

辽上京遗址纸质文物检测分析和研究

周 昕 董新林 汪 盈 岳天懿

关键词：辽上京遗址 纸质文物 纸张检测分析 皮纸

KEYWORDS: Liao Shangjing Site Paper Artifacts Scientific Analysis Bark Paper

ABSTRACT: This study focuses on ink-inscribed paper fragments adhering to a silver ingot unearthed from a large east-facing courtyard in the southwestern part of the imperial city at the Liao Shangjing site. After separation, the paper was analyzed using physical property analysis, fiber analysis, scanning electron microscopy with energy-dispersive spectroscopy (SEM-EDS), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), and pH and ink solubility tests. The results show that the paper was made entirely from bast fibers of paper mulberry, indicating a bark-paper tradition. The manufacturing process is inferred to have involved soaking, initial mechanical pounding, manual cutting, and subsequent beating to process bark into pulp, consistent with traditional papermaking techniques. In addition, the analyses revealed metal-ion migration from the silver ingot into the paper fibers, resulting from corrosion in the burial environment. This research provides important scientific evidence for the conservation of unearthed ink-inscribed paper artifacts.

前 言

辽上京是辽朝最为重要的首都和政治、经济、文化中心。2023年，中国社会科学院考古研究所和内蒙古自治区文物考古研究院联合组成的辽上京考古队对辽上京皇城西南部的一处大型东向院落进行了发掘（图一），在建筑基址附近出土的1件银铤上粘有墨书纸张。此件墨书纸张的出土，为研究辽代历史和文化提供了新材料，对于北方草原地区墨书纸张的保存与修复研究也具有十分重要的意义。

本文将纸质文物与埋藏环境的接触

方式分为“直接接触”和“间接接触”两类。直接接触指纸质文物未经过包裹或隔离，直接与土壤、砂石等自然环境接触；间接接触则指纸质文物以某种形式被包裹或隔离（如放置在容器中或纺织品制成的袋内），从而避免与埋藏环境的直接接触。

在古丝绸之路沿线的干旱或半干旱地区，因降水稀少、气候干燥，大量纸质文物得以保存。直接与埋藏环境接触的如甘肃敦煌汉代悬泉置遗址出土的数百片古纸^[1]，间接与埋藏环境接触的如甘肃兰州城关区龙尾山伏龙坪东汉墓出土古纸^[2]。相对而言，在我国的湿润和

作者：周昕，北京市，102488，中国社会科学院科技考古与文化遗产保护重点实验室。

董新林、汪盈、岳天懿，北京市，100101，中国社会科学院考古研究所。



图一 发掘位置示意图

(改绘自中国社会科学院考古研究所内蒙古第二工作队、内蒙古自治区文物考古研究院:《内蒙古巴林左旗辽上京皇城南部建筑遗址》,《考古》2024年第7期,图三)

半湿润地区,由于降水量大、土壤含水率较高,脆弱文物的保存难度较大,出土的纸质文物数量相对较少,且大多为间接接触埋藏环境的例子,浙江金华市武义县南宋墓中出土的纸质文书^[3],以及成都市群众路唐墓M1出土铜臂钏内发现的纸本真言^[4],均属于此类情况。

纸质文物因其脆弱性和易损性,保存难度较大。在内蒙古地区发现的纸质文物中,以阿拉善盟额济纳旗黑城遗址出土者最为著名,该遗址位于丹巴吉林沙漠附近,干燥少雨的气候使得大量有机质文物得以较好保存,考古学者多次在此发现保存完好的纸质文物^[5]。此外,在呼和浩特市辽代万部华严经塔中出土一张纸质宝钞^[6],在巴林右旗庆州古城内的辽代释迦佛舍利塔(庆州白塔)中曾发现大量佛经经卷^[7]。

2023年辽上京遗址出土的纸质文物

与之前内蒙古地区的有关发现相比,埋藏环境存在显著差异。辽上京遗址位于内蒙古自治区东部的巴林左旗,属于半干旱气候区,冬季寒冷干燥,夏季温暖并伴有适量降水。与黑城遗址干燥少雨的埋藏条件,以及万部华严经塔、庆州白塔的地上保存环境不同,辽上京遗址为干湿交替土壤环境,在这种环境中发现直接与埋藏环境接触的纸质文物,可为类似环境下的纸质文物保存提供宝贵资料 and 实践经验。此外,辽上京遗址出土纸质文物的层位关系明确,纸上的汉文字迹清晰可辨,为研究统一多民族国家历史的发展提供了新材料。

一、辽上京银铤上墨书纸张的考古背景和古纸剥离工作情况

2023年,辽上京考古队对辽上京皇城南部建筑基址进行了大规模的考古发掘,其中皇城南部大型东向院落(院落二)的北回廊后部配殿(2023JZ7)是一座始建于辽代、废弃于金代的建筑基址。在该建筑北侧的地层第N8A层中出土9件银铤,其中1件银铤(T54N⑧a:4-1)出土时粘附有墨书纸张^[8](图二)。该银铤为束腰形,一面篆刻文字题记,正面中心微凹陷,出土时刻字面朝上,其上粘附有墨书纸张。由于长期埋藏,纸张颜色较普通传世纸张黯淡。

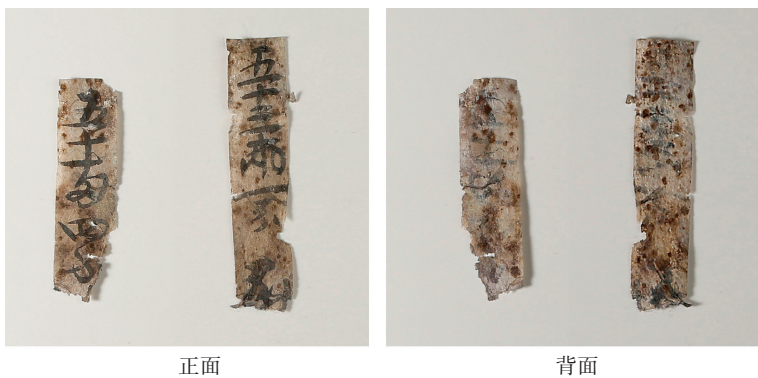
考古发掘出土的纸质文物,因长期处于密闭高湿的环境,其纤维在反复吸水膨胀与干燥收缩的过程中逐渐发生变化。随着时间推移,纸张湿度增加、空气含量减少,相互接触的部位变得愈加紧密,最终出现粘连现象,形成所谓的



