



普通高等教育“十三五”规划教材  
河南省“十二五”普通高等教育规划教材

# 粮食机械原理 及应用

阮竞兰 武文斌 主编

PRINCIPLES AND APPLICATIONS OF  
GRAIN PROCESSING MACHINE



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十三五”规划教材  
河南省“十二五”普通高等教育规划教材

# 粮食机械原理及应用

主 编 阮竞兰 武文斌  
副主编 阮少兰 胡继云 李永祥 刘国锋  
参 编 曹宪周 段笑敏 高 薇 伍 毅  
张海红 张士雄 王中营 杜 忠  
杨 磊

机械工业出版社

本书为河南省“十二五”普通高等教育规划教材。

全书共分三篇十四章，主要内容包括：谷物清理机械（筛分除杂、比重分级、精选、粮食表面处理及着水、风选及磁选等设备）、制粉机械（辊式磨粉机、粉料分级设备、小麦脱皮制粉设备、小麦制粉辅助设备、称重及包装设备等）、碾米机械（脱壳、谷糙分离、碾米及色选等设备）。

本书既可作为高等院校及中等专科学校粮食工程及机械专业的专业基础课教材，也可作为粮食工业部门、科研院所及加工企业的专业技术人员、科研人员和相关院校师生的参考书。

## 图书在版编目（CIP）数据

粮食机械原理及应用/阮竞兰，武文斌主编. —北京：机械工业出版社，2017.1

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-55488-2

I. ①粮… II. ①阮…②武… III. ①粮食加工机械-高等学校-教材  
IV. ①TS210.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 279208 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：舒恬 责任编辑：舒恬 安桂芳 李超 任正一

责任校对：张晓蓉 封面设计：张静 责任印制：李飞

北京振兴源印务有限公司印刷厂印刷

2017 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 30 印张 · 736 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-55488-2

定价：64.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88379833

机工官网：[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线：010-88379649

机工官博：[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

教育服务网：[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

封面防伪标均为盗版

金书网：[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)



# 前言



随着我国粮食机械行业的不断发展，“高效、节能、清洁加工”的新型粮食机械设备不断涌现，产品种类繁多，其设备性能、质量及技术水平都有了很大程度的提高。本书基于当前粮食机械发展及教学与科研的迫切需要而编写，着重论述现代粮食机械的基础理论、结构特点、设计及应用，全面系统地分析介绍典型粮食加工机械的基本工作原理、动力学及运动学理论、机械结构与设计、主要规格与性能参数以及使用与维护等。

本书由河南工业大学阮竞兰教授、武文斌教授任主编，阮少兰教授、胡继云教授、李永祥教授、刘国锋副教授任副主编，参加本书编写的人员均是来自于高等院校、科研院所的专家学者和在生产第一线、具有丰富实践经验的工程技术人员。具体编写分工为：第一章（阮竞兰），第二章（高薇第一、二、四、五节，伍毅第三节），第三章（李永祥），第四章（高薇第一至四节，刘国锋第五节，王中营第六节），第五章（刘国锋），第六章（胡继云），第七章（武文斌），第八章（段笑敏第一、三节，张海红第二节），第九章（胡继云第一、二节，张海红第三至六节），第十章（曹宪周第一至六节，张海红第七节），第十一章（阮少兰第一节、第三节第一、三、四部分，伍毅第二节，张士雄第三节第二部分），第十二章（阮少兰），第十三章（阮少兰），第十四章（杜忠、杨磊）。本书的电子课件由阮竞兰、王中营制作。

本书在编写中得到了河南工业大学和许多专家、同仁的大力支持与帮助，参考了诸多教授、专家及粮食机械企业的有关文献资料，借鉴并引用了部分有价值的资料及研究成果，对此表示诚挚的谢意。

限于编者的学识水平，书中难免有疏忽与错漏之处，切望各位读者，特别是专家学者和工程技术人员不吝赐教，以便进一步修改。

编者

# 目 录

## 前 言

## 第一篇 谷物清理机械

<b>第一章 筛分除杂设备</b> .....	3	<b>第二节 精选工作面的种类和结构</b> .....	71
第一节 概述 .....	3	<b>第三节 滚筒精选机</b> .....	74
第二节 筛面的种类和结构 .....	7	<b>第四节 碟片精选机</b> .....	77
第三节 筛面的运动形式和传动 .....	10	<b>第五节 碟片滚筒组合精选机</b> .....	80
第四节 物料在筛面上的运动分析 .....	12	<b>第六节 精选机的使用及维护</b> .....	81
第五节 往复振动筛 .....	31	<b>第四章 粮食表面处理及着水设备</b> .....	83
第六节 平面回转筛 .....	37	第一节 概述 .....	83
第七节 圆筒初清筛 .....	41	第二节 打麦机 .....	83
第八节 组合清理筛 .....	44	第三节 撞击机 .....	87
<b>第二章 比重分级设备</b> .....	49	第四节 碾麦机 .....	88
第一节 概述 .....	49	第五节 着水设备 .....	90
第二节 比重分级板面的种类和结构 .....	49	第六节 脱壳机 .....	101
第三节 比重分级的基本工作原理 .....	51	<b>第五章 风选及磁选设备</b> .....	104
第四节 比重去石机 .....	55	第一节 风选的应用 .....	104
第五节 重力分级去石机 .....	62	第二节 风选的基本工作原理 .....	104
<b>第三章 精选设备</b> .....	71	第三节 风选设备 .....	107
第一节 概述 .....	71	第四节 磁选与磁选设备 .....	114

