

新疆吐峪沟石窟出土黄地暗紫色条纹縲布残片材质与工艺结构研究*

高梦祥¹, 刘大玮², 朱博伟^{1*}, 夏立栋³, 陈玉珍⁴

1. 北京服装学院, 北京 100029

2. 中国社会科学院 科技考古与文化遗产保护重点实验室, 北京 100710

3. 中国社会科学院考古研究所, 北京 100710

4. 吐鲁番学研究院, 新疆 吐鲁番 838099

摘要:以新疆吐峪沟石窟寺出土的土黄地暗紫色条纹縲布残片为研究对象, 综合运用电子数码显微镜、傅里叶变换红外光谱仪、台式扫描电子显微镜、超景深三维显微镜及纤维显微鉴定等多种现代设备和分析测试技术, 系统地分析了其捻回捻向、织物密度、材质来源和装饰工艺。研究表明, 装饰部分暗紫色、土黄色相间部位纵向单根纱线投影宽度为 0.16 ~ 0.37 mm, 纱线密度为 60 根/cm, 捻向为 Z 捻, 横向单根纱线投影宽度为 0.21 ~ 0.27 mm, 纱线密度为 23 根/cm, 捻向为 Z 捻, 运用经纬密度、图案走向等方法推测, 其为经向显花织物; 借助电子显微镜观察发现, 其以暗紫、土黄二色纱线按照晕色渐次进行组合排列, 使织物表面呈现出连续自然的双色条纹, 可初步判读其使用的装饰工艺为晕縲。采用科技检测手段对所提取纱线样本进行检测并对比同材质现代样本发现, 纱线样本纵向存在中腔明显、天然扭曲的特征, 横截面呈现典型的椭圆形, 且与四类现代棉花样品的基团和特征峰的位置相近, 初步确认为棉纤维, 并通过文献记载与同时期、同地区出土实物之间的相互印证, 进一步推测材质为草棉。研究系统地揭示了吐峪沟石窟寺出土的土黄地暗紫色条纹縲布残片的材质来源、织造技术与装饰纹样的基本信息。该类采用晕縲工艺的纺织品在材料方面选择了当时新疆本地种植的棉花, 反映了宗教礼仪场景下对装饰性与成本控

制的双重考虑, 展现了丝绸之路沿线地区宗教用织物在材料选择和装饰工艺上具有独特性、地域性的发展趋势。

关键词:吐峪沟石窟; 出土纺织品; 晕縲; 显微技术; 红外分析; 丝绸之路

中图分类号: K876.9; TS106

吐峪沟石窟寺遗址位于新疆维吾尔自治区吐鲁番市鄯善县吐峪沟乡吐峪沟麻扎村, 地理坐标为东经 89°33'16"、北纬 42°51'10", 是古代西域地区重要的佛教遗址之一。西汉时期, 此地作为古代西域地区的重镇之一, 为西域三十六国之一的狐胡国, 东汉时被车师所灭, 为车师前部之地; 东晋咸和二年(公元 327 年), 前凉王张骏攻占高昌, 在此设郡, 此地为高昌郡所辖; 公元 460 年, 阚伯周在此称王建国, 从此进入高昌王国时期, 鄯善成为高昌国的一部分, 又称白棘城; 唐贞观十四年(公元 640 年), 平高昌, 设西州, 辖 5 县, 其中柳中、蒲昌二县都在今鄯善县境内; 唐咸通七年(公元 866 年), 北庭回鹘仆固俊克西州, 建立高昌回鹘政权, 并先后臣属于辽、宋、西辽政权。中华人民共和国成立之后, 先后于 1953 年、1961 年、2010 年、2011 年、2013 年、2015 年、2016 年、2024 年多次对该遗址进行调查记录和清理发掘, 考古发掘范围涵盖吐峪沟石窟寺东区北部和南部窟群, 西区北部和南部窟群, 西区中部回鹘佛寺遗址和地面佛寺遗址, 范围内出土的大量纺织品为研究古代丝绸之路沿岸纺织工艺、经济文化交流提供了重要的佐证材料。

