

# 我国钨矿的开发概况和矿床工业分类问题

廖 经 桢

(南昌有色冶金设计研究院)

## 我国钨矿

### 资源及其开发概况

我国钨矿资源丰富,到目前为止,已发现几千个钨矿点,而做过工作、有探明储量的还不到总数的1/5。绝大部分矿床(点)分布在华南地区。矿床的成因复杂,类型繁多。华南钨矿,根据其成矿物质来源,成矿条件和矿床产出特征等,可划分为四系七类十七型<sup>①</sup>。在我国,钨矿的开采历史悠久,但正规的机械化生产则是解放后才开始的,自从1952年建成第一座钨的机选厂

以来,钨的工业生产从起步发展到完善,已历时30多年。不同类型钨矿床的工业利用程度业已明确:根据各类型矿床的特点已形成各自经济合理的生产工艺流程。我国钨的生产不仅产量上一直居世界领先地位,而且在矿床勘探、矿山开采、矿石加工技术和冶炼等方面亦具有自己的特色,许多技术经济指标达到世界先进水平。现以华南钨矿的成因分类为基础,将各类型钨矿的储量(含探明储量和地质储量)<sup>①</sup>和矿山采、选矿石生产能力(限国家开采矿山)<sup>②</sup>所占相对比例汇总表1。

钨矿床成因分类表

表1

系	矿床类	型*	储量百分比 (1980年)	生产能力百分比	
				1980年(实际)	1990年(规划)
I 与壳下层(或上地幔)深熔岩浆有关的钨矿床(深源系列)	1.火山一次火山气液矿床	(1) 斑岩型	2.3	1.7	1.4
		(2) 爆破角砾岩筒型	0.2		
		(3) 火山一次火山夕卡岩型	7.4		
		(4) 火山一次火山石英脉型	0.9		
	2.火山沉积矿床	(5) 海相火山热泉沉积型	3.0		
II 与壳上层重熔岩浆有关的钨矿床(浅源系列)	3.岩浆晚期-期后分异、交代矿床	(6) 花岗伟晶岩型	0.21		7.7
		(7) 花岗岩型	2.5		
	4.岩浆期后热液矿床	(8) 云英岩型	1.1		
		(9) 夕卡岩型	18.1	1.6	11.3
		(10) 石英脉型	19.4	94.1	77.7
III 沉积再造钨矿床	5.沉积作用再造矿床	(11) 元古界砂板岩层细薄脉型	0.8	2.3	1.9
		(12) 震旦-寒武系、下泥盆统钙质层、碳酸盐岩层似夕卡岩型	8.3		
	6.岩浆作用再造矿床	(13) 中下泥盆统砂岩层细薄脉型	5.1		
		(14) 下石炭统砂页岩层细脉浸染型	0.02		
IV 外生钨矿床	7.冲积、残积矿床	(15) 第四系中的砂矿	0.37		

\* 对个别类型有所调整

① 冶金部南岭钨矿专题组: 南岭钨矿(送审稿), 1981年。

② 据南昌有色冶金设计研究院1981年全国钨矿山“六五”规划基础资料整理。

从表1中看出:

1. 在总储量中,浅源系列矿床所占比重最大,特别是其中的石英脉型矿床的累计储量占50%;其次,深源系列和沉积再造钨矿床占有一定的比例;而外生钨矿床的储量则微不足道。

2. 根据1980年采、选矿资料表明,我国工业开采钨矿床仅限于少数几个成因类型。实际上,绝大部分钨矿石采自石英脉型矿床。数量有限的矿石采自少数其他几个类型。而其余大多数成因类型的钨矿石由于种种原因目前未予利用。

3. 由于一部分老矿山的资源即将采完,生产能力随即消失。与此同时,若干新矿山正在基建和筹建;待陆续建成投产后至1990年钨矿生产对不同类型矿床的分布比例将有所变化。石英脉型矿床虽然仍然是主要的开采对象,但所占比重有所下降。相应增加的主要是对夕卡岩型和花岗岩型矿床的开采矿量。

