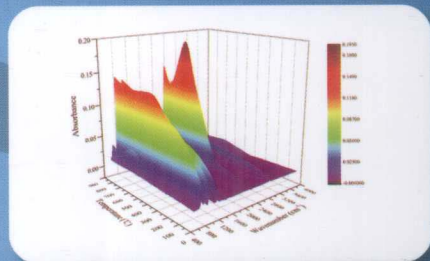
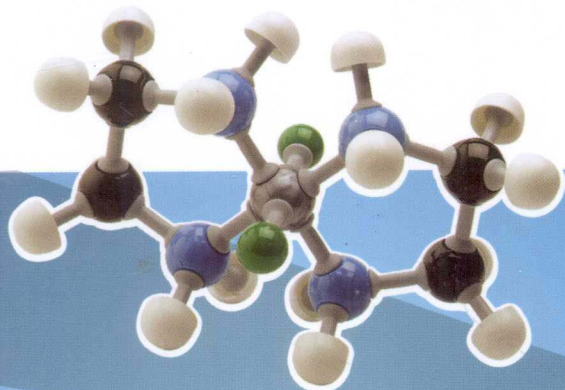


科学与工程实验系列教材

总主编 崔占全 潘清林 赵长生 谢峻林
总主审 王明智 翟玉春 肖纪美



材料科学与工程实验教程

(高分子分册)

主 编 李青山
副主编 原续波 袁新强 彭桂荣
主 审 沈新元 叶大铨 商晓明

荟材料实验之经典 拓学生创新之潜力

数十所高校参与、多家出版社联合打造
材料科学与工程实验教学研究会倾力推荐

冶金工业出版社
国防工业出版社

北京大学出版社
哈尔滨工业大学出版社

材料科学与工程实验系列教材

总主编 崔占全 潘清林 赵长生 谢峻林

总主审 王明智 翟玉春 肖纪美

材料科学与工程实验教程

(高分子分册)

主 编	燕 山 大 学	李青山
副主编	天 津 大 学	原续波
	陕西理工学院	袁新强
	燕 山 大 学	彭桂荣
主 审	东 华 大 学	沈新元
	中 山 大 学	叶大铨
	河北联合大学	商晓明

北 京

冶金工业出版社
北京大学出版社
国防工业出版社
哈尔滨工业大学出版社

2012

内 容 提 要

本教程共分为9章,内容包括:高分子材料与工程专业实验基础,高分子合成化学实验,高分子化学反应实验,高分子结构实验,高分子性能实验,高分子表征实验,高分子成型加工实验,综合型实验,创新、设计、探索性实验。

本教程可作为高分子材料加工、改性和高分子化学助剂生产领域相关人员的实验指导教程,也可供相关专业的教学、科研、设计、生产和应用人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料科学与工程实验教程. 高分子分册/李青山主编. —北京:
冶金工业出版社, 2012. 8

材料科学与工程实验系列教材

ISBN 978-7-5024-5989-5

I. ①材… II. ①李… III. ①高分子材料—材料试验—高等学校—教材 IV. ①TB302

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012) 第 173935 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbs@cnmip.com.cn

责任编辑 谢冠伦 尚海霞 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5989-5

北京百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销

2012 年 8 月第 1 版, 2012 年 8 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 22 印张; 528 千字; 332 页

39.00 元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿邮箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	定价(元)
材料科学与工程实验系列教材	
金属材料液态成型实验教程	32.00
金属材料塑性成形实验教程	20.00
材料现代分析测试实验教程	25.00
材料成型与控制实验教程(焊接分册)	36.00
材料科学与工程实验教程(金属材料分册)	43.00
无机非金属材料科学基础	45.00
材料科学基础	45.00
材料腐蚀与防护	25.00
金属材料学(第2版)	52.00
材料物理基础	42.00
金属材料及热处理	35.00
金属材料热加工技术	37.00
工程材料基础	26.00
复合材料	32.00
材料热工基础	40.00
工程材料与成型工艺	32.00
材料的晶体结构原理	26.00
材料成型控制工程基础教程	35.00
材料组织结构转变原理	32.00
纳米材料的制备及应用	33.00
材料成型的物理冶金学基础	26.00
材料成型及控制工程综合实验指导书	22.00
材料成型实验技术	16.00
无机非金属材料实验技术	28.00

