地质·矿床

夕卡岩中黑钨矿床形成的地质地球化学特征

田焕章

柿竹园钨矿床，钨元素在夕卡岩中不仅可以形成白钨矿床，而且还可以形成黑钨矿床，两者均具有相当大的规模，构成黑、白钨矿复合型矿床，这在文献中却少先例。因此，探讨夕卡岩中黑钨矿形成的地质地球化学特征，对进一步研究黑钨矿的成矿理论和普查找矿工作等均具有一定的意义。

区域地质概况

矿田位于东坡—月枚复式向斜北段扬起部位。矿区内泥盆系佘田桥组地层广泛发育。矿区的西北侧沿褶皱、断裂的交汇处有斑状黑云母花岗岩侵入，接触带上形成不连续的"周边状"夕卡岩，而以岩体东南侧最发育，黑钨矿床即赋存于其中。

岩体为一复式岩体，其中斑状黑云母花岗岩分布面积最大，生成最早（139 ～172 百万年），称为主体期，分中、粗粒中心相和细粒边缘相。岩石主要由斜长石（An=13～15）、钾长石（微斜长石）、石英、黑云母斑晶和由它们构成的基质组成。中心相岩石SiO_2含量为75.26%，比戴里花岗岩高出5.08%，属超酸性花岗岩类。本期岩体南部突出部分的岩石，云英岩化、钠长石化强烈，并引起围岩大规模的夕卡岩化。细粒黑云母花岗岩呈小岩株或小岩体侵入于斑状黑云母花岗岩及围岩中，矿物组成与主体期相同，SiO_2含量为75.31 %，亦属超酸性花岗岩类，但斜长石牌号变化大（An= 6 ～31），岩体伴有钠长石化、铍矿化。花岗斑岩呈岩墙群产出，穿切侵入前两期岩体，矿物组成与前二期相同，SiO_2含量在75%以上，绿泥石化、绢云母化非常强烈。辉绿玢岩脉是最后一期岩浆活动的产物，它同花岗斑岩脉共同称为脉岩期。

黑钨矿化夕卡岩的特征

主体期花岗岩引起的夕卡岩化，按岩石相互穿切关系、矿物特征等可分为两期，第一期规模最大，呈透镜状，称透镜状夕卡岩；第二期规模小，呈脉状，称脉状夕卡岩。透镜状夕卡岩体长1400米，最宽约500米，北东走向，厚100～200米，最厚350米，为一巨大的平缓透镜体。岩石主要由钙铁—钙铝榴石、符山石、硅灰石、低铁次透辉石—次透辉石和透辉石组成。近岩体接触带，符山石、硅灰石含量增多，构成硅灰石—符山石夕卡岩带；远离岩体为辉石—石榴石夕卡岩带，它系构成透镜状夕卡岩体的主要岩带。前带结构粗大，呈条带状、放射状；后带结构较细，以致密块状为主。脉状夕卡岩充填于透镜状夕卡岩体的裂缝中，由粗大的非均质钙铝榴石和少量符山石组成，它在整个夕卡岩体中居次要地位，多出现在透镜状夕卡岩的中下部，此处也是黑钨矿强烈矿化的部位。夕卡岩形成后，遭受到一系列的蚀变矿化作用，依次主要有：

1.角闪石化：角闪石主要交代辉石和石榴石而成，呈细粒集合体产出，比较发育，位于辉石—石榴石夕卡岩带的中下部。

2.磁铁矿化：交代角闪石与夕卡岩矿物而成，发育部位与角闪石化基本一致。磁铁矿粒度很细，约0.1毫米，常与角闪石、云母组成磁铁矿—角闪石—云母交代岩。

3.斜长石化：这是一类复杂、强烈、普遍，且具有多次性的蚀变作用，其中以奥长石化（An=10～20）最发育，在夕卡岩及夕卡岩化大理岩中普遍可见，以夕卡岩体的中部最强烈，常发育成致密块状"斜长石交代岩"，奥长石粒度很细，介于0.05～0.1毫米之间。奥—培长石化，呈细脉穿切奥长石化的岩石，脉体在蚀变过程中常伴有黑钨矿的沉淀。

