

鄂西涪水上游碳酸盐岩分布区岩石的溶蚀试验研究

陈 强, 谢 晔, 聂德新

(成都理工大学工程地质研究所, 成都 610059)

摘 要:对碳酸盐岩类岩石样品的溶蚀试验表明, 岩性对溶蚀的影响主要表现为各类岩石在启动溶蚀速率上的差异。在相同温压、相同比表面积条件下, 灰岩类岩石样品的启动溶蚀速率大于白云岩类岩石样品的启动溶蚀速率。但当样品在水岩反应过程中有不同的比表面积时, 溶蚀作用的强弱或快慢就取决于岩石溶蚀速率与水岩反应有效接触面积的消长关系。

关键词:岩溶; 碳酸盐岩; 溶蚀速率; 水岩反应

中图分类号: TU458

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)03-0233-02

Study on Dissolution Test of Carbonate Rock Sample from the Upstream Region of Lushui in West Hubei

CHEN Qiang, XIE Ye, NIE De-xin

(Institute of Engineering Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Test of carbonate rock sample's dissolution reveals that lithology's effects on dissolution mainly lie on their different start-up dissolution velocities. In the same conditions of temperature, pressure and specific surface area, the start-up dissolution velocity of limestone sample is more than the dolostone's one. However, when the samples have different effective contact areas, the degrees of dissolution may depend on the swing of the pendulum between the dissolution velocity and their effective contact area.

Key words: karst; carbonate rock; dissolution velocity; reactions between water and rock

湖北涪水上游碳酸盐岩分布区地处鄂西武陵山区腹地, 地表、地下岩溶广泛发育, 地貌形态以溶蚀峰丛、洼地、溶槽、落水洞等为主^[1], 地下岩溶常见有溶洞、暗河等。上述岩溶发育尤其是地表岩溶的发育集中在某些岩性层位中, 表现出一定的选择性溶蚀特征。一般认为碳酸盐岩中, 石灰岩类岩石要比白云岩类岩石更容易产生溶蚀^[2,3], 而且层厚、质纯的石灰岩往往是岩溶发育最为有利的地段^[4], 但研究区内岩溶的实际发育状况并不完全如此, 在某些地段甚至出现了相反的情况, 白云岩发育的岩性层位比石灰岩发育的岩性层位显示出更强的溶蚀特征。本文通过室内各类岩石样品的简易溶蚀试验, 从样品的溶蚀速率和水岩反应有效接触面积的角度来分析其对岩石溶蚀性强弱的影响, 进而阐明造成上述反常差异溶蚀现象的原因所在。

1 试验样品制备

为了了解碳酸盐岩类岩石的溶蚀性差异, 选取 6 组岩石样品进行溶蚀试验研究。选取的 6 组样品全部取自微风化 - 新鲜岩体中, 其岩性主要为灰岩、白云质灰岩、泥质灰岩、泥质白云岩、灰质白云岩和白云岩 6 类。将上述各组样品加工成 10~20 个 20 mm × 10 mm × 5 mm 大小均匀的长方形薄片, 以保证各组样品在水介质中具有大致相同的比表面积, 从而提高试验结果的可比性, 精细加工的样品如图 1 所示。

2 试验方法

将 6 组相同大小的样品低温烘干 48 h, 称重后放入装有 250 ml 水的量杯中 (用于试验的水取自研究区涪水水系的主干河流), 在每间隔 1/24, 1/12, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 3, 4, 5 d 后分别从量杯中取出样品, 低温烘干 48 h 后再称重, 计算出特定时间间隔内样品的质量损失及溶蚀速率。

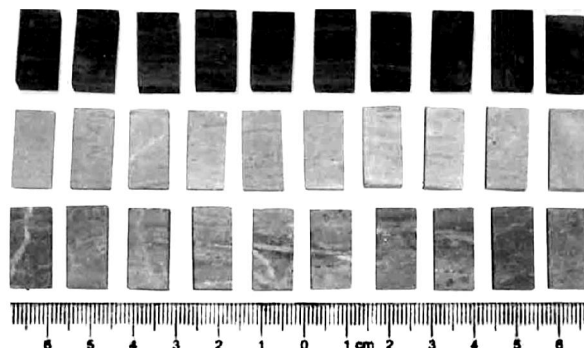


图 1 溶蚀试验样品加工

3 试验条件

碳酸盐岩在天然状态下的溶蚀, 要受水动力条件、温度、

收稿日期: 2005-04-26

基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号: 40372127) 资助

作者简介: 陈强 (1973 -), 男, 山西繁峙人, 成都理工大学地质工程专业博士研究生。

压力等因素的制约^[3],其环境条件较为复杂。室内试验对温度、压力的控制难度较大,因此只进行常温常压下的试验研究。岩体深部可溶性岩石在溶蚀作用产生的初期,由于岩石结构致密、裂隙闭合、孔隙小,水动力条件较弱,相对于较长的地质历史时期而言,短期的、局部的水动力条件可以当作是静态的,因此室内的溶蚀试验也在静态水介质中进行。

