

云南鹤庆盆地 15 万年以来的介形类及环境变迁*

彭金兰¹ 王苏民²

(1: 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008; 2: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

提 要 云南鹤庆盆地 HQ 钻孔剖面分析出介形类 13 属, 32 种. 根据介形类丰度、分异度及百分含量的变化情况, 结合孢粉、总有机碳含量(TOC)、碳氮比(C/N)、碳酸盐含量等的分布, 将鹤庆盆地近 15 万年以来的古气候、古环境变化初步划分为 5 个阶段, 同时又划分出若干亚阶段. 总的气候特征为冷期偏湿、暖期偏干, 在冷湿和暖干的宏观波动背景上存在次级波动, 反映出其气候变化的区域特性. 同时, 各气候阶段基本可与深海氧同位素 V28-38 钻孔、黄土/古土壤序列邛山剖面反映的气候阶段相对比, 又显示出其气候变化的协同性. 在构造与气候的双重作用下, 在 11790aBP 左右湖盆被彻底切开.

关键词 介形类 环境变迁 150-12kaBP 云南鹤庆盆地
分类号 P532

我国西南季风区晚新生代环境研究尚处起步阶段, 且缺乏高分辨率环境演化序列, 这对西南季风区与东南季风区、青藏高原的比较分析, 进而阐明我国古气候变化的空间格局带来了困难. 介形类作为湖泊环境中重要的微体古生物门类, 是敏感的环境指标之一, 介形类的繁殖、发育、数量、分布及形态特征等都与其生活环境有着密切联系. 前人对云南高原第四纪介形类的研究^[1-7]由于条件所限、研究目的不同, 取样间距通常较大, 难以利用进行高分辨率环境分析. 因此, 本文选择典型西南季风区鹤庆盆地连续沉积的钻孔剖面, 进行高密度样品采集, 运用定性、定量的方法, 研究 15 万年来鹤庆盆地介形类的变化规律, 并结合孢粉、地化指标, 探讨丰度、分异度等参数的古环境意义, 重建了西南季风区古环境演变的序列.

1 材料与方法

鹤庆盆地位于滇中高原面上, 北高南低, 海拔 2193-2240m. 盆地呈近南北向狭长形, 面积约 144km². 发源于丽江玉龙雪山(海拔 5596m)的漾弓江流经盆地, 最终汇入金沙江. 盆地气候偏温凉, 年平均气温 13.5℃, 1 月平均气温 8℃, 7 月平均气温 21℃, 年温差 12-13℃. 盆地内年降水量在 900-1000mm, 干、湿季分明. 植被分区上, 鹤庆盆地属滇中西北部高中山高原区云南松林云冷杉林亚区^[8].

HQ 钻孔剖面(26°30'N, 100°10'E)位于鹤庆盆地西南部, 深 42.85m, 主要为一套深灰色、青灰色泥, 偶见有粉砂夹层, 产有较丰富的介形类、腹足类及藻类化石. 为确保高分辨率环境研究的需要, 对剖面进行高密度取样, 共取样 690 个(32.6m 以上, 取样间距为 5cm; 32.6m 以下, 取样间距为 10cm, 单个样品重量 20g). 所采样品用双层筛洗法冲洗, 上层筛孔径为 1mm, 下层筛孔径为 0.061mm. 对挑选出的近 10 万枚壳体, 全部进行了鉴定统计, 工作在 OptonDX60 双目显微镜下进行. 孢粉资料由

* 国家自然科学基金(40001022)及中国科学院知识创新工程创新基金(000408)联合资助.
2002-03-10 收稿; 2002-05-25 收修修改稿. 彭金兰, 女, 1967 年生, 博士, 副研究员.

中国科学院南京地理与湖泊研究所羊向东提供^[9]. 碳酸盐测定采用中国科学院南京地理与湖泊研究所研制的碳酸岩含量自动分析仪测定. 有机碳测定采用重铬酸钾 ($K_2Cr_2O_7$) 容量法-外加热法 (Tyrin 法), 总氮采用过硫酸钾 ($K_2S_2O_8$) 氧化法. ^{14}C 测年数据: 1.42-1.48m, 5885 aBP; 3.47-3.52m, 11858 aBP; 10m, 35110 aBP^[10];

