

文章编号: 0258-7106 (2002) 02-0168-11

东秦岭深源浅成型花岗岩的成矿作用 及地质构造背景*

卢欣祥^{1,2} 于在平² 冯有利³ 王义天⁴ 马维峰² 崔海峰²

(1 河南省地质科学研究所, 河南 郑州 450053; 2 西北大学地质系, 陕西 西安 710069; 3 北京大学地质系, 北京 100871; 4 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

摘 要 东秦岭位于华北板块与扬子板块之间的拼合带——秦岭造山带的东段。该区构造岩浆活动强烈, 有色金属、贵金属的成矿作用发育, 是中国著名的 Mo, W, Au 多金属成矿带, 也是中国最大的 Mo, Au, W 等矿产基地与重要的矿集区之一。通过深源浅成型花岗岩的特征、形成机制和成矿特点的研究, 发现成矿多与中生代燕山期(170~100 Ma)的深源浅成型花岗岩类有关, 并生成一系列斑岩-爆破角砾岩型矿床。矿床具有深源、与岩体同时、同空间以及岩体的成矿元素丰度高等特点。矿床类型与岩浆成分有关, 表现出明显的成矿专属性。矿床的形成受区域构造演化作用的控制, 成岩成矿作用是燕山期中国东部在陆内俯冲的背景下, 岩石圈巨大减薄, 引起软流圈抬升和地幔上涌造成的。

关键词 深源浅成型花岗岩 成矿作用 构造演化 东秦岭

中图分类号: P619.22⁺2

文献标识码: A

花岗岩与成矿关系是一个古老而又复杂的科学命题, 也是研究时间最长、问题最多的问题之一, 历来为中外地质学家所关注, 并且成为岩石、矿床学研究的基本内容。随着地质科学的发展, 对地球深部认识的深入, 测试技术的进步, 特别是同位素示踪技术的发展, 使人们对地球深部、地幔的运动、地壳演化阶段、造山带的形成与构造演化、物质的运移与沉淀等有了更多的认识, 对花岗岩与矿产的关系的研究也更加深入。

20 世纪 80 年代以来, 关于花岗岩与成矿关系的研究正朝着截然不同的两个方向发展: 即花岗岩与成矿有关或与之无关。认为有关的强调所有同花岗岩有关的矿产都是岩浆来源, 主张无关的则认为应淡化花岗岩的岩浆活动与成矿关系, 认为花岗岩在成矿作用中最多起热机作用(洪大卫, 1994)。

花岗岩的成矿关系是一个广泛的概念, 因为世界上有不同的花岗岩, 花岗岩可以划分成不同的成因类型, 不同的成因类型花岗岩产生的构造环境及在地壳中的部位各不相同, 这样势必造成不同类型、不同地区的花岗岩有着完全不同的成矿作用和特

征, 本文就秦岭深源浅成型花岗岩的特征、形成机制和成矿特点进行系统的讨论, 对阐明花岗岩类的成矿作用具有重要的科学意义。

1 东秦岭花岗岩成因类型

东秦岭位于华北板块与扬子板块的邻接边缘以及它们之间的拼合带——秦岭造山带的东段, 岩石以火山-沉积变质岩为主, 变质程度较深, 包含有大量的英云闪长岩、奥长花岗岩和花岗闪长岩类(TTG 岩套)以及蛇绿杂岩, 成熟度较低, 外生改造作用差, 分异演化不强, 所以地壳的基性程度高(卢欣祥, 1989a)。该区由于扬子板块和华北板块的相对运动, 俯冲碰撞, 因而是地壳运动最活跃的地带, 有着从太古宙到中生代长达 30 亿年的地质演化历史, 并经历了太古宙克拉通、早中元古宙的初始裂谷系。经历了晚元古宙—古生代—早中生代, 即晋宁期到加里东期至印支期的板块俯冲碰撞和中生代(燕山期)的块段推覆、叠置的陆内 A 型俯冲等构造演化阶段(张国伟等, 1987), 秦岭造山带成为中国乃至世界

* 本文受国家重点基础研究项目(编号: G1999043200)和中国地质调查局花岗岩重大基础项目(编号: 200113900018)资助

第一作者简介 卢欣祥, 男, 1939 年生, 教授级高工, 西北大学兼职教授, 长期从事秦岭花岗岩及矿床研究。Tel: (0371) 3940349。

收稿日期 2001-06-25; 改回日期 2002-03-07。张绮玲编辑。

著名的多体制、多成因的复合型大陆造山带(张国伟等,1996;1998)和贵金属、有色金属成矿带。正是这种特殊的地质历史和构造演化格局,控制了东秦岭不同时代、不同成因和特征的花岗岩的形成及成矿作用。东秦岭地区花岗岩出露面积达 $10\,000\text{ km}^2$,具有类型全、成矿作用强的特点。根据岩浆源区在地壳圈层中的位置、产状及地质地球化特征,可以将花岗岩分成4类,即:①在中晚元古宙裂谷环境中,由接近莫霍面的下地壳缺水或无水的麻粒岩部分熔融而成的深源深成型(A型)花岗岩(卢欣祥,1989b);②与早古生代蛇绿杂岩有关,由基性岩浆分异而成的幔源浅成型(M型)花岗岩(张国伟等,1987);③由上部陆壳(8~12 km)交代-重熔的浅源深成型花岗岩;④由下地壳(>30 km)部分熔融而成的深源浅成型花岗岩。后两类花岗岩分布较广。不同成因系列花岗岩的成矿作用不同,而且矿种、矿化类型、强度及与成矿之关系也不一样,深源浅成型及浅源深成型两类花岗岩与成矿关系密切,成矿作用最强,A型花岗岩只与稀土元素有关,仅形成一些小规模的矿点、矿化点,不构成工业富集,而M型花岗岩只发现有多金属矿化现象。浅源深成型花岗岩的成矿作用,已另有文章讨论。本文主要讨论上述第一类即深源浅成型花岗岩的成矿作用。

2 深源浅成型花岗岩的成矿作用

2.1 深源浅成型花岗岩特征及成矿专属性

该类花岗岩一般出露面积不大,单个岩体一般小于 1 km^2 ,但却是东秦岭地区分布较广,成矿作用最强的一种花岗岩类型,已发现的岩体有百余个,形成矿床或具有明显矿化者有50个左右,它们形成金堆城、桃官坪、夜长坪、南泥湖、祁雨沟、蒲塘等岩体群,每群包括若干个岩体和岩筒(图1)。有意义的是较理想的矿床都和面积小于 1 km^2 的岩体有关。地球物理资料及对其深源基性包体的温度压力条件计算,证明这种花岗岩形成深度大于30 km(王晓霞等,1986),东秦岭莫霍面的最大深度为40 km^①,所以岩浆形成深度位于下地壳中。同位素示踪,稀土元素和微量元素地球化学证明该类花岗岩是下地壳物质部分熔融作用形成的岩浆,又经历了岩浆结晶

分异作用而成,并遵循了由基性向酸性正向演化的规律(卢欣祥等,1985)。由于这类花岗岩多为小岩体,且比较分散,说明这种岩浆部分熔融程度可能不高,但其生成温度较高,有比较大的位能,上侵能力较强,故可以穿透地壳并达到地表。它们多是由地壳深部沿深断裂及构造弱化带向浅部运移(侵位和定位),所以一般都发育典型的斑状结构,出现高温石英等。其形成时代主要为中生代燕山期[170~100 Ma,主要集中在140~120 Ma(Rb-Sr、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -K-Ar法),安三元等,1984]。它们是在板内地球动力学条件下,由陆内俯冲作用引起的基性岩浆的底侵作用而形成的。

