

陕西神木木柱柱梁遗址先民的食谱分析*

陈相龙^{1,2} 郭小宁³ 胡耀武² 王炜林³ 王昌燧²

(1. 中国社会科学院考古研究所; 2 中国科学院大学科技史与科技考古系; 3. 陕西省考古研究院)

关键词:木柱柱梁, 碳氮稳定同位素, 古食谱, 粟作农业, 生业方式

摘要:距今4000年前后,陕北地区呈现出异常兴盛的文化发展态势。导致这种现象出现的原因很多,生业经济的兴盛无疑是最根本的因素。为深入认识当时生业经济的面貌,本研究以神木木柱柱梁遗址出土人骨为研究对象,采用碳、氮稳定同位素分析方法,重建先民的食物结构。研究发现,木柱柱梁先民基本以粟作农业为食,肉食消费程度较低。这意味着该遗址人群仍然属于粟作农业为主要生计的人群。

KEY WORDS:Muzhuzhuliang site, Stable carbon and nitrogen isotopes, Palaeodiet, Millet agriculture, Subsistence

ABSTRACT:Northern Shaanxi Neolithic, especially the blooming of Neolithic communities about 4000 BP is of great importance to an improved understanding of evolution of Chinese Civilization. The prosperity of archaeological remains dated to around 4000BP is undoubtedly closely related to various social and economic factors, among which food production technology is one of the most critical reasons. In order to evaluate the importance of millet agriculture to human diet and hence subsistent strategy, bones belonging to seven human individuals from the Muzhuzhuliang site in Shenmu county, Shaanxi province, were chosen for stable carbon and nitrogen isotope analysis. Bone collagen $\delta^{13}\text{C}$ values ($-10.3\text{‰} \sim -6.7\text{‰}$, $-8.2 \pm 1.5\text{‰}$) indicate that these individuals concentrated on C_4 food consumption with some intake of C_3 -plant based nutrients occasionally. $\delta^{15}\text{N}$ values ($7.8\text{‰} \sim 9.5\text{‰}$, $8.8 \pm 0.6\text{‰}$) imply that only a few animal protein was consumed by local farmers. We therefore conclude that millet products (both millet grains and millet-foddered pigs) dominated human diets, and that local subsistent practice was largely based on millet farming.

陕北地区位于农牧交错带,早在仰韶时期在无定河、秃尾河、窟野河及其支流均分布有古文化遗址^[1]。至龙山时期,该地区遗址数量呈爆发式增长、大型聚落“横空出世”^[2],呈现出繁荣兴盛的发展态势。榆林地区,龙山时期的遗址数量不仅增至仰韶时期的3.5倍^[3],而且出现如石峁这样的大型聚落。石峁城地的出现,说明至少在4000BP前后该地区的文明化程度已达到相当高的水平^[4]。

陕北地区的生业经济在龙山时代晚期出现了转变。从定居聚落的稳定存在,石铲、石(陶)刀等生产工具、家猪骨骼的大量出现来看^[5,6,7],陕北地区仰韶时代不仅存在谷物栽培,而且农业生产在经济中的地位可能超越狩猎采集而据主导。五庄果犍动物骨骼稳定同位素的研究表明,

人们已经开始利用粟类食物饲养家猪,农业经济的发达程度由此可见一斑^[8]。进入龙山时代之后,受齐家文化等周边地区考古学文化的影响,本地先民经营粟作农业的同时兼营畜牧经济^[9]。动物遗存表明,府谷郑则峁^[10]、准格尔旗永兴店^[11]、大口^[12]等遗址已开始饲养黄牛和羊,而榆林火石梁家畜群中家猪的数量甚至低于牛羊^[13]。有学者据此指出,陕北地区的生业类型在4000BP前后已经开启了由农耕经济向农牧结合经济转变的步伐^[14]。那么,距今4000年前后的生业经济是怎样的?距今畜牧业的兴起对陕北地区生业经济有着怎样的影响?这些都是研究陕北考古学文化演变轨迹时必须思考的问题。遗憾的是,目前的研究仍主要停留在区域间人群和文化交流的探讨上^[15,16,17,18],鲜有对先民

* 本文受到中国科学院战略性先导科技专项(XDA05130501)、中国自然科学基金面上项目(41373018,41471167)、中国科学院大学校长基金的资助。

表一 木柱柱梁遗址人骨出土单位及碳、氮稳定同位素测试结果

编号	单位	$\delta^{13}\text{C}\text{‰}$	$\delta^{15}\text{N}\text{‰}$	骨胶原得率%	C%	N%	C/N 摩尔比
MZZL1	T1201M4	-7.3	8.9	1.1	35.9	13.0	3.2
MZZL2	T1106M3	-10.3	9.2	3.8	37.7	13.5	3.3
MZZL3	T1403M7	-7.3	8.2	4.5	42.1	15.1	3.3
MZZL4	T1106M3	-10.3	9.4	2.7	38.7	13.9	3.3
MZZL5	T1404H32	-6.9	7.8	1.0	38.7	14.0	3.2
MZZL6	T1202M6	-7.3	8.7	1.9	42.1	15.1	3.3
MZZL7	T1301M5	-9.1	9.5	1.6	39.2	13.9	3.3
MZZL8	T1405M8	-6.7	8.3	1.5	39.4	14.1	3.3

