

广东英德摩崖石刻风化原因探讨

成倩 张欢 莫鹏

摘要: 本文通过现场调查和科学仪器分析,对广东英德摩崖石刻风化的原因进行了初步分析探讨,认为岩石本身的结构性质、环境污染、微生物滋长是石刻风化的主要因素,其中酸性气体和酸雨的影响最为明显。

关键词: 摩崖石刻 风化 原因 片状剥落 酸雨

广东英德地区分布有古代文人留下的众多摩崖石刻和石质碑文,属于省级文物保护单位。现在仍保留着自唐代至民国以来的摩崖石刻近 200 平方米,约 180 多位文人墨客在此挥毫赋诗,包括宋代文豪苏轼、杨万里和英州知州连希元等重要人物。这些摩崖石刻为研究广东英德地区的历史文化提供了重要的实物资料,也是广东省著名风景名胜。然而,目前这些摩崖石刻的保存状况令人堪忧,岩体出现了明显的裂隙,石刻表面破坏严重,字迹模糊不清,甚至完全破坏,这些都是各种风化作用的结果。为了保护石刻文物,了解其风化的过程和原因是非常必要的,本文就此进行初步探讨。

一、前期调查

(一) 石刻现状调查

2002~2003 年,我们先后四次到英德南山、碧落洞及观音岩进行调查。采集岩样,包括基岩、半风化岩、风化岩,并对采样点均拍照记录。收集生长在岩石表面的各类生物标本。调查发现,英德石刻的破坏主要表现为:片状剥落、水的侵蚀、生物腐蚀污染、条痕和裂隙(图 1~图 4)。



图 1 片状剥落

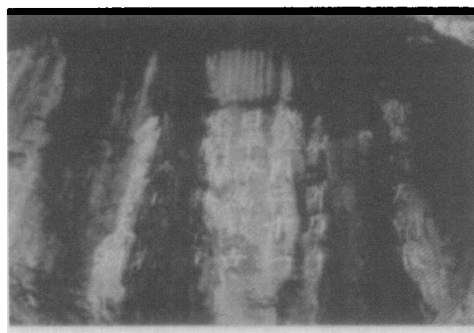


图 2 水的侵蚀

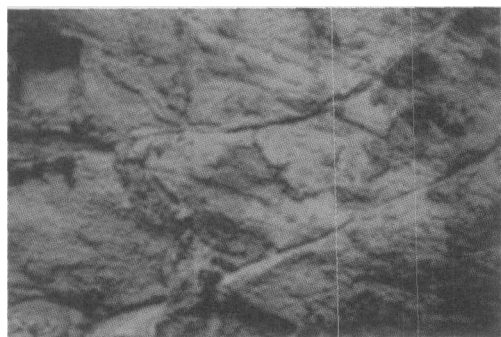


图3 条痕和裂隙



图4 植物与微生物

(二) 当地气候环境调查

通过英德市气象局,收集到当地近几十年来描述气候变化的参数,包括年气温变化、相对湿度、降雨量、地表温度变化等。英德市环境保护监测站提供了20年来本地及石刻周边工业三废排放量、空气悬浮颗粒浓度、酸雨检测结果、地表水检测及有害气体的排放数据。这些气候和环境资料为下一步研究风化原因提供了科学依据。

二、科学仪器测试分析

(一) 英德石刻的矿物组成分析

在南山和碧落洞十多个采样处采集基岩、半风化岩、风化岩样品,利用北京大学微构分析实验室的X射线衍射仪进行物相分析,发现风化的岩石比基岩中方解石(CaCO_3)含量明显减少(表1)。

