

S *election and Application*
to Bio-process Equipment

生物加工设备 选型与应用

邹东恢 主编



化学工业出版社

Selection and Application
to Bio-process Equipment

生物加工设备 选型与应用

邹东恢 主编



化学工业出版社
· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

生物加工设备选型与应用/邹东恢主编. —北京:
化学工业出版社, 2009. 1

ISBN 978-7-122-03987-3

I. 生… II. 邹… III. 生物工程-化工设备 IV. Q81

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 166411 号

责任编辑: 傅四周 孟 嘉

文字编辑: 张春娥

责任校对: 凌亚男

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17¼ 字数 447 千字 2009 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

前言

生物技术是一门具有悠久历史又与现代科学和技术密切相关的科学。生物工程技术以基因工程为先导,结合了发酵工程、酶工程和生物化学工程等工程技术构成了现代生物工程技术,现代生物工程技术又利用微生物的代谢活动,经生物转化而大规模地制造生物工业产品,现已形成一个种类繁多、门类齐全的独立工业体系,在工农业生产、医药、化工、能源利用、环境保护等国民经济发展过程中起着举足轻重的作用。

生物技术的许多前沿技术在产业转化过程中不可避免地涉及到许多工程问题,诸如生物原料的处理、生物反应过程的设计与控制以及下游产物的分离、提取与纯化等过程都离不开生物加工机械与设备,因此,生物工程设备的设计、选型和应用就成为生物工程技术产业化能否实现的重要条件。

近年来,生物加工设备发展速度较快,特别是引进国外的新技术、新装备快速迅捷,而且新技术、新装备的国产化趋势日益增强。如啤酒厂的湿法粉碎新技术、低温膜过滤系统生产纯生啤酒技术的使用,麦汁煮沸外循环加热装置、麦糟干式输送设备、麦汁一段冷却及冰水制备装置等都实现了国产化,国内自主创新的新型烛式硅藻土过滤器正在啤酒生产企业推广;酒精厂采用循环粉碎新工艺设备、真空冷却连续糖化设备、酒精大罐连续发酵技术装备、六塔节能差压蒸馏设备等;生物加工高新技术逐渐在生产中得以应用,如分子蒸馏技术、二氧化碳超临界萃取技术等,现国内已开发出 30 余种分子蒸馏新产品,建成数十条生产线,将分子蒸馏技术向工业化推进了一步,最近开发成功的分子蒸馏成套工业化装置实现了高真空下长期稳定运行,并具有适应性广、可调性能好的特点。

综合来看,生物反应器向着大型化、自动化发展。这主要体现在个体反应器容积的日益扩大、自动化水平的逐渐提高方面,如抗生素发酵罐容积达到 400m^3 、氨基酸反应器 790m^3 、单细胞蛋白反应器达 2000m^3 、酒精大罐发酵罐容积达 3800m^3 ,反应器容积的增大有利于降低企业的生产成本,促进产业发展。

本书作者多年从事生物加工设备方面的教学工作,同时又有企业工作经历,深感设备选型对生物产品加工的重要性。本书力求以近期生物加工设备的新发展为切入点,将生物加工生产机械与设备的原理、技术参数、主要性能、特点及如何选用等进行了较为详细的阐述,以期对我国生物加工产业发展产生一定的积极作用。本书可供生物加工、食品、制药等大专院校作为教材使用以及供企业生产一线的相关技术人员、管理者参考。

本书在编写体系上侧重实用性,共分为三篇,总计十四章内容。第一篇阐述了生物加工过程中物料处理、输送与产物分离纯化设备的选用;第二篇阐述生物反应设备与辅助设备的选用;第三篇阐述生物加工机械设备选用实例,诸如发酵调味品加工机械与设备选用、酒类加工机械与设备选用、有机酸加工机械与设备选用、酶制剂加工机械与设备选用实例等。

本书由邹东恢(齐齐哈尔大学)主编统稿,编写内容为绪论、第九章、第十章、第十一章、第十三章、第十四章;参加编写人员有:郭庆启(东北林业大学),编写内容为第一章、第四章、第八章;郭宏文(齐齐哈尔大学),编写内容为第三章、第十二章;张娜(哈尔滨商业大学),编写内容为第二章、第五章;马凤鸣(东北林业大学),编写内容为第六章、第七章。

