

湖北白果园银钒矿床中银的成岩富集机制探讨^{*}

陈开旭 杨振强

(地质矿产部宜昌地质矿产研究所,宜昌)

金光富 谢发鹏

(湖北地质矿产局鄂西地质大队,丹江口)

提 要:通过对白果园银钒矿床中不同形态和不同期次含银黄铁矿的研究,发现富银矿体在空间上与含银量高的黄铁矿密切相关,反映在时间上,趋向于成岩晚期富集。本文从热水沉积成矿的观点出发,结合流体包裹体的研究和含银黄铁矿的演化特点,探讨了银在不同成岩阶段所处的物理化学环境及其迁移富集条件,从而提出了银在热水沉积-成岩过程中的迁移富集机制。

主题词: 银钒矿床 含银黄铁矿 成矿阶段 成矿流体 湖北白果园

白果园银-钒矿床位于湖北省兴山县。含矿层位属于震旦系陡山沱组。该矿床发现于 70 年代中期,1980~1984 年经鄂西地质大队详查确定为大型矿床,并对矿床的银钒赋存状态及其成因做了初步研究^{①②}。1992~1993 年,作者参加了对矿床的地质特征及成因类型的补充性研究^③,在银的富集规律和成矿机理方面取得了许多新进展。本文拟从载银矿物特征和成矿流体性质来探讨银在沉积成岩过程中的富集机制。

1 矿床地质特征

白果园银钒矿床位于扬子准地台黄陵背斜北西缘,区域上樟村坪断裂从矿区的西南侧通过。含矿岩系为震旦纪上统陡山沱组上部的黑色页岩段,由于后期构造对矿床的影响极其微弱,所以是一个典型的黑色页岩型沉积矿床。含矿岩系分上下两个亚段:上亚段为黑色页岩,是主要的含钒层位;下亚段为黑色页岩与白云岩互层,是银钒矿床的主要赋存层位。矿体为层状或似层状,延伸约 4000m,从东至西矿层逐渐变薄^[2]。共分为茅草坪、白果园、安家河三个矿段,其中富银矿体主要集中于白果园矿段。

矿石矿物成分比较复杂。主要金属矿物为黄铁矿,次为铅、锌、银、铜硫化物;非金属矿物主要为伊利石、白云石,次为重晶石、胶磷矿、石英等。矿石构造以条带状、纹层状、结核状构造最常见,矿石中黄铁矿多具胶状结构和草莓状结构,为一套典型的沉积成岩组构。

矿石中银以硫化物、硒化物及自然元素的形式产出。其中以硒银矿、辉银矿-螺状硫银矿较为常见,次为硫银锗矿含硒变种和自然银。银矿物粒度极细($<0.03\text{mm}$),主要呈它形粒状或

^{*} 地质矿产部资助项目

陈开旭,男,1965 年生,助理研究员,从事矿床地球化学研究。邮政编码:443003

1996-01-22 收稿,1996-09-12 修改回

① 鄂西地质大队,1984,湖北兴山县白果园银钒矿床详细普查地质报告

② 湖北省地矿局实验室,1981,湖北兴山县白果园银钒矿床物质成分、银钒赋存状态及成因探讨

③ 湖北省地质矿产局、鄂西地质大队、宜昌地质矿产研究所,1993,湖北省兴山县白果园银钒矿床地质特征及成因类型研究

不规则状产于黄铁矿的晶隙和裂隙中,少量分散于其他矿物中。电子探针及扫描电镜的结果表明黄铁矿中的银矿物包裹体主要为 $1\sim 6\ \mu\text{m}$ 的辉银矿和硒银矿。

