

哈拉湖湖滨沉积物的粒度分布 特征及其环境意义

武安斌

(兰州大学地质系)

哈拉湖盆地是祁连山西部的一个山间盆地。哈拉湖位于盆地中心,属高山内陆湖泊。湖面海拔高度4077米,最大水深65米,平均274米^[1]。湖泊呈北西西—南东东延伸,长32公里,平均宽度13公里,面积为580平方公里。哈拉湖盆地北部有疏勒南山巍峙,海拔在5000米以上,南为哈拉湖南山,平均海拔不到5000米。盆地东西两侧的分水岭均系低平的丘陵地带。南北二山由上泥盆统、石炭系和三叠系地层组成,盆地内部除零星出露第三纪地层外,余为第四系洪积、冰水冲积物覆盖。

哈拉湖盆地四周共有二十多条河流注入湖内,河流携带的大量碎屑物质是哈拉湖沉积物的主要来源。湖泊周围的湖滩由五级大致平行湖岸线的自然堤与堤间带状沙滩低地相间组成,最低级自然堤仅高出湖面0.5—1米,最高级达10—15米。湖滩带宽约40—400米,向湖作平缓倾斜,倾角2—8°(图1)。

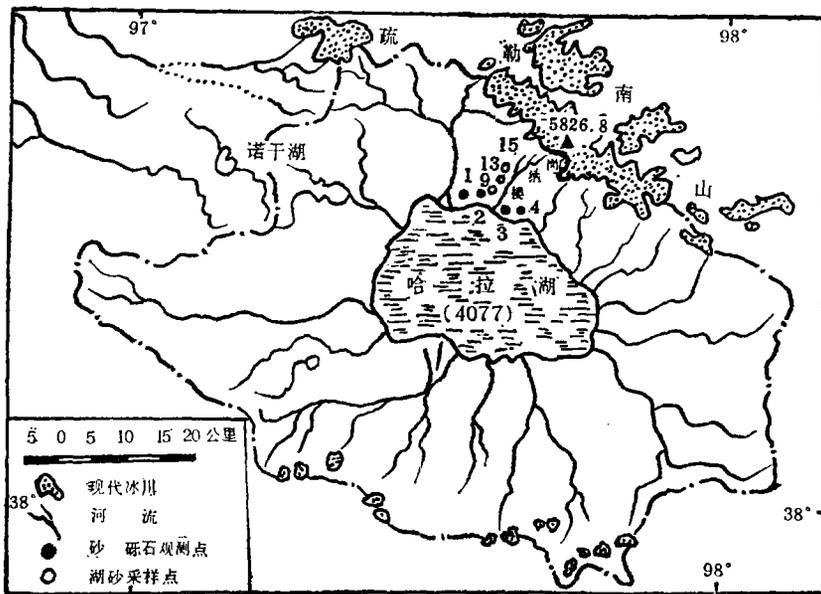


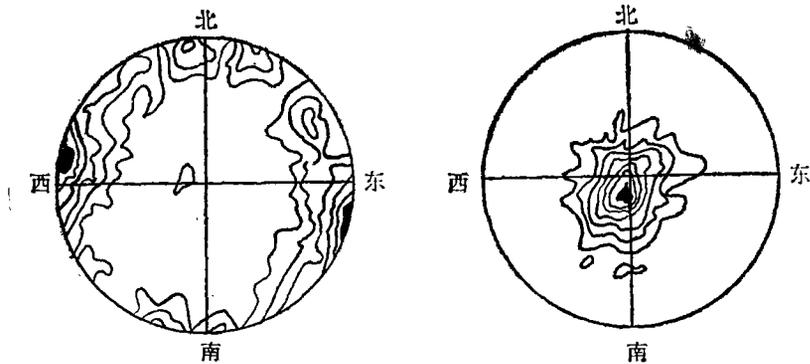
图1 观测点位置图

Fig. 1 Observation spot location.

