

(P)

砂岩

岩石学

石刻砂岩

长石砂岩

第17卷 第2期
1995年6月

重庆建筑大学学报
Journal of Chongqing Jianzhu University

Vol. 17 No. 2
June 1995

58-62

大足石刻砂岩的岩石学特征

张赞勋

付林森[√]

姚金石

汪东云

(建筑工程学院)

P588. 212.3

A 摘要 大足石刻砂岩是上侏罗系蓬莱镇组下部地层,具有典型长石砂岩的成分特征和溶蚀胶结结构。砂岩的退化后生变化过程与石刻艺术风化破坏密切相关。

关键词 石刻砂岩,长石砂岩,砂岩后生变化,石刻艺术

大足县号称“石刻之乡”,环城500平方公里内藏有10余处石刻密宗道场,宝顶山和北山之石刻素以规模宏大和艺术精湛而深受各界人士喜爱。该处所藏之石雕碑刻确属中国的晚期石窟艺术杰出代表之一,具有极高的史学价值和艺术地位,被列为国家级重要文物保护单位^[1]。近年石刻艺术已遭受较为严重的风化破坏,引起有关部门的关注。为研究造像岩体风化破坏形成机理,为防风化治理措施及大面积推广应用化学防护方法提供可靠依据,对石刻造像岩体的岩石学特征进行研究是很重要的基础性工作。

1 关于石刻砂岩的层位问题

前人资料中对石刻砂岩所处层位有不同认识,笔者经现场调查及综合分析认为,大足县宝顶山和北山等地石刻所在的砂岩均属中生界上侏罗系蓬莱镇组(J_3)下部第一段的地质。与区域地层资料对比,北山地区层位标志较为明显,石刻砂岩正好位于该段底部的习称为“蓬莱镇砂岩”之中。北佛湾第290号《林俊诗碑》龛西去约500 m,依白塔南行20 m,即有多宝如来佛和释迦牟尼佛两躯巨像端坐于该砂岩的陡崖上。

位于佛湾石刻群外围的白塔山剖面,本层砂岩厚度约16 m,大型斜层理和交错层理发育,属典型河湖相沉积物。近底部夹两层不等厚砾岩透镜体,彼此相距5 m。最底部的灰色砾岩层整合于中侏罗系遂宁组(J_2)之上,厚度0.2~1.4 m,角砾为泥质灰岩,呈次棱角状,粒径2~10 mm,个别达46 mm,钙泥质胶结,含介壳碎片。底面上有一层2 cm厚的化石层,由密集重叠的植物碎片、硅化木和煤屑等组成,时有鲜艳的绿色孔雀石和兰铜矿浸染,使该化石层的局部地点显得颇为醒目。上部紫色砾岩层厚0.6 m,砾石为次圆状泥质粉砂岩和粉砂质泥岩,粒径3~6 mm,偶见介壳碎片。

本段地层在北山佛湾出露的起点高程为509.2 m,上述的地层特点和识别标志与西南

* 收稿日期:1994-11-24

张赞勋,男,1937年生,副教授,重庆建筑大学建筑工程学院(630045)

《大足石刻艺术保护》系国家自然科学基金、建设部共同资助项目。本文是阶段研究成果之一。

地区区域地层表^[2]中描述的特点较为吻合,层位关系比较清楚。宝顶山石刻砂岩与北山的石刻砂岩应属同一岩性段,但在层位上比典型的“蓬莱镇砂岩”高出60 m,其不完全出露的厚度达65 m以上,间夹三层不等厚的紫色泥砾岩和泥质粉砂岩透镜体。

2 石刻砂岩的主要岩石学特征

北山地区的石刻造像主要刻凿于灰白色细粒钙泥质长石砂岩之中,该砂岩中部和上部时见由扁圆泥砾组成的夹层断续延伸,大型斜层理发育。48号《西方三圣像》龛以南的南佛湾地段相变为灰紫色细粒钙泥质长石砂岩,局部小型交错层理发育。宝顶山石刻砂岩则由灰白色细粒钙泥质长石砂岩与绿灰色绿泥石质长石砂岩互层组成,厚约20 m,水平层理发育。

2.1 成分特征

大足石刻造像所在砂岩的主要化学成分(表1)与常见砂岩^[3]相比,显示出典型长石砂岩的基本特征,氧化铝高,碱金属也高,二氧化硅含量稍偏低,这同该砂岩富含粘土矿物的情况对应吻合。

