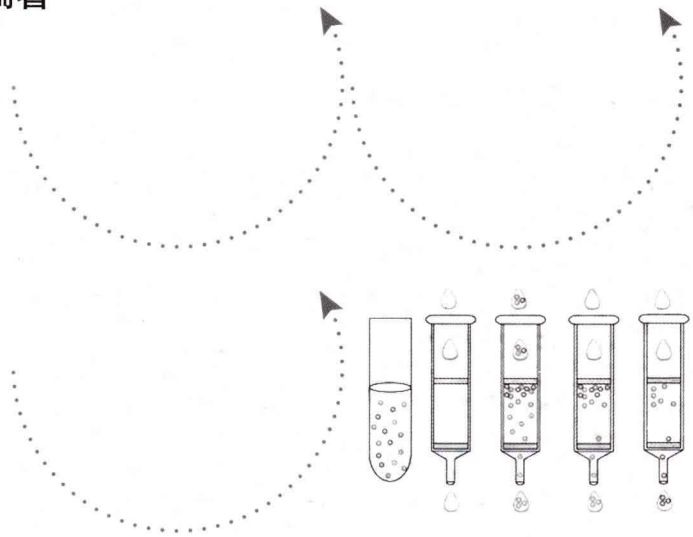
固相萃取
技术与应用

陈小华　汪群杰　编著



科学出版社
www.sciencep.com

(O-3716.0101)

固相萃取技术与应用

ISBN 978-7-03-025969-1

9 787030 259691 >

销售分类建议：化工/分析技术
化学/分析化学

定 价：88.00 元

固相萃取技术与应用

陈小华　汪群杰　编著

O658.2
C592

科学出版社
北京

内 容 简 介

固相萃取是样品前处理的重要技术之一，已被广泛地应用于食品安全检测、水质环保监测、临床医学、新药开发、刑事鉴定、生命科学等众多领域。

本书从固相萃取的基本理论入手，系统地介绍了固相萃取技术的基本原理，固相萃取材料，固相萃取方法的建立与优化，固相萃取的自动化以及固相萃取在环境水质分析、食品安全分析、司法鉴定分析、药物分析、生物工程等领域的应用。为了便于读者在实际分析工作中应用，书中汇集了大量常见化合物的理化参数。同时，还对固相萃取技术应用中经常遇到的问题提出了解决方法。最后，对固相萃取技术的前景进行了展望。

本书可供从事食品分析、环境及水质分析、司法鉴定分析、药物分析及临床药物监测、烟酒/茶叶研究分析、中药研究分析以及生命科学等相关学科及产业部门的科技工作者参考，并可作为大专院校相关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

固相萃取技术与应用 / 陈小华，汪群杰编著. —北京：科学出版社，2009

ISBN 978-7-03-025969-1

Ⅰ. 固… Ⅱ. ①陈… ②汪… Ⅲ. 固相-萃取 Ⅳ. O658.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 201202 号

责任编辑：杨 震 黄 海 / 责任校对：陈玉凤

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

铭浩彩色印装有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 1 月第 一 版 开本：B5（720×1000）

2010 年 1 月第一次印刷 印张：31

印数：1—3 200 字数：612 000

定价：88.00 元

（如有印装质量问题，我社负责调换〈环伟〉）

序

随着生命科学、环境科学、食品科学、天然产物及中医药等学科的迅速发展，分析化学迎来了新的发展机遇和挑战。面对上述复杂样品体系，样品预处理已成为分析鉴定的瓶颈之一，它直接影响最后分析结果，因此越来越受到人们的重视。固相萃取是样品预处理的重要手段之一。

固相萃取技术是在20世纪70年代末至80年代初发展起来的一种分离、富集样品的前处理技术，其应用领域涵括了食品分析、环境监测、临床监测、司法鉴定、药物研发、蛋白质分离等在内的诸多领域。在近年颁布的国标检测方法中，也越来越多地使用固相萃取作为样品前处理的手段。

