

文章编号: 1005-1538(2018)02-0074-09

桂平博物馆馆藏东汉双耳铜甗铸造工艺及其保护修复研究

黄献源¹, 刘彦琪², 朱丽彬³, 卢影³, 关晓武⁴, 吴世磊⁴

(1. 复旦大学文物与博物馆学系, 上海 200433; 2. 北京大学考古文博学院, 北京 100871;
3. 广西桂平博物馆, 广西桂平 537200; 4. 中国科学院自然科学史研究所, 北京 100190)

摘要: 广西桂平博物馆藏东汉铜甗对于研究广西地区青铜器冶铸技术的发展具有重要的研究价值。但器物长期保存于潮湿环境中, 矿化严重、保存状况较差, 亟须保护修复。本研究应用X射线影像观察、金相显微镜、扫描电镜及能谱分析、模拟实验验证等方法研究了器物的铸造工艺、合金成分以及锈蚀产物成分。结果表明该器物为整体铸造成形, 器物铸造时使用了轮制技术、刮板造型工艺以及铸后刻纹的工艺, 算部范块制作过程是用器身模翻制器身范后脱模, 将器身模的圈足部分切下, 然后在圈足泥模上刻出算部型腔。在此基础上, 遵循最低限度干预原则, 力求将传统的文物修复手段与现代修复理念相结合, 通过除锈、修补等保护修复措施后, 不但提高了器物的整体稳定性, 而且达到了可以展陈、发掘文物潜在价值的要求。

关键词: 东汉; 铜甗; 修复; 铸造工艺

中图分类号: K876.3 **文献标识码:** A

0 引言

广西桂平博物馆藏东汉双耳铜甗, 于1980年征集于桂平蒙圩供销社收购部, 随后组织自治区文化厅考古专家鉴定后确定为汉代器物, 并入藏桂平市博物馆。其造型为平沿深腹盆形, 圈足, 腹上部施一道宽棱, 宽棱上有凸弦纹, 腹两侧施兽面铺首衔环, 甗底有算, 如图1所示。

该器物入藏后曾经进行过带锈缓蚀保护, 因此器物表面痕迹未被扰动。从残缺部位茬口观察, 可见器物矿化严重。利用X光无损分析了解器物的内部结构^[1], X光片的拍摄工作在桂平市人民医院完成。该院配备了德国影美科思数字影像公司的0170 INTUITION数字化X射线成像系统, 管电压150kV, 管电流630mA, X射线管组件VARIANRAD14, 旋转阳极, 焦点0.6/1.2, 摄影时间范围0.001~10s。由于该设备无法实现射线计量的连续调节, 而只具有胖子、瘦子、正常体型三种射线放射模式。因此检测时根据器物壁厚和保存状态选用相应的放射模式, 并结合调整放射时间来控制辐射剂量。青铜甗器壁较薄并且矿化严重, 因此



图1 东汉铜甗

Fig. 1 The Eastern Han Dynasty bronze Zeng

选用该设备的“正常体型”模式, 照射时间10s。经观察X射线影像了解各部位腐蚀状况, 局部已完全矿化, 青铜基体已丧失, 如图2所示。由于广西极为潮湿的环境条件, 对于青铜器的保存、保管非常不利, 对比入藏时的照片, 该器物的腐蚀程度严重、腐蚀速度较快, 亟须抢救性保护修复。

收稿日期: 2015-10-26; 修回日期: 2016-09-26

作者简介: 黄献源(1989—), 男, 广西南宁人, 复旦大学文物与博物馆学系考古学2016级博士研究生, 研究方向: 文物保护, E-mail: 81953137@qq.com



图2 器物顶面的X射线成像照片

Fig.2 X-ray imaging of the top surface of the objects

1 铸造工艺研究

1.1 铸造工艺

由于器物保存状况较差,在修复过程中不宜对相应部位锈蚀物进行大面积清理,以免出现更为严重的剥落甚至破碎,同时由于器物表面被硬结物覆盖,无法观察到器物表面的工艺痕迹等现象,相关器物研究也无从展开。为此,应用X射线成像技术,采用不同强度的射线从不同角度对器物进行拍照观察。

