

重庆巫山大昌蓝家寨遗址石灰墓灰浆成分分析*

郑利平^{1,2}, 武仙竹¹, 金普军³, 王运辅¹

(1. 重庆师范大学 科技考古实验室, 重庆 401331; 2. 西北大学 文化遗产研究与保护技术教育部重点实验室, 西安 710069;
3. 陕西师范大学 化学与材料科学学院, 西安 710062)

摘要:古代使用石灰的历史非常悠久,人工烧制石灰的历史不晚于新石器时代仰韶文化晚期。本研究从重庆巫山大昌蓝家寨遗址明代石灰墓取样,通过 X-射线衍射、扫描电镜/X-射线能谱和红外光谱分析研究发现,该墓葬是由古人用生石灰、糯米浆、黄土等 3 种材料制作出有机-无机混合材料浇筑而成。在该墓葬的死者头部还发现了 1 只石灰枕,制作工艺较为优良。上述发现表明,在明代三峡地区,人们不仅用石灰糯米浆浇筑墓葬,而且还用来制作死者的陪葬用品。古人在长期的生产实践中,发现了有机-无机材料——糯米灰浆的特殊性。该材料的物质成分是有机物与无机物相互混合,物质红外光谱吸收峰存在一定程度的位移。该物质的主要成分碳酸钙为颗粒状形态,而非块状的、棱角分明的碳酸钙;这种颗粒状物质结构经互相匹配、互相嵌构,具有结构致密、受力强度大、密封性能好等特点。在地势险要偏僻的三峡地区发现的明代这种材料的加工及建筑技术,对研究该地区各历史时期的生产技术、葬俗等均有重要参考价值。

关键词:重庆巫山;蓝家寨遗址;石灰墓;灰浆成分分析

中图分类号:O657;K928.76

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2014)01-0042-06

中国使用石灰且以石灰作为建筑凝胶材料的历史非常悠久。近年来,新石器时代仰韶、龙山文化时期遗址陆续发现有“白灰面”建筑材料,引起了考古学家的广泛关注。陈瑞云采用化学分析、差热分析、X 射线衍射分析、电子探针等方法测定了新石器时代大地湾仰韶晚期文化遗址地面“混凝土”中胶结材料、粗集料和细集料的化学成分和矿物组成,认为“混凝土”是以石灰加黄土配制的胶结材料加粗、细集料配制而成,是一种“三合土”;遗址地面“混凝土”表面的饰面是以石灰浆涂刷而成^[1]。

关于人工烧制石灰的起源问题,众说不一,仇士华采用测定¹⁴C 比度的方法对多处遗址的石灰质材料研究后认为,龙山文化时期中国已普遍用烧制石灰建造房屋^[2]。也有人认为新石器时代以来直至战国时期,“白灰面”是用黄土中的姜石磨成碎面,然后调水制成^[3]。为了探明白灰在中国建筑史上的起源,近年来有人又采用红外光谱分析技术做了进一步的研究,经对陶寺遗址的“白灰面”采样分析确认该材料为人工烧制的石灰^[4]。针对目前关于石灰起源的问题,笔者通过梳理文献,认为人工烧制的石灰起源不晚于新石器时代仰韶文化晚期。到西周中晚期,建筑遗址中发现石灰已经广泛用于柱基处理、增强地基、屋顶面处理等,东周时期已经使用石灰修筑陵墓^[5]。

