

甘肃北山红山铁矿区硅质岩地球化学特征及其成因意义

王磊, 杨建国, 王小红, 谢燮

(西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

摘 要:甘肃北山地区红山铁矿区硅质岩与铁矿体紧密伴生, 且有些硅质岩本身就是铁矿石。常量元素分析表明: 硅质岩普遍具有高 Si、高 Fe、低 Al 特征, K_2O 含量普遍高于 Na_2O , 且 Fe/Ti 值为 $57.14 \sim 218.74$, $(Fe+Mn)/Ti$ 值为 $57.54 \sim 224.16$, $Al/(Al+Fe+Mn)$ 值为 $0.05 \sim 0.14$, 均符合热水沉积硅质岩的特征, 但存在少量陆源物质介入。稀土微量元素分析表明: 硅质岩大部分微量元素相对于克拉克值亏损, 稀土元素总量低, 经北美页岩标准化后, Ce 异常明显或微明显, Eu 呈现明显的正异常, 重稀土相对轻稀土富集; δCe 值为 $0.93 \sim 1.05$, 平均为 0.99 ; La/Ce 值为 $0.43 \sim 0.49$, 平均为 0.44 , 更接近于大陆边缘硅质岩的特征。综合以上地球化学特征, 硅质岩具有明显的热水沉积成因属性, 同时有陆源组分的加入, 进而得出红山铁矿为与热水沉积成因有关的铁矿床, 当时形成环境为大陆边缘环境。

关键词: 硅质岩; 地球化学; 热水成因; 甘肃北山

中图分类号: P595 **文献标识码:** A

1 引言

位于甘新蒙交界处的北山地区, 是我国重要成矿带之一。在漫长的地质发展史中, 该区经历了复杂的地质构造变动和岩浆活动, 具有优越的成矿地质构造条件(杨合群等, 2008)。目前, 区内已发现多处金属和非金属矿床。红山铁矿即为在该区发现的一种重要类型的铁矿床, 其矿床规模已达大型。前人对其研究相对较少, 主要有左国朝(2010)和斐耀真(2008)。左国朝(2010)通过研究认为红山铁矿形成于裂隙海盆中, 与多处含铁的热卤水喷流柱上涌有关, 属于“Sedex”型铁矿类型; 斐耀真(2008)通过研究认为红山铁矿床属海相沉积变质成因; 笔者主要通过与铁矿共生的硅质

岩的地球化学特征对红山铁矿的成因及其形成环境进行了探讨。

2 红山铁矿地质概况

红山铁矿区位于甘肃北山马鬃山西段罗雅楚山一大红山一带。铁矿位于双鹰山复向斜南翼的次级背斜中(斐耀真, 谢成连, 2008)。区内出露地层主要为元古宇与古生界, 以中、新元古界和下古生界分布最广, 并出露少量的泥盆系、二叠系和第四系(图1)。红山铁矿分为5个矿区, 赋矿地层为蓟县系平头山组第四岩性段, 为一套含铁碎屑岩, 顶部为石英岩、千枚状板岩, 局部阳起石化、透闪石化; 中部为磁铁矿层、含铁石英岩和含铁硅质

收稿日期: 2011-06-10; 修回日期: 2012-03-21

基金项目: 中国地质调查局地质专项“甘肃北山苦毛沱-玉石山铁铜多金属矿产调查”(1212011085090)

