文章编号:1000-5854(2026)04-0383-09

临汾盆地约 5.5 ka BP 的气候事件及其对古文化的影响

田庆春[1,2]，　郭　磊[1]，　曹维明[3]，　张仲伍[1,2]

(1.山西师范大学 地理科学学院,山西 太原　030031; 2.山西师范大学 中华早期文明研究院,山西 太原　030031;
3.太原市文物保护研究院,山西 太原　030025)

摘　要:为了探究史前气候变化对文化演变的影响,本文选择史前文明发源地之一的临汾盆地作为研究区.通过对临汾盆地中梁黄土剖面 AMS ^{14}C 测年及多环境指标的分析发现,临汾盆地约在 5.5～5.0 ka BP 存在一次明显的降温事件;基于 ArcGIS 平台的核密度分析方法,研究了临汾盆地 5.5～5.0 ka BP 前后古人类遗址的时空分布特征.结果表明:仰韶文化中期(6.5～5.5 ka BP)古人类遗址分布范围广,数量多;而仰韶文化晚期(5.5～5.0 ka BP)古人类遗址数量明显下降,分布范围缩小.降温事件对临汾盆地古文化演变产生了显著影响,导致了该地区仰韶文化的衰落.龙山文化时期(5.0～3.9 ka BP)气候略有好转,但其暖湿程度低于仰韶文化时期.在此期间,生产力的显著提高促进了文化繁荣和考古遗址的激增;然而,相对干旱和寒冷的气候条件,迫使古代人类迁移至低纬度和低海拔的河谷地区.

关键词:临汾盆地; 中梁黄土剖面; 降温事件; 古人类; 古文化

中图分类号:P 467; P 531　　**文献标志码**:A　　**DOI**:10.13763/j.cnki.jhebnu.nse.202505010

The climatic event of about 5.5 ka BP in Linfen basin and its influence on ancient culture

Tian Qingchun[1,2]，　Guo Lei[1]，　Cao Weiming[3]，　Zhang Zhongwu[1,2]

(1.College of Geographical Sciences,Shanxi Normal University,Taiyuan Shanxi　030031,China;
2.Academy of Chinese Early Civilization,Shanxi Normal University,Taiyuan Shanxi　030031,China;
3.Taiyuan Cultural Relics Protection Institute,Taiyuan Shanxi　030025,China)

Abstract: To investigate the impact of prehistoric climate change on cultural evolution, the Linfen basin, recognized as one of the cradles of prehistoric civilization, was selected as the study area. Through the analysis of AMS ^{14}C dating and multiple environmental indexes of Zhongliang loess section in Linfen basin, it was found that there was an obvious cooling event in about 5.5～5.0 ka BP period in Linfen basin. What's more, using ArcGIS platform nuclear density analysis method, the temporal and spatial distribution characteristics of ancient humans sites in Linfen basin before and after 5.5～5.0 ka BP were analyzed. The results showed that ancient humans sites in the middle Yangshao culture(6.0～5.5 ka BP) were widely distributed and abundant. In the late Yangshao culture(5.5～5.0 ka BP), however, the number of ancient humans sites decreased significantly and the distribution range narrowed. It showed that the cooling event had a great im-

收稿日期:2025-05-12; **修回日期**:2025-07-02

基金项目:教育部人文社会科学研究项目(23YJAZH135); 国家社会科学基金重大项目(22&ZD242); 山西省哲学社会科学规划课题(2023YJ067); 山西省文物局科研课题(22-8-14-1400-119)

作者简介:田庆春(1982－),男,内蒙古呼和浩特人,副教授,博士,研究方向为环境变化与环境考古.

pact on the evolution of ancient culture in Linfen basin and led to the decline of Yangshao culture in the area. The climate in the period of Longshan culture(5.0～3.9 ka BP) improved to a certain extent, but the degree of warmth and humidity was lower than that in the Yangshao culture period. During this period, the marked improvement in productive forces facilitated cultural prosperity and proliferation of archaeological sites; however, the relatively arid and cold climatic conditions compelled ancient human populations to migrate toward river valley regions at lower latitudes and altitudes.

Key words: Linfen basin; Zhongliang loess section; cooling event; ancient humans; ancient culture

人类文明的发展与自然环境之间存在着密切联系，尤其在石器时代，人类对自然环境的改造能力较弱，人类的发展更是依赖自然环境.因此，适宜的气候环境对区域人口发展及生产水平的提高有着显著影响[1-3].但是自然灾害以及突发的环境事件，对一个聚落或者区域文化的打击往往是致命的[4-6]，有研究[1,3,7]发现，全新世以来几次季风的衰退对人类文明的发展产生了重要影响.其中，温度和降水量的变化，往往会对人类生产、生活产生最为直接的影响，甚至可能导致区域文化出现空白[3,6,8].但在文明演变的研究中不能简单套用已有的人地关系，因为不同区域环境以及不同时期人类生产技术水平的差异，使得不同时间、空间尺度下人与环境的相互作用是不同的，影响人类文明发展的主要因素也有差异[9].因此，应充分认识古代人地关系的差异性，避免简单套用人地关系模式.

临汾盆地是人类文明的发源地之一，也是中原文明的重要组成部分.早期研究多聚焦于文化本身，近年来虽有学者开展了环境变化与古文化演变关系的探讨[10-12]，但高精度年代框架的相关研究少有报道，在一定程度上限制了该区域环境演变与古文化发展关系的系统性研究.本文中，笔者选择临汾盆地史前人地关系为研究对象，采用高精度 AMS ^{14}C 测年方法及多环境指标分析，探讨短尺度降温事件对史前人类文化发展的影响，并在此基础上揭示自然环境变化与人类文化演变的耦合关系.

