

相较于石质、木质、砖石类文物遗存，土遗址依托天然土体堆积形成，结构松散、胶结性弱、稳定性差，对外部自然环境变化极为敏感。我国幅员辽阔，南北跨度大、地形地貌复杂多样，不同地域温度、降水、湿度、风力、植被、冻土条件差异显著，形成了截然不同的区域小气候环境。长期以来，差异性的气候条件持续作用于各类土遗址本体，催生了类型各异、程度不一的土体病害。同时，多数现存土遗址并非仅受单一病害影响，存在多种病害叠加、交替作用、恶性循环的复杂损毁特征。因此，土遗址保护工作决不能采取“一刀切”的标准化治理模式，必须坚持因地制宜、分类施策、精准治理，依据南北方、不同流域、不同气候带的环境特征与病害机理，制定针对性、适配性强的保护修缮技术方案，从根源上遏制遗址损毁趋势，实现土遗址的长久保存与永续利用。

从我国整体气候区划与土遗址保存环境来看，全国自北向南可划分为北方干旱半干旱气候区、中部湿润季风气候区、川渝湿润丘陵气候区以及南方亚热带湿润气候区四大典型区域。不同区域光照时长、年降水量、昼夜温差、冻融周期、空气湿度、风沙活动频率、植被覆盖度等关键环境指标差异巨大，直接决定了土遗址的病害发育类型、损毁速度和破坏机理。北方地区干旱多风、温差极大、冬季漫长冻土期长；中部地区四季分明、干湿交替频繁、土体盐渍化问题突出；川渝地区多云雾、高湿度、少大风、降水均匀且持续时间长；南方江南地区降雨充沛、空气高湿常态化、植被繁衍旺盛、微生物活动剧烈。差异性的自然环境，造就了各地土遗址完全不同的损毁规律，也对保护技术、修缮工艺、防护体系提出了截然不同的工作要求。

北方地区 我国土遗址分布最集中、体量最大、露天遗址数量最多的区域，涵盖西北、华北、东北等广大区域，整体属于温带大陆性干旱、半干旱气候。该区域全年降水稀少，空气干燥，风沙大、大风天气多，昼夜温差和冬夏温差悬殊，冬季低温持续时间久，土体冻融循环次数多、强度大。受特殊气候条件影响，北方露天土遗址面临的核心病害集中体现为风力侵蚀、雨水冲刷、冻融破坏、表层结皮、墙体开裂、局部坍塌、整体失稳等结构性、本体性病害，各类病害相互叠加，对遗址整体结构安全造成威胁。

长期的风沙侵蚀是北方土遗址最主要的破坏因素。区域内大风肆虐，风沙持续冲击、打磨、掏空遗址墙体基部与薄弱部位，形成大面积掏蚀凹槽。土体基部被掏空后，遗址墙体受力结构失衡，上部土体悬空，逐步产生裂缝、错位、脱落，最终引发大面积坍塌损毁。同时，北方地区虽然整体干旱，但夏季短时强降雨集中且雨势迅猛，短时暴雨快速冲刷裸露土体，在墙体坡面、遗址台面切割形成深浅不一、纵横交错的冲沟，冲沟不断加深加宽，进一步割裂土体整体结构，加剧遗址破损。除此之外，剧烈的冻融循环是北方土遗址损毁的关键诱因。冬季土体内部留存水分结冰膨胀，撑裂土体颗粒与内部结构；春季气温回升，冰层融化，土体软化松散、强度骤降。长年累月的冻融往复循环，让土体反复胀缩、酥松破碎，产生大量网状裂隙和结构性裂缝。同时，北方土遗址表层在干湿、风沙交替作用下，极易形成坚硬致密的表面结皮，结皮与内部原生土体材质、收缩系数差异较大，温度变化时两者变形不一致，进一步诱发表层剥落、整体开裂，严重影响遗址结构稳定。

针对北方土遗址的病害特征，保护治理工作必须聚焦防风蚀、防掏蚀、防冻融、防坍塌、防冲沟五大核心目标，坚持结构稳固优先、病害源头治理的原则。对于露天残存墙体、台基、城垣等遗址本体，重点开展基部掏蚀回填补齐、空洞嵌补加固、裂隙注浆填充、坡面整形稳坡等基础治理工作，修复失衡的土体结构，补齐被风沙掏空的薄弱部位。同时，针对性设置防风固沙、隔水防渗、防冻保温



