

青海省兴海县赛什塘铜矿的斑岩型 矿化特征及其找矿前景

卫 岗^{1,3}, 张普斌², 李宏录³, 张尊侠³

1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 有色金属矿产地质调查中心, 北京 100012;
3. 青海省有色地勘局地质矿产勘查院, 西宁 810007

摘要:青海省兴海县赛什塘铜矿床中局部具斑岩型矿化的特征, 该矿区中酸性侵入岩发育并具有明显的多期次和多类型。该类铜矿化发生于中-酸性岩浆侵入活动末期的闪长玢岩、花岗闪长斑岩、斜长花岗斑岩、石英斑岩、爆破角砾岩中, 围岩蚀变强烈且具分带性。加强对蚀变闪长玢岩、花岗闪长斑岩、斜长花岗斑岩、石英斑岩、爆破角砾岩发育地段的找矿工作, 有望实现本区找矿新突破。

关键词:赛什塘铜矿床; 岩浆; 蚀变分带; 斑岩型矿化; 找矿勘探

中图分类号: P618 文献标识码: A 文章编号: 1007-2802(2012)05-0510-06

Characteristics and Prospective of the Porphyry Cu Mineralization in the Saishitang Cu Deposit, Xinghai, Qinghai, China

WEI Gang^{1,3}, ZHANG Pu-bin², LI Hong-lu³, ZHANG Zun-xia³

1. China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China; 2. China Non-ferrous Metal Resource Geological Survey, Beijing 100012, China; 3. Mineral Resource Exploration Center of Qinghai Bureau of Nonferrous Metal Geology and Exploration, Xining 810007, China

Abstract: The Saishitang Cu deposit, which locates in Xinghai, Qinghai, has features of porphyry copper mineralization. The deposit area contains multi stages and various types of intermediate-acidic intrusive bodies. The Cu mineralization of the Saishitang deposit occurred mainly in diorite porphyrite, granodiorite porphyry, plagioclase granite porphyry, quartz porphyry, and explosion breccias at the end of the intermediate-acidic magmatic activities. Host-rock alterations are strongly developed with zonations. A breakthrough on copper exploration in this deposit area may have achieved if more attentions on the prospecting alteration zones of diorite porphyrite, granodiorite porphyry, plagioclase granite porphyry, quartz porphyry, and explosion breccias were paid.

Key words: Saishitang copper deposit; magma; alteration; porphyry Cu mineralization; prospecting

青海省兴海县赛什塘铜矿床发现于上世纪中叶, 其中的层控改造型矿体已进行了比较系统的勘查, 已探明铜等金属资源量接近大型规模^[1]。李福东等^[2]的研究认为, 该矿床系热水沉积、岩浆叠加改造型成因。2006年以来, 为了拓开找矿思路, 扩大找矿空间, 开展了矿区岩浆岩与成矿关系研究, 总结出赛什塘地区存在三种矿床类型: 早二叠世千枚岩、

砂岩与大理岩换层部位的层砂卡岩中的层状和似层状金属硫化物矿床、石英闪长岩与早二叠世大理岩接触带的砂卡岩型矿床和石英闪长玢岩、花岗斑岩、石英斑岩等岩体中的斑岩型铜矿床。现将赛什塘矿区内斑岩型铜矿化的特征总结成文, 为在该区开展进一步找矿工作提出新的方向。

收稿日期: 2011-12-08 收到, 2012-03-16 改回

基金项目: 全国危机矿山接替资源勘查项目(200563033)

第一作者简介: 卫岗(1965-), 男, 在读博士, 教授级高级工程师, 研究方向: 地勘管理及野外地质找矿。E-mail: 15897148296@163.com.