《材料科学与工程实验系列教材》

总 编 委 会

总主编 崔占全 潘清林 赵长生 谢峻林

总主审 王明智 翟玉春 肖纪美

《材料科学与工程实验系列教材》

编写委员会成员单位

(按汉语拼音排序)

北方民族大学、北华航天工业大学、北京科技大学、成都理工大学、大连交通大学、大连理工大学、东北大学、东北大学秦皇岛分校、哈尔滨工业大学、河南工业大学、河南科技大学、河南理工大学、佳木斯大学、江苏科技大学、九江学院、兰州理工大学、南昌大学、南昌航空大学、清华大学、山东大学、陕西理工大学、沈阳工业大学、沈阳化工大学、沈阳理工大学、四川大学、太原科技大学、太原理工大学、天津大学、武汉理工大学、西南石油大学、燕山大学、郑州大学、中国石油大学(华东)、中南大学

《材料科学与工程实验系列教材》

出版委员会

(除出版本书出版社外, 其他出版社按汉语拼音排序)

冶金工业出版社 曹胜利 张 卫 刘小峰

北京大学出版社 杨立范 林章波 童君鑫

国防工业出版社 邢海鹰 辛俊颖

哈尔滨工业大学出版社 黄菊英 杨 桦 许雅莹

序 言

近年来,我国高等教育取得了历史性突破,实现了跨越式的发展,高等教育由精英教育变为大众化教育。以国家需求与社会发展为导向,走多样化人才培养之路是今后高等教育教学改革的一项重要内容。

作为高等教育教学内容之一的实验教学,是培养学生动手能力、分析问题、解决问题能力的基础,是学生理论联系实际的纽带和桥梁,是高等院校培养创新开拓型和实践应用型人才的重要课堂。因此,实验教学及国家级实验示范中心建设在高等学校建设上至关重要,在高等院校人才培养计划中亦占有极其重要的地位。但长期以来,实验教学存在以下弊病:

1. 在高等学校的教学中,存在重理论轻实践的现象,实验教学长期处于从属理论教学的地位,大多没有单独设课,忽视对学生能力的培养;

2. 实验教师队伍建设落后,师资力量匮乏,部分实验教师由于种种原因而进入实验室,且实验教师知识更新不够;

3. 实验教学学时有限,且在教学计划中实验教学缺乏系统性,为了理论教学任务往往挤压实验教学课时,实验教学没有被置于适当的位置;

4. 实验内容单调,局限在验证理论;实验方法呆板、落后,学生按照详细的实验指导书机械地模仿和操作,缺乏思考、分析和设计过程,被动地重复几年不变的书本上的内容,整个实验过程是教师抱着学生走;设备缺乏且陈旧,组数少,大大降低了实验效果;

5. 整个高等学校存在实验室开放程度不够,实验室的高精尖设备学生根本没有机会操作,更谈不上学生亲自动手及培养其分析问题与解决问题的能力。

这样,怎么能培养出适应国家“十二五”发展规划以及建设“创新型

国家”需求的合格毕业生?

“百年大计,教育为本;教育大计,教师为本;教师大计,教学为本;教育大计,教材为本。”有了好的教材,就有章可循,有规可依,有鉴可借,有路可走。师资、设备、资料(首先是教材)是高等院校的三大教学基本建设。

为了落实教育部“质量工程”及“卓越工程师”计划,建设好材料类特色专业与国家级实验示范中心,实现培养面向二十一世纪高等院校材料类创新型综合性应用人才的目的,国内涉及材料科学与工程专业实验教学的40余所高校及国内四家出版社100多名专家、学者,于2011年1月成立了“材料科学与工程实验系列教学研究会”。“研究会”针对目前国内材料类实验教学现状,以提升材料实验教学能力和传输新鲜理念为宗旨,团结全国高校从事材料科学与工程类实验教学的教师,共同研究提高我国材料科学与工程类实验教学的思路、方法,总结教学经验;目标是,精心打造出一批形式新颖、内容权威、适合时代发展的材料科学与工程系列实验教材,并经过几年的努力,成为优秀的精品课程教材。为此,成立“实验系列教材编审委员会”,并组成以国内有关专家、院士为首的高水平“实验系列教材总编审指导委员会”,其任务是策划教材选题,审查把关教材总体编写质量等;还组成了以教学第一线骨干教师为首的“实验教材编写委员会”,其任务是,提出、审查编写大纲,编写、修改、初审教材等。此外,冶金工业出版社、国防工业出版社、北京大学出版社、哈尔滨工业大学出版社等组成了本系列实验教材的“出版委员会”,协调、承担本实验教材的出版与发行事宜等。

