

编号: 0258-7106(2011)03-0448-09

陕西省商洛市潘河钼矿地质特征及成因分析

练翠侠 欧阳志强 贺忠春

(湖南省有色地质勘查局 217 队, 湖南 衡阳 421001)

摘要 陕西潘河钼矿床位于华北板块与扬子板块拼接消减带的北秦岭东西向洛源-石门-马超营断裂与铁炉子-黑沟-栾川断裂带之间, 南西距蟒岭岩体约 10 km。它属于元古界长城系宽坪群上段绿片岩系掩盖下的似层状、层状矿体, 产于元古界长城系宽坪群下段一套浅变质绿片岩与(矽卡岩化)大理岩的不同岩性层间接触界面间。区内岩浆活动、矿体产出形态、矿石结构、构造、矿化富集特征等无不与本区主要褶皱、断裂乃至节理、裂隙等有着密切的关系。文章通过对潘河钼矿区的地质特征、矿床(体)特征及围岩蚀变等特征的阐述, 初步探讨了该矿床的成因及控矿因素。

关键词 地质学 钼矿 地质特征 矿床(体)特征 矿床成因 潘河

中图分类号: P618.65

文献标志码: A

Geological characteristics and genesis of Panhe molybdenum deposit in Shangluo, Shaanxi Province

LIAN CuiXia, OUYANG ZhiQiang and HE ZhongChun

(No. 217 Geological Party, Hunan Bureau of Nonferrous Metals Geoprospection, Hengyang 421001, Hunan, China)

Abstract

The Panhe molybdenum ore deposit is located in EW-trending Luoyuan-Shimen-Machaoying and Tieluzi-Heigou-Luanchuan faulted zones of North Qinling along the collage subduction belt between North China plate and Yangtze plate, some 10 km from the Mangling intrusive body. It consists of stratoid and stratiform ore bodies covered by greenschist of upper Kuanping Group in Proterozoic Changcheng System. Ore bodies occur along the interlayer contact zone between epimetamorphic greenschist and skarnized marble in lower Kuanping Group. Modes of occurrence of ore bodies, ore textures and structures and mineralization enrichment characteristics are all closely related to regional main folds and faults as well as joints and fissures. Based on geological, ore body and wall rock alteration characteristics in the ore district, this paper has made a tentative discussion on the genesis of the ore deposit as well as the ore-control factors.

Key words: geology, molybdenum deposit, geological characteristics, mineral deposit (ore body) features, genesis, Panhe

华北地台南缘的东秦岭钼矿带是中国重要的大型钼矿分布集中区之一, 该矿带西起陕西省的金堆城地区, 东至河南省栾川南泥湖—三道庄—上房沟、嵩县雷门沟地区, 有钼(钨)多金属矿床 10 多处。

钼金属储量约占全国总储量的 52%(张照伟等, 2008)。笔者在参与陕西省潘河钼矿区勘查工作的过程中, 认为该区钼矿床在该矿带中产出的形态特征与火成岩的产出部位关系有着与其他矿体不同的

独自特点。研究该类矿床地质特征与成因关系,对指导在本区内寻找同类矿床及勘查、扩大找矿范围等均具有实际意义。

1 区域地质背景

潘河钼矿区地处华北板块与扬子板块拼接消减带北缘北秦岭加里东造山带,属于经历多期次强变形、变质作用及频繁热事件活动叠加的地质构造复杂区。所处大地构造位置为秦岭褶皱系之北秦岭加里东褶皱带的次级构造单元的纸房—永丰褶皱束。该褶皱束总体为一复背斜,断裂、褶皱构造发育。由近东西向和北北东向2组构造相互交织成格架状(图1)(黄典豪等,1996;李永峰等,2005;李文渊等,2006;张正伟等,2001;田战武等,2007)。其中近东西向构造形成时间早、活动时间长并呈带状发育,主要表现为一系列深大断裂和区域性褶皱。北北东向构造为印支—燕山期地壳活动的产物,叠加于近东西向构造带之上,在地壳浅部表现为一系列近等间距分布的北北东向断裂。东西向断裂在燕山运动之前为压性特征,燕山运动早期受到北东向挤压作用而显扭性,并控制一系列中酸性小岩体的展布。潘河钼矿位于石门-马超营断裂和铁炉子-黑沟-栾川断裂之间。南西距蟒岭花岗岩体10 km。

据有关资料记载,潘河钼矿床最早发现于20世纪60年代初期,陕西省区测队及陕西省冶金三队通

过对该区域1:5万地质测量,分别发现矿区南部银厂沟和南台—窝沟一带地表Cu、Pb、Zn矿化。60年代末期,新疆有色地质公司在本区域进行了1:5万分散流普查,发现岭沟—南台Cu、Pb、Zn、As、Ag等多元素综合异常。在此基础上,70年代,陕西省十三队与地科院、物探所、西北地研所等单位在矿区进行1:5000电法测量,圈出了多个激电异常和多个以Cu为主的Pb、Zn、Sn、Bi、Mo、W、Ag、As等多元素化探综合异常区,在对该类异常进行深部验证时,获得了具有远景意义的Mo矿体,并提交了普查报告。后续的一系列找矿工作,均在前人找矿成果基础上展开。

2 矿区地质特征

2.1 地层

矿区地层属元古界长城系宽坪群,由一套浅变质的绿片岩类岩石与大理岩类岩石交互组成,按不同岩性特征和与钼钨成矿关系基本可分成上、中、下3段,总厚度>1900 m。

下段(Z_{ck1})厚500~600 m。从下至上主要由一套绢云母石英片岩夹碳质绢云母石英片岩及绿帘钠长阳起片岩、钠长阳起片岩、黑云钠长阳起片岩和白云大理岩与片岩互层(透辉石、透闪石化强烈)组成。钼钨矿体多赋存于该段绿帘钠长阳起片岩及黑云钠长片岩和碳酸盐岩与片岩互层的片岩中,为本

