

闵隆瑞, 迟振卿, 王永, 等. 河北阳原泥河湾盆地郝家台NHA钻孔岩心岩石地层划分及对比[J]. 中国地质, 2015, 42(4): 1068–1078.
Min Longrui, Chi Zhenqing, Wang Yong, et al. Lithostratigraphic division and correlation of Haojiatai NHA borehole from Nihewan Basin in Yangyuan, Heibei[J]. Geology in China, 2015, 42(4): 1068–1078(in Chinese with English abstract).

河北阳原泥河湾盆地郝家台NHA钻孔岩心 岩石地层划分及对比

闵隆瑞¹ 迟振卿¹ 王 永¹ 董 进¹ 王玉龙² 朱关祥²

(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:位于河北、山西两省桑干河、壶流河流域的泥河湾盆地内发育一套中外驰名的晚新生代地层, 内含丰富的哺乳动物化石和古人类文化遗迹。岩石地层的划分是区域地质研究的基础, 为了加深对这套地层的认识, 2013年中国地质科学院地质研究所在泥河湾盆地东部化稍营郝家台打了一钻, 钻孔座标: N: 40°13′0.4″, E: 114°38′32.3″, H: 938 m。据365.82 m厚的钻孔岩心岩石地层分析, 自上至下划分为6个组: (1)上更新统马兰组, 厚9.64 m, 以风积成因为主的黄土堆积, 与下伏地层有沉积间断; (2)上更新统郝家台组, 厚23.46 m, 属滨、浅湖相沉积; (3)中一下更新统小渡口组, 厚36.08 m, 属三角洲—滨湖相沉积; (4)下更新统泥河湾组, 厚87.92 m, 属滨、浅湖相沉积; (5)上新统稻地组, 厚111.78 m, 属湖沼相沉积; (6)上新统壶流河组, 厚73.02 m, 属洪泛平原相沉积。孔深341.90–365.82 m由白垩纪地层组成(未见底)。此剖面厚度大, 连续性好, 钻井采取率近100%, 岩心在野外按钻井进尺依次进行连续描述, 分辨率高, 经研究认为泥河湾盆地第四系不仅在泥河湾盆地内可对比, 并与黄土高原第四系也有一定的可对比性, 即郝家台组与萨拉乌苏组对比, 小渡口组与离石黄土对比, 泥河湾组与午城黄土对比。本剖面可作为华北地区河湖相地层层型剖面之一。

关键词:泥河湾盆地; 新近系—第四系; 地层划分及对比

中图分类号: P534.62; P534.63 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2015)04-1068-11

Lithostratigraphic division and correlation of Haojiatai NHA borehole from Nihewan Basin in Yangyuan, Heibei

MIN Long-rui¹, CHI Zhen-qing¹, WANG Yong¹, DONG Jin¹,
WANG Yu-long², ZHU Guan-xiang²

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

Abstract: Nihewan Basin is situated in Sangan and Huliou river watershed, Hebei and Shanxi Province. It is well-known for its

收稿日期: 2014-09-03; **改回日期:** 2015-04-29

基金项目: 国家自然科学基金(41172150, 41372172)、中国地质调查局地质调查项目(12120113013600, 1212011120118)及行业基金项目(201211005-1)联合资助。

作者简介: 闵隆瑞, 女, 1938年生, 研究员, 第四纪地质与地貌专业; E-mail: mlr@cags.ac.cn。

<http://geochina.cgs.gov.cn> 中国地质, 2015, 42(4)

well-developed late Cenozoic strata and rich mammalian faunas and Paleolithic sites. Lithostratigraphic division of strata is critical for investigating region geology. In order to deeply know the stratum, a 365.82 m long core (N: 40°13'0.4", E: 114°38'32.3", H: 938 m) was obtained by us at Haotjiaitai in 2013, which is located in Huashaoyn town, eastern of Nihewan Basin. Based on the analyzing of lithostratigraphy, this long core could be divided into six formations downward. 1, Upper Pleistocene Malan Formation (9.64 m thick), which is eolian loess and shows depositional hiatus between it and underlying strata; 2, Upper Pleistocene Haojiatai Formation (23.46 m thick), which is shore-shallow lacustrine sediment; 3, middle-lower Pleistocene Xiaodukou Formation (36.08 m thick), which is delta to lakeshore sediment; 4, lower Pleistocene Nihewan Formation (87.92 m thick), which is shore-shallow lacustrine sediment; 5, Pliocene Daodi Formation (111.78 m thick), which is lake-marsh sediment; 6, Pliocene Huliuhe Formation (73.02 m thick), which is floodplain sediment. The strata in depth of 341.90—365.82 m is Cretaceous, whose bottom is undiscovered. The section is characterized by large thickness, good continuity and 100% coring rate. In the field, through checking depth against the drill footage the borehole was described and sampled in good continuity and high resolution. Our study show that, Nihewan stratum could not only correlate in the basin on Quaternary, but also with Loess Plateau, such as Haojiatai Formation with Salawusu Formation, Xiaodikou Formation with Lishi Loess and Nihewan Formation with Wucheng Loess. This profile could be used as one of stratotype about fluvio-lacustrine strata in North China region.

Key words: Nihewan Basin, Neogene-Quaternary system, stratigraphic division and correlation

About the first author: MIN Long-rui, female, born in 1938, researcher, majors in the Quaternary geology and geomorphology; E-mail: mlr@cags.ac.cn.

晚新生代著名的泥河湾盆地镶嵌于河北、山西两省桑干河、壶流河流域,盆地内发育的河湖相地层,出露露头好,厚度大,且含有丰富的古生物化石和古人类文化遗物,半个多世纪以来,一直被地质学家视为中国北方更新世早期的代表性地层,深受中、外地质学家、古生物学家,特别是古人类学家的关注^[1-34]。岩石地层的划分是区域地质研究的基础,但由于陆相地层厚度变化大,岩相演变快,且受新构造运动影响,地层划分、对比十分困难,至今各学者仍各抒己见^[2,3,8,9,13,15,19,21,25-27,29,30,31,33-35],未达统一意见(表1)。