深源浅成型花岗岩包括各类斑岩(花岗闪长岩,花岗斑岩,二长花岗斑岩)、由岩浆隐蔽爆发而成的同源爆破角砾岩以及它们之间的过渡型岩石(斑岩-爆破角砾岩,角砾花岗斑岩等)。这些岩石都可以形成矿床,虽然它们可以为单矿种和复合矿种出现,但却是同一岩浆作用的结果。

该类花岗岩是东秦岭Au、Mo、W、Cu、Fe及Pb-Zn的主要成矿母岩,并构成了中国著名的秦岭有色金属、贵金属成矿带。由于岩浆的化学成分差异,可以形成不同矿物类型的矿床组合,表现出明显的成矿专属性。

2.2 矿床类型、矿床规模及时代

与该类花岗岩有关的矿床主要为斑岩型和爆破角砾岩型矿床以及它们之间的过渡类型,如斑岩Mo矿(金堆城、上房、南泥湖、石家湾、夜长坪等),斑岩Cu矿(八宝山),斑岩-爆破角砾岩Cu-Mo矿(秋树湾),斑岩Au(Cu矿)(蒲塘、毛堂),斑岩Mo(Au矿)(雷门沟),爆破角砾型Au(Cu矿)(祁雨沟、店房等)。

该类花岗岩生成的矿床规模巨大,多为大-特大型矿床,在中国及世界均具有重要地位,其中Mo金属量超过1 Mt的钼矿床有金堆城、南泥湖-三道庄,超过30万吨的有石家湾、上房、雷门沟、夜长坪等矿床。金超过20 t的有祁雨沟等金矿。

本区深源浅成型花岗岩矿床连同区内其它类型金矿床,如石英脉型与构造蚀变岩型金矿(它们多为大型金矿)一起构成中国著名的大型矿集区之一。

成矿与成岩同时或略滞后于岩体,时代为中生代燕山期,相当于晚侏罗纪和白垩纪。

① 河南省地矿厅物探队,1984.河南省重力勘察报告。

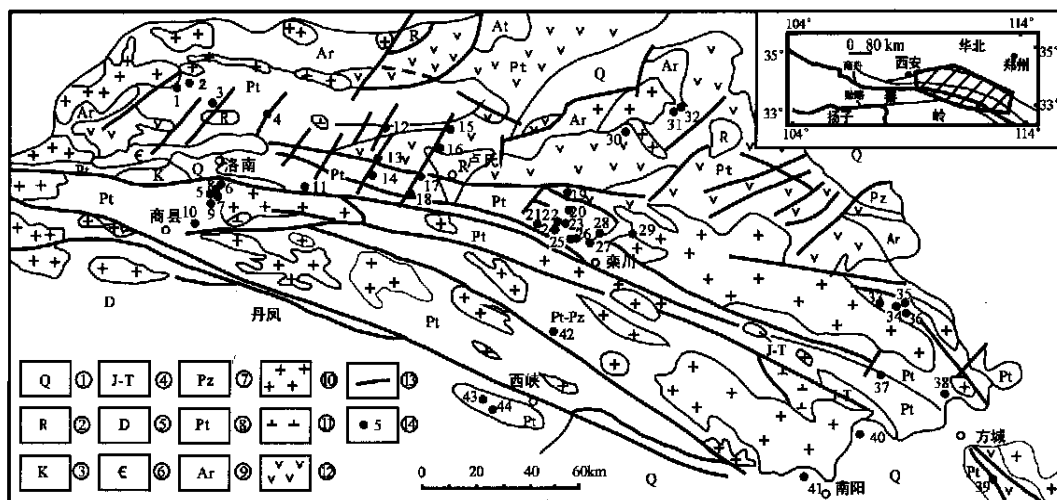


图1 东秦岭深源浅成型花岗岩分布图

①—第四系；②—第三系；③—白垩系；④—侏罗-三叠系；⑤—泥盆系；⑥—寒武系；⑦—古生界；⑧—元古界；⑨—太古界；⑩—花岗岩；⑪—闪长岩；⑫—火山岩；⑬—断层；⑭—深源浅成型岩体编号：1—金堆城；2—石家湾；3—黑山；4—木龙沟；5—桃官坪；6—寺沟；7—西沟；8—腰庄；9—崎头山；10—南台；11—寨子沟；12—银家沟；13—秦池；14—夜长坪；15—后窑峪；16—柳关；17—八宝山；18—曲里；19—老庙沟；20—马圈；21—火神庙；22—上房；23—南泥湖；24—黄柏岭；25—鱼库；26—石宝沟；27—大坪；28—郭店；29—大青沟；30—沙土洼；31—雷门沟；32—祁雨沟；33—窟窿山；34—杨木乃；35—黑音寺；36—黄土岭；37—杨家庄；38—养马口；39—大寺；40—莲花池；41—秋树弯；42—磨子沟；43—蒲塘；44—毛堂(其中5、7、9、21、24、25为非矿化岩体,其余为矿化岩体)

Fig. 1 Distribution map of the deep-hypabyssal type granites in Eastern Qinling

①—Quaternary; ②—Tertiary; ③—Cretaceous; ④—Jurassic-Triassic; ⑤—Devonian; ⑥—Cambrian; ⑦—Palaeozoic; ⑧—Proterozoic; ⑨—Archean; ⑩—Granite; ⑪—Diorite; ⑫—Volcanic rocks; ⑬—Fault; ⑭—Serial number of deep-hypabyssal granite: 1—Jinduicheng; 2—Shijiaowan; 3—Heishan; 4—Mulonggou; 5—Taoguanping; 6—Sigou; 7—Xigou; 8—Yaozhuang; 9—Qitoushan; 10—Nantai; 11—Zaizigou; 12—Yinjiagou; 13—Qinchu; 14—Yechangping; 15—Houyayou; 16—Liuguan; 17—Babaoshan; 18—Quli; 19—Laomiaogou; 20—Majuan; 21—Hushenmiao; 22—Shangfang; 23—Nannihu; 24—Huangboling; 25—Yuku; 26—Shibaogou; 27—Daping; 28—Guodian; 29—Daqinggou; 30—Shatuwa; 31—Limengou; 32—Qiyugou; 33—Kulongshan; 34—Yangmunai; 35—Heiyinsi; 36—Huangtuling; 37—Yangjiazhuang; 38—Yangmakou; 39—Dasi; 40—Lianhuachi; 41—Qiuishuan; 42—Mozigou; 43—Putang; 44—Maotang (5, 7, 9, 21, 24 and 25 stands for mineralized granite, and others stands for non-mineralized granite)

2.3 成矿特征

深源浅成型花岗岩的成矿作用有以下4个主要特征(卢欣祥, 1994)。

(1) 深源性: 这类花岗岩浆形成于下地壳中, 成矿物质由花岗岩浆带来, 特别是 Au、Mo、Cu 等矿产, 矿体产在花岗岩及其内外接触带, 成细脉浸染状。

(2) 同时性: 成矿时代与岩体同时, 本区成矿时代主要为中生代印支-燕山期, 花岗岩亦为这一时代的产物, 如祁雨沟花岗斑岩体内含金黄铁矿的年龄为 103 Ma, 花岗斑岩的年龄也为 103 Ma, 两者完全一致。