表二 木柱柱梁遗址人骨 AMS¹⁴C 测年结果

实验室编号	样品出土单位	¹⁴ C 年代	校正后年代	
			95% 置信度	68% 置信度
Beta - 364263	T1201M7	3550 ± 30 BP	1950 ~ 1780 BC	1930 ~ 1880 BC

生业模式和经济类型的深入分析。

近些年来,根据骨骼碳氮稳定同位素重建古代居民食物结构已成为复原史前生业模式、探讨生业经济转变最为重要的手段之一。骨化学相关原理指出,骨骼的化学组成与个体生前食物来源密切相关,不同的食物结构直接影响骨骼相关组织(如胶原蛋白)的稳定同位素比值。因此,分析骨骼稳定同位素组成便可重建先民的食物结构,进而揭示古代社会获取食物资源的途径,以便探讨生业经济的演变。目前,学术界已经在陕西及邻近地区相关遗址开展了碳、氮稳定同位素研究工作,初步厘清了渭河流域史前粟作农业的起源与发展状况^[19,20,21,22,23,24,25]、仰韶和龙山时代家畜的饲养策略^[26,27,28,29,30,31,32]、秦人的生业模式和经济类型^[33,34]、两汉时期农耕与游牧人群食物结构的差异^[35]等相关问题。然而,对于陕北地区史前生计模式的探讨,目前仍缺乏稳定同位素方面的证据。这种状况限制了人们对该地区史前生业经济和考古学文化演变的解读。鉴于此,本研究选取神木木柱柱梁遗址出土人骨开展碳、氮稳定同位素分析,在复原先民食物结构的基础上,分析陕北地区龙山晚期至夏初生业经济的类型,以便深入探讨距今4000年前后本

地区文明化进程加速的动因和机制。

一、材料与方 法

1. 出土背景概况及样品选择

木柱柱梁遗址位于陕西省神木县大保当镇东约5公里^[36]。遗址面积约4~5万平方米,是龙山晚期至夏初的一处环壕聚落。2011年至2012年,陕西省考古研究院对该地进行了发掘,发现了大量龙山晚期遗存。遗址出土的正装双扳鬲、三足瓮、大口尊、折肩罐等,与大口二期遗存的文化面貌接近,年代大致相当于龙山晚期至夏初阶段。工具组合中,除细石器外,还有石刀、石铲等与农业相关的生产工具。动物遗存中,既有与定居农业关系密切的家猪,又有代表畜牧经济的黄牛、绵羊。

本研究所选样品来自墓葬,共计8例骨骼,代表7个个体(表一)。由于所有墓葬均无随葬品,与其他遗迹单位又无打破关系,为明确其年代,特选取M7墓主人右侧尺骨进行AMS¹⁴C年代测定(表二)。

2. 稳定同位素分析原理

植物光合作用固定CO₂的方式可分为C₃途

径和 C_4 途径,这两种光合作途径由于内在机理的差异导致相应 C 同位素分馏系数明显不同^[37,38]。因此,不同光合作途径的植物将具有不同的 $\delta^{13}C$ 值。木本植物及多数草本植物(如麦、水稻等) C_3 植物的 $\delta^{13}C$ 值大约为 -26.5% 左右;粟、黍、玉米、高粱、狗尾草等少数草本植物为 C_4 植物,其 $\delta^{13}C$ 值大约为 -12.5% 左右。受工业革命后化石燃料燃烧的影响,现代大气 $\delta^{13}C$ 值较史前低约 1.5% ,由此导致植物 $\delta^{13}C$ 也较史前低 1.5% 左右^[39]。因此,史前时期两种植物 $\delta^{13}C$ 平均值应分别为 -25.0% 和 -11.0% 。这一差异将随物质和能量在食物链中的流动传递下去,并发生分馏。与食物 $\delta^{13}C$ 相比,动物骨胶原和肌肉分别富集大约 5% 和 1% 左右^[40,41]。因此,以 C_3 或 C_4 植物为食的动物,其 $\delta^{13}C$ 应分别在 -20% 和 -6% 左右。由于全新世时期长城沿线地区野生植物基本为 C_3 植物, C_4 植物的丰度可以忽略^[42,43,44],而粟和黍(C_4 植物)是中国北方地区新石器时代至先秦时期的主要粮食作物。因此,通过对人骨 $\delta^{13}C$ 值进行分析,即可大致了解粟作农业对先民食谱的贡献。

植物固氮方式的差异会导致其 $\delta^{15}N$ 明显不同。少数植物(如豆科植物、蓝藻等)由于可利用共生固氮微生物固定大气 N_2 而具有较低的 $\delta^{15}N$ 值(0% 左右)。其他植物则需要吸收土壤内的含氮化合物而具有较高的 $\delta^{15}N$ 值(温带地区在 3% 左右)^[45,46]。同时, N 同位素在食物链中传递时也会发生 $\delta^{15}N$ 富集。沿营养级每上升一级, $\delta^{15}N$ 值大约富集 $3 \sim 5\%$,即初级消费者(食草动物)骨胶原中的 $\delta^{15}N$ 比其食物高 $3 \sim 5\%$,食肉动物又比食草动物高 $3 \sim 5\%$ ^[47,48]。因此,通过对人骨氮稳定同位素分析,可以探知木柱梁先民的肉食消费程度。

