

文化遗产资源的活化利用

——以敦煌莫高窟为例

李梦玉

莫高窟由敦煌研究院履行管理职责，1961年被国务院列入第一批全国重点文物保护单位，1979年正式开放，1987年联合国教科文组织将莫高窟列入第一批世界文化遗产名录。2009年，敦煌研究院开始逐步探索文化遗产地教育资源的活化利用。2017年敦煌研究院晋级国家一级博物馆，2019年被联合国教科文组织亚太地区世界遗产培训与研究中心（苏州）授予世界遗产青少年教育基地。

构建线下线上融合的文化教育与全球传播矩阵

莫高窟自前秦建元二年（366年）由乐僔开凿第一个洞窟，历经十一个时代，保存至今的洞窟735个、壁画4.5万平方米、彩塑3000余身、唐宋木构窟檐五座，以及6715件（套）可移动藏品。其所蕴含的壁画、彩塑、建筑三位一体的敦煌石窟艺术，所反映出的敦煌历史文化，还有充分诠释“莫高精神”的敦煌研究院院史，为文化遗产地教育提供了丰富的教学资源。因此，敦煌研究院长期秉持“守正创新”的发展理念，以敦煌文化及敦煌石窟艺术为核心载体，深度挖掘中华优秀传统文化的精神内核与时代价值。在实践中，研究院聚焦敦煌文化IP的创造性转化、创新性发展，构建了多维度、多层次的社会公众教育体系，通过策划实施系列化、专业化的公共教育活动，助力敦煌研究院建设成为世界文化遗产保护的典范和敦煌学研究的高地。

依托敦煌研究院专业的学术团队和成熟的文物数字化技术，有序推动敦煌文化IP的创造性转化和创新性发展。出版《莫高学堂丛书》《画中有话——敦煌石窟百讲》等科普读物，举办《寻境敦煌》数字敦煌沉浸展；成立文化创意研究中心，开展文创运营模式的探索研究工作，通过多种形式扩大优质文创产品供给。线上通过融媒体中心打造的敦煌莫高窟官方虚拟人——伽瑶，作为首位数字敦煌文化大使，以数字技术传承敦煌文化；发布“云游敦煌”小程序，丰富敦煌石窟艺术欣赏体验，推出“云赏敦煌”系列短视频、“敦煌岁时节令”等专题视频栏目，展示敦煌文化的多元价值；与甘肃省政府外事办合办“敦煌文化环球连线”活动，提升敦煌文化在全球的知名度。

以核心场馆为基础的品牌化教育实践

敦煌研究院敦煌石窟文物保护研究陈列中心（以下简称“陈列中心”）地处莫高窟景区内，1994年建成，是我国敦煌石窟可移动文物收藏品类最全、典藏功能最为完备、展陈展览力度最大的场馆。此外，还有2000年为庆祝藏经洞发现100周年，由王圆箴修建的三清宫开辟而成的敦煌藏经洞陈列馆，展示藏经洞及其所藏文物的流散与回归；2004年为庆祝敦煌研究院建院60周年，由上寺和中寺改建成的敦煌研究院院史陈列馆；以及为庆祝建院80周年，升级改造的敦煌研究院美术馆。自2009年起，以敦煌研究院“一中心三展馆”为核心阵地，联动其在国内及全球范围内举办的敦煌艺术大展，正式开启系统化社会教育实践路径探索。

截至目前，敦煌研究院已成功打造了“博物馆之旅·体验的快乐”“莫高精神——1650知多少”“莫高学堂”“敦煌石窟艺术六进”等社会公众教育品牌。其中“莫高精神——1650知多少”获评“首届全国十佳文博社教案例”，“指尖上的敦煌——九色鹿纸影绘本”获联合国



