

北京中轴线申遗，数字技术参与深度前所未有

深瞳工作室出品
采写：本报记者 张盖伦
策划：刘 恕 李 坤

7月27日，在印度新德里召开的联合国教科文组织第46届世界遗产大会通过决议，将“北京中轴线——中国理想都城秩序的杰作”列入《世界遗产名录》。

大会主席维尔·夏尔玛在现场用中文说：“我祝贺你，中国。”

全场一片欢呼。中方代表团身后立即亮出“热烈庆祝北京中轴线申遗成功”的红色横幅。至此，中国世界遗产总数达到59项。

北京中轴线纵贯北京老城南北，始建于13世纪，形成于16世纪，此后经不断演进发展，形成如今全长7.8公里、世界上最长的城市轴线。

北京中轴线由15处遗产构成要素构成，展现了中国古代王朝制度和城市规划传统，见证了北京城市的发展演变。这是一个延续700余年的壮美故事，它不仅展示古代中国，也展示现代中国。12年的申遗保护之路，更是将气势恢宏的北京中轴线整体呈现在世人面前。

科技日报记者在采访中了解到，申遗过程中，一系列科学手段的加入，也让这一故事多了些别样的韵味。

考古实证

中轴线的故事更清晰

前门五牌楼附近，正阳门箭楼南侧，一处写着北京市考古研究院的围挡内，就是正阳桥遗址考古现场。

走进这里，就像走进了古时的河道。南北走向的正阳桥遗址，就在脚下。

正阳桥东南角，还“卧”着一只长3米的镇水兽。相传，镇水兽为“龙之子”之一，性好水，因此常被安放在桥边。人们希望它能镇水消患。

围挡外，是熙熙攘攘的游客，是热闹的前门大街。在这里做考古挖掘，可想而知，需要多大魄力与决心。

正阳桥是中轴线上单体最大的一座桥梁，始建于明朝；民国年间，政府对其进行了改造；20世纪70年代，护城河加盖，道路改造，正阳桥被埋入地下。

2021年到2023年，北京市考古研究院对正阳桥进行了两次考古发掘。主动考古，是为了让中轴线南段的面貌更加清晰。

站在遗址现场，北京市考古研究院副研究员张利芳回忆，为了精确定位，考古团队前期查阅了大量文献资料，力求把对周边的干扰因素控制在最低限度内。挖掘伊始，他们就挖出了正阳桥东南侧的镇水兽，这给了团队信心和决心——就在这里！于是，考古团队接着破除道路，发现了正阳桥桥体、南孔和中孔的桥墩、券脸石、凤凰台……

根据现有的考古成果，已经可以复原出正阳桥。通过与历史沿革信息对比，现存正阳桥遗址应为民国时期改造后的工程遗物。

“在历史文献中，我们经常能看到关于正阳桥的记载。但正阳桥现在到底存不存在，如果存在它是什么样的面貌？通过考古发掘，我们确定了正阳桥的存在，找到了它的准确坐标，明确了桥梁规模、形制、建造材质等信息。”张利芳说。

通过正阳桥考古、天桥考古、中轴线南段道路遗址考古等项目，实证了中轴线的连续性、完整性、真实性，再现了中轴线南段的历史场景。比如，中轴线南段道路遗址是明清时期皇家礼仪线路的有形物质载体，通过考古发掘多处代表性的道路遗址，揭示出了道路的位置、宽度、铺装与历史演变等，它们证实了中轴线的走向，实证了居中道路

从明代至今400多年没有中断的沿用历史。

通过主动考古、史料收集、文献整理和课题研究，北京中轴线文化遗产所蕴含的历史、社会、科技、经济和审美价值得以全面阐释。

科学研究，也让人们对遗产点本身的理解更加深入。

万宁桥，位于北京中轴线与大运河的交汇点，南北跨越于玉河水道之上，是中轴线上最古老的桥梁。

北京市城市道路养护管理中心设施管理科科长段文志感慨，他所在的单位，养护管理了北京市城区里大大小小的1770座桥，万宁桥很特别，700多年来，它一直发挥着交通运输功能。

2020年，北京市交通委员会启动了万宁桥修缮工程。“为保护好这座古桥，我们修缮方案编制团队到文物管理部门、北京档案馆等多个地方，查阅了超过40万字资料，广泛搜集相关信息，希望将桥梁完整的历史信息展现出来。”段文志说。

为探查桥梁的基本情况，该团队还采用了三维激光扫描技术，对全桥的每一个细节进行精准记录，对桥面斜铺石进行逐块编号登记。同时，他们还还对桥梁的荷载能力、受交通震动的影响开展了相应的试验。