4.钾长石化：为仅次于奥长石化的另一种强烈蚀变，亦呈脉状穿入夕卡岩中，脉遭受蚀变时

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

亦伴有黑钨矿的沉淀。

5.萤石化：萤石呈白、紫、黄、绿等色，以白色为主，粒径多为1～3毫米。萤石化是所有蚀变中最强的一种，分布普遍且较均匀，CaF_2平均含量为20%左右。萤石化出现多次，与钨矿化关系比较密切。

夕卡岩化及奥长石化等蚀变矿化矿物生成顺序为：钙铁—钙铝榴石（Ⅰ）→透辉石→次透辉石—低铁次透辉石→符山石（Ⅰ）→硅灰石→钙铝榴石（Ⅱ）*→符山石（Ⅱ）→普遍角闪石→磁铁矿→奥长石→白钨矿→绢云母→辉钼矿→辉铋矿→萤石。

黑钨矿化特征

黑钨矿床位于夕卡岩体的中下部，按形成方式和其他特征可分成：交代型、云英岩型和沉淀型三种，其中以云英岩型意义最大。

（一）交代型黑钨矿 生成最早，分布在夕卡岩体的中下部奥—培长石脉中，少量直接产在石榴石夕卡岩中。

含黑钨矿的奥—培长石脉由奥长石、中长石、拉长石和绢云母、萤石、黑钨矿等组成各种不同的脉体，穿插在白钨矿化、铋矿化、奥长石化夕卡岩体中，构成网脉状。斜长石的成分越基性，颗粒越大，其集合体常呈“柱粒状结构”。脉中残存的石榴石还遭受绢云母化、萤石化。

强烈交代斜长石的绢云母，呈淡橙黄色、淡粉红色细粒鳞片状集合体，局部结晶较粗变为白云母。绢云母化与黑钨矿化关系密切。萤石以淡紫色为主，淡绿色及无色者量少，主要沿与脉壁平行的密集破裂纹充填交代产出，有时与残留的斜长石、辉钼矿、黑钨矿、白钨矿相间排列成条带状构造，其含量一般在40%以上。

黑钨矿主要产在绢云母化斜长石脉中，或者产于绢云母与萤石的接触处，当脉中包有石榴石或其交代残余体时，黑钨矿化特别强烈（图1）。黑钨矿集合体虽然有时呈带状分布或局部集中在脉壁边缘的现象，但单个黑钨矿晶体长轴方向却

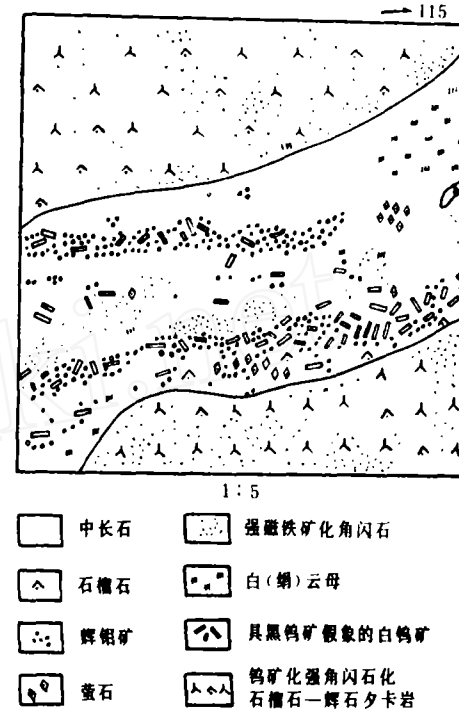

图1 含黑钨矿的强绢云母化斜长石脉

没有定向排列。矿物粒径在不同的斜长石脉中亦不相同，一般为0.3～0.4毫米，在奥长石脉中较大。黑钨矿形成后遭到白钨矿强烈交代，但细粒白钨矿集合体仍保持着黑钨矿的晶形轮廓，此外还伴有强烈的钼、铋矿化。

