

河北省涿鹿县口前 钼矿床地质特征及矿床成因

谭 作 林

(第一冶金地质勘探公司 516 队)

提 要 燕山早期中—酸性岩浆岩侵入于蓟县系铁岭组、青白口系下马岭组地层中。辉钼矿化分布于岩体内部及其围岩中。本文讨论了花岗斑岩和闪长岩体的地质特征、成岩期次、岩石学、岩石化学特征及其含矿性；论述了矽卡岩—斑岩型钼矿床的成矿地质条件、围岩蚀变、矿床特征和矿床成因。

关键词 花岗斑岩 辉钼矿化 热液 充填浸染型钼矿 矽卡岩—斑岩型钼矿

一、地质概况

本区位于华北地块北部燕山沉降带西段军都山穹折断束与蔚县凹折断束交界部位。(图 1)

区内出露地层有太古界桑干群；元古界长城系、蓟县系、青白口系；古生界寒武系；中生界侏罗系和新生界第四系。呈北东向展布。以长城系、蓟县系、青白口系硅镁质碳酸盐岩、碎屑岩分布最广。

区域岩浆活动频繁，形成印支期的偏碱性杂岩及燕山期的闪长岩、花岗闪长斑岩、花岗斑岩及各种中基性、酸性脉岩——如闪长玢岩、石英斑岩、正长斑岩、煌斑岩类等。

成矿区岩浆岩与区域燕山期岩浆活动密切相关，按侵入时间顺序有闪长岩、花岗斑岩。

与区域成矿有关的构造为南口—灵山大断裂^①，呈北北东向展布，它控制着燕山沉降带西部三级构造单元的发展史。在此构造的西侧 5~15 公里范围内形成北东向构造岩浆带。即著名的王安镇和大河南杂岩体，为涞源和涿鹿一带的黑色和有色金属矿床的形成提供了矿液来源。

岩体与前寒武系碳酸盐岩石的接触部位，或内外接触带，并在次一级构造发育条件下，常形成矽卡岩—斑岩型矿床。

口前及其外围的钼矿床和一些热液型锰矿、锰银矿、均围绕大河南岩体边部展布。

^①转引自 1982《中国地质学会河北分会第二届学术论文汇编》中鞠紫云资料。

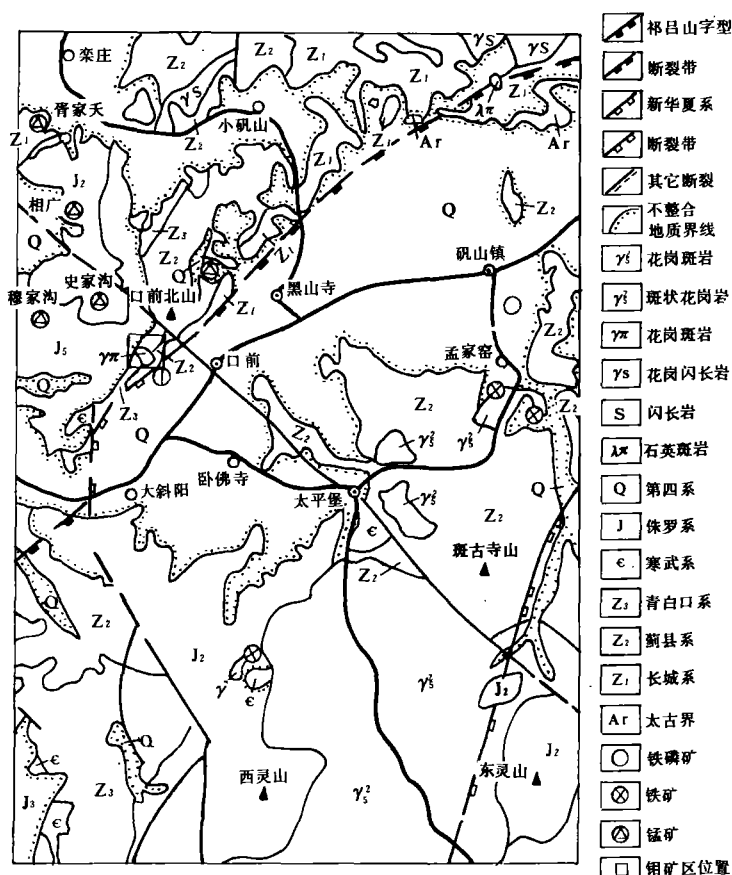


图1 口前钼矿区地质略图

Fig. 1. Schematic geological map of Kouqian molybdenum deposit

二、成矿地质条件

(一) 岩浆岩条件

矿区内岩浆活动强烈,与钼矿有成因联系的燕山早期酸性超浅成的花岗斑岩为成矿母岩。

1. 岩体地质特征

花岗斑岩分布于矿区中部,出露面积 0.37 平方公里,呈椭圆形岩株侵入于蓟县系和青白口系地层中。长轴呈北 30° 西方向,与岩层走向交角 70°~80°,倾向南西,顶部陡倾斜,切割下马岭组角页岩和铁岭组白云质大理岩;到深部岩体倾角渐缓至 20°~30°,与白云质大理岩走向

