

文章编号: 1006-6616 (2013) 01-0001-13

内蒙古托克托湖相地层时代讨论

蒋复初, 傅建利, 王书兵, 李朝柱

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

摘要: 采用岩性描述以及 OSL 和 ESR 测年方法, 研究内蒙古托克托台地郝家窑剖面 and 郝家窑钻孔的地层时代。研究表明, 郝家窑剖面出露地层厚度 47.0 m, 湖相层顶部的年龄约为距今 100 ka, 剖面底部的年龄约为距今 150 ka。郝家窑钻孔岩性大致分 3 段: 0~12.77 m 为棕黄色粉砂质黏土、黏土质粉砂, OSL 年龄为距今 120~40 ka, 应属晚更新世马兰黄土; 12.77~72.23 m 为淡黄绿、灰褐色粉、细砂层和粉砂质黏土, 湖相沉积层, OSL 年龄约为距今 400~100 ka, 属上更新统一下更新统; 72.23~118.45 m 为棕红色粉砂质黏土层夹钙质层, 属受流水影响的风成黄土, ESR 年龄为距今 476~990 ka, 对应于中更新统离石黄土。托克托湖相层的时代与萨拉乌苏河流域经典的萨拉乌苏组 (距今 75~150 ka) 有较大差距, 似乎不宜归入萨拉乌苏组, 建议暂称为托克托组。

关键词: 萨拉乌苏组; 湖相地层; OSL 年龄; ESR 年龄; 托克托台地

中图分类号: P534.63

文献标识码: A

1 研究区概况

在内蒙古河套地区广泛分布着一套晚第四纪河湖相地层, 以往认为其时代与萨拉乌苏组相当, 将河套盆地黄河岸边出现的同期湖相地层也称之为上更新统萨拉乌苏组^[1~10]。托克托台地位于河套平原东部 (见图 1), 为黄河的二级台地, 西南与鄂尔多斯台地隔黄河相望。托克托台地前缘沿黄河东岸晚第四纪湖相地层广泛分布。由于当地村民建房开挖, 地层剖面出露良好, 近期又于托克托台地上实施了一钻孔。本文主要研究托克托台地的郝家窑钻孔和剖面的湖相地层时代。

2 岩石地层

2.1 郝家窑钻孔

郝家窑钻孔位于托克托台地前缘 (见图 2), 地理坐标为: 111°13'20.2" N, 40°11'59.2" E, 海拔高度 1062 m。钻孔采用双管单动+套管的钻井取样技术, 钻孔深度为 118.45 m。郝家窑钻孔岩性柱子见图 3。

收稿日期: 2012-10-15

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40972223); 中国地质调查局项目 (1212010711705)

作者简介: 蒋复初 (1949-), 男, 研究员, 第四纪地质学专业。E-mail: jiangfuchu@126.com

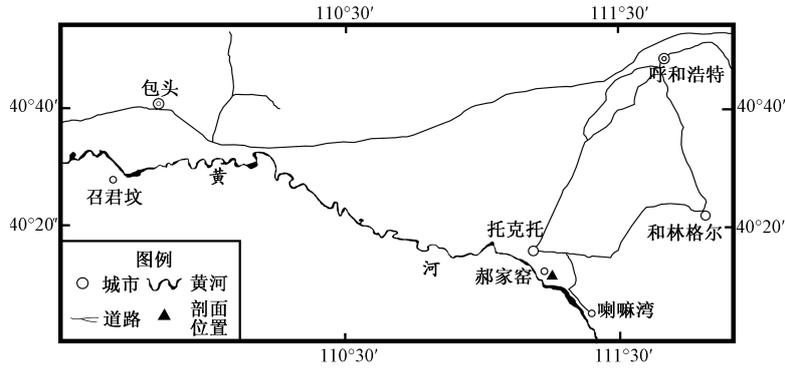
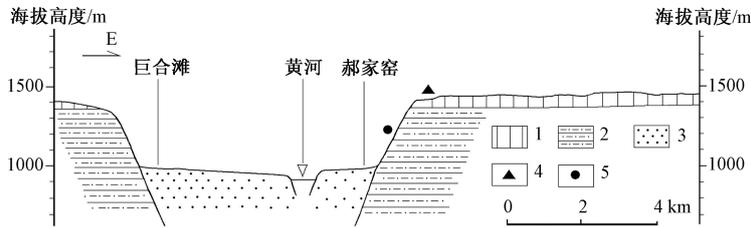


图1 郝家窑位置略图

Fig. 1 A schematic map showing the location of Haojiayao section



1—黄土; 2—湖相沉积; 3—河流相沉积; 4—钻孔位置; 5—剖面位置

图2 巨合滩—郝家窑综合剖面图

Fig. 2 Composite profile of Juhetan-Haojiayao, Togtoh

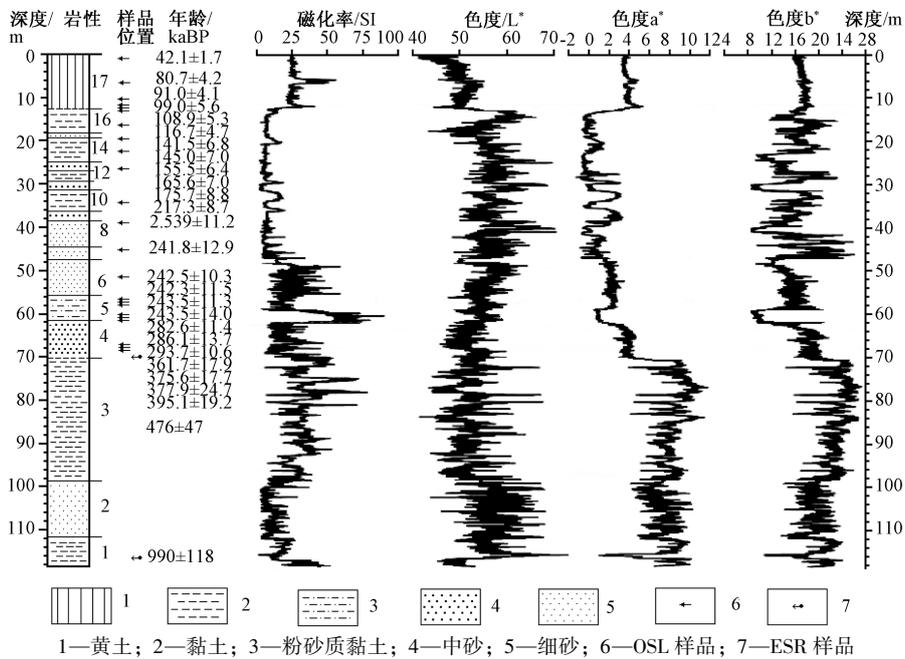


图3 郝家窑钻孔岩性柱、磁化率与色度曲线图

Fig. 3 Lithologic column, magnetic susceptibility and chrominance curves of the Haojiayao borehole

