

广东钼矿的成矿特征和找矿评价标志

刘连捷 古菊云

(广东有色金属地质勘探公司)



钼矿的成矿地质条件

广东境内的钼矿床,有三个相对集中区:粤西阳春—高要地区、粤北佛岗—曲江地区、粤东地质·矿床 五华地区。

广东钼矿成矿区的空间分布,与几条北东向的深大断裂(吴川—韶关断裂、阳江—连平断裂、海丰断裂)带密切相关,同时又受后加里东隆起与拗陷接合过渡构造带所控制,矿田和矿床则主要产在深大断裂带内外的某些次级断裂的弯曲或交汇部位。

成矿构造层有三个:早古生代地槽构造层、晚古生代地台构造层和中生代地洼构造层。成矿地层主要是寒武系和泥盆系,其次为石炭系和侏罗系。成矿围岩有五类:①变质类复理石建造:片岩、千枚岩、板岩、石英岩、变质砂岩及混合岩;②变质泥砂质碎屑岩夹火山岩建造:片岩、千枚岩、变质砂岩夹酸性、中(基)性火山碎屑岩或熔岩;③碎屑岩建造:含砾砂岩、石英砂岩、砂岩、粉砂岩和页岩;④碎屑岩—碳酸盐岩建造:石英砂岩、砂岩、粉砂岩、页岩、灰岩、白云质灰岩和泥质灰岩;⑤酸性—中酸性火成岩:花岗(石英)斑岩、花岗闪长(斑)岩、石英闪长(玢)岩、花岗岩、二长花岗岩、中酸性隐爆角砾岩和火山岩。

矿床都与花岗质岩体有不同程度的内在联系,成矿岩体可以分为两大成因系列:深源岩类和浅源岩类。所谓深源成矿花岗岩,就是上地幔或下壳层硅镁物质与上壳层硅铝物质,以前者为

主体,通过各种同熔作用产生的中酸性—酸性岩浆而形成的花岗岩类;浅源成矿花岗岩则是上壳层物质(陆源物质为主体的那些岩层)通过花岗岩化、重熔或双重作用而形成的花岗岩类。

在深源含矿花岗岩浆侵入过程中,经常伴随不同强度的次火山—火山活动,形成一套侵入—喷出杂岩,同时有可能发生隐伏爆破现象,生成一些隐爆角砾岩。在深源岩浆成岩(成矿)机构里,岩石的空间分布似有一定的排列程序,从内往外大致为斑状花岗岩类→花岗质斑岩类→中酸性隐爆角砾岩类→中酸性火山岩类→沉积(变质)或先期岩浆结晶的围岩。有时斑岩本身还可构成一个岩石系列:花岗斑岩或石英斑岩—花岗闪长斑岩—石英闪长玢岩或闪长玢岩。杂岩产状有岩株、岩钟、岩筒、岩墙、岩漏斗等。这类岩浆成岩成矿时代较晚,一般为燕山中、晚期,且多数属晚期,如大宝山成矿斑岩的同位素地质年龄为97~101百万年。深源花岗岩形成的矿床,通常以斑岩型或夕卡岩型为主。

浅源含矿花岗岩浆活动,一般不伴随次火山—火山作用,隐爆现象也极为罕见。岩体主要是花岗岩和二长花岗岩,包括黑云母花岗岩、白云母花岗岩及二云母花岗岩。浅源岩浆成岩成矿时代还是燕山中、晚期,但以中期为主,如白石岗成岩成矿年龄为114~115百万年。与这类花岗岩有关的矿床,以脉状矿床居主导地位。

钼矿的成矿系列、

矿床组合和成矿模式

(一) 成矿系列

目前对成矿系列概念的认识很不一致,划分成矿系列的原则和方法也各持己见。我们对成矿系列的理解是:来源于某一类(单一或复合)原始含矿体系的成矿物质,经过某一种或一套成矿地质作用,可能形成的全部矿床,统称为一个成矿系列。按照这样的概念,我们把广东钨矿分成如下一些成矿系列:

1. 与深源花岗岩浆有关的成矿系列

(1) 深源花岗岩浆分异成矿系列

①斑岩型钨(钨)矿床—鸡笼山、林湾、坡仔营、三尖、桂峰。

②石英脉型钨(钨)矿床—鲤湖、岭地、庄田。

③破碎带型钨(钨)矿床—三叉水、秀长江。

(2) 深源花岗岩浆分异一部分表生再(改)造成矿系列—大宝山钨多金属矿区(包括船肚)。

2. 浅源(重熔)花岗岩浆分异成矿系列

①花岗伟晶岩型钨钨矿床—白石岗。

②石英脉型钨(钨)矿床—白石嶂、九标、洼树塘、牛山、留洞。

③夕卡岩型钨钨或钨铜矿床—带头、铜溪。

3. 海底火山沉积—深源花岗岩浆热液作用成矿系列—锡坪钨多金属矿区。

4. 海底碎屑、火山沉积—浅源(交代熔化)花岗岩浆热液作用成矿系列—南和钨钨矿区。

(二) 矿床组合

我们对矿床组合的解释是:在一个有限空间内,特定来源的造矿物质,按照一定的活动迁移

程序,在不同的地质环境里,通过多种成矿作用方式,形成一组具有演化关系和分带规律的矿床,称为一个矿床组合。显然,一个成矿系列中,可以有多种型式的矿床组合。广东以钨矿为主或钨矿占重要地位而构成矿床组合的矿区有三个:

1. 大宝山钨多金属矿组: 包括花岗闪长斑岩型钨(钨)矿床、夕卡岩型钨钨矿床、次英安斑岩型铜矿床、似层状铜铅锌硫矿床、大陆火山堆积—风化改造型钨铁矿床和大陆火山堆积—风化再造型钨铁矿床(图1)。

