

Zhang Y F, Li C A, Yan GL, et al. A comparative study of magnetic fabric characters between flooded sediments and normal river sediments. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 2004, 47(4): 639 ~ 645

## 长江中游地区洪泛沉积物与正常河流沉积物磁组构特征对比研究

张玉芬<sup>1</sup> 李长安<sup>2</sup> 阎桂林<sup>1</sup> 董雪华<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中国地质大学(武汉)地球物理与空间信息学院, 武汉 430074

<sup>2</sup> 中国地质大学(武汉)地球科学学院, 武汉 430074

**摘要** 在地层剖面中, 洪泛沉积物与正常的河道沉积物的沉积学特征非常相似, 仅靠沉积学特征很难将两者区分。为了识别古洪灾事件, 因而从环境磁学角度建立两种沉积物的识别标志是非常必要和有意义的。本文通过对 1998 年长江洲湾溃口扇及其附近的长江现代河漫滩沉积物进行磁组构参数测量和对比分析, 并结合长江下游河漫滩沉积物的磁组构参数特征, 揭示出长江中游正常河流沉积物与河流溃口沉积物的磁组构参数特征具有明显的不同, 并且它们与沉积时的沉积环境有着密切的关系。因此, 对长江中游地区沉积物磁组构参数的测试及磁化率各向异性量值椭球体形态的研究, 是目前分辨洪泛沉积物和正常的河道沉积物的一个较有效的方法。

**关键词** 长江中游 洲湾 溃口沉积 正常河流沉积 磁组构参数特征

文章编号 0001-5733(2004)04-0639-07 中图分类号 P318 收稿日期 2003-08-18, 2004-03-16 收修定稿

### A COMPARATIVE STUDY OF MAGNETIC FABRIC CHARACTERS BETWEEN FLOODED SEDIMENTS AND NORMAL RIVER SEDIMENTS

ZHANG Yu-Fen<sup>1</sup> LI Chang-An<sup>2</sup> YAN Gui-Lin<sup>1</sup> DONG Xue-Hua<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Geophysics and Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

<sup>2</sup> Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

**Abstract** The flooded sediments and normal river sediments have similar sedimentary features in stratigraphic profile. It is difficult to identify these two types of sediments only based on sedimentary features. In order to identify the ancient flood disaster events, it is significant to establish identification marks of sediments from the environment magnetism. We have made a systematic sampling and measuring, and compared the magnetic fabric character of Paizhouwan dam-break fan deposits with the magnetic fabric character of modern flood land deposits of the Yangtze River nearby Paizhouwan, and combined with the magnetic fabric character of flood land sediments in lower reaches of the Yangtze River. It is shown that the features of magnetic fabric of normal river sediments in middle and lower reaches of the Yangtze River are greatly different from that of dam break fan deposits. And they are closely related with the sedimentary environment. So it is an effective method for identifying flood sediments and normal river sediments through measuring magnetic fabric parameters of sediments in the middle reaches of the Yangtze River and studying the shape of magnetic anisotropy susceptibility magnitude ellipse.

**基金项目** 国家自然科学基金(40172061)和中国地质调查局重大基金项目(19991230003014)。

**作者简介** 张玉芬, 女, 1957 年生, 教授, 1982 年毕业于中国地质大学(武汉), 博士, 主要从事环境地质和应用地球物理方面的教学和研究工作。

E-mail: zhyfcug@163.com

**Key words** Middle reaches of the Yangtze River, Paizhouwan of Hubei Province, Damr break fan sediment, Normal river sediment, Magnetic fabric characters.

## 1 引言

洪泛沉积是古洪灾事件的重要记录,对洪灾发生规律研究具有重要意义。但对沉积层中的古洪灾事件的识别一直未取得突破。主要由于地层剖面中的洪泛沉积与正常河道沉积的沉积学特征极为相似,使得古洪灾的识别十分困难。近年来磁组构在现代沉积环境中的应用研究<sup>[1-10]</sup>表明,磁组构测量有可能成为解决这一难题的有效方法。1998年8月1日长江洲湾发生溃口,形成了一个面积约4km<sup>2</sup>的溃口扇,扇体典型且完整,这为开展长江中游洪灾事件沉积磁组构特征研究以及与正常河道沉积进行对比研究提供了一个难得的实验材料。笔者及时对溃口扇沉积物进行了磁组构取样和测量,并与长江现代河漫滩沉积的磁组构特征进行了比较研究。

