

石盐中微小流体包裹体的去除实验

袁小龙^{1,2}, 马海州¹, 张西营^{1,2}, 高东林¹, 韩元红^{1,2}, 翟俊^{1,2}

(1. 中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008

2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要: 现代和古代蒸发石盐中流体包裹体去除实验表明, 利用在马弗炉中爆裂石盐流体包裹体的方法可以在很大程度上除去残存的微小流体包裹体。爆裂法较无水乙醇研磨法能更有效地消除流体包裹体的影响, 从而可进一步提高固相石盐中微量元素的测试精度。

关键词: 石盐; 爆裂法; 流体包裹体; 微量元素钾、镁

中图分类号: B594 文献标识码: A 文章编号: 1008-858X(2011)01-0016-04

岩盐中微量元素 (如 Br Rb S 等) 对蒸发岩盆地的演化具有重要指示作用^[1-3]。由于蒸发石盐中流体包裹体的存在, 使得对进入石盐固相中的微量元素的测量结果变得不精确。为了消除流体包裹体的存在对微量元素测量结果的重要影响, Moretto 采取了在无水乙醇中研磨的方法以求去除石盐中的多数包裹体, 效果比较明显^[4], 此后许多蒸发岩的研究中得到了广泛应用^[6-9]。但古代蒸发石盐中包裹体的大小往往只有十几个或几十个微米左右^[10], 仅用此方法很难将微小的包裹体除去^[4]。基于该方法存在的不足, 笔者尝试在前人处理方法的基础上, 采用马弗炉高温爆裂的方法去除石盐中残存的微小包裹体。与无水乙醇处理方法类似^[4], 判断包裹体的去除程度仍以石盐中 Mg 离子的去除量为判断标准。因为 Mg 离子半径较大, 很难进入石盐的晶格中去而只能赋存于石盐的流体包裹体中, 因此, 期望本方法能为石盐微量元素精确分析探索出一种新的处理方法。

本实验采用现代和古代石盐样品为研究对象。其中, 现代石盐样品采自柴达木盆地大柴旦盐湖石盐沉积, 这些石盐样品明显具有乳白色“人字纹”结构, 富含流体包裹体, 尺寸几十个微

米至 100 多个微米 (图 1—A); 古代石盐样品采自老挝晚白垩—古近纪蒸发石盐, 石盐晶体为中粗粒变晶结构, 包裹体一般为椭圆形或圆形, 一般十几微米或几十微米 (图 1—B)。

1 实验部分

1.1 样品前处理

一般情况下, 对于石盐包裹体, 只有在气/液比较大的情况下, 才需要较高的温度使之爆裂^[11]。根据对柴达木盆地和老挝钾盐矿床中石盐包裹体的观察, 主要以液相包裹体为主, 故选择在马弗炉中升温至 350℃, 这样绝大多数包裹体是可以爆裂开的。

取富含乳白色包裹体的现代石盐样品和古代石盐样品各 7 个。每个样品约 10 g 左右, 用无水乙醇冲洗后在 40℃ 温度下烘干, 干研磨后过 80 目筛, 取其中 1/3 作为 A 样密封保存; 剩余样品在无水乙醇中 (隔离空气) 继续研磨至 200 目, 研磨过程中更换无水乙醇 3 次, 过滤、晾干后等分为 B 样和 C 样, B 样密封保存; C 样放入马弗炉中在 350℃ 下约 30 min, 冷却后用无水乙醇

收稿日期: 2009-11-09 修回日期: 2010-12-27

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40903014); 中科院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-344)

作者简介: 袁小龙 (1984—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为盐湖地球化学。

冲洗、过滤、晾干, 密封保存备测。

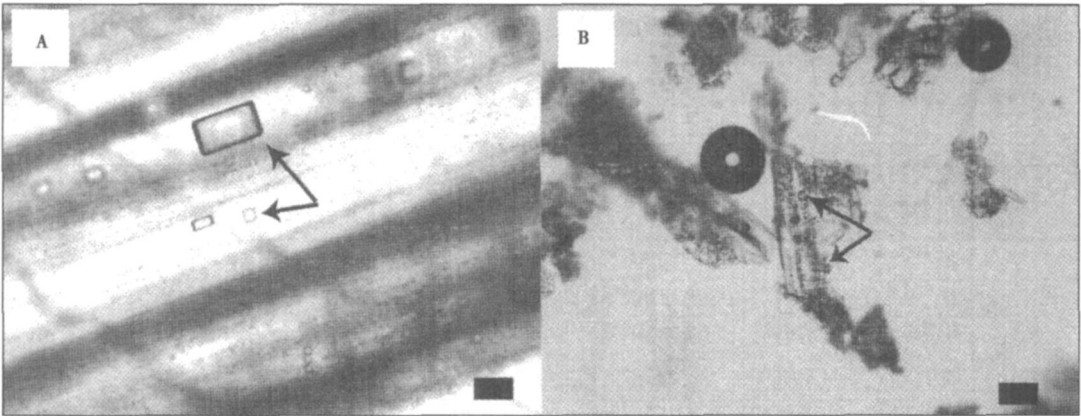


图 1 石盐中的流体包裹体
(A、B 分别为现代和古代石盐中的流体包裹体, 标尺为 100 μm)

Fig. 1 Fluid inclusions in halites.

