

有用礦物的篩分

K. K. 里安多夫 著

重工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

重工業出版社

有用礦物的篩分

教授

K. K. 里安多夫

著

重工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

重工業出版社

本書闡述了有用礦物篩分的理論基礎，包括科學研究與實際操作方面的資料。

第一章敘述篩分的過程。第二、三章介紹並引用了篩分機械——篩及篩的執行機構——篩板和篩網的參考資料。本書可供礦山選礦、化學、磨料、建築材料工業中的工程技術人員和管理人員以及研究機關和高等工業學校選礦專業的學生參考。

本書由重工業部有色金屬工業管理局編譯科苑家良同志翻譯，中南礦冶學院破碎篩分教研室王篤鳴同志和許時同志校訂。

Проф. К. К. ЛИАНДОВ

ГРОХОЧЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Металлургиздат (Ленинград 1948 Москва)

* * *

有用礦物的篩分

重工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

重工業出版社（北京西直門內大街三官廟11號）出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第〇一五號

* * *

重工業出版社印刷廠印

一九五五年六月第一版

一九五五年六月北京第一次印刷（1—2,684）

787×1092 · $\frac{1}{25}$ · 150,000 字 · 5 $\frac{11}{25}$ 印張 · 定價（8）0.88元

書號 0270

* * *

發行者 新華書店

目 錄

原 序	(5)
第一章 篩分過程	(6)
一、主要定義	(6)
二、篩分的任務與流程	(7)
1. 作為獨立作業的篩分	(7)
2. 預備篩分	(8)
3. 輔助篩分	(10)
三、顆粒篩出的條件與或然率	(12)
四、篩分效率	(15)
1. 篩下級別的篩分效率	(15)
2. 「難篩顆粒」的篩分效率	(19)
3. 篩上產物的質量	(20)
4. 篩分效率計算法的比較	(20)
五、影響篩分過程的因素	(21)
1. 概 說	(21)
2. 物料物理性質的影響	(23)
3. 篩網運動性質的影響	(31)
4. 篩網參數的影響	(32)
5. 生產條件的影響	(41)
第二章 篩網、篩板和篩棒	(45)
一、總 論	(45)
二、織絲篩	(45)
1. 織絲篩網的類型	(45)
2. 織絲篩的金屬絲網	(46)
3. 篩孔尺寸的標誌與篩網的基本參數	(46)
4. 篩網按金屬絲聯接法的分類	(48)
三、金屬絲篩網的標準	(52)
1. 篩網標準化的原則	(52)
2. 蘇聯標準，國際標準 (ИСА) 和其他國家的標準	(53)
3. 篩孔和金屬絲尺寸的容許偏差	(53)

4. 篩布的標號.....	(59)
四、工業用篩網的工廠標準.....	(59)
五、篩絲質量.....	(63)
1. 尺寸的容許偏差.....	(64)
2. 篩網編織缺點的主要形式.....	(64)
3. 有效面積.....	(64)
4. 篩網用金屬的選擇.....	(66)
5. 篩網的使用規則.....	(67)
六、篩板.....	(68)
七、篩格和篩棒.....	(74)
第三章 篩子.....	(77)

(一) 固定篩

一、固定棒條篩.....	(77)
二、固定板篩.....	(82)

(二) 可動篩

一、自動清掃棒條篩.....	(82)
二、滾軸篩.....	(85)
三、旋轉筒篩.....	(88)
1. 構造的主要類型.....	(89)
2. 影響篩子工作的因素.....	(91)
四、平面搖動篩.....	(93)
1. 構造與動作原理.....	(94)
2. 平面搖動篩的類型.....	(95)
五、振動篩.....	(104)
1. 總論.....	(104)
2. 振動篩的類型.....	(107)
附錄.....	(134)
參考書.....	(136)

