

吉兰泰盐湖的形成及指示的环境意义

春 喜^{1,2}, 王宗礼³, 夏敦胜⁴, 赵 辉⁴

(1. 内蒙古师范大学地理科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010022; 2. 内蒙古自治区遥感与地理信息系统重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010022; 3. 兰州大学西部环境教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 4. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 选择位于季风边缘区的吉兰泰盐湖为研究对象, 利用 OSL 和 ¹⁴C 测年手段重建湖面波动历史, 探讨盐湖形成年代与环境变化过程。通过大范围的野外调查发现, 在该湖泊南部地区发育高于现代干盐滩 9 m 的湖滨砂沉积, 上覆风成砂沉积, 其中湖滨沉积物的 OSL 年代为 6 7 ka BP 前后, 表明当时该湖泊处于浅水状态, 此后湖水经历了快速的下降过程。对于盐湖中心剖面点盐层之下粘土层的 ¹⁴C 测年显示, 在 5 500 aBP 以来, 集聚大量的石膏、芒硝和石盐等蒸发盐类, 该湖泊进入成盐期。通过区域对比发现, 吉兰泰湖面快速下降阶段与季风边缘区中全新世干旱事件发生时间相对应。研究认为, 吉兰泰盐类矿物的开始沉积, 反映了中全新世阿拉善高原区域环境的突然变化, 可能指示着 5.5 Cal ka BP 前后干旱事件的发生。

关键词: 吉兰泰盐湖; 干旱事件; 环境变化

中图分类号: P343.3

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2008)03-0011-08

1 引 言

盐湖是在干旱气候环境、盆地地质条件和适当的物质补给来源等因素的综合作用下形成。盐湖的时空分布与形成演化既有地域的特殊性, 又具有全球性的普遍意义^[1]。盐湖的形成不仅指示着蒸发盐的堆积过程, 而且可能反映了区域气候环境的突然变化和干旱事件的发生。研究表明, 全球全新世气候环境很不稳定, 存在若干个百年至千年尺度的干旱事件^[2-6]。其中, 中全新世的 6 000 ~ 5 000 Cal a BP 时段出现的气温变冷事件, 具有全球共性^[7]。有些最新的高分辨率湖泊沉积记录分析表明, 在全新世的 7 000 ~ 5 000 Cal a BP 时段, 我国干旱与半干旱区过渡带的巴丹吉林沙漠居延泽、腾

格里沙漠渚野泽、头道湖、野麻湖均经历了湖泊缩小或干涸过程, 当时区域气候干旱, 曾经历了干旱事件^[8]。位于毛乌素沙漠的盐海子在中全新世也出现了湖泊萎缩的干旱环境^[9]。Guo 等^[10]人的综合研究认为, 在大致 7 000 ~ 5 000 Cal a BP 中国北方的干旱与半干旱地区存在干旱事件。甚至亚洲内陆蒙古境内的湖泊也出现不同程度的湖面下降过程^[11]。尽管前人对吉兰泰盐湖形成演化方面开展过研究^[12-13], 然而受测年技术等原因的影响, 阿拉善高原盐湖群到底何时形成? 盐湖形成与干旱事件的关系如何? 二者是否存在时间上的同步性或区域差异性等相关科学问题还没有开展研究, 值得进一步探讨。

处于干旱与半干旱区过渡带的吉兰泰盐湖是阿拉善高原众多盐湖的典型代表, 对环境变

收稿日期: 2007-12-04

基金项目: 中国科学技术部国际合作项目 (2002 CB714001); 国家自然科学基金项目 (40761028) 资助

作者简介: 春喜 (1966-), 男, 副教授, 博士, 主要研究方向为干旱区环境变化。

化极为敏感。它不仅存在连续的蒸发盐类沉积,而且保存有完整的湖岸堤和瓣鳃类化石,是湖泊环境变化研究的良好场所。本文通过对湖滨沉积物的 OSL 定年和吉兰泰盐湖中心剖面点的 ¹⁴C 测年,重建湖面波动历史,探讨吉兰泰盐湖形成的时间问题以及盐层所指示的环境意义。