本书在编写过程中查阅了相关国内外文献资料,也参考了较多书刊和同行们的技术资

料，在此致以深深的谢意。本书的出版得到了化学工业出版社相关同志的大力支持，他们在编写过程中提出了许多富有建设性的建议和指导，在成书过程中也得到了齐齐哈尔大学刘晓兰教授、哈尔滨商业大学徐伟教授的支持和帮助，在此一并表示衷心感谢。

由于编者的水平和经验有限，书中缺点和不足之处在所难免，敬请广大读者和专家提出宝贵意见。

作者

2009 年 2 月

目 录

第一篇 生物加工物料处理、输送与产物分离纯化设备的选用

绪论	2
第一章 物料处理机械与设备选用	5
第一节 概述	5
第二节 物料处理机械与设备选用	5
一、固体物料筛选与分级设备选用	5
二、固体物料粉碎机械设备选用	7
三、物料混合机械设备选用	16
第二章 培养基灭菌与制备设备选用	18
第一节 培养基灭菌设备选用	18
一、培养基灭菌方法	18
二、培养基灭菌设备流程选用	18
第二节 培养基制备设备选用	22
一、液体培养基制备设备选用	22
二、固体培养基制备设备选用	31
第三章 物料输送机械与设备选用	33
第一节 液体输送机械与设备	33
一、泵的分类和特点	33
二、常用泵及泵的选用原则	33
第二节 固体输送机械与设备	39
一、机械输送系统设备选用	39
二、气流输送系统设备选用	44
第三节 气体输送机械与设备	50
一、风机的分类与特点	51
二、气体输送机械与设备选用	52
第四章 过滤、离心与膜分离设备选用	57
第一节 概述	57
一、分离过程的分类	57
二、过滤、离心与膜分离性能特点	58
第二节 过滤机械与设备选用	58
一、过滤机械与设备选用原则	59
二、压力式过滤设备类型与选用	60
三、真空过滤设备类型与选用	63
四、离心过滤设备类型与选用	64
第三节 离心分离设备选用	67
一、碟片式离心机类型与选用	68
二、管式离心机类型与选用	70

三、其他类型离心机选用	71
四、离心分离设备选用原则	72
第四节 膜分离设备选用	73
一、膜分离方法与膜	73
二、膜分离设备选用原则	74
三、膜分离设备类型与选用	74
第五章 萃取、离子交换与色谱分离设备选用	79
第一节 萃取分离原理与设备选用	79
一、萃取设备的选用原则与特点	79
二、液-液萃取分离流程	80
三、液-液萃取设备与选用	80
第二节 浸取设备选用	84
一、间歇式浸取器	85
二、连续式浸取器	85
第三节 超临界萃取设备选用	88
一、超临界萃取的原理与过程特征	88
二、超临界萃取典型设备与选用	88
第四节 离子交换分离原理与设备选用	90
一、离子交换树脂的分类与设备特点	91
二、离子交换设备类型与选用	91
第五节 色谱原理与设备选用	94
一、色谱分离原理与特点	94
二、色谱分离设备选用	94
第六章 蒸发和结晶设备选用	98
第一节 蒸发设备类型与选用原则	98
一、蒸发特点与设备类型	98
二、蒸发设备选用原则	99
第二节 蒸发设备与选用	99
一、常压蒸发设备与选用	99
二、管式薄膜蒸发设备选用	100
三、刮板式薄膜蒸发设备选用	103
四、离心薄膜蒸发设备选用	104
五、其他类型蒸发设备选用	105
第三节 结晶设备与选用	106
一、结晶原理与特点	106
二、结晶设备的选用原则	106
三、结晶设备类型与选用	107
第七章 干燥设备选用	110
第一节 干燥的特点与设备选用原则	110
一、生物产品干燥特点	110
二、干燥设备的选用原则	110
第二节 非绝热干燥设备的选用	111
一、麦芽干燥设备的选用	112