固相萃取操作虽然简单，但是要用好这项技术，必须了解并掌握其原理。只有这样才能够真正发挥固相萃取在样品前处理中的作用。

陈小华、汪群杰两位海归博士在固相萃取方面都有很深造诣，他们用多年的知识积累和实践经验编写了《固相萃取技术与应用》这本书，这是国内第一本系统介绍固相萃取技术的专著。本书的出版必将推进我国样品预处理技术的发展和更加广泛的应用。

该书系统地介绍了固相萃取的原理、材料、方法开发及优化、固相萃取的自动化、常见问题与解决方法以及固相萃取在各个领域的应用等内容，同时，还给出了固相萃取常用的参数，是相关分析工作者不可多得的参考书。我相信该书的出版会帮助广大分析工作者更好地掌握并应用固相萃取技术，在复杂体系样品分析鉴定中发挥重大作用。

张玉奎

2009年9月1日

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com

前　言

我在荷兰留学期间，师从时为国际毒物分析学会主席的 R. A. de Zeeuw 教授，专门研究固相萃取技术及其在系统毒物分析中的应用。20 世纪 90 年代回国后一直在从事自动化固相萃取仪器的应用与推广工作。近几年因为工作关系，我在全国各地进行过上百次固相萃取技术的讲座。每次讲座之后，总是有许多听众要求得到讲座资料，原因是他们十分缺乏样品前处理方面的相关资料。当时我利用出差的机会专门到北京、上海、广州等大城市的新华书店、科技书店翻阅了所有涉及固相萃取技术的书籍，发现大部分书籍中对固相萃取技术的介绍都十分简单，而且大同小异，并不能使读者系统地了解和掌握这项技术。为了满足参加讲座的听众在这方面的要求，我编写了《固相萃取技术及应用》的小册子，由香港华运公司印刷。从那时起，我就产生了编写一本专门论述固相萃取技术的中文书籍的想法。

近几年，固相萃取技术在国内迅速普及，相关的文章也越来越多。然而，当我们阅读这些文章时，可以发现一个带有普遍性的不足之处，就是大多数文章在描述建立固相萃取方法的过程时，较少讨论固相萃取所涉及的化学问题。较多的是基于经验及相关的实验结果，而缺乏对这些实验结果的解释。这一方面可能是由于在相当一部分的分析实验室中，样品前处理的重要性依然没有得到足够的认识，文章的作者不愿意在样品前处理方面多下笔墨；另一方面也可能是由于国内大学很少开设样品前处理相关的课程，学生毕业后又没有得到相应的培训，加上指导实验人员正确选择、使用固相萃取的资料实在太少，以至实验室人员缺乏相关的基本知识，当然，也可能是受篇幅所限。为了弥补这方面的不足，让更多的人来关注样品前处理的问题，我从 2006 年开始着手编写这本书。今天，在汪群杰博士等人的支持和参与下，这本书终于脱稿了。

令人欣慰的是这几年样品前处理的重要性越来越引起人们的关注，网上出现了不少关于样品前处理的讨论区。我曾经访问过国内的许多实验室，看到一些研究生的研究课题就是固相萃取。这些都说明人们已经开始改变过去那种重仪器分析、轻样品前处理的观念。本书的目的就是为实验室人员提供较为全面的固相萃取技术方面的信息，帮助他们了解、掌握固相萃取技术，以便在工作中能够更好地加以应用。由于水平有限，本书难免会有不足，甚至错误，欢迎大家批评指正。如果读完此书可以从中有所得益，那么，我们的目的就已经达到了。

本书的第 1 章至第 9 章、第 11 章、第 13 章至第 15 章主要由我编写，第 10

章和第 12 章由汪群杰博士负责编写，我进行补充及修改。

本书在编写过程中，得到了许多热心人的支持和帮助。在这里，我要感谢所有支持和帮助我们完成这本书的老师和朋友。首先，要衷心地感谢张玉奎院士，当我提出希望他为本书写序时，他欣然地接受了邀请。另外，我还要特别感谢我的大学同学、华南理工大学轻工与食品学院的陈玲教授和她的学生们在本书的编写过程中帮我收集了大量的相关资料。同时，还要感谢广东省公安厅刑侦局技术处高级工程师裴茂清为我提供相关的资料。博纳艾杰尔科技有限公司的梁萍总经理、殷文娟对本书的出版功不可没，在此一并感谢。我还要感谢张俊燕、黄韦等人协助汪群杰博士完成相关章节的编写工作。本书的出版得到了博纳艾杰尔科技有限公司的鼎力资助，在此表示由衷的感谢。

