

# 岩石磁学研究对萨拉乌苏组年代归属的意义\*

樊行昭 苏 朴

太原理工大学地球科学与工程系, 太原 030024

Reidar Lovlie

Institute of solid Earth Physics, University of Bergen, Norway

**摘要** 通过对萨拉乌苏组沉积物的古地磁学研究发现, 该剖面沉积物保存的天然剩磁  $NRM$  和  $Q$  比值曲线与深海沉积物最后一、二次冰期及末次间冰期的氧同位素  $\delta^{18}O$  曲线有较好的对应关系. 根据这种对应关系及深海氧同位素曲线反映的年代值推断, 滴哨沟湾萨拉乌苏组的年代大致为中更新世晚期至晚更新世, 即  $(180 \sim 10)ka$ , 而位于底部粉砂层中的文化层, 其年代应为中更新世晚期.

**关键词** 萨拉乌苏组 磁性参数  $Q$  晚更新世 中更新世晚期

分布在内蒙古乌审旗滴哨沟湾一带的河湖相沉积物自 1924 年被法国人 Teihard de Chardin P. 命名后<sup>[1]</sup>, 一直被作为我国北方晚更新世河湖相的标准地层. 几十年来经地质与地球物理综合研究, 对萨拉乌苏组的年代归属有了进一步的认识<sup>[2~10]</sup>, 但不同学者对该套地层的沉积时代具有不同的看法. 因此采用新的方法对萨拉乌苏组沉积物进行深入研究, 将对该套地层的年代归属以及对我国古人类进化研究具有重要意义.

深海沉积物氧同位素的研究表明, 中更新世晚期至晚更新世, 全球气候经历了冷-暖-冷的变化<sup>[11]</sup>. 气候的冷暖变化必然导致沉积环境、沉积物的磁性组分及剩磁特性的变化. 系统对这些与气候因素有关的磁参数进行研究, 并结合冰期、间冰期氧同位素曲线的变化趋势及绝对年龄测定值, 是最终统一萨拉乌苏组年代归属的重要途径.

## 1 滴哨沟湾剖面地层及年代归属的几种认识

滴哨沟湾剖面(图 1)萨拉乌苏组从上至下依次为:

(1) 顶部全新世的湖沼相沉积.

(2) 具交错层理的细砂, 总厚度大约 23 m, 中部含有一层 60 cm 的黏土. 本层顶部的<sup>14</sup>C年代值为  $(9.7 \pm 0.1) ka^{[9]}$ ; 中部黏土的<sup>14</sup>C年代值为  $(30.24 \pm 1.28) ka^{[9]}$ ; 底部的热释光(TL)年代值为

$(56.5 \pm 5) ka^{[9]}$ .

(3) 粉砂质黏土, 厚度 27 m. 顶部 TL 年代值为  $(70.9 \pm 6.2) ka^{[9]}$ , 中部 TL 年代值  $(177 \pm 14) ka^{[10]}$ .

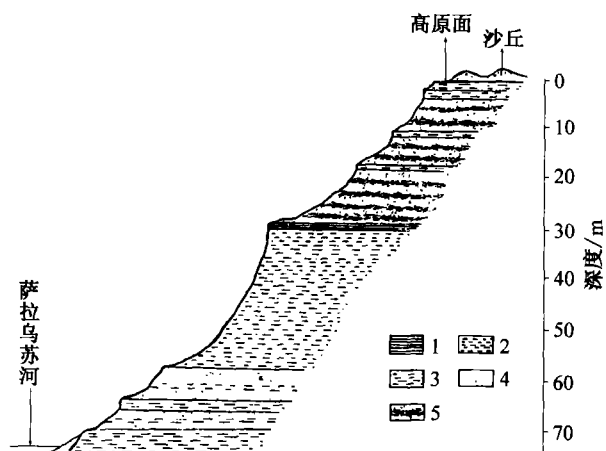


图 1 内蒙乌审旗滴哨沟湾萨拉乌苏沉积物剖面图<sup>[3]</sup>

1. 黏土; 2. 粉砂质黏土; 3. 黏土质粉砂;

4. 细砂; 5. 具交错层理的细砂

(4) 红黄色黏土质粉砂, 厚度 15 m. 萨拉乌苏动物化石和河套人石器主要发现于本层的中下部, 中部(距河床 10 m)哺乳动物骨化石铀子系法 Th 年代值为:  $(49.5 \pm 2.2) ka^{[4]}$ ; 中下部距河床 4 m 处的 TL 年代值为  $(124.9 \pm 15.8) ka^{[9]}$ , 底部风成砂 TL 测年为  $(216 \pm 22) ka^{[9]}$ .