为了更好地对这套地层进行研究,中国地质科学院地质研究所在前几年建“泥河湾阶”^[4,17,31]研究的基础上,于2013年在泥河湾盆地东部化稍营郝家台打了2个钻,台上钻深365.82 m,台下钻深135.46 m,取心率达100%。在野外按钻井进尺依次进行连续描述,分辨率高。现本文主要对台上钻(NHA)的岩石地层进行划分、对比研究,并结合前人资料,初步提出一个泥河湾盆地郝家台区上新世—更新世岩石地层划分方案,建立郝家台区晚新生代以来一个层型剖面,便于地层分区对比和对外交流。

1 NHA 孔地层柱简述

NHA 孔位于河北省阳原县化稍营镇小渡口村

郝家台中部(图1),地理座标:N40°13'0.4",E114°38'32.3",H938 m。孔深365.82 m,取心率近100%。野外进行了岩心描述,根据岩心的颜色、粒级、结构构造和地层接触关系等初步划分了595层。室内在595层描述的基础上,依据岩性色调、沉积旋回、生物化石和接触关系等归并为88层(表2)。

2 NHA 孔岩石地层组的划分及特征

在上述88层岩性描述的基础上,依据地层内大的沉积旋回和沉积相特征自上而下归并为6个组。

(1) 马兰组(深0.3~9.64 m,0.3 m以上为耕作层),厚9.64 m

由浅褐色黏土质粉砂、粉砂层组成,夹少量灰褐色粉砂质黏土薄层,底部见有钙质结核,与下伏地层呈假整合接触。1962年刘东生、张宗祜^[11]将马兰黄土称马兰组,后被广泛应用于华北地区。

(2) 郝家台组(深9.64~33.1 m)厚23.46 m

顶部30 cm为黄褐色至青灰色粉砂质粘土混杂层,由上至下青灰色黏土块增多,属风化壳层。之下,由青灰色粉砂质黏土、粉砂与黄绿、黄褐色黏土质粉砂互层组成,具水平层理和斜交层理,含软体动物化石。下部由黄褐色粉砂质黏土、粉细砂组成,夹钙板,具水平层理。底部与下伏地层接触起伏不平。本组名是沿用2003年张宗祜命名的郝家

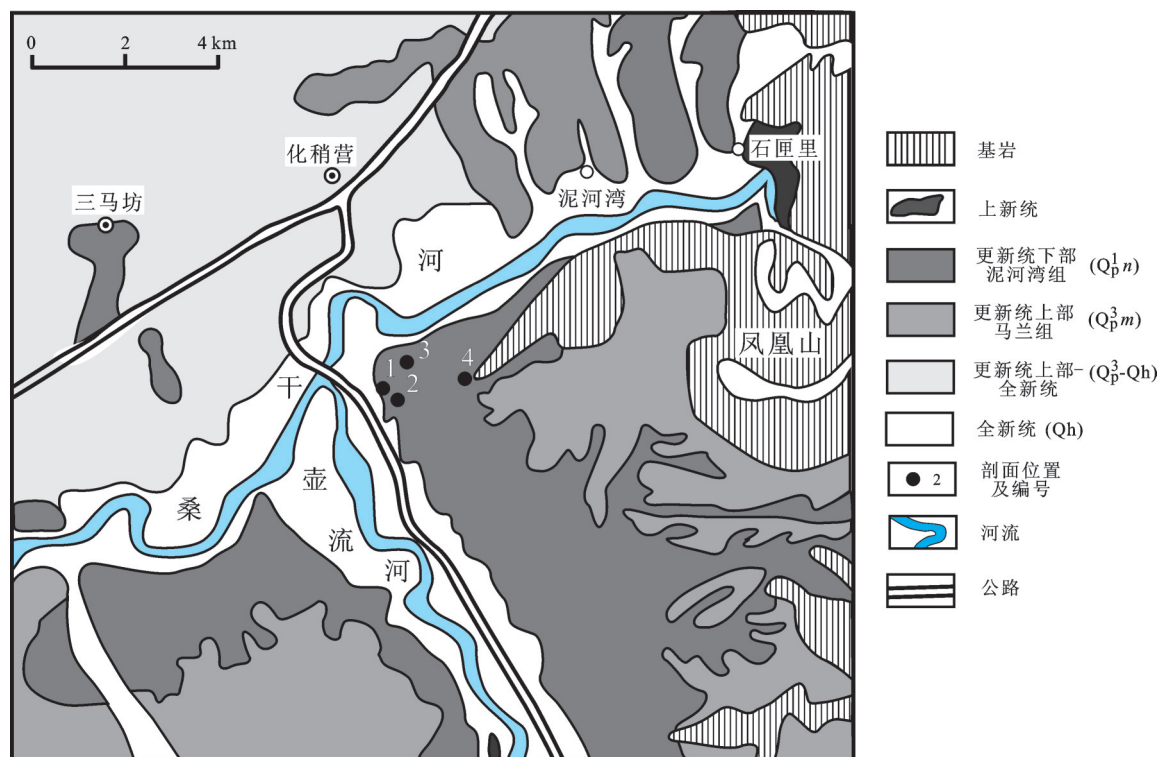


图1 河北阳原泥河湾盆地东部地区晚新生代地质简图

(1—台儿沟; 2—洞沟; 3—NHA 钻孔; 4—小长梁)

Fig.1 Simplified Late Cenozoic geological map in the eastern Nihewan Basin, Yangyuan, Hebei Province

(1—Taiergou; 2—Donggou; 3—NHA; 4—Xiaochangliang)

台组之名^[30],属更新世晚—中期的湖相地层。现本文将原郝家台组的上部视为郝家台组。

马兰组与郝家台组岩性上有较大差异,前者以黄土为主,后者以黏土质粉砂和粉砂质黏土为主,并含软体动物化石。且两组之间有明显的间断。故从岩石地层考虑将马兰组与郝家台组分为两个组。

(3) 小渡口组(深33.1~69.18 m)厚36.08 m

上部由红棕色粘土与黄褐色粉细砂层组成,具水平层理,含少量炭屑、钙板。深33~46 m,内含11层红色土,其中深35~36 m处3层可合为一大层,38 m处2层可合为一大层,深45~46 m处4层也可合为一大层。

下部由黄棕、黄褐色粉砂夹红棕色黏土,含管状植物茎和少量钙板,底部为粗砂、砾石层。其中红色黏土层共有4层,深51~52 m、55 m和66~67 m厚层红色土还可细分为2~3层。

