

# 河南商城汤家坪钼矿地球化学异常特征及找矿标志<sup>①</sup>

马宏卫<sup>1,2</sup>

(1. 河南省地质调查院, 河南 郑州 450007; 2. 河南省地质矿产勘查开发局第三地质调查队, 河南 信阳 464000)

**摘要:** 商城汤家坪钼矿是近年在大别山地区探明的一处大型钼矿床。该矿区地球化学异常特征研究表明, 成矿元素含量变化与花岗斑岩体空间位置、岩石类型、蚀变特征密切相关; 在三度空间内, 地球化学异常的分布严格受斑岩体控制; Mo 异常浓度分带清晰, 其内带指示了钼工业矿体位置, 中带反映了边界矿体和强矿化范围, 外带反映了弱矿化和矿化蚀变范围。在对成矿地质背景、指示元素地球化学参数和地球化学异常特征分析研究的基础上, 建立了地质、地球化学找矿标志。

**关键词:** 斑岩; 钼矿床; 找矿标志; 地球化学异常特征; 分带序列; 汤家坪; 商城

**中图分类号:** P618.65 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5663(2007)05-0520-07

1987年河南省地调三队在该区开展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商城汤家坪钼矿的详查、勘查, 探明为一个大型钼矿床, 实现了大别山地区金属矿产地质找矿的重大突破。本次研究拟在分析矿床地球化学异常特征基础上, 建立地质、地球化学找矿标志, 以指导区域上进一步的地质找矿工作。

## 1 地质背景

汤家坪钼矿处于桐(柏)一商(城)韧性剪切带南侧的桐柏一大别造山带核部, 位于近EW向青山一药铺断裂、NNE向商(城)一麻(城)断裂交汇处(图1)。

矿床成矿母岩为早白垩世香子岗序列汤家坪单元的花岗斑岩, 平面上呈向NE突出的弧形, 出露面积约0.34km<sup>2</sup>(图2), 剖面上呈向SW方向侧伏的不规则小岩株, 岩体呈正“八”字型外倾, 东部倾角为75°左右, 西部较缓。岩石灰白一肉红色, 斑状结构, 斑晶成分为钾长石(3%~35%)、斜长石(2%~10%)、石英(2%~15%), 副矿物为磁铁矿、金红石、锆石、磷灰石

