



故宫博物院藏清代乾隆时期唐卡和绣字康熙帝御笔“万寿无疆”匾中金线的显微结构及其成分分析

马 越

(故宫博物院, 北京, 100009)

摘要 清代金线被广泛应用于各类型纺织品上, 本文通过清代乾隆时期唐卡和绣字康熙帝御笔“万寿无疆”匾中金线的显微结构和成分分析, 初步研究清代宫廷金线工艺技术。同时结合学者对中国古代和国外金线工艺研究, 对比金线工艺的发展。结果表明: 清代宫廷金线结构基本可以分为芯线、纸纤维层、颜料层和金箔层。金箔层以“S”型捻转与芯线表面。芯线材料主要为丝纤维。颜料层多为红色颜料, 主要成分可能是铁红。金线工艺在清代宫廷应用广泛, 其结构和成分研究为保护修复工作提供了科学依据, 清中晚期金线工艺的变化是下一步值得研究的课题。

关键词 金线 剖面结构 芯线 金箔

引 言

在清代宫廷纺织品类文物保护修复中, 很多织绣中有金线编织工艺, 运用金线的文物类型和织绣的针法多种多样。在对宁寿宫西暖阁原状陈列清乾隆时期唐卡《持国天王像》和绣字康熙帝御笔“万寿无疆”匾的修复中, 发现其中均含有金线, 本文通过使用金相显微镜观察金线剖面样品, 初步判定其显微结构和芯线类型, 使用扫描电子显微镜及能谱仪进行元素分析, 研究金线颜料层与金箔层的成分。金线工艺在我国历史悠久, 学者对陕西法门寺地宫出土丝织品的捻金线, 新疆山普拉墓地出土的金线进行了结构与成分分析。元代设立有“纳石矢”局, 明清金线的种类和织法进一步丰富, 织金技术得到了空前的繁荣^[1], 欧洲的纺织品中也较多使用金线。本文将学者对中外金线科学分析成果进行对比, 结合对清代宫廷纺织品中金线的科学研究, 讨论清代宫廷金线的结构和工艺特征。

1 中国古代金线工艺及分析研究

金线工艺在中国历史悠久，多以蚕丝为线芯，用金箔在捻制而成，使织物展现金属的光泽。陕西省张家坡西周墓葬中发现有金箔（图1）^[2]。早期的金箔采用“包金”或“贴金”的手法，以“锤锻”为主要手段，直接装饰于青铜、锡、铁、漆及木器表面^[3]。古代制作捻金线的工艺复杂。首先将金块熔解后捶打为金叶，捶打后退火处理再捶打为薄片，在将其夹入乌金纸中，反复捶打后制成金箔。然后在竹节纸两面刷上鱼胶，粘贴上金箔，称为“褙金”。在野梨木板上用玛瑙石对上述纸基金箔研光，根据织物金线粗细不同的要求，将研光后的金箔切成0.2~0.5mm宽的片金线。可以直接用来制作金线织物。用本色或红、黄蚕丝线做线芯，在其上涂上黏合料，将片金线旋线于芯线的外表即成捻金线^[4]。

杨军昌等对法门寺地宫出土丝织品的捻金线进行系统分析（图2）^[5]。运用光学显微镜（图3），扫描电子显微镜和能谱分析仪分析捻金线、金箔层、背衬层和芯线的显微形貌，认为该捻金线使用桑蚕丝为芯线，金线捻向呈“S”型，金箔表面未加衬，也没有使用胶的痕迹。党小娟等在对新疆山普拉墓地出土金线结构形貌与材质特征研究中（图4）^[6]，使用光学显微镜、扫描电子显微镜和能谱分析仪观察金线结构，获取几何尺寸信息及合金中各个元素比例，认为山普拉金线芯为

