

# 华县西沟地区钼矿地质与成矿潜力

焦建刚<sup>1</sup>, 韩俊民<sup>2</sup>, 钱壮志<sup>1</sup>, 王勇茗<sup>1</sup>, 袁海潮<sup>2</sup>, 刘瑞平<sup>3</sup>

(1. 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054; 2. 西北有色地质勘查局 712 总队,  
陕西 咸阳 712000; 3. 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 将华县西沟钼矿与邻近的金堆城、大石沟钼矿进行地质对比。华县西沟钼矿具有类似于大石沟钼矿的成矿类型及金堆城钼矿的矿化蚀变特征; 西沟钼矿中石英脉的气液包裹体测试, 均一温度为 200 ℃~300 ℃, 属于中温热液矿床; 石英脉的稀土元素研究证明西沟地区兼有金堆城、马河、大石沟钼矿床含石英脉的稀土配分曲线特征, 具有多期热液活动。同时对西沟地区控矿因素与矿化过程进行了综合分析, 认为本区具有钼多金属成矿的潜力, 并提出了其找矿标志。

**关键词:** 钼矿地质; 石英脉; 气液包裹体; 成矿潜力; 西沟地区; 华县

**中图分类号:** P618.65; P612 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2007)03-0245-07

## Geology and Metallogenic Potentiality of Molybdenum Mine in Xigou Area, Huaxian County, Shaanxi Province

JIAO Jian gang<sup>1</sup>, HAN Jun min<sup>2</sup>, QIAN Zhuang zhi<sup>1</sup>,  
WANG Yong ming<sup>1</sup>, YUAN Hai chao<sup>2</sup>, LIU Rui ping<sup>3</sup>

(1. School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. 712 Team, North western Geology Exploration Bureau for Nonferrous Metal Resources, Xianyang 712000, Shaanxi, China;  
3. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract** The geological comparison of Xigou molybdenum with adjacent Jinduicheng and Dashigou molybdenums indicates that the metallogenic types are similar between Xigou and Dashigou molybdenum deposits, and the characteristics of mineralizing alteration are analogy between Xigou and Jinduicheng molybdenum deposits. From fluid inclusion study of quartz vein, the equality temperature is 200 ℃~300 ℃, which indicates that Xigou ore deposit belongs to mesotherm hydrothermal deposit. The REE distribution pattern indicates that there are multi stage hydrothermal activity of quartz vein in Xigou, and the characteristics of quartz vein in Jinduicheng, Mahe, Dashigou. Analysis of metallogenetic and metallogenic process in Xigou area shows that there are molybdenum polymetallic metallogenetic potentialities. The clues for prospecting are put forward.

**Key words:** Molybdenum geology; quartz vein; fluid inclusion; metallogenetic potentiality; Xigou area; Huaxian County

## 0 引言

小秦岭地区是中国主要的钼矿集中区, 发现有金堆城、大石沟等大型钼多金属矿床, 迄今为止已

提供了数百万吨钼资源/储量。经地质工作者多年来对该区域钼矿成矿规律的深入调查和研究, 认为该区位于华北地台南缘汝阳—卢氏—华县金堆城钼多金属成矿带中, 区域地质背景对钼矿形成极为

收稿日期: 2006-09-25

基金项目: 中国地质调查局项目(1212010630508); 西北有色地质勘查局“小秦岭钼银矿床成矿条件与找矿方向研究”项目

作者简介: 焦建刚(1976), 男, 湖北武汉人, 讲师, 博士, 从事矿床学及数学地质研究。E-mail: jiangang@chd.edu.cn

有利<sup>[1]</sup>。区域上断裂构造发育,主体呈近东西向展布,有多期次的近东西向韧性剪切带;次有北西向、北北向、北东向的断裂构造带,其中近东西向断裂由于本区受多次不同方向构造应力的作用,往往具有多期构造叠加表现。如在燕山运动以前为压性特征,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(图 1)<sup>[2]</sup>。区内发现的钼多金属矿床多与燕山期中酸性岩体有关,表现在矿体形态、产状等与中酸性小岩体的空间关系密切<sup>[3]</sup>。