从上述测年值可看出: 同一层位, 不同学者、

2001-12-06 收稿, 2002-01-30 收修改稿

\* 国家自然科学基金资助项目(批准号: 49774200)

E-mail: fanxing zhao@sina.com

不同方法的测年值不尽一致,从而导致不同学者对萨拉乌苏组年代归属认识上的不一致.除萨拉乌苏组顶部的湖沼相沉积物,众多学者均认为属全新世外,萨拉乌苏组其余部分的划分和年代归属大体有以下几种:(1)裴文中等<sup>[2]</sup>将上中部的细砂层和粉砂质黏土层划为上更新统,将底部红黄色泥质粉砂划为中更新统.(2)袁宝印等<sup>[3]</sup>将上部的细砂层划为晚更新世晚期并定为萨拉乌苏组上部,中下部的粉砂质黏土层和红黄色黏土质粉砂划为晚更新世中期,并定为萨拉乌苏组下部.原思训<sup>[4]</sup>,祁国琴<sup>[5]</sup>,周昆叔<sup>[6]</sup>等也分别根据距河床底部10 m处的Th年龄值( $49.5 \pm 2.2$ )ka古脊椎动物化石和孢粉组合认为萨拉乌苏组的年代不早于晚更新世中期.(3)李保生、苏志珠<sup>[7-10]</sup>依据岩石地层学及沉积相特征将上部的细砂层划为城川组,属晚更新世晚期,下部的粉砂质黏土层和黏土质粉砂层划为新的萨拉乌苏组,属晚更新世早期.(4)郑洪汉<sup>[10]</sup>根据在距地面44.8 m的粉砂质黏土层中TL值( $177 \pm 14$ )ka,将萨拉乌苏动物群置于中更新世晚期,与深海 $\delta^{18}\text{O}$ 第6阶段同期.

## 2 萨拉乌苏组岩石磁学研究

萨拉乌苏组岩石磁学研究的样品来自滴哨沟湾剖面.在垂直厚度70 m的剖面上,自上而下以0.2 m的间距将样品置入 $\phi 20$  mm塑料盒中,共采得140个样品.

样品磁参数测试在挪威卑尔根大学古地磁实验室进行.磁化率测量使用KLY-2型卡帕桥,精度为 $10^{-8}$  SI. NRM测量使用CCL GM400/500型低温超导磁力仪.饱和等温剩磁(SIRM)使用螺旋管型(低磁场强度)和Redcliffe脉冲型(高磁场强度)磁化仪.

图2(a, b)为滴哨沟湾剖面萨拉乌苏组磁化率 $\kappa$ 和天然剩磁强度[NRM(Int)]沿剖面变化曲线.由图可见,磁化率虽然也能大体随剖面岩性的变化而变化,但同一岩性内磁化率受局部矿物成分的影响变化幅度大,而从总体上来说,不同岩性层段平均磁化率值变化不明显.而NRM值则在剖面不同的岩性段有不同的强度:在顶部的湖沼相黑垆土NRM强度高,上部的砂层NRM强度低,中部粉砂质黏土层对应的NRM强度值又变高,底部的黏土质粉砂层对应的NRM强度值再次变低.