作者简介: 王磊(1985-), 男, 硕士, 矿物学、岩石学、矿床学专业。目前主要从事地质勘查及成矿规律研究。Email: wlei99@yahoo.cn

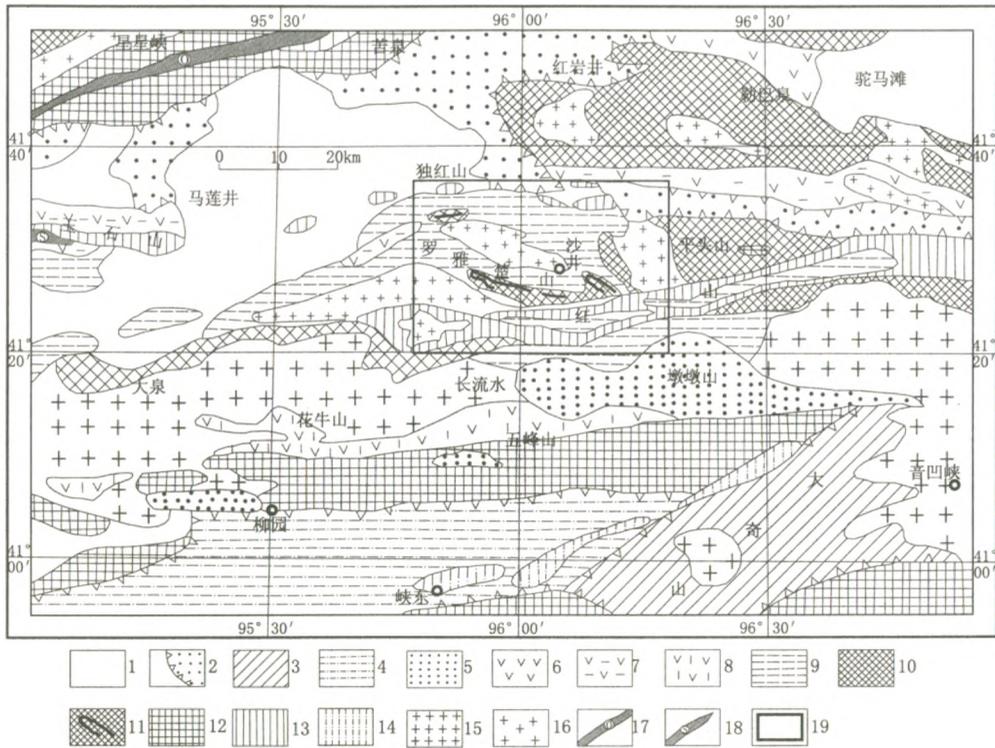


图 1 甘肃省肃北县红山铁矿及周边地区构造图

(据左国朝, 2010. 略有修改)

Fig. 1 Geological map of Hongshan iron deposit in Subei County

- 1. 中、新生代覆盖区; 2. 二叠纪—侏罗纪断陷盆地; 3. 晚二叠世拉分盆地; 4. 早二叠世裂谷带; 5. 泥盆纪火山-磨拉石盆地; 6. 志留纪火山岛弧带; 7. 志留纪弧盆地; 8. 奥陶纪裂谷带; 9. 震旦—奥陶纪陆架海; 10. 新一中元古界基底; 11. 中元古界蓟县系含铁层; 12. 古元古界基底; 13. 中元古界推覆岩片; 14. 寒武—奥陶系推覆岩片; 15. 加里东期花岗岩浆带; 16. 华力西—印支期花岗岩浆带; 17. 塔里木板块与哈萨克斯坦板块之间的缝合带; 18. 志留纪弧盆地蛇绿岩 (423 Ma); 19. 研究区范围

岩, 下部为绢云绿泥千枚岩。

矿区内断裂构造发育, 以东西向和北西向为主, 次为北东向断裂, 是破坏矿体和控制脉岩展布的主要构造。岩浆岩发育类型齐全, 有基性-超基性杂岩和中酸性侵入岩, 它们对蓟县系含铁岩系具有强烈地改造破坏作用, 使铁矿层沿走向被隔断而不连续。

矿区内石英岩、硅质岩与矿体紧密相关, 有些硅质岩本身就是矿体。因此, 对硅质岩的研究对于铁矿床的成因具有重要的指示意义。根据硅质岩的颜色、结构构造和含矿性等, 可划分为块状硅质岩(包括深灰色-黑色硅质岩)、深灰色-浅灰色层状或条带状硅质岩、灰白色角砾状硅质岩。部分硅质岩中含有金属硫化物。例如, 黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿等。笔者依据(杨建民, 王登红, 毛景文等, 1999)硅质岩分类方法, 将硅质岩分为 2 个大类, 即生物成因类型和火山成因类型, 前者主要由生物

及生物化学作用形成, 后者主要由火山或热水作用形成。例如, 碧玉岩、燧石岩、硅化等。

本次主要选取红山铁矿五矿区及位于 5 矿区东延岔路口铁矿区的 5 件硅质岩样品, 其岩石类型及编号见表 1。

对于硅质岩, 由于其较强的抵抗后期改造能力, 能比较好的保存其形成时的物质来源、构造环境及成岩、成矿过程等信息, 国内外诸多学者对其开展了大量研究。例如, 杨建民(1999), 左国朝(2010), 周永章(1990), 丁林(1995)等, 国外学者有 Murray R W (1992), Rona P A (1988), Adachi M (1986), Bostrom (1983)等, 提出了许多判别硅质岩成因及形成地质构造环境的地球化学方法和图解。笔者通过对红山铁矿床中与铁矿关系密切的硅质岩的地球化学特征的研究, 揭示硅质岩的成因、成岩、成矿的构造环境及与铁矿的关系。

3 分析测试及结果

局西安地质矿产研究所实验测试中心完成的。红山铁矿区硅质岩的常量、微量和稀土结果见表1至表3。

硅质岩的常量、微量和稀土是在中国地质调查

表1 红山铁矿区硅质岩和不同成因硅质岩常量元素含量 ($w_B\%$)

Tab.1 Chart of content of major elements from chert of Hongshan iron deposit and others ($w_B\%$)