本文以哈拉湖滨岸砂、砾层的粒度分析为例, 试图探寻高山内陆湖沉积物的粒度分布特征及其与湖泊流体动力环境的关系, 恢复它们形成时期的沉积环境。不妥之处, 请予指正。

一、湖滨沉积物的一般特征

哈拉湖湖滨沉积物的岩性为灰绿色含砂砾石层和含泥砂层。砾石成分主要是灰绿—紫红色砂岩(56.36—84.9%), 其次为石灰岩(4.71—20%)、板岩(5.66—17.2%)、石英(3.4—4.71%), 其它成分如含砾砂岩、页岩等总数不到2%。砾石成分与盆地北部山麓地带冰碛物和冰水沉积物的成分组合大致相似^[2]。砾石呈扁平状, 具叠瓦状排列, 砾石长轴平行于湖岸线分布, 最大扁平面向湖倾斜, 平均倾斜度为8—10°(图2)。湖滩砂主要分布于自然堤之间的带状低地, 其次为砾间充填物及一些砂质透镜体夹层。砾石层见有发育不好的递变层理, 砂层具有小型交错层理。



左图——HL1a轴(110次测定): 等密线, 0.9—1.8—3.6—8.2—16.2—25%极密P, 30—38%

右图——HL1c轴(110次测定): 等密线, 0.9—1.8—8.2—16.2—24.4—30%极密P, 38.2—47.4%

图2 哈拉湖砾石方位岩组图

Fig. 2 Petrofabric orientation diagram of gravels on Halahu Lake.

二、湖滨沉积物粒度分布特征

笔者在哈拉湖北岸布置了四个砾石观测点, 采集湖滩砂样七个。砾石观测点分布于最新一级自然堤向湖一侧的砾石滩上, 这里的砾石受湖浪的冲击、簸选和改造。根据野外测量和筛析所得的粒度数据, 绘制了砂、砾沉积物的直方图、频率曲线和概率累积曲线。

1. 砾石的粒度分布特征

从大多数砾石的粒度柱状图呈单峰式, 频率曲线近于对称, 粒度分布区间较窄(图

3、4)。砾石的粒度，以a轴长度计算，最大的在19厘米以上，小者不到1厘米。其中以3.2—4.5厘米含量最多，占24.5—35.4%；砾石粒径（d值）的分布图式与a轴基本相近，但粒径以2.3—3.2厘米最为显著，含量在31—40.5%之间。说明哈拉湖砾石的粒度比较均匀，其分选也较好。

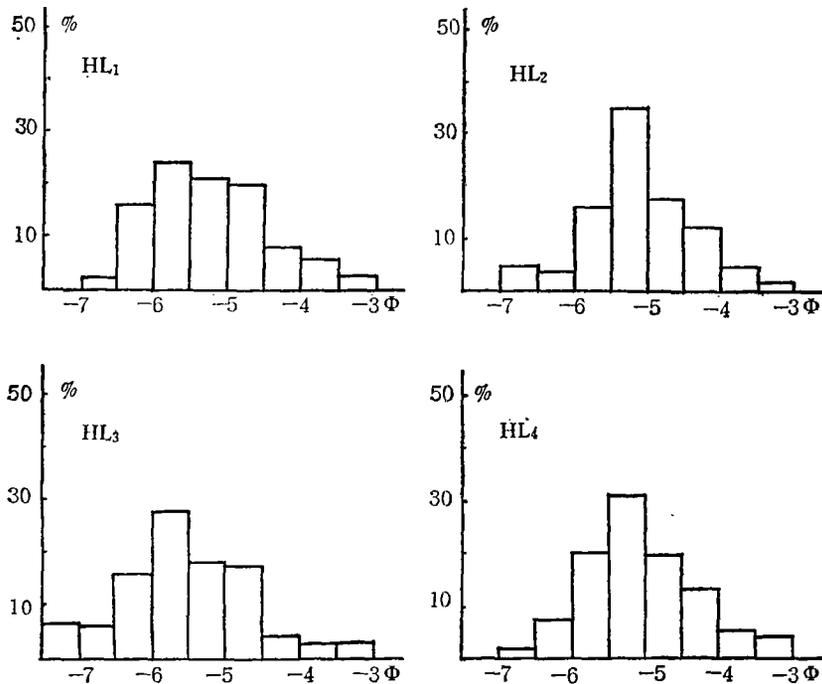


图3 哈拉湖砾石粒度（a轴）柱状图和频率曲线

Fig. 3 Grain size frequency curve and histogram of gravels (a-axes) on Halahu Lake.