(3) 同空间性: 矿体受岩体控制, Au 矿或 Mo 矿产在岩体内或岩体边部, 岩石即矿石, 矿体是由分析

品位圈定的(图2)。

(4) 岩体的成矿元素丰度值高: w_{Au} 平均为 8.01×10^{-9} , 最高为 $(29.7 \sim 34) \times 10^{-9}$ (卢欣祥, 1993), w_{Mo} 平均为 59.02×10^{-6} , 远远高出世界花岗岩的平均值(1×10^{-6}), 如金堆城、上房、南泥湖、石家湾、夜长坪等岩体。 w_W 为 $44.9 \times 10^{-6} \sim 78.72 \times 10^{-6}$, 平均 63.71×10^{-6} , 高出花岗岩平均值(0.56×10^{-6})的 114 倍。

2.4 深源浅成型花岗岩对成矿的控制作用

(1) 岩石类型对成矿的控制作用

与 Au 及 Cu 有关的岩石类型主要是黑云母二长花岗斑岩, 花岗闪长斑岩(银家沟、八宝山等岩体)。Mo 及 W 矿主要和富硅、富钾的超酸性花岗斑岩有

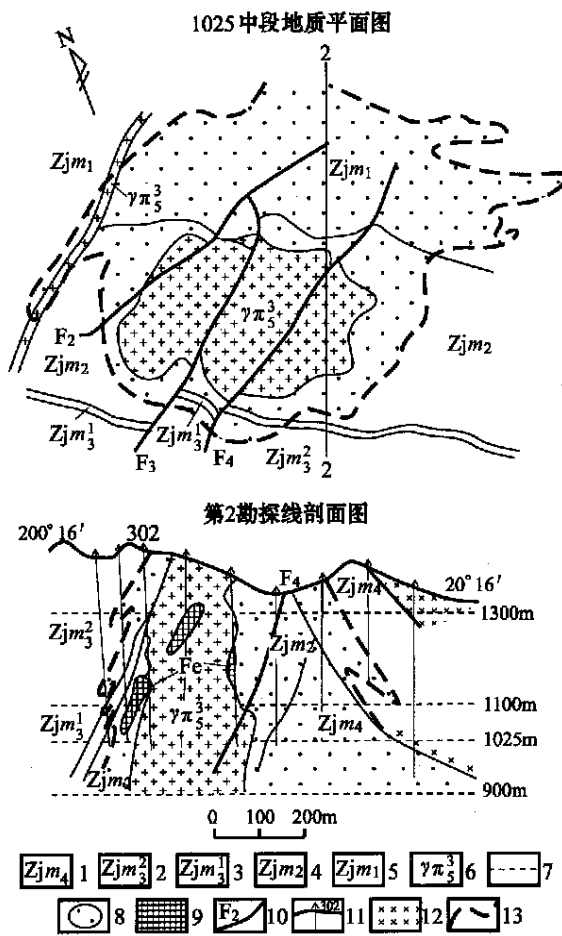


图2 栾川上房斑岩钼矿1025中段地质平面图及2勘探线剖面图(据罗铭玖等,1991)

1—二云母石英岩底部夹薄层大理岩;2—白云石大理岩夹透辉石角岩;3—含磁铁矿云母石英片岩(标志层);4—白云石大理岩夹云母石英片岩;5—云母石英片岩(接触变质为长英角岩、黑云母角岩);6—花岗斑岩;7—中段线;8—钼矿体;9—磁铁矿体;10—断层及编号;11—钻孔及编号;12—辉长岩;13—钼矿边界

Fig. 2 The plan of 1025 m level and the geological section along No.2 exploration line of Shangfang porphyry molybdenum deposit in Luanchuan (after Luo et al., 1991)

1—Nacritid intercalated with thin-bedded marble at the bottom; 2—Dolomite-marble intercalated with diopside-hornblends; 3—Magnetite-bearing mica-quartz-schist (guide seam); 4—Dolomite-marble intercalated with mica-quartz-schist; 5—Mica-quartz-schist changing into felsic-hornblende and biotite-hornberg by contact-metamorphic action; 6—Granite-porphry; 7—Level section; 8—Molybdenum orebody; 9—Magnetite ore body; 10—Fault and its serial number; 11—Drill hole and its serial number; 12—Gabbro; 13—Orebody boundary

关(上房、南泥湖、夜长坪等岩体)。

(2) 岩石化学成分对成矿的控制作用

东秦岭有色金属和贵金属矿床很多,它们无不受花岗岩的岩石化学成分的制约,即具有明显的成矿专属性。这种花岗岩的成矿专属性又主要表现在岩石的酸、碱度对成矿的控制。已发现的矿床中,当 $w(\text{SiO}_2) > 72\%$, $w(\text{K}_2\text{O}) \geq w(\text{Na}_2\text{O})$ 时,则生成钼矿,并伴生一些金矿(雷门沟斑岩 Mo(Au)矿床);当 $w(\text{SiO}_2) \leq 72\%$, $w(\text{K}_2\text{O}) \leq w(\text{Na}_2\text{O})$,则对金、铜矿化有利(如蒲塘、八宝山、银家沟等矿床);若 $w(\text{SiO}_2) > 72\%$, $w(\text{K}_2\text{O}) \gg w(\text{Na}_2\text{O})$ 时,只生成高品位的单一钼矿,无金伴生,如上房、南泥湖、夜长坪等矿床(卢欣祥,1987)。

(3) 含矿岩体元素地球化学的控制作用

主要表现为 Au、Mo、Cu 矿化的分离倾向。含 Au 岩体的 Mo、Pb 含量普遍较低,而 Mo(Pb)矿化岩体的 Mo 含量明显增高。祁雨沟、毛堂、蒲塘、银家沟、八宝山等 Au 矿化岩体,Mo 的含量都比较低,有的构不成独立的 Mo 矿体,仅为矿化。祁雨沟 Au 矿中,含 Au 岩体 Mo 含量只有 $1.96 \times 10^{-6} \sim 8.57 \times 10^{-6}$ 。而 Mo(Pb)矿化的岩体,Mo 含量高达 $164.14 \times 10^{-6} \sim 304.34 \times 10^{-6}$,极值可达 1000×10^{-6} 左右,为含 Au 岩体的 90 倍至几百倍。Pb 的含量同 Mo 相似。含金岩体的铅含量一般为不含 Au 岩体的 2 倍左右,而含 Mo(Pb)岩体 Pb 平均含量高达 $1371.28 \times 10^{-6} \sim 3976.90 \times 10^{-6}$,极值达 12800×10^{-6} ,为含 Au 岩体的 20~60 倍(邵克忠等,1992)。

这种现象不仅反映出岩浆的成矿专属性及岩石的酸碱度对 Au、Mo 的控制作用,也反映出 Au、Mo、Pb 等元素具有不同的物理化学和地球化学特点。

2.5 成矿物质和岩浆均来自深源

2.5.1 岩石、矿石同位素组成具深源特征

氧同位素 本区岩体的 $\delta^{18}\text{O}$ 值普遍较低,岩体的 $\delta^{18}\text{O}$ 值多数小于 10‰或在 10‰上下波动(表1),表明形成该类岩体的岩浆来自深源。