矿床、岩石类型及样号	样数	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	资料来源
岔路口铁矿 暗紫色硅质岩角砾 10Q-4	1	91.66	0.43	4.99	1.00	0.70	0.40	0.050	0.050	0.060	0.040	0.040	本文
五矿区 黑色硅质岩 10Q-7	1	84.97	0.55	6.81	3.18	1.45	0.78	0.14	0.070	0.050	0.070	0.12	本文
五矿区 紫红色硅质岩 10Q-8	1	59.24	4.20	8.21	12.17	6.30	5.46	0.69	0.090	0.27	0.15	0.21	本文
五矿区 暗紫色硅质岩 10Q-11	1	81.39	0.79	8.88	1.65	2.42	1.20	0.18	0.070	0.050	0.25	0.24	本文
五矿区 暗紫色硅质岩 10Q-30	1	85.68	1.47	7.06	2.21	1.40	0.72	0.16	0.28	0.17	0.12	0.06	本文
四矿区 硅质岩	1	52.54	3.01	17.74	4.01	8.77	6.18	0.98	2.25	0.21	0.36	0.84	左国朝, 2010
四矿区 硅质岩	1	56.00	10.45	5.30	2.08	7.77	7.45	6.34	1.77	0.46	0.15	0.58	左国朝, 2010
生物化学成因硅质岩	8	88.04	0.84	1.59	0.26	5.07	0.19	0.16	0.18	0.016	0.03	0.30	转引自宋春晖等, 1992
	3	95.96	0.71	0.43	0.08	0.30	0.02	0.05	0.06	0.03	0.02	0.02	
与火山有关的块状硫化物矿床中的硅质岩	1	77.30	7.51	0.55	5.35	1.35	1.90	0.87	0.44	0.52	<0.03	0.04	
	1	52.60	15.50	3.00	11.90	1.37	3.68	3.09	0.78	1.15	0.31	0.14	
与海底热泉有关的硅质岩	8	92.31	2.89	0.43	0.94	0.47	0.95	0.45	0.33	0.23	0.05	0.25	

测试单位: 西安地质调查中心实验测试中心。

表2 红山铁矿区硅质岩微量元素含量 ($\times 10^{-6}$)

Tab.2 Chart of content of trace elements from chert of Hongshan iron deposit ($\times 10^{-6}$)

样号	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Co	Li	Rb	Cs	Sr	Ba	V	Sc	Nb	Ta	Zr	Hf	Be	Ga	U	Th	Th/U
10Q-4	4.86	1.67	4.69	12.6	9.59	3.02	1.11	1.22	0.14	17.3	260	8.80	1.25	0.32	0.018	39.3	0.22	0.16	0.71	0.084	0.030	0.357
10Q-7	5.79	2.38	8.59	11.6	6.77	3.87	2.18	4.41	0.98	24.2	2480	8.99	1.96	0.47	0.020	27.0	0.26	0.76	1.02	0.074	0.33	4.459
10Q-8	10.4	13.6	32.3	56.6	21.3	6.88	14.7	33.6	16.7	65.4	1890	44.5	10.2	5.04	0.31	80.2	1.65	0.98	6.42	0.49	3.93	8.020
10Q-11	18.9	3.79	8.82	5.18	16.8	7.35	2.36	5.81	0.37	85.7	4210	11.7	2.10	0.75	0.033	32.0	0.48	0.24	1.82	0.12	0.39	3.250
10Q-30	13.1	3.58	8.64	13.9	8.30	5.37	3.60	4.33	0.29	54.9	1720	22.3	3.58	0.79	0.016	35.1	0.27	0.43	2.04	0.12	0.12	1.000

表3 红山铁矿区硅质岩稀土元素含量 ($\times 10^{-6}$)

Tab.3 Chart of content of rare earth element from chert of Hongshan iron deposit ($\times 10^{-6}$)

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Σ REE
10Q-4	1.05	2.45	0.32	1.39	0.32	0.17	0.35	0.047	0.28	0.073	0.16	0.026	0.14	0.029	2.07	14.52
10Q-7	1.56	3.43	0.46	2.02	0.45	0.69	0.46	0.073	0.48	0.15	0.38	0.064	0.44	0.080	3.78	94.46
10Q-8	13.0	30.5	3.61	14.4	3.15	1.08	3.02	0.46	2.82	0.69	1.82	0.30	1.78	0.33	17.5	24.49
10Q-11	2.54	5.16	0.68	3.09	0.82	1.14	0.96	0.16	1.02	0.26	0.60	0.090	0.63	0.11	7.23	24.51
10Q-30	2.37	5.81	0.75	3.55	0.83	0.40	0.88	0.14	1.01	0.22	0.68	0.12	0.72	0.11	6.92	8.88

4 讨论

由于不同成因的硅质岩在成岩物质来源、成岩环境及成岩物理化学条件等方面的差异，其岩石化学成分必然有所不同，这是利用岩石化学方法研究硅质岩成因的物质及理论基础（杨建民，王登红，毛景文等，1999）。

4.1 硅质岩常量元素地球化学特征

一般生物成因的硅质岩表现为高 SiO_2 、 P_2O_5 、 Fe_2O_3 ，低 Al_2O_3 、 TiO_2 、 FeO 、 MgO 、 K_2O 和 Na_2O ；典型的海相火山沉积硅铁建造以低 K_2O 、 P_2O_5 ，高 TiO_2 为特征；海相热水沉积硅质岩也以低 P 高 Ti 与高 P 低 Ti 的生物成因硅质岩相区别，热水沉积的硅质岩还具有高 Si 低 Al 的特点。