## 第二篇 制粉机械

<b>第六章 辊式磨粉机</b> .....	122	<b>第三节 清粉机</b> .....	210
第一节 概述 .....	122	<b>第八章 小麦脱皮制粉设备</b> .....	238
第二节 粉碎的基本原理 .....	124	第一节 概述 .....	238
第三节 辊式磨粉机的原理和结构 .....	130	第二节 小麦脱皮机 .....	241
第四节 典型辊式磨粉机 .....	153	第三节 振动着水混合机 .....	246
<b>第七章 粉料分级设备</b> .....	172	<b>第九章 小麦制粉辅助设备</b> .....	249
第一节 概述 .....	172	第一节 磨辊拉丝机 .....	249
第二节 平筛 .....	172	第二节 磨辊喷砂机 .....	264

第三节	松粉机	266	第二节	机械秤	305
第四节	振动圆筛	279	第三节	机械电气自动秤	313
第五节	打麸机	292	第四节	电子秤	315
第六节	撞击磨	299	第五节	电子皮带秤	332
<b>第十章</b>	<b>称重及包装设备</b>	<b>304</b>	第六节	其他电子秤	339
第一节	概述	304	第七节	包装设备	345

### 第三篇 碾米机械

<b>第十一章</b>	<b>脱壳设备</b>	<b>358</b>	<b>第十三章</b>	<b>碾米设备</b>	<b>421</b>
第一节	概述	358	第一节	概述	421
第二节	胶辊砻谷机的基本工作原理和 主要工作参数	362	第二节	碾米机的基本工作原理和主要 工作参数	425
第三节	胶辊砻谷机的结构、使用及 维护	372	第三节	碾米机的结构、使用及维护	431
<b>第十二章</b>	<b>谷糙分离设备</b>	<b>398</b>	<b>第十四章</b>	<b>色选设备</b>	<b>461</b>
第一节	概述	398	第一节	概述	461
第二节	谷糙分离设备的基本工作原理和 主要工作参数	401	第二节	光电色选的基本工作原理	461
第三节	谷糙分离设备的结构、使用 及维护	408	第三节	色选设备	464
			第四节	色选机工艺效果评定	468
			第五节	色选设备的操作与维护	469
			<b>参考文献</b>		<b>471</b>



# 第一篇

## 谷物清理机械



谷物在选种、栽培、收割、干燥、运输和储藏等过程中，难免会混入各种各样的杂质，造成对产品质量及加工过程极为有害的影响。因此，对谷物进行清理除杂是加工过程中必不可少的重要工序。

### 一、谷物中杂质的种类

谷物中的杂质按化学成分可分为无机杂质和有机杂质，如泥块、砂石、煤渣、砖瓦、玻璃碎块、金属物及其他矿物质等属于无机杂质；根、茎、叶、颖壳、麻绳、植物种子、异种粮粒及无食用价值的发芽、病斑、虫蚀粮粒等属于有机杂质。

根据谷物中杂质的物理性状分类，则有大杂质、小杂质、并肩杂质、轻杂质、重杂质及磁性金属杂质之分。

### 二、谷物清理的目的

谷物清理的目的：一方面是为了提高机械设备的工艺效果，保证安全生产；另一方面则是为了提高产品纯度，确保人民身体健康；同时也起到降低运输和保管费用的作用，并有利于安全储藏。

谷物中如含有秸秆、杂草、纸屑、麻绳等体积大、质量小的杂质，容易堵塞输送管道，妨碍生产顺利进行，或阻塞设备喂料机构，使进料不匀，减少进料量，降低设备的工艺效果和加工能力。

谷物中如含有泥沙、尘土等细小杂质，进入车间后，在下料、提升、输送过程中，会造成尘土飞扬，污染车间环境卫生，危害操作工人的身体健康。

谷物中如含有石块、金属等坚硬杂质，在加工过程中容易损坏清理机械，影响设备工艺效果，缩短设备使用寿命。坚硬杂质与设备金属表面间的碰撞及摩擦，还有可能产生火花，引起火灾及粉尘爆炸。

谷物中任何一种杂质混入产品，都将降低产品纯度，影响成品质量。

### 三、谷物清理的一般方法

清理谷物中杂质的方法很多，主要是利用杂质与谷物在物理性质上的差异进行分选除杂。不同种类的杂质与谷物在物理特性方面的差异各不相同，应当根据两者之间最明显的差

异,采用相应的技术和机械设备来进行杂质分离。

目前清理除杂的一般方法为:

筛选法:依据颗粒尺寸,主要是宽度和厚度尺寸上的不同,选择一定的筛面,进行筛选分级,以清除杂质。

风选法:根据谷物与杂质空气动力学性质方面的差异,利用气流进行分选除杂。

精选法:依据颗粒形状与长度尺寸的不同,借助具有一定特性的工作面分离杂质。

比重分选法:根据谷物与杂质比重以及空气动力学性质的不同,利用振动和气流的综合作用进行分选除杂。

磁选法:根据谷物与杂质颗粒之间磁性的不同,借助磁场分离金属杂质。

撞击法:依据颗粒强度的不同,通过撞击和摩擦作用,清除杂质。

#### 四、谷物清理除杂效率的评定

在谷物清理过程中,对各种清理设备除杂效率的评定,通常较为简便的方法是,从清理前后的谷物中分别取样检验,计算其相对含杂率。计算公式为

$$\eta = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

式中  $a$ ——清理前谷物含杂率(%) ;

