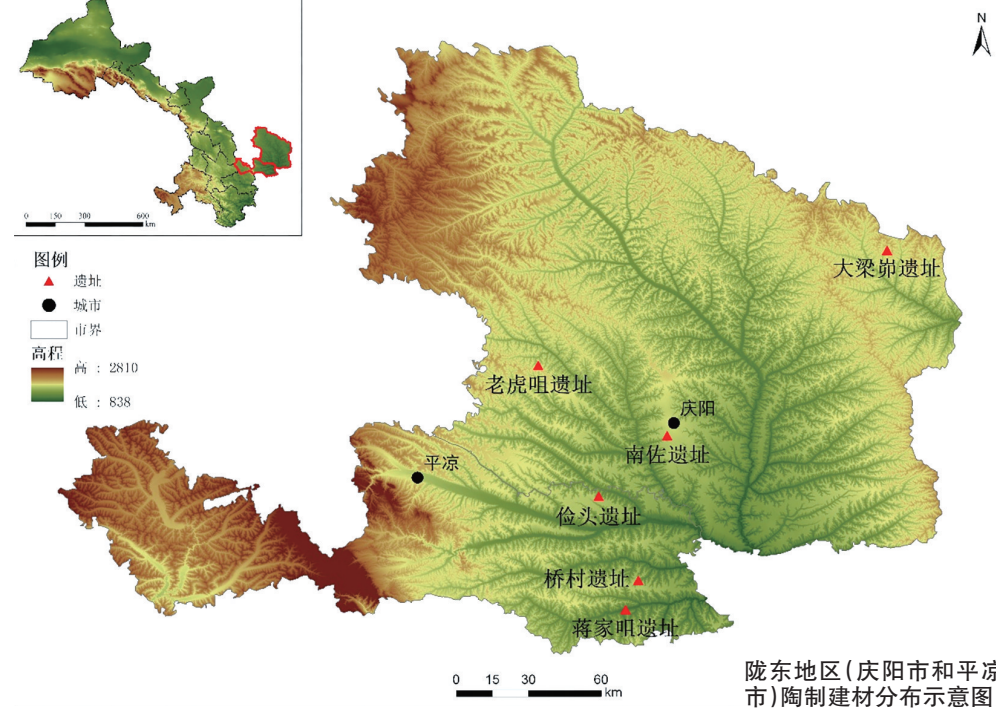
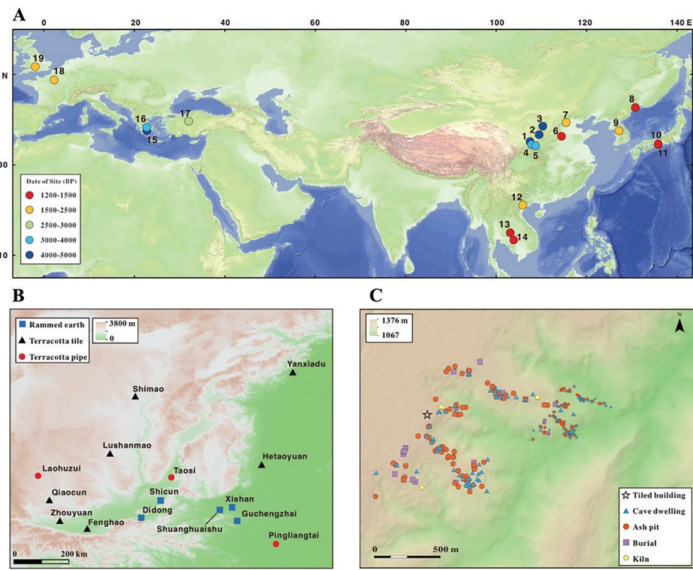


