

鋼鐵工業知識

鐵礦石的富選和燒結

沈志成 楊永宜



中華全國科學技術普及協會出版

3445

本書提要

在煉鐵工業中，為了充分利用鐵礦資源和提高產品質量，就要特別注重鐵礦石的富選和燒結的加工過程。

這本小冊子簡單講述了磁選和浮選的應用以及燒結的原理、設備和新的操作方法，並介紹了許多蘇聯的先進技術。

目次

什麼是礦石的富選	1
什麼是燒結	2
鐵礦石富選的方法和設備	4
富選前的準備工作	
(一) 貯礦	
(二) 碎礦	
(三) 篩分和分級	
富選的方法	
(一) 手選	
(二) 沖洗選礦法	
(三) 比重選礦法	
(四) 浮游選礦法	
(五) 磁力選礦法	
精礦和尾礦的處理	
燒結的方法和設備	24
概述	
原料加工	
配料	
混合	
燒結	

什麼是礦石的富選

日常使用的鋼鐵不是原來就存在於自然界中的。自然界中有一些岩石，含有鐵的化合物很多，這種岩石我們稱它為鐵礦石，只當人們把鐵礦石拿來冶煉，提出鐵來，才能得到最有用的金屬。

自然界中鐵礦石的品類很多，有的含鐵較多，被稱為「富礦」；有的含鐵較少，被稱為「貧礦」。在地殼中貧礦的埋藏量比富礦要多得多。

當然，用富礦石來煉製生鐵是比較容易而且經濟的（需要的燃料和熔劑較少），因此它的價值也更高。在過去小規模生產中，人們也只採用富礦作原料，但是在近代大規模工業生產中，卻必須考慮使用貧礦石了，因為：（1）富礦的埋藏量少，不能滿足人民日益增漲的天量需要。有的國家甚至只有貧礦可用。（2）任何一個鐵礦區，通常都能同時開採出富礦石和貧礦石，如果不利用貧礦中的鐵就會浪費國家的自然資源；在社會主義國家中這是不能容許的。（在資本主義國家，資本家只考

慮高額的利潤，開採時拋棄大量的貧礦，這種浪費是很嚴重的。）

但把貧鐵礦直接送到煉鐵爐中冶煉，在經濟上和技術上有許多不利的後果：主要是必需消耗大量熔劑和燃料才能煉出鐵來，得出的鐵少而爐渣多，這樣便會大大提高生鐵的成本，降低煉鐵爐的產量。

為了克服這些缺點，人們創造了許多富選的方法，把貧鐵礦中含鐵多的化合物集中起來（稱為「精礦」），把不含鐵的化合物（稱為「脈石」）從其中除去，先製成人造的富礦，再作為煉鐵的原料。富選還有許多附帶的好處——有些鐵礦石中除鐵外還含有一些有特別價值的元素如銅、鋁和鈦等；如不用選礦方法先把它們除去或收回就作為煉鐵的原料，將會影響到鋼鐵的質量，或浪費國家的資源。

什麼是燒結

富選是一個很好的辦法，同時卻帶來了許多複雜的技術過程。

在一塊天然的礦石中，通常含鐵的化合物和不含鐵的脈石都成很小的微粒，互相緊密地結合在一起；我們要提出和集中含鐵的微粒，就首先要將整塊礦石打碎，使這些微粒互相分離，然後才可能把含鐵的小粒子集中起來成為精礦。

這種粉狀的精礦還不能用作煉鐵爐的原料，因為：（1）煉鐵爐在工作時，裏面的煤氣上升速度很快，會把這種礦粉吹出來，使原料加不進爐子中去，（2）即使不吹出來，礦粉會堵塞爐中氣體的通道，使煉鐵爐內煤氣分佈不均或不通暢，造成技