$b$ ——清理后谷物含杂率(%)。

若要全面评定清理设备的除杂效率,还必须考虑下脚中的含粮情况。即不仅要取得较高的杂质去除率,还应有尽可能高的谷物提取率,使下脚中完整粮粒的含量越少越好。因此,同时采用杂质去除率和谷物提取率两项指标,来衡量清理设备除杂工艺效果的好坏。根据清理前后谷物流量平衡关系可导出

$$\text{杂质去除率:} \quad \eta_z = \frac{c(a - b)}{a(c - b)} \times 100\%$$

$$\text{谷物提取率:} \quad \eta_T = \frac{(c - a)(1 - b)}{(c - b)(1 - a)} \times 100\%$$

式中  $c$ ——下脚含杂率(%)。

#### 五、谷物清理的要求

对于稻谷清理,要求净谷含杂总量不应超过0.6%,其中含砂石不应超过1粒/kg,含稗不应超过130粒/kg。对于小麦制粉清理,要求清理后的净麦含尘芥杂质不超过0.3%,其中含砂石不应超过0.02%,其他异种粮谷不超过0.5%。对于玉米加工的清理要求与小麦相同。



# 第一章

## 筛分除杂设备

### 第一节 概 述

利用一层或数层筛面，将物料颗粒按照粒度大小进行筛选分级的方法称为筛分。谷物清理过程中，筛分除杂是清理作业中的重要组成部分，主要完成大、小杂质的清理，若配合吸风系统，还能清除轻杂质。

#### 一、筛分的基本条件

借助于筛面将物料按颗粒尺寸分级，使大于筛面筛孔尺寸的颗粒留存于筛面上，成为筛上物；小于筛孔尺寸的颗粒穿过筛面，成为筛下物。因此，要达到筛分的目的，应具备的条件为：

- 1) 筛下物必须与筛面接触，使之有机会穿过筛孔。
- 2) 选择合理的筛孔形状和尺寸。
- 3) 保证筛选物料与筛面间具有适宜的相对运动速度。

#### 二、筛分的实质

谷物籽粒的几何尺寸，一般近似地用长 > 宽 > 厚三度尺寸表示。按粒度大小进行筛分的实质主要是根据颗粒宽度、厚度的尺寸不同进行分级。

##### 1. 根据宽度尺寸不同进行分级

圆形筛孔主要是根据物料宽度尺寸的不同进行分级，筛孔的直径是限制物料穿孔的重要尺寸。如图 1-1-1 所示，当谷物颗粒的宽度小于筛孔直径时，颗粒依靠运动及自身重力作用，竖立起来后便可穿过筛孔，而宽度大于筛孔直径的物料不能通过筛孔。

##### 2. 根据厚度尺寸不同进行分级

长形筛孔主要是根据物料厚度尺寸的不同进行分级，筛孔宽度是限制物料过筛的重要尺寸。如图 1-1-2 所示，当谷物颗粒的厚度尺寸小于筛孔宽度，且

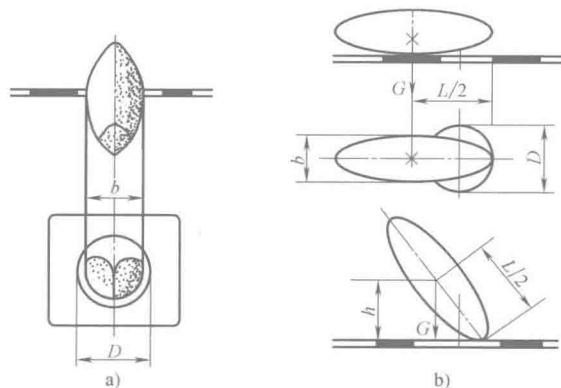


图 1-1-1 圆形筛孔分离原理

a)  $b < D$   $L/2 < D$  b)  $b < D$   $L/2 > D$

$D$ —筛孔直径  $b$ —谷粒宽度  $L$ —谷粒长度

$G$ —重力  $h$ —重心到筛面的距离

能侧立或侧卧时，才能通过筛孔，而当厚度大于筛孔宽度时，物料则留存在筛面上。

### 三、筛分物料与筛面间适宜的相对运动速度

筛分物料与筛面间相对运动速度的大小，对筛分过程有很大的影响。相对运动速度过大，颗粒将越过筛孔不能过筛；相对运动速度过小，则又影响生产率。因此，必须保证筛选物料与筛面间具有适宜的相对运动速度。

为了简化研究，取单个球形颗粒为对象，来分析能保证颗粒过筛的相对运动速度范围。设颗粒的直径为  $d$ ，以相对运动速度  $v$  沿筛面运动（图 1-1-3），筛面与水平夹角为  $\alpha$ ，筛孔边长为  $a$ ，当颗粒滑动到达筛孔的上边缘  $A$  点以后，在重力作用下以初速度  $v$  做抛物线运动。