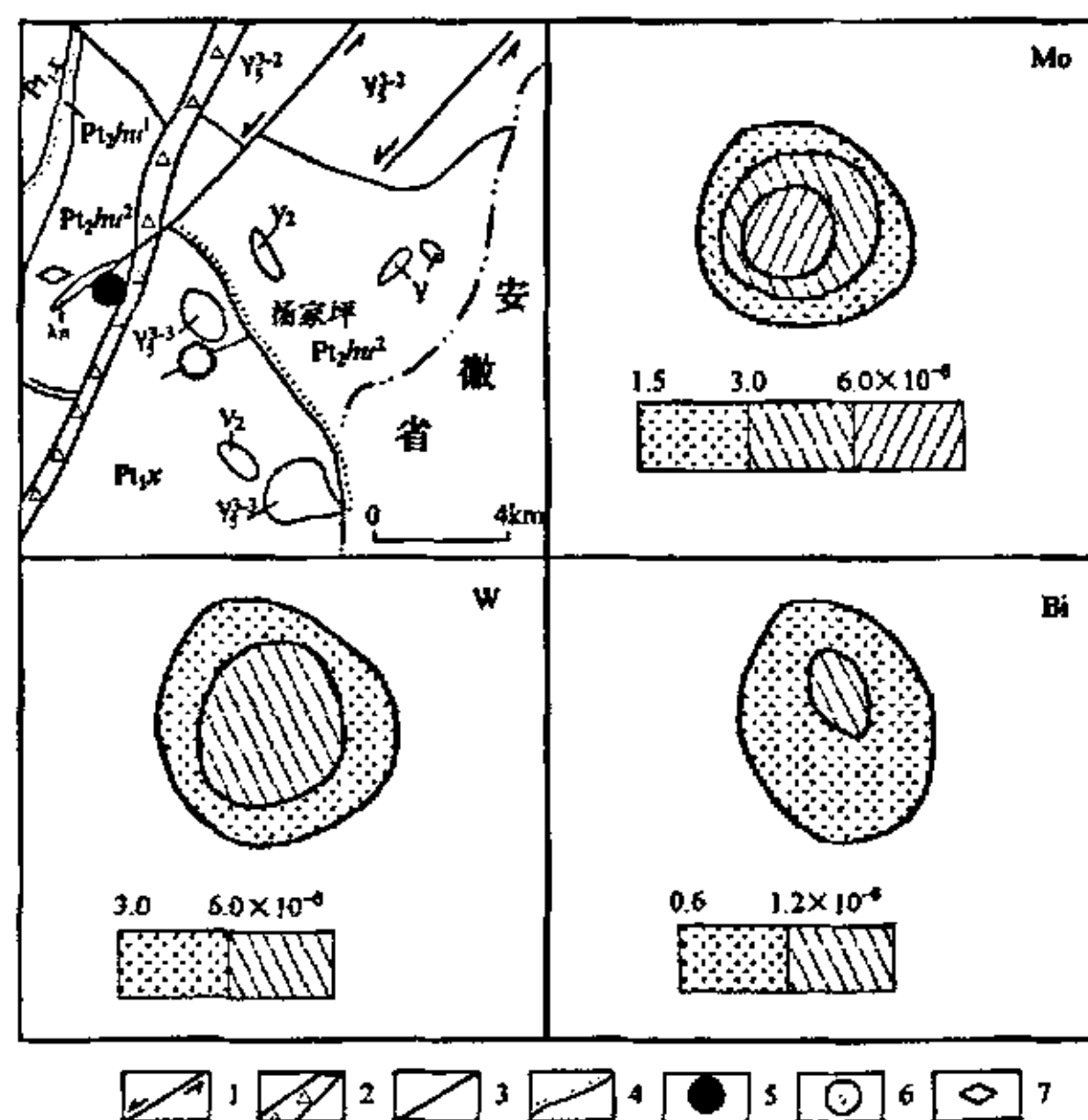


图1 汤家坪1:20万水系沉积物异常(82-甲2)综合地质平面图

Fig. 1 Comprehensive geological plane map showing the anomaly of the stream sediment (82-A2) in 1:200,000 scale of the Tangjiaping area  
Pt<sub>2</sub>hu<sup>2</sup>—潜湾组上段 Pt<sub>2</sub>hu<sup>1</sup>—潜湾组下段 Pt<sub>1</sub>x—新县组  
Y<sub>3</sub>-<sup>3</sup>—燕山晚期第三阶段花岗岩 Y<sub>3</sub>-<sup>2</sup>—燕山晚期第二阶段花岗岩  
Y—花岗岩脉 λπ—石英斑岩脉 v<sub>2</sub>—变质基性岩 1—平移断层 2—断裂破碎岩 3—性质不明断层 4—不整合接触界线  
5—多金属矿点 6—钼矿点 7—磷矿点

① 收稿日期:2007-03-25 作者简介:马宏卫(1968-),男,高级工程师,主要从事地质矿产勘查和综合研究工作。  
基金项目:2006年度河南省探矿权采矿权使用费及价款地质矿产调查项目(项目编号Q4)资助。



等。岩石中常见次棱角状角闪安山岩包体。岩石化学成分具超酸( $w(\text{SiO}_2)$ 为 $76.33 \times 10^{-2}$ )、富碱( $w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 为9.11%)、高钾( $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值为1.81)等特点,属超酸性铝不饱和系列岩浆岩。岩石稀土元素总量( $w(\Sigma\text{REF} + \text{Y})$ )为 $292.44 \times 10^{-6} \sim 214.16 \times 10^{-6}$ ;轻稀土元素含量为 $261.05 \times 10^{-6} \sim 190.16 \times 10^{-6}$ ,明显富集;重稀土元素亏损。铈异常系数( $\delta\text{Eu}$ )为0.46~0.52,具中等负铈异常特征,稀土元素分布曲线为左高右平的倾斜“U”字型。为下地壳及上地幔物质重熔形成的“I”型花岗岩类,具深源浅成型特点<sup>[1~3]</sup>。

受岩浆热液作用,含矿斑岩体及其围岩发生了不同程度的蚀变,且具明显蚀变分带现象。岩体水平方向从中心到两侧大致可划分为硅化—钾长石化带(强蚀变带),硅化—绢云母化带(弱蚀变带);围岩中蚀变带较窄,分带不太明显,通称硅化—青盘岩化带,由岩体接触带向外呈逐渐变弱的趋势。

矿体赋存于花岗斑岩体内及外接触带中,属典型的斑岩型钼矿床。1号钼矿体规模大,工程控制全长为1760m,东西宽度为960m,最大垂深达349.75m,矿体地表出露面积为0.33km<sup>2</sup>。矿体产出形体呈似层状,南西部厚度巨大,东北部及深部分枝尖灭,总体走势向SW方向侧伏,向NE翘起并尖灭,侧伏角在20°左右。在花岗斑岩体内,中间钼品位较富,向两侧逐渐变贫,矿体厚度与品位之间呈正相关变化关系,无伴生有益组分,钼矿储量达到大型规模。矿床属于深源浅成斑岩型钼矿床。

2 区域地球化学特征

1:20万水系沉积物测量成果资料表明,大别山地区钼多金属异常呈NWW向沿龟(山)—梅(山)断裂带和桐(柏)—商(城)断裂带之间分布,异常元素

组合为Ag、Au、Pb、Zn、Cu、Mo、Cd等。其中,Mo异常与燕山期中酸性小岩体分布基本一致,且多与钼矿化有关。汤家坪钼矿地球化学异常(82—甲2)形态与花岗斑岩体形态基本一致,且与斑岩矿体形态大致相当,Mo外带异常反映了花岗斑岩体及钼矿化范围;伴生元素W、Bi异常强度较高,可划出中带,浓集中心与Mo异常一致,但浓集范围大于Mo异常;Cu、Pb、Zn、Ag等元素在斑岩体的接触带及外围地层中富集,具有明显的水平分带特征<sup>[4]</sup>。

3 矿床地球化学参数特征

3.1 地层中微量元素特征

矿区出露地层较为单一,主要为元古代大别杂岩。从地层中的微量元素特征值(表1)可知,该矿区地层中微量元素平均含量与地壳相应元素丰度相比,浓集系数( $K_k$ )大于1的元素有Mo、W、Sn、Bi、Pb;浓集系数小于1的元素有Ag、Zn、Cu。其中,Mo的平均含量较高,为 $43.89 \times 10^{-6}$ ,是地壳Mo丰度的30.69倍,说明Mo在本区岩石中强烈富集,并可形成较强的Mo异常,具有形成钼矿的前提和基础。与之关系密切的高温元素W的平均含量仅次于Mo,并也能形成较强的W异常。中低温元素Ag、Zn、Cu平均含量较低,仅为地壳相应元素丰度的0.28~0.76倍,矿区内未形成明显异常。

