

敦煌遗书补纸涂布工艺探究——以国家图书馆藏敦煌遗书为例

□ 王歌 国家图书馆古籍馆

□ 孙瑞琪 国家图书馆古籍馆

敦煌遗书是 20 世纪初中国学术四大发现之一，其丰富的历史内涵、独特的文献形态自出土之日起便备受学界重视。国家图书馆是世界四大敦煌遗书收藏机构之一。在 2025 年开展的国家图书馆藏敦煌遗书修复项目中，我们发现部分藏品的纸张帘纹具有较为明显的“透光可见、背光不可见”的特征，为实现“修旧如旧”的修复原则，研制出在材质、质感及结构表现上与原文献较为匹配的修复用纸，我们开展了一系列纸张科学分析检测研究。

一、文献纸张分析检测

（一）文献纸张表面分析

经体试显微镜微观观测，我们发现文献纸张表面呈现出明显的、非均匀的反射光泽，如 BD03909（图 1）和 BD05274（图 2），推测其成因有两种可能：一是施胶工艺，即表面涂刷了动物胶或植物胶；二是可能存在矿物颜料涂层，涂层中微细的矿物颗粒形成了矿物结晶反光效果。

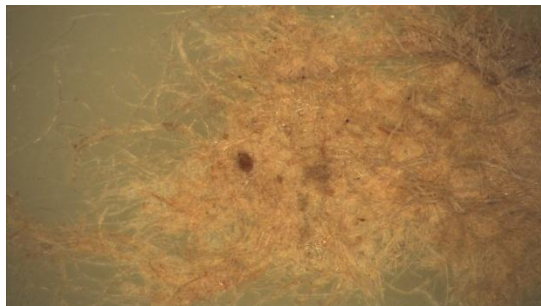


图 1 BD03909 的微观图



图 2 BD05274 的微观图

进一步观察可见，纤维被上覆的涂层所遮盖或半遮盖，可见填涂物质已覆盖并部分包裹了底层纤维结构。经初步测算，纤维裸露区域占比约 60%，涂层覆盖区域约占 40%，二者呈现出明显的肌理与光泽对比。

在机械分离（撕扯）过程中，表面填涂的矿物颗粒易于从纤维网络中脱落，显示出涂层与纸张纤维间的结合力较弱。失去填料粘附和物理支撑后，裸露的纤维结构变得松散，呈现出典型的絮化、蓬松状态，因此推测填料对维持纸张表面致密性及短期结构完整性起到一定作用，但并未与纤维形成牢固的化学键合。

（二）文献纸张元素分析

文献纸张元素分析选择使用扫描电子显微镜进行（图 3），我们针对扫描电镜下可见矿物较多的位置进行检测，发现 5 件敦煌遗书所含矿物元素组成并不完全一致，但有一些共同

点：(1) 主体可能是铝硅酸盐粘土矿物，铝：硅比值在 1: 1.5~1: 2 之间。(2) 钙含量较高，但具体比例不同。(3) 铁、镁等存在，但比例不一。



图 3 BD05671 的扫面电镜图

根据前文纸张表面分析检测得出，原件上覆盖有矿物颜料图层或进行了施胶工艺。根据前人研究和文献调查，敦煌地区有一种特殊的泥土——澄板土（敦煌土），它是由洪水冲刷淤泥沉积下最细小、沉重的颗粒沉淀形成的，古代工匠常用澄板土与沙子、麻纤维等材料混合制成泥浆，涂抹于石窟内壁作为壁画的地仗层，也可用于塑造泥塑。

基于“遮盖性适配”与“易获取性”双重原则，我们尝试将澄板土涂刷在纸张上进行分析检测(图 4)，显示排除碳、氧，硅、铝含量较高，原子数比为硅：铝 $\approx$ 1: 2，除此之外钙含量较高，另有镁、铁、钾等含量相近，原子数钾：钙 $\approx$ 0.6: 1。文献用纸与澄板土在硅铝比值和钙的高含量方面相对一致。