1 矿床主要特征

矿床位于兴海地区海西期、早印支复合造山亚带东南缘,该区于早二叠世在古元古代变质岩基底上发生陆缘裂陷,形成局部有海相火山活动的陆缘裂陷盆地,充填有碎屑岩、碳酸岩盐岩夹层砂卡岩、不纯硅质岩和火山岩等。海西期晚期,盆地闭合、隆升、造山,其后叠加印支期造山活动,中酸性侵入岩较发育,是火山喷流沉积活动及多期次岩浆侵入活动的地区^[3]。赛什塘矿铜区出露地层主要为早二叠世碎屑岩夹碳酸岩盐岩夹有层砂卡岩及不纯硅质岩,

有多个韵律层产出。矿体呈北西-南东向展布;有北西向、北东向、东西向和近南北向等多组断裂,这些断裂带的早期构造岩(糜棱岩或断层角砾岩、碎裂岩等)中,叠加有后期的构造岩,显示多期构造活动特征(图1)。地表多为第三纪红色砂砾岩、第四系残坡积、冲积、洪积、冰积物覆盖。

矿区印支早期侵入岩比较发育,以中酸性石英闪长岩为主,其次有浅成酸性岩株、岩脉。与早二叠世碳酸盐岩接触带,有砂卡岩型铜多金属矿体产出。在浅成酸性岩株、岩脉中有细脉浸染型铜矿化。

