

石峁遗址石砌建筑用土来源分析*

宗天宇¹ 韩 倩² 裴学松²

1. 西北大学文化遗产学院 陕西 西安 710127; 2. 陕西省考古研究院 陕西 西安 710054

Abstract: This study utilizes 3D depth-of-field microscopy, scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), and laser particle size analysis to investigate the sources and processing methods of construction soil used in the masonry structures at the Shimao Site. The results indicate that the primary mineral components of the construction soil are quartz, calcite, feldspar, and muscovite. The composition and structural characteristics closely align with those of the local natural soil, suggesting a local origin and subsequent processing prior to use. The builders of Shimao employed differentiated construction strategies, adapting techniques and soil treatment methods to meet the varying demands for quantity, mechanical strength, and aesthetic appearance across different parts of the architectural structures.

Keywords: Shimao Site, construction soil, microscopic analysis, compositional characterization

摘要: 本研究采用超景深显微镜、扫描电子显微镜、X射线衍射分析、傅里叶红外光谱分析以及激光粒度分析方法,对石峁遗址内不同性质砌石建筑用土的来源与加工方式进行了分析。结果显示,石峁遗址砌石建筑用土的主要成分为石英、方解石、长石和白云母,其成分和组成均与遗址内生土表现一致,应为就地取土,并经过简易加工后投入使用。营建过程中,针对建筑不同部位在用土量、强度及美观度上的需求不同,石峁先民在建造方式和土料加工处理方面采取了具有针对性的差异化策略。

关键词: 石峁遗址; 建筑用土; 显微观察; 成分分析

石峁遗址因其丰富的考古遗存和深厚的历史内涵,自发现以来便成为考古学界的研究热点。作为北方地区龙山时代晚期至二里头文化早期的代表性中心聚落,石峁遗址在研究我国文明起源和国家形成过程中具有关键意义^[1]。

石峁遗址由皇城台、内城、外城三个部分组成,城址面积超过400万平方米,现存城墙长度约10公里^[2]。石峁遗址的城墙均以石块砌筑,除

皇城台采用嵌山式砌筑外,大部分处于山脊上,一般宽度在2.5米左右,保存最好处高出现今地表2~3米以上^[3]。从石墙本体结构受力特点来看,石峁石墙可分为独立墙体及挡墙(护墙)两种类型^[4],砌筑墙体的材料包括砌体、灰缝及填充材料两类^[5]。除了大量利用石料以外,石峁石城的修建过程还涉及大量土料的加工和使用。土料作为砌石建筑的重要辅助材料之一,在建筑稳

*本文由国家社科基金重大项目“石峁遗址考古发掘与研究”(编号:17ZDA217)、中华文明探源研究·北方长城地带文明进程研究(编号:2020YFC1521601)共同资助。

定性、美观性以及使用寿命上具有关键作用。因此，明确建筑用土的来源、成分和加工技术，对于我们探究石城建造工艺，理解石峁社会组织模式和生产力水平具有启示意义。

本文通过采用超景深显微镜、扫描电子显微镜、X射线衍射分析、傅里叶红外光谱分析、能谱分析以及激光粒度分析等方法，对石峁遗址内不同性质的砌石建筑用土来源与加工方式进行全面分析，揭示其用土策略。