钻孔自上而下岩性描述:

17. 棕黄色粉砂质黏土、黏土质粉砂、粉砂, 质地较均匀。	12.77 m
(119) 黄褐色 (10YR 5/4) 粉砂	1.56 m
(118) 暗黄棕色 (10YR 4/4) 粉砂	1.11 m
(117) 黄褐色 (10YR 5/4) 粉砂	3.03 m
(116) 暗灰色棕色 (10YR 4/2) 黏土质粉砂	0.30 m
(115) 暗黄棕色 (10YR 4/4) 粉砂质黏土, 底部有白色钙丝	0.62 m
(114) 黄褐色 (10YR 5/4) 粉砂	1.12 m
(113) 黄褐色 (10YR 5/6) 粉砂	0.76 m
(112) 黄褐色 (10YR 5/4) 粉砂	3.46 m
(111) 暗黄棕色 (10YR4/4) 粉砂质黏土, 粘质含量增高	0.81 m
———平行不整合———	
16. 灰绿、黄绿色黏土夹粉细砂薄层	5.51 m
(110) 浅灰绿、黄绿色 (10Y-5GY 6/2) 粘质粉砂, 顶部见钙结核	1.21 m
(109) 浅绿色 (10Y-5GY 5/2) 黏土, 底部 20 cm 夹有红褐、黄色细砂	1.15 m
(108) 浅黄褐色 (2.5Y 5/4) 砂质黏土与砂互层, 底部灰白色薄砂层	0.52 m
(107) 橄榄色、灰黄绿色 (5Y 5/3) 黏土, 夹有薄层砂, 16.06 m 和 16.47 m 处各有一钙质层	0.97 m
(106) 浅黄褐、灰黄绿色 (2.5Y 5/3) 黏土	0.45 m
(105) 绿灰、浅灰白色 (GLE Y1 6/10Y) 细粉砂	0.25 m
(104) 灰绿、浅黄绿色 (10Y-5GY 5/2) 粉砂黏土, 底部夹灰色黏土薄层, 见斜层理与交错层理, 17.0 m 处有一灰白色细砂	0.96 m
15. 浅灰色细砂	1.18 m
(103) 淡绿灰、灰白色 (GLE Y1 7/N) 细砂	0.03 m
(102) 浅灰夹浅黄色 (5Y 6/3) 细砂, 向下粘质含量增多	1.15 m
14. 黄灰、褐黄色黏土、粉砂黏土, 含钙质层	5.49 m
(101) 黄灰、浅橄榄灰色 (5Y 6/2) 粉砂黏土, 夹红褐薄层	0.15 m
(100) 浅棕黄、灰棕色 (2.5Y 5/2) 粉砂黏土, 往下颜色偏褐黄, 黏土含量增多	0.97 m
(99) 白色、灰白色 (WHITE PAG N/8.5) 钙板层夹浅灰钙质黏土, 其中 20.66~20.70 m、20.74~20.80 m 为很硬钙板层, 两层中间较软	0.23 m
(98) 棕黄色、浅灰色 (5Y 6/4) 黏土, 薄层互层, 顶部见垂直裂缝, 表面碳膜	0.49 m
(97) 浅黄褐色 (2.5Y 5/4) 黏土	0.66 m
(96) 浅灰白、绿灰色 (GLE Y1 6/5GY) 粘质黏土, 底部钙板	0.67 m
(95) 褐黄、浅灰色 (5Y 6/3) 粘质粉砂, 钙含量高	0.16 m
(94) 浅灰白、银灰色 (GLE Y2 6/5B) 钙质黏土, 中部斜层理	1.48 m
(93) 白、灰白色 (WHITE 2.5Y_ 1/9) 钙质层, 上部含褐黄色粉砂薄层	0.35 m
(92) 浅黄褐色 (2.5Y 5/3) 夹浅灰色细粉砂	0.33 m
13. 上灰白下灰绿色中细砂	2.00 m
(91) 灰白、浅黄色 (WHITE 2.5Y-/2 8/) 中砂, 底部钙质层	0.10 m
(90) 浅灰绿、黄褐色 (10Y-5GY 10Y 5/2) 细砂, 较纯	1.90 m
12. 灰色、棕红色与浅黄绿色黏土、钙质黏土与砂质黏土互层	2.86 m
(89) 灰色、灰绿色 (10Y-5GY 5GY 5/2) 钙黏土, 钙板	0.19 m
(88) 浅蓝灰、浅灰、灰黑色 (GLE Y2 7/5B) 钙质黏土, 顶部钙板	0.20 m
(87) 浅蓝灰、浅灰白色 (GLE Y2 8/10B) 杂黄色钙质黏土	0.21 m

