

文章编号:1000-0550(2004)04-0676-07

萨拉乌苏河流域第四系岩石 地层及其时间界限

李保生^{1,2} 靳鹤龄³ 祝一志² 董光荣³ 温小浩¹

1(华南师范大学地理系 广州 510631)

2 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室 西安 710061)

3(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 兰州 730000)

摘要 根据对位于鄂尔多斯高原毛乌素沙漠东南部边缘萨拉乌苏河流域的米浪沟湾剖面岩石地层划分并结合年代测试结果,提出了如下一些看法:

1. 以组为代表的岩石地层单元的形成时间为:离石组 > 150000a B. P.、萨拉乌苏组 150000—75000a B. P.、城川组 75000—10000a B. P.、大沟湾组—滴哨沟湾组 10000—1000a B. P.、范家沟湾组 1000a B. P. —现代。

2. 以上岩石单元与黄土高原相同时期层系具有较好的对比关系:离石组 \ 萨拉乌苏组、萨拉乌苏组 \ 城川组和城川组 \ 大沟湾组在地质时代上依次与 L_2 \ S_1 (时限为 140000 a B. P.)、 S_1 \ L_1 (时限为 80000 a B. P.) 和 L_1 \ S_0 (时限为 11000—10000 a B. P.) 大体是等时的。

3. 如以过去全球变化而论,则目前已经可以确切地将米浪沟湾剖面诸岩石单元与深海和大陆冰川最近地质时期的若干氧同位素阶段进行对比,以“ \rightleftharpoons ”表示为:离石组 \rightleftharpoons MIS6、萨拉乌苏组 \rightleftharpoons MIS5、城川组 \rightleftharpoons MIS2 ~ MIS4、大沟湾组 + 滴哨沟湾组 + 范家沟湾组 \rightleftharpoons MIS1。显然,这一对比关系清楚地说明,我国沙漠万年时间尺度环境演变,与黄土的研究结果一样,在很大程度上受到北半球冰期间冰期气候波动的影响。据此,可以按气候地层进行划分,将离石组、萨拉乌苏组、城川组、大沟湾组 + 滴哨沟湾组 + 范家沟湾组的时代分别置于里斯冰期、里斯—玉木间冰期(末次间冰期)、玉木冰期(末次冰期)和冰后期。

关键词 萨拉乌苏河流域 岩石地层单元 时间界限 地层对比

第一作者简介 李保生 男 1951 年出生 博士 教授 第四纪地质及自然地理

中图分类号 P53 **文献标示码** A

萨拉乌苏河发源于黄土高原陕西北部白于山,在雷家嘴子附近汇集了源头的 4 条支流后,大体以 NNE 走向蜿蜒曲折地流经鄂尔多斯高原毛乌素沙漠东南部边缘,最后在巴图湾地点注入黄河支流—无定河,全长 100 多 km(图 1)。以新桥为界,其以上和以下的该河流经地区分别称为萨拉乌苏河上游和中下游流域。上游流域第四纪黄土层系大量出露,而广大中下游流域,则主要属河湖相和风成砂丘沉积。上个世纪二十年代时,法国古生物地层学家 P. 德日进等就已对该地进行了调查,他们创建萨拉乌苏组、命名萨拉乌苏动物群并发现早期人类化石“鄂尔多斯人”^[1-3],其成果可以称得上是具有开创性的,以致在后来的众多的有关文献中都不同程度地包含着早期德氏等人研究思想的印记。然而,自那时以后的一个颇长时期

内,萨拉乌苏河流域被认为是我国晚更新世河湖相沉积的标准地点^[4]。六十年代时,裴文中等^[5]将德日进认为的萨拉乌苏组顶部的一套灰绿色湖相沉积物的时代推测为全新世,其底部灰蓝色湖相层之下的一套红黄色砂土定为中更新统。1978 年,袁宝印^[6]将萨拉乌苏组顶部的湖相沉积物正式划归全新世,命名为大沟湾组,同时根据岩性特征将大沟湾组之下的上更新统萨拉乌苏组分为上部 and 下部:上部以河流相沉积为主,并含有风砂堆积现象;下部系湖相沉积。这一工作,为后来萨拉乌苏流域的地层划分和环境演变研究奠定了重要基础。自七十年代末以来,作者陆续对萨拉乌苏河流域开展了毛乌素沙漠与气候变化的史前地质调查和研究。我们在大沟湾组之上又发现黑垆土、次生黄土等沉积,遂将这部分层序,连同毛乌素沙

