

DOI:10.19431/j.cnki.1673-0062.2019.06.002

建立基于介形类的水深转换函数:以洞庭盆地为例

陈亮^{1,2},王正庆^{1,2},刘珊^{1,2},黄伟^{1,2},刘江^{1,2},贺海洋^{1,2},唐振平^{1,2*}

(1. 南华大学 资源环境与安全工程学院,湖南 衡阳 421001;2. 衡阳市核燃料循环地质理论与
技术重点实验室,湖南 衡阳 421001)

摘要:全新世气候变化是当前地球科学研究的重点与热点之一。洞庭盆地全新统是重建区域古气候的良好材料。介形类为重建古气候的良好指标。洞庭盆地介形类包括6属10种,仅比利时舍氏玻璃介(相似种)*Schellencandona cf. belgica*对水深敏感,其余属种均不敏感。采用加权平均二项式回归法建立基于*S. cf. belgica*的水深转换函数,该函数具有较好的预测能力。本研究可为定量重建洞庭盆地全新世古气候奠定必要基础。

关键词:介形类;转换函数;水深;洞庭盆地

中图分类号:Q915.819.6 **文献标志码:**B **文章编号:**1673-0062(2019)06-0008-04

Establishing Transfer Function for Water Depth Based on Ostracods: a Case of the Dongting Basin

CHEN Liang^{1,2}, WANG Zhengqing^{1,2}, LIU Shan^{1,2}, HUANG Wei^{1,2},
LIU Jiang^{1,2}, HE Haiyang^{1,2}, TANG Zhenping^{1,2*}

(1. School of Resource Environment and Safety Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China; 2. Hengyang Key laboratory of Geological Theory and Technology for the Nuclear Fuel Cycle, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: Holocene climate change is a focus and hotspot of present earth science research. Holocene sediments from Dongting Basin are nice archives for reconstruction of regional palaeoclimate. Ostracods are a good indicator for palaeoclimate reconstruction. Ostracods from Dongting Basin include 6 genera 10 species, and *Schellencandona cf. belgica* is sensitive to water depth only. Transfer function for water depth based on ostracods (*Schellencandona cf. belgica*) using method of weighted average binomial regression (WA-BR) is

收稿日期:2019-08-06

基金项目:国家自然科学基金项目(41402002);2018年青年骨干教师出国研修项目(留金发[2018]3103号)

作者简介:陈亮(1980-),男,副教授,博士,主要从事水环境保护与治理方面的研究。E-mail:715342131@qq.com。
*通信作者:唐振平(1962-),男,研究员,博士,主要从事环境勘探与污染控制、环境管理等方面的研究。E-mail:120007233200@usc.edu.cn

established, which is of good predictive ability. The study can provide necessary foundation for quantitative reconstruction of Holocene palaeoclimate of the basin.

