

# 汤家坪钼矿成矿地质条件及综合找矿信息

雷大景 简庆伟 唐相伟  
(河南省地质矿产勘查开发局第三地质调查队)

**摘要:**通过对河南省商城县汤家坪大型钼矿床地质特征和岩石地球化学特征的研究,确定了矿床的成矿母岩和导矿构造,并且提出了该区钼矿床的综合找矿信息及找矿思路。

**关键词:**汤家坪钼矿;成矿母岩;成矿地质条件;综合找矿信息

**中图分类号:**P618.65 **文献标识码:**B **文章编号:**1674-6082(2010)11-0059-03

1987年,河南省地调三队开展1:20万区域化探扫面时,圈定了汤家坪82-甲2号Mo异常;1989—1992年,河南省区调队在开展1:5万《达权店幅》区域地质调查时,发现了汤家坪花岗斑岩体和斑岩型钼矿化信息;2005—2006年,河南省地调三队开展了汤家坪钼矿的详查、勘查,探明其为一大钼矿床,钼资源量达23万t,实现了大别山地区金属矿产找矿的重大突破。分析研究该矿床的成矿地质条件,对在该区寻找同类型的钼矿资源具有一定的指导意义。

## 1 地质背景

### 1.1 区域地质背景

该区位于北西西向桐(柏)~商(城)断裂带南侧的桐柏~大别山造山带核部,我国东部钼成矿带东秦岭~大别山钼成矿带东段北侧,该成矿带内断裂规模大,切割深,控制了早期基性~超基性岩的分布。断裂活动频繁,为后期岩浆的多次活动,特别是燕山期岩浆侵入提供了通道,并控制了主要岩浆岩带的展布方向和单个岩体的形态。

区内发育的次级北北东向断裂位于桐(柏)~商(城)断裂带的复合部位,控制了区内花岗岩基的产出及中酸性小岩体的侵位和形态。汤家坪含钼花岗岩体就处于桐(柏)~商(城)断裂带与北北东商城~麻城断裂的复合部位。

### 1.2 矿床地质特征

汤家坪钼矿体赋存于早白垩世汤家坪花岗斑岩体内及外接触带,属典型的斑岩型钼矿床。花岗斑岩平面上呈NE向突出的弧形,出露面积约0.34 km<sup>2</sup>,剖面上呈向SW方向倾伏的不规则小岩株,岩体东部倾角75°左右,西部较缓。

汤家坪钼成矿期的石英 $\delta^{18}\text{O}$ 值在8.6‰~11.1‰,花岗斑岩全岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值为7.79‰,成矿期石英脉中 $\delta^{18}\text{O}$ 值增高,说明成矿晚期有少量大气降水参与热液蚀变成矿,由此可见主成矿期的水源主要为岩浆热液,中后期有大气降水加入;另测得本区钼矿石中黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为3.9‰,辉钼矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为3.0‰(河南省区调队),硫同位素变化范围小,组成稳定,具深源硫的特点,故认为硫来源于花岗斑岩。

## 2 成矿地质条件

### 2.1 控矿构造特征

汤家坪钼矿位于北西西向区域性桐~商断裂和近北北东向商(城)~麻(城)断裂的复合部位。区域性北西西向深大断裂对钼成矿带的形成和发展起重要作用。主要表现为岩体直接位于断裂带中,所有的小斑岩体均沿断裂带成群、成带分布,各岩体群在空间上呈北西西向展布,而单一成矿岩体大多侵位于北西西向和北北东向两组断裂交汇处,从而决定了岩体露头形态呈东西向或南北向,岩体群与其中的岩体分布都表现出明显的等距性。

矿区构造较不发育,主要发育一些小断裂构造,由于受区域构造和斑岩体上拱侵位影响,节理裂隙比较发育,为汤家坪钼矿提供了很好的导矿、容矿空间。

### 2.2 成矿岩体特征

#### 2.2.1 岩体的岩石学特征

汤家坪花岗斑岩体出露于矿区中偏东南部,东部汤家坪一带走向北东20°左右,至北端转向北西330°左右,整体出露形态为一东南大、北西小的弯月型。出露南北方向长1200 m,东南部宽600 m,北西部宽约300 m,出露面积约0.40 km<sup>2</sup>。岩体为不规则的岩株,与围岩呈侵入接触关系。该岩体为矿