3. 骨胶原制备与稳定同位素测试

机械去除样品表面的污染物后,取约 0.5 克样品,加入 0.5 摩尔/升盐酸于 $5^\circ C$ 下浸泡,每隔 2 天换新鲜酸液,直至样品酥软无气泡为止。去离子水清洗至中性,加入 0.125 摩尔/升氢氧化钠,室温下浸泡 20 小时,再洗至中性。置入 $pH=3$ 的溶液中, $70^\circ C$ 下明胶化 48 小时,浓缩并热滤,冷冻干燥后即得胶原蛋白。最后称重,计算胶原蛋白

得率(骨胶原重量/骨样重量),列于表一。

样品胶原蛋白中 C、N 元素含量和稳定同位素的测定在中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所分析测试中心完成。测试仪器为配备有 Vario 元素分析仪的 Isprime100 稳定同位素质谱仪。C、N 稳定同位素比值分别以 USGS24 标定碳钢瓶气(以 PDB 为基准)和 IAEA-N-1 标定氮钢瓶气(以 AIR 为基准)为标准,分析精度分别为 $\pm 0.1\%$ 和 $\pm 0.2\%$ 。C 同位素的分析结果以相对美国南卡罗莱纳州(Caroline)白垩系皮迪组箭石(Cretaceous Belemnite)C 同位素丰度比(PDB)的 $\delta^{13}C$ 表示,N 同位素的分析结果以相对氮气(N_2 ,气态)的 $\delta^{15}N$ 表示。样品的 C、N 含量以及 C、N 稳定同位素比值皆列于表一。

4. AMS¹⁴C 测试与校正

加速器碳十四年代测定在美国佛罗里达州迈阿密 BETA 实验室完成,并用 Calib 6.0 软件进行日历年代校正,参考数据库为 Intercal 09。

二、结果与讨论

1. 测年结果

人骨 AMS¹⁴C 的测试结果列于表二。M7 墓主人的碳-14 年代为 3550 ± 30 BP,树轮校正后的年代范围为 1950 ~ 1780BC(置信区间为 95%)。这一结果表明,墓葬的年代已进入夏纪年,与基于陶器组合推定的遗址年代相当。

2. 骨骼污染判断

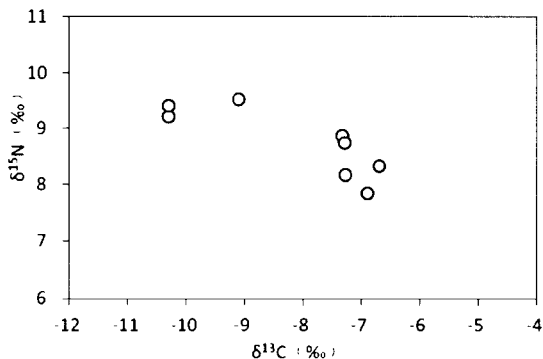
利用骨胶原 C、N 稳定同位素进行食谱分析基于一个重要假设,即骨骼的生物结构和化学组成在埋藏过程中基本未受外界环境的影响。然而土壤的酸碱度、温湿度、微生物活动等因素将不可避免地影响骨骼的化学组成,破坏其结构,从而造成骨骼污染^[49,50]。因此,利用稳定同位素数据进行食谱重建之前,必须先选取未经污染或污染较轻的样品,而剔除污染严重的样品。以往的研究认为,骨胶原 C、N 含量分别在 $15.3\% \sim 47\%$ 和 $5.5\% \sim 17.3\%$ 范围内,且 C/N 摩尔比值介于 $2.9 \sim 3.6$ 时,可视为无污染的样品^[51,52,53]。本次实验选取的 8 例样品中,骨胶原产量为 $1.0\% \sim 4.5\%$,平均值为 $2.3 \pm 1.3\%$ 。根据 C、N 含量($35.9\% \sim 42.1\%$ 、 $13.0\% \sim$

15.1%)和C/N摩尔比值(3.2~3.3)可知,8例样品元素含量和C/N摩尔比值未超出污染范围,可以用于食谱重建(表一)。

3. 木柱柱梁先民食物结构重建

表一的数据和图一的散点图显示,8例人骨 $\delta^{13}\text{C}$ 值的分布范围是 $-10.3\text{‰} \sim -6.7\text{‰}$,平均值为 $-8.2 \pm 1.5\text{‰}$,说明遗址居民主要以 C_4 类食物(即粟和黍及其用其副产品饲养的家畜)为主,而 C_3 类食物(即狩猎采集所得食物及牧养的家畜)也偶有摄入。据简单二元方程可以计算出,粟类食物在木柱柱梁遗址先民食物结构中的比例为69.3%~95.0%,平均比例可达到84.2%^[54]。木柱柱梁人骨的 $\delta^{15}\text{N}$ 值为7.8‰~9.5‰,平均值为 $8.8 \pm 0.6\text{‰}$,稍高于隔河相望的同时期聚落遗址神圪塔梁的家猪 $\delta^{15}\text{N}$ 值($7.7 \pm 0.8\text{‰}$, $N=7$)^[55]。据此可推测肉食在木柱柱梁遗址居民食谱中的比例较低。

