

doi: 10.12029/gc20180610

严海麒, 曲锦, 傅晓强, 董卫东. 2018. 河南汝阳竹园沟钼矿床的发现及其成因讨论[J]. 中国地质, 45(6): 1205–1213.

Yan Haiqi, Qu Jin, Fu Xiaoqiang, Dong Weidong. 2018. The discovery and genetic discussion of Zhuyuangou molybdenum deposit in Ruyang County, Henan Province[J]. *Geology in China*, 45(6): 1205–1213(in Chinese with English abstract).

## 河南汝阳竹园沟钼矿床的发现及其成因讨论

严海麒<sup>1,2</sup> 曲锦<sup>1,2</sup> 傅晓强<sup>1,2</sup> 董卫东<sup>1,2</sup>

(1.河南省地质调查院,河南 郑州 450001;2.河南省金属矿产成矿地质过程与资源利用重点实验室,河南 郑州 450001)

**摘要:**河南汝阳竹园沟钼矿床是在东秦岭—大别山钼成矿带新发现的钼矿床,估算钼金属量 9.59 万 t,平均品位 0.10%,储量为中型。该钼矿是在燕山晚期侵入花岗岩体内找钼取得的新进展。竹园沟花岗岩为太山庙花岗岩体的一部分,具陆内造山作用后期拉张环境下 A 型花岗岩特征。矿体赋存于燕山晚期第三次侵入的正长花岗斑岩与第一次侵入的中粗粒正长花岗岩的内接触带,矿体呈似层状、透镜状产出,矿床类型为斑岩型钼矿床。在全面分析该区成矿地质条件、化探异常特征的基础上,以寻找斑岩型矿开展勘查工作,逐步认识、实践,最终取得了找矿突破。通过对矿床地质特征研究,总结了以下找矿关键部位:(1)燕山晚期花岗岩区内 1:5 万 Mo 地球化学异常地段;(2)不同比例尺 Mo 元素地球化学异常重叠部位;(3)与区域 NE 向断裂方向一致,彼此大致平行的小型断裂构造带、裂隙发育带或密集带;(4)燕山晚期太山庙 A 型花岗岩内不同期次花岗岩侵入体内接触带附近;(5)从成因上看属于斑岩型钼矿床。竹园沟钼矿床的发现,为在东秦岭—大别山钼成矿带找矿提供了新的思路。

**关键词:**钼矿床;地质特征;发现过程;成因讨论;汝阳竹园沟

中图分类号:P632;P618.65 文献标志码:A 文章编号:1000-3657(2018)06-1205-10

## The discovery and genetic discussion of Zhuyuangou molybdenum deposit in Ruyang County, Henan Province

YAN Haiqi<sup>1,2</sup>, QU Jin<sup>1,2</sup>, FU Xiaoqiang<sup>1,2</sup>, DONG Weidong<sup>1,2</sup>

(1. Henan Institute of Geological Survey, Zhengzhou 450001, Henan, China; 2. Key Laboratory of Ore Forming Processes and Resources Utilization of Metal Minerals in Henan Province, Zhengzhou 450001, Henan, China)

**Abstract:** The Zhuyuangou molybdenum deposit was newly found in the East Qinling–Dabie Mountain metallogenic belt. It is estimated that the amount of molybdenum metal is 95.9 thousand ton, with the average grade being 0.10%, reaching medium–sized reserves. The discovery of this deposit is a new progress in the prospecting for molybdenum deposits in the inner part of the late Yanshanian granite mass. The Zhuyuangou granite mass is a part of the Taishanmiao granite batholite, and possesses the features of A–type granite characterized by later intracratonic orogenesis in an extensional environment. The orebody occurs in the inner contact zone of the third intrusive syenogranite–porphyry and the first intrusive medium–coarse syenogranite of late Yanshanian period. It exhibits stratoid or lenticular form, suggesting a porphyry molybdenum deposit. Through a comprehensive analysis of the

收稿日期:2016–08–10;改回日期:2018–06–01

基金项目:中国地质调查局“中条—熊耳山成矿区地质矿产调查”项目(DD20160043)资助。

作者简介:严海麒,男,1969年生,高级工程师,从事地质调查及找矿工作;E-mail:haiqi2yan@163.com。

metallogenic geological conditions and geochemical anomaly characteristics, the authors carried out prospecting work step by step and, through repeated understanding and practice, finally made the breakthrough. Based on geological characteristics of the molybdenum deposit, the authors summed up the following key prospecting positions: (1) area of molybdenum 1: 50000 geochemical anomaly in late Yanshanian granite mass; (2) superposition of different scales of Mo geochemical anomalies; (3) basically parallel small faulted structural zones and fissure-developed or crowded zones which are consistent with regional NE-trending fault; (4) around the inner contact zones of the different intrusive bodies of late Yanshanian Taishanmiao A-type granite; (5) Genetically, it belongs to porphyry molybdenum deposit. The discovery of this deposit provides new training of thought for the prospecting work in the East Qinling-Dabie Mountain metallogenic belt.

**Key works:** molybdenum deposit; geological characteristics; discovery process; genetics discussion; Ruyang Zhuyuangou

**About the first author:** YAN Haiqi, male, born in 1969, senior engineer, mainly engages in geological survey and exploration of mineral resources; E-mail: haiqi2yan@163.com.

**Fund Support:** Supported by China Geological Survey for geological survey of Zhongtiao-Xiong'er Mountain metallogenic area (No. DD20160043).

