文章编号:1000-0550(2002)02-0307-07

宁镇地区中更新世环境演变的沉积学研究。

张 强¹ 朱 诚¹ 房迎 Ξ^2

1(南京大学城市与资源系 南京 210093) 2(南京博物院 南京 210000)

摘要 句容放牛山剖面 ESR 测年、粒度以及磁化率的研究结果表明,下蜀黄土作为一种受后生成土作用强烈的风尘 堆积,其性状与北方黄土差别很大,主要表现为由于成壤作用及次生风化作用导致粘粒含量增多。该剖面揭示出本 区中更新世5个气候暖湿期,分别是:159~163 ka,192 ka,195~198 ka,203~230 ka 与 311~350 ka。其中第一个相 对暖湿期不十分明显,在大致同时期的深海氧同位素(V21—146 孔)6阶段当中为一个小的气候回暖波动,第2、3、4 气候暖湿期可大致与西峰黄土 S2 古土壤层所反映的气候温暖事件相对应,可与深海氧同位素(V21—146 孔)第7氧 同位素阶段大致相对比。其中,前4个温暖期可大致与老虎山下蜀黄土的标准剖面自上而下的4个埋藏古土壤层相 对应。旧石器考古发掘发现6、7 层有石器,从剖面测年资料及各环境代用指标综合分析得出,当时为暖湿的生态环境 (即第5个气候暖湿期),较适宜人类活动,与南京汤山猿人洞研究结果相一致。东北地区庙后山下层文化(1400~ 230 ka)以大石片石器为主,文化面貌兼有华北大小两个石器系统的特征。这与该遗址发掘的石器相类似,这可能说 明至少在中更新世中期长江河道应在句容以南。

关键词 宁镇地区 中更新世 磁化率 粒度 环境演变 第一作者简介 张强 男 1974年出生 博士 第四纪环境演变与全球变化 中图分类号 P534.63 X141 文献标识码 A

1 前言

中国北方的黄土因其沉积序列完整,且能与深海 氧同位素进行对比而引起地学界的广泛关注^[12],并 取得了一系列令人瞩目的成果^[345]。南方的下蜀黄 土在长江中下游沿岸有着相当广泛的分布,在山麓地 带呈面状断续分布,有的组成黄土阶地^[6,7]。对于南 方下蜀黄土的来源、成因、形成时期等诸多问题前人已 做过研究^[68],下蜀黄土作为一种风尘堆积,记录了地 层形成时期大量的环境演变信息,对于揭示长江以南 中更新世以来环境演变规律具有重要的理论意义与实 践意义。

最近,南京博物院的房迎三研究员主持了句容春 城史村旧石器遗址的考古发掘,我们对发掘剖面作了 调查研究,并采集样品作了 ESR 测年、粒度及磁化率 等项目的分析研究,以揭示蕴含在地层当中环境演变 信息,并以此为基础进一步研究该区域气候环境演变 对全球气候变化的响应。

2 区域环境特征

研究区域在气候上属于北亚热带中部的季风气 候,干湿冷暖、四季分明,雨水充足,无霜期长。季风气 候明显,年均温15.10℃,1月平均气温1.9℃,7月平 均气温27.8℃。年降水量为1018.6 mm,年降水变率 为18%。四季降水以夏季为多,冬季少,春季多于冬 季。

3 样品与方法

此次研究所选择的剖面地点为句容市春城镇史村 的放牛山旧石器遗址(31°55N,119°18E (图1),海拔 约为 20 m。

整个剖面总厚度为 5.72 m。在野外实地调查过 程中 根据剖面沉积物的颜色、质地等沉积物的特点将 剖面由上至下划分为 7 个层次(图 2),现将剖面的每 一沉积地层作一简要描述:

第1层 红褐色亚粘土层 ,含铁锰膜 ,厚度约为20 ~30 cm ,为耕作层 ;

第 2 层 :灰褐色粘土层 ,有少量砾石 ,含少量铁锰 膜与黄色网纹 ;

第3层:灰黄色粉砂质粘土层,质地细腻,较硬;