術上的困難；一般說來，小於5公厘的礦石，理論上就不能加入煉鐵爐（實際上均用大於10公厘的礦石）。

因此，為了利用精礦粉，應預先進「造塊」，「燒結」便是解決這個問題的最好辦法，而且到現在為止也是最經濟的辦法。

燒結法除了造塊的作用外還有一系列其他重要的冶煉方面的意義：（1）經過燒結可以除去精礦粉中的有害雜質（例如可以除去90%以上的硫），為煉鐵爐減輕了最沉重的負擔，（2）燒結時可以利用冶金工廠中過去認為是廢物的軋鋼屑、高爐煤氣帶出的灰塵或過去無法使用的天然富礦粉做原料，因而可以充分利用國家資源，（3）在燒結原料中加入一些石灰石，做成所謂自熔性燒結礦，可以大大提高生鐵的產量和降低它的成本，（4）在燒結原料中加入一些錳礦，也是很好的高爐原料。

因此，近幾十年來，燒結在冶金工業中是一個發展很快的部門。蘇聯全年所用的煉鐵原料中，燒結礦已增多到一半以上。

我國東北的鐵礦石主要是貧礦石，但埋藏量是很大的；由於通過富選和燒結，使這些天然富源變成很好的鋼鐵原料，對我國社會主義工業化的意義是很重大的。

除燒結外，礦粉造塊的方法還有所謂「團礦法」。它的原理是在精礦粉中加入一部份石灰或其他物質做粘合劑，用壓磚機壓成磚狀的方塊，然後送入一個長窯中去焙燒，最後得到一種堅硬的礦磚，即為團礦。

因為團礦法需要許多人力，產量又小，因此成本比燒結礦要高很多；從發展上看，它是沒有前途的，故不再詳細敘述。

鉄礦石富選的方法和設備

現在詳細敘述一下富選的具體內容和選前的準備工作，為了清楚起見，將按照選礦廠的生產程序來談。

選礦的原料主要是含鐵低的貧礦；選礦得到的兩種成品：主要的一種是含鐵量高的精礦粉，另一種是還含有少量鐵的雜石（這一部份是將被捨棄的，工廠中稱之為尾礦，最理想的情況是尾礦中完全不含鐵，但事實上很難做到）。

如果含鐵很高的富礦中含有其他貴重金屬，有時也要進行選礦，以提取貴重金屬。

富選前的準備工作

（一）貯礦

選礦廠是連續生產的車間，每天要消耗大量的原料，這就需要在廠內經常貯備一定量的原料。使我們能够在萬一礦山供應中斷或運輸受阻時仍能照常進行生產。

有一種最簡單而且容量很大的貯礦方法就是在露天場地上堆礦，稱為露天貯礦場（圖1）。另一法是用一格一格的倉房式的貯礦設備，從上面裝入原料，需用時經過下面的漏斗放出原料，這種設備叫「貯礦槽」（圖2）。

貯礦設備還有一個重要的作用：如果選礦廠用的原料種類



裝卸料利用抓斗式橋形裝卸機

圖1 露天貯礦場。

很多，或者虽然只有一种而成份变动很大时，原料在貯礦設備中可以進行混合，得到一种成份均匀的混合原料，保證將來製成的精礦粉和燒結礦也有均匀的成份。在煉鐵方面說，这是極端重要的。

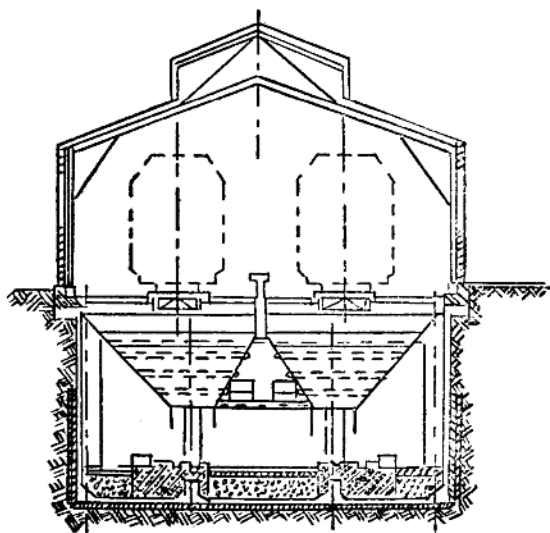


圖 2 貯礦倉庫。

貯礦設備的能力通常以它的有效容積的立方公尺數，或可以存貯礦石的噸數或貯滿後能够供应选礦廠生產的小時數來表示。貯礦設備能力的大小要根据选礦廠距礦山远近和运输方式等条件來決定。运输条件不好，距离較远時，貯礦量应決定得大些，反之可以小些。实际上貯礦能力有大至一月以上和小至數小時的。为了防止礦槽裝礦过多，苏联在貯礦槽設置充滿率

