

哈纳斯湖的水下地貌 与表层沉积物的若干特征

冯敏

(中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊沉积与环境开放实验室, 南京 210008)

摘要 测量表明,哈纳斯湖最大水深达 188.5m,平均水深达 120.1m,优质淡水容量达 $53.78 \times 10^8 \text{ m}^3$,均在我国湖泊中居突出地位。横断面为罕见的典型箱形,断陷作用仍在强烈进行之中。湖底表层沉积物粒度参数之分布主要受纵向搬运作用控制,局部受横向搬运作用影响。沉积物的矿物学特征与元素分布特征明显受沉积环境控制。沉积物中营养元素含量总体偏低。 ^{210}Pb 法测得平均沉积速率为 0.52mm/a ,难以补偿断陷作用,湖盆将继续加深。

关键词 哈纳斯湖 水下地貌 表层沉积物

哈纳斯湖位于新疆阿尔泰山深处,为国家级哈纳斯自然景观保护区的核心^[1],生态原始,景观秀丽。哈纳斯湖为山谷过水性湖泊,系额尔齐斯河主要支流布尔津河上游哈纳斯河的一个开阔段,隶属于流向北冰洋的西伯利亚鄂毕河水系。该湖为我国唯一属于北冰洋—西伯利亚水系的深水湖泊,水域与湖区具有独特的西伯利亚—中亚生物区系特征。强烈的构造断陷是形成其湖盆的主要营力,山谷冰川的刨蚀及终碛垅的堰塞也是湖盆形成的重要原因。高峻的阿尔泰山脉,拦截了西来的水汽后形成丰沛的地形雨。湖区年降水量推断在 550—600mm 间,而其南约 120km 的布尔津站因海拔较低(473m),年降水量仅不到 120mm。地处北纬 $48^{\circ}03' - 48^{\circ}14'$,湖面海拔 1370m,故气候寒冷,年均气温约 -1°C 。年入湖水量约为 $9.8 \times 10^8 \text{ m}^3$,主要来自北端的哈纳斯河,湖水平均矿化度仅为 67mg/L ,为弱矿化优质淡水湖。

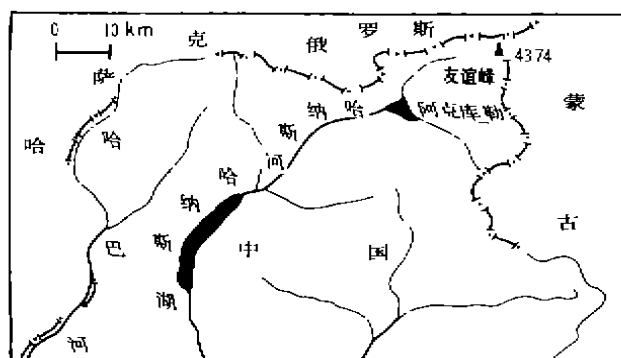


图1 哈纳斯湖地理位置

Fig. 1 Location map of Hanas Lake

湖区年降水量推断在 550—600mm 间,而其南约 120km 的布尔津站因海拔较低(473m),年降水量仅不到 120mm。地处北纬 $48^{\circ}03' - 48^{\circ}14'$,湖面海拔 1370m,故气候寒冷,年均气温约 -1°C 。年入湖水量约为 $9.8 \times 10^8 \text{ m}^3$,主要来自北端的哈纳斯河,湖水平均矿化度仅为 67mg/L ,为弱矿化优质淡水湖。

一、湖底地形

(一) 水下地形图及湖泊的形态指数

采用 SIMRAD ED162 型回声测深仪进行了水下地形测量。用 1959 年航测的 1/100000

本文于 1992 年 3 月 31 日收到,8 月 14 日第二次改回。

地形图作底图。测线总长 96km, 其中横向测线 23 条, 纵向测线 3 条, 南端和中部两处地形复杂段作了加密详测。水下地形图(图 2)成图比例尺为 1/50000, 等深线间距 20m。

