

# 河南罗山县母山钼矿热液蚀变研究

雷霆<sup>1\*</sup>, 雷大景<sup>2</sup>, 曹毅<sup>1</sup>, 宋承滨<sup>1</sup>, 赵芯月<sup>1</sup>

<sup>1</sup>桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林

<sup>2</sup>河南省地质矿产勘查开发局第三地质矿产调查院, 河南 信阳

收稿日期: 2022年1月17日; 录用日期: 2022年2月14日; 发布日期: 2022年2月21日

## 摘要

母山钼矿是大别山北麓发现的第一个中型以上斑岩型钼矿床, 对其热液蚀变类型、分带性和阶段性进行研究, 为今后在该区勘查同类型矿床提供有益借鉴。本文是在对以往工作成果综合分析的基础上, 通过野外对母山斑岩体进行大比例尺构造蚀变岩相填图, 确定热液蚀变类型为硅化核、石英-钾长石化、石英-绢云母化、青磐岩化; 并对热液蚀变分带性和阶段性及与矿化关系进行了总结, 认为母山钼矿热液蚀变与成矿作用是多期和多阶段的, 成矿期的蚀变主要为石英-钾长石化、石英-绢云母化和青磐岩化早期, 而钼矿主要在石英-绢云母化期, 铜矿在青磐岩化期。

## 关键词

斑岩型钼矿, 热液蚀变, 母山

# The Study of Hydrothermal Alteration in Mushan Molybdenum Deposit of Luoshan County, Henan Province

Ting Lei<sup>1\*</sup>, Dajing Lei<sup>2</sup>, Yi Cao<sup>1</sup>, Chengbin Song<sup>1</sup>, Xinyue Zhao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin Guangxi

<sup>2</sup>No. 3 Institute Geological & Resources Survey of Henan Geological Bureau, Xinyang Henan

Received: Jan. 17<sup>th</sup>, 2022; accepted: Feb. 14<sup>th</sup>, 2022; published: Feb. 21<sup>st</sup>, 2022

## Abstract

Moshan molybdenum deposit is the first medium-sized porphyry molybdenum deposit discovered

\*第一作者。

文章引用: 雷霆, 雷大景, 曹毅, 宋承滨, 赵芯月. 河南罗山县母山钼矿热液蚀变研究[J]. 地球科学前沿, 2022, 12(2): 210-220. DOI: 10.12677/ag.2022.122021

in the north of Dabie Mountain. The types, zonation and stages of hydrothermal alteration are studied, which can be used for reference in the future exploration of similar deposits in this area. In this paper, based on the comprehensive analysis of previous work results, the author made a large scale of structural alteration lithofacies mapping of the Moshan porphyry mass in the field, and determined that the types of hydrothermal alteration were silicification core, quartz-potassium feldspathization, quartz-sericitization and propylitization. And zoning of hydrothermal alteration and periodic and relation with mineralization are summarized and this paper thinks that Moshan hill molybdenum hydrothermal alteration and mineralization are multiphase and multistage mineralization period of alteration is mainly quartz, potash feldspathization, quartz, sericitization and propylitization early, and molybdenum mainly in quartz, sericitization, copper in propylitization period.

## Keywords

Porphyry Mo Deposit, Hydrothermal Alteration, Mushan Hill

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

钼是重要的战略性矿产资源,我国钼矿储量比较丰富[1],河南省地质条件为钼矿的形成提供了优越条件,是我国主要产钼大省[2]。钼矿成矿条件较复杂,主要分为斑岩型[3] [4] [5] [6]、矽卡岩型[7] [8]、脉状型[9],其中斑岩型是最重要的矿床类型。河南省钼矿主要分布于东秦岭-大别山地区的卢氏、栾川、嵩县、汝阳、西峡、镇平、南召、罗山、新县和商城等县,该区域为华北地块南缘的黑沟-栾川-明港深断裂[8]。母山钼矿发现于罗山县境内,与斑岩型铜钼矿床密切相关,如汤家坪、肖畈、母山、千鹅冲等岩体[10] [11]。通过地质调查确定母山钼矿为中低品位中型斑岩型钼矿床,为大别山北麓发现的第一个中型以上斑岩型钼矿床。该矿热液蚀变发育,分带明显且与矿化关系密切,对其热液蚀变类型及与矿化关系进行总结,为今后在该区勘查斑岩型钼矿提供有益依据。

