

文章编号: 1000-0550(2012)03-0572-08

北京市昌平区钻孔岩芯的磁化率与粒度组份变化的相关性研究^①

张永栋 王均平 魏明建 张彬 周锐

(首都师范大学光断代实验室 资源环境与地理信息系统北京重点实验室 国家重点实验室培育基地 北京 100048)

摘要 以昌平区钻孔岩芯为例,分析沉积物粒级组份与磁化率大小变化的相关性。从厚约150 m的剖面选取590多个样品,分别测试从0.5~500 μm各个粒度区间颗粒的百分含量和磁化率。通过计算它们之间的相关关系,认为湖相沉积物磁化率的变化与0.5~30 μm间细粒物质的含量,特别是与0.5~10 μm区间悬浮物质的含量反相关,而与65~500 μm间较粗粒物质的含量正相关。这种相关性与黄土沉积刚好相反,反映了二者之间磁化率不同的变化机制,蕴涵着一定的古气候信息。

关键词 磁化率 粒度 相关性 北京昌平

第一作者简介 张永栋 男 1985年出生 硕士 第四纪地质及全球变化研究 E-mail: yongdong0405@sina.com.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 引言

磁化率作为一种重要的环境代用指标,目前已经广泛的应用于黄土古土壤、湖泊、海洋等环境研究之中,并取得了很好的效果^[1]。对黄土古土壤的研究,促进了黄土地层的划分、对比以及古环境序列的重建研究^[2~5]。对湖泊沉积物的研究,揭示了不同区域湖泊沉积物磁化率大小与气候环境变化之间的对应关系^[6~9];对海洋沉积物磁化率的研究,揭示出海洋沉积物磁化率的气候指示意义^[10~12]。沉积物粒度是衡量沉积盆地能量和沉积介质能量的一种代用指标^[13,14]。湖泊沉积物粒度分析在沉积环境和区域气候变化分析中发挥着重要作用^[15,16]。在天然样品中,磁化率和粒度的关系在很大程度上反映了物源、沉积动力条件及次生条件变化的影响^[17]。此外,不同类型湖盆中磁化率的形成机制^[18~20]是有差别的,使得磁化率值的高低与气候冷暖之间的对应关系有所不同,进一步探讨磁化率与粒度的相关性,有助于认清磁化率的物理意义和变化机理,以及所含有的古气候信息。本文拟通过对北京昌平平原钻孔沉积物的磁化率与粒度实验结果的处理分析,探讨磁化率与粒度各粒级间的相关关系,浅析昌平钻孔沉积物磁化率与粒度组份相关性变化所具有的重要意义。

1 研究区概况

昌平区位于北京市西北郊,太行山脉与燕山山脉交汇处的长城以南军都山下。经纬度坐标为东经115°50'17"~116°29'49",北纬40°2'18"~40°23'13",总面积1352 km²。2005年末户籍人口48.2万人。该区由西部山区,北部山地和东南部平原三大地貌构成。气候属于暖温带半湿润大陆性季风气候,四季分明,降雨量充足,环境优美,气温适宜。

如图(1),本钻孔位置处于海淀区上庄镇,地处北京山前的昌平平原,经纬度坐标40°08'22.6"N,116°12'17.1"E,钻孔所处位置的汇水区绝大部分都在昌平,因此这个钻孔的沉积物受昌平地区的影响更为显著。

2 样品和方法

本研究的勘探钻孔于2009年6月12日开,7月1日完钻,勘探钻孔采集的岩芯的深度为150 m。取样间隔约为20 cm,共获得样品589个。

磁化率测量在首都师范大学资源环境与旅游学院实验室完成,用Bartington—MS2B型磁化率仪测量样品的低频磁化率(K_{lf} , 0.47 kHz)。粒度样品的预处理严格按照规定进行,先进行洗盐、去除有机质、

^①北京市教委基金(编号: KZ200810028015)和北京市自然科学基金(编号: 8102013)资助。
收稿日期: 2011-06-16; 收修改稿日期: 2011-09-26