4.1.1 硅质岩氧化物含量特征分析

表 1 为红山铁矿区硅质岩常量元素分析结果，可以看出： SiO_2 的含量变化较大，为 52.54%~91.66%，平均为 70.97%，为不纯硅质岩。 Fe_2O_3 、 FeO 含量变化较大，由于硅质岩形成以后，其中的 FeO 很容易受到后期构造活动及氧化的影响导致 Fe_2O_3 含量增高，故存在一定的不确定性。

K_2O 、 Na_2O 、 MgO 含量：这 3 种氧化物是硅质岩中除了 SiO_2 外常见的成分。在现代大洋中脊热水体系中， MgO 严重亏损。在东太平洋中脊 350℃ 热水中 MgO 含量为零，故可把热水体系中 MgO 的增高作为反映海水对体系污染或混合程度

的指标（Edmond J M and Damm K V, 1983）。红山铁矿中硅质岩 MgO 含量普遍高于生物化学沉积成因的硅质岩，故排除了其生物化学成因的可能性，同时也说明其受到过海水污染。各个矿区的硅质岩 K_2O 含量普遍高于 Na_2O ，与海底热泉成因的硅质岩相似。

4.1.2 硅质岩中单元素质量分数比值特征分析

(1) Fe/Ti 、 $(\text{Fe}+\text{Mn})/\text{Ti}$ 值：Bostrom(1983)等研究了现代热水沉积物和古代类似沉积物之后指出，一般热水沉积物的 Fe/Ti 、 $(\text{Fe}+\text{Mn})/\text{Ti}$ 值分别大于 20、20(±5)。因为现代海水沉积区的 Fe 和 Mn 含量较高，两者常紧密相伴，Fe、Mn 之间表现为明显的正相关关系，相反，正常沉积物的 Fe 和 Mn 是分离的。从表 4 可知，除了四矿区(2)样品外，红山铁矿区硅质岩 Fe/Ti 值为 57.14~218.74， $(\text{Fe}+\text{Mn})/\text{Ti}$ 值为 57.54~224.16，符合热水沉积硅质岩的特征。

(2) $\text{Al}/(\text{Al}+\text{Fe}+\text{Mn})$ 值： Al 、 Fe 、 Mn 三个元素作为沉积物源指示剂广泛应用于沉积环境的研究中。Fe、Mn 的富集主要与热水的参与有关，而 Al 的富集则与陆源物质的加入有关（Adachi et al, 1986；Bostrom K et al, 1973）。硅质岩的 $\text{Al}/(\text{Al}+\text{Fe}+\text{Mn})$ 值由纯热水沉积的 0.01 到纯远海生物沉积的 0.60 之间变化（Adachi M 等，1986）。研究区内红山铁矿区的硅质岩 $\text{Al}/(\text{Al}+\text{Fe}+\text{Mn})$ 值在 0.05~0.14（除四矿区(2)）之间变化，更接近于纯热水沉积的 0.01 值（表 4），说明红山铁矿区的硅质岩更接近于纯热水沉积硅质岩，且有陆源物质的加入。

表 4 硅质岩中 Al, Ti, Fe, Mn 元素含量比值

Tab. 4 Ratios of Al, Ti, Fe, Mn elements from chert

样品及样号	$(\text{Fe}+\text{Mn})/\text{Ti}$	$\text{Al}/(\text{Al}+\text{Fe}+\text{Mn})$	Fe/Ti	资料来源
海底热液沉积判别值	>20	<0.35	>20 (±5)	Bostrom, 1983
10Q-4	104.56	0.05	103.81	本文
10Q-7	213.91	0.04	211.20	本文
10Q-8	83.06	0.14	82.18	本文
10Q-11	224.16	0.05	218.74	本文
10Q-30	57.54	0.12	57.14	本文
四矿区(1)	112.42	0.09	107.90	左国朝, 2010
四矿区(2)	18.32	0.96	16.89	左国朝, 2010
平均值	116.28	0.21	113.98	—

注：各元素之比为质量分数之比。

4.1.3 Al-Fe-Mn 图解

Bostrom 等 (1969) 根据海洋沉积物中 Fe、Mn、Al、Ti 来源的不同, 拟定了 Al-Fe-Mn 三角成因判别图解 (图 2), 用于区分热水沉积物和正常沉积物。

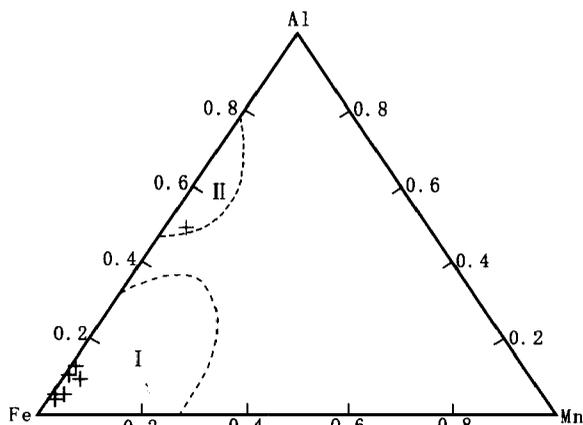


图 2 硅质岩 Al+Fe-Mn 比率三角图 (w_B%)

