

西汉海昏侯外藏椁出土三件鎏金当卢 工艺比对研究

◆ 杨 巍

◆ 张红燕

(中国社会科学院考古研究所)

◆ 郭正臣

◆ 李文欢

(江西省文物考古研究院)

◆ 杨 军

摘要:西汉海昏侯外藏椁出土的鎏金当卢,为汉代鎏金工艺提供了范例。对三件鎏金当卢的成型工艺、表面装饰工艺、鎏金工艺的形貌观察,及分析检测进行研究。研究表明银胎当卢运用局部鎏金,钮部与基体为焊接工艺连接,金层主要作用在纹样处;铜胎青铜通体鎏金(双色鎏金)当卢通体双色鎏金运用了鎏金与鎏金银合金交叉结合的工艺;铜胎沟槽鎏金当卢运用纹样沟槽内鎏金的工艺。

关键词:海昏侯;合金汞齐;鎏金工艺;银铜焊药

Abstract: The gilt danglu unearthed from the outer coffin of the Marquis of Haihun in the Western Han Dynasty provides an example for the gilding craftsmanship of the Han Dynasty. The molding process, surface decoration process, gilt process morphology observation, and analysis and testing of three gilt danglu were studied. The research results show that the silver body is gilded locally, the button and the base are connected by welding, and the gold layer mainly acts on the pattern; the bronze body of the copper body is gilded (two-color gilt) when the lutong body is two-color gilt using gilding. The process of cross-combining with gilt-silver alloy; the copper tire groove gilt Danglu uses the process of gilding in the pattern groove.

Key Words: Haihunhou; Alloy amalgam; Gilding; Silver copper flux

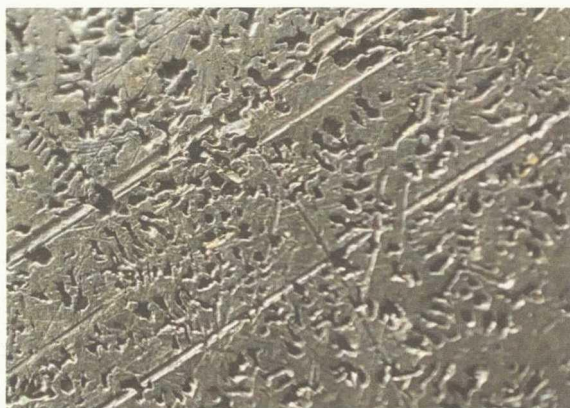
一、前言

2020年,中国社会科学院考古研究所文化遗产保护研究中心与江西省文物考古研究院合作完成了海昏侯墓车马坑出土147件车马器的保护修复工作,其中保护修复当卢54件。

出土的当卢型制多样,纹样精美、制作工艺考究,基体可分为银胎当卢及青铜胎当卢,表面装饰大体可分为错金银、鎏金银以及纹样内施金层装饰。杨小林

在《西汉废帝海昏侯刘贺墓外藏椁出土部分当卢制作工艺研究》中对基体材质、成型工艺、纹样制作和表面装饰工艺进行研究^①,蔡毓真在《海昏侯外藏椁鎏金银青铜车马装饰工艺研究》中,对海昏侯墓出土青铜车马器的鎏金、鎏银、双色鎏金层装饰工艺进行了初步的分析研究^②。海昏侯出土车马器的研究为汉代金属器制作工艺、装饰技术的研究提供了极佳的范例。

在前期研究工作基础上,结合笔者在当卢的保护修复实施中新发现的工艺现象,根据成分分析结果,选取本修复项目中涉及的唯一一件银胎鎏金当卢



图一 气孔、缩孔-50X



图二 焊药

12XGDK1:1207 与铜胎双色鎏金当卢 12XGDK1:1110, 12XGDK1:669 铜当卢进行比对研究。鉴于文物的珍贵性,未对其进行取样分析研究,而是采用无损检测的方法对器物进行分析研究。使用 Tipscope 便携显微镜、X 光无损探伤影像等科学的检测技术,对器物表面微区形貌和连接部位工艺进行分析观察,以此对比三件当卢纹饰的加工工艺和制作工艺。使用便携式能谱仪对其进行无损成分检测,以明确其表面合金成分。

二、工艺现象

应用 Tipscope 便携显微镜镜头,选择当卢基体、鎏



图四 披缝印迹



图三 打磨痕迹

金层表面的成型痕迹、篆刻痕迹,当卢背面钮以及工艺进行微观形貌观察。

(一)成型、焊接工艺

显微观察可见 12XGDK1:1207 当卢的银胎正反面密布大量铸造成型时产生气孔或缩孔(图一)当卢背面钮的连接有明显的颗粒状焊药残留(图二),同时在钮附近的基体表面发现打磨痕迹(图三)。

