

柳欣滢,金明,杨帆,等.毛乌素沙地东缘中全新世以来环境变化及其对文明演化的影响初探[J].中国沙漠,2022,42(5): 92-100.

毛乌素沙地东缘中全新世以来环境变化及其对文明演化的影响初探

柳欣滢,金明,杨帆,马亚鹏,刘慧,孙小云,夏敦胜

(兰州大学 资源环境学院/西部环境教育部重点实验室,甘肃 兰州 730000)

摘要:毛乌素沙地全新世风成沉积为探讨气候变化与文明演化之间的关系提供了可能。本文通过对毛乌素沙地东缘全新世中晚期寨山剖面沉积物的磁学参数、色度、 CaCO_3 含量和粒度进行分析,重建了该区域环境变化历史,并初步探讨了环境变化对文明演化的影响。结果表明:该区域6 800—1 500 cal a BP分别经历了一次气候暖湿期(6 800—5 500 cal a BP)、一次气候相对暖干期(5 500—4 000 cal a BP)和一次气候相对暖湿期(4 000—1 500 cal a BP)。毛乌素沙地东缘仰韶文化(6 800—5 500 cal a BP)的大扩张与气候暖湿期具有一致性,遗址数量增加;仰韶晚期和龙山时期(5 500—4 000 cal a BP)气候变化频繁,文化复杂多样,期间经历了仰韶文明的衰落和龙山文化的扩张,遗址数量逐渐增加;青铜铁器时代和秦汉时期(4 000—1 500 cal a BP)各民族文化融合发展,人口活动频繁,经济文化都得到较好的发展,遗址不断增加,且数量较大。研究结果指示文明兴衰受环境演化影响,两者在时间上有较好的一致性,但短时期内文明演化对气候变化的响应有滞后性。

关键词:全新世中晚期;气候变化;文明兴衰;毛乌素沙地

文章编号: 1000-694X(2022)05-092-09

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2022.00023

中图分类号: P467

文献标志码: A

0 引言

人类遗址是文明发展的产物,为探索社会发展与文明兴衰的关系提供了素材,因此,史前遗址的研究越来越受到学者们的关注^[1-2]。影响聚落社会变迁和文明兴衰的因素有很多,包括战争、人口压力、资源枯竭等^[3],越来越多的证据表明,气候环境变化是重要的驱动因素^[4-6]。在生产水平低下的史前时期,文明兴衰受环境制约的现象尤为突出,如孟津地区遗址反映的二里头文化时期湖泊萎缩导致人群逐渐向低处移居等^[7],属于古人群在受气候环境制约的情况下做出响应的具体表现。总之,适宜气候环境通常有助于文化繁荣^[8],而恶劣气候则可能会导致文明进程中断甚至衰落^[9]。

毛乌素沙地东缘位于现代夏季风边缘区,对气候环境响应较为敏感,是探讨气候变化与文明演化之间关系的理想区域。该区域广泛分布的风成沉

积是重建气候变化的良好载体,为文明演化提供了可靠的气候背景。目前对该区域遗址的研究多关于古环境和古人地关系^[10-13],较少涉及古环境变化与人类文明演化的相互影响。对遗址区古环境状况的分析研究有助于深入了解史前遗址形成时期的环境背景及气候变化对人类文明演化的影响^[14]。因此,本文通过对全新世中晚期寨山剖面的磁学参数、色度、 CaCO_3 含量和粒度的分析,重建了毛乌素沙地东缘6 800 cal a BP以来的环境演化过程。同时,通过野外实地考察和文献搜集,整理了该区域仰韶时期至秦汉时期的遗址信息,探讨各个时期气候环境变化对文明演化的可能影响。

1 研究区和剖面概况

毛乌素沙地位于东亚夏季风区的边缘带(图1),是黄土和沙漠的过渡区域,对环境变化响应敏感^[15],

收稿日期:2021-09-26; 改回日期:2022-02-22

资助项目:科技部科技基础性工作专项项目(2017FY101003)

作者简介:柳欣滢(1999—),女,湖南湘潭人,硕士研究生,研究方向为自然地理学。E-mail: liuxinying20@lzu.edu.cn

通信作者:金明(E-mail: mjin@lzu.edu.cn)

沙地东缘发育有大量第四纪以来的风沙/黄土/古土壤沉积层,记录了丰富的古气候环境信息^[16]。该区

域属于温带干旱半干旱大陆性季风气候,年均温为6—8.7℃,年均降水量为250—440 mm^[17-19]。

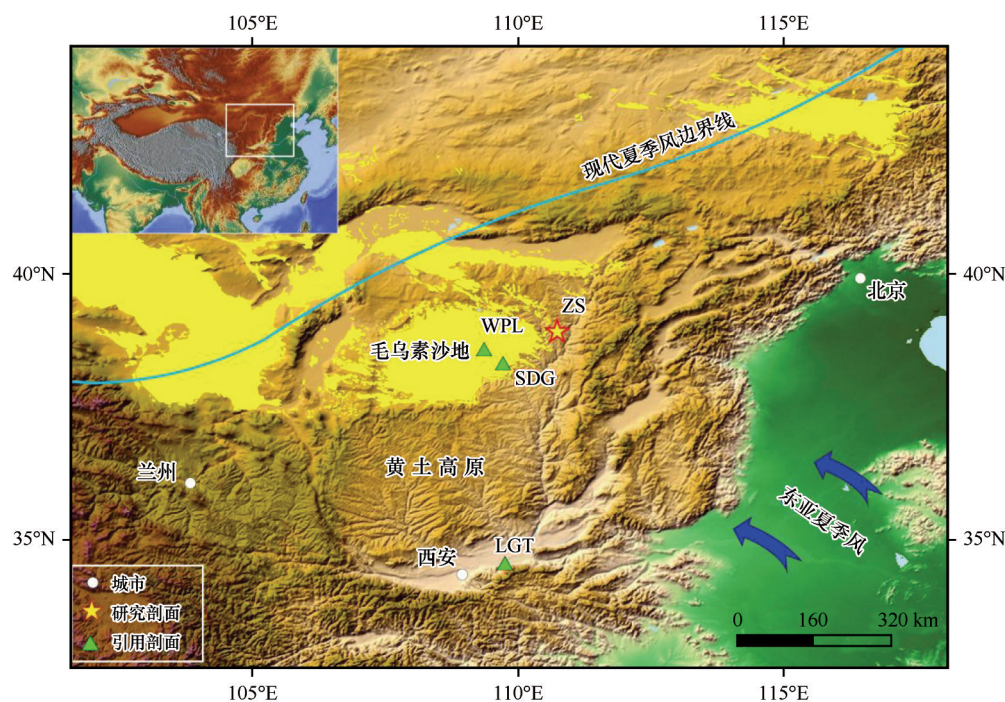


图1 研究区及剖面位置(SDG剖面引自参考文献[11],LGT剖面引自参考文献[18],WPL剖面引自参考文献[19])

