科 学 通 报
第42卷 第7期 Chinese Science Bulletin 1997年4月

【研究简报】

青藏高原甜水海地区第四纪有孔虫化石

李元芳① 李炳元① 王 国① 李世杰② 朱照宇③
(①中国科学院地理研究所,北京 100101;②中国科学院兰州冰川冻土研究所,兰州 730000;
③中国科学院广州地球化学研究所,广州 510640)

关键词 青藏高原 第四纪 有孔虫化石

1995年7月笔者在青藏高原西北部甜水海湖东南面约100 m处(35°21′N, 79°35′E,海拔高度4 840 m)进行钻探和地表剖面采样. 经分析在钻孔和地表的湖相沉积中都发现有孔虫化石. 在世界上海拔最高、距海遥远的青藏高原腹地第四纪湖相沉积中发现晚第四纪有孔虫化石尚属首次,这为青藏高原环境演化的研究提供了极有意义的新证据.

1 有孔虫化石特征

在钻孔2.00 m以上的地层和厚达1.63 m的露头剖面中(共54个样品)发现有孔虫化石,化石共计有876枚. 化石保存程度不一,幼体较多,常见保存较好的2～4个房室的幼体,成年壳体保存差,部分标本有破损现象,并有畸形壳体出现. 经鉴定化石均为 *Elphidium*? sp.,该种为平卷包旋式壳,壳形圆,两侧对称并微凸;壳缘圆,周缘呈瓣状;终圈具7～9个房室;缝合线明显,稍弯曲,凹下,具清晰的壁间桥;脐部易变,有时盖有1个至数个壳质凸疣;壳口位于口面基部,为一列圆形小孔;壳面壁孔发育,壁孔粗,如图1所示.

2 与有孔虫共生的介形类

与单一的有孔虫群共生的介形类有 *Eucypris inflata* (Sars), 无瘤型 *Cyprideis torosa* (Jones), *Leucocythere mirabilis* Kaufmann, *Limnocythere dubiosa* Daday,在数个样品中还有稀

参 考 文 献

1 Gao Jun, He Guoqi, Li Maosong, et al. The mineralogy, petrology, metamorphic PTDt trajectory and exhumation mechanism of blueschists, south Tianshan, northwestern China. Tectonophysics, 1995, 250:151～168
2 Sobolev N V, Dobretsov N L, Bakirov L B, et al. Eclogites from various types of metamorphic complexes in the RSSR and the problems of their origin. Geol Soc Am Memoir, 1986, 164:349～363
3 高 俊,肖序常,汤耀庆,等. 西南天山构造地层学初步研究. 地层学杂志,1995,19:122～128
4 Coleman R G, Lee D E, Beatty L B, et al. Eclogites and eclogites: their difference and similarities. Geol Soc Am Bull, 1965, 74:483～504
5 Ellis D J, Green D H. An experimental study of the effect of Ca upon garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange eqilibria. Contrib Mineral Petrol, 1979, 71:72～80
6 Holland T J B. The experimental determination of activities in disordered and short-range ordered jadeitic pyroxenes. Contrib Mineral Petrol, 1983, 82:214～220

(1996-04-22收稿,1996-07-01收修改稿)