12XGDK1:1110 当卢铜基体背面钮部进行形貌观察,可以看到当卢背面与钮连接的部位,围绕钮足部有规律地出现近似方形的披缝(图四)。

(二)表面装饰工艺

12XGDK1:1207 银胎当卢表面纹饰有明显的平鏐篆刻工艺痕迹,尤其是在纹饰转弯部位,鏐刀顺次叠压加工痕迹尤为明显(图五)。为凸显纹饰而进行的鎏金整体较为粗糙,多有鎏金溢出纹饰篆刻沟槽的现象,也有鎏金不到位的现象(图六)。

12XGDK1:1110 双色鎏金当卢,表面装饰纹样也采用篆刻工艺中的平鏐技法,转弯弧度较大处纹饰存在“跑刀”的锯齿纹篆刻痕迹(图七)。因通体双色鎏金,未找到基体上的篆刻痕迹。正面通体双色鎏,纹饰鎏金银合金底子鎏金,交界明显(图八),整体细致规则,仅有个别位置相互交融(图七)。

(三)鎏金工艺

12XGDK1:1207 银当卢采用先平鏐后鎏金(图



图五 篆刻痕迹-50X



图六 鎏金溢出、不到位-50X

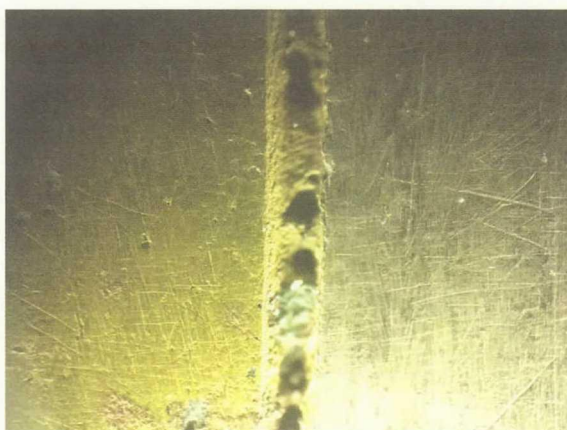


图七 篆刻痕迹、交界交融-50X

九-图一〇)。视频显微镜观察对比鎏金和未鎏金的银胎部位,鎏金的部位表面平整,未鎏金的银胎处可见铸造缩孔。在沟槽内同样可以看到因工艺局限而呈现的金汞齐颗粒半挂在沟槽内的现象(图一一)。

12XGDK1:1110 当卢: 通体鎏金, 沿着纹饰形态有规律地分别使用两种颜色, 使纹饰更加突出。两种鎏金层界线分明, 交界之处黄色鎏金层与银白色鎏金层互相叠压(图一二)。在篆刻沟槽中常可见到不平整的、颗粒密堆积组成的类似凝固流体形态金汞齐颗粒半挂在沟槽中(图一三)。

12XGDK1:669 当卢表面装饰工艺独特, 金汞齐仅涂敷在篆刻纹饰的沟槽内(图一四、图一五), 表现出青铜胎体上金线勾勒纹饰的效果, 与其他鎏金当卢



图八 交界明显-50X



图九 篆刻痕迹-50X



图一〇 先篆刻后鎏金-50X



图一一 沟槽内金汞齐淤积-50X

的显微形态对比, 该当卢纹饰中的金更接近于鎏金在沟槽里金汞齐颗粒密堆积的形态(图一六), 并且有接近流体的挂壁而不是捶打填实的错金工艺效果, 错金工艺如(图一七)。

三、X 射线成像分析

应用 X 光射线探伤检测技术对文物进行透射成像检测, 并通过 X 光探伤图像的指导下了解当卢制



图一二 金层叠压 -50X



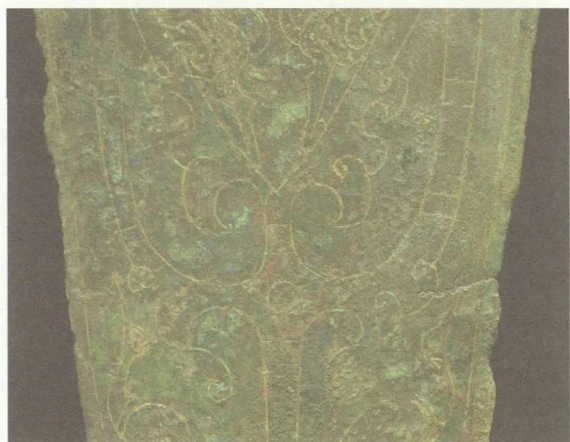
图一五 局部纹饰-50X



图一三 汞齐沟槽淤积-50X



图一六 汞齐堆积-100X



图一四 局部



图一七 错金-50X

作工艺和文物损伤及腐蚀状况。

仪器型号:YXLON SMART EVD160D

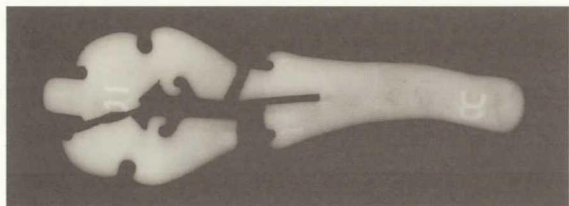
测试条件:电压:2-3kv, 电流:115-135 ma, 时间:1min, 距离:78cm。