2025 年开始开展对吐峪沟石窟寺遗址东区北部出土纺织品残片的保护与修复工作, 其中文物编号为 TYGB2010-11-127-1 的土黄地暗紫色条纹縲布残片织

*基金项目: 中国社会科学院科技考古与文化遗产保护重点实验室-实验室学科发展扶持项目“中国古代出土纺织品保护与阐释研究”(S20250311); 北京服装学院服装艺术与工程学院“服装文化遗产传承与创新”微专业(110105000515)

作者简介: 高梦祥, 男, 硕士, 研究方向为服装服饰设计与创新应用。

*通信作者: 朱博伟, 男, 博士, 助理教授, 讲师, 研究方向为纺织服装文化遗产保护与应用。

物结构清晰(图1),为后续开展纺织品工艺分析提供了重要的实物资料。



图1 土黄地暗紫色条纹晕縐布残片修复效果图

笔者从纺织品保护与修复的角度出发,对新疆吐鲁番吐峪沟石窟寺遗址出土的土黄地暗紫色条纹縐布残片进行研究。采集实物样本数据,综合运用Dino-lite手持式电子数码显微镜、Nicolet iS50 FTIR傅里叶变换红外光谱仪、台式扫描电子显微镜、超景深三维显微镜等多种现代检测分析设备进行进一步检测分析,系统探讨其材质来源、组织结构与织造工艺。研究目的在于对出土实物进行全面、翔实和深入解剖,在助力出土文物修复与保护的同时,为深入了解古代西域地区的纺织品工艺体系和文化传播路径提供重要的实物数据支撑。

1 织物残片基本情况

织物残片宽12 cm,长26 cm,厚0.41 mm。残片织物结构清晰,上下两侧有土黄色地暗紫色条带状晕縐装饰。它出土于吐峪沟石窟寺东北部中间窟南端,整体保存情况较差(图2)。出土后对该残片进行了病害筛查,运用观察和显微放大等方法,记录并绘制出了病害分布图。从病害分布情况来看,部分纱线呈现扭曲断裂状,织物边缘大多为撕裂所致,表现出不同程度的褪色、氧化与沉积影响。

2 实验检测分析

2.1 取样

取样前,对织物残片进行观察,并结合表面组织结



图2 土黄地暗紫色条纹縐布残片修复前实物图

构和断裂情况,在不破坏织物整体的前提下,选择织物边缘部位进行取样。在取样过程中使用洁净工具,在显微镜下提取、剥离少量纤维或污染物颗粒,并单独编号进行保存,用于后续的一系列检测分析。

2.2 电子数码显微镜观察

为获取织物残片的组织结构和单根纱线捻回捻向信息,采用Dino-lite手持式电子数码显微镜对修复后织物残片进行观察和测量(图3)。残片织物组织结构可见两种,均为平纹组织,但其经线的直径不同,导致两种平纹组织结构的密度不同。为了更清晰地展示织物本身所存在的两种不同组织结构,根据两种组织的密度绘制面料组织图(图4)。