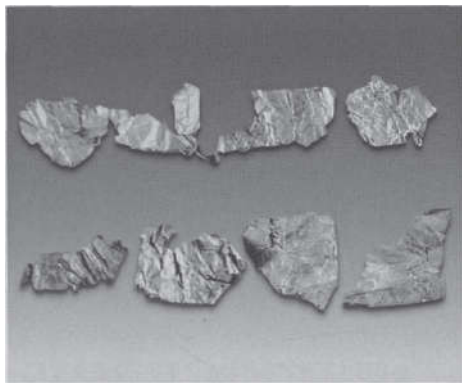


图1 陕西张家坡出土西周金箔



图2 陕西法门寺地宫出土紫红罗地蹙金绣拜垫

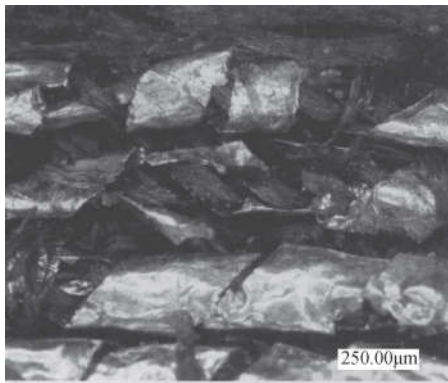


图3 陕西法门寺地宫出土金线显微照片

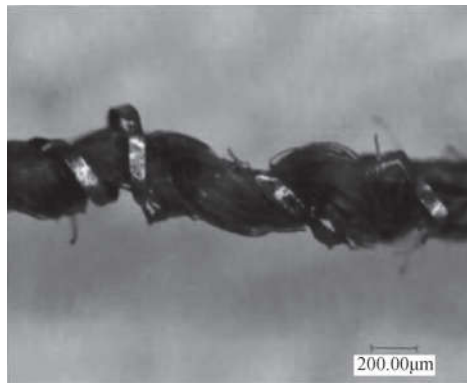
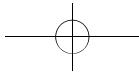


图4 新疆山普拉墓地出土金线显微照片



丝纤维，金箔是金银铜合金，芯线与金箔层间未见胶结物。该墓葬年代在公元前1世纪至公元4世纪末。路智勇通过对国内外纺织品金线工艺史的梳理，对“捻金线”命名的合理性进行论证，认为金箔层是经过芯线搓捻而捻绕在芯线之外，该名称是其技术核心的体现和外形形貌的揭示^[7]。

蒙古人入主中原后，武力搜刮了大量黄金和工匠，加之游牧民族对贵金属的崇拜，织金技术得到空前发展。设立“纳石矢”局，“纳石矢”即织金锦，一种以金线织花的丝绸（图5）^[8]。明清织金技术进一步发展，不仅使用单色织金锦，使用的金线有赤金、黄金、白金三种，追求织绣色彩和谐的效果。

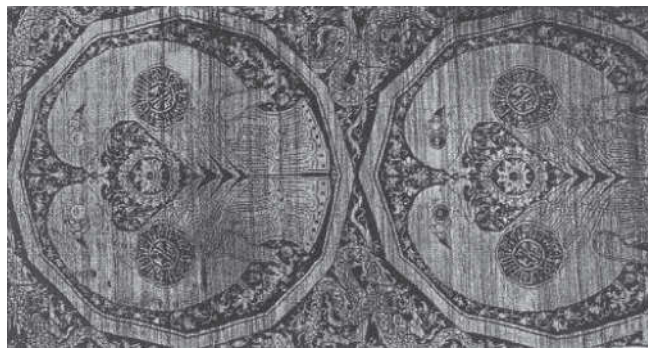


图5 黑地对鹰纹纳石矢（柏林工艺美术馆藏）

2 国外金线工艺及其分析研究

Cordelia Rogerson和Paul Garside对收藏于英国曼彻斯特惠氏画廊的公元15世纪欧洲祭坛上的挂毯中金线进行系统的科学研究（图6）^[9]。欧洲最早在纺织品中编织如金属线可追溯至公元前15世纪中东和地中海东岸地区。早期在地毯中编织入金线是为了制造其闪烁的效果，并彰显拥有者的财富。该挂毯保存现状基本完好，金线表面有部分腐蚀现象。作者使用光学显微镜初步观察金线的基本结构（图7），金属丝缠绕方向，芯线的类型，以金属表面腐蚀的状况。利用扫描电子显微镜及能谱仪分析金线显微结构、各部分元素组成及腐蚀产物。对14个样品分析结果显示，芯线材质大部分为丝，3个为白色亚麻。金箔层有纯金、金铜合金和银铜合金。金线均呈“S”型捻向。表面有部分暗灰色腐蚀层，可能是银与大气中二氧化硫反应生成硫化银。