## 2 原理和方法

共采集了4类磁化率定向样品(见表1):溃口沉积,取自1998年湖北洲湾溃口扇,共采集样品307个;洪水漫滩沉积,取自洲镇附近高河漫滩上的1998年洪水沉积样品48个;边滩沉积,取自洲湾溃口附近的长江边滩,采样305个;心滩沉积,取自武汉附近白沙洲的江心洲,共采样品110个。其中边滩沉积和心滩沉积为2001年的正常河流沉积。野外样品采集的方法为:用直径2.5cm、高2.2cm圆柱状无磁性塑料样品盒取定向样品,并标出顶、底方向,用胶布密封,以防样品失水和变形。样品测量在中国地质大学(北京)古地磁实验室HKB-1型卡帕桥上进行。每个样品分别测定了15个方位的磁化率值<sup>[3]</sup>,再根据最小二乘法原理,采用多元统计回归方法计算得出6个独立分量的统计平均值,据此分别求解磁化率量值椭球体的3个主轴方向的磁化率值 $\mu_{\max}$ (长轴)、 $\mu_{\text{int}}$ (中轴)、 $\mu_{\min}$ (短轴)。

参照大多数数学家的观点<sup>[4-6]</sup>,本文将磁组构参数定义为:磁化率各向异性度 $p = \mu_{\max} / \mu_{\min}$ ;磁面理度 $F = \mu_{\text{int}} / \mu_{\min}$ ;磁线理度 $L = \mu_{\max} / \mu_{\text{int}}$ ;磁

基质颗粒度 $q = 2(\mu_{\max} - \mu_{\text{int}}) / (\mu_{\max} + \mu_{\text{int}} - 2\mu_{\min})$ ;磁化率椭球体的扁率 $E = \mu_{\text{int}}^2 / \mu_{\max} \times \mu_{\min}$ ;磁化率椭球体的形状因子 $T = (2\ln \mu_{\text{int}} - \ln \mu_{\max} - \ln \mu_{\min}) / (\ln \mu_{\max} - \ln \mu_{\min})$ 。

## 3 结果与讨论

### 3.1 不同环境下沉积物磁组构参数特征

表1为4类沉积物的磁组构参数的统计平均值,图1为沉积物磁组构参数的频率(概率)统计对比图。分析图1、表1可得到不同环境下沉积物磁组构参数特征如下。

表1 湖北洲湾98年长江溃口(扇)、边滩、心滩及洪水漫滩沉积物磁组构参数统计平均值对比表

Table 1 The contrast table of statistical average of magnetic fabric parameter among damr break fan deposit, flood land deposit, channel bar of the Yangtze River in Paizhouwan of Hubei Province in 1998

各向异性参数	98 溃口扇	洲湾边滩	白沙洲心滩	98 洪水漫滩
$p$	1.0412	1.046	1.0529	1.0359
$F$	1.0281	1.0381	1.0456	1.0273
$L$	1.0127	1.0076	1.007	1.0084
$q$	0.4001	0.2567	0.1666	0.3324
$T$	0.3616	0.5928	0.7087	0.4676
$E$	1.0153	1.0303	1.0382	1.0188
参加统计样品数	307	305	110	48

3.1.1 磁化率各向异性度  $p$   $p$  值反映的是沉积物中颗粒排列趋向程度,主要受控于沉积动力的强弱和沉积环境的稳定性。一般来说,在能量较高的稳定环境中形成的沉积物颗粒排列的有序程度高, $p$  值大;在能量较低的不稳定的环境(如紊流)中沉积物颗粒的有序程度低, $p$  值小<sup>[1-4]</sup>。由于正常沉积形成于相对稳定的河流环境,故  $p$  值较大,平均值达1.0529,其中心滩的沉积环境不但稳定且动能较强,故  $p$  值最大;洪泛沉积的环境稳定性差,则  $p$  值偏小;漫滩沉积因水动能相对较弱,故  $p$  值最小。

3.1.2 磁面理度  $F$  溃口扇的  $F$  统计平均值为1.0281,概率统计值主要集中在1.0145~1.0417之间;边滩样品的  $F$  统计平均值为1.0381,概率统计

值的分布范围为 1.0292 ~ 1.0592;洪水漫滩沉积物的  $F$  值为 1.0273;心滩的统计平均值为 1.0456. 由于  $F$  值反映了沉积物颗粒呈面状分布的程度,说明微细层理发育的程度,层理发育好, $F$  值就大,反之,

$F$  值就小. 洪水溃口和漫滩沉积物的  $F$  值明显小于平水期边滩,说明溃口扇沉积物和洪水漫滩沉积物的层理不如边滩相发育. 这与野外实际观测到的结果是一致的.

