

文章编号 1001-7410(2008)01-50-08

# 贾湖史前人类迁移行为的初步研究<sup>\*</sup>

## ——锶同位素分析技术在考古学中的运用

尹若春<sup>①</sup> 张居中<sup>①</sup> 杨晓勇<sup>②</sup>

(<sup>①</sup>中国科学技术大学科技史与科技考古系, 合肥 230026)

(<sup>②</sup>中国科学院、中国科学技术大学壳幔物质与环境重点实验室, 中国科学技术大学地球和空间科学系, 合肥 230026)

**摘要** 位于河南省舞阳县的贾湖遗址是一处著名的新石器时代遗址, 距今 7800~9000 年。遗址中出土了大量的的人和动物的骨骼与牙齿, 这为研究史前时期中国中部地区人类的迁移情况提供了很好的材料。在本次研究中, 共分析了 26 个人和动物样品, 包括 12 个人体骨密质样品、9 个人牙釉质样品和 5 个猪牙釉质样品。测定了每个样品的锶同位素浓度和  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值, 结果表明猪牙釉质的锶同位素浓度 (平均值为  $196 \pm 51 \text{ ppm}$ ,  $n = 5$ ,  $1\sigma$ ) 高于人牙釉质的浓度 (平均值为  $110 \pm 61 \text{ ppm}$ ,  $n = 9$ ,  $1\sigma$ ), 人骨骼的锶同位素浓度 (平均值为  $444 \pm 173 \text{ ppm}$ ,  $n = 12$ ,  $1\sigma$ ) 明显地高于人牙釉质的浓度。根据 5 个猪牙釉质样品  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  平均值  $\pm 2$  倍的标准偏差确定的当地锶同位素比值范围 (0.712205~0.712420), 发现 14 个人类个体中有 5 个是外来迁入的, 并且从第 1 期到第 3 期人口的迁移率有增加的趋势。这是在国内首次利用锶同位素分析方法对古人类的迁移现象进行研究, 同时也表明此方法可以很好地判断古人类迁移行为。

**关键词** 考古学 锶同位素 人类迁移 贾湖遗址

**中图分类号** K878 P597 **文献标识码** A

同位素示踪法能够准确定量地测定代谢物质的转移和转变, 在许多研究领域都有着广泛的应用。利用同位素分析技术可以更好的揭示考古遗存中蕴含的“潜”信息, 这是科技考古的重要组成部分, 也是当前国际考古学的前沿和研究热点。人体中的锶同位素比值可以直接反映个体居住地区的锶同位素状况。人体骨骼中的锶同位素比值反映的是个体去世前生活地区的特征, 牙釉质中的比值反映的是个体幼年时期生活地区的特征。同一个体的骨骼和牙釉质的锶同位素比值间存在着差别则表明个体发生过迁移。考古学家们已经用此方法对世界许多遗址古人类的迁移进行了研究, 并且证明此方法是实际可行的。

地质学家们首先根据岩石中锶同位素组成的差异, 对火成岩和沉积岩进行定年<sup>[1, 2]</sup>。近年来, 考古学、生物学、地质学和古生物学开始利用锶同位素在自然环境中组成的不同来进行各种示踪研究。例如, 通过锶同位素的分析确定各种动物如鲑鱼、猛犸象和乳齿象的迁移路线<sup>[3~6]</sup>, 确定非法猎取的犀牛

角<sup>[7]</sup>和象牙<sup>[8, 9]</sup>的地理来源; 同时锶同位素可以作为生态环境变化的指示剂<sup>[10, 11]</sup>; 锶同位素近来还被用于葡萄酒和瑞士乳酪来源地的研究<sup>[12, 13]</sup>。

在考古学上, 利用锶同位素可以确定石器<sup>[14]</sup>、古玻璃<sup>[15]</sup>、玉米及木材<sup>[16, 17]</sup>的产地信息。考古学家运用最多的则是利用牙釉质和骨骼中锶同位素比值间的差别来研究古人类的迁移。这一方法由 Ericson 在 1985 年首先提出<sup>[18]</sup>, 随后在世界各地的古人类迁移研究中都取得了有价值的研究成果。例如 Price 等<sup>[19]</sup>对美国西南部史前时期印第安群体的研究; Sealy 等<sup>[20, 21]</sup>对南非好望角地区史前时期居民来源的研究; Price 等<sup>[22]</sup>和 Ezzo 等<sup>[23]</sup>对中欧地区新石器时期钟形杯文化人口迁移状况进行的研究; Price 等<sup>[24]</sup>又对墨西哥 Teotihuacan 古城人类迁移的研究。在国内, 目前还没有通过锶同位素分析进行古人类迁移研究的具体报道。本文通过对贾湖遗址史前时期动物和人类样品的锶同位素分析, 对该遗址古人类的迁移行为进行了初步的研究, 同时对这一方法在国内考古学中应用的可行性进行了探讨。