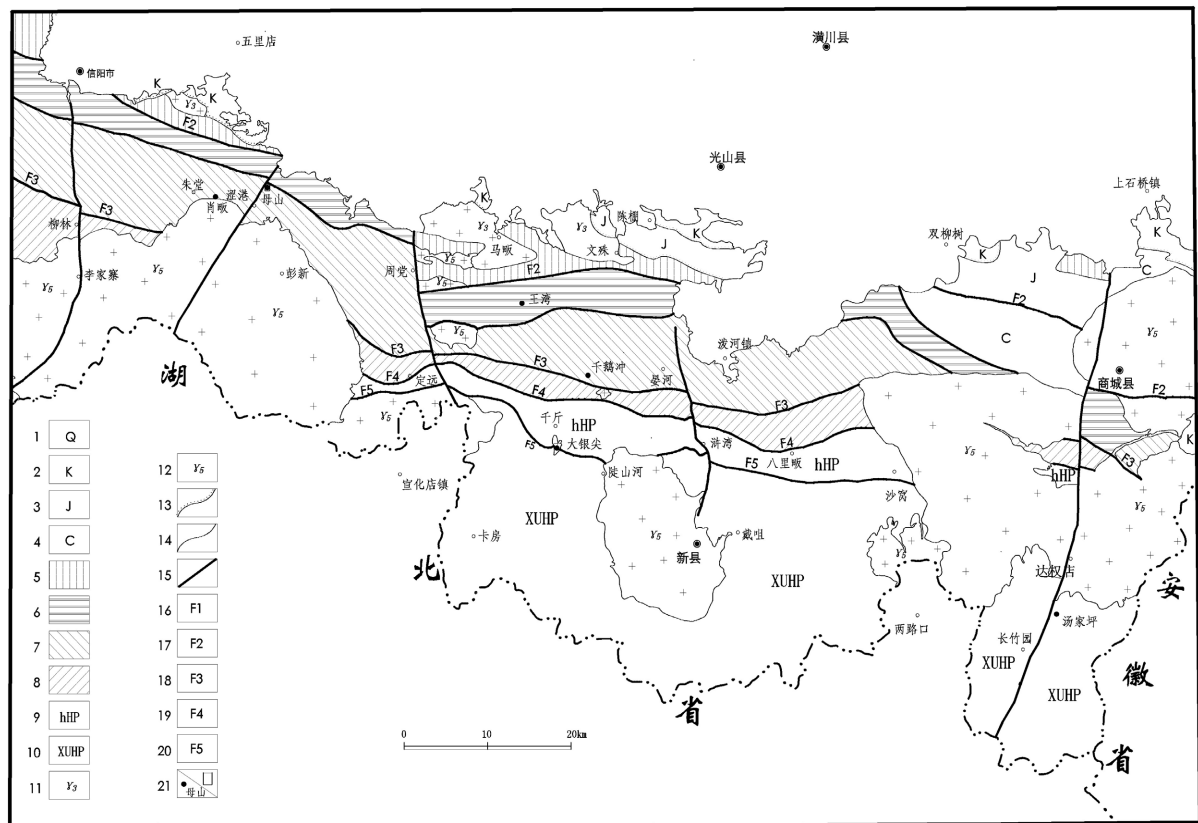
## 2. 地质概况

### 2.1. 区域地质背景

母山矿区位于大别山北麓,属秦岭造山带东延部分(图 1)。夹持于华北板块与扬子板块的东秦岭-大别造山带,具有多旋回-闭合演化史,产生过多次塑性推覆和滑脱构造运动,形成一系列不同期次、不同程度、不同序列相互平行的北西-近东西向断裂带。北西西向龟(山)-梅(山)断裂(F2)及桐(柏)-商(城)(F3)断裂纵贯全区,控制了岩浆岩带和地层的分布[12]。

