

博斯腾湖湖岸沉积物磁化率和粒度特征分析

罗兰¹, 武胜利^{2,3}, 刘强吉³

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆干旱区湖泊环境与资源重点实验室, 新疆师范大学, 乌鲁木齐 830054; 3. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054)

摘要:选取博斯腾湖西岸剖面进行环境磁学测试,并结合粒度组分进行相关性分析。研究表明:磁化率随深度变化的变化呈上升再下降趋势,并出现波动—平缓—波动的变化过程。随深度变化,影响磁性参数的主导因素不同。表层土壤主要受生物作用影响;中间层主要受沉积源磁性矿物影响;底层湖相沉积物的磁性特点及粒度分布主要受湖泊沉积环境及水动力条件影响。在剖面湖相沉积物所处时代,博斯腾湖水动力条件减弱,气候环境相对干旱,湖泊处于收缩过程中,并且在收缩过程中湖水的动力条件存在明显波动。

关键词:博斯腾湖;沉积物;磁化率;粒度

中图分类号:P512.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)02-0346-06

Characteristics of Magnetic Susceptibility and Grain Size of Sediments in the Bosten Lake

LUO Lan¹, WU Shengli^{2,3}, LIU Qiangji³

(1. College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;
2. Xinjiang Laboratory of Lake Environment and Resources, Urumqi 830054, China;
3. College of Geographical Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

Abstract: Magnetic susceptibility of a profile of Bosten Lake in the west bank sediments was tested and compared with the changes of grain size. The results show that susceptibility varies with depth, and increased first and then decreased, presenting the trend of fluctuations-slightness-fluctuations in the change process. The dominant factors affecting the magnetic parameters are different with depth. Topsoil is mainly affected by the impact of biological effects, the middle layer is mainly affected by the magnetic mineral deposition source type, grain size distribution and the magnetic characteristics of lake sediments are mainly affected by the lacustrine sedimentary environment and the impact of hydrodynamic conditions. Characteristic of water environment during this period is relatively dry, the lake is in the process of contraction. Hydrodynamic condition presents the significant fluctuation at the same time.

Keywords: Bosten Lake; sedimentary; magnetic susceptibility; grain size

对湖泊沉积物的环境磁学研究,可以揭示不同区域湖泊沉积物磁学特征与气候环境变化之间的对应关系^[1-4]。沉积物的磁性特征直接反映的是磁性矿物的含量、类型和颗粒大小等信息,这些因子往往是沉积物物源、搬运和沉积动力以及沉积后次生变化等综合作用的结果^[5]。磁性测量具有用样量少、快捷、简便和没有破坏性等优点,目前已经成为环境演变研究的重要测试手段之一^[6-7]。磁化率作为一种重要的环境代用指标,目前已广泛应用于黄土古土壤、湖泊、海

洋的等环境之中,并取得了很好的效果^[8]。沉积物粒度作为衡量沉积盆地能量和沉积质能量的一种代用指标^[9-10],在沉积环境和区域气候变化分析中发挥着重要作用^[11-12]。天然样品中,磁化率和粒度的关系在很大程度上受物源、沉积动力条件及次生条件变化的影响^[13]。目前已有不少学者进行这方面的研究^[14-17]。但由于不同湖泊状况和沉积条件各不相同,不同学者对于磁性特征反映湖泊的环境变化也存在争议^[18]。对不同沉积条件下的湖岸沉积物探讨磁化

率与粒度的特征和相关性,有助于进一步认清磁化率的变化机理以及包含的环境变化过程。

本文通过对博斯腾湖西岸沉积物进行磁性参数测量,并结合粒度与剖面野外观察进行分析。了解博斯腾湖湖岸沉积物的环境磁学特征,磁化率与粒度各粒级间的相关关系,分析博斯腾湖沉积物的环境磁学特征,探讨其所包含的湖泊沉积变化过程及和环境意义。

1 研究区概况

博斯腾湖位于天山南麓焉耆盆地东南最低处的新疆巴音郭楞蒙古自治州博湖县境内。其流域地处封闭的山间盆地—焉耆盆地,地形总趋势北高南低,自山前向博斯腾湖依次为山前洪积冲积倾斜平原、开都河三角洲和博斯腾湖盆地。盆地内为第四纪沉积物所覆盖,主要为河流冲积物^[19]。博斯腾湖南侧和

北侧海拔较高,受湖泊水位变化影响较小,而西侧和东侧,对湖泊水位变化响应明显。湖滨沼泽主要分布在西南的小湖区、西侧湖滨及西北部的黄水沟一带^[20]。本次选取博斯腾湖湖泊水位变化较明显的西岸作为研究区。