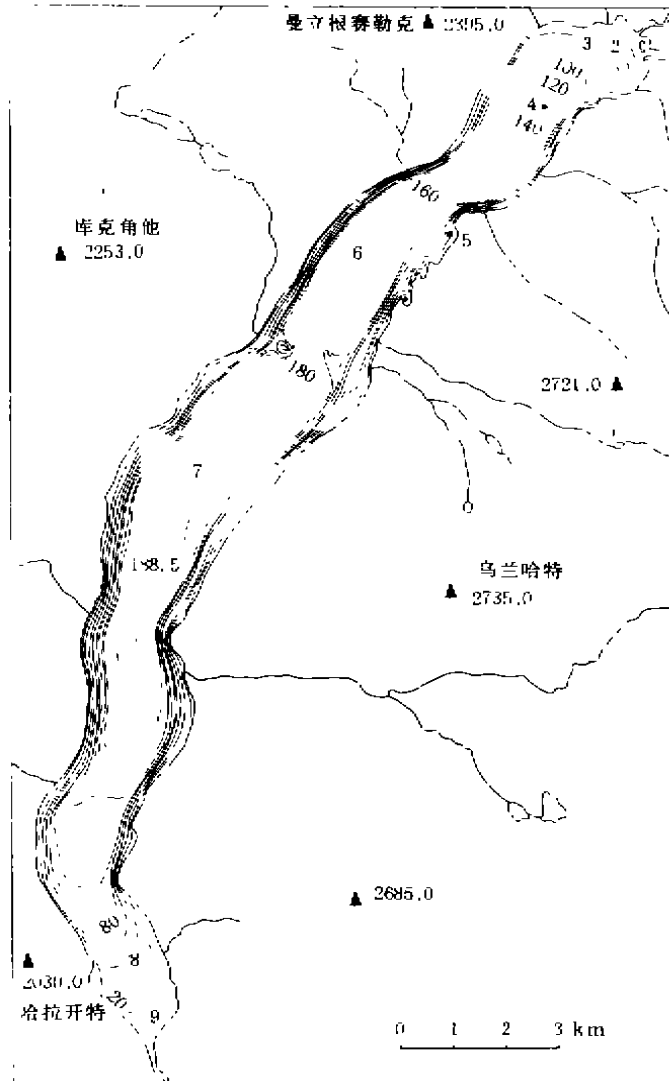


图 2 哈纳斯湖水下地形及采样点位置图

Fig. 2 Subaqueous relief of Hanas Lake

湖($26.6 > 10^8 \text{m}^3$)和巢湖($36 > 10^8 \text{m}^3$)^[2]。

4. 横断面形态近于箱形 图 4 是典型横断面的测深仪记录线, 多数横断面如 H_1 、 H_2 、 H_3 均表现为平坦的底面(底面坡度 $< 1^\circ$)、陡而顺直的斜坡以及两者之间的突然的折线相交。这种以折线相交的底形在国内未见有报道过, 与欧洲阿尔卑斯山前冰川谷湖相类似。

5. 湖底具有新生地整形的凹槽 图 4 中 H_1 、 H_2 断面的中心部位存在明显的凹槽, 深约 3m, 边坡陡, 底部平坦。

6. 在湖南端(图 4 中 H_4 断面)湖底形态复杂, 起伏大 与其它地段的平坦湖底成鲜明对照。

哈纳斯湖主要形态指数如下: 面积 44.78km^2 , 最大深度 188.5m, 平均深度 120.1m, 最大宽度 2.55km, 最小宽度 1.20km, 平均宽度 1.87km, 长度 24km (按中轴线三个折线段之和), 岸线长 52km, 容积 $53.781 \times 10^8 \text{m}^3$, 湖面高程 1370m, 湖底高程 1181.5m。水位与面积、容积关系如表 1 和图 3 所示。

(二) 水下地形的几个特征

1. 水深 除中朝界湖白头山天池(火山口湖)外, 为我国境内最深湖泊, 其最大水深、平均水深分别比抚仙湖深 33.5m 和 40.1m。

2. 边坡极陡 从岸线到盆底坡脚线的整个边坡的平均坡度为 $10-30^\circ$, 个别地段超过 30° 。

3. 面积小, 容积很大 从图 3 可见, 水位与面积、容积的关系表现为: 除了在底部 30m 深度范围内随水位增加, 面积增加较快而容积增加缓慢以外, 其上直至湖面, 随水位增加, 面积增加很慢而容积增加极快。面积仅 44.78km^2 , 属小型湖泊, 但容积竟达 $53.781 > 10^8 \text{m}^3$, 超过我国著名的五大淡水湖中的太湖($51.5 > 10^8 \text{m}^3$)、洪泽