第4层:黄色土层,含大量铁锰小球;

第5层 ;黄红色粘土 ,其顶部分布有层状铁锰小

① 国家自然科学基金(批准号 :40071083),南京大学博士点基金(2000028414),南京大学"985 工程"自然地理学科建设项目与南京大学测试基金 资助



图 1 研究区地理位置





图 2 句容放牛山旧石器遗址柱状剖面图

ig. 2 Column section of the Fangniushan Paleolithic site, Jurong

球,该层底部颜色变红褐色;

第6层: 棕灰色网纹土层, 灰白色网纹, 呈垂直条状、点状分布, 灰色网纹最长可达30 cm;

第7层 粉砂质网纹粘土层 ,未见底。

其中第6层与第7层发现有砍砸器,刮削器,石片 与石球,三棱尖状器等石器,这些石器的发现表明当时 有人类活动。其它层次除第2个层次发现有一件石器 外,未发现有任何石器。在剖面2、4、6、7层分别取1 个土样,经中国科技大学结构中心用电子自旋共振法 (ESR)进行年代测定,测定结果为:第2层为162± 32ka,第4层为:192±38ka,第6层为:203±51ka,第 7 层为:345 ± 69ka。如果以 0.73Ma 作为早、中更新 世的界限的话,则该剖面主要揭示的是研究区中更新 世环境演变状况。

自剖面底部向上以 10 cm 至 20 cm 不等距采样, 整个剖面共采集样品 42 个,分别用英国产 Bartington Magnetic Susceptibility Meter, MS—2 型磁化率仪与 日产 SKC—2000 型光透式粒度分析仪测定了样品的 磁化率与粒度。

4 结果

4.1 粒度

为更好地反映剖面沉积物的成因,用图示法⁽⁹⁾计 算出粒度的四个参数值:平均粒径(*Mz*),标准差 (σ1),偏度(Sk1)与峰态(*KG*),并根据 B. K. Suhu (萨胡,1964)判断各沉积环境沉积物的判别式,计算出 Y1的值(表1)。

由表1可以看出,Y1最大值为-4.92,<-2. 741 表明整个剖面的沉积物属风成成因 根据 ESR 测 年、野外实地考查及前人研究结果综合得出该剖面组 成物质属长江中下游的下蜀黄土风尘沉积。由表1可 以看出 标准差 σ_1 在 $1.2 \sim 3.7$ 之间 属分选好至分选 很差这一范围 反映出风尘堆积物在粒度方面的一个 重要特征^[10]。从峰态及偏态分析,偏度 Sk1 在 -0. 57~1.92 之间,为极负偏到极正偏;峰态 KG 在 0.52 ~1.79 之间,为很宽至很窄,从这几个粒度参数的分 析来看 整个剖面的沉积物各粒度参数跨度很大 表明 下蜀黄土在经风力搬运、沉积后受到次生环境的改造 作用很大 特别是受后期成壤作用的影响很大 改变了 原来风尘沉积物的原始粒度结构。这一现象表明,长 江中下游的下蜀黄土与北方的黄土相比,其性状特点 有着较为明显的差别,主要原因就在于长江中下游的 下蜀黄土经受了后期强烈的成壤作用与次生风化作 用 从而使其粒度特征发生了变化 其来源和成因也要 比北方的黄土复杂地多。北方黄土的粒度特征,特别 是中值粒径和粗粒含量[11]往往被认为是反映冬季风 强度的一个重要指标^[12],但在南方的下蜀黄土研究 中 应考虑到下蜀黄土的沉积物粒径受到后期强烈成 壤作用的改造而发生变化 因此 中值粒径与冬季风强 度的关系应再做审视。

为进一步研究北方黄土与南方下蜀黄土在性状上的差异,从北向南找出几个典型风尘堆积剖面,对沉积物各粒级百分含量进行对比(表2)。

从表 2 当中不难发现,砂这一粒级的风尘堆积物

表1 句容放牛山旧石器遗址剖面粒度参数及 Y1 值一览表

Table 1 Grain-size parameters and the Y1 value of the samples from the Fangniushan Paleolithic site of Jurong

