

小兴安岭霍吉河钼矿床成矿过程——透岩浆成矿作用

王 泉,刘东舟,郭鸿斌

黑龙江省有色金属地质勘查 703 队,黑龙江 哈尔滨 150300

摘 要: 传统上将小兴安岭霍吉河钼矿床归类为斑岩型钼矿。通过对矿区地质特征的研究,即矿区无斑岩体、矿体围绕隐爆角砾岩呈环状出露、石英细脉-网脉状和浸染状矿石结构、成矿年龄明显晚于赋矿围岩形成时间等,认为该矿床是透岩浆成矿作用的结果。早中生代伊春-延寿花岗岩岩基带上相伴的大型-超大型钼矿是典型的透岩浆成矿作用的产物,是岩基后成矿作用。

关键词: 霍吉河钼矿床;隐爆角砾岩;透岩浆成矿;后岩基成矿;小兴安岭

ORE-FORMING PROCESS OF THE HUOJIHE MOLYBDENUM DEPOSIT IN XIAOXINGANLING MOUNTAINS: Transmagmatic Mineralization

WANG Quan, LIU Dong-zhou, GUO Hong-bin

No. 703 Geological Team, Heilongjiang Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metals, Harbin 150300, China

Abstract: Traditionally, the Huojihe molybdenum deposit in Xiaoxinganling Mountains is classified as porphyry type. With study on its geological characteristics such as non-porphyritic mass, orebodies circling around the cryptoexplosive breccia, veinlet-network and disseminated structures of quartz and the metallogenic age obviously later than forming time of host rock, it is believed that the deposit is formed by transmagmatic mineralization. The large-super large molybdenum deposit associated with the Early Mesozoic Yichun-Yanshou granitic batholith belt is a typical product of post-batholith metallogenesis.

Key words: Huojihe molybdenum deposit; cryptoexplosive breccia; transmagmatic mineralization; post-batholith metallogenesis; Xiaoxinganling Mountains

近年来,早中生代伊春-延寿花岗岩基带找矿工作取得了巨大的进展,新发现鹿鸣、霍吉河、胜利等大-中型钼矿,加上已经勘查的翠红山、小西林、弓棚子等夕卡岩型多金属矿床,使早中生代伊春-延寿花岗岩基带成为我国重要的大型矿产资源基地。研究其

矿床成因对今后的找矿工作有重要的指示意义。本文通过解析霍吉河矿集区的霍吉河钼矿床的成矿过程,以透岩浆成矿理论进行探讨,诠释早中生代伊春-延寿花岗岩基带成矿机理,窥探早中生代伊春-延寿花岗岩基带矿床成矿全貌,以点带面指导区域找矿工作。

收稿日期:2017-03-13;修回日期:2017-07-04。编辑:李兰英。

基金项目:黑龙江省国土资源厅物化探异常查证项目“黑龙江省伊春异常查证区(2016)化探异常查证”(KCZX-YCCZ-2016005)。

作者简介:王泉(1970—),男,高级工程师,主要从事矿床成因、岩石地球化学研究,通信地址 黑龙江省哈尔滨市阿城区金都大街 52 号,E-mail//517596339@qq.com

1 区域地质构造背景

研究区位于兴蒙造山带东端,松嫩地块东部(见图1)^[1]. 中生代以前,研究区位于华北板块与西伯利亚板块之间的兴蒙造山带东端,表现为额尔古纳-兴安、松嫩、佳木斯-兴凯等微地块群的离散、聚合及软碰撞造山等演化特征. 中生代以来,经历了古亚洲构造域向滨太平洋构造域转换的过程. 微地块的碰撞导致地壳垂向增生,主要表现为岩浆岩与壳幔相互作用. 由此形成了研究区内与大规模岩浆作用相联系的 Cu、Pb、Zn、Mo、Au 及 Fe 的成矿大爆发.

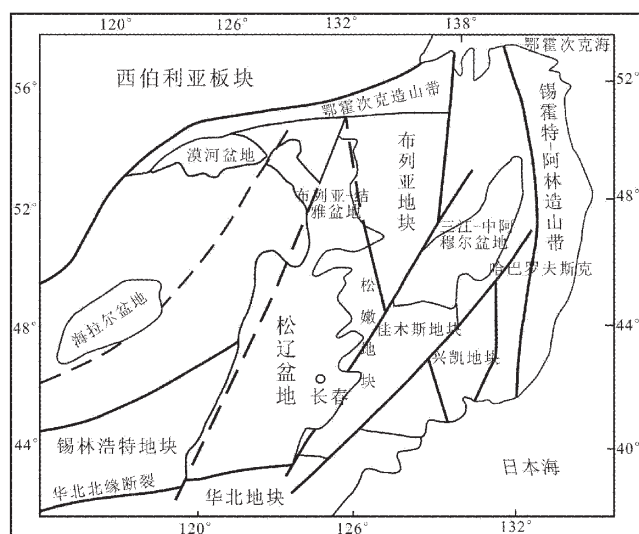


图1 研究区及邻区主要构造单元分布图
(据文献[1])

Fig. 1 Distribution map of the major tectonic units in the study area and its vicinity
(From Reference [1])

2 区域矿产

早中生代伊春-延寿花岗岩基带矿床群自北向南可以划分为2个矿集区(见图2):霍吉河矿集区和鹿鸣矿集区. 每个矿集区的中心部位为钼矿, 其外侧为环绕中心区呈环状分布的夕卡岩型铅锌、铜、(钼、铁), 及铁(铅锌)等矿床, 暗示着矿床的水平分带特征. 2个矿集区的地质背景, 矿化、蚀变, 成岩、成矿年龄, 金属矿物组成等均表现为非常相近.