(86) 棕红色 (10YR 5/4) 黏土, 向下黄色浅重	0.55 m
(85) 浅绿灰、浅灰白色 (GLE Y2 7/10 BG) 夹浅黄灰色黏土	0.20 m
(84) 黄褐、浅黄绿色 (10Y-5GY 10Y 6/4) 砂质黏土	0.91 m
(83) 浅灰、浅红棕色 (5Y 6/4) 黏土, 向下红色加重, 并含薄层砂, 有一段是砂、黏土互层	0.60 m
11. 灰白色中细砂	1.67 m
(82) 灰白、浅黄色 (WHITE 2.5Y-/2 8/) 色中细砂, 较纯, 疏松, 底部黄褐色	1.67 m
10. 浅红棕色与浅黄灰色黏土互层	4.79 m
(81) 灰、浅灰红色 (5YR 6/1) 黏土, 含一砂团粒	0.19 m
(80) 黄褐、浅黄褐色 (10YR 5/4 色) 黏土	1.95 m
(79) 浅红棕、粉灰色 (5YR 6/2) 黏土	0.21 m
(78) 浅黄灰、绿灰色 (GLE Y1 6/10Y) 黏土, 下部夹薄层砂	0.68 m
(77) 绿灰色、青灰色 (GLE Y1 5/5G-1) 黏土	0.96 m
(76) 红棕色、红灰色 (5YR 5/2) 黏土, 底部渐含砂	0.80 m
9. 灰黄色中细砂	2.19 m
(75) 灰黄色、浅红棕色 (2.5Y 6/3) 中细砂, 细砂, 较纯, 疏松	2.19 m
8. 青灰色细砂, 含钙质层	6.56 m
(74) 青灰色、绿灰色 (GLE Y1 6/10Y) 细砂, 纯, 疏松, 顶部含钙	0.48 m
(73) 灰黄色、浅红棕色 (2.5Y 6/3) 细砂, 纯, 疏松	0.63 m
(72) 青灰色、绿灰色 (GLE Y1 5/5GY) 细砂, 含少量粘质成分	0.57 m
(71) 青灰白色、绿灰色 (GLE Y1 6/10Y) 细砂, 疏松	0.11 m
(70) 青灰色、绿灰色 (GLE Y1 6/5GY) 细砂, 疏松	0.56 m
(69) 白色、灰白色 (WHITE 2.5Y-1/8.5) 钙质胶结砂层, 顶部钙质层	0.18 m
(68) 青灰黄色、浅黄褐色 (10Y-5G 6/2) 细砂, 疏松, 其中 41.27 m 处含钙 2~3 cm	0.54 m
(67) 青灰色、绿灰色 (GLE Y1 6/10Y) 细砂, 夹黄褐红色 (10YR 7/4) 细砂, 含钙较高, 有 3~4 层钙质层	1.42 m
(66) 浅灰黄色、淡绿色 (5Y 6/3) 细砂, 含少量粘质成分, 其中 43.58 m 处有一钙质层, 底部变灰	0.97 m
(65) 青灰色、绿灰色 (GLE Y1 6/10Y) 细砂, 其中 44.1 m 处有一钙质层, 底部有两薄黏土层	0.51 m
(64) 灰黄色、淡绿色 (10Y-5GY 10Y_ 6/4) 细砂, 上部夹一 10 cm 厚青灰色砂层	0.59 m
7. 浅黄与灰色细砂互层	2.70 m
(63) 黄色、淡绿色 (5Y 6/4) (上部偏灰棕) 中细砂与灰、灰黑色 (GLE Y2 5/5B) (下部偏黑) 细砂互层。其中, 灰色层向下变深、变厚	2.30 m
(62) 灰色细砂与浅黄色细砂互层, 上部接上段灰、灰白色砂, 下段浅黄细砂	0.40 m
6. 棕灰色细砂	8.17 m
(61) 灰、暗灰色、浅蓝灰色 (GLE Y2 7/10 B) 中细砂, 较纯, 在 48.21 m 和 48.69 m 处 含有钙质层, 呈亮灰色	1.84 m
(60) 灰、棕灰、黄灰、淡黄棕色 (10YR 6/4) 中细砂, 较纯, 疏松, 夹薄层钙	2.74 m
(59) 灰黄色、淡黄棕色 (2.5Y 6/4) 细砂, 疏松, 纯	1.09 m
(58) 暗棕灰色、棕色 (10YR 4/3) 细砂, 疏松, 纯, 其中 54.37~54.46 m 处含钙高	1.12 m
(57) 灰黄色、黄褐色 (5Y 5/3) 细砂, 疏松	0.63 m
(56) 暗灰、棕色 (7.5YR 4/4) 杂淡棕色细砂, 含少量粘质成分, 夹灰黄色细砂	0.75 m

5. 暗棕灰、灰色、暗灰色粉砂黏土	6.04 m
(55) 暗棕灰色、灰棕色 (10YR 5/2) 粘质粉砂, 向下粘质含量增加, 夹薄层浅棕黏土	2.05 m
(54) 暗灰棕色 (10YR 4/2) 砂质黏土与浅棕色黏土互层	1.02 m
(53) 暗灰色、深蓝灰色 (GLEY2 4/5B) 粘质粉砂与黏土、粉砂黏土互层, 向下颜色加深至灰黑色, 粘质含量增加下, 底部与黏土粉砂, 细粉砂互层	2.97 m
4. 黄棕色中细砂	8.30 m
(52) 浅棕红色、红棕色 (5YR 5/3) 黏土质粉砂	0.56 m
(51) 黄棕色 (10YR 4/4) 细砂、中细砂, 疏松, 较纯, 底部色发暗, 并见斜交层理, 本段与上段间似有缺失, 中下部见黄砂中砂斜层理, 下部粘质含量增多, 在 66.95 ~ 67.06 m 间有一钙质层	7.74 m
—————平行不整合—————	
3. 棕红色黏土	28.31 m
(50) 棕红色、淡红色 (10R 5/4) 黏土, 块状, 无层理, 顶部 20 cm 含 钙量较高, 成结核状, 在 70.68 m, 71.73 ~ 71.81 m 处见到钙结核	1.79 m
(49) 深棕红色、红色 (2.5YR 4/6) 黏土, 块状, 底部含钙丝	0.19 m
(48) 浅棕红色、红棕色 (5YR 5/4) 钙质黏土, 顶部 10 cm 为钙结核 (灰白), 之下 30 cm 基本为钙质层, 再下 20 cm 为钙质黏土	0.46 m
(47) 棕红色、红色 (2.5YR 4/6) 黏土; 含钙丝, 中部较多; 下部红色 较上部深; 其中 73.21 m 处见钙结核, 74.57 ~ 74.74 m 含小钙结核; 75.7 ~ 76.53 均匀块状, 无层理; 76.53 ~ 77.4 m 间红色比上、下部分稍浅; 77.4 ~ 77.76 m 未见钙丝; 77.76 ~ 78.14 m 含钙结核较多, 钙丝; 在 78.43 ~ 79.26 m 钙结核较多, 其中 78.43 ~ 78.88 m 间基本为钙结核	7.57 m
(46) 白色、浅灰白色 (WHITE 10YR-1/ 8/) 钙质层, 硬度大, 向下黏土含量增多	0.63 m
(45) 棕红色、红色 (2.5YR 4/6) 黏土, 块状, 无层理, 底部含钙结核	0.99 m
(44) 浅红棕色 (2.5YR 7/4) 钙质黏土, 顶部钙质层, 下部含黏土增多	0.46 m
(43) 棕红色、红色 (2.5YR 5/6) 黏土, 含钙丝块状, 无层理	0.45 m
(42) 浅红棕色 (2.5YR 7/4) 钙质层, 夹少量黏土	0.49 m
(41) 棕红色、红色 (2.5YR 4/6) 黏土, 块状, 无层理, 夹黑斑点 (植物? 铁铝质?), 在 84.87 ~ 84.95 间含钙结核	2.62 m
(40) 浅红棕色 (2.5YR 7/4) 钙质黏土、钙质层	0.27 m
(39) 棕红色、红色 (2.5YR 4/6) 黏土, 顶部 3 cm 为钙质层	1.11 m
(38) 浅红棕色 (2.5YR 7/4) 钙质黏土, 钙质层	0.64 m
(37) 棕红色、红色 (2.5YR 4/6) 黏土, 含钙较多, 含钙丝和黑斑点	1.15 m
(36) 浅红棕色 (2.5YR 7/4) 钙质黏土、钙质层	0.15 m
(35) 棕红色、红色 (2.5YR 4/6) 黏土, 含钙丝	0.46 m
(34) 浅红棕色 (2.5YR 7/4) 钙质黏土, 钙质层	0.33 m
(33) 棕红色、红色 (2.5YR 4/6) 黏土, 中部色稍浅, 中部含少量小钙结核, 块状, 无层理, 含较多黑斑点, 小块 (碳质?), 下部含钙结核	2.72 m
(32) 浅红棕色 (2.5YR 7/4) 钙质黏土, 钙质层	0.51 m
(31) 棕红色、红色 (2.5YR 4/6) 棕红色黏土, 含较多小黑点, 块状, 无层理, 中部见结核 (少), 在 96.18 ~ 96.26 m、94.39 ~ 94.47 m、94.94 ~ 95.18 m、 95.41 ~ 95.49 m、95.57 m 和 95.81 m 处见钙结核, 底部色较上略深; 下部 95.87 ~ 97.47 m 含钙丝和黑斑点	4.25 m
(30) 浅红棕色 (2.5YR 7/4) 钙质黏土, 钙结核层, 钙结核较多	1.07 m