一 土样来源与分析方法

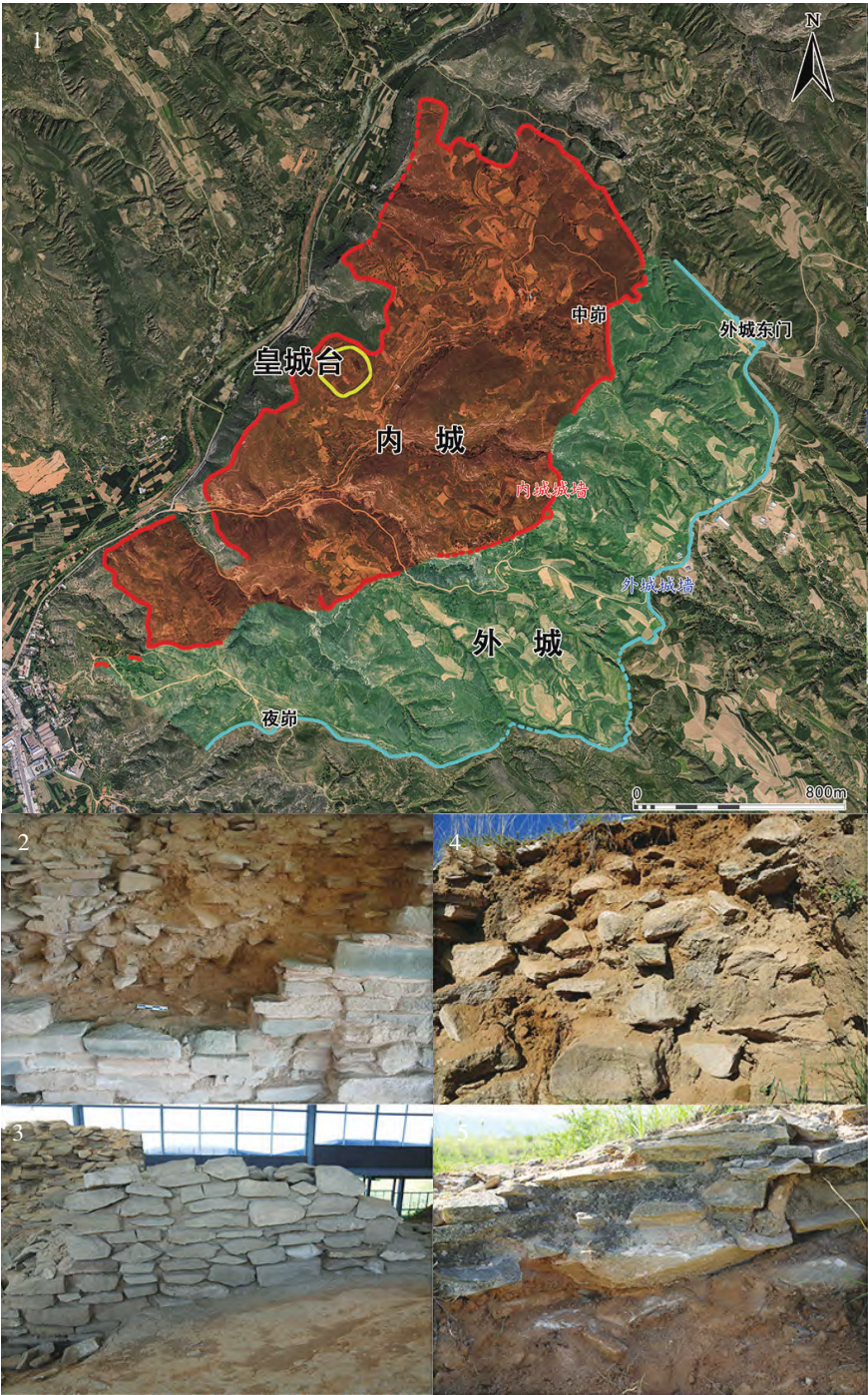
本次研究共采集石峁遗址土样5份（表1），分别取自皇城台、内城和外城的不同区域（图一），又根据具体建筑部位分为三种类型：建筑外立面用土、建筑内层墙芯用土和城墙用土。此外，还采集了遗址内的地表土壤和未经加工的生土样品各1份，作为对照样品进行对比分析。（图二）

样品置于100℃恒温烘箱中，烘干至恒重后自然冷却至室温，以便进行后续分析。分别使用超景深显微镜、扫描电子显微镜对样品进行显微结构观察；使用傅里叶红外光谱分析（FTIR）、X射线衍射分析（XRD）对样品成分进行研究；使用激光粒度分析仪对样品颗粒级配曲线进行分析。

显微观察：显微观察使用日本浩视公司生产的KH8700型三维视频显微

表1 石峁遗址采集土样

实验编号	采集地点	区域	类型
SMT001	大台基南护墙	皇城台	外立面
SMT002	大台基南护墙	皇城台	墙芯
SMT003	东门马面	外城	外立面
SMT004	夜砦地点	外城	城墙
SMT005	中砦地点	内城	城墙
SMT006	生土	皇城台	对照组
SMT007	地表土	皇城台	对照组



图一 石峁遗址结构及采样地点示意图

1. 石峁遗址结构示意图 2. 皇城台大台基南护墙外立面及墙芯 3. 外城东门马面外立面 4. 中砦地点内城城墙 5. 夜砦地点外城城墙

镜；使用捷克TESCAN公司生产型号为VEGA-3XMU的扫描电镜-能谱分析仪，电压20kV。

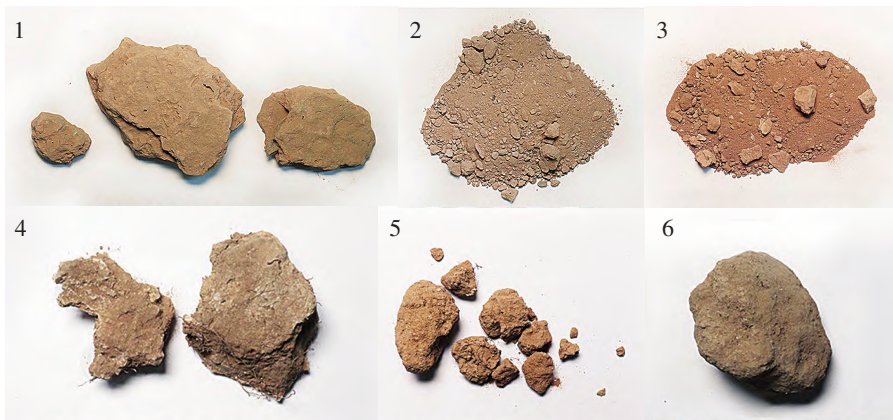
XRD分析：实验所用仪器为日本理学公司Rigaku Ultima IV粉末X射线衍射仪，Cu靶，管电压40kV，管电流30mA，扫描速度 $2^{\circ}/\text{min}$ ，扫描范围 $5^{\circ}-90^{\circ}$ 。

