

中国国家博物馆藏错金银云纹铜犀尊制作工艺研究

A Technical Study on the Rhinoceros-Shaped Bronze *Zun* Inlaid with Gold and Silver Cloud Design in the National Museum of China Collection

刘薇 吴娜 张鹏宇 王克青 杨琴 王力之

Liu Wei, Wu Na, Zhang Pengyu, Wang Keqing, Yang Qin, and Wang Lizhi

中国国家博物馆(金属文物保护国家文物局重点科研基地), 北京, 100006

朱晓云 Zhu Xiaoyun

中国国家博物馆, 北京, 100006

内容提要:

中国国家博物馆藏错金银云纹铜犀尊是战国至西汉时期错金银铜器中的精品,也是古代犀形铜器中形象最为写实雄浑者,具有极高的历史和艺术价值。本研究综合利用大幅面X射线荧光成像、X射线成像、便携式X射线荧光、三维视频显微镜等分析方法,对犀尊的材质、纹饰特征、制作工艺等进行了分析研究,明确了犀尊主体由铜锡合金组成,揭示了表面金银饰的分布特征和规律,探讨了错金银工艺的技术细节,得出嵌槽主要通过铸造方法制作而成的论点,并进一步印证该器采用金银丝嵌错工艺。本研究首次对器表金银纹饰的形貌和布局进行了详细复原,为战国至西汉时期错金银铜器的纹饰与工艺研究提供了重要参考。

关键词:

青铜器 错金银 犀尊 流云纹

Abstract: The rhinoceros-shaped bronze *zun* inlaid with gold and silver cloud design (National Museum of China) represents a fine example of inlaid bronze craftsmanship from the Warring States period to the Western Han dynasty. This artefact is notable among ancient Chinese rhinoceros-shaped bronze vessels for its realism and magnificence, thereby holding immense historical and artistic value. This paper aims to analyze the composition, decorative characterizations, and manufacturing techniques of this vessel. Multiple analytical methods are applied, including macro X-ray fluorescence imaging, X-ray detection, portable X-ray fluorescence, and 3D video microscopy. The findings confirm that this vessel was made from low tin bronze. The characterization and distribution of the gold and silver patterns have been investigated. The paper also delves into the intricacies of the inlay techniques, revealing that the channels for the gold and silver inlay were mainly cast. This technical examination provides substantial evidence that a technique involving the application of gold and silver strips was employed. For the first time, the distribution of gold and silver patterns has been meticulously restored. This study contributes significantly to the technical and decorative analysis of inlaid bronze, presenting an important case study in the field.

Key Words: Bronzeware; gold and silver inlay; rhinoceros-shaped bronze *zun*; cloud design

一 引言

错金银云纹铜犀尊是西汉时期的酒器，长 58.1 厘米，通高 34.1 厘米（图一）。该器于 1963 年出土于陕西省兴平县豆马村，目前收藏于中国国家博物馆。犀尊昂首伫立，双耳直立，双目镶嵌乌黑光亮的料珠，前后双角，鼻角长而额角短，均呈尖笋状，为苏门答腊犀形象。厚唇作钩状，口部右侧伸出细管状“流”。宽胸肥臀，矮粗足，三趾蹄，短尾微翘，皮肤多褶皱。犀尊背部有尊口，上覆素面铜盖，可开合并能拆卸（图一：3）。遍体装饰流云纹，间有涡纹，并嵌错金银丝，象征犀的毫毛。此件犀牛昂首伫立，体态雄健，生气郁勃，孔武有力，栩栩如生，堪称西汉时期错金银工艺的精品，体现了古代工匠们丰富的创造力和精湛的制作技术，具有极高的历史和艺术价值^[1]。

古代文物中犀的形象较为多见，早在 20 世纪 80 年代，孙机先生即对历代文物中所见之犀牛形象进行了梳理和讨论^[2]。但以犀为形制作的铜质器物却并不普遍。目前发现最早的犀形铜器为山东寿张梁山出土、现藏于美国旧金山亚洲艺术博物馆的商代晚期小臣觶犀尊，其造型写实生动，为一只苏门答腊犀，有鼻角和额角，通体光素，为现存商代唯一一件犀形青铜器^[3]。战国时期，出现了犀形带钩、插座等铜器，如出土于四川昭化宝轮院船棺葬的两件金银错犀形铜带钩，其形象亦为双角苏门犀，遍体饰错金银云纹，目前分别收藏于中国国家博物馆和重庆中国三峡博物馆；另一件十分类似的器物为美国赛克勒美术馆藏战国时期错金云纹牛形带钩，全器饰错金云纹^[4]。此外，河北平山出土了一件战国中期错金银犀形插座^[5]，犀牛头部有三角，与一般亚洲犀犀角数量和相对大小有差异，难以确定其三角造型是真实再现还是艺术创造^[6]。西汉时期，出现了以犀为形的工艺品，例如江苏省盱眙县大云山江都王刘非墓出土的鎏金铜犀牛和驯犀俑，该犀为双角苏门犀形象；南京博物院藏汉代犀牛灯，双角，通体素面，腹部中空可盛水或者灯油，臀部掀起可作灯盏，兼具艺术造型和实用功能。两汉以后，犀形铜器多为铜镜架或摆件，例如国家博物馆藏明代铜犀牛望月镜架，但其造型已进行了重构，体态更似鹿^[7]。

目前对于犀形铜器的研究主要通过结合古文献与现代犀情况，探讨器物的造型、铭文、纹饰、犀牛品种及不同时代的形象变化，探讨历史中犀的出现、分布、迁移及绝迹情况。但对于犀形铜器的材质组成、制作技术等鲜少开展科学分析与研究。针对此件西汉错金银云纹铜犀尊的研究，目前主要集中于造型和纹饰。该器采用错金银工艺虽已达成共识，但其制作工艺细节尚不明确。此外，由于部分错金银丝存在脱落、被锈蚀遮盖、银丝氧化晦暗等现象，导致难以通过肉眼准确判断金银的位置，从而无法了解表面金银纹饰的设计与布局。本研究以该件铜犀尊为研究对象，利用多种科学分析方法对该器的材质组成、金银分布等进行研究，旨在揭示犀尊的制作工艺细节，明确错金银纹饰分布规律，亦为其他犀形铜器的科学研究提供参考。



1



2



3



4

图一 错金银云纹铜犀尊照片
1. 左侧 2. 右侧 3. 俯视图及尊盖 4. 下颌及颈部

二 研究方法

采用三维视频显微镜、X 射线成像、大幅面 X 射线荧光成像 (MA-XRF)、便携式 X 射线荧光 (pXRF) 等多种无损检测方法对铜犀尊进行材质分析和制作工艺研究。通过三维视频显微镜观察犀尊表面纹饰、铸造工艺等细节。利用 X 射线成像获得犀尊内部结构、缺陷等信息,揭示制作工艺特征。结合 pXRF 和 MA-XRF 可获得器物不同区域的元素种类和位置分布信息,前者结果是单“点”式的,后者以成像形式直观呈现元素分布结果,有利于在宏观方面揭示不同元素之间的关联性。分析检测均在中国国家博物馆文保院完成。

三维视频显微镜型号为日本 KEYENCE VHX-2000,采用 20-200 倍的物镜镜头在器物表面进行原位观察,并利用仪器自带 VHX 软件对金银丝宽度和长度进行测量。

X 射线成像仪型号为德国 YXLON YTU/450-D10,检测条件为电压 90-200kV,电流 4mA,时间 2.5min,距离 70-80cm。采用美国 VMI 计算机 X 射线成像 (CR) 系统进行电子底片扫描,采用 Radius 软件进行图像处理。

大幅面 X 射线荧光成像品牌型号与检测条件为:德国 Bruker M6 Jetstream,铑靶 X 射线光管, XFlash® 高速硅漂移双探测器,电压 50kV,电流 200 μ A,加 Al 滤片, X 射线光斑尺寸 (扫描分辨率): 360 μ m,扫描步径: 360 μ m,采集时间: 8ms/pixel,平台移动速度: 45mm/s,在空气条件下进行扫描。