Fig.1 Locations of study area and aeolian sections^[11,18-19]

寨山剖面(38°56'N、110°44'E,海拔1 132 m)位于毛乌素沙地东缘,处在晋、陕、蒙的交界处,与寨山石城遗址毗邻。剖面发育有全新世中晚期风成沉积层,属于中温带半干旱大陆性季风气候,年均气温8.5℃,年降水量406 mm,降水集中在7—9月^[20]。该剖面厚200 cm,以2 cm为间隔采集样品100个。根据剖面沉积特征可大致分为以下7个沉积单元(图2)。

- (1) 0—60 cm为黄棕色砂质古土壤,含有植物根系,碳酸钙富集明显,多虫孔,质地疏松。
- (2) 60—90 cm为灰白色粉砂质古土壤,含有植物根系,碳酸钙富集明显,质地坚硬。
- (3) 90—100 cm为红棕色砂质古土壤,含有钙菌丝体,质地疏松。
- (4) 100—135 cm同第二层一致。
- (5) 135—150 cm同第三层一致。
- (6) 150—175 cm同第二层一致。
- (7) 175—200 cm为褐色砂质古土壤,含有少量钙菌丝体,质地疏松。

2 方法

取适量样品在室内自然风干后用玛瑙研钵研磨,称取5 g,装入8 cm³的磁学样品盒中压实。用磁

化率仪 Bartington MS2 测量样品的低频(470 Hz)磁化率(χ_{lf})和高频(4 700 Hz)磁化率(χ_{hf}),计算出频率磁化率(χ_{fd}),频率磁化率公式为 $\chi_{fd} = \chi_{lf} - \chi_{hf}$;用交变退磁仪 LDA5 和小旋转磁力仪 JR-6A 测量样品的非磁滞剩磁(ARM),计算非磁滞剩磁磁化率(χ_{ARM});用脉冲强磁仪 ASCIM-10-30 和旋转磁力仪 JR6 测量样品的等温剩磁(IRM)和饱和等温剩磁(SIRM)。色度指标采用分光色度计量器 X-Rite 948 测量^[21],样品磨至200目(75 μm),在背景光源恒定的日光灯下进行测量,待仪器校正后,将样品放在色度仪自带标准白板上,得出亮度(L^*)、红度(a^*)、黄度(b^*)值,误差小于0.07。CaCO₃含量测定参照 Yang 等^[22]方法,使用 Bascomb 国际标准碳酸盐法测定样品碳酸盐含量。粒度测试使用英国马尔文公司生产的激光粒度仪 Mastersizer 2000,前处理方法参照 Lu 等^[23],粒度0.02—2 000 μm,误差小于1%。以上实验均在兰州大学西部环境教育部重点实验室完成。

3 结果

3.1 年代框架的建立

干旱区剖面地层通常缺乏有机测年材料,本次

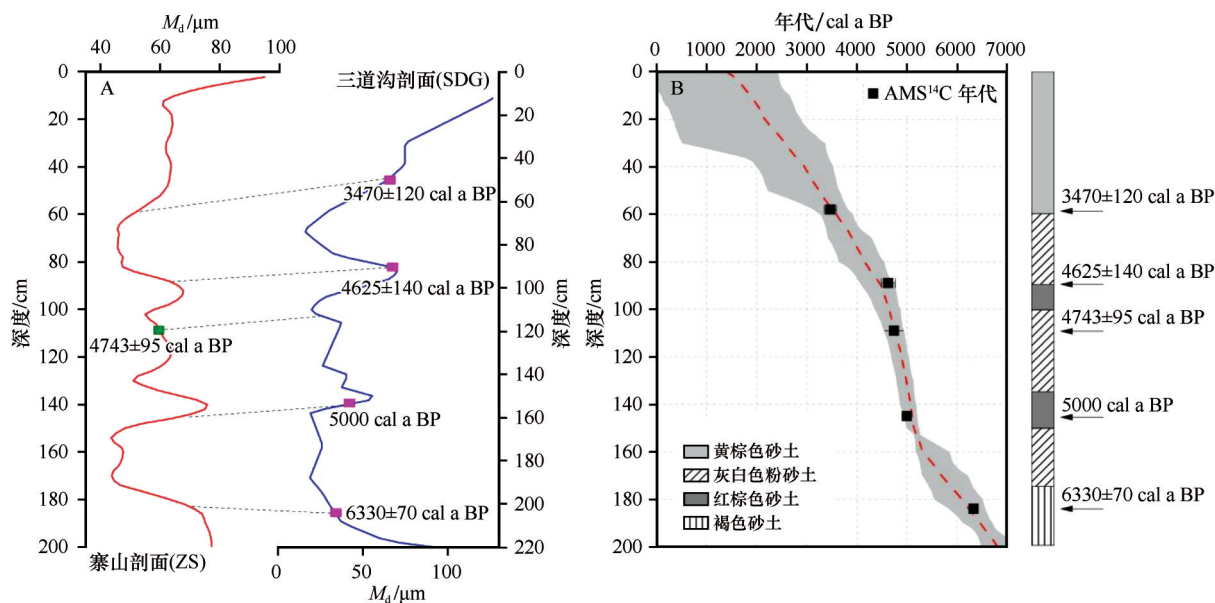


图2 通过中值粒径(M_d)曲线趋势建立的年代序列和寨山剖面的贝叶斯年代-深度模型
(矩形为剖面深度-年代控制点)

