

内蒙古萨拉乌苏河流域第四系更新统上部 萨拉乌苏阶基本特征剖析

闵隆瑞¹ 朱关祥² 关友义¹

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 2. 中国地质科学院, 北京 100037)

摘要: 本文概述了对内蒙古萨拉乌苏河流域酒房台剖面更新统上部年代地层—萨拉乌苏阶初步研究的成果。萨拉乌苏阶底部为黄棕色砂层, 底界年龄暂定为 150 ka, 顶界年龄约 10 ka, 萨拉乌苏阶上部与下部界线年龄约 75 ka。萨拉乌苏阶下部以湖沼相沉积为主, 夹风、河流堆积物; 上部以风成砂为主, 夹湖沼相沉积物。150 ka 以来该区经受 3 次水体扩张 3 次风砂侵入。阶内代表性的古脊椎动物化石, 下部是: 鄂尔多斯人(即河套人)、王氏水牛、诺氏象、河套大角鹿、哈克图转角羊等; 上部是: 披毛犀和野驴等。古气候特征是: 150~75 ka 期间, 以温湿为主, 但中间曾夹有多次气候波动。75~60 ka 时期气候转为干冷、多风, 60~20 ka 间气候明显暖湿。20~10 ka 气候又转温。

关键词: 萨拉乌苏河流域; 萨拉乌苏阶; 更新统上部

中图分类号: **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2009)06-1208-10

2007—2008 年期间, 受全国地层委员会委托, 开展了对第四系上更新统萨拉乌苏阶的研究工作。在阅读大量的前人资料基础上, 沿萨拉乌苏河流域进行了数次踏勘, 并在乌审旗无定河镇酒房台做了一个建阶剖面, 对第四系上更新统进行较全面的研究, 现将萨拉乌苏阶的基本特征概述如下, 请各位同仁指正。

1 萨拉乌苏阶由来

阶名源自同名岩石地层单位“萨拉乌苏组”, 于 1999 年全国地层委员会预备会期间提出, 2002 年正式列入中国区域年代地层表中^[1]。

萨拉乌苏组命名于内蒙古萨拉乌苏河(又名红柳河)流域。自 20 世纪 20 年代 E. 桑志华、P. 德日进^[2-4]建立萨拉乌苏河建造以来, 至今有数十位专家先后在该地区进行过工作。1959 年全国地层委员会正式建为萨拉乌苏河组^[5-9], 后于 1964 年改称为萨拉乌苏

组^[7](表 1)。特别是通过 1963—1964 年、1978—1980 年两次大规模的挖掘和考察取得的成果^[8-10]以及近年来对全球变化研究^[11-14]的展开, 对萨拉乌苏组的认识更加深化, 至今发表论文近百篇。萨拉乌苏组是中国北方第四系上更新统河湖相代表性地层, 且含有著名的“鄂尔多斯人”、人类活动遗迹和丰富的哺乳动物化石而闻名中外。目前, 对萨拉乌苏阶建阶研究就是在前人对萨拉乌苏组研究的基础上进行的。

2 滴哨沟湾、范家沟湾、米浪沟湾和酒房台剖面简述

萨拉乌苏河发源于陕北白于山西北麓, 由南向北于内蒙古巴图湾附近转向东流与榆林河汇合为无定河直注入黄河。萨拉乌苏河中、下游是一段典型的曲流河, 河流切割较深, 从高原面至河床相对高差可达 60~80 m, 沿岸均见有良好的萨拉乌苏组地层裸露, NE-SW 向延伸十多千米(图 1)。目前, 研究程

表 1 萨拉乌苏组地层划分对比沿革表

Table 1 The evolution of the stratigraphic division and correlation of the Salawusuan Formation

时 代		E.桑志华 P.德日进 ^[2,3] (1924)	裴文中 ^[6] (1963)	刘东生 ^[7] (1964)	袁宝印 ^[8] (1978)	董光荣等 ^[15] (1983)	郑洪汉等 ^[23] (1989)	李保生等 ^[13,19] (2004) Li et al. (2005)	本 文 (2008)									
第 四 纪	全新世	现代沙丘	灰白色泥灰层和砂土堆积M ₁		大沟湾组	滴哨沟湾组	Ⅳ 段	滴哨沟组	全新统									
		新石器时代古土壤	极细粉砂M ₂				大沟湾组			大沟湾组								
	晚更新世	晚	萨拉乌苏河建造	萨拉乌苏河系（河湖相） M ₃ M ₅	马兰黄土				萨 拉 乌 苏 组		上 部	城 川 组	上	Ⅲ 段	城 川 组	上	萨 拉 乌 苏 阶	城 川 组
						中	2											
						下	1											
						中更新世	中	Ⅱ 段		萨 拉 乌 苏 组		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ		5
																		4
																		3
	中更新世	早					Ⅰ 段	离石组		2								
										1								
	中更新世		红黄色砂土 (含钙质结核) M ₆ M ₇			老黄土和风成砂			离石组									

