

内蒙古鄂尔多斯乌兰木伦遗址 MIS 3 阶段的植被与环境

李小强^{1*}, 高强^{2, 3}, 侯亚梅¹, 赵克良¹, 孙楠¹,
杨泽蒙⁴, 甄自明⁴, 刘扬^{1, 3}, 周新郢¹

1. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 北京 100044;

2. 中国科学院地球环境研究所, 西安 710075; 3. 中国科学院大学, 北京 100049;

4. 鄂尔多斯市文物考古研究院, 鄂尔多斯, 017000

摘 要: 鄂尔多斯高原拥有我国最早发现的水洞沟和萨拉乌苏旧石器遗址, 是系统研究东亚现代人演化及动因的重要地区。乌兰木伦遗址位于鄂尔多斯康巴什新区乌兰木伦河岸, 发掘出大量石制品、动物化石和炭屑, 遗存埋藏的¹⁴C年代在41.4-33.1 cal ka BP之间, 属MIS 3阶段中期。花粉和木炭化石记录显示, 早期为灌丛-草原, 晚期为典型草原植被, 气候温凉偏干, 较现今相对温暖湿润, 胡颓子属和霸王属等小乔木和灌木作为先民使用的薪材。MIS 3阶段相对暖湿气候有利于人类的繁衍、扩散和交流, 可能是我国北方地区旧石器时代晚期出现大量人类活动的重要原因。

关键词: 乌兰木伦遗址; 鄂尔多斯; MIS 3阶段; 植被; 环境

中图法分类号: ; 文献标识码:A; 文章编号:1000-3193(2014)01-0000-10

1 前 言

人类与环境变化的关系是考古学和过去全球变化领域的重要科学问题^[1-2]。由于旧石器时代考古遗址年代久远, 早期人类活动遗存及其环境背景研究尤为重要, 可以一定程度上复原人类演化的历程, 探究人类行为和适应, 破译人类演化重大进程的动因和机制^[3-4]。我国北方鄂尔多斯高原保存了著名的萨拉乌苏^[5]和水洞沟^[6]等旧石器时代晚期遗址, 发现人类化石、众多类型石器, 还有大量晚更新世哺乳动物化石, 对旧石器晚期智人体质特征和文化类型研究有着重要价值, 在考古和人类学领域有着重要地位。

2010年5月, 内蒙古鄂尔多斯市康巴什新区进行乌兰木伦河修建过程中, 发现了一处旧石器时代遗址。2010年6~9月, 由中国科学院古脊椎动物与古人类研究所、鄂尔多斯青铜器博物馆和鄂尔多斯市文物考古研究院组成联合考古队, 对乌兰木伦遗址进行抢救性考古试掘, 获得了石制品1500余件, 动物化石千余件及人类用火遗迹等。2011年获国家文物局批准, 进行了正式发掘, 两年发掘中共出土4200多件石制品, 发现的动物群里

包括披毛犀、普氏野马、诺氏驼、河套大角鹿、牛、仓鼠和兔等种属，属于晚更新世“萨拉乌苏动物群”。2011 年 4~9 月，又在乌兰木伦河上游的考古调查中发现了旧石器地点 50 多处，采集到石制品上千件。

侯亚梅等^[4]报道了遗址 1 期试掘的基本情况，并发表了其中获得的石制品、哺乳动物化石以及地层和初步测年数据等研究成果，报道了石器类型包括锯齿刃器、凹缺器、各类边刮削器、适于装柄的各类尖状器、鸟喙状器、锥、钻、刀、石片、盘状器、雕刻器、镞等类型。笔者于 2012 年 10 月在遗址不同层位采集了孢粉样本，结合并利用前期发掘中获得的木炭样品，拟通过考古植物指标遗存研究，重建研究区当时的植被类型和气候环境特征，探讨早期人类活动特征及其与气候环境的关系。

2 研究区概况

鄂尔多斯高原位于内蒙古自治区南部，西、北、东三面有黄河环绕，南与黄土高原相连，面积 13 万平方公里。鄂尔多斯市地处高原腹地，海拔高度大致在 1,000~1,300 m 之间，地势西北高东南低，地形复杂，地貌类型多样，东部为准格尔黄土丘陵沟壑区，西部为桌子山低山缓坡和高地，北部为库布其沙漠，南部为毛乌素沙漠和滩地。鄂尔多斯属北温带半干旱大陆性气候区，多年平均气温 6.2℃，最高气温 38℃，最低气温 -31.4℃，年平均降水约为 348 mm，降水变率大，集中于 7~9 月，占年降水量 70% 左右，降水自东南向西北趋于减少，年平均蒸发量 2506 mm。