Fig.2 The chronological sequence based on the M_d curve and Bayesian age-depth model for the ZS section (the rectangle is the depth age control point)

研究在寨山剖面(ZS)109 cm处找到了一块略显珍贵的炭屑样品,在兰州大学西部环境教育部重点实验室完成测试,获得1个AMS¹⁴C样品测年结果(4 743±95 cal a BP)。ZS剖面与三道沟剖面(SDG)^[11]位置毗邻(图1),岩性相近,中值粒径(M_d)、砂组分和粉砂组分曲线趋势极为相似,峰谷变化呈现出一致性。ZS剖面AMS¹⁴C年代结果与SDG剖面4 625±140 cal a BP和5 000 cal a BP年代之间^[20]较好吻合(图2)。通过进一步对比ZS剖面和SDG剖面的粒度曲线变化,获得了4个深度-年代控制点,得出该剖面沉积始于6 800 cal a BP,基于5个AMS¹⁴C深度-年代控制点建立了贝叶斯年代-深度模型。

3.2 磁学参数、色度和CaCO₃含量分析

ZS剖面的 χ_{ir} 值 36×10^{-8} — $69.83\times 10^{-8} \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$,均值 $46.22\times 10^{-8} \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$, χ_{fd} 值 0.52×10^{-8} — $4.65\times 10^{-8} \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$,均值 $2\times 10^{-8} \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$,非磁滞磁化率与饱和等温剩磁比值(χ_{ARM}/SIRM) 0.14×10^{-3} — $0.28\times 10^{-3} \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$,均值为 $0.2\times 10^{-3} \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$ 。从 χ_{ir} 、 χ_{fd} 和 χ_{ARM}/SIRM 的变化趋势上看(图3),三者随深度变化的规律一致:总体在200—171 cm处为高值,171—143 cm处为低值,143 cm至顶部整体呈波动上升趋势。 L^* 在200—171 cm处为低值,171—80 cm逐渐上升,80 cm至顶部呈逐渐下降的趋势; a^* 在200—181 cm处为高值,181—70 cm值

逐渐下降,70 cm至顶部呈明显上升趋势; b^* 在200—171 cm处为低值,171 cm至顶部平缓上升,整体变化不大。 CaCO_3 含量在200—171 cm处为高值,171—143 cm值最低,143 cm至顶部先升后降。

3.3 粒度分析

ZS剖面沉积物以砂组分(>63 μm)为主,含量31.66%—77.70%,>63 μm 颗粒在底部含量较高、粒径较粗,174—150 cm处出现最小值,150 cm至顶部含量逐渐升高、粒径逐渐变粗,出现两次波峰(图4)。粉砂组分(2—63 μm)含量次之,为20.66%—63.44%,2—63 μm 颗粒在底部含量较低、粒径较细,174—150 cm处出现最大值,150 cm至顶部含量逐渐降低,出现两次波谷,变化规律与砂组分恰好相反。黏土(<2 μm)含量最小,为1.64%—5.22%,波动较为剧烈,整体逐渐下降。

3.4 毛乌素沙地东缘地区遗址统计

2018年研究团队对毛乌素沙地东缘地区遗址进行野外考察,前往陕西省的府谷县、神木市、榆阳区、横山区、靖边县和定边县等地和内蒙古自治区,共调查遗址32处。按时代划分,包括新石器时代至清代的各时期遗址,其中新石器时代5处,青铜铁器时代2处,秦汉时代8处,隋唐时代2处,宋元时代2处,明清时代12处,年代不详1处,其中秦汉时期和

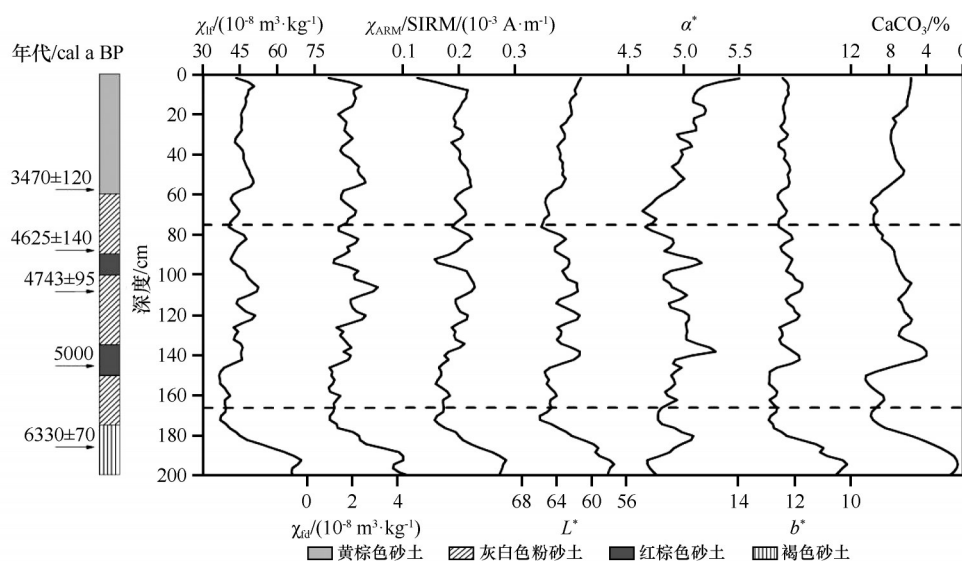
图3 寨山剖面磁学参数、色度和CaCO₃含量变化曲线(虚线代表阶段的划分)

Fig.3 Variations of magnetic parameters, chromatic index and CaCO₃ content
(the black dotted line represents the division of three stages)

