

广西大瑶山—西大明山地区寒武纪黄铁矿 成分标型特征*

Typomorphic Characteristics of Cambrian Pyrite in Dayaoshan-Xidamingshan, Guangxi, China

蒙义峰¹ 翟裕生² 崔彬² 黄方方³ 树皋³ 刘家华³

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 中国地质大学, 北京 100083;

3 广西地质调查研究院, 广西 南宁 530023)

Meng Yifeng¹, Zhai Yusheng², Cui Bin², Huang Fangfang³, Shu Gao³ and Liu Jiahua³

(1 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2 China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3 Guangxi Geological Survey Research Institute, Nanning 530023, Guangxi, China)

摘 要 广西大瑶山—西大明山地区寒武系发育有热水沉积的含硫化物硅质岩, 硫化物以黄铁矿最普遍和典型。本文对黄铁矿电子探针分析结果进行了成分标型特征分析, 判断它们的成因, 并探讨其与区内相应金、银矿床的成因关系。

关键词 寒武系 热水沉积黄铁矿 标型特征 广西

热水沉积成岩成矿作用形成的硅质岩和硫化物, Adachi et al. (1986)、Yamamoto et al. (1987)、韩发等和 Hutchinson (1989、1991) 等为代表的一大批学者在 80 年代初研究描述过热水沉积硅质岩和层状沉积-喷气硫化物, 指出热水沉积硅质岩和硫化物的地球化学特征及其在成岩成矿作用过程中的意义, 阐述过硅质岩和条带状、条纹状硫化物, 胶状、草莓状和微角砾状硫化物的形成环境、条件及其成因, 指出它们是典型的沉积-喷气硫化物矿床的产物和沉积组构 (韩发等, 1989a, b, 1991; Adachi et al., 1986; Yamamoto, 1987)。

大瑶山—西大明山地区寒武系热水沉积硅质岩、含碳质泥质硅质岩中普遍含有黄铁矿, 呈星点状、结核状、条纹条带状产出, 具沉积层理特征。为了研究热水沉积黄铁矿与 Au、Ag 矿床中的黄铁矿之间的内在关系, 即它们之间在成因上是否有直接的联系, 分别从大瑶山—西大明山地区寒武系热水沉积层位和金、银典型矿床中选送了 15 件黄铁矿样品, 送中国地质大学 (北京) 电子探针室分析 (电子探针分析试样采用黄铁矿, 各元素检测限不同, 测试加速电压 20×10^8 Pa), 进行了 18 个点电子探针分析, 结果如表 1 所示。

1 黄铁矿的成分标型特征

矿物的化学成分是矿物最本质的特征之一, 它的变化与形成条件有密切关系, 是信息量最大的标型特征, 其它标型特征基本上受成分与结构的制约。矿物成分标型的理论基础是: 矿物的成分及其类质同象代替、同位素、包裹体成分等随着介质的物化条件而改变, 因而可以利用成分的变化来判断形成矿物的介质的物化条件。矿物类质同象成分标型, 对不同成因的岩石和矿床、含矿与不含矿地段、不同的温压、氧化还原及酸碱条件等, 在矿物的成分中 (主元素与微量元素类质同象替换) 都能敏锐地反映出酸碱度的标志及

* 本文得到基金项目 (国土资源部资源与环境科技攻关项目, No: 95-02-013) 资助
第一作者简介 蒙义峰, 1961 年生, 男, 博士, 从事矿床学、区域地质调查研究。

找矿的标志（陈光远等，1987）。

表 1 黄铁矿电子探针分析结果表(w_B%)