2. 湖滨砾石的粒态特征

粒态包括圆度、球度和扁度，是研究粗碎屑沉积物（岩）结构的重要内容，对于阐明粗碎屑沉积物的粒组特征、搬运距离和水动力条件有意义。野外将砾石的圆度分四级（棱角状，次棱角状，次圆状和圆状），其中棱角状和次棱角状者占23.1%，次圆状和圆状占76.82%（表1）。砾石的形状，以扁长体（45.5—47.1%）最多，扁圆体（28.3—37.4%）次之，滚体（10.9—13.4%）较少，不规则体（2.73—10.9%）和球体（0.91—1.89%）最少。砾石的球度和扁度是反映砾石形状的重要标志。利用克鲁宾公式 $\phi = 3 \sqrt{\frac{a \cdot b \cdot c}{a}}$ 计算了每个砾石的球度，用温德华士公式 $F = \frac{a+b}{2c}$ 计算每个砾石的扁度，并绘制出球度和扁度累积曲线（图5）。如图所示，哈拉湖砾石的平均球度为0.42—0.485，平均扁度在4—6之间，说明砾石的球度较差，扁度中等。

粒态除受碎屑沉积物的成分和物理性质影响外，又与搬运方式、距离和水动力强度密切相关。哈拉湖砾石的粒态特征与粒度分布图所反映的水动力条件基本一致，但圆化

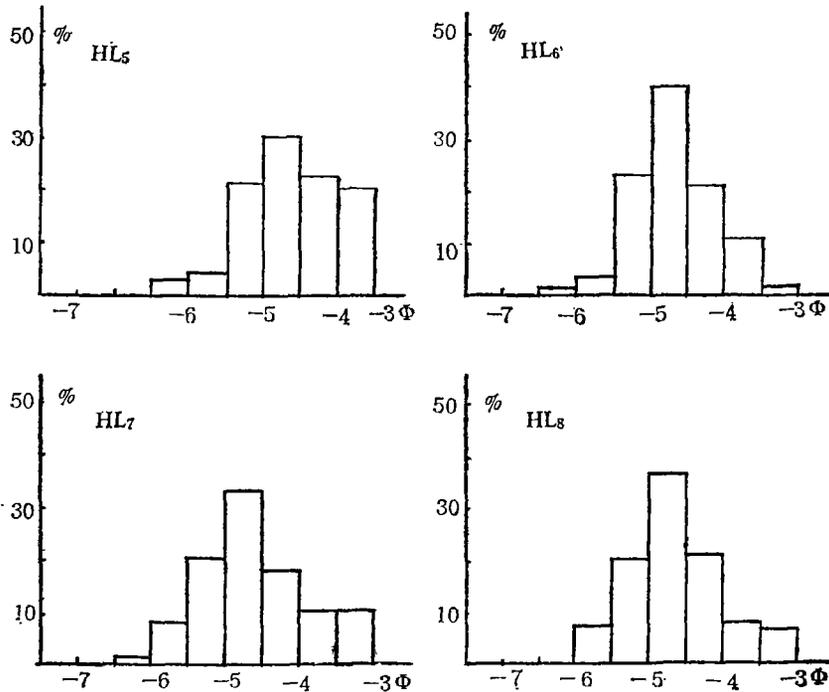


图4 哈拉湖砾石粒度 (d 值) 柱状图和频率曲线

Fig. 4 Grain size frequency curve and histogram of gravels (d -values) on Halahu Lake.

