

96, 32(3) 1996 / 32078-032 / 003

我国首例蚀变闪长岩岩筒型金矿地质特征

1-6

苏欣栋

(中南冶金地质研究所·宜昌·443003)

A

金矿体赋存在闪长岩岩筒内部相和边缘相接触过渡地段环状蚀变裂隙带中。矿体受岩筒产状控制。与金矿化有关的围岩蚀变有硅化、碳酸盐化、粘土化和赤(褐)铁矿化。矿石主要由含金蚀变闪长(斑)岩和含金风化赤(褐)铁矿化闪长(斑)岩组成。金矿物以自然金为主,成色高达 966.74。自然金粒度以粗—巨粒金为主,重选回收率达 85% 以上。根据同位素、稀土配分模式等确定闪长岩岩筒由混合岩浆上侵演化结晶而成,成矿物质与其同源,为中—低温热液形成的金矿,其类型属于蚀变闪长岩岩筒型金矿床。

关键词 闪长岩, 岩筒型, 金矿化

金矿床, 矿化, 地质特征



蚀变·矿床

我国首例蚀变闪长岩岩筒型金矿床在湖北某地被发现,在我国金矿类型中又添了新的一族,从理论上和实践上都丰富了我国金矿床的研究内容,故而可见具有重要意义。

1 蚀变闪长岩岩筒的地质特征

1.1 岩筒形态、产状

岩筒位于湖北省某县城关东南 2km 处,由 10 个矿体组成,矿体赋存在某侵入岩基西北段北东缘外接触带卫星式小岩体中。该小岩体同位素年龄为 143.4Ma,为燕山中期侵入,呈筒状,由北西向南东方向呈阶梯状侧伏倾斜延深,倾角在 7~1 线为 5~20°,1~0 线为 80°,0~10 线为 5~15°。在 1~5 线间出露于地表,走向长 600m,宽 180~320m,平均宽 220m,水平投影面积为 0.132km²,垂直厚度为 90~220m,平均 125m(图 1)。闪长岩体重为 2.85t/m³,计算出岩筒岩石总重量为 4700 万 t,含矿系数为

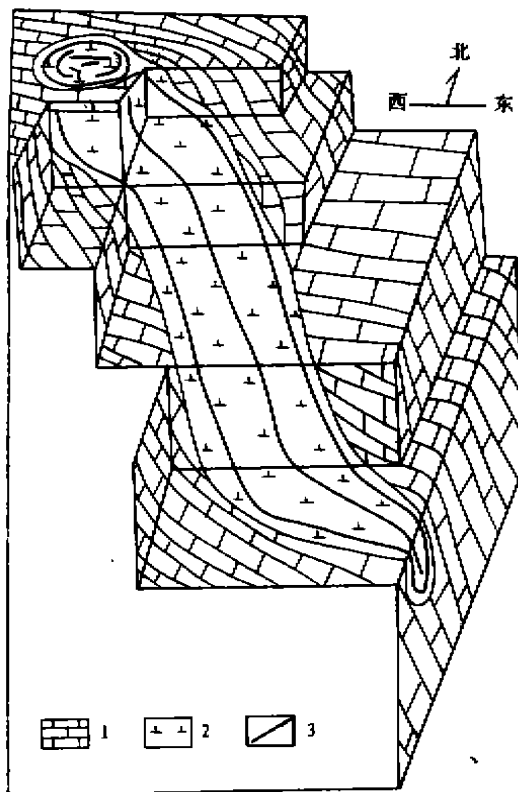


图 1 某蚀变闪长岩岩筒型金矿床立体图

1—大理岩;2—闪长(斑)岩;3—金矿体

本文 1995 年 6 月收到,10 月改回,侯庆有编辑。

6.8%,获金矿石储量 319.6 万 t,Au 平均品位 $\times.\times\times\text{t/g}$,可获得金理论地质储量数十吨,达大型规模,显示了岩筒的找矿潜力。

