

揭开千年文物的“保护密码”

文化遗产不仅是历史的见证、文明的标志，更承载着中华传统文化生生不息、赓续不绝的厚重基因。

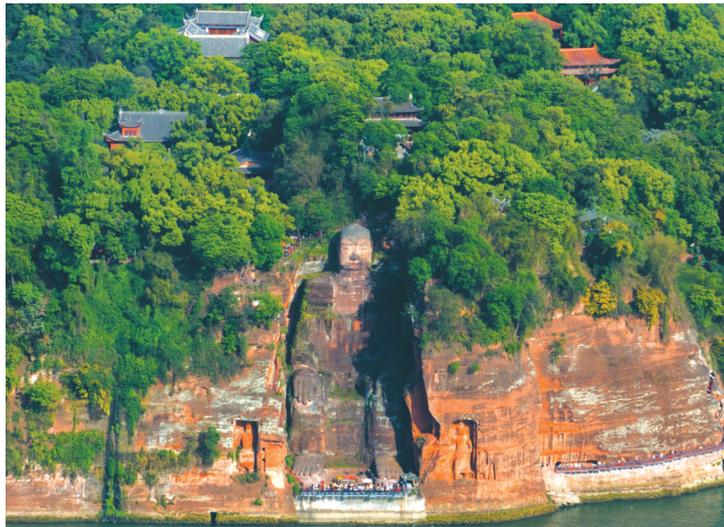
乐山大佛、敦煌莫高窟、嘉峪关长城、楼兰古城……第三次全国文物普查显示，我国有不可移动文物超过76.67万处，其中全国重点文物保护单位5058处。

这些历经沧桑的遗址，如何抵抗岁月的侵蚀？

从文物核心本体保护到文化遗产的综合保护，如何运用现代科学技术解决文物保护中的诸多难题？



工作人员在乐山大佛景区内非文物区域红砂岩体中取样。



乐山大佛

综合施治：系统化为文物保护去除“病根”

大渡河、青衣江和岷江三江交汇处，坐落着有1300多年历史的乐山大佛像。

乐山大佛开凿在红色山岩体上，是世界现存最大的石刻坐佛，通高约71米，有“山是一尊佛，佛是一座山”的美誉。

然而，这样的红砂岩山体，历经千年风化病害严重，有的岩体表面明显泥沙化，用手指轻轻一蹭便能脱落。此外，由于长期自然作用和人为干扰，佛像上长了很多苔藓和杂草。游客眼里看到的“脸花鼻黑”“流泪”“长草”“开裂”等现象。

“为大佛诊断和治理病害，并不像人们想象的除杂草那样简单，稍有不慎，很容易造成过犹不及的‘保护性破坏’。对它的保护不是单纯的文物保护，而是一个综合性的治理。”中国中铁研究院文化遗产保护研究院（中铁文保）院长、国家文物局石窟寺文物保护技术重点科研基地主任王逢睿说。

自1914年以来，乐山大佛先后进行了7次较大规模的表面修复，但都没有系统性地从根源上解决问题。2022年，来自中国文化遗产研究院、敦煌研究院、四川省文物考古研究院等单位的专家们经过现场勘查后一致认为，乐山大佛存在多种病害，最主要“病根”在水患。

“相比北方干旱、多风沙的气候，川渝地区石窟保护面临的重大难题是高温、潮湿、多雨等导致的浅表部劣化、渗水及生物病害等。”王逢睿说。对这些裸露在大自然中的石窟进行保护修复，最大的难题

是既要保护修复，又要保持原貌。

迄今，对这类涉及地质、气象、材料、生物以及水文等多学科的石窟保护，文物部门正持续进行综合研究，并有了一定基础理论进展。

其实，很多石窟在凿刻时，都会考虑通风排水等因素。古人在建造乐山大佛之初也设计出一套科学完善的排水系统，使之尽量免遭雨水侵蚀。

“设计者在大佛的耳部、肩部和胸部建造了一套设计精巧、隐而不见的相互贯通的排水排湿通风廊道，有效阻隔了山体渗水对大佛的影响。”乐山大佛石窟研究院院长范元元说，清代诗人王士禛有关乐山大佛的诗句“泉从古佛髻中流”，讲的正是这套排水系统。

