

河北行唐故郡遗址车马坑出土 糟朽漆膜研究

陈佳柯¹, 赵子怡¹, 刘勇², 韩向娜¹, 龙琛¹

(1.北京科技大学科技史与文化遗产研究院,材料考古与保护教育部重点实验室,北京 100083;2.中国社会科学院考古研究所,北京 100101)

摘要:河北行唐故郡遗址出土马车是研究东周时期车舆制度的重要实物资料,但是出土时髹漆车厢已成为漆土质遗存,保护难度极大。文章以故郡遗址二号线车马坑出土三号线漆膜遗存及其周围赋存土壤为研究对象,使用显微观察、扫描电镜-能谱仪、红外光谱、拉曼光谱、动态水分吸附仪、X射线衍射、X射线荧光等技术手段对漆膜的保存状态、成分、环境稳定性,以及土壤的矿物组成、化学指标和可溶盐进行分析。结果显示,漆膜成分为大漆,红色颜料为朱砂;漆膜腐蚀严重,存在大量孔洞和较长裂隙,表面白色针状结晶物为钙长石,漆膜吸湿性的质量分数为19.5%。赋存土壤主要由石英、钙长石等矿物成分组成,pH值为8.3,可溶盐以NaCl、CaSO₄和CaCl₂为主,盐含量的质量分数约0.17%,饱和含水率的质量分数为9.51%。研究探讨了漆膜糟朽状态与土壤腐蚀之间的关系,初步阐明漆土质遗存的形成原因,为行唐故郡遗址车马坑出土髹漆车舆的保护提供重要科学支撑。

关键词:行唐故郡遗址;漆膜;土壤腐蚀;可溶盐

中图分类号:K876.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-8462(2025)04-0022-07

DOI:10.16177/j.cnki.gxmzzk.20251128.001

0 引言

河北行唐故郡遗址是自中山王陵被发现后,与春秋至战国早期鲜虞、中山国相关的最重要的考古发现之一^[1]。遗址内发现了春秋晚期至战国中期具有鲜虞、早期中山国等北方族群特征的贵族墓地、居址以及东周城址,对确

认南行唐邑位置,寻找中山前期都城,弥补春秋战国史缺环,尤其是研究戎狄等北方族群的华夏化进程和中华民族多元一体格局的形成,提供了重要实物资料^[2]。河北行唐故郡遗址入选“2017年中国考古六大新发现”,2018年被公布为河北省第六批省级文物保护单位。

收稿日期:2025-05-10

基金项目:北京市宣传文化高层次人才培养资助项目(99203070);国家社会科学基金重大项目(20&ZD258);中国社会科学院创新工程项目(2021KGYJ022);中国社会科学院研究所实验室综合资助项目(2024SYZH002);中国社会科学院学科建设“登峰战略”资助计划(DF2023TS07)。

作者简介:陈佳柯(1999-),女,浙江绍兴人,北京科技大学科技史与文化遗产研究院硕士研究生,研究方向:考古出土脆弱漆器保护。

通信作者:韩向娜(1984-),女,河南洛阳人,博士,北京科技大学科技史与文化遗产研究院教授,研究方向:文物保护。

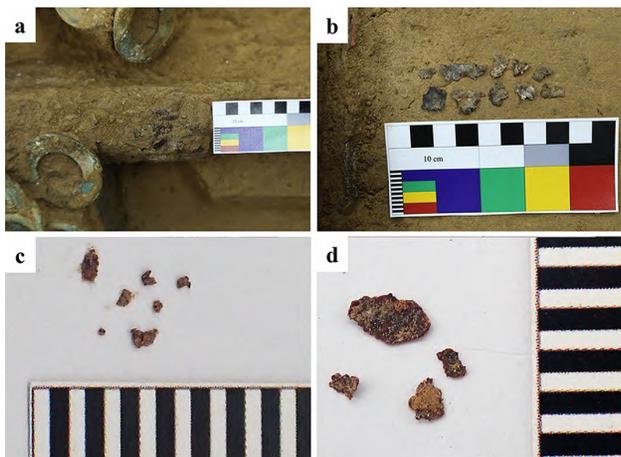
河北行唐故郡遗址陪葬车马坑中出土的车厢保存情况较差,木质髹漆车轮的木胎腐烂,仅存糟朽漆膜附着在轮毂、辐条及车牙内部填土上,形成有外形但整体强度极低的“漆土质”遗存^[3]。考古出土后,漆膜暴露在空气中极易失水干燥,开裂起翘,发生卷曲、变形、破碎乃至损毁^[4]。关于考古漆膜糟朽原因的研究工作开展较少,胡东波^[5]认为考古漆膜的降解程度与年代没有直接关系,而与埋藏土壤的酸碱度有关。近年关于陕西刘家洼遗址出土漆膜的腐蚀机理研究显示,碱性条件下漆膜的劣化速度明显较快,劣化程度较高,研究认为碱性土壤环境是漆膜劣化的主因^[6]。