区内以龟(山)-梅(山)断裂为界,北侧属北秦岭地层区,南侧属南秦岭地层区。南秦岭地层区包括新县超高压变质杂岩带、浒湾高压变质带、八里畈构造杂岩带以及古生界定远组、新元古界龟山岩组、泥盆系南湾组;北秦岭地层区包括寒武系二郎坪岩群以及中生界侏罗系、白垩系地层。

区内岩浆活动频繁,以中生代燕山期岩浆活动最为强烈,沿北西西向断裂带与南北向断裂交汇处侵入,形成一系列深源浅成型花岗斑岩体。含钼花岗斑岩体多沿区域性桐(柏)-商(城)断裂及其两侧分布,构成东秦岭-大别钼成矿带东段。



1——第四系；2——白垩系；3——侏罗系；4——石炭系；5——二郎坪岩群；6——龟山岩组；7——南湾组；8——八里畎构造杂岩带；9——泌湾高压变质带；10——新县超高压变质带；11——加里东期花岗岩；12——燕山期花岗岩；13——角度不整合界线；14——地质界线；15——断层；16——明港固始断裂；17——龟梅断裂；18——桐商断裂；19——八里畎断裂；20——白洼断裂；21——钼矿床位置

Figure 1. Outline of geological structure at the northern foot of Dabie Mountain

图 1. 大别山北麓地质构造略图

## 2.2. 含矿斑岩体特征

矿区西部有北东向涩港 - 梅花山断裂通过，被北西向石家冲断裂切截，交汇部位控制母山斑岩体。斑岩体平面上呈梨形，长轴北西向，南宽北窄，紧贴石家冲断裂分布，横截面呈上大下小的楔形，纵断面为根部向南倾伏的岩舌，面积约 2.0 km<sup>2</sup>，由花岗斑岩、似斑状花岗岩及石英斑岩组成复式岩体(图 2)。三种岩性自东向西由石英斑岩 - 花岗斑岩 - 似斑状花岗岩顺序分布。似斑状花岗岩为内部相，与花岗斑岩无明显界线，呈渐变过渡关系，同岩异相；石英斑岩与花岗斑岩相邻，地表大都直接接触，其接触处由于同化混染和热液蚀变的叠加，岩性相近，短距离内宏观难以截然分开，花岗斑岩向石英斑岩的过渡，岩性有如下的变化：基质由显微晶质至隐晶质，长石及黑云母斑晶的含量由多到少，石英双锥晶形由不明显至明显，颜色由深至浅。从岩性的差异形成的时间及其与矿体分布的关系，石英斑岩与花岗斑岩为不同时间不同期次的产物，石英斑岩生成较早，而后成的花岗斑岩为本钼矿的成矿母岩。

花岗斑岩出露面积 1.2~1.3 km<sup>2</sup>，呈灰白色，斑状结构，块状构造，斑晶占 40%，成分主要为自形板状更长石，粒度 3 × 2 毫米，石英双锥晶形及圆状，具熔蚀现象，少量黑云母。基质粒度 0.01 毫米，主要为石英及它形钾长石，钾长石不规则状交代基质。

似斑状花岗岩出露面积 0.1 km<sup>2</sup>，呈灰 - 肉红色，似斑状结构，块状构造，斑晶约占 60%，粒度 8 × 5

毫米, 主要有自形板状更长石、六方双锥状石英及鳞片状黑云母。基质粒度 0.04~0.06 毫米, 成分为石英、不规则状钾长石及团块状绢云母。

石英斑岩呈带状分布于母山洼 - 清水塘一线, 地表出露面积约 0.6 km<sup>2</sup>。呈白 - 浅灰白色, 斑状结构, 块状构造, 斑晶占 10~30%, 主要成分为双锥状、圆粒状、尖棱状石英, 次要成分为自形板状更长石。基质成分为石英、绢云母, 粒度小于 0.01 毫米。