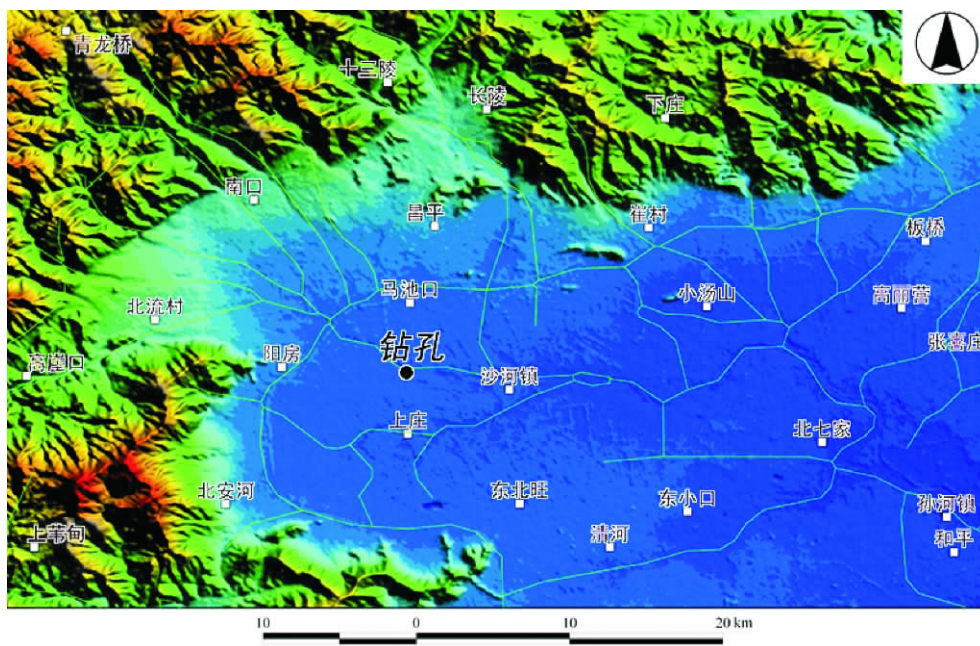


图 1 昌平钻孔位置示意图

Fig. 1 Sampling location of Core Changping

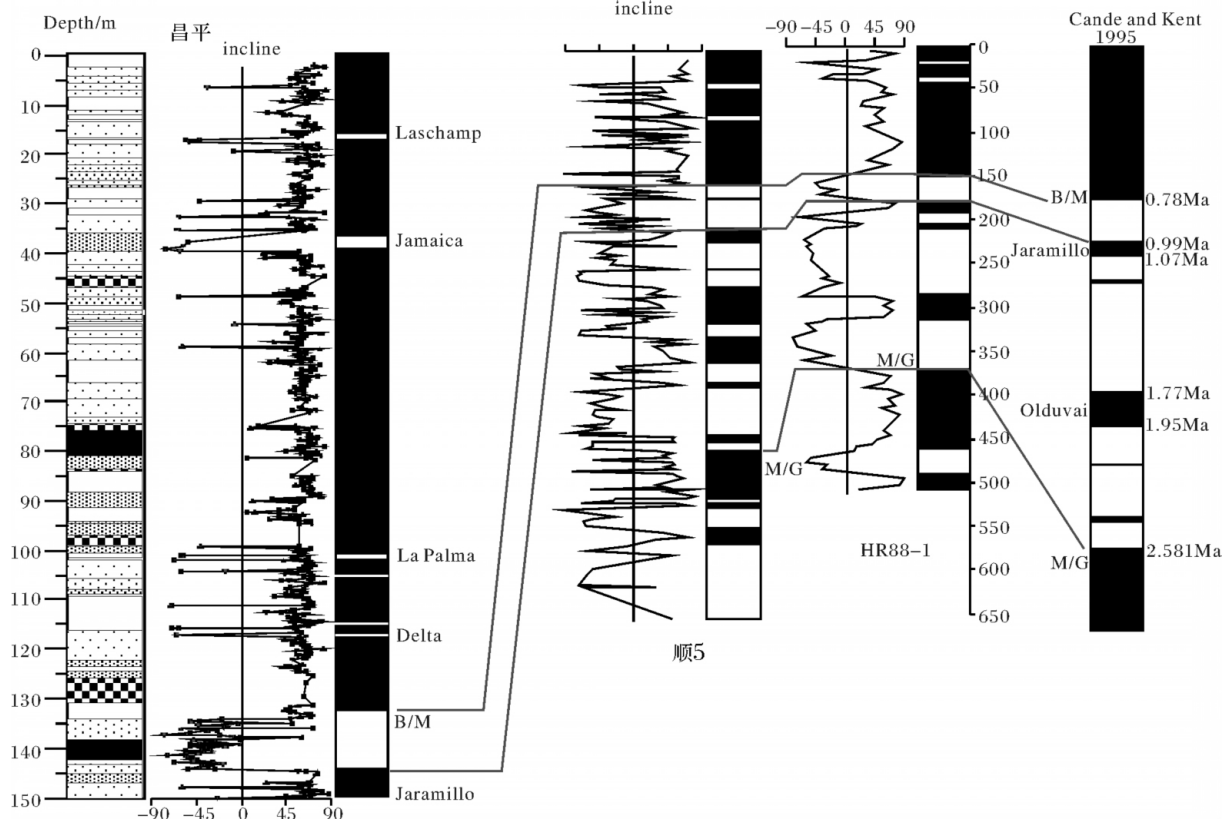


图 2 昌平岩芯与北京平原其它岩芯古地磁极性柱对比

Fig. 2 Comparison of palaeomagnetic polarity between Core Changping and other cores in Beijing