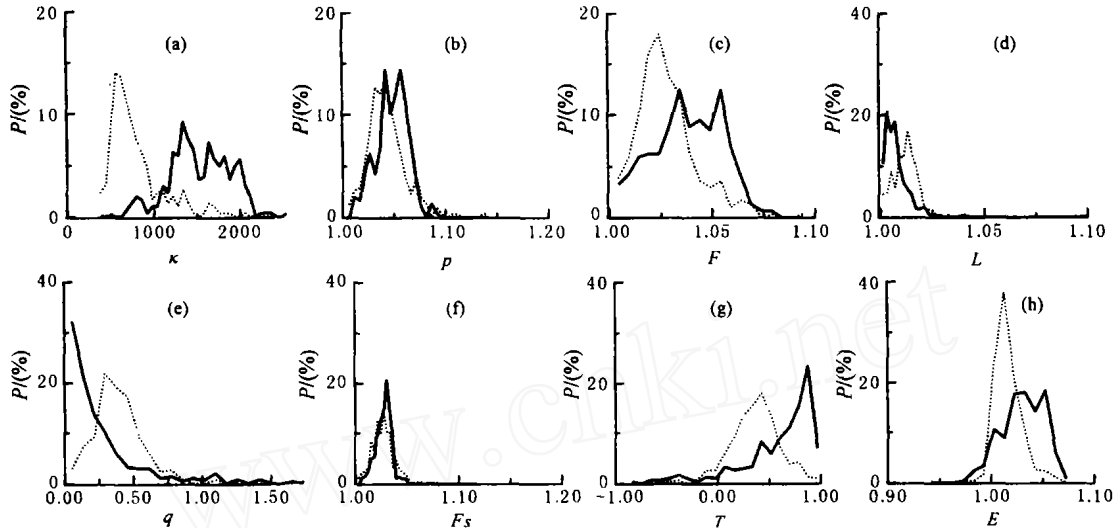


图 1 长江溃口扇及边滩磁化率各向异性参数频率(概率  $P$ )统计对比图

为平均磁化率(总磁化率)(单位  $10^{-6}SD$ ),  $F_s$  为水流速因子,其他参数含义同表 1;实线为长江边滩,虚线为长江溃口扇.

Fig. 1 Frequency statistical chart of magnetic fabric parameters of the Yangtze River danr break fan sediments and flood land in Paizhouwan of Hubei Province in 1998

3.1.3 磁线理度  $L$  溃口扇样品的  $L$  统计平均值为 1.0127,其概率统计值主要分布在 1.0093 ~ 1.0173 之间,大于其他沉积环境. 一般来说,磁线理度  $L$  代表的是沉积物颗粒长轴呈线状排列的程度,主要与搬运介质流动方向的单一性有关. 由于溃口沉积物为典型的单向水流产物,所以  $L$  值最大.

3.1.4 磁基质颗粒度  $q$   $q$  值大小一般与沉积物颗粒度的均一状况及颗粒排列的有序化程度有关,当搬运介质动能衰减较快,颗粒在非正常重力分异作用下快速沉积时,粗细混杂,则  $q$  值高,反之,介质能量衰减缓慢,颗粒分选好, $q$  值低. 由表 1 可见,洲湾溃口沉积的  $q$  值最大,统计平均值为 0.4001,概率统计值主要分布范围为 0.2172 ~ 0.5372;洪水漫滩沉积物的  $q$  值次之,平均值为 0.3324;心滩和边滩沉积物的  $q$  值较小,心滩统计平均值仅为 0.1666. 这说明,洪泛沉积物的颗粒度均一程度(分选)比平水期沉积物差,溃口沉积尤差,这与洪水的暴涨暴落作用有关. 平水期心滩和边滩沉积由于流水的分选,使颗粒度的均一程度较好.

3.1.5 磁化率椭球扁率  $E$   $E$  值的大小和变化一般反映了磁化率椭球体的压扁程度,当  $E < 1$  时磁

化率椭球为拉长状; $E > 1$  时磁化率椭球为扁状. 洲湾溃口(扇)  $E$  值为 1.0153(最小),其概率统计值主要分布在 1.0024 ~ 1.0324 之间;98 年长江溃口处附近边滩样品的  $E$  统计平均值为 1.0303,其概率统计值主要分布在 1.0224 ~ 1.0624 之间;洪水漫滩沉积物的  $E$  值为 1.0188;心滩的统计平均值为 1.0382(最大). 由表 1 可见不同环境沉积物样品的  $E$  值绝大部分都大于 1,说明这些沉积物磁化率椭球多为压扁状,即磁性颗粒以一定程度的面状近似平行排列. 这也是水系沉积物的主要特征之一.