二、箱式真空干燥设备选用	113
三、带式真空干燥设备选用	115
四、圆筒耙式真空干燥设备选用	116
第三节 绝热干燥设备和选用	117
一、气流干燥设备选用	117
二、喷雾干燥设备选用	119
三、流化床干燥设备选用	124
第四节 冷冻干燥及其他干燥设备选用	128
一、冷冻干燥设备选用	128
二、微波干燥设备选用	131
第八章 蒸馏设备选用	133
第一节 蒸馏分离特点与设备选用原则	133
一、塔型选用原则	133
二、酒精蒸馏设备要求	134
第二节 蒸馏设备选用	135
一、粗馏塔设备类型与选用	135
二、精馏塔设备类型与选用	139
三、连续蒸馏工艺流程设备选用	142
四、分子蒸馏特点与设备选用	143
五、水蒸气蒸馏特点与设备选用	146

第二篇 生物反应设备与辅助设备选用

第九章 生物反应器概述	150
第一节 生物反应器	150
一、生物反应器类型	150
二、生物反应器特点与操作特性	150
第二节 生物反应器的发展趋势	151
第十章 生物反应器选用	153
第一节 生物反应器选用原则及操作模式	153
一、生物反应器选用原则	153
二、生物反应器操作模式	153
第二节 各种类型生物反应器选用	154
一、嫌气发酵生物反应器选用	154
二、通风发酵生物反应器选用	162
三、固态发酵生物反应器选用	166
四、固定化酶生物反应器选用	170
五、动物细胞培养生物反应器选用	174
六、植物细胞培养生物反应器选用	177
七、微藻培养生物反应器选用	180
第十一章 空气净化与供水、制冷系统设备选用	183
第一节 空气净化除菌与调节设备选用	183
一、空气过滤除菌设备选用	183
二、空气调节设备选用	188

第二节 水处理系统与制冷系统机械设备选用	188
一、水处理系统机械设备选用	189
二、制冷系统机械设备选用	194
第三篇 生物加工机械设备选用实例	
第十二章 发酵调味品加工机械与设备选用实例	200
第一节 酱油加工流程设备	200
一、酱油加工流程特点	200
二、酱油加工设备与选型	201
第二节 食醋加工流程设备	205
一、食醋加工流程特点	206
二、食醋加工设备与选型	207
第三节 味精加工流程设备	211
一、味精加工流程特点	211
二、味精加工设备与选型	212
第十三章 酒类加工机械与设备选用实例	215
第一节 白酒加工流程设备	215
一、白酒加工流程特点	215
二、白酒加工设备与选型	217
第二节 葡萄酒加工流程设备	220
一、葡萄酒加工流程特点	221
二、葡萄酒加工设备与选型	221
第三节 啤酒加工流程设备	230
一、啤酒加工流程特点	230
二、啤酒加工设备与选型	232
第四节 黄酒加工流程设备	238
一、黄酒加工流程特点	239
二、黄酒加工设备与选型	240
第十四章 其他生物加工机械与设备选用实例	247
第一节 有机酸加工流程设备	247
一、有机酸加工流程特点	247
二、有机酸加工设备与选型	247
第二节 酶制剂加工流程设备	251
一、酶制剂加工流程特点	251
二、酶制剂加工设备与选型	252
第三节 生物制药加工流程设备	255
一、生物制药加工流程特点	256
二、生物制药加工设备类型	257
三、生物制药加工设备结构与选型	257
本书主要参考文献	264

第一篇

生物加工物料处理、输送与 产物分离纯化设备的选用

化工设备从总体上分为两大类：一类称标准设备或定型设备，是由专业生产厂生产的现成设备；另一类称非标准设备或非定型设备，是化工生产过程中需要专门设计的特殊设备。

在生物加工过程中，也可将生物加工设备简要地分为三类，即通用设备、专业设备和非标准设备。专用设备（也称专用设备）系指生物加工过程中特有的设备，如发酵罐、糊化锅、糖化锅等专业性较强，仅为生物加工专业工厂所使用的设备；而各行各业都可使用的设备（如泵、风机等）则称为通用设备；非标准设备是指生产企业所用的存储箱、槽、罐、池以及计量筒、混合拌料池等设施。