平行向西延展。在岩体上部边缘地段,有较多的岩舌穿于铁矿上部的沉积岩中。岩体东部边界与闪长岩接触,其倾向可能与西部接触带相反。

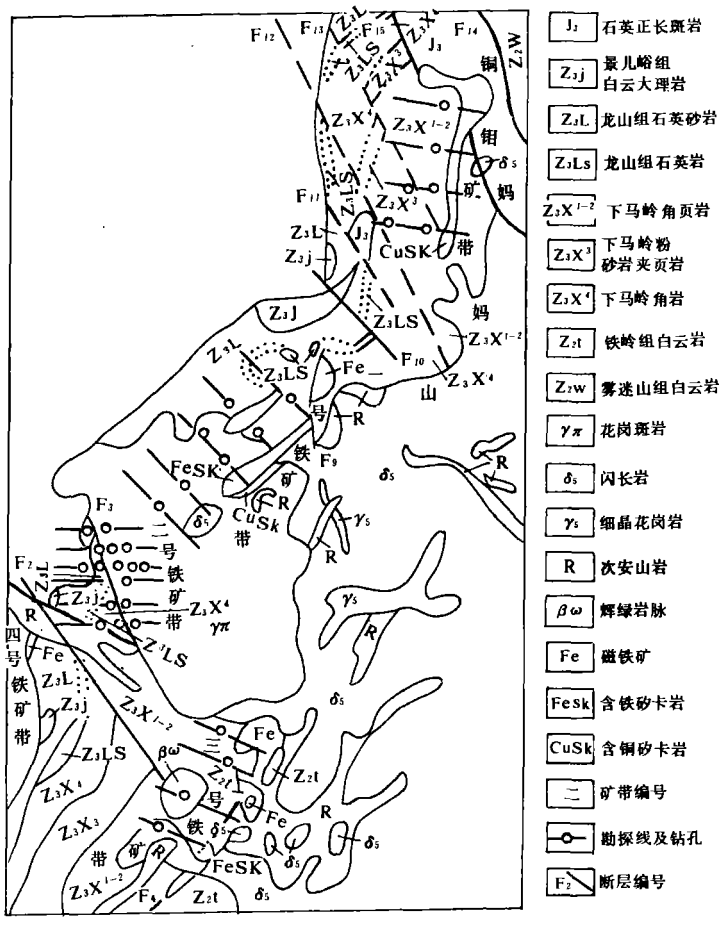


图 2. 口前钼多金属矿区地质略图

Fig. 2. Schematic geological map of Kouqian multimetal mining area

岩体与围岩为侵入接触,并在接触处形成镁矽卡岩。从岩体一侧向外大致可分为石榴石矽卡岩、石榴石透辉石矽卡岩、蛇纹石矽卡岩、白云质大理岩四个带,与之有关的矿化类型有磁铁矿化、辉钼矿化、铜矿化且伴生少量金银矿化。

闪长岩分布于矿区东部,出露面积 1.2 平方公里,呈不规则状岩株产出。其长轴为北东方向,沿北东断裂带发育。在妈妈山与白云质灰岩和角页岩接触处,蚀变和矿化现象比较发育,常见有矽卡岩化、硅化和铜、钼、金、银等多金属矿化(图 2)。

2. 岩体的岩石学特征

据野外、镜下薄片观察,两岩体的矿物成分,结构构造等特征如表 1 所示。

3. 岩体的岩石化学特征

(1) 主要氧化物含量及数值特征

花岗斑岩和闪长岩的岩石化学分析结果、查氏特征值和查氏向量图解如表 2、表 3、图 3，

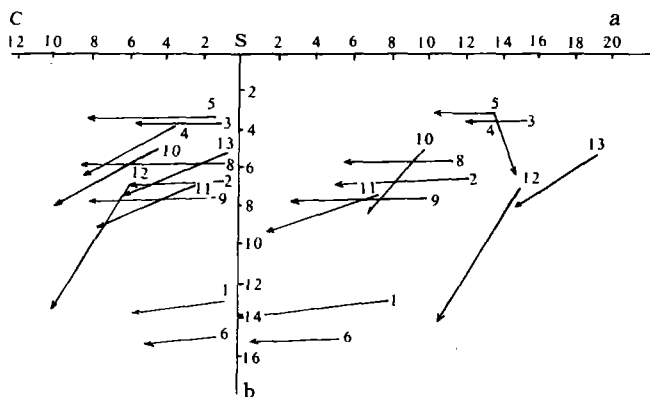


图 3 口前两岩体扎氏岩石化学图解

Fig. 3. Petrochemical plot of two intrusives in Kouqian area

倍和 3 倍外, 钛、钒等元素的含量均低于维氏值; 稀有元素除铈含量高于维氏值外, 其它元素钇、锆、铌都低于维氏值。

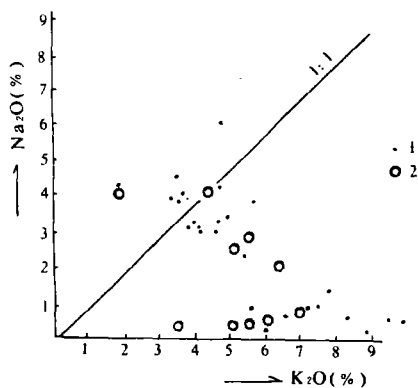


图 4 华北地台与斑岩钼矿有关的侵入体钾钠含量对比图

1. 华北地台有关含钼侵入体(数值据赵明因)
2. 口前花岗斑岩

Fig. 4. $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}$ plot of intrusives distributed in The North China Platform and the related to molybdenum deposits

与我国同类岩石相比, 花岗斑岩具有富硅、钾, 贫钠、钙、铝的特征, 里特曼指数为 1.97, 属钙碱性岩。 SiO_2 含量变化在 68.42% — 72.70% 之间, 属酸性岩。

