

中小型冶金企业丛书

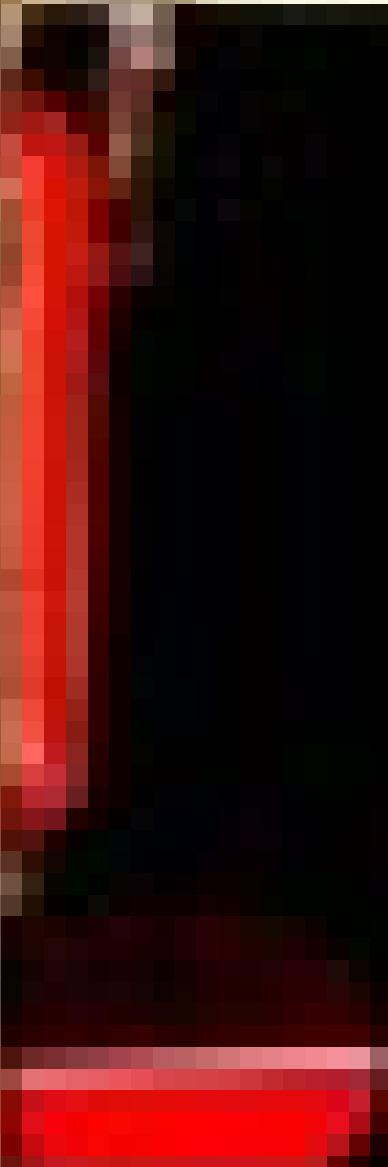
銅及銅鉛鋅
中小型浮选厂的设计

有色冶金设计总院 編

冶金工业出版社

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
 THE UNIVERSITY OF CHICAGO
 THE UNIVERSITY OF CHICAGO
 THE UNIVERSITY OF CHICAGO
 THE UNIVERSITY OF CHICAGO



中小型冶金企業叢書

銅及銅鉛鋅

中小型浮選廠的設計

有色冶金設計總院 編

冶金工業出版社

出版者的話

在总路綫的鼓舞下全国人民正以冲天的干劲大办冶金工业。地方鋼鐵工业、有色金属工业都在大跃进、大发展中。

我們为了更好地为地方冶金工业服务，特編輯出版了一套中小型冶金企业丛書。

地方有色金属工业的大发展必然会遇到貧矿石的利用問題，因此选矿問題已經引起了各地有关单位的重視。

本書的出版就是想拿它作为各地方有关单位筹建中小型銅及銅鉛鋅浮选厂时的参考資料。

書中对銅及銅鉛鋅浮选过程做了一个全面的描述，并附有每日处理 50、100、200 吨矿石浮选厂的设计图紙。各地有关单位在筹建中小型銅及銅鉛鋅浮选厂时可以利用本書并結合当地的具体条件进行設計。

銅及銅鉛鋅中小型浮选厂的设计

有色冶金設計总院 編

編輯：徐敏时 設計：魯芝芳、童煦菴 責任校对：李慧英

1958年7月第一版 (1958) 年7月北京第一次印刷 7000册

850×1168·1/32·26,000字·印张 $1\frac{2}{32}$ ·插頁 31·定价 0.67元

冶金工业出版社印刷厂印

新华書店发行

发号 0966

冶金工业出版社出版 (地址：北京市灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第 093 号

目 录

第一章	概述	4
§ 1	选矿的任务和目的.....	4
§ 2	矿石性质.....	4
§ 3	选矿方法.....	4
§ 4	选矿产品及选矿指标.....	6
§ 5	选矿厂建设一般要求.....	7
第二章	小型浮选厂的生产流程	9
§ 1	碎矿筛分作业.....	9
§ 2	磨矿分级作业.....	9
§ 3	浮选作业.....	10
§ 4	脱水作业.....	15
第三章	主要设备的选择和计算	16
§ 1	碎矿设备选择和计算.....	16
§ 2	磨矿分级设备选择和计算.....	18
§ 3	浮选机的选择和计算.....	24
§ 4	脱水设备的选择与计算.....	26
第四章	生产的检查与调整	28
§ 1	碎矿作业.....	28
§ 2	磨浮作业.....	28
第五章	中小型铜矿石浮选设计实例	33
§ 1	生产流程和配置.....	33
§ 2	设备表.....	
§ 3	主要技术经济指标.....	33
第六章	中小型铜铅锌设计实例	34
§ 1	生产流程与配置.....	34
§ 2	设备表.....	
§ 3	主要技术经济指标.....	34

