

文章编号：1006-6616 (2002) 04-0369-07

安徽宣城黄土堆积的磁性地层学与古环境意义

乔彦松¹, 郭正堂^{1, 2}, 郝青振¹, 吴文祥³, 张仲石¹, 赵 华¹, 朱日祥¹

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 2. 中国科学院地球环境研究所, 西安 710005;

3. 北京大学, 城市环境学院 100871.)

摘 要：利用磁性地层学方法对安徽宣城剖面的研究表明，B/M 界限位于剖面中网纹红土的中下部，结合光释光测年可以外推出长江中下游地区的典型风成沉积开始形成于 0.85Ma 前后。这一年龄对应于一次全球性的气候转型事件，在海洋沉积与我国北方的黄土-古土壤序列中均记录了这一气候转型事件。同时，0.85Ma 对应于中更新世的两大地质事件，一是全球冰量的增加，二是青藏高原的快速隆升，长江中下游地区风成堆积的开始，可能是上述两个因素共同作用的结果。

关键词：长江中下游；安徽宣城；风成堆积；磁性地层；古环境

中图分类号：P539.3, **文献标识码**：A

0 引言

长江中下游地区的红土（又称红色粘土^[1]）是我国南方重要的第四系沉积地层，在红土之上一般还覆盖有一层厚度不一的棕黄色土层，完整的沉积序列剖面构型可分为四部分，自上而下依次为：棕黄色土层、均质红土层、网纹红土层及基岩或砂砾石层^[2]。该沉积序列与我国北方的黄土-古土壤序列一样，也是我国重要的陆相古环境记录的载体^[3]。并且该区地处我国的北亚热带地区，它记录了我国亚热带地区古环境演化的重要信息，用其研究我国亚热带地区古环境演化的过程及机制具有北方黄土-古土壤序列不可取代的作用。

对该沉积序列的研究已进行了多年，在年代学、沉积学、古气候学等方面已经取得了许多进展^[1~22]。其中，近些年的重要进展之一就是在成因方面的研究^[4~10]。研究表明，该沉积序列上部的棕黄色土、均质红土及部分网纹红土与我国北方的黄土-古土壤序列具有相似的地层结构，并且从地层的空间分布特征、沉积学特征、地球化学特征等证明该沉积序列上部的棕黄色土、均质红土及部分网纹红土属风成成因。值得注意的是，长江中下游的风成堆积，其起始年代比我国北方的黄土高原要晚得多，该区风成堆积的起始年龄可能指示着我国

收稿日期：2002-09-13

基金项目：国家自然科学基金项目（编号：49894176）

作者简介：乔彦松（1966-），男，中国科学院地质与地球物理研究所在读博士生，主要从事新生代地质环境研究。

乃至全球环境的一个重大转型时期。对于该沉积序列形成时代的研究,前人已做过大量的工作,尤其是对于沉积序列上部的棕黄色土及均质红土已有大量的测年数据的报导。而对于包含网纹红土在内的完整沉积序列的年代学研究相对较少,主要集中在安徽的宣城、江西的九江、江西的修水等地区^[11,16,18]。

安徽宣城剖面不仅是长江中下游地区典型的风成沉积剖面,而且是被国家重点保护的旧石器出土考古剖面,很多学者在年代学、古气候学、沉积学、考古学等方面已经做了大量工作^[1,3~5,11~13,22]。对于宣城剖面的年代学研究,有的学者^[11]用 ESR 测年方法对整个剖面进行了系统的年代学研究,结果表明,位于砾石层之上的褐黄色细粉砂层的年龄为 817ka。但对于这样重要的剖面的年代学研究有必要通过多种手段进行验证、补充。迄今为止,该剖面还没有进行系统的磁性地层学研究。另一方面,在砾石层之上的网纹红土中还包含了部分非风成沉积的网纹红土,前人在该剖面的工作主要侧重于考古学及古气候学等方面的研究,从磁性地层角度的研究一直没有进行。为此,作者在安徽宣城剖面进行了系统的磁性地层学研究,并结合光释光测年外推了本区风成沉积的底界年龄,最后初步探讨了该区风成堆积底界年龄的古环境指示意义。

