·金矿地质 ·

文章编号:1000 - 6273(1999)03 - 0194 - 09

青城子矿田石英脉 - 硅质岩与金银成矿关系讨论

姜 瑛,刘先利,刘志远
(中国有色金属总公司辽宁地质勘查局 103 队,辽宁 丹东 118008)

摘要:辽东裂谷西段辽河群赋存大型铅锌矿床,近年又发现多处大(中)型金银矿床。目前的研究表明,该区金银资源潜力仍然很大。一个值得重视的地质现象是所有金、银矿床都伴随有硅质岩、石英脉的出现。硅质岩受层位控制,呈似层状、扁豆状,基本平行上下岩层,本身亦可构成矿体。辽东裂谷中的金、银、铅、锌矿床与石英脉关系密切,石英脉的规模、分布及特征在很大程度上决定矿床规模。因此,硅质岩、石英脉是地质找矿的直接标志,如在青城子地区,找到了硅质岩就可以发现金矿化。硅质岩主要成分是玉髓,矿物学特征和稀土地球化学特征表明硅质岩是浅海火山喷气的产物,形成于辽河群沉积时沿同生断裂发生的火山喷溢时期,而石英脉则为岩浆期后热液成因,后期热液的叠加更有利于成矿。

关键词:青城子;石英脉;硅质岩;金银矿;浅海火山喷气成因
中图分类号:P618.5 **文献标识码**:A

近十年间在辽东裂谷西段辽河群中发现了高家堡子大型独立银矿床,小佟家堡子中大型金矿床,桃源小型金矿床等和一批有一定资源潜力的金矿化点。这些矿床和矿化点成因与石英脉、硅质岩密切相关。可以说没有石英脉、硅质岩也就没有金、银矿体。两种岩石同是找矿标志; 矿物成分含量又基本相同。但是通过对两种不同类型标本进行对比认为:二者有成因上的差别,硅质岩属火山喷气成因。随着找矿思路不断拓宽, 逐渐引起地质界人士的关注,提出了硅质岩成因与成矿的观点,并在宏观上做了充分论证。作者多年来一直从事辽东裂谷段岩石学研究工作,积累了较为丰富的资料,特别是对硅质岩的微观研究,以此为依据,讨论硅质岩的成因与成矿的关系。

1 区域地质背景

金银矿床受华北陆块辽东太古宙地体辽东裂谷区的控制[1]。该裂谷为大型陆间裂谷,是早元古代发育在太古宙基底上由拉张断陷—沉积—上隆、从海进到海退构成了一个较大的沉积构造旋回[2]。青城子矿田位于辽东裂谷三家子—方家浅海泻湖的东部(图 1)。在其东侧有一古陆半岛,南侧有一水下隆起(半岛水下延伸), 边界为不同级别和不同方向的同生断裂, 限定在裂谷回返期。以青城子—新岭弧型构造为界,沉积了一套碳酸盐岩(大理岩层),东侧相对隆起,形成一套含火山物质的碎屑岩(变粒岩),大理岩互层状岩系, 碎屑成分增加, 碳酸盐岩相对减少。弧形断裂向东至尖山子断裂之间由西向东碎屑物质和火山物质仍然存在增加趋势, 在高家堡子矿床内碳酸盐成分稍有增加,出现同生角砾岩,伴有火山喷流作用形成硅质岩, 并初步赋集了金银多金属成矿物质。

目前,在三家子、高家堡子、桃源等地发现有硅质岩。这三个分布区在区域上近东西展布, 与辽东裂谷轴部的同生断裂相吻合。从岩相古地理角度上看, 这三个分布区为三个四级海盆, 同处于大石桥

收稿日期:1999 - 05 - 04.
第一作者简介:姜瑛(1952 -),女,工程师,现从事矿物岩石学研究.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

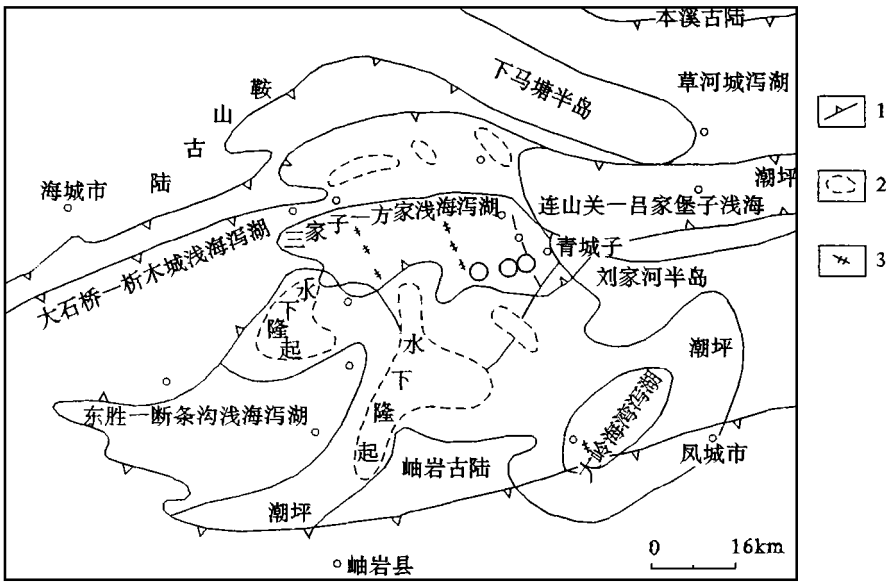

图 1　辽东裂谷大石桥—弟兄山地区大石桥期岩相古地理示意图

(据于言璋等,1993)

