

150 ka 以来毛乌素沙漠的堆积与变迁过程*

李保生^① 靳鹤龄^② 吕海燕^③ 祝一志^④
董光荣^② 孙冬怀^④ 张甲坤^② 高全洲^⑤ 阎满存^⑤

(①华南师范大学地理系地貌研究室, 广州 510631; ②中国科学院兰州沙漠研究所, 兰州 730000;

③中国地质大学研究生院, 武汉 430074; ④中国科学院西安黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710054;

⑤中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640)

摘要 在萨拉乌苏河流域新近命名的“米浪沟湾地层剖面”记录了 150 kaBP 以来毛乌素地区 27 个旋回的沙漠与河湖相和古土壤沉积发育的交替演变的历史. 研究表明, 这种沉积模式是由过去亚洲冬季风与夏季风相互对峙、互为消长的作用而产生的结果.

关键词 毛乌素沙漠 米浪沟湾地层剖面 150 kaBP 27 次沙漠期 古季风变迁

迄今为止, 在中国北方沙区(沙漠与沙地)了解到反映晚更新世以来沙漠变迁的地质记录最为显著的地点, 仍然是位于鄂尔多斯高原毛乌素沙漠东南部边缘的萨拉乌苏河流域.

自从 1924 年法国古生物学家 P. 德日进等人在该区创建上更新统萨拉乌苏组(Sjara-Osso-Gol Formation)^[1]以来, 经过中外学者陆续从不同学科角度对萨拉乌苏层系与沉积环境的探索, 逐渐加深了人们对毛乌素沙漠环境变迁历史的理解. 由文献[1~14]可以了解到 70 年来中外学者对萨拉乌苏河流域第四纪地层、古生物、古人类与沙漠变迁和城川组建立等一些主要贡献. 然而, 从这些文献中也不难看到, 过去在涉及该地古环境重建时仍然沿用经典的冰期间冰期对比形式. 因此, 这一地区上更新统、全新统记录的毛乌素沙漠变迁的层序, 尤其是冰期间冰期气候波动是否存在有如深海、大陆冰川和黄土区目前已建立的相应时段的那种多频次寒暖气候波动, 乃至更多是值得加以探讨的. 本文将示出在萨拉乌苏河流域新近命名的“米浪沟湾地层剖面”的层序, 着重就 150 ka(该地上更新统下限年龄)来的地层及其反映的毛乌素沙漠变迁过程作一讨论, 试图为回答上述问题提出一个初步的认识线索.

1 米浪沟湾地层剖面概述

米浪沟湾地层剖面位于萨拉乌苏河中游流域米浪沟湾村北东约 500 m 的河流左岸(地点详见文献[14]), 是 1988 年由作者对本区进行第四纪地质调查时选取的. 该剖面地层堆积较连续、层序较完整且沉积物类型亦较多, 是毛乌素沙漠及至整个鄂尔多斯区域中记录的晚更新世以来沙漠变迁最为理想的剖面. 米浪沟湾剖面从毛乌素沙漠流动沙丘丘顶起至萨拉乌苏

河面,厚度约 83 m,含 29 层风成的古流动沙丘、3 层古固定-半固定沙丘、1 层现代流动沙丘、28 层河湖相、5 层棕褐色土、4 层黑垆土、2 层黄土和 3 层湖沼相堆积后发育的冻融褶皱层。其时代为中更新世-全新世,包括部分离石组、萨拉乌苏组、城川组、大沟湾组和滴哨沟湾组。本文依次称其为 LF、SF、CF、DGF 和 DSF。共对该剖面测得 20 块地层样品年龄,图 1 示出的是米浪沟湾剖面的地层和年代以及其中的生物化石、河套人类化石分布的层位。剖面中还附有一些从该区相关地层的对比获得的年龄,其理由将在后文详述。

从图 1 可以明显看出,古沙丘尤其是古流动沙丘是米浪沟湾剖面最为显著的沉积相特征,其次是河湖沉积和古土壤。该剖面河湖相和古土壤中常可见到植物根系,有时偶见植物根叶残体化石;通常在其底部发育有成层的钙质结核或者钙板,其下覆往往是风成的沙丘层。因而,钙质结核层和钙板常常是详分本区不同成因地层单位的地质标志之一。

2 LF/SF, SF/CF 和 CF/DGF 地质时限及某些层位的年龄

由图 1 不难看出,米浪沟湾剖面虽有较多层位的年龄数据,但缺少 LF/SF, SF/CF 和 CF/DGF 的地质时间界限的年代。剖面中标定的它们之间的地质时限是通过相关层位的对比中得到的,因而有必要对此进行论证。