3.1.6 磁化率椭球体的形状因子  $T$   $T$  值的大小和变化一般反映了磁面理  $F$  和磁线理  $L$  的发育程度. 当  $T = 0$  时,磁面理和磁线理同等发育;当  $1 > T > 0$  时,磁面理发育为主; $T = 1$  时,仅有磁面理发育; $0 > T > -1$  时,磁线理发育为主; $T = -1$  时,仅有磁线理发育. 洲湾溃口沉积物绝大多数样品的  $T$  值(表 1)都大于 0,说明该沉积物以磁面理发育为主,这与磁面理  $F$  值均大于磁线理  $L$  值的结果是一致的.

由上述分析可见,洪泛沉积与正常沉积的磁组构参数存在明显不同,其中  $T$ 、 $q$ 、 $F$  存在较大的区别.

### 3.2 不同沉积环境磁组构参数值的频率统计规律

不同类型沉积物的差异,在磁组构参数的频率统计曲线特征上也有着明显的显示,由图 1 可见:1 溃口沉积物的曲线比边滩沉积物简单,曲线波动较小;2 溃口沉积物的磁组构参数  $p$ 、 $F$  和  $E$  都有一个明显的极值(较窄的主峰值),并且比相应的边滩值高.反映了溃口扇由一次性突发洪水形成的特点;3 边滩沉积物的  $p$ 、 $F$ 、 $L$ 、 $E$  的频率统计曲线均具有一个明显的双峰,这可能与该沉积受制于两股不同方向水流作用有关(平行河岸的主流和与河岸近于垂直的进、退流);4 溃口扇与边滩沉积物磁组构参数频率统计曲线,虽然形态有异、复杂程度不同,但它们的分布区域却有较大的重叠,反映了它们的沉积动力类型并不存在根本的差别,即同属河流沉积.

### 3.3 不同环境下沉积物磁化率各向异性量值椭球主轴的特点

图 2 是丹洲湾溃口扇、溃口附近边滩和武汉白沙洲心滩的磁化率各向异性量值椭球长轴的偏角  $D$  的统计玫瑰花图(中轴和短轴图略),表 2 是上述 5 种沉积环境沉积物的磁化率各向异性量值椭球长轴、短轴倾角  $I$  统计结果.从图 2 中可见,5 种沉积环境的玫瑰花图可分为 3 种形态:一是溃口扇(图 2a)和心滩(图 2d)沉积物,椭球长轴的偏角  $D$  方向比较集中,优势方位明显,为“单峰”态;二是平直河段边滩(图 2b)与江心洲(图 2e)沉积物,椭球长轴偏

角  $D$  有两个优势方向,即“双峰”态;三是弯曲河段边滩(图 2c)沉积物,长轴偏角  $D$  的方向分散,没有明显的峰值.表 2 反映出不同环境下磁化率各向异性量值椭球体主轴的倾角  $I$  的不同,溃口沉积物的磁化率椭球长轴的倾角  $I$ (相对集中分布在  $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$ )比正常河流沉积物( $0^{\circ} \sim 20^{\circ}$ )大,而溃口扇短轴的倾角( $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ )比正常河流沉积物短轴的倾角( $80^{\circ} \sim 90^{\circ}$ )偏小;心滩和江心洲的磁化率椭球的倾角  $I$ ,无论是长轴还是短轴均十分接近,这与其偏角  $D$  的特点有所不同;弯曲河段边滩沉积物的倾角分布虽比较集中,但不及其他沉积环境明显.上述洪泛沉积与正常河道沉积磁化率各向异性量值椭球主轴的偏角和倾角的明显不同,以及正常河道沉积中不同环境下的区别,可作为沉积环境识别的一个重要标志.

不同沉积环境磁化率各向异性量值椭球主轴的偏角和倾角区别由水动力条件的不同所决定,如:磁化率椭球长轴的偏角主要受水流方向控制.溃口扇和心滩为单向水流环境,故长轴的偏角的优势方向显著,呈单峰态(图 2a, d).并且由于前者的单向水流作用更加明显,其偏角统计方向更加集中(图 2a);边滩和江心洲两侧沉积物实际上属同一沉积环境,它们近于垂直的两个优势方向的特点(图 2b, e),显然是受两个方向水流作用的结果,即河流的主流和岸流(与主流或岸线近垂直的进流和退流).由于以主流为主,岸流为辅,玫瑰花图(图 2b)

