素分离谱图(1)	182
图 9-8	补骨脂素分离谱图(2)	182
图 9-9	重楼皂苷分离谱图	183
图 9-10	薯蓣皂苷原分离谱图	183
图 9-11	紫丁香苷分离谱图	183
图 9-12	大黄分离谱图	184
图 9-13	靛玉红分离谱图	184
图 9-14	丹酚酸 B 分离谱图	184

图 9-15	大黄素与大黄酚分离谱图	185
图 9-16	阿魏酸分离谱图	185
图 9-17	梓醇分离谱图	185
图 9-18	葛根素分离谱图	186
图 9-19	甘草(甘草苷)分离谱图	186
图 9-20	甘草(甘草酸)分离谱图	186
图 9-21	小檗碱分离谱图(1)	187
图 9-22	小檗碱分离谱图(2)	187
图 9-23	小檗碱分离谱图(3)	187
图 9-24	荷叶碱分离谱图	188
图 9-25	人参皂苷 Rg <sub>1</sub> , Re 的分离谱图	188
图 9-26	人参皂苷分离谱图(1)	188
图 9-27	人参皂苷分离谱图(2)	189
图 9-28	人参皂苷分离谱图(3)	189
图 9-29	三七皂苷与人参皂苷分离谱图	189
图 9-30	人参皂苷的 HPLC 分离谱图(a) 和总离子流色谱图(b)	190
图 9-31	黄芪甲苷分离谱图	190
图 9-32	苦参碱分离谱图	191
图 9-33	六味地黄丸(丹皮酚)分离谱图	191
图 9-34	六味地黄丸(马钱苷)分离谱图	191
图 9-35	芦荟苷分离谱图	192
图 9-36	槲皮素分离谱图	192
图 9-37	麻黄碱分离谱图	192
图 9-38	蔓荆子黄素分离谱图	193
图 9-39	丹皮酚分离谱图	193
图 9-40	丁香酚分离谱图	193
图 9-41	木香烃内酯分离谱图	194
图 9-42	山柰素分离谱图	194
图 9-43	胆红素分离谱图	194
图 9-44	秦皮素分离谱图	195
图 9-45	青藤碱分离谱图	195
图 9-46	忍冬藤中绿原酸分离谱图	195
图 9-47	松果菊苷分离谱图	196
图 9-48	桂皮醛分离谱图	196
图 9-49	芦丁分离谱图	196
图 9-50	蛇床子素分离谱图	197
图 9-51	次野鸢黄素分离谱图	197
图 9-52	绿原酸分离谱图	197
图 9-53	七叶皂苷分离谱图	198
图 9-54	绿原酸与芦丁分离谱图	198
图 9-55	土荆皮乙酸分离谱图	198

图 9-56	槲皮素与山柰素分离谱图	199
图 9-57	没食子酸分离谱图	199
图 9-58	熊果酸分离谱图	199
图 9-59	熊果酸与齐墩果酸分离谱图	200
图 9-60	仙茅苷分离谱图	200
图 9-61	川续断皂苷分离谱图	200
图 9-62	蒙花苷分离谱图	201
图 9-63	银杏叶提取物分离谱图	201
图 9-64	菝葜皂苷原分离谱图	201
图 9-65	六味地黄丸中九种常见化学成分的总离子流色谱图(a)和紫外色谱图(b)	202
图 9-66	伞形科草本植物中当归的分离谱图	202
图 9-67	双醋瑞因的分离谱图	203
图 9-68	甘草苷与甘草酸的分离谱图	203
图 9-69	大黄素、大黄酸与芦荟大黄素的分离谱图	203
图 9-70	槲皮素与山柰酚的分离谱图	204
图 9-71	四种黄酮类化合物的分离谱图	204
图 9-72	保和丸中5种有机酸的分离谱图	204
图 9-73	甘草酸分离谱图	205
图 9-74	野菊花绿原酸的分离谱图	205
图 9-75	芦荟中低分子量有机酸的分离谱图	205
图 9-76	桑叶中1-脱氧野尻霉素的分离谱图	205
图 9-77	马兜铃的色谱分离谱图(a)及质谱总离子流图(b)	206
图 9-78	齐墩果酸分离谱图	206
图 9-79	京尼平苷酸的分离谱图	206
图 9-80	苍术分离谱图	206
图 9-81	茯苓中三萜成分的分离谱图	207
图 9-82	阿魏酸与藁本内酯分离谱图	207
图 9-83	黄芩中类黄酮的 HPLC-UV 色谱图(a)及总离子流图(b)	208
图 9-84	山楂中类黄酮分离谱图	209
图 9-85	莲心碱、异莲心碱及甲基莲心碱的分离谱图	209
<b>第十章 天然产物及食品添加剂谱图集</b>		<b>210</b>
图 10-1	饮料中维生素的分离谱图	210
图 10-2	熊果苷及相关化合物的分离谱图	210
图 10-3	软饮料中天冬氨酰苯丙氨酸甲酯的分离谱图	210
图 10-4	胡萝卜素的分离谱图	211
图 10-5	生物碱的分离谱图	211
图 10-6	儿茶酚分离谱图	211
图 10-7	儿茶酚分离谱图	212
图 10-8	着色剂分离谱图	212
图 10-9	消毒剂分离谱图	212