第一作者简介: 尹若春 男 31 岁 博士研究生 科技考古专业 E-mail yr@mail.usk.edu.cn

\* 国家自然科学基金项目 (批准号: 40472087) 资助

2007-03-27 收稿, 2007-09-29 收修改稿

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

## 1 方法原理

锶有 4 种天然同位素 ( $^{88}\text{Sr}$ ,  $^{87}\text{Sr}$ ,  $^{86}\text{Sr}$  和  $^{84}\text{Sr}$ ), 在地球物质中分布很不均一, 不仅表现在相同时间不同区域内形成的岩石具有不同的锶同位素组成, 而且在同一区域不同时期, 甚至同一时期形成的岩石中, 锶同位素的组成也存在着明显的差异。这种地域分布的差异性, 为研究人类的迁移提供了可靠的基础。由于不同地区的岩石具有不同的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值, 当岩石风化形成土壤后, 生长在这些土壤中的植物就会获得这些岩石的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值。吃这些植物的食草动物就会把锶摄入并保存到体内的骨骼系统中, 以这些食草动物为食物来源的食肉动物, 同样会把锶同位素保存在骨骼系统中。由于锶原子量比较大, 同位素间的相对质量差很小, 当锶同位素从风化的岩石进入食物链到保存在人体骨骼系统中时,  $^{87}\text{Sr}$  和  $^{86}\text{Sr}$  的分馏非常小, 可以忽略不计, 即  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  的比值基本保持不变。因此, 生活在不同地区的人们, 其体内的锶同位素比值可以反映其生活地区的锶同位素特征。

人体硬组织中 (骨和牙齿) 的矿物基体主要由大量不可溶解的羟磷灰石晶体组成 [ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ]。由于锶的化学性质和原子半径与钙相似, 在牙齿和骨骼形成的过程中, 锶可以取代羟磷灰石中的钙, 浓度可达到  $10^2 \sim 10^3 \text{ ppm}$  数量级<sup>[24-25]</sup>。人体的牙釉质在个体的幼年时期就形成了, 形成后其结构不再发生变化, 其中的锶也不会发生改变, 因此牙釉质可以记录个体幼年时生活地区的锶同位素特征。而骨骼的情况与此不同, 可以反映个体最后 2~20 年生活地区的锶同位素特征<sup>[26]</sup>, 这种现象主要是由于骨骼不断的与外界物质发生交换引起的。骨骼的不同部分具有不同的转换速率, 比如骨密质中的转换速率大约是 3% 每年, 骨松质的大约是 26% 每年<sup>[27]</sup>。通过对遗址出土的人体牙釉质锶同位素比值、骨骼中锶同位素比值以及遗址当地锶同位素比值进行比较, 可以判断个体的生活居住地是否发生过变化, 从而可以了解古人类的迁移情况。同个体牙釉质与骨骼中的锶同位素比值存在着差别, 表明个体幼年和成年时期生活在不同的地区, 发生过迁移; 比值一致, 则表明个体在同一地区生活。个体骨骼和牙釉质中的锶同位素比值与遗址当地的锶同位素比值一致, 表明个体是当地生活的个体; 不一致则表明个体是从其他地区迁移到当地生活的。

## 2 遗址概况

贾湖遗址位于河南省中部的舞阳县贾湖村, 南距舞阳县城 22km, 北距沙河约 2km, 地理坐标为东经  $113^\circ 40'$ , 北纬  $33^\circ 36'$ , 海拔 67.5m。这里地处黄淮海大平原的西南部边缘, 是一处规模较大、保存完整、文化积淀极为丰厚的新石器时代遗址。整个遗址呈椭圆形, 最长径约 280m (东南-西北), 最短径约 250m (东北-西南), 总面积达到  $5.5 \times 10^4 \text{ m}^2$  (图 1)。贾湖遗址发现于 20 世纪 60 年代初, 直到后来裴李岗等相关遗址发现后, 人们才逐渐认识到贾湖遗址的重要意义<sup>[28]</sup>。

1983~2001 年期间, 考古工作者对贾湖遗址先后进行了 7 次科学发掘, 揭露面积 2600 多平方米 (见图 1 中探方面积), 清理出房址 53 座、陶窑 11 座、灰坑 425 座、墓葬 445 座、瓮棺葬 32 座、狗坑 12 座, 以及一些濠沟、小坑和柱洞等, 出土了 5000 多件史前遗物, 包括 2300 多件陶器, 1000 多件石器以及大量的动物和人类骨骼。

根据  $^{14}\text{C}$  测定的结果, 贾湖文化总的年代跨度大致在 7000~5800B. C., 距今约 7800~9000 年<sup>[29]</sup>, 热释光和光释光测定的结果与  $^{14}\text{C}$  测定的结果基本一致<sup>[30]</sup>。根据地层关系、出土遗物和文化面貌等特征, 贾湖文化可以分为 3 期: 第 1 期的年代范围在 7000~6600B. C. 之间, 第 2 期的年代范围在 6600~6200B. C. 之间, 第 3 期的年代范围在 6200~5800B. C. 之间。

贾湖的墓葬可分为单人墓和合葬墓, 墓向以西为主, 次为西南, 少量为西北向。部分上层墓葬中的骨架保存较差, 无法进行鉴定和提取, 在前 6 次发掘的 273 座保存较好的墓葬中共提取了 326 具可供鉴定的人体骨骼。大部分墓葬中至少有一件随葬品, 多的可达 60 多件, 其中有陶、石、骨等各种质料的生产工具、生活用具、装饰品和宗教用品等。在贾湖遗址中还出土了大量的动物骨骼, 包括家猪、狗、牛、鹿、鹤、龟、鳖和扬子鳄等。在过去几十年里, 考古工作者对贾湖遗址进行了详细的研究并且已经取得了丰富的成果, 其中以七声音阶骨笛<sup>[29-31]</sup>、成组随葬并装有石子的龟甲及其契刻符号<sup>[32]</sup>最为引人注目。此外, 还发现了具有原始形态的栽培粳稻遗存<sup>[33]</sup>和世界上最早的米酒残留物<sup>[34]</sup>。这些研究结果表明在 7000~5800B. C. 期间, 中原地区有一支相当发达的考古学文化, 而且早于当地的仰韶文化。然而, 贾湖遗址及其周围古人类群体间的交流和迁移行为等