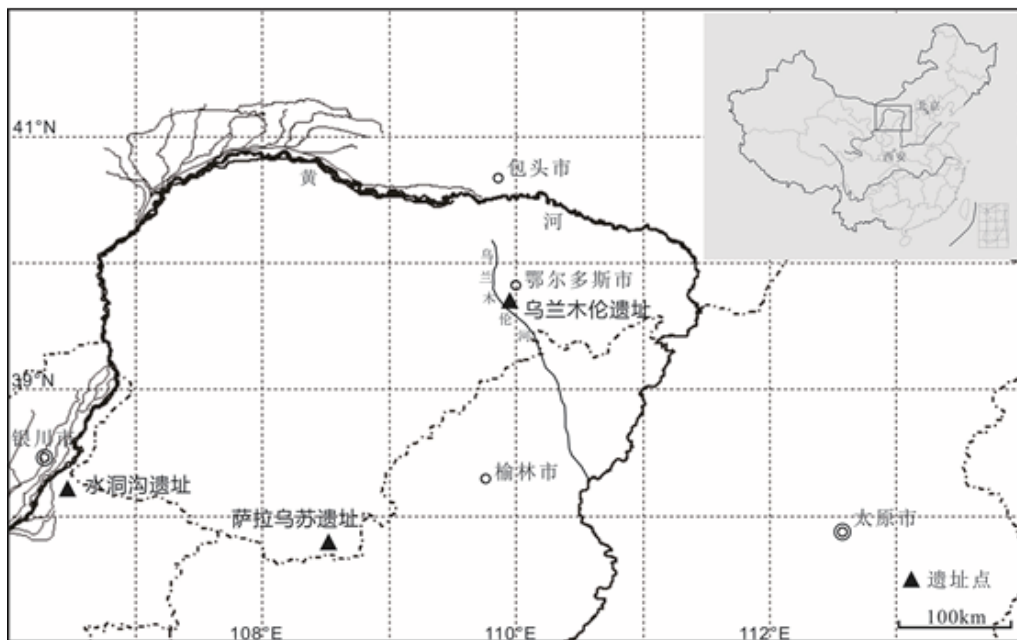


图 1 乌兰木伦遗址地理位置图

Fig.1 Geographic position of the Wulanmulun Site

省界 (provincial boundary); 2. 河流 (river); 3. 国道 (national road); 4. 旗和市 (county and city); 5. 遗址 (site)

鄂尔多斯高原生态环境复杂多样, 植物种类组成较为丰富^[7-8], 不仅处于森林草原—温带草原—荒漠化草原和草原化荒漠过渡地带, 也是欧亚草原和中亚荒漠的交汇和过渡地区^[9]。主要植物群落为荒漠草原群落, 以旱生和超旱生针茅 (*Stipa capillata*) 和冷蒿 (*Artemisia frigida*) 为主; 沙生植被群落, 以白沙蒿 (*Artemisia sphaerocephala krasch*), 油蒿 (*Artemisia ordosica*), 杨柴 (*Hedysarum fruticosum var.*), 柠条 (*Caragana intermedia*), 沙地柏 (*Sabina vulgaris*) 和沙柳 (*Salix psammophila*) 等植物群落为主; 草甸群落, 主要由寸草 (*Carex duriuscula*), 马蔺 (*Iris lactea*), 芨芨草 (*Achnatherum splendens*), 碱蓬 (*Suaeda heteroptera*), 盐爪爪 (*Kalidium capsicum*) 和白刺 (*Nitraria*) 等组成^[10]。由于人类活动的长期影响, 尤其是不合理的农垦和过度放牧促使草地退化、土地沙化以及荒漠化程度加强^[11]。

乌兰木伦遗址 (39°35' N, 109°45' E) 位于鄂尔多斯市康巴什新区乌兰木伦河左岸 (图 1), 海拔 1281 m。乌兰木伦河在内蒙古境内流长 75 km, 是黄河中游粗泥沙含量最大的河道之一。遗址剖面为西北—东南走向, 最宽处约 15 m, 从底部基岩面至地表高约 15 m, 大量石制品、动物骨骼和用火遗存等发现于基岩以上 5~8 m 厚的地层中。

3 研究材料与方法

2010 年 6~7 月的试掘工作揭露面积约 30 m², 呈东北—西南方向。地层工作引自侯亚梅等研究成果^[4], 根据土质与土色将剖面分为 8 层 (图 2), 地层描述如下^[4]:

- ① 主要为红色砂状堆积, 含风化岩块, 西向东倾斜, 厚约 1.1~2.1m;
- ② 上部为红色砂质堆积, 出土遗物较少; 下部为青灰色粉砂, 自西向东倾斜, 石制品和牙骨化石丰富, 厚约 0.6~1.4m;
- ③ 红色夹灰色细砂, 自西向东倾斜, 石制品和牙骨化石丰富, 厚约 0.3~0.8m;
- ④ 以青灰色粉砂为主, 局部为红色细砂, 自西向东倾斜, 石制品和牙骨化石丰富, 厚约 0.2~0.6m;
- ⑤ 青灰色粉砂与红色细砂交错层, 自西向东倾斜, 石制品和牙骨化石丰富, 厚约 0.15~0.40m;
- ⑥ 上部为红色细砂, 夹杂风化岩块; 下部为青灰色粉砂, 自西向东倾斜, 石制品和骨化石丰富, 厚约 0.6~0.8m;
- ⑦ 青灰色粉砂, 夹杂少量风化岩块, 自西向东倾斜, 石制品和骨化石丰富, 厚约 0.2~0.4m;
- ⑧ 红色细砂与青灰色粉砂交错出现, 下伏白垩系基岩, 石制品和骨化石丰富, 厚约 1.1~2.1m