1 剖面特征及样品采集

安徽宣城位于长江支流-水阳江的二级阶地上,区内地形以低山丘陵、山间盆地及河湖平原相间为特征。气候温暖湿润,全年平均降水量 1122mm~1400mm,全年平均气温 15℃~16℃。宣城剖面位于宣城市向阳村砖瓦厂附近(118°51'E,30°54'N)(图 1)。剖面总厚度 11m,根据地层结构、颜色、紧实程度和层间接触关系等,一些学者将该剖面分为 15 个小层、9 个层组^[4]。每个层组由上部的古土壤层与下部的棕黄色层组成,第 9 层组下部为冲积砾石层。另一些学者根据类似的原则把剖面分成 17 层^[11],除砾石层外,另外 16 层组合为 8

个层组,每个层组同样由上部的古土壤层与下部的棕黄色层构成。本文按照同样的分层原则将整个剖面分为 14 层(如图 3 地层剖面柱所示)。产生上述地层划分差异的原因可能主要是由于不同学者对野外地层的认识程度及地层划分详细程度的差别所致。按照本次的地层划分方案,剖面自上而下为:

1. 黄红土壤层,为现代耕作层,暗红色至棕色粘土,多见现代植物根系、虫管。厚 20cm
2. 棕黄色粉砂质亚粘土,中等块状结构,虫孔构造发育,含少量铁锰胶膜,与下层呈渐变接触。厚 52cm
3. 棕红色土壤层,粉砂质粘土,含大量的铁锰胶膜及粘粒胶膜,与下层渐变接触。厚 68cm
4. 棕褐色粉砂质粘土,与第二层相比颜色偏红,含少量铁锰胶膜,向下突变。厚 122cm
5. 棕红色古土壤,结构致密,粘粒胶膜及铁锰胶膜比较发育,与下层渐变接触。厚 110cm
6. 棕黄色粉砂质粘土,含少量铁锰胶膜,向下突变。厚 28cm
7. 红色古土壤,从本层开始发育网纹,含少量铁锰胶膜和粘粒胶膜。厚 20cm
8. 棕黄色粉砂质粘土,含少量近水平的网纹,呈透镜状分布,向下渐变。厚 120cm
9. 红色古土壤层,粉砂质粘土,发育近垂直的粗网纹,向下渐变。厚 200cm
10. 棕黄色粉砂质粘土,发育多而粗的网纹,其方向较乱,向下渐变。厚 80cm
11. 紫红色古土壤,发育细而稀疏的网纹,粘粒胶膜比较发育,铁锰胶膜含量较少。厚 90cm
12. 黄色网纹亚砂土,与上层相比,此层砂感明显增强,略具层理,向下渐变。厚 50cm

