



普通高等教育“十二五”规划教材

段开红◎主编

生物工程设备 (第二版)

BIOENGINEERING EQUIPMENT



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

生物工程设备

(第二版)

段开红 主编



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书共 10 章,主要包括绪论,生物工程设备基础知识概述,原料处理及灭菌设备,空气压缩及除菌设备,设备和管道的清洗与灭菌,通风发酵设备,嫌气发酵设备,动植物细胞培养及酶生物反应器,产物分离与提取,生物工程公用系统。本书层次清晰,内容安排合理,实用性强,具有规范、实用、新颖等特点。

本书可作为农林、师范院校生物工程、生物技术、生物制药、生化工程等专业本科生、研究生教材。同时,也可供从事相关专业的科研技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

生物工程设备/段开红主编. —2 版. —北京:科学出版社,2017

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-048751-3

I. ①生… II. ①段… III. ①生物工程-设备-高等学校-教材 IV. ①Q81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 131961 号

责任编辑:丛 楠 赵晓静 / 责任校对:赵桂芬

责任印制:赵 博 / 封面设计:铭轩堂

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>

保定市中华美凯印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 2 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017 年 2 月第 二 版 印张:19

2017 年 2 月第一次印刷 字数:451 000

定价:49.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《生物工程设备》编委会

主 编 段开红(内蒙古农业大学)

副主编 张志健(陕西理工大学)

田洪涛(河北农业大学)

侯红萍(山西农业大学)

编 委 (以姓氏笔画为序)

马晓燕(河北农业大学)

冯吉利(西北农林科技大学)

刘 潇(内蒙古农业大学)

陈玉萍(内蒙古农业大学)

李月梅(山西师范大学)

杨丽华(内蒙古农业大学)

张 良(沈阳农业大学)

贺新生(西南科技大学)

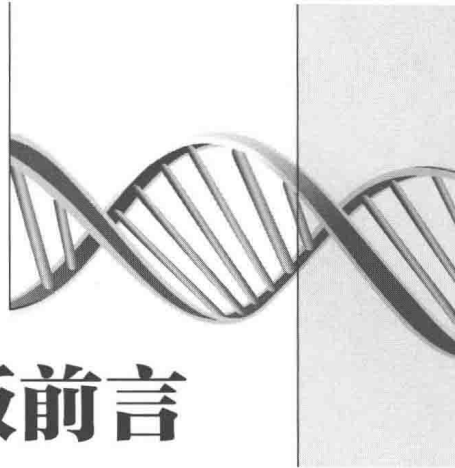
秦宝福(西北农林科技大学)

梅余霞(华中农业大学)

葳力斯(内蒙古农业大学)

傅 力(新疆农业大学)

黎先发(西南科技大学)



第二版前言

生物工程及生物技术是当今发展最快的学科领域,它由发酵工程、基因工程、细胞工程、生化工程及酶工程五大部分组成。生物工程设备是生物工程技术实现规模化、产业化的桥梁和手段。本书针对农林及非工科类高等院校生物技术、生物工程、生物科学、生物制药类专业在机械制图、工程力学、化工原理等工科专业基础课方面较薄弱的特点,在设备设计、结构理论方面仅做一般阐述,而在设备选型及应用方面做了重点介绍。

全书首先对生物工程设备进行了细致的阐述,指出生物工程设备是一门多学科交叉较强的应用性学科,是将生物技术成果产业化的桥梁。其次,第二版在第一版的基础上,增加了生物工程设备基础知识概述,从工程力学基础知识、设备材料性能到仪表的选取都做了简要翔实的介绍,便于学生由浅入深的学习。全书分三部分对生物工程设备进行系统阐述。第一部分主要叙述生物工厂的原料处理、空气压缩除菌等上游设备;第二部分主要叙述生物工厂的专业设备;第三部分介绍生物工厂的分离提取及公用系统设备。另外,为了便于学生在学习过程中进行相关计量单位的查阅及换算,特增设了附录 H。

