

焦家遗址大汶口文化城墙与壕沟使用过程的地学考古观察

饶宗岳 王芬 庄奕杰 武昊 靳桂云

摘要：本文综合运用土壤微形态、粒度分析、植硅体等方法，重建了焦家遗址大汶口文化中晚期城墙与壕沟“兴建-使用-废弃”的完整过程。结果表明，焦家壕沟开挖于河漫滩相粉砂质沉积物上，先民使用开挖壕沟所得的沉积物修筑了第一期城墙。在壕沟使用期间，降水为沟内带来短期流水，土壤侵蚀堆积构成了壕沟内沉积物的主要来源。人类在壕沟附近的活动较为频繁，并利用清淤所得的沉积物修筑第二期城墙。最终，随着壕沟内侧聚落功能变化，先民逐步放松了对壕沟的管理，城墙壕沟先后废弃。在其主要使用阶段，城墙、壕沟客观上发挥着阻挡来水、聚落防御的功能，其社会意义亦不应忽视。

关键词：焦家遗址；壕沟；地学考古；土壤微形态；使用过程

Abstract: Soil micromorphology, particle analysis and phytolith analysis were applied in this article to reconstruct the entire life cycle of the Dawenkou period moat and rammed-earth wall discovered in Jiaojia site, Shandong Province. It is revealed that the moat was excavated on silty alluvium and the sediment obtained from moat construction was used to build the rammed earth wall. During the main using stage, seasonal stream occurred in the moat and soil erosion deposit constitute the main source of the infilling. Human activities near the research area were more frequent and the sediment obtained from dredging was used to build the second wall. With the change of the function of settlements inside the enclosure, management of the moat was gradually stopped, the moat and the rammed-earth wall were both abandoned in the end. In its main use stage, the wall and the moat performed the function of water preventing and settlement defense, and its social significance should not be ignored.

Keywords: Jiaojia site; Moat; Geoarchaeology; Micromorphology; Life-cycle

公元前 3300 年前后是中国史前社会复杂化的重要节点，城址出现是这一时期聚落形态的根本性变化之一。但海岱地区大汶口文化中晚期城址的发现、发掘与研究相对较少，鲁北地区的相关工作则更为缺乏。焦家遗址的发现与系统发掘，为深入了解鲁北地区大汶口文化中晚期的社会复杂化进程与人地关系演变提供

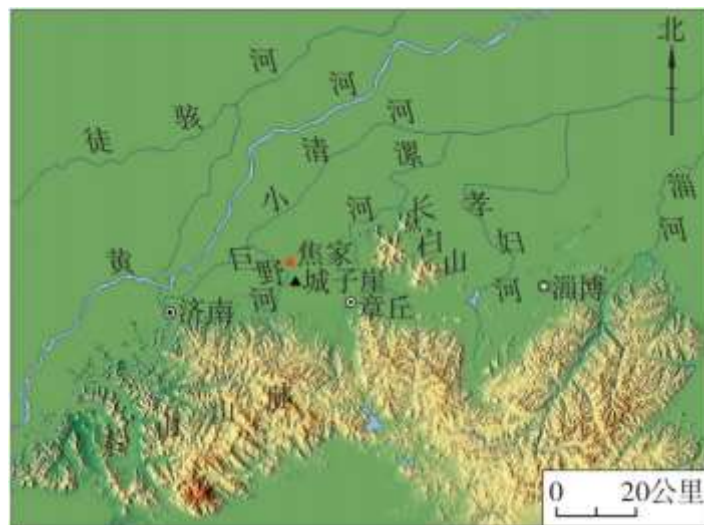
了契机。作为聚落演变过程中的重要组成部分，考察焦家遗址大汶口文化中晚期城墙、壕沟的“兴建-使用-废弃”过程无疑有着重要意义。

近年来，土壤微形态等地学考古手段被引入了史前壕沟研究。考古学家因此得以对地层进行高分辨率的观察，进而有效地复原壕沟内堆积物的形成环境与后生改造过程。目前该方法已被应用于瓦店^[1]、城子崖^[2]、丁公^[3]、凌家滩^[4]等遗址的研究，为壕沟的使用过程、功能性质、水资源管理、周边土地利用变化等问题的探讨提供了新的视角。本文拟运用地学考古方法，对焦家遗址 2017 年度发掘中采集自壕沟内堆积物、城墙和生土的样品开展分析。结合已有的聚落考古成果，我们尝试探讨焦家遗址大汶口文化中晚期城墙与壕沟从兴建、使用、维护到最终废弃的完整过程以及城墙、壕沟使用初期阶段的功能与性质。

一、焦家遗址简介

焦家遗址位于济南市章丘区焦家村西，西南距济南市区 30 公里，东南距章丘城区 20 公里，南距城子崖遗址 5 公里。

按山东省内地貌区划，焦家遗址所在的泰山北侧山前平原地带，属泰鲁沂山北平原区^[5]。自南向北，本区内部的地貌类型依次为：洪积-冲积平原和冲积扇平原、扇缘湖沼低地、河海积平原与海积平原。小清河沿岸的白云湖即为扇缘发育的一系列湖沼之一。遗址具体位于白云湖西南约 5 公里，大体属今鲁北冲-洪积平原向扇缘湖沼低地的过渡地带。



图一 焦家遗址位置示意图^[6]

2016~2017 年度的发掘所见遗存主体属大汶口文化中晚期，其中发现有一周壕沟和夯土城墙^[7]。根据钻探，壕沟所圈围的范围平面形状近椭圆形，在壕沟的东北部有宽约 80 米的缺口，总面积约 12.25 万平方米。



图二 焦家遗址分布范围与发掘区示意图^[8]

城墙叠压于第 6 层（大汶口文化层）下。从夯层的土质、土色、结构等判断，城墙的建造可以分为两期。壕沟位于夯土城墙外侧，发掘区内壕沟与城墙的现存开口高度相比基本持平或略低。壕沟现存宽 25~30、深 1.5~2 米。按照解剖壕沟的 TG4 剖面，壕沟内的填土堆积可以分为五大层。其中 1-4 层均由土色相近的若干小层构成；第 5 层断续分布于壕沟底部，除发现 1 件完整的大汶口文化陶罐外，该层其他包含物很少。

二、采样与方法

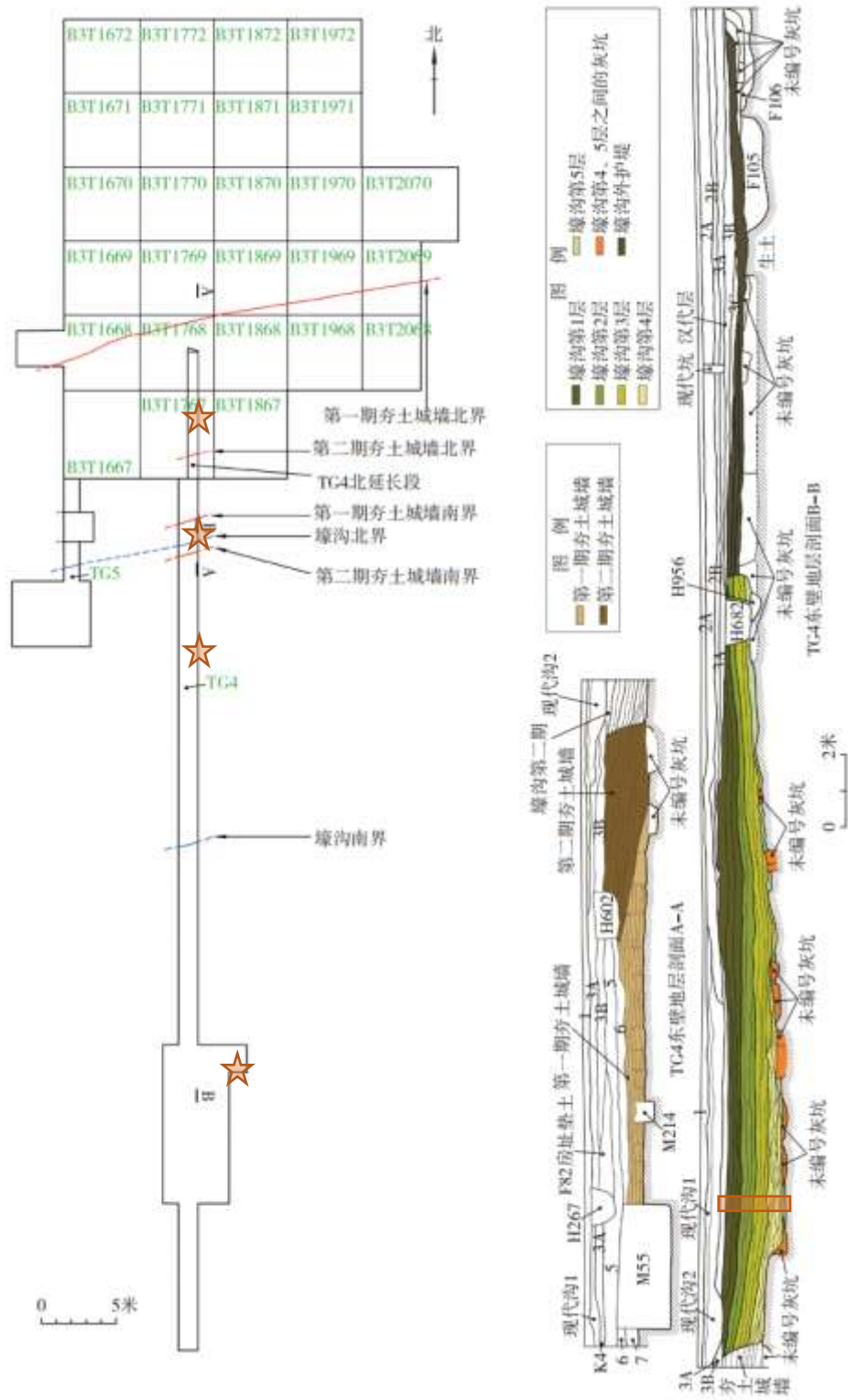
本文所用样品均取自焦家遗址 2017 年度发掘的 TG4 中，包括土壤微形态和全样两类，共计 24 个（份）。

