目　录

第一章　选矿概述……1
§1. 选矿目的和任务……1
§2. 选矿方法分类……2
§3. 选矿生产过程……3
§4. 选矿常用术語……3
第二章　銅矿石性質……5
§1. 銅的矿物……5
§2. 銅在矿石中的嵌布特性……7
第三章　碎矿……8
§1. 碎矿的目的……8
§2. 175×250毫米顎式破碎机（俗称老虎口）……8
§3. 顎式碎矿机的生产操作……16
第四章　磨矿与分級……20
§1. 磨矿的目的……20
§2. 磨矿原理……20
§3. 球磨机……21
§4. 分級机……28
§5. 磨矿与分級的生产操作……30
第五章　浮选……38
§1. 浮选原理……38
§2. 浮选药剂……42
§3. 浮选机……50
§4. 浮选的生产操作……57
第六章　生产检查……68
§1. 取样……68

§2. 矿量的測定……70
§3. 篩分分析……70
§4. 浓度的測定……71
§5. 比重的測定……72
§6. 水分的測定……73
§7. 药量的測定……73
§8. 酸碱度的測定……74
§9. 金屬平衡……74
第七章 选矿厂設計……76
§1. 建厂的一般問題……76
§2. 設备的选择……78
§3. 选矿厂配置……81

第一章 选矿概述

§1. 选矿目的和任务

由矿山开采出来的矿石，通常是各种各样矿物的集合体。其中对我們有用的一部分，如銅、金等叫做有用矿物，沒有用的部分叫脉石。自然界里的許多有色金屬矿石，如銅、鉛、鋅、金、銀等及非金屬矿石，如磷灰石、萤石等，一般都以較低的品位与脉石共生，或与其他有用矿物彼此共生。要把这些品位低、共生在一起的有用矿物，直接送去冶炼，将是很困难的，甚至是不可能的。

我国需要大量的銅，如果将品位1%的硫化銅矿石，直接送去冶炼，就太不經济了。因为这样需要消耗大量的焦炭、熔剂，需要很多的炼銅設备，需要大批的人力及許多交通工具进行运輸。如果把原矿品位由1%提高到10%或更高一些，則可給国家节約很多資金。

彼此共生在一起的有用矿物，如銅、鉛、鋅等，形成多金屬矿石，这些矿石不經过选矿直接送去冶炼是不允許的。因为在炼銅时，不仅鉛鋅会損失掉，而且，鉛鋅混在銅里，还是有害杂質并严重地影响冶炼操作。如果在冶炼前先經过选矿，这样不仅会提高銅、鉛、鋅的品位和降低冶炼成本，而且可使銅、鉛、鋅彼此分离开，从而分别进行冶炼，使有用矿物得到合理的、綜合的利用。

选矿是一門新的技术科学，它的目的和任务是：

一、提高矿石品位，滿足冶炼要求，降低冶炼成本。

二、使有用矿物彼此分开，除去有害杂質，以便分别进行冶炼，使各种有用矿物得到合理的利用。

§2. 选矿方法分类

常用的选矿方法有：浮游选矿法、重力选矿法、磁选法和手选法等。

一、浮游选矿法：使加水磨細的矿石，即矿浆，受到少量的浮选剂作用，并加以强烈攪拌。在攪拌的同时吸入空气，使矿浆中形成大量的小空气泡。在这种条件下，一种或是数种有用矿物顆粒附着在气泡上，并被气泡带到矿浆表面上，形成一层安定的泡沫，叫做矿化泡沫。把这些泡沫刮出来，就是精矿。而不附着在气泡上的其他矿物留在矿浆里，就是尾矿。

一般来講，处理銅、鉛、鋅及硫化鉄等矿石时，都广泛地采用浮选法。

二、重力选矿法：它是根据矿物比重的不同和矿物在介質中沉降速度的不同，而使有用矿物与脉石分开。重选是在跳汰机、摇床和流槽內进行的。

重选可用来选别金、銀、鎢、錫等金屬。

三、磁选法：它是根据矿物具有不同的磁性为基础。在处理鉄矿和黑鎢矿时，磁选应用最广。因为含有这种金屬的矿石具有磁性，所以，可用磁选机进行选别。磁选又分为湿式和干式两种。

四、手选法：手选法是根据矿石的顏色、光泽、比重等的不同来进行选别。此法多用于选矿厂的輔助作业，用于挑选鉄块和废石。目前，在一般小型选矿厂中，多用手选法

选别矿石，但这只是在矿石結晶顆粒粗大时才能生效，对于品位低嵌布較細的矿石手选法不能作为一种正規的选矿方法。

§3. 选矿生产过程

小型选矿厂有碎矿、磨矿和浮选三个工序（图1）。

从采矿場运来的矿石（最大矿块要求小于 150 毫米），到选矿厂后，先經过破碎，破碎产品（要求小于20毫米），送去磨矿，磨矿产品（小于0.074毫米的占50%～70%），自流到最后一个工序——浮选，精矿則进行自然干燥，尾矿自流到尾砂壩。

§4. 选矿常用术語

精矿：选矿的最終成品，含金屬成分比原矿高很多。可以滿足冶炼要求。

尾矿：选矿最后剩下的废物，大部分是脉石。含金屬成分比原矿低很多。

中矿：选矿过程的半成品，需返回再选，含金屬成分比尾矿高，比精矿低。

品位：矿石中金屬含量的百分数。

原矿品位用 α 表示。例：$\alpha=0.9\%$ Cu，說明在100公斤矿石中，含有0.9公斤金屬銅。

精矿品位用 β 表示。

最終尾矿品位用 δ 表示。

产出率：各种产物的产量与原矿量之比的百分数，用 γ 表示。

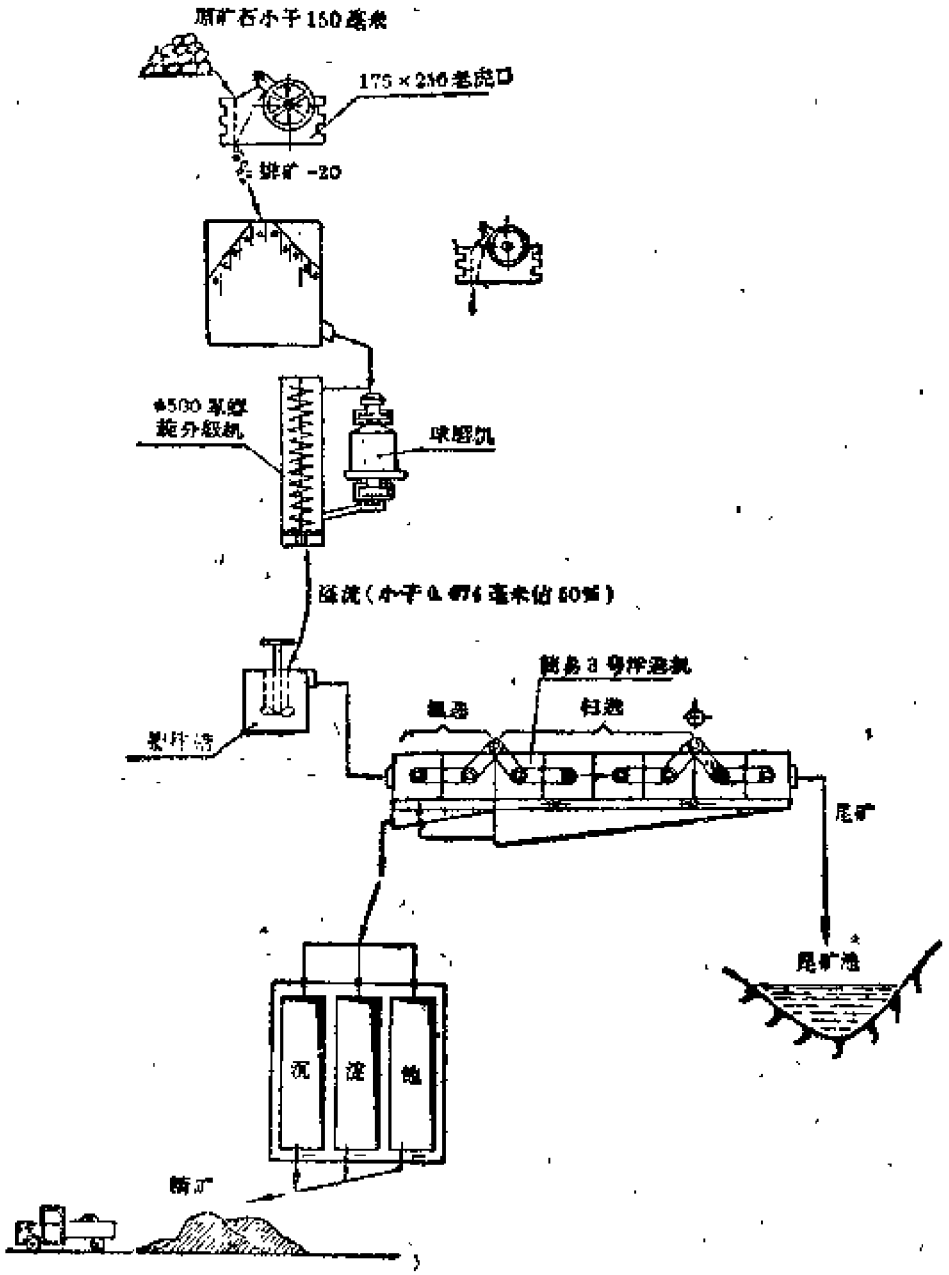


图 1　小型选矿厂設备示意图

設：原矿量 $Q_0=50$ 吨/日，

精矿量 $Q_1=5$ 吨/日，

則：精矿的产出率

$$\gamma=\frac{\text{精矿量}}{\text{原矿量}}=\frac{Q_1}{Q_0}=\frac{5}{50}\times100\%=10\%$$

回收率：产物中的金屬含量与原矿中的金屬含量之百分比，用 ε 表示之。

設：銅精矿的产出率 $\gamma=10\%$，

銅精矿的品位 $\beta=9\%$，

原矿品位 $\alpha=0.95\%$，

則：銅精矿回收率

$$\varepsilon=\frac{\gamma\cdot\beta}{\alpha}=\frac{0.1\times0.09}{0.0095}\times100\%=94.8\%$$

选矿比：原矿重量 Q_0 与所得精矿重量 Q_1 之比。

$$\text{选矿比}\quad K_0=\frac{\text{原矿重量}}{\text{精矿重量}}=\frac{Q_0}{Q_1}=\frac{50}{5}=10$$

选矿比是表示选出一吨精矿所需原矿之吨数。上式說明10吨原矿才能选出1吨精矿。

富矿比 K_0：精矿品位 β，与原矿品位 α 之比。

$$\text{富矿比}=\frac{\text{精矿品位}}{\text{原矿品位}}=\frac{\beta}{\alpha}$$

富矿比是表示精矿品位，对原矿品位提高之程度。

第二章　銅矿石性質

§1. 銅的矿物

表 1

銅的主要矿物

类型	名　称	化学成分	含銅量,%	硬　度	比　重
硫化銅矿	黃銅矿	$CuFeS_2$	34.56	3～4	4.1～4.3
	斑銅矿	Cu_3FeS_3	55.5	3	4.9～5.2
	輝銅矿	Cu_2S	79.83	2～3	5.5～5.8
	銅　藍	CuS	64.44	1～2	4.5～4.6
氧化銅矿	孔雀石	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	57.5	3.5～4	3.9～4.1
	蓝銅矿	$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	55.4	3.5～4	3.7～3.9
	硅孔雀石	$mCuO \cdot nSiO_2 \cdot PH_2O$	～45.0	2～4	2.0～2.2

在选矿过程中，硫化銅矿易于浮选，而氧化矿就难以浮选，需要經过特殊的处理后，才能进行浮选。

硫化矿的原矿品位要求在0.7%以上，精矿品位不低于8～10%，銅的回收率80～90%；而氧化矿的原矿品位要求在1%以上，精矿品位不低于6～7%，銅的回收率60～80%。

我国很多的銅矿石中，都伴生着方鉛矿、閃鋅矿和硫化鉄矿，有的是两种金屬共生，如銅——鉛，銅——鋅，銅——硫化鉄矿。有的是三种金屬共生，如銅——鉛——鋅，或銅——鋅——硫化鉄共生，用浮选法可使这些矿物彼此得到分离。銅矿石中也經常含有金和銀，在选銅或选鉛鋅的同时，金和銀常常会一同浮上来，带到精矿中，在冶炼时回收。

銅矿石中的伴生脉石，主要有：石英、长石、石榴子石、重晶石、綠泥石、絹云母、方解石、石灰石、白云石等。

銅在电气工业、合金制造业、机器制造业以及国防工业中用途最广。

§2. 銅在矿石中的嵌布特性

根据矿石中有用矿物的粒度嵌布特性，可将矿石分为三类：

（一）粗粒嵌布的矿石，其中有用矿物的顆粒可用肉眼清楚看到。

（二）細粒嵌布的矿石，其中有用矿物的顆粒，在放大鏡下可以識别，仅有部分顆粒可用肉眼看到。

（三）极細嵌布的矿石，其中有用矿物很难用肉眼識出。

矿石的性質，决定了浮选流程和磨矿細度，因此，选矿工作者必須首先了解所加工矿石的成分和嵌布特性。

一般說来，硫化矿比氧化矿好选，斑銅矿、輝銅矿比黃銅矿好选，粗粒嵌布比細粒嵌布好选，脉石中含細泥少好选。

第三章 碎 矿

§1. 碎矿的目的

从采矿場运来的矿石，由于設备的給料口的关系，要求粒度小于150毫米，而球磨机的給矿，要求粒度小于20毫米；要把150毫米的矿块，減小到小于20毫米的矿块，就必須先要經过破碎机破碎，以滿足球磨机給矿的要求。

大于150毫米的矿石，在进入破碎机前，先要进行人工手碎。

§2. 175×250毫米顎式破碎机（俗称老虎口）

一、下动型顎式破碎机：

（一）构造：图2是顎式破碎机的縱断面图，由該图可以看出构造上的全部主要特点：

偏心軸7支于机架1的軸承上，它使連杆6做上下运动，肘板5用特殊的肘板座4支于連杆的两边，右肘板的另一端用相似的肘板座4支于与机架1直接相連的調整斜块10上，而左肘板則支于吊在軸14上的可动顎板2上，破碎齿板3用錳鋼（或鑄鉄）制成，用以保护可动顎板，固定顎板也用相似的齿板加以保护，可动齿板的齿与固定齿板的齿是彼此凹凸咬合的，因为这样可以达到最大的破碎效率和产生較少的矿尘；利用弹簧12并通过拉杆13将可动顎板压紧在肘板座4中，因此，当連杆和可动顎板运动时肘板不会自肘板座4脫落。顎式破碎机的工作空間，是在固定顎板与可

动顎板及保护机座不受磨損的两块平滑的側板 15（側板用鋼板制成斜形）之間。

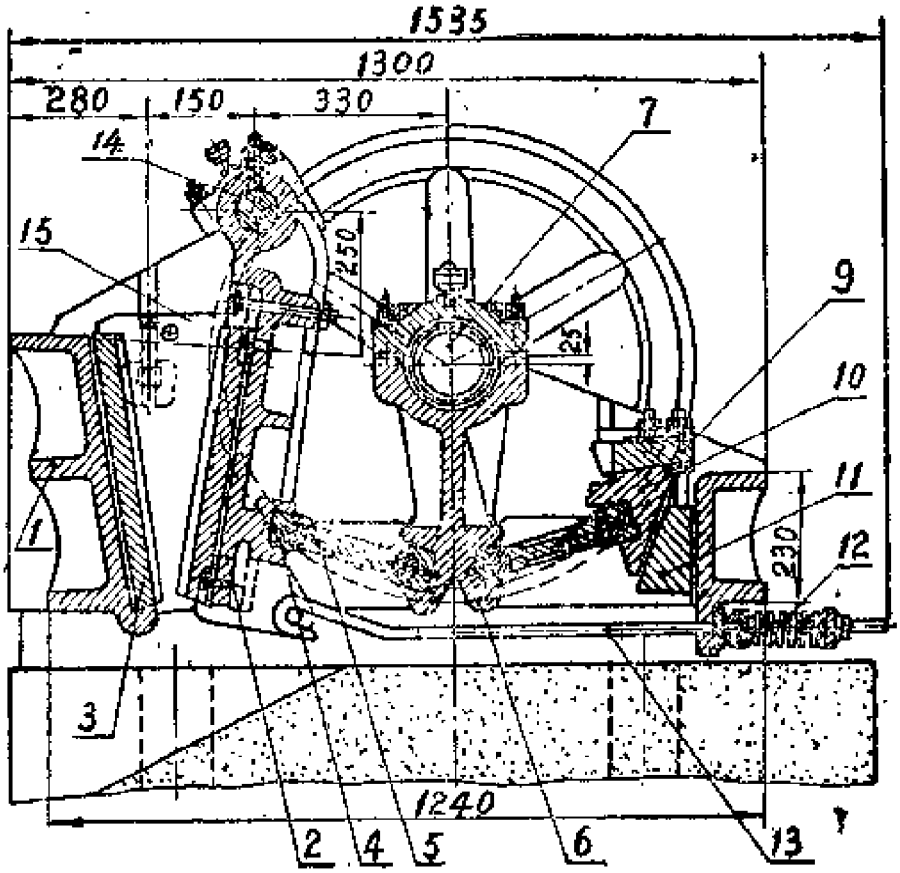


图 2　下动型顎式破碎机

（二）碎矿过程：电动机通过平皮带使偏心軸旋轉，当偏心軸的偏心部分轉到上面时，使連杆上升，肘板伸直，因此，可动顎板便向前移近固定齒板，而将工作空間內的那一部分矿石压碎。当偏心軸的偏心部分轉到下面时，使連杆下落。可动顎板借弹簧拉杆的作用离开固定顎板，此时排矿口增大，因此，已被压碎小于排矿口的那一部分矿石，利用本

