

从「修复器物」到「守护价值」：馆藏铁质文物保护修复的理念重构

——以护国门头为例

陈颖

护国门头建于1919年，由商办云南铁工厂制造，为四柱三开花根铁门，现为昆明市博物馆馆藏文物。它不仅承载着护国运动的烽火记忆和不屈精神，更继承并捍卫了辛亥革命成果与亚洲第一个共和国，是凝聚共和共识、推动民族觉醒的重要精神载体。

文物因多次拆移、长期露天存放，锈蚀、残缺、变形严重，亚共晶灰铸铁基体含少量盐类，物理损伤危及安全。对于该文物的修复工作以科技为支撑，通过三维逆向建模、多学科检测明确病害成因，筑牢数据基础。实施阶段，精准补配缺失构件，进行“牵引矫形、撬压矫形、千斤顶矫形、工具固定矫形”四种组合整形，突破大型铁质文物矫形难关，并为适配昆明气候进行长效防锈。

修复后，文物通过展览、研学、研讨等多元方式活化利用，整个保护修复历程，打破了传统铁质文物修复“重器物、轻价值”“重技术、轻传承”的固有局限，为馆藏铁质文物保护修复提供了鲜活实践。

价值先行：从“病害治理”到“价值守护”的认知转向

传统铁质文物保护修复常以“消除病害、稳固本体”为首要目标，易陷入“技术优先”误区，忽视文物核心价值传承。护国门头修复实践证明，价值评估是修复工作的逻辑起点，需坚守“保护第一、挖掘价值”原则，先厘清文物价值，再确定修复技术，让修复服务于核心价值延续。价值研判需构建“历史—文化—科学”三维价值坐标系，全面挖掘文物多元价值，为修复提供根本遵循。历史价值上，既要关联文物年代与历史事件，更要凸显其时代证独特性，护国门头既是护国运动实物见证，也是云南近代民族工业珍贵标本，其复合历史价值是修复决策的核心依据；文化价值上，围绕文物承载的精神符号与文化内涵，护国门头的“护国”标识凝聚着捍卫共和的爱国精神，修复核心是守护这一精神内核，而非单纯追求外观完整；科学价值上，依托文物材质、工艺、锈蚀特征，留存冶金技术与环境变迁研究资料，科学检测需兼顾病害处理与科研信息保护，避免过度修复破坏科研价值。

这种价值先行的思路，推动铁质文物修复从“被动应对病害”转向“主动守护价值”，让技术选择与修复动作围绕价值传承展开，从根源上规避“重修复、轻价值”的误区，落实新时代文物工作要求。

原真性坚守：从“外观复原”到“信息留存”的原则重构

“不改变文物原状”是文物保护核心原则，常被误读为追求外观完美，导致铁质文物修复出现过度干预、主观臆造等问题，消解历史真实性。护国门头修复证明，原真性核心是历史信息完整，修复应以留存历史痕迹、工艺信息与岁月记忆为核心，让文物成为历史真实见证。

在原真性守护的具体实践中，需以“最小干预、可逆可识别、拒绝臆造”为主要原则，重构铁质文物保护修复的行为准则，让“保护第一”的要求落到实处。最小干预原则，要求摒弃“焕然一新”的执念，对文物的历史痕迹保持敬畏之心。护国门头的稳定锈层是其历经百年风雨的直接见证，修复中仅去除疏松有害锈层与污染物，完整保留稳定锈层的沧桑质感，这种“不追求洁净、不刻意翻新”的选择，正是对文物原真性的最好守护。可逆可识别原则，要求所有修复材料与工艺均具备可逆性，为未来技术升级、再修复预留空间。同时，补配、加固部位需通过细微工艺差异、材质标识实现可识别性，避免修复



护国门头修复前后对比



民国早期护国门及门楼

本版责编：张 颖 何文娟 陈颖航

痕迹与原始历史信息混淆。护国门头头的补配构件在材质、工艺上与原物高度契合，同时通过有效的工艺标记实现可识别，既保证了文物结构的完整性，又留存了清晰的修复信息，为后续研究提供依据。拒绝臆造原则，要求对史料缺失、无明确依据的部位，坚决采取“留白”处理，绝不主观臆造纹饰、结构。

这种原真性理念的重构，本质是将铁质文物从“静态的展品”还原为“动态的历史载体”，让岁月留下的锈蚀、残缺等痕迹，成为讲述历史的鲜活语言，让文物的每一处细节，都成为历史信息的真实表达。