图一显示,M3与M5墓主人的 $\delta^{13}\text{C}$ 值(-10‰ 左右)明显低于其他个体(-7‰ 左右),这应是遗址先民对粟/黍消费程度有所不同的体现,即粟类食物对于M3与M5墓主人的重要程度稍低于其他个体。同时,M3与M5墓主人的 $\delta^{15}\text{N}$ 值也稍高于其他个体,暗示他们消费了稍多的动物蛋白。这表明,两位墓主人的食物结构与其他个体有所差别。他们虽然也表现出以粟作农业产品为主食的食谱特征,但显然消费了一定量的 C_3 类食物,如牛羊畜产品或鹿等。这种推测也得到了出土考古遗存的支持。据初步的整理结果,木柱柱梁工具组合中,除了石铲、石刀等用于农业生产的工具以外,还有许多石球、石叶



图一 陕西神木木柱柱梁遗址人骨胶原蛋白 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 散点图

等便于携带的狩猎工具,意味着人们可能在某些季节外出打猎^[56]。动物遗存中也确实发现了草兔、鹿等野生动物,黄牛和绵羊的出现则说明当时的畜牧经济已经成为重要的生计方式。因此可知,木柱柱梁夏代初年的适应策略应是以粟作农业(包括谷物生产和家猪饲养)为主、辅以畜牧与狩猎活动的多元混合型生计方式。

4. 陕北地区4000BP前后生业经济

仰韶时代早期,随着关中人群的北上,粟作农业的食物生产技术传入陕北地区,改变了本地更新世以来人们单纯通过狩猎采集获取食物资源的适应策略^[57,58]。至龙山时代,伴随着齐家文化等周边地区文化因素的渗透,黄牛和绵羊也开始在本区出现,意味着畜牧经济生产方式自此建立^[59,60],本地生计方式呈现出多元混合型的模式。以上木柱柱梁遗址人骨稳定同位素的分析表明,至晚在夏初,陕北地区仍存在比较发达的粟作农业。虽然目前缺少直接的考古资料来评估粟作农业生产方式在本地区生业经济中的具体地位,但从寨峁^[61]、新华^[62]、石峁^[63]、火石梁^[64]、朱开沟^[65]等考古遗址普遍出土石刀、石铲等农业工具以及本地区距今4000年前后大量定居聚落(尤其是像石峁这样超大型的城址)的稳定存在来看,农业生产应仍是获取食物资源最重要的途径。这是因为在资源较为贫乏的长城沿线无论是草原畜牧或是狩猎采集都必须要保持较强的流动性,因而无法形成较大的聚落和较厚的文化堆积。另外,从新华遗址的动物群来看,家猪骨骼数量明显多于牛羊(40:23:3),也从侧面反映出粟作农业生产的发达程度^[66]。

事实上,古环境研究结果显示,龙山时代前后陕北地区确实具备从事粟作农业生产的条件,不似后来“土瘠民贫,较中土十不俟一”^[67]的景象。土壤颗粒度、磁化率、化学成分分析表明,全新世以来本地出现了若干个适宜农耕的土壤发育期,4400~3500BP便是其中最重要的成壤期之一^[68]。这一结论与靖边、富县黄土剖面末次冰期以来孢粉组合研究结论不谋而合^[69]。王辉等也认为,新华遗址周围在龙山晚期至夏初草原植被繁茂,水热条件较好,适宜农耕,同时期孢粉组合中较高的藜科/蒿属比值和禾本科花粉,也暗示当时农业活动可能有所加强^[70]。

由上可知,距今 4000 年前后陕北地区的生业经济采用的是一种农业生产、畜牧与狩猎并存的多元化适应策略。其中,粟作农业无疑是主要的生计方式,也是文化演进与繁荣的物质基础。需要强调的是,龙山晚期至夏初,本地之所以出现如此众多的遗址,掌握高超的玉器加工技术,能建筑功能完备、结构复杂的石峁城址,与该地区以农业生产为主导的坚实的经济基础密不可分。发达的农业生产不仅可以为当地人口增殖和文化繁荣提供可靠、稳定、持续的食物资源,而且可以使得人们不必终日为口粮劳作,以便在农忙之余从事手工业生产、公共设施修筑等工作。至于夏代中晚期之后本地考古学文化缘何走向衰落,还需要进一步的研究。

三、结论

距今 4000 年前后,陕北地区呈现出异常兴盛的文化发展态势,文明化进程明显提速。导致这种现象的原因很多,生业经济是一项重要因素。为科学地认识当时生业经济的面貌,本文选取神木木柱柱梁遗址出土人骨,采用碳、氮稳定同位素分析方法重建其食物结构。人骨的 $\delta^{13}\text{C}$ 值($-10.3\text{‰} \sim -6.7\text{‰}$, 平均值为 $-8.2 \pm 1.5\text{‰}$)表明遗址居民主要以 C_4 类食物为食, C_3 类食物也偶有摄入;其 $\delta^{15}\text{N}$ 值($7.8\text{‰} \sim 9.5\text{‰}$, 平均值为 $8.8 \pm 0.6\text{‰}$)暗示肉食资源在当地先民的食谱中比例较低。结合当地自然环境中 C_3/C_4 植物比例及周边遗址动物资源的获取情况可知,粟类产品(谷物及家猪)应是木柱柱梁先民食物的主要来源,以谷物种植和家猪饲养为特点的农耕经济是本地先民的主要生计方式。

- [1]康宁武. 榆林市的仰韶时期遗存[J]. 考古与文物, 2013(4).
- [2]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.
- [3]第三次文物普查资料, 暂未发表.
- [4]王炜林, 孙周勇等. 2012 年神木石峁遗址考古工作主要收获[N]. 中国文物报. 2012-12-21(8).
- [5]吕智荣. 无定河流域考古调查简报[C]// 史前研究(辑刊), 1988.

