

文章编号:1005-1538(2011)01-0040-07

甘肃武威磨咀子出土汉代彩绘木马颜料 分析与修复保护

陈庚龄, 韩鉴卿

(甘肃省博物馆文物保护中心, 甘肃兰州 730050)

摘要: 武威磨咀子考古出土的汉代彩绘木马, 不仅数量多, 而且形体较大, 具有河西汉马的典型特征; 根据彩绘木马的材质状况, 其类型属于潮湿而糟朽木器, 急需进行修复保护。为此, 针对目前彩绘木马的保存现状, 本修复工作运用现代 X-射线衍射分析技术, 对木马彩绘颜料进行了分析, 物相结果表明: 黑色为墨, 白色为石膏, 红色为朱砂、铅丹。同时遵循原始制作工艺, 选用汉代棺板木作为复原材料对残缺部件进行了复原修复, 采用无色、透明的有机玻璃(MMA)材料为其制作了辅助支撑底座, 使用 Paraloid B-72 试剂对表面严重糟朽木质、彩绘层实施加固, 使用聚醋酸乙烯酯对脱落部件实施粘接, 利用原始铆眼套合与加楔技术对木马部件进行了组装; 最后, 通过安装辅助支撑底座使受损彩绘木马得到了妥善保护, 修复取得良好效果。

关键词: 武威磨咀子; 彩绘木马; 糟朽; 棺板木; 有机玻璃; 复原; 修复

中图分类号: K854.3; G264.3 **文献标识码:** A

0 引言

马在汉代战功卓著, 地处西北边陲的重镇武威, 是为中原输入良马和蓄养良马之地。近年来, 随着对武威磨咀子多次大规模的考古发掘, 陆续出土了大量的汉代彩绘木马实物, 这些木雕继承了西汉霍去病墓“石马”的雄风大度和朴拙造型, 并以生动的姿态, 巧妙的构思, 丰富的彩绘构成了其特有的艺术风格, 反映了汉王朝中期社会安定、富裕以及人们的理想风尚和审美情趣^[1-3]。

根据甘肃武威磨咀子出土木马的保存现状, 类型属于潮湿而糟朽木器。由于历经地下千年埋藏, 器物木质纤维素大多因降解而流失(实验测定的纤维素降解损失参考值约为 40%), 造成胎体结构机械强度减弱, 导致材质严重变质、糟朽, 致使各组成及部件脱落以致散架。加之出土后因抢救不及时或保护处理措施不当, 尤其是早期考古发掘外部环境骤变及博物馆保存环境的不稳定变化, 器物外部形态和颜色随之发生改变, 而且腐蚀病害也随之继续发生; 此外, 因为表面失水过快, 引起内部结构应力失衡, 产生干裂、裂缝, 继而变形、残损, 同时木质对水分较敏感, 易发生“湿涨干缩”效应, 加剧了表面彩绘剥落, 严重时脱落殆尽^[4]。

针对目前彩绘木马的保存现状, 遵循文物修复的“最小干预原则”、“可处理原则”、“不改变原状原则”, 本修复工作运用现代 X-射线衍射分析技术, 对木马彩绘颜料进行了科学分析; 同时在确保器物完整性的前提下, 按照原始制作工艺, 确定与器物质地相同的汉代棺板木作为残缺部件的复原材料, 采用无色、透明的有机玻璃板及玻璃棒(MMA)制作了辅助支撑底座; 同时使用 Paraloid B-72 材料对严重糟朽部位及彩绘剥落层实施加固, 使用水溶性的胶粘剂聚醋酸乙烯酯对脱落组件或部件组合实施了粘接与组装, 使受损文物在实验室且特定的时间内得到了妥善保护, 并恢复了其历史风貌。本研究着重介绍有关 9 件武威磨咀子出土汉代彩绘木马的彩绘分析与修复技术与方法。

1 彩绘木马的形体特征及保存状况

在武威磨咀子出土木器中, 车马俑类器物不仅数量较多, 而且形体较大, 尤其对马的刻画尤为突出, 具有两大形体特征: 一是马头、颈、躯干、四肢、尾分别制作, 采用铆合或嵌合组成的形体组合方式, 各部分的造型特征都是与表现马的神态性格紧紧相扣, 马皆仰首翘尾作嘶鸣状, 头饰雄性, 尾作弧行, 末端打结, 四足伫立, 矫健有力; 二是彩