敦煌藏经洞陈列馆开展“一纸千年 墨润古今”活动

教科文组织亚太遗产中心评选的“2022年全球世界遗产教育创新案例奖——探索之星”奖，情景剧《白居易带您诗话敦煌》获2023年全国青少年文化遗产知识展演大赛三等奖，“莫高学堂成人班”入选2023年全国文化遗产旅游百强案例。这些品牌活动在“国际古迹遗址日”“文化和自然遗产日”等时间节点，通过“请进来、走出去”“线上+线下”相结合的方式持续开展各类专题式、分众化社会教育活动千余场，参与人数超二十万。

“敦煌艺术展”进校园

“博物馆之旅·体验的快乐”以展教结合的形式随展前注意意大利、土耳其等国，在北京、上海、广东、浙江、海南、辽宁等十余个省（市）开课，惠及甘肃省天祝藏族自治县、阿克塞哈萨克族自治县等少数民族兄弟县市，覆盖全年龄段。2018年，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于加强文物保护利用改革的若干意见》，为了更好地活化利用资源，提供更加专业的服务，陈列中心结合“双减”背景下的新课标、新动态，将馆藏资源整合利用，从工作流程、教学包、档案管理、人员培养四个方面，引入学校标准化课堂教学模式。开创系列专题课程35项，其中精品课程18项已完成标准化建设，在每年重大纪念日和节假日开展公益社会教育活动，并以每年不少于3项新课程研发的速度，继续探索以物质文化遗产和非物质文化遗产为代表的优质资源充分发挥其公众对，尤其是广大青少年的文化教育价值的途径。

2022年起，敦煌研究院积极响应文化和旅游部办公厅、教育部办公厅、国家文物局办公室《关于利用文化和旅游资源、文物资源提升青少年精神素养的通知》的要求，一方面稳步推进敦煌文化进校园、敦煌石窟艺术进校园等品牌活动，另一方面策划多场敦煌石窟艺术展深入学校。

2023年“举世莫高——敦煌石窟艺术校园展”在敦煌中学正式开幕。此次展览是敦煌研究院首次在敦煌当地学校内陈列专属常设展览，邀请师生全程参与展览制作，并以此展行为示范教育基地，将敦煌石窟艺术深耕学校教育，浸润学生心田，为即将面临人生大考的高中生献上一份“成人礼”。

同年，敦煌研究院策划“敦煌娃办敦煌展”系列活动。该展是由七年级师生共同参与策划、设计、制作以敦煌石窟建筑艺术为主的微型建筑艺术展。分批邀请敦煌市第四中学师生参观“千年营造——敦煌壁画建筑之美”展，深入了解莫高窟、展览展陈等相关知识。

2024年6月28日，由敦煌研究院、中国国际航空股份有限公司、北京梅赛德斯-奔驰销售服务有限公司主办，陈列中心承办的“童梦莫高——敦煌石窟艺术校园展”在广西壮族自洽区昭平县第二小学开

幕。此次展览是陈列中心第一次突破地理限制，跨省跨地区开展面向小学生的敦煌石窟艺术主题展。

面向青少年的课程研发必须符合相应年龄段的规律，行之有效的途径之一就是馆校合作，借助学校教育寻找合适切入点。在五年级语文下册书法赏析中提到的《千字文》是敦煌藏经洞陈列馆“石室宝藏——藏经洞陈列展”中的重要展品之一，且了解敦煌文献所承载的中国古代造纸术、印刷术也是符合国家教育部颁发的《义务教育课程方案和课程标准（2022年版）》要求。敦煌藏经洞陈列馆工作人员研发面向小学高年级学生的“一纸千年·墨润古今——古代造纸术与印刷术手作体验课程”。理论讲解与实践操作相结合，让学生深入了解古代造纸术和印刷术的起源、发展历程、制作工艺以及它们在历史文化传播中的重要作用。培养对传统文化的兴趣和热爱，增强民族自豪感与文化自信。提高观察能力、动手能力和团队协作能力，在实践中体会古代工匠的智慧与匠心。

