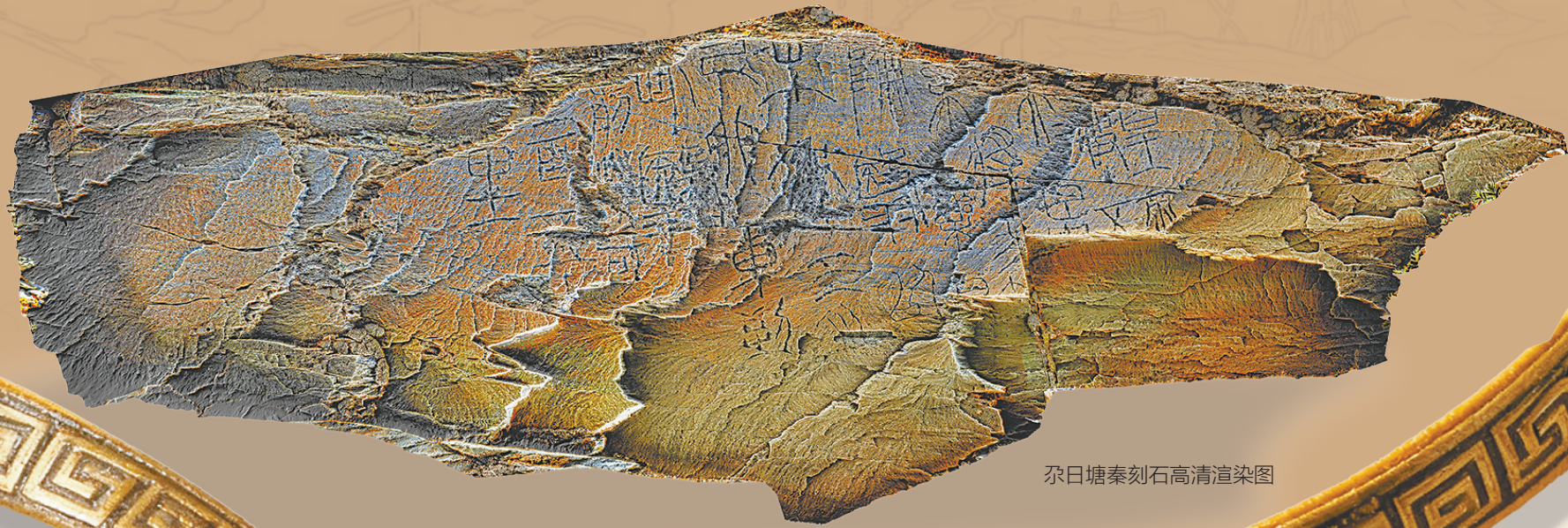


# 给2200年前青海秦刻石发身份证

在近期青海尕日塘秦刻石鉴定过程中,高精度信息增强、微痕分析等手段为调查研究工作提供了坚实有力的证据。实验室分析、高精度信息增强技术、矿物和金属元素分析等多种科技手段的综合运用,帮助我们揭开秦刻石背后的谜团。



尕日塘秦刻石高清渲染图

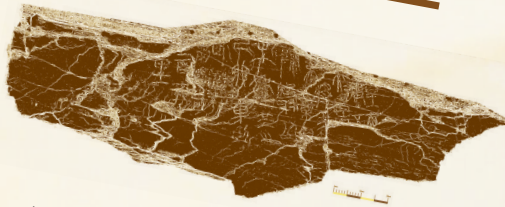
## 光谱仪对刻痕内部元素进行检测 验证不是现代工具所刻

青海省玛多县扎陵湖畔的刻石为什么不是现代工具所刻?

科技检测用数据进行了回答。专家使用便携式荧光光谱仪,对刻石表面及刻痕内部的元素进行了检测。现代凿刻工具如合金钢刀具、电动工具等,为了提高硬度会加入钨(W)、钴(Co)等,这些是古代工具不会有的金属元素。如果用这种工具凿刻,会在山石表面或刻痕中留下钨、钴等元素。若光谱仪检测到这些元素,就可作为使用现代工具的证据。

中国文化遗产研究院副院长李黎介绍,检测结果表明,刻字区域和非刻字区域的元素成分差异较小,其主量元素均为硅和铝,占比约为80%,伴生元素包含镁、钾、钙、锰、铁等造岩矿物特征元素,且均未检出钨、钴等金属元素,故排除利用现代合金工具凿刻的可能。