产 地	砷矿沟			龙头山金矿			贺县小内冲		古袍金矿
样 号	Sh-3a-1py	Sh-3a-2py	Sh-3a-3py	LT-7	LT-3-1	LT-3-2	XN-A	XN-10	GP-5
产 状	胶状	条纹状	块状	斑点状	块状	斑点状	结核状	条纹状	斑点状
S	53.81	53.29	54.59	53.14	53.76	53.05	52.94	54.02	53.32
Fe	44.99	45.59	44.69	46.13	45.20	45.88	44.51	45.17	45.10
Au	0	0	0.28	0	0.03	0.24	0.15	0	0.30
Ag	0.32	0	0	0.10	0	0.01	0	0.09	0
Cu	0.22	0	0.16	0	0.07	0.07	0	0	0.16
Sb	0.05	0.29	0.14	0	0	0	0.39	0	0.13
Zn		0.26	0.16	0.29	0.16	0	0.56	0	0.36
As	0.07	0.03	0.02	0	0.11	0.29	0	0.10	0.06
Co	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0
Ni	0.26	0	0.20	0.03	0.10	0	0.40	0.21	0.16
Se	0	0.04	0.04	0.02	0.03	0.03	0.13	0	0
Te	0.05	0.32	0.09	0	0.16	0.16	0.48	0	0.15
Cd	0.04	0.06	0	0	0	0	0.03	0.10	0
Cr	0	0	0.07	0.14	0.08	0.16	0.10	0	0.05
V	0.07	0.01	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0.25	0.14	0.08	0.09	0.16	0.04	0.16	0.24	0.14
Sn	0	0.19	0.08	0	0	0	0	0.02	0.18
Ga	0.01	0	0	0.06	0.02	0.06	0.02	0	0
Ge	0	0	0.01	0	0	0	0.02	0	0
Bi	0.19	0	0.12	0	0.13	0	0.11	0.04	0
S/(Fe+S)/%	54.46	53.89	54.99	53.53	54.32	53.62	54.33	54.46	54.18
Fe/(Fe+S)/%	45.54	46.11	45.01	46.47	45.68	46.38	45.69	45.54	45.82
Co/Ni								0.05	
S/Se		1332	1365	2657	1792	1768	4.07		
Se/Te		0.13	0.44		0.19	0.19	0.27		

产 地	龙水金矿			初洞隐爆岩筒			张公岭金矿		
样 号	LM-2	LM-3-1	LM-3-2	LM-1	Ch-7	Ch-10	ZhG-7	ZhG-8-1	ZhG-8-2
产 状	微粒星点状	条纹状	微粒星点状	脉状	斑点状	斑点状	条带状	脉状	微粒星点状
S	54.19	53.57	54.55	52.70	48.08	54.49	52.24	53.29	52.01
Fe	45.07	45.14	44.13	45.37	43.36	45.00	45.35	45.88	45.60
Au	0	0	0	0	0	0.15	0.31	0.11	0
Ag	0.03	0	0	0	0.31	0	0.34	0	0
Cu	0.14	0	0.07	0	0.18	0.13	0	0.06	0
Sb	0	0	0	0	0	0	0.37	0.01	0.25
Zn	0	0.30	0.49	0.18	0	0	0	0	0.17
As	0.18	0	0.13	1.49	1.80	0.05	0.03	0.40	0.85
Co	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0
Ni	0.12	0	0.26	0	0	0	0	0	0.26
Se	0	0.11	0	0.02	3.52	0	0.24	0	0.03
Te	0	0.20	0	0	0	0	0.29	0	0.15
Cd	0.15	0.12	0.12	0	0	0	0.28	0.06	0
Cr	0	0.08	0.11	0.02	0.09	0.07	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0.11
Ti	0.03	0.23	0.09	0.21	0.22	0.10	0.07	0.10	0.14
Sn	0	0.12	0	0	1.99	0	0.31	0	0.39
Ga	0.01	0	0.01	0	0	0	0.03	0	0.01
Ge	0.01	0.01	0	0.01	0.20	0	0.01	0	0.01
Bi	0.06	0.13	0	0	0.25	0	0.14	0.08	0
S/(Fe+S)/%	54.59	54.27	55.28	53.74	52.58	54.77	53.53	53.74	53.28
Fe/(Fe+S)/%	45.41	45.73	44.72	46.26	47.42	45.23	46.47	46.26	46.72
Co/Ni			0.15						
S/Se		487		2635	13.66		218		1734
Se/Te		0.55					0.83		0.2

注：由中国地质大学(北京)电子探针室分析，1997。

表 1 中龙头山金矿外围砷矿沟和龙水金矿样品采于寒武系热水沉积硅质岩中；贺县小内冲样品采于寒武系含热水沉积物的炭质粉砂岩中；龙头山金矿、古袍金矿和张公岭金矿样品均采于岩体中；初洞样品采于隐爆角砾岩筒中。现对黄铁矿成分分析结果进行分析讨论。