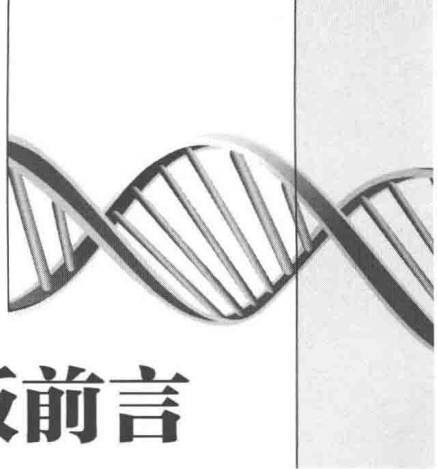
参与编写本书的老师分别来自农林、理工、科技、师范等高等院校。他们都长期从事生物工程的教学与科研工作,有着较为丰富的理论基础和实践经验。本书的编写分工如下:第一章绪论由段开红和杨丽华编写;第二章生物工程设备基础知识概论由刘潇和陈玉萍编写;第三章原料处理及灭菌设备由侯红萍和傅力编写;第四章空气压缩及除菌设备由贺新生和黎先发编写;第五章设备和管道的清洗与灭菌由李月梅编写;第六章通风发酵设备由田洪涛和马晓燕编写;第七章嫌气发酵设备由张良编写;第八章动植物细胞培养及酶生物反应器由梅余霞编写;第九章产物分离与提取由张志健编写;第十章生物工程公用系统由张良、秦宝福和冯吉利编写;杨丽华和威力斯整理编写了附录。

在编写过程中,编者参阅了大量的国内外先进教材、专著和文献,引用了一些重要的结论及相关图表,在此向各位前辈及同行致以衷心的感谢。在本书编写过程中,得到了相关院校领导及有关部门的关心和大力支持,特别是得到了科学出版社的领导及编辑的悉心指导和支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免。诚挚地希望专家和同行及广大读者给予批评指正。

编者

2016年11月



第一版前言

生物工程及生物技术是当今发展最快的学科领域。它由发酵工程、基因工程、细胞工程、生化工程及酶工程五大部分组成。生物工程设备是生物工程技术实现规模化、产业化的桥梁和手段。本书针对农林及非工科类高等院校生物技术、生物工程、生物科学、生物制药类专业在机械制图、工程力学、化工原理等工科专业基础课方面较薄弱的特点,在设备设计、结构理论方面仅做一般阐述,而在设备选型及应用方面做了重点介绍。

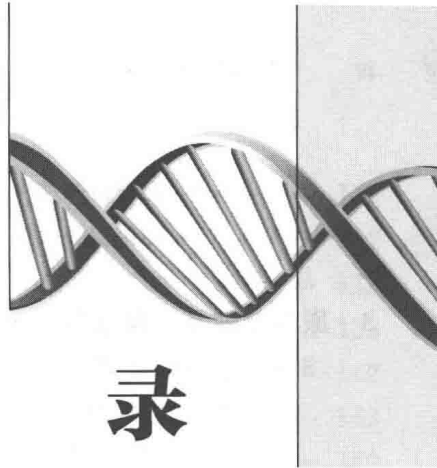
全书分三部分对生物工程设备进行系统阐述。第一部分主要叙述生物工厂的原料处理、空气压缩除菌等上游设备;第二部分主要叙述生物工厂的专业设备;第三部分介绍了生物工厂的分离提取及公用系统设备。另外,为了便于学生在学习过程中进行相关计量单位的查阅及换算特增设了附录 H。

本书的内容包括绪论,原料处理及灭菌设备,空气压缩及除菌设备,设备和管道的清洗与灭菌,通风发酵设备,嫌气发酵设备,动物、植物细胞培养及酶生物反应器,产物分离与提取,生物工程公用系统,附录。本书层次清晰,内容安排合理,针对性和应用性强,具有“规范,实用,新颖”的特点。本书可作为农林、师范院校生物工程类本科生、研究生教材,也可供从事生物工程、生物制药及相关技术的人员参考使用。

参与编写本书的老师分别来自农林、理工、科技、师范等高等院校。他们都长期从事生物工程的教、科研工作,有着较为丰富的理论基础和实践经验。在编写过程中,编者参阅了大量的国内外先进教材、专著和文献。引用了一些重要的结论及相关图表,在此向各位前辈及同行致以衷心的感谢。在本书编写过程中,得到了相关院校领导及有关部门的关心和大力支持,特别是得到了科学出版社的领导及编辑的悉心指导和支持,在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限,书中错误和不足之处在所难免。诚挚地希望专家和同行以及广大读者给予批评指正。