图 10-10	黄烷酮葡萄糖苷的分离谱图 .....	213
图 10-11	类黄酮分离谱图 .....	213
图 10-12	食品防腐剂分离谱图 .....	213
图 10-13	有机酸分离谱图 .....	214
图 10-14	芍药醇分离谱图 .....	214
图 10-15	甾醇类分离谱图 .....	214
图 10-16	甜菊苷与甜菊糖双苷 A .....	215
图 10-17	生育酚 (维生素 E) 的分离谱图 .....	215
图 10-18	人血清中维生素 A 与 $\alpha$ -生育酚 (维生素 E) 的分离谱图 .....	215
图 10-19	$\beta$ -胡萝卜素谱图 .....	215
图 10-20	食品中维生素的分离谱图 .....	216
图 10-21	营养饮料分析谱图 .....	216
图 10-22	甾族化合物分离谱图 .....	216
图 10-23	生物碱分离谱图 .....	217
图 10-24	食品稳定剂的分离谱图 .....	217
图 10-25	橙皮苷分离谱图 .....	217
图 10-26	防腐剂分离谱图 .....	218
图 10-27	食品中苯甲酸、山梨酸、羟苯甲酯与羟苯丙酯防腐剂的分离谱图 .....	218
图 10-28	蝶呤的分离谱图 .....	218
图 10-29	磷脂的分离谱图 .....	218
图 10-30	$\beta$ -胡萝卜素分离谱图 .....	219
图 10-31	类固醇分离谱图 .....	219
图 10-32	11 种类固醇的分离谱图 .....	219
图 10-33	类固醇的分离谱图 .....	220
图 10-34	果汁中糖的分离谱图 .....	220
图 10-35	三嗪与苯脲的分离谱图 .....	220
图 10-36	软饮料添加剂的分离谱图(1) .....	221
图 10-37	软饮料添加剂的分离谱图(2) .....	221
图 10-38	饮料中香料的分离谱图 .....	221
图 10-39	三嗪类除草剂的分离谱图 .....	222
图 10-40	酒中有机酸的分离谱图 .....	222
图 10-41	果汁的分离谱图 .....	222
图 10-42	运动饮料的分离分析谱图 .....	222
图 10-43	葡萄糖浆的分离分析谱图 .....	223
图 10-44	发酵产品的分离分析谱图 .....	223
图 10-45	色拉中杀虫剂的分离谱图 .....	223
图 10-46	果汁和蜂蜜中糖类的分离谱图 .....	224
图 10-47	酸奶中糖类的分离谱图 .....	224
图 10-48	迷迭香酸的分离谱图 .....	224
图 10-49	羊肝中三嗪类除草剂的分离谱图 .....	225
图 10-50	复杂基质中类胡萝卜素的分离谱图 .....	225