微形态样品 9 个。采样方法是在设计的位置上打压入大小 20×8×4 厘米的铝盒来取下整块非扰动的定向样品。其中壕沟样品 6 个，采自壕沟中部序列，基本涵盖了壕沟从开挖至最终淤满的所有堆积物（图四 A）。城墙样品 2 个，分别来自第一期和第二期城墙的中部（图四 B、C）。生土样品 1 个，采自壕沟南侧 M213 南壁未受人类扰动的生土第 1 层与生土第 2 层^[9]交界处（图四 D）。

全样主要用于烧失量、粒度以及植硅体分析，共 15 份。其中壕沟 13 份、第一期城墙 1 份、第二期城墙 1 份、生土 1 份。均采于同一地层中平行于微形态样品的位置。采集壕沟内样品的方法，是在结合层位的基础上，每层堆积内部以 15 厘米为单位取样。取样地层的田野描述详见表一。

土壤微形态样品被送往北京大学地球与空间科学学院进行处理，制成 8*8cm 与 4*6 两种规格、厚度为 30 μ m 的土壤薄片。随后由饶宗岳在山东大学环境与考古实验室使用 Olympus BX53M 型偏光显微镜在平面偏振光 (Plane Polarized Light, PPL) 和正交偏振光 (Cross Polarized Light, XPL) 下，参照 Bullock^[10] 和 Stoops^[11] 等人的方法对薄片进行观察与记录。

烧失量分析结果是在山东大学地学考古实验室使用马弗炉进行总重损失实验而获得。粒度分析在北京中国科学院地质与地球物理研究所用 Mastersizer2000 激光粒度分析仪进行，每份样品都使用粒度分析仪测量 2 次，必要时重复进行使粒度曲线重复分布。文中所披露粒度数据为样品所有测试结果的平均值，颗粒粒级的划分采用伍登-温德华划分标准^[12]。植硅体样品在山东大学地学考古实验室完成提取、鉴定与定量分析。

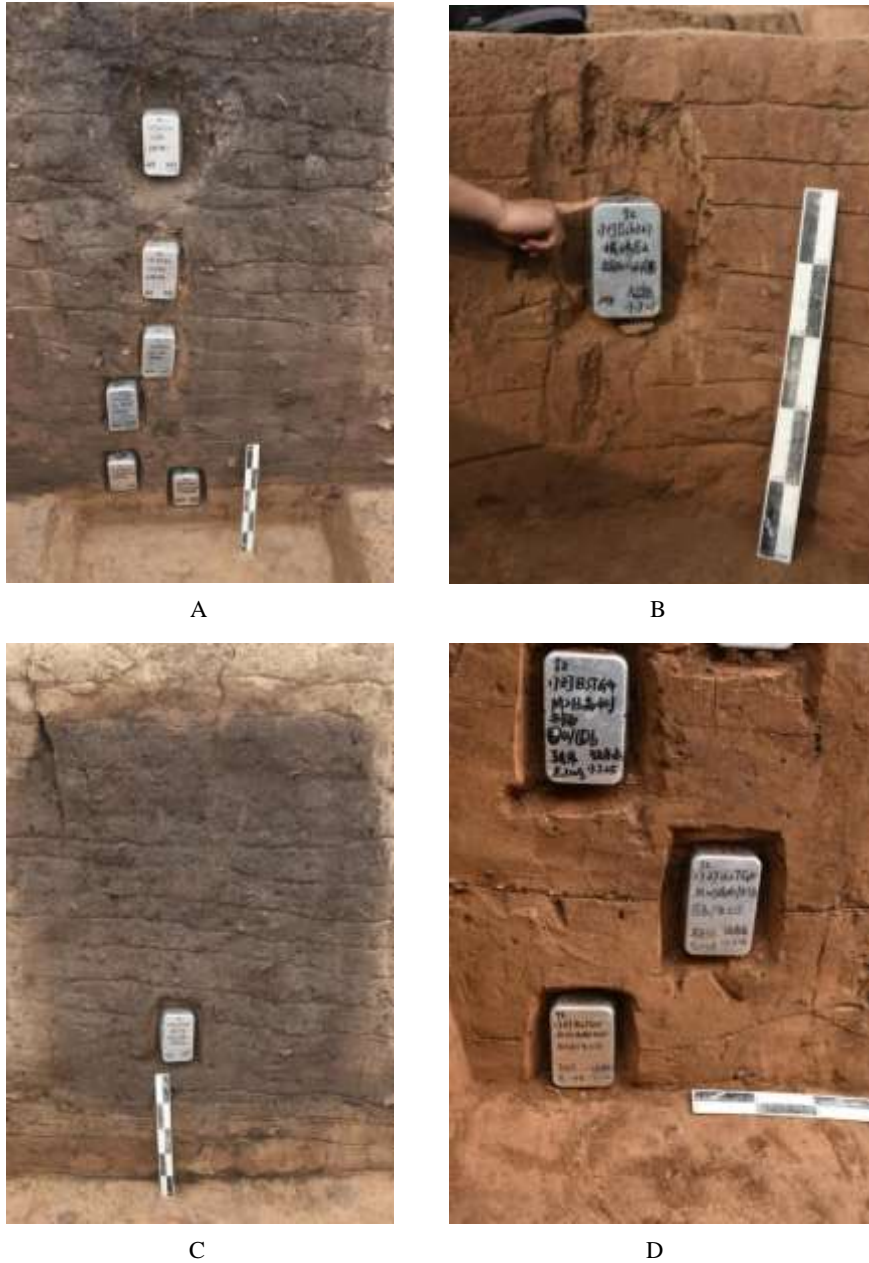


图三 焦家遗址大汶口文化中晚期夯土城墙与壕沟平、剖面图^[13]

(星形标记处为采样位置，自北向南依次为第一期城墙、第二期城墙、壕沟、M213 南壁的采样剖面；矩形标记处为壕沟序列样品的位置)