非遗融合与普惠性教育实践

2025年5月18日，辽宁省博物馆“山海有情大漠鸣沙——在辽宁遇见敦煌”特展开幕，为了让观众获得更加丰富的参观体验，敦煌研究院与辽宁省博物馆合作推出“敦和万象 鼓韵未来——敦煌腰鼓手作活动”，在“敦煌石窟艺术”展区引导小学低年级儿童系统认知敦煌石窟乐舞艺术发展脉络与部分乐器制作技艺，深化敦煌乐舞知识理解；开展腰鼓手工制作，引导孩子融入敦煌元素创作装饰纹样，让孩子们在实践中感知敦煌艺术底蕴。

文化遗产活化利用形式突破教育活动与年龄限制，分众化专业性与寓教于乐普惠性可协同推进。如在2025年文化和自然遗产日，敦煌研究院联合阿克塞哈萨克族自治县博物馆、敦化市文化馆，在莫高窟举办“弦歌同振 心手同契”——民族非物质文化遗产展演秀，这是文化遗产惠民的实践体现。

展演分文艺演出和非遗技艺体验两个部分。敦煌国家级非遗曲子戏《六月花》唱响民间生活的欢愉，阿克塞哈萨克族演员穿着带有独特的刺绣编织技艺的民族服饰，用舞蹈《欢腾的草原》展现民族风貌。甘肃省级非遗敦煌剪纸“把敦煌剪纸穿身上”系列，将壁画艺术、传统服饰与民间剪纸相结合，赋予传统时尚的新生。演出后，游客参与“巧手匠心——敦煌岩彩技艺体验”“墨润古今——雕版印刷手作体验”“指尖绽繁花——敦煌剪纸技艺体验”“一针一线话团结 万色千纹绘真情——哈萨克刺绣体验”等非遗社教体验活动，近距离感受非遗技艺的魅力。其中“巧手匠心——敦煌岩彩技艺体验”也是“博物馆之旅·体验的快乐”品牌中最受喜爱的标准化课程之一。课程通过讲解敦煌壁画从线稿创作、转印、识矿物颜料、调色、打磨做旧等流程，让参与者体验壁画绘制传统技艺，感受中式美学，激发创造力。

未来，敦煌研究院将继续以文教结合为核心路径，宣传新时代文物保护利用和文化遗产保护传承的新成果新进展，增强全社会文物保护意识，厚植中华文明社会文化传承氛围，讲好中国文物故事，彰显中华文明风采。

（作者单位：敦煌研究院）

文物及其附着物中含大量有机物质，过去限于技术和经验的不足，对这类材料研究的关注度不高，往往也较难释出深层信息。随着分子生物学的发展，新的技术逐渐被文物工作者吸收借鉴。分子生物学技术原本用于病原体鉴定、生物标志物检测等，凭借对核酸、蛋白质等生物大分子的高特异性与高灵敏度，现已成为分析文物制作材料、探究制作工艺、辅助文物保护修复等工作的重要工具，展现出传统技术难以替代的作用。

核酸分析技术

核酸是生物的遗传物质，即便生物材料长期在地下环境埋藏，仍可能残留微量DNA不被降解。核酸扩增与测序技术，可从降解的核酸片段中提取关键遗传信息，对文物材料或附着物进行测定。PCR技术（聚合酶链式反应）是扩增DNA片段的基础技术，能将几个拷贝的痕量DNA有效扩增至可检测水平。结合巢式PCR的双重特异性扩增或实时荧光PCR的定量与定性同步检测，能进一步提升检测准确性，实现文物中的生物源成分分析。例如，上海“长江口二号”古船环境微生物进行PCR扩增、荧光定量检测和Illumina测序分析，揭示了水体微生物丰富度与多样性变化特征，为古船的生物病害防治奠定了基础。故宫博物院清宫海桐皮药材文物进行古DNA提取、建库，使用鸟枪法宏基因组测序技术分析，确定海桐皮来源于芸香科椿叶花楸属的树皮，为传承清宫医案提供了考古依据。

