

钨矿工人技术培训试用教材（十二）

选矿技术检测

江西省冶金工业厅编

钨矿工人技术培训试用教材

选 矿 技 术 检 测

钨矿工人技术培训试用教材

- 一、钨矿地质
- 二、矿山测量
- 三、凿岩爆破
- 四、井巷工程
- 五、矿床开采
- 六、通风与防尘
- 七、井下机械与供排水设备（一部分）
- 八、选矿前准备
- 九、重 选
- 十、精 选
- 十一、选厂辅助作业
- 十二、选矿技术检测
- 十三、矿山电工

编 者 的 话

本书是为了适应钨矿工人技术培训的需要，根据我省大、中、小型钨矿多年来的生产实践，并参考吸收了省外部分有色矿山的生产建设资料，结合部颁工人技术等级标准的应知应会要求编写而成的；同时书中对一些厂矿的新技术、新工艺、新设备也做了一定的介绍。本书内容比较简练、通俗、专业分工较细，可作为矿山工人短期培训的教材，也适用于初中文化水平的职工自学，对基层的生产、技术管理人员也有一定的参考价值。全书有220余万字，共分十三册，一、钨矿地质；二、矿山测量；三、凿岩爆破；四、井巷工程；五、矿床开采；六、通风与防尘；七、井下机械与供排水设备（一部分）；八、选矿前准备；九、重选；十、精选；十一、选厂辅助作业；十二、选矿技术检测；十三、矿山电工。

本书由王国藩、谭永灼、徐应文主编，参加编写的人员有：

刘希贤、谭炎藩、甘奕昌、何挺良、龙丽天、龙凤革、王国藩、谭永灼、张金泉、刘金山、周逸明、黄成发、姜善福、黄植珍、刘熊周、徐应文、毛振新、廖知生、钟文钧、戴文林、张永礼、傅必如、冯先立等同志。由杜素安、刁诗民、肖本功、徐家骥、孙金福、张丹、郭书昆、梁质明、伍继凯、陈微、吴世藩、邹润荣、刘巨龙、陈声游、樊建强、张吉福及侯绍禹等同志审稿。

在编写过程中，承省内外有关厂矿、院校及科研单位的大力支持，为教材编写提供了宝贵的资料；此外参加教材描图、抄写及其他工作的同志也付出了辛勤劳动，在此一并表示感谢。

本书因编写时间仓促，编者水平有限，书中一定存在不少缺点和错误，诚恳欢迎读者批评指正。

一九八一年十二月

前 言

我国得天独厚钨矿资源极其丰富，储量和产量均居世界首位。自1908年发现和开采以来，迄今已有七十多年的历史。

解放前，钨的选矿生产处于分散、落后状态，既无机械设备，又无正规工艺，全属民窿开采，人工选矿。只有手动跳汰、竹筛桶洗、浇槽、摸斗等简陋洗选设备，不仅劳动强度大、产量低，且分选指标不高，资源浪费大，平均钨回收率只有50%左右，大量伴生的有用金属矿物未得到有效回收。

解放后，在党和政府的领导下，1952年建成我国第一座机械化钨选厂。从此由于钨矿工业的迅速发展，选钨技术水平不断提高，三十年来做了大量工作，取得了较显著的成绩：

一、扩大了钨矿资源。经勘探查明，钨资源不仅富集于湘、赣、粤三省，而且还遍布闽、桂等十多个省、区，成为世界上钨储量最多的国家。

二、资源条件较好的矿山，先后实行国家统一经营、分级管理；储量不多的小矿点，则由地、县、社队集体经营，形成大、中、小型同时并举的钨矿生产体系。

三、自行设计、建设了大批机械化程度较高的钨选厂。目前日处理原矿125吨以上的，仅江西、湖南、广东就有42座，其中日处理能力达3500吨的重选厂二座，年产钨精矿

4000—7000吨的精选厂二座。小型选厂则是星罗棋布，遍及各地。

四、经大、中专院校及生产实践中，培养了一支具有一定理论水平又有实践经验的技术力量；造就了大批熟悉生产、精通业务的行政管理人员与工人队伍。

五、全面开展了以金属平衡为主要内容的检测工作，及时掌握金属动向。对指导、监督、促进生产起到了积极的作用。

六、通过生产实践，总结了“早收多收，精工细作”的钨选矿原则，提出了“净、控、早、匀、分、细、集、综、杜、省”的选矿十字措施，为提高选矿生产管理和操作水平，指明了方向和途径。

