

开栏语

三晋大地,两百余座博物院(馆)星罗棋布,百万年文明遗存静静陈列其间,构成了从未断流的历史根脉。作为文物大省,山西正处在向文化强省跨越的关键阶段。即日起,本报开设“三晋文脉·文物”专栏,以科技视角深挖馆藏文物背后的价值,解码文物“长寿”的守护秘诀,让古人的造物智慧与当代文保技术形成对话,让更多人读懂藏在文物里的科技密码,让沉睡千年的文物真正“活”在当下。

晋侯鸟尊:三千年前的科技之身

2000年,山西曲沃北赵村晋侯墓地114号墓,晋侯鸟尊重见天日。它是目前发现最早具有“晋”字金文的文物,具有极高的历史考证价值。由此,也成为山西博物院的镇馆之宝。

然而,当我们以现代科技的眼光,重新审视这件三千年前的青铜器,会发现它本身就是一座浓缩的古代科技之身。

力学设计

晋侯鸟尊在力学设计上极具巧思,它以凤鸟粗壮的双足为主要支撑,尾部自然延伸出象首造型,内卷上扬的象鼻向下探抵接触面,与双足共同形成稳定的三点支撑结构,从根源上规避了商周单一鸟兽形尊普遍存在的重心前倾、易倾倒的通病。工匠将厚重的青铜胎体合理分布在凤鸟胸腹区域,把盛酒空腔的整体重心严格控制在三足构成的支撑面范围内,即便注满酒液也能保持平稳,不会发生倾覆。这种平衡设计得以实现,依托的是西周早期成熟的范铸工艺。

合金配比

青铜之青,是岁月的沧桑;青铜之铜,是文明的凝聚。提起晋侯鸟尊,很多人首先想到的是它身上温润厚重的青绿色铜锈,却少

有人知道,三千年前刚从范模里脱胎而出的它,并非如今沉静的青绿色,而是通体闪耀着暖亮的金黄金属光泽。

作为西周高等级宗庙祭祀重器,晋侯鸟尊的合金配比完全契合《考工记》中“六分其金而锡居一,谓之钟鼎之齐”的“六齐”礼制规范。结合晋侯墓地同期出土青铜器的公开检测数据推算,其铜、锡、铅占比约为80%、15%、5%。这一精准配比让器身既有足够硬度支撑凤鸟、象鼻等复杂立体造型,浇铸时铜液又能保持极佳流动性,顺着范模的缝隙填满云雷纹里最细微的纹路。

之后的三千年里,鸟尊静静沉睡在晋侯墓地的土层中,器身表面与土壤里的氧气、水分、矿物质缓慢发生化学反应,逐渐生成一层致密的青绿色铜锈氧化层,原本耀眼的金黄慢慢沉淀成如今我们熟悉的青碧色泽,成为时光亲手烙下的沧桑印记。这份冷硬的金属质感、刻在骨子里的西周礼制属性,再加上浑然天成的艺术美感,共同构成了华夏早期文明里最具辨识度的物质印记。

分铸法

分铸法是商周时期成熟应用的青铜铸造核心工艺,区别于一次浇铸成型的浑铸法,将器身与附件分批次单独铸造,再通过榫卯铸接、铆接铸接等方式连为一体,是古代工匠突破复杂器型铸造瓶颈的关键技术。晋侯鸟尊造型繁复,通体遍布精细羽纹与浮雕装饰,仅靠浑铸法几乎无法实现完整成型。依托分铸法,工匠将鸟喙、凤鸟捉手、象鼻形器足等异形附件单独制范预铸,再嵌入器身主范二次浇铸,既避免了整范制作的极高难度,又保障了纹饰细节的清晰度与器型结构的稳定性。这种工艺让晋侯鸟尊的复合造型与精密纹饰得以完整落地,也印证了西周晋国青铜冶铸技术已达到同时代顶尖水准,为“改唐为晋”的早期晋侯高等级礼器提供了坚实的技术支撑。