陈小华

2009 年 6 月 11 日

目　录

序
前言
第 1 章　概论 …… 1
1.1　样品前处理的重要性 …… 1
1.2　本书各章简述 …… 4
参考文献 …… 7
第 2 章　固相萃取概述 …… 8
2.1　固相萃取的概况 …… 8
2.2　固相萃取的作用 …… 15
参考文献 …… 17
第 3 章　固相萃取基本原理与操作 …… 19
3.1　固相萃取吸附剂与目标化合物之间的作用机理 …… 19
3.2　pH 对固相萃取的影响 …… 29
3.3　样品基质对固相萃取的影响 …… 32
3.4　固相萃取中目标化合物的吸附与洗脱 …… 33
3.5　固相萃取基本模式 …… 42
3.6　固相萃取操作 …… 48
参考文献 …… 50
第 4 章　固相萃取材料与规格 …… 52
4.1　键合硅胶固相萃取材料 …… 52
4.2　无机基质固相萃取材料 …… 62
4.3　有机聚合物固相萃取材料 …… 67
4.4　混合型固相萃取材料 …… 74
4.5　新型固相萃取材料 …… 79
4.6　固相萃取装置与规格 …… 87
4.7　固相萃取装置的容量 …… 96
4.8　固相萃取柱的再生 …… 97
参考文献 …… 99
第 5 章　固相萃取方法的建立与优化 …… 101
5.1　建立固相萃取方法 …… 101

5.2 固相萃取方法的优化 …… 118
5.3 放射性标记物在优化固相萃取方法中的应用 …… 123
5.4 应用统计学及相关实验设计软件优化固相萃取方法 …… 127
5.5 应用智能专家系统软件建立并优化固相萃取方法 …… 130
参考文献 …… 133
第6章 固相萃取前的样品处理 …… 135
6.1 固相萃取前样品处理的重要性 …… 135
6.2 液体样品的预处理 …… 136
6.3 固体及半固体样品预处理 …… 146
参考文献 …… 153
第7章 基质固相分散萃取与分散固相萃取 …… 156
7.1 基质固相分散萃取方法和基本原理 …… 156
7.2 影响基质固相分散萃取的因素 …… 160
7.3 分散固相萃取 …… 162
参考文献 …… 169
第8章 固相萃取的自动化 …… 171
8.1 固相萃取自动化的概况 …… 171
8.2 基于固相萃取柱的自动固相萃取系统 …… 172
8.3 基于固相萃取膜的自动固相萃取系统 …… 179
8.4 基于固相萃取吸嘴的自动固相萃取系统 …… 180
8.5 自动固相萃取系统与其他样品前处理设备的联用 …… 181
8.6 自动固相萃取系统与分析仪器的联用 …… 185
8.7 自动固相萃取仪在固相萃取方法建立及优化中的应用 …… 189
参考文献 …… 193
第9章 固相萃取技术在环境保护分析中的应用 …… 194
9.1 环境污染问题 …… 194
9.2 固相萃取柱的选择 …… 195
9.3 多环芳烃的固相萃取 …… 196
9.4 酚类化合物的固相萃取 …… 206
9.5 多氯联苯和二噁英的固相萃取 …… 213
9.6 邻苯二甲酸酯的固相萃取 …… 220
9.7 有机农药残留物的固相萃取 …… 223
9.8 多种不同类型污染物的固相萃取 …… 247
9.9 极性化合物的固相萃取 …… 263
9.10 环境激素的固相萃取 …… 267

