

岩石样品破碎新方法 ——SelFrag 高压脉冲破碎仪

刘建辉, 刘敦一, 张玉海, 杨之青, 王彦斌, 李柏, 倪广深

(中国地质科学院地质研究所, 北京离子探针中心, 北京 100037)

摘要: 高压脉冲破碎是一项世界先进的样品破碎技术, 瑞士的 SelFrag A G 公司利用这项技术制造出了高压脉冲破碎仪, 英文名 SelFrag High Voltage Pulse Fragmentor。这个仪器能产生 90~200 kV 的高压, 然后在极短时间里通过高压工作电极放电到水中的固体样品上, 这些固体样品会沿着颗粒边界、包裹体、不同物相之间裂解开来, 其中岩石中的各种矿物(如锆石、磷灰石)会被完全剥离, 并且保持完整的晶形。对比传统的样品破碎方法, 这种高选择性的破碎方法有很多优点: 容易清洗, 没有交叉污染; 破碎在水中进行, 没有粉尘, 没有噪声污染; 选择性破碎, 不破坏矿物晶形。目前 SelFrag 高压脉冲破碎仪已应用在地球科学中用于从岩石中挑选矿物, 此外, 它还应用在电子设备的废物回收方面。

关键词: SelFrag; 高压脉冲破碎; 岩石; 破碎方法

中图分类号: P585

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2012)05-0767-04

A new fragmentation method of rock samples: SelFrag High Voltage Pulse Fragmentor

LIU Jian-hui, LIU Dun-yi, ZHANG Yu-hai, YANG Zhi-qing, WANG Yan-bin, LI Bai and NI Guang-shen
(Institute of Geology, Chinese Academy of Geosciences, Beijing SHRIMP Center, Beijing 100037, China)

Abstract: High voltage pulse fragmentation is an advanced sample comminution technology. Based on this technique, SelFrag A G Company in Switzerland manufactured a high voltage pulse fragmentation machine, called SelFrag High Voltage Pulse Fragmentor. This instrument can generate 90~200 kV high voltage, and then shortly discharge the energy from HV working electrode to solids under water. The solids will disaggregate along grain boundaries, inclusions or inhomogeneities, and the minerals such as zircon and apatite in the solid rocks will be completely liberated keeping the morphology intact. Compared with conventional mechanical methods, this highly selective fragmentation has many advantages: ① easy washing with no contamination, ② working in the water with no dust, ③ no loud noise, ④ selective fragmentation without destroying mineral crystals. Currently, the SelFrag High Voltage Pulse Fragmentor is applied in selecting minerals from rocks for geoscience. Besides, it is applicable to circuit waste recycle.

Key words: SelFrag; High Voltage Pulse Fragmentation; rock; fragmentation method

高压脉冲破碎是一项世界先进的样品破碎技术, 瑞士的 SelFrag A G 公司利用这项技术制造出了高压脉冲破碎仪, 英文名 SelFrag High Voltage Pulse

Fragmentor。中国地质科学院地质所北京离子探针中心在 2011 年购买了中国第一台实验室用的高压脉冲破碎仪(外观见图 1), 于 2012 年初完成安装调



图 1 SelFrag 高压脉冲破碎仪外观图

Fig. 1 Appearance of SelFrag high voltage pulse fragmentor

1—高压电源; 2—高压发生器; 3—高压工作电极; 4—破碎容器; 5—升降台; 6—控制面板

1—HV power supply; 2—HV pulse generator; 3—HV working electrode; 4—process vessel; 5—lifting table; 6—control panel

试, 现已投入正常使用。本文主要介绍该仪器的结构、破碎机理、破碎流程、仪器特性及其应用。

1 仪器结构

仪器主要由高压电源、高压发生器、高压工作电极、可移动破碎容器、升降台、触摸式控制面板和监视器电脑七部分组成, 如图 1 所示, 第 1 部分主要为产生高压提供电源, 使用的是 380 V 的三相交流电; 第 2 部分高压发生装置可以根据需要产生 90~200 kV 之间的高压, 内部通过油和气体绝缘, 并且通过安全联锁装置来保证使用安全 (SelFrag, 2006); 第 3 部分高压工作电极是一个重要的部件, 仪器产生的脉冲高压就是通过该电极释放到固体样品上; 第 4 部分是可移动破碎容器, 样品放于此圆柱桶底部, 脉冲破碎就在此容器中进行; 第 5 部分是用于升起或