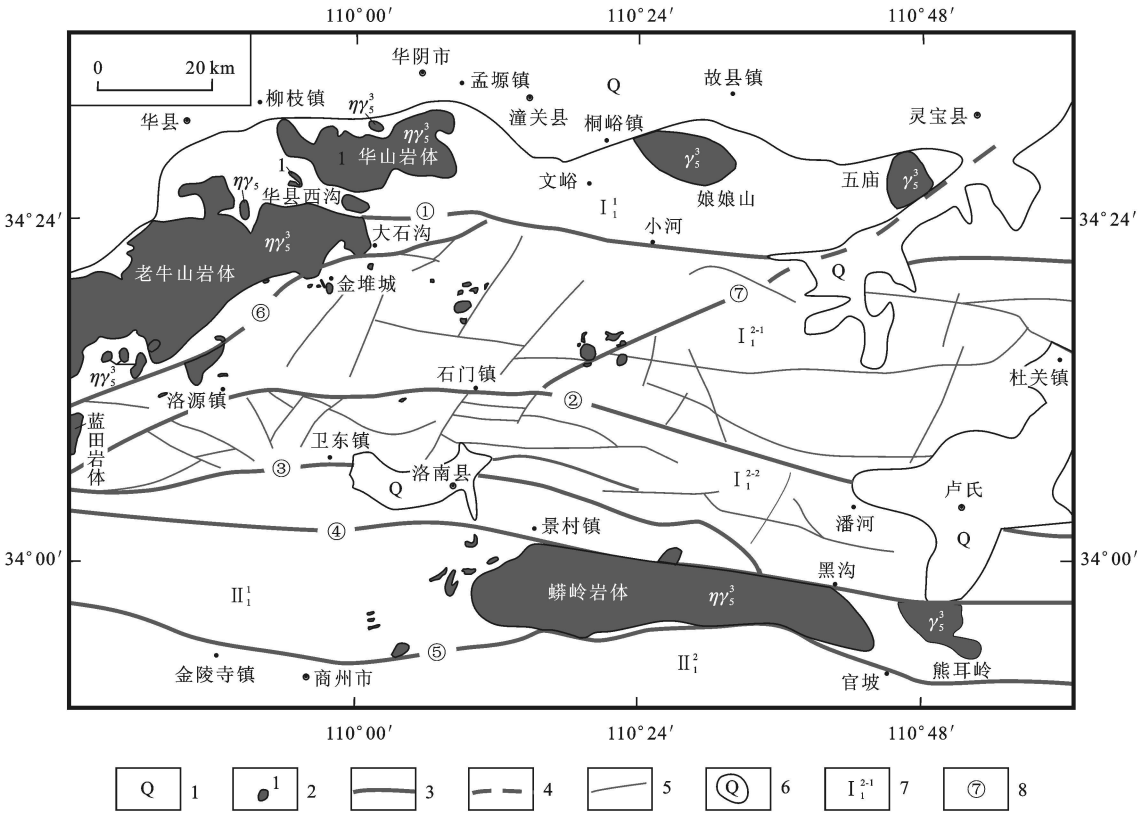
西沟钼矿区位于小秦岭陕西段华县西沟地区花岗岩体外接触带中,矿化与花岗岩关系密切,并受剪切带构造控制。区内已经发现有铅钼矿化,具有进一步找矿前景,但目前对成矿的研究程度还很低。笔者从矿区钼矿地质及与成矿相关的石英脉气液包裹体、稀土元素进行研究,对含矿潜力进行

了综合评价。

### 1 矿区地质特征

#### 1.1 矿区地层

矿区出露地层主要为太华群上亚群,岩性为黑云二长片麻岩、黑云二长变粒岩、黑云斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩夹含铁石英岩透镜体。变质程度达角闪岩相,岩石普遍遭受混合岩化作用,恢复其原岩为一套多旋回海底喷发的中基性火山岩系夹正常陆源碎屑沉积。地层变质程度较高,以各种面理为其主要变形面。在 1:5 万区域地质调查中<sup>[4]</sup>,将西沟地区内变质地层划分为:太华杂岩( $A_{r2th}$ )、翁岔铺片麻岩套和太峪岭片麻岩套,地质时代厘定为中太古代,其中矿区出露的翁岔铺片麻岩套中武家坪组( $A_{r2w}$ )以黑云斜长片麻岩组合为主,分布于研究区的北部和西部,出露面积较大,与



