

雅鲁藏布缝合带硅岩的 地球化学成因标志及其地质意义^①

王东安 陈瑞君

(中国科学院地质研究所 北京 100029)

提 要 通过西藏雅鲁藏布缝合带所产硅岩的化学组分中具有成因标志的不同元素组合比值(MnO/TiO_2 、 $Al/(Al+Fe+Mn)$ 及 $Fe/Ti-Al/(Al+Fe+Mn)$)的相关图解、 $Al-Fe-Mn$ 的三角图和硅岩原子量进行对比研究,从一个侧面反映硅岩的成因及其雅鲁藏布缝合带形成和演化关系。

关键词 雅鲁藏布缝合带 硅岩 成因标志 热水成因

第一作者简介 王东安 男 57岁 副研究员 沉积地球化学

1 硅岩产出的概况和形成的地质背景

在雅鲁藏布缝合带沉积序列中,晚侏罗世—早白垩世的硅岩占极重要的位置,它们分布之广,规模之大在国内是罕见的,由东向西可延伸千公里以上,厚度由数十米至几百米。它们分别由深浅不同的灰、绿、红和紫色等色彩鲜艳的硅岩和硅质页岩组成。硅岩多成块层状和中厚层状,由于它本身致密、坚硬、不易风化,常常在地貌上留下陡峭独特的形态,加上色彩多样,使之更为壮观。硅岩还普遍含有放射虫残骸。

这套硅岩是沿着雅鲁藏布—象泉河大断裂展布,它的产出都与基性火山岩及超基性岩紧密相关,有些常和海底火山岩共生,进而成为雅鲁藏布蛇绿岩套的重要组成部分(邓万明,1982)。也有个别硅岩呈块体堆积于混杂岩中。

2 硅岩的地球化学成因标志

从这套几千里的巨厚硅岩产出的宏观地质背景来判断,显然它们的形成与板块作用有着极为密切的关系。不过这种关系如何反映在岩石学特征上,尤其是反映在地球化学指标上,这是一个非常值得研究的课题。为此,我们对本区硅岩进行这方面的探讨,利用大量的化学分析结果,通过各种元素组合的比值与已知区进行对比,来讨论形成于特殊地质背景的硅质岩系中硅质来源,沉积背景和控制硅岩形成的各种因素。这不但可以从一个侧面为论证该缝合带形成、演化和变动提供依据,而且又能进一步确认这些地球化学标志是研究硅岩成因可靠的基础。

下面根据不同产地、不同层段和不同类型有代表性硅岩的大量分析结果(王东安,1981;

^① 系国家自然科学基金和中国科学院重点资助项目成果之一。

1993;1994),通过与硅岩成因有关元素的计算,利用定量类比和相关图解的手段,展示了本区硅岩成因的地球化学标志特征。

把 $Al/(Al+Fe+Mn)$ 、 Fe/Ti 、 MnO/TiO_2 、 C_{org} 和各地区硅岩的平均原子量均列入表 1。从表 1 中可以看出, $Al/(Al+Fe+Mn)$ 的平均值接近于 0.1, 最大值为 0.25, 许多样品的比值都 <0.1 ; 与其相比 Fe/Ti 的比值截然不同, 相应样品比值的的变化趋势大体呈逆向, 一般前者小, 后者大。这些比值的的变化, 正是反映硅岩形成过程中热水或生物参与多少的重要标志(据 K. Bostrom, 1973)。如果把上述比值及其变化趋势与扬子地区成因不同的硅岩相比, 显然研究区硅岩更接近热水型。比值略高的硅岩, 正是远离火山岩、并富含放射虫化石, 可见必然是生物作用参与的结果。大量放射虫的存在, 对硅质的聚集、保存以及硅质沉积起着重要的作用。研究硅岩的专家常把 MnO/TiO_2 的比值作为判断硅质来源及在大洋中沉积古地理位置的重要指标, 把 Mn 作为来自大洋深部的标志。许多研究表明, 离陆较近的大陆坡和陆缘海沉积的硅岩, MnO/TiO_2 的值偏低, 一般均 <0.5 , 而开阔大洋中的硅质沉积物的比值则比较高, 可达 $0.5\sim 3.5$, 表 1 所列本区硅岩 MnO/TiO_2 的值平均为 1.44, 多数 >0.5

