



国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会“十三五”规划教材

全国高等学校药学类专业第八轮规划教材
供药学类专业用

生物制药工艺学

第 2 版

主 编 夏焕章

副主编 陈永正 董悦生



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE



网络
增值服务
ONLINE SERVICES



国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会“十三五”规划教材

全国高等学校药学类专业第八轮规划教材
供药学类专业用

生物制药工艺学

第2版

主 编 夏焕章

副主编 陈永正 董悦生

编 者 (以姓氏笔画为序)

叶 丽 (复旦大学药学院)

张会图 (天津科技大学)

张怡轩 (沈阳药科大学)

陈永正 (遵义医学院)

项 勇 (沈阳药科大学)

夏焕章 (沈阳药科大学)

葛立军 (浙江中医药大学)

董悦生 (大连理工大学)

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物制药工艺学/夏焕章主编.—2版.—北京:人民卫生出版社,2016

ISBN 978-7-117-22132-0

I. ①生… II. ①夏… III. ①生物制品-生产工艺-医学院校-教材 IV. ①TQ464

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第036078号

人卫社官网 www.pmph.com 出版物查询,在线购书
人卫医学网 www.ipmph.com 医学考试辅导,医学数据库服务,医学教育资源,大众健康资讯

版权所有,侵权必究!

生物制药工艺学
第2版

主 编:夏焕章

出版发行:人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址:北京市朝阳区潘家园南里19号

邮 编:100021

E-mail: pmph@pmph.com

购书热线:010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷:北京汇林印务有限公司

经 销:新华书店

开 本:850×1168 1/16 印张:27

字 数:743千字

版 次:2007年8月第1版 2016年4月第2版

2016年4月第2版第1次印刷(总第5次印刷)

标准书号:ISBN 978-7-117-22132-0/R·22133

定 价:59.00元

打击盗版举报电话:010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

全国高等学校药学类专业本科国家卫生和计划生育委员会规划教材是我国最权威的药学类专业教材,于1979年出版第1版,1987~2011年间进行了6次修订,并于2011年出版了第七轮规划教材。第七轮规划教材主干教材31种,全部为原卫生部“十二五”规划教材,其中29种为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材;配套教材21种,全部为原卫生部“十二五”规划教材。本次修订出版的第八轮规划教材中主干教材共34种,其中修订第七轮规划教材31种;新编教材3种,《药学信息检索与利用》《药学服务概论》《医药市场营销学》;配套教材29种,其中修订24种,新编5种。同时,为满足院校双语教学的需求,本轮新编双语教材2种,《药理学》《药剂学》。全国高等学校药学类专业第八轮规划教材及其配套教材均为国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材、全国高等医药教材建设研究会“十三五”规划教材,具体品种详见出版说明所附书目。

该套教材曾为全国高等学校药学类专业唯一一套统编教材,后更名为规划教材,具有较高的权威性和较强的影响力,为我国高等教育培养大批的药学类专业人才发挥了重要作用。随着我国高等教育体制改革的不断深入发展,药学类专业办学规模不断扩大,办学形式、专业种类、教学方式亦呈多样化发展,我国高等药学教育进入了一个新的时期。同时,随着药学行业相关法规政策、标准等的出台,以及2015年版《中华人民共和国药典》的颁布等,高等药学教育面临着新的要求和任务。为跟上时代发展的步伐,适应新时期我国高等药学教育改革和发展的要求,培养合格的药学专门人才,进一步做好药学类专业本科教材的组织规划和质量保障工作,全国高等学校药学类专业第五届教材评审委员会围绕药学类专业第七轮教材使用情况、药学教育现状、新时期药学人才培养模式等多个主题,进行了广泛、深入的调研,并对调研结果进行了反复、细致地分析论证。根据药学类专业教材评审委员会的意见和调研、论证的结果,全国高等医药教材建设研究会、人民卫生出版社决定组织全国专家对第七轮教材进行修订,并根据教学需要组织编写了部分新教材。

