

云南腾冲观音庙硅藻土矿床的地球化学特征及其 与火山作用的成因联系*

Geochemistry of Diatomite in Guanyinmiao and Its Genetic Relation to Volcanism in Tengchong, Yunnan

王登红¹ 蒋成兴² 应汉龙³ 陈从喜⁴ 李志伟⁵

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 云南地质调查院第四地质调查所, 云南 保山 678000; 3 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 4 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871; 5 云南国土资源厅矿产资源储量评审中心, 云南 昆明 650011)

Wang Denghong¹, Jiang Chengxing², Ying Hanlong³, Chen Congxi⁴ and Li Zhiwei⁵

(1 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 The No.4 Geosurvey of Yunnan, Baoshan 678000, Yunnan, China; 3 Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100029, China; 4 Peking University, Beijing 100871; 5 Reserve Assessment Center of Yunnan, Kunming 650011, Yunnan, China)

摘 要 硅藻土矿床是典型的生物成因矿床, 但往往与火山作用关系密切, 我国的几个主要硅藻土矿床, 如浙江的嵊县、山东的临朐、吉林的马鞍山等矿床均与新生代玄武岩具有密切的时空联系。为进一步探讨生物成矿与火山活动的关系, 文章以云南腾冲观音庙硅藻土矿床为例, 从地球化学的角度研究, 结果表明腾冲的硅藻土带有明显的“火成”烙印, 火山喷发不但提供了成矿物质来源, 而且提供了有利于生物活动的环境条件, 从而为一些矿床的“外成内生”提供了新的实例。

关键词 硅藻土 地球化学 外成内生 云南腾冲

硅藻土由二氧化硅含量很高的硅藻、放射虫类或海绵的遗体组成; 而且参与成矿的硅藻的种属很多, 仅吉林马鞍山、大荒沟、桦树林子等矿床就有 22 属 68 种[●](黄成彦等, 1993)。在有的矿区还伴生有其他生物, 如山东临朐硅藻土矿区伴生有著名的山旺生物化石群, 云南寻甸的特大型硅藻土矿床也是在鉴定植物化石标本时发现的。可见, 生物特别是硅藻对于硅藻土的形成起了决定性的作用。但是, 并不是生物发育的地方就一定有硅藻土, 实际上硅藻土矿床的数量并不多, 即使是资源量处于国际前列的我国也只有云南、浙江、吉林、山东等少数地方出现了较大规模的矿床, 而这些地方往往发育新生代的火山作用。那么, 火山作用与硅藻土成矿之间有没有成因上的联系呢? 本文将通过对云南腾冲高峰寺硅藻土地球化学特征的研究, 探讨其间的内在联系。

1 地质概况

观音庙硅藻土位于腾冲盆地北部, 距腾冲县城北约 1 km, 矿体虽小但品质好(杨金明等, 2001)。观音庙与油灯庄硅藻土矿一起, 总面积约 0.2 km²。矿层上部为农田覆盖, 耕种层厚度约 50~70 cm。硅藻土层的下部为粉砂层和砂层, 基底为中更新世橄榄玄武岩。有两层硅藻土, 厚度 0.7~2.22 m, 以上层质量较好, 颜色为白色、灰白色, 下层硅藻土质量差一点, 其中粘土矿物和碎屑矿物含量稍高。粘土矿物包括蒙脱石、伊利石和高岭石, 碎屑矿物包括石英、长石、方解石和角闪石。黄成彦等(1993)鉴定出硅藻 21 属 60 多种, 主要是连结脆杆藻鼓形变种, 其次是连结脆杆藻和羽纹脆杆藻, 没有优势种。

* 本文得到国家最大基础发展规划项目(G1999043203)及地质大调查项目(K1.4-3-4)专题的资助
第一作者简介 王登红, 男, 1967 年生, 博士, 研究员, 主要从事成矿学、地幔柱及相关领域的研究。