身的重量从排矿口排出。位于上部的还未充分压碎的矿块当即落下，在可动颚板再次向前移近固定齿板时破碎。依此，可动颚板周而复始地运动，矿石就被連續不断地破碎了。

二、复杂摆动型（单肘）颚式破碎机：

（一）构造：图3是复杂摆动型颚式破碎机的縱断面图，由該图可以看出它与下动型破碎机在构造上的主要区别：

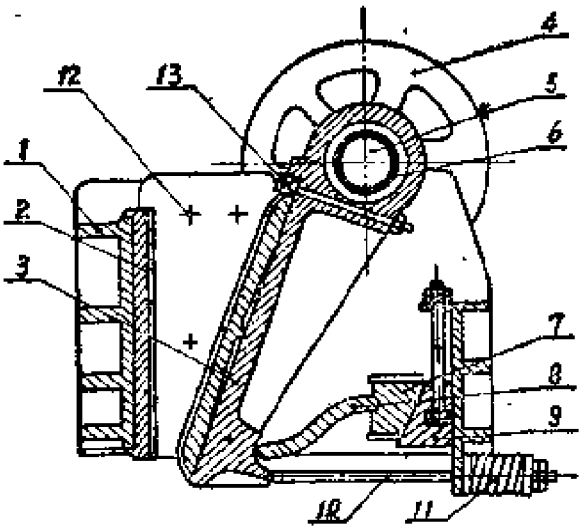


图 3　复杂摆动型颚式破碎机

1—机架；2—固定颚板；3—可动颚板；4—皮带輪；5—偏心軸；6—軸承；7—肘板承座；8—肘板；9—斜鉄；10—拉杆；11—弹簧；12—侧板；13—压紧斜鉄

可动颚板3装在偏心軸5上，軸放在机架1上的滚珠軸承6中，颚板2和3，由錳鋼或鑄鉄（但鑄鉄磨損很快）制成，破碎腔两边的侧板12，用光滑的鋼板制成。借改变支于机架1后部的斜鉄9的位置以改变肘板8的前后位置，来調节排矿口；与可动颚板連接的弹簧和拉杆，保証着破碎机

可动颚板的后退，并使肘板与肘板座紧密結合。

复杂摆动型与下动型颚式破碎机主要区别：

1. 可动颚板直接安装在偏心軸上；
2. 沒有連杆；
3. 只有一个肘板，故称之为单肘。

（二）破碎过程：基本上与下动型破碎过程相同，仅可动颚板在向上或向下运动时又磨剝矿石，所以这种机械破碎矿石是压碎与磨剝两种力同时作用的結果（压碎力大于磨剝力）。

三、颚式破碎机各部件的作用：

（一）机架：是由鑄鉄制成，重1.2吨，是破碎机最大最重的部件。它的主要作用是支持整个机体的各个部件，并承担破碎机的强烈震动。破碎机工作时之震动，主要由于偏心軸每轉一周，只有半周的时間用于工作过程——碎矿，而另半周的时間則为空轉——排矿。由于这种不均衡动作的結果，所以在工作过程与空轉过程互相交替时，会引起强烈的振动。为了承担这种强烈的震动，所以机架要特别堅固。

（二）可动颚板和固定颚板（图4）：它們是破碎矿石的主要部件之一。

可动颚板的上部，安装在軸上，能繞軸作前后摆动，下部与肘板和拉杆相接，所以当肘板作往复运动时，就使可动颚板作前后运动，从而将矿石破碎。

固定颚板的表面为鋸齿形，它与可动颚板的齿应該是相互交錯的，这样可增加压碎及折断矿石的力量，并使产品均匀，就好象人的上下牙齿一样，是相互交錯的。

固定颚板的安装方法：固定颚板安装在机体固定颚的齿

板槽內，用側板压住即可。在生产过程中側板常常压不住固定顎板，这时可在固定顎板上部加一块鉄板压住。而可动顎板則是用压紧斜鉄及螺絲固定在可动顎板的固定顎板槽內。固定顎板一般下部磨損較快，上部較慢，所以能上下倒轉使用。側板是用螺釘固定在两边的机架上。

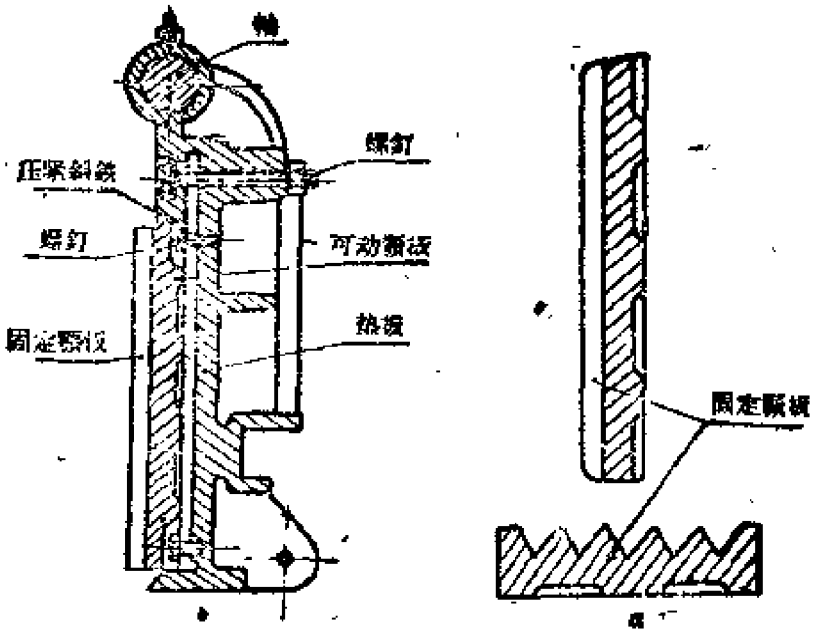


图 4　a—固定顎板零件图；b—可动顎板与固定顎板固定图

可动顎板是由鑄鉄做成，而固定顎板由于是一个磨損最大的零件，所以应由錳鋼做成（錳鋼坚固，耐用，不易磨損）。若用鑄鉄做固定顎板，就很不耐磨。現厂生产証明，鑄鉄固定顎板上下倒轉使用两个班，就要更换新的齿板。

（三）肘板（图5）：肘板是由鑄鉄做成，它的作用：

1. 連接連杆和可动顎板，并将連杆的力传递給可动顎

2、肘板是碎矿机的一个保护部件，当任何坚硬的东西或铁块掉入正在工作的給矿口内，則肘板首先折断，从而防止其他事故的发生。

（四）肘板承（图6）：肘板装在其内，它是一个容易磨損的地方，但不易更換，所以用鑄鋼制成（或高炭鋼），肘板承共四块（下动型碎矿机），其中一块固定在可动颚板的下部，一块固定在机体后面的肘板承座内，两块固定在連杆下部。肘板自由地放在肘板承内，借弹簧及拉杆，保持其位置。特别注意肘板与肘板承之接触处应該紧凑，以免进入尘土及砂石。

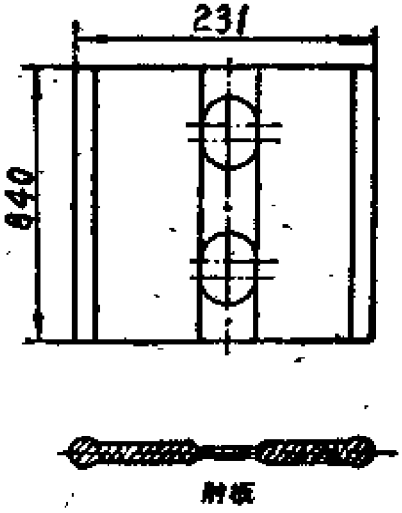


图 5 肘板（下动型用）


图 6 肘板承零件图

（五）偏心軸（图7），偏心軸是由优質鋼制成。由于它有一定的偏心距，所以当皮带輪带动偏心軸轉动时，它就使連杆做上下运动，而最終达到碎矿的目的。

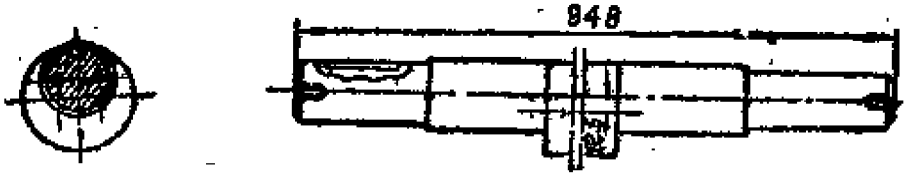


图 7 偏心軸零件图

（六）連杆（图8）：連杠是由鑄鉄制成，它与偏心軸和肘板組合在一起，当偏心軸旋轉，就使連杆做上下运动，

而追使肘板作往复运动，从而达到碎矿的目的。

（七）拉杆及弹簧：二者紧密地配合在一起工作。拉杆的一端連接在可动顎板下部的凸出部分，另一端插入机器下部的孔內，由弹簧和螺帽固定在机架上。

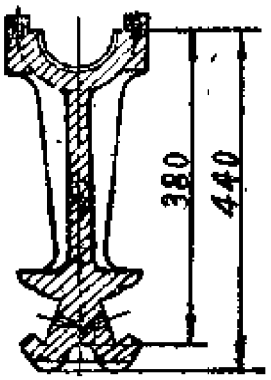


图 8　連杆零件图

（八）皮带輪：它由鑄鉄制成。下动型老虎口是平皮带輪；复杂摆动老虎口，可以是三角皮带輪，也可以是平皮带輪。电动机通过皮带，带动皮带輪轉，从而使偏心軸旋轉。

（九）飞輪：用来儲蓄当可动顎板回程时来自传动机构的动力，并在可动顎板工作行程中，放出儲蓄的动力，以使电动机能較稳定地进行工作。

（十）調节排矿口的装置：

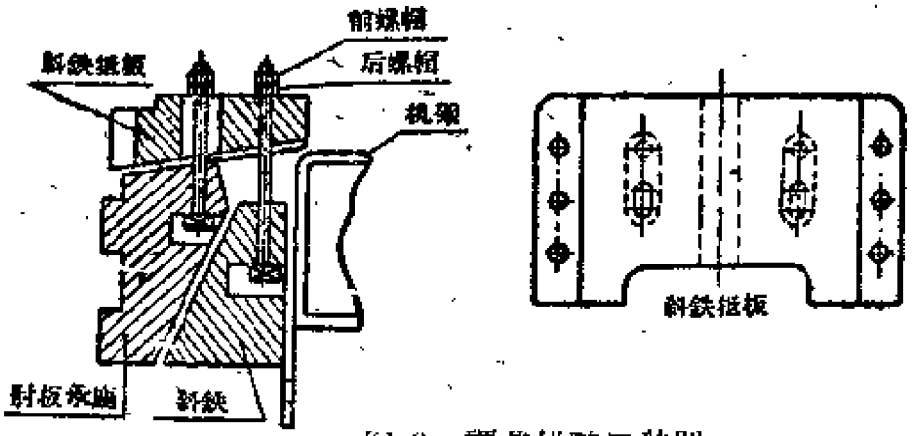


图 9　調节排矿口装置

1. 下动型顎式碎矿机的調节装置：如图9所示，斜铁、斜铁抵板和肘板承座組成一套調节排矿口的装置。

調节方法：当要減小排矿口时，則先用撇手松一下肘板承座上的螺帽，然后扭紧斜鉄上的螺帽（两个螺釘要同时扭紧），因而斜鉄上升，同时推动肘板承座向前，肘板承座則推肘板向前，肘板又推可动顎板向前，故使排矿口減小。

若要加大排矿口，則先松开斜鉄上的两个螺帽。松开肘板承座上的两个螺帽，由于弹簧及拉杆向后拉的力量，使可动顎板向后，故而加大了排矿口。

調节好排矿口之后，应检查一下弹簧，是否由于調节排矿口而产生压紧或过松現象，若发現此現象，应及时适当地調节一下弹簧螺帽。

2. 复杂摆动型顎式碎矿机的調节装置：

复杂摆动老虎口調节排矿口的装置，比下动型老虎口的調节装置簡单。它只有一个調节螺栓。

調节方法：当減小排矿口时，用撇手扭紧螺帽，斜鉄上升，推活动斜鉄沿滑道向前，通过肘板推可动顎板向前，因而減小排矿口。

当加大排矿口时，則松开螺帽，借弹簧、拉杆的力量使活动斜鉄沿滑道向后运动，而使斜鉄下降，这种調节装置，既簡单，又方便。

調节完排矿口，仍須检查弹簧的压紧度，并应盘車，检查調节后排矿口大小。

四、顎式碎矿机的規格：

（一）下动型顎式碎矿机的技术規格：

給矿口尺寸：250×175（长×寬）毫米；

最大給矿块度：150毫米；

排矿口尺寸：10～30毫米；

主軸轉数：258 轉/分；
偏心距：12.5毫米；
电动机功率：7 瓩；
电动机轉数：960 轉/分；
生产能力（当排矿口为 10 毫米时）：4 吨/时；
机器重量：3.2 吨；
最大零件重量（机架）：1.2 吨；
外形尺寸：2480×1000×850（长×宽×高）毫米；
成本：5000 元/台（估計）。

（二）复杂摆动型顎式碎矿机的技术規格：
給矿口尺寸：250×175 毫米；
給矿最大粒度：150 毫米；
排矿口尺寸：15～50 毫米；
主軸轉数：350 轉/分；
偏心距：10毫米；
动顎行程：6 毫米；
电动机功率：10瓩；
产量（估計）：4 吨/时；
机器重量：1.5 吨；
最大零件重：460 公斤；
外形尺寸：990×771×1065（长×宽×高）毫米。

§3. 顎式碎矿机的生产操作

一：碎矿比：碎矿比是指給矿中最大粒度与排矿中最大

$$\text{碎矿比 } S=\frac{D}{d}$$

式中：D——給矿中最大粒度，毫米；

d——排矿中最大粒度，毫米。

例：給矿中最大粒度为150毫米，排矿中最大粒度20毫米时，則

$$\text{碎矿比 } S=\frac{150}{20}=7.5$$

原矿最大粒度不变时，碎矿比越大，說明碎矿产品越細。所以，希望碎矿比越大越好。但碎矿比不能太大，越大，处理矿量就越低。

二、給矿：碎矿机的給矿量应当均匀不要忽多忽少；給矿粒度也要均匀，大小块要配合給，不要先給大块，后給小块，致使碎矿机受力不均。注意不要挤滿給矿，否則会使顎板或肘板因受力过大而損坏。

給矿时，严禁将鉄块或釬头等物給入碎矿机內，因为它們会使肘板折断。

硬度大的矿石处理量低，而比重大的矿石处理量高。

三、排矿口的調节：排矿口之大小，决定了排矿粒度的大小，在正常生产中，顎板会逐漸磨損，而使排矿口逐漸增大，所以要經常进行調整。其方法如前所述。

四、主軸速度的調节：下动型老虎口的轉数，現在是258轉/分，它一般不超过300轉/分。在此速度范围內，若轉数提高，則处理量也相应地有所提高，因为每分鐘內，压碎的次数多了；但超过300轉/分，則处理矿量的变化不大。若轉数太快，处理量反而会下降，因为已被破碎的矿石，还未来得及排出，又被压碎，所以轉数也要适当。調节轉数的方法可改变皮帶輪的直径：如果要提高轉数，則应加大电动机上的皮帶輪（即原动輪）或者減小碎矿机上的皮帶輪直径（即

被动輪）；如要降低轉数，則应減小原动輪直径或加大被动輪直径，这种調节方法，切实可行。

五、潤滑：碎矿机的潤滑，是操作中的一个主要項目，同时，也是保証設备正常运轉的一个重要措施，往往由于潤滑不良，而使設备发生事故。

潤滑的地方：各部軸承及肘板之支承点等。

在操作中，发現軸承过热的原因是：

（一）潤滑不及时，或油質不良；

（二）軸承內进去砂子；

（三）軸承安裝不平；

（四）軸承安裝得过紧或过松。

六、碎矿机操作中的注意事項：

（一）开車：碎矿机在开車前，应进行詳細的檢查和潤滑。

1. 消除碎矿机內残存的矿石，檢查顎板的磨損情况，是否需要更換，并調节排矿口。

2. 檢查各部螺絲，尤其是各部軸承螺絲，若有松动現象，应立即扭紧。

3. 各部軸承及肘板支承点要加潤滑油。

4. 要檢查传动皮帶松紧情况，稍微松了，可打一点皮帶油；过松时，应将电动机向外移动拉紧皮帶。

5. 檢查拉杆、弹簧的压紧度，弹簧应成自由伸长状态，不能压紧，但也不能使它松动。

6. 各部檢查完了，然后用手盘車。

7. 檢查三相电气开关的保险絲，若有的断了，应立即更換新的。

8. 机器各部检查完了，最后推上电气开关。在給电时，推三相刀型开关，胳臂伸直，脸要背着开关，迅速，有准备地一下推靠开关，以免发生烧伤和烧坏电气設备的事故。

（二）运轉：

1. 碎矿机运轉正常后，才能給矿。給矿要連續、均匀，不能先給大块，后給小块，不得挤滿給矿。要及时地消除矿石在碎矿机中的成拱現象。

2. 按时注油，注意潤滑，随时检查軸瓦的溫度。如果軸瓦过热，以致燙手，应立即找出原因，及时消除，必要时应停車检查。

3. 随时注意机械发出不正常的声音，要及时检查，找出原因。

4. 当碎矿机正在正常运轉中，忽然停止了，一般有两个原因：

（1）无通知停电：这时要立即拉下电气开关，并做好开車前的准备工作。

（2）三相开关的保险絲断了：要立即拉下开关，更換新的，并检查断的原因，然后开車。

（三）停車：

1. 必須把碎矿机内的矿石全部处理完才能停車。

2. 停車后，要检查顎板的磨損情况及其他是否有損坏或需要更換的部件。必要时，应立即进行小修。

第四章　磨矿与分級

§1. 磨矿的目的

矿石中有用矿物彼此共生的顆粒以及嵌布于脉石之間的顆粒，一般都是在1～0.01毫米之間或更小些，要使这样大小的顆粒，达到完全的单体分离，并滿足浮选的要求，从而得到合格的产品—精矿，就必須在浮选前进行磨矿。

