

山东长山列岛黄土沉积磁组构特征及意义^①

张家强^{1,2} 丛友滋² 李从先¹

1(同济大学海洋地质与地球物理系,上海 200092) 2(国家海洋局第一海洋研究所,青岛 266003)

提 要 本文对长山列岛的砣矶岛离石黄土和木兰黄土,及其以北大钛岛和以南南长山岛的木兰黄土等的沉积磁组构作了对比和分析,证明研究区离石黄土不是纯风尘沉积,至少本文所研究的剖面段不是风尘沉积,而是洪坡积,其沉积物质可能主要是当地红土风化壳物质被流水搬运来的;木兰黄土虽是风尘沉积,但物源与我国内陆黄土有明显区别,前者主要是低海面时期被风从附近搬运来的。

关键词 磁组构 黄土 长山列岛

分类号 P 588. 23

第一作者简介 张家强 男 31岁 博士生 沉积学

山东长山列岛广泛分布第四纪黄土,其中中、晚更新世黄土尤为发育^[2]。与西北内陆黄土相比,该区黄土具有粒级粗和夹有透镜状角砾层或散布角砾状岩屑等特点。因此,刘东生等人称其为“蓬莱阁型黄土”。自 80年代以来,该区第四纪黄土都被看作西北季风形成的尘风沉积^[1,2]。然而在木兰黄土中却存在海相放射虫壳体,在离石黄土中则缺乏钙质结核。为了进一步弄清该区黄土的成因和沉积环境,本文主要从沉积磁组构方面,并辅以粒度和重矿物资料对其作了进一步研究。本次研究选择 4个剖面,测试磁组构样品 96个,分析粒度样品 18个,重矿物样品 14个。

1 研究方法

沉积磁组构分析是近年来沉积学中发展起来的新研究方法。基本原理是:样品磁化率椭球体的长轴(最大磁化率 K_1)、中轴(中值磁化率 K_2)和短轴(最小磁化率 K_3)分别对应于磁性矿物颗粒的优选长轴、中轴和短轴。利用磁化率仪测量和计算出单位体积样品的磁组构参量,可以研究沉积颗粒优选排列方位所代表的沉积作用过程和环境信息^[4]。

本次研究由南向北选择了南长山岛王沟村、砣矶岛后口村和大钦岛西口海岸等地黄土剖面作为研究对象,并选择 4个采样剖面段。所选剖面段不夹角砾层,岩性、结构均一,厚 1.0~1.2 m 不等。在每个

剖面段上用 $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}^3$ 无磁性塑料方盒每隔 5 cm 取样并标定方位。然后在实验室里利用 HKB-1型卡帕桥磁化率仪对每个样品测量 15个方位的磁化率,并计算出 K_1 (最长轴磁化率值)、 K_2 (中轴磁化率值)和 K_3 (最短轴磁化率值)的值及方向,以及 K (体积磁化率)、 L (磁线理度)、 F (磁面理度)、 E (磁化率椭球体扁率)、 P (磁化率各向异性度)和 q (磁基质颗粒度)等磁组构参量。

2 沉积特征

砣矶岛后口村中更新统黄土位于下更新统洪坡积之上,或直接位于上新统红色风化壳之上,上覆上更新统木兰黄土。剖面自下而上呈棕黄色、棕红色,为粘土质粉砂,粒度较细(表 1),含少量细砂,被前人定为“离石黄土”^[1,2]。该层黄土零星分布小角砾岩屑,不发育层理构造,除局部夹有洪坡积透镜状角砾层块体外,整体结构均一;富含红色粘质,不含钙质结核,也未见海相有孔虫壳体^[1]。砣矶岛离石黄土分布范围明显比其上木兰黄土的要小,主要分布于山坡下部或沟谷凹地,系陆相沉积。后口村第一采样剖面段位于该层黄土上部,岩性为棕红色,比较致密,不易松散。