2. 锡坪钨多金属矿组: 花岗斑岩型锡矿床、花岗斑岩型钨矿床、海底火山沉积—深源岩浆热液叠加型铁铜锡矿床和绿泥石石英脉型锡(铜)矿床(图2)。

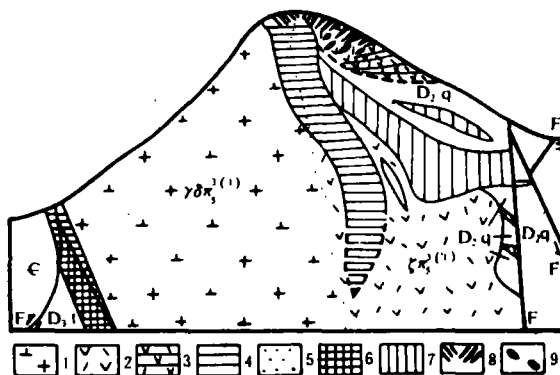


图1 大宝山钨多金属矿区

矿床组合剖面示意图

1—花岗闪长斑岩; 2—次英安斑岩; 3—火山岩;
4—斑岩钨(钨)矿; 5—斑岩铜矿; 6—夕卡岩钨钨矿;
7—似层状铜铅锌硫矿; 8—火山堆积—风化改造钨铁矿;
9—火山堆积风化再造钨铁矿

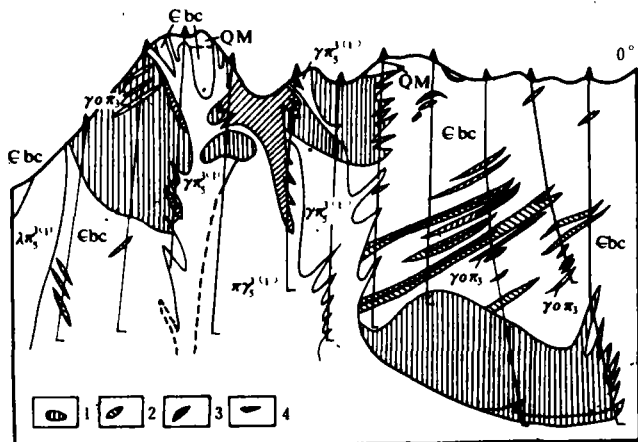
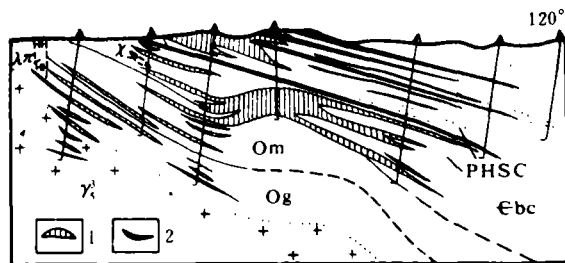


图2 锡坪钨锡铜矿区1线剖面图

(据939队资料简化)

€bc—儿村群石英云母片岩、云母石英片岩; $\pi\gamma_3^{(1)}$ —斑状花岗岩; $\gamma\pi_3^{(1)}$ —花岗斑岩; $\lambda\pi_3^{(1)}$ —石英斑岩; $\gamma\sigma\pi_3$ —斜长花岗斑岩; QM—石英网脉硅化带;
1—钨矿体; 2—铜矿体; 3—锡矿体; 4—铁矿体

矿床。



56—寒武系八村群片岩; Om—条带状混合岩;
 Og—均质混合岩; PHSC—角闪安山岩; γ_3 —
 交代熔化再生花岗岩; $\lambda\pi$ —石英斑岩; λ —斜长
 煌斑岩; 1—钼矿体; 2—钨矿体

一个矿区能否形成矿床组合和矿床组合的复杂程度如何，取决于多方面的因素。一般的说，成矿物质来源方向多，成矿元素种类杂、数量大、丰度高，成矿作用方式多样，在构造拗陷区成矿且矿区断裂发育，赋矿围岩又是碳酸盐岩或火山岩，那就有可能形成矿床组合，并且还可能出现极为繁杂的组合情况。

(三) 成矿模式

图4 广东深源花岗岩浆有关的钼矿成矿模式图

①—混合岩、片岩、变质砂岩、板岩、火山岩；D—含砾砂岩、砂岩、页岩、碳酸盐岩；J₁—含砾砂岩、砂岩、页岩、火山岩； $\gamma\pi + \gamma\delta\pi$ —花岗岩斑岩或花岗闪长斑岩； $\xi\pi$ —一次英安斑岩；①斑岩型钼（钨铜）矿床；②斑岩型锡矿床；③斑岩型铜矿床；④夕卡岩型钼钨矿床；⑤似层状铜铅锌硫矿床；⑥海底火山沉积—岩浆热液叠加型铁铜锡矿床；⑦绿泥石英英脉型锡（铜）矿床；石英脉型钼（钨）矿床；⑨破碎带型钼（铜）矿床；⑩大陆火山堆积—风化改造型钨铁矿床；⑪大陆火山堆积—风化再造型钨铁矿床；⑫矿化隐爆角砾岩

