

文章编号: 1000-0550(2000)01-0018-04

长江中下游地区下蜀黄土磁化率曲线与环境变迁^①

张建军¹ 杨达源¹ 陈曰友² 李徐生¹ 蒋红俊²

1(南京大学大地海洋科学系 南京 210093) 2(江苏省镇江市勘察测绘院 江苏 镇江 212000)

摘要 通过对镇江大港剖面地层结构和磁化率曲线特征的分析研究, 以及与相邻地区风尘堆积研究成果的比较, 认为长江中下游地区磁化率曲线的波动旋回很好的对应了黄土—古土壤风尘堆积序列, 记录着该区中更新世以来七次大的古气候冷暖旋回。古气候的旋回变化幅度较北方黄土区要小得多, 冷期和暖期都存在着频繁的小尺度的气候冷暖波动, 可与深海氧同位素曲线相比较, 但各地下蜀黄土沉积速率和沉积环境有一定的差异。

关键词 下蜀黄土 磁化率 古环境意义 长江中下游地区

第一作者简介 张建军 男 1973年出生 硕士 自然地理学

中图分类号 P642.13⁺1 **文献标识码** A

1 前言

下蜀黄土在长江中下游沿岸地带分布相当普遍, 覆盖于不同地貌部位和高度, 有的组成黄土“阶地”^[1]。自本世纪二十年代以来, 诸多学者对下蜀黄土的沉积环境、成因、物源、地层时代等问题做了大量的研究工作, 在下蜀黄土为中更新世以来的风尘堆积方面已达成共识, 但是由于所选用的剖面不同, 以及勘察测试技术的进步, 导致对下蜀黄土研究的一些具体认识也不尽相同^[1-5]。

黄土—古土壤序列的研究表明, 磁化率不仅是分辨剖面中古土壤、黄土及其发育程度的实验标志, 而且在恢复古气候冷暖转换和古环境变迁方面也具有重要的指示意义^[6], 下蜀黄土虽然所处纬度位置偏南, 堆积后所受次生作用较北方黄土强, 但作为风尘堆积, 其磁化率对古环境变迁仍具有较好的指示意义^[4, 7]。我们在镇江大港 59.5 m 厚的下蜀黄土剖面中系统采集了实验样品, 使用英国 Bartington 公司 M S 2 型磁化率仪对样品作了质量磁化率测试, 本文就采样剖面及其磁化率曲线, 对比长江中下游地区其它剖面的磁化率曲线, 初步探讨了下蜀黄土的磁化率变化特征及其所反映的古环境变迁。

2 镇江大港下蜀黄土剖面特征

镇江大港位于宁镇山丘与茅山山丘相互交汇的地段, 属北亚热带气候, 年平均气温为 15.4℃, 年降

水量约 1 066.2 mm。下蜀黄土剖面位于面向长江南岸下蜀土岗地北坡的国亨化工厂工地, 顶端海拔约为 26.5 m, 上部 18.5 m 为人工挖开的剖面, 18.5 m 向下至 59.5 m 为钻孔取样; 地下水位在顶面向下 23.7 m (钻深 5.2 m) 处, 本剖面是迄今所知对下蜀黄土系统采样、实验分析的最长剖面。根据挖开剖面 and 钻孔样品的沉积结构特征、沉积物颜色、压实程度、层间接触关系等, 可将剖面自上而下分为 17 个层次, 依次为:

(1) 现代土壤层: 棕黄色粉质粘土, 结构疏松, 含较多虫孔和植物根系, 受流水和生物扰动明显, 厚 0.4~0.5 m;

(2) 古土壤层(S₀): 黄褐色粉质粘土, 结构松散, 有孔隙, 见植物根系, 厚 0.3~0.4 m;

(3) 黄土层(L₁): 棕褐色粉质粘土, 结构致密, 含较多铁锰胶膜, 有少量植物根系和孔隙, 该层有弱成土作用, 厚 2.2~2.3 m;