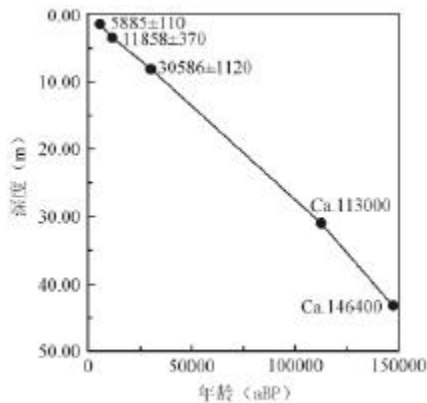


图 1 HQ 孔年龄-深度曲线

Fig.1 The age-depth curve of core HQ

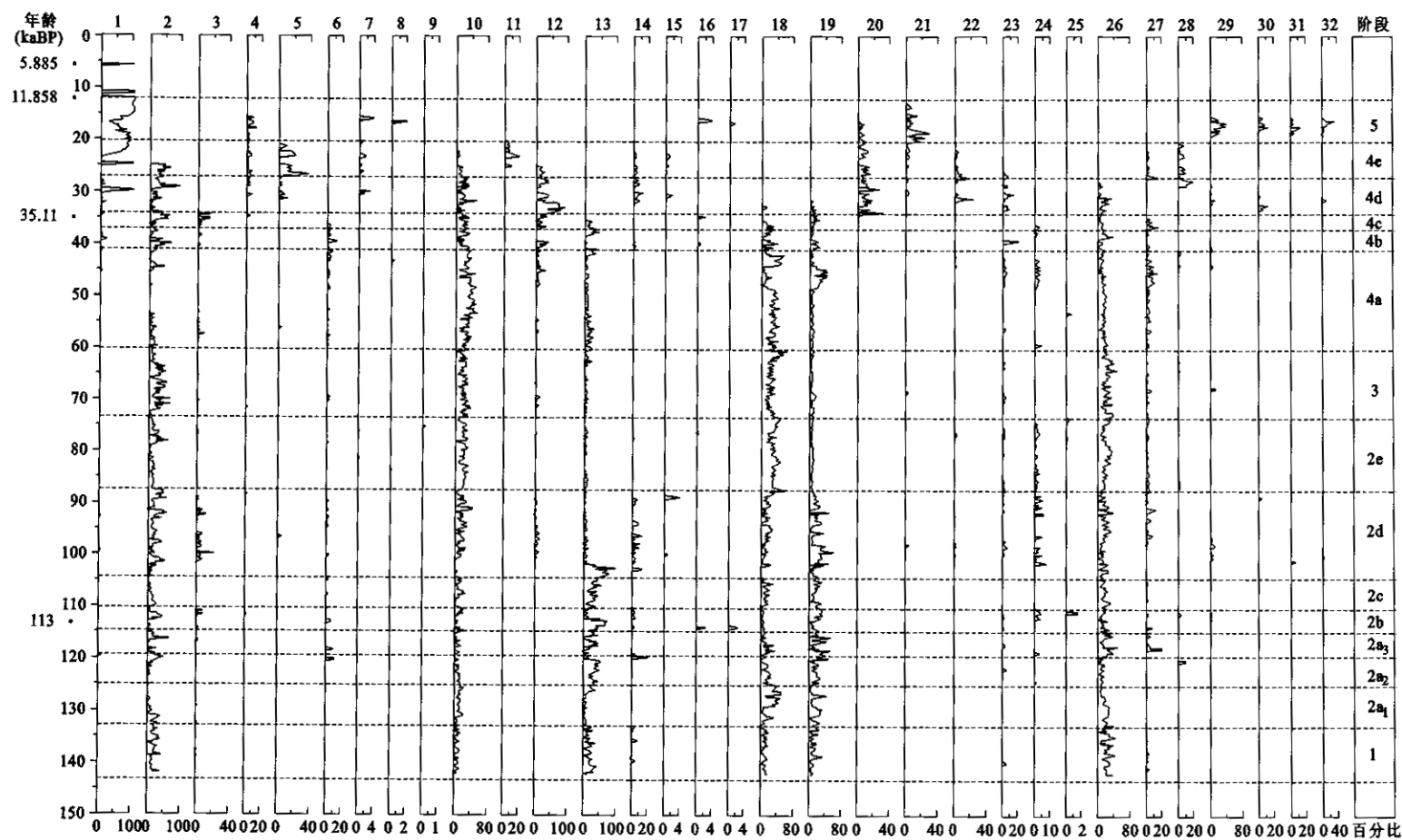
深度约 31m, 古地磁曲线显示双漂, 而由于剖面的岩性较均一, 根据已知测年数据获得的沉积速率而计算的 31m 的年代约 11.3kaBP, 这一古地磁事件与布莱克 (Black) 事件的表现形式及时间吻合, 因此被确认为 Black 事件. 剖面年代序列依据沉积物固结模型计算而得^[11], 该模型最早源于黄土沉积^[12], 由于湖泊沉积遵守斯托克斯定律, 即某一粒径以下的细颗粒沉降速度认为是恒定的, 沉积通量的大小代表不同的沉积速率, 据此引用下列公式和相应的年代节点 (测年数据) 建立年代序列 (图 1).

$$T_m = T_1 + \sum_{i=1}^m S_i a_i / \sum_{i=1}^n S_i a_i \times (T_2 - T_1)$$

式中, T_m 为 $i=m$ 样号的底界年龄, T_1 为 $i=1$ 样号的已知顶界年龄, T_2 为 $i=n$ 样号的底界年龄, a_i 为 i 样号的厚度, S_i 为 i 样号的某种粒度值. 根据 HQ 孔的粒度资料, 经过不断调试, 选定 $4\mu m$ 级以下的细颗粒作为模式的粒度指标.