通过近 20 年对萨拉乌苏河流域滴哨沟湾剖面地层的工作^[8~14], SF/CF 和 CF/DGF 的时限已颇为明朗(图 2 中滴哨沟湾剖面)。至于 LF/SF 的时限,根据对河流中游大石砭一带地层(图 2 中大石砭剖面)的年代测定结果,亦使得这一问题十分清楚。由于从滴哨沟湾经米浪沟湾至大石砭的萨拉乌苏河沿岸上更新统-全新统堆积比较稳定,各组之岩性、岩相界线明显^[14],所以,可从下述相关地层层位对比中获取米浪沟湾剖面各组之间的时限。

大石砭 LF 与米浪沟湾(图 2 中米浪沟湾剖面)中者很相似:二者黄土中都含有一定厚度的古沙丘层,黄土层上又均为古流动沙丘;前者古流动沙丘近顶部的年龄为 (150.2 ± 19.1) ka;后者,即 64 D 又恰处于含“河套人化石”的湖相层——63 LS 之下,而河套人化石的时代通常认为属于晚更新世 SF 时期,故将 64 D 之近顶部年龄亦作 150.2 ka 处理比较合宜。

滴哨沟湾与米浪沟湾 SF 近顶部都有一层棕褐色古土壤,后者为 47 S。这一层位在萨拉乌苏河中游一带发育普遍,是本区的“标志层”。从滴哨沟湾至大石砭,此层露头在走向上断续出现并常与湖积物互为相变。滴哨沟湾该层古土壤的年龄为 (70.9 ± 6.2) ka¹⁾,而米浪沟湾 47 S 以上 3.7~5.5 m 的 43 D 有 (55.56 ± 2.8) ka 的年龄,与滴哨沟湾古土壤年龄比较接近。据此作者认为,米浪沟湾 47 S 与滴哨沟湾的这层古土壤在形成时代上应该是相同的,米浪沟湾剖面 SF/CF 的时间界限大致为 70 ka。

滴哨沟湾 DGF 近底部锈黄色含植物残体的河流相粘土质沙层年龄为 (9.7 ± 0.12) ka¹⁾。按岩性、沉积相和层序位置可与米浪沟湾 16 FL 进行对比,故认为 16 FL 的下限大致为 10 ka。

显然,将米浪沟湾剖面 LF/SF, SF/CF 和 CF/DGF 的层型界限年龄分别置在 150 ka, 70 ka 和 10 ka 是合理的。如果这些地层及其年龄对比无误,则米浪沟湾剖面 SF 中有 3 个层位的年龄可顺理成章再从相关层位对比中获得。(1)大石砭和米浪沟湾 SF 中都有一较厚的古流