(4) 古土壤层(S₁), 本层隐约可分为三个层次(S_{1a}、S_{1b}、S_{1c}), 棕褐色粉质粘土, 中上部结构致密, 富含铁锰胶膜和植物根系, 下部结构较致密, 含少量铁锰胶膜和植物根系, 厚 4.4~4.6 m;

(5) 黄土层(L₂): 黄褐色、棕黄色粉砂质粘土, 结构疏松, 有细小孔隙, 该层中部成土作用较强, 含少量铁锰胶膜, 颜色相对较深, 厚 9.1~9.3 m;

(6) 古土壤层(S₂): 本层可分为三个层次(S_{2a}、

① 国家自然科学基金(批准号: 49571071)与江苏省自然科学基金(BK: 97219)资助项目部分成果

收稿日期: 1998-10-28 收修改稿日期: 1999-04-02

S_{2b}、S_{2c}), 棕黄色粉质粘土, 质地较纯, 有细腻感, 中上部结构较致密, 含较多铁锰质结核, 下部结构相对较疏松, 厚 6.8~7 m;

(7) 黄土层(L₃): 黄褐色粉砂质粘土, 厚 1~1.2 m;

(8) 古土壤层(S₃): 棕黄色粉质粘土, 含少量铁锰质结核, 厚 0.6~0.8 m;

(9) 黄土层(L₄): 黄褐色粉砂质粘土, 厚 2.1~2.3 m;

(10) 古土壤层(S₄): 棕褐色粉质粘土, 结构较致密, 含较多铁锰质结核, 厚 0.8~1 m;

(11) 黄土层(L₅): 浅黄色粉砂质粘土, 结构较疏松, 厚 1.7~1.9 m;

(12) 古土壤层(S₅): 棕黄色粉质粘土, 质地较纯, 有细腻感, 厚 2~2.2 m;

(13) 黄土层(L₆): 灰黄色、黄褐色粉质粘土, 中上部含较多铁锰质结核, 中部夹青白色高岭土团块, 中下部粉粘土含量较高, 厚 12.2~12.4 m;

(14) 古土壤层(S₆): 粉质粘土, 见铁锰质结核, 厚 2.8~3 m;

(15) 黄土层(L₇): 灰黄色粉砂质粘土, 中部粉质粘土含量较多, 厚 3~3.2 m;

(16) 古土壤层(S₇): 棕红色粉质粘土, 结构致密, 富含铁锰质结核, 厚 2.6~2.8 m;

(17) 残积层, 为残积风化棕红色土层, 厚 6.2~6.5 m, 未见底。

以上各层次中, 古土壤层为黄土堆积间断时期的风化成土层, 古土壤层(S₀~S₆)与下伏黄土层(L₁~L₇)构成一个地层单元, 第八层古土壤(S₇)下伏地层为残积风化棕红色土层。从整个剖面看, 由于黄土层多已发生不同程度的弱成土作用, 使古土壤层与母质黄土层之间呈过渡关系, 野外分序划界较为困难。

2 镇江大港剖面地层年代

一般认为, 下蜀黄土的沉积时代不超过布容期, 为中、晚更新世的风尘堆积。宣城向阳剖面第 11 层样品(相当于大港剖面的 L₇下部)的 ESR 年龄为 0.7MaB.P.^[8], 北方洛川剖面 S₈ 下伏的 L₉ 黄土层的年龄为 786~831kaB.P.^[9]。而大港剖面第四层(S_{1a}, 地面以下 4.5 m)的 OSL 年龄为 59.6kaB.P., 第五层(L₂, 地面以下 15 m)年 OSL 年龄为

135.8kaB.P.。与老虎山、洛川、宣城、李家岗等剖面及深海氧同位素曲线的比较(图 1)看, 大港剖面的 S₀~S₇ 与洛川、宣城剖面的 S₀~S₇ 及李家岗剖面 S₁~S₇ 有较好的对应, 与深海氧同位素的第 5、7、9、11、13、15、17 阶段相当。