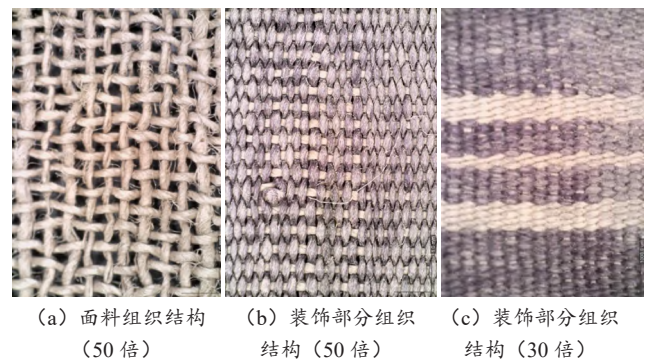


图3 织物残片显微图

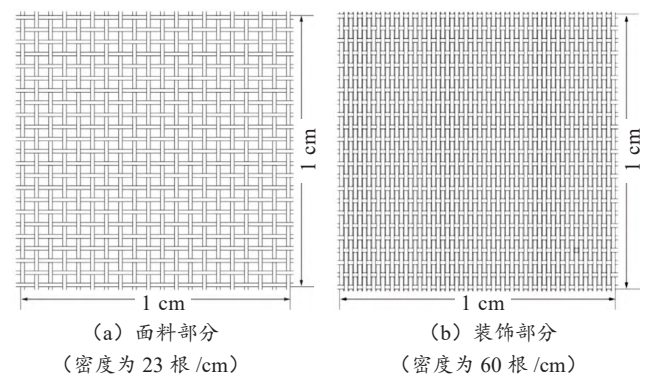


图4 织物残片面料组织图

织物残片不同组织结构纱线测量结果如表1所示。

表1 织物残片不同组织结构纱线测量结果

组织结构	纱线方向	单根纱线投影宽度/mm	纱线密度/(根·cm ⁻¹)	捻向
暗紫色、土黄色相间部位	纵向	0.16 ~ 0.37	60	Z捻
	横向	0.21 ~ 0.27	23	Z捻
经纬纱线均为土黄色部位	纵向	0.17 ~ 0.36	20	Z捻
	横向	0.20 ~ 0.29	23	Z捻

由表1可知, 暗紫色、土黄色相间部位的纵向纱线密度大于经纬纱线均为土黄色部位的纵向纱线密度, 二者横向纱线密度一致。由此可判断, 暗紫、土黄二色纱线为经线, 土黄色纱线为纬线, 同时经纱的颜色和密度出现了变化, 构成了简单条状纹样, 而纬线未发生变化, 符合经向显花的特征, 因此推测该织物残片为经向显花织物。

观察修复后的织物, 虽未发现其布料边缘, 无法准确判断是否为经向显花织物, 但从经纬密度、图案走向、纱线捻度和织造工艺等角度推测, 该残片为经向显花织物, 使用的装饰工艺为晕縐, 以暗紫、土黄二色纱线为经线, 按照晕色渐次进行组合排列, 使织物表面呈现出连续自然的经向双色条纹。

2.3 傅里叶变换红外光谱仪观察

采用赛默飞世尔科技公司生产的 Nicolet iS50 FTIR 傅里叶变换红外光谱仪对所提取的样本纤维进行检测。将测试产出的谱图与4类现代棉花样品进行比对分析, 样本纤维与4类现代棉花样品的红外光谱图主要吸收谱带与特征频率如下所示(表2)。在2980 ~ 2820 cm⁻¹ 波长范围内表现为C—H伸缩振动峰; 在1650 cm⁻¹ 波长附近内表现为O—H振动带, 这是因纤

维素中产生的水分而存在的^[1]; 在1440 cm⁻¹ 波长附近内表现为—CH₂弯曲振动带; 在1340 cm⁻¹ 波长附近内表现为C—H弯曲振动带; 1100 ~ 980 cm⁻¹ 波长范围内存在最强峰, 并在其两侧伴有很多肩峰, 为C—O—C伸缩振动吸收峰。

将样本纤维与现代的草棉、陆地棉、亚洲棉、海岛棉进行对比可以发现, 各个基团的特征峰的位置与强度接近, 但其各个基团的特征峰与现代棉花相比略有差异, 推测棉花在不断演进的过程中存在不同程度的变异, 以及样本纤维在复杂的地下环境中发生了不同程度的结构变化。初步可以判断样品纤维为纤维素纤维类的棉纤维, 接下来需要结合使用显微镜观察的方法, 观测纤维的横纵形貌特征, 进行下一步鉴定。

2.4 扫描电子显微镜观察

为获得纤维样品的纵向形貌及其成分信息, 参考《扫描电子显微镜分析方法通则》(JY/T 0584—2020)^[2]。在测试前, 将样本纤维用导电胶粘贴在金属板上, 样品表面用除尘罐清理后再进行表面喷金处理, 采用赛默飞世尔科技公司生产的台式扫描电子显微镜对纱线纵向形貌特征进行观察, 样本纤维的纵向表面电镜照片如下(图5)。放大至490倍, 可以看到纤维的捻向为Z捻, 纵向纤维中有中腔和天然扭曲, 是典型的棉纤维的纵向特征。同时可以看到, 纤维表面粗糙, 并存在不同程度的断裂, 纤维粗细不一致; 放大至2000倍对单根纤维的纵向结构进行观察, 并测量其纤维直径。由观测可知, 纤维的直径范围为14.19 ~ 29.55 μm, 表面存在裂痕以及白色晶体颗粒状污染物, 推测可能源于土壤中的二氧化硅或磷酸钙类的污染物。