图6 挂毯（英国曼彻斯特惠氏画廊藏）

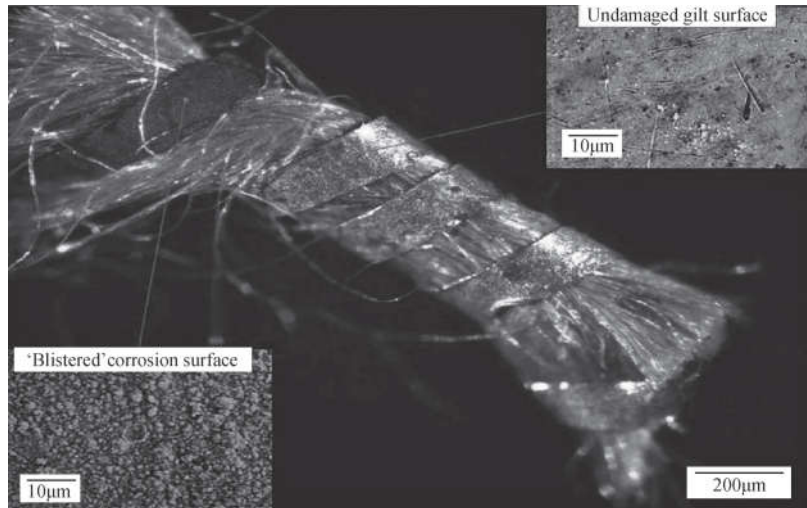
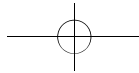


图7 挂毯金线显微照片

Marta Toth对布达佩斯应用艺术博物馆藏16~17世纪欧洲和土耳其帝国的大量纺织品进行分析研究^[10]，大部分纺织品中使用金线或银线编织成经线或纬线。文中对一件马鞍装饰纺织品进行分析，发现其保存现状中包括表面灰色氯化银的沉淀污染，金线刺绣的断裂和缺失，背面纤维的老化。另外，在金线正反面发现很多黑色沉积物（图8），宜用机械力干预清洁处理。

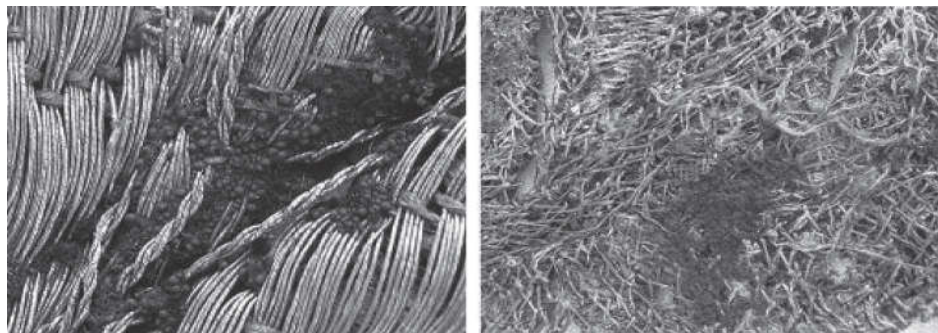


图8 金线黑色沉积物（正反面）

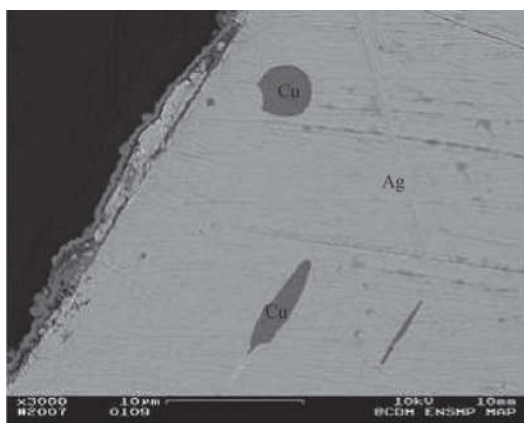
Virginia Costa等对法国巴黎加列拉宫收藏的一件在黑色丝绒上刺绣有金银线的骑士外套（图9）和法国巴黎哥白林织毯厂藏的金线编制的挂毯（图10）进行科学分析^[11]。通过剖面观察金线样品分析其表面特征和显微结构。一件金线材质为表面附着铜颗粒，另一件为银铜合金（图11、图12）。