国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2004CB720200)、中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-SW-118)和国家自然科学基金(批准号:49971009)资助。

收稿日期:2004-02-20;收修改稿日期:2004-06-03

漠风成砂丘一起命名为滴哨沟湾组^[7]。同时将袁宝印的萨拉乌苏组上部定为以风成砂为主的城川组,所含的脊椎动物化石称之为城川动物群;而下部由于其主要为河湖相,故仍沿用萨拉乌苏一名,所含的脊椎动物化石亦沿用萨拉乌苏动物群^[8,9]。近年来,对萨拉乌苏河流域米浪沟湾地层剖面 150ka B. P. 以风成的砂丘砂与河湖相、古土壤构成多重相互超覆的沉积系列划分^[10]和对气候旋回的探讨^[11]取得了一些新的成果。随着研究的进展,我们获得了较多的年代地层学测试结果,对该地岩石地层单元的看法也日臻成熟。本文将米浪沟湾剖面作为萨拉乌苏河流域的代表性地质记录,试图对其的沉积岩石学特征和划分作一讨论。

1 米浪沟湾剖面各组沉积物的基本特征

1.1 米浪沟湾剖面一般情况概述

米浪沟湾剖面位于萨拉乌苏河中游地区米浪沟

湾村 NE 约 500 m 的河流左岸,地理坐标大致在 108° 32' E, 37° 46' N, 堆积厚度约 83 m。该剖面含 29 层风成的古流动砂丘砂、3 层古固定—半固定砂丘砂和 1 层现代流动砂丘砂, 9 层河流相, 19 层湖相—沼泽相, 5 层棕褐色土, 4 层黑垆土, 2 层黄土。诸层位岩性和沉积相标示于图 2 中。剖面地层包括全新统范家沟湾组(新近命名)、滴哨沟湾组和大沟湾组, 地层编号分别是 1MD、2S—11D 和 12S—16FL; 上更新统上部城川组, 17D—45D; 上更新统下部萨拉乌苏组, 46LS—63LS; 中更新统离石组, 64D—72L。迄今已对米浪沟湾剖面测定了 30 个年龄数据, 主要采用热释光(TL)和¹⁴C 方法, 个别层位采用的是铀子系法。由于大多数年龄数据, 其材料选取、实验室、分析人等已在有关文献^[12]中曾进行过说明, 故不再一一赘述。以下仅就近年特别是最近获得的一些年龄层位等作一阐述。