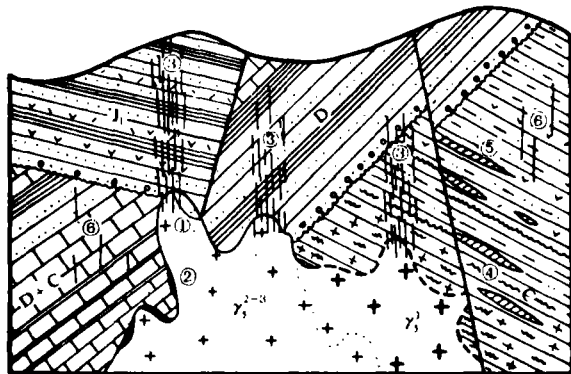


图5 广东浅源花岗岩浆有关的铜矿成矿模式图

E—混合岩、片麻岩、片岩、变质砂岩、板岩、火山岩；
 D—含砾砂岩、砂岩、页岩、灰岩；D + C—灰岩、白云
 质灰岩夹砂页岩；J—含砾砂岩、砂岩、页岩、火山岩；
 T_1^{+1} —重熔花岗岩； T_1^{-1} —交代熔化再生花岗岩；①花岗
 伟晶岩型钨钼矿床；②夕卡岩型钨钼铜矿床；③石英脉型
 钼（钨）矿床；④海底碎屑沉积—岩浆热液叠加型钨矿床；
 ⑤海底火山沉积—岩浆热液叠加型钨矿床；⑥硫化物石英
 脉或其他脉体

主要钼矿床的地质特征

广东钨矿类型较多，地质特征也较复杂，这里仅举部分有代表性的矿床作一简介。

(一) 斑岩型矿床

它是广东最重要的钨矿类型。已做过评价勘探工作的矿床有七个。这些矿床的主要地质特征综述如下:

1.按斑岩钨矿的矿化及矿床组合情况,可将该类型矿床划分出三种型式:(1)大宝山式:矿化复杂,有钨、钨、锡、铜、铅、锌、铁、硫等,并形成矿床组合,如大宝山和锡坪矿区;(2)桂峰式:矿化较为复杂,以钨为主,伴生铜、(铁、锌),但未形成矿床组合,如桂峰矿床;(3)鸡笼山式:矿化简单,仅钨具工业价值,亦无矿床组合,如鸡笼山、林湾、坡仔营、三尖等矿床。

2.斑岩钨矿床赋存于多种地层、岩石中,有寒武系变质碎屑岩、混合岩或变质碎屑岩夹火山岩,泥盆系碎屑岩或碎屑岩—碳酸盐岩,侏罗系碎屑岩,以及燕山期花岗岩类。

3.成矿斑岩有两类:一是花岗闪长斑岩,如大宝山、鸡笼山和桂峰岩体;二是花岗斑岩,如锡坪、林湾、坡仔营和三尖岩体。这些斑岩的基

本岩性特征如下:

(1)成矿斑岩的造岩矿物主要是石英(20~30%)、微斜长石(15~60%)、斜长石(钠奥长石为主,部分中长石,10~45%)和云母(黑云母为主,部分白云母,1~5%),有些岩石中还出现少量的角闪石或其他矿物。从上述矿物含量可以看出,斑岩的岩性变化比较大。

(2)斑岩中的副矿物,以磁铁矿(多数斑岩都富含磁铁矿)、锆石、磷灰石、萤铁矿、白钨矿、黄铜矿为主,次要矿物有榍石、白钛矿、磁黄铁矿、绿泥石、褐帘石等。

(3)根据斑岩的岩石化学分析资料(表1)综合计算结果:SiO₂64~76%,K₂O+Na₂O 6.22~8.42%、平均7.18%,K₂O>Na₂O, CaO+MgO+FeO+TiO₂1.40~8.50%、平均3.74%。从表1和以上统计数值可知,成矿斑岩是酸度、碱度和基度变化区间都较大的、富钾贫钠的钙碱性岩体。

广东斑岩钨矿成矿岩体造岩元素表

表1

岩体名称	岩石类别	样数	分 析 结 果 (%)													
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	灼失
锡坪	石英斑岩	1	81.10	0.05	11.65	0.43	0.78	0.02	0.58	0.07	0.14	3.88	0.02	1.16	0.19	
	花岗斑岩	1	75.06	0.07	12.13	0.005	1.60	0.06	0.14	0.70	3.68	4.75	0.02	0.46	0.16	
鸡笼山	花岗闪长斑岩	6	65.39	0.40	16.85	1.65	2.07	0.06	1.71	1.48	1.82	4.88	0.18			3.40
三尖	花岗斑岩	5	76.68	0.11	11.92	0.40	0.77	0.03	0.26	0.36	0.98	7.20	0.02	0.95	0.34	
林湾	石英斑岩	1	72.51	0.12	16.09	1.49	0.27	0.04	0.45	0	0.03	3.16	0.07			5.34
	花岗斑岩	8	75.91	0.10	12.26	0.74	0.64	0.03	0.26	0.46	1.39	6.14	0.03			1.66
桂峰	花岗闪长(斑)岩	10	65.13	0.57	13.83	2.45	3.04	0.13	1.57	3.31	2.64	3.99	0.15	1.08		
大宝山	次英安斑岩	2	67.23	0.50	16.06	2.11	3.39	0.05	2.64	0.32	0.08	3.21	0.13	5.22		
	花岗闪长斑岩	3	70.74	0.33	15.39	1.80	1.28	0.06	0.94	0.76	1.60	4.74	0.14	2.80		
坡仔营	石英斑岩	1	77.27	0.17	12.04	0.26	1.24	0.03	0.28	0.49	0.35	5.53	0.03			2.27
	花岗斑岩	1	74.94	0.16	12.18	0.52	1.05	0.05	0.24	1.17	2.80	5.60	0.04			0.96

(4)按梁硬干同志的有关成矿斑岩微量元素分析资料(表2),金属元素Mo, W, Sn, Cu, Pb, Bi, Ag等都高于维氏值,特别是Mo, W, Sn诸元素,高出几十倍到几百倍,这表明成矿岩浆金属元素丰度高是形成斑岩矿床的物质基础。