陇原家户 砖瓦砌筑



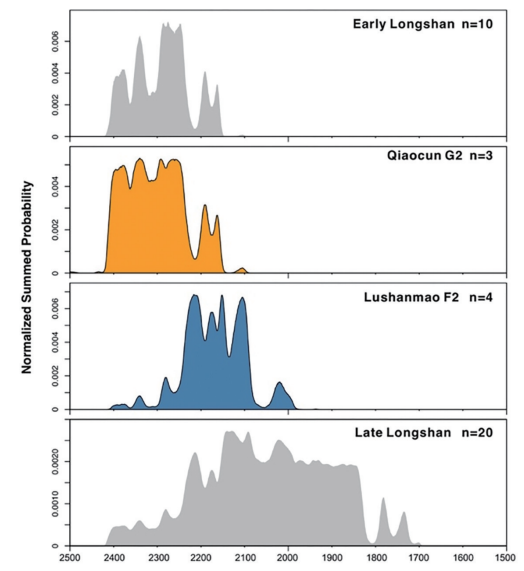
陇东地区(庆阳市和平凉市)陶制建材分布示意图



A. 世界早期瓦件遗存分布图 B. 黄土高原和东部泛濫平原地区陶瓦、陶水管和建筑夯土遗存的分布图 C. 桥村遗址遗址分布图

黄土高原发现已知最早的复合陶瓦及相关技术研究

徐艺菁 周静 张海



黄土高原地区龙山文化遗址碳十四测年数据分布

2023年5月19日,国际期刊《科学报告》(Scientific Reports)在线发表了北京大学考古文博学院与甘肃省文物考古研究所合作对甘肃灵台县桥村遗址出土的龙山文化早期复合陶瓦的研究成果,成功复原了目前世界上已知最早的复合陶瓦屋顶,实现了复合陶瓦溯源研究的重大突破。北京大学考古文博学院博士徐艺菁和甘肃省文物考古研究所研究员周静为文章的第一作者,北京大学考古文博学院张海、彭明浩、刘晟宇为论文的共同通讯作者。

世界上已知最早的复合陶瓦及复合瓦技术

桥村遗址出土已知最早复合陶瓦 瓦是当今人类建筑屋顶的重要组件,在世界范围内普遍使用。历史上,陶瓦屋顶的发明提高了建筑屋顶的耐用性、防水抗风性,降低了房屋的维护成本,并对建筑的材料、形态和结构的发展产生重要影响。目前,学界关于陶瓦——特别是由筒瓦和板瓦组成的复合陶瓦的起源仍不清楚:比如复合瓦的拼接技术和细节,瓦顶建筑形态和结构的演变,瓦屋顶出现的自然和社会背景等。目前世界范围内最早的陶瓦发现于公元前三纪晚期的希腊地区(公元前2650~2200年),这类瓦件形态单一,近似直板。由筒瓦和板瓦组合而成的复合陶瓦大致在同时期或略晚(公元前2400~1800年的龙山时代)出现在中国黄土高原地区,如桥村、芦山峁、石砭遗址等。而在欧亚大陆西部,复合陶瓦要到千年以后的迈锡尼文明时期才出现。

研究团队证明了桥村遗址出土早期复合陶瓦是目前确切所知黄土高原地区也是世界上年代最早的复合陶瓦。桥村遗址位于甘肃省灵台县西屯乡桥村北庄村,是一处遗址性质相对单纯的龙山文化遗址(公元前2400~1900年)。经系统调查发现遗址面积约103万平方米,是龙山时代泾河流域的一处中心性聚落。遗址经钻探在黄土台塬顶部发现建筑夯土的线索,在这些建筑的附近发现了成组的玉器和大量的陶瓦。瓦件遗存集中发现在台地东南边缘的壕沟G2。碳十四测年显示陶瓦的绝对年代集中在公元前2400~2200年,属于龙山文化早期(即庙底沟二期文化阶段)。

早期复合陶瓦的“龙山-西周传统” 现有考古发现表明,黄土高原地区出土了世界上最早的复合陶瓦,但不同遗址的复合陶瓦在瓦件构成比例、装饰类型等细节表现出多样化。这些差异表明早期复合陶瓦有多种制作和拼接方式,但目前还无法完全确认是因为地域或是时间早晚导致了这些不同。陶瓦的发明同时催生了建筑结构的变革,即厚夯土墙的出现。相比于木骨泥墙结构,夯土墙的承重能力更强。复合陶瓦与夯土墙的共同进化是东亚地区特有的传统,这与地中海地区的陶瓦与石墙/土坯墙的组合存在显著差异。