本组名是沿用1988年陈茅南^[3]命名的小渡口组之名,其时代属中更新世至早更新世晚期。现本文将原小渡口组中一下部视为小渡口组。

郝家台组岩性以黏土、粉砂级为主,而小渡口组含较多的粉细砂层,且夹多层红色层,两者之间接触面不平整,故将其分为两个组。

(4) 泥河湾组(深69.18~157.10 m)厚87.92 m

上部为黄棕色粉砂与红色黏土互层,红色黏土有2层,其中深70~71 m处厚层红色土尚可再细分为3层。中部以青灰、黑灰色黏土、粉砂层为主,夹褐色黏土、砂砾和较多的钙板,含炭屑和软体动物化石,具水平层理。内夹钙板层约有20层,其中深78~85 m和109~111 m处钙板比较集中。下部为褐黄色粉砂层为主,夹砂、砾和青灰色粘土,含软体动物化石碎片,见青灰色粘土团块,与下伏地层呈侵蚀接触关系。

本组名是沿用了巴尔博(1924)^[33]的“泥河湾层”之名,尔后很多学者亦称为泥河湾组^[2,8,16,19,21,23,27,30],视为中国北方早更新世地层的代表。

现本文将闵隆瑞(2006)^[17]划的泥河湾组之中一下部定为泥河湾组。

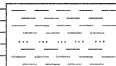
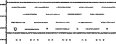
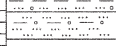
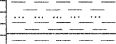
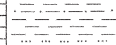
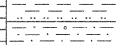
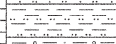
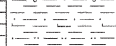
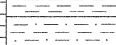
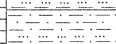
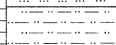
小渡口组由黄色粉细砂层夹较多的红色层组

表2 河北阳原泥河湾盆地郝家台NHA钻孔岩心柱及地层划分简表

Table 2 Lithostratigraphic division table of Taojiatai NHA borehole from Nihewan Basin

系	统	组	层	厚度 (m)	深度 (m)	岩性柱	岩 性 描 述
第四系	全新统	马兰组		0.3			耕作层, 褐黄色粉砂质黏土, 含现代植物根系
			1	9.64			浅褐色黏土质粉砂、粉砂层, 夹灰褐色粉砂质黏土薄层, 底部见钙质结核
			2	1.87	10		顶部30cm为黄褐色至青灰色粉砂质黏土混杂层, 由上至下青灰色黏土块增多, 属风化壳层, 30cm以下为青灰色粉砂质黏土层, 发育棕黄色潜育化斑块
			3	1.55			黄绿色黏土质粉砂与灰绿色粉砂质黏土互层, 底部含细砂, 见贝壳碎片
			4	1.8			浅青绿、青灰色粉、细砂层, 具水平和斜交层理, 含软体动物化石
		郝家台组	5	3.66			浅褐色黏土质粉砂层, 具水平层理
			6	1.3	20		青灰色粉砂质黏土夹钙质板层
			7	4.03			浅黄棕色黏土质粉砂层, 底部为粉、细砂层, 层间有小错动
			8	5.68			浅黄褐色粉砂质黏土与浅青灰色钙质黏土(钙板)互层, 具水平层理
			9	3.37	30		黄褐色粉、细砂层, 具水平层理, 含炭屑, 与下伏地层接触面起伏不平
		小渡口水组	10	4.6			红棕色黏土与黄褐色粉细砂互层, 具水平层理, 底部见灰岩砾
			11	5.68	40		顶部80cm内发育2层红棕色黏土, 之下为青灰色黏土夹褐黄色粉砂层, 含炭屑和钙板
			12	5.7			黄棕色与红棕色黏土、粉砂互层, 发育水平层理
			13	0.38	50		青灰色黏土、粉砂层, 具水平和波状层理
			14	7.26			黄棕色粉砂层夹少量薄层红棕色黏土, 粉砂较松散, 含炭屑、管状植物茎和钙板
			15	4.54	60		褐黄色粉砂层, 较松散, 底部见中、粗砂和少量砾石, 与下伏层呈侵蚀接触
			16	1.74			灰青色黏土层, 致密、块状
			17	2.2			褐黄色黏土质粉砂层, 底部为中、粗砂层, 含泥砾, 与下伏层呈侵蚀接触
			18	3.88			灰棕、红棕色黏土与黄褐色粉砂互层
		泥河湾组	19	3.17	70		褐棕、红棕色黏土夹黄褐色粉砂层, 具交错层理
			20	2.43			青灰色黏土层, 含植物根系、炭屑, 底部含泥质角砾
			21	1.68			顶部3cm为红棕色黏土, 之下为黄褐色、青灰色粉砂质黏土层, 具水平层理, 见白色针状颗粒呈带状分布
			22	2.48			青灰、深灰色黏土层, 具水平层理, 底部为粉砂质黏土, 与下伏地层接触面起伏不平
			23	2.7	80		顶部为钙板层, 之下为棕褐色粉砂质黏土层, 底部含砂砾
			24	3.08			黑灰色粉砂质黏土夹钙板层, 含炭屑。底部含泥砾
			25	5.15			青灰、灰棕和棕褐色黏土, 褐色黏土中见青绿色斑状团块
			26	1.21	90		青灰色黏土层, 致密块状, 底部含薄层粉砂
			27	3.48			顶部10cm为红棕色黏土, 之下为黄褐色粉砂与黏土互层
		湾组	28	2.69			黑、黑灰色粉砂质黏土层, 含软体动物化石, 底部夹钙板
			29	2.53			青灰色粉砂质黏土层, 底部为粉、细砂层, 含软体动物化石碎片。与下伏层呈侵蚀接触
			30	2.81	100		棕褐色黏土层, 致密块状
			31	2.72			灰棕色黏土、粉砂层, 含少量炭屑, 底部见钙质砾石
			32	2.49			青灰色黏土、粉砂层, 夹钙板, 底部为褐色细砂层
			33	1.48			褐青色粉砂层, 底部夹钙板
			34	3.25	110		青灰色黏土层, 致密, 块状, 夹钙板, 底部见砾石和泥质团块
			35	2.4			红棕色黏土夹青灰色粉、细砂层
		组	36	6.59	120		青灰、古铜色黏土层, 夹青灰色粉砂透镜体, 与下伏层呈侵蚀接触
			37	3.4			深棕色粉砂质黏土层, 夹粉、细砂透镜体。与下伏层呈侵蚀接触
			38	5.17			灰青色黏土层, 夹钙板层
			39	1.67	130		红棕色黏土层, 底部3cm为褐黄色粉、细砂层
			40	2.17			青灰色黏土质粉砂层, 底部4cm褐黄色粉、细砂层, 含磨圆好的石英砾石和软体动物化石碎片
			41	3.17			青灰色黏土层, 夹粉砂、砾石和钙板
			42	2.36			棕黄色黏土粉砂层, 底部含青灰色黏土团块, 与下伏层呈侵蚀接触