本文对河北行唐故郡遗址二号线车马坑三号线车出土漆膜的保存状况、成分工艺、环境稳定性进行分析,对漆膜周围赋存土壤的矿物组成及化学指标和可溶盐进行检测,以多种技术手段阐释漆膜糟朽状态与土壤腐蚀之间的关系,以期对髹漆车舆的保护提供科学依据。

1 实验部分

1.1 文物样品

如图1所示,河北行唐故郡遗址二号线车马坑三号线车漆膜样品分别取自车轴左端车厢连接处底部(图1a)、车厢左侧底部后方(图1b)及其周围赋存土壤、车厢左侧板右上角(图1c)与左轮辐条漆膜(图1d)及其周围赋存土壤。其中,1号样品靠近铜环。



注:a为1号样品;b为2号样品;c为3号样品;d为4号样品

图1 二号线车马坑三号线车取样图

1.2 分析方法及仪器

(1)保存状况及制作工艺分析:使用基恩士VHX-6000超景深视频显微镜对漆膜的表面裂隙及孔洞进行观察。使用日立公司SU8100冷场扫描电镜及其附带的X射线能谱仪(EDS)观察漆膜表面显微形貌与元素成分。

(2)漆膜化学成分分析:使用Thermo Fisher Scientific Nicolet™ iS™5红外光谱仪分析漆膜化学成分,扫描范围 $4\ 000\sim\ 400\ \text{cm}^{-1}$,扫描次数16次,光谱分辨率 $4\ \text{cm}^{-1}$,采集时间32 s。

(3)吸湿性分析:使用proUmid公司的SPSx-1 μ 高通量动态水分吸附仪测试漆膜吸湿性。

(4)土壤矿物组成分析:使用Bruker D8 Advance X射线衍射仪对土壤进行物相定性分析,步长 0.02° ,扫描速度 $10^\circ/\text{min}$,扫描范围 $10^\circ\sim\ 90^\circ$;使用Bruker S2 PUM型能量色散X射线荧光分析仪(XRF)测试主矿物成分,测试条件为:Ag靶,管电压 $40\sim\ 50\ \text{kV}$,电流 $2\ \text{mA}$,光斑直径 $28\ \text{mm}$ 。

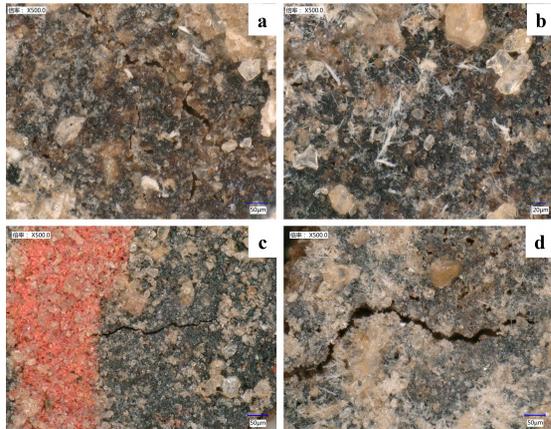
(5)土壤化学指标与提取结晶盐分析:使用LICHEN pH-100型笔式pH计、依据《土壤pH的测定》(NY/T 1377-2007)测试土样的pH值。取土壤上清液烘干得到结晶盐,再测定土壤含盐量百分比;土样烘干后加入去离子水,直到土壤饱和,称重后计算得到土样饱和含水率。将提取到的盐结晶分别使用超景深显微镜观察、红外光谱、拉曼光谱和扫描电子显微镜能谱分析鉴定出可溶盐种类。拉曼光谱测试仪器使用HORIBA Scientific, LabRAM XploRA PLUS激光共聚焦拉曼仪,激光波长为 $785\ \text{nm}$,光栅 $1\ 200\ \text{gr/mm}$,扫描范围 $2\ 000\sim\ 50\ \text{cm}^{-1}$,扫描3次,每次60 s。

2 结果讨论

2.1 漆膜保存状况分析

河北行唐故郡遗址二号线车马坑三号线车出土漆膜的超景深显微照片(图2)与扫描电镜微观形貌照片(图3)显示,漆膜糟朽严重,与周围土壤紧密连接,几乎融为一体,表面有较多矿物颗粒与白色针状结晶物。漆膜表面裂隙与孔