有用礦物的篩分

教授 K. K. 里安多夫 著

重工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

重工業出版社

本書闡述了有用礦物篩分的理論基礎，包括科學研究與實際操作方面的資料。

第一章敘述篩分的過程。第二、三章介紹並引用了篩分機械——篩及篩的執行機構——篩板和篩網的參考資料。本書可供礦山選礦、化學、磨料、建築材料工業中的工程技術人員和管理人員以及研究機關和高等工業學校選礦專業的學生參考。

本書由重工業部有色金屬工業管理局編譯科苑家良同志翻譯，中南礦冶學院破碎篩分教研室王篤鳴同志和許時同志校訂。

Проф. К. К. ЛИАНДОВ

ГРОХОЧЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Металлургиздат (Ленинград 1948 Москва)

* * *

有用礦物的篩分

重工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

重工業出版社（北京西直門內大街三官廟11號）出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第〇一五號

* * *

重工業出版社印刷廠印

一九五五年六月第一版

一九五五年六月北京第一次印刷（1—2,684）

787×1092 · $\frac{1}{25}$ · 150,000 字 · 5 $\frac{11}{25}$ 印張 · 定價（8）0.88元

書號 0270

* * *

發行者 新華書店

目 錄

原 序	(5)
第一章 篩分過程	(6)
一、主要定義	(6)
二、篩分的任務與流程	(7)
1. 作為獨立作業的篩分	(7)
2. 預備篩分	(8)
3. 輔助篩分	(10)
三、精粒篩出的條件與或然率	(12)
四、篩分效率	(15)
1. 篩下級別的篩分效率	(15)
2. 「難篩顆粒」的篩分效率	(19)
3. 篩上產物的質量	(20)
4. 篩分效率計算法的比較	(20)
五、影響篩分過程的因素	(21)
1. 概 說	(21)
2. 物料物理性質的影響	(23)
3. 篩網運動性質的影響	(31)
4. 篩網參數的影響	(32)
5. 生產條件的影響	(41)
第二章 篩網、篩板和篩棒	(45)
一、總 論	(45)
二、織絲篩	(45)
1. 織絲篩網的類型	(45)
2. 織絲篩的金屬絲網	(46)
3. 篩孔尺寸的標誌與篩網的基本參數	(46)
4. 篩網按金屬絲聯接法的分類	(48)
三、金屬絲篩網的標準	(52)
1. 篩網標準化的原則	(52)
2. 蘇聯標準，國際標準 (HCA) 和其他國家的標準	(53)
3. 篩孔和金屬絲尺寸的容許偏差	(58)

4. 篩布的標號	(59)
四、工業用篩網的工廠標準	(59)
五、篩絲質量	(63)
1. 尺寸的容許偏差	(64)
2. 篩網編織缺點的主要形式	(64)
3. 有效面積	(64)
4. 篩網用金屬的選擇	(66)
5. 篩網的使用規則	(67)
六、篩板	(68)
七、篩格和篩棒	(74)
第三章 篩子	(77)

(一) 固定篩

一、固定棒條篩	(77)
二、固定板篩	(82)

(二) 可動篩

一、自動清掃棒條篩	(82)
二、滾軸篩	(85)
三、旋轉筒篩	(88)
1. 構造的主要類型	(89)
2. 影響篩子工作的因素	(91)
四、平面搖動篩	(93)
1. 構造與動作原理	(94)
2. 平面搖動篩的類型	(95)
五、振動篩	(104)
1. 總論	(104)
2. 振動篩的類型	(107)
附錄	(134)
參考書	(136)

原 序

在歷次斯大林五年計劃期間，選礦廠建設事業的蓬勃發展，提出了必須保證以必需的技術書籍，特別是參考書籍，供給選礦工程師們的問題。冶金工業出版社曾出版了：技術科學碩士Н. К. 闊特路爾著的「機械分級機」（1945年）和М. К. 希洛金斯基教授著的「水力分級機」（1947年）兩部書。