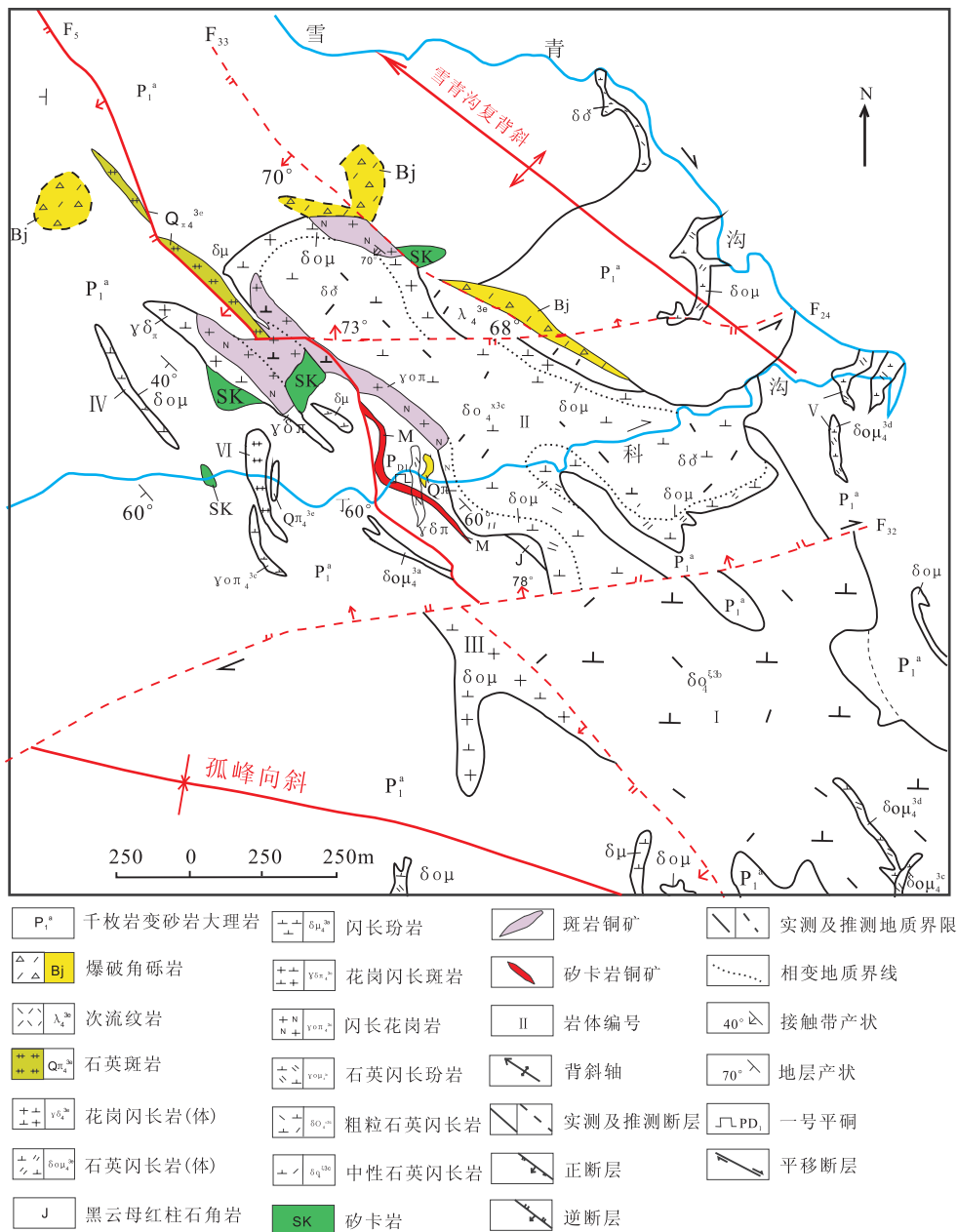


图1 赛什塘铜矿地质简图

Fig. 1 A geological sketch map of the Saishitang copper deposit

2 斑岩型矿化特征

早在 1980 年,有研究指出赛什塘铜矿区分布有斑岩型铜矿体^[4]。在前人工作基础上,我们开展了该矿区含矿斑岩及其矿化特征的深入研究。

2.1 含矿岩体的形态、产状、规模与矿化

赛什塘矿区岩浆侵入岩(包括含矿斑岩)分布于雪青沟背斜轴的南西侧,严格受北西和东西向断裂控制,尤以前者为主。故不论岩体、岩脉、岩筒,均位于北西向及其与东西向断裂的复合部位,其形态、规模、产状亦受其制约(表 1)^[5]。

表 1 赛什塘铜矿岩体形态、产状、规模、矿化特征

Table 1 The characteristics of form, occurrence, size and Cu mineralization of intrusives in the Saishitang deposit

侵入阶段	岩体编号	形态	规模	产状	蚀变	矿化
A	IV	脉状	600×10 m	岩脉,倾向 SW220°~230°,倾角 30°~50°		
B	I	长带状	2.5 km ²	岩株,中深成相,倾向 SW,倾角 40°~80°		
C	II、III	椭圆状	0.4 km ²	岩株,浅成相,呈北西向分布,倾向围岩,倾角 40°~60°	强烈蚀变	可圈出矿体
D	V	脉状	500×20 m	岩脉,以近南北向者居多	轻微蚀变	
E	VI	脉状椭圆状	900×100 m	岩脉、岩筒,超浅成相至浅成相。倾向 SW,倾角 60°~80°	较强蚀变	具有一定的黄铁矿化、黄铜矿化、辉钼矿化

注:A-第一阶段,B-第二阶段,C-第三阶段,D-第四阶段,E-第五阶段

矿区岩体总体上呈北西南东向,以 I 号中细粒石英闪长岩与 II、III 号石英闪长玢岩为主,三者面积均较大,I 号岩体呈长带状,面积 2.5 km²,II、III 号岩体呈椭圆状,面积 0.4 km²。IV 号闪长玢岩、V 石英闪长(玢)岩及 VI 号花岗斑岩,出露面积较小,均为岩枝、岩脉侵入早二叠世地层之中(图 1)。

值得特别提出的是,本区 II 号岩体东侧,沿岩体边缘及 F₃₃ 断裂有两处分布有分叉状及长条状的爆破角砾岩带,在南美洲秘鲁、智利等国,它是斑岩铜矿的岩体顶部最明显的找矿标志。

