

故宫藏清紫檀木嵌玻璃贴喜字纹四方折角挂灯灯穗的 工艺与复制研究

Study on Technology and Reproduction of Qing Dynasty Red Sandalwood Inlaid Glass with
Double-Happiness Pattern Lantern Enamel Painted Tassel in the Palace Museum

王雪莹 孔艳菊 罗涵 段佩权 黄婧

Wang Xueying Kong Yanju Luo Han Duan Peiquan Huang Jing

(故宫博物院, 北京, 100009)

(The Palace Museum, Beijing, 100009)

内容提要: 紫檀木嵌玻璃贴喜字纹四方折角挂灯原放置于寿康宫, 因配双喜纹样, 推测为帝后大婚庆典时使用。该灯原配有8条画珐琅灯穗, 整体尘污, 丝织品卷曲, 且其中2条遗失, 影响了展陈效果, 因此需保养和复制。本次研究使用显微镜、X射线荧光光谱仪等对画珐琅灯牌的金属和珐琅进行工艺观察和材质检测, 结果显示蝙蝠配件使用铜锌合金(黄铜)鎏金, 珐琅牌使用纯度较高的铜金属(紫铜)做胎烧制画珐琅。珐琅材料中黑色珐琅着色元素为锰, 红色为铁, 蓝色为钴, 白色的底胎中有含砷的乳浊剂, 红色喜字四周勾线为描金工艺。依据检测结果, 复制时使用了同类同规格材料。本次修复将现代科技与传统工艺实践相结合, 解决了双面牌包金制作技法和画珐琅粉色发色两个工艺难点, 为今后画珐琅文物的修复与研究提供参考。

关键词: 画珐琅 传统工艺复制 科学检测 灯穗

Abstract: Red sandalwood (*Zitan*) inlaid glass with double-happiness pattern square folding corner hanging lantern was originally placed in Shoukang Palace, because of the double-happiness pattern, speculated to be used in the wedding celebration of the emperor. The lantern was originally decorated with 8 painted enamel tassel, the overall dust, the silk fabric curled, and two tassels are missing affected the display effect, so it needs to be maintained and copied. In this study, microscope and X-ray optical spectrometer were used to observe the process and material detection of the metal and enamel of the painted enamel lamp brand. The results showed that: Using copper zinc alloy (brass) to make bat accessories; The enamel brand uses a higher purity copper metal (copper) to make a painting enamel, and the black enamel coloring element in the enamel material is manganese; Red is iron; Blue is cobalt; The white substrate contains an opacifying agent containing arsenic; The red happy characters are lined around the gold tracing process, and similar materials of the same specification are used when copying. This restoration combines modern science and technology with traditional craft practice to solve the two technical difficulties of double-sided plate gold production



techniques and painted enamel pink color, which provides reference for the restoration and research of painted enamel cultural relics in the future.

Key Words: Painting enamel; reproduction of traditional techniques; scientific detection; lantern tassel

一、引言

宫灯自春秋出现,经历朝历代不断改进,至清代已不仅仅是照明工具,也具有装饰功能。清代宫灯一般由内务府造办处统一管理,按照规定的时间和惯例对宫灯进行统一的制作、安设、更换、修理、供奉等。宫中有专门制作灯具的灯裁作^[1]。挂灯作为宫灯的一个种类,通常由宝盖、灯身与穗帏三个部分组成。灯穗则是穗帏中的一种,通常由绳结、流苏、吊挂牌和彩珠等组成,其中吊挂牌为灯穗的装饰重点,一般是由象牙、硬木、漆木等制成^[2]。故宫博物院藏清紫檀木嵌玻璃贴喜字纹四方折角挂灯(以下简称紫檀挂灯)灯穗的灯牌比较特别,使用了画珐琅工艺。