1　研究区概况

临汾盆地位于山西省南部，西侧毗邻吕梁山脉，东侧以太岳山(霍山，太行支脉)为界，北部为丘陵地带，南部以峨嵋台地隆起与运城盆地相隔(见图 1).该区属暖温带大陆性季风气候，雨热同期，多年平均降水量约 635 mm，年平均气温为 12.5 ℃[11-12].

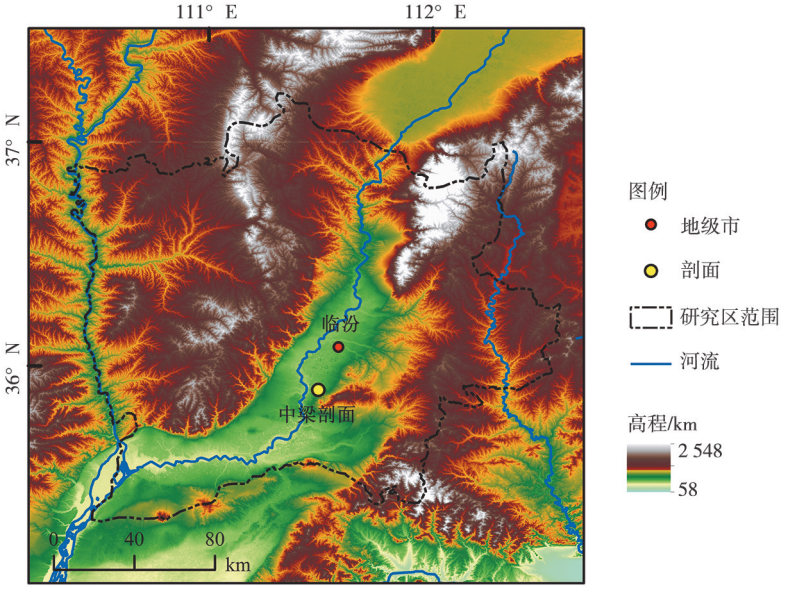

图 1　研究区位置图

Fig.1　Location map of the research area

2 材料和方法

经多次野外考察，选择塔儿山山前黄土台地中梁村剖面（简称 ZL 剖面）为研究对象.该剖面位于陶寺遗址范围内，海拔 504 m，剖面厚度 3.2 m，未见底.去除表面分化层后，以 2 cm 为间隔自上向下连续取样；自顶部 30 cm 开始，按 50 cm 间距采集 AMS ^{14}C 年代样品.

测试的环境指标主要有磁化率、元素、粒度和色度：磁化率采用英国 Bartington 公司生产的 MS2 磁化率仪测试；微量元素采用美国 Thermo Fisher Scientific 公司生产的 iCAP 7000 电感耦合等离子体发射光谱仪（inductively coupled plasma optical emission spectrometer，ICP-OES）测试；粒度采用英国马尔文公司生产的 Mastersizer 2000 激光粒度仪测试；色度采用日本 Konica Minolta 公司生产的 CM-700d 分光测色计测试.

所有环境指标测试均在山西师范大学地理科学学院环境分析实验室完成，测试方法及步骤参考文献[13].测年采用 AMS ^{14}C 测年法，在美国 BETA 实验室完成，测年材料为全样有机碳.

3 结 果

3.1 5.5 ka BP 气候突变背景下临汾盆地古环境重建

3.1.1 ZL 剖面年代序列建立与年代框架

采用 AMS ^{14}C 测年方法，获得 4 个有效测年数据，结果见图 2.年代校正采用 IntCal20 树轮校正曲线[14]，并通过线性内插和外推法，建立 ZL 剖面完整的年代序列.

