

# 嵩县钾长石英脉型钼矿地质特征及成矿预测

白凤军<sup>1,2</sup>, 肖荣阁<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083)

(2. 河南省有色金属地矿局五大队, 河南 郑州 450016)

**摘要:**河南省嵩县钾长石英脉型钼矿呈似层状与熊耳群整合产出, 倾角较缓, 一般 $15^{\circ}$ 左右, 矿层1~12层不等, 一般2~5层, 矿脉多有隐伏, 在熊耳群分布区内多处发现了同类型的钼矿床。经对矿床稀土元素和氢氧同位素测试分析, 认为矿脉为火山期后热液沿火山岩层间裂隙充填成矿, 具有层控矿床的特点。因而, 结合该类矿床的特点, 通过对已经找到的矿床的分布面积、控制深度及控制的资源量研究, 对该区域作出成矿预测。

**关键词:**脉型钼矿; 成因; 层控矿床; 成矿预测

中图分类号: TD164<sup>+</sup>.2

文献标识码: A

文章编号: 1006-2602(2009)02-0019-05

## GEOLOGIC CHARACTERISTICS AND METALLOGENIC PROGNOSIS OF POTASSIUM FELDSPAR QUARTZ VEIN - TYPE MOLYBDENUM DEPOSITS IN SONGXIAN COUNTY OF HENAN PROVINCE

BAI Feng - jun<sup>1,2</sup>, XIAO Rong - ge<sup>1</sup>

(1. China University of Geoscience, Beijing 100083, China)

(2. Henan Nonferrous Metals Resources Prospecting and Developing Bureau, Zhengzhou 450016, Henan, China)

**Abstract:** The potassium feldspar quartz vein - type molybdenum deposits in Songxian county of Henan province, are stratiform - like and have a conformable contact with the rocks of Xiong'er group. Dip of ore layers is usually small and about  $15^{\circ}$ . The number of ore layers ranges from 1 to 12, mostly 2 to 5. Ore veins are usually concealed. The same kind of molybdenum deposits are discovered in many places where the rocks of Xiong'er group appear. Through the test and analysis of the rare earth element and hydrogen - oxygen isotope in molybdenum deposits, it is concluded that the hydrothermal fluid of post volcanic stage fills the fissures among the volcanic rock layers and forms deposits. These deposits are characterized by strata bound. In combination with the characteristics of this kind of deposits, through the study on the distribution areas, controlled depth and controlled resource amount, metallogenetic prognosis assessment of this area has been made.

**Key words:** vein - type molybdenum deposits; genesis; strata - bound deposits; metallogenetic prognosis

自2005年河南省有色地质矿产局五大队首次在嵩县南部的熊耳群中发现钾长石英脉型钼矿以来, 从西至东已经找到了纸房钼矿等9个矿床或矿点, 这些矿床(点)主要分布在嵩县南部的熊耳山和外方山之间的熊耳群地层之中, 均设置有矿业权。具有良好的找矿前景<sup>[1-2]</sup>。

## 1 地质背景

本区钼矿床产于东秦岭钼矿带的中段, 大地构造位置处于华北陆块南缘, 马超营断裂以北, 熊耳山-外方山之间的中元古界火山岩盆地<sup>[3]</sup>(见图1)。

钾长石英脉型钼矿成矿区中元古界地层主要为

一套中基性(偏中性)-中酸性火山熔岩建造, 岩系最大厚度7 000~8 000 m, 与下伏结晶基底太华岩群或古元古界呈角度不整合接触。成岩时代1 778~3 200 Ma<sup>[4-7]</sup>。自下而上划分为大古石组、许山组、鸡蛋坪组和马家河组。

断裂构造发育, 主要为马超营断裂带及次级NE、NW向次级断裂。岩浆岩分布在矿区的外围, 有合峪岩体、太山庙岩体、雷门沟岩体等燕山期岩体<sup>[8-9]</sup>。在矿区的周围分布着一系列燕山期的构造蚀变岩型、角砾岩型金矿床, 如前河金矿、店房金矿; 斑岩型钼矿床, 如雷门沟钼矿、鱼池岭钼矿等<sup>[10]</sup>。

