

291731

成華工學院圖書館  
基本館藏

# 破碎筛分机器与设备

下 册

筛分机器和破碎筛分工厂

Л. Б. 列文逊 П. М. 威格利内 合著

王永嘉 权循森 合译



中国工业出版社

# 破碎筛分机器与设备

下 册

筛分机器和破碎筛分工厂

技术科学博士 Л. Б. 列文逊教授 合 著  
技术科学硕士 П. М. 戚格利内  
王永嘉 权循森 合译

中国工业出版社

本书系根据苏联国立建筑与建筑艺术书籍出版社1952年版本译出。原书的编辑为技术科学硕士 X. И. 特罗依茨基。

本书全面而精湛地论述了石料加工用破碎筛分机器与设备的理论、计算、设计及使用。

本书系供工程技术人员及破碎筛分机器与设备的设计师应用，亦可供高等院校及中等专业学校矿山机械、建筑机械、化工机械等专业作为教学之用。

译本暂分两册出版：上册（破碎机器）主要包括第一篇石料破碎机器，由第一章至第五章，分别论述了破碎及破碎机器理论、颧式、圆锥、辊式、链式破碎机及磨石机；下册内容：第二篇石料的筛分、洗涤和给料机器的第六章筛分机械（筛子）与第七章石料洗涤机和碎石机的给料机及第三篇石料的破碎筛分工厂与设备的第八章固定和半固定工厂和第九章移动式设备。

本书下册由王永嘉（第六章的各节与第八章）和钱循森（第六章其余各节与第七、九两章）译校。

Л. В. Левенсон, П. М. Цигельный  
ДРОВИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЕ  
МАШИНЫ И УСТАНОВКИ  
СЕР. и АРХ. (Москва 1952)

\* \* \*

### 破碎筛分机器与设备

下 册

技术科学博士 Л. В. 列文逊教授 合 著  
技术科学硕士 П. М. 威格利内

\*

冶金工业部图书编辑室编辑（北京市大街73号）

中国工业出版社出版（北京徐家胡同10号）

（北京市书刊出版业营业许可出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·印张6·插页2·字数150,000

1962年2月北京第一版·1962年2月北京第一次印刷

印数0001—2030·定价(11-9)1.00元

\*

统一书号：15165·1307(冶金-228)

# 目 录

## 第二篇 石料筛分、洗滌及給料机器

第六章 筛分机械 (筛子) .....	1
§ 26. 筛分概論 .....	1
§ 27. 筛子的型式及其基本特性 .....	13
§ 28. 平面搖动筛的力学 .....	19
§ 29. 筛板和筛网 .....	42
§ 30. 格筛 .....	49
§ 31. 平面搖动筛 .....	54
§ 32. 振动筛 .....	75
§ 33. 筒筛 .....	96
§ 34. 平面筛与筒筛的使用 .....	107
§ 35. 平面筛和筒筛的磨損及修理 .....	109
第七章 石料洗滌机和碎石机的給料机 .....	114
§ 36. 碎石、砾石和砂的洗滌机 .....	114
§ 37. 碎石机的給料机 .....	120
<b>第三篇 石料的破碎筛分工厂与設備</b>	
第八章 固定和半固定工厂 .....	130
§ 38. 石料破碎筛分厂的类型 .....	130
§ 39. 拟制工艺过程和选择机器的基本原理 .....	132
§ 40. 固定和半固定碎石厂的范例 .....	148
第九章 移动式破碎筛分設備 .....	168
§ 41. 移动式設備的运用 .....	168
§ 42. 移动式設備的基本类型及构造图 .....	170
§ 43. 移动式設備工作組織方案的范例 .....	180
参考文献 .....	189