表1 哈拉湖砾石的圆度特征

Table 1 Characteristics of roundness of gravels of Halahu Lake.

观测点	各个圆度级别的频数 (%)				平均圆度 (%)
	0	1	2	3	
1	3.64	22.7	45.45	28.18	67.17
2	7.69	14.62	46.92	30.77	66.66
3	7.00	21.0	34.0	38.0	67.60
4	10.00	23.64	37.27	29.10	60.03

程度相对较高, 如上所述, 哈拉湖砾石分选中等偏好, 扁度中等, 球度较差, 而圆度反而很高, 两者之间似不相称。据笔者观测和计算, 祁连山现代冰川冰碛石的平均圆度都在5%以下, 球度和扁度也很差, 而哈拉湖北部团结峰南坡岗纳楼冰川冰碛石的球度为0.52, 扁度2.75, 平均圆度却高达20%以上〔2〕, 也就是说, 哈拉湖砾石是在冰碛物圆度较好的基础上由冰水河流再度圆化之后才进入哈拉湖地区的。这表明, 哈拉湖砾石圆度较高的原因, 并非完全由湖泊作用所致, 而是再沉积作用造成的。哈拉湖砾石与盆地

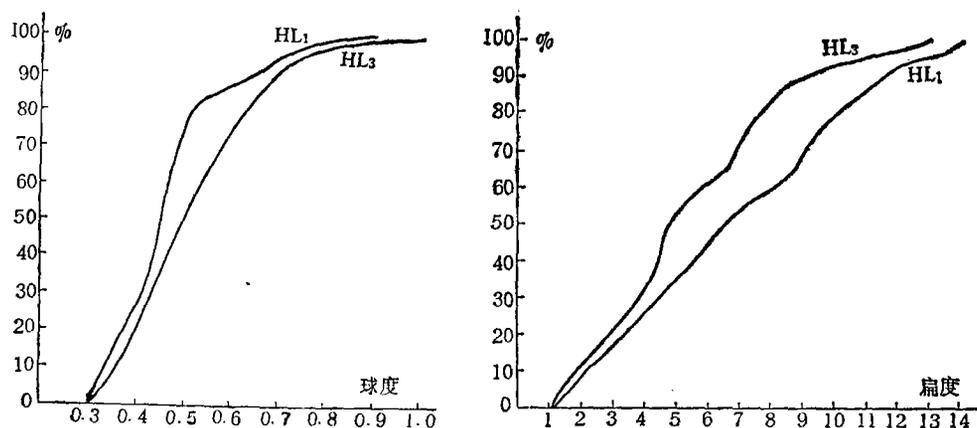


图5 哈拉湖砾石球度和扁度累积曲线

Fig. 5 Cumulative curve of flatness—ratios and sphericity of gravels on Halahu Lake.

