

# 秦岭—大别山地区钼矿类型与矿化组合特征

卢欣祥<sup>1</sup> 罗照华<sup>2</sup> 黄 凡<sup>3</sup> 谷德敏<sup>1</sup> 李明立<sup>1</sup>  
杨宗峰<sup>2</sup> 黄丹峰<sup>4</sup> 梁 涛<sup>5</sup> 刘传权<sup>4</sup> 张 震<sup>1</sup> 高 源<sup>1</sup>

(1.河南省国土资源科学研究所,河南 郑州 450053;2.中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室,北京 100083;3.中国地质科学院矿产资源研究所 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室,北京 100037;4.河南省地质调查院,河南 郑州 450007;5.河南省有色金属地质勘查总队,河南 郑州 450052)

**摘要:**秦岭—大别山地区是中国乃至世界上重要的有色金属、贵金属成矿带,钼矿为本地区最具特色的矿产,并且分布广、类型多、储量大。根据钼矿赋存状况、与岩浆岩的空间关系、矿物组合、矿体产状、热液蚀变等特征,初步将秦岭—大别山地区的钼矿床划分为 5 个类型 7 个亚型和 10 个矿床式。不同类型矿床中成矿元素的分布组合特征不同,可分为 3 种矿化组合,即 Mo(Mo-W-Re)、Mo-Cu-Fe 和 Mo、Pb、Zn、Ag、Au。根据新的成矿理论,不同类型钼矿的成矿流体与熔体的关系是不一样的,可以分出 4 种关系。秦岭—大别山地区钼矿类型的系统划分,对本区钼矿的找矿勘查工作提供了理论支撑,具有重要的理论和经济意义。

**关键词:**钼矿类型;元素组合;秦岭—大别山

**中图分类号:**P618.65 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2011)06-1518-18

秦岭—大别山地区位于秦岭造山带的东段,经历了从太古宙到中生代长达 30 多亿年的地质演化过程,是世界上独具特色的大陆造山带<sup>[1,2]</sup>。秦岭造山带又是华北板块与扬子板块的拼合带。由于两大板块之间的俯冲碰撞,不断发生地壳加积增厚和壳幔物质的垂向增生作用。秦岭造山带漫长而独特的构造演化历史,特别是中生代以来的岩石圈拆沉减薄作用,造成软流圈上涌,地幔物质和成矿流体不断注入,内生金属矿产成矿作用十分强烈,从而使其成为世界著名的有色金属和贵金属成矿带<sup>[3,4]</sup>。该区矿产资源十分丰富,尤其是钼矿作为最具特色的矿产,其分布之广、类型之全、储量之大、成矿时代之多在中国及世界均属罕见,长期为世界所瞩目,受到地质学家和矿床界的广泛关注。河南、陕西等省的地勘单位(如,陕西地质局金堆城地质队<sup>[5]</sup>、河南地质局豫 01 队<sup>[6]</sup>、河南省地质研究所<sup>[7]</sup>、河南地矿局地质三队<sup>[8]</sup>、陕西省地质局第十三地质队<sup>[9]</sup>)在秦岭—大别

山地区进行了长期的地质勘查,不少科研院所和高校也从不同的视角对该区的矿床进行了多方位的研究<sup>[10-24]</sup>,使秦岭—大别山地区不仅成为中国最大的钼多金属成矿带,也是超过北美科迪勒拉造山带的世界最大钼多金属成矿带。

然而,对于该区出露的各种钼矿类型及其成因联系,迄今尚未见系统的总结。根据当前内生金属矿床研究的新理论,针对本区钼矿研究的新发现和新进展,笔者将对秦岭—大别山地区钼矿的类型进行初步系统的划分,并对其成矿元素组合特征及与岩浆岩之时空关系进行讨论。

## 1 秦岭—大别山地区的钼矿类型

本区已探明的大型—特大型钼矿床比比皆是,中型以上钼矿床的分布很广,中小型及矿(化)点更是星罗棋布(图 1)。

关于秦岭—大别山地区的钼矿类型划分,有

收稿日期:2011-05-24;改回日期:2011-08-19

基金项目:国土资源部公益性行业专项基金(201111007-1)及河南省科技攻关项目((2006)2647)联合资助。

作者简介:卢欣祥,男,1938 年生,教授,主要从事秦岭花岗岩及成矿规律研究;E-mail:luxe1938@163.com。

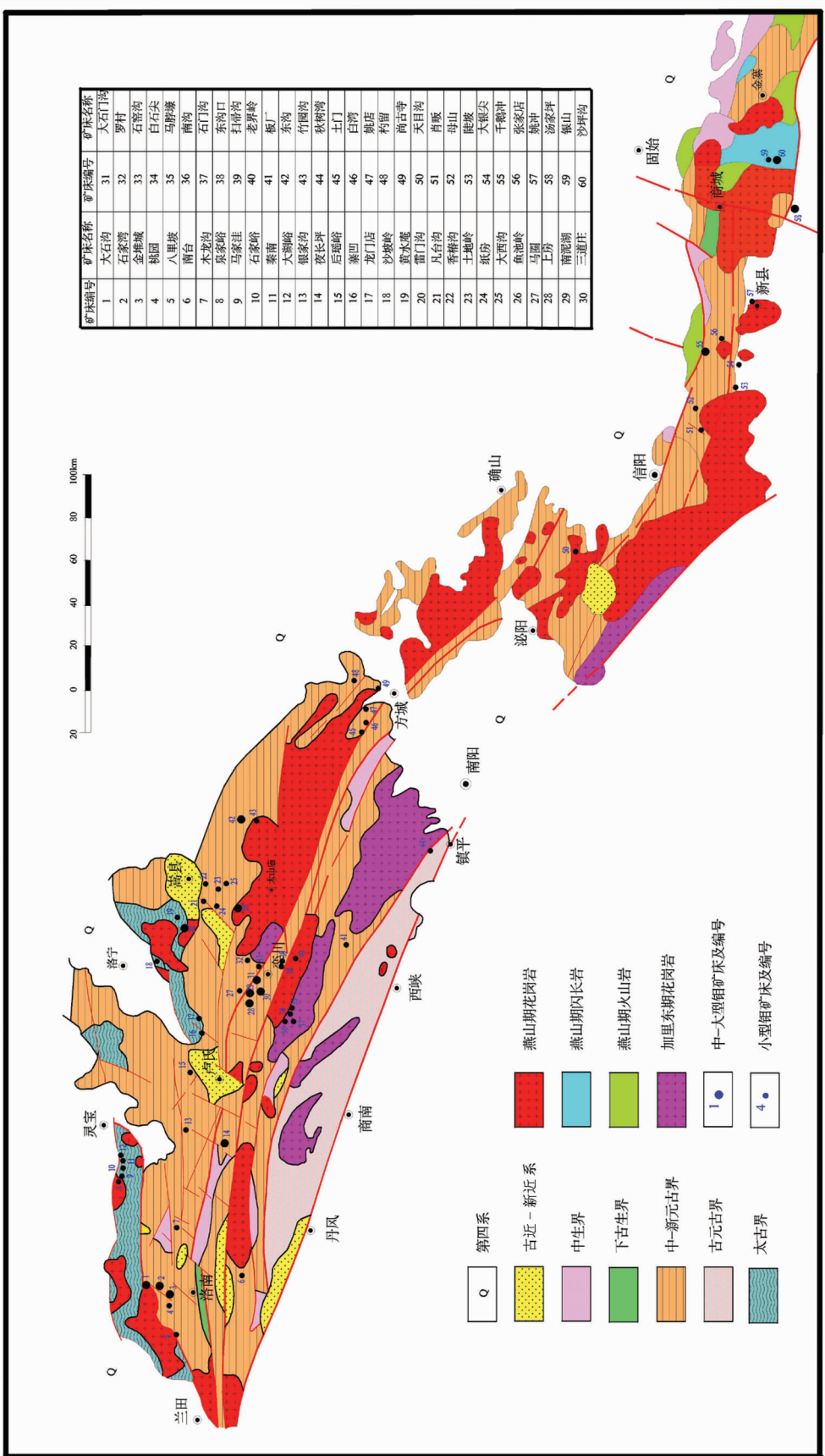


图 1 东秦岭—大别山地区钼矿床分布略图  
 Fig.1 The distribution of molybdenum deposits in East Qinling - Dabie Mountain area

少学者作过讨论,但多数研究集中在斑岩型钼矿<sup>[11,21-29]</sup>。近年来的找矿勘查工作,新发现了一批不同类型和规模的钼矿床(包括一些大型、特大型钼矿床),如竹园沟钼矿、东沟钼矿、鱼池岭钼矿、千鹅冲钼矿、沙坪沟钼矿等,为较全面的矿床类型划分奠定了地质基础。同时,内生金属矿床理论研究亦取得了新进展,使得合理阐明各种矿床类型之间的成因联系成为可能。因此,适时地对本区钼矿类型进行总结和合理划分,对推动本区进一步的钼矿勘查工作是很必要的。本文根据钼矿床的地质特征,矿体分布形态、产状、热液蚀变,矿物组合及与花岗岩的空间配置或依存关系,初步将秦岭—大别山地区的钼矿床划分成5个类型3个亚型和10个矿床式(表1)。

### 1.1 斑岩型

斑岩型矿床是由 Lowell and Guilbert<sup>[30]</sup>建立起斑岩铜矿床开始的,是指产于斑岩体中或斑岩—爆破角砾岩筒中的 Cu(Mo)矿床。世界上钼主要来源于与铜矿伴生的斑岩 Cu (Mo) 矿床,后来由于 Climax 以钼为主的矿床的发现,才出现斑岩钼矿这一类型,并且有了初步的类型划分<sup>[31,32]</sup>。斑岩型钼矿是秦岭—大别山地区最主要、经济意义最大、研究程度最高的矿床类型,其储量几乎占本区钼资源总量的90%以上。斑岩型钼矿床是一个广义的概念,包括

以下几类:与小型浅成—超浅成的酸性—中酸性小斑岩体和与岩浆地下爆破而成的爆破角砾岩及斑岩与碳酸盐围岩形成的矽卡岩有关的斑岩钼矿床系列。斑岩型钼矿可以细分为3个亚型,即斑岩亚型、斑岩—爆破角砾岩亚型、斑岩—矽卡岩亚型。

#### 1.1.1 斑岩亚型

指产于斑岩及其内外接触带的钼矿床,这是狭义或经典意义的斑岩型钼矿床。矿石为浸染或细脉浸染状,矿体呈层状和似层状,规模厚大,最厚可达几十至几百米。矿化连续,矿体延长较远,长达几百米甚至上千米(如金堆城、南泥湖、东沟等矿床)。矿体是根据化学分析结果圈定的。钼矿化沿斑岩体的接触带向两侧进行,由于矿体围绕斑岩体及其外接触带分布,故有些矿床的矿体呈环状分布。此类矿床的矿体长宽比不大,呈近等轴状,但延深较大。根据钼矿化与斑岩体的空间关系,可以分成两个矿床式:

①金堆城式:钼矿化主要发生在斑岩体内及其相连的外接触带围岩中,斑岩和围岩同时构成矿体,围岩中的矿体规模及矿量远远大于斑岩体内的矿量。斑岩体内及下部常有无矿核。矿床规模巨大,金堆城钼矿床的矿体长2 000~2 200 m,宽700~800 m,厚500~700 m(图2~3)。辉钼矿呈细脉—浸染状、片状或薄膜状产于岩石裂隙中,与石英脉、长石石英

表1 秦岭—大别山钼矿床类型划分

Table 1 Types of molybdenum deposits in East Qinling – Dabie Mountain area

矿床类型	矿床亚类	矿床式	矿床实例
斑岩型	斑岩亚型	金堆城式	金堆城、石家湾、上房、马圈、汤家坪、尚古寺、杓留等
		东沟式	东沟、夜长坪、后瑶峪、银家沟、千鹅冲、宝安寨
	斑岩-爆破角砾岩亚型	鱼池岭式	鱼池岭、秋树湾、满子沟、夜长坪
		雷门沟式	雷门沟、罗村、大石门沟、南台、沙坪沟
	斑岩-矽卡岩亚型	南泥湖—三道庄式	南泥湖—三道庄、大银尖、木龙沟
		秋树湾式	秋树湾
伟晶岩型			秦南、石家峪
构造蚀变带型	变质岩亚型	桃园式	桃园、陡坡、龙门店、山店、莫沟
	花岗岩基亚型	竹园沟式	竹园沟、马脖壕、石门沟、大南沟、姚冲、杨木沟
石英脉型	石英脉亚型	纸房式	纸房、香椿沟、大西沟、土地岭、凡台沟、前范岭、茅沟
	石英-碳酸岩脉亚型	大石沟式	栗园、西沟、太平、驾鹿、小夫峪、华阳川、坦头、大石沟、板岔、二道河
萤石-辉钼矿型			姚店、土门、莫沟

