https://doi.org/10.3799/dqkx.2020.171



哈尔滨荒山剖面第四纪地层研究

王 永1,董 进1,杨劲松2,3

1. 中国地质科学院地质研究所,北京 100037

2. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所,河北石家庄 050061

3. 中国地质科学院第四纪年代学与水文环境演变重点实验室,河北石家庄 050061

摘 要:哈尔滨荒山剖面是东北地区第四纪典型剖面,因缺乏绝对年龄数据,关于其地层划分及时代还有不同认识.对荒山剖面进行了系统的磁性地层学研究,并与AMS¹⁴C、OSL等年代学数据相结合,重新厘定了荒山剖面第四纪地层的年代框架.结果表明,荒山剖面记录了Matuyama负极性时晚期至Brunhes正极性时的沉积,B/M界线位于剖面下部46.7m,剖面起始沉积年龄早于0.90 Ma.根据AMS¹⁴C和OSL年龄确定了全新统和上更新统的底界,对第四纪岩石地层单位的分层标志及顶、底年龄进行了分析,确定第四纪各个岩石地层单位的时代分别为:坦途组的年龄为~12 ka BP,顾乡屯组的年龄为12~79 ka BP,哈尔滨组的年龄为79~138 ka BP,上荒山组的年龄为138~580 ka BP,下荒山组的年龄>900 ka BP.据此建立了荒山剖面第四纪地层系统,为区域地层对比提供依据.

关键词:哈尔滨;荒山剖面;第四纪;磁性地层;年代地层;地层学.
中图分类号: P539.3 文章编号: 1000-2383(2020)07-2662-11 收稿日期:2020-06-23

Quaternary Stratigraphy of the Huangshan Section in Harbin

Wang Yong¹, Dong Jin¹, Yang Jingsong^{2,3}

1. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

2. Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Shijianzhuan 050061, China

3. Key Laboratory of Quaternary Chronology and Hydro-Environmental Evolution, Chinese Academy of Geological Sciences,

Shijianzhuang 050061, China

Abstract: The Huangshan section in Harbin is considered as a standard Quaternary sedimentary sequence for terrestrial strata in Northeast China. Due to the lack of absolute age data, there are different results about its stratigraphic division and the chronostratigraphy. In this paper, a detailed magnetostratigraphic investigation, coupled with AMS¹⁴C, OSL and other chronological data was carried out on the Huangshan section. The chronological framework of Quaternary strata of the Huangshan section is redefined. The results show that the magnetic polarity stratigraphy includes late Matuyama negative polarity chron to Brunhes positive polarity chron in the Huangshan section. The B/M boundary is at 46.7 m in lower part of the section, and the initial deposition age of the section is earlier than 0.90 Ma. The Holocene and Upper Pleistocene lower boundaries are determined according to AMS¹⁴C and OSL ages. The sequence of Huangshan section comprises in chronological order the Xiahuangshan, Shanghuangshan, Harbin, Guxiangtun and Tantu Formations. The age of each lithostratigraphic unit in the Quaternary is determined as follows: the Xiahuangshan Formation is deposited earlier than 900 ka BP; the age of the Shanghuangshan Formation is 138-580 ka BP, that of the Harbin Formation is 79-138 ka BP, that of the Guxiangtun Formation is 12-79 ka BP, and the

引用格式:王永,董进,杨劲松,2020.哈尔滨荒山剖面第四纪地层研究.地球科学,45(7):2662-2672.

基金项目:中国地质调查局全国陆域及海区地质图件更新与共享项目(No. DD20190370);全国地层委员会第四纪区域地层标准建立专题 (No. DD20190009);国家自然基金项目(No. 41372172).

作者简介:王永(1968-),男,研究员,主要从事第四纪地质研究. ORCID: 0000-0002-2878-966X. E-mail:wangyong@cags.ac.cn

age of the Tantu Formation is ~ 12 ka BP. The results provide new data for the Quaternary stratigraphic system of Huangshan section, and the division and correlation of Quaternary strata in Northeast China.

Key words: Harbin; Huangshan section; Quaternary; magnetostratigraphy; chronostratigraphy; stratigraphy.