雷大景(1969-),男,地质工程师,464000 河南省信阳市。

区钼矿的成矿母岩。岩体由花岗斑岩组成,普遍见角闪安山岩包体。新鲜岩石为灰白~肉红色,斑状结构,块状构造。斑晶成分:钾长石为自形~半自形板状,粒度(0.6 mm×0.9 mm)~(4 mm×6 mm),含量 3%~35%;斜长石为自形~半自形板状,粒度(0.9×1.2)~(4×6) mm,含量 2%~10%;石英为它形粒状,粒度(0.4×3)~(4×6) mm,含量 2%~15%。基质由微细粒钾长石(20%~56%)、斜长石(10%~30%)、石英(10%~25%)和少量黑云母组成。斑晶含量约 10%,其中钾长石为 5%、石英为 3%、斜长石为 2%;基质具细粒~微细粒花岗结构,主要造岩矿物:钾长石为 40%、斜长石为 25%、石英为 25%,另有少量黑云母、白云母分布,副矿物组合为磁铁矿、自然铁、磁赤铁矿、锆石,次为榍石、磷灰石、金红石等。

2.2.2 岩石地球化学特征

2.2.2.1 常量元素特征

据对汤家坪花岗斑岩化学全分析结果与世界、中国华南、金堆城、东沟、上房沟等地区花岗岩类岩石化学分析结果进行对比说明,汤家坪成矿母岩 SiO<sub>2</sub> 含量除略低于上房沟外,与其它地区相比均较高, MgO、FeO 普遍偏低(表 1)。

表 1 花岗岩类岩石化学特征对比表<sup>[1]</sup> (%)

名称	世界	中国	华北	华南	东沟	金堆城	上房沟	雷门沟	汤家坪 <sup>[2]</sup>
SiO <sub>2</sub>	71.30	71.27	71.37	72.29	75.84	74.61	76.33	73.13	76.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.32	14.25	14.39	13.69	11.80	12.98	11.26	13.35	12.26
TiO <sub>2</sub>	0.31	0.31	0.29	0.28	0.12	0.11	0.10	0.24	0.15
CaO	1.84	1.62	1.18	1.37	2.28	0.49	0.92	0.45	0.83
MgO	0.71	0.80	0.61	0.59	0.12	0.22	0.41	0.41	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.21	1.24	1.29	0.90	1.78	0.93	0.63	1.38	1.16
FeO	1.64	1.63	1.18	2.05	1.05	0.73	0.90	0.96	0.62
MnO	0.05	0.08	0.06	0.08	0.03	0.04	0.03	0.019	0.04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12	0.16	0.10	0.13	0.025	0.05	0.05	0.063	0.02
K <sub>2</sub> O	4.07	4.03	4.51	4.76	4.65	6.60	6.57	6.31	5.25
Na <sub>2</sub> O	3.68	3.79	4.17	3.09	3.43	2.05	1.75	2.10	3.20
CO <sub>2</sub>	0.05	0.33			2.80				
H <sub>2</sub> O	0.64	0.56	0.52	0.67	0.18				

按拉瓦里茨基特征数值计算法: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O + CaO, 属铝过饱和类型; Q = S - (3a + 2c + b) = 36.4, 属 SiO<sub>2</sub> 过饱和类型; 按 CIPW 标准矿物计算法: SiO<sub>2</sub> 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 属过饱和类型, 斜长石牌号 An = 1.855, 属更长石。按碱值(Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O)和里特曼指数(σ)与 Si<sub>2</sub>O 相关特征: K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O 值为 8.45%, 随 SiO<sub>2</sub> 的增加略上升, 与许多大~特大型钼矿床一致。SiO<sub>2</sub> 含量平均 76.14%, 碱值在 8%~9%。