1 - 第四系坡积物; 2 - 燕山期中酸性岩体及编号; 3 - 深大断裂带; 4 - 推测定断裂带; 5 - 一般断层; 6 - 第四系地质界线; 7 - 构造单元: I 为华北地台; I<sub>1</sub><sup>1</sup> 为太华台拱; I<sub>1</sub><sup>2-1</sup> 为金堆城台凹; I<sub>1</sub><sup>2-2</sup> 为金堆城台凹南部; II 为秦岭褶皱带; II<sub>1</sub><sup>1</sup> 为纸房—永丰褶皱束; II<sub>2</sub><sup>2</sup> 为太白—商县褶皱束; 8 - 断裂编号: ① 崇凝镇—火龙关—小河—尖山断裂; ② 洛源—石门—潘河—马超营大断裂; ③ 上楼村—灵口街—庙子断裂; ④ 铁炉子—三要—黑沟—栾川断裂; ⑤ 商县—葫芦七—皇台断裂; ⑥ 蓝田张家坪—洛源断裂; ⑦ 朱阳断裂; 此图据文献[2]修改

图 1 陕西小秦岭地区燕山期中酸性岩体分布图

Fig. 1 Distribution Diagram of Neutral acid Intrusions in East Qinling Area Shaanxi Province

下伏太华杂岩呈平行面理接触;侯家村组( $A_{r2}h$ )片麻岩以含角闪黑云斜长片麻岩组合为主,分布于研究区的西南部,与下伏武家坪组片麻岩呈平行面理接触。太峪岭片麻岩套中长沟口组( $A_{r2}c$ )主要为含角闪花岗质片麻岩组合,分布于研究区燕子沟一带;大月坪组( $A_{r2}d$ )主要岩性组合为花岗质片麻岩,大面积出露于研究区北部,与下伏长沟口组片麻岩呈面理平行接触。

1.2 矿区构造

矿区分布有三条近东西向的剪切带,由北到南分别是王沟一庙上剪切带、冰冷沟—苍家坪剪切带和阴司台—南台剪切带(图 2)。剪切带具有多期构造变形叠加的特征,如王沟一庙上剪切带,其变形特征为早期左行剪切,中期右行剪切,晚期为南北向的引张。剪切带同时具有多期活动的特征,从太古界的片麻岩至燕山期的花岗岩中都能看到不同构造层次的剪切带活动的迹象。

1.3 矿区岩浆岩

矿区岩浆岩分布普遍,并以燕山期中酸性小岩体、岩脉为主,其次有辉绿玢岩、变辉长岩等岩脉。燕山期中酸性小岩体主要为葱岭单元黑云母二长花岗岩体,出露面积  $0.3 \sim 0.4 \text{ km}^2$ ,岩体边缘有似斑状黑云母二长花岗岩相,相带之间为过渡关系。似斑状黑云母二长花岗岩体的斑晶为石英、长石,基质为嵌晶粒状结构。矿物成分(体积分数)分别为:斜长石 46%,钾长石 21%,石英 27%,黑云母

6%,含微量的磷灰石、金属矿物。围绕小岩体内外接触带,分布有规模较大的钼、铅、铋稀土的组合异常。岩体内一般不含矿,矿化体主要存在于岩体边部或邻近的剪切带中。

1.4 钼矿地质特征

华县西沟钼矿的赋矿岩石主要为石英脉,矿化石英脉赋存于剪切带内或剪切带与花岗岩岩体边部,与斑状(似斑状)花岗岩关系密切,且受剪切带的控制。单条矿化石英脉一般宽几厘米至  $1 \sim 2 \text{ m}$ ,矿体一般由多条石英脉组成,延伸  $1 \sim 2 \text{ km}$ ,走向  $75^\circ \sim 85^\circ$ ,倾向北,倾角  $52^\circ \sim 67^\circ$ ,矿脉走向与围岩太华群片麻岩的片理走向近于平行。

矿石矿物主要有辉钼矿,其次为黄铁矿、方铅矿、再次为黄铜矿、磁铁矿,磁黄铁矿,偶见镜铁矿。脉石矿物主要有石英、长石、次有方解石、绢云母,再次为绿泥石、绿帘石等。矿区内与钼成矿有关的矿化带围岩主要为黑云斜长片麻岩、黑云二长片麻岩组成。近矿围岩蚀变主要有硅化、绿帘石化、钾长石化、碳酸盐化、绢云母化等,共同构成了钼矿体特征的围岩蚀变带。其中硅化、钾长石化与钼矿化关系密切。黄铁矿化最为普遍,在矿石和矿化岩石中均有发育。