铭文解读



掀开晋侯鸟尊背部器盖,盖内铸有两行九字铭文“晋侯乍向太室宝尊彝”,器腹底部铸有完全一致的九字铭文,两处铭文相互印证。铭文里“晋侯”明确器主为改唐为晋的晋国初代君主燹父,“乍”通“作”即制作,“向”释为献祭,“太室”指晋国宗庙核心祭祀大殿,“宝尊彝”是周代高规格青铜祭祀礼器的统称,整句意为晋侯作此铜器,用于晋国宗庙太室的祭祀大典。这短短十八字的双重铭刻,是目前所见最早的“晋”字金文实物,坐实了西周早期“晋”作为诸侯国名的核心物证,为晋国早期分封历史研究补上了关键的文字拼图。

文物档案

晋侯鸟尊,2000年出土于山西曲沃北赵村晋侯墓地114号墓,墓主为西周早期晋国第一代国君燹父,是其专属的宗庙祭祀重器,现藏于山西博物院,为该馆镇馆之宝。整器高39厘米,长30.5厘米,宽17.5厘米,以凤鸟伫立回眸为主体造型,鸟背上的捉手为一只小凤鸟,尾部设计为内卷象鼻造型,周身遍布云雷纹、羽片纹等西周典型青铜纹饰,是国内现存晋系青铜鸟尊中形制最完整、历史价值最核心的国宝级文物,2013年被列入《第三批禁止出境展览文物目录》。

文物故事

晋侯鸟尊复原记

三千年前,晋侯燹父将改唐为晋的开国气象,熔铸进这件宗庙祭祀重器晋侯鸟尊中。它以商周顶尖的青铜分铸工艺成型,伫立回眸的凤鸟造型,见证了晋国六百年霸业的开篇。谁也未曾想到,这件国宝会在三千年后遭遇一场毁灭性劫难,又在两代文物修复人的接力坚守下,走完一段跨越近二十载的漫长复原之路。

8月20日,《科学导报》记者跟随山西博物院讲解员刘琳走进“晋国霸业”展厅,暖光透过展柜玻璃,轻轻落在晋侯鸟尊流畅的凤鸟曲线上。“全院67万件馆藏里,晋侯鸟尊能成为公认的镇馆之宝,靠的是三重核心支撑:无可撼动的历史坐标、独一无二的艺术创造,还有贯穿古今的科技接力脉络。”刘琳解说道。

20世纪90年代末,盗墓贼用炸药炸开晋侯墓地114号墓,剧烈的冲击将整尊鸟尊炸成百余块青铜碎片,残件与泥土混成一团。万幸这件国宝没有流失,2000年考古工作者将所有残片连同墓土整体套箱,送往北京大学实验室开展抢救性修复。初代修复团队耗时一年半,日复一日清洗、拼对、粘接、除锈,勉强将破碎的凤鸟主体拼合成型,可最关

键的象鼻末端残片始终不见踪影,团队只能用环氧树脂制作素面配件临时补缺。象鼻究竟向内卷曲还是向外翻折,这个谜题在考古界一悬就是19年。

“90后”金属文物修复师张政敏,高中时听闻这段往事便深受触动。自幼喜爱民俗历史、学过面塑的他,受文物修复纪录片感召报考了文物鉴定与修复专业。刚入职的前三个月,他天天泡在成千上万片青铜残件里比对纹路、核对花色、编号归档,在旁人眼里枯燥的重复中打磨基本功,那时他还不知道,少年时打动自己的晋侯鸟尊,未来会交到自己手中。

2017年,北大考古师生在整理当年盗洞带出的泥土残渣时,意外筛出了失踪多年的象鼻残件。次年,晋侯鸟尊赴京对接,茬口严丝合缝,纹饰完全对应,萦绕多年的学术争论尘埃落定。回到山西后,张政敏作为项目骨干跟随师傅闫文祥参与二次修复,团队为晋侯鸟尊定制专属微损方案,完成全器物病害扫描、旧补配层安全清除、精细化除锈,全程不损伤文物本体。2019年,这件破碎的国宝终于以完整姿态重现身世,三千年前工匠设计の内卷象鼻,第一次完完整整展露在世人面前。

一件西周青铜礼器,藏着两套跨越三千年的科技语言。三千年前,晋国工匠以范铸技艺熔铸出晋侯鸟尊,把开国的礼乐气象封存在青铜肌理里;如今,无损光谱探测、毫米级三维采集、虚拟仿真等现代技术层层解码国宝,挖掘肉眼看不见的器物信息,为这只青铜凤鸟织起一张精密的科技防护网。