0 引言

哈尔滨荒山(或称黄山)剖面因地层出露厚度 较大,地层较连续,蕴含丰富的古气候、古地理以及 古人类活动的信息,成为东北地区具有代表性的第 四纪剖面.也是建立松辽平原第四纪地层系统的标 准剖面(《中国地层典》编委会,2000).同时,因在剖 面上部发现第四纪晚期哺乳动物化石和旧石器,而 受到广泛关注(魏正一,1974;卫奇,1979;丁梦林 等,1994).哈尔滨荒山剖面系统性的地层工作主要 是在20世纪70、80年代开展的,孙建中等将荒山剖 面地层自下而上依次分为荒山组、东风组、哈尔滨 组和坦途组(孙建中等,1982;吴锡浩等,1984).《中 国地层典》一第四系中,将松辽地区的顾乡屯组与 哈尔滨组归入上更新统,上荒山组(相当于东风组) 与下荒山组划为中更新统.以往对荒山剖面第四纪 地层时代的划分,主要依据磁性地层、热发光及¹⁴C 年代学,并参考在荒山大西沟发现的哺乳动物化石 (孙建中等,1982;缪振棣等,1984;初本君等,1988; 裘善文等,1988;叶启晓,1990;叶启晓,1991).因化 石发现时的确切层位不清楚(卫奇,1979),不同的 研究者据此进行的地层划分存在一些差异,但总体 认为荒山剖面以中一上更新统为主体(吴锡浩等, 1984;黑龙江省地质矿产局,1993;孙建中等, 2005). 由于受当时测试条件及技术的制约,其地层 时代及划分还没有得到很好的解决.近年来对荒山 剖面沉积特征、物质组成等进行了较全面的研究 (詹涛等, 2018; Xie et al., 2018, 2019; 王嘉新等, 2020),但对荒山剖面第四纪地层划分仍缺乏系统 的研究,特别是缺少上部地层精确的年代学数据. 新一代全国地质志项目对中国不同地区第四纪典 型剖面进行广泛调查及系统整理,本文对哈尔滨荒 山剖面 52.5 m 沉积地层进行了岩石地层、磁性地 层、年代地层等综合分析,建立了第四纪地层层序 及年代地层框架.

1 荒山剖面沉积特征

哈尔滨荒山剖面位于哈尔滨市区东北约3km,团结镇东风砖厂(45°47′24.7″N,126°47′30.2″E,图



图1 哈尔滨地区地质图及荒山剖面位置

Fig.1 Geological map of Harbin area and location of Huangshan section

1), 剖面出露厚度约 52.5 m(未见底). 根据岩性特征及沉积构造等划分为 40层.

自上而下分层描述如下:

(1) 棕黑色土壤层,上部 50 cm 发育植物根系, 风化后呈棕灰色, 0~100 cm.

(2) 棕黄色、灰棕色粉砂质黏土,风化后呈灰白 色,具块状结构,100~140 cm.

(3) 暗棕色黏土层,下部灰色、灰黑色黏土,含碳屑,140~220 cm.

(4) 黏土质粉砂(黄土),风化后呈灰黄色,新鲜 面略带褐色.与上覆地层界线清楚,可见柱状节理. 质地均匀,局部可见植物根系,220~600 cm.

(5) 深灰色粉砂质黏土,含较多碳屑,风化后呈 灰白色.具弱水平层理,600~680 cm.

(6)棕黄色黏土质粉砂(黄土),成分均一,发育 垂直节理,新鲜面颜色较上层稍暗,风化后呈灰色, 680~710 cm.

(7)浅棕色黏土, 710~760 cm.

(8)灰白色粉砂,略具水平层理.新鲜面为青灰

色,含黑色碳屑,760~780 cm.

(9)棕红色、灰黄色黏土,向下粒度变粗,与底 部界面不平整,870~910 cm为渐变过渡层,多见有 黄色粉砂质黏土包卷暗棕色黏土层,780~910 cm.

(10)灰黄色黏土质粉砂(黄土),成分均一,多 呈块状,含碳屑,同时可见有铁锰质碎屑浸染状分 布,910~1420 cm.

(11)浅棕色粉砂质黏土,风化面呈深灰色,与黄 土颜色差异较大.含有少量炭屑,1420~1470 cm.

(12) 灰黄色黏土质粉砂(黄土),含碳屑,局部 富集有铁锰质碎屑,1470~1850 cm.

(13)棕黑色粉砂质黏土,顶部夹灰黄色黄土,向下粉砂质黏土增多,1850~1880 cm.

(14) 棕黑色黏土层, 与上层渐变过渡. 差异风 化后相对凸出, 1880~1935 cm.

(15)杂色含粉砂质黏土,主要为灰白色、青灰 色、棕黄色和暗棕色,风化后主要为青灰色,或浅灰 色.向下粉砂含量增加,1935~2020 cm.

(16)暗棕色黏土、粉砂质黏土,略具成层性.下 部沉积物风化后表面颜色较上层偏黄,但仍以青灰 色为主,2020~2100 cm.

(17)灰黄色黏土质粉砂(黄土),可见有黑色碳 屑,零星分布.新鲜面风化后为灰白色、浅灰黄色, 2100~2390 cm.

(18) 灰黑色粉砂质黏土, 与上下地层渐变过 渡, 2 390~2 405 cm.

(19) 棕黑色、浅棕色黏土,含粉砂.局部可见有细 小碳屑.风化面较上部黄土颜色深,2405~2700 cm.

(20) 灰黄色粉砂质黏土,风化后呈灰白色、棕 色,2700~2740 cm.

(21)黄灰色黏土层,颜色均一,致密块状, 2740~2830 cm.

(22)灰色含粉砂质黏土,夹有黄褐色粉砂条带,2830~2990 cm.

(23)灰色、灰棕色黏土,与上下层渐变过渡, 2990~3100 cm.

(24) 浅黄色粉砂质黏土,风化后呈灰黄色,青 灰色.局部含有碳屑,3100~3180 cm.