王沟村、后口村和大钛岛西口海岸及其以北北隍城岛等地上更新统黄土位于中更新统离石黄土之上,或直接位于红色风化壳和基岩之上,岩性呈灰黄

① 同济大学海洋地质开放实验室资助课题,国家自然科学基金资助课题
收稿日期: 1996- 06- 12

或浅黄色,局部因红土化而呈棕红色,为细砂质粉砂或细砂,垂直节理发育,被前人定为“ 马兰黄土”。该层黄土底部发育钙质结核层,中、上部散布钙质结核;不显层理构造,除大钦岛该层黄土中上部夹有洪波积透镜状角砾层外,整体结构均与粒度自大钦岛向北、向南逐渐变细(表 1),并随地势变化,即高处山坡和山岭处黄土粒度细,低处开阔海岸的黄土粒度粗;含有少量有孔虫,并且壳体完好^[1]。太钦岛马兰黄土粒度粗,分布于海岸,并延伸于海面以下。此外,本区马兰黄土中发现有安氏鸵鸟蛋、赤鹿角、猛马象腿骨和披毛犀肋骨等寒冷干旱的草原性动物化石^[1]。因此,该层黄土应属冰期海面时寒冷干燥气候条件下的风尘沉积。砣矶岛后口村第二采样剖面段位于马兰黄土下部,南长山岛王沟村采样剖面段位于马兰黄土上部,大钦岛采样剖面段位于马兰黄土下部,黄土呈灰黄色,较松散。

表 1 长山列岛黄土的不同粒级 (mm)含量 (%)

Table 1 The Content of different grain size in Loess of Changshan archipelago

层位	剖面地点	样数	> 0.125	0.125~ 0.063	0.063~ 0.002	< 0.002
Q ₃	南长山岛	3	—	5.55	79.58	14.65
	砣矶岛	4	1.04	40.27	51.02	7.67
	大钦岛	3	14.19	38.85	44.57	2.38
	北隍城岛	4	0.87	25.92	64.33	8.89
Q ₂	砣矶岛	4	—	7.36	66.83	25.82

各采样剖面段黄土的生矿物特征基本相似或相近,仅离石黄土因红土化较强而具有较大的含量差别(表 2),说明它们具有共同的物源,或物源相近。同一剖面上下层位中主要重矿物含量变化较大,其

中比重和形态差别较大的角闪石和钛铁矿表现尤其明显,呈负相关关系,说明沉积介质的搬运能量不稳定,或介质流动方向因发生偏移而导致物源区相对位置发生偏移。此外,离石黄土中石英颗粒多数呈棱角状,几乎未被磨圆,仅少部分磨圆较好。相反,马兰黄土中石英磨圆度普遍较好,说明二者的物质搬运距离和沉积方式存在着差别。

3 沉积磁组构特征

研究区黄土的沉积磁组构特征参数分析结果见表 3

3.1 体积磁化率

体积磁化率 (K)指单位体积样品的感应磁化强度与外加磁场强度的比值,主要受控于样品中磁性矿物的组成和含量,因而可以在一定程度上反映物源。长山列岛黄土磁化率 K 值较小,各地变化不大,平均为 $239 \times 10^{-6} \text{ SI}$,表明它们具有同一物源,或物源相近。我国西北内陆洛川黄土的 K 值平均为 $894 \times 10^{-6} \text{ SI}$ ^[5],南京李家岗下蜀黄土的 K 值平均为 728×10^{-6} ,都远比该区黄土的 K 值大。此外,研究区黄土的粒度也比内陆黄土的粒度粗。这些说明研究区黄土与内陆黄土不是同一物源,沉积物质主要不是由风从内陆搬运来的,可能来自附近地区。

