

北京地区15000年以来地球磁场 长期变化与气候变迁*

朱日祥^① 顾兆炎^② 黄宝春^① 金增信^②
魏新富^① 李春景^①

(① 中国科学院地球物理研究所, 北京 100101; ② 中国科学院地质研究所, 北京 100029)

摘要

本文对采自北京房山坟庄晚更新世末以来的沉积物的1430块定向古地磁样品, 进行了详细的岩石磁学和古地磁学研究, 获得了15000—2400aB.P. 地球磁场长期变化的特征曲线。主要结果为: (1) 地球磁场西向漂移速率为0.26—0.36°/a; (2) 磁倾角的变化存在1000, 2000和4000a的主周期; 磁偏角的变化存在800, 1640和3300a的主周期; 相对磁场强度的变化存在820, 1200, 2200和3300a的主周期; (3) 地球磁场分别在5050—4780aB.P. 和14000—13700aB.P. 发生漂移; (4) 地球磁场强度变化与气候变化存在着某些相关性。

关键词 地球磁场长期变化、频谱分析、古气候、房山坟庄剖面

地球磁场方向和强度变化的时间尺度从毫秒到数百万年, 短周期变化是由外源引起的, 周期为数十至百万年的长期变化起源于地球内部。因此, 研究地球磁场长期变化, 对了解地球内部物质性质和运动具有重要意义, 是地球物理学的重要课题之一^[1]。各国研究者利用考古地磁学方法对数千年以来地球磁场长期变化做了大量的研究工作^[2—5], 得到了数千年地球磁场长期变化的某些特征。但考古学研究很难获得过去地球磁场长期变化的连续记录, 为此, 湖底沉积物被广泛用来研究地球磁场长期变化^[6]。80年代, 各国研究者利用湖相或海滨相沉积物的剩余磁性, 相继建立了东欧、西欧、北美、南美和澳大利亚^[7—10]全新世以来地球磁场方向变化的特征曲线。由于湖相沉积物的沉积速率较高, 因而磁场方向变化的特征曲线具有较高的分辨率, 可作为重建古环境的相对定年手段^[11]。

在我国, 通过测定湖相和海滨相沉积物剩余磁性, 研究地球磁场长期变化也取得了一些结果^[12, 13], 但目前还没有建立全新世以来地球磁场长期变化的特征曲线。本文报道主要由房山坟庄晚更新世末和全新世沉积剖面获得的北京地区15000—2400aB.P. 地球磁场长期变化的特征曲线, 并探讨环境磁学的意义。

1992-09-04 收稿, 1993-02-09 收修改稿。

* 中国科学院西安黄土与第四纪地质开放实验室资助项目。

1 地 层

北京地区位于华北平原的西北端, 地表层主要是更新世或末次冰期以来形成的松散沉积物, 在山前洼地和古河道中发育有丰富的埋藏型泥炭和淤泥沉积; 在山前和平原中的台地顶部发育有1—2m厚的风积物, 类似黄土沉积, 其中夹1—2层古土壤。研究表明, 形成类似黄土沉积物时气候相对干冷, 而古土壤发育时气候相对温湿, 因此这些沉积层为研究北京地区几万年来的地球磁场和古气候变化提供了良好的材料。

通过挖探槽观察, 北京房山坟庄剖面(40.2°N , 116°E)(图1)可见厚度为8.2m。其上部主要为一套黄土状堆积夹一层古代耕作土壤; 中、下部为一套湖沼相粉砂、淤泥和泥炭沉积, 沉积纹理清晰。除剖面上部受人类活动影响外, 在1.2m以下没有发现明显的扰动和后期改造现象。对从该剖面中采集的10个样品进行了 ^{14}C 测量, 其年龄(表1)表明剖面底部约15800a.B.P. (图1)。