钙胶结物等步骤, 然后进行样品的中和及清洗钙、氯离子, 最后进行样品的分散和测试, 使用济南润之科

技有限公司研发生产的 Rise-2008 型激光粒度分析仪上进行了粒度测量, 测量范围为 0.02 ~ 1 200 μm,

仪器准确性误差 < ±3% (国家标准样品 D50) 样品
重复性偏差 < ±3% (国家标准样品 D50)。

3 结果与分析

3.1 钻孔岩芯对比年代

根据所得钻孔岩芯的磁化率和粒度数据曲线 (如图3) 与该区域前人所研究的地层年代研究及磁极柱^[21 22]对比 (如图2) 顺义军营村顺5孔 B/M 深155 m 第四系厚468 m 布容正极性期间沉积厚度所占第四纪的33.1%; 而昌平孔上部深度0~134 m 磁极性主要为正极性, 即为布容正极性时, 134 m 为布容-松山界线 (B/M), 时间为0.78 Ma B. P. 据岩芯资料及沉积速率估算, 钻孔位置第四系沉积厚度约

400 m 左右, 布容正极性期间沉积厚度所占第四纪的33.6%, 得出两钻孔沉积速率与各自的 B/M 界线深度高度一致, 且也证明昌平孔磁极性年代的可靠性, 而邻区怀柔张喜庄农场 HR88-1 孔 B/M 界线深度为142 m, 第四系厚358.5 m, 布容正极性期间沉积厚度所占第四纪的39.6%, 其与昌平孔和顺义孔存在一定的差异。在极性倒转或漂移事件的确定上, 以连续两个或两个以上样品发生倒转为标准, 与氧同位素曲线^[23]相对比, 昌平孔在布容期存在6次极性漂移, 而这些反转的确定还有待进一步研究。134.2 m 以下主要为负极性, 处于松山负极性时。其中144.5~149.8 m 为一正极性时, 则应为贾拉米洛 (Jaramillo), 其年代为0.99~1.07 Ma B. P., 最底部的一个样品

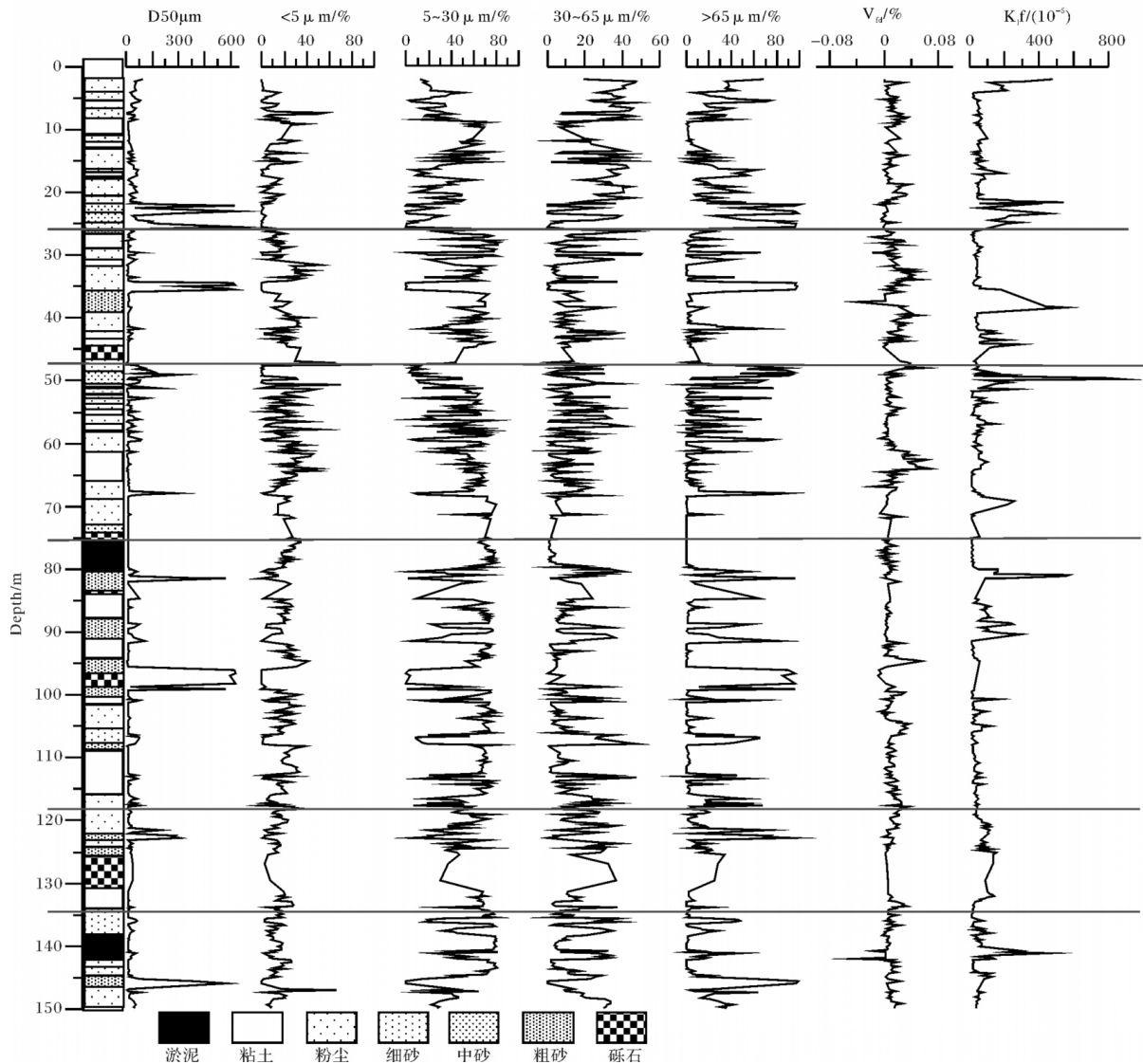


图3 昌平钻孔岩芯低频质量磁化率、频率磁化率及粒度各参数变化曲线
Fig.3 The low frequency magnetic susceptibility frequency dependent susceptibility and the content of grain sizes of Core Changping

