

“三游洞”摩崖题刻风化状况的研究

杨毅

(南京博物院, 江苏南京, 210016)

摘要 三游洞题刻及碑刻位于湖北省宜昌市, 为第六批全国重点文物保护单位。由于自然和人为的原因, 其50余处题刻均出现不同程度的风化状况, 文章通过成分分析、仪器检测等手段, 对这些题刻的风化程度及风化产物进行了分析, 并对其风化原因进行了科学的推测。

关键词 题刻 风化 分析

1 概 况

三游洞题刻及碑刻位于湖北省宜昌市城区西北郊10km, 长江三峡西陵峡峡口北岸, 2006年被列为第六批全国重点文物保护单位。

三游洞摩崖题刻根据可考的资料始凿于唐代元和年间, 其后北宋、南宋至民国均有留存题刻及墨迹。三游洞摩崖题刻记录了从唐代以来曾游访三游洞的文人墨客或朝廷官员在这里留下的历史信息。内容中间接或直接记录了唐代以来一些著名文学家、诗人及朝廷官员如白居易、元稹、欧阳修、黄庭坚、苏轼等的人生轨迹, 为研究及还原这些重要的历史人物起到关键的参考作用。

三游洞摩崖题刻录了自汉代以来发生在该地区的一些重要历史事件, 为研究和补充这些历史事件提供了真实的考古材料和空间依据, 同时反映了宜昌地区自古以来作为军事要塞的重要历史地位。作为抗日战争时期国民政府军队的指挥部, 三游洞留下了很多记录抗日战争时期我国人民在国难当前的情况下所表现出的民族气节的题刻, 反映出该地区在我国近现代发展史上具有重要地位。

2 表面风化层XRF检测

由于“三游洞”摩崖题刻表面风化层种类繁多, 为了减少对题刻本体的损伤。我们在现场使用了便携X荧光分析仪对摩崖题刻表面进行了分析, 共分析了20余处的风化层成份, 许多成份有相似之初, 有细微的变化, 为今后进一步研究摩崖题刻的风化积累了数据。

2.1 XRF检测结果

XRF检测结果见表1。

表1 XRF检测结果

编号	Bal	Zn	Fe	V	Ti	Ca	K	Al	P	Si	S
232	58.574	1.035	0.083	2.5	8.191	9.604	0.186	0	0.119	1.697	17.611
233	30.939	0.014	0.093	0.027	0.116	36.934	0.096	0.269	0	1.02	27.499
234	87.61	0	0.121	0	0.005	10.526	0.018	0	0	0.035	1.343
235	60.225	0.075	1.138	0.007	0.056	20.594	0.364	1.235	10.642	4.183	1.191
236	71.615	0.071	1.655	0.018	0.151	8.931	0.798	1.79	3.026	11.43	0.321
237	52.783	0.099	1.685	0.014	0.137	16.437	0.897	3.105	4.931	11.354	8.362
238	51.562	0.122	0.501	0.006	0.056	24.215	0.343	3.021	10.539	7.101	2.351
240	63.59	0.021	0.036	0.037	0.127	22.292	0.031	0	0	1.123	12.71
241	67.375	0	0.078	0.003	0.014	20.822	0.09	0.323	0	2.276	1.833
242	68.743	0.032	0.023	0.023	0.073	23.257	0.026	0.238	0	1.016	0.971
243	59.566	0.007	0.366	0.009	0.03	19.844	0.114	0.892	0	3.337	15.78
244	64.261	0.002	0.078	0.003	0.015	21.134	0.057	0	0	1.329	5.283
245	46.821	0.384	0.109	0.034	0.101	24.022	0.034	0.083	0	0.938	23.204
246	50.939	0.095	0.018	0.088	0.229	17.452	0.014	0.511	0	0.5	30.09
247	52.917	0.004	0.151	0.016	0.055	20.107	0.171	1.608	0	3.493	21.326
248	57.003	0.02	0.078	0.002	0.006	18.459	0.054	0	0	3.631	20.697
249	54.552	0.002	0.296	0.009	0.008	16.096	0.055	0	0	2.567	26.328

2.2 结论

- (1) “三游洞”摩崖题刻的本体为白云石；
- (2) “三游洞”摩崖题刻洞外的风化壳主要成分为石膏；
- (3) “三游洞”摩崖题刻洞内的风化壳主要成分为磷酸盐；
- (4) “三游洞”摩崖题刻大多采用石膏与钛白的混合涂料描写；
- (5) “三游洞”洞内裂隙处存在大量钟乳石。

3 摩崖题刻本体超声波风化程度勘察

3.1 超声波测试原理^[1]

超声波法测试的基本原理是通过分析超声波在被测物体中的传播特性来判别被测物的物理性质。岩土体声学特性与岩土体物理特性之间的相关性是岩土体声波测试的物理基础。岩土体声学特性分为运动学和动力学两个方面，声波的传播速度、相位变化属于运动学方面的指标，声波的强度(振幅)、衰减等位动力学特征。其中声波的传播速度由于容易被测量，因此是经常被引用的一个参数。