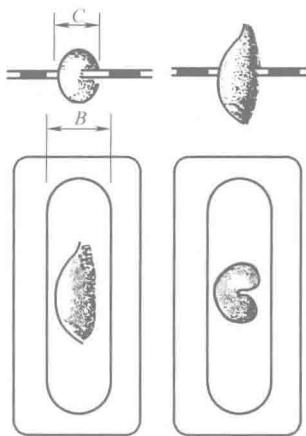


图 1-1-2 长形筛孔分离原理  
B—筛孔宽度 C—谷粒厚度

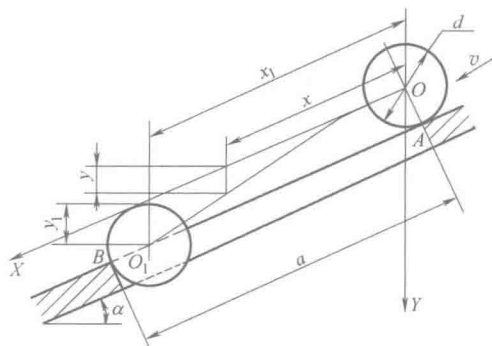


图 1-1-3 物料颗粒与筛面相对运动速度分析

#### 1. 颗粒的运动方程

取斜坐标  $OXY$  如图 1-1-3 所示，若忽略空气阻力，则颗粒的运动方程可写为

$$\begin{cases} X = vt \\ Y = \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

消去上述两式中的时间参数  $t$ ，可得颗粒运动的轨迹方程为

$$Y = \frac{g}{2v^2}X^2 \quad (1-1-1)$$

#### 2. 颗粒能穿过筛孔的条件

当颗粒运动到与筛孔下边缘  $B$  相碰时，颗粒的重心只有落至与筛表面相平或在筛表面以下，该颗粒才能落入筛孔而过筛。若颗粒的重心位于筛表面以上，该颗粒会在碰撞筛孔边缘  $B$  时所产生的翻转力矩作用下，超越筛孔而不能过筛。因此，颗粒的重心与筛表面相平，是颗粒能过筛的极限位置。此时，颗粒的重心位置  $O_1$  的坐标为

$$\begin{cases} X_1 = a - \frac{d}{2}(1 + \tan\alpha) \\ Y_1 = \frac{d}{2\cos\alpha} \end{cases} \quad (1-1-2)$$

由此可得颗粒过筛的条件是：当颗粒沿  $X$  方向的位移为  $X_1$  时，颗粒在  $Y$  方向上的位移必须大于或等于  $Y_1$ ，即

$$\text{当} \quad X = a - \frac{d}{2}(1 + \tan\alpha) \quad (1-1-3)$$

$$\text{应有} \quad Y \geq \frac{d}{2\cos\alpha} \quad (1-1-4)$$

### 3. 颗粒能过筛的最大相对运动速度

因颗粒的重心  $O_1$  在抛物线轨迹上，故满足运动方程式 (1-1-1)，整理后可得

$$v \leq \left[ a - \frac{d}{2}(1 + \tan\alpha) \right] \sqrt{\frac{g}{d} \cos\alpha} \quad (\text{mm/s}) \quad (1-1-5)$$

式 (1-1-5) 为颗粒能过筛的最大相对运动速度。对于水平筛面  $\alpha = 0$ ，式 (1-1-5) 可写成下列形式

$$v \leq \left( a - \frac{d}{2} \right) \sqrt{\frac{g}{d}} \quad (\text{mm/s}) \quad (1-1-6)$$

对于接近于筛孔尺寸大小的难筛粒，令  $d \approx a$ ，代入上式，可得能过筛的相对运动速度为

$$v \approx 50 \sqrt{d} \quad (\text{mm/s}) \quad (1-1-7)$$

## 四、筛分效率

### 1. 定义

筛分后所得筛过物重量与筛分原料中所含可筛过物重量的比值，称为筛分效率。

筛分效率是从数量上来评定筛分过程的指标。筛分效率与清除除杂效率是不同的，筛分效率评定的是可筛过物颗粒的分离程度，而清除除杂效率用于评定杂质分离的程度。

### 2. 筛分效率的计算

根据定义所得筛分效率的计算公式为

$$\eta = \frac{G'}{Gw_x} \quad (1-1-8)$$

式中  $G$ ——筛分原料的总重量；

$G'$ ——筛过物的重量；

$w_x$ ——筛分原料中可筛过物的含量。

在实际生产中，为了方便计算，根据物料流量平衡原理（图 1-1-4），筛分效率的计算公式也可写为

$$\eta = \frac{w_x - w_y}{w_x(1 - w_y)} \quad (1-1-9)$$

式中  $w_y$ ——筛上物中可筛过物的含量。

由式 (1-1-9)，只要测得筛分原料中可筛过物

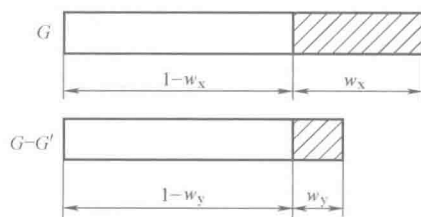


图 1-1-4 物料流量平衡图

的含量  $w_x$  及筛上物中可筛过物的含量  $w_y$ ，即可得到筛分效率。

## 五、筛面的组合

生产中为了将各种粒度的混合物通过筛分分成若干个粒度级别，需要采用多层不同筛孔的筛面组合起来使用。根据筛分原料的性质不同，合理地选择筛面组合方式，对提高筛选工艺效果起着重要的作用。常用的筛面组合方式有三种：