一、生物加工设备设计与选型的原则

设备的设计对于通用设备来说就是选型，对于专业（专用）设备和非标准设备来说就是通过计算，提出型式、材料、尺寸和其他方面的一些要求，由专业机构进行工程机械加工设计并制造。

设备设计、选型的正确与否对投资建厂和工厂投产后的运行维修、工人的劳动强度以及产品的质量都会产生很大影响，其重要性是显而易见的。因此，选用生产能力适宜、配套性强、性价比高、通用性广的生产设备是生物加工企业建厂设计、改建扩建、设备改造的重要内容。设备选型和设计的总体原则如下所述。

（1）合理性 即选择的设备必须能够满足生产工艺要求，设备要与工艺流程、生产规模、工艺操作条件、工艺控制水平相适应；设备的加工能力、规格、型号和动力消耗必须与相应的产量相匹配，并从机器保养、维修等方面考虑留有一定的储备余地。

（2）先进性 机械加工设备的种类繁多、型号多样，选择的设备实现某一生产单元过程的技术经济指标，如转化率、收得率、生产效率等要尽可能达到较高的先进水平；在符合投资条件的前提下，应选择吸收及应用国内外最先进的技术成果和装备，选择制作精度高、性能优良的现代化技术装备。

（3）安全性 设备的选型和工艺设计制造要求安全可靠、操作稳定、无事故隐患。

（4）经济性 设备投资节省，易于加工、维修、更新，没有特殊的维护要求，减少运行费用。

近年来，生物加工设备发展速度较快，特别是引进国外的新技术、新装备快速迅捷，而且新技术、新装备的国产化趋势日益增强，如啤酒厂的湿法粉碎新技术、低温膜过滤系统生产纯生啤酒技术，以及麦汁煮沸内加热装置和外循环加热装置、麦糟干式输送设备、麦汁一段冷却及冰水制备装置都实现了国产化；国内自主创新的新型烛式硅藻土过滤机也正在啤酒生产企业推广；酒精厂采用循环粉碎新工艺设备、真空冷却连续糖化设备、六塔节能差压蒸馏设备等。在进行设备设计、选型时应充分了解行业发展动向，并结合实际情况遵循相关原则进行。

总之，设备的选型、设计原则是一个统一的、综合性的原则，要遵循工艺合理、技术先进、运行安全、经济节俭的原则，认真地设计与选型。

二、生物加工过程中专业设备设计与选型的主要内容

由于生物加工行业产品品种较多，不同产品的工艺又各不相同，所以对设备设计和选型将会有较大的差异，因此，只有在充分了解工艺的基础上才能进行设计和选型。啤酒、味精、白酒和有机酸等产品的生产主要环节是间歇式操作，酒精、抗生素等产品的生产连续性较强，大部分环节能做到连续生产，因此要根据生产特点区别对待。专业设备设计与选型主要内容如下所述。

- ① 设备所承担的工艺操作任务和工作性质，以及工作参数的确定。
- ② 不同型号设备的特点和性能评价。
- ③ 设备生产能力的确立。
- ④ 设备主要尺寸的确定。
- ⑤ 设备数量的确定。
- ⑥ 设备化工过程（换热器、塔板数等）的计算。
- ⑦ 设备的传动搅拌和动力消耗计算。
- ⑧ 材质的选择与用量的计算。
- ⑨ 壁厚的计算选择。
- ⑩ 设备结构的设计计算。
- ⑪ 关于选型等其他问题的考虑。

三、通用设备选型注意事项

通用设备一般是指按国家机械行业统一标准生产的离心机、泵、通风机、压缩机、螺旋输送机、带式输送机等。通用设备在生物加工及食品行业中应用广泛，各类设备的选型及特点将在后面各章节中逐一介绍，这里主要列举与生物加工密切相关的液体输送设备、气体输送设备及固体输送设备的选型注意事项。