续表2

新近系	新统	泥河湾组	43	6.76	140		青灰、黑棕色粘土层, 含有机质团块和炭屑, 具水平层理
			44	2.57			红棕色粘土层, 致密坚硬, 含软体动物化石碎片
			45	2.64	150		灰棕、青黑色粘土层, 含黑色炭质层, 底部见硅质砾石, 见层间错动现象
			46	2.1			上部灰褐色粉、细砂; 下部为灰青、棕灰色粘土, 发育平行垂直节理, 见层间滑动现象
			47	3.57			青灰色粉砂质粘土夹棕黑色粘土层, 底部为含泥砾的粉、细砂层, 与下伏层呈侵蚀接触
			48	2.33			棕灰色粉砂层, 夹杂色含砾粘土, 砾石已风化呈泥砾
			49	3.38	160		青灰与棕灰色粘土互层, 含风化物砾点。底部见阶梯状层间错动
			50	6.52			灰棕色粘土夹青灰色粉砂质粘土层, 底部有6cm黑灰色细砂层
			51	2.22	170		青灰色粉砂质粘土层, 含炭质团块, 中下部为含砾粘土和粉、细砂层
			52	2.53			青灰色与黄棕色粘土互层, 内含大量泥砾, 底部为细砂层, 与下伏地层呈侵蚀接触关系
			53	6.16			棕红色粘土与青灰色粘土互层, 夹粉砂层, 青灰色粘土中含泥砾。
			54	3.48	180		杂色粉砂质粘土与青灰色粘土互层
			55	3.52			灰青与棕灰色粘土层, 夹多层钙板, 含Fe、Mn氧化层
			56	3			棕黄色粉砂质粘土层, 底部有2-3层粉砂层
			57	7.69	190		棕褐色粘土质粉砂和黑色(沥青色)粘土层, 含较多的软体动物化石
			58	4.38	200		红棕、深棕色粉砂质粘土层, 底部含较多泥砾
			59	2.2			红棕、灰棕色粉砂质粘土层, 含钙核和炭化植物茎, 与下伏层呈侵蚀接触
			60	6.49			黑棕、棕黑色粘土层, 含大量软体动物化石, 在206.8m处见一丽蚌
			61	5.76	210		青灰色粉砂质粘土层, 含多层钙板
			62	4.14			棕黑、黑(沥青色)粘土层, 含较多软体动物化石碎片
			63	2.88	220		上部为青灰色粘土层, 下部为棕黑色粘土层。含软体动物化石和钙板
			64	6.26			棕黄、棕灰色粘土质粉砂层。底部见一小砾石
			65	3.49	230		黑、棕黑色粘土, 夹粉砂层, 底部含粗砂、小砾石
			66	3.97			棕黑、黑色粘土层, 含风化的软体动物化石碎片, 底部见风化角砾
			67	4.79	240		黑棕色粘土层。含风化砾石, 底部见砾石和杂色碎屑
			68	7.15			黑棕色粘土层, 含风化角砾。底部含较多角砾和粉砂, 与下伏层呈侵蚀接触
			69	4.03	250		棕黑色粘土夹青灰色粉砂质粘土层, 底部含角砾
			70	6.04			棕、黑棕色粉砂质粘土层, 夹砂、砾和岩屑, 底部砾石、岩屑增多
			71	5.08	260		黑棕色粘土、粉砂层, 含较多砾石, 底部265.7-265.82为砾石层, 砾石次圆状, 砾径一般4cm, 大者可达7×8cm, 成分有安山质碎屑岩、角闪岩、凝灰岩等
			72	1.23			棕色粘土和砾石混杂堆积层。砾石大小混杂, 次棱角状-次圆状, 其成份有安山岩等
			73	3.16			棕色粘土质粉砂与粉砂质粘土层, 含角砾, 底部为粗砂、砾石层

续表2

新 近 系	上 壶 流 河 组	74	4.62	2.70	古铜色、灰棕色粉砂质黏土层, 含钙板、砾石、岩屑, 底部为砾石层、泥包砾, 砾石大小不等, 其成分为安山质碎屑岩、凝灰岩等
		75	7.6	2.80	红棕色粉砂质黏土夹砾石层
		76	5		古铜色、棕红色黏土层, 含已风化的角砾和钙板。底部为含砾粗砂层
		77	12.07	2.90	棕红色黏土、粉砂质黏土层, 含角砾, 底部为砾石层, 砾石砾径一般1.5~3cm
		78	5.05	3.00	褐灰、红棕色黏土层, 夹薄层砾石层, 砾石均已风化
		79	8.98	3.10	砾石层, 胶结物为砂、岩屑等, 砾径0.5~5cm不等, 分选差, 次圆-次棱角状, 其成分角闪岩类, 风化蚀变强
		80	7.8	3.20	褐灰色粉砂质黏土层, 夹砾石层和钙板, 底部为砂、黏土、砾石层, 与下伏层呈侵蚀接触
		81	8.9		灰棕、红棕色黏土层, 夹砂、砾石层
	白 垩 系	82	3.77	3.30	褐灰色粉砂质黏土与砾石互层, 含较多钙板
		83	4.35		灰棕, 红棕色粉砂质黏土, 含大量砾石
		84	6.4	3.40	褐灰色粉砂质黏土, 含大量砾石和钙板
		85	5		灰色黏土质粉砂层, 含风化角砾、岩屑, 底部有2cm厚的高岭土, 与下伏层呈侵蚀接触
		86	11.48	3.50	灰白、灰紫、灰棕色黏土质粉砂与黏土层, 含大量风化的角砾、岩屑, 底部为砾石层, 砾径4cm左右, 成份为安山玢岩等
		87	3.8	3.60	灰棕、青灰、古铜色粉砂质黏土层, 夹已风化的砾石、岩屑; 底部为黏土、粉砂、砾石杂乱堆积, 砾石砾径0.5~5cm, 次棱-次圆状
		88	2.02		红棕色粉砂质黏土夹已风化砾石、角砾等