(原图据 Adachi 等, 1986)

Fig. 2 Triangular diagram of Al-Fe-Mn ratio in siliceous rocks (w_B%)

I. 热液区; II. 非热液区

本矿区 7 件样品在 Al-Fe-Mn 三元图解上除四矿区第二个样品外, 均落于热水沉积区, 反映本区

硅质岩主要为热水沉积作用的产物, 四矿区可能有陆源物质的介入。

4.2 硅质岩微量元素地球化学特征

(1) Co/Ni 指标: 一般海相热水沉积物的微量元素 Ni/Co 值小于 3.6 (燕长海, 2007), 红山铁矿区硅质 Ni/Co 值为 1.54~3.23, 符合热水沉积硅质岩的判别值。

(2) U/Th 指标: 深海沉积物的沉积速率非常缓慢, 可以从海水中汲取大量的 Th, 而热水沉积物则因堆积较快而不能有充足的时间从海水中摄取大量的 Th 而致使其相对贫乏。此外, 热水沉积物中 U 相对富集, 故热水沉积岩中 U/Th 值大于 1, 相反非热水沉积岩中 U/Th 值小于 1 (Rona P A. 1988)。因此, 可以利用 U/Th 指标揭示硅质岩的沉积物源与热水沉积的关系。表 2 为红山铁矿区硅质岩的微量元素表, 由表可以看出, 红山铁矿区硅质岩的 U/Th 值为 0.12~2.8, 平均值为 0.89, 说明其与热水沉积有关。

4.3 硅质岩稀土元素地球化学特征

稀土元素特征是区分热水和非热水硅质岩的重要标志之一。笔者采用北美页岩稀土元素平均值对本研究区内硅质岩稀土元素进行标准化, 标准化曲线见图 3。

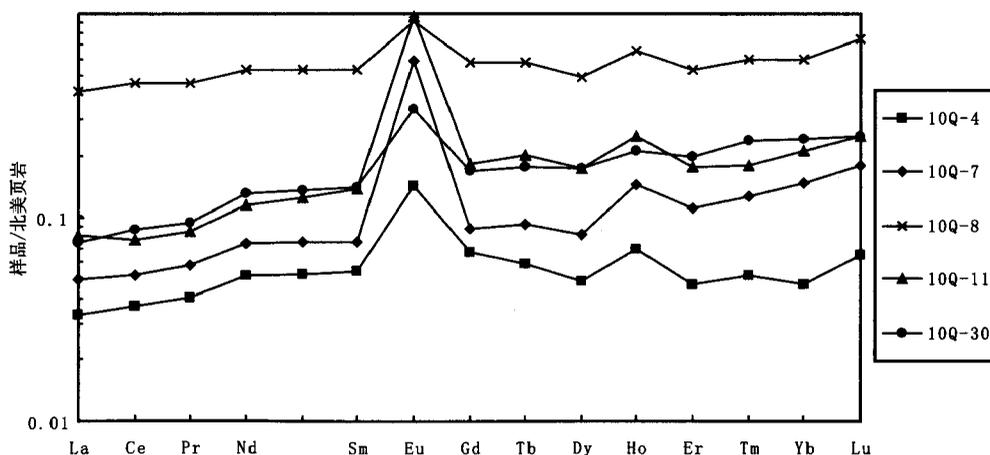


图 3 红山铁矿区硅质岩稀土元素配分曲线图

Fig. 3 REE patterns of siliceous rocks fo Hongshan iron deposit

Fleet (1983) 系统研究了世界上热水成因和非热水成因沉积物的 REE, 发现前者 REE 总量低, Ce 为负异常, HREE 相对 LREE 富集, 硅质

岩稀土配分模式经北美页岩标准化后呈左倾型, 而非热水成因的硅质岩 δCe 为正异常, 稀土配分曲线呈右倾型。红山铁矿区的硅质岩稀土总量介于

$6.81 \times 10^{-6} \sim 76.96 \times 10^{-6}$, 平均值为 25.87×10^{-6} , 总量较低。重稀土相对轻稀土较为富集, 经北美页岩标准化后, REE 分布曲线呈左倾 (图 3), 符合热水成因的硅质岩特征。

4.4 沉积环境分析

不同环境中的硅质岩其稀土元素呈现出不同的特征 (表 5)。因此, 可以依据这些稀土元素化学指标判断硅质岩的形成环境。

表 5 红山铁矿区硅质岩与不同环境中成因的典型硅质岩对比

Tab. 5 Comparison of chert from Hongshan iron deposit and other structure environments

