

# 泥河湾盆地岑家湾旧石器遗址的古地磁定年\*

王红强<sup>①②</sup> 邓成龙<sup>①</sup> 朱日祥<sup>①\*\*</sup> 谢 飞<sup>③</sup>

(① 岩石圈演化国家重点实验室, 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;

② 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; ③ 河北省文物研究所, 石家庄 050000)

**摘要** 通过对泥河湾盆地岑家湾旧石器地点进行的岩石磁学和磁性地层学研究表明, 岑家湾湖相沉积剖面的磁性矿物和剩磁载体是以磁铁矿为主; 少数时段沉积物含有磁铁矿和赤铁矿两种磁性矿物, 这类沉积物的特征剩磁是由磁铁矿和赤铁矿共同携带的. 磁组构测定证实了岑家湾剖面保存了原始沉积特征, 适合于磁性地层学研究, 其结果表明岑家湾旧石器地点的时代稍晚于 Punaruu 地磁漂移事件发生的时间(1.1 Ma). 结合东谷坨、马圈沟和小长梁剖面的研究结果, 可以确定早期人类在 1.6, 1.3 和 1.1 Ma 前后都在泥河湾地区生活过, 这一结果对认识早期人类迁徙与适应环境的能力是很有意义的.

**关键词** 泥河湾盆地 早更新世 岑家湾 旧石器遗址 古地磁

早期人类走出非洲、途经西亚到达东亚以后, 他们是如何占据东亚、并适应东亚高纬度地区严酷的气候环境等问题一直是学术界关注的热点<sup>[1-4]</sup>. 东北亚地区旧石器年代的确定不但有助于认识古人类在这一地区出现的时代, 而且关系到人类起源和迁移的整体框架的建立<sup>[1-8]</sup>. 对西亚格鲁吉亚的德玛尼西(Dmanisi)地点含人类化石地层进行的磁性地层学、<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar年代学和生物地层学研究表明, 德玛尼西人类遗址的时代大约距今 1.75 Ma. 最近, 利用岩石磁学、磁性地层学、生物地层学以及岩石地层学等综合

研究手段, 在确定泥河湾旧石器遗址年代方面取得了显著的进展, 先后确定了小长梁、马圈沟和半山旧石器地点的年代, 并提供了古人类在距今 1.6 和 1.3 Ma前后在泥河湾盆地活动的证据<sup>[2,4]</sup>. 对马圈沟遗址的研究表明东北亚地区最古老的古人类活动遗址只略微年轻于西亚格鲁吉亚的德玛尼西遗址<sup>[4]</sup>. 这些研究在一定程度上说明, 早期人类祖先的一支在大约 1.75 Ma前成为第一批跨越大陆的迁徙者, 当时他们离开了格鲁吉亚的黑海岸边, 留下了一些头骨和石器. 随后, 这些远古的先民们以较快的速度迁徙, 穿

收稿日期: 2005-03-22; 接受日期: 2005-11-23

\* 国家自然科学基金资助项目(批准号: 20414930, 40221402)

\*\* 联系人, E-mail: rxzhu@mail.igcas.ac.cn

越亚洲大陆到达华北地区,尤其在泥河湾盆地留下了丰富的活动遗迹<sup>[4]</sup>. 现在的问题是,这些远古的先民们在泥河湾地区生活了多长时间?他们是否一直在该地区连续繁衍生息?他们是如何适应这里高纬度地区严酷的自然环境?他们什么时候、为什么离开这里远走他乡?迄今,在泥河湾盆地已发现的 40 余处旧石器遗址,为认识这些问题提供了良好的研究材料(图 1)<sup>[9]</sup>.