## 第二篇 石料篩分、洗滌 及給料機器

### 第六章 篩分機械（篩子）

#### §26 篩分概論

將一堆散粒混合物按粒度分成各種不同料塊（顆粒）——即所謂篩選（分級、分選、篩分），在現代技術中的重大意義前已述及。此種按粒度分為若干品種（粒級、組別）的作業可具有預備性質、中間性質和最終性質（此時所得品種即為成品或商品）。圖1 a 示例為預備篩選，供以在破碎機A前用篩子B將細粉2由原物料（給料1）中篩除，因為碎塊不僅能使破碎產品3變壞，且要空耗動力和導致破碎機A破碎部件強烈磨損。圖1 b 示例為中間篩選，此項作業系將出自破碎機A的破碎產品進行檢查（控制）篩分（B），使成品2得出破碎後要求的粒度，而大塊4再回到破碎機A中進行再碎（閉路破碎循環，見§4）。若以貯料場（或料倉）中發運已按粒度分成組的碎石成品，而在入貯料場（或料倉）前的篩選即為最終篩選。

分選的基本方法有三：1）機械篩選或篩分，篩選作業在有適當孔的工作面上進行；2）水力分級，在水中進行；3）風力分選，在空氣中進行。在機器上，即篩子上進行篩分系最重要和最常用的分選形式，篩子工作面可為一排互有間隙的單根棒條（格條）或為有沖孔的篩板，也可以是金屬絲編織的篩網，篩選方法不僅在塊度最大時，直徑約達250甚至500毫米時可以應用，而且在塊度最小時，通常達3~1毫米，有時到0.2毫米甚至70微米（0.070毫米）時也可應用。用水力分級機或氣力分選器的水力和風力分選法是基于利用在這兩種場合顆粒在水中和空氣中有

不同的沉落速度，此两方法仅适用于細粒，通常不大于2毫米。

在这章里我們只研究一下篩分，篩分工作面的型式可为篩格、篩板或篩网，經過这些篩面的孔通过**篩下品种**（篩下級、篩下产品、通过物、过篩物），其顆粒直径比篩网<sup>①</sup>淨孔尺寸小些。而未穿过这些孔的顆粒則离开上篩面，称它为**篩上品种**（篩上級、篩上产品、离篩物、篩出物、飞越物、孔上物）。这些机器名称的术语最普遍都叫**篩子**，但在不同技术部門中也通用另一些术语——网篩、篩分机、震动输送机（трясун）、震动输送机（трясучка）甚至**篩分室**，虽然对最后一个术语較正确的理解絕非一台机器（篩子），而是供篩分用的整套装备，其中包括装有篩分设备的厂房、貯料场、料仓等。

十分明显，为使篩分过程得以完全实现，即使散粒混合物的細粒經篩分穿过篩孔而分出，**必須具有混合物沿篩面的相对运动**，而篩分过程的特性及其质量，就完成顆粒按粒度分类而言，受許多因素影响，一部分是物理特性，一部分是机械特性。

虽然表面上很简单，而实际上篩分过程非常复杂，因为它受很多难以估計的因素影响，关于这些因素我們将于下述。和破碎一样，**对散粒体的物理理論和篩子力学**在这里同样可以区别，篩子力学不仅研究篩子本身运动，同时也研究散粒混合物在篩上的运动。关于散粒物的理論到現在只做过很少的探討，它附在篩分过程和篩子理論的或然率理論中〔26、27〕；而篩子力学方面，拥有苏联研究工作者〔3、4、5、21、26~32〕的許多著述，这些研究工作者在这方面絕对領先，他們成功地开辟了这个技术领域。

总之，篩分的基本目的在于：将大于一定尺寸的顆粒，或反之，将小于一定尺寸的顆粒，通过篩分，使这些顆粒穿过适当尺寸的篩孔，由散粒混合物中分出。我們看一看，能使篩分得以完全实现，即使細粒向下穿过篩孔，以及篩分过程的质量，究竟决

① 以下为簡便起見，不管篩子工作面的实际型式如何，将皆用“篩网”这一术语。

定于那些主要因素。前已言及，筛分首要条件是散粒混合物沿筛网有相对运动。

設(图97)被筛物料系直径为  $d$  的球形颗粒的散粒混合物，每粒皆从上方垂直落在边净宽为  $D$  的方孔水平筛网上；筛网由直径为  $b$  的圆形金属丝編成；在这种场合，颗粒穿过筛孔的或然率由下式决定<sup>①</sup>：