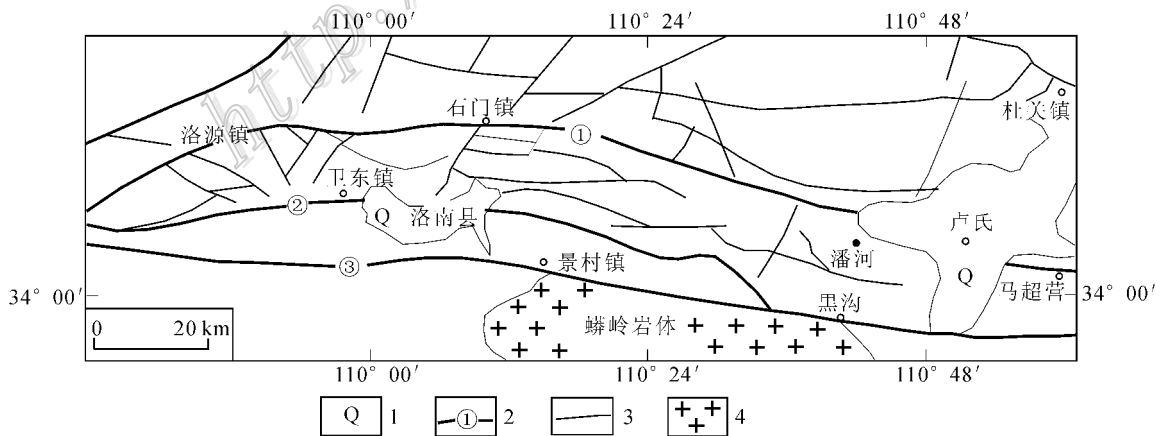


图1 潘河钼矿区域地质略图

1—第四系坡积物;2—深大断裂及编号:①洛源-石门-潘河-马超营断裂;②上楼村-灵口街-庙子断裂;③铁炉子-黑沟-栾川断裂;3—一般断层;4—花岗岩体

Fig. 1 Simplified regional geological map of the Panhe Mo ore district

1—Quaternary slope wash; 2—Deep fault and its serial number: ① Luoyuan-Shimen-Panhe-Machaoying fault; ② Shangloucun-Lingkoujie-Miaozi fault; ③ Tieluzi-Heigou-Luanchuan fault; 3—Common fault; 4—Granitic pluton

区主要含矿层位。

中段(Zck_2)厚320~1 100 m。从下往上主要为绿帘钠长阳起片岩、黑云钠长片岩、碳质绢云母石英片岩及白色巨厚层含硅质团块及硅质条带白云质大理岩(透辉石、镁橄榄石化)、钠长阳起片岩、白云母石英片岩和巨厚层硅质白云质大理岩。在该段的大理岩夹硅质岩及透闪石、透辉石化砂卡岩中,钼钨品位较低,属次含矿层位。在巨厚硅质白云质大理岩中偶见Cu、Pb、Zn矿化现象。

上段(Zck_3)厚>400 m。从下往上为绿泥片岩、绿帘钠长绿泥片岩、绿帘钠长阳起片岩夹大理岩或硅质岩透镜体和白云母石英片岩等。该段未见任何矿化现象。

采集于不同层位的绿帘钠长片岩的主要成分分析结果见表1。根据其查氏特征数值初步认为原岩为玄武岩类。镜下鉴定表明,在绿片岩中有变质凝灰岩的存在,说明部分绿片岩类岩石由基性凝灰岩变质而来。

2.2 构造特征

褶皱 区内褶皱构造主要以潘河短轴背斜为主体,核部由宽坪群中段巨厚层状大理岩、白云质大理岩和绿帘钠长阳起片岩夹碳质绢云母石英片岩组成,分布于潘河河谷锁沟口—窑湾一带。潘河河谷以南地层南倾,倾角10~17°;潘河河谷以北地层北倾,倾角20°左右。背斜西端倾没于药沟口,倾伏角17~29°。东端受 F_{104} 破坏倾没于山根—窑湾以东,倾伏角5~20°。矿区深部岩体沿该背斜轴部侵入,主要工业矿体则围绕岩体周边及背斜两翼分布(图2)。

断层 分为以下几组:

(1)近南北向弧形主干断层:位于矿区东侧,由 F_{104} 和 F_{104-1} 两条断层组成。沿走向从南台以南往北东经窑湾转向南北再转向北西,呈向东凸出的张扭性弧形断层。倾向随走向改变而改变,总体为南东→东→北东,倾角一般为50~70°,全长>5 km。

产于长城系宽坪群下段的似层状钼钨多金属盲矿体和白岗岩体隆起部位及花岗斑岩、石英斑岩脉体均产于该弧形断层内侧(下盘)。

这种弧形主干断裂内侧,当时所反映的力学性质是一种挤压应力集中区,使不同岩性间的节理、裂隙、片理等一系列不论宏观或微观的岩石结构、构造产生挤压破碎(潘河钼矿普查报告岩矿鉴定资料,2007.8),这均为后来岩脉矿液充填创造了良好的空间条件,也是现在看到的岩体(脉)、矿体均集中于

表1 绿片岩主要成分含量表

Table 1 Main composition of greenschist

| 岩石名称 | 主要矿物含量/% | | | | |
|----------|----------|-------|-------|-------|-------|
| | 钠长石 | 阳起石 | 绿帘石 | 绿泥石 | 黑云母 |
| 绿帘钠长阳起片岩 | 35~40 | 35~40 | 20~30 | | 1~2 |
| 黑云钠长阳起片岩 | 35~40 | 35~45 | | 3~5 | 10 |
| 黑云钠长片岩 | 30~40* | | | | 30~40 |
| 绿泥钠长片岩 | 40~50 | | 3~5 | 40~45 | |
| 绿泥阳起钠长片岩 | 30~50 | 25~30 | 2~10 | 20 | |
| 钠长绿泥片岩 | 25~35 | 0~15 | 5~20 | 35~50 | 5 |
| 钠长阳起片岩 | 30~45 | 40~55 | 5 | 2~5 | 5 |
| 钠长黑云片岩 | 5~15 | | | | 40 |