成,而泥河湾组主要由青灰色黏土、粉砂夹较多钙板层组成,两者之间接触面不平整,故将其划分为两个组。

(5)稻地组(深157.10~268.88 m),厚111.78 m

组内大致分成两段。上段为青灰色黏土与棕灰、棕黑色黏土、粉砂互层,具水平层理,含泥砾、岩屑和少量软体动物化石。下段由黑色、棕黑色黏土、粉砂组成,上部夹少量红棕色黏土质粉砂,钙板和Fe、Mn氧化层,底部为棕色砂砾石混杂堆积,砾石成分有安山岩、火山碎屑岩、角闪岩等。段内含大量软体动物化石和一层瓣鳃类化石。

本组名是沿用1988年杜垣俭等^[6]命名的稻地组之名,属上新世地层。

该组以厚层黑灰色粘土、粉砂,含较多的软体动物化石而区别于泥河湾组。

(6)壶流河组(深268.88~341.90 m),厚73.02 m
由棕红、灰棕色粘土与砾石层互层组成,砾石均已风化,组内夹有较多的钙板层。

本组名是沿用1982年王安德^[22]命名的壶流河组之名,属上新世早期地层。

该组以红、棕色黏土夹多层砾石层和钙板层而区别于稻地组。

(7)白垩系(深341.90~365.82 m),厚23.9 m(未见底)

由灰紫、灰白、灰棕和红棕色粉砂黏土夹大量已风化的角砾、岩屑,上部见厚2 cm的高岭土。

从沉积相粗浅分析看:

马兰组主要浅褐色粉砂组成,含钙核,似黄土堆积,以风积为主。但组内夹有少量灰褐色粉砂质黏土条带,表明也有水的营力作用。

郝家台组顶部为混杂层,混杂层由上至下青灰色黏土块增多,为典型的风化壳结构的剖面。之下,岩性以粉砂质黏土和黏土质粉砂为主,具水平层理和斜交层理,含少量软体动物化石、炭屑和钙板,颜色为青灰色、黄褐色、黄绿色和红棕色等,属于滨、浅湖相沉积。

小渡口组上部由红棕色粘土与黄褐色粉细砂组成,具水平层理,含少量炭屑、钙板,属湖相沉积,但其中夹有较多红色土,反映水体较浅,时而露出水面。中部由黄棕、黄褐色粉砂组成,底部有粗砂砾石,含较多管状植物茎和钙板,属于三角洲相沉积环境。

泥河湾组上部为黄棕色粉砂夹红色土,属滨湖沉积。中部以青灰色黏土、粉砂为主,具水平层理,含软体动物化石、炭屑和大量钙板,属于滨、浅湖相。但底部以粉细砂为主,夹砂砾层,含软体动物化石碎片和黏土团块,代表水动力较强的沉积环境,属于三角洲相沉积环境。

稻地组以青灰、黑色、棕黑色黏土、粉砂为主,具水平层理,含大量软体动物化石和一层瓣鳃类化石及较多炭屑,属于湖沼相的沉积环境。但下段沼泽相更具代表性。

壶流河组为棕红、灰棕色粘土与砾石层互层组成,形成多个旋回,黏土中含较多的钙板层。属洪泛平原的沉积环境。

3 区域地层对比

NHA 孔岩心连续性好,分辨率高,可成为泥河湾盆地东部层型剖面。此孔岩石地层在泥河湾盆地有一定的延展性,与黄土高原地区也有一定的可对比性。

(1)郝家台 NHA 孔剖面与郝家台儿沟露头剖面及郝家台周边小长梁剖面、洞沟剖面基本上可进行对比(图2)。

马兰组均位于剖面最上部,其厚度一般<10 m。据台儿沟剖面^[31]OSL测定,1~5万年。郝家台组含石膏、钙板,一般厚20 m左右。从台儿沟^[31]、小长梁^[36, 37]、洞沟^[36, 37]剖面的古地磁测定结果看,郝家台

组底在布容正极性时的中一下部,应属更新世晚一中期。小渡口组一般黄色细粉砂层夹红色层,其底部含砾,厚15~36 m不等。其底大致在贾拉米诺事件附近,0.98~1.06 Ma,应属于更新世中一早期。泥河湾组多为青灰色粉砂质粘土夹钙板层,厚60~88 m。小长梁剖面和洞沟剖面泥河湾组出露不全,均未到高斯正极性时。台儿沟剖面123 m处为M/G界线,而NHA孔和台儿沟剖面相邻,故NHA孔的泥河湾组底(157.10 m)应在M/G界线附近。

(2)泥河湾盆地第四系与黄土高原第四系有一定的可对比性,其理由:

①从地理标高看,泥河湾盆地郝家台湖积台面海拔高度为938 m,黄土高原洛川塬塬面海拔1000 m左右,^[1, 14, 21]郝家台湖积台面略低于洛川塬塬面。

②NHA孔深0~9.6 m为马兰黄土;黄土高原马兰黄土一般厚10 m左右,两者类似。

③NHA孔深9.6~33.1 m为青灰、黄绿、黄褐色粉砂、粉砂质黏土层,含软体动物化石,属湖相沉积,位于小渡口组之上,称郝家台组,该组与泥河湾盆地中部井儿洼组^[5, 15, 16, 24]有相似之处。而黄土高原河谷地带常见湖相沉积的萨拉乌苏组贴在离石黄土上部,厚十几米不等,井儿洼组与萨拉乌苏组^[21]应是同时期的产物。

④NHA孔深33.1~69.18 m三角洲-湖相层中夹十几条红色土,靠底部有黄砂层,位于泥河湾组之上,称小渡口组,其底部年龄在1.0 Ma左右;黄土高原离石黄土中一般夹13~14条红色古土壤层,底部有2层粉砂层,位于午城黄土之上,其底部年龄约为1.2 Ma^[1, 12, 21],小渡口组与离石黄土有可对比性。NHA孔深45~46 m厚层红色土是不是相当黄土高原的S₅和小渡口组底部的粉砂层是不是相当于黄土高原离石黄土底部的2层粉砂层等值得进一步查明。

⑤NHA孔深69.18~157.10 m主体部分为青灰色粉砂质粘土夹较多的钙板层称泥河湾组,其底界与M/G界线吻合;黄土高原午城黄土^[14]中夹有较多的钙板或大的钙质结核,其底界为M/G界线,故泥河湾组与午城黄土的沉积环境有共同点。