key words: ostracod; transfer function; water depth; Dongting Basin

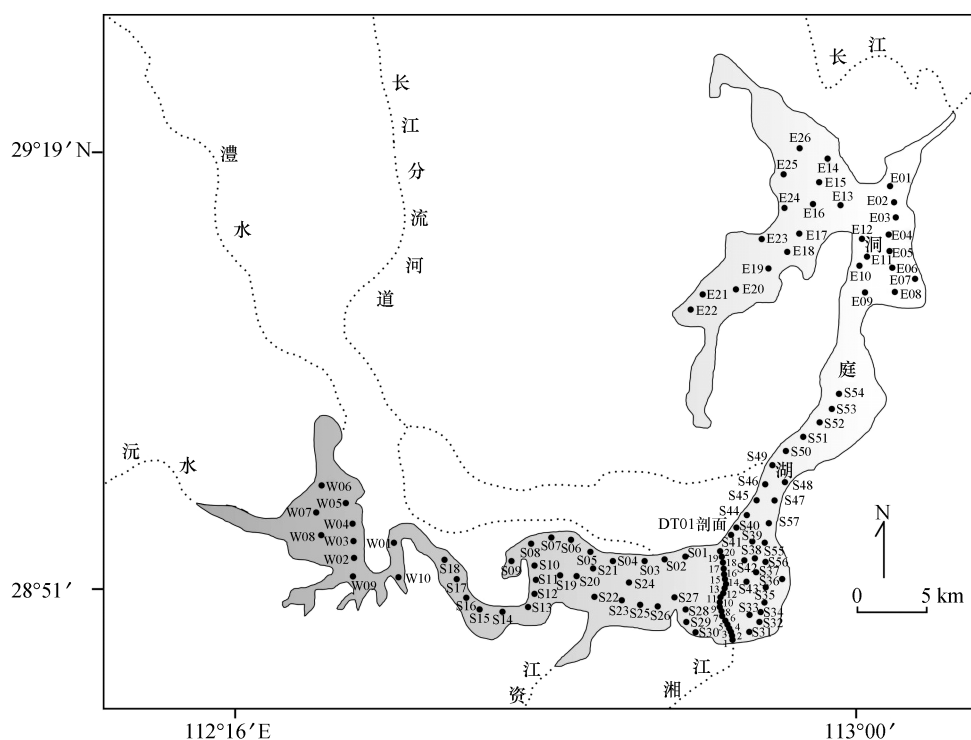
0 引言

全新世气候变化与人类生存、发展关系十分密切^[1],是当前地球科学研究的重点与热点之一^[2-4]。长江中游地区为研究我国全新世气候演化的重要窗口^[5],其气候变化已受到人们的普遍重视。该地区位于东亚季风气候区,降雨量变化是季风气候最重要的特征^[6],因此,该特征为本区全新世古气候研究的关键。洞庭盆地是长江中游地区一重要且具代表性的第四纪盆地^[7]。其全新统分布广泛,分辨率高^[8],明显高于区内其它相关沉积盆地^[5],蕴含着丰富的区域古环境演化信息^[9-11]。目前,该盆地全新世古气候研究尚不深入^[11],尤其是缺乏定量古气候研究。介形类是重建古气候的良好指标^[12-14]。水深是控制该生物属种分布最重要的因素之一^[15],并反映气候的干湿状况^[16]。利用基于介形类的水深转换函数可定量重建全新世古水深^[17]。为此,本文建立

基于介形类的水深转换函数,以为研究该盆地全新世古气候研究的关键(降雨量演化)奠定必要基础。

1 材料与方法

介形类样品共采集 113 个(图 1),完成于 2015 年。样本采用抓斗式采泥器采集,开口面积为 600 cm²。水体溶氧量、电导率、pH 值及水温均现场实测,同时记录样点位置与水深。取 50 cm³ 左右湿样用于介形类分析,经湿筛(孔径 0.074 mm)、干筛(孔径 0.125 mm)后,然后在体视显微镜下完成挑样工作。鉴定介形类所用参考资料主要为《中国非海水介形类》^[18]与《Recent Freshwater Ostracods of the world: Crustacea, Ostracoda, Podocopa》^[19]等。在所分析的样本中,68 个发现壳体,45 个未发现,发现壳体的比例大于 60%。



注:样点编号前 W、S 及 E 分别表示源自西洞庭湖、南洞庭湖及东洞庭湖,DT01 剖面位于南洞庭湖,编号为原始数字。编号斜体为未发现壳体样点,正体为发现壳体样点。

图 1 洞庭盆地介形类现生种采样分布

Fig. 1 Sampling distribution of recent ostracodes from the Dongting Basin

2 建立基于介形类的水深转换函数

研究区发现的介形类为:克氏丽星介 *Cypria kraepelini*、豆形豆形玻璃介 *Fabaeformiscandona fabaeformis*、比利时舍氏玻璃介(相似种) *Schellen-candona cf. belgica*、粗糙土星介 *Ilyocypris salebrosa*、布氏土星介 *Ilyocypris bradyi*、无偶斗星介 *Cypridopsis vidua*、喙盲星介(相似种) *Typhlocypris cf. rostrata*、及斗星介属(未定种) *Cypridopsis sp.* (包含 3 种),共计 6 属 10 种。

转换函数的基本原理是利用群落生态学中的梯度分析方法,寻求在环境参数存在梯度变化的空间范围内,现生种各属种特征(丰度、个体大小等)与环境参数之间的定量关系^[20]。目前,建立基于介形类的水深转换函数方法主要有两种:一种为加权平均偏最小二乘回归法(weighted average partial least squares regression, WA-PLS)^[21];另一种为加权平均二项式回归法(weighted average binomial regression, WA-BR)。WA-BR 由 Wrožyna et al^[22]与 Frenzel et al^[23]提出并完善。WA-PLS 和 WA-BR 在建立水深转换函数方面的最大差别在于,前者采集所有属种的组成信息,而后者仅采集对水深相对敏感的属种组成信息^[23]。