夏商时期(公元前1800~1046年),复合陶瓦只在黄土高原或邻近地区发现。如陕西西渠沟遗址和四川三星堆遗址发现了一些瓦件。起源于东部泛濫平原的二里头文化或商代遗址中却没有发现瓦件遗存。这进一步表明早期瓦屋顶技术仅限于黄土高原及紧密联系的邻近地区。

西周时期(公元前1046~771年),复合陶瓦仍主要分布在周文化核心的关中地区,并有了极大的发展。遗存数量明显增加;类型上除筒瓦、板瓦和槽形板瓦外,增加了半瓦当和脊瓦等用于特殊位置的构件,更完善的屋面瓦系统逐渐形成;形制上趋于标准化,同时筒瓦发展出瓦舌,另一端凹面进行抹角,构成类似“榫卯”的结构以便搭接。直到西周,复合陶瓦与厚夯土墙的组合基本仍局限于黄土高原,可称之为“龙山-西周传统”。

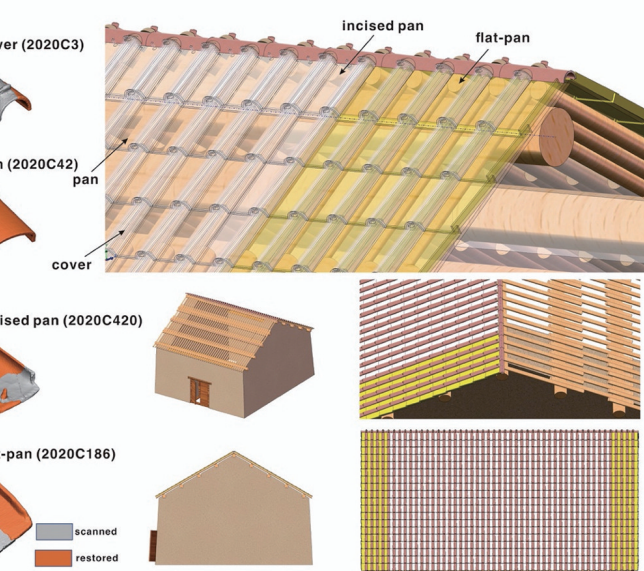
西周以后,复合陶瓦技术在东亚地区广泛流传。目前的考古材料表明,从公元前3世纪开始,瓦件和相关的屋顶技术就逐渐传播到朝鲜半岛、日本、俄罗斯远东地区和东南亚等地。

考古、建筑、文物保护、计算机仿真模拟重建复合陶瓦屋顶

因为单个遗址样本量较小、瓦件破碎度高、大多数遗存没有明确考古背景等原因,我们对复合陶瓦是如何制作、搬运并放置在屋顶上等问题了解仍然有限,对早期瓦件制作的标准化程度也知之甚少。为突破以上局限,研究团队结合形态测量、定量分析、三维建模、计算机仿真模拟的方法,重建桥村遗址的复合陶瓦屋顶,探讨陶瓦的生产技术水平。

通过系统比较桥村遗址和郟城核桃园一号建筑基址(公元前553~577年)瓦件的类型及构成比例、形制、规格,发现它们在各方面都很相似,且与《营造法式》(公元1103年)的记载相吻合。可见在上千年的时间里,建造复合陶瓦屋顶的基本规则和原则变化不大,所以历史时期的考古发现和文献记录可以为桥村遗址瓦屋顶重建和相关研究提供重要参照。

桥村的陶瓦经整理挑选出5000余件可测量的标本,分为



桥村遗址复合陶瓦及瓦顶建筑的3D模型

筒瓦、板瓦两大基本类型。筒、板瓦均有“小头”和“大头”之分。大部分筒瓦的小头一端带有瓦钉。板瓦根据形制可细分为三类:占比最高的普通板瓦,没有瓦钉和切口;小头带有两个切口和瓦钉的特殊板瓦,数量明显较少;瓦身平直的槽形板瓦。