编者

2007年11月



目 录

第二版前言

第一版前言

1 绪论	1
1.1 生物工程设备在生物工程中的地位	1
1.2 生物工程设备的发展历程	2
1.2.1 传统发酵阶段生物工程设备	3
1.2.2 纯培养及通气搅拌阶段生物工程设备	3
1.2.3 代谢调控发酵技术阶段生物工程设备	3
1.2.4 基因重组发酵技术阶段生物工程设备	4
1.3 生物工程设备的概况及发展趋势	4
1.4 生物工程设备的课程内容与要求	5
1.4.1 主要内容	5
1.4.2 学习本书的要求	5
2 生物工程设备基础知识概述	6
2.1 工程力学基础	6
2.1.1 力的概念及基本性质	6
2.1.2 力矩与力偶	8
2.1.3 约束和约束力的概念	9
2.1.4 工程中常见的约束种类	9
2.1.5 物体的受力分析与受力图	10
2.1.6 构件变形的基本形式	11
2.1.7 轴向拉伸和压缩时杆件的应力和应变	13
2.2 生物工程设备材料	15
2.2.1 设备所用材料的分类	15
2.2.2 设备材料的基本力学性能	18
2.2.3 设备材料的物理性能	20
2.2.4 设备材料的化学性能	21
2.2.5 设备材料的加工工艺性能	22
2.2.6 生物工程设备材料的选用	23
2.3 仪表	23
2.3.1 仪表的分类	24
2.3.2 温度检测仪表	24
2.3.3 压力检测及仪表	28

2.3.4	流量检测及仪表	32
2.3.5	物位检测及仪表	36
	思考题	40
3	原料处理及灭菌设备	41
3.1	原料的处理及粉碎设备	41
3.1.1	粗选设备	41
3.1.2	精选设备	48
3.1.3	粉碎设备	50
3.2	输送设备	60
3.2.1	固体物料输送设备	60
3.2.2	液体物料输送设备	72
3.3	培养基的灭菌方法及设备	80
3.3.1	培养基实消法	80
3.3.2	培养基连消设备	82
	思考题	88
4	空气压缩及除菌设备	89
4.1	发酵工厂对空气的质量要求	89
4.1.1	空气中微生物的分布	89
4.1.2	生物工业生产对空气质量的要求	89
4.2	空气除菌的方法与原理	90
4.2.1	空气除菌的方法	90
4.2.2	介质过滤除菌原理	92
4.2.3	空气介质过滤器设计计算	95
4.3	空气除菌流程设计与设备选型	96
4.3.1	空气过滤除菌流程	96
4.3.2	空气预处理设备设计与选型	99
4.3.3	空气介质除菌设备设计与选型	106
	思考题	115
5	设备和管道的清洗与灭菌	116
5.1	常用清洗方法及设备	116
5.1.1	生物工业常用清洗剂	116
5.1.2	设备、管路、阀门等清洗	119
5.1.3	CIP清洗系统及设备	123
5.1.4	清洁程度的确认	125
5.2	设备及管路的灭菌	126
5.2.1	发酵罐及容器的灭菌	126
5.2.2	空气过滤器的灭菌	127
5.2.3	管路和阀门的灭菌	127
5.2.4	灭菌的检验及可能出现的问题	130
	思考题	131

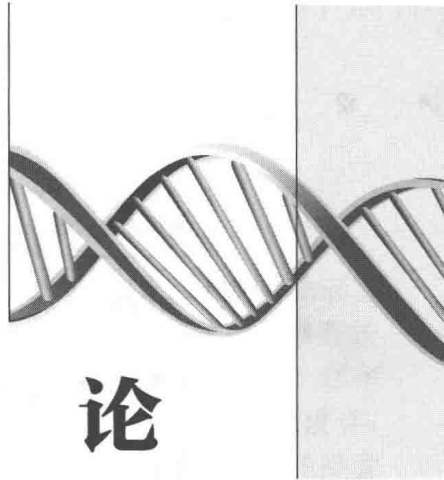


6 通风发酵设备	132
6.1 机械搅拌通风密闭发酵罐	132
6.1.1 概述	132
6.1.2 机械搅拌通风密闭发酵罐的结构及计算	133
6.1.3 改良的机械搅拌通用式发酵罐	142
6.2 通风固相发酵设备	143
6.2.1 通风固体浅层发酵设备	143
6.2.2 通风固体深层发酵设备	144
6.3 其他类型的通风发酵罐	146
6.3.1 自吸式发酵罐	147
6.3.2 机械搅拌伍式发酵罐	148
6.3.3 气升发酵罐	148
6.3.4 液提式发酵罐	149
6.3.5 膜生物反应器	149
6.3.6 基因工程菌生物反应器	150
思考题	150
7 嫌气发酵设备	151
7.1 乙醇发酵设备	151
7.1.1 乙醇发酵罐的结构与操作	151
7.1.2 乙醇连续发酵设备	153
7.1.3 其他乙醇发酵设备	154
7.2 啤酒发酵设备	157
7.2.1 啤酒生产工艺流程	157
7.2.2 啤酒发酵设备	157
7.3 其他发酵设备	160
7.3.1 沼气发酵设备	160
7.3.2 生物农药固态发酵设备	164
7.3.3 葡萄酒发酵设备	165
思考题	167
8 动植物细胞培养及酶生物反应器	168
8.1 动物细胞培养反应器	168
8.1.1 动物细胞体外培养的特点	168
8.1.2 动物细胞培养方法	169
8.1.3 动物细胞培养生物反应器的类型及特点	170
8.1.4 反应器培养中的关键问题及解决途径	178
8.2 植物细胞培养反应器	179
8.2.1 植物细胞规模化培养过程的特点	180
8.2.2 植物细胞培养反应器的类型与特点	181
8.2.3 植物细胞反应器系统的设计与控制	184
8.3 酶生物反应器	186