## 身份证



姓名 尕日塘秦刻石  
朝代 秦代  
出生 公元前210年  
年龄 2235岁左右  
住址 青海果洛州玛多县卓让村

## 微距摄影还原文字细节 验证刻石文字为秦篆

为了保护文物,研究人员采用高精度信息增强技术,“隔空”采集刻石文字信息。

这项技术在对文物本体没有任何接触和损害的前提下,进行数字化采集,并且能够提取出清晰的文物本体的原始图像、纹饰,以及文字信息;再通过对采集数据的分析、处理、应用,还可进一步将清晰度提高40%至90%。

足够高清的图片才能揭示古人书写的更多细节——单张图像分辨率不低于600万像素,影像数据量达到500张、60GB,并经过影像数据校色处理、纹理影像数据与三维模型数据映射处理,通过对图像几何错位、色差偏差调整,确保纹理图像分辨率不低于8K,为细致分析奠定基础。通过信息采集和提取,研究人员获取了尕日塘秦刻石的正射影像图、高清数字线图、高清电子拓片和高清渲染图。

在此基础上,研究团队对刻石文字进行逐一提取分析,并采用微距摄影技术,对刻痕微观特征进行了数据采集。“根据文字提取结果,刻石文字具有显著的‘因形布字’特点,文字风格统一,属典型秦篆。”李黎说。

刻石的凿刻工具和方式之谜,也在科技手段的辅助下渐渐清晰。研究人员采用微距摄影技术采集刻石文字笔画的刻痕特征,对刻字笔画的深度、宽度、截面积进行统计分析。将石刻文字放大再放大,可以发现其刻痕宽度均匀。以“臣”字为例,研究人员共采集6个笔画、共计60处剖面,发现刻痕宽度平均值为4.17毫米,标准差1.35;刻痕两侧都有不规则崩裂现象,刻痕底部多为平底形,刻痕截面积平均值为1.46平方毫米,标准差0.78;刻痕中可见凿刻顿挫产生的显著痕迹,存在刻痕顿挫的笔画占比约80%。从这些证据可以看出,刻石系采用平口工具,斜方直接入石刻制而成。

古人具体是用什么样的凿刻工具呢?专家推测为一种较窄的平头凿。“凿痕较清晰,在不同笔画分别使用斜平凿、侧平凿、侧尖凿等方式,凿刻随形顺势而为,并未刻意追求统一。”王进先说。

补史之缺,意义重大。展望未来,对尕日塘秦刻石的探索远未结束。围绕扎陵湖、鄂陵湖区域开展的深入调查,有望揭示更多古代遗存。多学科的深度融合,必将帮助我们更清晰地解读刻石背后的历史密码。



在三星堆博物馆文物保护与修复馆,工作人员在清点土样。

在近期青海尕日塘秦刻石鉴定过程中,高精度信息增强、微痕分析等手段为调查研究工作提供了坚实有力的证据。

近年来,前沿科技深度融合入文化遗产保护各环节,科技不仅突破了诸多文化遗产保护的“不可能”,更成为破解历史悬案的“金钥匙”。

## X光透射与平板CT 精准归位2582颗珠饰

在河南安阳师范学院,有一支“甲骨文传承研究创新团队”,工作就是拼图,不过拼接的是3000多年前的文化拼图——甲骨文,工具是最先进的人工智能技术。

释读甲骨文是甲骨学研究的核心,而“甲骨缀合”也就是拼接甲骨。从甲骨文发现120多年来,已发现的甲骨大约有16万片,但已经缀合的不到7000组。

团队负责人张展博士主要研究数字图像处理技术。他介绍,要从数以万计的甲骨碎片中寻找并拼出完整的一块,绝非易事。经过几百个日夜的潜心攻关,张展和团队利用边缘等距离拼接算法、深度拼接模型等技术,最终研发出了甲骨文自动缀合系统,成功缀合78对甲骨碎片。其中一对还发现了3000多年前商代的一次日食记载。

拼接不易,拼完之后,研究上面的文字更是难上加难。目前,已知的甲骨文单字有大约4500个,无数中外学者倾心研究上百年,仍有大约3000个字尚未破解。

眼下,张展他们正向更难

的甲骨文字形结构AI匹配识别,以及甲骨文词性推理考释发起攻关。

多学科交叉融合碰撞出更多文化遗产保护的火花——

如青海乌兰泉沟一号墓出土的唐吐蕃时期王冠,修复时运用X光透射与平板CT,精准归位2582颗珠饰,使其重现华光。

## 实验室考古 数月清理出汉代鱼鳞甲

考古发掘现场,文物工作者常常遇到一些出土后容易发生变化的遗存,怎么办?实验室考古正好大显身手。何谓实验室考古?简单说来,就是把那些脆弱的遗存连土层一起“打包”,在实验室里进行文物提取、信息采集和应急保护等研究。