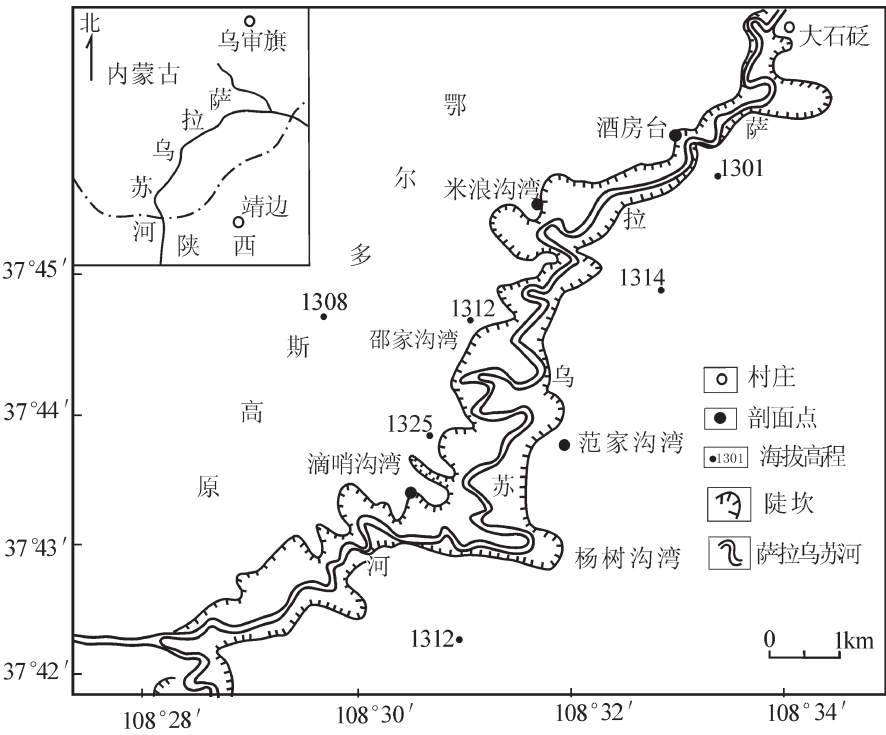


图 1 萨拉乌苏河中、下游段地质剖面位置图

Fig.1 Location of the geologic section in the middle and lower reaches of the Salawusu River

度较高剖面有滴哨沟湾、范家沟湾、米浪沟湾和酒房台剖面等。

2.1 滴哨沟湾剖面

滴哨沟湾(左岸)剖面是袁宝印等^[8]于 1978 年建立。剖面总厚 72 m,划分为 12 层。1~5 层定为萨拉乌苏组下部,厚 44 m,属上更新统中部,湖相沉积;6~10 层定为萨拉乌苏组上部,厚 25 m,属上更新统上部,河湖相沉积;11~12 层命名为大沟湾组,厚 3 m,属全新统。

1983 年董光荣等^[15,16]将滴哨沟湾左岸剖面自下而上划分为 5 组。1 组为老黄土与风成砂,厚 3.5 m,属中更新统;2 组为萨拉乌苏组,为湖沼相沉积,厚 40 m,属上更新统下部;3 组为城川组,为风成和湖沼相沉积,厚 20 m,属上更新统上部;4 组为大沟湾组,为湖沼相沉积,厚 2.6 m,属全新统下部;5 组为滴哨沟湾组,为湖沼、河流及风成砂沉积,厚 2.1 m,属全新统上部。

2004 年靳鹤龄等^[17]对滴哨沟湾右岸地层做了工作,剖面地理座标:37°43′N,108°31′E,顶部海拔 1308 m,总厚 64 m,划分 5 个组。中更新统离石组,厚 16.04 m;上更新统下部萨拉乌苏组,厚 25.84 m,由河湖相粉砂、粘土组成;上更新统上部城川组,厚 19.5 m,由黄色风成粉、细砂和灰黑色河湖相粉、细砂互层;全新统大沟湾组和滴哨沟湾组,厚 2.62 m,前者由灰黑、灰绿色亚粘土和含铁锈斑粉细砂组成;后者由次生黄土和黑砂土组成。

2.2 范家沟湾剖面

范家沟湾剖面由黄慰文等^[18]于 2003 年建立,剖面顶部海拔 1293 m,总厚 61 m,共划分为 11 层。上更新统下部萨拉乌苏组,厚 30 m(未见底);上更新统上部城川组,厚 30 余米;全新统大沟湾组和滴哨沟湾组各厚数米。

本剖面萨拉乌苏组下部含有大量旧石器和古脊椎动物化石。

2.3 米浪沟湾剖面

米浪沟湾剖面由李保生等^[12,19]于 1998 年建立。剖面地理座标:37°45′N,108°33′E,顶部海拔 1290 m,总厚约 83 m。自下而上划分 96 层,并归并为 5 组。

①中更新统离石组,厚 13.43 m。

②上更新统下部萨拉乌苏组,为古土壤、湖相层与风成砂互层,厚 18.51 m。自下而上又划分为 5 段,

分别与深海氧同位素曲线第 5 阶段 a、b、c、d、e 对比。

靠近萨拉乌苏组底部年龄为:(148±12.5)ka(TL),近顶部年龄为:(82.25±8.5)ka。

③上更新统上部城川组,上、下部以风成砂为主,夹河流相沉积;中部为河湖相沉积。厚 27.57 m。自下而上又划分为 3 段,分别与深海氧同位素曲线第 2~4 阶段对比。

④全新统中、下部大沟湾组,由黑垆土和风成砂组成,厚 4.81m。底部年龄为(9.88±0.9) ka(TL)。

⑤全新统上部滴哨沟湾组,由冲积黄土、黑垆土及风成砂组成,厚 1.5 m。底部年龄为(3.934±0.215) ka(¹⁴C)。

剖面顶部为现代风成砂,厚 2~5 m。

2.4 酒房台剖面

酒房台剖面位于米浪沟湾向下游 2 km 的河流左岸,由闵隆瑞等于 2007 年建立。剖面地理座标:37°46′N,108°33′E,顶部海拔 1283 m,总厚 61.61 m。自下而上划分为 54 层 8 段 3 个组(图 2)。

①中更新统离石组,由黄土组成,含较多的钙质结核,顶部为红棕色古土壤层。厚 2.05m。

②上更新统下部萨拉乌苏组,以湖沼相沉积为主,夹河流、风成堆积和古土壤层,厚 32.77 m。中部发育冻融褶皱。底部为黄棕色粉细砂层,与中更新统黄土顶部红棕色古土壤层整合接触。底部年龄≥130 ka(OSL)。

③上更新统上部城川组,以风成砂与风成砂丘间洼地沼泽相沉积为主,中部夹有湖沼相层,发育冻融褶皱。厚 25.19 m。

剖面顶部由 1.6 m 厚的土壤化的褐色粉、细砂层,属全新统地层。

3 萨拉乌苏阶基本特征

从萨拉乌苏河建造,划分为萨拉乌苏组上、下两部分,进而又建立了萨拉乌苏组、城川组、大沟湾组和滴哨沟湾组,这是岩石地层研究的深入。而从年代地层角度考虑,萨拉乌苏组与城川组均归属于上更新统(本文不涉及全新统地层),故现将它们统称为萨拉乌苏阶。若今后进一步工作后,是否有必要将萨拉乌苏阶分解为两个阶,则再定酌。

3.1 萨拉乌苏阶年代框架

3.1.1 萨拉乌苏阶底界年龄讨论:

①祁国琴(1975)^[9]、周昆叔(1982)^[20]和原思训

系	统	年代地层 (阶)	岩石地层 (组)	年 龄 (ka)	岩性柱	岩 性 描 述	沉积类型	古生物组合特征	古气候特征	
第 四 系	全 新 统	上	萨 拉 乌 苏 组	14.458±0.867(TL)△ 19.570±0.366(TL)△		褐色粉细砂层, 土质化。厚1.60m	由风成砂与风成砂丘 间洼地沼泽相沉积交 替组成	<i>Myospalax fontanieri</i> (中华鼯鼠) <i>Equus hemionus</i> (野马) <i>Coelodonta antiquitatis</i> (披毛犀) <i>Bos primigenius</i> (原始牛)	温 湿 暖湿为主 冻融褶皱时期为冷气候 事件	
						灰黄色中、细砂层, 具交错层理, 厚2.88m				
						灰黄色中、细砂层, 夹褐色粉砂层, 具水平层理, 厚2.43m				
						灰白色砂质粘土层, 具冻融褶皱。厚0.73m				
	更 新 统	中	萨 拉 乌 苏 组	城 川 组	19.570±0.366(TL)△		灰黄色中、细砂层, 厚1.59m	湖沼相沉积		
							灰黄色粉细砂层, 底部为中、粗砂, 含软体动物化石			
							具冻融褶皱。厚1.23m			
							灰黄、灰绿色粉细砂层, 底部为中、细砂, 具水平层理, 厚3.62m			
	新 统	下	萨 拉 乌 苏 组	1 组	75.080±7.400(TL)△ 82.250±8.500(TL)△ ≥80(OSL)●		灰黄、灰褐色粉细砂层, 具水平层理和交错层理。 厚3.90m	由风成砂与风成砂丘 间洼地沼泽相沉积交 替组成		冷干、多风
							灰黄色粉细砂层, 具交错层理, 厚1.00m			
							灰黄、灰褐色粉细砂层, 具水平层理、交错层理。厚3.16m			
							灰褐色粉细砂层, 顶部为砂板, 具水平层理。厚0.95m			
系	统	阶	萨 拉 乌 苏 组	5 组		暗灰黄色细砂层, 夹砂板, 具斜层理, 含披毛犀化石。厚1.11m	风、河相沉积	<i>Crocota ulina</i> (最晚斑鬃狗) <i>Palaeoloxodon naumanni</i> (诺氏象) <i>Canis knoblochi</i> (诺氏犬) <i>Coelodonta antiquitatis</i> (披毛犀) <i>Equus hemionus</i> (野马) <i>Syncoerus kiakhensis</i> (哈克图转角羚羊) <i>Megaloceros orientalis</i> (河套大角鹿) <i>Bubalus wansiochi</i> (王氏水牛) <i>Bos primigenius</i> (原始牛) <i>Ovis homo sapiens</i> (鄂尔多斯人)	温湿为主 冻融褶皱时期为冷气候 事件	
						棕褐色古土壤层夹棕与灰绿色粉细砂层。厚2.15m				
						灰褐色粘土质粉砂层。厚1.00m				
						灰黄色粘土质粉砂层, 含软体动物化石。厚0.70m				
	中 更 新 统	部	萨 拉 乌 苏 组	4 组		灰黄色中、细砂层, 具水平层理。厚1.36m	湖沼相沉积		凉 干	
						黄褐色中、细砂层, 具水平层理、交错层理。厚3.39m				
						黄褐色细砂层, 夹黑色条带, 具水平层理。厚1.06m				
						黄褐色粘土质粉砂层, 夹Ca板。厚2.28m				
	统	部	萨 拉 乌 苏 组	3 组		黄褐色粘土质粉砂层, 顶部夹Ca板, 具冻融褶皱, 含软体 动物化石。厚2.56m	湖沼相沉积		较 暖 湿	
						黄色粉细砂层。厚1.50m				
						黄色粉砂层, 致密块状, 含Ca结核。厚3.00m				
						黄褐色粘土质粉砂层, 含Ca结核, 顶部为古土壤层。厚2.50m				
新 统	组	萨 拉 乌 苏 组	1 组		灰黄色粘土质粉砂层, 色不均匀, 含软体动物化石。厚2.20m	湖沼相沉积 夹古土壤层		凉 干		
					黄褐色粉砂质粘土层, 夹3层古土壤层, 含Ca核。厚2.80m					
					黄褐色粉砂质粘土层。厚1.17m					
					灰褐色粉砂质粘土层。厚0.90m					
统	组	萨 拉 乌 苏 组	离石组		杂色粘土质粉砂层, 底部为黄棕色粉细砂层。厚1.54m	黄土—古土壤		温 湿		
					黄土, 顶部为红棕色古土壤层。厚2.05m					
					黄土, 顶部为红棕色古土壤层。厚2.05m					
					黄土, 顶部为红棕色古土壤层。厚2.05m					

(1983)等^[21],依据旧石器文化遗址的年代和古脊椎动物化石及孢粉组合,认为萨拉乌苏组的时代不早于晚更新世中期。

②董光荣等(1983,1986)^[15,21],经区域对比后,认为萨拉乌苏组相当于距今 100~70 ka 玉木—里斯间冰期,城川组相当于距今 70~12 ka 玉木冰期。1998 年,董光荣等^[16]进一步确定,萨拉乌苏组形成于 140~70 ka,城川组形成于 70~10 ka,分别与末次间冰期和末次冰期对比。

③李保生等(2001,2004)^[12,19],据米浪沟湾剖面热释光年龄测定,认为萨拉乌苏组年龄为 150~70 ka,城川组为 70~10 ka。

2004 年,进一步确定前者为 150~75 ka,与黄土高原 S1 和深海氧同位素 5 阶段对比;后者为 75~10 ka,与黄土高原 L1 和深海氧同位素 2~4 阶段对比。