## 1 引 言

河南省已发现中型以上规模的20多个钼矿床均产于东秦岭—大别山钼成矿带,该带呈NWW-SEE向展开,宽80~100 km,成矿带内深大断裂发育、岩浆岩广布,地层均为前寒武纪地层,是典型的大陆边缘地槽活动带,形成规模宏大的构造岩浆岩带(杨根生等,2007)。该带控制着河南省金、钼及铅锌等矿床的分布。河南省第二地质勘查院发现的汝阳东沟钼矿床、栾川东鱼库(钨)钼矿床均在该成矿带,它们具有相同的成矿地质背景。随后在该成矿带内竹园沟钼矿<sup>①</sup>是在燕山晚期侵入花岗岩体内部找矿取得的新进展。本文综合区域地质调查及矿床勘查资料<sup>②③④</sup>,通过对成矿地质条件研究及矿床发现过程的回顾,为在该地区寻找同类型矿床提供了可借鉴的范例以及新思路,具有重要的实际意义。

## 2 地质背景

该区位于华北陆块南缘,熊耳山—外方山古大陆基底隆起带东端。区域出露为中元古界长城系熊耳群中基性、中酸性喷发火山岩。褶皱构造有拔菜坪宽缓背斜。断裂构造发育,近EW向、NW向及NE向3组断裂十分发育,且控制着本区铅锌、钼及铜多金属矿化(李伟等,2008)。区域侵入岩有中元古代晚期石英二(闪)长岩、早白垩世正长花岗(斑)岩(叶会寿等,2008)等,对该区多金属矿形成起着主导作用,且控制着矿床(点)的分布,在时间和空间上与其密切相关,前者与本区铅锌矿关系密切,中元古代侵入岩提供了

大量的成矿物质和热源,在局部形成铅锌矿化带。在早白垩世花岗岩提供的成矿物质和热场范围内,叠加于中元古代晚期形成的铅锌矿化带上,在有利部位形成铅锌矿床(马红义等,2006)。后者形成太山庙复式花岗岩体及东沟下铺花岗斑岩体,与钼矿关系密切。太山庙岩体依据侵入接触关系可分三期:第一期中粗粒正长花岗岩、第二期细中粒正长花岗岩、第三期正长花岗斑岩,均为脉动侵入接触。在竹园沟钼矿床外围,太山庙花岗岩体接触带附近还分布着一系列钼矿点等(图1)。

## 3 矿床发现与勘查史

勘查区属于秦岭山脉外方山区,最高海拔1485.90 m,相对高差300~600 m,基岩区约占70%。第四系盖层占20%~30%,山坡上厚0.2~0.8 m,沟谷内厚0.3~5.8 m。

(1)1986年,河南省地勘二院(原地调二队)完成了《1:5万付店幅、背孜街幅区域地质调查报告》,进行了矿产调查评价,认为辉钼矿化是由于花岗岩岩体内后期热液活动,沿裂隙充填形成,不具找矿意义。

(2)1988年,河南省地勘二院(原地调二队)对豫付—Hs—10—乙<sub>3</sub>异常进行查证,认为竹园沟钼矿点有进一步工作的价值,但规模不大,也没有引起重视。

(3)2004年河南省地勘二院受“洛阳世业物资有限公司”委托对竹园沟开展普一详查,于2006年2月提交了《河南省汝阳县竹园沟矿区钼矿详查报告》,估算钼金属量0.72万t、Mo平均品位0.10%。认为矿体是受NE向断裂控制的小型钼矿床。

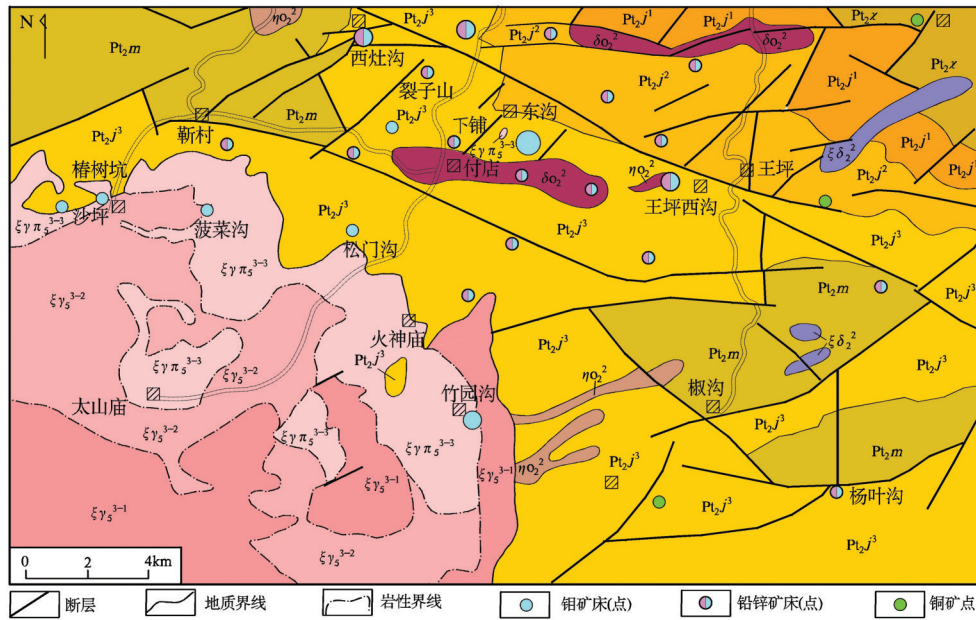


图1 河南汝阳竹园沟钼矿区域地质矿产图(据吕献廷等, 1988<sup>⑥</sup>;王世炎等, 2002<sup>⑥</sup>修改)

Pt<sub>2m</sub>—马家河组;Pt<sub>2j<sup>3</sup></sub>—鸡蛋坪组三段;Pt<sub>2j<sup>2</sup></sub>—鸡蛋坪组二段;Pt<sub>2j<sup>1</sup></sub>—鸡蛋坪组一段;Pt<sub>2x</sub>—许山组;ξγ<sub>s<sup>3-1</sup></sub>—燕山晚期第一次侵入中粗粒正长花岗岩;ξγ<sub>s<sup>3-2</sup></sub>—燕山晚期第二次侵入细中粒正长花岗岩;ξγπ<sub>s<sup>3-3</sup></sub>—燕山晚期第三次侵入正长花岗斑岩;δo<sub>2</sub><sup>2</sup>—石英闪长岩;ηo<sub>2</sub><sup>2</sup>—石英二长岩;ξδ<sub>2</sub><sup>2</sup>—正长闪长岩

Fig.1 Regional geological and mineral resources map of the Zhuyuangou molybdenum deposit in Ruyang, Henan Province (modified after LV et al., 1986 and Wang et al., 2002)