§2. 磨矿原理

磨矿是在球磨机內进行的，球磨机內装入鋼球、矿石和水。当球磨机旋轉时，球随着旋轉的机体上升到一定的高度后，就因自重而自由落下，把大块矿石击碎；同时，球在球磨机內由于彼此滾动，对矿石也产生一种磨剝力，經过击碎和磨剝两种力的作用結果，而将矿石磨細。

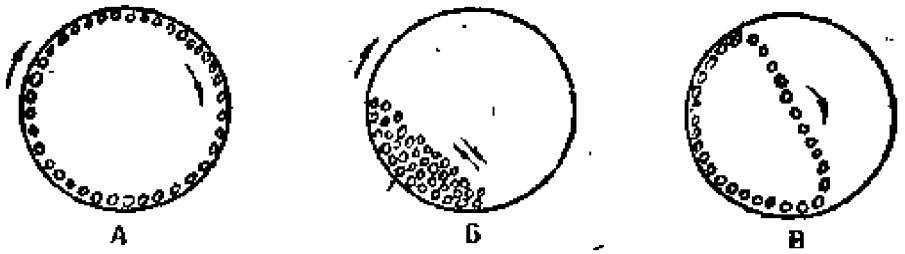
球在机体內上升得愈高，則对矿石的击碎力愈大，球上升的高度則取决于球磨机的轉数和衬板形状。

球磨机要有合适的轉数，轉数过快或过慢都会減少球对矿石的磨碎作用，而降低处理矿量。

如果轉数过高（图10A），使球所受的离心力大于球本身的重力，則球紧紧地貼在机体內壁，随着机体一同旋轉，这样外层的球就达不到破碎矿石的目的，只內层的小球对矿石起击碎作用，当然也就会降低磨矿效率和減少处理矿量。

如果轉数过低（图10Б）机体不能把球带到一定的高

度，球在机体內仅发生滚动、这样矿石只受到磨剝作用，而沒有击碎作用，处理矿量也要降低。当轉数合适的时候（图10 B），球就会被筒体带到一定的高度沿抛物綫落下，将矿石击碎。因此，只有当轉数合适的时候，才能达到較高的磨矿效率，从而提高处理矿量。



当轉数过快时，球在球磨机內的运动情况　　当轉数过慢时球的运动情况　　当轉数合适时球的运动情况

图 10　球磨机不同轉速时球的运动图

上面已經談到，球磨机的轉数不能过快和过慢，而要合适，根据理論分析和实际操作經驗，这种合适的轉数，应該是临界轉数的 85～100％。

临界轉数，就是球在球磨机內开始随着机体旋轉时的轉数。也就是說，超过这个轉数，外层球就不落下来，而随着筒体一起旋轉。

$$\text{临界轉数 } N_{临}=\frac{42.4}{\sqrt{D}}$$　　D——球磨机直径，米。

§3. 球 磨 机

小型选矿厂使用的簡易球磨机共有三种：

1. ϕ 1000 × 1200球磨机（皮带传动式）；

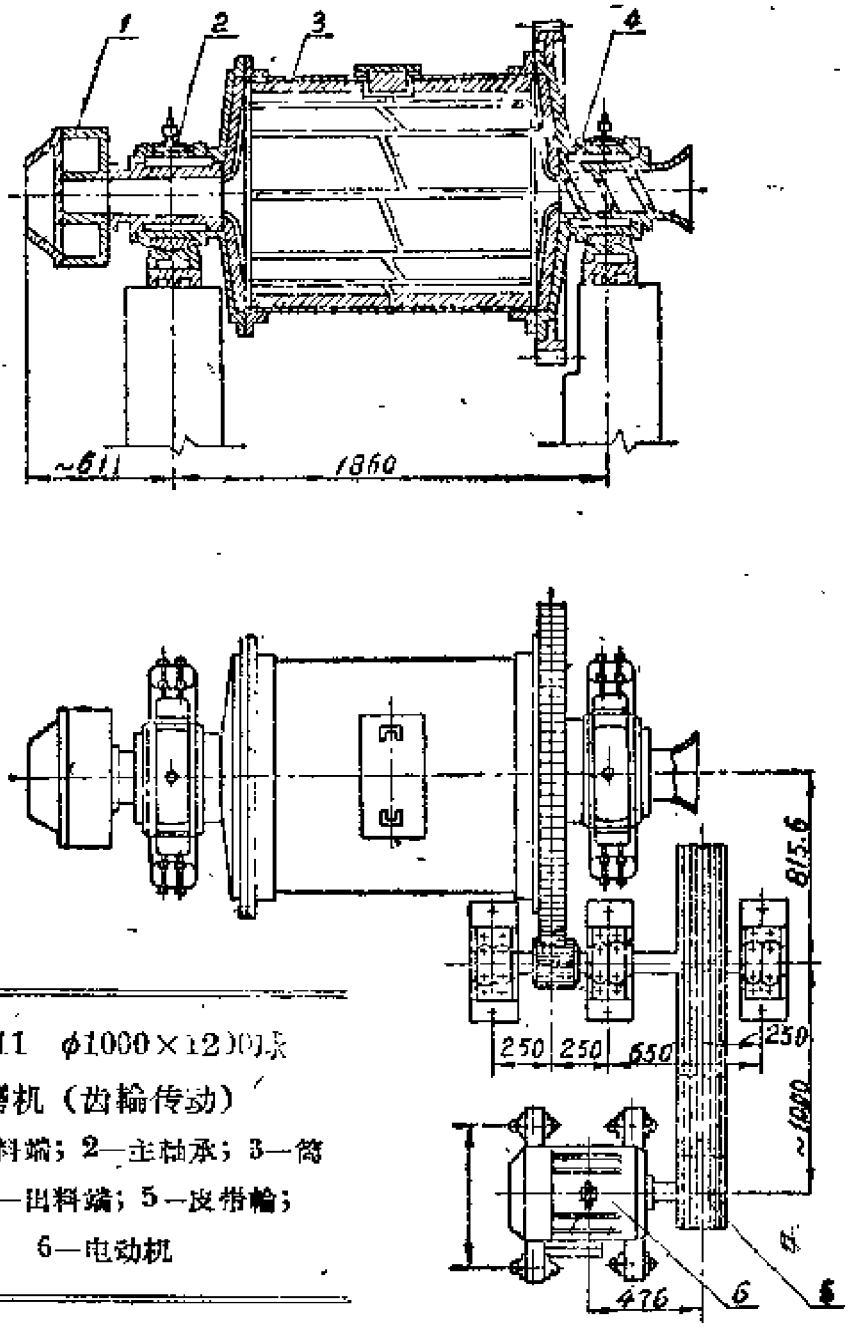


图 11 ϕ1000×1200球磨机（齿轮传动）

1—进料端；2—主轴承；3—筒体；4—出料端；5—皮带轮；6—电动机

2. ϕ 1000×1200球磨机（齿輪传动式）；

3. ϕ 1200×1200球磨机。

一、ϕ1000×1200毫米球磨机：

（一）球磨机主要是由筒体、給矿器、进矿端、排矿端、軸承座五大部件构成。

其装配图示于图11,12；

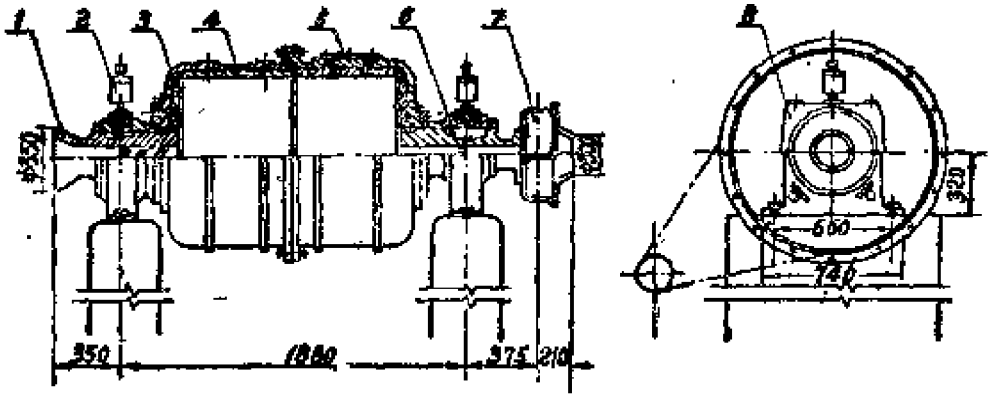


图 12 ϕ1000×1200 球磨机（皮带传动）

1—排矿端；2—油环；3—筒体；4—衬板；5—人孔盖；6—給矿端；7—給矿器；8—軸承

（二）各部件的作用：

（1）筒体：皮带传动式球磨机的筒体，是由鑄铁制成，分前后两个部分，用螺釘联在一起，即成一个完整的筒体。齿輪传动式球磨机，筒体是由鑄铁或鋼板制成，用螺釘与两端端盖連接。

筒体的传动方式有两种：一种是筒体本身相当于一个大皮带輪，靠皮带直接带动筒体来旋轉；另一种是筒体的排矿端安装了一个大齿輪，筒体靠齿輪来带动旋轉。筒体内都鑲有錳鋼或白口鉄的衬板，以保护筒体。衬板磨損后，可以随

时更換，筒体的衬板共有29块，其中包括筒体衬板21块（图13 A）、端盖衬板8块（图13Б）。



图 13　球磨机衬板

A—筒体衬板；　　Б—端盖衬板

（2）給矿器：是由鑄鉄制成，它好象一个两端开口圓鼓，里面有一个螺旋道。矿石先給入給矿器中，然后沿着里面的螺旋道进入进矿口中。它的給矿是間歇性的（图14）。

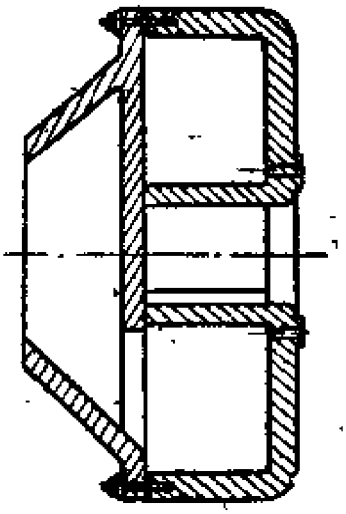


图 14　給矿器

图15說明矿石是如何給入进矿口去的。

当給矿口轉到下面来的时候給入矿石（图15A），当給矿口轉到左上方（90°）后螺旋即将矿石卷起（图15Б）当給矿口轉到頂点时（180°）螺旋已将矿石卷到进矿口的边緣（图15B），当給矿口轉到右上方（270°）螺旋将矿石卷入进矿口內（图15Г）。

由图 15 可以看出，只有当給矿口轉到下面来的时候，才能給入矿石。也就是說給矿器轉一周，給矿一次，但是我們在外面向球磨机的給矿，却是連續不断的。当給矿口未轉到下面来的时候，外部給入的矿石是暫时存留在給矿器的勺鼓盖內，所以給矿器的給矿是間歇性的。

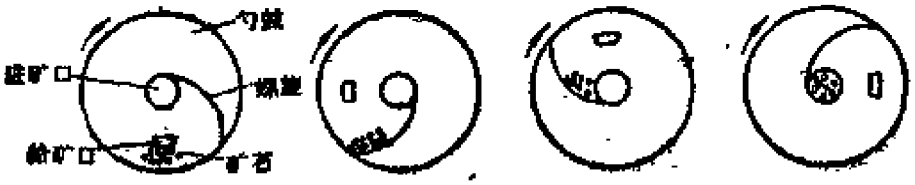


图 15　球磨机的給矿

（3）进矿端：它由鑄鉄制成，如图16所示（齿輪传动齿球磨机），进矿端由中空軸端盖 1 及进矿口 2 組成。矿石由給矿器給入后再經进料口送入筒体，进料口是一个易磨損的零件，中空軸与端盖則是連在一起鑄成的。中空軸部分支承在軸承上，而端盖部分的外圈是一个法兰，用螺絲与筒体連在一起。

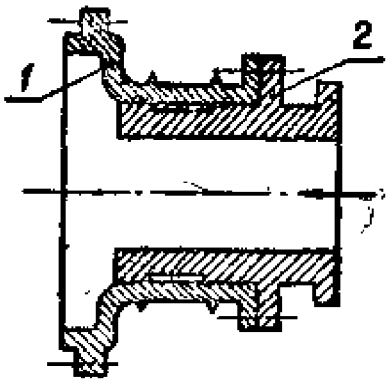


图 16　进矿端部件图

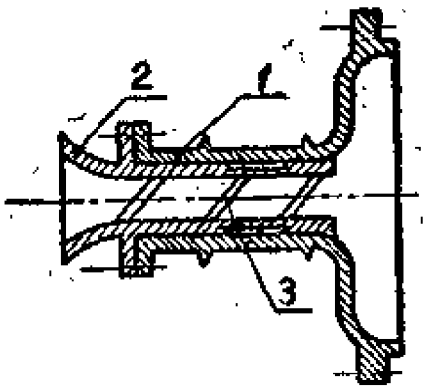


图 17　排矿端部件图

（4）排矿端：其形状与进矿端大致相同，是由鑄鉄制成（图17）。排矿端由中空軸端盖1及喇叭口形的排矿口2組成。矿石被磨細后由排矿口排出，在排矿口内有反螺旋，以防止鋼球排出。

（三）技术規格：

表2

主要尺寸毫米		工作容积	轉数	加球重量	球磨机重	給矿粒度	安装功率	磨到下列粒度（毫米）时，生产能力，吨/时		估价
直径	长度	米³	轉/分	吨	吨	毫米	瓩	0.3	0.2	（元）
1000	1200	0.76	40～45	1.3	2.4	20～25	20	1.21	0.88	3500

φ1000×1200皮带传动式設备图紙图号06－0204097φ1000×1200齿輪传动式設备图紙图号06－0204280。

（四）簡易球磨机的优点：

1. 构造簡单，制造較容易；

2. 各机械部件不需要精密的加工，地方的小型工厂就可加工；

3. 所用材料除螺釘外，大部分为鑄鉄（錳銅衬板除外）；

4. 制造成本低廉。

二、φ1200×1200毫米球磨机：

φ1200×1200毫米的球磨机，在生产条件相同的情况下，一台相当于两台φ1000×1200球磨机的生产能力，对处理量为50吨/日的选矿厂来說，可采用一台，这样不仅节省了占地面积，而且也減少了操作工人，使生产維护都很方便。

（一）球磨机的构造：主要由筒体、給矿器、进矿端、

排矿端、軸承四大部件組成，彼此間用螺釘連接起来，就构成一个整体。

其装配图示于图18：

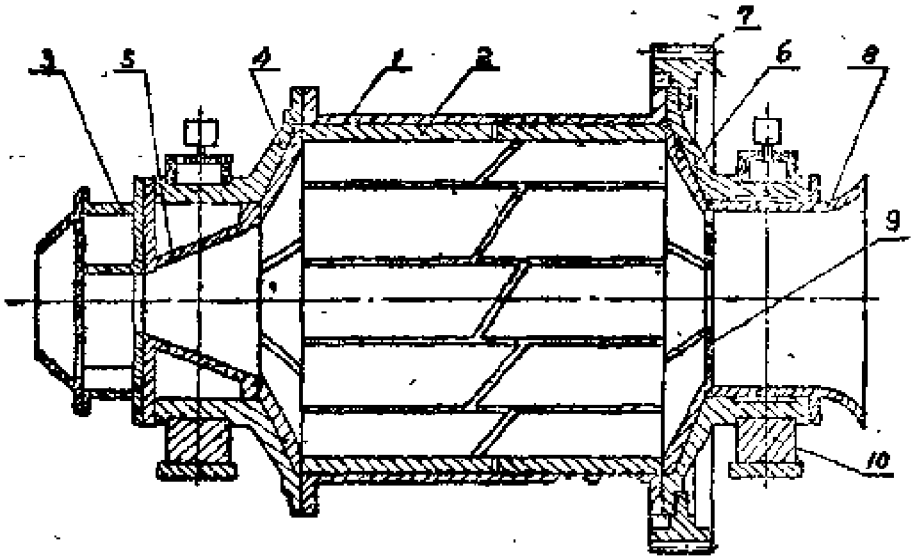


图 18　ϕ1210×1200球磨机

筒体1是一个完整的鑄鉄圓筒，里面鑲有錳鋼或白口鉄的衬板2。衬板的形状呈波浪状，以便更好地提升鋼球。給矿器3由鑄鉄制成，形状与操作原理与ϕ1000×1200球磨机相同。进料端盖4与中空軸是鑄在一起的，里面衬有一个喇叭形的进料口5，它是一个容易磨損的零件。进料端盖的外圈是一个大法兰盘，用螺釘与筒体連在一起。排矿端盖6的形状与进料端盖基本相同，它的外圈法兰用螺釘与筒体及大齿輪7連接在一起，而里面衬有排矿口8，矿石磨碎后即經此排矿口排出。在排矿口处装有一个格子9，防止鋼球及大块矿石排出。端盖的中空軸支承在大軸承10上，整个筒体靠齿輪的传动旋轉工作。

在結构上，此种球磨机有一个特点，即排矿口大、矿液面低因而打击矿石的力量就大，同时排矿速度也快，減少了过粉碎。但用鍋駝机等动力設备传动时，需要較大的动力。

（二）技术規格：

表 3

1	主要尺寸	直径φ1200毫米，长1200毫米	
2	工作容积	1.15米³	
3	轉　数	38 轉/分	
4	裝球量	2.3~2.6 吨	
5	电机容量	28 瓩	
6	給矿粒度	25 毫米	
7	磨到右列粒度时的生产能力	0.2 毫米	1.6吨/时
		0.3 毫米	2.0吨/时
8	設备图紙图号06－0204215.		