2012 年对该遗址进行了再次野外发掘和室内资料整理工作。在遗址第 2 层和第 6 层发现了多组可以拼合的石制品和打片的碎屑, 足以证明该遗址曾是古人制作工具的场所以及原地埋藏属性。笔者从乌兰木伦遗址剖面第 2、第 6、第 7 和第 8 层采集了 6 个孢粉样品, 每个样品用量 50 g, 采用重液浮选法进行花粉分析, 在 400 倍显微镜下完成花粉鉴定, 大部分样品的花粉统计在 300 粒以上。以统计的所有乔木、灌木、草本和水生植物花粉为基数,

计算不同类型花粉百分比, 并绘制主要花粉种属百分比图谱 (图 3)。

在乌兰木伦遗址剖面第 2、第 4、第 5 和第 6 层中均发现木炭化石和炭屑等用火遗存, 我们从发掘过程中浮选备用的诸多木炭化石样品中选择其中的 5 个加以分析, 将每个样品中的木炭化石分别切出横切面、径切面和弦切面, 在实体显微镜下观察三个切面的特征并归类, 在扫描电子显微镜下观察三个切面上的木材显微结构, 分析和鉴定以下特征: (a) 生长轮与年轮, (b) 胞间道, (c) 管孔, (d) 轴向薄壁组织, (e) 木射线等。通过对比现代切片标本、木材解剖图版, 识别和确定木炭化石的木材种属^[12-15]。

北京大学张家富从剖面第 2 至第 5 层各采集 1 个炭屑, 第 6 层采集了 3 个炭屑和一个动物骨骼, 在北京大学加速器质谱中心完成 ^{14}C 年代测定并进行日历年校正 (图 2)^[4]。8 个 ^{14}C 样品的年龄值分布在 33.1 ± 0.4 cal ka BP 和 41.4 ± 0.3 cal ka BP 之间, 均值为 36.3 cal ka BP, 显示了遗址保存年代大致在 36 ka BP 左右。在剖面各层中分别采集了 13 个光释光样品, 选出细沙级粒径石英颗粒, 用单片再生计量法测定年龄, 在北京大学城市与环境学院地表过程与模拟重点实验室完成 (图 2)^[4]。光释光年代集中在 45~52 ka 之间, 比

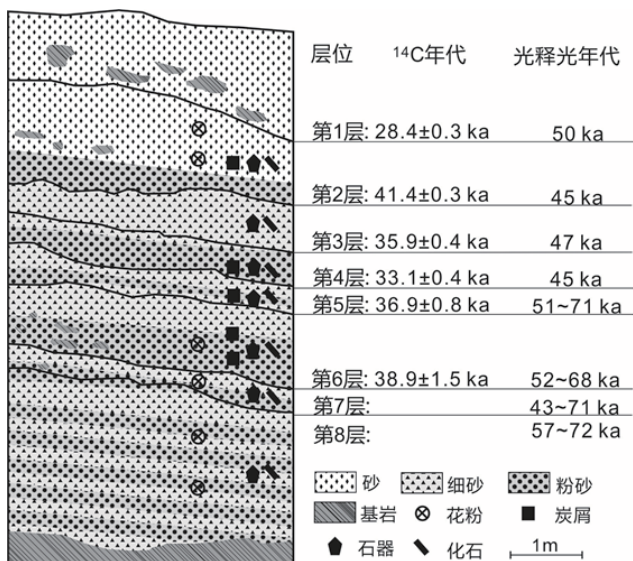


图 2 乌兰木伦第 1 地点发掘地层示意图及其年代 (据文献 [4])
Fig 2. Profile of archaeological part at Loc.1 of Wulanmulun Site and the dating (After reference [4])