④郑洪汉(1989)^[23]对滴哨沟湾剖面下部年龄测定结果为:177±14 ka(TL),认为萨拉乌苏动物群年龄为 160~180 ka。

⑤孙继敏(1996)^[24],对滴哨沟湾剖面近底部的地层进行测定,其年龄为 136 ka(TL)。

⑥樊行昭等(2002)^[25]对滴哨沟湾剖面进行岩石磁学研究,认为萨拉乌苏组年代为 180~10 ka。

⑦靳鹤龄等(2007)^[17],将滴哨沟湾右岸剖面与其他剖面对比后认为:萨拉乌苏组时代为 80~140 ka,城川组时代为 11.5~80 ka。

⑧闵隆瑞等(2007)对酒房台剖面萨拉乌苏组底界进行了光释光测定,确定为≥130 ka(由中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室测定)。

从上述大量年龄数据表明,由于对萨拉乌苏组区域地层对比看法不一致、底界标志的确定与测年方法的不同等等,目前,对其底界年龄存在两种意见,即 140~150 ka 和 180 ka。笔者根据>130 ka 测年数据、沉积速率和萨拉乌苏组内发育多层古土壤层特征分析,及与米浪沟湾剖面的对比,偏向后者的年龄数据。但萨拉乌苏阶底界应在萨拉乌苏组底界之上。从酒房台剖面看,据岩石地层、生物地层、气候地层综合分析,阶的底界划在酒房台剖面萨拉乌苏组第 3 段底较为合适,其年龄约 150 ka,接近中国更新统上部底界年龄。

3.1.2 萨拉乌苏阶上、下部界线及顶部年龄

据李保生(2004)^[19]资料,城川组底年龄为(75.08±7.4) ka(TL)。闵隆瑞(2007)获得萨拉乌苏组

顶部土壤层之下灰绿色粘土质粉砂层的年龄为:≥80 ka(OSL)。因而,推测萨拉乌苏阶上、下部之间年龄约 75 ka。米浪沟湾全新统底部年龄为(9880±900) a(TL),故萨拉乌苏阶顶部年龄约 10~11 ka。

3.2 萨拉乌苏组岩性、岩相特征

从萨拉乌苏河中游至下游方向,由滴哨沟湾→范家沟湾→米浪沟湾至酒房台,4 个剖面萨拉乌苏组总的厚度变化不大,一般在 60~70 m。

现以酒房台剖面为例(图 2)对萨拉乌苏阶岩性、岩相做一简述。萨拉乌苏组自下而上分为 5 个段。

1 段:黄褐、灰褐色粉砂质粘土与灰黄、杂色粘土质粉砂互层,夹多层红棕色薄层古土壤,底部为黄棕色粉细砂层。含软体动物化石,与下伏中更新统离石组顶部红棕色古土壤层呈整合接触,厚 11.11 m。

2 段:黄土状土,为黄色粉砂层,致密块状,含较多钙质结核。厚 3 m。

3 段:黄褐色粘土质粉砂层,夹细砂和钙板层,含软体动物化石,具冻融褶皱。厚 7.4 m。

4 段:黄褐色中、细砂层,具水平层理和交错层理,厚 4.75 m。

5 段:灰褐、灰绿色粘土质粉砂层,含软体动物化石。底部是泥质砾石,顶部为红棕色古土壤层。厚 6.51 m。

上述 5 段中,萨拉乌苏组底部的黄棕色砂层,下部的灰褐色粉砂质粘土层(或淤泥层)、中部冻融褶皱层和顶部棕色古土壤层均可作为标志层。

萨拉乌苏组上部即城川组,自下而上划分为 3 个段。

1 段:灰黄色粉细砂层夹灰褐色粉砂层,具水平层理和交错层理,夹钙板层。近底部含披毛犀化石。厚 12.69 m。

2 段:灰绿、灰黄色粉细砂层,具水平层理,底部为中、细砂层。顶部和中部发育冻融褶皱,含软体动物化石。厚 7.19 m。

3 段:灰黄色粉、细砂层夹灰褐色粉砂层和钙板层,具水平层理和交错层理。厚 5.31 m。

上述 3 段中,中部两层含软体动物化石的冻融褶皱层可作为标志层。

总之,萨拉乌苏组第 1 段以湖沼相沉积为主,底部发育黄棕色砂层,代表古湖泊开始的沉积物,湖沼相沉积物中发育多层古土壤层和含软体动物化石,表示水体较浅,第 2 段堆积黄土状土,湖泊消失。第

3 段萨拉乌苏阶开始黄褐色粘土质粉砂层,代表水进。第 4 段厚层黄色中、细砂层,是河和风的堆积物,湖泊暂时被河风堆积物取代。第 5 段沉积的泥砾层和含软体动物化石的灰绿色粘土质粉砂层,代表又进入到湖泊发育时期,直至顶部棕色古土壤发育,萨拉乌苏湖再次消失。60~75 ka 期间(城川组 1 段),发育风成砂和砂丘间洼地沼泽相沉积物。较高角度大型板状交错层理是风成砂结构构造的标志;具水平层理的灰褐色粉砂质粘土条带层是砂丘间洼地沼泽相的沉积物。洼地沉积物顶部干涸后,常常发育钙板层。20~60 ka 期间(城川组 2 段)沉积物颗粒较粗,反映水量较充沛,又进入到湖泊发育阶段。湖泊沼泽中发育较多的软体动物,水体不深。10~20 ka 期间(城川组 3 段)又被风成砂和砂丘间洼地沼泽相沉积代替。可见,萨拉乌苏阶总共经历了 3 次较为明显的水体扩张;3 次较为明显的风成砂袭击。

3.3 萨拉乌苏阶古生物化石组合

3.3.1 古脊椎动物化石组合

萨拉乌苏阶内古脊椎动物化石极为丰富。1922—1923 年 E. 桑志华、P. 德日进等在蒙族老乡带领下发现了旧石器文化遗物,包括智人牙化石^[4]。后在 1963—1964 年和 1978—1980 年中国学者两次挖掘中又获得了大量石器和脊椎动物化石,最可喜的是找到^[10,18]原生层位的古人类化石,为萨拉乌苏建阶奠定了基础。

