

食品安全关键技术系列图书

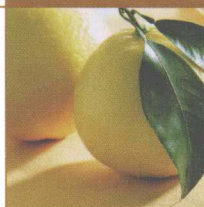


食品污染监测与控制技术

——理论与实践

Food Contamination Monitoring and Control in Theory and Practice

- 第一篇 / 食品污染监测基础理论与技术要求
- 第二篇 / 金属和元素污染检测基本理论和新技术
- 第三篇 / 有机污染物检测基本理论和新技术
- 第四篇 / 污染物监控技术



吴永宁 主编



化学工业出版社

卫生部行业科研专项《食品安全应急与监测预警技术研究与应用》
(200902009) 培训教材

食品安全关键技术系列图书

食品污染监测与控制技术

——理论与实践

**Food Contamination Monitoring and Control
in Theory and Practice**



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

食品污染监测与控制技术——理论与实践/吴永宁主
编. —北京:化学工业出版社, 2009. 05

(食品安全关键技术系列图书)

ISBN 978-7-122-05061-8

I. 食… II. 吴… III. ①食品污染-检测②食品污
染-污染控制 IV. TS207. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 040328 号

责任编辑:傅四周 叶 露
责任校对:徐贞珍

装帧设计:刘丽华



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:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 40 字数 1091 千字 2011 年 6 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:158.00 元

版权所有 违者必究

本书编写人员

主 编 吴永宁 编写人员

- | | |
|-----|------------------------------|
| 吴永宁 | 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所，研究员，博士生导师 |
| 苗 虹 | 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所，研究员 |
| 李敬光 | 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所，副研究员 |
| 赵云峰 | 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所，研究员 |
| 邵 兵 | 北京市疾病预防控制中心，研究员 |
| 任一平 | 浙江省疾病预防控制中心，教授 |
| 李凤琴 | 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所，研究员 |
| 李筱薇 | 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所，副研究员 |
| 高俊全 | 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所，研究员 |
| 赵丹宇 | 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所，副研究员 |
| 杨 欣 | 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所，副研究员 |
| 尚晓虹 | 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所，副研究员 |
| 施致雄 | 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所，博士 |
| 蒋定国 | 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所，副研究员 |
| 付武胜 | 福建省疾病预防控制中心，副主任技师 |
| 刘 沛 | 东南大学公共卫生学院，教授 |
| 陈启光 | 东南大学公共卫生学院，教授 |
| 余小金 | 东南大学公共卫生学院，副教授 |
| 韩晓梅 | 东南大学公共卫生学院，研究生 |
| 李佳萍 | 日本岛津公司 |
| 陈宇东 | 美国 Thermo-Fish 公司 |

序

20 世纪 90 年代后期, 由于世界范围内二噁英、疯牛病、大肠杆菌 O157: H7 等食品安全恶性事件的连续发生, 引起了全球性的对食品安全问题的高度重视。在我国, 随着国民经济的发展和人们生活水平的提高, 一方面, 新老食品安全问题此起彼伏, 如食物中毒事件频频发生、食品中农药和兽药残留物超标、食品添加剂的滥用, 如此等等, 不一而足。另一方面, 消费者在解决了温饱问题后, 对食品安全性的要求越来越高。食品安全除对消费者的人身安全和健康产生影响外, 还对食品的进出口贸易、国家的形象以及消费者对政府的信心有广泛的影响。所以, 无论是发达国家, 还是发展中国家, 食品安全都首先是一个公共卫生问题, 但也不仅仅是一个公共卫生问题。

