

东北二龙湾玛珥湖 13 ka BP 以来的沉积年纹层研究

游海涛 刘嘉麒 刘强 储国强 Patrick Rioual 汉景泰 顾兆炎

(中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 吉林大学地球科学学院, 长春 130061)

E-mail: haitao_you1003@yahoo.com.cn

摘要 对东北二龙湾玛珥湖的沉积物(0~700 cm)进行研究, 发现该湖既含有生物年纹层(0~632 cm)又含有碎屑年纹层(632~700 cm), 其中生物年纹层又可按照藻类种类及含量的多少划分为以甲藻为主的生物年纹层(0~63 cm)和甲藻与硅藻混合的生物年纹层(214~632 cm)。对这 3 种年纹层的详细组成与结构特征进行了描述, 讨论了沉积序列中年纹层类型变化的原因, 并建立了 13 ka BP 以来高分辨率的纹层年代学标尺。这为今后继续年纹层计数、误差评价及高分辨率古气候记录研究奠定了很好的基础。

关键词 生物年纹层 碎屑年纹层 甲藻 纹层年代学

高分辨率古气候研究是过去全球变化研究的发展趋势和现实要求, 获取对古气候信息具有良好记载功能的研究材料非常关键。而年纹层(varve)发育的湖泊沉积物保存有丰富、连续完整、高分辨率的气候环境信息, 这就为高分辨率古气候环境研究提供了可能性^[1-4]。

湖泊沉积物年纹层是指以年为周期的纹层状沉积, 是一种保存完好的原生沉积结构单元, 它能很好地反映湖泊的年沉积旋回^[5]。如果年纹层的性质和组成特征可以确认, 那么连续的地质年代学时间标尺就能够通过年纹层计数建立起来^[6-8]。关于年纹层的研究, 已有 100 多年的历史^[9]。根据年纹层组成或层偶(纹层组合)的不同, 年纹层类型可以分为() 生物成因年纹层; () 碎屑年纹层; () 化学成因年纹层。其中每个大类还可以按照具体的组成划分为更细的类型^[6,10-12]。中国关于湖泊沉积物年纹层的研究目前也取得较大进展^[1,8]。

东北龙岗火山区的玛珥湖由于其特殊的成因, 沉积物中保存了较好的纹层, 是难得的高分辨率古气候环境记录的研究对象。本文对东北二龙湾玛珥湖沉积物岩芯 0~700 cm 的年纹层进行了研究。

1 样品采集及研究方法

二龙湾玛珥湖(126°21.4'E, 42°18.1'N)位于吉林省辉南县境内(图 1)。受温带大陆性季风气候的影响, 年平均温度为 2~4, 气温季节变化大, 冬季最低温度为-39, 夏季最高温度为 37。该区季节特征是:

冬季寒冷干燥, 从当年 11 月至次年 3 月; 春季风大干燥; 夏季温暖而多雨, 但持续时间短; 秋季凉爽多雾。年平均降水量为 500~800 mm。该湖是龙岗火山区内目前仍有积水的玛珥湖, 湖盆为椭圆形(图 1(a)), 湖水表面积约为 0.31 km², 最大水深为 36 m, 湖底平坦开阔。该湖为分层湖, 10 m 左右为温跃层, 由于受强烈的季节性气候影响以及特殊的湖盆形态, 有利于年纹层的发育和保存^[13]。

从 1998 年开始, 中国科学院地质与地球物理研究所与德国地球科学研究中心(GFZ)联合对二龙湾玛珥湖进行了地质调查和岩芯钻取工作, 证实了二龙湾表层沉积物发育有良好的纹层。并于 2001 年通过冷冻岩芯取样器(UWITEC)和 Usinger 活塞钻机获取了无扰动、无缺失、完整而连续的长达 2391 cm 的沉积岩芯。

岩芯钻取后, 储存于 0~4 的冷库中。剖样时先采用冲样法将套管中的岩芯原封不动地转移到 PVC 管中, 用钢锯沿中轴线剖开 PVC 岩芯管; 然后对其中一半岩芯进行详细的描述并照相留存; 另一半岩芯分割出 100 mm × 15 mm × 15 mm 的岩芯样条(样品间要互相重合 20 mm); 用液氮速冻后放入冷冻干燥器中冷冻干燥; 注胶(所用胶采用 120 g Araldite 2020/A 和 36.5 g Araldite 2020/B 混合配制而成); 编号并磨制为可用于镜下观察的岩相大薄片^[14]。