吉兰泰盐湖 (39°40′~39°53′N, 105°29′~105°43′E) 位于阿拉善高原的东部,东接乌兰布和沙漠,西南与腾格里沙漠相邻,东北通过乌兰布和沙漠腹地与河套平原相望,西北和东南分别是巴音乌拉山和贺兰山 (如图 1)。吉兰泰镇多年平均降水量为 107.8 mm,并集中于 6~8 月份。年蒸发量为 2 956.8 mm,是降水量的 27.4 倍。多年平均气温 8.6℃,属于典型的温带大陆性干旱气候,具有干旱少雨,蒸发量大,夏季炎热,冬季寒冷,日、年温差大,风大沙多的气候特点。吉兰泰湖泊发源于始新世的断陷盆地,第四纪以来受区域构造运动的影响,盆地范围进一步发展,在巴音乌拉山与贺兰山间产生东西向的吉兰泰断陷盆地^[14]。该盆地的地势西高东低,并向东北方向倾斜、延伸,与河套盆地相连。吉兰泰盐湖处于该湖泊盆地西部,湖心海拔高度为 1 023.5 m,湖泊周围地形具有明

显的环带状分布特征,从山顶到盐湖中心分别为基岩山地、山前倾斜平原、古湖积倾斜平原和沙漠带以及干盐滩。吉兰泰盐湖以石盐沉积为主,其次为芒硝和石膏。石盐沉积厚度 3~6 m,芒硝沉积厚度约 1 m,二者均为层状分布。石膏沉积不稳定,多呈点状和透镜状,最大厚度约 0.2 m。该盐湖晶间卤水水化学类型属于硫酸盐型硫酸镁亚型,卤水平均矿化度为 325.21 g/L,主要化学成分为 NaCl,其 w(NaCl)=80%~90%,其次为 MgSO₄,平均 w(MgSO₄)=7.13%,而 KCl 含量则少,其 w(KCl)=0.45%^[13]。

2 技术与方法

由于盐类沉积中,缺乏有效的测年材料,因而在吉兰泰盐湖中心不同地区挖掘剖面点,对盐层之下的粘土沉积样品进行 ¹⁴C 年代测定,推断盐湖形成年代。¹⁴C 测试在兰州大学西部环境教育部重点实验室和美国 Beta 实验室完成。对湖岸堤剖面的湖滨砂样品采用 OSL 测年技术定年。OSL 样品前处理主要经过水洗、过筛、重液分离、30% HF 浸泡、磁选、得到单矿物石英颗粒。测试采用 Risoe TL/OSL DA-15 仪器,POST-R OSL 单片再生法测量 Ed 值,再用 NAA 测量 K Rb Th U 值,得到样品年龄。样品的前处理和测试工作在中国科学院寒区旱区环境与工程研究所释光测年实验室完成。

3 湖泊沉积记录

3.1 湖滨沉积物记录

通过大范围的野外调查发现,在吉兰泰盐湖周围存在湖滨砂与风成砂交替沉积的层序地层,这些地质证据是湖面波动的重要标志,也是盐湖形成与演化研究的主要参考依据。

在吉兰泰盐湖西南海拔高度 1 032 m 的湖滨地带有多处裸露湖相与风成砂交替沉积的层序地层,其中 BS₄和 BS₀剖面是典型代表 (如图 1)。BS₄剖面顶部 2 m 为青灰色的粘质砂土,中间 70 m 为风成砂,该层底部 OSL 年代为

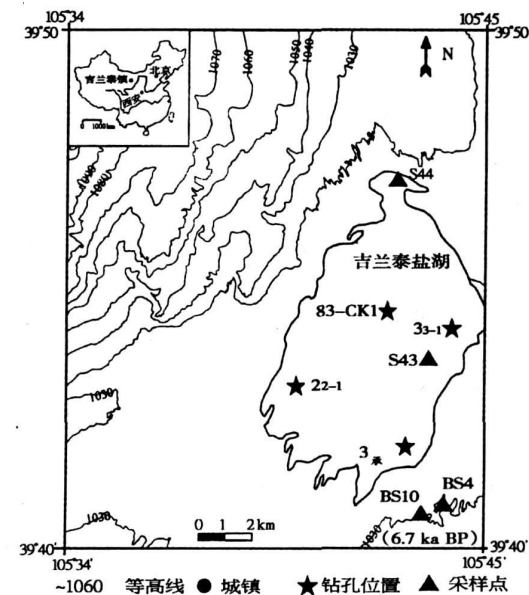


图 1 吉兰泰盐湖地理位置
Fig 1 Location of Jilantai salt lake

6.73±0.76 ka BP而剖面最底部 10 m为青灰色粘质砂土。BS10剖面上部 50 m为风成砂沉积, 以下 2 m为碳酸钙胶结层, 底部 52 ~ 105 m为湖滨砂。该层顶部 OSL年代为 6.71±0.55 ka BP 该剖面地表面保存有鸟蛋碎体, 其 AMSC~14年代为 6 569±56 Cal a BP (表 1)。