里特曼指数  $\sigma = (K_2O + Na_2O)^2 / (SiO_2 - 43) = 2.15$ , 并且随 SiO<sub>2</sub> 的增长而下降, 陕东~豫西~皖中的 37 个成矿母岩的 SiO<sub>2</sub> 在 63% 以上时, σ 值在 1.8~3.3, 均属钙碱性系列岩石。其普遍规律为碱值与里特曼指数之差在 6 以上时(汤家坪地区为 6.3), 对成钼有利。

总之, 汤家坪的成矿母岩为富硅、富碱、富钾、贫 CaO、MgO、Na<sub>2</sub>O, 属超酸性铝不饱和高钾钙碱性系列岩浆岩, 具深源浅成性特点。

2.2.2.2 微量元素特征

汤家坪单元的花岗斑岩体中微量元素地球化学特征参数值列于表 2。与世界花岗岩(维氏)相比, 汤家坪花岗斑岩体以明显富集 Mo、Bi、W、Sn、Ag 为特征, Pb 元素含量与之相当, 而 Cu、Zn 含量明显偏低, 呈低背景~贫乏分布, 表现出较强的亏损。与矿区背景值相比, Mo、Bi、Ag 呈强富集分布, Sn、Pb 呈背景分布, W、Cu、Zn 呈低背景分布。其中, Mo 平均含量为 354.59 × 10<sup>-6</sup>, 为地壳 Mo 元素丰度的 354.59 倍, 为矿区 Mo 元素背景值的 8.08 倍。上述分布特点揭示, 成矿主元素 Mo 在花岗斑岩体中强烈富集, 并呈强分异型分布, 可形成较强的异常及钼矿体。

表 2 岩浆岩中微量元素特征值表<sup>[2]</sup> (× 10<sup>-6</sup>)

岩浆岩	参数 <sup>①</sup>	Mo	W	Sn	Bi	Cu	Ag	Pb	Zn
早白垩世	X	354.59	13.28	6.38	1.11	10.89	0.1	22.14	24.33
汤家坪花	C <sub>v</sub>	1.29	1.54	2	13.68	1.73	4.6	1.29	0.78
岗斑岩体	Q	8.08	0.79	1.23	3.96	0.7	1.75	1.2	0.72
(n=378)	K	354.59	8.85	2.13	111	0.54	2	1.11	0.41
世界花岗		1	1.5	3	0.01	20	0.05	20	60
岩(维氏)									

①X 为算术平均含量; C<sub>v</sub> 为变异系数; K 为克拉克值(某地区某地质单元某元素平均含量/该元素世界花岗岩丰度); Q 为富集系数(某地质单元某元素平均含量/该元素矿区背景值)

汤家坪钼矿床和国内五个特大型斑岩钼矿床部分微量元素与维诺格拉夫世界花岗岩微量元素丰度值进行对比(见表 3), 可以看出:

燕山期花岗斑岩(不分早晚) Mo 元素丰度值均为强富集~特富集范畴; Mo、Cu、Pb、Zn 元素为稳定组合; Mo 元素丰度值与维氏值之比大于 10 者易成矿, 一般比值大于 50 者可形成大型矿。

2.2.2.3 稀土元素特征

岩石稀土元素分析结果见表 4。从表 4 可以看出, 稀土总量(ΣREE + Y) 为 (292.44 ~ 214.16) × 10<sup>-6</sup>, 轻稀土含量为 (261.05 ~ 190.16) × 10<sup>-6</sup>, 明显富集, 重稀土出现亏损。钕异常系数(δEu) 为 0.46 ~ 0.52, 钕负异常中等, 稀土元素分布曲线为左高右

平倾斜的“U”字型。汤家坪、花岗斑与金堆城、上房沟、南泥湖、太山庙等花岗斑岩岩体同属 Eu 中等负异常类型,作为钼矿化的成矿母岩,常构成大型或特大型钼、钼钨矿床。Eu 若形成正异常、弱异常和强负异常均不能形成有工业意义的钼矿床。