类型	沉积环境	北美页岩标准化				资料来源
		ΣREE	δCe	δEu	La/Yb	
现代大洋硅质岩	太平洋洋盆	5~132	0.19~0.61	0.67~1.63	0.48~1.97	Murray et al. (1992)
	大西洋洋盆	9~189	0.47~1.12	0.91~1.18	0.76~1.86	
	南极周缘洋盆	35~160	0.98~1.17	0.78~0.88	1.27~1.56	
古海洋沉积硅质岩	近洋脊洋盆	7.21~21.85	0.31~0.44	0.37~1.47	0.63~1.81	丁林和钟大赉 (1995)
	大洋盆地	15.89~90.52	0.49~0.8	0.48~0.86	0.52~1.86	
	大陆边缘盆地	8.46~63.32	0.72~0.98	0.57~0.84	0.59~2.27	Armstrong et al. (1999)
	大陆边缘盆地	—	0.95~1.78	1.05~1.65	0.57~1.41	
	大陆边缘裂谷盆地	2.10~196.03	0.81~1.51	0.81~1.47	—	
台盆相断陷盆地	4.8~30.2	0.92~2.7	0.2~0.8	0.19~0.38	周永章 (1990) 周永章, 等 (1994)	
红山铁矿	10Q-4	6.81	1.00	2.37	0.71	本文
	10Q-7	10.74	0.96	7.10	0.33	
	10Q-8	76.96	1.05	1.64	0.69	
	10Q-11	17.26	0.93	5.97	0.38	
	10Q-30	17.59	1.03	2.19	0.31	

(1) Ce 异常 (Ce/Ce^*): 在海水中, Ce^{3+} 可以氧化为溶解度较小的 Ce^{4+} , Ce^{4+} 与 Mn^{4+} 进行类质同像替换而进入水成铁锰氧化物晶格, 随水成铁锰氧化物快速地从海水中除去, 造成 Ce 相对其他稀土元素的亏损。在大洋不同的沉积环境下, 由于来自热液的铁锰氧化物的丰度不同, 由此而引起的 Ce 的亏损程度也不相同。Murray 等 (1991) 的研究表明, 加利福尼亚弗朗西斯科大陆边缘环境下沉积的硅质岩, 其 Ce/Ce^* 值在 0.65~1.35 之间变化, 平均值为 1.09; 深海平原环境下沉积的硅质岩, Ce/Ce^* 值在 0.50~0.76 之间变化, 平均值为 0.60; 洋脊附近环境下沉积的硅质岩, Ce/Ce^* 值在 0.22~0.38 之间变化, 平均值为 0.30。丁林等 (1995) 对三江地区昌宁—孟连一带硅质岩进行了稀土元素研究, 发现在大陆边缘沉积的硅质岩, 其 Ce/Ce^* 值在 0.72~0.98 之间变化, 平均值为 0.90; 沉积于深海平原环境中的硅质岩, Ce/Ce^*

值变化在 0.55~0.80, 平均值为 0.62; 沉积于洋中脊附近环境中的硅质岩, Ce/Ce^* 值变化在 0.31~0.49 之间, 平均值为 0.37。Murray R W et al (1990)、Murray R W (1994) 也分别指出洋脊附近硅质岩的 Ce/Ce^* 值为 0.3 ± 0.13 , 大洋盆地硅质岩的 Ce/Ce^* 值为 0.60 ± 0.13 , 大陆边缘硅质岩的 Ce/Ce^* 值为 1.09 ± 0.25 。红山铁矿区的硅质岩 δCe 值为 0.93~1.05, 平均为 0.99, 更接近于大陆边缘硅质岩, 表明红山铁矿区的硅质岩形成于大陆边缘环境。

(2) Eu/Eu^* : 海水、大洋沉积物及沉积岩中 Eu 大部分为 Eu^{3+} , 在大洋中, 随海水的加深, 负 Eu 异常明显加大, 但在大洋中如果存在着热液活动时则出现明显的正 Eu 异常 (Michard, 1989; Douville et al., 1999)。红山铁矿区硅质岩具有明显的正 Eu 异常, 表明硅质岩与热液活动关系密切。

(3) La/Yb: 红山铁矿区硅质岩的 La/Yb 值为 0.31~0.71, 普遍偏小, 很难从其判断硅质岩的形成环境。

(4) La/Ce: 经页岩平均值标准化的硅质岩的 La/Ce 值可以有效地判别硅质岩的形成环境 (Murray et al., 1991; 丁林等, 1995; 李献华, 2000)。洋中脊附近硅质岩的 La/Ce \approx 3.5; 大洋盆地硅质岩的 La/Ce 值为 1.0~2.5; 大陆边缘硅质岩的 La/Ce 值为 0.5~1.5。红山铁矿区硅质岩的 La/Ce 值为 0.43~0.49, 平均为 0.44, 更接近于大陆边缘硅质岩的特征。

5 结论

(1) 通过对红山铁矿床硅质岩常量元素分析, 表明硅质岩普遍具有高 Si、高 Fe、低 Al 特征, K₂O 含量普遍高于 Na₂O, 且 Fe/Ti 值为 57.14~218.74, (Fe+Mn)/Ti 值为 57.54~224.16, Al/(Al+Fe+Mn) 值为 0.05~0.14, 均符合热水沉积硅质岩的特征, 但有少量陆缘物质的介入。

(2) 对硅质岩微量稀土元素分析, 表明大部分微量元素相对于克拉克值亏损, 稀土元素总量低, 经北美页岩标准化后, Ce 异常明显或微明显, Eu 呈现明显的正异常, 重稀土相对轻稀土富集; δ Ce 值为 0.93~1.05, 平均为 0.99; La/Ce 值为 0.43~0.49, 平均为 0.44, 更接近于大陆边缘硅质岩的特征。