表 1 吉兰泰年代数据
Table 1 The dating result on lake shoreline obtained at Jilantai

样品号 / 实验室	海拔高度 /m 深度 /m	测年材料 / 样点	¹⁴ C年代测定	OSL年代 / (ka BP)	资料来源
IUG05-109/LZU	1 024/3.3	全有机质 / 盐湖中心 S43	4 701±67 (5 480 ~ 5 443 Cal a BP)		本文
IUG05-111/LZU	1 024/2.7	全有机质 / 盐湖中偏东北 S44	4 796±72(5 470~5 410 Cal a BP)		本文
83-CK1/不详	不详 /10	有机质 / 盐湖中心钻孔	9 782(11 200 ~ 11 180 Cal a BP)		[13]
83-CK1/不详	不详 /14	有机质 / 盐湖中心钻孔	13 709 (16 690 ~ 16 230 Cal a BP)		[13]
Beta 205900/ Beta	1 032/地表	鸟蛋残体 / 盐湖南部湖滨 BS10	5 770 ± 40 (6 625 ~ 6 513 Cal a BP)		本文
WP415-OSL4/ KLDD	1 032/0.65 ~ 0.7	风成砂 / 盐湖南部湖滨 BS4		6.73±0.67	本文
WP419-OSL10/ KLDD	1 032/0.53 ~ 0.58	湖滨砂 / 盐湖南部湖滨 BS10		6.71±0.55	本文

注: LZU= Geography department Lanzhou University Lanzhou, China; KLDD= Key Laboratory of Desert and Desertification, CAS Lanzhou, China; MFC= Inner Mongolian Forestry College Hohhot, China; Beta= Beta Analytic Miami, USA; OSL年龄 (ka BP)相当于 ¹⁴C(日历年龄 (Cal ka BP))。

3.2 盐湖中心沉积记录

我们在盐湖中心挖出 2 个剖面点, 采集盐层之下的粘土样品, 做 ¹⁴C 年代测定。同时参考盐湖中心 83-CK1 钻孔^[19]和 2₁₋₁、3_承、3₃₋₁等水位监测钻孔资料 (吉兰泰盐化集团提供湖泊水位监测钻孔资料), 通过地层对比, 讨论湖泊环境变化。各采样点和钻孔的位置如图 1, 其剖面特征如图 2

S43剖面点位于盐湖中心, 剖面深度为 350 m, 顶部 300 m为石盐层, 呈粒状晶体, 发育石盐溶孔, 局部有粘土包裹体, 其中 250 ~ 300 m为芒硝石膏层, 呈鳞片状、粒状, 指示湖泊进入成盐阶段; 300 ~ 350 m为黑色粘土层, 水平层理明显, 说明当时为稳定的水体环境, 该层顶部 ¹⁴C 年代为 5 461±20 Cal a BP(表 1)。

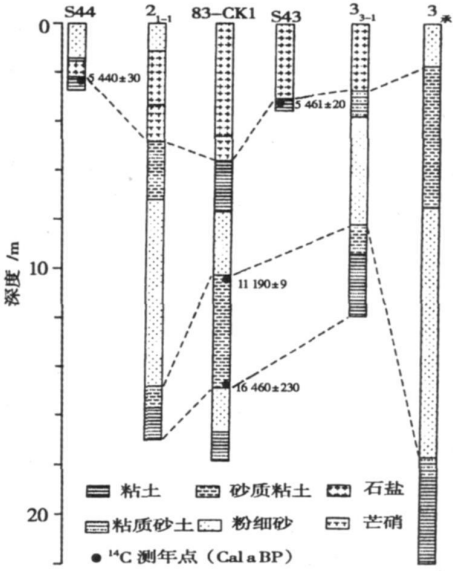


图 2 盐湖中心剖面
Fig. 2 Sediment profile in the center area of Jilantai salt lake

S4 剖面点位于盐湖北部, 该剖面顶部 140 cm 为黄色风成砂, 其下为 10 cm 的黑色粘土层, 可能是短时间湖泊扩涨的沉积物。150 ~ 215 cm 为石盐层, 显示极度干旱环境状况。底部为青灰色和浅红色粘土, 指示较深的湖泊环境, 该层顶部^[14] 年代为 $5\,440 \pm 30$ Cal a BP。