表2 红外光谱图主要吸收谱带与特征频率表

单位: cm⁻¹

名称	O—H 伸缩振动峰	C—H 伸缩振动峰	O—H 振动带	—CH ₂ 弯曲振动带	C—H 弯曲振动带	C—O—C 伸缩振动吸收峰
样本纤维	3 331.4	2 908.9	1 629.7	1 423.6	1 307.6	1 104.1
	3 268.3	2 848.3				997.2
海岛棉	3 328.8	2 916.6	1 632.3	1 421.0	1 312.8	1 046.1
	3 273.4	2 850.9	1 593.6			1 021.7
亚洲棉	3 332.7					1 105.4
	3 278.6	2 893.4	1 620.7	1 423.6	1 307.6	1 050.1
陆地棉						1 025.5
	3 334.1	2 897.3	1 618.1	1 422.3	1 311.5	1 100.2
	3 274.7					1 047.4
草棉						1 025.5
	3 331.4	2 914.1	1 612.9	1 422.3	1 310.2	1 100.2
	3 274.7	2 847.1				1 051.3
						1 028.1

注: 现代棉花样本均源于中国农业科学院棉花研究所。

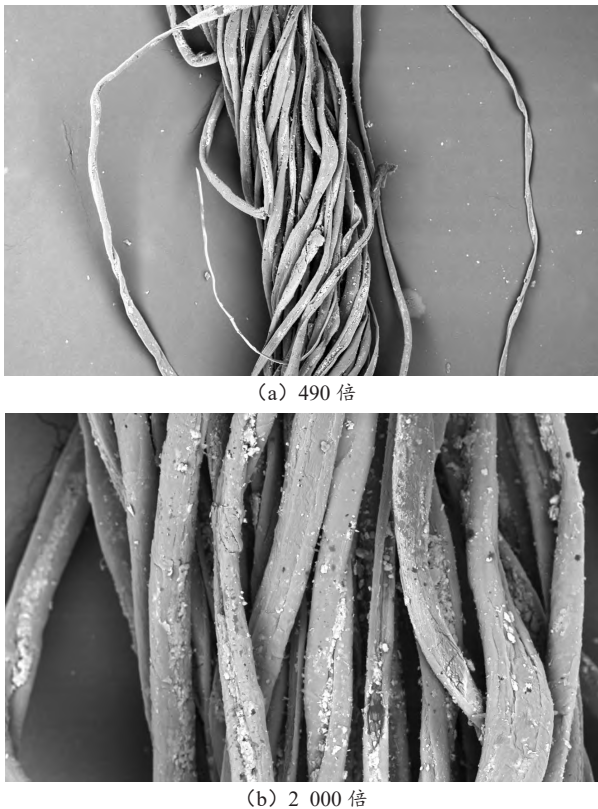


图5 扫描电子显微镜下的样本纤维纵向结构图

综上所述,纤维样品的材质为棉,纵向表面存在天然扭曲和褶皱裂纹,推测样品存在老化现象,且存在氧化硅或磷酸钙类的污染物。

2.5 超景深三维显微镜观察

为获得纤维样品的横向形貌和纤维类别,采用显微镜观察法^[3]。取单根纱线纤维,采用哈式切片法制作厚度约为20 μm的纤维切片,放置于显微镜的载物台上,采用基恩士超景深三维显微镜对其进行横截面微观形貌的观察。样本纤维的横截面照片如下所示(图6)。放大至2000倍,可以看到纤维横截面呈现出腰圆形结构并带有中腔,是典型的棉纤维的横截面特征。同时可以看到,纤维截面内部表面粗糙且凹凸不平,由大量细小白色晶体颗粒状污染物聚集而成,并且存在细小纤维截面,推测由纤维老化而导致的纤维截面出现断裂的状况。由观察测量可知,纤维的直径范围为18.87~31.37 μm,与扫描电子显微镜观察所测量的直径范围相近。由此可知,纤维样品的材质为棉,横截面呈现出腰圆形,带有大量细小颗粒状污染物,并存在细小纤维截面,判断其存在严重老化现象。