*正长石0~20%。

F_{104} 弧形断层内侧的主要原因。

(2)东西向断层组:与区域构造线一致,走向东西,为矿区早期断层,为张性正断层。倾向南或北,倾角50~89°,走向延伸大于1 km。其中以 F_{39} 规模较大,位于矿区北部党家砭—白家一线,东西延伸1.8 km,倾向北,倾角55°,断距约60 m。2009年矿区北部施工的多个钻孔显示该断层上盘下降,按错动方向,地层位移50~100 m。

(3)北西向断层组:属区内晚期断层,多切割上述2组断层。走向310~335°,倾向南西,倾角30~80°。规模较大的为 F_4 ,位于矿区南西侧,其倾向为213°,倾角50~70°,发育于南台—贾渠沟—锁沟一带。

2.3 岩浆岩特征

区内岩浆活动强烈,形成以白岗岩为主,包含花岗斑岩、石英斑岩及爆破角砾岩在内组成一套浅成侵入、爆发出形式的岩浆系列。

(1)白岗岩(γ_c)

为一隐伏的浅成侵入岩体,主要沿潘河背斜轴部侵位于600 m标高以下。岩石为白色,微细粒花岗结构,显微文象花岗结构,部分地段为斑状结构。主要矿物有钾长石、更钠长石、石英,次生矿物有绢云母、高岭石等,微量矿物有锆石、磷灰石、金红石、黑榴石、黑云母、磁铁矿。镜下鉴定碱性长石具条纹结构,呈半自形-他形板柱状分布。粒径大小不一,多在 $0.18 \times 0.18 \text{ mm}^2 \sim 0.72 \times 1.17 \text{ mm}^2$ 之间。个别碱性长石具有简单双晶,大部分碱性长石已发生高岭土化,少部分已绢云母化。斜长石自形程度比碱性长石高,为自形-半自形板柱状,多数斜长石见聚片双晶,大多数已绢云母化和碳酸盐化,个别绿帘石化。斜长石绢云母化程度较高,部分绢云母已转

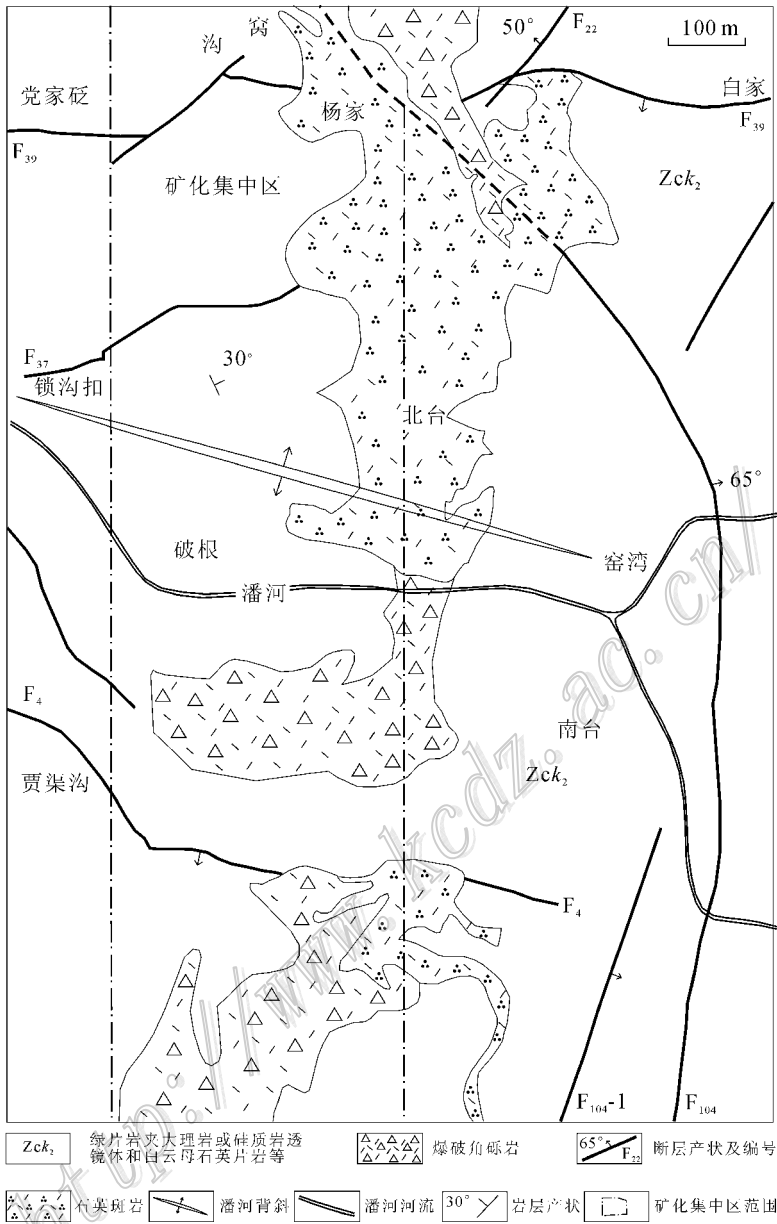


图 2 潘河钼矿区构造地质图

Fig. 2 Structural geological map of the Panhe Mo ore district

变为颗粒稍大的鳞片状白云母。石英呈他形粒状充填于不规则空隙中, 粒径相差较大, 最小者仅 0.036 mm, 最大者可达 0.57 mm。根据矿物自形程度的不同可判断矿物结晶的先后顺序, 自形-半自形的斜长石最先结晶, 其次为半自形-他形的碱性长石, 他形粒状石英结晶最晚。