下降破碎容器的自动升降台; 第 6 部分是触摸式控制面板, 用来显示仪器状态和控制仪器工作, 可以根据需要设定脉冲电压 (90~200 kV)、脉冲频率 (1~5 Hz)、脉冲次数、电极间距 (10~40 mm) 等工作参数; 监视器电脑用于显示仪器的工作状态, 记录脉冲的总次数, 以及厂家对仪器的远程诊断维护。

2 破碎机理

仪器产生 90~200 kV 的高压, 然后在几微秒的极短时间里放电, 瞬间产生强烈的高压脉冲波传播到固体样品上, 使样品主要沿着天然的边缘 (如颗粒边界、包裹体、不同物相之间) 裂解开来, 这种破碎效果有点类似于 TNT 等的化学爆炸过程, 正是这种选择性破碎机理, 使得岩石样品中的矿物能被充分剥离出来, 而保持完整晶形不被破坏 (图 2)。

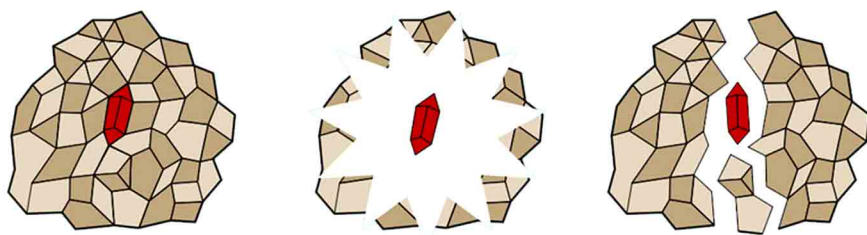


图2 岩石中矿物晶体破碎机理

Fig. 2 Principle of the mineral fragmentation from rocks

3 破碎流程

在讲破碎方法前,先介绍一个破碎过程中用到的主要部件——破碎容器(图 3a),英文叫 process

vessel,它是一个上面薄下面厚的圆柱形塑料桶,固定在不锈钢金属外罩内部,底部带有一个直径 85 mm 的圆孔,用于安装圆形过滤筛,小块的样品放于破碎容器底部,样品高度不能超过 40 mm(图 3c),因此每次最多破碎的岩石样品在 1.5 kg 左右。

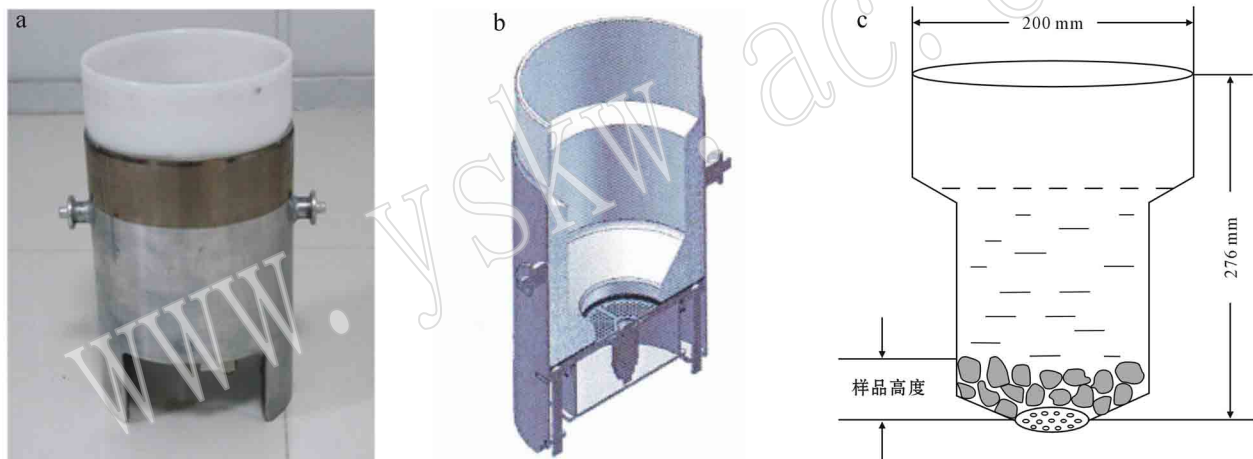


图3 破碎容器实物图、剖面图及其尺寸

Fig. 3 Physical map, profile and size of the process vessel

破碎样品前的准备工作,先把破碎容器(图 3a)和收集容器(图 4a)用自来水冲洗干净,并在破碎容器底部中间安装上圆形的金属网筛(图 4b),这些筛子有很多不同的孔径($120\ \mu\text{m}\sim 8\ \text{mm}$)可供选择,筛的下面安装上收集容器,用于接收从网筛上过滤下来的细小样品颗粒。