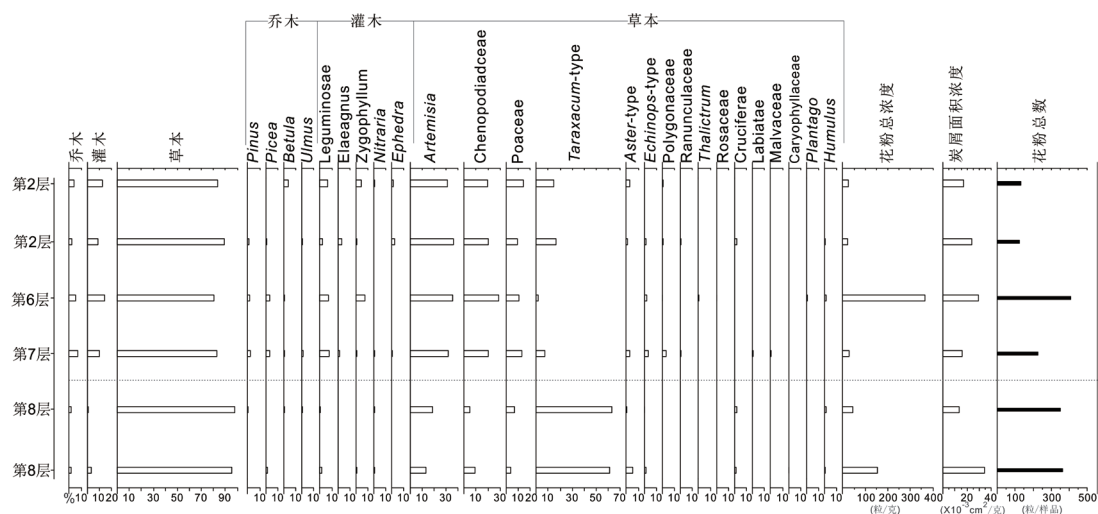


图 3 乌兰木伦遗址花粉百分比图谱
Fig.3 Pollen percentage diagram from Wulanmulun Site

^{14}C 年龄值偏老约 10 ka, 但均指示该遗址为晚更新世（旧石器时代晚期）一套遗存, 目前进一步的年代测定工作仍在进行中。

本文基于以花粉和木炭化石等考古植物指标记录研究为主, 同时, 炭屑不仅是直接的用火遗存, 也是 ^{14}C 年龄测定的理想材料, 测年准确度高, 所有测定年龄均在有效测年范围之内。因此, 本文花粉谱和木材遗存的年代框架主要采用 ^{14}C 年龄, 并适当参考光释光年龄值。

4 研究结果

乌兰木伦遗址剖面共鉴定花粉 1606 粒, 分属 26 个不同科属。乔木花粉包括松属 (*Pinus*)、云杉属 (*Picea*)、桦属 (*Betula*) 和榆属 (*Ulmus*)。灌木花粉主要有豆科 (*Leguminosae*)、胡颓子属 (*Elaeagnus*)、霸王属 (*Zygophyllum*)、白刺属 (*Nitraria*) 和麻黄属 (*Ephedra*)。草本花粉包括蒿属 (*Artemisia*)、藜科 (*Chenopodiaceae*)、禾本科 (*Poaceae*)、蓼科 (*Polygonaceae*)、毛茛科 (*Ranunculaceae*)、唐松草属 (*Thalictrum*)、蔷薇科 (*Rosaceae*)、十字花科 (*Cruciferae*)、唇形科 (*Labiatae*)、锦葵科 (*Malvaceae*)、石竹科 (*Caryophyllaceae*)、车前属 (*Plantago*)、葎草属 (*Humulus*) 以及菊科 (*Compositae*), 其中菊科又可分为蒲公英型 (*Taraxacum-type*)、紫菀型 (*Aster-type*) 和蓝刺头型 (*Echinops-type*) 3 种类型。花粉组合以草本和灌木植物为主, 乔木花粉仅占很少比例。

乌兰木伦遗址花粉百分比图谱 (图 3) 显示, 第 8 层下部和上部的花粉组合比较一致, 乔木和灌木花粉含量很低, 均不超过 1%, 草本植物占有绝对优势。其中, 菊科蒲公英型等中生植物花粉含量很高, 占总花粉量 62.2%。其次, 禾本科 (5.3%)、蒿属 (16%)、藜科 (6.8%)、紫菀类型 (2.9%) 和十字花科 (1.7%) 等花粉也占较高比例, 其余类型花粉的百分含量均未超过 1%。

第 7 层、6 层和 2 层的花粉组合特征比较相近, 乔木和灌木花粉含量较低, 但与第 8 层相比有明显增加, 其中, 云杉属花粉含量的峰值可达 3.6%。草本植物花粉仍然占有优势, 以中生 - 旱生草本植物为主, 蒿属 (33.6%)、藜科 (22.2%)、禾本科 (11.8%)、蒲公英型 (9.9%)、豆科 (6%) 和霸王属 (3.3%) 花粉含量高, 占总花粉含量的 86.8%。

第 2、第 4、第 5 和第 6 层中 5 个木炭化石样品均出现胡颓子属 (*Eleagnus*) 木材 (属胡颓子科 *Elaeagnaceae*), 木材解剖具有以下特征 (图 4)。(1) 横切面: 环孔至半环孔材, 多为单管孔, 导管横截面为圆形、卵圆形; (2) 径切面: 导管分子单穿孔, 穿孔板略倾斜。小导管上螺纹加厚明显, 管间纹孔式互列, 卵圆形及椭圆形; 射线组织同行单列及多列, 均为横卧细胞; 射线 - 导管间纹孔式类似管间纹孔式。(3) 弦切面: 射线宽 1~5 个细胞, 高 2~35 个细胞, 射线细胞卵圆及圆形, 多列射线呈纺锤形排列。胡颓子属植物一般为小乔木和灌木, 在我国西北各省和内蒙古的中、西部地区均有分布, 具有抗旱、抗风沙、耐盐碱、耐贫瘠等特点。

第 5 和第 6 层中 3 个木炭化石样品均出现霸王属 (*Zygophyllum*) 木材, 属蒺藜科 (*Zygophyllaceae*) 植物, 木材解剖具有以下特征 (图 4)。(1) 横切面: 散孔材, 多为单管孔,

