

大布苏湖地貌—沉积类型与湖泊演化

李志民 吕金福

(东北师范大学地理系, 长春 130024)

提 要 大布苏湖地处松嫩平原南部, 是一个封闭的构造断陷湖. 湖区地貌类型复杂, 沉积环境独具特色. 根据地形面的分异和沉积物特征, 结合 ^{14}C 测年, 确定大布苏湖形成于晚更新世晚期. 湖泊形成的早期, 曾经历了深湖的发育阶段. 全新世以来, 湖面波动式下降, 并有两次规模较大的扩张和收缩时期, 形成了两个完整的湖进、湖退沉积旋回. 晚全新世以来, 气候干燥, 风力作用活跃, 湖面明显萎缩, 形成我国东部地区极为罕见的盐湖.

关键词 大布苏湖 地貌类型 沉积环境 湖泊演化

分类号 P343.3/P512.3

大布苏湖地处松嫩平原南部相对隆起的乾安高地上. 湖区面积 56km^2 , 湖泊面积 37km^2 , 水面海拔 122m , 丰水期水深 1.5m , 枯水期水深 0.5m . 湖水呈强碱性, pH 值 $9.55 - 10.25$, 属 $\text{Na}-\text{CO}_3-\text{Cl}-\text{SO}_4$ 型^[1].

1 湖区环境概况

大布苏湖地处温带亚湿润大陆性季风气候区, 常年多风少雨. 春季盛行西南风, 冬季盛行西北风, 年均气温 4.6°C , 年均降水量 404.2mm , 其中 83.8% 集中在 6—9 月份, 年均水面蒸发量 1243mm ^[2].

大布苏湖发育在阶地平原上, 湖盆封闭, 四周有长达百米以上的冲沟 18 条, 呈放射状向湖中幅聚. 北岸偏东有一条具沟谷性质的河流注入, 湖盆四周发育了一系列淡水涌泉, 湖水主要靠大气降水和地下水补给. 由于湖区蒸发量远大于湖水的补给量, 致使湖内盐类物质长期积累, 形成了我国东部地区极为罕见的盐湖. 湖水中盐、碱资源丰富, 工业开采已有数十年的历史.

2 湖泊地貌——沉积类型

大布苏湖为一构造断陷湖^[3], 其地貌类型和沉积环境复杂, 主要可分为湖岸、湖滩和湖心三大类型(图 1, 2).

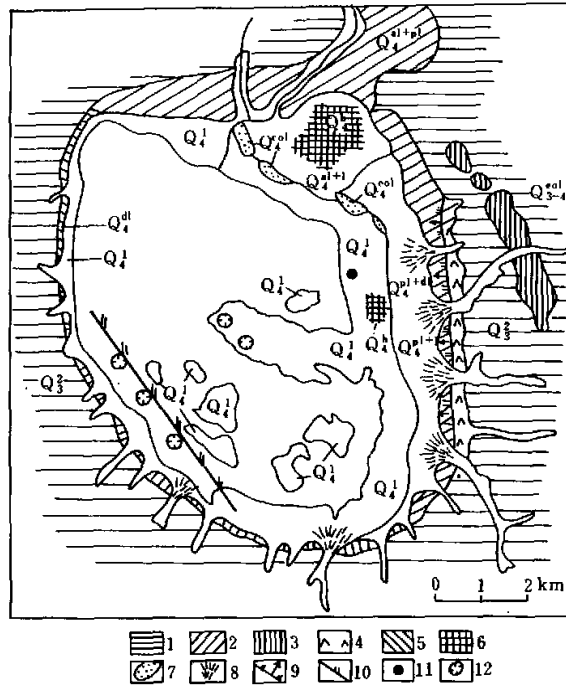
2.1 湖岸

湖岸地貌既有堆积—剥蚀类型, 又有现代堆积类型.

2.1.1 阶地平原 乾安高地是晚更新世继续隆起的阶地平原, 相当于大布苏湖的二级阶地. 东岸海拔高度 160m 左右, 北、西、南岸海拔高度 140m 左右. 由上更新统顾乡屯组 (Q_3^{2-1}) 河湖

• 国家自然科学基金资助项目(49671077).