白岗岩为矿区内的浅成侵入体, 顶部与围岩接触部分经镜下鉴定为石英斑岩, 故认为石英斑岩为其边缘相岩石。部分地段具有显微文象结构, 属于向花岗斑岩过渡的岩石。花岗斑岩的边缘部分有薄

层石英斑岩产出, 为其与围岩接触的边缘相岩石, 二者具有过渡关系。

(2) 花岗斑岩($\gamma\pi_{5}^{3a}$)

地表出露较少, 多呈脉状沿长城系宽坪群下段 (Zck₁) 的不同岩性接触界面间侵入, 厚度 0.5~30 m 不等, 长几百米不等。

岩石呈灰白色、浅肉红色, 呈斑状结构, 块状构造。斑晶最大约在 2~3 mm, 镜下见岩石的矿物成分主要是钾长石和石英, 其次有斜长石和绢云母。岩石由斑晶矿物和基质矿物两部分组成, 属于一酸

性浅成岩。斑晶矿物含量约占岩石的 25%~30%，成分主要为钾长石和石英，其次有斜长石。钾长石为正长石，斜长石为更长石，均呈半自形板状，石英呈他形粒状。斑晶矿物粒径大小相当，约在 0.5~1.5 mm 范围内，石英多被熔蚀呈浑圆形，基质矿物含量约在 70% 以上。长石表面有轻度的次生变化，杂乱分布。成分主要是钾长石和石英，有少量的斜长石和绢云母。长英质矿物均很细小，且呈等轴粒状，粒径一般小于 0.05 mm，均匀分布于斑晶矿物周围。绢云母呈细小的鳞片状散布。岩脉厚 2~11 m，延长 300~400 m。岩石主要化学成分为： $w(\text{SiO}_2)$ 73.9%， $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 13.2%， $w(\text{Na}_2\text{O})$ 2.49%， $w(\text{K}_2\text{O})$ 6.87%。

(3) 石英斑岩(Q π_3^a)

地表主要出露于矿区中部，北台至杨家一带，多沿 F₁₀₄ 断层侵位。其次在南段出露于贾渠沟以东及中部北台地表。由于岩脉受围岩产状控制及地形切割关系，使其形态多变。

岩石呈灰白色、浅肉红色，斑状结构，块状构造，局部具流纹状构造。斑晶由石英(半自形、自形，含量 5%~10%)、透长石、正长条纹长石(二者含量 5%~10%)、更钠长石(3%~10%) 和黑云母(<1%) 组成，矿物粒径 2~5 mm，基质具隐晶结构、微霏细结构、显微花岗结构，矿物粒径 0.005~0.05 mm，由石英(30%~50%)、透长石、显微条纹长石(40%) 和更钠长石(1%~2%) 组成。副矿物有钛铁矿、金红石、磷灰石。岩石主要化学成分为： $w(\text{SiO}_2)$ 70%~79%， $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 9%~13%， $w(\text{Na}_2\text{O})$ 2%~4%， $w(\text{K}_2\text{O})$ 5%~10%。

根据岩体的产状、形态、规模、结构构造和矿物成分等特点，初步分析它属于次火山岩。岩体的同位素地质年龄为 114.6 Ma^①。

(4) 爆破角砾岩(JL $_3^b$)

主要出露于矿区北东窝沟一带及南段南台以南地表，呈长条状沿 F₁₀₄ 断层呈北西向分布，倾向南东，角砾岩成分复杂，包括大理岩、硅质岩、绿片岩和石英斑岩、石英正长斑岩、正长斑岩。各种角砾岩成分含量比例因地而异，具有“就地取材”的特点。

角砾大小不一，从几毫米到几十厘米，个别达 2×5 m²，在近角砾岩处还可见到震裂的围岩巨块。

角砾杂乱无章，无分选性，不具定向排列。

角砾磨圆度差别很大，大多为尖棱状和次棱角状，南段多见次浑圆状-浑圆状石英斑岩角砾和大理岩角砾。胶结物为与角砾成分相同的细粒碎屑物、粉屑物、绿泥石、石英、长石及碳酸盐类矿物。在热液蚀变强烈地段还有透辉石、透闪石、绢云母等，胶结物含量<10%。

经工程揭露，该类爆破角砾岩的热液蚀变和矿化在地表与深部的表现差异较大，裸露于地表的角砾岩，仅有轻微的绿泥石化、硅化、碳酸盐化和较弱的浸染状铜、铅、锌多金属矿化。随着往地下延伸，不仅蚀变逐渐加强，且矿化则以钨钼矿化为主。

综上所述，白岗岩、花岗斑岩、石英斑岩为同一时期来自同一岩浆源的不同相的岩石。白岗岩岩体侵入部位较深，冷凝较慢，具有浅成侵入岩的特点，其脉岩侵入部位较高，并过渡为花岗斑岩。花岗斑岩为其脉岩相的产物，石英斑岩沿着层间裂隙侵入，有的已接近地表形成超浅成的次火山岩。

爆破角砾岩为晚于石英斑岩的产物，因为石英斑岩在角砾岩中和其他围岩一样，呈现为被破坏的角砾或碎块、粉屑。取自于角砾岩中的石英斑岩角砾，测定的同位素地质年龄为 109.8 Ma^①，与矿区的石英斑岩体地质年龄一致，说明它来自附近的岩体中。

