

文物科技研究

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH ON CULTURAL RELICS

第三辑

Volume 3

中国文物研究所 编



科学出版社

www.sciencep.com

文物科技研究

第三辑

中国文物研究所 编

科学出版社

北京

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH ON CULTURAL RELICS

VOLUME 3

CHINA NATIONAL INSTITUTE OF CULTURAL PROPERTY

**SCIENCE PRESS
BEIJING**

内 容 简 介

“保护为主、抢救第一、合理利用、加强管理”是我国文物保护事业的基本方针,加强文物保护技术的应用研究和文物学科的研究是文物考古工作的重要内容。《文物科技研究》以国内文物保护理论与方法研究、应用技术研究、保护工程研究成果为内容,及时反映国内外文物保护科技成果,推动文物保护事业的发展,以加强我国文物保护技术的应用研究和文物学科的研究。

图书在版编目(CIP)数据

文物科技研究(第三辑)/中国文物研究所编. —北京:科学出版社,2005
ISBN 7-03-016328-1

I. 文… II. 中… III. 文物保护-科学技术-中国-文集 IV. K87-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 114019 号

责任编辑:孙 莉 / 责任校对:朱光光
责任印制:钱玉芬 / 封面设计:黄华斌 陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 11 月 第 一 版 开本:787×1092 1/16

2005 年 11 月第一次印刷 印张:10 3/4

印数:1—2 200 字数:242 000

定价:40.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《文物科技研究》指导委员会

主 任	张文彬				
委 员	刘燕华	柯 俊	傅熹年	葛修润	宿 白
	徐苹芳	谢辰生	罗哲文	张忠培	黄景略
	王丹华	黄克忠	胡继高	Neville Agnew(美国)	
	泽田正昭(日本)		Mario Micheli(意大利)		

《文物科技研究》编委会

主 任	单霁翔				
副 主 任	张 柏	董保华	童明康		
委 员	(以姓氏笔画为序)				
	马清林	乔 梁	刘兰华	苏荣誉	杜晓帆
	杨朝权	沈 阳	张廷皓	陈 青	荣大为
	侯石柱	袁 靖	傅清远	詹长法	潘 路
主 编	马清林				
编 辑	王小梅	黄 彬			

目 录

三星堆祭祀坑出土金面铜头像上的铜—金黏合剂分析·····	曾中懋(1)
广西花山岩画岩石化学风化机理研究·····	
····· 郭 宏 韩汝玢 赵 静 黄槐武 谢日万 蓝日勇(10)	
拉曼显微镜和扫描 X 射线荧光微区分析在甘肃玉门火烧沟颜料分析中的应用·····	
····· 马清林(21)	
调湿材料在文物保护中的应用研究·····	奚三彩 杨 毅 郑冬青 高士祥(31)
2-氨基-5-巯基-1,3,4-噻二唑的性质及其应用·····	万 俐 徐 飞 朱一帆(37)
简述激光清洗技术在文物保护中的应用及发展前景·····	詹长法 张 可(46)
成都青羊区金沙村汉代古木桥遗址木构件与微生物的研究·····	
····· 孙延忠 赵桂芳 马菁毓 高 峰 刘秀英 陈允适(53)	
郑韩故城中行铸铜遗址出土炉壁含金渣层研究·····	李延祥 蔡全法(59)
《昭君出塞图卷》修复及其相关问题的探讨·····	谢俭华(64)
书画清洗技术的革新——多功能洗画机的研发与应用·····	尚 力 刘恩迪 徐建华(70)
“龙鳞装”及其制作技术的探讨·····	单嘉玖 王岩青 曹静楼(77)
汉阳陵出土文物彩绘初探·····	赵西晨(84)
长沙走马楼三国吴简揭剥清洗技术操作工艺综述·····	肖静华(89)
东魏背屏式彩绘石刻造像保护修复及表面装饰材料研究初探·····	张晓彤(96)
鲁迅石膏面模的保护修复·····	付永海 张 可(104)
亚洲古代颜料——福布斯奖(Forbes)获奖讲演·····	
····· 伊丽莎白·威斯特·费兹雨果著 何 流译 沈仪国校译(111)	
部分国外文物保护著作介绍·····	何 流编译(118)
“全国馆藏文物腐蚀损失调查课题”专题	
全国馆藏文物腐蚀损失调查·····	
····· 中国文物研究所《全国馆藏文物腐蚀损失调查》项目办公室(122)	
甘肃省国有文物收藏单位馆藏文物腐蚀损失重点调查报告·····	