表 1 平均原子量对比表

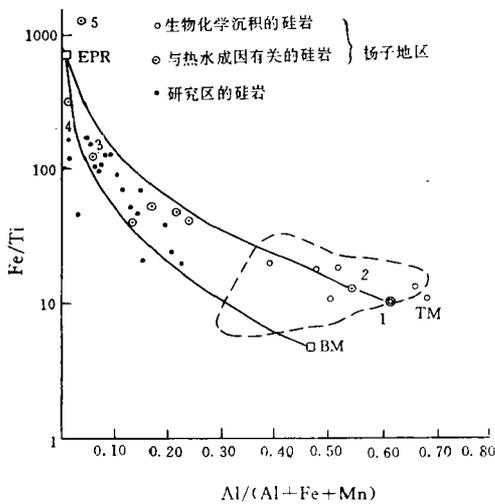
Table 1 Comparison of $Al/(Al+Fe+Mn)$, Fe/Ti , MnO/TiO_2 , C_{org} and average atomic weight of different silicolites

样品号	采样地点	$\frac{Al}{Al+Fe+Mn}$	$\frac{Fe}{Ti}$	$\frac{MnO}{TiO_2}$	$C_{org}(\%)$	平均原子量	
Ts-116	江孜	0.04	254	2.5	0.054	20.8	
Ts-144	江孜	0.045	245	1.78	0.076	20.7	
白s-42	白朗	0.028	67	0.50	0.032	20.4	
T-144(1)	吉隆	0.18	158	3.28	0.049	20.3	
仲-86	仲巴	0.014	250	2.8	0.027	20.6	
仲-257	仲巴	0.09	160	0.73	0.049	20.8	
仲-259	仲巴	0.12	90	0.73	0.038	20.7	
布-65	仁布	0.25	19	0.40	—	20.6	
布-70	仁布	0.18	25.7	0.21	—	20.8	
江-148	江孜	0.03	128	0.50	—	20.8	
江-144	江孜	0.23	29.5	0.14	—	20.7	
白-39	白朗	0.03	—	—	—	21.4	
白-41	白朗	0.03	—	—	—	20.9	
白-45	白朗	0.14	64.4	1.42	—	20.7	
白-51	白朗	0.10	9.18	0.27	—	20.9	
日-33	日喀则	0.09	165	7	—	21.2	
日-39	日喀则	0.10	—	—	—	20.5	
日-91	日喀则	0.22	50	0.31	—	20.9	
日-93	日喀则	0.16	59.50	0.47	—	20.8	
平均		0.109	111	1.44	0.046	20.8	
其它硅岩	与生物(有机质)成因有关	扬子地台	0.55	17.3	0.09	>4	19.9
	与热水(火山)成因有关	扬子地台	0.42	44	2.26	<0.5	20.0
		世界其它地区 37 个样品					19.94

在 1~7 之间。而那些主要沉积于扬子地台外陆架水域不深的陆坡区,并以生物有机质成因为主的硅岩,这一比值显然要低得多,一般都 <0.5 ,大部分都在 0.1 以下(王东安等, 1993)。可见本区硅岩与它们不同,从该比值也反映出,它们的硅质来源于大洋深部,形成于开阔的大洋之中。

如果把表 1 所列的 $Al/(Al+Fe+Mn)$ 、 Fe/Ti 和 MnO/TiO_2 三种比值作为硅岩形成背景的地球化学指标进行比较,不难看出它们的变化趋势的吻合和差别,清楚地反映出,本区硅岩的硅质来源于大洋深部,与火山作用有着密切关系,并形成于远陆的大洋之中,显示出它们的沉积是热水作用的背景下,局部地区也有一些生物参与。

把本区 $Al/(Al+Fe+Mn)$ 、 Fe/Ti 及 Al 、 Fe 、 Mn 的各项数据分别投入现代海洋沉积物的 Fe/Ti — $Al/(Al+Fe+Mn)$ 的图解(据 K. Bostoms, 1973)和 Al 、 Fe 、 Mn 的三角图中(据 M. Adchi 等, 1986)。图 1 可以清楚的看出,大多数点落在海渊热水沉积物形成区,并更接近热水沉积端元。这和扬子地区硅岩以生物有机质为主成因的样品点的落区形成鲜明对照,后者全部落在生物成因硅岩区附近,更趋向陆源物质端元。而三角图(图 2)更为明显,全部样品点均落在热水沉积硅岩区中。