第一章 概 述

§ 1 选矿的任务和目的

选矿的任务主要是将贫矿中的废石及对冶炼有害的杂质减少或除掉，并将各种多金属矿石分离成为以一种金属为主的精矿，以便进行冶炼。

人们都知道硫化铜矿石的含铜品位一般需在5%以上才能炼出铜来，但是我们常遇到的硫化铜矿石常常是在1%左右，这样就需要经过选矿才能进行冶炼。

选矿的目的主要的是降低金属的生产成本，扩大资源的利用范围，使资源能够得到充分的综合利用。

§ 2 矿石性质

在自然界中发现的矿物通常是各种各样的矿物集合体。有金属和非金属的矿物之分。

依矿石中含有金属矿物的多少，可分为单一金属矿石和多金属共生矿石。

由于金属存在的状态不同，又可分为硫化矿和氧化矿，常遇到的铜铅锌矿物性质列于表1。

§ 3 选矿方法

选矿方法是根据矿石的物理性质及化学性质而确定的。我们常用的方法有下列几种：

1. 手选：

这是用人工选矿的方法，只能选别块矿，但应用范围很广，主要的是根据颜色和光泽的不同来区分矿物和脉石，然后拾取其中的一种。

手选方法通常做为辅助作业，但有时也可以做为主要作业。

表 1

銅鉛鋅金屬常遇到的礦物性質

礦物名稱	礦物成份和元素	分子式	比重	硬度
石青 (藍銅礦)	銅、碳、氧、氫	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	3.8	3.5~4.0
黝銅礦	銅、砷、硫、銻、 (銀、鐵、鋅)	$4\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ $4\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$	4.2~5.6	3.0~4.0
斑銅礦	銅、鐵、硫	Cu_3FeS_3	4.9~5.2	3~3.5
銅藍	銅、硫	CuS	4.6	1.5~2
赤銅礦	銅、氧	Cu_2O	6.0~6.15	3~4
孔雀石	銅、氧、碳、氫	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	3.9~4.1	3.5~4.0
輝銅礦	銅、硫	Cu_2S	5.5~5.8	2~3
黃銅礦	銅、鐵、硫	CuFeS_2	4.1~4.3	3~4
硅孔雀石	銅、硅、氧、氫	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2~2.3	2~4
方鉛礦	鉛、硫	PbS	7.4~7.6	2.5
白鉛礦	鉛、氧、碳	PbCO_3	6.5	3~3.5
閃鋅礦	鋅、硫	ZnS	3.5~4.2	3~4
菱鋅礦	鋅、碳、氧	ZnCO_3	4.2~4.5	5.0

如果礦石是粗粒浸染的，應用手選比較合適。

手選方法通常分為：邊手碎邊手選，或經機械破碎後在運輸皮帶上或在轉動的手選台上進行手選。

手選的粒度一般在 30~40 公厘，但有時可以更大一些，具體大小要看實際的效果決定。在手選前如果因為礦石表面上浮有礦泥對礦物不易辨識，可進行洗礦。手選場的光綫應當充足。手選時可以得到合格的精礦，或者去掉大量的廢石，提高原礦品位減輕下一道作業的負荷。

在手選出來的廢石中 useful 礦物的含量不宜過高，例如銅礦石手選廢石中，含銅應在 0.1% 以下。如採用手選為了得到可以冶煉的精礦（只能適用於探礦階段的礦山），則手選尾礦品位一定很高，需要注意保存以待日後處理，決不允許隨便亂丟。手選運輸帶可以採用農具展覽會展出的手搖木製帶式運土機。

2. 重力選礦：

一般是處理礦物與脈石的比重相差很大的礦石，利用其在水

中的落下速度的不同来分出精矿和尾矿。例如錫矿、鎢矿、金矿的选矿，通常都是利用重选机械，选别，如跳汰机、搖床、重介质选矿设备及溜槽、螺旋选矿机等。

3. 浮选：

浮选是目前应用最广、效果最好的选矿方法，首先将矿石破碎后加水进行磨碎，经过分級得到金属矿物与脉石成单体分离的矿浆，然后加入适量的药剂，经过搅拌給入浮选机，在浮选机中給入大量空气，或浮选机本身吸入大量空气、造成气泡，則有用矿物就随气泡上升排入精矿槽中，脉石的顆粒不能附着在气泡上則沉入水中成为尾矿。例如含1%的硫化銅矿石经过浮选后可以得到含銅10%以上的銅精矿，回收到銅精矿中的銅达92%，甚至可以达到97%，尾矿中含銅在0.1%以下。这样不仅充分利用了资源，对冶炼及运输費用也大大降低了。

4. 其他选矿方法：

有磁力选矿、静电选矿及与选矿构成联合流程的水冶法及混汞法等。

§ 4 选矿产品及选矿指标

矿石经过选矿后得到两种产品：1) 精矿——含有主要的有用矿物及少量的脉石；2) 尾矿——含有大量的废石及少量的有用矿物。

选出的銅鉛鋅精矿按含有有用矿物的多少可分为下列等級（如下表）：

精矿名称	含有主要成份	单位	等級及含有主要成份数量						备 注
			1	2	3	4	5	6	
銅精矿	銅	%	20以上	13	14	12	8	5	有害杂质沒有列入
鉛精矿	鉛	%	70	60	50	40	—	—	"
鋅精矿	鋅	%	55	50	45	40	—	—	"

选矿指标①： 选矿指标是衡量选矿厂工作好坏的标准。其中包括：

(1) 精矿品位，就是精矿中所含金属的百分率。

(2) 精矿产出率，就是精矿产品重量对原矿重量的百分数，例如选矿厂每天处理铜矿石 100 吨，得到含铜品位 10% 的铜精矿 9.2 吨时，其精矿产出率为：

$$\frac{9.2}{100} \times 100 = 9.2\%$$

(3) 回收率（采收率），是在精矿中金属重量与原矿中含有同样的金属总重量的比值。要想求出回收率必须知道原矿、精矿、尾矿中金属与化学分析品位及精矿的产出率。常用的符号；

γ ——精矿产出率%；

β ——精矿品位%；

α ——原矿品位%；

δ ——尾矿品位%。

ϵ ——回收率%。

其关系式如下

$$\epsilon = \frac{\beta (\alpha - \delta)}{\alpha (\beta - \delta)} \cdot 100\%$$

精矿产出率为

$$\gamma = \frac{\alpha - \delta}{\beta - \delta} \cdot 100\%$$

§ 5 选矿厂建设一般要求

1. 要有比较可靠的矿源，如古代有人开采过的地方，或做过一定地质工作的地方。
2. 厂址位置要尽量靠近矿源，以便减少矿石的运输费用。
3. 厂址最好也能靠近电源，如果附近没有电站或电力网，可自行建一小型电站。
4. 厂址亦应尽量靠近水源，以便减少供水费用，如水量不