9.11　废水中矿物油和油脂的固相萃取…… 270
9.12　固相萃取用于样品的采集及保存…… 271
参考文献…… 274
第 10 章　固相萃取在食品分析中的应用 …… 278
10.1　食品中常见有毒有害物质和主要的样品前处理方法…… 278
10.2　水果蔬菜农药残留物分析中的样品净化…… 290
10.3　谷物中有机污染物质的样品净化…… 300
10.4　烟草、茶叶、酒中成分及残留有害物质的样品净化…… 306
10.5　肉类和水产品中农残、兽残及非法添加物的萃取…… 314
10.6　乳制品中残留药物分析中的样品前处理…… 324
10.7　蜂蜜中残留药物分析中的样品前处理…… 327
10.8　食品中非法掺合物分析中的样品前处理…… 331
参考文献…… 341
第 11 章　固相萃取技术在司法鉴定中的应用 …… 347
11.1　固相萃取在麻醉药品及精神药品分析中的应用…… 347
11.2　固相萃取在毒鼠药分析中的应用…… 384
11.3　固相萃取在多种药物及毒物筛选分析中的应用…… 387
11.4　爆炸残留物的固相萃取…… 394
参考文献…… 397
第 12 章　固相萃取技术在药物分析中的应用 …… 399
12.1　药物分析中样品前处理主要方法和特点…… 399
12.2　固相萃取在药物动力学和药物代谢研究中的应用…… 407
12.3　固相萃取在新药研发和临床诊断中的应用…… 412
12.4　固相萃取在药用植物分析中的应用…… 416
参考文献…… 426
第 13 章　固相萃取在生命科学领域中的应用 …… 428
13.1　固相萃取技术在基因组学中的应用…… 428
13.2　固相萃取技术在蛋白质组学中的应用…… 432
13.3　固相萃取技术在代谢组学研究中的应用…… 441
13.4　固相萃取在生命科学领域的其他应用…… 443
参考文献…… 451
第 14 章　固相萃取中常见的问题及解决方法 …… 453
14.1　流速问题…… 453
14.2　回收率问题…… 455
14.3　污染问题…… 461

14.4 非萃取问题…… 462
参考文献…… 463
第 15 章 固相萃取技术的展望 …… 464
15.1 固相萃取将更多地应用于国家及行业标准分析方法中…… 464
15.2 固相萃取的应用领域不断扩大…… 465
15.3 开发新型固相萃取材料…… 466
15.4 自动化、高通量…… 469
15.5 小型化、简单化…… 470
15.6 多种前处理技术的结合…… 471
参考文献…… 471
附录一 固相萃取相关术语…… 473
附录二 化合物官能团 pK_a 值 …… 477
附录三 常见商品化固相萃取柱对照表…… 482
附录四 固相萃取中常用的溶液和缓冲溶液…… 483

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com

第1章 概　　论

1.1 样品前处理的重要性

当今的世界，人们在享受科学发展和社会进步带来前所未有的光明的同时，也在承受在追求发展过程中对自身生存环境破坏所带来的惩罚。工业化过程对我们赖以生存的地球造成的破坏和污染已是众所周知，食品安全、环境污染已经严重地影响人们的身体健康。

在中国，全国五分之一的土地受到酸雨的影响。2006 年 10 月世界卫生组织公布全球污染最严重的二十个大城市中，中国内地就占十六个。各种农药、杀虫剂、抗生素、激素的大量合法或非法的使用，以及为追求经济利益而不断发生的掺假、造假事件，使得人们不得不忧虑环境和食品安全问题，2008 年发生的轰动全球的三聚氰胺毒奶粉事件就是一个很好的例子。势态的严峻及人们的忧虑，导致要监控、分析的样品种类及数量迅速增多，对分析实验室的要求也越来越高，分析工作者正面临前所未有的压力。速度快、花费少是人们对分析实验室提出最多的要求。