药学类专业第八轮规划教材的修订编写,坚持紧紧围绕全国高等学校药学类专业本科教育和人才培养目标要求,突出药学类专业特色,对接国家执业药师资格考试,按照国家卫生和计划生育委员会等相关部门及行业用人要求,在继承和巩固前七轮教材建设工作成果的基础上,提出了“继承创新”“医教协同”“教考融合”“理实结合”“纸数同步”的编写原则,使得本轮教材更加契合当前药学类专业人才培养的目标和需求,更加适应现阶段高等学校本科药学类人才的培养模式,从而进一步提升了教材的整体质量和水平。

为满足广大师生对教学内容数字化的需求,积极探索传统媒体与新媒体融合发展的新型整体

教学解决方案,本轮教材同步启动了网络增值服务和数字教材的编写工作。34种主干教材都将在纸质教材内容的基础上,集合视频、音频、动画、图片、拓展文本等多媒介、多形态、多用途、多层次的数字素材,完成教材数字化的转型升级。

需要特别说明的是,随着教育教学改革的发展和专家队伍的发展变化,根据教材建设工作的需要,在修订编写本轮规划教材之初,全国高等医药教材建设研究会、人民卫生出版社对第四届教材评审委员会进行了改选换届,成立了第五届教材评审委员会。无论新老评审委员,都为本轮教材建设做出了重要贡献,在此向他们表示衷心的感谢!

众多学术水平一流和教学经验丰富的专家教授以高度负责的态度积极踊跃和严谨认真地参与了本套教材的编写工作,付出了诸多心血,从而使教材的质量得到不断完善和提高,在此我们对长期支持本套教材修订编写的专家和教师及同学们表示诚挚的感谢!

本轮教材出版后,各位教师、学生在使用过程中,如发现问题请反馈给我们(renweiyaoxue@163.com),以便及时更正和修订完善。

全国高等医药教材建设研究会

人民卫生出版社

2016年1月

国家卫生和计划生育委员会“十三五”规划教材 全国高等学校药学类专业第八轮规划教材书目

序号	教材名称	主编	单位
1	药学导论(第4版)	毕开顺	沈阳药科大学
2	高等数学(第6版)	顾作林	河北医科大学
	高等数学学习指导与习题集(第3版)	顾作林	河北医科大学
3	医药数理统计方法(第6版)	高祖新	中国药科大学
	医药数理统计方法学习指导与习题集(第2版)	高祖新	中国药科大学
4	物理学(第7版)	武宏	山东大学物理学院
		章新友	江西中医药大学
	物理学学习指导与习题集(第3版)	武宏	山东大学物理学院
	物理学实验指导***	王晨光 武宏	哈尔滨医科大学 山东大学物理学院
5	物理化学(第8版)	李三鸣	沈阳药科大学
	物理化学学习指导与习题集(第4版)	李三鸣	沈阳药科大学
	物理化学实验指导(第2版)(双语)	崔黎丽	第二军医大学
6	无机化学(第7版)	张天蓝	北京大学药学院
		姜凤超	华中科技大学同济药学院
	无机化学学习指导与习题集(第4版)	姜凤超	华中科技大学同济药学院
7	分析化学(第8版)	柴逸峰	第二军医大学
		邸欣	沈阳药科大学
	分析化学学习指导与习题集(第4版)	柴逸峰	第二军医大学
	分析化学实验指导(第4版)	邸欣	沈阳药科大学
8	有机化学(第8版)	陆涛	中国药科大学
	有机化学学习指导与习题集(第4版)	陆涛	中国药科大学
9	人体解剖生理学(第7版)	周华	四川大学华西基础医学与法医学院
		崔慧先	河北医科大学
10	微生物学与免疫学(第8版)	沈关心	华中科技大学同济医学院
		徐威	沈阳药科大学
	微生物学与免疫学学习指导与习题集***	苏昕	沈阳药科大学
		尹丙姣	华中科技大学同济医学院
11	生物化学(第8版)	姚文兵	中国药科大学
	生物化学学习指导与习题集(第2版)	杨红	广东药科大学