与矿区背景值相比,区内主要地层单元元古代大别杂岩中的各微量元素平均含量均高于矿区背景值。其中,Bi富集系数( $q$ )最高,Pb的最低。Bi、Mo、Sn为强富集元素,W、Cu、Ag为富集元素,Pb、Zn为弱富集元素。依据元素变异系数( $C_v$ ),Bi、Sn、Ag、W、Mo变异系数极高,而Cu、Pb、Zn变异系数略低。所以,该地层中形成较强的Bi、Sn、Ag、W、Mo异常,局部形成钼矿体,而Cu、Pb、Zn仅形成弱异常。

表1 地层中微量元素含量特征值

| Table 1 List of the characteristic values of the trace element in the stratum |               |        |       |      |       |       |       |       | $w_B/10^{-6}$ |
|---|---------------|--------|-------|------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| 地质单元  | 参数            | Mo     | W     | Sn   | Bi    | Cu    | Ag    | Pb    | Zn            |
| 元古代大别杂岩( $n=280$ )  | 算术平均含量( $X$ ) | 120.69 | 31.89 | 12.4 | 3.27  | 24.63 | 0.089 | 19.02 | 39.86         |
|   | 变异系数( $C_v$ ) | 1.52   | 1.73  | 3.53 | 10.12 | 0.88  | 2.92  | 0.78  | 0.52          |
|   | 富集系数( $q$ )   | 2.75   | 1.89  | 2.38 | 11.68 | 1.59  | 1.56  | 1.03  | 1.18          |
| 矿区背景值( $n=275$ )  | 算术平均含量( $X$ ) | 43.89  | 16.83 | 5.2  | 0.28  | 15.53 | 0.057 | 18.47 | 33.84         |
|   | 浓集系数( $K_k$ ) | 30.69  | 14.89 | 1.79 | 1.47  | 0.28  | 0.76  | 1.32  | 0.44          |
| 地壳元素丰度(黎彤1992)  |               | 1.43   | 1.13  | 2.9  | 0.19  | 56    | 0.075 | 14    | 76.3          |

注:1.  $n$  为样品件数。2. 数据引自河南省地调三队《河南省商城汤家坪矿区勘探报告》,2006。



3.2 岩浆岩中微量元素特征

本区岩浆岩主要为早白垩世香子岗序列汤家坪单元花岗斑岩体。该岩体中微量元素特征参数值列于表2。与世界花岗岩微量元素丰度(维氏)相比,汤家坪花岗斑岩中Mo、Bi、W、Sn、Ag明显富集,Pb与之相当,而Cu、Zn却明显贫化;与矿区背景值相比,Mo、

Bi、Ag为强富集元素,Sn、Pb为弱富集元素,W、Cu、Zn为贫化元素。其中, $w(\text{Mo})$ 平均值为 $354.59 \times 10^{-6}$ ,为地壳Mo丰度的354.59倍,为矿区Mo背景值的8.08倍。上述分布特点揭示,成矿元素Mo在花岗岩中强烈富集,并呈强分异分布型,从而易形成较强的异常及矿(化)体。

表2 岩浆岩中微量元素含量特征值

Table 2 List of the characteristic values of the trace element in the magmatic rocks  $w_B/10^{-6}$

| 岩浆岩                    | 参数                      | Mo     | W     | Sn   | Bi    | Cu    | Ag   | Pb    | Zn    |
|------------------------|-------------------------|--------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 早白垩世汤家坪花岗斑岩<br>(n=378) | 算术平均含量(X)               | 354.59 | 13.28 | 6.38 | 1.11  | 10.89 | 0.1  | 22.14 | 24.33 |
|                        | 变异系数(Cv)                | 1.29   | 1.54  | 2    | 13.68 | 1.73  | 4.6  | 1.29  | 0.78  |
|                        | 富集系数(q)                 | 8.08   | 0.79  | 1.23 | 3.96  | 0.7   | 1.75 | 1.2   | 0.72  |
|                        | 浓集克拉克值(K <sub>k</sub> ) | 354.59 | 8.85  | 2.13 | 111   | 0.54  | 2    | 1.11  | 0.41  |
| 世界花岗岩微量元素丰度(维氏)        |                         | 1      | 1.5   | 3    | 0.01  | 20    | 0.05 | 20    | 60    |

注:1. n 为样品件数。2. 资料来源同表1。

3.3 主要岩石类型中微量元素特征

矿区岩石主要有变质岩、岩浆岩和蚀变岩,按岩性特征大致可分为8种。其微量元素的分布、分配特

征与岩石类型密切相关。矿区各类岩石中微量元素含量特征见表3,由此可以看出:

表3 主要岩石类型中微量元素含量特征

Table 3 Characteristics of the trace element content in the main rock types  $w_B/10^{-6}$