2. 浅灰黄色中粗砂与中细砂层, 夹小砾和黏土薄层	13.30 m
(29) 浅红棕色 (2.5YR 6/4) 中、细砂, 夹浅红棕黏土, 钙质含量高	1.70 m
(28) 淡灰黄色、黄红色 (5YR 5/6) 中粗砂, 夹有小砾石 (< 3cm)	0.09 m
(27) 灰黄色、红棕色 (5YR 5/4) 粗砂小砾, 疏松, 小砾有黑色、绿色等	0.57 m
(26) 浅灰红色、红色 (2.5YR 5/6) 粗砂小砾, 疏松	0.26 m
(25) 白色、灰白色 (WHITE 7.5YR-1/ 8/) 粗砂, 这一段不像原生地层	0.11 m
(24) 浅红色、红黄色 (5YR 6/6) 砂层, 上部为中细砂与粗砂小砾互层, 下部为中细砂, 顶部钙结核	0.65 m
(23) 灰黄色、粉红色 (7.5YR 7/4) 中细砂, 夹3层粗砂小砾, 102.11 m 钙质胶结	1.03 m
(22) 浅红色、红黄色 (5YR 6/6) 中粗砂, 在 103.32 m 处为粗砂砾石, 最大砾径 3.5 cm; 底部粗砂小砾	0.61 m
(21) 浅灰黄色、粉白色 (WHITE 7.5YR-2 8/) 粗砂, 含小砾	0.22 m
(20) 灰、灰黑色、青灰色 (GLE2 6/5 PB) 中细砂	0.21 m
(19) 白色、灰白色 (WHITE 10YR-1 8/) 粗砂小砾与浅红色、红黄色 (5YR 6/6) 中细砂互层	1.20 m
(18) 浅红色、红黄色 (5YR 6/6) 砂、黏土互层, 顶部为钙质层, 105.57 m 处见结核, 向下黏土增多, 下部含小结核	0.93 m
(17) 浅红棕色 (2.5YR 7/4) 钙质层和钙质胶结砂层与浅红色、红黄色 (5YR 6/6) 砂黏土互层	1.17 m
(16) 浅红棕色 (2.5YR 6/4) 黏土, 砂黏土与浅灰白色、白色 (WHITE 10YR-1 8/) 粗砂小砾互层	0.76 m
(15) 浅红黄色 (5YR 6/6) 粗砂	0.09 m
(14) 棕黄色、红棕色 (5YR 5/4) 粗砂, 底部含小砾	0.42 m
(13) 浅黄棕、浅红色 (2.5YR 6/6) 黏土, 中部含钙结核	0.19 m
(12) 浅灰棕、灰黄色、红棕色 (5YR 5/4) 粗砂与浅红棕色 (2.5YR 7/4) 钙质黏土、钙结核互层, 细粒部分层薄	1.29 m
(11) 浅红棕色 (2.5YR 6/4) 黏土, 底部 3 cm 为砂	0.28 m
(10) 浅灰黄色、红棕色 (5YR 5/4) 中、粗砂, 含钙核	0.55 m
(9) 白色、灰白色 (WHITE 2.5YR-1 8/) 粗砂小砾, 夹钙结核	0.13 m
(8) 浅灰黄色、红棕色 (5YR 5/4) 中粗砂, 含少量泥砾	0.56 m
(7) 白色、灰白色 (WHITE 2.5YR-1 8/) 粗砂砾石层, 砾径最大 5 cm	0.29 m
1. 浅红棕色与浅灰绿色黏土互层	6.60 m
(6) 浅红棕色、红色 (2.5YR 5/8) 黏土, 夹少量钙结核	0.84 m
(5) 浅棕色黏土 (2.5YR 6/4) 砂质黏土, 夹钙结核, 在 112.96 m 含钙质层, 113.67 ~ 113.78 m 间是一大钙结核	2.81 m
(4) 浅灰绿色、橄榄色 (10Y-5GY 4/10Y) 钙质层, 钙质黏土	0.45 m
(3) 淡绿、浅灰绿、浅灰红色 (5Y 6/3) 黏土, 色杂, 估计为钻孔混杂, 含钙结核	0.20 m
(2) 浅灰绿色、橄榄色 (10Y-5GY 4/10Y) 钙质黏土	0.38 m
(1) 浅棕红色、红色 (2.5YR 4/6) 黏土与浅灰黄色砂互层 (各 2 层), 砂薄, 砂中夹灰黑色层	1.92 m

未见底

从岩芯所记录的岩性来看, 大致分 3 段: 0 ~ 12.77 m 为棕黄色粉砂质黏土、黏土质粉砂, 风成黄土堆积; 12.77 ~ 72.23 m 为淡黄绿色—灰褐色粉—细砂层和粉砂质黏土层, 湖相沉积层; 72.23 ~ 118.45 m 为棕红色黏土层夹钙质层, 老风成黄土。