表3 典型矿床成矿母岩微量元素表<sup>[1]</sup> ( $\times 10^{-6}$ )

元素名称	金堆城	上房沟	南泥湖-三道庄	东沟	汤家坪 <sup>[2]</sup>
Mo	433.1	422.1	94.22	226.3	815
W		44.90	62.14		
Cu	36.8	6.40	23.61	21.50	9.8
Pb	102.40	13.32	10.14	34.40	17.1
Zn	2.55	39.36	25.70	95.60	56.4
Ag	0.47	0.28	0.40	0.17	
Ti	3 194	1 168	1 114	439	1 571.4
V	3 4.30	10.11	16.00	31.30	11.2
Cr		4.60	4.53		50
Co	<10	2.50	1.87	10.40	15
Ni	13.1	2.61	2.30	27.00	6.3
Mn	2 000	218.45	246.96	377.80	242.9
Sr	1 400	144.91	150.78		200
Ba	<5 000	540.20	756.87	188.90	1 128.6
Zr	50.00	75.00	50.00	245.30	142.9
样品数量 /个	40	22	8	33	7

表4 汤家坪花岗斑岩体岩石稀土元素特征表<sup>[2]</sup> ( $\times 10^{-6}$ )

样号	T-XT-4	T-XT-5	T-XT-6
La	77.8	77.7	55.6
Ce	122	126	92.1
Pr	12.5	12.8	9.51
Nd	36.8	38.2	28.4
Sm	5.16	5.50	3.98
Eu	0.83	0.85	0.57
Gd	4.63	4.87	3.61
Tb	0.57	0.6	0.45
Dy	2.84	3.09	2.39
Ho	0.54	0.6	0.46
Er	1.66	1.78	1.42
Tm	0.32	0.34	0.28
Yb	2.23	2.35	2.07
Lu	0.35	0.36	0.32
Y	16.1	17.4	13
$\Sigma REE + Y$	284.33	292.44	214.16
$\Sigma LREE$	255.09	261.05	190.16
$\Sigma HREE$	13.14	13.99	11.00
$\delta Eu$	0.52	0.51	0.46

测试单位:国土资源部中南矿产资源监督检测中心(宜昌所)

### 2.2.3 岩体的围岩蚀变特征

汤家坪钼矿明显受斑岩体控制,岩浆热液活动使斑岩体及其围岩发生不同程度的蚀变,由于岩体与接触围岩距离不同,围岩性质不同,使蚀变种类繁多,强度变化大,且呈明显带状分布。

(1)硅化。分布范围广,强度大,延续时间长,是与钼成矿关系最密切的一种面型蚀变类型。

(2)钾长石化。呈面型广泛分布,早期钾长石化在斑岩体中,以粒间交代为主,细脉很少,钾长石呈显微粒状集合体交代斜长石和早期钾长石,在斑岩体中心形成钾长花岗斑岩带;岩浆期后热液成矿期,钾长石化多呈细脉状,充填节理裂隙。

绢云母化及黄铁绢英岩化。矿区内绢英岩化不太发育,主要分布于斑岩体边部和东南侧围岩蚀变带中,呈团块状或条带状产出。

(3)绿泥石化。主要分布于斜长角闪质围岩及斑岩中角闪安山岩包体中,以绿泥石交代黑云母、角闪石为主,该类蚀变有时伴生有少量黄铁矿化,局部细脉中见辉钼矿,但总体与成矿关系不密切。

### 2.2.4 成矿成岩时代

该区钼多金属成矿带位于东秦岭~大别山钼成矿带的东部。通过对大别山北麓汤家坪、大银尖和天目山三个斑岩型钼矿床七件辉钼矿样品 Re-Os 同位素年龄测试,得出汤家坪辉钼矿的 Re-Os 等时线年龄为( $113.1 \pm 7.9$ ) Ma,天目钼矿的辉钼矿 Re-Os 同位素模式年龄为( $121.6 \pm 2.1$ ) Ma,大银尖钼矿辉钼矿 Re-Os 同位素模式年龄为( $122.1 \pm 2.4$ ) Ma,由此可见大别钼成矿带的成矿年龄大约在( $122.1 \pm 2.4$ ) ~ ( $113.1 \pm 7.9$ ) Ma,准确地厘定该带钼矿床形成时代为早白垩世,且略晚于成岩年龄。