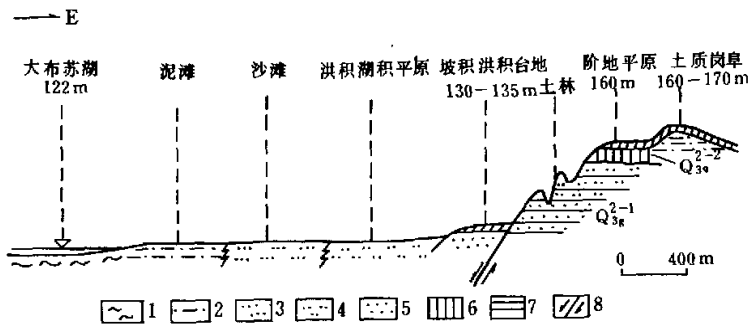
收稿日期: 2000-05-09; 收到修改稿日期: 2000-09-26. 李志民, 男, 1942年6月生, 副教授.



- 1: 阶地平原; 2: 坡积洪积台地, 一级阶地; 3: 土质岗阜; 4: 土林(“狼牙坝”);
 5: 坡积裙; 6: 泥炭沼泽; 7: 风成沙丘; 8: 洪积扇; 9: 正断层; 10: 张扭性断裂;
 11: 钻孔; 12: 涌泉堆积(“酱缸包”)

图1 大布苏湖第四纪地质地貌图

Fig. 1 The Quaternary geology and landform of Dabusu Lake



- 1: 淤泥; 2: 粉砂质粘土; 3: 粉砂; 4: 粉砂质砂; 5: 粉细砂; 6: 黄土; 7: 土壤; 8: 断层

图2 大布苏湖东岸地貌—沉积类型剖面示意图

Fig. 2 Profile of the landform and depositional type of the eastern bank of Dabusu Lake

相灰褐色粉细砂、灰绿色粉砂质沙和厚约 3m 的群力组 (Q_{3q}^{2-2}) 黄土组成,顶部为厚约 0.5–1m 的全新统黑土。东西两岸的阶地陡坎是在近南北向断层面上发育的断层崖。东岸阶地平原上(湖盆的下风侧)有一条与湖岸平行的条带状土质岗阜 (Q_{3d}^{pl-4}) 发育,海拔高度 160–170m。阶地平原前缘水土流失严重,发育了形态各异的“土林”景观,当地居民称之为“狼牙坝”,是典型的荒漠化劣地。

2.1.2 沟谷 湖泊的四周冲沟十分发育,其中老年期的沟谷已形成坳沟型大沟。一般长约 2000m,宽约 100m 左右,谷底平坦,已被开垦成耕地。坳沟中堆积了 4–6m 的洪积物,其下部为黑土,中部为灰黄色粉砂质粘土,上部为灰黄色砂层,洪积层理发育。坳沟中段堆积较厚,向沟口逐渐变薄,过渡为坡积洪积台地。坳沟中常有 V 字形谷中谷发育。

2.1.3 坡积洪积台地 东岸阶地平原前缘发育有坡积洪积台地 (Q_{3d}^{pl+dl}),海拔 130–135m,宽约 200m 左右,前缘高出现代湖滩 1–2m,后缘高出 5–6m。台地前缘形成很矮的坡坎,坡坎边缘也有小型土柱发育,多似“雅丹”形态。堆积物由灰黄色粉细砂组成,表层有弱发育的土壤,厚度多小于 10cm。

2.1.4 一级河流阶地 北岸入湖河流发育了一级阶地 (Q_{3d}^{pl+pl}),海拔 128–129m,高出河面 2–4m。沉积物下部为灰黄色粉细砂,上部为厚约 0.5–1m 的灰黑色粉砂质粘土。一级阶地前缘高出湖滩 1m 左右,有大片风蚀残碛发育,形成类雅丹形态。

2.1.5 洪积扇 各大冲沟的沟口发育有规模大小不等的现代洪积扇,由灰黄色粉砂质砂组成(表 1),前缘过渡为湖滩。

表 1 大布苏湖滩(东岸)沉积物粒度分布(%)及粒度特征值

Tab. 1 The size distribution and character value of shoal deposition of Dabusu Lake