表1 南山、碧落洞十个岩样的X-射线衍射分析结果

编号	检出物相/%	伊利石	石英	方解石	斜长石	铁白云石	高岭石	绿泥石
1-1	南山A(涵晖谷)一风化残片	41	15	31	3	10	—	—
1-2	南山A(涵晖谷)一基岩	10	11.5	78	0.5	—	—	—
3-1	碧落洞A一表面风化残片	16	3	77	—	—	3	1
3-2	碧落洞A一半风化样	16	3	76	—	—	4	1
5-1	碧落洞B(仙亭)一风化残片-1	9	2	86	—	—	1	2
5-2	碧落洞B(仙亭)一风化残片-2	16	3	77	—	—	1	3
5-3	碧落洞B一基岩	7	5	87	—	—	1	—
5-4	碧落洞B一风化残片(清洗后)	11	7.5	80	—	—	1.5	—
4-1	碧落洞内风化残片	13	4	80	—	—	3	—
4-2	碧落洞内基岩	5	2	91	—	—	1	—

(二) 英德石刻的微观形貌观察

采用清华大学摩擦学国家重点实验室的扫描电镜对风化岩和基岩进行观察 (图 5 ~ 图 8)。

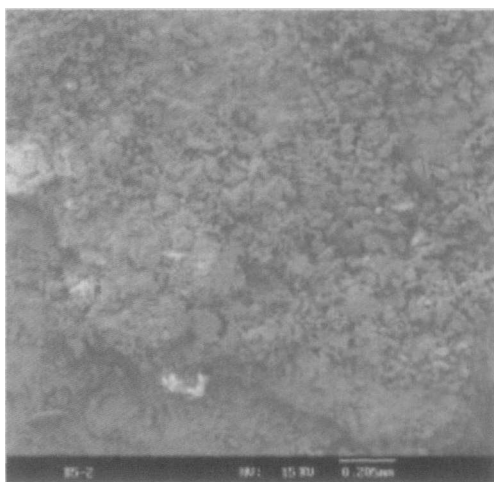


图 5 外部

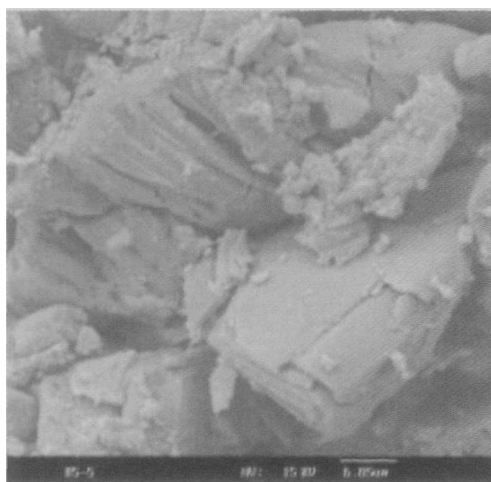


图 6 外部的放大

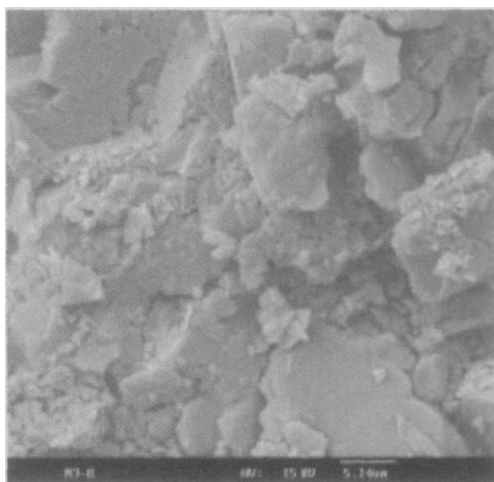


图 7 外部的碳酸盐结壳

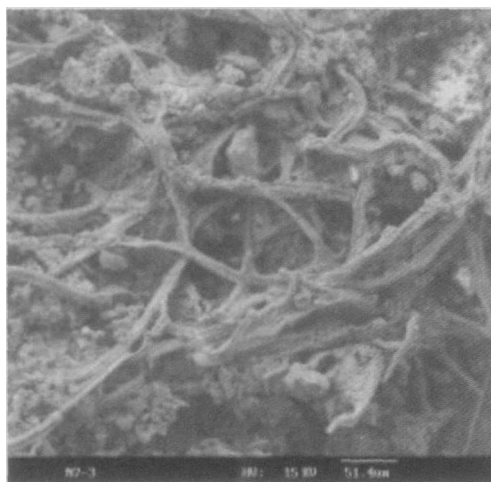


图 8 各种生物

三、影响岩体风化的因素

(一) 岩石的性质

岩石的性质,包括矿物组成与结构、物理性能等,是各种风化侵蚀发生的内因。不同性质的岩石风化的过程和机理不同,抗风化的能力也不同。英德石刻的矿物组成上节已经做过分析,因此,我们还需要了解英德石刻岩石的物理性能。