表一 焦家遗址 TG4 采样剖面野外描述

| 地层单位 | 色号 | 颜色描述 | 沉积特征描述 | 包含物 | 微形态样品编号 | 取样位置 |
|-------|--------------|------|---|--|---------|----------------|
| 壕沟第1层 | 7.5YR 3/1 | 黑灰色 | 黏土，非常致密坚硬。棱块状结构发育，可见较多竖向黄土条带。水平底面，与壕沟第2层间渐变过渡 | 少量陶片、较少的红烧土粒及零星分布的碎骨和碎蚌壳，分布较为均匀；陶片磨圆度低 | ZJ-1 | 壕沟第1层中部 |
| 壕沟第2层 | 2.5Y 5/2 | 灰黑色 | 粉砂质黏土，较为致密坚硬，质地较均一；水平底面，与壕沟第3层间渐变过渡 | 少量陶片及红烧土，在该层内分布不均，密度自上而下递减。 | ZJ-2 | 壕沟第2层中部 |
| 壕沟第3层 | 2.5Y 6/3 | 灰褐色 | 粉砂，较以上两层较为疏松，质地较均一；水平底面，与壕沟第4层间突变过渡 | 少量陶片及红烧土，在该层内分布较均匀，另有一大石块分布于地层中部 | ZJ-3 | 壕沟第3层中部 |
| | | | | | ZJ-4 | 壕沟第3、4层交界处 |
| 壕沟第4层 | 2.5Y 7/3 | 灰褐色 | 粉砂，整体疏松稍软；包含众多透镜体状微地层；与壕沟第5层间突变过渡 | 较少量陶片及红烧土，在部分区域近水平层状分布，部分区域仅有零星分布或没有分布 | ZJ-5 | 壕沟第4、5层交界处 |
| 壕沟第5层 | 10YR 5/1 | 浅灰褐色 | 粉砂，细密稍软，混杂有少量灰白色土块；与生土间突变过渡 | 几无明显包含物，在壕沟底部最深处出有一陶罐，基本完整，口朝下倒扣于壕沟底部 | ZJ-6 | 壕沟第5层与生土交界处 |
| 生土第1层 | 2.5Y 7/6 | 灰褐色 | 粉砂，分选较好，结构较疏松，质地均一 | 少量料礓石 | ZJ-7 | 生土第1层与生土第2层交界处 |
| 生土第2层 | 2.5Y 8/6 | 灰黄色 | 粉砂，分选好，结构疏松，微具水平层理 | 极少量料礓石 | | |
| 第一期城墙 | 10YR 6/6 | 黄褐色 | 粉砂，土质细密较硬 | 无可见包含物 | ZJ-8 | 第一期城墙堆积中部 |
| 第二期城墙 | 10YR 4/1 | 深灰褐色 | 粉砂，土质坚硬致密 | 较少陶片、兽骨、红烧土粒，随机散布于整层堆积内，无特定排列方向 | ZJ-9 | 第二期城墙堆积中部 |



图四 焦家遗址土壤微形态采样剖面照片

A.壕沟剖面 (ZJ-1 至 ZJ-6) ; B.第一期城墙剖面 (ZJ-8) ; C.第二期城墙剖面 (ZJ-9) ; D.M213南壁 (本文选用了最底部的生土样品, ZJ-7)

三、结果与分析

(一) 土壤微形态结果

1.生土

生土第2层的基质以分选较好的中粉砂-粗粉砂级矿物颗粒为主(图六A)。包含物中,黏土团块多经磨圆,呈次棱角状或次圆状;钙质团块亦多呈次圆状。

二者均具有明显边界，应为经过一定距离搬运后，与矿物颗粒一同沉积的次生团块^{[14][15]}；贝壳碎片在尺寸与分布形式上和以上物质相似，亦应为“侵蚀-搬运-再沉积”过程的结果。切片中孔隙较少，土壤结构弱发育，可见较多铁质浸染黏粒胶膜、碳酸钙半胶膜，少量铁质浸染结核。综合以上特征，本层沉积物可能为土壤弱发育的河漫滩相沉积物。

相比之下，生土第 1 层中分选很差的矿物颗粒构成了基质的主体，矿物颗粒、钙质团块与黏土团块等包含物散布并镶嵌其中（图六 B）。切片中的土壤结构与孔隙较生土第 2 层更为发育，土壤形成物以铁质浸染的黏粒胶膜、钙质半胶膜、不规则形铁质浸染结核、钙质结核为主。田野工作表明，焦家壕沟所打破的生土其层面自南向北缓斜。因此，生土第 1 层所反映的沉积物可能主要是坡地过程形成的坡积物，在坡面相对稳定后逐渐有土壤发育。这说明在焦家先民到来之前，至少是 TG4 南段附近区域的地表起初可能会受到坡面流水的侵蚀，并不十分稳定；随后这种坡面侵蚀过程似乎有所减弱。

2.壕沟内沉积物

（1）壕沟下部（5、4 层）

壕沟第 4 层、第 5 层的土壤微形态观察结果较为相似。基质均由中粉砂-粗粉砂级的矿物颗粒构成。中砂-粗砂级的矿物颗粒、粘土团块、炭化植物组织、动物骨骼碎片、陶片碎块、碳酸钙团块等包含物镶嵌于基质中（图六 C），整体分选较差且呈非定向排列，表明曾经历过短距离搬运。粘土团块的磨圆度较高，多呈次圆状或圆状，其沉积过程可能有流水参与（图六 D）。因此，前述粘土团块及其他尺寸相近的包含物可能主要是受地表径流冲刷而从周边地表、壕沟边坡等处进入壕沟。但又因切片中不见典型坡地过程产物的常见特征^[16]，故壕沟内堆积物在最初形成后应或多或少地受到过流水的改造。

铁质浸染结核（图六 E）的出现表明堆积形成后曾经历过一个饱水阶段。但由于在切片中并未观察到铁被耗减（depletion）的区域^[17]，所以此时壕沟内应该并未长期处于饱和水环境下，相对湿润的沉积环境每次出现并不会持续很长时间，可能仅以天计算^[18]。

切片中的粉砂黏粒胶膜和结皮也能为壕沟内干湿交替的水文状况予以佐证。在 XPL 下，有的胶膜缺乏显著的双折射特征（图六 F），表明内部颗粒的分选较差且以非定向的形式排列^{[19][20]}，应形成于地表径流快速下渗，水中携带的颗粒来不及进行分选便发生沉积的环境下^{[21][22][23][24][25]}。部分胶膜所见明显的分层特征则指示着这种沉积过程曾多次发生。切片中也可以发现分选相对较好的粉砂黏粒胶膜（图六 G），或许说明壕沟内水流的能量并不稳定。

在切片 ZJ-5 中，我们观察到数层结皮在垂直方向上按一定间隔排列。它们多呈水平且连续的层状结构，自下而上颗粒渐细，底部以粉砂粒级的矿物颗粒为主，向上过渡为顶部的黏土，与上覆沉积物之间的边界较为清晰（图六 H）。这类结皮又称“沉积壳（sedimentary crust）”，是水体快速干涸后，流水中的细颗粒物在地表递次沉积的结果^[26]。因此连续多层结皮的出现，表明携带泥沙的水体出现并随后干涸的现象在壕沟内曾反复发生。

切片中的碳酸钙土壤形成物，除前述经过二次堆积的碳酸钙团块以外，主要包括少量的碳酸钙半胶膜和碳酸钙结核（图六 I）。二者均为土壤淋溶钙积过程的产物。在季节性的淋溶条件下，土壤中的钙等易溶性物质被下渗的水体淋洗，经过系列过程最终形成重碳酸钙溶液在土壤中移动；随着干燥环境的到来，土壤溶液蒸发，碳酸钙便在土壤中发生结晶形成前述的碳酸钙土壤形成物^[27]。它们的出现也佐证了本阶段壕沟内沉积环境具有干湿交替的特点。考虑到钙等矿物的易溶性，碳酸钙形成物在土壤中得以保存下来，或许表明壕沟中还可能存在着较长时间的干燥环境。



图五 壕沟第 5 层底部出土的大汶口文化陶罐

如前所述，壕沟第4、5层的切片中可见较多经坡地过程进入壕沟的中-粗砂粒级人工遗物碎块（图六J），这可能反映了当时壕沟周边区域较高的人类活动频率。同时，在壕沟的发掘过程中，第4层出土陶片、石器、兽骨等遗物最多；第5层由于堆积较薄，出土遗物较少，但也发现有一个完整的陶罐倒扣于壕沟底部，表明这一时期壕沟周边区域的人类活动可能相对较为频繁。但是，壕沟第4、5层中观察到的较多根孔、虫孔和粉砂黏粒胶膜，表明这一时期壕沟内沉积物在形成后可能曾作为地表存在，即使被埋藏也可能与地表相去不远，说明壕沟的堆积速度或许相对较慢。这或许与在壕沟开挖初期，人们对沟内进行的清理维护有关；也可能暗示着此时进入壕沟的物质也相对较少。后者又可分为至少两种情况：首先是在地表径流与坡面流水的作用下，来自周边地表与坡面的物质减少，背后可能是人对于这些部位的有效管理与维护；其次可能说明在焦家先民的认知中，壕沟当时并非倾倒垃圾的场所，故未向沟内集中、系统地堆填大量垃圾。

从图三可知，壕沟第4层叠压了一批打破壕沟第5层的灰坑。灰坑多呈浅盘状，宽约20-40厘米、深约15-20厘米，其内填土与壕沟内堆积区别较为明显，可能为原灰坑受人类行为破坏后残存的底部。这些现象或许暗示着一次清淤行为的存在。但微形态观察显示，壕沟第5层和第4层堆积形成时，壕沟内沉积环境并没有发生显著变化，因此，这次清淤或许是为了维持壕沟的形态，可理解为壕沟内部管理行为的一部分。