- [6]孙周勇. 陕西靖边五庄果梁遗址发掘简报[J]. 考古与文物, 2011(6).
- [7]胡松梅, 孙周勇. 陕北靖边五庄果梁动物遗存及古环境分析[J]. 考古与文物, 2005(6).
- [8]管理, 胡耀武等. 陕北靖边五庄果梁动物骨的 C 和 N 稳定同位素分析[J]. 第四纪研究, 2008(6): 1160-5.
- [9]马明志. 河套地区齐家文化遗存的界定及其意义[J]. 文博, 2009(5).
- [10]陕西省考古研究所陕北考古队, 榆林地区文管会. 陕西府谷县郑则昝遗址发掘简报[J]. 考古与文物, 2000(6).
- [11]内蒙古文物考古研究所. 准格尔旗永兴店遗址[C]// 内蒙古文物考古(第一辑). 北京: 中国大百科全书出版社, 1994.
- [12]吉发习, 马耀圻. 内蒙古准格尔旗大口遗址的调查与试掘[J]. 考古, 1979(4).
- [13]胡松梅, 张鹏程等. 榆林火石梁遗址动物遗存研究[J]. 人类学报, 2008, 27(3).
- [14]王辉, 莫多闻等. 陕北长城沿线先秦时期生业与环境的关系[J]. 第四纪研究, 2014, 34(1).
- [15]同[9].
- [16]魏坚. 试论永兴店文化[J]. 文物, 2000(9).
- [17]韩建业. 老虎山文化的扩张与对外影响[J]. 中原文物, 2007(1).
- [18]许永杰. 黄土高原仰韶晚期遗存的谱系[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [19]蔡莲珍, 仇士华. 碳十三测试和古代食谱研究[J]. 考古, 1984. (10).
- [20]郭怡, 胡耀武等. 姜寨遗址先民食谱分析[J]. 人类学报, 2011, 30(2).
- [21]张雪莲, 仇士华等. 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]. 人类学报. 2010, 29(2).
- [22]Pechenkina EA, Ambrose SH, et al. Reconstructing northern Chinese Neolithic subsistence practices by isotopic analysis[J]. Journal of Archaeological Science. 2005, 32(8): 1176-1189.
- [23]Barton L, Newsome SD, et al. Agricultural origins and the isotopic identity of domestication in northern China[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2009, 106(14): 5523-5528.
- [24]Atahan P, Dodson J, et al. Early Neolithic diets at Baijia, Wei River valley, China: stable carbon and nitrogen isotope analysis of human and faunal remains[J]. Journal of Archaeological Science. 2011, 38(10): 2811-2817.
- [25]Chen X-L, Hu S-M, et al. Raising practices of Neolithic livestock evidenced by stable isotope analysis in the Wei River valley, North China[J]. International Journal of Osteoarchaeology. 2014; 10.1002/oa.2393.
- [26]同[21].
- [27]同[22].
- [28]同[23].
- [29]同[24].

