



教育部高职高专规划教材

# 生物工程设备

高平 刘书志 主编

罗建成 主审



化学工业出版社  
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

# 生物工程设备

高 平 刘书志 主编  
罗建成 主审

## 图书在版编目(CIP)数据

生物工程设备/高平, 刘书志主编. —北京: 化学工业出版社, 2005.12

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-7990-7

I. 生… II. ①高…②刘… III. 生物工程-设备-高等学校: 技术学院-教材 IV. TQ81

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第148722号

---

教育部高职高专规划教材

### 生物工程设备

高平 刘书志 主编

罗建成 主审

责任编辑: 张双进

责任校对: 王素芹

封面设计: 于兵

\*

化学工业出版社 出版发行  
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 15½ 字数 371千字

2006年1月第1版, 2006年1月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-7990-7

定价: 25.00元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

## 出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来，在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下，各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看，具有高职高专教育特色的教材极其匮乏，不少院校尚在借用本科或中专教材，教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此，1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》（以下简称《基本要求》）和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》（以下简称《培养规格》），通过推荐、招标及遴选，组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师，成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍，并在有关出版社的积极配合下，推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种，用5年左右时间完成。这500种教材中，专门课（专业基础课、专业理论与专业能力课）教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求，在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上，充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特性和能力本位，调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础，突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下，专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间，在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上，充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验，解决新形势下高职高专教育教材的有无问题；然后再用2~3年的时间，在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上，通过研究、改革和建设，推出一大批教育部高职高专规划教材，从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材，并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作，不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

# 前 言

生物技术是当今发展最迅速、最重要的科学技术之一，在工农业生产和环境保护等领域有着举足轻重的作用，受到世界各国的重视。许多高等院校纷纷设立了生物技术专业，为了使该专业的师生有一本较系统的有关生物工程原理和设备的教材参考与教学，根据2004年12月在郑州召开的“高职高专生物技术专业教材建设工作会议”，2005年4月在北京召开的“高职高专生物技术专业编写提纲审定会议”所确定的编写提纲组织编写的此教材。

本书在编写过程中，坚持“必需、够用”的原则，基础知识和基本理论保持一定深度和广度的同时，着力突出高职高专教育的应用特色；内容编排上，淡化体系性，强调技能性和实用性；内容选题上，适当增加前沿性内容，努力反映新理论、新技术和新成果；内容叙述简洁明了，引用资料准确无误，全书图文并茂，通俗易懂。

本书包括物料的处理与输送设备，培养基和种子制备设备，生物反应器总论，通风发酵设备，嫌气发酵设备，动植物细胞培养装置和酶反应器，生物反应器的检测和控制，过滤、离心与膜分离设备，萃取和离子交换设备，蒸发和结晶设备，干燥设备，空气净化除菌与调节设备，设备与管道的清洗和灭菌，水处理与制冷系统及设备，生物工业生产中设备操作安全常识，生物工业生产中常用管道和阀门共十六章内容。其中第四、五、十二章由高平编写；第三、六、七、十一、十五、十六章由刘书志编写；第一章第四节和第八~十章由常桂芳编写；第一章第一~三节和第二、十三、十四章由苗郁编写。全书高平、刘书志任主编，由高平统稿。罗建成担任主审。

本书的编写得到了化学工业出版社编审人员和吕梁高等专科学校领导的热情帮助，在此致以衷心的感谢！

由于我们的水平和经验有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者  
2005年10月

## 生物技术类专业规划教材编审委员会

主任委员：王红云

副主任委员：张义明 杨百梅 赵玉奇 陈改荣 于文国

委员：（按姓氏汉语拼音排序）

卞进发	蔡庄红	陈改荣	陈剑虹	程小冬
高平	高兴盛	胡本高	焦明哲	李文典
李晓华	梁传伟	刘书志	罗建成	盛成乐
孙祎敏	王世娟	杨百梅	杨艳芳	于文国
员冬梅	藏晋	张苏勤	周凤霞	

## 内 容 提 要

本书包括物料的处理与输送设备,培养基和种子制备设备,生物反应器总论,通风发酵设备,嫌气发酵设备,动植物细胞培养装置和酶反应器,生物反应器的检测和控制,过滤、离心与膜分离设备,萃取和离子交换设备,蒸发和结晶设备,干燥设备,空气净化除菌与调节设备,设备与管道的清洗和灭菌,水处理与制冷系统及设备,生物工业生产中设备操作安全常识,生物工业生产中常用管道和阀门共十六章内容。本书层次清晰,内容安排合理,突出技能性和应用性,具有“规范,实用,新颖”的特点。