① 选矿上常用的术语不在这里做过多的解释，请参阅《冶金工业生产常识》一书，冶金工业出版社 1958 年版。

足，可考虑使用60—70%的回水，但多金属选矿厂使用回水是有困难的。

5. 选矿厂应尽量建在稳固的土壤上或岩石上，但必须远离崩落区。

6. 选矿厂附近要有堆积尾矿的地方，不宜占用农田。

7. 选矿厂最好建立在5—25°的山坡上，这样可以充分利用矿浆自流。

第二章 小型浮选厂的生产流程

小型浮选厂的生产流程，一般包括：（1）碎矿和筛分作业；（2）磨矿分级作业；（3）浮选作业；（4）脱水作业。小型选矿厂的流程应尽量简化，这样不仅操作方便，而且配置上也合理同时又经济。

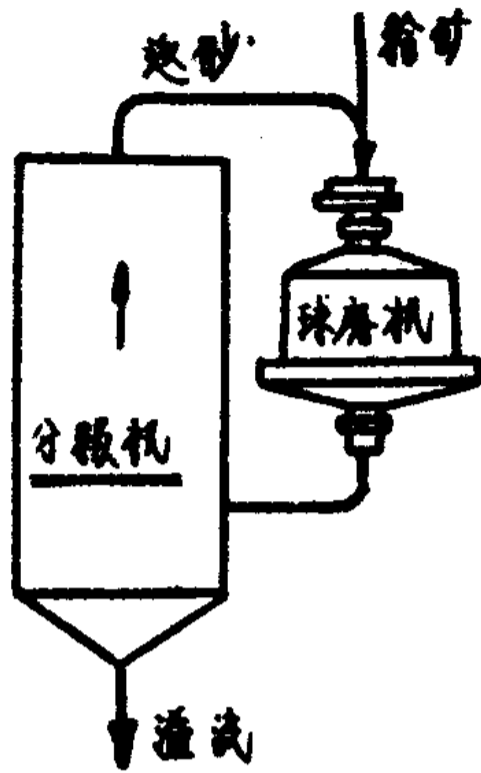
§ 1 碎矿筛分作业

送入选矿厂的矿石粒度由于采矿方法不同差别很大。小型矿山送给选矿厂的矿石粒度应在100公厘~150公厘之间。因为超过150公厘的粒度的百分数不多可以由人工进行手碎，碎到150公厘以下。然后给入碎矿机进行破碎。在手碎过程中如果矿石与脉石容易鉴别时可以进行手选，通过手选可去掉大部份废石以便减轻设备负荷并提高了原矿品位，往往在碎矿机前安装筛分设备，一部份相当于碎矿机产品粒度以下的矿石经筛分后可以不经过碎矿机。这样使碎矿机的负荷也就相应地降低了，同时也增加了碎矿机的处理能力。

小型浮选厂通常采用一段开路碎矿流程。破碎比大的单肘型颚式破碎机是小型浮选厂碎矿的常用机械。有时破碎后进行手选，经一段碎矿后的碎矿产品粒度在30~60公厘之间，这样就可以满足磨矿的要求。

§ 2 磨矿分级作业

磨矿分级作业是浮选厂的主要作业，磨矿分级作业的好坏不仅影响浮选生产指标，对生产成本也有很大影响。小型浮选厂应采用一段磨矿，给入球磨机的矿石粒度一般在15~60公厘之间，而分级机溢流细度一般为0.3~0.15公厘之间。磨矿与分级作业经常是构成闭路循环的（如第10页附图所示）。分级机的返砂量一般是溢流矿量的百分之二百到五百，这样既能发挥磨矿效能又



可以得到能够满足浮选要求大小的均匀矿粒。

溢流细度是由矿石性质决定的，因为浮选的要求是矿物与脉石成单体分离状态，才能得到满意的浮选成绩。溢流的细度与浓度有很大关系，浓度大溢流就粗，浓度小溢流就细，如下表所示。

§ 3 浮选作业

浮选在冶金工业、化学工业、建筑材料工业中得到了广泛的发展。这

磨矿细度 (网目)	溢流浓度 (%)	磨矿细度 (网目)	溢流浓度 (%)
28~35	33~38	100	13~15
48	26~33	200	8~12
65	17~25	325	5~7

是因为它较其他选矿方法有很多优点，首先它能处理贫矿石和细粒浸染的矿石，这样就扩大了原料资源，其次就是能够综合利用原料并且能得到高质量的精矿，再次就是生产效率高，占地面积小，因为目前只有在用浮选方法不能解决时才用其他方法。

浮选的基本过程就是将含有矿石 20~40% 的矿浆在搅拌槽内加入适当量的药剂，加以搅拌后送入浮选机内。浮选机是一个带有叶轮搅拌器（同时又能吸入空气）的槽子（或者是一槽型的容器并带有专门供给空气的鼓风机）。矿浆在浮选机内呈悬浮状态。空气在机内生成分散的小气泡，有用矿物被一种叫捕收剂的油药所包围并附在小气泡的表面上，随着气泡上升到液面上部而变成泡沫。把这些带着有用矿物粒子的矿化泡沫用刮板刮到精矿槽中。这些矿化泡沫就是精矿脉石矿物因为物理性质不同而不易附在气泡的表面上，这样使留在矿浆中成为尾矿。