(2) 微量元素特征

据全岩光谱半定量分析结果, 择其普遍显示的 22 个元素进行数理统计(表 4), 归纳其特点如下:

花岗斑岩中造矿元素钼和锡与酸性岩维氏值相比, 分别高出 100 倍和 6 倍, 而镓含量较低, 铜、铅、锌、银相对稳定; 铁族元素中除镭、钴、锰较维氏值分别高出 10 倍、4

倍, 而镓含量低于维氏值。其它元素铜、铅、银较稳定; 铁族元素除锰较维氏值高 1.5 倍外, 钛、钒、钴、镍、铬均低于维氏值; 稀有元素含量除铀高于维氏值外, 其它元素钇、锆、铌均低于维氏值。

从上述资料可看出: 本区花岗斑岩钼含量偏高, 铜无异常, 镓和稀有元素偏低, 这可能是含钼岩体和钼矿化的一个标志。

4. 岩体侵入期次的划分

对闪长岩和花岗斑岩的关系, 通过地表和大量岩芯观察及岩矿鉴定的基础上, 认为闪长岩和花岗斑岩系同源同期先后两次侵入的产物。主要依据如下:

(1) 花岗斑岩以十分复杂的形态侵入闪长岩内, 接触部位花岗斑岩颗粒变得较细, 形成冷凝边(宽度 1~2 公分);

(2) 花岗斑岩中包有闪长岩之捕虏体;

(3) 二者接触界线比较清楚, 有时二者界线突然

模糊；

(4)化学成分上的差异：二者相比，闪长岩表现出富铁、镁、钼，低钾、硅的岩石化学特性，反应在查氏向量图解中二者分区现象明显(表 2、3,图 3)。

(5)微量元素上的差异：花岗斑岩中的钼、钽、钒、铜、铅、锌、银等含量高于闪长岩(表 4)。

上述判断已被岩体同位素(k—Ar 法)测定年龄值所证实，即闪长岩为 186.5m. a，花岗斑岩为 154m. a。

岩体岩石学特征表

表 1

Table 1. Petrological characteristics of the medium—acidic intrusives

岩石名称		花岗斑岩	闪长岩	
颜色		肉红色	灰—灰绿色	
构造		块状构造	块状构造	
结 构	类型	斑状结构基质显微花岗结构	粒状结构	
	斑晶含量	50—70%		
	基质粒度	一般 0.05~0.1mm,个别 0.2~0.3mm		
矿 物 成 分	斑 晶	钾长石：35—40% 自形一半自形 石英：20% 他形 更长石：甚微	主 要 矿 物	斜长石：50%±半自形 角闪石：35%±半自形粒状 黑云母：10%± 石英：<5%
	基 质	长英质	角闪石 黑云母 斜长石	
	付 矿 物	磁铁矿、磷灰石 榍石、锆石	磁铁矿、磷灰石 榍石	
产状		岩株状	岩株状	

岩石化学成分表

表 2

Table 2. Petrochemical composition

分 析 项 目 岩 石 名 称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	CO ₂
花岗斑岩平均值	70.52	0.27	14.32	0.89	1.11	0.10	0.41	1.48	1.37	5.42	0.10	2.55	1.23
中国花岗斑岩平均值 *	71.27	0.25	14.25	1.24	1.62	0.08	0.80	1.62	3.79	4.03			
闪长岩平均值	59.26	0.79	15.90	1.16	3.12	0.13	1.55	4.65	3.86	4.96	0.34	1.18	2.73
中国闪长岩平均值 **	57.39	0.89	16.42	3.10	4.15	0.18	3.77	5.58	4.26	2.59	0.37		

* 同表 3

5. 岩体含矿性

(一)含矿岩体的岩石化学标志

1. 花岗斑岩属钙碱性岩，钙碱指数为 56—61，里特曼指数 1.97， SiO_2 含量 > 69 ， $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ 。

上述特征与我国典型斑岩型铅矿的含矿岩体相近^①。查氏 b 值为 7.49，从 b 值与矿种关系表查知：岩体应以富含钨、锡、铅为主；

2. 将本区花岗斑岩与华北地台有关含铅侵入体的 K_2O 与 Na_2O 百分含量均投于钾钠含量对比图中，两者投影点位置基本一致(图 4)。

3. 将本区花岗斑岩与华北地台有关含铅侵入体的 $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 与 SiO_2 投于 $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ 关系图中，其投影点位置亦基本一致(图 5)。

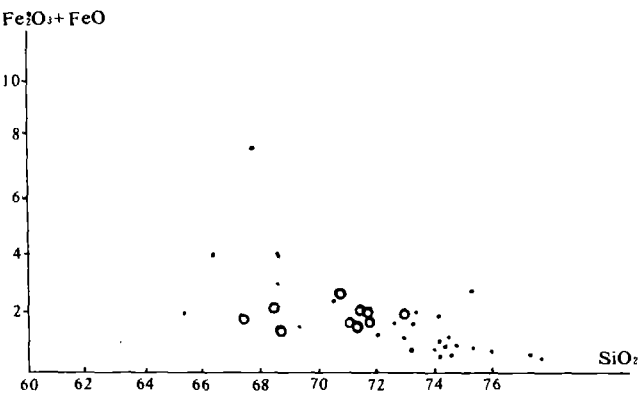


图 5 华北地台与斑岩铅矿有关的侵入体 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} - \text{SiO}_2$ 关系图