| 地质单元             | 岩石类型                 | 参数        | Mo     | W     | Sn    | Bi    | Cu    | Ag    | Pb    | Zn    |
|------------------|----------------------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 元古代<br>大别杂岩      | 黑云斜长片麻岩<br>(n=167)   | 算术平均含量(X) | 99.33  | 27.88 | 16.2  | 4.79  | 24.72 | 0.095 | 20.12 | 37.9  |
|                  |                      | 富集系数(q)   | 2.26   | 1.66  | 3.12  | 17.11 | 1.59  | 1.67  | 1.09  | 1.12  |
|                  | 硅化黑云斜长片麻岩<br>(n=20)  | 算术平均含量(X) | 120.99 | 19.92 | 7.1   | 0.67  | 14.53 | 0.05  | 15.75 | 22.88 |
|                  |                      | 富集系数(q)   | 2.76   | 1.18  | 1.37  | 2.39  | 0.94  | 0.88  | 0.85  | 0.68  |
|                  | 钾长石化黑云<br>斜长片麻岩(n=8) | 算术平均含量(X) | 293.14 | 8.58  | 3.2   | 0.06  | 23.14 | 0.046 | 13.21 | 40    |
|                  |                      | 富集系数(q)   | 6.68   | 0.51  | 0.62  | 0.21  | 1.49  | 0.81  | 0.72  | 1.18  |
|                  | 斜长角闪岩<br>(n=20)      | 算术平均含量(X) | 186.93 | 20.23 | 8.56  | 0.93  | 19.4  | 0.12  | 17.5  | 49.5  |
|                  |                      | 富集系数(q)   | 4.26   | 1.2   | 1.65  | 3.32  | 1.25  | 2.11  | 0.95  | 1.46  |
|                  | 硅化斜长角闪岩<br>(n=3)     | 算术平均含量(X) | 114.7  | 49.73 | 19.37 | 12.31 | 15.83 | 0.09  | 19.17 | 66.67 |
|                  |                      | 富集系数(q)   | 2.61   | 2.95  | 3.73  | 43.96 | 1.02  | 1.58  | 1.04  | 1.97  |
| 早白垩世汤家坪<br>花岗斑岩体 | 斜长角闪片麻岩<br>(n=52)    | 算术平均含量(X) | 93.98  | 58.7  | 6.31  | 0.52  | 33.21 | 0.08  | 18.61 | 50.12 |
|                  |                      | 富集系数(q)   | 2.14   | 3.49  | 1.21  | 1.86  | 2.14  | 1.4   | 1.01  | 1.48  |
|                  | 花岗斑岩<br>(n=244)      | 算术平均含量(X) | 311.69 | 14.79 | 6.91  | 1.61  | 9.12  | 0.12  | 25    | 26.04 |
|                  |                      | 富集系数(q)   | 7.1    | 0.88  | 1.33  | 5.75  | 0.59  | 2.11  | 1.35  | 0.77  |
|                  | 硅化花岗斑岩<br>(n=131)    | 算术平均含量(X) | 432.73 | 10.71 | 5.51  | 0.2   | 14.31 | 0.061 | 16.93 | 21.24 |
|                  |                      | 富集系数(q)   | 9.86   | 0.64  | 1.06  | 0.71  | 0.92  | 1.07  | 0.92  | 0.63  |

注:1. n 为样品件数。2. 资料来源同表1。

(1)各类岩石中成矿元素Mo平均含量均明显高于Mo的矿区背景值,富集系数为2.14~9.86。其中,硅化花岗斑岩、花岗斑岩和钾长石化黑云斜长片麻岩中的Mo平均含量最高,斜长角闪岩中的次之。其它

岩石中的Mo平均含量相近。上述元素分配特征揭示,本区各类岩石中均富集Mo,并形成Mo异常,这与区内较大范围的钼矿化有关。

(2)Bi、Sn、W为一组高温元素组合,但在不同岩



石中,却表现出不同的含量特征。硅化斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩中的Bi平均含量最高,而在钾长石化黑云斜长片麻岩和硅化花岗斑岩中的Bi平均含量最低。Sn在硅化斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩中的平均含量较高,而在钾长石化黑云斜长片麻岩中的平均含量最低。W在黑云斜长角闪片麻岩、硅化斜长角闪岩和斜长角闪岩中有一定程度的富集,而在硅化花岗斑岩、花岗斑岩中的含量较低,趋于贫化。上述元素分布特征表明,Bi、Sn、W主要在围岩中富集,但在成矿作用发生时会造成围岩中Bi、Sn、W元素的带出或亏损。

(3)Ag、Pb、Zn为一组中温元素组合。在各类岩石中,其平均含量变化不大,并在矿化蚀变岩中贫化,却在正常岩石中富集。如硅化花岗斑岩、硅化黑云斜长片麻岩和钾长石化黑云斜长片麻岩中Ag、Pb、Zn平均含量较低,趋于贫化。而在围岩中Ag、Pb、Zn趋于富集。

据以上对岩石及矿化蚀变岩石中元素特征的分析,研究认为,区内各类岩石中均富含Mo。其中,硅化花岗斑岩、花岗斑岩和钾长石化黑云斜长片麻岩平均含量最高,能形成清晰的地球化学异常,也是主要的含矿岩石。另外,Bi、Sn、W、Cu、Ag、Pb、Zn元素在未蚀变岩石中的平均含量相对偏高或富集,而在大部分蚀变岩石中的平均含量相对较低或趋于贫化。这反映了,岩石在遭受矿化蚀变作用后,Bi、Sn、W、Cu、Ag、Pb、Zn元素有带出或亏损现象。因此,在矿床的矿化蚀变异常带上和围岩中也就形成了对应的元素分布特征。

3.4 蚀变岩石微量元素带出与带人特征

为研究矿区主要蚀变岩石中微量元素带出与带人特征,在表3的基础上,分别计算了蚀变岩石某微量元素平均含量与未蚀变岩石相应微量元素平均含量的比值(表4)。

表4 主要蚀变类型中微量元素带出与带人特征  
Table 4 Characteristics of the trace element in the main alteration types  $w_B/10^{-2}$

| 岩石类型    | 矿化蚀变类型 | 比 值 <sup>1)</sup> |      |      |       |      |      |      |      |
|---------|--------|-------------------|------|------|-------|------|------|------|------|
|         |        | Mo                | W    | Sn   | Bi    | Cu   | Ag   | Pb   | Zn   |
| 黑云斜长片麻岩 | 硅化     | 1.22              | 0.71 | 0.44 | 0.14  | 0.59 | 0.53 | 0.78 | 0.6  |
|         | 钾长石化   | 5.32              | 0.31 | 0.2  | 0.01  | 0.95 | 0.53 | 0.65 | 1.05 |
| 斜长角闪岩   | 硅化     | 0.61              | 2.46 | 2.26 | 13.24 | 0.82 | 0.75 | 1.1  | 1.35 |
| 花岗斑岩    | 硅化     | 1.39              | 0.72 | 0.8  | 0.12  | 1.57 | 0.51 | 0.68 | 0.82 |