直接产在石榴石中的黑钨矿虽不常见，但却十分独特，属首次发现。石榴石属于透镜状夕卡岩体的辉石—石榴石夕卡岩带中的石榴石夕卡岩。夕卡岩几乎全由石榴石组成，呈暗棕红色，致密块状，中细粒结构。石榴石为均质性无内部环带结构，只有交代溶蚀结构，经化学和X—射线分析，属以钙铁榴石分子为主的石榴石系列。单晶或集合体有裂纹出现，沿裂纹没有发现被溶蚀或晚期矿物充填交代现象，可能属后期产物。黑钨矿呈板柱状镶嵌在石榴石集合体中，磨光面上晶体大小为1×0.7厘米，部分晶棱平直光滑，晶棱交角约135 ±。白钨矿沿黑钨矿边缘进行交代，形成白色带周边，由边缘向黑钨矿内部白钨矿集合体粒度由粗变细直到呈云雾状，其中包含有黑

* Ⅱ—脉状夕卡岩的矿物：　═══含量最多；　——含量较多；　　含量少

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

钨矿交代残余体，证明白钨矿系交代黑钨矿而成。同类型的石榴石除被黑钨矿交代外，还能被其他金属矿物如辉钼矿、辉铋矿、锡石和白钨矿交代，诸矿物均呈浸染状分布在石榴石的粒间空隙中。由此可见，黑钨矿可以在石榴石矿物的表面形成晶芽而发育成完好的晶体。

黑钨矿化奥－培长石脉的矿物生成顺序为：奥、中、拉、培长石的一种→黑电气石→黑钨矿→白钨矿→绢云母→白云母→绿帘石→辉钼矿→辉铋矿→萤石→毒砂→黄铁矿→黄铜矿。

（二）云英岩型黑钨矿　黑钨矿产在靠近接触带夕卡岩体中下部的云英岩化正长细晶岩等脉中。脉相互交织成网络状，它们清楚地穿切含黑钨矿－奥－培长石脉。未蚀变岩脉几乎全由钾长石组成，偶见少量石英和锆石、磷灰石、金红石等。钾长石属正长石及微斜长石。岩石具细晶结构、细粒花岗结构和他形粒状结构等，同期钾长石还见有交代石榴石呈不规则状集合体产出。岩脉遭到强度不等的钠－奥长石化，斜长石沿脉断续交代。此后岩脉遭到强烈云英岩化，伴有黑钨矿形成。钾长石脉和其他岩脉形成的云英岩按矿物组成不同可分为含黑钨矿石英相云英岩、含黑钨矿白云母相云英岩和含黑钨矿黑鳞云母相云英岩

1.含黑钨矿石英相云英岩：主要由糖粒状石英组成，呈肉红色，石英含量85～90%，等粒状或糖粒状花岗变晶结构。脉中矿物生成顺序为：锆石→钾长石（微斜长石）→钠长石→黑云母→黑鳞云母→白云母→黑钨矿→绢云母→白钨矿→绿帘石→辉钼矿→辉铋矿→石英→萤石等。云英岩为块状和似条带状构造，后者由石英集合体与交代残余矿物断续相间排列而成。

黑钨矿呈细小板状、不规则状单晶或集合体，粒径0.3×0.08毫米，个别达1.3×0.15毫米。产于石英集合体中的黑钨矿晶体比较自形，在石英与交代残余长石接触处者，多呈断线状分布且呈不规则粒状。黑钨矿可被白钨矿交代并伴有钼、铋矿化。

含黑钨矿石英相云英岩的另种形式是由块状石英等组成的云英岩，它位于前者的上部及侧部夕卡岩体中，数量少，其特点是：1石英呈团块状，局部含有粗鳞片状集合体团块状白云母；2黑钨矿化强烈，常呈集合体产出，单晶较大，可达10×7.5毫米，化学分析为钨锰铁矿（表之Ⅵ）；3云英岩矿物组成复杂，出现大量的含铍矿物，如绿柱石、塔菲石、硅铍石　矿物生成顺序为：钾长石→钠长石→奥长石→锡石→黄玉→黑电气石→绿柱石→黑鳞云母→白云母→刚玉→黑钨矿→白钨矿→绢云母→塔菲石→绿帘石→辉钼矿→辉铋矿→自然铋→石英→硅铍石→萤石→毒砂等　局部地段变为白云母相云英岩，含绿柱石晶体达2×6毫米。