4. 在我国钨矿开发历史上,曾对某些类型矿床有过小规模开采,如花岗伟晶岩型、云英岩型和第四系中的砂矿等,但目前多已采完或因其他原因而中止开采,从而不再具备现实的生产能力。

各类矿床经地质工作所计算的累计储量和是否被开采及其所形成的累计生产能力,是该类矿床所拥有现实和潜在经济地位和实力的标志。以该两项标志为尺度,可将表1所列众多成因类型的钨矿床归为A、B、C、D四组。

A组是累计储量占有一定的比重( $>5\%$ ),且已经工业正规开采或规划建成较大采、选生产能力( $>5\%$ )的矿床类型:

- (1) 石英脉型钨矿床;
- (2) 夕卡岩型钨矿床;
- (3) 花岗岩型钨矿床\*\*。

B组是累计储量虽然较少( $<5\%$ ),但工业部门有长期开采的历史,所开采的具体矿床尚保有一定的储量,近期内能够维持一定采、选生产能力的矿床类型:

- (1) 斑岩型钨矿床;

- (2) 元古界砂板岩层细薄脉型钨矿床

C组是累计储量占有一定的比重( $<5\%$ ),但至今尚未开采利用的矿床类型:

- (1) 火山——次火山夕卡岩型钨矿床;
- (2) 中、下泥盆统砂岩层细网脉型钨矿床;
- (3) 震旦——寒武系、中泥盆统钙质层、碳酸盐岩层似夕卡岩型钨矿床。

D组是累计储量所占比例小,而且目前和近期内亦未考虑正式工业开采利用的矿床类型:

- (1) 爆破角砾岩筒型钨矿床;
- (2) 花岗伟晶岩型钨矿床;
- (3) 下石炭统砂页岩层细脉浸染型钨矿床;
- (4) 海相火山热泉沉积型钨矿床;
- (5) 火山——次火山石英脉型钨矿床;
- (6) 云英岩型钨矿床;
- (7) 第四系中的砂矿床。

上述四组矿床类型所具有的工业意义显然不同。A组矿床的总储量占有明显的优势(69.3%),尤其是其中的石英脉型矿床在我国钨矿业开发史上至今仍发挥着特别重要的作用。A组矿床是我国钨矿床的重要类型,具有最大的经济价值。B组矿床在我国虽然得到利用,采出矿石占有一定的比重,能够保持稳定的生产能力,但生产规模较小,其经济地位属次要。且由于其累计保有储量少,开发前景是有限的。C组矿床至今尚未开发利用,但鉴于各类矿床拥有较多的储量,为今后的工业开发提供了一定的远景,从某种意义上说,具有潜在的经济意义。D组矿床的储量少,其中若干类型矿床适于早期手工开采,但产量有限,难以形成稳定的生产能力;还有某些类型矿床中的有用组分赋存状态及其选、冶回收性能尚不清楚。就矿床的开发而言,现阶段其工业意义很小。

综上所述,各类矿床以其所拥有的储量和被开发利用的程度决定了其经济地位的排列次序。就现阶段的矿床勘探和工业开采来说,A、B、C组共八类钨矿床是钨矿具有工业意义的基本成因类型。A组是主要的,B组是次要的,C组是

