

甘肃龙担早第四纪黄土-古土壤序列磁组构特征 与古风场恢复

刘平 靳春胜 张崧 韩家懋 刘东生

(中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029. E-mail: liuping@mail.iggcas.ac.cn)

摘要 磁组构作为恢复古季风风向的一种手段, 近来被广泛地应用到中国黄土沉积中. 通过测量青藏高原东北缘临夏盆地龙担剖面早第四纪黄土-古土壤序列磁组构的各项参数, 初步得出龙担剖面磁组构特征为正常沉积, 磁化率各向异性主要由磁面理控制, 磁化率椭球体表现为压扁状. 龙担剖面早第四纪磁化率各向异性长轴方向的偏角较好地指示了古冬季风的方向, 为NW—SE向.

关键词 磁组构 龙担 青藏高原 古风向

磁组构技术被引入到黄土沉积研究中来, 已广泛地应用于研究沉积过程和判别沉积介质的动力方向. 黄土中磁性矿物颗粒的长轴(K_1)方向与沉积时的主导风向一致 [1~4], 而磁组构的研究也就成了恢复古风场, 古季风风向的一种有效手段. 近来对于第四纪以来各地磁化率各向异性与古季风的关系研究较多, 其主要集中在六盘山以东的地区 [1,4,5]. 例如, 王建力等人 [6]研究表明东山顶剖面自早更新世到中更新世后, 黄土沉积时地面风向从近W—E向变成了近NW—SE向. 本文试图通过对甘肃临夏盆地龙担剖面磁化率各向异性研究, 阐述各参数的物理意义, 探讨第四纪早期黄土沉积磁化率各向异性最大轴方向对古风场的指示.

磁化率各向异性(AMS)表现为磁化率数量椭球的形状和方向 [7]. Ising [8]在实验中第一次发现了磁化率的各向异性. 随后, Graham [9]用磁化率各向异性来研究岩石组构并获得成功. AMS被广泛地应用于研究沉积过程和判别沉积介质的动力方向. 中国黄土作为一种典型的风成沉积物, 对其研究表明黄土中磁性矿物颗粒的椭球体的长轴方向与沉积时的主导风向一致 [1,2,10], 为我们利用磁化率各向异性特征研究中国黄土沉积动力学过程奠定了基础.

本研究选择六盘山以西成壤强度较弱的甘肃省临夏盆地的龙担剖面(35°31'31.6"N, 103°29'0.6"E), 下伏积石组砾岩, 砾石层之上有1.2 m厚的粉砂互层; 中部的黄土-古土壤序列中, 棕红色古土壤具棱柱状

结构, 浅黄色亚砂土, 有黑色锰质小斑点, 龙担哺乳动物群就产于此沉积中; 顶部为晚更新世马兰黄土. 根据邱占祥等人 [11]的研究认为, 龙担剖面黄土地层大致为早更新世的“午城黄土”, 时代为2.55~2.16 Ma. 砾石层以上黄土-古土壤序列厚51.6 m, 共采有401块定向样品. 在实验室内统一加工成2 cm×2 cm×2 cm的定向样品. 磁化率各向异性测试在中国科学院地质与地球物理研究所古地磁实验室的KLY-3S卡帕桥磁化率仪上完成, 程序自动用Jelinek方法计算出AMS张量及相关参数 [12,13].

据实验分析结果可知, 古土壤层的磁化率比黄土层高, 但黄土的磁化率各向异性度(P)通常大于古土壤. 磁化率椭球体扁率(E)均大于1(图1(a)), 样品的各向异性度(P)与磁面理(F)之间具有较好的线性相关关系(图1(b)), 表明磁化率各向异性主要有磁面理引起.

从剖面顶部45.1 m到底部高斯正极性时黄土与古土壤沉积的赤平投影和玫瑰花图(图2(a)和(b))中, 可以得出磁化率各向异性最大轴的均风向分别为140.4°和170.1°(图中双箭头所示); 从顶部10.6 m也就是Olduvai极性亚时的顶部到松山负极性时底部45 m处, 黄土与古土壤沉积的玫瑰花图(图2(c)和(d))指示磁化率各向异性最大轴的均方向分别为150.6°和149.5°, 为近NW—SE向, 磁化率各向异性长轴方向的偏角较好地指示了古冬季风的方向.