在这样的国内外背景情况下, 与世界上其他国家一样, 近十年来, 我国政府大大地加强了对食品安全工作的监管, 并给予了极大的关注。其中最重要的标志之一是国家科学技术部在国家“十五”科技攻关重大项目中设立了食品安全项目后不久, 又接着在“十五”期间设立了“食品安全关键技术”重大科技专项 (2003~2005)。这是新中国成立以来科技史上的一项重大举措, 不仅政府投资力度大 (1.5 亿元人民币), 而且课题设置紧扣当前我国食品安全监管工作的科技“瓶颈”。在组成这一重大科技专项的 14 个课题中, 既突出了当前急需的各方面检测技术 (包括农药、兽药、生物毒素、人畜共患疾病病原、环境污染物等) 的攻关, 也包括了涉及面较广的食品安全监管和控制技术以及食品安全政策和标准。在国家科学技术部农社司的领导下, 由国家科学技术部生物中心具体组织这 14 个课题的立题、招标 (委托)、检查和验收。参加课题的单位主要涉及卫生部门、质检部门、农业部门和高等院校与中国科学院, 以及相关企业, 共约数十个单位, 配套经费超过 10 亿元人民币。正是由于集中了我国食品安全领域中的“精锐部队”, 所以才能在短短三年多的时间内获得众多高水平的、符合实际需要的科技成果。这个重大科技专项以食品安全监控技术研究为突破口, 针对一些我国迫切需要控制的食源性危害问题进行系统攻关, 在检测技术和设备方面取得突破。除将国外已有的实验室检测技术引入我国以外, 还建立了一批拥有自主知识产权的快速筛检方法。通过近四年的实施, “食品安全关键技术”重大科技专项已经圆满完成了预期目标, 构建了共享的全国污染物监测网 (含食源性疾病)、进出口食品监测与预警网; 制 (修) 订国家标准 39 项、行业标准和地方标准 161 项, 申请立项 357 项; 牵头制定国际标准 2 项、已完成 1 项, 参加制订国际标准 2 项; 提出 595 个食品安全标准限量指标的建议值, 58 个 (套) 生产、加工和流通领域的食品安全技术规范 (标准); 初步形成了食品安全检测体系, 建立了 219 项实验室检测方法, 其中农药多残留检测方法可检测 150 种农药, 兽药多残留检测方法可检测 122 种兽药; 研制出 81 项检测技术相关试剂 (盒)、现场快速检测技术。《国家科学技术中长期发展规划纲要》将食品安全列为优先领域, 在风险评估、检验监测、溯源预警及其控制标准方面强化投入; 在“十一五”期间, 继续将其列为国家科技支撑计划的重大项目予以支持, 并将升级为重点专项。为了使这些成果能够发挥更大的作用, 参加这一重

大专项的部分领头专家，根据所获得的成果，结合国内外这一领域的进展，编著了《食品安全关键技术系列图书》。

希望这套系列出版物能为我国广大的食品安全工作者提供最新的、最实用的食品安全知识和信息，从而对提升我国的食品安全水平做出积极的贡献。

中国工程院院士 陈君石

前言

食品安全已成为科技界和公众关注的焦点,食品污染监控技术成为解决食品安全的关键。《中华人民共和国食品安全法》(以下简称《食品安全法》)规定国家建立食品安全风险监测制度,对食源性疾病食品污染以及食品中的有害因素进行监测。并规定国务院卫生行政部门会同国务院有关部门实施国家食品安全风险监测计划。卫生部在实施《食品安全行动计划(2003—2008)》中也以建立国家食品污染物监测网络作为重要目标。面对《食品安全法》对食品污染监测的要求,需要业务指导用书。现行市面上的分析化学书籍,是从分析理论和不同仪器的角度来进行论述,对实际工作的直接指导作用尚有待提高,需要有一本从大学所学的分析化学与仪器分析理论走到实践中来的参考书。Elsevier Applied Science Publishers出版的《Analysis of Food Contaminants》(John Gilbert 主编)和CRC Press出版的《Food Chemical Safety》Volume 1: Contaminants (David H Watson 主编)让我耳目一新,遂萌发了利用中国污染物监测实践结合国际最新理论来写一本对我国食品污染监测具有参考作用的类似书籍。北京大学出版社组织出版了译著——李克安、金钦汉等译的国际性教科书《分析化学》(Analytical Chemistry: The Approved Text to the FECS Curriculum Analytical Chemistry,由欧洲化学会分析化学部组织14个国家的31位分析化学家编写),启发我借鉴该书风格对食品污染分析的新概念、新方法和新发展的指导性描述以及未来发展与新方向的前瞻性报道进行介绍,撰写著作作为我国食品污染监测指导用书。