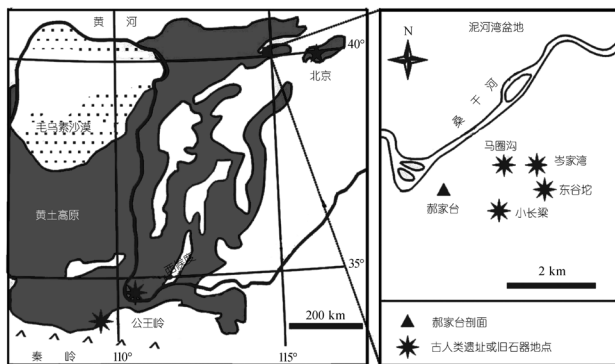


图 1 泥河湾盆地岑家湾旧石器遗址位置图

岑家湾旧石器地点是泥河湾盆地内与小长梁、马圈沟和半山等遗址密切相关的另一个旧石器时代早期遗址<sup>[10]</sup>. 谢飞等<sup>[10,11]</sup>曾对该旧石器地点的石制品进行了较为详细的研究,但由于缺乏适合进行同位素测年的火山灰等物质,对该石器地点的年代问题一直存在争议.在对马圈沟旧石器地点研究的基础上<sup>[4]</sup>,本文对岑家湾旧石器地点进行详细的磁性地层学研究,与邻近的马圈沟剖面的结果进行对比,以确定该旧石器地点的时代.

## 1 地质背景与样品采集

泥河湾盆地是位于河北省西北部的一个山间断陷盆地,发育较厚的晚新生代湖相地层,在湖盆边缘夹河流相沉积物,地层中含丰富的哺乳动物、软体动物及植物孢粉化石.晚更新世泥河湾古湖消失后,由于桑干河及其支流的冲刷作用,湖相地层被切割出露,尤其是在盆地东部,出露厚度可达 130 m.早期的古生物研究表明,泥河湾动物群可与欧洲早更新世维拉方动物群对比<sup>[12]</sup>.近年来的研究表明,泥河湾

湖相地层中含有从上新世晚期到晚更新世各个时期的哺乳动物化石<sup>[13]</sup>,也就是说它是跨越上新世和更新世的一套河湖相沉积物<sup>[4,14]</sup>.

岑家湾旧石器地点(40°14'N,114°40'E)位于阳原县大田洼乡岑家湾村南约 150 m 处,在岑家湾通往东谷坨村的小路西侧,北距桑干河约 500 m,南距东谷坨旧石器地点约 1 km,西距马圈沟旧石器地点约 500 m<sup>[10]</sup>.该石器地点发现于 1984 年,埋藏于距地表 1.8~2 m 的棕红色黏土层中.谢飞等分别在 1986 和 1992 年进行了两次发掘<sup>[10,11]</sup>,共出土石制品 1383 件,哺乳动物化石 257 件.石制品中主要为残片和断块,共 1136 件,占总数 82.1%;其余是石片 178 件(12.9%),石核 36 件(2.6%),石器 33 件(2.4%)<sup>[10,11]</sup>.石器类型单一,全部为刮削器(图 2).随石制品一起出土的哺乳动物化石种类少,且极破碎,无法鉴定到种,难以提供判断时代的依据<sup>[10]</sup>.

为确定岑家湾石器地点的时代,我们选择通过谢飞等<sup>[10,11]</sup>发掘坑的一条厚度约 28 m 剖面作为磁性地层学的研究对象.该剖面的岩性主要为粉砂质黏土,在剖面底部有厚约 0.5 m 的粗砂层(26.2~26.7 m).为了消除风化作用和人类活动的影响,在采集古地磁样品之前,先开挖了 30~50 cm 深的探槽,以保证原生的新鲜沉积物出露.然后按 0.15~0.2 m 的间隔采集截面约为 5 cm × 5 cm 的古地磁定向大样共计 168 块,在室内将这些大样加工成 2 cm × 2 cm × 2 cm 的平行样品两套,用于岩石磁学和磁性地层学研究.

## 2 采样剖面沉积物原生性的检验

采样剖面自形成以来是否经历过构造运动或人类活动的影响,对于能否获得可靠的磁性地层结果是至关重要的.为了检验岑家湾剖面的稳定性,在对样品进行退磁处理之前,利用捷克 AGICO 公司制造的 KLY-3S 型旋转卡帕桥测量了样品的磁化率各向异性(AMS).结果显示样品的磁面理普遍大于磁线理,表明磁化率椭球体是压扁状的(图 3(a))<sup>[15]</sup>.同时,磁化率椭球体的最小轴接近于地层层面的垂直方向,而最大轴近似平行于地层面且方位角随机分布(图 3(b)),这种磁组构特征表明岑家湾剖面沉积物保