铜矿石和铅锌矿石的浮选有着各种各样的流程。浮选流程的

选择是根据矿石的矿物组成、有用矿物的浸染特性、其可选性和对精矿质量的要求来决定的。

浮选单一金属易选的矿石时其生产流程则就简单，多数采用一次粗选和一次扫选简单流程有时为了提高精矿质量增加一次精选，难选单一金属矿石则精选和扫选作业就应该增加多些。

粗精矿的精选尾矿和粗选尾矿经扫选得到的泡沫产品叫做中矿，中矿有单独处理的或者返回粗选作业回路中再处理。假如中矿中的连生体很多，就应当单独的进行再磨矿或者返回原矿的磨矿回路中进行再磨。小型选矿厂应采用后种方法为宜。因中矿的浓度往往很低，因此在进行单独再磨矿时应进行脱水。

处理多金属矿石时，要得到不同的精矿。流程也有很多，每种都有它的特点。

多金属矿石的浮选流程基本上采用了下列原则流程：

1. 直接优先浮选：直接优先浮选就是依着矿物的可选性程度依次选出精矿。例如，直接优先浮选铅锌硫化铁矿石时，首先选出铅精矿，然后在选完铅的尾矿中进行锌的浮选，最后依次在锌尾矿中选出硫化铁精矿。

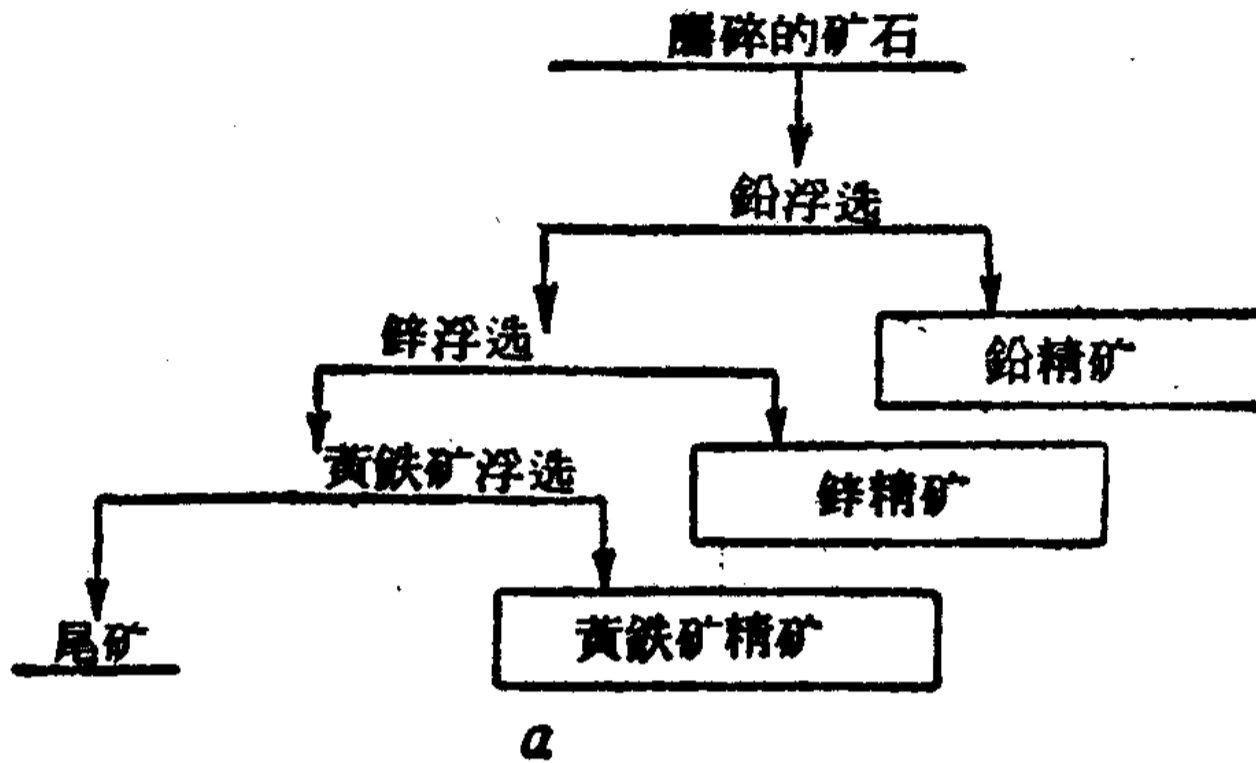
优先浮选应用于选第一种矿物时而不影响其他矿物的可选性时才适用。

2. 混合浮选也叫做全浮选，一次将所有的不同金属矿物浮选出来的方法叫做混合浮选法。其精矿叫做混合精矿，这种精矿再用优先浮选的方法进行分离分成各种精矿，就叫做混合-优先浮选。这种方法已经成功地应用于粗粒浸染、互相致密共生的多金属矿石浮选。在分离时再对混合精矿进行细磨。这样的混合浮选，原矿石的磨矿细度可以粗些。而粗精矿再磨的细度按分离条件决定。