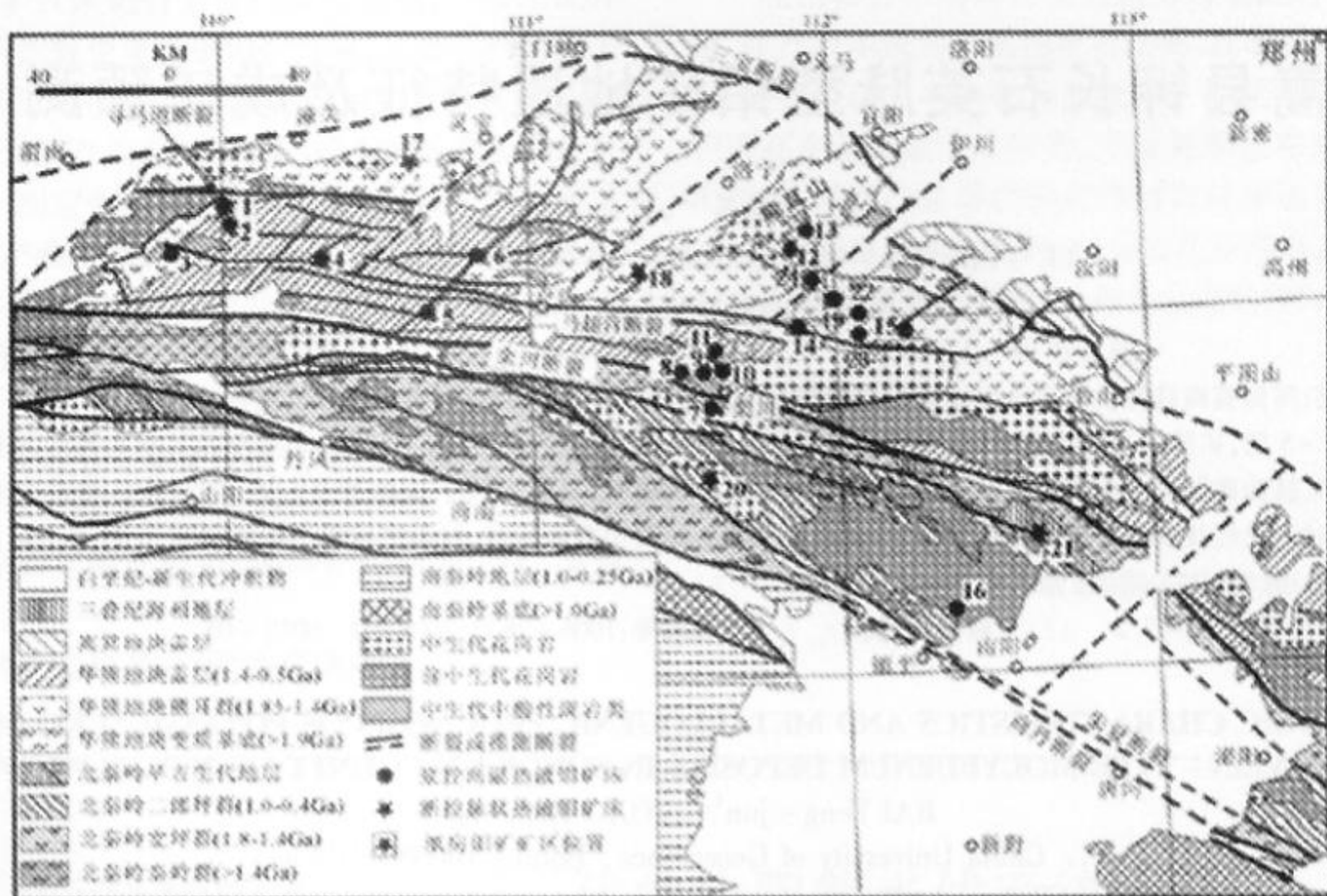
## 2 矿床地质特征

### 2.1 鸡蛋坪组(Pt<sub>2j</sub>)岩石

作为赋矿的中元古界长城系熊耳群鸡蛋坪组

收稿日期: 2009-01-14

作者简介: 白凤军(1964-), 男, 毕业于中南工业大学地质系, 高级工程师, 中国地质大学(北京)在职博士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业。



矿床编号及名称:1—黄龙铺;2—石家湾;3—金堆城;4—木龙沟;5—夜长坪;6—银家沟;7—石宝沟;8—上房沟;9—南泥湖;10—三道庄;11—马圈;12—黄水庵;13—雷门沟;14—鱼池岭;15—东沟;16—秋树湾;17—大湖;18—龙门店;19—纸房;20—太平镇;21—土门;22—土岭村;23—大西沟;24—凡台沟