..... 甘肃省博物馆《全国馆藏文物腐蚀损失调查》项目组(129)

陕西省国有文物收藏单位馆藏文物腐蚀调查研究

..... 陕西省文物局 西安文物保护修复中心(139)

馆藏纸质和纺织品文物腐蚀程度评判方法的研究..... 南京博物院(148)

全国馆藏纸质文物腐蚀损失调查报告..... 中国丝绸博物馆(153)

馆藏文物腐蚀损失经济价值及其数学模型的研究..... 北京化工大学经济管理学院(158)

CONTENTS

The Analysis of Gold Size that Glued Golden Mask with Casting Head of the Man in Excavated Bronze of the Second Sacrificial Pit at Sanxingdui	<i>Zeng Zhongmao</i> (9)
Research of the Chemical Weathering Mechanism of Petroglyphs of the Flower Mountain in Guangxi Zhuang Municipality	 <i>Guo Hong, Han Rubin, Zhao Jing, Huang Huaiwu, Xie Riwan, Lan Riyong</i> (20)
Application of Raman Microscopy and Scanning X-Ray Fluorescence Microanalysis for Analysis of Ancient Pigments in Yumen County, China	<i>Ma Qinglin</i> (30)
The Research of Humidity-controlling Agent Used in Conservation	 <i>Xi Sancai, Yang Yi, Zheng Dongqing, Gao Shixiang</i> (36)
The Properties and Application of 2-amino-5-mercapto-1,3,4-thiadiazole	 <i>Wan Li, Xu Fei, Zhu Yifan</i> (45)
The Application and Foreground for Laser Cleaning Technique in Conservation of Culture Heritage	<i>Zhan Changfa, Zhang Ke</i> (52)
Studies on Archaeological Wood and Microorganisms of Archaic Wood Bridge of Han Dynasty in Jinshacun, Chengdu	 <i>Sun Yanzhong, Zhao Guifang, Ma Qingyu, Gao Feng, Liu Xiuying, Chen Yunshi</i> (58)
Analyses on gold contained Slag Unearthed from Casting Site in Zhenghan City Ruins	 <i>Li Yanxiang, Cai Quanfa</i> (63)
The Study on the Restoration and the Concerned Problems of the Painting Named Princess Zhao Going out of Frontier Fortress	<i>Xie Jianhua</i> (68)
Innovation of Cleaning Technique on Paintings and Calligraphy	 <i>Shang Li, Liu Endi, Xu Jianhua</i> (76)
Research and Technical Procedures of the Long Lin (Dragon Scales) Binding Method	 <i>Shan Jiajiu, Wang Yanqing, Cao Jinglou</i> (83)
The Preliminary Research on the Pigments from the Colored Relics in Yang Mausoleum ...	 <i>Zhao Xichen</i> (88)

Summary of the Operation Craft about the Rinsing and Unraveling of the Wu Bamboo Slips	
Unearthed in Changsha Zoumalou	<i>Xiao Jinghua</i> (95)
Conservation and Restoration and Research on Surface Ornamental Material of Back Screen	
Painted Statue Stele of Eastern Wei	<i>Zhang Xiaotong</i> (103)
The Conservation and Restoration of Gesso Mask of Mr. Lu Xun	
.....	<i>Fu Yonghai, Zhang Ke</i> (110)
Pigments on Ancient Asia— <i>Forbes Prize Lecture</i>	<i>Elisabeth West Fitzhugh</i> (117)
Introduction of Some Foreign Monographs on Cultural Heritage Conservation	(118)
The Survey on the Deterioration Loss of National Museum-deposited Relics	
.....	<i>The Project Office of the China National Institute of Cultural Property</i> (127)
The Survey on the Deterioration Loss of National Museum-deposited Relics The Key Survey	
Report of Gansu Museum	<i>The project office of the Gansu Museum</i> (138)
The Investigation on the Deterioration of Museum-deposited Relics from the State Relics-collection	
Branches in Shaanxi Province	
<i>Bureau of Cultural Property of Shaanxi Province, Conservation and Restoration Center of Xi'an</i> (147)	
Research of Evaluation Method about Deterioration of the Museum-deposited Paper and Textile	
Relics	<i>Nanjing Museum</i> (151)
The Survey on the Deterioration Loss of Museum-deposited Paper Relics	
.....	<i>China National Silk Museum</i> (157)
The Evaluation on the Economical Value of Deterioration Loss of Museum-deposited Relics and	
the Related Study on the Mathematics Model	
.....	<i>College of Economy and Management of Chemical Engineer University of Beijing</i> (162)