Pt<sub>2m</sub>—Majiahe Formation;Pt<sub>2j<sup>3</sup></sub>—Third Member of the Jidanping Formation;Pt<sub>2j<sup>2</sup></sub>—Second Member of the Jidanping Formation;Pt<sub>2j<sup>1</sup></sub>—First Member of the Jidanping Formation;Pt<sub>2x</sub>—Xushan Formation;ξγ<sub>s<sup>3-1</sup></sub>—Late Yanshanian first medium grained syenogranite;ξγ<sub>s<sup>3-2</sup></sub>—Late Yanshanian second fine to medium grained syenogranite;ξγπ<sub>s<sup>3-3</sup></sub>—Late Yanshanian third syenogranite-porphry;δo<sub>2</sub><sup>2</sup>—Quartz-diorite;ηo<sub>2</sub><sup>2</sup>—Quartz-monzonite;ξδ<sub>2</sub><sup>2</sup>—Syenite-diorite

(4)2008年河南省地勘二院对竹园沟进行钻探验证,在河床上开孔3.20 m即见辉钼矿,矿层厚度达85 m,之下还见到多层辉钼矿化体。2011年最终提交了《河南省汝阳县竹园沟矿区钼矿勘探报告》,估算钼金属量9.59万t、钼矿床平均品位0.10%。达中型斑岩型钼矿床。

竹园沟钼矿床勘查表明:在不同期次花岗岩侵入体接触带附近找到斑岩型钼矿,对传统斑岩型钼矿形成机理认识是一个新突破。矿床的发现是一个认识—实践—再认识—再实践的反复过程。

竹园沟钼矿的发现拓宽了中生代钼成矿的时代,也增加了东秦岭地区成矿规律的新认识,具有重要地质意义。

## 4 区域侵入体和地球化学特征

### 4.1 太山庙侵入体特征

太山庙复式花岗岩体分布于汝阳县付店乡太山庙一带,呈岩基产出,面积约190 km<sup>2</sup>,由3期侵入

的花岗岩组成。第一期中粗粒正长花岗岩(ξγ<sub>s<sup>3-1</sup></sub>),呈半环状分布于岩体的西南部、南部及东部边缘,与中元古界熊耳群火山岩及白垩纪合峪花岗岩体(西侧1:5万木植街幅)呈侵入接触,因此太山庙岩体形成时间晚于127 Ma的合峪岩体。第二期细中粒正长花岗岩(ξγ<sub>s<sup>3-2</sup></sub>)分布于岩体的中部,与第一期中粗粒正长花岗岩呈脉动侵入接触。第三期正长花岗斑岩(ξγπ<sub>s<sup>3-3</sup></sub>)分布于岩体东北侧边部及中间少部分地段,呈半环带状、岩舌、岩枝与第一、二期花岗岩呈脉动侵入接触。侵入界限清晰,形状不规则。这三期花岗岩矿物组成上基本相似,由钾长石、斜长石、石英及少量黑云母组成,副矿物由锆石、磷灰石、磁铁矿、钛铁矿、萤石等,但结构上差异明显,一、二、三期分别为中粗粒花岗结构、细中粒花岗结构、斑状结构<sup>⑥</sup>。

在太山庙花岗岩内不同期次侵入体接触带内或其附近辉钼矿化发育,竹园沟钼矿床和椿树坑钼矿点等均产于岩体内的边缘相,为早白垩世第三期

侵入体( $\xi\gamma\pi_3^{3-3}$ )与第一期侵入体( $\xi\gamma_3^{3-1}$ )、第二期侵入体( $\xi\gamma_3^{3-2}$ )的接触带,即正长花岗斑岩与中粗粒正长花岗岩、细中正长花岗岩接触附近部位形成的斑岩型钼矿床(点),研究表明第三期侵入较第一、二期Mo元素更加富集。

#### 4.2 区域地球化学特征

1:5万水系沉积物异常表明围绕太山庙花岗岩体内接触带边缘形成Mo、Pb、(Au)综合异常,而外接触带则形成Pb、Zn、Au、Ag、As、Mo及Pb、Zn、Mo综合异常(图2)。关帝庙(豫付-Hs-10-乙<sub>3</sub>)Mo、Pb异常,由Mo-4号、Pb-7号两个单元异常组成。分布于太山庙花岗岩东部边缘内接触带附近,Mo异常形态呈哑铃形,面积5.0 km<sup>2</sup>,平均含量 $10.40\times 10^{-6}$ ,最高 $17.3\times 10^{-6}$ 。在Mo异常的东南端与Pb异常重合,两元素异常强度高且套合好。基本上与钼矿化吻合,反映了高中温热液矿化特征。异常内NE向断裂发育,岩石破碎,具硅化、钾长石化等蚀变,见黄铁矿、辉钼矿及萤石矿化点。竹园沟钼矿床位于该异常范围内部。

### 5 矿区地质地球化学特征

#### 5.1 矿区地球化学特征

1:1万土壤地球化学测量在宋家庄圈出Mo、

Ag、Zn、Cu异常(图3),面积0.45 km<sup>2</sup>,形态似椭圆状,长轴方向呈NE向展布。主要元素Mo一般含量 $11\times 10^{-6}$ ,最高 $56\times 10^{-6}$ ;Ag含量一般 $1.2\times 10^{-6}$ ,最高 $3.18\times 10^{-6}$ ;伴生元素Zn最高 $1071\times 10^{-6}$ ,Cu最高 $56\times 10^{-6}$ ,Pb最高 $350\times 10^{-6}$ 。Mo、Ag两元素重叠性好,Mo元素浓集中心明显,分带清楚。土壤化探异常表明该钼异常为矿致异常。

不同比例尺的化探Mo异常重叠部位都是本区找钼的理想地段。

#### 5.2 矿区构造特征

矿区断裂构造不发育,但裂隙发育。竹园沟矿床位于与区域主断裂方向一致,彼此大致平行NE向构造裂隙(或密集)带南侧附近。地表主要发育有8条大致平行NE向裂隙,长20~120 m,宽0.1~0.8 m,倾向305°~343°,倾角60°~85°。裂隙带内及两侧岩性为碎裂花岗岩及硅化碎裂岩。碎块多呈棱角状、次棱角状、偶见椭圆状,岩性主要为正长花岗斑岩,少量中粗粒正长花岗岩。局部有后期石英细脉、钾长石细脉、辉钼矿石英细脉、辉钼矿钾长石细脉等充填,脉宽0.1~2.0 cm。靠近裂隙处,辉钼矿化较强,硅化、钾长石化强烈,沿节理、裂隙穿插充填,亦为钼矿形成提供了有利空间。岩石节理、裂隙发育的部位,亦是富矿体赋存部位。正长花斑岩中