在石质文物保护中，利用岩石与超声波波速之间的相关关系，使得我们可以非常便利的利用超声波来测量有关自然岩石晶间结合及其整体性能的有关情况。例如，通常情况下，新鲜岩石表层和内部物理性质一致，而风化岩石不同部位、不同深度其物理性质差异很大。这样在测量超声波

时,当岩石内部成分、结构、密度等因素发生变化时,超声波的传播速度、能量衰减及频谱成分等也将发生变化,并且在不同介质界面上还会发生波的反射和折射。另外,岩石内部还可能发育各种裂隙,虽然超声波仍能部分“通过”这些裂隙,但传播时间延长,衰减增加。因此,利用超声波技术,通过一定测量方法,计算出岩石内超声波的传播速度、振幅及频谱特性等,便可以推断岩石风化程度、深度、裂隙发育情况和岩石完整程度。

3.2 超声波测量评估方法

完整岩石(新鲜岩石)波速。严格来讲,应当钻孔取样才能测得完整岩石的波速。由于此次条件限制,未能取得新鲜岩石,故无法严格测量新鲜岩石饱和单轴抗压强度与新鲜岩石纵波速度。但是为了能够进行比较,仍然可以借鉴相关公式计算出新鲜岩石的纵波波速,从而推算出岩石表面的风化程度,当然这里的风化程度仅仅具有相对比较意义。

$$V_p = \sqrt{\frac{E(1-\gamma)}{\rho(1+\gamma)(1-2\gamma)}}$$

其中, E ——杨氏弹性模量;

γ ——泊松比;

ρ ——岩石密度。

摩崖题刻的材质为灰岩。 $E=70\text{GPa}$, $\gamma=0.31$, $\rho=2700\text{Kg/m}^3$ 。由此可以计算出新鲜岩石 $V_p=6130\text{m/s}$ 。

根据现场检测的摩崖题刻表面风化产物的 V_p , 结合如下公式, 可计算出摩崖题刻的风化系数 β 。

$$\beta = \frac{V_{p, \text{新}} - V_{p, \text{风}}}{V_{p, \text{新}}}$$

其中, $V_{p, \text{新}}$ 为新鲜岩体的纵波速度, $V_{p, \text{风}}$ 为风化岩体的纵波速度。根据风化系数 β , 可将风化岩体分为四级(表2)。

表2 风化岩体等级

风化等级	风化程度	岩体状态描述	风化系数 β
0	未风化	保持原有组织结构, 除原生裂隙外, 见不到其他裂隙	<0.1
I	微风化	组织结构未变, 沿节理面稍有风化现象, 在邻近部分的矿物变色, 有水锈。	0.1 ~ 0.25
II	弱风化	岩体结构部分被破坏, 节理面风化, 夹层呈块状球状结构	0.25 ~ 0.5
III	强风化	岩体组织结构大部分或全部被破坏矿物变质、松散、完整性差, 用手可压碎	>0.5

3.3 检测结果

从检测结果(表3)及饼形图(图1)可以看出,“三游洞”摩崖题刻大多处于弱风化和强风化状态, 占总统计量的80%以上。并且, 后山题刻的风化程度劣于前山题刻, 洞外题刻的风化程度劣于洞内题刻。

表3 检测结果

检测位置	距离/cm	波速/(m/s)	风化系数	风化等级
前山题刻1	9	3148	0.501	Ⅲ
前山题刻周边1	10	3125	0.505	Ⅲ
前山题刻2	12	3158	0.500	Ⅱ
前山题刻周边2	11	3188	0.495	Ⅱ
前山题刻周边3	12	4138	0.344	Ⅱ
洞口题刻1	10	3704	0.413	Ⅱ
洞口题刻2	9	3529	0.441	Ⅱ
洞口碑刻	10	4545	0.280	Ⅱ
洞口题刻3	10	3226	0.489	Ⅱ
洞内题刻1	24	4800	0.239	I
洞内题刻2	24	5647	0.105	I
洞内题刻3	24	4706	0.254	Ⅱ
洞内题刻4	24	5783	0.084	0
洞口题刻4	13	2989	0.526	Ⅲ
洞口题刻周边	13	2301	0.635	Ⅲ
后山题刻1	8	2963	0.530	Ⅲ
后山题刻2	10	2778	0.560	Ⅲ

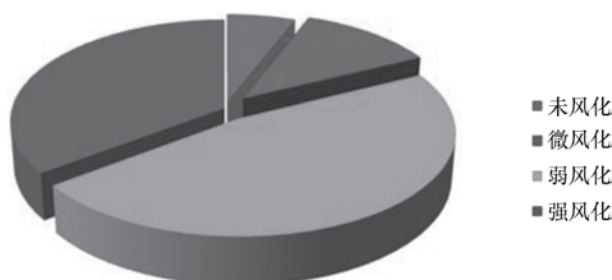


图1 风化程度

4 回弹仪测试

4.1 表面回弹锤击测试试验原理^[2]