收稿日期: 2008-10-08; 修回日期: 2008-05-10

作者简介: 陈庚龄(1971—), 男, 1996年毕业于华北工学院, 现于甘肃省博物馆从事文物修复与保护研究, 副研究员, 兰州市西津西路3号730050, E-mail: 690161262@qq.com。

绘与形体的有机配合,采用周秦青铜鼎的圆纹装饰方法,用凸凹的装饰带去进行轮廓和细部的刻画,而局部轮廓则用简洁的点、线和条来表现。马身上大多分别涂以白、灰、黑颜色作为底色,眼、耳、口、鼻、鬃毛等部位加以黑线勾画,或均以朱红、粉白、墨线点绘,起到以笔代刀的作用,而引人注目的是在马鼓突的眼球上画一黑点,起到了画龙点睛的效果。

从目前甘肃武威磨咀子出土的汉代彩绘木马保存状况看,受恶劣的藏品保存环境的影响,器物腐蚀

病害相当严重。木质表面大多糟朽、残损,各组成部件因铆合处断裂而脱落、散架;四肢因严重糟朽而无法支撑自身重量,重心向下发生坍塌,造成马腿断裂,马腿、马蹄因长时间与地面接触,因腐蚀严重而残缺、缺失。此外,受材质湿胀干缩效应影响,木质表面发生开裂、变形,形成裂缝;同时引起彩绘层及底色层附着结构的松动,造成彩绘层起翘,导致彩绘与底色层大面积的剥落、脱落。

相关彩绘木马组件形体雕刻特征、彩绘及糟朽状况见表1。

表1 甘肃武威磨咀子出土汉代彩绘木马组件的形体特征及糟朽状况

Table 1 The preservation status and disposal measure of the color wooden horse unearthed in Wuwei, Gansu

序号	组件名称	形体雕刻特征	彩绘状况	糟朽状况
1	头	雕刻追求骨坚肌丰、神完气足;如尖如竹笋的耳朵,鼓突如铃的眼睛,方圆似板的腮帮,唇鼻方整俊实,以显示马的刚毅精神和雄健气势。	眼、耳、口、唇、鼻等局部轮廓通常用黑线勾绘。	遭受埋藏环境及因素腐蚀,表面严重糟朽,局部轮廓模糊不清;头部耳朵、唇部、鼻部等部位残损、残缺或残失;因失水干裂产生细小裂缝,表面彩绘剥落、脱落。
2	颈	行块瘦瘠,特意雕琢出了马嘶鸣时涨露出的肌肉形状。	用黑线勾勒出马鬃,通体白色作底色或施以红色。	颈部整体为一块,表面糟朽严重,且外形基本保持完整,表面因干燥失水引起干裂,严重时会产生竖向裂缝,裂缝宽度小于1cm;表面彩绘层、底色层发生严重的剥落、脱落。
3	躯干	马的躯干,为整块完整的形态,为马体定下了基调;前胸和后臀用半圆形体块去概括,左右大块面方而平,形成方与圆、力和美的结合,形成浑厚。	通体以白色为底色,再施以红色;用黑线条描绘出马鞍轮廓,再施以黑色绘出纹饰与图案,用白色与红色并加以修饰。	躯干整体体形较大,表面糟朽严重,与颈、四肢铆合处发生断裂而脱落;表面因干燥失水干裂,侧面中间顺木纹方向多形成并产生多处横向裂缝,裂缝最宽约有2cm;表面彩绘层、底色层严重起翘,甚至剥落、脱落。
4	四肢	四肢整体表现为动态,前腿后收,后腿稍微向前抬起。	马腿通体施以红色,马蹄为黑色。	四肢因长期与墓葬地面接触,糟朽程度相当严重,由于无法支撑马体自身重量,通常会发生马体结构坍塌,造成与马腿断裂、残损,继而马腿、马蹄因严重腐蚀而残失;表面彩绘层有剥落、脱落现象。
5	尾	尾部通常上翘,通常作弧形,或末端打结。	有的以白色作底,通体施以黑色,或基本不施彩。	尾部通体糟朽,或因糟朽严重而残缺、残失。

2 彩绘颜料分析

分析选用日本理学 Dmax - 2400 型 X 射线衍射仪,其测试条件为:管压 40KV,管流 24mA CuK 靶,铁滤窗,扫描范围(2 θ)10° ~ 80°。