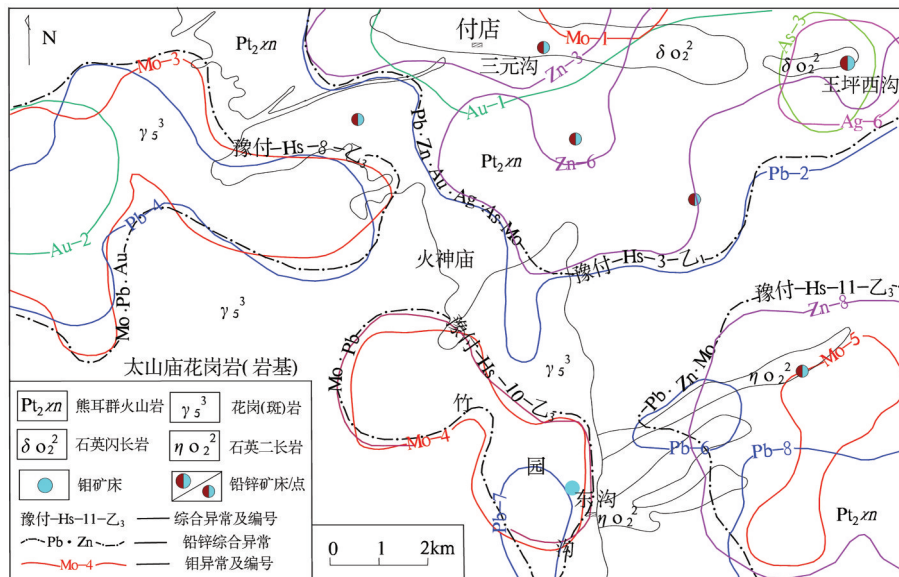


图2 竹园沟钼矿区域地球化学异常图(据吕献廷等,1988<sup>①</sup>)

$Pt_2zn$ -熊耳群;  $\eta o_2^2$ -石英二长岩;  $\delta o_2^2$ -石英闪长岩;  $\gamma_3^3$ -花岗岩

Fig. 2 Regional geochemical anomalies map of Zhuyuangou molybdenum deposit(after LV et al., 1988)

$Pt_2zn$ -Xiong'er Group;  $\eta o_2^2$ -Quartz-monzonite;  $\delta o_2^2$ -Quartz-diorite;  $\gamma_3^3$ -Granite

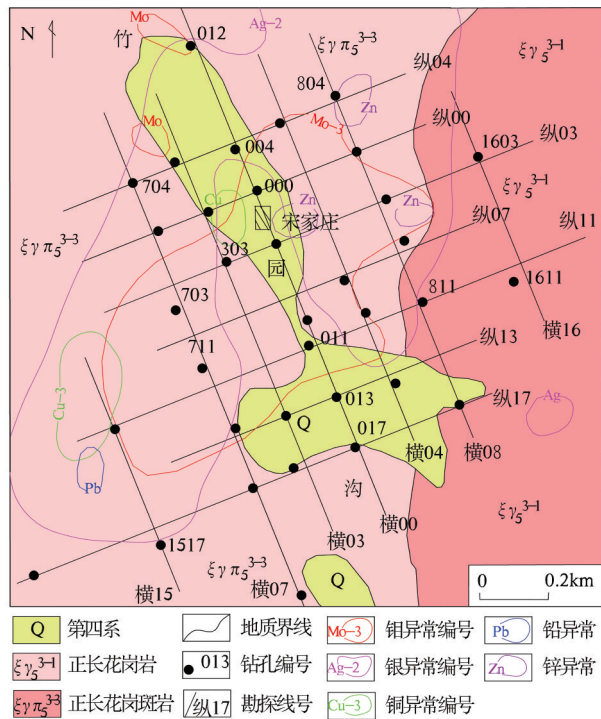


图3 竹园沟钼矿区地质-化探简图(据马红义等, 2011)  
Fig. 3 Geological and geochemical sketch map of Zhuyuangou molybdenum orefield (after Ma et al., 2011)

裂隙最发育,且是辉钼矿化富集部位,据统计一般5~15条/m,多达35条/m;然而中粗粒正长花岗岩中一般3~8条/m。竹园沟一带,不同期次侵入体界面与裂隙带走向相吻合,伴随着热液活动产生多期次构造。因此,多期次构造活动所形成的次级裂隙为储矿构造。

也有学者认为是“构造蚀变带型”竹园沟式钼矿床,由于钼矿化产在大花岗岩基的后期构造带中,其矿化强度受构造带内岩石破碎程度的制约(卢欣祥等,2011)。本文认为细(网)脉矿化主要是受岩浆侵入裂隙系统控制,也受区域断裂构造控制。

### 5.3 矿区侵入岩特征

矿区侵入岩为第一次侵入中粗粒正长花岗岩( $\xi\gamma_5^{3-1}$ )、第三次侵入正长花岗斑岩( $\xi\gamma\pi_5^{3-2}$ )。二者呈侵入接触,接触界线极不规则,见到有烘烤边及后期岩枝侵入到前期岩体内。

#### 5.3.1 中粗粒正长花岗岩( $\xi\gamma_5^{3-1}$ )

分布于矿区东部。岩石灰白色、肉红色,中—粗粒花岗结构、晶洞结构,块状构造,矿物成分:钾长石45%~65%、斜长石10%~15%、石英25%~30%、

次要矿物为黑云母、绢云母,副矿物为锆石、磷灰石及磁铁矿。常具似斑状结构,基质具粗粒花岗结构,矿物粒径在3~5 mm,个别达7 mm,钾长石及石英呈它形,斜长石呈半自形颗粒。

#### 5.3.2 正长花岗斑岩( $\xi\gamma\pi_5^{3-3}$ )

分布于矿区中部、西部。岩石浅灰白色、浅肉红色,斑状结构、基质为细粒花岗结构,块状构造。矿物成分石英45%、钾长石31%、斜长石和绢云母8%、黑云母和褐铁矿2%、磁铁矿1%、磷灰石0.5%、尘状铁质0.5%、锆石、榍石微量。斑晶由钾长石和石英组成,占8%。钾长石斑晶,肉红色,他形一半自形板状, $d=4\sim 12$  mm,具卡斯巴双晶。石英斑晶,它形粒状, $d=1.2\sim 2.6$  mm,呈聚斑状零星分布。基质由钾长石、斜长石、石英、黑云母等组成。钾长石,肉红色,它形一半自形粒状, $d=0.25\sim 0.76$  mm;斜长石,半自形板状,零散分布;石英它形粒状, $d=0.1\sim 0.62$  mm,充填在斜长石、钾长石颗粒间;黑云母,呈鳞片状、片状零散分布。