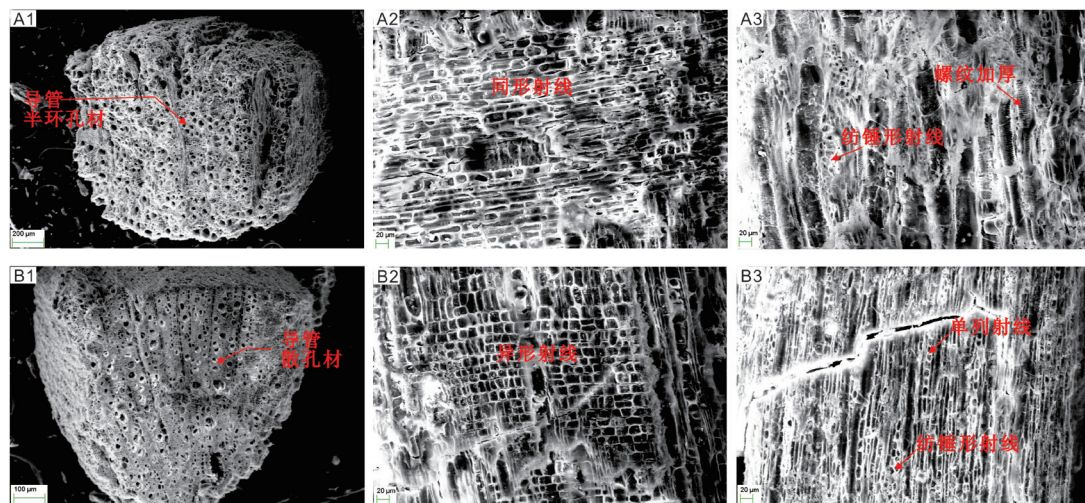


图 4 胡颓子属 (*Eleagnus*) 和霸王属 (*Zygophyllum*) 木材显微结构

Fig.4 Wood microstructure of *Eleagnus* and *Zygophyllum*

A1-A3 及 B1-B3 分别为胡颓子属和霸王属木材的横切面、径切面、弦切面

导管横截面为圆形、卵圆形及椭圆形。(2) 径切面: 导管分子单穿孔, 穿孔板略倾斜至倾斜。导管壁上螺旋加厚未见, 管间纹孔式互列, 卵圆形。射线组织异形, 单列射线几乎全由方形细胞及直立细胞组成, 多列射线中部为横卧细胞边缘为直立细胞。射线-导管间纹孔式类似管间纹孔式。(3) 弦切面: 射线宽 1~2 个细胞, 高 4~15 细胞。射线细胞圆形至长方形。霸王属植物主要为多年生灌木, 产于我国西北部和北部的沙漠或碱土上。

根据遗址中花粉组合特征以及胡颓子属和霸王属木材类型的出现, 可以判定乌兰木伦遗址剖面下部 (第 8 层) 主要是以菊科植物为主的灌丛-草原植被景观, 属凉偏干气候类型。剖面上部为禾本科植物为主的典型草原 (或干草原) 植被景观, 伴生不同数量的中旱生杂草, 混生有旱生灌木或半灌木, 离水源较近的地段生长有小乔木或灌丛, 气候仍属凉偏干类型, 但温度较剖面下部有所增高。乌兰木伦遗址先民生活阶段的植被类型总体与目前黄土高原北缘的植被类型相当, 气候较现今相对温暖湿润。

5 讨 论

末次冰期后段是早期现代人演化、扩散的重要时期, 不仅人类活动的遗址数量显著增多, 人类体制特征和人类文化也出现了显著的进步与变革, 被称之为“旧石器时代晚期革命”^[3,16,17]。这场革命在西亚地区出现在距今 61.5~53.1 Ka^[18], 中欧和西欧出现在 41.7~31 Ka^[19-21]; 南西伯利亚和蒙古分别出现在距今 41.3~31.7 Ka 和 31.3~21.7 Ka^[22], 阿勒泰南部地区 (4.3 万~3.3 万年前)^[3]。这一古人类活跃阶段基本与末次冰期内一个间冰阶相对应, 属末次冰期中一次气候升温事件, 在深海岩芯中表现为氧同位素第 3 阶段即“MIS 3 阶段”, 其发生时间大致在 60~27 ka 之间^[23-24]。

我国北方鄂尔多斯高原保存了萨拉乌苏、水洞沟等旧石器晚期遗址, 发现了人类化

石和大量的旧石器，是早期现代人在东亚迁徙、扩散和技术交流的驻足地，也是系统研究东亚旧石器晚期人类演化以及现代人行为和技术的关键地区^[6,25]。乌兰木伦遗址位于鄂尔多斯高原核心部位，基于高精度 ^{14}C 年代，可以判定乌兰木伦遗址的第 8 层至第 2 层年代在 $41.4 \pm 0.3 \text{ cal ka BP}$ 与 $33.1 \pm 0.4 \text{ cal ka BP}$ 之间。