表 1 哈纳斯湖水位与面积、容积关系表

Tab. 1 Relationship between the water level, surface area and volume of Hanas Lake

水位(m)	图 2 上相应等深线(m)	面积(km ²)	容积(10 ⁸ m ³)
1370	0	44.78	53.781
1350	20	40.63	45.240
1330	40	37.10	37.467
1310	60	34.62	29.395
1290	80	31.88	21.845
1270	100	28.61	15.796
1250	120	24.11	10.524
1230	140	20.87	6.026
1210	160	16.34	2.305
1190	180	4.41	0.230
1181.5	188.5	0	0

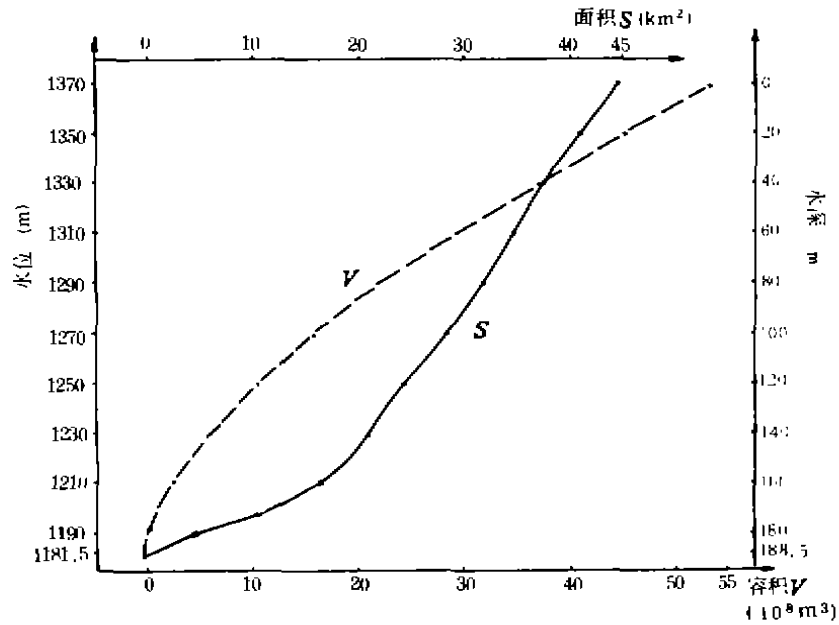


图 3 哈纳斯湖水位、面积、容积曲线

Fig. 3 Relationship between the water level, surface area and volume of Hanas Lake

水下地形的上述 6 个特点除具有本身的形态意义外,还在构造、地貌成因等方面具有解释意义,例如:近于箱形的横断面、折线相交的坡脚形态,湖底地堑形凹槽的存在,说明现代构造断陷作用的强烈存在以及湖盆还在不断加深;水深大、边坡陡有利于浊流沉积的形成;南端的复杂底形为古冰川终碛物所造成等等。

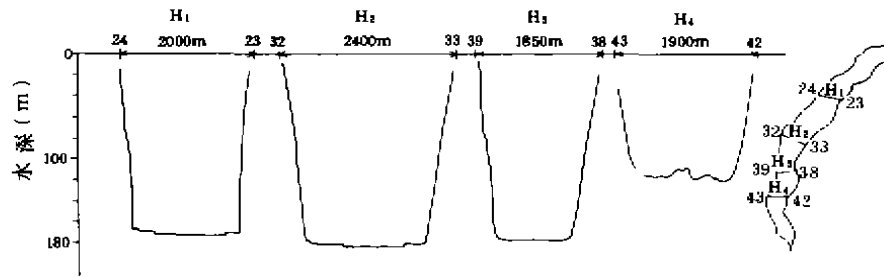


图4 湖盆典型横断面

Fig. 4 Cross sections of Hanas Lake

二、表层沉积物的若干特征

湖底沉积物共取样8个(图2),其中2、8、9点系改良的彼得生夹式采泥器取样,3、4、5、6、7点用重力管式采泥器采集,然后分层分析。本文仅就表层沉积物的若干特征作一分析。