三星堆祭祀坑出土金面铜头像上的 铜—金黏合剂分析

曾中懋

(四川省文物考古研究所文物科技保护中心 成都 610041)

摘要 在三星堆二号祭祀坑出土的青铜器中,有四个戴着金面具的人头像,在金面具的背面和铜人头像的表面上,分别有一层黑褐色和白色的物质,它们将金面具与青铜器人头像表面粘接起来。为了弄清楚黑褐色和白色物质的成分,我们取样进行了检测和分析。分析结果表明,黑褐色的物质疑是大漆,白色物质疑是石灰,粘接工艺是使用石灰作膏灰在事先经过打磨的青铜人头像表面涂抹,在膏灰干燥过程中,再使用木器或骨器进行挤压,消除裂纹并上光,然后将大漆汁涂刷在石灰层上,最后将金面具黏合在青铜人头像上。

关键词 三星堆,金面具,青铜人头像,黏合剂

广汉三星堆二号祭祀坑出土的数百件铜器、金器、玉石器中,有四件铜人头像上戴有金面具,出土编号为:K2②:214, K2②:45, K2②:115, K2②:137, 其中有两个平顶铜人头像(K2②:115, K2②:45), 两个圆顶铜人像(K2②:137, K2②:214)。这批铜器在被埋葬之时,被锤打成若干碎块或被焚烧,这四件铜人头像也不例外。因金面具的韧性特别好,在遭受锤打时不易折断和破裂,使出土时金面具仍然紧紧地粘贴在铜人头像的面部,仅有小部分脱离。同时金面具又将铜人头像的碎块连接

在一起,使之不能分散,这给出土后的修复工作,提供了极大的方便。四件铜人头像中,有两副金面具(K2②:214, K2②:45)基本上完好,另外两副金面具(K2②:137, K2②:115)仅存不足一半。

在修复时,揭下金面具后,发现在金面具的背面和铜人头像的面部都有一薄层黑褐色物质,用作铜人头像与金面具之间的黏合剂,特别是在面部的突出部分,如鼻和耳处,尤其明显和厚重(图1、2、3)。这种现象引起了我们的重视,并在K2②:137上取样进行了分析和研究。