Fig. 1 Paleogeographic map showing the facies of Dashiqiao age in Dashiqiao - Dixiongshan area of Liaodong rift

(after Yu Yan-zhang et al.,1993)

1. Ⅰ, Ⅱ级同生断裂;2. 水下隆起区;3. 裂谷收缩同生断裂

1. Grade Ⅰand Ⅱcontemporaneous fault; 2. subaqueous upwelling area; 3. contemporaneous fault during the rift shinking

—通远堡二级海盆内[3]。其硅质岩的分布严格受控于地层层位，多赋存在辽河群大石桥组三段上部层位,呈似层状、扁豆状,与上覆地层呈整合接触关系,与下伏地层偶见切层现象。其产状随地层的变化而变化,局部地段的硅质岩被压偏、拉断,构造强烈部位的硅质岩被切割成若干小断块，残存于大理岩中。硅质岩与金银矿化的关系密切，其本身或上下盘常常是金银矿体。

2　硅质岩与石英脉分布特征

2.1　硅质岩分布特征

硅质岩首先发现于青城子矿田东部小石门沟,相继又见于小佟家堡子、朱家堡子、桃源等地,以小佟家堡子为典型。硅质岩厚约 5～10 m，出露面积 0.5 km^2。地表的硅质岩成穹状拱起,抗风化性强。硅质岩多呈不规则透镜状、扁豆状产于大石桥组与盖县组的接触部位,上盘与透闪变粒岩接触,下盘与大石桥组三段上部灰白色中细粒大理岩交代接触,界线不清(图 2)。小石门沟硅质岩成层性明显,小佟家堡子、高家堡子、桃源地区硅质岩规模、成层性不及小石门沟，其它特征基本相同。热液充填交代作用形成晶洞、晶簇状构造。硅质岩层上部含碳质等,下部含大量钙质成分，普遍含星散状半自形晶黄铁矿。后期不规则石英小脉、细脉发育。硅质岩分布严格受层位控制,产状随地层变化而变化。

2.2　石英脉分布特征

在辽东裂谷金银、铅锌矿床中均有石英脉的分布,但不是所有石英脉都与矿有关,而有金银矿化的部位必定有石英脉，且矿体赋存于石英脉中。石英脉的规模、分布及特征决定了矿床形成规模。石英脉规模变化范围较大,小者脉宽仅几至几十厘米,一般在几米至几十米，大者沿着断裂可形成巨大规模石英脉带,多呈脉状、网脉状、交错脉状、囊状产出。石英脉分布严格受构造断裂及层位控制。石英脉成群、成带出现时往往矿化比较好，一般复脉带储量大,远景广阔。

3　硅质岩与石英脉特征对比

3.1　石英脉与硅质岩宏观特征对比

石英脉与硅质岩二者具有不同产状、形态及外貌特征。在矿物成分、结构、构造以及石英标型等方面都存在着差别(表 1)。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

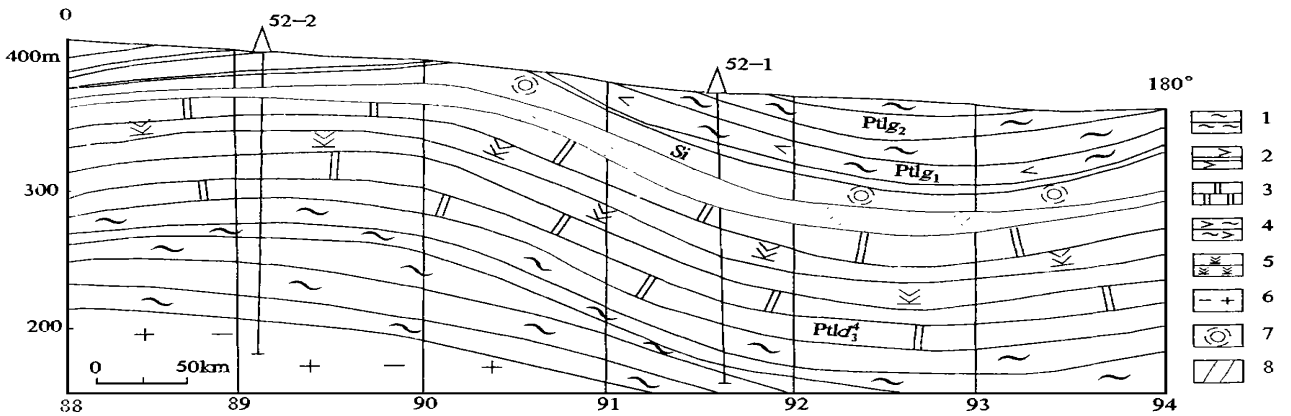

图 2 小佟家堡子 52 线地质剖面图

Fig. 2 Geological section along Exploration Line 52 across Xiaotongjiapuzi

1. 云母片岩;2. 透闪变粒岩;3. 大理岩;4. 透闪片岩;5. 石榴石云母片岩;6. 斜长花岗岩;7. 硅质岩;8. 金矿体;

