

文章编号: 1671-1505(2025)01-0153-14 DOI: 10.7605/gdxb.2025.01.004

江西上湖旧石器遗址沉积地层记录的环境演化 及古人类行为适应研究*

贾雅娜^{1,2,3} 李三灵⁴ 赵文杰⁵ 朱艳¹ 刘翀昊¹
涂华⁶ 李浩⁷ 张玉柱¹

1 西北大学城市与环境学院, 陕西省地表系统与环境承载力重点实验室, 陕西西安 710127

2 中国科学院地球环境研究所, 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 陕西西安 710061

3 西安交通大学全球环境变化研究院, 陕西西安 710049

4 河南大学历史文化学院, 河南开封 475001

5 江西省文物考古研究院, 江西南昌 330095

6 汕头大学海洋科学研究院, 广东汕头 515063

7 中国科学院青藏高原研究所, 青藏高原地球系统与资源环境全国重点实验室, 北京 100101

摘要 探究遗址沉积过程与古环境背景对于全面了解古人类生存行为信息具有重要意义。江西上湖遗址是中国南方地区新近发掘的一处旧石器时代旷野遗址, 遗址均质红土 B 层中出土了丰富的石制品, 表现出小型化特点, 年代始于距今约 2.6 万年前。本研究对上湖旧石器遗址沉积地层开展了野外考察和室内土壤微形态、磁化率、粒度和地球化学元素分析, 同时对出土的石制品进行了考古埋藏学分析。地学和考古学方法二者相互印证, 明确揭示出该遗址区均质红土 B 层仅受到了低能坡面流水作用, 保存了较为完整的古人类技术行为信息。推测古人类在 MIS2 阶段频繁占据和使用上湖遗址等区域, 可能与拥有小型石片石器技术的华北地区人群难以忍受该时段北方极端寒冷干燥的气候条件被迫向南迁徙、从而到达了气候相对干凉的长江中下游地区进行生产活动有关。并且上湖遗址古人类采取了偏后勤式流动策略, 以应对异常极端气候带来的资源分布不均和可预测性降低等风险。

关键词 上湖旧石器遗址 地质考古 人类行为适应 小型石片石器 MIS2 阶段

第一作者简介 贾雅娜, 女, 1996 年生, 博士研究生, 主要从事环境变迁与自然灾害研究。E-mail: nayajia@126.com。

通讯作者简介 张玉柱, 男, 1987 年生, 教授, 博士生导师, 长期从事环境变迁与自然灾害研究。E-mail: xbdzyz05@nwu.edu.cn。

中图分类号: K878.1; P534.63⁺1 文献标志码: A

Environmental evolution and hominin behavior adaptation of Shanghu Paleolithic site, Jiangxi Province

JIA Ya'na^{1,2,3} LI Sanling⁴ ZHAO Wenjie⁵ ZHU Yan¹ LIU Chonghao¹

* 黄土与第四纪地质国家重点实验室开放基金项目 (编号: SKLLQG2107) 和国家自然科学基金项目 (编号: 42277449) 共同资助。
[Co-funded by the Open Foundation of the State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology (No. SKLLQG2107) and the National Natural Science Foundation of China (No. 42277449)]

收稿日期: 2023-11-09 改回日期: 2024-06-14

TU Hua⁶ LI Hao⁷ ZHANG Yuzhu¹

1 Shaanxi Provincial Key Laboratory of Earth Surface System and Environmental Carrying Capacity, College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China

2 State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710061, China

3 Institute of Global Environmental Change, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China

4 School of History and Culture, Henan University, Henan Kaifeng 475001, China

5 Jiangxi Provincial Institute of Cultural Heritage and Archaeology, Nanchang 330095, China

6 Institute of Marine Science, Shantou University, Guangdong Shantou 515063, China

7 State Key Laboratory of Tibetan Plateau Earth System, Environment and Resources, Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract Understanding the depositional process and paleoenvironment of the archaeological site is crucial for comprehending ancient human technology behavior. The Shanghu site, an open-air Paleolithic site, was newly discovered in southern China. Abundant stone artifacts, characterized by miniaturization, were unearthed from the homogeneous red soil B layer, dated to approximately 26 000 years ago. Integrated field investigation, micromorphology, magnetic susceptibility, grain size, geochemistry and archaeological taphonomy were comprehensively conducted. Our findings reveal that the homogeneous red soil B layer was primarily influenced by low-energy slope water processes, which allowed for the preservation of relatively intact records of ancient human technological behavior. The Shanghu site was frequently occupied by ancient humans during the MIS2 period. This may be related to the fact that ancient humans in North China with small flake tool industry were unable to withstand the extremely cold-dry climate, and were compelled to migrate southward, eventually arriving in the middle and lower reaches of the Yangtze River where the climate was relatively dry and cool. Moreover, ancient humans adopted a logistical mobility strategy to cope with the risks of uneven distribution and reduced predictability of resources caused by the extreme climate.

Key words Shanghu Paleolithic site, geological archaeology, human behavior adaptation, small flake tool industry, MIS2

About the first author JIA Ya'na, born in 1996, a Ph.D. candidate, is engaged in environmental change and natural disaster research. E-mail: nayajia@126.com.

About the corresponding author ZHANG Yuzhu, born in 1987, a professor, doctoral supervisor, is engaged in environmental change and natural disaster research. E-mail: xbdzyz05@nwu.edu.cn.

1 概述

古人类文化遗产物因埋藏于不同地貌单元和沉积环境中,而形成不同类型(旷野和洞穴)的旧石器遗址(裴树文, 2021)。当前,中国发现含更新世人类化石的地点有 70 多个,含旧石器时代文化遗存的遗址有 2000 多处(高星, 2014)。通过对相关旧石器遗址开展多学科交叉研究,对于探索东亚古人类的起源、演化和迁徙扩散过程及其环境背景,具有重要科学意义(Dart, 1925; Hill *et al.*, 1992; Zhu *et al.*, 2004, 2018; Dennell and Roe-

brooks, 2005; Berger *et al.*, 2010; Leakey *et al.*, 2012; Antón *et al.*, 2014; Wood, 2014; Chen *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020)。例如,被誉为“东亚地区的奥杜韦峡谷”的泥河湾,成为探索东方人类起源、演化及农业起源的经典地区(Zhu *et al.*, 2004)。在甘肃白石崖溶洞遗址发现的丹尼索瓦人化石,为探索史前人类向青藏高原的扩散和高海拔环境适应、丹尼索瓦人及东亚古人类演化等问题提供了重要材料(Zhang *et al.*, 2020)。

遗址在形成过程中会受到多种自然营力作用,包括风、流水和生物活动等作用。揭示不同类型古

人类遗址的形成过程，已经成为当前旧石器时代考古学研究的重要组成部分。其研究结果对于判断古人类遗址信息保存的完整性，以及准确解读早期人类生存行为等方面具有重要意义（裴树文，2019，2021）。在研究遗址形成过程时，学者们通常使用地学和考古学方法（裴树文，2021）。地学方法主要包括野外观察和室内沉积物测试分析，包括粒度、磁化率、地球化学元素、矿物组成和土壤微形态等，该方法对于探究遗址成因和沉积环境具有一定指示意义。例如：对湖南伞顶盖遗址地层进行野外观察、粒度、磁化率、土壤微形态等沉积学分析研究，揭示出该遗址形成时期处于干冷与暖湿过渡的气候环境，且受到的低能流水作用未对遗址造成显著扰动（李浩等，2021；Li *et al.*, 2022）。对泥河湾板井子遗址沉积地层进行野外观察、粒度和磁化率分析，表明各文化层主要形成于水成环境中，但各层受水动力影响有明显差异（任进成等，2021）。另一方面，考古学方法主要为考古遗物参数分析，包括石制品风化和边缘磨蚀程度、石制品尺寸分布区间和分布密度、石制品拼合、石制品走向和倾向特征等，可推断出遗址是否受到自然营力和人类行为的影响。例如：对泥河湾板井子遗址开展的石制品完整性分析，包括石制品技术类型组合、废片尺寸、风化磨蚀程度、产状及空间特征，揭示了该遗址不同文化层受流水作用的程度，并评估出主要文化层保存的人类信息较为完整，而其上下层的人类信息有所缺失（任进成等，2021）。通过对丹江口库区果茶场 II 旧石器遗址开展石制品保存状况、尺寸范围、空间分布密度和拼合等多方面分析，也揭示出该遗址经历了低—中能水动力扰动，但仍保留了早期古人类行为和活动的重要信息（李浩等，2016）。这 2 种方法互相印证，可增强研究结果的可靠性。

中国南方地区属于热带、亚热带气候，降水充沛，旧石器遗址极易受到流水作用的扰动。上湖旧石器遗址地处锦江右岸第 3 级堆积阶地之上，是江西省第 1 个经过正式考古发掘的旧石器时代旷野遗址，也是南方地区发现的石制品分布最为密集的旧石器时代旷野遗址之一（赵文杰等，2023）。本研究团队前期已经对遗址区出土的石制品类型、原料、石器打制技术等进行了深入细致的分析（赵文杰等，2023），但缺乏对上湖旧石器遗址沉积地