8.3.1	酶生物反应器的要求	187
8.3.2	各种酶生物反应器的类型和特点	187
8.3.3	酶反应器的设计、选择和使用	191
	思考题	192
9	产物分离与提取	193
9.1	概述	193
9.2	过滤设备	194
9.2.1	过滤原理与方法	194
9.2.2	压滤机	196
9.2.3	真空过滤机	200
9.2.4	带式真空过滤机	201
9.2.5	过滤设备的选择与使用	202
9.3	离心分离设备	203
9.3.1	离心分离设备的分类与特点	203
9.3.2	过滤式离心机	204
9.3.3	沉降式离心机	207
9.3.4	分离式离心机	209
9.3.5	离心机的选型	211
9.4	膜分离设备	212
9.4.1	概述	212
9.4.2	分离膜	212
9.4.3	膜分离装置	214
9.5	萃取设备	220
9.5.1	概述	220
9.5.2	混合设备	220
9.5.3	萃取机	221
9.6	蒸发浓缩设备	223
9.6.1	概述	223
9.6.2	蒸发设备	223
9.6.3	除沫器、冷凝器和真空装置	228
	思考题	229
10	生物工程公用系统	230
10.1	基础概念	230
10.1.1	流体的物理性质	230
10.1.2	生物工程中的传热过程	235
10.1.3	生物工程中化工设备的应用	237
10.2	供水	249
10.2.1	水的组成及用水质量分级	249
10.2.2	水处理系统及设备	251
10.2.3	水的杀菌	259



10.2.4 供水系统及设备	260
10.3 制冷	262
10.3.1 制冷原理	262
10.3.2 制冷剂及载冷剂	262
10.3.3 制冷系统设备	264
10.3.4 绝热材料及结构	267
10.4 供热	268
10.4.1 热量衡算的意义	268
10.4.2 热量衡算方法	268
10.4.3 锅炉设计	269
思考题	270
主要参考文献	271
附录 A 饱和水蒸气表	274
附录 B 水的密度(0~39.0℃)	277
附录 C 水的黏度(0~40.0℃)	277
附录 D 污垢系数值	279
附录 E 糖汁的有关性质	281
附录 F 化工管路标准化表	282
附录 G 金属管子、管件强度	285
附录 H 单位换算表	287



1 绪 论

1.1 生物工程设备在生物工程中的地位

生物工程(bioengineering)是指利用生物体系,应用先进的生物学和工程学原理,通过加工(或不加工)底物原料为人类提供所需产品(或社会服务)的一种新型跨学科技术。这里的生物体系包括植物、动物、微生物,社会服务如环保、生态。生物工程包括基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程、生化工程五个方面。生物工程体系是广义的,而生物技术可以认为是狭义的生物工程,后者将技术定义为工艺操作方法和技能。

生物工程是化学工程中各有关单元操作结合了生物特点的一门学科。生物工程中各单元操作与化学工程中各单元操作除了具有特殊本质外,还有它们的共同本质。所以要掌握生物工程的特殊规律,首先必须对化学工程与生物工程的共同本质有所认识。生物工程的反应、工艺、过程及物料都是以不同的物理状态在特定的设备内完成的。

所谓设备就是进行某种工作或满足某种需要的成套机器或物品,如化工设备、机械设备、实验设备等。生物工程设备(bioengineering equipment)就是生物工程类工厂或实验室为生物反应提供是最基本也是最主要的能够满足特定生物反应工艺过程的专门技术装备或设施,即为生命体完成一定生物反应过程所提供的特定环境。

