

洛阳北窑遗址年代再研究*

杜水生^① 杨丽荣^② 刘富良^③ 丁仲礼^④

(^①北京师范大学历史学院,北京 100875; ^②西北大学地质系,西安 710069; ^③洛阳市文物工作队,洛阳 471000;

^④中国科学院地质与地球物理研究所新生代地质与环境重点实验室,北京 100029)

摘要 文章重新研究了洛阳北窑遗址的地层序列,并测定了黄土-古土壤序列的磁化率曲线,认为洛阳北窑遗址的年代从 MIS 7 延续到 MIS 2,光释光法测年和 ¹⁴C测年得出的数据也与这一结果吻合。其中 1998 年发掘的层位的年龄从 MIS 7 延续到 MIS 4 的早期,而不是先前所认为的从 MIS 5 延续到 MIS 3。

关键词 洛阳北窑 黄土旧石器 年代

中图分类号 K878 **文献标识码** A

1998年9月,洛阳市文物工作队在洛阳北郊北窑村发现了一处埋藏丰富的旧石器文化遗址,地理坐标为 34°42'24"N, 112°28'46"E (07T2 东南角的坐标)。原研究者认为文化层的年代范围正好跨越旧石器时代中晚期,相当于 MIS 5~3,距今约 10~3 万年^[1,2]。

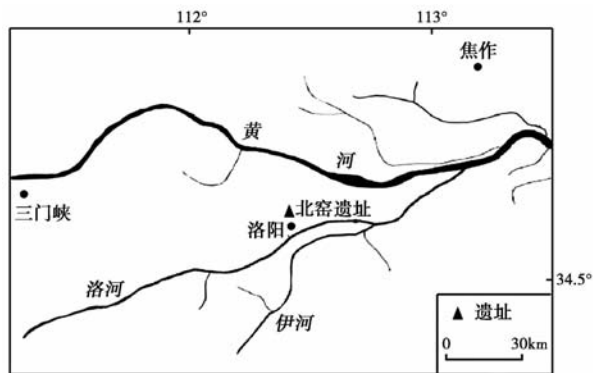


图1 洛阳北窑遗址地理位置图

Fig. 1 Schematic map showing location of the Beiyao site, Luoyang City

近 20 年来,研究旧石器时代中晚期文化过渡问题一直是一个广受国际学术界关注的前沿课题^[3-10],因为这一阶段正是现代人起源的关键时期。而关于现代人起源,国际上目前有两种不同的观点,一种观点认为分布在世界不同地区的现代人是当地早期的化石人类演化而来的,即所谓多地区起源说^[11,12];另一种观点认为大约距今 20 万年

前现代人在非洲出现,随后,逐渐扩散到世界各地并取代了当地的早期人类,称为单中心起源说或取代说^[13,14]。而就中国的情况来看,到目前为止,由于距今 10~3 万年间的遗址发现的非常少^[15],无论哪一种观点都需要发现更多的新材料来进一步佐证,因此,北窑遗址就显得非常重要了。

基于这样一种认识,2007 年 7~10 月和 2008 年 9~10 月,对洛阳北窑遗址进行了二次较大规模的考古发掘,采集了一套完整的石器标本以及黄土样品。但是在研究过程中发现,对遗址年代的研究和以往的结果存在一定的差异,为此,又进一步采集了光释光样品,现将研究结果公布。

1 地层的划分与对比

北窑遗址的地貌位置属于洛河的支流瀍河南岸的三级黄土堆积阶地,高于现代河床 20 多米。根据野外观察,遗址所在的黄土剖面发育良好,自上而下的地层为:

1. 耕土层与扰土层,厚 0.3~0.4m

2. 棕红色古土壤层,由上而下颜色逐渐变浅,显然其上半部被扰土层破坏。厚 0.55~0.65m

3. 浅黄色黄土,厚约 6.4~7.0m。根据黄土中含有两层薄层弱发育古土壤可以将土壤分为 5 个小层,各层均有少量旧石器发现

3-1. 黄土层,土壤中包含较多的碳酸盐菌丝体和钙质结核,厚 1.2~1.6m;

3-2. 古土壤,上部含较多的钙结合,下部红褐色,土质

第一作者简介:杜水生 男 45岁 副教授 旧石器时代考古学专业 E-mail:ssdu@bnu.edu.cn

* 国家自然科学基金项目(批准号:46072106)和中央高校基本科研业务费专项资金项目(批准号:2009AB-11)资助
2010-02-20 收稿,2010-09-01 收修稿稿