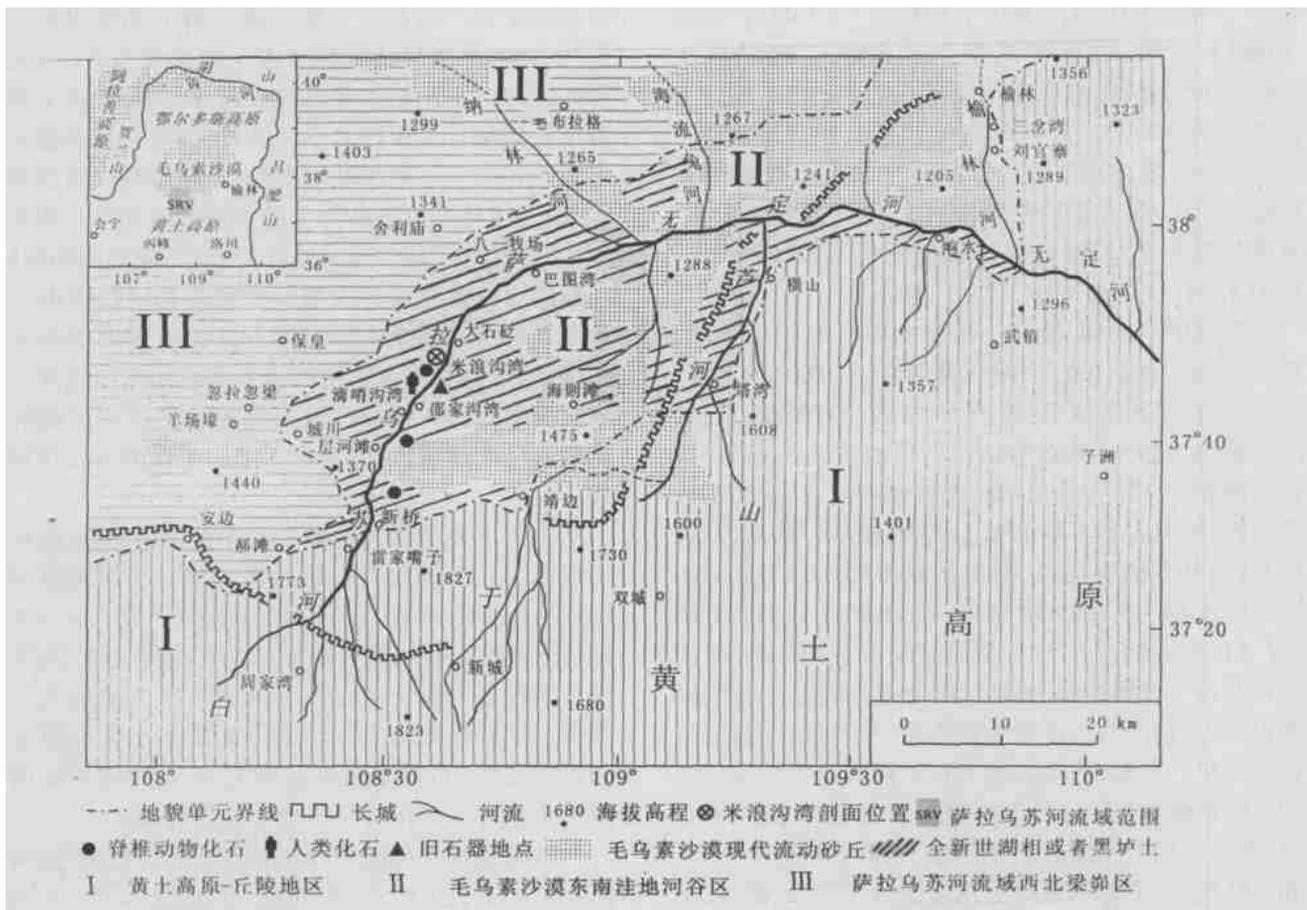


图 1 萨拉乌苏河流域及邻近地区地貌类型与米浪沟湾剖面位置
 Fig. 1 Map showing the geomorphology types in Salawusu River valley and its adjoining area and the position of Milangouwan section

近年来对米浪沟湾剖面新测定的年龄层位是 15D、17D、45D、61S 和 62Fd,均采自诸层之底部。测年材料系石英颗粒品,采用 TL 方法,由中国科学院广州地球化学研究所热释光实验室卢良才、黄宝林完成。由图 2 可见,除 61S 之外的所述年龄层位与各组之间的界线密切相关。由于萨拉乌苏河流域地层堆积的主要界线都较清晰且极易进行对比,故又从米浪沟湾剖面附近之滴哨沟湾、大石砭地点的地层及其年代对比中获得 3 个与该剖面有关的年龄。其对比理由已在有关文献中进行了论证^[10]。

1.2 沉积相特征

米浪沟湾剖面风成砂丘尤其是古流动砂丘是其最为显著的沉积特征。风成砂丘砂多呈灰黄色,有时可见棕红—桔红色。古流动砂丘层与该区及其周围现代流动砂丘一样,几乎全部是由以细砂粒级为主的砂质沉积物组成,松散且分选都比较均匀^[13]。根据对该剖面 95 个样品的粒度分析结果,采用 Folk 和 Ward^[14]制定的公式— M_z (平均粒径) = $(16 + 50 + 84)/3$ 和 (标准离差) = $(84 - 16)/4 + (95 - 5)/6.6$,显示古流动砂丘砂 M_x 和 M_z 的分布范围分别为 2.33~3.48 和 0.26~0.90。古固定—半固定砂丘所含层数较少,以细砂—极细砂沉积物占优势,亦有一定含量的粉砂和粘土,致密且分选中等,垂直节理发育,无层理并可见植物根系, M_x 和 M_z 分别为 3.08~3.45 和 0.77~1.27。

