华西都市报 2025年3月28日 星期五

当太赫兹与古老文物相遇 这些“隐身”的秘密被揭开

四川日报全媒体记者 兰 珍

苍茫大漠,在渭干河谷北岸的悬崖边,千年壁画静默无言,前沿科技正悄然揭开历史的面纱。克孜尔石窟是中国开凿最早、地理位置最西的大型石窟群,现存壁画面积约1万平方米。近段时间,电子科技大学教授胡旻团队,与浙江大学教授张晖团队,正在石窟内探寻那些肉眼无法揭开的秘密。其中的关键,是太赫兹成像技术。

在克孜尔石窟内,僧众居住的场所因长年累月的烧火生活,原本绘制了精美壁画的墙体和窟顶被一层层灰黑烟尘覆盖。“太赫兹成像技术可以无损穿透表层,让隐入历史尘烟的文物重新‘开口’,揭开始于东汉末年的秘密。”胡旻说道。

胡旻团队用太赫兹时域光谱系统分析兵马俑。 受访者供图

是什么?

具有迷人的透视性 被誉为未来的“黑科技”

太赫兹波位于微波和红外波之间,是电磁波谱中人类研究最少、开发最晚的波段,被誉为改变未来世界的十大技术之一。

直到20世纪七八十年代,太赫兹才作为独立波段被正式定义。在此之前,它在光学领域被称为远红外线,在电子学领域则被称为亚毫米波或超微波。

透视性是太赫兹最迷人的特性之一。像微波辐射一样,太赫兹可以穿透很多介电材料、非极性液体和非导电材料,如衣服、纸张、木材、砖石、塑料、陶瓷等,而且对金属物体具有强烈的反射性。太赫兹光子的能量很低,是X射线的万分之一,不会因为电离而破坏被检测物质。基于此,研究了太赫兹20余年,胡旻带领团队在文物保护和考古研究领域,开辟出更多新的应用场景。

胡旻介绍,太赫兹相比X射线,对物体分层更为敏感。太赫兹脉冲辐射拥有皮秒级脉宽,能有效进行时间分辨研究。也就是说,不用接触、无需切开文物,可以根据物质层次间反射信号,获得内部层位信息,实现三维成像。

在胡旻的电脑上,一张张应用太赫兹技术呈现的画像轮廓清晰可见。他表示,“太赫兹考古”早在上世纪90年代开始萌芽。2013年,西班牙的科学家利用太赫兹时域光谱系统,对被颜料和漆层“遮盖”的《献给维斯塔的祭品》画作进行扫描成像分析,在画作表层下发现了一处早期的铅笔痕迹。经对比,这是艺术家戈雅的签名。此发现,确认了此画为戈雅的作品。而这次研究,也被认为是太赫兹技术应用的经典案例。

除此以外,很多大分子的转振动能力处于太赫兹波段,其太赫兹光谱包含着丰富的分子结构信息,就像每个人的指纹都是独一无二的,对于太赫兹波来说,物体也有专属“指纹”——不同物质分子所呈现的吸收特征也不一样,因此被称为“太赫兹指纹谱”。利用此特性,研究团队可以对漆器、壁画、泥塑等进行检测,包括对脂类涂层、颜料成分进行分析。

胡旻举例说,在克孜尔石窟壁画中,红色的呈现往往是朱砂、铅丹,或者二者混合,利用太赫兹技术,能够准确得知颜料使用情况,借此作为文物创作时期的评价依据之一,也能更好地还原被烟灰覆盖的画像模样。

据悉,2007年,日本建立了首个在太赫兹波段的文物原料开放数据库,世界多个研究组不断测试补充不同艺术品材料的太赫兹光谱数据,该数据库已收录超1500条光谱数据。

如何用?

太赫兹+考古 揭开文物“隐藏”的秘密

要实现太赫兹技术在文物研究中的应用,先进的检测设备至关重要。在太赫兹研究中心实验室,记者见到了太赫兹无损检测装置。装置的核心部分是时域光谱仪和控制着检测探头的机械臂,内部程序由胡旻团队联合觅几科技自主开发完成。指着两个如拇指大小的器件,胡旻解释:“这是关键部分,用于发射和接收太赫兹波。”系统启动后,机械臂会根据算法规划路径,沿着下方文物的法线,非接触逐点扫描。运行中,机械臂会保持发射端—接收头与物品表面垂直,探针上下高频抖动发射太赫兹波。

目前,太赫兹技术已在多项重大考古项目中取得成效。2019年,胡旻团队与浙江大学张晖团队、四川省文物考古研究院、三星堆博物馆合作,对出土的青铜器的锈层进行测量。“这是全球首次通过太赫兹,对青铜文物进行三维层析成像分析。”胡旻表示。

2024年12月,胡旻团队参与了西安秦兵马俑2号坑考古工作。团队创新地采用可见光–太赫兹的光电融合无损检测方式,对相关文物进行精准探测和分析。据团队成员反馈,现场专家对检测效果给予了高度评价,不仅清晰地呈现了文物细节特征,还能较为准确地识别文物内部结构、成分及潜在缺陷,为文物保护提供了全新的技术支持。

不久前,“探元计划2024”共创落地型赛道榜单正式发布,团队入选新疆克孜尔石窟文化场景共创。该项目采用太赫兹时域光谱技术,对克孜尔石窟第161窟烟熏覆盖壁画进行无损检测、图像识别及虚拟复原。

胡旻透露,此次在克孜尔石窟太赫兹检测,涉及的石窟面积较大,工作或将持续到夏天。特别是基于太赫兹波功率低的“短板”,团队正在奋力解决高功率辐射源的问题。“低功率信号穿透力弱,会限制材料分析的深度、精度,以及成像分辨率,影响成像效果。”国外传统的太赫兹时域光谱成像技术,最多看到300微米的物体,头发丝都难以识别。胡旻团队引入近场技术,将太赫兹系统与原子力显微镜结合,通过搭建真空辐射源,改进光路零件和反射镜等,逐步制作了国内首个基于大功率辐射源的太赫兹散射式扫描近场显微系统,成像水平精度达到20纳米。“这对于后续的文物保护工作将大有裨益。”胡旻说道。

前景如何?