样品号	5%	16%	25%	50%	75%	84 %	95%	Mz	σ1	Sk1	KG	Y1
1	4.9	6.4	6.82	8.35	9.48	9.67	9.89	8.14	1.573	-0.29	0.769	- 16.893
2	5.2	6.12	6.4	6.47	9.48	9.67	9.9	7.42	1.6	0.63	0.625	- 16.372
3	2.55	6.1	6.46	7.48	8.68	9.1	9.73	7.56	1.84	-0.15	1.326	-10.045
4	5.53	6.17	6.35	6.8	9.32	9.58	9.85	7.52	1.51	0.52	0.596	- 17.645
5	4.7	5.37	5.68	6.9	9.38	9.6	9.88	7.29	1.84	0.21	0.574	-12.110
6	5.2	5.78	6.3	8.12	9.31	9.58	9.83	7.83	1.65	-0.25	0.630	-15.361
7	5.93	6.35	6.56	7.47	9.21	9.5	9.83	7.77	1.38	0.25	0.603	- 19.349
8	4.4	5.52	6	7.7	9.42	9.62	9.9	7.61	1.86	-0.13	0.659	-12.062
9	5	5.9	6.32	7.58	9.32	9.58	9.85	7.69	1.65	0.011	0.663	-15.256
10	5	5.59	5.95	7	9.2	9.47	9.83	7.35	1.70	0.22	0.609	-14.088
11	5.1	5.81	6.2	7.21	9.45	9.63	9.89	7.55	1.68	0.19	0.604	-15.008
12	5	5.5	5.83	7.3	8.68	9.25	9.78	7.35	1.66	0.039	0.687	- 13.950
13	5.12	5.93	6.3	7.65	7.39	9.6	9.88	7.73	1.64	-0.0002	1.790	-12.062
14	4.9	5.45	5.78	7.43	9.95	9.35	9.8	7.41	1.72	-0.02	0.482	- 13.978
15	3.6	5.18	5.36	5.83	8.45	9.12	9.75	6.71	1.92	0.472	0.816	-8.7876
16	4.6	5.23	5.45	6.47	8.55	9.17	9.75	6.96	1.77	0.322	0.681	-11.841
17	5.85	5.68	7.08	8.5	9.4	9.16	9.86	7.78	1.48	-0.47	0.708	- 16.500
18	4.78	5.48	5.92	7.74	9.08	9.43	9.82	7.55	1.75	-0.159	0.654	- 13.227
19	5.1	5.4	5.6	6.57	8.58	9.22	9.78	7.06	1.66	0.38	0.644	- 13.742
20	4.65	5.3	5.56	7.9	9.5	9.7	9.9	7.63	1.89	-0.21	0.546	- 11.807
22	0	0.75	5.53	7.68	9.42	9.62	9.89	6.02	3.71	-0.557	1.042	34.044
25	1.8	5.5	5.94	7.88	9.38	9.6	9.88	7.66	2.25	-0.333	0.963	-4.9217
26	2.8	5.3	5.63	7.08	9.3	9.55	9.85	7.31	2.13	-0.03	0.787	-6.778
27	2.9	5.18	5.5	7.17	9	9.38	9.8	7.24	2.095	-0.093	0.808	-6.889
28	4.95	5.75	6.53	7.68	8.8	9.2	9.75	7.54	1.59	-0.128	0.867	-14.601
29	4.4	5.5	5.93	9	9.53	9.7	9.9	8.07	1.88	-0.67	0.626	- 12.319
30	4.86	5.43	5.76	7.7	9.42	9.62	9.88	7.58	1.81	-0.108	0.562	- 12.989
31	5.1	5.52	5.82	7.65	9.45	9.65	9.88	7.61	1.76	-0.049	0.540	- 13.941
32	5.1	5.5	5.77	8.85	9.52	9.68	9.9	8.01	1.77	-0.58	0.525	-14.116
33	5.9	6.55	6.95	8.93	9.53	9.68	9.9	8.39	1.39	-0.518	0.635	- 19.740
34	5.2	5.69	6.25	7.62	9.37	9.58	9.87	7.63	1.68	-0.014	0.613	-14.842
35	6.1	6.73	7.1	7.93	9.5	9.67	9.88	8.11	1.31	0.108	0.645	-20.827
36	5.2	5.7	6.2	8.22	9.38	9.6	9.87	7.84	1.68	-0.29	0.602	-15.018
37	4.97	5.45	5.78	8.55	9.45	9.65	9.9	7.88	1.80	-0.464	0.551	- 13.503
38	5.26	6.1	7.1	9.24	9.62	9.75	10.02	8.36	1.63	-0.69	0.774	- 16.111
39	6.15	6.72	7.13	9.08	9.56	9.7	9.9	8.5	1.31	-0.573	0.632	-20.792
40	6.23	7.06	7.5	8.85	9.48	9.67	9.9	8.53	1.21	-0.399	0.760	-21.828
41	5.13	5.5	5.8	8	9.4	9.62	9.88	7.71	1.75	-0.21	0.541	-14.050
42	5.09	5.46	5.73	7.85	9.48	9.65	9.9	7.65	1.78	-0.144	0.526	- 13.698