洞较多,腐蚀痕迹明显,漆膜裂隙宽度在135~2194 μm之间,漆膜表面孔洞尺寸范围在0.338~66.8 μm之间。漆膜长期在地下埋藏过程中被土壤侵蚀,发生老化降解,降解过程中漆酚聚合体发生分子链断裂、流失,造成漆膜表面出现裂隙和孔洞。

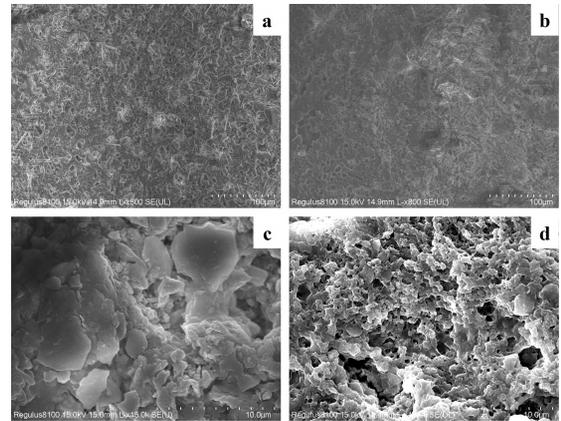


注:a为1号样品;b为2号样品;c为3号样品;d为4号样品

图2 漆膜超景深显微图像(500×)

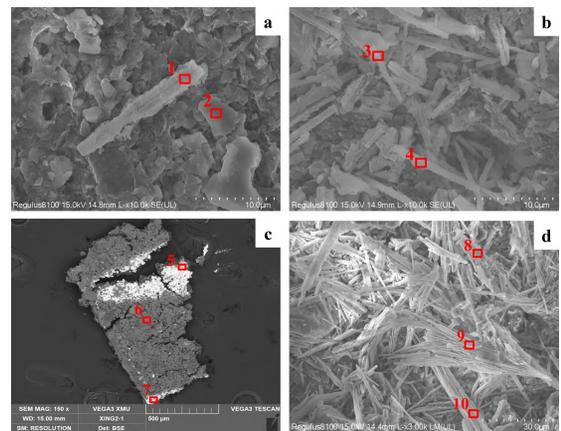
除了裂隙与孔洞,在漆膜表面附有白色结晶针状物(图2b),推测可能是漆膜在埋藏过程中,溶解有矿物质的水经过漆膜孔洞时,矿物质沉积在漆膜孔洞与裂隙附近。马燕莹等^[7]在“南澳I号”出水明代青花瓷上发现过类似针状矿物,经SEM-EDX分析发现主要含有Al₂O₃、SiO₂和CaO等,认为是钙长石。刘勇等^[8]在明鲁王墓出土的红漆木桌漆膜中也发现了主要含有Al、Si、Ca、Fe、Mg等元素的矿物质,鉴定该矿物质是钙长石。根据SEM-EDS(图4、表1)结果可知,漆膜表面的白色结晶针状物

主要含Al、Si、Ca及少量的Fe、Mg、K等元素,推测为钙长石。3号样品在电镜下漆膜表面显示出规则条形亮块痕迹,EDS显示含有Hg、S等元素,说明该痕迹为朱砂。



注:a为1号样品,800×;b为2号样品,800×;c为3号样品,15000×;d为4号样品,15000×

图3 漆膜扫描电镜图像



注:a为1号样品,10000×;b为2号样品,10000×;c为3号样品,150×;d为4号样品,3000×

图4 漆膜扫描电镜EDS图像

表1 漆膜表面EDS分析结果

(单位:wt%)										
编号	C	O	Mg	Al	Si	Ca	Fe	S	Hg	K
1	26.05	59.98	—	1.26	1.70	11.01	—	—	—	—
2	19.66	54.89	3.15	6.93	8.22	1.86	5.30	—	—	—
3	19.60	50.50	—	3.44	4.84	21.62	—	—	—	—
4	41.07	47.36	—	2.13	3.58	5.86	—	—	—	—
5	3.10	7.40	—	1.50	3.80	0.70	—	11.70	71.80	—
6	8.60	48.10	2.30	10.20	18.20	4.00	6.40	—	—	2.20
7	2.70	14.20	0.50	2.50	3.90	2.40	—	8.00	61.00	0.60
8	8.54	27.88	0.92	6.66	13.27	29.73	4.37	—	7.28	1.34
9	14.06	41.01	—	1.53	2.32	34.54	—	—	6.54	—
10	11.14	42.94	—	0.77	1.32	43.83	—	—	—	—