剖面中壕沟下部的堆积过程最终结束于壕沟第3层与壕沟第4层的交界处。此处的切片里，土壤基质充满了由非均质物质组成的土壤团块。这是人类使用工具将土壤切割、破碎后，再对已形成的土壤团块进行剧烈翻动与混合的结果^[28]。具体到壕沟内，古人这种对土壤进行翻动的行为很有可能和清淤有关，壕沟第4、3层间清晰的地层交界面可能就是此次清淤行为的遗迹。值得注意的是，被翻动的土壤团块中常可见因铁被淋失而呈白色的区域（图六K），表明这部分沉积物在堆积发生之后曾较长时间处于水饱和环境下^[29]。这种水饱和环境的出现，究竟是壕沟整体的水文状况发生了突变，抑或只是壕沟内局部区域小范围的水文变化（类似现代沟内出现一处积水滞留较长时间的水洼），仍需对壕沟其他区域采样分析后才能展开进一步的讨论。

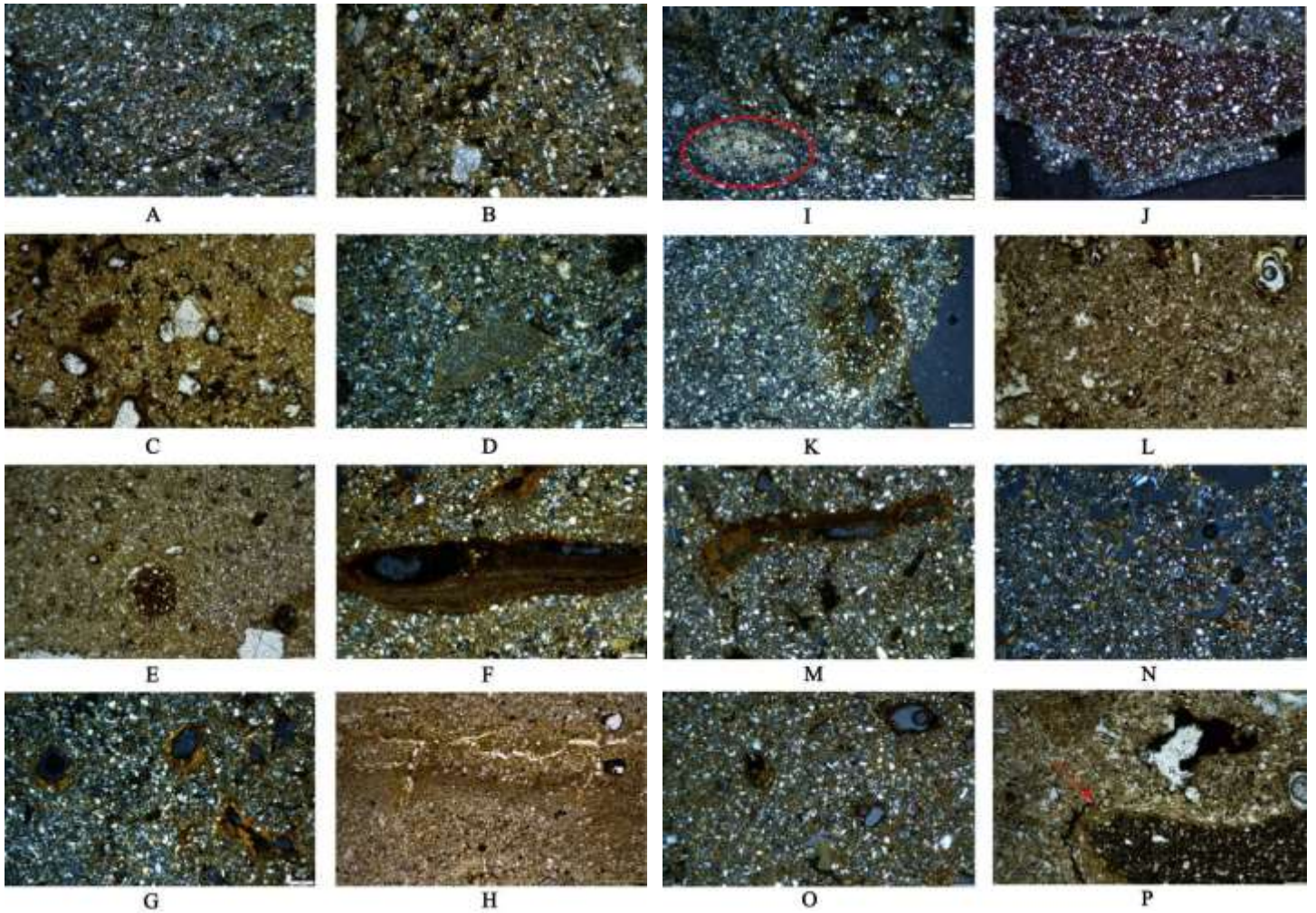
（2）壕沟上部（3、2、1层）

在这次的翻动之后，壕沟的堆积进入了一个新的阶段。在壕沟第 3、2、1 层的切片中，基质同样以矿物颗粒为主，但具有更好的分选（图六 L），表明壕沟内存在水动力条件下的沉积环境^[30]。矿物颗粒粒径逐渐变细，极细粉砂至中粉砂粒级所占比例明显上升，则可能是壕沟中水流能量减弱的结果。本阶段切片中仍可见到中-粗砂粒级的石英颗粒、黏土团块、人工遗物碎块等包含物镶嵌于基质内。但相较于壕沟下部，壕沟上部切片中人工遗物碎块的数量已明显减少，或许说明壕沟周边区域人类活动频率已经降低。

在加积不断进行的同时，壕沟内的土壤化进程依旧持续。切片中仍然可见到原生铁锰结核的发育；粉砂黏粒胶膜相对少见（图六 M），部分可见分层，表明壕沟中的沉积环境依然处于干湿交替的状态。碳酸钙土壤形成物则已不见，表明堆积形成后的环境可能较前更为潮湿^{[31][32]}。与壕沟下部一样，本阶段切片中未见铁被还原而形成的灰白色区域（图六 L）。因此，这一时期沟内的流水应该依旧是季节性的，干旱时期壕沟底部的沉积物可以暴露在空气之下，壕沟的沉积环境总体而言仍然处于持续的干湿转换中，

在壕沟第 1 层的切片中还可观察到较多光性黏粒胶膜（图六 N），这可能与壕沟堆积末期地表相对稳定情景下的土壤化过程有关。但是，本层被具有较明显土壤发育特征的汉代地层所叠压，野外观察可见两层堆积间呈渐变过渡，边界不清，汉代地层土壤发育可能已经对本层造成影响。所以有理由怀疑，壕沟第 1 层的光性黏粒胶膜也可能是汉代或以后土壤发育过程的产物，故暂不作讨论。

综合田野发掘和显微镜观察结果，壕沟第 3、2、1 层的沉积序列表现出了很好的连续性，未见明显的沉积间断或沉积环境的突然变化。因此可以推测从第 3 层开始，壕沟或许已经进入了一个持续的加积阶段，先民对于壕沟内部的清理已明显减弱，甚至基本停止。



图六 A.ZJ-7 下部（生土第 2 层）分选较好的基质，XPL；B.ZJ-7 上部（生土第 1 层）分选较差的基质，XPL；C.ZJ-5 下部（壕沟第 5 层）的大尺寸石英颗粒，PPL；D.ZJ-5 下部磨圆度较高的粘土团块，XPL；E.ZJ-5 下部的铁质浸染结核，PPL；F.ZJ-5 下部的粉砂黏粒胶膜，具微层理；缺乏光性特征，XPL；G.ZJ-5 下部的粉砂黏粒胶膜，略具光性特征，XPL；H.ZJ-5 下部的粘土结皮，XPL；I.ZJ-5 上部（壕沟第 4 层）中的碳酸钙土壤形成物（红圈处），XPL；J.ZJ-5 上部的陶片碎块，XPL；K.ZJ-4 中（壕沟第 3、4 层交界处）土壤团块中因铁被淋失而呈灰白色的基质，XPL；L.ZJ-3（壕沟第 3 层）分选更好的基质，PPL；M.ZJ-2（壕沟第 2 层）中缺乏光性特征的粉砂黏粒胶膜，XPL；N.ZJ-1（壕沟第 1 层）中分选较好的基质，孔隙周边发育有透亮的粘粒胶膜，XPL；O.ZJ-8（第一期城墙）中的基质，不见经强烈压实作用产生的裂隙，XPL；P.ZJ-9（第二期城墙）中的基质，不见经强烈压实作用产生的裂隙，视野底部有一陶片碎块（红色箭头处），PPL。

3. 夯土城墙

第一期夯土城墙的堆积与生土的微形态观察结果表现出了较高的相似性，第一期城墙的切片中，基质主要为分选较好的矿物颗粒，主要矿物种类按比例高低

排序依次为石英、黑云母、白云母、斜长石、微斜长石。以上特征均与生土的微形态观察结果相接近。包含物也主要为生土样品中多见的黏土团块、碳酸钙团块和目前只见于生土样品中的贝壳碎片。根据以上线索，焦家遗址第一期城墙所用原料很可能来自墙体附近的生土。