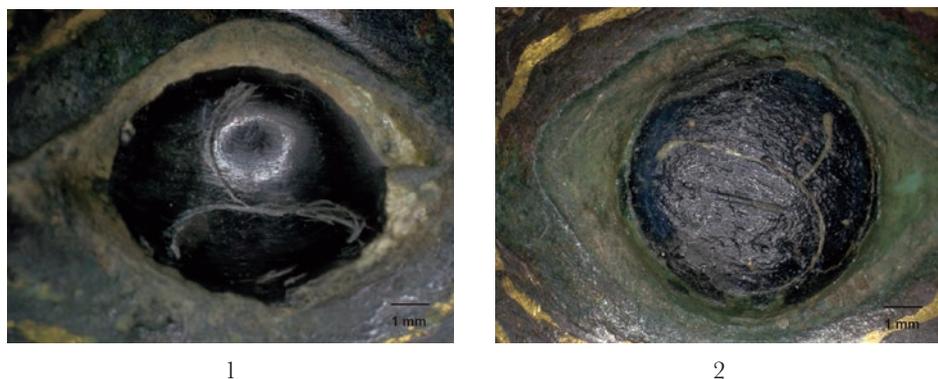
便携式 X 射线荧光仪型号:斯派克 SPECTRO xSort,采用 Rh 靶作为 X 射线管,最高电压为 50kV,最大功率为 2.5W,分辨率为 130eV。探测器在低真空环境下运行, X 射线焦斑直径约为 5mm。窗口材料为德国 FLUXANA 公司 TF-240 型聚丙烯薄膜,厚度 4 μ 。仪器配有成像系统,可直接观察待检测区域的形貌特征。测试条件:金属+轻元素,第一阶段元素 Sc-U,时间 20s,滤片 2,电压 50kV,电流自动;第二阶段元素 Mg-Ca,时间 20s,无滤片,电压 15kV,电流自动。

三 分析结果

(一) 三维视频显微观察

利用三维视频显微镜对铜犀尊眼部、面部、器身、臀部等多个区域进行了显微形貌观察、拍摄和测量,重点关注表面纹饰、制作工艺痕迹及划痕缺损等。由显微照片可观察到以下信息:

1. 眼珠:左眼眼珠表面十分光滑,整体呈黑色不透明半椭球形,长轴约 7.2 mm,短轴约 5.8mm;右眼眼珠表面不光滑,可观察到划痕、裂隙及小凹坑,眼球中心呈黑色,边缘泛蓝,眼珠整体形状偏扁平,轮廓呈正圆形,直径约 6.5



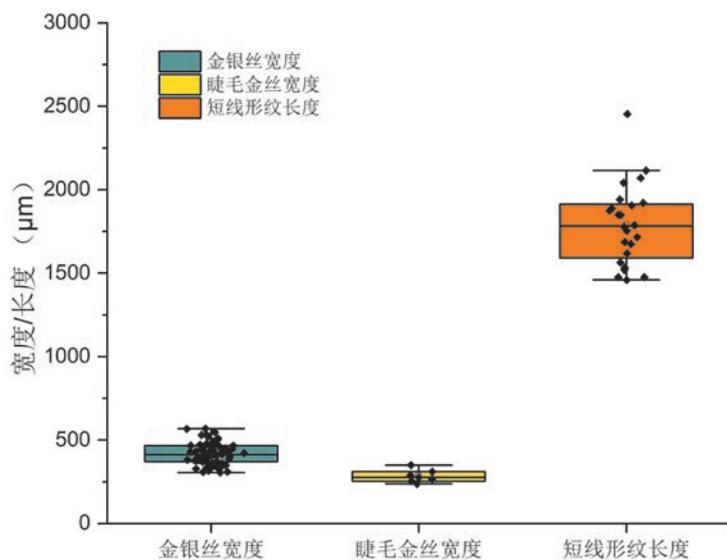
图二 铜犀尊眼珠三维视频显微照片(30倍)
1.左眼珠 2.右眼珠

mm, 并呈现玻璃态。双目眼珠表面均有“C”型刻划纹饰, 但左眼纹饰线条不流畅, 存在重复刻划现象, 右眼刻划线条流畅, 似为一次成形。左眼眼白整体呈白色, 局部泛黄或青, 似为污染所致; 右眼眼白呈浅绿色(图二)。

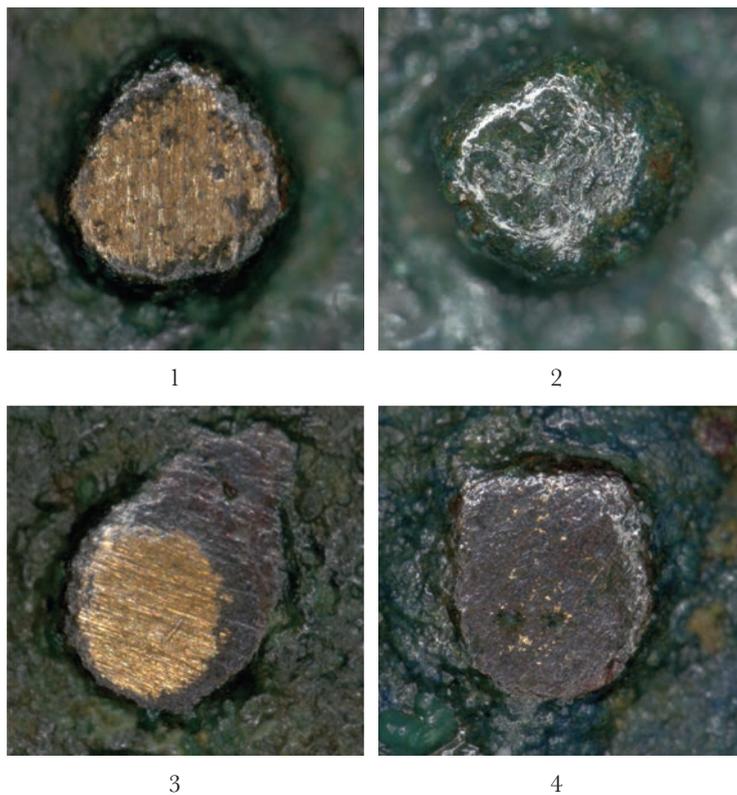
2. 表面纹饰与工艺: 犀尊表面金银纹饰十分平整。金丝表面光泽度高, 银丝表面存在不同程度的晦暗现象。上下眼睑饰波浪形金丝, 上眼睑上方还饰有竖线形金丝, 分别模仿眼部褶皱和睫毛(图三: 3)。器身可见卷云纹、双短线形纹金银纹饰等(图三)。圆形卷云纹, 大小不等, 环绕圈数为1.5-7圈。通过对器身95处金银丝的宽度或长度进行测量可知(图四), 金银丝宽度数值分布整体较为集中, 器身金银丝宽度范围为305-568 μm, 平均宽度为416 μm。睫毛处的金



图三 铜犀尊表面嵌金银纹饰
1.嵌金丝卷云纹 2.嵌银丝卷云纹 3.右眼睑 4.C形金丝勾边 5.“双短线形”金丝纹
6.“双短线形”银丝纹



图四 铜犀尊金银丝宽度/长度测量

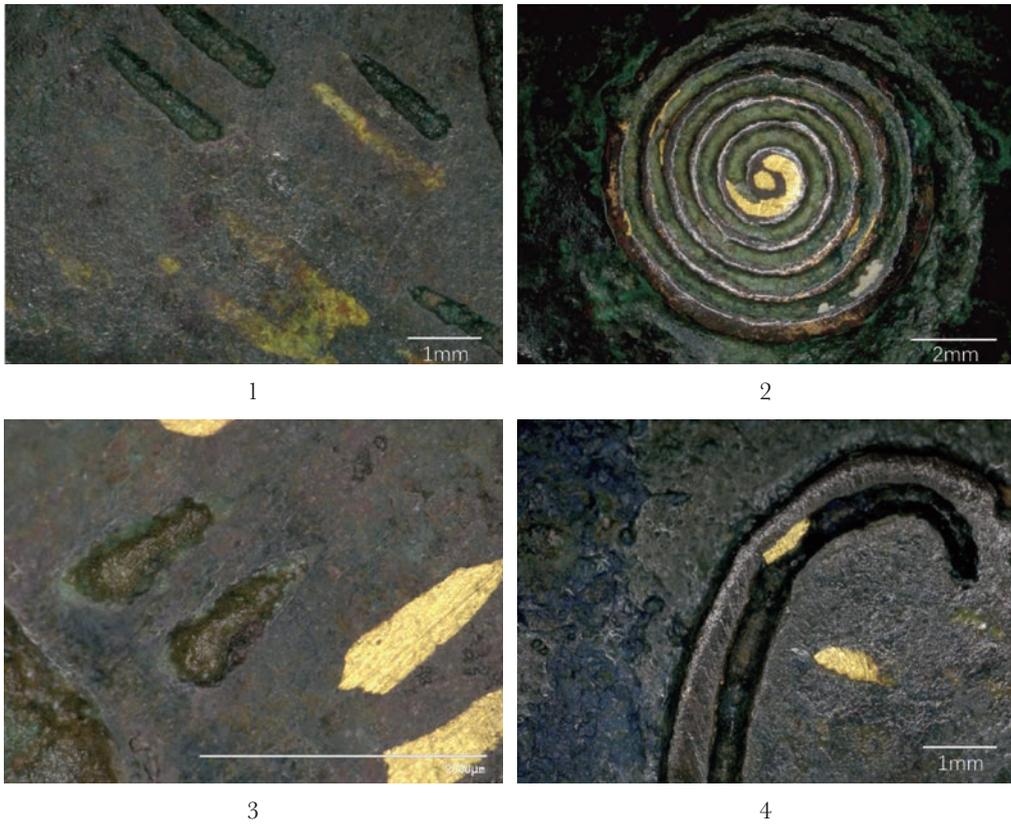
图五 铜犀尊表面不同部位小圆点纹饰
1、2. 表面露出铜基体 3、4. 表面覆盖锈蚀产物