依然采用前文所述设备,使用“正常体型”模式,照射10s,所得的X光照片如图3所示,可知该件青铜甗为整体铸造成形。



图3 高强度X射线成像照片

Fig.3 High intensity X-ray imaging

在较高射线强度的“正常体型”模式下,器物上结构疏松腐蚀严重的区域被过量照射,该部位X光影像完全呈现黑色,无法观察该部位结构特征。射

线的强度直接影响曝光量,从而决定底片的黑度。通常在确保能穿透器物材质的情况下,不使用过高电压来提高射线强度,这会导致对比度下降,而应该通过增加管电流或曝光时间来增加曝光量,从而获得最佳的对比度^[2]。同理,为了减少曝光量,需要减小管电流或缩短曝光时间。为了解器物该部位的结构及细节特征,采用上述设备的“瘦子”模式,照射5s,在同一角度下对器物进行拍照观察,如图4所示,照片可见腹壁上的垫片痕迹及其分布状况(向下箭头标示部位),还可见上腹部宽棱上下缘各有一道凹槽痕迹(向上箭头标示部位)。

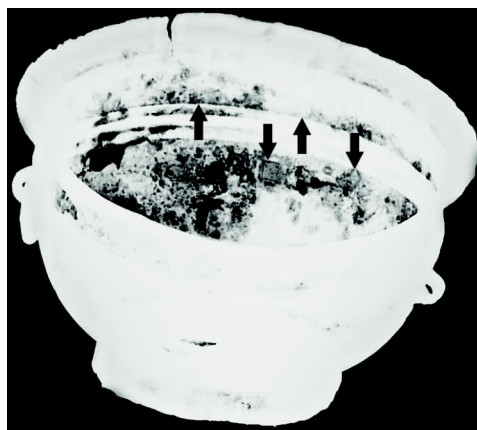


图4 低强度X射线成像照片

Fig.4 Low intensity X-ray imaging

随后还需了解器表锈蚀物状态并判断是否需要对其进行除锈,如果器表锈蚀物和沉积物有必要进行清理,才有条件对器表痕迹进行直接观察并分析其成因,了解器物的制作工艺。

1.2 器物表面铸造痕迹分析

铜甗铺首部位被锈蚀物覆盖,隐约可见铺首表面的兽面纹饰,纹线纤细,如图5所示。纹饰与器物一起铸造还是铸造后加工而成,还需做进一步的观察分析。此外,上述X射线成像中观察到的凹陷痕迹,也被器表锈蚀物覆盖,无法观察。为此,对上述部位锈蚀层进行局部清理,使相关铸造工艺痕迹显露。

1) 表面硬结物及锈蚀产物的清理

器物表面结构疏松的附着物易于吸收水分而提高器物表面湿度,而疏松的附着物与空气具有较大的接触面积。这两点因素会加速器物腐蚀劣化的速度,因此需要对器表锈蚀物予以去除。这样也有利于观察器表的工艺痕迹,如果所观察到的局部痕迹已经可以帮助了解器物的铸造工艺,且锈层中并不含有有害于器物安全长久保存的成分就不应对锈层进行全面的清理^[3]。对于清理方式的选择,对锈层

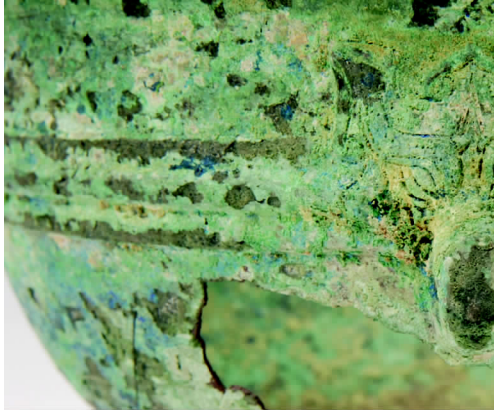


图5 铜甗的铺首和凸棱部位
Fig. 5 Bronze Zeng's animal head applique and convex edges

表面较厚的硬结物及土壤沉积物进行清理时,可用手术刀或洁牙机等机械工具辅助完成,而对于接近器表的锈层,为了防止清理修复时机械工具在器表留下划痕,应首先使用去离子水对锈层进行软化,然后再用安装着鬃毛刷的齿科打磨机对已软化的锈层适度清理,使锈层下的痕迹显现即可,如图6所示。