$Pt\mathit{lg}_1$ ——元古宙盖县组;$Pt\mathit{ld}_3^4$ ——元古宙大石桥组

1. mica schist; 2. tremolite leptynite; 3. marble; 4. tremolite schist; 5. garnet-mica-schist; 6. plagioclase granite; 7. siliceous rock; 8. gold ore body; $Pt\mathit{lg}_1$ - Gaixian F. strata of Archean; $Pt\mathit{ld}_3^4$ - Dashiqiao F. strata of Archean

表 1 石英脉与硅质岩宏观特征对比

Table1 Correlation on macroscopic characteristics of quartz veins and siliceous rocks

特征 \ 岩石	石英脉	硅质岩
结构	放射花瓣状、柱粒状、中粗粒半自形晶再生加大边残留碎裂	细粒它形晶隐晶质纤维束状、缝合线状、锯齿状、鲕粒状、球粒状
构造	块状、梳状、晶簇状、晶洞状、脉状(平行雁列脉状、交错脉状、网脉状)、角砾状、柔皱状、核幔状、镶嵌状、带状	同心圆状、豆状(球状)、层纹状、条带状、角砾状、鲕状
岩石外貌特征	白色-黄白色,以纯净无杂质为特征	暗灰色-灰色,局部黄褐灰色-肉红紫色,含石墨粘土矿物和钙质等组分
产状形态	脉状、交错脉状、网脉、平行脉状、不规则状、囊状	层状、似层状、豆状、扁豆状、不规则透镜状
石英标型特征	单体形态、柱粒状、自形晶、半自形晶,局部可见三方双锥体晶形,以无色透明晶体与脉状关系密切	单体形态以隐晶、纤维束状、细粒它形晶、不规则粒状石英为主,以烟灰色含杂质碳质较高、透明度低的石英与层状关系密切
矿物成分	以粒状石英为主,约占 95%,粒度较粗,一般在 1~2mm,大者可达 0.5cm	以玉髓、细粒石英为主,约占 90%,其中含少量绢云母、方解石、碳质、铁质等杂质,粒度较细,一般在 0.07~0.1mm

3.2 石英脉与硅质岩微观特征对比

3.2.1 石英脉与硅质岩流体包裹体特征对比

青城子矿田的硅质岩与石英脉是由不同成因类型的石英组成的,虽然包裹体均一温度范围无太大差别,说明二者属地下高温炽热融熔体。但由于地质作用和产出环境不同,因而形成了不同成因类型石英包裹体,其特征见表 2。

1. 硅质岩流体包裹体形态多以圆状、粒状、滴状或不规则状沿裂隙分布,流体包裹体以纯液相包体为主,气相包体次之,尚见含少量液相 CO_2 包体。包体较小,一般 2~3 μm,气液比 10%~20%。含石盐子晶矿物多相包体和含有机质包体显示了沉积成岩流体特征。

2. 石英脉中流体包裹体以气液两相包体为主,偶而有少量纯气体包体。包体形态复杂,为椭圆、菱形、三角形等。包裹体稍大,5~10 μm。两相包裹体成群出现,局部有多项流体包裹体特征。

3.2.2 流体包裹体成分特征

硅质岩与石英脉流体包裹体成分和性质有很大相似性,但同时也存在差异(表 3)。硅质岩中流体成分气体含量较高,富含 H_2O,CH_4,CO,水溶液盐度可高达 27.5%~46% (wt %NaCl),且变化范围大,为

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　硅质岩与石英脉流体包裹体特征对比

Table 2　Correlation on the characteristics of liquid inclusions from siliceous rocks and quartz veins

硅质岩				石英脉			
样　号	包裹体特征	气液比(%)	均一温度(℃)	样　号	包裹体特征	气液比(%)	均一温度(℃)
青城子 Z270	单相液包体为主,少量两相包体	20(一般) 10 ~ 30(范围)	208(平均) 160 ~ 280(范围)	青城子 Z320	气液两相为主,少量 CO_2	10 ~ 15(一般) 5 ~ 30(范围)	188(平均) 140 ~ 298(范围)
青城子 N8205	单相液包体为主,气液包体为次,少量 CO_2	10 ~ 15(一般) 5 ~ 25(范围)	184(平均) 89 ~ 387(范围)	青城子 D120	气液两相为主	15 ~ 20(一般) 5 ~ 30(范围)	209(平均) 118 ~ 264(范围)
青城子 Z330	单相液包体为主,少量两相包体	10 ~ 15(一般) 5 ~ 20(范围)	147(平均) 79 ~ 236(范围)	青城子 X300	气液两相为主	10 ± (一般) 5 ~ 20(范围)	108(平均) 140 ~ 220(范围)

表 3　青城子石英中流体包裹体成分(%)

Table 3 Composition of liquid inclusions in quartz from Qingchengzi(%)