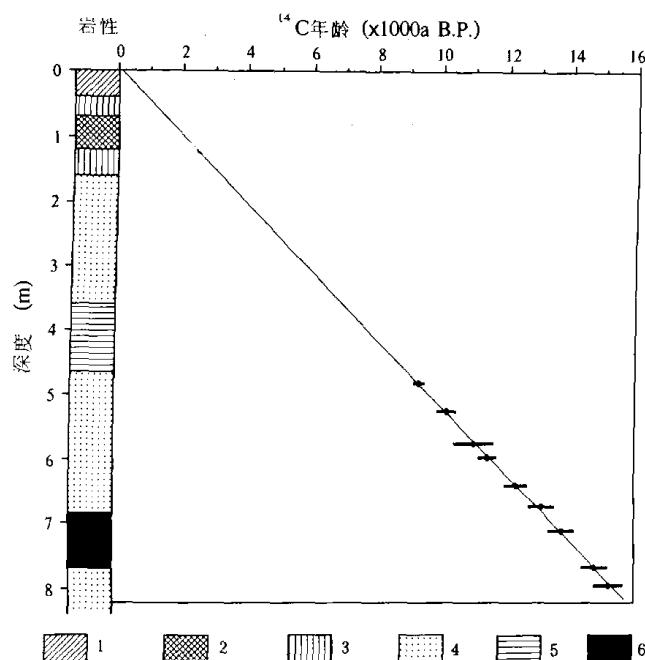


图1 北京房山坟庄沉积剖面及 ^{14}C 年代
1——现代耕作层, 2——古代耕作土壤, 3——黄土状堆积,
4——粉砂、淤泥, 5——粘土层, 6——泥炭

表1 北京房山坟庄晚更新世以来沉积剖面 ^{14}C 测年结果

样品编号	深度(m)	试 料	^{14}C 年龄 ^{a)} (aB.P.)
FS1	1.20—1.25	木头	2400 ± 80
FS2	4.80—4.85	淤泥	9350 ± 130
FS3	5.25—5.30	淤泥	10180 ± 250
FS4 ^{b)}	5.75—5.80	淤泥	11020 ± 580
FS5 ^{b)}	5.95—6.00	淤泥	11470 ± 250
FS6	6.40—6.45	淤泥	12350 ± 310
FS7 ^{b)}	6.75—6.80	淤泥	13130 ± 370
FS8	7.10—7.15	泥炭	13730 ± 365
FS9	7.65—7.70	泥炭	14790 ± 370
FS10	7.95—8.00	淤泥	15230 ± 410

a) ^{14}C 半衰期为5730a, b) 孔昭震提供。

2 古地磁样品采集与分析方法

在房山坟庄剖面1.22—8.20m用铝制饭盒采集了连续的柱状古地磁定向块状标本, 共62块(饭盒)。每块标本的顶面为水平面, 并标记方向。在室内将每块标本以2—3cm的间隔分成9—11个采样平面, 每个采样面至少采集3块样品, 整个剖面共加工成1430块样品供地磁学研究。

对房山坟庄剖面的部分样品进行了系统交变退磁, 退磁间隔 5mT, 最大退磁场为 100mT, 其余样品用逐步热退磁处理。为了确定特征剩磁, 对部分样品进行了 100, 150, 200, 240, 270, 300, 330, 350, 380, 400, 450, 500, 530, 560, 590 和 620°C 的系统热退磁处理。剩磁测量是用安装在中国科学院地质研究所古地磁实验室的零磁空间的英制 Minsipin 磁力仪完成的。

图 2 绘出了以剖面深度 3.25m 处样品为代表的部分样品剩磁矢量正交投影 (a) 和热退磁曲线 (b)。从图 2 可知, 当退磁温度达到 200°C 时, 基本上清除了次剩磁的影响。据岩石磁学初步研究结果(另文讨论), 尽管所有样品磁性载体比较复杂, 但当加热到 200°C 时, 可分离出较为稳定的剩磁组分。