1——第四系(Q); 2——泥盆系南湾组(Dn); 3——花岗斑岩( $\gamma\pi$ ); 4——似斑状花岗岩( $\zeta\pi$ ); 5——石英斑岩( $\lambda\pi$ ); 6——断裂; 7——硅化核; 8——石英 - 钾长石化; 9——石英 - 绢云母化; 10——蚀变分界线; 11——地质界线; 12——钻孔及编号; 13——剖面线及编号

**Figure 2.** Geological map of Mushan Molybdenum Deposit, Luoshan County, Henan Province [15]

**图 2.** 河南省罗山县母山钼矿地质图[15]

母山岩体的岩石化学分析结果[13]表明,其  $w(\text{SiO}_2)$  为 69.9%~74.45%,  $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$  多变化于 13.88%~15.17% 之间,个别高达 17.17%,  $w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$  一般变化于 7.51~9.86%,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  比值为 2.24~6.42,  $\text{A}/\text{CNK}$  集中在 1.04~1.61 之间,属过铝质。成矿花岗斑岩的特征[14]是:低 Sr ( $<400 \times 10^{-6}$ )、低 Yb ( $1.8 \times 10^{-6}$ )、轻重稀土元素分异强烈[(La/Yb)<sub>N</sub> = 32.13~68.69]、Eu 负异常中等 - 较弱( $\delta\text{Eu} = 0.66\sim 0.92$ ) 以及较高的( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )<sub>i</sub> 值(0.70962~0.71076)和较低的值  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  (-14.77~-13.36), 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素精细年代学测试结果显示,母山成矿花岗斑岩的侵位年龄为(142.0 ± 1.8) Ma。斑岩体围岩为泥盆系南湾组(Dn),岩性以中浅变质的黑云母变粒岩为主,次为浅粒岩及斜长角闪片岩。

### 2.3. 矿床地质特征

母山矿区为以 Mo 为主伴生 Cu 元素的斑岩型 Mo 矿床,钼铜矿化范围较大,除花岗斑岩普遍矿化外,远离岩体接触带 200~400 米仍可见矿化,其强度随远离岩体接触带逐渐减弱。现已查明本矿床由三个规模较大的主矿体及 18 个小矿体组成。I、II 号主矿体分别产于母山花岗斑岩体东接触带的内外两侧,III 号矿体产于岩体西北接触带偏外侧。矿体似层状,矿化均匀、连续性好,大致顺接触带的产状向岩体内部倾斜,倾角一般 50°~60°。

## 3. 热液蚀变类型

矿区热液蚀变较为发育,是以硅化核为中心的面型蚀变,热液蚀变类型较多,主要有硅化核、石英 - 钾长石化、石英 - 绢云母化、青磐岩化,除此之外,在个别地方也有石榴石、磁铁矿矽卡岩化、碳酸盐 - 萤石矿化等。

### 3.1. 硅化核

沿母山至胜利茶场一线的山顶分布,大致呈 NNW 向断续延伸,一般呈椭圆形(图 2、图 3)。硅化核几乎全由糖粒状石英组成,其内含有花岗斑岩角砾,有的花岗斑岩角砾钾长石化,石英一般为灰白色,半透明,粒度为 0.9~0.45 mm,为它形花岗结构。硅化核一般内部为块状次生石英岩,到边部过渡为网脉状石英岩,并与石英 - 钾长石化花岗斑岩接触。

在硅化核内,后期构造裂隙极为发育,主要为北西向、北东向和北北东向,说明硅化核可能原来为破碎中心,后期构造仍有复活。从硅化核的产物和构造看出,其生成主要是在花岗斑岩内的构造破碎强烈部位,即是构造破碎筒,为含硅质的高温热液充填和交代作用形成的,因而其中有花岗斑岩角砾,在硅化核周围,为破碎环状或放射状构造裂隙,硅化核边部渐为网脉状石英脉。

### 3.2. 石英 - 钾长石化

石英 - 钾长石化包括石英和钾长石化(图 2、图 4)、黑云母化,该矿床是以石英 - 钾长石化占主要,黑云母化次要,后者仅在局部地方出现。

石英 - 钾长石化在母山发育,围饶硅化核分布,由强蚀变到中弱蚀变,但形态不以硅化核对称,而是偏离西北部位,呈椭圆形分布,长轴方向为北西走向,轴长 780 米,短轴 440 米。在胜利茶场附近,由于石英化及石英 - 绢云母化的迭加,仅见残存,未予区分。