2 样品采集与测定

经过资料收集和野外踏勘,综合分析博斯腾湖周边的自然地理环境,在博斯腾湖西岸选取人为活动影响较小的土壤剖面 BST。该剖面位于焉耆县北大梁乡六十户村六队的一片荒地(42°08′33″N;86°39′60″E),剖面厚度为 3.15 m。根据其剖面沉积特征的野外观察,可将剖面由上而下分为 6 层。剖面特征如表 1 所示。对该土壤剖面按 5 cm 分层取样,共获得土壤样品 64 个。

表 1 BST 剖面特征

分层	深度/cm	特征描述
A	0—25	盐碱化程度较高,大块状结构,可见白色氯化钠晶体
B	25—107	块状结构,质地松软,大量植物根系,土较干
C	107—181	沙土,无结构,土壤含水量少,有较多植物根系
D	181—250	结构松散,沙质含量较高,有机质含量少,有少量植物根系
E	250—291	片状结构,土色偏棕,质地较硬,有机质含量高,略见部分铁子,有锈纹锈斑,土壤水分含量较高,有少量植物根系
F	291—315	片状结构,青灰色,有锈纹锈斑,质地较黏,有小孔隙,水分含量较高

将所选取样品带回实验室,自然风干后,分别进行环境磁学和粒度测量。样品主要进行以下测量:(1)磁化率测试。将样品轻磨至粉末,称 8~10 g 装入约 10 cm³ 的磁学专用样品盒内压实密封。使用 Bartington MS2 磁化率仪测量低频磁化率(X_{lf} , 470 Hz)和高频磁化率(X_{hf} , 4 700 Hz)。根据 X_{lf} 和 X_{hf} 计算样品的频率磁化率 $X_{fd}\%$ $= (X_{lf} - X_{hf}) / X_{lf} \times 100$; (2) 用 MMPM10 强磁仪和 Molspin 旋转磁力仪获得在不同场强下(± 10 mT, ± 20 mT, ± 30 mT, ± 40 mT, ± 50 mT, ± 60 mT, ± 100 mT, ± 300 mT)的等温剩磁(Isothermal Remanent Magnetization, IRM)和在 1 T 场强中获得的饱和等温剩磁(Saturation Isothermal remanent Magnetization, SIRM)。根据等温剩磁数据计算出在 20 mT 场强下获得的软剩磁(SOFT),硬剩磁 $HIRM = (SIRM + IRM_{-300mT}) / 2$ 以及相关比值参数, $F_{300} = IRM_{300} / SIRM \times 100$, $SIRM / X_{lf}$ 。其中, X_{lf} 、SIRM、SOFT 主要与磁性矿物的含量有关, X_{fd} 、SIRM/ X_{lf} 、 S_{-100mT} 、 F_{300} 主要反映磁性矿物的颗粒大小和类型^[21-22]。(3)粒度测试,先用双氧水和稀盐酸去除有机质和碳酸盐,将样品用去离子水洗成中性并加入分散剂超声波振荡分散。使用欧美克 LS-POP(6)激光粒度仪(0.2~500 μm)进行粒度测试。该仪器重复性误

差: $<3\%$ (国家标准样品 D50),仪器准确性误差 $<3\%$ (国家标准样品 D50)。以上试验均在新疆维吾尔自治区“干旱区湖泊环境与资源实验室”完成。

3 结果与分析

3.1 磁学特征分析

通过对选取样品进行试验分析,所测得不同岩性样品的磁学参数结果,根据野外观察剖面的分层情况,将同一性状岩性的各个磁性参数求其平均值、最大值和最小值,得到博斯腾湖不同岩性样品的磁性参数(表 2)。为更直观准确反映各磁性参数随深度变化的总体趋势,本文采用“距平累积法”。先计算出每一层各个磁性参数的距平值,最后按深度累加,得到不同深度的距平累积值,从而得到不同磁性参数随深度变化的距平累积曲线,如图 1 所示。

3.1.1 磁化率(X_{lf})与频率磁化率(X_{fd})变化特征 X_{lf} 反映的是样品中磁性矿物的富集程度^[21]。由于所测得低频磁化率(X_{lf})与高频磁化率(X_{hf})变化趋势一致,故下文采用 X_{lf} 值作为磁化率值进行分析。根据试验结果,该剖面样品的 X_{lf} 的变化范围为 $(1.27 \sim 3.73) \times 10^{-8}$ m³/kg。整体磁化率值较低,说明样品整体磁性较弱,