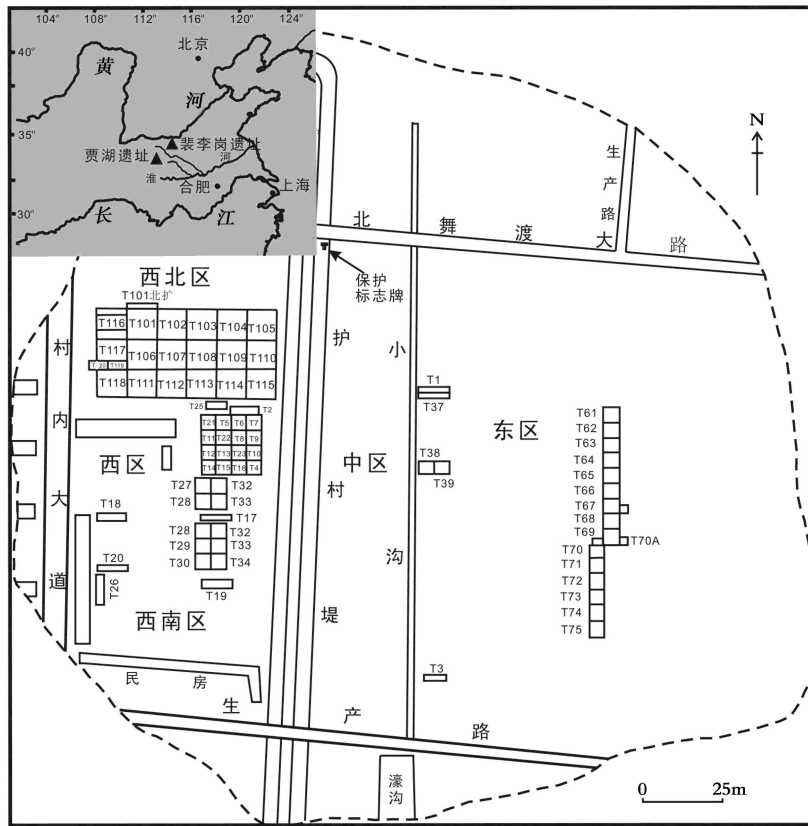


图 1 贾湖遗址地理位置和探方分布图

Fig 1 Location of the Jiahu relics and the distribution of excavation units

问题还没有进行过具体的研究。利用锶同位素分析方法可以直接而科学的对上述问题进行研究,贾湖遗址中出土的大量动物和人类骨骼为研究这些问题提供了丰富的材料和可能性。

### 3 取样和实验分析

在初步的实验分析中,我们从贾湖遗址出土的动物和人类骨骼中选取了 26 个保存较好的作为样品。这些样品取自于贾湖遗址的不同时期,包括 5 个猪牙釉质样品和 21 个人类样品。猪牙釉质样品是为了确定当地的锶同位素比值范围。21 个人类样品取自于 14 个人类个体,包括 9 个牙釉质样品和 12 个骨密质样品。每期的样品数量不同:第 1 期的 4 个样品中有 2 个人牙釉质样品和 2 个人骨密质样品;第 2 期的 8 个样品中有 3 个人牙釉质样品和 5 个人骨密质样品;第 3 期的 9 个样品中有 4 个人牙釉质样品和 5 个人骨密质样品(表 1)。

实验分析过程是在中国科学院、中国科学技术大学壳幔物质与环境重点实验室进行的。样品的准备和化学分离在洁净实验室内进行,实验室操作间的洁净度好于 1000 级,洁净工作台好于 100 级。由

于国内还没有见到相关的研究报告,我们参考国外一些成功的实验过程,制定实验步骤<sup>[22 24 35]</sup>。首先用工具打磨每一个样品表面,除去任何可见的污垢或杂色物质,加入 MilliQ 水,超声清洗 30 分钟。清洗过的样品加入 5% 的稀醋酸(优级纯),超声清洗 30 分钟,并密封静置一夜。第二天用 MilliQ 水清洗,除去稀醋酸后烘干。在烘干后的样品中加入少量的二次亚沸蒸馏的纯浓硝酸,放入马弗炉中,调节至 825°C 并且保持 8 个小时,灰化样品。称取约 0.01g 的灰化样品,溶解定容后在 ELAN DRC-II 型 ICP-MS 仪器上测定锶的浓度。称取约 0.1g 左右的灰化样品,采用 AG50W × 8 200-400 目的阳离子交换柱将锶与其他元素分离开来。