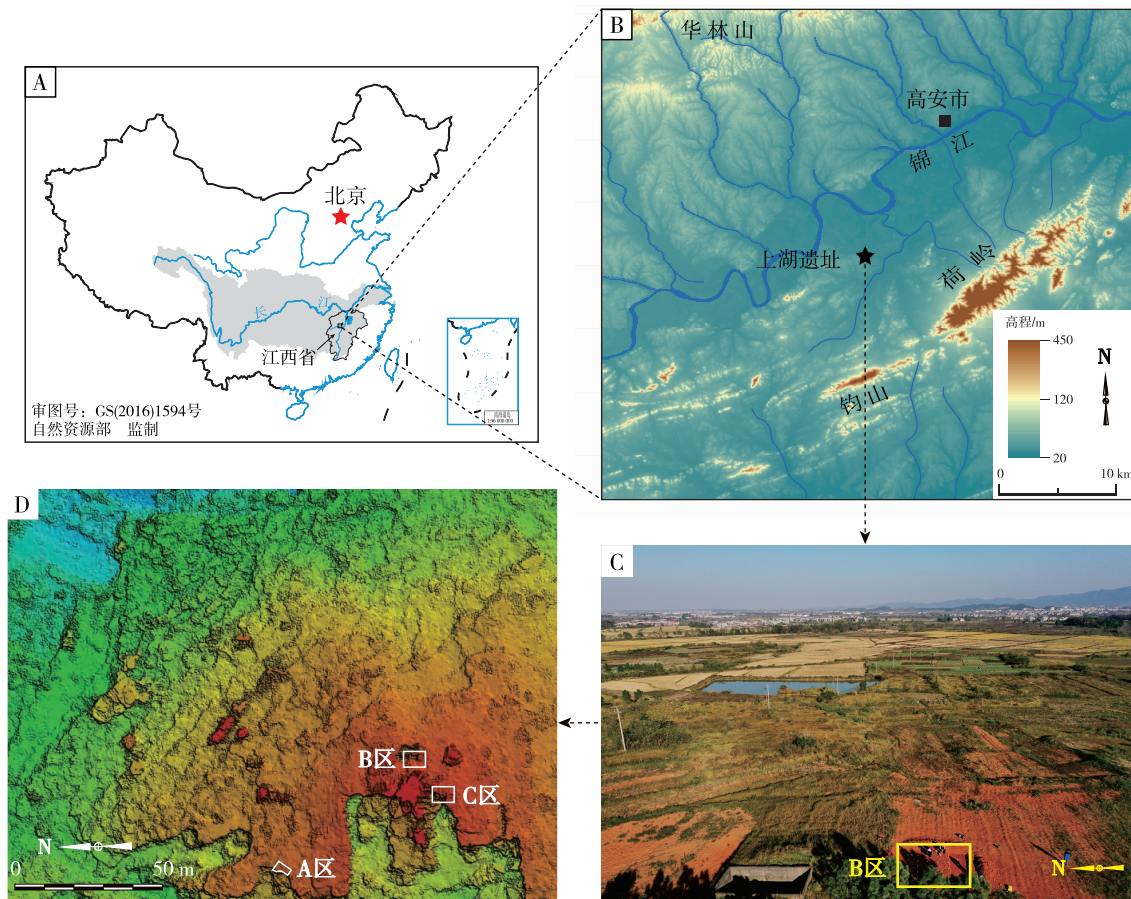
层的具体形成过程和环境意义的深入细致研究。鉴于此，本研究拟通过对上湖旧石器遗址开展多学科交叉研究，基于遗址沉积地层野外宏观特征和室内地学、考古学指标的综合对比分析，以深入揭示上湖旧石器遗址的形成过程和环境意义，并探讨古人类技术行为对环境的适应问题。这对于全面地理解长江中下游地区的旧石器文化面貌，以及远古先民的技术适应策略、生计模式、迁徙扩散过程和环境背景，具有重要的科学意义。

2 研究区概况

江西上湖旧石器遗址位于江西省高安市上湖乡，地理坐标为 115° 20' E、28° 19' N，海拔约 53 m，遗址坐落在锦江右岸的 3 级堆积阶地之上（图 1-A，1-B），高出现今锦江河面约 25 m。锦江是长江水系赣江第 2 大支流，发源于赣湘两省交界的幕阜山脉东麓，自西向东流经万载县、上高县和高安市等地，于南昌市新建县市汭对岸注入赣江，全长 307 km，流域面积达 7866 km²（陈铁汉和肖华，1987；江西省水利厅，2010）。锦江流域呈狭长状，整体地势为西北高东南低，山脉走向多为东西走向，流域内河网密布、水系发达。其上游河段为源头至宜丰县石市镇，为低山区；中游河段为石市镇至高安市区，多丘陵；下游河段为高安市区至新建县龙王庙，为平原区（陈铁汉和肖华，1987；江西省水利厅，2010）。

锦江下游高安河段两侧往往发育有 3 级河流阶地。其中，第 2 级阶地（T2）和第 3 级阶地（T3）上覆沉积地层序列基本相似，自下而上发育有卵砾石层、粗砂砾层、网纹红土层、均质红土层和现代表土层（图 2-A）。前人研究表明网纹红土层形成于中更新世至晚更新世早期湿热阶段，而均质红土的土壤发育程度弱于网纹红土，一般认为年代为晚更新世晚期（席承藩，1991；朱显谟，1993；杜艳，2013）。第 1 级阶地（T1）自下而上依次发育卵砾石层和黏土质粉砂层，形成于全新世（江西省地质矿产局，1984）。

锦江流域属亚热带季风气候区，湿润温和，四季分明，降水充沛，年平均降水量为 1617 mm，平均气温可达 17℃（黄旭华，2020）。流域多暴雨，西北部地区是江西省的暴雨区，土地利用类型主要以林地和水田为主，且存在不同程度的水土流失



A, B—江西上湖旧石器遗址地理位置；C, D—上湖旧石器遗址周边地貌景观

图 1 江西上湖旧石器遗址位置及概况

Fig. 1 Location and general situation of Shanghu Paleolithic site in Jiangxi Province

(陈铁汉和肖华, 1987; 江西省水利厅, 2010)。

3 研究材料与研究方法

3.1 遗址概况与地层划分

根据上湖旧石器遗址地表石制品的分布情况, 共划分出 3 个发掘区域(图 1-C, 1-D)。其中, A 区沿先前烧砖取土时挖出的人工剖面布设, 主要为探明遗址的地层堆积情况, 出土石制品较少, 发掘面积约 10 m^2 。B 区和 C 区位于地表石制品分布相对密集的区域, 发掘面积均为 35 m^2 。其中, B 区出土的石制品最为丰富, 达到 3030 件, 呈现为相似的技术面貌(赵文杰等, 2023)。

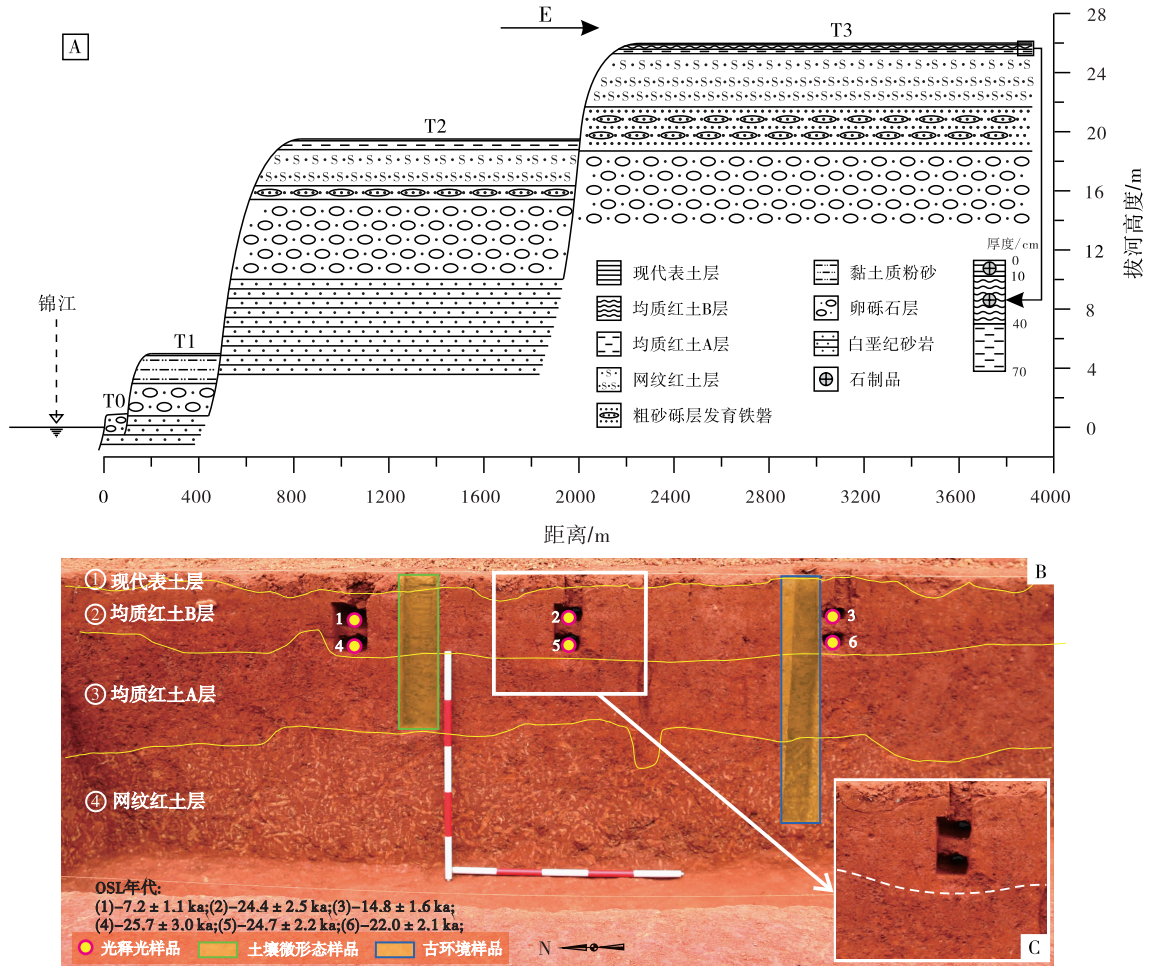
对上湖旧石器遗址 B 区沉积地层进行野外宏观特征描述(表 1), 地层自下而上可划分为: 网纹红土层、均质红土 A 层、均质红土 B 层和现代代表土层(扰土层)(图 2-B)(赵文杰等, 2023)。按