$$k = \frac{(D-d)^2}{(D+b)^2}, \quad (135)$$

因为该值为方孔的面积与筛网相应面积之比。

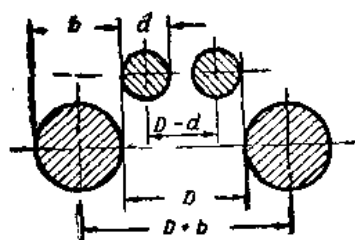


图 97 颗粒穿过筛孔的或然率

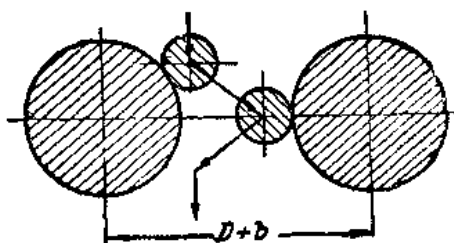


图 98 颗粒同筛丝碰撞的情况

直径  $d$  的颗粒穿过边宽  $D$  的筛孔或然率  $k$  的值

表 49

比 例 $d/D$	数值 $k$ (%)		比 例 $d/D$	数值 $k$ (%)	
	$b=0.25D$	$b=0.5D$		$b=0.25D$	$b=0.5D$
0.1	51.92	36.00	0.6	10.24	7.14
0.2	41.00	28.44	0.7	5.76	4.00
0.3	31.41	21.77	0.8	2.56	1.77
0.4	23.08	16.00	0.9	0.64	0.45
0.5	16.10	11.11	1.0	0.00	0.00

① А.М.Годен. Основы обогащения полезных ископаемых, Металлургия, 1946.

在表49中列出了或然率 $k$ (百分比)的值,其大小视比例 $d/D$ 和 $b/D$ 而定。

可以看出,当 $d = D$ 时,即颗粒直径等于方孔边宽时,理论上颗粒穿过孔的或然率等于零;当 $d$ 值由 $0.1D$ 增至 $d = D$ 时,或然率急速降低,当金属丝 $b$ 越粗时,即筛网有效面积(所有筛孔净面积)越小时,或然率越小。实际上过筛的或然率要大些,因为可能有这样情况发生:当颗粒触击(从左边)筛丝后(图98),它将由此筛丝上跳到对面,而仍然能落入孔中。如果是矩形(长方形)孔,颗粒穿过或然率剧增,因为对于矩形孔的障碍只剩下一个方向(孔宽方向),并非和方孔一样障碍为双向。当颗粒成一角度,而不像97图那样垂直落到筛网时,颗粒穿过的或然率减少。

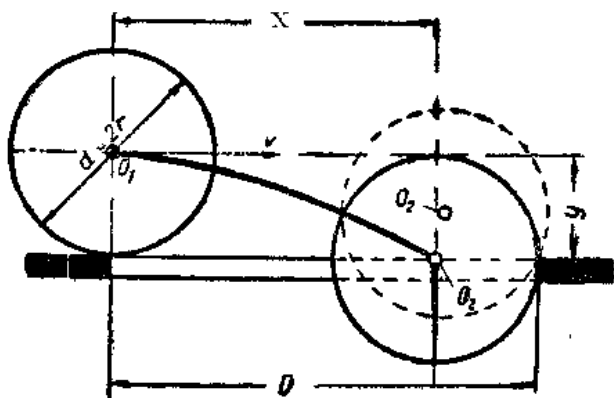


图 99 速度对颗粒通过筛孔可能性的影响

由上述(图97和表49)可以得出结论:本身尺寸接近于筛孔尺寸的颗粒穿过的或然率最小,因而这种颗粒称为**难筛颗粒**。

如前所述,一般说来,没有散粒混合物沿筛网的相对运动,筛分是不可能的。我们来研究一下颗粒运动最简单情况:直径 $d = 2r$ 的球形颗粒(图99),以速度 $v$ 沿着直径为 $D$ 的圆孔固定筛网运动;由于具有这种速度,并受自重 $G$ 的作用,则颗粒重心的轨迹 $O_1O_2$ 将是抛物线,所以能够写出:



$$x = vt; \quad y = \frac{1}{2}gt^2, \quad (136)$$

由图可知式中

$$x = D - \frac{d}{2}, \quad y = -\frac{d}{2},$$

可見顆粒自由运动時間  $t$  为:

$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}} = \sqrt{\frac{d}{g}}. \quad (137)$$

由此, 根据公式 (136) 不难得到:

$$v = \left( D - \frac{d}{2} \right) \sqrt{\frac{g}{d}}; \quad (138)$$

当  $d = D$  时, 公式 (138) 可得:

$$v_{\text{毫米/秒}} = \left( d - \frac{d}{2} \right) \sqrt{\frac{g}{d}} = 50 \sqrt{d}, \quad (139)$$

式中  $g = 9810 \text{ 毫米/秒}^2$ 。

顆粒在此速度  $v$  时, 可以穿过篩孔<sup>①</sup>。当篩网傾斜时, 速度影响較大, 例如篩网傾角  $10^\circ$  时, 顆粒的极限速度能比公式 (139) 得出的水平篩网的小 12%。

实际上, 当速度比公式 (139) 得出的速度略大时, 顆粒也能穿过篩孔, 如图 99 中虛綫所示, 重心在  $O_2$ <sup>②</sup> 点的顆粒, 此时它所儲动能不足以再将其本身举到那样高度: 以致使顆粒有可能沿篩网向右边篩孔繼續运动。可以証明 [3、26] 顆粒的这个实际极限速度可用下式表示:

$$v_{\text{毫米/秒}} = 73.5 \sqrt{d}, \quad (140)$$

即它比按公式 (139) 得的速度大 47% ( $100 \frac{73.5}{50} = 1.47$ ), 按公式 (140) 我們可求出顆粒速度  $v$  的极限值 (表 50)。

① 此式是由郭辽齐竹 (В. П. Горачкин) 首先导出的 [32]。

②  $O_2$  原书誤印为  $Q_2$  ——譯者。

顆粒速度  $v$  的極限值 (依其直徑  $d$  的大小而定)

表 50

$d$ (毫米)	0.25	0.5	1	3	5	10
$v$ (米/秒)	0.037	0.052	0.0735	0.127	0.164	0.233
$d$ (毫米)	25	50	75	100	150	200
$v$ (米/秒)	0.368	0.520	0.636	0.735	0.900	1.040

由此可見，細粒向下穿過篩孔特別困難，因為即令當顆粒以最小速度沿篩網做相對運動時，顆粒也可能躍孔而過。細粒篩分的第一個困難在於顆粒越孔而過；第二個困難是顆粒在孔內較易堵塞（如後述，見 § 28）；最後，細粒篩分的第三個困難就是因其表面積較大（相對而言），則更顯出了這樣一些對篩分不利因素的影響：如表面水分和有灰塵，特別是有粘土，它能加劇顆粒彼此間及其與篩網的粘結，它們的粒度越小篩孔堵塞越重；其他因素。所以小於 1 毫米顆粒的篩分極為困難，而水分高於 4~5% 時幾乎不可能篩分。因此，在這種場合，應改用其他分選方法（分級）。實際完全証實了所有這些結論以及細粒和直徑近於孔徑顆粒篩分的困難性；所有這些顆粒，皆稱為難篩顆粒。所以，實際上通常篩孔直徑比篩下品種要求的顆粒直徑大 20~30%，而這些顆粒愈小，則百分比愈大（見 § 40 和表 88）。

茲將影響篩分質量的因素，特別是細粒篩分時產生嚴重影響的因素列舉如下：篩孔尺寸，顆粒直徑與篩孔寬度之比，篩孔形狀及顆粒形狀，篩網有效面積與篩網整個面積之比；顆粒落到篩面的角度，顆粒沿篩網運動的相對速度，篩網的運動特性（見後），顆粒表面含水量，有否灰塵，特別是粘土，是否具有使散粒混合物分层（成層）的有利條件（見 § 28），篩網上混合物料層厚度，混合物料塊的重率等等。