(3) 综合硅质岩地球化学特征, 可以得出红山铁矿硅质岩具有明显的热水沉积成因属性, 同时有陆源组分的加入。因此, 得出红山铁矿为与热水沉积成因有关的铁矿床, 当时形成环境为大陆边缘环境。

参考文献 (References):

- 杨合群, 李英, 李文明, 等. 北山成矿构造背景概论 [J]. 西北地质, 2008, 41 (1): 22-28.
- Yang Hequn, Li Ying, Li Wenming, et al. General Discussion on Metallogenic Tectonic Setting of Beishan Mountain, Northwestern China [J]. Northwestern Geology, 2008, 41 (1): 22-28.
- 裴耀真, 谢成连. 红山铁矿床成因及成矿机制探讨 [J]. 地质找矿论丛, 2008, 23 (1): 54-57.
- Pei Yaozhen, Xie Chenglian. The discussion about origin and mineralization mechanism of Hongshan iron deposit [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2008, 23 (1): 54-57.
- 左国朝, 刘义科, 李绍雄. 甘肃北山地区红山铁矿床成因及成矿机制 [J]. 甘肃地质, 2010, 19 (3): 9-18.
- Zuo Guochao, Liu Yike, Li Shaoxiong. Metallogenesis and mechanism of Hongshan iron deposit in Beishan region of Gansu province [J]. Gansu Geology, 2010, 19 (3): 9-18.
- 杨建民, 王登红, 毛景文, 等. 硅质岩岩石化学研究方法及其在“镜铁山式”铁矿床中的应用 [J]. 岩石矿物学杂志, 1999, 18 (2): 108-119.
- Yang Jianmin, Wang Denghong, Mao Jingwen, et al. The petrochemical research method for silicalite and its application to the “Jingtieshan type” iron deposits [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 1999, 18 (2): 108-120.
- 周永章. 广西丹池盆地热水成因的硅质岩的沉积地球化学特征 [J]. 沉积学报, 1990, 8 (3): 75-83.
- Zhou Yongzhang. On sedimentary geochemistry of siliceous rocks originated from thermal water in Nandan-Hechi basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1990, 8 (3): 75-83.
- 丁林, 钟大赉. 滇西昌宁-孟连带古特提斯样硅质岩稀土元素和铈异常特征 [J]. 中国科学 (B 辑), 1995, 25 (1): 93-100.
- Ding Lin, Zhong Dalai. The characteristics of REE and Ce Anomaly of siliceous rocks of Paleo-Tethys Ocean in Changxing-Menlian belt in western Yunnan Province [J]. Science in China (B series), 1995, 25 (1): 93-100 (in Chinese).
- 周永章, 付伟, 杨志军, 等. 藏南地区中生代硅质岩的地球化学特征及其成因意义 [J]. 岩石学报, 2008, 24 (3): 600-608.
- Zhou Yongzhang, Fu Wei, Yang Zhijun, et al. Geochemical characteristics of Mesozoic chert from southern Tibet and its petrogenic implications [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24 (3): 600-608.
- 徐学义, 赵江天, 李向民, 等. 北祁连山早古生代硅质岩