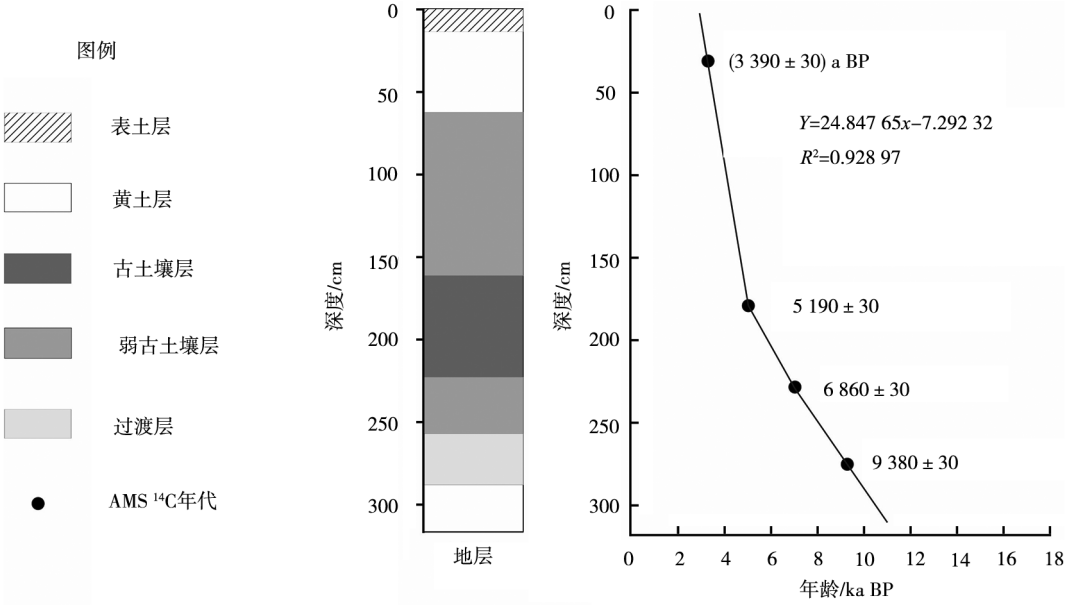

图 2 ZL 剖面 AMS ^{14}C 年代

Fig.2 ZL profile AMS ^{14}C age

3.1.2 多代用指标记录的盆地古环境演变过程

通过对 ZL 剖面各环境指标的分析，结合钡锶比值（Ba/Sr）、中值粒径（M_d）、<5 μm 粒径组分、色度（L^*）及磁化率（χ_{lf}），并计算出频率磁化率（χ_{fd}）[13]（见图 3），重建 5.5 ka BP 左右临汾盆地气候变化历史.磁化率、频率磁化率、Ba/Sr 受降水淋溶的影响，可反映降水量的多少，进而指示东亚夏季风的强弱变化[2,13].在 8.0 ka BP 左右，磁化率、频率磁化率开始快速升高，并在 8.0～5.5 ka BP 时段呈现明显峰值；Ba/Sr 虽有波动，但总体数值较高，说明此时期淋溶作用较强，土壤成壤程度较高，指示夏季风强度较大.L^* 主要受土壤碳酸钙含量的影响，而碳酸钙含量又主要受淋溶强弱的控制，淋溶越强，碳酸钙含量越低，L^* 越小[15].此时 L^* 为整个序列的最低值，说明碳酸钙含量低、土壤淋溶较强，也说明此时降水量多、东亚夏季风强度较大.粒度主要与冬季风强度相关，其中中值粒径被认为是冬季风的良好代用指标[16].在 8.0～5.5 ka BP 时段，中值粒径整体偏小，细颗粒（<5 μm 粒径组分）含量虽有波动，但总体含量为整个序列的最大值，说明此时期东亚冬

季风强度较弱.总体来看,该时段东亚夏季风强度较大,气候呈温暖湿润的特征.在 5.5 ka BP 左右,各环境指标指示此时环境呈现明显的干冷化趋势,东亚夏季风强度明显减弱,而冬季风强度明显增强.其具体表现:磁化率和频率磁化率显著降低,说明土壤成壤强度减弱、降水量减少;中值粒径增大、<5 μm 粒径组分含量减少,说明冬季风强度增强;Ba/Sr 快速降低、L^* 快速升高,均说明该时段东亚夏季风快速减弱.

全球多地古气候代用记录均识别出 5.5 ka BP 存在一次显著降温突变事件[17],该时段东亚夏季风快速衰退、区域气温下降、降水量持续减少,董哥洞石笋氧同位素[18]、葫芦洞石笋氧同位素[19]、万象洞石笋氧同位素[20]序列,以及山西宁武公海湖泊孢粉定量重建的长序列降水数据[2]均印证了这一气候趋势;中国北方达里湖沉积记录显示同期湖泊水位显著降低[21]、流域植被退化[22].榆林和耀县 2 处黄土剖面磁化率曲线在 5.5 ka BP 同步出现 1 个低谷值,指示该时期土壤成壤强度较低、东亚夏季风强度明显减弱[23-24].

历经约 0.5 ka 的气候调整期后(约 5.0 ka BP 起),Ba/Sr、L^*、黏土含量等代用指标指示区域环境温度有所回升,但磁化率和频率磁化率变化不明显,说明该时段气候暖湿程度整体不及降温事件之前,气候波动幅度大且不稳定.

