

文章编号:1005-1538(2020)06-0040-05  
DOI: 10.16334/j.cnki.cn31-1652/k.20180401196

# 山西长子崇庆寺千佛殿彩绘泥塑贴金表面涂层的清洗研究

王永进,纪娟,董少华,党小娟,王翀,吴鹏  
(陕西省文物保护研究院,陕西西安 710075)

**摘要:**山西长子崇庆寺千佛殿彩绘泥塑表面均有不同程度贴金,由于贴金表面涂层已经发生老化,颜色变成褐色,以现有的技术清理该涂层会损伤金箔。为了解决清除贴金表面原始涂层可能对金箔造成损伤的问题,在千佛殿释迦牟尼背光位置采集样品进行剖面显微分析、扫描电镜分析、红外光谱分析。结果表明原始涂层已经发生层片状卷翘脱落现象,其物质组成为生漆漆膜。根据分析结果结合现场局部试验筛选出适宜的清洗剂——NYC溶液。该溶液与涂层发生反应,将涂层溶解为液体,然后用宣纸贴在泥塑表面将液体吸收干净达到清理的目的。整个过程无外力作用,且对金箔无损伤。

**关键词:**泥塑;贴金;漆膜;清洗

中图分类号: K879.29 文献标识码: A

## 0 引言

崇庆寺属全国重点文物保护单位,坐落于中国北部山西省长子县城东南22.5 km处的紫云山山麓,始建于北宋时期(公元960~1127年),明、清两代皆有修葺。寺院坐北朝南,主殿千佛殿,卧佛殿居其东,大士殿(罗汉殿)居其西,天王殿居其南,东南立门,门之东建关帝殿,西北建十帝并鬼王殿。整个建筑布局平整,错落有致。现有彩塑47尊,其中21尊确认为宋代至珍之品。作为崇庆寺建筑精华的千佛殿<sup>[1]</sup>,殿内佛坛上主像释迦佛、两侧文殊、普贤二菩萨、毗卢遮那佛、千手千眼观音菩萨像等均采用大面积的贴金处理工艺。贴金工艺是用富有黏结性的材料,将金箔粘贴到器物、建筑物的表面,以增加外观装饰效果。其实早在春秋战国时期,寺庙里的金身佛像、漆器、匾额,华丽的建筑上都有着用金髹的方法来作为装饰。明代漆工黄成《髹饰录·乾集》介绍“金髹”相当于我们今天的贴金工艺<sup>[2]</sup>。贴金工艺是中国历史悠久的传统装饰工艺,经过历朝历代的不断改进,发展出不同的贴金方法。左丽阳在《山西传统贴金工艺探究——基于贴金工匠口述的研究》一文中论述了山西传统贴金工艺流程的7个

步骤:①打金箔;②基层处理;③打底漆;④刷金胶;⑤贴金箔;⑥扫金;⑦物件保护。根据工匠的描述,该文描述了贴金使用的金胶是生漆和桐油按比例根据需要调和成的熟漆,由于金箔太薄容易被划伤漏出底色,所以贴金完成后通常在表面刷一层薄薄的透明清漆以保护金箔<sup>[3]</sup>。根据对崇庆寺千佛殿泥塑贴金工艺调查,贴金表面的涂层已经老化、变色、起翘开裂严重,局部脱落,失去保护功能,而且可能对金箔造成更严重的损伤,针对金箔目前保存状况,急需将原始涂层清理干净后重新封护。以目前文物表面污染物清洗常用的棉签擦拭手段会损伤金箔,造成的直接后果是重新贴金。故在保护修复之前首先要评估贴金保存现状,并对贴金表面涂层分析,根据分析结果研究出不损伤金箔的清理方法,为后续的保护修复提供保障。

## 1 样品和方法

### 1.1 取样

千佛殿主佛释迦牟尼佛像服饰、须弥座以及背光都采用表面贴金工艺,由于年代久远,贴金表面布满灰尘,背光上部1/2区域变色严重,左半部分和右半部分形成鲜明对比,背光边缘火焰纹贴金层起翘