然而，因长久裸露在户外，特别是受自然环境的影响，乐山大佛这类石窟随时间推移，结构失稳、材质劣化、渗水侵蚀和生物污染等多重病害日益严重。

范元元告诉记者，目前对不可移动文物的保护修复，文物界有一个共识，即“最小干预，强度匹配，外观协调”，而要达到这个目标非常困难。

针对乐山大佛体内渗漏问题，中铁文保团队首创一种荧光碳点示踪技术，以银杏叶为前驱体，现场制备碳量子点作为示踪剂。通过合理布置示踪剂投放点和取样点，精细探测石窟寺渗流路径及来源。

与此同时，项目团队采用地质聚合物改性传统捶灰材料，对潮湿环境下石质文物实施精细化修复，形成了文物病害信息采集分析、无损探查与微损检测、文物赋存环境监测预警、石窟浅表层岩

体劣化修复等成套关键技术。

荧光碳点示踪技术成本低、效率高，填补了石窟寺渗流探测领域技术空白，突破了示踪剂在此领域应用的技术瓶颈。技术成果在乐山大佛的水害治理工作中得到了成功应用。

“乐山大佛修复项目已被国家文物局列为川渝石窟保护性示范项目。”王逢睿说。

数字赋能：数字化技术与传统保护相得益彰

我国目前发现的76.7万处遗址中，土遗址占1/3。楼兰古城遗址，便是我国数量庞大的土遗址之一。

深处罗布泊无人区腹地的楼兰古城，是汉晋时期的丝路名城，在汉代成为丝绸之路上的要道。

100多年前，瑞典人斯文·赫定在罗布泊探险时，首次发现楼兰遗址并将其公之于众，由此掀起长达一个多世纪的楼兰考古热。近几十年来，中国科学家深入罗布泊考察、研究，让淹没在历史浮尘下的辉煌文明重现于世。

然而，楼兰古城遗址所处环境极为恶劣，位于罗布泊沙漠沟壑相间的雅丹地貌中。而年均8级大风天数则高达80天，七八月期间，地表温度可达65摄氏度。

“土遗址是文物保护行业中一个世界级难题。”敦煌研究院副院长郭青林认为，土遗址本身比较脆弱，大多数都在露天保存，坍塌、风化等因素容易导致其快速消失，而一旦消失将无法证明过去的历史。同时，按照文物保护最小干预的原则，许多岩土工程方法无法直接采用。

2006年，我国第一批文化遗产领域国家科技支撑计划项目启动，使我国在土遗址的建造技法、制作材料、病害分类、加固材料、遗址稳定性、加固效果评价、监测及预防性保护等方面取得了丰富成果，成功抢救了一大批濒危遗址。

新时代背景下，中铁文保团队结合全新的勘测理念及技术，探索出一条将数字化技术与传统文物保护充分结合的路径。

“岩土工程领域比较成熟的锚固及灌浆技术，于20世纪末被引入到土遗址保护中，通过与化学防风化相结合，初步形成了土遗址保护加固的成套技术。如今，我国对土遗址的保护

已由抢救性保护逐步向预防性保护过渡。”中铁文保西北片区负责人周鹏说。

自2020年6月13日开始，周鹏带领项目团队对楼兰古城三间房和佛塔遗址进行勘测并进行抢救性修复。通过实地勘测分析，团队成员认为，在极端气候环境下，最好的保护是进行预防性保护监控监测，为将来保护修复提供科学数据支撑。

在修复基础上，文保团队积极探索跨界创新，开展了一项名为“数字楼兰”的科技保护与文化展示工作。

在罗布泊腹地无人区，“中铁文保”开展极端环境下遗址本体保护与“数字楼兰”信息化监测项目，通过不间断监测遗址区环境影响因素以及对风沙侵蚀与遗址损毁模式的深入研究，精细修复了遗址本体结构残损与表层劣化，并借助“天-空-地”一体化监测体系，实现了对遗址及周边地貌环境、气象变化的远程监测，更将遗址景观实现了三维精细展示和720°全景虚拟漫游等多重功能。

给文物“做手术”：传统工艺和现代科技有效结合

历史文化遗产是不可再生、不可替代的宝贵资源，文物的稀缺性与脆弱性相叠加，大大增加了对其实施保护工作的技术难度。

在成都都江堰市城南处，有一座国家一级文物——奎光塔。奎光塔是国内层数最多的古砖塔，其通高52.67米、总共17层，重达3460吨，始建于明代，初为石塔，明末毁于洪水，清道光年间重修。四面被青城、灵岩、玉垒诸山环绕，又有岷江水绕，雄秀万状。