图二 银锭出土情况

“纸砖”^[9]。通过观察发现，墨书纸张与银锭紧密粘接，且纸张为上、下两层，两层纸紧密叠压、粘连。上层纸张边缘卷曲变形，右下角有残缺，表面有污渍；下层纸张因尚未进行分离，未完全显现，其状态及潜在病害问题暂不明确。

尽管两层墨书纸张紧密叠压，但整体松弛自然、边缘规整，仍保持良好的机械强度与形态；纤维结构尚完整，未出现软塌或絮化的现象，并保持一定湿度。此外，墨书纸张的整体面积较小，形态相对稳定。结合上述情况，修复人员使用手术刀对墨书纸张进行干法分离，先将墨书纸张自银锭上谨慎剥离，后将叠压的两层纸张逐步分开（图三）。操作过程中，于纸张下方垫衬无纺布（TNT）以固定保护。



图三 分离后的墨书纸张

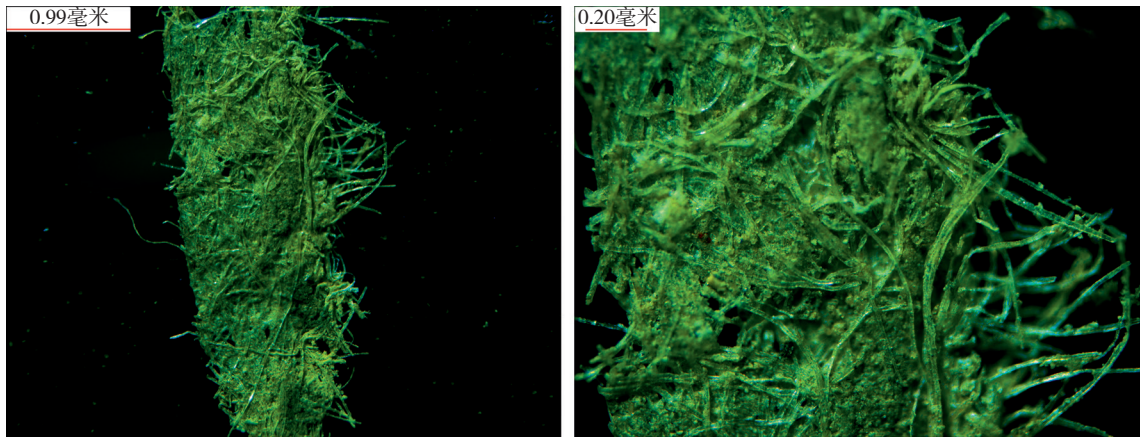
二、辽上京墨书纸张的检测与分析

（一）墨书纸张的物理特性分析

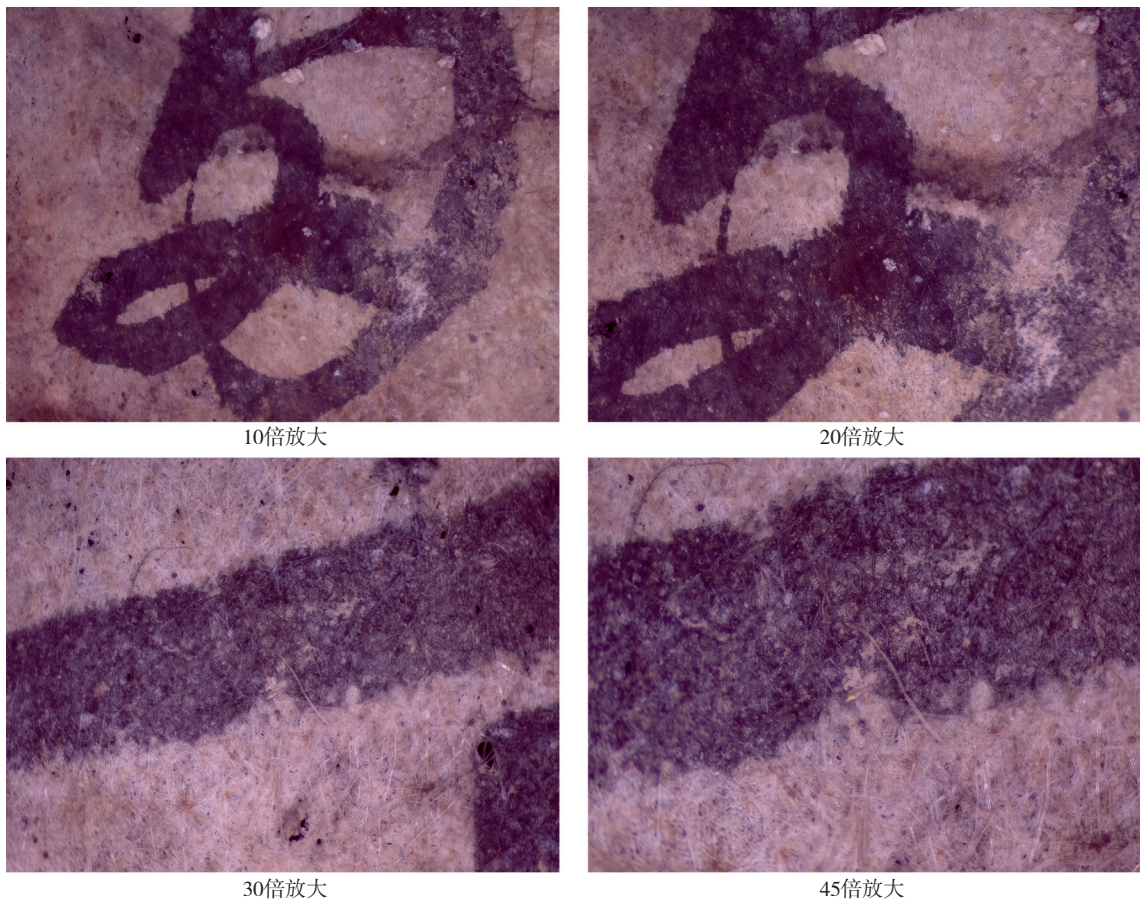
分析出土纸张的物理特性，有助于揭示其保存状态、老化程度及相关工艺特征。本研究首先从形貌入手，通过舜宇SOPTOP体视显微镜在光源下对纸张进行微观观察，获取帘纹特征及纤维排列等信息，并对文字区域进行局部放大，分析书写材料的渗透特征及其与载体的结合情况。