图1 东秦岭钨矿带区域地质图(据李诺等,2007,略有修改)

((Pt<sub>2j</sub>)),岩性主要为灰、灰紫色流纹岩、球粒流纹岩,少量安山岩及粗面岩。矿体的直接围岩主要为流纹岩,呈灰色。矿区南部见少量灰紫色,斑状结构,块状构造,斑晶主要为钾长石和石英、少量斜长石。钾长石斑晶边部可见文象结构,斜长石斑晶具环带结构。斑晶约占30%,粒度一般为0.5~3mm。基质具球粒结构,斑状结构,脉状构造。基质由长石微晶及石英集合体等组成,石英独特的棱角形和楔形,可能与长石同时晶出有关。可见石英、钾长石呈圆形,应为岩浆期后热液充填在气孔中形成,岩石看似石英斑岩或钾长石英斑岩。岩层厚173~2473m,平均1323m,总体倾向北东,倾角15°左右,是该区脉型钨矿的赋矿围岩<sup>[11-12]</sup>。

## 2.2 矿脉

目前在矿区共发现30余条矿脉,矿脉长度300~1600m,最长2800m;已矿控制矿层1~12层(如图2),一般2~5层,单矿层厚度0.50~11.09m,最厚11.09m,一般3~7m,平均3.25m;整体倾向NE,局部倾向SE,倾角3°~26°,一般15°左右,与围岩产状一致;矿体形态呈似层状,呈多层平行排列。矿脉具有尖灭再现及膨缩现象;矿体赋存在石

英脉及两侧的蚀变岩中。因而形成了石英脉型和蚀变岩型矿石,钨矿石品位一般0.031%~0.360%,个别达1.081%,平均品位0.102%,总体品位较富。

## 2.3 蚀变特征

蚀变类型主要有钾长石化、硅化、绿泥石化、绢云母化、绿帘石化和黄铁矿化,局部可见紫色萤石化。本区的所有钨矿化均伴随着钾长石化、强硅化和黄铁矿化,。随着远离石英脉,蚀变减弱,矿化也随之减弱。

## 2.4 矿化特征

### 2.4.1 矿石矿物和脉石矿物

原生矿石可分为石英脉型和蚀变岩型。显微镜观察和电子探针、X射线衍射分析测试表明,矿石矿物主要有黄铁矿、褐铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、辉铜矿、少量孔雀石、铜兰、辉钨矿、白钨矿等;脉石矿物主要为石英、钾长石、斜长石、方解石、萤石、绿泥石、绿帘石、绢云母等。局部可见少量的石墨、重晶石、硬石膏、锆石、独居石等。