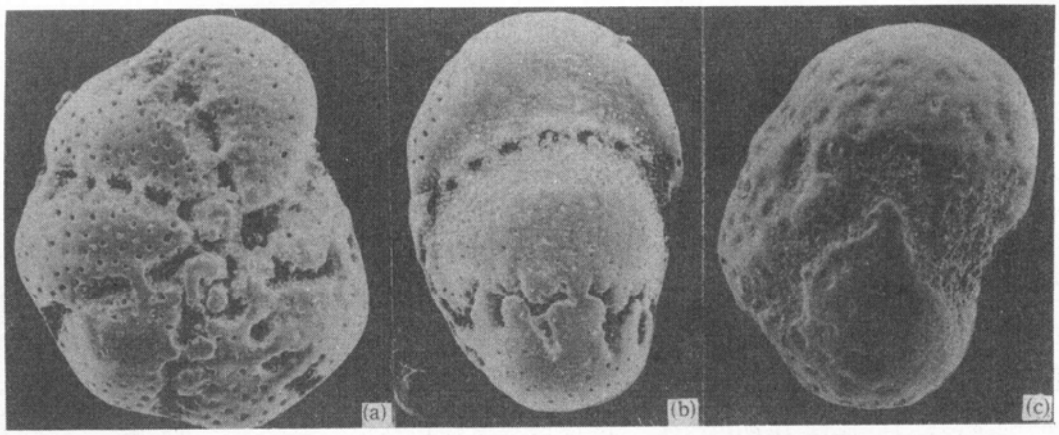

图 1　有孔虫化石

(a)侧视，×150；(b)壳缘视，×168；(c)幼体侧视，×300

少的 *Ilyocypris biplicata* (Koch)和 *Candoniella eactea* (Baird). 根据已有报道和近几年对青藏高原现代湖泊中活体介形类分析，表明 *Cyprideis torosa* 可在盐度为 0.4‰～150‰的内陆水域，特别是 NaCl 占优势的内陆盐湖中生存[1]，也可生活在与开放海有联系的半咸水中，De Deckker 视它为一种海相世系介形类[2]，在盐度高于 5‰的水域，通常是无瘤型占优势[3]. *Eucypris inflata* 是能忍受高盐度的真盐生生物，国外记录到的最高耐盐值为 110‰[2]，在青藏高原盐度为 256.733‰的西金乌兰湖的现代底质中找到活个体. *Leucocythere mirabilis* 和 *Limnocythere dubiosa* 为广盐性种，在青藏高原它们主要生活在半咸水湖中，前者也见于淡水和超咸水湖泊. 目前在甜水海中只找到 *Eucypris inflata*, *Leucocythere mirabilis* 和 *Ilyocypris biplicata* 的活个体.

从介形类生态资料分析，与有孔虫群共生在同一环境中的是广盐性陆相介形类，指示水体盐度＞5‰，或者说是高于现代甜水海湖水盐度，表明古甜水海为中盐水-真盐水的湖泊.

3　有孔虫化石群的古环境意义

现代有孔虫绝大多数是海生生物，极少数属种生活于泻湖、河口等半咸水区域，仅假几丁质壳的网足虫科个别属种发现于淡水[4]. 因此普遍认为它是海相和海陆过渡相及残留海的指相化石之一，在我国新生代内陆盆地中发现有孔虫化石群视为海侵的证据，这些内陆盆地是与海相通的陆相湖盆或残留海[5]. 近年来有些学者根据新生代环境变迁史、生物演化史的研究，提出有些新生代内陆有孔虫群的存在并非完全是证明有海水入侵的观点[6,7]. 国外曾报道过在多种非海相环境中发现有孔虫，如 Cann 等还发现澳大利亚南部一些非海相盐湖中，一种现生希望虫 *Elphidium* 在盐湖的整个干枯期都可生存，这为维持下代的延续提供了基础[8].

本区有孔虫化石出现在灰色、灰黄色粘土或具水平微层理的粉砂、粘土质粉砂层内，用 ^{14}C 和 U-Th 法对该沉积物进行年代测定，其结果钻孔深度为 0.75 m 和 1.31 m 处分别是(18.6±0.3) kaBP 和(19.8±0.2) kaBP，剖面底部为(20.1±0.45) kaBP，可见含有孔虫化石的沉积物是晚更新世末次冰期盛冰期时形成的.