从国际贸易的角度来看，中国加入 WTO 后，成员国之间的产品出口必须遵守 WTO 的原则。为了保护本国或本地区的工农业产业，发达国家都凭借先进科技优势，以保护环境和人类健康为由，通过立法或制定严格的强制性技术法规构建对国外商品进行准入限制的贸易壁垒[1]。这就是利用所谓“绿色壁垒”对本国或本地区的产业进行贸易保护。如：增加检测项目、降低有害物质的许可含量等。日本从 2006 年 5 月 29 日开始执行的“肯定列表制度”中对许多有害物质的许可最低含量进行了调整。例如，蜂王浆中的氯霉素残留含量从原先的 0.05 mg/L 调整为 0.0005 mg/L。由于各国对食品中残留有害物质的许可含量要求越来越低，对分析手段及相关的样品前处理手段的要求也越来越高。

目前，我国无论是对内还是对外的检测实验室装备的分析检测仪器都是相当先进的，可以说是基本与国际接轨的。但是，在样品前处理方面，无论是资金的投入还是人员的培训，与发达国家比起来还有一定的距离。我最近访问了一个城市自来水厂的化验室，他们谈到由于建设部 2005 年 2 月 5 日颁布了新的《城市供水水质标准》，水质检测标准要求检测项目从原来的三十五项增加到一百零一项，大大增加了他们的工作量。为了提高效率，他们希望用自动化的固相萃取设备来进行水中多环芳烃、有机农药残留量等分析前的样品预处理。然而，该实验

室上至室主任，下至化验员，十几个人中没有一个人接触过固相萃取技术。由此可见宣传、推广现代样品前处理技术的重要性。

一个样品分析过程，包括样品的采集、分析前的样品处理、分析、数据处理及结果报告。在这个过程中，样品前处理是最繁琐、最花时间的步骤。根据 *LC-GC* 杂志对 1000 多个实验室进行的调查[2]，在色谱分析过程中，实际仪器分析仅仅占 6%的时间，而样品前处理所花费的时间则高达 61%！图 1-1 给出了该项调查的结果。很明显，样品前处理已经成为阻碍我们提高分析效率的瓶颈。这个问题不解决，即便有世界上最先进、最高效的分析仪器，也无法提高整体的分析工作效率。然而，由于种种原因，在许多人的头脑中已经形成一种观念，就是重视分析仪器及其方法，轻视样品前处理。长期以来，我国很少有关于分析样品前处理的专著。直到 2001 年，在这方面几乎是空白[3,4]。大学的分析化学专业也很少开设样品前处理的课程。大学毕业生到了工作单位，基本上是师傅用什么方法，徒弟就学什么方法。在许多实验室中，不难看到气相色谱仪、液相色谱仪、气-质联用仪、液-质联用仪、多级质谱仪、红外光谱仪、核磁共振仪、等离子光谱仪等世界上最先进的分析仪器。但是，样品前处理设备的投入则较少。值得庆幸的是，这种状况在最近几年有了很大的改变。

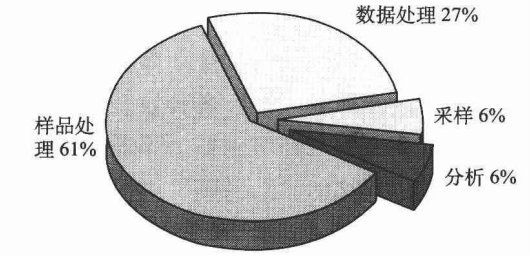


图 1-1　分析过程中各步骤所花费时间所占比例

必须强调指出，样品前处理在整个分析过程中所占的位置是十分重要的。这不仅涉及工作效率的问题，同时也关系到分析结果可靠性的问题。样品前处理是影响分析数据精确度和准确度的主要因素之一。如图 1-2 所示，对于一个给定样品，在整个色谱分析过程中，主要的误差来源产生于样品处理及操作。这两项约