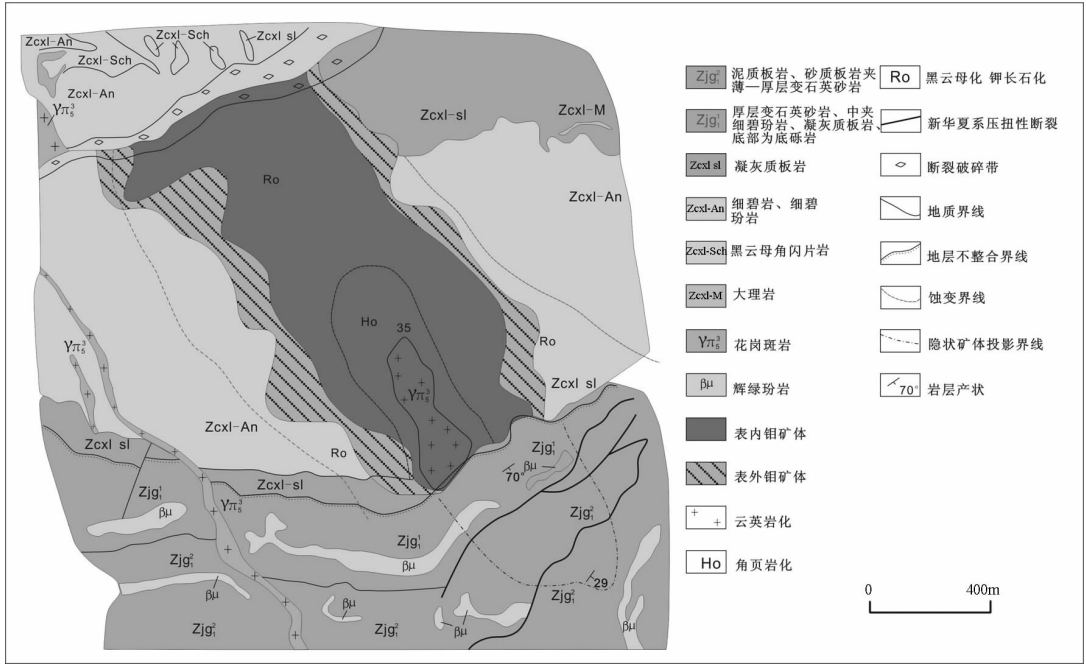


图 2 金堆城钼矿床地质图<sup>①</sup>

Fig.2 Sketch geological map of the Jinduicheng Mo deposit

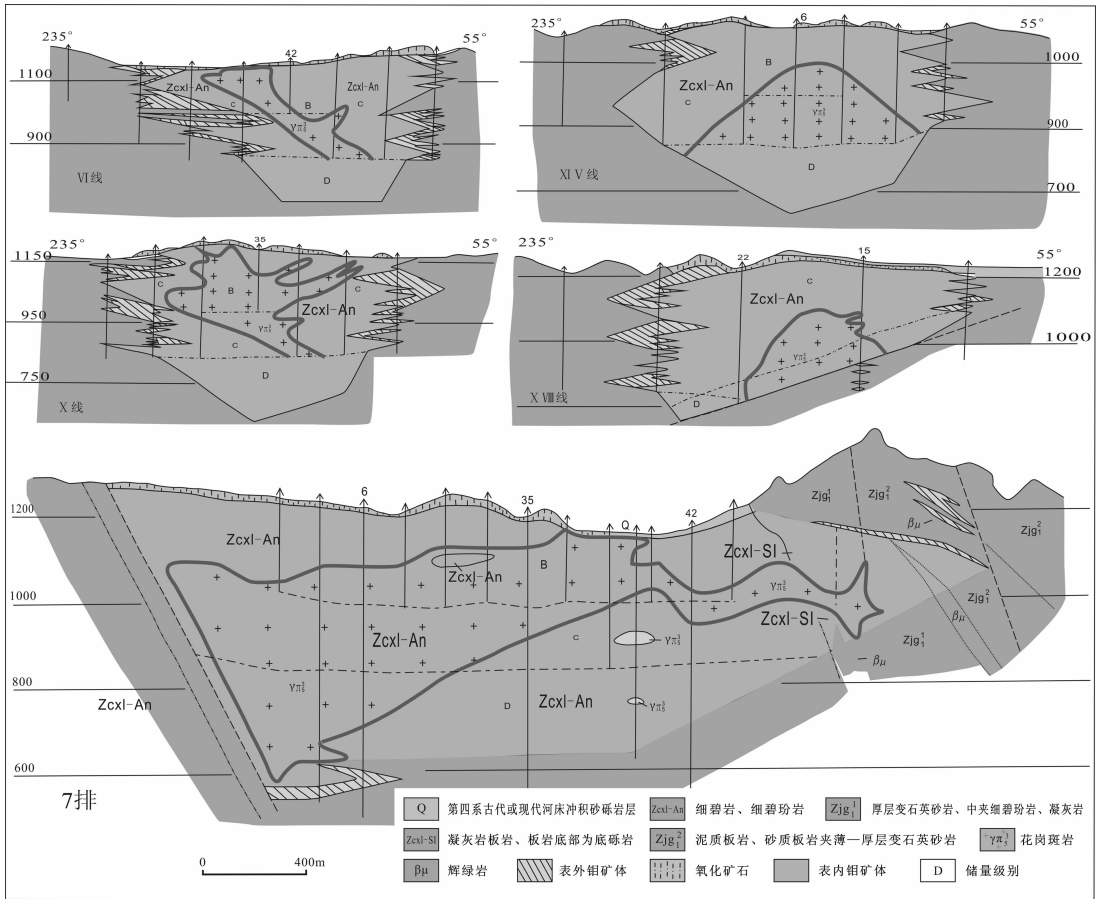


图 3 金堆城钼矿床纵剖面图<sup>①</sup>

Fig.3 Longitudinal geological section of the Jinduicheng Mo deposit



脉、含萤石石英脉共生。矿脉呈细脉、网脉状,脉宽数毫米至 1~2 cm,构成典型的细脉浸染状矿石。钼矿成分相对简单,多数为以钼(辉钼矿)为主,伴生组分较少。除 Re、S 外,伴生组分多数不能成大的工业矿体。金堆城、石家湾、上房、马圈、汤家坪、尚古寺、杓留等钼矿床均属此亚型。

②东沟式:以东沟、夜长坪、后瑶峪、银家沟、千鹅冲、宝安寨等钼矿床为代表。钼矿化主要发生在斑岩体以外的围岩中,钼矿体与斑岩体之间有一定距离,或外接触带中,斑岩体中无矿化或有零星矿化,构不成大的工业矿体。

东沟钼矿主要发育在岩体与围岩接触带 0~20 m 以外的熊耳群火山岩中(图 4)。千鹅冲钼矿床的工业钼矿体全部分布在斑岩体以上 200~300 m 的变质地层中,辉钼矿呈浸染状或细脉浸染状。夜长坪钼矿则产在斑岩脉的上部和下部地层中。

东沟钼矿及东沟花岗斑岩距太山庙岩基最近(7 km),故被不少研究者认为东沟斑岩及钼矿是由太山庙 A 型花岗斑岩基分异演化而成<sup>[26,34-36]</sup>。

#### 1.1.2 斑岩-爆破角砾岩亚型

斑岩与爆破角砾岩密切共生,二者同时矿化。根据其产出的围岩条件,可以分成鱼池岭和雷门沟 2 个矿床式。

①鱼池岭式:以鱼池岭和沙坪沟钼矿为典型代表。其最重要的特点是赋矿的斑岩与爆破角砾岩直接产在同时代的巨大花岗岩基中,二者直接接触,这也是中国及世界不多见的一种产出类型。钼矿化发生在伏牛山巨大花岗岩基中的花岗斑岩及其伴生的爆破角砾岩内,矿体常呈筒状,延深大于延长。鱼池岭钼矿床是近几年发现的一种特大型斑岩-爆破角砾岩型钼矿床(图 5)。

由于鱼池岭斑岩和爆破角砾岩直接产在巨大的伏牛山花岗岩基中,故常常被认为是由大岩体分异演化的小岩体成矿的典型例子<sup>[26,36]</sup>。

②雷门沟式:以雷门沟、罗村、大石门沟、南台等钼矿床为代表。这是常见的产于不同时代变质地层中的一种钼矿亚型,钼矿产在斑岩和爆破角砾岩中,斑岩和爆破角砾岩同时构成矿体,如雷门沟、南台等矿床,有的矿床上部或浅部全为爆破角砾岩,角砾成分有分带现象,上部以围岩角砾岩为主,向深部岩浆岩角砾及晶屑逐渐增多,在深部常常有斑岩体。如罗村、大石门沟等矿床,钼主要产在爆破角砾岩筒中。这类矿床的矿体也较厚大,雷门沟钼矿共圈出 2 个大的矿体,矿体东西长 1 000(I)~2 000(II)m,南北宽 300~800 m,最宽达 1 050 m,厚 50~250 m(图 6)。

#### 1.1.3 斑岩-矽卡岩亚型

钼矿产在斑岩体内及矽卡岩类围岩中。包括南泥湖—三道庄、上房沟、夜长坪、大银尖、木龙沟、黑山等钼矿床。根据矿物组合可以分出 2 种矿床式。

①南泥湖—三道庄式:钼矿化不仅发生在斑岩体中,同时还发生在矽卡岩类围岩中,成矿元素主要为 Mo、W、Fe 等。矿床为 Mo-W 组合,Mo、W 含量都很高,同时达到工业要求,构成大规模的工业矿体,成为特大型 Mo、W 矿床,三道庄 Mo-W 矿床中的  $WO_3$  是中国最大的白钨矿床之一。南泥湖—三道庄钼矿床由同一地质作用、相同成因的南泥湖斑岩型矿床和三道庄矽卡岩型钼矿床构成,二者矿化相同,矿体相连,南泥湖和三道庄是人为地划分矿段(图 7)。与其相同的还有大别山的大银尖、陕西木龙沟等钼矿床。它们的产出特征与南泥湖—三道庄钼矿相同,唯其规模较小。