以顺磁性矿物为主。随着深度的变化,呈逐渐下降的趋势,但不同岩性的样品 X_{if} 波动大小有所区分(图 1):A 到 B 层逐渐增大,并且出现过两次明显波动,C,D 两层 X_{if} 的变化相对比较平缓整体处于增大趋势,E,F 两层明显减小,且有明显的波动变化。

频率磁化率主要用来反映样品中超顺磁颗粒(SP)含量的变化,和磁化率值可以结合起来反映样

品中磁性颗粒物大小或磁畴状态^[22-23]。总体来看, X_{fd} 值的变化范围为 0.14~3.88。说明样品中 SP 颗粒含量很少,在大部分样品中 SP 颗粒不占主导。但随着深度变化,SP 颗粒的含量也有所变化(图 1)。A,B 两层 X_{fd} 变化波动最大,最大值和最小值都出现在这两层,C,D 两层的 X_{fd} 变化较平缓,E,F 两层 X_{fd} 先减小后有升高的趋势。

表 2 新疆博斯腾湖不同岩性样品的磁学参数对比

编号岩性	变化范围	$X_{if}/(10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1})$	$X_{fd}/\%$	$\text{SIRM}/(10^{-5} \text{ Am}^2 \cdot \text{kg}^{-1})$	$\text{SOFT}/(10^{-5} \text{ Am}^2 \cdot \text{kg}^{-1})$	$\text{HIRM}/(10^{-5} \text{ Am}^2 \cdot \text{kg}^{-1})$	$F_{300}/\%$	S_{-100}	SIRM/X_{if}
A 灰白色砂土 0—25 cm	均值	2.95	2.06	62.92	10.69	4.43	93.68	75.88	21.85
	最大	3.73	3.23	80.69	12.96	14.27	102.85	81.42	31.24
	最小	2.35	0.98	53.91	9.40	1.02	77.13	69.43	15.58
B 灰褐色粉砂 25—107 cm	均值	2.89	0.83	67.15	10.45	3.06	93.79	75.75	23.29
	最大	3.14	2.65	74.42	12.98	5.11	103.15	78.52	25.85
	最小	1.68	0.14	43.35	4.36	0.26	70.52	67.87	20.96
C 灰褐色粉砂 107—181 cm	均值	2.85	0.78	54.31	7.69	3.15	90.52	72.88	18.98
	最大	3.33	1.15	74.87	10.22	9.27	95.30	75.12	24.23
	最小	2.49	0.27	42.17	5.50	0.16	86.75	70.64	16.15
D 近褐色砂土 181—250 cm	均值	3.04	0.86	66.62	9.69	6.96	90.50	70.98	21.90
	最大	3.62	1.36	78.74	13.49	8.47	95.30	73.42	23.67
	最小	2.76	0.22	59.96	7.85	5.75	86.75	69.47	19.56
E 棕灰色黏土 250—291 cm	均值	1.95	0.64	61.11	6.23	9.68	81.09	67.34	32.72
	最大	2.48	1.16	78.10	10.33	33.71	97.47	78.39	61.39
	最小	1.27	0.40	48.25	1.48	2.37	20.37	50.43	25.56
F 青灰色黏土 291—315 cm	均值	2.12	1.33	50.96	5.79	5.28	87.58	68.90	24.24
	最大	3.06	1.40	70.23	10.61	6.74	92.92	74.58	27.63
	最小	1.79	1.25	40.99	2.46	3.83	79.13	64.54	22.19