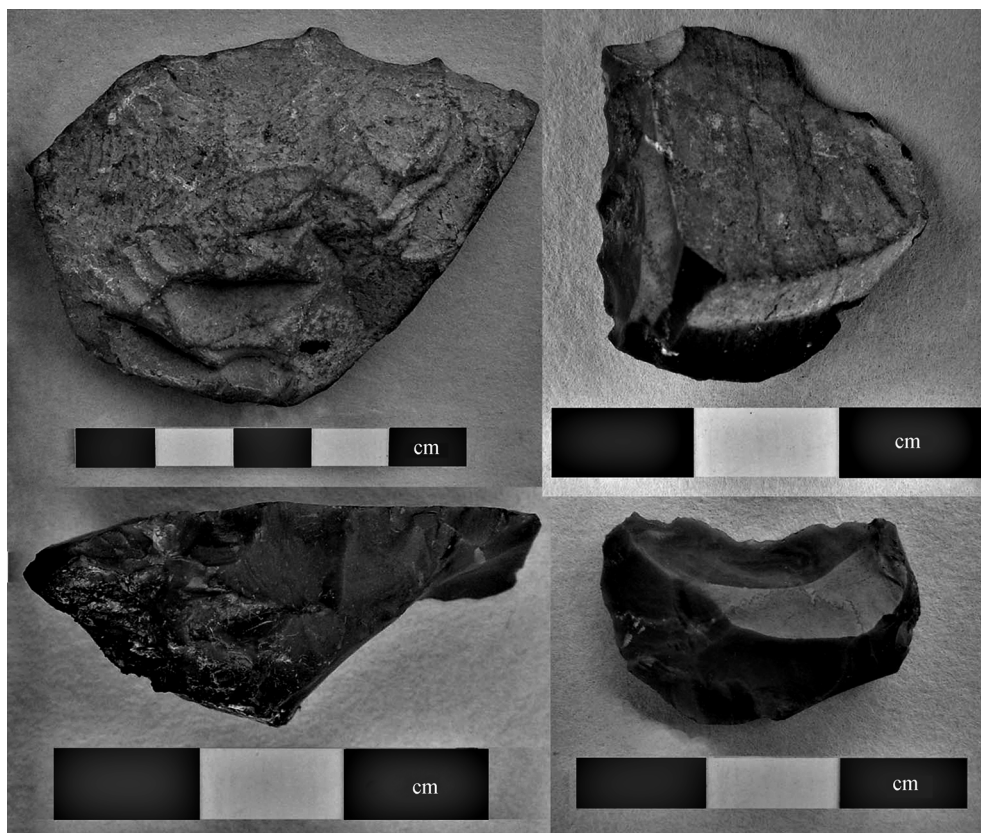


图2 岑家湾遗址出土的刮削器

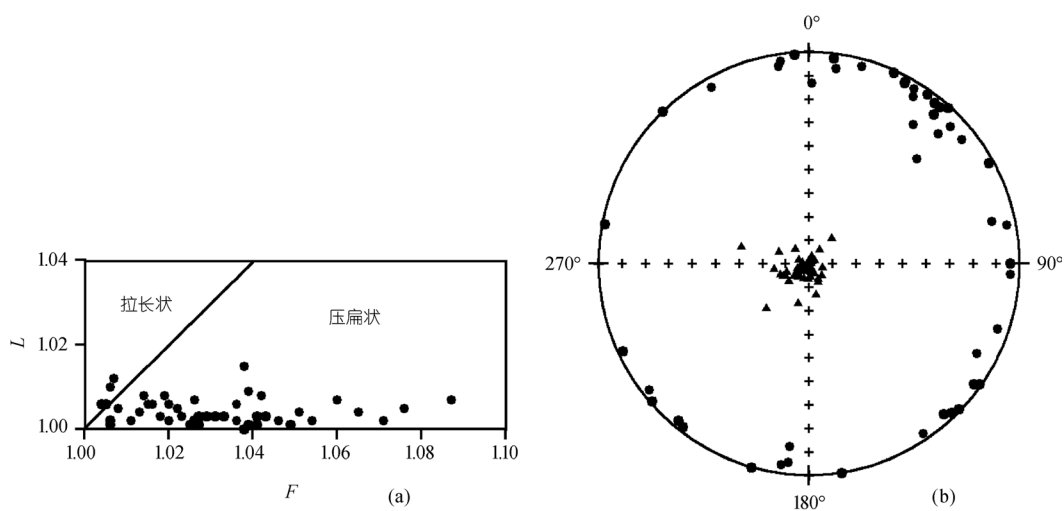


图3 磁面理( $F$ )与磁线理( $L$ )的关系图(a)、磁化率椭球体最大轴(●)和最小轴(▲)的等面积投影(b)

