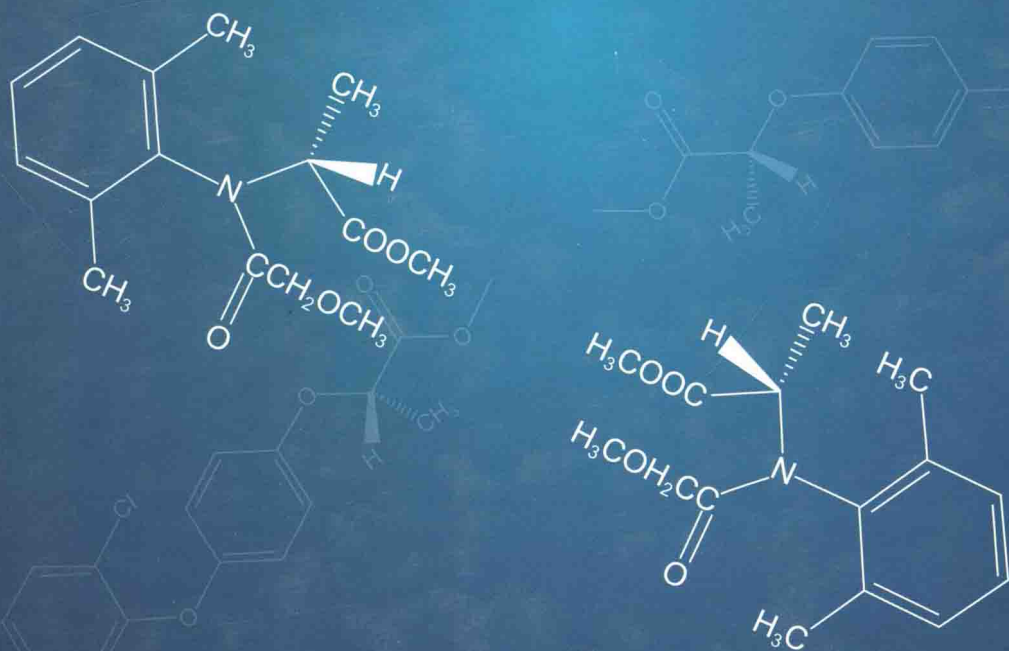


CHIRAL PESTICIDES & NEW METHODS FOR
PESTICIDE RESIDUE ANALYSIS

手性农药 与农药残留分析新方法

■ 周志强 著



科学出版社

手性农药 与农药残留分析新方法

周志强 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书介绍了多种手性农药的分离分析方法及环境行为。利用色谱技术建立了不同环境样本中手性农药对映异构体的分离分析方法,系统地总结了手性农药对映异构体在土壤、水体、动物和植物等样本中的选择性行为,较为详细地描述了手性农药对映异构体在分布、残留、归趋、毒性等环境行为方面的差异。另外,还详细介绍了几种农药和其他药物残留分析的新方法。

本书可供农药、环境化学和分析化学等相关领域的研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

手性农药与农药残留分析新方法/周志强著. —北京:科学出版社,2015.3
ISBN 978-7-03-043634-4

I. ①手… II. ①周… III. ①不对称有机合成-农药分析②农药残留量分析 IV. ①TQ450.7②X592.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 045585 号

责任编辑:朱丽 杨新政 / 责任校对:韩杨 张小霞
责任印制:肖兴 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

北京佳信达欣艺术印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015年3月第一次印刷 印张:53 1/4 插页:2

字数:1 250 000

定价:280.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

许多偶然因素让自己走进了化学这一古老而又充满活力的领域,儿时的许多好奇、疑惑都在学习化学的过程中找到了答案,只是未曾预见到,手性和农药会成为自己多年研究的关键词。