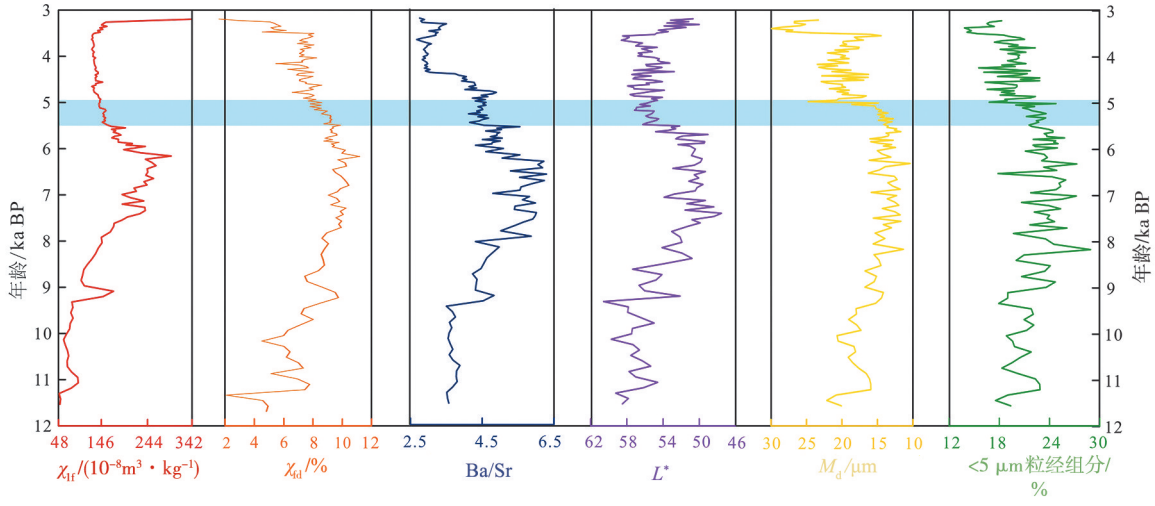

图 3　ZL 剖面 12 ka BP 以来各指标变化特征

Fig.3　Change characteristics of indexes in ZL profile since 12 ka BP

3.2　5.5 ka BP 气候突变背景下临汾盆地史前文化演变与遗址格局

据《中国文物地图集·山西分册》统计,临汾盆地仰韶文化(7.0～5.0 ka BP)可划分为早、中、晚 3 个时期,分别为枣园类型、庙底沟类型和西王村类型.仰韶文化遗址分布范围大,早、中期遗址数量增长迅速,由早期 11 处增至中期 191 处;但至晚期遗址数量显著下降,仅发现 64 处.龙山文化(5.0～3.9 ka BP)分为 2 个阶段:早期为庙底沟二期类型,遗址数量 210 处;晚期为陶寺类型,遗址数量 239 处.庙底沟类型不仅承袭原有西王村文化,还受到了来自山东大汶口文化的影响[25];而陶寺文化更是在庙底沟二期文化的基础上,融合了来自不同区域文化的特质[26-27].

仰韶文化和龙山文化这 2 个文化类型在空间分布上差异显著(见图 4).借用 ArcGIS 工具计算这 2 个文化时期古人类遗址核密度值,以此定量表征区域遗址点空间集聚程度[28],计算公式为

$$f(x)=\frac{1}{nh_i}\sum_{i=1}^{n}k\left(\frac{x-x_i}{h}\right). \tag{1}$$

式中:k 为核函数;h 为带宽;$(x-x_i)$表示估值点 x 到 x_i 的距离;$f(x)$数值越大,表征该点位遗址集聚程度越高.

仰韶文化中期遗址分布范围最广,在海拔较高的吕梁山脉亦有分布,局部区域形成小型集聚核心;仰韶文化晚期遗址数量明显减少.龙山文化时期遗址核密度峰值最高,但遗址的空间分布范围显著缩小,沿汾河两岸聚集,北部遗址点集聚程度减弱.

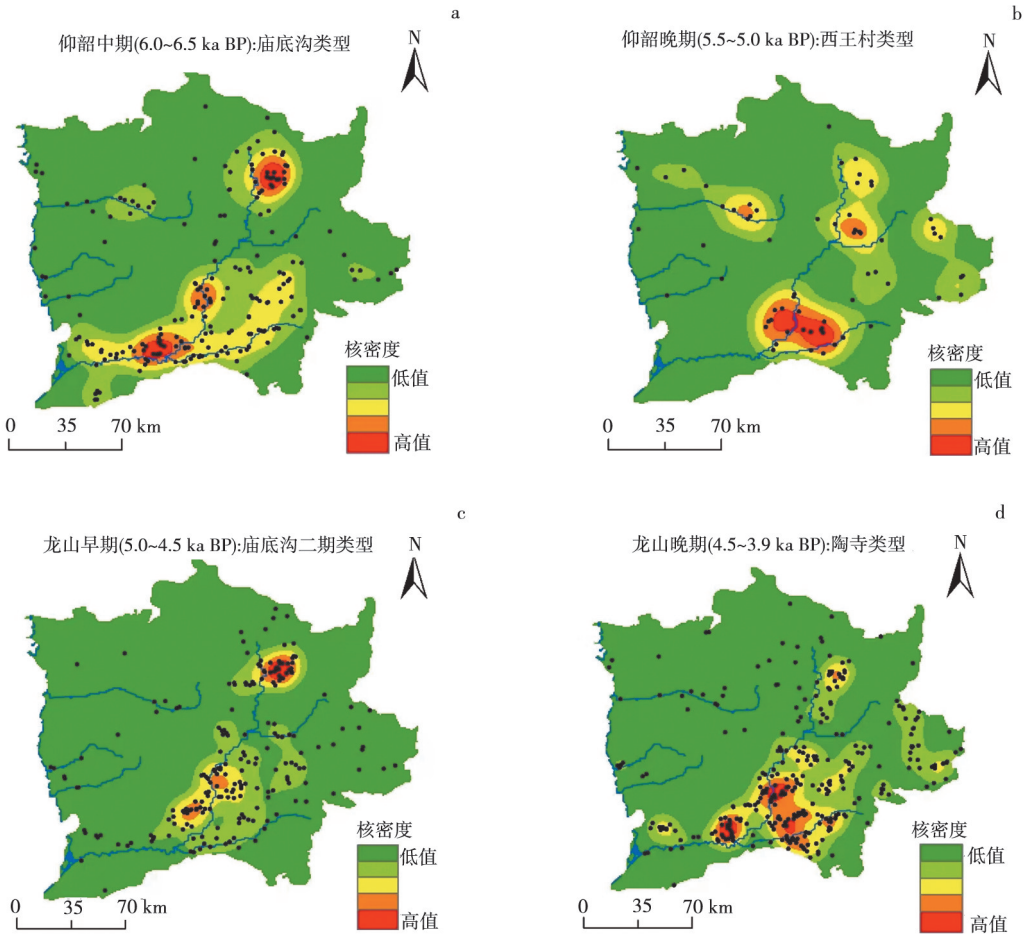

图 4　临汾盆地各阶段文化遗址核密度分析图

Fig.4　Nuclear density analysis of cultural sites at different stages in Linfen basin