(The fluid inclusions in modern and ancient halites represented by A and B respectively. The scale bar is 100 μm)

表 1 现代石盐中微量元素钾、镁的质量比
Table 1 Contents of trace elements K and Mg in modern halite samples

样品编号		各离子质量比		各离子去除量		各离子去除率	
		K/($\mu\text{g/g}$)	Mg/($\mu\text{g/g}$)	K/($\mu\text{g/g}$)	Mg/($\mu\text{g/g}$)	K/%	Mg/%
1 [*]	A	49.55	35.9				
	B	35.5	6.96	14.05	28.94	28.36	80.61
	C	25.65	5.84	23.90	30.06	48.23	83.73
2 [*]	A	59.6	31.64				
	B	51.44	10.08	8.16	21.56	13.69	68.14
	C	34.98	8.75	24.62	22.89	41.31	72.35
3 [*]	A	40.03	13.86				
	B	32.87	4.27	7.16	9.59	17.89	69.19
	C	34.3	4.07	5.73	9.79	14.31	70.63
4 [*]	A	48.66	21.74				
	B	43.02	18.73	5.64	3.01	11.59	13.85
	C	37.07	16.99	11.59	4.75	23.82	21.85
5 [*]	A	39.55	17.81				
	B	38.97	3.65	0.58	14.16	1.47	79.51
	C	36.64	3.52	2.91	14.29	7.36	80.24
6 [*]	A	39.07	9.87				
	B	33.2	3.32	5.87	6.55	15.02	66.36
	C	23.24	3.19	15.83	6.68	40.52	67.68
7 [*]	A	67.39	38.91				
	B	30.78	10.02	36.61	28.89	54.33	74.25
	C	32.29	8.6	35.10	30.31	52.08	77.90

注:A—原始样;B—无水乙醇研磨;C—马弗炉爆裂。其中,去除量=B或C相对于A的减少量;去除率=100%×(A-B)/A或100%×(A-C)/A。

1.2 石盐中微量元素的测定

石盐中微量元素 K、Mg 采用由 ICP-OES 测

定, K 和 Mg 的相对误差均小于 10%, Mg 的检出限为 $0.004 \mu\text{g/g}$, K 的检出限为 $0.08 \mu\text{g/g}$ 。测试结果见表 1.2。

表 2 古代石盐中微量元素钾、镁的质量比
Table 2 Contents of trace elements K and Mg in ancient halite samples

样品编号		各离子质量比		各离子去除量		各离子去除率	
		K/($\mu\text{g/g}$)	Mg/($\mu\text{g/g}$)	K/($\mu\text{g/g}$)	Mg/($\mu\text{g/g}$)	K/%	Mg/%
8 [*]	A	3 936.04	190.27				
	B	2 244.57	20.57	1 691.47	169.70	42.97	89.19
	C	1 782.17	10.02	2 153.87	180.25	54.72	94.73
9 [*]	A	4 914.09	173.91				
	B	3 299.48	10.86	1 614.61	163.05	32.86	93.75
	C	870.26	4.76	4 043.83	169.14	82.29	97.26
10 [*]	A	4 759.27	301.52				
	B	3 238.06	34.42	1 521.21	267.10	31.96	88.58
	C	762.73	7.36	3 996.54	294.16	83.67	97.56
11 [*]	A	5 318.91	275.03				
	B	3 028.87	15.14	2 290.04	259.89	43.05	94.49
	C	733.47	8.23	4 585.44	266.81	86.21	97.01
12 [*]	A	1 594.42	18.81				
	B	1 384.68	10.27	209.74	8.54	13.15	45.42
	C	686.78	6.69	907.65	12.12	56.93	64.45
13 [*]	A	1 874.97	7.99				
	B	1 670.33	7.18	204.64	0.82	10.91	10.21
	C	671.68	5.23	1 203.29	2.77	64.18	34.61
14 [*]	A	1 192.59	7.71				
	B	1 048.95	6.42	143.64	1.30	12.04	16.81
	C	730.07	2.40	462.53	5.31	38.78	68.90

注:A—原始样;B—无水乙醇研磨;C—马弗炉爆裂。其中,去除量=B或C相对于A的减少量;去除率= $100\% \times (A-B)/A$ 或 $100\% \times (A-C)/A$ 。

2 结果与讨论

2.1 结果分析

实验结果表明,用马弗炉爆裂处理与用无水乙醇处理后的石盐样品,不论是现代石盐还是古代石盐,微量元素 Mg 和 K 的质量比都显著降低。用马弗炉处理过的 C 样中微量元素 Mg 和 K 的质量比都明显低于用无水乙醇处理过的 B 样。用无水乙醇处理后 (B 样),现代和古代石盐中 K 的平均去除率分别只有 20.34% 和 26.71%, Mg 分别为 64.56% 和 62.64%; 而用马弗炉处理后 (C 样),现代和古代石盐中 K 的平