霍吉河矿集区位于岩基带最北端, 其中心部位出露有霍吉河钼矿床、永续钼矿点, 向外分布着宏铁山铁矿点、库原铁矿点、翠北铁矿点、红旗山铁矿点、库滨铅锌矿点、红旗林场钼矿点、翠宏山铁、铅锌多金属矿床

等.

鹿鸣矿集区位于岩基带中部, 其中心部位出露有鹿鸣钼矿床、翠北钼矿点、前进南山钼矿点, 向外分布有昆仑气铅锌矿点、西岭南山铅锌矿点、前进东山铅锌矿点、徐老九沟铅锌矿点, 再向外分布有西林十二林场铁矿点、小西林铅锌矿床、丰茂铁矿点、馒头山铅锌矿点等.

3 霍吉河钼矿床矿区地质

3.1 矿床地质

矿区内大面积出露有中细粒花岗闪长岩、二长花岗岩(大部分)、斑状花岗岩, 其岩石结构、岩石学特征等见表1^[3]. 石英二长斑岩和花岗细晶岩呈岩脉或岩株状产出.

霍吉河矿区的花岗岩的岩石化学特征为: $\text{SiO}_2=66.5\%\sim74.21\%$, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}=6.73\%\sim8.31\%$, $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$, $\text{Al}_2\text{O}_3=13.52\%\sim14.62\%$, $\text{A/CNK}=0.96\sim1.15$ (准铝质—过铝质), $\text{Mg}^\#$ 为 27.1~48.9. 岩石系属于高钾钙碱性—钾玄岩系列^[3].

矿区断裂构造比较发育, 主要有近南北向、北西西向及北北西向3组. 其中, 最重要的断裂构造是纵贯矿区的永续林场-霍吉河断裂, 并将矿区切分为东西2个矿段(见图3).

西矿段矿体的总体走向由北部的北东向, 向南转变为近南北走向, 然后变为东西向, 构成一个半环状, 该矿段矿体规模大, 矿化连续, 厚度稳定. 东矿段矿体呈北西走向, 矿体为不规则条带状、脉状或扁豆状等, 厚度较小; 东、西矿段总体上表现为环状断裂构造控制矿体的格局, 环的中心为长轴方向为北北西的椭圆状、近直立的隐爆角砾岩筒.

矿区中部发育的隐爆角砾岩筒规模较大, 长、宽分别约 600 m、260 m, 面积约为 0.16 km², 产状近于直立^[4]. 隐爆角砾岩的角砾为斑状花岗岩和钾长石、斜长石及石英、黑云母矿物等矿物碎屑, 胶结物为石英微晶和少量钾长石微晶等蚀变矿物.

钼矿体主要围绕角砾岩筒分布, 绝大多数矿体产于中细粒中粒花岗闪长岩或中细粒中粒二长花岗岩中, 只有少部分矿体分布于爆破角砾岩中. 矿区共圈出工业钼矿体 40 条, 低品位矿体 27 条. 西矿段工业钼矿体 35 条, 主矿体编号为 V、VI、VII、VIII. 东矿段工