- [30]同[25].
- [31]Hu Y, Hu S, et al. Earliest evidence for commensal processes of cat domestication [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2014 Jan 7, 111(1): 116–120.
- [32]Wang R. Fishing, farming, and animal husbandry in the early and middle Neolithic of the middle Yellow River valley, China [PhD]. United States – Illinois: University of Illinois at Urbana – Champaign, 2004.
- [33]凌雪, 陈靓等. 陕西凤翔孙家南头秦墓出土人骨中 C 和 N 同位素分析 [J]. 人类学学报, 2010(1).
- [34]凌雪, 王望生等. 宝鸡建河墓地出土战国时期秦人骨的稳定同位素分析 [J]. 考古与文物, 2010(1).
- [35]张国文, 胡耀武等. 关中两汉先民生业模式及与北方游牧民族间差异的稳定同位素分析 [J]. 华夏考古, 2013(3).
- [36]王炜林, 郭小宁等. 陕西神木县木柱柱梁遗址发掘简报 [J]. 考古与文物, 2015(5).
- [37]Smith BN, Epstein S. Two categories of $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ ratios for higher plants [J]. Plant Physiology. 1971, 47(3): 380–384.
- [38]O'Leary MH. Carbon isotope fractionation in plants [J]. Phytochemistry. 1981, 20(4): 553–67.
- [39]Marino BD, McElroy MB. Isotopic composition of atmospheric CO_2 inferred from carbon in C_4 plant cellulose [J]. Nature. 1991, 349(6305): 127–131.
- [40]Deniro MJ, Epstein S. You are what you eat (plus a few?): The carbon isotope cycle in food chains [J]. Geological Society of America Abstracts with Programs. 1976, 8: 834–835.
- [41]van der Merwe NJ. Carbon isotopes, photosynthesis and archaeology [J]. American Scientist. 1982, 70: 596–606.
- [42]顾兆炎, 刘强等. 气候变化对黄土高原末次盛冰期以来的 C_3/C_4 植物相对丰度的控制 [J]. 科学通报, 2003, 48(13).
- [43]刘恋, 周鑫等. 黄土高原自然植被的土壤有机碳同位素证据 [J]. 第四纪研究, 2011, 31(3).
- [44]Tieszen LL, Ojima D, et al. Grasslands of Asia and North America: distribution of soil organic carbon and stable isotopes in grasslands of the Mongolian Steppe [C]// Proceedings of VI International Rangeland Congress, People and Rangelands – Building the Future. Townsville, Queensland, Australia: VI International Rangeland Congress, 1999: 138–139.
- [45]Ambrose SH, Deniro MJ. Bone nitrogen isotope composition and climate [J]. Nature. 1987, 325(6101): 201.
- [46]Ambrose SH. Effects of diet, climate and physiology on nitrogen isotope abundances in terrestrial foodwebs [J]. Journal of Archaeological Science. 1991, 18(3): 293–317.
- [47]Hedges REM, Reynard LM. Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology [J]. Journal of Archaeological Science. 2007, 34(8): 1240–1251.
- [48]Sponheimer M, Robinson T, et al. Nitrogen isotopes in mammalian herbivores: hair $\delta^{15}\text{N}$ values from a controlled feeding study [J]. International Journal of Osteoarchaeology. 2003, 13(1–2): 80–87.
- [49]Price TD, Blitz J, et al. Diagenesis in prehistoric bone: Problems and solutions [J]. Journal of Archaeological Science. 1992, 19(5): 513–529.
- [50]胡耀武, 王昌燧等. 古代人骨羟磷灰石的去污染研究 [J]. 考古, 2006(7).
- [51]van Klinken GJ. Bone Collagen Quality Indicators for Palaeodietary and Radiocarbon Measurements [J]. Journal of Archaeological Science. 1999, 26(6): 687–695.
- [52]DeNiro MJ. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction [J]. Nature. 1985, 317(6040): 806–809.
- [53]Ambrose SH. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis [J]. Journal of Archaeological Science. 1990, 17(4): 431–451.
- [54]国内最早用简单二元方程计算粟类食物在先民食谱中比例的文献同[19]。本文在原文的基础上对分馏系数、 C_3 植物和 C_4 植物 $\delta^{13}\text{C}$ 值进行了调整, 它们分别为 5‰ 、 25‰ 与 11‰ 。改进后的公式为 $X = (20 + B)/14$ 。其中, X 为 C_4 食物(即粟和黍)在食谱中的比例, B 为人骨胶原蛋白 $\delta^{13}\text{C}$ 值。
- [55]笔者未发表数据。
- [56]陈胜前. 燕山 – 长城南北地区史前文化的适应变迁 [J]. 考古学报, 2011(1).
- [57]严文明. 内蒙古中南部原始文化的有关问题 [C]// 内蒙古中南部原始文化研究文集. 北京: 海洋出版社, 1991.
- [58]韩建业. 中国西北地区先秦时期的自然环境与文化发展 [M]. 北京: 文物出版社, 2008.
- [59]同[9].
- [60]同[14].
- [61]吕智荣. 陕西神木县寨砦遗址发掘简报 [J]. 考古与文物, 2002(3).
- [62]王辉, 莫多闻等. 陕西神木新华遗址环境考古研究 [C]// 神木新华. 北京: 科学出版社, 2005.
- [63]戴应新. 陕西神木县石峁龙山文化遗址调查 [J]. 考古, 1977(3).
- [64]同[13].
- [65]内蒙古自治区文物考古研究所, 鄂尔多斯博物馆. 朱开沟 [M]. 北京: 文物出版社; 2000.
- [66]薛祥煦, 李永项等. 陕西神木新华遗址中的动物遗骸 [C]// 神木新华. 北京: 科学出版社, 2005.
- [67]神木县志 [M]. 台湾: 台湾成文出版社, 1970.
- [68]高尚玉, 陈渭南等. 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).
- [69]程玉芬, 姜文英. 末次盛冰期以来陕北黄土高原的植被和气候变化 [J]. 第四纪研究, 2011, 31(6).
- [70]同[62].

(责任编辑 张鹏程)

作者: [陈相龙](#), [郭小宁](#), [胡耀武](#), [王炜林](#), [王昌燧](#)
 作者单位: [陈相龙\(中国社会科学院考古研究所;中国科学院大学科技史与科技考古系\)](#), [郭小宁,王炜林\(陕西省考古研究院\)](#), [胡耀武,王昌燧\(中国科学院大学科技史与科技考古系\)](#)
 刊名: [考古与文物](#) PKU CSSCI
 英文刊名: [Archaeology and Cultural Relics](#)
 年, 卷(期): 2015(5)

参考文献(70条)