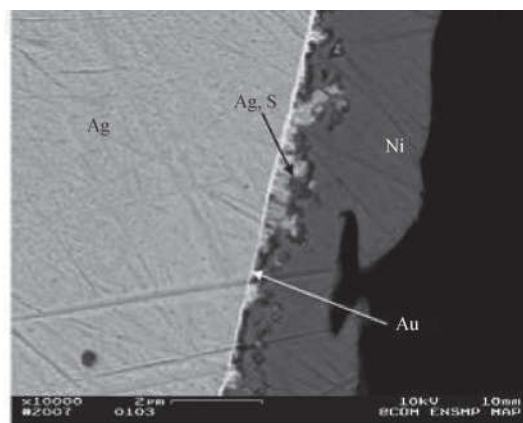
图9 金银线刺绣骑士外套（法国巴黎加列拉宫藏）



图10 挂毯（法国哥白林织毯厂藏）



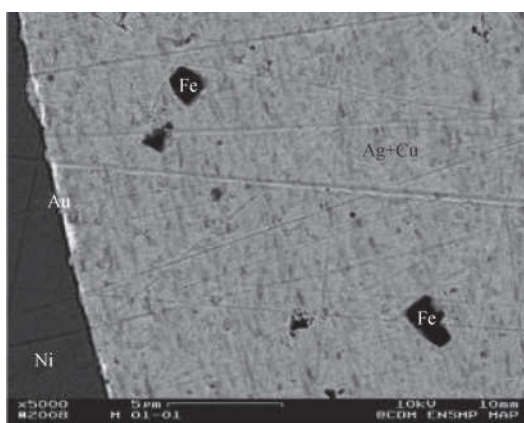
(a)



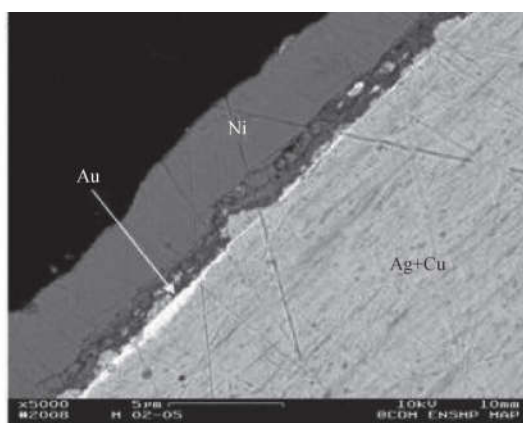
(b)

图11 骑士外套金线剖面样品扫描电镜照片

(a) 金线中金属成分为混有铜颗粒夹杂物的银；(b) 在银表面有极薄的金箔层，金箔层外有一层镍保护层



(a)



(b)

图12 挂毯金线剖面样品的扫描电镜照片

(a) 金线中金属成分为混有铁颗粒夹杂物的银铜合金；(b) 银铜合金表面金层和腐蚀层，最外层为镍保护层

3 清代宫廷金线工艺及对几件清代宫廷金线样品的分析

清代金线被广泛应用于各类型纺织品上，如朝袍、地毯、唐卡等。运用金线织绣的针法也多种多样，如“桂花针”“金宝地”“圈金绣”等。分为圆金线和扁金线，将金箔黏合在纸上切成0.5mm左右细条状即扁金线，将边金线包缠在棉纱或丝线外即成圆金线。