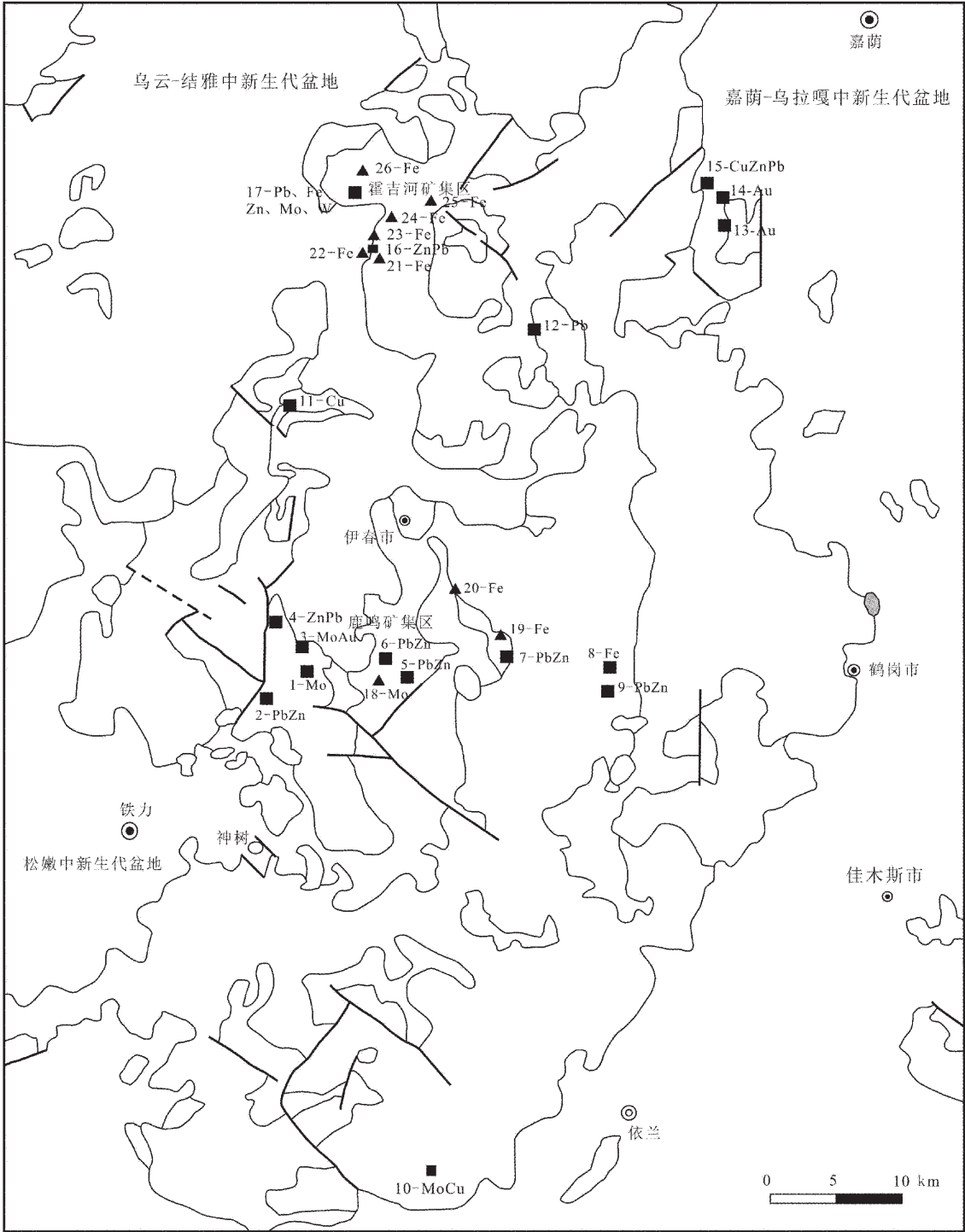


图 2 早中生代伊春-延寿花岗岩岩基带矿床分布图
(据文献[2])

Fig. 2 Distribution of deposits in the Early Mesozoic Yichun-Yanshou granitic batholith belt
(From Reference [2])

1~17—早中生代碰撞-碰撞后构造转变期二长花岗岩有关矿床成矿亚体系典型矿床(点)(typical deposits/spots of metallogenic subsystem in the Early Mesozoic collision-post collision tectonic transition period): 1—鹿鸣 Mo; 2—徐老九沟 Pb、Zn; 3—翠岭 Mo、Au; 4—昆仑气 Zn、Pb; 5—前进东山 Pb、Zn; 6—西岭南山 Pb、Zn; 7—小西林 Pb、Zn; 8—丰茂 Fe; 9—馒头山 Pb、Zn; 10—水浪沟 Mo、Cu; 11—密林 Cu; 12—五星 Pb; 13—平顶山 Au; 14—连珠山 Au; 15—守虎山 Cu、Pb、Zn; 16—库滨 Zn、Pb; 17—翠宏山 Pb、Fe、Zn、Mo、W. 18~26—碰撞后伸展型正长-碱长花岗岩有关矿床成矿亚体系典型矿床(点)(typical deposits/spots of metallogenic subsystem associated with post-collision extensional syenogranites-alkali feldspar granites): 18—前进南山 Mo; 19—西林十二林场 Fe; 20—大西林 Fe; 21—红旗林场 Mo; 22—库源 Fe; 23—宏铁山 Fe; 24—永续林场 Mo; 25—红旗山 Fe; 26—翠北 Fe

表 1 霍吉河钼矿床含矿花岗岩类岩石学特征

Table 1 Petrologic features of the ore-bearing granitoids in Huojihe molybdenum deposit