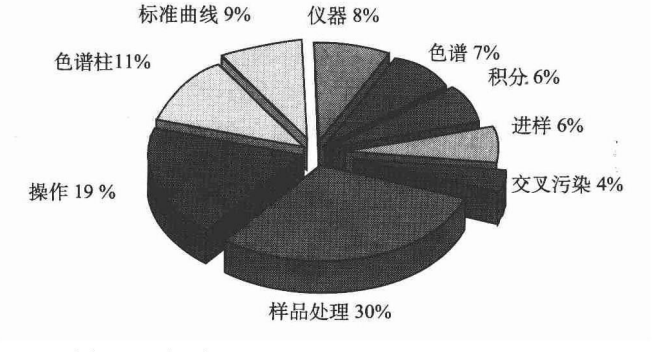


图 1-2　色谱过程每个步骤产生误差来源的概率

占整个误差来源的50%[2]！

对于一个固体样品而言，整个分析过程可能包括以下步骤（图1-3）：

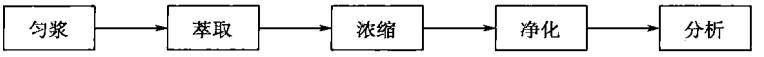


图1-3 固体样品分析过程示意图

很明显，在分析过程中，样品处理引起的误差是无法通过分析仪器来校正的。因此，绝对不能忽视样品前处理的重要性。样品前处理在现代化学分析中是一个十分重要的步骤，要保证分析结果的精确度和准确度，必须从样品前处理入手。

除了酶联免疫分析及放射免疫分析等对目标化合物有专一选择性的检测手段之外，一个送到实验室要求进行某种化学检测的样品，往往不能直接进行相关的检测。我们往往需要对这个样品进行一定的前处理，以保证该样品能够满足检测手段的要求。正如 *LC-GC* 杂志专栏作家 Majors[5] 所说："Analysts are seldom lucky enough to be able to inject samples with no pretreatment"。例如，对水产品中孔雀石绿残留量的检测，根据现有的技术，人们是无法直接将鱼虾等水产品直接注入分析仪器进行检测的。根据农业部 SC/T3021-2004 方法，对于水产品中孔雀石绿残留量进行液相色谱检测前，样品必须经过粉碎匀浆、溶剂萃取、浓缩、固相萃取净化等前处理步骤将残留孔雀石绿从样品基质中分离出来。然后才能对样品中残留的孔雀石绿进行检测。

样品前处理的方法有很多。Majors[5] 罗列了三十九种目前实验室使用的样品前处理方法。根据样品的特性及检测手段，人们可以选择不同的样品前处理方法。理想的样品前处理方法应该符合以下条件：

(1) 能够选择性地将一个或多个目标化合物从基质中分离出来。

(2) 分离出来的目标化合物应该保持原有的基本特征，不能产生变性或被破坏。例如，不能出现降解、分解、代谢等等。

(3) 方法的重现性好，被分离出来的目标化合物的回收率应该是稳定的。

(4) 速度要快，以满足快速响应及高通量样品分析的需求。

(5) 方法简单，便于实际操作。

(6) 成本低。

作者曾对样品前处理的目的进行过归纳[6]，概括起来有以下几点：

(1) 将目标化合物从样品基质中分离出来　由于样品基质是一个十分复杂的体系，人们往往无法直接将样品注入分析仪器进行检测，所以需要通过一定的手段将目标化合物从复杂的基质中分离出来。

(2) 将样品中所含有的对分析仪器有伤害或对目标化合物分析有干扰的成分

除去一个明显的例子就是对动物性食品中有毒有害物质的检测。动物性食品含有大量的大分子，例如：蛋白质、脂肪、聚合物、细胞残留、类固醇类等。这类物质在气相色谱分析时会聚集在气相色谱的进样口和分析柱上，造成色谱的分离效率降低，污染仪器。因此，需要采用适当的样品前处理手段将这些干扰物除去。例如，采用 GPC 净化就是一种常用的方法[7]。

（3）将样品转化为适合分析仪器对其进行分析的状态　根据分析仪器的不同，目标化合物可以是液态，如溶解于水溶液或有机溶液中，也可以是气态或固态。对于色谱分析而言，使用最多的是液态样品。在气相色谱分析中，目标化合物大都溶解于有机溶液中。在液相色谱分析中，取决于样品及色谱条件，目标化合物可以溶解于有机相或者水相。对于一些易挥发气体或含有易挥发气体的液体样品，可以采用顶空进样一气相色谱技术，这时，目标化合物可以是气态。固态样品在气相色谱分析中的顶空进样或裂解进样中的使用较为常见。