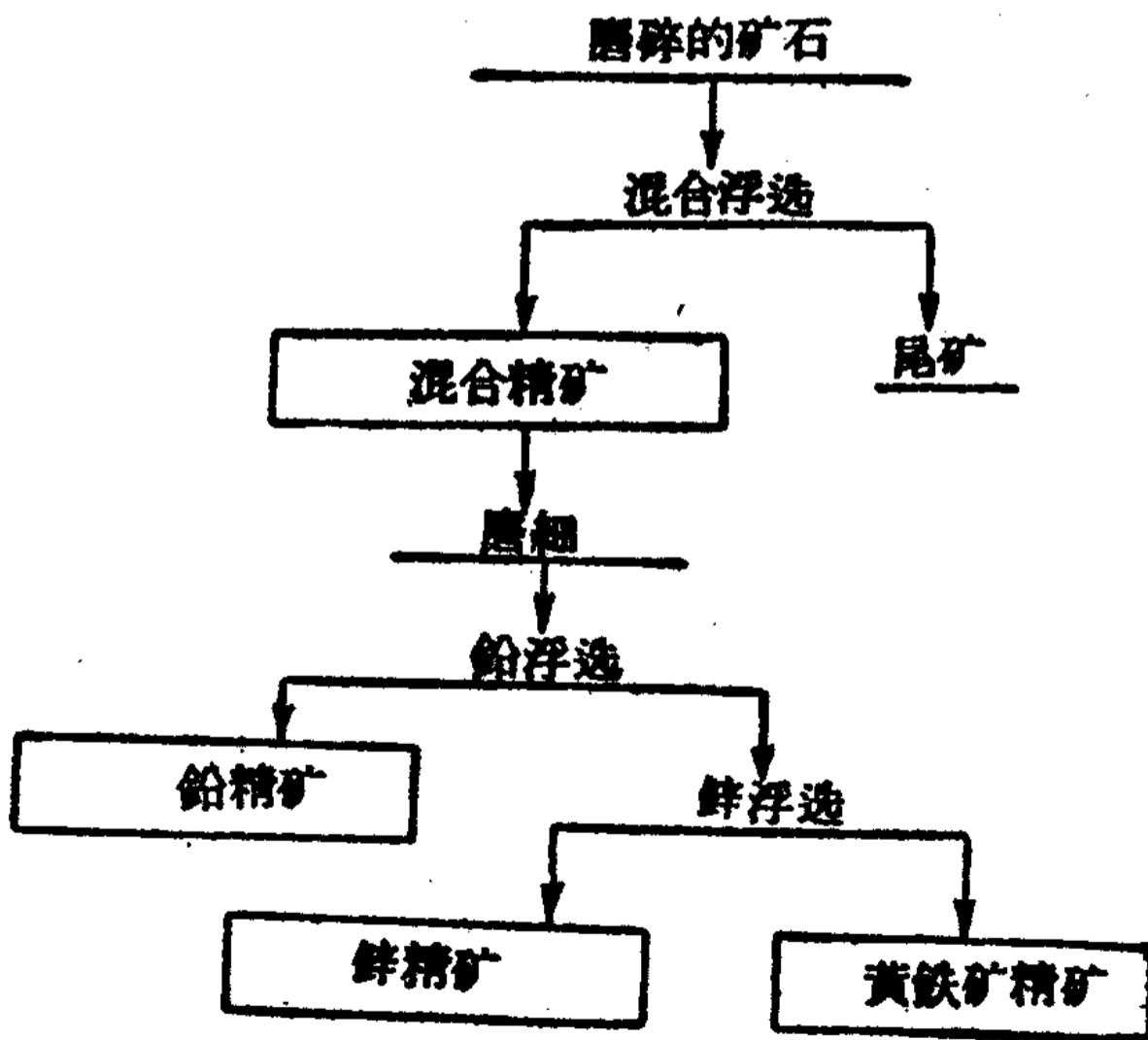
3. 混合浮选和优先浮选的混合流程（又称为半混合浮选）这种流程适用于某些矿物的可选性很相近并且与另些矿物的可选性又有很大差别的多金属矿石。例如铜铅锌矿石浮选多数采用这一种流程，先选出铜铅混合精矿。混合精矿再用优先浮选分离成