岩石名称	采样位置	岩石结构	岩石学特征
中细粒花岗岩闪长岩	ZK0401, 98 m	中细粒花岗岩结构	矿物粒径为 1.0~4.0 mm. 钾长石, 约占 15%. 斜长石: 中长石, 沿钾长石边部连生, 约占 55%. 石英: 拉长变形, 约占 25%. 黑云母: 沿解理缝绿泥石化, 约占 5%. 石英: 他形粒状, 边部锯齿状, 拉长变形, 约占 25%. 副矿物: 磷灰石、磁铁矿、榍石(颗粒粗大). 岩石碎裂, 石英粒状或隐晶质集合体呈条带状
中细粒花岗岩闪长岩	东矿段深矿竖井	中细粒不等粒花岗岩结构	岩石主要由斜长石、微斜长石、石英和黑云母组成, 矿物粒径 0.8~2.6 mm. 斜长石: 为中长石, 其环带状与微斜长石镶边, 约 40%. 微斜长石: 土化, 约 25%. 石英: 他形粒状, 沿微裂隙有黄铁矿分布, 约 20%. 黑云母: 顺解理有绿泥石交代, 边缘针状铁矿物镶边, 约 15%. 角闪石少量. 局部见黄铁矿白云母微细脉穿插
中细粒二长花岗岩	东矿段探矿竖井 (据郭嘉, 2009)	中细粒不等粒花岗岩结构	矿物一般粒度 2~3 mm, 个别碱长石粒度达 7 mm, 粗粒者包有斜长石、黑云母等细粒包晶, 不同程度泥化. 体积分数在 30%~35%. 斜长石: 普遍绢云母化, 体积分数 40%~50%. 石英: 体积分数在 20%左右. 黑云母: 粒度在 0.2~1 mm, 局部绿泥石化, 体积分数在 5%左右
钾长石化中细粒花岗岩闪长岩	东矿段探矿竖井	变余中细粒花岗岩结构	钾长石: 正长石及少量微斜长石, 粒度小于等于 1.6 mm × 3.0 mm, 体积分数 55%. 斜长石: 更长石, 粒度小于等于 1.2 mm × 3.6 mm, 体积分数 15%. 石英: 粒度小于 0.5 mm, 体积分数大于 25%. 黑云母体积分数 4%, 金属矿物约 1%
硅化斑状花岗岩	西矿段 TC2311	斑状结构	主要由石英、长石和少量黑云母组成. 基质为粒状石英、钾长石、斜长石、黑云母. 钾长石: 粒径 1.2~2.1 mm, 约占 40%. 斜长石: 轻微绢云母化, 聚片双晶, 粒径为 2.1~3.0 mm, 两端边部黑云母环绕, 宽为 0.05~1.0 mm, 约占 25%. 石英: 粒径为 0.5~0.7 mm, 约占 30%. 黑云母: 一般为 0.07~1.2 mm, 约占 5%, 局部相变为细粒花岗岩

数据来自文献[3].

业钼矿体 5 条, 编号分别为 I、II、III、IV、V, 主要矿体为 II、III、IV、V 号矿体. 工业钼矿体长 200~1600 m, 厚度 2~55 m, 钼平均品位 0.066%~0.120%. 西矿段矿体倾向北偏东或倾向东, 倾角 15~30°. 东矿段矿体走向 317~335°, 倾向北东, 倾角 10~30°. 矿体有分支复合现象, 形态以(不规则)脉状为主, 见透镜状和扁豆状等(表 2)^①.

3.2 蚀变

矿区蚀变以硅化、钾化、绢云母(白云母)化、黑云母化为主, 其次为黏土化、绿泥石化及碳酸盐化和硬石膏等, 其中矿化与硅化、钾化、绢云母(白云母)化、黑云母化等关系密切.

矿区蚀变总体上可以划分 3 个蚀变带, 以隐爆角砾岩筒为中心由内向外依次为: 石英-钾长石化带、石英-绢云母化带和黏土化带. 石英-钾长石化带主要见于隐爆角砾岩筒的深部, 而石英绢云母化带环绕石

英-钾长石化带分布(与辉钼矿化范围相吻合), 黏土化带不甚发育.

3.3 矿化

霍吉河矿区矿化主要有辉钼矿化和黄铁矿矿化, 此外还有黑钨矿化、闪锌矿化、方铅矿化、黄铜矿化、斑铜矿化、磁铁矿化、针铁矿化、磁黄铁矿化等. 按矿物生成顺序, 矿化蚀变可分为 3 个阶段: 1) 石英-钾长石化阶段, 为矿化前期蚀变, 形成粗大钾长石交代班晶、(团簇状)黑云母和白色粗粒石英(团块状或宽度大于 1 cm 的石英脉), 伴有少量自形晶黄铁矿. 2) 石英硫化物(金属矿化)阶段, 表现为微粒状他形石英-辉钼矿细脉-网脉(脉宽小于 5 mm), 钼品位与细网脉的发育程度成正比, 细网脉两侧可见浸染状或星散状辉钼矿化, 并伴有绢云母化等蚀变. 隐爆角砾岩筒内, 角砾中的长石遭受到强烈的绢云母化, 角砾被微细粒石英胶结. 3) 碳酸盐化阶段, 系属于矿化晚期阶段, 主要形成

①魏玉明. 黑龙江省逊克县霍吉河钼矿床勘探报告. 黑龙江省第六地质勘察院, 2008.

