

甘肃东灰山遗址 3700 ~ 3400 cal BP 人类活动的元素地球化学记录

李小强¹, 纪 明^{2,3}, 周新郢¹, 赵克良^{1,2}, 孙 楠^{1,2}, 杨 青^{1,2}

(1. 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, 西安 710075;
2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘要:通过东灰山遗址含文化层沉积物元素地球化学分析,结合高精度AMS¹⁴C测年和考古资料,重建河西走廊地区3700~3400 cal BP期间人类活动特征。铜(Cu)、锌(Zn)、铅(Pb)、锶(Sr)和铷(Rb)元素以及Rb/Sr比值显示,东灰山地区3710~3690 cal BP间人类活动强度不大,农业和青铜铸造活动主要出现在3690~3500 cal BP时段,3500 cal BP以后人类活动强度减弱。Rb/Sr比值可作为早期人类活动替代指标,与人类活动强度呈反相关关系。

关键词:甘肃东灰山遗址; 3700~3400 cal BP; 人类活动; 元素地球化学

中图分类号: P595; K854.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-9901(2010)01-0048-04

Records of element geochemistry on human activity during 3700 ~ 3400 cal BP at Donghuishan Site, Gansu, China

LI Xiao-qiang¹, JI Ming^{2,3}, ZHOU Xin-ying¹, ZHAO Ke-liang^{1,2}, SUN Nan^{1,2}, YANG Qing^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
3. Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: Human activity characteristics in Hexi Corridor during 3700 ~ 3400 cal BP were reconstructed by element geochemistry analysis from cultural remains at Donghuishan site, together with the high-precision AMS¹⁴C dating and archaeology materials. The abundance of elements, such as Cu, Zn, Pb, Sr and Rb, along with the results of Rb/Sr ratio showed that human activity intensity was not very strong during 3710 ~ 3690 cal BP in Donghuishan area; agriculture and bronze casting activities appeared during 3690 ~ 3500 cal BP; human activity intensity became weak after 3500 cal BP. Rb/Sr ratio can be used as substitute index of early human activity and has inverse correlation relationship with human activity intensity.

Key words: Donghuishan site; 3700 ~ 3400 cal BP; human activity; element geochemistry

“人类世”作为单独且具有特殊含义和内容的地质时期(Crutzen et al, 2000, 2002),是从全新世1万年中提取一个新的地质单元,包括新石器时代、铜器时代、铁器时代、工业时代和目前的信息时代(刘东生, 2006),强调人类活动作为新的地质营力对地球环境产生了重要影响。

近年来,随着全球变化、环境考古和科技考古研究的不断深入,东亚农业起源与传播,气候突变事件

对人类活动影响等研究取得了长足进步(孔昭宸等, 1999; Li et al, 2007; Ruddiman, 2008; Lu et al, 2009)。如何运用替代指标记录有效提取及解读早期人类活动信息,认识人类活动导致的环境变迁累积过程,探讨人类对环境变化的适应等,已成为这一领域重要的研究课题(Barker and Gilbertson, 2000; Krich, 2005)。

我国干旱-半干旱地区自然生态环境脆弱,对

收稿日期:2010-05-17

基金项目:中国科学院知识创新重要方向项目(KZCX2-YW-Q1-03);黄土与第四纪地质国家重点实验室自主部署项目(LQ0701)

通讯作者:李小强,E-mail:lxq@loess.llqg.ac.cn

气候环境变化以及人类活动影响相当敏感,全新世沉积地层和早期文化遗存发育,是研究全新世人类活动特征及影响的重要区域。西北河西走廊干旱区地处中国东部通往西域的咽喉要道,也是汉唐以来“丝绸之路”的重要通道。甘青文化区是我国古文明发祥地之一,新石器时代人类活动频繁、遗址丰富、文化类型齐全(戴春阳, 1989),保存了包括马家窑文化、齐家文化、四坝文化等众多考古文化类型,是一个自成体系的古文化中心(郎树德, 1992)。