剖面中河流相、湖相—沼泽相即河湖相呈灰绿、黄绿、深灰、青灰、锈黄、暗灰黄等色;棕褐色古土壤,浅褐、浅棕褐和灰褐色;黑垆土,暗褐—灰黑色;黄土,浅灰黄色,有时可见潜育化作用形成的蓝灰色条带。河湖相和古土壤主要由粉砂质极细砂组成,次为粉砂质细砂,并有含量不等的粘土成分,松软—致密,分选较差,常具有植物根系,偶见植物根叶残体化石, M_x 分别为 3.04~5.06 和 3.38~5.06, 分别为 0.61~1.51 和 0.69~1.77。总的看来,风成砂 M_x 较河湖相和古土壤颗粒粗,显示的分选亦较好。在剖面垂直方向,前者与后者表现为粗—细反复交替的波动式变化。通常,在河湖相和古土壤底部发育有成层的钙质结核或钙板,其下覆地层往往是风成的砂丘层。剖面中的古土壤具有明显的土壤发生层次,即上部为粘化层,中部为富含碳酸盐新生体的钙积层,下部常为分选比较均匀的风成砂,有时为河湖沉积构成的母质层。相对而言,棕褐色土粘化层质地较黑垆土粘重。镜下分析与实验结果表明,无论棕褐色土还是黑

垆土,其胶斑状微结构都很明显。其中的土壤基质,前者以粘粒、碳酸盐及铁质氧化物较多,后者则是由粘粒与部分碳酸盐复合而成并具灰白色钙质假菌丝、钙膜等。为了便于阐述,本文将现代流动砂丘砂、古流动砂丘砂、古固定—半固定砂丘砂、河流相、湖相—沼泽相、古土壤和黄土分别以 MD、D、Fd、HL、LS、S 和 L 表示之,置在该剖面层序号阿拉伯数码后并显示于图 2 之上。其中,HL 表示以粉砂质砂构成的河流相,LS 是由粘土质粉砂—粉砂质砂构成的湖相和沼泽相的总称。图 2 中除地层岩性外,还标示有年龄测定、含化石层位等。

1.3 各组沉积物的基本特征与岩石地层单元划分

尽管按成因地层单位可以将米浪沟湾剖面划分出 70 多个层位的沉积,若按风成砂丘砂或黄土与之上覆的河湖相和古土壤构成的沉积旋回来计,也可以多达数十个(见图 2),但如果按组这一级岩石单元进行划分,各组似乎都不同程度地显示出其岩石学基本特征的个性。离石组主要为离石黄土和风成砂。萨拉乌苏组,虽然河湖沉积和古土壤比较发育,风成砂同样占有一定比例。但总的看来,河湖相和古土壤的特征更为醒目。相比之下,城川组虽然存在多层流水形成的灰绿至灰黄色粘土质粉砂、粉砂质极细砂等堆积,但主体却是以细砂为主的古流动砂丘砂。此类沉积,常常具有明显的风成砂丘形态、风成的前积纹层、加积纹层以及风成的大型板状层理和从扫描电镜中观察到的由风暴撞击形成的石英颗粒表面的新月形凹槽、风蚀麻点等。大沟湾组和滴哨沟湾组总体上表现出河湖相沉积特征。范家沟湾组则代表了晚近时期的毛乌素沙漠,标志其步入了一个新的岩石沉积时代。

基于上述看法,可以将离石组、萨拉乌苏组和城川组作为三个沉积岩石单元来看待。大沟湾组和滴哨沟湾组 2S—16LS 这一层段作为一个岩石单元来处理。剖面顶部的 1MD—范家沟湾组具有独特的沉积岩石学特征。由于萨拉乌苏河中下游流域的毛乌素沙漠风成砂丘在范家沟湾附近的鄂尔多斯高原面沉积规模较大(相对最大高度愈 15 m),故建议使用范家沟湾组并将之作为一个独立的岩石单元。

需要着重指出的是,城川组砂层延伸到萨拉乌苏河上游的黄土区时,砂粒变细(主要是 3.32~4.32 的极细砂粒组),与河流上游萨拉乌苏组之上的马兰黄土接触时,则表现为纵横向上的犬牙交错的逐渐过渡关系。这说明,城川组与流域内马兰黄土的时代是