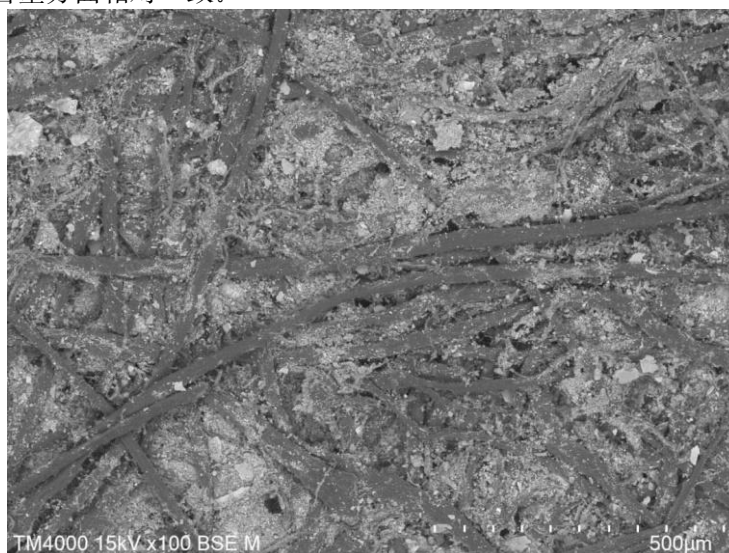


图 4 加入大量澄板土样品的扫描电镜图

二、涂布材料

我们优先以敦煌当地的澄板土为原料，通过过筛工艺去除土中混合的沙子，仅保留细腻的泥土，将其和水搅拌均匀后涂布于纸张上。然而，实验表明，澄板土的覆盖力有限，无法完全遮蔽纸张固有纹理，且涂布出来的纸张颜色较深，故需要寻找其他更合适的材料与之混合使用。

我们尝试了其他较为常见且颜色较白的矿物：高岭土、云母和蛤粉，并对这三种矿物进行了系统的比较与实验。高岭土的覆盖力表现最强，能够完全遮盖纸张的基底纹路，从而提供平整的修复表面。然而，经高岭土涂布后的纸张表面上色较为困难，难以通过染色达到部分藏品所需要的高色彩饱和度，在染色过程后会出现底色“反灰”的现象。云母同样具备较强的覆盖力，亦能有效遮蔽纸张纹理，但在显微镜观察下，其表面呈现明显的矿物结晶反光现象，光泽、质感与原件的微观形貌特征存在一定差异。相较之下，蛤粉在覆盖力上表现良好，既能有效掩盖纸张纹理，又具有良好的颜料附着性能，易于上色与调色，在显微镜下观察，其表面未出现大量的矿物结晶反光效果，质感与原件更为接近。基于上述比较，我们选定蛤粉为本次修复的涂布材料。

尽管蛤粉并非敦煌本地产物，但相关研究表明，蛤粉曾被应用于敦煌壁画的创作之中，古时多经由陆路交通贩运至此。鉴于此，为准确还原文献原件所呈现的暖色调，我们将地源性材料澄板土与蛤粉进行复合配比，并辅以其他固色材料，通过刷染工艺对纸张进行整体涂布处理。

三、涂布工艺

为了达到原件帘纹“透光可见、背光不可见”的特性，研制出结构、质感相似的修复用纸，在模拟实验中，我们采取不同的涂布方式进行涂布，例如拉染和刷染。

由于涂布材料中含有大量的土质成分，其颗粒比重较大，在长时间静置后极易发生沉淀分层，导致上层涂料稀薄、下层涂料浓稠。若在此状态下采用拉染方式进行涂布，会因为涂料浓度不一致，造成纸张表面不同区域所附着的涂料量差异显著，出现局部漏涂、覆盖不全，而另一部分则涂料堆积过厚的现象。这种不均匀的涂布效果，不仅影响纸张的外观与使用，也不利于修复用纸的稳定批量化生产。

刷染工艺的应用，能有效降低涂布过程中的不确定性。与拉染相比，刷染通过人工或工具控制，能够更均匀地将涂料施加于纸面，并通过调整手法与遍数，实现对涂层厚度与覆盖程度的精细把握，从而减少材料沉淀所导致的涂布不均问题。

通过检测分析，我们发现部分敦煌遗书原件纸张存在双面涂布的现象。这种历史工艺不仅增强了纸张的物理强度与稳定性，也可能改善了其书写适性与抗老化性能。为尽可能还原原件的工艺特征与材料性能，我们在修复中最终采用了双面刷染的工艺，以确保其质感更贴合文献原件。

四、成果及展望

经过上述研究与实验验证，我们初步研制出可用于本次敦煌遗书修复项目的修复用纸，该纸张在视觉外观、表面质感与肌理表现上，与文献原件较为接近（图 5、图 6），为后续修复工作的开展奠定了基础。



图 5 BD03909 修复用纸的微观图

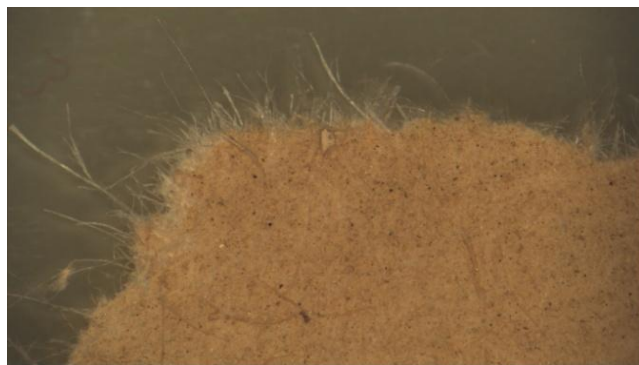


图 6 BD05274 修复用纸的微观图

然而，本研究目前仍存在一定局限，需进一步深化研究。希望在未来，能准确鉴别出涂布材料及胶料的成分，提升涂布工艺的稳定性、固色效果的长期性，更深入地探讨双面涂布工艺对纸张性能的影响机制。