对比邻近的金堆城、大石沟钼矿床可以发现(表 1),华县西沟钼矿具有类似于大石沟钼矿床的成矿类型<sup>[5]</sup>,成矿元素组合上也有一定的相似之处;另外,华县西沟钼矿与燕山期酸性花岗岩关系

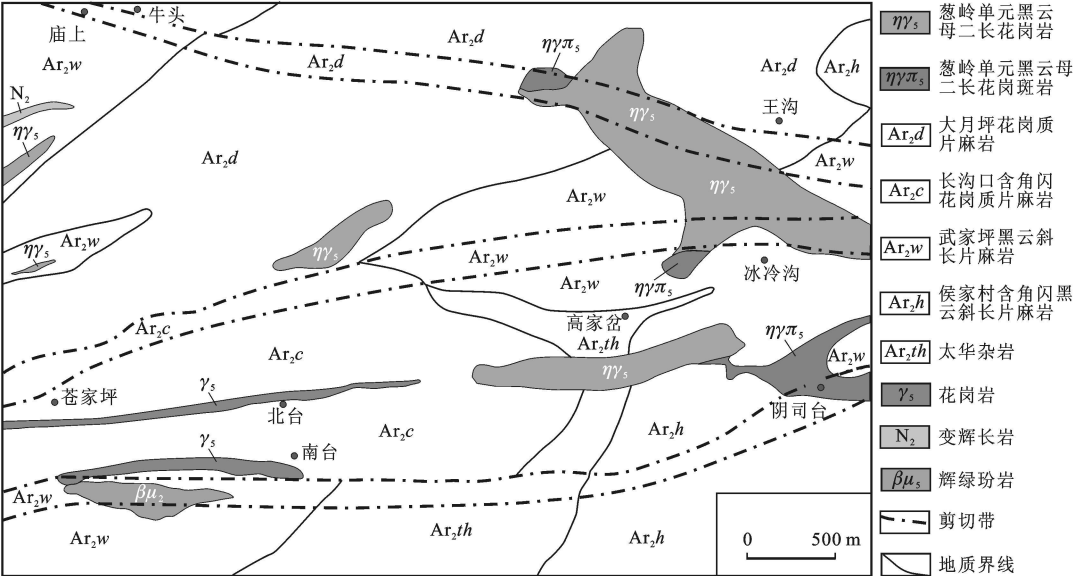


图 2 华县西沟矿区地质简图

Fig. 2 Geological Sketch Map of Xigou Orefield

表 1 华县西沟、金堆城、大石沟钼矿地质特征对比

Tab. 1 Comparative Study on Geology of Xigou Dashigou and Jinduicheng Molybdenum Deposits

地质特征	华县西沟	大石沟	金堆城
矿床规模	小型	大型	大型
矿床(点)类型	脉型	脉型	斑岩型
围岩	太华群片麻岩	熊耳群火山岩系及高山河组浅变质岩	熊耳群火山岩
矿体	矿化体由小石英脉群组成	矿体由石英脉群组成	由不同方向纵横交错的细网石英脉组成,部分金属硫化物呈薄膜状,位于岩体或围岩解理面上
矿石矿物	主要为黄铁矿、辉钼矿、方铅矿,次为黄铜矿、磁铁矿	矿石矿物主要为黄铁矿、方铅矿和辉钼矿	矿石矿物为黄铁矿、辉钼矿、磁铁矿、黄铜矿和少量方铅矿等
成矿元素组合	钼、稀土多金属	钼、镓多金属	钼多金属
蚀变特征	硅化、钾化、绿帘石化及微弱的云英岩化,次生蚀变在地表常形成褐铁矿化、黄铁矿矾化及铁锰碳酸盐岩	黑云母化、绿帘石化、黄铁矿化、碳酸盐化、硬石膏化和沸石化	钾化、硅化、绢云母化和青盘岩化等

密切,蚀变与金堆城钼矿床可以对比,有进一步研究的价值。

2 含矿石英脉的地球化学特征

2.1 气液包裹体研究

对华县西沟及大石沟地区钼矿中石英脉的气液包裹体进行显微镜观察,并测定其均一温度和冰点温度。测试工作由国土资源部成矿作用及其动力学开放研究实验室完成,使用的仪器是英国科学仪器有限公司 LinkamTHMS600 型冷/热台,测温范围 -196℃~600℃,降温速度控制在±0.1℃。实验室温度:恒温 26℃,测温在 0℃~500℃,误差为±0.1℃,在 -56.6℃~0℃,误差为±0.2℃。