为确保教材品位、体现材料科学与工程实验教材的国家水平,“编委会”特意对培养目标、编写大纲、书目名称、主干内容等进行了研讨。本系列实验教材的编写,注意突出以下特色:

1. 实验教材的编写与教育部专业设置、专业定位、培养模式、培养计划、各学校实际情况联系在一起;坚持加强基础、拓宽专业面、更新实验教

材内容的基本原则。

2. 实验教材编写紧跟世界各高校教材编写的改革思路。注重突出人才素质、创新意识、创造能力、工程意识的培养,注重动手能力,分析问题及解决问题能力的培养。

3. 实验教材的编写与专业人才的社会需求实际情况联系在一起,做到宽窄并举;教材编写应听取用人单位专业人士的意见。

4. 实验教材编写突出专业特色、深浅度适中,以编写质量为实验教材的生命线。

5. 实验教材的编写,处理好该实验课与基础课之间的关系,处理好该实验课与其它专业课之间的关系。

6. 实验教材编写注意教材体系的科学性、理论性、系统性、实用性,不但要编写基本的、成熟的、有用的基础内容,同时也要将相关的未知问题在教材中体现,只有这样才能真正培养学生的创新意识。

7. 实验教材编写要体现教学规律及教学法,真正编写出一本教师及学生都感觉到得心应手的教材。

8. 实验教材的编写要注意与专业教材、学习指导、课堂讨论及习题集等配套教材的编写成龙配套,力争打造立体化教材。

本材料科学与工程实验系列教材,从教学类型上可分为:基础入门型实验,设计研究型实验,综合型实践实验,软件模拟型实验,创新开拓型实验。从教材题目上,包括材料科学基础实验教程(金属材料工程专业);机械工程材料实验教程(机械类、近机类专业);材料科学与工程实验教程(金属材料工程);高分子材料实验教程(高分子材料专业);无机非金属材料实验教程(无机专业);材料成型与控制实验教程(压力加工分册);材料成型与控制实验教程(铸造分册);材料成型与控制实验教程(焊接分册);材料物理实验教程(材料物理专业);超硬材料实验教程(超硬材料专业);表面工程实验教程(材料的腐蚀与防护专业)等一系列与材料有关的实验教材。从内容上,每个实验包含实验目的、实验原理、实验设备与材

料、实验内容与步骤、实验注意事项、实验报告要求、思考题等内容。

本实验系列教材由崔占全（燕山大学）、潘清林（中南大学）、赵长生（四川大学）、谢峻林（武汉理工大学）任总主编；王明智（燕山大学）、翟玉春（东北大学）、肖纪美（北京科技大学、院士）任总主审。

经全体编审教师的共同努力，本系列教材的第一批教材即将出版发行，我们殷切期望此系列教材的出版能够满足国内高等院校材料科学与工程类各个专业教育改革发展的需要，并在教学实践中得以不断充实、完善、提高和发展。

本材料科学与工程实验系列教材涉及的专业及内容极其广泛。随着专业设置与教学的变化和发展，本实验系列教材的题目还会不断补充，同时也欢迎国内从事材料科学与工程专业的教师加入我们的队伍，通过实验教材这个平台，将本专业有特色的实验教学经验、方法等与全国材料实验工作者同仁共享，为国家复兴尽力。