4 讨 论

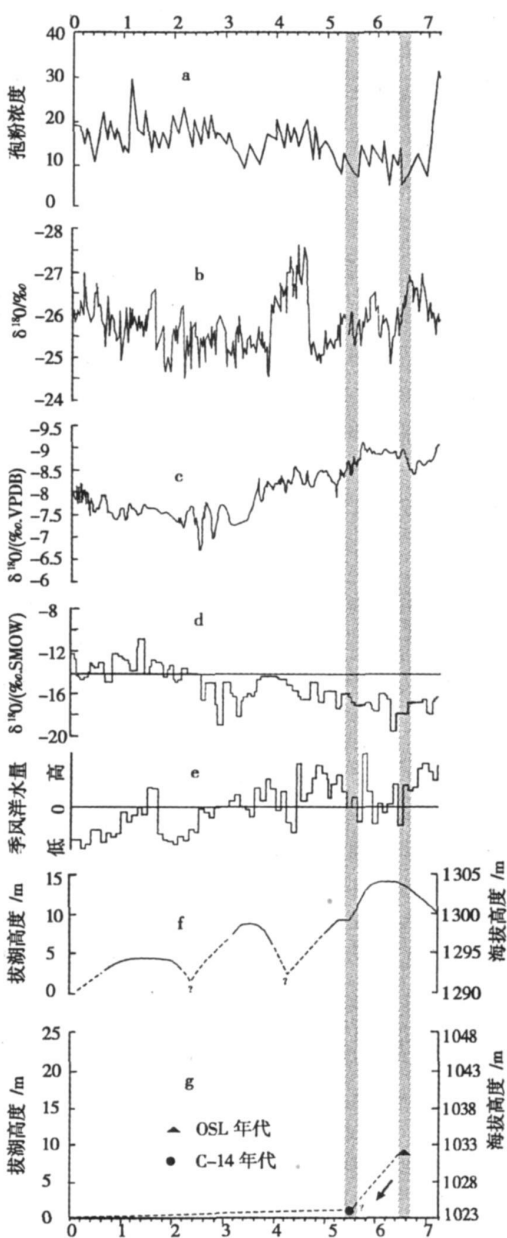
依据吉兰泰盐湖周围存在的系列湖岸堤湖滨沉积物的 OSL 年代数据和盐湖中心剖面的¹⁴C 年代结果, 可重建该湖泊中全新世以来的湖面波动历史, 探讨盐湖形成的年代及环境状况。

湖泊岩芯沉积相的变化是湖泊水位高低和环境干湿变化的重要依据。粘土类细颗粒物指示着深水环境, 而大范围蒸发盐沉积的出现, 则意味着湖泊严重萎缩、干涸的成盐过程, 可能指示突变性的干旱环境的发生。从图 1 和图 2 可知, 尽管各钻孔点的位置不同, 盐类沉积的厚度各异, 但是各剖面点 (除盐湖南部 3 号钻孔剖面外) 上部均出现连续的蒸发盐类沉积。盐湖中心 S3 和 S4 剖面点石盐层底部粘土层年代分别为 $5\,461 \pm 20$ Cal a BP 和 $5\,440 \pm 72$ Cal a BP, 标志着 5 500 Cal a BP 开始湖水高度浓缩, 蒸发盐大量集聚, 该湖泊进入成盐期, 反映湖泊干旱事件的发生和区域气候的突变。芒硝作为冷相盐类矿物, 有效的反映干冷的沉积环境^[25]。依此推测, 成盐初期吉兰泰地区可能为干冷环境, 之后在持续干旱环境下堆积石盐等化学沉积物。孢粉分析也表明, 盐类沉积物的孢粉组合中草本植物含量占 90% 的绝对优势, 以麻黄和蒿属孢粉为主, 而乔木孢粉成分几乎灭绝^[13], 也佐证了区域环境的干旱程度。从图 2 还可知, 首先, 各钻孔剖面自下而上沉积了粘土—粉砂—砂质粘土—石盐, 普遍反映了自 16 500 Cal a BP 以来湖面经历了从深水到浅水, 然后再变深, 最终成为盐湖的 2 次规模较大的扩张与收缩过程, 形成了完整的湖进湖退的演化过程。尽管钻孔岩芯的测年数据较少, 各地层界限年代不能够与湖岸堤形成年代严格对比, 但是各代用指标所指示的湖面波动次数和逐渐干旱化的总趋势是一致的。其次, 蒸发盐