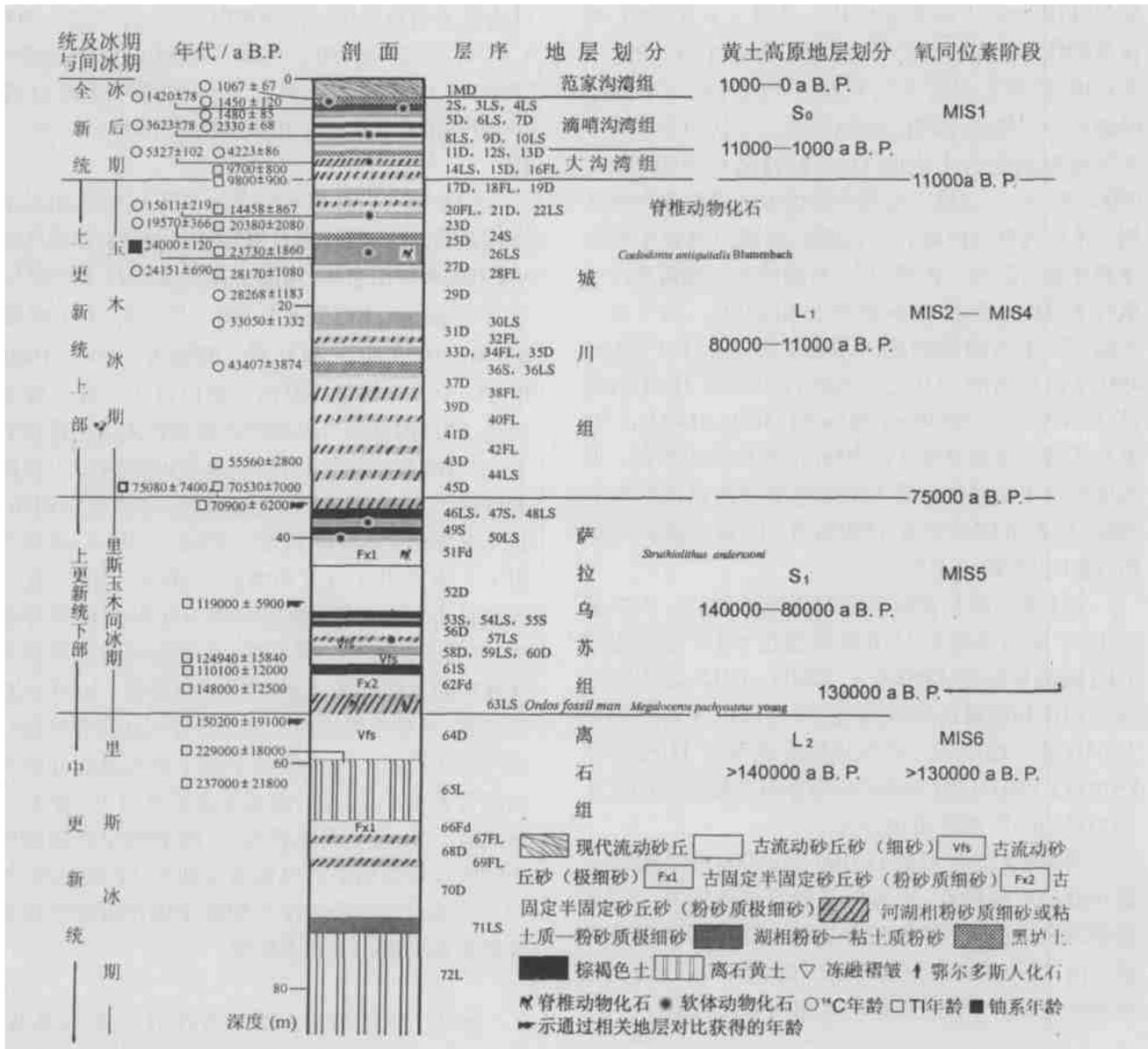


图 2 米浪沟湾地层剖面

Fig.2 Milangouwan stratigraphical section

相同的,两者是同期异相(砂相和黄土相)的沉积关系^[8]。

2 年代测定结果及其显示的诸岩石单元之时间界限

滴哨沟湾组与范家沟湾组的界线处于 2S 与 1MD 的沉积界面位置。后者顶部的¹⁴C 年龄为 1067 ±77a, 据此可将范家沟湾组,这一最新的沉积岩石单元视为 1000a B. P. 以来的产物。

城川组与大沟湾组—滴哨沟湾组之间的界线出现在 17D 与 16FL 的沉积界面。17D 之顶部的 TL 年

代测定结果为 9800 ±900 a。以此为据,可将城川组 \ 大沟湾组—滴哨湾组之时间界限大体置在 10000 a。关于这一年代,过去对萨拉乌苏河地区滴哨沟湾相同界面的测定,已有若干相似结果—¹⁴C 年龄为 9510 ±110 a^[9], 9600 ±160 a 和 TL 年龄 9700 ±120 a^[15]等。另外,米浪沟湾剖面比较靠近这一界面位置的 15D 之底部的 TL 年龄显示 9700 ±800 a,故认为 10000 a 作为城川组与大沟湾组也即上更新统与全新统之时限是令人信服的。