爆破角砾岩为灰白-白色,角砾(含量 30%)为岩屑、晶屑,胶结物为石英斑岩、次流纹岩和方解石等(图 2)。可以认为,本区爆破角砾岩是岩浆在地下隐蔽爆破作用条件下形成的。当岩浆经过较充分的分异,使成分趋于酸性,并有大量气体上升近地表时,因上伏压力减弱,气体产生爆炸,熔浆迅速冷凝,来不及结晶,致使石英斑岩、次流纹岩一方面侵入于围岩,另一方面形成似喷发岩的爆破角砾岩。这种爆破角砾岩严格受北西向断裂带控制,它的通道呈长椭圆形,在矿区这样的爆破岩筒至少有两个以上。在爆破角砾岩中普遍见有硅化、绢云母化、高岭土化、黄铁矿化,局部见有黄铜矿化、辉钼矿化,多呈脉状,目前尚未确定工业矿体。总之,矿区岩浆侵入岩属钙碱性系列,呈中深成一浅成一超浅成相小岩株(脉)产出,具同源异相多期特征。

本区岩浆演化具有一定规律性,首先是中性岩脉沿北西和近东西向断裂侵入,接着是大规模的呈

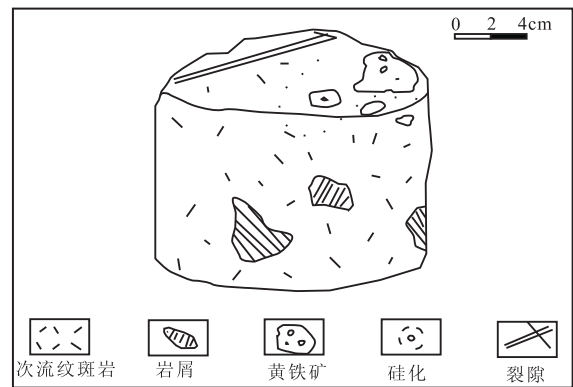


图 2 爆破角砾岩素描

Fig. 2 A sketch of explosive breccia

岩株状产出的中深成相中粒石英闪长岩和浅成相细粒石英闪长(玢)岩、斜长花岗斑岩相继侵入,随后是中酸性岩脉沿北西向构造裂隙侵入,最后是浅成-超浅成相的酸性岩脉,其岩体顶部酸性岩脉爆破角砾岩发育。矿化主要发生在中酸性的末期。随着岩浆的演化,岩浆成分酸碱度递增^[5],SiO₂ 由 58.86% 至 72.42%,碱值(K₂O+Na₂O)由 5.39% 至 6.95%,K₂O/(K₂O+Na₂O)比值由 0.32 至 0.73(图 3),CaO、MgO、MnO、Fe₂O₃、FeO、TiO₂ 则递减^[4,5]。

2.2 侵入岩岩石类型、矿物成分、结构及分异特征

矿区侵入岩具多次分异特点,故岩石类型较多。为闪长玢岩→石英闪长(玢)岩→斜长花岗斑岩、花岗闪长岩→石英斑岩、次流纹岩,其中以石英闪长(玢)岩为主。各类岩体(脉)差异明显,都具有其自己的特征(表 3)^[5]。

表 2 赛什塘铜矿岩浆岩岩石化学成分表^[5]

Table 2 Chemical compositions of igneous rocks in the Saishitang copper deposit^[5]

侵入阶段	岩石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	其它	总和	K ₂ O+Na ₂ O	$\frac{K_2O}{K_2O+N_2O}$	备注
A	闪长玢岩(脉)	58.86	0.64	16.44	0.66	5.65	0.10	3.50	5.32	2.78	2.61	1.52	98.14	5.39	52.00	5个样品
B	中粒石英闪长岩	61.72	0.53	17.44	0.39	4.33	0.11	2.24	4.99	1.82	3.92	1.64	99.13	5.65	32.00	5个样品
C	细粒石英闪长岩—花岗类长斑岩	63.59	0.51	15.98	0.50	3.78	0.07	2.27	3.81	3.02	2.65	1.92	98.10	5.67	53.00	31个样品
D	石英闪长玢岩(脉)	57.27	0.54	15.68	0.87	5.35	0.09	4.95	5.78	2.04	2.77	3.84	99.18	4.81	42.00	7个样品
E	石英斑岩—次流纹岩	72.42	0.04	13.13	0.38	1.88	0.04	0.50	1.48	5.06	1.88	1.71	98.52	6.95	73.00	8个样品

