

纺织品文物的数字化修复研究

刘愿, 丁肇辰, 于晓洋
(北京服装学院, 北京 100020)

摘要: 纺织品文物是中国古代物质文化的重要载体, 见证了华夏文明的兴衰和纺织科技的发展。然而受文物特点和保存方式的影响, 纺织品文物的保护情况不容乐观。如今随着数字化技术的兴起, 纺织品文物的保护工作有了新的技术支持。目前学界对纺织品文物的数字化修复处于起步阶段, 因此有必要对其相关研究现状进行总结, 并探索基于数字化技术的纺织品文物修复原则和方法。文章基于数字化技术的兴起, 梳理了纺织品文物的修复原则、方法、要点、技术等, 认为当下纺织品文物的修复要综合人工修复技术和数字化修复技术的优势, 才能对未来纺织品的传承、保护、管理、展示提供最大化的支持。

关键词: 纺织品; 文物; 数字化; 修复

检索: www.artdesign.org.cn

中图分类号: TS106; TP18

文献标志码: A

文章编号: 1008-2832(2024)04-0096-04

Research on Digital Restoration of Textile Cultural Relics

Liu Yuan, Ding Zhaochen, Yu Xiaoyang
(Beijing Institute Of Fashion Technology, Beijing 100020, China)

Abstract: Textile cultural relics are the important carrier and essence of ancient Chinese material culture, which have witnessed the rise and fall of Chinese civilization. However, with the passage of time, the effect of the traditional protection methods is limited, and the protection situation is not optimistic. Nowadays, with the rise of digital technology, the protection of textile cultural relics has a new technical support. However, at present, the digital restoration of textile cultural relics is in its infancy, so it is necessary to study them in depth. Based on the rise of digital technology, this paper sorts out the restoration principles, methods, key points and technologies of textile cultural relics, hoping to provide reference for the inheritance, protection, management and display of textiles in the future.

Keywords: textiles; cultural relics; digital; restoration

Internet: www.artdesign.org.cn

DOI:10.16824/j.cnki.issn10082832.2024.04.017

引言

作为物质文化的重要载体, 纺织品文物体现了先民的劳动智慧和精神世界, 然而无论是传世纺织品文物还是出土纺织品文物, 均因其材料的脆弱性和特殊性极易损坏。传世纺织品文物在长期的保存过程中易受自然老化、光照、温度、湿度、虫害、保存不当等因素影响而造成腐烂褪色、脆弱易碎等问题; 出土纺织品文物长时间埋藏于地下, 易受微生物及地下环境中的盐分和酸碱物质侵蚀, 加之出土过程中, 湿度和温度的变化会导致纤维膨胀或收缩引起纤维断裂, 甚至在挖掘、运输和处理等环节因处理不当和技术限制对文物造成撕裂、断裂、缠结或形状变形等物理损伤。

纺织品文物的修复迫在眉睫, 对其修复却面临一定的限制。首先, 纺织品文物的修复需要投入大量的资金用于研究、修复和保存, 然而大多情况下经费有限, 无法充分支持其全面修复; 其次, 纺织品文物的修复是一种复杂的工作, 需要经验丰富的专业人员操作, 而我国相关专业人员有限, 难以满足当下的修复需求。过去, 为避免因资金和人员短缺造成纺织品文物的修复不充分和不及时, 需要统筹推进相关博物馆、高校、研究机构的合作与交流, 并培训提高专业人员的技术水平。现在, 数字化技术为复原提供了更多的技术支撑, 数字化有灵活性、高效率、低成本的优势, 利用数字化技术提前做预防性和针对性的措施, 尽早保留文物信息, 制定科学合理的保护策略能有效克服现存纺织品修复所面临的难题。

一、纺织品文物修复的相关研究现状

梳理纺织品文物修复的相关文献可以看出学界过去对纺织品文物修复的研究多集中在人工修复层面。近年来, 在国家“建设数字中国”的号召下, 利用数字化技术对纺织品文物进行修复的研究逐渐增加。本节梳理大量文献, 选择其中具有代表性的文章进行概括, 总结纺织品文物修复相关的研究现状。