在二龙湾玛珥湖沉积岩芯中仔细挑选了 8 个不同层位的样品进行了 AMS¹⁴C 年龄测定, 其中深度 215.5 和 247 cm 的两个植物叶片是笔者在北京大学加

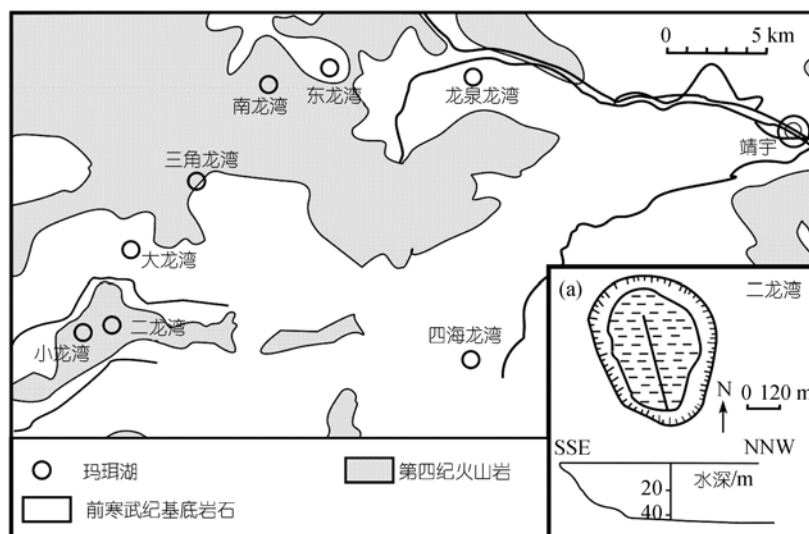


图1 采样位置示意图及湖盆形状(a)

速器质谱实验室完成的。其余6个沉积物块状样品是由德国地球科学研究中心Jens Mingram博士在波兰波兹南大学AMS¹⁴C实验室(<http://www.radiocarbon.pl>)完成测试的,所有的¹⁴C年龄都基于IntCal04数据库的Calib5.0.2校正程序(<http://calib.qub.ac.uk>)进行了校正^[15],获得校正后的日历年龄(用cal a BP表示)(图2)。

2 年纹层类型

显微镜下观察岩相大薄片是目前国际上进行年纹层微相变化研究和开展年纹层计数最常用的方法。年纹层类型划分一般是根据年纹层的结构和组成或层偶的组成来分类的,确定年纹层类型是进行精确的年纹层计数、年纹层厚度测量等工作的前提。显微镜下观察岩相大薄片(图2)得知,二龙湾玛珥湖0~700 cm的沉积序列中年纹层类型可分为较新时期的生物年纹层和较老时期的碎屑年纹层两大类:0~632 cm为生物年纹层,632~700 cm为碎屑年纹层。其中生物年纹层又可按照藻类种类的不同及含量的多少划分为更细的亚型,即0~63 cm是甲藻为主(>95%)的生物年纹层;214~632 cm是甲藻与硅藻混合的生物年纹层;63~214 cm为渐变层,纹层发育较差,不宜作年纹层讨论。

2.1 生物年纹层(0~632 cm)

根据储国强等人^[16,17]对小龙湾玛珥湖和四海龙湾玛珥湖采取水体中沉积物逐月捕获(trap)实验的研究表明,秋季(9月)为硅藻的繁盛期,初冬(11月)为

甲藻的繁盛期。从图1可以看出,二龙湾与小龙湾、四海龙湾玛珥湖都处在龙岗火山区,具有相似的地质水文背景,因此捕获实验的结论对二龙湾也有借鉴作用,即二龙湾玛珥湖中甲藻和硅藻微层也具有“年”特征,且具有明确的季节指示意义。另外据本文作者^[18]多次精确统计,0~5.5 cm间为(36±2)个纹层年,5.5 cm处对应于(1965±2)年;而¹³⁷Cs时标法表明5.5 cm处被确认对应为1963年全球¹³⁷Cs散落的高峰期;²¹⁰Pb_{ex}的CIC模式年龄表明5.5 cm处约为1962.1年。从而验证了较新时期的0~632 cm为生物“年”纹层的正确性。