由于编者水平及时间有限，书中不足之处，敬请读者批评指正。

材料科学与工程实验教学研究会
材料科学与工程实验系列教材编写委员会

2011年7月

前 言

随着时代的进步，高分子材料已经与人类的生活、社会的发展密不可分，高分子材料已经广泛地应用于人们生产、生活、工作的各个领域和行业。从宇航员太空行走所用特殊服装中的特种纤维到我们每个人服装中的涤纶，这些材料无不与高分子化学、高分子物理、高分子材料科学密切相关。高分子实验包括高分子化学反应实验、高分子合成制备、高分子的结构表征、高分子材料的性能评价、高分子加工等几个方面的内容，是化学、材料学、物理学、现代分析测试技术等几个领域和学科的交叉。在很多高校开设的应用化学、高分子材料、化学工艺等专业中均开设有高分子实验课程。通过实验课程，尤其是以独立设课的实验教学方式进行实验，可促进学生对理论知识的深化，培养学生的动手能力和实验技能、提高学生的实验设计思维并激发创新意识。

本教程是适应新时期高分子科学人才的培养需要，在参编教师多年的高分子实验教学改革的基础上，参考国内外有关高分子实验的相关教材和资料，为独立设课的高分子实验课程而编写的，尤其是加重了功能高分子化学助剂的设计、研发等过程中密切相关的高分子材料的实验技术的总结。

本教程共分为9章，其中第一章为高分子材料科学与工程专业实验基础，其余为实验部分，共包含专业实验84个，创新实验题目58项，主要介绍了常规的高分子材料制备、合成、表征、性能，重点高分子材料的相关性能及生产、使用现状。在实验基础部分对实验基本思路、有关高分子实验的基本注意事项、实验理论等进行了总结，打破了一般教程的编写模式，编写了实验设计与数据分析处理，为很多实验的优化设计等提供了参考。实验部分的设置在充分尊重聚合机理体系的框架下，根据常用聚合实验方法优选了有一定代表性的实验项目。在分子化学反应及高分子性能及结构表征实验部分坚持每一个实验代表一类反应或一种方法的思路，确保了每个实验有一定的代表性。在综

合、设计、创新性实验部分中突破了一般实验教程将综合实验、创新实验项目编写得非常复杂和详细的思路,仅为每个实验提供了一般实验思路或实验研究技术路线,为学生进行该实验时提供更多查阅资料、设计实验方案等的锻炼机会并留有更多空间,进一步提高学生的思维创新能力。

本教程主要特点有:

(1) 紧密联系生活、重视实验历史、强化安全技术。首先把实验目的、任务交给学生,重视每个实验发展历史与人类生活的密切关系,强化安全技术,让学生感兴趣,尽量调动学生的积极性。

(2) 改进验证性实验、增设探索性、设计性实验。验证性实验,能够帮助学生进一步掌握实验程序、有关仪器设备的熟练使用和相关实验内容及结果。但是,传统的验证性实验都是学生在实验教材、实验教师的指导下,提供详细的实验配方、工艺参数的前提下,在有限的时间内使用规定的仪器设备完成实验任务。因此,学生观察同样的实验现象、得到同样的实验结果,实验报告千篇一律。针对这一现象,对传统的验证性实验进行了改进,把高分子实验与艺术相结合,让高分子实验具有美的感觉,使学生觉得做高分子实验是一种乐趣,极大地提高了学生的实验兴趣,充分调动了学生的实验积极性。

把一些基础性、验证性的实验改为探索性、设计性的实验,积极推广微型高分子化学实验和加工实验。在讨论、总结的过程中,无形中提高了学生的思维创新逻辑性、严密性以及语言组织能力和表达能力,对学生的全面发展具有积极的促进作用。

(3) 紧密结合科研,开设创新、研究性实验。为了进一步提高实验的教学效果,在验证性实验、探索性实验的基础上,开设了与作者课题组科研紧密相关的研究性实验。把高分子实验和科研紧密结合,运用科研成果推动和促进教学,不仅拓宽了科研领域,而且加大了教学的深度,提高了教学水平。

(4) 紧密联系实际,开设应用性实验。根据各个学校实际情况,结合自身有利条件,对高分子实验从开设设计性实验、研究性实验以及应用性实验几个方面进行了初步的探索。在新的课程体系中,我们把加强实践训练作为教学研究和改革的重点,建立和完善新的实验教学体系;通过查阅文献、设计实验等环节培养学生的自学能力、科学思考能力、创新意识及创新能力;通过安装实