4 试验结果

6 组样品的溶蚀结果见表 1。由各组样品的溶蚀速率曲线可以看出(图 2),在静态水介质中碳酸盐岩的溶蚀速率随时间的增加多呈跳跃式衰减趋势。不同岩性的样品在溶蚀性上的差异主要表现为它们的启动溶蚀速率和速率衰减快慢的不同,其中深灰色灰岩具有较高的启动溶蚀速率和较慢的溶蚀衰减速率,溶蚀开始的时候速度较快,继而降低,再而增加,反复多次以后才趋于稳定,在此过程中甚至出现某一点的溶蚀速率高于其启动溶蚀速率的情况(图 2,a)。白云质灰岩有较高的启动溶蚀速率,但是其溶蚀速率的衰减也较

快,溶蚀开始后其速度迅速衰减而趋于稳定,没有明显的起伏过程(图 2,b)。泥质灰岩的溶蚀曲线与深灰色灰岩的特征较为相似,除了有较高的启动溶蚀速率外,其速率的衰减也较慢,且有一定的反复过程,但其峰值溶蚀速率出现在溶蚀作用开始的时段。灰质白云岩、白云岩、泥质白云岩样品的溶蚀特征大致相同,开始时段均呈现出较低的启动溶蚀速率,在试验经过一定时间后,才有明显的溶蚀产生,总体上表现为溶蚀启动慢、衰减快的特点(图 2,c、e、f)。

编号	岩性	溶蚀速率(×10 ⁴ g/d)									
		1/24 d	1/12 d	1/8 d	1/4 d	1/2 d	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d
1	深灰色石灰岩	24	0	24	8	34	9	0.5	0	2.25	3
2	白云质灰岩	216	12	32	24	12	7	0	5.67	3.25	6.6
3	灰质白云岩	0	24	0	0	4	1	0	0	3.75	4.6
4	泥质灰岩	72	0	24	0	0	25	7	1.67	4	4.8
5	白云岩	0	0	0	16	18	10	0	3.67	4.75	6.2
6	泥质白云岩	0	0	17	34	2	2	5			