2.含黑钨矿白云母相云英岩（图2）：位于

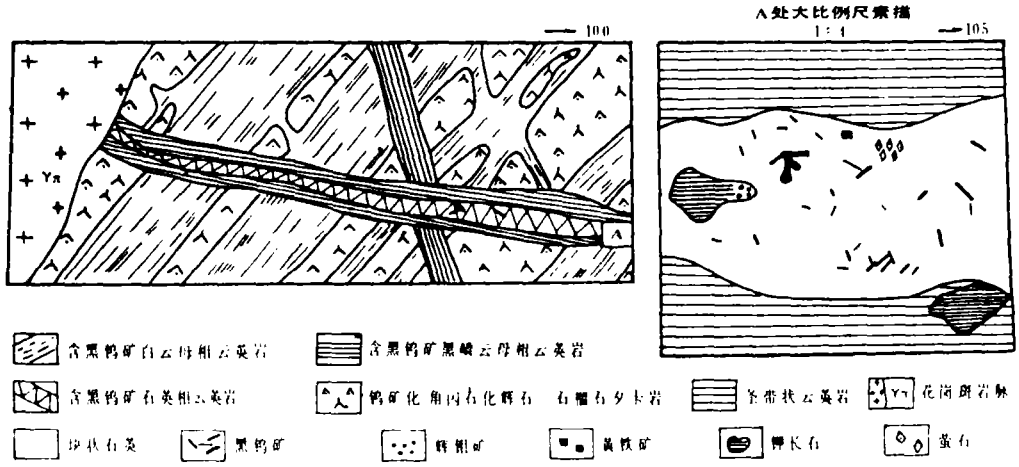

图2　含黑钨矿白云母相云英岩、含黑钨矿黑鳞云母相云英岩、含黑钨矿石英相云英岩与夕卡岩、花岗斑岩脉的相互关系（490坑道顶板）

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

夕卡岩体中心部位的下部，石英相云英岩的上部及外侧较多，是一种分布普遍、黑钨矿化最强烈的云英岩。云英岩脉亦呈网格状，具断续稀疏条带状构造，暗色带由黑钨矿等金属矿物组成，浅色带由云母、石英等组成。黑钨矿呈细板状或不规则粒状，细者1×0.5毫米，粗者2.5×1.0毫米，在暗色带中呈断续点线分布，在浅色条带中呈浸染状分布，化学分析属钨锰铁矿（表之Ⅰ）。黑钨矿亦受到白钨矿的交代。

3.含黑钨矿黑鳞云母相云英岩（图2）：产出部位与白云母相云英岩大致相当，但数量少。云英岩脉具密集、连续条带状构造，暗色带由黑钨矿、黑鳞云母等组成，浅色带由等粒状石英集合体等组成，矿物生成顺序为：钾长石→奥长石→锡石→黄玉→黑电气石→方柱石→黑鳞云母→白云母→黑钨矿→白钨矿→绢云母→辉钼矿→辉铋矿→石英→萤石→磁黄铁矿等。黑钨矿呈细板状、毛发状，晶体大小为0.1×0.02毫米及4×1～0.7～0.2毫米，半自形—自形及不规则状，在黑鳞云母、石英集合体中自形程度高，在长石中多为不规则状，局部看到细板状黑钨矿垂直暗色条带生长的现象。产在黑鳞云母集合体中的黑钨矿很少被白钨矿交代，在其他矿物组合中者被白钨矿强烈交代。黑钨矿属钨锰铁矿（表之Ⅱ）。

（三）沉淀型黑钨矿　系指含矿溶液中物质组分依次结晶时形成的黑钨矿。按矿物组合可分为黑钨矿－黑云母－石英脉、黑钨矿－绿柱石－石英脉和黑钨矿－石英脉三个亚型。

1.黑钨矿－黑云母－石英脉（图3）：充填于辉石－石榴石夕卡岩的裂缝中，脉总数量不多。黑云母是标型矿物，垂直脉壁对称生长，呈绿色粗鳞片集合体产出。黑钨矿呈自形中板状，5×1.5～12×1～20×2毫米不等，近于垂直脉壁放射状生长，化学分析为钨锰铁矿（表之Ⅲ）。此种脉中的黑钨矿很少为白钨矿交代，表明后期热液对它影响不大。脉中矿物生成顺序为：黄玉→黑云母（黑鳞云母）→白云母→黑钨矿→白钨矿→绢云母→塔菲石→辉钼矿→辉铋矿→石英→萤石。