2 硅藻土的主成分特征

腾冲硅藻土的化学成分主要是SiO₂, 3 个样品的w(SiO₂)含量变化于 72.35%~82.31%, 平均 77.66%; 明显高于吉林敦化的高树林 (w(SiO₂)=55.35%~64.25%, 陶维屏等, 1994)、吉林珲春土门子 (w(SiO₂)=64.20%)、云南寻甸先锋 (w(SiO₂)=61.19%)、四川米易回汉沟 (w(SiO₂)=63.21%) 和新民村 (w(SiO₂)=60.76%) 等矿床, 也高于浙江嵊县的福泉山硅藻土矿, 低于湖南耒阳新市街 (w(SiO₂)=95%种), 而与吉林桦甸 (w(SiO₂)=74~80%)、山东临朐 (w(SiO₂)=65~80%) 等矿床比较接近。除二氧化硅以外, 腾冲观音庙硅藻土中还含有w(B)为 5.46%~13.28%的Al₂O₃, 4.83%~5.44%的H₂O⁺和一定量 (<2%) 的FeO、CaO、Na₂O和K₂O, 以及少量 (<1%) 的TiO₂、Fe₂O₃、MgO、CO₂和P₂O₅, MnO的含量最低, 只有 0.01%~0.03%。与其他硅藻土矿床相比, 腾冲观音庙的硅藻土Fe₂O₃含量平均只有 0.20%, 明显偏低, 表明观音庙的硅藻土可能主要是在一种还原的条件下形成的。除了H₂O⁺, 观音庙硅藻土中的氧化物组分均随SiO₂含量的增大而减小 (表 1 和图 1), 这与其他硅藻土矿床的特点相似。

表 1 腾冲观音庙硅藻土的主成分含量

序 号	产 地	w(B)/%													
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	H ₂ O ⁺	总和
1	腾冲观音庙 Gym-2	82.31	0.26	5.46	0.01	0.96	0.01	0.38	0.63	0.59	0.71	0.03	0.30	5.24	96.89
2	腾冲观音庙 Gym-3	78.31	0.43	8.27	0.17	1.07	0.02	0.44	1.14	1.01	1.10	0.07	0.49	5.44	97.96
3	腾冲观音庙 Gym-1	72.35	0.79	13.28	0.41	1.72	0.03	0.62	1.95	1.54	1.75	0.12	0.39	4.83	99.78

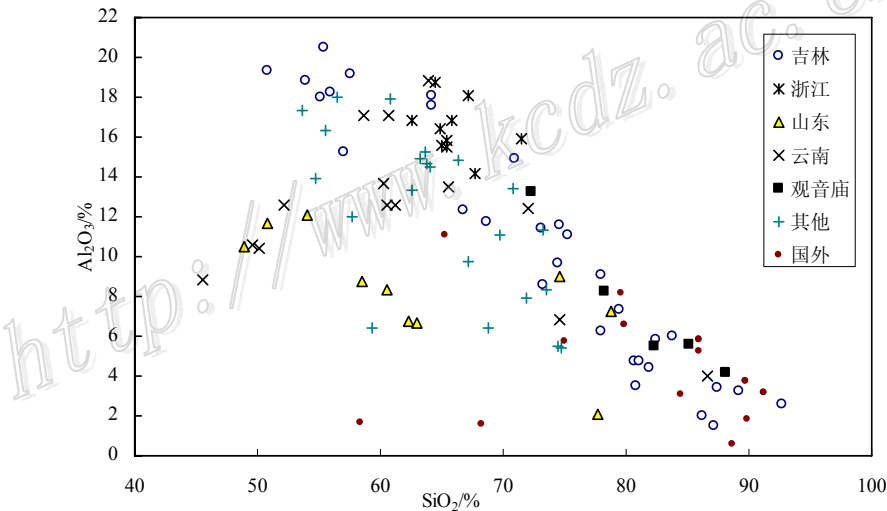


图 1 观音庙硅藻土与其他硅藻土矿床的SiO₂-Al₂O₃图解
除表 1 资料外, 其余来源于有关文献

3 硅藻土的稀土元素地球化学

稀土元素的含量变化较大 (REE=57.37×10⁻⁶~162.62×10⁻⁶), 并随着SiO₂含量的升高而降低 (2); 轻稀土明显富集, 在配分曲线模式图上表现为显著的“右倾”型 (图 2)。与腾冲火山岩相比 (皇甫岗等, 2000), 硅藻土的REE含量要低得多, 但配分模式是完全一致的, 均表现为轻稀土富集, Eu有亏损, Ho也有亏损但均很微弱, 显示它们之间存在成因上的联系。