铅同位素 岩石和矿石铅同位素组成变化范围不大,据本区主要 Mo、Cu、Au 矿化岩体的铅同位素组成的统计(罗铭玖等,1991), $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 17.12 \sim 18.129$,平均 17.403; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.14 \sim 15.54$,平均 15.382; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 37.35 \sim 38.049$,平均 37.673,表明铅同位素变化不大,具有相同的铅源。所有铅的 μ 值(按 $T = 45.5$ 亿),变化范围为 7.74 ~

表 1 东秦岭岩体 $\delta^{18}\text{O}$ 值表

Table 1 Oxygen isotopic compositions of rock bodies in East Qinling Mountain

岩体	祁雨沟	秋树湾	银家沟	雷门沟	祁雨沟	南泥湖	上房	马圈	金堆城
$\delta^{18}\text{O}/\text{‰}$	10.1~12.5	6.3~11.0	12.1	6.5~10.6 (8.6)	9.4~12.1 (0.7)	8.9~11.08 (9.86)	8.6~9.2 (8.9)	5.7~9.0 (8.85)	8.36~9.98 (9.29)
资料来源	邵克忠等, 1992	①	①	①	②	罗铭玖 等,1991	罗铭玖 等,1991	罗铭玖 等,1991	孙晓明, 1986

注: 括号中为平均值。

8.31, 多数为 8.04~8.13, 平均 8.06, 投影在 Doe (1974) 的地幔线附近 (地幔 μ 值为 8.57, 上地壳 μ 值为 9.771)。 $w_{\text{Th}}/w_{\text{U}}$ 比值变化范围为 3.74~4.66, 多数 3.86~4.16, 平均 3.96, 介于地幔 (3.45) 与下地壳 (5.74) 之间, 接近地幔值, 进一步说明岩体和矿石中的铅主要属深源 (幔源) 铅。在铅构造模式图上, 东秦岭深源浅成花岗岩及矿石铅同位素比值主要落在地幔线和造山带线之间, 多数靠近地幔线 (图 3)。 Doe (1974) 指出, 岩浆成因的矿石铅同位素与岩浆结晶时的铅同位素是一致的。本区矿石铅与花岗岩一样是岩浆成因的。

在铅同位素比值及来源关系图上 (图 4), 方铅

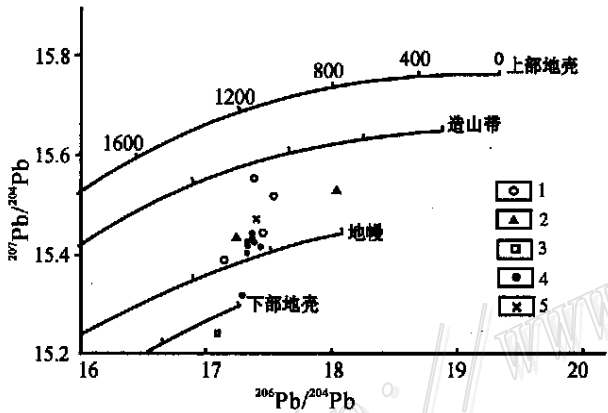


图 3 东秦岭深源浅成型花岗岩及矿石铅构造模式图 (据 Doe, 1974)

1—南泥湖岩体和矿床; 2—金堆城岩体和矿床; 3—上房矿床; 4—黄龙铺矿床; 5—银家沟矿床

Fig. 3 Diagram showing Pb isotopic of deep-hypabyssal granites and ores in the East Qinling Mountain (after Doe, 1974)

1—Nannihu rock body and deposit; 2—Jinduicheng rock body and deposit; 3—Shangfang deposit; 4—Huanglongpu deposit; 5—Yinjiagou deposit

矿和钾长石大部分投在下地壳中, 也有部分投入壳

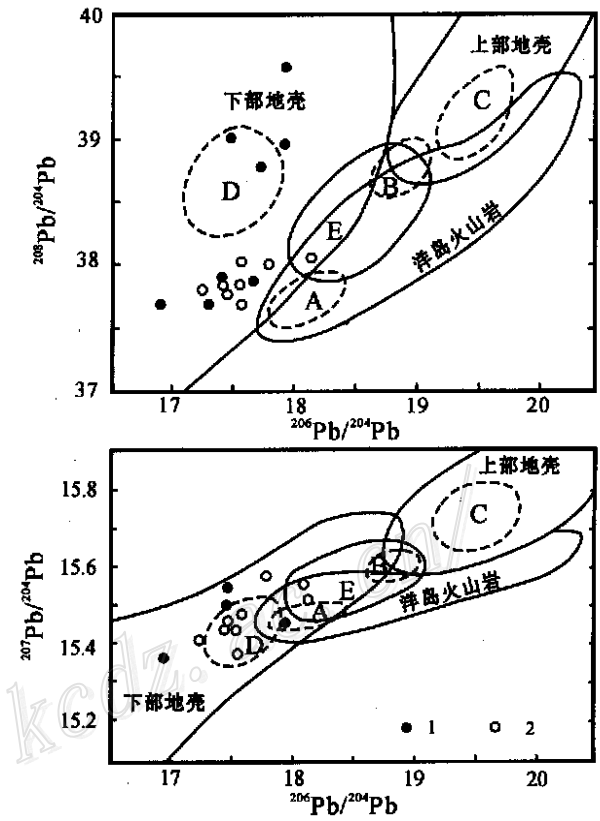


图 4 东秦岭深源浅成型花岗岩铅同位素及来源关系图 (据周作侠等, 1993 修改)

A—地幔; B—造山带; C—上地壳; D—下地壳; E—壳下岩石圈; 1—方铅矿; 2—钾长石 (实线圈出了各区 80% 的投点, 虚线圈出了可能的平均值)

Fig. 4 Diagram showing Pb isotopic compositions and sources of the deep-hypabyssal granites in the East Qinling Mountain (modified from Zhou et al., 1993)

A—Mantle; B—Orogen; C—Upper crust; D—Lower crust; E—Lithosphere under crust; 1—Galena; 2—K-feldspar (the actual lines outlining 80% data-points of different areas, whereas dotted-lines outlining the possible average values)

① 卢欣祥等, 1988. 河南省东秦岭地区花岗岩类地质特征及成矿关系研究.
② 张荫树等, 1985. 河南省金矿成矿条件和成因类型研究报告.

下岩石圈(E)和地幔(A)中,进一步揭示岩浆及成矿物质来自深源或地幔以及地幔与下地壳的混合。表明二者同来自深源(图4)。

硫同位素 东秦岭斑岩矿床岩体中的黄铁矿,其硫同位素($\delta^{34}\text{S}$)值低,变化范围窄, $-0.35\text{‰} \sim +7.6\text{‰}$,一般为 $-1.4\text{‰} \sim +2.67\text{‰}$ (卢欣祥等,1982;邵克忠等,1992;许国风,1985)①②③④,具塔式效应(图5、6),围岩地层(蒲塘地区的大沟组)则为 $-7.92\text{‰} \sim +2.82\text{‰}$,平均 -2.65‰ 。南泥湖钼矿化岩体的 $\delta^{34}\text{S}$ 均为正值,而围岩则出现负值。地层与含矿岩体有显著差异。低的 $\delta^{34}\text{S}$ 值,显示出岩体中的硫已经高度均一化,说明成岩成矿物质属于深源(下地壳),而不是浅源(上地壳)。

2.5.2 岩石和矿物的微量元素特征

(1) 钴、镍含量:此类花岗岩中的钴、镍等过渡组(铁组)元素明显偏高(表2),而在浅源深成型花岗岩及围岩中则不具这一特征。毛堂矿区在热液蚀变的岩石中,还含有自然铂。显然这些在基性岩中的