照地层划分, 遗址 B 区在现代代表土层中出土石制品达 1274 件, 在均质红土 B 层中出土石制品达 1722 件(赵文杰等, 2023)。其中, 均质红土 B 层是最主要的石制品埋藏层位(图 2-C)。

3.2 样品采集与测试方法

对江西上湖旧石器遗址 B 区沉积地层进行了系统采集, 从现代代表土层向下到网纹红土层, 以 5 cm 间隔连续采样, 共获得 22 个沉积学样品。另外, 在均质红土 A 和 B 层、网纹红土层和河床相透镜体砂层的铁磐中, 共采集 6 个土壤微形态样品。将自然风干后的样品分别进行土壤微形态、磁化率、粒度和地球化学元素分析。

土壤微形态实验: 土壤切片由河北省区域地质矿产调查研究所实验室制作, 随后室内观察实验在陕西师范大学环境演变实验室使用 Leica-DMRX 偏光显微镜完成, 并采用 Nis-Elements BR 3.2 图像分



A—锦江上湖段阶地发育图；B，C—江西上湖旧石器遗址 B 区剖面地层划分和光释光（OSL）年代结果（赵文杰等，2023）

图 2 锦江上湖段阶地发育概况及江西上湖旧石器遗址 B 区沉积剖面照片

Fig. 2 Terrace development in Shanghu reaches of Jinjiang River and sedimentary stratigraphy of Section B at Shanghu Paleolithic site in Jiangxi Province

表 1 江西上湖旧石器遗址 B 区沉积地层划分及野外宏观特征描述

Table 1 Stratigraphic subdivisions and field descriptions of Section B at Shanghu Paleolithic site in Jiangxi Province

地层	深度/cm	沉积学特征
现代表土层	10~0	浅红色，土质疏松，粒状结构为主，含较多现代植物根系，部分区域可见现代扰坑，与下伏原始地层界线明显，厚度不一，最薄处约5 cm，最厚处约55 cm（为现代扰坑）
均质红土 B 层	40~10	浅红色，黏土质，土质较紧实，块状结构为主，含细小石英颗粒及少量植物根系，该层出土数量丰富的石制品，是遗址的主要文化层位，厚度约30 cm，其成土母质主要为坡积物（坡面上原先赋存的均质红土 A 层经过低能坡面流水侵蚀搬运而重新堆积形成）和风成沉积物的混合物
均质红土 A 层	70~40	红色，黏土质，土质紧实，小团块状结构轻度发育，含少量石英颗粒，出土少量石制品，厚度约30~40 cm，其成土母质主要为风成沉积物
网纹红土层	400~70	深红色（7.5R 3/6），黏土质，土质紧实，小团块状结构非常发育，其成土母质主要为河漫滩相砂层，存在显著的网纹化现象，不含石制品
河床相砂卵石层	>400	650~400 cm 为河床相粗砂层透镜体，质地较疏松，发育多层铁磐，呈暗红色，厚度在3 cm 左右；>650 cm 为卵砾石层，结构松散，砾石分选好，磨圆度高，最大者直径约8 cm，其矿物组成以石英为主，未见底

析软件进行影像采集。磁化率测试：使用英国 Bartington 公司生产的 MS-2B 型磁化率仪，分别测量低频和高频磁化率，并计算频率磁化率。粒度实验：取 0.4 g 样品依次加入 10% 的 H_2O_2 和 HCl 溶液中，分别去除有机质和碳酸盐，待样品清洗至中性后加入 $(NaPO_3)_6$ 溶液，使用超声波震荡使其充分分散，并在美国 Beckman Coulter 公司 LS13-320 型激光粒度仪上进行测试分析。地球化学元素分析：采用德国布鲁克 AXS 公司 S2 Ranger 型能量色散型 X 射线荧光光谱仪进行测试，并加入标准土壤参比样品 (BAXS-S2)，确保相对误差小于 5%。

4 结果分析

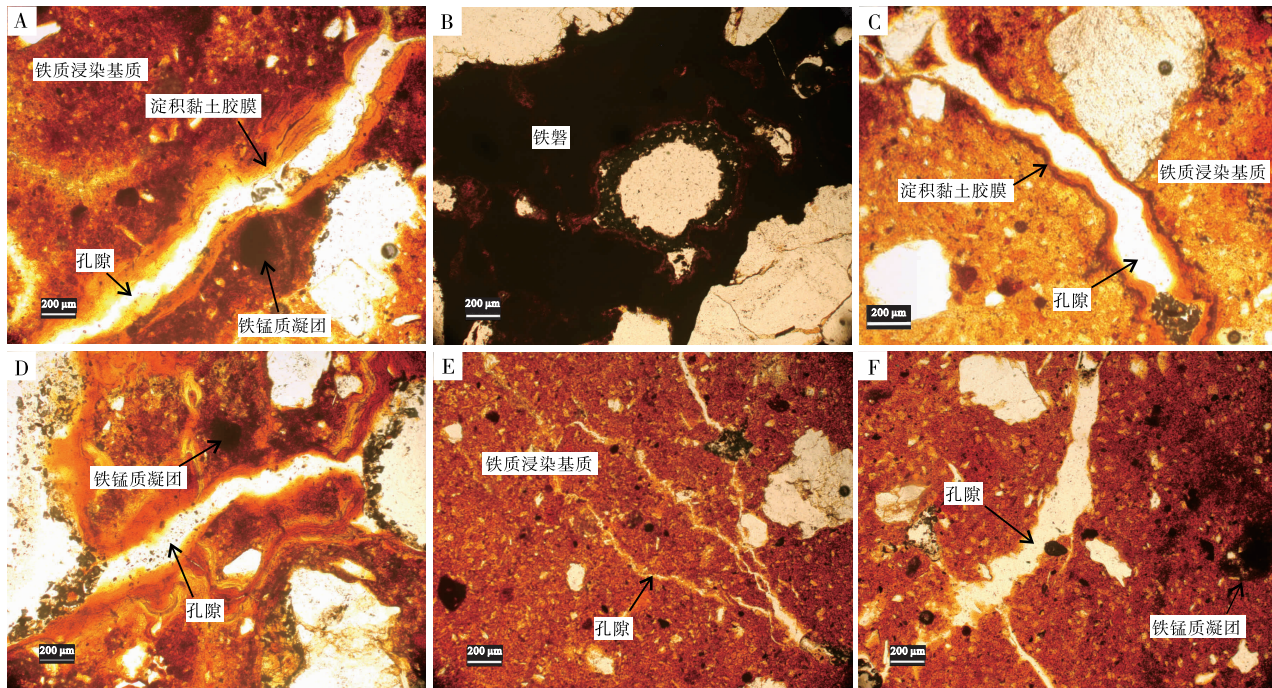
4.1 土壤微形态

土壤微形态分析已被广泛应用于地质考古学研究中，通过沉积物性质和特征分析土壤的形成和发育机制，从而揭示自然成壤过程和人类活动信息 (Cornwall, 1958; Goldberg, 1980; 靳桂云, 1999; 张玉柱等, 2015)。江西上湖旧石器遗址 B 区地层的土壤微形态整体呈现铁质浸染基质。其中，网纹红土层 (图 3-A) 基质受到强烈的铁质浸染而成深

红色，游离铁富集，铁锰质凝团尺寸较大，细长型孔隙的边界附着有厚度极大淀积黏土胶膜，颗粒感不明显，这些特征整体上反映出降水充沛、高度风化的气候环境。铁磐层 (图 3-B) 的基质呈暗红色，孔隙大且多，在孔壁边缘附着有颗粒状含铁矿物，属于长期高温湿润气候条件下，上层网纹状红土强烈风化、淋溶，铁质淀积的结果。均质红土 A 层 (图 3-C, 3-D) 基质偏红，含有孔道孔隙和较厚的淀积黏土胶膜，铁锰质凝团尺寸变小且数量也减少，表明相较于网纹红土层，该层风化成壤作用有所减弱。与其他地层相比，均质红土 B 层 (图 3-E, 3-F)，整体基质偏红色，铁锰质凝团尺寸较小，孔隙较小，孔隙边缘极少见淀积黏土胶膜，表明其沉积后经历的风化成壤作用最弱，指示了相对干凉的气候环境。同时，其较均匀致密的颗粒分布状态，能很好地指示该层曾受到了低能流水的搬运分选作用。上湖遗址地层不同成因类型的沉积层的土壤微形态特征差异明显，表明了沉积环境整体经历了从高度湿热向逐步干凉的气候转变。

4.2 磁化率

磁化率可反映沉积物中铁磁性矿物的含量，频率磁化率 (X_{fd}) 可作为沉积物中超顺磁性颗粒浓



A—网纹红土层，单偏光；B—河床相透镜体砂层中的铁磐，单偏光；C，D—均质红土 A 层，单偏光；E，F—均质红土 B 层，单偏光

图 3 江西上湖旧石器遗址 B 区地层土壤微形态

Fig. 3 Soil micromorphology of Section B stratigraphy at Shanghu Paleolithic site in Jiangxi Province

度的量度 (Heller and Liu, 1982; Thompson and Oldfield, 1986)。中国南方地区红壤是记录第四纪以来古环境演化的天然载体, 磁化率是其代用指标之一 (吕厚远等, 1994; 李徐生等, 1998; 李红琼和韩荣培, 2020)。其中, 基于中国长江以南地区现代土壤分析, 发现当该区域年均温大于 15℃、年均降水量大于 1100 mm 时, 磁化率值与年均温和年均降水量呈负相关关系 (吕厚远等, 1994; Han *et al.*, 1996)。另外, 磁化率值异常高低不仅与古气候环境有关, 也与成土母质和发育程度相关 (俞劲炎等, 1986; 朱丽东等, 2011)。