4 硅藻土的微量元素地球化学

目前可供对比的硅藻土的微量元素资料很少,本文比较系统地测定了 3 个样品的微量元素含量(表 3)。含量较高的微量元素(如Ba、F、Sr、Rb、Zr、Zn、V、Li)一般随着SiO₂含量的增高而丰度降低,但Cl和B例外,表明较纯的硅藻土其Cl和B(及S)的含量较高,这与沉积盆地的盐度增高有关。与一般粘土的微量元素相比,腾冲硅藻土除了Ta、U、Th、Sn和Au明显偏高外,其他元素含量均较低。在微量元素对球粒陨石标准化图解上(图 4),硅藻土的配分曲线与腾冲火山岩非常接近,表明硅藻土中的微量元素可能主要来自火山岩。

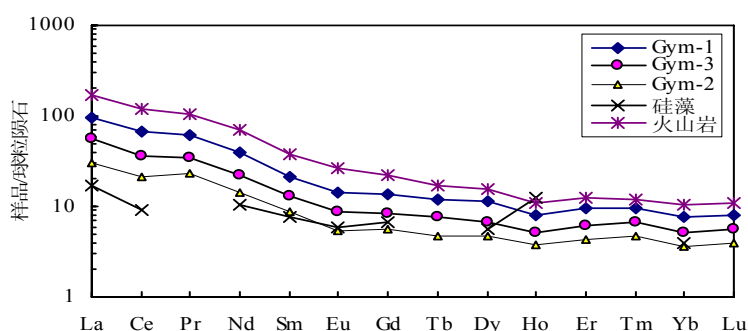


图 2 腾冲观音庙硅藻土的稀土元素配分曲线

火山岩为腾冲火山岩 27 个样品平均值,据黄甫岗等, 2000

表 2 腾冲观音庙硅藻土的稀土元素含量

样号	样品	$w_B/\times 10^{-6}$															
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Σ REE
Gym-1	硅藻土	32.68	62.02	7.33	25.36	4.32	1.01	3.62	0.61	3.37	0.65	1.91	0.29	1.67	0.24	17.54	162.62
Gym-3	硅藻土	18.72	32.75	4.10	14.22	2.60	0.60	2.21	0.39	2.04	0.42	1.21	0.20	1.15	0.17	11.95	92.73
Gym-2	硅藻土	10.28	19.38	2.77	9.00	1.75	0.37	1.49	0.24	1.39	0.30	0.85	0.14	0.78	0.12	8.51	57.37
	硅藻	5.78	8.21		6.71	1.56	0.404	1.78		1.69	.998			0.859			

据陈德潜等, 1990; 硅藻据埃尔德菲尔德 1981。

表 3 腾冲观音庙硅藻土的微量元素含量

样号	样品	$w_B/\times 10^{-6}$															
		Li	Be	Nb	Ta	Zr	Hf	U	Th	Rb	Sr	Ba	Ga	Ge	Sc	V	Co
Gym-1	硅藻土	17.3	2.6	17.5	2.1	196	5.2	18.3	15.8	67	211	479	14.8	1.3	9.9	71.3	9.7
Gym-3	硅藻土	10.0	1.8	4.5	0.6	105	3.0	19.5	8.5	44	112	269	11.1	0.9	5.1	42.7	4.8
Gym-2	硅藻土	9.9	4.3	9.6	0.8	60	1.8	16.0	5.7	34	53	175	7.6	0.7	3.1	27.1	3

样号	样品	$w_B/\times 10^{-6}$															
		Cr	Ni	Cu	Pb	Zn	W	Sn	Mo	Bi	Ag	Cl	B	F	S	Au	
Gym-1	硅藻土	70.1	18.9	18	84.5	142	1.2	5.2	1.0	0.4	0.201	246	20.4	300	-	0.02	
Gym-3	硅藻土	46	11.2	10.8	21.1	71	0.8	2.1	0.8	0.3	0.061	41	13.4	150	1400	0.05	
Gym-2	硅藻土	34.1	9.3	30.4	38.8	39	0.9	5.4	11.6	0.4	0.209	1712	29.8	130	1700	0.02	

由国土资源部武汉岩矿分析测试中心测试。

5 讨论与结论——矿床的外生内成

从上述腾冲观音庙硅藻土矿床地球化学特征的初步研究可以看出,无论是全岩成分、稀土元素还是微量元素,硅藻土与腾冲火山岩具有成因上的密切联系,火山岩提供了成矿物质来源,两者形成于同样的地