§4. 分　級　机

一、分級的目的：

由于浮选所要求的粒度細而均匀，单靠磨矿是不能完全滿足要求，因为磨矿产品中一部分有用矿物已經达到单体分离，而另一部分則未达到单体分离，也就是說有用矿物还沒有完全与脉石分开或有用矿物彼此間还沒有分开。要把已达到单体分离的有用矿物送去浮选，又要把未达到单体分离的粗粒返回去再磨，就需要在磨矿之后加一个分級作业、以便使磨矿产品中的粗粒和細粒分开。

二、分級机：

在小型选矿厂中，常采用 $\phi 500\times 4500$ 毫米和 $\phi 500\times$ $\times 5500$毫米的单螺旋分級机。

（一）单螺旋分級机的构造：它是由槽子、軸、螺旋片等主要部件构成（图19）。

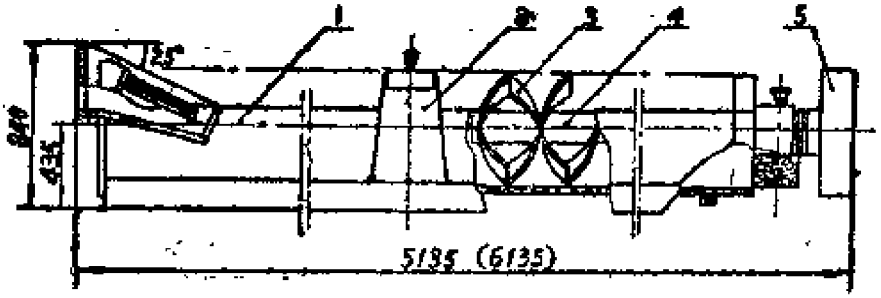


图 19　木制螺旋分級机

1—槽体；2—軸承支架；3—叶片；4—主軸；5—皮带輪

螺旋片是通过扁鋼用螺釘固定在軸上，軸和螺旋片放在槽子里。槽子的末端（返砂端）有端軸承，槽子中間有中間軸承，借这两个軸承来支承軸。軸的末端有一个皮带輪，由皮带带动皮带輪旋轉。槽子和皮带輪是由木材做成，螺旋片是由鉄板或鋼板制成，軸則由鋼管制成。

（二）螺旋分級机的分級过程：

分級机与球磨机是成閉路工作的。磨矿产品自行流入分級机。矿物顆粒在矿浆中由于沉降速度的不同而进行分級。沉降到下部的大顆粒借着旋轉的螺旋装置返回到球磨机中进行再磨，这种返回的粗物料叫做返砂；而悬浮在矿浆上部的細物料随水溢出，并进入下一步的浮选作业。这些溢出的矿浆叫做溢流。

（三）技术規格：

表4

名称	主要尺寸 毫米		轉数 轉/分	傾角	螺距 毫米
	直径（螺旋）	长度（槽子內部长）			
高堰式单螺旋分級机	500	4500	15	18°	250
	500	5500	15	18°	250

設备图紙图号 06--0204292。

（四）螺旋分級机的优点：

1. 分級面平稳、效率高；
2. 返砂中含水少；
3. 构造簡单、操作和管理方便。

§5. 磨矿与分級的生产操作

一、鋼球的合理装入：

（一）鋼球装入的比例：球磨机內的鋼球，一般多采用鍛鋼或鑄鋼球（亦可使用鑄鉄球）。在实际生产中，球磨机內要按比例地加入大小不同的几种球。鋼球的大小及比例是按給矿中矿石粒度的大小及比例所决定的。

在現厂实际生产中，球磨机的給矿为20～25毫米时，装入的鋼球大小为100毫米、80毫米、60毫米和40毫米四种球。每种球的装入比例，是要看給矿中粗粒多，还是細粒多，每个級别的百分含量为多少，然后再确定。一般粗粒多，大球装入得也要多，因为大球主要起击碎作用。而細粒多时，小球要装得多，因为小球主要起磨剝作用。

根据某一小型选矿厂的生产实践，当給矿粒度为小于25毫米时，它的装球比例如下：

表5

球　径　（毫　米）	比　　例　（%）
100	30
80	25
60	25
40	20

按上述装球比例操作，所得磨矿效果比较良好。

鋼球的合理装入，由于各地矿石性質不同，給矿粒度大小不同，因而应根据当地矿石的性質，来决定装入比例。合理的装入比例，是要通过現厂生产不断的改进，不断的摸索来确定的。

（二）鋼球的装入量：装球量应占球磨机容积的40～50%，鋼球的装入量可由計算得出：

$$w = V \times \varphi \times \delta,$$

式中：w——装球量（吨）；

V——球磨机的工作容积（米^3）；

φ——球占球磨机的容积，一般为40～50%；

δ——鋼球的假比重：

鍛鋼球 $\delta = 4.5 \sim 4.8$；

鑄鋼球 $\delta = 4.35 \sim 4.65$。

例：ϕ1200×1200毫米球磨机，工作容积为1.15米^3，球占球磨机的容积为45%，采用鍛鋼球，$\delta = 4.8$。

$$w = 1.15 \times 0.45 \times 4.8 = 2.5\text{吨}。$$

（三）鋼球的补加：

鋼球在生产中不断地被磨損，为了保持原有的装球量，必須每天都往球磨机里补加鋼球。补球的数量，应該根据鋼球的磨損量来决定。在开始时，可按每磨一吨原矿石，补加一公斤球計算，每日补加一次，計 40～50 公斤。在生产二个月到三个月以后，可以将球磨机中的鋼球倒出，称量其重量，以便正确找出鋼球磨損的数量。补球应該补 100 毫米和 60毫米的两种球。其中 100 毫米的球占70%，60毫米的球占30%。补球的方法，就是将球向球磨机排矿口扔进去。

二、給 矿：

球磨机的給矿，对磨矿操作影响很大，往往因为給矿不好，而造成磨矿不正常，因而要求給矿量和給矿粒度一定要保持均匀。

球磨机的生产能力，随原矿粒度的減小而增大，磨矿中的单位能力消耗也随之減少，最好的給矿粒度是小于 15 毫米，給矿粒度的減少是要取决于碎矿，因此碎矿和磨矿要密切地配合好。

在磨矿之前，有一个粉矿仓，破碎产品从矿仓中，通过給矿漏斗，由人工控制給矿，給矿粒度的大小不易控制均匀。因此，当大块下得多，就要少給一点，而細粒下来得多，就多給一些。这样做，可以保持处理矿量不变。

如果給的矿石太多了，球磨机就会向外吐大块，甚至把球磨堵起来，使球磨效率显著降低。

三、矿浆浓度：

所謂浓度即表示固体和液体間的对比关系，通常用下列两种方法表示之。

（一）固体对液体的重量比

例：固体：液体＝1：2

这就是說，每一重量单位的固体，占有两个重量单位的液体。

（二）固体的重量百分比：所謂固体为30%的矿浆，这是表示矿浆的重量为100，其中固体的重量为30，即30%，而液体的重量为70，即70%。

浓度大，說明固体含量多；浓度小，固体含量少。

矿浆浓度大小的控制，是磨矿分級工的主要工作之一，因为浓度的变化，会使下一步浮选作业的操作不正常，而直接影响浮选指标。因此，要求对浓度的掌握必須严格。一般在处理粗物料时，磨矿浓度应在65～75%左右，而处理細物料时，应在60～70%左右。如果浓度发生变化，应及时調整。

浓度大小的控制，实际上就是給水量多少的控制。多加水，浓度就小；少加水，浓度就大。在磨矿与分級构成閉路流程时，由两个水門来調节浓度，一个水門是在分級机的末端，即返砂处，它是用来控制磨矿浓度的；另一个水門在球磨机排矿处，它是用来控制分級浓度的。

磨矿与分級时的加水地点示于图20。

分級溢流浓度过大，可加大排矿处的給水；溢流浓度过小，則应減少給水。分級溢流的浓度一般要控制在25～35%之間。分級溢流浓度的大小会直接影响浮选指标。一般浓度大，顆粒沉降慢；粒度粗，而浓度小，就沉降快，粒度細。

磨矿浓度的大小，会直接影响处理矿量。浓度大，則矿浆发粘，球的自由运动也就感到困难，同时它击碎矿石的力

量也減弱了，因此磨矿效率降低。实践証明，矿浆愈浓，則球磨机排矿端的粗粒物料就愈多。浓度小，說明給矿量不

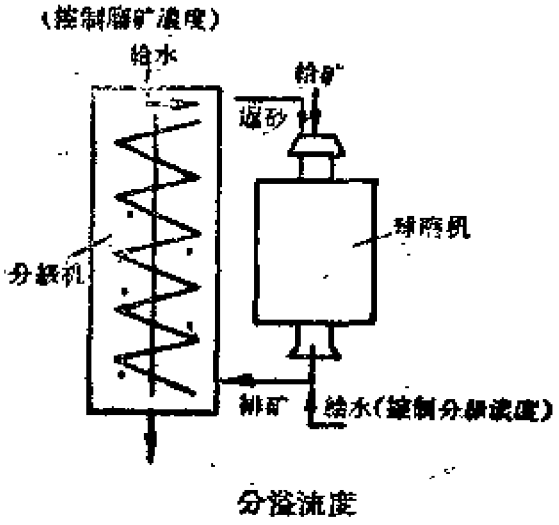


图 20　磨矿与分級时的加水地点

足，当然，处理量也就降低了，并且大多数的球自相撞击，和撞击衬板，这样不仅使它們的消耗量增加，而且也会損伤筒体，另外动力消耗也要增加。

四、細　度：

磨矿分級工，主要应掌握两个指标：浓度和細度。

磨矿产品的細度，是通过篩分来确定的。我們衡量細度的标准，是以小于 200 网目的百分含量为准。

所謂网目，是指一英吋（25.4毫米）长度上的孔数。200网目是說在一英吋长度上有 200 个孔，200 网目的篩孔，相当于0.075 毫米。

如果要測定分級溢流的細度，取样后，可用200网目的篩子篩一下，若篩下量占60%，則細度的表示方法为 —200 网目占60%。

篩下的百分含量愈多，說明磨得愈細，因此我們一般都用篩分的方法来检查磨矿和分級工作的好坏。

200网目的篩子很細，篩网容易坏，因此在实际生产中，現厂多用篩孔較大的篩子（如60网目、80网目或160网目）进行篩分。如果用100网目的篩子进行篩分，若篩下量占80%，这时浮选的指标好，那么以后可以用—100网目占80%做本厂的細度标准。

溢流中产品粒度和分級返砂中小于200网目（0.075毫米）級别的含量間的一定关系：

表6

分級机溢流产物粒度	小于0.075毫米的級别含量，%	
	分級溢流中	分級返砂中
95%小于0.4毫米（35网目）	35～45	3～5
95%小于0.3毫米（48网目）	45～55	5～7
95%小于0.2毫米（60网目）	55～65	6～9
95%小于0.15毫米（100网目）	70～80	8～12
95%小于0.10毫米（150网目）	80～90	9～15
95%小于0.075毫米（200网目）	95	10～16

細度与很多因素有关，如球磨机轉数过快或过慢。鋼球装得不合理，分級机的倾角大，螺旋轉的快等，都会促細度粗。在生产中，上述这些条件确定好了之后，就不再經常变动，因而控制細度时，就要从下列条件着手：

（一）球磨机排矿粗，說明給矿多或浓度不合适，这时应减少給矿，或調节浓度。

（二）要控制好分級机溢流浓度。一般浓度高，細度小；浓度低，則細度小。

（三）分級机溢流堰高，則分級面积大，产品細；溢流堰低，則分級面积小，产品粗。

五、球磨机的声音：

（一）球磨机在正常运轉中，若听到清脆的金屬声时，說明球磨机的給矿少了，或磨矿浓度小，这样才发出球与球相击，球与衬板相击的清脆金屬声，因此应該增加給矿或減少給水。

（二）如果球磨机发出粗而微弱的声音，說明給矿多了，或浓度大了，这时应減少給矿或增加給水。

（三）如果球磨机听不到球与球冲击的声音，只听見筒体嗚嗚的轉动声，說明球磨机已經被矿石堵滿了，这时应当停止給矿，在返砂处多加水，将矿石冲出。

六、球磨机与分級机在操作中的注意事項：

（一）开車前：

（1）严格检查各部件及各部螺絲松紧情况。

（2）注意加油潤滑。

（3）检查皮带松紧。平皮带过松，应剪去一块，重新接上。三角皮带松了，可提高压輥，增加皮带包角。

（4）放出分級机內的泥砂，清除杂物。

（5）检查电气部分是否正常。

（二）开車及运轉：

（1）球磨机正常运轉后，再給矿、給水，并保持均匀。

（2）要随时测定浓度与細度（测定方法見第六章§3

～4）。

（3）注意潤滑，注意皮带是否打滑。

（4）检查軸瓦是否发热。发热原因如下：

1. 潤滑不及时或油質不良；

2. 軸承內进去砂子；

3. 軸承安装不平，或过松过紧。

（5）注意筒体衔接处是否有漏水現象，如发現漏水严重，应立即停車，紧好螺絲后，方得进行生产。

（6）检查电动机的溫度，不能超过明牌上規定的溫升，一般是60℃。

（三）停車和无通知停电：

（1）停車前要先停止給矿，減少給水。

（2）停車时，要停止給水。

（3）无通知停电时，应立即拉下刀型开关，并做好开車前的准备工作。

第五章 浮 选

§1. 浮选原理

一、浮选过程：浮选是在浮选机內进行的。在磨細的矿石中（分級溢流）加入浮选藥剂和通入空气，并加以强烈的攪拌，使空气在矿浆中均匀地分散成許多小气泡。此时，一种或数种有用矿物顆粒，在藥剂的作用下附着在气泡上，并被气泡带到矿浆面上，形成一种稳定的泡沫，叫矿化泡沫。把这些泡沫刮出来，就是精矿；而不附着在气泡上的矿物留在矿浆里，也就是尾矿。所謂矿化泡沫，就是指被矿物顆粒包围起来的許多气泡。

浮选过程在日常生活中，是每个人都經常接触到的，只是沒有被人們注意而已。例如用肥皂洗衣服，实际上就是一个浮选过程。我們在洗衣服的时候，都要擦肥皂，肥皂有两个作用，一个作用是它能把衣服上的灰尘包围起来；另一个作用是它能生成許多泡沫。当擦过肥皂的衣服，經过人的揉搓和水的冲洗，則被包围的灰尘就粘在肥皂泡上，浮在水的表面。如果衣服很脏，則形成灰黑色的泡沫，这种泡沫也可以叫做尘化泡沫（即气泡被灰尘所包围）。上面这个例子就說明了：如果灰尘是有用矿物顆粒，而肥皂是浮选藥剂的話，則在水中經过攪拌后，有用矿物顆粒就能粘到气泡上，并浮在水面。

二、浮选的基本原理：浮选是以矿物表面的性質不同为基础，浮选藥剂与矿物表面的作用机理是現代浮选理論的基本

問題。究竟是吸附問題，还是化学反应問題，还在爭論着。

（一）潤湿現象：

在日常生活中，只要稍微注意一下，就可以发現在我們周圍的东西，有的很容易被水潤湿，而有的就不被水潤湿。例如在下雨天，我們穿一般的布衣則很容易被湿透，若穿一件油布的雨衣，就不粘水。这說明有的东西易被潤湿，有的則不被水潤湿。又如雨天鷄会被淋得全身湿透，俗語“落湯鷄”。而鴨子則不怕水，即便在河里游水，鴨毛上也不粘水，这說明鷄毛易被水潤湿，而鴨毛則不被水潤湿。

如果往一块干淨的玻璃板上滴一滴水和一滴水銀，那末水就在玻璃板上扩散，而水銀却不扩散。这就是說，水能潤湿玻璃，而水銀不潤湿玻璃（如图 21 所示）：



图 21 水和水銀的潤湿性

用同样方法將水滴到硫黃、石墨、黃銅矿、黃鉄矿、方鉛矿等的表面上，我們可以看到水完全不潤湿它們。而將水滴到石英、方解石等的表面上，水就潤湿得很好（图 22）。这說明水对黃銅矿与石英等的不同潤湿情况。

在盛有水的容器里做实驗，使气泡与固体表面相接触，可以看出：空气从固体（石墨、黃鉄矿、方鉛矿）的表面上排挤水，同时气泡附着在固体表面上。相反地，空气并不能从玻璃、石英、方解石等的表面上排挤水，而气泡也不能附着

在它們的表面上（图 23）。

如果气泡比黃鉄矿、方鉛矿等的顆粒大得多，那末附着在气泡上的固体随气泡上升到液面上，也就是气泡和顆粒一同浮起，即浮游。如果在玻璃片上再涂上一层极薄的油脂，那么它的表面就不能被水潤湿，因此它就有与黃鉄矿、方鉛矿、黃銅矿等矿物表面相同的性質。由上述情况可以得出下列結論：

在易于被水潤湿的表面上，水能迅速而容易地排挤空气。如果在不易潤湿的表面上，那么空气将排挤水。因此，从浮选观点将物体的表面性質分为两种即：

1. 亲水性物体：它是能被水潤湿表面的物体，如玻璃、石英、方解石等。这类物体亲水而不亲空气，也就是說不粘到气泡上去，因而选不上来。

2. 疏水性物体（不亲水物体）：表面不被水潤湿的物体，如黃銅矿、黃鉄矿、方鉛矿等物体。它們不被水所潤湿即疏水，而亲空气，即能粘到气泡上。

因此，浮选只能选出表面是疏水性的矿物。

如果有一种矿物它是亲水的，而我們想把它选出来，就可加浮选藥剂，使它成为疏水性的。相反，有的矿物是疏水性

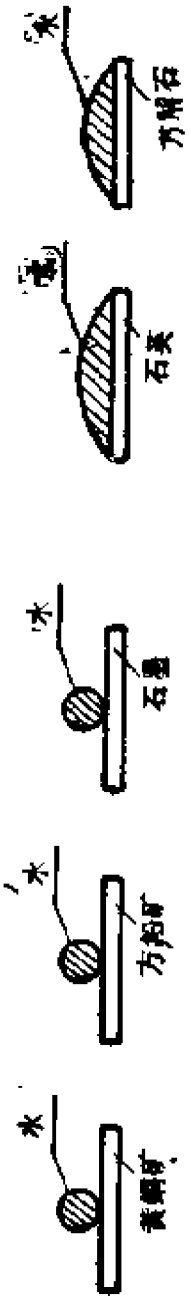


图 23 水对各种矿物的潤湿性

的，但我們暫时不讓它选上来，这时加藥剂后，就可使它的表面变成亲水性的，因而就选不上来。所以矿物能选不能选，完全由我們来控制。

为了使浮起来的矿粒能停留在水面上，就必須造成稳定的泡沫。另一方面，为了使气泡与矿粒有相互接触的可能，必須使气泡在水的整个体积中充分地扩散开，并且还不要讓气泡很快地相互結合成大气泡。为达到这个目的，就必須往矿浆中加一种藥剂，叫做起泡剂。加入起泡剂的矿浆經攪拌后，就能生成大量的稳定的泡沫。