彩绘木马较为常见的装饰颜色有黑色、白色、红色,分别取样作彩绘的 X - 射线衍射分析,其 XRD 分析谱图见图 1 ~ 3,矿物物相分析结果如下:

- ① 黑色:墨(C);
- ② 白色颜料:石膏(CaSO₄·2H₂O);
- ③ 红色颜料:朱砂(HgS)、铅丹(Pb₃O₄)。

3 修复技术与方法

3.1 修复方案

此次修复工作中所涉及到的 9 件彩绘木马的残损状况见表 2。根据其糟朽、残损状况,采取与之相应

的修复措施,具体方案如下:

1) 对保存较好或各组件、部件相对完整、完好的器物,完成表面清理、整理后,进行粘接前的部件拼装、拼对,确认脱落位置,使用粘接材料对断裂部件实施粘接、安装,同时在粘接剂固化过程中可随时对粘接位置校正。

2) 对马腿断裂,马蹄残损、残缺或四肢因严重糟朽,且木质结构不足以支撑马体的器物,需要制作底座来辅助、支撑马体,所安装的底座要求外观以不影响木马整体的美观性和展出观赏性为准。

3) 对残损部件,选取可依据的形体特征作为参照,采用相同质地的汉代棺板木实施复原,没有参照依据的,则不做复原操作;对残失、遗失较多部件,脱落且无法考证部件,以及在马身表面形成的裂缝,则不作任何处理,维持其现状。

4) 对糟朽严重的部件或彩绘起翘、剥落处,使

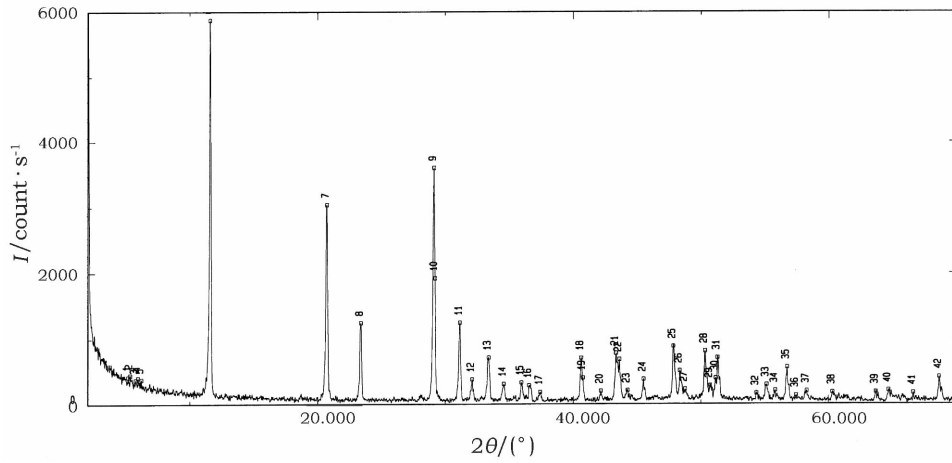


图 1 白色颜料石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) X-射线衍射分析谱图

Fig. 1 The X-ray diffraction analysis chart of gypsum found on the surface of color wooden horse

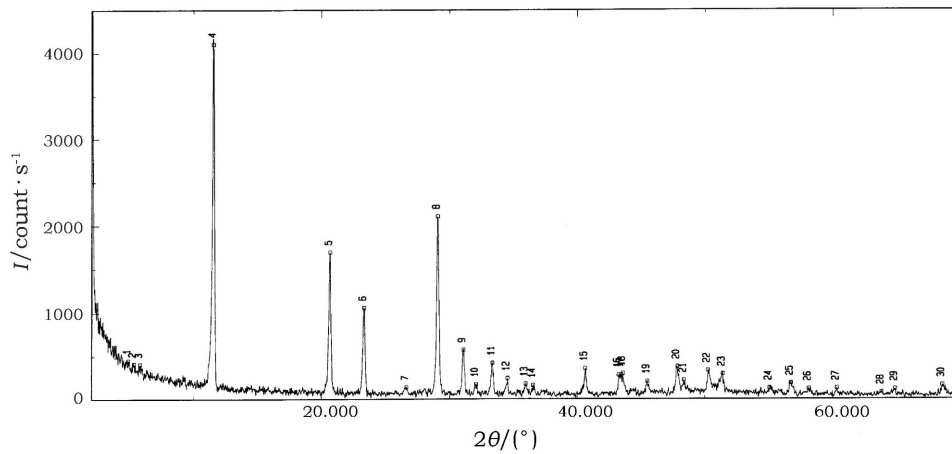


图 2 红色颜料朱砂(HgS) X-射线衍射分析谱图

Fig. 2 The X-ray diffraction analysis chart of cinnabar found on the surface of color wooden horse