因此，К. К. 里安多夫教授所著「有用礦物篩分」這本專門論著就成了這套書中的第三部。К. К. 里安多夫的手稿未能整理完，突然逝世，中斷了他的著作。

根據機械選礦研究院（Механобр）的提議，本書手稿的加工和校訂工作由下列幾位擔任：第一章「篩分過程」由С. Е. 安得烈也夫教授負責；第二章「篩網、篩板和篩棒」由技術科學碩士В. А. 奧烈夫斯基負責，第三章「篩子」由工程師К. А. 倫德克維斯特和Г. П. 施伊負責。

材料編排的順序和語文風格，在校訂時基本上都保持了原狀。

В. В. 多里沃-多勃羅沃爾斯基

第一章 篩分過程

一、主要定義

在選礦技術上，將一堆不同粒度的混合顆粒^①分成若干粒群或若干級別，其中之顆粒大小比原來混合在一起時或多或少是接近於相等的，這項作業總稱為分級（Классификация）。

在篩網、篩板和格棒上使混合顆粒通過篩上一定大小的篩孔來完成的分級作業，稱為篩分（Грохочение），而用於這個作業的機器與裝置叫做篩子（Грохот）。

除篩分以外，在選礦技術上為了按粒度分離物料，也使用在水和空氣等介質中的分級法。第一種方法是根據比重相等，而粒度不同的顆粒，在某種液體中，常常是在靜止或運動狀態的水中，沉落速度的差來完成的，第二種方法的原理與第一種方法相同，但分離作業是在氣流，常常是在空氣流中完成的。

篩網、（Сито）篩板（Решето）或篩棒（Колосниковая решетка）是篩的主要工作部分，在其上面進行篩分作業。在大部分的場合下它們本身是具有一定尺寸篩孔的平面。最常見的是由篩絲編織而成的篩網。視用途的不同，它們可採用不同尺寸—由非常小的到非常大的一和不同形狀的篩孔。篩絲邊緣間最小的直線空間叫做篩孔尺寸，如，圓孔為直徑，方孔為邊長，長方孔為寬度等。篩孔尺寸的表示有各種不同的方法。在蘇聯按標準採用毫米直接表示。

在篩網（或篩板）上篩分物料時，總要得到兩種產物：篩下產物（Нижний продукт），係由通過篩孔（即篩出）的顆粒組成，和篩上產物，（Верхний продукт），係由未能通過該篩孔的顆粒組成。篩下產物可用負號表示，篩上產物可用正號表示。例如：假若篩孔是 10 毫米，則篩下產物的表示法是 $[-10 \text{ 毫米}]$ ，而篩上產物則是 $[+10 \text{ 毫米}]$ 。

在很多工業上的實際操作和研究工作中，將物料按粒度分離所需的不是兩種，而是更多的產物或級別（Класс），其中最大和最小顆粒的大小是在一定的理想範圍以內。為了分成級別，原物料要在順序排列成篩孔逐漸縮小（按作業的進程）或逐漸增大的篩上進行篩分。

級別常常按所採用篩序中的鄰近的篩孔大小來表示。例如，原物料是由粒度 15 毫米到最細的顆粒（它可用 $15 - 0 \text{ 毫米}$ 表示）混合而成，將其在順序排

① 這裡和下面的「顆粒」這一術語，是用以表示物料的某一部分的一由極大的硬塊與極小的顆粒。

列的6毫米、3毫米和1毫米三個篩網上進行篩分，則所得到的級別是：15—6毫米、6—3毫米、3—1毫米和1—0毫米。

無論是級別的數目，或是級別的粒度，都是由下一步的精選過程、流程和條件或最終產品的標準決定的。各級別的粒度或在依次一系列篩子中相鄰篩子相對之尺寸常是按一定規律變化的，系列相鄰的上下兩個篩子，篩孔大小的比常為一定的數值。這個比值（大與小之比）稱為篩比或分級比。（Модуль шкалы классификации）這個比值愈接近，換言之，相鄰篩子的篩孔尺寸中間愈接近，某一級別的顆粒，按大小來說就愈近於相等，同時相鄰級別的顆粒的相互粒度差也就愈小。在這種場合下可說，物料的分粒範圍很窄，或說，按窄級分級法（По узкой шкалы классификации）分成了各個級別。