续表

序号	教材名称	主编	单位
12	药理学(第8版)	朱依淳	复旦大学药学院
	药理学(双语)**	殷明	上海交通大学药学院
		朱依淳	复旦大学药学院
	药理学学习指导与习题集(第3版)	殷明	上海交通大学药学院
13	药物分析(第8版)	程能能	复旦大学药学院
	药物分析学习指导与习题集(第2版)	杭太俊	中国药科大学
	药物分析实验指导(第2版)	于治国	沈阳药科大学
14	药用植物学(第7版)	范国荣	第二军医大学
	药用植物学实践与学习指导(第2版)	黄宝康	第二军医大学
15	生药学(第7版)	黄宝康	第二军医大学
	生药学学习指导与习题集***	蔡少青	北京大学药学院
		秦路平	第二军医大学
	生药学实验指导(第3版)	姬生国	广东药科大学
16	药物毒理学(第4版)	陈随清	河南中医药大学
17	临床药物治疗学(第4版)	楼宜嘉	浙江大学药学院
		姜远英	第二军医大学
18	药物化学(第8版)	文爱东	第四军医大学
	药物化学学习指导与习题集(第3版)	尤启冬	中国药科大学
19	药剂学(第8版)	孙铁民	沈阳药科大学
	药剂学(双语)**	方亮	沈阳药科大学
	药剂学学习指导与习题集(第3版)	毛世瑞	沈阳药科大学
	药剂学实验指导(第4版)	王东凯	沈阳药科大学
20	天然药物化学(第7版)	杨丽	沈阳药科大学
	天然药物化学学习指导与习题集(第4版)	裴月湖	沈阳药科大学
		裴月湖	山东大学药学院
	天然药物化学实验指导(第4版)	裴月湖	沈阳药科大学
21	中医药学概论(第8版)	王建	成都中医药大学
22	药事管理学(第6版)	杨世民	西安交通大学药学院
	药事管理学学习指导与习题集(第3版)	杨世民	西安交通大学药学院
23	药学生物学(第5版)	张景海	沈阳药科大学
	药学生物学学习指导与习题集***	宋永波	沈阳药科大学
24	生物药剂学与药物动力学(第5版)	刘建平	中国药科大学
	生物药剂学与药物动力学学习指导与习题集(第3版)	张娜	山东大学药学院

续表

序号	教材名称	主编	单位
25	药学英语(上册、下册)(第5版)	史志祥	中国药科大学
	药学英语学习指导(第3版)	史志祥	中国药科大学
26	药物设计学(第3版)	方浩	山东大学药学院
	药物设计学学习指导与习题集(第2版)	杨晓虹	吉林大学药学院
27	制药工程原理与设备(第3版)	王志祥	中国药科大学
28	生物制药工艺学(第2版)	夏焕章	沈阳药科大学
29	生物技术制药(第3版)	王凤山	山东大学药学院
		邹全明	第三军医大学
	生物技术制药实验指导***	邹全明	第三军医大学
30	临床医学概论(第2版)	于锋	中国药科大学
		闻德亮	中国医科大学
31	波谱解析(第2版)	孔令义	中国药科大学
32	药学信息检索与利用*	何华	中国药科大学
33	药学服务概论*	丁选胜	中国药科大学
34	医药市场营销学*	陈玉文	沈阳药科大学

注:*为第八轮新编主干教材;**为第八轮新编双语教材;***为第八轮新编配套教材。

全国高等学校药学类专业第五届教材评审委员会名单

顾 问 吴晓明 中国药科大学

周福成 国家食品药品监督管理总局执业药师资格认证中心

主任委员 毕开顺 沈阳药科大学

副主任委员 姚文兵 中国药科大学

郭 姣 广东药科大学

张志荣 四川大学华西药学院

委 员 (以姓氏笔画为序)