结构致密,成壤作用明显,但明显弱于第2层。厚0.8m;

3-3. 黄土,结构疏松多孔,含钙丝和钙质结核,厚0.9~1.2m;

3-4. 古土壤,土质结构致密成块状,中间有20cm土壤发育明显,厚0.8~1.0m;

3-5. 黄土,土质结构疏松,淡黄色,包含碳酸盐菌丝体和钙质结核,越往下部越多,厚2.4m。

4. 棕红色古土壤,发育有黑色钙锰胶膜,钙结核少见,出土大量旧石器,厚约2.2m

5. 浅黄色黄土,底部含钙结核,出土很少旧石器,厚约2.4m

6. 深灰黄色黄土,出土旧石器,厚约2.2m

7. 深棕红色古土壤,土壤呈鳞片状,黑色的铁锰胶膜发育,钙丝和钙结核非常少,出土大量旧石器,厚约2m

根据中国黄土-古土壤序列^[16-18],第2层作为一个古土壤层,在研究区域内虽被耕作层破坏,普遍缺失上半部,但从残留的下半部的岩性来看,土壤化十分强烈,估计为 S_0 ;第3层中的两层弱发育古土壤在新挖开的考古探方壁上能够清楚观察到,但是在自然风干的剖面上不易观察到,其土壤化程度明显弱于第2层,大概相当于马兰黄土中间MIS 3时期的两层弱发育古土壤;第4层和第7层,在研究区域内比较稳定,土壤发育程度与第2层相当甚至更为强烈,应该为 S_1 和 S_2 。

2 与典型剖面及深海氧同位素曲线对比

在考古发掘过程中,我们对上面描述的地层按照10cm等间距采集了黄土样品,在中国科学院地质与地球物理研究所沉积实验室测定了磁化率和粒度。图2为北窑剖面与研究程度较高并距其较近的段家坡剖面磁化率^[19]以及深海氧同位素曲线^[20]进行对比的结果。

从图2中可以看到,北窑遗址的黄土磁化率曲线与深海氧同位素曲线^[20]和段家坡剖面的磁化率曲线^[19]对应很好,北窑剖面的磁化率有3个一级峰值分别与野外观察的3层古土壤,即第2,4和7层相对应。其中,第2层的磁化率为 $169.8 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$,第4层为 $158 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$,第7层为 $224.5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 。第2和4层之间的第3层,野外观察有两个弱发育古土壤,磁化率曲线表现为两峰三谷,这两个次一级的磁化率峰值分别为 $99 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 和 $117 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$,明显小于3个一级峰值;而且这种两峰三谷的形态和黄土高原其他剖面上的马兰黄土即 L_1 的结构一致,也与深海氧同位素阶段2(MIS 2)至阶段4(MIS 4)的结构相同。因此,可以将第一个古土壤层即第2层确定为 S_0 ,第二个古土壤层即第4层确定为 S_1 ,中间为 L_1 ,而 L_1 中的两峰