侯亚梅等^[4,26]认为遗址的石制品总体属于小型石片工业组合，不少石器出现一器多用的功能特点，器型方面与欧洲传统旧石器时代中期相近。萨拉乌苏旧石器时代遗址在中国最早被发现和研究，曾发现了人类化石、大量哺乳动物化石和骨器和炭屑等遗存，人类化石的 ^{14}C 年代为 35.34 ka BP ^[27-28]。水洞沟遗址及周边地区的人类活动集中在距今 32~11 ka，比上述人类活动的年代稍晚一些，以丰富的、带有欧洲旧石器时代中晚期过渡阶段莫斯特和奥瑞纳文化特点的石叶工具为特点，还含有更晚阶段的大量装饰品、火塘、骨角器和细石器，应来自于西北的一支早期现代人群^[3,17]。

40-30 ka 之间中国西北大部分地区的降水量比现在高 60-300 mm，内蒙古西部的温度比现在高 $2-3^\circ\text{C}$ ^[29]。腾格里沙漠断头梁剖面花粉记录揭示 ~38-31 ka BP 之间研究区植被为以温带、暖温带阔叶林为主的针阔混交林，湖畔河边发育着草甸植被^[30]。黄土高原靖边剖面花粉记录揭示 L_{1-2} (~40-28 ka) 沉积阶段黄土高原北部出现以蒲公英类型菊科为主的草原植被^[31]。乌兰木伦遗址花粉记录显示遗址剖面沉积早期为蒲公英类型菊科占主要比例的灌丛-草原植被，晚期为禾本科占优的典型草原植被。乌兰木伦遗址第 8 层中高比例蒲公英类型菊科花粉的出现说明遗址周边的植被环境与整个区域的植被格局相一致，可能指示了 MIS3 阶段黄土高原北部到鄂尔多斯高原菊科草原植被比较发育，气候相对温暖湿润。

同时，遗址出土的披毛犀、普氏野马、大角鹿和牛等哺乳动物群带有明显的草原特点^[4]，与研究区的植被类型相契合。大量的炭屑和木炭化石等遗存可能显示古人类已有用火行为，所用薪材来自遗址周边的胡颓子属和霸王属等小乔木和灌木植物。植被和植物特征、木材类型以及哺乳动物组合共同指示了乌兰木伦遗址的气候属温凉偏干类型，但较现今相对温暖湿润。

我国北方这一时段还出现了一定的旧石器文化遗址，北京周口店田园洞遗址出土了 34 件现代智人化石和 29 种哺乳动物化石^[32]，年代在 40~38.5 ka BP 之间^[33]，河南郑州织机洞遗址下文化层年代在 50~35 ka BP 之间，出土有大量旧石器时代中期向晚期过渡的石制品^[34-35]，辽宁海城小孤山遗址中的灰烬和牙齿的 ^{14}C 校正年代分别为 $41.6\sim38.4 \text{ cal ka BP}$ 和 $39.2\sim35 \text{ cal ka BP}$ ^[36-37]。同时，MIS 3 阶段晚期还出现旧石器时代晚期遗址如山西峙峪遗址^[38]、北京王府井遗址等^[39]。

人类起源和演化及其与气候环境变化的关系越来越受到关注^[40-41]，尽管我国北方旧石器晚期革命在石器文化特征以及发生的机制和模式等方面仍非常复杂，但是 MIS 3 阶段数量众多旧石器遗址的出现，石制品较大的进步和发展，显示了人类活动的频繁及其与气候变化的可能联系。MIS 3 阶段早、中期 (60~34 ka) 气候虽不及末次间冰期那样温暖湿润，但其温湿程度仍然较高，晚期 (34~25 ka) 湿度降低，气候向冷干的末次盛冰期转型^[42-43]。MIS 3 阶段，古里雅冰芯氧同位素记录表明整体出现异常高温，峰值区气候与全新世暖期相当^[44]；黄土-古土壤序列表现为马兰黄土中的弱发育古土壤层^[43]，沙漠/黄土过渡带发育疏林草原植被，出现云杉、栎属和胡桃科乔木以及榛属灌丛^[45]；内蒙古阿拉善高原

地区的吉兰泰湖泊这一阶段处于发育期^[46]。

我国北方地区主要受东亚季风气候的控制和影响,鄂尔多斯高原地处季风的边缘区,生态环境相对脆弱,对气候环境变化敏感,东亚季风强弱变化对这一地区的环境和人类发展有着重要影响。MIS 3 阶段温度升高导致夏季风加强,降水增加,相对暖湿的气候条件有利于植被发育和哺乳动物繁盛,为人类生存和发展提供了适宜的环境和丰富的食物,扩大了人类生存和活动空间,有利于人类的繁衍、迁徙、扩散和交流,可能是我国北方地区旧石器时代晚期出现大量人类活动的重要原因。

6 结 论

1) 乌兰木伦遗址 41.4~33.1±0.4 cal ka BP 时段早期为灌丛-草原植被,晚期为典型草原植被,气候温凉偏干,较现今相对温暖湿润。

2) 古人类使用胡颓子属和霸王属等小乔木和灌木作为用火的薪材。

3) 末次冰期中 MIS 3 阶段相对暖湿的气候促进了人类的繁衍、扩散和交流,可能是我国北方地区旧石器时代晚期出现大量人类活动的重要原因。

致谢: 本研究得到国家自然科学基金项目(41172161, 41001062, 41272033)和中国科学院战略性先导科技专项项目“应对气候变化的碳收支认证及相关问题”(XDA05130203)的资助。

