

钨矿工人技术培训试用教材（十）

精 选

江西省冶金工业厅编

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

原矿予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

14浮选油、甲苯砷酸、乙硫氮(SN—9号)、磺丁二酰胺酸(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。

精 选 分 册

目 录

编者的话

前 言

第一篇 浮 选

第一章 浮选的基本原理	1
第一节 基本原理.....	1
第二节 浮选过程.....	1
第三节 浮选的重要性.....	2
第二章 浮选系统中相的性质	5
第一节 矿浆中固相的特征.....	5
第二节 矿浆中液相的特征.....	5
第三节 矿浆中气相的特征.....	6
第四节 固相（矿物）的浮游性质.....	6
第五节 液相的浮游性质.....	11
第六节 气相的浮游性质.....	15
第三章 浮选相界面的基本现象	17
第一节 润湿现象.....	17
第二节 硫化矿表面的氧化.....	21
第三节 矿物表面生成的薄膜.....	22

第七章 浮选设备	154
第一节 浮选对浮选机的作用要求.....	154
第二节 浮选机的种类.....	154
第三节 钨选厂使用浮选机现状与发展前景.....	155
第四节 浮选机的工艺计算.....	156
第五节 钨选厂常用叶轮式机械浮选机概述.....	159
第六节 浮选机常见故障处理.....	170
第七节 操作中应注意事项.....	173
第八章 钨的浮选	175
第一节 我国钨矿类型及其主要选矿方法.....	175
第二节 钨细泥概况.....	176
第三节 钨细泥的浮选.....	177
第四节 黑钨细泥浮选生产.....	180
第五节 白钨矿的浮选.....	189
第六节 白钨常温浮选实例.....	192
第七节 某钨矿选厂精选工艺流程改革后的效果.....	198
第九章 钨矿中伴生有用金属矿物的浮选	204
第一节 锡石的浮选.....	204
第二节 钼的浮选.....	208
第三节 铋的浮选.....	215
第四节 铍的浮选.....	220
第十章 重力浮选（台浮）	229
第一节 台浮作业的优点.....	229
第二节 台浮作业的有关技术条件.....	230
第三节 台浮分选实例.....	233

第二篇 磁 选

第一章 磁选的基本原理	242
第一节 磁选分离的基本条件.....	242
第二节 磁化、磁化强度和磁化系数.....	244
第三节 磁场及磁场强度的形成.....	247
第四节 磁铁及磁极.....	248
第五节 磁场与磁力线.....	249
第六节 磁通量, 点磁场强度, 均匀 磁场, 不均匀磁场.....	250
第二章 矿物磁性的分类及其影响因素	255
第一节 矿物磁性分类.....	255
第二节 有关矿物磁性变化的因素.....	256
第三章 磁选机	258
第一节 磁选机的种类.....	258
第二节 盘式强磁场磁选机.....	259
第三节 盘式磁选机的构造及操作.....	264
第四节 磁选机的维护.....	268
第五节 三种盘式磁选机在生产上的效能.....	269
第六节 湿式磁选机.....	270
第四章 黑钨矿物的干式磁选	272
第一节 选别前的准备.....	272
第二节 选别流程.....	275
第三节 影响磁选选别及操作因素.....	284
第四节 $\Phi 576$ 毫米干式强磁场双盘磁选机.....	288

第五节 干式磁选作业中几个值得重视的问题·····	293
第五章 黑钨矿物的湿式磁选试验 ·····	299
第一节 赣州精选厂矿尘湿式磁选试验·····	299
第二节 浒坑钨细泥磁—浮联合流程工业试验·····	304

第三篇 电 选

第一章 电选分离的基本原理 ·····	317
第一节 概 述·····	317
第二节 电选分离的基本原理·····	318
第三节 电选分离的基本条件·····	322
第二章 电选机 ·····	325
第一节 电选机的种类·····	325
第二节 国产电选机·····	325
第三章 120×1500毫米双辊电选机 ·····	328
第一节 设备结构·····	328
第二节 分选过程·····	331
第三节 双辊电选机的设备特征·····	332
第四节 电选的影响因素及其操作·····	333
第五节 分选白钨——锡石工艺实例·····	343
第四章 DSG—6型高压电选机 ·····	346
第一节 设备性质·····	346
第二节 设备结构及操作使用·····	347
第三节 选矿性能·····	358
第四节 操作顺序及注意事项·····	365
第五节 安装要求与调试注意事项·····	367