1.2 郝家窑剖面

郝家窑剖面位于台地前缘陡坡，距郝家窑钻孔约 100 m，出露地层厚度 47.0 m，据岩性特征可分为 18 层^[11]（见图 4）。

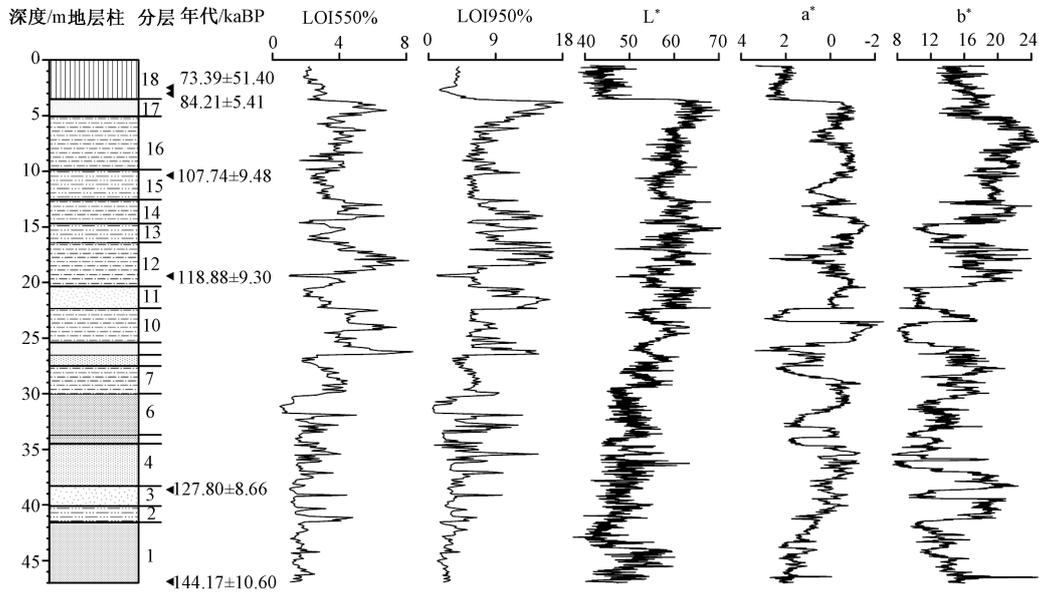


图 4 郝家窑剖面地层柱与沉积物烧失量、色度曲线图

Fig. 4 Stratigraphic column, loss on ignition and chrominance curves of the Haojiayao profile

郝家窑剖面岩性描述如下：

- | | |
|--|--------|
| 18. 棕黄色粉砂质黏土、黏土质粉砂、粉砂，质地较均匀 | 3.50 m |
| ———平行不整合——— | |
| 17. 青灰色杂红褐色黏土，钙质黏土，钙质含量高并发育钙板 | 1.55 m |
| 16. 青灰色夹黄色、褐色黏土与粉砂质黏土互层，上部含细砂。钙质含量高，并发育多层钙质层 | 4.80 m |
| 15. 灰白色细砂、粉砂与黏土质粉砂互层；顶部 50 cm 为灰白色钙质胶结细砂层，成为较好的标志层 | 2.70 m |
| 14. 灰白色、青灰色、土褐色细砂、粉砂与黏土质粉砂互层；上部有一灰白色钙质胶结细砂层，成为较好的标志层 | 2.15 m |
| 13. 青灰色粉砂、黏土质粉砂与粉砂质黏土互层；中部含中细砂并有一灰白色薄层钙质胶结中砂层 | 1.70 m |
| 12. 红褐色、黄绿色黏土、粉砂、黏土质粉砂与粉砂质黏土互层；含薄层细砂 | 3.95 m |
| 11. 灰白色细砂层，疏松，顶部 20 cm 为钙质胶结，较硬；底部 10 cm 含砾石、泥砾和基岩砾层，大者 5~10 cm，小者 2~3 cm，磨圆好，分选不好 | 1.95 m |
| 10. 棕红色粉砂黏土与浅红褐色、浅青灰色粉砂互层。总体上呈棕红色为主，在顶处 5 cm、中部 10 cm 和底部 5 cm 处夹较多青灰色粉砂、黏土，该三段外观以青灰、灰绿色为主，在底部钙含量较高，硬度很大 | 3.10 m |
| 9. 青灰色与淡红色粉砂质黏土互层，每层内又由细薄层的青灰、淡红色黏土、粉砂质黏土组成 | 1.10 m |
| 8. 黄（绿）色细砂层，均匀，疏松，下部夹一钙质结核层 | 1.00 m |

7. 青灰色、浅红色黏土、粉砂质黏土, 夹砂薄层	2.50 m
6. 青灰色中细砂层, 中部钙质含量高	3.70 m
5. 土灰色中细砂, 均匀, 疏松, 底部 12 cm 为钙质层	0.80 m
4. 土灰色、灰黄色、浅红色、灰白色砂层互层, 含黏土薄层及钙质层	3.80 m
3. 淡红色中细砂, 中部以下夹较多青灰黏土短条而显硬	1.80 m
2. 浅红色、土棕色、青灰色黏土、粉砂, 含中细砂薄层, 钙质含量高	1.45 m
1. 土灰色、灰黄色、浅红色、灰白色砂层, 含黏土薄层及钙质层	5.50 m
未见底	

2 OSL 和 ESR 测年

郝家窑钻孔剖面共采集了 34 块年代测试样品, 上部黄土和湖相层中 25 块 OSL 测年样品, 由国土资源部地下水矿泉水及环境监测中心光释光实验室测试, 结果列于表 1、图 5; 下部采集了 7 块 ESR 测年样品, 分别由国土资源部海洋地质实验检测中心和中国地震局地质研究所新构造年代学实验室测试, 结果分别列于表 2、表 3。