化学分离后的样品点在铯带上用硅胶作为发射剂进行  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值测定,使用的仪器是 MAT-262 (Finnigan Corp, San Jose, CA) 多接收器表面热电质谱仪。在测定的过程中,用国际标准样品 NBS987 监控仪器的工作状态,  $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$  比值标准化到 0.11940 而且在测定的过程中将  $^{88}\text{Sr}$  和  $^{86}\text{Sr}$  分馏控制在 0~0.7 之间,整个实验过程的总空白约 100~200 皮克(1 皮克 =  $10^{-12}$  克)。

表 1 贾湖遗址牙齿和人骨样品及研究中测定的锶浓度和 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 的比值Table 1 Strontium concentration and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of tooth and human bone from the Jiahu relics

样品号	出土单位	分期	种类	性别	材料	锶浓度 /ppm	锶比值	$2\sigma$
1	T103③	II	猪	—	牙釉质	190	0.712253	0.000025
2	T39K7	II	猪	—	牙釉质	190	0.712344	0.000017
3	T116③	III	猪	—	牙釉质	279	0.712281	0.000015
4	T4③	III	猪	—	牙釉质	140	0.712296	0.000017
5	H24	III	猪	—	牙釉质	181	0.712388	0.000021
6	T16M58	I - 1	人	女	骨密质	533	0.712276	0.000015
7	T114M341	I - 1	人	女	骨密质	402	0.712263	0.000019
8	T5M41	I - 2	人	女	牙釉质	103	0.712283	0.000021
9	T28M332	I - 2	人	女	牙釉质	60	0.712370	0.000023
10	T102M396	II - 5	人	男	牙釉质	62	0.712404	0.000017
11	T102M396	II - 5	人	男	骨密质	434	0.712226	0.000017
12	T102M353乙	II - 5	人	男	骨密质	436	0.712376	0.000014
13	T1M13	II - 6	人	男	牙釉质	63	0.712495	0.000018
14	T1M13	II - 6	人	男	骨密质	280	0.712483	0.000014
15	T101M363丙	II - 6	人	女	牙釉质	62	0.712468	0.000016
16	T101M363丙	II - 6	人	女	骨密质	254	0.712472	0.000016
17	T102M326甲	II - 6	人	男	骨密质	350	0.712341	0.000015
18	T1M7	III - 7	人	女	牙釉质	88	0.712466	0.000016
19	T1M7	III - 7	人	女	骨密质	397	0.712391	0.000015
20	T1M8	III - 7	人	男	牙釉质	156	0.712492	0.000015
21	T1M8	III - 7	人	男	骨密质	832	0.712289	0.000021
22	T1M11	III - 7	人	?	牙釉质	167	0.712249	0.000018
23	T1M11	III - 7	人	?	骨密质	716	0.712260	0.000023
24	T10M346甲	III - 7	人	女	骨密质	370	0.712261	0.000017
25	T1M4	III - 9	人	女	牙釉质	232	0.712629	0.000017
26	T1M4	III - 9	人	女	骨密质	327	0.712574	0.000016

## 4 结果与讨论

贾湖遗址 26 个牙釉质和骨密质样品的锶浓度和锶同位素比值测定结果列在表 1 中, 为便于比较也画在了图 2 中。从图 2 中我们可以明显的看出, 猪牙釉质中的锶浓度 (主要分布在区域 II 中, 平均值为  $196 \pm 51 \text{ppm}$ ,  $n=5$ ,  $1\sigma$ ) 明显地比人牙釉质中的锶浓度 (主要分布在区域 I 中, 平均值为  $110 \pm 61 \text{ppm}$ ,  $n=9$ ,  $1\sigma$ ) 高, 这与锶浓度在食物链中随着营养级的升高而降低是一致的, 即低营养级的生物具有高的锶浓度, 而高营养级的生物具有低的锶浓度<sup>[36]</sup>, 利用此可以对动物和人类的食谱进行研究。在人体中, 骨密质中的锶浓度 (主要分布在区域 III 中, 平均值为  $444 \pm 173 \text{ppm}$ ,  $n=12$ ,  $1\sigma$ ) 很明显的比牙釉质中的锶浓度要高, 这与 G mpe 等<sup>[26]</sup> 所研究的结果也是一致的。这一现象可能是因为人类在幼年时期所吃的食物中乳汁占有相当大的比例, 而乳汁中锶浓度低引起的。

图 3 是按照样品类型和分期的不同, 对样品的锶同位素比值进行更直观的比较。在图 3 柱状图中, 同一个体的牙釉质和骨密质的样品并排挨着, 猪

和人类的样品是按照分期的不同从左到右排列的, 顺序与表 1 中相一致。从图 3 中我们可以看出, 骨密质样品的比值变化较小, 与此相反, 牙釉质样品  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值存在着明显的变化, 这表明有些个体是外来迁入到贾湖遗址的。

为了准确的区分当地的个体和外来迁入的个体, 首先要确定当地的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值。许多学者经过一系列的研究后认为, 用遗址出土的当地动物牙釉质  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值的平均值  $\pm 2$  倍标准偏差可以准确的反映当地的锶同位素状况<sup>[24, 36-39]</sup>。在研究中, 我们从贾湖遗址的不同时期选取了 5 个猪牙釉质样品来确定当地的锶同位素比值, 经过分析后得到 5 个猪牙釉质  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值的平均值为 0.712312 通过  $\pm 2$  倍准偏差得到贾湖遗址当地的锶同位素比值范围在 0.712205~ 0.712420 之间 (见图 3 中两条虚线之间的部分)。