不同类型瓦件的比例是重建瓦屋顶的基础。比例最高的普通筒瓦、板瓦构成了瓦屋顶的主要面层,而少数特殊形制的瓦件被放置在特定位置。槽形板瓦瓦身平直,可能被放置在夯土墙的顶部;带切口的板瓦可能被放置在屋顶最上排,切口和钉子向上朝向屋脊以便搭接;少数没有瓦钉的筒瓦可能被用作脊瓦。

基于以上推断,并参照芦山峁F2建筑的规格和尺寸以及美国旧金山艺术博物馆收藏的一件齐家文化的屋形陶罐的两面坡式屋顶样式,研究团队重建了一个复合陶瓦屋顶。

研究团队对5000余件瓦件标本的宽度、高度和厚度进行了测量,发现它们基本符合正态分布,表明这些瓦件生产有一个标准的“规格”。变异系数(CV)是一项评估工业制品尺寸标准化程度的统计学指标,经测算桥村瓦件各项测量指标中,宽度的CV值更小,说明工匠对宽度的控制胜于对高度和厚度的控制。相比之下,核桃园出土瓦件的CV值更小,表明历史时期的瓦件的标准化程度明显更高。

为进一步评估瓦屋顶搭建的可行性、瓦件低标准化对屋顶搭建的影响和人工干预的必要性,研究团队设计随机、分组、人工控制三种情况下的计算机模拟程序,复原瓦片的搭接过程。

重复的计算机模拟表明,随机模型无法有效完成屋顶的拼接,主要问题在于部分位置上的瓦件需要更换超多次数才能实现,这在实践中是不现实的。对失败情况的分析表明,瓦件形态的不规则性是导致铺设失败的主要原因,个别瓦件的端部太窄或太宽会导致周围瓦件搭接的失败。在随机模型基础上,分组模型考虑到了不同规格瓦件之间的选择性衔接问题,但成功率依然达不到预期的效果。相反,可以随时调整的人工控制模型则能有效解决问题。因此,计算机模拟的结果表明,当瓦件生产处于低标准化水平时,必要的人工控制是瓦屋顶成功建造的关键因素。而上述模拟搭接过程中应用的调整方法在《营造法式》中也有相应的记载。

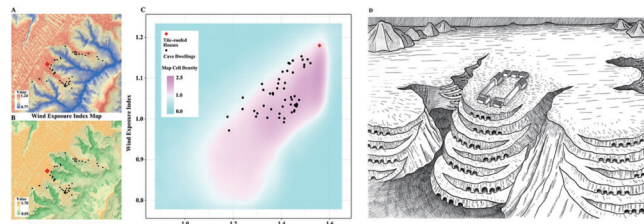
龙山时代黄土高原复合陶瓦的环境背景和社会文化意义

从计算机模拟的结果看,桥村瓦件虽然是标准化生产的产品,但因为标准化程度偏低,在铺设过程中需要瓦匠进行调整。根据《营造法式》的记载,瓦件生产和铺设都需要大量的劳动力,是一种超越家户的公共性事务。

龙山时代,黄土高原地区独特的自然环境和社会背景催生了陶瓦的发明和使用。黄土高原地区龙山时代最主要的建筑形式便是窑洞。然而大量窑洞都分布在山坡地带,空间可视性较差,不宜作为社会交往的公共场所。为促进社群的凝聚力,区域的中心性遗址在台塬顶部修建了大型建筑群,如石砭的皇城台、芦山峁的大小营盘梁、碧村的小玉梁和桥村的塬顶等;但在拥有了开阔视野的同时,这些建筑因缺少遮蔽更容易受到风霜雨雪等恶劣天气的威胁,环境压力推动了陶瓦的发明以保护夯土建筑。