收稿日期:2018-04-17;修回日期:2020-05-07

作者简介:王永进(1981—),男,2007年毕业于陕西师范大学,有机化学专业,副研究员,研究方向为壁画保护,E-mail: 526563926@qq.com

开裂,采集的样品来自背光顶部火焰状已经断裂还未脱落的部分(表1)。

**表1 贴金样品采集表**

**Table 1 Gilding sample collection**

名称	采样位置
样品1	千佛殿释迦牟尼佛背光顶部,表面涂层较薄,已变色
样品2	千佛殿释迦牟尼佛背光顶部,表面涂层较薄,已变色
样品3	千佛殿释迦牟尼佛背光顶部,表面涂层较厚,变色严重

## 1.2 试验方法

**1.2.1 样品分析** 进行表面形貌、剖面、红外光谱、光泽度和色差分析。

1) 表面形貌分析。样品1利用扫描电镜观察表面形貌,分析评估涂层的保存现状。仪器型号:德国 ZEISS EVO 25型扫描电镜,英国 Oxford X - Max 20型能谱仪,20 mm<sup>2</sup> 硅漂移探头(SDD),能量分辨率127 eV。实验条件:工作电压20 kV,工作距离8.5 mm,扫描时间100 s。

2) 剖面分析。将贴金样品1和样品2用树脂包埋后使用德国 ZEISS Scope A1型光学显微镜观察样品剖面,了解崇庆寺泥塑贴金工艺和贴金层的结构。仪器型号:德国 ZEISS Scope A1型光学显微镜。

3) 红外光谱分析。样品3表面用无水乙醇清理后,对贴金表面涂层原位分析。仪器型号:Nicolet iN10傅里叶变换显微红外光谱仪含 Nicolet iZ10<sup>TM</sup> FT - IR 辅助光学台,MCT/A 检测器,透射,BaF<sub>2</sub> 片为背景。

4) 光泽度测试。仪器型号:天津金弗伦 JFL - B60°型光泽度计,入射角60°。

5) 色差测试。仪器型号:柯尼卡美能达 CR - 400 色差仪。

**1.2.2 贴金表面褐色物质清洗筛选试验** 清洗剂的筛选试验在千佛殿释迦牟尼像背光左上半部漆膜变色严重部位进行,试剂的类型包括文物保护常用的有机试剂和部分自配溶液,有无水乙醇、丙酮、石油醚、乙酸乙酯、氯仿、松节油、复配溶液——简称 NYC 溶液(无水乙醇、柠檬酸铵、去离子水)。清洗方式使用棉签蘸取适量试剂来回滚擦,根据对贴金表面褐色物质的清洗效果筛选出合适的清洗剂,在实际操作过程中逐步优化清洗工艺,通过对清洗后的金箔的光泽度和色差进行检测评价清洗效果。NYC 溶液的配制方法和物理化学特性如下:

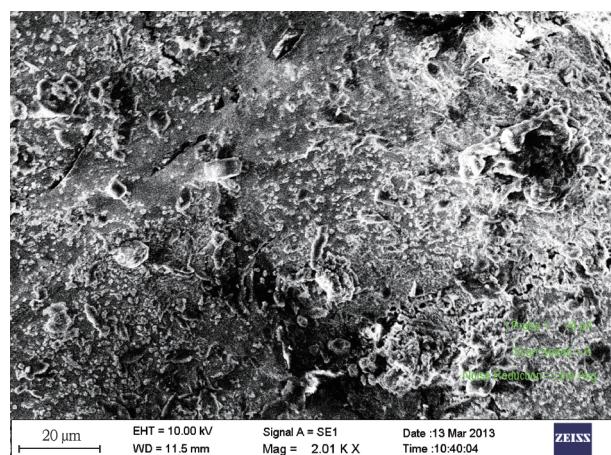
准备一只干净的500 mL 的烧杯,称取6 g 柠

檬酸铵完全溶解于80 g 去离子水中,然后缓慢加入90 g 无水乙醇,并不断搅拌至溶液无色澄清,配制好清洗剂的pH值为7.66。根据漆膜去除的难易程度,调节柠檬酸铵的占比,可增大对漆膜的溶解能力。去离子水、柠檬酸铵(AR)、无水乙醇(AR)的质量百分比范围为:去离子水80~120份,柠檬酸铵6~10份,无水乙醇90~140份。