在很多國家，試驗室用的試驗篩網，甚至某些國家工業上用的篩網都是標準化了的（見第二章），並且在大部分場合下，標準是建築在篩孔大小中間一定比值的基礎上的。標準篩的系列具有相當多的篩號（由粗孔到極細微的篩孔）以便從此系列中可能選擇所需的篩比和篩孔尺寸的篩子。

二、篩分的任務與流程

1. 作為獨立作業的篩分

當所得到的級別，論粒度就是直接供給消費者的最終出售品時，要採用獨立篩分。在這些場合下，篩分稱為篩選，同樣，這樣的篩分工廠叫做篩選工廠，而所獲得的粒級叫做品種。篩分作為獨立的作業已在很多工業部門被廣泛的應用和大力的發展。下面舉出幾個例子。

1) 頓巴斯的無煙煤應當按全蘇標準分成下列幾等：+100毫米（大塊）、100—25毫米（大胡桃塊）、25—13毫米（小胡桃塊）、13—6毫米（種籽煤）、6—3毫米（粉煤）等^①。

2) 莫斯科附近煤田的煤也分成幾種，大塊 150—50毫米，胡桃塊—50—20毫米，粉煤與種籽煤 20—0毫米，普通粉煤 50—0毫米。

3) 蘇聯食鹽按粒度規定有下列幾種：第一種—0.8—0毫米，第二種—2.5—0毫米，第三種—4.5—0毫米。

作為獨立作業的篩分，在磨料的生產中有着特殊的意義和發展，因為磨料種類（[粒度號]）的粒度範圍很窄，例如蘇聯對剛玉磨料種類規定如表1所示。

① 全蘇標準規定在各種煤當中允許含有若干量的煤末。

表 1

剛玉磨料的種類

粒 度 號	顆 粒 尺 寸 毫米	粒 度 號	顆 粒 尺 寸 毫米	粒 度 號	顆 粒 尺 寸 毫米
12	1.68—1.19	30	0.59—0.50	80	0.177—0.149
16	1.19—0.84	36	0.50—0.35	100	0.149—0.125
20	0.84—0.71	46	0.35—0.25	120	0.125—0.105
24	0.71—0.59	60	0.25—0.177	140 ^①	0.105—0.088

2. 預 備 篩 分

當須要篩出準備供進一步精選用的級別時，就採用預備篩分。預備篩分作業有時亦稱乾式分級。

物料的預先篩分對於大多數的選礦過程如跳汰、搖床精選、風選、電磁選礦和其他選礦法都是必需的，因分選未經分級的物料或者是不可能，或者是在大多數場合下比分選經過分級的物料的效率低。

在預備篩分過程中的篩比，特別是跳汰前級別的準備，根據理論上的見解，應當有定值或常數值。但在實際操作中，因不同的原因（與選礦過程，可選性等有關）往往嚴重地違反理論篩比，由以下的例子中可明顯看出。

1) 易選煤，經過寬級分級以後就可以送往跳汰，如 80—12 和 12—0 毫米的級別。難選的煤應當以窄級級別進入跳汰，如 80—35、35—12、12—0 毫米等。

2) 鐵礦在精選時也應當經過篩分，分成由實踐所確定的一定粒度的級別。譬如，瑪格尼特格爾斯克選礦廠送往磁選和跳汰的就是 75—25、25—6 和 6—0 毫米的級別。

3) 高加索礦區的錳礦，在跳汰之前，舊廠將其分成下列幾種級別：35—20、20—9、9—7、7—4 和 4—0 毫米，篩比由 1.29 到 2.22。在第 25—6HC 號新廠採用下列的級別：在定篩活塞式跳汰機上跳汰時，為 40—22、22—8 毫米，而對於動篩跳汰機是 8—0 毫米。