北部冰碛石比较，球度略有减少，扁度明显变好，表示砾石的运移和磨损主要以滑动方式为主。

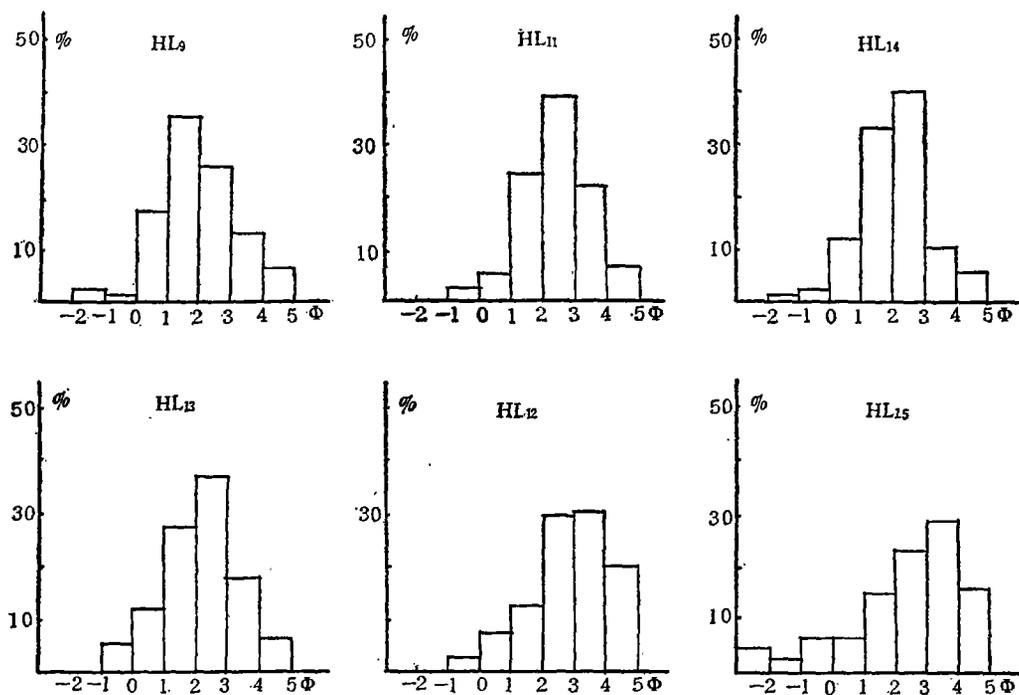


图6 湖滩砂粒度柱状图和频率曲线

Fig. 6 Grain—size frequency curve and histogram of Halahu Lake beach sands.

3. 湖滩砂的粒度特征

粒度分析结果表明,湖滩砂的柱状图都有一个明显的主峰,以0.125—0.5毫米的粒级含量最多,最高频数变化在28.7—29.8%之间,多数湖滩砂的频率曲线近于对称,部分曲线显示出微弱的粗尾部(图6)。可见,湖滩砂的粒度还是比较均匀的,分选程度中等到较差。湖滩砂的粒度概率曲线,滚动组分含量为17—42%,粒度区间一般在+0.9—2 ϕ 之间,斜率21—45°,分选较差;跳跃组分占50—76%,斜率55—62°,分选中等偏好;悬浮组分的含量一般不超过10%,曲线平缓,分选性差(图7)。

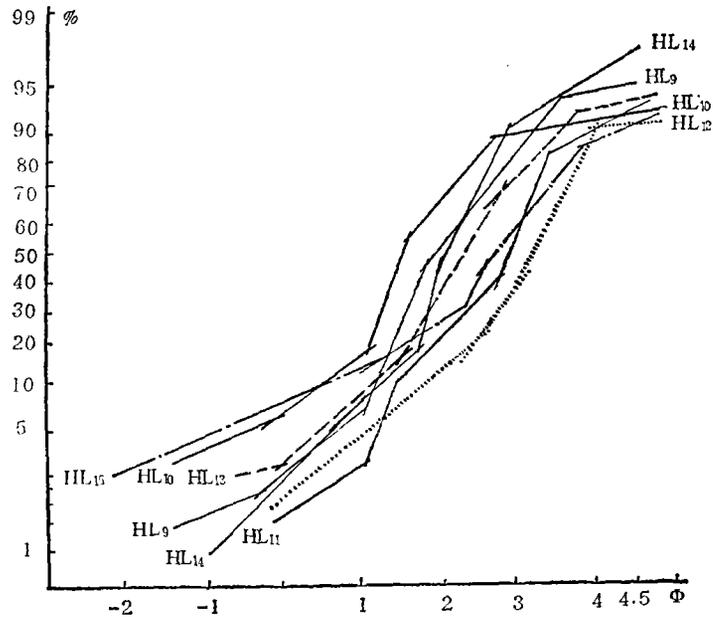


图7 湖滩砂粒度概率曲线

Fig. 7 Probability curve of grain size of Halahu Lake beach sands.