为负极性。总体看来,昌平 150 m 岩性钻孔形成于 1.07 Ma B. P.。

3.2 全岩芯沉积物磁化率和粒度分析

如图 3,低频磁化率 K_{lf} 的变化范围为 7.3×10^{-5} ~ 882.1×10^{-5} (本文磁化率单位采用 SI 制),平均值为 67.15×10^{-5} ,呈现十分明显的波峰波谷变化,与相关粒度组份曲线有比较好的对应关系,而频率磁化率曲线的变化比较混乱,昌平钻孔沉积物频率磁化率在整个剖面矿物磁化率含量中比值最高占 22.45%,最低值为 -4.18%,平均值仅为 1.11%,有少量样品的频率磁化率表现为负值,其原因除测量误差外,主要原因可能与样品所含的超顺磁性颗粒少有关。由于超细 ($<0.03 \mu\text{m}$) 超顺磁性颗粒只对低频磁化率有贡献,在磁化率与频率磁化率的相关性分析中二者整体上呈弱的负相关性,所以平均值仅为 1.11% 的含量表明昌平钻孔中超顺磁性矿物很少,对沉积物磁化率的贡献很小,也有可能是在盆地沉积这种水成因素较明显的沉积中对风化作用的影响相对于黄土比较多样化,不能很好的用来反映风化程度的强弱。

通过昌平钻孔岩芯沉积物粒度组份分析,得知本钻孔岩芯以粒度 $<100 \mu\text{m}$ 的颗粒为主, $<10 \mu\text{m}$ 的颗粒平均百分含量占 40% 左右,中值粒径平均值为 $42.7761 \mu\text{m}$,最小中值粒径为 $0.276 \mu\text{m}$,部分比较粗的颗粒中值粒径达到甚至超过 $500 \mu\text{m}$ 。如图 3 所示, $<5 \mu\text{m}$ 的颗粒含量大部分处于 5% ~ 30% 之间,平均含量为 16.58%,与中值粒径成 -0.417 负相关, $5 \sim 30 \mu\text{m}$ 颗粒含量主要分布于 5% ~ 70%,平均含量分别为 50.77%,与中值粒径成 -0.586 负相关, $<5 \mu\text{m}$ 和 $5 \sim 30 \mu\text{m}$ 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,特别指出的是 $5 \sim 30 \mu\text{m}$ 与 $>65 \mu\text{m}$ 颗粒含量曲线呈明显的镜像对称图像,负相关系数接近达到 -0.9。 $30 \sim 65 \mu\text{m}$ 曲线主要分布于 5% ~ 40% 之间,平均含量分别为 15.42%,整体与中值粒径成弱的负相关关系,但在某些深度段又与中值粒径成正相关性,变化趋势较为复杂。 $>65 \mu\text{m}$ 粒度曲线变化范围比较广,高值可到 99%,低值可到 1%,平均含量为 17.15%,与中值粒径的峰有很好的对应性,相关系数达到 0.7 以上,只是在地层接近表面的地方比中值粒径曲线多了一个峰,中值粒径的波峰应该是这个粒级的颗粒贡献的。波峰波谷变化连续且明显,可以断定搬运 $>65 \mu\text{m}$ 粒级颗粒的动力有明显的变化过

程。

3.3 各深度段岩芯沉积物磁化率和粒度的相关性分析

本钻孔岩芯由于沉积环境复杂各沉积相分界不是很明显,因此通过自身磁化率和粒度数据曲线的波动起伏,与古地磁实验中磁极性倒转和氧同位素曲线的对比,只将整个钻孔岩芯大致划分成几个层段,各层段统计步长约 20 ~ 30 m 之间,磁化率与各粒度组份的相关性系数(见表 1),全岩芯磁化率与中值粒径成正相关性,与 $>20 \mu\text{m}$ 粒度组份成正相关性,明显与 $>65 \mu\text{m}$ 粒度组份有更好的正相关性。频率磁化率与各岩芯段粒度组份的相关性不是很明显。各深度岩芯磁化率与粒度参数变化具有以下特征:

(1) 2 ~ 26 m。对比得出该段底部年龄约 130 ka 左右。共计用于实验样品数约 75 个,粒度分布如图 3 所示,各个粒度区间的平均百分含量相对比较均匀,其值范围于 1.5% ~ 17.5% 之间,磁化率值与小于 $65 \mu\text{m}$ 各组分颗粒的百分含量成负相关关系,尤其是与 $5 \sim 65 \mu\text{m}$ 成负相关;与大于 $65 \mu\text{m}$ 的颗粒组份含量成 0.593 正相关性,尤其与 $160 \sim 500 \mu\text{m}$ 相关性相对明显,其与中值粒径的相关性也大致相仿,因此该段磁化率值可能由 $>110 \mu\text{m}$ 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;频率磁化率与各粒度组份百分含量的相关性不是很明显,但可以判断出其与细颗粒组份百分含量有一定的正相关性。

(2) 26 ~ 46 m、46 ~ 76 m 和 99 ~ 118 m。对比得出此三段底部年龄分别约为 243 ka、424 ka 和 706 ka 左右,用于实验样品数分别约 77、121 和 91 个, $<10 \mu\text{m}$ 颗粒的平均含量都在 38% 左右, $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 颗粒的平均含量在 20% ~ 26% 之间,其余平均含量都低于 10%。磁化率与各组分百分含量的相关关系不是很明显,且正负相关性比较混乱;频率磁化率与各组分百分含量的相关性也不明显,但可以判断 26 ~ 46 m 和 46 ~ 76 m 两段磁化率与细颗粒组份百分含量有一定的正相关性;比较特殊的是 99 ~ 118 m 除了磁化率与细颗粒组份百分含量成负相关性,频率磁化率也与其成很弱的负相关性,究其原因有待进一步讨论研究。

(3) 76 ~ 99 m、118 ~ 134 m 和 134 ~ 150 m。对比得出此三段底部年龄分别约为 621 ka、780 ka 和 1 101.6 ka 左右,用于实验样品数分别约 86、51 和 70 个, $<10 \mu\text{m}$ 颗粒的平均百分含量除了 76 ~ 99 m 的

表1 沉积物磁化率与沉积物粒度间的相关系数(R)

Table 1 Correlation efficient between sediment magnetic susceptibility and grain size

深度 组分	2 ~ 150 m	2 ~ 26 m	26 ~ 46 m	46 ~ 76 m	76 ~ 99 m	99 ~ 118 m	118 ~ 134 m	134 ~ 150 m
0.5 ~ 1	-0.271	-0.150	-0.083	0.066	-0.328	-0.245	-0.265	-0.107
1 ~ 2	-0.294	-0.233	-0.044	0.146	-0.430	-0.244	-0.470	-0.174
2 ~ 5	-0.324	-0.321	0.013	-0.007	-0.525	-0.175	-0.581	-0.317
5 ~ 10	-0.395	-0.314	0.044	-0.133	-0.563	-0.092	-0.602	-0.328
10 ~ 20	-0.355	-0.199	0.030	-0.116	-0.466	-0.025	-0.533	-0.250
20 ~ 30	0.085	-0.010	0.110	-0.015	0.153	0.124	-0.276	0.048
30 ~ 40	0.225	0.003	0.035	-0.034	0.413	0.104	-0.113	0.282
40 ~ 50	0.238	-0.303	-0.029	-0.045	0.418	0.092	-0.103	0.259
50 ~ 60	0.240	-0.248	-0.073	-0.049	0.382	0.082	-0.104	0.222
60 ~ 70	0.245	-0.172	-0.104	-0.041	0.320	0.072	-0.087	0.190
70 ~ 90	0.263	-0.059	-0.121	-0.021	0.239	0.072	-0.033	0.186
90 ~ 110	0.295	0.117	-0.123	0.012	0.168	0.077	0.083	0.216
110 ~ 160	0.334	0.388	-0.115	0.082	0.104	0.091	0.377	0.262
160 ~ 220	0.347	0.479	-0.026	0.159	0.059	0.131	0.616	0.291
220 ~ 300	0.310	0.434	0.080	0.166	0.100	0.188	0.718	0.091
300 ~ 500	0.341	0.464	0.078	0.139	0.224	0.237	0.746	0.065
<5	-0.319	-0.391	0.000	0.011	-0.518	-0.189	-0.571	-0.294
5 ~ 30	-0.364	-0.396	0.060	-0.127	-0.471	-0.037	-0.627	-0.259
30 ~ 65	0.234	-0.294	-0.032	-0.044	0.407	0.092	-0.107	0.253
>65	0.405	0.593	-0.037	0.116	0.422	0.085	0.765	0.268
<10	-0.362	-0.408	0.022	-0.043	-0.557	-0.142	-0.604	-0.350
5 ~ 65	-0.224	-0.563	0.045	-0.164	-0.321	0.025	-0.715	-0.171
D50	0.369	0.543	-0.023	0.153	0.390	0.078	0.761	0.200

含量在 41% 左右,另两段含量都在 31% 左右,10 ~ 20 μm 颗粒的平均含量在 22% ~ 25% 之间。磁化率都与 <10 μm 各组分百分含量成相对明显的负相关性,76 ~ 99 m 磁化率与 30 ~ 70 μm 的中颗粒组分成相对明显的正相关性;118 ~ 134 m 磁化率与 160 ~ 500 μm 的粗颗粒组分成明显的正相关性,且与中值粒径的正相关性也较明显,与 1 ~ 10 μm 的细颗粒组分成相对明显的负相关性。频率磁化率与各粒度组分的相关性都是与细颗粒组分成正相关性,与粗颗粒成分成负相关性,与中颗粒组分或成弱负相关或成弱正相关。