岩性	样号	气相成分						液相成分										
		CO_2	H_2O	H_2	N_2	CH_4	CO	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	F^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	K^+/Na^+	H_2O/CO_2	CO_2/CH_4
硅质岩	8708-4	77.55	1 666.66	0.450	5.21	22.13	6.67	1.00	6.98	–	–	0.74	3.08	7.2	5.10	0.15	21 49	3.50
	9117-4	128.97	2 100.00	0.620	2.09	8.78	8.76	1.17	4.16	0.76	0.16	0.23	7.75	5.2	5.40	0.28	16.28	14.68
	9114-8	106.11	2 293.33	0.910	2.09	10.08	12.51	2.93	6.60	2.50	0.23	0.04	6.24	5.8	6.63	0.44	21.61	10.52
石英脉	–	23.60	620.00	0.060	1.46	0.40	–	8.60	30.20	8.00	0.40	3.60	68.00	–	<10	0.28	26.30	59.00
	–	48.40	740.00	0.062	0.56	0.50	–	8.60	13.20	4.00	0.60	3.00	26.20	–	<10	0.65	15.30	96 00

含石盐子晶气液包体。由此推断硅质岩形成在低温阶段,溶液性质为 $Na^+ - Ca^{2+} - Cl^-$ 型,属同生沉积型。均一法测温平均温度在 147～208 ℃,成岩温度为中温 - 低温,以低温为主。

石英脉中流体包体成分相对于硅质岩具有高温、高压、盐度 1.69 %～21.5 % (wt %NaCl),富含挥发分为特点;成分以 Na^+, Cl^-, K^+, SO^-_4 为主,且 $K+ < Na^+$, $Ca^{2+} > Mg^{2+}$, K^+/Na^+ 比值小于 1,这表明溶液为富钾、钠、贫钙镁特点,属 $K^+ - Na^+ - Ca^{2+} - Cl^-$ 型,为热液型。均一法平均温度 168～209 ℃,成岩温度以中低温为主。

上述差别似乎表明了硅质岩和石英脉形成于不同的地质和物理化学环境。

3.2.3　硅质岩与石英比重及晶胞参数对比

硅质岩和石英脉虽然都基本由石英组成,但石英的比重值与理论值则有所不同 (表 4),硅质岩型石英比重大于理论值,而石英脉中石英比重值则低于理论值。比重大的石英显示了内部离子排列紧密,同时也说明硅质岩在喷溢过程中受陆源物质污染,有杂质进入晶格之中,因此比重偏大。比重小的石英除内部含有较多气液包裹体外,还显示了离子排列较为松散的特点。

表 4　石英脉与硅质岩的比重及晶胞参数对比

Table 4　Correlation on specific gravity and unit cell parameters between quartz veins and siliceous rocks

样号	岩性	比重	a_0(Å)	c_0(Å)
Z24	硅质岩	-	4.9077	5.4138
B001	硅质岩	2.67	4.9008	5.4830
Z17	石英脉	2.64	4.9171	5.3886
X360	石英脉	-	4.9217	5.3875

根据 X 射线分析:硅质岩中晶胞参数 a_0(Å) 值均小于理论值,而晶胞参数 c_0(Å) 均大于理论值。而相对石英脉却恰恰相反,石英晶胞参数 a_0(Å) 均大于理论值,而晶胞参数 c_0(Å) 则小于理论值。反映了它们物理化学条件不同,杂质和离子排列方式对它们所造成影响,如镓、铁等元素含量与石英的 a_0/c_0

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

比值呈明显相关关系。

根据前述硅质岩与石英脉特征对比，足以说明二者虽具有相类似矿物成分，但岩石成因却是截然不同两种类型；石英脉是属于岩浆期后热液成因已是无可非议。但是硅质岩属于何种成因？从九十年代开始就有所争议，随着对喷气-沉积成矿作用研究的不断深入，硅质岩成因观点已是趋统一[4]。由于喷气沉积与成矿作用是在开放体系中进行，它远比岩浆成矿、变质成矿这些在封闭条件下成矿作用，成矿物质的供给更有利和更充分。因此，所形成的矿床规模一般较大，世界上许多大型、特大型矿床(如 Brokennie)和朝鲜检德、我国甘肃西成、陕西凤太都直接或间接地与沉积成矿作用有关。所以，对硅质岩成因与成矿作用关系进行专门讨论是十分必要的。

4 硅质岩特征

4.1 硅质岩矿物赋存形态

石英：石英是硅质岩中主要成分，约占 90%，镜下分辨出两种成因。早期为火山喷气形成的硅质岩，为隐晶质—细粒它形不规则石英(详见玉髓隐晶质—细粒石英描述)；晚期为热液硅化，其石英呈柱粒状。

玉髓：呈纤维状单晶产出，受力作用纤维晶体发生变形，并产生明显的火焰状消光现象，集合体呈放射状、束状出现。

细粒石英：最大颗粒 0.1 mm，一般 0.07 mm，呈它形不规则状、圆粒状。颗粒边界呈锯齿状、缝合线状、受力作用波状、扇状消光明显，多分布在纤维状玉髓颗粒之间，细粒石英与玉髓是硅质岩主要成分，在岩石中常构成角砾状、球状集合体外形。

柱粒状石英：呈柱粒状出现。粒度较粗，结晶较好，柱粒之间彼此犬牙交错互生，柱粒石英垂直脉壁生长，构成梳状结构，偶而可见波状消光现象。该矿物以细脉-网脉状充填和胶结在早期细粒-隐晶质石英(硅质岩)之间，其成因为晚期热液硅化。