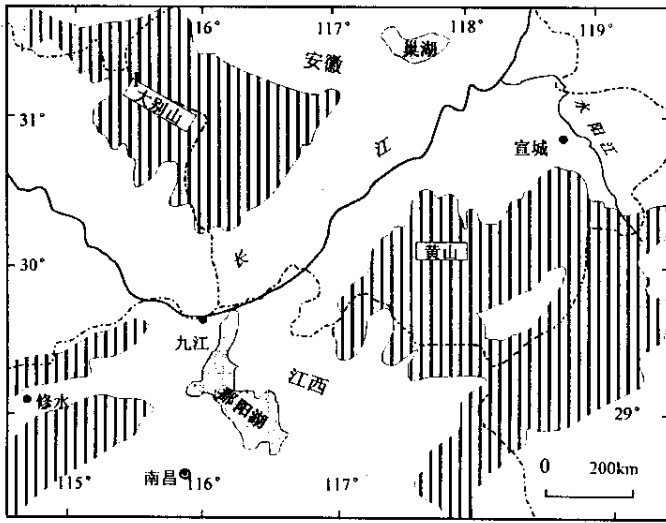


图 1 宣城剖面位置示意图

Fig.1 Map showing the position of Xuancheng section

13. 褐黄色细粉砂，可见少量网纹，与上层相比，颗粒变粗。厚 40cm

14. 砾石层，砾石大小不一，分选较差，砾石磨圆度较好，一般为圆-次圆状，砾石成分以石英岩为主，局部可见砂-粘土透镜体。可见厚度 80cm

根据野外特征及前人的研究结果，剖面的第 1 层、第 2 层为棕黄色土层，第 3 层至第 6 层为均质红土层，第 7 层至第 13 层为网纹红土层，第 14 层为砾石层。按照沉积相来分，剖面中的第 12 层至第 14 层为水流沉积，其中第 12、13 层为河漫滩相沉积，第 14 层为河床相沉积；第 1 层至第 11 层（0~9.1m）为典型的风成堆积，前人通过对地层的结构特征、沉积学特征及地球化学特征的研究也证明了这一点^[4,5]。野外按 10cm~20cm 的间距采集定向古地磁样品 96 块，其中砾石层中的定向古地磁样品采自砾石层中的泥沙透镜体，并且在距顶面 0.4m 深处的棕黄色粉砂质亚粘土中采集光释光样品一块。

2 样品测试及数据分析

将野外采集的定向古地磁样品在实验室内首先切割成边长为 2cm 的立方体，并将同一深度的样品加工为两个平行样品进行古地磁测量。退磁及剩磁测量在中国科学院地质与地球物理研究所古地磁实验室完成。系统热退磁用英国 Magnetic Measurement 公司生产的 MMTD600 全自动热退磁仪，剩磁测量在 2G 三轴超导磁力仪上进行，所有实验均在零磁空间内完成。光释光样品测试在国家地震局地质研究所光释光实验室完成。

室内古地磁测试首先对 61 块样品进行了系统热退磁分析。先测量天然剩磁，然后按照 20℃~50℃ 的间隔自室温（25℃）退至 675℃，热退磁步骤及参数设置见表 1。

在表征退磁结果的剩磁矢量正交投影图上（图 2），所有样品的剩磁都有两个分量，且大多数样品的剩磁第一分量在 300℃ 以下可被完全清洗，有些样品剩磁第一分量被完全清洗的温度较高，可达 350℃。此分量为次生粘滞剩磁分量，与现代地磁场的方向基本一致。剩磁第二分量在 300℃~645℃ 之间保持稳定，甚至可以达到 675℃，在剩磁矢量正交投影图上

表 1 宣城剖面样品热退磁参数

Table 1 Thermal demagnetization for Xuancheng section samples

温度/°C	室温	100	150	200	250	300	350	400	450
升温速率/°C·min ⁻¹		30	30	30	30	30	30	30	30
退磁时间/min		30	30	30	30	30	30	30	30
降温速率/°C·min ⁻¹		300	300	300	300	300	300	300	300
温度/°C	500	520	550	585	620	630	645	655	675
升温速率/°C·min ⁻¹	30	30	30	30	30	30	30	30	30
退磁时间/min	30	30	30	30	30	30	30	30	30
降温速率/°C·min ⁻¹	300	300	300	300	300	300	300	300	300

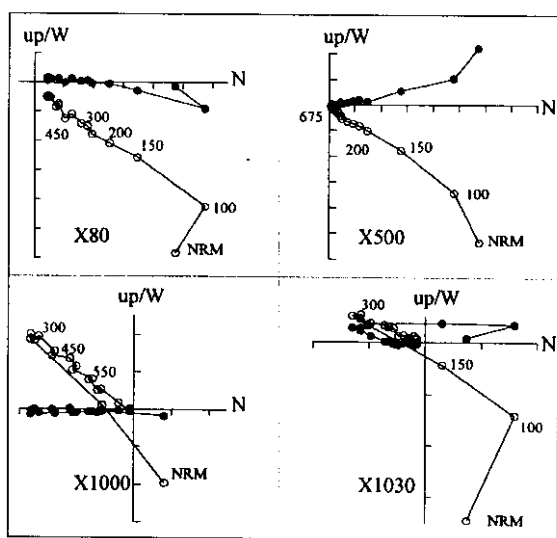


图 2 宣城剖面典型样品热退磁的剩磁矢量正交投影图

Fig.2 Orthogonal demagnetisation plots of typical normal and reversed samples of laterite in Xuancheng. The horizontal (vertical) component is marked with solid (open) circle

●为水平分量, ○为垂直分量; NRM 为天然剩磁;