与其底层的粘土 (或粘质砂土) 之间均为突变关系, 说明吉兰泰盐湖的沉积序列是由粘土沉积直接转为石膏、芒硝等硫酸盐沉积, 缺失一般盐湖演化初期的碳酸盐沉积, 从沉积学角度证明了 5 500 Cal a BP 前后的环境突变性。再次, 吉兰泰盐湖的形成, 无疑证实区域气候干旱程度的加剧, 导致湖泊蒸发量的增加, 其结果是湖泊面积的严重萎缩, 指示湖泊水位的极度下降和低湖面。另外, 盐湖南部 BS0 剖面点顶部鸟蛋残体的 AMS¹⁴C 年代 $6\,569 \pm 56$ Cal a BP 反映此时盐湖南部 1 030 m 海拔高度地区裸露于地表, 鸟类开始在此处筑巢生息, 从另一方面证明了湖泊水位的下降和面积萎缩的实事。

吉兰泰盐湖 5 500 Cal a BP 以来的成盐作用极为普遍, 在邻近地区的湖泊沉积中均有表现。吉兰泰西部的巴丹吉林沙漠居延泽和腾格里沙漠的鹈野泽、头道湖、亚麻湖均在早中全新世的 7 000 ~ 5 000 Cal a BP 时段均经历了湖泊缩小或干涸过程, 当时区域环境相当干旱^[8]。黄土与沙漠过渡带的毛乌素沙地合同察汗淖、察汗淖、巴彦淖、哈马尔太碱湖钻孔岩芯的碳氧同位素分析表明, 在中全新世的 5 700 Cal a BP 前后出现冷干环境, 均经历了严重的萎缩和干涸过程, 不同程度的自析盐发育^[15-16], 毛乌素沙地盐海子沉积记录表明, 在全新世的 8 800 ~ 4 800 Cal a BP 时段, 堆积粗颗粒的湖滨沉积物, 碳酸盐含量提高, 湖泊水位下降的干旱事件发生^[9]。与此同时, 季风边缘区腾格里沙漠的终间湖沉积中孢粉通量达到全新世以来的峰低^[17], 白碱湖湖面也有一次明显的下降过程^[18-19]。在 5 500 Cal a BP 前后, 岱海地区降水量明显减少^[20], 湖面有下降过程^[21-22] (图 3)。此时居延海和调角海子湖泊周围出现植被退化、沙漠扩展、湖泊干枯的现象^[23-24]。内蒙古高原中东部浑善达克沙地钻孔岩芯孢粉记录显示, 在 6 700 ~ 3 000 Cal a BP 时段乔木花粉含量降低, 草本花粉含量明显提高, 干旱程度加剧, 沙漠化过程增强^[25]。甚至位于季风区东北平原的大布苏湖, 在 7 200 ~ 4 700 Cal a BP 时段出现细砂和粉砂沉积, 经历湖面下降的过程^[26]。

亚洲内陆干旱区的新疆吐鲁番盆地的乌尊布拉克盐湖^[27]、柴达木盆地察尔汗湖^[28] 的首



a为石羊河终间湖孢粉通量^[17]; b为东北哈尼泥炭记录^[38]; c为董歌洞石笋记录^[37]; d为古里雅冰芯距平记录^[36]; e为岱海降水量估计^[20]; f为白碱湖面波动^[19]; g为吉兰泰湖面波动

图 3 吉兰泰湖面波动与区域对比
Fig 3 Regional comparison of the lake level fluctuations a Pollen record of Lake sediment in Shiyang river area^[1], b $\delta^{13}\text{C}$ record of Peat in Northeast China^[38], c $\delta^{18}\text{O}$ record of Dongge cave^[37], d $\delta^{18}\text{O}$ record of Guliyajie^[36], e Daihai Lake area reconstructed of precipitation^[20], f Baijian Lake level fluctuations^[19], g Jilantai Lake level fluctuations

