

蒸发作用与淋滤作用对岩矿石风化影响的模拟实验

刘铁庚,王兴理,叶霖,潘自平

(中国科学院地球化学研究所 矿床地球化学国家级开放实验室,贵州 贵阳 550002)

风化作用是自然界广泛存在的天然现象,对人类的生活和生存有极大的影响,人们进行了广泛而又深入的研究。这些研究除进行野外观察和研究外,主要集中于元素的淋滤、溶解和迁移以及动力学机理的实验研究。但是,很少有人进行干旱地区岩石风化模拟实验,更未见蒸发作用与淋滤作用对岩矿石风化影响对比模拟实验的报道。人们只是根据地干旱地区降雨少、昼夜气温变化大等因素,认为干旱地区岩矿石风化主要是物理风化。最近我们对两块相似的硫化物矿石标本进行了蒸发和淋滤对照的模拟实验。结果表明蒸发作用比淋滤作用更容易使岩矿石风化。蒸发作用主要是化学作用。所以干旱地区的岩矿石风化主要是化学作用,这认识向干旱地区岩矿石主要是物理风化的传统认识提出挑战。

1 实验设备和材料

实验所用的两块标本都采自贵州都匀牛角塘镉矿床。该矿床铅含量很低,一般在0.1%以下,平均为0.0946%,Zn和Cd含量很高,Zn含量一般为6%~25%,最高达48%,平均19.80%;Cd含量一般为 2000×10^{-6} ~ 9000×10^{-6} ,最高达1.34%,平均为 4262×10^{-6} ,是工业要求的几到几十倍,成为世界上目前最富镉的矿床之一。实验用的两块标本是非常新鲜的白云岩型硫化物矿石,致密块状,硫化物呈浸染状分布,乳白色-灰白色,主要由白云石,闪锌矿和黄铁矿组成,肉眼未发现方铅矿。实验用水为贵阳地区的大气降雨,PH值为6.5,水中Ca、Mg、Fe、Pb、Zn和Cd等元素的含量低于检测限。将上述两块标本分别架于两个1000 mL烧杯口上,使标本上部高出烧杯口,下部分低于烧杯口。这样作实验时高出烧杯口部分用着淋滤或蒸发,烧杯口下面的部分用着浸泡和水源供给。

相当于自然界中的岩体或矿体,一部分暴露地表,另一部分深埋地下。实验装备好后,就放在办公室的办公桌上。二个样品的间距不超过5 cm。实验完全在天然条件下进行。贵阳地区的年室内温度一般为 5° ~ 30° ,压力接近1大气压。

实验从2004年4月26日开始,到2005年12月19日结束,共进行了603天。第一次往烧杯里加水时,两个样品都是从标本的顶部注入,并使水流遍整个标本。以后不定时的往两个烧杯中加水,一般10~16天加一次。在加水时一个样品(编号为A)从标本的顶部加入,使水流遍烧杯口上面的整个标本。另一个样品(编号为B)沿烧杯内壁注入水,不使水淋湿烧杯口上面的标本,水加到不至于水溢出为至。前一个样品作淋滤实验,后一个样品作蒸发实验。实验进行一个多月后,B号样标本的上部隐隐约约出现了非常稀疏、白色霜状次生矿物。随着实验的进行,生成的次生矿物越来越多。为了防止次生矿物丢入烧杯中,在样品中部套一片塑料薄膜,盖在烧杯口上。

2 实验结果

在实验前两块标本的颜色、硬度、结构构造和矿物组成无明显不同,但是实验进行603天后,两块标本看不出相似处。作淋滤实验的标本(A样)与实验前无明显的不同,而作蒸发实验的标本(B样)发生翻天覆地变化,面貌全非。具体变化体现在以下方面:

2.1 标本的颜色

A样品的标本(淋滤实验的)基本保持实验前的灰白色,光泽明亮,看起来很新鲜;B号样品的标本(蒸发实验的)由原来的灰白色,变为灰黑色,无光泽或土状光泽;

2.2 标本的硬度和坚韧性

实验前 A 号样品的标本与 B 号样品的标本都比较坚硬,用小刀才能刻动。但是,实验 603 天后,A 号样品的标本与实验前的硬度基本相似,比较坚硬,用小刀才能刻动。而 B 号样品的标本变得非常疏松和脆弱,用毛刷子轻轻一碰,便有碎块或粉末脱落下来,甚至,在实验进程中无论是标本的顶部或下部都有 $1 \sim 2 \text{ cm}^2$ 小碎块自然脱落。