## 2 结果与讨论

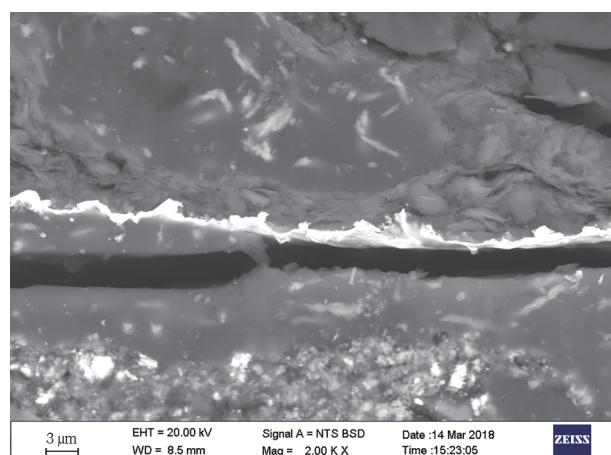
### 2.1 扫描电镜分析结果

图1显示了样品1在扫描电镜下放大2010倍后涂层的现状,可见样品表面已经发生层片状卷翘,碎片较多且不连续,多处出现孔洞,部分涂层连带金箔已经脱落露出基底,金箔保存状况不佳,图2为样品1剖面金箔厚度的测量,可见金箔的厚度范围在0.16~0.22 μm之间。



**图1 样品1表面形貌电镜图像**

**Fig. 1 SEM image of Sample 1**



**图2 金箔厚度测量**

**Fig. 2 Thickness measurement of the gold leaf**

## 2.2 剖面分析结果

背光两个样品剖面及扫描电镜分析结果显示样品1(图3)有两层金箔,剖面结构组成由里及外:泥塑土—白底层—红色层—白底层—红色层—金层—白底层—金层。样品2(图4)只有一层金箔,剖面结构由里及外:泥塑土—白底层—金层。两个样品在同一背光出现不同结构,说明样品1所处的背光位置曾经被修复。佛像背光边缘的火焰部位是易损部位,古人修复时并没有将第一层金箔铲掉,而在原金箔表面直接打底后贴金。

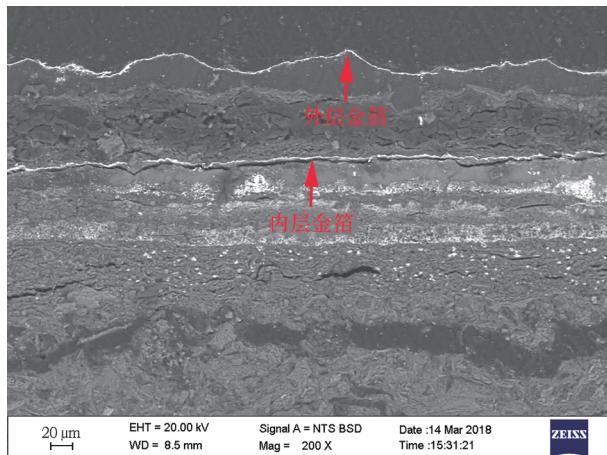


图3 样品1剖面图像

Fig. 3 Cross - section analysis of Sample 1

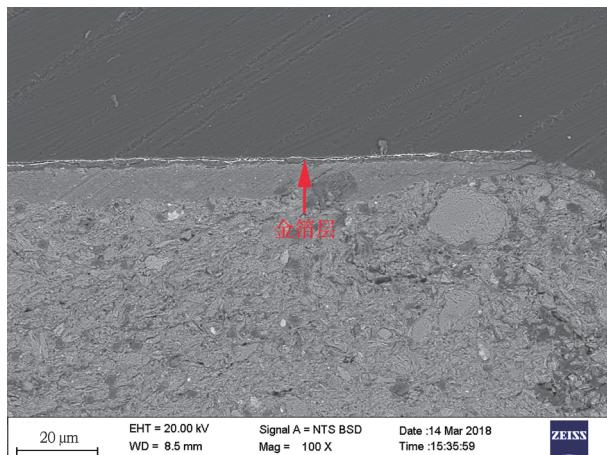


图4 样品2剖面图

Fig. 4 Cross - section analysis of Sample 2

## 2.3 红外光谱分析结果

样品3贴金表面涂层的红外光谱(图5)在 $3500\text{~}2500\text{ cm}^{-1}$ 有一宽扁的羟基( $-\text{OH}$ )包峰,  $1710\text{ cm}^{-1}$ 吸收强峰是C=O的特征吸收峰, $974\text{ cm}^{-1}$ 是羟基( $-\text{OH}$ )的特征吸收峰, $1412\text{ cm}^{-1}$ 是羧基中C-O及-OH的偶合谱带。由上述可知此有机物