特征元素较多的出现在酸性的花岗质岩石中,表明此类花岗岩浆与深部的基性物质的部分熔融有关。张秋生等(1998)、栾世伟等(1985)及其他研究者都已证明,金矿的形成深度大于 $3 \sim 5 \text{ km}$,成矿物质来源于深部。

(2) 岩石的稀土元素地球化学:从表3可知,含矿岩石的稀土元素总量偏低,轻重稀土分馏明显,Eu亏损不明显($0.64 \sim 0.88$),配分模型属左高右

表 2 河南祁雨沟金矿区钴、镍含量表

Table 2 The cobalt and nickel contents of Qiyugou gold district, Henan Province

岩石	$w_{\text{Co}}/10^{-6}$	$w_{\text{Ni}}/10^{-6}$	资料来源
J ₂ 角砾岩	17.000	37.29	邵克忠等,1992
花山花岗岩	4.765~7.340	10.16~10.69	黎世美,1989,私人通信
岩筒围岩(黑云斜长片麻岩)	11.606	14.36	邵克忠等,1992



图 5 东秦岭斑岩型矿床硫同位素分布图
(据卢欣祥,1982;乔怀栋,1985)

Fig. 5 Distribution of sulfur isotopes in porphyry deposits of the East Qinling Mountain
(after Lu et al., 1982; Qiao et al., 1985)

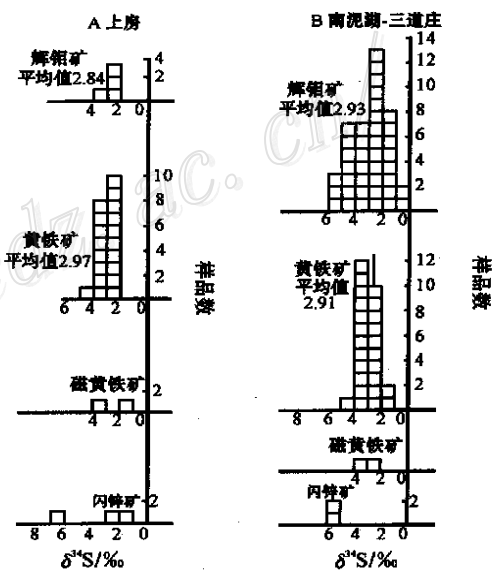


图 6 东秦岭钼矿中不同硫化物的硫同位素组成直方图
Fig. 6 Sulfur isotope histograms of different sulfides from the molybdenum deposits in the East Qinling Mountain

- ① 焦守敬等, 1990. 河南西峡蒲塘、毛塘爆发角砾岩型金矿研究.
- ② 严阵, 1990. 秦巴花岗岩与金矿研究.
- ③ 张荫树, 等, 1985. 河南省金矿成矿条件和成因类型研究.
- ④ 乔怀栋, 等, 1985. 洛南-豫西小岩体与钼矿关系研究.

表 3 东秦岭含矿斑岩的稀土元素特征表

Table 3 REE characteristics of ore-bearing porphyry in the Eastern Qinling Mountain

岩体名称	岩性	ΣREE	$\Sigma \text{Ce} / \Sigma \text{Y}$	δEu	资料来源
蒲塘毛堂(Au)	花岗斑岩	95.36	4.95	0.64	①
雷门沟(Mo、Au)	花岗闪斑岩	102.02	5.44	0.88	刘长命等, 1985
银家沟(Au、S)	二长花岗斑岩	182.33	8.84	0.81	刘长命等, 1985
银家沟(Au、S)	黑云二长石英斑岩	162.30	7.86	0.78	刘长命等, 1985
金堆成(Mo)	钾长花岗斑岩	148.29	6.07	0.78	刘长命等, 1985
八宝山(Cu、Fe)	钾长花岗斑岩	119.08	4.06	0.62	刘长命等, 1985
南泥湖(Mo、W)	二长花岗斑岩	154.20	8.25	0.67	刘长命等, 1985
上房(Mo)	钾长花岗斑岩	84.05	7.00	0.67	刘长命等, 1985
马圈(Mo)	二长花岗斑岩	164.33	6.20	0.74	刘长命等, 1985
秋树湾(Cu、Mo)	花岗闪长斑岩	101.49	5.35	0.88	卢欣祥等, 1982

表 4 东秦岭地区地层及花岗岩的 Au、Mo 含量

Table 4 Au and Mo abundances in the Eastern Qinling Mountain

地 层	$w_{\text{Au}} / 10^{-9}$	资料来源	$w_{\text{Mo}} / 10^{-6}$	资料来源
秦岭群片麻岩	1.09(85)	②	2.34(242)	②
太华群(小秦岭)	0.71(138)	黎世美等, 1996	1.05	黎世美等, 1996
熊耳群	0.66(139)	罗铭玖等, 1992	0.37(130)	③
栾川群	1.51(141)	罗铭玖等, 1992	0.3 ~ 0.9(122)	③
官道口群	1.50(255)	罗铭玖等, 1992	0.26 ~ 0.55(327)	③
陶湾群	1.46(141)	罗铭玖等, 1992	0.52(102)	③
宽坪群	1.29(239)	罗铭玖等, 1992	0.98(162)	③
二郎坪群	1.38	罗铭玖等, 1992	0.97(8)	②
浅源深成型花岗岩(岩基)	1.079	卢欣祥, 1993	0.38(13)	黎世美等, 1996
深源浅成型花岗岩	8.01	卢欣祥, 1993	59.02(27 个岩体, 677 个样)	③

括号内为样品数。

低, 钨基本未亏损的平滑曲线, 而在 $w_{\text{La}} / w_{\text{Sm}} - w_{\text{La}}$ 的图解上(图 7)揭示出岩浆是由部分熔融而成。

(3) 金的成色高: 根据河南第四地质调查队对自然金的电子探针分析结果, 蒲塘金矿的自然金成色为 857 ~ 915, 毛堂矿区为 933 ~ 942。邵克忠等(1992)测得祁雨沟金矿金的成色为 976, 主要为包体金赋存于黄铁矿等矿物中。金的成色较高表明成矿温度较高。

(4) 岩石的 F、Cl 含量较高: 据对 19 个岩体的测量^①, F 含量为 $(270 \sim 2\,027) \times 10^{-6}$, 平均 714.4×10^{-6} , 其中成矿岩体均大于 500×10^{-6} , 一般为 $(831 \sim 1\,274) \times 10^{-6}$ 。Cl 含量为 $30 \times 10^{-6} \sim 260 \times 10^{-6}$, 平均 74.5×10^{-6} , 其中成矿岩体 Cl 含量为 $70 \times 10^{-6} \sim 100 \times 10^{-6}$, 最高值达 $(122 \sim 253) \times 10^{-6}$ 。高挥发份对成矿有利。

2.6 东秦岭地层及花岗岩的 Au、Mo 含量

表 4 列出了不同研究者在不同时代测定的本区各时代地层及不同类型花岗岩的 Au、Mo 含量。表明东秦岭从太古宙的太华群、早元古宙的秦岭群、中元古宙的熊耳群、晚元古宙的栾川群、官道口群、陶湾群、宽坪群及下古生代-新元古代的二郎坪群, 即从基底到盖层各时代地层的 Au、Mo 含量都很低, 均低于相应的克拉克值。因此, 地层不太可能为成矿岩体提供相应的成矿物质, 说明各类斑岩体在成矿过程中可能没有萃取周围地层的成矿物质, 从另一个侧面说明成矿物质主要来自深源, 来自深源浅成型花岗岩, 这一现象与上述各类同位素提供的示踪信息的结论相一致。需要指出的是由于测试方法等因素, 张荫树等^②所测的数据比以后众多的研究者测定的数据要高一些。

① 焦守敬等, 1990. 河南西峡蒲塘、毛塘爆发角砾岩型金矿研究.
② 张荫树等, 1985. 河南省金矿成矿条件和成因类型研究.
③ 乔怀栋等, 1985. 洛南-豫西小岩体与钼矿关系研究.