对画珐琅类文物的修复中,多采用“冷修复”,即在常温条件下对需要修复的部位进行遮盖的修复方式^[3]。其原因是防止复烧的过程对文物产生损害。虽然这类材料在使用和祛除的时候较为方便,但是其在视觉效果上还是与原材料存在差异,而且在长期的展览与保存中,会出现不同程度的氧化变色、老化脱落等问题。此次补配的灯穗是配件,与主体之间可拆卸,在复制过程中进行烧制并不会对原本的文物有所损坏,因而选择了使用原材料原工艺进行复烧补配。

有关清代画珐琅工艺的研究,多为对历史资料的考证和对文物成分的检测^[4-5]。本文在结合文献考证和科学检测的同时,侧重于实践中解决问题,积累经验,对画珐琅灯穗复制过程中的原材料、原工艺进行深入解析,以供参鉴。

二、文物概况

紫檀挂灯(图1)原放置于寿安宫,通过灯体玻璃上彩绘双喜纹可以推测为帝后大婚时使用。该灯体量很大,且在制作



图1 紫檀木嵌玻璃贴喜字纹四方折角挂灯

上使用了玻璃、紫檀和画珐琅等较为名贵的材料与工艺，因此推测该灯在灯具类文物中规格较高，具有较高的研究价值。

该灯的主要结构分为宝盖、灯身与穗帙三个部分。上部是宝盖部分，高63厘米，直径78厘米，由紫檀木雕刻制成，宝盖檐外翻上扬有折角，折角处设8个龙头向外挑出，口唇处安小挂钩，用以垂挂灯穗。灯身为分体结构，设金属链与宝盖相连，高102厘米，直径48厘米，主要材质是紫檀木和玻璃，玻璃上饰有喜字纹。穗帙分灯穗和帘帙两个部分，帘帙位于宝盖和灯身口沿处，由丝线穿玻璃珠和珊瑚珠制成；灯穗挂于龙头成条穗状，由珐琅吊牌、金属蝙蝠、珊瑚珠和真丝穗串成，根据存有的龙头数量，原应配有8条灯穗，现仅存6条。为了复原宫灯原貌，恢复其展示效果，需要重新制作2条灯穗。

三、检测分析

《清宫内务府造办处档案总汇》记载，乾隆五十四年（1789年）十月十三日，珐琅处现无活计，将官员及其他匠艺人等，俱归并造办处当差，至画珐琅人，着归如意馆当差，管领太监归乾清宫当差^[6]。据此记载可以推测，在乾隆晚期画珐琅工艺相关的人员均被调离，此后宫廷画珐琅器可能停止制作，因此在文献记载中和技艺传承上，有关宫廷画珐琅工艺的内容不是很详细，故而在对宫廷画珐琅文物的研究中，有必要介入科技手段。科学检测可以真实客观地揭示文物材质与制作工艺，其分析结果是后续复制工作中尽可能还原原材料与原工艺的重要依据。

1. 金属成分分析

针对该珐琅牌的金属进行无损成分分析，使用德国Bruker Nano GmbH Artax X射线荧光光谱仪，采用Rh靶激发源，电压50kV，电流200μA。底胎选取了3个位置进行检测，均为珐琅脱落底胎裸露的部分，检测出的主要成分为铜（Cu），因此可以判断底胎材质为紫铜。珐琅牌的包边、圆环和蝙蝠部分检测出的主要成分均为铜（Cu）和锌（Zn），因此可以判断所使用的材质为黄铜。蝙蝠表面还测出少量的汞（Hg）和金（Au）说明表面有鎏金。检测结果详见表1。