结果表明几乎所有样品的磁化率各向异性均以

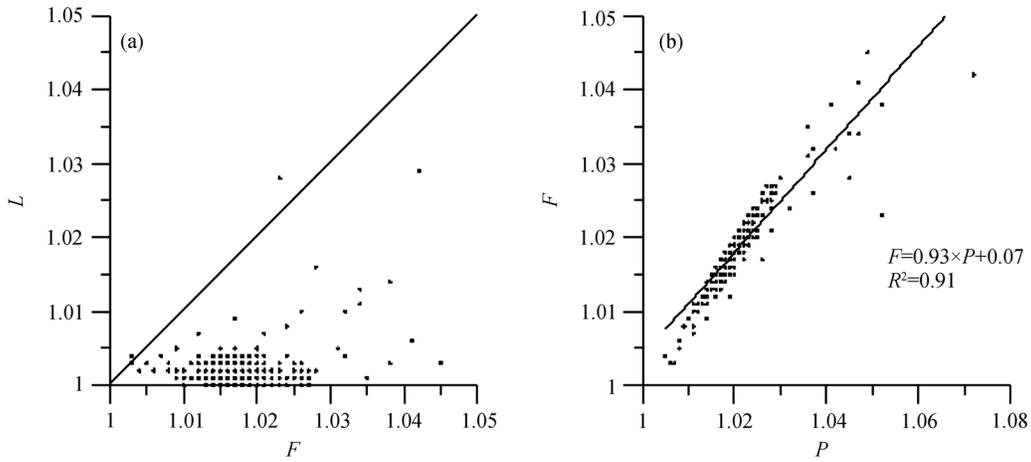


图 1 黄土与古土壤样品磁组构弗林图(L-F 图(a)), 各向异性度(P)与磁面理(F)相关图(b)

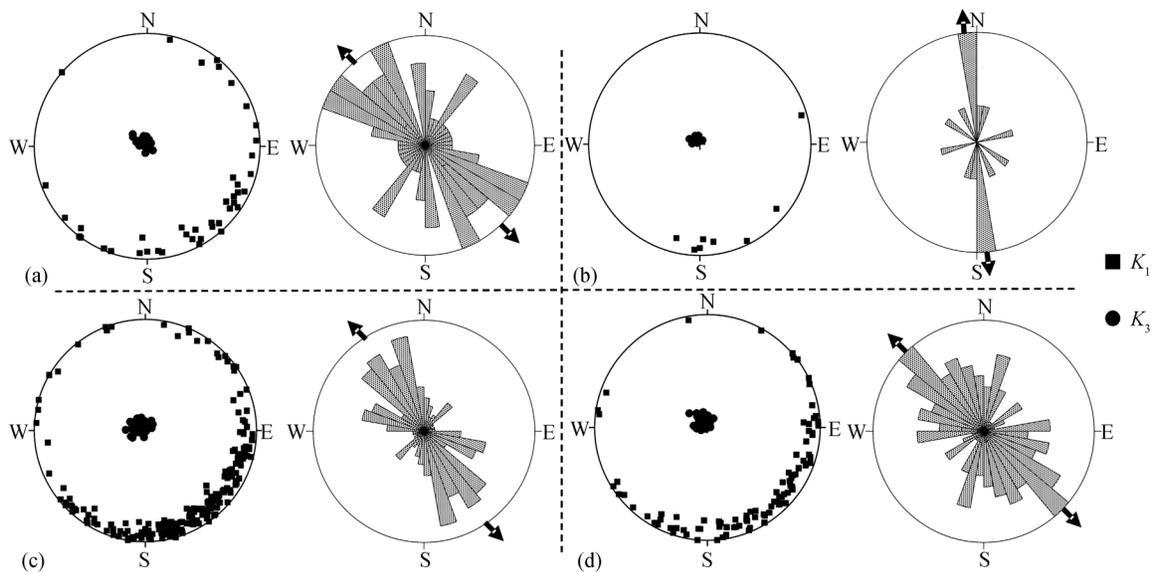


图 2 (a) 高斯期黄土, (b) 高斯期古土壤, (c) 松山期黄土, (d) 松山期古土壤磁化率各向异性的最大(K_1)和最小(K_3)磁化率轴等面积赤平投影图与 K_1 玫瑰花图
玫瑰花图中的双箭头指示主导平均方向

磁面理(F)发育为主 (其中 2 个样品除外), 且大部分样品的磁面理值 <1.02 , 而磁线理(L)相对发育不显著, 磁化率各向异性的椭球体表现为扁状, 呈现出典型的风成沉积物特征 [14,15].