3 织物残片材质判断

利用傅里叶变换红外光谱仪、扫描电子显微镜和

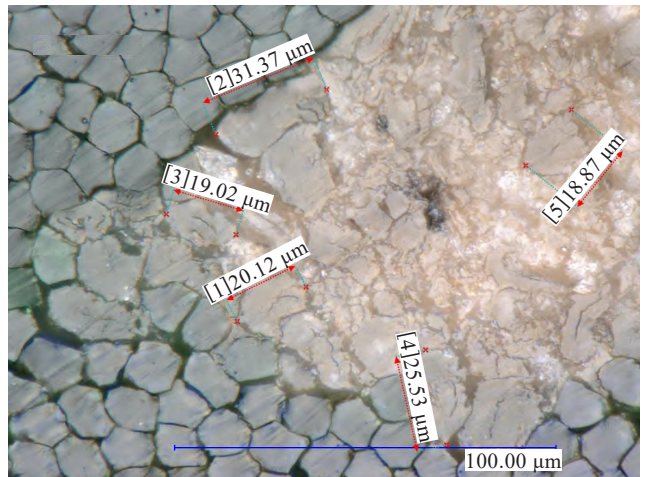


图6 超景深三维显微镜下样本纤维横截面结构图(2000倍)

超景深三维显微镜对现代棉花样本与残片样本进行观察、对比判断,推测样本纤维为棉纤维。由样本纤维红外光谱图预览报告(图7)可知,样本纤维与黄麻的匹配值高达87.05%,棉与麻同为纤维素纤维,且草棉(又称非洲棉)植株矮小,属草本植物,与黄麻中纤维素成分接近,由此可以推断样本纤维为草棉。

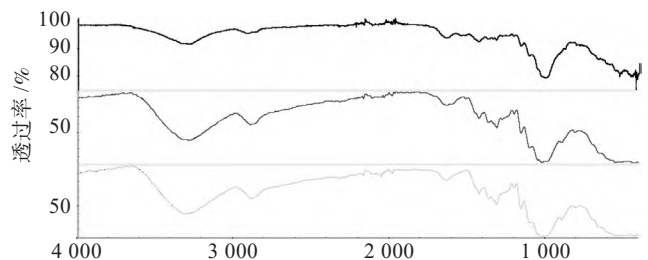


图7 样本纤维红外光谱图预览报告

据《一切经音义》记载:“高昌名叠氍,是衣名。罽宾以南,大者成树,以此形小,状如土葵,有壳,剖以出华,如柳絮,可纫,以为布,用之为衣也。”^[4]文中所提到的罽宾在今克什米尔、葱岭一带,形容“形小如土葵”正是草棉的植株,由此可以表明公元7世纪,在新疆的吐鲁番和喀什一带就已经种植草棉^[5]。在《梁书》列传第四十八“诸夷”中记载“高昌……多草木,草实如茧,茧中丝如细纆,名为白叠子,国人多取织以为布。布甚软白,交市用焉”^[6]。可见当时棉花被称为“白叠”,制成的布很受欢迎,可以充当流通手段,由此可推断当时产量之多。1959年发掘的新疆民丰县北大沙漠东汉时期的合葬墓中出土了大量的织物,其中有两片盖在盛放羊骨碗上的蓝白印花布,以及男尸身穿的白布裤和手帕,都是用棉布织造的^[7];同样,在1969年发掘的吐鲁番县阿斯塔那一哈拉和卓的唐墓中

也出土了大批棉织物^[8]。

科技检测、文献记载与同时期、同地域出土的实物三者之间相互印证, 新疆吐鲁番地区高昌时期曾大规模种植草棉, 且用草棉制成布或衣服进行流通, 从而可以推测织物残片的材质应为草棉。

4 织物残片织造工艺

运用经纬密度、图案走向、纱线捻度和织造工艺等方法推测可知, 该织物为经向显花棉织物, 使用的装饰工艺为晕縹, 织造方法为通经换纬, 纹样为黄紫相间条纹, 其晕縹规律如下(图8)。晕縹属于蜀锦中的一种织造工艺, 通过晕色丝线的排列, 呈现出独特