从 K1:1207 X光探伤片图像上可以清晰的看到基体残断,腐蚀较为均匀,变形处存在裂隙现象,钮部与基体衔接处无明显影像变化(图一八)。

12XGDK1:1110 双鎏金铜当卢基体腐蚀严重,破

损严重,残缺。因胎体较薄,鎏金层及腐蚀、破损严重等因素的干扰分型嵌范迹象并不明显(图一九),但同类型的铜铸造当卢 12XGDK1:790 及 12XGDK1:1205,明显呈现分型嵌范迹象(图二〇)。

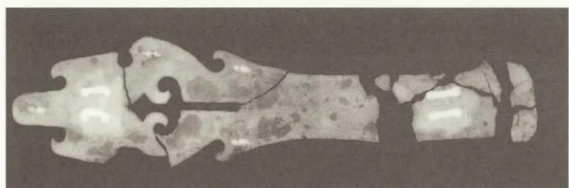
12XGDK1:669 纹饰内鎏金铜当卢通体矿化、局部腐蚀严重,残缺(图二一),纹饰与 12XGDK1:790 鎏金当卢出现相同的沟槽内壁两侧显影更亮,沟槽内呈现“双线中空”的现象(图二二、图二三)。与 12XGDK1:602 错金当卢呈现的纹饰亮度基本一致的情况截然不同(图二四)。



图一八 12XGDK1:1207 (X光探伤条件:3kv/
125ma/1min/78cm)



图一九 12XGDK1:1110 (X光探伤条件:2kv/135ma/
1min/78cm)



图二〇 12XGDK1K1:790 (X光探伤条件:2kv/
125ma/1min/78cm)



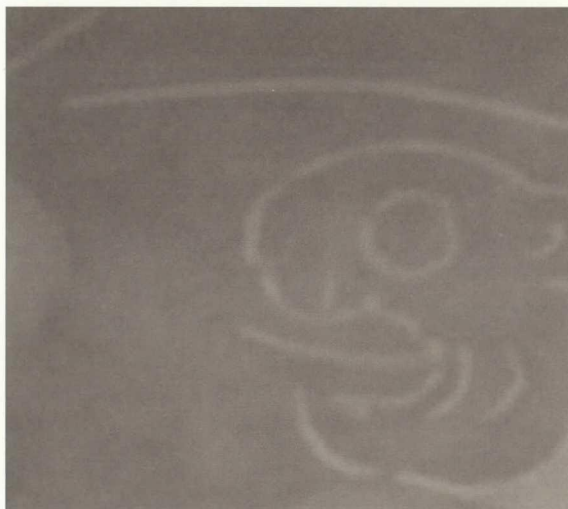
图二一 12XGDK1:669 (X光探伤条件:2kv/
115ma/1min/78cm)



图二二 12XGDK1:790X 光局部-30X (X光探伤条
件:2kv/125ma/1min/78cm)



图二三 12XGDK1:669X 光局部-30X (X光探伤条
件:2kv/115ma/1min/78cm)



图二四 12XGDK1:602 局部错金纹饰-30X (X光探
伤条件:3kv/115ma/1min/78cm)

四、便携式能谱半定量成分分析(XRF)

在前期工艺研究和腐蚀现状评估的基础上,运用便携式能谱仪的金属模式、常见金属模式和土壤模式对三件当卢成型工艺、纹饰加工工艺、鎏金工艺和焊接工艺的技术节点进行分析。

仪器型号:NITON XL3T

测试条件:X光管,Au靶,最大电压50KV,最大电流50uA。

检测过程中,为避免仪器误差,对器物同一部位进行多次检测,然后取平均值,并将检测数据做归一化处理。

运用便携能谱分别对12XGDK1:1207当卢正反两面银基体、鎏金部位、钮附近焊药位置;12XGDK1:1110当卢表面黄白色装饰层、鎏金层、中部右侧鎏金

表一 归一化

名称	编号	检测部位	元素含量(WT%)			
			模式	Au	Ag	Cu
当卢	1207	正面基体	贵金属	98.71	1.28	
当卢	1207	反面基体	贵金属	98.92	1.07	
当卢	1207	正面鍍金层	贵金属	71.80	28.10	
当卢	1207	反面钮部焊点 1	常见金属		59.86	40.13
当卢	1207	反面钮部焊点 2	常见金属		51.35	48.64
当卢	1110	表面黄白色鍍金层	贵金属	76.91	23.08	
当卢	1110	表面黄色鍍金层	贵金属	92.87	7.12	
当卢	1110	中部右侧白色鍍金层	贵金属	75.87	24.12	
当卢	669	中上部中间圆形沟槽内	贵金属	92.61	7.38	
当卢	669	中部中间左侧沟槽内	贵金属	92.04	8.05	
当卢	669	中下部中间沟槽内	贵金属	93.1	6.8	
当卢	669	中部左侧鸟头沟槽内	贵金属	91.5	8.49	