多年来,人们一直对于萨拉乌苏组与城川组的时限感到困惑不解,而对于这两者之间的地质界线尚无

异议,但在时间上却常常将其一并置于末次冰期,并认为萨拉乌苏组,包括“萨拉乌苏动物群”和与之一起产出的“鄂尔多斯人”,只是这个时代的一个间冰阶的产物。然而,滴哨沟湾城川组之下伏的萨拉乌苏组顶部棕褐色古土壤的 τ L年龄却显示为 70900 ± 6200 a B. P.^[1]这一时间常被近似地视为末次间冰期与末次冰期之时限,不言而喻,将城川组置于末次冰期才是可取的。在横向上,所述的这一棕褐色古土壤与米浪沟湾剖面46LS恰处于相同层位。为了进一步验证米浪沟湾剖面这一地质时限,我们对46LS\45D层面相当的45D之底部进行了两次 τ L年龄测试,结果显示为 70530 ± 7000 a和 75080 ± 7400 a。两者与滴哨沟湾的 70900 ± 6200 a年龄都近相吻合。但考虑到黄土高原特别是大陆冰芯和深海目前的研究现状,作者更倾向于将75000a B. P.视为萨拉乌苏组/城川组沉积界面的年代。

关于离石组与萨拉乌苏组界线的时代。图2显示出,萨拉乌苏组最早出现的层位63LS之上覆的62Fd底部年龄是 148000 ± 12500 a。63LS之下限系其与64D相接触的沉积界面,在近邻的大石砭剖面与64D处于相同层位的风成砂近顶部的 τ L年龄系 150200 ± 19100 a,因而将萨拉乌苏组初始的时间置于150000a B. P.或许更加合宜。

剖面中61S年龄值 110100 ± 12000 a,明显较之上覆60D的年龄偏新,这可能是受到成壤等其它因素影响之故。当然,如将60D和61S的年龄误差值考虑在内,这一数据也是值得参考的,至少可以说明该层发生的时间系处于萨拉乌苏组的时代范围。

3 问题讨论

萨拉乌苏流域的第四纪层系以及该层系中富含的古生物、古人类化石和旧石器时代文化遗存,自P.德日进等人所进行的开创性工作以来的80余年,经中外学者从不同学科角度的努力,陆续将“萨拉乌苏”研究推向一个较深的层次。本文的研究,从年代地层学角度进一步佐证了当前萨拉乌苏研究中存在的诸岩石单元的时代问题。而这一问题的解决,对于更大区域范围的地层对比,进一步认识过去全球变化的区域响应将产生重要科学意义。

(1) 离石组\萨拉乌苏组、萨拉乌苏组\城川组、城川组\大沟湾组—滴哨沟湾组和滴哨沟湾组\范家沟湾组的时间界限分别系150000 a B. P.、75000 a B. P.、10000 a B. P.和1000 a B. P.相应地,以组为

代表的岩石地层单元的形成时间为:离石组 > 150000 a B. P.、萨拉乌苏组 150000 ~ 75000 a B. P.、城川组 75000 ~ 10000 a B. P.、大沟湾组—滴哨沟湾组 10000 ~ 1000 a B. P.、范家沟湾组 1000 a B. P. ~ 现代。

(2) 以上岩石单元与黄土高原相同时期层系具有较好的对比关系:离石组\萨拉乌苏组、萨拉乌苏组\城川组和城川组\大沟湾组在地质时代上依次与 L_2 \ S_1 (时限为140000 a B. P.)^[16]、 S_1 \ L_1 (时限为80000 a B. P.)^[17]和 L_1 \ S_0 (时限为11000 ~ 10000 a B. P.)^[18]大体是等时的。如以过去全球气候变化而论,则目前已经可以确切地将米浪沟湾剖面诸岩石单元与深海和大陆冰川最近地质时期的若干氧同位素阶段进行对比,以“ \rightleftharpoons ”表示为:离石组 \rightleftharpoons MIS6、萨拉乌苏组 \rightleftharpoons MIS5、城川组 \rightleftharpoons MIS2 ~ MIS4、滴哨沟湾组 + 大沟湾组 + 范家沟湾组 \rightleftharpoons MIS1。显然,这一对比关系清楚地说明,我国沙漠万年时间尺度环境演变,与黄土的研究结果一样,在很大程度上受到北半球冰期间冰期气候大幅度波动的影响。也许正是因为如此,米浪沟湾剖面主要岩石单元才存在有如已述的与黄土高原 L_2 — S_0 中各个黄土单元彼此在时间上的耦合关系。近年来,有关学者正在致力于萨拉乌苏河流域^[19]及至毛乌素沙漠^[20]晚第四纪更短的以千年时间尺度为周期的气候变迁研究,毫无疑问,上述对比关系也将为今后深入研究中国沙漠高分辨率的气候变化提出一个基本框架。