另一方面,从龙山时代到青铜时代,东西方交往愈发频繁,黄土高原地区因其地理位置更是其中的重要组成部分。过往对玉器、青铜器及其他奢侈产品的贸易表明,区域内和区域之间的不同遗址都存在密切的交换或交易的情况,社群之间的互动明显增强。在学者们所讲的“半月弧”地带,许多中心性遗址如桥村、芦山峁、石砭遗址都活跃在社会交流网络中;比如在石砭皇城台地点发现的玉器、铜范、口簧、骨针等就是仪式、宴会等公共性活动、手工业生产活动和社群间交换或贸易的证据,瓦顶建筑很可能就是进行这些活动的公共场所。

随着牛、羊和青铜冶铸技术的引进,进一步加速了整个黄河流域的社会复杂化和青铜文明的出现。龙山时代黄土高原的社群越来越注重公共性社会事务,以桥村为代表的陶瓦顶建筑的发明与龙山时代的黄土高原地区日益频繁的社会交往和公共事务管理密切相关,并促进了该地区的社会管理、集体权力增长和文明的进程。复合陶瓦的发明和传播正是这个过程的集中体现。(作者单位:北京大学考古文博学院、甘肃省文物考古研究所)



A. 瓦顶建筑和窑洞的风蚀指数 B. 瓦顶建筑和窑洞的地形正开度 C. 地图A和地图B的密度图 D. 桥村遗址瓦顶建筑和窑洞的分布复原图

陇东地区——史前陶制建材的“高地”

王钧湛 张莉

甘肃庆阳南佐遗址是一处黄土高原仰韶晚期具有都邑性质的大型高等级中心聚落。这一重大考古发现完善了陇东地区考古学文化序列,更为认知该地区在史前阶段的意义提供了关键材料。陇东地区位于甘肃省东部、子午岭和六盘山之间,黄土高原西部,现今行政区划下包含平凉、庆阳两市全境。陇东地区诸多重要考古发现中,陶制建材尤为引人注目:一方面,以往考古工作表明,中国境内最早的陶水管和陶瓦皆见于陇东;另一方面,南佐遗址的最新发掘成果进一步揭示,中国史前陶制建材的肇始地亦为陇东。陶水管、陶瓦和陶砖的发现彼此印证,共同说明陇东地区在新石器时代是中国史前陶制建材的“高地”。本文将陇东地区称为史前陶制建材的“高地”,一是由于陇东地域在景观空间层面属于李旻先生界定“高地龙山社会”的范围,更是意指在公元前三纪左右,陇东地区在陶制建材领域取得了远超其他地理文化区的成就。

中国史前陶制建材包括陶水管、陶瓦和陶砖,而陇东恰记录了三者在我国的首发,具体出土情况如下:

陶水管 陇东地区的陶水管发现于老虎咀遗址和大梁卯遗址。老虎咀遗址位于蒲河上游的庆阳市镇原县庙渠乡,为仰韶文化晚期至龙山文化早期聚落,在该遗址中见有残长23米的陶水管,共37节。陶水管单节长50~50.3厘米,直径11.8~17.2厘米,为红陶制作,两头接口一大一小,大端为母口,小端为子口,母口可与另一节陶水管的子口相连接,然后依次套接。大梁卯遗址位于庆阳市华池县林镇乡四合台村西梁自然村,主体遗存与秦寨三期文化较为接近,属于龙山文化早期遗存。该遗址发现有一件器形类似排水管的器物,呈圆筒状,外径16.3,残长5.3厘米,器形特征与老虎咀遗址出土排水管类似,发掘者推测二者年代相近。

陶瓦 陶瓦在陇东地区多个遗址均有发现,出土数量最多的是平凉市灵台县桥村遗址。宋江宁先生与北京大学中国考古学研究中心、甘肃省文物考古研究所等个人和单位多次在桥村遗址采集到数件槽形板瓦和筒瓦。宋江宁先生认为这些陶瓦的年代为龙山时代。