表1 石刻砂岩主要化学成分(%)

岩石名称	取样地点	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
绿灰色长石砂岩	宝顶山(B ₂₁)	54.87	10.91	0.99	2.96	0.10	10.37	2.21	1.56	2.60
灰白色长石砂岩	宝顶山(B ₁)	70.01	10.79	0.50	2.56	0.05	4.26	1.79	1.96	2.36
褐色长石砂岩	宝顶山(B ₅)	70.59	11.82	0.60	5.72	0.08	0.55	1.93	1.97	1.91
灰白色长石砂岩	北山(b ₁₅)	65.67	11.53	0.60	2.38	0.07	5.18	1.28	1.67	2.86
紫灰色长石砂岩	北山(b ₇)	63.60	9.80	0.30	1.73	0.07	5.94	1.59	1.46	2.24

镜下观察所获矿物成分(表2)表明,上述砂岩主要由碎屑石英、长石,以及粘土矿物和碳酸盐组成,含少量砂粒级燧石岩屑。部分石英砂粒内有较多定向包果物,并被碳酸盐交代。斜长石多于钾长石,偶见多级阶梯状的聚片双晶,可能某些含长石岩类曾受到过强烈的动力作用错折所成。钾长石中以正长石为主,一般表现浑浊状,微弱高岭石化。含微量重矿物,其中以磷灰石和黑电气石较常见,偶见锆英石、磁铁矿、石榴子石和符山石等。成分较为复杂。根据中国科学院地质研究所叶大年援引日本学者舟桥三男等人对斜长石牌号的统计分析方法^[4],获得石刻区造像砂岩斜长石成分的频率曲线如图1所示,呈正态分布形式。据此,并综合中生代盆地沉积岩相的特征,推断该砂岩的原始物源似应来自四川盆地东北部大巴山区的古老结晶岩类。

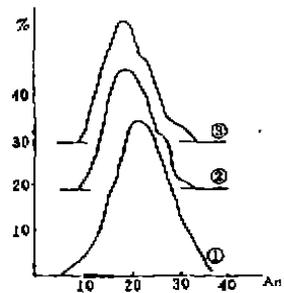


图1 斜长石成分频率曲线

- ① 古老结晶岩类(据叶大年)
- ② 北山长石砂岩
- ③ 宝顶山长石砂岩

观察与研究表明,宝顶山和北山之造像群遭受风化破坏的情况并不完全相同,其根本原因乃是两山造像群体所在岩体之岩石学特征差异,以及两地所处的水文地球化学条件不同所致。一般说来,北山石刻砂岩普遍富含钙泥质,自身抗风化能力较弱,易于发生退化的后生

变化,并形成和积聚较多的盐胀矿物,使石刻艺术遭受到相当严重的风化破坏。宝顶山石刻砂岩所含钙泥质略少于北山,与此对应的是造像损毁的程度也相对较轻。如北壁21号《柳本尊行化道场》像一带的摩崖石刻大多相对较为完好,但南壁2号《九护法神像》及11龛《释迦牟尼涅槃图》等处造像遭受风化破坏程度甚至超过北山,其中有些护法神像只剩半截残骸。分析证实,此处主要是绿泥石质长石砂岩,所含钙泥质相当于北山砂岩的两倍,而且正好位于宝顶山污染地下水渗流排泄部位^[6],故此处石刻艺术风化破坏特别严重。显然,石刻砂岩自身的岩石学特征起着十分重要的作用,环境的水文地球化学条件具有促进作用,污染地下水加速了上述风化破坏的进程。

表 2 石刻砂岩矿物成分(%)