起源于北方黄河流域的旱作农业(黍和粟)在约 5000 cal a BP 以前已传播到河西走廊地区(中国社会科学院考古研究所, 1992; 谢端琚, 2002; 王鹏辉, 2005; 甘肃省文物考古研究所, 2006)。大约 4000 年前,青铜冶炼活动已在河西走廊地区出现并蓬勃发展(Dodson et al, 2009; 李小强等, 2010),对生态环境造成了重要影响(孙楠等, 2010)。该地区历史时期作为抵御游牧民族入侵的关隘,从秦朝开始各个朝代均在此驻军戍边,留有古长城、城址以及大量文献记录。因此,重建河西走廊地区早期人类活动特征及其与气候环境变化关系,辨识人类活动对生态环境的影响,可为生态环境脆弱地区人类适应以及全球气候变暖背景下人类可持续发展提供依据。

本研究选取河西走廊地区东灰山遗址含文化层沉积物,进行元素地球化学分析,结合高分辨率 AMS¹⁴C 测年以及考古-历史资料,讨论元素地球化学在人类活动研究中的可行性,解读特征元素反映的人类活动信息,探讨河西走廊地区中全新世人类活动特征及其与气候环境的关系。

1 自然地理概况与研究剖面特征

甘肃河西走廊地区位于祁连山以北,合黎山、龙首山以南,乌鞘岭以西;东西长约 1200 km,南北宽约 100~200 km,地势平坦,一般海拔 1500 m 左右。该区属温带荒漠气候,许多地方的年降水量不足 200 mm,因受祁连山冰雪融水补给,区内有石羊河、黑河和疏勒河 3 大水系,沿河冲积平原形成大片绿洲,其余广大地区受风力剥蚀等影响,分布着大面积的戈壁和沙漠(图 1)。

甘肃省博物馆 1958 年 9 月在民乐县六坝乡同时发现东灰山与西灰山两处古文化遗存。东灰山遗址(东经 100°46', 北纬 38°41'),地处甘肃省民乐县西北约 27 公里的六坝乡,位于一山前洪积倾斜平原上。1987 年 4—5 月,甘肃省文物考古所与吉林大学北方考古研究室对东灰山遗址进行了保护性发掘,获得了大量随葬陶器和 16 件铜器,有铜削、铜

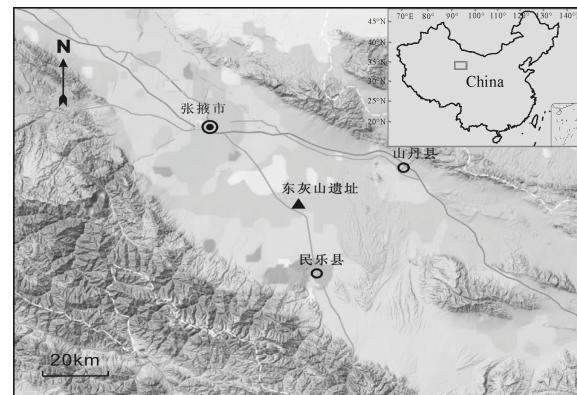


图 1 东灰山遗址地理位置图

锥、铜镯、铜耳饰、铜小圈饰等。遗址出土有小麦、黑麦、高粱、粟和黍的炭化种子小麦、黑麦、高粱、粟和黍的炭化种子以及石刀、石磨盘、石磨棒等农业生产工具(甘肃省文物考古所, 1998),同时,动物有猪、羊、狗、麝、鹿 5 种,显示东灰山居民不仅从事农业生产,还兼营畜牧和狩猎。根据遗址出土陶器特征以及青铜器皿的出现,确定东灰山遗址为四坝文化期。

东灰山遗址区是由灰土与沙土堆积而成的一座沙土丘,沙土丘处在荒漠沙滩中,呈东南-西北走向,南北长约 600 m,东西宽 400 m,高出地表 5~6 m,为先民生活区。遗址西侧有一条干涸的南北向河道,河床宽约 15~20 m,南高北低,东侧地表平坦。东灰山遗址出露有大量露头剖面,自地表至底部砾质洪积物之间含文化层堆积厚 50~200 cm,文化层近沙土丘顶部最厚,一些地段超过 200 cm。

研究剖面位于遗址东侧,厚度约 200 cm(图 2),可分为 5 层:(1)0~10 cm,黄色粉砂质土,杂有灰黄色斑,可见少量炭屑及烧土层;(2)10~100 cm,为灰色文化层,含小砾石。可见较多炭屑和陶片。(3)100~150 cm,质地较坚实,多孔隙,有碳酸钙结核,土壤团粒结构,灰褐色,可见大量炭屑和陶片。(4)150~170 cm,浅黄色含砂土层,炭屑很少,不见陶片。(5)170~200 cm,红褐色粗砂砾层。