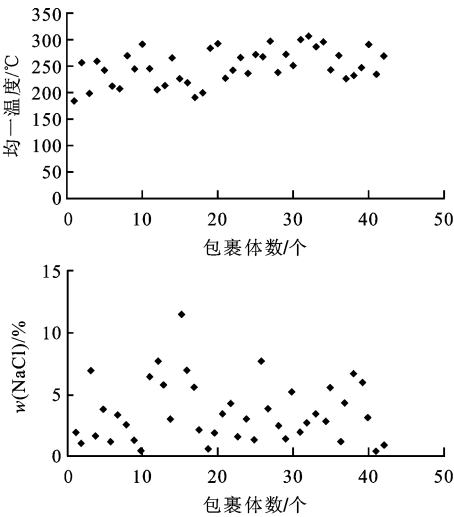


图 3 华县西沟地区钼矿均一温度与盐度分布  
Fig. 3 Diagram of Equality Temperature and Salinity of Quartz Vein Fluid Inclusion in Xigou Ore Deposit

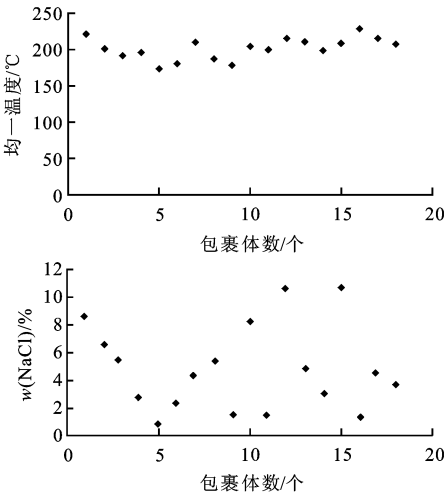


图 4 大石沟钼矿均一温度与盐度分布

Fig. 4 Diagram of Equality Temperature and Salinity of Quartz Vein Fluid Inclusion in Dashigou Ore Deposit

含矿石英脉的气液包裹体均一法测温显示(表 2、3,图 3、4),成矿温度为 200℃~300℃,平均为 250℃,属于中温热液矿床,因为钼在中高温环境有利于成矿,铅在中低温环境有利于成矿<sup>[6]</sup>,因此西沟地区对钼铅成矿都有利。计算包裹体的盐度<sup>[7]</sup>,西沟地区含矿石英脉的 w(NaCl)一般小于 8%,多数小于 4%。对比与西沟地区成矿类型相似的大石沟脉型钼矿,大石沟含矿石英脉中气液包裹体均一温度为 150℃~250℃,平均为 200℃,属于中温热液矿床, w(NaCl)一般小于 12%,多数小于 6%。盐度高说明更有利于成矿<sup>[8]</sup>,大石沟钼矿为大型规模也正好说明了这一点。本次采样中华县西沟的气液包裹体盐度略低于大石沟,但均一温

表 2 华县西沟钼矿中气液包裹体的均一温度及盐度

Tab.2 Equality Temperature and Salinity of Quartz Vein Fluid Inclusion in Xigou Ore Deposit

样号	均一温度/℃	冰点/℃	盐度/‰	样号	均一温度/℃	冰点/℃	盐度/‰
D625 1	184.5	1.2	2.07	WG-3	243.2	2.5	4.18
D625 1	257.2	-0.6	1.06	WG-3	266.7	1.0	1.74
D625 1	198.7	-4.3	6.88	WG-3	237.0	-1.7	2.90
D625 1	260.1	-1.0	1.74	WG-3	273.1	-0.8	1.40
D625 1	243.4	-2.2	3.71	WG-6	268.5	-4.8	7.59
D625 1	212.6	0.7	1.22	WG-6	297.2	-2.2	3.71
D625 1	208.3	-2.0	3.39	WG-6	238.4	1.5	2.57
D625 1	270.4	-1.5	2.57	WG-6	272.4	-0.8	1.40
D625 1	245.6	0.8	1.40	WG-6	251.2	3.1	5.11
WG-3	291.6	-0.2	0.35	WG-6	301.3	1.2	2.07
WG-3	245.7	4.1	6.59	WG-6	307.5	-1.6	2.74
WG-3	206.4	-5.0	7.86	WG-6	287.6	2.0	3.39
WG-3	213.0	-3.6	5.86	WG-6	296.4	1.7	2.90
WG-3	266.3	-1.8	3.06	WG-6	243.7	-3.4	5.56
WG-3	226.4	-7.9	11.58	WG-6	270.2	0.7	1.22
WG-3	219.8	-4.4	7.02	WG-6	226.4	-2.5	4.18
WG-3	191.2	-3.5	5.71	WG-6	233.5	-4.2	6.74
WG-3	200.4	-1.2	2.07	WG-6	247.6	-3.7	6.01
WG-3	283.6	-0.4	0.71	WG-6	291.2	1.8	3.06
WG-3	292.7	1.1	1.91	WG-6	234.7	-0.2	0.35
WG-3	227.6	-2.1	3.55	WG-6	269.2	0.5	0.88