白云母：呈它形片状，受力作用解理常发生弯曲扭折，形成“S”型。

绢云母：呈鳞片状分布在玉髓与细粒石英之间，含量较少，多为白云母与电气石的次生蚀变。

电气石：根据几个地区薄片观察新鲜者少见，多数已蚀变退色，呈浅褐色，有的无色，可见电气石从边缘开始绿泥石化，进而全部被绿泥石所取代。另外可见部分电气石被白云母替代，保持柱状及弧状三角形外形轮廓以假象存在。从次生蚀变而新生成矿物种类不同，推测电气石随着不同地区温度及环境变化，电气石本身的矿物成分也随之发生变化。因此，认为蚀变成绿泥石者可能含 Fe，Ti，Mn 较高。富镁电气石在硅质岩中普遍有一定含量，在大顶子(斜长花岗岩)区段硅质岩中含量可高达 3%～5%(镜下目估量)。

石墨：呈不规则粒状、虫状产出。分布不普遍，靠近围岩处含量有所增长，石墨为捕虏围岩成分。

4.2 硅质岩命名

硅质岩按现代岩石学观点应属浅海火山喷气岩石，但在火山岩分类命名中即不属于熔岩，也不属于碎屑岩，根据该岩石 90%以上矿物成分为硅质，其中有一定量后期热液叠加，但从本质来看还应命名为硅质岩。这种命名已延用多年，习惯叫法很难改变，为了区别于正常沉积岩中的硅质岩，可以在硅质岩前面冠以“火山”二字，即为火山硅质岩。其命名依据如下。

1. 含金硅质岩中石英是岩石主要成分，根据结晶形态及分布形式，石英有两种成因：其一为火山喷气形成硅质岩，由于后期构造应力作用，在岩石中呈角砾或球状矿物集合体。其中矿物成分主要为玉髓-隐晶质-微细粒石英，在其中伴随有鳞片状绢云母、碳酸盐等矿物组成，角砾多呈次棱角状、不规则粒状-球状等。角砾呈次棱角状分布，偶而可见角砾有集中现象。在其间隙中被后期硅质充填胶结而形成柱粒状石英，彼此犬牙交错互生，并在后期硅质脉中常见晶洞、晶簇构造。

2. 在产状上呈层状、似层状、透镜状产出。

3. 在硅质岩中后期硅化石英含量多少，主要取决于硅化程度，在不同地段，硅化石英含量亦不尽相同，从 10%～65%，硅化程度与金品位呈正相关，但很容易把这种硅质岩当成交代硅化蚀变岩。

4.3 硅质岩中金的成色及其特征

含金硅质岩的矿石中金属矿物含量较少，总体含量不超过 8%，属于少硫化物型。金属矿物主要有黄铁矿、毒砂，少量白铁矿、铜矿物等。金在矿石中品位变化较大，个别高达 47×10^{-6}，最低在 0.5×10^{-6}～1.3×10^{-6}。

金的矿物种类、成分、成色经镜下鉴定和扫描

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

电镜分析,硅质岩中的金有自然金和金银矿两种,自然金占金矿物总量 13.87 %,成色 981～985。

银矿物种类繁多,经镜下鉴定和扫描电镜分析主要为自然银、含金自然银、金银矿、辉银太矿、银黝铜矿、硫铜银矿、硫锑银矿等。

金的形态多呈浑圆粒状、不规则粒状产出,金的粒度经光片测定粒径在 0.001～0.003 mm,属于微细粒金,少部分属于超显微金,银矿物呈不规则状,粒径在 0.01～0.005 mm 之间。

金的嵌布特征有两种形式:其一,金被包裹在石英和黄铁矿中;其二,金沿黄铁矿、石英裂隙分布。

银矿物嵌布形式以裂隙银为主,包体银次之。

5　硅质岩成因

5.1　硅质岩化学成分

硅质岩的化学成分分析结果见表 5。其化学成分的特点是 SiO_2 为 90 %,$K_2O > Na_2O$,与朝鲜检德比较 Al_2O_3 明显偏高,而 FeO 明显偏低,反映其在火山喷气过程中受海水和陆源物质污染。

5.2　硅质岩微量元素特征

表 5　硅质岩化学成分分析结果

Table 5　Analysis results of chemical composition of the siliceous rocks

化学成分 / 样号	化学成分含量(%)													采样地点
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	Fe_2O_3	FeO	TiO_2	MnO	P_2O_5	SO_3	CO_2	
QTC8630	93.18	2.24	0.45	0.97	0.60	0.00	0.00	1.04	0.00	0.00	1.2	–	–	小佟家堡子
QD119-1	92.06	2.45	0.90	1.13	0.40	0.04	0.05	1.19	0.00	0.00	0.02	–	–	小佟家堡子
QD109-1	92.74	1.63	0.67	0.13	0.50	0.00	0.00	2.23	0.00	0.00	0.02	–	–	小佟家堡子
两个样品平均	94.51	1.12	0.40	0.16	0.225	0.135	1.535	2.795	0.185	0.015	0.055	1.14	0.31	小佟家堡子
检　德	94.31	0.17	0.67	0.16	0.25	0.03	0.17	2.15	0.06	0.012	0.01	–	–	检　德
石英脉	82.20	2.35	0.07	4.43	1.14	0.12	0.87	0.99	0.07	0.01	–	–	–	青城子

