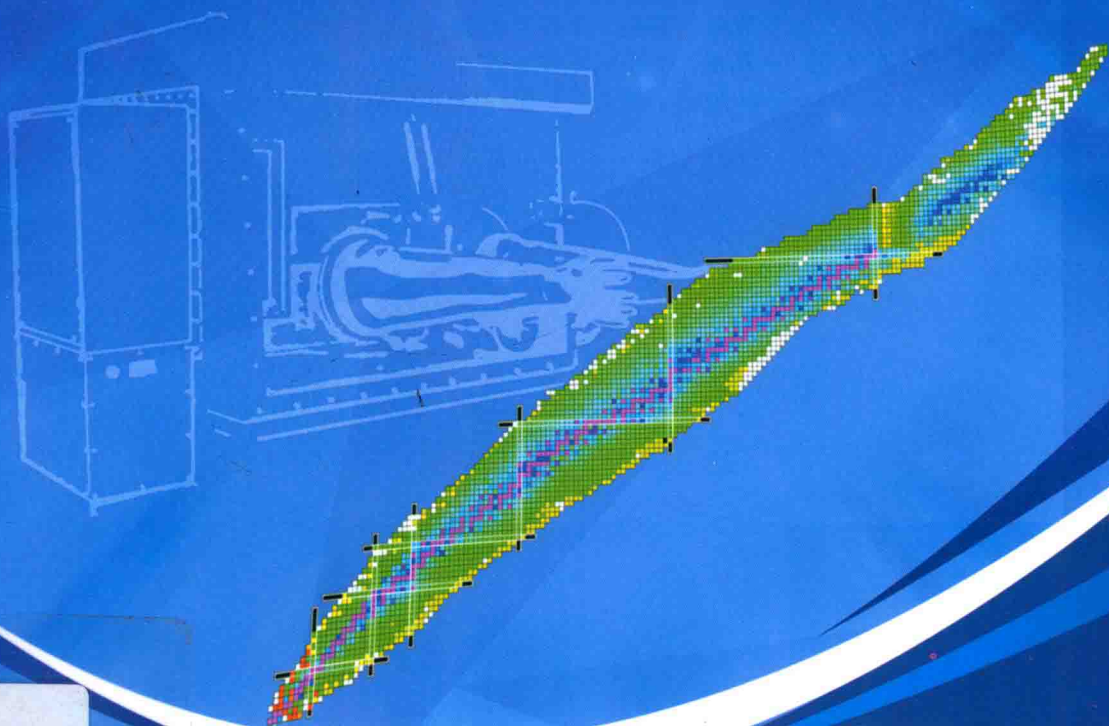


Experimental Textbook for
Radiochemistry and Radiation Chemistry

放射化学与辐射化学 实验教程

◎ 兰州大学 北京大学 四川大学 北京师范大学 合编
◎ 吴王锁 翟茂林 李首建 张俊波 主编



兰州大学出版社
LANZHOU UNIVERSITY PRESS

放射化学与辐射化学 实验教程

► Experimental Textbook for
Radiochemistry and Radiation Chemistry

► 兰州大学 北京大学 四川大学 北京师范大学 合编
吴王锁 翟茂林 李首建 张俊波 主编



兰州大学出版社
LANZHOU UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (C I P) 数据

放射化学与辐射化学实验教程 / 吴王锁等主编. --
兰州 : 兰州大学出版社, 2015. 7
ISBN 978-7-311-04795-5

I. ①放… II. ①吴… III. ①放射化学—化学实验—
高等学校—教材②辐射化学—化学实验—高等学校—教材
IV. ①0615-33②0644-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第163846号

封面题字 柴之芳
策划编辑 施援平 王曦莹
责任编辑 郝可伟 施援平 王曦莹
装帧设计 王曦莹

书 名 放射化学与辐射化学实验教程
作 者 吴王锁 翟茂林 李首建 张俊波 主编
出版发行 兰州大学出版社 (地址:兰州市天水南路222号 730000)
电 话 0931-8912613(总编办公室) 0931-8617156(营销中心)
0931-8914298(读者服务部)
网 址 <http://www.onbook.com.cn>
电子信箱 press@lzu.edu.cn
印 刷 兰州人民印刷厂
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 22(插页12)
字 数 460千
版 次 2015年7月第1版
印 次 2015年7月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-311-04795-5
定 价 50.00元