2.4 矿化体特征

根据钨钼矿(化)体的不同产出部位可分为层状、似层状矿(化)体和角砾岩型钨钼矿(化)体 2 种类型。

(1) 层状、似层状矿(化)体：产于窑湾-南台-北台一带，为本区主要工业矿体。全区主要工业矿体 45 个，分布于沿潘河短轴背斜轴部及南北两翼的白岗岩体顶部和花岗斑岩脉、石英斑岩脉下盘的宽坪群浅变质绿片岩系下段的不同岩性接触面间(图 3)。矿体走向近东西，倾向随背斜东西两翼变化而变化，两翼南倾 180°，北翼北倾 0°或 360°，倾角一般在 2~30°之间。呈层状或似层状产出。根据工程控制，矿体沿走向延长一般在 100~600 m 之间，倾向延深 200~780 m，厚 3.75~21.73 m。矿体品位： $w(\text{Mo})$ 0.054%~0.126%，平均 0.086%； $w(\text{W})$ 0.021%~0.042%，平均 0.03%(作为伴生元素)。

① 刘满年，高选顿，2007. 陕西省商洛市潘河钨矿普查地质报告. 中国人民武装警察部队黄金第五支队.

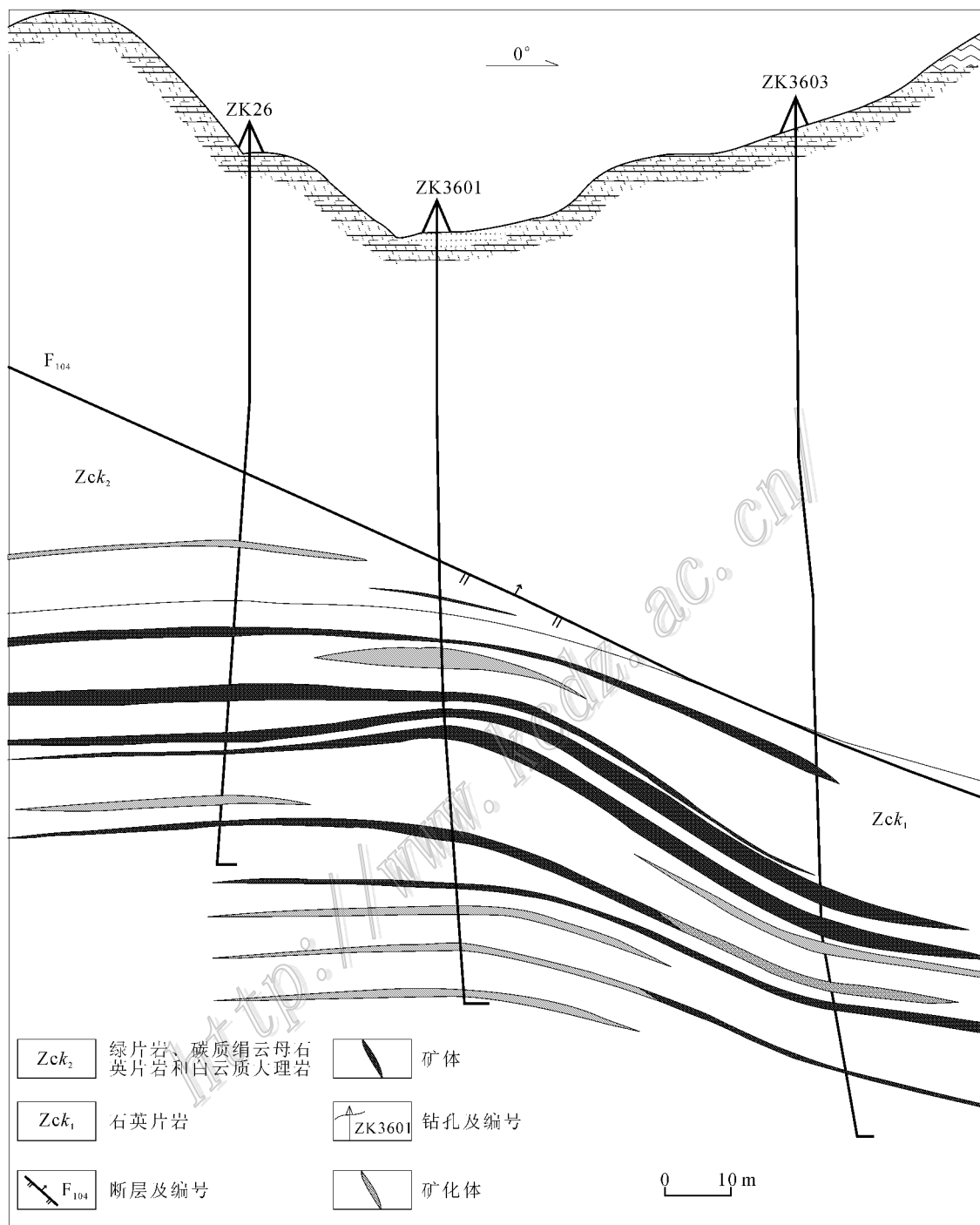


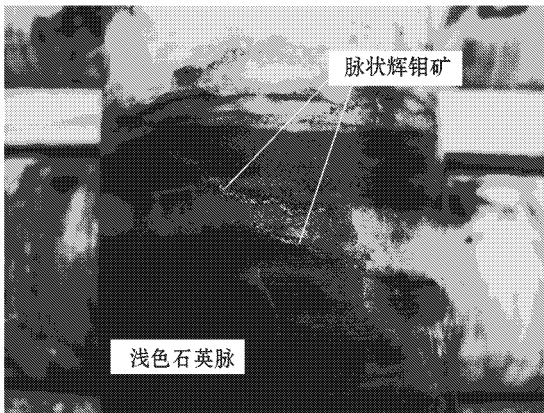
图 3 潘河钼矿区 36 号勘探线剖面示意图

Fig. 3 Geological section along No. 36 exploration line of the Panhe Mo ore district