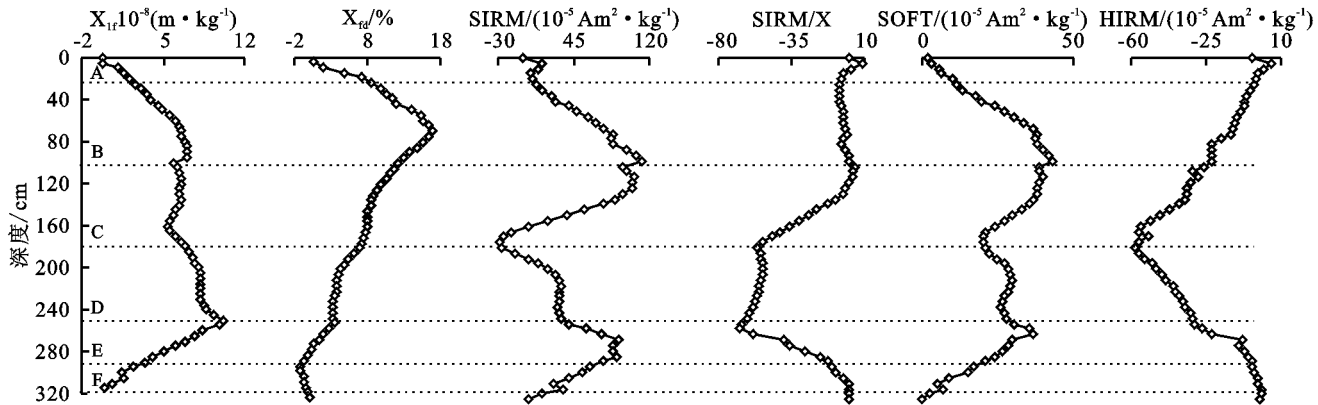


图 1 BST 剖面磁性参数距平累积变化

3.1.2 等温剩磁(IRM)特征 等温剩磁(IRM)是样品在同一温度下,不同场强的磁场中获得的剩磁。是常用的在常温下用来区分样品中软硬磁组分的磁学参数。随着外加磁场强度的增加,磁铁矿、磁赤铁矿等“软磁”性的亚铁磁性矿物在较低的场强下(低于 300 mT)就可以达到饱和,而赤铁矿、针铁矿等一些不完全反铁磁性矿物,属于“硬磁”组分的矿物。这些矿物即使在 1 T 或是更高的磁场下也难以饱和。因此可以通过等温剩磁将这两种磁性矿物进行初步区分。

由等温剩磁曲线(图 2a)可知,样品的等温剩磁在 100 mT 之前磁化增加最快。大部分的测试样品在 300 mT 附近便已获得 90% 饱和等温剩磁,300 mT 之后等温剩磁变化很小,表明样品的等温剩磁主要为低矫顽力磁性矿物获得。所有样品在 1 T 场强下都达到饱和,揭示了高矫顽力的“硬磁”性矿物含量较少。反向退磁曲线(图 2b)显示,样品剩磁矫顽力值在 40~60 mT。E,F 层与 A,B 两层相比剩磁矫顽力较大且等温剩磁增长较慢。显示剖面样品中,相对

底部样品来说,剖面上部样品中“软磁”性矿物含量有所增加。上述分析表明,导致剖面上部样品剩磁矫顽

力降低和磁化率升高的主要原因是由于软磁性矿物含量的增加。

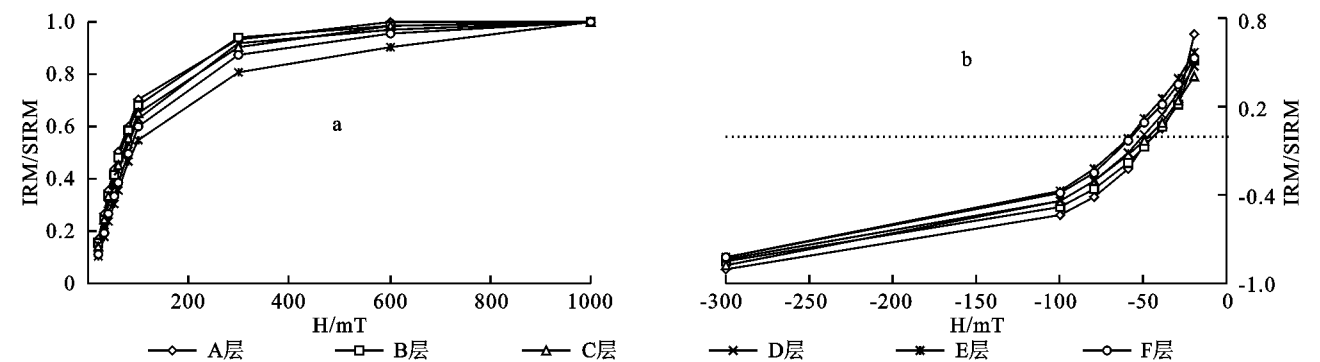


图 2 不同岩性样品的等温剩磁(a)和退磁曲线(b)

3.2 沉积物粒度特征

博斯腾湖西岸剖面沉积物粒度机械组成的粒级划分按照 Udden-Wentworth 标准,划分为黏土($<4\text{ }\mu\text{m}$)、粉砂($4\sim63\text{ }\mu\text{m}$)、细粉砂($4\sim16\text{ }\mu\text{m}$)、粗粉砂($16\sim63\text{ }\mu\text{m}$)和($>64\text{ }\mu\text{m}$)5个级别,以此反映沉积物粒度的变化。该剖面黏土含量平均值 21.25%;粉砂含量平均值 66.98%;砂含量平均值 11.76%,总体来说,属黏土质粉砂。剖面的粒度以 $<63\text{ }\mu\text{m}$ 的粉砂和黏土为主,其含量占 90%以上。中值粒径平均值为 $22.38\text{ }\mu\text{m}$,最小中值粒径为 $4.26\text{ }\mu\text{m}$,最大中值粒径值为 $149.76\text{ }\mu\text{m}$ 。其中 $<4\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒含量处于 0.30%~49.81%,平均含量 21.41%。 $4\sim16\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒含量处于 4.08%~60.3%,平均含量 21.25%。 $16\sim63\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒含量处于 0.3%~53.54%,平均含量