Cammas 系统研究了原史时期及历史时期土质建材的微形态特征^[33]，其中夯土的主要特征是沉积物在干燥环境下经历了强烈压实，普通土墙所经历的压实作用明显更弱。由此可知，如果经历了细致扎实的夯打，受夯土壤中已有的孔隙等微结构应该会受压实而发生变形，土体也会破碎并发育众多裂隙（fissural microstructure）。但是，在焦家第一期城墙的切片中生物活动形成的长条形孔道等微结构和土体均未受明显破坏（图六 O）。这或许说明先民修建城墙时，只是对沉积物加以平整并略加夯实，未像城子崖岳石城墙^[34]等海岱地区相对晚期的城墙一般进行细致而扎实的夯打。但仍需对城墙进行更多的发掘工作并开展进一步分析后，才能对此进行深入讨论。

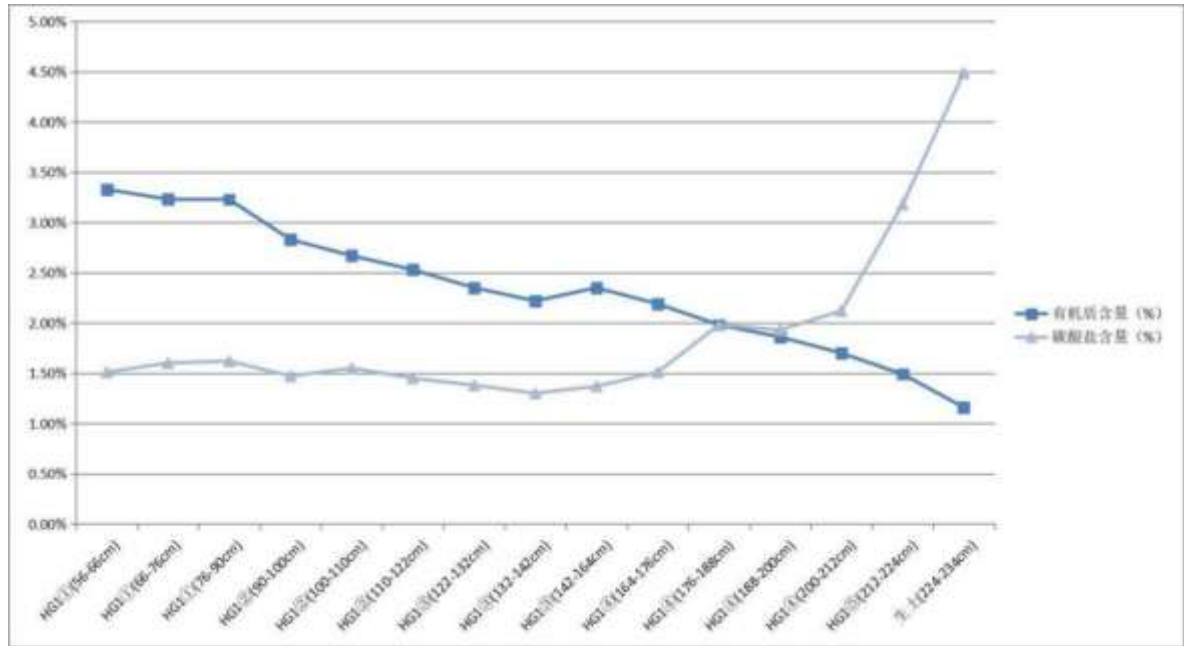
第二期城墙切片中的基质主要为分选较差的中粉砂-粗粉砂粒级的矿物颗粒（图六 P），矿物种类按比例高低排序为石英、黑云母、白云母，与壕沟下部堆积的微形态观察结果较为一致。除骨骼碎片、陶片碎块等人工遗物外（图六 P），切片中还发现有少量的碳酸钙半胶膜，这种土壤形成物目前只在壕沟下部的切片中有所发现。因此，第二期城墙的用土有很大可能来自壕沟内部。

又因城墙被壕沟第 1 层至第 4 层所叠压（图三），所以第二期城墙的兴建应早于壕沟第 4 层的形成，具体可能发生在壕沟第 4 层与壕沟开挖完成之间。壕沟第 4 层与壕沟第 5 层间疑似清淤的迹象，便或许与取土修建第二期城墙有关。

在切片中，第二期城墙的堆积物也可见较多未被破坏的孔隙，表明其亦未经过细致夯打。加之剖面显示第二期城墙的地层向壕沟方向缓斜，形态较第一期城墙更不规则，先民可能是将壕沟中清理所得的土堆筑在今第二期城墙的位置，对其进行平整、加固后即告完工。

（二）烧失量结果

烧失量结果表明，剖面自下而上，沉积物中的碳酸钙含量呈递减趋势。壕沟底部的自然沉积物碳酸钙含量最高，自第 4 层顶部开始，碳酸钙含量明显减少。

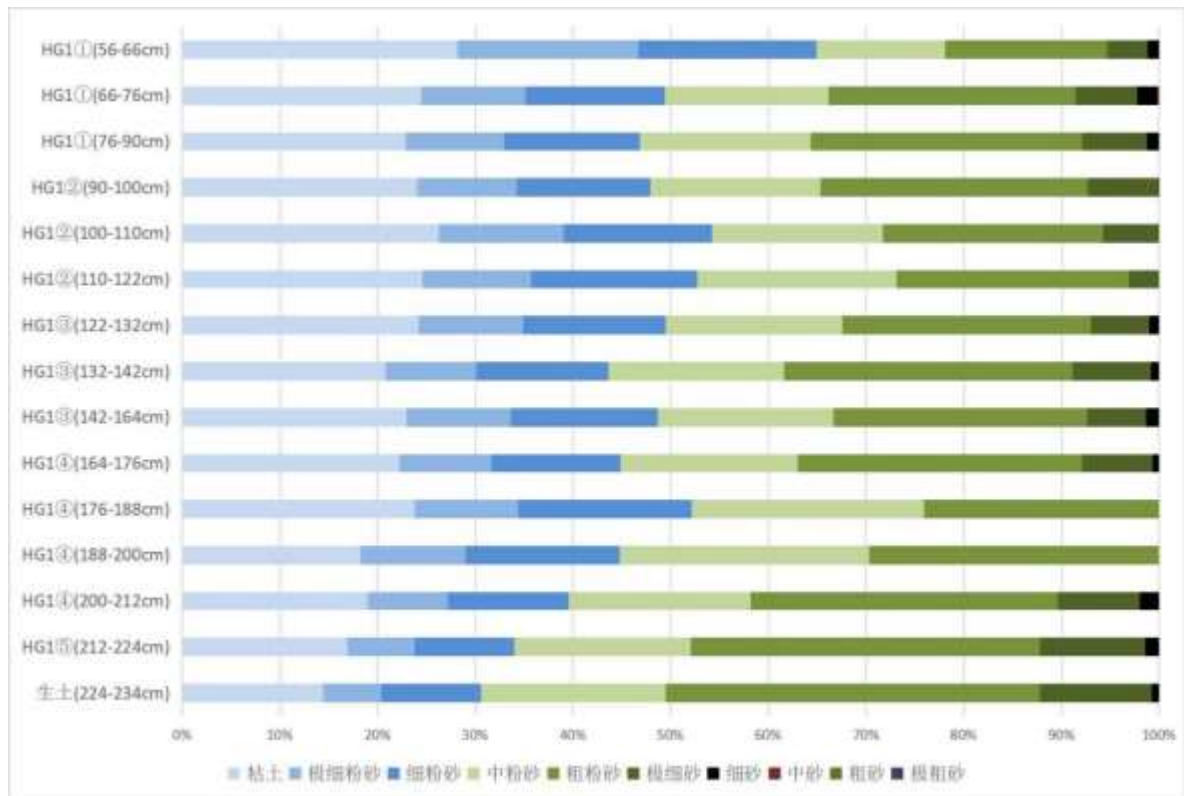


图七 焦家遗址大汶口中晚期壕沟的烧失量分析结果

这较好地支持了前文微形态的观察结果，表明在壕沟上部的切片中没有发现碳酸钙土壤形成物并非完全是由于观察的偶然性，更有可能是沉积环境发生变化的结果。壕沟第4层以上，碳酸钙含量的曲线较为稳定，也从侧面证明第1、2、3层堆积应该是一个连续过程。此时壕沟内的沉积环境可能较为稳定，可能整体较前更加泥泞潮湿。壕沟第4层顶部碳酸钙含量突然降低，一方面可能与切片中观察到的壕沟第3、4层间的积水事件有关；另一方面，也可能说明此时壕沟内的水文条件已经开始与此后的壕沟第1、2、3层相似，变得较为泥泞、潮湿。