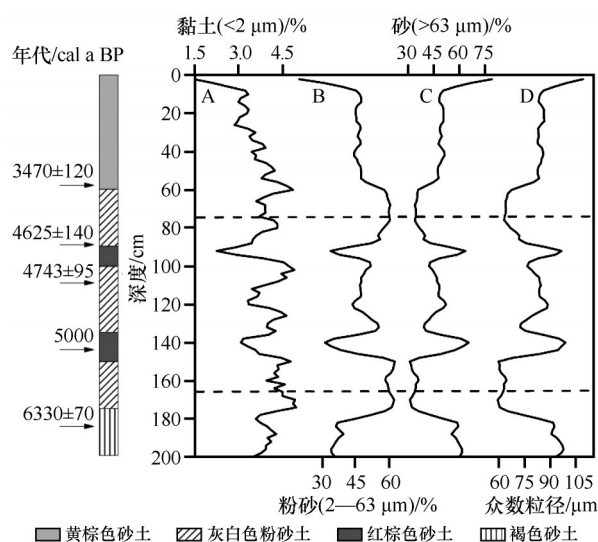


图4 寨山剖面粒度参数变化曲线(虚线代表阶段的划分)

Fig.4 Variations of grain size components in the ZS section
(the black dotted line represents the division of three stages)

明清时期遗址分布较多;按类型划分,包括古遗址、寺庙遗址、古城址、军事设施遗址、古窑址和古墓葬等,其中古遗址8处,寺庙遗址2处、古城址5处、军事设施遗址10处、古窑址2处、古墓葬2处,其他类型遗址3处。在实地考察的基础上,我们进一步结合《中国文物地图集》陕西分册^[24]、内蒙古分册^[25]、山西分册^[26]对毛乌素沙地东缘地区不同时期(代)遗址数量进行整理,统计结果如下:仰韶早中期(6 800—5 500 cal a BP)遗址25处、仰韶晚期遗址56处、龙山早期遗址58处、龙山晚期遗址107处、青

铜和铁器时代遗址145处、秦汉时期遗址175处,年代不详10处。

4 讨论

4.1 气候代用指标选取

风成沉积物的磁学性质能够较好地反映气候环境的变化^[27],以往研究通常使用 χ_{ir} 、 χ_{fd} 和 $\chi_{ARM}/SIRM$ 等磁学参数作为气候代用指标来指示古气候变化^[28-30]。 χ_{ir} 若大于 $30 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$,则更多地反映后期成壤环境^[31],ZS剖面 χ_{ir} 均值为 $46.22 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ 。 $\chi_{ARM}/SIRM$ 受永久磁化颗粒(SSD或更大颗粒)控制比 χ_{fd} 对气候指示性更灵敏,本文选取 $\chi_{ARM}/SIRM$ 作为指示降水变化的气候代用参数,高值指示气候湿润、成壤作用强^[30]。 L^* 不仅与有机质含量有关,与碳酸盐化过程也密切相关^[32], L^* 和CaCO₃的曲线变化(图3)指示 L^* 可能受CaCO₃含量的影响($R^2=0.85$),与CaCO₃含量共同指示夏季风强度和降水的变化,高值指示相对干旱的气候环境^[33]。 a^* 主要反映赤铁矿含量的变化,与温度之间有良好的相关性^[34]。 b^* 整体变化不大,故不考虑作为气候代用指标。粒度组分是风成沉积物沉积时气候变化的重要指标^[35],砂组分通常能够较好地反映风动力活动^[36],根据砂组分、粉砂组分和黏土含量的占比(图4)可以看出,众数粒径变化完全受砂组分(>63 μm)变化的控制,因此本文选取砂组分和众数粒径来指示风动力活

动的强弱。

4.2 毛乌素沙地东缘6 800—1 500 cal a BP的气候变化历史

对ZS剖面的各项气候代用指标与毛乌素沙地东缘其他剖面进行对比后发现,老官台剖面(LGT)指示湿度的 χ_{if} 、瓦片梁剖面(WPL)指示温度的 a^* 、SDG剖面指示风动力的 M_d 与ZS剖面的 $\chi_{\text{ARM}}/\text{SIRM}$ 、 a^* 、众数粒径分别有较好的对应关系,这表明ZS剖面记录的环境信息是相对可靠的,可以较好地反映区域气候变化(图5)。选取ZS剖面 $\chi_{\text{ARM}}/\text{SIRM}$ 、 L^* 、 CaCO_3 含量、 a^* 、砂组分和众数粒径作为气候代用指

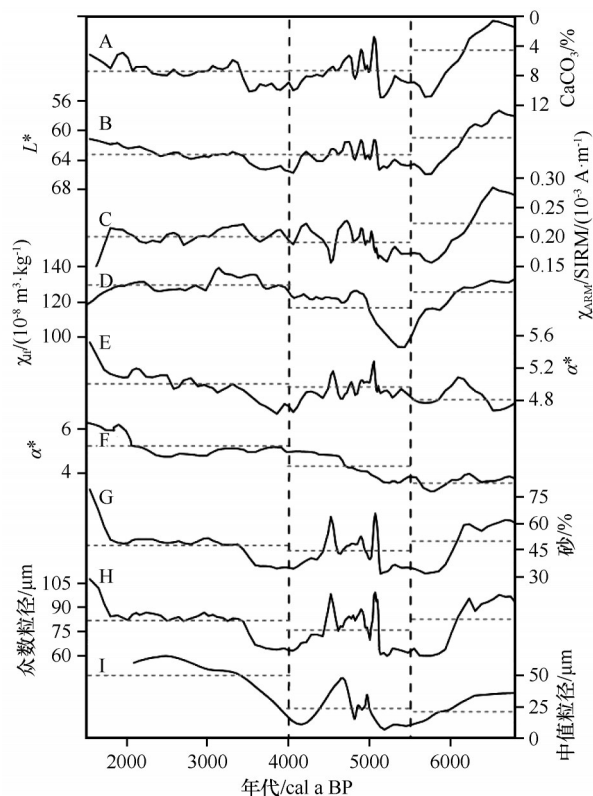


图5 毛乌素沙地东缘气候变化对比(黑色虚线代表三个阶段的划分,灰色虚线为均值); a. ZS剖面 CaCO_3 ; b. ZS剖面 L^* ; c. ZS剖面 $\chi_{\text{ARM}}/\text{SIRM}$; d. LGT剖面 χ_{if} [18]; e. ZS剖面 a^* ; f. WPL剖面 a^* [19]; g. ZS剖面砂组分; h. ZS剖面众数粒径; i. SDG剖面中值粒径 [11]