表二 归一化

名称	编号	检测部位	元素含量(ppm)			
			模式	Hg	Ag	Au
当卢	1110	表面白色装饰层	土壤	175976.62	37930.26	218542.96
当卢	1110	鍍金层	土壤	161320.98	11835.48	532207.75
当卢	1110	中部右侧鍍金层(白)	土壤	122257.4	66093.75	134294.1
当卢	669	中上部中间金丝	土壤	3735.403	1532.916	19233.07
当卢	669	中部中间左侧金层	土壤	11621.44	1506.17	7538.54
当卢	669	中部左侧鸟头	土壤	3376.34	1098.32	6378.2

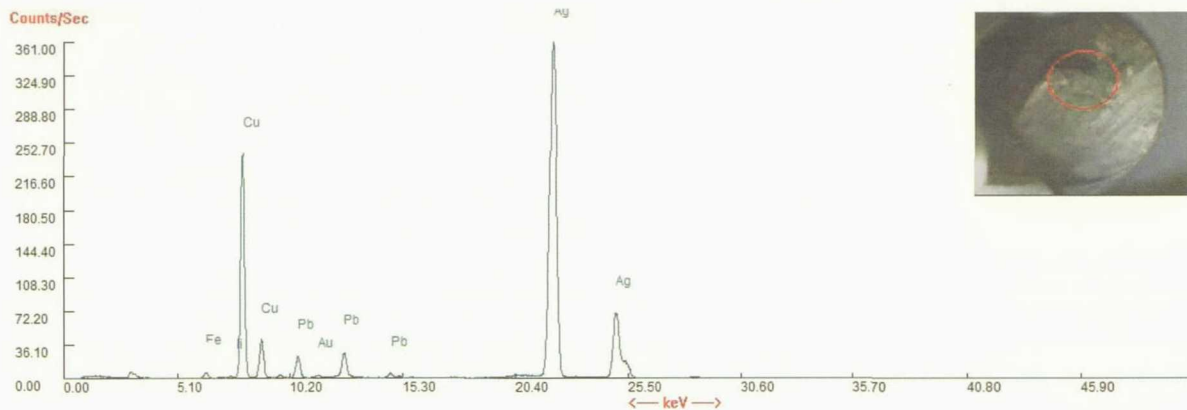
层(白);12XGDK1:669 当卢纹饰纹样沟槽内多点分析,便携能谱成分结果(归一化)分析结果见表(表一-表二),12XGDK1:1207 当卢钮部焊药谱图见(图二五);12XGDK1:1110 当卢鍍黄白色鍍金层谱图(图二六);12XGDK1:669 当卢鍍金层谱图(图二七)。