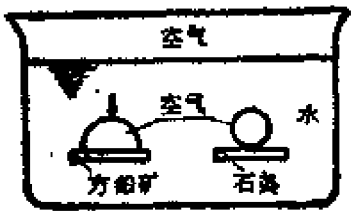


图 23 气泡附着在方鉛矿和石英上的情况

綜上所述，可以得出这样的結論：矿物表面的性質决定了能选不能选，浮选只能选表面是疏水性的物体。但是，我們可以加藥来控制矿物的表面，使它成为疏水或使之成为亲水。加藥也可以生成大量的稳定的泡沫。

（二）矿物顆粒是怎样附着到气泡上去的？

在矿浆中加入浮选藥剂，当有用矿物与藥剂接触后，藥剂就在有用矿物的周围形成一层很薄的薄膜，这层薄膜是疏水性的。当矿浆中有大量气泡存在时，这些表面是疏水性的矿物与气泡接触后，就能粘到气泡上去，然后被气泡带到矿浆面上来。将泡沫刮出来，就是精矿。脉石是亲水性的，加入的藥剂不能改变脉石表面的性質。也就是說，脉石的表面上沒有一层疏水性的薄膜，而仍是亲水性的，所以尽管与气泡接触也不能粘上去，而被留在浮选机里。

§2. 浮选藥剂

一、什么是浮选藥剂： 浮选藥剂是用以調节与控制浮选过程的。它能改善或減弱矿物的可浮性，能改变矿物表面的潤湿性質，使有用矿物相互分开并与脉石分离，使浮起的矿物稳定地停留在水面或矿液面上，形成能保証矿物浮起的稳固的气泡。这些在浮选过程中加入的一系列的藥剂，叫做浮选藥剂。

二、浮选藥剂的分类： 按藥剂在浮选过程中的作用原理，可以分为：

（一）捕收剂；（二）起泡剂；（三）抑制剂；（四）活性剂与硫化剂；（五）矿浆調整剂。

三、捕收剂： 它能促使被浮矿物的表面造成疏水性薄膜，这层薄膜可以改变矿物表面原来的亲水性（或弱疏水性），加强它不受水潤湿的性質，从而改善矿物对气泡的附着性。常用的捕收剂有：

（一）黃藥：黃藥是选别有色金屬矿物不可缺少的捕收剂，如对銅、鉛、鋅等浮选。

黃藥的成分如乙基黃藥是由酒精（C_2H_5OH）、二硫化碳（CS_2）和氢氧化鈉（NaOH）三种物質合制而成。分子式为 $C_2H_5OCSSNa$ 一般称之謂低級黃藥。

一而高級黃藥可分为丁基黃藥（$C_4H_9OCSSNa$）与戊基黃藥（$C_5H_{11}OCSSNa$）两种，在制造原料上只是将低級酒精換成了高級酒精，其他成分完全相同。

高級黃藥比低級黃藥的捕收力强，所以用量少。

黃藥的性質：

表 7

种　　类	顏　　色	純　度，%
固体黃藥：低級	淡　黃	80～94
固体黃藥：高級	稍帶赤色的黃色	
液体黃藥	褐色乃至全黑色	40～60

黃藥在使用上应注意的事項为：

1. 固体黃藥和液体黃藥在使用时，必須配成10～20%浓度的水溶液，其添加方法应以杯式自动給藥机定量添加，在沒有給藥机的地方，可用容器自动滴出。

2. 黃藥在弱碱性（pH＝7～8）矿液中最易起作用，而在酸性矿液中（pH＝6左右），則不易溶解，作用时間长且用量多；在强酸性矿液中（pH＝4以下）則容易分解。因此，在使用黃藥时，必須注意矿浆中酸碱度的調整。

3. 黃藥与硫酸銅、硫酸鋅同时添加时黃藥会失去效能，必須二者間隔相当时間依次添加之。

4. 黃藥添加量过多或不足时，均对浮选产生恶劣影响，故应严格掌握黃藥的添加量。

5. 黃藥接触空气，易于变質失去效力。

6. 保管黃藥时，应注意防火。

（二）黑藥：它是一种捕收剂，但还具有起泡的性質。黑藥比黃藥好的地方，是它对硫化矿物有一定的选择性，例如：用黑藥浮选銅、鉛、鋅、黃鉄矿时，銅鉛鋅浮游很好，而黃鉄矿沉落到尾矿中去，由此說明黑藥对各种矿物是有选择性的。

黑藥的种类与用途：

1. 15号黑藥：它是将15%的五硫化二磷加入甲酚中作用而成，含有过量的游离甲酚。因此，15号黑藥有捕收与起泡两种性質。选金矿时可采用。

2. 25号黑藥：它是将25%的五硫化二磷加入甲酚中作用而成，比15号黑藥捕收力强。

3. 31号黑藥：它是将6%的白藥加入于25号黑藥中飽和而成。此藥在鉛矿、銀矿及氧化金銀矿浮选时使用。

4. 鈉黑藥：它是将乙醇（酒精）与金屬鈉中加入五硫化二磷反应而成，在含有黃鉄矿之鉛鋅矿或銅矿的优先浮选过程中用之有效。

黑藥的使用：

1. 黑藥分液体和固体两种。液体的黑藥代号为15#、25#、31#；固体黑藥为鈉黑藥。

2. 液体黑藥为黑色之液体，比重15#为1.10，25#及31#为1.19，在中性矿液中最易起作用，有捕收与起泡两种性質。

3. 固体黑藥为淡灰色乃至暗灰色之粒状物，稍有吸湿性，易溶于水，因无起泡性，故可与起泡剂并用。

四、起泡剂：是一种有机的表面活性物質，在浮选时，能产生足够数量稳固的气泡，以供被浮矿物的浮起。

起泡剂应具备下列条件：

（一）具有发生多量的較微小的大小均匀的气泡的能力；

（二）各气泡具有能充分支持矿粒的浮力；

（三）气泡由浮选机排出后有容易被破坏的优点；

（四）价格低廉。

常用的起浮剂为：

1. 松根油：它用松树根、叶及茎作成，其蒸餾法有水蒸气蒸餾与干餾两种，但以水蒸气蒸餾为标准。

松根油的性質如下表所示。

表 8

蒸餾法	顏色	比重 20°C	分餾最高温度 (°C)
水蒸气	淡黃至深黃	0.92～0.95	237
干餾	赤色至赤黑色	0.91～1.04	247

松根油在使用上及保管上应注意之事項：

（1）松根油生成的气泡为中等大小（20 毫米左右），稍脆。如发生非常大的气泡时，說明黃藥使用量不足，或是松根油使用过量，应及时調节之。

（2）松根油使用过量时，泡沫层異常浓厚，因而容积过大，挟带大量脉石流到泡沫槽中，此种現象应注意避免之。

（3）松根油使用量不足时，泡沫层非常稀薄，矿石易从泡沫落下，此現象应注意避免。

（4）松根油应以輪式給藥机添加，不得混入其他油类。

（5）松根油应貯藏在不潮湿的、且无日光直射的室內，注意防火。

2. 2号浮选油：它是松树根、叶等蒸发出来的产品，再加以硫酸和酒精处理后而得出的一种起泡剂，比松根油純一些。

3. 甲酚：甲酚是由煉焦副产物再加分餾于 170～230°C所得之产品中提煉而成。

甲酚的起泡性不如松根油，但具有捕收性能，是浮选方

鉛矿时最有效的藥剂。

甲酚的性質为黑褐色，沸点190～230°C，比重＝1。甲酚所起泡沫比松根油所起泡沫强韧，如选鉛鋅矿或金銀矿物，在必要时可使用之。

4. 重吡啶，系深色的油質液体，比重不小于1.05，它具有起泡性，又具有捕收性能，在浮选鋅矿时，可用做起泡剂。

五、抑制剂：抑制剂是用来暫时抑制可浮矿物的一种藥剂，即可使疏水性的矿物表面，变成亲水性矿物表面，以便把某一矿物从其他許多矿物中选出来。

例如优先浮选方鉛矿、閃鋅矿及黃鉄矿矿石时，采用石灰、氰化鈉、硫酸鋅等抑制剂，来浮选方鉛矿，抑制閃鋅矿及黃鉄矿。

常用的抑制剂为：

（一）氰化鈉或氰化鉀（NaCN或KCN）：

1. 氰化鈉（或氰化鉀）是金屬鈉与氨之化合物在木炭中加热而成，純度为96～98%。

2. 氰化鈉对抑制黃銅矿、閃鋅矿、黃鉄矿时很有效。

3. 氰化鈉在抑制閃鋅矿时，如与硫酸鋅同时添加則更为有效，氰化鈉与硫酸鋅之比例一般为1：4，但要看矿石性質来决定。

4. 氰化鈉对方鉛矿、輝銅矿沒有抑制作用。

5. 添加氰化鈉时，应配成10～20%的水溶液，用杯式給藥机添加于球磨机中。

6. 氰化鈉极为有毒，接触之处，应及时洗淨。

（二）硫酸鋅（$ZnSO_4$）：

1. 硫酸鋅为金屬鋅或氧化鋅在硫酸中溶解后而成。

2. 硫酸鋅为白色之結晶，有潮解性。

3. 硫酸鋅在抑制閃鋅矿时使用之，单独使用效果不大，多与氰化鈉并用。

（三）重鉻酸鉀（$K_2Cr_2O_9$）：

1. 重鉻酸鉀为赤色之結晶，比重为2.52，易溶于水。

2. 重鉻酸鉀是方鉛矿的有效抑制剂，故在銅、鉛分离浮选时，用它来抑制方鉛矿。

3. 被重鉻酸鉀抑制的方鉛矿在活化时，可用硫酸亚鉄或盐酸为活化剂。

（四）水玻璃（Na_2SiO_3）：

1. 水玻璃是硅砂与苏打灰熔化而成。

2. 水玻璃为石英、硅酸盐的抑制剂，使用时应配成5～25%的溶液。

3. 水玻璃使用时不能添加过量，若过量則泡沫脆弱，所有矿物都有被抑制的危险。

六、活性剂：活性剂是将原来难以浮游的矿物及将已被抑制下去的矿物，給以表面活性，即使原来亲水性的表面，改变成为疏水性的表面，使能順利地浮游起来。

常用的活性剂为：

（一）硫酸銅（$CuSO_4 \cdot 5H_2O$）：

1. 硫酸銅为金屬銅或氧化銅，在弱硫酸溶液中作用而成。

2. 硫酸銅为綠色結晶，比重为2.28，可溶于水。

3. 硫酸銅为閃鋅矿、黃鉄矿及黃銅矿等的活性剂，普通以5%溶液添加于調整槽內。

4. 使用时，不得与其他黃藥同时添加。

（二）硫化鈉（Na_2S）：

1. 硫化鈉为氧化銅矿、氧化鉛矿及黃鉄矿之活性剂。

2. 工业純度为50%，使用时配成10%的溶液，加于碱性矿液中。

3. 硫化鈉添加过量时，能强烈地抑制硫化矿（銅、鉛、鋅等），故应注意使用量。

七、調整剂：調整剂是为了調整矿液中的酸碱度而添加的浮选剂。

常用的調整剂为：

（一）石灰（CaO）：石灰可使矿液呈碱性。

1. 石灰对黃鉄矿、磁硫鉄矿，有抑制作用。

2. 石灰使用过量有抑制銅和鉛的作用，并做成强韌之泥質泡沫，致使精矿品位降低，故必須严格控制石灰用量。

（二）苏打灰（Na_2CO_3）：

1. 石灰碱性太强影响优先浮选时，可以使用苏打灰。

2. 碱度須保持在8.5～9时，使用苏打灰可得較好之結果。

3. 苏打灰，以固体或配成10%之溶液，添加于球磨机內，純度为95%。

4. 苏打灰如使用过量，会使回收率下降，故应注意。

（三）硫酸（H_2SO_4）：

1. 硫酸能使矿液呈酸性，在选硫化鉄时，添加硫酸。

2. 硫酸侵蝕性甚强，使用时，应特别注意人身、工作服及使用的器具被侵蝕。

3. 稀释硫酸时，必須将硫酸傾注水中，而不得将水注入硫酸中。

八、藥剂的添加順序：在选多金屬矿石时，往往要加很多种藥剂，这些藥不能同时添加，也不能同时加在一个地方，而应按一定的順序分别添加。

其順序为調整剂→抑制剂→活性剂→捕收剂和起泡剂。

九、藥剂的添加量及添加地点：

表 9

类别	藥剂	数量，克/T	地点
捕收剂	黃藥	50～300	搅拌槽或浮选机
	黑藥	25～100	球磨机
	白藥	小于 100	球磨机
起泡剂	松根油	30～125	搅拌槽或浮选机
	甲酚	25～75	搅拌槽
	重吡啶	10～20	搅拌槽
抑制剂	氰化鈉	50～500	球磨机
	硫酸鋅	100～1000	球磨机
	重鉻酸鈉	50～125	搅拌槽或浮选机
	水玻璃	150～3000	搅拌槽或浮选机
活性剂	硫酸銅	250～1000	搅拌槽
	硫化鈉	250～1500	搅拌槽
調整剂	石灰	500～5000	球磨机
	苏打灰	500～2500	球磨机
	硫酸	500～2500	搅拌槽或浮选机

十、加藥机：选矿厂一般使用三种加藥机：杯式、輪式与吊斗式，有时也用干式加藥机。

（一）杯式加藥机：它可用来添加不带粘性的液体藥剂。

（二）輪式加藥机：它可用来添加油質的藥剂（松根油、黑藥、各种树脂等）。

（三）吊斗式加藥机：用来添加液体及油状的藥剂。

在沒有給矿机的地方可以采用滴葯法即将油和葯灌在瓶中引出一根棉花繩，葯剂就順棉花繩流出。

§3. 浮 选 机

一、浮选机的用途及对它的要求：

浮选是在浮选机中进行的。矿浆在浮选机中經过連續不断强烈的攪拌，在浮选藥剂的作用下，有用矿物粘在气泡上，然后上升到矿浆表面，把这些泡沫刮出来，就得到精矿。

浮选机应滿足下列要求：

（一）浮选机要連續运轉。

（二）空气要連續不断地进入浮选机內。在矿浆中，空气要很好的分散，气泡分布要均匀。

（三）矿浆表面上的矿化泡沫应稳定，泡沫排出应便利。

（四）設备安装与检修要便利。

（五）动力消耗要小。

二、浮选机的分类：

按照空气輸送的方法，浮选机分为机械攪拌式浮选机和气升式浮选机。

（一）机械攪拌式浮选机：空气和矿浆借水輪的不断攪拌而吸入，并得到均匀的分散。目前我国新建的选矿厂中，广泛地采用苏联机械选矿研究院出品的“米哈諾伯尔”型浮选机。此种浮选机我国都可以自制。一般新建的大选矿厂中，多采用5A或6A型浮选机。而我們的小型选矿厂，則采用仿苏3A型的木制簡易3号浮选机。

（二）气升式浮选机：由空气压縮机将空气压入槽子里。气升式浮选机又可分为浅槽式和深槽式两种。目前我国

极少采用气升式浮选机。

三、簡易3号浮选机：

（一）构造（見装配图）：

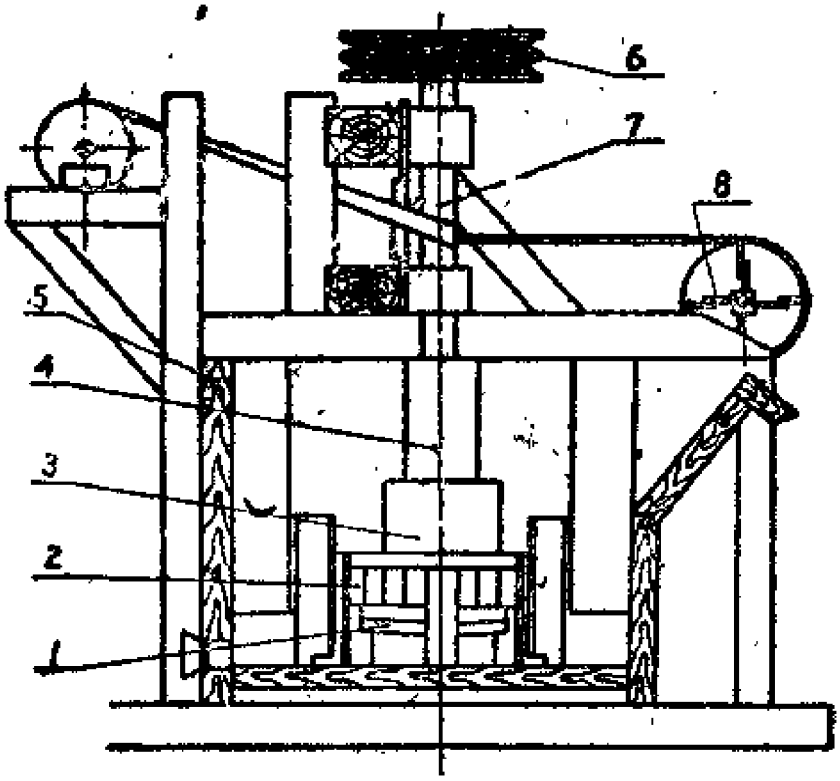


图 24 簡易3号浮选机（甲型）

1—水輪；2—盖板；3—連接筒；4—空气导管；5—木槽子；6—皮带輪；7—竪軸；8—刮板

簡易3号浮选机是由槽身、竪軸、水輪、盖板、空气管、連接筒、皮带輪、刮板等主要部件构成。簡易3号浮选机共有两种型式。一种是甲型，一种是乙型。下面我們仅就甲型加以介紹。