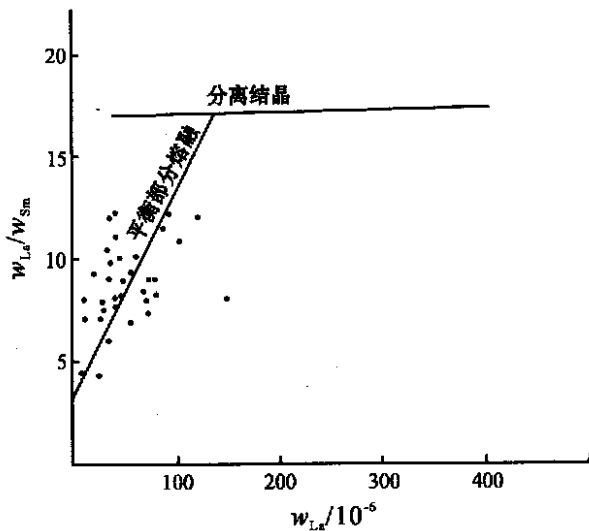


图 7 东秦岭深源浅成型花岗岩的 w_{La}/w_{Sm} - w_{La} 图解

(据 Allegre et al., 1977)

Fig. 7 w_{La}/w_{Sm} versus w_{La} diagram of the deep-hypabyssal granites in the Eastern Qinling Mountain (after Allegre et al., 1977)

在不同类型的花岗岩中,只有深源浅成型花岗岩的 Au、Mo 丰度最高, w_{Au} 平均达 8.01×10^{-9} , 最高达 34×10^{-9} (卢欣祥, 1993), 而 w_{Mo} 平均高达 59.02×10^{-6} , 为东秦岭 Au、Mo 含量最高的花岗岩类。几个特大型 Mo 矿岩石的 w_{Mo} 甚至高达 $(128 \sim 442) \times 10^{-6}$, 但由地壳重熔的浅源深成型花岗岩 w_{Au} (398 个样品) 平均的含量只有 1.079×10^{-9} (卢欣祥, 1993)。花山花岗岩 w_{Mo} 仅为 1.99×10^{-6} , w_{Au} 为 0.962×10^{-9} , 文峪花岗岩基 w_{Mo} 只有 0.38×10^{-6} (黎世美, 1996), w_{Au} 为 0.71×10^{-9} (19 个样品平均; 罗铭玖等, 1992), 可见此类花岗岩的 Au、Mo 丰度是很低的, 进一步表明成矿物质来自深源。

3 构造演化对东秦岭大型 Mo、W、Au 矿床形成机制的影响

(1) 秦岭造山带是一个多体制多成因的复合型大陆造山带 (张国伟等, 1996), 经历了从前寒武纪克拉通到中元古宙的裂谷和晋宁期—加里东期—印支期的板块俯冲碰撞以及中生代燕山期的陆内构造演化阶段, 并形成一系列陆内的 A 型俯冲带、陆缘构造岩浆活动带和大型剪切带。而中生代由于东亚大陆与西太平洋板块的相互强烈作用, 形成了燕山期的

构造-岩浆带, 同时也形成了大规模的有色金属、贵金属成矿带, 被称为中生代成矿大爆发的成矿高峰期 (毛景文等, 1999; 华仁民等, 1999), 形成了许多大型—超大型的 Mo、W、Au、Ag 等矿床。东秦岭成矿带就是在这次成矿大爆发中形成的, 并成为中国东部中生代成矿带的一部分。

(2) 大的构造运动旋回往往伴随着岩浆作用和成矿作用, 因为大规模造山之后, 壳和幔都是热的, 流体活动强烈, 储存在中下地壳或地幔中的流体可以运移到地壳上部, 对成矿极为有利。在包括东秦岭的中国东部广大地区, 在中生代燕山运动时期发生了岩石圈巨大拆沉减薄和底侵作用。岩石圈的厚度从 200 km 减到 70 ~ 80 km, 使大陆根丢失了约 120 km 的厚度 (邓晋福等, 1996; 1999)。这个惊天动地的重大构造事件必然对燕山期的成矿作用产生巨大的影响。研究表明, 中国东部 (东经 105° 以东, 北纬 45° 以南) 地区, 陆地面积仅占中国陆地面积的 40%, 但却集中了中国 85% 以上的大型—特大型矿床, 中国 666 个岩金矿床, 有 518 个形成于中生代, 占矿床总数的 78%, 占金矿总储量的 95% (陈毓川, 1998; 1999)。中国已知的 33 个超大型内生矿床, 其中 17 个形成于中国东部燕山期 (涂光炽, 1995a, 1995b)。由于岩石圈减薄, 使软流圈上升, 必然使新生的和热的地幔物质注入到原有的岩石圈, 从而增加岩石圈中的热流, 地壳和岩石圈地幔被大幅度加热, 新生的热的软流圈物质注入陆壳底部, 发生基性岩浆的底侵 (邓晋福等, 1999), 下地壳物质被加热而部分熔融, 发生壳幔交换, 生成岩浆。地幔物质及熔融的下地壳物质大量注入地壳浅部, 并把成矿流体和成矿物质从深部输送到浅部, 当上升的、携带大量成矿物质的含矿地幔临界—超临界流体在浅部的构造薄弱带侵位时, 由于温度压力等条件的改变, 成矿流体发生沸腾, 并与浅部流体 (天水等) 发生交换, 使原有的物理化学条件发生改变, 大量的金属和岩浆一起被沉淀下来, 形成了东秦岭巨大的 Mo、W、Au 矿床。由于这类岩浆来源较深 (大于 30 km 的下地壳), 下部有足够的物质供应, 小岩体类似一个个烟囱一样, 把其抽吸聚集起来形成了大型矿床。东秦岭区域构造演化、岩浆作用以及成矿作用的综合作用, 使得东秦岭成为世界著名的金属成矿带, 成为我国重要的大型矿集区之一。