32.48%。 $>63\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒含量范围较广,最低值为 0%,最高值则可达 86.22%,平均含量 11.76%,与中值粒径的峰有很好的对应性,相关系数达到 0.8 以上。 $<4\text{ }\mu\text{m}$ 和 $4\sim16\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒含量基本是中值粒径较大的时候出现较小的含量,中值粒径较小的时候出现较大的含量,且 $16\sim63\text{ }\mu\text{m}$ 与 $>63\text{ }\mu\text{m}$ 颗粒含量曲线成明显的负相关关系,相关系数接近达到 -0.85。中值粒径的波峰可能是 $>63\text{ }\mu\text{m}$ 粒级的颗粒贡献的。

3.3 磁化率与粒度相关关系

通过博斯腾湖沉积物剖面特征的野外观察以及其自身磁化率和粒度数据曲线的相关性和波动起伏(表 3,图 3),可将其剖面分以下几个层段来分析。博斯腾湖沉积物剖面磁化率与粒度各参数变化具有以下特征:

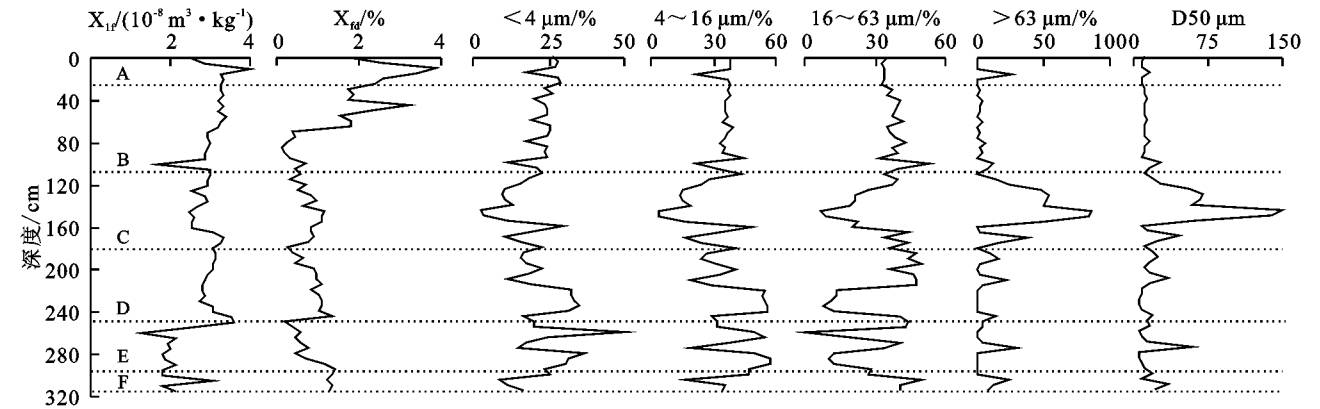


图 3 博斯腾湖沉积剖面低频磁化率、频率磁化率及粒度各参数变化

A,B 两层各个粒度区间的平均百分含量相对比较均匀,其值范围于 3.54%~37.48%, X_{lf} 值与 $>63\text{ }\mu\text{m}$ 颗粒存在一定相关关系,与 $<4\text{ }\mu\text{m}$ 和 $4\sim16\text{ }\mu\text{m}$ 成负相关;该段磁化率值可能由 $>63\text{ }\mu\text{m}$ 的粗颗粒中磁性矿物贡献明显,说明粗颗粒中磁性矿物含量较细颗粒多; X_{fd} 与各粒度组分百分含量的相关性都不是很明显。C 层各个粒度区间随深度变化波动均比较明显。各个粒度区间的平均百分含量介于 14.53%~34.48%。 X_{lf} 与 $<4\text{ }\mu\text{m}$ 和 $4\sim16\text{ }\mu\text{m}$ 成正相关,与 $16\sim63\text{ }\mu\text{m}$ 成显著正相关,与 $>63\text{ }\mu\text{m}$ 成负相关; X_{fd} 与