3 镇江大港剖面磁化率曲线特征

我们对大港下蜀黄土剖面以 10 cm 间距取样 595 块, 实验测试工作频率为低频(0.47kHz), 所得的大港剖面磁化率曲线(图 1)具有下列特征:

(1) 以地下水位为界, 整个曲线明显分为上下两段, 上部磁化率值偏高, 且峰谷交错, 平均值为 $126 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$; 下部磁化率值则偏低, 且谷值十分相近, 平均值为 $33 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$;

(2) 纵观曲线呈 8 个峰值段和 7 个谷值段交替波动, 在每一个旋回中, 波峰段对应着古土壤层, 波谷段对应着黄土层;

(3) 在同一个旋回中, 古土壤与下伏黄土之间磁化率值的变化为渐变关系, 并呈低幅高频锯齿状错动, 而在相邻的旋回之间, 即黄土与下伏古土壤层之间呈突变关系;

(4) 多层古土壤层的成土作用与黄土层的弱成土作用均有强弱差别, 表现为黄土层 L₁ 和 L₂ 中局部或全部磁化率值较偏高, 成土作用较强; 而古土壤 S₁ 和 S₂ 均为三层古土壤的叠加, 其间夹磁化率值较低的弱成土作用的黄土层。

4 长江中下游下蜀黄土磁化率曲线的比较与环境变迁

在磁化率曲线的旋回波动中, 峰值段对应的地层代表了比现今较为温暖湿润的成壤时期, 而谷值段对应的是气候较为干冷时期的风尘黄土堆积与弱成壤作用。大港剖面磁化率曲线的波动旋回很好地对应了黄土—古土壤风尘堆积序列, 记录着该区约 0.7MaB.P. 以来 7 次大的气候冷暖振荡, 南京李家岗剖面磁化率曲线表明南京地区在下蜀黄土沉积过程中有 7 次大的冷暖气候旋回^[2,4], 据研究, 同期的北方洛川剖面 S₈ 下伏的 L₉ 黄土层的年龄为 786~831kaB.P.^[9], 山东半岛发现的黄土—古土壤序列剖面最低层位 L₉ 的年龄约为 0.8MaB.P.^[10], 皖南宣城向阳剖面磁化率曲线研究则表明约 0.8MaB.P. 以来存在 8 次大的气候旋回^[11,12], 这些对比表明