由矿区6个钻孔中花岗(斑)岩岩石化学分析(表1)可知:一、三期花岗(斑)岩 $SiO_2$ 分别为76.00%、74.90%, $(K_2O + Na_2O)$ 分别为8.48%、8.31%, $K_2O/Na_2O$ 分别为1.42、1.40,与黎形花岗岩( $SiO_2$ 为71.99%、 $(K_2O + Na_2O)$ 为7.23%、 $K_2O/Na_2O$ 为1.11)相比,属高酸、富碱、高钾。里特曼指数 $\delta$ 分别为2.18、2.16,均小于4,属于钙碱性系列。氧化指数 $Fe_2O_3/(Fe_2O_3+FeO)$ 均为0.56,具浅成侵入特点。复式岩体属高钾钙碱系列岩石,总体上具高酸、富碱、高钾特点。当 $SiO_2 \geq 72\%$ , $K \gg Na$ , $K_2O + Na_2O > 8\%$ 时几乎生成单一的钼矿(罗铭玖等,1993),因此,岩石化学特征表明对成矿非常有利。与邻近东沟钼矿岩石化学分析基本一致,说明亦是成矿母岩。

由表2知:成矿花岗斑岩主要微量元素有Mo、Cu、Pb、Zn等,钻孔中11个样品Mo平均含量高于维氏值数十倍—数百倍,也高于东沟、雷门沟、上房等钼矿床。据矿区岩(矿)石光谱分析与化学分析结果对比,当Mo含量达 $400 \times 10^{-6}$ 时,相应达到钼矿石边界品位或以上。

### 5.4 矿床特征

#### 5.4.1 矿体特征

矿体赋存于泰山庙岩体第三期侵入(火神庙岩体)正长花岗斑岩( $\xi\gamma\pi_5^{3-3}$ )与第一期侵入中粗粒斑

表1 太山庙花岗岩岩石化学成分  
Table 1 Petrochemical compositions of Taishanmiao granite

岩石名称	样品数	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
太山庙中粗粒花岗岩*	3	76.37	0.17	12.34	0.82	0.56	0.02	0.18	0.51	2.95	4.90	0.21
太山庙中粗粒花岗岩 <sup>#</sup>	3	71.31	0.38	13.67	0.88	1.35	0.08	0.51	1.14	4.03	5.23	0.11
竹园沟中粗粒花岗岩 <sup>◆</sup>	3	76.00	0.18	12.30	1.79	1.40	0.03	0.26	0.82	3.50	4.98	0.03
平均		74.56	0.24	12.77	1.16	1.10	0.04	0.32	0.82	3.49	5.04	0.12
太山庙细中粒花岗岩*	3	75.14	0.22	12.89	1.11	0.47	0.015	0.26	0.52	3.14	5.33	0.037
太山庙细中粒花岗岩 <sup>#</sup>	3	72.84	0.19	14.37	0.77	0.82	0.06	0.28	1.06	3.94	5.41	0.04
平均		73.99	0.21	13.63	0.94	0.65	0.04	0.27	0.79	3.54	5.37	0.04
太山庙花岗斑岩*	3	73.23	0.26	13.75	1.20	0.87	0.039	0.65	0.62	3.80	4.43	0.07
太山庙花岗斑岩 <sup>#</sup>	3	76.50	0.13	12.32	0.51	0.74	0.05	0.19	0.47	3.73	4.87	0.02
竹园沟花岗斑岩 <sup>◆</sup>	5	74.90	0.20	12.93	2.00	1.54	0.043	0.33	0.95	3.46	4.85	0.04
东沟花岗斑岩 <sup>◆</sup>	8	75.84	0.12	11.80	1.78	1.05	0.003	0.12	0.57	3.44	4.65	0.025
平均		75.28	0.16	12.49	1.55	1.10	0.03	0.27	0.66	3.55	4.70	0.04
黎彤花岗岩		71.99	0.21	13.81	1.37	1.72	0.12	0.81	1.55	3.42	3.81	0.20

注:样品含量单位为%;\*据王世炎,2002;●据马红义2011;◆据吕伟庆2005;#据叶会寿,2008。

状正长花岗岩( $\xi\gamma_3^{-1}$ )内接触带附近(图4)。火神庙岩体呈港湾状侵入前期岩体内,边缘不规则。

矿体产于正长花岗斑岩中,呈似层状、透镜状,严格受正长花岗斑岩体形态的限制,矿体界面纵向上随正长花岗斑岩体顶面起伏而变化,横向上分布在内接触带0~100 m范围内。矿体倾角一般10°左右,局部稍陡。矿体长850 m,宽950 m,一般厚50~150 m,平均90.62 m,厚度变化系数为84%,属于较均匀型;平均Mo品位为0.10%,品位变化系数为37%,属于稳定型。矿体厚度与品位之间无关系,而与岩矿石中裂隙发育程度密切相关,NE向裂隙越发育,品位越稳定且矿体厚度也越大。

矿石类型单一,为细(网)状花岗斑岩型辉钼矿。正长花岗斑岩中矿体估算钼金属资源量占总量的99.5%。而中粗粒正长花岗岩中的矿体仅占总量的不到1%。由此说明斑岩型钼矿严格受含钼母

岩花岗斑岩的制约。

#### 5.4.2 矿石矿物组合及成矿阶段

矿石中金属矿物主要为辉钼矿,少量黄铁矿、磁铁矿、黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿等。脉石矿物主要为钾长石、斜长石、石英等组成,少量萤石、绢云母、黑云母、楣石、磷灰石、电气石等。