均去除率分别为 32.52% 和 66.73%, Mg 则分别为 67.77% 和 79.22%。这说明,用马弗炉爆裂处理的作用要明显优于在无水乙醇研磨。

2.2 讨论

由于 Mg²⁺离子半径较大,很难进入到 NaCl 晶格中,故其在石盐中只能赋存于流体包裹体中,而 K⁺离子很可能在流体包裹体中以及固体石盐晶格中均有赋存,因此实验中 Mg²⁺的去除率远大于 K⁺。

理论上,爆裂法应该能去除石盐中全部微小包裹体,但实验结果表明流体包裹体并没有被完全去除。这可能是以下几种原因所致:赋存于石盐中的流体包裹体没有充分爆裂;或者流体包裹

体在爆裂后微量元素粘附于石盐表面,即使经过无水乙醇冲洗也没有被完全去除掉;或者 B C 两个等分样品存在一定差异。

现代石盐中 Mg K 的质量比和去除率都较古代石盐显著降低,其主要原因可能与蒸发石盐形成环境、沉积过程和阶段、是否经受过地质作用、成盐母卤的原始成分以及沉积后的变质作用等有关。

3 结 论

本实验以现代盐湖沉积石盐和老挝古代蒸发石盐为研究对象,在前人去除包裹体研究的基础上,改进了实验方法,利用在马弗炉中爆裂石盐的方法以去除存在的微小流体包裹体。结果表明,爆裂法在一定程度上去除了石盐中的部分微小包裹体,效果和作用较明显。因此,利用爆裂法能进一步消除微小包裹体对石盐中微量元素测试精度的影响。同时,建立不同沉积环境下爆裂石盐包裹体所需温度等条件也值得进一步深入研究。

致谢:中科院青海盐湖所杨波副研究员、冉广芬副研究员、李海军副研究员、吕亚平老师、王波老师、薛园老师、李园老师在矿物物相鉴定和样品测试分析方面给予很大帮助,在此一并表示感谢。

参考文献:

[1] H i t e R J J a p a k a s e t t T Potash deposits of the Khorat Plateau, Thailand and Laos[J]. *Economic Geology* 1979, 74

(2): 448—458.
[2] W i l b u s C K H o l s e r W T Marine and nonmarine salts of western interior United States[J]. *American Association of Petroleum Geologists* 1984, 68(6): 765—767.
[3] S o n n e n f e l d P. Evaporites marine or nonmarine[J]. *American Journal of Science* 1985 285(7): 661—667.
[4] M o r r e t t o R. Observations on the incorporation of trace elements in halite of Oligocene salt beds, Bourgen-Bresse Basin, France[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1988 52(12): 2809—2814.
[5] W a r d l a w N C S c h w e r d t W M Halite anhydrite seasonal layers in middle Devonian Prairie evaporate formation Saskatchewan Canada[J]. *Geological Society of America Bulletin* 1966, 77(4): 331—&
[6] S a v a n y J M G a r c i a V e g a s J O r t i F Glauberite halite association of the Zaragoza Gypsum Formation (Lower Miocene, Ebro Basin, NE Spain) [J]. *Sedimentology* 2007, 54(2): 443—467.
[7] T a b e m e r C C e n d o n D J P u e y o J J e t a l The use of environmental markers to distinguish marine vs. continental deposition and to quantify the significance of recycling in evaporite basins[J]. *Sedimentary Geology* 2000 137(3—4): 213—240.
[8] P u e y o J J C h o n g G J e n s e n A Neogene evaporites in desert volcanic environments Atacama Desert northern Chile [J]. *Sedimentology* 2001, 48(6): 1411—1413.
[9] R i s a c h e r F F r i z B Bromine geochemistry of salar de Uyuni and deeper salt crusts, Central Altiplano, Bolivia[J]. *Chemical Geology* 2000, 167(3—4): 373—392.
[10] 张芳,耿文辉,王滋平. 兰坪—思茅盆地石盐矿床盐矿物包裹体特征[J]. *矿产与地质*, 2001, 15(82): 113—115.
[11] 袁见齐,蔡克勤,肖荣阁. 云南勐野井钾盐矿床石盐中包裹体特征及其成因的讨论[J]. *地球科学*, 1991, 16(2): 137—143.

Experiment of Removing Small Fluid Inclusions in Halite

YUAN Xiaolong², MA Hai zhou², ZHANG Xi ying²,
GAO Dong liu¹, HAN Yuan hong², ZHAI Jun²

(1. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008 China;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039 China)

Abstract: The experimental results of removal of fluid inclusions in modern and ancient evaporative halites show that the decrepitation method can remove the remained small fluid inclusions to a large degree. The decrepitation method is more effective in eliminating the influence of small fluid conclusions than the method of cracking halite in ethanol and the measurement precise of trace elements in solid halite can improve further.

Key words: Halite, Decrepitation method, Fluid inclusion, Trace elements K and Mg