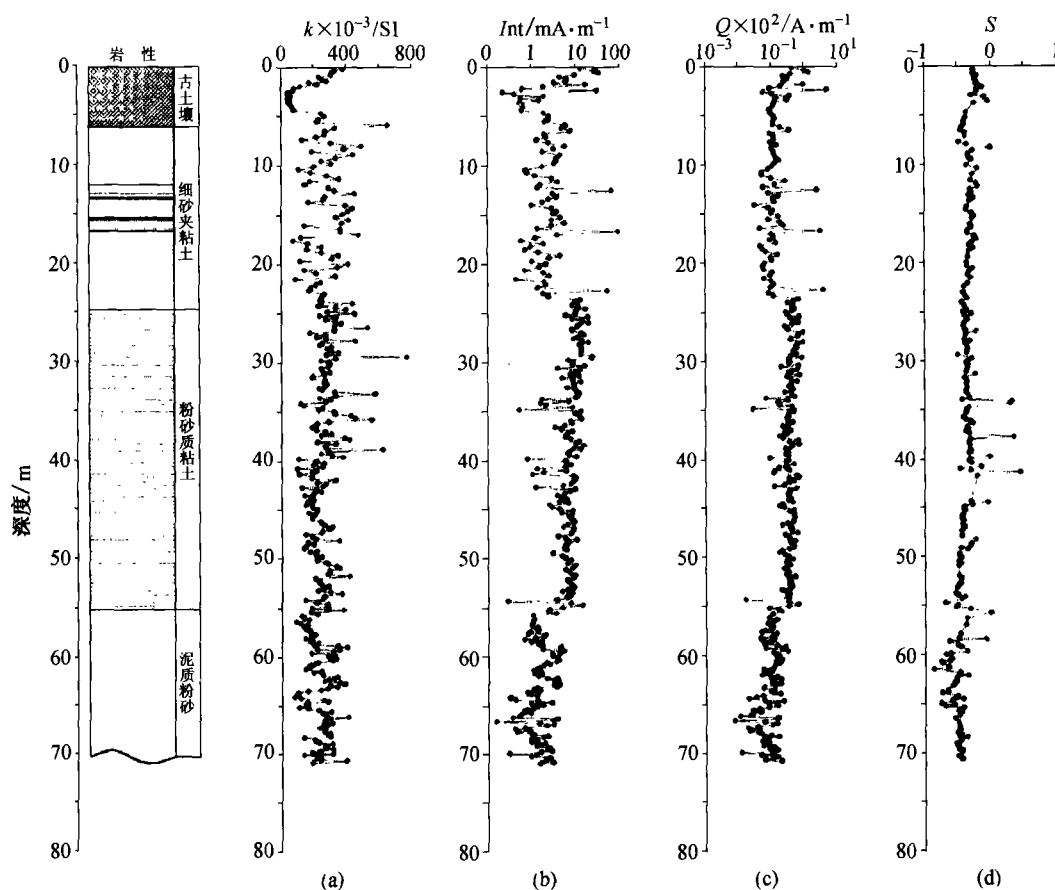


图2 内蒙乌审旗滴哨沟湾萨拉乌苏组磁性参数 $\kappa$ , NRM(Int), Q和S曲线

图2(c, d)为滴哨沟湾萨拉乌苏组  $Q$  ( $NRM \times 4\pi/\kappa$ )值和  $S$  ( $SIRM_{-100mT}/SIRM$ )值曲线, 从图中可看出,  $S$  值沿剖面变化不大, 除个别地段外,  $S$  值均小于0, 表明该剖面各层位的磁性矿物成分以磁铁矿类为主, 而剖面中、下部几个大于零的峰值所反映的磁性矿物为赤铁矿.  $Q$  值则在剖面的顶、上、中、下部有着与  $NRM$  强度值一样的变化规律: 在顶部的黑垆土  $Q$  值高, 上部的砂层  $Q$  值低, 中部的粉砂质黏土层  $Q$  值又变高, 底部的黏土质粉砂  $Q$  值再次变低.  $Q$  值的这种反映岩性及粒度变化的趋势, 预示着与形成这种岩性变化的古气候变化有一定的对应关系. 如果能通过进一步的实践, 证明这种对应关系具有普遍性,  $Q$  比值则有可能被用作反映河湖相沉积物形成环境气候冷暖变化的磁性参数. 至于  $Q$  值大小与微观领域磁性矿物粒径的对应关系及某一粒径的磁性矿物所形成的气候背景, 尚有待深入研究. 反映沉积物中磁性矿物成分的磁化率  $\kappa$  值和  $S$  值沿剖面不同岩性段变化的平稳性则表明不同气候条件下形成的沉积物中磁性矿物成

分没有大的区别, 说明磁性矿物的物源区可能一致.

### 3 $Q$ 值与深海氧同位素 $\delta^{18}O$ 曲线对比及萨拉乌苏组年代分析

将  $Q$  值变化曲线与 250 ka 来反映气候冷暖变化的深海氧同位素  $\delta^{18}O$  曲线进行对比(图3)可发现, 自上而下  $Q$  值的高-低-高-低变化和反映气候暖-冷-暖-冷变化的氧同位素曲线低-高-低-高有着较好的对应关系. 顶部与  $Q$  的高值相对应的岩性为湖沼相沉积的黑垆土, 对应冰后期的氧同位素  $\delta^{18}O$  曲线为低值. 上部细砂的  $Q$  低值与末次冰期氧同位素曲线的高值相对应, 在该层底部绝对年龄测定值是 50~70 ka; 所以无论从岩性还是沉积物的年代值均表明, 这一层位应形成于末次冰期. 中部与  $Q$  的高值相对应的岩性为粉砂质黏土, 该层底部的 TL 值是 125 ka, 这一层位的  $Q$  值曲线与氧同位素第 5 阶段所对应的末次间冰期的低值基本吻合, 末次间冰期的开始年龄大约为距今 130 ka; 这一层位的岩性和沉积物的年代值均表明, 这些沉积物形成于末次