七、积极开展了试验研究，摸清了钨选矿的基本规律，为提高生产技术水平提供了可靠的依据，起到了有益的指导作用。

通过三十年来的不断努力，我国钨选矿生产能力逐步扩大，技术水平显著提高，工艺、设备日趋完善，各项技术经济指标稳步上升，主要表现在：

（一）黑钨选矿回收率。一般为85%，高者已达91%，比解放前提高35%，进入了国际先进行列。

（二）钨精矿产量。在原矿日趋贫化、品位逐年降低的情况下，仍稳定在×万吨以上，较解放前增加七倍，一直为世界产钨国家之首。

（三）钨精矿质量不断提高。黑、白钨精矿均消灭了二、三级品，全部达到冶金部颁发的一级品标准。个别选厂目前不仅可以生产小部分特级品（ $WO_3 > 70\%$ ，杂质低于

部颁标准)，还能生产（为满足冶炼用户要求）低杂质含量的优质品，有些厂矿的产品质量已分别荣获国家、部、省的银质奖或优质奖。

（四）综合回收了多种伴生有用矿物。钨选厂除产黑白钨精矿主产品外，还综合回收了铜、铅、锌、铋、钼、锡、黄铁矿、绿柱石、金、银等十余种伴生有用矿物。

（五）建立了选——冶联合工艺。从低度钨或钨细泥等难选物料中，经湿法冶炼生产合成白钨、钨氧、仲钨酸铵等销售国内外，与此同时，还从综合回收产品中生产钼酸铵，作为微量化肥，用于农业生产。

（六）选矿工艺流程日臻完善。新工艺、新设备不断应用于生产。主要是：

1. 废石选出有了新途径

原矿预选利用围岩与脉石的性质差异，除沿用大块扒拦、分级手选以外，还根据不同的围岩性质，分别应用了光电、重介质选矿等新工艺，降低了废石选出的粒度下限，从而提高了废石选出率及合格矿石品位，不仅扩大了选厂处理能力，而且降低了生产成本。

2. 重选流程日臻完善

重选发挥了跳汰对黑钨选矿的主干作用。普遍在原流程中增加了水力分级前的跳汰作业（棒磨口、或碎矿脱泥前），研制了侧动型跳汰机并应用于生产，从而形成三级跳汰、多级淘洗的窄级别选钨流程。根据各厂黑钨矿解离粒度的特点，磨矿作业多数采用一段或一段半，少数用两段或两段以上的多段磨矿。并实行贫富分选，粗细分磨，中矿再磨的阶段磨矿、阶段选收，从而使重选流程日臻完善，形成具

有我国独特风格的钨重选工艺流程。

3. 强化了钨细泥处理

钨细泥实行集中浓缩，分级处理。广泛采用以刻槽摇床为主的选收设备，并结合使用皮带溜槽、离心机、具有复合力场的振摆皮带溜槽，形成多种选别工艺。使钨细泥的重选回收下限粒级降至20微米。与此同时，还开展重——浮，重——磁、磁——浮等联合工艺的试验研究，有的已纳入细泥生产工艺。

4. 钨的精选形成了多种工艺

精选除硫，粗中粒级成功应用了具有脱硫、富集作用的重力浮选（台浮），细粒级（-0.3毫米）采用泡沫浮选，黑、白钨精矿脱磷，采用浮——重——酸浸联合工艺，或高压电选；

锡石、白钨、黑钨精矿的分选，用磁电——重力浮选——浮选组成联合流程，分别产出各种商品精矿。

5. 硫化矿的分选，采用不同的药剂制度与浮选条件，综合回收了伴生的铜、铅、锌、铋、钼、黄铁矿等有用金属矿物。

6. 白钨浮选有了新的突破

从加温“浓浆高温法”发展为用氧化石腊皂及油酸皂液为捕收剂的常温浮选。

7. 浮选药剂有了新的进展

*4浮选油、甲苯砷酸、乙硫氮（SN—9号）、磺丁二酰胺（A—22）、氧化石腊皂、油酸皂液及苯乙烯磷酸等药剂的研制成功和用于生产，为钨矿物的浮选及其杂质的脱除，取得了新的进展。

8.对难选钨矿物研究了选—冶联合工艺，为扩大资源利用，综合回收各种有用金属矿物，开辟了良好的前景。

总之，建国以来钨矿工业得到了巨大的发展，取得了显著的成绩。但在钨选矿中，也还存在一些问题，如采矿贫化率高，出矿品位逐年下降，人工手选占用劳动力较多和劳动强度大；钨细泥处理的工艺和设备不够完善，-20微米细泥回收率还很低，细泥回收率不高；某些伴生贵重金属的综合回收，有待于加强；钨精矿质量不稳定，部分有害杂质元素，还不能满足用户需求；有些难选矿石（如硅卡岩白钨矿）的处理，尚待进一步研究。