生物工程设备是现代生物技术的基本原理与工程学原理相交叉的应用性学科,是将生物技术成果产业化的桥梁。只有通过生物工程设备才能构建高效、节能的生物转化工艺流程和设备体系,从而完成科研成果向生产力的转化。所有的生物技术产业化的目的都必须通过相关的设备来实现,但设备必须为实现特定的生物反应工艺过程服务。因而,它必须满足该工艺过程的基本要求,如一定的容积、足够的机械强度、良好的抗腐蚀性能,同时便于维修,保证操作安全。

通常以生物反应器为核心将生物生产过程分为上、中、下游三部分。上游生物技术的主要任务是构建或选育出稳定、优良的生产细胞菌株;而中、下游生物技术的任务是设计经济上合理、理论上正确、技术上可行、操作上安全的一整套生物过程与设备系统。包括原料组分分离、培养基配制与灭菌、无菌空气的制备、种子的扩大培养、生物反应器的无菌操作与控制、产物的提取、分离和纯化等。这些操作设计是建立在生物工程原理上的,而操作过程是通过生物工程设备来完成。生物生产过程的上、中、下游技术与生物工程设备之间的关系如图 1-1 所示。

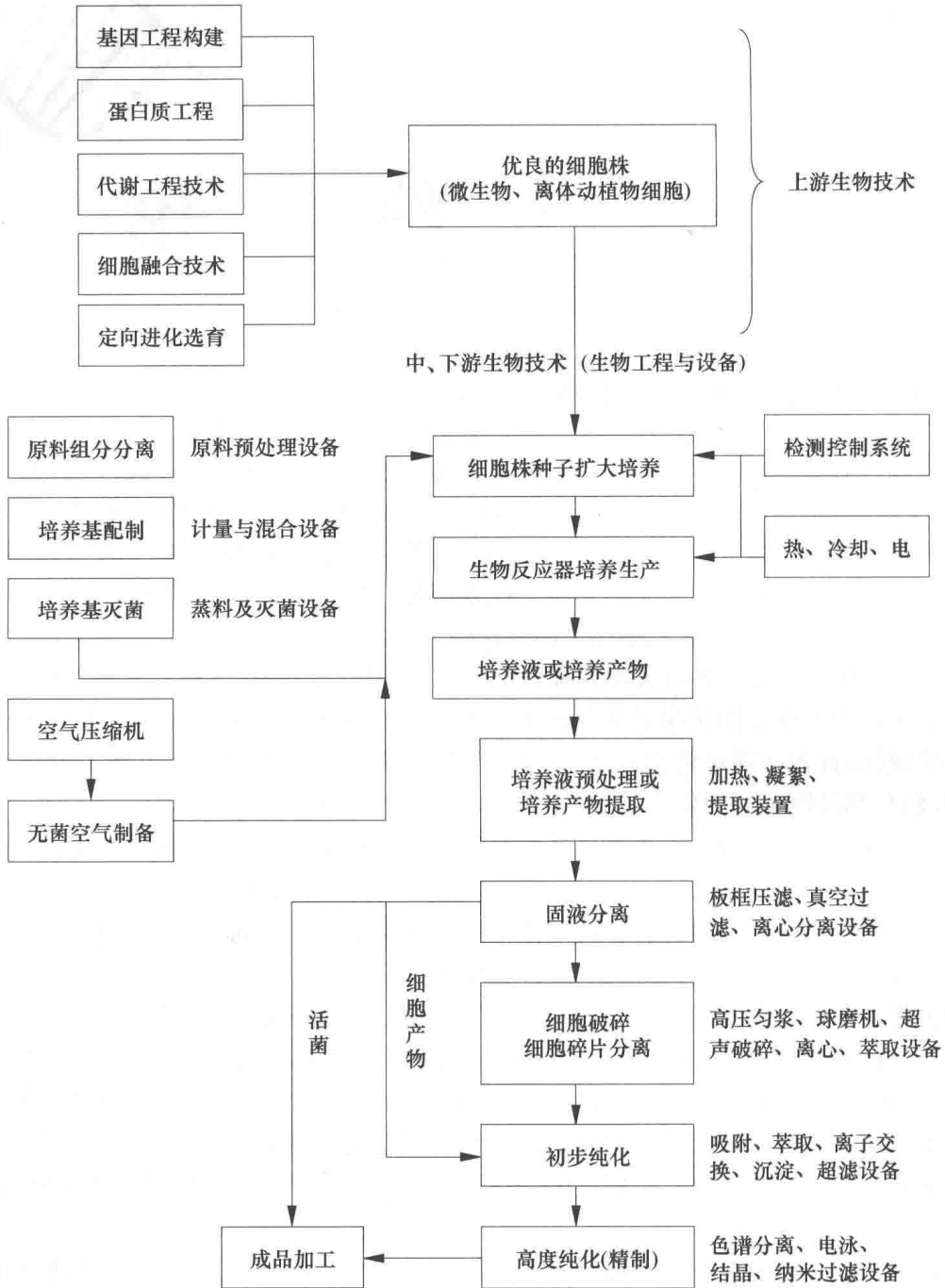


图 1-1 生物生产过程的上、中、下游技术与生物工程设备之间关系示意图

1.2 生物工程设备的发展历程

生物工程设备是伴随着生物技术的发展而发展的,同时生物工程设备的提高又促进了生物技术在产业化发展建设中不断优化。随着时间的推移,生物工程设备经历了下面的几个发展阶段。



1.2.1 传统发酵阶段生物工程设备

虽然数千年以前,微生物的性质尚未被人们所认识,但人类已经利用自然接种的方法进行发酵制品的生产,主要产品有酒、乙醇、醋、啤酒、干酪、酸乳等。不过,也仅仅是家庭式或作坊式的手工生产。古埃及人虽然早已会酿造啤酒,但直到17世纪才能在容量为1500桶(1桶相当于136L)的木质大桶中进行第一次真正的大规模酿造。历史记载,1757年已应用温度计,1801年就有了原始的热交换器。这一阶段的多数产品属于嫌气发酵,且非纯种培养,凭经验传授技术和产品质量不稳定是这个阶段的特点。这个阶段也称为自然发酵阶段。

虽然这个阶段的发酵理论尚未形成,生产形式均以作坊形式为主,但从设备角度来看,已能够满足工艺要求。这个阶段的设备可称为设施或器具,如陶罐、瓦罐、瓷罐、甑锅、石磨、木桶、泥池,其特点是:结构简易,效率低下,劳动强度大,机械化程度低,造价低,制造容易,材料粗,动力主要靠人力、畜力、水力,处于设施性器具阶段。