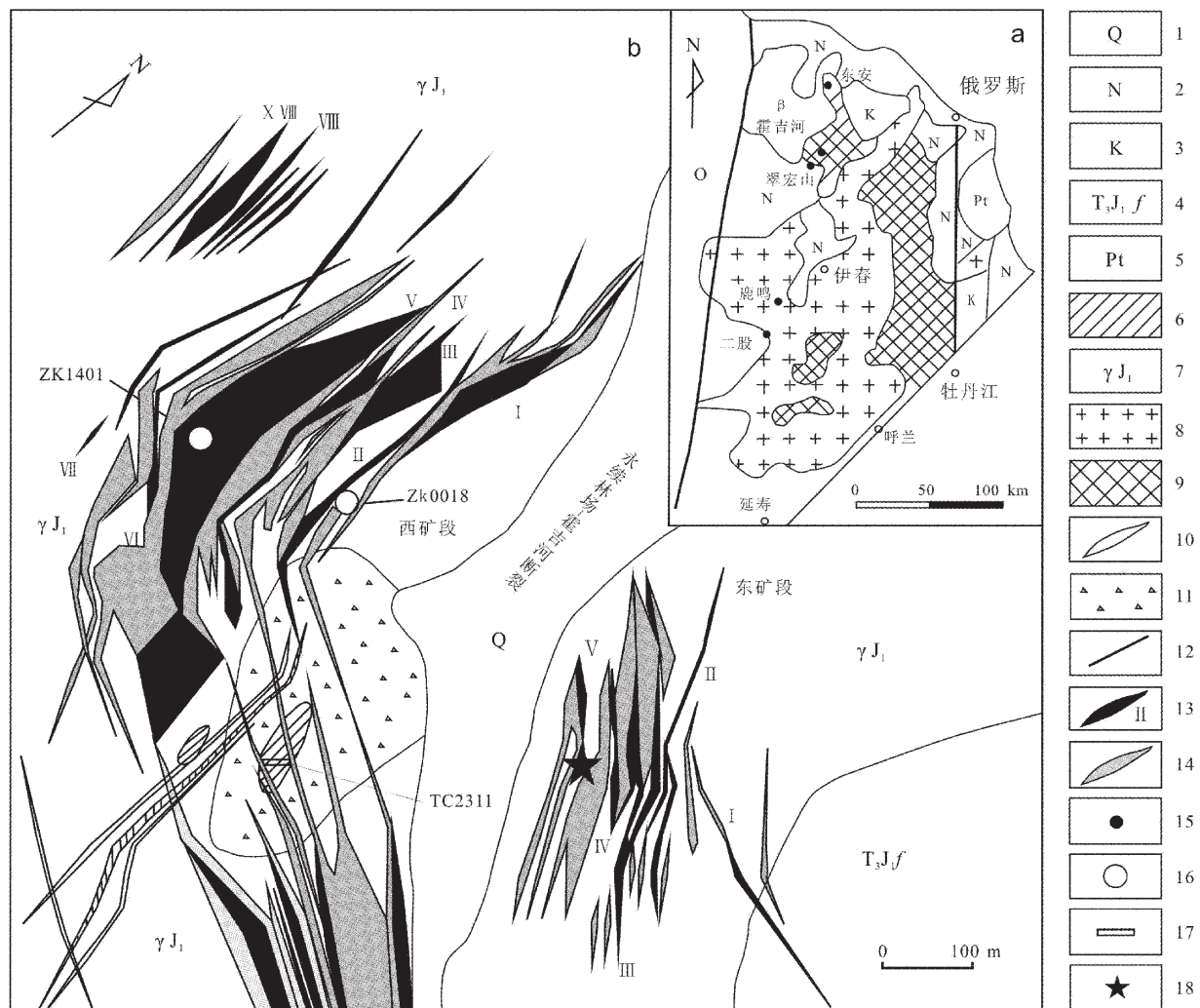


图3 霍吉河钼矿床矿区地质图
(据文献[3])

Fig. 3 Geological map of the Huojihe molybdenum deposit
(From Reference [3])

1—第四系(Quaternary); 2—新近系(Neogene); 3—白垩系火山岩(Cretaceous volcanic rock); 4—风山屯组火山岩(volcanic rock of Fengshantun fm.); 5—元古宇东风山群 (Proterozoic Dongfengshan gr.); 6—早侏罗世细粒花岗岩或斑状花岗岩 (Early Jurassic fine-grained granite or porphyritic granite); 7—早侏罗世花岗岩类 (Early Jurassic granitoid); 8—晚三叠—早侏罗世花岗岩 (Late Triassic-Early Jurassic granite); 9—早古生代花岗岩(Early Paleozoic granite); 10—钠长斑岩脉 (albitophyre dyke); 11—爆破角砾岩 (explosion breccia); 12—断层 (fault); 13—钼矿体及编号(molybdenum orebody and number, Mo>0.06%); 14—钼矿体(molybdenum orebody, Mo 0.03%–0.06%); 15—矿床位置(deposit); 16—钻孔位置(drill hole); 17—探槽(exploratory trench); 18—探矿竖井(prospecting shaft)