表 6　硅质岩微量元素分析结果($\times 10^{-6}$)

Table 6　Analysis results of trace elements in the siliceous rocks($\times 10^{-6}$)

样品 / 元素含量	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	Tn	Ge	Co	Cr	Fe	Mo	As	Sb	Sr	Ba	Rb	B	Bi	Ni	Ga
小石门沟硅质岩	12.9	48.6	100	1～3.89	8	–	–	31.4	22.9	–	13.3	> 75	8.9	–	–	–	–	1.1	15.7	–
小石门沟硅质岩	43.3	33	300	0.5～1	6	–	–	40	20	–	9.3	> 75	4	–	–	–	–	1.7	40	–
小石门沟硅质岩	25	11.1	<100	0.5～1	2.48	0.076	1.2	53.3	30	0.047	4.6	65	2.3	–	–	–	–	1	23	0.05
硅质岩	33	27	28	6.1	1.3	–	–	7.5	56	–	9.2	125	9.6	158	61	27	34	–	–	–
青城子石英脉	0.0067	0.11	5	–	–	1.53	1.4	–	–	0.14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.13
高家卜子石英脉	0.001	0.03	0.14	0.76	–	–	–	> 0.01	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
石英脉	20	15	100	0.42	<1	–	> 50	15	10	–	5	–	–	–	150	–	15	–	–	–

硅质岩的微量元素分析结果列于表 6。通过对比可以看出:①镓(Ga)在同生沉积形成的硅质岩中,含镓量较低,而在热液石英脉中 Ga 含量较高。反映了硅质岩是同生沉积海相成因之特征;②硅质岩微量元素 Au,Ag,Mo,As 含量较高,富含热水沉积物,反映其喷溢沉积成因。

5.3　硅质岩稀土配分特征

稀土分布曲线总体向右倾斜,石英脉曲线显示铕存在弱正异常,δEu 为 1.15,相对于硅质岩在 Eu 处有一个明显低谷,δEu 为 0.5,显示铕存在负异常,反映其成因与正常沉积岩不同,从四条曲线对比来看,硅质岩与石英脉、花岗斑岩曲线差别较大,与

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

火山角砾岩曲线基本合谐一致，当然 1 与 2 在个别样品上不一致，表现在 Ce 元素上。因为火山岩属浅成侵入岩，显然与浅海火山喷气沉积成因有所不同，所以曲线稍有差别也是理所当然，但可以表明物质来源一致，说明二者有成因联系，在演化特点上有明显相似性(表 7，图 3)。

5.4 硅质岩成因

硅质岩成因笔者认为属辽东裂谷中晚期浅海火山喷气形成的。其依据如下。

1. 硅质岩中矿物成分主要为隐晶质玉髓，显微镜下多呈纤维状矿物集合体，并呈放射状排列，构成球粒状结构，此种结构说明硅质岩在喷溢时处于海底高温速冷条件下生成。

2. 硅质岩在喷溢过程中受外力作用影响较强，

表 7 硅质岩及有关岩石的稀土含量

Table 7 REE contents in the siliceous rocks and other rocks correlated

元素与岩石名称比值	稀土元素含量 ($\times 10^{-6}$)															特征值		
	La	Ce	Pr	Nb	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE/HREE	δEu
青城子矿田硅质岩 2	13.00	32.00	5.70	18.00	4.20	0.80	4.35	1.00	3.50	0.85	2.50	0.25	1.90	0.40	20.00	76.52	1.22	0.57
青城子矿田硅质岩 4	14.00	32.00	5.20	19.00	4.40	0.90	5.40	0.90	3.60	1.00	2.20	0.20	2.30	0.20	25.00	116.30	4.80	0.56
小佟家卜子硅质岩	20.18	35.32	3.41	32.00	10.24	0.80	1.62	0.16	1.34	0.73	2.40	0.46	0.89	0.20	10.86	106.53	4.53	0.37
高家卜子硅质岩	12.00	32.00	6.30	17.00	4.00	0.70	3.30	1.10	3.40	0.70	2.80	0.30	1.50	0.10	6.30	99.40	5.92	0.58
平均	14.70	32.83	5.15	21.50	5.76	0.80	3.66	0.94	2.96	0.82	2.47	0.30	1.64	0.22	15.54	99.68	4.12	0.50
青城子新岭花岗斑岩	10.29	30.77	3.23	10.71	2.76	0.43	1.99	0.68	6.27	0.85	0.77	0.15	1.23	0.19	5.82	82.62	3.85	0.54
火山角砾岩	15.11	67.50	3.81	15.46	3.45	0.64	3.35	0.56	3.77	0.81	2.54	0.40	2.77	0.43	22.27	–	–	0.57
青城子石英脉	4.20	9.90	2.50	5.7	1.40	0.50	1.20	0.30	0.80	0.30	1.40	0.10	0.40	0.20	5.30	34.20	–	1.15
球粒陨石值	0.378	0.976	0.138	0.716	0.23	0.086	0.311	0.0568	0.39	0.0868	0.255	0.0399	0.249	0.0387	–	–	–	0.95