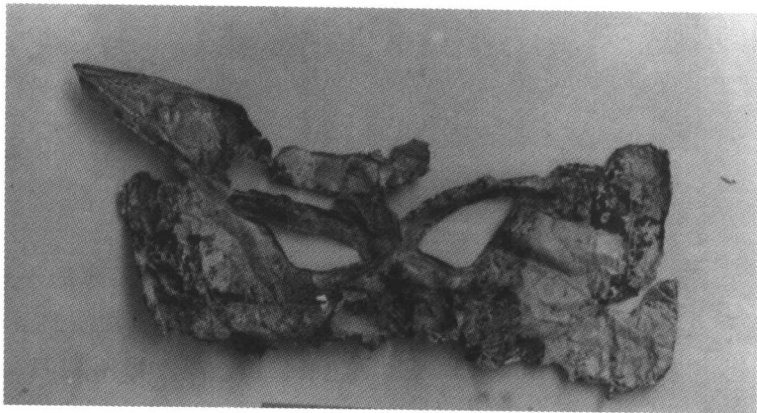


图1 K2②:214 金面具的背面

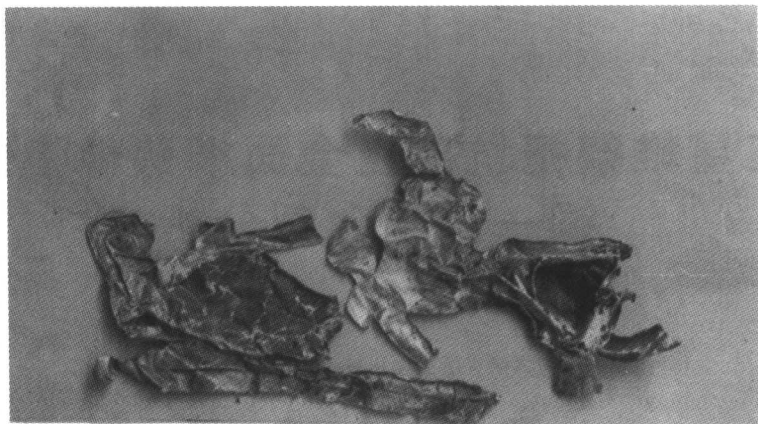


图2 K2②: 137 金面具的背面



图3 K2②: 137 揭去金面具后的人头像右侧表面

一、取 样

用手术刀在 K2②: 137 铜人头像的鼻尖、耳和眼等部位, 轻轻刮取黑褐色的物

质时, 发现仅有很薄的一层, 厚度不足 0.1mm。在黑褐色物质的下面是一层乳白色的物质, 厚度极不均匀, 大约在 0.1 ~ 1.0mm 之间。乳白色物质较坚硬, 它并非布满铜人头像的整个面部, 而是仅局部存

在,以鼻和耳廓部位为多。在乳白色物质的下面是绿色的铜锈。

在这种情况下,取样很困难。为此,我们分别取样,进行分析。取样是在 K2②:137 揭去金面具后的铜人头像上进行的。样品一是在 K2②:137 的鼻尖上取得直径为 1mm 左右的薄片,一面为黑褐色,另一面为乳白色。样品二是在 K2②:137 铜人头像鼻孔两侧的乳白色颗粒实施研磨加工后,成为能过 200 目孔筛的粒状体。

二、分 析

出土的戴金面具的铜人头像在土壤中埋藏了几千年,难免不混入黏土、砂粒和碳酸盐。为了排除它们对分析结果的干扰,对样品一先使用 5% 的盐酸处理 4 小时,然后用蒸馏水冲洗多次,清除多余的盐酸

和氯化物后,再使用 5% 的氢氟酸,在聚乙烯塑料容器中处理 12 小时,然后,用水洗涤多次,除去残存的氢氟酸和氟化物,放置在空气中自然干燥后,进行红外光谱分析。样品一在使用 5% 稀盐酸处理时,发现在样品的背面——乳白色物质上有大量微小的气泡产生。样品二未经任何处理,直接进行 X 衍射分析和发射光谱分析。

1. 红外线吸收光谱分析

分析是在美国尼柯莱特公司(NICO-LET)生产的 MX-1E 傅里叶变换红外线光谱仪上进行的。与样品一同时上机分析的还有四川青川战国墓出土的漆盒内壁的黑色漆皮和四川荣经曾家沟 21 号战国墓出土的漆奁内壁的黑色漆皮^{[1][2]}。分析结果见图 4、5、6 和表 1。