$<4\text{ }\mu\text{m}$, $4\sim16\text{ }\mu\text{m}$ 和 $16\sim63\text{ }\mu\text{m}$ 成负相关,与 $>63\text{ }\mu\text{m}$ 成正相关。D 层各个粒度区间的平均百分含量在 5.29%~39.20%。 X_{lf} 值与 $16\sim63\text{ }\mu\text{m}$ 颗粒存在一定相关关系,与 $<4\text{ }\mu\text{m}$ 成负相关关系; X_{fd} 与各粒度组分百分含量的相关性都不是很明显,且正负相关性比较混乱。E,F 两层各个粒度区间的平均百分含量在 6.46%~41.81%。 X_{lf} 值与 $16\sim63\text{ }\mu\text{m}$ 颗粒存在显著相关关系,与 $<4\text{ }\mu\text{m}$ 成负相关关系。 X_{fd} 值与 $16\sim63\text{ }\mu\text{m}$ 成显著正相关,与 $>63\text{ }\mu\text{m}$ 成负相关;

μm 颗粒存在负相关关系,与 $<4\ \mu\text{m}$ 成正相关关系。

4 讨论

4.1 不同岩性的磁性参数变化机制

磁学分析表明,博斯腾湖西岸剖面沉积物整体磁性较弱。其亚铁磁性矿物中,软磁性矿物(磁铁矿、磁

赤铁矿)主导了该剖面的磁学性质,而硬磁性矿物如针铁矿以及赤铁矿对磁化率的贡献较小。剖面 BST 位于一片远离农田的荒地,可基本排除人为因素对其磁性特征的影响。因此,磁性特征随深度变化的主要原因一方面由于沉积物源的不同,另一方面则因为沉积过程中的物理化学及生物过程。

表 3 博斯腾湖湖泊沉积物磁化率与各粒级组份含量的相关关系

$X_{\text{lf}}/(10^{-8}\text{ m}^3\text{ kg}^{-1})$				分层	$X_{\text{fd}}/\%$			
$<4\ \mu\text{m}$	$4\sim16\ \mu\text{m}$	$16\sim63\ \mu\text{m}$	$>63\ \mu\text{m}$		$<4\ \mu\text{m}$	$4\sim16\ \mu\text{m}$	$16\sim63\ \mu\text{m}$	$>63\ \mu\text{m}$
0.03	-0.04	-0.15	0.03	A	-0.40	-0.44	-0.07	0.45
0.74	0.73	-0.76	-0.72	B	0.09	0.06	0.01	-0.19
0.30	0.33	0.79	-0.55	C	-0.56	-0.57	-0.59	0.65
-0.38	-0.36	0.37	0.25	D	0.34	0.33	-0.43	-0.01
-0.77	-0.26	0.70	0.13	E	0.30	0.18	-0.25	0.13
-0.66	-0.92	0.82	0.86	F	0.81	0.94	-0.94	-0.88

A 层到 B 层(0—107 cm)是表层土到表层以下的过渡层。这两层的磁化率波动较大,SP 颗粒含量最高。根据前人对土壤剖面的研究发现,表层土壤磁性特征与底层磁性特征有很大的差别,其原因可能是成土过程^[24]或者是铁细菌^[25]等生物作用新生成磁性矿物的原因。BST 剖面表层土壤盐碱化程度很高,但生长有黑刺、芦苇、怪柳、骆驼刺、薊、白刺等植物,植被盖度约 50%。分析可能由于植物生长过程中与土壤生物作用,导致土壤中原生磁性矿物颗粒的种类、性质发生变化,原生磁性矿物的减少和次生磁性矿物增多加之磁性颗粒的分解导致超顺磁颗粒增多。由于生物过程的复杂性,磁性特征的随深度变化波动较大。

C,D 层(107—250 cm)的磁性磁参数变化相对平缓,磁化率和频率磁化率变化都不大。这两层的剖面土壤中均含有骆驼刺、红柳等植物的根系。C 层植物根系分布多于 D 层,但整体土壤结构差,该层成土过程较 107 cm 以上相对弱。这两层的土壤中磁性矿物颗粒来源相似,受生物作用小,因此磁化率和频率磁化率随深度变化起伏不大。磁化率值和不同粒级相关性不太一致,饱和等温剩磁在 C,D 层存在相似的随深度由减小到增大的趋势,粒度分布在这两层也有较大波动起伏,C 层中大于 $63\ \mu\text{m}$ 的砂含量明显增多。因此这两层的磁性特征的变化可能主要受磁性矿物晶体粒度影响,但磁性参数与粒度分布之间更准确地关系有待结合矿物组成等指标进一步探究。