X80, X500, X1000, X1030 分别为深度 0.8m, 5.0m, 10.0m, 10.3m 的样品号

趋于原点, 代表了原生特征剩磁的矢量方向, 并且说明原生特征剩磁主要由赤铁矿携带。由于绝大多数样品在 300°C 以后显示出特征剩磁方向, 因此对其余的 35 块样品进行了 300°C、350°C、400°C 三个温度点的剩磁测量。

3 结果及讨论

对磁性地层解释时, 系统退磁样品的特征剩磁方向用最小二乘法确定, 其余样品均采用 400°C 的剩磁结果。图 3 为宣城剖面的岩性地层柱、磁性地层柱及磁性参数变化曲线, 从图中可以看出, B/M 界线位于距顶面 8.4m 处, 相当于地层第 11 层的上部。

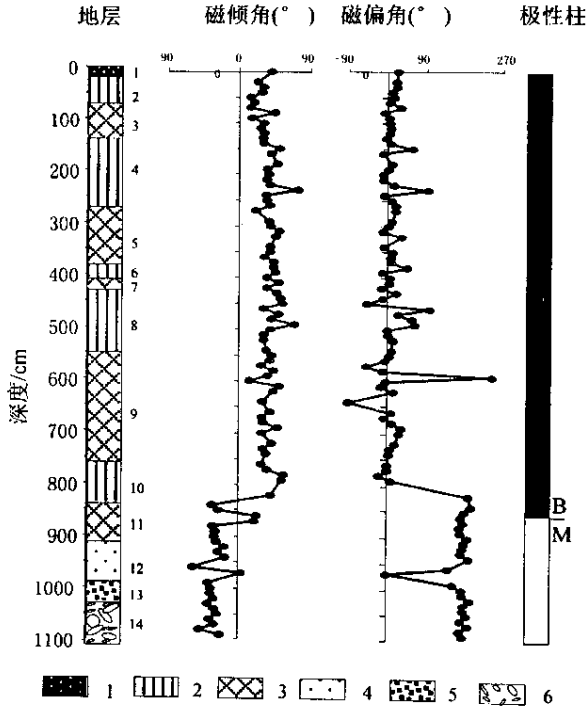


图 3 宣城剖面的岩性地层柱、磁性地层柱及磁性参数变化

Fig.3 Stratigraphic column, magnetic polarity column, declination and inclination of eolian deposit formation of the Xuancheng section. Black column in the figure represent normal polarity and white, reversed

1. 现代土壤；2. 棕黄色砂质粘土；3. 古土壤；4. 亚砂土；5. 细粉砂；6. 砂砾石

光释光样品的测试结果为 $18\text{ka} \pm 1.29\text{ka}$ 。我们以 B/M 界线年龄 (0.78Ma) 及光释光年龄 (18ka) 作为时间控制点, 计算出剖面在该时段的沉积速率为 1.05cm/ka 。蒋复初等^[16]在江西九江地区计算的 B/M 界线附近的网纹红土的沉积速率为 1.048cm/ka , 与在宣城的结果具有很好的一致性。九江与宣城相距几百公里, 却有如此相近的沉积速率, 这也从一侧面证明了该沉积序列上部的棕黄色土、均质红土及部分网纹红土属风成沉积。我们以此沉积速率外推风成堆积的底界 (距顶面 9.1m 处) 年龄约为 0.85Ma 。该结果与前人利用 ESR 测试的网纹红土的底界年龄的结果基本一致^[11]。

对于长江中下游地区风成沉积不同层位的年代学研究已有很多, 尤其是对位于该沉积序列上部的棕黄色土及均质红土 (下蜀土), 前人已经做了大量的测试, 测试的年代数据主要集中在 $130\text{ka} \sim 400\text{ka}$ 之间^[21]。对于该沉积序列下部网纹红土形成时代的研究, 有的学者^[16]在江西九江地区研究结果表明, 位于砾石层之上的铁质网纹红土的底界年龄为 1.232Ma , 铁质网纹之上典型网纹红土的沉积底界年龄为 0.869Ma , 其中还包括了一部分非风成沉积的网纹红土 (含砾石)。有的学者^[18]在江西修水地区研究的网纹红土的底界年龄为 0.9Ma , 其中也包含了一部分非风成沉积的网纹红土。从前人和作者本次的研究结果看, 长江中下游地区典型的风成沉积的底界年龄可能不会超过 0.85Ma 。