含石膏方解石脉。

3.4 成岩、成矿年龄

矿区赋矿围岩的测年数据如表3, 花岗闪长岩锆石 U–Pb 微区测年年龄分别为 181.0±1.9、190.3±2.4 Ma^[3,5], (黑云母)二长花岗岩锆石 U–Pb 微区测年年龄分别为 178.0±2、184.92±0.91、184.1±1.5 和

186±1.7 Ma^[6-9], 似斑状二长花岗岩锆石 U–Pb 微区测年年龄为 193.6±1.4 Ma^[3]. (黑云母)二长花岗岩的团簇状(钾化)黑云母 Ar/Ar 坪年龄为 175.95±0.85 Ma^[10]. 另外, 据谭红艳等^[3] 采自细脉浸染状钼矿石中辉钼矿 Re–Or 同位素测年结果为: 179.8~183.3 Ma (5 样模式)、176.3±5.1 Ma(5 样等时)、181.2±1.8 Ma(5 样加权

表 2 霍吉河钼矿床主要矿体特征表

Table 2 Characteristics of main orebodies in Huojihe molybdenum deposit

矿段矿体编号	勘探线号	长度/m	平均 厚度/m	赋存标高/m		平均 品位/%	产状			形态	
				最高	最低		走向	倾向	倾角		
西矿段	V	11~23,31~47	1695	34	550	230	0.068	北部 8~10°,南部 300°	E	25°	脉状
	VI	16~15,23~24	1300	39	568	100	0.07	北部 15°,南部 320°	E	20°	脉状
	VII	3~12,23~24	1350	41	585	100	0.069	330°	E	20~25°	脉状
	VIII	23~24	1250	55	580	70	0.064	0°	E	25°	脉状
东矿段	II	19~31	470	10	558	400	0.073	315~320°	E	10~30°	复脉状
	III	19~31	787	31.5	545	400	0.106	315~320°	E	10~30°	脉状
	IV	23~35	300	16	520	440	0.07	315~320°	E	10~30°	脉状
	V	15~27	100	28	550	450	0.092	315~320°	E	10~30°	脉状

平均),所测 Re 质量分数为 $13.19\times10^{-6}\sim21.72\times10^{-6}$ (壳幔混合源). 据张琳琳等^[10] 钻孔中的石英脉中选出 3 件辉钼矿 Re-Or 同位素测年结果为: $(180.7\pm2.5)\sim(181.3\pm2.6)$ Ma(2 样模式)、 196.8 ± 2.8 Ma (模式),所测 Re 质量分数为 $12.04\times10^{-6}\sim30.92\times10^{-6}$ (壳幔混合源).

3.5 矿石类型

霍吉河钼矿床的矿石类型可划分石英细脉状、浸染状、团窝状和角砾状. 石英细脉状为辉钼矿与石英(偶见黑云母、钾长石等)呈细脉状产出. 浸染状表现为辉钼矿集合体呈浸染状分布在造岩矿物颗粒间,石英细脉状与浸染状常相伴产出. 团窝状指浸染状辉钼矿相对集中呈团窝出现,团窝大小一般 2~3 mm,构成了明显斑点团窝状矿石(这种矿石类型不多见);角砾状仅见于西矿段环状矿体中部的隐爆角砾岩筒中,辉钼矿主要呈细脉浸染状胶结爆破角砾岩,并见辉钼矿细脉穿切角砾.

3.6 稳定同位素特征

据谭红艳等^[3] 对矿区的研究,矿区黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $1.2\text{‰}\sim4.4\text{‰}$,平均 2.9‰ ,暗示着成矿流体主要来源与幔源. 另外,据张琳琳等^[10], (黑云母)二长花岗岩的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 18.291~18.978, 平均值为 18.66. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 15.551~15.597, 平均值为 15.57. $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 37.730~38.427,平均值为 38.168. 二长花岗岩的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 17.390, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 15.506, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 37.230. 花岗细晶岩的

$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 18.804, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 15.578, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 38.216. (黑云母)二长花岗岩和二长花岗岩的 3 种 Pb/Pb 同位素比值落在地幔和造山带线之间、上地壳线和地幔线之间及造山带与洋岛火山岩区域,表明矿区内岩浆岩中的铅来源比较复杂,具有混合成因铅特征(表 3).