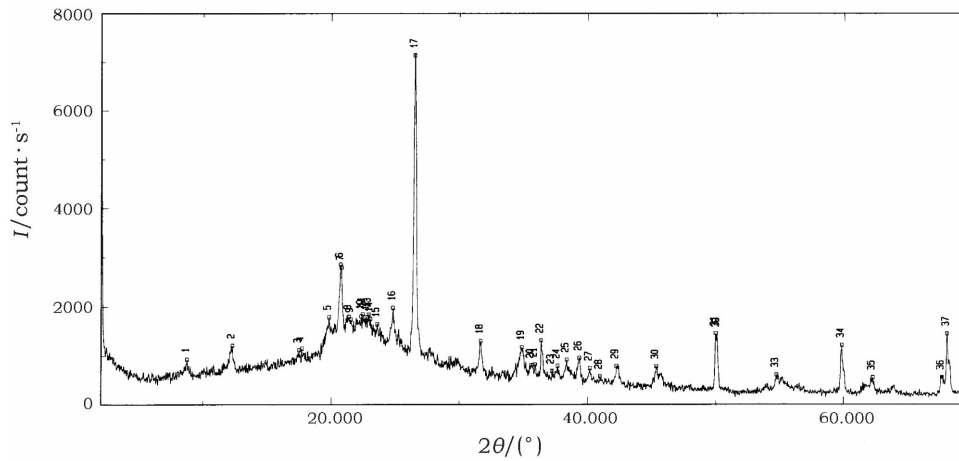


图 3 红色颜料铅丹(Pb_3O_4) X-射线衍射分析谱图

Fig. 3 The X-ray diffraction analysis chart of red lead found on the surface of color wooden horse

用加固试剂对糟朽部位和彩绘层实施加固,建议加固试剂浓度不宜太大,以避免表面产生眩光或形成“硬壳”。

5) 涉及有关复原部件及彩绘脱落部位的做旧和补色问题,鉴于目前的认识、观点,原则上一般不

要求,维持修复后状况。

此外,由于糟朽木器材质自身的缺陷性及脆弱性,对水的作用较为敏感,容易发生干缩湿涨效应。因此,建议尽量使用有机溶剂,如乙醇、丙酮等,以避免因使用不当造成不必要的损伤。

表 2 修复前汉代彩绘木马的彩绘及残损现状

Table 2 Before repairing pigments and rotten condition of the Han Dynasty Wooden Horse unearthed in Wuwei, Gansu

序号	文物藏号	藏品级别	出土时间/a	出土墓葬编号	尺寸/cm	彩绘及纹饰	残损现状
1	10059	三	1959	M1:26	长 60 宽 22 高 60	颈部彩绘部分脱落,躯干通体红色,马蹄为黑色,马身无纹饰图案。	为散件;马头干裂,下唇断裂;马身与腿分离,且残损严重,侧面多处有裂隙,右前腿部分残失,右后腿严重糟朽,马蹄、尾部分残缺。
2	10385	一	1959	M26:4	长 37 高 54.5	通体白色,面部轮廓用黑色线条勾勒。	右前腿脱落。
3	10390	三	1959	M22:28	长 80 宽 24 高 68	通体黑色,眼圈、唇部轮廓用白色勾勒。	左前腿、右后腿脱落,马蹄缺失。
4	10088	三	1959	M18:29	长 5 宽 17 高 66	通体为红色,马鞍施以白底黑色纹饰。	现存 7 件,有脖颈,马头、马尾残失,四腿残损,马蹄残失,躯干两侧因干燥有开裂。
5	20607	一	1972	M58	长 18.9 宽 9.3 高 81.5	采用漆髹工艺,马身通体白底红彩,且涂刷黑漆,马鞍边缘以红带装饰,红唇,四蹄、尾施以墨彩。	躯干两侧均有裂缝,右前肢侧面有一道较深裂缝,两前蹄后补配,右后蹄脱落。表面局部漆皮起翘,颈、四肢局部彩绘脱落严重
6	10137	三	1959	M23:9	长 31	马身红底黑色纹饰,马鞍出遍布白底黑色纹饰。	现存 6 件,若干残片;部分糟朽,因干燥开裂;表面局部酥松,马头、马尾残失。
7	10359	三	1959	M5	长 55 高 16.5	表面用黑色颜料涂刷后,用白色颜料勾描纹饰。	分解为 19 大块与若干碎片,无法拼接;仅对能拼接的部分残块实施粘接、对接。
8	02485	三	1972	M20	长 46 高 61	表面彩绘已剥落。	两耳已残失,后左腿残缺,马蹄、尾表面局部残缺。
9	48133	三	1985	民间征集	长 85 宽 19.5 高 88	头部表面的白底层局部脱落,躯干通体红彩且大部分已脱落,马鞍处遍布白底黑色纹饰,四蹄着黑彩。	马头与颈处脱落,两耳残缺,颈糟朽严重,其左侧有多处裂纹,躯干两侧通体干裂,右后腿脱落,马尾残缺脱落,有插榫。