(一) 粒度特征

沉积物的粒度分析, $< 4.5\phi$ 粒级由RPS-75型音波振动式全自动筛分测定仪分析, $> 4.5\phi$ 粒级由SKC-2000光透法粒度分布仪测定,粒度参数算法采用福克公式。

表2 哈纳斯湖表层沉积物粒度参数

Tab. 2 Grain size parameters of the sediments in Hanas Lake

采样点号	水深(m)	M_s	S_s	S_s	K_s
2*	15.8	6.435	1.770	0.043	1.183
3	57	4.982	2.001	0.315	1.062
4	135	7.611	1.669	0.103	1.045
6	170	8.144	1.988	0.188	1.136
7	181	7.819	2.176	0.108	0.820
8	57	9.158	1.746	0.074	1.109
9	5.5	6.901	2.502	0.077	1.171
5	22	8.294	1.923	0.022	1.018
平均	80.4	7.418	1.972	0.116	1.068

* 2号样中已剔除砾石。如包括砾石,并改用矩法参数,则 $M_s = 2.499, S_s = 4.932, S_s = -0.760, K_s = 1.983$ 。

全湖以粘土质粉砂为主,其次为粉砂质粘土,8个点的平均粒径的均值为 7.418ϕ 。与多数深水湖泊相比粒级偏粗,但和同纬度干旱区湖泊,例如蒙新地区的呼伦池、岱海、乌伦古湖相比,粒度又明显偏细。

从表2中2、3、4、6、8、各点平均粒径 M_s 的变化及图5中自北向南3、4、6、8各点粒度分级组成的变化中可以看出,该湖沉积物粒径自上游至下游明显变细。

分选性较差。2号点以外的7个样标准偏差 S_s 介于 $1.669-2.507\phi$ 之间,平均 2.0ϕ 。偏度 S_s 属于近对称和正偏,即粒径平均值 (M_s) 略偏向于中位数 (ϕ_{50}) 的较细方向。

除2号点以外的7个点,峰态 K_s 变化在 $0.82-1.171$ 之间,属于中等或窄峰态,和标准

偏差 S_z 的情况是相适应的,多数是单峰态,说明是单一搬运机制;但 2、7、9、三个为双峰态,尤其是 7 号点呈明显双峰态,主峰在 5.524 ϕ ,次峰在 8-9 ϕ 间。说明除了纵向搬运以外,存在横向搬运。且 7 号点 M_z 数值偏小, S_z 偏大,推测 7 号点有浊流沉积发育。

进口处的 2 号点和出口处的 9 号点以平均粒径粗,分选差和双峰态区别于湖心各点。湖湾区 5 号点的粒度特征与湖心各点相似。

(二) 矿物学性质

对 2、3、5、7、8、9 共 6 个点样进行矿物学分析,其中对近河口的 2、3 两点进行重矿物鉴定和轻矿物分析,对 2、5、7、8、9 各点进行以自生矿物为主的分析。

2、3 两点轻矿物分析表明,近河口区的轻矿物由石英、长石、绿泥石、云母和碳酸盐构成,其中石英、长石含量超过 84%,尤以长石含量高,具有环境意义。

2、3 两点重矿物分析表明,近河口区,重矿物占沉积物总重量的 4% 上下。主要重矿物依次为绿帘石、角闪石、磁铁矿和辉石。次要重矿物有赤铁矿、锆石、电气石、石榴石、紫苏辉石和顽辉石。含量在 1% 以下的微量重矿物有红柱石、褐铁矿、锡石、阳起石、梢石、板钛矿和蓝闪石。贵重重矿物有金和刚玉。

可以将北端河口区的 2 号点与中段、南段湖心区的 7、8 两点作一比较。三点的碎屑矿物含量分别为 50-60%、1% 和 <1%,急剧减少;碎屑矿物粒径分别是 0.02-0.07、0.01-0.05 和 <0.01mm,明显变细;主要轻矿物至 7 号点仅为石英和绿泥石,8 号点仅为石英;主要重矿物在 7、8 两点仅为粉铁,重矿物含量均降至 1% 以下。可见,哈纳斯湖基本上是纵向搬运,而且,入湖的陆源碎屑沉积物基本上全部停积于湖底而不排出湖外。出口处的 9 号点、湖湾区的 5 号点的碎屑矿物含量较高,粒径较大,轻重矿物的种类较多,含量较高,不同于湖心样品。