样品 编号	岩 性	砂					粉 砂		粘 土		粒度特征值					沉积 环境
		粗砂 -1 至 1φ	中砂 1-2φ	细砂 2-4φ	粗粉砂 4-6φ	细粉砂 6-8φ	>8φ	Mz	σ_1	SK ₁	K _G					
L-1	灰黑色粉砂质粘土				26.10	38.70	35.20	7.18	1.86	0.10	0.97				泥滩	
L-2	灰黑色粘土质粉砂	0.01	0.07	12.33	30.20	33.13	24.29	6.42	1.97	0.12	0.86					
L-3	灰褐色砂质粉砂		0.09	33.72	31.20	20.53	15.66	5.61	1.93	0.33	0.87				沙滩	
L-4	灰褐色粉砂			8.41	57.53	24.97	9.59	5.77	1.60	0.41	1.13					
L-5	灰褐色砂质粉砂	0.08	0.09	26.97	40.62	21.51	10.69	5.31	1.76	0.45	0.98					
L-6	灰褐色粉砂质砂	0.01	0.07	56.12	29.91	7.44	6.34	4.36	1.47	0.56	1.75					
L-8	灰黄色粉砂质砂		0.03	66.47	13.84	12.55	7.09	4.48	1.64	0.63	1.31					
L-9	灰黄色粉砂质砂	0.01	0.20	47.86	26.31	15.04	10.43	4.95	1.88	0.63	1.08					
L-10	灰黄色细砂	0.02	1.00	81.52	5.80	6.32	5.31	3.59	1.35	0.43	2.67				坡积洪 积平原	
L-11	灰黄色粉砂质砂		0.03	55.61	19.11	14.89	10.47	4.92	1.78	0.78	1.06					
L-12	灰黄色粉砂质砂	0.01	0.13	49.15	20.46	17.19	13.03	5.00	2.04	0.63	0.93					
L-13	灰黄色粉砂质砂	0.01	0.20	52.64	22.17	16.37	8.61	4.56	1.91	0.48	1.03				洪积扇	
L-14	灰黄色粉砂质砂	0.01	0.32	60.70	25.88	9.45	4.58	4.26	1.42	0.46	1.22					
L-15	灰黄色粉砂质砂	0.01	0.20	61.71	30.20	12.14	5.72	4.45	1.57	0.53	1.58					

2.1.6 三角洲与冲积湖积平原 在北岸河流入湖的河口地带,形成小型三角洲与冲积湖积平原 (Q_{3d}^{pl+pl}),沉积物为灰黄色粉砂质砂。由于泉水补给有大片苔草沼泽发育,并有厚达 4m 的泥炭积累。

2.1.7 坡积裙 在西岸和南岸湖蚀崖的坡麓普遍有现代坡积裙(Q_4^d)发育,宽度一般 50-100m,前缘与湖滩相接.堆积物由灰黄色粉砂质砂组成.

2.1.8 风成沙丘 在湖泊东北部三角洲前缘的滨湖地带,有与湖岸平行的半固定沙丘(Q_4^{sd})发育.长约 3.5km,宽约 400m,高约 7-8m,以灰黄色粉砂质砂为主.此外,在东岸湖滩上有零星分布的平缓沙丘发育,高度小于 2m.

2.2 湖滩

受自东向西掀斜运动的影响,大布苏湖东岸湖滩发育,宽达 1-2km,西岸湖滩很窄,宽仅 100m 左右.根据沉积物特征可以划分为沙滩和泥滩.

2.2.1 沙滩 根据东岸湖滩沉积物粒度分析可以看出,从湖岸向湖心沉积物粒径依次递减,即从细砂、粉砂质砂、砂质粉砂到粉砂(表 1).沉积物微细层理发育.其中细砂为滩脊堆积,由于季节的变化,滩脊随湖水的进退而移动.可以距水边线最远的滩脊为界,把沙滩分为新、老两部分.即滩脊与坡积洪积台地之间为老沙滩,以洪积作用为主,不受湖水季节性变化的影响,宽 300-1000m,可称之为洪积湖积平原(Q_4^{d+1}).

老沙滩的粒度特征以粉砂质砂为主(表 1),其正态概率累积曲线为三段型(图 3, L_{12}),由滚动、跳跃和悬浮总体组成.其中滚动总体占 0.07%,跳跃总体占 43.96%,悬浮总体占 55.94%;粗截点 1.75ϕ ,细截点 4ϕ .反映了具有流速快的洪水堆积的特点.

滩脊与泥滩之间为现代沙滩(Q_4^d),是受湖水季节性变化影响的地带,最宽可达 1000m,以湖积作用为主.由粉砂质砂、砂质粉砂、粉砂组成(表 1).由于地下水的蒸发作用,现代沙滩表面常有厚 1-2mm 的盐壳发育,以白云石、高镁方解石和方解石为主,碳酸盐含量在 10% 左右.以粉砂为例,其正态概率累积曲线为四段型(图 3, L_4),由滚动、跳跃和悬浮总体组成,其跳跃总体分为二段.滚动总体占 0.04%,跳跃总体占 66.46%,悬浮总体占 33.50%;粗截点 3ϕ ,细截点 5.75ϕ ,跳跃 1 与跳跃 2 的截点是 4ϕ ,反映沉积物受潮浪作用往复运动的特点.东岸沙滩中部泉群出露,有苔草沼泽发育,并有泥炭积累.