(图例同图 4)

Fig. 5. $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}) - \text{SiO}_2$ plot of intrusives related to molybdenum deposits distributed in The North China Platform

4. 将矿区岩体有关参数，投入赵明因的 $\text{SiO}_2 - \frac{(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})^2}{\text{SiO}_2 - 43}$ ， $\text{SiO}_2 - \frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}$ ， $\text{SiO}_2 - \frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{SiO}_2}$ 复异图中，花岗斑岩均落入铅岩区(图 6、7、8)。

岩石化学特征参数表

表 3

Table 3. Characteristic parametres of Petrochemistry

特 征 值 岩 石 名 称	S	a	c	b	m'	f'	c'	a'	n	Q	$\frac{a}{c}$	$\frac{a+c}{b}$
花岗斑岩平均值	79.54	11.25	1.78	7.49	13.46	32.14		54.31	23.02	34.74	8.08	2.36
中国花岗斑岩平均值 *	79.40	13.90	1.90	8.0	27.90	53.9		18.20	59	26.20		
闪长岩平均值 **	77.14	17.03	1.30	6.43	17.15	36.21		46.6	33.78	22.61	12.94	3.34
中国闪长岩平均值 **	71.50	12.20	5.40	10.9	40.8	55.6			67.81	7.7		

* 据黎彤等 1963

** 据黎彤等 1963

①转引自高俊恩，冶金—公司地质科技参考，84 年一期资料

(二)岩体含矿的地球化学标志

1. 据光谱半定量分析资料进行统计,花岗斑岩中钼平均 0.01%,闪长岩为 0.0017%,较一般酸性岩和中性岩维氏值分别高出 100 倍和 18 倍,说明花岗斑岩是理想的含钼岩体;
2. 通过化探次生晕取得较好效果,尤其是在地质工作未做深部工程控制的地段,发现以钼、铜为主的次生晕异常围绕岩体成群成带分布,特别是钼异常与地表斑岩体轮廓十分吻合。岩体内钼含量较高,反映钼矿化与岩体有关,矿液与岩体的成矿物质很可能是同源的。

微量元素统计表 表 4

Table 4. Statistic values of micro—elements

岩石名称		元 素 含 量										
		Ti	Cu	Pb	Cr	Zn	Ni	V	Ga	Ag	Zr	Ce
维氏值	酸性岩	0.23	0.002	0.002	0.0025	0.006	0.0008	0.004	0.002	0.00005	0.02	0.01
	中性岩	0.80	0.0035	0.0015	0.005	0.0075	0.0055	0.01	0.002	0.000009	0.026	—
花岗斑岩		0.22	0.009	0.004	0.003	0.039	0.001	0.0076	0.0013	0.00015	0.012	0.032
闪长岩		0.15	0.0035	0.0035	0.003	0.03	0.001	0.005	0.0015	0.00025	0.02	0.032

(续表 4)

元 素		Sn	Co	Nb	Y	Mo	Mn	Yb	Sc	Sr	Ba	Be
维氏值	酸性岩	0.0005	0.0005	0.002	0.0034	0.0001	0.06	0.0004	0.0003	0.03	0.083	0.0055
	中性岩	0.0006	0.001	0.002	0.003	0.00009	0.12	—	0.00025	0.08	0.065	0.00018
花岗斑岩		0.003	0.0012	—	0.002	0.01	0.19	0.0005	0.032	0.03	—	0.003
闪长岩		0.003	0.001	—	0.002	0.0017	0.171	0.0005	0.032	0.03	—	0.003

(三)围岩条件

矿区辉钼矿化极普遍,在花岗斑岩、矽卡岩、角页岩、火山岩等围岩中均有分布,但矿化特点与围岩性质却有一定关系。角页岩属致密刚性岩石,在外力作用下产生以裂隙为主的形变,矿化形式以细脉充填为主,脉一般分散且不连续,品位低,往往不能形成工业矿体;矽卡岩是物理性质有利的矿化围岩,因矽卡岩比原生的碳酸盐、硅酸盐的孔隙度要高,性脆、受构造作用影响使其裂隙和微裂隙发育,便于热液循环,并为矿质沉淀提供有利的场所。矽卡岩的化学性质显碱性,利于中和酸性成矿溶液,促使矿质沉淀作用的进行,矿化形式以浸染状为主,钼的品位一般较富,并形成规模较大的工业矿体;花岗斑岩中钼矿化较为普遍,在构造有利地段往往发生较强烈的硅化、绢云母—白云母化,并形成一定规模的工业矿体,其矿化形式为细脉充填和

浸染状矿化。

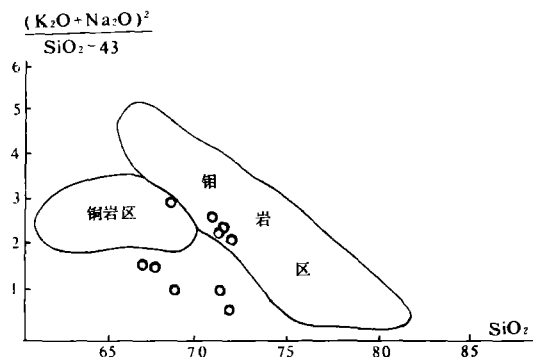


图 6 口前钼矿床花岗斑岩 $SiO_2 - \frac{(K_2O + Na_2O)^2}{SiO_2 - 43}$ 变异图

Fig. 6. Variation plot $(SiO_2 - \frac{(K_2O + Na_2O)^2}{SiO_2 - 43})$ of granitic porphyry related to molybdenum deposits in Kouqian area