自生矿物分析表明,不同环境的自生矿物的组分不同。其中碳酸盐和菱铁矿仅见于还原环境较强的湖心与湖湾点;玉髓在各点普遍存在,这是哈纳斯湖底质自生矿物的一个特点;各点均不见黄铁矿。

三、元素地球化学特征

(一) 营养元素

对 8 个表层样品进行了总氮、总磷、总钾、有机质和速效性磷的含量测定。总体而言,沉积物中的营养元素含量偏低。总氮仅为 0.1089%,其中深水区与湖湾平均值仅为 0.0695%;总钾为 0.478%;总磷为 0.0968%,速效磷为 32ppm,均偏低;有机质为 1.89%,剔除异常的 9 号点仅为 1.39%,丰度不高。作为主体部分的深水区 and 湖湾区,各种营养元素的含量变化不大,变异系数除速效磷为 45% 以外,其它均小于 18.4%。

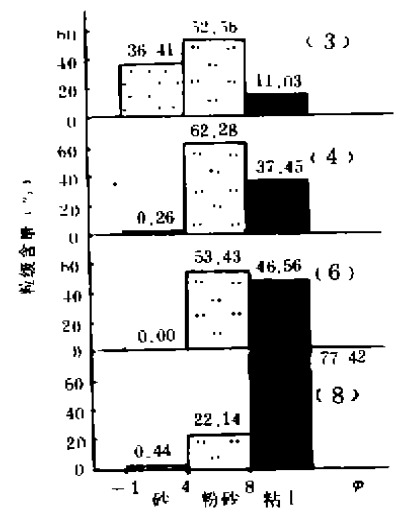


图5 哈纳斯湖表层沉积物自北向南粒度分级的变化

Fig. 5 Sampling positions

(二) 若干常量元素与微量元素

对 8 个表层样的常量元素 Fe、Al、K、Na、Ca、Mg、P 和微量元素 Pb、Mn、Ni、Sr、Ba、V、B、Zn 作了含量测定。其中, Al、Fe、Ni、Mn、Sr、V、B、Ba、Ca、Pb 是用等离子光谱法(ICP)测定, Na、Zn 是用 Iditachi 170-50A 原子吸收分光光度计测定。

许多元素或其稳定氧化物的含量分布与沉积环境关系密切。作为湖泊主体的深水区和湖湾的 5 个点, 各种元素的含量比较一致, 样本标准差较小, 变异系数都小于 30%。近河口区与出口处各有特点而明显区别于深水区。