五、讨论

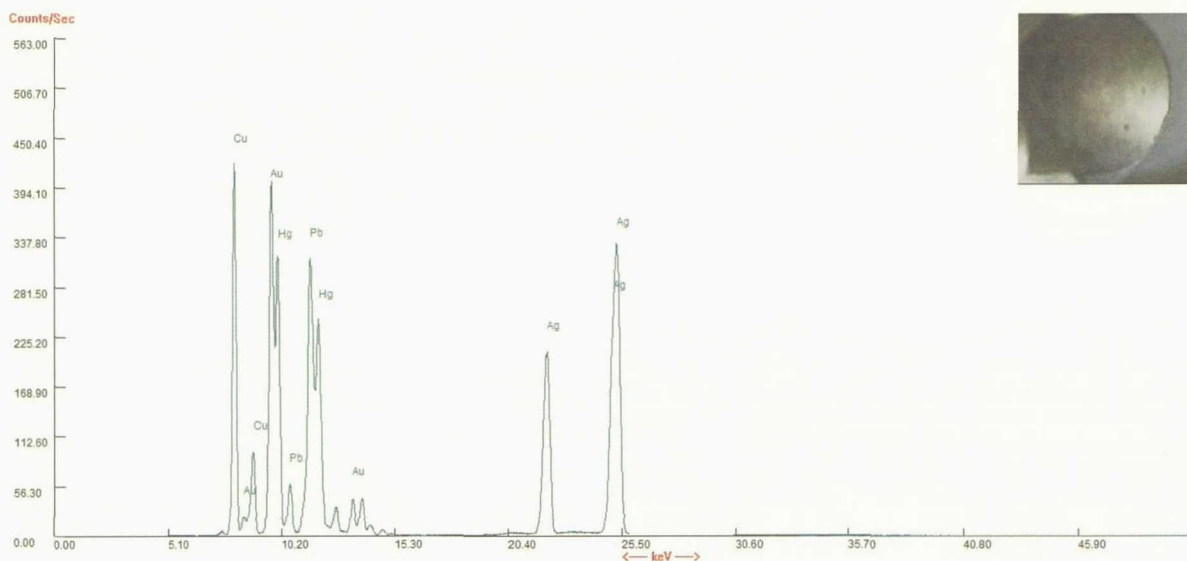
(一)成型工艺

便携能谱分析结果表明,12XGDK1:1207 当卢基体主要元素为银,银含量 98%,12XGDK1:1110 和 12XGDK1:669 两件当卢矿化严重,背面带锈基体主要元素分析结果为铜、锡、铅。三件当卢均为铸造成型。

12XGDK1:1207 银质当卢表面布满的铸造缩孔,其形成与银的物化性能有直接的关联,银在空气中熔融时,能够吸收自身体积 21 倍的氧气,这些氧气在银



图二五 12XGDK1:1207 当卢反面钮部焊点常见金属模式



图二六 12XGDK1:1110 当卢中部右侧黄白色鎏金层 贵金属模式

冷凝时放出并形成沸腾^⑧。在初始铸造过程中,银表面都不可避免地会产生大量气孔或缩孔,即使经过表面加工打磨使银坯表面光滑平整,银器表面仍然可能保留一些非常细小的气孔。

12XGDK1:1110 青铜当卢背面钮与基体衔接处有明显的披缝,即将钮的范固定在当卢的模上制作外范,使钮的小范嵌入铸当卢的范中,再浇入铜液一次成型。由于嵌入的钮范与当卢范之间存在合范面,在铸造好的当卢上产生了披缝,为分型嵌范的工艺特征,同时也说明了分型的部位。

12XGDK1:669 青铜当卢或因矿化腐蚀严重,铸造时合范规整,后期打磨处理,未发现背面钮与基体衔接处有披缝存在的迹象,同制式的圭形铜当卢存在分型嵌范的铸造工艺,此件器物铸造工艺有待继续研究。

(二)焊接工艺

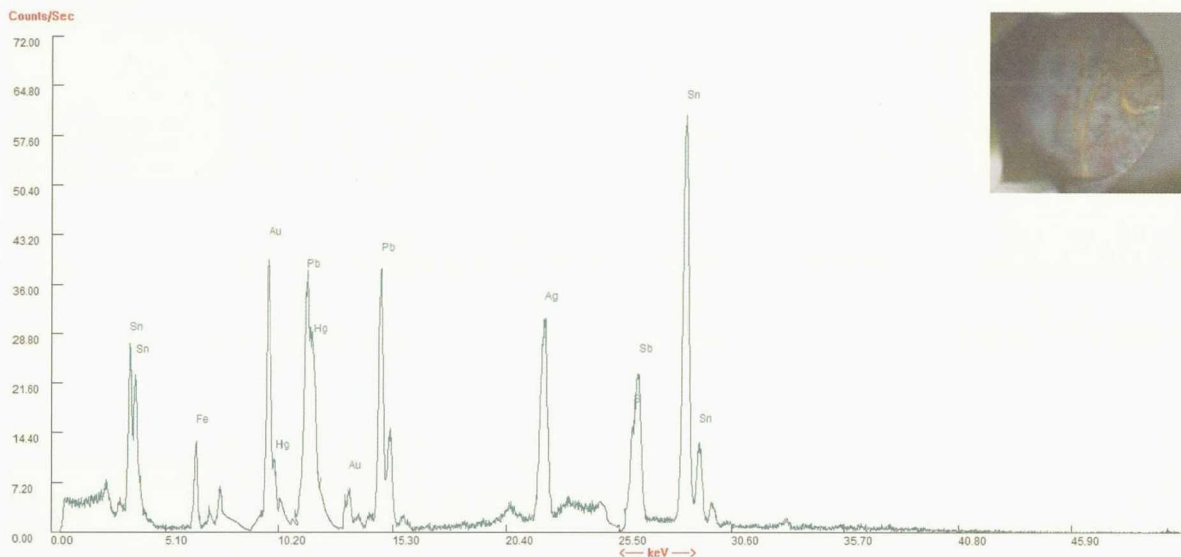
12XGDK1:1207,银当卢背面钮与主体的连接采用了大焊(火焊)工艺,在当卢背面钮与当卢基体连接