Sanger测序技术适合单一目标DNA片段的精确测序，是PCR产品的标准解析工具。通过对PCR扩增产物或直接提取的混合DNA进行测序，可获取更全面的生物信息，适用于分析多种生物材料混合的或严重降解的复杂样品。例如在研究遗址生业模式时，可从动物骨骼等遗物中提取DNA，经PCR扩增后通过Sanger测序获得目标基因序列，再与已知物种的参考基因序列比对，即可明确其生物特征。相较于红外光谱分析等方法，该技术特异性更好，能够避免样品中其他有机质干扰。例如，对南唐钦陵墓室壁画丝状蓝藻进行16S rDNA基因测序，并结合形态结构特征和生境分析，确定了该藻的分类地位。对登封王城岗遗址出土黄牛遗存的DNA测序，表明样品全部为家养普通牛，母系遗传结构简单。对礼县西山遗址出土马骨DNA进行PCR扩增后测序，显示有栗色和骝色两种毛色，为研究秦人牧马提供了新线索。

高通量测序技术（NGS）利用宏基因组分析，同时检测数千至数百万条DNA片段，对检测文物样品中的生物源混合材料有显著优势。古代织物常存在多种生物材料混合的情况，采用NGS技术对样品提取的总DNA测序，可一次性明确多种材料的生物来源，无需对样品进行分离预处理。文物表面及内部的微生物是导致文物劣化的重要因素，该技术也可有效进行文物环境微生物群落分析，全面解析微生物的种类组成及相对丰度特征。叶汐等对金沙土遗址表面藻类和苔藓群落进行高通量测序分析，表明种群分布的空间差异和环境因子存在相关性，盐分含量是影响种群分布的关键因素。韩超等对常州出土明代古尸体表微生物进行测序分析，证明其优势物种为一种耐超耐旱极限的曲霉属帚状曲霉，为古尸的长久保存提供了依据。

蛋白质分析技术

文物中的蛋白质残留物也是重要的生物标志物，通过免疫分析和蛋白质组学技术检测残留物的“抗原特性”或“肽段指纹”，可以推断文物材料属性。酶联免疫法（ELISA）在医学领域主要用于传染病筛查、肿瘤标志物监测等，其核心原理是抗体对特定抗原的专一性结合。在文物分析中，若样品含目标蛋白质，即便蛋白质发生部分降解，其“抗原决定簇”结构仍可能保留，具备特异性抗体检测条件。用该法在墓葬壁画红色颜料中检测出胶原蛋白。例如对古代三合土灰浆进行蛋白酶联合免疫法（ELISA）检测，实现了蛋清灰浆中微量（质量分数0.003%）蛋清成分的准确检测，为追溯古代灰浆制作工艺提供了科学依据。对鄯善县苏贝希遗址黑色块状残留物进行酶联免疫吸附测定，发现含有少量牛酪蛋白，证实迟公元前5到3世纪牛奶已进入我国新疆地区先民食谱。通过制备胶原蛋白多克隆抗体，采用胶体金标记，利用免疫反应产生的颜色变化检测山羊皮革胶原蛋白，可以精准鉴别山羊皮制文物。

免疫荧光标记可在文物微损的前提下获取数据，实现蛋白质原位定位检测，直观地在文物切片上观察目标蛋白质的空间分布。尤其是在分析壁画等文物的制作工艺时，可以用来明确胶结材料是混合于颜料中，还是仅涂覆于颜料表层。对故宫养心殿斋宫建筑彩画进行免疫荧光法检测，发现沥粉层、颜料层中含胶原蛋白，表明胶结材料为动物胶，未在地仗层中使用动物胶提升强度。