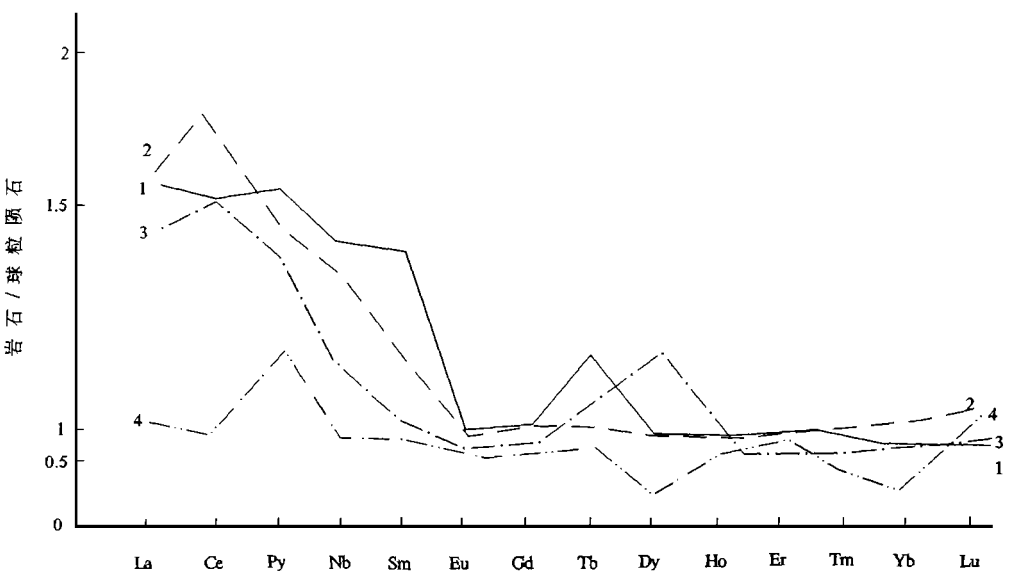

图 3 硅质岩球粒陨石标准化的稀土元素模式图

Fig. 3 Chondrite-normalized REE pattern of the siliceous rocks

1. 硅质岩；2. 次火山角砾岩；3. 花岗斑岩；4. 石英脉

1. Siliceous rocks; 2. subvolcanic breccia; 3. granite-porphyry; quartz veins

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

在显微镜下可见石英具裂纹及波形、放射状消光,白云母具变形弯曲形成“S" 型拆扭,在小佟家堡子金矿床硅质岩中发现有富镁电气石、黄玉、白云母等矿物,前两种为典型气成矿物。

3. 稀土元素分布表现出明显的规律性,硅质岩 δEu 与次火山角砾岩接近,属非岩浆热液成因,与石英脉相差较大。通过岩石化学分析结果计算,表明硅质岩属于英安质凝灰岩,即火山喷发沉积成因。

4. 在桃源金矿床硅质岩中发现有鲕状绿泥石呈浅褐色,具同心圆状鲕粒球体,据现代沉积学等方面研究,鲕绿泥石与海绿石形成于 10～167 m 温暖浅海,水温为 20 ℃左右,而海绿石形成于 10～15 ℃海水中,深度在 33～800 m 热带地区[5]。由此可见硅质岩形成于深度较浅而温度相对高的特殊地质环境,鲕绿泥石的发现为硅质岩的成因增添了最有说服力的证据。

综上所述,辽河群地层中的硅质岩在产状、结构、构造、矿物成分及特征矿物上都足以说明硅质岩属于浅海火山喷气成因。

6　硅质岩与成矿关系

经详查,小佟家堡子金矿床金主要富集在硅质岩中及上下盘,层位相当稳定,均富集在大石桥组与盖县组地层的过渡带上。由此可见,硅质岩分布区是成矿有利地区。在辽东半岛早元古界变质岩系(辽河群) 地层中发现多处含金硅质岩地质体,其中高家堡子形成大型银矿床,桃源形成小型金矿床,小佟家堡子为中大型金矿床。另外在青城子矿田外围发现一批金多金属矿(床)点。

硅质岩与成矿关系是由硅质岩形成机制决定的,硅质岩形成机制可从以下 3 个问题加以探讨。

6.1　硅质岩物质来源及形成时间

根据硅质岩在产状上具明显层状特征和较清晰层理,镜下球粒结构常见,石英具有再生加大边及破碎现象,并在小石门沟硅质岩中发现电气石、黄玉等典型气成矿物,所以可以认为硅质岩物质来源于切割地壳深处高温炽热熔融体经海水环流通过辽东裂谷的同生断裂喷溢沉积形成。

硅质岩形成时间依据野外盖县组呈盖层覆盖硅质岩层之上,在大石桥组上部大理岩地层的裂隙中有硅质岩的“筋骨“,所以认为硅质岩大致形成在辽河群,辽东裂谷发展中晚期,即界于大石桥组与盖县组沉积期。硅质岩形成之后经历了后期构造 - 变质热液及燕山期岩浆热液作用,形成如今所见的复杂化了的硅质岩。