(图书若有破损、缺页、掉页可随时与本社联系)

主 编

吴王锁 翟茂林 李首建 张俊波

编写组成员

兰州大学: 牛智伟 许君政 郭治军 潘多强
北京大学: 陈庆德 彭 静
四川大学: 陈文浚 王 航
北京师范大学: 唐志刚 张现忠 贾红梅 陆 洁

审阅人员

主 审: 王祥云 葛学武
审 阅: 丁戈龙 于 涛 牛玉清 王受凹 王祥科
韦悦周 石伟群 刘 宁 刘云海 刘广山
师全林 那 平 吴国忠 张生栋 张华北
张安运 杜金洲 汪小琳 沈兴海 陈 靖
唐双凌 秦 芝 矫彩山



吴王锁，理学博士，教授，博士生导师。曾在法国国家科研中心约里奥·居里实验室、巴黎南大学做访问学者。现任兰州大学核科学与技术学院院长、中国核学会核化学与放射化学委员会常务理事、甘肃省核学会副理事长、《核化学与放射化学》期刊副主编。长期从事核化学与放射化学、核技术应用等教学及科研工作，主持完成科研项目30多项，发表学术论文180余篇，获省部级科技进步奖3项。主讲的课程“走近核科学技术”获批中国大学精品视频公开课并向社会开放，主讲的“放射化学与核化学基础”获省部级精品课程。荣获“全国优秀教师”称号，荣获宝钢教育奖等。享受国务院政府特殊津贴。



翟茂林，理学博士，教授，博士生导师。曾在日本原子能研究院、东京大学从事博士后研究。现任北京大学放射化学与辐射化学重点学科实验室副主任、国际原子能机构辐射加工领域中国国家项目协调员、中国核学会辐射研究与应用学会副理事长等。长期从事辐射化学与材料领域的教学及科研工作，主持完成国家自然科学基金等项目20余项，发表学术论文160余篇，出版教材及专著9部，申请专利19项。主讲“化工基础”及“高分子辐射化学”课程。曾荣获中核集团及北京市科学技术奖。



李首建, 教授, 博士生导师。曾在美国北伊利诺伊斯大学 (Northern Illinois University) 化学与生物化学系进修, 从事固体材料化学研究。现任四川大学化学学院放射化学教研室主任, 国家自然科学基金委“四川大学放射化学特殊学科点”项目执行负责人, 中国核学会核化学与放射化学分会理事、核化工分会理事。长期从事放射化学领域的教学及科研工作, 主持完成科研项目 20 余项, 发表研究论文 80 余篇。先后主讲“辐射防护基础”“高等放化实验”“核技术基础及应用”“辐射测量实验”“核废物处理与处置”“结晶化学导论”和“专业英语”等本科及研究生课程。



张俊波, 理学博士, 教授, 博士生导师。现任北京师范大学化学学院副院长, 中国核学会核化学与放射化学分会第八届委员会委员、副秘书长,《核化学与放射化学》《Hans Journal of Biomedicine》《Pharmacy Information》《Journal of Bacteriology and Mycology》《International Journal of Radiology》等期刊编委。长期从事放射性药物化学领域的教学及科研工作, 主持完成科研项目 10 余项, 发表 SCI 收录的论文 40 余篇, 获得国家发明专利授权 20 余项。主讲“放射性药物化学”课程, 曾入选北京市科技新星计划和北京市优秀人才培养计划, 荣获首届肖伦青年科技奖, 曾担任药物化学领域国际知名期刊《Current Medicinal Chemistry》和《Current Pharmaceutical Design》的 Executive Guest Editor。