基于上述情况，今后一个时期钨选矿的主要任务是：

一、进一步提高钨及其他伴生矿物的选矿实收率，尤其要加强对细泥的回收。

二、大力提高废石选出率，努力降低废石选出粒度下限，积极完善和研制取代手选的新工艺、新设备。

三、加强综合回收，特别是对贵重金属的回收。

四、推行全面质量管理，不断提高以钨为中心的各种商品精矿质量。

五、积极研制具有性能好、效率高的选矿设备和无毒的新型浮选药剂，以及新的选钨工艺。

六、进一步强化以金属平衡为内容的检测工作。

七、努力改善工人作业条件，不断提高企业的机械化和自动化水平。

选矿技术检测

目 录

编者的话

前 言

第一章 试料的采取与制备

第一节	取样的目的与意义	1
第二节	取样的基本原理	2
第三节	采取试料的方法	13
第四节	取样机械	19
第五节	试料的制备	34

第二章 计 量

第一节	概 述	55
第二节	计量方法	60
第三节	计量设备	67

第三章 选矿物料性质的测定

第一节	矿石粒度的测定	131
第二节	物料其他性质的测定	149

第四章 工艺参数的测定

第一节	操作因素的测定	169
-----	---------	-----

第二节	工艺质量的测定	179
第三节	选矿产品的检查	199

第五章 金属平衡

第一节	概 述	206
第二节	金属平衡和金属平衡差值	207
第三节	影响金属平衡差值的因素	210
第四节	主要选矿指标的计算	222
第五节	金属平衡分析	233
第六节	金属平衡表的编制	238
第七节	数据的处理	240

第六章 现场试验

第一节	现场技术测定	255
第二节	现场试验室内的小型试验	267

附 录

选 矿 效 率

附表 1、2、3、4、5

第一章 试料的采取与制备

第一节 取样的目的与意义

从待测物料中取出一小部份能代表该物料全部性质的试料的操作过程，叫取样。

取样在工业企业的质量管理中应用很广泛。如纺织工厂为了检查原料和出厂产品的质量，需要在成堆原料和成千上万的产品中取出少量试样，机械工业为了检查成品是否符合要求、冶金工业企业为检查进厂原料（材料）和产品的质量，都需要应用取样的方法。总之，一切需要检查原料和产品质量的地方，都有取样的工作。因此，取样在全面质量管理中有着重要的作用。

在选矿生产过程中，有各种各样的物料，如进厂原矿、出厂产品、丢弃的尾矿和中间产物。为了掌握这些物料的数量和质量，开展金属平衡，了解生产的成果，找出金属损失的原因和地点，就必须对这些物料进行取样和计量，并将所取试料加工化验。所以选矿日常取样的目的是为指导生产、监督生产、改进操作提供资料。

有时为了测定选矿流程、测定某改进项目的效果或设备的效率，也必须进行取样。如质量流程测定的取样，筛分效率测定的取样等，这些取样的目的则是为测定计算提供数据。

在开展矿石可选性研究中，需要从井下或选厂采取试料，其取样目的是为可选性试验提供原料。

所以取样的目的因试料的作用不同而不同。

由上可见，选矿生产指标（回收率、品位）、测定结果、可选性试验结论的可靠程度与取样的准确性关系很大（包括加工化验的准确性）。所取试样（样品）准确性（代表性）强，得出的数据就能真实地反映生产的实际，反映流程、设备的真实指标，可选性试验就能获得正确的结论（假设加工化验准确性强，试验方法正确）。反之，样品的代表性差，得出的数据就不能真实地反映实际，就不能正确评价改进项目的效果，使可选性试验得不出正确的结论。

如何提高样品的代表性是需要很好研究的课题。本章将对取样原理、方法、设备及试料的制备作一介绍。

所谓样品的代表性，因取样的目的不同而有不同的内容，概括起来，主要包括：

- 一、矿石的矿物组成和化学组成；
- 二、有用矿物的散布特性和共生结构；
- 三、矿石的主要物理性质——粒度、硬度、湿度等；
- 四、矿石中围岩、脉石的种类、性质和含量；
- 五、矿石中有害杂质和矿泥的含量；
- 六、欲测项目的其他内容——如矿浆浓度、酸、碱度等。

第二节 取样的基本原理

试料有平均试料和小试料（小样），平均试料由若干小试料组成。如合格矿取样时，每刮取一次的试料称为小试料，一个班合并起来的试料称为平均试料。

取样的准确度取决于小样的数目及小样和平均试料的重量。因此，正确地确定试料的最小重量，确定小样的数目

(即取样频率)对于保证取样的准确度有很大意义。

一、影响试料代表性的因素:

任何样品的代表性都因各种因素的影响而受到限制。影响样品代表性的因素很多,主要有:

(一)矿石的粒度:矿石的粒度愈小,分布就愈均匀,混和也比较容易,因此样品采取量可以少些;反之,矿石的粒度愈粗,分布就愈不均匀,混匀也较困难;因此样品采取量就要多些。为了减少样品加工的数量,可以采取将粗粒样品逐段破碎逐段缩分的办法。

(二)有用矿物的嵌布特性:细粒均匀嵌布的矿石,样品量可少,粗粒不均匀嵌布矿石,样品采取量应多。

(三)有用成份的含量和有用矿物的比重。

(四)取样方法和取样设备:正确的取样方法,良好的取样设备,所取样品的代表性就大,反之,样品代表性就差。

二、试料最小重量的确定:

由于影响试料重量的因素多而复杂,并且多数不能精确地测定出来,所以试料量的确定多是采用经验公式来计算。苏联学者契切特教授等提出的经验公式是:

$$Q = Kd^{\alpha} \text{ (公斤)} \dots\dots (1-1)$$

式中Q—试样的最小重量,公斤

K—代表矿物的性质系数(与矿物的品位、比重、形状、以及嵌布特性、矿物的价值等有关);

d—试样中的最大颗粒直径(毫米);

α —指数,与矿物的连生体,颗粒的硬度、韧性、脆性、裂隙度等有关。

K和 α 的值,对具体矿石而言,可通过试验确定。(测

定方法参阅塞尔格：〈选矿厂的取样控制及自动化〉），但是一般都是根据经验选定。表（1—1）为样品最低可靠重量，表（1—2）是我国经验数据。

样品最低可靠重量（公斤） 表（1—1）

矿石浸染特性	I	II	III
粒度毫米	很均匀	中等均匀	极不均匀
20	15	40	160
10	4	10	35
8	2.5	6	20
5	1.2	2.5	7
3	0.45	0.90	2.5
2	0.2	0.40	0.90
1	0.06	0.10	0.18

取样公式中K及 α 值（我国经验） 表（1—2）

矿石类型	K	α
铜矿 A矿	0.1—0.2	2
B矿		
钨矿	0.2	2
钼矿	0.20	2
脉锡矿	0.20	2
磷矿	0.15	2
砂锡矿	0.20	2
钨矿中手选的废石	0.05	2

最近有人建议（参看有色金属81，第一期）

K和 α 按下表取值：

表（1—3）

金属矿石分类	K	α	备 注
I	0.01	2	$d > 5\text{mm}$
	0.05		$d < 5\text{mm}$
II	0.10	2	
III	0.40	2	

举例：某钨矿选厂取合格样品，其最大粒度为10毫米，则其最小取样量应是：

$$Q = Kd^2 \quad \text{公斤}$$

K值取0.2 则

$$\begin{aligned} Q &= 0.2 \times 10^2 \\ &= 20 \text{ (公斤)} \end{aligned}$$

公式（1—1）在钨选厂应用中， α 值都是取2（即 $Q = Kd^2$ ）。K值在大型选厂一般取0.2；但在中小型选厂则有两种情况：20毫米以下的矿石取0.2，20毫米以上的矿石（包括废石），由于选厂本身能力不大，建造过大的加工设备，在经济上很不合算，因此，取值都较小，到底应该取多大值比较适当，尚需进一步探讨。

三、最少样品数或取样的最长间隔时间的确定：

对于检测时间短，取样量少的情况，由于工作量不大，可以使样品数目多一些，如果是流动物料，则可以使取样的时间间隔短一些。但是对于矿量比较大（如重选尾矿等）或常年经常取样的情况，为了使取样工作量最大限度地缩减并

能保证样品的代表性，就应正确地确定出最小样品的数目或流动物料的最长时间间隔。确定的方法一般借误差理论的数理统计法求得。

(一) 固定物料的最少样品数目按下式求出：

$$n = \frac{\delta^2 \cdot t^2}{\Delta^2} \quad (\text{个}) \quad (1-2)$$

(二) 流运物料的取样的最长间隔时间按下式确定：

$$\tau = \frac{60T \cdot \Delta^2}{t^2 \cdot \delta^2} \quad (\text{分}) \quad (1-3)$$

两式中：n—最小样品数目

Δ —有用元素的允许误差（一般取该元素的化学分析允许误差）%。

t—几率系数，取决于几率（即100次机会中可以抽中的次数，对取样工作可视为样品的代表性）。不同几率的几率系数列于附表—5；

τ —取样的最长间隔时间 分；

T—做抽样时所需的总时间（小时）；

δ —均方误差 %。

其中均方误差 δ 用抽样试验法求得。抽样试验的方法是：

先从待测矿石中取若干个样品，如是流动物料，应按同等间隔取若干个样品送化学分析，其含量分别为 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ 先按下式求得平均含量百分数 X

$$X = \frac{1}{N} \sum X_i, \quad (1-4)$$