蛋白质组学技术的分析逻辑是，不同种属间组成蛋白质的氨基酸序列有显著区别，不同蛋白质具有特有的物质量。从文物样品中提取蛋白质后，用胰蛋白酶将其酶解为短肽段，通过液相色谱串联质谱技术（LCMS/MS）测定肽段的质量电荷比（m/z），再与数据库中标准肽段指纹图谱比对，即可准确定性。只要特征肽段保留，就可完成检测。通过分析质谱检测到的肽段长度分布，可推断降解程度，为文物保存状态评估提供量化依据。检测到的短肽段占比越高，降解程度越严重。研究表明，基于特异性单克隆抗体的宏阵列生物芯片的定性检测，能够对考古样品中是否含有蚕丝蛋白多肽片段做出快速筛选甄别，可以极大提高鉴定的工作效率。对丝绸文物全生命周期的蛋白组分化进行分析，发现长时间的劣化过程中丝素蛋白重链、轻链和糖蛋白链部分降解，轻链降解速率最慢。对隋炀帝萧后冠饰土壤样品进行丝织品上残留物提取和生物质谱检测，鉴定为古代蚕丝蛋白残留物。对横水西周墓茱萸帷提取蛋白氨基酸序列与蚕丝蛋白重链、轻链序列比对，确定为蚕丝蛋白，因此判断茱萸帷原来的纺织材料是蚕丝。对云南黑玛井遗址青铜器内容物进行分析，证明蛋白质组学方法可以应用于温带埋藏环境以及距今2000年甚至更古老的考古样品。对小河墓地草蓆残留物进行蛋白质组学分析，鉴定出牛酪蛋白、牛免疫球蛋白和牛β乳球蛋白，推断其为牛奶制品。

技术优势与实践价值

分子生物学技术依托对生物大分子的精准分析，具有更高的特异性、灵敏度和信息深度，展现出化学分析法不能比拟的优势，其应用范围可以覆盖文物材料研究、工艺追溯和保护修复的各方面。特异性源于生物大分子的固有属性，从核酸层面看，不同物种的基因序列存在专属的遗传标记，经PCR引物特异性结合、测序序列比对，可直接锁定生物来源，不受样品中糖类、脂质、无机盐等非生物源成分干扰。从蛋白质层面看，抗原与抗体的结合具有专一性，质谱检测的特征肽段是特定蛋白质的分子指纹。高灵敏度满足文物微损或无损检测需求，PCR分析所用样品量仅微克级，ELISA分析可检测纳克级的蛋白质，质谱技术甚至可分析飞克级的肽段。结合物种地理分布数据库，基因测序技术在区分有机质文物制作材料来源的近缘物种与产地溯源方面有明显优势，能够多维度获取文物深层信息。

挑战与发展方向

当前，分子生物学技术在文物分析中的应用仍受限于文物样品与技术本身的适配性。文物在地下埋藏或保存过程中，会有锈蚀产物中的重金属离子、土壤中有有机质附着聚集，影响检测准确性。金属器锈蚀物中的金属离子可能会抑制DNA聚合酶活性，使痕量DNA无法扩增；外来有机质分子可能与文物残留物的蛋白质肽段竞争离子源，降低检测灵敏度。极端保存环境可能导致核酸与蛋白质完全降解，使免疫分析与质谱检测失效。需加强技术创新与流程优化，探索完善文物样品的金属离子整合、DNA固相萃取纯化等前处理步骤去除抑制物。

分子生物学技术通过精准解析核酸、蛋白质等生物大分子，为文物制作材料的生物来源鉴定、工艺追溯、保护修复提供医学级检测标准，其核心价值不仅在于技术跨领域迁移，更在于将生命科学的微观研究视角引入文物保护与考古领域，为理解先民的资源利用、技术发展、环境适应等提供全新的分子层面证据。

（作者单位：山东协学院 山东省文物保护修复与鉴定中心）

分子生物学技术在文物分析中的应用

刘书利 杜冠博



在莫高窟九层楼广场举办民族非物质文化遗产体验活动



小小守护者讲解“童梦莫高——敦煌石窟艺术校园展”



在辽宁省博物馆开展“敦和万象 鼓韵未来——敦煌腰鼓手作体验活动”