Fig. 5 Comparison of climate change in the eastern margin of Mu Us Desert (the black dotted line represents the division of three stages, the gray dotted line is the mean); a. CaCO_3 of the ZS section; b. L^* of the ZS section; c. $\chi_{\text{ARM}}/\text{SIRM}$ of the ZS section; d. χ_{if} of the LGT section; e. a^* of the ZS section; f. a^* of the WPL section; g. sand fraction of the ZS section; h. mode grain size of the ZS section; i. median grain size of the SDG section

标,结合剖面年代框架,可以将6 800—1 500 cal a BP的气候演化分为以下3个阶段。

6 800—5 500 cal a BP为气候暖湿期, $\chi_{\text{ARM}}/\text{SIRM}$ 均值为 $0.22 \times 10^{-3} \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$,呈高值; L^* 和 CaCO_3 均值分别为61.10和4.64%,两者均呈低值; a^* 值较高,均值为4.84;砂组分含量较低、众数粒径较细,均值分别为50.37%和82.56 μm ;地层发育有古土壤,共同指示有机质含量高,成壤作用强,反映了该时期气候暖湿,夏季风强,风动力活动弱。如山西公海孢粉记录重建的年降水变化发现该时期为东亚夏季风强盛期 [37],靖远县剖面的磁学指标表明全新世最大降水出现在该时期 [38]。

5 500—4 000 cal a BP为气候相对暖干期,波动频繁, $\chi_{\text{ARM}}/\text{SIRM}$ 均值为 $0.19 \times 10^{-3} \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$,呈低值; L^* 和 CaCO_3 均值分别为63.42和7.27%,两者均呈高值; a^* 值上升,均值为4.94;砂组分含量降低和众数粒径变粗,均值分别为44.97%和77.64 μm ,共同指示有机质含量低,成壤作用弱,反映该时期气候暖干,夏季风较弱,风动力活动减弱。如华县老官台剖面的 χ_{if} 值在该时期降至最低,表明气候干旱 [18]。

4 000—1 500 cal a BP为气候相对暖湿期, $\chi_{\text{ARM}}/\text{SIRM}$ 均值为 $0.20 \times 10^{-3} \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$,值较高; L^* 和 CaCO_3 均值分别为63.43和7.49%,变化平缓,但图5显示两者均有明显的下降趋势; a^* 值不断上升,均值为5,共同指示有机质含量逐渐升高,成壤作用较强,反映该时期气候相对暖湿,夏季风增强,而增加的砂组分(均值为47.84%)和偏粗的众数粒径(均值为81.05 μm)可能是由于人类活动异常频繁。如研究表明人类活动对风沙活动的变化起重要作用 [39],瓦片梁剖面色度指标指示该时期气候温暖的背景为人类活动提供了充足的条件 [19]。

4.3 毛乌素沙地东缘气候演变对文明演化的影响

仰韶时期(6 800—5 000 cal a BP)先后经历了半坡文化、史家文化等,以粟作农业为主,生产工具为磨制石器,聚落呈圆形布局,房屋为半地穴式,制陶业有较大的发展。仰韶早中期处在全新世大暖期的鼎盛阶段 [40],该阶段文明高度繁荣并向北扩张 [41],对甘青地区的马家窑文化和江汉平原的大溪文化产生了重要的影响。仰韶晚期气候逐渐干旱,仰韶文化逐渐衰落,被龙山文化取代。研究统计仰韶早中期遗址25处、晚期遗址56处,早期遗址多分布在沙地东南部靠近以半坡文化为主的榆林及周

边地区,中晚期文化向北渗透至长城沿线的榆林五县,遗址类型均以古遗址为主(图6、7)。早中期聚落规模的扩大和遗址数量的增加(图8)与当时的暖湿气候,说明气候变化与仰韶早中期文化发展在时间上的一致性,晚期逐渐干旱的气候对应遗址总数的增加,说明古文明的发展可能还受文化自身的演