(5)根据成矿斑岩异价铁的统计计算,岩

石的氧化系数0.26~0.59、平均0.44,表明含矿岩浆的氧逸度变化甚大,但平均氧逸度则略高于一般花岗岩浆。也就是说,成岩成矿作用对于氧逸度的要求并不是十分严格的,可以有一个很大的变化范围,而平均来看,斑岩和矿床则是在稍高的氧逸度条件下形成的。

广东部分斑岩钼矿成矿岩体微量元素含量表

表 2

岩体名称	样数	岩石类别	元素平均值 (ppm)						
			Mo	W	Sn	Bi	Cu	Pb	Ag
船肚	80	花岗闪长斑岩	69	69	15	23	75	79	0.14
大宝山	18	花岗闪长斑岩	427	152	51	1.70	59	15	0.10
鸡笼山	40	花岗闪长斑岩	54	89	10	11	56	36	0.40
三尖	25	花岗斑岩	441	86	39	23	48	72	0.20
维氏值		酸性岩	1.00	1.50	3	0.01	20	20	0.03
		中性岩	0.90	1.00	—	0.01	35	15	0.07

(据梁硬干资料)

4. 斑岩矿床的矿化类型, 似与成矿母岩的岩性有某些内在联系。例如, 出现钨、钨、锡矿化的成矿岩体, 往往是酸度和碱度都较高, 如锡坪矿区的花岗斑岩, 大宝山矿区为偏酸性的花岗闪长斑岩。

5. 矿床产于内、外接触带, 并以外带为主。就总体而言, 内带岩体中的矿体与外带围岩中的矿体之比约为 3 : 7, 但各个矿床的具体情况又有很大差别。桂峰和三尖两矿床, 矿体主要产于内带 (图 6); 鸡笼山、林湾和坡仔营三矿床, 矿体基本出现在外带 (图 7、图 8); 大宝山和锡坪两矿区, 矿体横跨接触面两侧, 但外带矿体占多数 (见图 1 和图 2)。

6. 斑岩矿体有多种形态: 环带状 (锡坪、鸡笼山)、板状 (林湾、桂峰)、筒状 (坡仔营、三尖)、似脉状 (大宝山)、透镜状 (锡坪、大宝山、鸡笼山、桂峰) 以及不规则状。

7. 斑岩矿床的金属矿物比较简单, 主要矿物是辉钼矿和黄铁矿, 次要矿物为白钨矿、锡石、黄铜矿、磁铁矿、磁黄铁矿和辉铋矿。

8. 所有斑岩矿床中, 都出现大量的矿化细网脉, 其分布空间远大于工业矿化范围。主要是石英细脉, 其次为云母石英细脉、黄铁矿细脉、长石细脉、绿泥石细脉等。含脉密度都很大, 如鸡笼山矿床为 34~51 条/米, 三尖矿床大于 30 条/米, 大宝山矿床 15~30 条/米。总的来看, 金属矿化主要在细脉内。但在每个矿床中, 不同部位的矿化特征又有差异, 从内接触带往外, 通常可以分出三个矿石构造带: 细脉浸染状 (局部浸染状) 矿

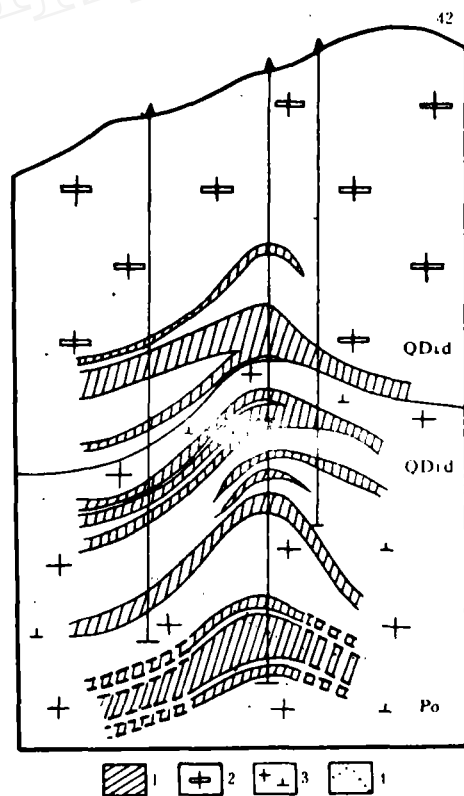


图 6 桂峰钼 (铜) 矿床洞段 0 线剖面图

(据苏成曼)

QDid—石英绢云母化带; Po—钾化带;

1—钼矿体; 2—二长花岗岩; 3—花岗闪长 (斑) 岩; 4—蚀变带界线

石带 (接触面以内) → 浸染细脉状矿石带 (接触面以外) → 细脉状矿石带 (更外侧)。细脉类型的变化是: 石英细脉 + 长石细脉、云母石英细脉、石英细脉 + 云母石英细脉、黄铁矿细脉 → 石英

脉+黄铁矿细脉、绿泥石细脉。工业矿化主要在细脉浸染状矿石带外缘和浸染细脉状矿石带内侧。

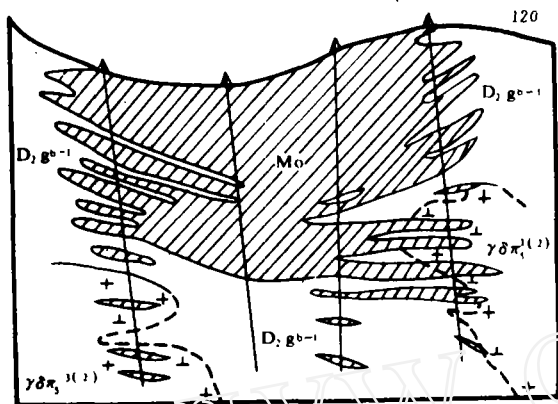


图7 鸡笼山钼矿床11线剖面图
(据939队)