通过对遗址出土的古人类牙釉质和骨骼中的锶同位素比值进行测定, 与遗址当地的锶同位素比值进行比较, 结果会有 4 种情况: 1) 牙釉质和骨骼中  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值在遗址当地的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值范围内 (本研究中为 0.712205~ 0.712420 即图 3 两条虚线之

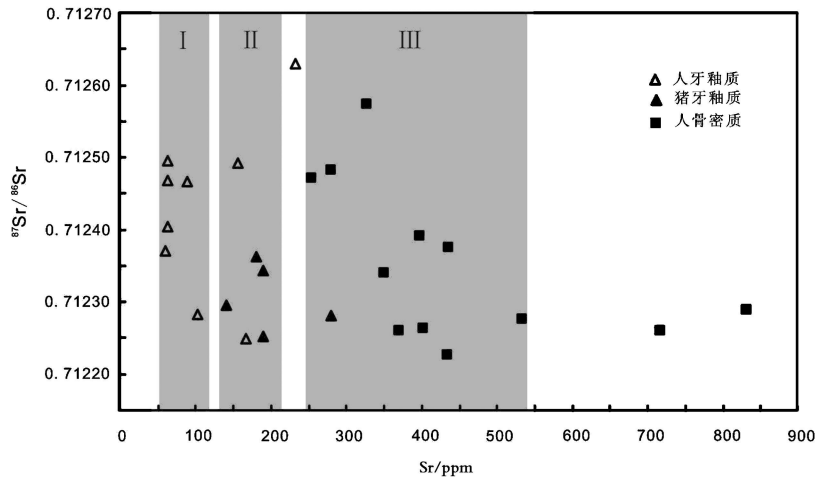


图 2 贾湖遗址样品的锶同位素比值和浓度关系图

Fig. 2 Strontium isotope ratios plotted against concentrations of samples in the Jiahu relics

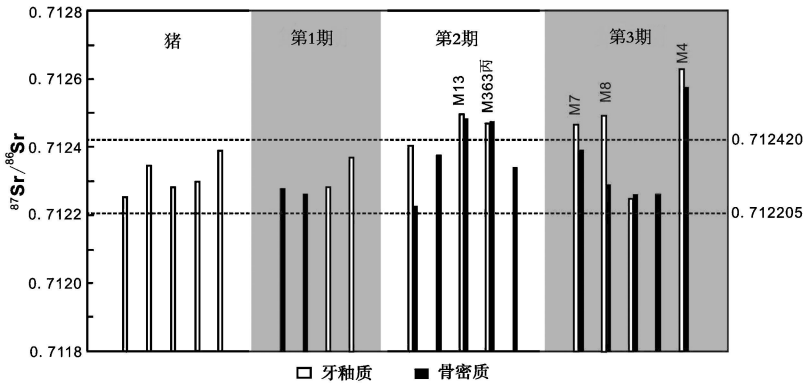


图 3 贾湖遗址样品锶同位素比值柱状图

Fig. 3 Bargraph of strontium isotope ratios of samples in the Jiahu relics

间的范围), 表明个体在遗址当地出生并度过一生; 2) 牙釉质中的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值在遗址当地的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值范围内, 骨骼中的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值在遗址当地的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值范围外, 表明个体在遗址当地出生, 牙釉质形成后迁移到其他地区生活, 在去世前回到出生地或者死后又运回出生地埋葬的个体; 3) 牙釉质中的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值在遗址当地的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值范围外, 骨骼中的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值在遗址当地的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值范围内, 表明个体在其他地区出生, 在牙釉质形成后迁入到遗址当地, 并且生活时间很久, 其骨骼中的锶同位素已经转换为当地的锶同位素; 4) 牙釉质和骨骼中的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值都在遗址当地的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值范围外, 表明个体在其他地区出生并生活, 在进入遗址当地不久后去世并埋葬在遗址当地。

将贾湖遗址人类样品锶同位素比值与猪牙釉质样品确定的当地锶同位素比值进行比较, 对所分析的人类个体迁移情况进行判断。从图 3 中可以明显

地看出, 5 个牙釉质样品和 3 个骨密质样品在贾湖遗址的锶同位素比值范围之外, 4 个牙釉质样品和 9 个骨密质样品在这个范围之内, 而且遗址 3 个时期迁移人口的数量和情况有所不同。第 1 期的 4 个样品全部在当地比值范围内, 这表明墓葬 M 41 和 M 332 中的个体 (两个牙釉质样品的个体) 是当地出生并生活在当地的个体, 另外两个 (两个骨密质样品的个体) 是在当地生活的个体, 很可能也是当地出生的, 在第 1 期中没有发现外来个体。第 2 期的情况有所不同, 2 个牙釉质样品和 2 个骨密质样品在当地比值范围外, 1 个牙釉质样品和 3 个骨密质样品在当地比值范围内, 这表明墓葬 M 13 中的个体和墓葬 M 363 中的两个个体 (见图 3) 是外来迁入的。由于这两个个体的牙釉质和骨密质样品的锶同位素比值都高于贾湖当地的比值, 表明他们从锶同位素比值高于贾湖的地区迁入到贾湖的, 并且在贾湖地区生活不久后就去世了。第 3 期的情况又有所不同, 3 个牙釉质样品和 1