为铜、铅的单独精矿。在混合浮选的尾矿中再进行锌的浮选，这一种流程已广泛的被铜铅锌选矿厂采用了。

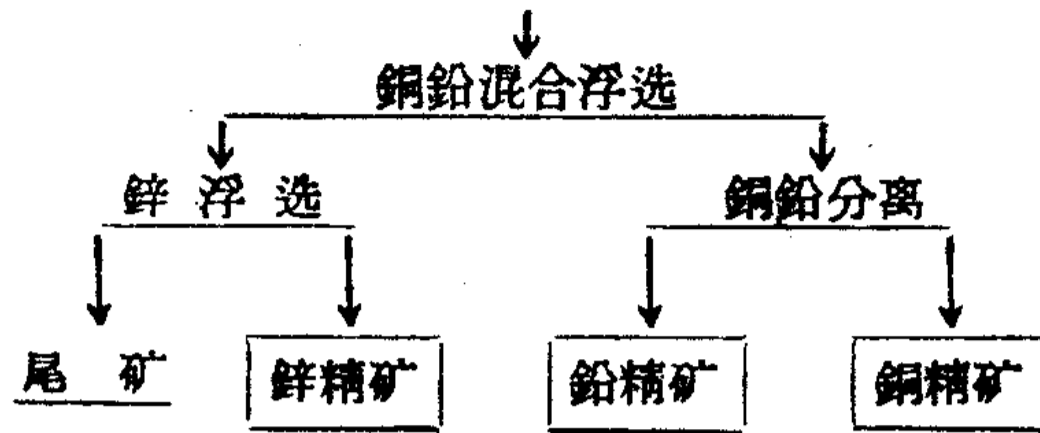
直接优先浮选和混合浮选的原则流程如下图。



优先浮选原则流程图



混合浮选原则流程图

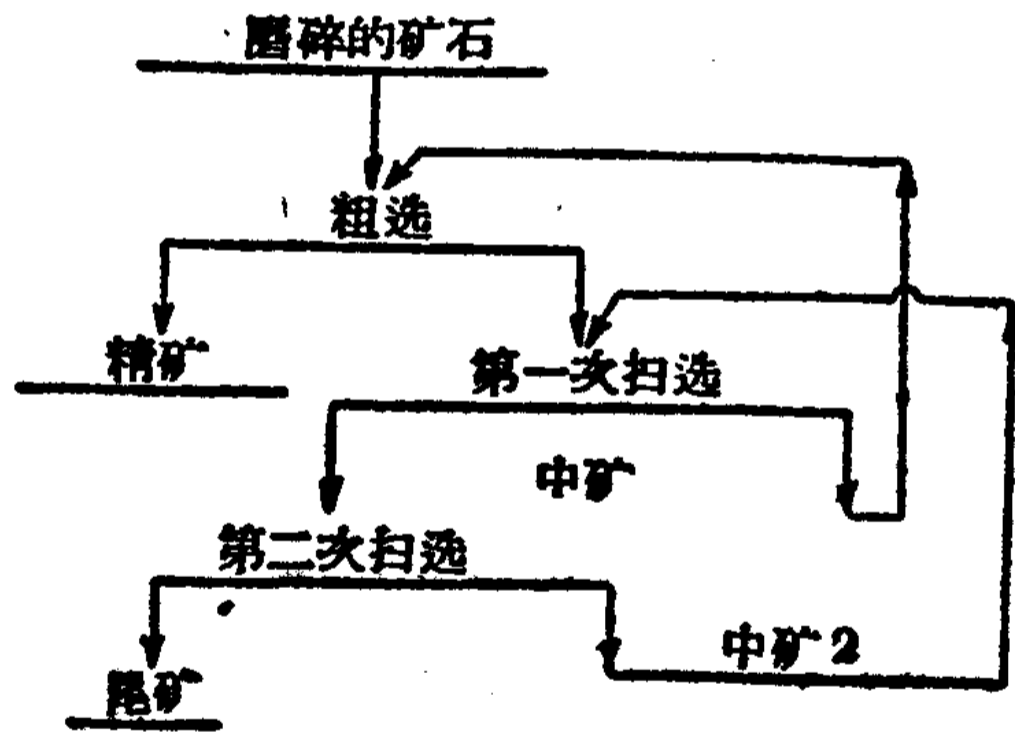


B

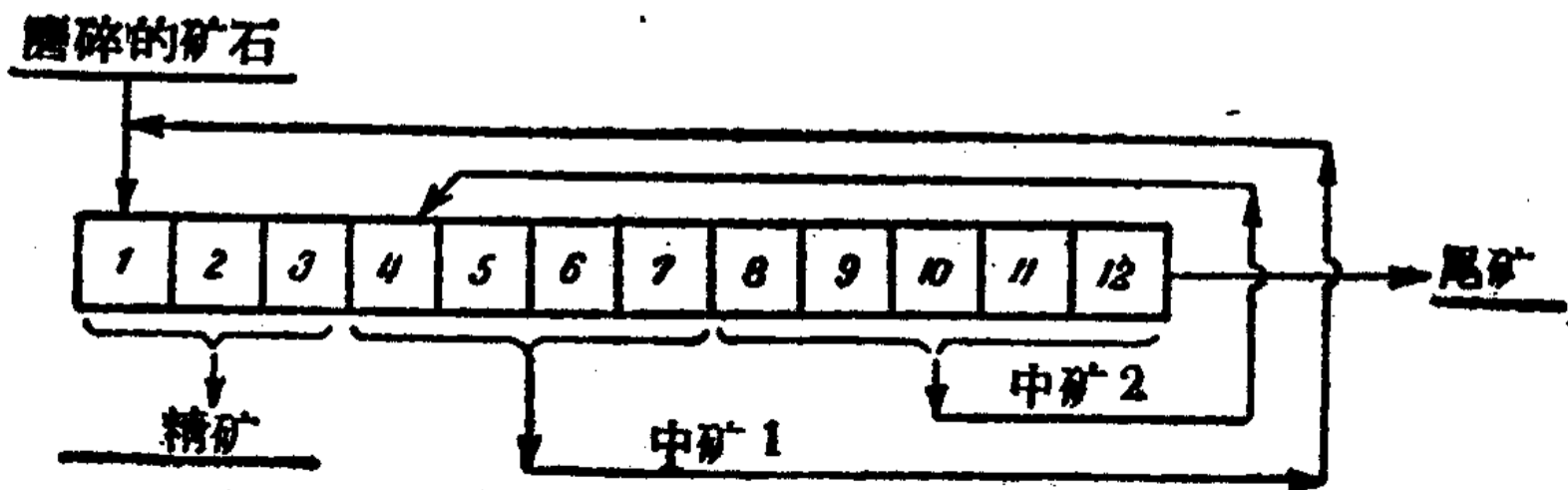
混合-优先浮选原则流程图

上述原则流程将由精选和扫选的次数不同而将有所区别。

处理原矿品位较高、脉石浮游性又不大的矿石、而且对精矿质量要求又低的情况下，其浮选流程应增加扫选次数，减少精选次数甚至不要精选。这种流程适合于富的铜矿石或铅矿石的浮选，甚至有时一次粗选即可得到合格的精矿。其原则流程如下图。