3.2 修复材料

3.2.1 复原材料 修复选用考古出土的汉代棺板木作为彩绘木马残损及缺失部件的复原材料,这是因为棺板木在当前糟朽木器修复中的应用方面,已经有着较为成功的修复案例^[5]。

3.2.2 支撑材料 考虑到器物的安全性,特别是对马腿、马蹄糟朽严重的木马及四肢不足以支撑整个马体重量,则需要制作辅助架来支撑其站立。因此,修复采用无色、透明的有机玻璃板及玻璃棒材料用来制作支撑辅助底座。

有机玻璃为甲基丙烯酸甲酯的固体聚合物,简

称 MMA,其单体分子结构式为 $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOCH}_3$ 。

由于 MMA 材质具有足够的支撑强度,而且外观轻巧、实用,目前国内博物馆多用于制作藏品的陈列展台。

3.2.3 加固材料 修复选用聚合物 Paraloid B-72 (简称 PB72;中国文化遗产研究院提供,德国产)作为加固材料,丙酮、乙酸丁酯为溶剂。

Paraloid B-72 属于丙烯酸树脂的一种,其单体

分子结构式为 $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{C}(\text{O})-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_4-\text{C}(\text{COOCH}_3)=\text{CH}_2$ 。因无色、透明,具有良好的粘接性能,PB72 材料广泛应用于文物保护修复,是西方文物保护修复工作中的常用材料。

由于木质糟朽部位对光线有着强烈的反射和吸

收作用,在使用 Paraloid B-72 加固后,木质颜色的明度发生较大的改变,导致木质色差改变明显^[6]。此外,针对不同木质糟朽情况(颜色、纹理等),可利用二者挥发性的差异,来改善和控制 Paraloid B-72 的渗透性能。同时必须强调一点,要确定对糟朽组件及彩绘实施表面加固,一定是在必要的前提下方可进行此操作,而且浓度不宜超过 2%,宜采用反复操作方法。

3.2.4 粘接材料 研究表明,因胶粘剂种类不同,木材胶合时应保持适宜的含水率,一般为 5%~12%^[7];目前已测得糟朽木质的平均含水率为 10.5%,略高且接近于甘肃地区平衡含水率。因此,修复选用水溶性的胶粘剂聚醋酸乙烯酯作为部件或组件的粘接材料。

聚醋酸乙烯酯分子结构式为 $\left[\begin{array}{c} \text{CH}-\text{CH}_2 \\ | \\ \text{OCOCH}_3 \end{array} \right]_n$, 是以醋酸乙烯为单体聚合制得的聚合物,为无定形聚合物,外观透明,具热塑性。常温下因分子量的高低而呈现不同形态,溶于水、丙酮、甲苯和三氯甲烷等溶剂,能与多种材料,尤其是与纤维物质(如木材、纸等)具有优良的粘接性能,多用于实验室木器修复。

另外,修复以三氯甲烷溶剂作为制作支撑底座的粘接材料。

3.3 修复操作方法

3.3.1 表面清理 彩绘木马糟朽木质表面,除了埋藏时墓内形成的土垢、盐结晶和霉斑外,空气中的降尘也容易在表面沉积。在进行清理操作时,注意应顺着木质纹理方向,以避免破坏表面彩绘层。对于表面附着的泥土,一般采用棉签、软毛刷、竹签或手术刀等清理或剔除;表面的砂子、可溶盐去除要谨慎,尽量采用机械法剔除;对木质表面由于霉菌玷污造成的黑灰色斑点,采用乙醇或 0.15% 食菌糠乙醇溶液棉签蘸湿滚动擦拭去除,操作用力要轻。