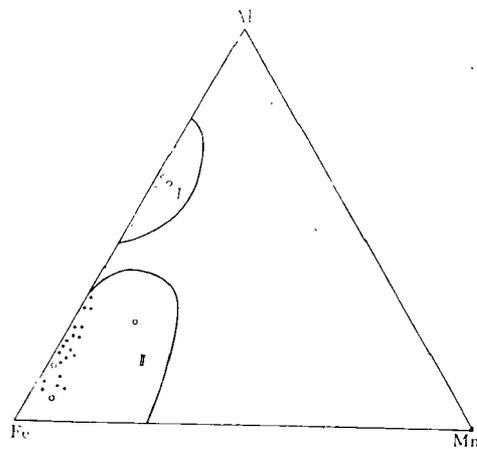


1. 生物成因硅岩; 2. 平均远洋粘土; 3. 海渊热水沉积物;
4. 热水粘土; 5. 热水粘土; W. 西太平洋盆地沉积物;
TM. 陆源物质端元沉积物; BM. 生物物质端元沉积物;
EPR. 东太平洋陆隆热水端元沉积物

图 1 现代海洋沉积物的 Fe/Ti —

$Al/(Al+Fe+Mn)$ 图解(据 K. Bostrom, 1973)

Fig. 1 Fe/Ti — $Al/(Al+Fe+Mn)$ diagram of present marine sediments(from K. Bostrom, 1973)



I—生物成因硅岩区;

II—热水沉积硅岩区;

图例同图 1 ○—生物化学沉积硅岩;

⊙—与热水成因有关的硅岩; ●—研究区硅岩

图 2 硅岩的 Al — Fe — Mn

三角图(据 M. Adachi 等, 1986)

Fig. 2 Triangle diagram of

Al — Fe — Mn (from M. Adachi, 1986)

从表 1 有机碳的含量可以看出,本区硅岩有机质含量普遍偏低, C_{org} 不足 0.1%,平均有机碳含量为 0.046%。这显然反映出与热水成因有关的硅岩特点。在扬子地台沉积区中,

一般与火山(热水)作用关系较为密切的硅岩,有机质含量也偏低,平均不足 0.5%,而与之相反的那些属于生物(有机质)成因的硅岩,有机质含量异常地高, C_{org} 含量平均在 4%以上,最高的 C_{org} 9.7%(王东安,1994)。可见有机质的含量多少,也是判断硅岩成因的重要地球化学指标。

另外,从表 1 所列本区硅岩平均原子量计算结果来看,最低值为 20.3,最高值可达 21.4,平均是 20.8,明显的高于扬子地台生物和热水型 20 多个样品的原子量平均值 19.9 和 20,比世界其它不同地区 37 个硅岩的平均原子量 19.94 也高得多。如果同地壳及上地幔各分层平均原子量对比(表 2)就可以看出,本区硅岩的平均原子量比大陆上部沉积层、中上部浅变质岩—花岗岩的平均原子量都高,它们更接近于大陆壳中下部及上地幔顶部岩石的平均值,这决不是偶然的,很可能是硅来源于地壳深部的一种反映。

表 2 本区硅岩、扬子地区硅岩、世界其它地区硅岩的平均原子量与地壳及上地幔各分层平均原子量对比表

Table 2 Comparison of average atomic weights of the silicolites in this region, Yangtze region and other regions of the world with those of different layers in crust and upper mantle

各分层 相对位置	分层名称	岩石组合	平均原子量	本区 硅岩	扬子地 区硅岩	世界其 它地区 硅岩	
大 陆 壳	上部	沉积岩层	各种沉积岩类型	18.5~19.5		19.95	19.94
	中 上 部	浅变质岩层	副变质板岩、千板岩、片岩、石英岩及部分变质的中酸性火山岩	19.5~20.5			
		花岗岩层	花岗岩、花岗片麻岩	20.5±0.2			
	中下部	辉长岩层	主要辉长岩,局部有变质基性火山岩,斜长岩、苏长岩	21.5±0.1	20.8		
上 地 幔	下部	深变质岩层	角闪岩相、榴辉岩相组成	22.0~23.0			
	顶部	橄榄岩层	纯橄榄岩及斜辉橄榄岩	21.0~21.2			
	上部	榴辉岩层	含金刚石榴辉岩	22.0			