经计算,仅 *S. cf. belgica* 对水深敏感(图 2(a)),其余属种均不敏感。因此,采用 WA-PLS 建立基于介形类的水深转换函数意义不大,仅采用 WA-BR 方法。利用 WA-BR 建立基于介形类的水深转换函数,分析软件为 EXCEL,其具体步骤如下^[23]:

1) 挑选出对水深相对敏感,丰度与出现频率均较高的介形类属种;

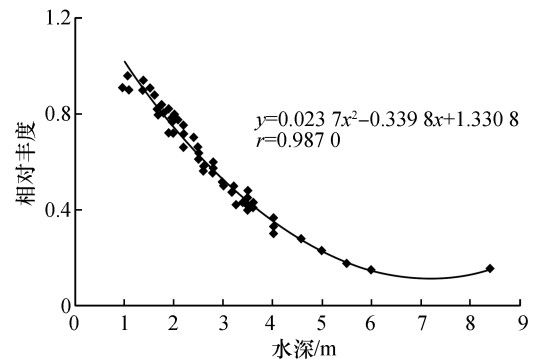
2) 利用二项式回归法建立每个所选出属种丰度与其所在水深的关系式,并计算其拟合相关系数;

3) 求解二项式方程。当某属种的方程式在某样点具有两个解时,取与在该样点上其它属种方程的解的差异相对较小的解;

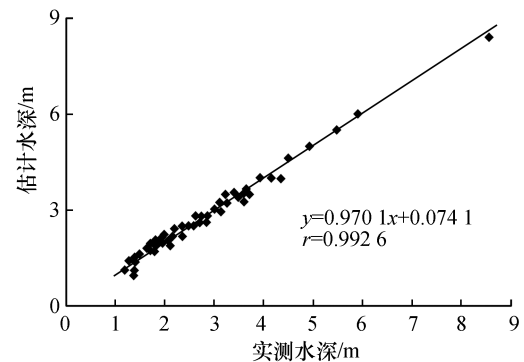
4) 样点的水深(即水深估计值)由该样点上所有的解加权平均求取,每个解的权重由其方程的拟合相关系数决定;

5) 计算样点水深估计值与实测值之间的相关系数与标准误差,以评估转换函数的预测能力。

现举例如下(假设转换函数由 3 个二项式方程组成):



(a) 采用 WA-BR 方法基于介形类 *S. cf. belgica* 的水深转换函数



(b) 水深估计值与实测值的相关关系

图 2 基于介形类的水深转换函数及其预测能力

Fig. 2 Transfer function for water depth based on ostracods and its predictive ability

$$Y_1 = x^2 + 2x - 1 (y_1, r_1) \quad (1)$$

$$Y_2 = 2x^2 + 3x + 5 (y_2, r_2) \quad (2)$$

$$Y_3 = 3x^2 - 4x - 8 (y_3, r_3) \quad (3)$$

式中, Y 为属种相对丰度, y 代表方程的解, r 代表拟合相关系数。

样点水深估计值(d)可按式求出:

$$d = \frac{y_1 r_1 + y_2 r_2 + y_3 r_3}{r_1 + r_2 + r_3} \quad (4)$$

S. cf. belgica 丰度与出现频率均高, 适合利用其数据建立转换函数。故洞庭盆地基于介形类的水深转换函数如下(图 2(a)):

$$y = 0.0237x^2 - 0.3398x + 1.3308 \\ (r = 0.9870)$$

水深估计值与实测值相关性很高(图 2(b), $r = 0.9926$), 表明该转换函数具有较好的预测能力。

参考文献:

- [1] 朱立平, 王君波, 林晓, 等. 西藏纳木错深水湖芯反映的 8.4 ka 以来气候环境变化[J]. 第四纪研究, 2007, 27(4): 588-597.