丝宽度比其他位置略小，为 237—349 μm ，平均宽度为 283 μm 。短线形纹的长度范围为 1459—2115 μm ，平均长度为 1789 μm 。小圆点纹饰均匀点缀于流云纹上，直径约 1mm，其表面未经金银装饰，有的被锈蚀覆盖，有的露出铜基体（图五）。器身多处区域可观察到金银丝掉落后的镶嵌凹槽（图六）。但由于多处凹槽被锈蚀产物覆盖或填充，难以观察金银丝断面及嵌槽内部细节，仅有极少区域可见明显的金丝断面（图七）。

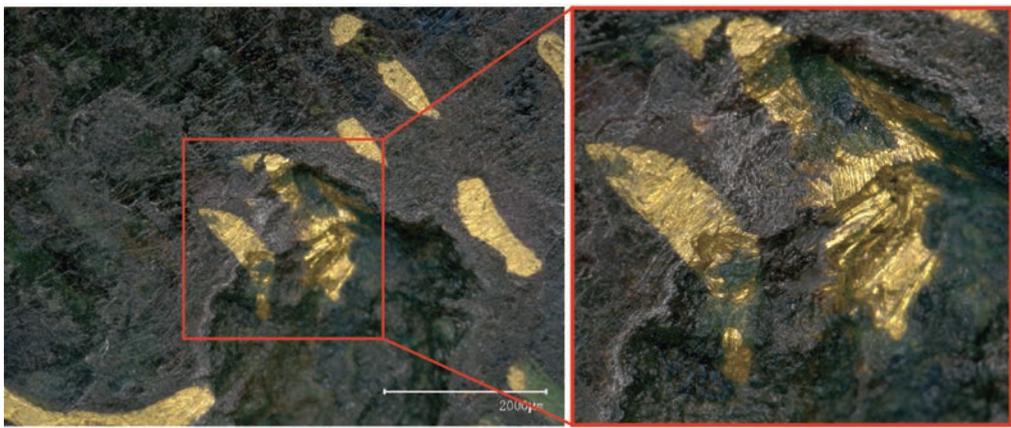
3. 划痕缺损：在犀尊表面金银装饰多个区域存在缺失、掉落或锈蚀遮盖现象，并可观察到深浅不一的划痕、缺损，造成表面金银装饰与青铜本体受到一定程度的破坏（图八），这些划痕可能是犀尊在制作、使用、埋藏、发掘、保护修复等过程中造成的。

（二）便携式X射线荧光分析

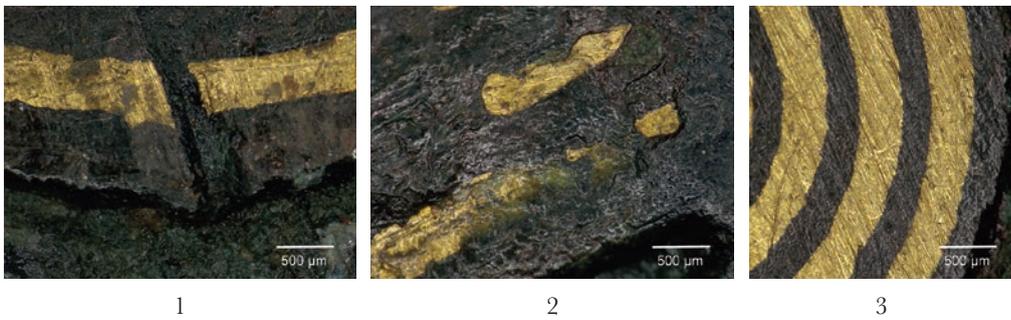
利用 pXRF 对铜犀尊不同部位合金成分进行了检测，包括器物头部、耳部、眼



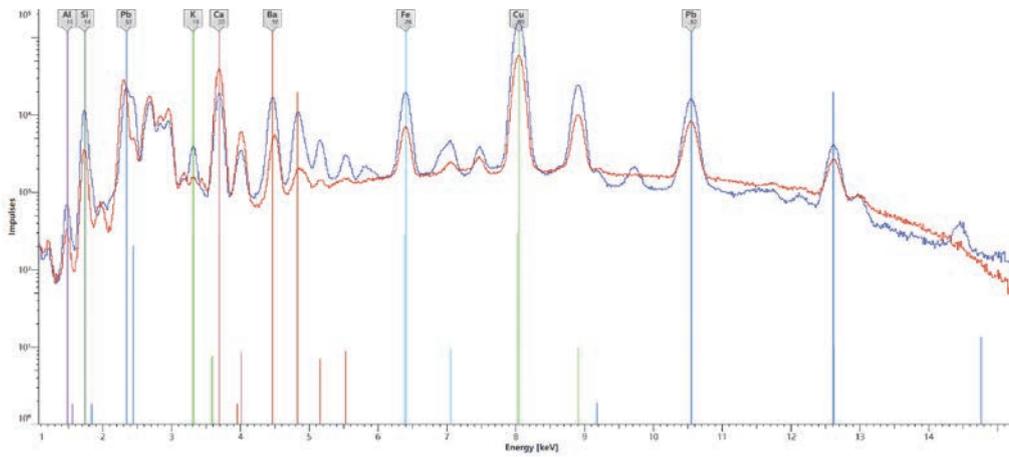
图六 铜犀尊表面嵌金银丝脱落痕迹与嵌槽



图七 铜犀尊金丝断面



图八 铜犀尊表面金丝保存状况
1. 损伤痕迹 2. 金丝被锈蚀覆盖 3. 表面划痕



图九 铜犀尊眼珠 pXRF 分析图谱 (红色谱线为左眼珠, 蓝色谱线为右眼珠)



图一〇 铜犀尊尾部左侧修补区域

珠、犀角、流部、肩部、腹部、腿部、盖部等。由 pXRF 结果 (表一) 可知, 犀尊主体部分 (包括腹部、头部、流、肩、右耳等) 主要包含铜 (Cu) 和锡 (Sn) 两种元素, Cu 含量为 91.2–93.5%, Sn 含量为 6.3–8.7%, 基本不含铅 (Pb), 少量 Pb

可能是锈蚀产物引入而导致, 可判断为 Cu-Sn 二元合金。表面装饰区域主要元素为金 (Au) 和银 (Ag), 未发现汞 (Hg)。眼珠成分主要包含硅 (Si)、铝 (Al)、Pb、Cu、钡 (Ba)、钙 (Ca)、铁 (Fe)、钾 (K) 几种元素, 图九为两个眼珠的 X 射线荧光图谱。两耳成分相差较大, 右耳为 Cu-Sn 合金, 与犀尊主体成分一致 (样品编号: xizun-8), 左耳为 Cu-Sn-P 三元合金, Pb 含量较高 (样品编号: xizun-28)。尊盖、盖钮及尾部左侧一处疑似修补区域 (样品编号: xizun-29, 30, 27) 均由 Cu、Sn、Pb 三种元素组成, Pb 含量较高, 与主体成分有显著差异 (图一〇)。

需注意的是, 犀尊表面铜锈蚀产物会一定程度影响 pXRF 检测结果。犀尊青铜基体部分由于表面锈蚀影响, 其铜含量可能偏高, 部分检测结果含少量 Pb, 这可能是锈蚀产物引入而导致。

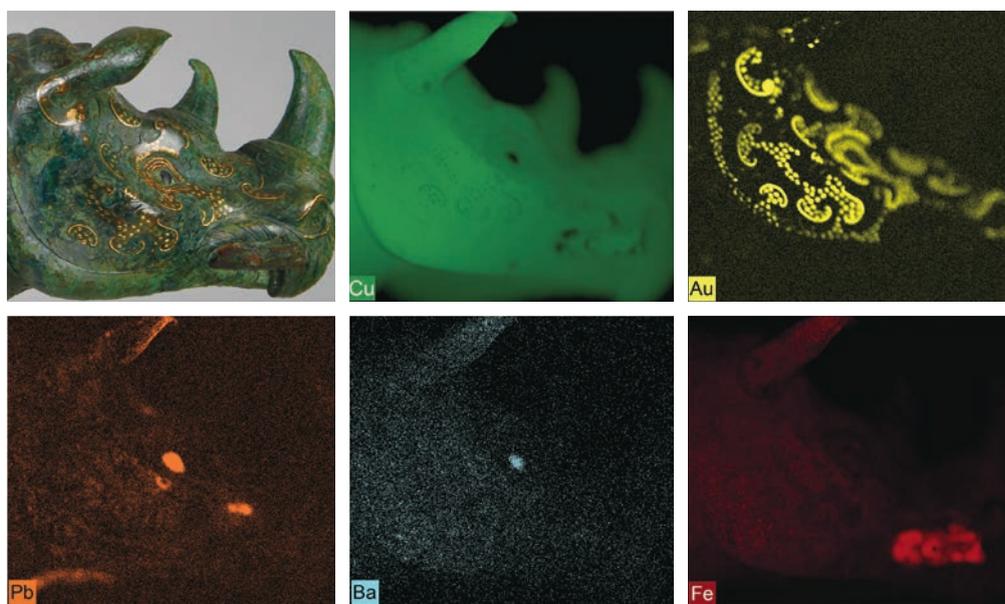
表一 铜犀尊便携 X 射线荧光光谱分析结果

编号	检测位置	样品编号	元素种类 (wt%)				
			Cu	Sn	Pb	Ag	Au
1	大犀角	xizun-15	91.8	8.1	0.0	0.0	0.0
2	右腹右上	xizun-16	92.3	7.5	0.1	0.0	0.0
3	流	xizun-20	93.1	6.4	0.4	0.0	0.0
4	面部右侧	xizun-22	93.5	6.3	0.0	0.0	0.2