南方露天土遗址生物风化



三星堆遗址月亮湾城墙剖面粉状剥落病害

的防护体系，通过表层防风化加固、坡面排水导流、底部隔水层设置等技术手段，有效隔绝风沙、雨水、低温冻害对遗址本体的持续侵蚀，从根本上解决北方土遗址坍塌、冲沟、冻融、掏蚀、结皮开裂等突出问题，稳固遗址整体安全状态。

中部内陆地区 属于温带、亚热带过渡性季风气候，四季分明，干湿季节交替特征极为明显，全年湿度适中、降水分布均匀，昼夜温差较大。该区域土遗址土体内部盐分富集、盐渍化发育明显，由此引发的表层酥粉风化、逐层脱落是最核心、最普遍的疾病。

中部地区土体母质含盐量相对较高，在常年干湿交替的气候环境下，土体内部可溶性盐分随水分毛细作用持续向上迁移，不断聚集于遗址墙体表层。当空气干燥、气温升高时，表层水分快速蒸发，盐分大量析出结晶，盐晶体积膨胀，持续挤压、撑松表层土颗粒；当雨季来临、空气湿度增大时，盐晶快速潮解溶解，土体再次软化松散。长年往复的盐分迁移、结晶、潮解过程，不断破坏土体颗粒间的胶结结构，导致遗址墙面整体粉化、疏松、起砂、逐层脱落。这种酥粉病害具有隐蔽性、持续性、反复性的特点，不会瞬间造成墙体坍塌，却会持续消磨遗址本体，让土体强度逐年衰减，表层不断变薄、质地越来越松散，最终大面积风化损毁。

针对中部地区土遗址酥粉风化的突出问题，保护工作需要以脱盐抑盐、固结表层、稳定土体为抓手。坚持预防为主、精细养护，优先开展土体可溶性盐检测与脱盐处理，通过科学技术手段降低土体含盐量，阻断盐分迁移复迁结晶的破坏链条。同时，采用渗透性、兼容性良好的文物专用加固材料，对疏松粉化的表层土体进行渗透固结，重塑土颗粒胶结结构，提升表层土体整体强度和抗风化能力，持续遏制墙面酥粉、掉砂、逐层脱落的病害趋势，实现遗址本体的长效稳定。

川渝地区 地处西南盆地，属于亚热带盆地湿润气候，云雾多、日照少、空气湿度大、全年湿润潮湿，大风天气少、温差相对平缓。持续性表层酥粉、反复掉粉风化是川渝土遗址最突出的问题。

川渝地区常年高温寡照，土体长期处于湿润饱和状态，水分难以自然挥发，土体颗粒长期处于软化松弛状态，胶结力持续下降。同时，区域内小雨连绵、降雨频次高，土体反复吸湿、软化、风干、收缩，循环往复的干湿变化，持续破坏表层土体结构，导致遗址墙面常年处于疏松粉化状态，表层土体反复脱落、持续损耗。这类病害看似破坏程度轻微，但具有极强的顽固性和持续性，日积月累会造成遗址本体大面积消减、形制模糊、纹理灭失，严重破坏遗址的真实性和完整性。

因此，川渝地区土遗址保护工作需精准对标高湿环境下的酥粉病害机理，重点解决高湿软化、表层粉化、反复脱落三大问题。在保护技术选择上，重点聚焦除湿稳土、表层固结、保湿均衡、长效抗风化。通过优化表层加固工艺、调控遗址本体微环境湿度、提升土体耐湿抗风化性能，持续稳定表层土体结构，杜绝反复酥粉掉粉问题，适应盆地高湿特殊环境的保护需求。

长江以南的中南部区域 属于典型的亚热带季风气候，全年雨量充沛、降雨期长、空气湿度极高、植被繁茂、微生物活动旺盛，是全国水热条件最优越的区域，同时也是土遗址水蚀病害、植被病害、微生物病害最严重的区域。南方土遗址的核心病害是植被侵扰、苔藓藻类滋生、持续性雨水冲刷、土体浸水软化、深层裂隙发育等复合型病害，且多种病害深度叠加、相互促进、恶性循环，保护治理难度极大。