(25)青灰色、棕黑色、灰黄色黏土层.含有炭屑 及黄褐色铁锰质侵染,局部表面为黄褐色粉砂质黏 土、粉砂团块,3180~3720 cm.

(26) 灰色含粉砂质黏土, 致密块状, 3720~3760 cm.

(27) 灰色、杂色黏土层, 主体为灰色. 顶部 30 cm 偏黄褐色, 3 760~3 950 cm.

(28)灰黄色粉砂质黏土,3950~4060 cm.

(29) 棕黑色黏土, 致密块状, 4060~4080 cm.

(30) 灰黄色粉砂质黏土, 4 080~4 250 cm.

(31)黑色黏土,致密块状,底部见有黄褐色粉 砂质条带,4250~4290 cm.

(32) 棕黑色含粉砂质黏土, 粒状结构, 4 290~4 320 cm.

(33) 棕灰色黏土层,可见有少量碳屑,夹杂有 黄褐色粉砂,4320~4550 cm.

(34) 灰黄色含粉砂质黏土,含少量碳屑.可见 黄褐色粉砂团块,4550~4720 cm.

(35)深灰色黏土层, 4720~4770 cm.

(36) 灰黄色粉砂质黏土, 零星见有碳屑分布, 4770~4950 cm.

(37) 深灰色黏土层, 4 950~4 990 cm.

(38) 灰黄色砂质黏土, 与上下地层渐变过渡, 4 990~5 110 cm.

(39)灰色黏土质砂,5110~5190 cm.

(40) 灰褐色、黄褐色中细砂, 局部夹有黏土成分, 5190~5250 cm.

2 荒山剖面地层年代测定

为确定荒山剖面的地层时代,开展了系统的年 代学工作,剖面上部1m以20cm间距采样,1m之 下地层均以10cm间距采集古地磁定向样品,共522 件.同时在剖面上部不同层位采集AMS¹⁴C年龄样 品6件,光释光(OSL)样品11件.

2.1 AMS¹⁴C年代

荒山剖面上部采集 AMS¹⁴C 年龄样品 6件,在 北京大学考古文博学院进行测试,获得 3件样品的 年龄数据,其他样品因有机质含量太低,不满足测 试条件,未获得年龄数据.¹⁴C年龄使用 OxCal4.2软 件进行日历年龄校正,选取 IntCal 13 树轮曲线校正 (Reimer *et al.*,2013),获得 2σ日历年龄范围,测试 结果见表1.

2.2 OSL年代

荒山剖面中上部不同层位采集光释光(OSL) 样品11件,OSL样品主要取自黄土层,在中国地质 科学院水文地质环境地质研究所进行测试.在实验 室红光(波长640±10 nm)条件下取中心样品过180 目筛.将筛下部分放入烧杯中,用浓度为40%的 表1 荒山剖面AMS¹⁴C测年结果

	Tabl	e 1 AMS ¹⁴ C resu	AMS ¹⁴ C results of the Huangshan section					
实验室编号	世日旦	测试材料	亚 举 沤 庄 (am)	¹⁴ C年龄	日历年龄			
	1十 四 与		本件体度(CIII)	(aBP)	(cal BP)			
BA121555	12HS09	沉积物	90	7275 ± 25	$8~097\pm49$			
BA121556	12HS18	碳屑	180	$24\ 990 \pm 100$	$29\ 971 \pm 259$			
BA121558	12HS66	沉积物	660	30930 ± 130	$35\ 003\ \pm\ 339$			

表 2 荒山剖面光释光(OSL)测试结果

Cable 2	OSL.	results	of	the	Huan	oshan	section
	OOL	resuits	UL I	une	11uan	gonan	SCUTOIL

		年剂量								
样品编号	野外编号	埋深	U	Th	К	等效剂量	Dy	含水量	年龄	备注
		(cm)	(10^{-6})	(10^{-6})	(%)	E.D (Gy)	(Gy/	(%)	(ka)	
							Ka)			
13G-20	12HS27	270	1.67	9.33	2.96	186.62 ± 6.35	4.55	6.3	41.0 ± 2.2	
13G-21	12HS42	420	1.52	8.97	2.99	222.85 ± 5.97	4.47	5.7	49.8 ± 2.4	
13G-22	12HS58	580	1.60	9.37	2.86	$231.42 \!\pm\! 3.78$	4.34	7.9	53.3 ± 2.3	
13G-23	12HS1000	$1\ 000$	1.67	9.20	2.73	357.40 ± 3.48	4.14	9.9	86.4 ± 3.8	
13G-24	12HS1200	1 200	1.61	8.67	2.93	$404.23 \!\pm\! 15.10$	4.32	7.2	93.5 ± 5.1	
13G-25	12HS1390	1 390	1.69	9.30	2.81	$423.39 \!\pm\! 4.63$	4.31	6.5	98.3 ± 4.1	
13G-26	12HS1540	$1\ 540$	1.74	9.99	2.73	$451.97 \!\pm\! 16.05$	4.31	6.2	104.8 ± 5.6	
13G-27	12HS1750	$1\ 750$	1.66	9.86	2.81	$477.04 \!\pm\! 15.11$	4.31	7.3	110.8 ± 5.7	
13G-28	12HS2140	2 140	1.77	11.33	2.71	547.20 ± 25.86	4.23	12.8	129.2 ± 8.0	
13G-29	12HS2380	2 380	1.75	9.67	2.87	$576.79 \!\pm\! 14.84$	4.20	14.5	137.4 ± 6.5	
13G-30	12HS2810	2 810	1.86	9.51	2.73	$1233.81\!\pm\!23.0$	3.99	17.7	309.2 ± 13.6	回授方法测试