含有-COOH键, $2929\text{ cm}^{-1}$ 、 $2857\text{ cm}^{-1}$ 是-CH<sub>2</sub>-的伸缩振动特征吸收峰,因其在 $3000\text{ cm}^{-1}$ 以下,说明是饱和碳氢键。 $1460\text{ cm}^{-1}$ 是C-H的变形振动特征吸收峰,而 $725\text{ cm}^{-1}$ 特征吸收带的存在说明碳链长度n>4,是长链有机物。根据以上分析可判定该涂层分子中含有羧酸官能团。按照山西泥塑贴金传统工艺的做法,贴金表面存在一层保护金箔的透明清漆。查阅了中国生漆老化及古代漆器漆膜的相关文献。如王振昇<sup>[4]</sup>在《漆膜形成机理》一文中说明生漆经过一系列的氧化聚合生成 $\alpha,\beta$ -二酮或者醛类物质,其特征吸收峰为 $1700\text{~}1715\text{ cm}^{-1}$ 。郑佳宝<sup>[5]</sup>对我国西汉16件漆器样品红外光谱分析及生漆漆膜的模拟老化红外光谱跟踪测定证明波数 $1712\text{ cm}^{-1}$ 的峰是成膜后阶段漆酚多聚体侧链上的双键氧化为酮或醛后出现的C=O吸收峰,该峰随着氧化反应的进行达到最大值后不再随时间而改变。胡东波<sup>[6]</sup>对宋、唐、北魏、三国、战国和商代出土漆器漆膜红外光谱分析发现埋藏在碱性环境中漆器漆膜的降解有羧酸盐的产生,且漆膜降解越严重,羧酸盐和羟基的含量越高。以上分析说明生漆老化后最终生成稳定的 $1712\text{ cm}^{-1}$ 附近的吸收峰,在特殊的环境中还会有羧酸产物生成。金箔表面涂层已经发生老化,其红外光谱 $1710\text{ cm}^{-1}$ 的C=O吸收峰和羧酸产物,与相关文献对生漆老化后降解产物的分析特征相一致。表明千佛殿释迦牟尼背光贴金表面涂层为生漆。

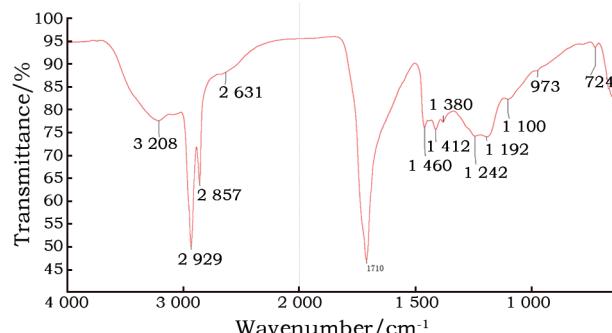


图5 贴金表面涂层红外光谱

Fig. 5 IR analysis of coatings

## 2.4 贴金表面涂层清洗剂筛选试验

7种文物保护常用试剂在释迦牟尼背光表面涂层较厚、变色严重部位清洗试验,只有NYC溶液对漆膜有清洗效果(表2~4)。由于涂层与金箔结合的非常牢固,无水乙醇、丙酮清洗后表面残留较多,继续清洗就会造成金箔脱落。NYC溶液中含有无

水乙醇对老化表面涂层具有一定的溶解能力,但对较厚较硬的地方不起作用。加入了柠檬酸铵后,溶液中性偏碱,可与老化表面涂层中的酸性基团发生反应,两者协同作用增强了对表面涂层的溶解性。表面涂层由固态转化为液态,对于较硬、较厚的地方调节溶液中柠檬酸铵的量就可清除。清洗时用 NYC 溶液润湿宣纸后贴敷在涂层表面。表面涂层

