

低。

3 硫同位素组成及硫源

表1中列出了玉峡锶矿床天青石矿石的 $\delta^{34}\text{S}$ 值。从表1中可看出,条带状天青石矿石的 $\delta^{34}\text{S}$ 约为33.9‰~34.5‰,块状天青石矿石的 $\delta^{34}\text{S}$ 约为33.3‰~34.6‰,硫同位素组成变化范围小,说明玉峡锶矿床的硫源较为均一。与四川盆地海相三叠系嘉陵江组中石膏的硫同位素组成相比较,两者相近,反映出玉峡锶矿床的硫源来自嘉陵江组地层。

4 结 语

- (1) 玉峡锶矿床的锶源主要来自含矿围岩。
- (2) 玉峡锶矿床成矿流体的水源来自大气降水和地层建造水的混合。
- (3) 玉峡锶矿床的硫源来自嘉陵江组地层。

参 考 文 献

- 1 徐兴国,高征亮,罗作良等.四川铜梁玉峡锶矿床的成因探讨.四川地质学报,1990,10(4):259~266.
- 2 卢武长,崔秉荃,杨绍全等.二叠纪海相碳酸盐的锶同位素演化及其意义.矿物岩石,1992,12(4):80~87.
- 3 王东升.四川盆地黄卤与黑卤起源的稳定同位素研究.水文地质工程地质,1989,2:21~24.
- 4 林耀庭,唐庆,宋鹤彬等.四川盆地卤水的氢、氧同位素地球化学特征及其成因分类研究.地质地球化学,1997,4:20~26.

低温天青石矿床的隐蔽垂直分带

——以四川大竹拱桥坝天青石矿床为例*

朱创业 丁益民 李保华

(成都理工学院,成都)

提 要: 低温天青石矿床的矿石矿物组合简单,不易进行矿床分带。本文对成矿流体的成分、盐度、温度、酸碱度、氧化还原电位及矿石化学成分进行分析,发现成矿流体的物化性质和矿石化学成分在垂向上有明显的变化,可作为划分低温矿床隐蔽垂直分带的良好标志。矿床的隐蔽垂直分带性可能是开放构造系低温矿床的一个重要特征。最后,探讨了控制低温矿床隐蔽垂直分带的因素,指出大气降水与盆地建造水两种流体的混合导致了低温矿床中隐蔽垂直分带的形成。

关键词: 低温矿床 垂直分带 流体混合 天青石矿床 四川

矿床分带是指矿床中矿石矿物成分、化学成分、结构构造及其他矿物属性有序的空间分

* 本研究受地矿部青年地质学家基金资助

朱创业,男,37岁,副教授,从事沉积学、构造地质学、盆地分析及盆地流体成矿研究。邮政编码:610059

布规律^[1]。矿床分带是矿床的重要特征之一,其研究对于查明矿床成因,总结成矿规律,指导矿山开采以及寻找隐伏—半隐伏矿体均具有重要意义。因此,半个多世纪以来,矿床分带一直是矿床学家们研究的重点对象。但从矿床分带研究现状来看,矿床分带研究更多的是集中在对高温、中温热液矿床的矿床分带研究上,而对低温矿床的分带研究不够。低温矿床及低温地球化学的研究是当前国际上矿床地球化学学科研究的前沿课题之一^[2]。低温矿床由于矿石矿物组合及围岩蚀变简单,无明显直观的组合分带变化,因而用传统的方法在宏观上不易解决低温矿床的矿床分带问题。笔者在研究中发现,开放构造系低温矿床的成矿流体性质和矿石化学成分具有明显的垂向变化,这种隐蔽垂直分带性可能是开放构造系低温矿床的一个重要特征。现以新近发现的四川大竹拱桥坝天青石矿床为例,从成矿流体演化的角度出发,探讨低温矿床的隐蔽垂直分带特征。