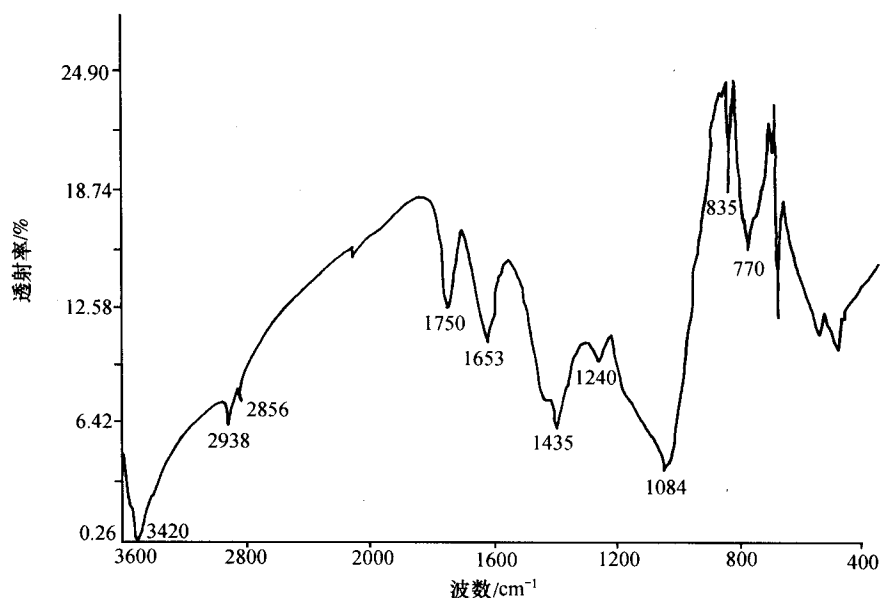


图 4 样品一的红外光谱曲线

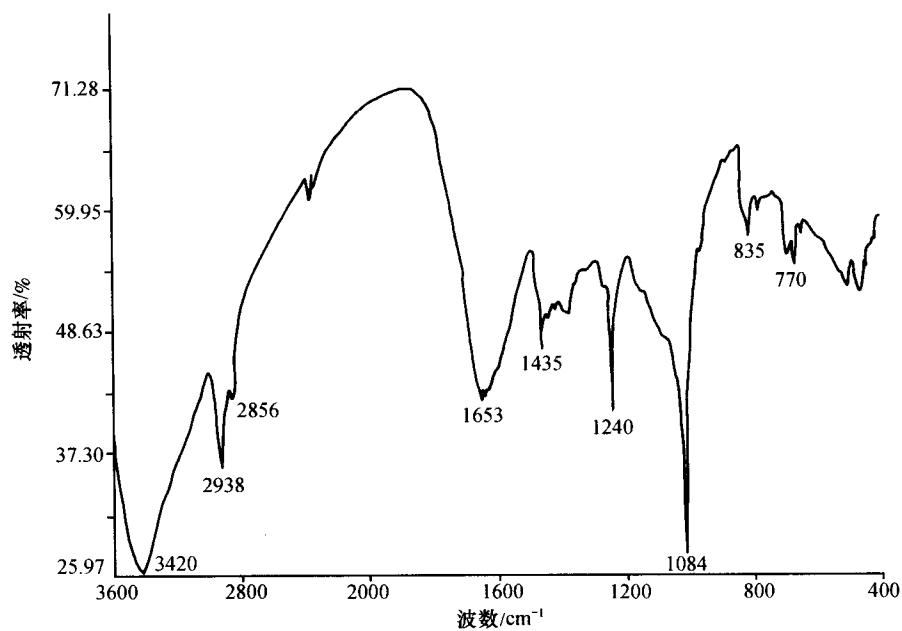


图5 青川战国墓出土漆盒的漆皮红外光谱曲线

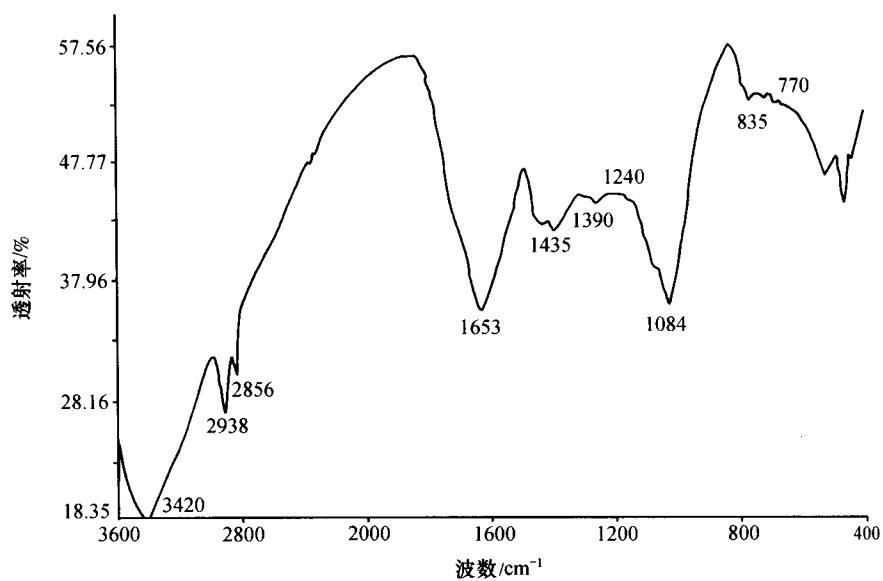


图6 茱经战国墓出土漆盒的漆皮红外光谱曲线

表 1 红外吸收光谱曲线上各个吸收峰对应的有机基团

红外吸收峰波数/ cm^{-1}	对应的有机基团
3400 ~ 3500	—OH , —NH ₂
2938	—CH ₂ —
2856	—CH—
1740 ~ 1780	—COOH
1653	—CH=CH— (苯核)
1435	—CH ₂ — , —CH—
1390	—CH ₃
1240	—C—O—C—
1010 ~ 1085	胶质
835	1, 3, 4 三取代苯
770	1, 2, 4 三取代苯