我們來研究顆粒的過篩可能性與篩網傾角  $\alpha$  的關係（圖 100）；由圖不難得出：

$$d = D \cos \alpha - e \sin \alpha, \quad (141)$$

而若篩網很薄，故可取  $e \approx 0$ ，則

$$d \approx D \cos \alpha \quad (142)$$

因小角度余弦接近于1，则实际为简单起见，当筛网倾角 $\alpha \leq 8^\circ$ 时，常取 $d \approx D$ 。但当筛孔尺寸小时，筛网厚度 $e$ 相对而言则大，而且筛网倾角应比粗块时为大（见§28）；因而在这种场合， $d$ 和 $D$ 的尺寸相差非常悬殊。如当 $\alpha = 15^\circ$ 和 $e = 0.5D$ 时，公式(141)得 $d = 0.837D$ ；当 $D = 10$ 毫米和 $e = 0.1D$ 时，公式(141)得出 $d = 0.94D$ 。

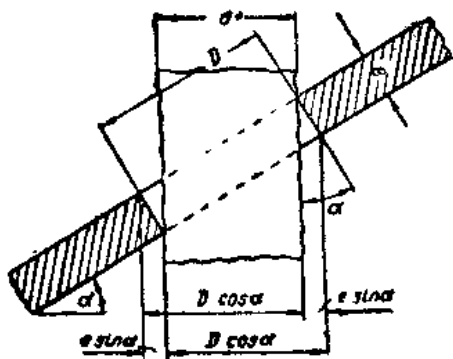


图 100 筛网倾斜对过筛颗粒尺寸的影响

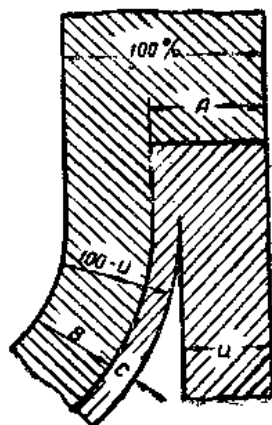


图 101 筛分质量系数的确定

由此可见，当倾斜设置筛网时，过筛可能性将减小，同时，筛网越厚，减小越大。实际完全证实了这些结论以及厚筛网比薄筛网容易堵塞。为减少颗粒正好在孔中堵塞的危险，今后应将孔做得由上向下扩大，即由颗粒进孔处向其出孔处扩大，如图122 a（用于平面筛）和图122 b（用于筒筛，见§27与§33）所示。

散粒混合物的形状对筛分质量的影响不甚为大家注意，颗粒为球形最佳，扁平或长方形颗粒最不利；后者只有当它直立时可以穿过，所以它们过筛的或然率比圆形或立方形大为减小。

由上述全文可见，实际上不能达到完全彻底的筛分，即等于或小于筛孔直径的颗粒全部（100%）成为筛下品种。根本不能避

免这种情况发生(图101)：部分細粒不能成为篩下品种，而和篩上品种一起被带走，弄脏并使篩上品种变坏，而同样也降低了細粒在篩下品种中的出量。图101中取下列符号：A——細粒在原料(給料)中的实际数量，它是将这种物料的試样在試驗室用篩子上进行試驗而确定的〔4、30〕；U——篩下品种的实际出量，并假設，篩上品种即直径大于篩孔径的顆粒，根本不能落到篩下品种中(該假設完全符合实际情况)；而相反，C——由于上述原因，篩下品种混到篩上品种去的部分顆粒。在这种情况下篩子工作质量优劣常簡以质量系数(百分比) $\eta$ (篩分精确度或篩分效率、回收率)来表征；有时也用极不恰当的术语“有效工作系数”，这个术语有着完全肯定而明确的固定意义——有效机械工作与消耗机械工作之比，这一术语本书絕不引用。显然，质量系数 $\eta$ 的值可用下式表之：

$$\eta = \frac{U}{A} = \frac{A-C}{A} < 1; \quad (143)$$

因为实际上永远是 $C > 0$ ，則永远 $\eta < 1$ 。例如，将原料的試样在一套試驗室用篩子上試驗证明：在这种物料中細粒实际的重量百分比 $A = 60\%$ ；篩子工作时篩下品种的重量出量等于入篩物料重量的 $U = 55\%$ ，則质量系数按公式(143)：