②秋树湾式:钼矿主要发育在斑岩体内及爆发

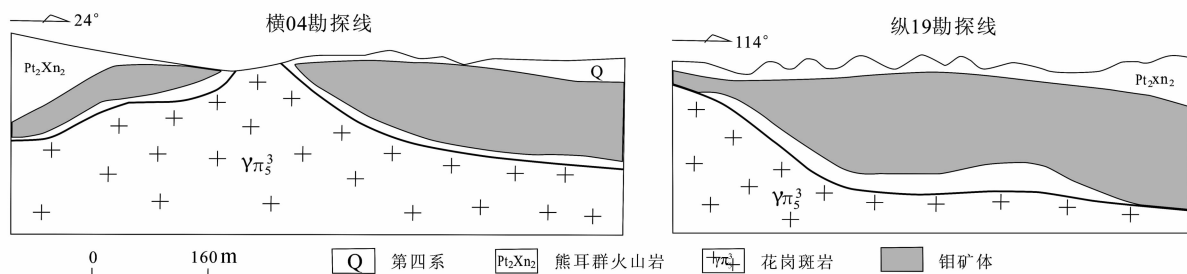


图 4 东沟钼矿勘探线剖面图<sup>[33]</sup>

Fig.4 Longitudinal geological section of the Donggou Mo deposit

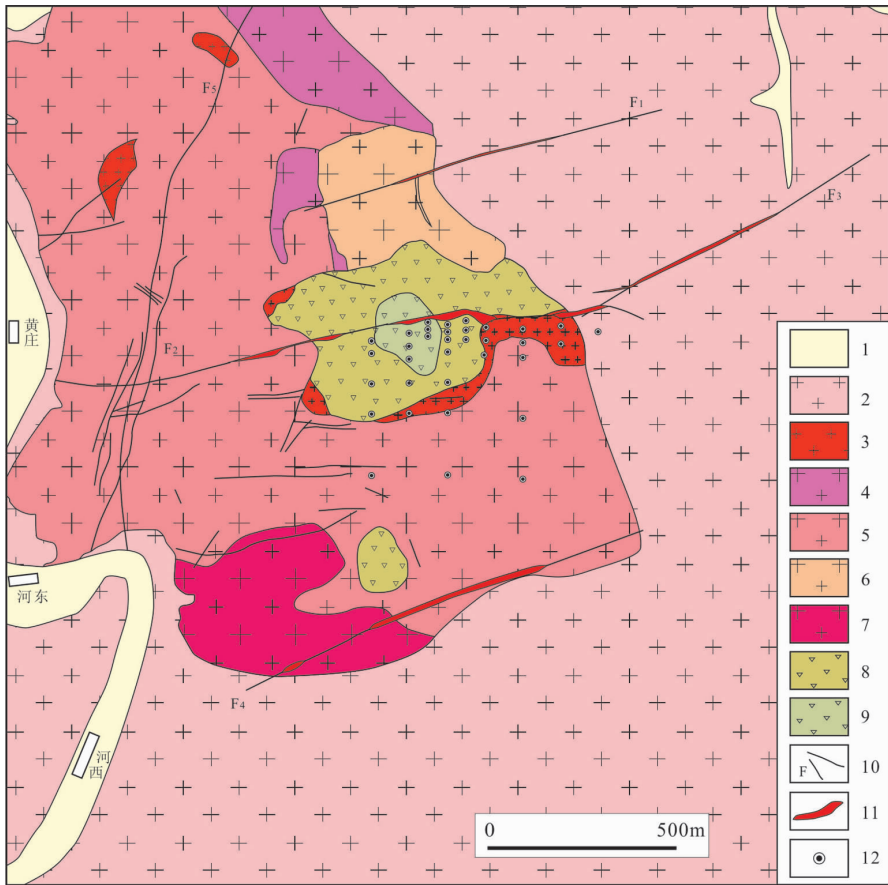


图 5 鱼池岭钼矿地质图(据文献[37])

- 1—第四系;2—似斑状二长花岗岩;3—花岗斑岩、中细粒钾长花岗岩;4—粗粒巨斑黑云母二长花岗岩;
- 5—中粒含斑黑云母二长花岗岩;6—细粒黑云母二长花岗岩;7—中粗粒含斑黑云母二长花岗岩;
- 8—灰红色—杂色爆破角砾岩;9—黑绿色爆破角砾岩;10—断层/断裂;11—矿体;12—钻孔

Fig.5 Sketch geological map of the Yuchiling Mo deposit

- 1-Quaternary;2- Porphyritoid monzogranite;3-Granite porphyry, medium-fine grained K-feldspar granite;
- 4- Coarse grained biolite monzogranite with megacrysts;5-Medium grained phenocryst-bearing biolite monzogranite;
- 6-Fine grained biolite monzogranite;7-Medium-coarse grained biolite monzogranite;8-Grayish red, variegated breccias;9-Black-green breccias;10-Fault;11-Ore body;12- Drill hole

角砾岩的下部,赋矿地层矽卡岩化明显。矽卡岩化的爆破角砾岩中主要为 Cu 矿化,其下部及斑岩中则主要为钼矿化或铜钼矿化(图 8)。矿床中的 Mo 和 Cu 都达工业矿床规模,属 Cu-Mo 矿化组合,这在秦岭造山带是十分特征的,其铜矿已达 10 万 t,成为东秦岭最大的铜矿床<sup>[14,15]</sup>。

### 1.2 伟晶岩型

这是近几年在秦岭及中国第一次新发现的一种钼矿化类型。钼矿化发生在古老的花岗伟晶岩中(17 Ga),伟晶岩属于黑云母型花岗伟晶岩,由粗大石英及块状条纹长石和黑云母组成,黑云母多已绿泥石化。辉钼矿呈大片聚斑状产在粗大石英和钾长

石矿物之间。辉钼矿聚晶可达几毫米甚至 1 cm 以上,分布不均匀(图 9),以秦南、石家峪钼矿为代表。其成矿时代较老,为古—中元古代(辉钼矿 Re-Os 年龄为(1754±3.8) Ma,另文发表),是东秦岭—大别山地区最老的钼成矿年龄。

在尚古寺钼矿中亦见有伟晶岩型钼矿床,但其时代可能较新(辉钼矿 Re-Os 年龄为(123.4±2.4) Ma,另文发表)。与前述伟晶岩型钼矿床有所不同,该类钼矿床产于斑岩体的边缘伟晶岩带中,是一种特殊类型的钼矿床。

### 1.3 构造蚀变带型

这是一种与裂隙构造带有关的钼矿类型,矿化

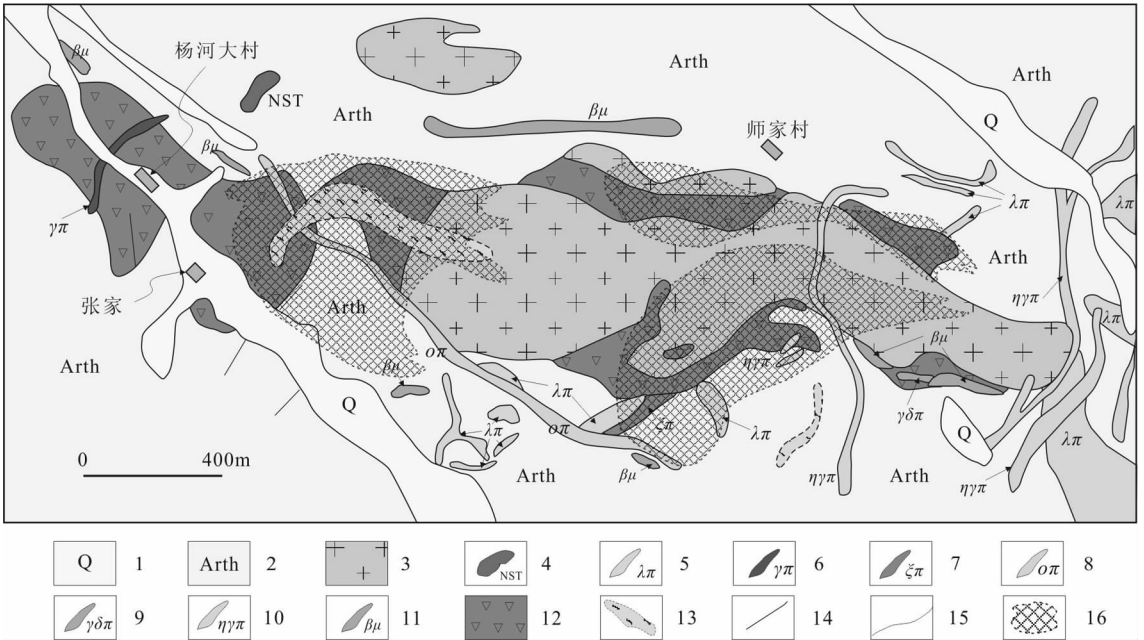


图6 雷门沟矿区地质图<sup>[4]</sup>

1—第四系; 2—太华群片麻岩; 3—斑状花岗岩; 4—斜长角闪岩; 5—石英斑岩; 6—花岗斑岩; 7—正长斑岩;  
 8—英安斑岩; 9—花岗闪岩; 10—角闪二长花岗斑岩; 11—辉长辉绿岩脉; 12—爆发角砾岩;  
 13—(强硅化)破碎带; 14—断层; 15—地质界线; 16—钼矿体

Fig.6 Sketch geological map of the Leimengou Mo deposit

1-Quaternary; 2-Gneisses of Taihua Group; 3-Porphyritic granite; 4-Amphibolite; 5-Quartz porphyry; 6-Granite porphyry; 7-Syenite porphyry; 8-Dacite porphyry; 9-Granodiorite; 10-Amphibole monzogranite porphyry; 11-Gabbro or diabase vein; 12-Breccias; 13-Shuttered zone; 14-Fault; 15-Geological boundary; 16-Molybdenum ore body

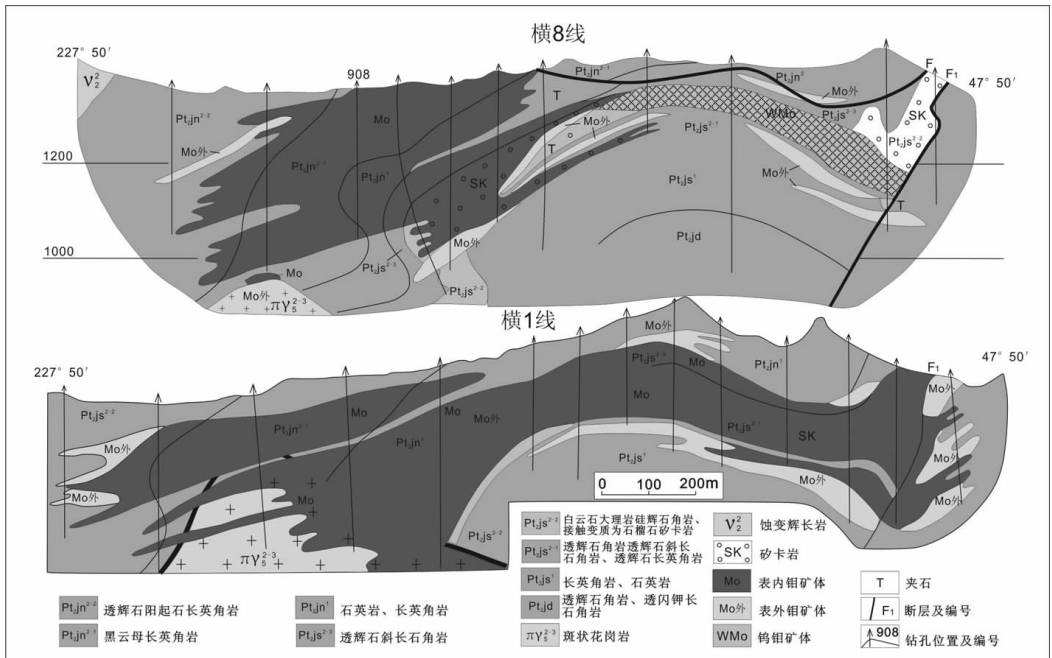


图7 南泥湖—三道庄钼矿勘探线剖面图<sup>[8]</sup>

Fig.7 Longitudinal geological section of the Nannihu-Sandaozhuang Mo deposit



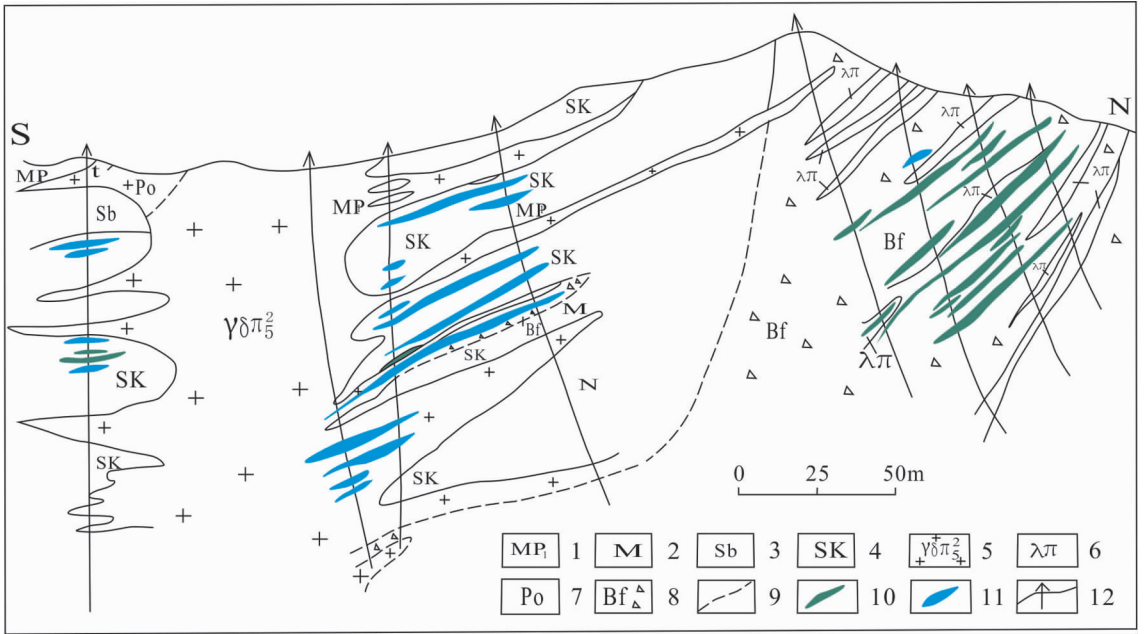


图 8 秋树湾斑岩铜钼矿区 0 号勘探线剖面图<sup>[14-15]</sup>

1—黑云母片岩;2—大理岩;3—斜长角闪片岩;4—矽卡岩;5—花岗闪长斑岩;6—石英斑岩;7—硅化壳;8—爆发角砾岩;9—实测及推测地质界线;10—铜矿体;11—钼矿体;12—钻孔位置