王凤山 山东大学药学院

朱依淳 复旦大学药学院

朱 珠 中国药学会医院药学专业委员会

刘俊义 北京大学药学院

孙建平 哈尔滨医科大学

李晓波 上海交通大学药学院

李 高 华中科技大学同济药学院

杨世民 西安交通大学药学院

杨 波 浙江大学药学院

张振中 郑州大学药学院

张淑秋 山西医科大学

陆 涛 中国药科大学

周余来 吉林大学药学院

胡长平 中南大学药学院

胡 琴 南京医科大学

姜远英 第二军医大学

夏焕章 沈阳药科大学

黄 民 中山大学药学院

黄泽波 广东药科大学

曹德英 河北医科大学

彭代银 安徽中医药大学

董 志 重庆医科大学

本书以微生物制药为主要内容,微生物可以产生抗感染抗生素、抗肿瘤抗生素、特异性的酶抑制剂、免疫调节剂、受体拮抗剂和抗氧化剂、氨基酸、维生素等药物。微生物药物在临床上的应用已从其典型的抗感染和抗肿瘤作用,拓展到免疫调节、降血糖、降血脂等临床治疗。此外,微生物药物又是农业和畜牧业中的重要药物,广泛使用的有除草剂、动植物生长促进剂以及抗菌杀虫剂等。微生物制药在医药工业中占有重要地位,目前全世界微生物药物的总产量占医药工业总产值的15%左右。

本书的编写注重知识的系统性、完整性和连贯性,将理论与生产实践密切联系,以实际应用为重点,结合近年来微生物制药工艺和技术的发展,系统地介绍了微生物药物工业生产过程中所涉及的工艺原理和生产技术。

本书分为二篇,共二十章。第一篇生物药物发酵工艺,包括微生物代谢产物的生物合成与调控、菌种选育、菌种保藏、培养基、灭菌、发酵过程控制、生物转化等方面的理论与技术;第二篇生物药物分离纯化工艺,包括膜分离法、溶媒萃取法、双水相萃取法、离子交换分离法、吸附分离法、沉淀分离法、色谱分离法和结晶等。

本书主要编写分工为:第一、三章由夏焕章编写,第二、八章由葛立军编写,第四、五章由张怡轩编写,第六、七章由叶丽编写,第九、十章由陈永正编写,第十一、十四、十七、二十章由董悦生编写,第十二、十八、十九章由张会图编写,第十三、十五、十六章由项勇编写。全书由夏焕章统稿。

本书可作为药学、生物制药、制药工程、生物工程和生物技术等专业的教材,亦可供从事生物制药及相关领域的研究生、科技工作者和技术人员参考使用。

限于编者知识水平,书中难免有错误和不足之处,敬请读者批评指正并提出宝贵的修改意见。

编者
2016年1月

第一篇 生物药物发酵工艺

第一章 绪论	3
一、生物制药的发展历程	3
二、生物制药工艺的改进与创新	4
三、生物制药产品的类别	5
四、生物制药的工艺流程	7
复习思考题	8
第二章 微生物代谢产物的生物合成与调控	9
第一节 微生物的代谢产物	9
一、初级代谢产物及其特点	9
二、次级代谢产物及其特点	9
三、初级代谢产物与次级代谢产物的关系	12
第二节 次级代谢产物的构建单位与合成途径	15
一、氨基酸及其衍生物	15
二、糖及氨基糖	15
三、聚酮体及其衍生物	16
四、甲羟戊酸及其衍生物	19
五、环多醇和氨基环多醇	20
六、碱基及其衍生物	21
七、莽草酸及其衍生物	22
八、吩噻嗪酮	22
第三节 次级代谢产物的生物合成过程	24
一、构建单位的合成	24
二、构建单位的连接	24
三、母核合成后的修饰	24
第四节 次级代谢产物生物合成的调控	25
一、酶合成的诱导调节	25
二、反馈调节	26
三、磷酸盐调节	26
四、碳分解产物调节	30
五、氮分解产物调节	31
六、菌体生长速率的调节	33
七、化学调节因子的调节	33
八、控制次级代谢产物生物合成的因素	34
复习思考题	34

第三章 菌种选育的理论与技术	36
第一节 概述	36
一、菌种选育的目的	36
二、菌种选育的基本理论	38
第二节 自然选育	42
一、自然选育的一般过程	42
二、自然选育的操作方法	42
第三节 诱变育种	43
一、常用的诱变剂	43
二、诱变处理过程	49
三、突变菌株高产基因的表达	61
第四节 杂交育种	61
一、细菌的杂交育种	61
二、放线菌的杂交育种	62
三、霉菌的杂交育种	63
第五节 原生质体育种	65
一、原生质体的制备	65
二、原生质体再生	66
三、原生质体融合育种	67
四、原生质体诱变育种	69
第六节 核糖体工程育种	69
一、核糖体工程的作用机制	69
二、提高代谢产物的产量	70
三、产生新的代谢产物	70
第七节 分子育种	71
一、提高代谢产物产量	71
二、改善代谢产物组分含量	75
三、改进代谢产物生产工艺	79
四、产生新的代谢产物	80
复习思考题	81
第四章 菌种保藏	83
第一节 菌种保藏的目的和管理规程	83
一、菌种保藏的目的	83
二、菌种保藏的管理规程	83
三、菌种的生物安全性分类	83
四、菌种的防护级别	84
第二节 菌种保藏的原理、方法及要点	84
一、菌种保藏的原理	84
二、菌种保藏的方法	84
三、菌种保藏的注意事项	89
第三节 国内外菌种保藏机构	90