江西海昏侯墓就广泛采用实验室考古的方法,江西省文物考古研究院研究员、海昏侯墓考古发掘领队杨军介绍,经过在实验室中数月清理,一副罕见的汉代鱼鳞甲出现在人们眼前:铠甲的鱼鳞甲片有6000余片,样式在九种以上,最小的鱼鳞甲片仅有指甲盖大小。是目前我国发现的甲片最多、样式复杂、工艺奇特、等级较高的汉代铠甲。杨军说,在实验室中,他们还采用X射线探伤、紫外荧光成像等手段,初步推算出刘贺的身高约173至183厘米。

无人机航拍结合遥感技术,迅速定位遗址位置;磁法与电阻率成像技术,精准探秘地下未知世界;三维建模与RTK定位技术,实现厘米级高精度,重塑遗址真实面貌。科技如一条金色丝线,贯通考古全链条。

在三星堆,多学科合作正奋力拨开历史的迷雾。通过多学科合作,古蜀的社会生活正日益清晰。

科技之光,洞穿历史尘埃,不仅照亮我们“从何处来”的悠远路径,更以前所未有的深度与精度,助力我们更准确地读懂历史深处的脉动。当“硬核科技”与文化遗产保护深度融合,尘封的文明密码正被加速破译。

据光明日报、科技日报、央视新闻  
本版制图 陈昌



文物考古工作者对尕日塘秦刻石进行现场考察。

新华社发

## 电子显微镜分析刻石矿物成分 验证刻石经历了漫长风化

风化痕迹是石头历经岁月的铭证,也是断定该石刻年代久远的关键证据。“尕日塘秦刻石”刻痕内部和刻石表面均含有风化次生矿物,经历了长期风化作用,排除了近期新刻可能。

为了分析刻石的矿物成分、分布规律和颗粒特性,研究人员采用自动矿物电子显微镜(以下简称电镜)这一尖端设备。

作为世界先进的新一代矿物学电镜,它最大放大倍数可达200万倍,分辨率可达1微米像素,配备自动矿物识别和分析软件,数据库包括2000多种矿物,可以提供矿物组成、面积和重量百分比、单体矿物颗粒图像、尺寸分布等数据。研究人员通过对比分析刻石表面和刻石表面非刻字区的矿物成分和类型,发现两个区域均长有“老年斑”——绿泥石、伊利石等风化次生矿物。

风化是一个非常漫长的过程,若为现代刻字,一定会破坏表面风化层。而刻字区域和非刻字区域风化层的成分和结构均类似,证明它们同样经历了漫长的风化作用,再次排除其为现代新刻的可能。

## 表面硬度计等检测刻石岩性 验证古人为何在这块岩石上刻字

为全面评估刻石保存状况,研究人员还采用表面硬度计、红外热成像仪、弹性波速仪等无损检测手段,对刻石表面硬度、元素分布等情况进行了检测分析。

经实验室分析,刻石岩性为石英砂岩,形成于约2.5亿年前。此外,这处刻石属于高磨蚀性岩石,具有强度、硬度高,抗风化能力强的特点,既可以满足雕刻的硬度条件,又具有较强的抗风化能力。刻石保存至今的关键因素,正是岩石本身具有这种“硬核”的物理特性。

“表面硬度计好比检查‘皮肤’(表面)的坚硬程度;红外热成像仪好比透视‘肌肉’(内部),寻找隐藏的空洞和裂隙;弹性波速仪则可以反映岩石的密度、软硬程度等。”中国社会科学院文物保护修复实验室负责人黄希生动地比喻道。通过这些科技手段,研究人员发现刻字区域岩体结构相对完整,自然形成垂直状,表面强度高,较为平整,无明显结构缺陷,这可能是古人选择在其身上刻字的原因之一。

研究人员选取刻石“里”字的内部微量粉末样品(5克)进行分析,发现样品中有相对较高的锰铝绿泥石。锰铝绿泥石,也称硬绿泥石,不易风化,呈黑色,其重量百分比为0.09%,而刻石非刻字区的锰铝绿泥石重量百分比为0.01%,这是刻痕呈黑色的主要原因;受次生矿物及自然风化影响,空白区域则以红褐色或青灰色为主,因此形成了色差。

通过科学检测分析,研究团队系统获取了刻石刻痕特征、岩性物理性质、风化程度及保存状况等关键数据,不仅揭示了这块石头背后隐藏的时空密码,也解答了古人为何选择在此刻字。“在该区域内仅刻石所处的岩体具备人类避风停留、进行刻凿,且有利于刻石长期留存的自然环境与气候条件,体现出古人在刻石选址方面的智慧。”青海省文物考古研究院院长王进先说。