2.2 漆膜成分与吸湿性分析

漆膜红外光谱图(图5)显示,3 430 cm^{-1} 处的吸收峰为漆酚苯环上的一OH的对称伸缩振动,2 916 cm^{-1} 和2 851 cm^{-1} 附近为一 CH_2 的伸缩振动^[9],1 627~1 565 cm^{-1} 处出现苯环骨架振动的吸收峰,1 084 cm^{-1} 及1 026 cm^{-1} 处的吸收峰为苯酚中C—O的拉伸振动^[10];875~778 cm^{-1} 处为1,2,3-三取代苯的苯环上取代氢的振动,归属于漆酚中3号位取代基邻苯二酚的红外吸收峰^[11];695~646 cm^{-1} 处为芳环CH面外弯曲振动。以上特征峰说明二号车马坑三号车内漆膜成分为大漆。

4、1、2、3号样品在3 430 cm^{-1} 的羟基峰、1 424 cm^{-1} 处的亚甲基峰和在875~778 cm^{-1} 处苯环上取代氢的振动依次减弱,2号样品在2 916 cm^{-1} 和2 851 cm^{-1} 处的一 CH_2 特征峰相比1号样品较弱,3号样品中一 CH_2 与一 CH 官能团的特征峰消失。胡继高等^[12]认为降解严重的漆膜中羟基及羧酸盐的含量大大增加,亚甲基含量减少,羧酸盐的含量随漆膜的降解程度而提高,因而可初步判断3、4号样品降解较严重。

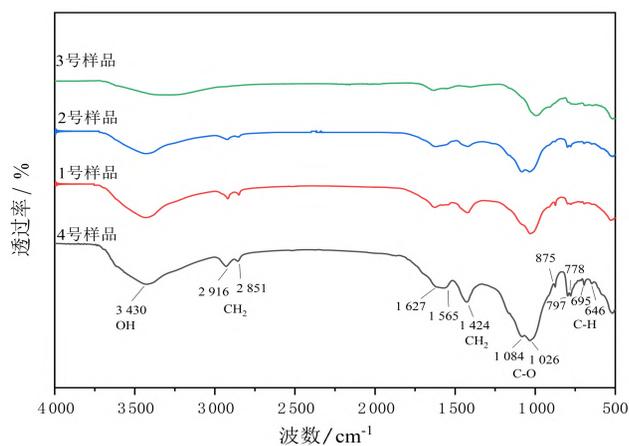
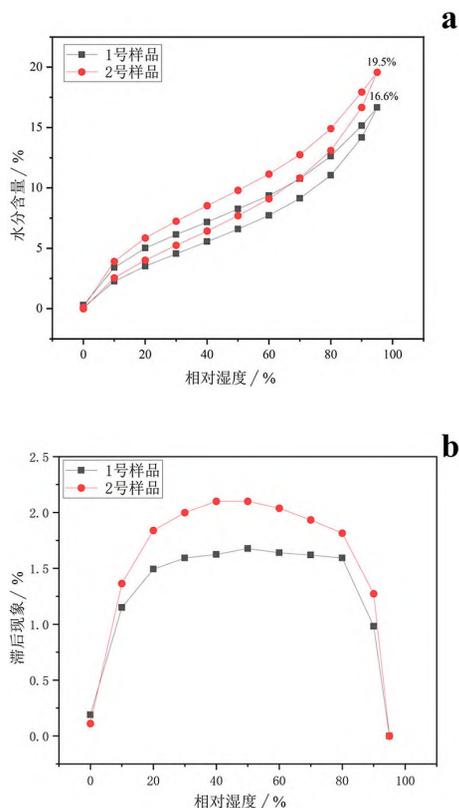


图5 漆膜红外光谱图

1、2号样品的等温水分吸附曲线(图6)显示,等温水分吸附曲线呈“S”形,说明1、2号样品均归为Ⅱ型水分吸附曲线^[13]。2号样品的平衡含水率在任意相对湿度下均高于1号样品。相对湿度在60%以上时,样品平衡含水率增长速度随环境湿度的增长而加快,相对湿度在95%时,2号样品的吸湿性为19.5%,1号样品的吸湿性为16.6%,相对湿度从0到95%均存