验装置、观察和记录实验现象,分析、讨论实验结果等过程,培养学生的动手能力、分析问题和解决问题的能力;在协作实验中培养学生的协作精神和团队精神,为毕业以后的工作打下坚实的基础。

高分子实验改革是深化高校课程改革的一部分,在已有工作的基础上,要不断探索,对开设大型综合设计性实验进行研究,总结经验,使各校高分子实验教学再上一个台阶,也为学生毕业后的就业创造条件,为社会培养优秀人才。

受教育部材料学国家实验教学示范中心委托,本教程由燕山大学李青山教授主编,参编单位有:燕山大学、天津大学、兰州理工大学、沈阳理工大学、陕西理工学院、齐齐哈尔大学、安徽理工大学、河北联合大学等。全书的统稿工作由燕山大学李青山负责。东华大学纤维与聚合物改性国家重点实验室沈新元教授、中山大学叶大铿教授、河北联合大学商晓明教授对本教程进行了审定。贾宏葛、于金库、陈振斌、贺燕、胡玉洁、刘明程、于鹏、洪伟、汪建新、薛长国、李柏峰、董金虎、陈立贵、吴来磊、吕文峰、关龙龙、赵舟、杨秀英等参加了编写工作。

本书微型实验部分得到燕山大学特色教材专项经费资助,特此致谢。

由于编者水平所限,书中不足之处敬请各位读者斧正。

编 者
2012年5月

目 录

第一章 高分子材料与工程专业实验基础	1
第一节 高分子专业实验安全	1
一、实验室的安全	1
二、试剂的存放和废弃试剂的处理	3
第二节 实验室安全制度	4
第三节 危险药品的使用与保管	5
一、属于危险品的化学药品	5
二、化验室试剂存放、使用要求	5
三、危险药品使用的原则和方法	5
第四节 实验常用仪器及其洗涤和干燥	7
一、常用玻璃仪器	7
二、聚合反应装置	8
三、玻璃仪器的清洗和干燥	11
第五节 试剂精制与基本操作	12
一、常用单体与溶剂的纯化	12
二、常用引发剂的精制	15
三、常用单体的精制	16
四、聚合反应体系的除湿除氧	19
五、蒸馏	21
第六节 常见聚合物单体物理性质	24
第七节 常见聚合物的物理性质	26
第八节 实验的准备与操作	29
一、实验的准备	29
二、高分子实验规则	30
三、实验操作	31
第九节 高分子专业实验发展简介	39
一、高分子材料科学与工程发展简介	39
二、高分子专业实验文献发展简介	42
第十节 高分子实验文献索引与参考文献	44
一、高分子文献资料查阅方法	44

二、主要参考文献	52
第二章 高分子合成化学实验	54
第一节 逐步聚合反应	54
实验 1 低相对分子质量端羟基聚酯的制备	54
实验 2 线型酚醛树脂的制备	57
实验 3 不饱和聚酯树脂的合成	59
实验 4 双酚 A 型环氧树脂的制备	62
实验 5 尼龙-66 的制备	65
实验 6 软质聚氨酯泡沫塑料的制备	67
实验 7 三聚氰胺-甲醛的缩合反应	69
实验 8 双酚 A 和光气溶液中缩聚制备聚碳酸酯	71
第二节 自由基聚合反应	73
实验 9 甲基丙烯酸甲酯的本体聚合	73
实验 10 乙酸乙烯酯的溶液聚合	75
实验 11 苯乙烯与顺丁烯二酸酐的交替共聚合	77
实验 12 丙烯腈共聚物的合成	79
实验 13 苯乙烯的乳液聚合	82
实验 14 低相对分子质量聚丙烯酸的合成	84
实验 15 氯丁胶的接枝改性	86
第三节 离子聚合及开环聚合反应	88
实验 16 苯乙烯的阴离子聚合	88
实验 17 异丁烯的阳离子聚合	91
实验 18 三聚甲醛开环聚合	94
实验 19 己内酰胺的开环聚合	96
第三章 高分子化学反应实验	99
实验 20 聚乙烯醇缩甲醛的制备	99
实验 21 线型聚苯乙烯的磺化	101
实验 22 乙酸纤维素的制备	103
实验 23 聚乙酸乙烯酯的醇解	105
实验 24 聚甲基丙烯酸甲酯的解聚	107
实验 25 高抗冲聚苯乙烯的制备	109
实验 26 淀粉接枝聚丙烯腈的制备及其水解	111
第四章 高分子结构实验	114
实验 27 偏光显微镜法观察聚合物的结晶特性	114
实验 28 溶胀平衡法测交联聚合物的交联度	118
实验 29 相差显微镜法观察共混物的相区形态	123