信号，在裝礦量達到一定程度時，即發出音响或色灯信号，通知操作人員停止裝礦。

(二) 碎礦

礦石送入貯礦設備後，下一步就被送到破碎室去破碎。

碎礦的目的是要使礦石中有益礦物和無用的礦物分離。最理想的分離程度是要作到有益礦物中不含脈石，脈石中也不含有益礦物，這就叫做單體分離。實際生產中，由於有益礦物和脈石的粒子很細，而且互相混雜得很緊密，故不能作到完全的單體分離。必須指出，因為破碎是很費力的工作，消耗電能很多，佔整個富選的成本一半以上，故提高破碎效率是很重要的。

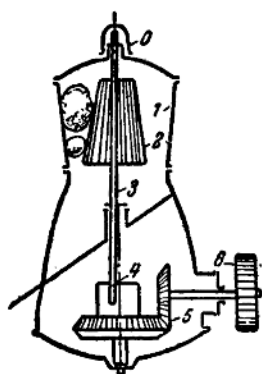
礦山開採出來的礦石，一般都成很大的塊狀，露天開採可以得到1公尺以上的礦塊，地下開採也有大至600公厘以上的；因此它們要經過幾種不同的破碎機械才能使有益礦物能夠與脈石分離。根據破碎後成品的大小，破碎過程可分成粗碎、中碎和細碎三個階段。三段的界限並不很嚴格，我們可以說粗碎產品粒度大約為20到300公厘，中粗為10到75公厘，至於細碎則可達到比普通麵粉更細的程度。現在把碎礦的幾個階段和常用的機器設備，依次介紹如下：

1. 粗碎礦石 通常採用圓錐破碎機或虎口式破碎機，兩者又各有幾種不同的型式，茲將它們的構造和工作原理簡述於下：

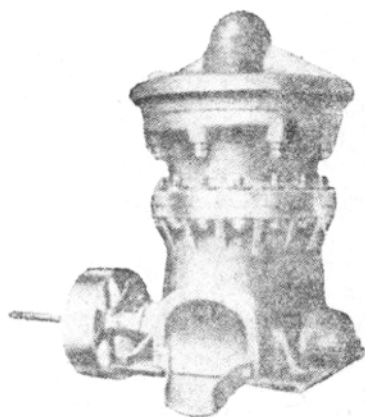
(1) 圓錐破碎機 此機有圓錐形軋頭，作偏心迴轉，進行連續碎礦。

圖3甲是此機的工作原理圖。動力由皮帶輪6傳給一對傘齒輪5，使偏心體4圍繞自己的軸綫迴轉。主軸3上帶有切頭圓錐體2，其上端懸吊在機體上，而下端則偏心地插入偏心體

4 中。这样，由於偏心体的迴轉使主軸在空間沿着一圓錐面的軌跡運動。當圓錐體 2 運動時，他和固定破碎面 1 間的距離經常地變化着，由最大至最小，又由最小至最大。礦石經過其間即被壓碎了，破碎後的礦石順着斜底面排出。圖 3 乙是此機外形。圖 3 丙是此機縱斷面圖。



甲 工作原理



乙 外形

圖 3 圓錐破碎机。

这种圓錐破碎机的大小，由進礦口的寬度來表示，破碎的粒度則由排礦口的寬度來決定。進礦口愈大就能處理更大粒度的原礦，排礦口愈小，則成品的粒度也愈小。

(2) 虎口式破碎机 此機帶有搖動齒板，當它靠近固定齒板時，可以進行週期性的壓碎。

圖 4 是一台下動式虎口破碎機構造圖。1 為偏心軸，2 為套在偏心軸上的連桿，偏心軸的一端帶有皮帶輪，動力即由此

輸入。偏心軸迴轉時，連桿2將上下運動，3為活動肘板，當連桿向上運動時，肘板可將活動齒板5推向前進，這樣就將落入活動齒板與固定齒板9間礦石壓碎了。當連桿向下運動時，肘板不能將活動齒板拉回，因此在下部裝有帶彈簧11的拉桿12，藉