在吸湿滞后性,且2号样品的吸湿滞后性高于1号样品。Broda等^[14]研究发现,干燥可导致考古饱水木材中的游离羟基数量减少,孔隙率下降,即干燥条件下木材内存在强烈的分子内和分子间作用力,但在动态水吸附测试中,考古木材表现出高滞后性,说明木材的孔隙又再次“打开”,因而木材结构与羟基数量之间不存在相关性。通常孔径越大,孔隙率越高,吸湿性越强。降解后的漆膜孔洞增加,尤其是羟基和羧酸盐的增加使得漆膜吸水性提高,因此降解后的漆膜更容易受水的影响发生膨胀、收缩及卷曲^[15]。2号样品的吸湿性更强,推测是漆膜降解更加严重、孔洞更多造成的。



注:a为样品的等温水分吸附曲线;b为样品的吸湿滞后曲线

图6 漆膜样品的等温水分吸附曲线与吸湿滞后曲线

2.3 土壤矿物组成及化学指标分析

漆膜附近土壤XRF(表2)分析检测结果可知,土壤中主要有 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 K_2O 、 CaO 和 TiO_2 等氧化物。3、4号样品周围的赋存土壤的X射线衍射分析谱图(图7)显示明显的石英衍射峰,结合表2可知,遗址赋存土

壤中所含矿物以石英和钙长石为主。土样的pH值、饱和含水率和含盐率等化学指标的测试结果(表3)表明,行唐故郡遗址土壤pH值为8.3左右,饱和含水率约为9.51%,含盐率约为0.17%(质量分数),而陕西刘家洼遗址出土漆膜周围土壤饱和含水率约为33.6%(质量分数),含盐率约为0.03%(质量分数)^[6],两个遗址的土壤环境存在较大差异。

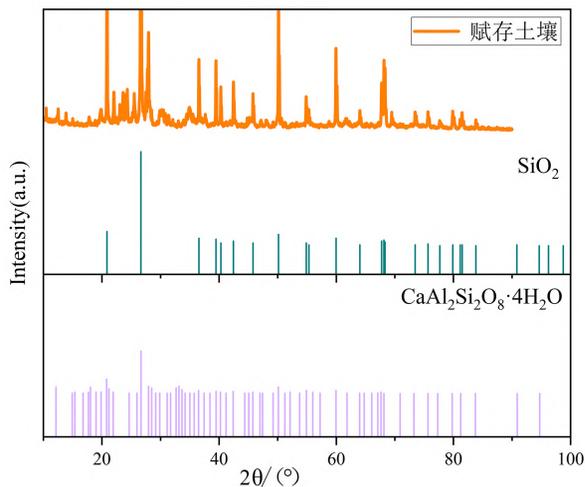


图7 赋存土壤 XRD 谱图

表2 赋存土壤 XRF 分析检测结果

(单位:wt%)

样品名称	成分						
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
1号样品赋存土壤	3.98	13.87	62.75	3.28	2.22	1.25	12.24
2号样品赋存土壤	4.64	13.72	59.18	3.53	3.42	1.34	13.55

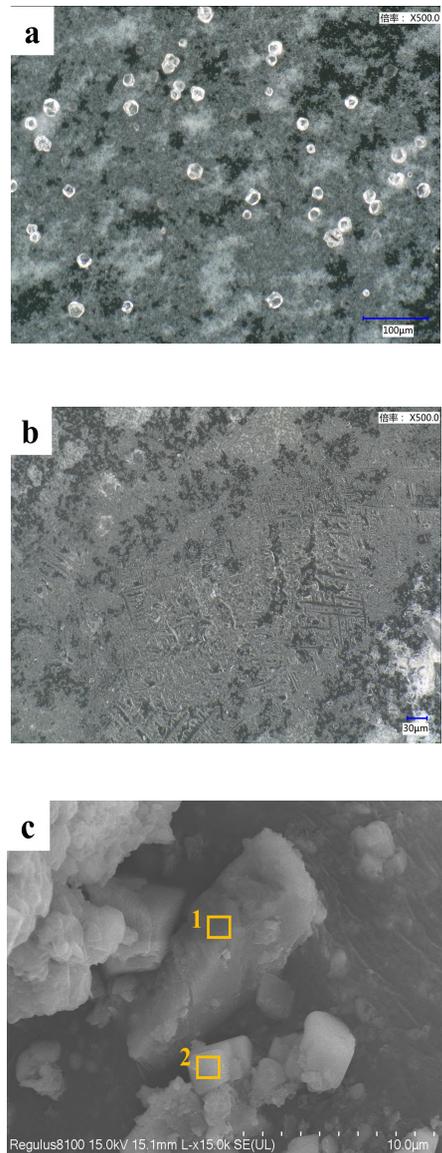
表3 赋存土壤化学指标检测结果

次数	pH	饱和含水率/%	含盐率/%
1	8.31	7.97	0.129 0
2	8.29	11.60	0.138 5
3	8.27	8.76	0.184 0
4	8.28	9.47	0.194 5
5	8.33	8.02	0.203 5
6	8.31	11.24	0.193 5
平均值	8.3±0.02	9.51±1.58	0.17±0.03