竪軸的上端固定着一个三角皮带輪、下端固定着水輪，水輪的上面安放着一个盖板，盖板則固定在槽子底部。水輪

可以在盖板間自由地旋轉。在盖板上固定着連接筒和空气管

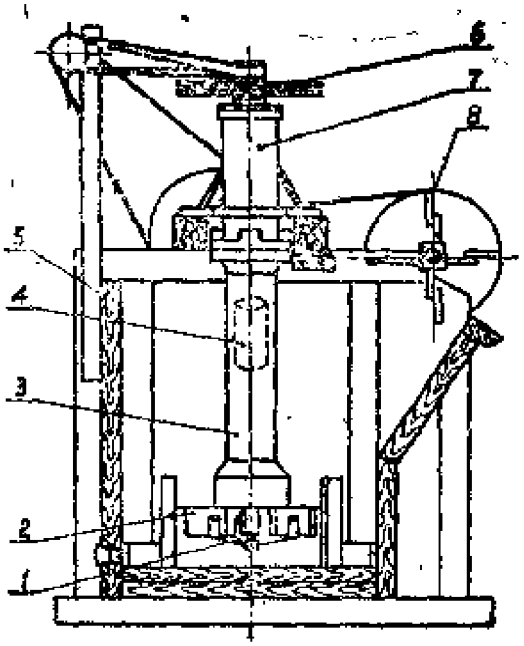


图 25 簡易3号浮选机（乙型）

1—水輪；2—盖板；3—連接筒；4—空气导管；5—木槽子；6—皮带輪；7—竪軸；8—括板

（它們是套在竪軸的外面、在安装水輪前，必須先套入空气管、連接筒和盖板），它們都放在槽子的中間，槽子上有木架子，竪軸就固定在这个架子上。电动机通过皮带来带动竪軸旋轉，如果八台浮选机，就需要两台电动机、通过三角皮带来带动旋轉，在槽子前上方有一排刮板、作为刮出精矿之用。

甲型浮选机的缺点，在于使用滑动軸承，漏油很多，又不便于安装，并且水輪与盖板之間的上部間隙无法調整。新設計的乙型浮选机，系使用滾珠軸承，既不漏油、又省动力，安装找正也方便。盖板不是固定在木槽上，而是吊在空气連接筒上，可以在安装前自由調整間隙，当一台浮选机需要更換水輪和盖板时，可把竪軸整个吊出来进行检修，而其他浮选机可以不必停車照常运轉。而缺点是竪軸部件的重量較大。

（二）各主要部件的作用：

1. 槽子(机壳)：它是由木板制成的方形槽子，其长、宽、高各为0.7米，槽子是用来盛装矿浆和支承各部件的。

2. 水輪：是由白口鉄制成，它是浮选机主要部件之一。由于水輪的强烈攪拌，才能使矿浆和空气不断地吸入和均匀地分散。它的轉数，直径、形状及与盖板的間隙，直接影响空气的吸入量，即影响浮选成績。它的形状，在一个圆盘上有六个叶片，中間有孔，孔的上面粗下面細，正好与竪軸配合好，用螺帽压紧。水輪与盖板的間隙以5～6毫米为宜，一般不得超过15～20毫米。在生产中，水輪与盖板磨損很快，使二者的間隙逐漸加大，空气吸入量降低，浮选指标下降。因此，水輪与盖板磨損到一定的程度后，就要更換新的。一般白鑄鉄的水輪与盖板，可用2～3个月。

3. 盖板：盖板是由白鑄鉄制成，它的作用是：

（1）使空气和矿浆得到均匀的分散。

（2）保护水輪，避免停車时水輪被矿砂埋沒。盖板上有12个垂直的与半径成45°的导向叶片，其中4个长的，8个短的。这种形式的盖板，可以提高空气的吸入量。盖板上有12个小孔，做为矿浆循环流动之用。盖板是在水輪的上面，它的下面与水輪叶片最高处要保持5～6毫米的間隙。盖板的上面固定着連接筒和空气管，矿浆和空气是从中間的大孔进入的。盖板由下面的4个长叶片固定在槽子底部，所以浮选机运轉时，盖板不动。

4. 竪軸，它是由高炭鋼制成的。竪軸的底端固定有水輪，上端固定有三角皮帶輪。軸由滑动軸承固定在槽子上面的木架子上。軸与軸承間必須密切吻合，以防止机油漏入槽子里。

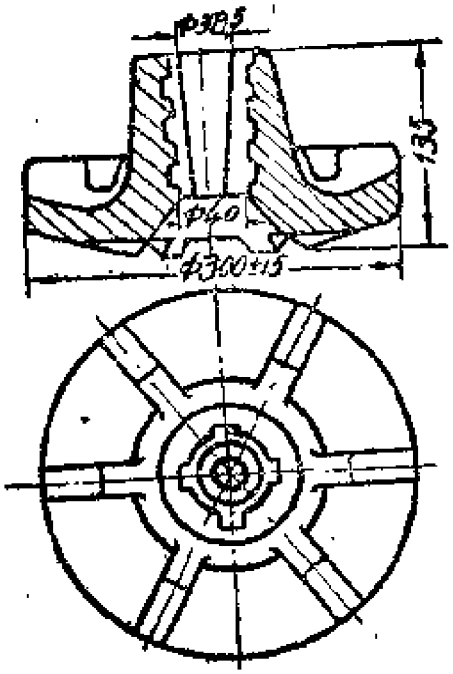


图 26　水輪

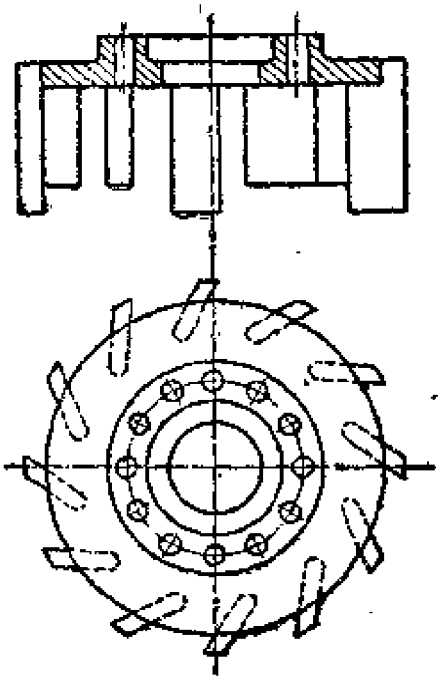


图 27　盖板

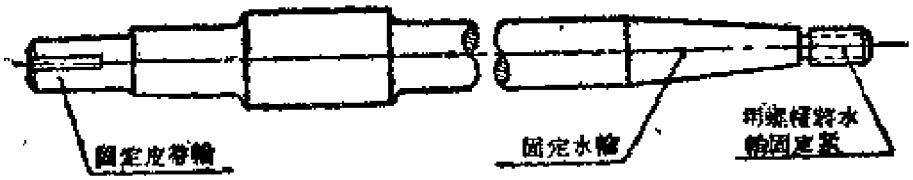


图 28　竪軸

5. 連接筒：連接筒是位于盖板上面竪軸外面的圓形筒。筒的四面有孔，原矿給入和中矿返回时，必須通过連接管給入連接筒。相邻槽子的矿浆則不須通过連接管給入，只在来矿方向的那一面留一个孔即可給入矿浆。多余的孔，可用木塞堵住。

6. 空气管：它套在竪軸外面，下面与連接筒相接，上端則高出泡沫层。它的作用是：

（1）导入空气。

（2）保护竖軸免受矿浆磨損。

当矿浆沿着連接管进入水輪上时，矿浆被旋轉的水輪甩出去，因而使盖板的下部造成眞空区，这时，大量的空气沿着垂直的空气管进到槽子里，并由于水輪的攪拌而分散到矿浆中形成气泡。

7. 閘板：在每个选区之間和排尾矿处，插入一块閘板，用来控制矿浆面的高低。

8. 刮板：在一排浮选机的前上方，安装有刮板，由于它的不断旋轉而将泡沫刮出。它可由浮选机的竖軸，通过一套传动装置来带动旋轉。

四、浮选机的选矿过程：

矿浆（分級溢流）經藥剂作用后，由主給矿管給入第一台粗选机。矿浆經水輪的强烈攪拌，而得到充分的悬浮，使盖板下部造成眞空带，因而就会不断地吸入大量的空气，并将空气分散成均匀的小气泡。有用矿物顆粒附着在气泡上，并随同气泡上升到矿浆表面，形成矿化泡沫，由刮板刮出就成为精矿。留在槽子里的矿浆进入第二台浮选机再选，刮出精矿；而尾矿进入第三台浮选槽再选，依此类推，直到最后排出尾矿。

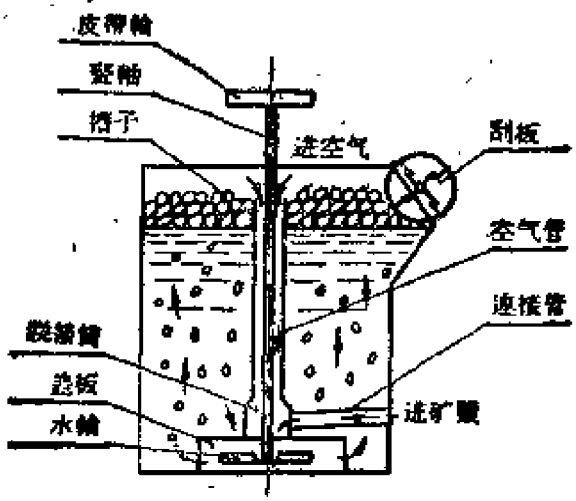


图 26 矿浆和空气进入浮选机后的浮选情况

五、3号浮选机的技术规格：

表 10

编号	名称	规格	备注
1	容积	0.35 米³	每个槽子
2	吸入空气量	0.5 米³/分/米²	
3	水轮直径	φ300 毫米	
4	水轮转数	470 轉/分	
5	刮板轉数	17.5 轉/分	
6	电动机	10 瓩，1450 轉/分，二台	10 台浮选机用
		7 瓩，1450 轉/分，二台	8 台浮选机用
7	設备图紙图号	a6—0204265	

六、气升式浮选机：

（一）浮选过程：

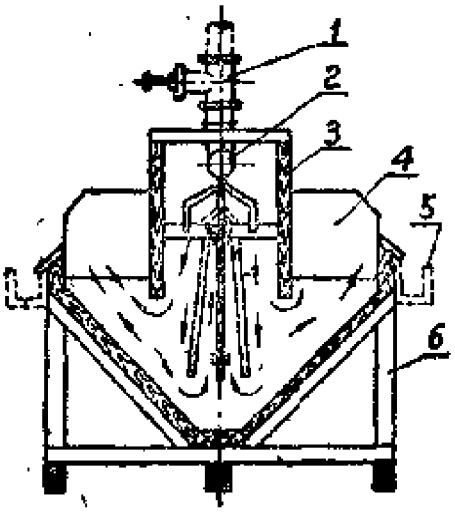


图 30 气升式浮选机
构造示意图
1—閘閥；2—风管；3—风管支架；
4—槽体；5—精矿槽；6—支架

矿浆由槽子的一端給入V形槽子的下部。压縮空气由空气主管分别給入空气支管，空气支管插入槽子里（距槽底150毫米），因而在槽子下部由于空气的作用而形成攪拌区。气泡在气升挡板間上升，有用矿物就附着在气泡上而随之上升。泡沫經过气升挡板到达泡沫区，由于泡沫的不断加厚而自流入精矿流槽中，成为精矿。最終尾矿則由槽子另一端排出。50吨/日选矿厂需要1.2寬、4.8～6米长的气升式浮选机，其风量是25米³/分，风压1.2米水柱。

（二）气升式浮选机的优缺点：

1. 优点：构造簡单，制造方便，除空气管外，其余各部均由木材制成，所以价格低。

2. 缺点：攪拌区小，矿浆很快就会沉淀，空气支管容易堵住，且易磨損，还需要一台鼓风机。气升式浮选机由于沒有吸力，不能調整浮选回路，只适用于容易浮选的矿石。

§4. 浮选的生产操作

一、浮选流程：

浮选流程是由矿石的性質所决定的，它的基本流程如图31所示。矿石經过磨矿和藥剂处理以后，形成矿浆送入浮选机，浮选时先經过粗选，粗选所得的泡沫就是粗精矿。对于单金屬易选矿石，如黄銅矿，粗精矿品位已經达到了10%以上时，它就可以做为最終精矿出厂；但对难选矿

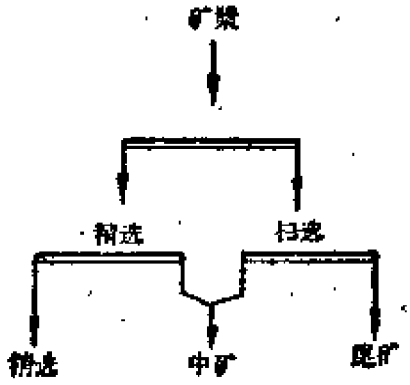


图31 基本浮选流程图

物或者多金属矿物，为了提高精矿質量，通常对粗精矿再进行一次或几次精选。粗选时，可能会有一部分金属矿物沒选上来，所以把粗选尾矿送往下几个浮选槽内再选，这叫做扫选。精选的目的是为了提高品位，扫选的目的是为了提高采收率。精选和扫选得出中矿，一般都返回到粗选槽内，但是如果中矿中大部分有用矿物与脉石沒有单体分离，成連生体状态存在时，最好把它送到球磨机中再磨。

处理多金属矿石时，需要較复杂的浮选流程。一般常采用下列三种方法：

（一）在浮选时，使浮游性能大致相等的几种矿物同时选出，叫做混合浮选法。

（二）在浮选时，依次地选出各种有用矿物，叫做优先浮选法。

（三）混合浮选出来的混合精矿，在进行分离浮选时，叫做混合优先浮选法。

下面举出几种矿石加以討論：

1、硫化銅矿石的浮选流程：

图 32 所示流程适用于容易浮选的矿石。矿石送入第一个浮选槽，然后順序地通过全部浮选槽。前三个浮选槽刮出来的泡沫就是最終精矿；后五个槽子刮出的泡沫是中矿，返回第一个槽子再选；从最后的槽内排出尾矿。

图 33 是用以选别比較难于浮游的含銅矿石的流程。为了增加浮选时間，浮选槽增加了两个，以提高回收率。增加了精选作业，可以提高精矿品位。

图 34 是用以选别难选矿物的浮选流程，它的特点是通过两次扫选来增加矿物被选上来的机会。

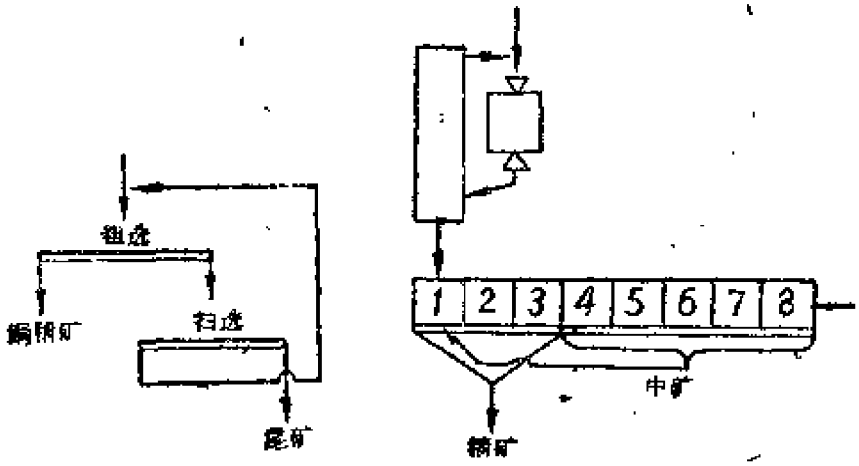


图 32　易浮矿石浮选流程

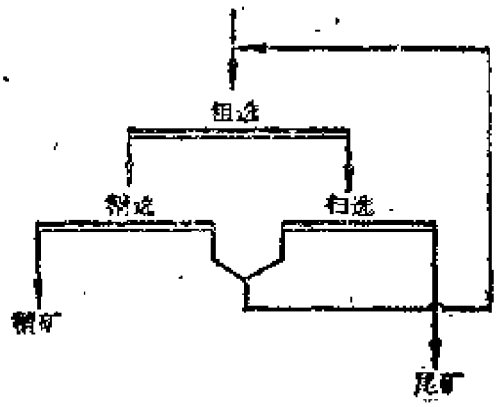


图 33　较难选矿石的浮选流程

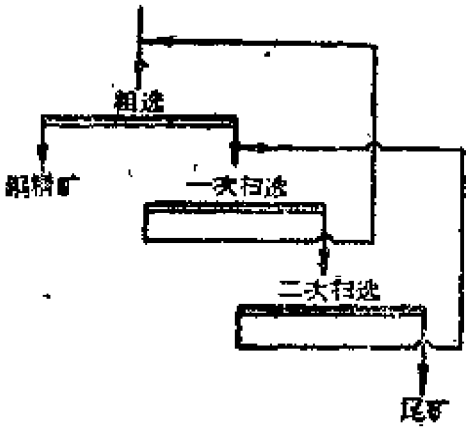


图 34　难浮矿石的浮选流程

上述三个浮选流程所用的药剂可以加在球磨机里，也可以添加在粗选前的搅拌槽里。

对单金属硫化铜矿石，磨矿細度一般在－200 目占 50—70% 之間，精矿品位可达 8～15%，回收率为 80～92%。

2．氧化銅矿的浮选：

氧化銅矿的表面浮选性質同脉石相差不大，所以它要比硫化矿难选，另外，氧化矿在磨矿过程中容易产生大量的微細矿泥，这也会使浮选情况变坏。

在氧化銅矿中，翠綠色的孔雀石是比較好选的。硅孔雀石是氧化矿中最不好选的一种，目前尚无良好方法处理，我們建議在遇有硅孔雀石的地方暫时不要处理。

在选矿厂里处理氧化矿的基本方法，是加硫化藥剂将其表面硫化，使它具有硫化矿表面性質，然后按硫化矿的选别方法和藥剂来浮选。

图 35 表示氧化矿的浮选流程。将硫化鈉配成 10% 的浓度加入球磨机中，使矿浆与硫化鈉有較长的接触时間，在孔雀石的表面形成一层硫化銅的薄膜，这层薄膜与硫化銅矿一样容易浮游。被硫化过的矿石，在弱碱性矿液里，加黃藥、松根油就可以选上来，硫化鈉不宜一次加很多，这会对銅有抑制作用，所以在二次扫选前再加一次。