H₂O₂和30%的盐酸去除有机质和碳酸盐类,然后加 30%的氟硅酸腐蚀5天.用蒸馏水清洗至中性.将 中性悬浊液倒入烧杯,根据静水沉降原理分离出 4~11µm的颗粒.将分离提纯好的石英细颗粒充分 摇匀后,注入事先准备好的放了不锈钢片的漏斗 中,等颗粒完全沉淀在不锈钢片上后,再将水慢慢 滴尽,放入烘箱中低温烘干(40℃),取出不锈钢片 即是细颗测片,每个不锈钢片上的样品重约1mg.

样品在 Daybreak 2200(美国)光释光仪上测定. 该系统兰光光源波长为470 nm,半宽5 nm,最大功 率为60 mW/cm²;红外光源波长为880 nm,半宽10 nm,最大功率为80 mW/cm²,选择最大功率进行测 量.样品的实测含水量即设定为它们沉积时的原始 含水量,并用 Fleming 提出的校正方法,对环境剂量 率进行了修正.测试结果见表2.

2.3 磁性地层

2.3.1 磁性测量 首先使用 KLY-3 卡帕桥对所有 522 个样品进行磁化率各向异性测量,每个样品测量 15 个方向,然后根据 Jelinek 方法计算每个样品的磁化 率张量.荒山剖面不同岩性段的 AMS 测量结果表 明,磁线理(L)普遍小于磁面理(F),磁化率椭球以 扁圆形为主;绝大部分样品的最大磁化率主轴(K1) 较分散,且以较浅的倾角为特征;最小磁化率主轴 (K3)近垂直于沉积层面,而且分布比较集中.表现 出原生沉积磁组构的特点,说明沉积物沉积之后基 本没有发生扰动,可用于进行古地磁分析.

选择交变退磁的方法对全部样品进行了系统 磁清洗.交变退磁采用D2000交变退磁仪,剩磁测 量在2G-755低温超导磁力仪上完成,交变退磁的最 大退磁场为180 mT,分10~15步进行(5~20 mT间 隔).使用正交投影图进行退磁结果的分析(Zijderveld,1967),主向量方向用最小二乘拟合法计算 (Kirschvink, 1980),利用 PaleoMag 软件(Zhang, 2003)计算特征剩磁的方向.

典型样品交变退磁结果见图(图2).从矢量正 交投影图可以看出,低矫顽力的剩磁分量在20mT 以前被分离,大部分样品在20mT左右退磁曲线开 始趋向原点,即20mT以后特征剩磁矢量方向开始 趋向稳定衰减于原点.从剩磁强度衰减曲线可以看 出,20mT左右剩磁强度减少到天然剩磁强度



Fig.2 Orthogonal vector plots for representative samples of the Huangshan section

20%~30%之间,并且剩磁强度开始稳定衰退,表 明次生黏滞组分被清洗掉,显示出较稳定的原生剩 磁组分.

2.3.2 磁性地层结果 对荒山剖面 522个样品的系统 退磁数据用主向量分析法求得每个样品的特征剩 磁方向.根据获得的磁倾角和磁偏角建立荒山剖面 的磁极性序列(图3).古地磁结果表明,剖面 46.7 m 以上为正向极性,而之下为反向极性,根据上部地 层年代学资料及区域地层对比,确认正向极性为 Brunhes 期,反向极性为 Matuyama 期, B/M 界限位 于 46.7 m 处,年龄为 0.781 Ma(Cande, 1995),表明 剖面底部为早更新世.

3 荒山剖面第四纪地层划分

根据¹⁴C、OSL及磁性地层结果,并结合剖面沉 积特征将哈尔滨荒山剖面第四纪地层划分为坦途 组、顾乡屯组、哈尔滨组、上荒山组和下荒山组(图 4a,图5).

3.1 坦途组

0~140 cm,为褐色、灰褐色、灰黑色粉砂质黏土、黏土.在坦途遗址建组剖面坦途组¹⁴C年龄为

3 740±90 a BP和4 064±110 a BP,在荒山北城遗 址木炭的¹⁴C年龄为2 780±130 a BP,坦途组¹⁴C年 龄集中在8 000~2 500 a BP,认为属中全新世地层 (孙建中等,1983).

荒山剖面沉积特征显示该段岩性以灰黑色粉砂质黏土、黏土为主,为土壤化层,下部未出现温泉河组的砂砾石等低阶地堆积.本次在坦途组中下部90 cm 处测得灰黑色黏土日历年龄为8 097±49 cal BP,根据上部地层的平均沉积速率推测底界年龄约12 cal ka BP,为全新统.