### 1. 筛上物法

筛上物连续筛理，各层筛面的筛下物分别提取，如图 1-1-5 所示。筛面的筛孔尺寸由上层至下层逐渐加大，筛选产品的粒度分级由细到粗（ $I < II < III < IV$ ， $d_1 < d_2 < d_3$ ），即先提细粒，后提粗粒。筛上物法的优点是大粒物料筛理路线长，筛面检查、清理、维护方便。缺点是所有大粒物料都要从每层筛面流过，不但筛面容易磨损，而且多数大粒物料阻碍细小颗粒接触筛孔，影响筛分效率。筛上物法筛面组合通常用于可筛过物颗粒含量高而大颗粒含量少、下脚整理及筛分结合冷却的场合。

### 2. 筛下物法

筛下物连续筛理，分离出各层筛面的筛上物，如图 1-1-6 所示。筛孔尺寸由上层至下层依次变小，筛选产品的粒度分级由粗到细（ $I < II < III < IV$ ， $d_1 > d_2 > d_3$ ），即先提粗粒，后提细粒。筛下物法的特点是首先提出大粒物料，使筛面负荷减轻，有助于提高筛分效率，同时小颗粒物料筛程长，能得到充分筛理，并且筛面配置紧凑。筛下物法筛面组合通常用于粗粒多、细粒少的除杂筛。

### 3. 混合法

筛上物法和筛下物法混合配置的筛面组合方法，如图 1-1-7 所示。筛孔尺寸交叉配置（ $d_3 > d_1 > d_2$ ），筛分产品的粒度大小为  $I > II > III > IV$ 。混合法综合了前两种方法的优点，因此流程灵活，容易满足各种筛选设备的需要。

不同的筛分物料，都要根据其具体的特点、粗细粒含量的多少及筛分的要求，来确定筛面的组合方式。

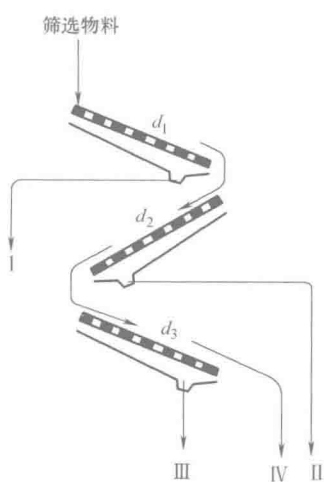


图 1-1-5 筛上物法

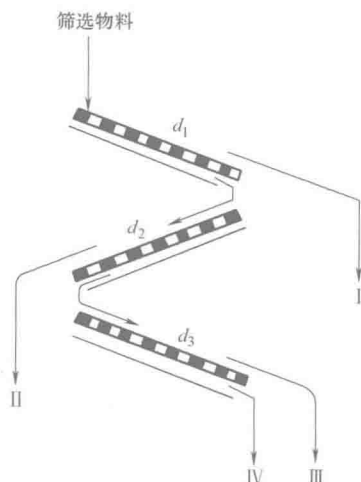


图 1-1-6 筛下物法

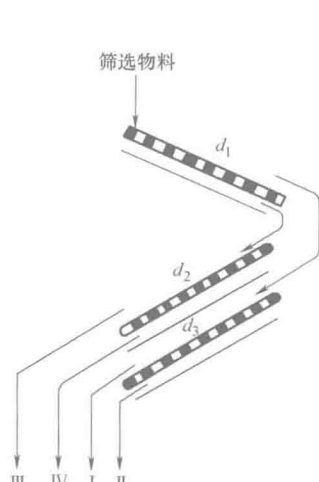


图 1-1-7 混合法

## 第二节 筛面的种类和结构

筛面是筛分设备的主要工作部件。谷物清理对筛面的要求应从两方面考虑，一是工作的可靠性和使用寿命；二是对工艺效果的影响。若要满足可靠性及使用寿命的要求，必须具有足够的强度、刚度和耐磨性；为得到良好的工艺效果，应使筛面有尽可能大的筛面利用率（筛孔面积总和与筛面总面积的比值），且筛孔不易堵塞，物料在筛面上运动时与筛孔接触机会较多。

### 一、筛面的种类及结构

常用的筛面有三种：栅筛面、冲孔筛面、编织筛面。

#### 1. 栅筛面

采用具有一定截面形状的金属棒料或圆钢，按一定间隙排列，各棒料间通过焊接或螺栓连接而成（图 1-1-8）。栅条截面宽度或直径一般不小于 5mm，栅条间的缝隙在 15mm 以上，呈长条形筛孔。栅筛面具有筛理能力强、处理量大、制造简单、耐用等特点，主要适用于粮食接收部位的下粮井，以去除原粮中较粗大杂质，改善粮食的散落性，提高粮食清理效率，避免设备堵塞。