次成盐期为晚更新世,但是中全新世的 5 700 Cal a BP前后这些湖泊地表水源补给断绝,湖水蒸干,进入干盐湖发展阶段,湖面形成厚层粒状石盐沉积。在 6 800 ~ 5 200 Cal a BP时段准格尔盆地玛纳斯湖缺失湖相沉积,取而代之的是冲洪积物,表明湖泊萎缩,区域湿度降低^[29-30]。该阶段艾比湖湖面波动频繁,但是总体呈下降趋势^[31]。甚至在全新世的 6 700 Cal a BP之后,蒙古西部的 Bayan Nuur和Uvs Nuur湖水水位下降和面积萎缩^[11],Hotun湖和Temen湖中晚全新世也出现湖泊衰退,沙漠扩展的干旱环境^[32],可能指示了蒙古高原地区大范围的干旱。

青藏高原的扎布耶茶卡湖的沉积记录表明,在 5 700 Cal a BP前后的冷干环境下形成大范围的蒸发盐沉积^[33]。郑绵平等^[34]报道,在 5 200 Cal a BP前后青藏高原的众多湖泊进入成盐期,其范围之广,强度之大均前所未有。Huang等^[35]人的研究证实,在 6 800 ~ 5 700 Cal a BP关中盆地全新世土壤发育中断,存在高粉尘堆积事件。

吉兰泰盐湖形成所指示的 5 600 Cal a BP干旱事件,在其它地质记录中也有表现。冰芯^[36]和石笋记录^[37]显示,在 5 500 Cal a BP前后,氧同位素低值,存在明显的降温过程。东北泥炭的碳同位素分析也证实,此时有一次明显的降温干旱过程^[38],指示了季风明显衰退的历史(图 3)。

通过区域对比分析可知,吉兰泰盐湖的形成时间,不仅青藏高原和新疆内陆地区盐湖形成上存在同步性和一致性,而且其它记录中也有程度不同的体现。因此,吉兰泰盐湖的形成时代(5 500 Cal a BP),可能敏感的反映了季风边缘区一次明显降温的过程和干旱事件的发生。而全新世大暖期出现的干旱现象,可能与夏季风的衰退,冬季风增强有关^[8, 39]。

5 结 论

吉兰泰盐湖的形成既受到干旱气候环境的影响又受到贺兰山隆起带、吉兰泰沉降带、巴音乌拉山隆起带所组成的构造系列的控制。从千

年尺度来讲,干旱气候环境是该盐湖形成演化和分布的首要条件。而区域降水减少,地表水资源不足,蒸发量增大,湖水高度浓缩,蒸发盐堆积则是盐湖形成的明显标志。研究结果表明,在 5 500 a BP以来,该盐湖集聚大量的石膏、芒硝和石盐等蒸发盐类,证实该湖泊已进入成盐期。该盐湖的形成时间与青藏高原和内蒙古高原其它盐湖形成阶段基本一致。通过区域对比发现,吉兰泰湖面快速下降阶段与季风边缘区中全新世干旱事件发生时间相对应。研究认为,吉兰泰盐类矿物的开始沉积,反映了中全新世阿拉善高原区域环境的突然变化,可能指示着 5.5 Cal ka B 前后干旱事件的发生。当然造成如此巨大湖泊的水源可能与黄河有关,但是尚需进一步的研究。

参考文献:

[1] 胡东生,张华京,李炳元,等. 青藏高原腹地 32 ka B P 以来的古气候变化 [J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2001, 24 (3): 85—93.

[2] O'Brien S R, Mayevski P A, Meeker L D et al. Complexity of Holocene climate as reconstructed from a Greenland ice core [J]. Science, 1995, 270(5244): 1962—1964.

[3] Bond G, Showers W, Cheshy M et al. A pervasive millennial-scale cycle in north Atlantic Holocene and glacial climates [J]. Science, 1997, 278(5341): 1257—1285.

[4] Bianchi G G, McCave I N. Holocene periodicity in north Atlantic climate and deep-ocean flow south of Iceland [J]. Nature, 1999, 397(6719): 515—517.

[5] McDemott F, Mattey D P, Hawkesworth C et al. Centennial-scale Holocene climate variability revealed by a high-resolution speleothem $\delta^{18}O$ record from SW Ireland [J]. Science, 2001, 294(5545): 1328—1331.

[6] Noren A, Bjorn P R, Steig E J et al. Millennial-scale storminess variability in the northeastern United States during the Holocene [J]. Nature, 2002, 419 (6909): 821—824.

[7] Mayewski P A, Rohling E E, Stager J et al. Holocene climate variability [J]. Quaternary Research, 2004, 62 (3): 243—255.

[8] Chen F H, Wu W, Holmes J A et al. A mid-Holocene drought interval as evidenced by lake desiccation in the Aleshan Plateau, Inner Mongolia, China [J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 48(14): 1401—1410.