在与化学工业出版社签订合同后,我又深感资料不充足,交稿也一再延迟,甚至在交稿一年后由于《食品安全法》颁布再次修改。“十五”食品安全关键技术国家重大专项中启动了“全国食品污染物监测体系建立研究”,国家“十一五”科技支撑计划中的“化学污染物暴露评估技术研究(2006BAK02A01)”和“持久性有毒污染物检测技术研究(2006BAK02A10)”相继取得了一批成果,尤其我国食品污染物监测实践方面已经具备了基本数据,对我国诸多实践经验的总结使我们对污染物监测有了更加深刻的理解。例如,在污染物监测网络的建立过程中我国不仅参加了二噁英、多氯联苯、多溴联苯醚等超痕量分析技术的国际协同性验证,也采纳国际先进理念在我国组织并开展污染物监测网的分析质量保证考核。笔者的博士研究生李敬光、付武胜、蒋定国、苗虹等提供了实验室能力验证的实践工作资料;笔者感谢辽宁进出境检验检疫局的郑江处长在有关防止串通的统计技术方面提供了相关资料。我国在监测过程中越来越考虑与国际接轨问题,采用的标准分析方法也在逐步与国际通行的检验方法接轨;但我国在参考和等同采用这些方法时,尚要结合我国的现实条件作适当修改;即使等同采用国际公认方法也需要进行验证。在方法的发展和验证过程中,不同的实验室出现了不同的实际问题,急需要理论指导。国际食品法典委员会(CAC)、国际官方分析家协会(AOAC)/国际原子能机构(IAEA)/联合国粮食农业组织(FAO)、欧盟委员会等许多国际机构针对污染物的监测、暴露评估和残留监控用痕量分析方法的建立与验证已经提出了一系列的规范和技术要求,将其整理编著出版对于指导我国污染物监测体系的

建立具有意义，苗虹研究员，博士研究生范赛、李鹏、张晨光、梁春霞、孙金芳以及博士后人员骆鹏杰、闻胜、侯晓林承担了这些文件的翻译工作。有关食品污染物监测方面，世界卫生组织（WHO）组织的全球环境监测系统/食品污染监测与评估方案（GEMS/Food）的翻译工作由施致雄和尚晓虹进行，母乳监测工作由杨欣和李筱薇副研究员进行翻译整理；GEMS/Food 数据报告系统与相关软件（OPAL）由东南大学刘沛教授组织、韩晓梅翻译、陈启光教授和余小金老师校对。有关风险评估的中欧对比研究方面，采用了赵丹宇副研究员的公共卫生硕士毕业论文。农药残留和真菌毒素检测技术分别由赵云峰和李凤琴研究员提供基本素材，中国总膳食研究实施方案由高俊全研究员和李筱薇副研究员提供。上述资料对于本书体系的完成和我国食品污染物监测的组织实施及其数据的报告均具有重要指导意义。

卫生部启动卫生行业科研专项《食品安全应急与监测预警技术研究与应用》（200902009），本人出任首席科学家，其中的一个重要任务是对国际上先进技术和国家科技计划产生的技术进行推广培训，本书作为重要培训教材之一予以出版。

本书针对痕量分析与超痕量分析的要求，从污染监控的基本手段入手，结合分析方法中筛选、定量与确证方法的特点和要求，特别是方法建立和验证过程中的特异性、灵敏度与检测限（LOD 与 LOQ）、准确度（回收率）与精密度等的概念、要求与相应方法，介绍有机污染物痕量分析方法的实验室验证国际要求（特别是农药残留和兽药残留），污染物与残留监控规划、数据报告方式以及含低水平截尾数据（未检出）统计处理等最新进展。对无机污染物的测定从消化过程入手，结合元素新测定技术（如 ICP 质谱）展开；对有机污染物的测定，从样品前处理过程中凝胶排阻色谱和亲和色谱等净化技术与衍生化技术入手，结合气相色谱、高效液相色谱、色质联机中选择性离子监测与稳定性同位素稀释等新技术展开，并对生物学技术（如酶联免疫技术等）进行介绍。《食品安全关键技术系列图书》中已经出版了《重要有机污染物痕量与超痕量检测技术》、《兽药残留检测与监控技术》和《农药残留检测与监控技术》等。鉴于此，本书重点对无机污染物和真菌毒素检测技术进行描述，同时重点对凝胶过滤色谱在农药残留净化和免疫亲和色谱在真菌毒素净化中的应用进行了介绍。本书可以供食品安全风险监测与检验人员和公共卫生与食品分析专业的本科生与研究生阅读参考，同时也希望对化学和环境专业等相关人员有所帮助。

吴永宁

《食品安全关键技术系列图书》编委会

顾	问	陈君石					
主	任	吴永宁					
委	员	岳永德	李 聪	魏益明	沈建忠	何艺兵	王大宁
		张志强	包大跃	计 融	王竹天	刘秀梅	陈宗道
		刘 文	杨汉春	吴永宁			