2 介形类分布特征及古环境分析

HQ 钻孔剖面 91% 样品含有介形类化石. 且化石保存好、成、幼年体共存, 为原地埋藏. 其中, 顶部至 3.53m, 仅少量样品中有介形类化石, 且属种单一, 数量极少. 经鉴定, 共发现介形类化石 13 属, 32 种 (图 2), 分别是: *Ilyocypris crassireticulata* Huang, 1982, *I. microspinata* Huang, 1982, *I. dunschanensis* Mandelstam, 1959, *Planocypris celata* Huang, Yang et Li, 1983, *Herpetocypris elongata* Huang, 1982, *H. sp.*, *Candona daxiuchangensis* Huang, 1982, *C. erhaiensis* Huang, Yang et Li, 1983, *C. cf. erhaiensis* Huang, Yang et Li, 1983, *C. heqingensis* Peng, 2002, *Lineocypris symmetrica* Chen et Ho, 1982, *L. cf. jiangsuensis* Hou et Ho, 1982, *L. granulosa* Peng, 2000, *L. gibba* Peng, 2000, *Callistoilyocypris parvatuberosa* Liu, 1992, *C. aspera* Liu, 1999, *C. sp.*, *Yunnanicandona elongata* Huang, 1982, *Y. firma* Huang, 1982, *Y. oblonga* Peng, 2000, *Potamocythere daliensis* Huang, 1983, *P. cf. erhaiensis* Huang, Yang et Li, 1983, *Neochinocythere sinuospinata* Huang, 1982, *N. alata* Huang, 1982, *N. ventrispinata* Huang, 1982, *N. sp.*, *Parachinocythere reticulata* Peng, 2000, *Fuxianhucythere inflata* Huang et Yang, 1986, *F. reticulata* Huang et Yang, 1989, *F. cf. aspera* Huang, Yang et Li, 1984, *Metacypris lijiangensis* Huang,



1. *Ilyocypris crassireticulata*; 2. *I. microspinata*; 3. *I. dunschanensis*; 4. *Planocypris celata*; 5. *Herpetocypris elongata*; 6. *H. sp.*; 7. *Candona daxiuchangensis*; 8. *C. cf. erhaiensis*; 9. *C. erhaiensis*; 10. *C. heqingensis*; 11. *Lineocypris symmetrica*; 12. *L. cf. jiangsuensis*; 13. *L. granulosa*; 14. *L. gibba*; 15. *Callistocypris parvatuberosa*; 16. *C. aspera*; 17. *C. sp.*; 18. *Yunnanicandona elongata*; 19. *Y. firma*; 20. *Y. oblonga*; 21. *Potamocythere daliensis*; 22. *P. cf. erhaiensis*; 23. *Neochinocythere sinuospinata*; 24. *N. alata*; 25. *N. ventrispinata*; 26. *N. sp.*; 27. *Parachinocythere reticulata*; 28. *Fuxianhucythere inflata*; 29. *F. reticulata*; 30. *F. cf. aspera*; 31. *Metacypris lijiangensis*; 32. *Heterometacypris heqingensis*

图 2 HQ 孔介形类百分含量变化图

Fig.2 The vertical changes of ostracode percentages in core HQ

1982, *Heterometacypris heqingensis* Peng, 2000.. 其中, *Candona daxiuchangensis*, *C. dianchiensis*, *C. erhaiensis*, *Callistoillocypris parvatuberosa*, *C. aspera*, *C. sp.*, *Neochinocythere ventrispinata* 壳体数量很少.

上述介形类属种多为地方性属种, 有限的生态资料显示^[1-7], 大部分属种喜淡水及偏温凉的气候, 表现出较相似的生态特征, 因而 HQ 孔利用介形类属种组成来识别环境变化有一定难度. 因此, 本文试图运用介形类丰度、分异度等定量数据的变化作为判识主要气候、环境变化阶段的参照, 同时, 以百分含量反映出的介形类组合中优势、次要分子的改变判断较次级的气候、环境变化特征.

根据研究剖面介形类属种组成、丰度、分异度及百分含量变化情况, 并结合孢粉、总有机碳含量(TOC)、碳氮比(C/N)及碳酸盐含量等的分布特征, 初步划分出 5 个气候变化阶段(图 3), 下面就各阶段气候状况及湖盆环境特征由老至新作一陈述.