D_2g^{b-1} —桂头群下部砂岩; $\gamma\delta\pi_1^{(2)}$ —花岗岩
闪长斑岩; Mo—钼矿体

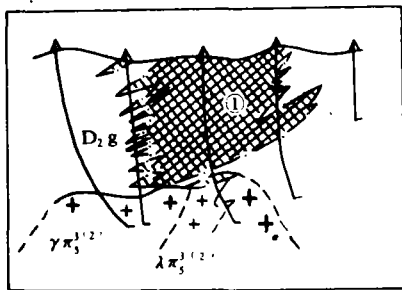


图8 坡仔营钼矿0线剖面图
(据704队)

D_2g —桂头群砂岩; $\gamma\pi_1^{(2)}$ —石英斑岩;
 $\lambda\pi_2^{(2)}$ —花岗斑岩; ①—钼矿体

9.斑岩矿床的金属矿化都具有分带性,只不过是各个矿床的分带特征及其明显程度不尽相同。而综合起来,从矿床内部往外部大致可以分出四个矿物(相)带:辉钼矿、白钨矿、黄铜矿带→辉钼矿、锡石、白钨矿、黄铜矿、黄铁矿带→辉钼矿、黄铜矿、黄铁矿、辉铋矿带→方铅矿、闪锌矿、黄铁矿带。对单一的斑岩矿床来说,钼的工业矿化主要在第二带(图9)。对构成了矿床组合的那些矿区,其分带情形并不完全一样。

10.矿床的围岩蚀变也常有分带现象。在沉积碎屑岩中的围岩蚀变,由内至外与矿化分带相对应而分为钾化带→石英绢(白)云母化带→硅化

黄铁矿化带→绿泥石化带。其中石英绢(白)云母化带是最重要的工业矿化带(见图9)。但必须指出,斑岩矿床的蚀变及其分带,并不是千篇一律的,在不同的围岩中,常有甚大的差别(见图9),因此不能把某些斑岩矿床的蚀变分带说成是“全球一致”的模式;对于那些形成了矿床组合的矿区,其蚀变情况则较为复杂,它也不能全按单一斑岩矿床那样的模式来划分蚀变带。

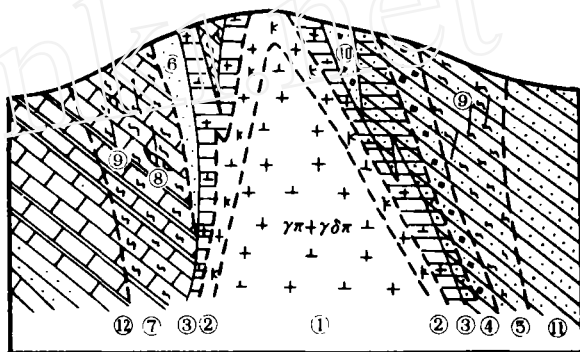


图9 广东斑岩钼矿床(矿化)(蚀变)

(元素晕)分带示意图

- ①成矿岩体; ②(辉钼矿、白钨矿、黄铜矿)(钾化)(Mo, W, Cu)带; ③(辉钼矿、锡石、白钨矿、黄铜矿、黄铁矿)(石英绢云母化)(Mo, Sn, W, Cu)带; ④(辉钼矿、黄铜矿、辉铋矿、黄铁矿)(硅化、黄铁矿化)(Mo, Cu, Bi)带; ⑤(方铅矿、闪锌矿)(绿泥石化)(Pb, Zn, Ag)带; ⑥(辉钼矿、白钨矿、黄铜矿、黄铁矿)(夕卡岩化)(Mo, W, Cu)带; ⑦(闪锌矿、方铅矿)(绿泥石化、绿帘石化)(Zn, Pb, Ag)带; ⑧多金属硫化物矿体; ⑨硫化物石英(或其他)脉; ⑩矿化隐爆角砾岩; ⑪寒武纪泥盆纪沉积(变质)碎屑岩; ⑫泥盆纪碳酸盐岩夹碎屑岩

11.斑岩钼矿床的规模较大,大部分矿床储量都达到了大、中型;矿化也特别集中,多数矿床的工业矿量都集中在一两个矿体内;然而矿床的品位低,以贫矿为主,富矿所占的比例极小。

从上述不难看出,我们所理解的斑岩矿床,是指与深源花岗岩浆有关的、产于岩体内外接触带的、矿石为细脉浸染状或浸染细脉状构造的、矿化蚀变分带具有特征性的一类矿床,而不是把与斑岩有成因联系的矿床都统称为斑岩矿床。