表1 金属成分数据

序号	测试部位	测试结果
1	底胎	Cu
2	蝙蝠	Cu/Zn/Au/Hg
3	焊点	Cu/Zn/Sn/Pb
4	圆环	Cu/Zn
5	包边	Cu/Zn

2. 珐琅元素分析

针对该珐琅牌所使用的珐琅料的元素分析，使用德国 Bruker Nano GmbH M6 JETSTREAM大幅面X射线荧光成像仪，采用Rh靶激发源，电压50kV，电流600μA。检测结果（图2）显示：在珐琅各个颜色的釉料中，黑色的着色元素为锰（Mn）；红色的着色元素为铁（Fe），可知所使用的红色釉料为铁红；蓝色的着色元素为钴（Co），这与中国传统的瓷釉规律相符；黄色中含锡（Sn），这与文献中记载的在中国17世纪以后的产品中，仅见含锡的黄色釉是相符的^[7]；白色的底胎中有含砷（As）的乳浊，说明所使用的白色是砷白，即依靠砷酸铅（PbHAsO₄）晶体的乳浊效应得到的白色^[8]；红色喜字四周勾线为金（Au），因此可知喜字描边用的是描金工艺。

3. 显微镜成像分析

由于画珐琅的烧制是层层叠加的，需要通过显微镜放大观察，来研究各层颜色之间的覆盖关系，以推测不同颜色釉料的烧制顺序。根据放大观察结果分析，该珐琅牌是以紫铜为底胎，第一层烧制的是白色底釉；最后一层是用红色釉料烧制的喜字和红