1.2 岩筒岩石类型及结构构造

岩筒中岩石类型为闪长岩,主要矿物有中长石(50%~70%)、角闪石(15%~25%)、黑云母(3%~5%)、钾长石(2%~5%)、石英(0%~1%)及副矿物(磁铁矿、黄铁矿、榍石、磷灰石、锆石)等。均为致密块状,偶见角砾状或压碎状构造;但岩石结构多样,空间分布有一定规律:由岩筒中心内部相自形粒状结构往上、下或两侧过渡到不等粒结构、似斑状结构到边缘相之斑状结构闪长斑岩。岩筒边部岩浆冷却结晶速度快,易形成斑状结构,岩筒中心岩浆冷却结晶速度慢,故形成自形粒状结构,中长石自形程度极高。而介于岩筒中心和边缘地段,形成不等粒结构和似斑状结构相混生的过渡性

结构。

在岩浆结晶晚期,曾发生过钠化和钾化,前者表现为中长石边缘有钠长石交代净边;后者则表现有三种方式:①鳞黑云母交代早期板片状黑云母、角闪石和长石;②他形粒状钾长石交代中长石;③早期板片状黑云母交代角闪石和中长石。这些晚期成岩蚀变,预示着岩浆期后的成矿流体富硅和钾,为围岩蚀变提供物质来源和矿化赋存空间。

1.3 岩筒岩石化学成分

岩筒内部相闪长岩和边缘相闪长斑岩化学成分、查氏数值特征见表 1。由表 1 可知,内部相闪长岩 SiO_2 、 H_2O^+ 低于边缘相闪长斑岩,而 CaO 、 S 却相反,其他组成份两者相近,两者均属于 SiO_2 饱和岩石适度富碱正常成分岩石系列,碱度($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)为 77.4%,略高于其旁侧 $\times\times$ 岩基的碱度(7.33%)。

表 1 湖北某地蚀变闪长岩筒岩石化学成分(%)及查氏数值特征表

样号	岩石名称	岩相	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	S	CO_2	H_2O^+
H308	闪长岩	内部相	55.21	0.98	17.73	2.25	3.65	0.16	2.51	7.96	4.28	3.04	0.46	0.28	0.99	1.64
H386	闪长斑岩	边缘相	57.10	0.97	17.11	3.93	2.00	0.14	2.79	5.44	4.68	3.48	0.53	0.046	0.28	2.20
查 氏 数 值 特 征																
样号	岩石名称	岩相	a	c	b	S	f'	m'	c'	n	t	φ	a/c	Q	类	族
H308	闪长岩	内部相	14.24	5.15	15.01	65.61	38.5	29.10	32.39	68.32	1.29	13.15	2.77	-2.4	N	13
H286	闪长斑岩	边缘相	15.64	3.91	13.20	67.25	41.27	35.99	21.69	66.96	1.25	26.46	4.00	-0.69	N	13

1.4 岩筒成矿元素丰度

岩筒中内部相闪长岩 Au 丰度为 2×10^{-9} ,Ag 丰度为 0.49×10^{-6} ,Cu 丰度为 81.2×10^{-6} ;而边缘相闪长斑岩 Au 丰度为 120×10^{-9} ,Ag 丰度为 1.12×10^{-6} ,Cu 丰度为 176×10^{-6} ,分别高于内部相闪长岩 60 倍、2.3 倍和 2.2 倍。由于边缘相闪长斑岩有极高的 Au 丰度,为岩浆期后提供了丰富成矿物质。

2 金矿床地质特征

2.1 金矿体形态、产状及规模

金矿床由 10 个矿体组成,主要赋存在岩筒边缘相与内部相过渡地段的蚀变裂隙带中。其中以①、②号矿体规模最大,呈环边状或脉状产出,矿体总体产状与岩筒产状相一致。①号矿体分布在 5~6 线间,产于岩筒顶板内侧,已探走向长 290m,倾向延深 80~220m,穿矿厚度 2.41~17.66m,金储量占总储量 22.71%;②号矿体产于岩筒底板内侧,分布在 7~10 线间,已探走向长 450m,倾向延深 160~250m,穿矿厚度 1.00~17.66m,金储量占总储量 52.69%。两者