注:A—第一阶段,B—第二阶段,C—第三阶段,D—第四阶段,E—第五阶段

表 3 赛什塘铜矿各类岩浆岩岩石特征对比表

Table 3 Characteristics of various types of igneous rocks in comparison with the Saishitang copper deposit

侵入阶段	岩石名称	颜色	结构构造	斜长石	石英	暗色矿物	钾长石	付矿物	金属矿物	其他矿物	围岩蚀变	产状	备注
A	闪长玢岩	灰 灰绿 深灰	斑状	An=52,具环带结构	0~6%	角闪石、辉石、少量黑云母	少	以磷灰石为主,尚有磷灰石,不透明矿物	绿帘石	绿帘石	轻微、绢云母化、帘石化、绿帘岩石化、次闪石化、碳酸盐化	岩脉、浅成相	
B	中粒石英闪长岩	灰 灰白	中粒、少数为似斑状结构	50%~70%,An=46~50,有时具环带结构,普具斜长石双晶	12%~20%	黑云母、角闪石	完整	斜长石最多58 g/t,磷灰石90 g/t,磷石10 g/t	黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿,少见辉铜、辉钼、闪锌矿	绿帘石、碳酸盐 2%~10%组成基质	不蚀变或蚀变轻微	小岩株中深成相	I号岩体
C	斜长花岗斑岩	灰 浅肉红	斑状	70%	20%~30%	黑云母、角闪石	以黑云母为主	磷灰石、磷石为主,偶见斜长石、磷石、磷铁矿	黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿,少见辉铜、辉钼、闪锌矿	绿帘石、碳酸盐 2%~10%组成基质	绢云母化、绿帘石化、钾长石化、碳酸盐化、硅化、砂卡岩化	小岩株浅成相	II号岩体
	花岗闪长斑岩	灰 灰白	斑状	44%~56%,An=49~53,多具环带结构	23%~30%	黑云母、角闪石	以黑云母为主	磷灰石、磷石为主,次为斜长石、磷石、不透明矿物、褐帘石	黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿,少见磁黄铁矿、方铅、白钨矿	见椭圆形次生石英和石英英细脉,绢云母化、绿帘石化,尚有碳酸盐化		岩枝浅成相	
D	石英闪长玢岩	灰 灰白	斑状	为最主要矿物	6%~20%	黑云母、角闪石	少	磷石、磷灰石、磷石、磷灰石达45 g/t	磷石、磷灰石、磷石、磷铁矿	斜长石具绢云母化、碳酸盐化、绿帘石化、暗色矿物具绿泥绿帘管碳酸盐化		岩脉浅成相	
E	次流纹岩 石英斑岩	灰白 浅黄 淡红	斑状、个别具杏仁气孔构造	斜长石号码小,多为磷长石	20%以上	黑云母、角闪石	少量	磷灰石、磷石、磷铁矿	黄铁矿、黄铜、辉钼矿	普具绢云母化、高岭土化、磷化		岩脉浅成相	岩脉超浅成相
	耀斑角砾岩	灰白	角砾状	岩屑:占10%~30%,由千枚岩、变砂岩、大理岩组成。胶结构:石英斑岩、次流纹岩和方解石。晶屑:由石英和长石组成,呈浑圆状港湾状。	20%以上	黑云母、角闪石	少量	磷石	黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿	绢云母化、高岭土化、碳酸盐化、砂化		岩筒超浅成相	