1.1 Fe、S 的含量

主元素 Fe、S 含量理论值为 Fe 46.55%，S 53.45%。表中所测黄铁矿按 $\text{Fe} / (\text{Fe} + \text{S}) \times 100\%$ ，S /

$(\text{Fe}+\text{S}) \times 100\%$ 换算后 Fe、S 值与理论值相比, 龙头山金矿外围砷矿沟、龙水金矿区和贺县小内冲的热水沉积黄铁矿的 Fe 值均低于理论值, S 值均高于理论值, 明显的亏铁多硫, 说明它们是沉积成因。对于产于岩体和岩体中矿石的黄铁矿 Fe、S 值, 初洞 (Ch-7 样)、张公岭 (ZhG-8-2 样) 为多铁亏硫, 与岩体和矿床成因相符。但龙头山、古袍、张公岭 (ZhG-7、ZhG-8-1 样) 金矿区的岩体和初洞隐爆角砾岩筒 (Ch-10 样) 的黄铁矿 S 值高于理论值、Fe 值低于理论值, 属多硫亏铁。一般多硫亏铁指示沉积成因黄铁矿产物, 这与黄铁矿产于岩体相矛盾, 但综合各个矿床的成因分析, 这部分黄铁矿是岩浆侵入活动过程中, 由于热流体作用于围岩 (地层), 激活并萃取地层中的 Fe、S 元素, 伴随着岩浆的侵入就位, 在成岩成矿过程而形成具沉积成因特征的黄铁矿。

1.2 Co、Ni 含量及比值

黄铁矿 Co、Ni 值及 Co/Ni 比值, 具有一定的标型意义, 特别是 Co/Ni 比值有指示成因的作用。如沉积型一般 $\text{Co}/\text{Ni} < 1$, 高温的岩浆热液矿床一般 $\text{Co}/\text{Ni} > 1$ (与火山作用有关或与中基性岩浆热液有关), 层控矿床, 特别是与火山作用有关的层控矿床 Co/Ni 可大可小, 视受热液改造的强弱而变化。

18 件样品中有 16 件不含 Co, 仅 8 件含微量的 Ni, 变化范围 0.03%~0.40%, 平均 0.19%。只有贺县小内冲炭质粉砂岩 (XN-10 样品) 和龙水金矿区硅质岩 (LM-3-2 样品) 的黄铁矿含 Co、Ni, 且 Co 含量远远小于 Ni 含量, Co/Ni 比值分别为 0.05 和 0.15。显然, 不论是热水沉积硅质岩, 还是岩体 (矿石), 大部分黄铁矿检测不出 Co、Ni, 仅两件含 Co、Ni 的样品 Co/Ni 比值小于 1。说明在黄铁矿形成过程中 Co 替代 Fe 的类质同象现象微乎其微, 仅有少许 Ni 替代 Fe。

从我们分析的黄铁矿成分看, 热水沉积硅质岩 Co、Ni 含量也很低, 2 件含 Co、Ni 的黄铁矿含量也很低, 且 Co/Ni 比值远小于 1, 属明显的沉积成因。但是岩体和与岩体有关矿体中的黄铁矿也基本不含 Co、Ni, 而含 Ni 量也很低, 这就使我们怀疑其是否是真正的岩浆或与岩浆作用有关矿床直接成因的黄铁矿。反之, 它提供了有可能这些黄铁矿是岩浆作用地层, 萃取地层中 Fe、S 成分而带入岩浆作用过程的热液流体中, 最终形成就位于岩体中的黄铁矿的佐证, 所以它们具有沉积型黄铁矿的 Co、Ni 值特征。

