

利用盐层中碎屑沉积物粒度分布特征 鉴别干盐湖沉积层序

胡文瑄

(南京大学地球科学系)

提要 本文提供了利用盐层中碎屑物粒度分布特征鉴别干盐湖层序的新方法。通过对昆特依现代干盐湖的研究发现,广泛发育的盐滩均经历了水下沉积、水上沉积与改造等作用过程,其碎屑物粒度分布特征与正常盐湖沉积显著不同,常由两个以上次总体复合而成。这成为区分两者的良好标志。作者将其应用于钻孔剖面,首次在该区揭露了若干干盐湖层序。而这些层序正是钾盐富集区段。

关键词 干盐湖 碎屑物粒度分布特征 钾盐 柴达木盆地。

作者简介 胡文瑄 男 31岁 博士后 矿床学。

世界上绝大多数钾盐矿床的形成都与干盐湖有关。我国柴达木盆地中的钾盐沉积和富钾卤水也都赋存在干盐湖中。因此,如何鉴别干盐湖沉积层序,便成为普遍关注的问题。过去这一工作主要侧重于对盐类沉积物本身的研究。作者在柴达木盆地昆特依盐湖工作时发现,干盐湖中机械碎屑物的沉积与正常盐湖有明显差异。本文试图就此作一探讨。

一、地质概况

昆特依盐湖位于柴达木盆地西北部。面积约2400km²,盐系沉积厚200—300m。该盐湖现已发展为干盐湖,绝大部分区域已干化为盐滩,仅局部发育浅而小的卤水湖。可供开采利用的主要是富钾卤水矿,它们除在地表卤水湖一带富集外,大部分以孔隙卤水形式赋存在盐系剖面某些层段中。固体钾盐也有少量分布,剖面上以杂卤石为主,卤水湖中有光卤石等沉淀。

干盐湖与普通盐湖的主要差别,在于它发育有大片干化盐滩。因此,盐滩沉积特征的研究,是识别干盐湖沉积的关键。对昆特依现代盐滩野外观察表明,绝大部分盐滩都是在正常盐湖水下沉积的基础上,干化后又接受水上的沉积叠加,以及不同程度的风蚀和溶滤改造作用而成。其形成过程大致分为两个阶段:

1.正常盐湖水下沉积阶段

其机械沉积主要是水面粘附作用形成的风成尘土(粉砂粘土级)沉积,呈纹泥层夹于盐层中或浸染于盐层内。偶有洪泛泥流进入盐湖,形成较厚的碎屑沉积层。

2. 干化后沉积叠加与改造阶段

干化初期盐滩表面较潮湿, 风成尘土粘附沉积较多, 使盐滩成土黄褐色。随着盐滩干燥, 遭受不同程度的风蚀作用, 吹走一部分细粒物质, 并带来较粗粒级的风成砂, 后者以拖拉和跳跃方式搬运到盐滩上, 在盐滩表面、干裂缝、及淋滤溶蚀小洞穴中沉积下来。降雨对盐滩产生溶滤改造, 所形成的少量溶滤卤水大多在潜卤水面以上并很快蒸发结晶, 将风成碎屑物胶结。毛细蒸发作用也在盐滩内形成一些盐类沉积。久而久之, 原始盐滩的层状构造完全破坏, 碎屑沉积物与盐类沉积混杂在一起, 形成了较为特殊的盐滩沉积。这也正是干盐湖中区别于一般盐湖的特殊层序。

二、 样品处理及分析方法

取样 根据样品中碎屑物与盐类矿物相对含量而定, 以溶去盐类矿物后所剩碎屑物约 50 克为宜。

去盐 首先用水溶方法将易溶盐类如石盐、芒硝等去掉, 然后用 5—10% 盐酸溶液溶解膏盐和碳酸盐类。溶液变为淡黄绿色即可倒掉废液, 再加酸溶解直至盐类物质溶完为止。倒废液时须在澄清状态下进行, 以减少细碎屑物的流失。

分析 将处理过的样品烘干称重后, 选用 0.045mm 的筛子进行分样。然后将筛上物进行筛析, 筛下物用移液管法进行分析。得出原始数据。

数据处理根据 R.L.Folk 等 (1980) 提供的方法和公式进行。主要粒度参数的计算和基本图件的绘制均由计算机完成。

三、 现代样品粒度分析结果与讨论

图 1 给出了昆特依现代干盐湖不同亚环境中机械碎屑沉积物的粒度分布曲线。其中 S-3 为盐湖外围砂丘样, S-5 为盐滩边缘砂垅样, L-8 为盐湖湖底淤泥样, D-4、D-5、D-15 和 P-1 均为盐滩样, 自盐滩外部向中心依次采集的。盐滩样的岩性为含砂石盐、砂质石盐或含砂粉砂质石盐岩等, 呈土黄褐色。碎屑物分布很不均匀, 具斑杂状、块状构造。砂粒不均匀浸染状分布, 基底式胶结为主。