该区钨矿物仅看到辉钨矿,分布于石英脉上下接触带及近脉蚀变流纹岩中,辉钨矿呈云雾状、浸染状或薄膜状充填。辉钨矿呈鳞片状、纤维状、毛发状



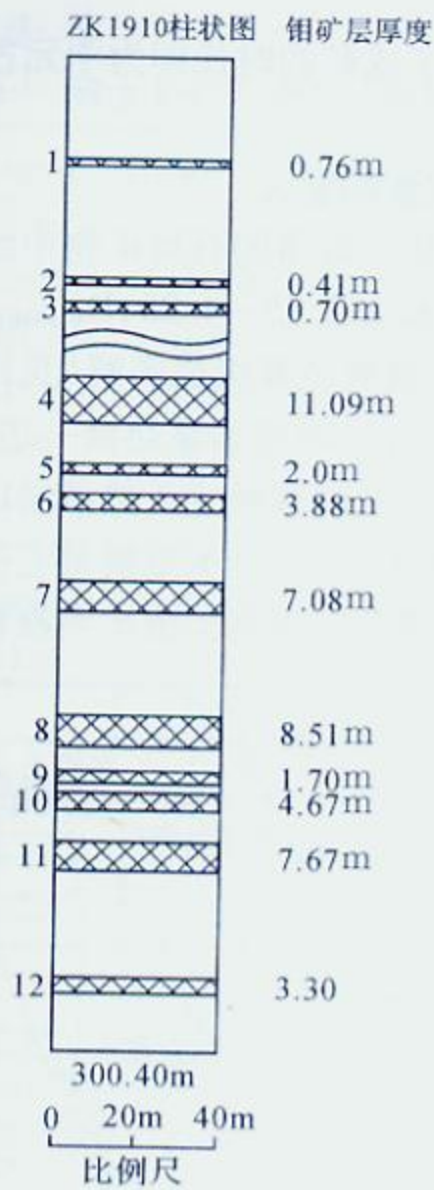


图2 矿层分布图

集合体或细粒状集合体,单个矿物的粒度较细,在

0.005 ~ 0.02 mm 之间,集合体的粒度可达0.5 mm。主要以集合体的形式存在,也有少部分细粒、纤维状辉钼矿以浸染状分布于脉石中,晶体容易挠曲。在辉钼矿集合体出现的地方,时常伴生有他形粒状、板状或细脉状分布的石墨。辉钼矿的单个粒度为斑岩型钼矿中辉钼矿大小的1/10 ~ 1/100。

#### 2.4.2 结构构造特征

矿石构造有浸染状、云雾状、网脉状、脉状、块状、条带状构造。辉钼矿呈浸染状、云雾状充填在粗粒石英中;呈细脉状、网脉状充填在粗粒石英-钾长石中,或沿石英两边分布;呈薄膜状沿石英脉裂隙充填而呈网脉状或脉状矿石结构,另有粒状结构、固溶体分离结构、交代残余结构、包含结构、反应边结构、环带结构等。

#### 2.5 稀土元素

通过对矿区9处采集的辉钼矿化石英脉样品测试,显示本区稀土富集(见表1)。

#### 2.6 流体包裹体液相成分

由中国地质大学采样并委托矿产资源研究所测试,测试仪器采用日本岛津公司 Shimadzu HIC-SP Super 离子色谱仪,标准物质来源为国家标准物质研究中心,测试结果显示 F<sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup> 含量较高(见表2)。

表1 稀土元素一览表

| 样号 | ZF-1  | ZF-4     | ZF-13   | ZF-15    | ZF-18 | ZF-19    | ZF-20    | ZF-22    | ZF-24  | μg/g |
|----|-------|----------|---------|----------|-------|----------|----------|----------|--------|------|
| 样品 | 石英脉   | 石英脉      | 辉钼矿化石英脉 | 辉钼矿      | 石英脉   | 辉钼矿      | 石英脉      | 辉钼矿化石英脉  | 石英脉    |      |
| La | 2.9   | 126.8    | 10.3    | 571.6    | 2.9   | 424.2    | 917.5    | 1 008.4  | 17.5   |      |
| Ce | 12.3  | 498.4    | 52.2    | 1 377.6  | 8.0   | 994.1    | 1 854.0  | 2 168.4  | 63.1   |      |
| Pr | 2.62  | 84.46    | 10.39   | 167.52   | 1.08  | 127.80   | 195.12   | 256.08   | 9.84   |      |
| Nd | 13.92 | 355.08   | 47.33   | 520.20   | 3.81  | 416.52   | 561.60   | 776.64   | 39.29  |      |
| Sm | 3.09  | 80.64    | 8.48    | 62.21    | 0.62  | 62.96    | 73.27    | 80.20    | 5.84   |      |
| Eu | 0.73  | 20.18    | 1.73    | 12.06    | 0.17  | 13.44    | 18.02    | 13.48    | 1.08   |      |
| Gd | 2.22  | 70.76    | 5.05    | 33.14    | 0.38  | 40.30    | 59.60    | 39.42    | 3.06   |      |
| Tb | 0.30  | 10.15    | 0.55    | 3.50     | 0.05  | 6.71     | 9.68     | 3.65     | 0.32   |      |
| Dy | 1.24  | 41.92    | 2.28    | 11.73    | 0.19  | 30.80    | 36.60    | 14.05    | 1.13   |      |
| Ho | 0.21  | 6.62     | 0.37    | 1.61     | 0.03  | 5.33     | 5.02     | 2.25     | 0.17   |      |
| Er | 0.56  | 15.16    | 1.00    | 4.21     | 0.09  | 13.95    | 11.68    | 6.41     | 0.41   |      |
| Tm | 0.10  | 2.18     | 0.16    | 0.60     | 0.01  | 2.47     | 1.84     | 0.96     | 0.06   |      |
| Yb | 0.57  | 11.20    | 0.96    | 3.64     | 0.08  | 15.19    | 11.32    | 5.76     | 0.30   |      |
| Lu | 0.09  | 1.52     | 0.14    | 0.55     | 0.01  | 2.23     | 1.50     | 0.88     | 0.04   |      |
| Σ  | 40.87 | 1 325.08 | 140.96  | 2 770.13 | 17.44 | 2 155.97 | 3 756.79 | 4 376.54 | 142.21 |      |
| Y  | 6.33  | 214.93   | 11.81   | 45.73    | 0.90  | 170.75   | 235.50   | 59.85    | 4.48   |      |