分离后的墨书纸张共有两张，前侧的纸张编号为T54⑧a：4-1①，长约8、宽约1.8厘米；后侧的纸张编号为T54⑧a：4-1②，长约6.6、宽约1.8厘米。两张纸的边缘相对规整，但受埋藏环境影响，出现了变形和缺损等病害。纤维触感较有强度，整体保存状况良好。透光观察时发现纸张厚度不均，未见帘纹。显微镜下观察到纤维形态清晰，纤维之间存在较为明显的空隙。同时可见纤维间附着颗粒物，纤维整体呈扁塌状，反映了其可能受到一定的物理压缩或环境影响（图四）。纸上字迹边缘清晰规整，无跑墨或洇化现象，表明书写材料与纸张结合紧密。字迹整体颜色较深，

色差集中在边缘或破损处，提示书写材料在这些区域可能局部脱落或附着不均，且与载体磨损或老化有关。字迹渗透较深，部分区域可通过纸张背面观察到，局部仍可见结膜现象，显示出胶质结合特征（图五）。综合判断，



图四 墨书纸张显微图像



图五 墨迹显微图像

该纸张上的字迹应用墨书写。

纸张白度反映其在光照下的反射能力和亮度^[10]，是评价纸张色泽及其老化程度的重要指标。对考古出土纸张进行白度测量，可以量化纸张的变色情况，避免因肉眼主观感知产生的色彩误差。

本研究使用汉普HP-200精密色差仪（测量口径8毫米，SCI D65光源），参考GB/T 21245—2007《纸和纸板 颜色的测定（C/2°漫反射法）》标准，对每张纸的上、中、下三处无字空白点分别进行定位测定Lab值。

通过CIE Lab*色彩空间分析，纸张的L值在53.08—54.51之间，表明纸张亮度中等，呈现出灰色调。a值在1.54—2.54之间，正值显示出淡淡的红色调；b值在6.91—9.46之间，正值则表明带有浅黄色。综合以上数据可知，两张墨书纸张整体呈灰色调，带有浅黄色和一定红色色相特征。

此外，还对纸张厚度进行了测量。纸张在长期埋藏的环境中，受湿度、温度和酸碱性等因素影响，纤维结构可能发生压缩、膨胀或松弛，导致厚度出现差异。因此，厚度数据不仅反映当前的物理状态，还能为推断纤维原料、抄造方式及压光工艺等提供依据，同时为后续保护修复中补纸的选择提供参考，使补纸在力学性能与视觉协调性上更为接近文物本体。

本研究采用深圳市源恒通科技有限公司生产的平头测厚规，参照GB/T 451.3—2002《纸和纸板厚度的测定》中的试验步骤对纸张进行了厚度测量。为确保测量的准确性，分别对每张纸的上、中、下三处中心位置进行了测量，并取其平均值作为最终结果。结果显示，T54⑧a：4-1①的平均厚度为195微米，T54⑧a：4-1②的平均厚度为156微米。

（二）墨书纸张的纤维分析

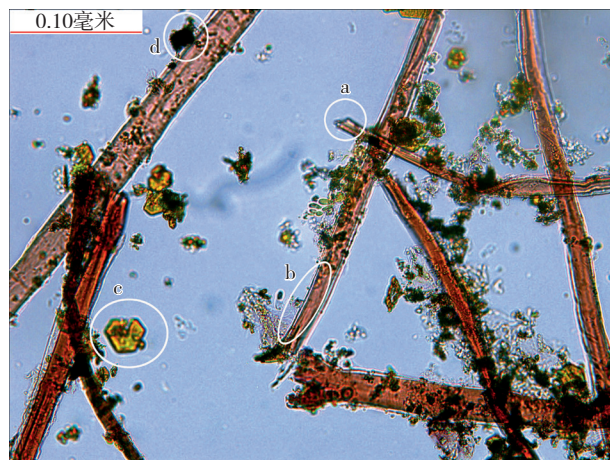
对古纸进行纤维分析有助于了解其造纸原料及工艺水平，同时也为文物保护与修复中选择合适的修复材料提供重要的参考。本研究采用北京伦华科技有限公司生产的XWY-VIII纤维分析仪，并使用赫氏（Herzberg）染色剂（碘氯化锌溶液）对揭取过程中

掉落的纸张碎屑进行纤维检测。纤维样品的制备方法参考了《中国古纸与传统手工纸植物纤维显微图谱》中所述的标准流程^[1]。

将样品置于纤维分析仪显微镜下观察，结果显示此次考古出土的纸张颜色较深，纸张表面及纤维间含有大量填料颗粒。经分散制样并使用赫氏染色剂染色后，纤维呈现酒红色，表明其为韧皮系桑檀皮类纤维，且纤维较长、杂细胞较少。根据纤维上覆盖明显的胶质膜和纤维宽度等特征，推测其为小构皮。同时观察到纤维表面胶衣，部分位置胶膜破散，纤维多为切断状，断口齐整，并带有舂捣痕迹（图六）。上述特征表明，该纸张在制作过程中经过了沤制、剪切、舂捣、打浆等传统造纸工艺处理。

（三）墨书纸张的扫描电镜（SEM）和能谱仪（EDS）分析

1. 纸张的扫描电镜与能谱仪分析 在本次研究中，采用扫描电子显微镜和能谱仪对纸张的形貌特征和化学成分进行了分析。检测纸张中元素的种类和含量



图六 墨书纸张纤维显微图像
a.剪切痕迹 b.带胶衣的纤维 c.小块黄色胶料 d.染色后纸张中的填料

分布，可以为判断其原材料成分、制作工艺特点及埋藏环境对纸张保存的影响提供科学依据。本研究的对象为直接与埋藏环境接触的辽代墨书纸张，结合埋藏环境进行综合研究尤为重要。埋藏环境的化学特性（如土壤酸碱度、矿物成分）和物理条件（如湿度、温度）可能直接影响纸张的元素分布和保存状态，对揭示纸张成分来源及劣化原因具有重要意义，也是制定合理的保护与修复方案的关键参考。