目录

第一篇 食品污染监测基础理论与技术要求

第一章 概论	2
第一节 定义	2
第二节 中国实施食品安全风险监测与评估制度	5
一、国家食品安全风险监测工作职责	5
二、国家食品安全风险监测计划	6
三、监测方案要求	7
四、经费保障	7
五、省级食品安全风险监测方案可参考国家食品安全风险监测计划制定	7
附件 1-1-1 卫生部、工业和信息化部、工商总局、质检总局、食品药品监督管理局等 关于《食品安全风险监测管理规定（试行）》	8
第三节 卫生系统食品安全风险监测体系及方案	10
一、工作目标	10
二、工作内容	11
第四节 食品安全风险监测与风险评估	18
附件 1-1-2 卫生部、工业和信息化部、农业部、商务部、工商总局、质检总局和 国家食品药品监督管理局《食品安全风险评估管理规定（试行）》	19
第五节 食品污染监测	21
参考文献	23
第二章 分析方法的技术参数	25
第一节 术语与定义	25
第二节 分析化学中的误差	28
一、准确度和精密密度	28
二、偏差和准确度	30
三、结果的报告	31
四、统计学步骤	32
第三节 方法性能表征的计算举例	35
一、独立模型性能标准	38
二、传统的确证程序	40
三、根据替代模型所做的验证	43

附件 1-2-1	法典分析方法的制订原则	46
附件 1-2-2	法典采样程序的制订或选择原则	52
附件 1-2-3	分析结果的应用：采样计划、分析结果、测定的不确定性、回收率与 法典标准规定的关系	53
参考文献		54

第三章 监测方法的验证与分析质量保证	55
第一节 概论	55
一、定义	55
二、方法种类与溯源性	56
第二节 方法的建立与实验室内验证	58
一、仪器设备软件、硬件的认证	58
二、方法的确认与认证	58
三、仪器方法的建立与标准物质	59
四、基体影响与标准参考物质	60
五、方法的耐变性与耐久性	61
第三节 监测方法准确度的验证	61
第四节 实验室分析质量保证与质量控制原理	63
一、质量控制图方法	63
二、实验室间分析能力验证测试	67
三、实验室良好操作规范	68
四、实验室评价与认证认可系统	70
五、检验方法的标准化的	71
第五节 痕量分析方法验证的一般要求	72
一、验证范围	72
二、确证实验的共同性能标准和要求	84
三、质谱检测性能标准和其他要求	87
四、色谱结合红外检测的性能标准和其他要求	88
五、使用带其他检测技术的液相测定分析物的性能标准和其他要求	89
六、元素确认方法	90
第六节 Yunden 实验实例	92
一、Yunden 实验考核计划	92
二、食品中重金属分析方法协同性实验验证	93
第七节 能力验证测试中 $\bar{x}$-评分应用实例	98
一、能力验证测试的框架	98
二、能力验证结果的统计评价方法	99
三、协同性验证实验例：食品中氯丙醇 GC-MS 检测方法的协同性 验证	103
附件 1-3-1 残留方法验证	108
附件 1-3-2 兽药残留方法验证	120
附件 1-3-3 农药残留多组分分析方法验证实例	132
参考文献	142

第二篇 金属和元素污染检测基本理论和新技术

第一章 概论	146
参考文献	148
第二章 样品前处理	149
第一节 样品的准备	149
第二节 干灰化	149
第三节 湿消化	150
参考文献	152
第三章 原子吸收光谱法与原子荧光光谱法	153
第一节 原理	153
第二节 原子吸收光谱仪仪器组成	154
一、光源	154
二、原子化系统	155
三、单色器	155
四、检测器	156
五、数据处理、显示及输出	156
六、干扰的排除	156
七、安装与操作	158
第三节 原子荧光光谱仪的组成与使用	162
一、仪器组成	162
二、安装和工作条件	163
三、操作步骤	163
四、注意事项	167
附件 2-3-1 我国污染物监测网使用方法标准操作程序铅-石墨炉原子吸收分光光度法	168
附件 2-3-2 我国污染物监测网使用方法标准操作程序总砷-氢化物发生原子荧光光谱法	170
附件 2-3-3 我国污染物监测网使用方法标准操作程序镉-石墨炉原子吸收分光光度法	172
附件 2-3-4 我国污染物监测网使用方法标准操作程序总汞-氢化物发生原子荧光光谱法	174
参考文献	176
第四章 电感耦合等离子-质谱	177
第一节 概述	177
一、电感耦合等离子体离子源	177
二、质谱仪	179
三、检测器	179
第二节 联用技术	179
一、GC-ICP-MS 接口的特性	180
二、HPLC 与 ICP-MS 联用的接口技术	181
第三节 应用实例	182