注:1)比值=蚀变岩石中某元素平均含量/未蚀变岩石中某元素平均含量。

由表4可以看出,在硅化过程中,黑云斜长片麻岩中带入的元素为Mo,带出的元素为Sn、W、Cu、Ag、Pb、Zn,大量带出的元素为Bi;斜长角闪岩中带入的元素为Bi、Sn、W、Zn、Pb(其中Bi带入量最大,Pb带入量较小),带出的元素为Mo、Cu、Ag;花岗斑岩中带入的元素为Mo、Cu,带出的元素为Sn、W、Ag、Pb、Zn,大量带出元素为Bi。在钾长石化过程中,黑云斜长片麻岩中带入的元素为Mo,少量带入的为Zn,带出的元素为Cu、Ag、Pb,少量带出的元素为Bi、Sn、W。综上所述,与成矿有关的花岗斑岩和黑云斜长片麻岩在蚀变过程中,主要成矿元素Mo稳定带入。钾长石化的含矿性相对最强,硅化的含矿性次之。因此,蚀变围岩的硅化和钾长石化的强弱是有效的找矿标志之一。

4 矿床地球化学异常特征

4.1 异常分布、形态、规模

矿体上的异常组份较为单一,主要为Mo元素异常。Mo在矿体及围岩中形成明显的原生晕异常,且Mo异常在三度空间内围绕矿体分布,浓度分带清晰,异常形态规整,规模大,强度高,浓集中心清晰,浓度梯度变化明显,在沿走向和倾向延伸方向的异常边部,异常具有膨胀、收缩,分枝、复合,尖灭、再现等现象(图2、图3)。平面上,Mo异常呈面状展布,剖面上,Mo异常呈条带状或透镜状展布。地表控制的Mo异常长度为1200m,向下控制的延深约为1000m,Mo异常宽度为100~320m。深部的Mo异常峰值、平均值(泛指地表以下)大于地表的。Mo异常中、内带发育,约占异常面积70%以上,主要分布于花岗斑岩体中。Mo异常内带指示了钼工业矿体位置,中带反映了钼边界矿体和强矿化范围,外带反映了弱矿化和矿化蚀变范围。