(一) 纺织品文物人工修复的相关研究

对纺织品文物人工修复的研究较多, 总体来说目前学界的研究对纺织品文物人工修复的理念、技术、实践方面进行了较全面的研究。下面一一叙述:

第一类, 针对纺织品文物的人工修复的理念研究。这类文章大多结合国内外的修复实践与文物保护经验, 倡导更有利于纺织品文物保护的修复理念。比如, 赵丰在《中国纺织品科技考古和保护修复的现状与将来》^①一文中指出, 在纺织品保护修复方面, 难以重复的现场保护要以经验性总结为主, 较易重复的加固修复应以标准化为主。表达了作者基于由于纺织品文物状况的不确定性, 倡导在实践过程中要在一定理念指导下进行经验性应用的观点; 陕西省考古研究院的路智勇在《国外纺织品文物保护修复与研究现状》^②一文中介绍了国外纺织品文物保护修复领域在保护修复理念、保护修复技术、科学研究方法以及高等教育和培训四个方面的一些情况。在修复理念方面, 作者提醒我们关注几个重点, 包括

对预防性文物保护的高度重视、对保护方案及保护技术的慎重选择、对文物信息提取和保存的重视以及对纺织品文物保护相关外部影响因素的评估和研究利用。同时指出,国外纺织品文物保护修复技术领先地位的建立与他们纺织品文物保护修复理念的探索和执行有很大关系。其他文献如高燕的《中日纺织品文物清洗方法与保护理念简析》、木娜瓦尔·哈帕尔的《修复性保护技术的有关思考》、王允丽的《宫廷传世纺织品文物的修复理念及实践研究》均涉及纺织品文物的修复理念。

第二类,针对纺织品文物人工修复的技术研究。这类文献有对纺织品文物人工修复的技术做概括性总结的,例如甘肃省文物考古研究所的马志达在《纺织品文物保护修复技术概要》^③一文中,结合国外的纺织品文物保护修复的发展及现状,对纺织品文物保护修复的各个环节与技术进行概括性总结和分析,包括揭取技术、回潮技术、加固技术、清洗技术、针线法技术、染色技术、除霉技术;此外,也有对纺织品文物的人工修复的某项技术做专门性研究的,例如陕西省考古研究院的路智勇在《回潮法在纺织品文物保护中的应用》^④对纺织品文物保护修复操作技术之一的回潮法进行专门研究。作者指出了回潮法的工作原理是在改善纤维塑性变形能力的基础上开展织物扰动处理、粘连揭展和湿洗预处理等操作。因此,回潮法应用时需掌握纤维吸湿回潮的原理,影响回潮效果的因素,纺织品文物保存状况、存在的问题、保护目的、工作条件、环境等,进而才能选择最恰当的回潮方法。其他文献如大同市博物馆韦文恒的《前期准备在纺织品文物保护修复中的作用》、路智勇的《辅料染色技术在古代纺织品保护修复中的应用》、吴海涛的《浅谈合成染料染色技术在古代纺织品修复中的应用》、董鲜艳和吴昊的《浅谈纺织品文物清洗整理方法及材料的筛选》、姚敏的《纤维鉴别在纺织品修复保护中的作用》、陈杨的《刺绣针法应用于纺织品文物的保护修复》均对纺织品文物的人工修复的某项技术进行了专门研究。

第三类,针对纺织品文物人工修复的实践研究。这类文献以具体纺织品文物修复为线索,阐述在修复过程中所涉及的原理、难题、技术、方法等,对后续修复相关的研究而言具有很好的参考价值。例如,甘肃省博物馆的王菊在《武威磨嘴子汉墓出土绢缘印花草编盒的修复研究》^⑤一文中,以甘肃省博物馆藏武威磨嘴子汉墓出土的绢缘印花草编盒为研究对象,在相关专业仪器检测分析的基础上寻找线索,推断出盒盖顶部纺织品形制并应用经纬纱加固技术对草编盒进行修复,而且对关键环节的技术要点进行了归纳,对同类文物的保护修复具有借鉴意义。此外,大同市博物馆的白永静在《山西大同金代阎德源墓出土的罗地丝绣云鹤纹氅衣的保护修复》^⑥一文中,详细介绍了氅衣出现各种病害及对其进行科学保护修复的过程。其他论文如张璟和赵旭铭的《红瑶花裙研究——以修复的广西民族博物馆花裙藏品为例》、赵喜梅的《浅谈唐代联珠团窠猪头纹锦缘马面饰的保护修复》、汪军的《浅析北宋罗地印金经袱的保护修复及艺术特色》均对某一纺织品文物的人工修复进行了详尽的研究说明。