2.黑钨矿－绿柱石－石英脉：产在辉石－石榴石夕卡岩及穿入夕卡岩的细粒黑云母花岗岩的

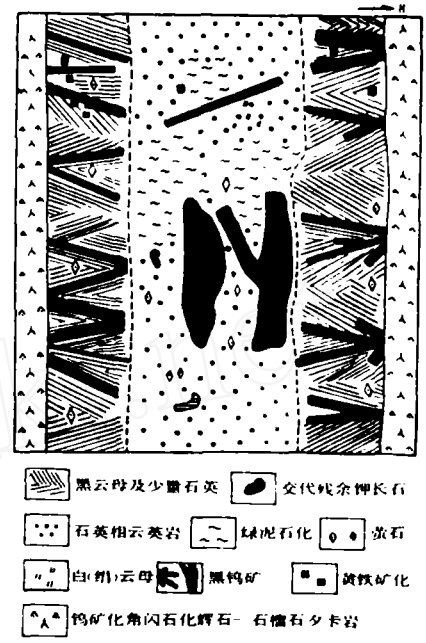

图3　含黑钨矿黑云母石英脉、含黑钨矿石英相云英岩的复合脉
（490坑道主巷101米西壁）

裂隙中。脉细量少，延伸不远即行尖灭。黑钨矿多呈细针状与石英共生，很少被白钨矿交代。绿柱石是该脉的特征矿物，呈集合体产出，产于花岗岩中的黑钨矿化学分析属锰钨铁矿（表之Ⅳ），显然有别于前述几种类型中的黑钨矿。

3.黑钨矿－石英脉：脉体极不规则，常沿"之"字形裂隙追踪充填，脉幅也随之变化。这种脉钨矿化弱，呈细小针状产出，黑钨矿的化学成分随矿脉围岩性质的不同而作明显地变化（表之Ⅴ），表明围岩性质对黑钨矿的化学成分有影响。

黑钨矿形成条件分析

（一）地质条件　矿田或矿区内的褶皱和断裂构造十分发育又极为复杂，表明本区经历了一系列、间隔较短的多期次构造活动，并以断裂活动为主。透镜状夕卡岩体形成后发生第一次断裂活动，夕卡岩溶液沿裂隙上升并在透镜状夕卡岩体的裂隙中形成脉状夕卡岩，从脉状夕卡岩数量少、在几十至数百米内尖灭可知，这次构造活动强度和影响范围不大，但其深度却涉及到析出形成夕卡岩溶液的残余岩浆。它可能引起以下的作

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

用：①使较刚性的夕卡岩地质体变得较为脆弱，易为后期构造活动所改造，像网络状构造可能是以此为基础发育起来的。与矿田毗邻的瑶岗仙和香花岭钨矿区[2]，白钨矿赋存在夕卡岩中，含黑钨矿石英脉产出在岩体及硅质围岩中，二者未发生复合现象，其原因之一可能与刚性夕卡岩体在黑钨矿化阶段之前未发生破裂有关。②这次波及残余岩浆的断裂构造活动，使残余岩浆中的碱质和气化热液得以沿裂隙上升到夕卡岩体中，引起强烈钠、钾碱交代及云英岩化等蚀变，相对减弱岩体内的有关蚀变。③脉状夕卡岩溶液的析出，可能引起含矿残余岩浆的完全分异作用，导致多种成矿元素高度富集并形成特殊的矿物组合。

矿区的岩浆、蚀变、矿化作用，根据互相穿切等关系粗略地可分为三个序列：（1）斑状黑云母花岗岩→夕卡岩化→奥长石化→萤石、白钨矿化→奥－培长石网脉→黑钨矿化→钾长石网脉→云英岩化→黑钨矿化；（2）细粒黑云母花岗岩→花岗细(伟)晶岩脉→黑钨矿化→钾长石伟晶岩→黑钨矿化；（3）花岗斑岩→黑钨矿化→辉绿玢岩。因此，钨元素在夕卡岩体中呈黑钨矿大量出现，可能与活动频繁、时序短暂的断裂活动，作用到夕卡岩体后，形成的特殊地质环境有关。