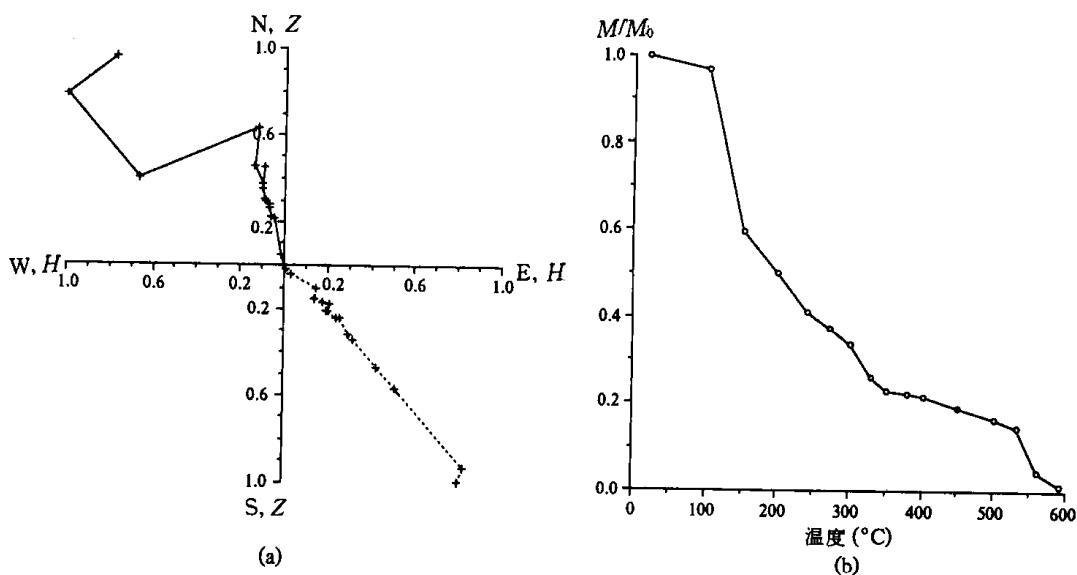


图2 北京房山坟庄剖面深度 3.25m 处样品为代表的部分样品剩磁矢量正交投影 (a) 和热退磁曲线 (b)
 H 为水平分量, Z 为垂直分量, 实线为水平投影, 虚线为 HZ 平面投影, M/M_0 为部分热剩磁强度 (M) 与天然剩磁强度比值 (M_0)

同时, 为了避免加热过程引起磁性矿物变化对实验数据的可靠性的影响, 本文用主向量分析方法确定特征剩磁时, 只取 200—530°C 之间的实验数据, 并用 Fisher 统计方法计算平均方向, 由此获得磁倾角和磁偏角。磁化率是用 Bartington 磁化率仪 (M.S. 2) 测量的。沉积物的磁化强度随环境磁场和磁性矿物的含量以及种类而变化, 磁化率主要是随磁性矿物含量、粒度和类型而变化, 因此用磁化强度与磁化率的比值可表示地球磁场相对强度的变化^[14]。为了消除粘滞剩磁等次生成分的影响, 用经 200°C 热退磁后的磁化强度与磁化率的比值表示地球磁场相对强度。

3 结 果 与 讨 论

图 3 显示了房山坟庄剖面古地磁测量的结果。地球磁倾角 (图 3(a)) 测量结果表明, 在剖面深度 7.31—7.14m 和 2.61—2.44m 段各记录了一次地球磁场的漂移 (或突变) 现象, 这两次漂移对应年代分别为 14000—13700aB.P. 和 5050—4780aB.P..

自从 Morner 等首次报道了地球磁场在 12000aB.P. 左右曾发生过一次漂移 (哥德堡漂移), 各国研究者对地球磁场的这次突变做了大量的研究工作。但这一漂移的特征乃至是否