向上、向下或两侧均可连成一体,形成环边 状矿体(图 2)。

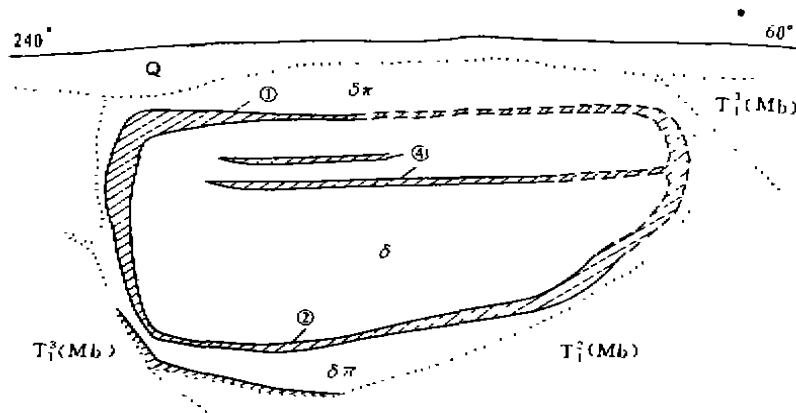


图 2 X×X金矿床 1 线勘探剖面图

Q—第四系;T₁¹(Mb)—下三叠统大冶组第三段大理岩;T₁²(Mb)—下三叠统大冶组第二段大理岩;δπ—闪长斑岩;δ—闪长岩;①—金矿体及编号

2.2 金矿体的矿石类型、物质组成及结构构造

2.2.1 矿石类型

金的工业矿体主要由含金蚀变闪长(斑)岩和含金风化赤(褐)铁矿化蚀变闪长(斑)岩两种矿石组成,亦可见到含金英脉(或团块)和含金块状硫化物(黄铁矿)矿石,虽然它们所占的比例极少,不能单独圈出工业矿体,但往往含金极高(如 ZK51—74 号样含金 269g/t),常常作为特高品位加以处理。含金块状硫化物经强烈氧化后,可形成

含金赤(褐)铁矿矿石。

2.2.2 矿石化学组成

矿床中矿石多元素分析结果见表 2。常量元素分析结果见表 3。由两表可看出,除 Au 和 S 外,其他元素含量均低,达不到综合利用指标,有害杂质如 As、P 也低于工业要求。常量元素与原岩(表 1)相比,SiO₂、Al₂O₃、MgO、Na₂O、TiO₂ 等都不同程度降低,即带出,而 Fe₂O₃、CaO、FeO 和 K₂O 等都有不同程度增高,即带入。

表 2 X×X金矿矿石多元素分析结果表(×10⁻⁴)

样号	矿石名称	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	S	P	Bi	Mo
J ₁	矿堆采金矿石	10.10	1.1	750	20	130	27.03	87600	1200	34	3.0
J ₂	钻孔矿心采金矿石	10.25	0.4	500	16	112.5	69.04	17700	1980	40	12.25
H283	褐铁矿化含金蚀变闪长岩	1.95	1.07	246	38.1	43.7	14.8	430	2050	0.68	16.20
H284	褐铁矿化含金蚀变闪长岩	70.00	2.34	688	50.8	204.00	28.4	110	400	19.8	7.88
H309	富含石英—硫化物含金蚀变闪长岩	44.60	4.89	220	76.2	97.1	6.63	3900	600	1162.0	3.15
H310	含金石英团块、含金蚀变闪长岩	2.0	5.17	220	88.9	141	15.00	10160	1050	28.8	4.46
H311	含金石英团块、含金蚀变闪长岩	1.6	1.07	220	152.00	63.1	13.00	5660	3400	6.9	87.6
$\bar{X}$		20.0714	2.2914	406.2857	63.1428	113.0571	24.8418	17937.1428	1525.7142	184.5971	19.2200
δ_n		24.746	1.8135	219.1162	44.0561	49.1347	19.4221	28996.3804	959.9681	399.2379	28.2875

表 3 X×X 金矿床矿石常量元素简项分析表(%)

样号	矿石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
J ₁	矿堆采金矿石	40.66	0.57	7.29	22.15	3.73	10.82	0.96	1.32	0.15
J ₂	钻孔岩心采金矿石	44.40	0.78	13.36	7.54	2.11	14.54	1.26	4.30	1.45