自北向南有减少地趋势,而粉砂及粘土级沉积物有增 多的趋势,特别是对于粘土级风尘堆积物来讲,这一趋

表 2	自北向南典型风尘堆积剖面沉积物各粒级粒径对比一览表	
-----	---------------------------	--

Table 2 Comparison of grain-size of aeolian sediments of typical sections from the north to the south of China

*	+	含量1%					
與	<u></u>	>0.05mm	$0.05 \sim 0.005 \text{mm}$	<0.005mm			
赤峰黄土[13]	中更新世)	23.72	57.54	18.74			
汝Ⅲ幸+[4]	离石黄土上部 (中更新世)	10	63.7	26.3			
冶川與工	离石黄土下部 (中更新世)	5.3	62.6	31.2			
	第1层	0.82	63.58	35.60			
镇江大港下蜀土[14]	第2层	0.78	65.48	33.74			
	第3层	0.65	50.54	48.82			
	第6层	3.09	43.56	53.35			
女	第9层	2.06	42	59			
句容放牛	山剖面	6.2	43.3	49.5			



图 3 句容放牛山旧石器遗址剖面磁化率、频率磁化率等环境代用指标随剖面深度变化情况



势更加明显。这虽然在一定程度上说明愈向南,受冬季风影响愈小,由于冬季风的搬运能力减小,从而导致风尘沉积物粒径自南向北有减小地趋势。但主要还是由于愈向南,受气候地带性地影响,气候愈加湿热,导致成壤作用以及次生风化作用强烈,从而使沉积物在成壤作用过程中产生较多细粒组分的缘故,这一结果与安徽宣城向阳剖面粒度分析结果相一致⁽¹⁵⁾。

4.2 磁化率

土壤及沉积物的磁化率作为研究环境变化的代用 指标已引起人们的普遍重视^(16,17)。中国的黄土—古 土壤的高分辨率环境磁学研究表明,黄土磁化率可与 深海氧同位素曲线相对比,因而可利用黄土磁化率曲 线来重建第四纪气候环境的演化^(18,19)。对于长江中 下游地区下蜀黄土的环境磁学性质也有许多报 道^[9 20] 表明磁化率作为一种环境代用指标也同样适 用于下蜀黄土的研究。

由图 3 可以看出,从总体上看,磁化率值表现出三 个波峰,三个波谷的波动形态。其中,较明显的为二波 峰,二波谷。在黄土研究中,中值粒径被认为是反映冬 季风强度的代用指标,而在南方的下蜀黄土中则应考 虑到沉积物的粒径不仅受季风搬运营力的影响,更重 要的还应考虑后生沉积土壤化过程使粘粒组分增 *3*⁽²¹⁾,导致沉积物粒径发生变化这一事实。由图 3 可 以看出,虽然下蜀黄土受次生成壤作用的影响,但中值 粒径的变化趋势与磁化率的变化趋势大致呈反相关, 所不同的是,这一趋势与北方黄土相比不太明显。