8月21日,《科学导报》记者走进山西博物院,近距离探访了晋侯鸟尊从远古走向未来的数字化保护全流程。该院文物数据部工作人员秦新华指着屏幕上密集的点名数据介绍,晋侯鸟尊的数字化采集绝非普通拍照建模,整套流程工序严谨繁复。为保证数字模型完全忠实于原件,技术团队要依次完成控制网布设、多模态扫描、精度验证、点名配准一整套校准工序,差之毫厘,最终生成的数字模型就会偏离文物的真实样貌。

据了解,团队采用结构光扫描与摄影测量相结合的技术路径,采集毫米级原始数据,最终生成精度达标的1:1数字模型。晋侯鸟尊身上每一道纤细的翎羽纹饰、铭文凹槽边缘的细微起伏、历经岁月形成的锈蚀肌理,都被完整、精准地留存下来。

在此基础上,技术团队进一步开展范铸复原模拟:通过数字分范推演三千年前泥范的嵌套组合方式,再用3D打

印复刻出古范实物,把古籍中早已失载的晋国工匠巧思,转化为可复现、可验证的科学实验。

“这套三维档案不只是用于展览展示的素材,更是晋侯鸟尊专属的‘数字体检本’。”秦新华说,技术人员会定期对晋侯鸟尊进行“体检”,提前预判病害风险,推动文物保护从过去的“被动抢修”转向“前置化防控”。依托高精度数字模型,科研人员还可以开展虚拟拆解,无需触碰珍贵实物就能完成纹饰、铭文的精细比对,为晋国早期青铜文化研究提供依据。

在山西博物院“晋国霸业”展厅内,不少观众正驻足体验晋侯鸟尊专属AR交互功能,点击屏幕,便可清晰地看到这只西周青铜凤鸟,动态还原三千年前晋国工匠分范合铸的完整工序,直观拆解凤鸟双足与尾部象鼻内卷结构形成的三点支撑力学原理。观众还能顺着交互指引放大器物细节,清晰辨识器盖内侧那枚目前已知最早的金文“晋”字。

“我们做数字化的初心,就是把晦涩的专业文保知识,转化成普通观众看得懂、摸得到的内容,让文物真正走出玻璃展柜。”秦新华透露,下一步山西博物院还将依托空间音频、数字孪生等技术搭建虚拟晋国宗庙场景,让观众沉浸式感受三千年前的西周礼乐仪式。

采访后记

在山西这片文物遗存富集的土地上,晋侯鸟尊从来不是孤例。1988年出土于太原金胜村赵卿墓的春秋重器赵卿鸟尊,孤傲勇猛的鸞鸟造型里藏着春秋末期晋卿崛起的雄浑气魄;从海外追索回归、现收藏于保利艺术博物馆的邰季鸟尊,端庄灵秀的细密纹饰填补了西周邰国文化研究的关键空白;远藏于美国华盛顿弗利尔美术馆的乍季鸟尊,威风凛凛的鸞鸟造型,至今仍隔着重洋诉说着晋系青铜技艺的巅峰水准。从西周早期到春秋战国,这些风格迥异的青铜鸟尊串联起晋国六百年的兴衰脉络,每一件都藏着古人天马行空的艺术想象、精益求精的造物追求,以及炉火纯青的范铸技艺,是中国古代工匠精神在青铜文明领域最生动的注脚。

近年来,山西紧扣国家文物局“文物保护利用与科技创新协同发展”的部署要求,持续推进文物古人才专项培养计划,在省内高校开设晋系青铜考古、金属文物修复等特色课程,逐步组建起一支覆盖考古勘探、科技解码、文物修复全链条的青年文保队伍,越来越多“90后”“00后”文博人接过前辈的接力棒,用三维扫描、无损光谱分析、数字孪生等现代技术,一步步揭开这些青铜重器背后尘封数千年的文明密码。

如今,这些沉睡数千年的青铜器,早已不再是展柜里静止的冰冷展品。它们在科技的赋能下开口讲述,成为山西地域文明探源工程中最鲜活的文化讲述者,让跨越三千年的凤鸣,在新时代持续传扬出更深远的回响。

文字:隋萌杨洋
图片:杨凯飞刘娜
设计:乔小艳