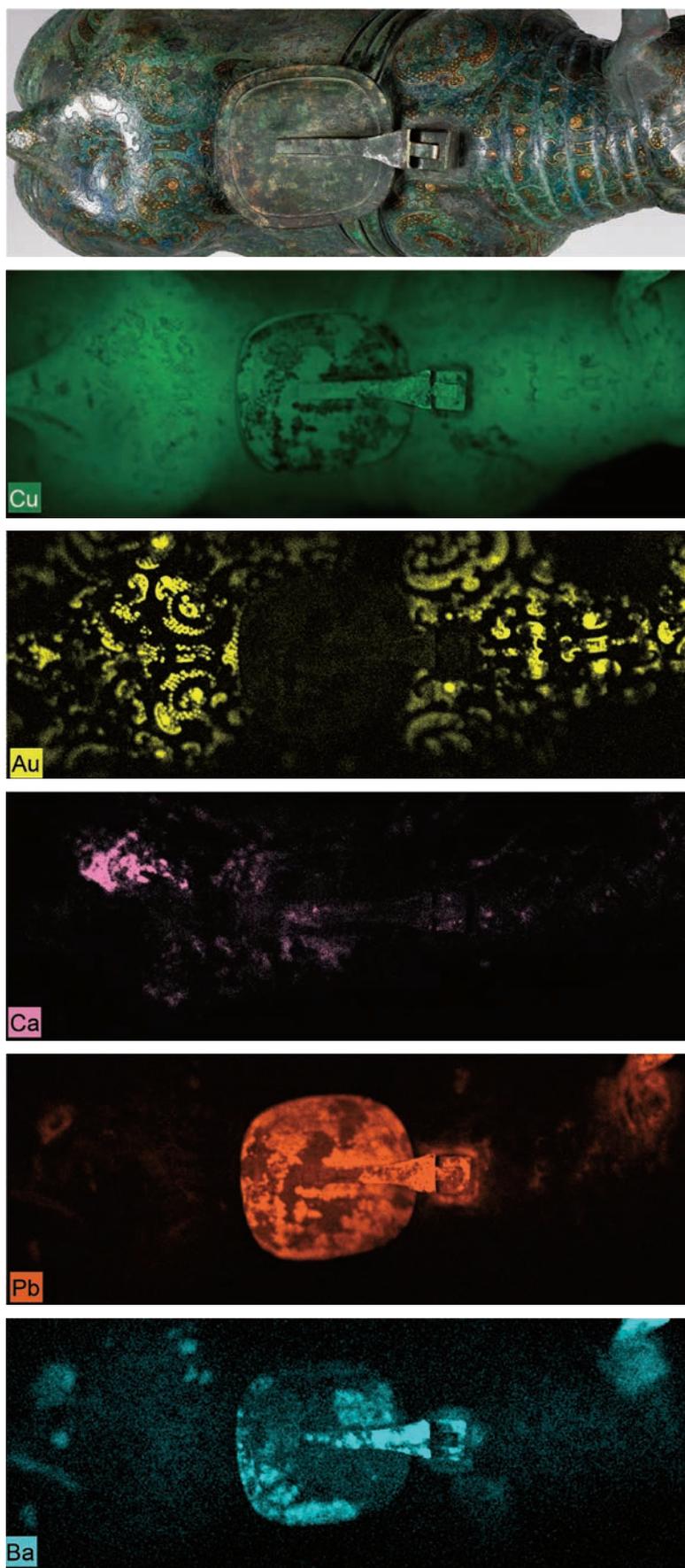
编号	检测位置	样品编号	元素种类 (wt%)				
			Cu	Sn	Pb	Ag	Au
5	右前肩	xizun-23	91.2	8.7	0.0	0.0	0.0
6	右前腿	xizun-26	91.2	4.5	0.0	4.2	0.0
7	右后腿上方	xizun-3	56.6	4.6	0.0	1.0	37.8
8	左后腿上方-银	xizun-11	65.4	6.6	0.1	27.8	0.1
9	左前腿上方-金	xizun-12	75.5	7.4	0.3	0.3	16.5
10	尾部	xizun-25	83.1	6.4	0.2	0.2	10.2
11	右耳	xizun-8	93.4	6.6	0.0	0.0	0.0
12	左耳	xizun-28	44.0	4.3	51.5	0.1	0.1
13	盖	xizun-29	49.9	6.3	43.3	0.3	0.2
14	盖钮	xizun-30	64.0	10.1	25.6	0.2	0.0
15	尾部左侧(疑似修补处)	xizun-27	81.4	3.7	14.7	0.1	0.0

(三) 大幅面X射线荧光成像

利用大幅面 X 射线荧光成像 (MA-XRF) 对犀尊面部、器身、腿部左右两侧及顶部共 9 个区域进行了扫描, 获得了器身表面铜 Cu、Au、Ag、Pb、Ba、Fe 等主要元素的面分布信息 (图一一至图一三), 主要总结如下: 1. 揭示出被青铜锈蚀及其他污染物遮盖的 Au 和 Ag, 尤其是 Ag 的位置。由于大部分 Ag 表面已发生晦暗, 因此较难用肉眼辨识银丝, 利用 MA-XRF 成功揭示出了 Ag 的位置与分布情况; 2. 明确了犀尊表面 Au 和 Ag 的分布位置和规律, 其中 Au 主要分布于面颊、犀背、前身及后臀。Ag 主要分布于颈部、侧臀、腹底及腿足部; 3. 眼睛富集 Pb、Ba 元素, 初步判断可能是铅钡玻璃; 4. 盖和左耳 Pb 元素含量较高,



图一一 铜犀尊右侧面部元素分布图 (左上图为可见光图像)

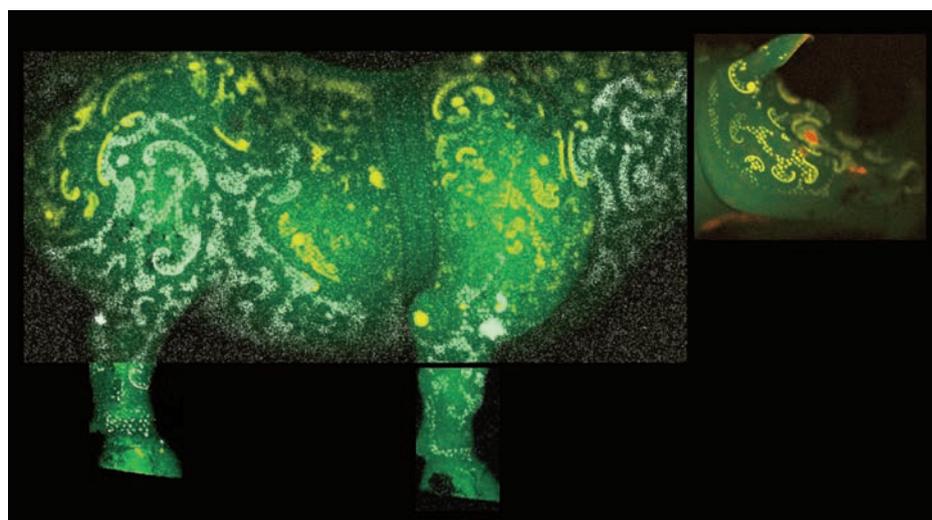


图一二 铜犀尊背部元素分布图(左上图为可见光图像)