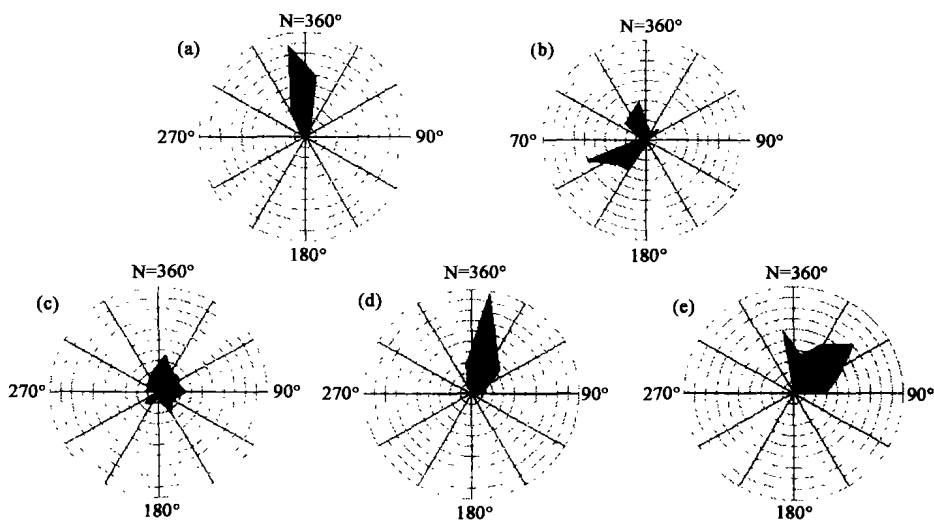


图 2 溃口扇、边滩及心滩最大磁化率主轴的偏角  $D$  玫瑰花图  
(a) 溃口扇; (b) 平直河段边滩; (c) 弯曲河段边滩; (d) 心滩; (e) 江心洲两侧.

Fig. 2 The rose diagram of declination  $D$  of maximum susceptibility principal axis among danr break fan, flood land and channel bar sediments

表 2 溃口扇、边滩及心滩最大和最小磁化率主轴的倾角  $I$  统计结果Table 2 Statistical value of inclination  $I$  of maximum and minimum susceptibility principal axis among dam break fan, flood and channel bar sediments

倾角统计范围	溃口扇		平直河段边滩		弯曲河段边滩		心滩		江心洲两侧	
	$I_{\max}/\%$	$I_{\min}/\%$	$I_{\max}/\%$	$I_{\min}/\%$	$I_{\max}/\%$	$I_{\min}/\%$	$I_{\max}/\%$	$I_{\min}/\%$	$I_{\max}/\%$	$I_{\min}/\%$
0°~10°	11.76	0	76.31	0	55.91	7.52	39.21	0	40.67	0
10°~20°	33.3	0	21.05	0	21.50	3.22	52.94	0	54.23	0
20°~30°	51.96	0	1.75	1.75	6.45	2.15	7.84	0	5.08	0
30°~40°	2.94	0	0.877	1.75	8.60	3.22	0	0	0	0
40°~50°	0	0	0	2.63	0	3.22	0	0	0	0
50°~60°	0	5.88	0	2.63	2.15	7.52	0	0	0	0
60°~70°	0	56.86	0	9.64	1.07	8.60	0	11.76	0	6.78
70°~80°	0	30.39	0	21.05	4.30	29.03	0	68.62	0	57.62
80°~90°	0	6.86	0	60.52	0	35.48	0	19.60	0	35.59

注:  $I_{\max}$  和  $I_{\min}$  分别为长轴倾角和短轴倾角。

的两个“峰值”也呈现一大一小的特点;对于弯曲河道的边滩沉积,由于水流方向十分紊乱(除主流、岸流外还有环流作用),导致其磁化率椭球主轴的偏角无明显的统计优势方位(图 2c)。最大主轴的倾角与水动力条件的关系密切。从表 2 可见,水动力越强的环境,磁化率椭球长轴的倾角相对就越大,短轴的倾角相对就越小。突发性的洪泛沉积(溃口扇)的长轴倾角明显大于正常河流环境沉积物,近主流线的心滩沉积的长轴倾角也大于边滩沉积。

### 3.4 不同环境下沉积物磁组构参数组合特征

由于多个磁组构参数比单一参数更能较准确地反映沉积物的沉积环境,我们绘制了部分磁化率参数组合相关图(图 3),并用统计方法分别求出了各相关曲线的相关系数和拟合直线方程  $y = a + bx$ 。从中可以看出磁化率参数与水流速的如下关系:

溃口扇与正常河流(边滩)沉积物的磁化率各向异性参数之间的相关性特点总体上比较接近,如:溃口沉积物的  $pL$ 、 $F_L$ 、 $F_s-p$ 、 $F_s-F$ 、 $F_s-L$  之间不仅相关系数  $R$  较大(均大于 0.99),而且为正相关。虽然边滩的相关系数  $R$  也大于 0.99,但  $pL$ 、 $F_L$  参数却为