第六节	维护保养制度.....	368
第七节	江西某厂分选白钨—锡石实例.....	370
第八节	广东某厂分选白钨—锡石实例.....	378
第九节	对DSG—6型高压双辊电选机的几点评价	383

第四篇 钨矿物的化学选矿

概 述	387
第一章 低品位难选钨矿物原料的性质	390
第二章 钨矿物的焙烧	394
第一节 氧化焙烧.....	394
第二节 还原焙烧.....	397
第三节 氯化焙烧.....	399
第四节 焙烧设备.....	404
第三章 化学处理前低品位含钨原料的准备	406
第一节 粉碎的目的和要求.....	406
第二节 主要设备结构和工作原理.....	409
第三节 球磨机经常发生的故障及消除方法.....	413
第四章 低品位含钨矿物的分解	414
第一节 苏打烧结—水浸法.....	414
第二节 苛性钠溶液浸出法.....	422
第五章 浸出液的净化	432
第一节 化学净化法.....	432
第二节 离子交换净化法.....	440
第六章 浸出液除钼	456

第一节	酸法除钼	456
第二节	碱法除钼	460
第三节	其他除钼方法	463
第七章	化学精矿的生产	466
第一节	合成白钨的生产	466
第二节	钨酸钠晶体的生产	471
第三节	仲钨酸铵的生产	473
第四节	钨酸的生产	484
第五节	三氧化钨的生产	492
第八章	三氧化钨过筛、混合与包装	495
第九章	工业用水的净化	497
第十章	废酸母液的处理	504
第十一章	砷渣中钨的回收	506
第十二章	产品质量	515

第一篇 浮 选

第一章 浮选的基本原理

第一节 基本原理

浮选是从水内的悬浮体（矿浆）中浮出固体矿物的选矿过程。其实质就是：把矿石加水磨成矿浆，再加浮选药剂处理，然后在浮选机中搅拌，导入空气形成气泡，于是一部分可浮的矿物就粘附于气泡而浮至矿浆表面形成泡沫，将其刮出即为泡沫产品，通常称为精矿；另一部分被药剂抑制的矿物和通常不浮的脉石，就不与气泡粘附而留在矿浆中，即为非泡沫产物，通常称为尾矿，从而达到分选的目的。

浮选过程的根据，是各种矿物与气泡粘附的选择性不同。这种选择性是由矿物（固相）、水（液相）、气泡（气相）、和相界面的物理化学特性而决定的。

第二节 浮选过程

一般包括下列作业：

一、浮选原料的准备

其中包括磨矿、分级、浓缩、脱药、脱泥等，而以磨矿分级为主。其目的是要使各组成矿物单体分离，同时控制粒度，使适合于浮选的要求。

二、矿浆的调整并加入浮选剂

调整并控制相界面的物理化学特性，满足分选所要求的条件。

三、搅拌和充气

向浮选机导入大量空气，使之弥散成气泡，并使矿粒在矿浆中悬浮，造成矿粒与气泡接触的机会。

四、气泡的矿化

矿粒向气泡附着，这是浮选过程中最基本的行为。

五、矿化泡沫的形成和刮去

矿化泡沫上浮到矿浆表面，积聚成为泡沫层；将泡沫刮去，而未浮起的矿物留在矿浆中，从而完成分选。

第三节 浮选的重要性

就处理矿石量而论，浮选在各种选矿方法中占主要地位（黑钨、锡石多以重选为主要方法）。它的重要性可以从应用范围、分选效率和矿物有用资源的综合利用等来说明。

一、浮选的应用范围广；

（一）不仅可以用浮选来处理硫化矿物（黄铜矿、辉铜矿、辉钼矿、辉铋矿、闪锌矿、方铅矿、辉锑矿、黄铁矿、硫化镍矿、硫钴矿……），又可以用它处理氧化矿物（黑钨矿、白钨矿、锡石、氧化铋、氧化铜、氧化锌……）。

（二）既能处理金属矿物（铜、铅、锌、钨、钼、铋、钴、锑、汞、锂、铍、铁、钛、锰、锆、铀……），又可以处理非金属矿物（石墨、重晶石、萤石、磷灰石、长石、玻璃砂、滑石……），还可以处理似盐类、硼砂、橡胶原料、造纸、制糖等化学工业原料，甚至炉渣、镍冰铜冰铜、金属电