(3)稻地组和壶流河组区域地质对比问题

在泥河湾建阶报告中,将稻地组称为蔚县组,经查蔚县组与古近纪蔚县玄武岩组重名,故本文将蔚

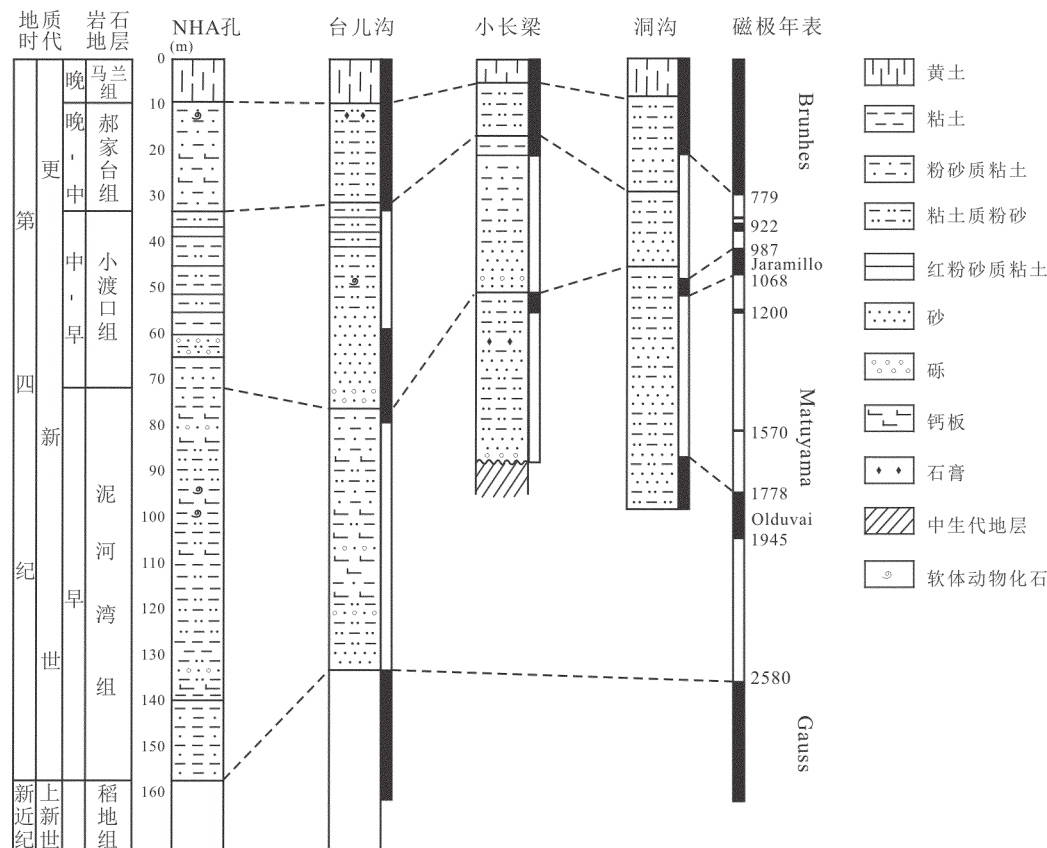


图2 河北阳原化稍营郝家台及其周边第四纪地质剖面岩石与磁性地层对比图

Fig.2 Magnetostratigraphy and Lithostratigraphy correlation of Quaternary sections around Haojiatai, Huashaoying, Yangyuan, Hebei province

县组改为稻地组。从钻孔岩心看,是一套青灰黑色黏土质粉砂或粉砂质黏土层为主,属湖沼相沉积。其岩性不同静乐组,但可与陕西游河组对比。

壶流河组主要由棕红、灰棕色黏土与砾石层互层组成,内夹较多的钙板层,从岩性与河北阳原、蔚县石匣组可对比,也与山西保德县冀家沟剖面的保德组类似,故其地质时代属 N_2 还是 N_1 ,有待今后进一步证实。

4 结 论

(1)郝家台NHA孔岩心共厚365.82 m,划分为6个组:更新统上部马兰组、更新统—中部郝家台组;更新统—下部小渡口组;更新统下部泥河湾组;上新统稻地组、壶流河组。

(2)从沉积相初步分析,本钻孔第四纪时期以滨浅湖—三角洲相沉积为主,新近纪以湖沼相和洪泛平原相为主。

(3)通过区域地层对比,NHA孔第四系4个组,即马兰组、郝家台组、小渡口组和泥河湾组可延展至郝

家台周边地区,小渡口组底一般在贾拉米诺事件附近,泥河湾组底与M/G界线吻合。NHA孔160 m以上岩心与黄土高原第四系有一定的可对比性,即郝家台组与萨拉乌苏组对比,两组以湖相沉积为主,含软体动物化石;小渡口组与离石黄土对比,两组内均夹多层红色层,底部发育厚层砂或含砂砾,其底部年龄1.0 Ma至1.2 Ma;泥河湾组与午城黄土对比,两组均含大量钙板层为特征,其底部年龄为2.6 Ma。

参考文献(References):

- [1] 安芷生, Kukla G., 刘东生. 洛川黄土地层学[J]. 第四纪研究, 1989, 2: 155–168.
An Zhisheng, Kukla G., Liu Tungsheng. Loess stratigraphy in Luochuan of China [J]. Quaternary Sciences, 1989, 2: 155–168 (in Chinese with English abstract).
- [2] 蔡保全, 张兆群, 郑绍华, 等. 河北泥河湾盆地典型剖面地层学研究进展 [C]//地层古生物论文集. 北京:地质出版社, 2004, 28: 267–285.
Cai Baoquan, Zhang Zhaoqun, Zheng Shaohua, et al. New