南方地区全年高温高湿，露天土遗址台面、坡面、墙体缝隙极易滋生杂草、灌木、苔藓、藻类，植物根系深入土体内部，不断扩张、穿透、撕裂土体结构，造成深层裂隙发育、土体破碎松散；大面积苔藓、藻类覆盖遗址表面，密闭土体孔隙，锁住内部水分，导致土体长期处于浸水饱和状态，强度大幅下降，加速本体风化损毁。同时，南方汛期长、暴雨频发，持续的雨水漫流、坡面冲刷，不断剥离、带走表层松散土体，冲刷形成浅表沟槽和破损面，雨水下渗还会软化遗址基底土体，诱发墙体沉降、变形、开裂，多重病害叠加，持续加速土遗址消亡。

针对南方地区高湿多雨、植被繁茂的环境特征，土遗址保护工作必须以控植被、除苔藓、防冲刷、导积水、降湿度、稳基底为核心重点。一方面科学开展遗址本体植被清理、苔藓微生物治理，阻断生物风化破坏；另一方面构建完善的雨水截排、坡面防护、表层护面体系，有效疏导雨水、减少坡面冲刷、防止雨水大量下渗。通过综合调控遗址微环境，降低土体含水率，抑制生物风化与水蚀破坏，实现南方湿润环境下土遗址的稳定保存。

综上所述，我国土遗址病害具有极强的地域分异性、环境关联性和病害叠加性，不同气候带、不同区域的主导病害、破坏机理、损毁模式截然不同，不存在通用万能的保护技术和修缮工艺。北方重在防风防冻、稳固结构、防控坍塌冲沟；中部和川渝重在脱盐固结、治理酥粉、遏制表层脱落；南方重在控水防湿、清除植被、抵御水蚀生物风化。

在土遗址保护实际工作中，必须始终坚持因地制宜、精准施策的核心原则，立足遗址所在地气候特征、水文条件、土体特性、病害组合情况，先研判环境、辨析病害、探明机理，再科学匹配保护技术、修缮材料、防护方案，杜绝经验化、同质化、模板化施工。通过分区分类、对症下药、精准治理，有效破解不同区域土遗址的突出损毁难题，全面提升土遗址保护修缮的科学性、精准性、长效性。

（作者单位：长沙国王陵考古遗址公园管理处 长沙市文物考古研究所）

■ 建筑遗产

近期，国家文物局印发了《国家文物事业发展“十五五”规划》，规划对“五个方面”全面深入擘画了在健全文物系统性保护机制工作上的系统格局和宏伟蓝图，为基层文物系统性保护工作指明了方向，明确了路径。曲阜文物古迹众多，现有古建筑1300余座，曲阜孔庙、孔府、孔林是儒家文化的代表性建筑遗产，现存历代建筑1100余间。曲阜历来高度重视文物古建筑保护工作，从率先开展全国文物建筑预防性保护试点，到全面部署文物古建筑系统性保护新任务，开展了积极有益的实践探索。

建立健全古建筑维保的常态化机制

文物保护是一项复杂的系统工程，加强文物领域体制机制建设，尤其是法治建设，是夯实文物保护法治根基的重要工作。2026年6月济宁市第十八届人民代表大会常务委员会第三十三次会议审议通过了《济宁市文物保护条例》和《济宁市大运河文化遗产保护条例》，7月山东省第十四届人民代表大会常务委员会第二十五次会议批准了上述两个条例。条例的出台为加强文物系统性保护尤其是文物古建筑保护划定了红线，提供了依据，激发了动能。

日常的维保机制是古建筑系统性保护的重要支撑，曲阜三孔古建筑工程管理处作为长期修缮保护“三孔”古建筑的专业队伍，吸收了预防性保护工作的有益经验，巩固扩大试点保护的先进成果，不断丰富完善《文物建筑预防性保护操作规程》《曲阜文物建筑预防性保护日常巡查操作指南》《曲阜三孔古建筑岁修保养制度》等保护机制。曲阜市文物局则着眼于古建筑的定期巡检记录、轻微病害防治、安全隐患排查、日常养护保养、零修档案归档等保护的细节工作，探索实施了“三孔”及外围景区零修保养机制，编制了保养项目流程，坚持以系统思维构建起古建筑保护修缮的事前事后机制。