我们分别测试了岩石的密度、孔隙率和吸水率,与 *Conservation of Natural Stone* 书中的对石灰岩测试的结果相近(具体实验过程不再详述)。

密度 = 2.51 g/cm³

孔隙率 = 5.33%

吸水率 = 2.12%

英德地区石质属于沉积石灰岩,测定孔隙率和吸水率的数值较大,并且从拍摄的微观形貌照片可看出孔洞明显,因此可以明确这类石质本身较疏松多孔,容易吸附保存水蒸气和有害气体。水汽挥发会引起毛细管的膨胀收缩导致破裂,有害性气体如二氧化碳、二氧化硫等会溶解在水中,与石质发生化学反应。

(二) 物理风化

处于地表的岩石由于温度的变化,在原地产生机械性破碎,但不改变其化学成分、不形成新的矿物质,这种作用称为物理风化作用。它的作用方式主要有温差风化和冰冻风化。

温度因素对石刻的影响体现在两个方面:一是直接产生的破坏作用,主要是由于温度剧烈变化时引起热胀冷缩产生的物理破坏作用,即单纯的物理风化,会造成岩石崩解破碎;二是间接破坏作用,例如温度的变化引起相对湿度改变对石刻造成影响,另外,温度升高会加快各种物理、化学变化的速度。

广东英德1月平均气温10.9℃,7月平均气温28.9℃,英德地区发生冰冻风化的可能很小。尽管平均温度较高,但是温度变化并不十分剧烈,因此存在单纯的温差风化的可能性也很小,但是,温度及其变化对石刻的间接破坏作用却不容忽视。

(三) 化学风化

对于地面上的岩石,与水、空气等在原地发生化学反应逐渐使岩石破坏,不仅改变了岩石的物理状态,同时也改变了岩石的化学成分,并有新的物质产生,这种风化作用称为化学风化。这里主要探讨人类活动造成的环境污染对石刻的化学风化作用。

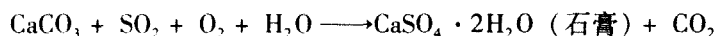
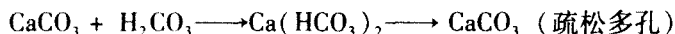
英德地区石灰岩等水泥原料十分丰富,近20年来当地水泥工业发展迅猛。英德丰富的硫铁矿也促使当地硫酸工业的兴盛。这些工厂排放出大量的粉尘、酸性气体等空气污染物。英德环保监测站提供的大量数据表明,英德的空气污染长期达三级质量,并伴随经常性的酸雨。这些因素加剧了英德石刻保存环境的恶化,致使石刻的风化侵蚀病变在近十多年变得明显起来。

根据中山大学测试中心对英德石刻风化岩和基岩的扫描电镜-能谱分析结果,可以看出与基岩相比较,风化岩石中SiO₂含量明显增多,CaSO₄从无到有,且含量超过了30%,表明酸性物质在岩石风化过程中起了主要作用(表2)。

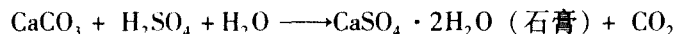
表2 风化岩和基岩的电镜-能谱分析

矿物名称	CaO	MgO	SiO ₂	CaSO ₄
基岩组成	42.61%	7.9%	5.19%	—
风化后石质组成	32.5%	0.96%	22.89%	33.85%

酸性物质和酸雨的作用过程:



或



水中溶有 CO_2 时, 它与 H^+ 结合形成 CO_3^{2-} , 碳酸根能与矿物中的阳离子化合形成易溶于水的碳酸盐, 从而使水溶液对岩石矿物的离解能力加强, 化学反应速度加快, 这种作用称为碳酸化作用。岩石中碳酸盐被大量迁移, 随之部分 SiO_2 也从矿物中离解到岩石表面, 部分随水流失, 大部分沉淀在岩石表面, 因此, 岩体表面风化后的岩石比下层的基岩 SiO_2 含量明显增多。