东秦岭钼矿带的西部黄龙铺碳酸岩脉型钼矿 Re-Os 同位素等时线年龄为 221Ma,南泥湖~三道庄斑岩(矽卡岩)型钼矿 Re-Os 同位素等时线年龄为  $147 \text{ Ma}^{[3]}$ ,矿带形成时代主要出现在( $221.5 \pm 0.3$ ) Ma 左右和( $144.8 \pm 2.1$ ) ~ ( $132.4 \pm 2.0$ ) Ma 等时线<sup>[3]</sup>。由此可见在东秦岭~大别钼成矿带中,东部大别山造山带的钼矿床成矿时代明显晚于西部华北地台南缘褶皱带。

由上可知,该区钼多金属矿成矿时代为燕山期。

## 3 综合找矿信息及找矿思路

(1)找矿区域及构造条件。一般钼矿床位于北西西向区域性断裂与北北东向或近南北向次级构造的交汇处。

(2)寻找成矿岩体。岩体的年代 95 ~ 165 Ma,即燕山早期到晚期即侏罗纪~早白垩纪侵入的酸性岩体;岩体出露面积一般小于  $1 \text{ km}^2$ ,少量大于  $1 \text{ km}^2$ ;不规则的小岩株者占多数。受区域构造和岩体底劈上侵影响,岩体内节理发育,特别是受成矿母岩顶面冷缩,汽液隐爆形成的面型无序分布的密集张裂隙,为钼成矿提供了运移通道和容矿空间。

(3)岩体岩石特征。绝大多数为(下转第63页)

$c_{\text{计}}^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos \angle \beta_3$  计算得:  $c_{\text{计}} = 0.863$  m.  
 $d = c_{\text{计}} - c_{\text{测}} = 0.003$  m

$d$  值  $\leq 3$  mm,符合《矿山测量规范》的规定。并对  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三边长加以改正:

$$a_g = a_c - d/3 = 4.724 \text{ m} .$$

$$b_g = b_c + d/3 = 4.313 \text{ m} .$$

$$c_g = c_c - d/3 = 3.859 \text{ m} .$$

A、B 点的座标计算:

$$\alpha_{CA} = \alpha_{CD} + \beta_1 = 146^\circ 30' 19'' .$$

$$X_A = X_C + b_g \times \cos \alpha_{CA} = 3 \ 143.482 \text{ m} .$$

$$Y_A = Y_C + b_g \times \sin \alpha_{CA} = 59 \ 842.899 \text{ m} .$$

同理可得  $\alpha_{CB} = 156^\circ 08' 55''$  .

$$X_B = X_C + a_g \cos \alpha_{CB} = 3 \ 142.758 \text{ m} .$$

$$Y_B = Y_C + a_g \sin \alpha_{CB} = 59 \ 842.429 \text{ m} .$$

(2) 120 m 中段定向巷道定向边的测量、计算。

同时在需要定向巷道上的 E 点安置经纬仪,测得  $\angle \alpha_1 = 174^\circ 01' 59''$ ,  $\angle \alpha_2 = 179^\circ 53' 16''$ ,丈量  $S_{AB} = 0.862$  m,  $S_{BE} = 3.240$  m,  $S_{EF} = 18.788$  m,  $S_{FC} = 10.234$  m .