[9] Chen C T, Lan H C, Lou J Y, Chen Y C. The Dry Holocene Megathema in Inner Mongolia [J]. Palaeogeography,

Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2003, 193 (2): 181—200.

[10] Guo Z T, Petit M, Jia N, Kope J N. Holocene non-orbital climatic events in present day arid areas of northern Africa and China [J]. Global Planet Change, 2000, 26(1—3): 97—103.

[11] Gunnert J, Lehmkühn F, Walther M et al. Palaeoclimatic evolution of theUvsNuur Basin and adjacent areas (Westem Mongolia) [J]. Quaternary International, 2000 (65—66): 171—192.

[12] 耿侃,陈育峰. 吉兰泰盐湖的形成、发育和演化 [J]. 地理学报, 1990, 45(3): 341—349.

[13] 郑喜玉. 内蒙古盐湖 [M]. 北京: 科学出版社, 1992, 195—210.

[14] 《鄂尔多斯周缘活动断裂系》国家地震局课题组. 鄂尔多斯周缘活动断裂系 [M]. 北京: 地震出版社, 1988, 21—60.

[15] 刘振敏. 内蒙古伊克昭盟地区盐湖生物地层与古气候研究 [J]. 化工矿产地质, 1999, 21(1): 40—46.

[16] 魏东岩,陈延成,王鉴津,等. 内蒙古伊克昭盟盐湖最近 23 ka 古气候波动模式的研究 [J]. 化工矿产地质, 1995, 17(4): 240—246.

[17] Zhu Y, Xie Y W, Cheng B et al. Pollen transport in the Shiyang River drainage, Arid China [J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 48(14): 1499—1506.

[18] Pachur H J, Wünnemann B, Zhang H C. Lake Evolution in the Tengger Desert, Northwestem China during Last 40, 000 Years [J]. Quaternary Research, 1995, 44(2): 171—180.

[19] Zhang H C, Peng J L, Ma Y Z et al. Late Quaternary Palaeolake levels in Tengger Desert, NW China [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2004, 211(1—2): 45—18.

[20] Peng Y J, Xiao J L, Nakamura T et al. Holocene East Asian Monsoonal Precipitation Pattern revealed by grain size distribution of core sediments of Dahuai Lake in Inner Mongolia of north-central China [J]. Earth and Planetary Science Letters, 2005, 233(3—4): 467—479.

[21] 李容全,郑良美,朱国荣. 内蒙古高原湖泊与环境变迁 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1990, 1—219.

[22] Wang S M, Feng M. The relationship between environment change and semimonsoon strength Dahuai lake, Inner Mongolia [J]. Science in China (B), 1992, 35(6): 722—734.

[23] Mischke S, Demske D, Schudack M E. Hydrologic and climatic implications of a multidisciplinary study of the mid to late Holocene Lake Eastern Juyanq [J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 48(14): 1411—1417.

[24] Shi P J, Song C Q. Palynological records of environmental changes in the middle part of Inner Mongolia, China [J].