其他元素异常规模小、强度低,多零散分布于Mo异常内、外侧,具有一定分带现象。



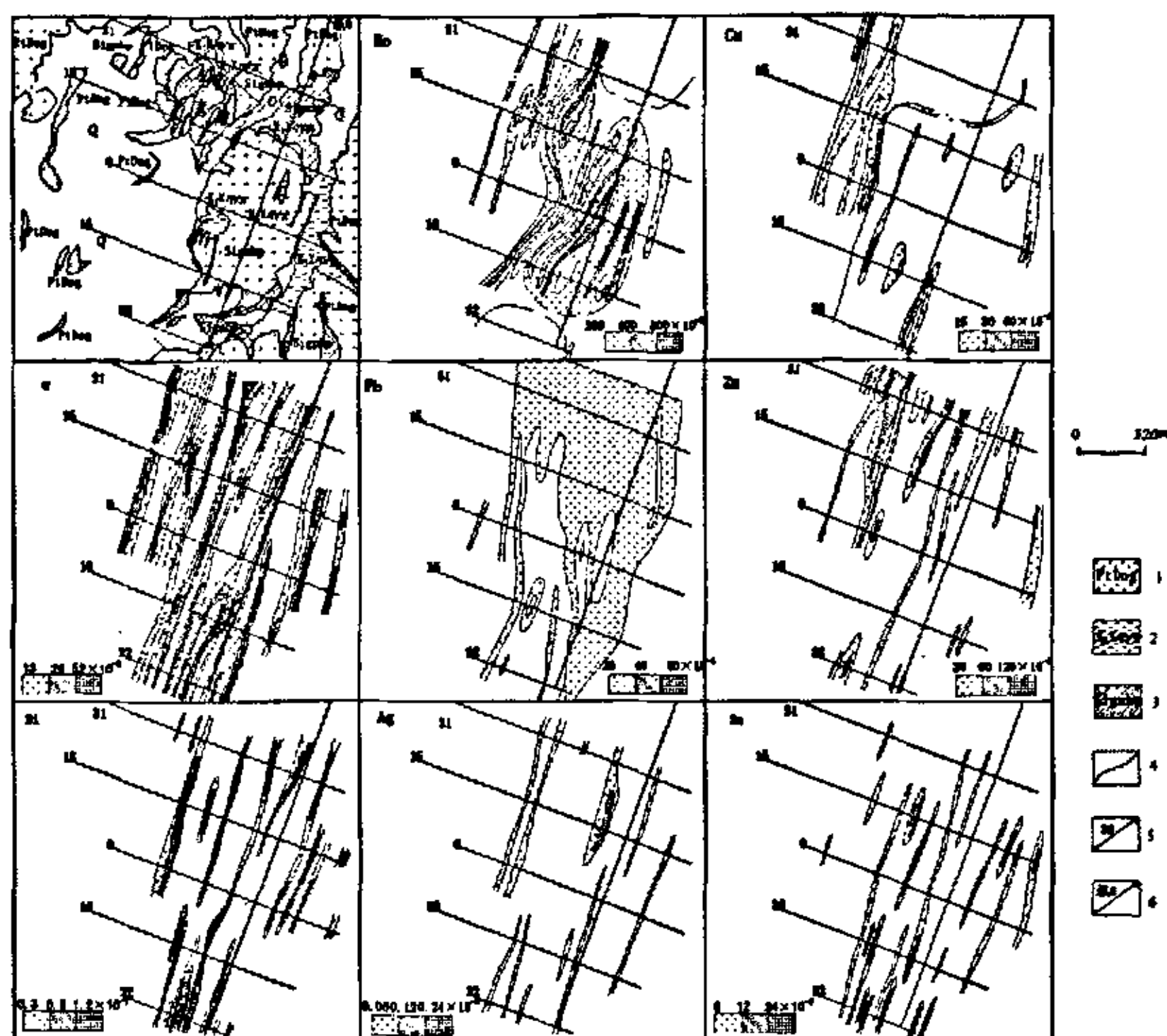


图2 汤家坪钼矿区地质、地球化学异常平面图

Fig. 2 Plane sketch showing the geological, geochemical anomaly of the Tangjiaping molybdenum deposit

Q—第四系冲积砂砾, 亚粘土 1—大别片麻杂岩, 黑云斜长片麻岩, 斜长角闪片麻岩 2—香子岗序列汤坪单元, 花岗斑岩 3—硅化黑云斜长片麻岩 4—地质界线 5—勘探线位置及编号 6—纵剖面位置及编号

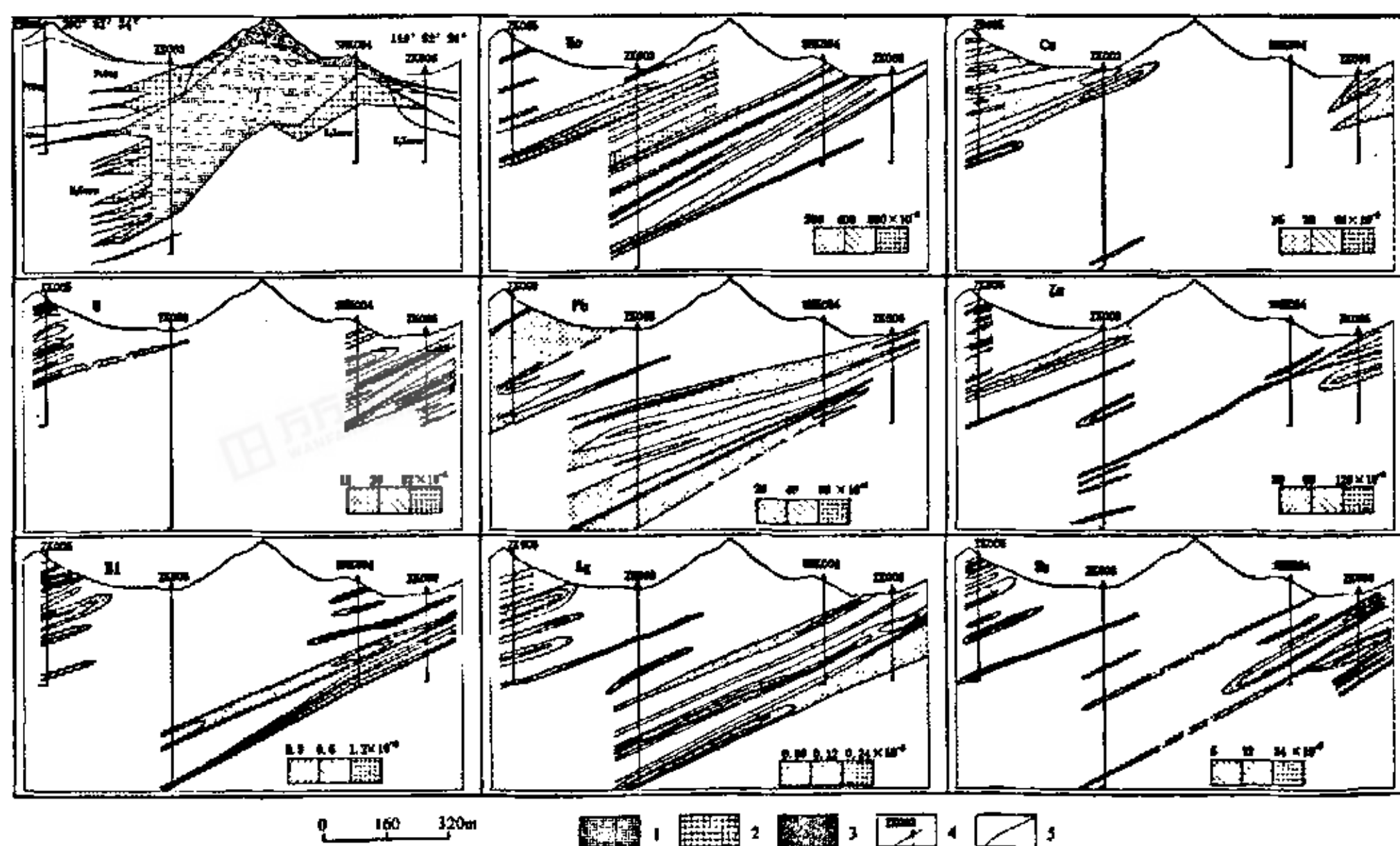


图3 汤家坪钼矿区0线地质、地球化学异常剖面图

Fig. 3 Profile sketch showing the geological, geochemical anomaly of Line 0 in the Tangjiaping molybdenum deposit