方位角  $\alpha_{AB}$ 、 $\alpha_{BE}$  和 E 点座标计算:

$$\alpha_{BE} = \alpha_{AB} = \arctan ( Y_B - Y_A ) / ( X_B - X_A ) = 212^\circ 59' 25.7'' .$$

$$X_E = X_A + S_{AE} \cos \alpha_{BE} = 3 \ 140.043 \text{ m} .$$

$$Y_E = Y_A + S_{AE} \sin \alpha_{BE} = 59 \ 840.666 \text{ m} .$$

(上接第 61 页) 钾长花岗斑岩,钾长石斑晶为高温变种,石英为高温  $\beta$  型,斜长石以更长石为主。由边部向中心钾长石、石英含量越来越高,斜长石含量逐渐变低,岩石化学成分具超酸性、富碱、高钾等特点的中酸性小岩体对钼矿化最为有利。

(4) 钼矿体与小岩体具空间分布的一致性。矿体一般赋存于内带、外带或二者兼而有之,充分体现了岩浆岩的成矿专属性和斑岩型钼矿床的典型特征。

(5) 围岩蚀变。硅化、钾化与成矿关系密切,其次为云英岩化和高岭土化,围绕斑岩体呈带状分布。

(6) 化探异常。以水系沉积物异常效果最好,首先看 Mo 异常强度,若 Mo 异常  $> 30 \times 10^{-6}$  可视为矿致异常,与钼矿化有关,异常形态与花岗斑岩体形态基本一致。异常元素组合为 Ag、Au、Pb、Zn、Cu、Mo、Cd 等。

#### 4 结 语

大别山(北坡)矿化中酸性小岩体集中分布在

F、G 的座标计算:

$$\alpha_{EF} = \alpha_{BE} + \angle \alpha \pm 180^\circ = 207^\circ 01' 24.71'' .$$

$$X_F = X_E + S_{BE} \cos \alpha_{BE} = 3 \ 123.306 \text{ m} .$$

$$Y_F = Y_E + S_{BE} \sin \alpha_{BE} = 59 \ 832.129 \text{ m} .$$

同理可得:  $\alpha_{FG} = 206^\circ 54' 40.7''$  .

$$X_G = 3 \ 114.180 \text{ m} .$$

$$Y_G = 59 \ 827.497 \text{ m} .$$

则 F、G 点的座标就是 120 m 中段定向巷道的首级控制点,即可进行下一组导线延伸和标定巷道的方向。

### 3 结 论

在一井定向中,直线法测量具有外业操作简单、灵活,速度快、精度高等特点。在井下联系测量的实际工作中,采用该方法进行测量,减少了因现场施测而占用井筒及巷道的的时间,为工程施工争取了宝贵的时间,保证了工程施工进度;且所需测量工作人员少,劳动强度低;直线法测量时间短,内业计算简单,提高了工作效率。该方法非常适用于精度要求较高的井下定向测量,特别是小矿井的定向。今后还将应用在 40 m、70 m 中段电耙道的定向测量中。

### 参 考 文 献:

- [1] 中华人民共和国冶金工业部. 冶金矿山测量规范[S]. 1992.
- [2] 关桂良. 矿山测量[M]. 北京:煤炭工业出版社,1987.

(收稿日期 2010-02-20)

中朝板块南缘东秦岭钼(钨)矿带,该带是我国重要的钼钨矿带之一。研究表明,主要钼矿床属斑岩型,成因多与中生代中酸性小岩体(花岗质斑岩)有关。大别山北坡已发现不同规模的中酸性小岩体 40 余个,且多具矿化,为该区寻找斑岩型钼(铜)矿,提供了极为有利的先决条件和成矿地质背景。通过对汤家坪大型钼矿床的成矿地质条件和综合找矿信息的研究,以已发现的中酸性小岩体和地球化学异常为线索,为寻找类似的钼矿床起到借鉴作用。

### 参 考 文 献:

- [1] 乔怀栋,许永红. 洛南~豫西地区燕山期中酸性小岩体与钼矿成矿关系的研究[D]. 河南省地质矿产局科研所,1985.
- [2] 河南省商城县汤家坪矿区钼矿勘探报告[R]. 2006.
- [3] 李永峰,王春秋,白凤军,等. 东秦岭钼矿 Re-Os 同位素年龄及其成矿动力学背景[J]. 矿产与地质,2004(6):571-578.

(收稿日期 2010-04-09)