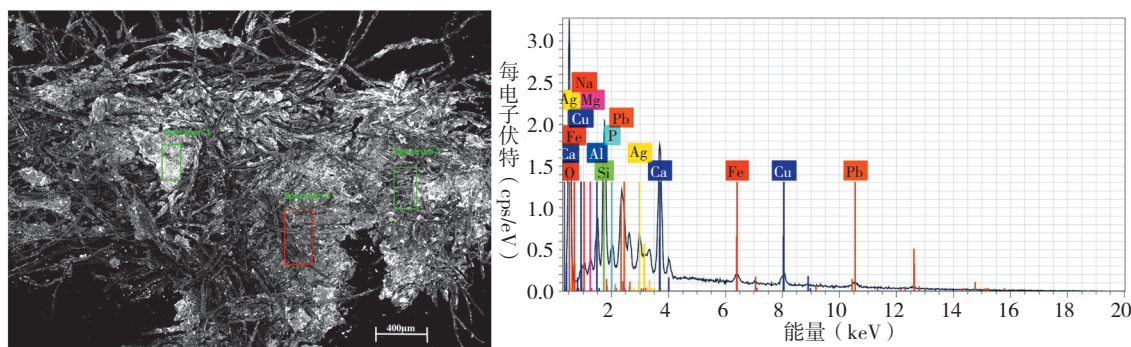
本研究采用日立高新（Hitachi）SU 5000扫描电子显微镜和布鲁克（Bruker）XFlash能谱仪进行分析。在制样过程中，为了尽可能保留样品的原始状态并避免传统处理方法可能引发的二次损伤，采用了直接固定的方式。具体操作中，将纸质文物碎片直接粘附在样品台的导电胶上，未进行喷金或其他表面处理。随后，对样品进行了扫描分析。

分析发现，纸张中氧、钙、铅、银和硅等元素含量较为显著。其中，氧是纤维素的主要成分，钙的显著含量可能来源于造纸过程中使用的草酸钙、石灰

或碳酸钙填料。铅和银含量较高，推测与纸张长期与含铅或含银物质（银锭）共同埋藏有关，这些金属元素可能通过腐蚀或迁移作用渗入纸张。硅含量偏高可能与埋藏环境中硅酸盐颗粒或化合物的迁移渗入密切相关（图七；表一）。

2.墨迹的扫描电镜与能谱仪分析 墨是中国古代重要的书写与绘画材料，已有两千余年历史。传统墨主要分为松烟墨与油烟墨，两者在制作原料和制作工艺上存在显著差异^[12]。本研究使用德国蔡司（ZEISS）GeminiSEM 360扫描电镜和牛津仪器（Oxford）Ultim MaxX射线能谱仪，对揭取时掉落的墨书纸屑进行检测，旨在通过微观形貌和元素组成分析，探讨墨迹的腐蚀特征，并为后续的历史研究与保护修复提供科学依据。

在扫描电镜分析中，与相关文献中提到的观察到单独的墨颗粒不同^[13]，本研究未能发现单独的颗粒，而是观察到了较大的颗粒聚集体（团簇颗粒）（图八）。这种差异可能与墨迹在纸张上的长期埋藏过程及其与银锭等金属物质的接触有关。在埋藏过程中，墨与周围环



图七 墨书纸张扫描电镜图像及能谱分析图谱

表一 墨书纸张谱图3 (Spectrum3) 区域化学成分 (wt%)

区域	O	Na	Mg	Al	Si	P	Ca	Fe	Cu	Ag	Pb
Spectrum3	55.74	1.07	0.61	2.61	5.99	1.01	12.14	1.7	3.72	6.03	9.39

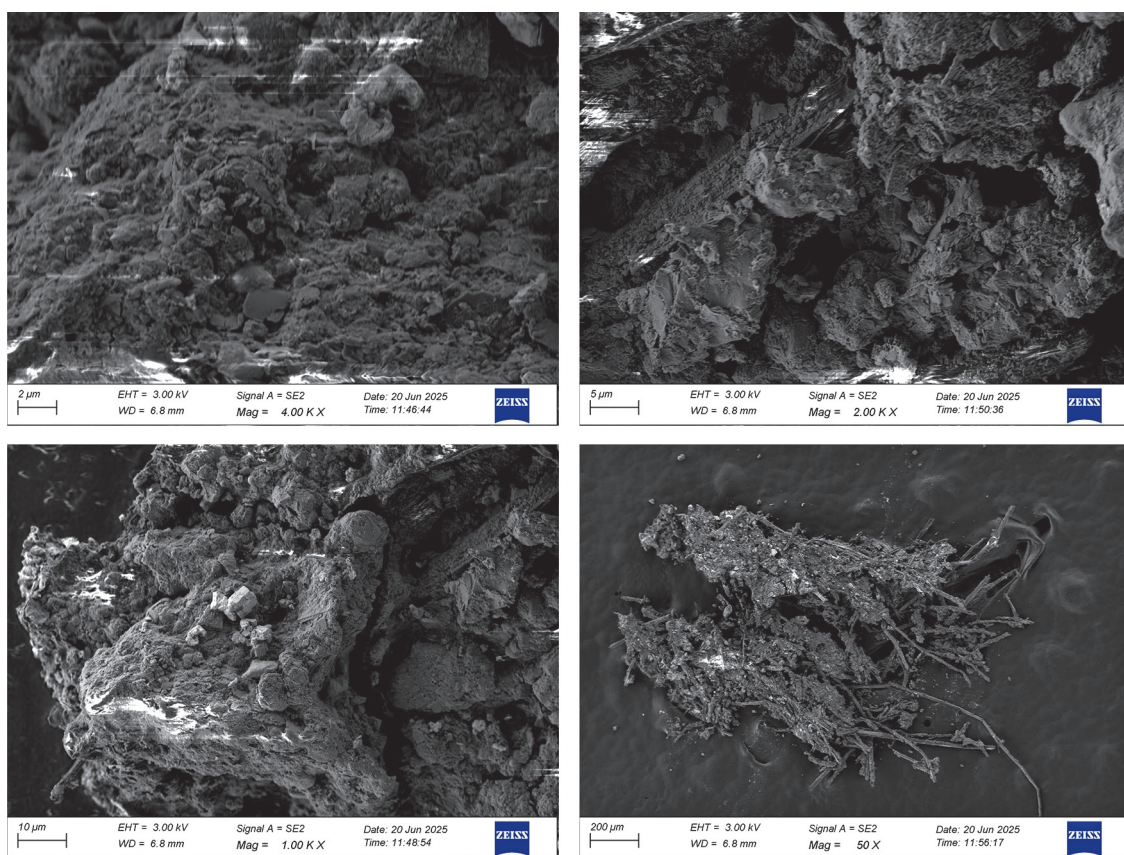
境（如湿度、土壤成分、金属物质等）的相互作用可能导致颗粒聚集，甚至可能引起墨的部分成分的腐蚀或转化。因此，形成团簇颗粒的现象可能是纸张埋藏过程中化学反应和物理变化的结果。