阶段 1: 142620-131300 aBP(41.35-37.20m)

该时段介形类丰度、分异度均很低, 单个样品壳瓣数仅 17-125 枚, 主要分子为 *Neochinocythere sp.*, *Ilyocypris microspinata*, *Lineocypris granulosa*; 孢粉组合中云杉(*Picea*)、冷杉(*Abies*)含量较高(17%-18%), 喜暖成分很少; 总有机碳(TOC)与碳氮比(C/N)的峰值一一对应, 反映降水较多、外源有机质多. 总体上显示为冷偏湿的环境. 该时段碳酸盐含量中等偏高, 可能是冷期地表水对碳酸盐围岩溶蚀能力加强所致^[13].

阶段 2: 131300-73250 aBP(37.20-22.00m)

该气候阶段各项环境指标显示为暖干的气候特征, 又可划分为 5 个亚阶段.

(1) 亚阶段 2a: 131300-114910 aBP(37.20-31.50m)

该气候亚阶段各项环境指标显示为暖干的气候特征, 又划分为三个小阶段. i) 小阶段 2a₁: 131300-124500 aBP(37.20-34.86m): 该时段介形类丰度显著上升, 简单分异度略升高, 反映水体环境有利于介形类的生长发育, 主要分子为 *Yunnanicandona elongata*, 而 *Ilyocypris microspinata*, *Lineocypris granulosa* 及 *Neochinocythere sp.* 百分比下降; 相应地, 孢粉中云冷杉含量较低(平均低于 5%), 可见少量喜暖的山核桃(*Juglans*)、栲(*Castanopsis*)、石栎(*Lithocarpus*)等; 碳酸盐含量中等(31.53%-46.97%), 略下降, 显示水体矿化度中等; TOC 中等, C/N 比值下降, 指示降水减少、外源有机质减少. 推测该时段气候较温暖偏干. ii) 小阶段 2a₂: 124500-119560 aBP(34.86-32.70m): 该时段介形类丰度为谷值, 分异度降低, 主要分子为 *Lineocypris granulosa* 和 *Yunnanicandona firma*, 而 *Yunnanicandona elongata* 百分比明显下降; 孢粉中云冷杉含量略增加, 铁杉(*Tsuga*)为峰值, 同时未见栲、石栎等温暖分子; 碳酸盐含量比前阶段略下降. 推测该时段总的气候特征为凉湿. iii) 小阶段 2a₃: 119560-114910 aBP (32.70-31.50m): 该时段介形类丰度、分异度均升高, 主要分子为 *Yunnanicandona elongata* 和 *Neochinocythere sp.*, 而 *Lineocypris granulosa* 百分比下降; 孢粉中云冷杉含量很低, 同时有一些较喜暖的油杉(*Keteleeria*)、常绿栎(*Quercus evergreen type*)等; TOC 与 C/N 比总体为低值, 波动较大, 指示降水减少、外源有机质减少, 碳酸盐含量也较低. 推测

该时段气候总的特征为较温暖较干,干、湿波动较大.