3.2 顾乡屯组

140~910 cm,分上下两段,上段顶部棕黑色、灰 黑色黏土,向下为灰黄色、棕黄色黄土为主,柱状节 理发育.下段深灰色粉砂质黏土夹暗棕色、灰黑色 黏土层,含碳屑.顾乡屯组原命名剖面包括上下两 段,上段为灰黑色亚黏土、淡黄色黄土状土夹古土 壤,下段黏土质粉砂、黏土(《中国地层典》编委会, 2000).该段地层中采得的木头¹⁴C年龄为23860± 650 a BP(黎兴国等,1979).该组上段为以蒿、藜科 为主的疏林草原,下段花粉以云杉为主的暗针叶 林,为晚更新世晚期,属第四纪末次冰期的地层(夏 玉梅等,1983).





顾乡屯组中因发现猛犸象一披毛犀动物群化 石,并据¹⁴C年龄及顶界热发光年龄(孙建中等, 1982;叶启晓,1990),将其划为晚更新世.孙建中等 (1982)将顾乡屯组上部黄土称为群力组,认为与华 北的马兰黄土相似,年龄为7500~36000 a.丁梦林 等(1994)认为顾乡屯组与顾乡屯动物群在时代上 是不一致的,顾乡屯组代表东北地区晚更新世河一 湖相沉积,与华北萨拉乌苏组属同期同相沉积,形 成时限为1~7万年(黑龙江省地质矿产局,1993). 孙建中等(1982)、吴锡浩等(1984)根据荒山主剖面 中北城遗址坦途组的¹⁴C年龄及哈尔滨组顶部的热 发光年龄,认为两者之间缺失了群力组和顾乡屯 组.叶启晓(1990)将顾乡屯80-18钻孔的顾乡屯组 划分为3段,上段岩性以次生黄土及亚粘土为主,局 部发育层理,年龄约2~5万年,下段为冲积相砂砾 石沉积,并根据古地磁极性事件推测其底界年龄为 10万年.

本次工作在顶部灰黑色黏土测得AMS¹⁴C年龄 24 990±100 a BP,与顾乡屯房地局砖厂剖面顾乡 屯组上部古土壤层的¹⁴C年龄(30 200±870~



图 4 哈尔滨荒山地层剖面与地层划分 Fig.4 Stratigraphic profile and stratigraphic division of the Huangshan section a.荒山剖面;b.顾乡屯组上段;c.哈尔滨组与上荒山组;d.上荒山组与下荒山组





Fig.5 Stratigraphic division and correlation of the Huangshan section

33 660±3 270) a BP(孙建中等,1983;叶启晓, 1990)相近.黏土之下为典型的黄土沉积,在黄土近 顶部测得OSL年龄为41.0±2.2 ka,下部OSL年龄 为53.3±2.4 ka,相当于顾乡屯组上段(叶启晓, 1991).6.6 m处测得AMS¹⁴C年龄30 930±130 a BP,根据上下层位OSL测年结果,并考虑¹⁴C测年 范围限制,判断该年龄偏新.根据测年结果及地层接触关系(图4b)判断,上段灰黑色黏土与黄土之间存在地层缺失.根据顾乡屯组上段黄土OSL年龄计算其平均沉积速率,推测底界年龄约79 ka.为上更新统上部.

3.3 哈尔滨组

910~2 390 cm, 灰黄色黄土夹浅棕色、灰黄色 粉砂质黏土,成分较均一,局部富集铁锰质结核.孙 建中等原划分的哈尔滨组包括顾乡屯组,上界年龄 约为0.13 Ma BP,下界年龄约为0.2 Ma BP,属中更 新世晚期(孙建中等,1982;孙建中,2005). 哈尔滨 组为典型的黄土堆积,厚度5~25m(黑龙江省地质 矿产局,1993),东北黄土在不同地区形成时间差异 较大,如科尔沁沙地南缘至少开始于早更新世末 期,约1.00~1.22 Ma(曾琳等,2011; Zeng et al., 2016);赤峰黄土的底界在布容正向期和松山反向 期的界线附近,可以和离石黄土进行对比(孙建中, 2005);而辽西地区(辽宁西部及内蒙古东北部)的 宁城黄土已进入上新世,其底界年龄约为2.9 Ma (孙建中,2005). 基于黄土同位素地球化学等分析 认为,东北黄土相对于黄土高原及南方黄土(张玉 芬等,2020)而言,粒度较粗、风化程度较低(毛欣 等,2017; Xie et al., 2018, 2019),以近源为主,且沉 积速率较快.