1. 液体输送设备

关于液体输送设备的选型，针对生物加工厂的特殊性，提出以下几点要注意的问题。

(1) 液体输送泵的选型 首先应根据输送物料的特性和输送要求考虑，然后再根据输送流量、总扬程，并考虑泵的效率，选择具体型号。

生物加工厂产品类型较多，所输送物料的性质及输送要求各不相同，在选择泵型时，应区别对待。例如：酒精厂连续蒸煮用泵所输送的粉浆固形物含量高，黏度大，输送压头高，流量要求稳定，可选择双缸双动往复泵或三缸往复泵，可保证不堵塞、高压头和具稳定的流量。同样，输送蒸煮醪以及输送发酵醪均应选择电动往复泵，亦称泥浆泵，流量用调速电动机调节。啤酒厂糖化车间选择醪泵时，因醪液较稀，应选择全开叶或半开叶、低转速、大流量、低扬程离心泵。

(2) 间歇操作的泵 选择时应注意在满足压头、耐腐蚀、防爆等方面要求的前提下，可把生产能力选得大些，以便尽可能快地将物料于短时间内输送完，腾出设备，节约人力，如啤酒厂糊化锅、糖化锅麦汁输送泵的选择等。

(3) 连续操作的泵 在考虑输送物料特性、压头、安全等方面要求的同时，应选择流量略高于工艺要求的泵，以便留有调节余地，保证生产均衡地进行。

2. 气体输送设备

生物加工厂用于深层发酵的设备，如机械搅拌发酵罐和各种新型生化反应器等送风设备主要是往复式空压机、涡轮压缩机，用于酵母培养和麦汁生产的设备主要是罗茨式鼓风机和高压鼓风机，用于固体厚层通风培养、气流输送、气流干燥、气体输送的则是离心式通风机，厂房内通风一般使用大流量风机，如轴流式风机等，连续操作的一般设有备用设备。

3. 固体输送设备

如无特殊需要，应尽量选用机械提升设备，因其能耗相对较低，视不同类型为气流输送的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{3}$ 倍。带式输送机、螺旋输送机以水平输送为主，也可倾斜输送，但倾角不应大于 20° ，否则效率大大下降，甚至造成失误。另外，选用设备时应注意，不要选择淘汰的老型号产品，应选用新的国家标准系列产品。

四、非标准设备设计选型注意事项

生物加工厂非标准设备一般是指生产车间中除专业设备、通用设备之外的，用于生产配套的储罐、中间料池、计量罐等设备和设施，主要是一些容器类。对容器的设计选型同样要遵循设备设计选型的标准要求，需着重注意以下内容。

(1) 具储存作用的箱、槽、罐、池等 如各种原料液中间制品的储存罐，设计选用时首先要满足工艺过程要求，同时要考虑选择合适的形状、相应的容量，以保证生产的正常进行，在此前提下，尽量选用比表面积小的几何形状，以节省投资费用。

(2) 混合灭菌作用的设备设计选型 如酒精生产的拌料罐、葡萄糖生产的调浆罐等，为了使混合或沉降效果好，选择这类设备的高径（或高宽）比近于1是有利的，球形容器在各种容器中单位体积装料量是最多的，但加工较困难，因此多采用正方形和直径与高度相近的筒形容器。

(3) 计量作用的设备设计选型 这类设备在生物加工企业中应用也较为普遍，如味精厂、酒精厂的计量储罐等，为使计量结果尽量准确，通常这类设备的高径比或高宽比都选得比较大，这样在高度上的变化就较为灵敏，而把节省材料放在次要地位。这类设备一般是指规格和材质都不定型的辅助设备，在加工精度要求上不太高，在工厂选型设计中常根据生产需要而配备。

(4) 容器的材料选择 应在能够符合工艺要求的前提下，还应满足诸如强度、刚度、耐腐蚀性、温度、密封性及操作维修方便等方面的要求。

第一节 概 述

生物工程产品多以生物质为原料，由于这些原料在收获、储藏和运输中常常会混入各种杂物，因此生产原料在加工前须经过预处理去除杂物。此外，为了提高蒸煮、水解和发酵等工序的效率，需要对固体原料进行粉碎。粉碎的方法根据操作作用力的不同可分为五种：①挤压粉碎；②冲击粉碎；③研磨粉碎；④剪切粉碎；⑤劈裂粉碎。