References

- Allegre C J, Treuil M, Minster J F, et al. 1977. Systematic use of trace element in igneous process: Part I, fractional crystallization processes in volcanic suites [J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 60 (1): 57 ~ 75 .
- An S Y and Lu X X. 1984. The geological features and its implication to mineralization of the porphyry in Eastern Qinling [A]. In: Xu K Q and Tu G C, ed. *Granite geology and implication to mineralization* [C]. Nanjing: Jiangsu Press of Science and Technology. 398 ~ 405 (in Chinese) .
- Chen Y C, Wang D H, Lin W W, et al. 1998. Metallogenic series of lode gold deposits in China [J]. *Mineral Deposits*, 17(Supp.): 87 ~ 922 (in Chinese) .
- Chen Y C. 1999. Prospective value on the mineral resources in the main metallogenic belt in China [M]. Beijing: Geol. Publ. House (in Chinese with English abstract) .
- Deng J F, Zhao H L, Mo X X, et al. 1996. The key to continental dynamics—the continental plume tectonics in China [M]. Beijing: Geol. Publ. House. 110 (in Chinese with English abstract) .
- Deng J F, Mo X X, Zhao H L, et al. 1999. The Yanshanian lithosphere-asthenosphere catastrophe and metallogenic environment in East China [J]. *Mineral Deposits*, 18(4): 309 ~ 315 (in Chinese with English abstract) .
- Doe B R. 1974. The application of the lead isotopes to the problems of ore genesis and ore prospect evaluation: A review [J]. *Econ. Geol.*, 69: 757 ~ 776 .
- Hong D W. 1994. New advances and developing trend of the study on granite [J]. *Earth Science Frontiers*, 1(1 ~ 2): 79 ~ 85 (in Chinese with English abstract) .
- Hua R M and Mao J W. 1999. A preliminary discussion on the Mesozoic metallogenic explosion in East China [J]. *Mineral Deposits*, 18(4): 300 ~ 328 (in Chinese with English abstract) .
- Li S M, Qu L Q, Su Z B, et al. 1996. Geology and metallogenic prognosis of the gold deposits in Xiaolinling [M]. Beijing: Geol. Publ. House. 50 ~ 58 (in Chinese with English abstract) .
- Liu C M, Qiao H D, Dong Y, et al. 1985. The REE distribution characters and genesis of the intermediate-acid rock body in the Luonan-Yuxi porphyry molybdenum deposit belt [J]. *Henan Geology*, (Supp.): 286 ~ 290 (in Chinese) .
- Lu X X and Kong D G. 1982. The sulfur isotopic compositions of the Yanshanian intermediate-acid rock bodies in Qinling-Dabieshan area, Henan Province [J]. *Henan Geology*, 2: 7 ~ 12 (in Chinese with English abstract) .
- Lu X X and Sheng J H. 1985. REE compositions of Mo-bearing porphyry and implications to mineralization in Eastern Qinling [J]. *Henan Geology*, (Supp.): 291 ~ 294 (in Chinese) .
- Lu X X. 1988. The basic characters and metallogenic specialization of the intermediate - acid rock bodies in Qinling-Dabieshan area, Henan Province [J]. *Chinese Regional Geology*, (13): 115 ~ 123 (in Chinese) .
- Lu X X. 1989a. The granite in Eastern Qinling [A]. In: Ye L J, Qian X L and Zhang G W, ed. *Paper selection of the conference on Qinling Orogen* [C]. Xi'an: Northwest University Press. 250 ~ 259 (in Chinese) .
- Lu X X. 1989b. Characteristics of geology and mineralization of the Longwangzuang A - type granite [J]. *Acta Petrologica Sinica*, (1): 67 ~ 77 (in Chinese with English abstract) .
- Lu X X. 1993. The gold abundance of granites in Henan Province [J]. *Geology of Noble Metals*, 3(3): 198 ~ 206 (in Chinese with English abstract) .
- Lu X X. 1994. Two types granites and two gold deposit series in Eastern Qinling [J]. *Geological Review*, 40(5): 418 ~ 428 (in Chinese with English abstract) .
- Luan S W, Chen S D, Cao D C, et al. 1985. Characteristics and value of the deep gold mineralization in Xiaolinling area [M]. Chengdu: Press of Chengdu Science and Technology University. 50 ~ 52 (in Chinese with English abstract) .
- Luo M J, Wang H Z, Pang C A, et al. 1992. Gold deposits in Henan Province [M]. Beijing: Seismology Press. 7 ~ 10 (in Chinese) .
- Luo M J, Zhang F M, Dong Q Y, et al. 1991. Molybdenum deposits in China [M]. Zhengzhou: Henan Press of Science and Technology. 118 ~ 128, 403 ~ 408 (in Chinese) .
- Mao J W, Hua R M and Li X B. 1999. A preliminary study of large-scale metallogenesis and large clusters of mineral deposits [J]. *Mineral Deposits*, 18(4): 291 ~ 299 (in Chinese with English abstract) .
- Shao K Z, Wang B D, Wu X G, et al. 1992. Characteristics of Qiyugou gold deposits and their prospecting perspective [J]. *J. of Hebei College of Geology*, 15(2): 105 ~ 194 .
- Sun X M. 1986. Geological settings and metallogenic physical-chemical conditions of the Jinduicheng molybdenum deposit in Shanxi Province [D]. A thesis for Master Degree. Nanjing University .
- Tu G C eds. 1995a. Huge monster-basic research related to searching the superlarge deposits [M]. Changsha: Hunan Press of Science and Technology. 116p (in Chinese) .
- Tu G C. 1995b. Some problems concerning to Super-large ore deposits of China [J]. *Episodes*, 18(1 ~ 2): 83 ~ 86 .
- Wang X X, Jiang C Y and An S Y. 1986. Characteristics and significances of the two-pyroxene granulite enclave in small intermediate-acid porphyry rock body [J]. *J. Xi'an College of Geology*, (2): 16 ~ 22 (in Chinese) .
- Xu G F. 1985. Discussion on the ore source of Yinjiagou Mo-Cu-Pyrite deposit in west Henan Province [J]. *Henan Geology*, (Supp.): 266 ~ 268 (in Chinese) .
- Zhang G W and Liu X M. 1998. Several problems about “the Central Orogen” [J]. *Earth Science*, 23(5): 443 ~ 448 (in Chinese with English abstract) .
- Zhang G W, Mei Z C, Zhou D W, et al. 1987. Forming and evolution of Qinling Orogen [M]. Xi'an: Northwest University Press. 1 ~ 7 .

149~162 (in Chinese) .

Zhang G W, Meng Q R, Yu Z P, et al. 1996. The orogenic process and dynamic analysis of the Qinling Orogen[J]. Sciences in China (D), 26(3) : 193~200 (in Chinese with English abstract) .

Zhang Q S and Ren H M. 1998. The gold-bearing liquid source bed inside the paleo- crust in the continental margin[A]. Paper selection of Zhang Qiusheng[C]. Changchun: Jilin Press of Science and Technology. 137~146 (in Chinese) .

Zhou Z X, Li B L, Guo K H, et al. 1993. Genesis of Au (Mo) deposits in the south margin of north China craton[M]. Beijing: Seis mology Press. 14~17 (in Chinese) .

附中文参考文献

安三元, 卢欣祥. 1984. 东秦岭斑岩组合的地质特征及成矿关系 [A]. 徐克勤, 涂光炽主编. 花岗岩地质和成矿关系[C]. 南京: 江苏科学技术出版社. 398~405.

陈毓川. 1999. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京: 地质出版社.

陈毓川, 王登红, 林文蔚. 1998. 中国岩金矿床成矿系列[J]. 矿床地质, 17(增刊): 87~92.

邓晋福, 赵海玲, 莫宣学, 等. 1996. 中国大陆根柱构造——大陆动力学的钥匙[M]. 北京: 地质出版社. 110.

邓晋福, 莫宣学, 赵海玲, 等. 1999. 中国东部燕山期岩石圈-软流圈系统大突变与成矿环境[J]. 矿床地质, 18(4) : 309~315.

洪大卫. 1994. 花岗岩研究的最新进展及发展趋势[J]. 地学前缘, 1(1~2) : 79~85.