注:A—第一阶段,B—第二阶段,C—第三阶段,D—第四阶段,E—第五阶段

从表 3 以看出:第三阶段侵入体(Ⅱ号岩体)与成矿有密切关系,具以下特征:①分异较好。岩体由内向外为石英闪长岩→石英闪长玢岩→斜长花岗斑岩、花岗闪长斑岩。②暗色矿物以黑云母为主,角闪石次之,总含量偏低,除个别例外,一般不超过 20%。故岩石均为浅色岩类。③石英含量偏高,由 10%~30%,以 20%左右者居多。④长石以斜长石居多,钾长石较少(一般为 4~18%)。偏酸性的花岗岩类均以斜长石占优势的斜长花岗斑岩和花岗闪长岩为主。斜长石大部分为中、更长石, $A_n = 20 \sim 50$ 。钾长石多为条纹长石。⑤岩石多具斑状、似斑状结构、细粒结构。斑晶由岩体内部往外递增。⑥斜长石的环带结构和双锥石英普遍发育。

此外,最晚阶段呈超浅成相产出的石英斑岩-次流纹岩也具有一定的矿化。其岩石结构均为斑状、隐晶和霏细结构;长石和石英具熔蚀现象。

总之矿区侵入岩的岩石类型可分九类:闪长玢岩、中粒石英闪长岩、细粒石英闪长岩、斜长花岗斑岩、花岗闪长斑岩、后期石英闪长玢岩、花岗闪长岩与花岗岩、次流纹斑岩-石英斑岩、爆破角砾岩。其中形成较早的石英闪长岩为中深成相,较晚的斑岩、玢岩、爆破角砾岩为浅成相。

2.3 侵入岩各类岩石的化学成分与微量元素

从表 4 看出,本区侵入岩的早期为中酸性, SiO_2 含量最低,如闪长玢岩, SiO_2 含量 58.85%,后期酸性成分愈来愈高,最晚期的石英斑岩-次流纹岩 SiO_2 含量高达 72.42%。随着岩浆的演化,碱值递增, CaO 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MnO 、 MgO 、 TiO 等基性组分递减。岩石由极贫碱的 SiO_2 过饱和和过渡到贫碱的和适度富碱的 SiO_2 过饱和的铝过饱和和岩类。岩石化学成分、岩石类型、岩石矿物组分的演化大体一致,其钙碱指数为 59。

表 4 含矿岩体微量元素含量表^[5]

Table 4 Trace elements of the ore-bearing rock^[5]

元 素	Cu	Pb	Zn	Ag	As	W	Sn	Bi	Mo	备 注
含量($\times 10^{-6}$)	>500	50	500	20	300	20	500	30	20	W、Mo 个别样品较高(据青海省地矿局物探七分队资料)
背景值($\times 10^{-6}$)	25	10	<50	0.2	50	<20	20	<10	<1	
为背景值的倍数	>20	5	>10	100	6	>1	25	>3	>20	

含矿岩体(Ⅱ号) SiO_2 含量 57.86%~68.04%, 平均 63.59%, 其变化系数 5%, 比较稳定。碱值 ($K_2O + Na_2O$) 3.00%~8.74%, 平均 5.67%, 钾大于钠。 $K_2O / (K_2O + Na_2O)$ 值为 0.53。岩石中的酸、碱含量具有明显增高的趋势。

2.4 岩浆侵入时代

岩体的同位素年龄分析结果(表 5)表明,赛什塘矿区岩体侵入的最新地层(矿区外)为早三叠世,年龄值范围为 218~248 Ma,相当于印支早期。

表 5 赛什塘矿区岩浆岩同位素年龄^[3]

Table 5 Isotopic ages of magmatic rocks in the Saishitang deposit^[3]