4　讨　论

4.1　气候变化对人类活动的影响

东亚季风区在 9.0～5.0 ka BP 气候温暖湿润，同时全新世人口大幅增长，说明温暖湿润的气候条件与新石器时代文化繁荣同时发生，温和的气候事件推动了史前人口的增长和人类文化的进步[29]．在中原地区，7.5～5.0 ka BP 是全新世暖湿程度峰值时段，黄河流域仰韶文化体系在此基础上发展和兴盛[2]．中梁黄土剖面分析结果显示，临汾盆地在 8.0～5.5 ka BP 处于气候温暖湿润期；该时段黄土高原年均气温较现代普遍偏高 2～3 ℃，降水亦更为充沛．已有研究[30]显示，当时中国季风区范围更广，降水量较现今增加约 18.7%．优越的自然环境为古人类发展创造了条件，古文化呈现繁荣面貌．临汾盆地的新石器文化也是在暖湿气候条件下发展起来的．临汾地区先后兴起仰韶文化早、中期的枣园类型与庙底沟类型，相关遗址在整个区域自北向南、自东向西广泛分布（见图 4）．其主要原因在于，暖湿环境促使中原古人类逐步向更高纬度（北方）及高山地带迁移．人类定居强度显著提升[31]，尤以仰韶文化庙底沟类型最为突出，遗址数量大幅增加，文化呈现繁荣发展态势．农业生产工具也比新石器早期更为先进实用，出现了石斧、石锛、石铲、石刀等石制工具，出现了以粟为主的原始种植业[32-33]、畜牧业及人工栽培的林业[34]．仰韶文化时期高度发达的社会形态也体现在制造业以及风格细腻、规整且漂亮的彩陶艺术等方面[35]，并出现了由壕沟所围成的方形或长方形聚落，自然条件好的区域出现中心聚落，房址以半地穴和地面建筑为主，说明此时期出现了社会阶级分化[36]．仰韶文化晚期文化面貌明显衰落，文化类型由庙底沟类型转变为西王村类型，主要表现为文化分布范围显著缩小、大量遗址被废弃，此时遗址仅发现 64 个，该阶段持续了大约 500 a，此后仰韶文化走向衰落，龙山文化逐步兴起．这一演化过程表明，临汾盆地在 5.5 ka BP 前后发生了重大经济类型转变，同步伴随人口数量减少；区域文化序列虽在时间上具有连续性，但文化内涵出现断裂，存在清晰的文化断层．

通过对临汾盆地全新世以来环境演化序列与该区域古文化演变序列的对比分析可知,临汾盆地在 5.5 ka BP 左右出现温度和降水量均显著下降的干冷特征,同时区域古文化类型发生转变:仰韶文化由庙底沟类型转变为西王村类型,文化格局发生剧烈演变,这一现象印证了气候恶化事件对古文化演变的重要影响.同样,在关中、陕北以及陇东地区,5.6～5.0 ka BP 的冷干事件也导致该区域仰韶文化迅速衰退,文化类型由庙底沟类型转变为西王村类型[37].Bond 等[38]研究表明,关中盆地 5.8～5.0 ka BP 的气候呈现明显干旱特征,正是这一气候恶化过程引发了该区域仰韶文化的衰落.尽管 5.5 ka BP 左右人类适应自然环境的能力有所提升,但原始渔猎、采集活动仍占据重要地位,这意味着人类生产生活高度依赖土地与生物资源.因此,环境恶化会导致植被退化与土地资源贫瘠化,人口与资源的矛盾加剧,进而威胁人类的生存,使文化呈现衰落特征.有研究发现,黄河中游地区的粟作农业在 5.5～5.0 ka BP 的环境恶化中受到显著影响,其出现频率明显降低[31,39].此时农业生产水平较低,年平均气温的下降可能意味着作物生长期的缩短,致使作物无法成熟而导致歉收,若持续几年可能就会造成农作物绝收,使农业生产短期内无法恢复.燕辽地区红山文化与小河沿文化之间的"断层",可能与 5.0 ka BP 前后的降温事件有关[40].吕厚远[41]研究发现,干冷气候导致北方生态环境恶化,促使中国北方草原文化南下.同期发生在非洲的"撒哈拉干旱"事件[42]也迫使当地居民改变生活方式,由定居转变为游牧或迁徙[43].历史记录显示,大规模人口流动多由作物歉收和大规模饥荒引发,而非战乱因素[44].Hosner 等[45]的统计数据显示,该时期华北地区古人类遗址数量显著减少,其主因可能是气候干冷化压缩了人类适宜的生存空间,人类为获取更好的生存资源,不得不放弃原居住地而另寻他处.