4 讨论与结论

4.1 讨论

(1) 通过上述研究分析,得知昌平钻孔磁性矿物含量的多少和粒度组成的变化是在沉积动力大小波动之间进行分选沉积的。如果物源区碎屑物质中磁性矿物以粗颗粒为主,则搬运动力强时,磁化率相对较大;如果物源区碎屑物质中磁性矿物以细颗粒为主,则当搬运动力较弱时,磁化率相对较大。如果在沉积物源区相对稳定的情况下,磁性矿物的浓度则反映了沉积环境的变化和搬运区域的植被状况^[24, 25]。

(2) 从磁化率和粒度组分的相关性结果来看,磁性矿物主要以大颗粒为主,当水动力强时,磁化率值就相对较大,而水动力相对较弱时,磁化率就相对较小。因此,昌平盆地钻孔沉积物粒度和磁化率的大小变化能够反映水动力条件的变化、指示气候环境的变迁过程。

(3) 前人对苏北盆地、泥河湾盆地的研究中均指出粒度的粗细和磁化率值的高低能够指示区域气候环境的变化情况,指示东亚季风的强弱变化^[7, 26]。而北京位于华北平原的西北边缘区,昌平盆地地处北京西北郊属东亚季风区域,降水的多少与东亚季风的强弱紧密相关,东亚夏季风强盛指示湿润的气候,气温高,降水多;东亚夏季风弱时,指示着相对变干的气候,气温低,降水少。因此,粒度的粗细在一定程度上能够指示华北地区气候环境的变化情况,指示东亚夏季风的强弱变化和温度高度。

(4) 根据沉积物机械分选的原理,对于湖泊中的同一位置,沉积物颗粒的大小应该是随着搬运动力的变化而变化的。对于敞流型湖泊来说,当气候相对湿润时,降水相对较多,入湖水量增加,流速加快,水流的搬运动力较强,能够搬运来相对较粗的碎屑物质进

行沉积;而当气候相对干旱时,降水较少,入湖水量减少,流速减慢,水流的搬运动力明显下降,能够搬运到同一地方进行沉积的碎屑物质也就相对较细。

(5) 该钻孔岩芯 B/M 界线深度约 134 m, 对应于黄土地层^[27] S8 的上部, 年龄约 0.78 Ma, 其中深度 144.5 m 左右贾拉米洛(Jaramillo) 顶界, 对应于黄土地层^[27] S10 的上部, 年龄约 0.99 Ma, 二者有较好的对应。此外借由前人对华北平原、北京平原第四纪古气候环境演化的研究^[28-29], 以及本文从磁化率和粒度组份的相关性结果来看, 大致得出该岩芯反映的古气候信息: 0~200 ka 气候以温凉交替波动为主, 200~400 ka 气候以寒冷干燥为主, 400~600 ka 气候以炎热潮湿为主, 600~800 ka 冷暖交替偏干。

4.2 结论

综合前人对湖盆沉积物磁化率的研究和本文对沉积物的实测结果可以发现, 湖相沉积物的磁化率能对沉积环境的变化起到间接的指示作用, 可以作为指示气候变化的代用指标。因此, 该钻孔的磁化率主要由粗颗粒所贡献, 磁化率的峰值的出现应当与气候湿润期的水动力加强有关, 能够指示东亚季风的强弱变化, 气候的湿润期降水较多, 冲积物较粗, 磁化率值大, 近百万年来的钻孔记录可能反映了 8~10 个气候旋回, 蕴含一定的古气候信息。

参考文献 (References)