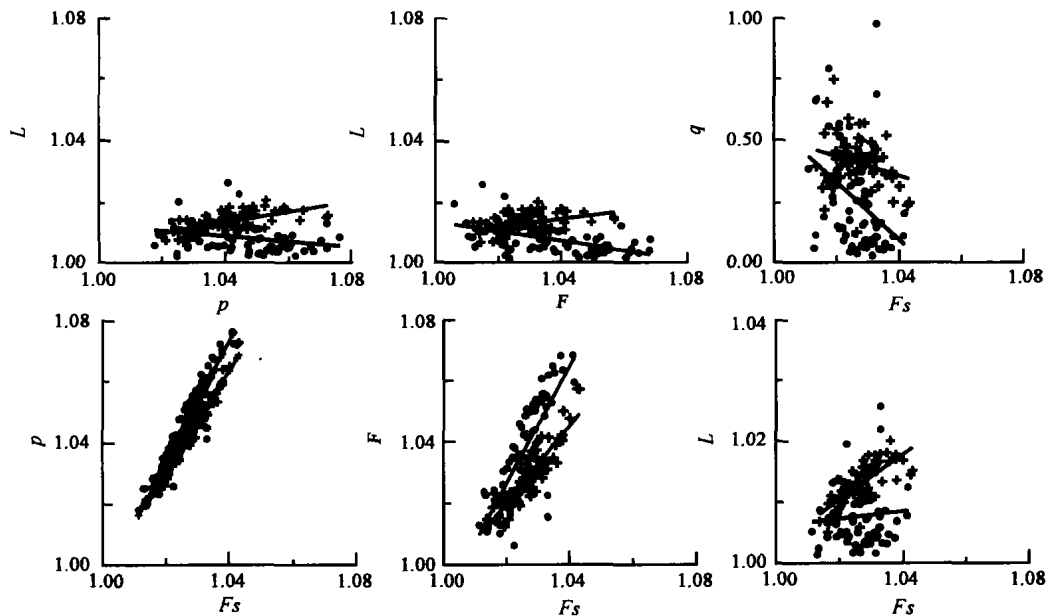


图 3 长江中游溃口与边滩沉积物磁化率各向异性参数组合相关图

图中各参数的含义同图 1,“+”为溃口扇,“⊗”为河流边滩。

Fig. 3 Combination correlation diagram of magnetic fabric parameters between dam break fan sediments of the Yangtze River and flood land sediments in Paizhouwan of Hubei Province in 1998

负相关。不论溃口沉积还是边滩沉积,  $F_s-q$  均为负相关,且前者的相关系数为 0.93,拟合直线的斜率  $b$  为 -4.077,属密切负相关,而后者却为 0.5381,拟合直线的斜率  $b$  为 -11.956,属中等负相关。

除  $F_s-q$  外,溃口沉积的拟合直线斜率均为正值,说明随着各向异性度  $p$  的增大,磁面理  $F$  和磁线理  $L$  值也增大,但  $F$  增长的速率比  $L$  大,故溃口沉积物的磁面理  $F$  较磁线理  $L$  发育。这一特点与磁化率椭球的形状因子  $T > 0$ ,磁化率椭球体的扁率  $E > 1$  的结果一致(图 1)。而边滩沉积物的直线方程不仅  $F_s-q$  的斜率为负值, $p-L$ 、 $F-L$  的斜率也为负值(为负相关),这是由于正常水流状态下边滩沉积分选较好的缘故。

## 4 结论与讨论

**4.1 正常河流沉积物**  $p$ 、 $F$  值高而稳定,  $q$  值相对较小,绝大多数  $q$  值远小于 0.5;  $p$ 、 $F$ 、 $L$ 、 $E$  等参数的概率统计曲线具有明显的双峰,  $q$  值的概率统计曲线为一个单调递减的曲线。在磁组构组合关系图上,样品的数据点主要集中分布在  $p$ 、 $F$  的高值区与  $L$ 、 $q$  的低值区。在磁化率各向异性量值椭球偏角的统计玫瑰花图上,长轴的偏角具有 2 个明显的优势方向。长轴的倾角比较小( $0^\circ \sim 20^\circ$ ),短轴的倾角大多数近于垂直( $80^\circ \sim 90^\circ$ )。反映了正常河流沉积环境较稳定,但随着季节和河道弯曲度的不同,水流方向发生着明显变化。

**4.2 洪泛(溃口)沉积物**的  $p$ 、 $F$  值较低,变化范围大,虽然大多数  $q$  值也小于 0.5,但比边滩的  $q$  值要大得多,并且  $q$  值的概率统计曲线为正态分布。 $F$ 、 $q$ 、 $E$  等参数的概率统计曲线具有明显的单峰,概率曲线比较陡,数据主要集中分布在一个较窄的范围内。在磁组构参数组合关系图上,样品的数据点主要集中分布在  $F$  的低值区与  $q$ 、 $L$  的高值区。在磁化率各向异性量值椭球偏角的统计玫瑰花图上,长轴的偏角具有显著的优势方向。长轴的倾角比较大,短轴的倾角相对河流(边滩)的要小。上述特点表明溃口时沉积动力强但沉积环境不太稳定,水动能较强及水流速度较大但衰减均较快。