注: 2005 年由国土资源部成矿作用及其动力学开放研究实验室测试

表 3 大石沟钼矿床中气液包裹体的均一温度及盐度

Tab.3 Equality Temperature and Salinity of Quartz Vein Fluid Inclusion in Dashigou Ore Deposit

样号	均一温度/℃	冰点/℃	盐度/‰	样号	均一温度/℃	冰点/℃	盐度/‰
DSG-3	220.5	-5.6	8.68	DSG-3	203.8	5.2	8.14
DSG-3	200.8	-4.0	6.45	DSG-3	199.2	-0.7	1.23
DSG-3	191.2	-3.2	5.26	DSG-3	214.6	-7.1	10.61
DSG-3	195.6	-1.6	2.74	DSG-3	210.2	2.8	4.65
SG-3	173.6	-0.3	0.53	DSG-3	198.7	-1.7	2.90
DSG-3	180.2	-1.2	2.07	DSG-3	208.5	7.0	10.49
DSG-3	210.1	-2.5	4.18	DSG-3	228.3	-0.6	1.06
DSG-3	186.4	-3.2	5.26	DSG-3	215.5	-2.7	4.49
DSG-3	178.6	-0.8	1.40	DSG-3	207.6	-2.2	3.71

注: 2005 年由国土资源部成矿作用及其动力学开放研究实验室测试

度却相对较高, 部分显示重合, 暗示了华县西沟地区具有成钼矿的潜力, 值得进一步研究。

2.2 含矿石英脉稀土元素地球化学

含矿石英脉稀土元素能反映不同期石英脉的细

微差异, 对矿区钼含矿潜力也是一种指示。笔者对小秦岭的几个钼矿床(点)中与成矿有关的石英脉进行稀土元素分析(表 4), 结果显示, 大石沟、金堆城、马河等钼矿床的石英脉具有一致的稀土配分曲线,

表 4 大石沟、金堆城、马河及华县西沟石英脉稀土元素

Tab. 4 Rare Earth Elements Abundances of Dashigou Jinduicheng Mahe and Xigou Quartz Veins  $w_B/10^{-6}$

采样地点	样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
大石沟	DSG 1	2 812	5 416	0 539	1 980	0 413	0 202	0 579	0 128	0 659	0 110	0 278	0 078	0 369	0 056	2 622
大石沟	DSG 3	0 434	0 667	0 058	0 200	0 051	0 060	0 061	0 010	0 038	0 007	0 017	0 002	0 009	0 001	0 119
西沟	D10	0 267	0 455	0 077	0 426	0 201	0 314	0 232	0 064	0 328	0 084	0 207	0 042	0 162	0 024	1 591
西沟	D508 1	5 340	8 082	0 682	2 034	0 384	0 209	0 627	0 093	0 366	0 047	0 123	0 009	0 043	0 006	0 420
西沟	D939	0 806	0 592	0 037	0 183	0 047	0 844	0 050	0 009	0 049	0 011	0 021	0 006	0 038	0 004	0 328
西沟	KG 2	0 312	0 564	0 064	0 235	0 058	0 065	0 068	0 015	0 09	0 018	0 041	0 010	0 055	0 007	0 548
金堆城	JD 4	0 254	0 521	0 06	0 228	0 058	0 025	0 06	0 011	0 064	0 011	0 021	0 005	0 024	0 004	0 315
马河	MH 3	0 420	0 733	0 075	0 285	0 046	0 024	0 079	0 010	0 050	0 008	0 018	0 004	0 017	0 002	0 159