- advances in the stratigraphic study on representative sections in the Nihewan Basin, Hebei [C]//Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology. Beijing: Geological Publishing House, 2004, 28: 267–285(in Chinese).
- [3] 陈茅南. 泥河湾层的研究[M]. 北京: 海洋出版社, 1988: 1–145.
Chen Maonan. Study on the Nihewan Beds [M]. Beijing: China Ocean Press, 1988: 1–145(in Chinese).
- [4] 陈兴强, 迟振卿, 闫臻, 等. 华北泥河湾盆地郝家台地区的沉积相组合特征: 以台儿沟东剖面为例[J]. 地学前缘, 2012, 19(4): 227–238.
Chen Xingqiang, Chi Zhenqing, Yan Zhen, et al. Features of sedimentary facies of the Nihewan Basin in North China: An example from the Eastern Tai'ergou Section [J]. Earth Science Frontiers, 2012, 19(4): 227–238(in Chinese with English abstract).
- [5] 迟振卿, 刘兴起, 胡欣, 等. 泥河湾盆地井儿洼剖面揭示的47–25 ka BP期间的气候环境演化[J]. 地质学报, 2010, 84(7): 939–946.
Chi Zhenqing, Liu Xingqi, Hu Xin, et al. Paleoenvironmental and paleoclimatic changes during 47–25 ka BP as indicated by Jing' erwa section in Nihewan Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 87 (7): 939–946(in Chinese with English abstract).
- [6] 杜恒俭, 王安德, 赵其强, 等. 河北泥河湾晚上新世一个新的地层单位——稻地组 [J]. 地球科学, 1988, 13(5): 561–568.
Du Hengjian, Wang Ande, Zhao Qiqiang, et al. On a new stratigraphic unit——Daodi Formation of late Pliocene of Nihewan Basin [J]. Earth Science——Journal of China University of Geosciences, 1988, 13(5): 561–568(in Chinese with English abstract).
- [7] 杜恒俭, 蔡保全, 马安成, 等. 泥河湾地区晚新生代生物地层带[J]. 地球科学, 1995, 20(1): 35–41.
Du Hengjian, Cai Baoquan, Ma Ancheng, et al. Late Cenozoic biostratigraphic zonation of Nihewan basin [J]. Earth Science——Journal of China University of Geosciences, 1995, 20(1): 35–41(in Chinese with English abstract).
- [8] 黄宝玉, 郭书元. 从软体动物化石讨论泥河湾地层划分、对比、时代和岩相古地理[J]. 中国地质科学院天津地质矿产研究所所刊, 1981, 4: 17–30.
Huang Baoyu, Guo Shuyuan. Discussion of the Nihewan beds stratigraphic division, period and lithofacies paleogeography basised the mollusk fossils[J]. Bulletin of Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, 1981, 4: 17–30(in Chinese with English abstract).
- [9] 黄万波, 汤英俊. 泥河湾盆地晚新生代几个地层剖面的观察[J]. 古脊椎动物与古人类, 1974, 12(2): 99–108.
Huang Wanbo, Tang Yingjun. Observation on the Late Cenozoic of Nihewan Basin [J]. Vertebrata Palasiatica, 1974, 12(2): 99–108(in Chinese with English abstract).
- [10] 李华梅, 王俊达. 中国北方几个典型剖面的磁性地层学研究[J]. 中国第四纪研究, 1985, 6(2): 29–33.
Li Huamei, Wang Junda. Magnetostratigraphical study of several typical geologic sections in North China [J]. Quaternaria Sinica, 1985, 6(2): 29–33(in Chinese with English abstract).
- [11] 刘东生, 张宗祜. 中国的黄土[J]. 地质学报, 1962, 42(1): 1–14.
Liu Dongsheng, Zhang Zonghu. The loess of China[J]. Acta Geological Sinica, 1962, 42(1): 1–14(in Chinese with English abstract).
- [12] 刘东生, 施雅风, 王汝建, 等. 以气候变化为标志的中国第四纪地层对比表 [J]. 第四纪研究, 2000, 20(2): 108–128.
Liu Dongsheng, Shi Yafeng, Wang Rujian, et al. Table of Chinese Quaternary stratigraphic correlation remarked with climate change[J]. Quaternary Sciences, 2000, 20(2): 108–128(in Chinese with English abstract).
- [13] 刘锡清, 夏正楷. 关于泥河湾层划分对比的意见[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1983, 3(1): 75–85.
Liu Xiqing, Xia Zhengkai. A suggestion on the division and correlation on the Nihewan Formation [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1983, 3(1): 75–85(in Chinese with English abstract).
- [14] 闵隆瑞, 范惠. 中国黄土高原形成及其黄土成因的探讨[J]. 科学通报, 1989, 33(9): 690–692.
Min Longrui, Fan Hui. Discussion about formation of loess plateau in China and origin of loess [J]. Chinese Science Bulletin, 1988, 33(13): 1125–1128(in Chinese).
- [15] 闵隆瑞, 迟振卿, 朱关祥. 从井儿洼孔岩芯看阳原盆地第四纪湖相层的划分[J]. 地质学报, 2000, 74(2): 108–115.
Min Longrui, Chi Zhenqing, Zhu Guanxiang. Division of Quaternary lacustrine beds in Jing' erwa borehole of the Yangyuan basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2000, 74(2): 108–115 (in Chinese with English abstract).
- [16] 闵隆瑞, 迟振卿. 河北阳原盆地西部第四纪地质[M]. 北京: 地质出版社, 2003: 1–160.
Min Longrui, Chi Zhenqing. The Quaternary geology of the Western part of Yangyuan Basin, Hebei [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2003: 1–160(in Chinese).
- [17] 闵隆瑞, 张宗祜, 王喜生, 等. 河北阳原台儿沟剖面泥河湾组底界的确定[J]. 地层学杂志, 2006, 30(2): 103–108.
Min Longrui, Zhang Zonghu, Wang Xisheng, et al. The basal boundary of the Nihewan Formation at the Tai'ergou section of Yangyuan, Hebei Province [J]. Journal of Stratigraphy, 2006, 30 (2): 103–108(in Chinese with English abstract).
- [18] 闵隆瑞, 朱关祥, 关友义. 中国陆相第四系萨拉乌苏阶综合研究报告[M]//王泽九, 黄枝高主编. 中国主要断代地层建阶研究报告(2006–2009). 北京: 地质出版社, 2012: 1–10.
Min Longrui, Zhu Guanxiang, Guan Youyi. Reports on the studies of the Chinese Quaternary terrestrial deposits of the Salawusu state [M]//Wang Zejiu, Huang Zhigao(eds.). Reports on the Studies of the Stage—establishing of the Principle Age—determining Strata of China (2006–2009). Beijing: Geological Publishing House, 2012: 1–10(in Chinese).
- [19] 庞其清, 谷振飞. 河北泥河湾盆地晚新生代介形类生物地层[J].