深化古建筑保护技术的要素保障

“三孔”古建筑群规模宏大、艺术精美，曲阜三孔古建筑工程管理处长期常态化的保护修缮工作中，始终坚持传统工艺，始终秉持本源材料，始终恪守把技艺和材料作为古建筑保护的重要抓手，形成了一整套完整的、具有严格规制的曲阜古建筑营造技艺。自备四大古建筑材料场，常年循环储备维修物料，淋制白灰、熬制桐油、发揉血料、疏麻轧麻等材料制作都有严格工艺和制作记录，“木、砖、瓦、灰”等材料充分攫取其物性，择优取而补缺。古建筑翼角“冲三翘四”技术、一麻五灰地仗技术、金胶油熬制技术、材料保护与改性研发技术等沿用



“三孔”古建筑技工修缮工作现场图

（上接5版）“学者标注—模型训练—系统推荐—学者审核—数据回流”的闭环机制，使技术系统在持续使用中不断“学习”学者的判断逻辑，而非静态地完成一次匹配计算。归因分析显示，模型的高贡献区域不仅限于物理断裂边界，更聚焦于残片中部的文本内容区域。这表明系统在边缘信息不足时能够转向以文本内容为主要判断依据，与学者的实际判断方式高度一致。系统候选筛选逻辑压缩至数小时，从千级候选池中快速筛选组合，由学者审核确认。候选组合结果覆盖中国国家图书馆、英国国家图书馆、法国国家图书馆等多家机构所藏残片。散落各国的残片无需物理移动原件即可在数字空间建立关联，“物多移路、文物少搬家”的理念在古籍整理领域得到落地。

推广与展望

从“十五五”规划的战略指引到世界互联网大会的国际舞台，“寻迹丝路：多模态赋能的古籍碎片智能级合系统”的每一步推进，都见证着人工智能在古籍整理领域从实验室走向实质性落地。目前数据集已涵盖汉文与古藏文残片，技术架构可推广至其他类型古籍文献的数字化整理，为跨机构协同整理提供了新范式。

在此基础上，团队同步推进两项研究工作：一是碎片化对知识网络的定量研究，通过计算物理载体碎片化导致的历史认知偏

文物古建筑系统性保护探索

——以曲阜“三孔”常态化保护为例

朱年涛

传统工具、传统技艺及传统材料，保证了文物古建筑系统性保护的真实性、完整性、可追溯性。

古建筑系统性保护是根本，预防性保护则是基础，“三孔”古建筑保护始终把“日常监管防病治未病”作为做好系统性保护工作的前提。每年岁修工作对古建筑屋面拔草倒垄，确保雨季屋面不漏雨且排水顺畅，防止来年杂草大面积滋生。雨雪、冰冻等恶劣气候节点前开展集中巡查检修，排查隐患。同时沿袭季节性施工措施，对古树的支护与修剪，对木构件、墙体、台基、院落地面、排水的日常养护，均传承了传统的岁修经验和修缮技艺。在继承传统的同时，结合新时期系统性保护的理念和认识，通过实践逐步探索更为系统科学、更加完备有效的古建筑系统性保护管理模式和操作要领。

强化科技维保在古建筑保护中的应用

曲阜三孔古建筑工程管理处在长期的文物修缮实践中，充分认识到科技助保、强保在古建筑保护修缮过程中的重要性和必要性，在古建筑保护巡检过程中除采用“目测、敲击、丈量”的传统手段外，运用了“微钻阻力仪、应力波木材检测仪、三维扫描仪、里氏硬度计、便携式显微镜、色差仪、红外热成像仪、超声波弹性波速检测仪”等科技监测设备，有针对性地对文物古建筑开展病害分析监测、古建筑逆向建模、构件透视解剖、修缮方案编制、古建维保数据采集等工作。科技设施的应用让修复保护从依靠工匠经验，转变为统筹工匠经验与科学数据的精准决策。“三孔”古建筑保护工作从传统单一的修缮治理逐渐转变为系统全面的维保体系建设。