从能谱分析结果来看，墨迹样本中碳和氧的含量较高，尤其是碳的比例较大（图九），符合墨的基本成分特征^[14]。此外，结果中显示铅和银的含量

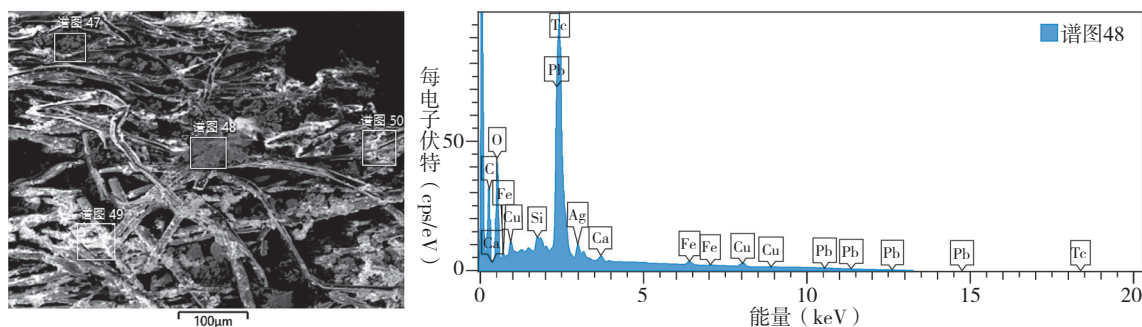
较高，可能与纸张长期与银锭共同埋藏密切相关。钠和钙的存在可能与纸张的矿物质成分相关，而硅的存在可能与埋藏环境中的硅酸盐或其他化合物的迁移渗入有关。

（四）墨书纸张的红外分析

1. 纸张的红外分析 由于样品较小且纤维较为细碎，可供鉴定的造纸纤维数量有限。纤维原料分析已将基源植物



图八 不同放大倍数下的墨迹扫描电镜图像



图九 墨迹扫描电镜图像及能谱分析图谱

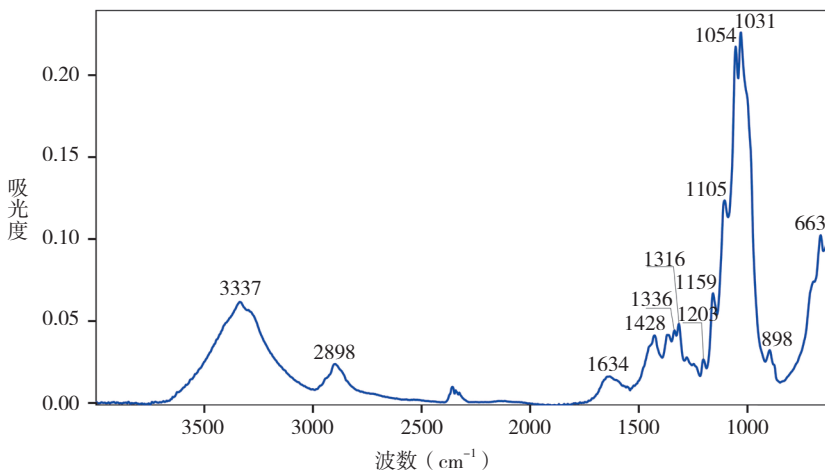
划分为较大的类别（参考韧皮系韧皮麻类、茎叶系竹类、籽毛系籽毛类^[15]）。为进一步明确出土纸张纤维的具体来源植物（苧麻、毛竹、棉花），尤其是在纤维微观层面上，植物纤维形态极为相似，难以准确区分，因此对

样本进行了傅里叶红外光谱检测，以期获得更精确的鉴定依据。

使用布鲁克（Bruker）LUMOS红外光谱仪对掉落的纸张碎屑进行了红外光谱分析，ATR模式，分辨率 4cm^{-1} ，测量范围 $4000\text{—}650\text{cm}^{-1}$ ，扫描次数32次。

根据样品的红外光谱图，并与已知纸张类型（小构皮纸、桑皮纸、大构皮纸和竹纸）的红外光谱进行对比分析，可以观察到出土纸张样本在多个关键位置（如 3337 、 2898 、 1634 、 1054 、 1031cm^{-1} 等）出现了显著的吸收峰（图一〇），这些吸收峰与小构皮纸、桑皮纸和大构皮纸的谱图表现出高度相似性，相似度均达到99%（图一一）。其中，与小构皮纸的峰值匹配度最高，为99.7%（图一二）。而在同一仪器和相同测试条件下的红外分析中，出土纸张样本与竹纸的谱图相似度为96.2%（图一三）。这些结果表明，辽上京遗址出土的纸张样本与小构皮纸的光谱特征更为接近，具有更高的匹配度。