2.3 标本的气味

无论是 A 样品标本或是 B 样品标本在实验前怎么敲打,都没有任何气味释放出来。实验进行 603 天后,A 样品标本无论如何敲击仍没有气味释放,而 B 样品标本只要轻轻的敲击一下,就发出呛人的臭鸡蛋味(即 SO_2 气味)。

2.4 次生矿物

实验前两块标本都非常新鲜,未发现任何次生矿物。实验进行 603 天后,A 样品标本仍然非常新鲜,没有任何次生矿物形成;B 样品标本在实验进行 36 天后就有白色霜状次生矿物生成。实验进行 603 天后有大量的次生矿物复盖标本的顶部。经过透射电镜、拉曼光谱和电子探针测试,基本都是硫酸盐矿物,少量铁的氧化物。硫酸盐中 70% ~ 80% 是 MgSO_4 ,少量的 CaSO_4 和 ZnSO_4 ,极微量的 Fe_2O_3 、 ZnS 和 CdS 。 MgSO_4 形成的最早,量也最大; CaSO_4 和 ZnSO_4 形成次之。 Fe_2O_3 、 ZnS 和 CdS 形成较晚。

2.5 浸泡液的 pH

不仅两块实验标本身明显不同,而且浸泡液的 pH 值变化悬殊也甚大。两个浸泡液的 pH 值开始实验前均为 6.5。实验开始进行,pH 值开始下降。实验进行 87 天,两个实验浸泡液的 pH 值,由原来的 6.5 降至 5。此后,A 样浸泡液的 pH 值基本保持在 5 左右;B 样浸泡液的 pH 值开始回升。实验进行 128 天后,回升到 7,最高达 7.5,一般波动在 6.5 ~ 7 之间。

2.6 浸泡液的阳离子浓度

A 样和 B 样的浸泡液的阳离子浓度随实验

时间的延长,浸泡液中的元素浓度越来越大,但是,在相同的浸泡时间内 A 样浸泡液的阳离子浓度比 B 样浸泡液的显著低,如 171 天时,A 样和 B 样浸泡液的 Ca^{+2} 浓度分别为 12.48×10^{-6} , 31.76×10^{-6} , Mg^{+2} 浓度分别为 9.38×10^{-6} 和 108.96×10^{-6} 。到 603 天时, Ca^{+2} 浓度分别为 58.39×10^{-6} 和 1587.79×10^{-6} , Mg^{+2} 浓度分别为 35.92×10^{-6} 和 130.02×10^{-6} 。

3 结论与讨论

由上述模拟实验结果可知:尽管实验的两块标本和实验条件非常相似,但是,由于实验模式(A 样模拟淋漓实验,B 样模拟蒸发实验)不同,而标本发生了悬殊的变化:①A 样的标本基本保持实验前的乳白色,而 B 样的标本由原来的乳白色变为灰黑色;②A 样未发现任何次生矿物,而 B 样标本的顶部有大量的次生矿物生成;③A 样的标本硬度和坚韧性与实验前近似,而 B 样的标本变得脆弱和疏松,用毛刷轻轻的一碰,就有小块或粉末脱落,甚至在实验进程中就有小碎块自然脱落;④A 样的标本与实验前一样,怎么敲打都没有任何气味释放,而 B 样的标本实验后轻轻敲打,就有 SO_2 气味放出;⑤在浸泡相同的时间内 A 样浸泡液的阳离子浓度总比 B 样浸泡液的阳离子浓度低;⑥A 样浸泡液的 pH 值比较稳定,先是下降,然后稳定在 5 左右。B 样浸泡液的 pH 值变化很大,先是波动式下降到 5,以后又波动式地升至 7.5,最后变化于 6.5 ~ 7 之间。总之,模拟淋漓实验的样品实验前后无明显变化,而模拟蒸发的样品实验前后变化甚大,面目全非,说明蒸发作用更容易使岩石风化。

蒸发作用主要是化学反应。在下面的水沿毛细管上升过程中,与周围的岩石发生水岩反应(包括矿物的分解,元素的溶解和迁移,氧化还原反应等),使岩石的结构构造和矿物成分遭到破坏,岩石变得容易风化。干旱地区主要是蒸发作用,所以,化学反应是干旱地区岩石风化的重要作用之一。这一认识向干旱地区主要是物理风化的传统认识提出了挑战。