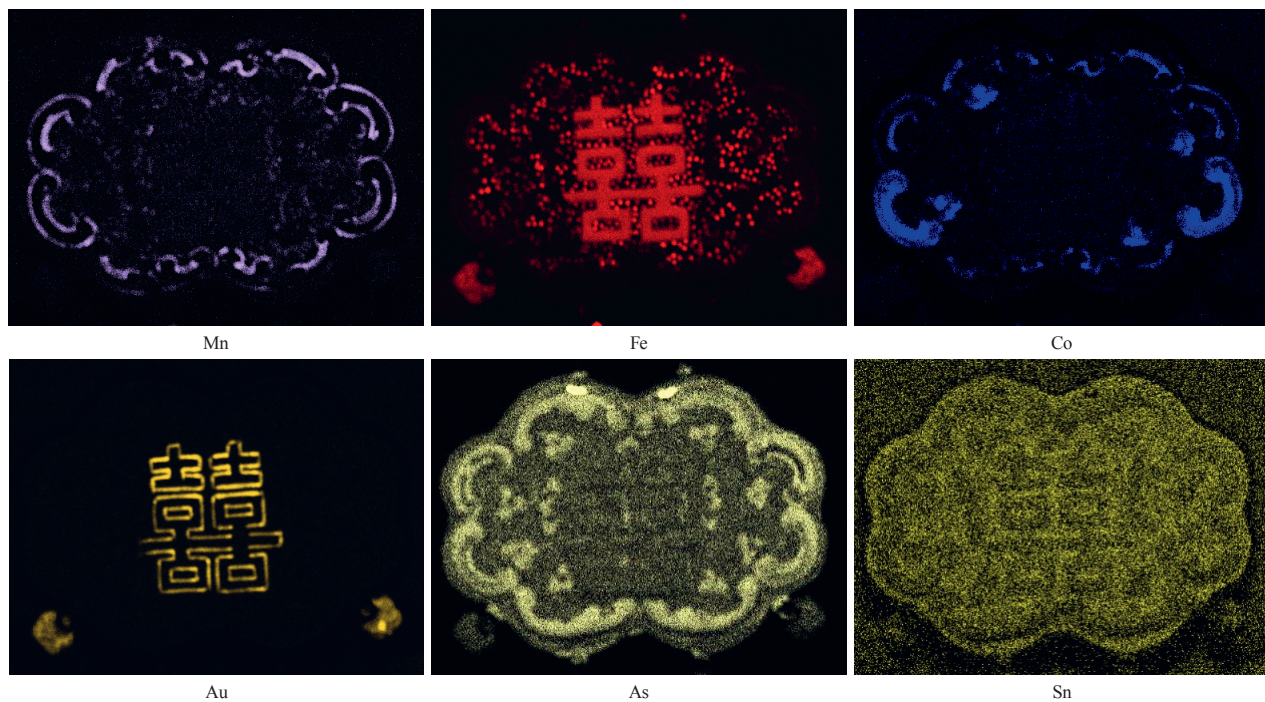


图2 珐琅釉料元素分析结果

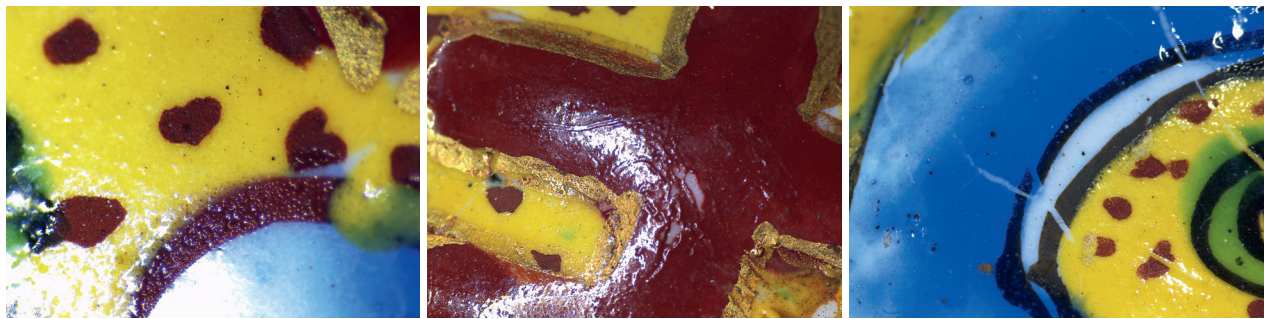


图3 画珐琅局部



图4 蜂蜡填补

点，全部烧制完成后再对喜字边框进行描金处理；中间层的黑色、黄色、蓝色、粉色和绿色等釉料绘制的纹样（图3），叠加顺序没有统一的规律，无法得到确

切的推测，只能在后续的实践中进行尝试进而得出结论。

此外，在显微镜的观察中，发现有部分珐琅缺失的部位采用了蜂蜡填补（图4）的方法进行修补。在清乾隆时期存在一种使用蜂蜡填充珐琅釉气孔缺陷的工艺，蜂蜡中掺入石青、赤铁矿和铅白这些颜料以与珐琅釉色相协调^[9]。这种方法在《清宫内务府造办处档案总汇》也有记载：乾隆五十九年四月三十日金玉作员外郎大达色、库掌舒兴来说太监厄勒里交广珐琅小五供一分（随木座，佛堂，琅磕缺），传旨将磕缺处用蜡补好着色，找补花纹。钦此^[10]。由此可见这种蜡补的修复技术在乾隆时期就已经十分成熟。

4. 小结

综上所述，经科学检测可以分析出该珐琅牌的制作原料与

工艺：以紫铜篆刻做底胎，烧制各色珐琅釉料后，用黄铜片包边，再焊接黄铜圆环，最后整体镀金。该灯穗所需要的其他配件也得到确定，金属蝙蝠为黄铜镀金，穿穗子所用的珠子为珊瑚珠。科学检测结果为之后的复制工作提供了依据。

四、复制过程

1. 复制技术路线及材料选择

画珐琅灯穗所涉及的工艺种类和材质较多，其制作需要一个缜密衔接的流程，经多次讨论、反复推敲，制定出金属底胎制作、画珐琅烧制、包边、配件制作、绳结编织和整体穿制六项主要工作组成的复制技术路线。

由于文物时代距今有几百年，很多材料现已不存，无法完全复原，因此在金属、珐琅、珊瑚和编绳材料的选择上，只能根据检测分析的结果尽可能还原。金属材料选择紫铜和黄铜，具体详见表2；珐琅材料选择成分相似的画珐琅釉料；珊瑚珠选择仿真珊瑚材料加工而成，在展陈和运输环境中，仿真珊瑚具有更稳定的物理化学特征；编绳材料选择真丝线。