手性是自然界中一种非常神秘的现象,镜像与实物、左手与右手的对映关系在宏观上给了我们手性的概念,手性异构体之间几乎具有完全相同的化学、物理属性,而生物活性往往差异巨大,与手性相关的化学、生命科学、物理学、药学的研究是当下的热点领域。手性农药异构体亦常常表现出非常不同的生物活性,建立异构体的分离分析方法、研究其生物活性差异对探讨手性拆分机理、准确评价手性农药具有重要的理论和应用价值。

农药残留问题一直受到广泛关注,而由农药残留引发的食品安全问题,大多是因为没有按规定使用农药,所谓规定主要是指农药的使用量、对象和间隔期。在传统农药分析方法中,有机溶剂作为提取液经常被大量使用,对环境和实验人员有潜在的危害,近些年农药残留微萃取技术有了很大发展,在实际应用中,这些技术不仅简单、快速,而且极大地降低了有机溶剂的使用量。

长时间以来,很想把自己的研究工作梳理一下,写成一部方便他人借鉴的书稿,但由于各种原因,这个想法一直未能实现。最近抽出了一些时间,将我指导的博士论文进行了归纳,形成了现在的书稿。本书系统地总结了我们的实验室在手性农药分析及环境行为、农药残留分析新方法等领域的研究,这些结果对相关领域的研究者可能有一点借鉴作用。

在书稿完成之际,很想感谢在学习和研究工作中给过我巨大帮助的几位老师:我的硕士学位指导教师内蒙古大学陈赛瑛教授、我的博士学位指导教师中国科学院兰州化学物理研究所陈立仁教授、我的博士后合作导师江树人和王敏教授,先生们教会了我科学研究的理念、方法和技能,也给了我读书和从事科学研究的机会。

非常感谢国家自然科学基金重点项目(项目号:21337005)和面上项目(项目号:20377052;20477057;20777093;20877100;21177154)的资助,这些支持对我研究工作的持续进行发挥了不可替代的作用。

特别感谢我实验室所有毕业和在读的研究生同学们。一直觉得,我人生最庆幸的事情之一就是遇到了许多聪明、懂事、勤奋的研究生,我的每项研究工作都有他们的参与,每项研究成果的背后都有他们付出的巨大艰辛和努力。

感谢给过我帮助的各位同仁和朋友们。



2015 年元月



2001年3月，布达佩斯，FAO/IAEA项目主持人研讨会



2005年2月，访问香港大学



2010年1月，做客中央电视台《探索·发现》



2010年10月，访问美国康奈尔大学



2011年8月，受邀参加中国科技馆“科学讲坛”



2013年5月，做客中央电视台焦点访谈

周志强教授与研究生合影





目 录

前言

第 1 章 前处理方法	1
1.1 土壤和水	1
1.1.1 土壤	1
1.1.2 土壤沉积物	5
1.1.3 水	11
1.2 植物及相关样品	14
1.2.1 小麦、黄瓜、高粱	14
1.2.2 果汁	14
1.2.3 斜生栅藻	15
1.2.4 水葫芦	17
1.2.5 白菜	20
1.2.6 葡萄酒	22
1.2.7 葡萄	24
1.2.8 辣椒、烟草、番茄和甜菜	26
1.3 动物及相关样品	29
1.3.1 虹鳟鱼	29
1.3.2 尿液	32
1.3.3 颤蚓	33
1.3.4 蚯蚓	36
1.3.5 家兔	41
1.3.6 大鼠	45
1.3.7 动物肝微粒体	50
1.3.8 大鼠肝细胞	56
1.3.9 大型蚤	59
1.3.10 酸奶	60
参考文献	64
第 2 章 杀菌剂的手性拆分及环境行为	65
2.1 苯霜灵	65
2.1.1 苯霜灵在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	65
2.1.2 苯霜灵在正相 ADMPC 手性固定相上的拆分	68
2.1.3 苯霜灵在正相 CTPC 手性固定相上的拆分	69
2.1.4 苯霜灵在正相 ATPC 手性固定相上的拆分	71