1 矿床地质简况

四川大竹拱桥坝天青石矿床是1992年发现的一个大型天青石矿床^[3],含矿岩系为下三叠统嘉陵江组二段一亚段含膏白云岩。矿体呈似层状、透镜状产于华蓥山背斜SE翼的NE向压扭性层间断裂中,并在NE向断裂弯曲部位的局部拉张地段富集成矿,成矿构造环境为一开放构造系。拱桥坝天青石矿床的矿石矿物成分以天青石为主,次生氧化带内有少量菱锶矿。矿石构造以充填的块状构造为主,次为交代的条带状构造。在矿体顶部及两侧,受构造控制还有少量脉状、网脉状、团块状、角砾状矿石。矿体围岩蚀变以去膏化、去白云石化为主。

2 矿床隐蔽垂直分带现象

2.1 成矿流体的成分

通过对块状天青石矿物包裹体的组分进行分析(表1),分别计算了天青石样品中包裹体组分的重量摩尔浓度及特征比值(表2)。由表2可看出:

表1 流体包裹体成分

样号	测试矿物	液相/ 10^{-6}								气相/ 10^{-6}			
		K	Na	Ca	Mg	Li	F	Cl	SO ₄	H ₂ O	CO ₂	H ₂	CH ₄
A1-1	天青石	7.18	6.90	18.44	0.48	0.47	0.60	41.50	15.0	750.0	250.0	0.25	75.50
A2-1	天青石	3.15	2.52	15.22	0.39	0.46	6.10	14.00	25.0	300.0	200.0	0.25	2.50
A3-1	天青石	8.84	10.57	9.51	0.51	0.35	0.1	44.00	10.0	372.5	175.0	0.20	0.00
A4-1	天青石	10.9	14.91	8.58	0.39	0.47	0.20	47.10	10.0	372.5	175.0	0.15	0.00

注:宜昌地矿所测试

(1) Na、K、Cl往上逐渐降低,说明地下热卤水向上淡化程度增加。

(2) $x_{\text{CO}_2}/x_{\text{H}_2\text{O}}$ 比值总体上向上降低,反映了开放构造系中成矿流体沿断裂自下往上运移的特征。

表 2 矿物包裹体部分成分摩尔浓度

样号	矿体部位		测试矿物	重量摩尔浓度 / (mol/kg·H ₂ O)				摩尔比值		
				Na	K	F	Cl	Na/K	F/Cl	CO ₂ /H ₂ O
A1-1	上部	上	天青石	0.245	0.400	0.042	1.561	1.634	0.027	0.013
A2-1		下	天青石	0.269	0.365	0.018	1.316	1.361	0.013	0.273
A3-1	中部	上	天青石	0.607	1.234	0.014	3.332	2.034	0.004	0.192
A4-1		下	天青石	0.749	1.741	0.028	3.559	2.324	0.008	0.192

2.2 成矿流体的盐度

根据天青石矿物包裹体组分分析结果，计算了各样品中成矿流体的盐度（表 3），从其垂向上的变化看，自下而上盐度逐渐降低（表 3），体现了开放构造系中大气降水补给的特征。

表 3 成矿流体的性质

样号	矿体部位		测试矿物	S _{NaCl} /%	pH	Eh/eV
A1-1	上部	上	天青石	10.77	6.486	-0.173
A2-1		下	天青石	16.86	6.768	-0.223
A3-1	中部	上	天青石	18.38	7.311	-0.257
A4-1		下	天青石	19.89	7.215	-0.242

2.3 成矿流体的温度

从天青石包裹体均一温度的垂向变化上看（表 4），成矿温度有向上逐渐降低的趋势，反映出成矿流体在开放构造系中沿断裂自下往上运移的特征。

表 4 流体包裹体测温表

样号	矿体部位		测试矿物	测定数	t _均 /℃
Y2-4	顶部	上	天青石	10	151
Y1-0-1		下	天青石	10	156
A1-1	上部	上	天青石	10	171
A2-1		下	天青石	10	192
A3-1	中部	上	天青石	10	182
A4-1		下	天青石	10	175