1.2.2 纯培养及通气搅拌阶段生物工程设备

1667年,荷兰的吕文虎克(Antonie van Leeuwenhoek)首先发明了显微镜,认识到微生物的存在。1857年微生物学的鼻祖、以“发酵学之父”美誉著称的法国人巴斯德(Louis Pasteur)首次证明了乙醇发酵是由酵母菌引起的,发酵现象是由微生物所进行的化学反应而产生的,而且不同的发酵与不同微生物有关。在巴斯德之后,德国的柯赫(Robert Koch)建立了微生物分离纯化和纯培养技术。微生物纯培养技术的逐步确立,开创了人为控制微生物的时代。且随着发酵管理水平的提升,发酵生产的腐败现象显著减少,后来又采用了杀菌技术,发明了简便的密闭式发酵罐,从而使得发酵效率逐步提高。并随之发展了以乙醇发酵为代表的嫌气发酵工程技术。1929年,英国的弗莱明(Alexander Flemming)发现青霉素,1940年,英国的佛罗里(Haward Florey)及钱恩(Ernst Boris Chain)两位博士精制分离出青霉素,并确认青霉素对伤口感染症具有奇迹般的疗效。20世纪40年代,随着青霉素的发现和大量生产的成功,同时又引进了用摇瓶进行实验室通风培养、用纤维过滤进行高效率的空气灭菌、 5m^3 机械搅拌发酵罐、离心萃取技术及冷冻干燥机,好气性发酵通气搅拌工程技术也逐渐建立。抗生素工业的兴起,不仅使微生物应用到医药工业方面,同时还极大地促进了微生物工业的发展,开创了发酵工业的新时代。

通风搅拌发酵技术的建立标志着现代生物工程设备和传统设备可以满足工艺要求和生产效率,同时化学工业、冶金机械工业、电子技术电力工业等相关行业的发展,不同程度地影响、提高了生物工程设备的技术装备水平,从传统的能够满足工艺要求向高效、高产、低耗的方向转变,实现了真正意义上的生物工程设备。

这个阶段由于化学工程工作者参与生物反应过程的开发,在理论和实践相结合的基础上,生化工程随之诞生。至此,发酵工程在微生物学、生物化学和生化工程的三大学科基础上迅速形成一个完整的体系,进而促进了抗生素工业、酶制剂工业和有机酸工业的大力发展。设备特点如下:结构较为复杂,能够满足工业生产的要求,生产效率及机械化程度有所提高。