表4 ×××金矿床矿石元素相关系数表

	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	S	P	Bi	Mo
Au	1	0.2842	0.3915	-0.1383	0.6650	-0.0435	-0.2472	-0.6954	0.4063	-0.3411
Ag		1	-0.4206	0.3040	0.2725	-0.5473	-0.2876	-0.5933	0.5875	-0.3679
Cu			1	-0.6286	0.6579	0.5014	0.6308	-0.3793	-0.3302	-0.3672
Pb				1	-0.6251	-0.5865	-0.4260	0.4578	0.1048	0.7712
Zn					1	0.2454	0.1397	-0.7167	-0.1148	-0.4794
As						1	0.1856	0.0723	-0.3615	-0.1886
S							1	-0.0935	-0.1804	-0.2390
P								1	-0.4067	0.8594
Bi									1	-0.2489
Mo										1

当 $\alpha=0.1$ 时, 检验值=0.6694。

经计算矿石中 Au、Ag 等元素相关系数见表4。由表4可知, Au 与 Zn 有极弱的正相关, 相关系数为 0.6650, 而与 P 呈负相关, 相关系数为 -0.6954, 其他元素均与 Au 不相关, 说明金有不依附其他元素而单独成矿的特点, 故能独立形成金矿床。

矿石 Au、Ag 等元素 R 型聚类谱系图见图3。由图3可看出, 在 0.4 相关系数水平上, 元素可分为 3 群: ① Au、Zn、Pb、P、Mo; ② Cu、S; ③ Ag、Bi、As。其中 ① 群在 0.65 相关系数水平上, 又可分为 Au、Zn 和 Pb、P、Mo 两群。不同元素的 R 型聚类组合分群, 充分说明了在热液成矿时不同阶段元素的矿化富集既有共性组合特征又有单独矿化特征。

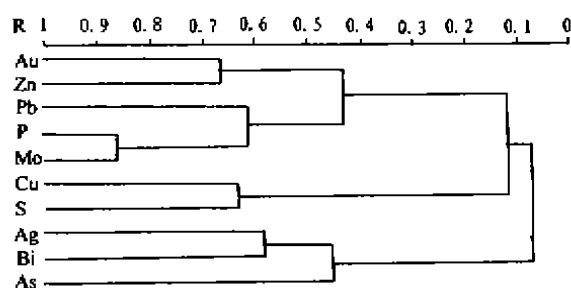


图3 ×××金矿床矿石元素 R 型聚类谱系图

2.2.3 矿石的矿物组成

据光、薄片鉴定, X 光衍射测试及扫描电镜能谱分析, 已确定的矿物共 33 种。其中

金属矿物有 14 种, 按成分可分为氧化物、硫化物、自然元素及碲化物等。金属氧化物主要为磁铁矿和赤(褐)铁矿; 硫化物主要为黄铁矿、胶黄铁矿、白铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、斑铜矿、蓝辉铜矿、铜蓝、方铅矿和闪锌矿等; 自然元素主要为金、银及其互化物; 碲化物主要为碲铅矿。脉石矿物有中长石、钾长石、石英、角闪石、黑云母、石榴石、透辉石、柱石、方解石、蒙脱石、水云母和绢云母等(表5)。

表5 ×××金矿床矿石矿物组成表

相对含量	金属矿物	脉石矿物
大量	黄铁矿、白铁矿、胶黄铁矿、赤(褐)铁矿	中长石、钾长石、石英、玉髓、角闪石、黑云母、蒙脱石、高岭石、水云母、方解石
少量	黄铜矿、斑铜矿、碲铅矿、磁铁矿	绢云母、磷灰石、榍石、绿泥石、透闪石
微量	方铅矿、闪锌矿、蓝辉铜矿、铜蓝、自然金、金银矿	锆石