甲藻为主的生物年纹层(0~63 cm)是由厚厚的甲藻微层及碎屑夹杂生物残体的微层组成的。甲藻与硅藻混合的生物年纹层(214~632 cm)是由3个可辨别的微层组成:亮色为碎屑微层,介于亮暗色之间的是混合微层,暗色为较厚的甲藻和硅藻微层。碎屑微层沉积物可能是由于冬季累积于冰面及汇水盆地的粉尘物质在春季随着冰雪融化进入湖泊中,可推测代表晚冬—春季;混合微层是由外源矿物质层和内源的硅藻、绿藻等生物有机质层组成的,可能形成于整个夏季。秋季—初冬(约9~11月)为全年硅藻、甲藻的主要繁盛期^[16,17],因此暗色甲藻和硅藻微层是秋季—初冬的重要标志。

2.2 碎屑年纹层(632~700 cm)

图3为二龙湾玛珥湖沉积物岩芯碎屑年纹层的AMS¹⁴C校正年龄与纹层计年对比图。从图3可以看出632和700 cm间AMS¹⁴C校正年龄差值为1473年,

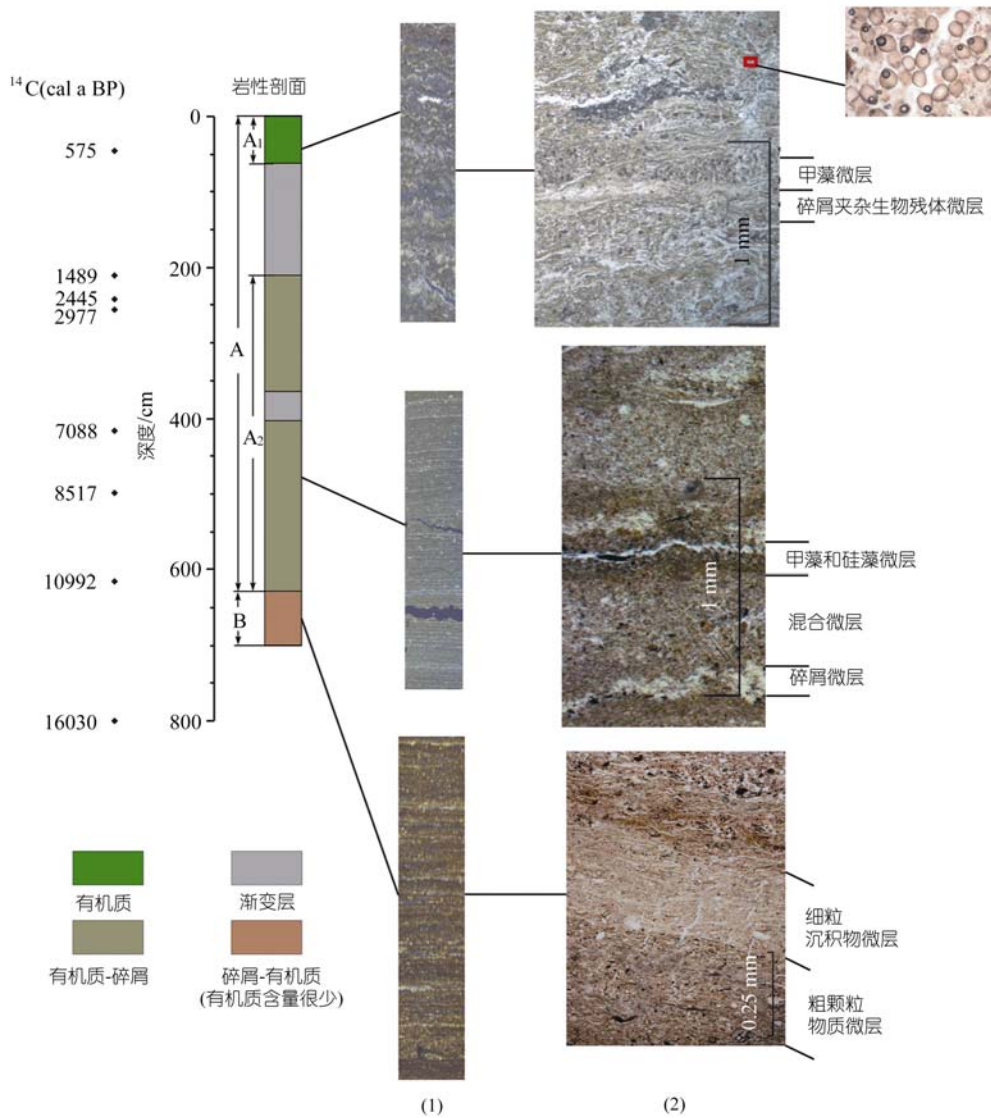


图 2 二龙湾玛珥湖沉积物(0~700 cm)的年纹层类型

A 生物年纹层; B 碎屑年纹层; A₁ 甲藻为主的生物年纹层; A₂ 甲藻与硅藻混合的生物年纹层;
(1) 岩相大薄片; (2) 显微镜下沉积“年”纹层观察结果