2.2.2 泥滩 宽 300m 左右,环湖分布,可分为干泥滩和 underwater 泥滩.干泥滩为枯水期出露的水下泥滩,以灰黑色粘土质粉砂和粉砂质粘土为主(表 1).粘土质粉砂的正态概率累积曲线为三段型(图 3, L_2),其中滚动总体占 0.30%,跳跃总体占 12.04%,悬浮总体占 87.93%,粗截点 3ϕ ,细截点 4ϕ .反映沉积物主要是由悬浮物质垂向加积而成.干泥滩波痕、干裂发育,表面有由方解石和高镁方解石组成的盐壳,盐壳厚 1-2mm,常有灰黄色风成粉砂覆盖.

水下泥滩以黑色淤泥为主,一般厚 20-30cm,平均粒径(Mz)大于 8ϕ ,分选较好.有肉眼可辨的碳酸盐岩晶粒,粒径多在 1mm 左右.泥滩的碳酸盐含量在 30% 以上,为内生碳酸盐.

2.3 湖心

为浅湖环境,水深 1m 左右,主要分布在湖盆的西北部,以化学沉积为主.湖水有明显的季节性盐析现象,一般 5-6 月份,湖水强烈蒸发而高度浓缩,湖底可沉积以氯化钠为主的盐层,厚约 0.2-1cm,湖面上漂浮着厚约 0.1cm 的盐片;7-8 月份雨季来临,盐类溶解消失;冬季气温骤降,湖底析出厚约 1-4cm^[1],最厚可达 10cm 的泡碱($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$),当地居民称之为冰碱.

3 湖泊演化

根据大布苏湖东岸湖滩 SNQD-2 号钻孔揭示,连续的湖相沉积物厚度为 18.05m.埋深

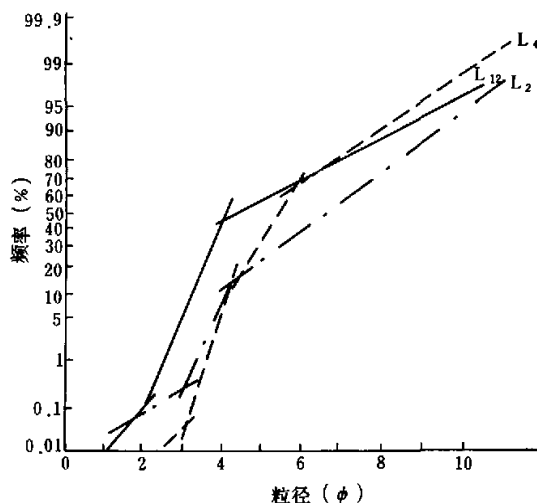


图3 大布苏湖东岸湖滩正态概率累积曲线图
(L₂:粘土质粉砂;L₄:粉砂;L₁₂:粉砂质砂)

Fig. 3 The normal probability accumulation curve of the eastern bank of Dabusu Lake

0-9.60m的岩芯中,共采集6个¹⁴C年代测定样品,取得4个¹⁴C年龄数据(表2)。埋深9.60m处为全新世底界(图4),其¹⁴C年龄为10450±795a.B.P.(树轮校正值)全新世地层的平均沉积速率为0.92mm/a,据此推测大布苏湖形成于晚更新世晚期。

表2 大布苏湖 SNQD-2号钻孔岩芯¹⁴C测年成果表
Tab.2 ¹⁴C dating of SNQD-2 of core of Dabusu Lake

样号	埋深 (m)	样品物质	¹⁴ C年龄 (aB.P.)	树轮校正值 (aB.P.)	方法	测试单位
SNQD-2 ¹⁴ C ₁	3.20	亚粘土	3470±85	3605±135	AMS ¹⁴ C	北京大学 ¹⁴ C实验室
SNQD-2 ¹⁴ C ₂	4.60	亚粘土	4230±100	4605±165	AMS ¹⁴ C	北京大学 ¹⁴ C实验室
SNQD-2 ¹⁴ C ₃	8.00	亚粘土	7435±140	7965±145	常规	东北师大 ¹⁴ C实验室
SNQD-2 ¹⁴ C ₄	9.60	粘土	9735±725	10450±795	常规	东北师大 ¹⁴ C实验室