在表5中值得指出的是, 自然金与碲铅矿密切共生, 碲铅矿呈他形粒状集合体, 粒径 0.01~1.5mm, 主要充填在石英颗粒间隙或裂隙里, 还可见到它穿插黄铜矿或交代黄铁矿和白铁矿等。在光片中呈银白色、低硬度、磨光性好、反射力和反射色极近于方铅矿, 均质性。扫描电镜能谱分析 Pb 为 74.188%、Te 为 25.882%, 其结晶化学式为 $Pb_{1.975}Te_{0.6791}$ 。其中 Au 低于仪器分析灵

敏度。可作为本类型金矿的标型矿物。

2.2.4 矿石结构构造

(1)矿石结构:有半自形—自形粒状结构、他形粒状结构、胶状结构、交代熔蚀结构、固熔体分解结构、变胶结构及压碎结构等。

(2)矿石构造:有浸染状构造、致密块状构造、脉状构造和角砾状构造等。

2.2.5 矿石中金的赋存状态

(1)金的矿物种类、成分和成色:经镜下鉴定和扫描电镜能谱分析,本区显微金矿物有自然金和金银矿两种。在1711粒显微金中测定了6粒,其中5粒为自然金,仅有1粒为金银矿,可见以自然金为主。其化学成分及成色见表6。由表6可知,自然金成色极高,最低为925.64,最高为995.56,平均为966.74。而金银矿成色低,为561.10。

表6 ××金矿床金矿物成分及成色统计表

样号	矿物名称	元素含量(%)									成色(‰)	资料来源
		Au	Ag	Si	Al	Fe	Cu	Cr	Co	Ni		
ZK ₅₁₋₇₂₋₁	自然金	97.814	1.918	0.268							980.77	本报告
ZK ₅₁₋₇₄₋₂	自然金	98.288	1.915	0.517							987.99	本报告
H ₃₀₉	自然金	97.540	1.797	0.663							981.91	本报告
H ₃₆₈	自然金	96.698	3.101	0.201							968.93	本报告
J ₁₋₁	自然金	90.119	0.407	4.240	0.210	5.023					995.50	本报告
91122	自然金	54.274	42.453	0.287		2.985					561.10	本报告
ZK ₁₂₋₈₂₋₁	自然金	91.626	7.278			0.413	0.197	0.154			926.41	中南地勘局 603 队
ZK ₁₂₋₈₂₋₂	自然金	91.44	7.346			0.459	0.10	0.251	0.206	0.23	925.64	中南地勘局 603 队

(2)显微金的粒度特征:经镜下测定,光片和重砂中显微金的粒度较粗,按岩金规范可分为微粒金、细粒金、中粒金、粗粒金和巨粒金等5级。光片中粗粒金和巨粒金颗粒数虽少,但它们所占的总面积百分比大,分别为24.45%和57.06%,两者之和达81.6%,其次是细粒金和中粒金,分别占9.5%和7.92%,而微粒金仅占0.98%。砂金粒度测定同样反映出这一规律,但占总面积百分比略有差异,两者相比光片巨粒金比巨粒砂金高15.06%;而粗粒金却相反,光片粗粒金比粗粒砂金低32.02%,原因是重砂破碎过程中有部分巨粒金被粉碎变成粗粒金。经人工重砂破碎形成的砂金,淘洗后回收的粗粒金和巨粒金达93.75%,中粒金和细粒金仅占2.25%,而微粒金在淘洗中已流失,或被包裹在尾砂脉石中处于分散状态不能重选回收。若考虑到这部分流失分散金,参看光片测出的微粒金、细粒金和中粒

金所占的比例,预测重选可回收金85%~90%。

(3)显微金形态和嵌布特征:在光片中显微金形态主要有浑圆状、板片状、叶片状、树枝状、棱角状、多角状和不规则状;人工砂金形态基本与光片所见相似,但颗粒边缘往往呈锯齿状,原因是受机械破碎撕裂所致。

经统计,呈粒间—裂隙金充填的显微金矿物占56.58%,呈包裹体被包裹在黄(白)铁矿、碲铅矿等中的金矿物占43.43%,其中碲铅矿包裹的显微金最多,高达39.32%。

(4)载体矿物金含量:人工重砂中(粘土<200目,其他矿物—40~+100目)分离出单矿物作金分析。其中黄铁矿含金为152~1469g/t,平均高达810g/t;磁铁矿含金为2.0~2.94g/t,平均为2.49g/t;赤(褐)铁矿含金为1.10~7.42g/t,平均为5.3g/t;长石含金为1.40~8.41g/t,平均为4.91g/t;