2.1.5	苯霜灵在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	71
2.1.6	苯霜灵在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	74
2.1.7	苯霜灵在 (R,R) Whelk-O 1 手性固定相上的拆分	76
2.1.8	苯霜灵在家兔体内的选择性行为研究	79
2.1.9	苯霜灵在土壤中的选择性行为研究	87
2.1.10	苯霜灵在植物体内的选择性行为研究	90
2.1.11	苯霜灵在鱼体中的选择性行为研究	98
2.1.12	苯霜灵在蚯蚓体内的选择性行为研究	104
2.2	烯唑醇	109
2.2.1	烯唑醇在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	110
2.2.2	烯唑醇在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	112
2.2.3	烯唑醇在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	114
2.3	氟环唑	116
2.3.1	氟环唑在 CDMPC 手性固定相上的拆分	116
2.4	粉唑醇	118
2.4.1	粉唑醇在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	119
2.4.2	粉唑醇在家兔体内的选择性行为研究	121
2.5	己唑醇	124
2.5.1	己唑醇在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	124
2.5.2	己唑醇在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	127
2.5.3	己唑醇在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	129
2.5.4	己唑醇在蚯蚓体内的选择性行为研究	131
2.5.5	己唑醇在葡萄酒酵母中的选择性行为研究	135
2.5.6	己唑醇在大鼠肝微粒体中的选择性行为研究	136
2.6	抑霉唑	139
2.6.1	抑霉唑在正相 ADMPC 手性固定相上的拆分	139
2.6.2	抑霉唑在正相 ATPDC 手性固定相上的拆分	141
2.6.3	抑霉唑在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	143
2.6.4	抑霉唑在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	145
2.7	甲霜灵	147
2.7.1	甲霜灵在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	148
2.7.2	甲霜灵在正相 ADMPC 手性固定相上的拆分	150
2.7.3	甲霜灵在正相 ATPDC 手性固定相上的拆分	152
2.7.4	甲霜灵在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	154
2.7.5	甲霜灵在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	156
2.7.6	甲霜灵及其中间体在 CDMPC 手性固定相上的拆分	157
2.7.7	甲霜灵代谢物在 CDMPC 手性固定相上的拆分	161
2.7.8	甲霜灵在家兔体内的选择性行为研究	164

2.7.9 甲霜灵在大鼠体内的选择性行为研究	173
2.7.10 甲霜灵在蚯蚓体内的选择性行为研究	182
2.8 腈菌唑	189
2.8.1 腈菌唑在正相 ADMPC 手性固定相上的拆分	189
2.8.2 腈菌唑在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	192
2.8.3 腈菌唑在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	194
2.8.4 腈菌唑在病菌体内的选择性行为研究	196
2.8.5 腈菌唑在家兔体内的选择性行为研究	197
2.9 戊唑醇	201
2.9.1 戊唑醇在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	202
2.9.2 戊唑醇在正相 ADMPC 手性固定相上的拆分	204
2.9.3 戊唑醇在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	206
2.9.4 戊唑醇在正相 CTPC 手性固定相上的拆分	208
2.9.5 戊唑醇在正相 ATPC 手性固定相上的拆分	210
2.9.6 戊唑醇在家兔体内的选择性行为研究	210
2.9.7 戊唑醇在大鼠肝微粒体中的选择性行为研究	220
2.9.8 戊唑醇在蚯蚓体内的选择性行为研究	223
2.10 三唑酮及其代谢物	225
2.10.1 三唑酮在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	226
2.10.2 三唑酮在正相 ATPDC 手性固定相上的拆分	228
2.10.3 三唑酮在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	230
2.10.4 三唑酮及代谢物在 IA 手性色谱柱上的拆分	233
2.10.5 三唑酮在蚯蚓体内的选择性行为研究	239
2.10.6 三唑酮及代谢物在颤蚓体内的选择性行为研究	244
2.10.7 三唑酮、三唑醇对颤蚓体内酶活影响差异研究	256
2.11 乙烯菌核利	261
2.11.1 乙烯菌核利在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	261
2.12 植物生长调节剂	263
2.12.1 多效唑	263
2.12.2 烯效唑	274
参考文献	280
第 3 章 杀虫剂的手性拆分及环境行为	281
3.1 顺式氯氰菊酯	281
3.1.1 顺式氯氰菊酯在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	281
3.1.2 顺式氯氰菊酯在正相(<i>R,R</i>)Whelk-O 1 手性固定相上的拆分	284
3.1.3 顺式氯氰菊酯在蚯蚓体内的选择性行为研究	286
3.1.4 顺式氯氰菊酯在白菜和黄瓜腌制过程中的选择性行为研究	293
3.2 反式氯氰菊酯	294