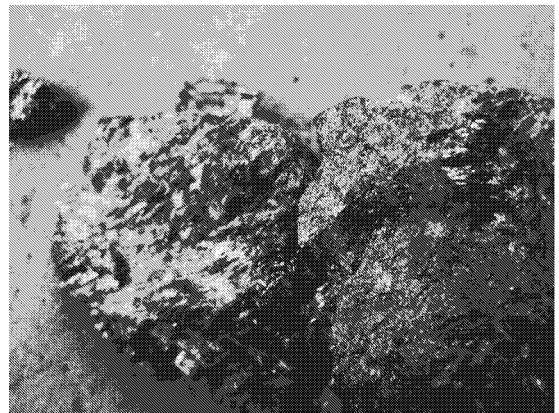
该类矿体的赋存、产出特点、围岩蚀变、矿石结构、构造和矿化强度特征,无不与其距石英斑岩脉体的远近,与斑岩脉体接触的不同岩性密切相关。

矿区中的石英斑岩脉,一般均沿宽坪群下段浅变质岩系中的白云石大理岩与各类不同绿片岩接触

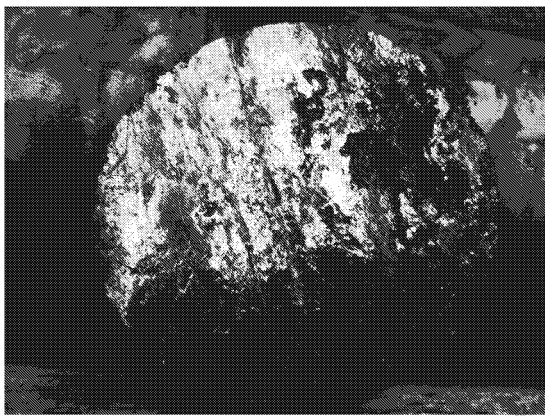
界面间顺层侵入。产于石英斑岩脉下盘白云石大理岩中的钼钨矿体,由于石英斑岩脉与碳酸盐岩接触产生热液蚀变,形成矽卡岩化大理岩,简称大理岩型钼钨矿石。金属矿物为辉钼矿、白钨矿和少量磁铁矿。脉石矿物有透辉石、透闪石、镁橄榄石、粒硅镁



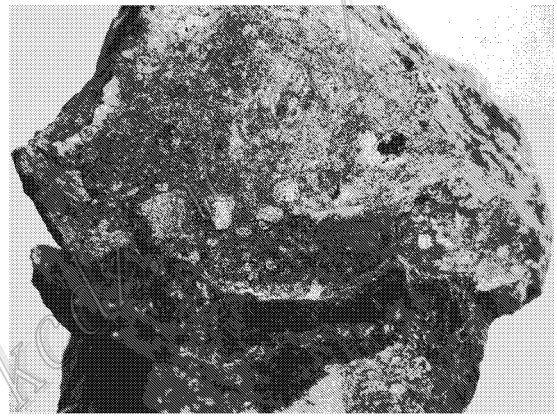
照片1 细脉浸染状辉钼矿
Photo 1 Veinlet-disseminated molybdenite



照片2 散点状辉钼矿
Photo 2 Scattered molybdenite



照片3 薄膜状辉钼矿
Photo 3 Membranous molybdenite



照片4 爆破角砾岩型辉钼矿
Photo 4 Explosive breccia molybdenite

石、石榴子石、萤石和少量白云石、方解石,具镁矽卡岩的组合特征。辉钼矿粒度小,在该类岩石中呈星散状和细脉浸染状产出(照片1、2), $w(\text{Re})$ 0.0003%,白钨矿呈0.1~0.5 mm的细粒与辉钼矿、磁铁矿密切共生。

产于石英斑岩脉上盘绿片岩中的钼钨矿,简称绿片岩型钼矿石。金属矿物为辉钼矿和白钨矿,脉石矿物除岩石矿物外,还有石英和少量方解石。辉钼矿呈薄膜状(照片3)沿片岩的片理充填或与白钨矿一同产于石英细脉内,呈网脉状产出。近脉围岩具透辉石化、钾长石化。

(2) 爆破角砾岩型钼钨矿(化)体:主要分布于窝沟爆破角砾岩体中及周边围岩接触带中(照片4)。地表及浅部的铅锌铜金属硫化物呈星点状、团块状充填于岩石角砾之间或分布于角砾之间的不规则石英方解石脉中,并有 $\text{Ag}(7 \times 10^{-6} \sim 100 \times 10^{-6})$ 、 $\text{Bi}(30 \times 10^{-6} \sim 70 \times 10^{-6})$ 、 $\text{Sr}(10 \times 10^{-6} \sim 30 \times 10^{-6})$ 等伴生元素出现。随着深度下延,爆破角砾岩蚀变

普遍强烈,有透闪石化、透辉石化、金云母化、碳酸盐化。矿化以钼、钨矿化为主,辉钼矿呈星点状充填在角砾之间或呈不规则状分布于含钼石英细脉内,并见热液交代型磁铁矿化出现。另一特点是,在绿片岩角砾集中地段铜钼矿化相对富集。该类型因钼钨含量目前达不到工业指标要求,尚不具工业价值。

2.5 矿石特征

金属矿物主要有辉钼矿、黄铁矿、黄铜矿及磁铁矿,有时可见方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿,偶见白钨矿。脉石矿物为阳起石、钠长石、绿帘石、绿泥石、绢云母、黑云母、石英、方解石等。因受裂隙发育程度控制,金属矿物分布不均匀,空间上具有辉钼矿(白钨矿)组合,黄铁矿-黄铜矿-辉钼矿组合,黄铁矿-黄铜矿组合,黄铁矿-辉钼矿组合。黄铁矿-黄铜矿矿化组合地表风化后形成褐铁矿、孔雀石,是地表找矿标志。金属矿物(辉钼矿等)主要为片状、脉状、细脉状、薄膜状,半自形-他形粒状构造,粒径0.01~0.05 mm。根据矿物共生组合,大致可划分为辉钼矿-石

