

岭脚钼矿床地质特征及找矿远景分析

吴光明 杨卫东

(浙江省第七地质大队, 丽水, 323000)

本文介绍了岭脚钼矿的地质、地球化学及矿床特征, 认为该矿床的形成与次火山岩体的侵位关系密切, 系次火山热液矿床, 具工业意义的主要为缓倾斜石英脉型矿体, 与青田县石平川钼矿具较多相似性。通过对矿床地质特征的总结, 提出了成矿模式, 预测矿区存在隐伏矿体, 进一步找矿潜力较大。

关键词: 岭脚钼矿 地质特征 找矿远景

0 引言

岭脚钼矿位于浙江省松阳县东部马鞍山南东坡, 最早由地质队于六十年代中期发现, 九十年代中期后由个体户开采, 产生了较好的经济效益。由于以后未投地质工作故形成的矿山地质矿产资料不多, 但根据目前我们所掌握的资料和综合研究的成果, 认为矿区成矿地质、地球化学条件有利、进一步找矿远景较佳。

1 矿区地质概况

矿区位于华南褶皱系, 江山—绍兴深大断裂带南东侧浙东南褶皱带之龙泉—宁波隆起区内, 龙泉—新建断裂带中段与北西向遂昌—山门断裂交汇部位北东侧, 矿区东侧即为靖居包复式岩体(见图 1)。该岩体的侵位受遂昌—山门断裂与龙泉—新建断裂联合控制。

矿区(见图 2)出露地层有: 下元古界八都群黑云斜长片麻岩, 呈断块状分布, F3 与 F4 断裂间的变质岩片麻理较陡立, F4 北西侧的片麻理相对平缓; 上侏罗统大爽组火山碎屑岩, 出露面积占矿区范围的 80% 以上, 主要为流纹质晶