图6 清理出的垫片痕迹
Fig. 6 Clean out shim print

2) 清理后垫片表面现象的观察分析

将存在垫片部位的锈蚀物进行局部清理,使垫片暴露出来(图6中的黑色方框内区域)。使用美国 Thermo Fisher Scientific 公司生产的 XL3t950 型便携式 X 射线荧光光谱能谱仪(XRF)对垫片及其周围基体合金成分进行定性分析。垫片表面腐蚀产物测试结果为 Sn 32%、Pb 23.7%、As 16.6%、Cu 19.8%、其它金属元素 7.9%;垫片周围铜甗基体测试结果为 Sn 18.4%、Pb 11.5%、Cu 54.6%、Fe 6%、其它金属元素 9.5%。对其它几枚垫片和周围基体部位进行检测,成分差异不大。

由上述检测结果可知,垫片腐蚀产物的铅锡含

量相当高而铜含量很低,垫片周围的器身的腐蚀产物则是铜含量高而铅锡含量低。青铜合金的铅锡含量越高,熔点越低,如果垫片采用与基体相同的合金配比,会使其熔点显著降低,在型腔内浇注青铜熔液时,垫片边缘易熔化而与器身熔接成一体。然而,通过观察此件器物清理所得到的现象却恰恰相反,垫片与器身衔接部位的边缘清晰。由图4的X射线照片也可观察到垫片与器物衔接部位边界明显,靠近垫片的器身部位有冷隔状的形态,说明型腔内的金属液在流动到垫片周围时温度降低较快,流动性变差。

以上X射线成像的分析结果说明这件器物垫片的熔点较高且铸型可能并未经过高温预热。古代铸工制作器物时使用了含铜量较高的材料制作垫片,以提高其熔点。而这和器表腐蚀产物的定性分析结果相矛盾,究其原因,可能是在埋藏环境的长期腐蚀作用下,高铜低锡的合金配比使得垫片较易腐蚀,铜优先于铅和锡流失到土壤中而使得XRF检测结果中的铜含量较低;而浇铸器物时使用含锡量较高的青铜,器身的耐腐蚀性能提高^[4],因此铜的流失较少,因而XRF定性分析中铜元素的相对含量反而较高。

3) 宽棱及弦纹表面痕迹分析

如图7所示,黑色方框区域可见宽棱上缘有一道凹槽痕迹(放大图红色箭头所指),痕壁平滑,并非在器物表面刻画而成,也不可能是在范上加工形成,而是制作器物铸型时,在器物泥模上形成痕迹的反应。红色方框区域可见表面擦划痕迹,线痕互相平行而有弯变(放大图红色曲线所示)。而图中黑线所示为宽棱和弦纹表面的擦划痕迹,且痕线弯变形态与宽棱以下的器表一致,说明器身泥模用完整器物造型的刮板刮制而成,器身与纹饰同时刮出。由于泥模在轮盘上转动,刮板定位不稳,细微的抖动便可在转动的器物泥模上形成擦划痕迹的弯变。另外,宽棱形状并不规整,上缘平直而下缘有波浪状的弯变(图中器物宽棱上下缘的红色三角所指)。宽棱弯变的形态表明,刮板采用了具有弹性的薄板材料。上述痕迹是刮板形态和运动状态的反映。

1.3 铺首表面痕迹分析

为了解铺首铸造工艺,对其表面锈蚀物清理后,进行痕迹分析。为确保铸造痕迹的原真性,需避免除锈过程中在纹饰上留下机械工具的擦划痕迹,首先利用锌粉和氢氧化钠糊状物对锈蚀层软化^[5],再用安装棕毛刷的齿科打磨机清理锈蚀物,使铺首纹饰