科技赋能：从“辅助工具”到“思维范式”的理念升级

新时代文物工作提出“加强管理、有效利用”要求，现代科技是铁质文物保护修复走向科学化、规范化、精准化的关键支撑。护国门头修复实践证明，在现代科技修复加持下，工作正从“经验驱动”向“数据驱动”、从“事后补救”向“事前预判”转变，为文物管理提供坚实技术保障。

科技赋能需聚焦数字化前置、多学科融合两大方向，实现科技与传统修复工艺深度融合。数字化前置，是将三维扫描、虚拟修复、数字建模等技术贯穿修复前期，借助高精度扫描建立文物数字档案，借助虚拟拼接、结构模拟推演方案可行性，规避修复试错风险，最大程度减少对文物本体的干预。护国门头修复中，1:1精准逆向数字模型为缺失构件补配、变形构件矫形提供了数据支撑，既是最小干预原则的技术延伸，也实现了修复全过程数字化管理。

多学科融合则打破单一修复认知，整合材料学、冶金学、环境科学、考古学等多学科力量，构建跨学科修复体系。护国门头修复通过金相分析、电镜能谱检测、XRD测试等技术，精准研判文物材质、锈蚀成因与病害规律，为防锈、矫形等工艺提供科学依据，让修复从经验操作转向科学决策，显著提升修复工作的科学性、规范性。

需要强调的是，科技赋能并非“用现代技术替代传统工艺”，而是让现代科技成为传统工艺的“精准助手”。护国门头修复中，3D打印建模与传统翻模铸造工艺的深度融合，既发挥了3D打印的精准性优势，解决了大型构件补配精度低的难题，又保留了传统铸造工艺的质感与特色，实现了“科技精准”与“匠心守护”的统一，让技术创新始终服务于文物保护的主要目标。

长效传承：从“修复完成”到“价值激活”的目标延伸

新时代“让文物活起来”的要求，表明文物保护修复绝非以“修复完成、文物入库”为终点，而是以文物价值长效传承与价值挖掘为终极目标。护国门头修复突破“重修复、轻利用”的传统误区，将“活化利用、长效传承”贯穿全程，构建“保护—研究—传播”完整闭环，推动文物保护从“抢救性修复”向“抢救性、预防性、活化利用”并重转型，真正让文物焕发活力。

长效传承需坚守“合理、有效利用”原则，让铁质文物走出库房、对接社会，成为传承历史文化、弘扬民族精神的鲜活载体。一方面做到预防性保护前置，修复后依据铁质文物材质与保存环境，建立温湿度、光照管控体系，完善定期监测、养护机制，从源头延缓病害复发，保障文物长期存续；另一方面创新活化传播形式，护国门头修复后，通过开设专题展览、举办专家研讨会、开展文物修复研学课程等多元举措，让文物成为宣讲护国运动历史、厚植家国情怀的鲜活教材，实现从“器物保护”到“精神传承”的跨越。

这一思路将铁质文物保护修复从单一技术行为，升华为深度文化实践，充分释放文物的历史、文化与社会教育价值，让文物成为连接历史与现实、传承民族精神、赓续历史文脉的关键纽带。