PtDog—大别片麻杂岩 K<sub>1</sub>XnYπ—汤家坪单元花岗斑岩 1—钼工业矿体及编号 2—钼低品位矿体及编号 3—钼氧化矿体及编号 4—钻孔位置及编号 5—地质界线



4.2 元素分带序列及元素对比值的指示意义

4.2.1 水平分带序列

根据地表各元素原生晕异常出露晕宽的大小,来确定原生晕异常的水平分带序列。该序列自中心向外依此为:Sn-Bi-W(中心带)→Ag-Cu-Zn(过渡带)→Pb-Mo(边缘带)。

根据此水平分带序列特征,分别计算 $(Pb+Mo)/(Sn+W)$ 、 $(Pb+Mo+Ag)/(Sn+Bi+W)$ 、 $Pb/Sn$ 及 $(Pb \times Mo)/(Sn \times Bi)$ 等元素累加比值及累乘比值,其中 $(Pb+Mo)/(Sn+W) \geq 9.0$ 、 $(Pb+Mo+Ag)/(Sn+Bi+W) \geq 9.0$ 作为判别矿异常的评价标志(表5)。

表5 汤家坪钼矿找矿评价标志一览表

Table 5 List of prospecting and evaluation indicators for the Tangjiaping molybdenum deposit

| 项目     |         | 找矿评价标志  |
|--------|---------|---|
| 地质     | 地层      | 元古代大别山片麻杂岩  |
|        | 构造      | NE向与NW向断裂交汇处  |
|        | 岩浆岩     | 早白垩世花岗斑岩  |
|        | 围岩蚀变    | 钾化、硅化、云英岩化、高岭土化   |
|        | 伴生矿化    | 黄铁矿化、辉钼矿化   |
|        | 矿化与蚀变分带 | 自矿化中心向外:钼(钨)→(钾化、硅化和云英岩化带)→铜(钼)→(硅化、云英岩化带)→铜(铅)→锌(银)→(泥化带、青盘岩化带)  |
| 地球化学标志 | 元素组合    | 主要为Mo、W,次要为Sn、Cu、Pb、Zn、Bi、Ag  |
|        | 水平分带序列  | Sn-Bi-W(中心带)→Ag-Cu-Zn(过渡带)→Pb-Mo(边缘带)   |
|        | 元素累加比值  | $[\omega(Pb)+\omega(Mo)]/[\omega(W)+\omega(Sn)] \geq 9.0$ ,为矿异常<br>$[\omega(Pb)+\omega(Mo)+\omega(Ag)]/[\omega(Sn)+\omega(Bi)+\omega(W)] \geq 9.0$ ,为矿异常  |
|        | 垂直分带序列  | Bi-W-Sn(矿体尾部)→Mo-Pb-Ag-Zn-Cu(矿体前缘)  |
|        | 元素累加比值  | 矿体前缘:<br>$[\omega(Pb)+\omega(Mo)+\omega(Ag)]/[\omega(Bi)+\omega(Sn)+\omega(W)] \geq 60$<br>$[\omega(Pb)+\omega(Mo)]/[\omega(W)+\omega(Sn)] \geq 50$<br>矿体:<br>$[\omega(Pb)+\omega(Mo)+\omega(Ag)]/[\omega(Bi)+\omega(Sn)+\omega(W)] \geq 20$<br>$[\omega(Pb)+\omega(Mo)]/[\omega(Sn)+\omega(W)] \geq 20$<br>矿体尾部:<br>$[\omega(Pb)+\omega(Mo)+\omega(Ag)]/[\omega(Bi)+\omega(Sn)+\omega(W)] \leq 5$<br>$[\omega(Pb)+\omega(Mo)]/[\omega(Sn)+\omega(W)] \leq 3.5$ |

4.2.2 轴向分带序列

元素垂直分带序列(指轴向分带序列)采用C·B格里戈良分带指数方法计算,并参考图4而最终确定,该序列自上而下依次为:

Mo-Pb-Ag-Zn-Cu(矿体前缘)-Bi-W-Sn(矿体尾部)。

根据此轴向分带序列特征,分别计算0线剖面不同中段的 $(Pb+Mo+Ag)/(Sn+Bi+W)$ 、 $(Mo+Pb)/(W+Sn)$ 、 $Mo/Sn$ 及 $(Mo \times Pb \times Ag)/(Bi \times Sn \times W)$ 等元素累加比值及累乘比值,其中 $(Pb+Mo+Ag)/(Sn+Bi+W)$ 、 $(Mo+Pb)/(W+Sn)$ 元素累加比值可作为判别剥蚀程度的评价标志(表5)。