持了原始的沉积状态,即自形成以来未受构造作用等物理扰动<sup>[16]</sup>。这说明该剖面具备开展磁性地层学研究的基本条件。

### 3 磁化率随温度变化与剩磁特征

认识古地磁样品所含磁性矿物种类、含量和粒度,对于获得可靠的数据是很重要的<sup>[17,18]</sup>。我们使用 KLY-3S 型卡帕桥及其 CS-3 温度控制系统,测量了岑家湾剖面不同层位沉积物的磁化率随温度的变化特征( $\kappa$ - $T$ 曲线)。为防止样品在加热过程中发生氧化,样品在氩气环境中加热。如图 4 所示,大多数样品的磁化率在加热温度达到 580°C 左右时基本降为零(图 4 (a1)~(c1)),表明这些样品的磁性矿物以磁铁矿为主;300°C~400°C 之间磁化率的降低(图 4(c)),可能由于加热过程中亚稳态的磁赤铁矿向赤铁矿的转变引起<sup>[19,20]</sup>。也有少数样品在加热温度为 500°C~580°C 时磁化率有一个显著的下降,但并不为零;直到加热温度达到 680°C 时磁化率才降至零(图 4(d)),这说明磁铁矿和赤铁矿存在于这些样品中。我们在东谷坨、小长梁和马圈沟也得出与此相似的结果,表明这四地的沉积环境是相似的。

根据岑家湾剖面沉积物磁化率随温度变化特征,我们对所有样品进行了系统热退磁处理。热退磁及剩磁的测量都是在零磁环境中(<300 nT)进行,热退磁使用英制 MMTD60 和 MMTD80 热退磁仪,剩磁的测量用 2G-755R 型超导磁力仪,所有实验都是在中国科学院地质与地球物理研究所古地磁实验室完成。系统热退磁过程以 10°C~50°C 为间隔,分 12~20 步进行;最高加热温度为 585°C 或 680°C。

岑家湾剖面沉积物的天然剩磁强度分布在 0.25~39.95 mA·m<sup>-1</sup> 之间,168 块样品的平均强度为 4.68 mA·m<sup>-1</sup>。大多数样品当加热温度达到 250°C 或 300°C 时,即可消除掉黏滞剩磁等软磁成分,获得单一稳定的剩磁分量,在正交投影图上表现为方向基本不变;这些样品的剩磁解阻温度在 580°C 左右,也就是说剩磁强度随加热温度逐渐衰减,并在 585°C 趋向于原点(图 4 (a)~(c))。我们认为加热到 250°C 或 300°C 之后分离出的剩磁分量就是特征剩磁。值得注意的是,还有部分样品当加热温度到达 250°C 或 300°C

之后,显示了两个稳定的剩磁方向,其一是在 250°C~300°C 至 610°C 之间,另一个是在 610°C~670°C 之间。这两个分量分别是由磁铁矿和赤铁矿携带的(图 4 (d)),这与磁化率随温度变化特征也是一致的。两种剩磁成分的方向相近,都可能代表原生剩磁(图 4 (d))。

对所有系统热退磁结果的分析采用了主成分分析法<sup>[21]</sup>。在分析过程中,至少要有 4 个实验点,并且最大角偏差必须小于 15 度。根据这样的选择标准,在岑家湾剖面系统热退磁处理的 168 块样品中有 126 块(占 75%)获得可靠的特征剩磁分量,并计算了与特征剩磁分量对应的虚地磁极(VGP)纬度(图 5)。由图 5 可见,岑家湾剖面记录的地磁场方向总体为负极性,但分别在 3.5~4.5 m 和 10~13 m 记录了两次短极性地磁漂移事件,我们标注为 e1 和 e2(图 5)。

### 4 讨论与结论

岑家湾剖面沉积物的磁化率随温度变化与剩磁特征表明,该剖面大部分沉积物的主要磁性矿物和剩磁载体是磁铁矿;部分层位沉积物中含有磁铁矿和赤铁矿两种主要磁性矿物,这两种磁性矿物都携带了稳定的剩磁成分,且两种剩磁成分的方向相近,都可能代表原生剩磁,对盆地西部湖相沉积物的岩石磁学研究也表明了这一点<sup>[22]</sup>。采用任何一个方向或两者的平均方向对于确定该层位的极性方向没有影响。