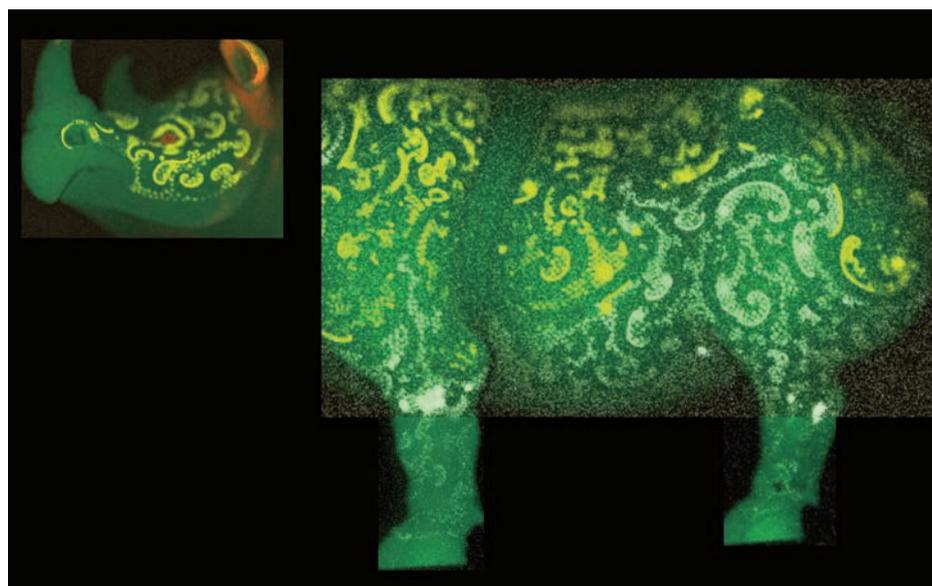
与器身合 Au 组成有显著区别；5. 尾部左侧富集 Ca 元素，推测可能为修补材料；6. 流、背部、臀部、腿足部等多处富集 Fe 元素，应为铁的锈蚀产物。犀尊在出土时，其腹下发现有铁钳子、铁环各 1 件，腹内有带铁片铜提环 1 件^[1]。铁器在生锈过程中，铁离子会发生迁移，从而在犀尊表面及内部多个部位形成铁的锈蚀产物，图一四为犀尊腹内底部铁锈。

(四) X射线成像

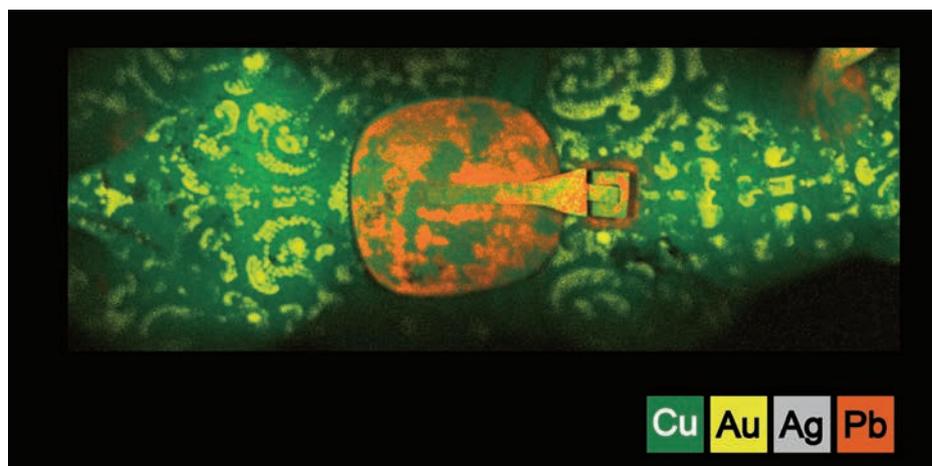
利用 X 射线成像仪对犀尊多个部位进行拍摄。由 X 射线衰减系数的影响因素可知，当射线能量一定时，衰减系数与被测物质密度成正比^[8]。Au、Ag 的密度高于 Cu-Sn 合金，其



1



2



3

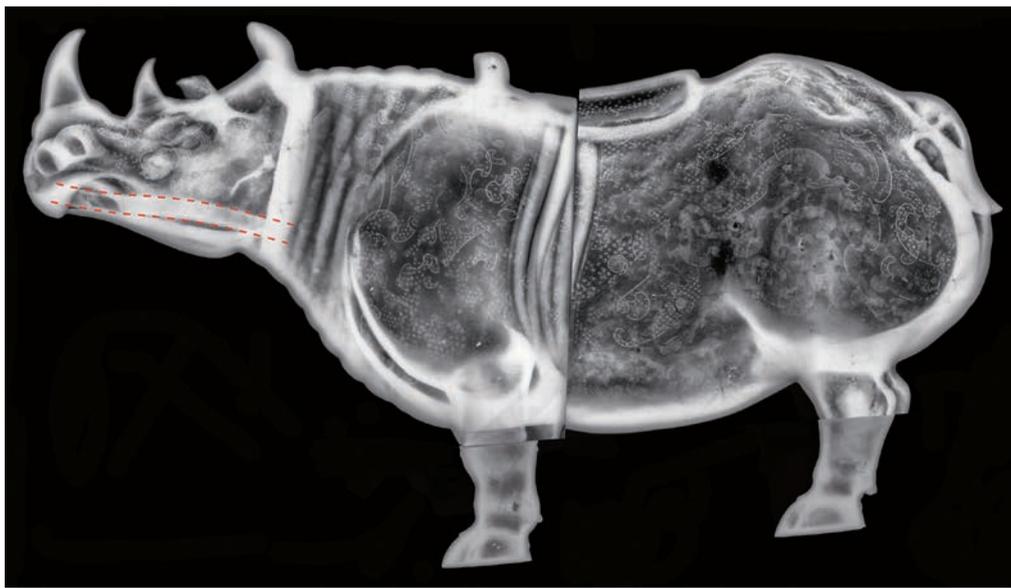
图一三 铜犀尊表面主要元素分布图
1. 右侧 2. 左侧 3. 背部



图一四 铜犀尊腹内底部铁锈

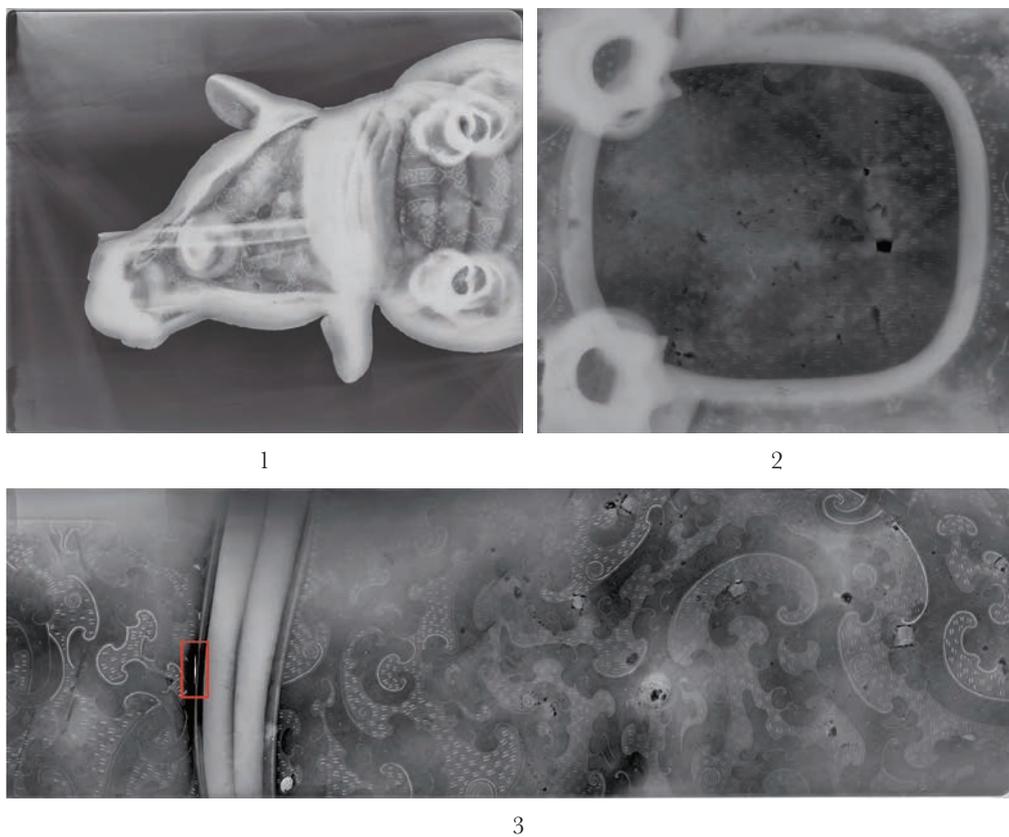
对 X 射线的吸收能力大于 Cu-Sn 合金，相应地，X 射线穿透金银丝后到达底片的能量小于青铜，因此，在 X 光片上，金银丝一般呈白亮色，而青铜呈灰暗色。同一材质，厚度越大的区域，亮度越高，反之，亮度越低。因此，铸造缺损、金银丝脱落的区域呈灰暗色。