2.4 土壤中可溶盐分析

对周围赋存土壤的可溶盐提取与鉴定结果如图8所示。通过提取结晶盐的显微照片和

微观形貌显示,提取结晶盐形态主要为立方体和柱形,结合EDS(表4)分析,确定提取结晶盐中存在NaCl、CaSO₄、CaCl₂等多种可溶盐。



注:a为提取结晶盐中氯化钠超景深照片,500×;b为提取结晶盐中硫酸钙超景深照片,500×;c为结晶盐电镜照片,15 000×

图8 提取结晶盐的显微观察图

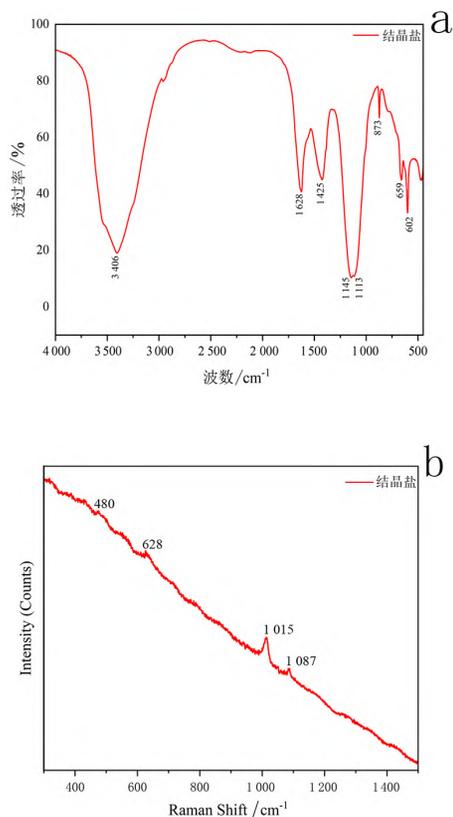
表4 赋存土壤提取结晶盐的EDS分析结果

(单位:wt%)

编号	O	S	Cl	Ca	Na
1	9.09	39.89	8.69	42.33	—
2	8.41	—	54.50	4.82	32.28

分析提取结晶盐的红外光谱图(图9)可知,3 406 cm⁻¹处的红外吸收峰归属于无机物结晶水分子的伸缩振动模式;1 628 cm⁻¹处的

红外吸收峰归属于无机物结晶水分子的变角振动模式;1 145 cm^{-1} 处的红外吸收峰归属于四面体 SO_4^{2-} 的反对称伸缩振动模式;1 113 cm^{-1} 处的红外吸收峰归属于 SO_4^{2-} 的对称伸缩振动模式;659 cm^{-1} 和602 cm^{-1} 处的红外吸收峰归属于 SO_4^{2-} 的不对称变角振动;873 cm^{-1} 处的红外吸收峰属于硫酸盐S—O伸缩振动。根据硬石膏 CaSO_4 标准盐的拉曼光谱图谱特征峰(表5), SO_4^{2-} 的对称伸缩振动拉曼峰出现在1 015 cm^{-1} 处,不对称变角振动出现在628 cm^{-1} 处,对称变角振动出现在480 cm^{-1} 处^[16]。综合以上分析可知,赋存土壤中的可溶盐主要是 NaCl 、 CaSO_4 和 CaCl_2 。



注:a为提取结晶盐红外光谱图;b为提取结晶盐拉曼图谱

图9 提取结晶盐的红外光谱与拉曼光谱图

表5 提取结晶盐中硫酸盐(SO_4^{2-})的拉曼特征峰值与标准峰值对应情况

物质名称	对称伸缩	不对称变角 振动	对称变角 振动
标准硬石膏 CaSO_4	1 016	608,627,675	417,499
提取结晶盐	1 087,1 015	628	480