- 稀土元素特征及构造环境意义[J]. 地质科技情报, 2003, 22 (3): 22-26.
- Xu Xueyi, Zhao Jiantian, Li Xiangmin, et al. Rare earth elements in siliceous rocks from north Qilian mountains: Implications for tectonic environment [J]. Geological Science and Technology Information, 2003, 22 (3): 22-26.
- 徐学义, 赵江天, 夏林圻, 等. 北祁连山早古生代硅质岩稀土元素特征及环境指相意义[J]. 地质评论, 2003, 49 (6): 605-609.
- Xu Xueyi, Zhao Jiantian, Xia Linxi, et al. Tectonic Setting Implications of Rare Earth Elements in Early Paleozoic Siliceous Rocks from the Northern Qilian Mountains [J]. Geological Review, 2003, 49 (6): 605-609.
- 杜远生, 朱杰, 顾松竹, 等. 北祁连山永登石灰沟奥陶纪硅质岩地球化学特征及大地构造意义[J]. 地质评论, 2006, 52 (2): 184-189.
- Du Yuansheng, Zhu Jie, Gu Songzhu, et al. Sedimentary Geochemistry of Cherts from the Middle-Upper Ordovician in Shihuigou Area, North Qilian Orogenic Belt and Its Tectonic Implications [J]. Geological Review, 2006, 52 (2): 184-189.
- 闫臻, 李继亮, 雍拥, 等. 北祁连山石灰沟奥陶纪碳酸盐岩-硅质岩形成的构造环境[J]. 岩石学报, 2008, 24 (10): 2384-2394.
- Yan Zhen, Li Jiliang, Yong Yong, et al. Tectonic environment of Ordovician carbonate-cherts in the Shihuigou area, North Qilian orogen [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24 (10): 2384-2394.
- 冯胜斌, 周洪瑞, 燕长海, 等. 东秦岭二郎坪群硅质岩热水沉积地球化学特征及其地质意义[J]. 沉积学报, 2007, 25 (4): 564-573.
- Feng Shengbin, Zhou Hongrui, Yan Changhai et al. Geochemical Characteristics of Hydrothermal Cherts of Erlangping Group in East Qinling and Their Geologic Significance [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 25 (4): 564-573.
- 燕长海, 彭翼, 刘国印, 等. 东秦岭二郎坪群热水沉积硅质岩的地球化学特征[J]. 地质通报, 2007, 26 (5): 560-566.
- Yan Changhai, Peng Yi, Liu Guoyin, et al. Geochemical characteristics of hydrothermal sedimentary cherts in the Erlangping Group, East Qinling Range, China [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26 (5): 560-566.
- 盛吉虎, 陈中新. 硅质岩沉积地球化学研究现状[J]. 地域研究与开发, 1998, 17 (增刊): 117-121.
- Sheng Jihu, Chen Zhongxin. Progress on Studying Sedimentary Geochemistry of Siliceous Rocks [J]. Areal research and development, 1998, 17 (supplement): 117-121.
- Bostrom K. Genesis of ferromanganese deposits-diagnostic criteria for recent and old deposits in Rona P A, et al. Hydrothermal processes at seafloor spreading centres [J]. New York: Plenum Press, 1983, 473-489.
- Bostrom K, Kraemer T and Gartner S. Provenance and accumulation rates of opaline silica, Al, Ti, Fe, Mn, Cu, Ni and Co in Pacific Pelagic sediments [J]. Chem. Geol., 1973, 11 (2): 123-148.
- Adachi M, Yamamoto K and Sugisaki R. Hydrothermal chert and associated siliceous rocks from the northern Pacific: Their geological significance as indication of ridge activity [J]. Sedimen. Geol., 1986, 47: 125-148.
- Rona P A. Hydrothermal mineralization at oceanic ridges [J]. Canadian Mineralogist, 1988, 26: 431-465.
- Murray R W, et al. Inter-oceanic variation in the rare earth, major and trace element depositional chemistry of chert. Perspectives gained from the DSDP and ODP record [J]. Geochim Cosmochim Acta, 1992, 56: 1897-1913.
- Fleet A J. Hydrothermal and hydrogeneous ferromanganese deposits [M]. Rona P A, et al. Hydrothermal Process at Sea Floor Spreading Centers. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B V, 1983: 537-570.

Geochemical Characteristics of Chert of Hongshan Iron Deposit in Gansu Province and Its Petrogenic Significance

WANG Lei, YANG Jian-guo, WANG Xiao-hong, XIE Xie
(Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China)

Abstract: The chert from Hongshan iron deposit is closely associated with the iron ore body, and some cherts are iron ores themselves. Chemical analysis of the chert shows that it generally has the features of high content of Si and Fe, low content of Al, and higher content of K_2O than Na_2O , and the ratio of Fe/Ti is between 57.14-218.74, $(Fe+Mn)/Ti$ is between 57.54-224.16, $Al/(Al+Fe+Mn)$ is between 0.05-0.14, which are all according with the features of hydrothermal sedimentary chert, but with little terrigenous materials. Trace element analysis of the chert shows that most of the trace elements are lower than the Clarke value and the total REE is lower. Normalized by the North American shale, HREE is richer than LREE, and the geochemical characteristics of the chert indicate that they are hydrothermally sedimentary origin, but with existence of certain continental sources. So it can be concluded that the Hongshan iron deposit is associated with hydrothermal deposit with terrigenous materials and it was formed in the environment of continental margin.

Key words: chert; geochemical characteristics; hydrothermal origin; Beishan

《西北地质》被 SCIE 施引文献及新被三家国际重要数据库收录

在科技期刊全球化的影响下,中国科技期刊是否进入国际化行列也成为我国学术期刊发展的重要取向。近年来,《西北地质》十分注重科技期刊国际化,并采取了一系列重要措施,使《西北地质》走向世界,《西北地质》在期刊国际化方面取得了显著的成绩。

根据国际重要检索机构给中国高校科技期刊研究会对外联络委员会和中国科学技术期刊编辑学会国际交流工作委员会发来的电子邮件,经国际检索系统咨询部查询确认,《西北地质》除先前被国际重要数据库:俄罗斯《文摘杂志》(AJ, VINITI)、美国《化学文摘》(CA, Chemical Abstracts)、英国《动物学记录》(ZR, Zoological Record)收录外,又被美国《地质学参考及预览数据库》(GRP, GeoRefPreview Database)、荷兰《地学数据库》(GeoBase)、美国《乌利希期刊指南》(UPD, Ulrich's Periodicals Directory)三家国际重要数据库收录,同时被美国《科学引文索引(扩展库)》(SCIE)施引文献。截至目前,《西北地质》已被六家国际重要数据库收录。

近日中国高校科技期刊研究会对外联络委员会和中国科学技术期刊编辑学会国际交流工作委员会为《西北地质》颁发了期刊收录证书。

(《西北地质》编辑部)