华仁民, 毛景文. 1999. 试论中国东部中生代成矿大爆发[J]. 矿床地质, 18(4) : 300~328.

黎世美, 瞿伦全, 苏振邦, 等. 1996. 小秦岭金矿地质和成矿预测 [M]. 北京: 地质出版社. 50~58.

刘长命, 乔怀栋, 董有, 等. 1985. 洛南—豫西斑岩钼矿带中酸性小岩体稀土元素分布特征及成因[J]. 河南地质, (增刊), 286~290.

卢欣祥. 1988. 河南省秦岭—大别山地区中酸性小岩体的基性特征及成矿专属性[J]. 中国区域地质, (13) : 115~123.

卢欣祥. 1989a. 东秦岭花岗岩[A]. 叶连俊, 钱祥麟, 张国伟主编. 秦岭造山带学术会议论文选集[C]. 西安: 西北大学出版社. 250~259.

卢欣祥. 1989b. 龙王石童 A 型花岗岩地质矿化特征[J]. 岩石学报,

(1) : 67~77.

卢欣祥. 1993. 河南省花岗岩的含金丰度[J]. 贵金属地质, 3(3) : 198~206.

卢欣祥. 1994. 东秦岭两类花岗岩与两个金矿系列[J]. 地质论评, 40(5) : 418~428.

卢欣祥, 孔大刚. 1982. 河南省秦岭—大别山地区燕山中酸性岩体硫同位素组成[J]. 河南地质, 2: 7~12.

卢欣祥, 盛吉虎. 1985. 东秦岭含钼斑岩的稀土元素组成与成矿关系 [J]. 河南地质(增刊), 291~294.

栾世伟, 陈尚迪, 曹殿春, 等. 1985. 小秦岭地区深部金矿化特征及评价[M]. 成都: 成都科技大学出版社. 50~52.

罗铭玖, 王亨治, 庞传安, 等. 1992. 河南省金矿概论[M]. 北京: 地震出版社. 7~10.

罗铭玖, 张辅民, 董群英, 等. 1991. 中国钼矿床[M]. 郑州: 河南科学技术出版社. 118~128, 403~408.

毛景文, 华仁民, 李晓波. 1999. 浅议大规模成矿作用与大型矿集区 [J]. 矿床地质, 18(4) : 291~299.

邵克忠, 王宝德, 吴新国, 等. 1992. 祁雨沟地区爆发角砾岩金矿成矿地质条件及找矿方向研究[J]. 河北地质学院学报, 15(2) : 105~194.

孙晓明. 1986. 陕西金堆城钼矿地质背景及成矿物理化学条件[D]. 硕士论文. 南京大学地质系.

涂光炽主编. 1995a. 庞然大物——与寻找超大型矿床有关的基础研究[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社. 116.

王晓霞, 姜常义, 安三元. 1986. 中酸性小斑岩中二辉麻粒岩包体的特征及其意义[J]. 西安地质学院学报, (2) : 16~22.

徐国风. 1985. 论豫西银家沟钼-铜-硫铁矿床矿质来源[J]. 河南地质, (增刊) : 266~268.

张国伟, 柳小明. 1998. 关于“中央造山带”的几个问题的思考[J]. 地球科学, 23(5) : 443~448.

张国伟, 梅志超, 周鼎武, 等. 1987. 秦岭造山带的形成及其演化 [M]. 西安: 西北大学出版社. 1~7, 149~162.

张国伟, 孟庆仁, 于在平, 等. 1996. 秦岭造山带的造山过程及动力学分析[J]. 中国科学(D辑), 26(3) : 193~200.

张秋生, 任洪茂. 1998. 大陆边缘古地壳内深部液态含金矿源层 [A]. 张秋生论文选集[C]. 长春: 吉林科学技术出版社. 137~146.

周作侠, 李秉伦, 郭抗衡, 等. 1993. 华北地台南缘金(钼)矿床成因 [M]. 北京: 地震出版社. 14~17.

Mineralization and Tectonic Setting of Deep hypabyssal Granites in East Qinling Mountain

Lu Xinxiang^{1,2}, Yu Zaiping², Feng Youli³, Wang Yitian⁴, Ma Weifen² and Cui Haifeng²

(1 Henan Institute of Geosciences, Zhengzhou 450053, Henan, China; 2 Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China; 3 Department of Geology, Peking University, Beijing 100871, China; 4 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract

The East Qinling Mountain is located in the eastern part of Qinling orogen, the convergence zone of the North China plate and the Yangtze plate, where the crust movement is rather strong due to the relative motion, subduction and collision between the two plates. The tectonic-magmatism here is intensive, and the nonferrous metallic and noble metallic mineralizations are well developed. The East Qinling Mountain is a famous poly-metallic belt of Mo, W and Au etc., and one of the largest Mo, W and Au concentrated area in China. The mineralizations here are mostly related to the Yanshanian deep-hypabyssal granitoids (170 ~ 100 Ma), forming a series of deposits of porphyry type and explosion-breccia type. The deposits are characterized by deep sources, synchronism, the same space and high content of ore-forming elements in rock bodies. The deposit types are related to the components of rock bodies, which obviously show the metallogenic specialization. The ore-forming process is controlled by the regional tectonic evolution, and the diagenesis and mineralization result from the uplifting of lithosphere and upwelling of mantle caused by the strong lithosphere thinning under the condition of intracontinental subduction in Yanshanian period in eastern China. The deposits are an important component part and representative evidence of "the metallogenic explosion" in Mesozoic in eastern China, and seem to be the integrated results of regional tectonic evolution, magmatism and mineralization.

Key words: deep-hypabyssal granite, mineralization, tectonic evolution, East Qinling Mountain

矿产资源所举办“测年锆石成因矿物学研究的某些新进展”学术交流讨论会

锆石的成因矿物学研究近年来受到越来越多的国内外地质研究人员的重视。它不仅对于岩石、矿体成因乃至地质构造单元的形成演化历史等研究有重要的指示作用,而且对于当前我国正在开展的锆石微区定年研究也有重要的指导意义。

2002年3月25日,中国地质科学院矿产资源研究所举办了一场题为“测年锆石成因矿物学研究的某些新进展”的学术交流讨论会。讨论会特邀沈其韩院士主持,矿产资源研究所周剑雄研究员作了主题发言,他介绍了阴极发光技术及电子探针的多种分析手段(如背散射电子图象分析和微区成分分析等技术)在锆石成因矿物学研究中的重要作用,并展示了其近年来在锆石内部结构及微量元素地球化学特征等研究上取得的新认识和进展。中国地质科学院地质研究所离子探针实验室的简平研究员根据自己的研究实践介绍了离子探针(SHRI MP)在锆石的微区定年及稀土元素分析等研究中的最新进展,以及利用阴极发光技术和离子探针相结合在大别山超高压变质带的许多地质问题研究中所取得的最新成果。裴荣富院士也参加了讨论会,并提出应将锆石的成因研究同其不同地质条件下特定的矿物共生组合的研究相结合的观点。最后沈其韩院士总结了测年锆石成因矿物学研究的复杂性和重要性,希望国内地质工作者能更多地重视对这一问题的研究并能在相关领域中取得更多新的认识和突破。

此次学术交流讨论会吸引了中国地质科学院、中国科学院地质研究所及中国地质大学(北京)的40余名科研人员和学生,整个讨论会共持续了两个半小时,并始终保持着热烈的讨论气氛。

(周剑雄 供稿 李岩 编辑)