有害性废气二氧化硫或它溶于水形成的硫酸作用于岩石, 随着二氧化碳气体的放出, 就生成了硫酸钙。这一方面破坏了岩石本身的结构, 造成风化岩石中方解石 (CaCO_3) 含量明显减少, 出现了较多的硫酸钙成分; 另一方面由于硫酸钙随着环境温湿度的变化不断地放水、吸水, 在这样反复作用下而剥落。石膏在水中的溶解度大于碳酸钙, 受到雨水尤其是酸雨的冲刷更易剥落。岩石新露出的部分又被新的二氧化硫或硫酸腐蚀, 重复上一过程, 这样石质就受到腐蚀而被一层层地剥去, 从而形成许多片状剥落、冲刷条痕, 使石刻文字变得模糊, 甚至一片空白。

(四) 生物风化

生物风化是指因生物作用使岩石在原地发生破坏。生物风化以物理和化学两种风化方式进行。中国植物研究所对英德南山和碧落洞的岩石生长的微生物和植物进行辨识, 发现有地衣、藻类、菌丝、湿地藓、蜈蚣草、普通针毛蕨、玄参科小米草等。

生物的物理风化作用是指由于生物活动对岩石产生机械的破坏作用。从英德石刻生物鉴定结果和电镜观察结果来看, 岩石表面和裂隙中植物和微生物的生长发育, 对岩石构成了机械破坏。

生物的化学风化作用是指生物在生长过程中的新陈代谢、死亡后的遗体腐烂分解产物与岩石矿物发生化学反应, 促使岩石的破坏。植物在生长过程中, 依靠太阳辐射合成化合物时, 通过分泌有机酸、碳酸、硝酸等溶液, 溶解并吸收矿物中的某些元素, 这种作用使岩石受到腐蚀性破坏。蜈蚣草、玄参科小米草等植物死亡后的遗体腐烂, 可分解出有机酸和 CO_2 、 H_2S 等气体, 溶于水后形成酸对岩石进行腐蚀破坏。霉菌、苔藓等微生物在生活过程中, 也可不断分泌各种酸类, 与岩石进行程度不同的化学反应。研究表明, 微生物对岩石矿物的作用非常强烈, 它对岩石产生的总分解能力远远超过所有动、植物具有的总分解能力。

另外, 植物、微生物的生长会保持岩石中的含水量, 因而会不断吸收空气中的有害污染物和水蒸气。

(五) 水的作用

英德地区湿润多雨, 年平均降雨量达 1900 毫米。水在岩石的各类风化中都发挥着重要的作用。水的存在会加速各种风化的速度。雨水、地下水、岩石中的毛细管水都对石刻起到破坏作用。

四、结 论

综上所述, 我们认为英德石刻岩石本身的结构性质是发生各种风化侵蚀的内在因素, 这种岩石的性质决定了其本身抗风化能力不够强, 而导致这些风化侵蚀加剧的外部因素主要是大气环境污

染, 以及特定气候环境下的微生物滋长。这些因素中酸性气体和酸雨的影响最为明显。

因此, 要有效保护英德摩崖石刻, 应该从两方面入手, 一方面, 要改善英德地区的大环境, 尤其是必须使酸雨得到有效控制; 另一方面, 对石刻本身进行化学加固和防水保护处理, 以加强石刻本身的抗风化能力。具体的环境控制和加固防水保护措施还有待进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] 郭宏. 文物保存环境概论. 北京: 科学出版社, 2001.
- [2] Lewin S Z. The Mechanism of Masonry Decay Through Crystallization.
- [3] Weber H. Conservation and Restoration of Natural stone in Europe. APT Conference in Toronto, 1984.
- [4] Weber H. Conservation of Nature Stone. 1991.

作者单位: 成 倩、张 欢、莫 鹏, 广东省博物馆

联系方式: 广东省广州市文明路 215 号, 邮编 510110