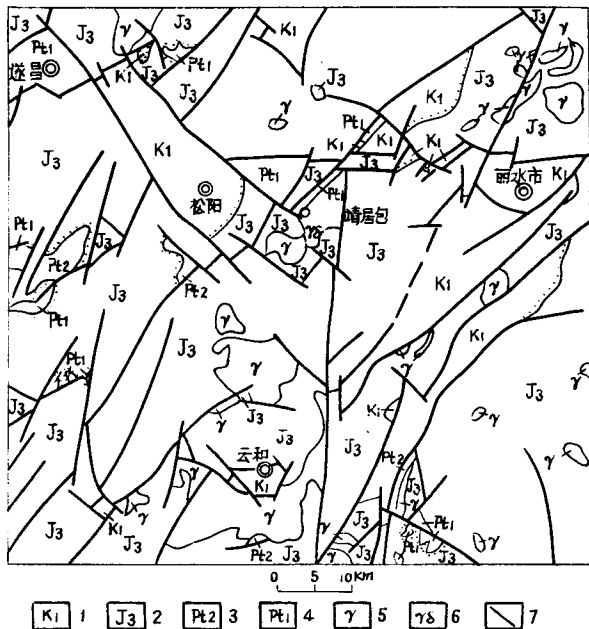


图 1 区域地质略图

1. 下白垩统沉积岩; 2. 上侏罗统火山碎屑岩; 3. 中元古界变质岩; 4. 下元古界变质岩; 5. 花岗岩; 6. 花岗闪长岩; 7. 断裂

收稿日期 1998-08-14 改回日期 1999-06-08

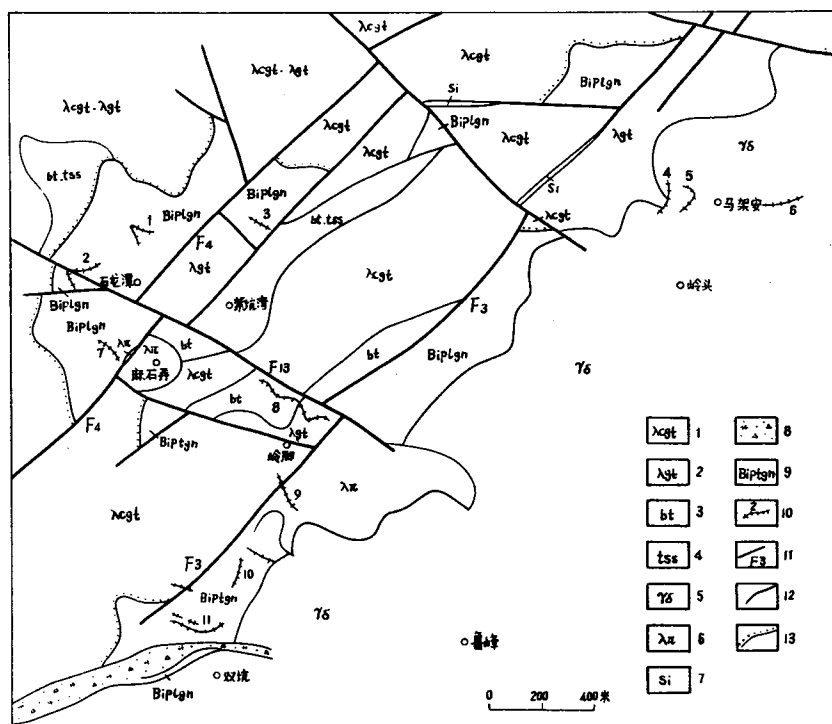


图2 岭脚钼矿区地质简图

1-4、上侏罗统大夷组:1. 流纹质玻屑凝灰岩;2. 流纹质玻屑凝灰岩;3. 沉凝灰岩;4. 凝灰质砂岩
5. 花岗闪长岩;6. 石英斑岩;7. 硅化带;8. 硅化构造破碎带;9. 下元石界八都群黑云斜长片麻岩;
10. 石英脉型钼矿体及编号;11. 断层及编号;12. 地质界线;13. 不整合界线

玻屑凝灰岩、沉凝灰岩、凝灰质砂岩,产状特征与变质岩一致,矿区北西侧局部可见火山碎屑岩与变质岩不整合接触面,标高约750m左右。

矿区内岩浆岩除南东侧为靖居包岩体的花岗闪长岩分布外;岭脚、麻石弄出露石英斑岩,石英斑岩的中间相及深部则为花岗斑岩,岩体顶部有岩浆分异的石英粗网脉发育;矿区北东段见有较多霏细岩脉,部分采矿硐见及闪长岩脉等。

矿区内构造以断裂为特色,北东向断裂系区域龙泉—新建断裂的一段,矿区内表现为两条,即F3、F4等,它们控制了区域及矿区变质基底的抬升隆起;北西向断裂则系遂昌—山门大断裂的次级断裂,错断了北东向断裂。北西向与北东向断裂的交汇部位是矿区成矿斑岩体的上侵中心。

2 矿区地球化学特征

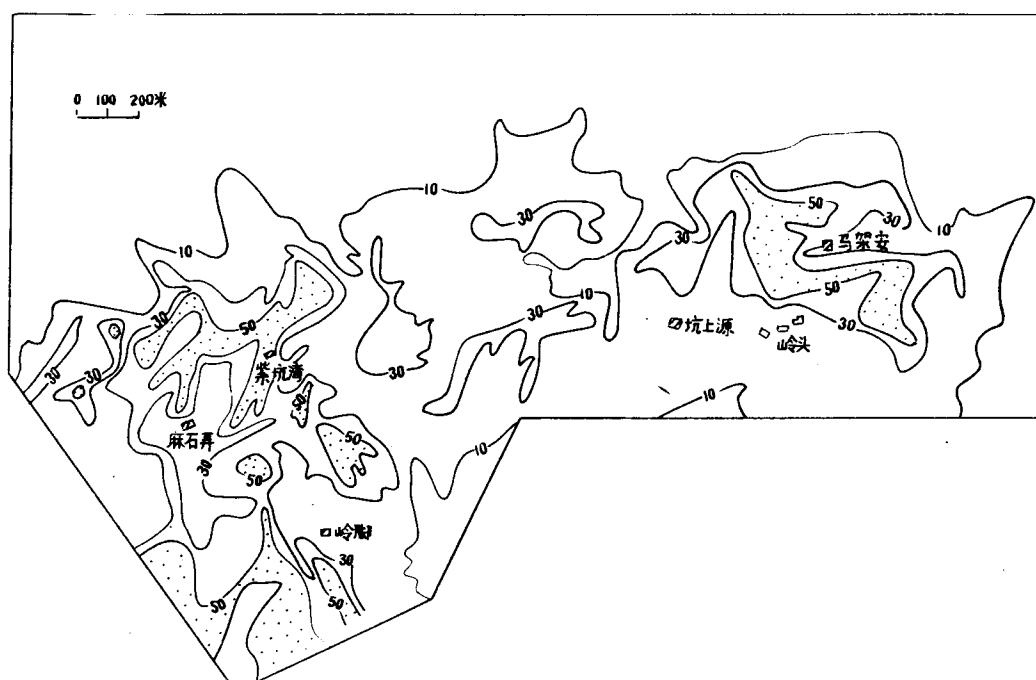
矿区位于新一轮1/20万化探扫面所圈定的水系沉积物鲁峰Mo、W、Sn异常(见表1)中。矿区除南西段只有3条测线(单线长300余米),网度为8×10m,和矿山地质填图中少量的土壤钼量测量外;大部分地段开展了路线土壤钼量测量,网度上大致相当于100×20m,已完成面