个骨密质样品的锶同位素比值高于贾湖当地的比值, 1个牙釉质样品和 4个骨密质样品在贾湖当地比值范围内。墓葬 M4中个体的牙釉质样品和骨密质样品的锶同位素比值都高于贾湖当地比值, 表明此个体是在去世前不久迁入到贾湖的。墓葬 M7和 M8中个体的牙釉质样品锶同位素比值高于贾湖当地比值, 而骨密质样品比值在贾湖当地比值范围内, 这表明他们是从锶同位素比值高于贾湖的地区迁入贾湖的, 并且在贾湖居住相当长的一段时间后才去世的, 这段时间已经使他们骨密质中的锶同位素比值转换成了贾湖当地的比值。

总的来说, 在所分析的 14个人类个体中, 有 5个是外来迁入的个体(图 3中写出所在墓葬号的 5个个体), 占所分析个体的 35.7%, 这表明大部分个体是当地居住的个体, 部分是外来迁入的个体。在第 1期没有发现外来个体, 第 2期的 5个个体中发现 2个, 占第 2期分析个体的 40%, 第 3期的 5个个体中发现了 3个, 占第 3期分析个体的 60%。这个结果表明人口迁移率从第 1期到第 3期有明显增加的趋势, 这种现象与贾湖居民随着经济文化的发展而和同时期周围其他居民的交流逐渐频繁的推测相一致。在外来迁入的 5个个体中, 有 3个女性和 2个男性, 女性稍多于男性。

## 5 结论

本研究是在国内首次使用锶同位素方法对人类的迁移行为进行分析, 初步的实验数据表明, 这一方法适合于对贾湖遗址的人类迁移行为进行研究, 虽然还不能够确定外来个体的具体地理来源, 但可以对外来的个体进行很好的判断。从分析结果可以看出贾湖遗址墓葬中有相当多的外来人口, 尤其是第 2期和第 3期, 这表明在 7000~ 5800B.C. 期间, 贾湖聚落与周围同时期的其他聚落间有着密切的联系。

贾湖遗址是中华民族历史长河中处于较早时期的文化遗址, 贾湖文化在中国古代文化的发展中具有重要的地位, 因此有必要对其人口的迁移状况作进一步的研究分析, 以加深对当时的人类社会状况以及与周围人类群体间文化交流传播的认识。今后, 我们拟对贾湖遗址各期的样品进行更为详细的分析, 并与贾湖遗址周围其他同时期的人类群体迁移状况进行对比分析, 从而对中原地区史前古人类的迁移行为和文化的交流传播有更进一步的认识。

致谢 感谢陈江峰教授、贺剑峰、谢智、李全忠博士和钱卉老师在实验分析过程中的指导和帮助。

## 参考文献 (References)

- 1 Wickman F E. Isotope ratios A clue to the age of certain marine sediments *Journal of Geology*, 1948 **56**: 61~ 66
- 2 Fullagar P D, Lamm R C, Ragland P C. Petrochemical and geochronological studies of plutonic rocks in the southern Appalachians Part I the Salisbury Pluton *Geological Society of America Bulletin*, 1971, **82**: 409~ 416
- 3 Hoppe K A, Koch P L, Carlson R W *et al*. Tracking mammoths and mastodons: Reconstruction of migratory behavior using strontium isotope ratios *Geology*, 1999 **27**(5): 439~ 442
- 4 Hoppe K A. Late Pleistocene mammoth herd structure migration patterns and Clovis hunting strategies inferred from isotopic analyses of multiple death assemblages *Paleobiology*, 2004 **30**(1): 129~ 145
- 5 Ingram B L, Weber P K. Salmon origin in California's Sacramento-San Joaquin river system as determined by otolith strontium isotopic composition *Geology*, 1999, **27**(9): 851~ 854
- 6 Kennedy B P, Follet C L, Blum J D *et al*. Natural isotope markers in salmon *Nature*, 1997, **387**: 766~ 767
- 7 Hall Martin A J van der Mewe N J Lee-Thorp J A *et al*. Determination of species and geographic origin of rhinoceros horn by isotopic analysis and its possible application to trade control. In Ryder O A ed. *Rhinoceros Biology and Conservation*. San Diego: Zoological Society of San Diego, 1993. 123~ 135
- 8 van der Mewe N J Lee-Thorp J A, Thackeray J F *et al*. Source-area determination of elephant ivory by isotopic analysis *Nature*, 1990 **346**: 744~ 746
- 9 Vogel J C, Eglinton B, Auret J M. Isotope fingerprints in elephant bone and ivory. *Nature*, 1990, **346**: 747~ 749
- 10 Aberg G. The use of natural strontium isotopes as tracers in environmental studies *Water, Air & Soil Pollution*, 1995 **79**(1~ 4): 309~ 322
- 11 Capo R C, Stewart B W, Chadwick O A. Strontium isotopes as tracers of ecosystem processes: Theory and methods *Geoderma*, 1998 **82**: 197~ 225
- 12 Barbaste M, Robinson K, Guilfoyle S *et al*. Precise determination of the strontium isotope ratios in wine by inductively coupled plasma sector field multicollector mass spectrometry (ICP-SF-MC-MS). *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 2002, **17**: 135~ 137
- 13 Fortunato G, Mummick K, Wunderli S *et al*. Application of strontium isotope abundance ratios measured by MC-ICP-MS for food authentication *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 2004 **19**: 227~ 234
- 14 Curran J M, Meighan I G, Simpson D D A *et al*.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ : A new discriminant for provenancing neolithic porcellanite artifacts from Ireland. *Journal of Archaeological Science*, 2001, **28**(7): 713~ 720
- 15 Freestone I C, Leslie K A, Thirlwall M *et al*. Strontium isotopes in the investigation of early glass production: Byzantine and early Islamic glass from the Near East *Archaeometry*, 2003 **45**(1): 19~ 32
- 16 Benson L, Cordell L, Vincent K *et al*. Ancient maize from Chacoan great houses: Where was it grown? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2003, **100**