3 讨论

行唐故郡遗址出土的车马坑是研究东周时期车舆制度的重要实物资料。古代车舆质地多为容易腐朽的木质胎体,出土时通常木胎不存或仅剩白色纤维素。漆膜和木胎原本紧密黏附在一起,但在埋藏过程中木胎的腐蚀降解比漆膜更快、更彻底,木胎腐蚀塌陷丧失支撑作用产生的物理拉应力对漆膜产生机械破坏。埋藏环境与出土文物的保存状况息息相关,如出土于南方地区的动物骨骼因富含磷酸钙往往保存较差。行唐故郡遗址位于我国四大土壤地球化学区的硅铝土区。硅铝土区土壤质地以黏壤土为主,由于淋溶作用,Al元素含量明显,土壤呈碱性,这与实验测试结果一致。碱性环境是漆膜化学降解的重要原因,漆膜中脂肪酸酯类键被碱催化断裂,如红外结果所示,漆酚分子中的苯酚羟基失稳,亚甲基含量减少,羧酸盐的含量随漆膜的降解程度而提高,使得漆膜劣化孔洞增多。本文推测碱性埋藏环境是故郡遗址出土漆膜劣化的主因,这与文献报道中漆膜受埋藏土壤酸碱度影响较大的腐蚀机理一致。

在地下埋藏过程中,木胎首先降解,物质流失后的空间被土壤填充。漆膜受地下水含量变化影响发生干湿循环,与木胎的附着力下降。地下水中的可溶盐随着水含量的变化不断溶解结晶,进一步对漆膜产生盐破坏。另外,地下微生物在漆膜裂缝中生长,造成漆膜孔洞扩大,碱性环境下漆膜逐渐降解、粉化,失去疏水性。地下水中的矿物质在脆弱漆膜表面驻留、填充,形成新的矿物。由此种种原因综合作用下,漆膜与周围土壤相互结合,形成漆土质遗存。

4 结论

行唐故郡遗址二号线车马坑三号线漆土质遗存经科学分析后发现,漆膜成分为大漆,表面绘有红色朱砂。由于受到土壤碱性环境腐蚀、地下水及可溶盐等作用,出土时漆膜保存状况较差,表面存在大量孔洞和较长裂隙及针

状钙长石,在95%相对湿度下漆膜的吸湿性高达19.5%(质量分数)。漆膜周围赋存土壤主要由石英、钙长石等矿物成分组成,土壤pH值为8.3,呈碱性,可溶盐以NaCl、CaSO₄和CaCl₂为主,约为0.17%(质量分数),饱和含水率为9.51%(质量分数)。大漆和木胎自身的特性以及在地下水、碱、盐等的外部因素综合作用下,造成了髹漆木质车厢成为漆土质遗存。

本文通过明确取样位置—漆膜保存状况分析—漆膜成分分析—埋藏环境土壤分析—漆膜糟朽原因分析的技术路线,对行唐故郡出土车马坑漆土质遗存开展研究,探讨了糟朽漆膜和土壤腐蚀的关系,初步阐明了漆土质遗存的形成原因,将为后续髹漆车舆保护工作提供重要支撑。

致谢:课题研究过程中得到中国社会科学院考古研究所、河北省文物考古研究院、行唐县文物保护管理所的大力支持,张春长、齐瑞普、闫炜、王永亮、王忠刚、侯玉林、刘珂、张子龙、杜鹏龙、何子燚、薄霖轩、张雨、周洪雨等在样品提取过程中提供了帮助,在此致以诚挚谢意!

[参 考 文 献]

- [1]张春长,齐瑞普.河北行唐县故郡遗址东周墓M53发掘简报[J].考古,2022(1):2,27-29,30-45,46.
- [2]张春长,齐瑞普,常怀颖,等.河北行唐县故郡东周遗址[J].考古,2018(7):2,44-66.
- [3]刘勇,张春长,李存信,等.河北行唐故郡遗址出土脆弱质车轮提取研究[J].文物保护与考古科学,2022,34(5):81-88.
- [4]李存信,张红燕.北方地区出土漆木器病害状态分析[J].中国文物科学研究,2011(3):30-35.
- [5]胡东波.出土古代漆膜老化因素的探讨[J].文物世界,2003(2):32-34.
- [6]董录明,黄琦钧,孙战伟,等.陕西刘家洼遗址出土漆膜劣化机理分析[J].中国生漆,2022,41(3):41-45.
- [7]马燕莹,胡东波,孙键.广东“南澳I号”出水明代景德镇青花瓷标本钴蓝颜料研究[J].中国国家博物馆馆刊,2016(5):143-151.
- [8]刘勇,徐军平.明鲁王墓出土红漆木桌的髹漆工艺分析[J].科技视界,2015(1):396-397.
- [9]KARPOVA E, NEFEDOV A, MAMATYUK V, et al. Multi-analytical approach(SEM-EDS, FTIR, Py-GC/MS) to characterize the lacquer objects from Xiongnu burial complex(Noin-Ula, Mongolia)[J].Microchemical Journal, 2017, 130:336-344.
- [10]MENG W, ZHANG Y F, ZHANG B J, et al.Study of colored lacquerwares from Zenghou Yi Tomb in Early Warring States[J].New Journal of Chemistry, 2021, 45:9434.
- [11]余仲元,李勇富,郭明高.中国生漆的红外光谱研究[J].中国生漆,1989(3):1-8.
- [12]胡继高,胡东波.出土中国古代漆膜干缩翘曲分析及在修复粘接中问题的讨论[J].文物保护与考古科学,2000(2):19-25.
- [13]THOMMES M, KANEKO K, NEIMARK A V, et al.Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution(IUPAC Technical Report)[J].Pure and Applied Chemistry. 2015, 87: 1051-1069.
- [14]BRODA M, CURLING S F, FRANKOWSKI M. The effect of the drying method on the cell wall structure and sorption properties of waterlogged archaeological wood[J].Wood Science and Technology.2021, 55:971-989.
- [15]容波,周铁,张志军,等.考古出土秦兵马俑彩绘加固材料研究[J].考古学研究,2022(1):717-726.
- [16]赵文华,韩向娜,叶琳,等.文物中常见可溶盐精确鉴别方法[J].光谱学与光谱分析,2023, 43(12):3826-3831.
- [17]李志鹏,刘一婷.南方地区遗址脆弱动物遗存提取与相关问题探讨[J].江汉考古,2024(1):119-122.
- [18]龚子同.中国土壤地理[M].北京:科学出版社,2014.
- [19]陈佳柯,刘勇,杨勇,等.云南罗平圭山M9出土漆土质遗存科学分析[J].中国生漆,2025,44(1):57-61.