注: 2005 年由国土资源部成矿作用及其动力学开放研究实验用 ICP MS X7 测试

其中大石沟钼矿床中含矿与不含矿石英脉稀土成分有明显差异(图 5), 反映了多期成因石英脉的稀土组成差异。华县西沟地区与钼矿化相关的石英脉稀土配分曲线具有相对较大的  $\delta Eu$  正异常, 既显示了大石沟、金堆城、马河等钼矿床含矿石英脉稀土成分特征的共性, 也显示了多期成因特征, 而且华县西沟的石英脉更接近大石沟钼矿床石英脉稀土成分特征(图 5), 暗示了该区具有进一步找矿的潜力。

3 钼多金属成矿控矿因素与找矿标志

3.1 控矿因素

西沟地区剪切带发育, 矿化带一般沿近东西向剪切带的脆性构造带分布, 剪切带的构造形变成为重要的控矿构造因素。另外, 区内燕山期中酸性岩体也是近东西向展布, 成矿作用与岩浆活动关系密切, 表现为岩体边部有绿帘石化、钾化、硅化、碳酸盐化等蚀变现象, 矿化多沿燕山期中酸性小岩体边部或邻近出现, 在空间上显示了二者关系密切。因此, 依据已有矿化带和新发现的矿点分布特征分析, 在西沟地区控制矿化带分布的主要因素有两种, 即区域剪切带和燕山期中酸性岩体。

3.2 钼矿化过程

西沟地区钼矿化体(带)主要分布在太古界太华群岩层中, 与剪切带和花岗岩岩体关系密切。矿体由含矿脉体、夹层岩石及相邻蚀变围岩组成, 脉体主要有石英脉、长石石英脉、天青石方解石石英脉、长石脉等, 无脉一般无矿化现象。结合燕山期花岗岩特征、剪切带活动及矿化石英脉的分布, 可以总结本区的钼矿化过程为: 东西向区域剪切带→燕山期细粒黑云母二长花岗岩(边缘相黑云母二长花岗斑岩)→剪切带脆性活动→矿化石英脉。由于温度较低(中温)或顶部高温相被剥蚀, 矿区形成以黄铁矿、方铅矿、稀土为主, 其次为辉钼矿。

3.3 找矿标志

华县西沟岩浆热液脉型钼矿在空间上与花岗岩岩体密切相关, 常赋存于东西向、北东向或北西向沿断裂构造发育的石英脉、长英质脉、石英碳酸盐脉的脉壁附近, 并伴随有范围不大的硅化、钾化及微弱的云英岩化。次生蚀变明显, 在地表常形成

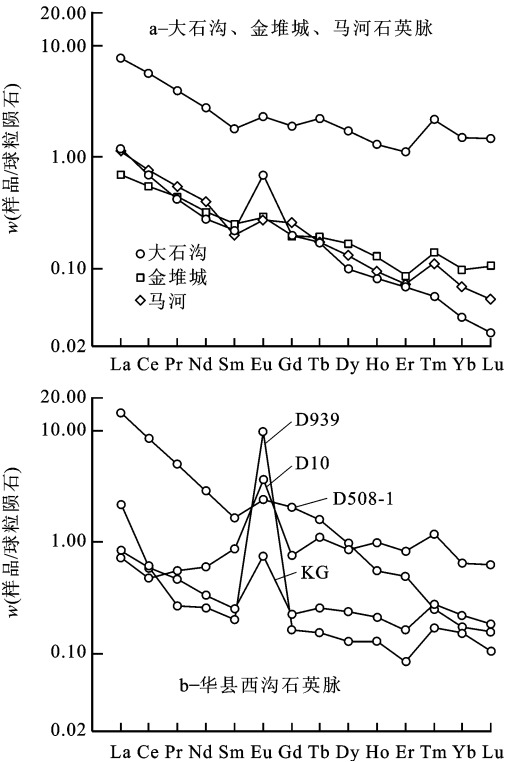


图 5 稀土元素配分模式<sup>[9]</sup>

Fig. 5 REE Distribution Patterns of Quartz Veins

褐铁矿化,黄钾铁矾化及铁锰碳酸盐岩,经褐铁矿化之后形成流失孔。据观察,本区褐铁矿化石英脉及其围岩有褪色现象,为钼矿化带最直接的找矿标志,而含有黄铁矿及方铅矿等多金属矿物为寻找富矿的最好标志。