（三）粒度分析结果

粒度分析数据反映了壕沟内沉积物自早至晚颗粒逐渐变细的趋势：早期阶段（壕沟第4、5层）沉积物中粉砂粒级以上的粗颗粒组分明显更多；至晚期阶段（壕沟第3、2、1层），沉积物中粘土等细颗粒组分出现了稳定但明显的增长。



图八 焦家遗址大汶口中晚期壕沟的粒度分析结果

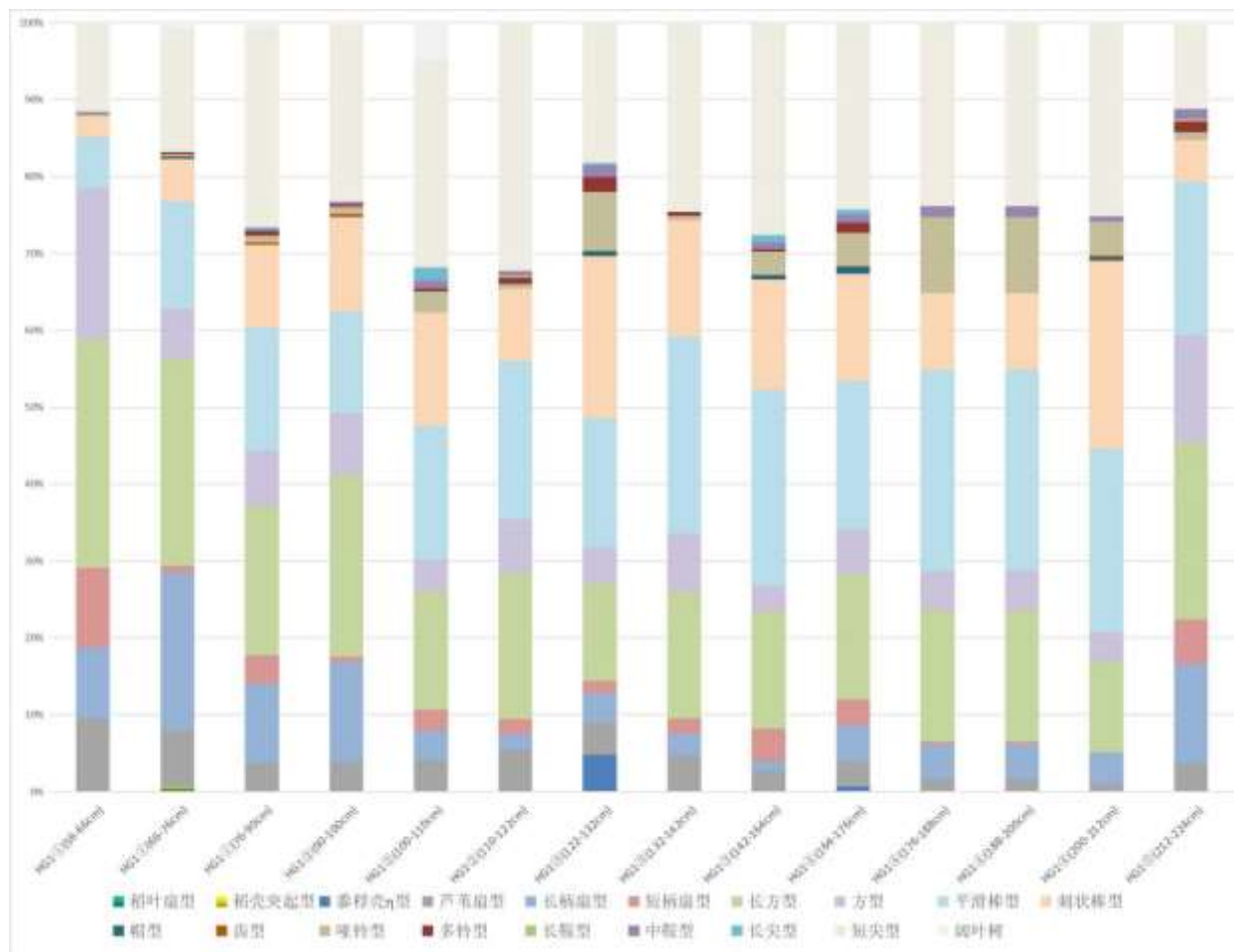
壕沟早晚之间这种粒径上的差异可能意味着早期阶段壕沟中的水流具有比晚期更高的流速。壕沟第3层以上，沉积物中的细颗粒组分增加，表明随着壕沟持续加积，沟内径流的流速已逐渐减慢。此时人们可能已经减少甚至停止了对壕沟内部的清理。壕沟加积带来的另一个影响是边坡坡度的减缓。随着坡度降低，坡面流水的能量降低，导致携带颗粒物的粒径减小；崩塌等过程中固体颗粒的位移距离也减少，可能更多地堆积在坡底附近，而无法直接抵达壕沟中部的采样位置。此时流速更低的径流也只能将较小尺寸的物质向壕沟中部搬运。从而也可能在一定程度上导致壕沟第1、2、3层粒度数据中细颗粒组分增加。

(四) 植硅体分析结果

壕沟各层土样中植硅体含量均较丰富，但在土壤切片中所见的植硅体均为单个出现、零星散布于基质中，表明这些植硅体可能并非原地沉积，而是已沉积的植硅体经历了流水、生物、人类活动等各种后生过程的改造后被搬运至此的结果。

壕沟内的植硅体以不具种属指示意义者居多，可鉴定种属者分为农作物、非农作物两类。农作物主要为黍稷壳 η 型，在壕沟第3层与壕沟第4层的顶部出现；

在壕沟第 1 层中部发现有水稻扇型、水稻双峰型植硅体各 1 粒。非农作物主要为芦苇，除在壕沟底部的壕沟第 5 层相对集中外，自壕沟第 4 层向上，其所占比例逐渐升高。



图九 焦家遗址大汶口中晚期壕沟的植硅体分析结果

由于壕沟内的植硅体受后期改造严重，其原始情境（Context）显然已经不存在。因此剖面中黍 η 型植硅体的出现或许只能说明遗址中存在对黍的利用行为。相关问题在焦家遗址的系统植物考古工作中已有较详细的论述^[35]。在壕沟第 1 层中部我们发现了发育于稻稃壳的双峰型植硅体和发育于稻叶片的特征扇形植硅体各一个。目前焦家遗址尚未发现过稻的植物遗存，但由于有且只有这一例，各种可能的干扰因素无法被排除，故本文对此不做讨论，仅将结果披露于此。

剖面中芦苇扇形植硅体的比例与壕沟的加积过程之间在整体上呈较为显著的正相关关系。作为史前人类最常利用的非驯化植物之一，人类活动当然也可能为壕沟中带来含有芦苇植硅体的物质。但是这种可能性在壕沟的整个使用过程中

应一直存在。田野发掘和微形态观察均显示壕沟下部的人类活动强度应高于壕沟上部，但人类活动强度更高的时期，芦苇植硅体显然并未增多（图九）。剖面中人类活动强度的变化事实上没有打乱芦苇扇形植硅体比例与壕沟加积过程之间的相关性。因此，壕沟上部堆积中喜湿的芦苇植硅体比例的增加，可能也暗示了随着壕沟的不断加积，沟内环境也逐渐变得潮湿。

四、相关问题讨论

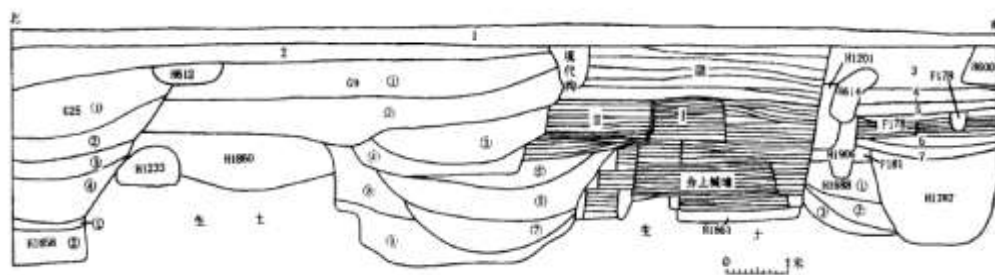
（一）城墙与壕沟的使用过程重建

综合田野发掘和实验室分析结果，焦家遗址大汶口文化中晚期城墙与壕沟的使用过程可划分为如下三个阶段：挖沟与筑墙、清理与维护、淤塞与废弃。

1. 第一阶段：挖沟与筑墙

在 TG4 的发掘区域内，生土主要为河漫滩相粉砂质沉积物，其层表为一自南向北渐低的缓斜面，壕沟南侧生土顶面较北侧高出接近 1 米。先民应在南侧地势较高处开始壕沟的挖掘，同时以土在北侧筑墙。通过借用部分城墙墙体与南侧开挖的沟坡，可以共同围限成一个宽约 25 米，深不低于 2 米的壕沟主体（现残存第二期城墙顶部至壕沟最深处高差约 2m）。