古建筑数据管理是文物数据管理的重要组成部分。加强文物古建筑数据的采集、加工、存储、利用、更新，服务体系建设是推进系统性保护工作的重要任务。“三孔”古建筑保护工作正在深入开展文物古建筑GIS数据、三维数据采集建模，全面推进文物古建筑“四有档案”数字化，大力建设集“古建筑初建数据、历史修缮数据、日常巡管数据、逆向建模、天气预警管理、物联网传感数据、AI风险预警、智能巡检、沉浸式体验”等模块于一体的系统化综合数据库。着力实现文物古建筑安全监管的“精密性智控”，优化文物安全保护及监管闭环，打造文物活化利用新模式，全面建设系统化的古建筑保护数据库。在古建筑保护应用上，科技赋予了“预防”以感知力，赋予了“系统”以协同力，实现了“从抢救性保护向预防性保护，从单一性保护向系统性保护”的跨越，为文物古建筑保护提供了强大的智力支撑。



曲阜三孔古建筑工程管理处自备料场航拍图

差程度，分析完整知识网络退化为碎片状态的临界条件，以大量完整与残缺数据的对比推演文明演变中的“幸存者偏差”，为古籍数字化保护的优先级决策提供量化依据。二是古籍全生命周期模拟框架的构建，以物理引擎推演文献从完好到残缺的退化路径，以生成模型还原纹理质感，实现破损归因与未来状态预测，推动级合从“抢救性修复”向“预防性数字保存”延伸。这两项研究的深层意义在于：文化遗产的碎片化是一种结构性的认知攻击，由此制造的知识真空，往往令历史虚无主义乘虚而入；级合以系统性修复重建证据链，正是从根源上抵御虚无主义。面向未来，团队计划从三个方向继续推进



寻迹丝路：多模态赋能的古籍碎片智能级合系统运行界面

整合产学研资源推进系统性保护

做好系统保护工作，需树立全面统筹、系统谋划古建筑在“本体、周边、过去、未来、水文、地质”等多领域多维度多空间进行辩证施治、综合施策的治理理念。近年来，曲阜市不断加强古建筑保护体制机制建设，适时调整补充文物保护委员会成员单位，聚力夯实全域保护、齐抓共管的发展格局。三孔古建筑工程管理处作为一支深耕古建筑保护工作的工匠队伍，在加大古建筑保护“人、财、物”资源投入，探索实现多元共治、系统保护方面做了一些积极有益的 work。

古建技艺传承是做好保护修缮工作的根本。“三孔”古建队伍始终沿袭传统的家传、师传“传帮带”模式，口传心授，完整延续了传统的师徒传承模式和工匠培养体系。深化古建筑技艺非遗传承人建设，设立了古建筑技艺非遗研究中心，着力培育技术能手和非遗传承人。深化多元共治意识，关心关注古建筑本体周边居民的生产生活，与属地部门协同开展环境综合整治，积极宣传文物系统性保护的政策理念，努力营造社会参与文物保护工作的氛围。深化与故宫博物院、山东省文物考古研究院、东南大学等科研机构和知名高校的交流协作，注重古建筑保护新技术、新材料的实践运用，聚力建设文物科研基地、国家级文物建筑人才培训基地。深化品牌示范带动作用，借力古建筑博物馆，注重文物古建筑美育教育与文化内涵的集中转化阐释，不断汲取总结文物建筑保护实践工作中的先进方法和创新认识，设立儒家文化遗产数字化创新研究院，让更多公众感受到文物古建筑之美。

曲阜“三孔”古建筑系统性保护工作探索是建立在预防性保护基础之上，秉持“精益求精、臻于至善”工作作风常态化开展的。文物保护从单一到整体，突出了文化遗产的大保护理念，形成了文化遗产资源的组群保护机制，显现了自然资源、规划、城市管理、文旅、遗产地属地等行业多元共治的联动效应。系统性保护既尊重传统的保护工艺，又吸收先进的科技手段，既有“修旧如旧”的历史考据，又有活化利用的文化创意；既积极引入国际先进理念，又自信地输出中国智慧，既加强了考古学、建筑学，又主动吸纳AI算法、材料基因学、气候学等前沿学科。建立健全文物系统性保护机制，对基层文物保护工作提出了新的更高要求。未来，曲阜“三孔”古建筑保护工作将不断加强制度建设、人才培养、科技投入、多元共治，让“三孔”古建筑成为更为响亮的文化IP。

（作者单位：鲁国故城国家考古遗址公园）