参考文献

- [1] 刘东生. 开展“人类世”环境研究, 做新时代地学的开拓者——纪念黄汲清先生的地学创新精神[J]. 第四纪研究, 2004(4): 369-378
- [2] IGBP. About the Global environmental change program. IGBP science Series, 2001(4): 31-32
- [3] 高星. 中国旧石器时代手斧的特点与意义[J]. 人类学学报, 2012, 31(2): 97-112
- [4] 侯亚梅, 王志浩, 杨泽蒙, 等. 内蒙古鄂尔多斯乌兰木伦遗址 2010 年 1 期试掘及其意义[J]. 第四纪研究, 2012, 32(2): 178-187
- [5] 原思训, 陈铁梅, 高世君. 用铀子系法测定河套人和萨拉乌苏文化的年代[J]. 人类学学报, 1983, 11(1): 90-94
- [6] 高星, 袁宝印, 裴树文, 等. 水洞沟遗址沉积-地貌演化与古人类生存环境[J]. 科学通报, 2008(53): 1200-1206
- [7] Zhu ZY, Ma YQ, Liu ZL, et al. Endemic plants and floristic characteristics in Alashan-Ordos biodiversity center[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 1999, 13(2): 1-16
- [8] Li XR, Zhang XS. Biodiversity of shrub community in desert steppe and steppe desert on Erdos Plateau[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1999(10): 665-669
- [9] Yong SP, Zhu ZY. The fundamental characteristics of Gobi desert flora in the Centre Asia[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Intramongolice, 1990(21): 241-247
- [10] 张新时. 毛乌素沙地的生态背景及其草地建设的原则与优化模式[J]. 植物生态学报, 1994, 18(1): 1-16
- [11] 陈旭东, 董学军, 陈仲新. 鄂尔多斯高原沙地灌丛多样性及其生态恢复, 见: 马克平主编. 中国重点地区与类型生态系统多样性[M], 浙江科学技术出版社, 杭州, 1999: 109-153
- [12] 成俊卿. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985
- [13] 成俊卿, 杨家驹, 刘鹏. 中国木材志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985
- [14] 腰希申. 中国主要木材构造[M]. 北京: 中国林业出版社, 1988