2. 底胎制作

底胎制作所使用的工艺是篆刻工艺中的台鑿和采鑿，台是在胎型反面操作，以不同形状的台鑿顶出纹样轮廓；采则是在所台出的正面鑿刻纹样，压出线条。台采结合可以呈现浮雕和浅浮雕效果^[11]。在底胎制作的试验过程中发现，鑿刻时要考虑到覆盖珐琅釉料后浮雕高度差减少的问题，浮雕效果会变得不明显。因此，在复制件的底胎鑿刻

中，起伏高度并不能按照烧制好珐琅的原件进行1:1复制，需要比原件高出1毫米左右，在烧制完釉料后才能达到1:1的效果。具体的底胎制作方法详见表3。

3. 珐琅烧制

画珐琅的制作技法远比掐丝珐琅复杂，需先烧制白色的底釉，再按颜色的不同进行层层绘制。由于烧制温度、烧制时间对珐琅的成色有很大的影响，因此不同的颜色必须在每次烧制中设定不同的温度及烧制时间。需要说明的是，粉红色的釉料选择了金红，相关清代红色彩瓷的科学分析表明，2‰含量的金元素就能使色釉呈现较浓艳的胭脂红色，1‰的含量就可呈现粉红色^[12]。详细的制作工艺和技术难点见表4。

表2 金属材料选择

构件	底胎	包边	圆环	蝙蝠
材质	紫铜	黄铜	黄铜	黄铜
尺寸	厚0.5mm	宽5mm 厚0.5mm	宽2.5mm 厚0.5mm 直径5mm	宽37mm 厚2.45mm

表3 底胎的制作

序号	处理步骤	方法与材料
1	1:1绘制纸样	利用电脑绘图将纹样绘制出，并将外轮廓转拓到0.5毫米厚度的紫铜板上
2	锯出外轮廓	将拓好轮廓的紫铜板锯出需要的形状，并用锉子将边缘调整流畅
3	浮雕篆刻	每一次高温加热过后都需要先进行酸洗，去除表面的氧化物，之后重新拓上纹样； 用篆刻子在沙袋上对铜板进行篆刻，并需要通过反复高温加热，增加铜板的延展性（图5）； 细节部分需要在松香胶板上固定后篆刻，每片底胎都需经多次篆刻后才能完成
4	整形	退火后通过橡胶锤将整个铜片调整平整，直到正反两面严丝合缝地拼合在一起，完成底胎制作（图6）