3.2.1	反式氯氰菊酯在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	295
3.2.2	反式氯氰菊酯在正相(<i>R,R</i>)Whelk-O 1 手性固定相上的拆分	298
3.3	苯线磷	300
3.3.1	苯线磷在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	300
3.3.2	苯线磷在水体中的选择性行为研究	303
3.4	甲氰菊酯	305
3.4.1	甲氰菊酯在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	305
3.5	氟虫腈	307
3.5.1	氟虫腈在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	308
3.5.2	氟虫腈在正相 ATPDC 手性固定相上的拆分	311
3.5.3	氟虫腈在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	313
3.5.4	氟虫腈在正相(<i>R,R</i>)Whelk-O 1 手性固定相上的拆分	315
3.5.5	氟虫腈在土壤中的选择性行为研究	318
3.5.6	氟虫腈在白菜中的选择性行为研究	321
3.5.7	氟虫腈在蚯蚓体内的选择性行为研究	324
3.5.8	氟虫腈在大鼠体内的选择性行为研究	329
3.5.9	氟虫腈在水葫芦中的选择性行为研究	339
3.5.10	氟虫腈在颤蚓体内的选择性行为研究	341
3.6	α -六六六	345
3.6.1	α -六六六在蚯蚓体内的选择性行为研究	345
3.7	噻螨酮	348
3.7.1	噻螨酮在正相 ADMPC 手性固定相上的拆分	349
3.7.2	噻螨酮在(<i>R,R</i>)Whelk-O 1 手性固定相上的拆分	351
3.8	水胺硫磷	353
3.8.1	水胺硫磷在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	354
3.8.2	水胺硫磷在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	356
3.8.3	水胺硫磷在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	360
3.8.4	水胺硫磷在土壤中的选择性行为研究	362
3.8.5	水胺硫磷在斜生栅藻中的选择性行为研究	364
3.8.6	水胺硫磷及其他几种有机磷农药在酸菜中的消解研究	364
3.9	马拉硫磷	369
3.9.1	马拉硫磷在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	369
3.9.2	马拉硫磷在正相 ATPDC 手性固定相上的拆分	371
3.10	环戊烯丙菊酯	373
3.10.1	环戊烯丙菊酯在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	374
3.11	其他杀虫剂	377
3.11.1	几种手性杀虫剂在(<i>R,R</i>)Whelk-O 1 手性固定相上的拆分	377
	参考文献	378