表 1 郝家窑钻孔光释光测年结果

Table 1 OSL results of the Haojiayao section

样品编号	埋深/m	U/ 10^{-6}	Th/ 10^{-6}	K/%	等效剂量/Gy	年剂量/(Gy·ka ⁻¹)	含水量/%	年龄/kaBP
HZ1	0.70	1.92	9.72	1.73	145.58 ± 0.99	3.46	7.62	42.1 ± 1.7
HZ2	6.45	2.07	9.15	1.59	253.32 ± 8.51	3.14	12.75	80.7 ± 4.2
HZ3	10.65	2.43	10.7	1.71	325.65 ± 7.06	3.58	8.16	91.0 ± 4.1
HZ4	12.05	1.49	8.07	1.71	302.70 ± 10.40	3.04	6.26	99.6 ± 5.6
HZ5	12.35	2.03	7.53	1.55	333.98 ± 9.13	3.07	2.75	108.9 ± 5.3
HZ6	12.65	2.43	6.37	1.42	347.32 ± 0.99	2.98	1.95	116.7 ± 4.7
HZ7	13.05	2.61	6.36	1.61	459.87 ± 12.43	3.25	1.17	141.5 ± 6.8
HZ8	16.55	2.59	8.44	1.83	499.60 ± 13.82	3.45	11.37	145.0 ± 7.0
HZ9	19.55	4.53	7.56	1.45	538.94 ± 4.52	3.46	18.99	155.5 ± 6.4
HZ10	22.75	3.19	6.74	1.38	502.80 ± 6.93	3.04	10.82	165.6 ± 7.0
HZ11	27.65	4.82	4.11	1.43	597.73 ± 18.02	3.40	8.53	175.7 ± 8.8
HZ12	34.65	1.70	3.01	1.97	619.10 ± 2.54	2.85	5.07	217.3 ± 8.7
HZ13	38.75	2.26	4.76	1.57	655.72 ± 16.59	2.68	7.18	235.9 ± 11.2
HZ14	45.75	2.79	6.60	1.84	793.03 ± 23.69	3.28	11.72	241.8 ± 12.9
HZ15	51.65	1.53	6.48	1.66	660.22 ± 9.07	2.72	10.22	242.5 ± 10.3
HZ16	56.55	2.70	8.73	1.90	816.40 ± 10.30	3.37	19.44	242.3 ± 11.5
HZ17	57.35	2.52	9.45	1.92	841.01 ± 19.63	3.46	15.98	243.5 ± 11.3
HZ18	57.55	2.15	8.21	1.87	792.66 ± 32.89	3.25	12.08	243.5 ± 14.0
HZ19	57.95	1.26	8.29	1.76	796.73 ± 4.00	2.82	14.69	282.6 ± 11.4
HZ20	60.35	2.75	8.69	1.86	963.75 ± 25.48	3.37	18.26	286.1 ± 13.7
HZ21	60.75	1.95	6.86	1.71	845.84 ± 8.45	2.88	14.10	293.7 ± 10.6
HZ22	61.25	1.00	3.97	1.65	831.71 ± 24.21	2.30	10.12	361.7 ± 17.9
HZ23	67.35	1.05	5.05	1.78	961.11 ± 24.00	2.56	8.89	375.6 ± 17.7
HZ24	67.65	1.42	6.15	1.68	1004.64 ± 51.93	2.66	10.84	377.9 ± 24.7
HZ26	68.20	1.20	6.08	1.82	1060.18 ± 29.27	2.68	13.15	395.1 ± 19.2

注: 样品由国土资源部地下水矿泉水及环境监测中心光释光实验室测试

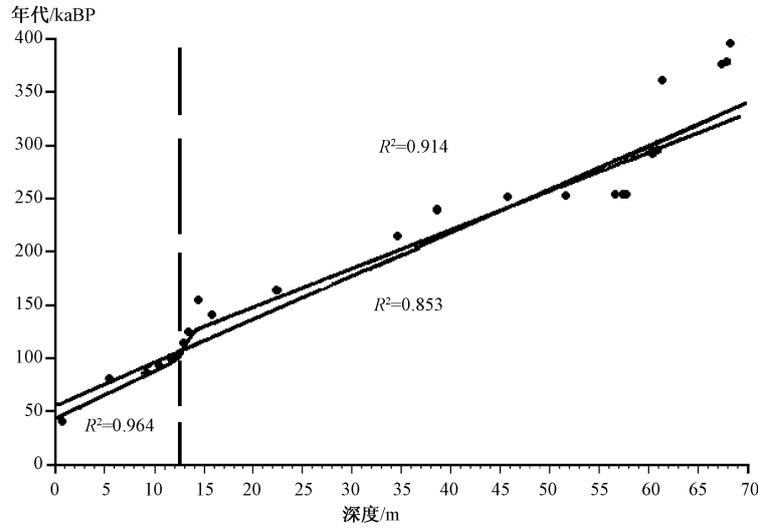


图 5 郝家窑钻孔剖面上部年代与深度关系图

Fig. 5 Relationship between age and depth of the upper of Haojiayao drill hole section

表 2 郝家窑钻孔 ESR 测年结果

Table 2 ESR results of the Haojiayao drill hole

样品编号	埋深/m	样品物质	古剂量/Gy	年剂量/(Gy · ka ⁻¹)	年龄/kaBP
HZ-28	70.0	黏土	1890 ± 189	3.97	476 ± 47
HZ-33	117.5	砂层	4509 ± 541	4.55	990 ± 118

注：样品由中国地震局地质研究所新构造年代学实验室测试

表 3 郝家窑钻孔 ESR 测年结果

Table 3 ESR results of the Haojiayao drill hole

样品编号	埋深/m	U/10 ⁻⁶	Th/10 ⁻⁶	K ₂ O/%	含水量/%	AD/%	年龄/kaBP
HZ25	68.05	1.20	5.19	2.54	14.1	60.9	23.6
HZ27	69.05						无年龄
HZ30	88.35						无年龄
HZ32	103.15	1.86	8.47	2.44	13.1	饱和	无年龄
HZ34	122.65	1.37	9.75	4.04	18.1	238.1	61.2

注：样品由国土资源部海洋地质实验检测中心测试

郝家窑剖面选择了 8 个 OSL 测年样品，由南京大学地理与海洋科学学院光释光实验室测试，结果列于表 4。

表 4 中样品 HJY-1 的年龄与其上下不太协调，不予采用。郝家窑剖面下部 5 个 OSL 测年样品间的地层厚度 36.55 m，历时 36.36 ka，平均沉积速率 1.005 m/ka。以此平均沉积速率外推，HJY-3 样点至湖相层顶部的地层厚度为 685 cm，需时约 6.82 ka，推算湖相层顶部的年龄约为距今 100.92 ka。因此，郝家窑剖面湖相层顶部的年龄约为距今 100 ka，剖面底部的年龄约为距今 150 ka。

上部黄土深度 0.7 m 处的 OLS 年龄为距今 42.1 ± 1.7 ka，推测顶部年龄约为距今 40 ka；黄土底部深度 12.65 m 处的 OLS 年龄为距今 116.7 ± 4.7 ka。