这种于斜坡上开挖壕沟，在壕沟靠近聚落一侧地势相对较低处修筑城墙，并将城墙墙体外侧作为壕沟边坡的思路，在距今 5300 年前后的中国北方并非孤例。郑州西山遗址^[36]TG5 剖面中最早期的壕沟就开挖于生土上，并在壕沟内侧筑有城墙。壕沟两侧的生土地表也呈外高内低的地势；在壕沟修筑过程中也存在借用墙体作为壕沟一侧边坡的现象（图一〇）。



图一〇 西山城址 TG5 剖面图^[37]

开挖完成后，壕沟内部的沉积环境处于持续干湿变换之中，沟内干燥环境持续时间较长，而潮湿环境的出现可能与降水关系更为紧密。在潮湿环境下，坡面流水与沟内径流同时发生，将周边地表的物质搬运进壕沟，也对壕沟内此前已形成的沉积物进行改造。进入干燥时期，壕沟内的水体将会逐渐干涸，沟底的堆积物将得以暴露在空气之中。

随着壕沟的持续使用与淤积，先民组织了一次大规模清淤。壕沟第4层下打破壕沟第5层的浅盘状灰坑和在壕沟底部断续分布的第5层或许正是各自上半部分受清淤破坏后的残余。

2.第二阶段：清理与维护

壕沟第5层、第4层之间的清淤行为结束后，人们利用清淤所得的沉积物在第一期城墙的基础上增筑了第二期城墙，第二阶段随之开始。

本阶段先民可能仍有意维持着壕沟原有的形态与功能。人类在壕沟附近的活动已较为频繁，可能会向壕沟内投入生活垃圾，同时也在有意识地对壕沟内部进行清理以延缓壕沟的加积，维持壕沟的形态与功能。壕沟内有植物生长等生物活动；但可能由于人类对于壕沟经常性的清理，植被并不茂盛，地表也因此存在较多松动颗粒物。

在降水带来的潮湿环境中，壕沟周边区域及边坡会受到流水的冲刷并造成地表物质的“侵蚀-搬运-再沉积”，是为沟内堆积物的主要来源。发掘现场和切片中所见到的陶片、兽骨等遗物也可能经由这一过程进入壕沟。但整体而言，壕沟内仍存在相对较长时期的干燥环境，这或许与这一时期遗址周边的微环境有关；但也可能在很大程度上得益于先民对壕沟的清理与维护，使得壕沟内排水较为通畅。

在这些因素的共同作用下，壕沟内的加积相对缓慢。随着壕沟进一步加积至不低于今壕沟第4层顶部后，先民对壕沟进行了又一次清淤。此次清淤也是壕沟剖面中所能明确观察到的最后一次清淤行为。

3.第三阶段：淤塞与废弃

随着壕沟第4层、壕沟第3层间清淤活动的结束，人们也似乎放松了对壕沟的管理。

这一阶段，壕沟中的干湿交替环境仍然持续，沉积机制也没有发生根本性变化。在潮湿时期，坡面流水仍旧在向沟内汇聚，并将从周边地表和边坡上搬运的物质沉积下来；沟内径流则继续对这些沉积物进行新的改造。在干燥时期，沟中的水基本干涸，最终使沟底的沉积物暴露于空气之中，直到下一次的降水到来。但是可能随着壕沟的淤积，水的流速已经减慢，壕沟内较此前更为潮湿，芦苇的生长相较于此前开始逐渐繁茂。

同时，第三阶段地层中的人工遗物，无论是田野发掘出土的陶片、兽骨还是切片中被冲刷进入壕沟的细砂-细砾级遗物碎片都有相对明显的减少，表明这一时期壕沟附近人类活动的强度已经减弱。在自然营力主导下，壕沟进入了持续的加积过程。值得注意的是，此时壕沟事实上只填满了其目前残余深度的1/3左右，继续发挥原有功能在客观上完全可行。因此，先民放弃壕沟，或者说壕沟对先民失去原有意义的时刻，应当早于壕沟被彻底淤塞的时间。先民并非在壕沟因淤积而无法发挥原有功能的情况下，被迫废弃壕沟；反而是在壕沟还可以继续发挥原有功能时，有意识地放松了对它的管理。

这或许说明伴随着居址向墓地的转变，人们的主要生活区域可能已经逐渐远离了壕沟附近，疏忽了对壕沟内部及周边区域的管理。壕沟在缺乏维护的状态下持续加积，日益变浅，直至淤平；以出现打破城墙的大汶口晚期墓葬M55、M152为标志，城墙也被最终废弃。

综上，焦家城墙、壕沟的废弃过程与遗址内部的聚落演变过程具有较明显的同步性，这种模式应当是先民对聚落内部进行有意识规划的结果，表现出了较强的聚落规划能力和动员组织能力。

（二）墙、壕使用初期的功能和性质

值得注意的是，壕沟的功能并非自开挖之初至最终淤平废弃始终一成不变，而应当是随着壕沟加积的进行而处于动态变化中。因此，探讨壕沟功能的一种可行思路是，在识别出壕沟主要使用阶段的基础上，围绕这一阶段壕沟与配套设施的形制、内部堆积物的成因与沉积环境变化以及共时的聚落内部形态展开讨论。

具体到焦家遗址，自第三阶段开始，先民已经事实上减弱甚至停止了对壕沟的管理，任由墙、壕进入废弃过程。故对于焦家城墙、壕沟功能与性质的讨论应集中于第一、第二阶段所代表的主要使用阶段。基于以上思路，可以依据已有材料和认识对焦家遗址城墙、壕沟的功能与性质进行初步解读。

焦家遗址位于鲁北山前洪-冲积平原向扇缘湖沼低地的过渡地带，地势天然自南向北缓斜。壕沟修建所依托的原始地表亦整体南高北低。生土的切片观察表明，在不晚于大汶口文化时期，焦家遗址周边也存在自南向北的坡面流水与侵蚀。根据目前的钻探结果，焦家遗址的城墙与壕沟开口北向。我们推测这一设计可能或多或少与排水有关：降雨时，南侧的城墙与壕沟可以挡住南侧坡地的来水；目前所发现的北向的出口或许对排除城内的积水有所帮助。同时微形态显示壕沟内尽管会存在径流，但这种径流更可能是与降水相关的季节性径流。因此，就目前材料而言，焦家壕沟与瓦店遗址龙山文化壕沟以及南方许多史前遗址中与河道直接相连、沟底被常年流水覆盖的壕沟可能存在一定的不同，其在水资源调配、管理层面上的功能可能相对较弱。

从形制上看，壕沟的最深处偏向城墙一侧，可以增大城墙的相对高差，客观上增强了城墙的防御功能。除了防御功能外，焦家遗址中城墙与壕沟出现的同时，约在大汶口文化中后期偏晚，发掘区域内已经可见明显的财富分化。城墙、壕沟与墓葬中所体现的礼制要素一起，成为了这一时期社会中划分等级、彰显权威的物质载体。而城墙与壕沟的废弃与聚落内部形态改变之间的同步性，事实上反映了较强的聚落规划能力和动员组织能力。因此，焦家遗址大汶口文化中晚期城墙与壕沟的出现在海岱地区的史前社会复杂化进程中无疑具有重要意义。

五、结论

(1) 焦家遗址城墙与壕沟的使用过程初步重建如下：起初，壕沟开挖于河漫滩相粉砂质沉积物上，先民使用开挖壕沟所得的沉积物修筑了第一期城墙。随后进入壕沟的主要使用阶段，降水为壕沟带来短期流水，自周边地表和边坡冲刷而来的土壤侵蚀堆积构成了壕沟内沉积物的主要来源。人类在壕沟附近的活动较为频繁，通过清淤等方式对壕沟进行着持续的管理。清淤所得的沉积物被用于修筑第二期城墙。最终，随着壕沟内侧居住区向墓地的转变，先民逐步放松了对壕

沟的管理。壕沟进入自然营力主导的加积过程，环境变得更加泥泞潮湿，水流可能也因壕沟淤塞而减慢。以出现打破城墙的大墓为标志，城墙被先民废弃，壕沟也最终日渐淤平。

(2) 在焦家遗址城墙与壕沟的主要使用阶段，墙、壕首先起到了抵挡聚落南侧坡地来水的作用，但其水资源调配、管理层面的功能可能相对较弱。其次，焦家遗址大汶口中晚期的壕沟与城墙应为配套设施，壕沟的修建与城墙同步。形制上，壕沟的最深处偏向城墙一侧，可以增大城墙的相对高差，客观上增强了城墙的防御功能。除了防御功能外，也不应忽视焦家遗址的城墙、壕沟在这一时期社会中所发挥的划分等级、彰显权威等社会层面的意义。