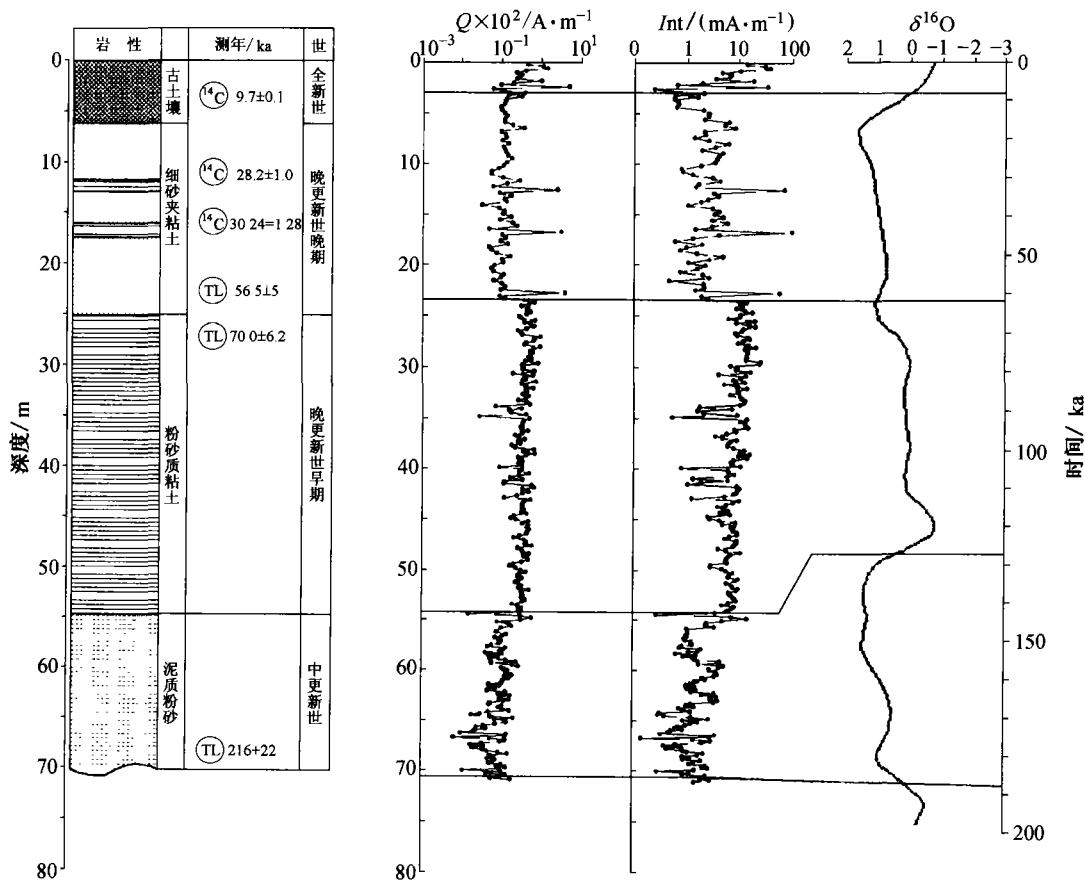


图3 滴哨沟湾萨拉乌苏组  $Q$  值和  $NRM$  ( $Int$ ) 与测年及氧同位素  $\delta^{18}O$  曲线对比图

测年数据摘自文献[9], 深海氧同位素曲线摘自文献[12]

间冰期。位于底部 15 m 的泥质粉砂其  $Q$  值再次变低，与上部末次冰期的数值大体相当，该层底部的 TL 年代值为 216 ka；而倒数第二次冰期的开始时间大约距今 190 ka。底部泥质粉砂对应的低  $Q$  值与氧同位素第 6 期  $\delta^{18}\text{O}$  的高值相对应及其测年的一致性，均表明萨拉乌苏底部层位应形成于倒数第二次冰期。因萨拉乌苏动物群脊椎动物化石及石器均位于距河床 6~10 m 的底部层位，应形成于倒数第二次冰期，其年代范围在 130~190 ka 之间，属中更新世晚期。