FTIR分析：实验所用仪器为德国Bruker公司生产的LUMOS傅里叶变换红外光谱仪，样品与背景扫描次数：16次。波数范围： $4000-500\text{cm}^{-1}$ ，分辨率： 4cm^{-1} 。

粒度分析：实验所用仪器为德国Microtrac公司生产的S3500激光粒度分析仪，测试范围 $1-2600\mu\text{m}$ ，水介质。

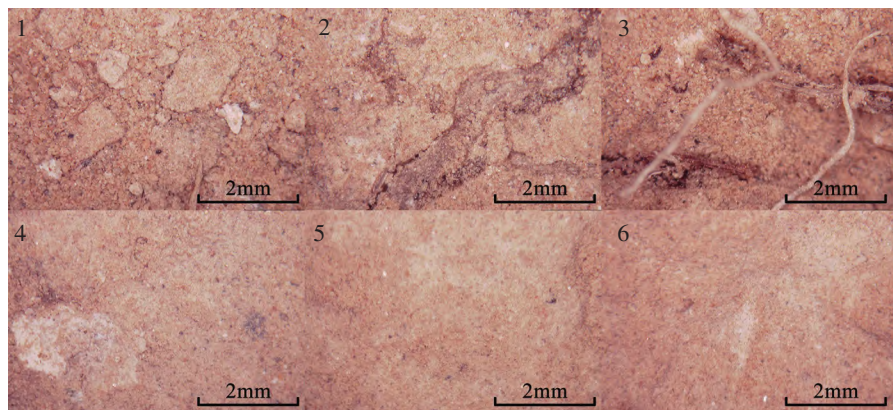
二 分析结果与讨论

50倍超景深显微镜下可见，采集自不同建筑部位的土样，其微观结构特征呈现出显著差异。内、外城城墙的土样矿物颗粒较为粗大，颗粒间杂质含量较多，整体结构疏松，植物根系丰富（图三：1、2），土质特征更接近地表土。（图三：3）建筑内层墙土样虽较细腻，但土体中仍含有较多杂质，土质相对松散。（图三：4）与前两类土壤不同，建筑外立面用土颗粒更加细腻，颗粒间杂质含量较少，整体结构相对纯净、致密（图三：5），土质更为接近生土。（图三：6）