黄土的环境磁学性质表明 相对于磁化率而言 黄 土的频率磁化率具有更为明确的古气候意义[22]。因 为频率磁化率主要反映的是样品中超顺磁颗粒的多 少^[17]。相比较而言 磁化率善于反映高强度的古气候 变化,而频率磁化率对弱小的气候波动反映很灵敏,它 能够反映出许多磁化率所不能反映出来的细节^[22]。 从图 3 的频率磁化率与磁化率变化曲线可以明显地看 出这一特点,特别是在剖面的1.5 m~2.5 m 处的磁 化率波谷中 频率磁化率却反映出几个气候暖湿的峰 值 并且与粘粒在整个剖面的百分含量曲线的波动变 化具有很好的一致性。反映出频率磁化率反映超顺磁 颗粒(<0.03 μm)多少的特点,也说明下蜀黄土在成 壤过程中有许多超顺磁粒级的铁磁性矿物形成 ,这一 点与黄土—古土壤的环境磁学性质相一致。从这一结 果可以得出 在下蜀黄土的研究中 粘粒的百分含量可 以做为气候变化的代用指标 ,当然 ,这一结论还需今后 进一步研究证实。

 $K_{\rm d}$ 值(粉砂粘粒比系数, $K_{\rm d}$ =(10~50 $\mu {\rm m}/<5$ µm)的大小被认为显示黄土—古土壤形成环境的一个 指标,K。值大指示气候环境干冷,反之则趋于暖 湿^[4,15]。由图 3 句容放牛山剖面 K_d 值的变化曲线可 以看出 其变化趋势与粘粒、频率磁化率及磁化率的变 化趋势呈反相关。由以上几个环境代用指标的分析研 究得出,该剖面反映出 400 ka~130ka 之间至少存在 5 次气候暖湿期(图 3 中阴影部分所示)。由 ESR 测年 资料及中国北方黄土—古土壤年代序列研究成果[23] 可知 这 5 个气候暖湿期分别是:159~163 ka,192 ka, 195~198 ka 203~230 ka 与 345~357 ka。其中第一 个相对暖湿期不十分明显,在大致同时期的深海氧同 位素(V21-146 孔)6阶段当中为一个小的气候回暖 波动^[1] 第 2、3、气候暖湿期可大致与西峰黄土 S2 古 土壤层所反映的气候暖湿事件[1]相对应,可与深海氧 同位素(V21-146孔)第7氧同位素阶段大致相对比。

其中,前4个温暖期可大致与老虎山下蜀黄土剖面自 上而下的4个埋藏古土壤层相对应(图4)。



图 4 句容放牛山旧石器遗址剖面与南京老虎山、 及西峰黄土剖面对比图

Fig. 4 Comparison among the Fangniushan Paleolithic site section , Xiashu section of Laohushan , and Xifeng loess section

特别是第 2 个暖湿期, K_d 值表现出特别深的谷值, 而 粘土、频率磁化率在这一时期表现出明显的峰值, 但磁 化率与中值粒径则没有表现出明显的峰值与谷值。野 外调查及剖面沉积速率的计算综合得出在剖面 1.63 ~2.18 m 处(年代测定显示其年代为约 192 ka)可能 存在一个长时期的沉积间断,具体原因还有待于在该 区域作进一步的调查研究。从 K_d 值较深的谷值及粘 土、频率磁化率的峰值表明当时气候是较暖湿的。在 南京汤山猿人洞大厅底部分布较广的厚层钙板及其上 覆石笋的发育也可证明这一暖湿气候期的存在⁽²⁴⁾。 东北地区大约距今 20 万年的代表动物是辽阳安平动 物群, 典型的动物种属如硕弥猴(*Macaca robustus*) 基 什 贝格 犀(*Dicerorhinus Kirchborgensis*)和杨氏虎 (*Panthera younqi*)等都是气候暖湿的证据⁽²⁵⁾,可见这 一暖湿气候期是大范围的。

5 结论

通过对句容放牛山剖面的分析研究,得出以下几 点认识:

(1)下蜀黄土作为一种受后生成土作用强烈的风 尘堆积,其性状与北方黄土差别很大,主要表现为由于 成壤作用及次生风化作用导致粘粒含量增多。这与安 徽宣城向阳剖面所研究的结果一致。

(2)粒度分析进一步证实下蜀黄土是一种风尘堆 积,但从几个粒度参数来看,其范围较大,反映出长江 中下游的下蜀黄土在成因、来源及形成过程方面要比 北方黄土复杂地多。在下蜀黄土研究中粘粒的百分含 量可以作为反映下蜀黄土成壤作用强弱的代用指标, 并在一定程度上反映气候的变化,这是由于气候愈暖 湿,成壤作用乃至次生风化作用就越强烈,沉积物的粘 土级沉积物就会愈多,同时由于强烈的成壤作用所产 生的超微粒铁磁性矿物就会越多,反映在频率磁化率 及磁化率值的变化趋势上就表现出高的峰值,但其具 体关系还有待于作进一步分析确定。

(3)句容放牛山剖面揭示出本区的 5 个气候暖湿 期,分别是:159~163ka,192ka,195~198ka,203~ 230ka 与 345~357ka。其中第一个相对暖湿期不十分 明显,在大致同时期的深海氧同位素(V21—146 孔)6 阶段当中为一个小的气候回暖波动。第 2、3、4 气候暖 湿期可大致与西峰黄土 S2 古土壤层所反映的气候温 暖事件相对应,可与深海氧同位素(V21—146 孔)第 7 氧同位素阶段大致相对比。其中,前 4 个温暖期可大 致与老虎山下蜀黄土的标准剖面自上而下的 4 个埋藏 古土壤层相对应。

(4)旧石器考古发掘发现 6、7 层有石器,这表明 当时有人类活动,从剖面测年资料及各环境代用指标 综合分析得出,当时为暖湿的环境,较适宜人类活动。 南京汤山猿人洞研究结果表明^[26],南京猿人生活在中 更新世中期偏晚,距今约 350ka 左右,孢粉鉴定结果显 示当时植被主要为喜暖湿,喜暖干的落叶阔叶与针叶 及蕨类混交林,未发现有反映寒冷的云杉、冷杉等植物 种属^[26],与本文的研究结果相一致,两个旧石器地点 的研究均表明这一温暖湿润期的存在。

(5)东北地区庙后山下层文化(1400~230 ka)以 大石片石器为主,文化面貌兼有华北大小两个石器系 统的特征。这与该遗址发掘的石器相类似,这是否可 以证明至少在中更新世中期长江在句容以南,即句容 在江北,而不是现在的江南?这将是下一步具体研究 的内容。

致谢 南京大学历史系张之恒教授在旧石器考古方面 给笔者以指导,同时参加野外工作的还有张芸、刘林 山,沈明洁等同学,在此一并表示衷心的感谢。

参考文献(References)

1 Steven A, Hovan, David K Rea, Nicklas G Pisias *et al*. A direct link between the China loess and marine δ^{18} O records : Aeolian flux to the north Pacifid J]. Nature , 1989, 340 : 296~300

2 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, 1991,4:354~358 [Yang DY. Monsoon evolution and Quaternary aeolian sediment in the eastern part of China [J]. Quaternary Science, 1991,4:354~358]