有了数据，也就有了保护万宁桥的科学依据，方便有关部门对通过车辆限速、限重、限行等制定相应标准。

“能参与修缮这样一座古桥，我感觉意义非凡。”段文志说。

2022年的一次检测显示，桥体基础完好，动荷载变形在合理范围内，拱券结构安全。

前辈的营造智慧与今人的科学管理养护结合，让这座古老的桥继续保持活力。

数字呈现

中轴线的故事更灵动

7月27日晚上，在印度新德里国际会展中心“中轴之夜，光耀古都”活动上，由北京市文物局、北京中轴线申遗保护工作办公室联合腾讯公司历时3年打造的“数字中轴·小宇宙”，作为数字化助力北京中轴线申遗的重要成果，也向全球正式发布上线。

“数字中轴·小宇宙”制作人、腾讯游戏研发效能部刘奇申在活动上看到，来自印度、沙特、希腊、加拿大等多国的嘉宾体验了“小宇宙”产品，有人甚至站着玩了1个小时“通关”了，有人仔细对比了游戏里和他印象中北京中轴线的区别，还有人体验完后表示想尽快去北京实地看看。

“我心里百感交集。近1000多个日日夜夜长久的付出，都值得了！”刘奇申说。

进入“小宇宙”后，你能看到北京雨燕从北向南飞过北京中轴线上15个遗产要素，用户化身游戏中的青年，背上背包，在导师的指引下，从先农坛开始，寻找中轴线的魂。

你可以跟随“玄鸟”，俯瞰北京中轴线，可以看到清朝皇帝在先农坛、太庙举行祭祀仪式，可以亲手体验正阳门城楼的搭建，可以试试把社稷坛的五色土放到对应的正确位置……

这是全球首次将游戏技术运用到世界遗产申报。刘奇申告诉记者，“数字中轴·小宇宙”基于最新的中轴线研究和保护成果，采用高清扫描、游戏引擎、Physion Groom（实时头发物理模拟技术）、SmartGI（实时动态全局光照方案）、云游戏、PCG程序化内容生成等技术，对北京中轴线7.8公里核心遗产区进行了精细还原再现，结合人工智能内容生成能力来生成超大规模的地形、植被和建筑群。

“制作三维数据资产量超过15T，包含30万株植被，220万栋建筑，实时运行资产总量（即模型的三角面数量）达到104亿，我们视觉化呈现了北京中轴线营造的山形水势。”刘



北京中轴线上最高的建筑钟鼓楼。



北京中轴线上的故宫。



北京中轴线上的天安门城楼。



北京中轴线上的正阳门。



北京中轴线鸟瞰图。

奇申说。

其实，早在2021年9月，北京市文物局就和腾讯围绕北京中轴线申遗项目达成战略合作，明确要以数字技术推动中轴线的文化遗产保护、传承与利用，也在全球范围内开创数字化技术全程参与世界文化遗产申报的先例。

在北京中轴线申遗文本编制团队负责人、清华大学国家遗产中心主任、数字中轴学术总顾问吕舟看来，从未有过数字技术如此深度参与申遗的前例。

北京中轴线是持续700余年的、活着的文化遗产，历经时间的洗礼，很多东西已经发生了变化。吕舟有一个期许，如何让现代公众更深刻体会《考工记》所载“面朝后市”“左祖右社”的传统都城理想范式，去感受中国传统都城规划对于礼仪和秩序的强调？“数字技术，能让大家直观理解这些变化。”吕舟说。

“其实我们也想探索，数字技术到底能给遗产保护带来什么。它必须产生相应的价值，不仅仅是‘造气氛’。”腾讯可持续社会价值事业部数字文化实验室负责人舒展表示。

腾讯“数字中轴”团队先后完成了对先农坛、钟鼓楼和万宁桥等遗产点的高清拍照、扫描，通过开发“北京中轴线”官网、“云上中轴”小程序等一系列产品，在数字世界再现了北京中轴线恢宏盛景，打造了全球首个超大型城市历史景观数字化沉浸互动体验。

吕舟比喻，数字技术成了一道桥梁，跨越不同文化背景，将中轴线上贯穿古今的建筑群落瑰宝呈现在世人眼前。

让文物和文化遗产“活起来”，是文物与新时代融合新生的关键。

“时间的故事”数字互动体验展位于鼓楼一层展厅。许多游客在此驻足。有人惊叹，古老的鼓楼原来可以如此时尚。

鼓楼一层经过腾退修缮后恢复了7个券洞原貌，以券洞墙壁为屏，动态投影随节奏变化，沉浸式影片《共鸣》将“暮鼓晨钟”的城市过往娓娓道来；虚拟“更鼓”和“永乐大钟”立于展厅，观众可以体验击鼓、撞钟；戴上耳机，轻触屏幕，可以选择神武门、午门等“四九城”里任意一座城门，聆听位于这些城门上的钟声——有的雄浑，有的空灵，有的还伴随着人群车马声，古代烟火气也随之而来。

随着时间流逝，钟鼓楼已经不再承担报时功能，但位于中轴线最北段的钟鼓楼，仍是历史和城市的见证。北京市钟鼓楼文物保管所所长李荫心说，在有限的文物建筑空间中，他们会继续探索用多种手段活化利用，全面阐释钟鼓楼和中轴线的无限魅力。