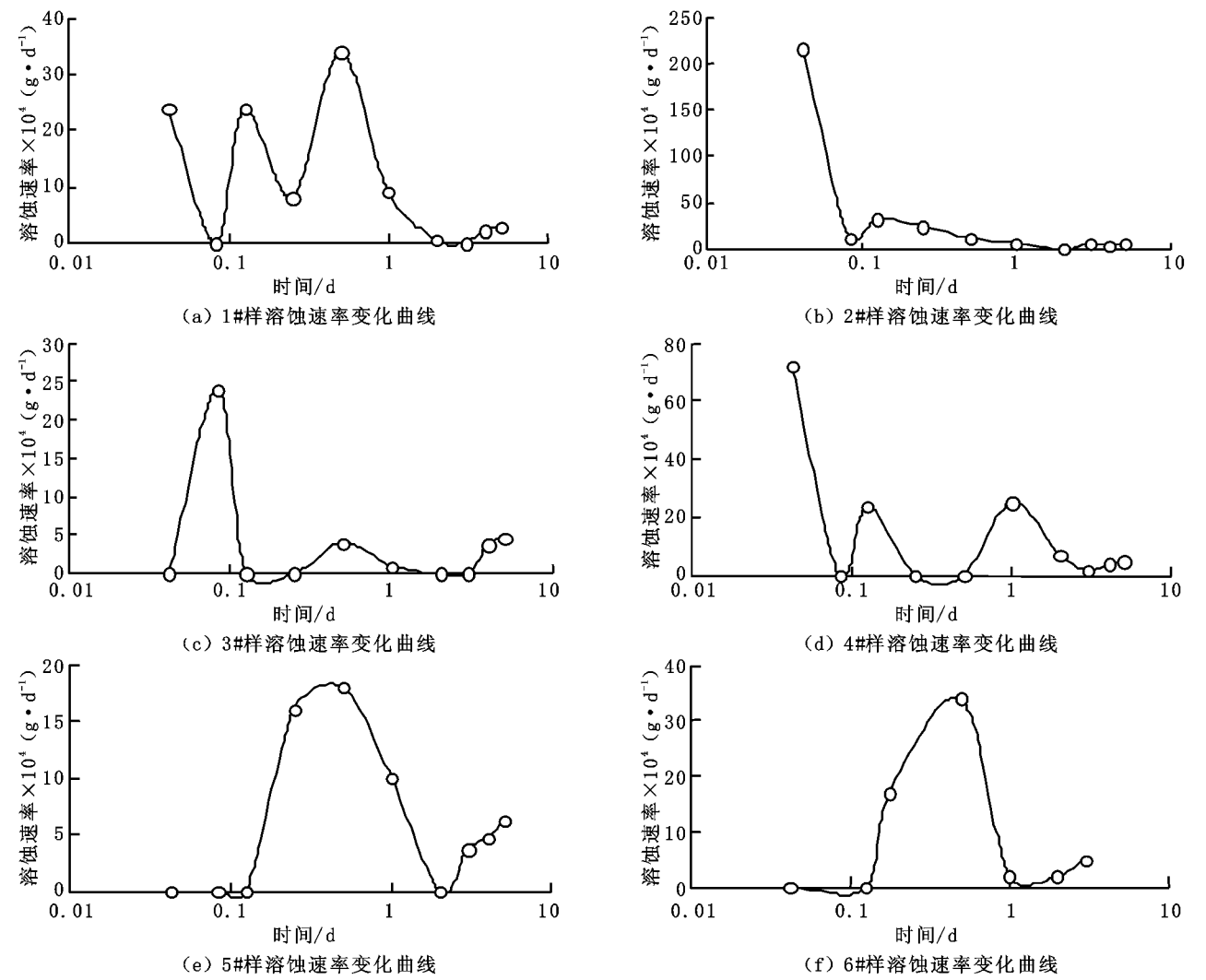


图 2 溶蚀速率随时间的变化关系

5 讨论

上述试验结果中,尽管各类岩石的启动溶蚀速率和速率衰减特征不同,但是总体上都随时间的增加其溶蚀速率明显降低,这主要有两个方面的原因:一方面,溶蚀过程中 CaCO₃ 不断溶解而使得封闭体系内的 CaCO₃ - CO₂ - H₂O 岩溶系

统很快^[5]趋于饱和,因此溶蚀速率不断减小;另一方面,随着溶蚀的不断发展,不溶物质在岩石表面堆积而在一定程度上减少了水岩反应的有效接触面积,水岩反应的作用也随之减弱。但是,在天然状态下,溶蚀作用是一种长期复杂的地质过程,CaCO₃ - CO₂ - H₂O 岩溶系统作为一种开放或半开放

(下转第 237 页)

里以这些训练样本来测试分类结果的精度,其结果见表 1。

表 1 训练样本误差矩阵及精度测试结果 像元								
地类	耕地	林地	园地	水域	居民点	草地	未利用地	行汇总
耕地	283	0	22	8	0	36	14	353
林地	10	290	51	0	0	42	6	360
园地	8	34	1495	0	0	30	5	1531
水域	0	0	0	255	0	0	0	255
居民点	0	0	0	0	109	0	37	130
草地	11	12	20	1	0	275	0	309
未利用地	0	0	0	0	5	0	214	214
列汇总	312	336	1578	264	114	383	276	3263
精度/%	90.71	86.31	94.74	96.59	95.61	71.80	77.54	

据表 1,分类总精度达 89.52%,分类精度较高的是水域、园地、居民点,达到 94%以上,次之是耕地、林地,达到 85%~91%,分类精度较差的是未利用地、草地,精度为 70%~80%,这是因为所用卫星资料的获取时间是 5 月份,此时农作物主要是油菜,地物光谱和园地的光谱相似,旱地

参考文献:

[1] 杨立民,朱智良.全球及区域尺度土地覆盖土地利用遥感研究的现状和展望[J].自然资源学报,1999,14(4):340—344.
[2] 赵庚星,李玉环,徐春达.遥感和 GIS 支持下的土地利用动态监测研究[J].应用生态学报,2000,11(4):573 - 576.
[3] 摆万奇,赵士洞.土地覆盖变化研究模型综述[J].自然资源学报,1997,12(2):169 - 175.
[4] 张洪亮,促绍祥,张军.国外遥感图像的地形归一化方法研究进展[J].遥感信息,2001,
[5] 戴昌达,姜小光,唐伶俐,等.遥感图像应用处理与分析[M].北京:清华大学出版社,2003.
[6] Thomas M Lillesand,Ralph W. Kiefer Remote Sensing and Image Interpretation[M]. Beijing:Publishing House of Electronics Industry,2003.
[7] Bauer,Me,et al. Satellite inventory of Minnesota forest resources[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1994,60(3):287 - 298.
[8] Heather M Reese ,Thomas M Lillesand,David E Nagel et al. Statewide land cover derived from multiseasonal Landsat TM data - A retrospective of the WISCLAND project[J]. Remote Sensing of Environment,2002,(82):224 - 237.