而糯米汁作为胶结料引到建筑材料中,最早传说是在秦代修筑万里长城的工程中^[6]。糯米灰浆组成的复合胶凝材料在文献中亦有确切的记载。《宋会要》方域九之八载有:乾道六(公元 1170 年)修和州城,“其城壁表里各用砖灰五层包砌,糯米粥调灰铺砌城面兼楼稽,雄壮,经久坚固。”至少不晚于南北朝时期^[7],以糯米灰浆为代表的中国传统灰浆已经成为比较成熟的技术。河南省邓州市的一座南北朝的砖墓,所用胶结材料中就使用了糯米淀粉类物质^[8]。宋、元、明、清的墓葬也广泛采用了糯米灰浆等浇铸成墓室^[9-14]。建于明朝的南京城,便是以条石为基,上筑夯土,外砌巨砖,以石灰作为胶结料,而在重要部位就是以石灰加糯米汁灌浆,上部用桐油和土拌合结顶以防雨水,整个工程“坚固特殊”^[15]。明朝宋应星撰写的《天工开物》对糯米灰浆的组成、制作方法和性能都有详细记载:“灰一分入河砂黄土二分,用糯米、羊桃藤汁和匀,经筑坚固,永不隳坏,名曰三合土”^[16]。这种加入

糯米汁的三合土即糯米灰浆,有强度大、韧性好、防渗性能好等优点^[17],它的出现使建筑胶凝材料的粘结性有了质的飞跃,从无机凝胶材料发展到有机-无机复合建筑凝胶材料,显示出古代人民在长期生产实践活动中凝结出的科学技术智慧,代表了中国古代石灰基建筑凝胶材料的最高成就。

2012 年,重庆师范大学在重庆巫山蓝家寨遗址(地理坐标 31°15'95"N、109°48'23"E,海拔高程 136 m)发掘了一座明代石灰墓,墓室棺材是由石灰灰浆浇筑成密封的包封结构(后简称石灰棺)。石灰棺灰浆层外观白色,中间零星夹杂有黄色颗粒(图 1-1),结构致密,强度大,极其坚固。目前,关于三峡库区的石灰墓石灰灰浆成分的分析研究尚未展开。为了探明三峡库区明代巴文化的葬具及其葬俗文化,笔者采用 X-射线衍射、扫描电镜、红外光谱等现代科学分析技术对蓝家寨遗址明代石灰灰浆进行了详细的分析研究,以期为该地区墓葬的葬具、葬俗研究提供参考资料。该研究对古代墓葬、土木建筑史、化学化工史的研究具有重要的意义。

1 实验方法

1.1 X-射线衍射分析

分析仪器为日本 Rigaku 公司生产的 D/Max-3c 全自动 X-射线衍射仪,额定功率 3 kW,电压、电流稳定性在 ±0.3% 范围内。X 射线管电压最大 60 kV,管流最大 80 mA,测角计半径 185 mm,2θ 扫描范围 3°~160°;测角计精度 -0.02°~0.02°。利用 Jade 分析软件对 X-射线衍射图谱进行物相鉴定。利用该仪器对采集的巫山蓝家寨遗址石灰棺样品所含晶体物质进行物相分析,提取实验数据及进行图谱对比(图 1-2)。

1.2 扫描电镜/X-射线能谱分析

扫描电镜为美国 FEI 公司制作的 Quanta-200 型环境扫描电子显微镜,配有 EDAX Genesis-2000X-射线能谱仪(EDS),谱仪分辨率小于 131 eV。测试条件为高真空模式,加速电压 20 kV,样品喷金。采用该仪器对采集的巫山蓝家寨遗址石灰棺样品进行形貌观察和元素分析,该实验数据由陕西师范大学化学实验教学中心分析测试提供。

1.3 红外光谱分析

傅里叶变换红外光谱仪为德国 Bruker 公司生产,型号为 EQUINX55,光谱范围 7 500~370 cm⁻¹,远红外区 450~60 cm⁻¹,分辨率优于 0.2 cm⁻¹,透过率精度优于 0.1%T,信噪比高于 3 600:1,溴化钾压片法。使用该仪器对采集的巫山蓝家寨遗址石灰棺样品所含有机物和无机物进行成分分析。实验数据提供单位同上。

