

钨矿工人技术培训试用教材（八）

选矿前准备

江西省冶金工业厅编

钨矿工人技术培训试用教材

选 矿 前 准 备

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 健、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

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

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。

6. 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)、磺丁三酰胺酸(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——治联合工艺，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。

目 录

编者的话

前 言

第一章 矿物基本知识

- 第一节 矿物及钨矿床…………… (1)
- 第二节 矿物的物理与化学性质…………… (6)
- 第三节 矿物的分类…………… (12)

第二章 粗选及洗矿

- 第一节 矿石的分级…………… (18)
- 第二节 矿泥与洗矿…………… (24)
- 第三节 手 选…………… (31)
- 第四节 光电选矿…………… (35)
- 第五节 重介质选矿…………… (43)

第三章 破碎与筛分

- 第一节 破碎过程的基本概念…………… (60)
- 第二节 破碎设备…………… (71)
- 第三节 筛分过程的基本概念…………… (133)
- 第四节 筛分设备…………… (141)
- 第五节 碎矿与筛分流程…………… (156)

第四章 磨矿与机械分级

第一节	磨矿原理及基本概念·····	(166)
第二节	磨矿设备·····	(195)
第三节	机械分级·····	(234)
第四节	磨矿与分级流程·····	(243)

第一章 矿物基本知识

第一节 矿物及钨矿床

一、矿物、矿石的概念

地球的外壳是由各种岩石组成的（主要是花岗岩类和玄武岩类岩石），岩石是矿物的集合体，它可以由多种矿物有规律的组成，也可以由单种矿物形成。一般而言，矿物就是在各种地质作用过程中形成的具有一定化学成分和物理性质的自然产物。

矿物除少数由一种化学元素组成外，如金刚石（C）、自然金（Au），多数是由两种或两种以上元素的化合物组成，如黑钨矿、黄铜矿等。矿物大部份为固体存在，有时也呈液体或气体存在。组成矿物的各种化学元素质是原子、离子等，当有规律的排列于矿物内部，使矿物具有一定内部构造的称为结晶质矿物；另外也有少数矿物，其内部质点是没有规律排列的，这类矿物叫做非晶质矿物。

在当代技术经济条件下，能够为人类利用的矿物，叫有用矿物。含有用矿物的集合体，若其中有用成分的含量在现代技术经济条件下能够回收并加以利用时，这个矿物集合体就称为矿石。矿石的概念并不是固定不变的，而是随着时间的推移、经济技术条件的发展和变化而改变的。有的过去被认为是无法回收利用的废石，而现在随着经济技术的发展却能有效地作为矿石进行回收和利用，从而不断扩大了矿石范

围，这在世界各国现代工业生产发展中是常见的。

二、钨矿床

目前我国已知的主要钨矿床有石英脉型钨矿床，细脉浸染型钨矿床，斑岩型钨矿床，砂钨矿床及矽卡岩型钨矿床。前者以大脉产出，工业价值大，在我国分布甚广、数量多，是历来勘探和开采的主要对象。后者为白钨矿床。

由于成矿作用以岩浆期后高中温热液为主，部份为气化热液，所以石英脉型钨矿床主要赋存于成矿花岗岩体内接触带或附近的围岩中，一般不远于二公里，为成矿溶液沿构造裂隙充填形成的脉状矿脉。

在石英脉型钨矿床中已见到的矿物，计有六十余种，根据有用矿物的含量和矿物组成的主次，可以分为下列七种矿化类型（亦称矿脉类型）

1. 绿柱石，黑钨矿——石英脉：富产铍钨，伴生钼，一般铍钨都能达到工业富集。

2. 辉钼矿、黑钨矿——石英脉：主产钼钨，伴生铍。

3. 锡石，黑钨矿——石英脉：主产锡钨。

4. 辉铋矿、黑钨矿——石英脉：主产铋钨，伴生钼铜。

5. 硫化矿、锡石，黑钨矿——石英脉：主产锡钨，伴生多金属元素。

6. 硫化矿、黑钨矿——石英脉：本矿脉与前类特征近似，唯锡石含量甚少。

7. 黑钨矿石英脉：主产钨，其它伴生元素含量都很低。

三、钨矿床中的主要矿物

1. 主要金属矿物：

黑钨矿；（钨锰铁矿），化学组成——（Mn Fe）

WO_3 ，由 MnWO_3 及 FeWO_3 以类质同象方式组成，含 WO_3 可达76%以上，颜色为黑色，褐黑色及褐色，晶体呈板状或柱状、粒状等。常构成放射状集合体，条痕褐黑；半金属光泽；硬度4.5—5.5；比重6.7—7.5；性脆，不透明，其解理和裂隙中常被白钨矿、黄铜矿、黄铁矿等充填，结晶粒度一般为25~10毫米，以10~15毫米为最多，最小的0.1毫米，最大的晶体长达42~48厘米；细脉带黑钨矿呈浸染状者，则一般为0.1~0.9毫米。

白钨矿：（钨酸钙矿）——化学组成 CaWO_4 ， CaO 19.4%， WO_3 80.6%。一般呈微粒状、条带状分布于矿脉和围岩中，也常呈微粒状浸染于黑钨矿或者沿其解理呈条带状充填；颜色呈白、灰、黄、褐等色，结晶粒度一般为0.6~0.1毫米，最大为1~2毫米，最小为0.017毫米；白色条痕，金刚光泽或松脂光泽；性脆、硬度4.5~5；比重5.9~6.2；透明至半透明。