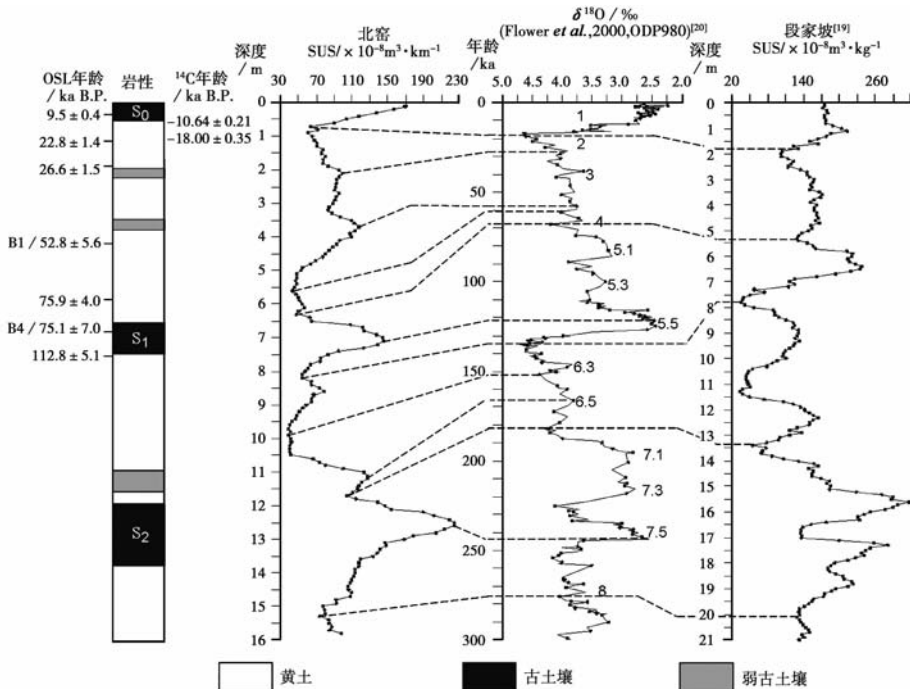


图2 洛阳北窑遗址黄土磁化率与段家坡剖面的黄土磁化率曲线^[19]和深海氧同位素曲线^[20]的对比

Fig. 2 Correlation of the profile of Beiyao and Duanjiapo with composite marine oxygen isotope record

夹一谷相当于 L_{15} 。

确定了 S_0 和 S_1 后,第三个古土壤层即第 7 层就应该是 S_2 ,夹在 S_1 与 S_2 之间的是第 5 和 6 层,相当于 L_2 或深海氧同位素阶段 6 (MIS 6),在段家坡剖面的磁化率曲线和深海氧同位素曲线上,也表现为两峰三谷,代表 L_2 时期有两层弱发育古土壤,这些在北窑剖面的磁化率曲线上都有反映。

在图 2 中,我们还发现,段家坡剖面的 S_1 和 S_2 与深海氧同位素曲线的阶段 5 (MIS 5) 和阶段 7 (MIS 7) 都表现为三峰两谷,而北窑剖面的 S_1 和 S_2 并没有表现,这可能是由于北窑遗址的地理位置比较特殊,古土壤发育时期沉积速率较低缘故。

总的来看,北窑遗址的黄土地层从 $S_2 \sim S_0$ 阶段发育良好,可以和黄土高原一些代表性剖面作对比。

3 用光释光和 ^{14}C 测年法确定北窑遗址的年代

为了确定遗址的年代,我们还是用光释光和 ^{14}C 测定了遗址的绝对年代。其中,光释光先后采集了两次共 7 个样品, ^{14}C 测定了两个数据,样品是地层中采集的蜗牛。

3.1 光释光方法

3.1.1 回授信号再生剂量法

通过观察,遗址剖面的第 4 层,棕红色古土壤,在遗址的周围分布比较稳定,故以此为标志层采集样品。我们在 07T2 探方壁上的这一层中采集了一个光释光样品编号为 a3,另在自然剖面上的同一层

古土壤中采集一个样品,编号为 B4; 在 B4 的上方黄土中采集一个样品,编号为 B1。

近几年来光释光年代学广泛应用于各种沉积和地层的测年^[21-30],我们采用回授信号再生剂量法^[21-23,25,26]测定上述样品。等效剂量测试在中国科学院地质与地球物理研究所光释光实验室完成。仪器为丹麦 Riso 实验室生产的 RisoTL/OSL 全自动释光仪。石英释光信号的激发光源为蓝光二极管(波长为 $470 \pm 30\text{nm}$)。光电倍增管前置两个 3mm 的 U-340 滤光片。辐射源为 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$,源强 0.091Gy/s 。

年代结果见表 1。实验剂量(test dose)为 10Gy,表 1 中样品 1,2,3 的实验室剂量依次为 0, 100Gy, 200Gy, 300Gy 和 100Gy; 0, 115Gy, 230Gy, 345Gy 和 115Gy; 0, 138Gy, 276Gy, 414Gy 和 138Gy。

表 1 中 3 个数据中,属于自然剖面的两个数据 B1 和 B4 与黄土-古土壤序列所反映的年代情况基本吻合。但是,比较异常的是属于探方剖面深度为 7.2m 的 a3 的数据,却小于处于自然剖面深度为 6.7m 的 B4 的数据。通过对遗址周围地貌的考察,我们发现,07T2 探方位于一个废弃的砖窑旁边,砖窑壁和探方壁只有 2.0m 多远,砖窑的长期烘烤可能影响了在探方壁上采集的光释光数据的准确性,因此,我们认为采用自然剖面上 B1 和 B4 这两个数据可能更可靠一些。