1.2.3 代谢调控发酵技术阶段生物工程设备

随着生物化学、微生物生理学及遗传学的深入发展,对微生物代谢途径和氨基酸生物合成的研究不断加深,人类开始利用代谢调控的手段进行微生物菌种的选育和发酵条件的控制。

20世纪50年代出现了微生物突变株发酵生产的氨基酸、核酸,通过遗传突变有目的地控制微生物所具有的一系列代谢反应途径,建立了现代代谢调控发酵技术。同时,对通气搅拌生物反应器进行了改良,发展气升式生物反应器,并研制出多种新型分离介质,如新型树脂材料、超滤等。

这个阶段的发酵设备向着大型化、自动化方向发展,搅拌发酵罐已达 500m^3 ,气升式发酵罐已达 2000m^3 ,常用的发酵罐也达到 $20\sim 120\text{m}^3$ 。生产的产品种类繁多,从初级代谢产物到次级代谢产物。配套技术在此阶段也得到了长足的发展。

1.2.4 基因重组发酵技术阶段生物工程设备

发酵工业的最新技术进步主要表现在可以采用以分子生物学为核心的现代生物技术手段方面,构建基因工程菌,实现原有微生物发酵工业的发酵水平大幅度提高或诞生新型发酵工业,即采用基因工程菌生产原有微生物所不能生产的新的代谢物质。这一阶段主要是指20世纪70年代以后,由于DNA体外重组技术的建立,发酵工业进入了一个崭新的阶段,即以基因工程为中心的时代。

在此阶段,生物技术过程和生物工程设备都得到迅速提高和发展。例如,针对基因工程菌的特点而研制出的超声细胞破碎和高压匀浆等一系列新技术、新设备,这些新技术与新产品的应用使得更多的发酵产品能进行规模化发酵生产,应用到医学卫生、农林牧渔、轻工食品、化工、能源和环境等众多领域。

总之,生物技术的进步推动生物设备的发展,而生物设备的发展也会促使生物技术的前进。

1.3 生物工程设备的概况及发展趋势

生物工程设备主要包括生物反应器、生物反应物料处理及产物分离纯化设备。随着微生物工业的发展,生物工程设备也在不断发展、进步。欧美国家及日本的微生物工业规模大、产值高、产品众多,生物工程设备也较为先进。较为著名的生物工程设备制造企业有德国贝朗公司(Braun),法国宝乐菲公司(Biolafitte),瑞士比欧公司(Infors),日本丸菱株式会社(B. E. Marubishi)等。我国在生物工程设备制造加工领域,由于起步晚、基础薄弱、条件较差,与世界先进国家相比,还存在一定的差距。近年来,随着我国微生物工业的发展,生物工程设备也在不断发展、进步,涌现出一批较为著名的生物工程设备制造加工企业,如镇江东方生物工程设备技术有限责任公司、上海傲中生物工程设备有限公司、上海理工大学高机生物工程设备有限公司等。

目前生物工程设备的研究制造已经取得了重大进展,如已经应用到生产领域的大型自控发酵反应器、动植物生物反应器、微生物固态发酵反应器,以及更适合规模生产应用的分离提纯设备。但现有的装置在材料、设计及效果等方面均远未达到理想程度,如反应器材料的生物相容性、培养细胞的密度及时间、细胞间的气体及物质交换、分离提取的效率等均需较大程度的改进。

今后生物工程设备的发展方向主要集中在以下方面:①开发符合上述要求的新型材料;②改进反应器设计,使之在流体力学及几何学等方面更接近生理状态,并根据某种细胞的培养过程或细胞的某种培养方式,开发动植物细胞专用反应器;③将反应器培养技术、现



代仪器分析手段和智能专家控制系统进行集成,实现植物组织大规模培养过程的自动优化与控制;④开发出适合不同产物的分离提取且可提高分离提取效率的生物工程设备。随着这一领域研究的不断深入及相关学科的飞速发展,根据近十余年的发展速度,我们有理由相信关于反应器的研究可能会在未来数年内取得突破性进展。

1.4 生物工程设备的课程内容与要求

1.4.1 主要内容

就课程体系而言,生物工程设备课程的主要内容应由生物工程专业原理与生物工程设备组成。本课程是农业类院校生物技术、生物工程、生物制药、生化工程等专业的专业必修课。本书结合农业院校的特点,在内容及与其他基础课程的衔接上做针对性调整。全书共 10 章,分别为绪论,生物工程设备基础知识概述,原料处理及灭菌设备,空气压缩及除菌设备,设备和管道的清洗与灭菌,通风发酵设备,嫌气发酵设备,动植物细胞培养及酶生物反应器,产物分离与提取,生物工程公用系统。本书内容侧重于生物反应器和生物反应物料处理及产物分离纯化设备等的论述。