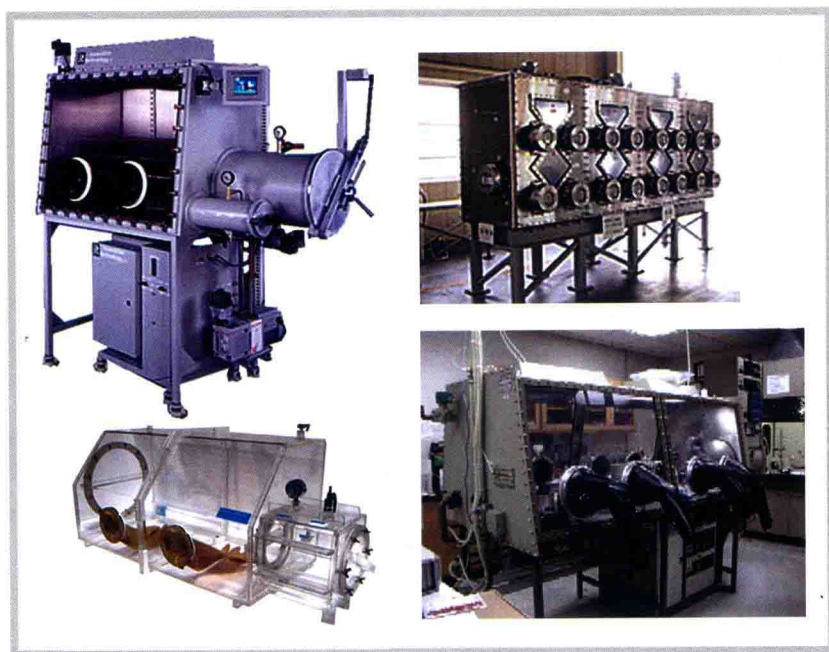


图1.3 各种手套箱

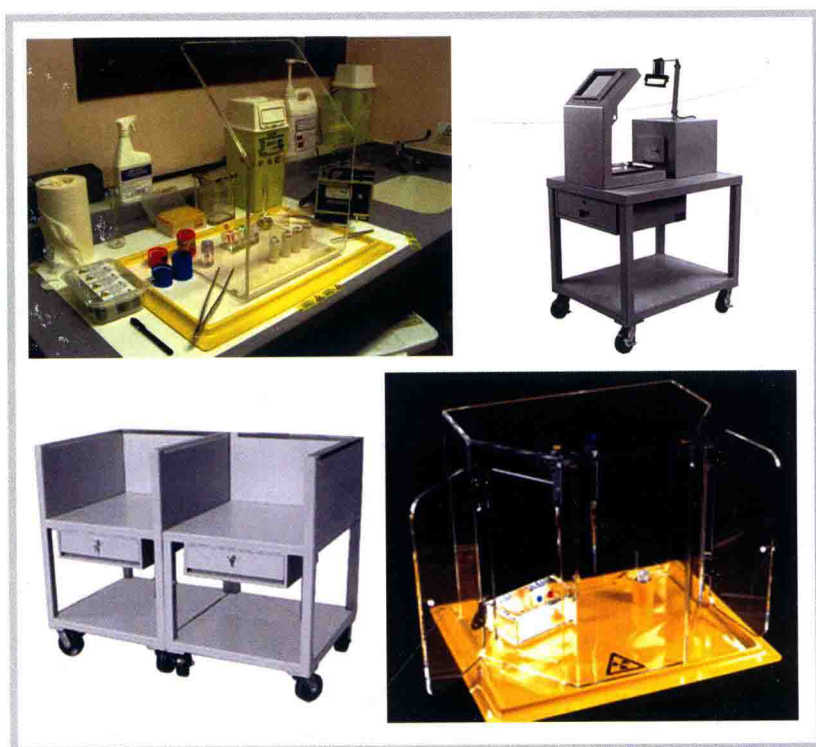


图1.4 各种类型的活性工作站



图1.5 通风橱

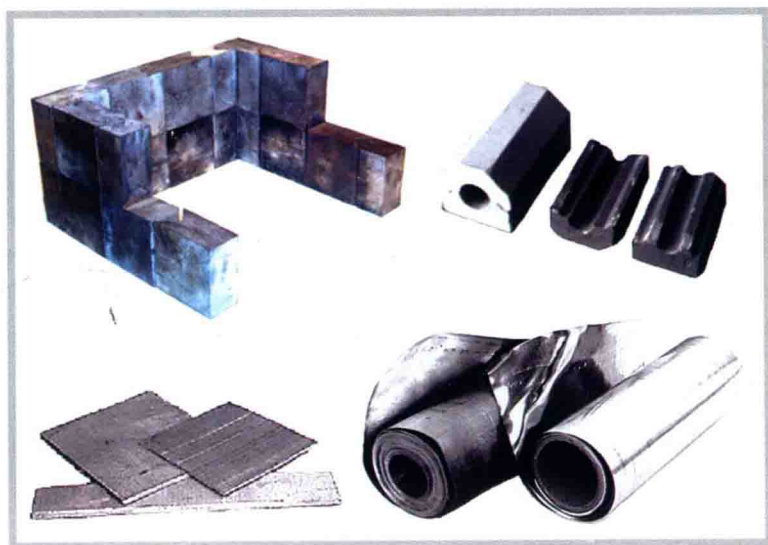
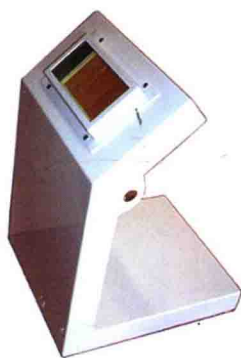