据谢骏义等(1995)^[26,27]报道,大部分脊椎动物化石分布于萨拉乌苏组内,而城川组较少。其中绝灭种有诺氏象、最晚斑鬣狗、诺氏驼、河套大角鹿、哈克图转角羊、王氏水牛、披毛犀和原始牛等 8 种。绝灭种中王氏水牛、诺氏象、哈克图转角羊和河套大角鹿等仅见于萨拉乌苏组,其时代应属晚更新世中期的动物群。而哑天鹅、鸵鸟等城川组中多,且城川组中中华鼯鼠、野驴等均是现生种,因而,城川动物群时代应为晚更新世中期之末到晚更新世晚期。

发现的古人类化石、石器和大部分脊椎动物化石均位于萨拉乌苏阶下部^[4]。董光荣、李保生等认为其时代为 140~70 ka,但郑洪汉等^[23]认为 160~180 ka。

3.3.2 软体动物化石

萨拉乌苏阶内含有大量软体动物化石。20 世纪 20 年代法国古生物学家 P. 德日进等^[9]曾报道了双壳类动物化石—湖球蚬(*Sphaerium*)。李保生(2007)^[28]对萨拉乌苏阶上部城川组中的腹足类动物化石进行了详细研

究,在城川组中部可以划分出 2 个组合,即旋螺属—土蜗螺属组合和瓦娄蜗牛属组合,它们代表一个暖湿时期,其年龄为 26~38 ka,可与 MIS3 阶段对比。

3.3.3 孢粉组合

笔者在酒房台剖面内取孢粉样 37 件。下部萨拉乌苏组内共鉴定了孢粉化石 588 粒,孢粉总浓度为 2.2~43.8 粒/g。上部城川组内孢粉化石 1564 粒,孢粉总浓度为 0.4~322 粒/g(由国土资源部地下水矿泉水及环境监测中心分析鉴定)。自下而上孢粉组合特征是:

① 萨拉乌苏组 1 段

底部:花粉含量少,但菌孢较多,气候温湿。

中部:孢粉贫乏,仅有少量 *Pinus*、*Artenisia*、*Chenopodiaceae*,气候凉干。

上部:孢粉丰富,木本植物占 38.3%~62.1%,草本植物占 37.9%~61.7%。木本花粉以 *Pinus* 为主,占 37.3%~57.6%,另有少量 *Ulmus*、*Betula* 等。草本花粉以 *Artenisia* 为主,占 19.7%~35.3%,其次为 *Chenopodiaceae* 等,反映以针叶林为主针阔叶混交林草原植被景观,气候较暖湿。

② 萨拉乌苏组 2 段

孢粉以 *Pinus*(占 37.3%)、*Artenisia*(占 53.3%)为主,气候较凉干。

③ 萨拉乌苏组 3 段

下部:孢粉贫乏,仅有少量 *Pinus*、*Artenisia*、*Chenopodiaceae* 气候凉干。

中部:有少量 *Betula*、*Quercus* 等,上部菌孢较多,反映中、上部气候温湿。

④ 萨拉乌苏组 4 段

下部:孢粉以 *Pinus*(占 89.8%)、*Artenisia*(占 6.8%)为主,气候较温湿;上部:孢粉贫乏,气候凉干。

⑤ 萨拉乌苏组 5 段

下部:孢粉贫乏,仅有少量 *Pinus*、*Artenisia*、*Chenopodiaceae* 气候较凉干。

上部:孢粉以 *Pinus*(占 72.2%)、*Abies*(占 16.5%)为主,气候较温湿。

⑥ 城川组 1 段

孢粉贫乏,仅有少量 *Pinus*、*Artenisia*、*Chenopodiaceae* 气候较冷干。

⑦ 城川组 2 段

孢粉丰富,木本花粉以 *Pinus* 为主,可占 47%~81%,其次为 *Picea*(12%~14%)、*Abies*(占 10%~12%),

另有 *Quercus* (7%) *Ulmus* (3.1%)。草本花粉以 *Chenopodiaceae* (11%~13%)、*Artemia* (8%) 为主,另有水生草本 *Typha* 和菌孢等。

反映以针叶林为主的针阔叶混交林草原植被景观,气候以暖湿为主。

⑧城川组 3 段

下部:孢粉丰富,木本花粉以 *Pinus* (15%~52%) 为主,草本花粉以 *Artemisia* (占 22%~28%) 为主。此外,尚有水生草本 *Typha* (10%) 等。反映针叶林草原植被景观,气候温湿。

上部:孢粉贫乏。

从上述孢粉组合可见,萨拉乌苏组 1 段上部和城川组 2 段孢粉丰富,为针叶林为主的针阔叶混交林草原植被景观,是 2 个比较明显的暖湿期。萨拉乌苏组 3 段上部、4 段下部、5 段上部和城川组 3 段,以针叶林为主的草原植被景观,反映气候较为温凉湿润。萨拉乌苏组 1 段中部、3 段下部、5 段下部和城川组 1 段为孢粉贫乏带,气候凉干。

3.3.4 介形虫组合

酒房台剖面共取介形虫化石分析样 37 件(由国土资源部地下水矿泉水及环境监测中心分析、鉴定)。自下而上介形虫组合特征是:

①萨拉乌苏组 1 段

底部:见有较多的 *Leucocythere plethora* 及少量 *Ilyocypris biplicata*,为湖沼相沉积环境。

中、上部未见介形虫化石。

②萨拉乌苏组 2 段,未见介形虫化石。

③萨拉乌苏组 3 段仅在中下部的冻融褶皱层中见有少量 *Leucocythere plethora*,属湖沼相沉积环境。

④萨拉乌苏组 4 段,未见介形虫化石。

⑤萨拉乌苏组 5 段中、下部未见介形虫化石,上部的灰绿灰褐色粘土质粉砂层中见有较多介形虫化石,有: *Cyclocypris serena*、*Ilyocypris biplicata*、*Ilyocypris dunschanensis*、*Candoniella suzini*、*Candoniella albicans* 等,属小溪、湖沼相沉积环境。

⑥城川组 1 段未见介形虫化石

⑦城川组 2 段冻融褶皱层中见有较多的 *Candoniella albicans*、*Candona kirgizica*、*Cypria subeiansis* 等,其上黄褐色砂层中见有 *Limnocythere dubiosa*。反映湖沼相沉积环境。

⑧城川组 3 段下部见有 *Cyprinotus sp.*、*Eucypris inflata*、*Leucocythere plethora* 等,反映湖沼相沉积环境。