3.1.2 单片再生剂量法(SAR 法)

2009 年 11 月,我们又采集了 5 个样品,由国土资源部地下水矿泉水及环境监测中心用 SAR 光释光法进行测定,结果见表 2。

表 1 热释光年代数据表*

Table 1 Datum of OSL dating age

样品编号	野外编号	采样深度/m	U/ppm	Th/ppm	K/%	等效剂量(E. D)/Gy	年剂量(Dy)/Gy·ka ⁻¹	含水量/%	年龄/ka
1	B1	6.4	2.34	11.7	2.19	191±15	3.62±0.25	15	52.8±5.6
2	a3	7.2	2.88	14.1	2.26	272±20	4.04±0.27	15	67.2±6.7
3	B4	6.7	2.56	13.5	2.4	281±16	3.74±0.28	20	75.14±7.0

* 含水量误差范围取±5%; 宇宙射线误差为±0.02Gy/ka; α系数取 0.04

表 2 热释光年代数据表

Table 2 Datum of OSL dating age

样品编号	野外编号	采样深度/m	U/ppm	Th/ppm	K/%	等效剂量(E. D)/Gy	年剂量 Dy/Gy·ka ⁻¹	含水量/%	年龄/ka
10G-06	No.1	0.4	2.55	13.3	2.15	42.35±0.87	4.45	7.49	9.5±0.4
10G-07	No.2	1.1	2.40	10.7	1.76	86.74±4.00	3.80	4.93	22.8±1.4
10G-08	No.3	1.8	2.36	11.1	1.94	102.98±4.21	3.87	10.08	26.6±1.5
10G-09	No.4	5.9	2.26	10.8	1.76	276.55±9.44	3.64	7.13	75.9±4.0
10G-10	No.5	7.5	2.46	10.1	1.84	432.53±8.81	3.83	1.23	112.8±5.1

3.2 ^{14}C 测年法

^{14}C 数据在中国科学院地质与地球物理研究所核素与 ^{14}C 年代实验室测定,测定的材料是从地层中浮选的蜗牛,测定结果如表 3。

表 3 ^{14}C 年代数据表
Table 3 Datum of ^{14}C dating age

实验室 编号	野外 编号	采样深度 /m	测量 ^{14}C 年龄	$\delta^{13}\text{C}$ /aB. P.	校正年龄 /cal. aB. P. [31]
CN304	No. 2	1.2	14493±196	-6.2%	18000±350
CN305	No. 3	0.6	9065±127	-5.5%	10640±210

将上述几种方法的测年结果标注在图 2 后,可以看出结果十分吻合,剖面顶部古土壤即第 2 层中间光释光的年龄为 $9.5 \pm 0.4 \text{kaB. P.}$,底部的 ^{14}C 的年代为 $10640 \pm 210 \text{cal. aB. P.}$,说明第 2 层确为 S_0 ,这与我们根据磁化率对比所得出的结论相一致。而 S_0 下面两层发育较弱的古土壤即 3-2 和 3-4 层上下的 5 个数据则说明它们无疑属于 L_{15} 。第 4 层棕红色古土壤层上下一共有 3 个数据,虽然回授信号再生法和单片再生计量法测定的结果略有差异,但不影响我们将这层古土壤定为 S_1 。确定了 S_0 到 S_1 之间黄土古土壤序列后,剖面中最发育的第 7 层古土壤可以确定为 S_2 。

总之,通过对比分析黄土-古土壤序列断代法、热释光测年法和 ^{14}C 测年这 3 种方法得出来的年代数据,本文认为洛阳北窑遗址的年代大约为 20 万年左右延续到 1 万年左右,即从 S_2 延续到 S_0 ,而 1998 年发掘的层位相当于从 S_2 到 L_1 底部。

致谢 ^{14}C 样品年龄由中国科学院地质与地球物理研究所顾兆炎教授测定,特致谢忱;同时感谢审稿专家提出的重要修改意见。

参考文献 (References)