4) 風力選煤時，理論篩比應當是 2 左右，而在實際操作中所採用的級別是這樣的：50—12、12—3、3—0.4 毫米或 40—10、10—3、3—1 毫米等。

無論是按粒度將物料分成最終商品，或是在預備篩分過程中獲得所需尺寸的級別，都可以在篩孔按作業進程逐漸縮小或逐漸擴大的篩上進行。在第一種場合

① 更細的粒度號由 №200 到 325 的標準這裡未列入。

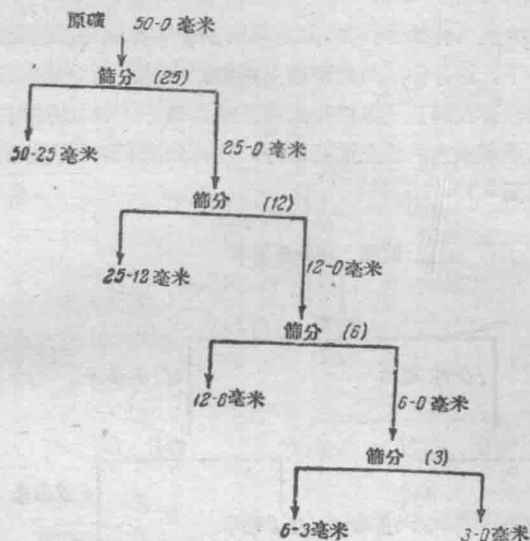


圖 1 依次獲得由粗到細級別的篩分作業流程圖
(括號內的是篩孔尺寸)

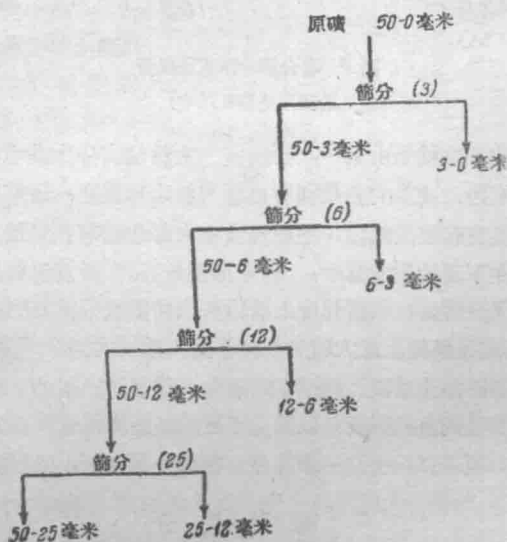


圖 2 依次獲得由細到粗級別的篩分作業流程圖
(括號內的是篩孔尺寸)

下，篩下產物依次進入各篩分作業，並由粗到細分成各級別。這個流程圖如圖 1 所示。第二種場合下，篩分作業是處理篩上產物，由細到粗分成各級別（圖 2）。

當一部分物料要在篩孔逐漸縮小的篩上進行篩分，級別分離由粗到細，而另一部分要在篩孔逐漸擴大的篩上進行篩分，所得到的級別是由細到粗時，亦有使用聯合流程的（圖 3）。

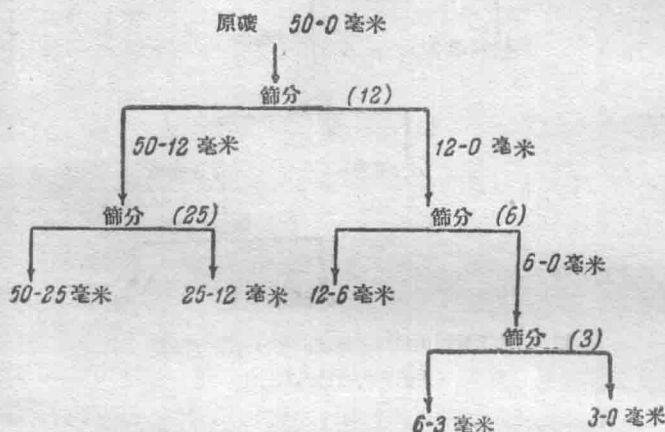


圖 3 聯合篩分作業流程圖
(括號內是篩孔尺寸)