本书可作为高职高专院校生物技术专业的教材,也可供从事生物工程专业技术及管理人员参考使用。

# 目 录

<b>第一章 物料的处理与输送设备</b> .....	1
<b>第一节 固体物料的处理与粉碎设备</b> .....	1
一、固体物料的筛选除杂设备.....	1
二、固体物料的粉碎设备.....	4
<b>第二节 固体物料的输送设备</b> .....	7
一、机械输送系统及设备.....	7
二、气流输送系统及设备.....	10
<b>第三节 液体物料的输送设备</b> .....	13
一、泵的分类和特点.....	13
二、常用泵及泵的选型.....	14
<b>第四节 细胞破碎设备</b> .....	17
一、细胞壁的组成与结构.....	17
二、常用破碎方法与设备.....	17
<b>思考题</b> .....	19
<b>第二章 培养基和种子制备设备</b> .....	21
<b>第一节 液体培养基的制备设备</b> .....	21
一、糖蜜稀释器.....	21
二、淀粉质原料的蒸煮糖化设备.....	22
三、啤酒生产中麦汁的制备设备.....	24
<b>第二节 培养基的灭菌设备</b> .....	29
一、培养基的热灭菌动力学.....	29
二、常用灭菌设备.....	31
<b>第三节 种子制备设备</b> .....	32
一、洁净室.....	33
二、净化工作台.....	34
三、摇瓶机.....	34
<b>思考题</b> .....	35
<b>第三章 生物反应器总论</b> .....	36
<b>第一节 生物反应器概述</b> .....	36
一、生物反应器在生产中的地位 and 作用.....	36
二、生物反应器的类型.....	37
三、生物反应器的发展趋势.....	38
四、一般生物反应器的结构原理.....	39
<b>第二节 生物反应动力学基础</b> .....	40
一、分批培养中细胞的生长.....	40



二、分批培养中基质的消耗 .....	42
三、产物的生成 .....	44
第三节 生物反应器的通风和溶氧传质 .....	45
一、气-液相间的溶氧传质理论 .....	46
二、影响溶氧系数的因素 .....	48
第四节 一般生物反应器的操作和注意事项 .....	50
思考题 .....	52
<b>第四章 通风发酵设备 .....</b>	<b>53</b>
第一节 机械搅拌通风发酵罐 .....	53
一、机械搅拌通风发酵罐的结构 .....	53
二、机械搅拌通风发酵罐的计算 .....	57
第二节 通风固相发酵设备 .....	59
一、自然通风固体曲发酵设备 .....	59
二、机械通风固体曲发酵设备 .....	60
第三节 其他类型的通风发酵罐 .....	60
一、气升环流式发酵罐 .....	60
二、自吸式发酵罐 .....	63
思考题 .....	65
<b>第五章 嫌气发酵设备 .....</b>	<b>66</b>
第一节 酒精发酵罐 .....	66
一、酒精发酵罐的结构及操作 .....	66
二、酒精连续发酵设备 .....	68
第二节 啤酒发酵罐 .....	70
一、圆筒体锥底发酵罐 .....	70
二、联合罐 .....	73
三、朝日罐 .....	73
四、啤酒连续发酵设备 .....	74
思考题 .....	76
<b>第六章 动、植物细胞培养装置和酶反应器 .....</b>	<b>77</b>
第一节 动物细胞培养反应器 .....	77
一、通气搅拌式细胞培养反应器 .....	78
二、气升式动物细胞培养反应器 .....	80
三、中空纤维细胞培养反应器 .....	81
四、微载体细胞培养系统 .....	82
第二节 植物细胞培养反应器 .....	84
一、机械搅拌悬浮培养生物反应器 .....	85
二、气体搅拌悬浮培养生物反应器 .....	86
三、流化床固定培养生物反应器 .....	87
四、膜反应器 .....	87
第三节 酶反应器 .....	89