另外,破碎前需要把大块的岩石样品用锤子敲成小块,放入适量小块样品到破碎容器底部,样品高度不超过 40 mm(图 3c),并倒入蒸馏水到固定高度,最后把破碎容器正确放置在升降台上(图 1),拉上外面的玻璃安全门,并锁上高压放电极外面的红色安全门。

待上面准备就绪后,根据样品的大小和硬度,在

控制面板上设定工作电压、电极间距、脉冲频率和次数后,开始破碎样品。开始时由于样品较大,一般选择较高的脉冲电压($150\sim 180\ \text{kV}$)和较大的电极间距($30\sim 40\ \text{mm}$),随着破碎的进行样品被破碎成小块,需要逐渐降低脉冲电压,减小电极间距。在破碎过程中,由于破碎的圆柱塑料桶底部安装了一定孔径的金属网筛,小于筛孔的细小颗粒会通过筛子过滤到下面的收集容器内,而残留在筛子上的较粗颗粒,可以根据剥离效果和残留数量,选择是否继续破碎,如果残留的颗粒很少且已剥离,就无需继续破碎,此破碎过程一般只需 5~10 min 即可完成。破碎结束后,倒掉上面的蒸馏水,取下收集容器并倒出

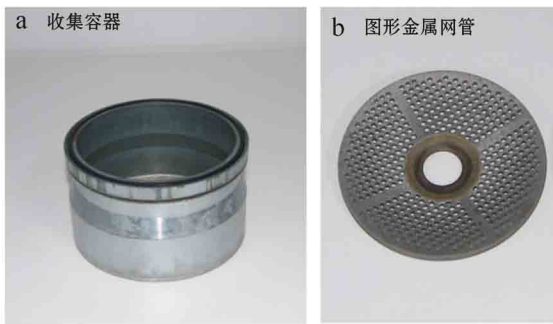


图 4 破碎容器的部分配件

Fig. 4 Some accessories of the process vessel

样品颗粒, 根据需要再次过筛(如 40 目或 60 目的筛)、洗涤、干燥、分选, 便可得到一定尺度范围内的矿物晶体颗粒。

对于微小样品(如月岩、陨石)的处理, 仪器专门配备有小的破碎容器, 装上样品和蒸馏水后, 置于底部密封的破碎容器中(图 5)。在破碎时, 采用较低的工作电压(如 90 kV)和脉冲频率(如 1 Hz), 脉冲次数也限制在 10 次左右, 主要是为了防止小的塑料破碎容器破裂, 导致样品的损失。



图 5 微样品破碎容器置于常规破碎容器中的位置

Fig. 5 Position of micro process vessel placed in the common process vessel

5 仪器的应用

高压脉冲破碎技术已在地球科学领域得到应用, 它可以把岩石样品中各种矿物完全剥离出来, 比

4 仪器的特性

实验用高压脉冲破碎仪(selFrag Lab)一个最大的缺点是每次处理样品量很有限, 岩石样品每次能破碎 1.5 kg 左右, 对于处理大量的岩石样品不是十分高效。由于高压脉冲破碎仪是利用高压脉冲产生的巨大能量对固体样品破碎的, 跟传统的机械破碎方法相比, 它具有如下优点: ①易清洗, 无污染。在破碎每一个样品之前, 破碎容器的各个部件都需要拆下, 并在自来水中冲洗干净, 包括高压放电电极也需要用水枪冲洗干净, 保证设备不残留上一个样品的颗粒, 彻底避免了不同样品之间的交叉污染问题。②无粉尘。高压脉冲破碎过程是在蒸馏水中进行, 产生的粉末都溶解在水中, 无粉尘, 极大地改善了样品破碎的工作环境。③噪声小。样品破碎过程中, 会发出“铛铛铛”的有节奏的声响, 只要关上屋门, 外面听到的声音会很小, 不会产生严重的噪声污染。④不破坏晶体。区别于传统的机械破碎方法, 高压脉冲破碎是沿着样品中的颗粒边界等薄弱的地方破碎分离的, 不会破坏晶体颗粒, 破碎后能保持晶体完整。

如锆石、独居石、磷灰石、石英、云母等, 为从岩石中挑选单矿物提供了一个新的途径。此外, 该技术还可以应用在电子设备(比如电路板等)的废物回收利用上, 它可以把电子设备中的金属和非金属部分破碎分离, 便于回收利用。