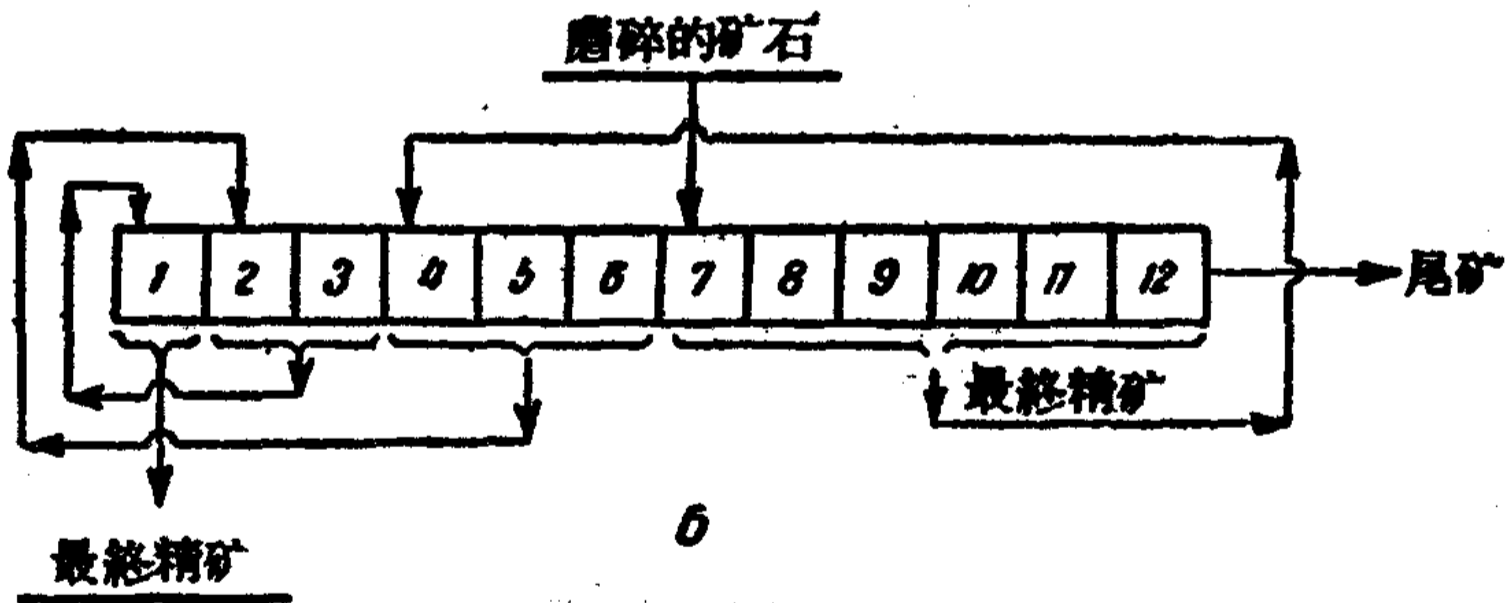
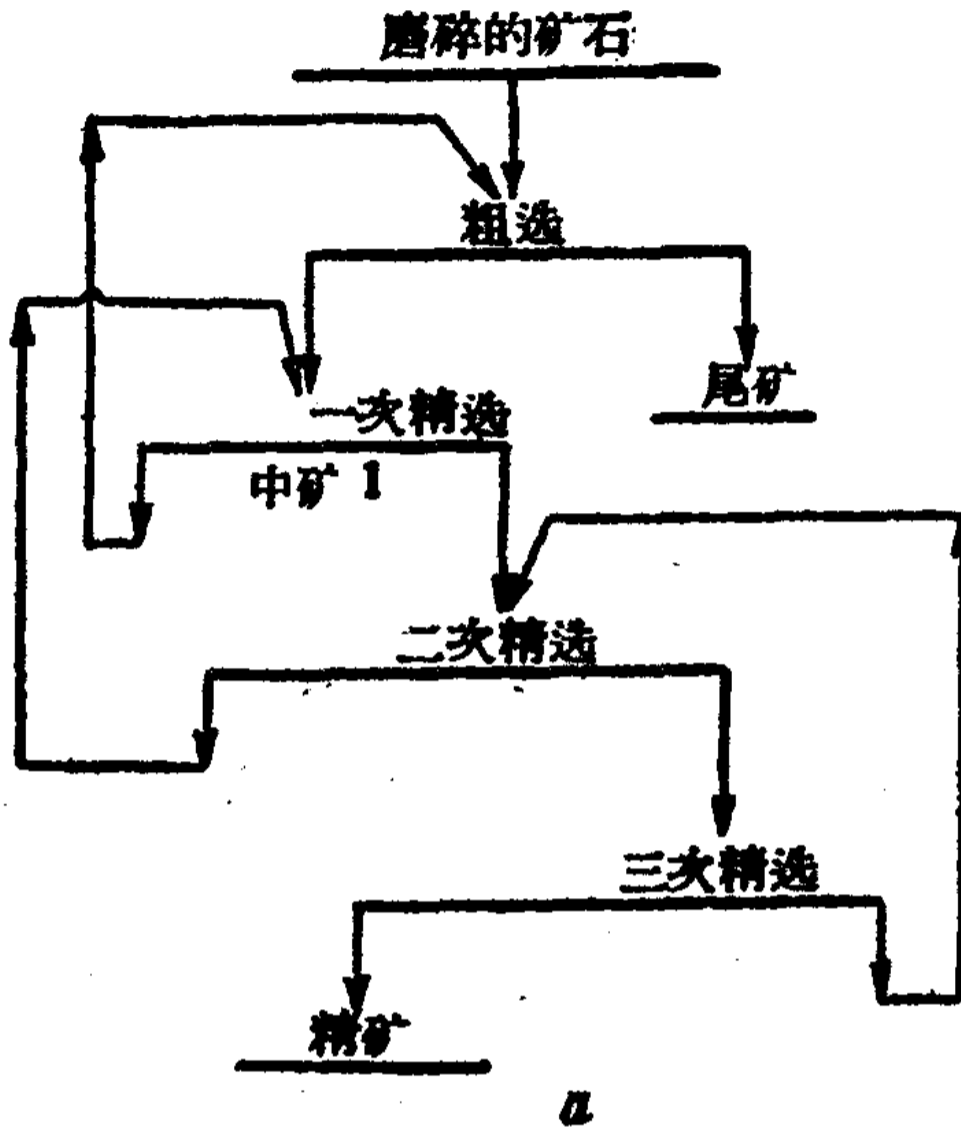