通过 X 光照片结合实际观察可获得以下信息：1. 犀尊整个腹腔中



图一五 铜犀尊 X 射线成像（侧拍，红色虚线为内部流管）

空，腹腔与头部不相通，二者以颈部竖直白亮线为界相隔（图一五）。2. 犀尊流管从口部左侧伸入头部直至颈部，从腹腔中可观察到流管的另一端口（图一六、图一七）。流管侧视呈微弧状，俯视呈直线形。3. 通过对比头部、四足与器壁的 X 射线图像衬度，可推断头部和四足并非青铜实芯，而应为泥质盲芯。4. 在器身侧臀、腹底、右后足等多个部位发现方形铸造垫片，为模范铸造工艺重要证据（图一六）。5. 可清晰辨识出金银脱落情况及被锈蚀遮盖的纹饰。双短线形金银纹饰均匀分布于整个器身（二层纹）及腹底部。6. 器身左侧带状纹饰旁边发现孔隙，可能为铸造缺陷（图一六：3）。



图一六 铜犀尊不同部位 X 射线成像
1. 头部俯拍 2. 腹底部 3. 器身, 红色框内为孔隙



图一七 犀尊腹腔内流管端口

四 讨论

(一) 眼珠材质

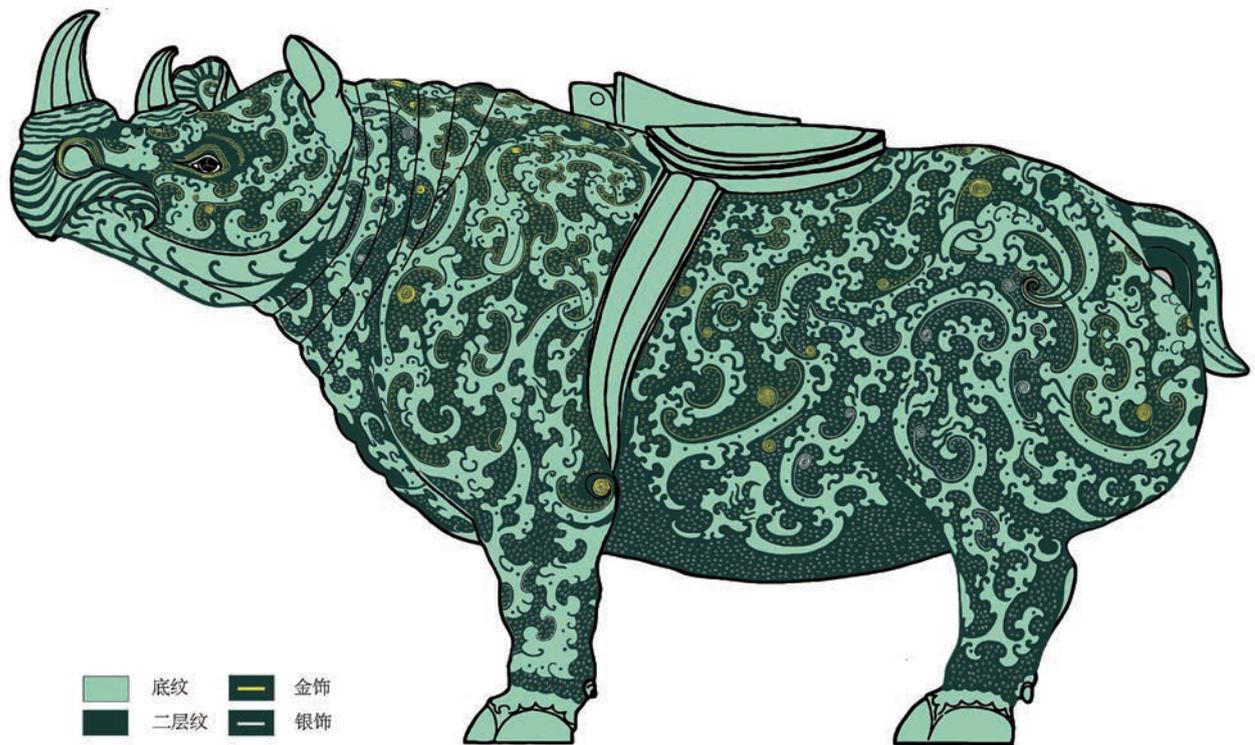
关于犀尊眼珠的材质,目前文物基本信息中将其描述为“料珠”。“料珠”一词在考古报告中非常广泛,但其概念却较为模糊,通常指表面具有玻璃光泽的珠子,包含先秦至西汉时期的玻璃珠、釉砂珠(费昂斯)等^[9]。春秋战国至西汉时期,动物形青铜器上镶嵌眼珠的考古出土案例非常少见,精美者如江苏省盱眙

县大云山江都王刘非墓出土西汉时期鎏金铜犀牛和驯犀俑，犀牛双目嵌黑色料珠。山东临淄商王村出土战国中期错金银牺尊眼珠为墨精石。河北平山中山成王墓出土战国中期镶金错银牺尊双眼镶嵌绿松石，江苏涟水三里墩出土战国中期错金银牺尊眼睛镶嵌黑色珠，但其成分尚不清楚^[10]。这时期镶嵌玻璃或琉璃装饰物的青铜器相对较多，例如湖北江陵望山楚墓 M1 出土越王勾践剑，剑身正面剑格上镶嵌蓝色玻璃，经分析为钾钙硅酸盐玻璃^[11]。河北满城陵山一号汉墓出土鎏金乳钉纹铜壶，其上镶嵌有绿色琉璃。2021 年秦始皇陵西侧陪葬大墓新出土的镶嵌琉璃铜扁壶等。目前研究表明，中国古代玻璃成分的演变主要分为五个阶段，其中从战国至东汉时期主要采用了铅钡硅酸盐（BaO—PbO—SiO₂）系统和钾硅酸盐（K₂O—SiO₂）系统，在战国中、晚期，铅钡硅系玻璃在全国较大范围内流传和发展，属于我国古代独有的玻璃体系，目前多数考古学家将铅钡硅系玻璃作为中国自产的玻璃^[12]。对于铅钡玻璃的成分分析有较多数据发表，由于检测方法不同，发表数据所含元素种类也有一定区别，主要包含 SiO₂，Al₂O₃，K₂O，CaO，PbO，BaO 等^[13]。Pb 和 Ba 可能分别来自铅矿（PbS）或铅丹（Pb₃O₄）和钡矿（BaSO₄），主要作为助熔剂来提高玻璃的透明度和降低玻璃的熔化温度。

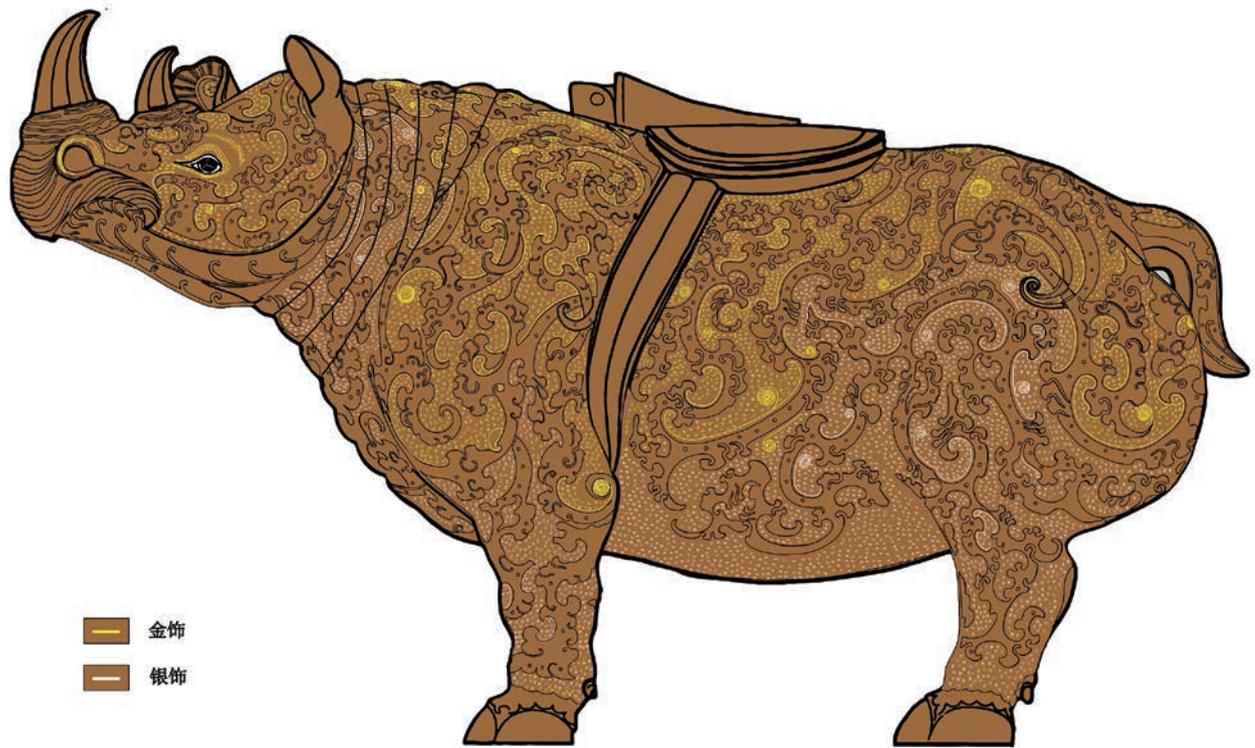
由 pXRF 和 MA-XRF 成分分析结果可知，铜犀尊眼珠成分主要包含 Si、Al、Pb、Cu、Ba、Ca、Fe、K 几种元素（图九），眼睛区域 Pb 和 Ba 元素富集（图一一）。由此可见，犀尊眼珠的元素种类与我国铅—钡—硅系玻璃所含元素基本一致，且犀尊年代为战国末至西汉初，正是铅钡玻璃盛行的历史时期，因此判断犀尊眼珠材质为铅—钡—硅系玻璃。此外，由显微观察可知，左右眼珠的表面光滑度、颜色、形状及不透明度均有明显差异（图二）。这可能是因为两只眼珠在埋藏过程中的微环境不同，左眼珠保存较好，右眼珠发生了风化，表面遭到了侵蚀，造成了凹凸不平的显微形貌特征。