石英含金为 1.11~2.86g/t, 平均为 1.99g/t; 粘土含金为 0.5~1.0g/t, 平均为 0.75g/t。

2.3 围岩蚀变与矿化

围岩蚀变有夕卡岩化、硅化、碳酸盐化、粘土化和赤(褐)铁矿化; 后三者均有金矿化, 其组合体就是金矿体。

3 矿床成因

本金矿床, 大致经历了岩浆侵入成岩期、接触交代成岩期、热液期和表生氧化作用期。岩浆侵入成岩期主要形成闪长(斑)岩岩筒, 其结晶温度为 980~1000℃, 成岩压力为 $600 \times 10^5 \text{Pa}$ ^[1], 与上覆地层负荷静压力推算为 $571.2 \times 10^5 \text{Pa}$ 相一致, 在结晶过程中, 与其围岩大理岩接触交代形成夕卡岩, 结晶温度为 400~500℃, 成岩压力亦为 $571.2 \times 10^5 \text{Pa}$, 待两者形成后, 又发生岩浆期后的热液蚀变(硅化、含金硫化物及碳酸盐化、粘土化等), 结晶温度为 350~450°, pH 值为 4.5~5。并伴随有金矿化, 形成含金蚀变闪长岩岩筒型金矿石。成矿温度热液石英—硫化物阶段是根据硫化物相变特征来推算的, 如斑铜矿与黄铜矿形成固熔体分解结构, 其分解温度为 475℃, pH 应为 5, 成矿流体呈酸性, 但当磁黄铁矿分解出白铁矿时, 生成温度为 <200℃, pH 值为 8, 成矿流

体呈碱性。有时磁黄铁矿直接分解出黄铁矿, 说明其分解温度较高(>350℃), 但成矿流体仍呈碱性。故应属于中—低温热液充填交代金矿床。随后又发生表生氧化作用, 长石变成蒙脱石、高岭土、水云母, 铁铜硫化物及金属氧化物变成赤(褐)铁矿, 形成了风化赤(褐)铁矿化含金蚀变闪长(斑)岩型金矿石。经过长期一系列成岩成矿及表生氧化作用演化, 形成了现今所见的蚀变闪长岩岩筒型金矿床。

4 矿石工业利用指标

不同矿石类型经选矿后均可获得良好的回收指标。坑道高硫矿石样重选获金精矿含 Au132g/t, 回收率 84.70%(最高可达 88.84%)。重选精矿混汞作业回收金达 58.58%; 重选精矿焙烧—氰化作业回收金可达 97.81%; 浮选精矿含金 30.4g/t, 回收率 84.65%。而低硫钻孔样重选金精矿含金 175g/t, 回收率 78.95%, 重选精矿混汞作业回收金 81.81%, 重选金精矿焙烧搅拌氰化金作业金浸率达 99.31%; 原矿全泥氰化金回收率达 87.60%。浮选获金精矿含金 59.28g/t, 回收率 74.39%。因而金可工业利用。

参考文献

- 1 谭秋明. 地质与勘探, 1988, (11).

GEOLOGICAL FEATURE OF ALTERED DIORITE PIPE—TYPE GOLD DEPOSIT ON THE FIRST CASE

Su Xindong

Gold ore bodies are enriched in altered fracture Zones between inner and border facies of diorite pipe, controlled by the occurrence of the pipe. The alteration of country rock related to gold mineralization includes silicated, carbonation, argillic and hematitization (or limonite) alteration. The ores are mainly composed of auriferous altered diorite, auriferous weathered hematitization (or limonite) diorite. Au mineral is dominated by natural Au, reaching to 966.74 cororing. Natural Au is coarse and giant-grained, the recovery rate of gravity separation is above 85%. According to isotope, RE partition model etc., diorite pipe was formed through mixed magma intrusion upward from which ore-forming material originated. It is a low-to-moderate temperature solution gold deposit.

Key Words: diorite, pipe type, Au mineralization