[责任编辑 杨小平]

(下转第106页)

Research on the Application of Large Language Models in Zhuang Language Intelligent Question-Answering Systems

MO Jie'an^a, CHEN Shuxiao^a, LU Lijin^b, PAN Yuyu^a, HE Mingxue^a

(a. School of Mathematics and Computer Science; b. School of Physics and Electronic Information Engineering, Guangxi Minzu Normal University, Chongzuo 532200, China)

Abstract: To support Zhuang language knowledge dissemination in Guangxi, this study develops an intelligent question-answering system using the iFlyTek Spark Model. Through fine-tuning with a specialized Zhuang corpus, the model achieves semantic understanding and generation conforming to Zhuang grammar. It accurately interprets queries and outputs responses in Zhuang script and pronunciation, significantly facilitating knowledge access and contributing to language preservation and education.

Keywords: Large language model; Fine-tuning; Zhuang dialect

(上接第28页)

Research on the Deteriorated Lacquer Film Unearthed from the Chariot and Horse Pit at the Gujun Site in Xingtang, Hebei Province

CHEN Jiake¹, ZHAO Ziyi¹, LIU Yong²,

HAN Xiangna¹, LONG Chen¹

(1. Key Laboratory of Archaeomaterials and Conservation, Ministry of Education, Institute of Cultural Heritage and History of Science and Technology, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2. Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: The lacquered chariots unearthed from the Gujun site in Xingtang, Hebei Province, provide crucial material evidence for studying the chariot system of the Eastern Zhou Dynasty. However, upon excavation, the lacquered carriage bodies had deteriorated into fragile lacquer-soil composites, posing significant conservation challenges. This study focuses on the remains of the lacquer film from Chariot No.3 in Chariot and Horse Pit No.2 and its surrounding burial soil. Techniques such as microscopic observation, scanning electron microscopy-energy dispersive spectroscopy (SEM-EDS), infrared spectroscopy (IR), Raman spectroscopy, dynamic vapor sorption (DVS), X-ray diffraction (XRD), and X-ray fluorescence (XRF) were employed to analyze the preservation state, composition, and environmental stability of the lacquer film, as well as the mineral composition, chemical indicators, and soluble salts of the soil. Results show that the lacquer is urushi, with cinnabar as the red pigment. The lacquer film is severely corroded, exhibiting extensive porosity and long cracks; the white needle-like crystals on its surface are anorthite, and the film's hygroscopicity is as high as 19.5%. The burial soil primarily consists of minerals such as quartz and anorthite, with a pH of 8.3. Soluble salts are mainly NaCl, CaSO₄, and CaCl₂, with a total salt content of approximately 0.17% and a saturated moisture content of 9.51%. This research explores the relationship between the decay state of the lacquer film and soil corrosion, preliminarily elucidates the formation causes of the lacquer-soil composites, and provides important scientific support for the conservation of the lacquered chariots unearthed from the chariot and horse pits at the Gujun site in Xingtang.

Keywords: Gujun Site in Xingtang; Archaeological lacquer film; Soil corrosion; Soluble salts