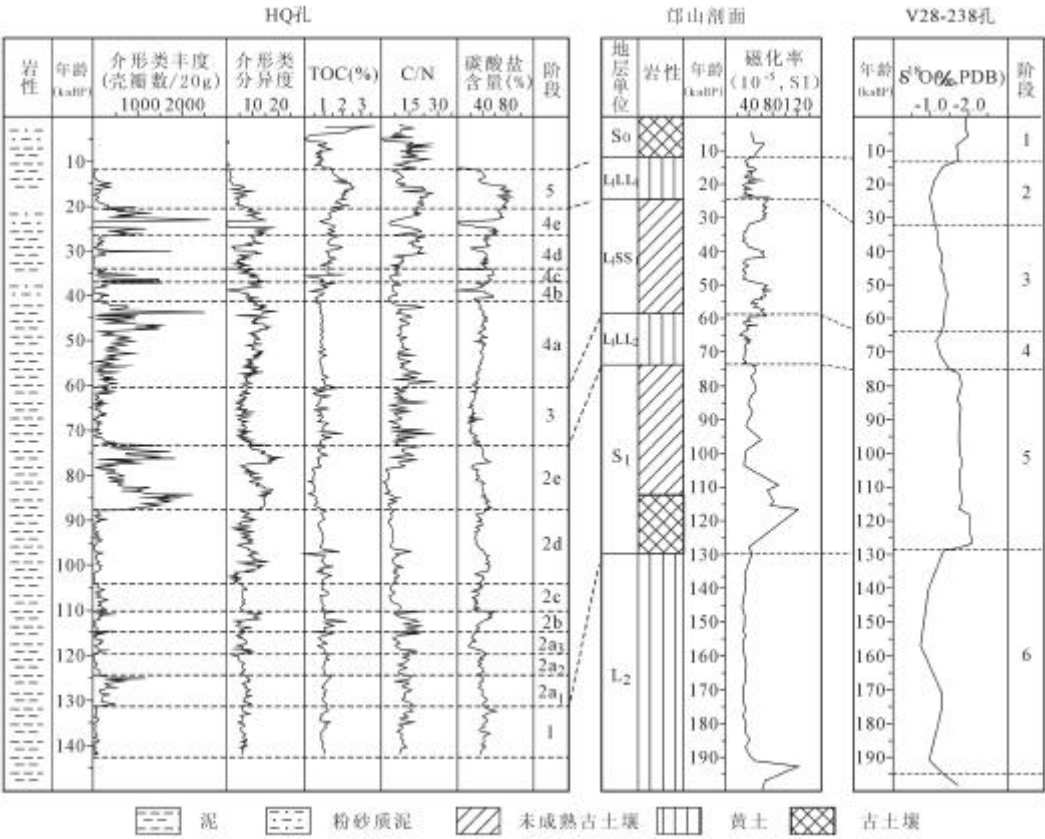


图 3 HQ 孔、邛山黄土剖面、深海 V28-238 孔对比图

Fig.3 Correlation between core HQ, loess section of Mangshan and deep sea core V28-238

(2)亚阶段 2b: 114910-110320 aBP(31.50-30.29m)
该时段介形类的丰度较前阶段下降,主要分子为 *Lineocypris granulosa*,而 *Yunnanicandona elongata* 百分比下降;孢粉中云冷杉含量较高,反映气候较冷;TOC 与 C/N 总体较前阶段上升,显示降水减少、外源有机质减少;碳酸盐含量中等,近顶部有一小峰值.该时段气候特征总体上为冷偏湿.

(3)亚阶段 2c: 110320-104480 aBP(30.29-29.00m)
该时段介形类丰度较前阶段上升,主要分子为 *Yunnanicandona elongata* 和 *Neochinocythere* sp.,而 *Lineocypris granulosa* 比例下降;孢粉浓度低,云冷杉和云南松(*Pinus yunnanensis*)含量波动较大;TOC 较前阶段略下降、C/N 比较前阶段明显下降,显示降水减少、外源有机质减少,碳酸盐含量中等.推测本时段的气候特征为温偏干.

(4)亚阶段 2d: 104480-87500 aBP(29.00-25.24m):
该时段介形类丰度较低,是整个剖面较连续的低丰度段,分异度在底部为一极低值、下部略高、上部较低,主要分子为 *Yunnanicandona firma*,相应地 TOC、C/N 比、碳酸盐含量、云冷杉百分比均存在类同介形类分异度的三段变化的格局,反映

该时段气候存在冷-温-凉的变化过程,下部偏干,上部偏湿.

(5)亚阶段 2e: 87500-73250 aBP(25.24-22.00m)

该时段介形类丰度、分异度均为较高峰值段,23-24m 段一度降至较低值;最大简单分异度为 21,是整个研究剖面的最高值,壳瓣数量为 45-2174 枚,主要分子为 *Yunnanicandona elongata* 和 *Neochinocythere* sp.; 孢粉中云冷杉含量总体较低,局部层位栲、石栎等喜暖分子的百分比有所升高,反映气候偏温; TOC 与 C/N 比下部低上部高,显示降水向上增大、外源有机质逐渐增多; 碳酸盐含量与介形类丰度、分异度变化呈现很好的吻合性,上下高中间低,指示矿化度中间低、上下高. 该时段气候特征总体温暖偏干,中部一度凉湿,存在温干-凉湿-温干的演替过程.

阶段 3: 73250-60250 aBP(22.00-18.29m)

该时段介形类丰度、分异度均明显降低,指示流动水体的 *Ilyocypris microspinata* 为优势分子,而 *Yunnanicandona elongata* 百分含量下降; 孢粉中云冷杉含量上升,并出现几个峰值,反映气候偏冷; TOC 与 C/N 比较高,显示降水丰富、外源有机质多,碳酸盐含量低,指示水体矿化度低. 推测该时段总体气候特征为偏凉湿.

阶段 4: 60250-20190 aBP(18.29-5.33m)

该气候阶段各项环境指标显示为偏温干的特征,又可划分为 5 个亚阶段.

(1)亚阶段 4a: 60250-41600 aBP(18.29-12.61m)

该时段介形类丰度、分异度均为峰值段,单个样品壳瓣数为 79-2488 枚,主要分子为 *Yunnanicandona elongata* 和 *Candona heqingensis*; 孢粉中具喜暖的常绿树种,云冷杉含量低,顶部略有增高; TOC 维持 1%左右, C/N 比值波动较大,比前期略高,碳酸盐含量较前阶段显著升高,为 25%-30%. 总体该时段气候以温暖偏干为特征.

