科学通报
第40卷 第21期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1995年11月

黄土与古土壤磁组构测定在重建冬季风风向上的初步应用*

孙继敏** 丁仲礼 刘东生 袁宝印 郭正堂

(中国科学院地质研究所,北京 100029)

关键词 磁组构 古风场 黄土 古土壤

黄土高原粉尘物质的搬运、沉积过程与来自中高纬度地区的季风密切相关. 在第四纪时期,由于高纬度地区的冰期条件变化(如大陆冰盖的厚度与范围等)可对西伯利亚-蒙古高压的强度和位置起很大程度的控制作用,从而导致冬季风的风力和风向作相应的改变. 重建冬季风的演化历史将有助于我们深入理解在全球变化的背景下,东亚地区气候变化的动力机制.

最近,一些学者成功地利用黄土剖面上粒度组成的变化反演了冬季风风力的演化历史[1,2],并发现:冷期时,冬季风风力增强,暖期则相应减弱. 但是,对冬季风风向的恢复还缺少直观而简便的手段. 作者通过测定沙漠-黄土边界带红石峡剖面黄土-古土壤的磁组构对重建古风向作了初步尝试. 本文的工作基于以下3个前提:(1)粉尘物质堆积时的颗粒长轴方向与主导风向平行[3],这点已为前人的工作所证实;(2)黄土、古土壤的磁化率各向异性主要由磁颗粒在一定程度上的定向排列所导致;(3)榆林地区气候干旱,成土过程对磁化率的贡献居次要地位.

1 样品采集与实验方法

本文的所有样品均采自沙漠-黄土边界带陕西省榆林市以北的红石峡剖面(图1),该剖面位于榆溪河左岸,由多层黄土-古风成砂-古土壤组成,其底部出露第五层古土壤(S_5). 根据宝鸡剖面时间标尺其底界年龄大致为0.5 Ma[4]. 作者在该剖面上布置了9个采点,共计采集了49块样品,每个采点有5～6块定向样品,以期消除采样、测试过程中出现的随机误差.

本文样品是在中国地质大学古地磁实验室的HKB-1型卡帕桥上测定的,其灵敏度可达2×10^{-7}SI,重复精度为+0.5%满度. 实际测量时分别测定每块样品15个位置的方向磁化率,用多元线性回归方法,求得磁组构参数及磁化率各向异性椭球体的3个主轴(最大、中间、最小)的方向.

2 实验结果

2.1 磁组构参数的一般特征

磁化率各向异性可形象地用3轴磁化率椭球体来表示,椭球体的3个主轴分别代表最大(K_1)、中间(K_2)、最小(K_3)磁化率主轴,而且3者两两垂直.

1994-10-22收稿,1995-04-12收修改稿

* 国家自然科学基金资助项目

** 现为中国科学院广州地球化学研究所博士后

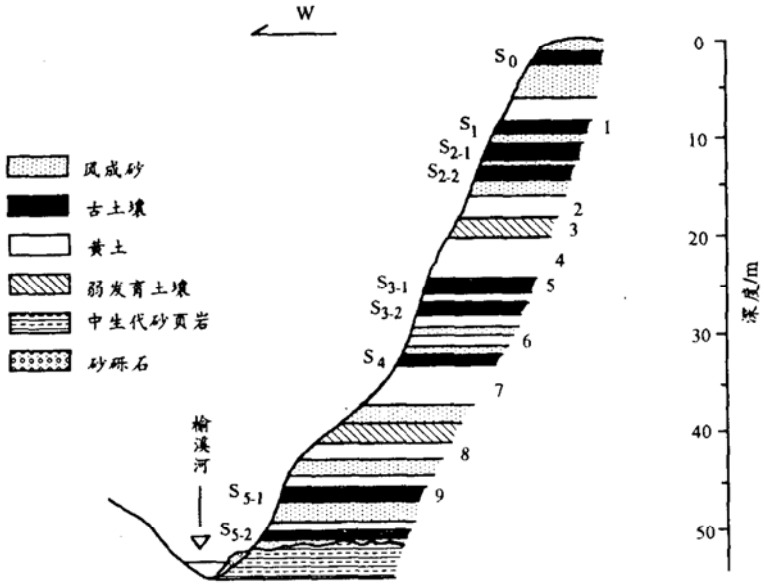

图 1　榆林红石峡剖面风成砂、黄土、古土壤系列

1 ～ 9 号为采样位置及编号

利用椭球体 3 个主轴之间的比例关系就可得到描述磁化率各向异性的若干参数，本实验的磁组构参数特征如下：

(1) 虽然古土壤的磁化率值比黄土层高，但是黄土样品的磁化率各向异性度 ($P=K_1/K_3$) 通常大于古土壤，也就是说古土壤的各向异性不如黄土显著.

(2) 所有样品均以磁面理 ($F=K_2/K_3$) 发育为主，而磁线理 ($L=K_1/K_2$) 相对不显著.

(3) 所有样品磁化率椭球扁率 ($E=K_2^2/K_1K_3$) 均大于 1，说明均为“压扁”的椭球体，磁颗粒在黄土与古土壤中是以一定程度的面状近平行排列为特征.

