

内蒙古宁城地区煌斑岩与金矿^①

孙树浩

(冶金工业部天津地质研究院, 天津 300061)

提 要 内蒙古宁城地区出露加里东海西期煌斑岩脉群, 其中云斜煌斑岩内, 沿燕山期韧性剪切片理化带, 分布金矿体。煌斑岩是宏观找金的标志。金矿体中硅化、绿泥石化、方解石化发育。主要金属矿物是黄铁矿。金主要以显微和次显微自然金包裹体, 赋存于黄铁矿内。微量元素 V、Ni 浓度高。与金相关的元素为 Bi、Mo, 金矿成因类型为幔源 C-H-O 流体分异演化热液型金矿。

关键词 煌斑岩脉 韧性剪切带 热液型金矿

1 前言

煌斑岩, 尤其是钙碱性煌斑岩与金矿的关系, 全球金矿地质工作者都很关注。孙丰月等^[7]诸多学者(含笔者)都认为在较大的空间尺度上, 煌斑岩与金矿化具有密切的空间相关性。煌斑岩是金矿找矿的宏观标志。

1995 年 6 月, 笔者在宁城地区, 发现了钙碱性煌斑岩, 并发现金矿体赋存于煌斑岩中或其顶部接触带。本文主要论述内蒙古宁城地区分布的煌斑岩脉, 在煌斑岩脉中赋存的金矿体和煌斑岩与金矿的时空关系。

2 区域地质概况

宁城地区位于辽冀蒙地体拼贴增生构造带中段(图 1)。出露地层为一套蛇绿杂岩。其时代为震旦一早寒武世。绿片岩或斜长角闪岩的 Rb-Sr、K-Ar 同位素年龄为 626~509Ma。这套地层是在中朝板块和西伯利亚板块最终碰撞形成统一的欧亚板块之前和在古亚洲洋最终闭合之前, 古亚洲洋板块在一系列大洋开、合及造山总过程中, 最早构造活动的产物。当古亚洲构造域成陆后, 在基本上作为脆性的地壳中, 大量的推覆构造便成了该构造域的主要表壳构造特征。推覆岩片位移的距离一般较大。扩展方式以叠互式为主, 并有背驮式。

西伯利亚板块向南的运动并非匀速运动。早加里东期开始, 加里东期拼贴构造已经完成, 海西运动早期(早石炭世)是这个运动的重要时期。三叠世开始(包括印支运动和燕山构造阶

① 收稿日期 1996-12-16 改回日期 1997-01-28

段),又是一次突发的构造事件,由于西伯利亚板块向南推挤的功能重又出现,地壳表面的许多大型逆冲推覆构造、韧性剪切带,在这一时期有相当强烈地继承性表现。辽冀蒙地体拼贴增生作用,在此时期完成。

3 煌斑岩脉的分布及岩石学特征

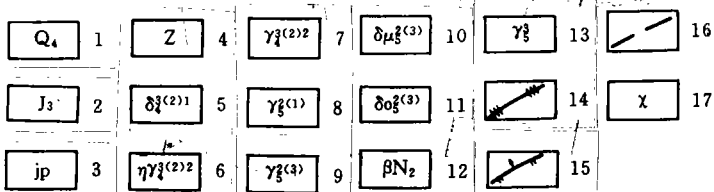
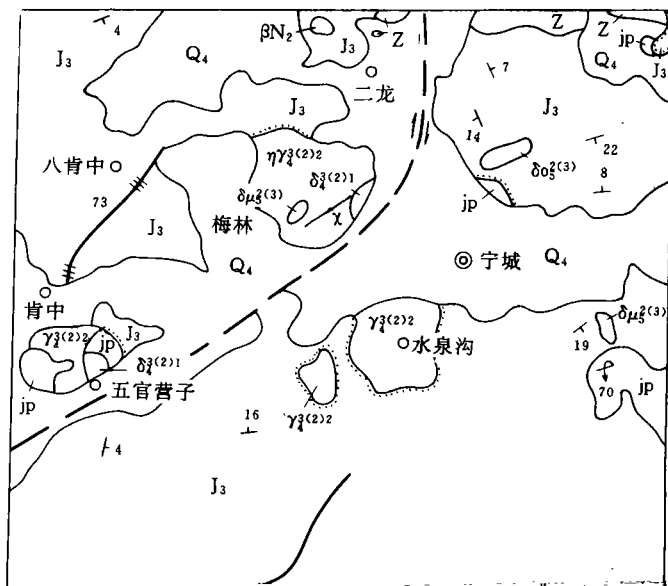
海西期花岗岩梅林岩体东南缘,分布走向北东 60° 的煌斑岩脉群。其中一条云斜煌斑岩脉,倾向 $SE150^{\circ}$, 倾角 40° , 厚 4m 余。走向长 400 余 m, 绿黑色, 细粒原生岩浆结构, 块状构造, 主要矿物成分是, 黑云母(薄片体积百分比 75% 下同, 粒径 0.1mm), 斜长石(10%), 另有少量石英。主要副矿物见磷灰石针状晶体。黑云母退色现象普遍, 并发育绿泥石化, 斜长石发育绢云母化, 也见被方解石交代。