注释：

[1] 张海、庄奕杰、方燕明、王辉：《河南禹州瓦店遗址龙山文化壕沟的土壤微形态分析》，《华夏考古》2016年第4期。

[2] 宿凯：《城子崖遗址岳石文化时期微环境复原——来自壕沟沉积物的地学考古证据》，山东大学硕士学位论文，2017年。

[3] 柏哲人：《丁公遗址龙山文化早期壕沟（G114）功能的地学考古研究》，山东大学硕士论文，2019年。

[4] 宿凯、靳桂云、吴卫红：《凌家滩遗址外壕沟反映的土地利用变化——土壤微形态研究案例》，《南方文物》2020年第3期。

[5] 山东省地方史志编纂委员会编：《山东省志·自然地理志》，第117页，山东人民出版社，1996年。

[6] 山东大学考古与博物馆学系、济南市章丘区城子崖遗址博物馆：《济南市章丘区焦家遗址2016~2017年聚落调查与发掘简报》，《考古》2019年第12期，图一，第3页。

[7] 山东大学考古与博物馆学系、济南市章丘区城子崖遗址博物馆：《济南市章丘区焦家遗址2016~2017年聚落调查与发掘简报》，《考古》2019年第12期。

[8] 山东大学考古与博物馆学系、济南市章丘区城子崖遗址博物馆：《济南市章丘区焦家遗址 2016~2017 年聚落调查与发掘简报》，《考古》2019 年第 12 期，图二，第 4 页。

[9] TG4 的发掘表明焦家遗址所依托的生土包括两种上下叠置的自然沉积物，在 TG4 内，这套地层以探沟南段 M213 南壁剖面最为典型。位于下部的沉积物在剖面中表现为灰黄色粉砂，分选好，结构疏松，微具水平层理，包含少量料礓石，为行文方便编号为生土第 2 层；上部的沉积物则为灰褐色粉砂，分选较好，结构较疏松，质地均一，包含较多料礓石，编号生土第 1 层。

[10] Bullock P., Fedoroff N., Jongerius A., Stoops G., Tursina T., Babel U., *Handbook for Soil Thin Section Description*. Waine Research Publications, Wolverhampton, UK, 1985.

[11] Stoops G., *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. Soil Science Society of America, Madison, 2003.

[12] 任明达、王乃樑：《现代沉积环境概论》，第 8-9 页，科学出版社，1981 年。

[13] 改绘自山东大学考古与博物馆学系、济南市章丘区城子崖遗址博物馆：《济南市章丘区焦家遗址 2016~2017 年聚落调查与发掘简报》，《考古》2019 年第 12 期，图二八、二九，第 17 页。

[14] Zhuang Y., Bao W., French C., River floodplain aggradation history and cultural activities: Geoarchaeological investigation at the Yuezhuang site, Lower Yellow River, China, *Quaternary International*, 2013, 315:101-115.

[15] Lindbo D., Stolt M., Vepraskas M., Redoximorphic Features. In: Stoops G., Marcelino V. and Mees F. (Eds), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*, pp. 134, Elsevier, 2010.

[16] Mùcher H., Steijn H.V., Kwaad F., Colluvial and Mass Wasting Deposits. In: Stoops G., Marcelino V. and Mees F. (Eds), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*, pp. 41-44, Elsevier, 2010.

[17] Lindbo D., Stolt M., Vepraskas M., Redoximorphic Features. In: Stoops G., Marcelino V. and Mees F. (Eds), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*, pp. 135-139, Elsevier, 2010.

- [18] Lindbo D., Stolt M., Vepraskas M., Redoximorphic Features. In: Stoops G., Marcelino V. and Mees F. (Eds) , *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*, pp. 136-137, Elsevier, 2010.
- [19] 张海、庄奕杰、方燕明、王辉：《河南禹州瓦店遗址龙山文化壕沟的土壤微形态分析》，《华夏考古》2016年第4期。
- [20] Zhuang Y., Zhang H., Fang Y., Wang H., Life cycle of a moat: A detailed micromorphological examination and broader geoarchaeological survey at the late Neolithic Wadian site, Central China, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2017, DOI:10.1016/j.jasrep.2017.03.034.
- [21] Brammer H., Coatings in seasonally flooded soils, *Geoderma*, 1971, 5:5-16.
- [22] Kuhn P., Aguilar J., Miedema R., Textural Pedofeatures and Related Horizons. In: Stoops G., Marcelino V. and Mees F. (Eds) , *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*, pp. 228-229, Elsevier, 2010.
- [23] 张海、庄奕杰、方燕明、王辉：《河南禹州瓦店遗址龙山文化壕沟的土壤微形态分析》，《华夏考古》2016年第4期。
- [24] Y. Zhuang, W. Bao, C. French, Loess and early land use: Geoarchaeological investigation at the early Neolithic site of Guobei, Southern Chinese Loess Plateau, *Catena*, 2016, 144:151-162.
- [25] Zhuang Y., Zhang H., Fang Y., Wang H., Life cycle of a moat: A detailed micromorphological examination and broader geoarchaeological survey at the late Neolithic Wadian site, Central China, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2017, DOI:10.1016/j.jasrep.2017.03.034.
- [26] Pogliani M., Stoops G., Physical and Biological Surface Crust and Seals. In: Stoops G., Marcelino V. and Mees F. (Eds) , *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*, pp. 419-440, Elsevier, 2010.
- [27] 刘东生：《黄土与环境》，第289页，科学出版社，1985年。
- [28] a. Deak J., Gebhardt A., Lewis H., Usai M., Lee H., Soils Disturbed by Vegetation Clearance and Tillage, In: Nicosia C., Stoops G. (Eds.), *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*, pp 233-264, John Wiley and Sons Ltd., Oxford, 2017; b. Zhuang Y., Ding P., French C., Water Management and Agricultural Intensification of

Rice Farming at the late-Neolithic site of Maoshan, Lower Yangtze River, China. *The Holocene*,24(5):531-545, 2014.

[29] Lindbo D., Stolt M., Vepraskas M., Redoximorphic Features. In: Stoops G., Marcelino V. and Mees F. (Eds) , *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*, pp. 135-139, Elsevier, 2010

[30] Zhuang Y., Zhang H., Fang Y., Wang H., Life cycle of a moat: A detailed micromorphological examination and broader geoarchaeological survey at the late Neolithic Wadian site, Central China, *Journal of Archaeological Science: Reports*, DOI:10.1016/j.jasrep.2017.03.034, 2017.

[31] a.张海、庄奕杰、方燕明、王辉：《河南禹州瓦店遗址龙山文化壕沟的土壤微形态分析》，《华夏考古》2016年第4期。

[32] Zhuang Y., Zhang H., Fang Y., Wang H., Life cycle of a moat: A detailed micromorphological examination and broader geoarchaeological survey at the late Neolithic Wadian site, Central China, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2017, DOI:10.1016/j.jasrep.2017.03.034.

[33] Cammas C., Micromorphology of earth building materials: Toward the reconstruction of former technological processes (Protohistoric and Historic Periods), *Quaternary International*, 2018, DOI:10.1016/j.quaint.2018.01.031.

[34] 山东省文物考古研究院、北京大学考古文博学院：《济南市章丘区城子崖遗址 2013-2015 年发掘简报》，《考古》2019 年第 4 期。

[35] 吴瑞静：《大汶口文化生业经济研究——来自植物考古的证据》，山东大学硕士学位论文，2018 年。

[36] 国家文物局考古领队培训班：《郑州西山仰韶时代城址的发掘》，《文物》1999 年第 7 期。

[37] 国家文物局考古领队培训班：《郑州西山仰韶时代城址的发掘》，《文物》1999 年第 7 期，图二，第 5 页。

基金项目：本研究得到国家社会科学基金重大项目“章丘焦家遗址发掘报告（2016-2017 年）”（批准号：18ZDA227）和国家自然科学基金项目“基于环

境与农业的鲁北地区龙山文化人地关系研究”（批准号：41771230）资助。

第一作者简介：饶宗岳（1995-），男，山东省文物考古研究院助理馆员，
主要研究方向：地学考古、植物考古。

通讯地址：山东省济南市市中区上新街 51 号，邮编 250012

电话：15953107853

邮箱：328736111@qq.com

致谢：英国雷丁大学 Rowena Y. Banerjea 博士在土壤微形态观察方面提供了
细心指导，感谢美国圣路易斯华盛顿大学博士研究生宿凯、上海博物馆助理馆员
柏哲人为本文的写作提供了有益的讨论与启发。特此感谢！