2.4 成矿流体的酸碱度和氧化还原电位

根据包裹体组分分析结果，分别计算了成矿流体的 pH 值和 Eh 值（表 3）。由表 3 可见，pH 值自下而上逐渐降低，Eh 值逐渐增高，呈现出相对“上酸下碱，上氧化下还原”的垂向分带变化。

2.5 天青石矿石化学成分

从天青石矿石的化学成分上看（表 5），自下而上，酸性组分 SiO₂ 和氧化性组分 Fe₂O₃ 增多，也反映了上部为相对酸性及相对氧化环境。而 CaO 自上而下逐渐减少，反映了大气降水向下逐渐渗滤的特点。

表5 矿石化学成分 (%)

样号	Si	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SrO	BaO	SO ₃
A1-1	0.28	0.008	0.08	0.051	0.013	0.0015	0.02	0.43	0.080	<0.0012	0.006	55.26	0.45	41.19
A2-1	0.14	0.008	0.04	0.014	0.003	0.0017	0.05	0.27	0.055	<0.0012	0.006	55.26	0.45	41.19
A3-1	0.12	0.010	0.06	0.014	0.001	0.0017	0.15	0.22	0.062	<0.0012	0.01	55.20	0.24	42.70
A4-1	0.05	0.004	0.04	0.014	0.001	0.0009	0.15	0.27	0.06	<0.0012	0.005	55.60	0.00	41.88

注：成都理工学院测试中心测试

3 矿床垂直分带的主要控制因素

上述表明，开放构造系中低温矿床在成矿流体成分及性质、天青石矿石化学成分上具有明显的垂直分带性。这种隐蔽垂直分带性可能是开放构造系中低温矿床的重要特征。进一步的研究表明，流体的混合作用是控制矿床隐蔽垂直分带的主要原因。

根据天青石矿物包裹体的组分分析结果（表1），分别计算了各阳离子、阴离子的毫克当量百分数，然后对成矿流体的水型进行了划分。在矿体上部成矿流体的水型为SO₄-Cl-Ca-Na型和Cl-SO₄-Ca-Na-K型水，中部为Cl-SO₄-Na-Ca-K型水，反映出开放构造系中低温天青石矿床存在两种不同性质的流体，一种为下渗大气降水流体，以硫酸盐型水为特征；另一种为盆地建造水流体，以氯化物型水为特征。天青石矿物包裹体水的氢、氧同位素测试结果也表明， $\delta^{18}\text{O}$ 为-1.1‰~-1.7‰， δD 为-41‰~-51‰，成矿流体具有海相沉积-大气降水叠加型卤水的特点。由于大气降水流体与盆地建造水流体的混合作用，造成了开放构造系低温矿床在垂向上“上酸下碱，上氧化下还原”的变化特点，使成矿流体的成分、性质以及流体演化的产物——矿石化学成分在垂向上具有明显的垂直分带。

4 结 语

(1) 低温矿床的矿石矿物组合简单，不易进行矿床垂直分带的宏观研究。

(2) 低温矿床的成矿流体成分、性质以及矿石化学成分具有明显的垂向变化，表现出隐蔽垂直分带性。这种隐蔽垂直分带性可能是开放构造系低温矿床的重要特征。

(3) 下渗大气降水及盆地建造水两种流体的混合控制了低温矿床隐蔽垂直分带的形成。

参 考 文 献

- 1 张德会. 矿床分带研究综述. 地质科技情报, 1993, 12 (2): 59~63.
- 2 周永章、胡瑞忠. 低温地球化学研究与发展. 地球科学进展, 1995, 10.
- 3 徐旃章、朱创业、刘显凡等. 四川大竹天青石矿资源调查与评价. 成都: 成都科技大学出版社, 1993.
- 4 林耀庭、唐庆、宋鹤彬等. 四川盆地卤水的氢、氧同位素地球化学特征及其成因分类研究. 地质地球化学, 1997, 4: 20~26.
- 5 Susak N J et al. Factors controlling mineral zoning in hydrothermal ore deposits. Econ Geol., 1982; 77: 476~482.