根据磁组构的测定,岑家湾剖面基本保持了原始沉积状态,适合于磁性地层学研究。现在的问题是岑家湾剖面记录的地磁场基本是负极性,很难将这一结果与地磁极性年表进行直接对比。那么,我们能不能将岑家湾剖面的磁性地层结果与小长梁、洞沟、马圈沟、郝家台或东谷坨等剖面的结果进行比较?为了解决这一问题,我们对岑家湾和马圈沟两个剖面进行了详细的野外地层对比。马圈沟剖面由分别位于马圈沟两侧边坡上的上、下两段小剖面组成,剖面的主体为下段(自 21.5 m 到底部),下段可进一步分为地表露头(21.5~75.2 m)和井下段(75.2 m 到底部)两部分<sup>[4]</sup>。马圈沟剖面下段地表露头所在的边坡与岑家湾剖面所在边坡的顶部基本处于同一高度,两处边坡相距仅约 500 m,边坡上都发育一套灰绿色和灰黄

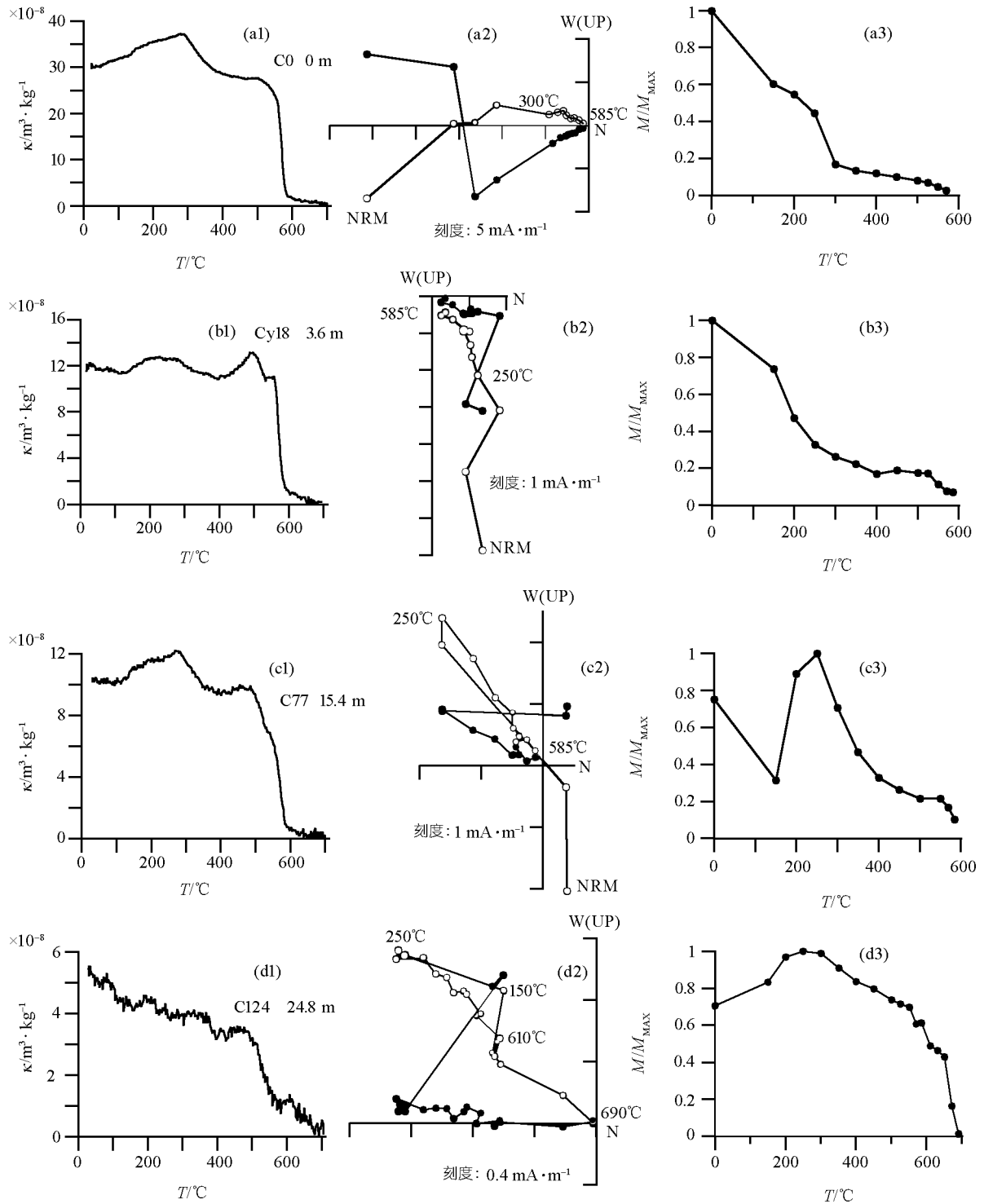


图 4 岑家湾剖面代表样品的系统退磁矢量正交投影图(实心圆和空心圆分别代表水平和垂直投影)及磁化率( $\kappa$ )与温度( $T$ )关系曲线(加热曲线)