表4 郝家窑剖面光释光测年结果

Table 4 OSL results of the Haojiayao profile

样品编号	岩性	埋深/m	U/10 ⁻⁶	Th/10 ⁻⁶	K/%	等效剂量/Gy	年剂量/(Gy·ka ⁻¹)	年龄/kaBP
HJY-14	黄土	2.50	2.35 ± 0.10	9.98 ± 0.34	1.81 ± 0.04	218.12 ± 9.11	2.97 ± 0.17	73.39 ± 5.14
HJY-13	黄土	3.00	1.71 ± 0.08	8.17 ± 0.29	1.57 ± 0.04	208.18 ± 6.64	2.47 ± 0.14	84.21 ± 5.41
HJY-1	粉砂	5.15	5.72 ± 0.15	7.94 ± 0.29	1.50 ± 0.03	239.80 ± 13.45	3.57 ± 0.23	67.17 ± 5.68
HJY-3	粉砂	10.35	2.55 ± 0.10	5.93 ± 0.25	1.79 ± 0.04	282.50 ± 18.98	2.62 ± 0.15	107.74 ± 9.48
HJY-5	粉砂	19.40	1.52 ± 0.08	6.50 ± 0.25	1.84 ± 0.04	287.59 ± 15.53	2.42 ± 0.14	118.88 ± 9.30
HJY-8	粉砂	30.70	2.55 ± 0.09	4.82 ± 0.22	1.75 ± 0.04	277.75 ± 14.63	2.45 ± 0.14	113.52 ± 8.86
HJY-10	粉砂	38.60	2.35 ± 0.10	6.66 ± 0.27	1.64 ± 0.03	311.67 ± 10.81	2.44 ± 0.14	127.80 ± 8.66
HJY-12	粉砂	46.90	1.35 ± 0.06	5.90 ± 0.21	1.69 ± 0.04	314.05 ± 14.43	2.18 ± 0.13	144.17 ± 10.60

注：样品由南京大学地理与海洋科学学院光释光实验室测试

3 地层时代与划分

由于当时的工作重点是湖相地层，郝家窑剖面上部棕黄色黏土质粉砂层没有测全，只在湖相层界面之上0.5 m和1.0 m处取得2个OLS测年样品，年龄分别为距今84.21 ± 5.41 ka和距今73.39 ± 5.14 ka。郝家窑钻孔位于托克托台地上，钻孔起始可视为棕黄色粉砂质黏土、黏土质粉砂层之顶，年龄约为距今40 ka。上部黄土与中部湖相层界面处深度为12.65 m，OLS年龄为距今116.7 ± 4.7 ka，若考虑至界面地层所需沉积时间，黄土开始沉积的时间约为距今120 ka。托克托台地上部棕黄色黏土质粉砂层的年代大致为距今120 ~ 40 ka，应属晚更新世马兰黄土。

郝家窑剖面湖相层顶部的年龄约为距今100 ka，剖面未见底；郝家窑钻孔中部湖相层顶部深度13.05 m处OLS年龄为距今141.5 ± 6.8 ka，底部湖相层68.20 m处的OLS年龄为距今395.1 ± 19.2 ka。托克托台地湖相层的起始年代约为距今400 ~ 100 ka，属上更新统一下更新统。这套地层在河套地区一般只出露上部地层，有学者将其与萨拉乌苏组对比^[1~6]。本次郝家窑钻孔揭示出完整的沉积序列，但其时代与萨拉乌苏河流域经典的萨拉乌苏组（距今75 ~ 150 ka）^[12~25]有较大差距，似乎不宜归入萨拉乌苏组。建议暂称其为托克托组，尚需今后更详细的工作。

郝家窑钻孔下部的棕红色黏土呈块状，层理不明显，固结较好，含钙质结核或夹钙质层，同时夹数层浅红—红黄色粗砂细砾层，为受流水影响的风成黄土。该套地层送检7个ESR测年样品，获得5个年龄数据，在距今476 ~ 990 ka范围内，对应于中更新统离石黄土，大致与黄河南岸达拉特旗瓦窑剖面下部离石黄土^[7]相当。

托克托台地地层序列表明自距今1.0 Ma以来，起码存在2次大的环境转型事件。有关环境变化及在黄河演化中的意义，将另文讨论。

参 考 文 献

- [1] 聂宗笙, 李克. 内蒙古包头地区萨拉乌苏组的发现及其意义 [J]. 科学通报, 1988, 33 (21): 1645 ~ 1649.
NIE Zong-sheng, LI Ke. Discovery and significance of Salawusu Formation in Baotou area, Inner Mongolia [J]. Chinese Science Bulletin, 1988, 33 (21): 1645 ~ 1649.
- [2] 窦素芹, 聂宗笙, 麦学舜. 内蒙呼包盆地晚更新世孢粉组合及其意义 [J]. 地震地质, 1990, 12 (9): 283 ~ 290.