- 安亚伟,郭引强,周军等. 洛阳北窑发现旧石器遗址. 中国文物报,1999 年 1 月 27 日第 1 版
An Yawei, Guo Yinqiang, Zhou Jun. A paleolithic site discovered in Beiyao, Luoyang city. *China Culture Relics News*, 1999-1-27, the first edition
- 夏正楷,郑公望,陈福友等. 洛阳黄土地层中发现旧石器. 第四纪研究,1999,(3): 286
Xia Zhengkai, Zheng Gongwang, Chen Fuyou *et al.* Discovery of the Late Paleolithic site from the loess profiles at Beiyao, Luoyang, Henan Province. *Quaternary Sciences*, 1999,(3): 286
- 高星. 德日进与中国旧石器时代考古学的早期发展. 第四纪研

- 究,2003,**23**(4):379~384
Gao Xing. P. Teilhard de Chardin in the early stage of Paleolithic research in China. *Quaternary Sciences*, 2003,**23**(4):379~384
- 高星. 关于“中国旧石器时代中期”的探讨. 人类学学报,1999,**18**(1):1~16
Gao Xing. Discussion on middle paleolithic stage in China. *Acta Anthropologica Sinica*, 1999,**18**(1):1~16
- 杨晓燕,刘东生. 欧亚大陆的黄土带与旧石器早期人类活动. 第四纪研究,2008,**28**(6):978~987
Yang Xiaoyan, Liu Tungsheng. Eurasian loess belt and ancient human activities during the Early Paleolithic age. *Quaternary Sciences*, 2008,**28**(6):978~987
- 王社江,鹿化煜,张红艳等. 东秦岭南洛河中游地区发现的旧石器和黄土堆积. 第四纪研究,2008,**28**(6):988~999
Wang Shejiang, Lu Huayu Zhang Hongyan *et al.* A preliminary survey of Palaeolithic artifacts and loess deposit in the middle South Luohe River, Eastern Qinling Mountains, Central China. *Quaternary Sciences*, 2008,**28**(6):988~999
- 杜水生,刘富良,朱世伟等. 河南卢氏发现黄土旧石器. 第四纪研究,2008,**28**(6):1000~1006
Du Shuisheng, Liu Fuliang, Zhu Shiwei *et al.* Leossic Paleoliths from Lushi County, Henan Province. *Quaternary Sciences*, 2008,**28**(6):1000~1006
- 杜水生. 中国旧石器时代中期文化的年代问题. 华夏考古,2006,19~23
Du Shuisheng. On the dates of the middle paleolithic culture in North China. *Huaxia Archeology*, 2006,(3):19~23
- 杜水生. 中国北方旧石器时代晚期文化的分期分区及相关问题探讨. 考古学报,2007,(2):127~152
Du Shuisheng. Periodization, regionalization and other problem of Late Paleolithic culture in North China. *Acta Archeologica Sinica*, 2007,(2):127~152
- 王幼平. 织机洞的石器工业与古人类活动. 见:北京大学考古文博学院编. 考古学研究(七). 北京:科学出版社,2008. 136~148
Wang Youping. Paleolithic industry and human activity in Zhijidong site. In: School of Archaeology and Museology, Peking University ed. *Archeology Research (VII)*. Beijing: Science Press, 2008. 136~148
- Wolpoff M H, Wu X Z, Thorne A G. Modern *Homo sapiens* origins: A general theory of hominid evolution involving the fossil evidence from East Asia. In: Simith F H, Spencer F eds. *The Origin of Modern Human: Survey of the Fossil Evidence*. New York: Alan R. Liss Inc., 1984. 411~83
- 吴新智. 中国远古人类的进化. 人类学学报,1990,**9**(4):312~321
Wu Xinzh. The evolution of ancient Chinese people. *Acta Anthropologica Sinica*, 1990,**9**(4):312~321
- Cann R L, Stoneking M, Wilson A C. Mitochondrial DNA and human evolution. *Nature*, 1987,**325**:31~36
- Lahr M M. The multiregional model of modern human origin: A reassessment of its morphological basis. *Journal of Human Evolution*, 1994,**26**(1):23~56