表2 湖滩砂粒度概率曲线特征

Table 2 Characteristics of probability curve of grain size of Halahu Lake beach sands,

曲线特征 样点号	滚动组分			跳跃组分				悬浮组分		
	含量%	斜率	CT(ϕ)	含量%	斜率	CT(ϕ)	FT(ϕ)	含量%	斜率	FT(ϕ)
9	17	28°	-1	76	58°	1.2	3.65	6	9°	>4.5
10	21	45°	-1.5	65	55°	1.5	3.45	14	28°	>4.5
11	32	29°	0	60	59°	2.55	4.1	8	4°	>4.5
12	29	36°	0	64	56°	1.7	3.7	7	10°	>4.5
13	27	23°	-1	63	58°	1.1	2.8	10	9°	>4.5
14	27	39°	-1	64	62°	0.9	3.1	9	28°	>4.5
15	42	21°	-2	50	57°	2.5	3.9	8	20°	>4.5

CT—粗截点

FT—细截点

湖滨砾石层中所夹的砂层透镜体和砾间充填砂的粒度分布特征与湖滩砂相似, 但砾间充填砂柱状图有明显的双峰型态, 峰值较低(图 6), 概率曲线中滚动组分和跳跃组分含量很高, 整个曲线斜率低, 分选差(图 7)。各个样点概率曲线的特征列于表 2。

哈拉湖湖滨砂、砾沉积物的粒度柱状图峰值较低、分选中等, 概率曲线各组分含量和粒度区间变化较大以及整个曲线比较平缓的特征, 反映了哈拉湖沉积物搬运距离不长, 堆积速度较快, 水动力条件很不稳定。

三、湖滨沉积物粒度分布的图解参数特征

对于哈拉湖湖滨沉积物的粒度分布, 利用福克和沃德公式^[6]计算了各种粒度参数(表 3), 借以了解湖滨砂、砾沉积物粒度分布的数字特征及其与沉积环境的关系。

表 3 哈拉湖湖滨沉积物的粒度参数

Table 3 Parameter values of grain size of Halahu Lake shore sediments.

参数值 样点号	M_2	δ_1	SK_1	K_g	样 点 位 置
1	-5.25	0.707	+0.1318	1.010	一级自然堤
2	-4.967	0.935	-0.169	0.981	一级自然堤
3	-5.55	0.913	+0.134	1.042	一级自然堤
4	-5.08	0.755	-0.036	1.024	一级自然堤
5	-4.05	0.681	+0.062	1.002	同 1
6	-4.81	0.462	+0.039	1.414	同 2
7	-4.54	0.761	+0.069	1.160	同 3
8	-4.73	0.703	-0.0052	1.112	同 4
9	2.06	0.875	+0.004	0.843	一级堤间带状低地
10	1.55	1.290	+0.161	1.391	一级堤砾间充填物
11	2.38	0.709	-0.102	1.180	二级堤间带状低地
12	2.79	0.761	-0.243	0.970	二级堤砂质透镜体夹层
13	2.19	0.972	-0.137	1.049	三级堤间带状低地
14	2.05	0.691	-0.166	1.140	四级堤间带状低地
15 ¹⁾	2.20	1.854	-0.390	0.728	五级堤砾间充填物

1) 15号砂样系胡双照提供。

δ_1 表示沉积物的分选性。 δ_1 愈小, 分选性愈好。哈拉湖砂、砾沉积物 δ_1 值在 0.462—1.854之间(表 3), 其中 0.7—1 者占 67%, <0.7 者占 20%, >1 占 13.0%, 按照福克-沃德标准^[6], 属于分选中等偏好的范围。湖滨沉积环境的水动力条件及其沉积过程与无障碍海岸环境有类似之处, 沉积物的搬运和沉积主要受着湖浪和湖岸流作用的控制。湖滨带接受着来自湖岸方向的大量碎屑物质, 它又是湖泊环境水动力的最高地带, 波浪作用十分强烈。碎屑物质受着拍岸浪的冲刷簸选, 因此, 湖滨沉积物粒度分选作用明显, 圆化作用较好。由此可见, 标准偏差 δ_1 是湖成碎屑物最重要的识别标志之一。