显露。应用日本 KEYENCE 公司生产的 VHX - 1000 超景深体视显微镜观察并对图像进行三维重建, 可见纹线痕壁呈波浪形起伏, 是刻刀在较硬材料上

刻形成, 如图 8 所示。纹线的痕止缘有金属材料塑性滑移现象, 如图 9 所示。据以上现象可以判断铺首纹饰是在铸成的器物上篆刻加工而成。

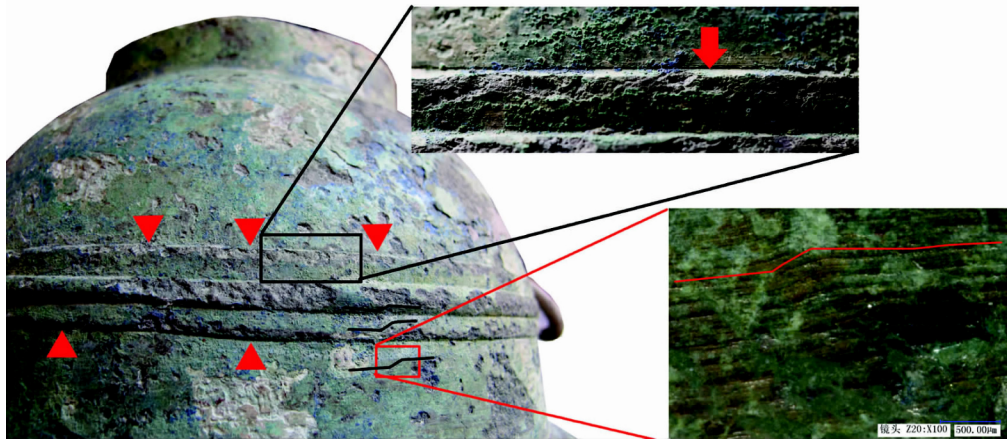


图 7 铜甗的器表痕迹

Fig. 7 Bronze Zeng's surface marks

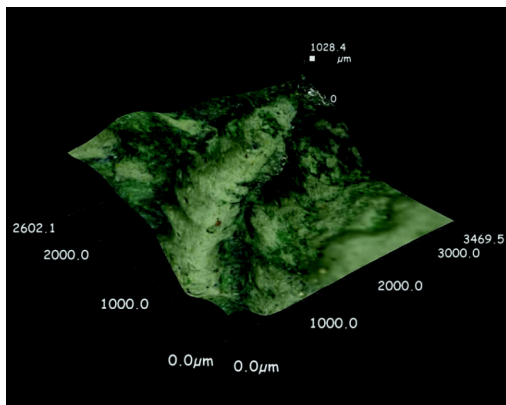


图 8 篆刻痕迹

Fig. 8 Engraved traces

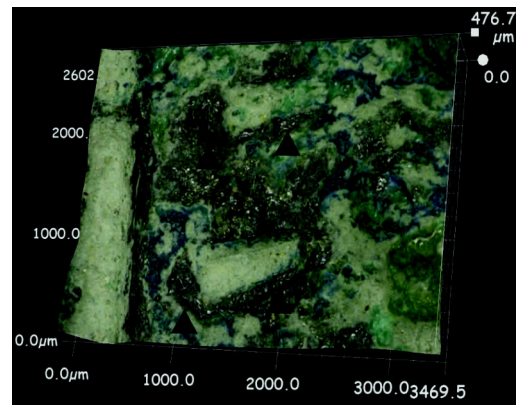


图 9 塑性滑移痕迹

Fig. 9 Plasticity skid mark

如图 10 所示, 铺首与宽棱及弦纹衔接部位可见塑性材料堆积的痕迹(向左箭头所指), 以及宽棱被

按压变形的痕迹(向上箭头所指部位), 铺首周围(图 10 向下箭头所指部位)及边缘(图 11 箭头所指

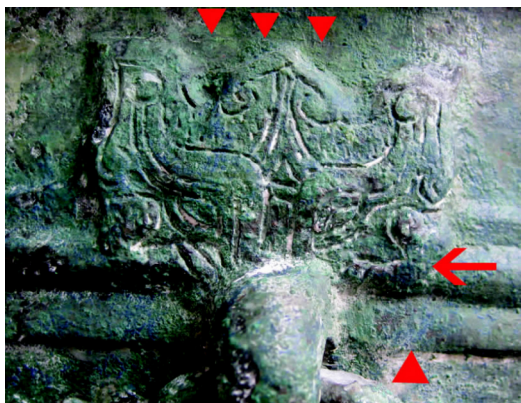


图 10 铺首与宽棱衔接部位痕迹

Fig. 10 The trace of the joint of the wide ridge and animal head applique



图 11 铺首边缘刻画痕迹

Fig. 11 Trace of animal head applique's edge

部位) 可见纤细的刻画痕迹。据以上现象可以判断, 在器身泥模尚处塑性阶段, 切去部分宽棱和弦纹纹饰, 然后贴泥片, 再用工具刻画出铺首的边缘轮廓。

1.4 合金成分分析

根据 X 射线成像照片可见器物算部金属基体保存状况最好, 修复时从算部断口处取下微量样品进行金相分析, 如图 12 所示。由金相显微照片可知, 该器物为铜锡铅三元合金的铸态组织, 存在 α 相、 $\alpha + \delta$ 相, 圆颗粒状铅粒和枝晶状铅, 有的铅颗粒体积较大, 含铅量较高^[6]。