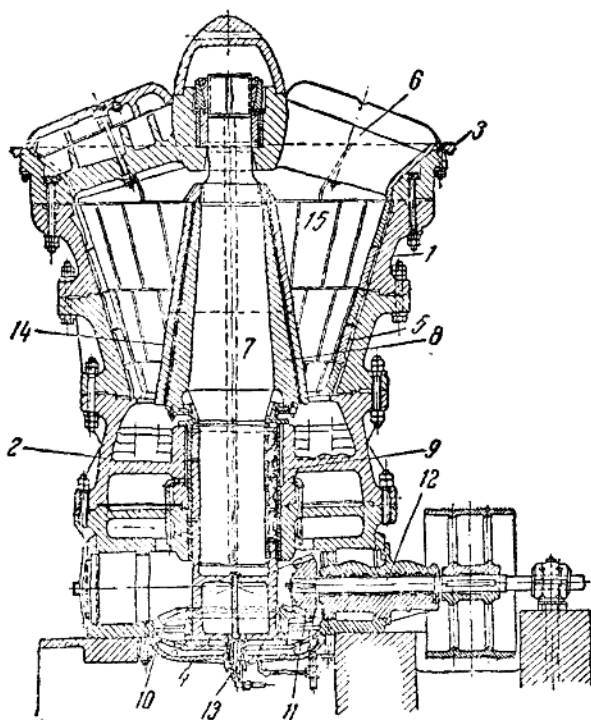


圖3丙 圓錐破碎機的縱斷面圖：

1—錐而形的上部機體；2—中部機體；3—給礦斗；4—底板；5—固定襯板；6—支持主軸的腕架；7—主軸；8—固定在主軸上的切刀錐體；9—偏心體；10—傘齒輪；11—傘齒輪；12—傳動機；13—輸油管。

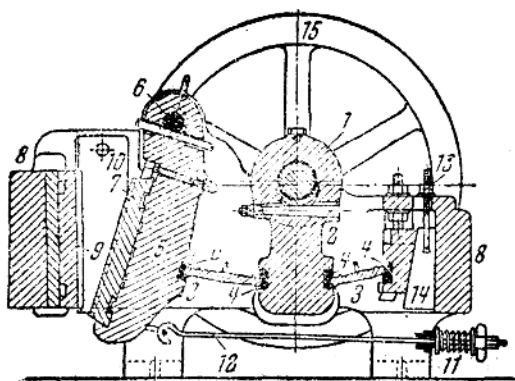


圖4 虎口破碎机構造圖。

彈簧的作用將活動齒板拉回，此時排礦口加大，破碎後的礦石就可以落出來。要調節排礦口的大小可以升降楔形滑塊14的位置，上升時排礦口減小，反之則加大。8為機體，6為支持活動齒板的軸，4為支承肘板的座墊，7，9為具有縱向凹凸形的齒板，通常由錳鋼製成，10為兩測襯板，15為儲蓄能量以保證均衡工作的飛輪。