三条红外光谱曲线的形状大致相同, 各主要吸收峰: 3420cm^{-1} , 2938cm^{-1} , 2856cm^{-1} , 1653cm^{-1} , 1435cm^{-1} , 1240cm^{-1} 和 1084cm^{-1} 都出现在各个样品之中, 这些红外吸收峰完全一致^[3]。这表明三件上机分析的样品极可能属于同一物质——大漆, 又称土漆, 故黑褐色物质也为大漆。

2. X 衍射分析

分析是在荷兰菲利普 (Philips) 公司生产的 PW1010 型 X 衍射分析仪上进行。测试条件是电流 36mA, 电压 54kV, 铜靶, 扫描准确度 1000CPS。分析曲线见图 7。将样品二的 X 衍射曲线上的全部衍射峰值与无机物的标准 X 衍射谱相比较, 结果见表 2。

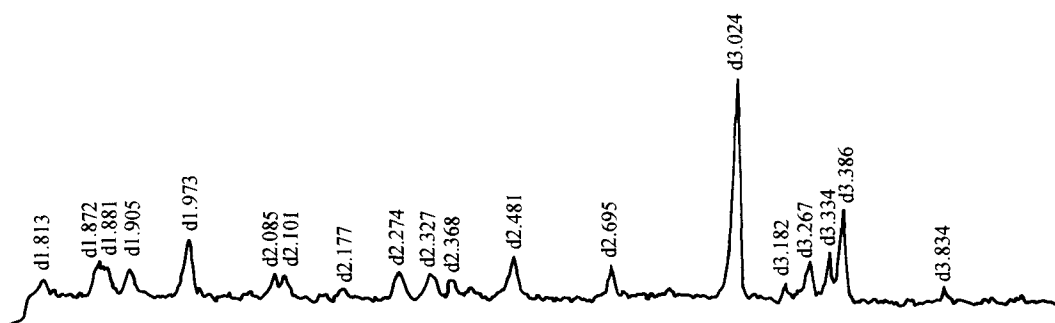


图 7 样品二的 X 衍射曲线

表 2 样品二的 X 射线衍射峰值对应的无机物

谱 线 d/Å	强 度 I/I°	方解石 CaCO ₃ JCPDS 5—586	霏 石 CaCO ₃ JCPDS 5—453	石 英 SiO ₂ JCPDS 5—490	钠长石 NaAlSi ₃ O ₈ JCPDS 20—554
1. 813	2		1. 814/23		
1. 872	5	1. 875/17	1. 877/25		
1. 881	5		1. 882/32		
1. 905	5	1. 913/17			
1. 973	15		1. 977/65		
2. 085	5	2. 095/18			
2. 101	5		2. 106/23		
2. 274	5	2. 285/18			
2. 327	5		2. 328/6		
2. 368	5		2. 372/38		
2. 481	10	2. 495/14	2. 481/33		
2. 695	5		2. 700/46		
3. 024	70	3. 035/100			
3. 182	5				3. 190/100
3. 267	10		3. 273/52		
3. 334	10			3. 343/100	
3. 386	25		3. 396/100		
3. 834	5	3. 86/12			

表 3 样品二的发射光谱半定量分析

元素	Al	P	Ca	Fe	Mn	Ce	Ti	Si	Sr	Na
含量/%	<0. 25	<0. 1	>30	<0. 1	<0. 1	<0. 1	<0. 1	<1. 5	<0. 1	<0. 25

分析结果表明：样品二的乳白色物质为无机物，它的主要成分是方解石、霏石和微量的石英、钠长石。

3. 发射光谱分析

分析是在法国若宾·伊冯（Jobin. Yvon）公司生产的 JY48 型光电直读光谱仪上进行的。测试条件为：30 个通道，波长范围为 130 ~ 415nm，刻痕 2550 条/mm。分析结果见表 3。

发射光谱分析结果也表明：乳白色物质主要成分是钙的化合物。

三、讨 论

（1）我国是世界上最早使用大漆的国

家，1978 年在浙江余姚河姆渡村就发掘出距今 7000 年前的涂漆木碗^[4]。1950 年在河南安阳殷墟武官村大墓中，发现在很多雕花木器印痕中，有大漆的残迹^[5]。这些都是把生漆作为涂料来使用的实例。而把大漆作为黏合剂来应用，特别是作为两种不同性质的金属表面的黏合剂，在广汉三星堆二号祭祀坑出土的四件戴有金面具的铜人头像上，则是首次发现。