石英 - 钾长石化在蚀变强度和矿物数量围绕硅化核有明显变化,由硅化核边部至石英钾长石化方向,开始石英占主要,其次石英减少而钾长石增多,在外带而以钾长石化占主要,其次石英减少而钾长石增多,在外带而以钾长石化占主要。在蚀变强度上,由强至变弱。石英 - 钾长石化与硅化核为渐变过渡关系,说明二者是同期的不同部位的分带产物。

石英 - 钾长石化有充填和交代型,类型繁多:有石英钾长石化呈脉状和网脉状充填和交代花岗斑岩、

石英钾长石黑云母脉、钾长石脉、细粒长英质脉、花岗变晶结构钾长石化、环带结构钾长石化、云雾状钾长石化、蠕虫状石英钾长石化、石英钾长石脉。

石英-钾长石化分布广泛，它主要交代花岗斑岩，其次交代石英斑岩，在深部交代周围各种变质岩。

### 3.3. 石英-绢云母化

主要包括石英化、绢云母化、伊利石化(水化黑云母)和高岭石化等(图 2、图 5)。该蚀变分布最为广泛，与钼矿最为密切。它主要分布在石英-钾长石化的外侧，但也部分地叠加在石英-钾长石化之上，呈脉状穿切和交代钾长石化。

石英-绢云母化范围较大，不仅在岩浆岩内，在变质围岩中也相当发育，在地表出露大于石英-钾长石化 5~6 倍。

石英-绢云母化本身也具有明显的带状分布，一般石英脉在中央，两侧为石英和绢云母化，再外为绢云母化，最外为伊利石化。

石英-绢云母化受构造裂隙控制比较明显，从石英脉分布来看，主要受北东和北北东向构造裂隙控制较明显，其分布形态在剖面图上主要为钾长石化带外侧，到地下深部一定范围内收敛。

### 3.4. 青磐岩化

本区青磐岩化主要指绿泥石化、绿帘石化、方解石和石英等矿物组合，伴随金属矿物有黄铁矿、黄铜矿和镜铁矿等。此类蚀变在本区分布不广，大部呈脉状叠加在石英-钾长石化和石英-绢云母化岩石之上，但也有直接产在其外部围岩中。

青磐岩化中各种蚀变比较复杂，有时绿泥石、绿帘石、方解石等一起出现，有时绿帘石或绿泥石单独出现。绿泥石化本身又有两个蚀变：早期绿泥石晶形大，而后期绿泥石化为隐晶质。方解石也有几个阶段，在绿泥石化之后，有一个方解石-萤石阶段。



**Figure 3.** Quartzite core formed by quartzite mineralization at the top of Mushan rock mass

**图 3.** 母山岩体顶部石英岩化形成的石英岩核

表面褐铁矿化明显，但含金属矿物很少。石英岩瓷白色，裂隙发育，裂隙被钾长石-石英脉充填；石英岩核代表了岩体顶部最早无矿蚀变作用，也是斑岩侵入体中心上部热液蚀变，在矿体的正下方，母山岩体顶部南北向断续分布石英岩核，说明岩体剥蚀程度较大，上部矿化基本剥蚀殆尽。



**Figure 4.** Quartz-potassium feldspar mesh veins  
**图 4.** 石英-钾长石网脉



**Figure 5.** Quartz-molybdenite veins in the parent rock  
**图 5.** 母山岩体内的石英-辉钼矿脉

#### 4. 热液蚀变分带性和阶段性

本区热液蚀变在空间上有明显分带性(图 2、图 6)，以硅化核为中心，依次由内向外为石英-钾长石化带、石英-绢云母化带，最外为青磐岩化带。青磐岩化带，在本区不太发育，主要是叠加在其余两个带之上。