- 1 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 [Ji Yunping, Xia Zhengkai. Comparison and primary interpretation of magnetic susceptibilities in different sediments[J]. Journal of Lake Sciences, 2007, 28(6): 541-549]
- 2 刘秀铭, 安芷生, 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): 42-49 [Liu Xiuming, An Zhisheng, Heller F, et al. Frequency-development susceptibility of loess[J]. Quaternary Science, 1990, 10(1): 42-50]
- 3 刘秀铭, 刘东生, Shaw J. 中国黄土磁性矿物特征及其古气候意义[J]. 第四纪研究, 1993, 13(3): 281-287 [Liu Xiuming, Liu Dongsheng, Shaw J. Characteristics of magnetic minerals in Chinese loess and its paleoclimatic significance[J]. Quaternary Research, 1993, 13(3): 281-287]
- 4 邓成龙, 刘青松, 潘永信, 等. 中国黄土环境磁学[J]. 第四纪研究, 2007, 27(2): 193-209 [Deng Chenglong, Liu Qingsong, Pan Yongxin, et al. Environmental magnetism of Chinese loess[J]. Quaternary Research, 2007, 27(2): 193-209]
- 5 旺罗, 刘东生, 韩家懋. 中国第四纪黄土环境磁学研究进展[J]. 地球科学进展, 2000, 15(3): 335-341 [Wang Luo, Liu Dongsheng, Han Jiamao, et al. Environmental magnetism of Chinese Quaternary loess: a brief review[J]. Advance in Earth Sciences, 2000, 15(3): 335-341]
- 6 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 [Sun Zhiming, Hu Shouyun, Ma Xinghua. A rock-magnetic study of recent lake sediments and its palaeoenvironmental implication[J]. Chinese Journal of Geophysics, 1996, 39(2): 178-187]
- 7 杨小强, 李华梅. 泥河湾盆地沉积物粒度组份与磁化率变化相关性研究[J]. 沉积学报, 2002, 20(4): 675-679 [Yang Xiaoqiang, Li Huamei. The correlation between the content of the different grain size and magnetic susceptibility in lacustrine sediments, Nihewan Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002(4): 675-679]
- 8 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 [Zhang Junhui, Yang Taobao, Li Yongguo, et al. Analysis on the magnetic susceptibility and its influence factors of the lake sediments in the CH0310 Core of Qarhan Paleolake, Qaidam Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(4): 790-797]
- 9 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, (4): 548-553 [Wang Xinyuan, Wu Li, Zhang Guangsheng, et al. Characteristics and environmental significance of magnetic susceptibility and grain size of lake sediments since Holocene in Chaohu Lake, Anhui Province[J]. Scientia Geographica Sinica, 2008, (4): 548-553]
- 10 孟庆勇, 李安春, 徐方建, 等. 东海内陆架 EC2005 孔沉积物磁化率与粒度组份的相关性研究[J]. 科技导报, 2009, (10): 32-36 [Meng Qingyong, Li Anchun, Xu Fangjian, et al. Correlation between the grain size distribution and magnetic susceptibility of marine sediment core in the inner shelf of the East China Sea[J]. Technology Review, 2009, (10): 32-36]
- 11 陈忠, 陈翰, 颜文, 等. 南海北部白云凹陷 O8CF7 岩心沉积物的磁化率特征及其意义[J]. 现代地质, 2010, (3): 515-520 [Chen Zhong, Chen Han, Yan Wen, et al. Characteristics and implications of magnetic susceptibility of sediments in Core O8C F7 from the Baiyun Sag in Northern South China Sea[J]. Geoscience, 2010, (3): 515-520]
- 12 杨小强, 李华梅, 周永章. 南海南部 NS93-5 孔沉积物磁化率特征及其对全球气候变化的记录[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2002, (1): 31-36 [Yang Xiaoqiang, Li Huamei, Zhou Yongzhang. Magnetic susceptibility oscillation and unstable climate events of Core NS93-5 from South China Sea[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2002, 22(1): 31-36]
- 13 王君波, 朱立平. 藏南沉积物的粒度特征及其古环境意义[J]. 地理科学进展, 2002, (5): 459-467 [Wang Junbo, Zhu Liping. Grain-size characteristics and their Paleo-environmental significance of Chen Co Lake sediments in Southern Tibet[J]. Progress in Geography 2002, (5): 459-467]
- 14 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, (5): 391-396 [Cao Jian ting, Wang Sumin, Shen Ji, et al. The paleoclimate changes during the past millennium inferred from the lacustrine core in Daihai Lake,