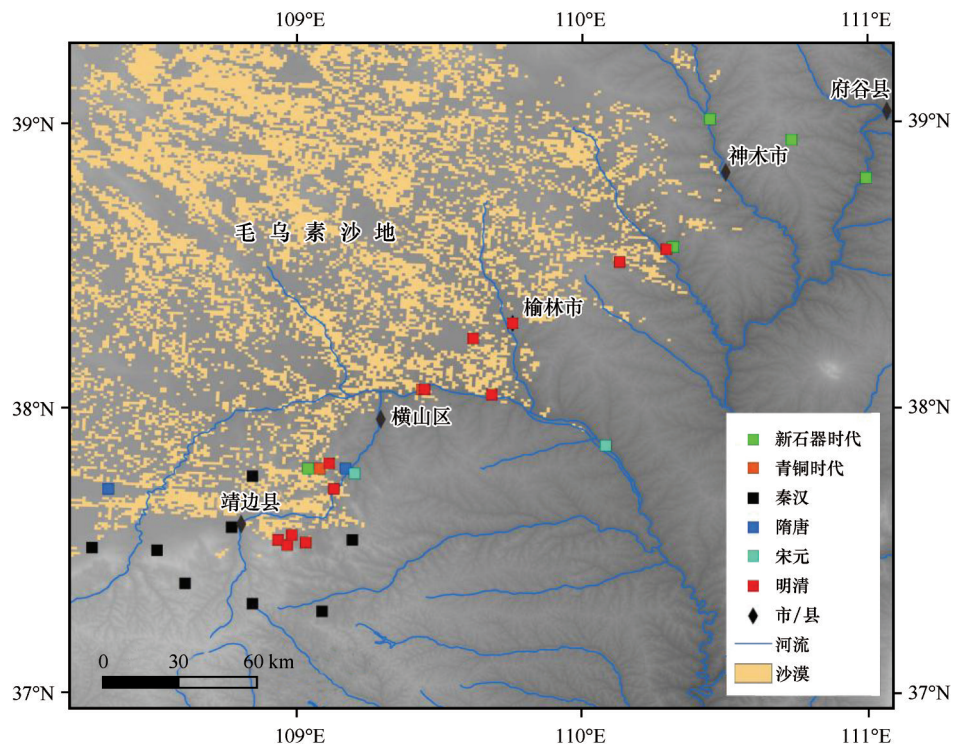


图6 毛乌素沙地东缘遗址按时代划分

Fig.6 Sites on the eastern Mu Us Sandy Land classified by different ages

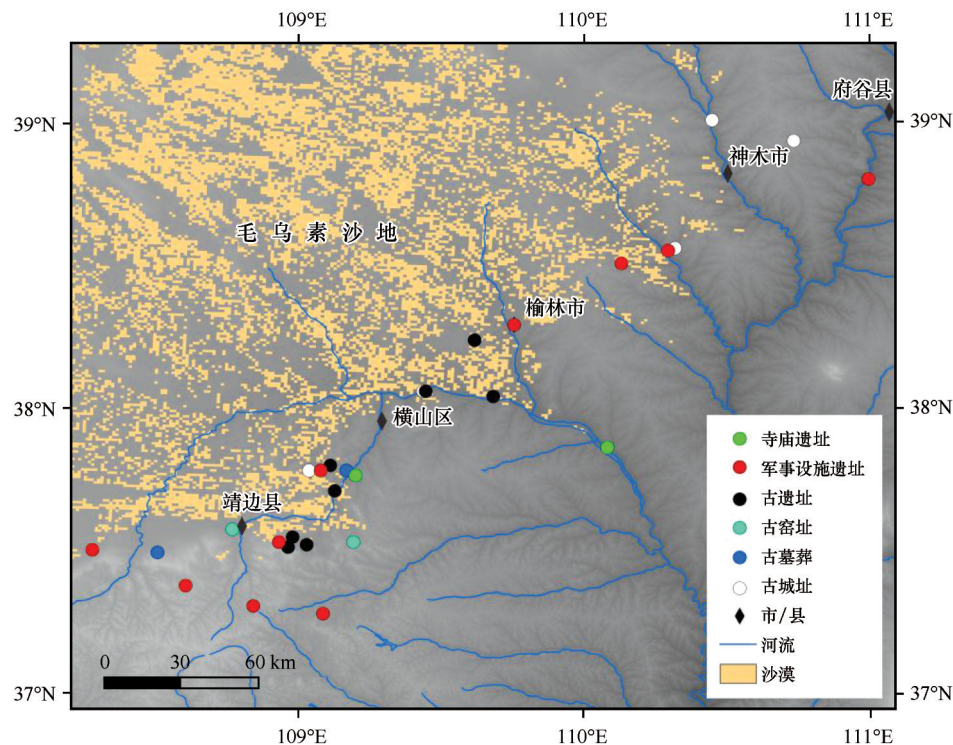


图7 毛乌素沙地东缘遗址按类型划分

Fig.7 Sites on the eastern Mu Us Sandy Land classified by different types

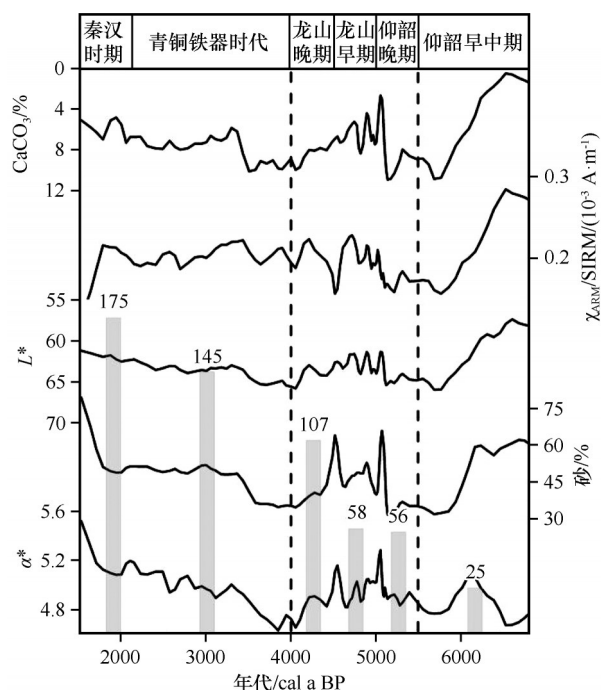


图8 寨山剖面记录的气候变化及不同时期的遗址数量

Fig.8 Climate change recorded in the ZS section and number of sites in different periods

化影响,对环境变化的响应有滞后性。

龙山时期(5 000—4 000 cal a BP)以庙底沟二期、客省庄和石峁类型文化等为主,农业生产进一步发展,磨制石器中铲、镰和刀等工具增加,农作物增加了稻、豆等,畜牧业经济逐渐取代农业经济^[42],房屋结构出现排房和内外双室的房子。龙山早期气候干旱,龙山文化取代仰韶文化后向北部高海拔地区小范围扩张,战争频繁,社会动荡^[43],聚落规模扩大,遗址数量增加(图8),但多以防御功能为主。龙山晚期气候进一步恶化,资源短缺,社会动荡不安^[44],龙山文化逐渐走向衰落,聚落规模缩小。研究统计龙山早期遗址58处、晚期遗址107处,遗址多分布在鄂尔多斯东南侧的神木市一带,遗址类型以古遗址、军事设施遗址和古墓葬为主(图6、7)。龙山晚期的文化衰落和聚落规模缩小,再次体现了环境变化与文明演化在时间上的一致性,龙山早期气候干旱反而使聚落规模扩大,可能受战争因素的影响,促使文明演化短时期内对环境响应出现滞后性。

青铜铁器时代和秦汉时期(4 000—1 500 cal a BP)完善文字的出现、青铜铁器的使用和城市的出现,标志着人类进入了文明时期,该时期小农经济占主导地位,铁器和牛耕的使用、水利的兴修等,促进了

社会生产力。青铜铁器时代和秦汉时期气候相对暖湿,毛乌素沙地东缘成为游牧民族的栖息地^[45],各民族文化与中原文化相互交融^[46],使中原文化日渐繁荣^[47],人口流动频繁,聚落规模扩大,遗址数量增长明显加快(图8)。研究统计青铜铁器时代遗址145处、秦汉时期遗址175处,青铜铁器时代遗址向南移动,多分布于横山区-神木市一带、长城沿线及东部黄河沿线,遗址类型以军事设施遗址、古墓葬和岩画为主,秦汉时期多分布在靖边县一带,遗址类型以古城址、古墓葬和军事设施遗址为主(图6、7)。尽管4 000 cal a BP左右出现降温事件^[48],但聚落规模的扩大、遗址总数的增加以及文化的日渐繁荣说明人类改造自然、适应环境技能的发展与进步和社会自身的能动性,可能使古人群对环境适应的阈值变宽,从而在总体上呈现出环境变化与文明演化在时间上的一致性。