图1.6 铅砖、铅管、铅板和铅箔



(a) 有机玻璃防护屏



(b) 铅玻璃防护屏

图1.7 辐射防护屏



(a) 铅屏蔽的热室工作箱

(b) 热室工作线

图1.8 热室

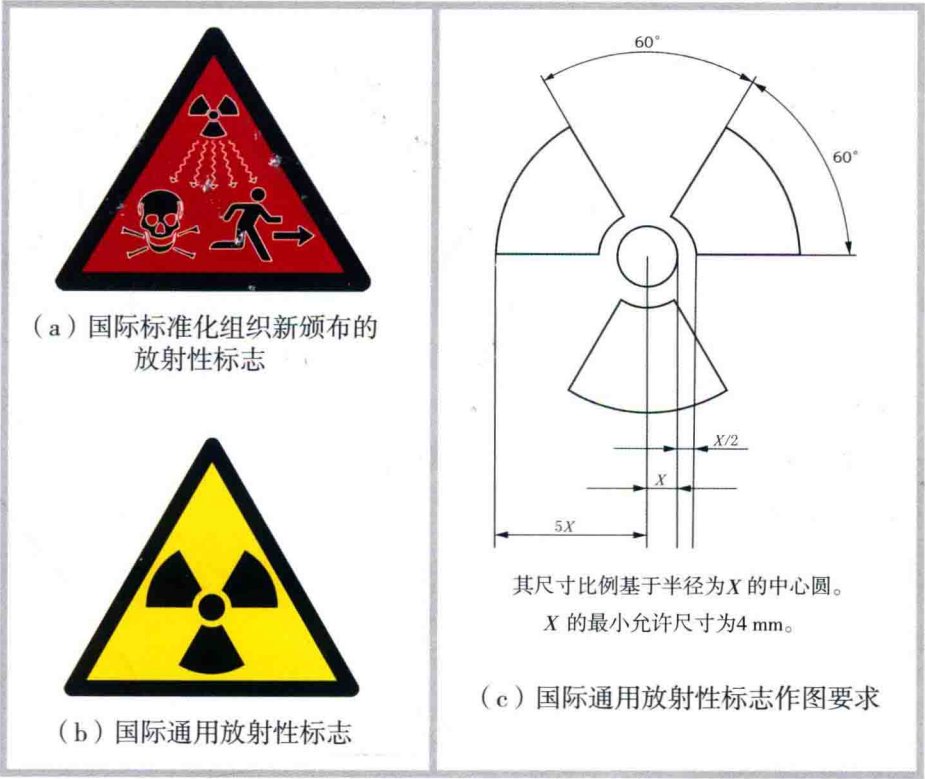


图1.10 放射性标志及其作图要求



图1.14 热释光测量元件



图1.15 放射性废物箱（桶）



图2.4 CoMo170便携式表面沾污检测仪



BH3103A剂量仪



JB4000X剂量仪



XH3408剂量仪



MKS-U多功能测量仪



FT-6662A剂量仪



DH80CP-PC剂量仪

图2.6 各种不同类型的防护级及环境级剂量仪

序(一)

放射化学和辐射化学是研究放射性物质及其相关效应的化学分支学科,承载着国家安全、能源需求、人类健康、环境保护以及社会经济可持续发展的需求,是一门既有重要科学意义又与国家重大需求紧密相关的前沿学科,在政治、经济、科技、环境等诸多领域发挥着举足轻重的作用。放射化学和辐射化学是一门高度依赖实验的学科。最新的放射化学实验水平已可实现“一个时刻只有一个原子(one atom at a time)的化学行为的探测,堪称实验化学之巅。可以说,没有精湛的放射化学实验能力,就无法登上放射化学的灿烂殿堂。