（2）大漆是从漆树上采割而得到的乳液，它是由漆酚、漆酶、胶质、无机物和水等组成的一个混合物，其中以漆酚和漆酶为最主要物质。漆酚系几种不同饱和度的脂肪烃取代基的邻苯二酚和间苯二酚的混合物。漆酶是漆酚固化的催化剂，是一

种含铜蛋白质生物活体。大漆中各种成分的含量,随漆树品种,生长环境和采割时期等因素的不同而有所差异。

由于大漆的组成不是单一的,因此它的红外吸收光谱是比较复杂的。由于相同吸收峰的相互遮盖,要直接确认大漆是很困难的。要解释红外吸收光谱中所出现的全部吸收峰,目前还是不大可能的。并且漆膜的红外光谱中的某些吸收峰,如 2928cm^{-1} , 2856cm^{-1} 会随着聚合条件、时间的远近而发展变化^[6]。我们选择了青川县和荣经县战国墓出土的漆器上的漆皮两件样品,用作标准去鉴别,以辨认广汉三星堆二号祭祀坑出土的戴金面具铜人头像上的大漆黏合剂。

由于气候的差异,水土的不同,各地出产的大漆中,漆酚中烷基上的碳原子数目及不饱和键的数目和位置也都不相同,因此可以通过精细的分析测定,确定漆酚中烷基的碳原子数目及烯键的数目和位置从而确定生漆的产地^[7]。从红外光谱 $400\sim 1000\text{cm}^{-1}$ 的波形来看,广汉三星堆二号祭祀坑出土的戴有金面具的铜人头像所使用的金—铜黏合剂大漆,与青川出土的漆器所使用的大漆更为相近。

(3) 大漆黏合剂背面的乳白色物质,最初被认为是铜器埋藏在泥土中的锈蚀产物,光谱分析的结果已否定了这一观点。乳白色物质是钙盐, X 衍射分析结果又进一步说明它主要是方解石和霰石的混合物。在使用 5% 的盐酸对样品一进行处理时,已观察到无数的气泡不断地从样品一的乳白色物质上产生。所以大漆粘接层下面的乳白色物质应是一种碳酸盐。

方解石和霰石是碳酸钙的同分异构体,方解石在自然界中大量而普遍地存在;而霰石却比较少见。所以含有大量霰石的方解石不是自然界的原生矿物,而是石灰在墓坑中长期与墓坑水中的碳酸根离子相接触,逐步缓慢地进行化学反应的结果,是

石灰与墓坑水长期接触的次生产物。故乳白色的物质可能来源于石灰。

天然的方解石或石灰石中都含有一定的石膏成分。在样品二中基本上不含有石膏,表明广汉三星堆二号祭祀坑出土的金面具的铜人头像上使用的乳白色物质是纯度较高,氧化钙含量较高的石灰。

(4) 铜人头像上的金面罩是怎样黏合上去的? 首先使用铜凿或坚硬的石器将青铜人头像面部的铸造毛刺基本上打磨平滑。然后在面部涂敷一层石灰粉掺和水的膏状物,以填平铜人头像面部的凹凸不平之处。这近似于现代油漆工业中所使用的腻子(又称膏灰)的作用。据研究,石灰与二氧化碳及水相作用,最初生成具有黏合作用的胶体,时间一长,胶体碳酸钙转变成晶体碳酸钙,从而失去了黏合作用。另外,石灰系强碱性物质,与铜器长期接触能腐蚀铜器表面,增加黏合能力。

石灰膏在干固过程中,体积收缩产生裂缝,为此,除要求石灰粉需要达到一定的细度和纯度外,在工艺上还需在石灰膏干固过程中,使用砾石或骨器反复多次地在石灰膏表面压磨,不断地填平石灰膏收缩所产生的裂缝。这与制作陶器时,为使陶器表面出光采取的工艺相似。

石灰膏完全干固后,再经过细心地打磨,凹处的石灰膏被保留,凸处的石灰膏被打磨掉。然后在其上涂刷一层经过多次沉淀或过滤、已除去树皮和泥沙等杂物的大漆汁,最后将金面具黏合其上。这样黏合上去的金面具显得平顺、光滑、美观、无皱纹,无折叠,无坑洼之感。特别是在耳、鼻等起伏较大、凸凹最为明显的部位。