本区位于西昆仑山和喀喇昆仑山之间的青藏高原最高的湖区. 晚更新世时期青藏高原一

般高度已达近 4 000 m[9]，据青藏高原末次冰期古雪线高度分析，当时甜水海地区为青藏高原古雪线最高的地区[10]，也显示出在末次冰期时甜水海地区海拔已经达到更大的高度．由此，根据有孔虫化石的存在也难于推断处于巨大海拔高度的甜水海湖盆曾与邻近海域相通或是残留海，也不可能表示甜水海湖盆遭受海侵．

在末次冰期时，甜水海地区已达巨大的海拔高度，周围高山对气流的屏障作用十分明显，因此出现极端干旱的环境，导致湖盆地区降水锐减，从而出现湖泊退缩[11,12]．甜水海钻孔介形类动物群演化也证实上述现象，受干旱气候的影响，古甜水海湖水蒸发、浓缩，湖面大幅度下降，在晚更新世末次冰期盛冰期时已成为半咸水甚至咸水湖．海相世系的广盐性有孔虫能在这种环境中出现，表明当时有适于它生长的生境条件，特别是起控制作用的盐度、离子成分、pH 值和 $CaCO_3$ 含量等，末次冰期时古甜水海湖水的化学性质可能与海水相近，成为 Cl 离子富集的湖水，这为广盐性 *Elphidium*？ sp. 提供了生存和繁衍的最基本的条件．

现代甜水海湖水矿化度为 8.538 g/L，主要化学成分(g/L) $Na^+ + K^+$ 为 2.636，Mg^{2+} 为 0.314，Ca^{2+} 为 0.058，Cl^- 为 4.056，SO_4 为 1.003，CO_3^{2-} 为 0.075，HCO_3^{2-} 为 0.446．水化学类型为硫酸钠亚型(1993 年 7 月采集的水样)，目前在现代甜水海底质中还未发现有孔虫活个体，也可能是现代湖水离子成分中 Na^+，Mg^{2+}，Cl^- 离子与海水(这三种离子分别为 10.50，1.35 和 19.00 g/L)相差甚多．

至于在末次冰期时有孔虫如何搬运、移居到古甜水海，是否通过空中通道，借助于风暴(尘暴)等外力，越过高大山体，进入甜水海古湖盆，这还有待进一步探讨，找出证据．

致谢 本研究得到王乃文、何希贤和王苏民等先生的帮助，在此一并致谢．本工作为国家"攀登"计划资助项目．

参 考 文 献

1 Neale J W. Ostracods and paleosalinity reconstruction. In: De Deckker P, et al. eds. Ostracoda in the Earth Sciences. Amsterdam: Elsevier, 1988, 125～155

2 De Deckker P. Ostracods of athalassic saline lakes. Hydrobiologia, 1981, 81:131～144

3 Carbonel P. Ostracodes and transition between fresh and saline waters. In: De Deckker P, et al. eds. Ostracoda in the Earth Sciences. Amsterdam: Elsevier, 1988, 157～173

4 郝诒纯，裘松余，林甲兴，等．有孔虫．北京：科学出版社，1980

5 汪品先，林景星．我国中部某盆地早第三纪半咸水有孔虫化石群的发现及其意义．地质学报，1974，(2)：175～183

6 孙镇城，曾学鲁，陈克造，等．柴达木盆地盐湖有孔虫的发现及其地质意义．石油学报，1992，13(2)：252～257

7 吴乃琴．弱海相性有孔虫群的特征及其代表的沉积环境．第四纪研究，1993，(3)：267～279

8 Cann J H, De Deckker P. Fossil quaternary and living foraminifera from athalassic (Nonmarine) saline lakes, Southern Australia. Journal of Paleontology, 1981, 55:660～670

9 李吉均，文世宣，张青松，等．青藏高原隆起的时代、幅度和形式的探讨．中国科学，1979，(6)：608～616

10 李炳元，李吉均，崔之久，等．青藏高原第四纪冰川遗迹分布图．北京：科学出版社，1991

11 张青松，李炳元，朱立平．青藏高原西北部第四纪环境的新认识．地理学报，1994，49(4)：289～297

12 李炳元，张青松，王富葆．喀喇昆仑山-西昆仑山地区湖泊演化．第四纪研究，1991，(1)：67～71

(1996-04-29 收稿，1996-08-01 收修改稿)