积约 7km^2 。以 $\text{Mo} = 10 \times 10^{-6}$ 为下限圈定的异常(见图 3), 面积约 3km^2 , 并被严格地限定在火山碎屑岩与变质岩不整合接触面(标高 750 米)以下, 说明该不整合接触面已成为钼矿化的屏蔽面。 $\text{Mo} \geq 50 \times 10^{-6}$ 异常内带(面积 0.4km^2), 多数地段已发现石英脉型富钼矿体, 异常与钼矿化有较好的对应关系。与成矿密切相关的石英斑岩体出露中心, Mo 含量较低, 异常高含量带环绕岩体接触带分布。

表 1

鲁峰水系沉积物异常地化特征表

元 素	异 常 下 限	平 均 含 量	最 高 含 量	浓 度 分 带	面 积 KM^2	衬 度	规 模
Mo	5	7.8	10.8	中、外	16	1.56	24.96
Sn	5	5.2	9.7	外	20	1.04	20.8
W	5	6.5	9.7	外	36	1.3	46.8



3 岭脚矿区土壤钼含量等值线图

3 钼矿床地质特征

3.1 矿化类型

矿区内存在三种类型的钼矿化形式: 石英脉型、细脉浸染型、蚀变岩型。

3.1.1 石英脉型钼矿化

辉钼矿呈粗晶(晶面直径 1mm 以上)鳞片状集合体, 浸染状或脉带状分布于石英脉内。该

类型矿化品位高,Mo 含量一般在 1% 以上,局部达 7%~8%,厚度大(>0.2m)者成为主要开采对象。

3.1.2 细脉浸染型矿化

发育于石英脉型矿体的顶、底板。辉钼矿呈浸染状、细网脉状、或以石英细脉(脉幅一般在 1cm 以下)为载体分布。围岩以片麻岩较为多见,矿石品位不高,一般 0.1% 左右,但在花岗斑岩中矿石品位较富。矿体厚度巨大,如松阳县天工钼业公司 1 号矿,含 $\text{Mo} \geq 0.1\%$ 的矿化片麻岩厚度 $\geq 6\text{m}$ 。

3.1.3 蚀变岩型矿化

严格地讲,蚀变岩型矿化就是细脉浸染型矿化,只是围岩蚀变情况略有不同。辉钼矿以浸染状为主,局部见细网脉状,充填于硅化、绢云母化、泥化的碎裂岩中,往往定位在石英脉型矿体的顶、底板,尖灭—狭缩端,局部可在构造破碎带中见及。赋存在石英脉型矿体顶、底板的蚀变岩型矿石 Mo 品位约 0.5% 左右;构造破碎带型矿石 Mo 品位 0.2% 左右。