致谢 米浪沟湾地层剖面的 τ L年龄由裴静娴、张景昭、郑公望和卢良才测定,¹⁴C和铀系年龄分别由胡智育、徐齐治、曹巨秀和原思训完成,在此一并致谢。

参考文献(References)

- 1 Teilhard de Chardin P, Licent E. On the discovery of a paleolithic industry in Northern China. Bulletin of the Geological Society of China, 1924, 3 (1): 45 ~ 50
- 2 Licent E, Teilhard de Chardin P, and Black D. On a presumably Pleistocene human tooth from the Sjar-Ossor Gbl (Southeastern Ordos) deposits. Bulletin of Geological Society of China, 1927, 5: 285 ~ 290
- 3 Boule U, Breuil H, Licent E, et al. Le Paleolithique de La China (Paleontologic). Archives de L'Institut de Paleolithique Humanene, Paris, 1928, 4
- 4 中国地质学会编辑委员会,中国科学院地质研究所. 中国区域地层表草案. 北京:科学出版社,1956. 167 ~ 187 [The Editorial Committee of Geological Society of China, Geology Research Institute, Chinese Academy of Sciences. Region Stratigraphical Tables in China, First Draft. Bei-

- jing: Science Press, 1956. 167 ~ 187]
- 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 [Pei Wenzhong, Li Youheng. Some tentative opinions on the problem of "Sjara-Ossor Göl Series, Inner Mongolia. *Vertebrata Palasiatica*, 1964, 8 (2): 99 ~ 118]
 - 6 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 [Yuan Baoyin. Sedimentary environment and stratigraphical subdivision of Sjara-Ossor Göl Formation. *Scientia Geologica*, 1978, (3): 320 ~ 334]
 - 7 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 [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. *Journal of Desert Research*, 1983, 3 (2): 9 ~ 14]
 - 8 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 [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. *Acta Geologica Sinica*, 1988, 1 (1): 29 ~ 45]
 - 9 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 [Li Baosheng, Dong Guangrong, Wu Zheng, et al. The establishment of the Upper Pleistocene Chengchuan Formation in Northern China. *Geological Review*, 1993, 39 (2): 91 ~ 100]
 - 10 李保生,靳鹤龄,吕海燕,等. 150ka 以来毛乌素沙漠的堆积与变迁过程. 中国科学(D), 1998, 28 (1): 85 ~ 90 [Li Baosheng, Jin Heling, Lu Haiyan, et al. Processes of the deposition and vicissitude of Mu Us Desert, China since 150ka B. P. *Science in China (Series D)*, 1998, 41 (3): 248 ~ 254]
 - 11 Li Baosheng, David D Z, Jin Heling, et al. Palaeo-monsoon activities of Mu Us Desert, China since 150ka — A study of the stratigraphic sequences of the Milanggouwan section, Salawusu River area. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2000, 162: 1 ~ 16
 - 12 李保生,吴正, David Dian ZHANG,等. 中国季风沙区晚新世以来环境及其变化. 地质学报, 2001, 75 (1): 127 ~ 137 [Li Baosheng, Wu Zheng, David D Z, et al. Environment and its change in the monsoon sandy desert of China during the Late Pleistocene and Holocene. *Acta Geologica Sinica*, 2001, 75 (1): 127 ~ 137]
 - 13 张宇红,李保生,靳鹤龄,等. 萨拉乌苏河流域 150ka B P 以来多波动粒度沉积旋回. 地理学报, 2001, 56 (4): 332 ~ 344 [Zhang Yuhong, Li Baosheng, Jin Heling, et al. Grain-size cycles in Salawusu River Valley since 150 ka BP. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 11 (4): 461 ~ 472]
 - 14 Folk R L, Ward W C. A study in the significance of grain size parameters. *Sedimentary Petrology*, 1957, 27 (1): 3 ~ 26
 - 15 苏志珠,董光荣,靳鹤龄. 萨拉乌苏地层年代学研究. 地质力学学报, 1997, 3 (4): 90 ~ 96 [Su Zhizhu, Dong Guangrong, Jin Heling. A geochronological study of the Salawusu strata in North China. *Journal of Geomechanics*, 1997, 3 (4): 90 ~ 96]
 - 16 陈发虎,张维信,等. 甘青地区的黄土层学与第四纪冰川问题. 北京: 科学出版社, 1993. 9 ~ 46 [Chen F H, Zhang Weixin, et al. Loess stratigraphy and Quaternary glacier problems in Gansu and Qinghai, China. Beijing: Science Press, 1993. 9 ~ 46]
 - 17 Liu T S et al. Loess and the environment. Beijing: China Ocean Press, 1985. 63
 - 18 刘嘉麒,王文远. 第四纪地质定年与地质年表. 第四纪研究, 1997, 3: 193 ~ 202 [Liu Jiaqi, Wang Wenyuan. Quaternary geological dating and time scale. *Quaternary Sciences*, 1997, 3: 193 ~ 202]
 - 19 吕玉晓,李保生,靳鹤龄,等. 萨拉乌苏河流域末次间冰期全球变化区域响应的主元素记录. 中国沙漠, 2004, 24 (2): 136 ~ 143 [Lu Yuxiao, Li Baosheng, Jin Helin, et al. Major element record in Salawusu River Valley responding to global change during last interglacial period. *Journal of Desert Research*, 2004, 24 (2): 136 ~ 143]
 - 20 曹红霞,张云翔,岳乐平,等. 毛乌素沙地全新世地层粒度组成特征及古气候意义. 沉积学报, 2003, 21 (3): 482 ~ 486 [Cao Hongxia, Zhang Yunxiang, Yue Leping, et al. Characteristics of grain size composition Holocene deposits and its paleoclimatic significance in Mu Us Sandy Land. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21 (3): 482 ~ 486]