辉铋矿及自然铋：化学组成 Bi_2S_3 ， Bi 81.2%， S 18.8%；呈针状（或针状密集体），柱状及粒状产出；在黑钨矿—石英脉中，结晶最小为0.01毫米，以0.01~0.05毫米为最多；颜色为铅灰到锡白色，表面常带淡黄或杂色的锈色，不透明，条痕为灰色；有强的金属光泽；硬度2~2.5；比重6.4~6.6，偶有达7.1者。

辉钼矿：化学组成 MoS_2 ， Mo 占60%， S 占40%；多呈细小鳞片状（鳞片集合体），或呈散状分布，在黑钨矿—石英脉中，生于矿脉的边缘或其中部；有时渗入围岩中，结晶粒度为2~0.01毫米，以0.01~0.06毫米为最多，颜色呈铅灰色，在纸上写字可留下微兰色的条痕，具有金属光泽，

硬度1~1.5。薄片具有挠性，有细脂感，比重4.7~5.0。

锡石：化学组成 SnO_2 ，Sn占78.6%，O₂占21.4%，呈细粒浸染；在黑钨矿—石英脉中，有完好的自形晶体，粒度大者为5~6厘米，呈褐色至沥青状黑色，完全无色者少见；条痕白色，暗色者条痕带淡褐色；金刚光泽，黑色者甚至具有半金属光泽；不透明；硬度6~7；比重6.8~7。

黄铜矿：化学组成 CuFeS_2 ，Cu占34.57%，Fe占30.5%，S占34.9%；呈致密的块状和不规则的粒度分布；在黑钨矿—石英脉中，常沿黑钨矿的解理及裂隙充填与辉钼矿、辉铋矿、磁黄铁矿及闪锌矿共生；结晶粒度以中，细者居多，一般为0.03~0.018毫米；最大为0.6毫米，最小为0.012毫米；颜色为黄铜色、黄色；条痕绿黑色，不透明；具有强金属光泽，硬度3~4；性脆，比重4.1~4.3。

方铅矿：化学组成 PbS ，Pb占86.6%，S占13.4%，常见之混合物为Ag，其次Cu，Zn、Bi等；颜色铅灰色；条痕灰黑色；金属光泽；硬度2~3；性脆；立方体解理完全。

闪锌矿：化学组成 ZnS ，Zn67.1%，S32.9%，呈不规则的粒状，块状及自形晶体产出。在黑钨矿—石英脉中，多与其他硫化矿共生，粒度为0.6~0.01毫米，以0.3~0.01毫米为最多；颜色通常为褐色或黑色等；纯闪锌矿则为无色透明体，条痕淡黄和淡褐色，树脂光泽；硬度3~4；比重3~4。

绿柱石：化学组成 $\text{BeAl}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$ ，BeO占14.19%， Al_2O_3 占19%， SiO_2 占66.9%；为六方柱晶体，在黑钨矿—石英脉中，结晶粒度小的为0.5~0.01毫米，以30~8毫米

的居多，所以适宜手拣回收；颜色为绿白色，黄绿色，深绿色；玻璃光泽；硬度7.5~8，性脆，断口不平坦，常呈贝壳状；比重2.63~2.91。

黄铁矿：化学组成 FeS_2 ，Fe占46.6%，S占53.4%，呈不规则的颗粒或立方晶体及块状分布；在黑钨矿—石英脉中，结晶为0.018~1毫米；颜色呈淡铜黄色，常具有黄褐色，条痕绿黑色，褐黑色；金属光泽；硬度6~6.5，性脆；断口参差状；比重4.7~5.2。

2. 主要脉石矿物

石英：化学组成 SiO_2 ，为黑钨矿床中主要的脉石矿物，特别是大脉型的含钨石英脉，石英体积占80%以上，在细脉带中石英约占石英脉的62%左右，颜色灰白色，乳白色等；具油脂光辉；微透明至半透明；硬度7；无解理；断口贝壳状；比重2.5~2.8，呈致密的块状。

长石：化学组成： $(100-n)\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)_n\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_6)$ ，其中n值可由0~100；为肉红色，结晶粒度大；呈细脉状，玻璃光泽，硬度6~6.5，比重2.62~2.78，断口参差状；与石英紧密共生。

白云母：化学组成 $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ ，薄片无色，绿色；玻璃光泽；硬度4；性脆；具有完全的八面解理；比重3.18；常常充替绿柱石，并常与方解石共生。

方解石：化学组成 CaCO_3 ，呈细脉状、条状分布；为中低温白钨矿的主要脉石矿物之一，乳白色或无色，有时染有种种颜色，如红、黄、灰等；玻璃光泽；硬度3；性脆，解理完全；比重2.6~2.8。

矽卡岩：主要包括石榴石、符山石、透闪石、阳起石、

绿帘石，橄榄石……等。

四、近矿围岩

各类型钨矿中主要近矿围岩有三类：

1. 黑云母花岗岩，成分以长石、石英、黑云母为主，
2. 千枚岩和板岩互层，主要成分有绢云母、石英、电气石，铁镁氧化物及粘土等。
3. 变质砂岩，主要成分为石英及白云母，电气石、氧化铁等。

第二节 矿物的物理与化学性质

一、矿物的物理性质

(一) 硬度：矿物的硬度是指矿物抵抗磨擦或刻划能力而言。

在作普通矿物鉴定时，常用两个矿物对划的最简单的办法来决定其硬度，即决定矿物的相对硬度。所用标准为摩斯硬度计。这种硬度计是由十种矿物组成的，后一种矿物尖端切能刻划其前面的矿物。

这一硬度计以下列矿物为标准，其排列次序由1到10是：

1. 滑石…………… $\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$
2. 石膏…………… $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
3. 方解石…………… CaCO_3
4. 萤石(氟石)……… CaF_2
5. 磷灰石……… $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl})$
6. 正长石……… $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$
7. 石英…………… SiO_2