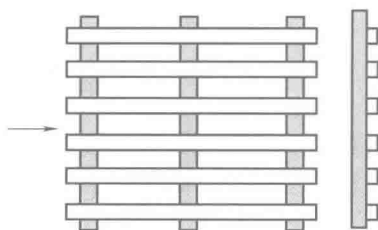


图 1-1-8 栅筛面

#### 2. 冲孔筛面

冲孔筛面有平板冲孔筛面和波纹形冲孔筛面两种。

平板冲孔筛面多由 0.5 ~ 1.5mm 厚的薄钢板冲制而成，其特点是坚固、耐磨，筛孔形状尺寸准确，分级精度高，但筛面利用率相对较低。

在谷物清理工艺中，最常用的筛孔形状有圆形、长形和三角形。圆形筛孔是按颗粒的宽度分离，长形筛孔是按颗粒的厚度分离，三角形筛孔主要是根据筛选物料截面形状的不同分离。当颗粒直径小于三角形筛孔内切圆半径或颗粒截面呈三角形而小于筛孔时就能穿过筛孔，反之留存于筛面上。另外，筛孔形状还有正方形和菱形，它们也都是按颗粒大小进行分级，但不能准确地按颗粒的宽度和厚度分级。筛孔大小的表示方法直接用筛孔实际尺寸，以 mm 为单位表示。

筛孔排列方式有直行和交错排列两种，如图 1-1-9 所示。若筛孔直行排列，在筛面做直线往复运动时，物料有可能从筛孔间的通道上滑过去，而得不到筛理。筛孔交错排列，物料在筛面上运动时与筛孔接触机会较多，有利于提高筛理效果。筛孔的形状、间距和排列方式直接影响着筛分效率和筛面利用率，影响到物料颗粒接触和穿过筛孔的机会。

若筛孔采用冲模制造，孔边将有  $7^\circ$  左右的楔角或锥角，安装时应使大端朝下，以减少颗粒堵塞筛孔的机会。

波纹形冲孔筛面（沉孔筛面）如图 1-1-10 所示，它有圆形和长形两种筛孔，整个筛面呈波浪形。圆形筛孔冲压成上大下小的圆锥形，宛如漏斗，对需要直立穿过筛孔的物料可起辅助引导作用，使其容易穿过筛孔，而且筛孔间距离缩小，几乎不存在物料滑过去的“通道”，从而可避免物料失去穿过筛孔的机会。长形筛孔冲压成上宽下窄的斜槽形，可对物料

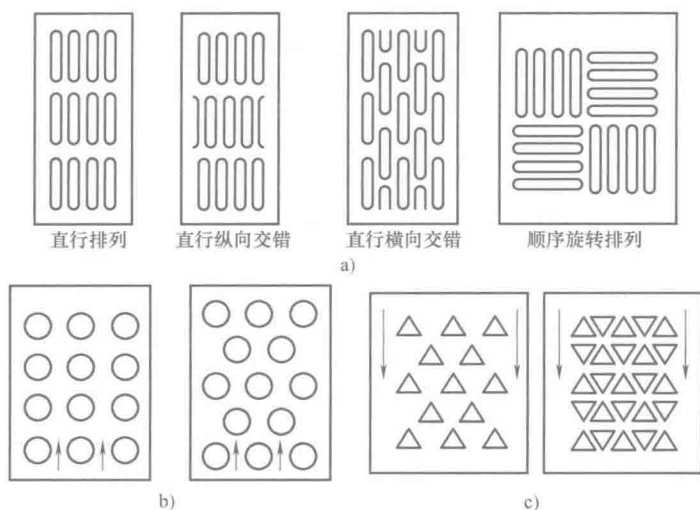


图 1-1-9 筛孔排列方式

a) 长形孔的排列 b) 圆形孔的排列 c) 三角形孔的排列

沿长轴运动起导向作用，使其容易穿过筛孔。波纹形冲孔筛面的刚性好，筛孔尺寸可比平板冲孔筛面小些，因而筛分精度更高，筛孔不易堵塞，单位流量较大。

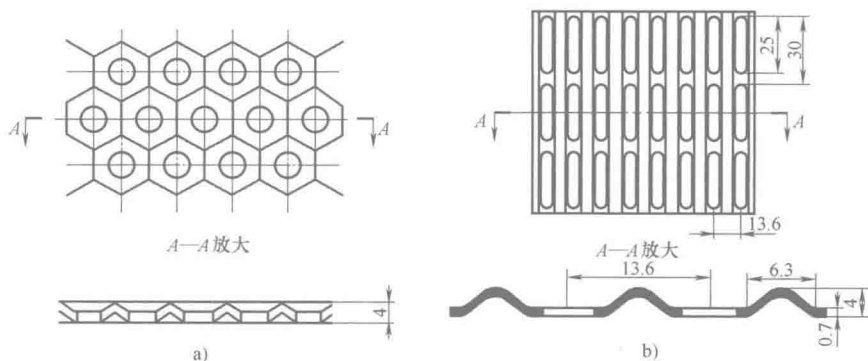


图 1-1-10 波纹形冲孔筛面

a) 圆形孔 b) 长形孔

平板冲孔筛面多用于振动筛、平面回转筛上，波纹形冲孔筛面则多用于高速振动筛和圆筒回转筛上。

### 3. 编织筛面

编织筛面一般由金属丝编织而成，常用镀锌钢丝和弹簧钢丝。编织筛面的材料有低、中、高碳钢丝和合金弹簧钢丝。低碳钢丝的特点是抗拉强度较低，伸长率较高，质地软、不耐磨，只能用于负荷不大、磨损不严重的筛分设备，如平筛筛面、淌筛筛面等；中、高碳钢丝的特点是抗拉强度较高，伸长率低，质地较硬，且高碳钢有较高的耐磨性，可用于往复振动筛、高频振动筛等；合金弹簧钢丝的特点是强度高，弹性好，伸长率低，质地硬、耐磨，主要用于比重去石机、比重分级机的去石板和打麦机、玉米脱胚机的机筒。不锈钢丝和有