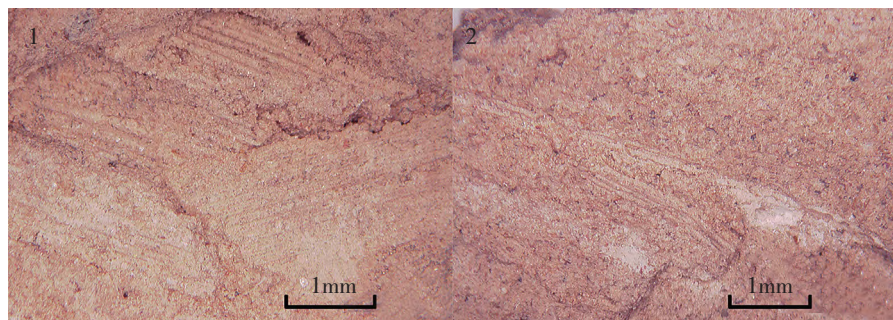
图二 采集土壤样品

1. SMT001 2. SMT002 3. SMT003 4. SMT004 5. SMT005 6. SMT006



图三 不同建筑部位用土显微照片50X

1. 内城城墙 2. 外城城墙 3. 地表土壤 4. 建筑内层墙 5. 建筑外立面 6. 生土

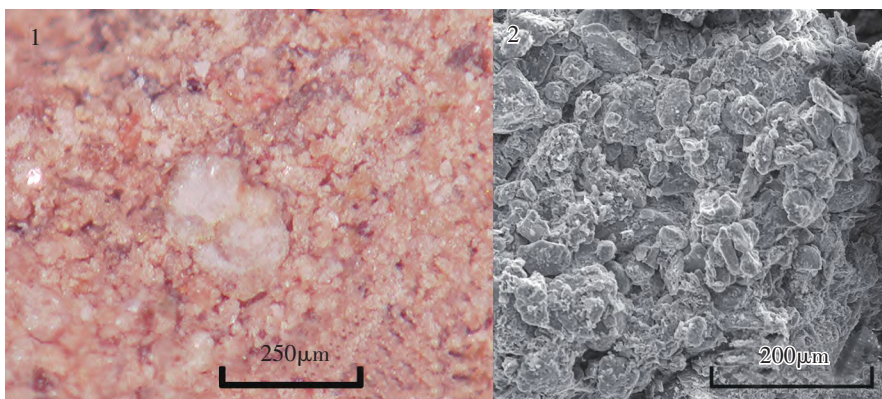


图四 建筑外立面用土的草茎痕迹显微照片50X

1. 皇城台南护墙外立面 2. 外城东门马面外立面

在对外城东门及皇城台建筑外立面所用土样的观测中，均发现了大量掺杂植物茎秆的迹象。（图四）这种加工方式不仅增强了灰浆的胶结性，还提高了结构稳定性，但并未在内、外城城墙用土和墙芯用土中发现。

200倍超景深显微镜下可见，建筑内层墙芯用土的矿物颗粒排列无序，颗粒间联结较为松散

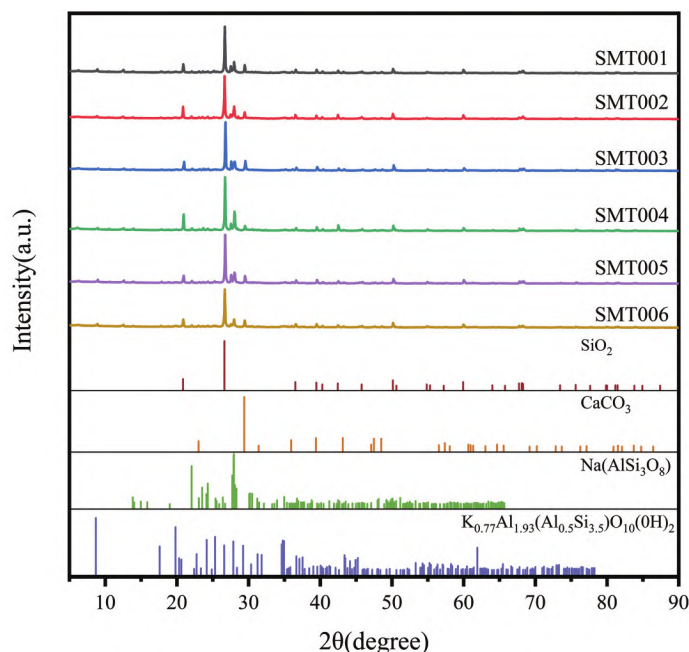


图五 建筑墙芯显微照片

1. 皇城台建筑墙芯 超景深显微镜200X 2. 皇城台建筑墙芯 扫描电子显微镜500X

(图五: 1), 500倍扫描电子显微镜的观察结果也显示, 土壤颗粒间存在大量孔隙, 胶结程度并不牢固。(图五: 2)

XRD分析结果表明, 石峁遗址不同建筑部位用土成分一致, 主要检出矿物包括石英、长石、方解石和白云母, 均为常见的土壤成分, 与当地生土矿物组成一致。



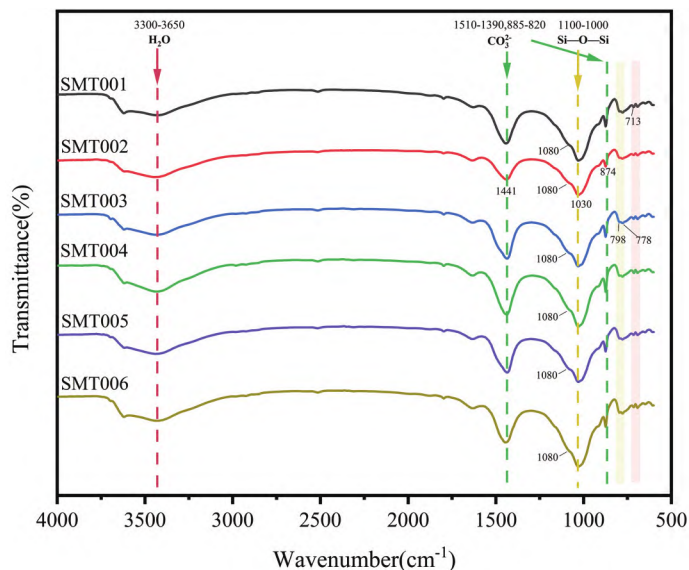
图六 石峁遗址建筑用土XRD结果

(图六)