每个蚀变带上，又有其内部分带，其分带程度是有差异的，如石英-钾长石化带，由内向外，内部石英占优势，向外钾长石占优势，最外部为钾长石或黑云母带。

在石英-绢云母带内的分带，是以石英脉带为中央，内部为石英脉带，在石英脉带两侧，为对称的石英-绢云母化、绢云母化或伊利石化。关于青磐岩内部分带就不明显，一般内部为绿帘石化，两侧为绿泥石化。

上述各种蚀变相带之间不是过渡和渐变的，而是叠加和交代的，因而各种蚀变不是一次或同期形成的。各种热液蚀变生成期和阶段详见表 1。





## 5. 成矿期的划分与矿物生成顺序

根据不同脉体空间分布及相互穿插关系, 矿石矿物结构特点, 矿物间的交代、穿插、溶蚀等结构特征, 热液成矿作用大致可分四期及不同成矿阶段:

第一期为无矿石英脉热液活动期, 此期与硅化核相应, 不显矿化。

第二期为钾长石 - 石英脉期, 主要矿物组合为石英及钾长石。

第三期金属硫化物形成期, 此期又分为二个阶段:

① 第一阶段是辉钼矿石英脉初步生成, 伴随黄铁矿石英脉出现, 矿物组分简单, 矿化较弱。

② 第二阶段为主要硫化物形成, 随着矿化进程的演变, 矿化随着增强, 除辉钼矿黄铁矿脉外, 还有辉钼矿、黄铁矿、黄铜矿石英脉, 此时脉体中金属硫化物较富集。第四期碳酸盐热液活动告终, 主要矿物为方解石、萤石。各成矿期主要矿物生成顺序见表 2。

**Table 2.** Formation sequence of main minerals in Mushan Molybdenum Deposit

**表 2.** 母山钼矿主要矿物生成顺序表

	无矿石英脉 热液活动期	石英 - 钾长 石脉期	金属硫化物形成期		碳酸盐热液 活动期
			含辉钼矿石英 脉初步形成	主要硫化物 形成期	
石英	████████████████████				
钾长石		████████████████			
绢云母			████████████████	████████████████	
绿泥石				████████████████	
绿帘石				████████████████	
方解石					████████████████
萤石					████████████████
辉钼矿			████████████████	████████████████	
黄铁矿		████████████████	████████████████	████████████████	
黄铜矿				████████████████	

## 6. 热液蚀变与矿化关系

本区成矿作用在时间和空间上与热液蚀变极为密切。硅化核、石英 - 钾长石化带, 有脉状黄铁矿、黄铜矿和辉钼矿, 但一般含量较少, 低于工业品位。这个蚀变类型的含矿特点是矿石成脉状, 一般以含矿石英脉型出现, 石英脉两侧有钾长石脉伴随, 辉钼矿呈自形半自形晶, 粒度大, 分布在石英脉壁, 而黄铁矿和黄铜矿在脉的中央呈带状分布, 这种类型成规律性产出, 但在硅化核内不含或含极少的矿。总之这一期含矿特点是矿石呈脉状构造, 金属矿物在脉内呈带状产出, 矿物晶形好, 粒度大, 但品位低,

并以黄铁矿为主。

石英-绢云母,是本区主要含矿蚀变,成矿特点是以辉钼矿为主要矿石矿物,粒度细小,矿石以网脉状、细脉状构造为主,矿石品位高,脉石矿物为石英和方解石共生。这一期含辉钼矿脉,切穿石英-钾长石或早期含石英脉,在辉钼矿脉内,黄铁矿或黄铜矿不见或少见。

青磐岩化带内,与绿泥石、绿帘石和方解石伴生的主要是黄铁矿和黄铜矿,这个时期成矿特点是矿石为脉状、细脉脉和浸染状矿石构造。矿石有用组分主要是黄铜矿,可以说是成铜期,矿石品位一般偏低,铜只能综合利用,不能单独构成工业矿体。

## 7. 结论

1) 母山钼矿是以钼为主的斑岩型矿床,岩体由花岗斑岩、似斑状花岗岩及石英斑岩组成多期的复式岩体,而最晚期的花岗斑岩相( $\gamma\pi$ )与成矿关系最密切。