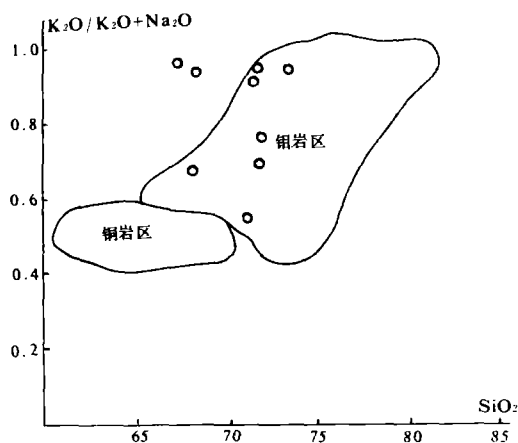


图 7 口前钼矿床花岗斑岩 $SiO_2 - \frac{K_2O}{K_2O + Na_2O}$ 变异图

Fig. 7. $SiO_2 - \frac{K_2O}{K_2O + Na_2O}$ variation plot of granitic porphyry related to molybdenum in Kouqian area

(四) 构造条件

矿区总体上是一个单斜构造,除一些规模微小的次级褶皱外,未见明显的褶皱构造,但断裂构造相当发育,岩层的总体走向北东 40° 左右,倾向北西,倾角 $25^\circ \sim 45^\circ$,个别地段因断裂影响,倾向和倾角变化较大。

矿区处于北东和北西向二组断裂交汇处,是含矿岩浆上升侵位的有利部位。北西向断裂为控岩构造,直接控制了斑岩体的形态和产状,与斑岩体有关的辉钼矿化主要受岩体内外接触带构造裂隙和微裂隙所制约。裂隙发育程度和空间分布位置与矿化强弱、矿体形态、产状及规模密切相关。

三、围岩蚀变

本矿床围岩的蚀变作用比较发育,蚀变的种类比较复杂,与砂卡岩—斑岩型矿床有关的显著的蚀变有硅化(石英化)、绢云母~白云母化、砂卡岩化、钾长石化、钠长石化、绿泥石化、碳酸

盐化等,前三者与成矿作用关系密切。

(一) 蚀变类型

1. **钠长石化**: 钠长石化是矿床中较普遍的一种蚀变作用,它分布在接触带附近的花岗斑岩体内,甚至在远离接触带几百米的岩体内仍可见到不同程度的钠长石化。在蚀变岩体中可见到钠长石沿中长石颗粒四周边缘进行交代,形成所谓的“净边结构”(照片 4)或沿中长石颗粒边缘和双晶纹进行交代,最常见的是钠长石沿钾长石的解理或裂隙交代,形成不规则的细脉状或网脉状构造,构成交代条纹长石(照片 1)。

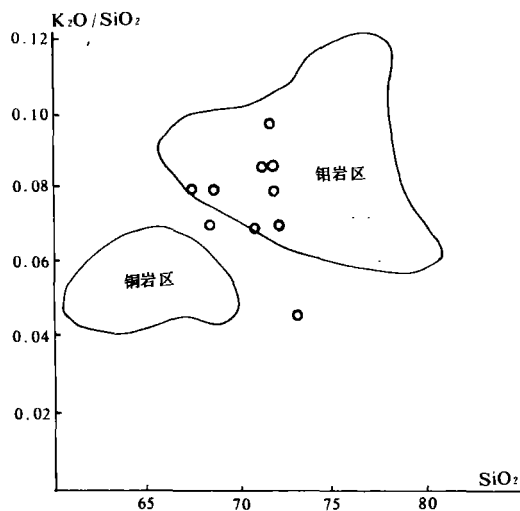


图 8 口前钼矿床花岗斑岩 $\text{SiO}_2 - \frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{SiO}_2}$ 变异图

Fig. 8. $\text{SiO}_2 - \frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{SiO}_2}$ variation plot of granitic porphyry related to molybdenum deposits in kouqian area

卡岩化后期,常出现阳起石、透闪石、绿帘石、绿泥石及磁铁矿等矿物交代早期形成的石榴石、长石(照片 3)等现象。其后为晚期的绿泥石、碳酸盐所交代、切割。矽卡岩化与钼矿化关系密切,辉钼矿多呈稀疏浸染状分布于矽卡岩中,局部较稠密构成工业矿体,主矿体即横跨岩体、矽卡岩体及围岩,认为口前钼矿与浅成斑岩型矿床之矽卡岩一斑岩式极为相近。它表明矽卡岩和斑岩中的钼矿化系同源同期成矿溶液在同一空间不同围岩中形成的。

4. **蛇纹石化**: 主要分布矽卡岩的外侧与铁岭组白云质大理岩的接触处,形成厚数米的蚀变蛇纹岩。蛇纹石化不止一期,常可见到磁铁矿交代蛇纹石岩,而又为后期蛇纹石脉交代、切割,以及蛇纹石脉相互切割的现象。蛇纹石化与钼矿化关系不密切,而与铁矿化的关系极为密切。

5. **绢云母—白云母化**: 在蚀变岩体中绢云母—白云母化非常普遍。最常见的是绢云母沿长石晶体的裂隙或解理呈不规则的脉状或网脉状分布(照片 2)。另外还可见到斜长石被绢云