实验 30	激光小角散射法测聚合物球晶	126
实验 31	密度梯度法测聚合物的密度和结晶度	130
第五章 高分子性能实验		136
实验 32	DSC 法测聚合物的热性能	136
实验 33	TGA 法测聚合物的热稳定性	139
实验 34	毛细管流变仪法测定聚合物熔体的流变性	142
实验 35	旋转黏度计法测定聚合物浓溶液的流变性	146
实验 36	平板流变仪法测定聚合物熔体的动态流动特性	149
实验 37	高分子材料冲击强度的测定	153
实验 38	高分子材料拉伸性能的测试	156
实验 39	高分子材料电阻率的测试	160
实验 40	高分子材料介电常数、介电损耗的测试	163
实验 41	塑料压缩性能的测试	166
实验 42	塑料静弯曲性能的测试	168
实验 43	塑料卡软化点的测定	170
实验 44	声速法测定纤维的取向度和模量	172
实验 45	橡胶门尼黏度的测定	176
实验 46	橡胶可塑度的测定	179
实验 47	橡胶硫化特性的测定	182
实验 48	漆膜附着力的测试	185
第六章 高分子表征实验		187
实验 49	黏度法测聚合物的相对分子质量	187
实验 50	光散射法测定聚合物的相对分子质量及分子尺寸	192
实验 51	GPC 测聚合物的相对分子质量分布	197
实验 52	铜乙二胺法测纤维素的聚合度	202
实验 53	热塑性聚合物熔体流动速率和流动活化能的测定	205
实验 54	光学解偏振法测聚合物的结晶速率	209
实验 55	聚合物的蠕变曲线测定	213
实验 56	聚合物的温度-形变曲线测定	215
实验 57	膨胀计法测聚合物的玻璃化转变温度	217
实验 58	高聚物熔融指数的测定	219
第七章 高分子成型加工实验		222
实验 59	转矩流变仪实验	222
实验 60	熔体流动速率的测定	225
实验 61	聚合物冲击性能测试——简支梁冲击试验	228
实验 62	聚合物冲击性能测试——悬臂梁冲击实验	231

实验 63	热塑性塑料注射成型	234
实验 64	挤出吹塑工艺实验	239
实验 65	PVC 硬板压制成型	243
实验 66	酚醛塑料的模压成型	249
实验 67	天然橡胶硫化模压成型	253
实验 68	聚丙烯挤出造粒实验	257
第八章 综合型实验		260
实验 69	甲基丙烯酸甲酯聚合的综合实验	260
实验 70	苯乙烯聚合的综合实验	265
实验 71	聚合物中部分基团的测定	273
实验 72	本体聚合生产透明有机玻璃板材	278
实验 73	PVC 助剂对板材性能的影响	283
第九章 创新、设计、探索性实验		288
实验 74	苯乙烯-异戊二烯嵌段共聚物实验	288
实验 75	双酚 A 型环氧树脂的合成及固化实验	293
实验 76	窄相对分子质量分布聚苯乙烯的合成、相对分子质量及分布测定实验设计	302
实验 77	苯乙烯-丁二烯共聚合实验设计	305
实验 78	苯丙乳液配方设计与合成	311
实验 79	水性环氧树脂乳液合成与表征	314
实验 80	聚丙烯酰胺絮凝剂的合成与应用	318
实验 81	环境敏感水凝胶的合成及性能	320
实验 82	不饱和聚酯树脂的合成及轻质玻璃钢的研制	323
实验 83	高分子增塑软质 PVC 的配方设计	326
实验 84	高强高韧环氧树脂玻璃钢的制备	328
附录 高分子创新开拓性实验题目		331