2 载体矿物与银的富集

2.1 黄铁矿

银钒矿石中黄铁矿的含量一般为矿石总量的 $1\%\sim 5\%$,其粒度变化较大,粒径范围为 $0.001\sim 0.9\ \text{mm}$ 。经作者对黄铁矿晶形的认真鉴别和统计,确认存在七种不同形态的黄铁矿,最常见的为胶状黄铁矿和立方体黄铁矿,其次为球状和矛状黄铁矿,再次为五角十二面体与立方体聚形、五角十二面体以及八面体晶形。从这同类黄铁矿的形态及其关系分析,胶状黄铁矿为隐晶质集合体,是同生沉积期的产物,显然形成时间最早;球状黄铁矿为极细粒黄铁矿的球形集合体,含有较多的黑色有机物质,形似草莓状,是典型的成岩早期产物;矛状黄铁矿为矛状矿物完全被黄铁矿交代所致,矛状晶体系聚形晶,通过测角及晶体外观的分析,交代前的矿物应为矛状白铁矿,这种交代作用发生于成岩晚期;立方体等其余几种黄铁矿常见的自形—半自形晶,多为成岩晚期的产物。

不同形态的黄铁矿含银量表现出很大的差异。表 1 中列出了主要含银矿物的电子探针分析结果。各类黄铁矿含银量从高到低的顺序为:矛状 $\rightarrow$ 球状 $\rightarrow$ 五角十二面体与立方体之聚形 $\rightarrow$ 五角十二面体 $\rightarrow$ 立方体 $\rightarrow$ 胶状和八面体。结合前述黄铁矿的生成顺序,可以发现,随沉积成岩作用的演化,银显示出在成岩黄铁矿中富集,具有明显的成岩富集特征。

黄铁矿成分的另一个显著特点是硒含量高($0.031\%\sim 1.611\%$)。其中球状黄铁矿中硒富集更加明显,硒含量一般为其他黄铁矿几至几十倍,可能与其中大量的有机杂质易于吸附硒有关。微量元素中钴含量($0.015\%\sim 0.057\%$),一般大于镍含量($0\%\sim 0.039\%$,大部分低于检出限),且 S/Se 比值很低($13\sim 1727$),反映出成矿物质来源与火山作用有关。

空间上,黄铁矿的含量及分布与银品位的高低息息相关。矿区两种赋银矿石黄铁矿特征差异较大,从而导致了两类矿石银品位的不同。贫硫化物黑色页岩夹白云岩型矿石中,黄铁矿呈纹层状和稀疏浸染状,含量一般低于 3% ,含银为 $(65\sim 150)\times 10^{-6}$;富硫化物黑色页岩型矿石中,黄铁矿以条带状和稠密浸染状构造为主,含量一般高于 3% ,含银一般大于 150×10^{-6} 。

作者通过对白果园矿段 PD1 平硐内银钒矿层剖面的矿石重砂处理,获得了黄铁矿各类晶形(粒度大于 $0.1\ \text{mm}$)在矿石中的相对含量(即在重矿物中所占比例),其中主要晶形为矛状、球状、立方体、胶状,其它晶形极少(相对含量小于 0.1%)。据统计结果与相应矿层中银的品位进行了对比(图 1)。可以发现银含量与矿层中黄铁矿的总量并不是一一对应关系,而是与矛状、球状、立方体黄铁矿三者含量之和同步消长。值得指出的是,这三类黄铁矿的含量与黄铁矿的总含量相比,主要是剔除了胶状黄铁矿的含量,从而进一步证实了银的富集主要与成岩期黄铁矿相关。由此作者认为含银黄铁矿在岩石中的分布制约了银在岩石中的含量,而银的富集程度则主要取决于含银量高的成岩期黄铁矿(矛状、球状、立方体)在矿层中的含量。

表 1 白果园银钒矿床主要含银矿物电子探针分析结果(%)

Table 1. Electron microprobe analyses of major argentiferous minerals from the Baiguoyuan silver-vanadium deposit