晚更新世晚期,乾安高地抬升,在断裂构造作用下大布苏湖形成断陷湖盆。湖盆形成初期,风蚀作用强烈,首先形成风蚀洼地。湖盆的下陷破坏了地下含水层,形成一系列断层泉,泉水和大气降水汇集于风蚀洼地形成湖泊。钻孔中埋深18.00-17.00m为浅湖相灰褐色粘土,其上为厚8.45m的深湖相灰黑色粘土,呈胶泥状,平均粒径(Mz)大于10φ,其下部(埋深16.40-16.30m)有较多的黄铁矿晶体出现,为湖水较深的还原环境的产物,推测水深可能超过5m。此后湖盆相对稳定。由于断裂活动形成了断层崖、断层泉以及与断层泉密切相关的涌泉堆积(“酱缸包”)[4]。

断陷构造为湖盆周围冲沟的发育提供了有利条件,大量泥沙的汇入使湖水变浅。埋深

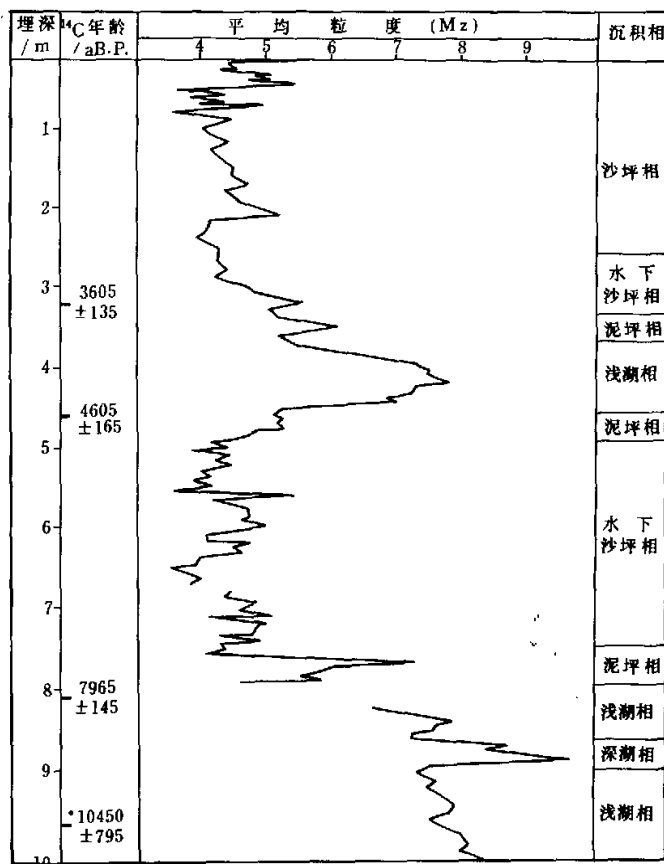


图4 大布苏湖 SNQD-2号钻孔全新世岩芯平均粒度分布图

Fig. 4 The average size distribution of SNQD-2 core of Dabusu Lake in Holocene

9.70-9.60m的灰黑色粉砂质粘土,平均粒径(Mz)7.83-8.25 ϕ ,粒度相对变粗,并含有铁锈斑块,是湖水变浅的产物。

全新世以来,水位波动式下降,湖面逐渐萎缩.10450-7267aB.P.(埋深9.60-7.30m)的早全新世,沉积物由下往上为蓝灰色粘土质粉砂,粉砂、砂质粉砂、粉砂质砂,粒径自下往上由细变粗,平均粒径(Mz)在7.50-4 ϕ 之间,由浅湖相逐渐过渡为水下沙坪相。其中埋深8.80-8.50m为蓝灰色粘土,平均粒径(Mz)8.17-9.67 ϕ ,粘土含量55.80%-95.10%,属深湖相沉积(图4)。晚更新世晚期到早全新世末期,大布苏湖经历了湖泊形成、扩张和收缩的完整过程,形成了规模较大的湖进、湖退沉积旋回,并叠加了多次一级的沉积旋回。

7267-4750aB.P.(埋深7.30-4.75m)的中全新世早期,是湖泊相对稳定时期。沉积物为蓝灰色细砂和粉砂质砂交替出现,平均粒径(Mz)在3.50-5.00 ϕ 之间,粘土含量8%-17%,