3.2 磁化率椭球体轴向分布

离石黄土和马兰黄土的磁化率椭球体轴向在吴氏网上的投影具有明显不同的特征(图 1)。马兰黄土的 K₁ 分布于吴氏网上的边缘某一对称方位,取向优选性较好,近水平分布;K₂ 和 K₃ 基本是在垂直于 K₁ 方位的近直立平面内随机散布。离石黄土的 K₃ 位于吴氏网的中部,近直立分布;K₁ 和 K₂ 位于吴氏网边部某一方位范围内,近水平分布,有较好的取向优选性。这种显著差异说明离石黄土和马兰黄

表 2 长山列岛黄土的重矿物百分含量 (%)

Table 2 The content(%) of heavy minerals in loess of Changshan archipelago

层位	剖面地点	样数	重矿物含量	重 矿 物											
				磁铁矿	褐铁矿	钛铁矿	闪石类	帘石类	石榴石	磷 石	锆 石	电气石	十字石	金红石	其 它
Q ₃	南长山岛	3	0.17	3.31	4.98	12.25	33.00	28.75	5.80	8.11	0.55	0.26	0.24	0.13	2.64
	砣矶岛	4	0.59	4.75	5.22	15.24	29.65	29.79	3.81	7.99	0.87	0.33	0.14	0.17	2.01
	大钦岛	3	1.32	4.36	4.81	14.38	29.85	31.04	4.05	7.47	0.77	0.47	0.40	0.21	2.22
	北隍城岛	4	0.4	1.87	12.32	12.19	37.10	29.78	1.11	2.32	0.42	0.50	0.46	0.40	1.73
Q ₂	砣矶岛	4	0.43	1.87	12.32	12.19	37.10	29.78	1.11	2.32	0.42	0.50	0.46	0.40	1.73

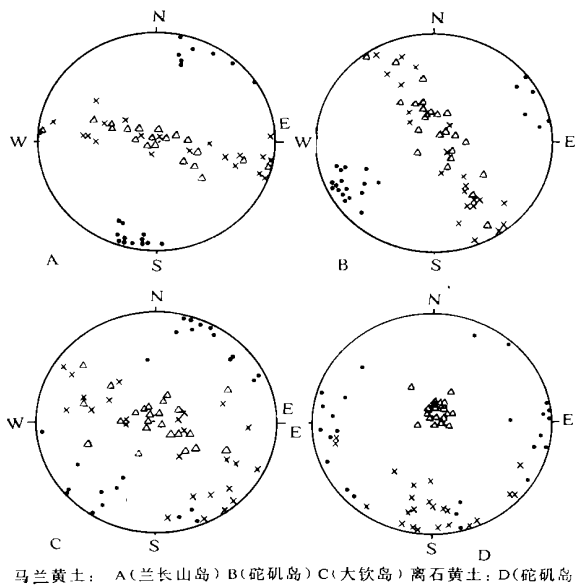
土的沉积动力环境截然不同。从已有资料^[5,6]来看,本研究区离石黄土的磁化率椭球体轴向在吴氏网上的分布特征类似于水成沉积,而马兰黄土的磁化率椭球体轴向在吴氏网上的分布特征既不同于水成沉积,也不同于内陆风成黄土,并且 K_1 中可以出现洪坡积角砾夹层,石英颗粒以棱角状为主,与马兰黄土中基本不出现洪坡积用砾夹层,沉积物粒级较粗,石英颗粒以次圆状为主,可以认为离石黄土不是纯风尘沉积,洪坡积应占有重要位置;马兰黄土属近源风尘沉积,洪坡积应占有重要位置,马兰黄土属近源风尘沉积。大钦岛马兰内土的 K_1 和 K_2 分布比较散,可能受到轻度的洪坡积改造。

南长山岛和大钦岛马兰黄土的 K_1 方向的分布近一致,而与砣矶岛马兰黄土的 K_1 方向分布差 40° ,说明晚更新世该区地表风的风向各地存在着差异,可能受地势影响,属地方性向岸风系。