矿物	化学式	宝顶山 (B ₁₁)	宝顶山 (B ₁)	宝顶山 (B ₅)	北山 (b _{1a})	北山 (b ₇)
石英	SiO ₂	30.01	46.31	47.03	47.16	44.19
斜长石	(Na,Ca)AlSi ₃ O ₈	25.45	18.88	16.18	13.88	23.67
钾长石	KAlSi ₃ O ₈	5.50	9.47	9.21	7.95	6.74
绿泥石	Fe ₂ Al[AlSi ₂ O ₁₀](OH) ₂ ·nH ₂ O	7.89	4.92	4.51	4.01	4.12
伊利石	KAl ₂ [AlSi ₃ O ₁₀](OH) ₂	3.57	3.85	3.45	2.74	2.62
高岭石	Al ₂ [Si ₂ O ₁₀](OH) ₂	4.79	7.46	12.57	9.92	6.14
白云母	KAl ₂ [AlSi ₃ O ₁₀](OH) ₂	0.45	微	微	0.73	微
磷灰石	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (F,Cl,OH)	0.31	0.38	0.60	0.23	0.05
电气石	NaFe ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH) ₄	偶见	偶见	—	微	微
蛭石	(Mg,Fe) ₃ [AlSi ₃ O ₁₀](OH) ₂ ·nH ₂ O	0.69	微	微	0.95	0.31
方解石	CaCO ₃	13.61	5.76	—	7.10	5.75
白云石	CaMg(CO ₃) ₂	2.33	1.69	微	1.68	5.81
褐铁矿	HF ₂ O ₂ ·nH ₂ O	0.61	1.67	6.34	1.24	微
锆石	ZrSiO ₄	偶见	—	—	偶见	—
黄铁矿	FeS ₂	—	—	—	偶见	—
石榴石	Fe ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃	—	—	—	偶见	偶见
磁铁矿	Fe ₃ O ₄	微	偶见	—	微	偶见

2.2 结构和构造特征

两地砂岩普遍具有细颗粒支撑的孔隙式胶结结构和溶蚀胶结结构(图2),胶结物是孔隙中沉淀的碳酸盐和碎屑颗粒接触点上的粘土矿物。碎屑颗粒次棱角状,粒径0.1~0.3 mm,因最大扁平面垂直沉降方向平行水流沉积,呈现微定向排列,具纹层状构造的大型斜层理构造和水平层理构造,纹层厚度1~3 mm。白云母和蛭石等片状碎屑均集中在层理面内。

具有前述结构和胶结物质的砂岩,由于易受地下水溶蚀而使砂粒丧失结晶联结,并增大岩石的空隙度。层理面本身是岩石的软弱面,又是渗流水的通道,其中所含粘土矿物反复的胀缩作用会削弱层理两侧的联结,使表面岩层容易发生顺层剥落。总之,石刻砂岩含钙泥愈

多就愈易发生风化破坏,层理的存在也有利于这种作用的进行。

在防风化的治理工作中,砂岩的此种成分和结构变化或许有利于化学涂料渗入岩体浅部而固着砂粒。

3 砂岩的成岩变化

石刻砂岩的成岩变化对石刻艺术风化破坏有重要影响,表现在以下四个方面。

3.1 压固作用

在砂岩纹层状层理面内的白云母和蛭石几乎都呈现不同程度的压折扭曲,表明在沉积物压密排水固结过程中,曾经存在过较为强大的上覆地层自重压力。并促使碎屑石英发生压溶。据认为,在砂岩中,这种压溶作用发生在含粘土的岩层中时,通常是最为活跃的^[6]。砂岩中发育的溶蚀胶结现象即可充分证明这一点。

3.2 胶结作用

砂岩的结构特征显示出,当时碎屑物沉积环境的水动力较强,孔隙中原先充填的杂基成分已全部被水流冲走,孔隙溶液沉淀碳酸盐胶结颗粒。胶结物的形成过程可区分出三个世代。第一世代是泥晶方解石。由孔隙内的颗粒表面被膜状粘土矿物吸附 Ca^{2+} , 沉淀帘壳状泥晶方解石。第二世代是自形白云石,由富镁溶液下沉形成。第三世代是亮晶方解石,残余溶液沉淀纯净的他形亮晶方解石,充填剩余孔隙空间,胶结砂粒。

3.3 交代作用

压溶作用溶解的空间,在弱碱性($\text{pH}=8.5^{[7]}$)地球化学环境中,被第三世代亮晶方解石交代充填,主要是交代石英砂粒,也见到交代了少部分长石,形成上述的溶蚀胶结现象。交代部位的边沿,通常可观察到3条至6条似年轮状的不规则环纹,每一环纹宽度约为 $4\ \mu\text{m}$,可代表地下水循环活动的某种周期,如同岩溶钟乳石生长纹的颜色和宽度那样,伴随各年度地下渗流水的丰欠而变化。