色金属丝常用于处理高水分的物料。

编织筛面的筛孔有长方形、正方形和菱形三种，如图 1-1-11 所示。筛孔尺寸表示方法：①用网目数  $m$  表示，即每英寸（25.4mm）筛网长度上所具有的筛孔数目；②以 50mm 筛网长度上的筛孔数表示，如 Z20 即表示镀锌低碳钢丝 50mm 筛网长度上有 20 个筛孔；③分别以单位筛网长度上经向筛孔数  $\times$  纬向筛孔数表示。

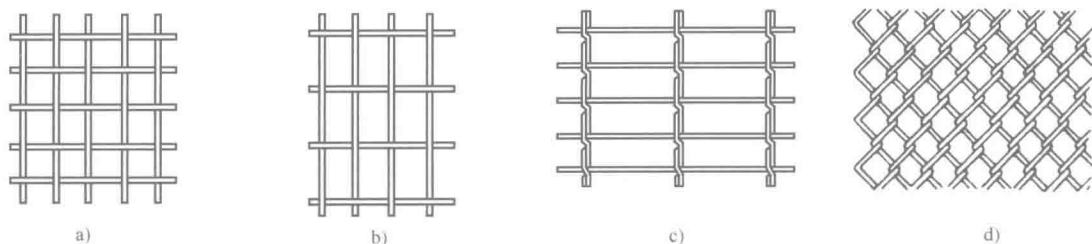


图 1-1-11 编织筛面

编织筛面常用的编织方法有平纹、斜纹及绞织三种。平纹编织是将经、纬筛丝每隔一根交叉一次，可编织成正方形或长方形筛孔，一般筛孔在 120 目以下的筛面采用平纹编织，超过 120 目就需用斜纹编织；斜纹编织则是将经、纬筛丝每隔两根或两根以上交叉一次；绞织是在筛孔的每个节点处筛丝绞织，可有正方形、长方形和菱形筛孔，绞织筛面多用于高速振动筛或回转筛，菱形筛孔只用于网带式初清筛。编织筛面的筛孔形状和大小常常由于筛丝的滑动而不准确，为避免筛丝移动应采取固定措施使其固定，目前筛丝的固定方法有两种：一种是将编织好的筛网浸入熔融的焊锡或者漆、胶之中，待取出后各筛丝交点被焊牢或粘牢；另一种是预先将筛丝经冲压变形成为波浪状或凹槽，然后进行编织。

编织筛面制作容易，造价低廉，筛孔面积百分率较高，圆形钢丝比较光滑，物料容易穿过筛孔，并能减少筛孔堵塞现象，同时由于钢丝相互交织，筛面凹凸不平，对物料产生的摩擦系数较大，有助于物料自动分级的形成，以利于筛理。但编织筛面筛丝移动引起的筛孔变形将影响筛分的准确性。

## 二、筛孔的选择

筛孔形状与大小的选择，取决于筛分物料的粒度及其截面形状，除依靠实际生产经验，参照常用的筛孔选定外，科学的方法是根据谷物和杂质的粒度分布曲线来确定。

粒度分布曲线是利用量具对谷物进行长、宽、厚尺寸测定，经统计将测定结果绘制成曲线，具体绘制方法是：任取 300~500 粒谷物（如小麦），分别测定其长、宽、厚尺寸，按一定尺寸幅度分组，算出每组粒数占总粒数的百分率。然后用直角坐标，以尺寸幅度为横坐标，其对应的百分率为纵坐标，画出频数分布直方图，再将各直方图顶端中点连成曲线即成。同理，可以绘制异种粮粒、野草种子等杂质的粒度分布曲线。若将小麦和杂质两者的粒度曲线画在同一坐标图上，便可依据粒度分布规律分析它们被筛分的可能性。

如用成套标准检验筛对谷物试样进行筛选分析，以各层筛面筛孔尺寸为横坐标，每层筛面上留存物重量占试样总重量的百分率为纵坐标，绘出的粒度分布曲线称为筛理曲线，图 1-1-12 所示为小麦的筛理曲线。从图中可以看出，如采用直径为 2.5mm 的筛孔能筛出大部分小杂质，用直径为 4.2mm 的筛孔能筛出大部分大杂质。

在实际生产中,因为产量大,影响筛选的因素较多,按上述曲线确定筛孔尺寸时,应比曲线图中尺寸放大0.1(长孔)~0.2(圆孔)mm。应用粒度分布曲线或筛理曲线除了能帮助正确选择筛孔的形状和尺寸外,还能近似地计算出筛上物与筛下物所占的比例。因此,也可应用上述曲线对谷物按粒度大小确定分级比例。

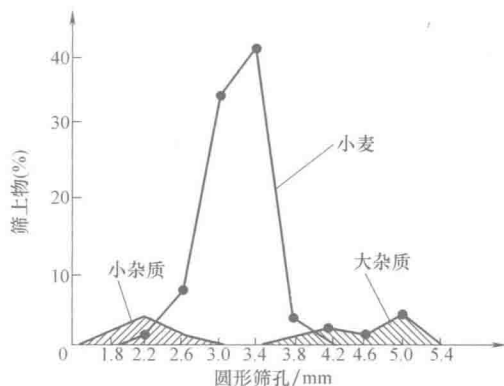


图 1-1-12 小麦的筛理曲线

### 第三节 筛面的运动形式和传动

筛分机械的工作过程中必须使物料与筛面具有相对运动。相对运动的产生主要是借助筛面本身的运动速度和加速度,对于固定筛面,则需要物料具有初速度或借重力作用产生相对滑动。