Fig.8 Longitudinal geological section along No.0 exploration line of the Qishuwan porphyry Cu-Mo deposit  
1—Biotite schist;2—Marble;3—Amphibole hornblende schist;4—Skarn;5—Granodiorite porphyry;6—Quartz porphyry;  
7—Silicified shell;8—Breccias;9—Geological boundary;10—Copper ore body; 11—Molybdenum ore body; 12—Drill hole

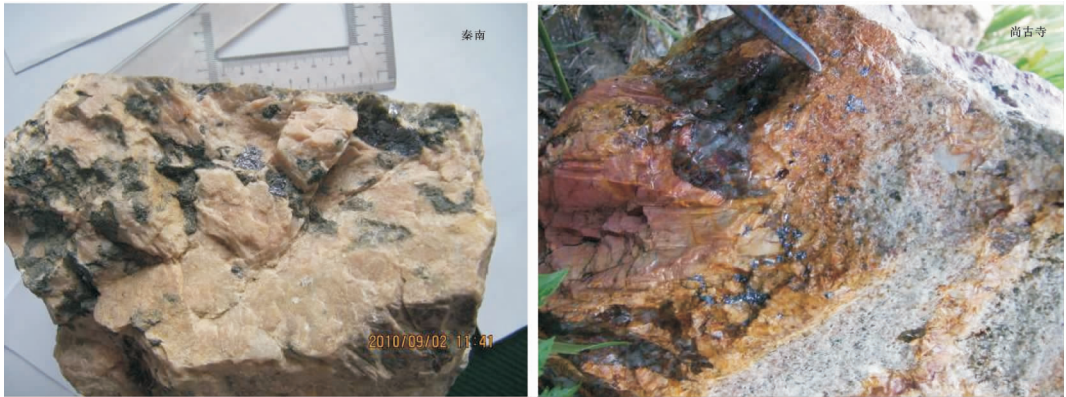


图 9 伟晶岩型钼矿矿石照片

Fig.9 Photos of Mo ores from Qinan and Shanggusi

发生在变质地层及花岗岩基内的各类构造带中。根据控矿构造发育的岩石或地质性质，可以分成 2 个亚型。

1.3.1 产生变质地层中的构造蚀变带亚型

桃园式：钼矿主要产在不同变质地层的构造破碎带中，以桃园、陡坡、龙门店、山店、莫沟等钼矿床

为代表。钼矿化与石英脉或长石石英脉有关(少数为石英-天青石-方解石脉)，脉宽数毫米至 1~2 cm，以细脉为主，充填于构造破碎带内，辉钼矿呈细脉状、浸染状、团块状赋存在各类脉体中。如桃园钼矿的成矿构造带切过不同地层和岩石(图 10)。陡坡钼矿产在近东西向的构造破碎带中，在破碎岩块的破裂面或节



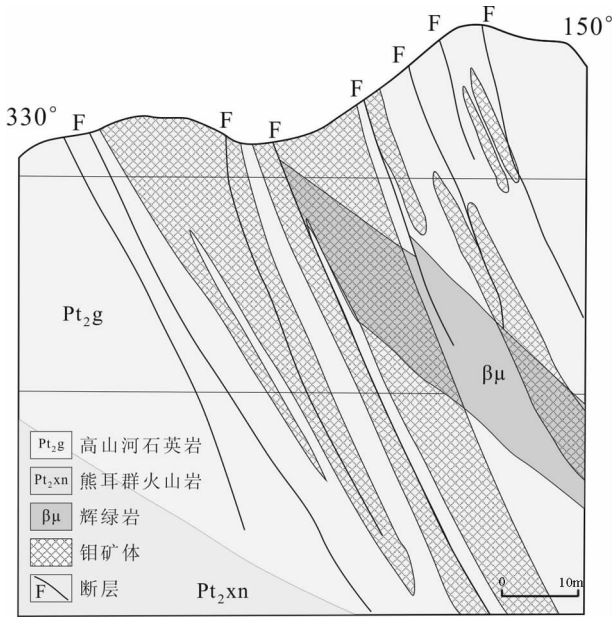


图 10 桃园钼矿床横剖面图

Fig.10 Longitudinal geological section of the Taoyuan Mo deposit

理面中都有很强的钼矿化。此类矿床具有很强的硅化与钾长石化等典型热液蚀变。

1.3.2 产在花岗岩基中的构造蚀变带亚型

竹园沟式：钼矿化产在大花岗岩基的后期构造带中,是与桃园式钼矿不同的地方。其矿化强度受构造带内岩石的破碎程度制约,如果岩石破碎强烈,裂隙密集,钼矿化就强。如竹园沟、马脖壕、石门沟、大南沟、姚冲、杨木沟等矿床。其中竹园沟矿床工作程度最高,矿床规模达大型(储量 10 万 t 以上)。钼矿化沿太山庙花岗岩基内的构造破碎带或不同方向和规模的节理裂隙中发育。辉钼矿呈<1 mm 的细脉,充填在花岗岩的节理裂隙或构造破碎带中,亦见有较厚的辉钼矿脉,但较少。单脉含 Mo 很富,但节理稀疏,矿脉也薄,延长不远,且分布不均(图 11)。杨木沟钼矿产在宁陕花岗岩基中,构造带宽 1 m 至数米,最宽达数十米。大南沟、马脖壕、姚冲等钼矿也都发育在大花岗岩体内的构造破碎带中。在钼矿脉两侧是强烈的石英-钾长石化带。因钼矿产在花岗岩

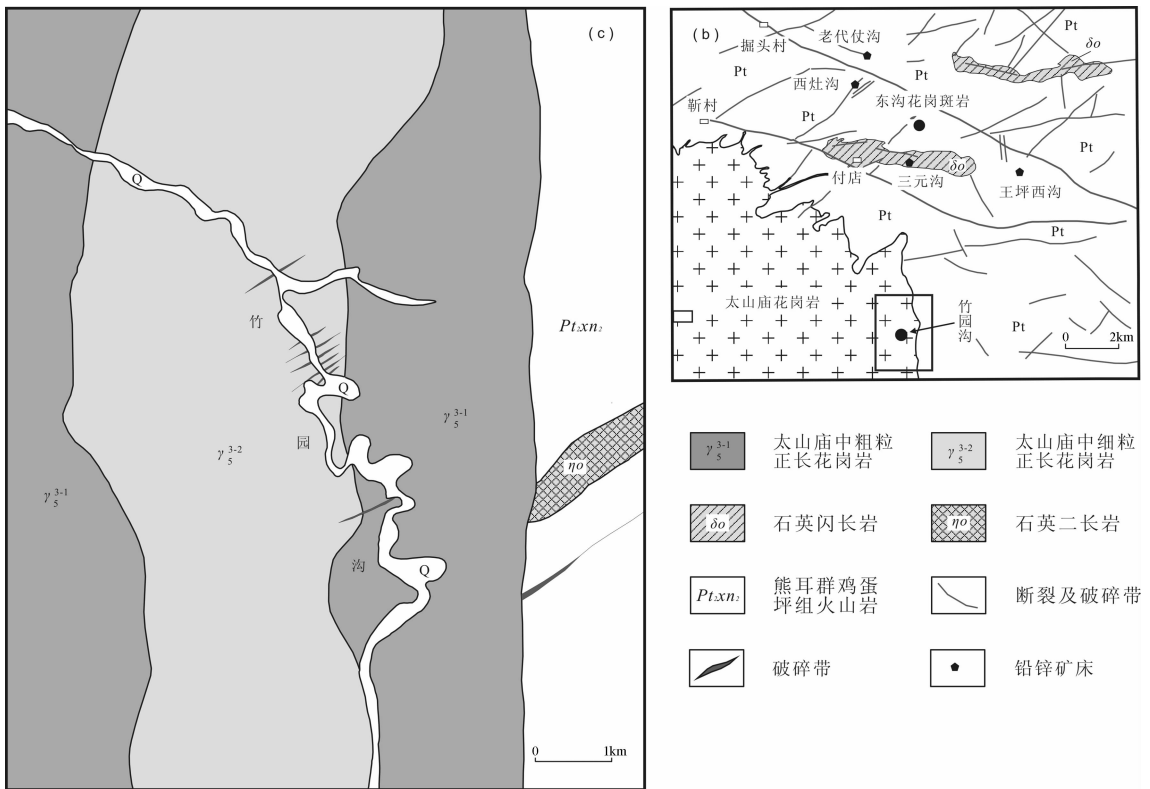


图 11 竹园沟钼矿地质图(据文献[38])

Fig.11 Sketch geological map of the Zhuyuangou Mo deposit

中,一些研究者常认为是花岗岩分异的,更有一些研究者则把此类矿床称为斑岩型。

#### 1.4 石英脉型

钼矿化发生在不同类型的石英脉中,根据石英脉的矿物组合,可以分成单纯石英脉和石英—碳酸岩脉两种亚型,每一亚型以最典型者为矿床式。此类钼矿床的形成时代均为印支期。二者又不在一地,是何原因,尚需进一步研究。

##### 1.4.1 石英脉亚型,钼矿化发育在变质地方的石英中,以嵩县纸房钼矿为代表

①纸房式:石英脉型钼矿是近几年矿产勘查中发现的一种新的具有工业价值的钼矿床。以纸房、大西沟等钼矿为代表,钼矿化发生在不同规模的单一白色块状石英脉中(图 12)。石英脉厚十几厘米到数米不等,最厚可达十几米,长百余米到数千米。石英脉呈多层产出,最多可达 10 层以上<sup>[28]</sup>。矿石矿物成分较简单,不少为少硫化物型,主要矿物为辉钼矿,有些矿床伴生有少量石墨。辉钼矿常以很薄的片状存在于石英脉的裂隙(尤其下盘)中。具有钼矿化典型的红色钾长石蚀变,故有些学者称之为钾长石石英脉<sup>[27,28]</sup>。矿床地表氧化较强,辉钼矿被氧化成黄色钼华,使白色石英脉表面布满黄色,是很好的找矿标志。该类矿床在嵩县南部中元古界熊耳群火山岩的英安—流纹斑岩出露区内,分布在近百平方千米的范围内,单个矿床规模不大,为中小型矿床。包括纸房、香椿沟、大西沟、土地岭、凡台沟、前范岭、茅沟等钼矿床(点)(图 13)。其他地区亦见有零星分布的石英脉型钼矿化点,尚未构成工业矿体。

熊耳群中酸性火山岩中发育规模不等的缓倾节理或层间裂隙,倾角一般为 10~20°,可见一组与水平裂隙垂直的裂隙,其宽度较水平裂隙大,二组裂隙共轭,并不交切,并同时被石英钾长石化的石英脉充填,这种直立裂隙,有可能是成矿流体上升的通道。

##### 1.4.2 石英—碳酸岩脉亚型,钼矿产在火成的石英碳酸岩脉,而不是单独的石英脉中,以大石沟钼矿床为代表

②大石沟式:这是 20 世纪 80 年代在陕西洛南及蓝田南部 110 km<sup>2</sup> 范围内发现的一种与石英—碳酸岩(方解石)脉和有关的含有稀有放射性元素的钼矿床,矿化中心位置在洛南黄龙铺村北的大石沟、小石沟地区,由黄典豪最先报道出来<sup>[10]</sup>。矿化发生在火成碳酸岩中,呈石英—碳酸岩(方解石)脉出现,地表