江西上湖旧石器遗址 B 区地层的磁化率值整体差异较大, 低频磁化率 (X_{lf}) 为 $17.70 \times 10^{-8} \sim 160.70 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$, 高频磁化率 (X_{hf}) 为 $17.20 \times 10^{-8} \sim 134.50 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$, 频率磁化率 (X_{fd}) [$(X_{lf}-X_{hf})/X_{lf} \times 100\%$] 为 2.82%~16.30% (图 4)。除地层顶部磁化率值较高外, 其余地层的值均远低于赣南地区 (熊平生, 2012)。这种现象一方面可能与成壤母质不同有关 (饶志国等, 2007); 另一方面与强湿热条件下强铁磁性矿物分解以及大量超顺磁颗粒淋失, 导致磁化率值降低有关 (黄镇国等, 1996)。具体到上湖旧石器遗址的沉积地层来看, 磁化率值整体呈现自下部向上部逐步升高的趋势。网纹红土层的磁化率值最低, 可能由于该时段气候高温高湿, 强烈地下水和网纹化作用使得大量

超顺磁颗粒和稳定单畴遭到破坏和淋失 (卢升高, 2007)。均质红土 A 层的磁化率值较网纹红土层升高, 这与中国南方地区多个红土剖面发现的均质红土层比网纹红土层磁化率值高一个数量级的结果相一致 (卢升高, 2007)。这些特征可能与该时期不再经历强烈湿热气候、磁性矿物分解作用减弱、气候逐步向相对干凉转变有关。均质红土 B 层上部 (10~20 cm) 磁化率值呈现较高值, 这说明该层上部一定程度上可能受到了现代人类活动的扰动, 这与其偏年轻的 OSL 测试结果一致 (赵文杰等, 2023)。而下部 (20~40 cm) 磁化率值仍高于均质红土 A 层, 表明该时期磁性矿物分解作用更弱, 气候变得更加干凉。

4.3 粒度

粒度成分分析能较好地反映沉积物的来源、成因和沉积环境等信息 (刘东生, 1985; Xiao *et al.*, 1995; 鹿化煜和安芷生, 1998)。根据沉积学分级标准, 江西上湖旧石器遗址 B 区地层剖面整体以细粉砂和黏粒为主 (图 4), 整体组分粒径较细, 反映了该地区较强的风化成壤过程。网纹红土中黏粒和细粉砂在整个沉积地层中含量最少, 粗粉砂、细砂和中砂含量最多, 属于非均质类网纹红土 (李凤全等, 2010)。这可能说明网纹红土虽经历了强烈的网纹化过程, 但因其成土母质主要是河漫滩相

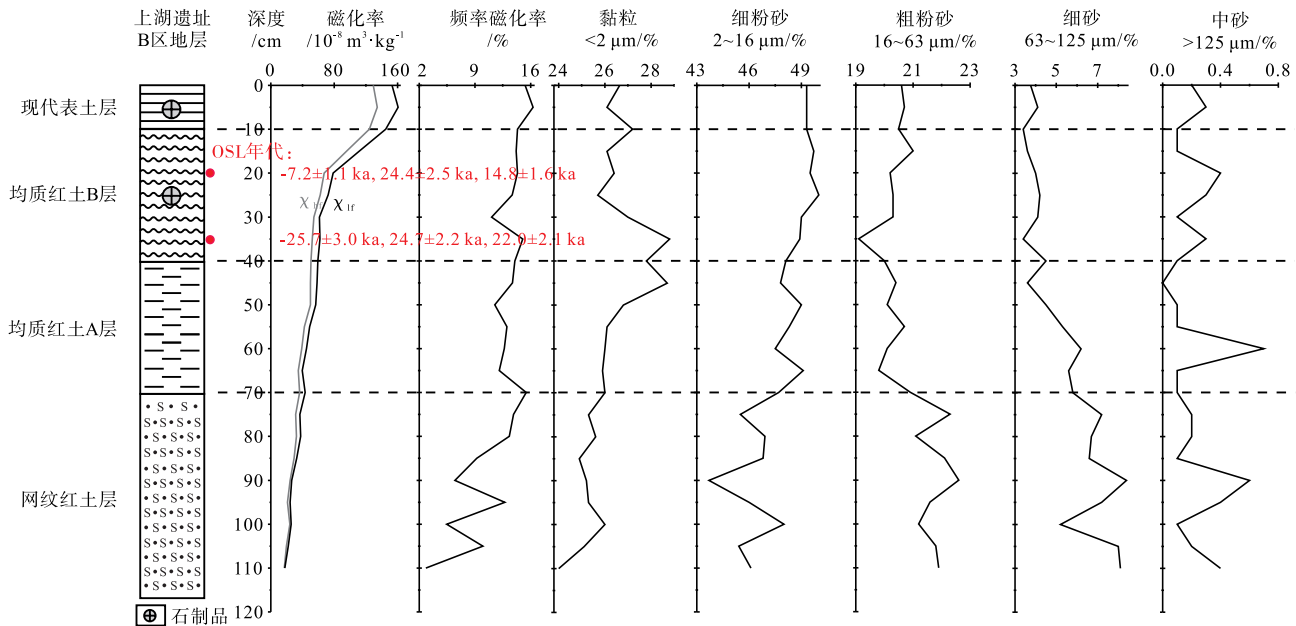


图 4 江西上湖旧石器遗址 B 区地层磁化率值和粒度成分变化曲线

Fig. 4 Magnetic susceptibility and grain size distribution of Section B at Shanghu Paleolithic site in Jiangxi Province

砂层，所以含较多粗颗粒物。均质红土 A 层的细粉砂和黏粒含量增多，粗粉砂、细砂和中砂含量减少，这与长江中下游地区多个剖面风成均质红土以细粒组分为主的特征一致（李建武，2009；杨立辉，2017）。均质红土 A 和 B 层各粒径组分的平均含量相差不大，表明均质红土 B 层较好地继承了均质红土 A 层的粒度特征。

4.4 常量地球化学元素

地球化学元素中常量元素的含量变化与风化成壤作用紧密相关，是揭示古气候演化的重要指标之一（文启忠，1989；刁桂仪和文启忠，1999）。江西上湖旧石器遗址 B 区地层的常量元素含量变化，呈现出典型的湿热气候条件下强烈风化溶迁、脱硅富铝铁化过程等特点（图 5）。易溶碱金属元素大量淋溶，Na₂O、CaO、K₂O 和 MgO 在各地层中含量非常低，均维持在 2% 以下，特别是在网纹红土层中含最低，表明当时的风化和淋失作用最为强烈，以及高温高湿的气候状况。相较于网纹红土层，均质红土 A 层中的碱金属元素含量较高，表明受到的淋溶作用有所减弱，体现了此时相对干凉的气候。而均质红土 B 层下部的易溶碱金属元素含量减少，可能与流水侵蚀扰动有关。Fe₂O₃ 和 Al₂O₃ 的曲线变化基本一致，其变化趋势与 SiO₂ 变化趋势呈负相关。尤其是在网纹红土层中能够明显

观察到，是由于气候强湿热而导致的脱硅富铝铁化现象（应立朝等，2012）。

本研究选取 4 个地球化学参数进行分析：硅铝系数（SiO₂/Al₂O₃）、淋溶系数（β）[(CaO+K₂O+Na₂O)/Al₂O₃]、残积指数（Ki）[(Al₂O₃+Fe₂O₃)/(CaO+MgO+Na₂O)]、化学蚀变指数（CIA）[(Al₂O₃/(Al₂O₃+CaO*+K₂O+Na₂O))×100]（图 6）。其中，所有氧化物均以摩尔质量计算，CaO* 指仅存在于硅酸盐中的 CaO（McLennan, 1993）。在江西上湖旧石器遗址沉积地层中，SiO₂/Al₂O₃ 在网纹红土层中显示出最低值（4.69），表明了脱硅富铝化过程非常强烈，可推断这一时期气候的湿热程度非常高；均质红土 A 层的值稍高，表明脱硅富铝化过程有所减弱；均质红土 B 层下部的值最高，表明其沉积后经历的脱硅富铝化过程变得更弱，指示了更加干凉的气候条件。β 体现了易溶元素的淋溶程度，网纹红土层的 β 最低，表明这一时期淋溶尤为明显，而均质红土 B 层下部的 β 值相对较高，淋失相对减弱。Ki 可以反映出 Al₂O₃ 和 SiO₂ 富集程度，Ki 曲线越向地层上部值越小，也表明了该地区气候逐步由湿热转为相对干凉。CIA 能体现沉积物的风化程度，上湖旧石器遗址 B 区沉积样品的 CIA 值均大于 85，处于强风化阶段（Nesbitt and Young, 1982；冯连君等，2003）。其中，网纹红土的 CIA 值最高，均质红土 A 层的 CIA