为湖水波动频繁的水下沙坪环境(图4)。由于湖泊萎缩,湖滩大部裸露。

4750-2700aB. P. (埋深4.75-2.40m)的中全新世中晚期,沉积物由蓝灰色细砂、粉砂质砂过渡为灰黑色粉砂质砂、粘土质粉砂、砂质粉砂和蓝灰色粉砂质砂。粒径由下往上由粗—细—粗,平均粒径(M_z)在4.58-7.68-4.20 ϕ 之间,粘土含量7.94%-36.70%-5.36%,即由水下沙坪相—泥坪相—浅湖相—泥坪相过渡为水下沙坪相沉积(图4),形成一个规模较大的沉积旋回,湖泊发育经历一次扩张和收缩的完整过程,其中4750-4070aB. P.,气候温暖湿润,降水量增加,湖面扩张,推测湖水可达坡积洪积台地基部。由于暂时性侵蚀基准面抬升,在湖泊周围的冲沟中堆积了4-6m的洪积物,并发育成坳沟型大沟。4070-2700aB. P. 湖泊收缩,暂时性侵蚀基准面下降,坳沟型大沟以下切为主,形成V字形谷中谷。北岸的河流下切形成一级阶地,并发育小型入湖三角洲。随着湖面阶段性下降,洪积扇前移,在老洪积扇的前缘又有新洪积扇发育。

2700aB. P. 至今(埋深2.40-0m)的晚全新世,湖泊逐渐萎缩,气候向干旱方向发展,湖水浓缩,由淡水湖逐渐演变为盐湖。湖水波动十分频繁,形成许多由灰黄色细砂和粉砂质砂组成的规模较小的次一级沉积旋回,平均粒径(M_z)一般在4-5 ϕ 之间,粘土含量4.99%-12.41%,以沙坪沉积为主(图4)。在盛行的西南风作用下,北岸东侧的湖滨沙滩上有风成沙丘发育。

4 结论

大布苏湖为封闭的内陆断陷湖,在内力和外力的相互作用下,形成了多种地貌类型和复杂的沉积环境。湖泊形成于晚更新世晚期,在其形成和演化过程中,经历了两次规模较大的湖泊扩张和收缩时期,形成了两个规模较大的完整的湖进、湖退沉积旋回。由于气候波动,在低频的大旋回上叠加了许多高频的次一级沉积旋回。晚全新世以来,气候条件向干旱方向发展,湖水不断蒸发、浓缩而演变为盐湖。

致谢 参加野外工作并钻孔取样的有吕金福、肖荣寰、李汉鼎、冷雪天等人;沉积物粒度分析由卢珊完成; ^{14}C 年龄测试分别由北京大学 ^{14}C 实验室和东北师范大学 ^{14}C 实验室完成。

参 考 文 献

- 1 吴德云,张国防,刘崇禧. 从大布苏湖近代地球化学特征探讨我国含盐湖的沉积模式与油气关系. 石油实验地质, 1988, 10(3): 268-276
- 2 乾安县水利局. 乾安县水利志. 1988, 10: 15-16
- 3 吕金福, 李志民, 冷雪天等. 松嫩平原湖泊的分类与分区. 地理科学, 1998, 12(6): 524-530
- 4 沈吉, 吴瑞金, 羊向东. 大布苏湖沉积剖面碳酸盐含量、氧同位素特征的古气候意义. 湖泊科学, 1997, 9(3): 217

Geomorphology, Deposition and Lake Evolution of Dabusu Lake, Northeastern China

LI Zhimin LU Jinfu

(*Department of Geography, Northeast Normal University, Changchun 130024, P. R. China*)

Abstract

The Dabusu Lake, located in the Songnen (Songhuajiang River-Nenjiang River) Plain, northeastern China, is a closed tectonic fault lake. The investigation on the geomorphology and depositional types of the basin revealed that the evolution process of the Dabusu Lake was significant for interpreting regional environmental evolution.

On the basis of the investigation as well as ^{14}C dating, we concluded that the Dabusu Lake was formed in late-Pleistocene. In early times of lake evolution, the Dabusu Lake was a deep lake. Since Holocene, the lake level fluctuated with two enlarging periods and two shrinking periods, showing that the lake has undertaken two complete depositional cycles of lake advance and retreat. Since mid-Holocene, due to the dryer climate and stronger wind force, the lake level dropped and lake shrank. From then on, the lake gradually turned into a salty lake, which was rare in Northeastern China.

Key Words Dabusu Lake, lake evolution, depositional environment