测试单位:国土资源部地球物理与地球化学研究所测试,2008



表2 流体包裹体液相成分分析报告  $\mu\text{g/g}$

| 样品号                           | ZF-11  | ZF-17  | ZF-22  | ZF-24  |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 矿物名称                          | 石英     | 石英     | 石英     | 石英     |
| Li                            | 0      | 0      | 0      | 0      |
| Na                            | 7.661  | 24.897 | 11.404 | 19.457 |
| K                             | 2.106  | 18.940 | 3.505  | 14.067 |
| Mg <sup>2+</sup>              | 0.506  | 0      | 0      | 3.014  |
| Ca <sup>2+</sup>              | 44.734 | 42.732 | 42.473 | 25.917 |
| F <sup>-</sup>                | 20.064 | 18.641 | 19.304 | 9.400  |
| Cl <sup>-</sup>               | 1.710  | 16.329 | 2.254  | 9.725  |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | 0      | 0      | 0      | 0      |
| Br <sup>-</sup>               | 0      | 0.075  | 0      | 0      |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0.070  | 0      | 0      | 0      |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 26.201 | 66.135 | 33.328 | 60.145 |

中国地质科学院矿产资源研究所测试,2008

### 2.7 成矿阶段

根据矿脉穿插关系、矿石结构、矿物组合等,将成矿过程划分为3个阶段:早阶段形成连续而厚大的石英脉,呈致密块状,含立方体黄铁矿,石英脉下盘可见钾长石化。早阶段石英脉及其蚀变围岩遭受构造应力而破碎、变形,裂隙和颗粒间隙被中阶段石英-硫化物充填交代,石英矿物具波状消光现象。中阶段以多金属硫化物呈脉状或定向网脉状为主,具有较强的钾化,局部可见萤石。充填在破碎的早阶段矿物组合中,主要矿物组合为细粒石英-辉钼矿-黄铁矿-黄铜矿-方铅矿-闪锌矿。晚阶段发育少量石英-碳酸盐细脉,偶含黄铁矿或方铅矿、重晶石、硬石膏,伴随辉钼矿化较弱,充填交切早、中阶段矿物组合。成矿后的氧化作用形成了褐铁矿、铜蓝等次生矿物。

## 3 矿床成因分析

### 3.1 成矿年龄的确定

对嵩县纸房石英脉型钼矿进行了钾氩法同位素年龄测定,根据岩石、矿物中K40经K层电子捕获形成Ar<sup>40</sup>的衰变定律以测定地质年龄,具体采用了<sup>38</sup>Ar同位素稀释法K-Ar年龄。测试结果为 $1\,352.95 \pm 27.06$  Ma。该测试由桂林矿产地质研究院陈民扬教授级高工完成,所用仪器为英国生产,型号为MM1200。

基于石英脉侵入于流纹岩中,而流纹岩的喷出年龄为中元古代,年龄为 $1\,778 \sim 1\,400$  Ma,石英脉的形成期晚于中元古代,在时间顺序上是一致的。根据野外石英脉与围岩的界线清楚、产状一致,从宏

观和微观证明了成矿的时代即为中元古代熊耳群晚期。

### 3.2 氢氧同位素的意义

矿化石英脉中取得的石英矿物中的流体的氧同位素<sup>18</sup>O<sub>V-SMOW</sub>‰为2.85~4.25, D<sub>V-SMOW</sub>‰为-78~-85(见表3),氢氧同位素组成图解(见图3),落于岩浆热液与天水之间,靠近岩浆热液一边,这种同位素组成特征一方面可以解释成矿热液是以岩浆热液为主,混合有少量天水,但是更重要是它反映的是一种岩浆作用下形成的近中高温成矿热液特点<sup>[13]</sup>。