2008年汶川地震，周边建筑毁损严重，而有几百年历史的奎光塔却仅结构受损，在塔体西南侧和东北侧5层至塔顶出现了自下而上的贯穿裂缝。

成功抵御住汶川地震、晃而不倒的秘密在哪？原来，在地震发生前，奎光塔经历过一次“纠偏加固手术”。

王逢睿告诉记者，奎光塔是近年来我国古砖塔保护在倾斜纠偏方面的典型案例。奎光塔因采用砖砌、地理位置属于岷江河滩及层数高等原因，经历百余年后，塔基开始倾斜。上世纪80年代初，倾斜更加明显。

“看当时资料，塔底东侧、西侧被拉伸开裂，塔身达到26%的倾斜率，大大超过了国家规范允许的4%。”王逢睿说。

1999年，中铁文保专家团队赶到都江堰，对奎光塔所处地质环境、病害情况展开调查，并首次提出迫降、顶升组合协调纠偏的方法，就是将地基再挖深，扩大填充原基础，再用顶升方法扶正，给奎光塔做了一次精准的“纠偏加固手术”。

团队顺利完成了一至六层塔身加固、扩大填充原基础，保证基础长期稳定并改善其承重条件的基础加固。扶正后的奎光塔外观更加雄伟壮丽，抗震能力大幅度增强。

奎光塔的成功修复，被誉为传统工艺和现代科技有效结合的典范。

“通过奎光塔项目，我们形成了古塔健康诊断、可靠性鉴定及修缮加固的成套技术，通常涉及测量测绘、无损检测、结构性能评价、地基基础加固与塔体扶正、塔身加固及构件修缮等多学科。”王逢睿说。

文图均据新华社

生活服务广告 028-86969860 律师提醒：本刊仅为信息提供和使用的双方搭桥，所有信息均为所刊登者自行提供，客户交易前请查验相关证明文件和手续。

- 公告 成都市公安局双流区分局 办理的杨妮被诈骗案，现拟从嫌疑人账户6217755030000602241 返还人民币225651元(贰拾贰万伍仟陆佰伍拾壹元整)至被害人杨妮账户6217253100014839431 中。 以上公告公示期为30日，如有异议请与成都市公安局双流区分局黄甲派出所联系，联系电话02885789386。
- 成都市公安局双流区分局黄甲派出所 2024年7月31日
- 四川黑帐篷影视文化传播有限公司公章(编号:5101009507783)遗失, 声明作废
- 筠连县狮笔山家庭农场公章(印章编号:5115275031840)不慎遗失, 声明作废
- 四川博安天创建筑工程有限公司财务专用章(编号5101055504527)、陈春梅法人章(编号5101055504529)遗失作废
- 新津县朱记蔬菜店, 公章(编号:5101326032271)不慎遗失, 声明作废。
- 温江双喜车行不慎遗失营业执照正本(统一社会信用代码:92510115L27645426K)、公章(印章编号:5101235087208), 声明作废。
- 成都市郫都区人民政府德源街道办事处陶光玉私章(编号:5101245010490)遗失作废
- 彭州市丹景山镇鼎上家具厂财务专用章(5101820042342)、发票专用章(5101820081163)、蔡平法人章(5101820042343)不慎遗失, 声明作废
- 新津区叁叁货运部(个体工商户), 公章(编号:5101326107895)不慎遗失, 声明作废。
- 成都爱直拍科技有限公司, 公章(编号:5101040191227)遗失作废。
- 新都成区成通通讯器材经营部, 高强法人章(编号:5101250089348)遗失作废。
- 四川树梦桥家科技有限公司公章(印章编号:5101076372905)遗失, 声明作废。
- 成都市公安局2022年7月6日签发给陈耀一的身份证510921199801011845于2024年7月26日在邛崃遗失。
- 母亲:段宇瑞 父亲:刘磊之女刘云汐2024年7月28日于四川省眉山市仁寿县人民医院其医学出生证明(编号:V510603594)遗失, 声明作废。
- 刘海波因公伤残证遗失, 顺序号:00015552, 证号:川公A000350。登报作废。
- 查找尸源 2024年7月30日, 宜宾市江安县阳春镇大石盘长江边发现一具男尸, 50岁左右, 身高175CM左右, 上身赤裸, 下身穿着黑色短裤, 赤足。入水时间5天左右。知情者速于警方联系。 电话:0831-2839110。 长江航运公安局泸州分局江安派出所 2024年7月30日