

文章编号 :1000-0550(2001)04-0648-04

利用贝类(*Lamprotula*)化石碳氧同位素再建山西丁村地区晚更新世气候环境^①

李玉成¹ 黄宝玉² 徐永昌³

(安徽大学生物资源与环境系环境科学研究所 合肥 230039)

1(中国科学院南京地质古生物研究所 南京 210008) 3(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000)

摘要 较大的湖泊中的贝类生长线的氧同位素可能记录了季节性的温度变化。对拔氏丽蚌(楔丽蚌)*Lamprotula* (*Cuneolamprotula*) *bazini* (Heude)和环带丽蚌(丽蚌)*Lamprotula* (*Lamprotula*) *zonata* (Heude)的生长线进行氧同位素研究表明,前者有较强的适应环境变化的能力。 $\delta^{18}O$ 值记录的襄汾地区晚更新世的古温度为20~24℃至30~34℃,古降雨量多出现代200~267 mm,河水排泄不畅,积水成湖。这些结果给人的启示是:全球变暖后,该地区气温可能有较大升幅,降雨量的增加有可能在排水不畅地区形成水灾,应注意防患于未然。

关键词 山西襄汾地区 氧同位素 古气候环境 晚更新世

第一作者简介 李玉成 男 1963年出生 教授 博士后 环境同位素地球化学

中图分类号 X142 **文献标识码** A

1 前言

早在五十年代就开展现生和化石贝类的同位素研究^[1],但长期以来多以海相贝类为研究对象,至七十年代才有零星文章涉及淡水贝类壳体同位素^[2]。近年来,在过去的全球变化研究中,以淡水贝类为代表的湖泊生物壳体碳氧同位素组成,因主要记录了湖水同位素组成及温度的信息,受到特别重视,已成为古气候环境的重要替代指标^[3,4]。

山西汾河下游襄汾一带的丁村组为河湖相沉积,岩性由泥质砂岩、交错层理砂岩及砾岩组成,产化石丽蚌(*Lamprotula*),个体和数量皆较丰富。类型也较多,其共生的有其它化石和“丁村人”人牙化石。孢粉分析结果表明:当时气候较暖和,晚期较凉爽,剖面中部含大量河蚌的地层中松属花粉丰富,可能形成了森林草原景观^[5]。据丁村组丽蚌的ESR测年研究表明,丁村动物群的生活年代约12~7万年前^[6],与末次间冰期相当。末次间冰期的温暖气候与未来的变暖的气候可相比拟,利用丽蚌生长线的碳氧同位素组成,恢复丁村人生活时的湖水氧同位素组成、降雨量和季节性温度变化,有助于了解全球变暖后,汾河下游地区气候环境的变化趋势。

2 样品采集与分析

2.1 产丽蚌地层简介

山西汾河两岸的临汾地区,更新世地层中产丰富

的瓣鳃类化石^[7],典型剖面如汾河东岸襄汾丁村南地层(图1),其软体动物化石研究较详细^[8],地层特征如下:

柴庄组(Q_{1c})

—— 假整合 ——

丁村组(Q_{2d})

1—4, 浅黄色、灰白色中砂,上部类粘土、具交错层

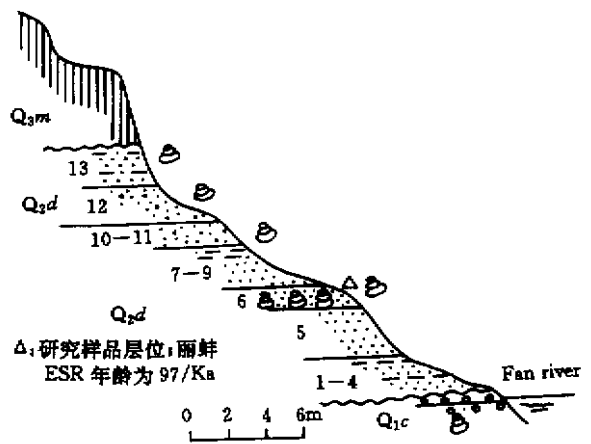


图1 襄汾丁村产丽蚌地层剖面图

Fig. 1 The stratigraphy of Late Quaternary sediments at Dingcun section, Xiangfen, Shanxi