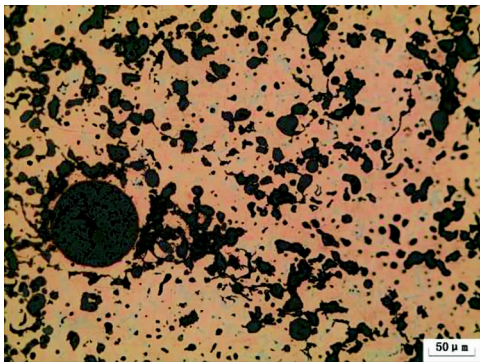


图 12 器物样品金相

Fig. 12 Metallographic examination of objects

进一步采用日本日立公司生产的扫描电镜对样品上的各个区域进行面扫描分析, 如图 13 所示。基体部位的组成 Cu 84.21%、Sn 10.75%、Pb 5.04%。锈层部位的组成 Cu 18.43%、Sn 1.22%、Pb 80.35%, 如图 14 所示。基体的含铜量较高而铅锡含量低, 锈层的铅锡含量高而含铜量极低。这可能是因为器物腐蚀过程中, 与土壤接触的锈层中的铜大量流失而铅较为稳定, 留存在锈层中, 从而使锈层中的相对铅含量提高^[7], 这与对垫片部位检测分析结果一致。

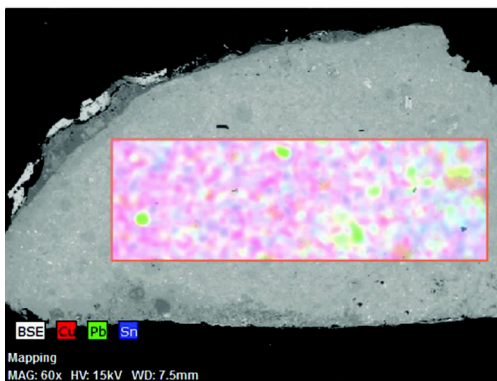


图 13 样品基体的扫描电镜分析

Fig. 13 Scanning electron microscopy analysis of sample matrix

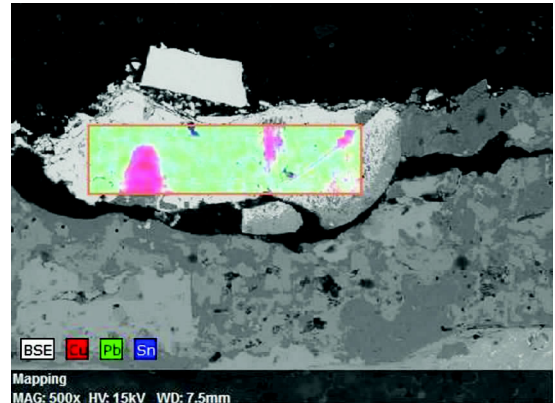


图 14 样品锈层的扫描电镜分析

Fig. 14 Scanning electron microscopy analysis of sample rust layer

2 模拟实验验证

为了避免研究受到主观经验判断的限制, 进一步通过实验考古对所做分析进行验证。通过观察—分析—检验痕迹物证这一过程, 最终得出较为合理的研究结论, 使分析研究建立在客观的物证基础上^[8]。用铜板制成刮板, 将粘土堆塑在轮盘(L)上, 刮板(G)底边放置在轮盘上, 转动轮盘将泥模(M)刮制成形, 如图 15 所示。刮板受到来自轮盘的摩擦阻力(f), 以及来自泥模表面的摩擦阻力(f'), 刮板定位困难。持握刮板的铸工用力(F)推压刮板而使其发生弹性变形。刮板上有宽棱及弦纹凹陷的部位是最薄弱的位置, 刮板从此处弯折到虚线所示位置。刮板上的宽棱部位间距变窄而形成纵向振幅, 又因轮盘进行圆周运动, 在这两个运动的协同作用下, 泥模的宽棱下缘出现犹如正弦曲线的纹线弯变, 如图 16 所示。另外, 泥模表面擦划痕迹的形态也与器表痕迹一致, 验证了此前的判断。