处有明显的颗粒状焊药残留,属于焊接中的“弥药”现象。钮部与基体连接部位留有密密麻麻的未熔化完全的焊药,此处有绿色铜锈,在钮附近的基体表面发现打磨痕迹。运用便携能谱在三处焊接部位进行分析,结果表明,主要元素为银、铜。银铜是易形成低熔点共晶的合金,有良好的焊接性能,银中加入铜可降低熔点,增加流动性。银铜焊药统称为“红焊药”^⑨。通过钮部附近打磨痕迹基本可以断定是清理大焊后溢出的焊药,也进一步证明银当卢钮为焊接成型。

(三)装饰工艺

银当卢与青铜当卢从显微观察到的叠压刀痕及“跑刀”形成的锯齿纹,推断出均采用篆刻工艺中的平鏐技法。采用不同胎体,不同成型工艺,通过鎏金工艺达到金银双色的视觉效果,增加纹饰光泽感。X光探伤观察到12XGDK1:669沟槽内鎏金与其他鎏金沟槽呈现同样的“双线中空”的现象,到达了与错金工艺相近的视觉效果,提高了纹饰的视觉冲击力。

(四)鎏金工艺



图二七 12XGDK1:669 当卢 鎏金层 贵金属模式

始于春秋战国的鎏金技术，汉代已相当的成熟。《汉书·外戚传》记载：“……居昭阳舍，其中庭彤朱。而殿上髹漆，切皆铜沓黄金涂，白玉阶，壁带往往为黄金

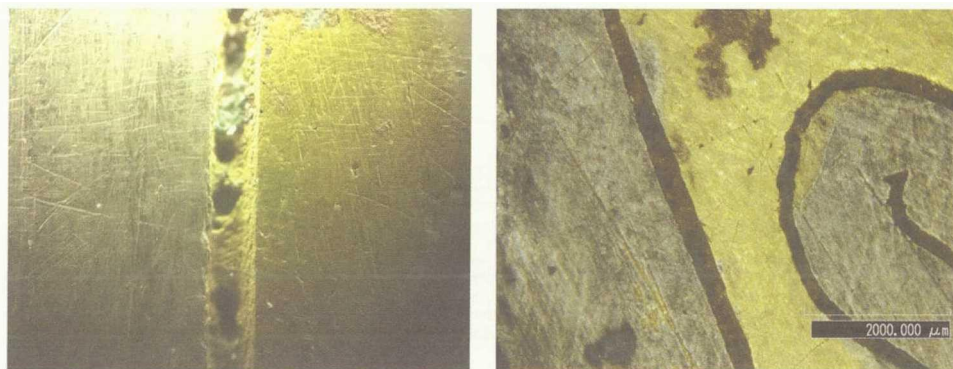
缸……”，由此可知汉代鎏金工艺称为“黄金涂”。目前已知的海昏侯外藏椁出土当卢大部分采用鎏金工艺或错金银工艺进行装饰。

12XGDK1:1110、2XGDK1:1207、12XGDK1:669，3件当卢鎏金表现形式分别为通体鎏金（双色鎏金）、局部鎏金，纹样篆刻处鎏金（图二八）。

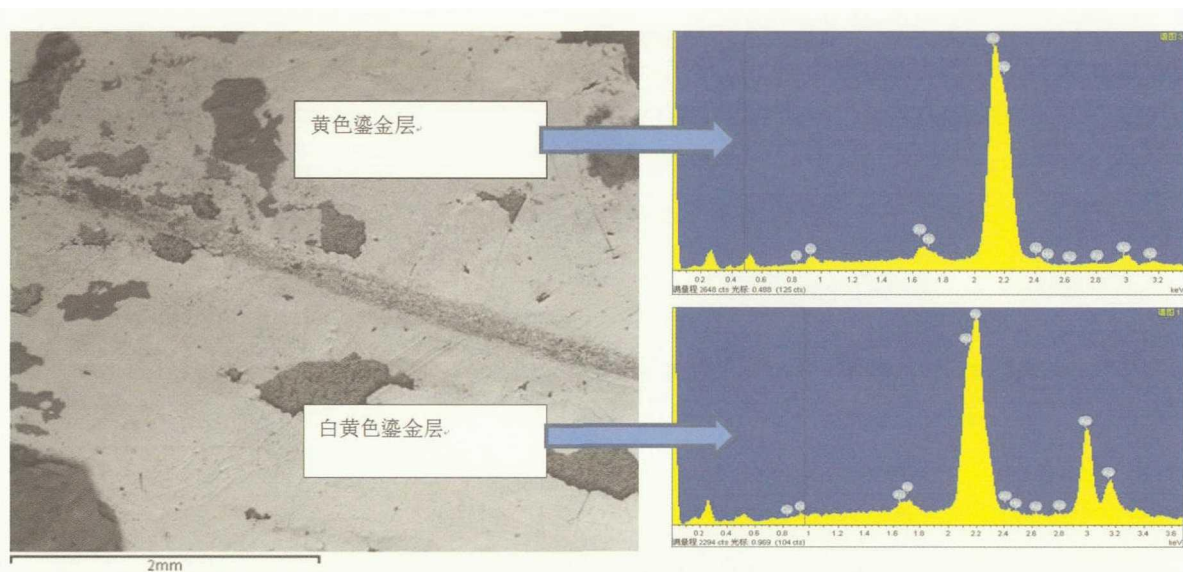
12XGD K1:1207 是 54 件当卢中唯一一件银质鎏金当卢。鎏金层较薄，可能因为这一件银当卢表面鎏金层数较少，在篆刻沟槽中常可见到不平整的、颗粒密堆积组成的类似凝固流体形态金汞齐颗粒半挂在沟槽中。结合鎏金工艺，鎏金过程是先制备金汞齐（金-汞合金），将金汞齐涂抹到器物表面后，还需要用玛瑙轧子进行辗轧，而在篆刻沟槽中的中金汞齐难以被轧到，所以会保留金汞齐的原始形态，由表面张力作用而缩成小颗粒凝聚在一起。这一现象反过来也可以证明当卢是先篆刻出纹样后施以鎏金。该文物鎏金层有较多溢出沟槽严重及鎏制不到位的现象，未能达到双色鎏金的规整度，是加工手法问题，还是后期未做处理，还需要进一步研究。