粗碎用的虎口式破碎机的大小也由進礦口的尺寸來表示，進礦口愈寬，能處理的原礦粒度就愈大。

2. 中碎 中碎是把粗碎產物再行破碎的作業，通常採用的設備有幾種不同的圓錐破碎机和虎口式破碎机。下面介紹圓錐破碎机的一種。

此機的工作原理與粗碎用圓錐破碎机基本相同，但它一系列不同的特徵：

(1) 這種破碎机中活動錐體的斜面較平坦，它的下面與固

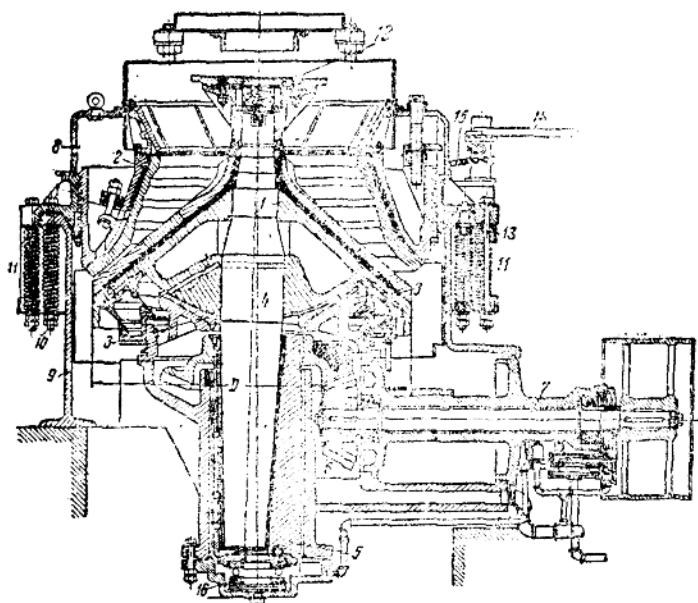


圖5 中碎用標準型圓錐破碎機断面圖：

1—活動錐體；2—固定碎礦板；5—球面軸承；4—主軸；5—偏心軸套；
6—傘齒輪；7—傳動軸；8—上部機體；9—中部機體；10—螺桿；11—
彈簧；12—受礦盤；13—固定錐體；14—撥手；15—鏈條；16—推力軸承。

定碎礦板接近平行，这样可以延長挤压礦石的時間，使其外形更整齊；另一不同點是固定碎礦板是略梯形的。(2)破碎機的主軸不是懸掛在上端而是由中部的球面軸承和下部的推力軸承和支持，(3)固定碎礦板可以上下調節移動，因而可以調節排礦口的大小，(4)頂部的承料盤可以均勻地將原礦分佈到錐體的周圍，(5)當原礦中混入特別堅硬的物體時，藉外圍彈簧的

作用，可以順利地將它排出而不致損壞機體或電氣設備（電動機等）。

圖 6 是此機的剖面照片，從它可以清楚地看到破碎礦石的情況。

中碎用的虎口式破碎機和粗碎用的完全一樣，只是排礦口較小而已。

3. 細磨 細磨是碎礦作業中的最後一步手續，目的是要把中碎後的產品在選礦之前繼續磨碎到接近單體分離的程度。

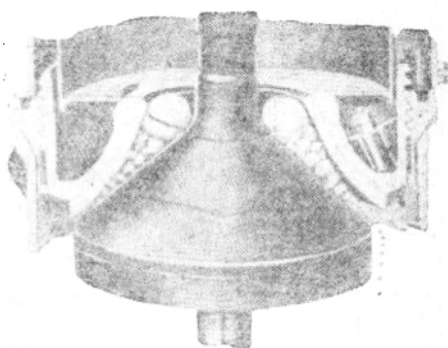


圖 6 中碎用標準型圓錐破碎機剖面圖。

最常用的細磨設備有球磨機和棒磨機。球磨機可分為格子式和溢流式兩種。將球磨機的工作原理和構造介紹如下：

球磨機是一個鋼製的圓筒體，裏面放入許多鋼球，並將中碎後的礦石（一般加入球磨機的礦石粒度在 15 公厘以下）和水加入球磨機中，當圓筒迴轉時藉鋼球的運動能將礦石粉碎。

圖 7 表示溢流式的球磨機，礦液在筒內有較高的水平，由一端加入礦石，經筒內鋼球磨碎後，細粒礦石與水一道成為溢流而向另一端流出。這種球磨機的優點是構造簡單，價格低廉；缺點是產量較低，礦液在筒內流動速度慢，容易發生過度粉碎的現象（即將礦石磨到不必要的細度），增加不必要的動力消耗並且不適宜於裝入小鋼球，因為小球容易隨溢流排出。