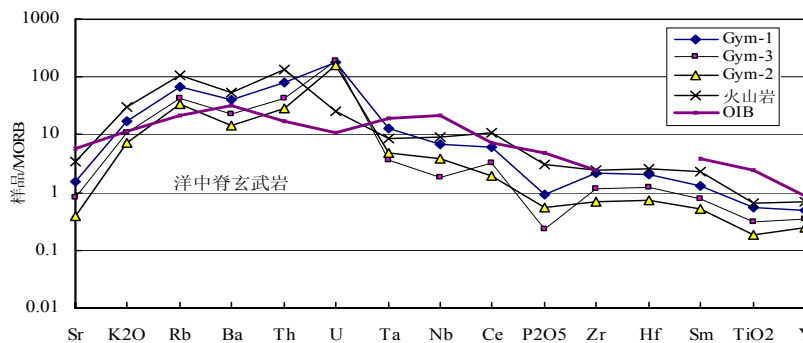


图3 腾冲硅藻土与火山岩微量元素对比的蛛网图解

OIB 和 MORB 值参见 Saunders 等, 1984 和 Sun, 1980; 火山岩为腾冲火山岩 27 个样品平均值, 据黄甫岗等, 2000

质构造环境(图 4), 均受到深部岩浆作用的制约。

世界上的硅藻土主要形成于中新世—全新世, 并以陆相占绝对优势。无论是海相或湖相的硅藻土矿床绝大部分与火山岩共生(赵东甫等, 1985)。一般认为, 火山物质提供大量的 SiO_2 , 这些 SiO_2 被溶解或呈悬浮状态存在于海水或陆相盆地中, 为硅藻的生存提供了丰富的硅质。但是, 为什么主要的硅藻土矿床均与玄武岩有关而在 SiO_2 含量更高的酸性火山岩地区却不发育呢? 原因可能是多方面的, 如玄武岩喷发的地区由于地壳裂隙拉张的强度大而容易形成成矿所必须的盆地环境、玄武岩的抗风化能力差而相对快速有效的提供硅质来源等等。虽然这些问题还需要深入研究, 但可以认为, 大陆碱性玄武岩是硅藻土矿床的成矿物质的初始来源, 而伴随玄武岩喷发的裂隙拉张环境及随之产生的火山岩盆地是成矿的有利场所, 因此, 虽然硅藻土矿床本身是由生物作用形成的外生矿床, 但如果没有内生地质作用提供成矿物质和成矿环境, 大规模的成矿作用也是难以发生的。类似于硅藻土这样的矿床可以称为“外生内成”矿床(王登红, 1998)。除了硅藻土外, 现代海底喷气口的硫化物成矿作用实际上有一部分是由生物富集的, 正如太古代条带状磁铁矿英岩虽然是在海底沉积的但无疑也是“内成”的。

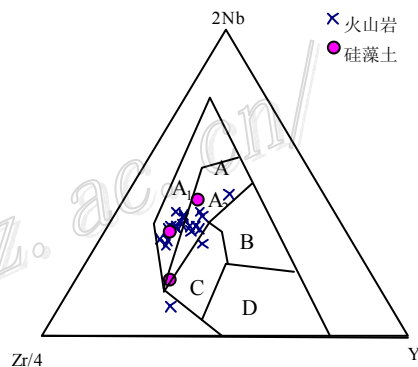


图4 火山岩与硅藻土的 Nb-Zr-Y 图解

A_1+A_2 板内碱性玄武岩; A_2+C —板内拉斑玄武岩;
B—P-MORB; C+D—火山弧玄武岩; D—N-MORB
(火山岩资料据黄甫岗等, 2000)

主要参考文献

- 陈德潜, 等. 1990. 实用稀土元素地球化学. 北京: 冶金工业出版社.
- 黄成彦, 姚以俭, 张若愚, 等. 1993. 中国硅藻土及其应用. 北京: 科学出版社. 1~284.
- 陶维屏, 高锡芬, 孙 祁, 等. 1994. 中国非金属矿床成矿系列. 北京: 地质出版社. 1~487.
- 王登红. 1998. 地幔柱及其成矿作用. 北京: 地震出版社. 120~135.
- 杨金明, 张盛江, 冯欲晓, 等. 2001. 云南建材非金属矿产资源特点及开发利用. 中国非金属矿工业导刊, (5): 34~36.
- Saunders AD and Tarney J. 1984. Geochemical characteristics of basaltic volcanism within back-arc basins. In: Kokelaar B P and Howells M F, ed. Marginal basin geology. Spec. London: Publ. Geol. Soc. London. 16: 59~76.
- Sun S S and McDonough W F. 1982. Chemical composition and origin of the earth's primitive mantle. Geochim. Cosmochim. Acta, 46: 179~192.