无论是哪一种作用力，假如所施加的外力没有超过物料的弹性限度，物料则不会破碎，只有施加外力超过物料的破碎强度时，物料才会被粉碎。

合理选择粉碎物料的方法，必须根据物料的物理性质、物料的大小以及粉碎的程度等而确定，应特别注意物料的硬度和破裂性。对坚硬的和脆性的物料，挤压和冲击很有效；对韧性物料剪切力作用较好；对方向性物料则以劈碎为宜。但不论是何种粉碎机，均很少单独使用其中的一种方法，而是几种方法组合，使粉碎更加有效。

第二节 物料处理机械与设备选用

一、固体物料筛选与分级设备选用

1. 筛选设备

筛选是对谷物等生物质原料清理除杂最常用的有效方法。筛选机的作用是将原料中经除铁以后剩余的杂质筛选而除去，生产过程中往往又需将粒度不同的物料加以分级，这也要用筛子来完成。因此，筛选操作具备以上两方面的作用。常用的筛选机有振动筛和圆筒分级筛两种。

(1) 振动筛 振动筛是原料加工中应用较广泛的一种筛选与风选相结合的清理机械，多用于清除谷物原料中小或轻的杂质。它主要由进料装置、筛体、吸风除尘装置和支架等部分组成，可用于大麦等的筛选分离。如图 1-1 所示为振动筛结构。

筛体是振动筛的主要部件，一般有三层筛

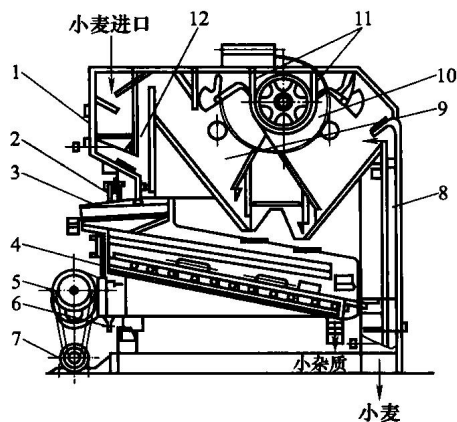


图 1-1 振动筛结构

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

面，分别有一定的倾斜度，使物料在筛面上加速流动而不致堵塞。

振动筛是一种平面筛，常用的筛子有两种。一种是由金属丝编制而成，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。目前使用的筛选机，筛宽多在 500~1600mm 之间，振幅 4~6mm，频率在 200~650 次/min 范围内。

以 SZ 型振动筛为例，主要技术参数见表 1-1。

振动筛的系列规格见表 1-2。

表 1-1 SZ 型振动筛的技术参数表

项 目	SZ50×2	SZ63×2	SZ80×2
筛面宽度/cm	50×2	63×2	80×2
单位流量/[kg/(cm·h)]	40	40	40
产量/(t/h)	4	5	6.4
振动频率/(次/min)	600~650	600~650	600~650
振幅/mm	6.5	6.5	6.5
风机转速/(r/min)	900~950	900~950	900~1000
风压/(mmH ₂ O)	63	63	30(设备阻力)
风量/(m ³ /h)	4500	4500	5000
配用动力/kW	3	3	0.8(不包括风机动力)

注：1mmH₂O=9.8Pa。

表 1-2 振动筛的系列规格表

筛面宽度/mm	500	600	800	1000	1250	1600
单位流量/[kg/(cm·h)]	30	35	40	40	40	40
产量/(t/h)	1.5	2.3	3.2	4.0	5.0	6.4

(2) 圆筒分级筛 圆筒分级筛是生物工厂常用的另一种筛选设备，多用于谷物原料精选后的分级，如图 1-2 所示。圆筒倾斜度为 3°~5°，筛筒直径与长度比为 1:(4~6)，圆周速度为 0.7~1.0m/s，筛子钢板厚为 1.0~2.0mm，开孔为圆形或矩形，可将谷物分成三级，腹径有 2.5mm 以上、2.2~2.5mm 和 2.2mm 以下三种。圆筒分级筛的特点是：设备结构简单，传动方便，但是筛面利用率较低，仅为整个筛面的 1/5。