（4）调节样品的酸碱度、离子强度、浓度，以便符合检测仪器的工作要求。

表 1-1 列出了常见仪器分析方法及必要的前处理手段。很明显，现今许多先进的仪器分析方法都涉及样品前处理的问题。

表 1-1　常见仪器分析方法及分析前必要的前处理手段

目标化合物	样品前处理	分析仪器
有机物	萃取、浓缩、净化、衍生化	GC、HPLC、GC/MS、LC/MS
挥发性有机物	转化为蒸气态、浓缩	GC、GC/MS
金属	萃取、浓缩、形态（speciation）	AA、GFAA、ICP、ICP/MS
金属	萃取、衍生化、浓缩、形态	UV-VIS、IC
离子	萃取、浓缩、衍生化	IC、UV-VIS
DNA/RNA	细胞裂解、萃取、PCR	电泳、UV-VIS、荧光
氨基酸、脂肪、碳水化合物	萃取、净化	GC、HPLC、电泳

注：GC，气相色谱仪；HPLC，高效液相色谱仪；GC/MS，气-质联用仪；LC/MS，液-质联用仪；AA，原子吸收光谱仪；GFAA，石墨炉原子吸收光谱仪；ICP，电感耦合等离子光谱仪；ICP/MS，电感耦合等离子体质谱仪；UV-VIS，紫外/可见分光光度计；IC，离子色谱仪。

1.2　本书各章简述

本书从固相萃取的基本原理入手，介绍了固相萃取技术的基本理论，如何建立并优化固相萃取的方法，影响固相萃取的因素，以及固相萃取在实际分析中的应用。以下是各章节的主要内容。

第 2 章对固相萃取技术的概况进行了叙述。对什么是固相萃取，固相萃取技

术的发展历史，固相萃取与液-液萃取及高效液相色谱的区别，以及固相萃取的作用等基本的概念进行了阐述。

第3章重点对固相萃取的基本原理进行了叙述。内容包括固相萃取中的几种主要作用力及多种作用力，pH、样品基质以及各种参数对固相萃取的影响，并且介绍了常见的固相萃取模式。

第4章汇集了各种固相萃取材料的信息，包括以键合硅胶为基质的经典固相萃取材料，各种无机以及有机树脂型固相萃取材料。给出了各种固相萃取材料的理化性质及适用范围。同时还介绍了几种新型固相萃取材料，例如，分子印迹材料、免疫亲和材料、限进介质材料等。本章还归纳并介绍了主要商品化的固相萃取装置，例如固相萃取柱、固相萃取膜片、膜片型固相萃取柱、固相萃取吸嘴等。最后对固相萃取柱的容量及固相萃取柱的再生问题进行了阐述。

第5章讨论了如何建立固相萃取方法。建立固相萃取方法应该从信息收集开始，根据这些信息建立初步的固相萃取方法。在这一章中，介绍如何选择固相萃取柱，如何设定固相萃取方法中的每个参数，例如，样品的用量、溶剂的选择、流速的选择等等。应用初步建立的固相萃取方法，得到初步的实验结果。根据这些实验数据，我们可以对初步的方法进行优化。本章介绍了固相萃取方法优化需要考虑的因素，以及如何进行方法优化。另外，本章还简单地介绍了如何通过统计学方法对固相萃取参数进行优化，以及商品化固相萃取方法开发的智能专家系统软件。

经典固相萃取的前提是样品必须为液体。然而，在实际检验中，常常会遇到各种固态或半固态以及黏稠样品。例如，水果、蔬菜、蜂蜜、动物组织、血液等等。即便是液体样品，在进行固相萃取之前也常常应进行适当的处理，例如，调节pH，除去颗粒状物质以及大分子等。因此，在对这些样品中的目标化合物进行固相萃取之前，必须对样品进行适当的处理，使样品中的待测目标化合物溶解在液体中。这些都涉及固相萃取前的样品预处理问题。因此，第6章着重讨论了固相萃取前的各种样品预处理的方法。