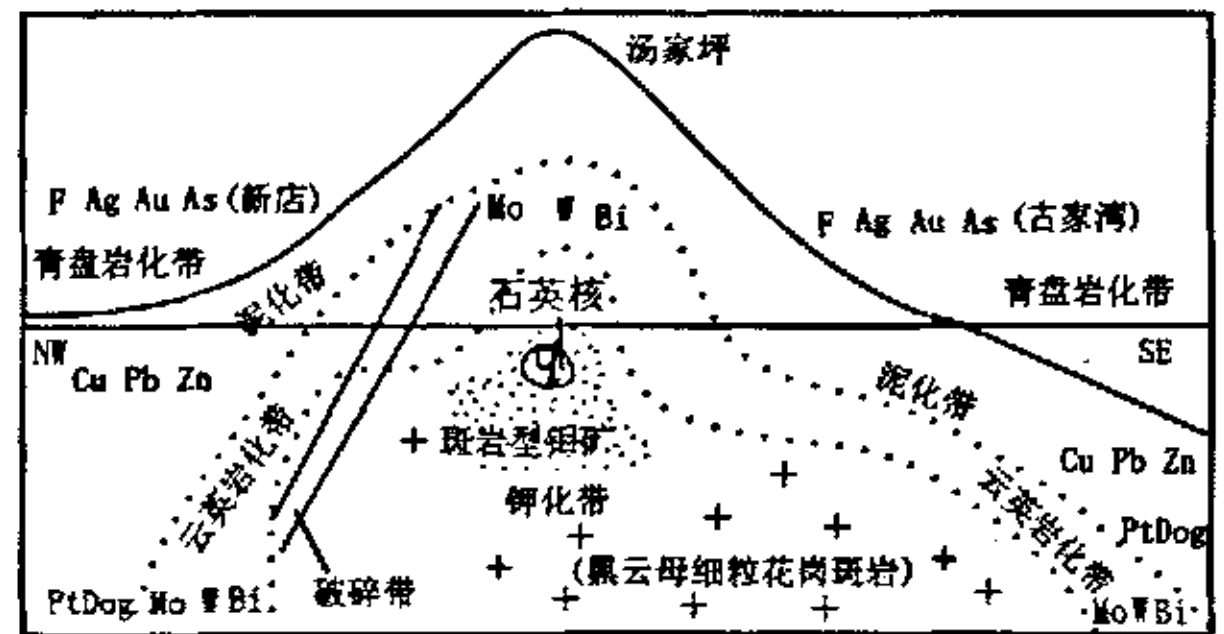


图4 汤家坪钼矿蚀变分带及元素水平分带与垂直分带模式图

Fig. 4 Model map of the horizontal and vertical zonings of alteration and elements in the Tangjiaping molybdenum deposit

4.2.3 汤家坪钼矿元素水平分带、垂直分带及矿化、蚀变分带模式

金属矿化的分布与成矿元素的原生晕异常的分布密切共生,特别是金属矿化的分带与成矿元素的地球化学分带的关系十分密切<sup>[5~6]</sup>。从矿化中心向外,成矿元素分带规律是:Mo(W,F)→Cu(Mo)→Cu→Pb→Zn(Ag)。中心是钼矿化,向外逐渐变为铜(钼)和铜(钼)矿化,最外侧是铅、锌、银矿化(图4)。

矿化同围岩蚀变关系极为明显。在钼矿化地段,钾化、硅化、云英岩化和萤石化很发育;而在铜多金属矿化地段,钾化不发育,围岩蚀变主要为石英绢云母化、泥化和青盘岩化。

5 找矿标志

综合汤家坪钼矿地质、地球化学特征,总结了矿

床找矿信息标志(表5),表5所列斑岩型钼矿床找矿评价标志丰富了斑岩型钼矿床的研究内容与应用领域,同时为在大别山地区开展大比例尺成矿预测,寻找以钼为主的多金属矿床,无疑将起到一定的促进和推动作用<sup>[7]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 王福同,冯系,胡建卫. 新疆土屋大型斑岩铜矿床特征及发现意义[J]. 中国地质,2001,28(1):36-39.
- [2] 芮宗瑞,王龙生,王义天,等. 东天山土屋—延东斑岩铜矿床时代讨论[J]. 矿床地质,2002,21(1):16-21.
- [3] 刘德权,陈毓川,王登红,等. 土屋—延东铜钼矿田与成矿有关问题的讨论[J]. 矿床地质,2003,22(4):334-344.
- [4] 庞道泽. 新疆东天山土屋、延东铜矿地球化学特征与异常查证方法[J]. 地质与勘探,2003,39(5):67-71.
- [5] 孟祥金,侯增谦,高永丰,等. 碰撞造山型斑岩铜矿蚀变分带模式[J]. 地质前缘,2004,11(1):201-214.
- [6] 吴承烈. 斑岩铜钼矿地球化学异常特征与评价的初步意见[J]. 物探与化探,1978,2(3):1-5.
- [7] 吴承烈. 建立矿产地球化学模型—模式系统[J]. 物探与化探,1993,17(3):161-165.

## Characteristics of geochemical anomaly of the Tangjiaping molybdenum deposit and its prospecting indicators in Shangcheng, Henan

MA Hong-wei

(1. Geological Survey of Henan Province, Zhengzhou 450007; 2. No. 3 Geological Survey Party, Geological and Mineral Exploration and Development Bureau of Henan Province, Xinyang, Henan 464000, China)

**Abstract:** The Tangjiaping molybdenum deposit in Shangcheng County is a large-scale molybdenum deposit explored in Dabieshan region in recent years. The study on the characteristics of geochemical anomaly has proved that the content variation of metallogenic elements is closely related to the space position of granite porphyry bodies, rock types and alterative features; in 3D space, the distribution of geochemical anomaly is controlled strictly by the porphyry bodies; the concentration zoning of the molybdenum anomaly are very distinct with the inner zone indicating the location of the molybdenum industrial orebodies, the middle zone reflecting the marginal orebodies and the range of strong mineralization, as well as the external zone showing the boundary of slight mineralization and the mineralized alteration. Based on the analysis and research of the metallogenic background, geochemical parameter of indicating elements and the characteristics of geochemical anomaly, the paper has established geological and geochemical prospecting indicators.

**Key Words:** porphyry molybdenum deposit, prospecting indicators, characteristics of geochemical anomaly, zoning sequence, Tangjiaping, Shangcheng