$$\eta = \frac{U}{A} = \frac{55}{60} = 0.917 = 91.7\%。$$

按图101可得同样的結果：当 $A = 60\%$ 时，篩上品种在原料中的实际含量 $B = 100\% - A = 100 - 60 = 40\%$ ，而篩子篩上品种的出量为 $100 - U = 100 - 55 = 45\%$ ；按图 $B + C = 100 - U$ 或 $40 + C = 100 - 55$ ，由此 $C = 5\%$ ，故质量系数按公式(143)：

$$\eta = \frac{A-C}{A} = \frac{60-5}{60} = \frac{55}{60} = 0.917 = 91.7\%，$$

結果与上相同。实际上质量系数的平均值，筒篩为60%，搖动篩为70~80%，振动篩为90~98%。

散粒混合物的篩析結果用篩析曲綫来表示极为明显，篩析曲

綫（粒度累积曲綫）可表示該混合物的顆粒（粒度）組成。图 102 繪出了三条这样的曲綫，它們表征了散粒混合物的組成（当为图示座标制时）：直綫 I——顆粒按粒度均匀分布；凹形曲綫 II——被試驗混合物中細粒居多；凸形曲綫 III——其中粗粒居多。图 102 的橫座标軸表示顆粒的粒度，而左边纵座标軸自下而上为篩上品种不同粒度的出量（百分比），右边纵座标軸自上而下为篩下品种不同粒度的出量（百分比），以上全部都是假定的比例。自然，在其他的座标制中，曲綫的形状将相应地改变〔1〕。

必須明确关于散粒混合物顆粒“直径”的含意，在确定破碎比时（見 § 4）我們曾遇到过它。若散粒混合物的顆粒皆为球形或立方形，或一般地說是有規則的形状，如穀类的顆粒，則此时它的含意没有什么含糊不清的。但是，全部困难在于：当在不同粒度下，岩石料块本身的形状是极其多样的。因而单个顆粒的“平均直径”概念，就沒有一个統一的、严格的、确定的含意，因而更談不上什么某种品种（組）的顆粒或整个散粒混合物顆粒的“平均直径”的含意了。

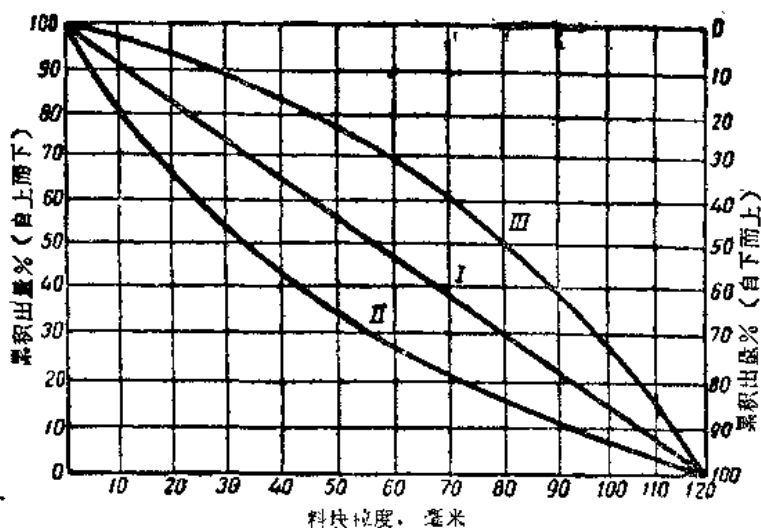


图 102 篩析曲綫

实际上，求颗粒的平均直径可利用若干不同公式，以符号  $l$ 、 $b$  和  $h$  表示颗粒的长、宽和厚（高），此尺寸以直接测量颗粒方法得之，并取  $l > b > h$ 。对于球形或立方形颗粒取：

$$d_{cp} = b, \quad (144)$$

而其他形状的颗粒取两个或三个尺寸的算术平均值，即取：

$$d_{cp} = \frac{l+b}{2} \text{ 或 } d_{cp} = \frac{l+b+h}{3}, \quad (145)$$

或者也可取上述尺寸的几何平均值：

$$d_{cp} = \sqrt{lb} \text{ 或 } d_{cp} = \sqrt[3]{lbh}; \quad (146)$$

实际上公式 (145) 和 (146) 都常用：

$$d_{cp} = \frac{l+b}{2} \text{ 或 } d_{cp} = \sqrt{lb}。$$

欲求一个粒群，即一种品种（组别）颗粒的平均直径，可按上述公式 (144) ~ (146) 求这个组颗粒的最大直径  $d_{max}$  和最小直径  $d_{min}$  的平均直径，其颗粒平均直径按下式计算：

$$D_{cp} = \frac{d_{max} + d_{min}}{2} \text{ 或 } D_{cp} = \sqrt{d_{max} \cdot d_{min}}。 \quad (147)$$