SK_1 表示沉积物粒度分布的不对称性。 $SK_1 = 0$ ，为对称分布； $SK_1 > 0$ ，沉积物粒度集中在粗粒部分，为正偏； $SK_1 < 0$ ，粒度集中于细粒部分，为负偏。哈拉湖砾石的偏度为 $-0.169 \sim +0.134$ ，其中63%以上在 $-0.1 \sim +0.1$ 之间，属于近于对称分布；湖滩砂的偏度在 $-0.39 \sim +0.161$ 之间，部分为近于对称分布，多数属负偏范围。滨岸地带的碎屑物质，在波浪作用下，往往处于反复运移的状态，此时，沉积物中的泥质等细组分从湖底搅起，受到冲洗，呈悬浮状态带入浅湖深湖区；粗组分相对集中，因而成分较纯，粒度均一，分选较好，频率曲线多为对称的常态曲线。河流带入湖中的泥砂在入湖处来不及充分沉淀，少量细组分也会掺入附近湖滨带砾质沉积物中沉积下来，致使砾质沉积物频率曲线呈现微弱的正偏性质（见表3）。在近岸环境沉积的，由于湖滩砂掺入少量较粗颗粒，除了近于对称的频率曲线外，多具微弱的负偏性质。

K_g 是度量粒度分布曲线尾部与中部展形之比的参数，用以说明与正态分布曲线比较时，沉积物粒度频率曲线的宽窄尖锐程度。 $K_g = 1$ ，为正态曲线； $k_g > 1$ ，为窄峰尖锐曲线； $K_g < 1$ ，为宽峰平坦曲线。哈拉湖沉积物的峰态值为 $0.73 \sim 1.41$ ，其中 $0.9 \sim 1.11$ 者占86.7%，属于峰态中等，即近于对称的正态分布曲线。表示沉积物粒度分布比较集中，粒度分选作用较好。

综上所述，可知哈拉湖滨湖沉积物的粒度图解及由此求取的粒度参数特征与一般海、湖滩岸沉积〔3、4、7、8〕比较接近，其结构成熟度低于海洋沉积，略高于普通河流沉积物。弗里德曼的研究资料表明〔7〕，许多海（湖）滨砂的标准偏差为 $0.5 \sim 0.8$ ，河流砂为 $0.8 \sim 2$ ，大多数冰川砂限定在2以上。笔者曾经证明，冰水河流沉积物的标准偏差大多界于普通河流（ $0.8 \sim 1.4$ ）与冰川沉积物（ > 2 ）之间。将哈拉湖滨湖沉积物的