3.3.2 渗透加固 出土木器材质大多因糟朽而造成表面酥解、粉化,同时造成彩绘层及底色层的脱落,则需要使用 Paraloid B-72 试剂对彩绘木马实施加固。在具体操作时,修复不要求对木马通体进行加固,而是有针对性、选择性地对表面严重糟朽或局部彩绘起翘、脱落的部位进行加固,以稳定或延缓病害继续发作,同时也可避免因组件安装时对彩绘层的机械及物理损伤。一般情况下,使用浓度为 1% Paraloid B-72 试剂,采用滴管滴渗的方法对其进行加固,一般滴渗 2~3 次即可。

此外,由于乙酸丁酯与丙酮之间挥发性的差异,即丙酮挥发速度相对较快,针对不同的情况,可利用

其来控制、改善 Paraloid B-72 材料的渗透效果,同时注意 Paraloid B-72 试剂的浓度不宜太大,以避免在表面产生眩光。

3.3.3 组件及部件复原 对于部分残缺、残失的部件,如马腿、马蹄和马耳,为了保持木马整体的美观性,可选择性地进行复原修复。具体操作为:先确定需要复原的组件或部件,并选好复原参照物,依据参照部件的形体特征,根据实际尺寸和大小,然后在事先选好的棺板上画出并裁出其大体轮廓,再顺木质纹理方向进行精心雕刻。另外,对于糟朽、残失或遗失掉马蹄、马尾,在无参照可依的情况下,则不实施复原操作。强调一点,在雕刻时,最好能尽量保留棺板表面某些原有的糟朽痕迹,起码在复原部件的外观上可以起到“逼真”的效果;同时对于复原部件表面,原则上不要求做旧,能使复原前后外观有个对比效果。

3.3.4 辅助支撑底座制作 马体躯干下部表面通常为平面,根据躯干与四肢粘接处剩余空间大小及空留表面尺寸,在 0.7cm 厚的有机玻璃板上裁出相应尺寸的两块长方形样块。其一样块作为支撑架上部与躯干下部的接触平台,将外形裁为两头略突出呈“凸”状的长条状,其长度和宽度要求不超过木马躯干下方平面的相应尺寸,且各略小于 0.5~1cm,以不突出躯干下方部边缘为宜;另一块样块则作为支撑底座与地面接触面,其外形呈“长方形”,长度和宽度要求以马蹄间的相应距离为准,以不超过蹄间距离为宜。此外,对裁好样块的侧面还需磨光处理且边缘作 45° 的小斜角,可避免因不慎操作而对器物表面造成不必要的物理损伤。

此外,可适用于修复用的有机玻璃棒直径分别为 3cm、3.5cm 和 4cm,根据所修复马身实际大小,选择与之相匹配的有机玻璃棒;同时依据马腿的高度(以最长马腿计),裁取一根或两根相同尺寸的玻璃棒作为中间支撑柱;另外,根据设计要求,在裁取玻璃棒时,将其实际尺寸相应地增加 0.5cm,则在底座安装后马蹄距底座下平面约 1cm 左右。最后,在裁好的两块玻璃样块的平面上选好并调试好中间支撑柱位置,使用三氯甲烷实施粘接、对接。

3.3.5 粘接、组装 组装时遵照铆合或嵌合工艺对木马各组件进行组合,具体操作是,先将分散的且与之相关联的部件粘接成一块完整组件,按照“先大后小”的原则,然后依次对各组件进行粘接、组装;此外,在安装过程中,为了增加粘接后组件的牢固度和粘接强度,可在粘接组件中心钻眼加木楔,同时也可在粘接面涂抹粘接剂乳液时,撒少许木屑粉末,均

可达到以上效果。

3.3.6 安装底座 在上述操作完成后,预先在平地上将做好的底座支好,再将木马安坐在底座上面的

支撑平台上,然后对木马位置进行适当调整,使其处于较为理想状态。

彩绘木马修复前后效果见图4。



图4 彩绘木马10059修复前、后效果对比

Fig.4 Comparing the effect of the wooden horse 10059 unearthed in Wuwei, Gansu before and after repairing