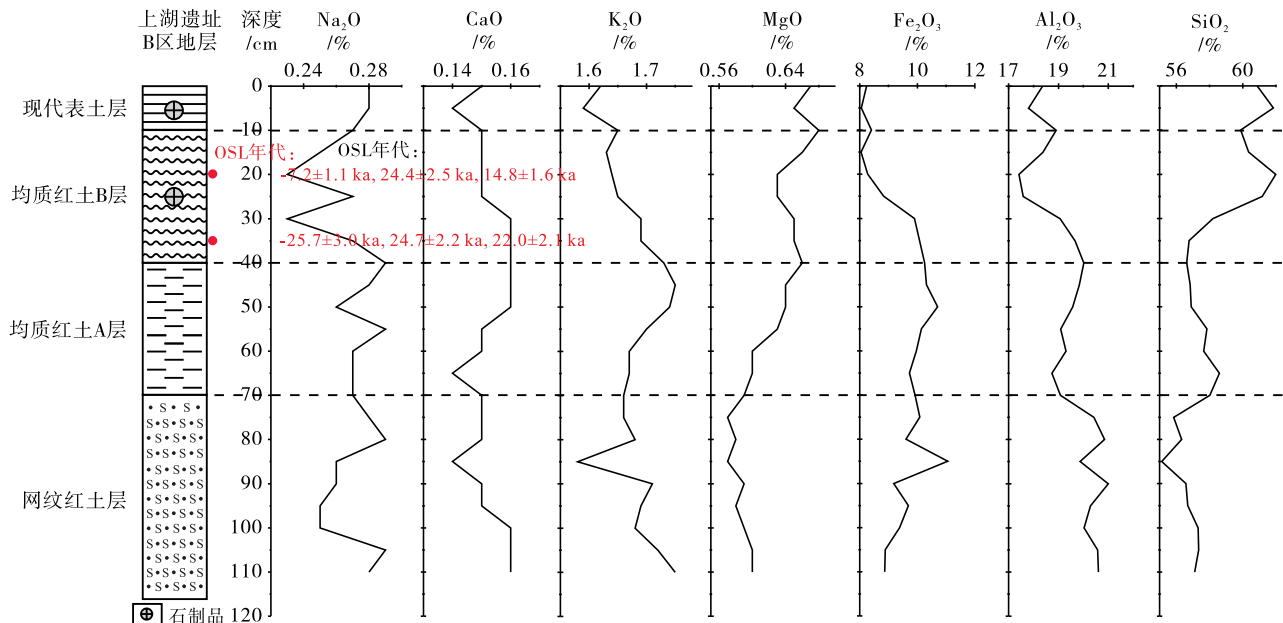


图 5 江西上湖旧石器遗址 B 区地层常量地球化学元素含量变化曲线

Fig. 5 Major element concentrations of Section B at Shanghu Paleolithic site in Jiangxi Province

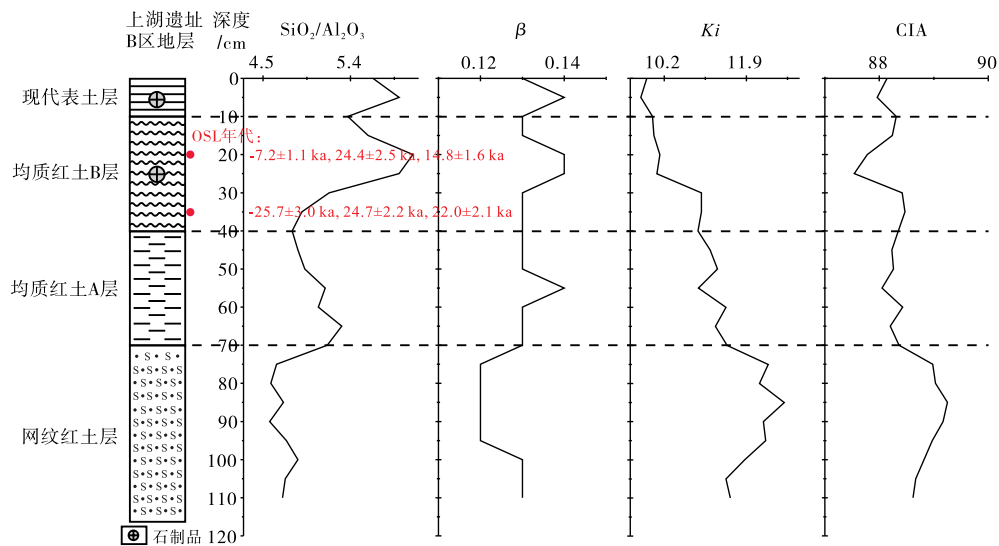


图 6 江西上湖旧石器遗址 B 区地层地球化学参数变化曲线

Fig. 6 Geochemical indicators of Section B at Shanghu Paleolithic site in Jiangxi Province

值有所降低，均质红土 B 层的 CIA 值最低，再次证明了气候逐渐由湿热转为干凉的过程。

4.5 考古学指标

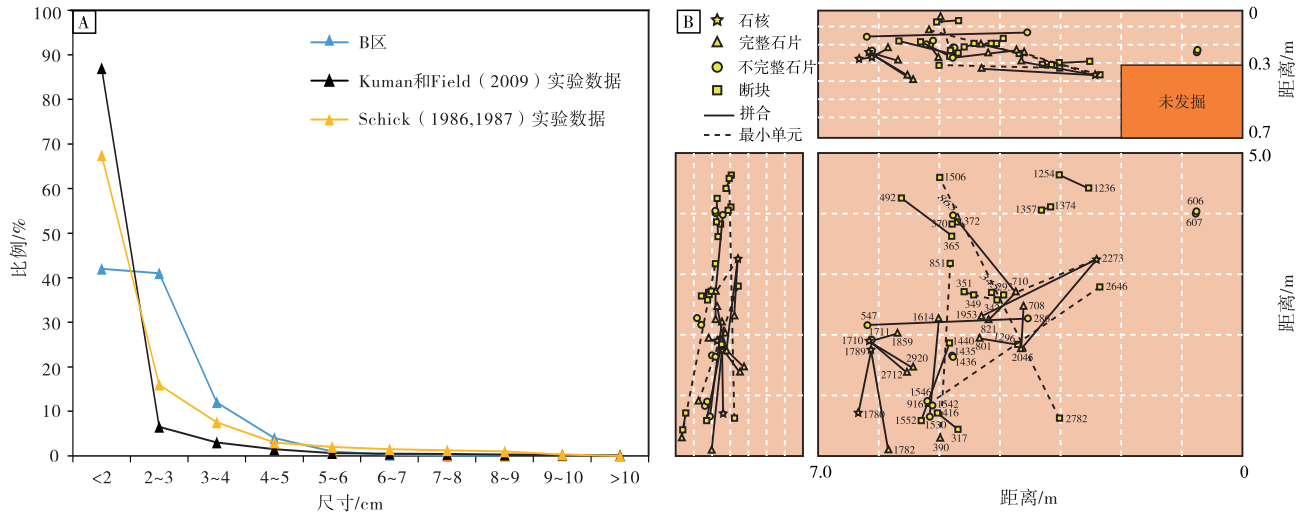
为更加系统揭示遗址形成过程，本研究还使用考古埋藏学分析方法进行补充验证，主要涉及石制品尺寸分布和拼合研究。已有实验表明一个保存完整或原地埋藏的遗址，最大长度小于 2 cm 的石制品比例一般在 60% ~ 75% (Shick, 1986, 1987; Kuman and Field, 2009)，而江西上湖旧石器遗址 B 区小于 2 cm 的石制品比例约为 43%，说明遗址受到某种程度流水的扰动，印证了地学分析的结果 (图 7-A)。在评估遗址后埋藏过程受到的流水扰动强度时，本研究利用上湖旧石器遗址 C 区同处于均质红土 B 层中的 4 组具有一定指示意义拼接关系的拼合组，进行了详细分析。其分别为拼合组 370 & 372、拼合组 1542 & 1546、拼合组 606 & 607 和拼合组 1435 & 1436 (图 8-A 至 8-D)。拼合组 370 & 372 (断块和断块) 相距 9 cm，拼合组 1542 & 1546 (右裂片和左裂片) 相距 13.31 cm，拼合组 606 & 607 (右裂片和左裂片) 相距 4 cm，拼合组 1435 & 1436 (石片远端和远端缺失) 相距 3 cm (图 7-B)。这 4 组属于拼接关系的不完整石片和断块在所有拼合组中距离最短，它们的产生一方面可能因为石片或断块在落地时因磕碰破裂而原地埋藏，另一方面也可能因为石片和断块在埋藏前暴露于地表，受人为或自然营力作用而断裂，包括

人或动物的踩踏等。一般而言，如果遗址中属于拼接关系的石制品直线距离较短，那么说明遗址在埋藏前后未遭受较大扰动 (王社江, 2005; 李意愿, 2020)。因此，上湖遗址 C 区中均质红土 B 层中这 4 组属于拼接关系的不完整石片和断块，也很好地说明了石制品虽然受到了低能坡面流水作用，但尚未受到较大程度扰动，因此能够保存较为完整的古人类行为信息。

5 讨论

5.1 江西上湖旧石器遗址形成过程

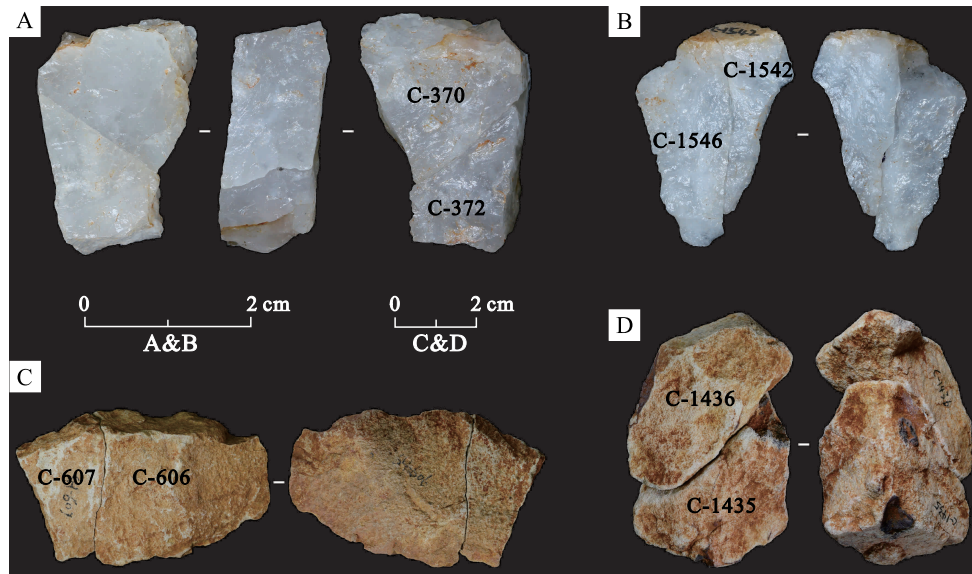
探究遗址形成过程是解读古人类生存和行为适应的重要内容，当前综合利用地学和考古学方法探究遗址形成过程已经成功应用于多处遗址 (Pei *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2018, 2021, 2022; Jia *et al.*, 2019; 李浩等, 2021; 任进成等, 2021)，如：对许昌人遗址不同层位粒度、磁化率、矿物成分、地球化学元素、及石制品尺寸分布和空间分布特征综合分析，指示出该遗址不同地层的微沉积背景是由浅湖亚相向滨湖亚相转变，且低能流水作用未对遗址产生显著扰动和改造 (Li *et al.*, 2018)。通过对宁夏水洞沟遗址第 7 地点遗址地层开展粒度、GIS 地形模拟、遗物三维复原、石制品分布密度、空间分布、技术组合、走向和倾向特征等分析，揭示出该遗址并非之前认识的河流扰动产生的