矿物名称	胶状黄铁矿		八面体黄铁矿		立方体黄铁矿	五角十二面体黄铁矿	五角十二面体与立方体聚形	矛状黄铁矿		球状黄铁矿	方铅矿	褐铁矿	板状重晶石		单锥状重晶石	
	45.72	46.63	45.78	46.65	46.16	46.01	46.44	45.59	45.57	45.40	45.10	45.14	45.03	45.14	—	—
Fe	45.72	46.63	45.78	46.65	46.16	46.01	46.44	45.59	45.57	45.40	45.10	45.14	45.03	45.14	—	—
S	53.32	53.54	53.45	52.97	53.54	53.07	53.10	52.30	52.26	52.80	53.71	53.35	52.69	53.13	51.33	51.33
Ag	0	0	0	0	0.20	0.29	0.35	0.38	0.29	0.66	1.01	0.14	0.20	0	0.01	0.00
Au	0.00	0.00	0	0.01	0	0	0	0	0	0.01	0.02	0.03	0	0	0	0.00
Co	0.03	0.01	0.04	0.02	0.05	0.04	0.05	0.02	0.03	0.05	0.02	0.02	0.04	0	0	0.03
Ni	0.01	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0.03	0.09	0.01	0.03	0	0.01
Cr	0.01	0.00	0.01	0	0.02	0	0	0	0	0	0.01	0.02	0	0	0	0
Pt	0.00	0.00	0	0	0	0.03	0.01	0	0.02	0.10	0	0	0	0	0	0.00
Pd	0	0.00	0	0.00	0.01	0	0.01	0	0	0.04	0.02	0	0	0	0	0.00
Se	0.06	0.03	0.03	0	0.34	0.14	0.21	0.50	0.34	0.04	0	0	0	0	0	0
Ge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	86.82	86.81	—	—	—	—
Ba	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	54.39	54.40	54.01	53.98
Sr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	0.05	0.04	0.04
S/Fe 原子比	2.03	2.00	2.01	1.99	2.02	2.00	1.99	1.99	2.02	2.07	2.03	2.02	—	—	—	—
S/Se 重量比	874	1727	1724	151	149	361	252	104	151	1288	231	33	72	—	—	—

注:由中国地质大学(武汉)测试中心电子探针室测定,“—”表示未测定和未计算

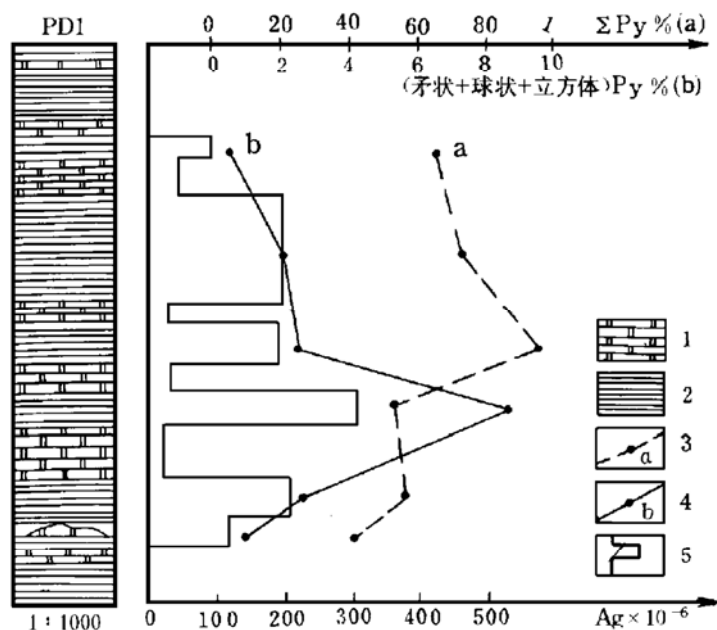


图 1 黄铁矿含量与银含量变化曲线图

1—白云岩;2—黑色页岩;3—黄铁矿总量;4—矛状+球状+立方体黄铁矿含量;5—银含量

Fig. 1. Variation of silver content with pyrite content.

1—Dolomite; 2—Black shale; 3—Total amount of pyrite; 4—Content of spearhead+spheroid+cubic pyrite; 5—Silver content.