6.2　硅质岩形成空间

6.2.1　构造空间

硅质岩的分布均处于 NW 向尖山子断裂两侧。尖山子断裂是一个切割地壳很深的断裂[6],断裂中有元古代花岗岩侵入,还有后期基性辉长岩脉侵入。说明该断裂在早元古代辽河群沉积时就已经开始活动,属辽河群(辽东裂谷同生沉积) 断裂(即同生断层),喷气沉积的硅质岩与该同生断层有成因关系,控制硅质岩分布和 Au,Ag 多种元素富集。后期构造对硅质岩起破坏作用,如脉岩的切割等。

6.2.2　层位空间

硅质岩的分布,较多集中赋存在辽河群大石桥组和盖县组接触部的片岩、大理岩互层过渡带中,呈多层分布。

6.3　硅质岩与成矿关系

在青城子矿田找到了硅质岩就找到了金矿。金矿床规模的大小与硅质岩分布规模有关。如小佟家堡子含金地质体,在空间上紧密依赖于硅质岩。经查定,硅质岩不同程度含金,即使是在极正常的岩石中金含量亦偏高,最高达 1.32×10^{-6},说明 SiO_2 喷溢时即携带出金银组分。硅质岩中含 Au:11×10^{-9}～15×10^{-9},Ag:23×10^{-6}～50×10^{-6}。显然由火山喷气形成的硅质岩即是原始含矿层,也是金矿载体。

后期构造活动在硅质岩上下盘的柔性岩层接触部形成强弱不等挤压片理化,在其与切层断裂交切处硅质岩中的金矿化较强。

尖山子同生断裂具有多期重复活动特点,构造活动导致多次喷溢。早期浅海火山喷溢沉积形成的硅质岩被后期断裂活动破碎,后期喷溢的硅质热液叠加或充填在早期形成的硅质角砾间,使硅质岩金品位更高。在辽河群变质作用过程中,变质作用也可以使硅质岩的金活化富集成矿。另外,中生代早期新岭花岗岩的侵入与构造热动力作用,如岩浆侵位和煌斑岩脉,也可能对硅质岩金矿的富化起某些作用。

从小佟家堡子金矿地质来看,可以说没有硅质岩就没有金、银矿体。硅质岩本身或附近就是矿体,硅质岩与后期硅质热液叠加更有利于富集成矿,所

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

以说硅质岩和石英脉都是直接的找矿标志。

7 结论

1. 综合上述分析、对比，硅质岩属于浅海火山喷气成因。

2. 硅质岩与石英脉与成矿关系密切，两者都是找矿标志。

3. 硅质岩在找矿及矿床研究中有着重要作用，因此，重视和加强硅质岩的研究，可能给地质找矿带来新的突破。

致 谢：在成文过程中曾得到高级工程师刘智海、北京矿产地质研究所情报室主任边绍志高级工程师大力支持和审查、指正，谨此致谢。

参考文献：

[1] 申永治．辽河群铅锌矿床稳定同位素特征及找矿方向研究[J]．辽宁地质学报，1992，(2)：23～27.

[2] 赵广繁．辽东早元古代金银多金属成矿区成矿条件及找矿方向[J]．有色金属矿产与勘查，1996，5(4)：199～203.

[3] 王秀福．浅谈辽东裂谷硅质岩与成矿[J]．辽宁有色金属地质，1995，(1～2)：24～30.

[4] 边绍志．喷气-沉积矿床成矿作用研究现代与进展[M]．矿床地质系列丛书．1994. 48～50.

[5] 北京大学地质系岩矿教研室．光性矿物学[M]．北京：北京大学出版社 1988. 46～66.

[6] 刘智海．青城子外围铅锌矿床同位素地质初步研究[J]．辽宁地质学报，1982，(1)：121～128.

DISCUSSION ON THE RELATIONSHIP OF QUARTZ VEINS AND SILICEOUS ROCKS WITH GOLD AND SILVER METALLOGENESIS

JIANG Ying, LIU Xian-li, LIU Zhi-yuan

(103 Team, Liaoning Bureau of Geology and Exploration, China Nonferrous Metal Industry Co., Dandong 118008, China)

Abstract: In the west section of Liaodong rift, large scale Pb-Zn deposits and large-or middle-scale Au-Ag deposits have been explored out in Liaohe Group, with a great potencial of more Au-Ag resources proven by the present studies. It should be paid more attention on the geological phenomenon that all these Au-Ag deposits accompany with siliceous rocks and quartz veins. In the studied area, the occurrence of siliceous rocks was controlled by stratohorizon with stratoid or lenticular form and basically parallel with sorrounding strata and a siliceous rockbody problebly was an Au-Ag orebody; quartz veins also have close relationship with Au-Ag and Pb-Zn deposits, their sacle and distribution characteristics decided the scale of deposits. So, either siliceous rocks or quartz veins is a direct sign of geological exploration, for example, in Qingchengzi area where siliceous rocks have been found with accompanying mineralization. The major mineral composition of siliceous rock is chalcedony. Characteristics of mineragraphy and REE geochemistry indicate that siliceous rocks formed in the effusion period, while the exhalation materials of shallow-sea volcanoes falling in contemporaneous faults during Liaohe Group was sedimenting; but the quartz veins were hydrothermal genesis of postmagmatism. Hydrothermal process of postmagthermatism and the postmagmatic superumposing hydrothermal were also favourable to Au-Ag metallogenesis.

Key words: Qingchengzi; quartz vein; siliceous rock; Au-Ag deposit; shallow-sea volcano exhalation genesis

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net