**4.3 溃口洪泛沉积与正常河道沉积磁组构特征不同**,主要是由水流方向和水动力环境条件决定的。就磁组构参数而言,由于溃口后水动能减弱快,泥沙物质的快速沉积,所以沉积物的分选较差,故  $q$  值较大;同时,沉积物颗粒的排列有序程度低,故  $p$ 、

$F$ 、 $F_s$  等平均值均偏小,并均具有由扇顶到扇缘由大逐渐变小的特点。溃口洪泛沉积的单一流向,决定了磁化率椭球长轴偏角显著的优势方位,即溃口洪流的方向;而位于长江两岸现代河漫滩的边滩沉积,由于受两股不同方向的水流作用,其长轴的偏角具有两个明显的优势方向。

因此,沉积物磁组构参数的测试及磁化率各向异性量值椭球体形态的研究,可作为分辨洪泛沉积和正常的河道沉积的一个较有效的方法。

## 参考文献

- [1] 张玉芬,李长安,阎桂林等. 长江三角洲湾溃口扇沉积的磁组构特征研究. 地球科学, 2001, 26(增刊): 37~41  
Zhang Y F, Li C A, Yan G L, et al. The magnetic fabric character study of dam-break fan deposits in the Yangtze middle river. *Earth Science (in Chinese)*, 2001, 26(Suppl.): 37~41
- [2] 张玉芬,李长安. 长江中游现代河流沉积物磁组构参数值特征研究. 长江流域资源与环境, 2003, 12(4): 370~376  
Zhang Y F, Li C A. The magnetic fabric parameter character study of modern fluvial deposit in the middle reaches of Yangtze River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin (in Chinese)*, 2003, 12(4): 370~376
- [3] 潘永信,朱日祥. 磁组构研究现状. 地球物理学进展, 1998, 13(1): 52~58  
Pan Y X, Zhu R X. The recent progress in magnetic fabrics. *Progress in Geophysics (in Chinese)*, 1998, 13(1): 52~58
- [4] 阎桂林. 岩石磁化率各向异性在地质学中的应用. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996. 8~70  
Yan G L. The Application of Magnetic Susceptibility Anisotropy of Rocks in Geology. Wuhan: Press of China University of Geosciences, 1996. 8~70
- [5] Hrouda F. Magnetic anisotropy of rocks and its application in geology and geophysics. *Geophys. Survey*, 1982, 5: 37~82
- [6] 陈庆强,李从先,丛友滋. 沉积物磁组构与动力沉积特征对应关系研究. 科学通报, 1998, 43(10): 1106~1109  
Chen Q Q, Li C X, Cong Y Z. The study of relation between magnetic fabric of sediment and character of dynamic deposit. *Chinese Science Bulletin (in Chinese)*, 1998, 43(10): 1106~1109
- [7] 丛友滋,韩国忠,李从先等. 泥质潮坪磁组构特征及其意义. 科学通报, 1997, 42(15): 1637~1640  
Cong Y Z, Han G Z, Li C X, et al. The magnetic fabric characteristics of tidal mud flat and its study significance. *Chinese Science Bulletin (in Chinese)*, 1997, 42(15): 1637~1640
- [8] 张家强,李从先,丛友滋. 水成沉积与风成沉积及古土壤的磁组构特征. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(2): 85~94  
Zhang J Q, Li C X, Cong Y Z. The magnetic fabric characteristics of hydraulic deposit eolian deposit and paleosol. *Marine Geology & Quaternary Geology (in Chinese)*, 1999, 19(2): 85~94
- [9] 吴能友,段威武,刘坚. 南极布兰斯菲尔德海峡晚第四纪沉积物磁组构特征及其古环境学意义. 海洋地质与第四纪地

- 质,1998,18(1):77~86
- Wu N Y, Duan W W, Li J. Preliminary discussion on Late Quaternary paleocurrent and paleoclimate history of the bransfield strait, Antarctica: The magnetic fabric method. *Marine Geology & Quaternary Geology* (in Chinese), 1998,18(1):77~86
- [10] 刘保柱,李从先,业治铮等.沉积磁组构在长江三角洲地区晚第四纪古土壤研究中的应用. *海洋地质与第四纪地质*, 1994,14(2):55~62
- Li B Z, Li C X, Ye Z Z, et al. Applications of magnetic fabrics to the studies of Late Quaternary paleosols in the Yangtze River delta area. *Marine Geology & Quaternary Geology* (in Chinese), 1994,14(2):55~62