3.3 磁线理度、磁面理度及磁化率椭球体扁率

$L = K_1 / K_2$,表示沉积物颗粒呈线性分布的优选程度; $F = K_2 / K_3$,表示沉积物颗粒呈层面随机分布的程度,或沉积物中微层理构造的发育程度。二者都反映了沉积动力环境特征。 $E = F / L$,代表了磁面理和磁线理的相对发育程度,或反映了沉积物中面状构造和线性构造的相对发育程度。本区离石黄土和马兰黄土的 L 值均小,说明二者的磁线理都不发育;相比而言,离石黄土的 F 值比马兰黄土的 F 值要大,反映出前者的磁面理比后者要发育。离石黄土的 E 值大部分 > 1 ,说明磁面理比磁线理相对发育;马兰黄土的 E 值大部分 < 1 ,类似于海岸风沙沉积,反映出磁线理比磁面理相对发育。这些差异也说明了离石黄土与马兰黄土具有不同的沉积动力环境。前者磁面理相对发育,可能反映了水流沉积环境。此外,大钦岛马兰黄土样品中出现个别 F 高值和 L 高

值,可能说明了风尘沉积中局部有被洪坡积作用改造过的成分。这一结论与本岛马兰黄土层位中局部见有洪坡积角砾夹层的事实相符合。



● K_1 × K_2 △ K_3 离石黄土: D(砣矶岛)
图 1 长山列岛黄土的磁化率椭球体轴向在吴氏网上的投影分布图

Fig. 1 Axial projection on welff net of susceptibility ellipsoid of changshan Archipelago loess

3.4 磁化率各向异性度

$P = K_1 / K_3$,即沉积物形态异性颗粒的有序化程度,主要反映了沉积环境的稳定程度。据前人研究,内陆风成黄土的 P 值明显低于次生水流改造黄土的 P 值^[6,7]。研究区离石黄土的 P 值总体上高于马兰黄土的 P 值,说明前者的颗粒排列有序化程度要高于后者,因而其沉积动力环境要比后者稳定,可能不是风积环境,而属洪坡积水流环境。对于风成马兰黄

表 3 长山列岛黄土的磁组构特征

Table. 3 Characteristics of magnetic fabric in loess of Changshan archipelago

层位	剖面地点	样数	$K(10^{-6}SI)$	$E>1(\%)$	q			P	L	F
					< 0.5	> 0.7	平均			
Q_3	南长山岛	23	288	17	4	79	1.04	1.0097	1.0097	1.0066
	砣矶岛	24	210	25	8	75	0.94	1.0137	1.0084	1.0053
	大钦岛	25	209	54	31	42	0.66	1.0180	1.0081	1.0098
Q_2	砣矶岛	24	249	73	66	17	0.49	1.0101	1.0077	1.0112

土来说,分布于低处的大钦岛马兰黄土的 P值要高于分布于山领处王沟村马兰黄土的 p值,其粒度也明显粗于后者,说明同是马兰黄土,各地的沉积动力环境存在一定的差别

3.5 磁基质颗粒度

$q = 2(K_1 - K_2) / (K_1 + K_2 - 2K_3)$,代表了沉积物粒度的组成特点,即粒级的分选性,反映了沉积物沉积时介质能量衰减的幅度。一般地, $\alpha < 0.5$ 代表了流体介质能量稳定条件下的沉积,沉积物的粒度分选性较好; $q > 0.7$ 代表了流体介质能量急剧衰弱情况下的快速堆积,沉积颗粒大小混杂,多为事件性沉积。如果剖面上 q 值曲线呈起伏较大的振荡式非线性变化,则表明沉积环境不稳定^[4]。离石黄土的 q 大部分 < 0.5 ,仅极少部分 > 0.7 (图 2)。马兰黄土的 q 大部分 > 0.7 ,仅少部分 < 0.5 ,在剖面上的变化曲线呈起伏较大的振荡式非线性变化(图 2)。磁基质颗粒度的这种差异也表明了本区离石黄土和马兰黄土具有不同的沉积动力环境及粒度特征,前者沉积时介质能量较稳定,可能属低能水流环境,后者沉积时介质的能量不稳定,衰减较快,可能属地表强风环境