依据矿物共生组合、矿石中脉体的穿插先后顺序及含矿性分4个成矿阶段:①石英脉阶段,早期在花岗斑岩体接触带形成强硅化带;晚期形成黄铁矿-石英脉,偶见弱钼矿化;②辉钼矿-石英脉阶段:为次要成矿阶段,辉钼矿主要呈弯曲叶片状或鳞片状集合体沿裂隙充填,脉宽1~2 mm;次为星点状、浸染状分布于石英脉中,脉宽2~5 mm;由石英、黄铁矿、磁铁矿、辉钼矿等组成;③辉钼矿-钾长石-石英脉阶段,为主要成矿阶段,以脉体宽、辉钼矿片度大为特征。辉钼矿呈弯曲叶片状或鳞片状集合体

表2 岩石微量元素分析表  
Table 2 Trace element analyses of rocks in the mining area

岩性	样品数	Mo	Cu	Pb	Zn	Sn	Be	Ni	Co
竹园沟花岗斑岩 <sup>◆</sup>	11	545	29.1	28.2	<100	4.0	5.4	6	2
东沟花岗斑岩 <sup>◆</sup>	36	336	21.5	34.3	95.6	4.3	2.4	27	10.4
雷门沟花岗斑岩		57.9	72.9	69.3	74	-	-	-	-
金堆城花岗斑岩	2	130	36.8	102.4	70.5	-	-	-	-
上房沟花岗斑岩	44	328	3.7	4	29.4	44.6	1.5	-	-
维诺格拉多夫		1	20	20	60	3	5.5	8	5

注:样品含量单位为10<sup>-6</sup>;●据马红义,2011;◆据吕伟庆,2005;其余据罗铭玖,1991。

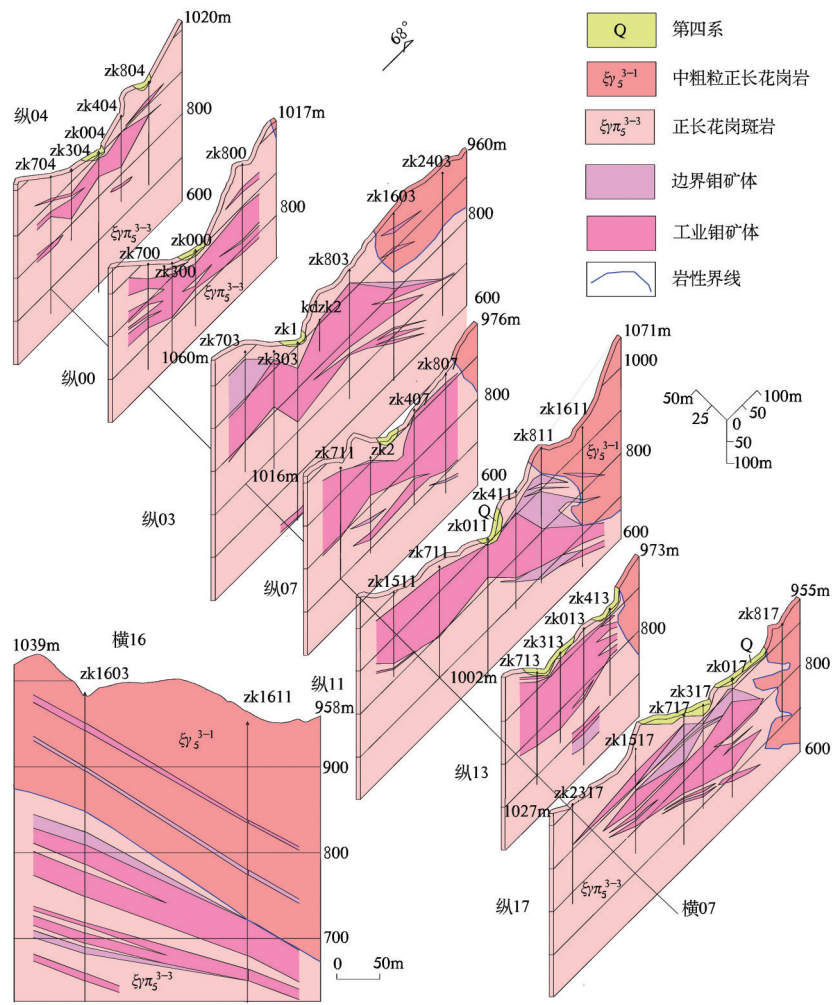


图4 竹园沟钼矿床勘探线剖面图(据马红义等,2011<sup>①</sup>整理)

Fig. 4 Geological section along the exploration line in the Zhuyuangou molybdenum deposit(modified after Ma et al., 2011)

沿脉的两壁分布,次为星散浸染状分布,由辉钼矿、磁铁矿、黄铁矿、钾长石、石英等组成;④萤石-钾长石-石英脉阶段:该阶段以萤石矿化为特点,弱钼矿化或无钼矿化。

#### 5.4.3 围岩蚀变及矿化特征

围岩蚀变有硅化、钾长石化、萤石化、绿泥石化、碳酸盐化等。硅化、钾长石化呈脉状沿赋矿岩石裂隙的两侧分布,辉钼矿呈单独的细脉和呈叶片状、鳞片状分布于石英脉、钾长石细脉中或脉体两侧,局部穿插钾长石细脉,表明辉钼矿与热液蚀变矿物是同期或晚于蚀变矿物形成。其中硅化、钾长石化与成矿关系最为密切。围岩蚀变及辉钼矿化在正长花岗斑岩中最为强烈。

根据岩体产状、侵入关系、岩体年龄、岩石化学分析结果等分析太山庙岩体为早白垩世同源异相

三次侵入的复式岩体。竹园沟斑岩型钼矿床发育在第三次侵入正长花岗斑岩内,正长花岗斑岩含Mo较高,矿液在通道、裂隙内且成矿。该矿床与中国辽宁大杨树沟钼矿相似,钼矿体全部赋存在燕山期花岗岩体内(朱建华,2007)。

#### 5.5 成因讨论

##### 5.5.1 岩体类型

太山庙复式花岗岩体由三期侵入的花岗岩构成,三期花岗岩的矿物组成基本相同,仅结构不同,斑岩中晶洞、晶腺构造更发育,规模大、矿物结晶粗。他们的化学成分上(前表1)具有高硅( $\text{SiO}_2$ 含量73.99%~75.28%)、偏碱( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 含量8.25%~8.91%)、低MgO(0.27%~0.32%)和CaO(0.66%~0.82%),而 $\text{FeO}^*/\text{MgO}$ 较高(5.89~9.81),铝饱和指数(A/CNK)为0.95~1.13,为准铝质—弱过铝质的特