的色彩旋律^[9]。

在唐代以前的文献中, 没有晕縹或縹锦的记载, 正史中明确记载縹锦的是《旧唐书》, 其内容为“戊寅, 诏: ‘纂组文绣, 止害女红。今师旅未息, 黎元空虚, 岂可使淫巧之风, 有亏常制。其綾锦花文所织盘龙、对凤、麒麟、狮子、天马、辟邪、孔雀、仙鹤、芝草、万字、双胜、透背及大縹锦、竭凿、六破已上, 并宜禁断’”^[10]。由此可见縹锦的制作工艺为一种复杂烦琐的制造工艺, 且价格远高于一般织锦, 因此才会提议被禁止。新疆吐鲁番阿斯塔那北区第105、第108号唐墓分别出土了晕縹提花锦和条纹晕縹锦^[11]; 洛浦县山普拉西汉墓出土了红地晕縹毛织物, 图案分别为葡

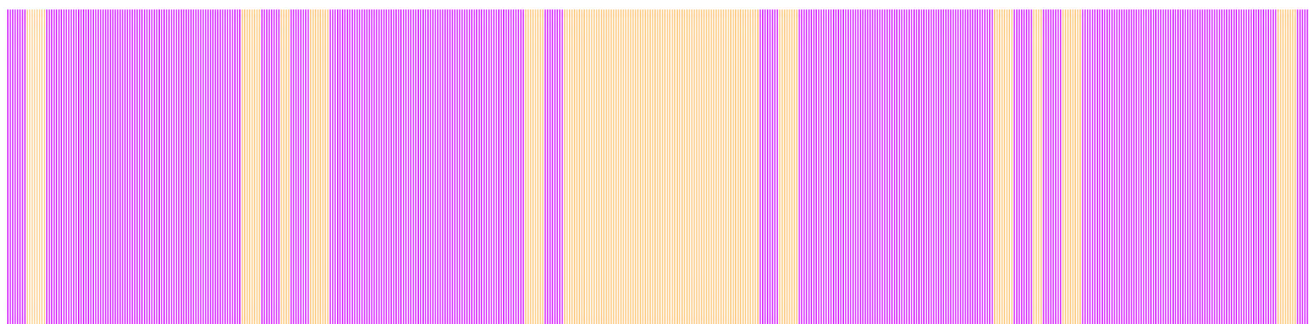


图8 织物土黄、暗紫双色晕縹规律示意图

萄纹、花卉纹和几何纹^[12]; 尼雅县汉晋墓葬出土了缀绢晕縹缙花毛织袋和花卉纹晕縹缙毛靴^[13]; 楼兰城郊古墓群出土了紫地晕縹缙毛织物^[14]。

由文献和出土实物可知, 晕縹这种织造工艺早在汉晋时期就流行于我国新疆地区。其材质多样, 有丝、毛等材质; 色彩丰富, 有暗紫、大红、深绿、熟褐等颜色; 图案繁多, 有葡萄纹、花卉纹、几何纹等纹样。此次吐峪沟石窟寺出土的土黄地暗紫色条纹縹布残片则是对新疆地区已出土的晕縹织物的一次补充, 为了解该地区物质文化历史提供了重要的实物佐证资料。

吐峪沟石窟作为古代高昌回鹘地区开凿时间最早、营造规模最大与沿用时间最长的寺庙, 借助洞窟形制、造型内容与其他遗址横向比对推测, 吐峪沟石窟寺最早始建于公元5世纪前后^[15]。利用石窟寺斩山崖面区段和不同类型及分布空间的打破关系和特征, 可推测出东区北部石窟寺先后经历了6次营造工程, 并通过遗址形制布局和洞穴主要特征, 将其年代分为四期^[16]。研究的织物残片出土于中间窟南端, 推测出土环境为第六次营建的僧房窟, 可将其年代划归至第四期, 其年代为唐西州阶段, 时间约为公元

6世纪中旬至8世纪中旬之间, 由此可以判断织物残片的年代不早于公元6世纪中旬。

5 结论

研究以新疆吐峪沟石窟寺东区出土的土黄地暗紫色条纹縹布残片为样本, 系统地揭示了残片样品的材质来源、组织结构与加工工艺, 展现了纺织品织造工艺在丝绸之路背景下的技术演进与区域特征。研究结果表明, 该残片的材质为草棉, 其装饰工艺为晕縹, 其年代不早于公元6世纪中旬。