长江中下游地区的黄土均是沿河谷分布, 显然主要物源来自河谷。该区在 0.85Ma 前后

开始出现风成堆积,这是一个很有意义的年龄。它一方面标志着长江谷地从那时起可以提供粉尘物源,另一方面说明风力足够强盛。从 0.85Ma 起,长江河谷可能在间冰期水量丰富,导致宽广的河谷;而在冰期时大面积出露,且干旱使植被覆盖度较低,风尘可以吹扬起来。

因为 0.85Ma 前后存在一次全球性的气候转型事件,在海洋沉积与我国北方的黄土-古土壤序列中均记录了这一气候转型事件。海洋氧同位素的记录表明,在 0.85Ma 之后,冰期-间冰期的对比明显加强,并且气候波动的主导周期从 0.85Ma 以前的 41ka 转变为 0.85Ma 之后的 100ka^[23];在黄土高原的黄土-古土壤序列中,表现为在 0.85Ma 以后黄土风化程度的明显降低、古土壤发育程度的显著增强^[24,25],并且具有与海洋同样的气候波动周期的转换。长江中下游的风尘堆积从 0.85Ma 左右开始,可能是这一气候转型事件在该区的具体反映。

关于这一气候转型事件的机制问题,可能与全球冰量变化及青藏高原的快速隆升有关。首先全球冰量在这一时期增长迅速,此时可能是北半球冰盖向海区扩展的时期^[23],当时全球冰量增加 15%,从而进入北半球第四纪冰期的全盛时期^[27]。冰期来临时,亚洲高压加强,冬季风强盛,而夏季风相对退缩。另一方面,在 0.85Ma 前后青藏高原有过一次快速隆升过程(昆黄运动),使青藏高原的海拔高度达到 3000m 以上^[26,27],西风带在越过青藏高原时发生分流,并在长江中下游汇合^[27]。冰期时,南支西风急流可能常年而稳定的存在,有效的阻止夏季风的北进,而冬季风影响范围相对扩大。因此,全球冰量的扩张及青藏高原隆升可能是导致长江中下游地区产生连续风成堆积的主要原因。

参 考 文 献

- [1] 刘良梧,龚子同.宣城第四纪红色粘土剖面的发育特征[J].第四纪研究,2000,20(5):464~468.
- [2] 黄镇国,等.中国南方红色风化壳[M].北京:海洋出版社,1996,153~157.
- [3] 李小平,夏应菲,杨浩.安徽宣城第四纪红土剖面的全氧化铁含量及其古气候意义[J].江苏地质,1998,22(3):182~185.
- [4] 杨达源,韩辉友,周旅复.安徽宣城地区中晚更新世风成沉积与环境变迁[J].海洋地质与第四纪地质,1991,22(3):97~104.
- [5] 杨达源,李徐生,鹿化煜,等.安徽宣城地区的“黄土”和旧石器文化[J].地质力学学报,1997,3(4):85~89.
- [6] 熊尚发,丁仲礼,刘东生.赣北红土与北京邻区黄土及沙漠砂的粒度特征对比[J].科学通报,44(11):1216~1219.
- [7] 聂高众.南京地区下蜀土的物质特征及形成环境,硕士论文[D].中国科学院地质所,1986,57~65.
- [8] 许峰宇,李立文.南京下蜀土的岩石磁学特征[J].岩石学报,1996,12(3):491~497.
- [9] 韩信斌.南京地区下蜀土的沉积环境及其时代探讨[A].第四纪冰川与第四纪地质论文集(五)[C].北京:地质出版社,1988.56~62.
- [10] 吴胜光,陈日友,杨达源.江苏镇江下蜀土的初步研究[A].黄土.第四纪地质.全球变化(三)[C].北京:科学出版社,1992.122~127.
- [11] 杨浩,赵其国,李小平,等.安徽宣城风成沉积-红土系列剖面 ESR 年代学研究[J].土壤学报,1996,33(3):293~300.
- [12] 杨浩,李小平,赵其国,等.宣城风积-红土系列剖面有机碳同位素的特征及意义[J].土壤学报,1995,32(增刊2).
- [13] 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.
- [14] 黄姜侏,方家骅,邵家骥,等.南京下蜀黄土沉积时代的研究[J].地质论评,1988,34(3):240~247.
- [15] 丁梦林,方仲景,计凤桔,等.对长江下游雨花台砾石层及网纹红土地层划分及时代的新认识[A].第四纪地质冰川与第四纪地质论文集(三)[C].北京:科学出版社,1987.139~143.