样品编号	岩石名称	采样地点	测定矿物	测试方法	Ar^{40}/K^{40}	年龄值/Ma	测试单位	资料来源
75YS-J3	石英闪长玢岩	ZK5101	黑云母	K-Ar 法	0.0135	218		
		725~731m			0.0144	232		
75YS-J4	斜长花岗斑岩	P1 剖面 27 层	黑云母	K-Ar 法	0.01524	244		
					0.01524	248		
75YS-J7	细粒石英闪长岩	P2 剖面 59 层	黑云母	K-Ar 法	0.01452	234	成都地质学院九室	青海地研所邱凤歧(1977)
					0.01452	229		
75YS-J9	细粒石英闪长岩	P2 剖面 6 层	黑云母	K-Ar 法	0.01429	230		
					0.01358	219		
75YS-J10	中粒石英闪长岩	P2 剖面 15 层	黑云母	K-Ar 法	0.0136	220		
					0.0146	235		
75YS-J11	中粒石英闪长岩	P3 剖面 18 层	黑云母	K-Ar 法	0.0127	222.3	青海地矿局地研所质谱室	
75YS-J20	花岗闪长岩	ZK1102 100~102m	黑云母	K-Ar 法	0.0138	247.9		
90ESS14	细粒石英闪长岩	丁科沟	黑云母	K-Ar 稀释法	0.01433	231	地矿部地质所	地矿部西安地研所李福东等(1993)
90ESS87	中粒石英闪长岩	火成岩沟沟脑	锆石	铀铅等时线		222	宜昌地矿所	

2.5 斑岩铜矿化特征及矿(化)体的分布

含矿斑岩体分布于赛什塘石英闪长岩体的西北部。矿化围岩有蚀变闪长玢岩、花岗闪长斑岩、斜长花岗斑岩、石英斑岩、爆破角砾岩等。宽 1~2 mm 铜的硫化物与宽 2~5 mm 石英+硫化物呈网状分布于围岩的网状裂隙,或者黄铁矿、黄铜矿等硫化物呈星点状、浸染状散布于蚀变斑岩中,多分片分带产出,构成斑岩型矿(化)体。它们常集中分布于接近斑岩体顶盖边缘或顶盖捕虏体附近;矿化爆破角砾岩则分布于花岗斑岩及花岗闪长小侵入体的边缘。可能是扩大赛什塘铜矿床储量的新空间。

2.6 围岩的蚀变特征

区内爆破角砾岩中主要有石英绢云母化、硅化、黄铁矿化。石英闪长斑岩体围岩蚀变强烈,分带明显,由岩体中心至边缘有四个环形蚀变带(图 3):

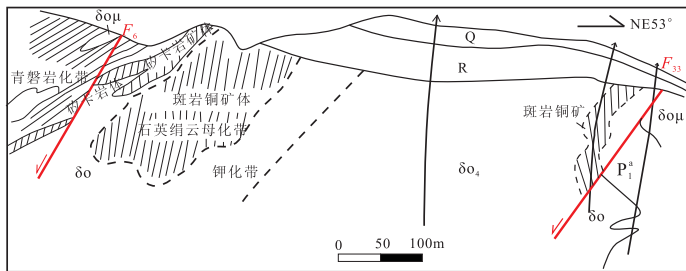


图 3 赛什塘矿区斑岩铜矿蚀变分带剖面示意图

Fig. 3 A sketch profile showing alteration zone of the porphyry in the Saishitang deposit