2 结果与讨论

2.1 X-射线衍射分析结果

蓝家寨遗址石灰墓样品 X-射线衍射分析图谱见图 2,分析结果明显显示出石灰墓样品所含晶体成分较为单一,只有方解石(碳酸钙)和二氧化硅。这与文献资料中介绍的西安南殿村遗址和山东大汶口遗址的石灰成分分析结果一致^[3]。通常所说的石灰为生石灰(氧化钙),古人用水调溶后为氢氧化钙,反应式为:CaO+H₂O=Ca(OH)₂。氢氧化钙在空气中放置的过程中,空气中的二氧化碳会与之继续反应生成碳酸钙,反应式为:Ca(OH)₂+CO₂=CaCO₃+H₂O。因此,古人用石灰浇筑墓葬固化后,生石灰在空气中二氧化碳的作用下最后转变为方解石型碳酸钙。样品中的二氧化硅是古人在调制石灰的时候带入了粘土或沙子的成分,但其衍射峰的强度较弱,说明含量较低。因此,蓝家寨遗址石灰墓墓棺可能是“石灰+黄土(或沙子)”制成的。那么石灰墓中是否还使用了有机材料,是否如明代宋应星撰写的《天工开物》中描述的一样,用糯米汁调匀石灰、黄土、沙子浇筑墓葬呢?为此,笔者又采用扫描电镜和红外光谱分析法做了进一步的研究。

2.2 扫描电镜/X-射线能谱分析

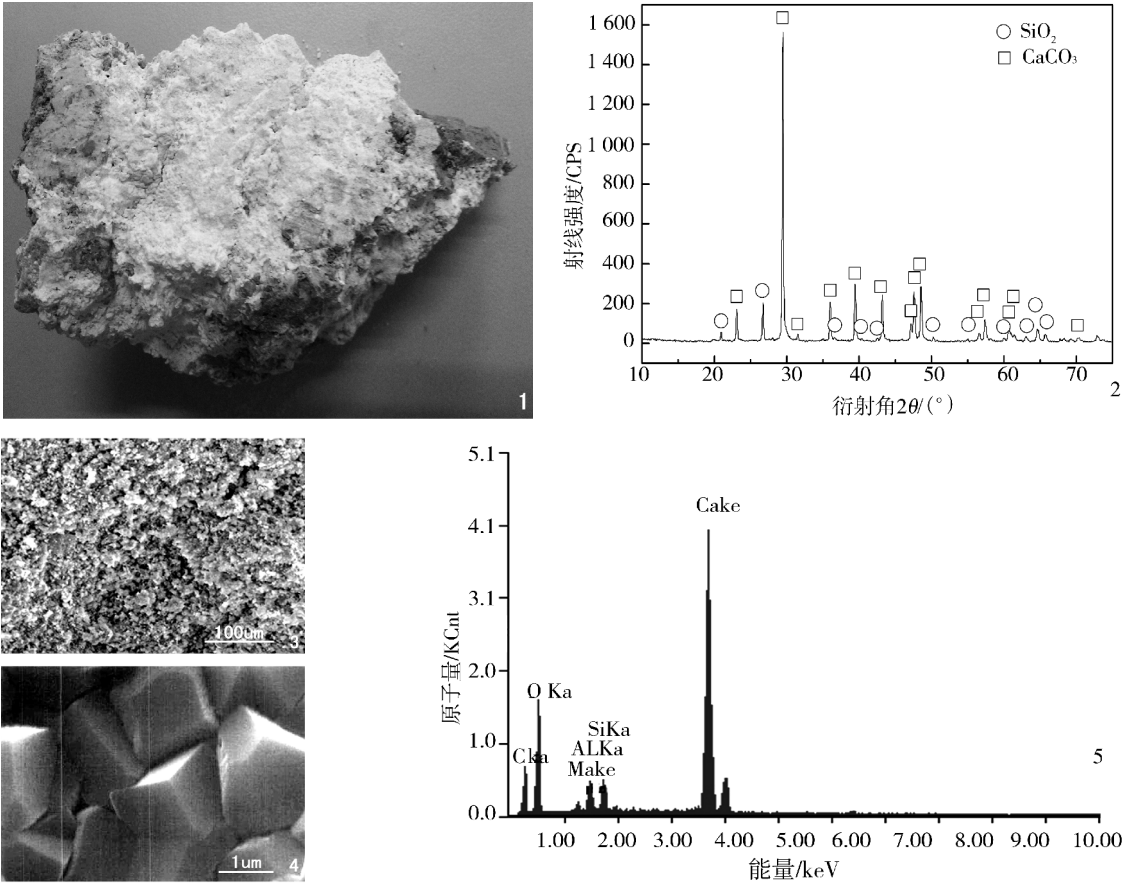
蓝家寨石灰墓灰浆样品通过扫描电镜观察(图 1-3)看不出有明显的晶体形貌,颗粒极其细小,形状很不规则,且多孔,说明样品结晶程度较低。杨富巍曾对完全碳化后的纯石灰样品进行过扫描电镜分析,纯石灰样品生成的碳酸钙为方解石晶相,块状,棱角分明,形状规则,晶粒比较大(图 1-4)^[18],蓝家寨遗址分析结果与之明显相异。丁唯嘉曾研究了 3 种淀粉对碳酸钙晶体相互作用的影响,发现纯水中形成的碳酸钙晶体衍射模式与方解石标准衍射模式相吻合,纯水中形成的碳酸钙晶体为方解石特征的多层重叠的块状结构,与杨富巍观察到的结果一致。这些研究表明,在没有有机基质存在时,碳酸钙结晶倾向于生成热力学稳定的方解石。但是在几种有机基质淀粉存在时,所得的碳酸钙晶体均不同于纯水中得到的方解石,在羧甲基淀粉溶液得到的碳酸钙晶体是