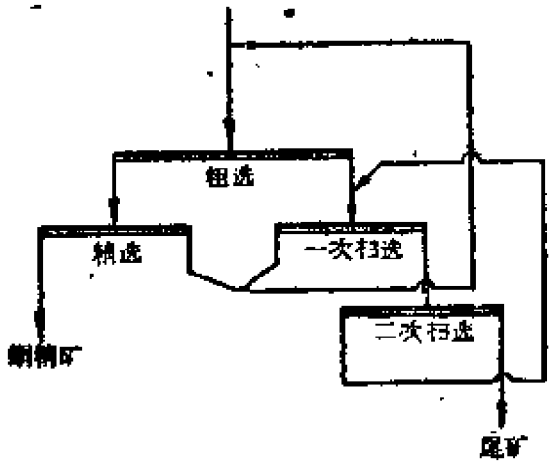


图 35　氧化銅矿浮选流程

氧化銅矿的选别指标要比硫化矿低，一般精矿品位在7%左右，回收率在 60～65% 左右。

（3）黃銅矿-黃鉄矿共生矿石的浮选：

矿石中含有此两种矿物时，可用浮选方法得出两种精矿。浮选方法可以是优先浮选或混合优先浮选。

图36表示优先浮选法。矿物在碱性矿液（pH＝9-10）中，加黄药和松根油先选铜，在选铜前要加入石灰或氰化钠抑制黄铁矿，然后在铜尾矿中加入硫酸，使矿液成酸性（pH＝6～6.5），再加黄药及松根油浮选黄铁矿。

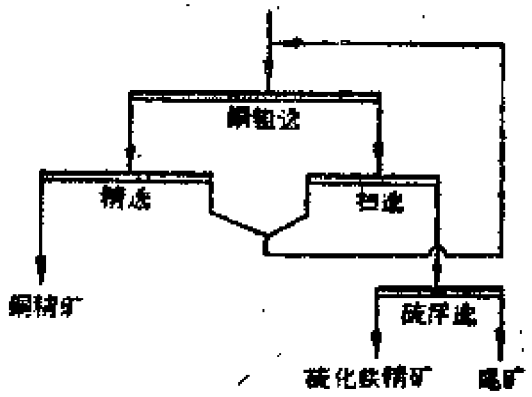


图 36　銅硫优先浮选流程

图37表示混合优先浮选法。先加石灰使矿液成弱碱性（pH＝8～9），再加黄药及松根油选黄铜矿及黄铁矿（硫化铁），得出铜硫混合精矿之后，即送去进行分离浮选。分离时，要先添加氰化物抑制黄铁矿，再加黄药和松根油浮选铜，刮出的泡沫就是铜精矿，铜尾矿就是硫化铁精矿。

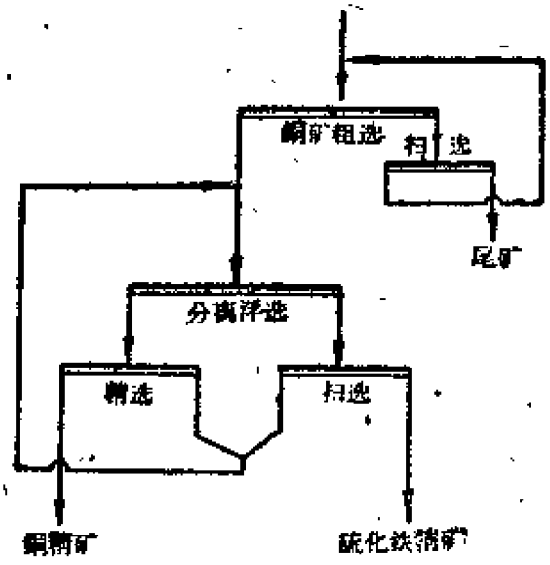


图 37　銅硫混合优先浮选流程

二、浮选的生产操作：

浮选法能使各种矿物有效地分离，其生产成績是由很多因素来决定的：如磨矿細度、矿浆浓度、矿浆的酸碱度、藥剂

的种类、数量、添加順序和添加地点、矿浆与藥剂的接触时間、浮选时間、浮选机的类型及所采用的浮选流程等等。这些条件应根据各地矿石性質的不同，在生产中逐漸地去摸索，以便找出最适合本地矿石性質的各种浮选条件。这些合适的浮选条件，应像制度一样規定下来，浮选工必須遵守这种技术操作制度，只有这样，才能得到較好的浮选指标。

磨矿与分級对浮选成績有决定性的意义。来到浮选机的矿浆量、細度、浓度等的变化，都会引起浮选的不正常。矿浆应按規定的数量、均匀地进入浮选机。由于磨矿处理矿量或矿浆体积的急剧波动，会延长或減少浮选时間，藥剂再沒有及时地增減，一定会使精矿品位和回收率下降。在浮选前，安装攪拌槽，可保証浮选机的給矿量均匀。

当矿浆量和浓度不变时，細度的粗細，对浮选結果也有很大影响。当細度粗时，說明尚有一部分有用矿物顆粒还沒有达到单体分离，也就是說，还与脉石共生在一起，这些顆粒在浮选时，不易选出，而随着尾矿排出，从而使回收率降低；若增加藥剂把这些矿物选上来，則精矿品位会降低。当細度过細时，有用矿物易产生过粉碎，且加强了矿浆的泥化作用，这样精矿泡沫中会挟带上来一些极細粒的脉石，使精矿品位下降，而过粉碎的有用矿物也会挟在脉石中随尾矿排出，使回收率下降。

当給矿量和細度不变时，浓度的忽大忽小，对浮选也有較大的影响。浓度大时，說明水少了，这样会使矿浆体积減少，矿浆发粘，浮选时間增长。此时，虽然回收率会有适当的提高，但精矿品位下降。浓度小了，說明水加得多，因而矿浆体积增大，浮选时間短，即有用矿物被浮上来的机会少。

此时，精矿品位虽有所提高，但回收率却要下降。

通常，浓度与細度是紧密联系在一起的，一般来講，浓度大，細度粗；浓度小，細度細。因此，矿浆的浓細度要严格加以控制，才能使浮选得到保証。

浮选工要想得到好的浮选指标，首先要与磨矿分級工取得密切联系，并注意他們的操作，及遵守技术操作条件的情况如何。

浮选工应重視藥剂制度：浮选就是靠添加各种不同的浮选藥剂来进行的，藥剂制度的改变，会直接影响到浮选指标。小型选矿厂加藥是由浮选工来担任(大选厂由給藥工給藥)，因而就加强了浮选工的責任感。一个浮选工必須要清楚地知道本厂所采用的各种藥剂的用途、性質和使用方法。当发現生产不正常时，应检查藥剂用量、种类和添加地点是否正确，以便及时加以更正。

浮选藥剂不允許有两种或两种以上的用量，或种类同时加以改变，因为同时改变，就看不出那种藥剂对浮选成績有影响，所以要改变藥剂制度，必須得到工长和技术人員的批准之后，才能进行。

原矿品位的高低，也决定了精矿品位的高低。一般原矿品位高（原矿品位0.8～1%），精矿品位也会高。浮选时泡沫层厚，气泡上粘附的矿物顆粒多，泡沫較坚固，泡也不太大，呈黃黑色(系指单金屬黃銅矿矿石)，这时，应該多刮泡，但不得刮矿浆。原矿品位高，藥剂也应适当地增加。原矿品位低（0.6～0.7%），精矿品位也要低，这时，应減少一点刮出量，藥剂也要适当地減少。

浮选工經常是根据泡沫的顏色、泡沫层的厚度及其負荷

量（即矿物粘在气泡上的多少）来控制产品的刮出量，特别是中矿的刮出量。适当地增減捕收剂和起泡剂的用量，可以控制产品的刮出量，但我們一般不利用这个方法。在現厂实际生产中，通常是借提高或降低浮选机閘板的高度来控制泡沫层的高度，从而控制它的刮出量。

利用閘板高低来調节泡沫层的高度时，浮选工应以均匀刮出流动矿化泡沫为标准。矿液面調节完了之后，不要立即走开，待观察几分鐘，操作正常后再离开。

浮选工在工作时应当遵守下述規則：

（一）在接班时，应了解前一班工作中的缺点及克服缺点的方法，检查軸承是否发热，机器上的皮帶是否张紧，刮板是否正常运轉，流槽是否流暢，工作地点是否清洁。

必須检查磨矿工段矿浆的浓度記录，检查藥剂的添加量，检查本班所用的藥剂、种类和数量是否够。

观察浮选的生产情况是否正常，矿液面高低如何。

必須把所发現的全部缺点通知工长或組长，待交班人使浮选工段恢复正常状态后，接班人才能接班，所以应当在正常运轉中交班、接班。

（二）在浮选机开車之前，浮选工应检查浮选机各部件有无毛病，皮帶松紧如何，用手撥一下皮帶輪，检查水輪是否易于轉动，水輪与盖板間是否落入杂物，二者是否摩擦，各部軸承要注油潤滑，槽內若无矿浆应检查浮选机內的給矿管、木塞、挡板等。检查电动机有无毛病，刀型开关絕緣的好坏，保险絲是否有断的。如認为一切正常后，才能开动浮选机。

浮选机在正常运轉时，要随时检查，注意潤滑。必須記

住，由于三角皮带滑动，叶輪和盖板磨損，間隙增大等原因，会減少空气吸入量，因而泡沫減少。經确定原因后，必須立即通知工长或組长，并停車进行检查。

根据泡沫层的厚度和顏色，可以判断出浮选过程，是否正常。

当粗选过程正常进行时，在前面的槽子里形成大量的較大泡沫，泡沫层較厚，泡沫負載的矿物很多，并有金属光泽，在后面的槽子里，泡沫的大小和它的負載量逐漸減小，泡沫层較前面的槽子薄一些，且易于流动。在有精选的流程中，粗选机中的矿浆水平，通常尽可能保持高一些，以便帮助提高有用矿物的回收率。如果泡沫量过多，且泡沫有一种油污发粘的样子，这就是說，起泡剂用量过多，应立即适当減少起泡剂的用量。

在扫选过程正常进行时，浮选机中的泡沫层較薄，在前面的几个槽子里，有負載矿物的泡沫，而在后面的几个槽子里，泡沫逐漸变成水泡和半透明的泡沫。

在精选过程正常进行时，要保持低的矿浆水平和高的泡沫层，以便得到較高質量的精矿。这时，泡沫形成一种大小相同而易于負載矿物的泡沫。

浮选机在正常运轉中，机器油若落入浮选机中，会使泡沫层变薄，不起泡或起大泡，这样会降低回收率，因而必須防止。

在球磨机和分級机停車之后，才能停下浮选机，并停止給水給藥。相反，在开动浮选机、攪拌槽之后，才能开动球磨机和分級机。

（三）在交班时，生产情况应当正常，机械无故障。

交班之前，应将机器不轉动部分擦干净，工作地点打扫干净。

在交班时必須把本班操作中所有的缺点告訴接班人，并交出現存的工具和备品，交班后沒有特殊事情，应立即离开工作地点。

浮选工应当备有必需的备件和工具，如皮带、空气管，以及清理导管和流槽用的通条、木塞、板鉗、挡板、錘子、釘子和潤滑油等。

对于調节浮选过程，浮选工主要是掌握三个关鍵：各个产品的刮出量，浮选机內矿浆浓度和浮选油藥。

当浮选机水輪及盖板的間隙大于20毫米时，空气吸入量显著降低，动力消耗加大，此时应該更換新水輪及盖板。甲型簡易3号浮选机水輪及盖板的更換步驟如下：

1. 打开浮选机后面的木塞，放出槽內矿浆，并把积砂清理干淨。

2. 将竪軸軸承固定螺釘松开，吊出浮选机主軸。

3. 将原有水輪及盖板拆下換掉。

4. 把新盖板先套在軸上，再上水輪，水輪下面用二个螺帽撐紧。

5. 为了保护軸不被矿浆磨損，把主軸下部包一层橡皮。

6. 将竪軸吊起安在机架上。

7. 把盖板固定在槽子底上，固定时注意要使側面間隙均勻地保持在5～8毫米之內。

8. 固定軸承上的四个螺釘，紧这四个螺釘时要注意：（1）不使水輪碰盖板；（2）皮带輪的高低要合适；（3）

撑好后要一个人能轉动竪軸而不别劲，否則要調整这四个螺釘的松紧或加垫。

9. 試車时要注意水輪的轉向，水輪由上面看是順时針旋轉的。

第六章　生产檢查

§1. 取　　样

取样的主要目的，是为了将样品送去化驗品位、篩分細度和測量水分。这就要求取出的样品能有代表性。它的組成成分应与所代表的全部矿石的成分相同，这种样品叫做平均样品。

一、干矿石取样：样品的重量有一定的要求，取少了沒有代表性，取多了則篩分工作量大。一般采矿来的矿碗为150毫米以下，平均样品的重量应該取2000仟克，这样篩出来的結果才有代表意义。老虎口排矿粒度为20～25毫米，要有100仟克的样品才有代表性。老虎口排出矿石的取样，可以到矿仓里去用桶直接对着老虎口排口接取。只有在生产考查时才进行干矿石的取样篩分。

二、矿浆的取样：生产中每班都要采取分級机溢流（浮选原矿）、浮选精矿及尾矿三种样品。送去化驗品位的样品，是用扁口的取样壺（如图38）横截整个矿浆流取出的。当使取样壺横截矿流徐徐走动时，矿浆就通过扁口进入壺中。然后把壺中矿浆倒入一个专門盛样品的小桶中（注意倒干淨）。此种样品每隔30分鐘取一次。原矿、精矿及尾矿用的取样壺和盛样用的小鉄桶，应分开使用，以免影响化驗品位。根据化驗能力的大小和生产管理的要求，样品可以每班为单位；也可以每天为单位送去化驗。矿浆平均样品經过烘干后，用四分法进行縮分，其办法如图39所示：（一）用小鉄

鍬將矿石在鉄板或橡皮板上堆成圓錐形；（二）將圓錐形压成圓餅；（三）把圓餅对称地分成四分；（四）去掉其中对角兩部分，留下另外兩部分再重新用四分法进行縮分。每次減少一半矿量，一直減到所需要的数量为止。样品縮分后取出正样送去化驗及篩分。付样留下保存起来。一般送去篩分的样品要重 100 克到 200 克，送去化驗的样品要重 100 克。

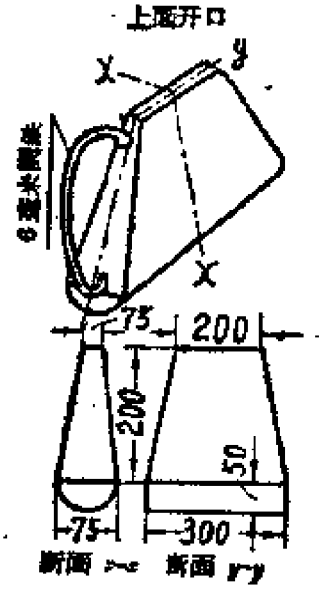


图 38 漏口的取样壺

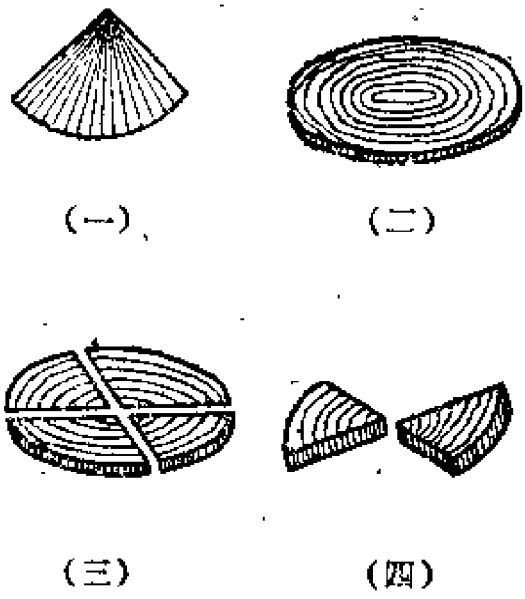


图 39 四分法取样

三、沉淀池精矿取样：矿浆經过沉淀后的水分达到20%以下。精矿在运往冶炼厂装車之前要进行取样、化驗品位与測定水分。取样管用一个缺口的 1 吋鋼管制成（图40）。

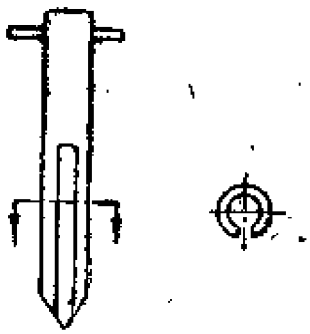


图 40 取样管

装車前要将湿矿石先装入容

器里称重，再倒在車上。每装一次，用取样管插一次。取样管插入容器后就带上一部分矿石，然后把它刮在小桶里，送出先测定水分，再縮分取出正付样去化驗品位。

§2. 矿量的測定

一、原矿量的測定：从矿山送到选矿厂的矿石，在破碎前要进行称重。小型选矿厂可用磅称称重。每次称重都要記录，通过記录来計算每天的来矿量（称量出的重量有一部分是含在矿石中的水分，但因水分很少，故可忽略不計）。

二、球磨机給矿量的測定：在小型选矿厂里，球磨机是由人工控制給矿，因此給矿不易称量。在一般較大型的选厂中，常采用下述方法来計算球磨机的給矿量：在碎矿接班的时候，要求粉矿仓是滿的。接班后，逐漸碎矿逐漸排矿，当交班时要求粉矿仓仍然是滿的，因此本班的碎矿量就是球磨机的給矿量，而碎矿量可用磅称称量。