在天文、通信、生物诊断等领域拥有巨大的应用前景

目前,太赫兹技术仍处于探索阶段,在天文、通信、生物诊断等方面有着广泛的应用前景。2019年,科学家首次观测到黑洞,就是在太赫兹天文望远镜下实现的。

太赫兹成像实现了纳米级的分辨率,为生物诊断提供一种全新的辨识方法。举例来说,口腔龋齿检测诊断,可以通过太赫兹进行无损检测,无须拔牙,就能检测出牙齿表层下的龋齿白斑,以及龋坏的深度。

胡旻介绍,太赫兹波具有比无线电波更高的频率,这使它们能够传输更多信息。“它可以作为强大的工具,在未来网络中快速传输大量数据。”据悉,全球首份6G白皮书,将太赫兹技术作为通信解决方案的突破口。

然而,太赫兹的物理缺点同样突出——它会很快被空气中的水蒸气吸收,在铜等常用电子材料中会受到损耗。有学者认为,随着技术发展,后续可以通过使用低损耗材料、优化波导结构、提高发射功率等,有效应对太赫兹波在大气吸收和材料损耗方面的挑战。

除此之外,太赫兹雷达作为前沿技术,同样具有巨大的应用潜力。

在军事领域,太赫兹雷达能够“透视”飞机表面的“隐身衣”,有效探测到目标;其高分辨率,可以在精确制导、战场侦察等方面发挥作用,在防空反导中,精确地识别和跟踪来袭目标,提高防御效能。

在航空领域,太赫兹雷达可用于飞行器的导航和防撞。相比传统雷达,能提供更精确的位置和速度信息,提升飞行安全。

“我们正在持续进行对太赫兹技术自主创新研发。”对于未来,胡旻信心十足。

据《四川日报》

走进四川盆地最早的新石器时代遗址

从万余件文物探寻六七千年前蜀人生活

六七千年前蜀人的生活是什么样的?他们用什么、吃什么?在四川省广元市朝天区中子镇,有一处比三星堆还早2000多年的遗址——中子铺遗址,这里出土的1万余件文物给出了答案。

3月19日,记者前往中子镇探访中子铺遗址。中子镇地处四川与陕西的交界地带,一直都是蜀道的一个大驿站,因而又被称为中子铺。35年前,一名考古工作者的细心发现,让中子铺遗址得以走进世人视线。

填补一项文化空白

朝天区文管所工作人员罗彬介绍,中子铺遗址包括早、晚两期文化遗存,其中以细石器为代表的遗存是遗址的主要内涵,专家将其命名为“中子铺文化”。经碳–14测定,遗址早晚两期年代距今7000年至6000年,比三星堆文明还早2000多年。“考古专家一致认为,中子铺遗址是四川盆地最早的新石器时代遗址,也是四川域内发现的文化特征突出、遗物最为丰富的一处细石器遗址,填补了我国南方无细石器文化的空白,与仰韶文化、大汶口文化等同步。”

2019年,中子铺遗址被公布为第八批全国重点文物保护单位。现在,中子镇中子铺社区每天有专人巡山,确保遗址安全。中子铺社区居委会主任陈海元说:“社区居民都为家乡有国家级文物保护单位而骄傲,越来越多人自觉参与到保护行动中。”

建起一个专题博物馆

在中子铺遗址西北方向,矗立着一座红色建筑,这是去年10月开馆的中子铺细石器考古博物馆。它也是目前全国唯一的细石器专题博物馆,共展出文物1000余件,不仅有中子铺遗址出土的文物,也有其他地方出土的细石器。

走进博物馆,讲解员赵春菊带着记者先后参观了惊鸿一现、先民足迹、地球家园、传承保护4个展览区域,了解中子铺细石器的发展、细石器的全球化、细石器的传承和遗址守护等内容。

赵春菊介绍,中子铺遗址发掘出土的细石器多以黑色燧石为原料,也有少量的石英岩,专家推测中子铺遗址当年是一个细石器加工作坊。

记者看到,这些细小的石器,有的是尖尾、有的是平尾。“尖尾适合做箭头,平尾可以镶嵌在骨杆或木杆上成为复合工具,都是当时狩猎、击杀、搏斗、采集用的生活器具。”赵春菊介绍。

在博物馆里,记者还见到了一些红褐色陶片。“陶片的砂子颗粒非常粗糙,当时未烧成型,证明火候不够。”罗彬介绍,罐、碗、小三足器等陶片的发现,证明中子铺遗址具有新石器时代早期阶段文化的某些特征,“说明当时这里的人们已经可以制作坛坛罐罐碗碗杯杯了,可以吃熟食存余粮了。”

博物馆二楼入口处,大屏幕上一直闪动着不同的馆藏文物。为了让文物“活”起来,博物馆设置了游客互动区。游客只需用手轻触屏幕,选中自己喜爱的文物,就能了解文物具体信息,并生成明信片,既可扫码收藏电子版,也可打印实体版。同时,博物馆还推出陶器制作体验和研学内容,让更多人了解中子铺文化。为更好地保护遗址,促进文旅融合,未来中子铺遗址所在的营盘梁山体将建成遗址公园。

四川日报全媒体记者 张 敏 广元观察 袁茹莉 高志农

据《四川日报》