多孔状的方解石晶型,而在醚化淀粉和磷酸酯淀粉溶液中所得的碳酸钙晶体均为球状的球霏石晶型^[19]。从以上扫描电镜形貌观察分析,并结合 X 射线衍射分析结果,可以发现蓝家寨遗址石灰基灰浆中因加入了淀粉成分,这使得原本棱角分明、形状规则的块状结构方解石,转变为了多孔状的方解石,在物质细微结构上发生了改变。

蓝家寨石灰基灰浆样品的元素定量分析中,C、O、Ca 元素含量较高,C 重量比为 17.4%,Ca 重量比为 33.95%,O 重量比为 42.87%(表 1)。X 射线能谱分析(图 1-5)、X-射线衍射分析显示,灰浆样品中含有方解石碳酸钙。碳酸钙分子内各元素原子量比为 Ca:C:O=40:12:48,灰浆样品中 3 种元素重量比约为 Ca:C:O=34:17:43,两者对比发现,灰浆样品中的 C 元素含量比例明显高出了碳酸钙分子应该含有的 C 元素比例,可以推测,灰浆样品中可能含有含 C 量较高的有机物质。Si、Al 含量较低,重量比略大于 2%,Mg 较微量,重量比不到 1%。这与 X 衍射分析测量到的二氧化硅含量较低相一致。Al、Mg 应为粘土中含有的少量杂质元素。

2.3 红外光谱分析

红外光谱的基本原理是当分子吸收光能后,使振动加激(振幅扩大)。如果连续地用不同频率的红外光照射某一样品,由于该样品对不同频率的红外光的吸收与否,是通过样品后的红外光在一些区域较弱,在另一些区域较强。把分子吸收红外光的情况记录下来,就得到红外光谱图。在红外光谱图中,谱带的位置和强度,取决于基团的振动形式和邻接基团的影响。对于矿物鉴定同样适用,矿物晶格中原子间的化学键的弯曲和伸缩吸收某些区域的近红外光谱,根据矿物某些官能团在近红外区域的特征吸收光谱可以区分不同的矿物及同一矿物的不同结晶度。



注:1. 石灰样品;2. 石灰样品 X-射线衍射分析图谱;3. 石灰样品扫描电镜观察;4. 纯石灰样品的扫描电镜观察;5. 石灰样品 X-射线能谱分析图谱。

图 1 巫山蓝家寨遗址明代石灰样品及相关分析

Fig. 1 Lime samples and correlated analysis of them at the site of Lanjiashai in the Ming Dynasty from Wushan County