两件本区云斜煌斑岩硅酸盐全分析及与其他地区煌斑岩化学成分的对比如表 1。本区云斜煌斑岩的 SiO_2 含量为 43.16%~46.08%, Na_2O+K_2O 为 5.53%~5.81%, K_2O/Na_2O 比值为 1.14~1.91, 组合指数 δ_{25} 为 1.45~1.86, 属于 Rock 圈定的钙碱性煌斑岩范围内。本区煌斑岩的 K/Al 比值为 0.24~0.33, $K/(K+Na)$ 比值为 0.85~1.08, 属于路风香等划分的钾质、富钾质煌斑岩($K/Al < 0.8$, $K/(K+Na) > 0.5$)。

由于煌斑岩常被燕山期长英质岩脉切过, 所以初步确定其生成时代早于燕山期。

梅林岩体东南缘, 另一条煌斑岩, 倾向 $SE160^{\circ}$, 倾角 56° , 黑色, 细粒结构, 为拉辉煌斑岩。主要矿物成分, 斜长石(薄片体积百分比 40%, 下同), 普通角闪石(30%), 紫苏辉石(25%), 黑云母(5%)。走向长 310 余 m。煌斑岩脉群总长 600 余米。

本区云斜煌斑岩含金 $4.1 \times 10^{-9} \sim 5.8 \times 10^{-9}$ 。云南老王寨云煌岩含金 3×10^{-9} 。胶东云斜煌斑岩金含量为 $2.48 \sim 2.62 \times 10^{-9}$ 。总的看来, 煌斑岩原始金含量一般都不高。



1. 第四系 2. 侏罗系上统火山碎屑岩 3. 震旦—早寒武世蛇绿岩系 4. 震旦系 5. 海西期闪长岩 6. 海西期二长花岗岩 7. 海西期花岗岩 8. 燕山期花岗岩(下侏罗统) 9. 燕山期花岗岩(上侏罗统) 10. 燕山期闪长岩 11. 燕山期石英闪长岩 12. 第三系玄武岩 13. 燕山期花岗岩(白垩系) 14. 压性构造 15. 逆断层 16. 断层 17. 煌斑岩

图 1 内蒙宁城地区地质构造略图

(据辽宁省矿产图 1:50 万基础上改编)

Fig. 1 Geological sketch of Ningcheng Area, Inner Mongolia

表 1 宁城地区云斜煌斑岩主要元素(%)组成及其与其他煌斑岩的对比

Table 1 Comparison of major elements in lamprophyre of Ningcheng Area and other lamprophyres

编 号 元 素	金—1	金—2	云南老王寨金矿 云煌岩均值(18件)	戴里 1933 年 云斜煌斑岩
SiO ₂	46.08	43.16	47.22	50.79
Al ₂ O ₃	12.99	12.38	11.98	15.26
TiO ₂	1.42	1.41	0.68	1.02
CaO	10.00	10.08	7.26	5.73
MgO	4.16	4.63	8.15	6.33
Fe ₂ O ₃	3.90	3.90	2.35	3.29
FeO	4.27	4.77	4.09	5.54
P ₂ O ₅	0.73	0.76	0.54	0.35
MnO	0.12	0.13	0.14	0.07
K ₂ O	2.95	3.81	4.47	2.79
Na ₂ O	2.58	2.00	1.60	3.12
H ₂ O ⁺	3.58	4.91	2.14	5.71
CO ₂	7.12	8.35	8.87	
总量	99.9	100.29	99.49	100.0
Au(×10 ⁻⁹)	5.8	4.1	3	