一、有机锡的分析	182
二、Hg 的形态分析	184
三、As 的形态分析	185
参考文献	188

第三篇 有机污染物检测基本理论和新技术

第一章 色谱法	192
第一节 色谱分离的基础	192
一、概述	192
二、色谱图的特征值	193
三、塔板理论	194
四、色谱分离度 R_s 作为峰分离的量度	194
五、动力学理论	195
六、超高效液相色谱与快速高效液相色谱	196
七、定性分析	200
八、定量分析	201
第二节 气相色谱	201
一、保留数据和分配系数 K	201
二、气相中的分离	202
三、气相色谱仪的组成	202
四、固定相	204
五、气相色谱的特殊应用	205
第三节 液相色谱	207
一、LC 分离原理和性能	208
二、用于样品前处理的固相提取技术	212
三、薄层色谱	216
四、高效液相色谱	218
第四节 超临界流体色谱	221
一、原理	221
二、组成仪器	222
第五节 电泳	223
一、传统电泳	223
二、毛细管电泳	223
参考文献	225

第二章 色谱-质谱联用技术	226
第一节 气相色谱-质谱联用基础	226
一、GC-MS 的基本构成与工作原理	226
二、气相色谱-质谱联用法和其他气相色谱法的主要区别	227
三、GC-MS 联用仪的分类	228
第二节 选择离子监测技术	228
一、定义	229
二、SIM 的基本原理	229

三、SIM 的基本操作步骤	233
四、SIM 技术应用举例：在农药残留分析中的应用	234
五、解卷积软件	237
六、保留指数定性法	237
第三节 液相色谱-质谱联用技术	240
一、LC-MS 的结构与工作原理	240
二、液相色谱/四极杆串联质谱仪做目标化合物定量分析	241
三、UPLC-MS/MS 技术在食品污染物监测分析中的应用	242
参考文献	246
第三章 农药残留	247
第一节 样品前处理技术	247
一、样品采集、制备和贮存	247
二、样品提取	247
三、净化方法	250
第二节 农药残留分析技术	254
一、气相色谱法及其联用技术	255
二、液相色谱法及其联用技术	264
三、其他检测技术	266
第三节 应用实例	269
一、有机氯农药和拟除虫菊酯农药多残留检测	269
二、有机磷农药多残留的检测	283
参考文献	284
第四章 真菌毒素	286
第一节 概论	286
一、选择适宜的分析方法	288
二、真菌毒素分析过程的质量控制	290
三、真菌毒素分析步骤	292
四、真菌毒素分析过程中的变异	295
第二节 真菌毒素标准品的制备	296
第三节 黄曲霉毒素	298
一、概述	298
二、微柱法	299
三、TLC 法	299
四、HPLC 法	301
第四节 赭曲霉毒素 A	308
一、概述	308
二、食品及饲料中 OTA 的提取	309
三、净化	310
四、检测	311
五、确证	312
六、色谱法检测食品中 OTA 应用实例	312

第五节 伏马菌素	314
一、概述	314
二、TLC 法	315
三、HPLC 法	316
四、应用实例	317
第六节 单端孢霉烯族化合物	317
一、概述	317
二、前处理技术	320
三、DON 检测	323
第七节 链格孢毒素	326
一、概述	326
二、提取和净化	327
三、检测	328
四、确证实验	330
五、色谱法检测链格孢毒素实例	330
第八节 真菌毒素的免疫分析技术	333
一、概述	333
二、免疫亲和色谱技术	345
三、IAC 柱的性能评价	348
附件 3-4-1 食品中黄曲霉毒素的测定——免疫亲和层析净化-高效液相色谱法和荧光光度法 (GB/T 18979—2003)	350
附件 3-4-2 食品安全国家标准 乳和乳制品中黄曲霉毒素 M ₁ 的测定 (GB 5413.37—2010)	355
附件 3-4-3 食品中赭曲霉毒素 A 的测定：免疫亲和层析净化高效液相色谱法 (GB/T 23502—2009)	367
附件 3-4-4 谷物中玉米赤霉烯酮的测定 (GB/T 5009.209—2008)	370
附件 3-4-5 食品中 T-2 毒素的测定：免疫亲和层析净化高效液相色谱法 (GB/T 23501—2009)	372
附件 3-4-6 食品中脱氧雪腐镰刀菌烯醇的测定：免疫亲和层析净化高效液相色谱法 (GB/T 23503—2009)	375
参考文献	378