进一步从纤维特征上分析，小构皮、桑皮和大构皮纤维的外观相似，但在纤维尺寸、杂细胞特征等方面存在细



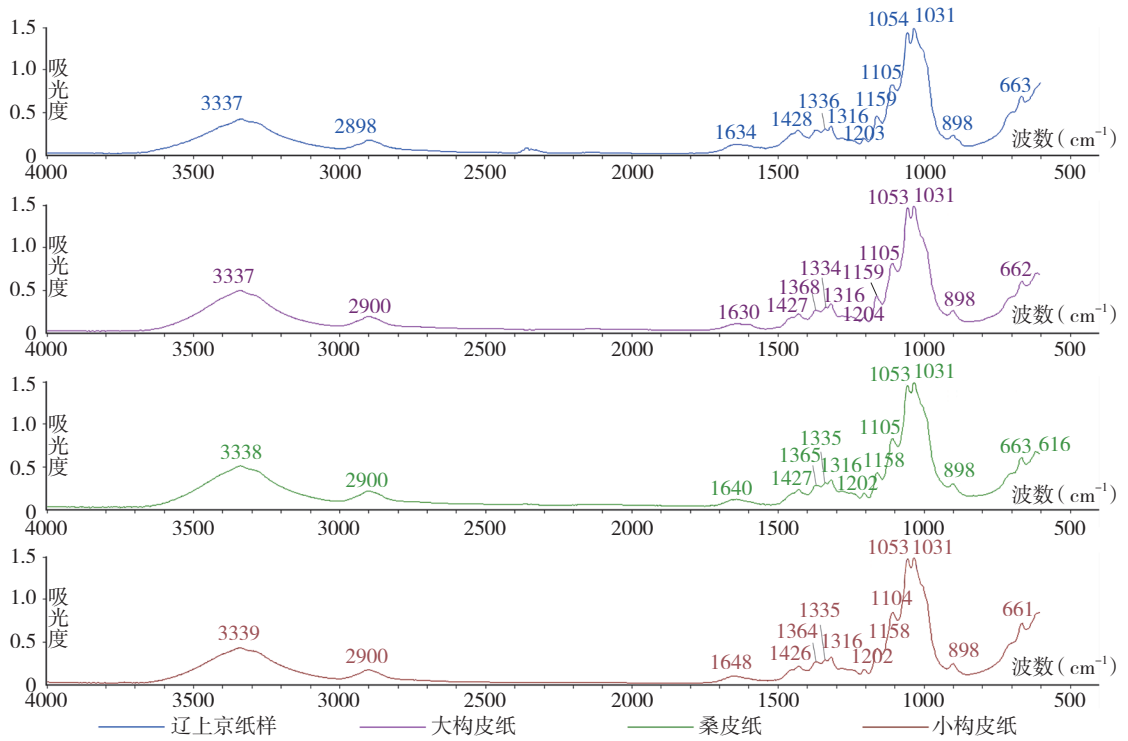
图一〇 辽上京遗址出土墨书纸张样本红外光谱图

微差异。推断为小构皮的依据主要包括以下几方面：第一，出土样本纤维的测量宽度与小构皮纤维更为接近；第二，桑皮和大构皮纤维通常表现为较为柔软的质地，而样本纤维相对更加直挺；第三，杂细胞的分布情况也与小构皮的特征一致。综合红外光谱和纤维特征分析，进一步支持了样本主要由小构皮纤维（楮皮）制成的推测。

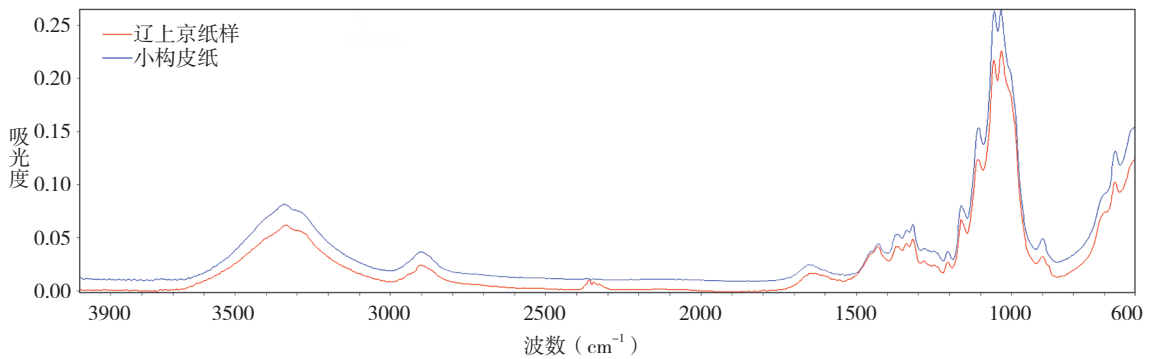
2. 墨迹的红外分析 本研究通过红外光谱分析墨迹的分子结构和化学键，旨在为墨迹的鉴别研究提供更多信息。

使用美国赛默飞世尔（Thermo-Fisher SCIENTIFIC）傅里叶变换红外光谱仪（FTIR-650）对墨书字迹样本进行了红外光谱分析，ATR模式，分辨率 1.5cm^{-1} ，测量范围 $4000\text{—}400\text{cm}^{-1}$ ，扫描次数32次。

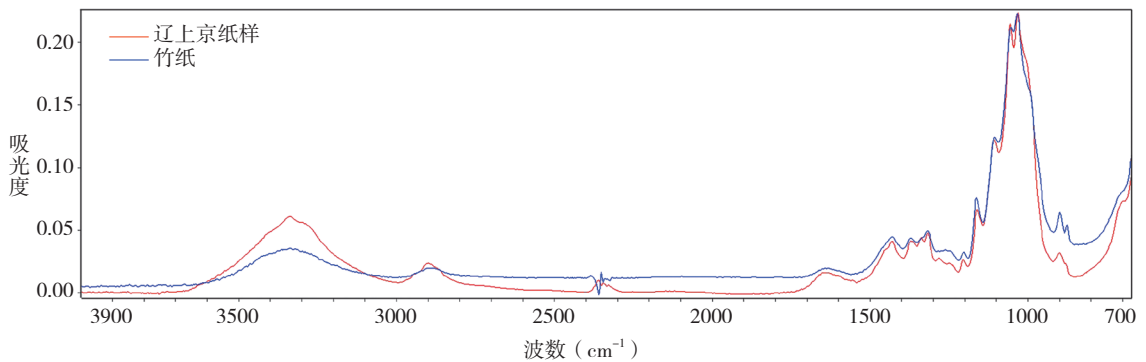
红外光谱分析表明，墨迹样品具有典型有机官能团吸收特征如下： 3338.67cm^{-1} 处的吸收峰对应羟基（ $-\text{OH}$ ）伸缩振动； 2895.06cm^{-1} 处对应脂肪族 C-H 伸缩振动； 1631.97cm^{-1} 与 1428.17cm^{-1} 附近的吸收峰可能与羧酸盐（ COO^- ）的特征振动有关，前者亦可能包含吸附水的弯