1. [康宁武](#) [榆林市的仰韶时期遗存](#)[期刊论文]-[考古与文物](#) 2013(04)
2. [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. 1998
3. [第三次文物普查资料](#), 暂未发表.
4. [王炜林](#), [孙周勇](#)等. 2012年神木石峁遗址考古工作主要收获[N]. [中国文物报](#). 2012-12-21(8). 2012
5. [吕智荣](#). [无定河流域考古调查简报](#)[C]//[史前研究\(辑刊\)](#), 1988. 1988
6. [陕西省考古研究院](#) [陕西靖边五庄果梁遗址发掘简报](#)[期刊论文]-[考古与文物](#) 2011(06)
7. [胡松梅](#), [孙周勇](#) [陕北靖边五庄果梁动物遗存及古环境分析](#)[期刊论文]-[考古与文物](#) 2005(06)
8. [管理](#), [胡耀武](#), [胡松梅](#), [孙周勇](#), [秦亚](#), [王昌燧](#) [陕北靖边五庄果梁动物骨的C和N稳定同位素分析](#)[期刊论文]-[第四纪研究](#) 2008(06)
9. [马明志](#) [河套地区齐家文化遗存的界定及其意义—兼论西部文化东进与北方边地文化的聚合历程](#)[期刊论文]-[文博](#) 2009(05)
10. [陕西省考古研究所陕北考古队](#), [榆林地区文管会](#). [陕西府谷县郑则峁遗址发掘简报](#)[J]. [考古与文物](#), 2000(6). 2000
11. [内蒙古文物考古研究所](#). [准格尔旗永兴店遗址](#)[C]//[内蒙古文物考古\(第一辑\)](#). 北京:中国大百科全书出版社, 1994. 1994
12. [吉发习](#), [马耀圻](#). [内蒙古准格尔旗大口遗址的调查与试掘](#)[J]. [考古](#), 1979(4). 1979
13. [胡松梅](#), [张鹏程](#), [袁明](#) [榆林火石梁遗址动物遗存研究](#)[期刊论文]-[人类学学报](#) 2008(03)
14. [王辉](#), [莫多闻](#), [袁靖](#) [陕北长城沿线先秦时期生业与环境的关系](#)[期刊论文]-[第四纪研究](#) 2014(01)
15. 同【9】.
16. [魏坚](#). [试论永兴店文化](#)[J]. [文物](#), 2000(9). 2000
17. [韩建业](#) [老虎山文化的扩张与对外影响](#)[期刊论文]-[中原文物](#) 2007(01)
18. [许永杰](#). [黄土高原仰韶晚期遗存的谱系](#)[M]. 北京:科学出版社, 2007. 2007
19. [蔡莲珍](#), [仇士华](#). [碳十三测试和古代食谱研究](#)[J][考古](#), 1984. (10). 1984
20. [郭怡](#), [胡耀武](#), [高强](#), [王昌燧](#), [Michael P. Richards](#) [姜寨遗址先民食谱分析](#)[期刊论文]-[人类学学报](#) 2011(02)
21. [张雪莲](#), [仇士华](#), [钟建](#), [赵新平](#), [孙福喜](#), [程林泉](#), [郭永淇](#), [李新伟](#), [马萧林](#) [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](#)[期刊论文]-[人类学学报](#) 2010(02)
22. [Pechenkina EA](#), [Ambrose SH](#), et al. [Reconstructing northern Chinese Neolithic subsistence practices by isotopic analysis](#)[J]. [Journal of Archaeological Science](#). 2005, 32 (8):1176-1189. 2005
23. [Barton L](#), [Newsome SD](#), et al. [Agricultural origins and the isotopic identity of domestication in northern China](#)[J]. [Proceedings of the National Academy of Sciences](#). 2009, 106 (14):5523-5528. 2009
24. [Atahan P](#), [Dodson J](#), et al. [Early Neolithic diets at Baijia, Wei River valley, China: stable carbon and nitrogen isotope analysis of human and faunal remains](#)[J]. [Journal of Archaeological Science](#). 2011, 38(10):2811-2817. 2011
25. [Chen X-L](#), [Hu S-M](#), et al. [Raising practices of Neolithic livestock evidenced by stable isotope analysis in the Wei River valley, North China](#)[J]. [International Journal of Osteoarchaeology](#). 2014:10. 1002/oa. 2393. 2014
26. 同【21】.
27. 同【22】.