由图 1 可知, 风成砂和湖底淤泥沉积均为单峰曲线, 表明它们是由相对单一的沉积作用过程所形成。但风成砂粒度粗, 均值在 $0-2\phi$ 范围内; 分选良好, 其概率曲线斜率大; 另外其频率曲线呈正偏态或中间下凹的驼峰形态, 与其它地区风成砂特点相似。而湖底淤泥与之不同, 粒度细, 均值在 5ϕ 附近; 分选较差, 概率曲线斜率低; 主要由悬浮载荷沉积形成。

盐滩样品中碎屑物粒度曲线与它们显著不同。有三个方面最为特征: ①频率分布曲线均为形态复杂的多峰曲线, 概率曲线也很复杂, 反映了沉积作用过程的多样性或多阶段性; ②粒度范围大, 从砂到粘土都有分布。将其与风成砂和湖底淤泥曲线对比可知, 其粒度范围正好横跨两者的分布区间; ③频率曲线明显表现为两组峰体, 第一组位于 $0-2\phi$ 之间, 第二组在 $3-5\phi$ 之间。前者具风成砂沉积特点, 即 (a) 曲线呈驼峰形态, 有的尽管很低, 但下凹趋势明显; (b) 粒度较粗, 属滚动与跳跃搬运部分; (c) 从概率曲线看, 无论粗粒部分含量

多少, 其对应概率曲线段之斜率均较高, 表明分选良好。因此, 这一部分主要是盐滩干化后风成沉积叠加的产物。第二组峰体特点是: (a) 粒度较细; (b) 分选较差, 其相应概率曲线斜率低; (c) 总体上为一个峰体, 但起伏变化较大, 所以, 这一部分主要由悬浮沉积物组成。可能除了干化前的水下沉积外 (与 L-8 相当), 也有干化初期潮湿盐滩的粘除沉积, 并受到后来不同程度的风蚀改造。

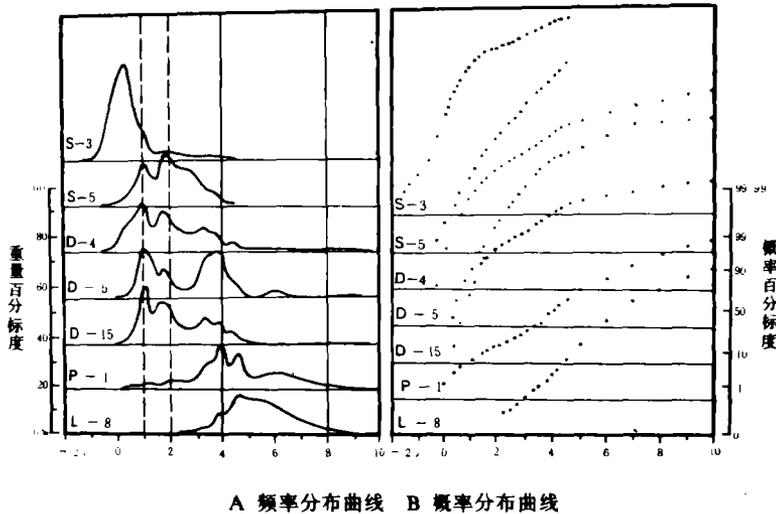


图 1 昆特依现代干盐湖中碎屑沉积物粒度分布曲线

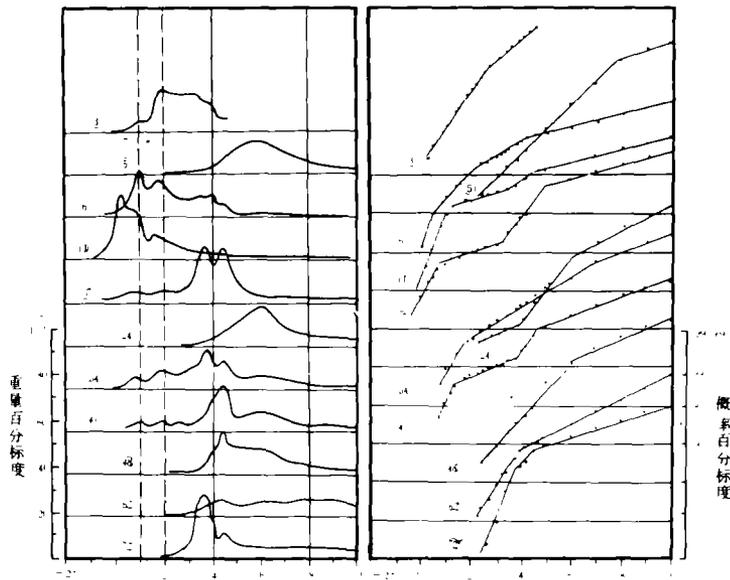
Fig. 1 Grain-size distribution curves of clastics in the modern Kenteyi Playa.