位中较发育洪坡积角砾层透镜体,不见有钙质结核,马兰黄土层位中洪坡积角砾层透镜体比较少见,存在较多钙质结核;“离石黄土”和马兰黄土在磁化率椭球体轴向分布、磁线理度与磁面理度的相对发育程度和磁基质颗粒度等磁组构特征方面差别也较大,前者基本反映了水流沉积环境,后者反映了风积环境 因此,所研究的离石黄土和马兰黄土剖面段具有明显不同的成因,前者不是风尘沉积而是洪坡积,后者属风尘沉积

研究区离石黄土和马兰黄土的 K 值基本相近,而明显小于我国内陆黄土的 K 值;离石黄土和马兰黄土重矿物组成基本相同,粒级都明显粗于我国内陆黄土 因此,研究区离石黄土和马兰黄土的沉积物质主要不是来自西北内陆 离石黄土中角砾状岩屑含量较多,红色粘质含量较高,石英颗粒多为棱角状,不见海相微体生物壳体,说明沉积物主要来自当地风化壳或洪坡积物,而主要不是由风搬运来;马兰黄土中岩屑含量较少,沉积比较松散,粒度较粗,基本不含片状矿物,石英颗粒磨圆度较高,见有少量海相微体生物壳体,说明沉积物质主要由强风从附近搬运来

研究区不同地方马兰黄土的磁化率椭球体轴向的空间分布可以不一致,证明地表风向受地势影响,主要属向岸风系

参 考 文 献

[1] 曹家欣,李培英,石宁. 山东庙岛群的黄土. 中国科学, B辑, 1987, (10): 1116~ 1123.
[2] 曹家欣. 山东庙岛列岛与蓬莱沿岸地貌. 海洋学报, 1989, 11 (5): 602~ 610.
[3] 曹家欣,严润娥,王欢. 山东庙岛群岛的红色风化壳与棕红色土及其古气候意义. 中国科学, B辑, 1994, 24(2): 216~ 224.
[4] 丛友滋,李培英. 沉积磁化率各向异性与古水流、古砂堤对应关系的研究. 第四届全国古地磁学术会议论文摘要汇编, 1989, 52.
[5] B. B. Ellwood. Eared and planetary science letters, 1979, 43 309~ 314.
[6] 刘秀铭,许同春,许东生. 中国黄土磁化率各向异性成因及其对第四纪研究的意义. 中国科学, B辑, 1989, (4): 441~ 448.
[7] 许峰宁. 下蜀土的岩石磁学特征. 南京师范大学学报(自然科学版). 1993, 16(增刊): 44~ 50.

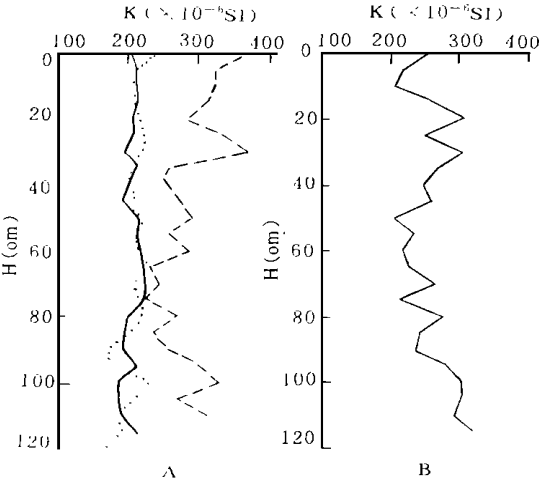


图 2 长山列岛黄土的 q 值曲线图
Fig. 2 q value curve pattern of chongshan archipelago loess

4 几点认识

综合沉积和磁组构特征,研究区“离石黄土”层