4 讨论

矿床是有用元素在岩石圈演化过程中高度富集的结果,是一定的构造条件下各种地质作用的综合产物. 传统上,霍吉河钼矿床归属于斑岩型钼矿床. 斑岩型钼矿床是金属钼最重要的来源,斑岩矿床的定义为成矿在时间、空间、成因上与斑状花岗质体有关,是由岩浆在结晶过程中释放出的富金属热液形成的. 侵入体成分上从花岗闪长岩到高硅富碱的花岗岩均有,钼主要呈辉钼矿的形式赋存于相关侵入岩的顶端(侵入岩体顶部靠近围岩的部位)的网状石英细脉中^[11]. 而霍吉河钼矿床在成矿的时间、空间、成因上与斑状花岗质体无法联系. 首先,霍吉河矿区的赋矿岩石(围岩)的形成时间与钼矿石的形成时间上有个时间差,即与成矿关系密切的花岗闪长岩锆石 U-Pb 微区测年年龄分别为 181.0 ± 1.9 和 190.3 ± 2.4 Ma, (黑云母)二长花岗岩锆石 U-Pb 微区测年年龄分别为 178.0 ± 2.1 、 184.92 ± 0.91 、 184.1 ± 1.5 和 186 ± 1.7 Ma, 似斑状二长花岗岩锆石 U-Pb 微区测年年龄为 193.6 ± 1.4 Ma. 而相当于矿化蚀变的团簇状(钾化)黑云母的 Ar/Ar 坪年龄为

表 3 霍吉河钼矿床赋矿围岩及辉钼矿年龄、稳定同位素特征表

Table 3 Ages and stable isotopic characteristics of the host rocks and molybdenite in Huojihe molybdenum deposit

围岩	年龄/Ma	辉钼矿 Re–Os 年龄/Ma	Pb 同位素	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$	资料来源
花岗闪长岩 似斑状二长花岗岩	181.0±1.9	179.8~183.3(5 样模式) 176.3±5.1(5 样等时)		黄铁矿 1.2~4.4 平均 2.9	文献[3]
	193.6±1.4	181.2±1.8(5 样加权平均) Re 质量分数: 13.19×10^{-6} ~ 21.72×10^{-6} (壳幔混合源)			
花岗闪长岩 (黑云母)二长花岗岩	190.3±2.4				文献[5]
	184.1±1.5				文献[8]
	178.0±2				文献[6]
	184.92±0.91				文献[7]
	186±1.7				文献[9]
(黑云母)二长花岗岩 (团簇状黑云母 Ar/Ar)	175.95±0.85	(180.7±2.5)~(181.3±2.6) (2 样模式) Re 质量分数: 12.04×10^{-6} ~ 30.92×10^{-6} (壳幔混合源)	(黑云母)二长花岗岩: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 18.291~18.978, 平均值 18.66 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 37.730~38.427, 平均值 38.168 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 15.551~15.597, 平均值 15.57		文献[10]
			二长花岗岩: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 17.390, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 15.506, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 7.230		
			花岗细晶岩: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 18.804, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 15.578, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 8.216		

数据来自文献[10].

175.95±0.85 Ma, 细脉浸染状钼矿石中辉钼矿 Re–Or 同位素测年结果为: 176.3±5.1 Ma(5 样等时), (180.7±2.5)~(181.3±2.6) Ma(2 样模式); 其次, 矿区钼矿床的赋矿围岩主要为二长花岗岩, 况且, 钼矿体的空间展布表现为围绕隐爆角砾岩筒呈环形脉状产出. 总之, 因为矿区没有出露斑岩体, 故无从谈起与斑岩体的空间关系.

近年来, 罗照华等提出了一个新的成矿理论——透岩浆流体成矿理论^[12-16]. 根据这个理论, 岩浆系统和流体系统是成矿系统中的 2 个独立子系统, 它们的强相互作用导致了成矿物质的迁移和大规模沉淀. 因此, 成矿流体不再看作是岩浆派生的产物, 而是复杂动力系统中的子系统之一. 其实质是含矿岩浆侵位以后, 岩浆热压力和流体内压力可能驱动含矿流体在不同的位置上堆积不同种类的金属, 从而在含矿流体通过的路径上发生不同性质的成矿作用, 并形成一系列不同类型的矿床. 透岩浆流体成矿理论将成矿过程划分为: 1) 正岩浆成矿体系; 2) 接触带成矿体系; 3) 远程热液成矿体系; 4) 火山热液成矿体系; 其中接触带成矿体系还细分为接触交代成矿亚体系和爆破(隐爆)角砾岩成矿亚体系.

霍吉河钼矿床核部出露的隐爆角砾岩筒是成矿流

体强烈排气作用的产物, 暗示着霍吉河钼矿床形成的成矿流体含有大量的气体. 当排气后成矿流体注入到围绕隐爆角砾岩筒的环形裂隙时, 减压后的成矿流体的不断涌入和沉淀最终形成环形脉状矿体. 矿区钼品位与辉钼矿–石英细网脉的发育程度成正比, 细网脉两侧可见浸染状或星散状辉钼矿化, 并伴有绢云母化等蚀变等印证了上述推论. 隐爆角砾岩筒基本无矿化, 可能是含矿流体已经离开隐爆角砾岩筒或从岩浆体中排出的气体基本不含成矿物质.