由上可知, 盐滩内所含碎屑物的粒度分布特征, 较好地反映了盐滩形成过程中包括水下沉积和水上风成沉积叠加与改造的复杂历程, 是干盐湖中特殊环境条件的具体表现。由于上述特征与正常盐湖沉积有显著差别, 因而为鉴别地下“古代”干盐湖层序提供了标志。

四、 钻孔剖面上干盐湖层序的鉴别

关于剖面上干盐湖层序的鉴别, 前人曾做过一些工作。瓦利亚什科 (1962) 研究发现, 盐湖干化时浓缩卤水即转入地下成为晶间卤水, 使较高演化阶段的钾镁盐矿物, 沉淀在先成的低阶段盐类 (石盐、芒硝等) 之下, 形成所谓的“异常层序”。他认为这种“异常层序”是鉴别干盐湖沉积的良好标志。还有人利用盐矿物中微量元素 (如溴等) 的地球化学特征来揭示盐湖干化层序。但这些研究都是从盐类沉积物本身着手的, 由于盐类物质易溶、易塑性变形, 沉积后的变化很复杂, 加之钾镁盐类仅在干盐湖内局部洼地中富集, 这给上述方法的应用带来很大局限性。而盐层中碎屑沉积物则不然, 它在成岩后生阶段变化不大, 且分布较广。这为粒度分析鉴别方法提供了基础。

笔者在昆特依地区选择 AK4008 钻孔剖面作了较系统研究。图 2 给出了主要代表性层序中碎屑沉积物粒度分析结果。具体采样位置、岩性、矿物组合及对应层段中卤水的钾镁含量见图 3。



A 频率分布曲线 B 概率分布曲线

图 2 ZK4008 钻孔剖面部分层序中碎屑物粒度分布曲线

Fig. 2 Grain-size distribution curves of clastics in some salt-bearing sequences of the hole-section ZK4008.

采样编号	深度 (m)	岩性	矿物组合					孔隙卤水中钾K ⁺ 镁Mg ²⁺ 含量变化
			Gy	Mt	H	Po	Bl	
4008-3	4.8	含砂粉砂质石盐*						
4008-7	10.5	褐色砂质石盐*						
4008-13A	30.0	含泥含砂石盐*						
4008-17	50.2	含砂粉砂泥质石盐*						
4008-24	74.5	灰色纹层状淤泥						
4008-34	100.7	含盐含砂泥层*						
4008-41	124.5	含盐含砂泥层*						
4008-48	144.0	粉砂泥质石盐						
4008-62	190.0	灰色含石膏泥层						
4008-72	315.0	纹层状含膏泥层						

Gy.石膏或半水石膏; Mt. 芒硝; H. 石盐; Po. 杂卤石; Bl. 白钠镁矾。带*者为干盐湖层序。

图 3 ZK4008 钻孔剖面中若干层序的岩性、矿物组合及孔隙卤水成分

Fig. 3 Lithologic characters and mineral assemblages of some sequences and K and Mg curves of interstitial brines in the hole-section ZK4008.

根据图 2 中曲线形态特征, 可分为两组。第一组为细粒单峰曲线, 包括 5、24、48、62 和 72 等层序。它们均由大于 2ϕ 的细碎屑物组成, 分选较差。与图 1 对比, 同现代盐湖湖

底淤泥粒度特征一致。因此, 这些含盐层序是正常盐湖水下沉积的产物。第二组曲线为复杂的多峰曲线, 包括 3、6、10、17、34 和 41 等层序。其特点与现代盐滩中碎屑物粒度特征几乎完全一样: 即将由两组峰体组成, 粗者分选好, 频率曲线为正偏态或驼峰形态, 具风成砂沉积特点; 细者分选差, 曲线形态较复杂, 主要由悬浮载荷沉积组成。对粗粒级砂质碎屑物电镜观察研究发现, 它们圆度良好, 砂粒表面发育碟形坑及翻卷层面构造。风成砂特征明显。因此, 这组曲线所代表的沉积为盐滩沉积, 其产出层序即为干盐湖层序。