2 方法与结果

2.1 元素分析方法

从沉积物中提取人类活动替代指标记录,是研究全新世人类活动的重要手段。本研究选择东灰山遗址东北缘出露的含文化层剖面,开展了细致的元素地球化学分析和高精度 AMS¹⁴C 测年,建立东灰山遗址中全新世人类活动的元素地球化学指标记录和年代框架。

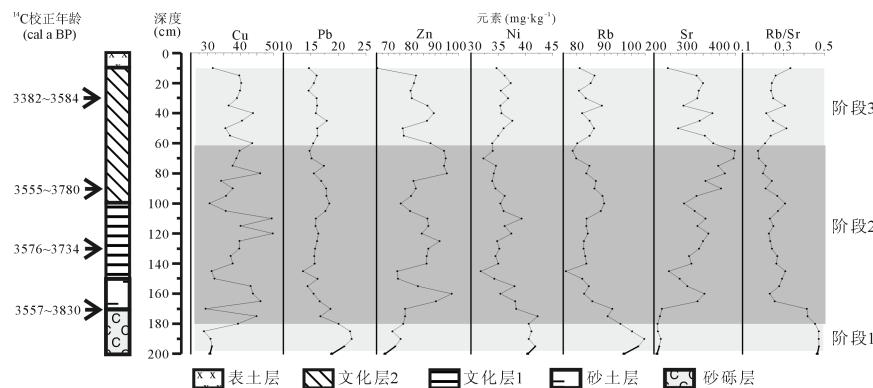


图2 东灰山剖面 3700 ~ 3400 cal BP 元素含量的变化

东灰山剖面厚约 200 cm, 以 5 cm 间距分析元素样品 40 个, 其中含文化层沉积物仔细过筛, 每个样品取样 5 g, 在恒温 60℃ 下烘干 24 h 后, 在玛瑙研钵中研磨成粉状颗粒, 直至完全过筛(孔径 200 目)。以硼酸作为固定剂, 在压样机上压成圆饼状, 用 XRF 荧光光谱分析仪测试, 共分析 26 种元素, 然后将分析结果采用 28 个国际标准参考样品进行校正, 并通过平行分析进行测试精度检验。

2.2 年代标尺的建立

东灰山文化层剖面中含有大量植物炭化种子, 是极好的¹⁴C 测年材料。考古炭化样品的前处理过程相对简单, 首先通过酸处理(1% 盐酸)除去无机碳, 通过碱处理(0.5% NaOH)除去炭化样品埋藏过程中吸附的腐质酸, 然后制成石墨靶。选择剖面不同层位 4 个碳化小麦种子, 在澳大利亚原子能科学与技术中心加速器实验室完成¹⁴C 测年, 其中, 炭化小麦实测¹⁴C 年龄在深度 30 cm、90 cm、130 cm 和 170 cm 分别为 3260 a BP、3405 a BP、3425 a BP 和 3410 a BP, 分别进行日历年校正以获得日历年年龄(Reimer et al., 2004, 表 1)。上述 4 个年线性关系良好, 假设两个测年数据间的沉积速率恒定, 用线性内插和外推方法对采样点年龄进行推算, 东灰山剖面沉积年代为 3700 ~ 3400 cal BP, 约 300 a 的一套沉积。

表1 东灰山剖面 AMS¹⁴C 测年

深度 (cm)	样品 类型	实验室 编号	¹⁴ C 年龄 (a BP)	校正年龄 (cal BP, 2σ 均值)
30	炭化小麦	OZK653	3260 ± 45	3574 ~ 3389
90	炭化小麦	OZK654	3405 ± 50	3780 ~ 3557
130	炭化小麦	OZK655	3425 ± 40	3735 ~ 3578
170	炭化小麦	OZK656	3410 ± 50	3830 ~ 3559

2.3 研究结果

东灰山剖面 40 个样品共分析 Cu、As、Pb、Zn、

Ni、Rb、Sr、P、Mn、Ga、V、Co、Ti、Y、Zr、Nb、Ba 等 26 种元素, 主量元素相对标准偏差在 1% ~ 2%, 微量元素相对标准偏差小于 5%。选取与人类活动密切相关的 Cu、Zn、Pb、Sr 和 Rb 等元素, 绘制 3700 ~ 3400 cal BP 时段元素含量变化曲线, 并计算 Rb/Sr 比值。总体来看, Cu、Zn、Pb、Sr 元素相关性较好, 但与 Rb/Sr 值变化呈反相关关系。从底到顶大致可分为 3 个阶段(图 2)。