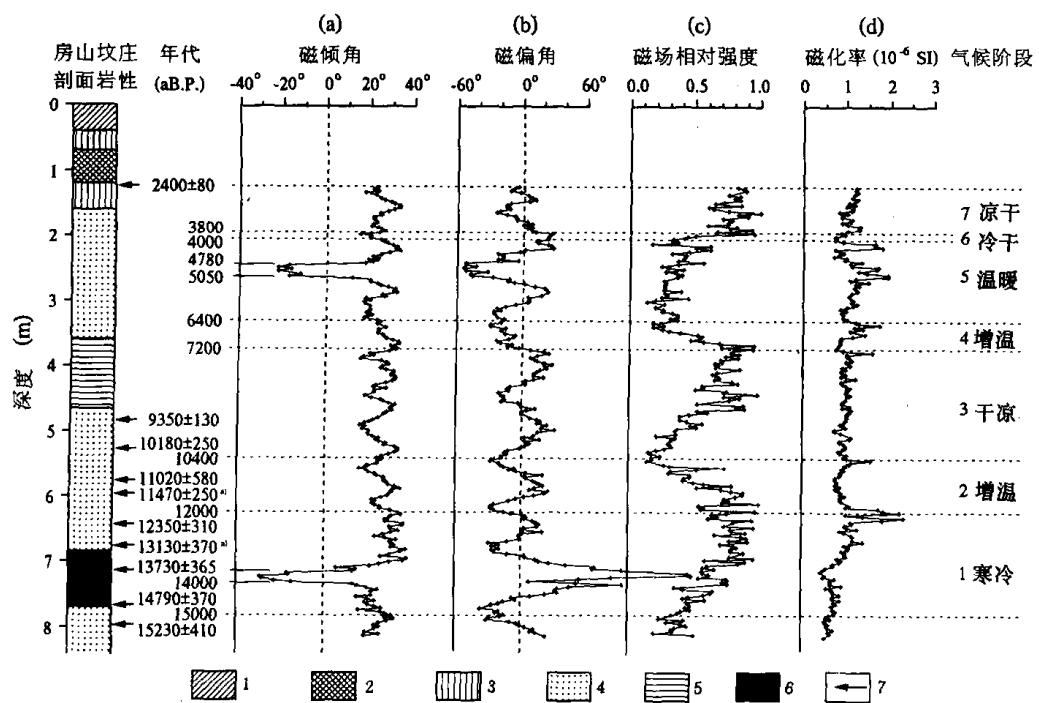


图 3 北京房山坟庄剖面地球磁场变化记录和沉积物磁化率

(a) 图由孔昭宸提供. 1—6—同图 1, 7— ^{14}C 采样位置

真实地反映地球磁场的实际变化仍存在争议^[15]. 本次研究发现的北京地区在 14000—13700a.B.P. 和 5050—4780a.B.P. 地球磁场两次漂移, 前者可能与哥德堡漂移对应. 结合已有的研究成果, 我们认为哥德堡漂移具有全球性. 造成不同地区、不同沉积物获得的这一漂移在时间上差异性可能是: 其一, 测年技术的误差; 其二, 地球磁场的某些区域特征.

Denham 提出湖相沉积物剩余磁性记录的地球磁场的准周期变化, 可利用功力谱分析技术研究. 由房山坟庄剖面获得的地球磁场磁倾角、磁偏角和相对强度具有显著的变化(图 3(a), (b), (c)). 经磁倾角和磁偏角变化时间序列的谱分析说明, 磁倾角变化的主周期为 1000, 2000 和 4000a; 磁偏角变化的主周期为 800, 1640 和 3300a; 磁场相对强度变化的主周期为 820, 1200, 2200 和 3300a. Bakhmutov 和 Zagaty 通过研究原苏联境内的 Ladoga 和 Onega 湖底沉积物得出, 在 16000—10200a.B.P., 磁倾角变化具有 900, 1750—1850 和 2600—2700a 的特征周期, 磁偏角变化具有 800, 1750, 2100—2200 和 2500a 的特征周期^[15]. 从不同剖面获得的地球磁场长期变化的周期性特征表明, 上述剖面得出的古地磁结果主要反映了当时地球磁场方向的变化, 而不是由沉积物物质的不同引起的.

近 10000a 以来, 西欧($55^{\circ}\text{N}, 4^{\circ}\text{W}$)与北美($46^{\circ}\text{N}, 90^{\circ}\text{W}$)地球磁场长期变化特征曲线有 500a 的位移, 西向漂移速率为 $0.14—0.16^{\circ}/\text{a}$. 本文得出 15000—2400a.B.P. 地球磁场西向漂移速率为 $0.26—0.36^{\circ}/\text{a}$, 二者的差异可能是地球磁场的区域性变化特征所造成的.

4 地球磁场变化与气候变化

为了研究北京地区全新世以来植被演替的规律和气候变化的历史, 孔昭宸对房山坟庄剖

面进行了孢粉分析,对本区距今1万多年以来的气候变迁有了初步的认识^[16]。但是该地区地球磁场变化与气候变迁的关系尚不清楚。本文以地球磁场变化为依据,结合文献[16],将北京地区15000—2400aB.P.的气候变迁划分成7个阶段(图3右):(1)15000—12000aB.P.,地球磁场强度(图3(c))逐渐增大,植被以云杉、冷杉为优势的亚高山针叶林扩展到丘陵和平原地区,气候寒冷;(2)12000—10400aB.P.,地球磁场强度(图3(c))逐渐减弱,与此同时,针叶林逐渐消退,代之以落叶阔叶林,气候逐渐转温暖;(3)10400—7200aB.P.,地球磁场强度(图3(c))又逐渐增大,这时落叶阔叶林在山前平原退缩,植被以蒿、菊、藜为主的草原植被占优势,气候干凉;(4)7200—6400aB.P.,地球磁场强度(图3(c))快速减弱,针叶林分布面积减少,栎、桦、椴等落叶阔叶林在平原上扩展,气温回升;(5)6400—4000aB.P.,地球磁场强度(图3(c))保持限度低值,植被以栎、桦、榆、桑等占优势,气候进入可与欧洲大西洋期比较的温暖适宜期。在此期间,尽管地球磁场强度没有显著变化,但在5050—4780aB.P.,地球磁场方向发生漂移(图3(a)),与此同时,云杉、冷杉等落叶松也曾出现短期的繁盛,气候进入一个持续时间约为几百年的“小冰期”;(6)4000—3800aB.P.,地球磁场强度(图3(c))快速增强,云杉、冷杉、松等针叶林线移向平原地区,又一次出现短期的气候转冷事件;(7)3800—2400aB.P.,地球磁场强度(图3(c))保持相对高值,植被以松为主的针叶林占优势,气候凉而偏干。特别是在2700aB.P.左右,地球磁场强度出现短期的极大值,与此对应,气候也曾出现短期的寒冷,此时可能与竺可桢指出的周初的寒冷时期相当^[17]。