从图 3 可以看出, 在干盐湖层序中, 常含有钾镁盐矿物, 如杂卤石、白钠镁矾等。其中的孔隙卤水也明显富集钾和镁, 这正是干盐湖聚钾作用的具体表现。本区孔隙卤水取样采用套管方法, 数百米钻孔分几个大段取混合样, 故富钾卤水层与贫钾卤水层常混在一起, 分析结果只反映大体趋势不代表各层具体情况。但若能利用本文的方法, 在查明干盐湖层序分布规律的基础上进行分层取样, 效果会更好, 更符合实际。

除 ZK4008 钻孔外, 作者在本区其它一些钻孔中应用粒度分析方法也发现了一些干盐湖层序。其碎屑物粒度分布特征与前述相同, 不再赘述。图 4 给出了若干实例。这些钻孔中干盐湖层序的产出层位与 ZK4008 孔基本一致, 它们都是富钾卤水分布区段, 并含少量钾镁盐矿物。显然, 本文的方法对寻找含钾的干盐湖沉积层序是行之有效的。

五、盐滩碎屑沉积物混合总体的拟合分离

干盐湖层序中碎屑物粒度分布曲线的形态较复杂, 是不同阶段沉积作用叠加混合的产物, 可称之为混合总体, 即由若干次总体复合而成。在此情况下, 利用上述曲线进行解释很不直观。另外, 所得的各种粒度参数也找不出明显规律。因此, 有必要对这些混合总体用数学方法进行拟合分离, 区分为若干次总体, 以便应用。

从理论上讲, 每个机械沉积过程所形成的沉积物均服从对数正态分布规律。因此, 混合总体是由若干对数正态曲线叠加复合而成。根据这一原理, 以原始实际混合总体为基准, 以次总体的个数, 均值和方差等为变量, 利用计算机对原混合总体进行拟合分离, 最终分解为若干次总体, 以揭示沉积作用的详细过程和作用方式。

笔者对前面的各种粒度曲线都进行了拟合分离。其结果表明, 湖底淤泥及其它正常盐湖沉积层序的碎屑物粒度分布曲线, 基本仍拟合为一个对数正态总体, 而干盐湖碎屑物粒度曲线, 一般拟合分离为 2—3 个次总体。图 4 给出了其中两例的拟合分离情况。可以看出, 盐滩碎屑物混合总体基本是由一个分选较好的粗粒次总体和一个或二个分选差的细粒次总体所构成。前者代表干化为盐滩后的风成沉积叠加部分; 后者主要是干化前水下沉积部分, 以及后来悬浮沉积部分。与野外观测情况相符。因此, 混合总体的拟合分离研究结果, 对进一步揭示干盐湖层序中碎屑物组成特点及其形成过程, 无疑是有益的尝试。

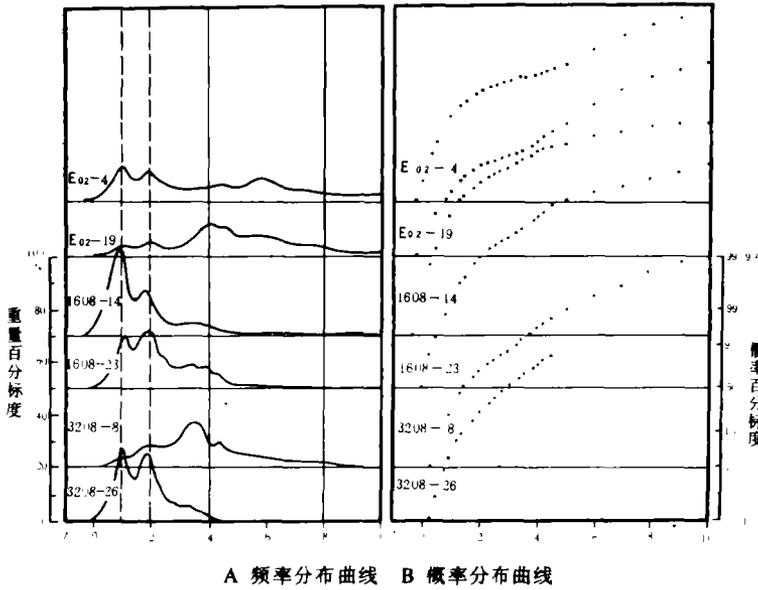
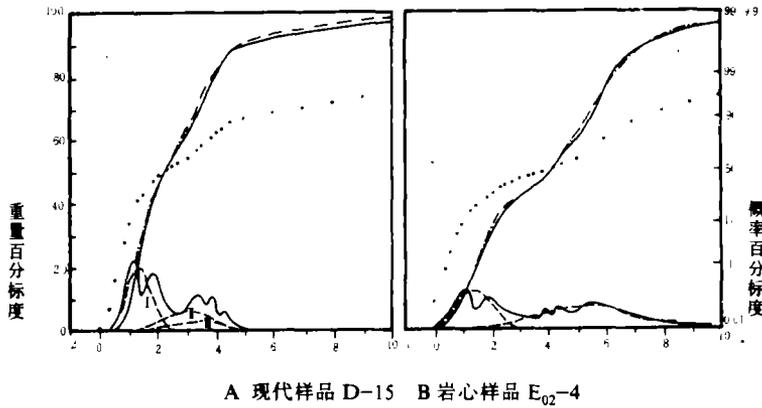