不难看出,气候变化不是控制古文明发展的唯一因素,文明兴衰还与文化自身的演化、战争、资源枯竭和人类社会自身的能动性等因素相关。中晚全新世以来,毛乌素沙地东缘的自然环境是该地区人类生存发展的基础,文明演化与环境变化在时间上有较好的一致性,但短时期内文明演化对气候变化的响应有滞后性。

5 结论

气候变化对聚落文明特征有着重要影响,毛乌素沙地东缘寨山剖面全新世中晚期沉积样品的 $\chi_{ARM}/SIRM$ 、 L^* 、 δ^* 、 $CaCO_3$ 含量、砂组分和众数粒径等环境指标的结果表明:仰韶早中期(6 800—5 500 cal a BP)气候温暖湿润,属文明繁荣期,遗址数量增加;仰韶晚期和龙山时期(5 500—4 000 cal a BP)气候相对暖干,波动频繁,文化复杂多样,遗址数量逐渐增加;青铜铁器时代和秦汉时期(4 000—1 500 cal a BP)气候相对暖湿,各文明与中原文明交融发展,交通便利,经济繁荣发展,遗址不断增加,且数量较多。结果表明,文明兴衰受环境演化影响,两者在时间上有较好的一致性,但短时期内文明演化对气候变化的响应有滞后性。

参考文献:

- [1] 王宗礼,曹辉辉,肖永明,等.青藏高原东北部沙隆卡遗址史前人群活动和生存环境基础[J].第四纪研究,2021,41(1): 201-213.
- [2] 黄宪荣,郑洪波,胡竹君,等.浙江田螺山遗址剖面记录的水

- 文环境变化[J].科学通报,2019,64(9):963-976.
- [3] Weiss H, Bradley R S. What drives societal collapse? [J]. Science, 2001, 291(26): 609-610.
 - [4] Peter B D. Cultural responses to climate change during the Late Holocene [J]. Science, 2001, 292(27): 667-673.
 - [5] 方修琦, 葛全胜, 郑景云. 环境演变对中华文明影响研究的进展与展望[J]. 古地理学报, 2004, 6(1): 85-94.
 - [6] 章典, 詹志勇, 林初升, 等. 气候变化与中国的战争、社会动乱和朝代变迁[J]. 科学通报, 2004, 49(23): 2468-2474.
 - [7] 董广辉, 夏正楷, 刘德成, 等. 河南孟津地区中全新世环境变化及其对人类活动的影响[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2006, 42(2): 238-243.
 - [8] David D Z, Qing P, Harry F L, et al. Climate change fostered cultural dynamics of human resilience in Europe in the past 2500 years [J]. Science of the Total Environment, 2020, 744: 1-10.
 - [9] 陈中原, 洪雪晴, 李山, 等. 太湖地区环境考古[J]. 地理学报, 1997, 52(2): 131-137.
 - [10] 高尚玉, 陈渭南, 靳鹤龄, 等. 全新世中国季风区西北缘沙漠演化初步研究[J]. 中国科学(B辑), 1993, 23(2): 202-208.
 - [11] 鲁瑞洁, 王亚军, 张登山. 毛乌素沙地 15 ka 以来气候变化及沙漠演化研究[J]. 中国沙漠, 2010, 30(2): 273-277.
 - [12] 韩瑞, 苏志珠, 李想, 等. 粒度和磁化率记录的毛乌素沙地东缘全新世气候变化[J]. 中国沙漠, 2019, 39(2): 105-114.
 - [13] Chen Y Y, Lu H Y, Yi S W, et al. A preliminary quantitative reconstruction of precipitation in southern Mu Us Sandy Land at margin of Asian monsoon-dominated region during late Quaternary [J]. Journal of Geographical Sciences, 2015, 25 (3) : 301-310.
 - [14] 夏正楷, 张俊娜. 中国环境考古学的兴起、发展和展望[J]. 古地理学报, 2019, 21(1): 175-188.
 - [15] 陈渭南, 高尚玉, 邵亚军, 等. 毛乌素沙地全新世孢粉组合与气候变迁[J]. 中国历史地理论丛, 1993(1): 39-54.
 - [16] 赵爽. 风成沉积磁学性质记录的鄂尔多斯高原中全新世以来环境变迁[D]. 兰州: 兰州大学, 2016.
 - [17] 刘宇峰, 杜忠潮, 原志华, 等. 近 60 a 毛乌素沙地东缘主要气候要素的多时间尺度变化特征[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(9): 121-127.
 - [18] Huang C C, Jia Y F, Pang J L, et al. Holocene colluviation and its implications for tracing human-induced soil erosion and re-deposition on the piedmont loess lands of the Qinling Mountains, northern China [J]. Geoderma, 2006, 136(3): 838-850.
 - [19] 刘荔昀, 鲁瑞洁, 刘小棣. 风成沉积物色度记录的毛乌素沙漠全新世以来气候变化[J]. 中国沙漠, 2019, 39(6): 83-89.
 - [20] 杨帆. 中晚全新世以来鄂尔多斯高原气候变化对文明演化的影响[D]. 兰州: 兰州大学, 2020.
 - [21] 于永涛. 柴达木盆地西北缘苏干湖钻孔记录的中更新世气候转型[D]. 兰州: 兰州大学, 2006.
 - [22] Yang H, Li G Q, Huang X, et al. Loess depositional dynamics and paleoclimatic changes in the Yili Basin, Central Asia, over the past 250 ka [J]. Catena, 2020, 195: 1-13.
 - [23] Lu H Y, An Z S. Pretreated methods on loess-paleosol samples granulometry [J]. Chinese Science Bulletin, 1998, 43 (3) : 237-240.
 - [24] 国家文物局. 中国文物地图集: 陕西分册[M]. 西安: 西安地图出版社, 1998.
 - [25] 国家文物局. 中国文物地图集: 内蒙古分册[M]. 西安: 西安地图出版社, 2003.
 - [26] 山西省文物局. 中国文物地图集: 山西分册[M]. 北京: 中国地图出版社, 2007.
 - [27] 贾佳, 夏敦胜, 魏海涛, 等. 黄土高原西部典型古土壤与黄土的磁学特征及其古气候意义[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2010, 46(6): 26-40.
 - [28] Heller F, Liu D S. Magnetostigraphical dating of loess deposits in China [J]. Nature, 1982, 300: 431-433.
 - [29] 夏敦胜, 陈发虎, 马剑英, 等. 黄土高原-阿拉善高原典型断面表土磁学特征研究[J]. 第四纪研究, 2007, 27(6): 1001-1008.
 - [30] Chen F H, Jia J, Chen J H, et al. A persistent Holocene wetting trend in arid central Asia, with wettest conditions in the late Holocene, revealed by multi-proxy analyses of loess-paleosol sequences in Xinjiang, China [J]. Quaternary Science Reviews, 2016, 146: 134-146.
 - [31] 刘现彬, 夏敦胜, 贾佳, 等. 兰州九州台黄土磁性特征及其古气候意义研究[J]. 第四纪研究, 2012, 32(4): 761-770.
 - [32] 石培宏, 杨太保, 田庆春, 等. 靖远黄土-古土壤色度变化特征分析及古气候意义[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2012, 48(2): 15-23.
 - [33] 赵景波. 黄土地层中的 CaCO_3 与环境[J]. 沉积学报, 1993, 11(1): 136-142.
 - [34] 王千锁, 宋友桂, 李吉均, 等. 末次冰期-间冰期旋回朝那黄土颜色特征及古气候意义[J]. 地理科学, 2015, 35(11): 1489-1494.
 - [35] 鹿化煜, 安芷生. 黄土高原黄土粒度组成的古气候意义[J]. 中国科学(D辑), 1998, 28(3): 278-283.
 - [36] 肖舜, 陈发虎, 强明瑞, 等. 青海苏干湖表层沉积物粒度分布模式与大气粉尘记录[J]. 地理学报, 2007, 62(11): 1153-1164.
 - [37] Chen F H, Xu Q H, Chen J H, et al. East Asian summer monsoon precipitation variability since the last deglaciation [J]. Scientific Reports, 2015, 5: 1-10.
 - [38] Xia D S, Jia J, Li G H, et al. Out-of-phase evolution between summer and winter East Asian monsoons during the Holocene as recorded by Chinese loess deposits [J]. Quaternary Research, 2014, 81: 500-507.
 - [39] 李智佩, 岳乐平, 郭莉, 等. 全新世气候变化与中国北方沙漠化[J]. 西北地质, 2007, 40(3): 1-29.
 - [40] 施雅风, 孔昭宸, 王苏民, 等. 中国全新世大暖期鼎盛阶段的气候与环境[J]. 中国科学(B辑), 1993, 23(8): 865-873.
 - [41] 侯光良, 许长军, 吕晨青, 等. 中全新世仰韶文化扩张的环境背景[J]. 地理研究, 2019, 38(2): 437-444.
 - [42] 田广金, 史培军. 内蒙古中南部原始文化的环境考古研究[C]//内蒙古中南部原始文化研究文集, 1989.
 - [43] 杨肇清. 试论郑州西山仰韶文化晚期古城址的性质[J]. 华夏考古, 1997(1): 55-59.
 - [44] 张洲. 周原环境与文化[M]. 西安: 三秦出版社, 2007.