## 《地球物理学报》稿约

《地球物理学报》创刊于1948年,是中国地球物理学会、中国科学院地质与地球物理研究所联合主办的有关地球物理科学的综合性学术刊物。主要刊载固体地球物理、应用地球物理、地磁和空间物理、大气和海洋地球物理,以及与地球物理密切相关的交叉学科研究成果的高质量论文。中文版为双月刊,在国内外发行,并由美国地球物理学家联合会(简称AGU)同步发行英文网络版。作者和读者对象主要为从事地球物理学、地球科学及其他相关学科的国内外科技工作者和大中专院校师生。

《地球物理学报》荣获首届国家期刊奖和中国科学院优秀期刊特等奖,2001年进入“中国期刊方阵”被评为“双高期刊”。2002年底荣获第二届国家期刊奖。本刊为中国科技信息研究所信息分析中心、中国科学院引文数据库等的统计源期刊和SCI等国际检索系统的源期刊。

### 1 主要栏目

- 1.1 学术论文 报道我国以及国际地球物理各分支学科及相关边缘、交叉学科的重要研究成果,包括具有创新性的基础研究和应用基础研究成果,以及具有重大应用价值的研究成果。一般不超过6000字。附中、英文摘要约300字,关键词3~8个。
- 1.2 综述或评述 介绍国内外地球物理学和相关交叉学科在某一领域或某一专题的最新研究进展或评述。6000字以内,其余要求同1.1。
- 1.3 研究短论 快捷报道地球物理学领域和相关交叉学科某项研究的重要阶段性成果,或主要结论,或重要发现。3000字左右。
- 1.4 科学论坛 开展对地球物理学和相关交叉学科以及对本刊文章某一学术观点的讨论,一般3500字以内。
- 1.5 学术动态 国内外有关地球物理学学术活动的报道。一般800字以内。“1.2”~“1.5”为不定期栏目。

### 2 稿件要求

- 2.1 文稿观点明确,论据可靠,层次分明,论述精练,语言准确,符合规范,求真反伪,文责自负。
- 2.2 量、符号和单位采用国家标准《量和单位》。量符号、代表变动性数字的符号以及坐标轴的符号均排斜体;矢量、张量排黑斜体;量符号的下标,凡用以上符号者排斜体,其他情况排正体。量符号在文中首次出现时,必须给出其量名称及单位,单位一律采用国际符号,排正体。地球物理学中常用的数学符号(自然对数的底 $e$ ,圆周率 $\pi$ ,转置 $T$ ,虚数 $i$ , $d$ 中的 $\partial$ , $dx$ 中的 $d$ , $\partial x$ 中的 $\partial$ )均排正体。外文缩写词必须符合国际规范,在文中第一次出现时要说明中文含义。
- 2.3 图件 附最必要的图,一般不超过6幅,每幅注明图号。要求图件具科学性,符合规范,清晰美观,能直接用于制版。坐标轴标目的书写以规范形式“量符号/单位”表示,如 $f/\text{Hz}$ , $v/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$ 。图中内容要中、英文并列给出。对于涉及国界的图件,必须绘制在地图出版社出版的最新地图上,或通过 $\text{www.sbsm.gov.cn}$ 下载。在正文中标示图的位置(画框示意),框的下方写明图号、图题(中、英文并列)和图注。
- 2.4 表格 采用三线表,必要时加辅线。表号和表题置于表的上方(中、英文并列)。表中量和单位的标示形式同图。表直接列于文中,勿另置。注意表与图的内容勿重复。
- 2.5 参考文献 遵循著作权法,凡引用他人资料、数据、方法、图表以及结果、结论的,必须注明出处,列出文献,涉及版权事宜作者自负。参考文献的著录格式本刊采用“须序编码制”,著录格式详见“《地球物理学报》文后参考文献著录格式”。
- 2.6 提交文稿研究工作的基金来源(批准号),以及100字以内的第一作者简介。

### 3 注意事项

- 3.1 来稿一式两份,计算机打印。
- 3.2 投稿者可建议3~5名评审者(请注明学位、职称、研究领域、单位和通讯处),以及要求回避的评审者。供编辑部参考。
- 3.3 来稿如不符合以上要求,将退作者修改后再投。自留稿件底稿,刊用与否恕不退稿。作者收到本刊回执后3个月未接到录用通知时,可自行处理,并请告之编辑部,双方有约定者除外。勿一稿多投。
- 3.4 来稿一经发表,酌寄稿酬并酌收版面费。赠送抽印本20份及样刊。

来稿请寄:北京9825信箱《地球物理学报》编辑部 邮 编:100029

电 话:62007700,62007709,62007696 E-mail:actageop@mail.igcas.ac.cn