- DOU Su-qin, NIE Zong-sheng, MAI Xue-shun. The spore-pollen analysis of Late Pleistocene deposits in Ho-Bao Basin of Nei Mongol [J]. *Seismology and Geology*, 1990, 12 (3): 283 ~ 290.
- [3] 李建彪, 冉勇康, 郭文生. 河套盆地托克托台地湖相层研究 [J]. *第四纪研究*, 2005, 25 (5): 630 ~ 639.
- LI Jian-biao, RAN Yong-kang, GUO Wen-sheng. Research on the lacustrine strata of the Tuoketuo mesa, Hetao Basin, China [J]. *Quaternary Sciences*, 2005, 25 (5): 630 ~ 639.
- [4] 邓金宪, 刘正宏, 徐仲元, 等. 包头地区晚更新世—全新世地层划分对比及环境变迁 [J]. *地层学杂志*, 2007, 31 (2): 133 ~ 140.
- DENG Jin-xian, LIU Zheng-hong, XU Zhong-yuan, et al. Subdivision and correlation of the late pleistocene-holocene strata in the Baotou area and its paleo-environment variation [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2007, 31 (2): 133 ~ 140.
- [5] 聂宗笙, 李虹, 马保起. 内蒙古河套盆地晚更新世晚期化石动物群 [J]. *第四纪研究*, 2008, 25 (1): 14 ~ 25.
- NIE Zong-sheng, LI Hong, MA Bao-qi. Fossil fauna in the late stage of late pleistocene in the Hetao Basin, Inner Mongolia [J]. *Quaternary sciences*, 2008, 25 (1): 14 ~ 25.
- [6] 李建彪, 冉勇康, 郭文生. 呼包盆地第四纪地层与环境演化 [J]. *第四纪研究*, 2007, 27 (4): 632 ~ 644.
- LI Jian-biao, RAN Yong-kang, GUO Wen-sheng. Division of quaternary beds and environment evolution in Hubao Basin in China [J]. *Quaternary sciences*, 2007, 27 (4): 632 ~ 644.
- [7] 闵隆瑞, 曲一华, 陈郁华, 等. 内蒙古达拉特旗芒硝矿研究 [M]. 北京: 地质出版社, 1995: 7 ~ 36.
- MIN Long-rui, QU Yi-hua, CHEN Yu-hua, et al. Study on the Dalad mirabilite mine, Inner Mongolia [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995: 7 ~ 36.
- [8] 贾铁飞, 银山, 赵明, 等. 黄河托克托段早中更新世湖相地层剖面的建立及其意义 [J]. *内蒙古师大学报: 自然科学 (汉文) 版*, 2001, 30 (1): 74 ~ 78.
- JIA Tie-fei, YIN Shan, ZHAO Ming, et al. A study on the lake deposits on the Tuoketuo section of Yellow River in the early and middle stage of Pleistocene [J]. *Journal of Inner Mongolia Normal University: Natural Science Edition*, 2001, 30 (1): 74 ~ 78.
- [9] 马保起, 李德文, 郭文生. 晚更新世晚期呼包盆地环境演化与地貌响应 [J]. *第四纪研究*, 2004, 24 (6): 630 ~ 637.
- MA Bao-qi, LI De-wen, GUO Wen-sheng. Geomorphological response to environmental changes during the late stage of late Pleistocene in Hubao Basin [J]. *Quaternary Sciences*, 2004, 24 (6): 630 ~ 637.
- [10] 陈发虎, 范育新, 春喜, 等. 晚第四纪“吉兰泰—河套”古大湖的初步研究 [J]. *科学通报*, 2008, 53 (10): 1207 ~ 1219.
- CHEN Fa-hu, FAN Yu-xin, CHUN Xi, et al. Preliminary research on Megalake Jilantai-Hetao in the arid areas of China during the Late Quaternary [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2008, 53 (11): 1725 ~ 1739.
- [11] 蒋复初, 王书兵, 李朝柱, 等. 内蒙古托克托台地湖相地层及其初步意义 [J]. *第四纪研究*, 2012, 32 (5): 931 ~ 937.
- JIANG Fu-chu, WANG Shu-bing, LI Chao-zhu, et al. On study of lacustrine formation and its meaning in the Togtoh Platform, Inner Mongolia [J]. *Quaternary Sciences*, 2012, 32 (5): 931 ~ 937.
- [12] 裴文中, 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 Wen-zhong, LI You-heng. Some tentative opinions on the problem of “Sjara-Osso-Gol”, Inner Mongolia [J]. *Vertebrata Palasiatica*, 1964, 8 (2): 99 ~ 118.
- [13] 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 Bao-yin. Sedimentary environment and stratigraphical subdivision of Sjara-Osso-Gol Formation [J]. *Scientia Geologica Sinica*, 1978, (3): 320 ~ 334.
- [14] 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 Bao-sheng, DONG Guang-rong, GAO Shang-yu, 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.
- [15] 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 Ji-min, DING Zhong-li, YUAN Bao-yin, et al. Stratigraphic division of the Salawusu Formation and the inferred sedimentary environment [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1996, 16 (1): 23 ~ 31.
- [16] 苏志珠, 董光荣, 靳鹤龄. 萨拉乌苏组地层年代学研究 [J]. *地质力学学报*, 1997, 3 (4): 90 ~ 96.
- SU Zhi-zhu, DONG Guang-rong, JIN He-ling. A geochronological study of the Salawusu strata in north China [J]. *Journal of Geomechanics*, 1997, 3 (4): 90 ~ 96.
- [17] 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 Zhi-zhu, DONG Guang-rong. Re-determination on the sedimentary age of Salawusu Formation [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1997, 15 (4): 159 ~ 163.
- [18] 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 Guang-rong, SU Zhi-zhu, JIN He-ling. New views on the age of the Salawusu Formation of Late Pleistocene in northern China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1998, 43 (17): 1869 ~ 1872.
- [19] 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 Bao-sheng, JIN He-ling, ZHU Yi-zhi, et al. Recent study on the “Ideal section in the southeast corner of Ordos” [J]. *Journal of Desert Research*, 2001, 21 (4): 346 ~ 353.
- [20] 全国地层委员会. 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.
- [21] 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 Xing-zhao, SU Pu, Reidar Lovlie. The meaning of rock magnetism for Salawusu Formation ages [J]. *Progress in Natural Science*, 2002, 12 (11): 1223 ~ 1226.
- [22] 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 Bao-sheng, JIN He-ling, ZHU Yi-zhi, et al. The Quaternary lithostrata in Salawusu River Valley and their geochronology [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2004, 22 (4): 676 ~ 682.
- [23] 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.
- [24] 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 He-ling, LI Ming-qi, SU Zhi-zhu, et al. Sedimentary age of strata in the Salawusu river basin and climatic changing [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2007, 81 (3): 307 ~ 315.
- [25] 闵隆瑞, 朱关祥, 关友义. 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 [J]. *中国地质*, 2009, 36 (6): 1208 ~ 1217.
- MIN Long-rui, ZHU Guan-xiang, GUAN You-yi. An analysis of the basic characteristics of the Upper Pleistocene Salawusuan Stage in the Salawusu River Valley, Inner Mongolia [J]. *Geology in China*, 2009, 36 (6): 1208 ~ 1217.

DISCUSSION ON THE EPOCH OF LACUSTRINE STRATA IN TOGTOH, INNER MONGOLIA

JIANG Fu-chu, FU Jian-li, WANG Shu-bing, LI Chao-zhu

(*Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China*)

Abstract: A set of later Quaternary fluvial-lacustrine strata is widely distributed in the Hetao region, which is compared with Salawusu Formation by predecessors. The Togtoh mesa is located in the east of the Hetao plain, and forms the geomorphic second platform. The lacustrine strata are well-exposed along the east bank of the Yellow River at the front edge of Togtoh mesa. The article mainly studied on the age of Haojiayao section and Haojiayao drill core section by lithological description as well as OSL and ESR dating methods. The emergence stratum of Haojiayao section is 47 m thick, the age at the top of lacustrine formation is about 106 kaBP, and the bottom is about 150 kaBP. Base on the lithological character, the Haojiayao drill core section can be divided to three parts: 0 ~ 12.77 m is a set of brownish yellow silty clay and clayey silt layers, which should be the Late Pleistocene Malan Loess, and its OSL age is 106 ~ 40 kaBP; 12.77 ~ 70.23 m is a set of chartreuse, taupe silt and silty clay layers which should be lacustrine deposition, with OSL age being about 400 ~ 106 kaBP which belongs to Late Pleistocene; 70.23 ~ 118.45 m is a set of brownish red silty clay layers with calcareous interlayers, that should be the eolian loess which was influenced by water, its ESR age is about 476 ~ 990 kaBP, and corresponds to the Middle Pleistocene Lishi Loess. The Togtoh lacustrine strata should not belong to the Salawusu Formation, because of the large differences between the age of classic Salawusu Formation and the Salawusu river basin which is about 75 ~ 150 kaBP.

Key words: Salawusu Formation; lacustrine strata; OSL age; ESR age; Togtoh platform