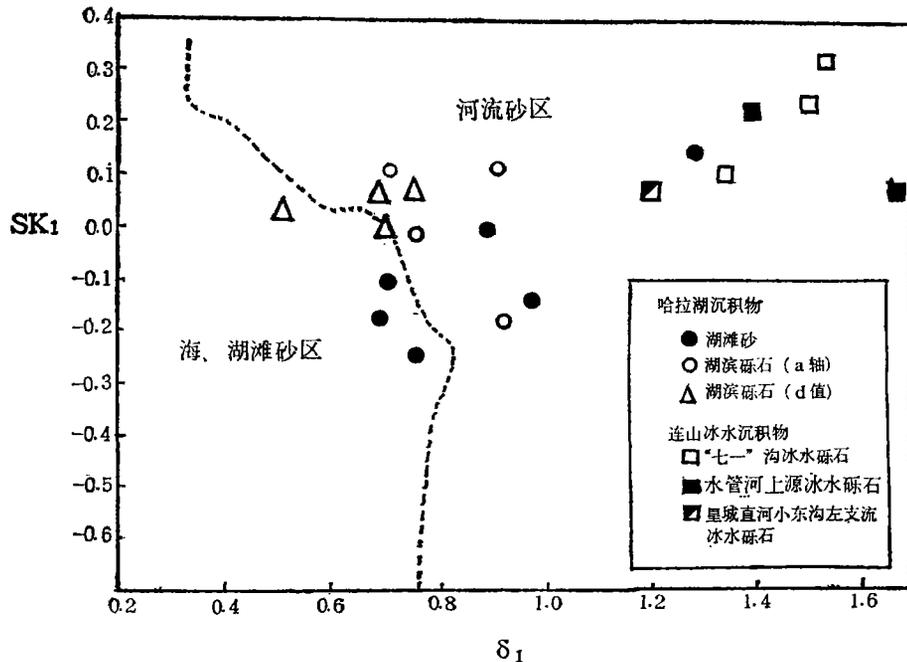


图8 哈拉湖滨湖沉积物的 SK_1 和 δ_1 离散图

Fig. 8 Scatter diagram of SK_1 and δ_1 of Halahu Lakeshore sediments.

粒度参数投影到弗里德曼用于判别河流砂与海湖滩砂的模式图〔9〕(图 8)中可以看出,哈拉湖湖滩砂部分样点落入海湖环境内,部分样点分布在河流环境内。图 8 表明,哈拉湖湖滨沉积物的粒度特点与冰水河流(洪流型)沉积差别明显〔5〕与普通河流沉积界限不清楚。

野外工作得到祁连山冰川考察队的大力支持,冯存耀、胡双熙参加了部分观测工作,谨此致谢。

(收稿日期 1983 年 4 月 14 日)

参 考 文 献

- 〔1〕伍光和等, 1980, 哈拉湖流域的冰川作用特征及水资源利用问题, 冰川冻土, 2 期 27—32。
 〔2〕武安斌, 1980, 疏勒南山岗纳楼 5 号冰川现代冰碛物的沉积组构特征, 兰州大学学报, 3 期 119—126。
 〔3〕吴磊伯等, 1962, 海滨砾石组构分析的一个实例, 地质学报, 4 期 353—361。
 〔4〕知平等译, 1964, 沉积岩研究法, 中国工业出版社, 1 卷 63—65。
 〔5〕武安斌等, 1983, “七一”冰川流域冰碛石和冰水砾石的沉积组构分析, 兰州大学学报, 3 期 127—139。
 (6) Folk, R.L., and, Ward, W.C., 1957, Brazosriver Bar: A study in the significance of grain size parameters. Jour. Sed. petrology, Vol. 27, p. 3-26.
 (7) Friedman, G.M., 1962, Comparism of moment measures for sieving and thin-section data in sedimentary petrological studies. Jour. Sed. petrology, Vol. 32, P. 15-25.
 (8) Friedman, G.M., 1961, Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. Jour. Sed. petrology, Vol. 31, P. 514-529.
 (9) Friedman, G.M., 1967, Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. Jour. Sed. petrology, Vol. 37, P. 327-354.

THE CHARACTERISTICS AND ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE OF GRAIN-SIZE DISTRIBUTION OF HALAHU LAKE-SHORE SEDIMENTS

Wu Anbin

(Department of Geology Lanzhou University)

Abstract

Some main characteristics of grain-size distribution of sand-gravel sediments

have been presented in this paper through the grain-size analysis of Halahu lake-shore sediments. Most of the lake-shore sediments are of unimodal form in size histogram, and the sorting of their grain size is moderately better. The parameter values of lake-shore gravels are $\delta_1 = 0.462-0.935$, $SK_1 = -0.169-+0.134$, $Kg = 0.961-1.414$. The skewness(SK_1) of lake-beach sands is predominately negative, and their standard deviation (δ_1) ranges 0.691—1.854. Saltation and traction populations show their dominance in probability curve of grain size of lake-beach sands, which indicates moderate sorting. Most of the longest axes(a—axes) of lake-shore gravels are parallel to the direction of lake-shore, line, and ab—planes of gravels dip to lake direction at an average angle about 8° . It is suggested that the research on the characteristics of grain size distribution of lake-shore sand—gravel sediments be of great importance to the study of sedimentary environment and the identification of the genetic type of ancient lake deposits.