A—上湖遗址 B 区石制品尺寸分布图；B—上湖遗址 C 区拼合组和最小单元组平面示意图

图 7 江西上湖旧石器遗址 B 区和 C 区石制品尺寸和拼合组分布

Fig. 7 Size and refitting groups of stone artifacts of Section B and C at Shanghu Paleolithic site in Jiangxi Province



A—拼合组 370 & 372；B—拼合组 1542 & 1546；C—拼合组 606 & 607；D—拼合组 1435 & 1436

图 8 江西上湖旧石器遗址 C 区的 4 组属于拼接关系的石制品

Fig. 8 Four groups stone artifacts of refitting relationships in Section C at Shanghu Paleolithic site in Jiangxi Province

次生堆积，实际上是由湖滨环境下黄土湿陷引起了局部崩塌，总体接近原地埋藏 (Pei *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2021)。

江西上湖旧石器遗址石制品主要埋藏于均质红土 B 层中，本研究通过地学和考古学分析二者相互印证该沉积层的形成过程。土壤微形态研究发现该沉积层呈现较均匀致密的颗粒分布状态，很好的指示了其曾经受到了低能坡面流水的搬运分选作用。地球化学元素分析也表明该层中未受明显现代

人类活动干扰的下部，易溶碱金属元素 Na_2O 和 CaO 等元素较其他地层相比含量较少，也可能受到了坡面流水扰动的影响。同时，基于粒度结果分析发现该层整体上继承了均质红土 A 层沉积学特征，这是因为均质红土 B 层的成土母质主要为坡积物和风成沉积物的混合体，其中坡积物又是由坡面上原先赋存的均质红土 A 层经过低能坡面流水侵蚀搬运而重新堆积形成的。另外，考古学指标中尺寸小于 2 cm 的石制品比例、属于拼接关系的拼合组

均指示均质红土 B 层受到低能流水作用，对考古遗存扰动较小。综合以上各项分析指标来看，上湖旧石器遗址在形成过程中受到了低能坡面流水作用，遗址中古人类文化遗存保存较好，可以为准确和全面揭示古人类技术行为信息提供重要材料。

5.2 江西上湖旧石器遗址沉积地层记录的古环境背景及古人类行为适应

基于沉积物理化指标分析结果，揭示出江西上湖旧石器遗址地层记录了从高度湿热逐渐转为干凉的气候环境。基于均质红土 B 层的 OSL 测年结果，揭示出古人类频繁占据和使用上湖遗址时间始于距今约 2.6 万年前（赵文杰等，2023），处于末次冰期 MIS2 阶段（Clark *et al.*, 2009）。在此期间北半球冰盖大规模扩张，特别是巴伦支—喀拉冰盖的发育导致西伯利亚高压异常强大，东亚冬季风强盛，迫使季风雨带南撤（Svendsen *et al.*, 2004）。利用黄土高原黄土磁化率和植硅体定量重建结果表明，此时年均降水量比现代减少约 25%~60%，年均温降低约 5~7℃（吕厚远等，1994；Lu *et al.*, 2007）。大九湖孢粉定量重建结果也发现，长江中下游此时年均温比现代至少降低了 6℃（Xiao *et al.*, 2015）。另外，北半球气候带和植被带出现大幅南移，多地点孢粉记录重建结果也表明，此时长江中下游为温带落叶阔叶林景观，而华北地区为荒漠草原或干草原景观（Li *et al.*, 2019）。

这些为中国南方地区石制品小型化原因提供了重要气候背景依据。当前较为流行的一种观点认为，华北地区在 MIS3 阶段分布着丰富的小型石片石器遗存，但在 MIS2 阶段大幅减少，取而代之的是受寒冷气候驱动南下的石叶和细石叶遗存（王幼平等，2018；杜水生等，2019；Xie *et al.*, 2020；王幼平，2021）。与此同时，中国南方地区出现了以江西仙人洞—吊桶环、广西白莲洞和鲤鱼嘴等遗址为代表的小型石片石器遗存，有别于该地区早期广泛存在的大型石核石器工业。因此，南方地区小型石片石器工业的出现，可能与华北地区人群在 MIS2 阶段早期气候变冷背景下的南迁有关（王幼平，2016，2021；Xie *et al.*, 2020）。上湖旧石器遗址古人也使用典型的小型石片石器（李三灵等，2023；赵文杰等，2023），并且均质红土 B 层理化指标分析结果也很好表明了古人生活于相对干凉的气候环境之中（尚处于古人类能够承受的范围）。

因此，上湖旧石器遗址相关古人类石制技术及其生活气候背景的探究，能够很好的支持南方地区小型石片石器工业的出现，可能与华北地区人群在 MIS2 阶段早期气候变冷背景下的南迁有关的观点。

此外，高安盆地共发现旧石器遗址 23 处，不同遗址在石制品分布密度上存在一定差异，可能反映了古人类对遗址的利用方式差异（李三灵等，2023）。上湖旧石器遗址具有最高石制品分布密度、类型多样、储备原料以及低频率的工具修理与再修理等特征，与 Binford 流动模型中集食者中心营地特征相近（Binford，1980）。因此，古人类可能采取偏后勤式移动策略，通过派遣任务小组有计划地将其他资源带回中心营地。这种活动模式具有较低的群体流动性和较高的个体流动性，可能是为了适应末次冰期 MIS2 阶段气候恶化导致的净地表生产力下降、资源分布空间异质性增强和可预测性降低等风险，从而使景观优势突出的上湖遗址成为中心营地。

6 结论

江西上湖旧石器遗址均质红土 B 层中出土了丰富的石制品，年代始于距今约 2.6 万年前，且表现出小型化特点。本研究基于对江西上湖旧石器遗址沉积地层和考古遗物分别进行地学沉积物指标和考古埋藏学分析，得出以下结论：

- 1) 上湖旧石器遗址均质红土 B 层中埋藏的文化遗物可能仅受到低能坡面流水作用，未受到较大程度扰动，保存了较为完整的古人类技术行为信息。
- 2) 上湖旧石器遗址古人类频繁占据和使用上湖遗址时段与末次冰期 MIS2 阶段相对应，处于相对干凉的气候环境之中。
- 3) 上湖旧石器古人类行为适应支持了南方地区小型石片石器工业的出现，可能与华北地区人群在 MIS2 阶段早期气候变冷背景下的南迁有关。

致谢 非常感谢匿名评审专家和编辑老师在论文评审中所付出的时间和精力。

参考文献 (References)

- 陈铁汉,肖华. 1987. 江西锦江流域岩溶发育特征. 中国岩溶,6(3): 189-196. [Chen T H, Xiao H. 1987. The feature of karst development in Jinjiang Basin, Jiangxi. *Carsologica Sinica*, 6(3): 189-