陶砖 陇东地区原缺乏史前时期陶砖的考古学证据,但韩建业先生带领的南佐遗址考古队在2021~2022年南佐遗址宫殿区的发掘中,出土形制规整、保存较好的陶砖,首次补齐了陇东地区陶制建材的拼图。

同其他地区相比较,陇东地区作为建筑材料“高地”的特征具体表现如下:

陶制建筑材料出现时间早。就陶水管的起源而言,周静先生指出陇东地区的陶水管年代早于龙山晚期平粮台遗址出土陶水管,张海先生明确地指出老虎咀遗址出土陶水管“为目前国内发现之最早”。至于陶瓦,宋江宁先生指出最早一批陶瓦皆分布于陇东、关中(桥村遗址)和陕北(石砭遗址、芦山峁遗址),而这三者皆都属于“高地龙山社会”范围。位于陇东的桥村遗址、头头遗址等地出土的陶瓦,亦是这些早期陶瓦集合的重要组成部分,是中国最早一批陶瓦的实证材料。陶砖方面,多位先生曾就中国境内陶砖的起源发表高见,如邵晶先生和杨亚光先生提出的蓝田新街起源说,李乃胜先生所持凌家滩起源说等,均将陶砖起源追溯至距今5000年左右。而在仰韶时代晚期,距今约5000年左右的南佐遗址最新考古实物表明,陇东地区同样见有中国最早一批史前陶砖,媒体称之为“中国最早的陶砖”。综合三种陶制建筑材料可知,不晚于龙山晚期,中国境内唯有陇东地区真正出现了“陶砖、陶瓦、陶水管”三种陶制建材的完整组合。

建筑材料“高度成熟”。老虎咀遗址所出陶水管与后世偃师二里头二号宫殿基址北墙外所出二里岗上层文化陶水管高度一致,突出表现为典型的子母口接口设计。而年代晚于老虎咀遗址的平粮台遗址,其南部门道下出土的陶水管则采用了将上一节陶水管小口套入下一节陶水管大口的连接方式。老虎咀遗址陶水管的子母口接口设计一方面能够保证各节水管紧密相连,避免漏水并减少连接处粘材料的耗费;另一方面,这样的设计赋予了每个管道接口处较强的冲击力,以增加水流速度,从而有助于将更多沉积物冲过管道,降低管道日常维护成本并延长其使用寿命。再者,就陶瓦而言,陇东出土陶瓦不见制瓦技术摸索和实验阶段的产品,而是在出现之时便表现出成熟瓦的特征。就如宋江宁先生指出,较之于西周和秦汉时期陶瓦的类型和组合,龙山晚期的陶瓦形制已近乎成熟。南佐遗址所出陶砖的材料暂未正式公布,但从流出图片来看,其形制规整,同后世红砖在形制和结构上已颇为相似。由此不难看出,史前时期中国陶制建材在发端于陇东之时,即在技术层面高度成熟,其背后更蕴含着高度

发达的建筑理念及其体系。

陇东地区缘何在新石器时代中晚期突然成为史前陶制建材的“高地”呢?笔者认为这是欧亚大陆长距离交流的产物,其原因如下:

陶制建材在欧亚大陆西部的出现早于中国。现有考古资料表明陶制建材在近东的末端可以追溯到距今6500年至7000年之间,在这一阶段,伊拉克北部马德湖(Maddhur)土丘曾将烧制砖用于搭建聚落排水管道。距今5100年左右,烧制砖开始搭配泥砖在美索不达米亚地区广泛传播并大面积使用,例如在埃利都(Eridu)和乌尔(Ur)两座城市都发现了乌鲁克时期的烧制砖。距今5000年左右,在幼发拉底河上游的哈布巴·凯比拉(Habuba Kebabla)、希腊克里特岛(Crete)、印度河流域的哈拉帕(Harappa)和瑙沙罗(Nausharo)等多地先后出现了陶水管。至于陶瓦的起源,距今5000年左右,希腊爱琴海地区的阿戈里德(Argolid)、科林西亚(Corinthia)和阿提卡(Attica)等22个地点均出现早期陶瓦。综上,欧亚大陆西部地区陶制建材出现年代和使用普遍性明显早于我国。