- 3 刘东生等. 黄土与环境[M]. 北京:科学出版社, 1985. 191~208 [Liu T S. *et al*. Loess and Environment[M]. Beijing: Science Press, 1985. 191~208(in Chinese)]
- 4 安芷生, Porter S, Chappell J等. 最近 130ka 洛川黄土堆积序列与格 核兰冰心记录[J]. 科学通报, 1994, 39:2 254~2 256 [An Z S, Porter S, Chappell J, et al. Ice core record in the Greenland and the sediment sequence of Luochuan loess during the recent 130 ka[J]. Chinese Science Bulletin, 1994, 39:2 254~2 256]
- 5 丁仲礼, 刘东生, 刘秀铭等. 250 万年以来的 37 个气候旋回[J]. 科 学通报,1994, 39:1 494~1 496 [Ding Z L, Liu T S, Liu X M, et al. 37 climatic sequences since 2,500,000 yrs [J]. Chinese Science Bulletin, 1994, 39:1 494~1 496]
- 6 黄姜侬,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,1988,34:240~247[Huang JN, Fang JH, Shao JJ, et al. Study on the sediment age of the Xiashu Loess of the Nanjing[J]. Geological Review, 1988,34:240~247]
- 7 徐馨. 宁镇地区第四纪古环境 J]. 南京大学学报,1987,8:21~31 [Xu X. Quaternary paleoenvironment in the Ningzhen region [J]. Journal of Nanjing University,1987,8:21~31]
- 8 张建军,杨达源,陈曰友等. 长江中下游地区下蜀黄土磁化率曲线 与环境变迁J]. 沉积学报,2000,18:18~21[Zhang JJ,Yang D Y,Chen YY,*et al.* Magnetic curves of the Xiashu loess and the environment evolution in the middle and the lower reaches of the Yangtse River[J]. Acta Sedimentologica Sinica,2000,18:18~21]
- 9 徐馨,何才华,沈志达等编著.第四纪环境研究方法 M].贵阳.贵 州科技出版社,1992.89~104 [Xu X, He C H, Shen Z D. Method of Study on the Quaternary environment[M]. Guiyang: Science and Technology Press of Guizhou, 1992.89~104]
- 10 孙东怀, 鹿化煜, David Rea 等. 中国黄土粒度的双峰分布及其古 气候意义[J]. 沉积学报, 2000, 18(2):327~335[Sun D H, Lu H Y, David R, *et al*. Double-peak grain-size distribution of the loess in China and its paleoclimatic meaning[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(2):327~335]
- 11 鹿化煜,安芷生. 黄土高原黄土粒度组成的古气候意义[J]. 中国 科学(D辑), 1998 .3:278~283 [Lu H Y, An Z S. Paleoenvironment meaning in the grain size component in the Loess Plateau [J]. Science in China (Series D), 1998, 3:278~283]
- 12 Xiao J L , An Z S , Liu T S *et al*. East Asian monsoon variation during the last 130ka : evidence from the loess plateau of Central China and Lake Biwa of Japar[J]. Quaternary Science Reviews , 1999 , 18 : 147~157
- 13 辽宁省地质局水文地质大队. 辽宁第四纪 M].北京 地质出版社, 1983. 46~85 [Geology Group of Hydrology Geology in Liaoning Province. Quaternary Geology in Liaoning M]. Beijing Geology Publishing House, 1983. 46~85]
- 14 郑祥民,严钦尚,郭蓄民.长江三角洲南部晚更世晚期风成黄土 与地层 A].长江三角洲现代沉积研究[C].上海:华东师范大学 出版社,1987.76~91[Zheng X M,Yan Q S,Guo X M. Aeolian loess and stratigraphy of mid-Pleistocene in the south of the Yangtse

Delta, Study on the present sediment of the Yangtze Delta [M]. Shanghai Æast-China Normal University Press, 1987. 76~91]

- 15 李徐生,杨达源,鹿化煜等.皖南第四纪风尘堆积序列粒度特征 及其意义[J].海洋地质与第四纪地质,1997,17:73~81[LiX S,Yang DY,LuHY,*et al*.Grain-size characteristics of the Quaternary Aeolian sequence in south Anhui province and its climate meaning [J].Marine Geology and Quaternary Geology, 1997,17:73~81]
- 16 Oldfield F. Evironmental magnetism-Personal perspective J]. Quaternary Science Reviews, 1991, 10:73~83
- 17 Thompson R , Oldfield F. Environmental magnetism [M]. London : Goerge Allen & Uniwin , 1986
- 18 Maher B A, Thompson R. Mineral magnetic record of the Chinese loess and palaeoso[J]. Geology, 1991, 19:3~6
- 19 Heller F , Liu T. Palaeoclimate and sedimentary history from magnetic susceptibility of loess in China[J]. Geophysics Research Letters , 1986 , 13 : 1169~1172
- 20 李峰宇.下蜀黄土的岩石磁学特征 J].南京师范大学学报,1993, 16:44~50 [Li F Y. Magnetism of the Xiashu Loess [J]. Journal of Nanjing Normal University, 1993, 16:44~50]
- 21 Derbyshire E, Keen DH, Kemp RA, et al. Loess-Palaeosol sequence as records of palaeoclimatic variations during the last glacial-interglacial cycle: someproblems of correlation in north-central China[A]. In: Derbyshire E, ed. Wind blown sediments in the Quaternary record,