- (22): 13111~ 13115
- 17 English N E, Betancourt J L, Dean J S *et al* Strontium isotopes reveal distant sources of architectural timber in Chaco Canyon, New Mexico *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2001, **98** 11891~ 11896
  - 18 Ericson J E. Strontium isotope characterization in the study of prehistoric human ecology. *Journal of Human Evolution*, 1985, **14**: 503~ 514
  - 19 Price T D, Johnson C M, Ezzo J A *et al* Residential mobility in the prehistoric Southwest United States: A preliminary study using strontium isotope analysis. *Journal of Archaeological Science*, 1994, **24** 315~ 330
  - 20 Sealy J A, Armstrong R, Schrire C. Beyond lifetime averages: Tracing life histories through isotopic analysis of different calcified tissues from archaeological human skeletons. *Antiquity*, 1995, **69**( 263): 290~ 300
  - 21 Cox G, Sealy J. Investigating identity and life histories: Isotopic analysis and historical documentation of slave skeletons found on the Cape Town foreshore, South Africa. *International Journal of Historical Archaeology*, 1997, **1**(3): 207~ 224
  - 22 Price T D, Grupe G, Schöter P. Reconstruction of migration patterns in the Bell Beaker period by stable strontium isotope analysis. *Applied Geochemistry*, 1994, **9**: 413~ 417
  - 23 Ezzo J A, Johnson C M, Price T D. Analytical perspectives on prehistoric migration: A case study from East-Central Arizona. *Journal of Archaeological Science*, 1997, **24**: 447~ 466
  - 24 Price T D, Manzanilla L, Middleton W D. Immigration and the ancient city of Teotihuacan in Mexico: A study using strontium isotope ratios in human bone and teeth. *Journal of Archaeological Science*, 2000, **27**(10): 903~ 913
  - 25 Schroeder H A, Tipton I H, Nason A P. Trace metals in man: Strontium and barium. *Journal of Chronic Diseases*, 1972, **25** 491~ 517
  - 26 Grupe G, Price T D, Schöter P *et al*. Mobility of Bell Beaker people revealed by strontium isotope ratios of tooth and bone: A study of southern Bavarian skeletal remains. *Applied Geochemistry*, 1997, **12** (4): 517~ 525
  - 27 Parfitt A M. The physiologic and clinical significance of bone histomorphometric data. In: Recker R R, ed. *Bone Histomorphometry: Techniques and Interpretation*. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1983. 143~ 223
  - 28 河南省文物考古研究所. 舞阳贾湖. 北京: 科学出版社, 1999 14~ 16  
Henan Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology. Wuyang Jiahu. Beijing Science Press, 1999. 14~ 16
  - 29 Zhang Juzhong, Harbottle G, Wang Changshui *et al*. Oldest playable musical instruments found at Jiahu early Neolithic site in China. *Nature*, 1999, **401**: 366~ 368
  - 30 Yang X Y, Kaderof A, Wagner G A *et al*. TL and IRSL dating of Jiahu relics and sediments. Case of 7th millennium BC civilization in Central China. *Journal of Archaeological Science*, 2005, **32** (7): 1045~ 1051
  - 31 Zhang Juzhong, Xiao Xinghua, Lee Yunkuan. The early development of music: Analysis of the Jiahu bone flutes. *Antiquity*, 2004, **78** (302): 769~ 778
  - 32 Li Xuqing, Harbottle G, Zhang Juzhong *et al*. The earliest writing? Sign use in the seventh millennium BC at Jiahu, Henan Province, China. *Antiquity*, 2003, **77**(295): 31~ 44
  - 33 Zhang J, Wang X. Notes on the recent discovery of ancient cultivated rice at Jiahu, Henan Province: A new theory concerning the origin of *Oryza japonica* in China. *Antiquity*, 1998, **72**(278): 97~ 901
  - 34 McGovern P E, Zhang Juzhong, Tang Jigen *et al*. Fermented beverages of pre- and proto-historic China. *PNAS*, 2004, **101**(51): 17593~ 17598
  - 35 Beard B L, Johnson C M. Strontium isotope composition of skeletal material can determine the birth place and geographic mobility of humans and animals. *Journal of Forensic Sciences*, 2000, **45**(5): 1049~ 1061
  - 36 Katzenberg M A, Saunders S R, eds. *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. Toronto, Canada: Wiley-Liss, 2000. 305~ 327
  - 37 Price T D, Burton J H, Bentley R A. The characterisation of biologically available strontium isotope ratios for the study of prehistoric migration. *Archaeometry*, 2002, **44**(1): 117~ 135
  - 38 Bentley R A, Price T D, Stephan E. Determining the 'local'  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  range for archaeological skeletons: A case study from Neolithic Europe. *Journal of Archaeological Science*, 2004, **31**: 365~ 375
  - 39 Knudson K J, Tung T A, Nyström K C *et al*. The origin of the Juiduypanpa Cave mummies: Strontium isotope analysis of archaeological human remains from Bolivia. *Journal of Archaeological Science*, 2005, **32**(6): 903~ 913