- Chinese Science Bulletin, 2003, 48(14): 1433—1438.
- [25] Liu H Y, Xu L H, Cui H T et al. Holocene History of Desertification along the Woodland-Steppe Border in Northern China. *J. Quaternary Research*, 2002, 57(2): 259—270.
- [26] 介冬梅, 吕金福, 李志民, 等. 大布苏湖全新世沉积岩心的碳酸盐含量与湖面波动[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(2): 77—82.
- [27] 梁青生. 新疆乌尊布拉克东部干盐湖成盐环境和成盐年代的初步研究[J]. 盐湖研究, 1999, 7(2): 1—5.
- [28] 陈克造, Bowler J M. 柴达木盆地察尔汗湖盐湖沉积特征及其古气候演变的初步研究[J]. 中国科学(B), 1985, 15(5): 463—472.
- [29] Rhodes T E, Gasse F, Lén R F et al. A late Pleistocene-Holocene lacustrine record from Lake Manas, Zunggar (Northern Xinjiang western China) [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1996, 120(1—2): 105—125.
- [30] 孙湘君, 杜乃秋, 瓮成郁, 等. 新疆玛纳斯湖盆周围近 14 000 年以来的古植被古环境[J]. 第四纪研究, 1994, 14(3): 239—248.
- [31] Li G S. On the $\delta^{13}\text{C}$ record and abrupt climate event since the Last Deglaciation in lake Aibi. *Chinese Science Bulletin*, 1994, 39(4): 302—306.
- [32] Fowell S J, Hansen B C S, Peck J A et al. Mid to late Holocene climate evolution of the Lake Tefen Basin, North Central Mongolia based on palynological data [J]. *Quaternary Research*, 2003, 59(3): 353—363.
- [33] Wang R L, Scarpitta S C, Zhang S C et al. Late Pleistocene/Holocene climate conditions of Qinghai-Xizang Plateau Tibet based on carbon and oxygen stable isotopes of Zabayke Lake sediment [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2002, 203(1): 461—477.
- [34] 郑绵平, 赵元艺, 刘俊英. 第四纪盐湖沉积与古气候[J]. 第四纪研究, 1998, 18(4): 132—135.
- [35] Huang C C, Zhou J, Peng J L et al. A regional aridity phase and its possible climatic impact during the Holocene Maximum in the Guanzhong Basin, China [J]. *Holocene*, 2000, 10(1): 135—142.
- [36] Yao T D, Thompson L G, Shi Y F. Climate variation since the last interglaciation recorded in the Guluya ice core [J]. *Science in China (D)*, 1997, 40(6): 662—668.
- [37] Wang Y J, Cheng H, Edwards R L et al. The Holocene Asian Monsoon links to Solar changes and North Atlantic climate [J]. *Science*, 2005, 308(6): 854—857.
- [38] Hong Y T, Hong B, Lin Q H et al. Inverse phase oscillations between the East Asian and Indian Ocean summer monsoons during the last 12 000 years and paleo-El Niño [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2005, 231(3—4): 337—346.
- [39] Zhou W J, Yu X F, Timothy Jull A J et al. High-resolution evidence from Southern China of an early Holocene Optimum and a mid-Holocene dry event during the past 18 000 years [J]. *Quaternary Research*, 2004, 62(1): 39—48.

Formation of Jilantai Salt Lake and Its Environmental Significance

CHUN Xi^{1,2}, WANG Zong-fu¹, XIA Dun-sheng³, ZHOU-Hui⁴

(1. College of Geographic Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China; 2. Inner Mongolia Key Laboratory of Remote Sensing and Geography Information System, Hohhot 010022, China; 3. National Laboratory of Western China's Environmental Systems, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 4. Key Laboratory of Desert and Desertification, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The paper selects Jilantai Salt Lake which is suited on the transition belt of Eastern Asia monsoon region in northern China as a study area, and reconstructs paleolake level variations and age of salt lake evolution by OSL and ^{14}C dating method. By large scale in-situ investigations and OSL dating on shoreline sediment, all the dating results imply that the shoreline 6.7 ka BP in mid-Holocene is 9 meters higher than that of today around Jilantai Lake. It is shown that the lake level dropped at that time and the lake had decreased and shrank since then. The ^{14}C age of the claypan at the bottom of salt layer in the center of the lake is 5.5 Cal ka BP, which shows that the salt minerals began to precipitate gypsum.

Glauber's salt and rock salt. With the drought becoming intense, the Jilantai salt lake stepped into the stage of a salt lake. Regional comparisons suggest that rapid declining period of Jilantai Salt lake is coincident with mid Holocene dry event. The study believes that beginning of Jilantai salts mineral deposition had reflected abrupt environmental changes in Alasha Plateau during mid Holocene. It possibly implied that dry event had happened 5.5 Cal ka BP.

Key words: Jilantai Salt Lake; Dry event; Environmental change

欢迎订阅《盐湖研究》

全国唯一的研究盐湖科学和技术的专业性学术期刊

《盐湖研究》是国家科委批准的学术类自然科学期刊,由中国科学院青海盐湖研究所主办,科学出版社出版,1993年创刊并在国内外公开发行。

《盐湖研究》是国内唯一的研究盐湖科学和技术的专业性期刊。面向国内外报导交流盐湖、地下卤水、油田水、海水等基础、应用、开发和技术及管理的研究报告、论文和成果,探讨其资源的分离提取技术与综合利用途径。

《盐湖研究》为季刊, A4 开本, 72 页, 每季末月 5 日出版发行。单价: 8.00 元 / 本, 全年订价: 32.00 元。中国标准刊号: ISSN1008—858X CN63—1026/P 邮发代号: 56—20。全国各地邮局均可订阅,也可直接与《盐湖研究》编辑部联系,联系电话: 0971—6301683。