2.2 其它载银矿物

矿石中重晶石分布较普遍,一般为板片状晶形,少数为单锥状和团粒状集合体,多顺层产出,可切穿层理,但不切穿层面,含银量较低(0.003%~0.018%),其周边常有黄铁矿的交代边。重晶石的稀土元素及分布特点具有热水沉积的特征^[5],形成于同生至成岩早期。重晶石的硫同位素组成为 $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}} = +24.80\text{‰} \sim +29.08\text{‰}$,代表了沉积环境中海水的硫同位素组成。

方铅矿为细粒铅灰色立方体自形晶,分布局限。虽然含银量较高(0.082%~0.249%),但由于它在矿石中所占比例太低,因此难于影响银矿石的品位。

3 成矿流体的性质

通过对重晶石中流体包裹体的观察发现,矿物中流体包裹体不发育,个体较小,多数小于 $1\mu\text{m}$,以椭圆状和不规则状为主。主要类型为富液相水的气液两相包裹体;气液比小于 10%。总体特征反映包裹体被捕获时处于一种热液活动相对宁静的环境。

3.1 流体的温度、压力、盐度和密度

(1)温度:重晶石的实测均一温度值集中于 $150 \sim 190\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,均值为 $165\text{ }^{\circ}\text{C}$,其爆裂温度范围为 $160 \sim 178\text{ }^{\circ}\text{C}$,与均一温度值相近;胶状黄铁矿的爆裂温度为 $238\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,而立方体黄铁矿的爆裂温度仅为 $152\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。胶状黄铁矿与重晶石为同生至成岩早期的产物,可以认为重晶石的温度基本代表了这一时期的温度范围,而胶状黄铁矿的爆裂温度作为该时期温度的上限。立方体黄铁矿为成岩晚期产物,说明成岩晚期温度低于 $152\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。另外,由黑色页岩中的粘土矿物、干酪根以及沥青质体的镜质组反射率计算出来的沉积成岩温度范围为 $132 \sim 182\text{ }^{\circ}\text{C}$,与流体包裹体的实测结果基本一致,所以重晶石和黄铁矿中流体包裹体的实测温度值主要体现了成矿的温度条件。

(2)压力:利用重晶石中含 CO_2 的流体包裹体测得捕获压力为 $50 \sim 58\text{ MPa}$ 。由于后期改造弱,且无沸腾包裹体存在,因此该捕获压力应相当于静岩压力。

(3)盐度和密度:实测重晶石中流体包裹体的盐度范围为 $3.7 \sim 8\text{ wt}\%\text{NaCl}$,均值为

5.79wt%NaCl,高于正常海水的盐度(3.5wt%NaCl),属于中低盐度。由温度、盐度求得相应的密度范围为 0.94~0.98 g/cm³,为中等密度。

3.2 流体的成分、氧逸度和 pH 值

表 2 为重晶石中流体包裹体成分分析结果。气相成分主要为 H₂O 和 CO₂,占气相成分的 99%~99.76%,但 CO₂/H₂O 比值很低(0.013~0.048),反映热液活动并不十分强烈。除 CO₂ 外,气相组分中还含有一定量的 CO 和 CH₄ 等碳化物,说明当时环境中碳质来源较充足。

液相成分主要为 Cl⁻、SO₄²⁻、Ca²⁺、Na⁺、K⁺,其中 Na⁺ 含量略高于 K⁺ 含量(Na⁺/K⁺=0.818~1.524),F⁻/Cl⁻ 比值低(0.057~0.146),反映出典型的沉积成岩特征。结合气相成分,成矿流体为 Na⁺-Ca²⁺-SO₄²⁻-Cl⁻-CO₂-H₂O 体系的热卤水溶液。

根据包裹体的气液相成分和有关文献^[3],计算求得流体的氧逸度为(10^{-46.49}~10^{-47.7})×10⁴Pa,pH 值为 4.29~4.40(表 2)。

由于重晶石形成于同生至成岩早期,所以上述流体的性质代表了该时期流体特点及所处环境。由此可知,同生至成岩早期流体为低氧逸度、偏酸性的热卤水溶液。

表 2 重晶石中流体包裹体成分及相关的物理化学参数

Tbale 2. Fluid inclusion composition of barite and related physicochemical parameters