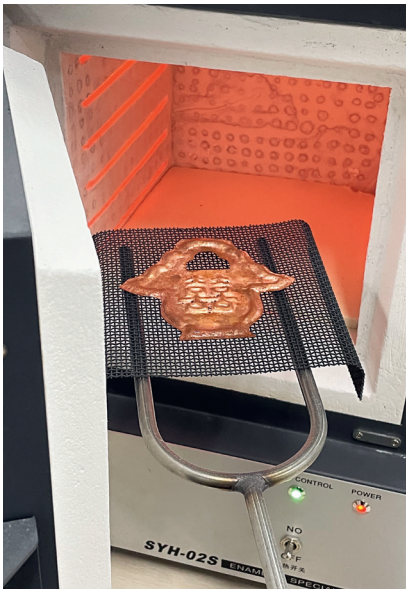


图5 篆刻过程中反复高温加热



图6 完成的底胎

表4 珐琅的烧制

序号	处理步骤	技术难点	方法、材料
1	背釉	1. 过薄，正面多次烧制会变形； 2. 过厚，烧正面时釉水会流淌	1. 先用喷壶将纯净水均匀喷在铜片上，水雾要细，防止后续结块； 2. 用筛子将混合好的釉料均匀撒到背面（图7），再将炉子温度设置为850℃高温加热至表面釉料流平后取出
2	底釉	1. 需要完全去除油脂，否则烧制出的白色釉料会结块； 2. 需要完全去除氧化物，否则烧制后白底上会出现绿色氧化物	1. 酸洗去除加热过的铜表面氧化物； 2. 使用去污粉将表面的油脂去除； 3. 用筛子均匀撒上白色釉料； 4. 炉子温度设定为780℃，加热至表面流平； 5. 重复上述步骤，再烧一遍，直至金属表面完全覆盖均匀的白色（图8）
3	勾线	控制温度，防止后续多次烧制使釉料融化程度过高而褪色	1. 黑色釉料调油完成勾线，晾干； 2. 650℃进炉，630℃出炉，使珐琅釉料轻微融化，但未完全到达玻璃质
4	上色	1. 为防止串色，需要多次上色烧制，且要根据不同颜色珐琅料所需温度调整上色顺序； 2. 尽可能缩减入炉次数，防止先上的颜色因为入炉次数过多与底釉相融，反出白色	1. 用黄色釉料调油后上色，650℃放入炉子，温度再次升至650℃后取出，表面釉料轻微融化（图9）； 2. 用玛瑙红、深绿、碧蓝调油上色，750℃放入炉子，温度再次升至750℃后取出，表面釉料完全融化成玻璃质； 3. 用西赤调1号油绘制喜字，黑色调油钩黄底上的卷草纹，720℃放入炉子，温度再次升至720℃后取出（图10）； 4. 喜字第二遍上色，点红色的点，卷草纹绿色上色，720℃放入炉子，温度再次升至720℃后取出，所有颜色均融化成玻璃质（图11）
5	描金		选用纯度为75%的常色金粉混合国画用胶液，在喜字边缘勾勒金线

4. 包边和圆环的制作

包边所选用的材料是厚度为0.15毫米的黄铜板，裁成若干宽度为5毫

米的黄铜片。由于黄铜的硬度比较高，需要将黄铜片加热至750℃使其变软。以直径3毫米的金属棒为模具，将铜片敲至半圆管状，再加热后用拉丝板拉成直径2毫米的半封闭圆管。将制作好的珐琅片背面相对扣在一起，将半封闭圆管退火后

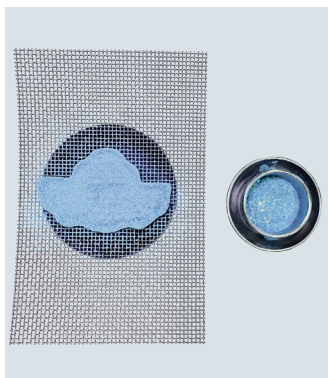


图7 筛背料



图8 白色底釉



图9 填色



图10 填色步骤

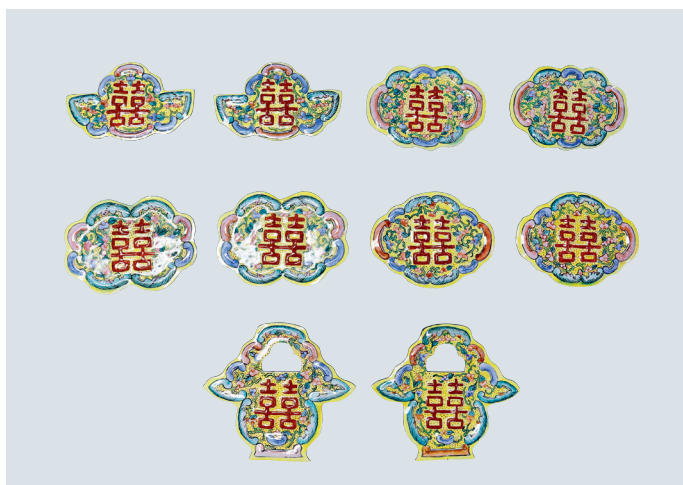


图11 烧制完成

沿边缘扣在珐琅片的边缘，并根据珐琅片的形状进行包边处理。最后将厚0.5毫米、宽2.5毫米的黄铜片裁成长16毫米、宽2.5毫米的黄铜段，共计40个，以直径5毫米的金属棒为模具，将黄铜段制作成圆环，一一焊接于包好的黄铜边上。