欲求颗粒整个混合物的平均直径  $D_{cm}$ ，应按一定规则 [4] 选择平均试样并使其在试验室用的标准套筛上过筛，之后可得若干个组，这套筛的筛子数量愈多，则组别就愈多，而每一组的颗粒也愈相同。设几个组的每组的平均直径  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、…… $D_n$  已按公式 (147) 确定，并且，用简单称量方法每组出量的重量（克或公斤） $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$ 、…… $r_n$  也已确定，则整个混合物的平均直径  $D_{cm}$  可按下式求得：

$$D_{cm} = \frac{r_1 D_1 + r_2 D_2 + r_3 D_3 + \dots + r_n D_n}{r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n}。 \quad (148)$$

砾石用标准套筛具有圆孔筛网，筛孔直径为 80、40、20、10 和 5 毫米；而用于砂者，其筛孔尺寸为 5、2.5、1.2、0.6、0.3 和 0.15 毫米，前两筛孔（5 和 2.5 毫米）系模冲圆形筛孔，而其余

全部是方形編織篩孔（見 § 29）。

所以破碎比  $i$ （見 § 4）正确理解应为原物料混合顆粒的平均直径  $D_{c_{0.0}}$  和破碎产品平均直径  $D_{c_{0.0}}$  之比：

$$i = \frac{D_{c_{0.0}}}{D_{c_{0.0}}} \quad (149)$$

但实际計算破碎机时，特别是粗碎和中碎时，如 § 4 [公式 (1)] 所述要利用原物料和破碎产品的最大块直径之比，因为破碎机的主要参数就取决于这些最大尺寸。

篩分时，获得若干品种（組別）的程序与篩中篩网的布置有关；在这方面有三种可能的篩分方法。图 103~105 示出了这些篩分方法：**由細到粗**（图 103）、**由粗到細**（图 104）和**联合**（图 105）的**篩分程序**。篩网上方的数字即示其篩孔直径；带连接号的两个数字（箭头附近）示篩分产品（即篩上品种或篩下品种）顆粒的粒度范围；箭头 1 表示入篩原物料。

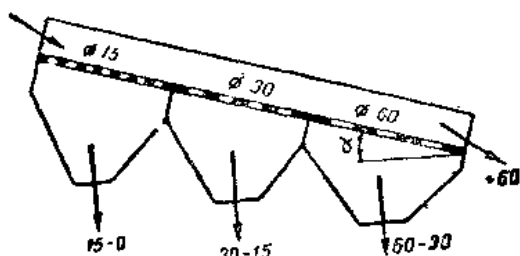


图 103 由細到粗的篩分

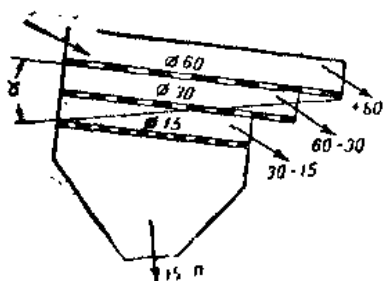


图 104 由粗到細的篩分

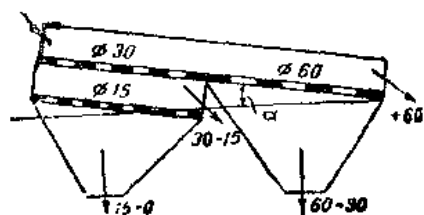


图 105 綜合篩分

由細到粗的篩分(圖103)，其特点是篩網在一個平面內接連安設，從最細篩孔篩網開始到最粗的篩網為止。由粗到細的篩分(圖104)，其特点是將篩網按重迭順序安置，上面是最粗篩網，而下面是最細篩網。聯合篩分(圖105)是中間情況，此時，不同孔徑的篩網，一部分在一個平面上安置，一部分按重迭順序安置。我們來研究一下這三種篩分方法的優缺點。