各斑岩矿床的基本地质特征见表3。

(二) 花岗伟晶岩型矿床

广东斑岩钼矿床地质特征简表

表 3

成矿 型式	矿床 名称	成矿岩体	围 岩	赋矿部位	矿体形态	矿 类 型	金属矿物	蚀变 (地化晕) 分带	矿床 规模	其 他
大 宝 山 式	大 宝 山	花岗闪长斑岩 岩 株	寒武系变质砂岩、板 岩, 泥盆系砂岩、页 岩, 碳酸盐岩, 侏罗 系砂岩、页岩	内外接触带, 外带 为主	似脉状、 透镜状	Mo, (W)	辉钼矿、白钨矿、 黑钨矿、黄铜矿、 黄铁矿	钾化 (Na, W) 带→石英白云 母化 (Mo, W, Sn) 带→硅化 绢云母化 (Cu, Bi, As) 带→ 绿泥石化 (Pb) 带	中型	具有六类矿床组合
	锡 坪	花岗斑岩 岩 钟	寒武系片岩夹中基性 火山岩	内外接触带, 外带 为主。上部矿体内 外带并存, 下部矿 体基本在外带	环带状、 透镜状	Mo, (Sn, W)	辉钼矿、锡石、 黑钨矿、黄铜矿、 黄铁矿、磁黄铁矿	钾化 (Sn, W, Cu) 带→石英 云母化 (Mo, Sn, W) 带→硅 化 (Fe, Cu, Sn, Zn) 带→ 青盘岩化 (Sn, Cu, Pb, Zn) 带	大型	花岗斑岩外缘有爆破 角砾岩; 酸性集块熔 岩, 角砾熔岩及含角 砾的流纹岩 具有四类矿床组合
桂 峰 式	桂 峰	花岗闪长斑岩 岩 株	二长花岗岩、花岗闪 长 (斑) 岩	内外接触带, 内带 为主	板 状、 透镜状	Mo, (Cu, Fe)	辉钼矿、黄铜矿、 磁铁矿、方铅矿、 闪锌矿、黄铁矿、 磁黄铁矿	钾化带→石英绢云母化 (Mo, W, Bi) 带→绿泥石化 (Cu, Pb, Zn, Ag) 带	小型	
鸡 笼 山 式	鸡 笼 山	花岗闪长斑岩 岩 株	泥盆系砂岩、页岩	绝大部分在外接触 带	似环带状、 透镜状、 扁豆状	Mo	辉钼矿、黄铜矿、 辉钼矿、方铅矿、 黄铁矿	钾化 (Mo, W) 带→石英绢云 母化 (Mo, Cu, W) 带→硅化 黄铁矿化 (Cu, Mo, As) 带→ 黄铁矿绿泥石化 (Pb, Ag) 带	大型	
	林 湾	花岗斑岩 岩 株	寒武系结晶片岩、混 合岩	大部分在外接触带	厚板状、 透镜状	Mo	辉钼矿、黄铜矿、 闪锌矿、方铅矿、 黄铁矿、磁铁矿、 磁黄铁矿	钾化带→石英绢 (白) 云母化 带→泥化带	大型	
	坡 仔 营	花岗斑岩 岩 株	泥盆系砂岩、页岩	绝大部分在外接触 带	筒状	Mo	辉钼矿、方铅矿、 闪锌矿、黄铁矿、 磁铁矿	钾化带→泥化带→硅化绢云母 化带→黄铁矿绿泥石化带	中型	
	三 尖	花岗斑岩 岩 筒	寒武系结晶片岩、混 合岩	内外接触带, 内带 为主	筒状	Mo	辉钼矿、方铅矿、 闪锌矿、白钨矿、 黄铁矿、磁黄铁矿、 磁铁矿	钾化 (W, Mo) 带→硅化绢云 母化 (Mo, W, Cu) 带→绿 泥石化 (Pb, Zn) 带	中小型	杂岩筒内包含一个爆 破角砾岩筒, 有一套 含角砾的酸性熔岩, 并 见霏细岩、粗玄岩等

工业意义较大者应推白石岗伟晶岩型钼钨矿床。该矿床赋存于燕山期中粒斑状黑云母花岗岩与细粒黑云母花岗岩的接触部位，只有一个伟晶岩体的规模较大。

伟晶岩的形态为囊包体，它可以分出四个不对称的带：萤石带、石英带、钾长石带、钾长石石英带，其中石英带和钾长石带是岩体的主体，并以后者的体积为最大（图10）。

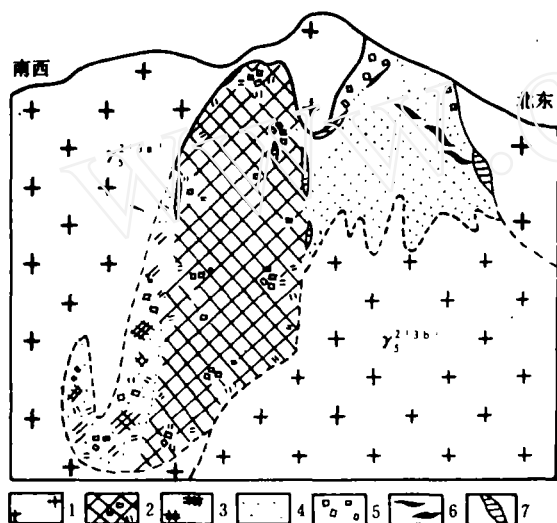


图10 白石岗伟晶岩型钼钨矿床 II线剖面图

1—中、细粒黑云母花岗岩；2—长石带；3—长石、石英带；4—石英带；5—萤石带；6—钨矿床；7—钼矿床

钼、钨矿体都产在伟晶岩体内，但两者的赋存部位和矿物组合又有所不同。钨矿体主要产在石英块体上段边部或内部，系小透镜体或小扁豆体，矿体中常有富矿包，矿化极不均匀。金属矿物有黑钨矿、黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、磁铁矿、毒砂和白钨矿，非金属矿物为石英、萤石、钾长石和白云母。钼矿体则多赋存于石英块体与斑状黑云母花岗岩或与钾长石块体的接触面上。它的展布范围比钨矿体广些，工业矿化垂直区间也大些。矿体形态仍为小透镜状或小扁豆状，单体较多，矿化也很不均匀。金属矿物90%是辉钼矿，有少量黑钨矿、白钨矿、黄铁矿和黄铜矿，非金属矿物为石英、钾长石、黑（白）云母和萤石。另外，还有一种混合矿体，即为钨钼矿体，其矿物成份是上述两者相结合。矿床的矿化具有垂直分带性，自上而下可以分出三个矿物带：黑