1.4.2 学习本书的要求

微生物工业生产中,生物工程设备的优劣是整个生产的关键,直接影响产品的质量和经济效益。生物工程设备的研究对象应包括从原料处理到最终产品获得的整个过程,包括原材料的粉碎、分选,培养基的灭菌,发酵过程的控制,产品分离纯化设备等内容,其中涉及化工原理、发酵工程工艺原理、工程制图、机械零件设计、发酵下游工程、生化工程等方面的问题。

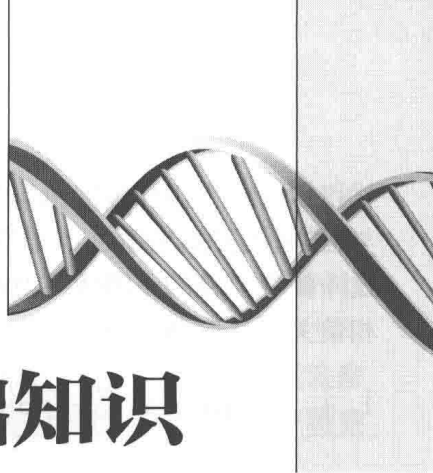
学生在学习本课程的过程中应注意以下要求。

(1) 学生通过系统学习树立生物工程设备是生物产业化的必由之路的理念。

(2) 与工程制图、材料力学、化工原理、发酵工程工艺原理等课程相关知识结合,为生物工厂设计奠定基础。

(3) 对目前已形成工业化规模生产的设备,重点掌握其结构、性能及设计改进,对传统设备的发展过程及未来生物工程设备的发展趋势要有所了解。

在学习方法上要求学生结合生产实际,在学习发酵工程工艺原理的基础上,掌握其共通的规律性,也要熟悉生物工程设备的特异性,同时还要加强工程技术和设备生产制造方面的训练。只有这样,才能达到举一反三的目的,才能理论联系实际,分析和解决有关生物工程设备方面的具体问题,才能进一步提高科学研究和设备设计的能力。



2 生物工程设备基础知识概述

现在,越来越多的反应器及其他设备广泛应用在生物工程类实验室或工厂中,任何设备在工作时,都要受到各种各样外力的作用,而这些设备在外力作用下都要产生一定程度的变形,所以在学习生物工程设备前,必须要了解并掌握一定的工程力学基础知识及设备所用材料等的相关知识,避免在使用过程中超出设备的最大形变范围,保证设备正常工作。

2.1 工程力学基础

2.1.1 力的概念及基本性质

2.1.1.1 力的概念

力是物体间的相互机械作用,这种作用使物体的运动状态发生变化,同时使物体的形状发生改变。即力的作用结果产生两种作用效应,分别称为运动效应(外效应)和变形效应(内效应)。

单个力作用于物体时,既会引起物体运动状态改变,又会引起物体变形。两个或两个以上的力作用于同一物体时,则有可能不改变物体的运动状态而只引起物体变形。当出现这种情况时,则称物体处于平衡。这表明作用于该物体上的几个力的外效应彼此抵消。

对力的概念的理解应注意两点:①力是物体之间的相互作用,离开了物体,力是不能存在的;②力既然是物体之间的相互作用,因此力总是成对地出现于物体之间。相互作用的方式可以是直接接触,也可以不直接接触而相互吸引或排斥,如地球对物体的引力(即重力)。因此在分析力时,必须明确以哪一个物体为研究对象,分析其他物体对该物体的作用。

实践证明,力对物体作用的效应取决于力的三个因素:力的大小、力的方向和力的作用点,其中任何一个有了变化,力的作用效果也必然改变。力的大小表明物体间机械作用的强烈程度。

度量力的大小通常采用国际单位制(SI),力的单位是“牛顿”(N)、“千牛顿”(kN);力是矢量,力的方向是指它在空间的方位和指向,力的作用点是指力在物体上的作用位置。力矢量通常用带箭头的线段来表示,线段的长度表示力的大小,箭头所指的方向表示力的方向,线段的起点或终点画在力的作用点上。

力作用的理想情况可分为集中力或分布力:当力的作用面积小到可以不计其大小时,就抽象为一个点,这个点就是力的作用点,而这种作用于一点的力则称为集中力;当作用力分布在有限的面积或体积内时,称为分布力。分布力的分布规律一般比较复杂,需要作简化处理,然后再进行分析计算。作用在一条线上的分布力,其单位是 N/m 或 kN/m。