第一種流程的缺點就是由第一次到最後一次整個篩分作業中都有粉末和礦塵存在。由於這個原因，成品的各級別將摻雜有粉末和礦塵，這常是我們所不希望的。第二種流程就沒有這個缺點，在過程當中大部分粉末立刻就在第一次篩分中分離而出，所以在下面的作業當中，粉末即便是有，數量也要比第一種流程的少。因此也就能保證得到在相當程度上清除粉末和礦塵等雜質的級別。第二種流程也有它的缺點，就是需要全部大塊的物料都送入第一次篩分，即放在輕型的小孔篩上，這就會使細篩迅速磨損而縮短它的壽命。爲了清除這個缺點，可使用雙底篩，上層裝上大篩孔的重型篩板，以防止下層的輕型篩網受磨損。篩上產物也可以作為最終產品，也可以送去進一步篩分。在後一場合下，流程接近於聯合的。

3. 輔助篩分

這種形式的篩分是在物料粗碎和中碎前採用，來準備一定的（適於該破碎機的）粒度的篩上產物，同時還可由破碎作業中排出粉末。後者下一步與破碎了的

篩上產物一起送進一段破碎。如果粒度 250—0 毫米的原物料必須破碎至 50 毫米，可用輔助篩分的方法將其預先分成兩種 250—50 和 50—0 毫米的產物。僅僅將篩上產物送入破碎機，將其破碎後與 50—0 毫米的篩下產物合在一起。如果物料必須進一步破碎至 10 毫米，則可再用輔助篩分的方法從中將 10—0 毫米的粉末分離出來，而將 50—10 毫米的級別送去破碎。同理，在進一步細碎 10—0 毫米的物料以前亦可使用輔助篩分。

在很多場合下，破碎了的物料常常還要返回到原來的輔助篩分的篩上。在這種場合下，破碎正像我所說的，是在閉路中進行，而篩分的本身也就有控制篩分^①之稱。所謂控制篩分就是獲得的任何產品，其最大顆粒不大於規定的尺寸。在這種場合下分離出來的粗顆粒或是像上面指出，送去破碎，再不就像手選作業上常見的是拋出的廢物（如在篩選玻璃砂時）。

銅選礦廠粗碎的輔助篩分流程如圖 4 所示，而銅選礦廠粗碎和中碎時的輔助和控制篩分流程如圖 5 所示。

破碎前的輔助篩分，特別是當物料中含有大量粉末時，是一必需而合理的作業，因為通過它可使破碎機免去向其裡面進入大量顆粒尺寸小於破碎機排出口物料，因而提高了破碎機的生產率，降低動力消耗、減少細粒和微粒產物的形成，減輕潮濕物料的破碎以及減少破碎機工作部分的磨損。

對上述篩分形式中，И. Б. 列文遜教授又添了一個選擇篩分，後者對於礦石所含有的各粒度級別，其中有用成分有着顯著的變化時，可作為選礦過程來採用。如，某一礦區的磷灰石在 50—25 毫米級別中含有 P_2O_5 約佔 17%，同時