① 中国科学院兰州地质研究所气体地球化学国家重点实验室与国家自然科学基金(批准号:40073030)资助

理	2.2 m
5、浅黄色中、粗砂岩层	3 m
6、棕黄色、含泥质砂岩层、含丰富的丽蚌 (<i>Lamprotula</i>)	1.3 m
7—9、灰白色、棕黄色中细砂岩,上部夹灰绿色粘土,交错层理发育	2.5 m
10—11、浅灰白色泥质中、粗砂砾岩	1.4 m
12、浅灰白色砂砾层,含蚌化石碎片,产石器,脊椎动物化石和人牙	2 m
13、浅灰白色夹泥质细砂粉砂层	2 m
——假整合——	
马兰组 (Q_3m)	

2.2 同位素样品采集分析

研究的化石丽蚌动物群产于 6 层中。该时期的古汾河在襄汾丁村—史村一带积水成湖,并与临汾、侯马古湖相通,湖盆宽广,有机碎屑和微生物繁盛,适合蚌类生存,丽蚌的个体与数量特别丰盛^[7]。选择其中两种典型分子进行生长线的碳、氧同位素研究。对拔氏丽蚌(楔丽蚌) *Lamprotula* (*Cuneolamprotula*) *bazini* (Heude) (壳长 110 cm),从壳顶至后腹缘共取 37 个分析样,而环带丽蚌(丽蚌) *Lamprotula* (*Lamprotula*) *zonata* (Heude) (壳长 55 cm),则取 14 个样品。为对比研究,还对现代滇池无齿蚌 (*Anodonta*) (壳长 76 mm),进行了生长线氧同位素变化的研究。现代蚌用小刀轻轻刮去外表有机成分,磨掉珍珠层。所有样品磨碎至 100 目,在 400℃ 条件下,通氮 2 小时。处理好样品在 90℃ 的恒温条件下,与 100% 的磷酸反应 14 分钟,液氮冷冻法纯化 CO_2 气体, MAT-251 质谱计测定 $^{18}O/^{16}O$ 和 $^{13}C/^{12}C$ 比值,结果以 PDB 标准示之。该方法对周灰 (GBW04405) 的测定值为: $\delta^{13}C: +0.5\%$; $\delta^{18}O: -8.8\%$ 。平行样误差 $\delta^{18}O < 0.15\%$, $\delta^{13}C < 0.05\%$ 。

3 结果与讨论

3.1 贝类生长线氧同位素记录和季节性变化

现生丽蚌多产于长江中、下游地区的大中型湖泊或与其相通的河流中^[9],古汾河下游的丽蚌与今日的长江下游的丽蚌的生活习性相似,表明晚更新世汾河下游的水域环境和气候与今日长江下游有类似之处,为河湖交错,温暖、湿润的气候环境。这种气候在中国大陆是受季风降雨控制的。湖水与年均降水的 $\delta^{18}O$ 值接近^[10]。

云南昆明现代滇池的无齿蚌 (*Anodonta*) 很繁盛。对其中的椭圆背角无齿蚌 *Anodonta woodiana elliptica* (Hende) 不同生长部位的 $\delta^{18}O$ 值进行研究,如图 2 结

果表明在蚌生长过程中,壳质氧同位素组成呈正弦曲线波动,变化幅度接近 1‰。夏秋温暖季节生长的壳富集 ^{16}O ,而早春凉爽季节生长的壳富集 ^{18}O 。滇池地区的季节性温度变化最大幅度为 13℃,如蚌生长的适宜温度变化幅度为 10℃,按温度升高 1℃,文石质壳的 $\delta^{18}O$ 值偏负 0.22‰^[4],则理论变化幅度约为 2.2‰。实测值小于理论值,这说明滇池无齿蚌壳体的氧同位素组成的波动主要受温度变化影响,实测值较小可能与采样间距较大有关。象滇池这样大的湖泊水体的 $\delta^{18}O$ 值可能年变化较小,不明显影响蚌的氧同位素波动,否则,无齿蚌的实测值应大于用温度变化计算出的理论值。因此,在较大或湖水较深的湖泊中,季节性温度变化可能是蚌壳体碳酸盐氧同位素波动的主要原因,这种现象在海相贝类也有实例^[4]。

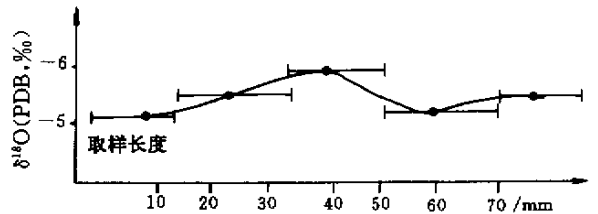


图 2 滇池无齿蚌不同生长部位的氧同位素波动
Fig. 2 The oxygen isotope profile in shell (*Anodonta*) from Dianchi Lake, Yunnan