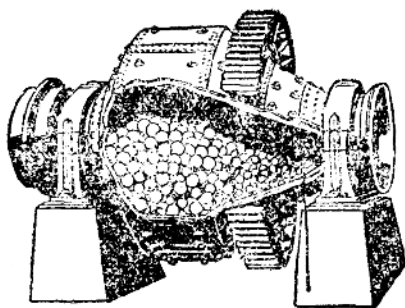
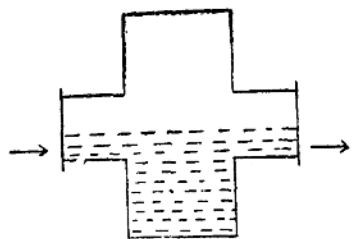


圖7 溢流式球磨機。

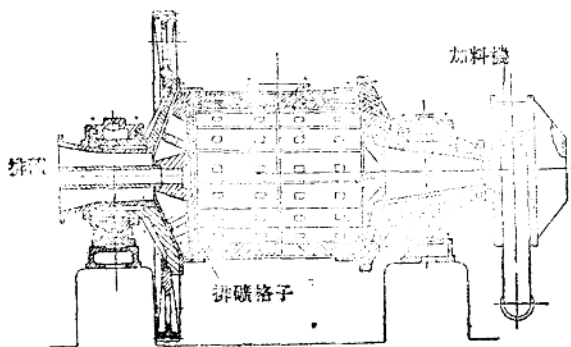
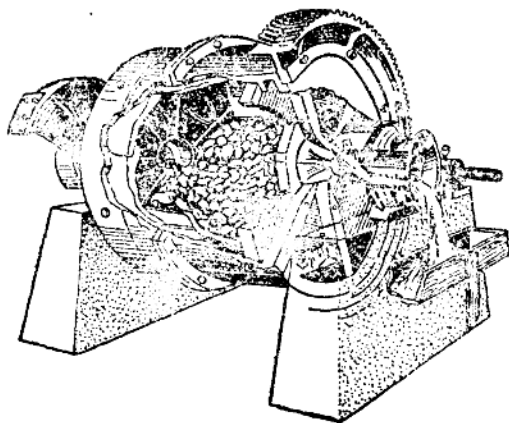
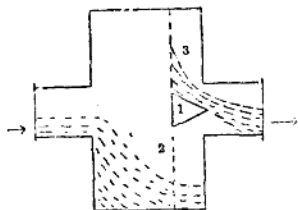


圖8 格子式球磨機。

圖 8 表示格子式球磨機，其特點為礦液在筒內的水平低，在排礦端設有專門的格子（圖中虛綫所示），格子的縫隙約 3—9 公厘，格子的形式有成放射形也有成同心圓形的。磨碎後的礦石隨着水流通過格子縫隙由 2 部進入 3 部，在 3 部有提升礦液的裝置，隨着筒體的迴轉能將礦液提升到筒體上部經由排礦錐 1 而排出。此種球磨機沒有溢流式機的那些缺點，只是構造較為複雜，價格較貴，但總的來講，此機工作效率很高，因此應用最廣，許多新建或改建選礦廠多採用此種球磨機。

（三）篩分和分級

經過上述一聯串的磨碎過程後，大粒的原礦已被磨成粉末狀的物質，基本上達到了單體分離的程度，下一步就可以進行富選了。在介紹富選作業之前，還要介紹兩種與碎礦和磨礦過程相輔工作的兩個作業，即篩分和分級。篩分是與粗碎和中碎相配合的作業，而分級則是與細磨相配合的作業。在粗碎和中碎作業中，進入破碎機的礦石，有少部分是已經合乎要求粒度而不需要破碎的，如果預先用篩子將它篩出，就可以減輕破碎機的負荷，節省電力消耗這樣的作業稱為預先篩分。另外粗碎和中粗的產品中不可避免地會有一部分不合要求的大粒礦石，因此對破碎後的產品，常常也需要過篩，以便把大粒礦石篩出，重新返回破碎機去破碎，這樣作業叫做檢查篩分。篩分作業用的篩子有許多種形式，如固定篩、振動篩、搖動篩和圓筒篩等都是工業上廣泛採用的篩分設備。但是細磨後的礦粉是和水一同從球磨機排出的，它已細到我們不能再用任何一種篩子來進行有效的篩分了；於是人們就創造了各種分級機來對細磨後的礦液進行按大小分級，分級的目的同樣是把礦粉中較細的部