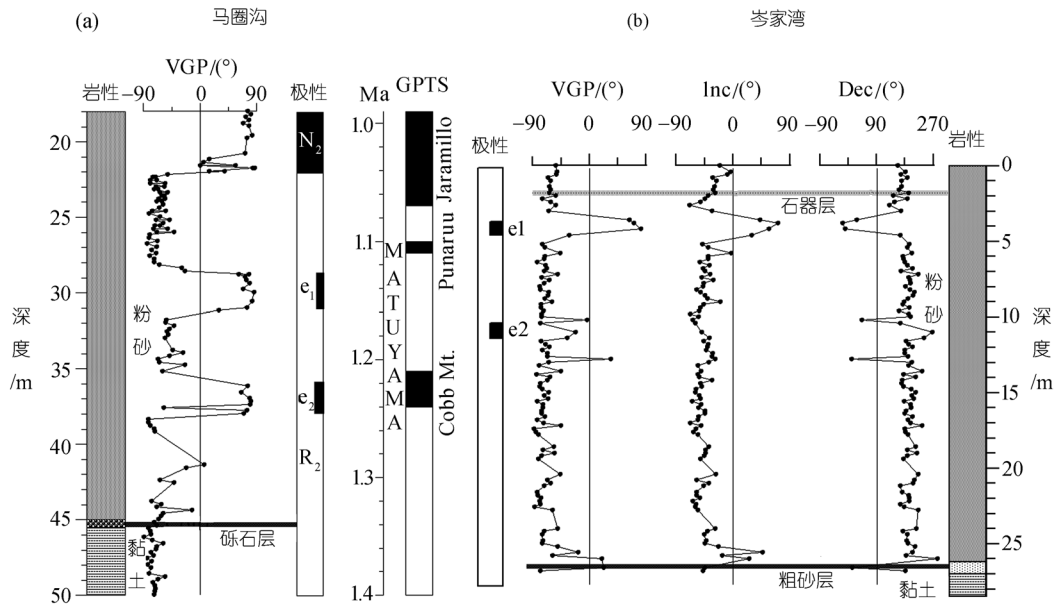


图 5 岑家湾与马圈沟两个剖面的岩石地层和磁性地层序列对比

色粉砂互层的湖相沉积, 沉积层都近水平, 且没有明显的构造扰动或相对运动. 因此, 岑家湾剖面基本可以和马圈沟剖面下段上部的一套灰绿色和灰黄色粉砂互层的沉积物对比. 通过开挖探槽发现岑家湾剖面灰绿色和灰黄色粉砂沉积之下、约 26.5 m 深度处有一厚 0.5 m 左右的粗砂层, 再往下是一套灰绿色、灰黄色黏土, 而在马圈沟剖面下段上部, 灰绿色和灰黄色粉砂沉积之下、45 m 深度处为一层厚 0.5~1 m 的典型的砂砾石层, 这一层砂砾石层在区域范围内可以追踪, 在郝家台剖面下部相变为砾石层, 在岑家湾剖面底部则相变为粗砂层, 马圈沟剖面的砂砾石层以下也是一套灰绿色、灰黄色黏土. 也就是说, 在岩石地层学框架的控制下, 我们可以将岑家湾剖面的磁性地层结果与马圈沟剖面对应层位的磁性地层结果进行对比(图 5).