图 4 ZK 俄 02、ZK1608 和 ZK3208 钻孔中部分干盐湖层序碎屑物粒度分布曲线

Fig. 4 Grain-size distribution curves of clastics in some dry playa sequences of the hole-sections ZK Er 02, ZK 1608 and ZK 3208.



A 现代样品 D-15 B 岩心样品 E₀₂-4
 实线—混合总体频率曲线与累积频率曲线，虚线—各拟合次总体；
 点线—混合总体累积概率曲线；点划线—拟合累积频率曲线。

图 5 干盐湖层序碎屑物混合粒度总体及其拟合分离曲线

Fig. 5 Actual grain-size distribution curves and their theoretical approximation accumulative curve and separate sub-populations of clastics in dry playa sequences.

本文是在袁见齐教授和霍承禹教授指导下完成的，蔡克勤副教授和曲政博士给予很多帮助。谨致谢忱。

收稿日期：1989年1月27日

参 考 文 献

- (1) M.Г.瓦利亚什科, 1962, 钾盐矿床形成的地球化学规律, 范立译, 1965, 中国工业出版社。
- (2) Folk R.L., 1980, *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill Publishing Company.

Apply Grain-Size Distribution of Clastics in Identifying Dry Playa Sequences

Hu Wenxuan

(Dept. of Earth Sciences, Nanjing University)

Abstract

Field work proves that the modern dry playas in the Kenteyi Playa lake of Qaidan Basin have been under gone two main formation courses: 1) Subfluvial sedimentary process in common saline lakes. Their mechanical sediments mainly consists of suspended fine particles, fluvial and aeolian, dispersed or interbedded in salt-bearing beds; 2) subaerial sedimentary and / or remaking process on playas after drying. Aeolian dust adhesion sedimentation develops at the beginning of this stage, then coarser sands deposit, with aeolian erosion in some case. While the playa are dissolved and remade by rain and evaporation so the mechanical sediments and evaporite deposits are mixed, the earlier and the latter materials get together in one bed, formed the dry playa sequence.

By grain-size analysis and correlation, the clastic sediments in the modern saline lakes and playas have clearly different distribution characteristics: The former has a single peak frequency curve, spread out, consists mainly of fine and poor sorted sediments (silts and clays); And the latter is a very complicated poly-peak frequency curve, which can be generally divided into two parts, a coarser one and a finer one. The coarser one has a relatively steep cumulative curve with a "median" range $0-2\Phi$ and well sorted. Its frequency curve is left-side skewed. These features stand for aeolian sand sediments, which are the added part after drying the finer one is similar to the curve of the modern saline drying. The finer one is similar to the curve of the modern saline 5Φ . So they are the original sediments formed in common saline lakes before drying. It is clear that the grain-size distribution characteristics is a good indicator to identify playa sequence.

Using the results got above from modern samples, some dry playa sequences are revealed which can be correlated horizontally in the different sections. Potash deposits (such as polyhalite) and K^+ -rich interstitial brines just occur at these dry playa intervals. It proves that potash accumulation is closely related to dry playas, and it shows that the grain-size analysis method can be used in prospection potash deposits.

Grain-size analysis firsthand datas have been dealt with by a computer in order to use and interpret easily, and the result shows that the datas of saline lake clastics are generally approximated to one population still; but the datas of dry playa sediments to two or more sub-populations, indicating that they derived from more than one sedimentary processes. That is identical with geological observation and discussion above.