三、精矿量的測定：精矿量出厂前要进行称量。小型选矿厂精矿量少，而且几天才运出去一次，所以可以临时用磅称称量。所得到的重量，減去精矿中的水分，就是实际精矿量。

§3. 篩分分析

一、老虎口排矿的粒度篩分：为了检查老虎口排矿产品中粗粒和細粒量的多少，以便检查老虎口的破碎效率，所以要进行篩分。小型选矿厂的球磨机給矿粒度要求小于20～25毫米，因此可以采用篩孔为20毫米、15毫米、10毫米、6毫米等四个級别进行篩分。根据篩分結果称量，計算各級别百分

含量。篩分时矿石应放在一块大鉄板上或鉋光的木板上，以免細粒漏失。

二、磨矿产品的篩分：在实际生产中，主要应检查磨矿机排矿和分級机溢流中 -200 网目的百分含量。

（一）湿法篩分：其篩分方法是，取一定数量的矿浆，烘干后，用四分法縮分。取出 100 克，在盛水的脸盆中用 200 网目的篩子进行湿篩。篩下的不要，篩上的烘干后称重，所得到的重量，就是篩上的百分含量。篩下量＝100－篩上量，即篩下的百分含量。这个方法比干式篩分要准确。

（二）湿式快速篩分：这种篩分方法，最适合于現厂生产测定細度用，虽然有些誤差，但是很快就能完成，因而有实际意义。其篩分方法是，用取样勺截取矿浆，倒入浓度壺，滿了为止。称其重量为 W_1，然后将其中矿浆倒在盛水的脸盆中，用 200 网目的网孔进行湿篩。篩上量返回到浓度壺中，装滿水称其重量为 W_2，然后用下式計算：

$$\text{篩上重量，}\% = \frac{W_2 - W_3}{W_1 - W_3} \times 100\%$$

式中 W_3 为浓度壺装滿清水后的重量；

篩下重量，% ＝100—篩上重量%

沒有 200 网目篩子时，也可用其它网目的篩子进行篩分。

§4. 浓度的測定

生产过程中經常要測定球磨机排矿和分級机溢流的浓度。浓度是用浓度壺測定的，这个方法很簡便迅速，而且比較准确。其測定步驟是，用取样勺取矿浆，倒滿浓度壺，然

后称重，再由重量換算出浓度，其計算公式如下：

$$m=\frac{p\times\delta}{\delta+S-\delta\times S}+G$$

式中 m —— 矿浆加浓度壺重，克；

p ——浓度壺容积，CC或厘米³；

δ——矿石比重；

S——矿浆浓度，固体%；

G——空浓度壺重量，克。

例： p=1280克，δ=3.6，S=25%，G=500克

$$m=\frac{1280\times3.6}{3.6+0.25-3.6\times0.25}+500=2060\text{克}$$

若S=26%

$$\text{則 }m=\frac{1280\times3.6}{3.6+0.27-3.6\times0.27}+500=2080\text{ 克}$$

上式在計算中 S（浓度）用假定值代入式中，得出 m 值，因而可用許多个假定的S值代入式中，得出相应的 m 值。

§5. 比重的測定

一、矿石假比重的測定：

$$\text{矿石比重}=\frac{\text{矿块在空气中的重量}}{\text{矿块在空气中的重量}-\text{矿块在水中的重量}}$$

称量矿块在水中的重量时，可用一根綫将块石系住，悬于水中称量之。

二、矿石假比重的測定： 松散物料单位体积的重量称为物料的假比重，其測定步驟是，取一体积已知的箱子，当矿石

粒度大于50毫米时，箱子的长不得小于最大矿块的五倍。当矿石粒度小于10毫米时，则不得小于20倍。把物料倒入箱内至顶盖，并把它刮平。此时不得摇动箱子，此后称量盛有物料的箱子，再由得出的重量，减去箱子本身的重量，并除以箱子的容积，就得出假比重。其計算公式如下：

$$\text{假比重 } H = \frac{P}{O}$$

式中 H——假比重，吨/米³；

O——箱子的容积，米³；

P——物料净重，吨。

§6. 水分的測定

將湿矿石的平均样品取来之后，先称量湿矿石的重量，然后烘干再称干矿石的重量，并按下式計算：

$$\text{水分，\%} = \frac{\text{湿矿石重量} - \text{干矿石重量}}{\text{湿矿石重量}}$$

§7. 藥量的測定

給藥量的測定可用小量筒，在給藥器下面接一分鐘的藥量，然后按下式計算。給藥量通常用每吨原矿所消耗的藥量克数来表示。

一、液体藥剂：

$$\text{給藥量，克/吨} = \frac{\text{每分鐘滴入量筒的体积，C.C} \times \text{比重} \times \text{浓度} \times (0}{\text{处理矿量，吨/小时}}$$

二、粘性液体藥剂：

$$給藥量，克/吨 = \frac{每分鐘滴入缸筒的体积，C.C \times 比重 \times 60}{处理矿量，吨/小时}$$

§8. 酸碱度的測定

矿浆的酸性或碱性程度的大小，用 pH 值来表示。pH 值由 0 到 6 表示酸性矿浆，pH 愈小酸性愈大。pH 值由 8 到 14 表示碱性矿浆。pH值为 7 时表示中性矿浆。酸碱度是用 pH 試紙来測定的，在我国各大城市都可以买到万用 pH 試紙。測定时，将試紙插入矿浆中，半秒鐘后提出，試紙就变了顏色，然后与标准色版比較即可得出 pH 值。

§9. 金屬平衡

一、金屬平衡的概念： 金屬平衡就是进入选矿厂的金屬量与出选矿厂的金屬量应大致相等。允許誤差通常为1～3%。通过金屬平衡，能检查出选矿厂生产管理工作的好坏。在选矿厂內有两种金屬平衡：一种是理論金屬平衡，另一种是实际金屬平衡。理論金屬平衡，是通过原矿、精矿、尾矿的化驗分析結果而編制的。实际金屬平衡，是通过实际称量的原矿量、精矿量和化驗的原矿品位和精矿品位而編制的。当理論金屬平衡与实际金屬平衡相差很少时，說明生产管理得很好。如果相差大时，說明生产管理得不好，这主要是由于中間产物損失得多。

二、金屬平衡指标的計算：

（一）金屬量的計算：原矿金屬量＝原矿量×原矿品位，精矿金屬量＝精矿量×精矿品位。

（二）金屬回收率的計算：

1. 理論回收率的計算：

$$回收率\% = \frac{精矿品位\times(原矿品位-尾矿品位)}{原矿品位\times(精矿品位-尾矿品位)}\times 100$$

例：原矿品位：$\alpha=0.98\%$；精矿品位 $\beta=10.06\%$；尾矿品位：$\delta=0.096\%$。

$$回收率，\% = \frac{0.1006\times(0.0098-0.00096)}{0.0098\times(0.1006-0.00096)}\times 100 = 93\%$$

2. 实际回收率的計算：

$$回收率\% = \frac{精矿量\times精矿品位}{原矿量\times原矿品位}\times 100$$

例：原矿量＝50 吨，精矿量＝4.5 吨，原矿品位＝0.98%，精矿品位＝10.06%时。

$$回收率，\% = \frac{4.5\times 0.1006}{50\times 0.0098}\times 100 = 92.4\%$$

第七章　选矿廠設計

选矿厂設計的目的，是要解决建設和經营未来选矿厂的所有問題。

§1. 建厂的一般問題

一、原料供应

选矿厂是介于采矿場与冶炼厂之間的矿石加工厂。建設选矿厂之前，必須首先搞清資源情况。建設一个 50 吨选矿厂，应該有 2 万吨以上的矿石儲量，而且还要有远景矿量。在矿石性質方面，要求处理硫化矿和易选的氧化矿，含銅品位应該保持在0.7～1.0%以上。为了保証选厂建成后能正常生产，应对矿石作物理和化学鑑定工作，以及矿石的可选性試驗。在建厂以前，就应联系好浮选藥剂及其他消耗材料由什么地方供应及运輸方法。

二、厂址选择

为了保証矿石在厂内的自流运輸，选矿厂房应該放在 20～25° 的山坡上，这样可以使設备之間联系簡单，无需任何矿石运輸設备。

为了来矿运輸方便，选矿厂应尽可能地靠近采矿場出矿口。

选矿厂应該放在靠近水源的地方，以縮短供水管路的距离。

决定选矿厂位置的时候，要使尾矿能够自流排出，并且使排出的尾矿不要影响或很少影响农田生产和居民的飲水。

必要时可以筑一个堤壩，将尾矿堆积起来。

厂址决定得是否合理，对今后生产管理和生产成本影响很大。决定厂址是一个綜合性的复杂問題，它联系到原矿运輸、供水、供电、排出尾矿、外部运輸、工程地質等各方面的問題。实际上，往往不可能使所有条件都合乎理想，这就要多方面周密地考虑比較，对每一个問題都做出合理的安排，忽略任何一个問題都会造成今后生产的困难和浪費。

三、供水

50吨/日选矿厂每日消耗水量約为200吨。对于单一金屬矿石，平均每处理1吨矿石，要消耗3～4吨水。处理多金屬矿石，平均要消耗5吨水。水質要求是无色无味的清水。为了供应选矿厂用水，可安装一台2吋水泵，将水經2吋水管揚到压力水池中，水池的底标高应高出磨矿厂房地面6—8米，水池容积应为10～15立方米。水泵的揚程及馬力大小要根据水源的位置来决定，在水源比較缺乏的地方，也可以利用澄清尾矿的方法回收一部分水。

四、动力問題

动力設备有下列几种型式：

（一）电动机：在有电源或者能用柴油机发电的地方，使用电动机带动机器运轉是一种最好的方式，因为电动机的起动力量大，工作可靠。一个日处理50吨矿石的选矿厂，需要5台到6台电动机，总容量为60～70瓩（不包括采矿及供水）。

（二）柴油机：除了电机外，柴油机也是比較好的动力設备，一台老虎口需要10馬力柴油机；一台Φ1000×1200球磨机組需要30匹馬力柴油机带动；8台到10台浮选机，則需

要25～30馬力柴油机。

（三）鍋駝机：它是一种用蒸气带动的动力設备，工作可靠并能长期运轉，但是它需要消耗大量的煤。一个50吨选矿厂每日要消耗4吨到5吨好煤（不包括采矿供水）。一台老虎口須用10馬力鍋駝机带动。一台 ϕ1000×1200球磨机組要用一台38馬力鍋駝机带动。浮选机每四台就需要一台10馬力鍋駝机。

由于动力設备的不同，使設备的传动系統也要跟着改变。如果得到的是一台大馬力的动力設备，就得用它同时带动几台設备，动力由一根軸集中传出，分配給几个設备，这样的传动系統比較复杂，在建設选矿厂时就要根据具体情况配制传动零件。动力設备如果是柴油机或鍋駝机时，它們的起动力矩都小，起动球磨机就很困难，所以必須在传动球磨机的地軸上加一个游輪，柴油机开車时把皮带先挂在游輪上，待柴油机轉动正常后，再把皮带推到传动輪上带动球磨机轉动。另外浮选机軸是竪的，而鍋駝机的軸是水平的，这就必然要使用半交叉皮带。

§2. 設备的选择

选矿厂分为碎矿、磨矿、浮选及脫水四个作业。

一、碎矿：选用一台175×250老虎口，进行一段碎矿作业。我們認为一段碎矿虽然产品粒度較粗，但是生产管理和厂房布置簡单，要比二段碎矿合理。

碎矿設备規格的选择，要滿足兩方面要求，一方面要滿足采矿場来矿块大小的要求，另一方面則应滿足生产能力的要求。50吨/日的选矿厂来矿块应保持在150毫米以下，故

175×250的老虎口，已能滿足这个要求。生产实践証明，来矿中大于150毫米的矿块是不多的，这一部分可以經过手碎后給入碎矿机。从生产能力来看，175×250老虎口經过长期运轉証明可以达到每小时4.8吨的生产能力（排矿口10～15毫米）。每天只要开車10个小时就可以滿足生产量的要求。

175×250老虎口有两种型式，一种是下动型簡单摆动式，它的結构坚固适于破碎坚硬的矿石；另一种是上动型复杂摆动式，它的构造簡单，排矿粒度比較細，因此对于中硬矿石应尽量选用复杂摆动式的老虎口。

碎矿作业的开車班数可以二班，也可以三班，这主要决定于采矿場来矿的班数。如果采矿二班来矿，則碎矿也可以二班作业。

二、磨矿：采用一段磨矿与分級机构成閉路的流程。

磨矿机有两种規格：一种是φ1000×1200溢流型球磨机与φ500×4500螺旋分級机构成閉路，当給矿粒度为25毫米以下，磨成0.2毫米（即分級溢流—200目占65%）时，每台球磨机組的日生产能力为25吨，同样一台球磨机当粗磨时，能力可以提高。另一种是φ1200×1200溢流型球磨机与φ500×5500分級机构成閉路，这样一台設备每日可以处理40～50吨矿石。

对于40～50吨/日选矿厂，可选用φ1000×1200的两台或φ1200×1200一台，前者制造簡单，后者管理方便。

三、浮选：选用簡易3号机械攪拌式浮选机，每台有效容积为V＝0.3米^3。与其他型式的浮选机比較，机械攪拌式的浮选指标好而且稳定，又由于它有一定吸力，故便于調整浮选

回路。

决定浮选机台数的多少，主要是根据該种矿石对浮选时間要求的长短。浮选时間則是根据試驗得出来的。如果設計前做过矿石可选性試驗，則可依下式求出浮选机台数：

$$\Pi = \frac{Q_c \times t}{1440 \times V}$$

式中 Π——浮选机台数；

t——試驗报告中要求的浮选时間；

V——每台浮选机的有效容积；

Q_c——每日所处理的矿浆量。

$$Q_c = \frac{Q}{\gamma} + \frac{100-R}{R} Q$$

式中 Q——每日处理矿量；

γ——矿石真比重；

R——分級机溢流浓度。

例如日处理50吨单一金矿矿石选矿厂，浮选时間要求20分鐘，矿石比重3.3，浓度25%，則：

$$\Pi = \frac{\left(\frac{50}{3.3} + \frac{100-25}{25} \times 50\right) \times 20}{1440 \times 0.3} = 7.65\text{台}$$

故选用8台。

如果在設計前未做試驗，可采用一般定額来計算台数。对于单金屬矿石，每天处理一吨矿石需要的浮选机容积 $P = 0.05$米^3～0.1米^3；对于多金屬矿石，$P = 0.1-0.2$米^3。浮选机台数可按下式計算：

$$\Pi = \frac{Q \times P}{V}$$

式中符号与前同

例如50吨/日单金属易选矿石选矿厂，其浮选机台数

$$\Pi = \frac{50 \times 0.05}{0.3} = 8.3 \text{ 台}$$

故选用8台。

在处理氧化矿及多金属矿石时，应在浮选前加設攪拌槽，使浮选藥剂充分与矿石接触。根据接触时間长短，可选 $\phi 1000 \times 1000$或 $\phi 1200 \times 1200$的攪拌槽。

四、脱水：由浮选机刮出来的精矿泡沫浓度約为30%以下。为了满足运輸和冶炼的要求，必須进行沉淀脱水。沉淀精矿的池子不宜过深，以1.5米到2米为宜，以便于挖出精矿。一个20米²的池子可以存放10天的精矿，挖三个20米²的池子，輪流存放沉淀物即可满足生产要求。沉淀后挖出来的精矿，其水分約为15~20%，挖出来以后再停放几天，水分就可以降为10%左右。

§3. 选矿厂配置

破碎机放在选矿厂的最高处，由采矿場运来的矿石堆放在碎矿机上方的一块平台上。平台的大小系由矿石的运輸方法而定，主要应考虑能堆放1个班的矿石，并且能有两个人进行給矿与操作。手碎的地方，一般需有30米²~50米²左右的面积。平台最好带有5%的坡度，坡向碎矿机。

碎矿机安在矿仓上有很多好处，矿仓內可以儲存一定数量矿石，并能調节碎矿机与磨矿机作业时間。此外，当老虎

口检修时，还不致影响球磨机工作。矿仓可以减少由碎矿机排出的灰尘。有了矿仓，矿石可以自行流入球磨避免人工搬运。

矿仓的有效容积一般为4～5吨，只有当碎矿两班作业而球磨三班作业时，矿仓容积才应該加大。碎矿机一般都安装在靠球磨机的一边，这样可以增加矿仓有效容量。两台ϕ1000×1200球磨机机組的厂房面积为6.5米寬11米长。配置时，将两台球磨机放在中間，以便于給矿。而传动系統放在两旁，便于操作管理，但当用一台动力設备带动两台球磨机时。只好把传动机放在两台球磨中間。分級机安装坡度不能大于18°。

設备安装好之后，要在球磨机給矿漏斗两旁搭一个操作台，給矿工可以坐在操作台上給矿。

浮选机厂房的面积大小，要根据浮选机台数而定。厂房的高度要考虑能将竪軸吊起，浮选厂房屋架上应該設置吊鈎，以便在检修水輪时吊竪軸用。

磨矿机及浮选机的地面潮湿，分級机又要經常放矿，因而上述場地应該用水泥抹面，并作出排除污水的地沟。

为了保証矿石的自流，各个流槽应保持足够角度。粗矿仓口及球磨机給矿用的木流槽角度为45°，球磨机排矿流槽角度为12%，分級机返砂流槽則为20%（要用水冲才行）。将分級机溢流送入浮选机用的流槽应保持7%以上的坡度，精矿及尾矿流槽要保持5～7%的坡度。这些流槽的断面則为200×200毫米。

注：有色冶金設計总院备有下列資料，各地使用时可向該院索取。

1．50吨/日簡易銅矿浮选厂通用設計書及施工图；

2．50吨/日簡易銅矿浮选厂通用設計預算書；

3．各个設备的全套图紙（不包括顎式碎矿机图紙）。