- Inner Mongolia[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, (5): 391-396]
- 15 羊向东,王苏民,沈吉,等. 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, (12): 1031-1038 [Yang Xiangdong, Wang Sumin, Shen Ji, *et al.* Lacustrine effect caused by human activities in recent 0.3ka around Longgan Lake recharge area [J]. *Science in China: Series D*, 2001, (12): 1031-1038]
- 16 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[J]. *地理科学*, 1999, (2): 119-124 [Wang Naiang, Li Jijun, Cao Jixiu, *et al.* Preliminary research on the climatic records of lacustrine deposits Qingtu Lake in the Last 6000 years [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 1999, (2): 119-124]
- 17 王建,刘泽纯,姜文英,等. 磁化率与粒度、矿物的关系及其古环境意义[J]. *地理学报*, 1996, (2): 155-163 [Wang Jian, Liu Zechun, Jiang Wenying, *et al.* A relationship between susceptibility and grain size and minerals, and their paleo-environmental implications [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1996(2): 155-163]
- 18 Jimin Sun, Tungsheng Liu. Multiple origins and interpretations of the magnetic susceptibility signal in Chinese wind-blown sediments [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2000, 180: 287-296
- 19 Dell C I. An occurrence of greigite in Lake Superior sediments [J]. *American Mineralogist* 57, 1972
- 20 Hilton J, Lishman J P. The effect of redox change on the magnetic susceptibility of sediments from a seasonally anoxic lake [J]. *Limnology and Oceanography*, 1985, 30: 907-909
- 21 安芷生,魏兰英,王乃文,等. 顺5孔的磁性地层学和早松山世的北京海侵[J]. *地球化学*, 1979, (4): 343-346 [An Zhisheng, Wei Lanying, Wang Naiwen, *et al.* Magnetostratigraphy of the Core S-5 and the transgression in the Beijing area during the early Matuyama Epoch [J]. *Geochimica*, 1979, (4): 343-346]
- 22 李龙吟,陈华慧. 北京怀柔HR88-I钻孔剖面磁性地层学研究[J]. *地层学杂志*, 1994, (1): 39-40 [Li Longyin, Chen Huahui. On Magnetostratigraphy of the borehole HR88-I in Huairou area, Beijing [J]. *Journal of Stratigraphy*, 1994, (1): 39-40]
- 23 Lorraine E, Lisiecki Maureen E Raymo. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records [J]. *Paleoceanography*, 2005: 1003
- 24 李华梅,姚文胜,王俊达. 渭南阳郭黄土剖面22万年来的古地磁研究结果[C]//中国第四纪地质与环境. 北京: 海洋出版社, 1997: 260-279 [Li Huamei, Yao Wensheng, Wang Junda. Paleomagnetism results (220ka) of Yangguo Loess section in Weinan area [C] // *Quaternary Geology and Environment of China*. Beijing: Ocean Press, 1997: 260-279]
- 25 Thompson R, Bloemendal J, Dearing J A, Oldfield F. Environmental applications of magnetic measurements [J]. *Science*, 1980, (4430): 481-486
- 26 舒强,李才林,赵志军,等. 苏北盆地浅钻沉积物磁化率与粒度记录的末次冰消期以来的环境变化[J]. *沉积学报*, 2009, 27(1): 111-117 [Shu Qiang, Li Cailin, Zhao Zhijun, *et al.* The records of mass susceptibility and grain size for climate changes in Subei Basin during the Last deglaciation [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2009, 27(1): 111-117]
- 27 刘维明,张立原,孙继敏. 高分辨率洛川剖面黄土磁性地层学[J]. *地球物理学报*, 2010, 53(4): 888-894 [Liu Weiming, Zhang Liyuan, Sun Jimin. High resolution magnetostratigraphy of the Luochuan Loess-paleosol sequence in the central Chinese Loess Plateau [J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 2010, 53(4): 888-894]
- 28 吴锡浩. 北京地区第四纪冰期与构造-气候旋回[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1983, (2): 111-121 [Wu Xihao. The Quaternary glaciations and the tectono-climatic cycles in Beijing area [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1983, (2): 111-121]
- 29 李长安. 北京平原区第四纪古气候变化[J]. *中国区域地质*, 1993, (4): 336-343 [Li Chang'an. Changes of Quaternary paleoclimates in the plain area of Beijing [J]. *Region Geology of China*, 1993, (4): 336-343]

Correlation Between the Content of Different Grain Size and Magnetic Susceptibility in Core Changping

ZHANG Yong-dong WANG Jun-ping WEI Ming-jian ZHANG Bin ZHOU Rui

(Laboratory of Luminescence Dating, Capital Normal University; Beijing Key Laboratory of Resources and Environment Information System; State Key Laboratory Cultivation Base, Beijing 100048)

Abstract: The different grain size content range from 0.5 ~ 500 μm and magnetic susceptibility were measured to study the correlation between grain size and magnetic susceptibility, selected more 590 samples, in sediments from Core Changping. The results show that magnetic susceptibility of the profile is of some relationship with that of the content of different grain sizes, the correlation coefficient between susceptibility and the mean grain size is positive for the whole core. The magnetic minerals are mainly concentrated in fractions with coarser grains. Furthermore, the correlation between grain size and magnetic susceptibility is also affected by sediment source, the degree of sorting process and so on. The correlation coefficient of susceptibility with the content of 0.5 ~ 30 μm , especially 0.5 ~ 10

μm , is negative, and with the content of 65 ~ 500 μm is positive, dominated by large particles of magnetic minerals in the core. In addition, the correlation is different in various depth. Due to the different condition of lake and aggregation, the correlation between magnetic susceptibility and grain sizes should be analyzed depending on different sedimental environment. When the strong hydrodynamic, magnetic susceptibility are relatively large, and relatively weak, the magnetic susceptibility is relatively small. Therefore, the grain size and magnetic susceptibility changes to reflect the changes in hydrodynamic conditions, indicating that changes in the strength of the East Asian monsoon. Especially, the climate cycle from the Quaternary period, the to - and - fro of the glaciation and interglaciation, we concluded that data and magnetic susceptibility, particle size and get paleoclimate information of the drilling: 1100 ~ 800 ka B. P. is mainly cool and there is a small heating between them, 800 ~ 600 ka B. P. cool and warm alternate in temperature, 600 ~ 400 ka B. P. climate is prior to hot and humid, 400 ~ 200 ka B. P. climate is prior to cold and dry, 200 ~ 0 ka B. P. climate is priority to cool alternate fluctuation. Research shows that the core may reflect the 8 ~ 10 climatic cyclicities. The area of precipitation increases in humid climate period, with alluvial deposits containing more coarse particles and larger magnetic susceptibility. The fluctuations of susceptibility indicate the changes of paleoclimate.

Key words: magnetic susceptibility; grain size; relative; Changping Beijing