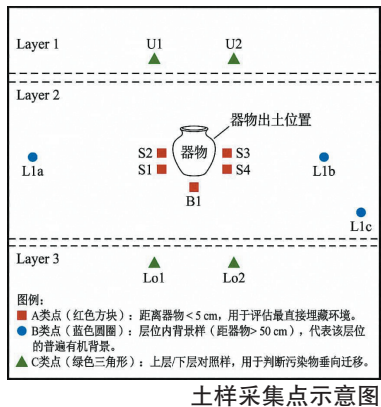
反思与展望：新时代铁质文物保护修复的发展方向

护国门头的保护修复实践，是践行新时代文物工作要求的典型实践，为馆藏铁质文物保护修复提供了重要的理念反思。

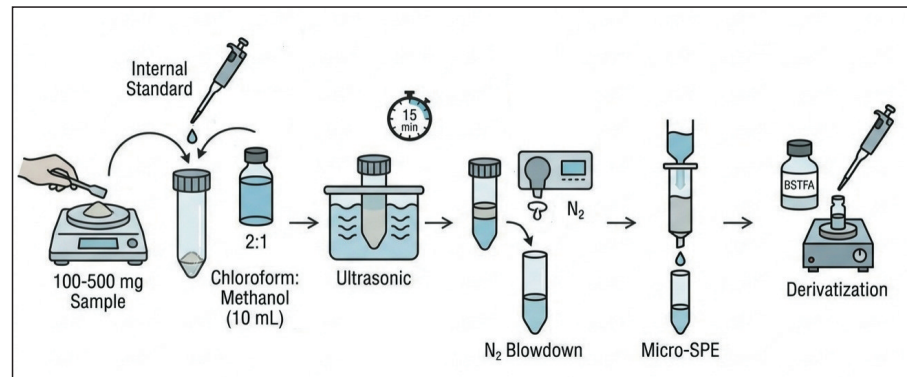
修复工作的核心不是“让文物变新”，而是让文物的历史信息得以延续，始终以价值守护为根本，让每一项修复行为都服务于文物核心价值的传承；技术创新的本质不是“追求更先进的技术手段”，而是更好地服务于原真性守护与价值传承，实现现代科技与传统工艺的深度融合，让技术创新成为文物保护的助力，而非目的；保护的终极目标不是“将文物封存起来”，而是让文物在当代社会中持续发声，通过多元化的活化利用，让文物承载的历史记忆、文化精神融入当代社会，成为文化强国建设的重要支撑。

未来，馆藏铁质文物保护修复需要进一步突破技术与理念的边界，在坚守文物工作要求的基础上，持续探索创新发展路径。在技术层面，需聚焦铁质文物长效防锈、环保可逆修复材料、碎片化文物数字复原等行业痛点，结合不同地域的气候特征，研发适配性更强的防护体系与修复工艺，让技术创新更具针对性、实用性；在理念层面，需构建更完善的多元价值评估体系，强化公众参与机制，让文物保护从“行业行为”转变为“全社会共同参与的文化事业”，凝聚文物保护的社会合力；在管理层面，需进一步完善铁质文物保护修复的标准化体系，推动铁质文物保护修复工作科学化、规范化、长效化发展。

(作者单位：昆明市博物馆)



土样采集点示意图



前处理流程图

有机残留物考古的GC-MS分析流程研究

路亚楠 郝娇娇

有机残留物考古是通过分析考古遗存中附着的有机分子，重建古代人类活动与环境的一门新兴交叉学科。这些残留物包括脂质、蛋白质、淀粉、树脂、蜡等有机分子，它们以肉眼不可见的形式存在于陶器孔隙、石器表面、牙结石、土壤沉积等载体中。

有机残留物分析如今已成为考古学中的一门成熟学科，越来越多的考古学家开始将有机残留物分析纳入他们的众多科学手段之中。该领域的重大发展得益于20世纪中叶出现的新一代分析方法，如红外、拉曼光谱方法；同时，能够实现分子层面分析的色谱方法也应运而生。20世纪50年代末，气相色谱(GC)与质谱(MS)相结合后，使得复杂生物和环境材料的各个成分能够分离并鉴定，从而使得材料成分的来源能够明确辨别。

20世纪70年代初，瑞士学者利用GC-MS分析了亚马逊盆地印第安部落制作的致幻性饮料“死藤水”，这是该技术在考古研究中较早的应用案例。我国直至21世纪10年代才将其应用于考古遗存分析，此后逐步进入发展期。2005年，我国开始有关于GC-MS法进行残留物考古实验方法的报道，介绍了彩绘层中粘合剂成分检测的仪器分析条件、称样量、衍生化试剂，并通过结果分析确定粘合剂为桐油。

近年来，随着检测手段的不断完善，GC-MS凭借高分离效率、高灵敏度及精准定量能力，在有机残留物考古中的应用日益普遍，成为我国有机残留物分析的重要手段；裂解气相色谱-质谱联用技术(Py-GC-MS)则针对难挥发、高分子量有机残留物，通过热裂解转化为易挥发组分后再进行分析，弥补了GC-MS的应用局限。姚娜等明确了仪器条件，通过对战国墨检测数据的分析，确定其为松烟墨；付迎春等对蛋白质类胶结材料分析过程中的仪器条件、样品量、衍生试剂均进行了介绍，并使用主成分分析法(PCA)对数据进行了解读；王楨等进行了蜂蜡残留物分析，梳理了样品处理和成分分析方法；赵金丽等建立了针对墓葬壁画中蛋清鉴别Py-GC-MS分析方法；张欣雨等采用Py-GC-MS和THM-Py-GC-MS分析，根据裂解产物中特定的主要和次要化合物含量，成功区分油画用黏结剂和添加剂。