组 分	样 号	93-人工-18	93-人工-20	93-人工-23	93-人工-30	93-人工-22
气相成分 (10 ⁻⁶)	H ₂ O	3110	2112	2446	2860	2520
	CO ₂	41.4	101.80	87.20	72.60	61.50
	CO	6.7	21.40	10.80	11.56	19.08
	CH ₄	0.62	0.80	0.24	0.15	0.44
	H ₂	0.09	0.168	0.07	0.262	0.204
液相成分 (10 ⁻⁶)	K ⁺	3.41			2.18	7.40
	Na ⁺	5.20			3.12	6.05
	Ca ²⁺	31.60			24.00	27.40
	Mg ²⁺	1.06			0.82	3.11
	Li ⁺	0.018			0.008	0.032
	F ⁻	2.51			1.08	0.92
	Cl ⁻	17.20			10.40	16.10
	HCO ₃ ⁻	1.80			0.90	1.10
	SO ₄ ²⁻	60.40			68.80	47.20
成分参数	CO ₂ /H ₂ O	0.013	0.048	0.036	0.025	0.024
	$\frac{H_2O+CO_2}{\Sigma \text{总气体}}$	99.76	99.00	99.56	99.59	99.24
	K ⁺ /Na ⁺	0.656			0.699	1.223
	F ⁻ /Cl ⁻	0.146			0.104	0.057
	mCl ⁻	0.491			0.297	0.460
	mSO ₄ ²⁻	0.629			0.717	0.492
lgfO ₂		-46.49	-47.59	-46.84	-47.70	-47.58
pH 值(计算)		4.40			4.29	4.38

注:成分由中国地质大学包裹体教研室测定

4 银的富集机制

4.1 银的迁移形式

银的实验研究表明^[4],银在酸性溶液中易于活化,而在碱性溶液中活化量最低,且在弱还原条件下迁移最强,氧化条件次之,在强还原环境下迁移很弱。活化出来的银呈一价银离子,可以与 Cl^- 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 、 HCO_3^- 等形成络合物而迁移,其中银呈 $[\text{AgCl}_2]^-$ 的形式迁移能力最强,且该络合物随温度的增加而迁移能力增强。

由前述成矿流体中富含 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等离子,结合白果园矿床的选冶实验^①,以 NaCl 溶液对银的浸出效果最佳,其次为 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液。由此作者认为银在矿液中的迁移形式主要为 $[\text{AgCl}_2]^-$, 次为 $[\text{AgS}_2\text{O}_3]^-$ 。

4.2 银的富集机制

白果园银钒矿床是国内外少见的矿床类型。关于其成因,最新的研究发现在矿层中存在钾长石微球粒,自生钾长石、钠长石、含铁粘土(含铁蒙脱石)等组分,并且矿层具有明显的碳、氧同位素负偏移和重晶石稀土元素负异常和铷正异常,因此作者认为该矿床是与地球灾变事件有关的热水沉积-成岩矿床^[5]。银的富集成矿经历了从沉积到成岩的漫长演化过程。

同生沉积期,在热水环境中,银随着胶状黄铁矿以及富含有机质的碳硅泥质沉积而分散于原始沉积物中,形成含银的初始富集层,此时相对氧化的环境使银处于亚稳定状态。

成岩早期,仍处于一种地热异常环境,埋藏的沉积物在压实和脱水作用下,封存的海水及层间水逐渐被释放。在一定的温压($t=165\text{ }^\circ\text{C}$ 左右, $p=50\sim 58\text{ MPa}$)条件下,封存水演化成中低盐度(3.8~8wt% NaCl)的热卤水溶液。由前述可知,该溶液为低氧逸度、偏酸性,富含 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等活化离子的流体,易于从半固结(或未固结)的岩石中带出银,并以 $[\text{AgCl}_2]^-$ 、 $[\text{AgS}_2\text{O}_3]^-$ 等络合物的形式迁移,形成含银的成矿流体。该阶段随氧化还原条件的改变,沉积时形成的矿物发生了转化和重结晶。非晶质(胶状)黄铁矿部分转化成球状、草莓状、结核状等形态,并普遍重结晶;球状黄铁矿富硒和富有机质,造成局部的地球化学障,导致银络合物分解,使部分银以硒化物的形式沉淀于其中,形成富银的黄铁矿。