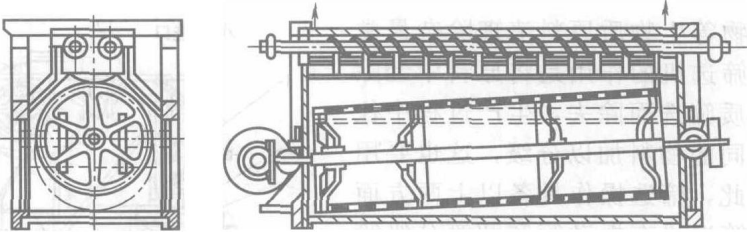


图 1-2 圆筒分级筛

2. 精选机械设备

有些原料经过除杂粗分以后即可用于生产，有些则必须进一步精选和分级。精选机的主要工作原理是按照谷物颗粒长度不同的特点进行分离。

常用的精选机有滚筒式精选机和碟片式精选机。

(1) 滚筒式精选机 如图 1-3 所示为滚筒精选机工作示意图。袋孔开在筛转圆筒的内表面，长粒物料如大麦是依靠进料位差及利用滚筒本身的倾斜度沿滚筒长度方向流动由另一端

流出，而短粒大麦则嵌入袋孔的位置较深，被带到较高位置而落入中央槽中由螺旋输送机送出。滚筒精选机根据转速差别又分为高速滚筒精选机和低速滚筒精选机，两者结构基本相似。现将高速滚筒精选机和低速滚筒精选机技术特性列于表 1-3，供参考选用。

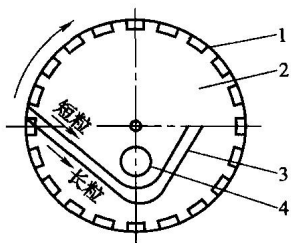


图 1-3 滚筒精选机
1—筛转圆筒；2—袋孔；3—螺旋输送机；
4—中央槽

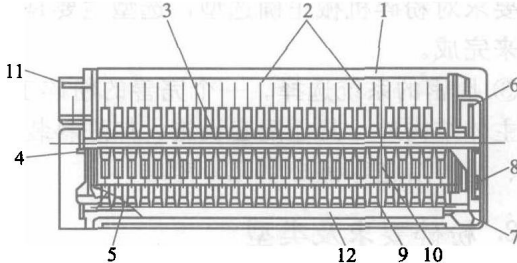


图 1-4 碟片精选机结构
1—进料口；2—碟片；3—轴；4—轴承；5—绞龙；
6—大链轮；7—小链轮；8—链条；9—隔板；
10—孔；11—长粒物料出口；12—淌板

表 1-3 滚筒精选机技术特性

技术特性	低速滚筒精选机	高速滚筒精选机	技术特性	低速滚筒精选机	高速滚筒精选机
从大麦中除荞麦时			轴转速/(r/min)	50	120
生产能力/(kg/h)	1000	3000	尺寸:		
功率/kW	0.3	0.55	长/mm	830	2853
圆筒直径/mm	600	600	宽/mm	640	640
圆筒长度/mm	2200	2000	质量/kg	300	350
筒转速/(r/min)	13	45			

(2) 碟片式精选机 在金属碟片的平面上制成许多袋形的凹孔，孔的大小和形式视除杂条件而定。碟片在物料堆中运动时，短小的颗粒嵌入袋孔被带到较高的位置才会落下，因此只要把收集短粒斜槽放在适当位置上，就能将短粒分离出来，如图 1-4 所示为碟片精选机结构示意。

碟片式精选机的特点为：工作面积大，转速高，产量比滚筒式精选机大，碟片损坏可部分更换；但缺点是碟片上的袋孔容易磨损，功率消耗较大。表 1-4 中列出了碟片式精选机的技术特性，可供选型时参考。

表 1-4 碟片式精选机的技术特性

型号	FTTΦ25in ×27 个	FTTΦ25in ×23 个	型号	FTTΦ25in ×27 个	FTTΦ25in ×23 个
项目			项目		
生产能力/(t/24h)	140	120	除燕麦	70~75	70~75
碟片直径/mm	630	630	传动轮转速/(r/min)	175	175
碟片数目/个	27	23	所需功率/kW	1.9	1.5
碟片转速/(r/min)			外形尺寸(长×宽×高)/mm	2200×872×853	1900×872×853
除荞麦	55~60	55~60			