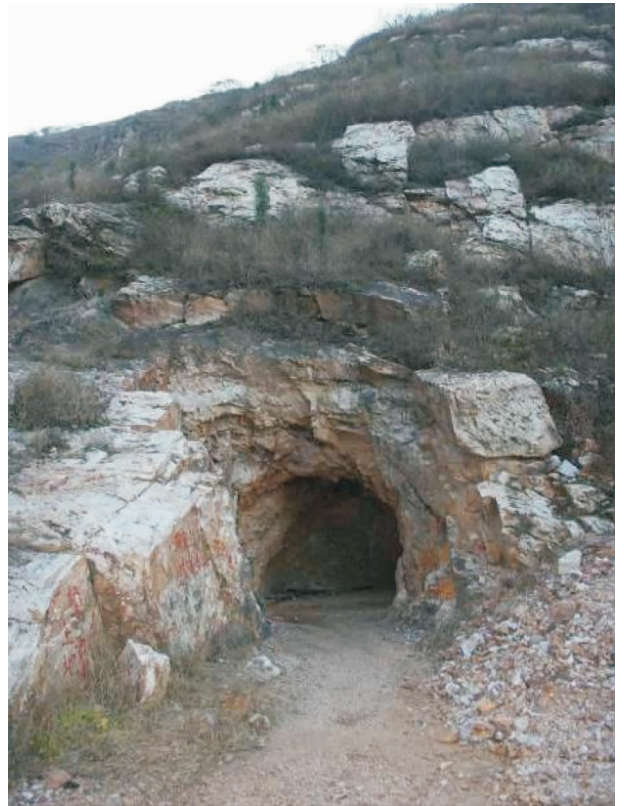


图 12 纸房石英脉型钼矿露头

Fig.12 Outcrop of the Zhifang quartz vein-type Mo deposit

发现岩脉 1 100 多条,它们沿北东和北西两个构造带发育并构成若干个密集区,沿北东方向分布的有栗园、桃园、西沟、太平、驾鹿等。

沿北西构造带分布的有小夫峪、华阳川、坦头、大石沟、板盆及二道河等地(图 14)。矿体呈似层状或透镜状。大石沟钼矿主要由粗网状矿脉组成,矿体长 600 m,宽 650 m,斜深 200~800 m,地表矿体完整,向下夹石增多而尖灭(图 15)。岩脉及矿脉,矿体中含脉率一般>30%,局部可达 60%~80%,矿石品位与含脉率呈正相关。脉长数米至数十米,最长达 100 余米,脉宽 0.1~10 m,最宽 20 m,以厚 0.1~2 m 为主,占总数的 78%<sup>[9,39]</sup>。矿化不仅发育在碳酸岩脉中,也发育在碳酸岩脉之外的火山岩中。岩脉矿物成分极其复杂且分布不均一,辉钼矿与含 U、Th 的稀有、稀土矿物及钡天青石黄铁矿密切共生。以陕西大石沟矿床规模最大。由于矿床位于黄龙铺乡,故文献中常把此矿床称作黄龙铺钼矿,这与同一地区的石家湾斑岩钼矿相混淆,故本文建议恢复原地矿部门命名的大石沟钼矿和石家湾钼矿,而不再使用黄龙铺钼矿。

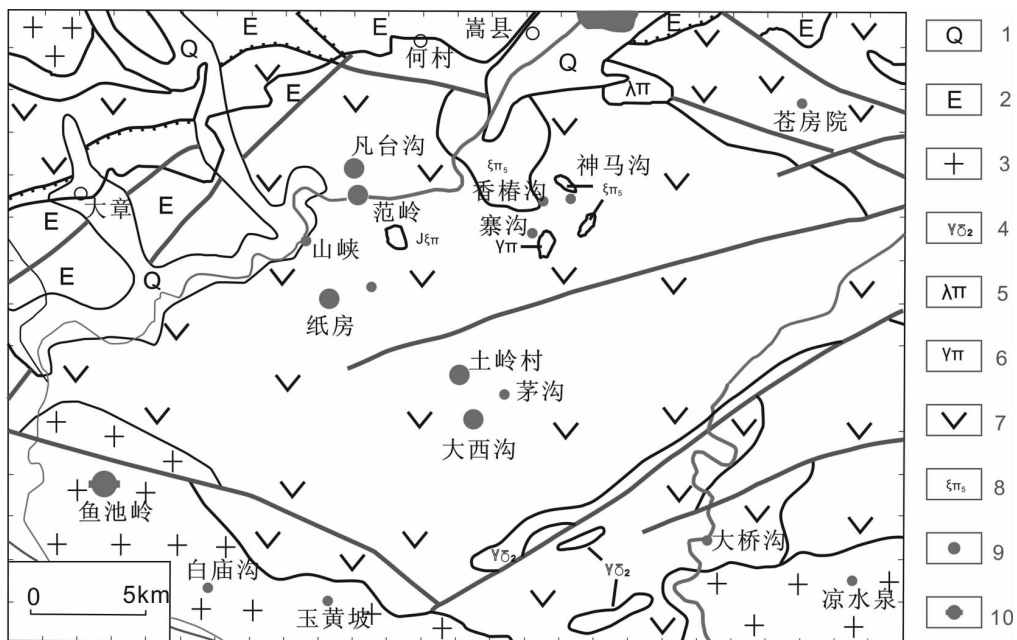


图 13 嵩县南部石英脉型钼矿分布图(据文献[29])

1—第四系; 2—古近—新近系; 3—中生代花岗岩; 4—元古宙花岗岩闪长岩; 5—石英斑岩; 6—花岗斑岩; 7—熊耳群英安岩; 8—正长斑岩; 9—石英脉型钼矿; 10—斑岩钼矿

Fig.13 The distribution of quartz vein-type Mo deposits in southern Songxian County

1-Quaternary; 2-Tertiary; 3-Mesozoic granite; 4-Proterozoic granodiorite; 5-Quartz porphyry; 6-Granite porphyry; 7-Dacite of Xiong'er Group; 8-Syenite porphyry; 9-Quartz vein type Mo deposit; 10-Porphyry Mo deposit

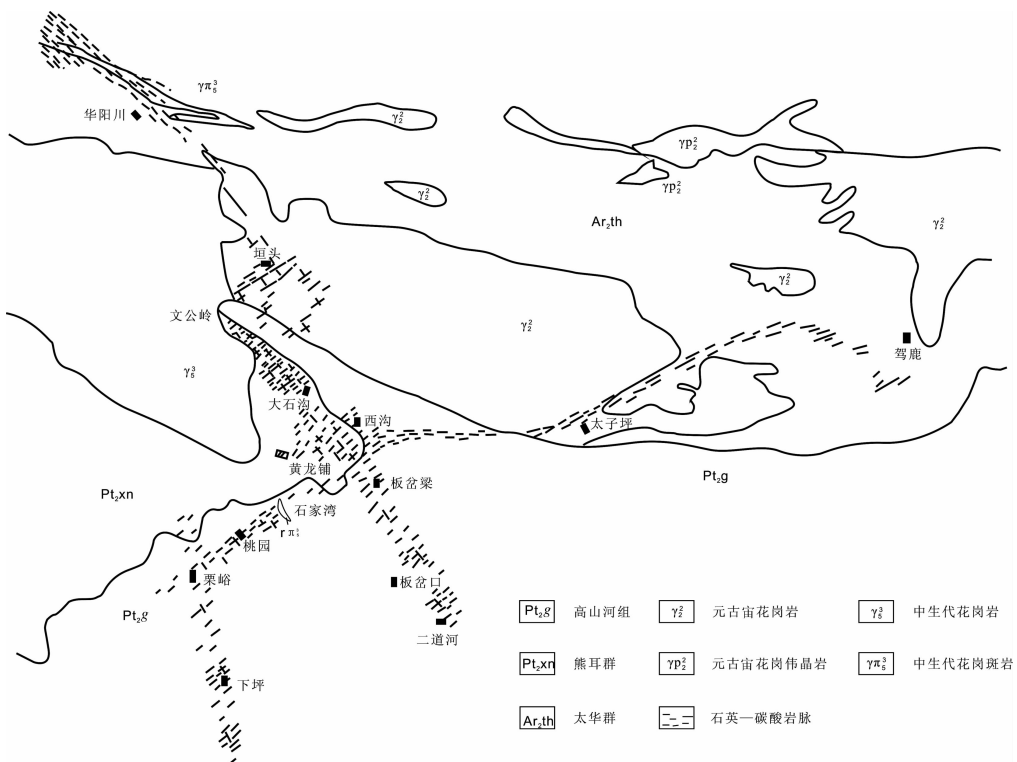


图 14 石英-碳酸盐脉及矿床(点)分布示意图 [9]

Fig.14 The distribution of quartz-carbonatite veins and Mo deposits



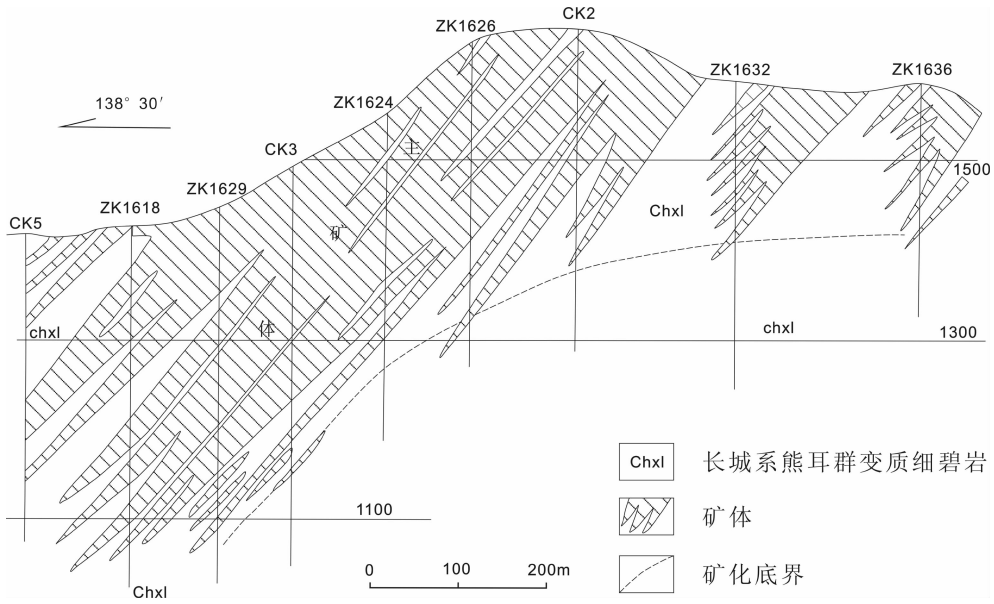


图 15 大石沟钼(铼)矿床 16 线剖面图 [39]

Fig.15 Longitudinal geological section along No.16 exploration line of the Dashigou Mo(Re) deposit

最近,在河南黄水庵也发现了石英碳酸岩钼矿<sup>[40]</sup>。

### 1.5 萤石-辉钼矿型

这是本区新发现的一种钼矿类型,辉钼矿化发生在萤石脉中,辉钼矿与萤石共生。此类矿床工作程度偏低,以方城土门矿区和杓榴矿区为代表。土门矿区详查报告显示<sup>[42]</sup>,萤石脉发生在栾川群煤窑沟组的炭质大理岩中,矿脉产状与大理岩一致,矿床中或矿体的上下盘常有正长岩类呈脉状产出。矿体呈透镜状、扁豆状及脉状,规模大小不一,矿体长 50~230 m,最大达 480 m,厚 1.42~3.55 m,最厚达 7 m 以上,含钼 0.015%~0.080%(图 16)。萤石富则钼富,特别是紫—深紫色萤石脉中的钼更富(图 17)。有些矿区 Mo 可达 2%~3%,最高达 10%以上。辉钼矿呈两种状态:一种与萤石互相嵌布而生,二者共结明显;另一种辉钼矿多呈粉末状存在于萤石脉的裂隙中。此类矿床属于小而富的类型,单个矿床规模不大,且工作程度较低,尚未投入大的勘查评价工作,分布在伏牛山岩体东端的姚店、土门、莫沟等地区。由于本区还有斑岩型钼矿,所以该类型具有较好的找矿潜力。