4 产于煌斑岩中的金矿

4.1 地质特征

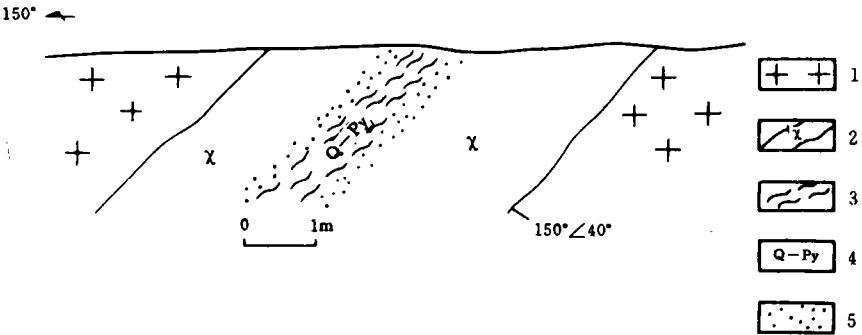
笔者在 1967 年闭坑的坑道内,发现云斜煌斑岩中,发育韧性剪切片理化带,其产状倾向 150°,倾角 45°,与云斜煌斑岩产状基本一致。在旧坑道 2 中段,沿此片理化带分布硅化黄铁矿脉,厚 5cm。硅化黄铁矿脉顶与底,发育浸染状黄铁矿化。硅化黄铁矿脉及其顶底的黄铁矿化带,总厚 0.9 至 1.0m。金平均品位 5×10^{-6} 。硅化黄铁矿脉金品位可达 23.0×10^{-6} 。1967 年以前,矿山刻槽取样,金品位平均 2.43×10^{-6} 的金矿体,长 160m,平均厚 1.29m。金品位平均 6.31×10^{-6} 的金矿体,长 50m,平均厚 0.67m(图 2)。在 3 中段和 4 中段,片理化带沿煌斑岩脉顶面分布,硅化黄铁矿脉沿片理化带,一部分分布在顶部围岩糜棱岩化花岗岩中,一部分分布

在煌斑岩顶面中理化带中(图 3)。

金矿体中的围岩蚀变,主要发育硅化、绿泥石化和方解石化。绿泥石交代黑云母,方解石多呈脉状。主要金属矿物是黄铁矿。

4.2 微量元素地球化学

金矿石中微量元素含量见表 2。与同一矿区蚀变岩型金矿



1. 花岗岩 2. 煌斑岩脉 3. 片理化带 4. 硅化黄铁矿脉 5. 浸染状分布黄铁矿

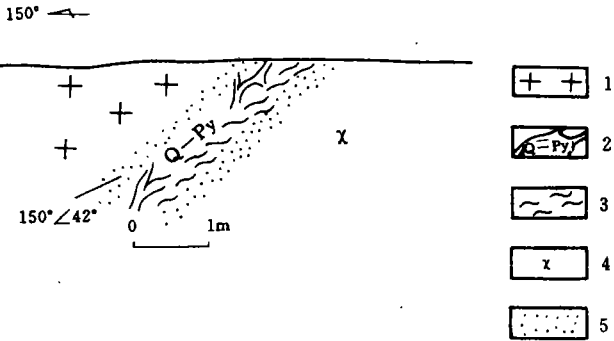
图 2 梅林 1 号坑二中段云斜煌斑岩片理化带中硅化黄铁矿脉

Fig. 2 The silicified pyrite vein in schistozed zone of lamprophyre, the 2nd level of No. 1 adit, Meilin Au Mine

相比较,产于煌斑岩脉中的金矿石,Au、Ag、As、Bi、Hg、Mo、Zn、Co、Cr、Cu 含量偏低,而 V、Ni 含量偏高。

金矿石中与金相关的微量元素为 Bi(γ 为 0.97),Mo(γ 为 0.88)。而同一矿区的蚀变岩型金矿石,与金相关的微量元素为 Ag(γ 为 0.56),As(γ 为 0.74),Sb(γ 为 0.86),Hg(γ 为 0.59),Zn(γ 为 0.83),Cu(γ 为 0.63)。

金主要以显微和次显微自然金包裹体赋存于黄铁矿中。在显微镜下,一般很少分辨出自然金。偶尔可见粒径 0.018×0.009mm 和 0.014×0.009m 的显微金。