①中心钾化带。主要为钾长石、黑云母。钾长石等矿物呈宽 0.1~3 cm 小脉分布于岩体破碎带,脉中钾长石含量 70% 以上,其次为斜长石、黑云母,规模不大,为弱钾化带,其中有少量浸染状黄铁矿、黄铜矿化。②石英绢云母化带。分布在中心钾化带与接触带矽卡岩之间,与钾化呈渐变过渡关系,蚀变带宽数十米至二百多米,其中硅化、绢云母化、黄铁矿化非常发育,构造破碎带和网状裂隙发育地段尤为强烈。石英、黄铁矿呈网脉状、团块状、浸染状,绢云母呈细小鳞片状交代斜长石,含量最高可达 40%。此外尚有绿泥石,局部有碳酸岩化和高岭土化。是斑岩铜矿主要矿化地段,普遍见有细脉浸染状黄铁矿化和黄铜矿化。③矽卡岩(或角岩)化带。分布于石英绢云母化带外侧,宽 50~200 m,岩体与大理岩接触地段或侵入于层间剥离构造内岩体分枝的上下盘,呈多层、似层状。矽卡岩的主要矿物有石榴石(60% 以上),次为透辉石,少量透闪石、符山石、阳起石等;在岩枝上下盘为黑云母千枚岩时,则为角岩化,矿物组分以黑云母、红柱石为主,有较强的硅

化、黄铁矿化叠加,是似层状、透镜状黄铜矿、黄铁矿体最发育地段,为矿区小而富的铜矿体的产出部位。④青磐岩化带。在矽卡岩带外侧的碎屑岩中有青磐岩化带,宽 400~500 m。主要蚀变矿物有绿泥石,呈叶片状或团块状,交代黑云母、角闪石。

3 结 论

赛什塘地区具三种矿化类型。其中层控型、矽卡岩型矿体勘查程度较高,是目前主要探采类型。从上述分析看来,对斑岩型矿化勘查程度低,但具形成斑岩型矿床的地质条件和信息。是在本区实现找矿新突破的途径。应予以重视。中酸性侵入岩比较发育,具脉动式多次分异阶段性侵入特点;侵入相有中深成相→浅成相→超浅成相;岩浆演化为中性→酸性→超酸性。岩体微量元素(成矿元素)颇丰,显示矿区有形成斑岩型矿床的地球化学条件。本区斑岩型矿化、及围岩蚀变特征显示,矿区斑岩体中的矿化集中分布于接近斑岩体顶盖边缘或顶盖捕虏体附近,矿化爆破角砾岩则分布于花岗斑岩及花岗闪长小侵入体的边缘。因此这些地段可能是扩大赛什塘铜矿床储量的新空间。

参考文献 (References):

- [1] 张普斌,肖文静,王春龙. 青海省兴海县赛什塘铜矿深部及外围普查报告[R]. 2010: 58-67.
Zhang Pubin, Xiao Wenjing, Wang Chunlong. Exploration report of the Saishitang copper in Xinghai County, Qinghai Province[R]. 2010: 58-67. (in Chinese)
- [2] 李福东,张汉文,宋治杰. 鄂拉山地区热水成矿模式[M]. 西安交通出版社: 1993: 174.
Li Fudong, Zhang Hanwen, Song Zhijie. Hot water metallogenic model of the Elashan region[M]. Xi'an Traffic Press, 1993: 174. (in Chinese)
- [3] 吴庭祥,肖海源,窦国林. 青海省兴海县赛什塘矿区铜矿一期勘探报告[R]. 1994: 22-32.
Wu Tinxiang, Xiao Haiyuan, Dou Guolin. The first phase of exploration report of the Saishitang copper mine in Xinghai County, Qinghai Province[R]. 1994: 22-32. (in Chinese)
- [4] 邱凤歧,董景深,张起振. 赛什塘矿区岩浆岩与成矿关系研究[R]. 1977: 20-45.
Qiu Fengqi, Dong Jingshen, Zhang Qizheng. Research on the Magmatic rocks and Mineralization of the Saishitang mine. 1977: 20-45. (in Chinese)
- [5] 邱凤歧,董景深. 青海赛什塘铜矿区岩浆岩及其成矿特征[J]. 青海国土经略, 1978, 3: 1-9.
Qiu Fengqi, Dong Jingshen. Magmatic rocks and mineralization Characteristics of the Saishitong mine in Qinghai Province [J]. Qinghai Guotu Jinlue, 1978, 3: 1-9.