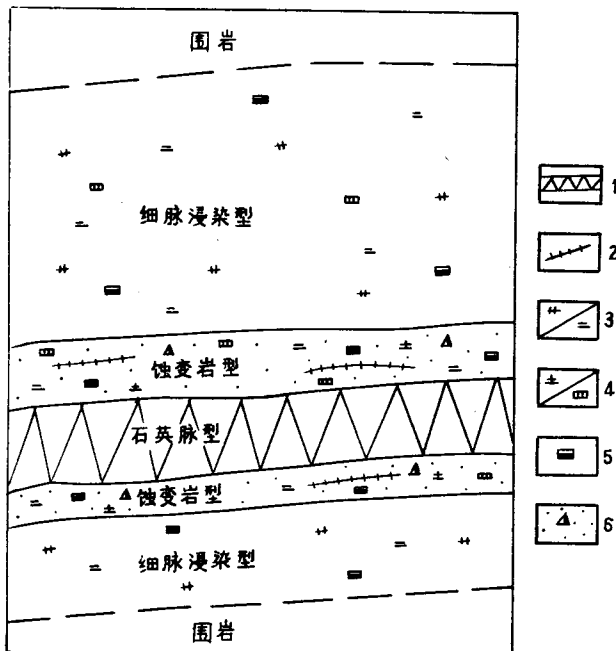


图 4 不同类型钼矿化关系示意图

1. 石英大脉型矿体; 2. 石英细脉; 3. 硅化/绢云母化;
4. 高岭土化/黄铁矿化; 5. 辉钼矿化; 6. 碎裂岩化

三种矿化类型的相互关系见图 4。

3.2 矿体特征

3.2.1 矿体的分布特征

矿体的分布严格受构造层、构造带、岩体(主要是次火山岩体)接触带等控制。已知矿体均产在 F3、F4 两断裂夹持的地质体内及两断裂外侧近旁;靖居包岩体北西侧(外)接触带;石英斑岩—花岗斑岩体周边 2km 范围内;晚侏罗世火山碎屑岩盖层之下。

矿化体总体呈面状分布,矿体之间有雁行状排列现象。矿体对围岩选择性不明显,矿脉穿切了所有的岩石。但比较而言,已知矿体较多地见于变质岩中,且有矿脉厚度较稳定、品位较富等现象。

在双坑采矿区施工的一个钻孔和几条探槽见及的变质岩围岩中,石英脉型矿体的垂向含矿率大约为 1 条/40m。

3.2.2 矿体的规模、形态和产状

矿区石英脉型矿体一般成饼状、透镜状,扁豆荚状。展布面积一般 $120 \times 120(\text{m}^2)$ 左右,厚度 0.2~2m,一般 0.5m(见表 2),膨缩变化较大;虽然矿体厚度不大,但矿体延展范围内矿脉的连续性极好,矿体产状平缓,倾角 $5^\circ \sim 45^\circ$,一般在 30° 以下。矿体的波状起伏极为明显,转折部位往往厚度增大,Mo 品位增高。

表2 矿区石英脉型矿体特征表

矿脉 编号	规 模 (米)			工 程 控 制 情 况
	延 长	斜 深	厚 度	
1	150	地表80	0.4-0.8	一个平硐,西端断失
2	200	150	0.8-2.0	探槽,两个中段平硐
3	130	100	0.4-1.0	两个中段三个平硐
4	30	50	0.1-0.5	三个中段平硐
5	70	50	0.3-0.5	三个中段平硐
6	120	80+	0.5	三个中段平硐
7	50+	50	0.5	地表露头
8	170	100+	-0.3	探槽,两个中段平硐
9	150	100	0.5-1.0	探槽,两个中段平硐
10	180	180	0.4-0.7	五个中段平硐
11	130	200	0.3-0.7	三个中段平硐

3.2.3 矿石的矿物成分和结构构造

3.2.3.1 石英脉型矿石

石英脉型矿石的脉石矿物石英多为隐晶质结构,少量糖粒状结构;矿石矿物以辉钼矿为主,少量黄铁矿。辉钼矿呈鳞片状晶质结构,晶面直径1mm左右,个别可大至7~8mm。矿石呈脉状、浸染状、条带状构造,辉钼矿晶体或集合体呈浸染状分布于石英颗粒间,较高含量辉钼矿与石英互相混染,可称为脉状构造;辉钼矿集合体局部较粗大,可达1cm左右。较常见的矿石构造为条带状构造,辉钼矿集合体呈细脉状充填于石英脉裂隙内,与石英相间排列成为条带状。黄铁矿呈自形晶结构,浸染状或呈脉带状集合体分布于石英脉中,脉带状黄铁矿常常与辉钼矿条带相伴产出,并被辉钼矿脉穿切。