(上接第 234 页)

的体系,其溶蚀过程不同于封闭体系中的溶蚀过程,溶蚀作用开始以后,在水动力条件不断变化的动态水介质中,溶解的 CaCO_3 和残留的不溶堆积物不断被带走,因此溶蚀作用的推进更快。尤其是有侵蚀性 CO_2 存在时,这一作用更为显著,岩石溶蚀作用产生初期所表现出的启动速度上的差异对溶蚀作用的进行有较大的影响,在动态水介质中,启动溶蚀速率快的其溶蚀作用推进也较快,从而使得不同岩性的岩石之间呈现出明显的差异溶蚀。灰岩类的岩石一般比白云岩类的岩石具有较高的启动溶蚀速率和较慢的溶蚀衰减速率,因此溶蚀作用的推进快,岩溶也相对发育。对于岩性较为接近的岩石而言,溶蚀也总是在启动速度较快的一方最先发育。但是水岩反应过程中,水与岩石的有效接触面积极大地影响着溶蚀的发育速度,对于致密块状或厚层状灰岩来讲,尽管石灰岩本身有较高的启动溶蚀速率和较慢的衰减速率,但其裂隙不发育,水岩反应过程中的有效接触面积就大大减小,因此其总体的溶蚀速率也相应降低;对于薄层状白云岩、泥质白云岩来说,薄层状的岩体结构造成了裂隙网络的发育,从而增大了水岩反应的有效接触面,溶蚀速率就大大增加,因此其溶蚀特征反而较石灰岩要明显。野外所观察到的白云岩类岩石的溶蚀特征较石灰岩类岩石更明显的反

参考文献:

[1] 彭汉兴,宋汉周.清江石门地区第四纪冰川沉积与岩溶发育期的探讨[J].中国岩溶,1992,11(2):173 - 179.
[2] 谢宇平.第四纪地质学及地貌学[M].北京:地质出版社,1994.65 - 71.
[3] 张倬元,王士天,王兰生.工程地质分析原理[M].北京:地质出版社,1994.470 - 488.
[4] 刘世凯,陆永清,欧湘萍.公路工程地质与勘察[M].北京:人民交通出版社,1999.112 - 116.
[5] 刘再华,WDreybrod,等. $\text{CaCO}_3 - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 岩溶系统的平衡化学及其分析[J].中国岩溶,2005,24(1):1 - 14.

和未利用地的光谱相似,导致分类精度较差。草地、耕地、未利用地(以裸露山石为主),由于光谱特征有一定程度的类似,加之山区地块零碎,这三种地类之间存在混分的现象。

分类精度合格,可以进行最后的结果输出。

5 结 语

(1)针对山区地势起伏大、地形复杂的特点,采用控制聚类法进行土地覆盖分类,经研究证明,是一种切实有效的方法。不仅增加了用传统监督分类法分类的精度,还增加了用非监督分类法分类的精度,而且它也提高了整个分类过程的效率。

(2)控制聚类法有助于分析者通过集群表示信息“自动”分类来识别各种光谱子类,这就增加了分类的客观性。

(3)控制聚类法由于每次都标注一个信息类型,而且由于单一训练区包含复杂的覆盖信息类型条件,所以假的集群就能够被容易的识别(如显示另外的密闭有林地含有下层矮生植物,或者显示农作物耕地中裸地的情况)。同时,控制聚类法有助于识别那些由于被忽略而包含在训练区边缘附近的混合像元的情况。

6 结 论

(1)碳酸盐岩类岩石在静态水介质中的水岩反应过程,总体上表现出随时间的增加其溶蚀速率不断衰减的趋势。

(2)碳酸盐岩在发生水岩反应的过程中,各类岩石溶蚀速率的差异是造成岩石溶蚀快慢分异的重要原因之一。

(3)在相同的温压环境和水介质条件下,相同比表面积的石灰岩类岩石比白云岩类岩石具有更高的溶蚀启动速率和更慢的溶蚀衰减速度,因此一般情况下石灰岩比白云岩的溶蚀作用要强烈。

(4)在相同的温压环境和水介质条件下,水岩作用过程中水 - 岩体系有效接触面积的不同会影响岩石溶蚀的快慢程度,溶蚀作用的强弱最终决定于岩石溶蚀速率与有效接触面积的消长关系。

致谢:本文在试验研究中得到了成都理工大学环境与土木工程学院李晓和张品翠老师的指导,在此表示衷心感谢!