总之,从已获介形虫的属种分析,大部分反映湖沼或小溪、小池的沉积环境。

3.4 萨拉乌苏阶古气候特征

随全球变化研究的开展及区域性气候变化研究的深入。对萨拉乌苏组气候演变的研究不少学者做了探讨。以董光荣^[22,29]、李保生^[30]为代表,认为萨拉乌苏组下部与末次间冰期相当;上部则与末次冰期对比,其中间可划分出间冰段气候期。李保生^[14]近年来对米浪沟湾剖面做了大量化学元素百分含量等方面的研究,进一步将萨拉乌苏组下部与 MIS₅ 对比,上部与 MIS₂₋₄ 对比。郑洪汉^[23]将萨拉乌苏组下部与 MIS₆ 阶段对比,代表一个寒冷时期,其上可与 MIS₅ 阶段对比,代表一个温暖期。总之,学者们对萨拉乌苏组古气候特征做了大量的研究,成绩是显著的。但正如上述关于萨拉乌苏阶年代框架讨论中所说,萨拉乌苏阶底界年龄目前仍在做工作。因此,本文仅根据地层岩性、岩相及古生物特征等粗略地捋一下其演化特征(图 2)。

萨拉乌苏组第 1 段气候由温凉转为较暖湿,特别是上部湖沼相层中夹有多层红棕色古土壤层,含软体动物化石及少量阔叶植物,反映较暖湿气候环境。第 2 段为黄土状土堆积,气候凉干。第 3 段湖沼相沉积中含软体动物化石和少量阔叶植物及大量脊椎动物化石,代表温湿气候,但中部湖相沉积层沉积后曾经历一次寒冷气候事件,使之发育冻融褶皱。上部含钙板多,气候变干。第 4 段黄色中、细砂层,孢粉中木本植物松属含量较高,气候较湿润。第 5 段湖相沉积,含大量软体动物化石,顶部有一层较厚棕色古土壤层,是气候温湿的标志。

城川组:第 1 段是风成砂和砂丘间洼地沼泽相沉积,反映气候冷干环境。第 2 段:湖相沉积,沉积物颗粒可达中细砂级,含喜暖湿的软体动物化石,孢粉中有阔叶类植物及水生草本植物,反映气候暖湿,在 2 段顶部和中部有 2 层冻融褶皱,表明在这 2 层湖沼相层沉积后分别经历两次冰缘冷的事件。第 3 段的古气候特征基本上与第 1 段相似,但早期,孢粉显示较为湿润。

邵亚军(1987)^[31]对萨拉乌苏河地区晚更新世孢粉组合研究表明:萨拉乌苏组沉积时期古植被、古气候主要是:以针叶林为主的针阔混交的森林草原,较为温暖湿润。城川组沉积时期古植被古气候总体上是:为荒漠草原,干冷多风。

总之,从萨拉乌苏阶的岩性、岩相、古生物及孢粉组合分析结果看,萨拉乌苏阶下部以温湿气候为主,但中期有两次明显凉干气候侵入,有一次冰缘冷气候事件发生。萨拉乌苏阶上部以冷干气候为主,但中晚期有一明显的暖湿气候调节,暖湿气候时期还曾有多次冰缘冷气候事件发生。总的来说,从 150 ka 到 75 ka,气候是温与凉交替出现,但以温湿为主线。75~60 ka 时期,是明显干冷、多风时期。60~20 ka 为较好的温湿期。20~10 ka 气候又转温。

4 结 论

(1)内蒙古萨拉乌苏河流域上更新统年代地层称萨拉乌苏阶,它是中国北方上更新统典型代表。萨拉乌苏阶顶界年龄约 10 ka,萨拉乌苏阶上部与下部界线年龄约 75 ka,萨拉乌苏阶底界定于酒房台剖面萨拉乌苏组第 3 段底,约 150 ka。

上更新统下部的岩石地层单位称萨拉乌苏组,上部的岩石地层单位称城川组。萨拉乌苏组底界年龄有两种意见,约 140 ka 或约 180 ka,作者推测可能要下延至 180 ka 左右。

(2)萨拉乌苏河中、下游萨拉乌苏阶地层一般厚 60~70 m。下部以湖沼相沉积为主;上部以风成砂与砂丘间洼地沼泽相沉积为主。萨拉乌苏阶经历了 3 次较为明显的水体扩张,3 次较为明显的风砂袭击。

(3)萨拉乌苏阶下部标志性古生物化石是 *Ordos homo sapiens* (鄂尔多斯人)、*Bubalus wansjocki* (王氏水牛)、*Palaeoloxodon naumanni* (诺氏象)、*Megaloceros ordosianus* (河套大角鹿)、*Spirocerus kiakhtensis* (哈克图转角羚羊)等。

(4)萨拉乌苏阶 150~75 ka 以温湿气候为主,75~60 ka 为干冷多风的气候,60~20 ka 则是一个暖湿期,20~10 ka 气候转温。整个剖面可见多次冰缘冷气候事件。

致谢:工作期间,华南师范大学李保生教授、中科院古脊椎所黄慰文研究员和内蒙古乌审旗文物局范金山老师等为我们提供了大量资料、信息及野外考察期间的大力支持、协助,在此一并表示衷心谢意!此外,感谢赖忠平博士后、牛东风博士在野外工作时给予的帮助。

参考文献(References):

[1] 全国地层委员会编著. 中国区域年代地层(地质年代)表说明书

[M]. 北京:地质出版社, 2002:1-11.

China Stratigraphic Committee. The Explanatory Notes of China Regional Chronostratigraphic (Geo-chronologic) Scale [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002:1-11(in Chinese).

[2] Teilhard de Chardin, F. Licent. On the Geology of the Northern Western and Southern Borders of the Ordos, China [J]. Bulletin of the Geological Society of China, 1924, 3(1):37-44.

[3] Teilhard de Chardin, F. Licent. On the Discovery of a Paleolithic industry in Northern China[J]. Bulletin of the Geological Society of China, 1924, 3(1):45-50.

[4] Black D, Teilhard de Chardin, C C Young, et al. Fossil Man in China[J]. Geol Mem, 1933, Ser. A. 11.

[5] 全国地层委员会.全国地层会议学术报告汇编. 中国的新生界[M]. 北京:科学出版社, 1963:18-24.