该组上部黄土测得 OSL 年龄 86.4±3.8 ka, 近 底部黄土 OSL 年龄 137.4±6.5 ka, 从 OSL 测年结 果来看,哈尔滨组黄土沉积较稳定,上部沉积速率 29.35 cm/ka,下部为23.68 cm/ka,平均沉积速率约 27.05 cm/ka, 与顾乡屯组上段黄土的沉积速率 25.2 cm/ka相近(图 3). 由于 15 m 以下 4 个样品 (12HS1750、12HS2140、12HS2380和12HS2810)的 生长曲线趋于饱和,年龄值可能偏小.与区域上哈 尔滨黄土对比可知,由三把火(SBH)剖面上部黄土 的 年 龄 计 算 其 沉 积 速 率 约 24.16 cm/ka (Zeng, 2016),与荒山剖面哈尔滨组的沉积速率相近;哈尔 滨市方正县剖面 OSL 年龄结果与吉林省东岗村剖 面对比表明,哈尔滨黄土时限约为80~140 ka(高文 等,2013),因此推断哈尔滨黄土OSL年龄应在误差 范围内.据荒山剖面哈尔滨黄土OSL年龄计算其平 均沉积速率,推测黄土底界年龄约138 ka,为哈尔滨 组的底界年龄.将晚更新世底界置于下部黄土层之 上(2 100 cm),按平均沉积速率计算年龄为127.7 ka,与上更新统底界年龄(126 ka, Pillans and Gibbard, 2012)相当,哈尔滨组年代约138~79 ka,可以 与华北萨拉乌苏组下部对比(闵隆瑞等,2009).哈 尔滨组属中更新统上部一上更新统中下部.

3.4 上荒山组

2390~3950 cm,浅棕色、青灰色、黄灰色黏土,

灰色含粉砂质黏土夹有黄褐色粉砂条带,风化后呈 灰白色、棕色,多为粒状结构,局部可见有细小碳 屑,风化面较上部黄土颜色深.该段地层被晚更新 世早期哈尔滨组黄土覆盖,称上荒山组(黑龙江省 地质矿产局,1993;《中国地层典》编委会,2000).顶 部以出现灰黑色黏土,具有弱水平层理为标志与哈 尔滨组分界(图4c). 孙建中等认为其年龄为0.2~ 0.8 Ma BP. 和长春腰分水岭剖面长春黄土的年龄 (0.2~1.2 Ma BP)大部分是重合的,曾称为长春黄 土,其下界具有穿时性,后又命名为东风组(孙建 中,1982).由于其具有层理等特征(图4d)而与哈尔 滨黄土、长春黄土有明显差异,属河漫滩-河湖相 沉积物(张序强,1995;魏传义等,2015;詹涛等, 2018). 古地磁及OSL结果表明,东风组和长春腰分 水岭剖面的长春黄土在沉积特征及形成时代上有 较大差异,不宜进行区域对比,时代上二者也有先 后关系,在此仍称为上荒山组.

根据哈尔滨黄土下部的OSL年龄、上荒山组上 部黄灰色粉砂质黏土OSL年龄309.2±13.6 ka及 B/M界限年龄,分别计算剖面下部平均沉积速率约 3.40 cm/ka和3.59 cm/ka,与荒山钻孔岩心下部由 古地磁极性亚时年龄(王嘉新等,2020)计算的平均 沉积速率3.56 cm/ka相近.据此推测上荒山组底界 年龄约580 ka,其年龄范围约为138~580 ka,属中 更新统中上部.

3.5 下荒山组

3950~5250 cm,上部棕灰色、深灰色黏土夹灰 黄色含粉砂质黏土,可见少量碳屑,夹杂有黄褐色 粉砂;下部灰褐色、黄褐色中细砂,局部夹有黏土. "黄山组"由裴文中命名,根据其中发现的哺乳动物 化石确定其时代为中更新世,后改为荒山组(《中国 地层典》编委会,2000),指荒山剖面底部的河湖 相一湖滨相沉积(孙建中等,1982;张序强,1995), 分上下两段,现下荒山组特指其下段.在原荒山组 上部地层中,曾发现过梅氏犀下颌骨化石,认为荒 山组中的正极性段应为松山晚期的贾拉米洛事件 (吴锡浩等,1984).下荒山组位于布容正向极性时 与松山反向极性时之间,距今约40~80万年(缪振 棣等,1984). 与哈尔滨地区荒山组相当的地层, 在 松辽平原北部为广泛分布的林甸组厚层黏土层及 薄砂层夹层(黑龙江省地质矿产局,1993),年龄为 0.90~0.20 Ma(裘善文等, 1988). 而孙建中认为荒 山组的磁性地层年龄约为0.75~1.20 Ma BP,属中 更新世(孙建中,2005).

荒山剖面 B/M 界限位于该组中部 46.7 m 处,年 龄为 0.781 Ma(Pillans and Gibbard, 2012). 根据剖 面下部平均沉积速率 3.4 cm/ka,推测剖面底部年龄 约 0.90 Ma. 因此,下荒山组属下更新统上部一中更 新统下部.

4 结论

根据哈尔滨荒山剖面的岩性特征、磁性地层、 OSL与AMS¹⁴C年龄,并与东北地区典型第四纪地 层研究成果对比,对哈尔滨荒山剖面进行了系统的 地层划分,建立了荒山剖面第四纪地层系统.