3.2.3.2 蚀变岩型矿石

蚀变岩型矿石的矿物组成略为复杂,除辉钼矿外,还有次生石英、绢云母、长石、粘土类矿物、黄铁矿等。矿石为细晶—隐晶质结构;浸染状、角砾状构造。黄铁矿、辉钼矿成粒度小于1mm的自形晶集合体,浸染状分布。

3.2.3.3 细脉浸染型矿石

该类矿石的矿物组成最为复杂,除辉钼矿外,其他矿物与围岩岩性密切相关,一般均含有长石类矿物、次生石英和绢云母;当围岩为变质岩时,可见少量暗色矿物如角闪石、黑云母以及碳酸盐矿物等。矿石呈细脉状、网脉状结构,细—网脉成分主要为石英和辉钼矿。一般呈块状构造。

3.2.4 矿石的化学成分

矿石的化学成分主要为 SiO_2 ,有用组分有 MoS_2 、S等。如前所述,各种矿石类型之Mo含量差异显著。在接近成矿岩体中心部位和矿区北东段,矿石中黄铁矿含量明显增高,有效硫局部可达25%左右,S可以回收利用。

3.3 矿区的围岩蚀变

矿区岩石发育绢云母化、硅化、黄铁矿化、碳酸盐化。靠近靖居包岩体接触带,以及双坑一

带岩石角岩化强烈。矿体附近的围岩主要发育硅化、绢云母化、黄铁矿化,个别采矿洞中可见岩石的钾长石化,钾长石甚至在含矿石英脉中成角砾状出现。

4 成矿规律初探

由于矿区被分割成三块,分别由不同的矿山开采,地质工作程度不一,各矿山间各不相同;而且资料分散,难以收集,上面介绍的和下面将要探讨的,均系根据零散的资料和部分野外资料调查归纳整理而成。

4.1 地质背景与成矿关系

4.1.1 成矿元素地球化学背景

4.1.1.1 区域及矿区钼的地球化学特征

前已述及,矿区位于 1/20 万水系沉积物 W、Mo、Sn 异常中,矿区范围内存在与钼矿体有极好对应关系的土壤 Mo 异常。

4.1.1.2 成矿物质来源

成矿元素 Mo 的来源,主要可能由岩浆岩提供。据有关资料^[1]介绍,浙江省印支期花岗岩类 Mo 丰度达 11×10^{-6} ,远高于维氏值(1962 年)和华南各期花岗岩 Mo 丰度,本矿区西侧就有该类岩体的分布,即程路后变质花岗闪长岩。该岩体的出露面积占我省同期岩体的 1/6 强,因此 11×10^{-6} 的 Mo 丰度值基本可以代表程路后岩体 Mo 丰度。矿区东侧出露较大面积的燕山晚期靖居包岩体;本文认为与成矿有较密切关系的,出露于矿区岭脚、麻石弄的石英斑岩—花岗斑岩,其成岩当略晚于靖居包岩体。据《浙江省区域地质志》,燕山晚期花岗岩 Mo 丰度主为 $6.5 \sim 7.7 \times 10^{-6}$,高于地层和燕山早期侵入岩 Mo 丰度。土壤化探成果说明,石英斑岩—花岗斑岩侵位未形成面状异常,岩体 Mo 丰度不高,因此推测主要由岩浆期后热液溶离深部花岗质变质基底中的钼,供给成矿。而八都群变质岩地层 Mo 丰度总体在 $0.45 \sim 0.75 \times 10^{-6}$ 间,个别层位中 Mo 丰度可能较高,但不足以供给成矿所需。

另一个主要成矿元素 S,推测其由火山—岩浆活动供给,初始来源可能也为变质基底。

4.1.2 地层岩性控矿作用

就本矿区而言,地层岩性的控矿作用表现在两个方面:一是提供成矿物质的来源;二是控制矿体的空间产出。关于提供成矿物质,上面已略作论述。而地层岩性对矿体产出空间的控制,也有两重性:一方面,含矿地质体被严格地限定在火山碎屑岩与变质岩不整合接触面之下;另一方面,矿区钼矿体穿切了所有的地质体和地质界线。这是与构造运动、成矿作用有关的。