软化溶解后溶液向宣纸方向渗透,然后更换掉已经污染的宣纸。根据需要重复操作,直到表面涂层被清理干净,整个清理过程完全靠宣纸的物理吸附。表面涂层清理干净后,为防止溶液在表面残留对文物造成影响,最后用去离子水润湿宣纸贴敷吸收残液,并用 pH 试纸跟踪监测,直到宣纸表面呈中性。

表 2 清洗剂筛选实验

Table 2 Screening experiment of cleaning agents

清洗剂名称	实验部位	清洗效果描述
无水乙醇	背光表面涂层变色严重部位	溶解能力中,人工器械辅助
丙酮	背光表面涂层变色严重部位	溶解能力中,人工器械辅助
石油醚	背光表面涂层变色严重部位	不溶
乙酸乙酯	背光表面涂层变色严重部位	不溶
氯仿	背光表面涂层变色严重部位	不溶
松节油	背光表面涂层变色严重部位	不溶
NYC 溶液	背光表面涂层变色严重部位	溶解能力强,不需器械辅助

## 2.5 NYC 溶液清洗效果评估

金箔本身具有金属光泽,由于表面涂层老化,金箔的光泽就不能反映出来。将光泽用数字量化表示出来称之为光泽度<sup>[7]</sup>。贴金表面使用 NYC 溶液清洗后金箔的光泽度由 1.05 增大到 2.10。光泽度增大反映出清洗后金箔表面残留物减少,被金箔反射的光有所增加(表 3)。对两处贴金表面涂层清洗后的色差进行检测, $L$ 、 $a$  和  $b$  是代表物体颜色的色度值,也就是该颜色的色空间坐标,任何颜色都有唯一的坐标值,其中  $L$  代表明暗度(黑白), $a$  代表红绿色, $b$  代表黄蓝色, $\Delta E$  是总色差,表示颜色差别的大小, $\Delta E$  等于  $(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 + (\Delta L)^2$  三者之和的平方根,现场检测  $\Delta E$  值分别为 19.31 和 23.85。根据色差与视觉上的对应关系, $\Delta E$  值大于 6 时,人眼感觉对比非常强烈。贴金表面清洗后与清洗前形成鲜明对比(表 4,图 6)。

表 3 贴金表面涂层清洗前后光泽度值检测

Table 3 Glossiness test before and after coatings

序号	(Gs)	
	清洗前	清洗后
1	1.1	2.0
2	1.3	2.3
3	0.8	2.0
4	1.0	2.1
平均值	1.1	2.1

表 4 贴金表面涂层清洗前后色差检测

Table 4 Chromatism test before and after coatings cleaning

位置	$L$	$a$	$b$	$\Delta E$
1	清洗前	48.19	7.63	22.80
	清洗后	62.64	8.04	35.61
2	清洗前	42.06	6.28	14.30
	清洗后	56.40	7.26	33.33

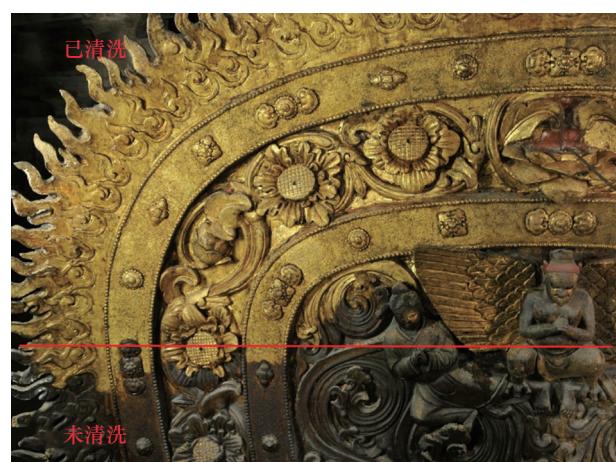


图 6 释迦牟尼背光清洗效果对比

Fig. 6 Comparison of Sakyamuni backlight after being cleaned (upper cleaned, lower not cleaned)