复习思考题	91
第五章 培养基	92
第一节 培养基的成分	92
一、碳源	92
二、氮源	93
三、磷源和硫源	95
四、无机离子	96
五、生长因子	97
六、前体	97
七、诱导物	98
八、促进剂和抑制剂	98
九、水分和氧气	99
第二节 培养基的种类	99
一、合成培养基和复合培养基	99
二、固体培养基和液体培养基	99
三、孢子培养基、种子培养基、发酵培养基和补料培养基	100
第三节 培养基的设计和筛选	101
一、培养基的设计	101
二、培养基的筛选与优化	102
第四节 影响培养基质量的因素	111
一、原材料质量	112
二、水质	113
三、灭菌	113
四、培养基黏度	113
复习思考题	113
第六章 灭菌与除菌	115
第一节 主要的灭菌与除菌方法及原理	115
一、高温灭菌	115
二、过滤除菌	116
三、化学消毒和灭菌	116
四、其他灭菌方法	117
第二节 培养基和发酵设备的灭菌	118
一、培养基的灭菌方法	118
二、培养基灭菌的影响因素	121
三、发酵罐与发酵辅助设备	125
四、发酵设备的灭菌方法	126
第三节 空气除菌	126
一、空气过滤除菌的原理	127
二、空气过滤器	129
三、空气过滤除菌的工艺流程	131
第四节 无菌检查与染菌的处理	132

一、无菌检查	132
二、染菌原因的分析	133
三、制服染菌的要点	134
四、污染杂菌的处理	135
五、污染噬菌体的处理	136
复习思考题	137
第七章 生产种子的制备	138
第一节 种子的制备过程	138
一、生产用种子应具备的条件	138
二、生产种子的制备过程	138
第二节 孢子的制备	139
一、孢子制备工艺	139
二、孢子制备过程中的要点	140
第三节 种子的制备	141
一、摇瓶种子的制备	141
二、种子罐种子制备	141
第四节 种子质量控制与分析	142
一、影响孢子质量的因素与控制	142
二、影响种子质量的因素与控制	144
第五节 生产种子制备实例	146
复习思考题	148
第八章 发酵过程与控制	149
第一节 概述	149
一、发酵过程的复杂性	149
二、发酵过程控制的必要性	149
三、发酵过程控制的模式	150
第二节 微生物的发酵类型	150
一、按投料方式分类	150
二、按与氧的关系分类	151
三、按发酵动力学参数的关系分类	152
第三节 发酵过程的工艺参数控制	153
一、物理参数	153
二、化学参数	154
三、生物参数	157
第四节 发酵过程中的代谢变化	158
一、初级代谢产物发酵	158
二、次级代谢产物发酵	159
三、代谢曲线	161
第五节 菌体浓度的影响及其控制	161
一、影响菌体浓度的因素	161
二、菌体浓度对发酵产量的影响	162