3.1 清乾隆时期唐卡《持国天王像》

在对故宫博物院宁寿宫西暖阁原状陈列清乾隆时期唐卡《持国天王像》修复时，我们对其四边装帧处金线取样分析（图13）。

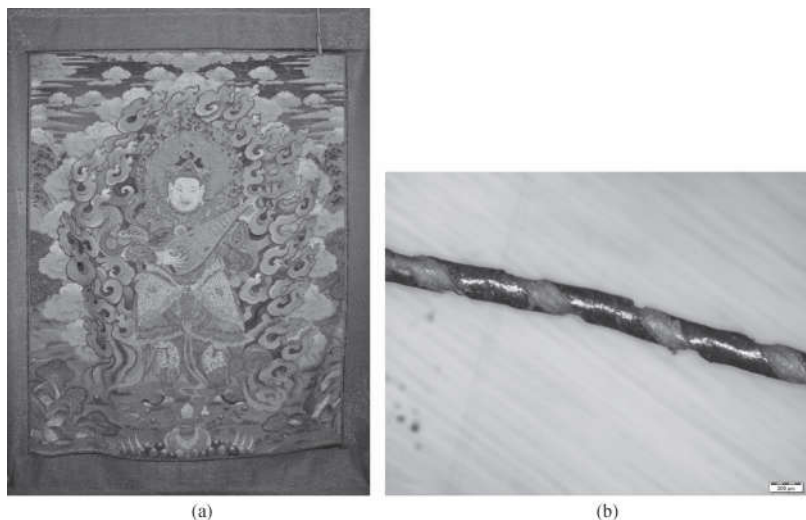


图13 《持国天王像》(a)及金线取样位置(b)

在实体显微镜下观察，该金线金箔层以“S”型缠绕于线芯上。为了研究该金线结构，取一段金线包埋于聚酯树脂中（品牌型号Technovite 2000LC, Heraeus Kulzer），室温中在紫外光下固化30min，制成剖面样品后用砂纸抛光，以备研究其剖面结构。使用光学显微镜（DM4000M）配备50W卤素光源，使用反射偏振的可见光和紫外线过滤器放大500倍观察剖面样品（图14、图15）。

放大500倍观察金线的剖面结构，在可见光下，金线周边有一层发亮的金箔层，在金箔层内有一层不均匀的物质，中心处发暗红的部分可能是芯线。为了分清金线剖面层次结构，在紫外光下可清晰地看出最外圈边缘处有很薄的一层黑色金箔层，向内有一层红色不均匀颜料层，该颜料涂敷于纸纤维上，纸纤维包裹着芯线，紫外光下芯线剖面结构中可清晰地看到丝纤维断面。同时在显微图片左上角可以看到一个缺口，这正是金箔和纸纤维层捻转的痕迹。未发现胶结材料层。

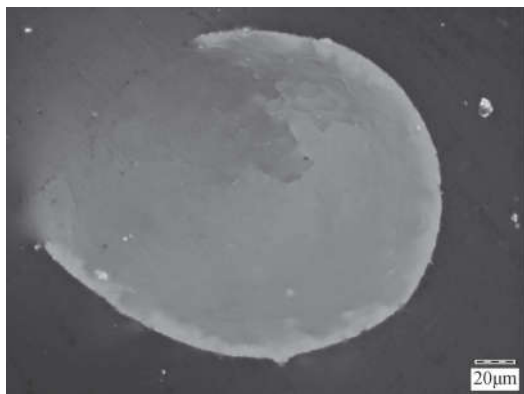


图14 金线剖面样品 (500×, 可见光)

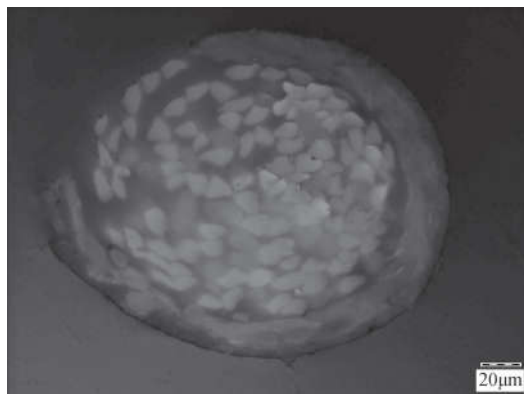


图15 金线剖面样品 (500×, 紫外光)

3.2 绣字康熙帝御笔“万寿无疆”匾

对绣字康熙帝御笔“万寿无疆”匾修复中脱落的金线取样分析 (图16、图17)。



图16 “万寿无疆”匾金线1



图17 “万寿无疆”匾金线2

体视显微镜下观察两条金线的金箔层均为“S”型捻于芯线上, 金线1较为致密, 金箔层颜色较暗。为了研究两条金线的剖面结构, 采用同样方法包埋样品。使用金相显微镜, 观察两件样品在可见光和紫外光下的结构 (图18~图22)。