- [45] 杜志东. 北方草原虎纹青铜纹饰研究[D]. 北京: 中央民族大学, 2011.
- [46] 索秀芬, 李少兵. 内蒙古地区早期铁器时代考古学文化与周围的关系[J]. 内蒙古社会科学(汉文版), 2016, 37(3): 73-78.
- [47] 吕厚远, 张健平. 关中地区的新石器古文化发展与古环境变化的关系[J]. 第四纪研究, 2008, 28(6): 1050-1060.
- [48] 焦南峰, 王炜林, 张天恩, 等. 陕西考古研究的历史与收获[J]. 考古与文物, 2008(6): 3-16.

A preliminary study of environmental changes since middle Holocene and its impacts on the evolution of civilization in the eastern Mu Us Sandy Land

Liu Xinying, Jin Ming, Yang Fan, Ma Yapeng, Liu Hui, Sun Xiaoyun, Xia Dunsheng

(College of Earth and Environmental Sciences / Key Laboratory of Western China's Environmental Systems, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Holocene aeolian deposits in the Mu Us Sandy Land provide a chance for exploring the relationship between climate change and civilization evolution. Based on the analysis of the magnetic parameters, chromaticity, CaCO_3 content and grain size of the ZS section during the middle to late Holocene in the eastern Mu Us Sandy Land, we reconstructed the history of environmental changes in the region and preliminarily discussed the impacts of climate change on the civilization evolution. The results show that the region has experienced a warm and humid period (6 800–5 500 cal a BP), a warm and dry period (5 500–4 000 cal a BP) and a relatively warm and humid period (4 000–1 500 cal a BP). The large expansion of Yangshao culture (6 800–5 500 cal a BP) in the eastern Mu Us Sandy Land is consistent with the warm and humid climate, and there are a large number of sites; in the late Yangshao and Longshan periods (5 500–4 000 cal a BP), the climate changed frequently and the culture was complex and diverse, during this period, the decline of Yangshao civilization and the expansion of Longshan culture were experienced, but the number of sites increased continuously as a whole; the Bronze and Iron age and the Qin and Han Dynasties (4 000–1 543 cal a BP), the cultures of various nationalities developed together, population activities are frequent, and economic and transportation have developed well. The results show that the rise and fall of civilization is affected by environmental evolution. The rise and fall of civilization is consistent with environmental change in time, but the response of civilization evolution to climate change lags in a short period of time.

Key words: middle late Holocene; climate change; rise and fall of civilization; Mu Us Sandy Land