（二）围岩性质 黑钨矿产出的主要围岩是致密块状辉石－石榴石夕卡岩及少部分夕卡岩化大理岩。4个夕卡岩岩石化学全分析结果：SiO_2 33.45%，CaO35.03%，Al_2O_3 8.18%，FeO+$Fe_2O_3$8.69%，MgO 2.048%，MnO 1.36%，TiO_2 0.233%，CO_2 4.697%，K_2O+Na_2O 1.73%*，依CaO的含量，夕卡岩与大理岩均属碱性围岩。根据有关模拟实验得出，"黑钨矿在碱性介质中不稳定也不能沉淀，只有在酸性介质中才能沉淀"**，因而夕卡岩型白钨矿床中没有黑钨矿。从本矿区黑钨矿脉或黑钨矿产出围岩情况看，围岩性质不是决定钨以何种矿物相析出的重要条件。但是从矿物化学分析可知，围岩性质并不改变其矿物相，但对其化学成分有影响。WO_3含量变化不大；FeO和MnO_2在钙质围岩中各自变化亦不大，但FeO在硅质围岩中明显偏高，MnO_2则明显偏低，二者可能发生互相迁移，Nb_2O_5与Ta_2O_5在表中自上而下有增高趋势。总之，在钙质围岩中形成钨锰铁矿，在硅质围岩中形成锰钨铁矿，看来矿物种属可能与围岩性质有关。

不同围岩中黑钨矿的主要化学成分（%）

	矿脉	围岩	WO_3	FeO	MnO_2	Nb_2O_5	Ta_2O_5
I	含黑钨矿白云母相云英岩	夕卡岩	74.18	13.85	9.20	0.403	0.203
II	含黑钨矿黑鳞云母相云英岩		75.29	13.48	9.85	0.134	0.014
III	黑钨矿－黑云母－石英脉		76.19	11.73	11.81	0.193	0.011
IV	含黑钨矿石英相云英岩	夕卡岩及大理岩	76.30	10.66	12.38	0.189	0.016
V	黑钨矿石英脉	夕卡岩化大理岩	75.48	11.30	12.31	0.188	0.040
		花岗岩	74.29	16.13	7.71	0.612	0.431
VI	黑钨矿－绿柱石－石英脉	花岗岩	76.02	17.65	5.11	0.732	0.070

分析资料系湖南省地质局实验室，1966。

（三）含矿溶液性质 本区的黑钨矿床，叠加在夕卡岩型白钨矿床之上，在探讨黑钨矿形成时含矿溶液的地球化学性质之前，有必要先讨论一下白钨矿的形成问题，以便得出控制钨元素呈不同矿物相产出的因素。