20世纪80年代后期到20世纪末,由于受到国际形势和切尔诺贝利核事故的影响,成就过诸多辉煌的放射化学、辐射化学乃至核科学技术进入低迷期,相关领域的科学研究和人才培养走到了低谷。进入21世纪,为适应我国国民经济可持续发展的需要,控制温室气体的排放,我国核电已进入安全和高效发展时期。凭借国家的科学决策和强力支持,我国核科学事业得以复苏,放射化学和辐射化学又一次展现出蓬勃发展的生机和活力。但是,由于长年的投入不足和缺乏支持,已造成放射化学和辐射化学人才结构的不均衡,放射化学和辐射化学领域紧缺的从业人员已不能满足核科学事业蒸蒸日上的发展需求。与此同时,科学技术的高速发展和学科交叉也赋予了核从业人员新的时代特色,对核从业人员的专业素养和业务水平提出了更高的要求。为了满足核能与核技术应用对放射化学和辐射化学人才日益增长的需求,培养核科学领域合格的专门人才,必须结合核科学技术领域的最新进展,对从业者进行系统、全面的放射化学和辐射化学实验方法和实验技能培训。为此,这本倾注四校放射化学同人心血的新编《放射化学与辐射化学实验教程》应运而生。

本书根据兰州大学、北京大学、四川大学和北京师范大学多年的教学实践,结合放射化学、辐射化学、放射性药物化学领域近年来的最新科学进展,详细地介绍了放射性和辐射相关的安全操作和实验技能,精心设计了49个深入浅出的放射化学和辐射化学

实验。力求使读者得到由理论到实践的全方位训练,培养读者独立思考、独立发现和解决问题的能力,提高核从业者的专业素养和业务水平。本书内容翔实,结构合理,文字精练,并附有大量图表,本书不仅可满足高校和科研机构的实验教学需要,也可供其他相关行业的工作人员作为参考。

本书不仅是一本实验教程,也是一本专著,它的出版无疑是我国放射化学和辐射化学科学研究和人才培养的一件大喜事,定会对我国放射化学和辐射化学的学科建设和人才培养发挥积极作用,谨向为本书顺利出版付出辛勤劳动的同人表示衷心祝贺。

柴之芳
2015年6月

序(二)

为满足因我国核能和核技术应用的快速发展造成的对放射化学人才的需求,近10年来我国设有放射化学专业的高校扩大了招生,还有一些高校新建了放射化学专业。面对实验教学的需要,1998年兰州大学、四川大学、北京师范大学和北京大学的放射化学同人商定,合作编写一本适用于不同专业方向的《放射化学与辐射化学实验》。经过几年的努力,现在这本教材和读者见面了。

1961年,我国第一本放射化学实验教材《放射化学实验指导》由北京大学技术物理系编写出版,署名群力。在原中国核工业总公司教学与教材指导委员会的组织下,1983年复旦大学物理二系叶明吕、唐静娟、俞誉福、郑成法四位先生编写了《放射化学实验》,由原子能出版社出版,1991年出了第二版。1998年北京师范大学出版了该校化学系孟昭兴、孙兆祥、唐志刚先生编写的《放射化学实验方法与技术》,包含13个放射化学基本实验和50个核药物化学方面的专门实验。此外,原子能出版社于1989年出版了Ah. H. 涅斯米扬诺夫主编的《放射化学实验教程》(黄昌泰译)。上述这些教材对于我国放射化学的人才培养发挥了重要的作用。

近20年来,计算机、电子学和材料科学的飞速发展,带动了核探测技术和仪器的更新换代。核技术的能源和非能源的工业应用在国民经济中发挥了越来越大的作用。目前全世界核能发电量占总发电量约15%。核技术的非能源应用对国民经济的贡献不小于核技术的能源应用。以美国和日本为例,核技术对于国内生产总值(GDP)的贡献1997年分别为1580亿美元和990亿美元,能源应用与非能源应用之比分别为1:1.1和1:3。在非核能应用方面,辐射加工创造的财富占第一位。辐射加工在生物医学领域,核医学影像技术、核体外检测技术、诊断和治疗的放射性药物、标记化合物和示踪技术等获得了广泛的应用,各种类别和能量的粒子已经或正在被研究用于疾病治疗。核科学与核技术的这些进展需要反映在放射化学的实验教材中,这促成了新编的《放射化学与辐射化学实验教程》的编写。本书包括49个实验,其中辐射防护实验2个,辐射测量实验6