- 15 杜水生. 华北北部旧石器文化. 北京: 商务印书馆, 2007. 15 ~ 85
Du Shuisheng. Paleolithic Culture in Northern North China. Beijing: The Commercial Press, 2007. 15 ~ 85
- 16 刘东生等著. 黄土与环境. 北京: 科学出版社, 1985. 251
Liu Tungsheng *et al.* Loess and the Environment. Beijing: Science Press, 1985. 251
- 17 丁仲礼, 刘东生. 中国黄土研究新进展(一)黄土地层. 第四纪研究, 1989, (1): 24 ~ 35
Ding Zhongli, Liu Tungsheng. Progresses of loess research in China (Part 1) loess stratigraphy. *Quaternary Sciences*, 1989, (1): 24 ~ 35
- 18 丁仲礼, 余志伟, 刘东生. 中国黄土研究新进展(三)时间标尺. 第四纪研究, 1991, (4): 336 ~ 348
Ding Zhongli, Yu Zhiwei, Liu Tungsheng. Progress in loess research (Part 3): Time scale. *Quaternary Sciences*, 1991, (4): 336 ~ 348
- 19 林本海, 刘荣谟. 最近 800ka 黄土高原夏季风变迁的稳定同位素证据. 科学通报, 1992, 37(18): 1691 ~ 1693
Lin Benhai, Liu Rongmo. Stable isotopic evidence of the summer monsoon evolution during the last 800ka in Chinese Loess Plateau. *Chinese Science Bulletin*, 1992, 37(18): 1691 ~ 1693
- 20 Flower P P, Oppo D W, McManus J F *et al.* North Atlantic intermediate to deep water circulation and chemical stratification during the past 1 Myr. *Paleoceanography*, 2000, 15(4): 388 ~ 403
- 21 Douglas G M, Nicklas G P, James D H *et al.* Age dating and orbital theory of the ice age: Development of high resolution 0 ~ 300, 000-years chronostratigraphy. *Quaternary Research*, 1987, 27: 1 ~ 29
- 22 Wang X L, Wintle A G, Lu Y C. Thermally transferred luminescence in fine-grained quartz from Chinese loess: Basic observations. *Radiation Measurements*, 2006, 41(6): 649 ~ 658
- 23 Wang X L, Lu Y C, Wintle A G. Recuperated OSL dating of fine-grained quartz in Chinese loess. *Quaternary Geochronology*, 2006, 1(2): 89 ~ 100
- 24 李晓妮, 卢演涛, 王旭龙. 洛川黄土细颗粒混合矿物红外释光信号异常衰减的初步研究. 第四纪研究, 2007, 27(4): 553 ~ 558
Li Xiaoni, Lu Yanchou, Wang Xulong. A preliminary study of anomalous fading of polymineral grain IRSL signals from the Luochuan loess. *Quaternary Sciences*, 2007, 27(4): 553 ~ 558
- 25 Sumiko Tsukamoto, Duller G A, Wintle A G. Characteristics of thermally transferred optically stimulated luminescence (TT-OSL) in quartz and its potential for dating sediments. *Radiation Measurements*, 2008, 43: 1204 ~ 1218
- 26 Wang X L, Wintle A G, Lu Y C. Testing a single-aliquot protocol for recuperated OSL dating. *Radiation Measurements*, 2007, 42(3): 380 ~ 391
- 27 赖忠平. 基于光释光测年的中国黄土中氧同位素阶段 2/1 和 3/2 界限位置及年代的确定. 第四纪研究, 2008, 28(4): 883 ~ 891
Lai Zhongping. Locating and dating the boundaries of MIS 2/1 and 3/2 in Chinese loess using luminescence techniques. *Quaternary Sciences*, 2008, 28(4): 883 ~ 891
- 28 张家富, 莫多闻, 夏正楷等. 沉积物的光释光测年和对沉积过程的指示意义. 第四纪研究, 2009, 29(1): 23 ~ 33
Zhang Jiafu, Mo Duowen, Xia Zhengkai *et al.* Optical dating of sediments from China and its implication for depositional processes. *Quaternary Sciences*, 2009, 29(1): 23 ~ 33
- 29 何忠, 周杰, 赖忠平等. 石英光释光测年揭示的晚第四纪毛乌素沙地演化. 第四纪研究, 2009, 29(4): 744 ~ 754
He Zhong, Zhou Jie, Lai Zhongping *et al.* Late Pleistocene sand dune development and climatic changes in the Mu Us Desert, China based on luminescence dating. *Quaternary Sciences*, 2009, 29(4): 744 ~ 754
- 30 李国强, 赵晖, 文星等. 钾长石矿物在全新世样品光释光测年中的应用与校正问题. 第四纪研究, 2010, 30(1): 54 ~ 61
Li Guoqiang, Zhao Hui, Wen Xing *et al.* IRSL dating and correction for Holocene samples with K-feldspar. *Quaternary Sciences*, 2010, 30(1): 54 ~ 61
- 31 Hughen K, Lehman S, Southon J *et al.* ^{14}C Activity and global carbon cycle changes over the past 50,000 years. *Science*, 2004, 303: 202 ~ 207