第 4 章 除草剂的手性拆分及环境行为	379
4.1 乙草胺	379
4.1.1 乙草胺在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	379
4.2 甲草胺	381
4.2.1 甲草胺在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	382
4.2.2 甲草胺在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	384
4.3 唑草酮	385
4.3.1 唑草酮在(<i>R,R</i>) Whelk-O 1 手性固定相上的拆分	386
4.4 禾草灵	388
4.4.1 禾草灵在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	388
4.4.2 禾草灵在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	391
4.4.3 禾草灵在(<i>R,R</i>) Whelk-O 1 手性固定相上的拆分	392
4.4.4 禾草灵在植物中的选择性行为研究	395
4.4.5 禾草灵及其代谢物在土壤中的选择性行为研究	399
4.4.6 禾草灵在葡萄酒酿造过程中的选择性行为研究	409
4.4.7 禾草灵在酱油酿造过程中的选择性行为研究	412
4.4.8 禾草灵在白菜和黄瓜腌制过程中的选择性行为研究	415
4.5 乙氧呋草黄	418
4.5.1 乙氧呋草黄在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	418
4.5.2 乙氧呋草黄在正相 ATPDC 手性固定相上的拆分	421
4.5.3 乙氧呋草黄对几种作物的选择性活性研究	422
4.5.4 乙氧呋草黄对草坪草的选择性行为研究	427
4.5.5 乙氧呋草黄在土壤中的选择性行为研究	429
4.5.6 乙氧呋草黄在家兔体内的选择性行为研究	433
4.5.7 乙氧呋草黄在肝微粒体中的选择性行为研究	442
4.5.8 乙氧呋草黄在蚯蚓体内的选择性行为研究	446
4.5.9 乙氧呋草黄对蚯蚓的选择性急性毒性	450
4.5.10 乙氧呋草黄在斜生栅藻中的选择性行为研究	452
4.5.11 乙氧呋草黄在大鼠和鸡肝细胞中的选择性行为研究	457
4.6 噁唑禾草灵	460
4.6.1 噁唑禾草灵在正相 ADMPC 手性固定相上的拆分	460
4.6.2 噁唑禾草灵在正相 ATPDC 手性固定相上的拆分	463
4.6.3 噁唑禾草灵在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	465
4.6.4 噁唑禾草灵在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	467
4.6.5 噁唑禾草灵在(<i>R,R</i>) Whelk-O 1 手性固定相上的拆分	470
4.6.6 噁唑禾草灵及其代谢物在土壤中的选择性行为研究	473
4.6.7 噁唑禾草灵及其代谢物在家兔体内的立体选择性行为研究	486
4.7 氟草烟异辛酯	493

4.7.1	氟草烟异辛酯在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	493
4.7.2	氟草烟异辛酯在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	495
4.7.3	氟草烟异辛酯在(<i>R,R</i>)Whelk-O 1 手性固定相上的拆分	497
4.7.4	氟草烟异辛酯在家兔体内的选择性行为研究	499
4.7.5	氟草烟异辛酯在大鼠肝细胞中的选择性代谢和毒性研究	501
4.8	吡氟氯禾灵	505
4.8.1	吡氟氯禾灵在(<i>R,R</i>)Whelk-O 1 手性固定相上的拆分	506
4.8.2	吡氟氯禾灵在土壤中的选择性行为研究	508
4.9	乳氟禾草灵	513
4.9.1	乳氟禾草灵在正相 CDMPC 手性固定相上的拆分	513
4.9.2	乳氟禾草灵在正相 ADMPC 手性固定相上的拆分	516
4.9.3	乳氟禾草灵在正相 CTPC 手性固定相上的拆分	517
4.9.4	乳氟禾草灵在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	518
4.9.5	乳氟禾草灵在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	520
4.9.6	乳氟禾草灵在(<i>R,R</i>)Whelk-O 1 手性固定相上的拆分	522
4.9.7	乳氟禾草灵在土壤中的选择性行为研究	524
4.9.8	乳氟禾草灵及其代谢物在土壤沉积物中的选择性行为研究	534
4.9.9	乳氟禾草灵及其代谢物对大型溞的选择性毒性研究	542
4.9.10	乳氟禾草灵及其代谢物对斜生栅藻的选择性毒性研究	545
4.9.11	乳氟禾草灵及其代谢物对斑马鱼的选择性毒性研究	546
4.9.12	乳氟禾草灵对蚯蚓的选择性毒性研究	548
4.9.13	乳氟禾草灵在蚯蚓微粒体中的选择性代谢研究	550
4.10	敌草胺	551
4.10.1	敌草胺在正相 ATPDC 手性固定相上的拆分	551
4.10.2	敌草胺在反相 CDMPC 手性固定相上的拆分	553
4.10.3	敌草胺在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	555
4.11	喹禾灵	556
4.11.1	喹禾灵在正相 ADMPC 手性固定相上的拆分	556
4.11.2	喹禾灵在正相 CTPC 手性固定相上的拆分	558
4.11.3	喹禾灵在反相 ADMPC 手性固定相上的拆分	560
4.11.4	喹禾灵在(<i>R,R</i>) Whelk-O 1 手性固定相上的拆分	562
	参考文献	565
第 5 章	手性固定相的分离机理研究	566
5.1	分子模拟理论基础	566
5.1.1	力场	566
5.1.2	分子间相互作用与手性化合物的分离	568
5.1.3	分子力学的应用——结构优化	570
5.1.4	分子动力学	571