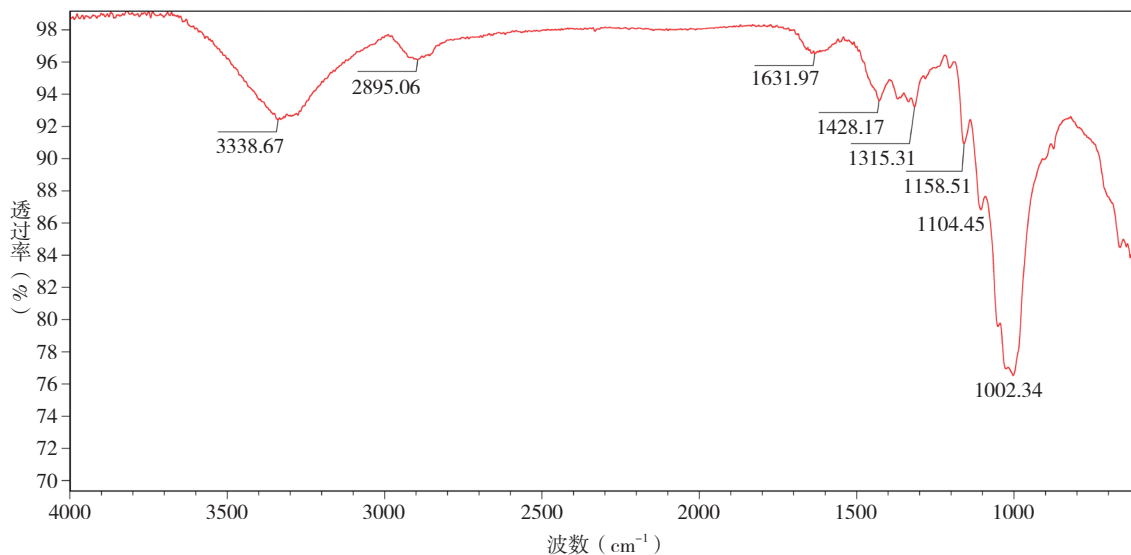
图一— 辽上京遗址出土墨书纸张样本与其他皮纸样本红外光谱图



图一二 辽上京遗址出土墨书纸张样本与小构皮纸样本红外光谱对比图



图一三 辽上京遗址出土墨书纸张样本与竹纸样本红外光谱对比图



图一四 辽上京出土墨书纸张墨迹红外光谱图

曲振动贡献； 1158.51cm^{-1} 和 1104.45cm^{-1} 附近的吸收峰则归属于C-O或C-O-C伸缩振动，提示样品中可能存在多糖类有机成分，推测与胶类黏结物有关（图一四）。这些特征表明样品为由炭黑与有机胶复合而成的墨迹。然而，由于松烟墨与油烟墨的红外光谱特征存在一定重叠，且埋藏环境可能对样品的有机组分产生影响，仅依据红外光谱分析尚难对样品的具体类型作出明确区分。总体而言，墨迹样品具有传统炭黑类墨料的典型特征，受限于本研究样品体量及文物保护中的无损或微损检测原则，尚不具备进一步开展区分性更强的分析的条件，其具体类别仍需结合其他分析手段进一步确认。拟在后续研究中结合新获取的样品，开展扫描电镜形貌分析及热裂解气相色谱-质谱联用（Py-GC/MS）等有机残留物分析，辅以数据整合与系统分析，以期实现对墨迹类型的判别。

（五）墨书纸张的pH值与字迹溶解性测试

纸张由天然高分子化合物构成，易

损且难以保存，尤其在内外因素的影响下，其老化和劣化速度显著加快。研究表明，其中性及弱碱性环境中相对稳定，而酸性环境会加速纤维降解，显著缩短保存寿命^[16]。通过pH值检测，可以准确评估纸张的酸碱度状态，为后续制定合理的修复方案提供科学准确的依据。本研究使用皆仪AE6601酸碱度测试仪，参考GB/T 13528—2015《纸和纸板 表面pH的测定》标准中的相关要求，采用去离子水润湿测试点，并使用平头电极进行测量。为确保测量数据的准确性，每张纸分别选取3个不同位置进行测量，并取其平均值。

经测试，编号为T54⑧a：4-1①的纸张平均pH值为6.36，编号为T54⑧a：4-1②的纸张平均pH值为6.22。根据《DA/Z 64.4—2018 纸质档案抢救与修复规范 第4部分：修复操作指南》的规定，pH值低于6.2的档案宜进行脱酸处理^[17]。本研究对象的pH值未达到脱酸处理的标准。此外，后续采用纯棉卡纸进行保护性装裱，在一定程度上提供了碱

性储备，有助于抵御外界酸性干扰。

纸质文物由载体纸张和书写材料组成，修复去除病害的同时，需避免使用不当的材料对字迹造成影响，防止其扩散。本次研究使用棉签蘸取去离子水，轻微擦拭两张字条角落的字迹进行测试。

字迹溶解性测试结果显示，擦拭部位未出现晕染洒散，说明字迹基本不溶于水，然而，棉签上残留少量墨迹，表明字迹与载体的结合力稍弱。因此，在后续修复中，应严格控制水分用量，并避免在潮湿状态下摩擦字迹，以确保其完整性。