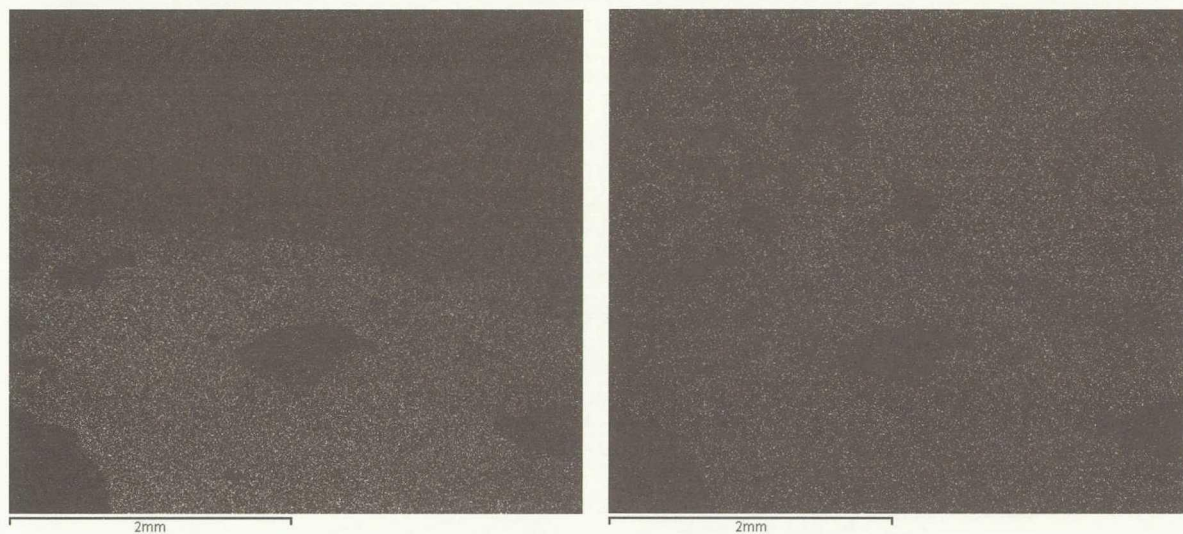
图二八 12XGDK1:1207 12XGDK1:1110 12XGDK1:669



图二九 12XGDK1:1110-80X、12XGDK1:2053-50X 双色鎏金局部图



图三〇 SEM谱图



图三一 元素分布图

12XGDK1:1110 当卢，通体双色鎏金，鎏金层颜色呈黄色、黄白色两种。便携能谱分析结果表明，黄色鎏金层金 92.87%、银含量 7.12%，黄白色鎏金层金 76.91%、银含量 23.08%，2015 年在对 12XGDK1:2053 当卢进行保护修复的过程中也发现了双色鎏金的现象，两种鎏金层界线分明。12XGDK1:1110、12XGDK1:2053 双色鎏金局部图(图二九)。

运用扫描电镜(SEM)对 12XGDK1:2053 不同颜色的鎏金层表面进行元素分析和面扫，分析结果表明：黄色鎏金层上的主要元素为金、汞、银，金含量 81.59%，汞含量 8.29%、银含量 5.29%。黄白色鎏金层主要元素为金、银、汞，金含量 52.69%，银含量 25.77%，汞 20.14%(SEM 谱图见图三〇)。同部位进行面扫，元素分布图显示黄白色鎏金层银、汞元素含量明显高于黄色鎏金层(图三一)结合视频观察综合分析，双色鎏金层的鎏金顺序，先鎏金，再鎏金银合金，黄白