图 10-51	维生素 K 类物质的分离谱图 .....	225
图 10-52	高密度脂蛋白中磷脂酰乙醇的分离谱图 .....	226
图 10-53	游离氨基酸分离谱图 .....	226
图 10-54	消毒剂中苯扎氯铵的分离谱图 .....	226
图 10-55	消毒剂中的 4 种季铵盐的分离谱图 .....	227
图 10-56	着色剂、甜味剂与防腐剂的分离谱图 .....	227
图 10-57	染发剂中染料半成品(氨基酚类化合物)的分离谱图 .....	228
图 10-58	柑橘类黄酮的分离谱图 .....	228
图 10-59	类黄酮分离谱图 .....	228
图 10-60	大豆异黄酮分离谱图 .....	229
图 10-61	五氯酚分离谱图 .....	229
图 10-62	<i>N</i> -甲基氨基甲酸酯类农药及其代谢产物的分离谱图 .....	229
图 10-63	氨基甲酸酯类农药的总离子流色谱图 .....	230
图 10-64	莠去津及其主要降解产物分离谱图(a)及质谱总离子流图(b) .....	230
图 10-65	三种一氯酚异构体的分离谱图 .....	231
图 10-66	饮料与咖啡中咖啡因分离谱图 .....	231
图 10-67	化妆品中美白成分分离谱图 .....	231
图 10-68	杀螟硫磷与蚊蝇醚分离谱图(1) .....	232
图 10-69	杀螟硫磷与蚊蝇醚分离谱图(2) .....	232
图 10-70	四种杀虫剂分离谱图 .....	232
图 10-71	四种杀虫剂的 TIC 及 EIC/MS 色谱图 .....	233
图 10-72	六种杀真菌剂分离谱图 .....	233
图 10-73	邻苯二甲酸酯类与苯甲酸酯类物质的分离谱图 .....	234
图 10-74	维生素 H 分离谱图 .....	234
图 10-75	水溶性维生素的分离谱图 .....	234
图 10-76	维生素 B 的 LC/UV 分离谱图(a)与 LC/MS-MRM 谱图(b) .....	235
图 10-77	茶碱与乙羟茶碱分离谱图 .....	236
图 10-78	安息香酸与山梨酸分离谱图 .....	236
图 10-79	有机氯农药分离谱图 .....	237
图 10-80	五种农药及其代谢物分离谱图 .....	237
图 10-81	酚醛树脂类化合物的分离谱图 .....	237
图 10-82	圣草酚分离谱图 .....	238
图 10-83	胆固醇及其氧化产物的总离子流图 .....	238
图 10-84	黄酮醇分离谱图 .....	238
图 10-85	香草醛分离谱图 .....	239
图 10-86	玉米赤霉烯酮及其代谢物总离子流图 .....	239
图 10-87	玉米赤霉烯酮及其代谢物总离子流图 .....	239

<b>第十一章 生化医药类样品谱图集 .....</b>	<b>240</b>
图 11-1 肾上腺皮质类固醇的分离谱图(1) .....	240
图 11-2 肾上腺皮质类固醇的分离谱图(2) .....	240