半定量分析结果显示(表2), 除外城城墙的土样(SMT004)外, 其余样品比例近似。石英(SiO_2)所占比重最大, 平均含量接近80%, 起到骨料作用; 长石与方解石含量分别为11%~15%和6%~10%, 白云母含量较少, 平均低于2%。榆林地区土壤属于黄绵土, 多为黄土夹杂砂土^[6], 主要成分以石英和长石为主, 石英含量较高, 石峁遗址所测土样较为符合当地土壤特征。

相关遗址的分析显示, 郑州商城添加了石灰成分的夯筑灰土内碳酸钙的成分接近30%^[7]; 辽上京遗址添加了石灰材料的皇城夯土内碳酸钙含量也超过了33%^[8]。与此相比, 石峁遗址用土中碳酸钙含量明显偏低, 基本与生土水平相当。这表明, 石峁先民在建筑土料中并未加入石灰基材料, 而是取土直接使用。

FTIR分析表明, 石峁遗址不同区域的建筑用土显示出较为一致的光谱特征。首先, 在波数 3440cm^{-1} 附近观测到水分子的特征峰^[9]。(图七) 其次, 样品在波数 1030cm^{-1} 附近存在显著的特征吸收峰, 同时在 798cm^{-1} 和 778cm^{-1} 附近呈现双峰。这些峰分别对应石英的硅氧四面体结构中Si-O-Si反对称伸缩振动和对称伸缩振动分裂时所产生的特征吸收^[10]。表明石峁遗址建筑用土中的二氧化硅主要以石英形态存在。



图七 石峁遗址不同区域用土FTIR结果对比

表2 石峁遗址土样XRD半定量分析结果

样品编号	主要矿物成分及半定量分析结果(%)			
	石英	方解石	长石	白云母
SMT001	76.65%	7.83%	13.35%	2.17%
SMT002	77.58%	6.29%	14.85%	1.28%
SMT003	78.74%	9.03%	11.43%	0.80%
SMT004	92.58%	0.56%	5.78%	1.07%
SMT005	76.97%	7.23%	13.97%	1.83%
SMT006	77.73%	7.82%	12.38%	2.06%

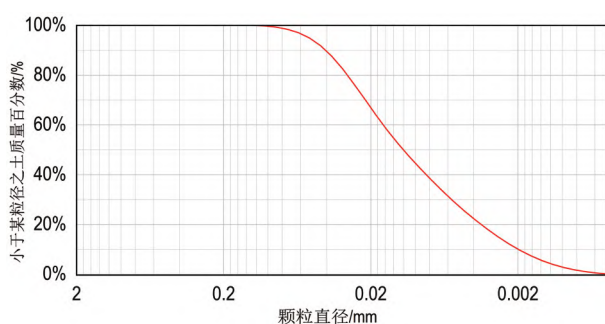
此外,光谱检测在波数 1441cm^{-1} 和 874cm^{-1} 附近检测到较强吸收峰,在 1080cm^{-1} 附近检测到较弱吸收峰, 713cm^{-1} 也存在峰值。在碳酸钙矿物中, CO_3 反对称伸缩振动、面外弯曲振动和面内弯曲振动的特征吸收峰分别位于 1433cm^{-1} 、 878cm^{-1} 和 713cm^{-1} 附近^[11],而方解石的特征拉曼位移也常见于 274cm^{-1} 、 705cm^{-1} 和 1080cm^{-1} 附近^[12]。 1441cm^{-1} 、 1080cm^{-1} 、 874cm^{-1} 和 713cm^{-1} 的吸收峰与方解石的上述红外特征高度吻合,证实了石峁遗址土壤中存在方解石矿物。

上述FTIR分析结果与XRD分析结果基本一致,表明石峁遗址建筑用土的主要成分包含石英和方解石。值得注意的是,不同建筑部位用土在红外吸收峰位置和强度上差异甚微,且其光谱特征与当地生土的特征峰相符。这进一步证实了石峁遗址建筑用土的来源统一,均取自当地土壤。

激光粒度分析结果显示(表3),石峁遗址建筑用土的机械组成高度一致。以皇城台外立面用土(STM001)为例,该例土壤样本中有10.08%的颗粒小于 $2\mu\text{m}$,56.81%的颗粒介于 $20\sim 200\mu\text{m}$,而33.11%的颗粒介于 $200\sim 2000\mu\text{m}$ 之间,这些土壤粒度数据进一步在粒度分布图上得以呈现。(图八)建筑外立面用土的最大粒径为 $148\mu\text{m}$,其中95%的颗粒粒径小于 $52.56\mu\text{m}$,说明土壤颗粒的主体构成为粉粒,与黄土质地的颗粒组成相符^[13]。分析各粒度分布区间后可发现,基本介于1%~6%之间,土壤颗粒主要集中在 $6.54\sim 44\mu\text{m}$,表明土壤颗粒分布较为均匀,集中度较差,土壤颗粒较为细腻,大颗粒较少。另外,小于 $2\mu\text{m}$ 的颗粒占比为10.08%。整体来看土壤颗粒分布较广,细颗粒占主导。不同部位用土的级配结果表明,