表 1 X-射线能谱分析结果

Tab. 1 Results of X-ray energy spectrumanalysis

	元素					
	C	O	Mg	Al	Si	Ca
质量百分比/%	17.44	42.87	00.84	02.54	02.37	33.95

碳酸钙的标准红外光谱吸收峰^[20]有 1 420(ν_3)、873(ν_2)、708(ν_1)、314 cm^{-1} 。Guetaetal^[21]通过计算理想碳酸钙晶体单胞的声子谱发现,若碳酸钙晶体结构发生扭曲,会使无序度增加,导致 ν_1 吸收峰变宽,强度变低,而 ν_2 吸收峰却保持不变。二氧化硅的标准红外光谱吸收峰有 1 090、798、470 cm^{-1} 。将

蓝家寨石灰墓灰浆样品红外光谱图(图 2a)与西安明代城墙遗址灰浆样品红外光谱图(图 2b)进行对比分析,并结合标准红外光谱图,不难发现蓝家寨石灰墓样品含有碳酸钙($2\,513$ 、 $1\,797$ 、 $1\,429$ 、 873 、 712 cm^{-1}),二氧化硅(798 、 470 cm^{-1}),在蓝家寨石灰样品红外光谱中还有较强的吸收峰在波数为 $3\,441\text{ cm}^{-1}$ 位置,可能为有机物或水中羟基的特征吸收峰。在波数为 $1\,031\text{ cm}^{-1}$ 位置的吸收峰可能为有机物质的特征吸收峰,根据明代宋应星《天工开物》用糯米的记载,可以推测这可能是糯米的特征吸收峰。在纯糯米浆红外光谱(图 2b)。中,波数为 $1\,633\text{ cm}^{-1}$ 位置的吸收峰可能为水中羟基的特征吸收峰,波数为 $1\,022\text{ cm}^{-1}$ 位置的吸收峰应该为糯米的特征吸收峰。根据生物矿化的基本原理,有机基质在碳酸钙结晶过程中之间存在着相互作用^[19,22], Ca^{2+} 对有机基质红外光谱中的特征吸收峰产生位移作用,位移的波数变化值在 $1\sim 10$ 之间。丁唯嘉认为由红外光谱的位移以及谱峰强度的变化,可推测晶体碳酸钙与变性淀粉之间存在着相互作用,即在变性淀粉诱导 Ca^{2+} , CO_3^{2-} 结晶形成碳酸钙的同时,生成的碳酸钙晶体也对变性淀粉分子中的某些基团产生了影响。随着碳酸钙晶体的不断生长,主要依靠静电作用、氢键、范德华力等弱相互作用对变性淀粉分子中 C-O 键的化学环境发生了变化,偶极矩不断减小,导致谱峰强度的变化。因此,蓝家寨遗址石灰墓灰浆样品红外光谱图中波数为 $1\,031\text{ cm}^{-1}$ 位置的吸收峰是糯米浆在碳酸钙结晶的作用下,特征吸收峰从波数为 $1\,022\text{ cm}^{-1}$ 位置位移至 $1\,031\text{ cm}^{-1}$ 位置,变化值为 9 ,与红外光谱位移变化的规律相吻合^[19,22]。