(二) 纺织品文物数字化修复的相关研究

目前,学界针对纺织品文物数字化修复的研究成果相对人工修复较少,但也取得了一定成绩。纺织品文物的数字化修复研究主要有两类:

第一类,对纺织品文物数字化修复进行概括性梳理。如李奇和南蓬勃的《纺织品文物修复保护与数字化修复研究现状》^⑦指出,在数字化修复中,不同图样、不同破损程度的纺织品文物使用数字化修复的技术路线也不相同,大致可分为两种:基于图像修复算法的修复方案和基于深度神经网络的修复方案。作者对这两种技术路线梳理研究后认为在纺织品文

物的数字化修复中,经常采用的基于样本纹理合成的传统方法对修复规律型的纺织品图样效果较好,但对于画作型纺织品文物并不适用。

第二类,对纺织品文物的数字化修复技术进行研究,这类论文大多针对纺织品文物的图像进行数字化修复,如赵维一、尚玉平、康晓静等人最新发表于《丝绸》的文章《基于聚类算法的纺织品文物色彩提取与纹样数字化探索——以新疆巴里坤M12出土清代纺织品纹样为例》^⑧,以新疆巴里坤出土的一组清代纺织品为例,设计了一种基于多变量模糊C均值(Multivariate Fuzzy C-mean, MFCCM)聚类算法与K-means++算法相结合的纺织品纹样复原方法。该方法通过计算机软件提取文物纹样轮廓,将提取的主色填充至纹样轮廓,完成纺织品文物纹样的数字化模拟。该方法可较为准确地提取纺织品文物色彩,并且提取效果优于传统数字化取色方法,避免了对质地脆弱的纺织品文物造成二次伤害,同时又方便未来对纺织品文物的数字化复原进一步研究应用。蒋超、汪家杰、俞琳在《一种纺织文物图样数字化修复方法研究》^⑨一文中,对纺织文物图样形式和破损情况进行分类研究,并基于Criminisi算法进行改进,提升了置信项和优先级计算的可靠性,实现了规律型图样的数字化修复技术,探索利用人机交互的形式,通过人工补充缺失图样结构和稀疏表示模型,实现了画作型图样的数字化修复技术,最终系统地提出了纺织文物图样数字化修复方法和修复流程,为纺织品文物的数字化修复提供了可参考的技术路径。作者认为文物图样的数字化修复方法,相较于传统修复方法,可以显著减少修复时间,提高修复效率,但目前也存在一些问题需要注意和解决,比如需要人工的参与,包含结构的图样修复结果在视觉效果可能有轻微不连续等。其他文献,如李张翼的《针对古织物图像的改进Criminisi修复算法》,曹齐、汤汶、朱耀麟的《改进匹配块的Criminisi修复算法》都是基于Criminisi图像数字化修复算法的研究,为后来者提供了可靠的工具和使用指导。

二、纺织品文物的数字化修复原则与方法

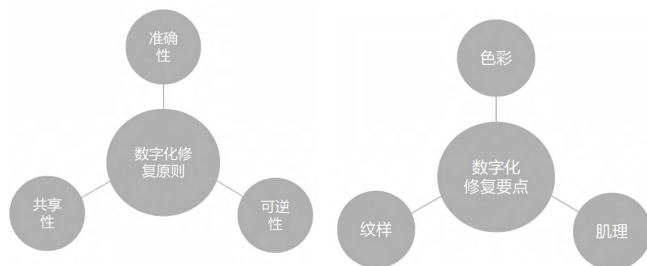
目前,纺织品文物的修复方式主要以人工修复为主,然而这种修复方式周期久,修复时依赖修复者的主观经验和审美,易对纺织品文物的结构、信息进行二次破坏。在人工修复技术更为成熟之前,使用数字化修复可以保留纺织品文物的完整图像及结构等原始信息,不仅能对纺织品文物起到保存与再次传播的作用,还能为后续实物复原提供重要参考线索和指导。