1. 花岗岩 2. 硅化黄铁矿 3. 片理化带 4. 煌斑岩 5. 浸染状分布黄铁矿

图 3 梅林 1 号坑三中段云斜煌斑岩中硅化黄铁矿脉

Fig. 3 The silicified pyrite vein in lamprophyre, the 3rd level of No. 1 adit, Meilin Au Mine

表 2 宁城地区煌斑岩中金矿石的微量元素 ($\times 10^{-6}$)

Table 2 Micro-elements in Au ore of lamprophyre type, Ningcheng Area

样品名称	Au	Ag	As	Sb	Bi	Hg	Mo	V	Zn	Co	Cu	Pb	Mn	Cr	Ni
产于煌斑岩脉中的金矿石(5 件平均值)	11.19	6.93	6.76	2.22	8.22	0.35	7.26	68.1	349.72	25.22	263.52	49.88	1193.74	23.46	15.56
同一矿区蚀变岩金矿石(12 件平均值)	35.25	25.11	161.25	185.55	16.06	13.41	13.33	48.22	294.89	41.4	1557.1	21.64	1033.3	40.03	14.94

测试单位:冶金工业部保定物探院测试中心

4.3 包裹体地球化学

金矿石中石英的气、液包体小于 $2\mu\text{m}$ 。目前国内技术水平,测不出如此小的包体均一湿度。同一矿区蚀变岩型金矿的石英包体均一温度为 264°C ,成矿压力 120MPa ,成矿深度 4.1km ,可以作为煌斑岩脉中金矿成矿条件的参考。石英包裹体的成分见表 3。物理化学参数见表 4。

表 3 宁城地区煌斑岩中金矿石石英包体成分

Table 3 Composition of quartz inclusion in Au ore of lamprophyre

编号	气 相 成 分 $\times 10^{-6}$								液相成分 (g/l)						
	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	CO	CO ₂	H ₂ O	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
5 包-1	0.03	0.0	7.97	8.54	0.0	0.0	21.98	590.69	12.73	6.26	21.23	4.02	20.07	8.13	0.89
5 包-2	0.04	0.0	4.96	5.19	0.0	0.0	16.6	611.08	5.4	8.41	17.39	2.88	17.79	3.67	0.0

测试单位:有色总公司北京矿产地质所

表 4 宁城地区煌斑岩中金矿石成矿物理化学参数

Table 4 Metallogenic physiochemical parametres of Au ore in lamprophyre

编号	盐度 Wt%	矿化度 g/l	pH	EH V	R 还原参数	logf H ₂	logf CH ₄	logf CO	logf CO ₂	logf O ₂	Na ⁺ /K ⁺	Ca/ Ca+Mg	F/Cl	CO ₂ / H ₂ O
5 包-1	1.72	73.33	5.61	-0.57	1.1	-0.22	1.31	-2.86	1.2	-34.65	8.47	3.63	3.8	0.02
5 包-2	2.22	55.54	5.68	-0.57	0.91	-0.11	1.09	-2.87	-1.07	-34.59	10.47	8.43	1.2	0.01

测试单位:有色总公司北京矿产地质所

煌斑岩中金矿石,石英包体成分和物理化学参数特点如下:

- (1)富含 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 CH_4 、 F^- 、 Cl^- ,并且 $\text{SO}_4^{2-} > \text{F}^- > \text{Cl}^-$, $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$ 。
- (2)Na/K 平均值为 9.74,Na/Ca+Mg 平均值为 6.03。
- (3)F/Cl 平均值 2.5。

(4)成矿流体属 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{F}^- - \text{Cl}^- - \text{SO}_4$ 型。与同一矿区蚀变岩型金矿相比,煌斑岩脉中金矿石石英包体成分, CH_4 、 N_2 、 CO_2 、 H_2O 、 F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 浓度更高,矿化度、Na/K、F/Cl 值偏高。而盐度和 Na/Ca+Mg 值偏低。 CO_2 和 N_2 含量较高,比较接近地幔气的组成特点,并来源于地幔去气作用。