\*\*实际储量比例较表中统计数字要大。

表 2

钨矿床工业分类表

矿床类型		勘探对象	矿体特征				矿石特征			代表性矿山(床)
系列	类别		类型	形状	边界	与围岩接触关系	产状	主要钨矿物	主要脉石矿物	
I 黑钨矿 矿床系列	1. 脉状黑钨矿床	(1) 石英大脉型黑钨矿床	脉状	清晰	不整合	陡	黑钨矿	石英	块状、 梳状	X 矿
		(2) 石英细脉带型黑钨矿床	(脉)带状	尚清晰	不整合	陡	黑钨矿	石英	复脉状、 穿插状、 块状	
II 白钨矿	2. 层状白钨矿床	(3) 石英层状脉带白钨矿床	层(脉)状	清晰	整合	缓	白钨矿	石英	条带状、 角砾状、 块状	W 矿
		(4) 层状似夕卡岩型白钨矿床	层状	尚清晰	整合	缓	白钨矿	夕卡岩 矿物	条带状、 浸染状、 块状	
矿床系列	3. 非层、脉状白钨矿床	(5) 接触带夕卡岩型白钨矿床	不规则状	尚清晰	不整合	缓—陡	白钨矿	夕卡岩 矿物	浸染状、 条带状、 块状	B 矿
		(6) 层状细脉浸染型黑钨矿、白钨矿床	层状	渐变	整合	缓	黑钨矿、 白钨矿	石英、 长石、 云母	条带状、 交错脉状、 浸染状	
III 黑钨矿、 白钨矿 矿床系列	5. 非层、脉状黑钨矿、白钨矿床	(7) 岩体细脉浸染型黑钨矿、白钨矿床	不规则状	渐变	不整合	缓—陡	黑钨矿、 白钨矿	石英、 云母、 绿泥石	网脉状、 角砾状、 浸染状	L 矿

具有潜在意义的。

## 钨矿床工业分类依据及工业类型

钨的工业生产,是在技术上可行和经济上合理的前提下,对已勘探矿体中的钨和其他有用组分的回收过程。我国钨矿山包括采矿和选矿两个基本生产环节。个别矿区是由采矿、选矿和冶炼组成的联合企业。影响勘探和采、选、冶技术工艺的矿床地质因素,即矿床的工业利用特征是对矿床进行工业分类,划分工业类型的基础。钨矿床的工业分类依据是:

### 1. 钨矿物种类

目前工业上仅回收黑钨矿(含钨锰矿、钨铁矿)和白钨矿。钨矿床中的钨矿物存在以下三种组合形式:

- (1) 黑钨矿或以黑钨矿为主的钨矿物组合;
- (2) 白钨矿或以白钨矿为主的钨矿物组合;
- (3) 黑钨矿和白钨矿共生的钨矿物组合。

工业上对不同钨矿物组合的矿石通常进行不同的选矿处理以获得不同的精矿产品。在我国,黑钨矿矿石采用以重选为主的选矿工艺;白钨矿矿石采用以浮选为主的选矿工艺;黑钨矿、白钨矿共生的矿石则使用重、浮和其他方法相结合的选矿流程。黑钨精矿和白钨精矿有不同的质量标准和销售价格;冶炼时亦可用不同方法进行钨矿物的分解。另外,优质白钨精矿(特1类)可直接入炉冶炼合金钢。故矿床所含钨矿物种类是划分钨矿床工业类型的重要依据。上述三种钨矿物组合分别构成黑钨矿矿床、白钨矿矿床和黑钨矿白钨矿矿床三个大的矿床系列。

### 2. 矿体形态

钨矿床的矿体形状可概括为板状体和非板状体。前者在平面上呈线状或带状作一向延伸;后者的平面形状不规则。影响矿床开拓方式、采矿方法和探矿方法的布置和选择。脉状矿床和层状矿床的矿体均为板状体,但产状及其与围岩的接触关系各异。脉状矿体多为陡倾斜,与围岩呈不整合接触;层状矿体则与围岩基本整合,矿体的

产状与围岩层理相一致。非层、脉状矿体包括各种形状不规则的似椭球体、透镜体、扁豆体、囊状体,一般与围岩呈不整合接触,矿体与围岩的界线多为渐变。故以矿床的形态特点为依据,钨矿床可划分为脉状矿床、层状矿床和非层、脉状矿床三个类别。事实上所有的类别在各个系列的矿床中均可出现,但只是某一系列中的某些类别的矿床才是具有工业意义。