## PRELIMINARY STUDY OF PREHISTORIC HUMAN MIGRATION BASED ON Sr ISOTOPE ANALYSIS FROM JIAHU RELICS

Y in Ruochun<sup>①</sup>    Zhang Juzhong<sup>①</sup>    Yang Xiaoyong<sup>②</sup>

(<sup>①</sup>Department of Scientific History and Archaeometry, University of Science and Technology of China, Hefei 230026;

<sup>②</sup>Key Laboratory of Crust-Mantle Materials and Environments, School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Chinese Academy of Sciences Hefei 230026)

### Abstract

Isotope analysis technology could better reveal latent information of archaeological remains. It is an important component of archaeometry, also the frontier and focus of current international archaeological research.

Archaeologists have used this method to investigate human migration on some archaeological sites worldwide and demonstrated that it's a practical method. This paper is on human migration based on strontium analysis on samples from the Jiahu relics. The strontium isotope ratios from an individual person have been confirmed to directly reflect the isotopic ratios of the geological region in which that person lived, with the ratios in human bone reflecting those of the region around the time of human death and ratios in tooth enamel reflecting those of the region when the person lived as a child. A migration activity can thus be identified when the same person has different strontium isotope ratios in his/her bones and teeth.

The Jiahu relics in Wuyang County, Henan Province, is a famous Neolithic site from 9000 a.B.P. to 7800 a.B.P. The richness of excavated bones and teeth of both human beings and animals presents us a good opportunity to probe the prehistoric human mobility during the Neolithic period in central China. In this study, we have analyzed 26 samples of human beings and animals, including 12 human bone samples, 9 human tooth enamel samples and 5 pig tooth enamel samples. We measured strontium isotope concentration and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio of each sample. The results show that strontium concentration in pig enamel (the average concentration of  $\text{Sr} = 196 \pm 51 \text{ ppm}$ ,  $n = 5$ ,  $1\sigma$ ) is higher than in human enamel (the average concentration of  $\text{Sr} = 110 \pm 61 \text{ ppm}$ ,  $n = 9$ ,  $1\sigma$ ) and the strontium concentration in human bones (the average concentration of  $\text{Sr} = 444 \pm 173 \text{ ppm}$ ,  $n = 12$ ,  $1\sigma$ ) is significantly higher than in human enamel. According to the local strontium isotope ratio range determined by the mean  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios  $\pm 2 \text{ s.d.}$  of pig enamel samples (0.712205~0.712420), we find out that 5 of the 14 individuals in the study might be immigrants. A trend was also found out that the frequency of migration was increasing during that period. This is the first attempt to apply strontium isotope analysis to Chinese archaeology, which has been shown as a powerful method to identify prehistoric population mobility.

**Key words** archeology strontium isotopes human migrations Jiahu relics

## 《第四纪研究》2008年第2期主要论文预告

### 遥感地质与新构造演化研究专辑

- 三维遥感图像生成技术及其在第四纪构造地貌研究中的应用 ..... 付碧宏 二宫芳树 董彦芳 时丕龙 张之武  
 东昆仑断裂带西大滩段晚第四纪古地震历史 ..... 胡道功 叶培盛 张耀玲 周春景 吴中海 刘琦胜 吴珍汉  
 阿尔金断裂带康西瓦段晚第四纪以来的左旋滑移特征、滑移速率及其大地震复发周期的探讨 ..... 李海兵, 等  
 基于遥感信息的长江皖江段岸崩特征分析 ..... 李长安 杨则东, 等  
 西藏错那-拿日雍错地堑的第四纪正断层作用及其形成机制探讨 ..... 吴中海 张永双 胡道功 赵希涛 叶培盛  
 新疆塔西河地区 8Ma 以来沉积环境演化及其构造意义 ..... 吕红华 李有利 刘运明 司苏沛 赵洪壮  
 黄河中游晋陕峡谷的 DEM 流域特征分析及其新构造意义 ..... 施 炜  
 循化-贵德地区黄河水系河流纵剖面形态特征及其构造意义 ..... 张会平 张培震 吴庆龙 陈正位  
 长江中游曲流河段河道的近代演化过程研究 ..... 谢小平 王永栋 张松林  
 新疆阿尔泰山南部富蕴右旋走滑断裂带晚第四纪错断水系的遥感分析研究 ..... 张之武 付碧宏 Yasuo Awata  
 雅鲁藏布江大峡谷地貌响应时间域的定量计算 ..... 陈建军 季建清  
 藏南错戛龙高湖面阶地的形成时间及相应的古降水量的计算 ..... 王亚军 孔 屏 那春光 肖 伟  
 农业非点源污染模型 AnnAGNPS 适用性检验 ..... 邹桂红 崔建勇 孙 林  
 利用多时相卫星遥感数据监测抚顺地区煤矿开采引起的地貌变化 ..... 董彦芳 付碧宏 二宫芳树  
 应用 DEM 数据研究岱海流域的地貌演化与影响因素分析 ..... 王 林 何仲太 马保起