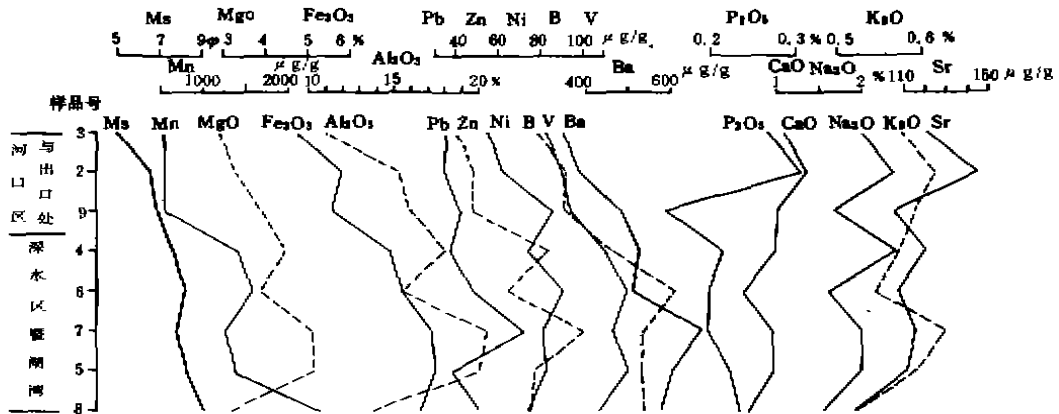


图 6 若干元素的含量与平均粒径 M_s 的关系图

Fig. 6 Grain size variation in sediments from north to south of Hanas Lake

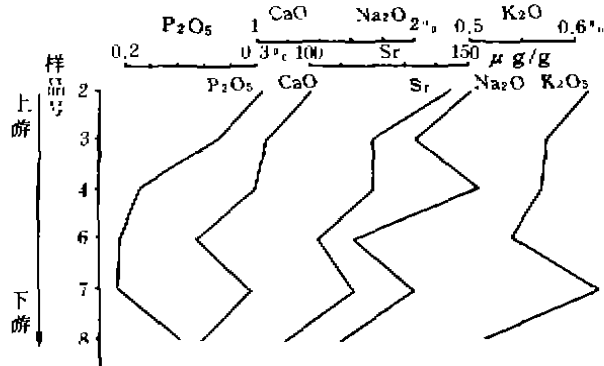


图 7 若干元素的含量与上、下游位置的关系

Fig. 7 Relationship between the element contents and their location of the upper reaches or lower reaches in the lake

许多元素的含量分布与粒度的关系密切, 如图 6 所示, Mn、Fe₂O₃、Al₂O₃、Zn、Pb、Ni、B、V、Ba、MgO 的含量随平均粒径 (M_s) 的减少而增加。其中重金属元素, 可以用粘粒的吸附作用解释。K₂O、Na₂O、CaO、Sr、P₂O₅ 则相反, 其含量大致随平均粒径的增大而增加, 因为, 其含量主要受上下游关系的控制, 如图 7 所示其上游点含量明显高于下游点。但 7 号点因受横向搬运影响而有些反常, 在 7 号点, Na₂O、CaO 和 Sr 的含量高于 6、8 两点而接近于河口区的

2、3 两点, Mn 的含量却低于 6、8 两点。联系 7 号点前述粒度参数中 M_z 数值偏小而 S_z 偏大且成明显双峰态的特征, 可以判定该点存在由浊流形成的明显的横向搬运。这是因为, 该点虽处于中段开阔湖区, 但偏向东岸, 距岸不到 1km, 水深却达 181m, 而深水陡坡正是发育浊流沉积的有利于条件。由 7 号点推论, 在本湖两侧湖盆坡脚一带普遍存在浊流沉积。

四、沉积速度

对 7 号点用 ^{210}Pb 法作了沉积速率分析。该点水深 181m, 位于中段湖心区, 基本可以代表开阔湖区的平均沉积速率。该点的沉积速率(表层 5cm 的平均值)为 0.52mm/a, 表层沉积通量为 17mg/cm²。如果以此作为全湖的平均值计算, 则全湖年沉积总量为 7612.6t/a, 表明该湖的沉积速率是较低的。对照湖盆的典型箱形形态及湖底存在地堇形的凹槽, 说明沉积作用难以补偿断陷作用, 湖盆将继续加深。

参 考 文 献

- [1] 冯敏、任慕莲主编. 新疆哈纳斯湖科学考察. 北京, 科学出版社, 1990, 1—64。
[2] 王洪道等. 中国湖泊资源. 北京, 科学出版社, 1989, 199—207。

SUBAQUEOUS GEOMORPHOLOGY AND SEDIMENTS OF HANAS LAKE IN XINJIANG

Feng Min

(Nanjing Institute of Geography and Limnology, Academia Sinica, Nanjing 210008)

Abstract

Lake survey shows that Hanas Lake, with maximum water depth of 188.5m, mean water depth of 120.1m and excellent fresh water capacity of 5.378km³, is one of very prominent lakes in China. The cross section of the lake bottom shows an unusual chest-like form and the lake faults are still in intensive action now. The grain size distribution is controlled chiefly by longitudinal transportation, and influenced by traverse transportation in the local area with quite low concentration of the most nutrient elements in the sediments. Minerals and chemical elements of the sediments are obviously under the control of sedimentary environments, with quite low concentration of the most elements in the sediments. Its sedimentary rate is measured 0.52mm/a by ^{210}Pb , but insufficient to compensate the lake faulting, as a result, the lake depth will get increased even more.

Key words Hanas Lake, subaqueous geomorphology, sedimentary rate