5. 配件制作

原金属蝙蝠配件使用的是传统的铸造工艺，即雕蜡铸造工艺。传统复制中，大多采用翻模技术，会在一定程度上对文物原件表面产生损坏。为更好地保护文物，并获得更精确的补配效果，此次复制采用基于图像的三维建模技术和3D打印技术。首先运用三维建模技术建立金属蝙蝠三维模型，经过多

次修复得到理想的模型效果图（图12）；其次利用3D打印技术将三维模型打印出来，以3D打印模型为基础，铸造得到黄铜蝙蝠构件（图13）；然后对黄铜蝙蝠构件进行打磨，并对其表面镀金；由于镀金后颜色过于鲜亮，最后做旧处理。金属蝙蝠饰件嵌有宝石，在其金属胎体制作好后，使用黏蜡胶将宝石粘在铜钱造型处（图14），黏接完成后将多余的胶剔除。胶所用材料主要以虫胶的乙醇溶液（又称虫胶漆）为介质，调和无机颜料粉。虫胶是从一种寄生在树皮上雌性半翅目紫胶虫的分泌物中提取的。纯化后的虫胶呈黄色或棕紫色颗粒或薄片，故又称“漆片”^[13]。

6. 绳结编织与整体穿制

灯穗制作的最后一步，是使用真丝的织带以绳结的方式把灯牌串联起来。此条灯穗使用单线穿编盘长结和蝴蝶形盘长结，后起头下坠15厘米藻井结流苏一条，而后拴坠第一块画珐琅灯牌，并每间隔15厘米拴坠一块灯牌，两块灯牌中间拴坠蝙



蝠，直至最后一块灯牌。前4块灯牌两端垂坠2条15厘米流苏，最后一块灯牌下部垂坠4条20厘米流苏。真丝织带的复制和流苏的编制，由文保修复部织绣组完成。

接下来进行灯穗织带部分的连接工作。每一段绳结连接处均由白、蓝、棕三色金属丝线圈固定，共计48个。该线圈内芯为直径约3毫米的金属丝。将真丝线上刷糨糊，然后缠绕于金属丝表面（图15），待糨糊完全晾干后，使用透明水色对真丝线进行染色，最后绕成弹簧状待用（图16）。待所有配件制作完成后，将裁剪好的编绳先穿过弹簧，