图18 “万寿无疆”匾金线1剖面 (200×, 可见光)



图19 “万寿无疆”匾金线1剖面 (200×, 紫外光)

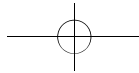


图20 “万寿无疆”匾金线1剖面（500×，紫外光）

剖面结构中，金箔层与芯线部分有多处脱落，在可见光下大致可以分辨出金线1的边缘金箔层，由于抛光样品时剖面附着大量树脂颗粒，芯线部分较为模糊。再次打磨样品后在紫外光下放大200倍观察，可以分辨出芯线、纸纤维层、颜料层和金箔层。紫外光下放大500倍观察局部金箔层与芯线脱落部分，可明显看出在极薄的金箔层下有一层红色颜料，红色颜料层下方为纸纤维，纸纤维层内包裹着丝纤维线芯。

金线样品2的金箔层较样品1与芯线结合较为紧密，分别在可见光与紫外光下放大200倍观察其剖面结构，与样品1类似。芯线为丝纤维，芯线外包裹着纸纤维，纸纤维上涂覆颜料层，最外层为极薄的金箔层。

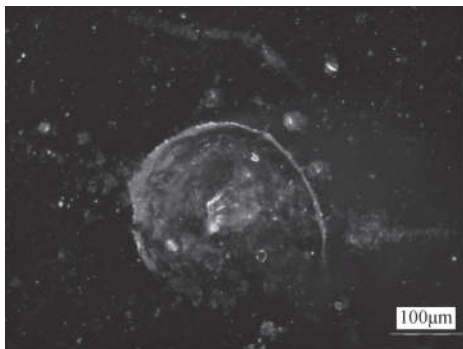


图21 “万寿无疆”匾金线2剖面（200×，可见光）

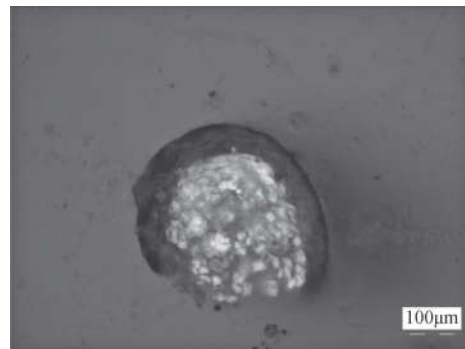


图22 “万寿无疆”匾金线2剖面（200×，紫外光）

为了分析金线颜料层的成分，使用扫描电子显微镜分析金线2剖面元素信息。在其背散射电子像中，可以看出剖面结构中最外层发亮的金箔层，以及金箔层中暗色物质，这部分是颜料层，颜料层内暗色部分为纸纤维和芯线（图23）。

在金线2剖面上做Fe和Au元素的面扫描分析（图24、图25），对比两元素的位置分布，推断该金线的颜料层中主要成色元素是Fe。由于其在金相显微镜可见光反射下呈红色，推测该颜料为铁红。金线1、金线2均未发现胶结材料层。