图 11-3	黄曲霉毒素的分离谱图 .....	241
图 11-4	黄曲霉毒素 B <sub>1</sub> 、B <sub>2</sub> 、G <sub>1</sub> 、G <sub>2</sub> 的分离谱图 .....	241
图 11-5	生物碱的分离谱图 .....	241
图 11-6	罂粟生物碱的分离谱图 .....	242
图 11-7	尿囊素与水溶性维生素的分离谱图 .....	242
图 11-8	镇痛药分离谱图 .....	242
图 11-9	雄激素的分离谱图 .....	243
图 11-10	血管紧缩素分离谱图 .....	243
图 11-11	抗心律失常药物的分离谱图 .....	243
图 11-12	抗生素的分离谱图(1) .....	244
图 11-13	抗生素的分离谱图(2) .....	244
图 11-14	治疗艾滋病 (HIV) 药物的分离谱图 .....	244
图 11-15	HIV 非核苷逆转录酶抑制剂与蛋白酶抑制剂分离谱图 .....	245
图 11-16	苯甲酸衍生物的分离谱图 .....	245
图 11-17	钙拮抗剂的分离谱图 .....	245
图 11-18	强心苷的分离谱图 .....	246
图 11-19	头孢菌素抗生素的分离谱图 .....	246
图 11-20	头孢菌素 C 的分离谱图 .....	246
图 11-21	生药 (葡糖苷) 的分离谱图 .....	247
图 11-22	利尿药物的分离谱图 .....	247
图 11-23	蜕皮激素的分离谱图 .....	247
图 11-24	雌激素分离谱图 .....	248
图 11-25	雌激素与黄体酮的分离谱图 .....	248
图 11-26	16 种激素分离谱图 .....	248
图 11-27	酚类环境雌激素分离谱图 .....	249
图 11-28	真菌性雌激素的分离谱图 .....	249
图 11-29	植物性雌激素的分离谱图 .....	249
图 11-30	天然雌激素与烷基酚类雌激素的分离谱图 .....	250
图 11-31	雌激素分离谱图 .....	250
图 11-32	雌激素与孕激素分离谱图 .....	251
图 11-33	酚类雌激素的分离谱图 .....	251
图 11-34	酚类环境雌激素的总离子流色谱图 .....	252
图 11-35	己烯雌酚的分离谱图 .....	252
图 11-36	雌激素分离谱图 .....	252
图 11-37	雌二醇分离谱图 .....	253
图 11-38	胰岛素的分离谱图 .....	253
图 11-39	L-抗坏血酸与异抗坏血酸的分离谱图 .....	253
图 11-40	局部麻醉剂的分离谱图 .....	254
图 11-41	萘啶酸抗菌药物的分离谱图 .....	254
图 11-42	青霉素抗菌药物的分离谱图 .....	254
图 11-43	磺胺类药物的分离谱图 .....	255



图 11-44	退热药物的分离谱图 .....	255
图 11-45	抗癌药物的分离谱图 .....	255
图 11-46	消炎药物的分离谱图 .....	256
图 11-47	普鲁卡因胺的分离谱图 .....	256
图 11-48	甲基黄嘌呤类药物的分离谱图 .....	256
图 11-49	局部麻醉剂的分离谱图 .....	257
图 11-50	磺胺的分离谱图 .....	257
图 11-51	巴比妥酸盐类的分离谱图 .....	257
图 11-52	柴胡皂苷分离谱图 .....	257
图 11-53	多胺及其乙酰基衍生物的分离谱图 .....	258
图 11-54	安非他明及其衍生物的分离谱图 .....	258
图 11-55	茴香醚(苯甲醚)的分离谱图 .....	258
图 11-56	碱性药物的分离谱图 .....	259
图 11-57	$\beta$ -阻断药的分离谱图 .....	259
图 11-58	麻黄素的分离谱图 .....	259
图 11-59	左旋四咪唑的分离谱图 .....	259
图 11-60	麻醉剂的分离谱图 .....	260
图 11-61	人血清中三种酰胺类局部麻醉药的分离谱图 .....	260
图 11-62	人尿液中三种局部麻醉剂的分离谱图 .....	260
图 11-63	抗痉挛药物的分离谱图 .....	260
图 11-64	精神抑制药物的分离谱图 .....	261
图 11-65	肌肉松弛药物的分离谱图 .....	261
图 11-66	四环素的分离谱图 .....	261
图 11-67	绿原酸的分离谱图 .....	261
图 11-68	绿原酸与黄芩苷分离谱图 .....	262
图 11-69	黄嘌呤的分离谱图 .....	262
图 11-70	类固醇的分离谱图 .....	262
图 11-71	类固醇衍生物的分离谱图 .....	263
图 11-72	氯林肯霉素的分离谱图 .....	263
图 11-73	血管紧缩素分离谱图 .....	263
图 11-74	青霉素的分离谱图 .....	264
图 11-75	普鲁卡因胺的分离谱图 .....	264
图 11-76	卡马西平(酰胺咪嗪)的分离谱图 .....	264
图 11-77	治疗疟疾药物的分离谱图 .....	265
图 11-78	甲酸盐流动相毒品的分离分析谱图 .....	265
图 11-79	醋酸盐流动相毒品的分离谱图 .....	265
图 11-80	磷酸盐流动相毒品的分离谱图 .....	265
图 11-81	毒品混合物的分离分析谱图 .....	266
图 11-82	吗啡与纳洛芬的分离谱图 .....	266
图 11-83	利多卡因与阿密曲替林的分离谱图 .....	266
图 11-84	降压利尿药的分离谱图 .....	266