而经过多次精确统计纹层计年差值为 1568 a, 在误差允许内二者表现一致. 从而可以证明 632~700 cm 间碎屑年纹层的“年”特征.

碎屑年纹层层偶主要表现为清晰的粗颗粒陆源物质微层与细粒的沉积物微层交替. 二龙湾玛珥湖属于分层湖, 不连续输入, 沉积物表现为非常好的粒径渐变现象, 每一次输入都形成一个渐变序列. 碎屑年纹层的物质来源主要有两方面: 一可能是因为东北冬季风力较强, 冬季风吹扬湖岸陆面的松散物质, 其中粉尘呈悬浮态输送到湖泊上空, 在湖泊冰面降落, 待春季气温增高, 随冰层融化入湖, 沉入湖底;

二是随着夏季降雨, 汇水盆地的沉积物可能会带入湖中. 这两种来源的碎屑物质进入湖中后, 粗颗粒的先沉积下来, 等到冬季来临, 湖水结冰, 冰面以下水体环境稳定, 细粒粉尘物质缓慢地沉降下来, 覆盖在粗颗粒之上. 这样就形成了代表 1 a 沉积的粒径渐变年纹层层偶. 粗颗粒物质代表春—夏季节, 细颗粒沉积物代表秋—冬季节.

基于对 3 种年纹层类型的识别, 笔者对二龙湾玛珥湖的年纹层进行了准确的计数工作. 确定了甲藻与硅藻混合的生物年纹层向甲藻为主的生物年纹层转变处(63 cm)为(1016 ± 25) a BP(纹层年), 碎屑年纹层向

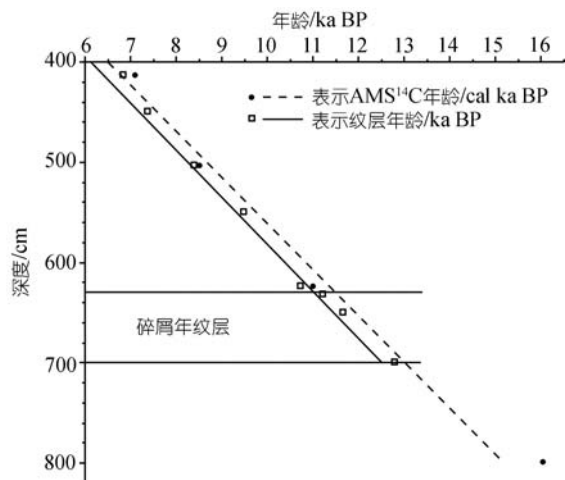


图3 碎屑年纹层的AMS¹⁴C校正年龄和纹层计年的比较

生物年纹层转变处(632 cm)为(11198 ± 316) a BP(纹层年)。前者年纹层类型的转变可能是由于(1016 ± 25) a BP以来湖水中腐殖质增多而导致的,也可能是和自然进化有关,现在还不能确定这种转变的原因。另外,结合二龙湾玛珥湖岩性剖面及AMS¹⁴C年龄得知(图2),632 cm处应为全新世和更新世的分界线。全新世以前,气候较冷,过低的温度不适合藻类生长;湖盆区周围植被覆盖差,地表裸露,汇水盆地的物质易于被风力和降雨带入湖中;由于气温低,湖水冬季结冰时间长,有利于风力搬运物在冰面堆积,使次年雪融带入湖中的沉积物含量增加;且结冰时间长为细粒物质在冰下慢慢沉积提供了条件,所以全新世以前二龙湾玛珥湖年纹层类型为碎屑年纹层。全新世以来,气候转暖,水体温度的升高使藻类的繁盛成为可能;植被繁盛,大大减少了由于风力和降雨使汇水盆地的沉积物进入湖泊中;由于气温升高,结冰时间变短,大大限制了雪融后带入湖中的沉积物的含量。因此全新世以来该湖年纹层类型为生物年纹层。