RE-EXAMINATION OF THE AGE OF BEIYAO SITE, LUOYANG CITY

Du Shuisheng^① Yang Lirong^② Liu Fuliang^③ Ding Zhongli^④

(^①History Department of Beijing Normal University, Beijing 100875; ^②Geology Department of North Western University, Xi'an 710069; ^③Luoyang Cultural Relics Bureau, Luoyang 471000; ^④Key Laboratory of Cenozoic Geology and Environment, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract

Beiyao Site is situated in the third sequence of Chanhe river, one branch of Luohe river. There are more than 20 meters loess-paleosol formation which contains a large number of stone artifacts pile up along the southern bank of Chanhe river. Based on field observations, the well-developed loess formation in the site is described top-down as follows:

1. Tillage soil and disturbance of soil, with thickness of 0.3 ~ 0.4m.
2. Brown-red paleosol layers, faded from top to bottom, it is obvious that the upper half was destroyed, with

thickness of 0.55 ~ 0.65m.

3. Pale yellow loess, with thickness of 6.4 ~ 7.0m. According to two weakly developed soils, the layer can be divided into five smaller layers, contain a few stone artifacts.

3-1. Loess layer, the soil contains more calcium silk and calcium nodules, thickness is 1.2 ~ 1.6m;

3-2. paleosol, the upper part contain more calcium nodules, the lower part is reddish-brown, dense soil structure, but clearly weaker than the first two layers. 0.8m in thickness;

3-3. Loess, porous structure, contain calcium silk and calcium tuberculosis, with thickness of 0.9 ~ 1.2m;

3-4. paleosol, soil structure is dense block, there is 20cm of clear developed soil in the middle, thickness is 0.8 ~ 1.0m;

3-5. Loess, loose structure, light yellow, and containing calcareous silk and calcium nodules in the lower part, 2.4m thick;

4. The red-brown paleosol, Fe-Mn film developed, calcium tuberculosis is rare, unearthed a large number of stone artifacts, with thickness of 2.2m.

5. Pale yellow loess, there are calcium tuberculosis in the bottom, few stone artifacts were unearthed, with thickness of 2.4m.

6. Dark greyish yellow loess, unearthed stone artifacts, with thickness of 2.2m.

7. Dark brown red paleosol, the best-developed soils, scaly structure, black Fe-Mn film developed, unearthed a large number of stone artifacts, a thickness of 2.0m.

In the course of archaeological excavations, we collected a set of loess samples with 10cm spacing, measured magnetic susceptibility and grain size data in the Sedimentary Laboratory of Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences. Fig. 2 is the spliced magnetic susceptibility data of Beiyao section compared with Duanjiapo section and deep-sea oxygen isotope curves.

From Fig. 2 we can see that loess magnetic susceptibility curve of Beiyao section corresponds to Duanjiapo section and deep-sea oxygen isotope curve. First of all, the magnetic susceptibility of Beiyao section has 3 peaks, which is respectively $169.8 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$, $158 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ and $224.5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. There are also three peaks in Duanjiapo section and deep-sea oxygen isotope curve. Secondly, the morphology of Beiyao curve has two-peaks-three-valleys structure between the first and second peaks, second and third peaks. The same pattern is also present in Duanjiapo section and marine isotope curve, so we can correspond three peaks respectively to S_1 , S_2 , S_3 or Layer 2, 4, and 7 in field section.

In addition to collecting loess samples, we also collected seven thermoluminescence samples and two ^{14}C samples (see Tables 1, 2 and 3), all data support the conclusions of the above (see Fig. 2).

Overall, the loess section in Beiyao site can be correlated with the other representative section in the Loess Plateau and contains S_0 , L_1 , S_1 , L_2 and S_2 .

Key words Beiyao Site, age, loessic paleolithic