钨矿硫化物带、黑钨矿辉钼矿混合带、辉钼矿带。

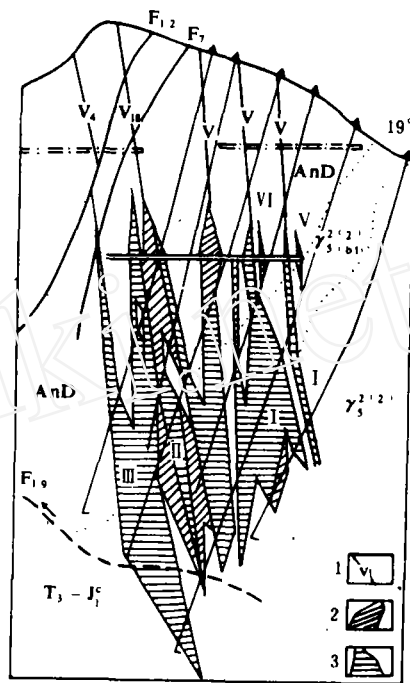


图11 白石岗1号勘探线剖面图

（据广东931队）

T₃—片—上三叠—下侏罗统砂页岩；AnD—前泥盆系花岗岩片麻岩（？）；γ₃^{2,3}—细粒二云母花岗岩；γ₃^{1,2}—白粒岩；1—薄（大）脉；2—表内细脉带型矿体；3—表外细脉带型矿体

（三）石英脉型矿床

以白石岗石英脉型钼（钨）矿床为代表。矿床围岩为前泥盆纪深变质岩系（片麻岩、片岩、混合岩）和中生代早期花岗岩。成矿母岩隐伏于深部，属细粒花岗岩体。矿床中见一条北东东向断裂（F₁₀），主要脉带都出现在它的上盘。

白石岗矿床可视之为倒立式形态分带矿床（图11）：地表见到的薄（大）脉，往下逐渐散开、增多、变小而构成细、线脉带，延伸到一定深度尖灭。自上而下大致可以分成四个带：薄（大）脉带、细薄脉带、细脉带、线脉带。上部单脉工业意义不大，下部脉带构成矿体。单脉型矿体都在变质岩内，脉带型矿体大部分在花岗岩中。

矿床也具有垂直分带特征，上部单脉是钨、钼、铋、铍矿化，下部脉带主要为钼矿化；各元素的总体变化是，自上而下钨逐渐降低，钼逐渐

升高, 铋铍从低到高再转低, 富集于单脉的中下部。单脉型矿体的工业矿物是黑钨矿、辉钼矿、辉铋矿和绿柱石, 次有黄铜矿、白钨矿、方铅矿、闪锌矿、锡石和黄铁矿, 非金属矿物为石英、长石、萤石、白云母和方解石。脉带型矿体的金属矿物, 只有辉钼矿具工业意义, 共生矿物还有辉铋矿、白钨矿、黑钨矿、绿柱石、自然铋、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等; 非金属矿物有石英、长石、萤石、白(绢)云母、方解石及绿泥石。矿床的围岩蚀变颇为简单, 在变质岩中主要是硅化, 在花岗岩中以云英岩化为主, 此外还有萤石化、绢云母化、绿泥石化等。

(四) 海底碎屑沉积-岩浆热液叠加型矿床
南和钼矿属于这一成因类型。此矿区为寒武纪地层, 为砂泥质碎屑岩夹中性火山岩。这类地层经区域变质-混合岩化作用, 而形成了一套在空间上呈有序排列的变质岩石, 自北西向南东为混合花岗岩(块状和条纹状花岗岩)→混合岩(条带状、眼球状和均质混合岩)→区域变质岩(云母石英片岩、云母长石石英片岩、云母片岩、斜长角闪片岩等)。矿区内出现一条北西向的主断裂 F_8 , 它横切整套变质岩系。推测块状花岗岩是成矿母岩, 条带状混合岩和云母长石石英片岩既为成矿层位又可能是矿源层, 断裂 F_8 则系控矿构造。这三者的联合成矿作用便形成了矿床。

本矿床地表是一个含矿石英细网脉带, 它紧靠断裂 F_8 分布, 形态椭圆。网脉带由三组细脉构成, 含脉密度3~4条/米。含矿性明显受层位控制, 在那些有利成矿的层位中石英细脉矿化较强而形成似层状矿体。矿层品位高低, 主要取决于含脉密度, 密度大品位高, 反之则低。金属矿物主要是辉钼矿, 次为少量的白钨矿、黄铜矿、黄铁矿和磁黄铁矿, 非金属矿物98%以上是石英, 间有微量的白云母或其他矿物。围岩蚀变为硅化、绢云母化、绿泥石化及黄铁矿化。

钼矿的找矿评价标志

1. 两个不同构造区(如隆起区与拗陷区)的接合过渡地带、深大断裂带内外某些次级断裂的交汇或弯曲部位, 是形成钼矿床或其他金属矿床

的重要构造部位, 对于斑岩矿床来说, 这些部位尤为有利。

2. 在寻找与深源花岗岩有关的矿床时, 必须特别注意查明和确立成岩成矿机构, 进而探测在机构中不同部位形成矿床的可能性。与此同时, 还要认真调查在机构内有无隐爆角砾岩存在及其产出的位置, 因为角砾岩在形成时间和分布空间上都与矿床的关系极为密切, 甚至它本身就有可能是矿体的组成部分。例如锡坪和三尖两矿床中, 隐爆角砾岩的矿化都很强, 其中相当部分即可圈为矿体。

3. 岩体的成矿分析, 是找矿评价工作的一项重要内容。就是依据有关岩体的成岩特点和岩石的矿物、化学特征, 研究和判别它们成矿的可能性。在此要特别强调岩体含矿性评价, 按梁硬干资料, 广东钼矿的成矿斑岩, $Mo > 50 ppm$, $W > 70 ppm$, $Sn > 10 ppm$, $Cu > 47 ppm$, 其他如Bi、Pb、Zn、Ag等元素的丰度也较高。