- [15] Schweingruber FH. Anatomy of European Woods[M]. Stuttgart: Paul Haupt Berne and Stuttgart Publishers, 1990
- [16] Bar-Yosef O. The Upper Paleolithic revolution[J]. Annual Review of Anthropology, 2002(31): 363–393
- [17] Pei SW, Gao X, Wang HM, et al. The Shuidonggou site complex: new excavations and implications for the earliest Late Paleolithic in North China[J]. Journal of Archaeological Science, 2012, 39(12): 3610–3626
- [18] Shea JJ. The Middle Paleolithic of the East Mediterranean Levant[J]. Journal of World Prehistory, 2003, 17(4): 313–393
- [19] Cohen VY, Stepanchuk VN. Late Middle and Early Upper Paleolithic evidence from the East European Plain and Caucasus: A New look at variability, interactions, and transitions[J]. Journal of World Prehistory, 1999, 13(3): 265–319
- [20] Bolus M, Conard N J. The Late Middle Paleolithic and earliest Upper Paleolithic in Central Europe and their relevance for out of Africa hypothesis. Quaternary International, 2001, 75(1) : 29–40
- [21] Mellars P. The impossible coincidence: A single-species model for the origins of Modern Human Behavior in Europe. Evolutionary Anthropology, 2000, 14(1) : 12–27
- [22] Brantingham PJ, Olsen JW, Schaller GB. The Initial Upper Paleolithic in Northeast Asia [J]. Current Anthropology, 2001, 42(5): 735–747
- [23] Dansgaard W, Johnsen SJ, Clausen HB, et al. Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record[J]. Nature, 1993(364): 218–220
- [24] Van Meerbeeck CJ, Renssen H, Roche DM. How did Marine Isotope Stage 3 and Last Glacial Maximum climates differ? – Perspectives from equilibrium simulations[J]. Climate of the Past, 2009(5): 33–51
- [25] 王春雪, 张乐, 高星, 等. 水洞沟遗址采集的鸵鸟蛋皮装饰品研究 [J]. 科学通报, 2009(54): 2886–2894
- [26] 王志浩, 侯亚梅, 杨泽蒙, 等. 内蒙古鄂尔多斯市乌兰木伦旧石器中期遗址 [J]. 考古, 2012(7): 579–590
- [27] 黄慰文, 董光荣, 侯亚梅. 鄂尔多斯化石智人的地层、年代和生态环境 [J]. 人类学学报, 2004(23): 258–271
- [28] 尚虹, 卫奇, 吴小红. 关于萨拉乌苏遗址地层及人类化石年代的问题 [J]. 人类学学报, 2006, 25(1): 83–86
- [29] Yang B, Shi YF, Braeuning A, Wang JX. Evidence for a warm-humid climate in arid northwestern China during 40–30 ka BP [J]. Quaternary Science Reviews, 2013, 23: 2537–2548
- [30] 马玉贞, 张虎才, 李吉均. 腾格里沙漠晚更新世孢粉植物群与气候环境演变 [J]. 植物学报, 1998, 40 (9): 871–879
- [31] Jiang WY, Cheng YF, Yang XX, Yang SL. Chinese Loess Plateau vegetation since the Last Glacial Maximum and its implications for vegetation restoration[J]. Journal of Applied Ecology, 2013, 50: 440–448
- [32] 同号文, 尚虹, 张双权, 等. 周口店田园洞古人类遗址的发现 [J]. 科学通报, 2004, 49(9): 893–897
- [33] 李潇丽, 张双权, 魏明瑞, 等. 周口店田园洞 MIS3 阶段古人类生存环境 [J]. 海洋与第四纪地质, 2009, 29(3): 133–140
- [34] 夏正楷, 刘德成, 王幼平, 等. 郑州织机洞遗址 MIS 3 阶段古人类活动的环境背景 [J]. 第四纪研究, 2008, 28(1): 96–102
- [35] 张松林, 刘彦锋. 织机洞旧石器时代遗址发掘报告 [J]. 人类学学报, 2003, 22(1) : 1–17
- [36] Qu TL, Bar-Yosef O, Wang YP, et al. The Chinese Upper Paleolithic: Geography, Chronology, and Techno-typology [J]. Journal of Archaeological Research, 2013, 21: 1–73
- [37] 张镇洪, 傅仁义, 陈宝峰, 等. 辽宁海城小孤山遗址发掘简报 [J]. 人类学学报, 1985, 4(1): 70–78
- [38] 贾兰坡, 盖培, 尤玉柱. 山西朔县峙峪旧石器时代遗址发掘报告 [J]. 考古学报, 1972(1): 39–58
- [39] 李超荣, 郁金城, 冯兴无. 北京市王府井东方广场旧石器时代遗址发掘简报 [A]. 考古, 2000(9) : 1–8
- [40] Anna KB. Climate Change and Human Evolution[J]. Science, 2006(311): 476–478
- [41] Pearson OM, Activity, Climate, and Postcranial Robusticity: Implications for Modern Human Origins and Scenarios of Adaptive Change. Current Anthropology, 2000, 41(4) : 569–607
- [42] 陈一萌, 饶治国, 张家武, 等. 中国黄土高原西部马兰黄土记录的 MIS-3 气候特征与全球气候记录的对比研究 [J]. 第四纪研究, 2004, 24(3): 359–365
- [43] 李玉梅, 刘东生, 吴文祥, 等. 黄土高原马兰黄土记录的 MIS3 温湿气候 [J]. 第四纪研究, 2003, 23(1): 69–76
- [44] 姚檀栋, Thompson LG, 施雅风, 等. 古里雅冰芯中末次间冰期以来气候变化记录研究 [J]. 中国科学 (D), 1997, 27 (5): 447–452
- [45] 杨青, 李小强, 周新郢, 等. MIS-3 阶段以来沙漠 / 黄土过渡区植被演替及其对气候变化的响应 [J]. 第四纪研究, 2011, 31(6): 962–971
- [46] 春喜, 范育新, 夏敦胜, 等. MIS3 阶段吉兰泰古湖演化的初步研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(12): 56–61

The Vegetation and Environment at the Wulamulun Site in Ordos Plateau, Inner Mongolia During MIS 3 Period

LI Xiaoqiang^{1,2}, GAO Qiang^{2,3}, HUO Yamei¹, ZHAO Keliang¹, SUN Nan¹, YANG Zemeng⁴, ZHEN Ziming⁴, LIU Yang^{1,3}, ZHOU Xinying¹

1. Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origins of Chinese Academy of Sciences,
Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044;

2. Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xian 710075;

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049; 4. Ordos Antiquit & Archaeology Institution, Ordos, 017000

Abstract: Ordos Plateau possesses the famous Salawusu and Shuidongou Paleolithic site discovered firstly in China and is the key area for studying the human evolution in Eastern Asia systematically. Wulanmulun site is located at the bank of Wulamulun River in new Kangbashi District of Ordos city. A lot of stone artifacts, mammalian fossils, and charred woods were obtained from the site. The ¹⁴C ages of the remains are 41.4~33.1 cal ka BP corresponding to the MIS 3 period. The evidence from pollen and charcoal fossil indicates that the shrub-steppe appeared in the early period and the typical steppe grew in the late period. The climate is dry and cool but warmer and wetter than present. The shrubs and small trees such as *Elaeagus* and *Zygophyllum* are used for fuelwood by ancient people. The relatively warm and humid climate in MIS 3 period was conducive to human reproduction, diffusion and exchange, which is probably an important reason of "The upper Paleolithic revolution" in North China.

Keywords: Wulamulun site, Ordos, MIS 3 period, Vegetation, Environment