为了确保纺织品文物的保护和可持续性,数字化修复的重要性逐渐凸显。随着三维重建和激光扫描技术的发展,以高精度数字化模型为基础的文物修复技术得到了广泛的重视。通过使用高分辨率摄影、三维重建、激光扫描等技术创建精确的数字副本,以还原纺织品文物的外观和细节,能在未来的研究、展示和教育中发挥重要作用的同时减少对原始文物的潜在损害。

数字化技术固然对纺织品文物的修复大有裨益,然而对其运用的过程中更要注重原则和方法的规范,以避免滥用技术造成的文物损害。下面从理论角度和实践角度出发,分别对纺织品文物的数字化修复原则和纺织品文物的数字化修复方法进行阐述。

(一) 纺织品文物的数字化修复原则

1939年,意大利罗马设立了文物修复中心研究所,该所第一任主任切萨莱·布兰迪在其所著《文物修复理论》^⑩一书中阐述了现代修复的三个主要原则,即可逆性原则、可识别性原则和最小干预性原则,这些修复

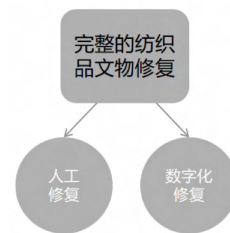


> 图1 纺织品的数字化修复原则

> 图2 纺织品的数字化修复要点



> 图3 纺织品的文物缺失碎片及相应数字化修复方案



> 图4 完整的纺织品文物修复

理论深刻影响了世界,成为目前国际上主流文物修复理论的基石,是当代文化遗产保护理论的基石。纺织品文物修复要根据文物的类型、损伤程度和特殊需求而选择不同的方式,常见的修复方式有手工修复和数字化修复。无论是哪种方式,均应遵循以上文物保护原则和伦理准则,甚至在此基础上进一步考虑材料兼容性原则、原件优先原则、维护记录原则、尊重文物原貌原则、遵循伦理准则等。

虽然数字化修复是新技术、新方法,不涉及直接的物理干预,但仍然需要结合其自身特点,遵循文物修复的基本原则来确保修复的准确性、可持续性和伦理性。具体而言有几个要点:第一,确保数据采集的准确性。使用高分辨率的影像采集设备和准确的三维扫描技术,以捕捉文物的细节和特征;其次,避免对数字化数据的过度处理或改变,以保持数据的真实性和准确性,尽可能还原其历史特征和审美价值;第二,数字化修复的结果应是可逆的。修复中要保留原始数据,便于在需要对数字化修复结果进行修改、调整或纠正;第三,数字化修复的结果可共享。在合适的数字存储媒介上进行备份并建立数字档案库或在线平台,不仅能确保数据的长期保存,而且便于其他研究者、学者和公众充分利用这些数据;第四,数字化修复遵循伦理准则。尽管数字化是新的技术手段,但是依然要遵循相关的法律和伦理标准。修复过程应符合合法获取和使用文物的要求,尊重并保护文化多样性等。(图1)

(二) 纺织品文物的数字化修复方法

1. 纺织品文物数字化修复的要点

手工修复纺织品文物时不仅要考虑纺织品文物本体的色彩、材质、形制等,还要考虑纺织品文物所涉及的工艺技术,而针对纺织品文物的数字化修复,更多地关注纺织品文物本体的修复,因此修复过程中主要有以下要点:第一,饱经历史风霜的纺织品几乎都存在褪色问题,其色彩如何进行数字化修复;第二,纺织品存在缺失和碎片问题导致的纹样不完整。如何弥补缺失碎片,完成纺织品文物纹样的数字化修复;第三,纺织品文物的织物结构和肌理富于变化,如何在数字化修复的过程中体现其材质的结构和肌理。(图2)