尽管GC-MS与Py-GC-MS技术在有机残留物考古领域的应用与研究不断增多，但目前学界针对有机残留物考古完整实验流程的系统性介绍仍较为匮乏。本文结合GC-MS与Py-GC-MS两种仪器，系统梳理有机残留物考古的完整分析流程。

标本采集。炭块、油脂、皮革、织物等标本需非破坏性取样，将表面浮土清理干净后可直接取样，必要时在显微镜下操作。对于表面残留物、漆皮、彩绘、容器内容物、牙结石等标本使用表面刮取法，用洁净手术刀片刮取物表面，将粉末收集于预灼烧铝箔或玻璃容器中。对于无表面残留物的陶器、石器采用微钻孔取法，使用洁净钻头，在器物目标位置钻取少量粉末。

陶器样品在底部、下腹部、内壁、口沿分别取样；带流嘴的器物在流嘴内部取样；漆皮等分层的标本，需逐层采样分别分析。在器物紧邻处、同层远离器物处、上下层系统采集土壤，用于区分器物使用残留与埋藏环境引入的有机物。

前处理方法。称取粉末样品，放入离心管中。加入已知浓度的内标物，进行溶剂萃取。将提取液浓缩后用GC-MS分析。必要时，可采用固相萃取法纯化萃取液。对于酒类、树脂、蛋白质等样品，需进行衍生化处理，常用试剂为N,O-双(三甲基硅基)三氟乙酰胺(BSTFA)。

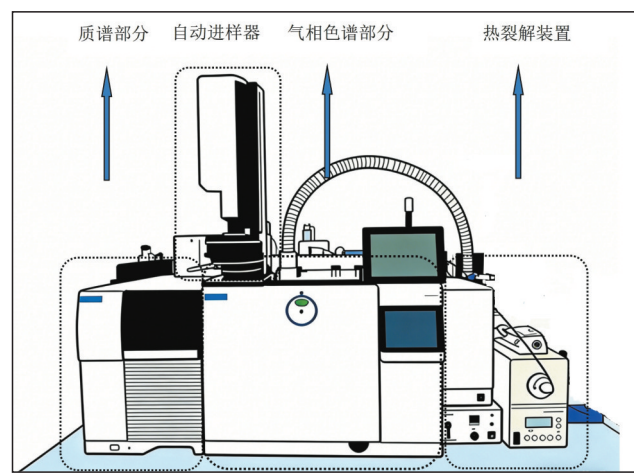
仪器方法。GC-MS法和Py-GC-MS法色谱条件相同，通常色谱柱选用DB-5MS毛细管柱；离子源为电子轰击离子源；采用全扫描模式进行定性分析，选择离子监测模式进行定量分析。裂解条件为裂解温度500-800℃。Py-GC-MS法定量多采用内标法，若只需相对定量，可采用面积归一法。

数据分析。数据分析以标志物识别、来源判别、统计归类为核心，将色谱质谱信号转化为可考古解读的信息。图谱预处理。完成基线校正、背景扣除、峰识别与积分，剔除假峰干扰，获取峰面积、保留时间等参数。组分定性分析。GC-MS以NIST谱库匹配为主，结合保留时间与特征离子确认；Py-GC-MS依据裂解指纹图谱，结合NIST与F-search库，判别胶料、油脂、多糖、树脂等。组分定量分析。GC-MS采用外标或内标法以特征离子定量。Py-GC-MS由于裂解产物复杂，多采用内标半定量，通过峰面积与浓度比值获取相对含量。

考古学解释

将有机残留物的检测结果转化为考古学解释，是进行残留物考古研究的最终目标和核心价值。

来源判别。以特征化合物比值模型为核心，实现脂类、胶料、树脂、油脂等来源判别。常用判别指标包括：C16:0/C18:0区分动物脂肪与植物油；支链/直链脂肪酸 $\Sigma C15+\Sigma C16+\Sigma C18$ 反分支/非反分支物；C18:2/C16:0区分植物油和动物脂



GC-MS/Py-GC-MS设备图

肪；C18:3/C18:2区分亚麻油与其他植物油等。

统计分析。主成分分析(PCA)：对脂肪酸等多维数据降维，快速揭示样品聚类趋势，区分动植物来源、器物用途差异。聚类分析(HCA)：按化学组成相似度分组，揭示遗址内部不同类型残留物、功能分区等情况。相关性分析：主要用于验证假设、揭示影响因素，辅助探究残留物保存状况与埋藏环境参数相关性。