上述类型以斑岩型为最重要,钼矿床储量大,占已知钼矿储量的 90%以上,并且多为大型—超大型矿床,其中不乏世界级的超大型矿床,成矿元素与组合复杂多样。

其他钼矿类型,局部矿化强烈,品位可以很高,

但矿体分散且单个矿体规模较小,矿体较薄(<1 m),矿体(脉)、矿脉间距较大,成矿元素组合也相对简单,不利于大规模开采。

## 2 秦岭—大别山地区钼矿的 3 种矿化组合类型

根据构成矿床有用成矿元素种类及组合,大致可以分出 3 种矿化组合类型。

### 2.1 Mo(Mo-W-Re)矿化组合类型

这是秦岭—大别山地区钼矿最主要的成矿元素组合类型,Mo 和 Mo-W 均构成工业矿体,且规模较大。以 Mo 为主的有金堆城(Mo)、石家湾(Mo-Re)、尚古寺(Mo)、罗村(Mo)、杓留(Mo)、东沟(Mo)、汤家坪(Mo)、母山(Mo)、肖畈(Mo)、雷门沟(Mo)、鱼池岭(Mo)等矿床。以 Mo-W 为主的有南泥湖—三道庄(Mo-W)、夜长坪(Mo-W)、大银尖(Mo-W)等矿床。大石沟、石家湾等钼矿床中 Re 含量较高。

### 2.2 Mo-Cu-Fe 矿化组合类型

如秋树湾(Cu-Mo)、上房(Mo-Fe)、木龙沟(Mo-Fe)等矿床。这是本地区第二种重要的钼矿化类型,它们且多是评价 Cu、Fe 矿时,继而评价 Mo 矿的。成矿具有明显的分带,一般岩体之外及矿床上部主要为 Cu、Fe,岩体内和矿床下部则以 Mo 为主。



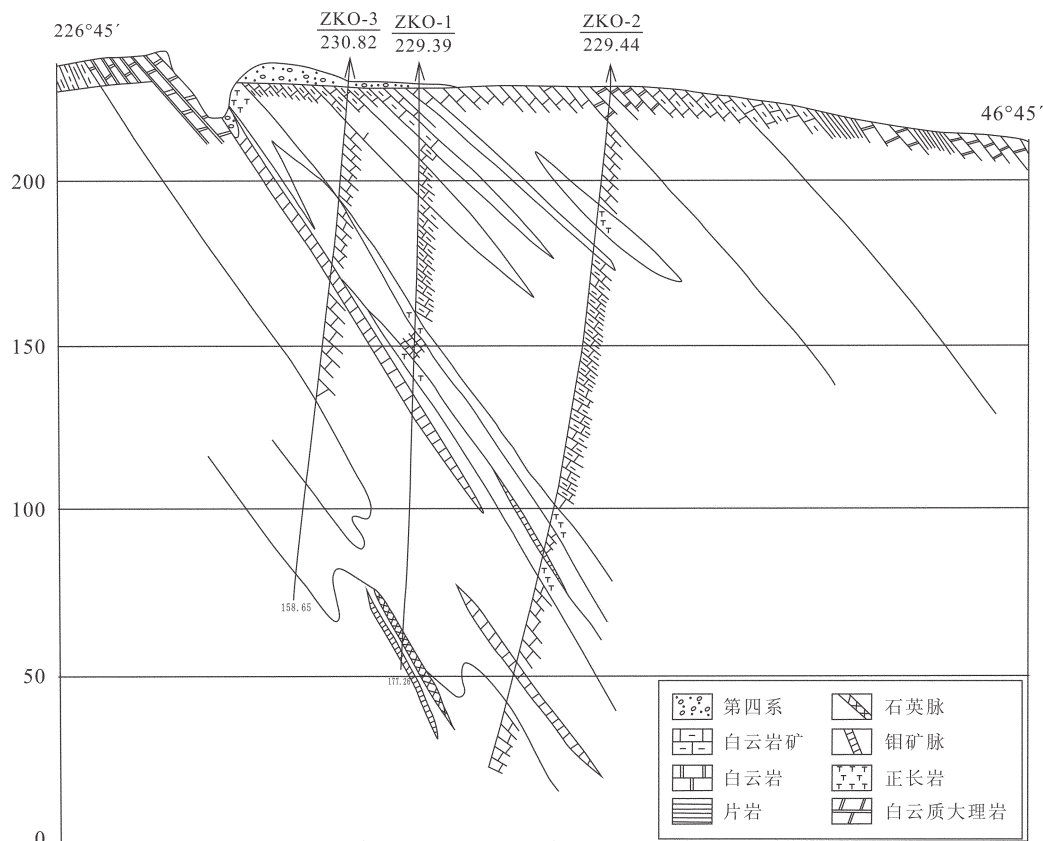


图 16 方城土门萤石-辉钼矿 0 线勘探剖面图 (据文献[41]修改)

Fig.16 Longitudinal geological section along No. 0 exploration line of the Tumen fluorite-molybdenite deposit

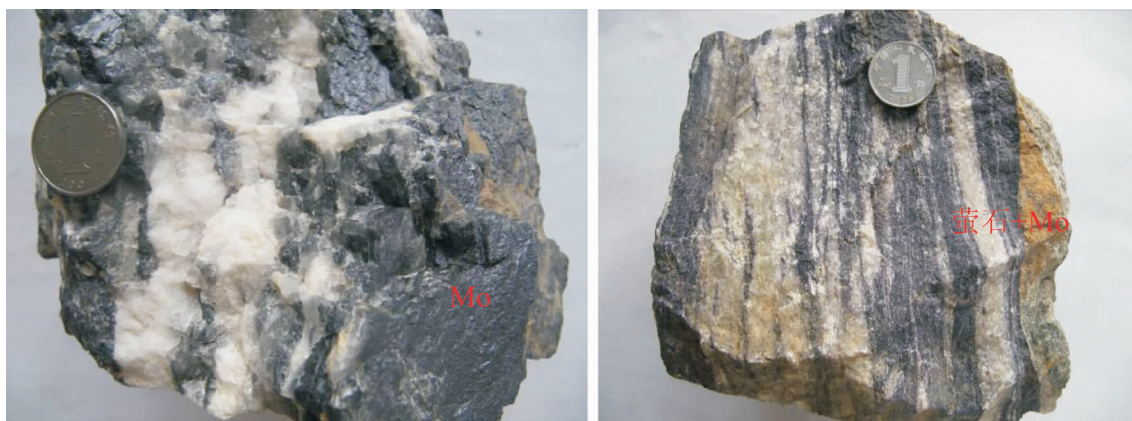


图 17 萤石-辉钼矿型矿石 (辉钼矿与紫色萤石密切共生)

Fig.17 Photos of fluorite-molybdenite ores

### 2.3 以 Mo-Pb-Ag 为主 (含 Mo-Pb-Zn-Ag-Au) 矿化组合类型

如沙坪沟(银山)、千鹅冲等钼矿床,在地表有比较完整的低温元素地球化学异常,主要为不强的铅

很多金属矿化,所以早期多是按多金属矿进行勘查的。在矿床的深部,钼矿化逐渐增强并成为单一的钼矿化,矿化强度很大,常构成厚度达数百米的厚大板状矿体,矿床规模十分巨大,初步已探明为世界级的

特大型钼矿床。

### 3 强大的热液蚀变

大规模的热液蚀变是内生金属矿床形成的显著标志。在本区的各类钼矿床中表现十分强烈和特征,最主要的为红色的钾质蚀变和灰白色硅化作用,它们可以呈面式(斑岩型),也可呈线式(石英脉型、构造蚀变带型)。热液蚀变一般以岩体接触带为中心向岩体内部及围岩进行,自接触带向两侧表现为:对称的钾、硅化—(矽卡岩化)—石英绢云母化—青磐岩化,成矿元素依次为高温—中温—低温。构成特征的地球化学异常区,成为一个完整的地球化学单元<sup>[16]</sup>,热液蚀变范围很大,超过岩体几十倍至数百倍(图 18)。矿体大部分分布在蚀变围岩中,雷门沟钼矿的矿量在斑岩体中只占 10%,爆破角砾岩中占 35%,在蚀变带围岩中却占 55%。金堆城钼矿在蚀变带中的矿量是岩体中的矿量无法比拟的(图 2,7)。东沟斑岩体为 0.003 km<sup>2</sup>,而矿体为 1.8 km<sup>2</sup>,矿基本不在岩体中,南泥湖钼矿只有 15%位于岩体顶部,上房沟钼矿有 20%在岩体以外。热液蚀变或成矿元素具有明显的水平与垂直分带。宽大的蚀变带与很小的斑岩

体是很不相称的,快速上升的小斑岩体本身含水是很低的,无法分异出大量的成矿流体,这已为物理化学研究所证实。成矿时必须外来流体的加入,才使得这种大规模的热液蚀变得以发生。这种现象也显然有悖于岩浆期后热液成矿理论。这种快速上升的小斑岩体,本身含水是很低的,也不可能分异出大量的成矿流体。

### 4 钼矿类型与岩浆岩的空间关系

(1)钼矿与浅成—超浅成的斑岩类(亦称高位侵入体)关系密切,钼矿产在斑岩内及内外接触带上,斑岩的侵位对围岩的岩性和时代没有任何选择性,片麻岩、火山岩、碳酸盐、基性—超基性岩等都可以成为斑岩的围岩。而且多数情况下斑岩体即矿床<sup>[16-18]</sup>。这是成矿流体借助熔体开辟的通道向上运移时,成矿流体与熔体流动速率近于一致,流体被圈闭在熔体之内,或沿接触带向岩体与围岩向两侧交代的结果。

(2)钼矿主要产在各种变质地层中,钼矿体不在斑岩体内,距岩浆岩有一定距离,无论平面上或剖面上二者都不在一起。矿化呈细脉或浸染状产在围岩的层理或节理裂隙中,斑岩与矿体之间有一无矿带

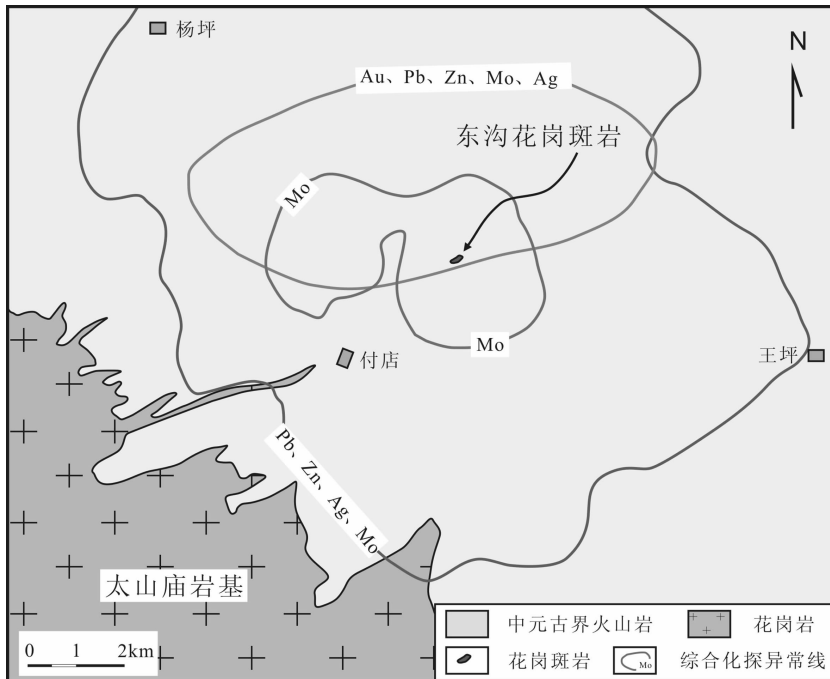


图 18 东沟钼矿地球化学异常图<sup>[13]</sup>

Fig.18 Composite geochemical anomaly map of the Donggou Mo deposit

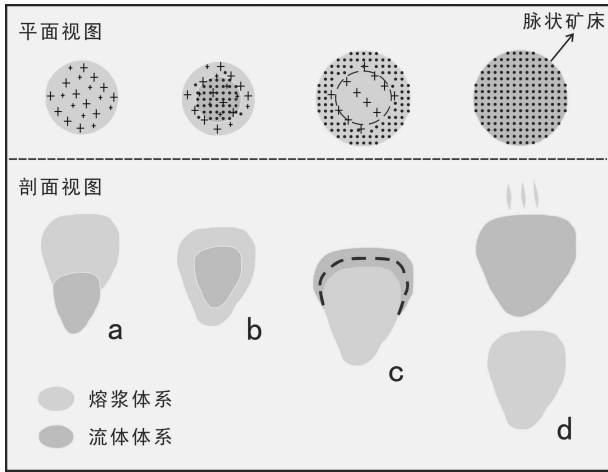


图 19 岩浆体系和流体体系相互关系图(据文献[43]修改)  
Fig.19 The relationship between magma system and fluid system