另外,在黑云母二长花岗岩岩体边缘相出现斑状、似斑状斑岩体,剪切带对岩体有破坏,矿化石英脉与斑岩体及剪切带关系密切,矿区大多数矿化带都分布于剪切带的内部或边部,因此,一般在剪切带中或斑岩体边部 300 m 范围内是今后找矿的有利地段。

## 4 结语

(1)陕西华县西沟地区花岗岩体外接触带发育钼多金属矿化,矿化与花岗岩岩体关系密切,地质观察分析显示成矿的主要控制因素为剪切带构造作用和燕山期中酸性岩浆活动。

(2)钼矿地质对比研究证明,华县西沟钼矿具有类似于大石沟钼矿床的成矿类型,成矿元素组合上也有一定的相似之处;而蚀变与金堆城钼矿床可以对比,且钼矿形成与燕山期酸性花岗岩关系密切,有进一步研究的价值。

(3)含石英脉的气液包裹体研究,均一温度为 200℃~300℃,属于中温热液矿床。

(4)计算盐度质量分数一般小于 8%,多数小于 4%,结合石英脉的稀土配分曲线特征,显示了西沟

地区钼矿含矿石英脉兼有金堆城、马河、大石沟含矿石英脉的稀土配分曲线特征,但更接近大石沟钼矿床,从而具有钼多金属成矿的潜力。

## 参考文献:

- [1] 李永峰,毛景文,胡华斌,等.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,2005,25(3):26-31.
- [2] 张正伟,朱炳泉,常向阳,等.东秦岭钼矿带成岩成矿背景及时空统一性[J].高校地质学报,2001,7(3):307-315.
- [3] 朱广彬,刘国范,姚新年,等.东秦岭铅锌银金钼多金属成矿带成矿规律及找矿标志[J].地球科学与环境学报,2005,27(1):44-52.
- [4] 王北颖,陈陇刚,薛煜洲,等.小秦岭地区 1:5 万区域地质调查报告:太峪幅、华山幅、华阳川幅[R].西安:陕西地质矿产勘查开发局综合研究队,1996.
- [5] 黄典豪,王义昌,聂凤军,等.黄龙铺碳酸盐脉型钼(铅)矿床的硫、碳、氧同位素组成及成矿物质来源[J].地质学报,1984,59(3):241-258.
- [6] 潘兆橹,赵爱醒,潘铁虹.结晶学与矿物学:下册[M].北京:地质出版社,1998.
- [7] 卢焕章,范红瑞,倪培,等.流体包裹体[M].北京:科学出版社,2004.
- [8] 杨中宝,彭省临,胡祥昭,等.浏阳七宝山铜多金属矿床流体包裹体特征及成矿意义[J].地球科学与环境学报,2004,26(2):11-15.
- [9] Sun S S, McDonough W F. Chemical and Isotopic Systematic of Oceanic Basalt: Implications for Mantle Composition and Processes[C]//Saunders A D, Norry M J. Magmatism in the Ocean Basins. London: Geological Society Special Publication, 1989.

## 欢迎订阅 2008 年《中国地质》

《中国地质》是国土资源部主管、中国地质调查局主办的综合性地质学术刊物,是全国自然科学核心期刊。本刊以基础性、公益性、学术性为特色,倾力展示国家层次、高水平的学术科研成果,着重反映地质大调查和国家级科研项目(如国家自然科学基金项目、国家科技攻关项目、973 和 863 计划项目等)中具有创新性、前沿性、综合性、导向性的研究成果。内容涉及基础地质(包括地层、古生物、构造地质、岩石、矿物、区域地质等)、矿床地质、能源地质、海洋地质、水文地质、环境地质(含生态地质和灾害地质)、遥感地质、地球物理、地球化学、地质信息等研究成果。原《中国区域地质》的内容也将在《中国地质》上反映。

《中国地质》为双月刊,大 16 开本,逢双月 25 日出版。每册定价 30 元,全年 180 元。国内外公开发行,欢迎广大读者到当地邮局订阅,国内邮发代号:2-112;国外发行代号:BM 6075。如误时漏订,请直接与本刊编辑部联系。同时,热忱欢迎各路地学精英踊跃投稿!

地址:北京市西城区阜外大街 45 号中国地质调查局发展研究中心《中国地质》编辑部

传真:(010)68326889

电话:68999880 68326446

邮政编码:100037

电子信箱:zhgdzh@vip.sina.com;wxueming@mail.cgs.gov.cn