成岩晚期,成矿环境发生了较大变化,造成银的大量沉淀而富集成矿。首先表现为温度的降低。同生至成岩早期,在热水沉积的背景下,区域上具有高热异常的特点,环境温度较高;重晶石的包裹体测温显示环境的温度在 $165\text{ }^\circ\text{C}$ 左右。而成岩晚期环境的温度主要是地热增温的结果,立方体黄铁矿的爆裂温度显示当时的温度低于 $152\text{ }^\circ\text{C}$,可见从成岩早期至成岩晚期温度呈下降的趋势。其次,黄铁矿交代白铁矿,形成具有矛状假象结构的黄铁矿,表明环境的酸碱度发生了变化。由前述可知,成岩早期属偏酸性环境,有利于白铁矿的存在,成岩晚期黄铁矿对白铁矿的交代作用,反映出酸性环境向碱性环境的转化。再次,成岩晚期的硫酸盐细菌还原作用及细菌发酵作用增强,环境的硫逸度增加,趋于强还原环境,表现出重晶石普遍被黄铁矿交代

① 湖北省地质实验室,1983,湖北兴山白果园银钒矿选冶实验研究报告

和广泛的浸染状黄铁矿化。由银的活化迁移条件可知,温度的降低、碱性的增强、强还原作用将有利于银络合物分解,而此时环境中高含量的硫和硒,促使银以辉银矿和硒银矿的形式伴随硫化物的形成而沉淀,导致银矿物与黄铁矿的紧密共生,形式上以显微包裹体赋存于黄铁矿中,表现出富银矿体与富银黄铁矿层在空间上的统一。

感谢地质矿产部黄崇轲高工和湖北地质矿产局刘源骏高工的指导和大力支持!

参 考 文 献

- 1 刘宝珪,张锦泉主编. 沉积成岩作用. 北京:科学出版社,1992
- 2 陈超,谢发鹏. 白果园黑色页岩型银钒矿床. 矿床地质,1986,5(1):53~62
- 3 卢焕章,李秉伦,沈昆等. 包裹体地球化学. 北京:地质出版社,1990
- 4 梁祥济,乔莉,王福生. 中国红石砬子型金矿床形成的物理化学条件. 北京:学苑出版社,1992
- 5 杨振强,陈开旭,金光富等. 地球灾变事件、热水沉积和有机质富集成矿:湖北白果园震旦纪银钒矿床的沉积学. 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊,1995,95~104

A PRELIMINARY DISCUSSION ON SILVER ENRICHMENT MECHANISM IN THE DIAGENETIC PROCESS OF THE BAIGUOYUAN SILVER-VANADIUM DEPOSIT, HUBEI PROVINCE

Chen Kaixu, Yang Zhenqiang

(Yichang Institute of Geology and Mineral Deposits, Chinese
Academy of Geological Sciences, Yichang 443003)

Jin Guangfu and Xie Fapeng

(West Hubei Geological Party, Hubei Bureau of Geology
and Mineral Resources, Danjiangkou 441900)

Key words: silver-vanadium deposit, silver-bearing pyrite, diagenetic stage, ore-forming fluid, Baiguoyuan of Hubei

Abstract

The Baiguoyuan silver-vanadium deposit is of black shale type rarely seen both in China and abroad, with pyrite in the ore bed serving as the main carrier mineral. Based on studying pyrite of different shapes and stages, the authors have found that the enrichment of silver was intimately related to pyrite of diagenetic stage. Spatially, the grade of silver is obviously conditioned by the content of silver-high pyrite (spear-shaped, spherical and cubic pyrite) in the ore bed; temporally, the migration and enrichment of silver were consistent with the evolution of pyrite of the diagenetic stage. (1) The sedimentary and syngenetic period: in a hot water environment, silver was scattered in sediments together with the deposition of colloidal pyrite and carbonaceous-siliceous-pelitic sediments. (2) The early diagenetic period: under a certain temperature and pressure condition ($t = 165^{\circ}\text{C} \pm$, $p = 550 \times 10^5 \sim 580 \times$