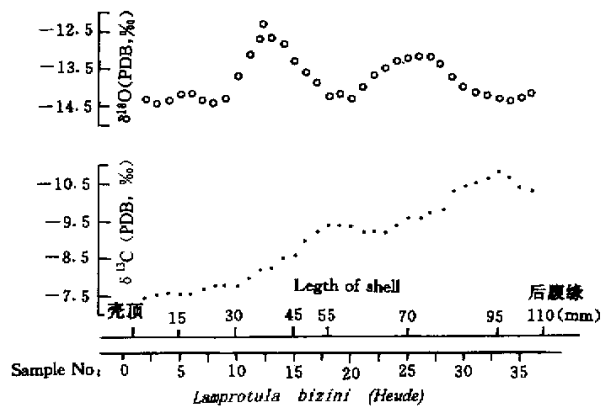


图 3 拔氏丽蚌(楔丽蚌)生长线 $\delta^{18}O$ 值的波动
Fig. 3 The oxygen isotope profile in shell fossil (*Lamprotula bazini*)

拔氏丽蚌(楔丽蚌) *Lamprotula* (*Cuneolamprotula*) *bazini* (Heude) (壳长 110 cm),壳大层厚,蚌龄长达 4~5 年左右,完整记录了生命历史中的季节性温度变化信息,故重点讨论。该蚌从壳顶至后腹缘有 37 个样品,为减少不稳定数据的影响,采用相邻三个数据的滑动平均值作图,如图 3 所示。分析结果表明拔氏丽蚌

(楔丽蚌)的 $\delta^{18}\text{O}$ 值分布范围为 $-14.4\text{‰} \sim -12.2\text{‰}$, 氧同位素的波动幅度为 2.2‰ ,平均值为 -12.9‰ 。两次最富集 ^{16}O 的峰对应壳高分别为19 mm、47 mm,壳面的生长线较稀疏,可能是温暖季节生成的壳体,四次最富集 ^{18}O 的峰对应的壳高分别是7 mm、30 mm、55 mm、100 mm,壳面生长线较密,可能为凉爽季节生成的壳体。利用壳质的 $\delta^{18}\text{O}$ 值波动曲线判定蚌龄四年以上和年轮相符。其中第二、三年生长较快。考虑到 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化幅度达 2.2‰ ,按 $-0.22\text{‰}/1^\circ\text{C}$ 变化规律,相当于温度波动 10°C 。参考现代丽蚌生长时最适宜水温为 $25 \sim 29^\circ\text{C}$,因此,晚更新世,丁村地区丽蚌生长时古温度范围可能是 $20 \sim 24^\circ\text{C}$ 至 $30 \sim 34^\circ\text{C}$ 左右。

3.2 丽蚌动物群中两个典型种的同位素记录比较

a)发育情况的比较:拔氏丽蚌(楔丽蚌)*Lamprotula* (*Cuneolamprotula*) *bazini* (Heude)壳较大,壳长达110 cm,壳体有两次明显富集轻氧同位素的峰与稀疏的生长线相对应,表明二龄、三龄阶段生长较快,为一个成熟的个体。而环带丽蚌(丽蚌)*Lamprotula* (*Lamprotula*) *zonata* (Heude)壳较小,壳长为55 cm,仅是前者的一半,氧同位素记录表明该蚌在第二年春死亡,为未成熟的个体。

b)生态环境的比较:前述的两种丽蚌都明显富集轻碳氧同位素组成。拔氏丽蚌(楔丽蚌)*Lamprotula* (*Cuneolamprotula*) *bazini* (Heude)的氧同位素平均值为 -12.9‰ ,波动幅度为 2.2‰ ,相当于丽蚌可在 $20 \sim 24^\circ\text{C}$ 至 $30 \sim 34^\circ\text{C}$ 左右水温中生活,即水温相差 10°C 的情况下仍可分泌壳质;生活时水域的 $\delta^{13}\text{C}$ 分布范围为 $-10.6\text{‰} \sim -7.4\text{‰}$,可能表明生长过程中环境变化较大。环带丽蚌(丽蚌)*Lamprotula* (*Lamprotula*) *zonata* (Heude)的 $\delta^{18}\text{O}$ 分布范围为 $-13.1\text{‰} \sim -12.2\text{‰}$,平均值 -12.6‰ ,波动幅度 0.9‰ (图4),表明该丽蚌生活时的温度波动不超过 5°C , $\delta^{13}\text{C}$ 分布范围为 $-7.8\text{‰} \sim -6.6\text{‰}$,变化范围较小,可能表明环带丽蚌只能生活于较局限的环境。由此可知,前者生活时对水温和环境的适应能力较强,因此在剖面中个体和数量特别丰富。