4.2 人类活动对气候变化的响应

通过前述分析可知,气候恶化导致人类生存空间不断被压缩,高纬度区域甚至出现人类无法生存的局面[41].这一时段,临汾盆地古人类向低纬度(南方)迁徙,遗址在盆地南部河谷区域的集聚程度显著增加(见图 4).人口迁移导致区域人口密度上升,进而引发生存空间与资源的竞争,而人类在互动过程中促进了文化交流与发展[46].龙山文化庙底沟二期的农业生产技术与仰韶文化相比更加先进,生产效率显著提升,同时农业与畜牧业均取得较大发展,其中畜牧业地位进一步提高[47].尤其在农业生产方面,石耜、磨制石镰、二齿工具等先进生产工具的出现,表明庙底沟二期农业生产力水平已超越仰韶文化,进入新的更高发展阶段[48].龙山文化后期陶寺类型文化达到空前繁荣,文化上表现出"海纳百川"的特质[26-27].除农业与畜牧业的发展外,粟作农业取得重大进步[49],而且分离出了专门的手工业,生产类型呈现多样化与专业化特征[50];同时,人类掌握了较高难度的房屋建筑与凿井等技术.此时社会趋向复杂化,等级差异显著,空间集聚程度增加,出现了以陶寺古城为代表的核心区.陶寺古城作为中原地区早期古城代表性城址之一,面积达 280 万m^2[47],功能分区特征明显[51],社会复杂化程度显著增强[52].这说明技术进步可使古人类更高效地利用可耕种土地与自然植被,提高区域内农业总产量,稳定获取多种食物来源[53].尽管龙山文化时期人类文明程度有所提高,但庙底沟二期文化与陶寺文化均呈现遗址空间分布范围缩小及向低纬、低海拔河谷地带集聚的特征,这主要是为应对干冷气候以获取水资源及御寒,体现了人类对寒冷干旱环境的逐渐适应.

总体来看,5.5 ka BP 前温暖湿润的环境促进了临汾盆地新石器文化的发展,而 5.5 ka BP 左右开始的降温事件是导致临汾盆地文化衰落的主要原因.同时,环境恶化压缩了人类生存空间,增加了古人类的相互接触,在资源竞争过程中推动了文化进步.但文化发展与气候冷暖并非简单的对应关系,应根据不同时期、不同历史背景具体分析.

5 结 论

1) 5.5 ka BP 左右的降温事件是临汾盆地仰韶文化衰落的主要原因,气候恶化破坏了生态系统,使人类原有的生存环境与食物资源难以维系,最终导致人口迁徙,其结果必然导致当地文化的衰落和中断.

2) 5.5 ka BP 左右的气候恶化事件对史前文化的发展产生了深远影响,气候恶化压缩了人类生存空间,引发人口迁徙,从而使区域人口密度增加,古人类的互动频率显著增加,这种互动在带来资源与生存空间竞争的同时,也促进了文化交流与文明的发展.

参考文献:

[1] 施雅风,孔昭宸,王苏民,等.中国全新世大暖期的气候波动与重要事件[J].中国科学(B 辑),1992(12):1300-1308.

Shi Yafeng, Kong Zhaochen, Wang Sumin, et al. Climate fluctuation and important events during the Holocene Megathermal in China[J]. Science in China(Series B), 1992(12): 1300-1308.

[2] 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: 11186. DOI: 10.1038/srep11186.

[3] Dong G H, Jia X, An C B, et al. Mid-Holocene climate change and its effect on prehistoric cultural evolution in Eastern Qinghai province, China[J]. Quaternary Research, 2012, 77(1): 23-30. DOI: 10.1016/j.yqres.2011.10.004.

[4] Luongo G, Perrotta A, Scarpati C, et al. Impact of the AD 79 explosive eruption on Pompeii, Ⅱ. Causes of death of the inhabitants inferred by stratigraphic analysis and areal distribution of the human casualties[J]. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2003, 126(3/4): 169-200. DOI: 10.1016/S0377-0273(03)00147-1.

[5] 夏正楷, 王赞红, 赵青春. 我国中原地区 3 500 a BP 前后的异常洪水事件及其气候背景[J]. 中国科学(D 辑), 2003, 33(9): 881-888.
Xia Zhengkai, Wang Zanhong, Zhao Qingchun. Abnormal flood events around 3 500 a BP in Central Plains of China and their climatic background[J]. Science in China(Series D), 2003, 33(9): 881-888.

[6] Haug G H, Günther D, Peterson L C, et al. Climate and the collapse of Maya civilization[J]. Science, 2003, 299(5613): 1731-1735.

[7] Zhang P Z, Cheng H, Edwards R L, et al. A test of climate, sun, and culture relationships from an 1810-year Chinese cave record[J]. Science, 2008, 322(5903): 940-942. DOI: 10.1126/science.1163965.

[8] 严文明. 农业发生与文明起源[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

[9] Dong G H, Liu F W, Chen F H. Environmental and technological effects on ancient social evolution at different spatial scales[J]. Science China Earth Sciences, 2017, 60(12): 2067-2077. DOI: 10.1007/s11430-017-9118-3.

[10] 刘建国, 王琳. 地理信息系统支持的临汾盆地古代人地关系研究[J]. 考古, 2007(7): 64-70.
Liu Jianguo, Wang Lin. A study of ancient man-land relationship in the Linfen basin by means of the geographic information system[J]. Archaeology, 2007(7): 64-70.

[11] Li T Y, Mo D W, Kidder T, et al. Holocene environmental change and its influence on the prehistoric culture evolution and the formation of the Taosi site in Linfen basin, Shanxi province, China[J]. Quaternary International, 2014, 349: 402-408. DOI: 10.1016/j.quaint.2014.07.054.