一、酶反应器的类型 .....	89
二、游离酶反应器 .....	89
三、固定化酶反应器 .....	90
思考题 .....	92
<b>第七章 生物反应器的检测和控制 .....</b>	<b>93</b>
第一节 概述 .....	93
第二节 生物反应过程常用检测方法及仪器 .....	94
一、检测方法及仪器组成 .....	94
二、主要参数的检测原理及仪器 .....	96
第三节 生物反应器的控制 .....	103
一、生物反应过程主要参数的控制 .....	103
二、控制系统概述 .....	108
思考题 .....	110
<b>第八章 过滤、离心与膜分离设备 .....</b>	<b>111</b>
第一节 概述 .....	111
一、分离过程的分类 .....	111
二、过滤、离心与膜分离及性能比较 .....	111
第二节 过滤速度的强化 .....	112
一、发酵液的预处理 .....	112
二、过滤介质选择 .....	113
三、过滤操作条件的优化 .....	115
第三节 过滤设备 .....	116
一、加压过滤设备 .....	116
二、真空过滤设备 .....	118
三、离心过滤设备 .....	119
第四节 离心分离设备 .....	121
一、碟片式离心机 .....	122
二、管式离心机 .....	123
三、离心操作注意事项 .....	124
第五节 膜分离设备 .....	126
一、膜分离方法及膜 .....	126
二、膜分离过程 .....	126
三、膜分离设备 .....	127
思考题 .....	129
<b>第九章 萃取和离子交换分离设备 .....</b>	<b>130</b>
第一节 萃取分离原理及设备 .....	130
一、溶剂萃取流程 .....	130
二、萃取操作过程及设备 .....	131
第二节 浸取 .....	134
一、多级间歇逆流浸取器 .....	135

二、移动床式连续浸取器	135
第三节 超临界萃取	136
一、超临界流体的性质	136
二、超临界萃取的过程特征	137
三、超临界萃取的典型过程及应用实例	138
第四节 离子交换分离原理及设备	140
一、离子交换树脂及其分离原理	140
二、离子交换设备	141
思考题	143
<b>第十章 蒸发和结晶设备</b>	144
第一节 蒸发设备	144
一、管式薄膜蒸发器	145
二、刮板式薄膜蒸发器	146
三、离心式薄膜蒸发器	147
四、循环式蒸发器	147
五、蒸发浓缩设备的操作要点及注意事项	148
第二节 结晶设备	149
一、结晶原理与起晶方法	150
二、结晶设备	152
思考题	155
<b>第十一章 干燥设备</b>	156
第一节 固体物料干燥机理及生物工业产品干燥的特点	156
一、固体物料干燥机理	156
二、生物工业产品干燥的特点	158
三、干燥设备的选型原则	158
第二节 非绝热干燥设备	159
一、真空箱式干燥器	159
二、带式真空干燥器	160
三、耙式真空干燥器	160
第三节 绝热干燥设备	161
一、气流干燥原理及设备	161
二、喷雾干燥原理及设备	163
三、流化床干燥原理及设备	164
四、绝热干燥设备的操作和注意事项	165
第四节 冷冻干燥及其他干燥设备	166
一、冷冻干燥原理及设备	166
二、微波干燥原理及设备	168
三、红外干燥原理及设备	169
四、冷冻、微波和红外干燥操作注意事项	170
第五节 干燥辅助设备	170

一、空气加热器	170
二、定量加料器	171
三、粉末捕集装置	172
思考题	172
<b>第十二章 空气净化除菌与调节设备</b>	173
第一节 空气净化除菌的方法与原理	173
一、生物工业生产对空气质量的要求	173
二、空气净化除菌方法	173
三、介质过滤除菌机理	174
第二节 空气介质过滤除菌设备	175
一、空气介质过滤除菌流程	175
二、空气介质过滤除菌设备	176
第三节 空气调节设备	182
一、空气增减湿的原理	182
二、空气增减湿的方法	183
三、空气调节设备	184
思考题	185
<b>第十三章 设备与管道的清洗和灭菌</b>	186
第一节 常用清洗剂、清洗方法及设备	186
一、生物工业常用清洗剂	186
二、设备、管路、阀门等的清洗	187
三、CIP清洗系统及设备	188
四、清洁程度的确认	189
第二节 设备及管路的灭菌	190
一、发酵罐及容器的灭菌	190
二、空气过滤器的灭菌	191
三、管路和阀门的灭菌	192
四、灭菌程度的检验	193
思考题	193
<b>第十四章 水处理与制冷系统及设备</b>	194
第一节 水处理系统及设备	194
一、水的过滤	194
二、水的软化	196
三、水的杀菌	198
第二节 制冷系统及设备	199
一、压缩式制冷循环	199
二、制冷剂及载冷剂	200
三、制冷系统设备	201
思考题	205