China Stratigraphic Committee. A Collection of Academic Report on the National Stratigraphic Conference. Cenozoic in China[M]. Beijing: Science Press, 1963:18-24(in Chinese).

[6] 裴文申, 李有恒. 萨拉乌苏河系的初步探讨 [J]. 古脊椎动物与古人类, 1964, 8(2):99-118.

Pei Wenzhong, Li Youheng. Some tentative opinions on the problem of "Sjara-Osso-Gol", Inner Mongolia [J]. Vertebata Palasiatica, 1964, 8(2):99-118(in Chinese with English abstract).

[7] 中国科学院地质研究所.第四纪地质问题[M].北京:科学出版社, 1964:45-76.

Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences. The Problems on Quaternary Geology[M]. Beijing: Science Press, 1964:45-76(in Chinese).

[8] 袁宝印. 萨拉乌苏组的沉积环境及地层划分问题 [J]. 地质科学, 1978, (3):220-234.

Yuan Baoyin. Sedimentary environment and stratigraphical subdivision of Sjara-Osso-Gol Formation [J]. Scientia Geologica Sinica, 1978, (3): 320-334(in Chinese with English abstract).

[9] 祁国琴. 内蒙古萨拉乌苏河流域第四纪哺乳动物化石 [J]. 古脊椎动物与古人类, 1975, 13(4):239-249.

Qi Guoqin. Quaternary mammalian fossils from Salawusu River District, Nei Mongol [J]. Vertebata Palasiatica, 1975, 13 (4):239-249(in Chinese with English abstract).

[10] 董光荣,高尚玉,李保生.河套人化石的新发现[J].科学通报,1982, 26(19):192-194.

Dong Guangrong, Gao Shangyu, Li Baosheng. New discovery of the Fossil Ordos Man [J]. Chinese Science Bulletin, 1982, 26 (19): 192-194(in Chinese).

[11] 李保生,靳鹤龄,吕海燕,等. 150 ka 以来毛乌素沙漠的堆积与变迁过程[J]. 中国科学(D 辑), 1998, 28(1):85-90.

Li Baosheng, Jin Heling, LV Haiyan, et al. Processes of the deposition and vicissitude of Mu Us Desert, China since 150 ka B. P. [J]. Science in China (Series D), 1998, 41 (3):248-254.

[12] 李保生,靳鹤龄,祝一志,等. “河套东南角理想剖面”的新近研究[J]. 中国沙漠, 2001, 21(4):346-353.

Li Baosheng, Jin Heling, Zhu Yizhi, et al. Recent study on the

- "Ideal section in the southeast corner of Ordos" [J]. Journal of Desert Research, 2001, 21 (4):346-353 (in Chinese with English abstract).
- [13] Li Baosheng, Zhang D D, Wen Xiaohao, et al. Multi-cycles of Climatic Fluctuation in the Last Interglacial Period [J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79 (3):398-404.
- [14] Li Baosheng, Wen Xiaohao, Qia shifan, et al. Phases of Environmental Evolution Indicated by Primarg Chemical Elements and Paleontological Records in the Upper Pleistocene-Holocene Series for the Salawusu River Valley China [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81 (4):555-565 (English Edition) Journal of the Geological Society of China.
- [15] 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苏沙漠的变迁[J]. 中国沙漠, 1983, 3(2):9-14.
- Dong Guangrong, Li Baosheng, Gao Shangyu. The case study of the vicissitude of Mu Us Sandy Land since the Late Pleistocene according to the Salawusu River area strata [J]. Journal of Desert Research, 1983, 3(2):9-14(in Chinese with English abstract).
- [16] 董光荣, 苏志珠, 靳鹤龄. 晚更新世萨拉乌苏组时代的新认识[J]. 科学通报, 1998, 43(17):1869-1872.
- Dong Guangrong, Su Zhizhu, Jin Heling. New views on the age of the Salawusu Formation of Late Pleistocene in northern China [J]. Chinese Science Bulletin, 1998, 43 (17): 1869-1872 (in Chinese).
- [17] 靳鹤龄, 李明启, 苏志珠, 等. 萨拉乌苏河流域地层沉积时代及其反映的气候变化[J]. 地质学报, 2007, 81(3):307-315.
- Jin Heling, Li Mingqi, Su Zhizhu, et al. Sedimentary age of strata in the Salawusu river basin and climatic changing [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81 (3): 307-315 (in Chinese with English abstract).
- [18] 黄慰文, 侯亚梅. 萨拉乌苏遗址的新材料: 范家沟湾 1980 年出土的旧石器[J]. 人类学学报, 2003, 22(4):309-320.
- Huang Weiwen, Hou Yamei. New materials from Salawusu sites of north China: paleoliths of 1980 excavation at Fanjiagouwan [J]. Acta Anthropologica Sinica, 2003, 22(4):309-320(in Chinese with English abstract).
- [19] 李保生, 靳鹤龄, 祝一志, 等. 萨拉乌苏河流域第四系岩石地层及其时间界限[J]. 沉积学报, 2004, 22(4):676-682.
- Li Baosheng, Jin Heling, Zhu Yizhi, et al. The Quaternary lithostrata in Salawusu River Valley and their geochronology [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22 (4):676-682 (in Chinese with English abstract).
- [20] 周昆叔, 黎兴国, 邵亚军. 内蒙萨拉乌苏河流域冰缘期划分及其意义[C]//史前地震与第四纪地质论文集. 西安: 陕西科学技术出版社, 1982:149-153.
- Zhou Kunshu, Li Xingguo, Shao Yajun. The permafrost period subdivision in the Salawusu River reaches, Inner Mongolia, and its significance[C]//Contribution to the Academic Symposium on the Pre-Historic Earthquake and Geology of China. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 1982:149-153(in Chinese).
- [21] 原思训, 陈铁梅, 高世君. 用铀子系法测定河套人和萨拉乌苏文化的时代[J]. 人类学学报, 1983, 2(1):90-94.
- Yuan Sixun, Chen Tiemei, Gao Shijun. Uranium series dating of "Ordos Man" and "Sjara-Osso-Gol Culture" [J]. Acta Anthropologica Sinica, 1983, 2 (1):90-94(in Chinese with English abstract).
- [22] 董光荣, 李保生. 内蒙萨拉乌苏河地区马兰黄土与萨拉乌苏组的关系及其环境演化 [C]//柴达木盆地新生代地质会议论文集. 北京: 科学出版社, 1986:104-132.
- Dong Guangrong, Li Baosheng. Relationship between the Malan Loess and the Salawusu Formation in the Salawusu River area, Inner Mongolia and the evolution of environment[C]//Proceedings of Cenozoic Geology of Qaidam Basin. Beijing: Science Press, 1986:104-132(in Chinese).
- [23] 郑洪汉. 中国北方晚更新世河湖相地层与风积黄土 [J]. 地球化学, 1989, (4):343-351.
- Zheng Honghan. Late Pleistocene fluvo-lacustrine deposits and aeolian loess in North China [J]. Geochimica, 1989, (4):343-351 (in Chinese with English abstract).
- [24] 孙继敏, 丁仲礼, 袁宝印, 等. 再论萨拉乌苏组的地层划分及其沉积环境[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1996, 16(1):23-31.
- Sun Jimin, Ding Zhongli, Yuan Baoyin, et al. Stratigraphic division of the Sala Us Formation and the inferred sedimentary environment [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1996, 16(1):23-31(in Chinese with English abstract).
- [25] 樊行昭, 苏朴, Reidar Lovlie. 岩石磁学研究对萨拉乌苏组年代归属的意义[J]. 自然科学进展, 2002, 12(11):1223-1226.
- Fan Xingzhao, Su Pu, Reidar Lovlie. The meaning of rock magnetism for Salawusu Formation ages [J]. Progress in Natural Science, 2002, 12(11): 1223-1226(in Chinese).
- [26] 谢骏义, 高尚玉, 董光荣, 等. 萨拉乌苏动物群 [J]. 中国沙漠, 1995, 15(4):313-322.
- Xie Junyi, Gao Shangyu, Dong Guangrong, et al. Zoocenosis in Sara Wusu [J]. Journal of Desert Research, 1995, 15 (4):313-322(in Chinese with English abstract).
- [27] 同号文, 李虹, 谢骏义. 萨拉乌苏动物群有关属种的修订与讨论 [J]. 第四纪研究, 2008, 28(6):1106-1113.
- Tong Haowen, Li Hong, Xie Junyi. Revisions of some taxa of the Salawusu fauna from Sjara-Osso-Gol area, Neimongol, China [J]. Quaternary Science, 2008, 28 (6): 1106-1113 (in Chinese with English abstract).
- [26] 李保生, 陈德牛, David D. Zhang, 等. 萨拉乌苏河流域 MGS3 地层段腹足类动物化石种类及气候环境 [J]. 中国科学 (D 辑), 2007, 37(2):1625-1633.
- Li Baosheng, Chen Deniu, David D. Zhang, et al. Fossil gastropods from the MGS3 stratigraphic segment in the Salawusu River Valley and their climatic and environmental implications [J]. Science in China (Series D), 2007, 37(2):1625-1633(in Chinese).
- [27] 苏志珠, 董光荣. 萨拉乌苏组沉积时代的重新厘定[J]. 沉积学报, 1997, 15(4):159-163.