4 结论

武威磨咀子出土彩绘木马大多糟朽、残损,而且表面彩绘层剥落、脱落严重。本修复工作运用现代X-射线衍射分析技术,对彩绘颜料进行了科学分析;遵照木马原始制作工艺,选用相同材质的棺板木对木马残失组件及部件进行了复原,利用加楔及铆眼套合技术对脱落各组件实施了安装,同时采用无色、透明的有机玻璃材料为其量身制作了辅助支撑底座。另外,针对糟朽木质对水的敏感性及其湿胀干缩的特点,采用Paraloid B-72材料对严重糟朽及彩绘剥落部位实施了渗透加固,使彩绘木马得到了妥

善保护,而且修复效果良好。

参考文献:

- [1] 甘肃省博物馆. 武威磨咀子汉代土洞墓清理简况[J]. 文物, 1959, (12): 66-67.
Gansu Provincial Museum. Clearing report on catacombs of the Han Dynasty found at Mozuizi on Wuwei [J]. Cult Relics, 1959, (12): 66-67.
- [2] 甘肃省博物馆. 武威磨咀子三座汉墓发掘简报[J]. 文物, 1972, (12): 9-23.
Gansu Provincial Museum. Archaeological report on excavations of three tombs of the Han Dynasty found at Wuwei [J]. Cult Relics, 1972, (12): 9-23.
- [3] 龙绪理. 浅谈武威汉代木雕的艺术风格[J]. 中国艺术, 1989, (5): 24-31.

- LONG Xu - li. The arts style of wooden relics of the Han Dynasty found at Wuwei[J]. *Chin Art*,1989, (5) :24 - 31.
- [4] 陈庚龄,卢燕玲,赵亚军. 武威磨咀子出土木器腐蚀病害与机理分析[J]. *文物保护与考古科学*,2006,18(2) :28 - 33.
- CHEN Geng - ling,LU Yan - ling,ZHAO Ya - jun. Study on corrosive reasons of rotten wooden relics found at Mozuizi in Wuwei[J]. *Sci Conserv Archaeol*,2006,18 (2) :28 - 33.
- [5] 陈庚龄,田小龙. 甘肃武威磨咀子出土汉代木牛车抢救性复原修复[J]. *文物保护与考古科学*,2010,22(1) :77 - 82.
- CHEN Geng - ling, TIAN Xiao - long. Recovering and repairing of the Han Dynasty rotten wooden ox carts found at Mozuizi in Wuwei [J]. *Sci Conserv Archaeol*,2010,22(1) : 77 - 82.
- [6] 苏伯民. 三种加固材料对壁画颜色的影响[J]. *敦煌研究*,1996, (2) :171 - 175.
- SU Bo - min. The affect of three reinforce material to Mural color [J]. *Dunhuang Res*,1996, (2) :171 - 175.
- [7] 马寿康. 木材的干燥[M]. 北京:轻工业出版社,1983.
- MA Shou - kang. The dryness of wood[M]. Beijing:Light Industry Press,1983.

Analysis and restoration of pigments from Han Dynasty painted wooden horses at Mozuizi, Wuwei, Gansu province

CHEN Geng - ling, HAN Jian - qing

(Gansu Provincial Museum, Lanzhou 730050, China)

Abstract: A number of Han Dynasty painted wooden horses have been found at the Mozuizi archaeology site. These wooden horses have big bodies, typical of the Hexi horse of ancient China. Because of the characteristics of the material, these wooden horses became water - saturated and rotten, and require immediate conservation. X - ray diffraction (XRD) was used to analyze the paint pigments on the wood horses. The results show that the black pigment is Chinese ink (C), the white pigment is gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), and the red pigments are cinnabar (HgS) and red lead (Pb_3O_4). Han Dynasty coffin wood was used to restore the missing parts, using traditional construction techniques. Colorless and transparent polymethyl methacrylate (MMA) was used to make a base to support the horse's body. PB72 was used to reinforce the surface of badly decayed wood and its paint layers. Polyvinyl acetate ($[\text{CH}_2\text{CH}]_n\text{OCOCH}_3$) was used to reattach the broken parts. A technique involving adding wedges and drilling holes was introduced to reattach the parts. Finally, the painted wooden horses were well preserved by adding supportive bases. The restoration results are very good.

Key words: Mozuizi, Wu Wei; Painted wooden horse; Rotten; Coffin wood; MMA; Restoration; Repair

(责任编辑 潘小伦)