<b>第十五章 生物工业生产中设备操作安全常识</b> .....	206
<b>第一节 电器设备操作安全注意事项</b> .....	206
一、电气事故 .....	206
二、电气事故的防范措施及安全注意事项 .....	207
三、电器设备安全操作要点 .....	209
<b>第二节 溶剂及化学药品操作安全注意事项</b> .....	210
一、基础知识 .....	210
二、溶剂及化学药品操作要点及安全注意事项 .....	211
<b>第三节 微生物操作安全注意事项</b> .....	213
一、生物对人体的危害因素 .....	213
二、容易引起危险的微生物操作过程 .....	214
三、微生物操作要点和注意事项 .....	215
<b>第四节 其他安全注意事项</b> .....	217
一、登高作业 .....	217
二、发生异常情况时的操作 .....	217
<b>思考题</b> .....	218
<b>第十六章 生物工业生产中常用管道和阀门</b> .....	219
<b>第一节 生物工业中的管道</b> .....	219
一、生物工业中常用管道 .....	219
二、生物工业中管道的涂色 .....	221
<b>第二节 生物工业中常用的管道连接和管路的标准化参数</b> .....	222
一、管件 .....	222
二、法兰 .....	223
三、管道的连接 .....	224
四、管路的标准化和标准化参数 .....	225
<b>第三节 生物工业中常用的阀门和维修</b> .....	226
一、生物工业中常用的阀门 .....	226
二、阀门的型号、规格表示法 .....	229
三、阀门的维护 .....	230
<b>思考题</b> .....	231
<b>参考文献</b> .....	232

# 第一章 物料的处理与输送设备

生物工厂在以初级粮食为原料的生产中，由于这些原料在收获、储藏和运输中，常常会混入各种杂物，而这些杂物如不除去，其原料出品率必然降低，因此生产原料往往要经过预处理。其处理设备有筛选设备、磁力除铁器和精选设备。此外，为了提高蒸煮、浸出、水解和发酵等工序的效果和效率，常需要对固体生产原料进行粉碎，粉碎就是把大块固体物料破碎成小物料的操作。常用粉碎设备有锤式粉碎机和辊式粉碎机。

生物工厂中，生产原料也常常需要在各生产工序、车间之间输送，这依赖各种不同的输送设备来实现。不同状态的物料，采用不同的运送方式和机械。固体物料多采用机械输送设备和气流输送设备，液体物料多采用泵来输送。其中机械输送设备包括带式输送机、斗式提升机和螺旋输送机。下面分别予以介绍。

## 第一节 固体物料的处理与粉碎设备

### 一、固体物料的筛选除杂设备

生物工厂的原料多来源于植物，如植物的块根、块茎、秸秆、种子、果实等。这些原料在收获、储藏和运输中，会混入其他杂粮、沙石、碎木、杂草、金属等各种杂物，这些杂物若不除去不但会降低原料的出品率，还会过度磨损设备，使设备发生故障，严重影响正常的生产，有些杂物甚至会堵塞管道和阀门使生产瘫痪。因此生产原料在生产前往往要进行预处理。