结论与展望

有机残留物考古作为科技考古的重要分支，已从早期“发现成分”阶段，逐步走向“解读行为”的研究，为揭示古代人类的技术传统、资源利用、社会结构等提供了科学依据。其中，GC-MS与Py-GC-MS作为重要分析手段，其流程的规范化与精细化，成为推动该领域发展的重要支撑。

一是建设全流程操作规范。当前有机残留物考古研究中，不同实验室的采样、前处理、检测及数据分析存在差异，导致研究结果的对比性不足，制约了跨遗址、跨区域研究结果的对比与整合。为此，需构建覆盖全流程的标准体系，统一采样标准，避免采样过程中造成残留物污染或损耗；规范前处理流程，减少人为操作误差；统一衍生试剂的种类、用法等，确保目标化合物高效衍生；标准化仪器参数，针对不同类型残留物优化色谱条件，保障检测结果稳定性；明确质控指标，设置空白对照、平行样、回收率等质控环节，确保数据可靠性；规范化化合物定量方法等内容，推动有机残留物分析方法的统一化、规范化发展，为跨区域、跨时段研究提供统一标准。

二是提高灵敏度与抗干扰能力。有机残留物多存在于器物缝隙、土壤基质中，含量低、组分复杂、易受环境干扰，传统检测技术难以实现超微量残留物的精准分析。未来需推广先进检测技术，包括微萃取技术，通过固相微萃取等方法，富集微量残留物，减少基质干扰；自动化前处理技术，借助自动化设备完成样品提取、净化、衍生等流程，降低人为误差；高分辨质谱技术，凭借更高的质量分辨率与准确度，实现复杂基质中微量目标的精准鉴定与定量，例如全二维气相色谱-飞行时间质谱(GC \times GC-TOF-MS)技术，其高分离能力，可以有效解决复杂有机残留物中组分重叠的问题，实现对超微量、复杂基质样品的分析。

三是推动多技术交叉融合。单一的GC-MS与Py-GC-MS技术仅能完成残留物的成分鉴定，难以满足从来源、迁移到埋藏的全过程解析的研究需求。需进行多技术交叉融合，与单体同位素分析结合，通过测定残留物中不同化合物的同位素组成，追溯原料来源与古环境；与红外光谱、拉曼光谱联用，快速识别残留物的官能团与分子结构，辅助成分鉴定；融合分子生物学技术，检测残留物中的同位素、DNA等信息，揭示古代人类的饮食结构、疾病状况等，推动有机残留物考古从成分鉴定向全过程解析转变，实现对古代人类行为的多维度解读。

四是建设共享数据库。当前我国有机残留物考古数据较为分散，缺乏统一的数据平台。Prévost C等人组织构建了国际有机残留物考古文献数据库(AROLD)，旨在系统整理已发表的考古脂质分析数据，以解决文献分散和异质性问题。我国可参照相关建设经验，构建符合我国考古实际的有机残留物考古数据库，整合不同遗址、不同时代、不同类型的残留物数据，建立数据更新与共享机制，鼓励科研机构上传研究数据，实现数据资源互通；依托数据库开展跨区域比较研究，分析不同区域的饮食方式、生活模式等差异，探讨古代人类的迁徙、文化交流与社会发展规律，为宏观考古研究提供数据支撑。

综上，有机残留物考古的发展已进入新阶段，GC-MS与Py-GC-MS技术的规范化、精细化与智能化，结合全流程标准建设、技术交叉融合与共享数据库构建，将持续推动科技考古与传统考古的深度融合，为我们更全面、更深入地揭示古代人类文明的发展脉络提供重要科学证据。

(作者单位：河北省文物考古研究院)

MicroWise system 文化遗产生链数智解决方案提供商

科技保护：环境调控、环境监测、本体监测、健康监测、文物运输监测、文物展柜、文保修复实验室装备...

智慧管理：藏品管理、资产管理、人员管理、客流监测、数字资源管理...

智慧服务：数字化采集、数字化展陈、智慧导览、咨询服务、展柜消杀服务、展柜换气率评测服务...

西安元智系统技术有限责任公司
电话：13572270596 (张总) 座机：029-8246388
邮箱：info@microwise-system.com
网址：www.microwise-system.com
地址：西安市高新区锦业路69号创业研发园E座4F