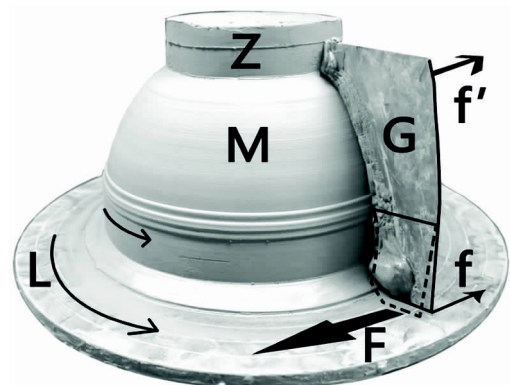


图 15 刮板造型及受力分析

Fig. 15 Scraper modeling and force analysis



图 16 纹线弯变及擦划痕迹
Fig. 16 Bending and scratch ridge

完成整个器物泥模的造型后,待其阴干到皮革硬度(黏土在干燥过程中,要经过一个阶段,叫做皮革硬度阶段,此阶段黏土仍然是潮湿的,但是已经没有可塑性,此时再做挤捏,黏土便会破裂。如果继续干燥,所有的可塑水分全部脱去,黏土达到骨干程度^[9]),便可用泥模翻制器物外范,铺首兽鼻部位在范上修出(K)并配置泥芯(X)预留穿孔,如图 17 所示。

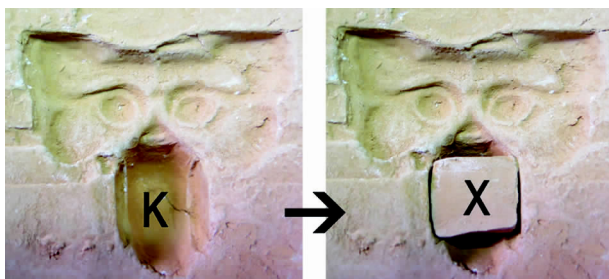


图 17 兽鼻部位成形
Fig. 17 Animal nose forming

算部表面锈蚀物清理后的细节特征,如图 18 所示。据此可判断算部范块制作过程是用器身模(M)



图 18 算部形态
Fig. 18 Grate form

翻制器身范(F)后脱模,将器身模的圈足部分(Z)切下。如图 19 所示轴线左侧为用模翻范的结构,轴线右侧为刮模成芯后的铸型结构。然后在圈足泥模上刻出算部造型,如图 20 所示。由于此时泥模已达皮革硬度而无塑性,用工具刻出的凹槽难以平滑,于是铸后器物的算部出现图 18 所示的表面粗糙且粗细不均的形态。

如图 19,将算部模侧壁刮薄一部分制成底范(Z'),器身模(M)刮薄一层制成芯(X),与外范(F)组装在一起并安置垫片(D)制成铸型。

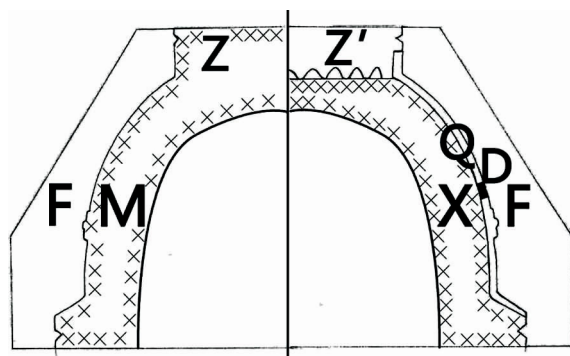


图 19 算部范块制作过程
Fig. 19 The production process of grate fan block



图 20 算部范块的刻制
Fig. 20 Production department of fan grate block

3 保护修复

因器物矿化严重,保存状况很差,需通过补全提高器物的整体稳定性。但补全材料的密度、硬度不应大于器物本体,而且材料应具有一定弹性,以免补全材料受到外力挤压时,因其自身强度太高而危及器物本体的安全,造成本体开裂甚至破碎。基于上述要求,选用安特固高分子胶剂作为补全材料。