- 微体古生物学报, 2011, 28(1): 55–97.
- Pang Qiqing, Gu Zhenfei. Late Cenozoic ostracod biostratigraphy of the Nihewan Basin, Hebei Province [J]. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 2011, 28(1): 55–97(in Chinese with English abstract).
- [20] 邱占祥. 泥河湾哺乳动物群与中国第四系下限[J]. 第四纪研究, 2000, 20(2): 142–154.
- Qiu Zhanxiang. Nihewan fauna and QPN boundary in China [J]. *Quaternary Sciences*, 2000, 20 (2) : 142–154(in Chinese with English abstract).
- [21] 孙建中, 赵景波. 黄土高原第四纪[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 144–205.
- Sun Jianzhong, Zhao Jingbo. *Quaternary in Loess Plateau* [M]. Beijing: Science Press, 1991: 144–205.
- [22] 王安德. 泥河湾地区上新世哺乳动物群的发现及其意义[J]. 科学通报, 1982, 27(4): 227–229.
- Wang Ande. The discovery of Pliocene mammals from Nihewan area and its significance [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1982, 27 (9) : 990–998(in Chinese).
- [23] 汤英俊, 计宏祥. 河北蔚县上新世–早更新世的一个过渡哺乳动物群[J]. 古脊椎动物与古人类, 1983, 21(3): 759–768.
- Tang Yingjun, Ji Hongxiang. A Pliocene–Pleistocene transitional fauna from Yuxian, northern Hebei [J]. *Vertebrata Palasiatica*, 1983, 21: 245–254(in Chinese with English abstract).
- [24] 王永, 迟振卿, 李德贵, 等. 泥河湾盆地 0.8 Ma 以来的地磁场相对强度记录[J]. 科学通报, 2004, 49(9): 879–882.
- Wang Yong, Chi Zhenqing, Li Degui, et al. Relative paleointensity of the geomagnetic field during the past 0.8 Ma from Nihewan Basin, Hebei Province, China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 49(9): 948–952(in Chinese with English abstract).
- [25] 卫奇. 泥河湾层中的新发现及其在地层学上的意义[C]//中国科学院古脊椎动物与古人类研究所编. 古人类论文集. 北京: 科学出版社, 1978: 136–150.
- Wei Qi. New discovery from the Nihewan beds and its implications in stratigraphy [C]//Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences (ed.). *Special Publications on Paleoanthropology*. Beijing: Science Press, 1978: 136–150.
- [26] 吴子荣, 孙建中, 袁宝印. 对泥河湾地层的认识与划分 [J]. 地质科学, 1980, 1: 87–95.
- Wu Zirong, Sun Jianzhong, Yuan Baoyin. Subdivision and recognition of the Nihewan strata [J]. *Scientia Geologica Sinica*, 1980, 1: 87–95(in Chinese with English abstract).
- [27] 夏正楷. “泥河湾层”的时代归属及划分[C]//纪念袁复礼教授诞辰 100 周年学术讨论会论文集. 北京: 地质出版社, 1993: 11–14.
- Xia Zhengkai. The division and classification of Nihewan stratum [C]//Symposium for commemorating Professor Yuan Fuli the 100th birthday anniversary. Beijing: Geological Publishing House, 1993: 11–14(in Chinese).
- [28] 杨晓强, 李华梅. 泥河湾盆地典型剖面沉积物磁化率特征及其意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(1): 75–84.
- Yang Xiaoqiang, Li Huamei. The susceptibility characteristics of the typical sections of the Nihewan basin and its implication [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1999, 19(1): 75–84(in Chinese with English abstract).
- [29] 袁宝印, 朱日祥, 田文来, 等. 泥河湾组的时代、地层划分和对比问题[J]. 中国科学(D辑), 1996, 26 (1): 67–73.
- Yuan Baoyin, Zhu Rixiang, Tian Wenlai, et al. The age, subdivision and correlation of Nihewan Group [J]. *Science in China (Series D)*, 1996, 26(1): 67–73(in Chinese).
- [30] 张宗祜, 闵隆瑞, 朱关祥. 河北省阳原台儿沟剖面泥河湾河湖相层岩石地层的划分[J]. 地质通报, 2003, 22(6): 379–383.
- Zhang Zonghu, Min Longrui, Zhu Guanxiang. Lithostratigraphic division of the Nihewan fluvial–lacustrine strata at the Tai’ergou section in Yangyuan, Hebei Province [J]. *Geological Bulletin of China*, 2003, 22(6): 379–383(in Chinese with English abstract).
- [31] 张宗祜, 闵隆瑞, 王喜生, 等. 中国陆相第四系泥河湾阶综合研究报告[C]//王泽九, 黄枝高主编. 中国主要断代地层建阶研究报告(2001–2005). 北京: 地质出版社, 2008: 1–12.
- Zhang Zonghu, Min Longrui, Wang Xisheng, et al. Reports on the studies of the Chinese Quaternary terrestrial deposits of the Nihewan state[C]//Wang Zejiu, Huang Zhigao(eds.). *Reports on the Studies of the Stage–establishing of the Principle Age–determining Strata of China (2001–2005)*. Beijing: Geological Publishing House, 2008: 1–12(in Chinese).
- [32] 郑绍华, 蔡保全. 河北蔚县东窑子头大南沟剖面中的小哺乳动物化石[C]//中国科学院古脊椎动物与古人类研究所编. 第 13 届国际第四纪大会论文选. 北京: 科学出版社, 1991: 100–131.
- Zheng Shaohua, Cai Baoquan. Micromammalian fossils from Danangou of Yuxian, Hebei [M]. In: *Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences eds. Contributions to the X III INQUA*. Beijing: Science Press, 1991: 61–73(in Chinese).
- [33] Barbour G. B. Preliminary Observations in the Kalgan Area [J]. *Bulletin of the Geological Society of China*, 1924, 3(2): 153–168.
- [34] Barbour G. B. Deposit and Erosion in the Huai–Lai Basin and their Bearing on the Pleistocene History of North China [J]. *Bulletin of the Geological Society of China*, 1926, 5(1): 47–56.
- [35] Teilhard de Chardin P, Piveteau J. Les mammifères fossils de Nihowan (Chine) [J]. *Annales de Paléontologie*, 1930, 19: 1–134.
- [36] Zhu R X, Hoffman K A, Potts R, et al. Earliest presence of humans in northeast Asia [J]. *Nature*, 2001, 413: 413–417.
- [37] Zhu R X, An Z S, Potts R, et al. Magnetostratigraphic dating of early humans in China [J]. *Earth–Science Reviews*, 2003, 61(3): 341–359.