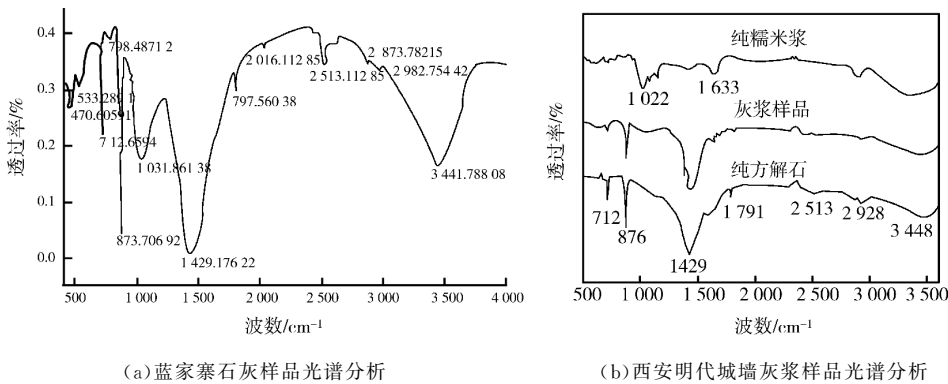


图 2 蓝家寨遗址石灰样品红外光谱分析对比

Fig. 2 Comparative analysis of the infrared spectrum of the lime samples at the site of Lanjiazhai

3 结论

经 X-射线衍射、扫描电镜/X-射线能谱和红外光谱分析得知,重庆三峡库区巫山大昌蓝家寨遗址明代石灰墓石灰棺灰浆的化学成分既无机物质碳酸钙和二氧化硅,也有有机物质糯米汁残留成分,有机物质与无机物质的同时存在,使得物质红外光谱某些吸收峰存在一定程度上的位移现象。

由上述结果,并结合古文献《天工开物》记载推知,该墓葬是古人用生石灰加糯米浆,并调和黄土来浇筑而形成的墓葬石灰棺。生石灰在空气中二氧化碳的作用下最后转变为方解石型碳酸钙,且在有机基体糯米浆的作用下形成颗粒状的碳酸钙,而非块状、棱角分明的碳酸钙。这种颗粒状的物质结构经互相匹配互相嵌构,形成致密的结构,强度大,密封性能好。该墓葬石灰样品中的二氧化硅是古人在调制石灰的时候带入了黄土的成分,从图 1 当中也能看出石灰糯米浆与黄土的搅拌不够均匀,导致该墓的强度和密封性受到影响,发掘出土时石灰棺内存在渗入的地下水。

重庆三峡库区巫山大昌蓝家寨遗址明代石灰墓的发现,更加明确证实了“石灰+糯米浆+黄土”这种“三合土”在明代已经广泛存在,连地势险要偏僻的三峡地区也开始普遍使用,只是在三合土制作的工艺技术上还不够成熟。该墓葬在死者头部位置还发现了 1 只石灰枕,制作工艺较为优良,说明在明代的三峡地区,人们不仅用石灰糯米浆浇筑墓葬,而且还用来制作死者的陪葬用品,例如这种死者用石灰枕之类的陪葬品。此次石灰墓的发现,为三峡地区墓葬的葬具和葬俗研究提供了实物证据。

古人在长期的生产实践中,发现了有机-无机材料——糯米灰浆的特殊性。虽然他们没有掌握生物矿化作用的基本原理,但是他们已经认识到糯米灰浆具有良好的性能,在建筑、墓葬、化工等方面发挥了极其重要的作用,并且为当代的生物矿化作用原理创造了实践基础,笔者不得不感慨古代劳动人民的聪明和智慧。在生物矿化过程中,超分子相互作用不仅是有机物之间形成多级结构立体适应性的内在动力,也是有机-无机相互作用的主要动力^[19],在这些力的作用下,有机-无机界面之间进行分子识别,使有机-无机相之间的相容性达到最佳,可以创造出许多具有奇特生物功能的材料。

参考文献:

- [1] 陈瑞云. 甘肃省秦安县大地湾新石器时代遗址地面建筑材料的研究[J]. 硅酸盐学报, 1993, 21(4): 309-318.
Chen R Y. Study on floor materials in the New Stone Age at the site of Dadiwan, Qinan County, Gansu Province[J]. Journal of the Chinese Ceramic Society, 1993, 21(4): 309-318.
- [2] 仇士华. 人工烧制石灰始于何时?¹⁴C 方法可以判定[J]. 考古与文物, 1980, 5(1): 126-130
Chou S H. When did Man-made-lime began? The method of ¹⁴C can be determined[J]. Archaeology and Cultural Relics, 1980, 5(1): 126-130.
- [3] 缪纪生, 李秀英, 程荣遣, 等. 中国古代胶凝材料初探[J]. 硅酸盐学报, 1981, 9(2): 234-240.
Miao J S, Li X Y, Cheng R Q, et al. A preliminary investigation of cementing materials used in ancient China[J]. Journal of the Chinese Ceramic Society, 1981, 9(2): 234-240.
- [4] 李乃胜, 何努, 汪丽华, 等. 新石器时期人造石灰的判别方法研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(3): 635-639.
Li N S, He N, Wang L H, et al. The way to identify the man-made-lime in Neolithic in China[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2011, 31(3): 635-639.
- [5] 姚远. 汉代长安词典—科学技术[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1993: 477-478.
Yao Y. The Han Dynasty Changan dictionary — science and technology[M]. Xi'an: Shaanxi People's Publishing House, 1993: 477-478.
- [6] 王慧贞. 文物保护材料学[M]. 西安: 西北大学出版社, 1995: 31-32.
Wang H Z. Protection materials science of cultural relics [M]. Xi'an: Northwestern University Press, 1995: 31-32.
- [7] 杨富巍, 张秉坚, 潘昌初, 等. 以糯米灰浆为代表的传统灰浆—中国古代的重大发明之一[J]. 中国科学 E 辑, 2009, 39(1): 1-7.
Yang F W, Zhang B J, Pan C C, et al. One of the great inventions in ancient China with sticky rice — lime mortar as the representative of the traditional mortar[J]. Science in China: Series E, 2009, 39(1): 1-7.
- [8] 河南省文化局文物工作队. 邓县彩色画像砖墓[M]. 北京: 文物出版社, 1958: 22-86.
Henan Cultural Bureau Work Team of Cultural Relics. Color portrait brick in Dengxian County[M]. Beijing: Cultural Relics Publishing House, 1958: 22-86.
- [9] 江苏省文管会. 江苏淮安宋代壁画墓[J]. 文物参考资料, 1960, 8(9): 43.
Jiangsu Heritage Management Committee. Mural tombs of the Song Dynasty in Huaian County, Jiangsu Province[J]. Cultural Relics Reference Materials, 1960, 8(9): 43.
- [10] 河北省文物研究所. 石家庄后太保村史氏家族墓发掘报告[C]//河北省考古文集. 北京: 东方出版社, 1998: 344-369.
Institute of Hebei Cultural relics. Excavation report of the Shi Family tombs from Taibao country, Shijiazhuang [C]//The Hebei Archaeology Articles. Beijing: Oriental Press, 1998: 344-369.
- [11] 刘晓东. 金代土坑石槨墓及相关问题[C]//青果集—吉林大学考古专业成立二十周年考古论文集. 北京: 知识出版社, 1993: 397-401.
Liu X D. Study on the tombs of the pit and stone outer coffin in Jin Dynasty [C]//Archaeology Articles of the Twenty Anniversary of the Founding of the Jilin University Archaeology Major. Beijing: Knowledge Publishing House, 1993: 397-401.
- [12] 杨根来. 从古代墓葬文化看遗体的防腐技术[J]. 长沙民政职业技术学院学报, 2004(4): 11-15.
Yang G L. Viewing the remains-antirot technique in the ancient grave custom[J]. Journal of Changsha Social Work College, 2004(4): 11-15.
- [13] 马健. 华东交大惊现王妃墓[J]. 文物世界, 2002(4): 3-6.
Ma J. The tomb of princess was excavated in East China Traffic University[J]. World of Cultural Relics, 2002(4): 3-6.
- [14] 得安县博物馆. 江西德安代熊氏墓清理简报[J]. 南方文物, 1994(4): 5-9
Dean County Museum. Excavation report of the Xiong Family tombs in Ming Dynasty from Dean Country, Jiangxi Province [J]. Southern Cultural Relics, 1994(4): 5-9.
- [15] 吴庆洲. 明南京城的军事防御体系研究[J]. 建筑师, 2005 (2): 96-101.
Wu Q Z. Study on citywall and moat military defense system of Nanjing City in Ming Dynasty[J]. Architect, 2005 (2): 96-101.
- [16] 宋应星[明]. 天工开物[M]. 上海: 商务印书馆, 1958: 197.
Song Y X[Ming Dynasty]. Nature's engineering creations [M]. Shanghai: The Commercial Press, 1958: 197.
- [17] 吴庆洲. 中国古城防洪的历史经验与借鉴(续)[J]. 历史研究, 2002, 26(5): 76-84.
Wu Q Z. Historical experience and use for reference of the flood control in ancient China[J]. City Planning Review, 2002, 26(5): 76-84.
- [18] 杨富巍, 张秉坚, 曾余瑶, 等. 传统糯米灰浆科学原理及其现代应用的探索性研究[J]. 故宫博物院院刊, 2008(5): 105-114.
Yang F W, Zhang B J, Zeng Y Y, et al. Exploratory research on the scientific nature and application of tradition-