(2)亚阶段 4b: 41600-37010 aBP(12.61-10.98m)

该时段介形类丰度、分异度较前阶段显著下降,主要分子为 *Ilyocypris microspinata*,而 *Yunnanicandona elongata* 百分含量下降; 孢粉中木本花粉为低值段,云冷杉百分含量下部较低,中、上部较高,反映气候偏凉; TOC 与 C/N 比下部低、上部略高,显示降水向上增多; 碳酸盐含量下部比上部高,指示水体矿化度下部高、上部低. 总体该时段气候特征为偏凉、早期偏干后期偏湿.

(3)亚阶段 4c: 37010-34210 aBP(10.98-9.57m)

该时段介形类丰度略上升,分异度上升明显,主要分子下部为 *Candona heqingensis* 和 *Yunnanicandona elongata*,上部为 *Ilyocypris microspinata*,孢粉中云冷杉含量降低,喜暖的栲、石栎等具有一定的百分含量,反映气候偏温; TOC 平均 1.1%, C/N 比为 4.2-10.8,湖泊流域生产力中等、降水较少; 碳酸盐含量为 46.51%-59.24%,指示水体矿化度较高. 推测该时段气候特征为偏温干.

(4)亚阶段 4d: 34210-26800 aBP(9.57-7.03m)

该时段内介形类丰度、分异度均有一定程度降低,中上部丰度有一短暂峰值; 下部介形类丰度很低,且多为未成年壳体,壳瓣数量除 7.82m 处达 1763 枚外,余者为 10-392 枚,主要分子为 *Lineocypris* cf. *jiangsuensis*, *Yunnanicandona oblonga* 和 *Candona heqingensis*,而 *Yunnanicandona elongata* 近无; 孢粉铁杉含量较高,达 20%-40%,上部增多,推测气候偏凉; TOC 与 C/N 比比前期有所增大,显示湖泊流域生产力升高、降水量增大、外源有机质增多; 碳酸盐含量较前期略降低,指示水体矿化度降低. 该时段总体气候特征为凉湿.

(5)亚阶段 4e: 26800-20190 aBP(7.03-5.33m)

该时段介形类丰度、分异度明显上升,主要分子下部为 *Ilyocypris microspina*,上部为 *Ilyocypris crassireticulata*,下部具有中空小刺的 *Herpetocypris elongata* 百分含量的显著增加,推测前期水体有一定深度,且较平静^[14]; 26210-21500a BP(6.83-5.74m)期间轮藻化石分布连续且保存较好,指示水体较平静;孢粉中云冷杉百分含量低,喜暖的山核桃、栲、石栎等有一定的百分含量,表明气候偏温,铁杉下高上低,反映降水差异;TOC、C/N 比、碳酸盐含量变化较大,总体指示前期较湿、后期偏干的特点.该时段气候总的特征温偏干.

阶段 5: 20190-11790 aBP(5.33-3.57m)

该时段介形类丰度、分异度明显下降,主要分子为 *Ilyocypris crassireticulata*, *Fuxianhucythere reticulata* 和 *Potamocythere daliensis*, 4.09m 之上,仅有 2 属 2 种,以 *Ilyocypris crassireticulata* 占绝对优势;孢粉云冷杉百分含量升高,有若干峰值,指示气候偏凉;TOC 为 1.48%-2.63%,指示湖泊流域生产力较高;C/N 比中、下部较高,平均高于 20,上部降低,平均低于 10,显示降水量早中期高、晚期低;碳酸盐含量较高,下部为 62.95%-85.24%,上部有一定程度降低,为 21.12%-62.12%,总体指示水体矿化度较高.因此,该时段总体气候特征为凉偏湿.较高的碳酸盐含量可能是冷期地表水对碳酸盐围岩溶蚀能力加强所致.

3.57m 至顶部

介形类化石极少,故未作气候阶段的进一步划分.仅于 3.2m、3.1m、1.36m 处见有若干枚适应能力较强的、可能分布于沟溪中的 *Ilyocypris crassireticulata*.孢粉浓度极低,其中草本花粉的含量急剧增加,反映偏干的环境.碳酸盐含量急剧下降,至 3m 以上接近于 0.根据盆地出口处约 11790 aBP 左右湖相沉积,推测在构造与气候的双重作用下,湖盆被彻底切开,内流盆地变为外流盆地,造成碳酸盐积累的迅速下降.

综上所述,鹤庆盆地 15 万年以来经历了冷湿、暖干、凉湿、温干等几个较大的气候变化阶段,其间又可识别出次级气候亚段,总体表现出暖期偏温、偏干,冷期偏凉、偏湿,反映出其气候变化的独特性.其间,介形类丰度、分异度显示出较突出的环境指示意义.

3 古环境对比

前面初步建立了鹤庆盆地 15 万年来环境演化的阶段与过程,在一定程度上揭示了西南季风区气候变化的特点,为了进一步探讨本区暖干与冷湿交替的特点与东南季风区的差异以及与全球变化的联系,下面选择郑州邙山黄土-古土壤序列^[15]和深海氧同位素 V28-238 孔^[16]进行对比(图 3).