### 3. 矿石性质及其他

在划分不同系列、不同类别钨矿床的基础上,确定和命名工业矿床类型的其他依据主要是矿石的性质。对采、选工艺有影响的矿石组分的复杂程度,物理机械性质等与矿石所含矿物成分和矿石结构构造有关。如含钨石英脉和含钨夕卡岩均属致密坚硬矿石;而云母、长石、绿泥石、方解石、萤石等脉石矿物则松软易碎,且在碎、磨矿石时易于过粉碎导致泥化。细脉浸染状矿石的有用矿物嵌布粒度通常较细,对矿物单体解离的磨矿细度和选矿效果均有影响。

从上述依据综合考虑,目前我国具有工业意义的钨矿床可划分为三个系列七个类型,如表2。

现将各类型钨矿床的矿床地质和工业利用特点简述如下:

#### 1. 黑钨矿矿床系列

##### (1) 石英大脉型黑钨矿矿床

在石英脉型钨矿中,我国勘探和生产部门通常将间距大于2米、脉宽大于10厘米的矿脉作为独立评价和开采的对象。单脉的走向长度和延深自几十米至几百米,厚度自十几厘米至1~3米。脉体形态复杂,分枝复合、膨缩尖灭、尖灭再(侧)现频繁,且矿脉条数多,平行、成组出现。产于花岗岩体的内、外或接触带上。钨矿物以黑钨矿为主,可有少量白钨矿,白钨矿含量少于15~20%。也有为数很少的石英大脉矿床主要含白钨矿,但规模均较小,无大的工业价值。与钨矿物共生的金属矿物常见锡石、辉钼矿、辉铋矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、绿柱石、黄铁矿等。在回收钨矿物时,伴生组分可作为副产品顺便回收。脉石矿物除石英外,还有长石、电气石、黄玉、碳酸盐矿物、萤石等。矿石含钨品位中等

至较富,但分布不均匀。该类矿床普遍采用平窿溜井的开拓方式。由于脉幅窄,倾角陡,矿、岩性质稳固,无粘结和自燃因素,常用的采矿方法是浅孔留矿法。采场沿矿脉走向布置,中段高一般40~50米。采场矿石利用其自重下溜实行搬运。因为大多数矿体脉幅小于采幅,贫化率极高,一般60~80%,有的甚至更高。针对出窿矿石品位低的情况,矿石机选前都经过以传统有效的手选方法为主的预选,丢弃50%以上的废石,从而提高原矿品位,得到“合格矿石”。选厂采用重选的方法进行粗选,获得中矿产品,然后运用重、浮、磁、电等多种方法进行精选,达到去除杂质、提高精矿质量的目的。产出黑钨精矿的同时综合回收其他伴生组分,包括白钨精矿。构成我国独具特色的预选——粗选——精选的选矿流程。钨矿物颗粒粗,选矿性能良好,回收率通常都在80%以上,驰名中外的X矿是世界上地下开采钨矿床中规模最大的。

#### (2) 石英细脉带型黑钨矿矿床

在我国以脉带为整体进行勘探和开采的石英脉钨矿,是单脉宽小于10厘米,空间上分布较密的矿脉群。含矿细脉呈平行或交错排列。工业矿体包括矿脉及脉间的无矿围岩。其边界须由采样化验进行圈定。石英细脉带型黑钨矿矿床的产出部位、产状和矿石特征与脉钨矿相类似。但由于圈矿对象不同,矿体的规模较大,品位则较贫,厚度和品位的变化较稳定。为降低采矿成本,通常在矿体的上部、矿体出露和地形条件适宜处进行露天开采。如P矿的局部和H矿北矿带都曾露采。下部转入坑采时亦为平窿溜井开拓。采矿方法主要是小中段分层崩落法、阶段崩落法。由于矿体较厚大,凿岩爆破多由中深孔取代浅孔作业,或采场的长轴方向垂直矿体走向布置。采矿贫化和损失较大脉小。P矿是一钨、锡共生矿床,选矿工艺与石英大脉黑钨矿相似,出窿矿石经手选得到“合格矿石”,沿用标准的预选——粗选——精选流程产出黑钨精矿和锡精矿。钨、锡的回收率可分别达到75%和65%。