(1) 约 3710 ~ 3690 cal BP, Cu、Zn、Sr 元素含量较低, Pb 和 Rb/Sr 比值较高。

(2) 约 3690 ~ 3500 cal BP, Cu、Zn、Sr 元素相关性较好, 共同出现含量的峰值, Cu 元素在 3670 cal BP 左右出现最高峰值, Rb/Sr 比值在整个阶段出现低值区, 与 Cu、Zn 等金属元素含量呈明显反相关。

(3) 约 3500 ~ 3400 cal BP, Cu、Zn、Pb、Sr 含量明显降低, Rb/Sr 比值也升高。

3 结论与讨论

甘肃河西走廊地区处于考古学文化区系类型中的甘青文化区, 是连接东亚和西亚的关键地区, 新石器时代晚期以来文化沉积序列完整, 文化类型丰富。从马家窑文化开始, 到齐家文化和四坝文化各个时期, 均不乏重要发现, 尤以四坝文化出土的铜器数量最多, 种类也最丰富(李水城等, 1993)。研究显示河西走廊青铜冶炼活动出现在大约 4000 年前(Dodson et al., 2009; 李小强等, 2010), 铜冶炼等人类活动对生态环境造成了重要影响(孙楠等, 2010)。

东灰山遗址是一个具备多种功能的人类生产、生活遗址, 也发掘出用于铸造金属的模具(甘肃省文物考古研究所, 1998), 说明东灰山先民除农业活动以外, 还进行铜器铸造活动。从含文化层剖面中提取元素等替代指标记录, 进行细致的元素地球化学分析, 并结合高精度 AMS¹⁴C 测年, 考古文献以及气候环境研究成果, 可以重建东灰山地区 3700 ~

3400 cal BP 期间人类活动特征及强度。

Rb 和 Sr 都是典型的分散元素,在自然界中主要以类质同象形式分布于各类造岩矿物中,很少形成各自的独立矿物。由于 Rb 与 K, Sr 与 Ca 具有相近的离子半径、电位等地球化学参数,因此,Rb 主要吸附在含 K 的粘土矿物(如蒙脱石、伊利石等)中,地球化学行为相对稳定;而 Sr 则以类质同象形式赋存于含 Ca 硅酸盐和碳酸盐等矿物中,碳酸盐风化后将发生分解,使 Sr 主要呈离子状态,散布在沉积物中。

风化成壤作用使元素呈现富集或淋失两种行为,能够明显改变沉积物(如黄土-古土壤)元素化学组成,Rb 为稳定元素,表现为残留富集特点,而 Sr 为活性元素,其含量随风化成壤作用的增强而降低(Gallet et al, 1996; 陈骏等, 1998)。因此,Rb/Sr 比值实际上反映了风化成壤过程中 Sr 元素淋失程度(陈骏等, 2001)。人类活动作为重要的地质营力改变地表植被,破坏土壤结构,影响生态环境,会促使侵蚀作用的增强,导致细粒物质特别是粘土矿物的淋失,促使赋存在其中的 Rb 元素流失增加,从而降低 Rb 元素在沉积物中的含量,降低 Rb/Sr 比值,其变化可间接指示人类活动影响强度。

东灰山遗址含文化层沉积中,Cu、Zn、Sr 等元素含量与 Rb/Sr 比值呈明显反相位变化关系。铜元素含量在 3710~3690 cal BP 间处于低值,而 Rb/Sr 比值处于最高值,显示东灰山地区人类活动强度不大。3690~3500 cal BP 期间,Cu、Zn 等均出现峰值,可能显示青铜铸造活动比较活跃,但出土青铜器物的特征显示(水涛, 2000; 甘肃省考古研究所, 1998),东灰山遗址的青铜器功能主要为生活和装饰,与农业生产活动关系并不密切。