[12] 王海斌, 莫多闻, 李拓宇. 陶寺古城形成与选址的环境与文化背景研究[J]. 水土保持研究, 2014, 21(3): 302-308. DOI: 10.13869/j.cnki.rswc.2014.03.058.
Wang Haibin, Mo Duowen, Li Tuoyu. Study on the environmental and cultural background of the formation and the location selection of Taosi site[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2014, 21(3): 302-308.

[13] 尹佳男. 临汾盆地全新世气候变化及对人类活动影响[D]. 临汾: 山西师范大学, 2023.
Yin Jianan. Holocene climate change and its impact on human activities in Linfen basin[D]. Linfen: Shanxi Normal University, 2023.

[14] Reimer P J, Austin W E N, Bard E, et al. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0～55 cal ka BP)[J]. Radiocarbon, 2020, 62(4): 725-757. DOI: 10.1017/rdc.2020.41.

[15] Yang S L, Ding Z L. Color reflectance of Chinese loess and its implications for climate gradient changes during the last two glacial-interglacial cycles[J]. Geophysical Research Letters, 2003, 30(20): 2058. DOI: 10.1029/2003GL018346.

[16] Ding Z L, Sun J M, Rutter N W, et al. Changes in sand content of loess deposits along a North-South transect of the Chinese Loess Plateau and the implications for desert variations[J]. Quaternary Research, 1999, 52(1): 56-62. DOI: 10.1006/qres.1999.2045.

[17] Steig E J. Mid-Holocene climate change[J]. Science, 1999, 286(5444): 1485-1487. DOI: 10.1126/science.286.5444.1485.

[18] Dykoski C A, Edwards R L, Cheng H, et al. A high-resolution, absolute-dated Holocene and deglacial Asian monsoon record from Dongge Cave, China[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2005, 233(1/2): 71-86. DOI: 10.1016/j.epsl.2005.01.036.

[19] Dong J G, Wang Y J, Cheng H, et al. A high-resolution stalagmite record of the Holocene East Asian monsoon from Mt Shennongjia, Central China[J]. The Holocene, 2010, 20(2): 257-264. DOI: 10.1177/0959683609350393.

[20] Bai Y J, Zhang P Z, Gao T, et al. The 5400 a BP extreme weakening event of the Asian summer monsoon and cultural evolution[J]. Science China Earth Sciences, 2017, 60(6): 1171-1182. DOI: 10.1007/s11430-016-9017-3.

[21] Xiao J L, Fan J W, Zhai D Y, et al. Testing the model for linking grain-size component to lake level status of modern clastic lakes[J]. Quaternary International, 2015, 355: 34-43. DOI: 10.1016/j.quaint.2014.04.023.

[22] Wen R L, Xiao J L, Fan J W, et al. Pollen evidence for a Mid-Holocene East Asian summer monsoon maximum in Northern China[J]. Quaternary Science Reviews, 2017, 176: 29-35. DOI: 10.1016/j.quascirev.2017.10.008.

[23] Lu H, Yi S, Liu Z, et al. Variation of East Asian monsoon precipitation during the past 21 k y and potential CO_2 forcing [J]. Geology, 2013, 41(9): 1023-1026. DOI: 10.1130/g34488.1.

[24] 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(3): 500-507. DOI: 10.1016/j.yqres.2013.11.002.

[25] 田建文.山西考古学文化的区系类型问题[C]//山西省考古研究所,中国考古学会,山西省考古学会.汾河湾-丁村文化与晋文化考古学术研讨会文集.太原:山西高校联合出版社,1996:126-137.

[26] 邵望平,汪遵国.迎接中国考古学的新世纪:中国考古学会理事长苏秉琦教授访谈录[J].东南文化,1993(1):1-17.
Shao Wangping, Wang Zunguo. Welcome the new century of archaeology in China: interview with professor Su Bingqi, chairman of China archaeological society[J]. Southeast Culture, 1993(1): 1-17.

[27] 高江涛.试论中国早期国家形成的模式与动力[J].史学月刊,2019(6):21-33.
Gao Jiangtao. Study on the modes and dynamics of state formation in early China[J]. Journal of Historical Science, 2019(6): 21-33.

[28] Scott D W. Multivariate density estimation: theory, practice, and visualization[M]. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc, 2015.

[29] Wang C, Lu H Y, Zhang J P, et al. Prehistoric demographic fluctuations in China inferred from radiocarbon data and their linkage with climate change over the past 50 000 years[J]. Quaternary Science Reviews, 2014, 98: 45-59. DOI: 10.1016/j.quascirev.2014.05.015.

[30] Davison K, Dolukhanov P, Sarson G R, et al. The role of waterways in the spread of the Neolithic[J]. Journal of Archaeological Science, 2006, 33(5): 641-652. DOI: 10.1016/j.jas.2005.09.017.

[31] 董广辉,仇梦晗,李若,等.探讨过去人地关系演变机制的“支点”概念模型[J].地理学报,2021,76(1):15-29. DOI: 10.11821/dlxb202101002.
Dong Guanghui, Qiu Menghan, Li Ruo, et al. Using the fulcrum cognitive model to explore the mechanism of past human-land co-evolution[J]. Acta Geographica Sinica, 2021, 76(1): 15-29.

[32] 赵志军.中国古代农业的形成过程:浮选出土植物遗存证据[J].第四纪研究,2014,34(1):73-84. DOI: 10.3969/j.issn.1001-7410.2014.01.10.
Zhao Zhijun. The process of origin of agriculture in China: archaeological evidence from flotation results[J]. Quaternary Sciences, 2014, 34(1): 73-84.