或弱矿化带。矿体与岩体的距离最小为 0~20 m(东沟),最大为 300~400 m(千鹅冲)。矿体与岩体未直接接触,除矿体与岩体之间有厚 200~300 m 的微弱矿化或无矿带外,在岩体中的矿化也相对零星。

(3)钼矿床内没有火成岩(斑岩)体。钼矿床呈脉状出现,这种脉体可以为石英脉,也可以是萤石脉。矿脉长度大小不一,从几十米至几百米甚至上千米的都有,厚度从不足一米至十几米,一般为 1~2 m。

上述第一类型矿化属于成矿流体与岩浆同步运移,或迟或速,但均与岩浆体系相差不远。第二类型是成矿流体与岩浆体系未能同步运移的结果,成矿流体运移之速度远高于岩浆的侵位速度,矿化透过岩浆时仅留下极其微弱的成矿痕迹,在浅部常出现 Ag、Pb、Cu 的矿化作用,或构成细小的矿体并构成矿化元素在不同的成矿浓度阶段的典型垂直分带现象。

秦岭—大别山地区的钼矿类型与近几年研究者研究的透岩浆流体成矿是一致的<sup>[42,43]</sup>。如图 19,根据透岩浆成矿理论,成矿流体体系与岩浆体系两者是两个独立的子系统<sup>[43]</sup>:①岩浆粘度较大或者温度较低,流体系统位于岩体系统的下部或下方,低密度、大浮力的流体系统对岩浆系统的侵位起到推动作用,但是,不会明显改变岩浆性质。在岩浆固结过程中,岩浆体内出现减压裂隙,含矿流体系统注入到这些裂隙中,进而导致火成岩的裂隙式矿化。如大南沟、白石尖、马脖壕、竹园沟等钼矿。②岩浆粘度较小,流体系统进入岩浆系统中并与其合为一体。虽然低密度、大浮力的流体系统对岩浆系统的侵位起到

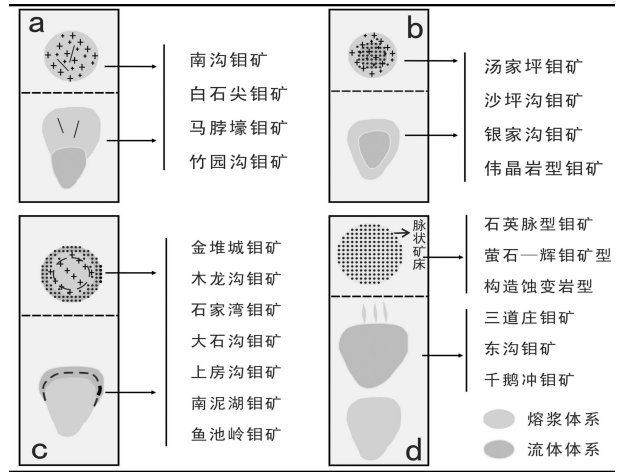


图 20 钼矿床类型在岩浆体系与流体体系相互关系图上的位置

Fig.20 Locations of different types of Mo deposits on the sketch map of Fig.19

推动作用,但是流体系统始终无法摆脱岩浆系统的束缚。因此含矿流体将会浸润岩浆系统的每个角落,形成浸染状矿化。如汤家坪、银家沟、八宝山、柳关等钼矿床。③若岩浆粘度小,流体上升速度快,岩体边部出现大量的淬火性裂隙,流体系统可以溢出岩浆体系,形成接触交代型矿床。如金堆城、木龙沟、上房沟、鱼池岭、大银尖等钼矿床。④若岩浆粘度非常小,流体系统可以完全与岩浆系统分离,形成矿体在岩体之外与岩体有一定距离,如东沟、千鹅冲、沙坪沟、三道庄等钼矿床。有的则产在各种裂隙中形成脉状或构造蚀变带型矿床,如各种构造带型及纸房、大西沟等石英脉型矿床。

各类钼矿类型在流体与岩浆关系图上的产出位置如图 20。

## 5 结论

(1)根据矿物组合、赋存状态、矿体产状等特征及与斑岩体的关系,初步将秦岭—大别山地区的钼矿床划分为斑岩型、构造蚀变岩型、石英脉型、伟晶岩型、萤石-辉钼矿型 5 个类型,10 个矿床式。其中斑岩型又可分为 3 个亚型,即斑岩亚型、斑岩—爆破角砾岩亚型、斑岩—矽卡岩型。

(2)所有钼矿床都伴有强烈的围岩蚀变,蚀变规模远远大于斑岩体,显示成矿作用有深部流体的参与,并非岩浆热液。热液蚀变有面式的也有线式的。

(3)根据钼矿的有用矿化元素组合特征,本区钼矿可以分成 Mo 及 Mo-W-(Re),Mo-Fe-Cu 及 Mo-Pb,Zn-Ag 3 种组合类型。这 3 种组合类型可能反映了钼矿成矿深度及成矿流体来源深度有所不同。

(4)矿产勘查评价时应根据钼矿(成矿流体)与花岗岩的时空关系,合理地采用不同的方案。

本文是根据秦岭—大别山地区的钼矿研究的最新进展,较系统地对本区钼矿类型进行了系统划分,为深入开展本区钼矿的进一步研究和对找矿勘查工作均有重要的意义。

### 参考文献(References):

- [1] 张国伟,孟庆仁,于在平,等.秦岭造山带的造山过程及其动力学特征[J].中国科学(D辑),1996,36(3):193-200.  
Zhang Guowei, Meng Qingren, Yu Zaiping, et al. Orogenesis and dynamics of the Qinling orogen [J]. Science in China (Series D), 1996, 26(3):193-200(in Chinese).
- [2] 张国伟,张本仁,袁学诚,等.秦岭造山带与大陆动力学[M].北京:科学出版社,2001.  
Zhang Guowei, Zhang Benren, Yuan Xuecheng, et al. Qinling Orogenic Belt and Continental Dynamics[M]. Beijing: Science Press, 2001(in Chinese with English abstract).
- [3] 卢欣祥.东秦岭花岗岩[C]//叶连俊,钱祥麟,张国伟主编.秦岭造山带学术会议论文集.西安:西北大学出版社,1989:250-259.  
Lu Xinxiang. The granite in Eastern Qinling[C]//Ye Lianjun, Qian Xianglin, Zhang Guowei (eds). Paper Selection of the Conference on Qinling Orogen. Xi'an: Northwest University Press, 1989: 250-259 (in Chinese).
- [4] 卢欣祥.秦岭花岗岩大地构造图及说明书[M].西安:西安地图出版社,2000:1-27  
Lu Xinxiang. Granitoid Tectonic Map of Qinling Belt [M]. Xi'an: Xi'an Cartographic Publishing House, 2000:1-27(in Chinese with English abstract).
- [5] 陕西省金堆城地质队.金堆城钼矿床最终勘探报告[R].1959.  
Geological Team of Jinduicheng of Shaanxi Province. The Final Exploration Report of Jinduicheng Mo Deposits [R]. 1959 (in Chinese).
- [6] 河南省地质局豫01队.河南省栾川县上房沟钼矿区初步勘探报告[R].1965.  
Team No.01 of Henan Geological Survey. The Preliminary Exploration Report of Shangfanggou Mo Mining Area of Luanchuan Country, Henan province[R]. 1965(in Chinese).
- [7] 河南地质科研所.陕西金堆城—河南栾川钼多金属成矿带远景区划[R].1983.  
Geological Institute of Henan Province. Prospects of Molybdenum ore belt in Shaanxi Jinduicheng—Henan Luanchuan [R]. 1983(in Chinese).
- [8] 河南地质局地质三队.河南省栾川县三道庄矿区钼矿详细勘探报告[R].1980.  
Team No.3 of Geology and Mineral Bureau of Henan Province. The Detailed Exploration Report of Sandaozhuang Molybdenum and Tungsten Mining Area in Luanchuan Country, Henan[R]. 1980 (in Chinese).
- [9] 陕西地质矿产局第十三地质队.陕西省金堆城—黄龙铺钼矿成矿规律及成矿探讨[R].1989.  
Team No.13 of Geology and Mineral Bureau of Shaanxi Province. The Discussion on Mineralization and Metallogenic Regularity in Jinduicheng—Huanglongpu Area of Shaanxi[R]. 1989(in Chinese).
- [10] 黄典豪,王义昌,聂凤军,等.一种新的钼矿床类型——陕西黄龙铺碳酸岩脉型钼(铅)矿床地质特征及成矿机制[J].地质学报,1985(3):241-257.  
Huang Dianhao, Wang Yichang, Nie Fengjun, et al. A new type of molybdenum deposit—Geological characteristics and metal-organic mechanism of the Huanglongpu carbonatite vein-type of molybdenum(lead) deposit, Shaanxi[J]. Acta Geological Sinica, 1985 (3): 241-257 (in Chinese with English abstract).
- [11] 黄典豪,吴澄宇,聂凤军.陕西金堆城斑岩钼矿床地质特征及成因探讨[J].矿床地质,1987,6(3):22-34.  
Huang Dianhao, Wu Chengyu, Nie Fengjun. Geological features and origin of the Jinduicheng Porphyry molybdenum deposit, Shaanxi province [J]. Mineral Deposits, 1987, 6 (3):22-34 (in Chinese with English abstract).
- [12] 安三元,卢欣祥.东秦岭斑岩组合的地质特征及成矿关系[C]//徐克勤,涂光焱主编.花岗岩地质和成矿关系(国际学术会议论文集).南京:江苏科学技术出版社,1984:398-405.  
An Sanyuan, Lu Xixiang. Geological mineralization features and origin of mesozoic porphyry assemblage in eastern Qinling Mountains [C]//Xu Keqin, Tu Guangzhi (eds.). Characteristics of Granites and Metallogenesis. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Publishing House, 1985:398-405(in Chinese).
- [13] 卢欣祥.河南省大别山地区(北麓)中酸性小岩体地质特征及找矿方向的初步探讨[J].河南地质,1978,(4):1-18.  
Lu Xinxiang. A primary discussion on geology and prospecting intermediate-acid small intrusion in north Dabie Mountain area of Henan Province[J]. Geology of Henan, 1978(4):1-18(in Chinese).
- [14] 卢欣祥,等.河南省秦岭—大别山地区中酸性小岩体地质与矿化特征[R].河南地质研究所,1980.  
Lu Xinxiang, et al. Geology and Mineralization Characteristics of Yanshanian Intermediate-acid small Intrusion in Qingling—Dabie area, Henan Province [R]. Geological Institute of Henan, 1980(in Chinese).
- [15] 卢欣祥.一个典型的同熔花岗岩型矿床——秋树湾斑岩铜(钼)矿床基本特征[J].矿物岩石,1984,4(4):33-42.  
Lu Xinxiang. The basic geological features of the porphyry copper (molybdenum) deposit in Qiushuwan: A typical syntectonic granite deposit[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 1984, 4(4):33-42 (in Chinese with English abstract).
- [16] 安三元,卢欣祥.东秦岭中生代斑岩组合的地质与矿化特征及其成因[J].河南科学,1985,(2):86-95.  
An Sanyuan, Lu Xinxiang. Geology, mineralization features and origin of Mesozoic porphyry assemblage in eastern Qinling mountains [J]. Science of Henan, 1985, (2):86-95(in Chinese).
- [17] 卢欣祥.东秦岭两类花岗岩与两个金矿系列[J].地质论评,1994,40(5):418-428.  
Lu Xinxiang. Two types of granites and two series of gold deposits