E 层到 F 层(250—315 cm)的磁性特征和粒度特征都与 D 层存在显著差异。各磁性参数的变化波动变得比较明显。粒度组分的变化也呈现明显波动。磁化率与 $16\sim63\ \mu\text{m}$ 颗粒存在显著相关关系,并且都呈下降趋势。说明主导该层样品磁学性质的矿物主要来自该粒度区间的粗粉砂。BST 剖面距博斯腾湖湖岸最近 12 km。F 层为青灰色黏土,且在土壤中发现有泥球和螺

壳,为明显的湖相沉积。因此,推测 E,F 层的磁学性质和粒度主要受湖泊沉积过程影响。随气候条件变化,博斯腾湖开始收缩,E,F 层以上上部分为湖泊收缩后湖岸带长时间的堆积的沉积物。由于湖滨沉积环境的复杂性,磁化率与粒度分级的相关关系不是很明显。

4.2 湖泊环境变化指示意义

影响湖泊沉积物磁性特征的主要因素有磁性来源、沉积动力以及沉积后磁性矿物的次生变化等。前人对安徽巢湖沉积物的磁化率和粒度相关关系研究认为,沉积物磁化率升高时,细粒代表当时水动力条件较强,环境较为湿润;而较低的磁化率则表示当时较为干旱的环境条件。相应地,粗粒沉积物指示湖泊收缩、湖水较浅的干旱气候环境,细粒沉积物则指示湖泊扩张、湖水较深的湿润气候环境^[26]。

结合图 3 所反映的博斯腾湖沉积物磁化率与粒度的变化可以发现,250 cm 深度以下的湖相沉积部分磁化率主要由粗颗粒所贡献。其磁化率和粒度组分变化波动均比较明显, X_{lf} 在该时期整体呈现下降趋势,相同时期的 $<4\ \mu\text{m}$ 的黏土含量减少,而 $4\sim63\ \mu\text{m}$ 的粉砂增多。反映细颗粒减少,粗颗粒的增多。郑柏颖^[27]、欧文佳^[28]等通过对近 200 年来博斯腾湖的气候变化研究指出,1810 年以前,博斯腾湖处于较湿润的环境中,此后,博斯腾湖流域先经历了气候变干、蒸发作用增强的转变;周成虎^[29]等对博斯腾湖近 50 a 来的气候变化及水位变化研究发现,博斯腾湖的水位整体呈下降趋势,湖泊处于萎缩状态中。结合 BST 剖面厚度 3.15 m 可以推断,BST 剖面 250 cm 以下湖相沉积物反映的是气候环境由湿润到干旱的变化过程,这期间博斯腾湖湖水动力减弱,湖面缩小。磁性特征和粒度分布的波动反映湖泊收缩过程中存在水动力的差别。整个剖面反映了博斯腾湖在湿润期湖水波动变化并随气候变干旱而收缩,沉积物在湖岸的堆积至今的过程。

5 结论

(1) 对该剖面磁化率分析表明,磁化率随深度变化的变化呈波动下降趋势,并出现波动—平缓—波动的变化过程。对该剖面粒度分析表明,该剖面土壤属于粘砂壤土。沉积物剖面的粒度以 $<63\ \mu\text{m}$ 的粉砂和黏土为主。

(2) 随深度变化,影响磁性参数和粒度分布的主导因素不同。表层主要受生物作用影响,中间层主要受沉积源磁性矿物的含量和颗粒组成影响,250 cm以下湖相沉积物的磁性特点及粒度分布主要受湖泊沉积环境及水动力条件影响。

(3) 通过对博腾湖剖面沉积物磁化率和粒度组分的相关性分析,在剖面沉积物所处时代,博斯腾湖水动力条件减弱,气候环境相对干旱,湖泊处于收缩过程中,该过程中水动力条件存在明显波动。

湖泊沉积物的磁学参数和粒度参数可从不同侧面反映博斯腾湖西岸沉积环境的变化。但是由于剖面沉积环境复杂,磁化率和粒度受物源和沉积中的搬运以及后沉积过程等多种因素的控制。湖泊沉积物还会受到湖泊水位高低、有机质和盐分的含量变化影响,进而发生改变。因此,使用环境磁学指标分析环境变化需更多系统性的样点,并结合化学元素、矿物组成等多种指标进行分析,从而更准确地反映湖泊环境的变化。

参考文献:

[1] 孙知明,胡守云,马醒华. 现代湖泊沉积物中磁性矿物的研究及其意义[J]. 地球物理学报,1996,39(2):178-187.

[2] 杨小强,李华梅. 泥河湾盆地沉积物粒度组分与磁化率变化相关性研究[J]. 沉积学报,2002,20(4):675-679.