Quaternary Proceedings C]. Chichester ,UK : Wiley , 1995a , 4 :7 \sim 18

- 22 刘秀铭,刘东生,FHeller. 黄土频率磁化率与古气候冷暖变换 [J]. 第四纪研究,1990,1:42~49[Liu X M,Liu T S. Heller F. Palaeoclimatic changes and the frequency-dependent magnetic susceptibility of loess[J]. Quaternary Science, 1990,1:42~49]
- Huayu Lu, Xiaodong Liu, Fuqing Zhang *et al*. Astronomical calibration of loess-paleosol deposits at luochuan central Chinese Loess Plateau
 J. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1999, 154: 237~246
- 24 汪永进, Hai Cheng, 陆从伦. 南京汤山猿人洞穴碳酸盐沉积物的 电离质谱铀系年代[J]]科学通报, 1999, 44:1548~1551[Wang Y J, Hai C, Lu C L. TIMS dating of carbonate sediment from the Tangshan pithecanthrope cave, Nanjing, China [J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44:1548~1551]
- 25 尤玉柱,于汇历.东北地区史前人类的生存环境J].第四纪研究, 1989,8:142~159 [You Y Z, Yu H L. Prehistoric human living condition in the north-east of China[J]. China Quaternary Science, 1989,8:142~159]
- 26 朱诚,张建新,俞锦标.南京汤山猿人生存环境重建探讨[J].地 理科学,1998,18:433~441 [Zhu C, Zhang J X, Yu J B. Palaeoenvironmental reconstruction during the period of Nanjing ape mar[J]. Scientia Geographia Sinica,1998,18:433~441]

Sedimentological Record of Environmental Evolution in the Mid-Pleistocene in Ningzheng Area

ZHANG Qiang¹ ZHU Cheng¹ FANG Ying-san²

1 (Department of Urban & Resources Sciences , Nanjing 210093)

2 (Nanjing Museum , Nanjing 210000)

Abstract ESR dating, grain-size and magnetic susceptibility measurements indicated that there exists a great difference in properties between the Xiashu loess, a kind of aeolian sediments, and the loess in the north China. The evidence showed that there are more clay particles in the Xiashu loess. Kd, frequency-dependent susceptibility and other environmental indicators suggested 5 relatively warm and humid climatic periods in the mid-Pleistocene: 159~163ka ,192ka ,195~198ka ,203~230ka and 311~350ka. The first warmer climatic period was corresponding to the slightly relative warmer climatic period shawed in the deep-sea oxygen isotope (V21-146 hole) stages 6 and the 2nd, 3rd and 4th warmer climatic periods were corresponding to the warmer climatic event reflected by S2 and to the marine oxygen isotope stage 7. There existed a good relation between the four buried palaeosol layers of Laohushan Xiashu loess section and the four warm, humid climatic periods of the Jurong section. Paleolithic excavation shows a certain amount of stone implements in the 6 and 7 layer, indicating human activities at that time. Magnetic susceptibility and grain-size records suggested a warm and humid environment at that time, which was suitable for the human activity. And, this was in good agreement with the research result from pithecanthrope cave of Tangshan in Nanjing. The stone implements of the Miaohoushan culture in North-east China were similar in features to those from North China and Jurong Paleolithic site, probably suggesting that the channel of the Yangtze River used to lie in the south of Jurong, Ningzheng Region.

Key words Ningzheng region, mid-Pleistocene, magnetic susceptibility, grain-size, environmental evolution