阶段 1(142620-131300 aBP).相当于深海氧同位素阶段 MIS6 的顶部,HQ 孔各项环境代用指标指示为冷湿的特征,与深海 $\delta^{18}\text{O}$ 低值相一致,但黄土磁化率 L_2 低谷指示较干旱的特点.阶段 2(131300-73250 aBP).相当于 MIS5,HQ 孔与古土壤 S_1 磁化率峰值和深海 $\delta^{18}\text{O}$ 高值三者均显示暖期的特点,并可分为 5 个亚阶段,而 HQ 孔的分辨率要高得多,其中 MIS5e 阶段明显地可分为三个小阶段 ($2a_1, 2a_2, 2a_3$),MIS5a 阶段存在二个丰度峰值,其形态和年代与格陵兰冰芯 GRIP 较为一致^[17],这种特点表现出季风区气候的不稳定性.此外,HQ 孔 MIS5 是在暖干的背景上波动式变干,而邙山剖面是在暖湿的背景上向上波动式变干.值得指出的是,推测介形类丰度、分异度主要取决于温度和湖水盐度(与降水量、碳酸盐含量等有关)两者的组合,MIS5a 阶段的介形类丰度、分异度显然超过 MIS5e 的下部,事

5a 阶段的介形类丰度、分异度显然超过 MIS5e 的下部,事实上 MIS5e 下部温度高于 MIS5a. 阶段 3 (73250-60250 aBP). 相当于 MIS4, HQ 孔环境指标揭示的较冷的环境与邛山剖面 L_1LL_2 黄土的低磁化率、深海 $\delta^{18}O$ 低值相对应,但是 HQ 孔中出现较高 TOC 和 C/N 比值以及碳酸盐的谷值,表明降水量增大的湿润气候,这与黄土的干旱环境构成鲜明的对照. 阶段 4 (60250-20190 aBP). 相当于 MIS3, HQ 孔揭示的偏温的气候特征与邛山剖面中成熟度不高的古土壤层 (L_1SS_1) 较高磁化率以及深海略高的 $\delta^{18}O$ 值相吻合,但内部的波动是明显的. 依据介形类丰度、分异度和黄土磁化率的变化显然可以划分出 5 个亚阶段,并能相互对应,只是两者之间表现出温度变化的同步性、湿度变化的反向性,再次揭示我国不同季风区环境的差异. 近年来不少学者认为 MIS3, 特别是 40-30 kaBP 是一个特征时期,青藏高原和西北地区湖面的急剧扩张,并力图用穿赤道气流增强季风环流来解释^[18]. 本文的研究结果表明 MIS3 季风区气候的不稳定性明显,只有通过颇多的高分辨环境序列的比较研究,才能较深入探讨该时段季风变迁的时空规律. 阶段 5 (20190-11790 aBP). 相当于 MIS2, HQ 孔显示的偏冷的气候特征与邛山剖面 L_1LL_1 黄土较低的磁化率和深海 $\delta^{18}O$ 低值相对应,但在 HQ 孔中孢粉浓度、TOC、C/N 和碳酸盐含量四者同时出现最高峰值,前三者指示流域生物量高、降水量丰富,代表湿润环境;后者却暗示湖水矿化度较高,似乎有矛盾,文中用冷期冷水对碳酸盐围岩溶蚀加强加以协调^[13],事实上冷期 MIS4 以及暖期 MIS5 和 MIS3 中的冷阶段的碳酸盐含量并不高,看来 MIS2 的溶蚀作用加强可能还受到其他原因的促进,联系到盆地被切穿、由内流变外流的事实,不得不考虑构造运动的影响.

云南鹤庆盆地 HQ 孔 15 万年来的环境演化历史及其与黄土剖面、深海氧同位素的对比表明,西南季风区万年尺度的气候变化以冷(凉)湿和暖(温)干交替为特征. 以温度和湖水盐度为主要生长限制因素的介形类,其丰度、分异度的波动较集中地反映出环境特点,成为敏感的气候代用指标. 同时,纵观剖面介形类组合变化,大致可分为两个大的阶段:34kaBP(4d 亚阶段)以前,以 *Yunnanicandona elongata*、*Yunnanicandona firma* 和 *Lineocypris granulosa* 为主要分子,且互为消长波动,反映了环境的阶段特点;从 4d 亚阶段开始,较多新类型属种出现,且转变为以 *Ilyocypris crassireticulata*、*Yunnanicandona oblonga*、*Potamocythere daliensis* 和 *Fuxianhucythere reticulata* 为主要分子的组合,表明环境有明显转变. 成果还揭示了西南季风区的有效降水与东南季风区呈反向变化趋势,这无疑对不同气候区的环境差异加深了认识,暗示古季风的变迁在空间上是不均一的. 晚近地质时期西南季风暖干-冷湿的气候格局是某一气候转型事件的产物抑或第四纪一直如此,这是值得深入探讨的问题.