由細到粗的篩分(圖103)容易檢查篩子和更換篩網，由於篩網磨損很快(見§34)，所以這一點甚為重要；易于借相應的貯料槽分為不同的組別；篩子總高可達最小，從而使得內部運輸及廠房變得簡化和便宜等等。這種方法的缺點是：篩分質量不高，因為到達頭部細篩網的原物料的大塊遮住了大量的小孔，因此，促成細粒的篩分困難；粗粒行經很長路程，將使其產生對脆性物料(煤、無煙煤)特別有害的粉碎；因全部原物料，包括大塊在內，落到最薄弱的篩網上，則此處，特別是第一個細篩網磨損最快；篩子很長，有時達20米。

由粗到細的篩分(圖104)，其篩分質量最高，因為起先就分除了最粗的塊粒；后面的粉碎最小；篩子長度不大；篩網超負荷最小，而它的磨損也最小。這種方法的缺點是：篩板的檢查和更換很困難，特別是下部的；結構複雜；篩子很高；每組別的排料地方很窄，造成排料槽擠在一起，很不方便。

聯合篩分方法(圖105)為介於上述兩者之間的中間情況。

在碎石工廠和移動式破碎篩分設備中，多半採用由細到粗的篩分(圖103)。由粗到細的篩分(圖104)常在生產率不大的篩分設備中，以及當篩分為準備性質並欲將獲得的產品去再次處理時應用；這種方法用於筒篩(圖108, 見§27和33)特別方便。

篩分多半用於法進行的，雖然此時它伴生強烈的灰塵；濕式篩分常伴隨洗滌和擦洗作業一同進行(第七章)，當有泥土或粘土存在時尤為適宜，因為這些顆粒將弄髒物料和堵塞篩孔，從而使篩分質量降低。

篩上品種的顆粒，即不通過篩孔的顆粒，其表示法如下：例



如，当孔径为25毫米时記以 $>25$ 或 $+25$ ，而筛下品种相应顆粒表示为 $<25$ 或 $-25$ 。

由图103~105显而易见，一个筛网可得两种品种——筛上品种和筛下品种，而 $n$ 个筛网将得到 $n+1$ 个品种（组），所以三道筛网的筛子按图103~105可得4个组别： $+60$ 、 $60\sim30$ 、 $30\sim15$ 、和 $15\sim0$ （或 $-15$ ）毫米。

每组中最大和最小顆粒直径之比称为**筛比**，在图103~105的筛子中，筛比在两个中等组别中等于2；在上述用于砾石和砂的标准套筛中也等于2。

大约在200年前（1740年），破天荒第一次运用的将煤按粒度筛分曾被先人叫做“有害的分选”。随着科学技术的进步，按粒度的筛分获得了越来越为广泛的运用，在很多工业部门，它和破碎一同应用（见§4前部），改善了生产过程和降低了成本。然而由于筛分设备的本身及其操作的简单和费用低廉，因而筛分的地位显得低很多：譬如，大型破碎机需要几百馬力的电动机，而最大型筛子所需电动机也未必超过25~30馬力，在本书中所讲的通常都是1~10馬力的。

## § 27 筛子的型式及其基本特性

如§26所述，只有当散粒混合物对筛面（筛网）有**相对运动**，并遵守某些有利于顆粒可經适当尺寸筛孔而通过的条件时——例如，该运动的那种速度尚不能使顆粒飞越筛孔而过〔图99，公式（139）~（140）和表50〕，仅当此时，筛分方为可能。

所有的筛分装置，按动作与否可分成两大类——**固定筛**和**运动筛**。显然，第一类是器械而不是机器<sup>①</sup>，此种筛分装置，仅当筛网的傾角相当大，大于静摩擦角时，散粒混合物对筛网的相对运动方能产生；在这种场合，散粒混合物仅在重力的分力 $G\sin\alpha$ （图112）的作用下即可順筛网下滑。由于这种固定筛的工作质

① 因为它缺乏机器的一个特征——运动的限制性。