色鎏金层中检测出高含量的汞元素也给予证实^⑤。

鎏金工艺中，汞齐的制作环节尤为重要。金汞齐易于制备，银虽然也能与汞结合生成汞齐，但由于银遇空气后易形成一层氧化膜，这层氧化薄膜阻碍被汞润湿和向其内部扩散的汞齐过程。银表面在汞齐化过程中形成的致密氧化膜，给银汞齐的制备带来了一定的难度^⑥。

汉代的鎏金工艺，充分利用了金银合金无限互溶的特性和良好的铸造性能和抗氧化性。通过改变金银合金配比实现调节色彩功能，双鎏当卢通过调控金银合金的比例制作“银”汞齐，即降低鎏制工艺难度的同时，使其具有光鲜的色泽，用这种工艺彰显华丽富贵，其聪明才智值得敬佩。

12XGD K1:669 沟槽鎏金青铜当卢纹饰带有金料的检测点内都有相对大量的汞含量存在。有些几乎与银含量相当，甚至个别部位达到了金成分的一半，由

此可以排除使用汞炼金方法得到金材料中自带汞残留的可能性,应该是鎏金工艺时金汞齐中残留下的汞。《说文》云:“错,金涂也”。赵振茂先生曾在《青铜器的修复技术》中提到,修复、复制镶嵌金银花纹铜器时,发现了战国时代镶嵌法的奥秘。原来,有的镶嵌金银花纹是沿花纹阴道镏上去的金银丝。在修复战国镶嵌金银错花纹铜器时,偶然发现一件铜尊的口沿下,鎏金痕迹尚未磨除干净^⑦。并且总结并实践了这一工艺。鎏金纹饰与鎏金工艺相似^⑧。其方法为:填金泥-烘烤-刷亮-再鎏-鎏平-打磨-刷洗。战国时期这种纹饰鎏金工艺已然应用在器物上,可见沟槽处鎏金再进行打磨去除花纹外的鎏金层这一方法是存在并且可实施的,但因该器物腐蚀、矿化严重,未找到相应的打磨等相关迹象。

六、结论

三件鎏金当卢,基体材质分别为青铜、银。青铜当卢的成型工艺运用了分型嵌范的铸造工艺,银当卢器身与钮的结合运用了焊接工艺,纹样的鏤刻运用了细金工艺中的平鏤技法,汞齐的制作有金汞齐和金银汞齐两类,通体双色鎏金的当卢上黄色部位涂覆金汞齐,黄白色部位涂覆金银汞齐。鎏金方式为通体鎏金、局部鎏金和沟槽内鎏金。

1.12XGD K1:1207 当卢,铸造成型,基体为银,银含量98%,背面钮与器身连接应用了焊接技术,焊药为银铜二元焊药。以银基体为底,“S”形交龙纹样,鸟纹样等为金色纹饰,采用对称性的构图带来平衡感和稳定感,纹样制作采用了鏤刻工艺中的平鏤技法,局部鎏金,金层主要作用在纹样处。

2.12XGD K1:1110 当卢,青铜基体,器身成型运用了分型嵌范的铸造工艺。以先鎏金色为底,再使用“银”鎏制凸显“S”形交龙纹样,鸟纹样等银色纹饰,同样采用对称性的构图带来平衡感和稳定感,纹样制作采用了鏤刻工艺中的平鏤技法,通体双色鎏金运用了鎏金与鎏金银合金交叉结合的工艺。金层分为黄色主要成分为金和黄白色主要成分为金银合金。

3.12XGD K1:669 当卢,青铜基体,铸造成型,以铜基体为底,“树形”纹样,鸟纹样等为金色纹饰,大部分对称性的构图带来平衡感和稳定感,纹样平鏤,纹样沟槽内鎏金。

致谢:感谢中国社会科学院考古研究所王浩天,中国国家博物馆杨小林,故宫博物院霍海峻,中国社会科学院考古研究所黄希给予的帮助。感谢中国社会科学院考古研究所文物保护修复实验室张红燕、李其良、郭正臣、王宇及海昏

侯工作站李娜在保护修复工作中的大力合作。

注释:

①⑤⑥杨小林、王浩天:《西汉废帝海昏侯刘贺墓外藏椁出土部分当卢制作工艺研究》,《南方文物》2017年第1期。

②蔡毓真:《海昏侯外藏椁鎏金银青铜车马装饰工艺研究》,《南方文物》2019年第6期。

③薛光:《银的分析化学》,第6页,科学出版社,1998年。

④杨小林:《中国细金工艺与文物》,第126页,科学出版社,2008年。

⑦赵振茂:《青铜器的修复技术》,第51~52页,紫禁城出版社,1988年。

⑧赵振茂:《金银铜器的传统修复技术》,《故宫博物院院刊》1994年第3期。

(责任编辑:刘慧中)