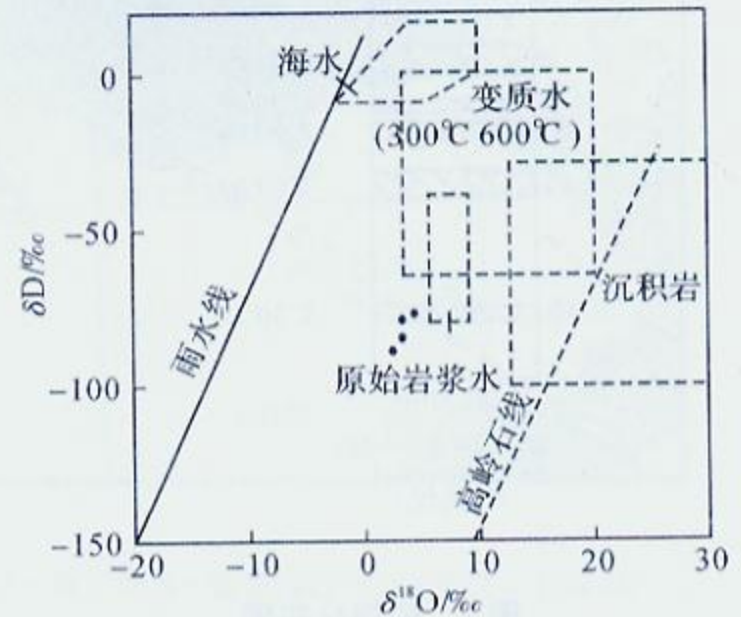


图3 各种来源水体中氢氧同位素图解

表3 石英样品中流体包裹体H-O同位素组成表

| 原样号   | 样品名称 | <sup>18</sup> O <sub>V-SMOW</sub> ‰ | D <sub>V-SMOW</sub> ‰ |
|-------|------|-------------------------------------|-----------------------|
| ZF-11 | 石英   | 2.847 35                            | -85                   |
| ZF-17 | 石英   | 4.247 35                            | -78                   |
| ZF-22 | 石英   | 3.247 35                            | -83                   |
| ZF-24 | 石英   | 2.947 35                            | -83                   |

中国地质科学院矿产资源研究所测试,2008

### 3.3 稀土元素的意义

稀土元素的含量见表1,说明矿体中稀土元素富集,尤其是ZF-22的稀土总量ΣREE达到了 $4\,736.54 \mu\text{g/g}$ ;表4中La/Yb普遍较大,显示岩浆强烈分异,轻稀土富集;δEu均接近0.84,根据一般的研究经验,岩浆来源为壳幔型;稀土配分图解见图4。

以上均说明成矿热液主要来源为壳幔型玄武岩岩浆期后热液(肖荣阁等,2008)。

因此,嵩县南部的脉型钼矿呈似层状分布,成矿年龄为 $1\,352.95 \pm 27.06$  Ma,时代为中元古界熊耳群的晚期。成矿热液为岩浆期后富含成矿物质的中高温的硅钾卤水;成矿方式为成矿热充填在火山岩喷发间隙形成的薄弱层,形成似层状的钼矿床,属典



型层控型钼矿床。

表4 稀土 La/Yb、 $\delta$ Eu 一览表

|       | La/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ | Yb/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ | La/Yb | $\delta$ Eu |
|-------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------|-------------|
| ZF-1  | 2.9                                   | 0.57                                  | 5     | 0.84        |
| ZF-4  | 126.8                                 | 11.20                                 | 11    | 0.82        |
| ZF-13 | 10.3                                  | 0.96                                  | 11    | 0.81        |
| ZF-15 | 571.6                                 | 3.64                                  | 157   | 0.81        |
| ZF-18 | 2.9                                   | 0.08                                  | 36    | 1.05        |
| ZF-19 | 424.2                                 | 15.19                                 | 28    | 0.82        |
| ZF-20 | 917.5                                 | 11.32                                 | 82    | 0.83        |
| ZF-22 | 1 008.4                               | 5.76                                  | 175   | 0.73        |
| ZF-24 | 17.5                                  | 0.30                                  | 58    | 0.78        |

在该区已经勘查4个矿区,即凡台沟矿区、纸房矿区、土岭村矿区、大西沟矿区,总面积21.59 km<sup>2</sup>,探获(332)+(333)+(334)?类Mo资源量175 68 t,钻探控制深度80.06~362.04 m,34个钻孔平均深度为163.92 m。