1) 苏志珠. 萨拉乌苏河地区第四纪地层与气候变化. 硕士学位论文, 1992



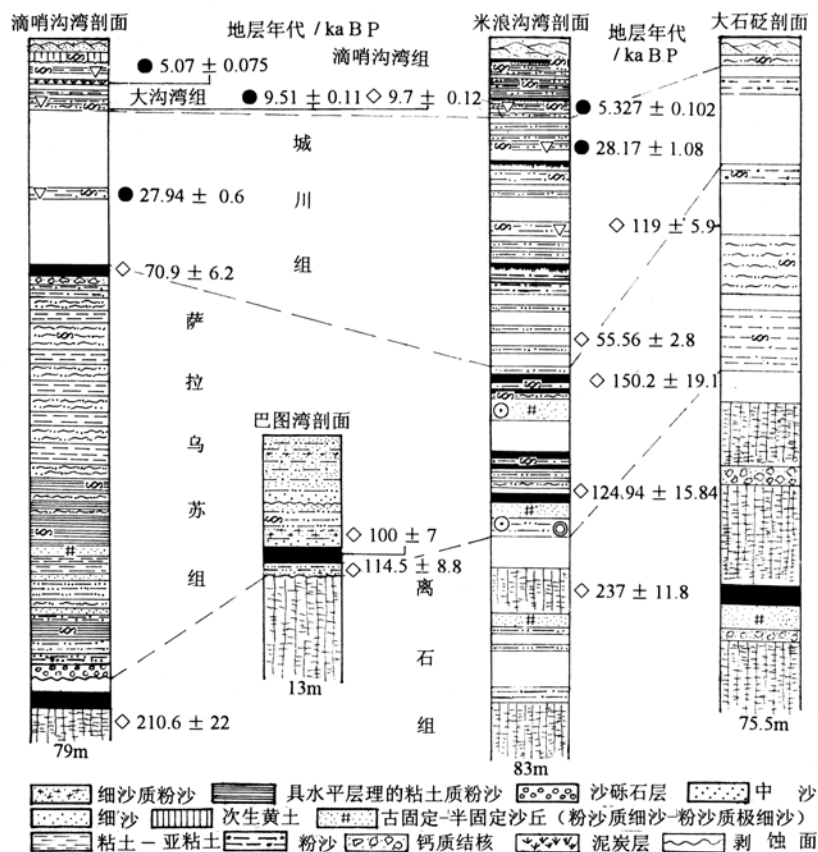


图 2 米浪沟湾剖面某些层位与萨拉乌苏河流域相关地层对比¹⁾

动沙丘(图 2)。后者为 52 D, 如将该层及其上覆的 51 FD——古固定-半固定沙丘统作为一沙丘层并同前者相比, 两者厚度很相近。推断它们属同期同相沉积。大石砭 SF 中这一厚层风成沙底部年龄为 $(119 \pm 5.9) \text{ka}$, 而米浪沟湾 52 D 以下几米又有 $(124.94 \pm 15.84) \text{ka}$ 的地层年龄, 因此亦可将 52 D 底部的年龄看作 119 ka。(2) 萨拉乌苏河尾间巴图湾(图 2 中巴图湾剖面) SF 中, 经苏志珠(1992)采样测定获得其中两个层位——河湖相和棕褐色古土壤的年龄数据, 分别为 $(114.5 \pm 8.8) \text{ka}$ 和 $(100 \pm 7.8) \text{ka}$ 。这两个年龄值介于上述推定的米浪沟湾 52 D 的 119 ka 与 47 S 的 70.9 ka 之间。其间恰有一层古土壤——49 S 可与巴图湾 100 ka 的古土壤对比。49 S 上覆和下伏均属湖相沉积, 可与巴图湾剖面 114.5 ka 的河湖相对比的应属 49 S 之下伏的湖相。

至此, 由米浪沟湾剖面原有的 20 个年龄数据, 加上通过相关层位对比获得的 6 个, 总共有 26 个层位的年代标定点。可以认为, 该剖面不仅指示出所在区域 150 ka 来地层各单位层型的重要地质时限、一些亚段层位的年龄以及诸层分布的年代范围, 亦指示出以沙漠为背景的沙丘堆积与成土、成壤和与河湖变迁的历史过程, 具有区域沉积地层学代表意义。

1) 本图图例中未显示的其余图示见图 1

3 问题讨论

由米浪沟湾剖面过去 150 ka 的地层时序,可以对下述一些问题有比较清楚的认识.

3.1 沙漠期与间沙漠期

对米浪沟湾剖面的观察首先不难得出这样一种印象,即它是以风成沙丘为代表的毛乌素沙漠堆积与河湖相和古土壤互层所构成的沉积体. 以沉积相作为基本分层单位,可将该剖面 150 ka 来的地层划分为 27 个时期的风成沙相和 27 个时期的在风成沙相之间形成的河湖相和古土壤沉积. 这就是说,150 ka 以来毛乌素地区曾经历了 27 个沙漠堆积时期. 期间,又经历了取代沙漠沉积的 27 个河湖沼泽和古土壤发育的时期,也即间沙漠堆积时期. 这表明,150 ka 来的毛乌素沙漠多经河湖相覆盖沙丘沉积物和沙丘上直接生草成壤的固定过程. 因此,现代毛乌素沙漠的规模仅是过去沙漠期与间沙漠期多次正逆交替演变过程中的最新一幕.

3.2 干湿冷暖变化

过去对萨拉乌苏河流域的地层与古气候若干研究结果^[10,12~14]表明,风成沙与河湖相或古土壤分别主要与冷干多风和温湿-暖湿多雨的气候背景有关. 作者除了注意到毛乌素沙漠现代冬季风和夏季风活动产生的地貌过程与上述研究结果比较吻合外,也注意到米浪沟湾剖面中一些层位的生物遗存反映出来的古气候信息,其揭示的情形同样与上述研究一致.

(1)SF 底部湖相层——63 LS 含肿骨鹿(*Megaloceros pachyosteus*)化石,李炎贤等^[15]认为,肿骨鹿适于较为温暖的森林草原-草原环境;SF 中上部古固定-半固定砂丘——51 FD 含鸵鸟(*Struthio* sp.)蛋碎片化石,反映出当时气候干旱.

(2)剖面产出的软体动物化石除 2 S 属古土壤外,余皆产自湖泊沼泽层系(见图 1). 计有线小旋螺(*Gyraulus filaris* Gredler),萝卜螺(*Radix* sp.),西伯利亚小旋螺(*Gyraulus sibiricus* Dunker),白小旋螺(*Gyraulus albus* Muller),青海萝卜螺(*Radix cucunorica* Mollendorff),凸旋螺(*Gyraulus convexiusculus* Hutton),半球多脉扁螺(*Polypylis hemisphaerula* Benson),奇异土蜗(*Galba subperegrea* Gredler),小土蜗(*Galba pervia* Martens),旋展琥珀螺(*Succinea evoluta* Martens),伸展瓦娄蜗牛(*Vallonia patens* Reinhardt),瓦娄蜗牛(*Vallonia* sp.),土蜗(*Succinea* sp.)和豌豆蛭(*Pisidium* sp.). 它们均为现生种,生活环境多依赖于河湖沼泽、沟渠小溪及其周边等潮湿地带. 尤其是东洋界种类凸旋螺化石的出现,指示当时气候非常温暖. 其现生种在我国主要分布于江浙、两广、云南、福建和台湾,更远至东南亚及南亚等国,为热带、亚热带和暖温带种类.