- al sticky rice mortar[J]. Journal of the Palace Museum, 2008(5):105-114.
- [19] 丁唯嘉,安英格,杨林,等. 3 种变性淀粉与 CaCO_3 相互作用的红外光谱研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2005, 25(5): 701-704.
- Ding W J, An Y G, Yang L, et al. Study on IR of interaction of three modified-starches and crystallization of calcium carbonate [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2005, 25(5): 701-704.
- [20] 彭文世,刘高魁. 红外光谱图集[M]. 北京:科学出版社, 1982:146.
- Peng W S, Liu G K. Infrared spectrogram Volume[M]. Beijing: Science Press, 1982:146.
- [21] Cueta R, Natan A, Addadi L, et al. Angewandte Chemie [J]. International Edition, 2006, 46: 291.
- [22] 张秀英,廖照江,杨林,等. β -环糊精与碳酸钙结晶的相互作用[J]. 化学学报, 2003, 61(1): 69-73.
- Zhang X Y, Liao Z J, Yang L, et al. Interaction between β -cyclodextrin and crystallization of calcium carbonate [J]. Acta Chimica Sinica, 2003, 61(1): 69-73.

Resources, Environment and Ecology in Threer Gorges Area

Analysis of the Component of the Lime Mortar from the Lanjiashai Site in Dachang, Chongqing Wushan

ZHENG Li-ping^{1,2}, WU Xian-zhu¹, JIN Pu-jun³, WANG Yun-fu¹

(1. Laboratory of Archaeometry, Chongqing Normal University, Chongqing 401331;

2. Key Laboratory of Culture Heritage Research and Conservation Ministry of Education, Northwest University, Xi'an 710062;

3. School of Chemistry and Chemical Engineering, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: Ancient history of using lime was very long and the origin of artificial using lime by early humans was not later than the late Neolithic Yangshao Culture. By means of XRD, SEM/EDS and FIR technique, the component of the lime mortar was analyzed from the Lanjiashai site in Dachang, Chongqing Wushan. The results show that the tomb was built by the lime, sticky rice mortar, and the loess which result in the formation of organic-inorganic cemented raw materials for pouring concreting of the tomb. Furthermore, one excellent lime pillow was found under the head of the human remain which indicate the technology was also be applied to make the funeral objects. It should be noted that this technology had been widely used in the Ming Dynasty, even it also widely began to use in the steep and remote three Gorges area. During the long-term production practice, the ancient humans invented the special organic-inorganic materials with sticky rice-lime mortar. In the presence of organic material and inorganic material at the same time, the absorption peak shift of the material FIR was discovered to some extent. Under the influence of the organic sticky rice paste, the crystal shape of CaCO_3 was granular. By the action of matching each other, the granular material could form a dense structure in possession of the high mechanical strength and the good sealing property. It can be inferred that the excellent raw materials on the manufacture and construct invented by early humans can make great significance on the study of manufacture technique and burial customs during the historical episode in the Three Gorges Region.

Key words: Chongqing Wushan; Lanjiashai Site; lime tomb; mortar composition analysis

(责任编辑 方 兴)