纺织品文物的色彩、纹样、材质反映了古人的造物智慧和审美取向,然而这些文物信息却由于纺织品的缺失或碎片问题而不明晰。目前,利用数字化修复纺织品纹样的基本原理是首先分析缺失碎片问题,根据纺织品文物缺失碎片的严重程度,分为片状缺块、跨区域缺块和结构性缺块,不同程度的破损使用不同的数字化修复方案。

对于片状缺块,分析具有缺失数据的模型内蕴对称性,研究纺织品文物纹样的提取方法,根据模型对称变换建立覆盖缺块的初始模型,再根据纹样拼接方法,从局部精细调整缺块初步模型,使缺块模型上的纹样与周围模型的纹样拼接,从而形成了纺织品文物从全局到局部的补配方

案;对于跨区域缺块,设计缺块边缘欧拉螺线的走向,研究缺块内外数据的相似性匹配技术,使用由粗到精、特征敏感的补配方法;对于结构性缺块,设计具有高效、良好交互性能的缺块几何形态编辑技术,进而为破损纺织品文物的缺块补配提供一个专业、便捷且具有多元互补方案的计算机辅助几何处理平台。(图3)

2. 纺织品文物数字化修复的技术

(1) 数据采集

纺织品文物数字化修复的首要任务是数据采集工作,通过数字化二维扫描设备、三维超景深显微镜、微型光纤光谱仪(氙灯一卤钨灯)、近景摄影测量等技术手段,对纺织品文物进行数字采集,与传统的采集技术相比,具有更加快速、精准、有效的优势,且非接触式的采集方式有效避免了人为因素对纺织品文物的损坏。同时,数字化采集可实时快速地获取实体表面的坐标、反射率、法向量、颜色等信息并及时矫正,然后转化为数字化虚拟模型,实现对纺织品文物的永久性数字化保存。

纺织品文物的数字化是一个将纺织品文物信息全面准确记录的过程,是一项基础性的工作,是建立纺织品文物档案的必不可少的一环。数字化采集技术在纺织品文物保护中可作为真实纺织品文物的副本保存,为纺织品文物保护研究建立完整、准确、永久的数字档案,为纺织品文物保护提供检测和修复依据,为纺织品文物的宣传、展示提供基础性数据,为已经不存在的、流散到国外的或者被毁坏的纺织品文物的重建提供依据。再进一步,探索相应的纺织品文物数字资源采集和制作规范,为未来纺织品文物大数据分析、云应用提供基础性资源。

(2) 图像修复

图像修复在计算机领域是重要的研究课题,但利用数字化技术补配纺织品图案纹样在国内并没有相关的成熟系统。传统的图像修复技术主要基于肌理结构或者纹样对图像数据进行修复。在针对片状缺块且细微的破损时有较好的修复效果,但是在面对纺织品文物跨区域缺块和结构性缺块时容易出现修复后纹样混乱、边缘不连贯等问题。

而随着技术的进步,众多专家开发了不同的基于深度学习的图像修复技术,通过对构建的修复模型的训练,从而达到较好的复原效果。尽管基于深度学习的图像修复技术在处理大尺寸图像时,算法训练有一定困难、易忽略图像的全局特征,修复好的图像易出现不连贯或结构模糊等问题,但相比传统图像修复技术,这种技术可提取到纺织品文物图像更高维度的深层特征。因此其发展必将逐渐趋于成熟。目前,基于深度学习对图像进行修复的算法模型主要有以下几类:

其一,基于卷积神经网络的图像修复算法CNN。卷积神经网络CNN一般由若干个卷积层、池化层和全连接层组成。在图像处理中,卷积层的作用是提取图像的特征;池化层的作用是对特征进行抽样,可以使用

较少训练参数,同时还可以减轻网络模型的过拟合程度;全连接层负责把提取的特征图连接起来,最后通过分类器得到最终的分类结果。卷积神经网络提取的特征比之前的手工特征效果更好,避免了手工提取特征、从而导致误差累积的缺点,其整个分类过程是自动的。