这一阶段的 Rb/Sr 比出现低值区,与 Cu 等金属元素含量变化呈现反相关关系,揭示了 3690~3500 cal BP 期间东灰山地区农耕时期与铜器铸造活动繁荣期是一致的,人类农耕和青铜铸造活动的增强,对植被、土壤等环境要素产生重要影响,加强了土壤侵蚀作用,造成土壤中 Rb 元素流失。因此,东灰山地区元素地球化学记录揭示 Rb/Sr 比值可作为早期人类活动替代指标,并与人类活动强度呈反相关关系。3500 cal BP 以后,Cu 等金属元素含量降低,而 Rb/Sr 比值逐渐升高,显示农业和青铜铸造活动强度明显减弱。

参考文献

- 陈 骏, 安芷生, 汪永进, 等. 1998. 最近 800 ka 洛川黄土剖面中 Rb/Sr 分布和古季风变迁 [J]. 中国科学 (D 编), 28(6):498-504.
陈 骏, 汪永进, 陈 畅, 等. 2001. 中国黄土地层 Rb 和 Sr 地球化学特征及其古季风气候意义 [J]. 地质学报, 75

(2):259-266.

- 戴春阳. 1989. 从半山、马厂类型看马家窑文化的社会性质及其演化 [J]. 西北史地, (3):42-52.
甘肃省文物考古研究所. 1998. 民乐东灰山考古:四坝文化墓地的揭示与研究 [M]. 北京:科学出版社.
甘肃省文物考古研究所. 2006. 秦安大地湾:新石器时代遗址发掘报告 [M]. 北京:文物出版社.
孔昭宸, 刘长江, 何德亮. 1999. 山东滕州市庄里西遗址植物遗存及其在人类环境学上的意义 [J]. 考古, (7):59-62.
郎树德. 1992. 甘肃史前史研究与发展 [J]. 西北史地, (2):1-8.
李水成. 1993. 四坝文化研究 [G] // 苏秉琦. 考古学文化论集 (三). 北京:文物出版社, 80-121.
李小强, 纪 明, 约翰·道森, 等. 2010. 甘肃河西走廊 4200 年以来青铜冶炼的元素地球化学记录 [J]. 湖泊科学, 22(1):119-125.
刘东生. 2006. 科学工作假说 (Working Hypothesis) 是科学创新的基础 [J]. 第四纪研究, 26(5):673-677.
水 涛. 2000. 四坝文化铜器研究 [J]. 文物, (3):36-44.
孙 楠, 李小强, 周新郢, 等. 2010. 甘肃河西走廊早期冶炼活动及影响的炭屑化石记录 [J]. 第四纪研究, 30(2):310-316.
王鹏辉. 2005. 史前时期新疆的环境与考古学研究 [J]. 西域研究, (1):44-50.
谢端瑞. 2002. 甘青地区史前考古 [M]. 北京:文物出版社.
中国社会科学院考古研究所. 1992. 中国考古学中碳十四年代数据集 [M]. 北京:文物出版社.
Barker G, Gilbertson D. 2000. The archaeology of drylands: living at the margin [M]. London: Routledge.
Crutzen P J, Stoermer E F. 2000. The ‘Anthropocene’ [R]. *IGBP Newsletter*, 41:17-18.
Crutzen P J. 2002. Geology of mankind [J]. *Nature*, 415(1): 23-24.
Dodson J, Li X Q, Ji M, et al. 2009. Bronze in two Holocene archaeological sites in Gansu, NW China [J]. *Quaternary Research*, 72:309-314.
Gallet S, Jahn B M, Torii M. 1996. Geochemical characterization of the Luochuan loess-paleosol sequence, China, and paleoclimatic implications [J]. *Chemical Geology*, 133:67-88.
Kirch P V. 2005. Archeology and Global Change: The Holocene Record [J]. *Annual Review of Environment and Resources*, 30:409-440.
Li X Q, Zhou X Y, Zhang H B, et al. 2007. The record of cultivated rice from archaeobiological evidence in northwestern China 5000 years ago [J]. *Chinese Science Bulletin*, 52(10):1372-1378.
Lu H, Zhang J P, Liu Kam-blu, et al. 2009. Earliest domestication of common millet (*Panicum miliaceum*) in East Asia extended to 10,000 years ago [J]. *PNAS*, 106(18):7367-7372.
Reimer P J, Baillie M G L, Bard E, et al. 2004. IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal. kyr BP [J]. *Radiocarbon*, 46(3):1029-1058.
Ruddiman W F. 2008. Earth's climate: past and future [M]. 2nd ed. New York:W H Freeman & Co Ltd.