再穿过画珐琅灯牌的吊环，又折回穿过弹簧，调整长度后用平口钳将弹簧压扁，以达到固定编绳的作用，最终完成整体穿制，灯穗复制即告成功（图17）。



图12 三维效果图



图13 3D打印后铸造黄铜配件



图14 宝石黏接

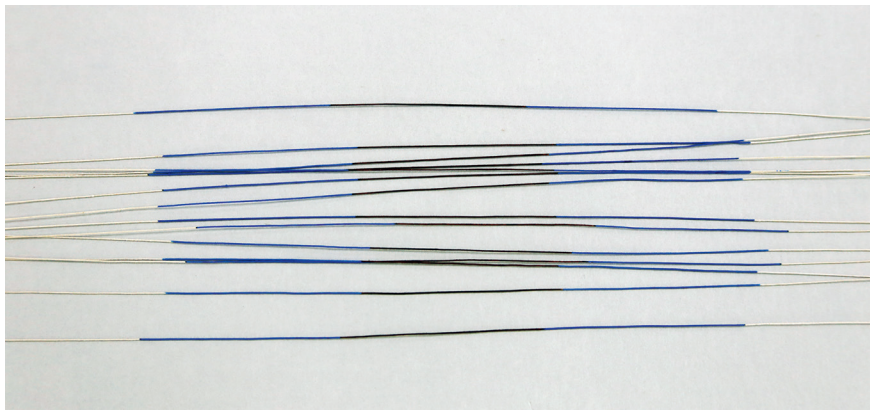


图15 金属丝绕线完成

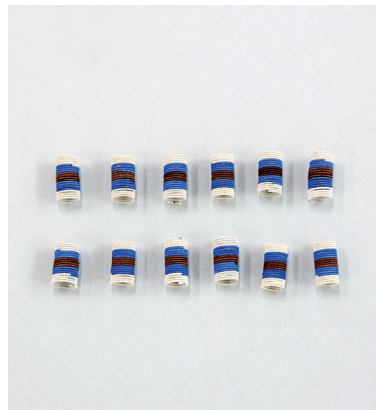


图16 绕成弹簧状待用



图17 复制完成的灯穗

五、总结

紫檀挂灯灯穗采用画珐琅工艺，其复制具有相当的难度。为揭示灯穗制作材料与工艺，我们利用显微镜、X射线荧光光谱仪等现代仪器对其进行科学检测分析，确定该灯穗使用了珐琅、紫铜、黄铜和珊瑚等材料，以及画珐琅颜色的叠加方式。根据前期的科学分析结果，有针对性地制定了后续的复制技术路线，运用三维建模和3D打印等新技术，较好地解决了部分传统修复方法难以解决的问题。既避免文物受损，又提高了复制的精确度。经过多次试验，探究并复原了画珐琅的工艺技法，解决了双面牌包金制作技法和画珐琅粉色发色两个工艺难点，成功完成2条灯穗的复制，其效果达到展览展示要求。本文从前期检测分析到方案设计，再到具体实施，完整呈现了画珐琅灯穗的制作过程，为今后此类文物的修复与保护提供实例参考。

参考文献

[1] 陈杨. 清代宫灯配饰的保护修复研究[J]. 故宫博物院院刊, 2019(7): 98-108.

[2] 赵赢赢. 灯摇珠影满禁城: 清代宫廷灯具及其来源[J]. 紫禁城, 2022(8): 32-67.

[3] 高飞, 张雪雁. 故宫博物院藏明代掐丝珐琅朝冠耳三足炉的修复保护研究[J]. 中国文物科学研究, 2020(2): 82-87.

[4] 夏更起. 清代画珐琅的产地和不同时期的工艺特点[J]. 故宫博物院院刊, 2022(1): 104-116.

[5] 曲亮, 赵鹏, 段鸿莺, 等. 故宫藻井轩辕镜及配件的材料与工艺分析研究[J]. 文物保护与考古科学, 2018, 30(4): 34-43.

[6] 中国第一历史档案馆, 香港中文大学文物馆. 清宫内务府造办处档案总汇(51)[M]. 北京: 人民出版社, 2005.

[7] KIRMIZI B, COLOMBAN P, QUETTE B. On-site analysis of Chinese cloisonné enamels from fifteenth to nineteenth centuries[J]. Journal of raman spectroscopy, 2010, 41(7): 780 - 790.

[8] 王嵩, 刘瀚文, 翟毅. 西洋制作乾隆款画珐琅器物考证[J]. 故宫博物院院刊, 2024(4): 27-39.

[9] 曲亮, 沈爱国, 段鸿莺, 等. 故宫符望阁建筑装饰构件中珐琅釉的分析研究[J]. 故宫博物院院刊, 2016(4): 126-144.

[10] 中国第一历史档案馆, 香港中文大学文物馆. 清宫内务府造办处档案总汇(55)[M]. 北京: 人民出版社, 2005.

[11] 张燕芬. 明代金银器的原料与制作工艺[J]. 故宫学刊, 2018(1): 74-93.

[12] 熊樱非, 何文权. 清代红釉(彩)瓷的呈色元素分析[J]. 文物保护与考古科学, 2005, 17(4): 23-27.

[13] 苟艳, 王有亮, 邹非池, 等. 四川宣汉罗家坝遗址出土单耳铜整的修复方法研究[J]. 中国文物科学研究, 2023(4): 79-87.