- 196]
- 刁桂仪,文启忠. 1999. 黄土风化成土过程中主要元素迁移序列. 地质地球化学,27(1): 21-26. [Diao G Y, Wen Q Z. 1999. The migration series of major elements during loess pedogenesis. *Geology-Geochemistry*,27(1): 21-26]
- 杜水生,杨宇霞,王辉. 2019. 文化交流或适应趋同: 甘肃环县楼房子遗址 2011—2012 年发掘的新材料. 第四纪研究,39(6): 1443-1456. [Du S S, Yang Y X, Wang H. 2019. Cultural communication or convergent adaptation: new materials from Loufangzi site at Huanxian County, Gansu Province in 2011-2012. *Quaternary Sciences*, 39(6): 1443-1456]
- 杜艳. 2013. 中国长江流域第四纪红土年代学研究及末次间冰期以来古气候演变. 上海大学博士学位论文: 109-110. [Du Y. 2013. OSL dating of the Quaternary red clay distributed in the reaches of the Yangtze River and paleoclimatic changes since the last interglacial period in mid-subtropical southeast China. Doctoral dissertation of Shanghai University: 109-110]
- 冯连君,储雪蕾,张启锐,张同钢. 2003. 化学蚀变指数(CIA)及其在新元古代碎屑岩中的应用. 地学前缘,10(4): 539-544. [Feng L J, Chu X L, Zhang Q R, Zhang T G. 2003. CIA(chemical index of alteration) and its applications in the Neoproterozoic clastic rocks. *Earth Science Frontiers*,10(4): 539-544]
- 高星. 2014. 更新世东亚人群连续演化的考古证据及相关问题论述. 人类学学报,33(3): 237-253. [Gao X. 2014. Archaeological evidence for evolutionary continuity of Pleistocene humans in China and East Asia and related discussions. *Acta Anthropologica Sinica*, 33(3): 237-253]
- 黄旭华,王永文,李喻鑫. 2020. 江西省锦江流域降水变化特征研究. 中国农村水利水电,(1): 100-105. [Huang X H, Wang Y W, Li Y X. 2020. Research on the precipitation variation characteristics of Jinjiang River Basin in Jiangxi Province. *China Rural Water and Hydropower*, (1): 100-105]
- 黄镇国,张伟强,陈俊鸿,刘瑞华,何正翀. 1996. 中国南方红色风化壳. 北京: 海洋出版社,122-124. [Huang Z G, Zhang W Q, Chen J H, Liu R H. 1996. Red Weathering Crust of Southern China. Beijing: China Ocean Press, 122-124]
- 江西省地质矿产局. 1984. 江西省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1-706. [Geology and Mineral Resources Bureau of Jiangxi Province. 1984. Regional Geology of Jiangxi Province. Beijing: Geological Publishing House, 1-706]
- 江西省水利厅. 2010. 江西省河湖大典. 武汉: 长江出版社, 202-270. [Water Resources Department of Jiangxi Province. 2010. Records of Rivers and Lakes in Jiangxi Province. Wuhan: Changjiang Press, 202-270]
- 靳桂云. 1999. 土壤微形态分析及其在考古学中的应用. 地球科学进展,14(2): 197-200. [Jin G Y. 1999. Soil micromorphology in archaeology. *Advances in Earth Science*,14(2): 197-200]
- 李凤全,叶玮,朱丽东,姜永见,李建武,伊继雪,袁双. 2010. 第四纪网纹红土的类型与网纹化作用. 沉积学报,28(2): 346-355. [Li F Q, Ye W, Zhu L D, Jiang Y J, Li J W, Yi J X, Yuan S. 2010. The types and formation of Quaternary plinthitic red earth. *Acta Sedimentologica Sinica*,28(2): 346-355]
- 李浩,李超荣,Kathleen Kuman. 2016. 丹江口库区果茶场 II 旧石器遗址形成过程研究. 江汉考古,(1): 42-50. [Li H, Li C R, Kuman K. 2016. Site formation analysis of Guochachang II palaeolithic site in Danjiangkou Reservoir Region. *Jiangnan Archaeology*, (1): 42-50]
- 李浩,张玉柱,李意愿,李占扬,贾雅娜. 2021. 沉积物特征与旧石器遗址的形成过程. 人类学学报,40(3): 363-377. [Li H, Zhang Y Z, Li Y Y, Li Z Y, Jia Y N. 2021. Sediment characteristics and the formation processes of Paleolithic sites. *Acta Anthropologica Sinica*, 40(3): 363-377]
- 李红琼,韩荣培. 2020. 赣南地区南方红壤粒度与磁化率特征研究. 绿色科技,(20): 34-38. [Li H Q, Han R P. 2020. Study on grain size and magnetic susceptibility of south red soil in southern Jiangxi Province. *Journal of Green Science and Technology*, (20): 34-38]
- 李建武. 2009. 金衢盆地红土的理化特征与形成环境. 浙江师范大学硕士学位论文: 23-34. [Li J W. 2009. The physical and geochemical characteristics and formative environment of red earth in Jinhua-Quzhou Basin. Masteral dissertation of Zhejiang Normal University: 23-34]
- 李三灵,赵文杰,高玉,李浩. 2023. 江西高安盆地旧石器遗址调查简报. 人类学学报,42(6): 807-814. [Li S L, Zhao W J, Gao Y, Li H. 2023. A preliminary report on the survey of Paleolithic sites in Gao'an Basin, Jiangxi Province. *Acta Anthropologica Sinica*,42(6): 807-814]
- 李徐生,杨达源,韩辉友. 1998. 皖南风尘堆积—古土壤序列磁化率初步研究. 安徽师大学报(自然科学版),21(1): 64-69. [Li X S, Yang D Y, Han H Y. 1998. A preliminary study on the magnetic susceptibility of aeolian dust deposition paleosol sequence in the south of Anhui Province. *Journal of Anhui Normal University(Natural Science)*,21(1): 64-69]
- 李意愿. 2020. 石器工业与适应行为: 澧水流域晚更新世古人类文化研究. 上海: 上海古籍出版社,209-231. [Li Y Y. 2020. Lithic Industries and Adaptation Behaviors: a Study of Late Pleistocene Hominin Culture in the Lishui River Basin. Shanghai: Shanghai Classics Publishing House, 209-231]
- 刘东生. 1985. 黄土与环境. 北京: 科学出版社,191-208. [Liu D S. 1985. Loess and Environment. Beijing: Science Press, 191-208]
- 卢升高. 2007. 中国南方红土环境磁学. 第四纪研究,27(6): 1016-1022. [Lu S G. 2007. Environmental magnetism of Quaternary red earth in Southern China. *Quaternary Sciences*,27(6): 1016-1022]
- 鹿化煜,安芷生. 1998. 黄土高原黄土粒度组成的古气候意义. 中国科学(D辑: 地球科学),28(3): 278-283. [Lu H Y, An Z S. 1998. Paleoclimatic significance of grain size composition of loess on Loess Plateau. *Scientia Sinica(Terrae)*,28(3): 278-283]
- 吕厚远,韩家懋,吴乃琴,郭正堂. 1994. 中国现代土壤磁化率分析及其古气候意义. 中国科学(B辑 化学 生命科学 地学),24(12): 1290-1297. [Lü H Y, Han J M, Wu N Q, Guo Z T. 1994. Analysis of modern soil magnetic susceptibility in China and its paleoclimatic

- significance. *Science in China, Ser B*, 24(12): 1290-1297]
- 裴树文. 2019. 旧石器时代旷野遗址形成过程研究综述. *人类学学报*, 38(1): 1-18. [Pei S W. 2019. A general study review of site formation processes for Paleolithic open-air sites. *Acta Anthropologica Sinica*, 38(1): 1-18]
- 裴树文. 2021. 中国古人类活动遗址形成过程研究的进展与思考. *人类学学报*, 40(3): 349-362. [Pei S W. 2021. The progress and consideration on the study of site formation processes of early human occupation in China. *Acta Anthropologica Sinica*, 40(3): 349-362]
- 饶志国, 朱照宇, 吴翼, 杨恬, 付淑清. 2007. 华南地区发育于不同母岩之上的表土磁化率特征及其意义. *第四纪研究*, 27(4): 651-652. [Rao Z G, Zhu Z Y, Wu Y, Yang T, Fu S Q. 2007. Character and significance of magnetic susceptibility of modern surface soils developed from different native rocks within South China. *Quaternary Sciences*, 27(4): 651-652]
- 任进成, 王法岗, 李锋, 杨庆江, 陈福友, 高星. 2021. 泥河湾盆地板井子旧石器时代遗址的形成过程. *人类学学报*, 40(3): 378-392. [Ren J C, Wang F G, Li F, Yang Q J, Chen F Y, Gao X. 2021. Formation processes of the Banjingzi Paleolithic site in the Nihewan Basin. *Acta Anthropologica Sinica*, 40(3): 378-392]
- 王社江. 2005. 洛南花石浪龙牙洞 1995 年出土石制品的拼合研究. *人类学学报*, 24(1): 1-17. [Wang S J. 2005. The refitting of lithic artefacts from the Longyadong cave, Luonan Basin, China. *Acta Anthropologica Sinica*, 24(1): 1-17]
- 王幼平. 2016. 华南晚更新世晚期人类行为复杂化的个案: 江西万年吊桶环遗址的发现. *人类学学报*, 35(3): 397-406. [Wang Y P. 2016. Behavioral modernity and variability of late Late Pleistocene humans in South China: a case study of Diaotonghuan in Wannian, Jiangxi Province. *Acta Anthropologica Sinica*, 35(3): 397-406]
- 王幼平. 2021. 砾石工业传统与华南旧石器晚期文化. *南方文物*, (1): 91-97. [Wang Y P. 2021. The gravel industry tradition and the late paleolithic culture in South China. *Cultural Relics in Southern China*, (1): 91-97]
- 王幼平, 汪松枝, 赵潮, 陈宥成. 2018. 2013 年河南登封东施旧石器晚期遗址发掘简报. *中原文物*, (6): 46-53. [Wang Y P, Wang S Z, Zhao C, Chen Y C. 2018. The excavation of the late-paleolithic-age Dongshi site at Dengfeng, Henan in 2013. *Cultural Relics of Central China*, (6): 46-53]
- 文启忠. 1989. 中国黄土地球化学. 北京: 科学出版社, 1-234. [Wen Q Z. 1989. *Geochemistry of China Loess*. Beijing: Science Press, 1-234]
- 席承藩. 1991. 论华南红色风化壳. *第四纪研究*, 11(1): 1-8. [Xi C F. 1991. On the red weathering crusts of Southern China. *Quaternary Sciences*, 11(1): 1-8]
- 熊平生. 2012. 赣南地区网纹红土的形成及其环境变化研究. 西南大学博士学位论文: 41-51. [Xiong P S. 2012. A study on patterned red clay formation and environment change in Gannan Region. Doctoral dissertation of Southwest University: 41-51]
- 杨立辉. 2017. 长江中下游地区第四纪红土沉积特征与成因机制研究. 华东师范大学博士学位论文: 22-24. [Yang L H. 2017. The study of sedimentary characteristics and genetic mechanism of the Quaternary red clay in the middle and lower reaches of Yangtze river. Doctoral dissertation of East China Normal University: 22-24]
- 应立朝, 梁斌, 王全伟, 朱兵, 郝雪峰, 王鑫, 刘亮, 付小方. 2012. 川西平原中更新世网纹红土主量元素地球化学特征. *高校地质学报*, 18(4): 759-764. [Ying L C, Liang B, Wang Q W, Zhu B, Hao X F, Wang X, Liu L, Fu X F. 2012. Major elements characters of the Middle Pleistocene vermicular red clay from the western Sichuan Plain. *Geological Journal of China Universities*, 18(4): 759-764]
- 俞劲炎, 詹硕仁, 吴劳生, 朱祖祥. 1986. 亚热带和热带土壤的磁化率. *土壤学报*, 23(1): 50-56. [Yu J Y, Zan S R, Wu L S, Zhu Z X. 1986. The magnetic susceptibility of the soils in subtropical and tropical China. *Acta Pedologica Sinica*, 23(1): 50-56]
- 张玉柱, 黄春长, 庞奖励, 周亚利, 周强, 郭永强, 尚瑞清. 2015. 青海民和官亭盆地喇家遗址古耕作土壤层微形态研究. *土壤学报*, 52(5): 1002-1013. [Zhang Y Z, Huang C C, Pang J L, Zhou Y L, Zhou Q, Guo Y Q, Shang R Q. 2015. Micromorphology of ancient plow layer of paleosol in the lajia Ruins in the Guanting Basin, Minhe County, Qinghai Province. *Acta Pedologica Sinica*, 52(5): 1002-1013]
- 赵文杰, 贾真秀, 李三灵, 李浩. 2023. 2020 年江西高安上湖旧石器遗址发掘报告. *人类学学报*, 42(3): 373-380. [Zhao W J, Jia Z X, Li S L, Li H. 2023. A report of the 2020 excavation of the Shanghu Paleolithic site in Gaoan city, Jiangxi Province. *Acta Anthropologica Sinica*, 42(3): 373-380]
- 朱丽东, 姜永见, 张明强, 叶玮, 李凤全, 冯义雄. 2011. 庐山 JL 剖面红土磁化率特征及古环境记录. *山地学报*, 29(4): 385-394. [Zhu L D, Jiang Y J, Zhang M Q, Ye W, Li F Q, Feng Y X. 2011. Characteristics of magnetic susceptibility and its paleoenvironmental records from JL red earth section, Lushan Area. *Journal of Mountain Science*, 29(4): 385-394]
- 朱显谟. 1993. 中国南方的红土与红色风化壳. *第四纪研究*, 13(1): 75-84. [Zhu X M. 1993. Red clay and red residuum in South China. *Quaternary Sciences*, 13(1): 75-84]
- Antón S C, Potts R, Aiello L C. 2014. Evolution of early Homo: an integrated biological perspective. *Science*, 345: e1236828.
- Berger L R, de Ruiter D J, Churchill S E, Schmid P, Carlson K J, Dirks P H G M, Kibii J M. 2010. *Australopithecus sediba*: A new species of Homo-like australopithec from South Africa. *Science*, 328: 195-204.
- Binford L R. 1980. Willow smoke and dogs' tails: Hunter-gatherer settlement systems and archaeological site formation. *American Antiquity*, 45: 4-20.
- Chen F H, Welker F, Shen C C, Bailey S E, Bergmann I, Davis S, Xia H, Wang H, Fischer R, Freidline S E, Yu T L, Skinner M M, Stelzer S, Dong G R, Fu Q M, Dong G H, Wang J, Zhang D J, Hublin J J. 2019. A late Middle Pleistocene Denisovan mandible from the Tibetan Plateau. *Nature*, 569: 409-412.
- Clark P U, Dyke A S, Shakun J D, Carlson A E, Clark J, Wohlfarth B,