(5)还原参数值大,为还原环境。PH 值为 5.61 至 5.68,为弱酸性环境。而同一矿区的蚀变岩型金矿,为氧化环境。

4.4 氢氧同位素地球化学

金矿石中石英 $\delta^{18}\text{O}$ 和其包体 δD 测试结果见表 5,质谱计型号为 MAT251EM,石英 $\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ 的测试方法为 BrF_5 法,石英包体 $\delta\text{D}\text{‰}$ 的测试方法为爆裂法取水,锌法制氢。分析精度均为 $\pm 2\text{‰}$,在 $\delta\text{D}-\delta\text{D}^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 直角坐标图上,投影点偏离原始岩浆水、变质水和地幔初生水,向克雷格线“漂移”(图 4)。据 Craig 等(1976)、黑田等(1978)报导,地幔初生水的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}=4.5\sim 7\text{‰}$, $\delta\text{D}=-60\sim -100\text{‰}$,说明本区金矿成矿热液为发生过同位素交换的幔源 C—H—O 流体,并

有大气降水加入。金矿成因类型为幔源 C—H—O 流体分异演化热液型金矿。

表 5 金矿中石英氢氧同位素数据

Table 5. Hydrogen and oxygen isotope data derived from the quartz in Au ore

编号	测定矿物	$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$ (SMOW)	$\delta\text{D}(\text{‰})$ (SMOW)	C°	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}(\text{‰})$ (SMOW)	资料来源
5 包—1	石英	9.9	-81	264	1.58	本文

测试单位:地质矿产部矿床地质所

幔源 C—H—O 流体是一种高温高密度的超临界流体,其中的挥发分主要是 H_2O 和 CO_2 ,含少量 Cl、F、S、P 及惰性气体等组分,流体中溶解了大量的常量及微量元素。由于元素的不一致溶解行为,使流体中溶质成分既不同于地幔的物质组成也不同于幔源熔体^[7]。

5 成矿模式和找矿前景

5.1 成矿模式

目前国内外学者,都认为形成煌斑岩的初始成岩物质通常来源较深。黄智龙^[5]报导,云南老王寨金矿区云煌岩和云斜煌岩的 Sr、Nd 同位素组成基本一致,表明两者具共同来源。⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比值高于原始地幔现代值(0.7045),¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 比值低于原始地幔现代值(0.512638);计算的 $\epsilon_{\text{Sr}} > 0$, $\epsilon_{\text{Nd}} < 0$,暗示本区煌斑岩源于交代富集地幔。而且,煌斑岩浆活动只能在某些特定的构造背景,如会聚板块的边缘构造带,在拉伸条件下,延深达地幔的构造才会发生并侵入到地壳浅部。

本区煌斑岩脉带总长 600m,单条煌斑岩脉厚 4m 余。在煌斑岩与围岩花岗岩的接触部位,可见碎裂流动构造,说明煌斑岩是沿先初脆性断裂后拉伸的深达地幔的断裂构造侵位。所以,推断本区煌斑岩沿倾斜,有较大的延伸。

由于本区位于辽冀蒙地体拼贴增生构造带,出露地层为古亚洲洋板块。在一系列大洋开、合及俯冲、碰撞造山过程中形成的蛇绿杂岩。因而,推断引起地幔交代作用的流体,是板块俯

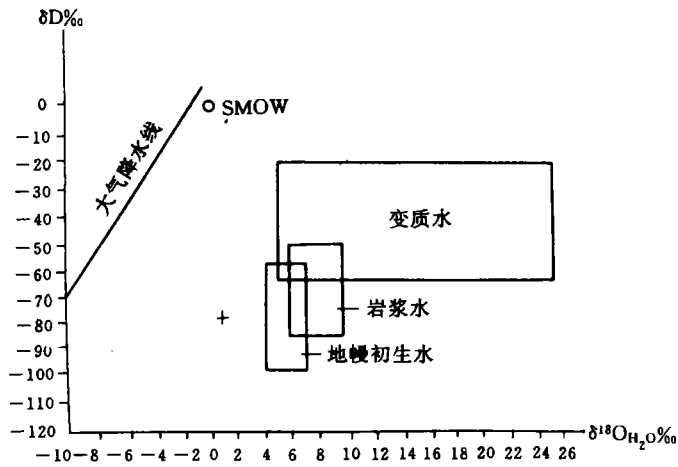


图 4 内蒙宁城煌斑岩中金矿 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 关系图

Fig. 4 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ plot of Au ore in lamprophyre

冲,使富含 ALK、LREE 及不相容元素的海底沉积物被带入地幔,脱水作用所形成的流体。

正如前述,本区沿煌斑岩内,或沿其与花岗岩接触面,发育韧性剪切片理化带,含金幔源 C-H-O 流体,在构造动力驱动下,沿片理化带贯入,在地壳浅部形成硅化黄铁矿脉及其顶、底的浸染状黄铁矿化。