- [2] LIU B, JIN H L, SUN L Y, et al. Holocene climatic change revealed by aeolian deposits from the Gonghe Basin, northeastern Qinghai-Tibetan Plateau[J]. *Quaternary international*, 2013, 296: 231-240.
- [3] ZHAO C, LIU Z H, ROHLING E J, et al. Holocene temperature fluctuations in the northern Tibetan Plateau[J]. *Quaternary research*, 2013, 80(1): 55-65.
- [4] DIXIT S, BERA S K. Pollen-inferred vegetation vis-à-vis climate dynamics since Late Quaternary from western Assam, Northeast India: Signal of global climatic events[J]. *Quaternary international*, 2013, 286: 56-68.
- [5] LI F, ZHU C, WU L, et al. Environmental humidity changes inferred from multi-indicators in the Jiangnan Plain, Central China during the last 12,700 years[J]. *Quaternary international*, 2014, 349: 68-78.
- [6] 邵晓华,汪永进,程海,等.全新世季风气候演化与干旱事件的湖北神农架石笋记录[J]. *科学通报*, 2006, 51(1): 80-86.
- [7] 柏道远,李长安.洞庭盆地第四纪地质研究现状[J]. *地质科技情报*, 2010, 29(5): 1-8; 14.
- [8] 李俊,王淑云,莫多闻. 6000 aBP 以来洞庭湖沉积记录的环境演变及其同人类活动的关系[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 2011, 47(6): 1041-1048.
- [9] CHANG H, AN Z S, WU F, et al. A Rb/Sr record of the weathering response to environmental changes in westerly winds across the Tarim Basin in the late Miocene to the early Pleistocene[J]. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 2013, 386: 364-373.
- [10] 席党鹏,尹秀珍,崔莹,等.松辽盆地中部青山口组-姚家组界线上下古湖泊特征及古气候响应[J]. *微体古生物学报*, 2008, 25(3): 266-274.
- [11] 张建新,申志军,顾海滨,等.洞庭湖区第四纪环境地球化学[M].北京:地质出版社,2007: 1-269.
- [12] AKITA L G, FRENZEL P, WANG J B, et al. Spatial distribution and ecology of the Recent Ostracoda from Tangra Yumco and adjacent waters on the southern Tibetan Plateau: A key to palaeoenvironmental reconstruction[J]. *Limnologia*, 2016, 59: 21-43.
- [13] SCHRÖDER T, VAN T HOFF J, ORTIZ J E, et al. Shallow hypersaline lakes as paleoclimate archives: A case study from the Laguna Salada, Málaga province, southern Spain[J]. *Quaternary international*, 2018, 485: 76-88.
- [14] MARCHEGIANO M, FRANCKE A, GLIOZZI E, et al. Arid and humid phases in central Italy during the Late Pleistocene revealed by the Lake Trasimeno ostracod record[J]. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 2018, 490: 55-69.
- [15] PÉREZ L, FRENZEL P, BRENNER M, et al. Late Quaternary (24-10 ka BP) environmental history of the Neotropical lowlands inferred from ostracodes in sediments of Lago Petén Itzá, Guatemala[J]. *Journal of paleolimnology*, 2011, 46(1): 59-74.
- [16] ZHU L P, PENG P, XIE M P, et al. Ostracod-based environmental reconstruction over the last 8,400 years of Nam Co Lake on the Tibetan plateau[J]. *Hydrobiologia*, 2010, 648(1): 157-174.
- [17] MISCHKE S, HERZSCHUH U, MASSMANN G, et al. An ostracod-conductivity transfer function for Tibetan lakes[J]. *Journal of paleolimnology*, 2007, 38(4): 509-524.
- [18] 禹娜.中国非海水介形类[M].上海:上海教育出版社,2014: 1-283.
- [19] KARANOVIC I. Recent freshwater ostracods of the world: Crustacea, Ostracoda, Podocopa[M]. New York: Springer, 2012: 1-608.
- [20] 张家武,何晶,陈硕,等.第四纪湖相介形类壳体化石在古环境中的应用—一种属组合研究进展与问题[J]. *地球科学进展*, 2009, 24(11): 1229-1237.
- [21] TER BRAAK C J F, JUGGINS S. Weighted averaging partial least squares regression (WA-PLS): an improved method for reconstructing environmental variables from species assemblages[J]. *Hydrobiologia*, 1993, 269(1): 485-502.
- [22] WROZYNA C, FRENZEL P, STEEB P, et al. Recent lacustrine ostracoda and a first transfer function for palaeowater depth estimation in Nam Co, southern Tibetan Plateau[J]. *Revista española de micropaleontología*, 2009, 41(1/2): 1-20.
- [23] FRENZEL P, WROZYNA C, XIE M P, et al. Palaeowater depth estimation for a 600-year record from Nam Co (Tibet) using an ostracod-based transfer function[J]. *Quaternary international*, 2010, 218(1/2): 157-165.

(责任编辑:扶文静)