表3 石峁遗址建筑用土及生土的土壤机械组成和级配结果

编号	机械组成(%, mm)			Cu	Cc	级配结果
	<0.002	0.02~0.002	2~0.02			
SMT001	10.08	56.81	33.11	8.29	0.97	不良土
SMT002	10.79	58.16	31.05	8.09	0.94	不良土
SMT003	13.83	60.50	25.67	8.12	0.94	不良土
SMT004	13.24	60.44	26.32	8.08	0.94	不良土
SMT005	17.11	61.03	21.86	8.26	0.94	不良土
SMT006	16.58	60.13	23.29	8.30	0.92	不良土



图八 土壤颗粒级配曲线

石峁遗址建筑用土的不均匀系数Cu均 >5 ,级配不均匀,土壤颗粒粗细搭配良好,但曲率系数Cc均 <1 ,级配连续性较差,综合来看,属于级配不良土,但趋近级配良好土的标准^[14]。不同土样的机械组成进行方差检验暗示着不同建筑部位用土与本地生土在机械组成上无显著性差异($\chi^2=6.912$, $df=10$, $p>0.05$),不均匀系数与曲率系数也基本处于同一水平,这同样说明石峁遗址建筑用土的土料来源一致,应属就地取土。

三 砌筑方式与用土特征

根据所处位置及承担功能不同,石峁遗址的石墙可分为外墙及墙芯,其砌筑方式、料石选用及美观诉求存在差异。一种为墙体的外露面,墙体砌筑平整,相邻石块间砌筑整齐,错缝搭接规矩,多数无上下通缝现象,石块之间以黄土灰缝。外墙面的厚度约 $20\sim 50$ 厘米左右,通常为单层石块。用于砌筑外立面的石块多为长方形,外露一面经过细致打磨,形成棱角分明的平整石面,靠内面略经加工。(图九)另一种为墙芯,即外墙面以内的石墙本体,均采用类似“糙砌”或“堆砌”的方法,使用不规则砂岩块石砌筑

后,其缝内用黄土、杂石块填充。(图一〇)这类墙体厚度不一,最大厚度可达4米之多。这类石墙往往与外墙面相辅相成,共同形成独立石墙、护坡石墙(挡墙)或者大型宫室建筑、墩台等重要建筑的墙体。

石峁遗址建筑用土的主要矿物成分为石英、方解石、长石和白云母,其中石英占比最高,其含量显著高于河套地区黄土,说明混杂有大量砂土,受到了邻近毛乌素沙漠的影响。土壤颗粒粒径分布较为均匀,集中度差,导致其力学强度较低。不同建筑部位的土壤特征高度相同,且与遗址内生土样本的特征一致,证实了石峁遗址砌石

建筑的用土均为就地取土。石峁遗址在地质构造单元上属于鄂尔多斯台向斜,地表广泛覆盖第四纪松散沉积物^[15],该类沉积物以黄土为主,分布广、厚度大^[16],为遗址提供了丰富的黄土资源。(图一一)地质勘探显示,皇城台上方黄土堆积厚度超过20米,为营建提供充足的土料。同时,石峁石城的修建用土量巨大,就地取土无疑能显著降低运输成本,提高建造效率。

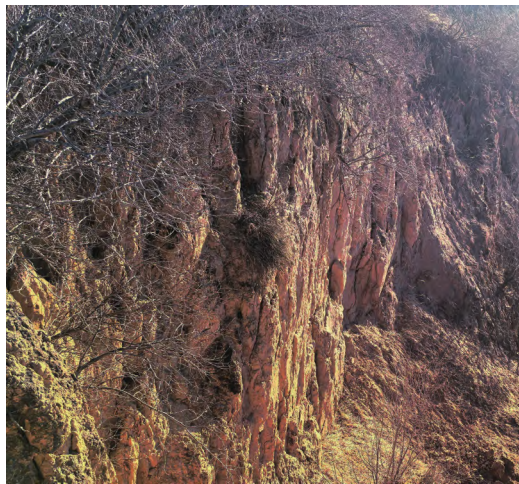
石峁遗址内、外城墙的土壤结构受到了自然环境的显著影响。由于部分城墙长期暴露于地表,植物根系深入石块缝隙,大量昆虫也在缝隙中的土壤内栖息、繁衍,形成了复杂的生物网络。(图一二)这些生物活动不仅扰乱了土壤的颗粒排列,更显著降低了其结构稳定性。内、外城墙用土的特征与地表自然土壤相近,呈黄褐色,土体松散易碎,难以保持完整形态,触之易成粉砂状,手捻具有明显颗粒感。这类土壤中普遍可见现生生物的活动痕迹,如根系残留和昆虫通道,它们对土壤质地和结构的改造作用明显。此外,石峁遗址地属温带半干旱大陆性季风气候区,气候敏感复杂,表现为降水偏少且集中,蒸发偏大,四季分明,春季升温较快且不稳定,夏季炎热且降水集中,秋季降温迅速,冬季寒冷少雨雪^[17]。尤其是冬春季节,受西伯利亚高压影响,冷空气频繁南下,形成寒冷干燥的西北风^[18]。长期风沙侵蚀影响明显,导致城墙石缝间的土壤胶结性逐渐丧失,颗粒间结构愈发松散。综合来看,自然环境中的生物扰动和风化作用共同导致了城墙土壤的物理性质显著退化,