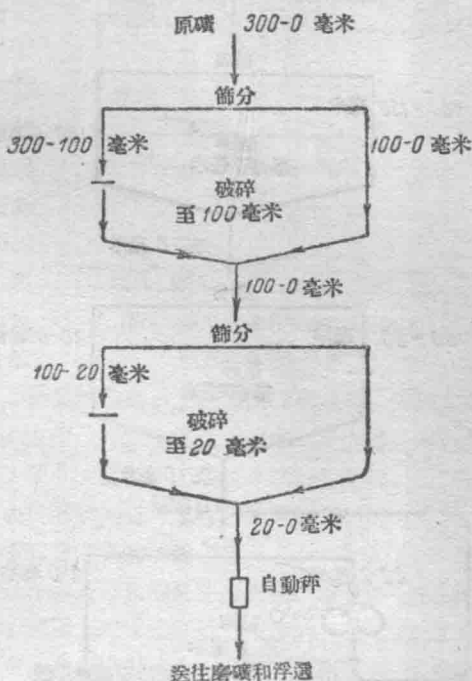


圖 4 銅選礦廠粗碎流程中的輔助篩分

① 控制篩分我們有時還叫做「檢查篩分」

小於 4 毫米級別共約佔 3.5—4%。

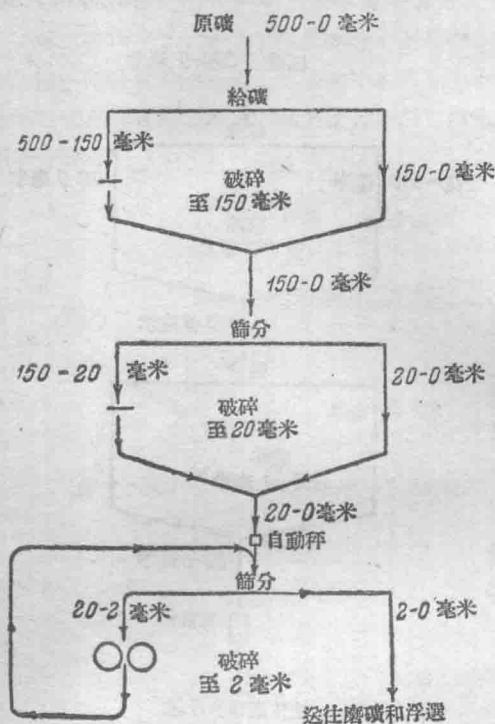


圖 5 銅選礦廠粗碎和中碎流程的輔助篩分

此外，篩分還可以歸入另一個單獨的作業組中，用於物料的脫水，如選煤產品的脫水。

三、顆粒篩出的條件與或然率

達到篩分最終目的，即篩下產物從原物料中全部分離，是要在某些能保證篩下產物顆粒順利穿過篩孔的理想條件下才有可能，即：篩下產物的顆粒應脫離其他顆粒而單獨地，以等於或接近於零的速度，在與篩孔平面成垂直的方向投入篩孔，同時顆粒最小截面的中心應當在篩孔的中心線上，篩網不應過厚。

但是實際上這些條件是不可能實現的。顆粒移向篩

孔不是單獨的，而是很多顆粒在一起成群的逐漸相互碰撞；顆粒投入篩上和在篩上移動都很迅速，並且很快就與篩面平行，而不成垂直，而且在大多數場合下，不是最小顆粒截面，而是顆粒的最大截面朝着篩孔；篩網的厚度或篩孔的深度往往大於篩下產物的最大顆粒；在大量的篩上物料中粗顆粒和細顆粒參混在一起，沒有順序，而且大量粗顆粒直接位於在篩面上和堵住細顆粒穿過篩孔的通路。這些情況給顆粒通過篩孔和全部分離出篩下產物造成很大困難。但如果物料是散粒狀的，並且顆粒能夠相互參混在一起，則由於全部顆粒在篩上運動的結果，也就能排列成一定的順序，從而使全部物料分成層。篩面上最下層的，多數是最細的顆粒，而上層的為最粗的顆粒。這樣的分層（成層）是極特有的，同時對篩分過程也是極有利的。但是，當篩子強烈的運動時，分層會受到破壞。

顆粒沿篩網運動的速度和方向，對顆粒穿過篩孔來說是最重要的條件。如果