2) 矿床热液蚀变发育,其主要蚀变类型有硅化核、石英-钾长石化、石英-绢云母化、青磐岩化等;热液蚀变分带明显,以硅化核为中心,向外依次为石英-钾长石化带、石英-绢云母化带、青磐岩化带。

3) 矿床热液蚀变及与其有关的成矿作用是多期的和多阶段的,大致可分为成矿前的、成矿期的、成矿后的。成矿前的热液蚀变主要为石榴石矽卡岩化,成矿期的主要为石英-钾长石化、石英-绢云母化和青磐岩化早期,成矿后的主要为萤石-方解石化。而主要成矿作用仅限于某一成矿期:钼矿在石英-绢云母化期,铜矿在青磐岩化期。

## 基金项目

河南省两权价款地质科研项目:豫南大别山区构造——岩浆活动与钼多金属成矿系统研究。任务书编号:豫财招标采购 2011-622。

## 参考文献

- [1] 陈伟军,洪万华,覃峰,邢宝山. 中国钼金属矿床特征及资源潜力分析[J]. 山东国土资源, 2015, 31(6): 1-5.
- [2] 卢欣祥,冯进城,李明立,谷德敏,王卫,吴梅,祝朝晖. 河南省钼矿资源特征、找矿与开发[J]. 矿产保护与利用, 2009(3): 6-9.
- [3] 崔凯,谢玉玲,曲云伟,唐燕文,李腊梅,陈琦. 浙江郎村钼矿床花岗斑岩岩石地球化学、年代学及岩石成因[J/OL]. 地球科学: 1-26[2022-02-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1874.P.20211216.1805.002.html>
- [4] 郑伟,朱丽丽,左焕成. 综合物探方法在寻找斑岩型钼钨矿中的应用——以青海某钼钨矿区为例[J]. 地质找矿论丛, 2021, 36(3): 373-377.
- [5] 吴卫群,苗萌萌. 吉林省汪清县西兴铜钼矿地质特征及成因分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021(13): 198-199. <https://doi.org/10.13487/j.cnki.imce.020543>
- [6] 范佳,郭虎,赖勇,吕鑫. 云南九顶山斑岩-矽卡岩型铜钼矿床成矿机制研究[J]. 岩石矿物学杂志, 2021, 40(6): 1049-1073.
- [7] 刘畅. 新疆西天山北部斑岩-矽卡岩型铜钼矿床成矿流体研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质大学, 2018.
- [8] 陈佩,王利民. 陕西省宁陕县发财沟钼矿床地质特征及成因分析[J]. 陕西地质, 2020, 38(2): 59-64.
- [9] 程宝成,李永峰,谢克家,王锋. 河南省钼矿资源特征、开发现状及产业发展对策[J]. 资源与产业, 2014, 16(1): 66-70.
- [10] 杨泽强. 河南商城县汤家坪钼矿辉钼矿铼-钨同位素年龄及地质意义[J]. 矿床地质, 2007, 6(3): 289-295.
- [11] 杨泽强,万守全,马宏卫,等. 河南商城县汤家坪钼矿床地球化学特征与成矿模式[J]. 地质学报, 2008, 2(6): 788-794.
- [12] 河南省地质矿产勘查开发局第三地质矿产调查队. 河南省光山县千鹅冲矿区钼矿勘探报告[R]. 信阳: 河南省地质矿产勘查开发局第三地质矿产调查院, 2011.

- [13] 靳宗飞, 童文龙, 万守全, 等. 豫南大别山北麓中生代火山岩地质特征与银金多金属矿产研究报告[R]. 信阳: 河南省地质矿产勘查开发局第三地质矿产调查院, 1990.
- [14] 杨梅珍, 曾健年, 任爱琴, 等. 河南省罗山县母山钼矿床成矿作用特征及锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素年代学[J]. 矿床地质, 2011, 30(3): 435-447.
- [15] 河南省地质局地质十队四分队. 河南省罗山县涩港母山钼矿详细普查地质报告[R]. 信阳: 河南省地质矿产勘查开发局第三地质矿产调查院, 1980.