分和較粗的部分分開，細的部份送去富选，粗的部份，則重送到球磨机中再行細磨。分級机和球磨机的關係恰如篩子和破碎机的關係一樣，因此也有預先分級和檢查分級兩種作業。分級机处理的對象為礦液，因此，分級的原理主要是以礦粉粒度大小不同，因之在水中沉降速度有快慢的區別為基礎的。來自球磨机的礦液引入分級机中，粗粒礦砂很快沉到底端，用特殊機械裝置將其取出，再送到球磨机去，細粒礦砂沉降較慢，与水一道自分級机上口溢出，然後送去富选。分級机的形式也有多种，現在介紹一種苏联廣泛採用的螺旋分級机；圖9即是此机的外形圖。它的工作原理是在斜置的槽內設有金屬製的螺旋推進器，當他迴轉時，將沉下的粗粒子向一側推出，細粒則隨水向另一側溢出。

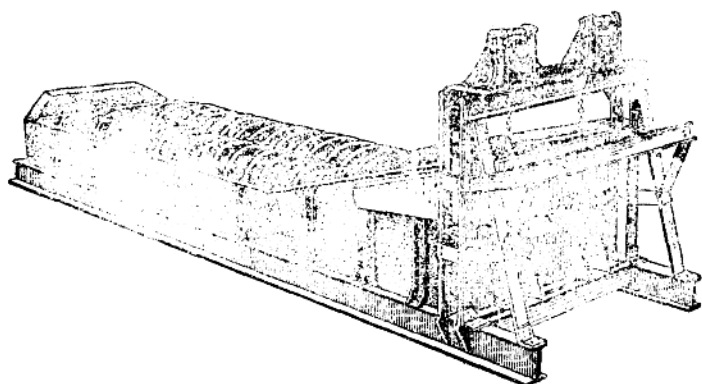


圖9 螺旋分級机。

富选的方法

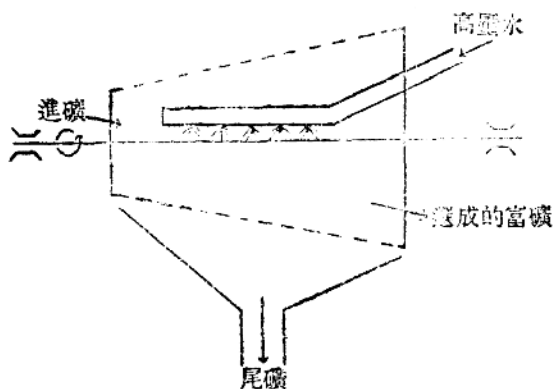
从破碎後的礦粒中把含釩高的顆粒从脈石中分选出來，叫

做富选。富选的方法有很多，它們根据的原理也不相同，最常見的为手选法、冲洗法、比重选礦法、浮选法和磁力选礦法。

我們將簡要介紹前四种方法，較詳細談最後一种。

(一) 手选

这是过去常用的方法，只能用於塊礦，由工人憑眼力根据



洗礦筒工作原理示意圖

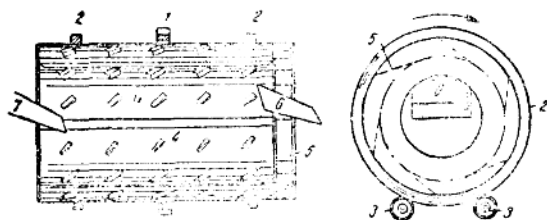


圖 10 洗礦筒；

- 1—傳動齒輪；2—輪筒；3—托棍；4—內壁裝有角板；
5—卸料刮子；6—卸料槽；7—裝料槽。