注：1in=0.0254m。

二、固体物料粉碎机械设备选用

1. 粉碎机选用原则

① 掌握物料性质和对粉碎的要求。包括粉碎的原始形状、大小、硬度、韧脆性、可磨

性和磨蚀性等有关数据，同时对粉碎产品的粒度大小及分布，对粉碎机的生产率、产量、能量消耗、磨损程度及占地面积等方面要求有全面的了解。

② 合理选择粉碎流程和粉碎机械。如采用的粉碎级数、开式或闭式、干法或湿法等，根据要求对粉碎机械正确选型，选型主要是通过比较各种粉碎机的优点、缺点、性能、价格评价来完成。

③ 周密的系统选择。一个完善的粉碎工序设计必须对整套工程进行系统考虑，除了粉碎机主体结构外，其他配套设施，如进料装置、分级装置，以及粉尘处理及产品收集、计量包装、消声措施等都必须充分考虑。

2. 粉碎要求及类型

固体物料的粉碎，可按粉碎物料和成品的粒度大小分类如下。

① 粗碎。原料粒度范围为 40~1500mm，成品粒度为 5~50mm。

② 中、细碎。原料粒度范围为 5~50mm，成品粒度为 0.1~5mm。

③ 微粉碎。原料粒度范围为 5~10mm，成品粒度为小于 100 μm 。

④ 超微粉碎。原料粒度范围为 0.5~5mm，成品粒度为小于 25 μm 。

原料的粉碎可分为干法粉碎和湿法粉碎两类。干法粉碎是将干物料送入粉碎机中，物料在机壳之内粉碎。干法粉碎机形式很多，根据产生粉碎作用力原理不同可分为气流式、高频振动式、辊式、锤击式、球磨式、自磨式等，使用范围广泛。湿法粉碎是将水和原料一同加入粉碎机，从粉碎机中出来时即成粉浆。此方法因无“跑粉”现象，故而得率高，工作环境好。但缺点是粉浆不宜久储，应随产随用，且耗电量较大。

3. 干法粉碎机械设备

(1) 锤式粉碎机 锤式粉碎机是应用范围较广泛的一种粉碎机械，在化工、食品、建材等很多领域均有所应用，在发酵工业中原料的中碎与细碎作业大量采用这种粉碎机。

① 锤式粉碎机工作原理及构造

(a) 工作原理：锤式粉碎机机壳内镶有锯齿形冲击板。主轴上有钢质圆盘（或方盘）。盘上装有许多可拆换的锤刀，锤刀可以自由摆动。当圆盘随主轴高速旋转时，锤刀借离心力的作用而张开，并将物料击碎，如遇到过硬物块，则可以摆动让开，而不致损坏机器。物料从上方料斗加入，在悬空状态下被锤的冲击力所破碎，然后被抛至冲击板上，再次被击碎。此外，物料在机内还受到挤压和研磨的作用。被粉碎的物料通过机壳上的网孔排出。

(b) 构造：如图 1-5 所示，锤式粉碎机由机壳、锤刀、轴、筛网等组成。

② 锤刀：多由耐磨的高碳钢或锰钢制成，形式有矩形、多棱角形、带角矩形和斧形等，如图 1-6 所示。

③ 筛网：粗筛一般用钢丝构成，或用金属板上冲孔。细筛除用钢丝外还可用铜板，筛网规格根据被粉碎物料性质、种类及粉碎的要求而异，有圆形、方形和长方形等，筛网规格对生产能力影响较大。

② 锤式粉碎机的优缺点

(a) 优点：构造简单，紧凑，物料适应性强，粉碎度大，生产能力高，运转可靠。

(b) 缺点：物料含水高时（15%以上）筛孔易堵；物料较坚硬时，机械磨损比较大。

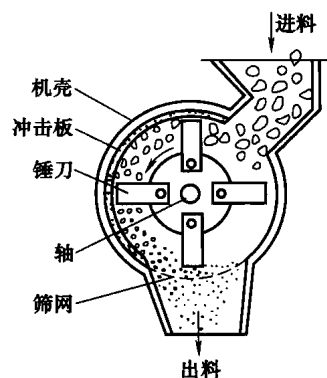


图 1-5 锤式粉碎机