- [16] 蒋复初, 吴锡浩, 肖华国, 等. 九江地区网纹红土的时代 [J]. 地质力学学报, 1997, 3 (4): 27 ~ 32.
- [17] 吴锡浩, 徐和聆, 蒋复初, 等. 长江中下游地区网纹红土中撞击事件的首次发现与初步研究 [J]. 地质地球化学, 1995, 4 : 83 ~ 86.
- [18] 李长安, 顾延生. 江西修水第四系网纹红土的地层学研究 [J]. 地层学杂志, 1997, 21 (3): 226 ~ 232.
- [19] 李长安, 顾延生. 网纹红土中的植硅石组合及其环境意义的初步研究 [J]. 地球科学, 1997, 22 (2): 195 ~ 198.
- [20] 于振江, 黄多成. 安徽沿江地区网纹红土和下蜀土的形成环境及其年龄 [J]. 安徽地质, 1996, 6 (3): 48 ~ 56.
- [21] 王曼华. 江西赣江中游地区网纹红土的孢粉组合与古气候探讨 [A]. 中国第四纪冰川冰缘学术论文集 [C]. 北京: 科学出版社, 1985. 167 ~ 171.
- [22] 刘良梧, 龚子同. 古红土的发育与演变 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20 (3): 37 ~ 42.
- [23] Ruddiman W F, Raymo M E, Marunson D G, et al. Pleistocene evolution : Northern hemisphere ice sheets and North Atlantic Ocean [J]. Paleoclimatography, 1989, 4 : 353 ~ 412.
- [24] Guo Z T, Liu T S, Nicolas F, et al. Shift of Monsoon Intensity on the Loess Plateau at ca. 0.85 MaBP [J]. Chinese Science Bulletin, 1993, 38 (7): 586 ~ 591.
- [25] 刘东生, 郑绵平, 郭正堂. 亚洲季风系统的起源和发展及其与两极冰盖和区域构造运动的时代耦合性 [J]. 第四纪研究, 1998, (3): 194 ~ 203.
- [26] Cui Z J, Gao Q Z, Liu G N, et al. Planation Surfaces palaeocast and uplift of Xizang (Tibet) Plateau [J]. Science in China (Series D). 1996, 39 (4): 391 ~ 399.
- [27] 李吉均. 青藏高原的地貌演化与亚洲季风 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19 (1): 1 ~ 10.

MAGNETOSTRATIGRAPHY AND PALEOCLIMATIC SIGNIFICANCE OF AN EOLLIAN SEQUENCE FROM THE XUANCHENG AREA , ANHUI PROVINCE

QIAO Yan-song¹, GUO Zheng-tang^{1, 2}, HAO Qing-zhen¹, WU Wen-xiang³,
ZHANG Zhong-shi¹, ZHAO Hua¹, ZHU Ri-xiang¹

(1. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China ;

2. Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710005, China ;

3. Academy of Urban Environment, Beijing University, Beijing 100871, China.)

Abstract : A loess-soil sequence near Xuancheng from the Yangtze valley is investigated using magnetostratigraphy and luminescence dating to determine the location of B/M boundary. This boundary is found to be located within the middle-lower part of the so-called plinthitic laterite, a widely distributed mid-Pleistocene tropical soils in southern China. The magnetostratigraphy data, combining with the OSL age suggests a basal age of the typical eolian depositional loess-soil sequence is about 0.85Ma. This age boundary corresponds to a significant global climate change, also is recorded in the marine sediments and in the loess-paleosol sequence in northern China. It also coincides with two geological events, intensive uplift of the Tibetan Plateau and the extension of the global ice volume. We interpret the onset of eolian loess deposition in the middle-lower reaches of Yangtze River as a result of hydrological and circulation changes associated with above two events occurring at the mid-Pleistocene.

Key words : middle-lower reaches of Yangtze River ; Xuancheng Anhui ; eolian deposit ; magnetostratigraphy ; Paleoenvironment