陇东地处欧亚大陆东西方文化交流的重要通道。笔者在分析欧亚交流网络时提出“额济纳河交流区”(Ejin River Transfer Zone)这一概念,指出这个区域以甘肃和内蒙古西部为中心,通过额济纳河(也称弱水或黑河)北向直接连通草原,是早期中国对外沟通的前沿。而陇东恰位于额济纳河交流区的东部,并进一步连通中原地区,是连接东西、沟通南北的重要通道。这种独特的地理位置决定了陇东地区是中原农耕文化、北方草原文化和西北游牧文化三方多元文化的汇聚和中转地,而陶制建材最早出现在陇东这种长距离互动的的前沿地带也十分合理。

距今5000年前后,东西方文化交流已然出现。有关这一问题,笔者曾从耕种谷物、家畜饲养、金属制品和陶器风格等多个维度分析,说明距今5000年左右额济纳河交流区已出现欧亚草原的互动。李旻先生则提出“东亚、中亚、北亚互动圈”这一概念,指出三个互动圈之间存在跨区域知识与物资流动,同时认为公元前三纪晚期龙山社会成为北亚、中亚社会互动的最前沿。李水城先生基于对生活资料和作为权力符号的权杖的系统梳理,揭示源自西亚的文化因素于公元前三千纪已出现于甘肃等区域。韩建业先生则指出,公元前3500年前后的铜石并用时代已明确见有东西方的早期文化交流。陶制建材恰是在东西方文化交流日益显著的时代背景下现身于陇东。

陇东陶制建材“外来”特征明显。陶制建材在陇东现身之初即形态成熟,未见相关技术和理念的最初探索阶段,这可能恰因为陶制建材的实验和完善阶段是在欧亚大陆西部,进入陇东之时已然是成熟期的产品。同时,陇东作为中国陶制建材的“高地”,却在千余年的时空跨度下缺乏任何一种陶制建材的完整类型学发展序列。陶制建材在陇东地区高度发达,缺乏本地发展序列且未形成稳定的本地文化传统,这些特征共同指向陇东陶制建材或为外来影响的产物。

笔者虽提出陇东陶制建材为长距离交流产物这一假说,但受限于相关考古发现,目前还无法判断陶制建材具体以何种方式进入陇东地区。而在陶制建材起源区和陇东间存在广袤的地理文化空间,其间应有陶制建材传播的中转站。李旻先生在考察“龙山世界”跨区域互动网络时指出,中亚是连接伊朗高原、欧亚草原、印度和中国等区域的欧亚陆上交通中轴,是“文明之间的文明”,其地理范畴与文化交流中的中介作用都相当于后世的粟特文明。鉴于和陇东出土早期陶制建材的共时性,中亚遗址中的瑟拉子姆(Sarazm)可能是陶制建材相关交流的关键点。有趣的是,李水城先生对起源于西亚的权杖头的系统梳理则恰恰揭示出瑟拉子姆与陇东地区公元前四纪至前三纪的石质权杖头;与瑟拉子姆交相呼应,位于陇东左近的大地湾遗址又出土距今5000年左右的权杖头。如此“巧合”,尤其是考虑到权杖头的权力语境,为未来细化陶制建材的传播路径与模式提供了关键视角。

建筑是一个时代文化的彰显,建筑材料则可以折射出该时代的技术与理念。陶制建材这种大规模建筑材料在陇东地区的彰显,从一个侧面印证了该区域在中国早期文明中的重要地位。同时,对陶制建材的考察或可为观察中西文化交流的全新切入点。随着南佐遗址的进一步发掘、材料公布与研究,我们期待这一仰韶晚期的超大规模中心聚落能够提供更多陇东地区作为中国史前陶制建材“高地”的实物资料,并进一步揭示其背后蕴含的社会发展与互动交流的深层机制。

(感谢李旻先生为本文提供的修改意见。作者单位:郑州大学历史学院)