- Mitrovica J X, Hostetler S W, McCabe A M. 2009. The last glacial maximum. *Science*, 325: 710–714.
- Cornwall I. 1958. Soils for the archaeologist. *South African Archaeological Bulletin*, 13: 143.
- Dart R A. 1925. *Australopithecus africanus* the man-ape of South Africa. *Nature*, 115: 195–199.
- Dennell R, Roebroeks W. 2005. An Asian perspective on early human dispersal from Africa. *Nature*, 438: 1099–1104.
- Goldberg P. 1980. Micromorphology in archaeology and prehistory. *Paléorient*, 6: 159–164.
- Han J M, Lü H Y, Wu N Q, Guo Z T. 1996. The magnetic susceptibility of modern soils in China and its use for paleoclimate reconstruction. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 40: 262–275.
- Heller F, Liu T S. 1982. Magnetostratigraphical dating of loess deposits in China. *Nature*, 300: 431–433.
- Hill A, Ward S, Deino A, Curtis G, Drake R. 1992. Earliest *Homo* debate. *Nature*, 358: 290.
- Jia Z X, Pei S W, Benito-Calvo A, Ma D D, Sanchez-Romero L, Wei Q. 2019. Site formation processes at Donggutuo: a major Early Pleistocene site in the Nihewan Basin, North China. *Journal of Quaternary Science*, 34: 621–632.
- Kuman K, Field A S. 2009. The oldowan industry from Sterkfontein caves, South Africa. In: Schick, K, Toth N (eds). *The Cutting Edge: New Approaches to the Archaeology of Human Origins*. Indiana: Stone Age Institute Press, 151–169.
- Leakey M G, Spoor F, Dean M C, Feibel C S, Antón S C, Kiarie C, Leakey L N. 2012. New fossils from Koobi Fora in northern Kenya confirm taxonomic diversity in early *Homo*. *Nature*, 488: 201–204.
- Li H, Li Z Y, Lotter M G, Kuman K. 2018. Formation processes at the early Late Pleistocene archaic human site of Lingjing, China. *Journal of Archaeological Science*, 96: 73–84.
- Li H, Li Y Y, Yu L P, Tu H, Zhang Y Z, Sumner A, Kuman K. 2022. Continuous technological and behavioral development of late Pleistocene hominins in central South China: multidisciplinary analysis at Sandinggai. *Quaternary Science Reviews*, 298: 107850.
- Li L, Lin S C, Peng F, Patania I, Guo J L, Wang H M, Gao X. 2021. Simulating the impact of ground surface morphology on archaeological orientation patterning. *Journal of Archaeological Science*, 126: 105310.
- Li Q, Wu H B, Yu Y Y, Sun A Z, Luo Y L. 2019. Large-scale vegetation history in China and its response to climate change since the Last Glacial Maximum. *Quaternary International*, 500: 108–119.
- Lu H Y, Wu N Q, Liu K B, Jiang H, Liu T S. 2007. Phytoliths as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in China II: Palaeoenvironmental reconstruction in the Loess Plateau. *Quaternary Science Reviews*, 26: 759–772.
- McLennan S M. 1993. Weathering and global denudation. *Journal of Geology*, 101: 295–303.
- Nesbitt H W, Young G M. 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, 299: 715–717.
- Pei S W, Niu D W, Guan Y, Nian X M, Kuman K, Bae C J, Gao X. 2014. The earliest Late Paleolithic in North China: site formation processes at Shuidonggou Locality 7. *Quaternary International*, 347: 122–132.
- Schick K D. 1986. *Stone Age Sites in the Making: Experiments in the Formation and Transformation of Archaeological Occurrences*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press, 1–313.
- Shick K D. 1987. Modeling the formation of Early Stone Age artifact concentrations. *Journal of Human Evolution*, 16: 789–807.
- Svendsen J I, Alexanderson H, Astakhov V I, Demidov I, Dowdeswell J A, Funder S, Gataullin V, Henriksen M, Hjort C, Houmark-Nielsen M, Hubberten H W, Ingólfsson Ó, Jakobsson M, Kjær K H, Larsen E, Lokrantz H, Lunkka J P, Lyså A, Mangerud J, Matiouchkov A, Murray A, Möller P, Niessen F, Nikolskaya O, Polyak L, Saarnisto M, Siebert C, Siebert M J, Spielhagen R F, Stein R. 2004. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. *Quaternary Science Reviews*, 23: 1229–1271.
- Thompson R, Oldfield F. 1986. *Environmental Magnetism*. London: Allen & Unwin, 1–227.
- Wood B. 2014. Human evolution: Fifty years after *Homo habilis*. *Nature*, 508: 31–33.
- Xiao J L, Porter S C, An Z S, Kumai H, Yoshikawa S. 1995. Grain size of quartz as an indicator of winter monsoon strength on the Loess Plateau of central China during the last 130000 yr. *Quaternary Research*, 43: 22–29.
- Xiao J Y, Xiao X Y, Zhang M H, Shang Z Y, Chen Y. 2015. Late Pleistocene montane vegetation and climate history from the Dajiuhu Basin in the western Hubei Province of Central China. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 222: 22–32.
- Xie G M, Lin Q, Wu Y, Hu Z H. 2020. The Late Paleolithic industries of Southern China (Lingnan region). *Quaternary International*, 535: 21–28.
- Zhang D J, Xia H, Chen F H, Li B, Slon V, Cheng T, Yang R W, Jacobs Z, Dai Q Y, Massilani D, Shen X K, Wang J, Feng X T, Cao P, Yang M A, Yao J T, Yang J S, Madsen D B, Han Y Y, Ping W J, Liu F, Perreault C, Chen X S, Meyer M, Kelso J, Pääbo S, Fu Q M. 2020. Denisovan DNA in late Pleistocene sediments from baishiya Karst cave on the Tibetan Plateau. *Science*, 370: 584–587.
- Zhu R X, Potts R, Xie F, Hoffman K A, Deng C L, Shi C D, Pan Y X, Wang H Q, Shi R P, Wang Y C, Shi G H, Wu N Q. 2004. New evidence on the earliest human presence at high northern latitudes in northeast Asia. *Nature*, 431: 559–562.
- Zhu Z Y, Dennell R, Huang W W, Wu Y, Qiu S F, Yang S X, Rao Z G, Hou Y M, Xie J B, Han J W, Ouyang T P. 2018. Hominin occupation of the Chinese Loess Plateau since about 2.1 million years ago. *Nature*, 559: 608–612.

(责任编辑 李新坡; 英文审校 徐杰)