3.4 矿物水解作用

此处已见到在磁铁矿与绿泥石的伴生体中,偶有零星残余角闪石,说明绿泥石及其中浸染状他形磁铁矿应是不稳定的角闪石分解所成。此外,绝大部分黑云母也已水解成蛭石,部分钾长石发生高岭石化。

上述成岩变化为日后各种风化营力侵入岩体的过程提供了便捷途径。

4 砂岩后生变化及其对石刻艺术风化破坏的影响

地球化学家 A. II. 彼列尔曼认为,在表生带,三大岩类与周围环境进行物质交换的各种变化过程即为后生作用^[8]。大足地区湿热的自然环境条件一直在加速着蓬莱镇组砂岩的后生变化过程,导致该地石刻艺术风化破坏状况变得日益严重。除了高大乔木和低矮灌木丛之



单偏光 X450

图2 长石砂岩溶蚀胶结结构
(宝顶山 B₂₁)

Q—石英, P—斜长石, K—钾长石,
S—电气石,
G—方解石, D—白云石, Z—锆英石,
Ch—绿泥石,
M—白云母, Y—蛭石。

外,那些附生在岩体表面的各种低等植物如苔藓、真菌、藻类^[9]和硅酸盐细菌等,在其繁衍过程中也在不断分解矿物,破坏砂岩的结构,使岩石逐渐变得疏松、泥化。本地发生频繁沉降的酸性雨雾^[10],藉助良好的补给排泄条件,长期强烈腐蚀淋洗砂岩,促使多种元素活化迁移。例如,在宝顶山佛缘桥石刻砂岩体内所取岩样(表1, B₄)含 CaO 4.26%,而在该砂岩体20 mm 浅表层范围内所取岩样(表1, B₅)却只有0.55%,淋失率达87%;Na₂O 的淋失率也在19%以上。随渗流水从岩体内部向外迁出的组分有相当部分已在石刻艺术表面富集,所形成的石膏、芒硝和泡碱等多种盐蚀矿物,它们对石刻艺术表面具有十分强烈的盐胀破坏作用^[6]。当今,不论是国外的埃及、希腊、意大利、柬埔寨,或者是国内的云岗、大足、麦积山等地,都存在着由于岩石发生退化的后生变化而导致石刻艺术风化破坏的现状。岩石的后生变化与岩石自身的特征及所处的水文地球化学环境条件密切相关。

参 考 文 献

- 1 刘长久,胡文和,李永翹等.大足石刻内容总录.成都:四川省社会科学院出版社,1985,1:183
- 2 四川省区域地层编写小组.西南地区区域地层表.北京:地质出版社,1976,65~66,95~97
- 3 翟淳,张长俊,卫管一.岩石学简明教程.北京:地质出版社,1979:123
- 4 叶大年.造岩矿物概论.河北科技情报室,1977:9
- 5 张赞勋,汪东云,付林森等.宝顶石刻区污染地下水对造像岩体的破坏作用.山地研究,1994,(3):145~147
- 6 恩格尔哈特, W. V. 王东坡,何起祥,汪碧华译.沉积物和沉积岩的成因.北京:地质出版社,1977:174
- 7 李正积.农业地质背景系统概念及应用.四川地质学报,1991,(1):65
- 8 A. H. 彼列尔曼.龚子同,徐琪,刘多森等译.后生地球化学.北京:地质出版社,1975
- 9 张捷,包浩生,李春华.福建永安石林地貌的现代生物喀斯特侵蚀营力.山地研究,1994,(3):136~139
- 10 汪东云,张赞勋,付林森等.宝顶山石窟岩体风化破坏的作用因素分析.工程地质学报,1994,(2):59~64

(编辑:刘家凯)

LITHOLOGICAL CHARACTERS OF CARVED SANDSTONE IN DAZU

Zhang Zanxun Fu Linsen Yao Jinshi Wang Dongyun
(Faculty of Civil Engineering)

ABSTRACT The carved sandstone of Dazu county in Sichuan is a stratum under the Pen-lai-zhen group of late Jurassic. This sandstone is similar to some typical character of arkose in composition and structure of the corrosive cementation. The weathered damage of the carved stone art has a relation to degenerative after-change process of sandstone.

KEY WORDS carved sandstone, arkose, after-change of sandstone, carved stone art