#### 1. 筛选设备

粮食原料中，以谷物类最多，筛选是谷物等生物质原料清理除杂最常用的方法。生物加工过程中的筛选操作都由筛选机械来完成，常用的筛选机械是振动筛和圆筒筛。

##### (1) 振动筛

生物质原料加工中应用最广的是带有风力除尘的振动筛，多用于清除谷物中小或轻的杂质。振动筛主要由进料装置、筛体、吸风除尘装置和支架等部分组成，如图 1-1 所示。

筛体是振动筛的主要部件，一般装有三层筛面，分别具有一定的倾斜度，使物料在筛面上加速流动而不致堵塞。筛体内筛面的

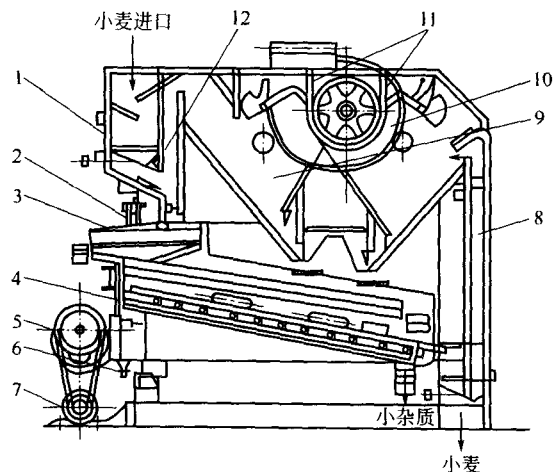


图 1-1 振动筛的结构

- 1—进料斗；2—吊杆；3—筛体；4—筛格；5—自衡振动器；  
6—弹簧限振器；7—电动机；8—后吸风道；9—沉降室；  
10—风机；11—风门；12—前吸风道

排列：第一层是接料筛，筛孔最大，筛面较短，采用反面倾斜，筛上物为大杂质（如草秆、泥块等），由大杂质收集槽排出，谷物颗粒等穿过筛孔进入第二层筛面；第二层是分级筛，筛孔比谷粒稍大，正向倾斜，筛出稍大于谷粒的中级杂质，由中杂收集槽排出，谷粒穿过筛孔进入第三层筛面；第三层是精选筛，筛孔最小，筛面较长，正向倾斜，谷粒作为筛上物排出，经出口吸风道吸除轻杂质后流出机外。穿过筛孔的小杂质由小杂质收集槽排出。

振动筛是一种平面筛，常用的筛子有两种：一种是由金属丝（或其他丝线）编制，另一种是冲孔金属板。筛孔的形状有圆形、方形、矩形等。筛板开孔率一般为 50%~60%，开孔率越大，筛选效率越高，筛子强度越小。

筛选机生产能力计算公式为

$$G=3600B_0hv_{cp}\varphi\rho \quad (1-1)$$

式中  $B_0$ ——筛面有效宽度，m；

$h$ ——筛面物料厚度，m；

$v_{cp}$ ——物料沿筛面运动的平均速度，m/s；

$\varphi$ ——物料的松散系数；

$\rho$ ——物料的密度，kg/m<sup>3</sup>。

## (2) 圆筒筛

圆筒分级筛是生物工厂常用的另一种筛选设备，一般用于谷物精选后的分级。根据谷粒的分级要求，在圆筒筛上布置不同孔径的筛面，筛子用厚 1mm 的钢板制作，通常开矩形孔，孔长 25mm，宽 2.2~2.8mm，可将谷粒分成三级，腹径（颗粒厚度）2.5mm 以上，2.2~2.5mm 和 2.2mm 以下三种。

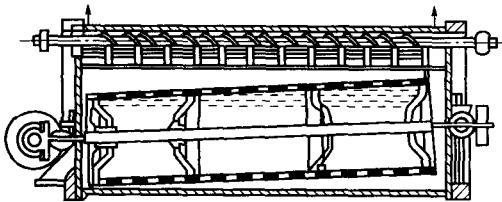


图 1-2 圆筒分级筛

圆筒分级筛如图 1-2 所示，圆筒倾斜度  $3^\circ\sim 5^\circ$ 。筛筒直径与长度比为 1:(4~6)，圆周速度约为 0.7~1.0m/s。整个筛筒分为几节筒筛，布置不同孔径的筛面，筒筛间用角钢制成的加强圈连接。圆筒用托轮支撑在机架上，圆筒以齿轮传动。需筛分的原料由分设在下部的两个螺旋输送机分别送出，未筛出的一级谷粒从末端卸出。圆筒分级筛的优点是：设备简单，传动方便。缺点是：筛面利用率低，仅为整个筛面的 1/5。