三、最适菌体浓度的确定与控制	162
第六节 营养基质的影响及其控制	164
一、碳源的影响与控制	164
二、氮源的影响与控制	165
三、磷酸盐的影响与控制	166
第七节 温度的影响及其控制	167
一、温度对发酵的影响	167
二、影响发酵温度变化的因素	167
三、发酵温度的控制	168
第八节 pH 的影响及其控制	169
一、pH 对发酵的影响	169
二、发酵 pH 的变化	170
三、发酵 pH 的确定与控制	171
第九节 溶解氧的控制	173
一、发酵过程中氧的需求	173
二、氧在溶液中的传递	176
三、影响供氧的因素	178
四、溶解氧、摄氧率和液相体积氧传递系数 $K_L a$ 的测定	180
五、溶解氧的控制	183
第十节 发酵过程的补料控制	186
一、补料的作用	186
二、补料的方式和控制	187
第十一节 泡沫的影响及其控制	188
一、泡沫的性质与类型	188
二、泡沫对发酵的影响	188
三、影响泡沫形成的因素	188
四、泡沫的控制	189
五、常用的消泡剂	190
六、消泡剂的增效措施	191
第十二节 发酵终点的控制	191
一、从有利于提高经济效益的角度考虑	191
二、从有利于提高产品的质量的角度考虑	191
复习思考题	192
第九章 基因工程菌发酵	193
第一节 基因工程菌概述	193
一、基因工程菌的特点	193
二、基因工程菌在医药领域中的应用	193
第二节 基因工程菌的构建	194
一、目的基因的获取	195
二、宿主的选择	195
三、载体的选择	196
四、构建重组基因工程菌	197

五、外源基因表达常见的问题	198
第三节 基因工程菌的生长周期与发酵动力学	198
一、基因工程菌的生长周期	198
二、基因工程菌的发酵动力学	199
三、基因工程菌的不稳定性及其控制	200
第四节 基因工程菌的发酵过程控制	201
一、基因工程菌发酵条件的控制	201
二、基因工程菌的培养方式	202
三、基因工程菌的高密度发酵技术	203
第五节 基因工程菌发酵过程的放大	205
一、发酵过程的优化	205
二、发酵设备的选型	206
三、发酵过程的放大	207
复习思考题	208
第十章 生物催化	209
第一节 生物催化反应概述	209
一、生物催化发展史	209
二、生物催化的特点	210
三、生物催化的常用方法与反应体系	211
第二节 生物催化反应类型及其在药物合成中的应用	214
一、氧化酶及其在药物合成中的应用	215
二、还原酶及其在药物合成中的应用	222
三、水解酶及其在药物合成中的应用	224
四、氨基转移酶及其在药物合成中的应用	226
五、醛缩酶及其在药物合成中的应用	228
六、其他酶及其在药物合成中的应用	229
第三节 工业生物催化反应实例	229
一、阿托伐他汀重要中间体的工业生物催化制备案例	229
二、西格列汀重要中间体的工业生物催化制备案例	232
三、小结与展望	233
复习思考题	233
第二篇 生物药物分离纯化工艺	
第十一章 生物制药的分离纯化概论	237
一、生物制药中分离纯化的重要性和技术特点	237
二、生物药物分离纯化的一般工业过程和单元操作	239
三、生物药物分离纯化的发展方向	244
复习思考题	246
第十二章 液固分离	247
第一节 概述	247

第二节 物料性质	247
一、固体颗粒的性质	247
二、液体的性质	249
三、悬浮液的性质	249
第三节 过滤分离	250
一、过滤的基本概念和分类	250
二、滤饼过滤	251
第四节 离心分离	255
一、离心分离的原理	255
二、离心分离的操作和基本计算	256
三、离心沉降设备	257
第五节 固液分离技术在生物制药过程中的应用	260
一、发酵液的过滤分离	260
二、活性炭与脱色后药液的过滤	260
三、结晶体的过滤/离心分离	260
复习思考题	261
第十三章 膜分离法	262
第一节 分类和定义	262
第二节 表征膜性能的参数	263
第三节 分离机制	265
第四节 膜两侧溶液间的传递方程式——浓差极化-凝胶层模型	267
第五节 影响因素及应用	268
一、影响膜的因素	269
二、膜过滤装置	270
三、超滤过程的操作方式	272
四、膜的污染与清洗	273
五、应用举例	274
复习思考题	276
第十四章 溶剂萃取法	277
第一节 溶剂萃取的理论基础	277
一、萃取体系	277
二、溶剂提取的分配定律	277
三、表征溶剂提取的重要参数	279
第二节 工业上常用的萃取方法	280
一、单级萃取	280
二、多级错流萃取	281
三、多级逆流萃取	282
第三节 影响溶剂萃取的因素	283
一、影响溶剂萃取的内部因素	283
二、影响溶剂萃取的外部因素	284
第四节 乳化和破乳	285