4. 在斑岩钼矿床中, 地表经常见到由成矿岩体分支或衍生的、呈某种规律性分布的岩枝、岩脉或其他脉体, 并且总是大面积地出现石英细网脉。而这些脉体的矿化程度明显不同: 火成岩脉(枝)矿化较差, 仅有小部分品位接近或达到工业要求, 也只在轻风化或未风化部位能够看到某些金属矿物: 黄铁矿、辉钼矿、黄铜矿等; 石英细脉的含矿性较好, 况且普遍可见金属矿物, 在特定的地质部位矿脉多、矿化强即构成了矿体。例如锡坪矿区, 地表就有不少的矿化花岗斑岩脉、石英斑岩脉、花岗岩脉、石英硫化物脉及广泛分布的含矿石英细网脉。

5. 斑岩钼矿床, 地表往往都有深浅不一的氧化带, 如鸡笼山的氧化深度20~80米, 坡仔营小于50米。由于风化淋滤作用, 地表常常可以看到一些金属矿物的混合氧化产物: “老虎斑”、“大花脸”、“火烧皮”、“铁线”, 有时还可见团块状铁帽。在氧化铁帽中, $Mo > 500 ppm$, 其他金属元素(W、Sn、Bi、Cu、Pb、Zn)亦有较高的含量。在找矿评价工作中, 务须注意地面出现的各种表生现象, 尤其要仔细检查铁帽的含矿性。

6. 在钼矿床的地表, 普遍存在金属元素地球

(下转第31页)

角,因此误差达 $2^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 者非属罕见。

然而,锥光曲线法的交会定位,是使H轴(或N轴)处某一固定倾斜状态下,转N轴(或I轴)某一固定值令晶体消光的,所处环境截然不同,精度亦相差悬殊。直光法三光率体轴在赤平网上角距互呈 90° ,通常便被认定准确无误,其实,不尽如此,采用锥光曲线法对其检验,笔者常发现,其轴位并未落于曲线上,尚存有一定误差。

诚然,由于认真程度,操作技巧或其他种种原因, P_1 , P_2 和 P_3 曲线有时也会交成一个极小的误差三角形,可取其重心视为轴位;三角形较大,应查明原因纠正或返工重测。

此外,有时因光轴接近水平而无法直立时,误将Nm轴定为Np轴的情况,由于Nm轴必位于倒转锥光曲线的小支线上,光轴能否直立,均不影响其准确定名,也是锥光曲线法不容忽视的另一优点。

4. 锥光交会定位法同干涉图法相比较,尽管精度大致相同,可使用条件却大为简单。干涉图法要具备专用的长焦距高倍物镜和聚光镜,低折光率如钾长石需磨制加厚薄片,对颗粒切面的选择

($\perp Bxa$)也较为严格。就其干涉图法另一主要优点快速而论,倘若将颗粒选择时间也包括在内,总的用时与锥光交会法也相差无几,据笔者计时实验,只要测制熟练,最终得出成果,仅用30分左右,既或消光很不均匀也是如此。

应用锥光曲线对光率体轴和光轴进行交会定位,虽非是种快速测定方法,若能采用双石英板准确判定消光位,认真操作,精细投影成图,既使在不利的情况下,光率体轴定位误差也在 1° 左右;光轴定位为 0.5° ;若同时使用锥光曲线交会光率体轴和光轴,确定的 $2V$ 角误差亦在 1° 以内,因此,值得推广使用。考虑到现代电子技术的渗透,使其数据处理和成图自动化近期得以实现,就更加值得提倡。

主要参考文献

- [1] 何作霖:《赤平投影在地质科学上的应用》,北京,科学出版社,1959年,第33~40、55~57页
[2] Варданыц, Л. А.: Теория федоровского метода, АН Арм.ССР, 1959, с. 25~35, 175~188

(上接第9页)

化学异常(原生晕和次生晕)。根据部分斑岩矿区元素分散晕测定,它们的异常元素大同小异,如大宝山: Mo, W, Bi, As, Cu, Pb。鸡笼山: Mo, W, Cu, As, Pb, Ag。三尖: Mo, W, Sn, Bi, Pb, Ag。桂峰: Mo, W, Bi, Cu, Pb, Zn, Ag。这些异常元素也具有分带性,与矿化蚀变分带相对应仍作四带划分,自内而外为 Mo, W, Cu, (Sn, Bi)带→Mo, Sn, W, Cu带→Mo, Cu, Bi (W, As)带→Pb, Zn, Ag带(见图9)。在钼异常强度 $>300\text{ppm}$ 的部位,就有可能形成钼矿体,第二带每每就是最重要的工业矿化带。

7. 从斑岩钼矿床的地球化学异常(矿化蚀变)分带模式可以看出,在矿床不同标高的水平切面上,有不同的金属元素组合,元素分带明显程度也不一样,由此可以概略地判断矿床的风化剥蚀深度。如在浅剥蚀的条件下,地表出现 Mo, W, Sn, Cu, Bi, As, Zn, Pb, Ag等元素异常,

而且它们的分布范围大、分带良好;若为剥蚀较深的情况下,地表异常元素变为比较简单,有 Mo, Cu, W, Bi, Pb, Ag等元素组合,同时异常宽度变小、分带性变差;要是剥蚀到了矿床的根部,地表异常元素更为简单,主要是 Cu, Bi, Pb, Ag组合,钼异常值已降到 100ppm 以下,异常宽度更小,分带性很差或不具分带性。

8. 调查研究矿床组合,是地质工作者在找矿勘探实践中提出来的极其重要的新问题。对于那些在地层、构造、岩浆岩及成矿物质条件方面都具备形成矿床组合的矿区,就要特别注意探索有无多类型矿床存在。

在综合整理本文过程中,参阅并引用了939队、704队和706队的部分未公开发表的资料;文内插图蒙林哲华、陈希明两同志清绘,在此一并致谢。