

水化学损伤对岩石弹性模量的影响^{*}

汤连生, 张鹏程

(中山大学环境与地球科学学院, 广东 广州 510275)

摘 要: 在常温常压下, 对纯净水静泡、循环以及水溶液循环作用下花岗岩和砂岩的弹性模量进行了实验. 结果表明: 水化学作用后岩石的弹性模量出现了不同程度的下降, 即水溶液对岩石弹性模量的影响是与水—岩化学作用密切相关的.

关键词: 水—岩化学作用; 水溶液; 岩石; 弹性模量

中图分类号: TU411 **文献标识码:** A

已有的研究表明^[1~4], 水—岩相互作用除了物理力学作用外, 还有更为广泛的化学作用. 岩石宏观力学性质——弹性模量的变化, 与微观上水—岩化学作用密切相关.

1 实验材料和方法

1.1 岩石材料性质和试件制作 实验选取灰色砂岩, 红色砂岩和绿色花岗岩三类岩石: ①灰色砂岩含石英 70%, 长石 (钾长石、斜长石) 20%, 白云母 5%, 磁铁矿 5%, 硅质胶结; ②红色砂岩含石英 45%, 长石 40%, 褐铁矿 6%, 黑云母 8%, 微量方解石, 铁质胶结; ③绿色花岗岩含石英 25%, 钠长石 20%, 钾长石 30%, 黑云母 10%, 普通角闪石 5%, 普通辉石 6%. 3 种岩石的试件分别由同一均匀的岩块上切割而成的, 并经打磨、抛光, 试件为 51 mm×51 mm×100 mm 的长方体.

1.2 溶液配置和实验方法 实验配置了 2 种溶液: 纯净水及酸性水溶液 (溶液 1). 其中溶液 1 避开了岩石矿物中常见的 K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 等, 各离子成分及含量详见表 1. 采用静止和流速为 21.6 m/d 的水溶液对试件浸泡.

2 实验结果

天然状态下, 灰色砂岩、红色砂岩和花岗岩的弹性模量分别为 10.37 MPa、4.21 MPa、79.90 MPa. t_1 时间点溶液成分见表 1, 弹性模量测试结果见表 2.

3 讨论及结论

水化学作用导致岩石力学性质变差称为岩石的化学损伤^[4]. 本文则是指水—岩化学作用导致岩石弹性模量的降低. 根据实验结果 (表 1, 2), 可得出如下结论:

(1) 水—岩化学作用是明显的. 例如, 各实验条件的 pH 均有很大的变化, 红色砂岩变化最大; 水—岩作用后的 K^+ 、 Na^+ 都有所增大. 又如 SiO_2 的变化情况, 对于花岗岩, 纯净水作用后其值减小得最大 (由 24.01 减至 4.99), 而水溶液 1 作用后, 其增幅也是最大 (由 3.69 增至 24.38). 此现象的机制还有待深入研究.

(2) 水化学损伤对岩石弹性模量的影响显著. 影响水化学损伤对岩石弹性模量的作用

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (59779019); 广东省自然科学基金资助项目 (970127)

收稿日期: 2000-05-22; 作者简介: 汤连生 (1963~) 男, 博士, 副教授.

表 1 t_1 时间点化学溶液分析结果

Tab 1 Analytical results of chemical compositions of aqueous solution at time t_1											mg/ L	
项目	pH	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Fe ¹⁾	SiO ₂	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻
纯净水	7.36	0.00	1.25	0.36	0.49	0.04	0.00	0.04	24.01	1.38	4.30	0.18
溶液 1	3.38	661.26	2.07	0.57	2.55	0.46	0.24	0.36	3.69	57.04	15.62	1645.0
花岗岩纯净水 ²⁾	6.90	0.00	1.87	0.66	1.32	0.31	0.00	0.04	4.99	2.62	6.40	0.54
花岗岩溶液 1	4.40	779.30	2.62	1.07	14.9	3.19	0.98	1.16	24.38	59.05	10.15	1809.9
灰色砂岩纯净水	7.00	0.00	1.78	0.47	0.21	0.02	0.00	0.04	20.32	2.46	6.79	0.33
灰色砂岩溶液 1	6.24	649.42	2.73	1.24	2.40	0.33	3.14	0.20	8.68	51.56	13.67	1696.8
红色砂岩纯净水	7.68	0.02	1.70	0.47	0.32	0.03	0.24	0.06	26.21	1.44	4.50	0.14
红色砂岩溶液 1	6.50	661.23	2.44	3.81	59.6	0.54	0.13	0.25	6.83	47.03	8.20	1707.0