### 2. 白钨矿矿床系列

#### (1) 石英层状脉型白钨矿矿床

元古界砂板岩中的薄层状含钨、铋、金石英脉具有多层重叠平行排列的特点。单层蚀变矿化带长达数百至数千米,但其中的矿体呈不连续的板柱状,延深大于延长。矿体与围岩整合,边界清楚,倾角缓。层状主脉的边部普遍发育羽状含矿细脉。钨矿物主要是白钨矿,含少量钨铁矿。共生矿物除辉铋矿和自然金外,还有黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、毒砂、黄铜矿、辰砂等。脉石矿物除石英外,有方解石、白云石、绿泥石、绢云母等。矿石含钨品位中等,但极不均匀。主要组分钨、铋、金的品位变化系数100~300%。

其代表性的W矿始采自十九世纪末叶,早期只生产金和铋,直至本世纪四十年代才综合回收钨。现已建成采、选、冶联合生产工艺流程。矿区为竖井和斜井联合开拓。由于矿脉薄,平均厚0.78米,倾角25~35°,顶、底板岩层易顺层剥落,且后期裂隙发育,围岩的稳固性差,采矿方法主要是削壁充填法。中段高25米。采场矿石由电耙搬运。采矿的贫化和损失均较小。为有效回收钨、铋、金三种共生组分,选矿采用重、浮结合,优先浮选的流程。钨矿物主要通过浮选分离,获得白钨精矿最终产品,回收率在80%以上。金、铋精矿经冶炼处理分别还原为金和铋锭。

#### (2) 层状似夕卡岩型白钨矿矿床

似夕卡岩钨矿与接触交代夕卡岩钨矿相似,但矿体呈层状产于特定层位的钙质层和碳酸盐岩层中。矿床由多矿体组成。矿体与围岩整合接触,相互平行叠置,与围岩同步褶皱。白钨矿是主要钨矿物。常见共生矿物有黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、辉铋矿、锡石等。金属矿物浸染于夕卡岩矿物粒间,常出现条带状矿石构造。钨品位较贫,但往往与铅、锌、硫组成共生矿床。筹建中的J矿,主矿体长300~500米,厚1~5米,斜长100~200米,倾角55~80°,平均品位WO<sub>3</sub>0.2%、Pb+Zn2.58%。矿山设计平窿开拓,普通浅孔留矿法采矿,选矿工艺为直接优先浮选,综合回收铅、锌、钨。钨的回收率可达70%。

#### (3) 接触带夕卡岩型白钨矿矿床

与深熔或重熔的酸性侵入岩的关系密切,产

于岩体与碳酸盐岩接触带及其附近,夕卡岩钨矿床的矿体形态和矿石组分均较复杂。夕卡岩钨矿通常由众多的矿体组成,有的矿床的矿体数多达百余个。矿体的形态从厚人的似层状、透镜状到小的扁豆状、囊状和脉状体均有出现。矿体与围岩多为不整合接触。夕卡岩的边界清楚,但其中的矿化不均匀。夕卡岩矿物主要是石榴石、透辉石、透闪石、符山石、硅灰石、绿帘石、阳起石等。金属矿物呈颗粒浸染或脉状穿插于夕卡岩中。白钨矿差不多是唯一的工业回收钨矿物。与之共生的金属矿物是辉钼矿、辉铋矿、锡石、黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂、磁铁矿等。当矿化不均匀或不同金属矿化成带状分布时,矿床各部分可出现种类繁多的矿石类型。而在后阶段矿化叠加的部分则出现相当数量的黑钨矿。