AMS 椭球体长轴(K_1)的倾角较低, $I_{max}<15^\circ$, 平均值为 5.2° ; 而短轴(K_3)的倾角较高, $I_{min}>70^\circ$, 平均值为 82.2° , 磁化率椭球体的长轴与磁面理近于平行,

短轴垂直或近垂直于沉积面, 表明原生磁组构受后期干扰作用不明显 [16]. AMS 长轴偏角的均方向为 $155^\circ(335^\circ)$, 近 NW—SE 向. 高斯正极性时黄土与古土壤沉积的赤平投影和玫瑰花图(图 2(a)和(b))表明高斯极性时黄土到古土壤沉积古季风风向存在一弱的逆时针方向变化. 图 2(c)和(d)指示松山极性时黄土到古土壤的沉积古季风风向变化不显著. 也就是说

自高斯正极性时到松山负极性时,其沉积时季风风向存在一弱的逆时针方向的变化,但其主导风向为NW—SE向。这与中国陇西盆地^[17]风成黄土的磁化率各向异性最大轴方向同其母质源于西北地区有关^[18,19]。Zhu等人^[4]恢复了末次间冰期以来的古季风风向变化,冰期时冬季风的主导风向为NE—SW,间冰期时的风向为SE—NW。总体趋势上,对于晚第四纪黄土沉积时古季风风向变化较显著,而早第四纪沉积反映的古季风风向变化不明显。

致谢 感谢挪威卑尔根大学的Reidar Lovlie教授以及太原理工大学苏朴教授的大力支持和指导。

参 考 文 献

- 1 孙继敏,丁仲礼,刘东生,等.黄土与古土壤磁组测定在重建冬季风风向上的初步应用.科学通报,1995,40(21):1976—1978
- 2 吴海斌,陈发虎,王建民,等.现代风成沉积物磁化率各向异性与风向关系的研究.地球物理学报,1998,41(6):811—817
- 3 吴汉宁,岳乐平.风成沉积物磁组与中国黄土区第四纪风向变化.地球物理学报,1997,40(4):487—494
- 4 Zhu R X, Liu Q S, Jackson M J. Paleoenvironmental significance of the magnetic fabrics in Chinese loess-paleosols since the last interglacial (<130 ka). Earth Planet Sci Lett, 2004, 221: 55—69[DOI]
- 5 黄孝刚,孙继敏.末次冰期以来黄土-古土壤序列的磁组构特征及其指示的古风向.第四纪研究,2005,25(4):516—522
- 6 王建力,方小敏,张宇田,等.青藏高原东北边缘黄土磁化率各向异性揭示古风向的初步研究.兰州大学学报(自然科学版),1995,31(4):155—159
- 7 余钦范,郑敏.岩石磁组构分析及其在地学中的应用.北京:地质出版社,1992.1—110
- 8 Ising G. On the magnetic properties of varved clay. Arkiv Astrom Fysik, 1942, 29(5): 1—37
- 9 Graham J W. Magnetic susceptibility anisotropy—An unexploited petrofabric element. Geol Soc Am Bull (abstract), 1954, 65: 1257—1258
- 10 Thistlewood L, Sun J M. A paleomagnetic and mineral magnetic study of the loess sequence at Liujiapo, Xi'an, China. J Quat Sci, 1991, 6: 13—26[DOI]
- 11 邱占祥,邓涛,王伴月.甘肃东乡龙胆早更新世哺乳动物群.科学出版社,2004.1—198
- 12 Jelinek V. Statistical processing of anisotropy of magnetic susceptibility measured on groups of specimens. Studia Geophys Geodaet, 1978, 22: 50—62
- 13 Tarling D H, Hrouda F. The magnetic anisotropy of rocks. London: Chapman & Hall, 1993. 1—28
- 14 刘秀铭,许同春,刘东生.中国黄土磁化率各向异性与成因及其对第四纪研究的意义.中国科学B辑,1989,(4):441—448
- 15 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
- 16 谢久兵,朱照宇,周厚云,等.陕西蓝田公王岭黄土古土壤序列的磁组构特征及其古气候意义.地球化学,2007,36(2):185—192
- 17 钟巍.中国陇西盆地风成黄土沉积磁组构特征研究.新疆大学学报(自然科学版),1996,13(1):84—87
- 18 Sun J M. Source regions and formation of the loess sediments on the high mountains regions of Northwestern China. Quat Res, 2002, 58: 341—351[DOI]
- 19 钟巍,方小敏,曹继秀,等.甘肃临夏盆地东山顶剖面沉积物磁组构特征研究.兰州大学学报(自然科学版),1996,32(1):116—120