（二）纹饰特征与复原

综合 X 射线成像、MA-XRF 成像及光学照片，在已有轮廓图基础上，对铜犀尊表面纹饰进行了复原。由纹饰布局图和复原示意图（图一八至图二〇）可知，犀尊表面通过减地法形成了具有两层结构的纹饰，底纹为不规则形态的带状云气纹（流云纹），整体形态的基础构型元素为 C 形或 S 形，云气纹上均匀点缀着小圆点凸起纹饰。二层纹浮凸于底纹之上约 2—3mm，其上嵌错金银丝，金银纹饰种类主要包括勾边纹、延长式卷云纹、双短线形纹三种，几种纹样交错分布。勾边纹即利用金银丝随形勾勒二层纹轮廓，线条形状较为随意，多见 C 形。卷云纹的勾卷圈数从 1.5—7 圈不等，圈数大小主要取决于装饰空间大小。双短线形纹由一对平行短线组成，其平均长度和宽度分别为 1789 μm 和 416 μm，该纹饰满镶于器身各部位二层纹上，腹底单饰双短线形纹（图一六：2）。短线分布方向具有明显规律，头颈部、腹部短线一般呈平行状态分布，而臀部、腿部短线则呈垂直分布，



图一八 铜犀尊表面纹饰布局图



图一九 铜犀尊表面纹饰复原示意图



图二〇 铜犀尊表面纹饰局部细节图

用来模仿犀牛身上的毫毛。犀牛眼眶、鼻孔均用三条金丝（平行曲线或直线）勾勒，睫毛用多条短金丝描绘。此外，金银饰的分布具有明显规律，金饰主要分布于面颊、耳内外、背部、前身与后臀部，银饰主要分布于颈部、侧臀、四肢及腹底部。总体而言，犀尊器身两侧云纹高度对称，错金银装饰略有区别，体现了古代工匠制器时既精益求精又不拘一格，追求变化的理念。

云纹是中国传统纹饰之一，具有悠久的历史，最早以原始漩涡纹形态出现于新石器时代的彩陶上，之后在历代不同时期均有发展和变化，并在不同阶段具有不同的代表性特征^[14]。尽管历代云纹形态演变不息，其基本构型元素勾卷形却一以贯之，勾卷形也造就了我国历代云纹两种固定的结构模式，即C式和S式。战国中晚期以后，云纹多装饰于青铜器、漆器等器物主要部位，并与金银错、镶嵌等工艺相结合。在该阶段云纹结构模式的规矩性减弱，视觉动感和力势增强。汉代以后，云气纹成为最主要的装饰纹样之一，其装饰载体的材质也更加广泛和多样，包括青铜器、陶器等。该阶段云气纹整体形态舒缓流畅、自由灵动，纹样变化以形就势，既遵循整体图案条理与反复法则规律，受器型与纹饰统一风格约束，又随物据型任意变化，难定一律^[15]。本研究中铜犀尊表面云纹形态符合汉代典型云气纹特征，C形或S形纹大小不一，依形而变，并无严格规则，整体纹饰形态兼具舒缓自由和奔腾流动之感。此外，二层纹用金银丝勾边并镶错延长式勾卷云纹，减地云气纹和金银错勾边及卷云纹交相辉映，增强了纹饰的飘逸流动感和整体器

物的精美华丽感。

关于错金银铜器表面金银饰的布局与设计，主要根据器物造型来确定镶嵌位置及金银粗细，既呈现多样化特征，又具有一定规律^[16]。一般可见两种布局方式，一种是单元式的，即金与银共同组合形成一组图案，并重复出现或规律性呈现，形成金银交错、黄白相间的装饰效果，显示出装饰图案的变化性与色泽的丰富性。另一种是区域性的，即根据不同区域的装饰图案形状特征，饰以金和银，使得区域性纹饰特征更加凸显。本研究中铜犀尊表面金银装饰图案呈现明显的区域性特征，面颊、背部、上腹部等重要部位均饰以金丝，而颈部、腿部及腹底部饰以银丝。该器金银装饰布局明确，色彩分割清晰，且器身两侧图案对称性强，说明古代工匠在制器之前已作了明确的表面装饰设计方案。

（三）错金银工艺

战国至秦汉时期，错金银技术或嵌错工艺广泛用于其他金属器物的表面装饰，尤其至战国中晚期错金银铜器大量涌现，器型丰富，包括酒器、兵器、生活用具（带钩、镜、镇等）、符节、乐器、车马饰及其他工艺饰品。其中动物造型的错金银器尤具特色，例如山东临淄商王村、江苏涟水三里墩出土的战国中期牛形错金银牺尊^[17]，河北平山出土的战国中期错金错银牺尊、错银双翼神兽、错金银虎噬鹿插座、犀形与牛形插座^[18]，中国国家博物馆藏战国中晚期错金银兽首軛、战国时期错金银犀牛带钩、大府卧牛及西汉时期错金银虎形大带钩，河北满城陵山中山靖王刘胜妻窦绡墓出土西汉中期错金银镶嵌豹形镇等。有学者对战国秦汉时期的错金银工艺进行了研究，总结了该时期有代表性的错金银器，并讨论了错金银制作工艺流程^[19]。一般认为错金银工艺的主要步骤为：首先是镶嵌凹槽的制作，目前主要有两种方法，一种是在泥模上预刻凹槽，或在泥范上堆塑泥条，铸后得到凹槽；另一种是器物铸成后再鑿凿凹槽，也有将两种方法结合使用的情况；然后将金银丝、条或片镶嵌到凹槽中；最后利用磨石、木炭加清水依次打磨器表，使其光滑平整，达到色彩鲜明，光泽亮丽的装饰效果。目前对于嵌错工艺还存在一些问题需要进一步探究，一是镶嵌凹槽的制作方法是铸造还是鑿刻。二是金银是由金属丝嵌入还是由金银汞剂填入凹槽。本研究中铜犀尊表面可观察到大量金银丝脱落后形成的镶嵌凹槽，肉眼清晰可辨，这是前人判断其采用错金银工艺的主要依据。通过对表面嵌错区域的显微观察，结合其他错金银工艺研究案例，可进一步揭示和探讨其制作工艺细节。

首先，关于镶嵌凹槽的制作。一般认为嵌槽形制为内宽外窄，在实际案例中，发现嵌槽为倒梯形或倒三角形的情况较多：如陕西省考古研究院藏秦代错银铜带钩表面银丝脱落部分的凹槽纵抛面为倒立三角形^[20]，邾国故城西岗墓地 M1 出土的错金青铜带钩上的金丝横截面呈倒梯形或倒三角形^[21]，汉三国时期错金银铜弩机表面可见明显的“V”型槽^[22]。关于嵌槽的制作方法目前已有不少研究，有学者指

出,山西侯马东周遗址出土陶范上发现有预制嵌槽^[23],但在多数案例中发现嵌槽内有鑿刻痕迹,该现象表明制作方法为铸器后再刻槽,或是铸槽与后期鑿刻相结合。例如,大英博物馆藏战国时期错金银铜翼虎上的银丝(片)的凹槽内有明显工具痕迹,由此判断凹槽是铸后再加工形成的^[24];汉三国时期错金银铜弩机表面“V”型槽为鑿刻而成^[25];陕西省考古研究院藏秦代错银铜带钩表面倒三角形凹槽为凿刻而成^[26];秦始皇陵一号车弩机托上错金银纹饰凹槽底部有明显的纵向加工痕迹^[27];陕西咸阳塔尔坡秦墓 M37 出土错银铜带钩的银丝脱落部位可观察到明显的鑿刻痕迹^[28];河北满城汉墓出土西汉铜壶表面错金银纹饰有的出现在垫片位置,说明槽是铸器后鑿刻的^[29]。本研究铜犀尊表面金银丝与凹槽边缘结合紧密,局部可观察到金银丝脱落、起翘、断面痕迹。由于槽内多被锈蚀填充,难以观察内部形貌,总体而言,嵌槽边缘规整,线条流畅,槽底一般较为圆钝,未观察到明显内宽外窄现象及鑿刻痕迹。将犀尊表面嵌槽与咸阳塔尔坡秦墓错金银铜带钩等表面鑿刻而成凹槽进行对比可知,二者具有明显区别,后者槽线不流畅,有连续堆叠的鑿刀痕迹(图二一)。犀尊卷云纹嵌槽圆形弧度标准、线形流畅,这是仅通过鑿刻难以达到的。综上可判断犀尊表面凹槽应主要通过铸造而制成。