2. **钾长石化**: 主要分布在接触带附近数十~一百米左右的范围内,特别是在矽卡岩体下盘强烈蚀变的中上部岩体内,向下、向外逐渐减弱。钾长石化主要表现为交代早期晶出的长石,钾长石化至少有二期。早期蚀变的钾长石不具明显的卡氏双晶,后期蚀变的钾长石则常呈无双晶的晶形较好粒状聚集体交代早期蚀变岩体的钾长石和其他矿物。从数量上看钾长石化比钠长石化强烈,但蚀变范围不及钠长石化大。表现为线型蚀变,形成较早,与矿化关系不密切。

3. **矽卡岩化**: 是本区最为发育的一种蚀变。最常见的矽卡岩矿物为石榴石和透辉石。靠近岩体部分明显见到石榴石交代长石的现象。石榴石多集中在内接触带,向外则逐渐减少而为透辉石所代替。在矽

母、石英交代现象(照片8)。与钾长石化、硅化呈渐变关系,间杂在钾长石化和硅化蚀变岩石中。由岩体向外接触带蚀变强度逐渐减弱。但与钼矿化关系非常密切,两者经常共生在一起,是本区钼矿体主要赋存部位。

6. 硅化(石英化):也是一种常见的蚀变作用,石英呈细脉或细粒状集合体交代早期形成的矿物,如石榴石、长石、绢云母等。另外石英常和金属硫化物(辉钼矿、铁闪锌矿等)呈细脉广泛分布在蚀变岩体中。与矿化关系密切。也是本区钼矿体主要赋存部位。

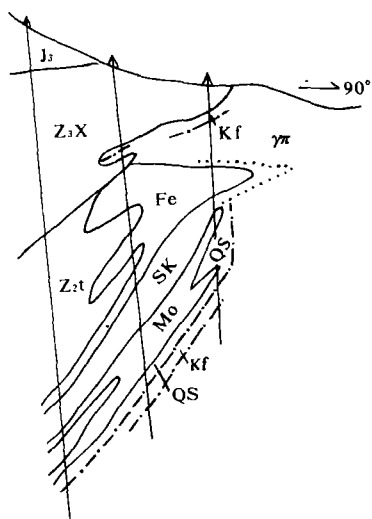


图9 口前钼矿床4线地质剖面图

J₃: 火山岩、Z₃X 角闪岩、Z₃t 白云质灰岩、rπ 花岗斑岩
SK 矽卡岩、Fe 磁铁矿体、Mo 辉钼矿体、Kf 钾长石化带
QS 绢云母—白云母化带

Fig. 9. Geological section of the fourth line in Kouqian Mo—mine area

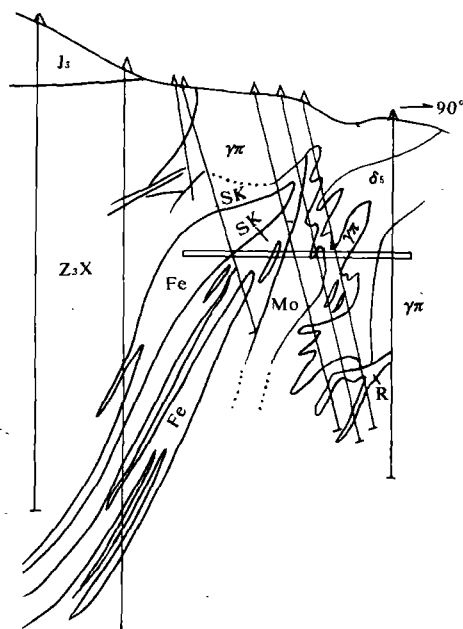


图10 口前钼矿床2线地质剖面图

J₃: 石英正长斑岩、Z₃X 角闪岩、rπ 花岗斑岩、δ_s 闪长岩
SK 矽卡岩、Fe 磁铁矿体、Mo 辉钼矿体、R 次安山岩脉

Fig. 10. Geological section of the 2nd line of Kouqian Mo—deposit

7. 碳酸盐化:是一种分布普遍的热液蚀变作用。与矿化的空间关系极为密切。碳酸盐化大量出现在蚀变岩体内,也广布于矽卡岩中。碳酸盐化的时间延续较长,但主要在矿化作用的晚期,经常可见到碳酸盐化作用叠加在其它各种蚀变作用之上。

(二) 蚀变分带

一般热液蚀变多具面型蚀变的特征,即由中心向外各蚀变带呈同心园状分布,它们依次是:钾化带(钾长石化、黑云母化)→石英~绢云母化带→粘土化带→青盘岩化带。由于各钼矿床的发育程度差别较大,各蚀变带不一定逐次发育。口前钼矿床较特殊,面型蚀变不发育。岩

体从内向外依次划分为钾长石化带、硅化(石英化)带、绢云母~白云母化带(内接触带)、矽卡岩化带(内外接触带)(图 9)。

蚀变和矿化关系

表 5

Table 5. Relation between alteration and mineralization

蚀变岩类	蚀变花岗斑岩	透辉石—石榴石矽卡岩	蛇纹岩	白云质大理岩
矿化特征	钾长石化钠长石化、绢—白云母化、硅化、碳酸盐化。辉钼矿呈细脉,网脉状、浸染状分布。还有铁闪锌矿细脉。	重迭有阳起石化、透闪石化,绿帘石化、绿泥石化等。硅化、碳酸盐化发育。辉钼矿及其它金属硫化物呈浸染状分布,还有少量磁铁矿。	伴随有碳酸盐化。磁铁矿主要富集于此带	无矿化或矿化微弱