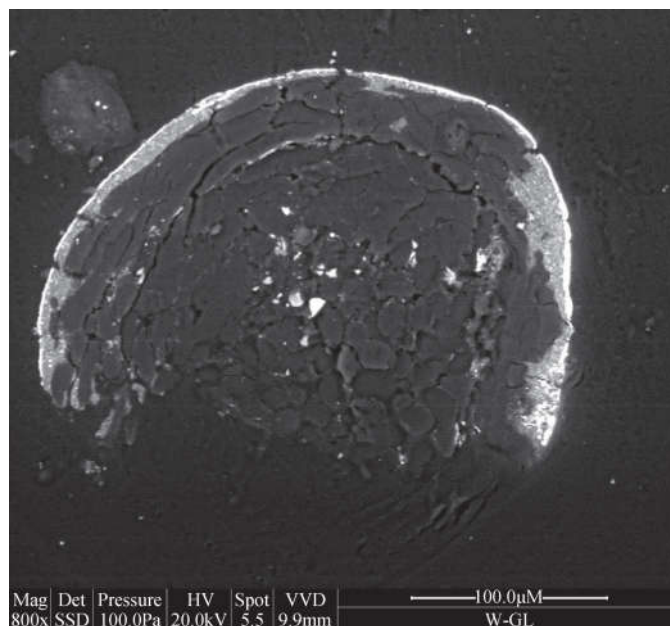


图23 “万寿无疆”匾金线2剖面的背散射电子像

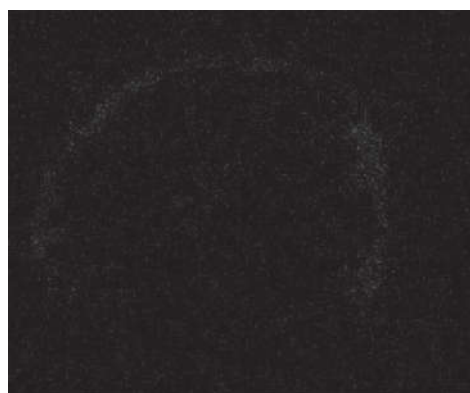


图24 金线2剖面Fe面扫描图像

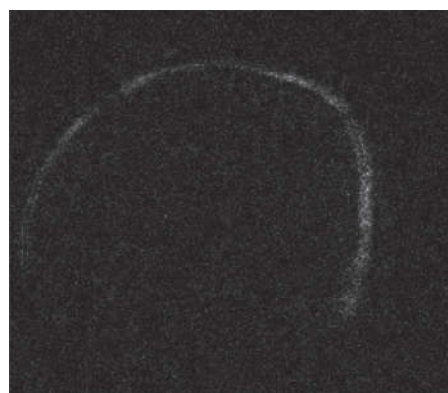


图25 金线2剖面Au面扫描图像

4 分析与讨论

根据上述文献调查和对清代宫廷金线样品的分析检测，可以归纳如下讨论：

- (1) 清代宫廷中在广泛使用金线作为织绣材料，发展出多种利用金线织绣的针法。
- (2) 清代宫廷金线结构基本可以分为芯线、纸纤维层、颜料层和金箔层。金箔层以“S”型捻转与芯线表面。
- (3) 芯线材料主要为丝纤维。颜料层多为红色颜料，主要成分可能是铁红。
- (4) 金箔层与纸纤维层之间未见胶结材料层。

金线工艺在清代宫廷应用广泛，以上样品为康乾盛世时期的织绣类文物，随着时代和社会经济的变化，清代中晚期宫廷用金线工艺是否会随之变化，是下一步值得研究的问题。

参考文献

- [1] 黄能馥, 陈娟娟. 中国丝绸科技艺术七千年: 历代织绣珍品研究. 北京: 中国纺织出版社, 2002.
- [2] 张礼艳. 丰镐地区西周墓葬研究. 长春: 吉林大学文学院, 2009: 4.
- [3] 安志敏, 安家瑗. 中国早期黄金制品的考古学研究. 考古学报, 2008, 3: 291-310.
- [4] 黄能馥. 中国美术全集·工艺美术编7·印染织绣(下). 北京: 文物出版社, 1987: 1-4.
- [5] 杨军昌, 张静, 姜捷. 法门寺地宫出土唐代捻金线的制作工艺. 考古, 2013, (2): 97-104.
- [6] 党小娟, 郭金龙, 柏柯, 杨军昌. 新疆山普拉墓地出土金线结构形貌与材质特征研究. 文物保护与考古科学, 2014, 26(3): 13-18.
- [7] 路智勇. 试论“捻金线”命名的合理性. 文博, 2014, (1): 70-74.
- [8] 尚刚. 纳石失在中国. 东南文化, 2003, (8): 54-64.
- [9] Rogerson C, Garside P. Instrumental analysis of metal threads as an aid for interpretation and preservation of a 15th century tapestry altar frontal and super frontal. Tapestry Conservation: Principles and Practice. U.K.: Butterworth-Heinemann Publishing House, 2006: 48-56.
- [10] Toth M. Lessons learned from conserving metal thread embroidery in the Esterhazy Collection, Budapest, Hungary. Studies in Conservation, 2012, 57(S1): 305-312.
- [11] Costa V, de Reyer D, Betbeder M. A note on the analysis of metal threads. Studies in Conservation, 2012, 57(2): 112-115.