The Quaternary Lithostrata in Salawusu River Valley and Their Geochronology

LI Bao-sheng^{1,2} JIN He-ling³ ZHU Yi-zhi² DONG Guang-rong³ WEN Xiao-hao¹

¹ (Department of Geography, South China Normal University, Guangzhou 510631)

² (State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710054)

³ (Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

Abstract Based on the lithostratigraphical subdivision with reference to the chronological data in the Milanggouwan section located at Salawusu River Valley of the southeastern margin of Mu Us Desert, Ordos Plateau, China, some ideas have been put forward in the paper:

1 The sedimentary ages of the lithostratigraphical units as indicated by formations in the section are that Lishi Formation was formed at > 150000 a B. P. , Salawusu Formation $150000-75000$ a B. P. , Chengchuan Formation $75000 - 10000$ a B. P. , Dagouwan and Dishaogouwan Formations $10000-1000$ a B. P. and Fanjiagouwan Formation 1000 a B. P. to present.

2 Geochronologically , the above-mentioned lithostratigraphical units can be well correlated with those in the Loess Plateau , China. Lishi Formation \ Salawusu Formation , Salawusu Formation \ Chengchuan Formation and Chengchuan Formation \ Dagouwan and Dishaogouwan and Fanjiagouwan Formations correspond in succession to $L_2 \setminus S_1$ (the time limit is 140000 a B. P.) , $S_1 \setminus L_1$ (80000 a B. P.) and $L_1 \setminus S_0$ ($11000-10000$ a B. P.) .

3 In light of the past global variation , the lithostratigraphical units , at present , can assuredly be compared with the recent several oxygen - isotope stages in the deep sea and continental glacier regions , which are showed by " \Rightarrow " as : Lishi Formation \Rightarrow MIS6 , Salawusu Formation \Rightarrow MIS5 , Chengchuan Formation \Rightarrow MIS2 ~ MIS4 , Dagouwan , Dishaogouwan and Fanjiagouwan Formations \Rightarrow MIS1. The correlative relation clearly indicates that the environmental evolution in > 10000 a scale in Chinese desert , like the Chinese loess , were affected to a great extent by the climatic fluctuations between glacial and interglacial periods in the Northern Hemisphere. According to climate stratigraphy , hereby , the Formations of Lishi , Salawusu , Chengchuan , Dagouwan and Dishaogouwan and Fanjiagouwan may be regarded as Riss Glacial Period , Riss W \ddot{u} m Interglacial Period (Last Interglacial Period) , W \ddot{u} m Glacial Period (Last Glacial Period) and Post Glacial Period.

Key words Salawusu River Valley , lithostratigraphical units , time limits , stratigraphical correlation