1.白钨矿的形成条件：矿区的白钨矿床，按其生因方式不同可分为沉淀型及交代型，二者均具重要意义。

沉淀型白钨矿主要形成于第一岩浆蚀变矿化

* 湖南省地质局实验室，1966。

** O.B.勃雷兹加宁，解决钨的某些地球化学特征的模拟实验。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

作用序列的奥长石化之后，奥—培长石网脉及黑钨矿化之前，所谓夕卡岩型白钨矿床主要指此而言。白钨矿呈浸染状分布在夕卡岩矿物及蚀变矿物的粒间，它所构成的典型矿物组合有：①萤石—符山石—石榴石；②萤石—石榴石；③萤石—辉石—石榴石；④萤石—角闪石—黑鳞云母—磁铁矿；⑤萤石—斜长石—绢云母等，每种组合中萤石的含量均在20%以上。白钨矿为白色，比较洁净，分布均匀，粒度细(0.05～0.2毫米)，半自形—自形等轴状，与绢云母、萤石共生，但它为萤石交代溶蚀，表明在萤石之前生成。在重结晶的石榴石边缘的白钨矿粒度较粗，自形程度高。萤石为白色。也比较干净，粒度细(1～1.5毫米)，分布均匀，晚于白钨矿沉淀结晶，从颜色和洁净度可知萤石晶格中混入其他元素比较少。从重结晶石榴石边缘的白钨矿粒度较粗等现象可知，有部分Ca^{2+}从围岩中转移到含矿溶液中，由于钙的增加，溶液可能呈中性至弱碱性甚至碱性。但是，萤石含量高达20%以上，又晚于白钨矿结晶，F^{-}仍存在于气化热液中，这种高含量的强酸根与弱碱物质相反应，其溶液仍然呈酸性反应，所以，白钨矿是在酸性或弱酸性介质溶液中形成。Ю.С.巴洛达耶夫、Р.Ю.奥尔洛夫和П.巴沙也夫*也认为"酸性介质对白钨矿沉淀是有利的"。В.Ф.列斯亚科研究了气液包裹体均匀化性质后得出白钨矿的析出期：气成期(600～340℃)和热液期(320～175℃)。用均一法和爆裂法对石英和黑钨矿测得的成矿温度分别为：石英为208～325℃（均一法），250～438℃（爆裂法）；黑钨矿为223℃（爆裂法[3]）。看来本区沉淀型白钨矿形成于酸性气成期。交代型的白钨矿系交代黑钨矿而成，连同黑钨矿在内应该是形成于热液期的产物。

从白钨矿的形成条件和围岩性质的讨论中看出，气成热液期，钙质围岩促使钨元素呈白钨矿沉淀，且溶液为酸性；在热液期，有利于黑钨矿与交代型白钨矿形成，溶液性质也属酸性。铁锰元素的相互迁移，则影响黑钨矿的化学组成。然而，不难看出，温度、介质性质和溶液性质尚不能全面说明钨元素必然以某种矿物相出现的问题。

2.黑钨矿的形成条件：黑钨矿的形成与含矿溶液中SiO_2的浓度有关。综合交代型、云英岩型、沉淀型黑钨矿的矿物组合类型主要有：（1）黑钨矿—绢云母—斜长石；（2）黑钨矿—斜长石—绢云母—石榴石；（3）黑钨矿—石榴石；（4）黑钨矿—白云母（黑鳞云母或黑云母）—石英；（5）黑钨矿—石英；（6）黑钨矿—绿柱石—石英等。在这些组合中，除黑钨矿—石榴石组合外，在其余组合中与黑钨矿生成关系密切的矿物均是在"SiO_2"过饱和状态的介质环境中形成的。

从前述矿物生成顺序中可知，黑钨矿一般生成较早，或与共生的矿物如云母、石英、绿柱石同时生成，因此，黑钨矿也是在"SiO_2"过饱和成矿溶液中形成。在此溶液中，钨酸根、钨络合物以及锰和铁的离子或络合物处于地球化学上的活泼状态，迁移力强，并适合结合成黑钨矿。与此相反，白钨矿可能是在硅含量不高的条件下形成。

此外，各种钨矿物组合大致可分成三种：（1）白钨矿；（2）黑钨矿；（3）黑钨矿—白钨矿。白钨矿组合出现在富钙贫硅环境中，其余二种组合产出于富硅贫钙环境中。从钨矿物产出环境和钨矿物与脉石矿物的共生组合，容易得出成矿溶液中钨络合物的性质和数量应该是有差异的。根据实验，钨络合物主要有R_2WO_4、$R_4[Si(W_3O_{10})_4]$和$R_7[P(W_2O_7)_5]$等形式**。R_2WO_4络合物容易发生简单离子交换反应形成白钨矿，其反应为：

$$R_2WO_4 + CaCO_3 \rightarrow CaWO_4 + R_2CO_3$$

一般发生简单离子交换反应的条件是：要么温度高，要么粘度小，看来气化高温热液和粘度小的中—低温热液可以满足这二个条件，也就是说有利于白钨矿的形成，不利于黑钨矿的形成。$R_4[Si(W_3O_{10})_4]$络合物，在此二条件下可能不稳定，容易发生分解生成$[WO_4]^{2-}$络合物，进行同样的反应，它在富硅贫钙条件下，应该是比较稳定的，能够长期保留在成矿溶液中，只有出现"Si"转入到成矿溶液中时，它才可能发生分解：