3 硅岩的形成及其地质意义

大规模硅岩的产出,是雅鲁藏布缝合带的一个重要标志,硅岩本身的许多特点反映了它们形成的地质背景,这些背景正是代表了缝合带演化过程中的一个侧面。综上所述,这些标志硅岩成因的特点主要表现在:

1) 硅岩主要产于基性岩、超基性岩和火山熔岩带之中,它们常常与块状熔岩、枕状熔岩和席状熔岩共生,许多硅岩与火山岩成互层。

2) 硅岩多具有与火山岩类同的颜色,色调比较鲜艳。

3) 多种地球化学指标 $Al/(Al+Fe+Mn)$, Fe/Ti 和 MnO/TiO_2 等,反映它们的形成与热水作用有着紧密关系。

4) 有机质含量极低,而代表深层元素 Fe 、 Mn 、 Na 、 Cu 、 Ni 和 Ba 等元素的含量高于硅岩中该元素含量的平均值。

5) 本区硅岩的平均原子量较高,接近于大陆壳中下部及上地幔顶部岩石的平均值,并

高于其它地区硅岩的平均值。

研究区硅岩的产出和地球化学组合的独特之处,显然与一般稳定的正常沉积岩系所形成的硅岩有所不同,恰恰反映出它们的形成和本区地质构造演化密切相关。中生代以来,由于大洋扩张、印度板块不断向北漂移,特提斯海洋壳从扩张到闭合过程中(常承法,1990),深部物质不断的被溢出,在洋壳上部形成超基性岩、基性岩和各种火山熔岩的同时,许多被分异出来的硅质被溶于大洋之中,加上又由于板块汇聚在消减初期出现强烈摩擦降压变形,释放出大量热量,使幔岩和壳岩重新熔融,进而产生富含 SiO_2 的大量热水。这样从扩张轴部开始到远离扩张轴的岛弧或边缘洋盆,也就是收缩的特底斯洋残留深海渊中,相继聚集了大量二氧化硅,它们在热水的作用下,和其中许多繁衍的浮游生物(放射虫等)的参与下,形成了一个有利于硅质富集、保存、浓缩和饱和的地球化学域,从晚侏罗世开始,直到早白垩世,不断沉积,有时还和席状熔岩交替沉积,最后,并形成巨厚的硅岩系。

由此可见,硅岩的形成是缝合带蛇绿岩重要组成部分,它的产出正是特提斯洋壳在本区从扩张到合拢,直到消减的必然结果。从一个侧面反映了这种构造演化环境,为全面解释雅鲁藏布缝合带的形成、演化提供了科学依据。

收修改稿日期:1994-8-10

参 考 文 献

- [1] 王东安,1981,西藏南部沉积岩,北京:科学出版社,52~71。
- [2] 王东安,陈端君,1993,生物成矿作用研究,北京:海洋出版社,52~64。
- [3] 王东安,1994,扬子地台晚元古代以来硅岩地球化学特征及其成因,地质科学,29(1):41~54。
- [4] J. F. Dewey, R. M. Shackleton, 常承法,孙亦因,1990,青藏高原地质演化,科学出版社,384~408。
- [5] 邓万明,1982,青藏高原地质论文专辑,北京:地质出版社,36~52。
- [6] Adachi M., Yamamoto K., Sugisaki 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.
- [7] Bostrom K., Kraemer T., Gartner S., 1973, Provenance and accumulation rates of opaline silica. Al, Fe, Ti, Mn, Cu, Ni and Co in Pacific pelagic sediment. *Chemical Geology*. 11(1/2):123~148.

Geochemically Genetic Criteria of Silicolites in Yaluzangbu Suture Belt and Their Geological Significance

Wang Dongan, Chen Ruijun

(Institute of geology, Chinese Academy of Science, Beijing)

Abstract

Based on the study on element ratios of MnO/TiO_2 , $\text{Al}/(\text{Al}+\text{Fe}+\text{Mn})$ and correlation Chart of $\text{Fe}/\text{Ti}-\text{Al}/(\text{Al}+\text{Fe}+\text{Mn})$, Triangle Diagram of Al-Fe-Mn as well as atomic weight of silicolites in Yaluzangbu suture belt, Tibet, this paper discusses the genesis of the silicolites and the formation as well as evolutionary history of the suture belt.

Key Words: Yaluzangbu Suture Belt; Silicolites; Genetic criteria; Hydrothermal water process