(4) 样品的各向异性度 (P) 与磁面理 (F) 之间有相当好的线性相关关系 (图 2)，相关系数 $r=0.92$，线性回归方程为 $y=0.12+0.88x$，说明样品的磁化率各向异性主要有磁面理引起. 而且此图还表明了古土壤样品集中分布于图的左下角.

2.2　各采点磁化率 3 轴椭球体主轴平均方向的 Fisher 统计

对每个采点样品的平均磁化率张量方向的确定采用了 Fisher 统计方法，各主轴的平均方向及 95% 置信圆均在赤平投影图上标出 (图 3). 图中大圆圆周上的角度代表主轴的偏角，与圆心的距离代表倾角；各小圆即为置信圆，其圆心为相应的各采点磁化率 3 轴椭球体主轴平均方向，其半径为角 α_{95}，α_{95} 的含义是磁化率主轴观测方向与其平均方向的差值大于角 α_{95} 概率是 5%，也是说 α_{95} 为衡量各采点主轴平均方向可靠程度的指标. 显然，α_{95} 愈小，置信圆愈小，平均方向可靠程度亦愈高. 一般情况下，α_{95} 在 25° 以内时，所统计的结果都认为是有效的[5]. 而本文的结果均落在此范围内，所以说测量结果是可用的.

3　讨论与结论

由图 3 可知，各采点磁化率椭球最大轴的取向有 NW, NE 及近 EW 向 3 组，这可能代表了这一地点黄土、古土壤沉积时古风向情况. 而且，从实验结果看，1 ～ 5 号样品 (S_3 以来的沉积) 均无一例外地显示以 NW 风为主，这与榆林地区现代年平均起沙风 (>6 m/s) 风向分布是

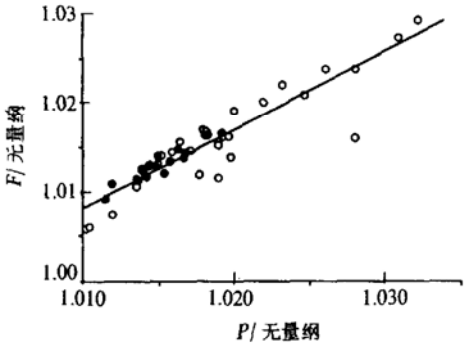

图 2 黄土与古土壤样品各向异性度(P)与磁面理(F)相关图
空心圆代表黄土,实心圆代表古土壤

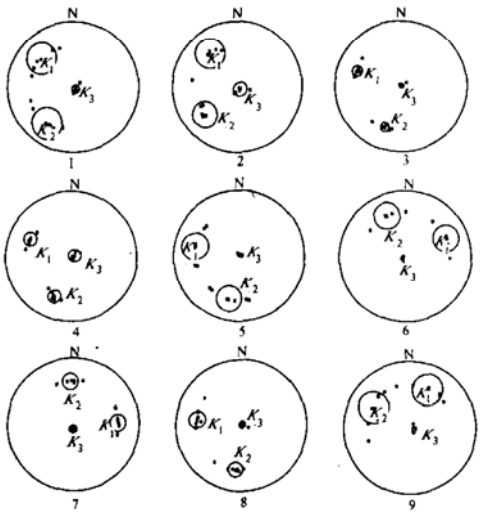

图 3 黄土与古土壤磁化率椭球体主方向的赤平投影,Fisher 统计的平均主方向及置信圆
K_1、K_2、K_3 分别为最大、中间、最小磁化率主轴,1～9 为样品号

相吻合的[6],说明现代的风向格局可能至少在 0.3 Ma 以来就已形成.另外,6 号与 9 号样品显示以 NE 向风为特征,7 号与 8 号样品则以近 EW 向风为特点.这两种风向格局与现今有所不同,说明黄土高原北部的风向受青藏高原隆起或北极冰盖的影响可能做过某些调整.另一个显著的特点是:全部样品磁化率椭球最大轴的平均方向为 321°,即为 NW 向.由此说明 0.5 Ma 以来,古季风风场的总体趋势是 NW 向,但在不同的时间段内,风场情况似有所不同.总之,从黄土、古土壤的磁组构分析入手恢复古风向应是一种可资利用的手段之一.

致谢 实验过程中得到了中国地质大学古地磁实验室的谭承泽教授、侯国良、孟小红老师的热情支持,深致谢忱.

参 考 文 献

1 An Z S, Kukla G, Porter S C *et al*. Late quaternary dust flow on the Chinese loess plateau. Catena, 1991, 18: 125～132
2 Ding Z L, Rutter N, Han J T *et al*. A coupled environmental system formed at about 2.5 Ma over eastern Asia. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1992, 94: 223～242
3 H G 里丁主编,周明鉴等译. 沉积环境和相. 北京:科学出版社. 1985, 526
4 丁仲礼,余志伟,刘东生. 中国黄土研究新进展(三)时间标尺. 第四纪研究,1991,(4): 336～348
5 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
6 中国科学院黄土高原综合考察队. 黄土高原地区北部风沙区土地沙漠化综合治理. 北京:科学出版社,1991. 24～30