为北京中轴线申遗做了一系列工作后，科技能为文化遗产做什么的疑问，也有了初步的答案。舒展想，“数字中轴”项目证明数字科技不仅可以为文化遗产保护提供技术支撑，还可以在活化利用、传承创新上探索出新模式。“希望未来这些技术能让更多世界文化遗产在数字世界‘永生’。”他笑着说。

技术守护

中轴线的故事更长久

2023年8月，国际古迹遗址理事会专家张建文代表联合国教科文组织对北京中轴线进行现场检查。他对中轴线数字化监测平台充分认可，认为其功能全面、首屈一指。

7月中旬的一天，北京天桥艺术大厦内，北京中轴线遗产保护中心主任金锡彬看着面前巨大的电子屏幕，屏幕上展示着对北京中轴线15个遗产点部分监测内容的核心数据——它就是北京中轴线文化遗产监测与保护平台（以下简称“遗产监测平台”）。

遗产监测是遗产保护和管理的组成部分。团队通过先进的技术手段和科学的管理方法，实现了中轴线文化遗产“变化可监测、风险可识别、险情可预防、保护可持续”，确保其真实性、完整性得到有效保护。

“我们制定了遗产保护状况、可持续发展、遗产治理、管理体系、能力建设共5方面的监测方案，并在实际工作中细化为17大类69小项，精细化开展监测工作。”金锡彬说。

遥感卫星、街拍相机、物联网设备、人工巡查……多样化设备和手段，应对不同监测内容，协同完成监测任务。

这一平台始建于2022年，于2023年开始试运行，目前已经正式运行。未来，还将分阶段逐步迭代完善。

在遗产监测平台的总览页面，人们能看到中轴线三维数字孪生场景，涵盖遗产区和缓冲区，共5131公顷。“这是国内首个应用三维数字孪生技术的遗产监测平台。”金锡彬说。在屏幕上，能看到遗产本体、周边环境、日常巡查及遗产区的实时游客数量等情况。

在演示平台功能时，北京中轴线遗产保护中心遗产监测部主任周子予停在了钟鼓楼的本体监测页面。他讲起了钟鼓楼一次病害情况被发现的故事。

2018年3月，钟鼓楼巡查人员在日常巡查过程中发现鼓楼二楼地杖开裂。之后，巡查人员对其开展了不定期跟踪监测，连续4年进行了7次跟踪监测。2022年9月，巡查发现病害有加重趋势，经研判确认后，钟鼓楼立即发布预警。随后经过方案设计、立项申请、方案完善、立项批复、工程施工等一系列工作流程，病害得以修复。“我们实现了本体监测的全流程管理和全过程记录。”周子予说。

遗产监测平台还有一项重要功能——汇集志愿者的中轴线巡查信息。

根据联合国教科文组织世界遗产委员会《保护世界文化和自然遗产公约》及其相应操作指南的要求，公众需要参与到文化遗产的保护和传承中。

2023年7月，北京市中轴线申遗保护工作办公室联合腾讯、未名文博等机构启动了“数字打更人”项目。它创新性地为公众提供了参与中轴线保护的平台，人们通过“随手扫码、随手拍”的方式，就可以接触和了解文化遗产监测。

扫描遗产点界桩上刻着的二维码，或进入“云上中轴”小程序，就可以对身边的建筑、文物拍照，将数据实时传送到遗产监测平台。

古时的打更人巡查报时，也提醒防火防盗。今天的“打更人”，无论老人、儿童，都能化身成为中轴线的守护者，社会力量由此顺畅参与到日常遗产监测工作中。

周子予表示，目前“数字打更人”已成为各遗产点专业巡检的重要辅助手段，形成了“公众化+专业化”融合发展模式，有效促进了公众对中轴线承载的历史文化价值的保护、传承、弘扬和创新。

说活间，他点开了一条新的巡查信息——一个小姑娘正在天安门附近与遗产点界桩合影，她笑得天真烂漫。

“数字打更人”团队告诉记者，去年短短一个暑假，“数字打更人”就汇集了7000条巡查数据图片，其中多数由10—16岁的青少年参与完成。

记者看到一位“数字打更人”写下了自己的感悟：我特别骄傲和自豪，我成了数字打更人！我要牢记保护中轴、传承北京中轴线的使命！

截至目前，“云上中轴”小程序已累计注册用户近80万人，志愿者人数近21000人，提交巡查图片超8万张。

北京中轴线申遗，不仅仅只是“申遗”。这是一次全面的、超大规模的文化遗产保护行动，也推动形成全社会共同参与文化遗产保护传承的良好氛围。

申遗成功，不是终点。正如文化和旅游部副部长、国家文物局局长李群在“中轴之夜 光耀古都”活动上所说，申遗成功是新的起点。“我们将承担更大责任，秉持更高标准，全力确保北京中轴线突出价值得到妥善保护，并以此为引领，推动北京老城保护进入新阶段，推动全国历史文化名城保护更新上新台阶。”他的话掷地有声。

（本版图片由受访者提供）