英阶段,黄铁矿-黄铜矿-石英阶段和晚期黄铁矿-方解石阶段。

2.6 围岩蚀变特征

矿区围岩蚀变普遍发育,主要有矽卡岩化、硅化、碳酸盐化、绿帘石化、叶蜡石化、绿泥石化、黑云母化和滑石化、绢云母化、高岭石化等。

矽卡岩化主要表现为大理岩、白云石大理岩的透闪石化和透辉石化,部分地段形成透辉石矽卡岩、透辉石-透闪石矽卡岩、透辉石-石榴子石矽卡岩。蚀变岩石在地表主要分布于潘河背斜轴部及其两侧的大理岩、白云石大理岩中。矽卡岩一处位于锁沟口—窝沟口—北台北坡 F_{22} 断层的上盘,大致延长 1 km,宽 100~200 m,为透闪石-透辉石矽卡岩带。蚀变强烈地段有微弱的铜、铅、锌矿化。另一处在窑湾潘河河谷,长 420 m,宽 100~150 m,透辉石呈网脉状穿插大理岩,局部具钼钨矿化,且在透辉石、透闪石发育地段,钼钨矿化较强。

绿片岩中的钙镁质碳酸盐岩夹层亦具有透闪石化和透辉石、石榴子石化,形成条带状矽卡岩化岩石。

硅化在矿区也较发育,普遍见于矿区内大理岩和绿片岩中。硅化较强则形成石英岩,硅化早期为灰白色他形石英,中细粒,交代方解石,生成镁橄榄石、透辉石;含磁铁矿,稍晚则为含辉钼矿、磁黄铁矿、黄铁矿等金属硫化物的细脉,穿切或交代围岩成矿化体或矿体。硅化后期是沿裂隙片理充填的无矿石英脉。

绿帘石化主要见于大理岩中,与钼、钨矿化关系密切,钼矿化常以薄膜状、星点状产出于绿帘石化大理岩地段。

其他蚀变有滑石化、绢云母化、高岭土化、叶蜡石化、绿泥石化、黑云母化等,蚀变程度相对较弱。

3 矿床成因分析

综合分析区域地质背景、矿区地质特征、矿化成因类型,说明潘河钼矿历经了多期成矿过程。

(1)在加里东构造岩浆活动中,使本区域长城系宽坪群沉积旋回晚期形成微弱 Cu 、 Co 矿化,在区域及矿区绿片岩中普遍可见。

(2)燕山构造岩浆活动期,沿着矿区内近南北向主干断裂及东西向褶皱轴部有石英斑岩、花岗斑岩、白岗岩类等浅成、超浅成高硅、富碱,且 $w(K_2O)$

$> w(Na_2O)$ 的岩浆入侵,伴随大量 Cu 、 Pb 、 Zn 、 Fe 和 Mo 、 W 含矿溶液,并在岩体外接触带和岩脉上下盘与镁质碳酸盐岩和绿片岩中(同时吸收 Cu 元素)形成接触交代型或充填型钼(钨)矿体或铜铅锌矿体。由于 Mo 、 W 形成温度高,所以在 400 m 标高以下富集,而铜铅锌小矿体则形成于近地表浅部。

(3)紧随斑岩体(脉)之后的潜火山气爆作用,承袭前期岩浆活动方向,沿着斑岩边缘上升于地表爆发,形成爆发岩筒。并携带大量 Mo 、 W 、 Cu 、 Pb 、 Zn 、 Ag 等多种元素,在前期斑岩外接触带成矿和在岩筒内角砾间胶结物中集结形成浅部 Cu 、 Pb 、 Zn 、 Ag 矿化或原生晕圈。在深部形成 Cu 、 Mo 、 W 细脉或网脉状矿(化)体。尤其在绿片岩性段角砾岩中,使早期绿片岩中含 Cu 元素再次活化转移,富集成短小、高品位铜矿(脉)体。同时,在前期部分斑岩体内接触带形成充填型含 Mo 、 W 石英细脉。

4 找矿方向

(1)潘河钼矿定位于区域构造中纸房-永丰褶皱轴东段南翼,北受洛源-石门-马超营东西向区域断裂的控制,南受铁炉子-黑沟-栾川东西向区域断裂的控制,南西距蟒岭岩体仅 10 km。发育一套深变质海相硅镁质碳酸盐岩及泥质碎屑岩(绿片岩)建造的中下元古界之间的长城系宽坪群地层。 Cu 、 Pb 、 Zn 、 Fe 、 Co 、 Mo 、 W 成矿元素分别赋存于该地层下段,并在构造、热源(燕山期高硅富钾岩浆)矿源三位一体部位形成了地表无丝毫 Mo 、 W 显示的厚层掩盖下的 Mo 、 W 、 Cu 、 Pb 、 Zn 矿体。为在矿区外围及上述区域两断层之间和蟒岭岩体周边寻找隐伏 Mo 、 W 、 Cu 、 Pb 、 Zn 盲矿床提供了先例。

(2)本矿区限于目前工程控制深度,对宽坪群下段含矿地层与斑岩体的接触外带,仅控制到隐伏岩体外接触带顶部和背斜两翼部分地段(400~800 m 标高之间)(图 4)。400 m 标高以下尚无工程控制,是具有找矿远景的盲区。

(3)矿区内燕山期岩浆热液活动所形成的爆破角砾岩应属本区 Mo 、 W 、 Pb 、 Zn 、 Cu 成矿高峰,它不仅在斑岩期岩体(脉)外接触带形成层状、似层状 Mo 、 W 矿体,而且在岩筒内浅部形成 Cu 、 Pb 、 Zn 矿化,并在岩筒中深部 750 m 标高见到 Cu 、 Zn 矿体。结合本矿区成矿元素的垂直分带特征设想,在已知爆发岩筒深部,会相应出现含 Mo 、 W 斑岩体或 Mo 、 W 矿体。