回弹仪是一种用于测定岩石表面强度的简易测试仪器，国外称斯密特锤（Schmidt hammer）。在一定条件下，根据冲击回弹高度和刚性材料抗压强度间的函数关系，可量化地，原位无损测试地检测岩石表面的强度。其中回弹高度用回弹值（ R ）来表示。根据研究，岩体回弹值（ R ）和岩体重度（ r ）的乘积与岩体抗压强度呈线性关系，因此，只要测得回弹值和密度，即可按图2求得岩体抗压强度 σ （ cm ）。

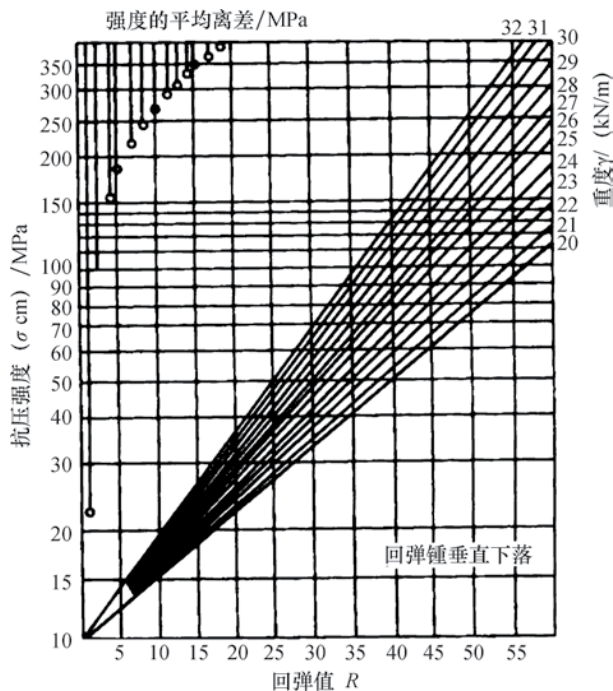


图2 岩体抗压强度

4.2 测试位置与结果

表4 单轴抗压强度

测试部位	测试方向	平均回弹值	修正后回弹值 (R)	单轴抗压强度/MPa
前山题刻	0°	63.4	63.4	280
	0°	30.6	30.6	40
	0°	36.8	36.8	55
	0°	43.8	43.8	73
	0°	55	55	130
	0°	56	56	133
	0°	63.4	63.4	280
	0°	57.2	57.2	200
	0°	56.8	56.8	160
	0°	47.2	47.2	115
	0°	39.2	39.2	59
	0°	50.8	50.8	108
洞内题刻	0°	52.4	52.4	115
	0°	48.6	48.6	89
	0°	62.4	62.4	267
	0°	47.8	47.8	82
	0°	32	32	38
		33	33	39

续表

测试部位	测试方向	平均回弹值	修正后回弹值 (R)	单轴抗压强度/MPa
后山题刻	0°	57.4	57.4	202
	0°	52.4	52.4	115
	0°	41.4	41.4	72
	0°	48.5	48.5	89
	0°	54.2	54.2	126

从表4和图3可以看出,摩崖题刻表面的单轴抗压强度相差较大,最小的为38MPa,最大的为280MPa,大致趋势为前山高于后山,洞外大于洞内。

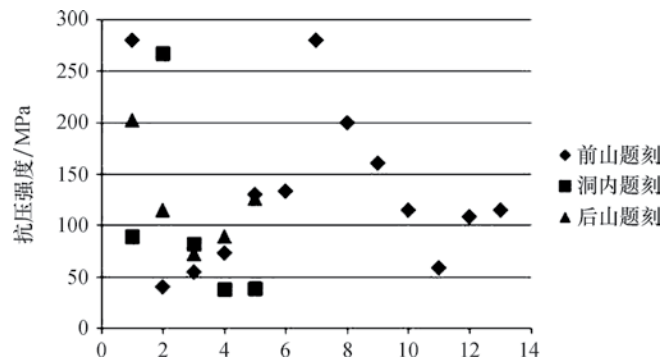


图3 单轴抗压强度/mpa

5 结 论

(1) “三游洞”摩崖题刻的本体为白云石。洞外的风化壳主要成分为石膏,洞内的风化壳主要成分为磷酸盐。

(2) “三游洞”摩崖题刻大多处于弱风化和强风化状态。

(3) 后山题刻的风化程度劣于前山题刻,洞外题刻的风化程度劣于洞内题刻。

(4) “三游洞”摩崖题刻风化的主要原因是水的因素,洞内题刻主要是凝结水,洞外题刻主要是自然降水。

参 考 文 献

- [1] 赵明阶.裂隙岩体在受荷条件下的声学特性研究.岩石力学与工程学报, 1999,(2).
- [2] 付永胜.岩体质量及其指标判定的研究.西南交通大学学报, 1991,(5).