4.1.3 构造控矿作用

一般而言,构造的控矿作用,表现为成矿前构造构成含矿物质的运移通道和容矿空间,成矿后构造则破坏矿体的完整性甚至错失矿体。矿区构造简单,有断裂、岩体接触带和接触带附近的冷凝裂隙。

断裂构造对矿床的控制作用,主要表现在对成矿斑岩体的控制作用,岭脚、麻石弄石英斑岩—花岗斑岩体,即分布于 F3、F4 断裂与 f13 断裂交会部位;其次,断裂构造有可能是含矿热液的运移通道;北东向的断裂破碎带成为蚀岩型矿体的容矿空间;缓倾斜的冷凝裂隙成为石

英脉型矿体的含矿构造,这是本矿床与石平川钼矿可以类比的重要特征。只有少数矿体见有被断层切断的迹象。次火山岩岩体与围岩接触面,控制了大部分矿体的产状,接触带附近的细脉浸染型矿体,Mo品位较高。前已述及,火山碎屑岩与变质岩的不整合接触面是本区矿化重要的屏蔽构造。

4.1.4 岩浆演化与矿化关系

矿区所在区域范围,燕山期火山—岩浆活动极为强烈,根据地层岩石组合特征,可划分出早、晚两期,四个旋回(见表3),各旋回火山作用、岩浆活动和成矿各有特征。

地质事实表明,矿区火山—岩浆活动可回溯到早元古代,现存八都群基底变质岩的原岩,除了前面提到的程路后花岗闪长岩外,多为陆相火山碎屑岩。燕山早期的火山活动产物,在矿区内以大面积的流纹质晶玻屑熔结凝灰岩、沉凝灰岩等形式存在。

就矿区所在地质构造区而言,燕山晚期的火山—岩浆活动,虽然强度不大,但仍然可能存在于两个以上火山活动亚旋回。燕山晚期火山碎屑岩,矿区内没有分布,但早亚旋回火山活动后期的岩浆侵入作用却形成了本区较为著名的靖居包岩体(同位素年龄120Ma);晚亚旋回的火山活动,留下了与形成钼矿关系最为密切的岭脚、麻石弄石英斑岩、花岗斑岩。

表3 燕山期火山活动旋回划分成矿特征

岩浆活动期	旋回	时代	地层及代号	主要岩石组合	火山作用		成矿作用及矿产
					环境	方式	
晚期	Ⅳ	K ₁	馆头组K _{1g}	上部熔岩、下部沉积岩	陆相	侵出一喷溢	次火山热液成矿作用,萤石、多金属、硫
	Ⅲ	J ₃	祝村组J _{3z} 九里坪组J _{3j} 西山头组J _{3x}	火山碎屑岩及流纹岩夹沉积岩	陆相	爆发—喷溢	岩浆热液成矿作用,金、银、多金属
早期	Ⅱ		高坞组J _{3g} 大爽组J _{3d}	火山碎岩夹流纹岩及沉积岩	陆相	爆发	
	Ⅰ	J ₂	毛弄组J _{2ml}	沉积岩夹火山碎屑岩	陆相	爆发	外生成矿,煤

八都群(P₁bd)变质基底

石英斑岩—花岗斑岩成两个地表互不相连的单体,分布于岭脚附近、麻石弄,出露面积分别为0.35km²、0.04km²。石英斑岩—花岗斑岩的岩浆上侵过程中,一方面使成矿元素活化并初步富集,在岩体接触面附近形成了一些细脉浸染状的矿体或矿化;另一方面也使其围岩受热膨胀,遭受蚀变。岩体定位后,岩体本身及围岩冷凝收缩,形成一系列与侵入接触面大致平行的冷凝裂隙:其中八都群变质岩因为物理性质与其他岩石的差异,形成的冷凝裂隙数量可能更多。同时由于该岩体之岩浆SiO₂过饱和,定位后的结晶成岩过程中,多余的SiO₂在岩体顶部分异形成不规则产状的石英脉,或石英网脉。从岩石性质也可以推测,岩浆期后的热液是偏于酸性的,热液进一步溶解、析离围岩中的成矿物质,沿北东向断裂破碎带运移,运移过程中部分矿液在破碎带中成矿。由于破碎带规模较大,处于近开放环境,成矿物质逸散较多,故形成的矿石品位就不会太高。大部分含矿热液被运移至冷凝裂隙,快速冷却形成石英脉型矿体;同时冷凝裂隙顶、底板围岩再度发生交代蚀变以及矿化,辉钼矿充填在围岩矿物颗粒间和次级小裂隙中。