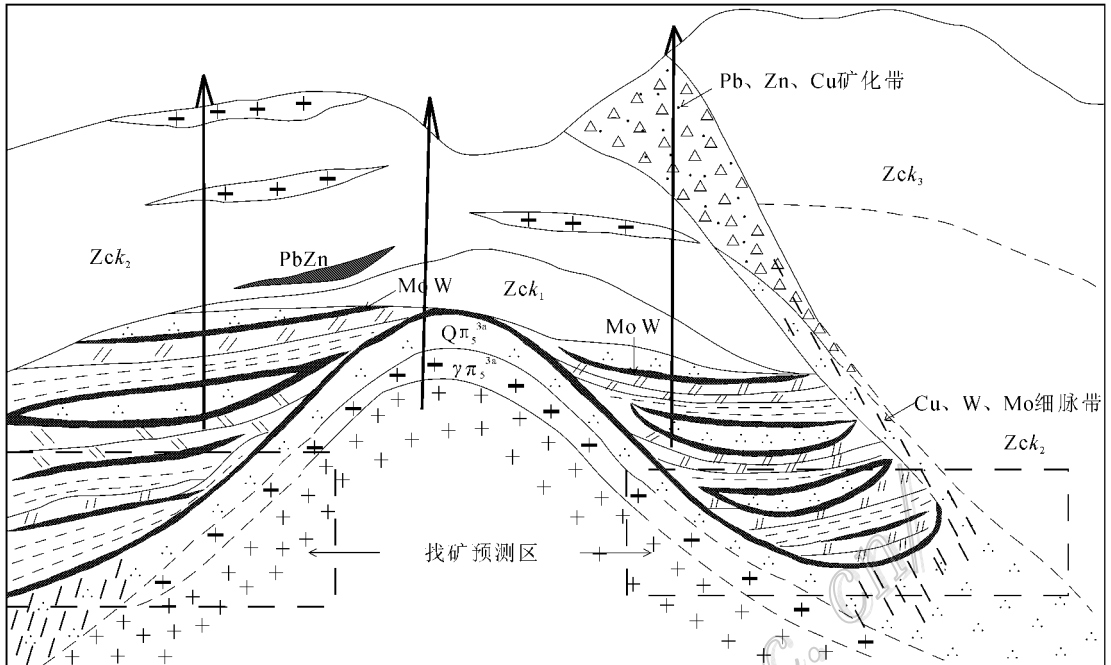


图4 潘河钼矿区成矿与找矿预测模式图

Fig. 4 Metallogenic and prospecting prognostic model for the Panhe Mo deposit

References

- Huang D H, Du A D, Wu C Y, Liu L S, Sun Y L and Zou X Q. 1996. Study on metalochronology of Mo(Cu) in North China platform [J]. *Mineral Deposits*, 15(4): 365-373 (in Chinese with English abstract).
- Li W Y, Dong F C, Jiang H B, Tan W J and Wang Y H. 2006. Metallogenic characteristics and prospecting potential of major metallic minerals in Northwest China [J]. *Northwestern Geology*, 39(2): 1-15 (in Chinese with English abstract).
- Li Y F, Mao J W, Hu H B, Guo B J and Bai F J. 2005. Geology, distribution, types and tectonic settings of Mesozoic molybdenum deposits in East Qinling area [J]. *Mineral Deposits*, 24(3): 292-304 (in Chinese with English abstract).
- Tian Z W, Han J M, Pan Z X, Shen W H and Sun B P. 2007. Mo deposit type, geology characteristics, Controlling factors in Xiao Qinling region [J]. *Inner Mongolia Petrochemical Industry*, (1): 92-94 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Z W, Zhao D H, Li W Y, Peng S X, Wang X A, Gao Y B and Ren B C. 2008. Geological characteristics and prospecting criteria of Lian hua gou molybdenite deposit in Luonan county, Shanxi Province [J]. *Northwestern Geology*, 41(1): 75-80 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Z W, Zhu B Q, Chang X Y, Qiang L Z and Wen M X. 2001. Petrogenetic metallogenic background and time space relationship of the East Qinling molybdenum orebelt, China [J]. *Geological Journal of China Universities*, 7(3): 307-315 (in Chinese with English abstract).
- 黄典豪, 杜安道, 吴澄宇, 刘兰笙, 孙亚莉, 邹晓秋. 1996. 华北地台钼(铜)矿床成矿年代学研究 [J]. *矿床地质*, 15(4): 365-373.
- 李文渊, 董福辰, 姜寒冰, 谭文娟, 王永和. 2006. 西北地区重要金属矿产成矿特征及其找矿潜力 [J]. *西北地质*, 39(2): 1-15.
- 李永峰, 毛景文, 胡华斌, 郭保健, 白凤军. 2005. 东秦岭钼矿类型、特征、成矿时代及其地球动力学背景 [J]. *矿床地质*, 24(3): 292-304.
- 田战武, 韩俊民, 潘振兴, 申文环, 孙保平. 2007. 小秦岭地区钼矿类型、地质特征及控矿因素 [J]. *内蒙古石油化工* (1): 92-94.
- 张照伟, 赵东宏, 李文渊, 彭素霞, 王兴安, 高永宝, 任秉琛. 2008. 陕西省洛南县莲花沟钼矿地质特征及找矿标志 [J]. *西北地质*, 41(1): 75-80.
- 张正伟, 朱炳泉, 常向阳, 强立志, 温明星. 2001. 东秦岭钼矿带成矿背景及时空统一性 [J]. *高校地质学报*, 7(3): 307-315.