与以往发掘出土的晕縹织物不同的是, 此次发现丰富了该类装饰工艺的材质来源。该类装饰工艺并未使用丝这种成本较高或者毛这种具有此区域特色的动物纤维材质, 而是运用该地区广泛种植的植物纤维草棉为材质, 经染色后加以织造。这种材料与工艺的选择反映了在宗教礼仪及“不杀生”系统性宗教伦理的场景下对装饰性、实用性与成本控制的多方面考虑, 同时体现了唐代之后的边疆地区在继承中原织造工艺的基础上结合本地区的地理环境、文化背景所形成的地域性的技术发展形态。

总而言之,新疆吐峪沟石窟寺出土的土黄地暗紫色条纹绢布残片体现了古代丝绸之路沿线地区对纺织品织造、装饰工艺的再发展。其制作工艺体现了材质多元化与宗教背景影响下装饰性与实用性的统一,生动地体现了中国古代因地制宜的造物法则,为研究中国古代中原文化对边疆地区的影响提供了实物支持。此次研究不仅丰富了晕绢织物的材质来源,还为探索丝绸之路沿岸文化交流中技术传播与区域化发展提供了重要视角。

参考文献

- [1] 高素芸.巴州出土纺织品文物的科学分析[D].杭州:浙江理工大学,2023.
- [2] JY/T 0584—2020 扫描电子显微镜分析方法通则:[S].
- [3] 全国纺织品标准化技术委员会基础标准分会.纺织纤维鉴别试验方法 第3部分:显微镜法:FZ/T 01057.3—2007[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [4] 释玄应,释慧琳,释希麟.一切音经义[M].上海:上海古籍出版社,2008.
- [5] 汪若海,李秀兰.中国棉文化[M].北京:中国农业科学技术出版社,2007.
- [6] 姚察,姚思廉.梁书[M].北京:中华书局,2000.
- [7] 李遇春.新疆民丰县北大沙漠中古遗址墓葬区东汉合葬墓清理简报[J].文物,1960(6):9-12,5-6.
- [8] 新疆维吾尔自治区博物馆.吐鲁番县阿斯塔那:哈拉和卓古墓群清理简报[J].文物,1972(1):8-29.
- [9] 王一哲.织锦八达晕纹样设计研究[D].上海:上海大学,2023.
- [10] 刘昉.旧唐书[M].北京:中华书局,1975.
- [11] 新疆维吾尔自治区博物馆出土文物展览工作组.丝绸之路:汉唐织物[M].北京:文物出版社,1972.
- [12] 新疆维吾尔自治区博物馆.洛浦县山普拉古墓发掘报告[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1995.
- [13] 赵丰,于智勇.沙漠王子遗宝:丝绸之路尼雅遗址出土文物[M].香港:艺纱堂,2000.
- [14] 侯灿.楼兰城郊古墓群发掘简报[J].文物,1988(7):23-39,97,99-100.
- [15] 傅星,刘大玮,衣卫京,等.新疆吐峪沟石窟遗址出土罗织物形貌与材质特征研究[J].化纤与纺织技术,2026,55(2):5-8.
- [16] 夏立栋.吐峪沟石窟的斩山崖面区段与遗址考古分期[J].考古,2021(11):100-112.

《上海服饰》杂志征稿简则

《上海服饰》杂志创刊于1986年,是由上海世纪出版(集团)有限公司主管,上海科学技术出版社有限公司主办,面向国内外公开发行的科技期刊。国内统一连续出版物号为CN 31-1064/TS,国际标准连续出版物号为ISSN 1000-8888,现为月刊。

本刊坚持传播服饰技术,交流服饰设计、营销、生产技艺,普及服饰科学、美学知识,为繁荣服饰产业经济和美化人民生活服务。

常设栏目:商业消费、潮流服饰、设计文脉、美育观点、科研课题、服饰教学等。

征稿对象:科研机构、企事业单位、高等院校等的研究人员、从业者和博士、硕士研究生,以及从事艺术设计、服装产业、美术教育等相关领域的工作者。

联系电话:021-66270623,021-53203160

投稿邮箱:shfsbjb@163.com

《上海服饰》编辑部