a



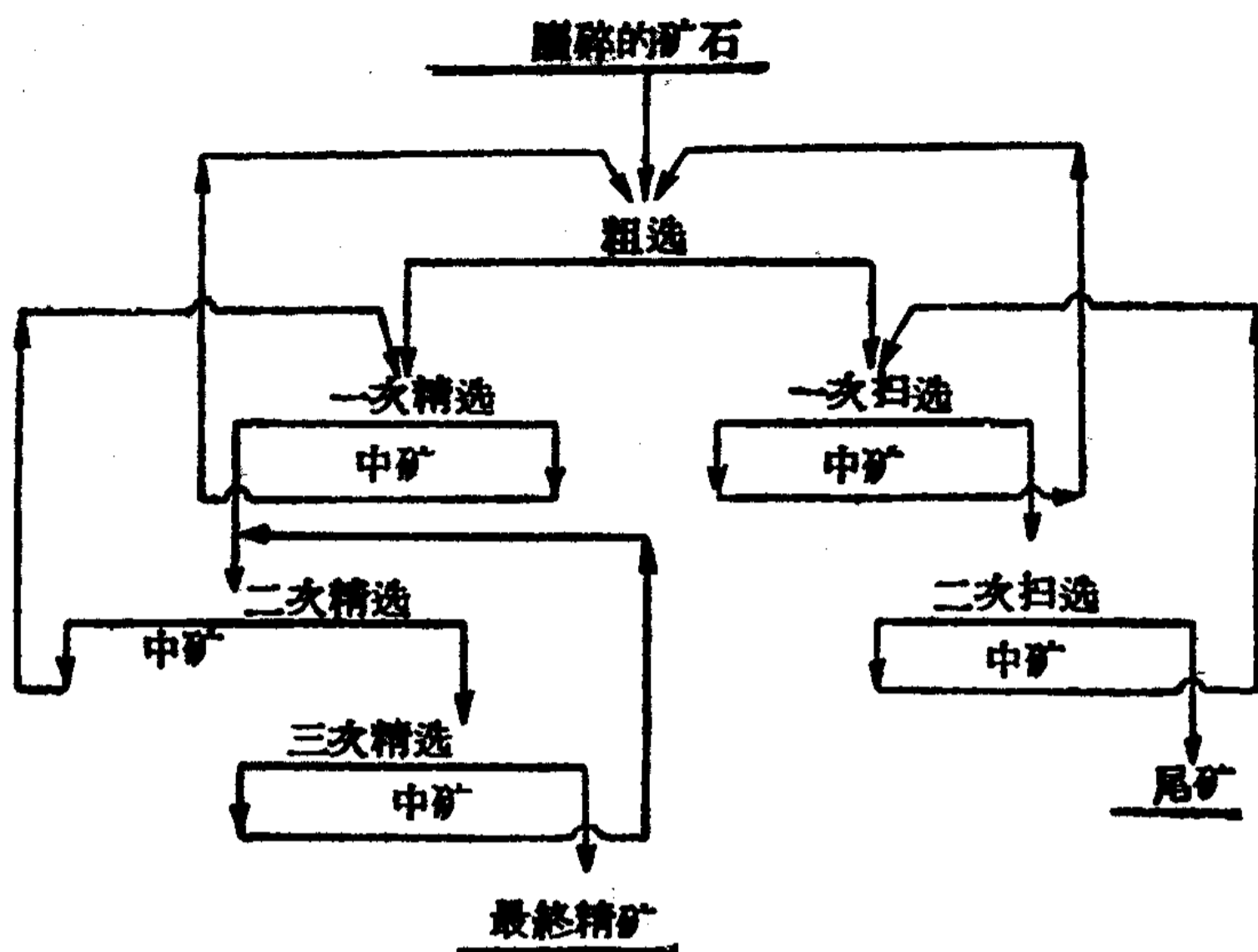
b

当处理原矿品位不高，而对精矿质量又要求很高的时候，其浮选流程中精选次数应当多。这种流程适于处理原矿品位很低的铜矿石或钼矿石等，其原则流程如附图。



处理原矿品位较高的矿石，而对精矿质量要求也高，则浮选流程中精选次数同扫选次数同样地都要增多。其原则流程如第15页附图。

多段磨矿与多段浮选流程，近年来在大型选矿厂得到了广泛的应用，因为多段选别流程可以避免金属过粉碎，提高金属实收率。而在小型选矿厂设计时很少采用，因此就不多介绍了。



§ 4 脱水作业

浮选精矿含有大量水分。为了便于运输，保存和冶炼，必需除掉其大量水份。去掉浮选精矿中的大量水分的过程就叫做脱水作业。

脱水作业基本上分二个程序：首先将由浮选机得到含固体量15~30%的矿浆送入浓缩机中。在浓缩机中排掉大量水分，浓度提高到含固体量40~50%的矿浆，再送入过滤机中过滤，得到的精矿水份在6~15%左右。这样得到的精矿产品即可送给冶炼厂。如果在冻结期限长的地区，或者运输费用很贵距离又远，或者冶炼厂对精矿含水的要求经过滤不能达到，就应当进行干燥。

在小型选矿厂或建设资金不足时，可以利用沉淀池进行脱水，然后进行自然干燥，但要加强管理工作，否则金属损失要增加。