[33] 张雪莲,仇士华,钟建,等.中原地区几处仰韶文化时期考古遗址的人类食物状况分析[J].人类学学报,2010,29(2):197-207. DOI: 10.16359/j.cnki.cn11-1963/q.2010.02.014.
Zhang Xuelian, Qiu Shihua, Zhong Jian, et al. Studies on diet of the ancient people of the Yangshao cultural sites in the Central Plains[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2010, 29(2): 197-207.

[34] 史宝琳.中原地区公元前三千纪下半叶和公元前两千纪的聚落分布研究[D].长春:吉林大学,2014.
Sebillaud Pauline. Settlement spatial organization in Central Plains China during the period of transition from Late Neolithic to Early Bronze Age(c.2500－1050 BC)[D]. Changchun: Jilin University, 2014.

[35] Yu Z F, Zheng Q, Zheng Y F. Mössbauer studies on ancient Chinese pottery of Yangshao culture period[J]. Hyperfine Interactions, 1988, 41(1): 863-866. DOI: 10.1007/BF02400527.

[36] 魏兴涛.豫西晋西南地区新石器时代文化与社会[D].北京:北京大学,2010.
Wei Xingtao. Neolithic culture and society in Western Henan and Southwestern Shanxi[D]. Beijing: Peking University, 2010.

[37] 贾鑫,王琳,董广辉,等.中全新世关中陕北陇东地区文化演变及环境驱动力[J].兰州大学学报(自然科学版),2008,44(6):8-14. DOI: 10.13885/j.issn.0455-2059.2008.06.018.
Jia Xin, Wang Lin, Dong Guanghui, et al. Cultural evolution and its environmental force in middle Holocene at Guanzhong-Shanbei-Longdong region, China[J]. Journal of Lanzhou University(Natural Sciences), 2008, 44(6): 8-14.

[38] Bond G,Showers W,Cheseby M,et al.A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates [J].Science,1997,278(5341):1257-1266.DOI:10.1126/science.278.5341.1257.

[39] 吴梓林.古粟考[J].史前研究,1983(1):151-155.
Wu Zilin.Ancient millet examination[J].Prehistory,1983(1):151-155.

[40] 许宏."连续"中的"断裂":关于中国文明与早期国家形成过程的思考[J].文物,2001(2):86-91.DOI:10.13619/j.cnki.cn11-1532/k.2001.02.008.
Xu Hong.The "break" in the "continuous" think about the process of Chinese civilization and early state formation[J].Cultural Relics,2001(2):86-91.

[41] 吕厚远.新石器以来的北温带草原文化与气候变迁[J].文物保护与考古科学,1991,3(2):43-50.
Lü Houyuan.Grassland-culture in North Temperate areas during Neolithic and climatic changes[J].Sciences of Conservation and Archaeology,1991,3(2):43-50.

[42] Perry C A,Hsu K J.Geophysical,archaeological,and historical evidence support a solar-output model for climate change [J].Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2000,97(23):12433-12438.DOI:10.1073/pnas.230423297.

[43] de Menocal P,Ortiz J,Guilderson T,et al.Abrupt onset and termination of the African Humid Period:rapid climate responses to gradual insolation forcing[J].Quaternary Science Reviews,2000,19(3-5):347-361.DOI:10.1016/S0277-3791(99)00081-5.

[44] Hsu K J.Sun,climate,hunger,and mass migration[J].Science in China Series D:Earth Sciences,1998,41(5):449-472.DOI:10.1007/BF02877737.

[45] Hosner D,Wagner M,Tarasov P E,et al.Spatiotemporal distribution patterns of archaeological sites in China during the Neolithic and Bronze Age:an overview[J].The Holocene,2016,26(10):1576-1593.DOI:10.1177/0959683616641743.

[46] 苏秉琦.中华文明的新曙光[J].东南文化,1988(5):1-7.
Su Bingqi.The new dawn of Chinese civilization[J].Southeast Culture,1988(5):1-7.

[47] Brunson K,He N,Dai X.Sheep,cattle,and specialization:new zooarchaeological perspectives on the Taosi Longshan[J].International Journal of Osteoarchaeology,2016,26(3):460-475.DOI:10.1002/oa.2436.

[48] Higgs E S,Vita-Finzi C.Prehistoric economies:a territorial approach[M].Cambridge:Cambridge University Press,1972:27-36.

[49] 赵志军,何驽.陶寺城址2002年度浮选结果及分析[J].考古,2006(5):77-86.
Zhao Zhijun,He Nu.The flotation results and analysis of Taosi site in 2002[J].Archaeology,2006(5):77-86.

[50] 刘莉.中国新石器时代:迈向早期国家之路[M].北京:文物出版社,2007:1-283.

[51] Liu L.Mortuary ritual and social hierarchy in the Longshan culture[J].Early China,1996,21:1-46.

[52] Underhill A P.Changing patterns of pottery production during the Longshan Period of Northern China,ca.2500－2000 BC[D].University of British Columbia,1990.

[53] 袁靖.生业兴起:文明进程中的五谷、六畜、百工[J].中国文化遗产,2012(4):40-46.
Yuan Jing.The rise of subsistence patterns:five cereals,six domestic animals,and hundred crafts in the process of civilization[J].China Cultural Heritage,2012(4):40-46.

(责任编辑　柴　键)