其二,是依靠生成器和判别器的相互“博弈”来修复图像的生成对抗网络模型GAN,这是一种深度学习方法,核心是利用生成器和判别器的相互不断地博弈从而产生较好的输出结果。生成器学习真正的数据分布规律,生成以假乱真的数据,判别器则去判别生成器生成的假数据和真数据,通过不断优化调节达到接近真实数据的效果。纺织品图案具有重复性和规律性的特点,GAN可通过学习输入纺织品图像数据集已知区域的结构纹样特征等数据信息,生成接近于真实纺织品图像未知区域的数据信息,将残缺的纺织品图像在结构上补全,在纹样上连贯。

其三,是自编码器AE,这是一种无监督式学习模型。对于纺织品文物的图像修复来说,其优势在于泛化性强,不需要数据标注就能识别场景,可以进行无监督的算法训练。

三、纺织品文物数字化修复展望

在未来,数字化技术可以在制定保护策略、进行文物再现、协助文物保存管理等方面发挥重要作用。

首先,利用数字化技术确定纺织品文物的保护和修复策略。通过高分辨率的数字图像采集和三维扫描技术,对纺织品进行详细的检查和分析以了解其损伤程度和状况,有助于制定合适的保护和修复策略,以达到对纺织品文物的最小损害。

其次,利用数字化技术实现破损严重、人工修复无可挽回的纺织品文物的再现。基于采集到的影像和三维数据,进行文物的数据重建,比如二维图像的拼接和修复或者三维模型的重建和修复。在数据重建过程中,可以使用图像处理软件、计算机辅助设计软件和数字重建算法等工具,以还原文物的原貌和外观。

此外,利用数字化技术实现对纺织品文物的保存和管理。创建虚拟展览和展示平台,通过虚拟展览、在线数据库和数字文物平台等方式,人们可以在任何地点和时间浏览珍贵的纺织品文物,了解其历史、文化背景和制作工艺,同时避免对文物本身的损害和磨损。

四、结语

数字化修复可减少对原始文物的潜在损害、方便进行研究和分析、扩大文物的可访问性并促进文物保护。然而,数字化修复作为一种辅助修复的手段,并不能替代实际的物理修复,对于重要的纺织品文物,仍需要结合传统的物质修复方法并结合实际来进行综合保护。数字化修复的优势在于记录和再现文物的表面特征和外观,并不能解决纺织品文物的物质性损伤和衰退。因此,数字化修复应作为整体修复工作的一部分,并与传统的修复方法相结合,以实现全面的文物保护和修复。(图4)■

项目基金:

教育部服务国家特殊需求博士人才培养项目“中国传统服饰文化抢救传承与设计创新人才培养”(项目编号:NHFZ20220006)的阶段性成果;

云南艺术学院科研基金项目“摩梭传统服饰文化研究”(项目编号:2023KYJJ05)

注释:

- ① 赵丰.中国纺织品科技考古和保护修复的现状与将来[J].文物保护与考古科学,2008,20(S1):27-31.
- ② 路智勇.国外纺织品文物保护修复与研究现状[J].文物保护与考古科学,2010,22(03):92-96.
- ③ 马志达.纺织品文物保护修复技术概要[J].丝绸之路,2011(14):116-118.
- ④ 路智勇.回潮法在纺织品文物保护中的应用[J].东南文化,2008(06):85-87.
- ⑤ 王菊.武威磨嘴子汉墓出土绢缘印花草编盒的修复研究[J].敦煌研究,2018(04):131-137.
- ⑥ 白永静.山西大同金代阎德源墓出土的罗地丝绣云鹤纹氍毹的保护修复[J].文物鉴定与鉴赏,2021(12):85-87.
- ⑦ 李奇.南蓬勃.纺织品文物修复保护与数字化修复研究现状[J].西部皮革,2023,45(02):142-144.
- ⑧ 赵维一,尚玉平,康晓静等.基于聚类算法的纺织品文物色彩提取与纹样数字化探索——以新疆巴里坤M12出土清代纺织品纹样为例[J].丝绸,2023,60(05):8-18.
- ⑨ 蒋超,汪家杰,俞琳.一种纺织文物图样数字化修复方法研究[J].丝绸,2019,56(11):21-25.
- ⑩ 切萨莱·布兰迪:《文物修复理论》[M].詹长法、田时纲,译.意大利非洲与东方研究院,2006.