致谢 侯祐堂、勾韵娴研究员对介形类研究给予精心指导,特此致谢.

参 考 文 献

- 1 黄宝仁. 云南丽江盆地更新统介形类化石. 古生物学报, 1982, 21(2): 174-180
- 2 黄宝仁, 杨留法, 李景贵. 洱海表层沉积物中的介形类及其对研究陆相生油环境的意义. 见: 中国科学院青藏高原综合科学考察队编. 青藏高原研究, 横断山考察文集(一). 昆明: 云南人民出版社, 1983: 90-96
- 3 黄宝仁, 杨留法, 李景贵. 昆明滇池表层沉积物中的介形类. 中国科学院南京地质古生物研究所集刊, 第 2 号, 1984: 26-35
- 4 杨留法, 黄宝仁. 云南省抚仙湖表层沉积物中的介形类及其分布规律的研究. 上海师范大学学报(自然科学

- 版), 1986, (1): 69-80
- 5 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 兰州地质研究所, 南京地质古生物研究所等. 云南断陷湖泊环境与沉积. 北京: 科学出版社, 1989: 47-50, 388-400
- 6 钱方, 周国兴, 田国强, 等. 元谋第四纪地质与古人类. 北京: 科学出版社, 1991: 103-105
- 7 蒋志文. 元谋组的微体化石. 云南地质, 增刊, 1989: 47-53
- 8 云南植被编写组. 云南植被. 北京: 科学出版社, 1987: 759-774
- 9 Yang Xiangdong, Wang Sumin, Tong Guobang, et al. Vegetational and climatic response to tectonic uplift in Heqing Basin of Yunnan Province during the past 1.0Ma. 微体古生物学报, 2000, 17(2): 207-217
- 10 蒋雪中, 王苏民, 羊向东, 云南鹤庆盆地 30ka 以来的古气候与环境变迁. 湖泊科学, 1998, 10(2): 10-16
- 11 施雅风, 李吉均, 李炳元主编. 青藏高原研究丛书, 青藏高原晚新生代隆升与环境变化. 广州: 广东科技出版社, 1998: 164-167
- 12 Porter S C, An Z S. Correlation between climate events in the North Atlantic and China during the last glaciation. Nature, 1995, 375: 305-308
- 13 Lerman A. Lakes Chemistry Geology Physics. New York: Springer-Verlag, 1978: 295-324
- 14 杨藩, 孙镇诚, 曹春潮. 柴达木盆地陆相第四系中具刺介形类新属 Qaidamocypris 的发现及意义. 微体古生物学报, 1995, 12(3): 275-283
- 15 Wu Xihao, Wang Sumin, An Zhisheng, et al. Mangshan loess and its prospects for study of past global changes. Scientia Geologica Sinica, 1995, Suppl. (1): 115-120
- 16 Shackleton N J, Opdyke N D. Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-238: oxygen isotope temperature and ice volumes on a 10^5 year and 10^6 year scale. Quaternary Research, 1973, 3: 39-55
- 17 Greenland Ice-Core Project (GRIP) Members (Anklin A, Barnola J M, Beer J et al.). Climate instability during the last interglacial period recorded in the GRIP ice cores. Nature, 1993, 364: 203-207
- 18 刘东生, 安芷生, 陈明扬等. 最近 0.6Ma 南北半球古气候对比初探. 中国科学, B 辑, 1996, 26(2): 97-110

Ostracodes of the Heqing Basin, Yunnan and Environmental Changes during the Last 150000 Years

PENG Jinlan¹ & WANG Sumin²

(1: Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P.R. China;

2: Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P.R. China)

Abstract

13 genera and 32 species of ostracodes were identified from lake sediment core HQ in the He-

qing Basin, Yunnan Province. Five paleoenvironmental stages with a number of substages were divided in the basin since 150 kaBP based on the abundance, diversity and percentage of ostracodes, in combination with pollen, total organic carbon (TOC), carbon/nitrogen ratio (C/N), and carbonate content. The general paleoclimatic conditions of the lake area are characterized by the alteration of cold-wet periods with warm-dry periods, with secondary fluctuations superimposed on the macroscopic trend, representing the regional paleoclimatic features. These paleoclimatic stages are generally correlated with the deep sea oxygen isotope stages of equatorial Pacific core V28-238 and those revealed by loess/paleosoil sequences of Mangshan section, in Zhengzhou, which shows the synchronism and differentiation of paleoclimatic changes. Due to the both effects of tectonic and paleoclimatic activities, the lake basin was completely captured by river at ca. 11790 aBP.

Keywords: Ostracodes; environmental changes; 150-12 kaBP; Heqing Basin, Yunnan