1.3 Se、Te 值

黄铁矿中的 Se、Te 微量元素, 也具有一定的标型意义。一般内生岩浆热液型高中温热液矿床比外生沉积型层状黄铁矿矿床及层控矿床 Se、Te 含量高, 这是由于 Se、Te 在高温易类质同象代替 S。徐国风 (1980) 总结了部分国外资料, 沉积型黄铁矿含 Se $0.5 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-6}$, S/Se 为 $25 \sim 50 \times 10^4$; 热液矿床中 $\text{Se} 20 \times 10^{-6} \sim 50 \times 10^{-6}$, S/Se 为 $1.0 \times 10^4 \sim 2.67 \times 10^4$ (转引自陈光远等, 1987)。我们分析的 8 件热水沉积硅质岩及其有关岩石 Se、Te 含量均低, Se 含量变化在 0.02%~0.13% 之间, 平均 0.08%; Te 含量变化在 0.05%~0.48% 之间, 平均 0.228%。S/Se 比值可分两组, 龙头山金矿外围砷矿沟硅质岩是 1332~1365, 而贺县小内冲、龙水金矿区硅质岩是 407~487。Se/Te 比值均小于 1, 变化在 0.13~0.55 之间, 平均 0.35。值得一提的是对龙头山、古袍、张公岭金矿区所采岩体 (或矿石) 中的黄铁矿分析 Se、Te 值也不高, 有的不含 Se、Te。Se 值变化在 0.02%~0.24% 之间, 平均 0.06%, Te 值变化在 0.15%~0.29% 之间, 平均 0.18%, S/Se 比值也可分两组, 一组在 1734~1792 之间, 另一组是 2635~2657 之间, 个别的 (ZhG-7 矿石) 为 218。Se/Te 值为 0.19~0.20 之间, 个别 (ZhG-7 矿石) 0.83。这些特征与前人研究结论 (内生岩浆热液型 Se、Te 含量高) 相反, 而与热水沉积硅质岩的特征基本一致, 进一步证明它们可能来源于地层中热水沉积硅质岩。

1.4 其他微量元素特征

(1) Au、Ag。在热水沉积硅质岩中的黄铁矿或多或少含有少量 Au、Ag, Au 0.15%~0.28%, Ag 0.03%~0.32%。这与地层中硅质岩岩石分析结果富含 Au、Ag 特点证据一致。

(2) As、Sb。砷锑在高温条件下活泼易挥发, 在中低温热液中能以类质同象替代硫。热水沉积硅质岩含 As 0.02%~0.18%, Sb 0.05%~0.39%, 虽然含量低, 但可说明热水喷流沉积硅质岩形成于中低温环境。

(3) 部分热水沉积硅质岩中黄铁矿含极少量的 Cu (0.07%~0.22%)、Zn (0.16%~0.56%)、Cd (0.03%~0.15%)、Cr (0.05%~0.10%)、V (0.01%~0.07%)、Sn (0.02%~0.19%)、Bi (0.04~0.19%)。

2 成矿意义

上述热水沉积物和矿区岩体(矿石)中黄铁矿的电子探针分析结果讨论可知,两者的基本特征一致,说明岩体(矿石)中的黄铁矿部分来源于热水沉积物。岩体(矿石)中黄铁矿成分标型特征与前人研究岩浆成因黄铁矿差别较大。反之,也说明其来源于地层中的热水沉积物所含的 Fe、S 元素,说明了地层中的热水沉积物对金、银矿床的成因关系。

参 考 文 献

陈光远,孙岱生,殷辉安编著.1987.成因矿物学与找矿矿物学.重庆:重庆出版社.222,333.

韩发,R W 哈钦森.1989a.大厂锡多金属矿床热液喷气沉积成因的证据——容矿岩石的微量元素及稀土元素地球化学.矿床地质,8(3).

韩发,R W 哈钦森.1989b.大厂锡多金属矿床热液喷气沉积的证据——含矿建造及热液沉积岩.矿床地质,8(2).

韩发,R W 哈钦森.1991.大厂锡矿床成因综合分析及成矿模式.中国地质科学院院报,(22).

Adachi M, Yamanoto K, Sugisski F. 1986. Hydrothermal chert and associated rocks from the Northern pacific: their geological significance as indication of Oceanic Ridge activity. *Sedimentary Geology*, 47(1/2):125~148.

Yamamoto K.1987.Geochemical characteristics and deposition environment of cherts and associated rocks in the Franciscan and Shimena terranes.*Sedimentary Geology*,52:65~108.

<http://www.kcdz.ac.cn/>