点,过碱指数(AI)为0.85~0.87,属于A型花岗岩,与福建沿海(邱检生等,2000)铝质A型花岗岩特征一致。太山庙花岗(斑)岩为铝质A型花岗岩。

### 5.5.2 岩石化学特征

据王世炎等(2002)研究,太山庙A型花岗岩的稀土含量较高, $\Sigma$ REE为193.68~261.61 $\times 10^{-6}$ ,LREE/HREE为9.31~17.33, $\delta$ Eu为0.28~0.63,具较低分馏程度及明显Eu负异常,配分模式为轻稀土富集型,曲线为右倾不对称V型。与新疆祁漫塔格小红山(陈丹玲等,2001)的铝质A型花岗岩特征相似。微量元素Nb、Ta、Ce、Y、Ga富集,Sr、Ba亏损,Rb/Sr、Rb/Ba和Ga $\times 10^4$ /Al平均值分别为5.27、0.95、3.25,与Whalen等(1987)总结的I型和S型花岗岩的平均值(Rb/Sr、Rb/Ba、Ga $\times 10^4$ /Al值分别为0.61、1.81、0.28及0.45、2.10、2.28)差异明显,与A型花岗岩特征相同。为陆内造山作用后期拉张环境下岩浆活动特征,其标志着陆内造山作用的结束(刘振宏等,2004)。

### 5.5.3 成岩成矿时间

太山庙花岗岩体侵位时间SHRIMP锆石U-Pb年龄为(115 $\pm$ 2)Ma(叶会寿等,2008),东沟花岗斑岩LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄为114~117 Ma(戴宝章等,2009),东沟及竹园沟钼矿床的辉钼矿Re-Os同位素等时线年龄为(114 $\pm$ 3)Ma(黄凡等,2010),因此,竹园沟钼矿成岩与成矿年龄完全一致。

### 5.5.4 Sr、Nd、O同位素特征

区域上东秦岭含钼花岗(斑)岩体的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值为0.708~0.7139(罗铭玖等,1993),说明花岗岩来自深源地壳。在东秦岭成矿带上的龙王石童A型花岗岩体 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ =0.725(卢欣祥,1989),也证明了东秦岭地区A型花岗岩来源于地壳。

汝阳东沟花岗斑岩体Nd元素组成为0.51166~0.51182, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为-17.3~-14.3,认为东沟岩体的岩浆源区以古老地壳物质为主,但也有少量幔源组分参入。东沟花岗岩与太山庙花岗岩为同源演化的岩石系列(戴宝章等,2009),它们均为铝质A型花岗岩,且来源于地壳。

东秦岭含钼花岗岩氧同位素含量为 $\delta^{18}\text{O}$ =8.9‰~11.08‰,最高12.5‰,一般为10‰~11‰,属于高 $\delta^{18}\text{O}$ 值花岗岩类,是由壳源物质形成的花岗岩(罗铭玖等,1993)。另据卿敏等(2001)太山庙花岗岩体6个全岩样品的 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化在9‰~12‰,平均为11.7‰,具高

$\delta^{18}\text{O}$ 花岗岩特征,也说明源岩物质来自于地壳。

竹园沟钼矿赋存于太山庙岩体第三期与第一期侵入体内接触带附近,且与东沟钼矿床具有相同的成岩成矿特征,因此,竹园沟钼矿床的A型花岗岩同样来源于地壳。

## 6 结 论

(1)区域上东秦岭—大别钼成矿带仍具有很大找矿空间,在燕山晚期花岗岩体内不同期次侵入体内接触带附近发现了竹园沟钼矿床,为本区找钼提供了新的找矿思路。

(2)燕山期花岗岩区1:5万Mo元素化探异常内,Mo、Pb等元素异常套合好,且异常强度高,多为矿化或矿致化探异常分布地段。其内的1:1万Mo元素异常推断为钼矿(化)体分布范围。

(3)不同级别断裂构造多发育在花岗岩体侵入面附近,断裂或裂隙带走向与花岗岩体侵入体界面大致相吻合,伴随着花岗岩侵入产生多期次构造,多期次构造活动所形成的次级断裂、裂隙,裂隙带内及其两侧辉钼矿化、硅化、钾长石化等强烈部位,为寻找钼矿理想部位。

(4)燕山晚期铝质A型花岗岩为本区提供了物源,正长花岗斑岩为含矿母岩,是本区寻找钼矿的关键。

(5)从矿床成因上属于斑岩型成矿。

**致谢:**本文在成文过程中审稿专家提出了宝贵修改意见,在此致以诚挚的谢意!

### 注释

①马红义,吴邦友. 2011. 河南省汝阳县竹园沟矿区钼矿勘探报告[R]. 许昌:河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院。

②吕献廷,贾佑来. 1986. 付店幅、背孜街幅1:5万区域地质调查报告[R]. 许昌:河南省地质局第二地质调查队。

③王世炎,刘振宏. 2002. 内乡县幅1:25万区域地质调查报告[R]. 郑州:河南省地质调查院。

④吕伟庆,付治国. 2005. 河南省汝阳县东沟矿区钼矿勘探报告[R]. 许昌:河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院。

### References

- Chen Danling, Liu Liang, Cheng, Zichen, Luo Jinhai, Zhng Yunhai.  
2001. Determination and preliminary study of Indosinian aluminous A-type granites in the Qimamtag areas, southeastern Xinjiang[J].  
Geochemica, 30(6): 314(in Chinese with English abstract).