透岩浆流体成矿理论中, 由于含矿流体有可能被圈闭于造岩矿物颗粒之间, 金属矿物与造岩矿物形成共结结构和浸染状构造, 是确定含矿流体通道的可靠岩石学标志. 霍吉河矿区浸染状矿石可能就是含矿流体经过的产物. 霍吉河钼矿区中斑状花岗岩的斑状结构表明形成该种岩石的岩浆在深处或挥发分含量较高的环境中经历了较长时间结晶以后突然上升或失去挥发分, 指示成矿金属大部分被圈闭在岩浆体内, 因而是有效的找矿标志这一过程可能是受到新的输入能量的激发(活化)——即成矿流体的注入有关.

区域上, 大型鹿鸣钼矿床的矿床地质特征与霍吉河钼矿床相近. 刘翠等^[17]已将大型鹿鸣钼矿床归属于岩基后成矿作用. 鹿鸣矿集区的成矿体系同样也可以

归属于接触带成矿体系. 成矿作用的基本解释成矿金属从流体中析出的认识, 可以得出超大型矿床必然形成于超级喷发和超级侵入之后. 近北向展布的巨型早中生代伊春-延寿花岗岩岩基带(花岗岩海)产出的超大型矿床是必然结果. 超大型矿床的形成取决于岩浆通道向流体通道的转换. 如果岩浆通道中尚未完全封闭之前被含矿流体所利用, 大规模流体快速上升将产生超大型矿床. 含矿流体透过残留于通道中的熔体上升, 不仅冲刷通道中的残留熔体并使其聚集于地壳浅部形成含矿小岩体. 当通道中残留熔体被消耗殆尽, 沿着通道上升的只有含矿流体. 这些含矿流体充填于自生长裂隙中并强烈排气, 最终形成岩浆型富矿体.

5 结论

霍吉河钼矿床可对应于接触带成矿体系中的爆破(隐爆)角砾岩成矿亚体系, 该成矿亚体系特征就是出溶流体的内压力远远大于上覆围岩的静岩压力的结果, 泄压后的成矿流体充填于围绕隐爆角砾岩的环状裂隙中成矿. 因此, 霍吉河钼矿床属于透岩浆成矿体系.

早中生代伊春-延寿花岗岩岩基带(花岗岩海)的超大型成矿过程是典型的透岩浆成矿作用的产物, 属于超级侵入后成矿过程, 相当于岩基后成矿作用.

参考文献:

- [1] 张兴洲, 郭治, 曹振, 等. 东北地区中-新生代盆地群形成演化的动力学背景[J]. 地学前缘, 2015, 22(3): 88-98.
- [2] 韩振哲, 赵海玲, 李娟娟, 等. 小兴安岭东南伊春一带早中生代花岗岩与多金属成矿作用[J]. 中国地质, 2010, 37(1): 74-87.
- [3] 谭红艳, 汪道东, 吕骏超, 等. 小兴安岭霍吉河钼矿床成岩成矿年代学及其地质意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2013, 32(5): 733-748.
- [4] 李林山, 何财, 李少云, 等. 黑龙江省伊春市霍吉河钼矿床地质特征及成因探讨[J]. 吉林地质, 2010, 29(2): 53-55.
- [5] 张森, 寇林林, 韩仁萍, 等. 黑龙江省霍吉河钼矿成矿特征及赋矿花岗岩闪长岩锆石 U-Pb 年龄[J]. 地质与资源, 2013, 22(3): 169-173.
- [6] 孙珍军. 小兴安岭石林公园钼(钨)成矿作用及地球化学特征[D]. 长春: 吉林大学, 2010: 52-59.
- [7] 郭嘉. 黑龙江省霍吉河钼矿床地质特征及成因[D]. 长春: 吉林大学, 2009: 36-39.
- [8] 陈静. 黑龙江小兴安岭区域成矿背景与有色、贵金属矿床成矿作用[D]. 长春: 吉林大学, 2011: 120-124.
- [9] 杨言辰, 韩世炯, 孙德有, 等. 小兴安岭-张广才岭成矿带斑岩型钼矿床岩石地球化学特征及其年代学研究[J]. 岩石学报, 2012, 28(2): 379-390.
- [10] 张琳琳, 刘翠, 周肃, 等. 小兴安岭霍吉河钼矿区含矿花岗岩类特征及成矿年龄[J]. 岩石学报, 2014, 030(11): 3419-3431.
- [11] 简伟, 柳维, 石黎红. 斑岩型钼矿床研究进展[J]. 矿床地质, 2010, 29(2): 308-316.
- [12] 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.
- [13] 罗照华, 卢欣祥, 郭少华, 等. 透岩浆流体成矿体系[J]. 岩石学报, 2008, 024(12): 2669-2678.
- [14] 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: 68-105.
- [15] 罗照华, 周久龙, 黑慧欣, 等. 超级喷发(超级侵入)后成矿作用[J]. 岩石学报, 2014, 030(11): 3131-3154.
- [16] 罗照华, 刘翠, 苏尚国. 理解岩浆系统的物理过程[J]. 岩石学报, 2014, 030(11): 3113-3119.