4.1.5 成矿时代讨论

由于未作有关测试,成矿时代只能根据矿体、岩石等的相互穿切关系,作定性推测。矿区内石英脉型矿体穿切了所有围岩,因此可以认为矿区钼矿形成于燕山晚期末阶段,局部地段矿体被断裂错失,可能与燕山期后部分断裂的持续活动有关。

4.2 矿床成因与成矿模式

4.2.1 矿床成因类型

综上所述,岭脚钼矿床与燕山晚期次火山活动,即岭脚、麻石弄石英斑岩—花岗斑岩的侵入活动有关。矿区地质、地球化学条件,围岩蚀变、钼矿化类似于斑岩型矿床特征,因此初步认为本矿床属于中温次火山热液裂隙充填型矿床。

矿区的蚀变岩型矿体和细脉浸染型矿体,除了赋矿岩石性质外,没有本质区别,从矿床成因类型上讲,属于标准的斑岩型矿体。石英脉型矿体与石平川钼矿体特征几乎完全一致,属于斑岩型矿床边部的大脉型矿床。

4.2.2 钼矿成矿模式

在浙东南褶皱区,现已发现的石平川、三枝树、岭脚三个钼矿床,前二者已经地质勘查,矿床规模在中型以上,石平川钼矿被认为是中温岩浆热液裂隙充填型(石英大脉型)矿床;三枝树钼矿被归属于斑岩型(细脉浸染型)矿床范畴。地球化学探矿成果显示,丽水地区中高温成矿元素 Mo、Sn、W 异常或 Mo 单元素异常,被限定在丽水—余姚断裂带以东区域,遂昌—山门断裂带两侧。且多与燕山晚期小型酸性岩体同位。岭脚钼矿则正好位于上述两条大型深断裂的交会部位(图 1)。

现根据岭脚钼矿地质、地球化学、矿床特征,建立其成矿模式(图 5)

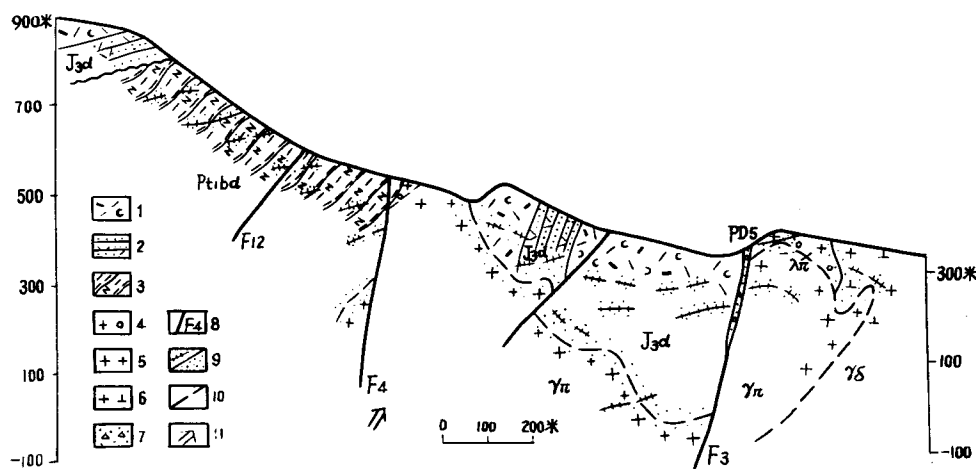


图 5 成矿模式示意图

1. 流纹质晶屑熔结凝灰岩(J₃d); 2. 凝灰质砂岩、粉砂岩(J₃d); 3. 黑云斜长片麻岩(Pt₁bd);
4. 石英斑岩(λπ); 5. 花岗斑岩(γπ); 6. 花岗闪长岩(γδ); 7. 硅化构造角砾岩; 8. 断裂及编号;
9. 石英脉型/细脉浸染型钼矿; 10. 实、推测地质界线; 11. 岩浆运动方向