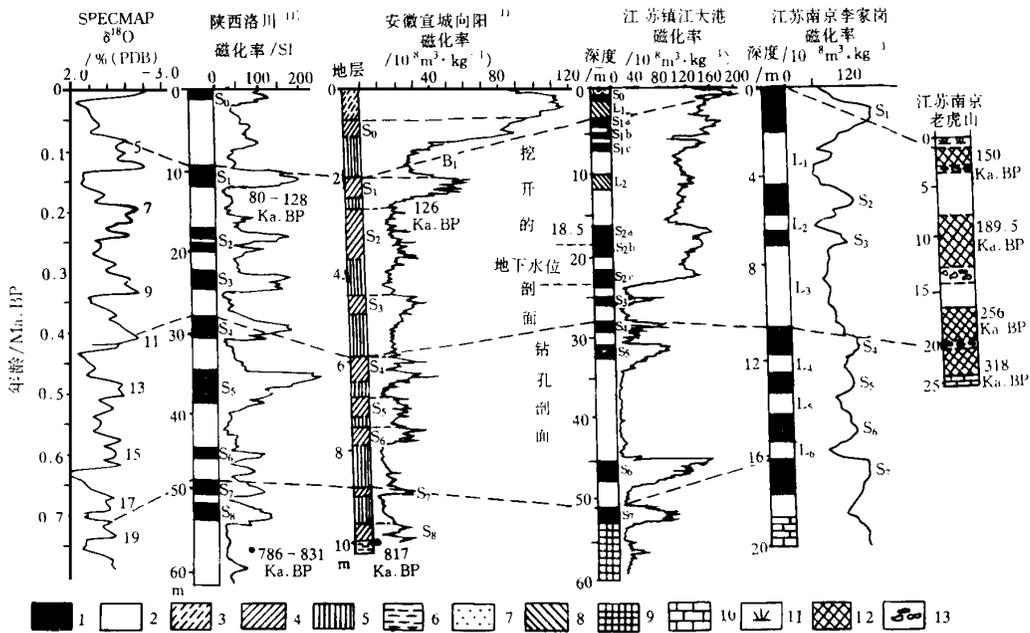


图1 大港剖面磁化率曲线与深海同位素曲线、洛川、宣城、李家岗、老虎山等剖面的比较

- 1. 古土壤; 2. 黄土; 3. 扰动层; 4. 红土古土壤层; 5. 棕黄色堆积层; 6. 漫滩相冲积层; 7. 现代土壤;
- 8. 弱成土黄土层; 9. 残积层; 10. 风化壳; 11. 基岩; 12. 表层土; 13. 钙结核

Fig. 1 Comparison of magnetic susceptibility curve of Dagang section with the $\delta^{18}O$ stage of deep sea, Luochuan section, Xuancheng section, Lijiagang section and Laohushan section

大港剖面磁化率曲线所揭示的7次气候旋回代表了长江中下游地区约0.7Ma.B.P.以来的气候环境变迁,反映出长江中下游地区下蜀黄土剖面与北方的黄土-古土壤序列剖面具有一致性,两个地区中更新世以来可能经历了基本同步的气候冷暖变迁。

大港剖面磁化率曲线旋回中,无论暖期还是冷期,皆呈低幅高频的锯齿状波动,其中地下水位以上部分表现尤为突出,这种情况在宣城向阳剖面中同样存在,表明长江中下游地区大的气候冷暖旋回中存在着较频繁的小尺度气候冷暖波动。在大港地层剖面中, S_1 、 S_2 对应的磁化率曲线与深海氧同位素曲线的第5、7两个阶段有着很好的对应,其中 S_1 的 S_{1a} 、 S_{1b} 、 S_{1c} 与深海氧同位素第五阶段的5a、5c、5e相对应。另外长江中下游地区各剖面磁化率曲线旋回振荡的幅度比北方黄土区明显要小(图1),反映出长江中下游地区气候冷暖旋回变化的幅度要比北方黄土区小得多。

镇江大港剖面的厚度(59.5 m)远大于皖南宣城向阳剖面(10 m)、南京李家岗剖面(19 m)及南京老虎山剖面(25 m),其中镇江大港剖面中的第六层黄土层 L_6 厚度相对最大,厚度达12 m多;南京李家

岗剖面中则是第三层黄土层 L_3 厚度相对最大(约4 m左右),而宣城向阳剖面各地层的堆积厚度则基本相近,这反映出各地下蜀黄土沉积速率和沉积环境均有一定的差异,其主要原因是受东亚古季风强度的变化以及不同剖面周围地形的控制和影响。东亚古季风的变迁也反映在物源区条件的变化上,中更新世以来青藏高原快速、大幅度的隆升使东亚季风环流发生了深刻的变化,冰期气候更趋严寒,冬季风强度大大加强,华北地区的黄土堆积则大规模扩张“南侵”^[13],导致长江中下游地区风尘堆积中远距离搬运的粉尘物质增多,加大了风尘堆积量及其堆积速率。在不同剖面的风尘堆积过程中,由于受周围地形变化的影响,不同剖面的风尘堆积量存在着一定的差异。镇江大港剖面位于长江南岸下蜀土岗地的北坡,地貌上为一个沉积盆地,同时该地区新构造运动表现为长期缓慢的下沉,因此风尘堆积的剥蚀量较小,从而形成现今这种巨厚沉积。

参 考 文 献

- 1 徐馨. 宁镇地区第四纪古环境[J]. 南京大学学报, 1987, 8: 21~31
- 2 李立文, 立邨森. 南京附近下蜀黄土的研究[J]. 南京师大学报,