表5 勘查矿区情况表

| 矿区    | 面积/m <sup>2</sup> | 品位/%  | 储量/t   | 钻孔数/个 | 深度/m   |
|-------|-------------------|-------|--------|-------|--------|
| 纸房    | 5.69              | 0.120 | 2 821  | 11    | 125.78 |
| 凡台沟   | 4.62              | 0.066 | 153    | 4     | 198.85 |
| 土岭村   | 7.01              | 0.135 | 10 000 | 14    | 186.83 |
| 大西沟   | 4.27              | 0.087 | 4 594  | 5     | 144.21 |
| 合计或平均 | 21.59             | 0.102 | 17 568 | 34    | 163.92 |

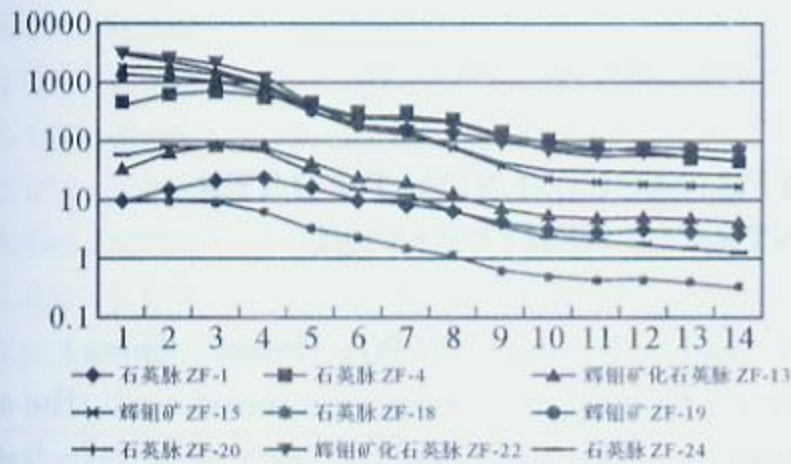


图4 稀土配分图解

## 4 成矿预测

### 4.1 嵩县南部鸡蛋坪组(Pt<sub>2j</sub>)的分布及矿床(点)分布情况



图5 嵩县南部脉型钼矿矿点分布图

鸡蛋坪组(Pt<sub>2j</sub>)主要分布在嵩县南部的熊耳山和外方山之间,南以马超营断裂为界,北以嵩县断陷盆地南缘为界,面积大约560 km<sup>2</sup>。目前已发现有九处矿床(点),许多矿区正在开展勘查工作,是一个具有良好找矿前景的地区(见图5)。

### 4.2 已勘查矿床的资源量、面积及控制深度

### 4.3 资源量预测

基于前述似层状钼矿床的成因和矿床地质特征;矿区内Mo分布异常广泛,强弱不等,向北东方向因埋藏逐渐加深,异常不明显;已勘查的矿权内均发现有工业矿体,且隐伏矿体居多。因此,由已知推未知是可行的。

已勘查矿区面积占鸡蛋坪组(Pt<sub>2j</sub>)分布区的21.59/560 × 100% = 3.85%,勘查深度为鸡蛋坪组(Pt<sub>2j</sub>)厚度(平均厚度)的163.92/1 323 × 100% = 12.39%,两项乘积为0.48%,即已经勘查鸡蛋坪组(Pt<sub>2j</sub>)体积的0.48%,由此推测在整个鸡蛋坪组(Pt<sub>2j</sub>)地层中可预测潜在Mo资源量17 568/0.48% = 3 660 000 t,即366万t。因此,该区具有较大的找矿潜力,在河南省将成为除斑岩型钼矿之后的又一重要矿床类型。

## 5 结论

通过对本区内脉型钼矿地质特征和矿床成因的研究,显示了矿体呈似层状产出,具有典型的层控特点,因此,本区的矿床成因类型属于岩浆期后热液层控型钼矿床。本区找矿潜力巨大,在今后的勘查工作中,要按照层控矿床的理论指导找矿。

### 参考文献

- [1] 郭保健,李永峰,叶会寿,等. 熊耳山Au、Ag、Pb、Mo矿集区成矿模式与找矿方向[J]. 地质与勘探,2005(5).
- [2] 李永峰,毛景文,白凤军,等. Re-Os同位素体系及其地质应用[J]. 地质与勘探,2004,40(1),64-67.
- [3] 王志光,崔 毫,徐孟罗,等. 华北地块南缘地质构造演化与成矿[M]. 北京:冶金工业出版社,1997,1-296.
- [4] 赵太平,翟明国,夏 斌,等. 熊耳群火山岩锆石SHRIMP年代学研究:对华北克拉通盖层发育初始时间的制约[J]. 科学通报,2004,49(22):2342-2349.

(下转第32页)