由上述分析可见,地球磁场强度变化与气候变化可能存在相关性。从总的的趋势来看,地球磁场强度与地球表面温度成负相关,其原因可能是由于地球磁场强度对来自太阳及银河系宇宙射线的屏蔽作用。即当地球磁场强度增大时,对宇宙射线的屏蔽作用加强,从而使单位时间内到达地球大气层的能量就减少,气温下降;反之亦然。相比之下,房山坟庄剖面获得的地球磁场方向长期变化(图3(a), (b))和沉积物磁化率(图3(d))与古气候变化则没有明显的相关性。但地球磁场方向短期漂移与气候突变似乎存在着同时性,如地球磁场在5050—4780aB.P.的漂移(图3(a))与出现在5000aB.P.左右的小冰期在时间上是相近的。尽管如此,目前尚不清楚引起地球磁场漂移与气候突变相关的机制。

古气候研究表明,在第四纪冰期-间冰期气候变化旋回中全新世属间冰期气候^[18]。孢粉分析、历史资料、氧同位素、天文资料和动物化石研究^[16—20]表明在全新世中曾出现几次短暂的寒冷。由房山坟庄沉积剖面获得的地球磁场约在5000aB.P.,3800aB.P.和2800aB.P.左右出现的快速变化,与全新世在此时段出现的几次寒冷几乎是同时的,这进一步说明了地球磁场快速变化与气候突变的相关性。

致谢 孔昭宸副教授为本文提供了部分¹⁴C年龄数据,特致谢意。

参 考 文 献

- [1] Hanna, R.L., Verosub, K.L., *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1989, **56**: 76—95.
- [2] 魏青云、李东节、曹冠宇等,《地球物理学报》,1984, 27: 562—572.
- [3] Aitken, M.J., Allsop, A.L., Bussell, G.D. et al., *Rev. Geophys.*, 1988, **26**: 3—12.
- [4] Kovacheva, M., *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, 1992, **61**: 57—64.

- [5] Sternberg, R.S., *Radiocarbon*, 1989, **28**: 805—838.
- [6] Creer, K.M., Tucholka, P., *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, 1983a, **74**: 223—238.
- [7] Tucholka, P., *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1980, **48**: 379—384.
- [8] Creer, K.M., Smith, G., Tucholka, P. et al., *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, 1986, **86**: 940—964.
- [9] Creer, K.M., Valencio, D.A., Sinito, A.M. et al., *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, 1983b, **74**: 199—222.
- [10] Barton, C.E., McElhinny, M.W., *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, 1981, **67**: 465—485.
- [11] Williamson, D., Thouveny, N., Hillaire-Marcel, C. et al., *Quat. Sci. Rev.*, 1991, **10**: 351—361.
- [12] Cong, Y.C., Wei, Q.Y., *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1989, **56**: 69—75.
- [13] 朱日祥、赵希涛、魏新富等, 科学通报, 1992, **37**(14): 1345—1348.
- [14] Creer, K.M., Thouveny, N., Blank, I., *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1990, **64**: 314—341.
- [15] Bakmutov, V.G., Zagaty, G.F., *Phys. Earth Planet. Inter.*, 1990, **63**: 121—134.
- [16] 孔昭宸、杜乃秋、张子斌, 植物学报, 1982, **24**: 172—180.
- [17] 竺可桢, 中国科学, 1973, **6**: 291—296.
- [18] 王开发, 第四纪研究, 1990, (2): 168—174.
- [19] 任振球, 大自然探索, 1984, (4): 146—149.
- [20] 贾兰坡、张振标, 文物, 1977, (6): 41—51.