10^5Pa), connate water evolved into hot brine solution characterized by low oxygen fugacity ($f_{\text{O}_2} \approx 10^{-46.49 \sim -47.7} \times 10^5\text{Pa}$), slightly acid nature ($\text{pH} \approx 4.29 \sim 4.40$) and rich activated ions (Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} etc.), which caused the mobilization and migration of silver in the form of $[\text{AgCl}_2]^-$. (3) The late diagenetic stage: The drop in temperature ($t < 152^\circ\text{C}$), the increase in sulfur fugacity, the rising of alkalinity and the intensification of reduction resulted in the decomposition of silver complex, and the silver was concentrated in pyrite formed at the late diagenetic stage, thus exhibiting the macroscopic unity of the rich silver orebody and the silver-bearing pyrite bed.

科研简讯

西昆仑昆盖山北坡发现“二位一体” 火山岩型块状含铜黄铁矿矿床

西昆仑昆盖山北坡是我国近年发现的具有重要找矿远景的火山岩型块状含铜黄铁矿矿床分布带,东西长近百公里,南北宽 $10 \sim 20\text{ km}$, 已知矿床和矿点达十多处(新疆地质矿产局, 1994)。目前该带正进行 $1:5$ 万区域地质调查和矿床详查评价工作, 并且主要集中在晚石炭世火山岩层产出的矿床(新疆地矿局第二区调队, 1996)。

通过国家 305 项目 06-02 专题组和新疆地矿局第二区调队, 1996 年的野外地质调查, 确认该带块状含铜黄铁矿矿床属于产在石炭纪双峰态火山岩系内, 具有双层位(上、下石炭统)、双类型(酸性、基性火山岩)空间上共生产出的成矿特点, 构成“二位一体”火山岩型块状含铜黄铁矿成矿带。根据容矿主岩岩性, 块状含铜黄铁矿矿床可分成两个亚类, 并且沿着二个火山地层层位产出: 一类主要产在上石炭统中酸性火山凝灰岩层内, 以阿克塔什、卡拉长依、萨西萨苏矿床(点)为代表, 是目前详查评价的主要对象; 另一类主要在下石炭统细碧质基性火山岩层内产出, 以萨洛依、克鲁滚涅克和萨哥孜汗矿床(点)为代表。

上石炭统容矿岩系由下到上可分出四个岩性段, 紫绿色含角砾绿泥片岩与紫色泥质片岩互层带, 原岩为含角砾玄武质凝灰岩与泥质、铁质泥岩互层带; 成层性好、由泥质粉砂岩和粉砂质泥岩变质形成的绿泥片岩; 结晶灰岩; 变晶屑凝灰岩。矿体(化)主要在变晶屑凝灰岩层内产出。下石炭统容矿岩系由下到上亦可分出四个岩性段: 火山角砾岩; 厚层基性枕状熔岩; 流纹质火山熔岩和凝灰岩; 大理岩。矿体(化)主要在厚层基性枕状熔岩层位上部, 部分在流纹质凝灰岩层中产出。从火山地层层序和成矿条件分析, 下石炭统基性火山岩层内产出的矿床更具找矿远景。

这两类矿床均由上部块状含铜黄铁矿矿体及下部细脉浸染状黄铁矿、黄铜矿化组成, 基本不含铅、锌。矿化常伴生强烈的热液蚀变, 酸性火山岩型矿化主要伴生硅化、绢云母化和碳酸盐化, 基性火山岩型矿化常伴生绿泥石化、绿帘石化、硅化和碳酸盐化。在块状矿体上部和外延火山岩地层内, 发现与地层产状一致的海底热液喷气岩, 酸性火山岩内主要为燧石岩, 基性火山岩层内为碧玉岩和条纹状夹绿帘石条带的浅红色碳酸盐岩。硫化物在地表多数已氧化形成褐铁矿, 黄钾铁矾和硫磺等次生氧化矿物。

这种“二位一体”式火山岩型块状含铜黄铁矿床很可能代表火山岩型块状硫化物矿床家族新亚类, 无论在理论上还是指导进一步找矿方面均具有重要意义。目前, 对该类矿床野外和室内的研究工作正在进行中。

(李纯杰 孙海田 李锦蓉 吴海)