5.2 分子模拟计算的基本步骤	574
5.3 分子模型的建立	574
5.3.1 硅胶表面的分子模型的建立	574
5.3.2 多糖类固定相的分子模型的建立	576
5.3.3 蛋白质类固定相的建模	580
5.3.4 手性化合物的建模	581
5.4 多糖型手性固定相的分离机理研究	581
5.4.1 引言	581
5.4.2 利用分子动力学方法研究在 ADMPC 固定相上的对映体分离	582
5.4.3 利用 Monte Carlo 方法研究在 ADMPC 固定相上的对映体分离	590
5.4.4 利用 Monte Carlo 方法研究在 CDMPC 固定相上的对映体分离	596
5.4.5 多糖型手性固定相的分离机理	602
5.4.6 小结	603
5.5 南极假丝酵母脂肪酶 B 固定相的分离机理研究	604
5.5.1 南极假丝酵母脂肪酶 B 不对称催化的机理	604
5.5.2 计算方法	606
5.5.3 CAL B 固定相的立体选择性行为	608
5.5.4 小结	612
参考文献	612
第 6 章 液相微萃取技术在农药残留分析中的应用	615
6.1 单液滴微萃取(SDME)技术在农药残留分析中的应用	615
6.1.1 SDME 萃取水体中的 5 种酰胺类除草剂	615
6.1.2 SDME 萃取水体中的氟虫腈及其代谢物	621
6.1.3 SDME 萃取果汁中的有机磷农药	624
6.1.4 SDME 萃取水体及葡萄酒中的四种杀菌剂	629
6.1.5 SDME 萃取血浆中的六种有机磷农药	632
6.1.6 HS-DDSME 萃取水体中的六六六	636
6.2 分散液液微萃取(DLLME)技术在农药残留分析中的应用	640
6.2.1 DLLME 萃取黄瓜和西瓜中的有机磷农药	640
6.2.2 DLLME 萃取土壤样本中有机磷农药	646
6.3 离子液体分散液液微萃取(IL-DLLME)技术的研究与应用	651
6.3.1 IL-DLLME 用于水样和土壤样本中四种拟除虫菊酯类农药残留分析	651
6.3.2 IL-DLLME 用于水样中四种杂环杀虫剂残留分析	656
6.3.3 IL-DLLME 用于水样中的 DDT 及其代谢物分析	662
6.4 超声辅助液液微萃取(USALLME)技术的开发与应用	667
6.4.1 USALLME 用于水样中八种有机磷农药的残留分析	667
6.4.2 超声辅助微萃取(USAEME)用于绿茶和番茄汁中有机磷农药的残留分析	672
6.5 离心溶剂微萃取(CSME)方法的研究与应用	676