事实上,以大漆和石灰混合而成的腻子的性能和强度都比单一的石灰膏好得多。那么为什么不使用这种腻子作为膏灰使用? 这可能是商周时期在蜀地以及周边地区还未掌握此项工艺技术和配比。

(5) 在红外吸收光谱中,广汉三星堆

二号祭祀坑出土的铜人头像与金面具之间的黏合剂疑是大漆。但有一条 1750cm^{-1} 吸收峰, 而青川和荣经战国墓出土漆器的红外吸收光谱中, 却无此吸收峰的出现, 仅出现在铜—金黏合剂的红外吸收光谱中。 $1740 \sim 1780\text{cm}^{-1}$ 吸收峰是羧基的典型吸收峰, 在大漆的分子结构中无羧基存在。大漆自身的红外光谱中不应有此吸收峰的出现^[8]。它的出现表明: 漆器在空气中存放或使用的时间较长, 在空气中的氧和日光的作用下, 发生了氧化作用, 引起了光氧化反应, 使生漆分子结构发生了相应的变化, 漆酚分子结构中的羟基及交联后生成的醚基, 部分被氧化成了羧基。这进一步说明: 戴有金面具的铜人头像, 虽然是一件明器, 但它也是一件在长时间内多次反复使用的祭器。在青川和荣经战国墓中出土漆器上漆皮的红外吸收光谱中, 无 1750cm^{-1} 吸收峰的出现, 表明这两处墓葬中出土的两件漆器是一次性使用的祭器, 即生产出来不久, 在空气中存放时间不长, 就被埋入墓葬, 大漆漆酚分子结构中的羟基、醚基还未被氧化, 就被隔绝了日光和氧气, 当然就没有 1750cm^{-1} 吸收峰的产生。

四、结 论

(1) 三星堆祭祀坑出土的四个戴金面具的铜人头像上, 在金面具的内表层和铜人头像的外表面之间使用了一种黑褐色的黏合剂, 黏合剂将金面具与铜人头像黏合成一体。将黏合剂的样品与四川荣经和青川战国墓出土漆器上的黑色漆皮样品进行

红外吸收光谱分析, 对照分析结果表明: 黑褐色的黏合剂可能系大漆。

(2) 黏合工艺是先将铜人头像的表面打磨光滑, 尽可能地去掉铸造毛刺。第二步是使用骨器或木器将石灰膏涂抹在铜人头像表面上, 石灰膏干燥后, 经打磨, 然后涂抹上经过过滤, 已除去树皮和泥沙等杂质的大漆汁。最后, 将金面具黏贴在铜人头像表面上。

(3) 在铜—金黏合剂的红外吸收光谱中存在着 1750cm^{-1} 吸收峰。该吸收峰为羧基特征吸收对应峰。此吸收峰的存在表明: 大漆在空气中存在的时间较长, 有着较长时间的光氧化过程。四件戴有金面具的铜人头像不是一次性使用的明器, 而是多次祭祀反复使用的礼器。

参 考 文 献

- [1] 四川省博物馆, 青川县文化馆. 青川县出土更修田律木牍——四川青川县战国墓发掘简报. 文物, 1982, 1: 1
- [2] 四川省文物管理委员会, 荣经县文化馆. 四川荣经曾家沟 21 号墓清理简报. 文物, 1989, 5: 21
- [3] 曹江永. 文物考古: 调查勘探与发掘保护技术手册三. 合肥: 安徽文化音像出版社, 2004
- [4] 河姆渡遗址考古队. 浙江河姆渡遗址第二期发掘的主要收获. 文物, 1980, 5: 1
- [5] 郭宝钧. 一九五零年春殷墟发掘报告. 考古学报, 1951, 5: 1
- [6] 陈元生. 史前漆膜的分析鉴定技术研究. 文物保护与考古科学, 1995, 27: 12
- [7] 甘景镐. 生漆的化学. 北京: 科学出版社, 1984
- [8] 余仲元. 中国生漆的红外光谱研究. 中国生漆, 1989, 3 (9): 18
- [9] 见城敏子. 红外吸收分析. 古文化财の科学, 1987, 23: 11