图九 皇城台南护墙建筑外立面



图一〇 皇城台南护墙建筑墙芯



图一一 石碯遗址范围内的黄土堆积



图一二 外城城墙石块间的植物根系与昆虫

稳定性降低。这种退化现象对准确复原城墙原始建造时的用土方式造成了影响。

与出露地表的大部分城墙相比，石碯遗址的部分建筑（如皇城台、外城东门）因深埋于地下，其灰缝及填充用土结构保存相对较好。这类建筑的石墙砌筑整体外立面和墙芯在修筑方式和材料选用上存在明显区别。以皇城台南护墙为例，根据现存遗迹中暴露的砌石与夯土结构可知，墙体整体厚约2~8米，残存高度超过2米，包括了墙体外立面和墙芯，墙体间还结合了“经木”和立柱的结构（图一三），以增强墙体的整体强度与稳定性。

外立面灰缝用土的土色纯净，呈均匀的土黄色，土质细腻且结构紧密，可见植物茎秆的残留痕迹；土样采集后可保持原状，表现出良好的强度特性。而墙芯的填充用土土质较为疏松，颜色不均，以土黄色和褐色为主，并未发现添加植物茎秆的痕迹；少部分土样采集后可保持原状，大多数土块触碰即松散呈细砂状，手捻具有明显颗粒感。此外，墙芯填充用土中包含了多种生活行为遗

留下的杂质，包括少量的兽骨、陶片、炭屑以及红烧土块等。（图一四）

石碯建筑外立面与墙芯所用土壤的差异，反映了石碯先民对建筑功能需求和施工工艺的精准掌握。在石碯石城建造过程中，外立面墙体较薄，用于灰缝的土量相对较少，但对土料的力学性能、稳定性和美观性提出了更高要求。外立面通常采用砌筑方式建造，石块排列整齐，以精细处理的黄土进行灰缝，土质紧密。石碯先民就地取土后，对土料进行了初步筛选与处理，去除杂质，提高土壤纯度和工程性能。为增强土料的粘结性和抗裂性掺入植物茎秆制成草拌泥混合灰浆，这种处理有效减少了土料开裂风险，同时提



图一三 皇城台南护墙立柱洞



图一四 石墙墙芯用土中的兽骨与炭屑

升了墙体整体的强度与稳定性^[19]。

相较之下，石墙墙芯通常较厚，用土量大，且位于隐蔽区域，对土料成色和外观的要求较低。石块间排列不规整，空隙较大，采用泥浆灌注的方式填充缝隙。内层墙用土未经严格处理，直接加水搅拌成泥后使用，土质疏松。同时受大量生活场景影响，混杂着陶片、兽骨和其他生活垃圾碎屑。这种粗放式的处理既节省了材料加工时间，又不影响墙芯承重和功能性的基本需求。

石峁遗址砌石建筑用土的针对化处理方式，充分体现了石峁先民在建筑工艺上的智慧与创造力，在建筑施工中对资源的高效利用以及对建筑功能性的灵活平衡。同时，如此高效率、大体量的工程活动，也反映了石峁统治者卓越的资源整合能力和生产力组织水平，这一能力亦彰显了其统治权威的核心地位。

四 结 语

石峁遗址石砌建筑用土主要由石英、长石、方解石和白云母组成，这些均属于常见的土壤成分。修建过程中建筑用土均为就地取材，并经过简单加工后投入使用。这一结论与石峁石料获取

方式一致，即石料源于就地取材，在采石地点就地加工或运回驻地后加工垒砌^[20]。

针对建筑不同部位在用土量、强度及美观度上的需求不同，石峁先民在建造方式和土料加工处理方面采取了具有针对性的差异化策略。外立面灰缝用土进行了精细化处理，既满足了墙体强度和稳定性的要求，又兼顾了美观性。相比之下，墙芯的

灌注用土选择了相对粗放的加工方式，更加注重施工效率和用料经济性，显著降低了工作量。这种差异化的用土策略，不仅展现了石峁先民在建筑技术上的灵活性和高超水平，还体现了他们在资源利用及施工效率上的深刻智慧。这种因地制宜的方式，是石峁遗址建筑工艺得以持续发展的关键因素。