3.3 贝类壳体的平均氧同位素值和降雨的关系

丽蚌壳体生长线的碳氧同位素的波动与季节性温度变化有关,而全贝壳的氧同位素则和生活水体的氧同位素呈正相关关系^[3],两者符合方程: $\delta^{18}\text{O}_p(\text{SMOW}) = 1.07\delta^{18}\text{O}_s - 0.58$,其中 $\delta^{18}\text{O}_s$ 为壳体的同位素值用PDB标准,而 $\delta^{18}\text{O}_p(\text{SMOW})$ 则为蚌生活时水体的氧同位素值。以拔氏丽蚌(楔丽蚌)的 $\delta^{18}\text{O}$ 平均值为 -12.9‰ 为代表,参考现代湖水和贝壳的氧同位素关系,大体算出古湖水的 $\delta^{18}\text{O}$ 约 -14.4‰ (SMOW),而现代降

雨与地下水的氧同位素值约为 -10‰ 。两者相差 4‰ 左右,这可能是古降雨量大于现在造成的,考虑到降雨量越大,氧同位素越偏负,其关系为降雨量每增加100 mm,而 $\delta^{18}\text{O}$ 偏负 $1.5\text{‰} \sim 2\text{‰}$ ^[11],相当于当时的年平均降雨量比现代多出 $200 \sim 267$ mm,由于降雨量较大,气候温湿,河流排泄不畅,积水形成了当时的较广阔的临汾古湖。

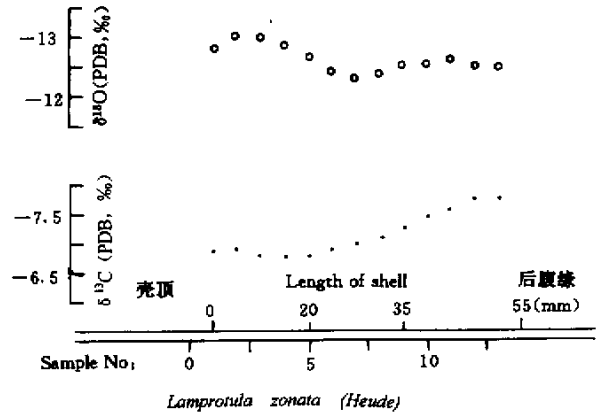


图4 环带丽蚌(丽蚌)生长线 $\delta^{18}\text{O}$ 变化

Fig.4 The oxygen isotope profile in shell fossil (*Lamprotula zonata*)

4 结论

(1) 淡水贝类生长线的氧同位素组成的波动可能主要记录了其生长过程中的季节性温度变化。

(2) 山西襄汾地区晚更新世的丽蚌生活时的古气候环境可能与现代的长江中、下游地区有类似之处,古水温变化的范围约为 $20 \sim 24^\circ\text{C}$ 至 $30 \sim 34^\circ\text{C}$ 左右,而古降雨量比现代多出 $200 \sim 267$ mm。这种现象表明在全球增温后,该地区气温明显升高,降雨增加,如果河流排水不畅,在低凹地带有可能积水成湖,形成水灾。

(3) 拔氏丽蚌(楔丽蚌)*Lamprotula* (*Cuneolamprotula*) *bazini* (Heude)壳质的 $\delta^{18}\text{O}$ 值波动曲线判定蚌龄四年以上和年轮相符。其中两次富集轻同位素的峰,分别对应的壳面同心生长线较稀疏,表明蚌第二、三年生长较快。有三次富集重氧同位素组成的谷,壳面相应处的同心生长线较密集,可能表明:幼年至中年期;中年至成年期;成年至老年期之间出现三次生长缓慢期。