残缺的口沿和算部,用油泥在器物上的完整部

位复制出造型,将油泥造型衬托在残缺部位,将安特固填补在油泥造型内,胶剂凝固并去掉油泥即完成补全。由于器物制作时采用了刮板造型工艺,为使补全的宽棱和弦纹与原器物形态一致,也采用刮板制作补全部位的纹饰,如图21所示。



图21 残缺宽棱与弦纹的补全

Fig. 21 Incomplete wide edge and bow string pattern completion

使用酒精漆片汁和矿物颜料粉对补全部位进行做旧处理,使其与器物整体的色泽与质感相协调,做旧后的补全部位要具有辨识性。修复后的器物如图22和图23所示。



图22 修复后状态(俯视图)

Fig. 22 Post repair state (top view)

4 讨论

修复前对青铜器铸造工艺的研究与分析,充分认识其所赋存的痕迹信息,是进行科学修复的前提。修复的目的一是提高文物的稳定性,二是揭示文物



图23 器物修复后状态(铺首部位)

Fig. 23 State after the repair (animal head applique position)

所隐含的诸多制作工艺信息,挖掘器物深层次的内涵和价值。修复的核心理念,是在现有研究手段和认识水平下,最大限度地做到完整而真实的认识器物,进而解决考古学或文物学的问题,因此修复与研究同时进行至关重要^[10]。修复不应该过度进行,应使不得已而为之的修复行为控制在最低限度,做到最小干预,以尽量多地保存器物上的信息,甚至是锈蚀物,以便其他研究者可以再次在器物上发掘信息。这样,修复方法的选择标准是有利于真实完整的观察、提取、分析那些有关器物研究的重要现象和信息,并使修复对器物的干预降到最低程度。另外,还应使发掘出的信息得以展示和妥善保存。

通过对这件残破铜甗的修复研究,并通过模拟实验验证,表明古代生产这件器物时使用了轮制技术、刮板造型工艺以及铸后刻纹的工艺。修复不但提高了器物的稳定性,而且通过修复,对这件器物所蕴含的古代铸工的工艺行为有了较为直观的认知,一定程度上通过这件作为静态考古资料的器物,复原出带有动态的历史文化图景,做到透物见人,使这件器物的潜在价值得以发掘和认识。

5 结论与建议

- 1) 桂平博物馆馆藏东汉铜甗为整体铸造成形。
- 2) 器物铸造时使用了轮制技术、刮板造型工艺以及铸后刻纹的工艺。
- 3) 算部范块制作过程是用器身模翻制器身范后脱模,将器身模的圈足部分切下,然后在圈足泥模上刻出算部造型。
- 4) 遵循最低限度干预原则,通过除锈、修补等保护修复措施后,不但提高了器物的整体稳定性,而且达到了可以展陈的要求。

5) 文物修复保护后, 仍然要重视预防性保护。需要对文物保存环境实施有效的管理、检测和控制, 抑制各种环境因素对文物的危害作用, 使文物处于稳定、洁净的保存环境, 才能有效延缓文物的物理和化学性质的劣化, 达到安全、长久保存馆藏文物的目的。

参考文献:

- [1] 杨军昌, 韩汝玢. X 光照相技术在文物及考古学研究中的应用[J]. 文物保护与考古科学, 2001, 13(1): 55-58.
YANG Jun - chang, HAN Ru - bin. The application of X - rays photography in the study of cultural relics and archaeology [J]. Sciences of Conservation and Archaeology, 2001, 13(1): 55-58.
- [2] 丁忠明, 吴来明, 孔凡公, 等. 文物保护科技研究中的 X 射线照相技术[J]. 文物保护与考古科学, 2006, 18(1): 38-39.
DING Zhong - ming, WU Lai - ming, KONG Fan - gong, et al. X - ray radiography in scientific conservation [J]. Sciences of Conservation and Archaeology, 2006, 18(1): 38-39.
- [3] 李静生. 文物修复理念探讨与实践应用[J]. 中国文物科学研究, 2012(3): 32-34.
LI Jing - sheng. A discussion on the restoration and repair of cultural relics and their practice [J]. China Cultural Heritage Scientific Research, 2012(3): 32-34.
- [4] 王宁, 何积铨, 孙淑云, 等. 模拟青铜器样品在典型电解质溶液中的电化学行为研究[J]. 文物保护与考古科学, 2007, 19(11): 45-48.
WANG Ning, HE Ji - shuan, SUN Shu - yun, et al. Bronze samples in various typical electrolytes [J]. Sciences of Conservation and Archaeology, 2007, 19(11): 45-48.
- [5] 马清林, 卢燕玲, 黄志强. 灵台青铜器保护方法述要[J]. 文物保护与考古科学, 1997, 9(2): 1-8.
MA Qing - lin, LU Yan - ling, HUANG Zhi - qiang. Studies and review on protection methods of Lingtai bronzes [J]. Sciences of Conservation and Archaeology, 1997, 9(2): 1-8.
- [6] 孙淑云, 韩汝玢, 李秀辉, 等. 中国古代金属材料显微组织图谱有色金属卷[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 90.
SUN Shu - yun, HAN Ru - bin, LI Xiu - hui, et al. The micro-structure of metal materials of ancient China nonferrous metal rolling [M]. Beijing: Science Press, 2011: 90.
- [7] 汤琪, 王菊琳, 马菁毓. 土壤腐蚀过程中高锡青铜的形貌变化和元素迁移[J]. 中国有色金属学报, 2011(12): 3175-3181.
TANG Qi, WANG Ju - lin, MA Jing - yu. Morphology change and elements migration of bronze with high tin content after soil corrosion [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2011(12): 3175-3181.
- [8] 刘彦琪, 王刚, 赵娟, 等. 甘肃礼县出土春秋时期青铜方壶的造型工艺研究——兼论秦人的模块化生产方式[J]. 文物, 2015(1): 85-96.
LIU Yan - qi, WANG Gang, ZHAO Juan, et al. Study on the modeling process of Lixian County of Gansu Province during the spring and Autumn Period unearthed bronze pots - on the modular production mode of Qin people [J]. Cultural Relics, 2015(1): 85-96.
- [9] 刘景深. 陶艺设计制作与工艺实验教程[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004: 2.
LIU Jing - sen. Experimental course of design and production of pottery and ceramics [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2004: 2.
- [10] 刘彦琪, 王刚, 吕小龙, 等. 礼县出土春秋秦鼎的实验考古学研究——铸型工艺中的分体模与嵌范技术复原[J]. 自然科学史研究, 2014, 33(3): 333-334.
LIU Yan - qi, WANG Gang, LYU Xiao - long, et al. Experimental archeology research on Qin Ding (鼎) of the Spring and Autumn Period Unearthed in Li Xian county: restoration of the technology of sub - model and embedded molds in the casting craft [J]. Studies in the History of Natural Sciences, 2014, 33(3): 333-334.

Study of casting technology , and conservation and restoration of a binaural bronze *Zeng* of the Eastern Han Dynasty in the Guiping Museum

HUANG Xian - yuan¹ , LIU Yan - qi² , ZHU Li - bin³ , LU Ying³ , GUAN Xiao - wu⁴ , WU Shi - lei⁴

(1. *Department of Cultural Heritage and Museology , Fudan University , Shanghai 200433 , China;*

2. School of Archaeology and Museology , Peking University , Beijing 100871 , China;

3. Guiping Museum , Guiping 537200 , China;

4. The Institute for the History of Natural Sciences , CAS , Beijing 100190 , China)

Abstract: The study of a binaural bronze *Zeng* of the Eastern Han Dynasty in Guiping Museum is of importance for research on the development of bronze smelting and casting technology in the Guangxi area. However , having been kept in the local moist environment for a long time , the bronze *Zeng* has serious mineralization. Restoration of the object and improvement of its conservation conditions is extremely urgent. In this paper , X - ray images , optical microscopy , scanning electron microscopy , energy spectrum analysis and simulation experiments were used to study the casting process , the alloy composition , and the corrosion products of the *Zeng*. The results show that the bronze *Zeng* were formed by integral casting. The technologies of the wheel system , scraper and after - casting engraving were used in the process. The ring foot of the model was cut to make a mould for the part of the grate. Based on our findings , we followed the principle of minimum intervention and strove to combine the traditional cultural relic restoration methods with the modern restoration concepts. We used several conservation and restoration measures such as rust cleaning and repair , not only to improve the overall stability of the bronze *Zeng* , but also to meet display requirements and to explore its potential value as a cultural relic.

Key words: The Eastern Han Dynasty; Bronze *Zeng*; Repair; Casting technology

(责任编辑 谢 燕)