虽然两个剖面之间缺乏可以直接对地层进行精确对比的野外标志层, 但是, 我们的磁性地层结果为这一问题提供了很好的解决方案. 具体地说, 岑家湾剖面的沉积时代介于 Olduvai 和 Jaramillo 极性亚时之间的负极性带的上部, 岑家湾剖面两个短极性磁漂移事件 e1 和 e2 对应于马圈沟剖面记录的短极性磁漂移事件 e1 和 e2(图 5). 根据朱日祥等的研究结果

[4], 马圈沟剖面的 e1 和 e2 漂移事件分别对应于 Singer 等 [23] 确定的 Punaruu 和 Cobb Mountain 极性事件. 岑家湾剖面 1.8~2 m 处的石器层位于该剖面记录的短期地磁漂移事件 e1 之上 1.3 m 处. 根据 Singer 等 [23] 的  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  测年结果, Punaruu 极性磁漂移事件发生的年代为  $1.105 \pm 0.005$  Ma. 由此可见, 岑家湾旧石器地点的时代约为距今 1.1 Ma, 与东谷坨旧石器地点的时代相当 [24]. 谢飞等也认为岑家湾石器层的时代与小长梁和东谷坨石器层的时代相当 [11].

上世纪 90 年代以前, 除蓝田人之外, 在中国发现的早更新世直立人化石或石器地点的时代一直存在较大争议. 相比之下, 在非洲发现的早更新世直立人化石和石器地点的时代有比较可靠的  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年代学数据, 认为其时代范围在距今 1.8~1.4 Ma 之间 [25]. 一些学者认为, 直立人大约在 2.0~1.8 Ma 前首先在非洲出现, 然后在大约 1.0 Ma 左右扩散到欧亚大陆. 位于北纬  $40^\circ$  格鲁吉亚德玛尼西 1.75 Ma 直立人化石和石器的发现证实了古人类走出非洲的时间比以前认为的要早得多 [26,27]. 对泥河湾盆地马圈沟石器地点的研究进一步表明, 古人类在距今 1.66 Ma 已经到达亚洲东北部、同样位于北纬  $40^\circ$  的泥河湾盆地 [4]. 也就是说, 早期人类在泥河湾盆地和格鲁吉亚的德玛尼西

出现的时间仅相差9万年。这表明人类在早更新世以较快的速度迁徙,并且能够适应高纬度地区气候复杂多变的温带草原环境。结合本文的研究结果可知,早期人类自从距今大约1.7 Ma到达泥河湾盆地之后,他们在这里留下了一系列旧石器遗址,现在可以确定时代的分别是马圈沟-III(1.66 Ma)、马圈沟-II(1.64 Ma)、马圈沟-I(1.55 Ma)<sup>[4]</sup>、小长梁(1.36 Ma)<sup>[2]</sup>、半山(1.32 Ma)<sup>[4]</sup>、东谷坨(1.1 Ma)<sup>[24]</sup>和岑家湾(1.1 Ma)等等。在方圆约1平方公里的范围内存在如此众多的一百多万年前旧石器地点,表明早期人类在这里的活动十分频繁,在1.6、1.3和1.1 Ma前后都有人类生活在泥河湾盆地。蓝田直立人化石(1.15 Ma)<sup>[4]</sup>和西侯度旧石器地点(1.27 Ma)<sup>[3]</sup>的存在表明,早期人类在早更新世已经在华北广阔的地区进行迁徙、并在不同气候环境下生存。