致谢:本文的工作得到中国科学院兰州地质研究所沈平研究员和南京地理与湖泊研究所王苏民研究员的大力支持,在此深表谢意。

参 考 文 献

- 1 Epstein S, Buchsbaum R, Lowenstam, H A, Urey H C. Revised carbon-water isotope temperature scale [J]. Geol. Soc. Amer. Bull. 64 : 1 315 ~ 1 326
- 2 Fritz P, Poplawski S. O and C in shells of freshwater Mollusca and their environment [J]. Earth Planet. Sci. Lett. 1974 24 91 ~ 98
- 3 李玉成, 徐永昌, 黄宝玉. 淡水软体动物壳质氧同位素与气候环境 [J]. 沉积学报, 1993, 11(3) 57 ~ 63
- 4 Krantz D E, Williams D F, Jones D S. Ecological and palaeoenvironmental information using stable isotope profiles from living and fossil Mollusca [J]. Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol. 1987 58 249 ~ 266
- 5 周昆叔, 严富华. 山西丁村剖面考察及其花粉分析 [A]. 第四纪孢粉分析与古环境 [C]. 北京: 科学出版社, 1984
- 6 郑洪汉, 黄宝林, 乔玉楼等. 中国北方晚更新世环境 [M]. 重庆: 重庆出版社, 1991. 1 ~ 48
- 7 黄宝玉, 郭书元, 唐领余等. 山西中南部晚新生代地层和古生物 [M]. 北京: 科学出版社, 1991. 1 ~ 80
- 8 周明镇. 软体动物化石, 山西襄汾丁村旧石器时代遗址发掘报告 [A]. 中国科学院古脊椎动物研究所, 甲种专刊, 第二号, 1958 81 ~ 96
- 9 刘月英, 张文珍, 林振涛等. 淡水软体动物 [A]. 中国经济动物志 [C]. 北京: 科学出版社, 1979
- 10 于津生. 中国东部大气降雨氢氧同位素组成 [J]. 地球化学, 1987, 1 : 22 ~ 26
- 11 Dansgaard W. Stable isotope in precipitation [J]. Tellus, 1964, 16 : 436 ~ 468

Palaeoclimatic and Palaeoenvironmental Information Using Stable Isotope Profiles from the Late Pleistocene *Lamprotula* in Dingcun Area, Shanxi

LI Yu-cheng¹ HUANG Bao-yu² XU Yong-chang³

(Department of Biological Resources and Environment Sciences, Anhui University, Hefei 230039)

X Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

X Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

Abstract

The palaeoclimatic and palaeoenvironmental information is studied by using the carbon and oxygen isotope profiles from the Late Pleistocene *Lamprotula* in Linfen and Xiangfe areas, where occur abundant lamellibranchs, especially fossil *Lamprotula*. The conclusions are as follows:

1. The cessation of *Lamprotula* (*Cuneolamprotula*) *bazini* (Heude) shell deposition in fall and summer is rich in ¹⁶O, with $\delta^{18}\text{O}$ value of -14.5‰ , while one in winter and spring is rich in ¹⁸O, with $\delta^{18}\text{O}$ value of -12.2‰ , and this fluctuation of 2.2‰ may indicate a magnitude of change in seasonal temperature of water up to 10°C .

2. The palaeoenvironment of fossil *Lamprotula* was similar to ecology of living *Lamprotula* in lower reaches of the Yangtze river, thus the most suitable water for the Late Pleistocene *Lamprotula* was at temperature of $25 \sim 29^{\circ}\text{C}$ with a pH value of $7 \sim 8$. Therefore, the seasonal temperature of water changes from $20 \sim 24^{\circ}\text{C}$ to $30 \sim 34^{\circ}\text{C}$.

3. The shell mean oxygen isotope values of *Lamprotula* (*Cuneolamprotula*) *bazini* (Heude) and *Lamprotula* (*Lamprotula*) *zonata* (Heude) are -12.9‰ and -12.6‰ , respectively. This shell $\delta^{18}\text{O}$ values can be converted to water $\delta^{18}\text{O}$ values by the linear equation $\delta^{18}\text{O}_p(\text{SMOW}) = 1.07\delta^{18}\text{O}_s - 0.58$, and, therefore, $\delta^{18}\text{O}$ values of water where they lived is about $-14.4\text{‰} \sim -14.1\text{‰}$. These values are approximately 4‰ lighter than the mean $\delta^{18}\text{O}$ value of the present rainfall (-10‰). It suggests that the annual mean precipitation on Xiangfe Lake during the Late Pleistocene exceeded that of the present by $200 \sim 267$ mm.

Key words freshwater Mollusca shell, oxygen isotope profile, Late Pleistocene, palaeoclimatic information