* Ю.С.巴洛达耶夫，Р.Ю.奥尔洛夫，大高加索西部钨和钼矿化成因类型及其成矿期。

** 南京大学地质系，1974，矿床学，56～57页。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

由于贫钙，迫使钨与铁锰结合成黑钨矿。至于$R_7[P(W_2O_7)_5]$络合物，很可能类似于钨的硅络合物的地球化学性状。各种络合物在成矿溶液中的比例应是不同的，这可能是形成原生白钨矿（非交代型）和黑钨矿的重要原因之一。在贫硅溶液中主要形成$R_2[WO_4]$络合物，在富硅溶液中主要形成$R_4[Si(W_3O_{10})_4]$和$R_7[P(W_2O_7)_5]$络合物，因而使得黑钨矿和白钨矿能够形成于同一夕卡岩体内。

结　　语

1.黑钨矿床产在夕卡岩中，并与夕卡岩型白钨矿床复合在一起，是与时间间隔短、频繁强烈的断裂构造活动有关；

2.黑钨矿床由交代型、云英岩型和沉淀型黑钨矿组成，相互穿插交织在一起构成网络状，一般局限在夕卡岩体的中心靠下部位；

3.黑钨矿和白钨矿形成时，虽然它们共同处在钙碱性地质体中，但其形成时的成矿溶液性质仍然为酸性；

4.黑钨矿在夕卡岩中晶出与高浓度的"SiO_2"成矿溶液和高浓度的W-Si络合物有关，与围岩性质关系不大；

5.围岩（钙质和硅质）性质只能影响黑钨矿的化学组成，而不改变其矿物类型。

在室内外研究工作中曾得到莫柱荪和杨超群等同志的指导与帮助，在此一并感谢。

主要参考文献

〔1〕杨超群、田焕章、杨世义，1980，中国地质科学院院报宜昌地质矿产研究所分刊，第一卷第1号
〔2〕黄蕴慧、杜绍华、赵春林，地质学报，第15卷第1期
〔3〕尹汉辉，1978，地球化学，第四期

新桥铜硫铁金矿床金银的赋存状态及分布规律初步研究

安徽冶金地质八二三队　楚之潮

大型新桥铜、硫、矿铁床，提交报告时，金、银只作为伴生组分，随同铅、锌、硒、碲、铟、镉、镓和锗等有益组分进行综合评价。1975年与1981年，先后由冶金部地质研究所与铜陵有色金属公司冶金科研所，以及合肥工业大学与我队合作，分别对本矿床的金、银赋存状态，分布规律和工艺性质作了细致研究。1980～81年，我队又对矿床中的金重新进行查定（由组合样改为单样），并对浅部氧化带——褐铁矿中的金矿体重作圈定。本文主要根据上述成果和我队的地质资料归纳而成。

矿床地质特征

1.矿床地质概述　新桥铜、硫、铁、金矿床，位于淮阳山字型构造东翼中段—即北东向的次级舒家店背斜和大成山背斜倾没端的交汇部位（图1）。矿床受近东西向控矿、导矿构造控制；容矿构造主要是北东向及近东西向的呈膝状弯曲的层

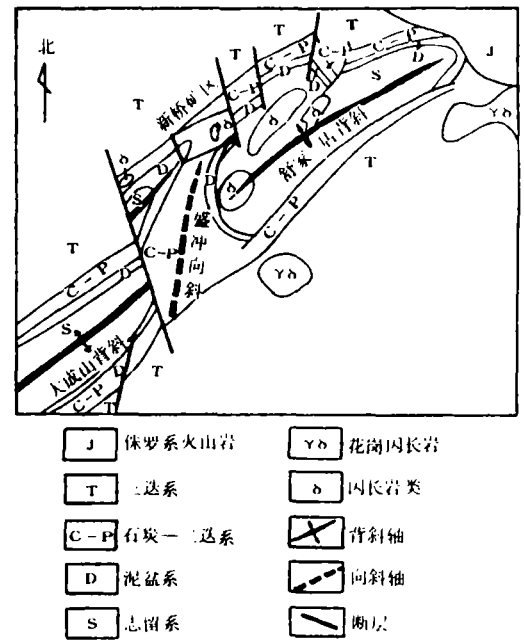

图1　区域地质构造略图

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net