石峁文化时期，石城聚落大量兴起，这也成为了石峁文化聚落的标志性特征。河套地区的考古调查、发掘确认了超过百处聚落遗址，其中以石城聚落为主^[21]。无论是与石峁同时期的寨山石城，还是略早的寨峁梁石城等，其建筑工艺与用土方式的选择是否与石峁先民有异曲同工之处，尚需通过进一步研究加以验证。

此外，由于城墙建筑长期暴露在地表，其土壤性质受风化和生物活动等自然因素的影响较大，土体结构也发生了改变，削弱了墙体的强度及稳定性，加速了城墙结构的劣化。如何对石峁石城进行保护，已成为后续考古发掘与展览规划中亟待解决的关键问题。

[1] 陕西省考古研究院，榆林市文物考古勘探工作队，神木县文体局，榆林市文物考古勘探队. 陕西神木县石峁遗址[J]. 考古，2013（7）；孙周勇，邵晶，邸楠. 石峁文化

- 的命名、范围及年代 [J]. 考古, 2020 (8); 孙周勇. 公元前 3000—公元前 1800 年北方地区的聚落与社会——以陕西榆林地区考古资料和石峁考古发现为中心 [C] // 早期文明的对话——世界主要文明起源中心的比较. 上海: 上海古籍出版社, 2015.
- [2] Sun Z, Shao J, Liu L, et al. The first Neolithic urban center on China's north Loess Plateau: The rise and fall of shima [J]. *Archaeological Research in Asia*, 2018, 14: 33-45.
- [3] 孙周勇, 邵晶, 邸楠. 石峁遗址的考古发现与研究综述 [J]. 中原文物, 2020 (1).
- [4] 国庆华, 孙周勇, 邵晶. 石峁外城东门址和早期城建技术 [J]. 考古与文物, 2016 (4).
- [5] 国庆华, 孙周勇, 邵晶, 等. 石峁皇城台城门复原和早期城建技术 [C] // 考古学研究 (十三). 北京: 科学出版社, 2022.
- [6] 陕西省农业勘察设计院. 陕西农业土壤 [M]. 陕西: 陕西科学技术出版社, 1982: 32-36; 赵文涛, 王喜宽, 张青, 等. 河套地区土壤矿物组成分析及与各元素的关系 [J]. 物探与化探, 2009 (1).
- [7] 刘效彬, 杨树刚, 张秉坚. 郑州商城遗址出土夯土材料的分析研究 [J]. 文物保护与考古科学, 2016 (4).
- [8] 水碧纹, 张韵, 殷志媛. 辽上京遗址城墙夯土成分及性能研究 [J]. 内蒙古农业大学学报 (自然科学版), 2016 (2).
- [9] 翁诗甫, 徐怡庄. 傅里叶变换红外光谱分析 (第 3 版) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2016: 418-419.
- [10] 翁诗甫, 徐怡庄. 傅里叶变换红外光谱分析 (第 3 版) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2016: 396.
- [11] 翁诗甫, 徐怡庄. 傅里叶变换红外光谱分析 (第 3 版) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2016: 445-447.
- [12] 杜广鹏, 范建良. 方解石族矿物的拉曼光谱特征 [J]. 矿物岩石, 2010 (4).
- [13] 陕西省农业勘察设计院. 陕西农业土壤 [M]. 陕西: 陕西科学技术出版社, 1982: 12-18.
- [14] 孙满利, 王旭东, 李最雄. 土遗址保护初论 [M]. 北京: 科学出版社, 2010: 20-21.
- [15] 陕西师范大学地理系《陕西省榆林地区地理志》编写组. 陕西省榆林地区地理志 [M]. 西安: 陕西人民出版社, 1987: 351.
- [16] 胡珂, 莫多闻, 毛龙江, 曹玮, 王炜林. 榆林地区全新世聚落时空变化与入地关系 [J]. 第四纪研究, 2010 (2).
- [17] 石峁遗址志编纂委员会. 石峁遗址志 [M]. 北京: 方志出版社, 2021: 42-43.
- [18] Li, S.-H., Sun, J., Li, B. Holocene environmental changes in central Inner Mongolia revealed by luminescence dating of sediments from the Sala Us Rivervalley [J]. *The Holocene*, 2012, 22, 397-404.
- [19] 蒯艳娥, 严静, 赵西晨, 凌雪. 陕西唐墓壁画地仗层制作工艺与保存状况的初步研究 [J]. 文博, 2020 (6).
- [20] 贺黎民, 邵晶, 邸楠. 石峁古城石质建筑材料来源探讨 [J]. 考古与文物, 2022 (2).
- [21] 裴学松. 石峁文化聚落形态研究 [J]. 考古, 2023 (10).

(责任编辑: 贺传凯)