## 2. 磁力除铁器

除铁的目的是将夹杂在谷物中的小铁块、铁钉等金属杂物除去，这些金属杂物若不清除，随谷物进入粉碎机，就会损坏设备。

谷物除铁多采用磁选，让含有金属杂质的谷物以适宜的流速通过磁钢的磁场，磁钢将金属杂质吸留住。磁钢多采用永久磁体，呈马蹄形或条形，磁性持久，不耗费电能，维修方便。

磁选设备有永磁溜管和永磁滚筒。

### (1) 永磁溜管

永磁溜管是将永久磁钢装在溜管上边的盖板上，一条溜管上一般设置 2~3 个盖板，为防止同极相斥，两磁极间应用薄木片或纸板衬隔。

工作时让薄而均匀的物料从溜管上端流下，磁性物体被磁钢吸住。此种装置结构简单，但除杂效果较差，还必须定时对磁极面进行人工清理。

### (2) 永磁滚筒

永磁滚筒主要由进料装置、滚筒、磁芯、机壳和传动装置五部分组成，见图 1-3。磁芯是由永久磁钢、铁隔板及铝制鼓轮组成的  $170^\circ$  的半圆芯，固定在中心轴上。滚筒由非导磁材料（磷青铜或不锈钢）制成，外筒表面喷涂无毒耐磨的聚氨酯涂料，以延长滚筒寿命。工作过程中，磁芯固定不动，电动机通过涡轮减速器带动滚筒旋转。设备下部一端设有出料斗，连接出料导管，另一侧安装铁盒，存放分离出的磁性金属杂质。当谷物和金属杂质均匀地落到永磁滚筒上以后，谷物随着滚筒转动而下落，从出料口排出，磁性金属杂质被吸留在外筒表面，被安装在外筒上的拔齿带着一起转动，当转至磁场工作区外，自动落入铁盒，达到杂质与谷物分离的目的。永磁滚筒除杂效率高，特别适合清除颗粒物料中的磁性杂质。

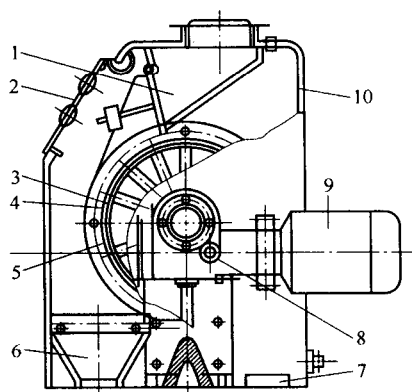


图 1-3 永磁滚筒的结构

1—进料口；2—观察窗；3—滚筒；4—磁芯；  
5—隔板；6—小麦出口；7—铁杂质收集盒；  
8—变速机构；9—电动机；10—机壳

### 3. 精选设备

根据生产需要，有些原料经过除杂粗分以后就可用于生产，有些则必须进一步进行精选和分级。

精选机工作的主要原理是按照谷物颗粒长度进行分级。常用的精选机有滚筒精选机和碟片精选机两种，都是利用带有袋孔（窝眼）的工作面来分离杂质，袋孔中嵌入长度不同的颗粒，以带升高度不同而分离。

#### (1) 碟片式精选机

碟片式精选机的主要构件是一组同轴圆环状铸铁碟片，在碟片的平面上有许多带状凹孔，孔的大小和形状依除杂质条件而定。碟片在粮堆中运动时，短小的颗粒嵌入袋孔，被带到较高的位置落下，因此只要把收集短粒的斜槽放在适当的位置，即可将短粒分开，如图 1-4 所示。