[3] 张俊辉,杨太保,李永国,等. 柴达木盆地察尔汗盐湖CH0310钻孔沉积物磁化率及其影响因素分析[J]. 沉积学报,2010,28(4):790-797.

[4] 王晓翠,朱诚,吴立,等. 湖北江汉平原JZ-2010剖面沉积物粒度特征与环境演变[J]. 湖泊科学,2012,24(3):480-486.

[5] Oldfield F. Environmental magnetism: a personal perspective[J]. Quaternary Science Reviews, 1991,10(1):73-85.

[6] 刘耕年,傅海荣,崔之久,等. 太白山佛爷池湖泊沉积理化分析反映的8000aBP以来环境变化[J]. 水土保持研究,2005,12(4):1-4.

[7] 刘秀铭,刘东生, Heller F,等. 黄土频率磁化率与古气候冷暖变换[J]. 第四纪研究,1990,10(1):42-50.

[8] 吉云平,夏正楷. 不同类型沉积物磁化率的比较研究和初步解释[J]. 湖泊科学,2007,28(6):541-549.

[9] 王君波,朱立平. 藏南沉错沉积物的粒度特征及其古环境意义[J]. 地理科学进展,2002,21(5):459-467.

[10] 曹建廷,王苏民,沈吉,等. 近千年来内蒙古岱海气候环境演变的湖泊沉积记录[J]. 地理科学,2000,20(5):

391-396.

[11] 羊向东,张振克. 近0.3ka来龙感湖流域人类活动的湖泊环境响应[J]. 中国科学:D辑,2001,31(12):1031-1038.

[12] 王乃昂,李吉均,曹继秀,等. 青土湖近6000年来沉积气候记录研究:兼论四五世纪气候回暖[J]. 地理科学,1999,19(2):119-124.

[13] 王建,董龄祥. 磁化率与粒度,矿物的关系及其古环境意义[J]. 地理学报,1996,51(2):155-163.

[14] 迟振卿,闵隆瑞,王志明,等. 河北省阳原盆地井儿洼钻孔磁化率粒度反映的环境意义[J]. 地质力学学报,2003,8(1):87-96.

[15] 吕明辉,后立胜,王红亚,等. 黔中喀斯特山区不同土地利用方式下土壤的矿物磁性特征研究[J]. 水土保持研究,2007,14(3):195-199.

[16] 钟巍,王立国,李蔡. 塔里木盆地南缘沉积物磁化率、D13C与粒度及其气候环境意义[J]. 地理研究,2005,24(1):98-104.

[17] 舒强,李吉均,赵志军,等. 苏北盆地XH-1钻孔沉积物磁化率与粒度组分相关性变化特征及其意义研究[J]. 沉积学报,2006,24(2):276-281.

[18] 胡守云,王苏民,APPELE,等. 呼伦湖湖泊沉积物磁化率变化的环境磁学机制[J]. 中国科学(D辑),1998,28(4):334-339.

[19] 张成君,曹洁,类延斌,等. 中国新疆博斯腾湖全新世沉积环境年代学特征[J]. 沉积学报,2004,22(3):495-499.

[20] 马学慧. 新疆博斯腾湖的湖滨沼泽[J]. 海洋与湖沼,1989,20(6):554-563.

[21] Thompson R, Oldfield F. Environmental Magnetism [M]. London: George Allen&Unwin, 1986.

[22] Thompson R, Stoher J C, Turner G M, et al. Environmental application of magnetic measurements [J]. Science, 1980,207(4430):481-486.

[23] Dearing J. Environmental magnetic susceptibility [M]. Kenilworth, Chi Publ, 1994.

[24] Maher B A. Magnetic properties of modern soils and Quaternary loessic paleosols: paleoclimatic implications [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1998,137(1):25-54.

[25] Fassbinder J W E, Stanjek H, Vali H. Occurrence of magnetic bacteria in soil [J]. Nature, 1990, 343(6254):161-163.

[26] 王心源,吴立,张广胜,等. 安徽巢湖全新世湖泊沉积物磁化率与粒度组合的变化特征及其环境意义[J]. 地理科学,2008,21(4):548-553.

[27] 郑柏颖,曹艳敏,张恩楼,等. 博斯腾湖近200年来湖泊环境变化的有机碳氮稳定同位素记录[J]. 海洋地质与第四纪地质,2012,32(6):165-171.

[28] 欧文佳,雷怀彦,张成君. 博斯腾湖现代沉积特征及其环境意义[J]. 干旱区研究,2012,29(4):721-726.

[29] 周成虎,罗格平,李策,等. 博斯腾湖环境变化及其与焉耆盆地绿洲开发关系研究[J]. 地理研究,2001,20(1):14-23.