参考文献:

- [1] 赵丰.中国纺织品科技考古和保护修复的现状与将来[J].文物保护与考古科学,2008,20(S1):27-31.
- [2] 路智勇.国外纺织品文物保护修复与研究现状[J].文物保护与考古科学,2010,22(03):92-96.
- [3] 马志达.纺织品文物保护修复技术概要[J].丝绸之路,2011,20(14):116-118.
- [4] 路智勇.回潮法在纺织品文物保护中的应用[J].东南文化,2008,20(06):85-87.
- [5] 高燕.中日纺织品文物清洗方法与保护理念简析[J].文博,2014(06):76-79.
- [6] 娜娜瓦尔·哈帕尔.修复性保护技术的有关思考[J].中国博物馆,2007(04):26-29.
- [7] 王允丽.宫廷传世纺织品文物的修复理念及实践研究[J].自然与文化遗产研究,2019,4(S2):104-107.
- [8] 董鲜艳,吴昊.浅谈纺织品文物清洗整理方法及材料的筛选[J].湖南省博物馆馆刊,2010(00):626-631.
- [9] 姚敏.纤维鉴别在纺织品修复保护中的作用[J].文物鉴定与鉴赏,2021(06):104-106.
- [10] 陈杨.刺绣技法应用于纺织品文物的保护修复[J].紫禁城,2014(S1):51-54.
- [11] 王菊.武威磨嘴子汉墓出土绢缘印花草编盒的修复研究[J].敦煌研究,2018,20(04):131-137.
- [12] 白永静.山西大同金代阎德源墓出土的罗地丝绣云鹤纹氍毹的保护修复[J].文物鉴定与鉴赏,2021,20(12):85-87.
- [13] 张璟,赵旭铭.红瑶花裙研究——以修复的广西民族博物馆花裙藏品为例[J].孔庙国子监论丛,2016(00):260-281.
- [14] 赵喜梅.浅谈唐代联珠团窠猪头纹锦缘马面饰的保护修复[J].丝绸之路,2021(03):157-160.
- [15] 汪军.浅析北宋罗地印花经袱的保护修复及艺术特色[J].文物鉴定与鉴赏,2021(04):44-46.
- [16] 李奇,南蓬勃.纺织品文物修复保护与数字化修复研究现状[J].西部皮革,2023,45(02):142-144.
- [17] 赵维一,尚玉平,康晓静等.基于聚类算法的纺织品文物色彩提取与纹样数字化探索——以新疆巴里坤M12出土清代纺织品纹样为例[J].丝绸,2023,60(05):8-18.
- [18] 蒋超,汪家杰,俞琳.一种纺织文物图样数字化修复方法研究[J].丝绸,2019,56(11):21-25.
- [19] 李张翼.针对古织物图像的改进Criminisi修复算法[J].电脑知识与技术,2016,12(26):193-195.
- [20] 曹齐,汤议,朱耀麟.改进匹配块的Criminisi修复算法[J].电脑知识与技术,2019,15(02):160-162.
- [21] 魏明强,陈红华,孙杨杏,汪俊,郭延文,燕雪峰.破损文物数字化修复:以中国出土青铜器为例[J].计算机辅助设计与图形学学报,2021,33(05):789-797.
- [22] 沙莎,魏宛彤,李强,等.基于深度学习的楚国墓葬纺织品图像复原[J].丝绸,2023,60(5):1-7.
- [23] 尚玉平,欧阳盼,刁常宇等.新疆尼雅墓地出土纺织品文物的数字化信息采集——以95MN18:15“五星出东方利中国”织锦护臂为例[J].文物,2020(05):80-88.