- Dai Baozhang, Jiang Shaoyong, Wang Xiaolei. 2009. Petrogenesis of the granitic porphyry related to the giant molybdenum deposit in Donggou, Henan Province, China: Constraints from petrogeochemistry, zircon U–Pb chronology and Sr–Nd–Hf isotopes[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 25(11):2889 (in Chinese with English abstract).
- Huang Fan, Luo Zhaohua, Lu Xinxiang, Chen Bihe, Yang Zongfeng. 2010. Geological characteristics, metallogenic epoch and geological significance of the Zhuyangou molybdenum deposit in Ruyang area, Henan, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 29(11):1708(in Chinese with English abstract).
- Li Wei, Yan Haiqi, Pan Zhiwei, Lu Yuhong. 2008. Prospecting model by using comprehensive information of lead–zinc deposits in Fudian area, Ruyang, Henan[J]. *Mineral Resources and Geology*, 22(3):206 (in Chinese with English abstract).
- Liu Zhenhong, Wang Zhiyan, Zhang Liang, Yang Changxiu, Wu Taian, Cui Xiaofeng. 2004. The Jurassic magmatism of intracratonic orogen in the Southern Margin of the North China Craton[J]. *Geological Survey and Research*, 27(1):37–38(in Chinese with English abstract).
- Lou Mingjiu, Ling Qianlong, Lu Xinxiang, Chen Tiehua. 1993. Geological characters of Mo–bearing granite in East Qinling area[J]. *Henan Geology*, 11(1):3–5(in Chinese with English abstract).
- Lou Mingjiu, Zhang Fumin, Dong Qunying, Xu Yongren, Li Shimei, Li Kunhua. 1991. Molybdenum Deposit in China[M]. Zhengzhou: Henan Press of Science and Technology, 329–351(in Chinese with English abstract).
- Lu Xinxiang. 1989. The geological characteristics of Longwangzhuang A–type granite and its significance[J]. *Acta Petrologica Sinica*, (1):75(in Chinese with English abstract).
- Lu Xinxiang, Luo Zhaohua, Huang Fan, Gu Demin, Li Mingli, Yang Zongfeng, Huang Danfeng, Liang Tao, Liu Chuanquan, Zhang Zhen, Gao Yuan. 2011. Mo deposit types and mineralization assemblage characteristics in Qinling–Dabie Mountain area[J]. *Geology in China*, 38(6):1520–1526(in Chinese with English abstract).
- Ma Hongyi, Huang Chaoyong, Ba Anmin, Li Hongli, Li faan. 2006. Metallogenic regularities and prospecting indications of Pb–Zn–Mo deposit in the south Ruyang area [J]. *Geology and Prospecting*, 42(5):18–21 (in Chinese with English abstract).
- Qiu Jiansheng, Wang Dezi, Satoshi Kanisawa, Brent I A McInnes. 2000. Geochemistry and petrogenesis of aluminous A–type granites in the coastal area of Fujian Province[J]. *Geochemica*, 29(4):314(in Chinese with English abstract).
- Qing Min, Han Xianju. 2001. The auriferous difference and its appraisal criteria for magnetite series granite in the Western Henan Province [J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 12(4):26(in Chinese with English abstract).
- Yang Gensheng, Huang Chaoyong, Wang Qiuyun, Ban Yihong, Shi Shuran, Fu Zhiguo. 2007. Distribution laws and prospecting characteristics of molybdenum deposit in Henan Province[J]. *Mineral Resources and Geology*, 21(4):421 (in Chinese with English abstract).
- Ye Huishou, Mao Jingwen, Xu Lingang, Gao Jianjing, Li Xiangqian, He Chunfen. 2008. SHRIMP zircon U–Pb dating and geochemistry of the Taisahnmiaio aluminous A–type granite in west Henan Province[J]. *Geological Review*, 54(5):709 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Jianhua. 2007. Role and significance of geochemical exploration in the discovery of the Dayangshougou molybdenum deposit, Liaoning[J]. *Geology in China*, 34(2):343 (in Chinese with English abstract).

### 附中文参考文献

- 陈丹玲, 刘良, 车自成, 罗金海, 张云翔. 2001. 祁漫塔格印支期铝质 A 型花岗岩的确定及初步研究[J]. *地球化学*, 30(6):541.
- 戴宝章, 蒋少涌, 王孝磊. 2009. 河南东沟钼矿花岗岩成因: 岩石地球化学、锆石 U–Pb 年代学及 Sr–Nd–Hf 同位素制约[J]. *岩石学报*, 25(11):2889.
- 黄凡, 罗照华, 卢欣祥, 陈必河, 杨宗峰. 2010. 河南汝阳地区竹园沟钼矿地质特征、成矿时代及地质意义[J]. *地质通报*, 29(11):1708.
- 李伟, 严海麒, 潘志伟, 鲁玉红. 2008. 河南汝阳付店一带铅锌矿床综合信息找矿模型[J]. *矿产与地质*, 22(3):206.
- 刘振宏, 王世炎, 张良, 杨长秀, 武太安, 崔霄峰. 2004. 华北陆块南缘燕山期陆内造山岩浆活动特征[J]. *地质调查与研究*, 27(1):37–38.
- 罗铭玖, 林潜龙, 卢欣祥, 陈铁华. 1993. 东秦岭含钼花岗岩的地质特征[J]. *河南地质*, 11(1):3–5.
- 罗铭玖, 张辅民, 董群英, 许永仁, 黎世美, 李昆华. 1991. 中国钼矿床[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 329–351.
- 卢欣祥. 1989. 龙王石童 A 型花岗岩地质矿化特征[J]. *岩石学报*, (1):75.
- 卢欣祥, 罗照华, 黄凡, 谷德敏, 李明立, 杨宗峰, 黄丹峰, 梁涛, 刘传权, 张震, 高源. 2011. 秦岭–大别山地区钼矿类型与矿化组合特征[J]. *中国地质*, 38(6):1520–1526.
- 马红义, 黄超勇, 巴安民, 黎红莉, 李发安. 2006. 汝阳县南部铅锌钼多金属矿床成矿规律及找矿标志[J]. *地质与勘探*, 42(5):18–21.
- 邱检生, 王德滋, 蟹泽聪史, Brent I A McInnes. 2000. 福建沿海铝质 A 型花岗岩的地球化学及岩石成因[J]. *地球化学*, 29(4):314.
- 卿敏, 韩先菊. 2001. 磁铁矿系列花岗岩含金差异性及其评价准则——以豫西地区为例[J]. *矿物岩石*, 12(4):26.
- 杨根生, 黄超勇, 王秋云, 班宜红, 师书然, 付治国. 2007. 河南省钼矿床的分布规律和找矿特征[J]. *矿产与地质*, 21(4):421.
- 叶会寿, 毛景文, 徐林刚, 高建京, 谢桂清, 李向前, 何春芬. 2008. 豫西太山庙铝质 A 型花岗岩 SHRIMP 锆 U–Pb 年龄及其地球化学特征[J]. *地质评论*, 54(5):709.
- 朱建华. 2007. 化探在辽宁大杨树沟钼矿发现中的作用与意义[J]. *中国地质*, 34(2):343.