图二一 铸造嵌槽与鑿刻嵌槽对比图
1. 铜犀尊铸造嵌槽 2. 陕西咸阳塔尔坡秦墓错银铜带钩鑿刻嵌槽^[30]

其次,关于填嵌材料。目前确有案例证实了采用金汞齐填槽的情况,如四川博物院藏战国铜编钟表面饰金采用了凹槽鑿金工艺,金丝中 Hg 含量为 0.5—6.0%^[31]。山西太原市南郊金胜村春秋晚期赵卿墓出土错金虎符表面嵌金呈膏泥状,与凹槽结合不紧密,表面不太平整^[32]。本研究中铜犀尊的错金银区域成分只检测出金和银,未见汞元素,此外,金银丝与凹槽边缘结合紧密,局部可明显观察到金银丝起翘痕迹,因此,排除了所谓“金涂”法(在槽内涂金汞齐)的使用。

再者,关于表面加工痕迹。在将金银丝嵌入凹槽的过程中,一般会通过捶打

对其固定，并进行打磨，还可能存在拼接和边缘剪裁现象^[33]。例如山西太原赵卿墓出土春秋晚期错金带钩纹饰有捶打和拼接痕迹^[34]。本研究中铜犀尊金银丝表面较为平整，未观察到金银表面捶打痕迹，亦未见金银丝拼接痕迹和边沿剪裁痕迹，但表面可明显观察到具有规律性方向的加工划痕（图八：3），可能是嵌后磨砺表面时形成的痕迹，也可能与该器做过表面除锈处理有关。

五 结论

本文综合利用多种科学分析手段，从材质组成、表面纹饰及错金银工艺等多个方面对中国国家博物馆藏错金银云纹铜犀尊进行了研究，得出以下结论：

1. 犀尊主要由 Cu-Sn 二元合金组成，锡含量较低，盖和左耳由 Cu-Sn-Pb 三元合金组成，可能经过修复。此外，尾部左侧一处成分与器身成分差异较大，可能经过修复。犀尊眼珠材质为我国古代特有的铅-钡-硅系玻璃，左右眼珠表面风化程度存在一定差异。

2. 犀尊腹腔中空，腹腔与头部、四足均不相通，头部与四足内应为泥质盲芯。左侧口中流管伸入头颈部，呈微弧状斜向下插入腹腔，有利于腹腔中液体倒出。器身多个位置发现方形铸造垫片，说明铸造工艺采用了传统的模范铸造法。

3. 犀尊表面通过减地法形成具有两层结构的纹饰，底纹为不规则形态的流云纹，并均匀点缀小圆点纹，二层纹上嵌错金银丝。金银丝平均宽度为 416 μm，短线形纹平均长度为 1789 μm。金银布局具有一定规律性，装饰图案呈现区域性特征，金饰主要分布于面颊、耳内外、背部、前身与后臀部，银饰主要分布于颈部、侧臀、四肢及腹底部。整体装饰布局明确，色彩分割清晰，器身两侧图案对称性强。

4. 犀尊表面嵌槽主要通过铸造而成。器表有加工磨砺痕迹。金银丝有起翘、脱落痕迹，其主要成分中未发现汞元素，基本排除了金汞齐填槽的可能性，进一步印证了该器采用了金银嵌错工艺。

附记：感谢中国国家博物馆陈列部王辉、藏品保管部赵玉亮、王小文等老师在文物提取过程中提供的帮助；感谢北京科技大学科技史与文化遗产研究院张吉副教授、刘思然教授，西北工业大学文化遗产研究院杨军昌教授，中国科学院上海光学精密机械研究所李青会研究员在研究过程中给予的指导与帮助。

注释：

- [1] a. 陕西省考古研究所：《陕西兴平县出土的古代嵌金铜犀尊》，《文物》1965年第7期；b. 孙机：《古文物中所见之犀牛》，《文物》1982年第2期；c. 中国青铜器全集编辑委员会：《中国青铜器全集（12）：秦汉》，文物出版社，1998年，第10页。
- [2] 同[1]b。
- [3] a. 中国青铜器全集编辑委员会：《中国青铜器全集（4）：商4》，文物出版社，1993年，第38页；b. 韦心滢：《从流散海外殷末青铜器见

- 帝辛十五祀征夷方史事》，《中国国家博物馆馆刊》2015年第3期。
- [4] 中国青铜器全集编辑委员会：《中国青铜器全集（8）：东周2》，文物出版社，1995年，第143页。
- [5][10] 中国青铜器全集编辑委员会：《中国青铜器全集（9）：东周3》，文物出版社，1997年，第178页。
- [6][7] 杨妍均、陈芳：《臆想世界：明代犀牛的形象失真》，《自然辩证法通讯》2021年第43卷第7期。
- [8] 丁忠明、曲传刚、刘延常等：《山东新泰出土东周青铜复制剑制作技术研究》，《文物保护与考古科学》2012年第24期。
- [9] 谷舟、杨益民、齐雪义等：《显微CT技术在古代料珠研究中的应用——以河南浙川县马川墓地出土料珠为例》，《CT理论与应用研究》2014年第23卷第5期。
- [11] 千福熹：《中国古代玻璃的起源与发展》，《自然杂志》2006年第28卷第4期。
- [12] a. 同[11]；b. 崔剑锋、吴小红、谭远辉等：《湖南沅水流域战国时期楚墓出土古代玻璃器的成分分析》，《硅酸盐学报》2009年第37卷第11期。
- [13] a. 同[12]b；b. 李青会、董俊卿、苏伯民等：《湖北荆州出土战国玻璃珠的pXRF无损分析及相关问题研究》，《敦煌研究》2013年第1期。
- [14] a. 徐雯：《中国云纹装饰》，广西美术出版社，2000年，第16页；b. 付一彤：《隋唐以前的中国古代云纹》，《2016年第十六届全国纺织品涉及大赛暨国际理论研讨会论文集》，2016年，第75-81页；c. 岳宗站：《中国传统云纹研究》，南京师范大学硕士学位论文，2021年。
- [15] 同[14]a。
- [16] 冯艳：《汉代错金银青铜器研究》，南京艺术学院硕士学位论文，2014年。
- [17] 同[5]，第16、49页。
- [18] 河北省文物管理处：《河北省平山县战国时期中山国墓葬发掘简报》，《文物》1979年第1期。
- [19] a. 史树青：《我国古代的金错工艺》，《文物》1973年第6期；b. 王海文：《青铜镶嵌工艺概述》，《故宫博物院院刊》1983年第1期；c. 齐东方：《中国早期金银工艺初论》，《文物季刊》1998年第2期；d. 孙淑云、李延祥：《中国古代冶金技术专论》，中国科学文化出版社，2003年，第272-277页；e. 郑利平：《中国古代青铜器表面镶嵌工艺技术》，《金属世界》2007年第1期；f. 刘艳、杨军昌、谭盼盼：《“错金银”新论》，《文物保护与考古科学》2019年第31卷第4期。
- [20][26] 杨忙忙：《秦代错银铜带钩的保护》，《考古与文物》1996年第1期。
- [21] 史本恒、王云鹏、路国权等：《邾国故城一件青铜带钩的保护及其错金技术特征》，《文物保护与考古科学》2022年第34卷第4期。
- [22][25] 徐劲松、谢四海、余夏红：《汉三国错金银铜弩机制造技术初探》，《中国第八届科技考古学术讨论会暨全国第九届考古与文物保护化学学术研讨会》，2006年，第26-28页。
- [23][34] 同[19]c。
- [24] Quanyu WANG, Sascha PRIEWE, Susan La NIECE, "A Technical Study of Inlaid Eastern Zhou Bronzes in the British Museum Focusing on a Unique Figure of a Leaping Feline", *ISIJ International*, 2014, 54 (5): 1131-1138.
- [27] 侯介仁：《秦陵铜车马中镶嵌工艺的使用》，《西北农业大学学报》1995年第23期（增刊）。
- [28][30][32] 同[19]f。
- [29] 姚智辉：《对古代错金、鎏金工艺的再认识》，《华夏考古》2019年第5期。
- [31] 杨娟、韦荃、张孜江等：《四川博物馆藏战国铜编钟饰金工艺的科学分析》，《文物保护与考古科学》2022年第34卷第6期。
- [33] 彭雪飞：《战国青铜器错金银工艺的再认识》，《东方收藏》2011年第3期。

（责任编辑 李冠燕）