根据  $Q$  值与氧同位素的冷暖变化的对应关系及绝对年龄测定值对萨拉乌苏沉积物的划分大体应为：顶部的湖沼相为全新世；上部的细砂应为晚更新世晚期，中部的粉砂质黏土应为晚更新世早期；下部的泥质粉砂为中更新世晚期。

这一划分方案与裴文中<sup>[2]</sup>、郑洪汉<sup>[10]</sup>及孙继敏<sup>[11]</sup>提出的划分方案大体一致。布日耶也曾认为河套文化可属于莫斯特文化或奥瑞纳文化早期，萨拉乌苏文化遗址可作为旧石器时代中期的代表<sup>[13]</sup>。但由于近二三十年来多数学者认为萨拉乌苏动物群是晚更新世中晚期的产物，这些观点一直未被充分考虑和接受。这种类似于  $Q$  值大小与气候暖冷变化的对应关系，在海相沉积物中也有过类似报道<sup>[14]</sup>，虽然这种对应的内在机理尚需进一步研究，但是随着绝对年代测定的日益准确和磁参数等新方法新手段的不断应用及通过与周边相关文化遗址的年代对比，重新认定萨拉乌苏等文化遗址的年代范围是完全可能的。在华北黄土高原能有效区分对应气候冷暖变化的黄土和古土壤的磁性参数磁化率  $\kappa$  和  $S$  值<sup>[15]</sup>，在本剖面不能明显区分和气候冷暖变化有关的细砂和黏土，其原因可能是这种对应关系不适用于河湖相沉积物。

#### 4 结论

综上所述，根据  $Q$  值和天然剩磁强度与倒数第一、二次冰期和末次间冰期深海沉积物氧同位素

$\delta^{18}\text{O}$  曲线的对应关系和测年值对萨拉乌苏组的划分可归纳如下：(1) 萨拉乌苏组顶部的湖沼相沉积属全新世；(2) 上部的细砂层属晚更新世晚期；(3) 中部的粉砂质泥岩属晚更新世早期；(4) 底部的 15 m 含文化层的泥质粉砂属中更新世晚期。

#### 参 考 文 献

- 1 Teihard de Chardin P, et al. On the discovery of paleolithic industry in Northern China. Bull Geol Soc China, 1924, 3(1): 45
- 2 裴文中, 等. 萨拉乌苏河系的初步探讨. 古脊椎动物与古人类, 1964, 8(2): 99
- 3 袁宝印. 萨拉乌苏组的沉积环境及地层划分问题. 古脊椎动物与古人类, 1978, (3): 220
- 4 原思训, 等. 用铀子系法测定河套人和萨拉乌苏文化的年代. 人类学学报, 1983, (2): 90
- 5 祁国琴. 内蒙古萨拉乌苏河流域第四纪动物化石. 古脊椎动物与古人类, 1975, 13(40): 39
- 6 周昆叔, 等. 内蒙古萨拉乌苏河流域冰缘期划分及其意义. 见: 史前地震与第四纪地质文集. 西安: 陕西科技出版社, 1982. 149~153
- 7 李保生, 等. 额尔多斯萨拉乌苏河地区马兰黄土与萨拉乌苏组的关系及地质时代问题. 地质学报, 1987, 61(3): 218
- 8 李保生, 等. 我国北方上更新统城川组的建立. 地质论评, 1993, 39(2): 91
- 9 苏志珠, 等. 萨拉乌苏组地层年代学研究. 地质力学学报, 1997, 3(4): 90
- 10 郑洪汉. 中国北方晚更新世河湖相地层与风积黄土. 地球化学, 1989, (4): 343
- 11 孙继敏, 等. 再论萨拉乌苏组的地层划分及沉积环境. 海洋地质与第四纪地质, 1996, 16(6): 23
- 12 Martinson D G, et al. Age dating and the Orbital theory of the ice ages: Development of a high-resolution 0 to 300000-year chronostratigraphy. Quaternary Research, 1987, 27: 1
- 13 Boule M, et al. Le Paleolithique de la Chine. No 4 Ach Inst, Paris: Paleont Hum, 1928
- 14 Toshitsugu Y, et al. Long-term secular variation of the geomagnetic field during the last 200 kyr recorded in sediment cores from the western equatorial Pacific. Earth Planet Sci Lett, 1994, 128: 527
- 15 李华梅, 等. 渭南阳郭黄土剖面 22 万年来的古地磁研究. 见: 刘东生, 等主编. 中国第四纪地质与环境. 北京: 海洋出版社, 1997. 260~279