#### 一、筛面的运动形式

##### 1. 静止筛面

静止筛面通常倾斜放置,物料依靠自身重力在筛面上做直线运动,若改变筛面倾角,可以改变物料的运动速度和在筛面上的逗留时间。由于物料在筛面上的筛程较短,所以筛分效率低,生产率也不高。当筛面比较粗糙时,物料在运动过程中会产生离析作用。这是最简单而原始的筛分装置。

##### 2. 往复运动筛面

筛面做直线往复运动,物料相对于筛面做正、反两个方向的滑动。筛面的往复运动能促进物料产生自动分级,且物料在筛面上运动的总行程(筛程)较长,因此可以得到较好的筛分效率和较高的生产率。

当筛面往复振动加速度沿筛面垂直方向上的分量较大,且克服了重力加速度的作用时,物料可能跳离筛面并跳跃行进。通常将这种筛面称为高频振动筛面。这种情况下,可以避免筛孔堵塞现象,对于某些筛分要求也是十分有利的。

##### 3. 垂直圆运动筛面

筛面在垂直平面内做频率较高的圆形或椭圆形轨迹的平动,其效果与高频率的往复运动筛面相似,物料在筛面上不断地跳动翻滚,因此不会产生自动分级,且颗粒不易堵塞筛孔,



它适宜处理难筛粒含量多的物料。

#### 4. 平面回转筛面

筛面在水平面内做圆轨迹平动，物料也相对于筛面做圆运动，若筛面倾斜一定角度，物料的运动则是圆轨迹运动和直线运动的合成。平面回转筛面能促进物料产生自动分级，物料在这种筛面上的相对运动路程最长，而且物料颗粒所受水平惯性力在  $360^\circ$  的范围内周期地变化方向，因而不易堵塞筛孔，筛分效率和生产率均较高。这种筛面常用于粉料和粒料的分级和除杂，在清理作业中去除小杂质的效果较好。

#### 5. 旋转筛面

筛面呈圆筒形或六角筒形，绕水平轴或倾斜轴旋转，物料在筛筒内相对于筛面运动。筛面的旋转使物料在其内不停地翻滚，无法产生自动分级，因此，它适合于处理难筛粒多的物料。由于重力作用，任何瞬时只有小部分筛面接触物料，故筛面利用率相对较小，生产率低，在粮食加工厂中常用来处理下脚物料。

以上几种筛面运动形式如图 1-1-13 所示。

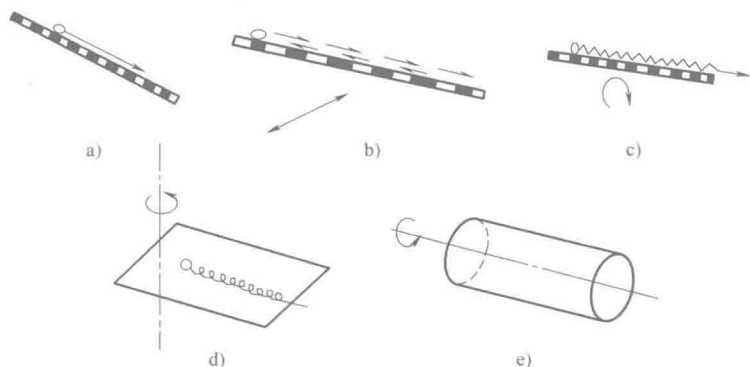


图 1-1-13 筛面运动形式

a) 静止筛面 b) 往复运动筛面 c) 垂直圆运动筛面 d) 平面回转筛面 e) 旋转筛面

## 二、筛分机械的传动方式

筛面的运动形式取决于传动和支承，各种筛分设备的主要特征体现在传动方式上，相同的筛面运动形式也可以有不同的传动方式，不同的筛面运动形式适合于不同的工艺要求。

往复运动筛面是应用最广泛的一种运动形式，要实现筛面的往复直线运动有多种传动方式，传统的传动方式采用曲柄连杆机构驱动，结构较为简单，但筛体运动惯性力需要通过附加偏重质量或采用一定的方式来平衡，且噪声较大；为了解决平衡和噪声问题，曾广泛使用自衡振动器传动，这种传动方式能够完全平衡筛体运动惯性力，但结构复杂，制造精度要求较高。20 世纪 80 年代以来，随着振动电动机的发展，普遍采用振动电动机传动筛面做往复直线运动，振动电动机传动较前两种传动方式具有显著的优势，它结构简单，借助于振动电动机轴上偏重质量产生的旋转力，作为激振力使筛面做往复振动，筛体运动惯性力可以得到完全自动平衡，并且筛面振幅、振动方向等均可方便地调节，以满足生产工艺的要求。

垂直圆运动筛面的传动方式主要有偏心传动和惯性传动两种。偏心传动机构的主轴为一根偏心轴，筛体的圆运动是借助于偏心主轴的旋转而完成，主轴的偏心距即为筛体的振幅，