## 3 结 论

1) 贴金表面扫描电镜分析结果表明金箔表面已经发生鳞片状的起翘,非常脆弱,肉眼可见有些已

经粉化游离于漆膜中。剖面分析可见泥塑背光火焰纹部位有多层贴金的情况,火焰纹是易损部位,古人在修复时没有将原有金箔铲掉,而是将原始金箔打底后直接粘贴新的金箔。

2) 贴金表面涂层经红外光谱分析,具有 $1710\text{ cm}^{-1}$ 的C=O吸收峰和羧酸产物,与相关文献对生漆老化后降解产物的分析特征相一致。说明千佛殿释迦牟尼背光贴金表面涂层为生漆。

3) 通过对7种文物常用清洗剂在泥塑背光贴金涂层的清洗试验,综合评价并筛选出适宜于清洗脆弱金箔表面老化漆膜的清洗剂——NYC溶液。该溶液pH值为7.66,偏碱性,其中无水乙醇对老化漆膜有一定的溶解性,加入柠檬酸铵后溶液偏碱性,可与老化漆膜中的酸性基团发生反应,两者协同作用可快速将固态漆膜液化,然后用宣纸将液体吸附干净,整个清理过程无需借助外力,完全依靠宣纸的物理吸附作用,使原始金箔完整地保留下来且无损伤。清洗后的金箔表面光泽度提高,与清洗前形成鲜明对比,为后期的封护工作提供保障。

#### 参考文献:

- [1] 白红芳,尉艳.长子崇庆寺宋代彩塑艺术[J].文物世界,2004(6):8-10.
- [2] 胡启华.金髹及银髹工艺[J].古建园林技术,1996(3):5-10.  
HU Qihua. Technology of gold and silver lacquering[J]. Traditional Chinese Architecture and Gardens,1996(3):5-10.
- [3] 左丽阳.山西传统贴金工艺探究——基于贴金工匠口述的研究[D].太原:山西大学,2014.  
ZUO Liyang. The investigation of Shanxi traditional gilding techniques: based on the oral of gilding craftsmen[D]. Taiyuan: Shanxi University,2014.
- [4] 王振昇.漆膜形成机理[J].中国生漆,1990(2):18-27.  
WANG Zhensheng. Mechanism of lacquer formation[J]. Journal of Chinese Lacquer,1990(2):18-27.
- [5] 郑佳宝,单伟芳,张炜,等.古代漆器的红外光谱[J].复旦学报(自然科学版),1992,31(3):345-349.  
ZHENG Jiabao, SHAN Weifang, ZHANG Wei, et al. Infrared spectra of ancient lacquer objects[J]. Journal of Fudan University (Natural Science),1992,31(3):345-349.
- [6] 胡东波.出土古代漆膜老化因素的探讨[J].文物世界,2003(2):33.  
HU Dongbo. On the aging factors of ancient lacquers[J]. World of Antiquity,2003(2):33.
- [7] 龚晓斌,樊敏.论光泽与光泽度测量[J].计测,1992,18(4):2-24.  
GONG Xiaobin, FAN Min. On measurement of gloss and glossiness [J]. Metrology and Measurement,1992,18(4):2-24.

## Research on cleaning the coating on gilded clay figurines in the Thousands of Buddha Hall of Chongqing Temple in Zhangzi County, Shanxi Province

WANG Yongjin, JI Juan, DONG Shaohua, DANG Xiaojuan, WANG Chong, WU Peng

(Shaanxi Institute for the Preservation of Cultural Heritage, Xi'an 710075, China)

**Abstract:** Painted clay figurines in the Thousands of Buddha Hall of Chongqing Temple in Zhangzi County, Shanxi Province, have been gilded to varying degrees. Coatings on the gilded surfaces had aged and turned brown, but it was feared that cleaning using existing technologies might damage the gold leaves. In order to solve the problem, samples taken from the back light positions of Sakyamuni were analyzed by cross-section microscopy, scanning electron microscopy and infrared spectrometry. The results show that the original coatings had curled and peeled off, and that the remaining component was raw lacquer. Based on these results, tests were conducted to find a suitable agent for cleaning the coating; NYC solution was screened. The solution dissolved the coatings and then rice paper was used to absorb liquid on the surface of the figurine. The whole process was gentle and did not damage the gold leaves.

**Key words:** Clay figurine; Gilding; Lacquer film; Cleaning

(责任编辑 谢燕;校对 潘小伦)