6.5.1	实验部分	676
6.5.2	结果与讨论	676
6.6	分散悬浮微萃取(DSME)分析自来水和红酒中有机磷农药残留	680
6.6.1	实验部分	680
6.6.2	结果与讨论	682
6.7	手动振荡-超声辅助-表面活性剂增强乳化的液相微萃取技术(M-UASEME)分析自来水和蜂蜜中有机磷农药残留	687
6.7.1	实验部分	687
6.7.2	结果与讨论	688
6.8	涡旋辅助表面活性剂增强乳化的液相微萃取技术(VSLLME)分析蜂蜜和红酒中有机磷农药残留	693
6.8.1	实验部分	693
6.8.2	结果与讨论	694
6.9	密度小于水的萃取溶剂基于的涡旋辅助表面活性剂增强乳化微萃取技术(LDS-VSLLME)分析自来水和蜂蜜中有机磷农药残留	699
6.9.1	实验部分	699
6.9.2	结果与讨论	700
6.10	自主设计的提取设备-涡旋辅助表面活性剂增强乳化微萃取技术(DA-VSLLME)分析三种环境水中有机磷农药残留	705
6.10.1	实验部分	705
6.10.2	结果与讨论	706
6.11	温度控制-超声-涡旋辅助液液微萃取方法的研究与应用	711
6.11.1	实验部分	712
6.11.2	结果与讨论	712
	参考文献	717
第7章	脂肪酶固定相和新型吸附材料的制备及其在农药分析中的应用	719
7.1	脂肪酶手性固定相的制备及应用	719
7.1.1	色谱条件和色谱参数	719
7.1.2	分析物制备	719
7.1.3	脂肪酶固定相的制备	720
7.1.4	酶键合量和酶活的测定	722
7.1.5	脂肪酶固定相不对称水解产物的鉴定	724
7.1.6	结果和讨论	724
7.2	离子液体键合硅胶在固相萃取中的应用	734
7.2.1	实验部分	734
7.2.2	结果与讨论	736
7.3	硅胶修饰磁性颗粒的制备及其在磁性固相萃取中的应用	742

7.3.1 表面活性剂辅助硅胶磁性颗粒的制备及其在磺酰脲类除草剂磁性固相萃取中的应用	742
7.3.2 表面活性剂辅助硅胶磁性颗粒在三唑类杀菌剂磁性固相萃取中的应用	750
7.4 离子液体键合硅胶磁性颗粒的制备及其在磺酰脲类除草剂磁性固相萃取中的应用	753
7.4.1 离子液体键合硅胶磁性颗粒(IL-Silica@Fe ₃ O ₄)的制备	753
7.4.2 磁性颗粒的表征	754
7.4.3 提取过程和色谱分析	754
7.4.4 实际样本分析	754
7.4.5 结果与讨论	755
7.4.6 方法验证	757
7.4.7 磁性固相萃取和其他方法的比较	759
7.5 亲水亲油平衡聚合物磁性颗粒的制备及其在磁性固相萃取中的应用	760
7.5.1 亲水亲油平衡聚合物磁性材料(HLB-MPNPs)的制备	760
7.5.2 提取过程和色谱分析	760
7.5.3 水样的采集	761
7.5.4 结果与讨论	761
7.5.5 方法验证	765
7.5.6 实际样本检测	766
7.5.7 磁性固相萃取和其他方法的比较	769
7.6 离子液体键合硅胶固相萃取(IL-silica-SPE)在农药残留分析中的应用	769
7.6.1 IL-silica-SPE用于水体及尿样中的有机磷农药残留分析	769
7.6.2 IL-silica-SPE用于水体及尿样中的2,4-D农药残留分析	775
参考文献	779
第8章 其他药物多残留分析方法研究	782
8.1 猪肉中3种巴比妥药物气相色谱-质谱同时测定方法研究	782
8.1.1 实验部分	782
8.1.2 结果与讨论	784
8.2 加速溶剂萃取在猪肉样品分析中的应用研究	794
8.2.1 实验部分	794
8.2.2 结果与讨论	794
8.3 MWCNTs SPE柱净化和微波辅助衍生化及3种巴比妥药物的GC/MS/MS检测方法研究	799
8.3.1 实验部分	799
8.3.2 结果与讨论	801
8.4 MWCNTs SPE用于猪肉中苯二氮草类药物残留检测的研究	817
8.4.1 实验部分	817
8.4.2 结果与讨论	818