煌斑岩脉形成于燕山期之前,而产于煌斑岩脉中的金矿,形成于燕山期。

5.2 煌斑岩是宏观找金的标志

控制煌斑岩脉的超壳深大断裂,在本区是受力后,易于碎裂的部位,所以,晚期构造活动,韧性剪切断裂便叠加在了煌斑岩脉中。这是煌斑岩脉中赋存金矿体的主要原因。其次才是煌斑岩的“界面效应”。煌斑岩的造岩矿物中,原生包裹体含有一些强还原性气体,如 H_2S 、 CH_4 和 CO 等,使得煌斑岩的还原能力较强。前述中曾说明,本区金矿成矿环境为还原性质。

煌斑岩脉群分布的区域,其大地构造背景和构造性质,有利于幔源 C-H-O 流体金矿成矿溶液的上侵和沉淀。这是宏观找金的标志。而当在煌斑岩脉中发现晚期叠加其上的韧性剪切片理化带时,便应注意在片理化带中,是否发育金矿化。而当发现金矿化时,就可能定位定量预测金矿体的分布。

6 结语

本区走向北东的煌斑岩脉群,云斜煌斑岩内,发育韧性剪切片理化带,沿此片理化带赋存金矿体。主要金属矿物是黄铁矿。金主要以显微和次显微自然金包裹体,赋存于黄铁矿中。微量元素 V、Ni 浓度偏高。与金相关的微量元素为 Bi、Mo。石英中的气、液包体小于 $2\mu m$ 。石英包体成分富含 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 CH_4 、 F^- 、 Cl^- ,并且 $SO_4^{2-} > F^- > Cl^-$, $Na^+ > Ca^{2+} > K^+$ 。成矿溶液盐度低而矿化度高,弱酸性还原环境。石英包体氢氧同位素测试结果说明,金成矿溶液为来自下地壳的,发生过同位素交换的幔源 C-H-O 流体,并有大气降水加入。燕山期之前的煌斑岩脉群的分布,揭示会聚板块边缘,拉伸条件下,深达地幔的断裂构造的产状,燕山期韧性剪切断裂叠加在煌斑岩脉上,为地壳深处的矿液上侵,提供了通道,并沉淀成矿。由于金元素与煌斑岩都来源于上地幔,并金矿与煌斑岩形成的构造背景相同,所以在较大空间尺度上,金矿与煌斑岩具有密切的关系。

参考文献

1. 查瓦里茨基·A H. 火成岩. 地质出版社,1960
2. 王东方,等. 中朝陆台北缘大陆构造地质. 地震出版社,1992
3. 何文举. 镇源金矿田煌斑岩特征及其与金矿成矿的关系. 云南地质,1993,12(2)
4. 黄智龙,等. 云南老王寨金矿区煌斑岩的化学成分及与金矿化关系初探. 有色金属矿产与勘查,1996,5(1)
5. 黄智龙,等. 云南老王寨金矿区煌斑岩的地球化学. 地球化学,1996,2(3)
6. 何明友,杨瑞忠. 深源流体——老王寨金矿床含矿流体来源的一种可能性. 地质地球化学,1996,(2)

7. 孙中月,石准立,冯本智. 胶东金矿地质及幔源 C-H-O 流体分异成岩成矿. 吉林人民出版社,1995
8. 翟建平,胡凯,陆建军. 有关煌斑岩与金矿化新成因模式的讨论. 矿床地质,1996,15(1)

LAMPROPHYRES AND GOLD DEPOSIT IN NINGCHENG AREA, INNER MONGOLIA

Sun Shuhao

(*Tianjin Geological Academy MMI Tianjin, China 300061*)

Abstract

In Ningcheng Area, Inner Mongolia Au ore bodies Occur along schistozed rock zone of the Yanshenian ductile shaar zone within lamprophyres, which are Au ore prospecting target macroscopically. The ore bodies are developed with silicification, chloritization and calcitization. Pyrite is the major ore mineral. Micro and sub-micro native gold inclusion is the dominant occurrence in pyrite. Micro-elements of V and Ni are in higher concentration and Bi, Mo are correlated to Au. The Au deposit is of mentle-sourced C-H-O differentiatinal and evolutional hydrothermal fluid Gold deposit.

Key words: Lamprophyre vein, ductile shear zone, hydrothermal gold deposit