第四篇 污染物监控技术

第一章 食品安全风险分析框架	382
第一节 定义	382
一、食品中的危害	382
二、食品的安全	383
三、食品中的风险	383
第二节 食品风险分析框架	384
一、风险评估	384
二、风险管理	384
三、风险交流	385
参考文献	386

第二章 风险评估原理及方法	388
第一节 危害识别	388
一、流行病研究	388
二、动物实验	388
三、体外实验	389
四、结构-活性关系	389
第二节 危害特征描述	389
一、定义	390
二、剂量-反应研究	393
三、阈值	400
四、无阈值与剂量-反应评估	404
第三节 暴露评估	405
一、定义	405
二、暴露评估程序	407
三、采样计划	408
四、建立评估模型	411
五、对历史暴露实施评估	412
第四节 风险特征描述	413
第五节 食品安全风险评估不确定因素	414
一、分类	414
二、典型不确定因素	414
参考文献	416
 第三章 限量标准制定技术程序	418
第一节 最大残留限量制定原则	418
一、制定 MRL 筛选国际水平制定原则	418
二、制定国家食品安全标准 MRL 的原则	419
第二节 制定食品添加剂和农业投入品最大残留限量技术程序	421
一、基于动物毒理试验获取 ADI 和 ARfD	421
二、基于 TMDI 及 NEDI 联合确定 MRL	421
附件 4-3-1 JMPR 进行短期暴露量评估——点估计法	424
三、制定国家水平的 MRL 标准	425
第三节 兽药残留最大残留限量制定程序	425
第四节 制定农业投入品最大残留限量需注意的问题	426
一、必须针对不同食品及危害制定不同采样计划	426
二、必须注重暴露评估因素	426
参考文献	427
 第四章 食品污染监测与膳食暴露评估	428
第一节 概述	428
一、进行膳食暴露评估的基本原则	428
二、膳食暴露评估方法的一般原则	429
三、膳食暴露评估结果的表达的一般原则	429

第二节 数据来源	429
一、食物中化合物浓度数据	429
二、食品消费数据	439
第三节 膳食暴露量的估计	444
一、暴露评估的步骤	445
二、膳食暴露的点评估	446
三、细化的膳食暴露评估（概率分布分析）	452
四、急性和慢性膳食暴露评估模拟方法的特别考虑	455
五、集合/累积暴露	457
六、暴露生物标记物	458
七、建议	459
附件 4-4-1 GEMS/Food 食品中出现的危害物（HOF）数据报告的 WHO 工作组报告	460
附件 4-4-2 母乳中持久性有机污染物的第四次生物监测（WHO/UNEP 合作项目）	472
参考文献	479
 第五章 中国食品化学污染物暴露量评估实践与需求	 480
第一节 概论	480
第二节 研究方法	482
第三节 比较分析结果	482
一、食品中化学物的含量	482
二、暴露评估中的食物消费量	485
三、综合食物消费和化学物含量来估计食物化学物的暴露	490
第四节 未来发展建议	493
一、膳食暴露量评估方法及模型的确立	494
二、急性摄入暴露模型的研究	495
三、确定性模型（点评估法）与概率模型的比较	495
四、建议	496
附件 4-5-1 中国六六六和滴滴涕农药再残留限量标准中的暴露量评估	498
附件 4-5-2 中国总膳食研究（单一食品法）中对铅暴露量的评估	499
附件 4-5-3 欧洲针对西维因进行的短期暴露量评估	501
附件 4-5-4 2007 年第 4 次中国总膳食研究技术实施方案	501
参考文献	511
 附录	 513
附录 1 GEMS/Food 食品和膳食的化学污染物数据的电子版提交指南	514
附录 2 OPAL1 食品污染物分析实验室操作规程使用手册（软件 1.4 版本；2006.6）	552
附录 3 OPAL2 总膳食研究中污染物分析实验室操作规程使用手册（草案） （软件 1.4 版本；2006.6）	578
附录 4 食品安全国家标准——食品中污染物限量（GB 2762—2011）	597
附录 5 食品安全国家标准——食品中真菌毒素限量（GB 2761—2011）	610
附录 6 食品污染物专门法典委员会关于食品或食品组污染物和毒素暴露评估的政策	615
附录 7 英文缩略语	617