3 结论及展望

() 东北二龙湾玛珥湖年纹层类型大体上分为:生物年纹层(0~632 cm)和碎屑年纹层(632~700 cm)。生物年纹层又可以分为甲藻生物年纹层和甲藻与硅藻混合的生物年纹层。甲藻生物年纹层存在的原因尚需进一步探讨。

() 建立了13 ka BP以来高分辨率的纹层年代学标尺。

本次研究为今后继续年纹层计数及其误差评价等工作奠定了良好的基础,可以促进中国湖泊纹层高分

辨率古气候记录的研究,而且对于更好地理解东亚季风古气候变化特征和动力机制有着很重要的潜在意义。

致谢 岩芯钻取和大薄片制作得到了德国地球科学研究中心(GeoForschungsZentrum Potsdam)Negendank J F W教授、Jens Mingram 博士、Ute Frank 博士的大力帮助,特表谢意。

参 考 文 献

- 刘嘉麒, 刘东生, 储国强, 等. 玛珥湖与纹泥年代学. 第四纪研究, 1996, (4): 353—358
- Shen J, Liu X Q, Wang S M, et al. Palaeoclimatic changes in the Qinghai Lake area during the last 18, 000 years. *Quat Int*, 2005, 136: 131—140
- Brauer A, Negendank J F W. The value of annually laminated lake sediments in Palaeoenvironment reconstruction. *Quat Int*, 2002, 88: 1—3[DOI]
- 刘嘉麒, 吕厚远, Negendank J F W, 等. 湖岩玛珥湖全新世气候波动的周期性. 科学通报, 2000, 45(11): 1190—1195
- 李万春, 李世杰, 濮培民. 高分辨率古环境指示器—湖泊纹泥研究综述. 地球科学进展, 1999, 14(2): 172—176
- Saarnisto M. Annually laminated lake sediments. In: Berglund B E. ed. *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. New York: John Wiley & Sons Ltd. 1986. 343—370
- Zolitschka B, Brauer A, Negendank J F W, et al. Annully dated late Weichselian continental paleoclimate record from the Eifel, Germany. *Geology*, 2000, 28(9): 783—786
- 刘强, 游海涛, 刘嘉麒. 湖泊沉积物年纹层的研究方法及其意义. 第四纪研究, 2004, 24(6): 683—694
- Michel J M. An overview of climatic variability and its casual mechanisms. *Quat Res*, 1976, 6: 481—493
- Kemp A E S, Baldauf J G, Pearce R B. Origins and palaeoceanographic significance of laminated diatom ooze from the Eastern Equatorial Pacific Ocean. In: Kemp A E S, ed. *Palaeoclimatology and Palaeoceanography from Laminated Sediments*. London: Geological Society Special Publication No.116, 1996. 243—252
- O'Sullivan P E. Annually-laminated lake sediments and the study of Quaternary environmental changes—A review. *Quat Sci Res*, 1983, 1: 245—313[DOI]
- Anderson R Y, Dean W E. Lacustrine varve formation through time. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 1988, 62: 215—235[DOI]
- Mingram J, Allen J, Bruchmann C, et al. Maar and crater lakes of the Long Gang Volcanic Field (N E China)-overview, laminated sediments, and vegetation history of the last 900 years. *Quat Int*, 2004, (123-125): 135—147[DOI]
- 游海涛, 刘强, 刘嘉麒, 等. 东北四海龙湾玛珥湖年纹层的研究方法及初步成果. 地球与环境, 2006, 34(2): 71—76
- Frank U. Rock magnetic studies on sediments from Erlongwan maar lake, Long Gang Volcanic Field, Jilin province, NE China. *Geophys J Int*, 2007, 168(1): 13—26 [DOI]
- 储国强, 顾兆炎, 许冰, 等. 东北四海龙湾玛珥湖沉积物纹层计年与¹³⁷Cs、²¹⁰Pb测年. 第四纪研究, 2005, 25(2): 202—207
- Chu G Q, Sun Q, Rioual P, et al. Dinocyst microlaminations and freshwater “red tides” recorded in Lake Xiaolongwan, northeastern China. *J Paleolimn*, 2007, doi: 10.1007/s10933-007-9106-1
- 游海涛, 刘强, 刘嘉麒. 纹层计年与¹³⁷Cs、²¹⁰Pb法对比研究东北二龙湾玛珥湖近代沉积速率. 吉林大学学报(地学版), 2007, 37(1): 59—64