(三)蚀变与矿化的关系

矿化与蚀变密切共生、互相依存。钾长石化带,一般不形成矿体,矽卡岩化、硅化、绢云母~白云母化带是本区矽卡岩一斑岩型钼矿工业矿体最重要的赋存部位。

四、矿床特征及矿床成因

(一)矿体形态、产状及规模

钼矿体赋存在以碳酸盐岩为主的地层与花岗斑岩或闪长岩接触的内、外带。本区是以铁、铜、钼为主的多金属矿床。铁矿带有 4 处,铜钼矿带一处(图 2)。钼矿多聚集于铁矿带的顶、底板和蚀变斑岩体内。其中以 2 号铁矿带和妈妈山铜钼矿带,规模大、品位富。

二号铁矿带中钼矿为一隐伏盲矿,形态为复杂的透镜体。多围绕斑岩体内外接触带呈带状分布,其中主矿体分布于斑岩体西侧。走向北东 10°~15°,倾向北西,倾角 70°左右。倾斜延伸较大(图 10)。

妈妈山铜钼矿带中钼矿体形态为一较厚大的透镜体。走向北东 11°,倾向北西、倾角 70°—80°。倾斜延伸较大(图 11)。

(二) 矿石的物质组成

1. 矿石的化学成分

全区钼矿石的钼含量较高。伴生组分有铜、锌、金、银等。

2. 矿石的矿物成分

矿石中金属矿物成分简单,主要有辉钼矿、黄铜矿及少量黄铁矿、铁闪锌矿、磁铁矿。其中辉钼矿为唯一的矿石矿物。镜下观察呈板状、叶片状、鳞片状单晶或集合体。矿石中非金属矿物较为复杂,多属蚀变成因的蛇纹石、绢云母、钙铝石榴石、透辉石、透闪石、绿泥石、绿帘石、符山石、石棉、硅镁石、石英、文石等。

(三) 矿石结构构造

矿石构造是以稀疏浸染状构造为主要特征。比较稠密的浸染状构造少见。此外,少数矿石具细脉状。

矿石结构较为多样化。在矿石中自形晶、半自形晶、他形晶结构均较发育。磁铁矿和黄铁矿常具有完好的结晶外形,辉钼矿常呈自形或自形一半自形晶结构。

(四) 矿物共生组合和矿物生成顺序

自形黄铁矿生成最早,其次是毒砂。该黄铁矿有被磁黄铁矿交代或被辉钼矿穿插的现象,磁黄铁矿被脉状黄铁矿切割包裹、并有被黄铁矿交代现象,辉钼矿被脉状黄铁矿切穿,闪锌矿、黄铜矿穿插、切割和包裹脉状黄铁矿,黄铜矿、方铅矿交代切割闪锌矿。

矿物生成顺序:

黄铁矿(自形)→毒砂→磁黄铁矿→石英→辉钼矿→绿泥石→绿帘石→黄铁矿(脉状)→闪锌矿→黄铜矿→方铅矿→方解石→文石。

依据矿物间的生成关系和生成顺序,划分四个成矿阶段:即早期矽卡岩矿物(石榴石、透辉石)阶段;磁铁矿阶段;石英—辉钼矿阶段;碳酸盐矿物阶段。

(五) 矿床成因及形成机理

1. 矿床形成温度

据部分金属硫化物矿物包裹体测温资料,矿床形成的温度是从高温逐渐向低温演化,早阶段的石英形成的温度显然与晚阶段的不一样。我们对早阶段的石英—硫化物组合做了测温,其形成温度为 440°C — 430°C 。另外对蚀变岩体中石英包体的测温、最高达 510°C (均一法)。

矿床可能系高一中温热液阶段形成的,主要钼矿化阶段为高温热液阶段。

2. 矿床形成机理

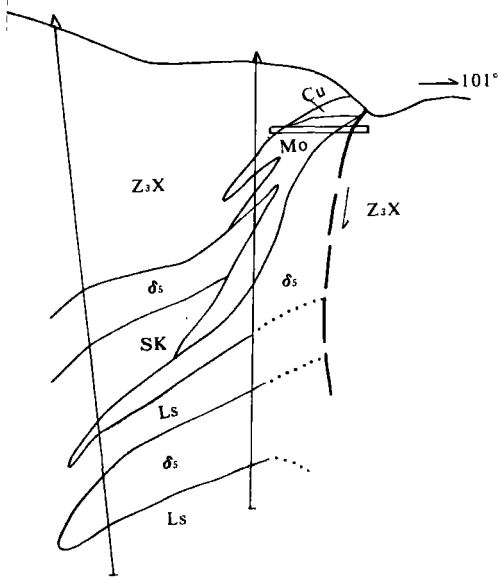


图 11 口前钼矿 1 线地质剖面

Z₂X. 角闪岩, LS 大理岩, δ_s 闪长岩。

SK. 砂卡岩, Mo. 辉钼矿体, Cu 含铜褐铁矿

Fig. 11. Geological section of the 1st line of

Kouqian Mo-deposit

钼的克拉克值为 $3 \times 10^{-4}\%$ ，在酸性残余岩浆中较为富集。钼离子的地球化学特性和其他元素差别很大。钼和硫亲和力极强。钼不在岩浆早期呈独立矿物晶出，而保留至岩浆晚期阶段。如蒸汽压相当大或外压降低时，则转入蒸馏相或岩浆期后溶液中，并可能形成气液矿床。