**致谢** 对中国科学院地质与地球物理研究所古地磁、年代学和生物地磁实验室全体同仁给予的热情指导和帮助,特此致谢。

## 参 考 文 献

- An Z S, Ho C K. New magnetostratigraphic dates of Lantian *Homo erectus*. *Quat Res*, 1989, 32: 213~221
- Zhu R X, Hoffman K A, Potts R, et al. Earliest presence of humans in northeast Asia. *Nature*, 2001, 413: 413~417[DOI]
- Zhu R X, An Z S, Potts R, et al. Magnetostratigraphic dating of early humans in China. *Earth-Science Reviews*, 2003, 61: 341~359[DOI]
- Zhu R X, Potts R, Xie F, et al. New evidence on the earliest human presence at high northern latitudes in northeast Asia. *Nature*, 2004, 431: 559~562[DOI]
- Swisher III C C, Curtis G H, Jacob T, et al. Age of the earliest known hominids in Java, Indonesia. *Science*, 1994, 263: 1118~1121
- 袁宝印, 朱日祥, 田文来, 等. 泥河湾组的时代、地层划分和对比问题. *中国科学, D辑*, 1996, 26(1): 67~73
- Larick R, Ciochon R L, Zaim Y, et al. Early Pleistocene <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar ages for Bapang Formation hominins, Central Java, Indonesia. *PNAS*, 2001, 98(9): 4866~4871[DOI]
- Anton S C, Swisher C C. Early dispersal of *Homo* from Africa. *Annu Rev Anthropol*, 2004, 33: 271~296[DOI]
- 夏正楷. 泥河湾层的研究现状和展望. *第四纪研究*, 2001, 21(3): 262~269
- 谢飞, 成胜泉. 河北阳原岑家湾发现的旧石器. *人类学学报*, 1990, 9(3): 265~272
- 谢飞, 李珺. 岑家湾旧石器时代早期文化遗迹及地点性质的研究. *人类学学报*, 1993, 12(3): 224~234
- Barbour G B, Licent E, Teilhard de Chardin P. Geological study of the deposits of the Sangkanho basin. *Bull Geol Soc China*, 1926, 5(2~4): 263~278
- 卫奇. 泥河湾盆地考古地质学框架. 见: 童永生, 等编. 演化的实证——纪念杨钟健教授百年诞辰论文集. 北京: 海洋出版社, 1997. 193~207
- 杜恒俭, 蔡保全, 马安成, 等. 泥河湾地区晚新生代生物地层带. *地球科学—中国地质大学学报*, 1995, 20(1): 35~42
- Jelinek V. Statistical processing of anisotropy of magnetic susceptibility measured on groups of specimens. *Studia Geoph Et Geod*, 1978, 22: 50~62[DOI]
- Zhu R X, Coe R S, Zhao X X. Sedimentary record of two geomagnetic excursions within the last 15000 years in Beijing, China. *J Geophys Res*, 1998, 103(B12): 30323~30333[DOI]
- Zhu R X, Lin M, Pan Y X. History of the temperature-dependence of susceptibility and its implications: Preliminary results along an E-W transect of the Chinese Loess Plateau. *Chinese Sci Bull*, 1999, 44(supp.): 81~86
- 朱日祥, 郭斌, 潘永信, 等. 甘肃灵台黄土剖面记录地球磁场长期变化的可靠性探析. *中国科学, D辑*, 2000, 30(3): 324~330
- Florindo F, R Zhu, B Guo, et al. Magnetic proxy climate results from the Duanjiapo loess section, southernmost extremity of the Chinese loess plateau. *J Geophys Res*, 1999, 104: 645~659[DOI]
- Deng C, R Zhu, K L Verosub, et al. Mineral magnetic properties of loess/paleosol couplets of the central loess plateau of China over the last 1.2 Myr. *J Geophys Res*, 2004, 109, B01103, doi: 10.1029/2003JB002532
- Kirschvink J L. The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. *Geophys J R Astr Soc*, 1980, 62: 699~718
- 王喜生, Løvlie R, 苏朴. 许家窑泥河湾沉积物的岩石磁学性质. *中国科学, D辑*, 2002, 32(4): 271~278
- Singer B S, Hoffman K A, Chauvin A, et al. Dating transitionally magnetized lavas of the late Matuyama Chron: Toward a new <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar timescale of reversals and events. *J Geophys Res*, 1999, 104(B1): 679~693[DOI]
- Wang H Q, Deng C L, Wei Q, et al. Magnetostratigraphy dating of the Donggutuo and Maliang Paleolithic sites in the Nihewan Basin, North China. *Quat Res*, 2005, 64: 1~11[DOI]
- 刘武. 直立人研究进展及中国直立人起源与演化的一些问题. *人类学学报*, 2004, 23(增刊): 1~11
- Gabunia L, Vekua A, Lordkipanidze D, et al. Earliest Pleistocene hominid cranial remains from Dmanisi, Republic of Georgia: taxonomy, geological setting, and age. *Science*, 2000, 288: 1019~1025[DOI]
- Vekua A, Lordkipanidze D, Philip Rightmire G, et al. A new skull of early *Homo* from Dmanisi, Georgia. *Science*, 2002, 297: 85~89[DOI]