个,基本的放射化学实验21个,放射性药物化学实验8个,辐射化学实验12个。与先前出版的放射化学实验教材相比,核技术应用实验在本书中占有很大的比例。

核科学与核技术给人类带来利益的同时,如果处理不当或者失误,会导致核辐射对人类造成伤害。因此,将要从事核方面工作的学生需要接受安全操作放射性和辐射的专门训练。本书用很大的篇幅介绍了放射化学实验室的布局、防护设备、操作规程、剂量监督和废物处理,力求将辐射防护观念的养成教育与技术训练贯彻到每一个实验中。只要严格遵守国家辐射防护法规和实验室安全防护条例,放射性工作人员和公众的安全是有保障的。

本书的出版是我国放射化学教育史上的一件大喜事。毫无疑问,本书将对我国放射化学人才培养发挥非常积极的作用。

谨向本书作者致以热烈祝贺。

王祥云

北京大学化学与分子工程学院

2015年4月

前言

放射化学是研究放射性物质及其辐射效应的学科;辐射化学是研究电离辐射与物质相互作用时产生的化学效应的学科。进入21世纪以来,随着核能与核技术应用的飞速发展,放射化学和辐射化学在国家安全、科学前沿、核能发展、人类健康、环境保护、经济和社会的可持续发展等方面发挥了越来越重要的作用,社会对放射化学从业人员的需求量逐步增大,与此同时,也对放射化学从业人员的专业素养和业务水平提出了更高的要求。为了满足核能与核技术应用对放射化学人才日益增长的需求,进一步提高放射化学从业人员的工作能力,了解和掌握现代放射化学和辐射化学的实验方法和实验技术十分必要。

兰州大学、北京大学、四川大学和北京师范大学放射化学领域的同人根据多年的教学实践,参考四校放射化学专业本科生、研究生实验课讲义,结合近年来同位素示踪、辐射化学、放射性药物化学领域的最新科研成果,联合编写了本实验教程,供各高校和科研院所做放射化学和辐射化学实验教材,也供其他相关行业的工作人员参考。

本书内容分为两大部分:

一、核化学与放射化学实验

该部分共有3章。第一章详细介绍了放射化学实验室的布局、特点,放射化学实验室基本操作规程,剂量监测,放射性污染去污,放射性废物管理等基础知识。第二章是辐射防护实验,介绍了剂量仪器使用和 γ 射线屏蔽计算。第三章是放射化学实验,内容涉及放射源制备、放射分析、放射性测量、放射性核素分离、同位素标记等35个实验。

二、辐射化学实验

该部分共有2章。第四章介绍了辐射化学实验室基本要求,安全操作规程,辐射装置,基本物理量和测试方法等基础知识。第五章结合近代科研成果,设计了12个辐射化

学实验,把与辐射化学相关的综合训练内容呈现给读者。

本教程中的实验都是根据放射化学和辐射化学的工作要求而精心设计的,包含实验目的、实验内容、实验原理、主要仪器与试剂、实验步骤、实验数据处理、注意事项、问题讨论等内容,力求深入浅出地教授放射化学基础知识和基本实验技能,培养读者独立思考、独立发现和解决问题的能力,提高读者的工作能力。

本书第一章、第二章由四川大学李首建教授负责设计编写,第三章前20个实验由兰州大学吴王锁教授负责设计编写,后15个实验由北京师范大学张俊波教授、唐志刚教授负责设计编写,第四章、第五章由北京大学翟茂林教授负责设计编写。全书由兰州大学吴王锁教授统稿。

在本书编写和出版过程中,得到了众多同人的支持和帮助。北京大学王祥云教授对本书放射化学部分进行了审校评议,中国科学技术大学葛学武教授对本书辐射化学部分进行了审校评议,提出了许多宝贵的建议,谨向他们表示衷心的感谢。四川大学研究生王航同学对本书第一章进行了文字编辑和校对。兰州大学张红霞、钱丽娟、沈颖林、刘同环、胡佩卓老师曾将本书用作试用教材,并提出了许多宝贵的意见。本书的出版得到了兰州大学出版社和兰州大学放射化学与核环境研究所全体教职工的大力支持与帮助,责任编辑郝可伟、施援平为本书的顺利出版做了大量细致的工作,本书的出版还得到国家自然科学基金特殊学科点项目的资助,特此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中缺点和不足在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2015年4月于兰州