在总的交代作用过程中，随着温度降低元素的活动性也相应产生变化。在早期温度较高的条件下，主要形成 Ca、Fe、Al 的不含水硅酸盐矿物如石榴石、透辉石等。随着温度降低，K₂O、Cl、S、CO₂、H₂O 等活动性组分，使早期形成的矿物发生分解，如石榴石分解形成绿泥石、绿帘石、石英、方解石等。因此，可见到大量碳酸盐矿物出现，这时铁属活动性最差的组分，它在砂卡岩中沉淀的数量在接触带内呈有规律的变化，即向外接触带逐渐增多，表现在由内接触带向外接触带钙铝榴石被钙铁榴石代替。随着温度降低铁活动性减弱，此时铁不再参加到硅酸盐矿物结晶格架中，而独立形成磁铁矿的大量堆积。温度

再进一步降低铁完全成为惰性组分，而 S、Cu、Mo 等转变为活动性组分，发生 Cu、Mo 等矿化。这时形成黄铜矿、铁闪锌矿、黄铁矿、辉钼矿等金属硫化物。

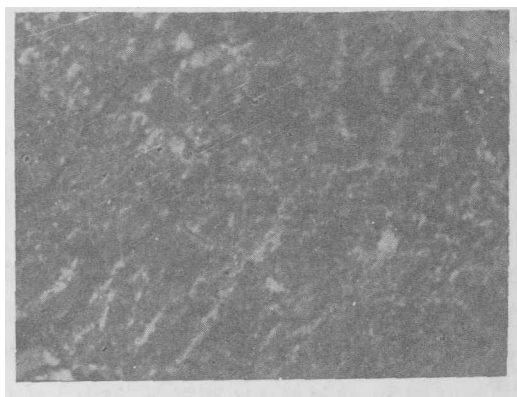
另据钾长石化比较发育，说明含矿溶液是富钾的，溶液中的钾质对钼的搬运和集中起着重要作用。钼可能以络合物的形式进行搬运。由于含矿溶液在交代过程中钾质逐渐消耗、K⁺ 的活度逐渐降低及氧化还原离子交换等影响，而引起的钼的络合物分解，并以 MoS₂ 的形式沉淀下来。在钾长石化以后产生了较强烈的绢云母—白云母化、硅化，而辉钼矿沉淀时间主要集中在绢云母—白云母化及硅化阶段。

(六) 矿床类型的认识

1. 矿区内分布有酸性、中性小侵入体和酸性喷出岩。矿床形成与燕山期钙碱性系列中酸性岩浆活动在时间、空间、成因上有密切关系。花岗斑岩与钼矿化关系最密切。

2. 矿体赋存于岩体与碳酸盐地层接触处的内、外接触带。特别是分布于砂卡岩的下盘强烈蚀变的花岗斑岩体内。

3. 矿床围岩蚀变，斑岩体内发育钾长石化、钠长石化、硅化、绢云母—白云母化；外接触带发育的砂卡岩化。



照片 1

钠长石沿钾长石的解理和裂隙交代, 形成网状—网脉状构造。

薄片 $10 \times 6.3 (+)$



照片 2

绢云母(网脉状)沿钾长石中的裂隙交代。

薄片 $10 \times 16 (-)$



照片 3

透辉石为阳起石(细针状)所交代, 六边粒状矿物为辉石。

薄片 $10 \times 16 (+)$



照片 4

钠长石(Ab)沿中长石颗粒(AC)边缘交代, 形成“净边结构”。

薄片 $10 \times 25 (+)$

由于成矿的物理化学条件和铁铅地球化学性质的差异, 铁和铅的矿化富集部位不一样。

磁铁矿化主要产于蛇纹岩中,而辉钼矿化主要聚集在下伏的矽卡岩和蚀变岩体中,铁和钼的矿化有着明显地同步消长关系,空间分布上部 **Cu**、中下部 **Mo (Fe)**、下部 **Mo**。

4. 矿石矿物为辉钼矿,化学成份简单,以钼为主、矿石构造以细脉浸染状最重要。

5. 矿床形成温度为高一中温。形成深度属浅成—超浅成。

根据上述特点,口前钼矿床成因类型应该是受矽卡岩控制的热液充填浸染钼矿床^[1],工业类型为矽卡岩—斑岩型钼矿。

限于水平和工作的局限性,不当之处,请予指正。

本文定稿后,承蒙河北地质学院邵克忠教授,第一冶金地质勘探公司王可南高级工程师审阅、修改,在此一并致谢!

参考文献

[1]裴喜璠,杨家杖子钼矿地质特征及其找矿标志,辽宁地质学报,(1) 1981

[2]胡受奚等,钾质交代作用与钼矿床的成因联系、南京大学学报,1963

ON THE GEOLOGICAL FEATURES AND GENESIS OF THE KOU QIAN Mo—DEPOSIT IN ZUOLU COUNTY, HEBEI PROVINCE

Tan Zuolin

(516 Team, The First Geology and Exploration Co.)

Abstract

In the early stage of Yanshan Movement medium—acidic magmatic rock intruded in Tieling Formation of The Jixian System and The Xiamaling Formation of Qing baikou System. Molybdenum mineralization occur inside and outside the rock mass. This paper presents the features of the intrusives (granitic porphyry and diorite), their formation stages and the probability of Mo—metallogey. Furtherly are discussed geological condition under which skarn—porphyritic molybdenum ore deposit are formed, alterations in wall rocks and the genesis of the Mo—deposit.