北东向区域断裂活动,使基底地层隆起,与北西向断裂构造联合控制矿区地层的分布及产状。F3~F4间地层产状紊乱,与断裂两盘扭动有关。F4北西侧火山碎屑岩与变质岩的不整合面是一个成矿屏蔽面。

矿化的发生与矿体的形成,严格受岭脚、麻石弄石英斑岩—花岗斑岩的形成和定位机制控制,根据矿体的空间排布特征,可以推测次火山岩体的侵入中心在紫坑湾一带,岩体、矿体的剥蚀程度较浅。岩体侵位受断裂控制,向北西方向侧伏。

随着次火山岩上侵,围岩受热膨胀,岩体定位冷凝后,其本身及围岩收缩形成一系列环绕岩浆房的缓倾斜张性裂隙,这些裂隙成为运、容矿空间。

次火山岩浆期后含矿热液,析离并携带成矿元素,一方面充填于裂隙之中,形成石英脉型矿体;另一方面,致使运、容矿空间附近岩石遭受蚀变和矿化。

成矿后地壳继续缓慢抬升,发生剥蚀风化,部分矿体出露地表,并形成扩散晕。

4.3 找矿远景及找矿方向

根据矿区地质、地球化学特征,结合已发现矿体分布和成矿规律,以及矿区剥蚀深度不大,成矿岩体仅有极小部分出露等迹象推测本区尚有隐伏矿体存在。可寻找的矿化类型有三种(见前述),其中石英脉型矿体最具工业价值,其他二种类型多与石英脉型相伴产出(见图4),可以通盘评价,在经济可行时可适当开采。根据矿体厚度、延伸稳定性、Mo品位等指标与围岩关系,先期应在变质岩地层中,进行进一步找矿工作。

土壤金属量测量是找矿的有效方法,已开展测量的地段中, $Mo \geq 50 \times 10^{-6}$ 的异常内带,可以寻找露头石英脉型矿体; $\geq 10 \times 10^{-6}$ 的异常范围,可以寻找细脉浸染或隐伏石英脉型矿体。矿区南西段未开展土壤化探扫面,可补做这方面工作,圈定异常,指导找矿。

5 结论

综合上述情况,岭脚钼矿区具有矿化类型齐全,石英脉型矿体品位高,化探异常面积大的特点。矿床形成于燕山晚期,成因类型为次火山热液裂隙充填型。

矿区地质、地球化学成矿条件有利,进一步找矿潜力大,有希望成为中—大型、高品位钼矿床。

参 考 文 献

- (1)胡雄健等.《浙西南前寒武纪地质》.地质出版社,1991
- (2)浙江省地质矿产局.《浙江省区域地质志》.地质出版社,1989

Geological Characters and Analysis of Exploration Perspective of Lingjiao Molybdenum Deposit

Wu Guangming Yang Weidong

(Zhejiang province, the 7th geological team, Lishui, 323000)

Abstract

Lingjiao molybdenum deposit is located in the area where two groups of region N - E , N - W break zones crossing. There are metamorphic rock of lower Proterozoic Erathem, pyroclastic rock of upper Jura Series and quartz - porphyry of later Yanshan cycle distributed in Mining area. The granite - porphyry is occurred in the center of quartz - porphyry.

There are three types of molybdenum mineralized, that they are molybdenite - quartz vein, stockwork and disseminated molybdenum, porphyry molybdenum deposit in mine. Because of the molybdenite-quartz veins have stable stretch and higher grades they have the largest industry value. The form of Lingjiao molybdenum is closely related the quartz - porphyry or granite - porphyry in mine. The cause of formation of the molybdenum deposit is mesothermal deposit by cavity filling.

Metallometric soil survey is the effective way to find deposit. All the molybdenum deposits is situating in soils molybdenum anomaly extension.

Geological, geochemistry and deposit characters have indicated the mine has a best exploration perspective.

Key words: Lingjiao molybdenum; Geological characters; Analysis of perspective