- 1993, 16 卷(增刊): 3~22
- 3 黄姜依, 方家骅等. 南京下蜀黄土沉积时代的研究[J]. 地质论评, 1988, 3: 240~247
 - 4 张建新, 蔡明理等. 南京下蜀黄土古气候序列的初步研究[J]. 江苏地质, 1994, 18(3/4): 189~194
 - 5 王富葆, 曹琼英. 长江下游及苏南平原的下蜀土与次生黄土[A]. 见: 黄土·第四纪地质·全球变化, 北京: 科学出版社, 1996: 107~115
 - 6 安芷生, S. Porter 等. 最近 13 万年黄土高原季风变迁的磁化率证据[J]. 科学通报, 1990, 7: 529~532
 - 7 李峰宇. 下蜀土的岩石磁学特征[J]. 南京师大学报, 1993, 16 卷(增刊): 44~50
 - 8 杨达源, 韩辉友等. 安徽宣城地区中晚更新世风成堆积与环境变迁[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1991, 11(2): 97~104
 - 9 Kukla G, An Z S. Loess stratigraphy in central China[J]. Palaeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1989, 72: 203~225
 - 10 郑洪汉, 朱东和等. 山东半岛及苏皖北部黄土地层年代学研究[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14(1): 63~68
 - 11 李徐生, 杨达源等. 皖南风尘堆积—古土壤序列磁化率初步研究[J]. 安徽师大学报(自然科学版), 1998, 21(1): 64~69
 - 12 赵其国, 杨浩. 中国南方红土与第四纪环境变迁的初步研究[J]. 第四纪研究, 1995, 2: 107~116
 - 13 杨达源. 中国东部的第四纪风尘堆积与季风变迁[J]. 第四纪研究, 1991, 4: 354~359

Study on the Magnetic Susceptibility of the Xiashu Loess and the Paleoenvironment Changes in the Middle and Lower Changjiang River

ZHANG Jian-jun¹ YANG Da-yuan¹ CHEN Yue-you²
LI Xu-sheng¹ JIANG Hong-jun²

1 (Department of Geology & Ocean Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)

2 (Zhenjiang Prospecting and Mapping Institute Zhenjiang Jiangsu 212000)

Abstract

The study of loess—paleosol sequence reveals the magnetic susceptibility is of indexical significance in identifying loess—paleosol and their progression in the loess section, but also in simulating the changes of paleoenvironment. The magnetic susceptibility is also of indexical significance to Xiashu loess. Therefore, we gathered 595 sample blocks for the study in Zhenjiang Dagang section, which is located in the lower reaches of the Changjiang River.

On the basis of systematic testing, we obtain a magnetic susceptibility curve of Dagang section. Compared with the other Xiashu Loess sections in this area, the magnetic susceptibility curve of Xiashu Loess indicates that the loess—paleosol sequence of Dagang section represented 7 large climatic cycles since the Middle—Pleistocene. It is similar to that disclosed from the other Xiashu sections and the loess—paleosol sequence in north China, reflecting that the middle and lower Changjiang River regions have undergone the same course of the paleoclimate changes in the north China since the Middle—Pleistocene. Comparative study also demonstrates that the extent of the paleoclimate changes is much smaller than that in the loess area in north China. There are frequently minor undulations of climate in both the warm period and the cold period, comparable to the $\delta^{18}\text{O}$ stage of deep sea. The study also found the sedimentation rate and the depositional environment of Xiashu Loess varied in different area in the middle and lower Changjiang River region.

The study of the magnetic susceptibility curve indicates there were a small quantities of aeolian accumulation in the interglacial warm period. S_1 and S_2 in the magnetic susceptibility curve of Dagang section can be divided into S_{1a} , S_{1b} , S_{1c} and S_{2a} , S_{2b} , S_{2c} respectively. S_{1a} , S_{1b} and S_{1c} of S_1 correspond to 5a, 5b and 5c of the $\delta^{18}\text{O}$ stage of deep sea supporting that the climate changes of the middle and lower Changjiang River region are largely affected by the ocean. Climate changes of the middle and lower Changjiang River region are quite sensitive to global changes.

Key words Xiashu Loess magnetic susceptibility paleoenvironmental changes Changjiang River region