28. [同【23】](#).
29. [同【24】](#).
30. [同【25】](#).
31. [Hu Y, Hu S, et al. Earliest evidence for commensal processes of cat domestication\[J\]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2014 Jan 7, 111\(1\):116-120. 2014](#)
32. [Wang R. Fishing, farming, and animal husbandry in the early and middle Neolithic of the middle Yellow River valley, China\[PhD\]. United States--Illinois: University of Illinois at Urbana-Champaign, 2004. 2004](#)
33. [凌雪, 陈靛, 田亚岐, 李迎, 赵从苍, 胡耀武 陕西凤翔孙家南头秦墓出土人骨中C和N同位素分析\[期刊论文\]-人类学学报 2010\(01\)](#)
34. [凌雪, 王望生, 陈靛, 孙丽娟, 胡耀武 宝鸡建河墓地出土战国时期秦人骨的稳定同位素分析\[期刊论文\]-考古与文物 2010\(01\)](#)
35. [张国文, 胡耀武, Olaf Nehlich, 杨武站, 刘呆运, 宋国定, 王昌燧, Michael P. Richards 关中两汉先民生业模式及与北方游牧民族间差异的稳定同位素分析\[期刊论文\]-华夏考古 2013\(03\)](#)
36. [王炜林, 郭小宁等. 陕西神木县木柱柱梁遗址发掘简报\[J\]. 考古与文物, 2015\(5\). 2015](#)
37. [Smith BN, Epstein S. Two categories of \$^{12}\text{C}/^{13}\text{C}\$ ratios for higher plants\[J\]. Plant Physiology. 1971, 47\(3\):380-384. 1971](#)
38. [O'Leary MH. Carbon isotope fractionation in plants\[J\]. Phytochemistry. 1981, 20\(4\):553-67. 1981](#)
39. [Marino BD, McElroy MB. Isotopic composition of atmospheric \$\text{CO}_2\$ inferred from carbon in \$\text{C}_4\$ plant cellulose\[J\]. Nature. 1991, 349\(6305\):127-131. 1991](#)
40. [Deniro MJ, Epstein S. You are what you eat \(plus a few?\): The carbon isotope cycle in food chains\[J\]. Geological Society of America Abstracts with Programs. 1976, 8:834-835. 1976](#)
41. [van der Merwe NJ. Carbon isotopes, photosynthesis and archaeology\[J\]. American Scientist. 1982, 70:596-606. 1982](#)
42. [顾兆炎, 刘强, 许冰, 韩家懋, 杨石岭, 丁仲礼, 刘东生 气候变化对黄土高原末次盛冰期以来的 \$\text{C}_3/\text{C}_4\$ 植物相对丰度的控制\[期刊论文\]-科学通报 2003\(13\)](#)
43. [刘恋, 周鑫, 于严严, 郭正堂 黄土高原自然植被的土壤有机碳同位素证据\[期刊论文\]-第四纪研究 2011\(03\)](#)
44. [Tieszen LL, Ojima D, et al. Grasslands of Asia and North America: distribution of soil organic carbon and stable isotopes in grasslands of the Mongolian Steppe\[C\]//Proceedings of VI International Rangeland Congress, People and Rangelands-Building the Future. Townsville, Queensland, Australia: VI International Rangeland Congress, 1999:138-139. 1999](#)
45. [Ambrose SH, Deniro MJ. Bone nitrogen isotope composition and climate\[J\]. Nature. 1987, 325\(6101\):201. 1987](#)
46. [Ambrose SH. Effects of diet, climate and physiology on nitrogen isotope abundances in terrestrial foodwebs\[J\]. Journal of Archaeological Science. 1991, 18\(3\):293-317. 1991](#)
47. [Hedges REM, Reynard LM. Nitrogen isotopes and the trophic level of humans in archaeology\[J\]. Journal of Archaeological Science. 2007, 34\(8\):1240-1251. 2007](#)
48. [Sponheimer M, Robinson T, et al. Nitrogen isotopes in mammalian herbivores: hair \$\delta^{15}\text{N}\$ values from a controlled feeding study\[J\]. International Journal of Osteoarchaeology. 2003, 13\(1-2\):80-87. 2003](#)
49. [Price TD, Blitz J, et al. Diagenesis in prehistoric bone: Problems and solutions\[J\]. Journal of Archaeological Science. 1992, 19\(5\):513-529. 1992](#)
50. [胡耀武, 王昌燧等. 古代入骨羟磷灰石的去污染研究\[J\]. 考古, 2006\(7\). 2006](#)
51. [van Klinken GJ. Bone Collagen Quality Indicators for Palaeodietary and Radiocarbon Measurements\[J\]. Journal](#)

of Archaeological Science. 1999, 26(6):687-695. 1999

52. [DeNiro MJ. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction\[J\]. Nature. 1985, 317\(6040\):806-809. 1985](#)
53. [Ambrose SH. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis\[J\]. Journal of Archaeological Science. 1990, 17\(4\):431-451. 1990](#)
54. [国内最早用简单二元方程计算粟类食物在先民食谱中比例的文献同【19】. 本文在原文的基础上对分馏系数、C3植物和C4植物 \$\delta^{13}C\$ 值进行了调整, 它们分别为5%、25%与11%. 改进后的公式为 \$X = \(20 + B\) / 14\$. 其中, X为C4. 食物\(即粟和黍\)在食谱中的比例, B为人骨胶原蛋白 \$\delta^{13}C\$ 值.](#)
55. [笔者未发表数据.](#)
56. [陈胜前 燕山-长城南北地区史前文化的适应变迁\[期刊论文\]-考古学报 2011\(01\)](#)
57. [严文明. 内蒙古中南部原始文化的有关问题\[C\]//内蒙古中南部原始文化研究文集. 北京:海洋出版社, 1991. 1991](#)
58. [韩建业. 中国西北地区先秦时期的自然环境与文化发展\[M\]. 北京:文物出版社, 2008. 2008](#)
59. [同【9】.](#)
60. [同【14】.](#)
61. [陕西省考古研究所 陕西神木县寨峁遗址发掘简报\[期刊论文\]-考古与文物 2002\(03\)](#)
62. [王辉, 莫多闻等. 陕西神木新华遗址环境考古研究\[C\]//神木新华. 北京:科学出版社, 2005. 2005](#)
63. [戴应新. 陕西神木县石峁龙山文化遗址调查\[J\]. 考古, 1977\(3\). 1977](#)
64. [同【13】.](#)
65. [内蒙古自治区文物考古研究所, 鄂尔多斯博物馆. 朱开沟\[M\]. 北京:文物出版社:2000. 2000](#)
66. [薛祥煦, 李永项等. 陕西神木新华遗址中的动物遗骸\[C\]//神木新华. 北京:科学出版社, 2005. 2005](#)
67. [神木县志\[M\]. 台湾:台湾成文出版社, 1970. 1970](#)
68. [高尚玉, 陈渭南等. 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\(2\). 1993](#)
69. [程玉芬, 姜文英. 末次冰期以来陕北黄土高原的植被和气候变化\[J\]. 第四纪研究, 2011, 31\(6\). 2011](#)
70. [同【62】.](#)

引用本文格式: [陈相龙, 郭小宁, 胡耀武, 王炜林, 王昌燧 陕西神木木柱柱梁遗址先民的食谱分析\[期刊论文\]-考古与文物 2015\(5\)](#)