Su Zhizhu, Dong Guangrong. Re -determination on the sedimentary age of Salawusu formation [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(4):159-163(in Chinese with English abstract).

[28] 李保生, 董光荣, 高尚玉, 等. 鄂尔多斯萨拉乌苏地区马兰黄土与萨拉乌苏组的关系及其地质时代问题[J]. 地质学报, 1987, 61(3):218-230.

Li Baosheng, Dong Guangrong, Gao Shangyu, et al. Relationship between the Malan Loess and the Salawusu Formation in the Salawusu River area, Ordos, and their geological age [J]. Acta Geologica Sinica, 1987, 61(3):218-230(in Chinese with English abstract).

[29] 邵亚军. 萨拉乌苏河地区晚更新世以来的孢粉组合及其反映的古植被和古气候[J]. 中国沙漠, 1987, 7(2):22-27.

Shao Yajun. Pollen component and paleoclimate and paleovegetation in Sjara-Osso-Gol River since Late Pleistocene Epoch [J]. Journal of Desert Research, 1987, 7 (2): 22-27 (in Chinese with English abstract).

An analysis of the basic characteristics of the Upper Pleistocene Salawusuan Stage in the Salawusu River Valley, Inner Mongolia

MIN Long-rui¹, ZHU Guan-xiang², GUAN You-yi¹

(1. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;
2. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract: This paper gives a summarized description of the preliminary research results of Salawusuan Stage, an Upper Pleistocene chronostratigraphic unit along the Jiufangtai section of the Salawusu River Valley in Inner Mongolia. The bottom of Salawusuan stage is yellowish brown sand layer. The age of the bottom boundary of the Salawusuan Stage is tentatively identified as 150 ka B.P., and that of the top boundary is around 10 ka B.P.. The boundary age between the upper part and the lower part of the Salawusuan Stage is about 75 ka B.P. . The lower part of the Salawusuan Stage consists of limnetic sediments interbedded with fluvio-aolian accumulation, and the upper part is composed of aeolian sands supplemented by limnetic sediments. This region has experienced 3 times of water body expansion and 3 times of blown sand invasion since 150 ka B.P.. The representative fossils of ancient vertebrate are *Ordos Homo sapiens*, *Bubohus wansjocki*, *Palaeoloxodon naumanni*, *Megaloceros ordosianus*, *Spirocerus kiakhtensis*, etc. in the lower part of the Salawusuan Stage, and *Coelodonta antiquitatis*, *Equus hemionus*, etc. in the upper part. The paleoclimate in this region was mainly warm and wet during 150~75 ka B.P.,but was repeatedly interrupted by dry and cool climate intervals. During 75~60 ka B.P., the climate became arid, cold and windy. It was warm and wet during 60~20 ka B.P.. During 20~10 ka B.P., however, the temperature somewhat got lower again.

Key words: Salawusuan Stage; Upper Pleistocene

About the first author: MIN Long-rui, female, born in 1938, senior researcher, mainly engages in the study of Quaternary Geology; E-mail: mlr@cags.net.cn.