结 语

本文研究的辽上京遗址出土墨书纸张，是目前唯一已发表的考古发掘出土的辽金时期纸质文物。通过形貌观察发现，该纸张表面无帘纹，纤维分布不均匀。综合实验分析结果，并参照中国古纸及传统手工纸常用原料的“三系八类”分类体系，可推断辽上京出土古纸残片的纤维成分为100%韧皮系桑檀皮类；结合其纤维特征、宽度、红外光谱特征等，可进一步推断为小构皮（楮树）纤维。该纸张经过沤皮、砸碓、切皮、捶捣等传统造纸工序。

结合墨书内容、银铤器形、区域生态环境及造纸原料分布特征^[18]等信息，推断该纸张在辽上京地区本地生产的可能性较低，可能为外区域输入产品，为认识辽代文书用纸来源及区域间物资流通提供了新的材料。

与在庆州白塔^[19]、应县木塔^[20]及天宫寺塔^[21]中发现的辽代纸质文物相比，辽上京出土墨书纸张在埋藏环境与使用

功能上均表现出明显差异。埋藏环境方面，塔内发现的纸质文物多处于封闭空间，保存环境相对稳定；而辽上京出土纸张直接埋藏于土中，受外界因素影响更为显著，为探讨不同环境条件下纸质文物的劣化机制提供了重要参照。使用功能方面，塔内发现的纸质文物多为辽代印刷品，以佛教文献为主体，兼具刻书、杂刻等类型，宗教属性较为突出；而辽上京出土纸张附于银铤之上，用作说明或标识，体现了其在经济活动中的实际应用。

检测结果显示，墨书纸张载体颜色较为暗淡，书写字迹与载体结合部位相对稳定。但受长期埋藏环境影响，纸张中存在金属离子迁移现象，这些金属离子可通过催化氧化反应加速纸张酸化与老化，对文物的长期保存构成威胁。因此，去除金属离子具有必要性。值得注意的是，检测结果表明纸张的机械强度尚可，酸化程度未达到脱酸处理的标准。在后续保护工作中，应采用温和且具针对性的手段去除金属离子，力求在不改变纸张酸碱平衡的前提下有效减少其影响。同时，结合白度和厚度检测结果，建议选用各项检测数值更接近该墨书纸张的皮纸作为修复材料，以提升补纸与文物本体的适配性。

综上，本文从材料属性、制作工艺、埋藏环境及保存状态等方面对辽上京遗址出土墨书纸张进行了专题研究。该研究为探讨辽代造纸技术体系及纸张流通提供了新的材料，为同类纸质文物的保护修复实践提供了参考，并为进一步开展辽代纸质文物的跨区域比较研究及保护技术体系构建奠定了基础。

附记：本文是国家社会科学基金重大项目“辽上京皇城遗址考古发掘资料的整理和综合研究”（项目编号20&ZD251）和中国社会科学院“青启计划”项目“考古研究所所藏考古资料的保护与修复”（项目编号2024QQJH070）的阶段性成果。感谢金玉红在检测分析中提供的帮助。

注 释

- [1] 甘肃省文物考古研究所：《甘肃敦煌汉代悬泉置遗址发掘简报》，《文物》2000年第5期。
- [2] a.朱玫、辛水：《纸的改良及书的产生——从兰州伏龙坪东汉墓出土的墨书纸谈起》，《兰州学刊》1995年第2期。
b.陈华：《兰州出土写有文字的东汉纸》，《新闻知识》1988年第7期。
- [3] 赵彦昌、朱效荣、朱宝君：《南宋武义徐谓礼文书研究》，《兰台世界》2015年第31期。
- [4] 王瑾：《成都市群众路唐墓出土佛教纸本真言及相关问题》，《考古》2020年第9期。
- [5] 内蒙古文物考古研究所、阿拉善盟文物工作站：《内蒙古黑城考古发掘纪要》，《文物》1987年第7期。
- [6] 卜杨武：《呼市东郊白塔发现一张“中统元宝交钞”》，《内蒙古金融》1984年“元代货币专刊”。
- [7] 德新、张汉君、韩仁信：《内蒙古巴林右旗庆州白塔发现辽代佛教文物》，《文物》1994年第12期。
- [8] 汪盈、董新林：《内蒙古巴林左旗辽上京遗址》，国家文物局主编：《考古中国重大项目成果(2023)》，北京：文物出版社，2024年，第203—209页。
- [9] 邱建辉、葛怀东主编：《纸质文献保护技术》，郑州：郑州大学出版社，2017年，第92—93页。
- [10] 冯乐耘、李鸿健主编：《档案保护技术学》，北京：中国人民大学出版社，1991年，第42页。
- [11] 易晓辉：《中国古纸与传统手工纸植物纤维显微图谱》，桂林：广西师范大学出版社，2022年，第16—24页。
- [12] 张宏斌等：《古籍保护视野下的墨科学检测研究与探索》，《复旦学报》（自然科学版）2021年第5期。
- [13] 沈凯歌等：《旧藏纸墨迹成分分析》，《北京印刷学院学报》2025年第3期。
- [14] 张宏斌等：《松烟和油烟的表面化学性质研究》，《文物保护与考古科学》2018年第1期。
- [15] 易晓辉：《中国古纸与传统手工纸植物纤维显微图谱》，第7页。
- [16] 闫智培等：《影响纸张老化的因素及缓解措施初探》，《文物保护与考古科学》2018年第2期。
- [17] 国家档案局：《DA/Z 64.4—2018 纸质档案抢救与修复规范 第4部分：修复操作指南》，全国档案工作标准化技术委员会编：《档案工作标准汇编》12，北京：中国标准出版社，2019年，第48—62页。
- [18] 中国科学院中国植物志编辑委员会：《中国植物志》第二十三卷第一分册，北京：科学出版社，1998年，第26页。
- [19] a.同[7]。
b.王珊等：《辽代庆州白塔佛经用纸与印刷的初步研究》，《文物》2019年第2期。
- [20] 山西省文物局、中国历史博物馆主编：《应县木塔辽代秘藏》，北京：文物出版社，1991年，第9—18页。
- [21] 陈国莹：《丰润天宫寺塔保护工程及发现的重要辽代文物》，《文物春秋》1989年创刊号。

（责任编辑 刘天歌）