1) 为 Fe²⁺+Fe³⁺；2) 花岗岩纯净水表示纯净水浸泡花岗岩后水溶液，其余类同

表 2 不同条件下岩石弹性模量 E 实验结果

Tab 2 Testing results for elastic modulus E of rock under various conditions										
岩石试件 水溶液 浸泡状态 E/MPa		灰色砂岩			红色砂岩			绿色花岗岩		
		纯净水	纯净水	溶液 1	纯净水	纯净水	溶液 1	纯净水	纯净水	溶液 1
		浸泡 48 h	循环渗流	循环渗流	浸泡 48 h	循环渗流	循环渗流	浸泡 48 h	循环渗流	循环渗流
	t_1	8.65	7.93	6.97	3.92	3.56	3.24	76.47	68.49	66.78
	t_2	8.65	5.77	5.02	3.92	—	—	76.47	—	—

的主要因素为：岩石的成因、结构，矿物组成，水化学溶液的成分、性质，环境水溶液的流动速率等。

(3) 相同反应条件下，由灰色砂岩在 t_1 、 t_2 两个时间点的弹性模量测试值可知，水化学损伤对岩石弹性模量的影响具有时间依赖性。

(4) 在相同化学性质、相同流速的溶液作用下，水化学作用对不同岩性的岩石造成的损伤不同，宏观上表现在弹模的差异性变化。本实验中，呈如下趋势：灰色砂岩> 红色砂岩> 绿色花岗岩。导致如此趋势，最主要取决于岩石的成因及其胶结物性质：绿色花岗岩作为一种火成岩，硅质胶结，性质相对稳定；红色砂岩及灰色砂岩都属沉积岩类，分别为泥质（铁质、钙质）胶结和硅质胶结，易受外界水化学环境条件的影响，而这两种沉积岩由于其胶结物不同，在同一水化学溶液作用下，水化学损伤的强度不同：红色砂岩的> 灰色砂岩的。

参考文献：

[1] ONEIL J R, HANKS T C. Geomechanical evidence for water-rock interaction along the San Andreas and Garlock faults of California[J]. J Geophys Res, 1980, 85: 6286 ~ 6292.

[2] DEWERW T, ORIOLEVA P. Mechano-chemical coupling via texture dependent solubility in stressed rocks[J]. Geochim Cosmochim Acta, 1988, 89: 4196 ~ 4202.

[3] 汤连生, 王思敬. 水-岩化学作用对岩体变形破坏力学效应研究进展[J]. 地球科学进展, 1999, 14(5): 433 ~ 439.

[4] 汤连生. 水-岩土反应的力学与环境效应研究[D]. 北京: 中国科学院地质与地球物理研究所, 2000.

Influence of Chemical Damage of Water on Elastic Modulus of Rocks

TANG Lian-sheng, ZHANG Peng-cheng^{*}

Abstract: The effects of water-rock interaction on elastic modulus were investigated by testing the elastic modulus of granite and sandstone rocks saturated with static water or recycling chemical fluid at atmospheric temperature and atmospheric pressure. It is found that the elastic moduli deduce differently after the interactions and the chemical damage on rock is remarkable. The results demonstrate that the influence of chemical fluids on the elastic modulus are related to the chemical action of water-rock.

Keywords: water-rock chemical reaction; chemical fluid; rock; elastic modulus

·简 讯·

本刊入选综合性科技类核心期刊并位前列

据《中文核心期刊要目总览》2000 年版 (第三版) 公布的研究报告, 中山大学学报 (自然科学版) 继续入选其中并位于综合性科技类核心期刊表的第 4 名。

第三版“核心期刊表”改变了前两版的综合性核心期刊表不排序 (按汉语拼音排列) 的做法, 列出了排序表。

综合性科技类核心期刊的筛选指标主要有: 被摘量、被引量、载文量、被摘率、影响因子等。综合性期刊各筛选指标的数据由它们在各分类学科中所统计的数据累加而成。此版综合性科技类核心期刊是从全国 400 种该类期刊筛选鉴定出核心期刊 56 种。

(张 文)

^{*} Department of Earth Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China