第7章集中讨论了与固相萃取相关的样品前处理方法，包括基质固相分散萃取和分散固相萃取。虽然这两种萃取技术与经典的固相萃取之间有某种程度的相关，但其操作方法与经典固相萃取有很大的不同。基质固相分散萃取中固相吸附剂是直接与固态和半固态的样品作用，而分散固相萃取则是将固相萃取吸附剂作用于固态样品（瓜果、蔬菜等）的萃取液。本章结合QuEChERS萃取方法介绍了分散固相萃取的应用。鉴于固相微萃取（Solid Phase Microextraction，SPME）技术在许多文章和书籍中已经有十分详细的论述[8~10]，本书没有涉及这项样品前处理技术。

样品前处理的自动化是解决高通量样品前处理的重要手段之一。要提高分析

效率，就应该从样品前处理开始，实现自动化操作。第 8 章着重介绍了自动化固相萃取仪的工作原理，以及如何通过自动化仪器实现固相萃取的自动化。另外，还介绍了自动化固相萃取仪与其他自动化样品前处理设备的连接，实现包括固态样品在内的样品前处理自动化。同时，还介绍了自动固相萃取仪与各种分析仪器连接的状况。通过这种连接，实现从样品前处理到分析的全自动化操作。在本章的最后部分，探讨了自动化固相萃取仪在固相萃取方法优化中的作用。

从第 9 章至第 13 章，主要介绍固相萃取技术的应用。为了方便实验室人员更好地了解本书所收录的固相萃取方法，在固相萃取应用部分介绍了相关目标化合物的理化性质，并尽可能提供这些化合物的理化参数，供读者参考。

在第 9 章中，按环保分析中常见的有毒有害物质分类进行讨论，所涉及的种类包括多环芳烃、酚类、多氯联苯和二噁英类、邻苯二甲酸酯类、有机农药类、激素类以及油类等污染物。由于许多实验室面对的往往不是单一污染物，而是多种污染物，同时萃取及检测多种污染物的方法就显得十分必要。因此，本章专门介绍了多残留检测中的固相萃取方法。极性化合物的水溶性很强，采用一般的萃取方法往往回收率较低，而固相萃取则可发挥优势，因此专门介绍了极性化合物的固相萃取方法。

近年来，食品安全已经成为影响人们正常生活的重要因素之一。从俗称“瘦肉精”的盐酸克伦特罗、苏丹红、孔雀石绿到最近的所谓“蛋白精”的三聚氰胺，食品安全检测已经成为许多检测机构的重点工作。而且，待检测的样品数量急剧增加。鉴于固相萃取已经成为食品安全检测中主要的样品前处理手段之一，第 10 章重点介绍了固相萃取在食品分析中的应用。包括瓜果、蔬菜、粮食中残留有机农药的萃取方法，烟草、茶叶、酒类中有害物质的萃取方法，以及水产品、可食用动物组织、奶类、蜂蜜中抗生素、激素的萃取方法。本章还专门介绍了三聚氰胺的萃取方法。

鉴于固相萃取技术在司法检测中得到日益广泛的应用，在第 11 章中分类汇集了固相萃取在毒品、精神药物、毒鼠药以及爆炸残留物分析中的应用。司法毒物分析常常是大海捞针。一个未知样品送到检测实验室，分析人员就要检查该样品是否含有有毒有害物质。这就需要对样品进行系统的毒物筛查分析。为此，专门讨论了固相萃取在毒物筛查分析中的应用。

固相萃取应用的另一个重要领域是药物分析。第 12 章围绕药物动力学、药物代谢物、新药研发、临床诊断以及天然产物分离等专题对固相萃取的应用进行了介绍。

今天，固相萃取技术的应用已经远远超出了传统的分析领域。固相萃取在生命科学领域也同样发挥着积极的作用。为此，在第 13 章着重介绍了固相萃取在基因组学、蛋白质组学和代谢组学中的应用。

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com