我国已建夕卡岩钨矿的代表是B矿。矿体走向断续长380米,平均厚11.95米,斜长350米,倾角 $20\sim 40^\circ$ 。矿山为平窿开拓。根据矿体厚度不大,倾角较缓,顶、底板岩石稳固的特点,采矿方法采用沿矿体走向推进的全面法。在我国,已建夕卡岩钨矿的选矿无例外的都采用全浮选流程,能有效回收白钨矿和其它共(伴)生有用组分。B矿通过浮选除主产白钨精矿外,同时回收铅、锌。回收率均达到和大于80%。

### 3. 黑钨矿、白钨矿矿床系列

(1) 层状细脉浸染型黑钨矿、白钨矿矿床  
该类矿床受一定层位控制,以D矿床为代表,呈多层叠层状分布。矿体长、宽均达数百米,厚数十米,延续稳定。矿体与围岩没有明显分界,呈逐渐过渡,且两者产状一致。矿石组分单一,类型简单。除钨外无可供综合回收的伴生成分。钨矿物呈细微针状、粉尘状散布于平行和交错的石英细网脉内和围岩的矿物粒间。浸染状矿石占10%。黑钨矿是钨的主要矿物,也含相当数量的白钨矿。白钨矿含钨量在砂岩矿石中为29.4%,页岩矿石中为45%。全矿白钨矿矿物量占34.5%,即黑钨矿和白钨矿的相对比例约为2:1。矿床大而贫,易于开采,但钨的选矿有效回收尚待进一步工业试验,目前未开发利用。

(2) 岩体细脉浸染型黑钨矿、白钨矿矿床  
花岗岩型和斑岩型钨矿石为浸染状,或由密集含矿细脉、网脉及浸染于脉间岩石内的细微矿物共同构成的含矿岩石。矿体与围岩界线为渐变,其边界须由采样化验进行圈定。矿体的形状不规则,但厚度尚稳定,品位均匀至不均匀。由于矿床在空间上中酸性或酸性侵入岩体关系密切,为与层状细脉浸染型矿床相区别,而称为岩体细脉浸染型钨矿床。与钨共生和伴生的金属组分有Mo, Sn, Bi和Ta, Nb, Be, Li等,在不同矿床中出现不同的矿物组合。大多数岩体细脉浸染型钨矿床是同时产生黑钨矿和白钨矿的,两者密切共生。只有少数矿床例外,仅产出单一白钨矿或单一黑钨矿。统计该类型主要钨矿床中,黑钨矿和白钨矿含量的相对百分比在(20~80)/(80~20)间变动<sup>3</sup>。矿体的形状为大小不一的椭球状、岩盖状、带状、透镜状、豆荚状等。矿石品位贫至中等。由于储量大而集中,露采有利,一般均优先露采。为分别回收黑钨矿、白钨矿和其它有用组分,选矿工艺流程较复杂。L矿是产于石英斑岩体内外的细脉浸染型钨矿。岩体内矿石占63%。主矿体长100~300米,宽10~24米,斜长50~183米,赋矿标高140~450米。标高360米以上矿体出露宽大于30米,为露天开采。其下转坑采,采用平窿开拓和分段空场法采矿。中段高70~110米,每隔10~15米插入小中段平巷。矿石中黑钨矿和白钨矿的相对含量为3:2。可供综合回收的伴生组分有Cu, Bi, Co, Sn, Pb, Zn等。脉石矿物以石英为主,其次白云母、绢云母、黑云母、绿泥石等。选厂采用重、浮结合的选矿方法。黑钨矿和白钨矿通过电磁选进行分离。因钨的赋存状态复杂,呈单矿物出现的钨的嵌布粒度细,选矿回收率只有50%左右。

总之,黑钨矿系列钨矿床是现阶段我国钨矿产资源勘探和开发的主要对象,其探明储量占总量的49.5%,采、选矿石生产能力占总能力的94.4%。白钨矿系列矿床的探明储量占30%,而矿山生产能力只占3.9%。黑钨矿、白钨矿矿床系列探明储量和开采量都较少,分别占20.5%和0.7%。

3 朱文龄等:赣南钨矿地质,1981年