根据上述讨论,可以将米浪沟湾剖面沙丘层与上覆河湖相、古土壤也即沙漠期与嗣后的间沙漠期作为一个冷干至暖(温)湿旋回,从 63 LS 开始,得到 150 ka 以来 27 个大小周期不等和干湿冷暖程度不同的沉积-气候旋回. 旋回代码以 CY0~CY27 表示(图 1). 其中,CY26 以前的 63 LS 为半个旋回,其与之下伏的 64 D 即大约 150 kaBP 的沙丘层构成一个旋回(CY27). CY0 亦属半个旋回,它是 CY1 以后冷干气候再度回返形成的流动沙丘. 从其下伏层(2S)的¹⁴C 年龄上看,仅是近千年来的气候恶化事件.

3.3 米浪沟湾剖面——古代季风变迁的产物

毛乌素沙漠现代风沙活动主要与温度下降导致的冬春季西伯利亚-蒙古高压增强,亚洲冬季风由北而南的侵入有关. 反之在夏秋季节,增温引起夏季风作用增强,给该区带来更多的雨

泽,流动沙丘得以生草固定.可能设想,近地质时代的冷期实际上是本区盛行冬季风的时期.反之,暖期夏季风鼎盛.基于这一认识,可以将上述米浪沟湾剖面过去 150 ka 的沙丘与河湖相和古土壤堆积层序进行反演,自那时以来,毛乌素沙漠曾经历 27 次古冬季风和 27 次古夏季风为主要作用的时期.进而不难推断,该剖面不同“相”的相互超覆层序,主要是亚洲冬季风与夏季风自中更新世末、特别是 150 ka 以来相互对峙、互为消长而生长的一个结果.

致谢 成文过程中得到刘本培、曹家欣教授、安芷生院士和王强先生的帮助和指导,米浪沟湾剖面中的软体动物化石由陈德牛、余汶研究员鉴定,年代由郑公望、裴静娴、胡智玉、张景昭、袁思训等测定,颗粒分析结果由张焕新、宋维佳完成,在此一并致谢.

参 考 文 献

- 1 Teilhard de Chardin, Licent F. On the Discovery of a Paleolithic industry in Northern China. Bulletin of the Geological Society of China, 1924, 3(1): 45~50
- 2 Teilhard de Chardin, Licent F. On the Geology of the Northern, Western and Southern Borders of the Ordos., Bulletin of the Geological Society of China, 1924, 3(1): 37~44
- 3 P. 德日进. 东亚地质及人类原始. 北京:北京地质学生物学研究所出版 7 号, 1941. 67~77
- 4 贾兰坡. 河套人. 上海:龙门联合书局, 1950. 1~89
- 5 裴文中, 李有恒. 萨拉乌苏河系的初步探讨. 古脊椎动物与古人类, 1964, 8(2): 99~118
- 6 Kozlovski J K. The problem of the so-called Ordos Culture in the light of the palaeolithic finds from Northern China and South Mongolia. Polia Quaternaria, 1971, 39: 73~75
- 7 祁国琴. 内蒙古萨拉乌苏河流域第四纪哺乳动物化石. 古脊椎动物与古人类, 1975, 13(4): 239~249
- 8 袁宝印. 萨拉乌苏组的沉积环境及地层划分问题. 地质科学, 1978, (3): 320~334
- 9 董光荣, 高尚玉, 李保生. 河套人化石的新发现. 科学通报, 1982, 26(19): 192~194
- 10 董光荣, 李保生, 高尚玉. 由萨拉乌苏河地层看晚更新世以来毛乌素沙漠的变迁. 中国沙漠, 1983, 3(2): 9~14
- 11 袁思训, 陈铁梅, 高世君. 用铀系法测定河套人和萨拉乌苏文化的时代. 人类学学报, 1983, 2(1): 90~94
- 12 李保生, 董光荣, 高尚玉, 等. 鄂尔多斯萨拉乌苏河地区马兰黄土与萨拉乌苏组的关系及其地质时代问题. 地质学报, 1987, 61(3): 218~230
- 13 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): 343~351
- 14 李保生, 董光荣, 吴 正, 等. 我国北方上更新统城川组的建立. 地质论评, 1993, 39(2): 91~100
- 15 李炎贤, 计宏祥. 北京猿人生活时期自然环境及其变迁的探讨. 古脊椎动物与古人类, 1981, 19(4): 337~347