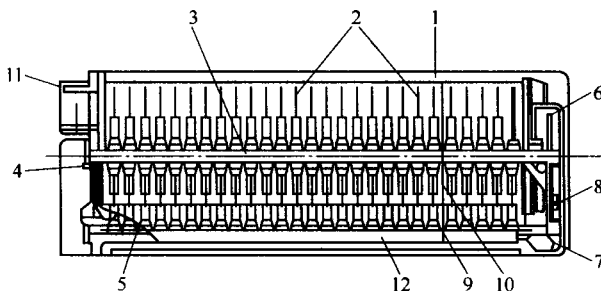


图 1-4 碟片式精选机结构

1—进料口；2—碟片；3—轴；4—轴承；5—绞龙；6—大链轮；7—小链轮；  
8—链条；9—隔板；10—孔；11—长粒物料出口；12—淌板

碟片式精选机工作面积大，转速高，产量大，而且可在同一台机器上安装不同袋孔的碟片，同时分离不同品种、规格的物料。但是碟片上的袋孔易磨损，功率消耗大。

#### (2) 滚筒式精选机

滚筒式精选机的主要工作构件是一个内表面开有袋孔的旋转圆筒，如图 1-5 所示。当物



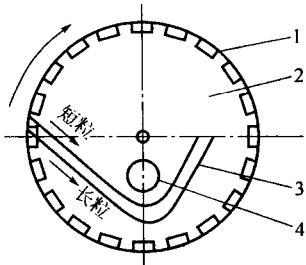


图 1-5 滚筒式精选机  
工作示意

1—筛转圆筒；2—袋孔；  
3—螺旋输送机；4—中央槽

料进入圆筒，长粒物料在进料的压力和滚筒本身倾斜度的作用下，沿滚筒从另一端流出，短粒物料则嵌入袋孔被带到较高的位置，落入中央收集槽，从而实现分离精选的目的。

## 二、固体物料的粉碎设备

在生物工厂中，常需要对固体生物质原料进行粉碎。粉碎是把大块固体物料破碎成小物料的操作。固体物料经过粉碎后，颗粒度变小，原料的表面积显著增大，可显著提高下一工序如蒸煮、浸出、水解和发酵等的效果和效率。

固体物料的粉碎按其受力情况可分为挤压、冲击、研磨、剪切和劈裂粉碎。物料在粉碎时，各种粉碎机械所产生的粉碎作用往往不是单纯的一种力，而是几种力的组合。对于特定的粉碎设备，可以是以一种作用力为主。

固体物料的粉碎，可按粉碎物料和成品的粒度大小区分如下。

- ① 粗碎，原料粒度范围 40~1500mm，成品粒度约 5~50mm。
- ② 中、细碎，原料粒度范围 5~50mm，成品粒度约 0.1~0.5mm。
- ③ 微粉碎，原料粒度范围 5~10mm，成品粒度 <100 $\mu\text{m}$ 。
- ④ 超微粉碎，原料粒度范围 0.5~5mm，成品粒度 <10~25 $\mu\text{m}$ 。

物料粉碎前后的粒度比称为粉碎度或粉碎比，表示粉碎操作中物料粒度的变化。总粉碎度是表示经过几道粉碎步骤后的总结果。

对于粉碎机，无论其作用力属于哪种方式，原料的性质如何，所需的粉碎度怎样，都应符合下述基本要求：粉碎后的物料颗粒大小均匀；操作自动化；易磨损部件易更换；产生极小的粉尘，以减小污染和保障工人的身体健康；单位产量消耗的能量小。

下面介绍几种粉碎设备。

### 1. 锤式粉碎机

锤式粉碎机是一种应用广泛的粉碎机械，粉碎作用力主要为冲击力。这种粉碎机对各种中等硬度的物料和脆性物料，粉碎效果较好，用其他粉碎机难以粉碎的物料，如带有一定韧性或软性纤维较长的物料，它也能粉碎。锤式粉碎机具有较高的粉碎比，单位产量能耗低，构造简单，生产能力高。但锤式粉碎机也存在一些缺点：工作部件易磨损，物料含水量过高时，易堵塞。

#### (1) 锤式粉碎机的构造及工作原理

锤式粉碎机，如图 1-6 所示。内有一固定的水平轴，在轴的转子上，对称于轴的位置装有锤刀。周围是圆筒形外壳，外壳分两部分，上部分为棘板——有沟形的表面，下部为有孔形的筛板，被粉碎的物料通过筛孔落下。

物料从料斗进入机内，受到高速旋转锤刀

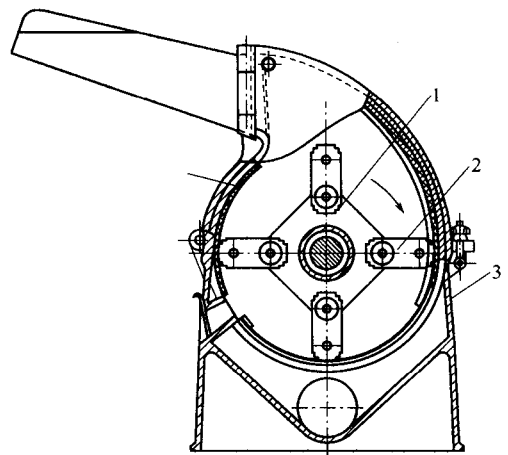


图 1-6 锤式粉碎机

1—转子；2—锤刀；3—机壳