- in eastern Qinling[J]. Geological Review, 1994, 40(5):418-428 (in Chinese with English abstract).
- [18] 卢欣祥, 于在平, 冯有利, 等. 东秦岭深源浅成型花岗岩的成矿作用及地质构造背景[J]. 矿床地质, 2002, 21 (2):168-178.  
Lu Xinxiang, Yu Zaiping, Feng Youli, et al. Mineralization and tectonic setting of deep-hypabyssal granites in East Qinling Mountain[J]. Mineral Deposits, 2002, 21(2):168-178 (in Chinese with English abstract).
- [19] 乔怀栋, 许永仁, 等. 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[R]. 河南省地矿局研究所, 1985.  
Qiao Huaidong, Xu Yongren, et al. The Study on the Relationship Between Yanshanian Small Intermediate-Acid Rock Body and Mo Mineralization of in South Luoyang and West of Henan [R]. Institute of Geology and Mineral Bureau of Henan Province, 1985(in Chinese).
- [20] 薛祖雷, 等. 陕西省洛南石坡-黄龙铺一带中酸性小岩体含矿性研究报告[R]. 陕西省地质局综合研究队, 1982.  
Xue Zulei, et al. The Study Report on Ore Potentiality of Small Intermediate-Acid Rock Body in Shipo-Huanglongpu, Shaanxi Province [R]. Integrated Research Team of Geology and Mineral Bureau of Shaanxi province, 1982(in Chinese).
- [21] 黄建军, 黄楚秀, 等. 陕西小秦岭钼矿成矿规律和找矿方向研究[R]. 西北有色地质研究所, 1985.  
Huang Jianjun, Huang Chuxiu, et al. Reseach on Metallogenic Regularity and Prospecting of Mo Deposits in Xiaoqinling, Shaanxi [R]. Nonferrous Geological Institute of Northwest, 1985(in Chinese).
- [22] 罗铭玖, 董群英, 李兴福, 等. 河南南泥湖-三道庄钼钨矿床的地质特征及矿床类型[J]. 河南地质, 1985, (增刊):237-246.  
Luo Mingjiu, Dong Qunying, Li Xingfu, et al. Geological characteristics and deposit type of Henan Nannihu - Sandaozhuang molybdenum and tungsten deposits [J]. Henan Geology, 1985, (supp.):237-246(in Chinese).
- [23] 罗铭玖, 张辅民, 董群英, 等. 中国钼矿床 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1991:1-452.  
Luo Mingjiu, Zhang Fuming, Dong Qunying. Molybdenum Deposits of China [M]. Zhengzhou: Henan Science & Technology Press, 1991:1-425(in Chinese with English abstract).
- [24] 张正伟, 张中山, 董有, 等. 东秦岭钼矿床及其深部构造制约[J]. 矿物学报, 2007, 27(3/4):372-378.  
Zhang Zhengwei, Zhang Zhongshan, Dong You, et al. Molybdenum deposits in eastern Qinling, central China: deep structural constraints on their formation [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2007, 27(3/4):372-378(in Chinese with English abstract).
- [25] 李永峰, 毛景文, 胡华斌, 等. 东秦岭钼矿类型、特征、成矿时代及其地球动力学背景[J]. 矿床地质, 2005, 24(3):292-301.  
Li Yongfeng, Mao Jinwen, Hu Huabin, et al. Geology, distribution, types and tectonic setting of Mesozoic molybdenum deposits in East Qingling area [J]. Mineral Deposits, 2005, 24(3): 292-301(in Chinese with English abstract).
- [26] 毛景文, 谢桂青, 张作衡, 等. 中国北方中生代大规模成矿作用的期次及其地球动力学背景 [J]. 岩石学报, 2005, 31 (1): 169-188.  
Mao Jinwen, Xie Guiqing, Zhang Zuoheng, et al. Mesozoic large-scale metallogenic pulses in North China and corresponding geodynamic settings [J]. Acta Petrologica Sinica, 2005, 31(1):169-188 (in Chinese with English abstract).
- [27] 肖荣阁, 白凤军, 原振雷, 等. 东秦岭钼、多金属矿区域成矿系统与成矿预测[J]. 现代地质, 2010, 24(1):1-10.  
Xiao Rongge, Bai Fengjun, Yuan Zhenlei. Metallogenic system and prediction of Mo-Au polymetallic deposits in east Qinling[J]. Geoscience, 2010, 24(1):1-10(in Chinese with English abstract).
- [28] 白凤军, 肖荣阁. 东秦岭钼矿的主要类型、成矿特征和成矿时代[J]. 矿产与地质, 2009, 23(6):499-506.  
Bai Fengjun, Xiao Rongge. The major type, mineralization feature and date of molybdenum deposit in east Qinling [J]. Mineral Resources and Geology, 2009, 23 (6):499-506 (in Chinese with English abstract).
- [29] 白凤军. 豫西地区钼矿床类型、控矿因素与找矿模型研究[D]. 中国地质大学(北京)博士论文, 2010.  
Bai Fengjun. Study on Types, Ore-controlling Factors and Prospecting Models of Molybdenum Deposits in the West Part of Henan [D]. Ph.D. Thesis of China University of Geosciences (Beijing), 2010(in Chinese with English abstract).
- [30] Lowell J D, Guilbert J M. Lateral and vertical alteration - mineralization zoning in porphyry ore deposits [J]. Economic Geology, 1970, 65:373-408.
- [31] Sutherland Brown A. Mineralization in British Columbia and the copper and molybdenum deposits[J]. CIM Bull., 1969, 62:26-40.
- [32] Sillitoe R H. Morphology and classification: CIM Spec. 1976, 15, 44-51.
- [33] 吕伟庆, 付治国, 李济营, 等. 河南省汝阳东沟矿区钼矿勘探报告[R]. 河南省地质矿产勘查开发局第二地质质查院, 2005.  
Lv Weiqing, Fu Zhiguo, Li Jiying, et al. The Exploration Report of Donggou Mo Mining Area in Ruyang, Henan Province [R]. The Second Geological Survey Institute, Henan Geological Survey Burea, 2005 (in Chinese).
- [34] 叶会寿, 毛景文, 李永峰, 等. 东秦岭东沟超大型斑岩钼矿 SHRIMP 锆石 U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 2006, 80(7):1078-1087.  
Ye Huishou, Mao Jinwen, Li Yongfeng, et al. SHRIMP zircon U-Pb and molybdenite Re-Os dating for the superlarge Donggou porphyry Mo deposit in East Qinling, China, and its geological implication [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80 (7):1078-1088(in Chinese with English abstract).
- [35] 马红义, 吕伟庆, 张云政, 等. 河南汝阳东沟超大型钼矿床地质特征及找矿标志[J]. 地质与勘探, 2007, 43(04):1-7.  
Ma Hongyi, Lv Weiqing, Zhang Yunzheng, et al. Geological characters and prospecting indication of Donggou Mo deposit in the Ruyang area, Henan [J]. Geology and Prospecting, 2007, 43 (04):1-7(in Chinese with English abstract).
- [36] 周珂, 叶会寿, 毛景文, 等. 豫西鱼池岭斑岩型钼矿床地质特征及其辉钼矿铼-钨同位素年龄[J]. 矿床地质, 2009, 28(2):170-184.  
Zhou Ke, Ye Huishou, Mao Jinwen, et al. Geological characteristics and molybdenite Re-Os isotopic dating of Yuchiling porphyry Mo deposit in western Henan Province [J]. Mineral Deposit, 2009, 28(2):170-184(in Chinese with English abstract).
- [37] 洛阳龙羽山川铝业公司. 河南省嵩县鱼池岭钼矿区生产勘探报告[R]. 2010.

- Luoyang Longyu Shanchuan CO. LTD. The Exploration Report of Yuchuling Mo Mining Area in Songxian, Henan Province [R]. 2010 (in Chinese).
- [38] 黄凡, 罗照华, 卢欣祥, 等. 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, 2010, 29(11):1704-1711.  
Huang Fan, Luo Zhaohua, Lu Xinxiang, et al. Geological characteristics, metallogenic epoch of the zhuyuangou molybdenum deposit in Henan and its geological significance [J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29 (11):1704-1711 (in Chinese with English abstract).
- [39] 赵亨, 张庆德, 余天民, 等. 大石沟钼(铼)矿床地质特征及成因初步探讨 [J]. 西北地质, 1984, (3):25-32.  
Zhao Heng, Zhang Qingde, Yu Tianmin, et al. A preliminary discussion on geological characteristics and genesis of Dashigou Mo (Re) deposit [J]. Northwest Geology, 1984, (3):25-32 (in Chinese with English abstract).
- [40] 黄典豪, 候增谦, 杨志明, 等. 东秦岭钼矿带内碳酸岩脉型钼(铅)矿床地质、地球化学特征、成矿机制及成矿构造背景 [J]. 地质学报, 2009, 83(12): 1968-1984.  
Huang Dianhao, Hou Zengqian, Yang Zhiming, et al. Geological and geochemical characteristics, metallogenic mechanism and tectonic setting of carbonatite vein-type Mo (Pb) deposits in the East Qinling molybdenum ore belt [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(12):1968-1984 (in Chinese with English abstract).
- [41] 河南冶金地质四队. 河南省方城县土门萤石矿区评价地质报告 [R]. 1983.  
Team No.4 of Metallurgy Geology of Henan. The Evaluation Geological Report of Tumen Fluotite Mining Area in Fangcheng Country, Henan [R], 1983 (in Chinese).
- [42] 罗照华, 莫宣学, 卢欣祥, 等. 透岩浆流体成矿作用——理论分析与野外证据 [J]. 地学前缘, 2007, 14(3):165-183.  
Luo Zhaohua, Mo Xuanxue, Lu Xinxiang, et al. Metallogeny by trans-magmatic fluids—theoretical analysis and field evidence [J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14 (3):165-183 (in Chinese with English abstract).
- [43] 罗照华, 卢欣祥, 陈必河, 等. 透岩浆流体成矿作用导论 [M]. 北京: 地质出版社, 2009.  
Luo Zhaohua, Lu Xinxiang, Chen Bihe, et al. ed. Introduction to the Metallogenic Theory on the Transmagmatic Fluids [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009 (in Chinese).

## Mo deposit types and mineralization assemblage characteristics in Qinling–Dabie Mountain area

LU Xin-xiang<sup>1</sup>, LUO Zhao-hua<sup>2</sup>, HUANG Fan<sup>3</sup>, GU De-min<sup>1</sup>,  
LI Ming-li<sup>1</sup>, YANG Zong-feng<sup>2</sup>, HUANG Dan-feng<sup>4</sup>, LIANG Tao<sup>5</sup>,  
LIU Chuan-quan<sup>4</sup>, ZHANG Zhen<sup>1</sup>, GAO Yuan<sup>1</sup>

(1. Academy of Land and Resources of Henan Province, Zhengzhou 450053, Henan, China; 2. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Resources Assessment, Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 4. Henan Institute of Geological Survey, Zhengzhou 450007, Henan, China; 5. Henan Institute of Geological Exploration for Non-ferrous Metals, Zhengzhou 450052, Henan, China)

**Abstract:** The Qinling–Dabie Mountain area, characterized by widely distributed Mo deposits with various types and large reserves, is an important non-ferrous and precious metal ore-forming belt in China and even in the whole world. According to characteristics of Mo deposits in such aspects as modes of occurrence, spatial relationship with magmatic rocks, mineral assemblage, attitude of ore body and hydrothermal alteration, the authors preliminarily divided Mo deposits in Qinling–Dabie Mountain area into 5 types, 7 subtypes and 10 Mo deposit types. Different types of ore deposits have different characteristics of ore-forming elements, which can be assigned to three assemblages: Mo (Mo–W–Re), Mo–Cu–Fe and Mo–Pb–Zn–Ag–Au. According to the new metallogenic theory, there exist four kinds of relationships between magmatic melt and ore-forming fluids, which can explain the geneses of these different types of Mo deposits. The systematization of the types of Mo deposits in Qinling–Dabie Mountain area has important theoretical and economic significance and can provide a theoretical support to the prospecting work.

**Key words:** types of Mo deposits; elements assemblage; Qinling–Dabie Mountain area

**About the first author:** LU Xin-xiang, male, born in 1938, professor, engages in the study of granitoids and metallogenic regularity; E-mail: luxx1938@163.com.