(1)根据岩性特征及年代学数据,将荒山剖面 第四纪地层自下而上可分为下荒山组、上荒山组、 哈尔滨组、顾乡屯组和坦途组.

(2) 剖面上部为布容正极性时,下部为松山反向极性时,B/M界限位于46.7 m处.根据古地磁、OSL及AMS¹⁴C测年结果,确定下荒山组年龄约在580~900 ka,属早更新世晚期一中更新世早期.上 荒山组年龄约在138~580 ka之间,属中更新世晚期.哈尔滨组年龄约在79~138 ka之间,主体为晚更新世早期.顾乡屯组年龄为12~79 ka,属晚更新世晚期,与马兰黄土相当.坦途组年龄为~12 ka,属全新世.

致谢:李廷栋院士一直关注全国地质志项目第 四纪研究进展,在工作中提供了宝贵建议和悉心指 导;台北中研院地球所古地磁实验室陈朝志在实验 中给予帮助;审稿专家提出了建设性的修改意见, 在此一并表示感谢.

References

- Cande, S. C., Kent, D. V., 1995. Revised Calibration of the Geomagnetic Polarity Timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 100(B4): 6093-6095. https://doi.org/10.1029/ 94jb03098
- Chu, B.J., Gao, Z.C., Yang, S.S., et al., 1988. Quaternary Magnetostratigraphic Classification on the Song - Nen plain (Songhuanjiang River-Nenjiang River Plain). Marine Geology & Quaternary Geology, 8(4): 91-96(in Chinese with English abstract).
- Ding, M.L., Liu, T.S., 1994. Recollections of the Outstanding Contributions of Professor Yin Zanxun to the Quaternary Research: Recognitions of the Guxiangtun Fauna

and Its Age. *Quaternary Research*, 2: 143-153(in Chinese with English abstract).

- Gao, W., Jia, D.C., Li, T.L., et al., 2013. Stratigraphic Boundary Between Middle and Upper Pleistocene Series in Eastern Songliao Plain: Age of Optical Luminescennce and Element Changes. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 43(6): 1889-1896(in Chinese with English abstract).
- Heilongjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, 1993. Memoir of Regional Geology of Heilongjiang Province. Geological Publishing House, Beijing, 232-249(in Chinese).
- Jia, Y.M., Wang, P.F., Wang, M.H., 1983. Priliminary Research on Spore - Pollen Association of the Section in Huangshan of Haerbin. *Scientia Geographica Sinica*, 3 (2): 183-187(in Chinese with English abstract).
- Kirschvink, J. L., 1980. The Least-Squares Line and Plane and the Analysis of Palaeomagnetic Data. *Geophysical Journal International*, 62(3): 699-718. https://doi.org/ 10.1111/j.1365-246x.1980.tb02601.x
- Li, X.G., Liu, G.L., Xu, G.Y., et al., 1979. Radiocarbon Dating of Some Geological and Archeological Samples. *Vertebrata Palasiatica*, 17(2): 163-171(in Chinese with English abstract).
- Liu, W.M., Zhang, L.Y., Sun, J.M., 2010. High Resolution Magnetostratigraphy of the Luochuan Loess Paleosol Sequence in the Central Chinese Loess Plateau. *Chinese Journal of Geophysics*, 53(4): 888-894 (in Chinese with English abstract).
- Mao, X., Liu, L.J., Li, C.A., et al., 2017. Elemental Composition Features of Loess-Paleosol Profile in Fengning, Heibei Province. *Earth Science*, 42(10): 1750-1759(in Chinese with English abstract).
- Miao, Z.D., Chu, B.J., Gao, Z.C., 1984. Dating of the Quaternary Strata of Heilongjiang Province. *Geological Re*view, 30(4): 357-364(in Chinese with English abstract).
- Min, L.R., Zhu, G.X., Guan, Y.Y., 1984. An Analysis of the Basic Characteristics of the Upper Pleistocene Salawusuan Stage in the Salawusu River Valley, Inner Mongolia. *China Geology*, 36(6): 1208-1217(in Chinese with English abstract).
- Pillans, B., Gibbard, P., 2012. The Quaternary Period (Chapter 30). In: Felix, M. G., James, G. O., eds., The Geologic Time Scale, Volume 1, Oxford OX5 1GB, UK, Elsevier, 79-1004.
- Qiu, S.W., Xia, Y.M., Wang, P.F., et al., 1988. Study on the Pleistocene Strata and Sedimentary Environment in Songliao Plain. Science in China, B Series, 4: 431–441

(in Chinese with English abstract).

- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., et al., 2013. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0~ 50 000 Years Cal BP. *Radiocarbon*, 55(4): 1869-1887. https://doi.org/10.2458/azu_js_rc.55.16947
- Sun, J.Z., 2005. Loessology (Vol.1). Hong Kong Archaeological Society, Hong Kong, 354-366(in Chinese with English abstract).
- Sun, J.Z., Wang, Y.Z., 1983. Dali Glacial Strata in Northeast China. *Journal of Stratigraphy*, 7(1):1-11(in Chinese with English abstract).
- Sun, J.Z., Wang, Y.Z., Zhang, Q.Y., 1982. Stratigraphic Division of the Quaternary Strata. *Journal of Xi 'an College of Geology*, (2): 79-91(in Chinese with English abstract).
- The China Stratigraphy Editorial Board, 2000. The China Stratigraphy-Quaternary. Geological Publishing House, Beijing, 1-90(in Chinese).
- Wang, J.X., Xie, Y.Y., Kang, C.G., et al., 2020. The Indication of the Heavy Mineral Characteristics of the Core in Harbin Huangshan to the Quaternary Drainage Evolution of Songhua River. *Quaternary Sciences*, 40(10):79– 94(in Chinese with English abstract).
- Wei, C. Y., Li, C.A., Kang, C.G., et al., 2015. Grain-Size Characteristics and Genesis of the Huangshan Loess in Songnen Plain Area. *Earth Science*, 40(12): 1945-1954 (in Chinese with English abstract).
- Wei, Q., 1979. The Age of Huangshan Strata in Ha'erbin. Acta Stratigraphica Sinica, 3(3): 208-213(in Chinese with English abstract).
- Wei, Z. Y., 1974. Quaternary Mammal Fossils in Heilongjiang Province. *Chinese Science Bulletin*, 1: 38-40 (in Chinese).
- Wu, X.H., Pu, Q.Y. Qian, F., et al., 1984. Preliminary Study on the Quaternary Magnetostratigraphy of the Songliao Plain in North-East China. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 4(2): 1-11 (in Chinese with English abstract).
- Xie, Y. Y., Kang, C. G., Chi, Y. P., et al., 2019. The Loess Deposits in Northeast China: The Linkage of Loess Accumulation and Geomorphic-Climatic Features at the Easternmost Edge of the Eurasian Loess Belt. *Journal of Asian Earth Sciences*, 181: 103914. https:// doi.org/10.1016/j.jseaes.2019.103914
- Xie, Y. Y., Yuan, F., Zhan, T., et al., 2018. Geochemistry of Loess Deposits in Northeastern China: Constraint on Provenance and Implication for Disappearance of the Large Songliao Palaeolake. *Journal of the Geological*

Society, 175(1): 146-162. https://doi.org/10.1144/ jgs2017-032

- Ye, Q.X., 1990. Lower Boundary of Guxiangtun Formation and Its Dating. *Journal of Stratigraphy*, 14(4): 315-320 (in Chinese with English abstract).
- Ye, Q.X., 1991. Quaternary System in Harbin Area. Heilongjiang Geology, 2(2): 17-29(in Chinese with English abstract).
- Zeng, L., Lu, H. Y., Yi, S. W., et al., 2011. Magnetostratigraphy of Loess in Northeastern China and Paleoclimatic Changes. *Chinese Sci. Bull.*, 56: 2267-2275(in Chinese with English abstract).
- Zeng, L., Lu, H. Y., Yi, S. W., et al., 2016. New Magnetostratigraphic and Pedostratigraphic Investigations of Loess Deposits in North-East China and Their Implications for Regional Environmental Change during the Mid-Pleistocene Climatic Transition. Journal of Quaternary Science, 31(1): 20-32. https://doi.org/10.1002/ jqs.2829
- Zhan, T., Zeng, F.M., Xie, Y.Y., et al., 2018. Grain Size Characteristics of Tianhengshan Core and Their Indications for Stratigraphic Division in the Eastern Part of the Northeast Plain of China. *Journal of Geomechanics*, 24 (4): 515-521(in Chinese with English abstract).
- Zhang, C. F., Ogg, J. G., 2003. An Integrated Paleomagnetic Analysis Program for Stratigraphy Labs and Research Projects. *Computers & Geosciences*, 29(5): 613-625. https://doi.org/10.1016/s0098-3004(03)00034-7
- Zhang, X.Q., 1995. The Differentiate on Palaeoenvironment of Huangshan Area Since 100 Million Years. Natural Sciences Journal of Harbin Normal University, 11(3): 90-97 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, Y.F., Li, C.A., Li, Q.W., et al., 2020. Sr-Nd Isotopic Composition and Provenance Tracing of Wushan Loess, Three Gorges, Yangtze River. *Earth Science*, 45,(3): 960-967(in Chinese with English abstract).
- Zijderveld, J.D.A., 1967. A.C. Demagnetization in Rocks: Analysis of Results. In: Collinson, D.W., Creer, K.M., Runcorn, S. K., eds., Methods in Paleomagnetism. Elsevier, Amsterdam, 254-286.

附中文参考文献

- 初本君,高振操,杨世生,等,1988.松嫩平原第四纪磁性地层 的初步划分.海洋地质与第四纪地质,8(4):91-96.
- 丁梦林,刘东生,1994. 尹赞勋先生对第四纪研究的开拓性贡献——兼论顾乡屯动物群及其时代.第四纪研究,2: 143-153.
- 高文, 贾大成, 李桐林, 等, 2013. 松嫩平原东部中晚更新世

地层界限: 光释光年龄及元素变化. 吉林大学学报, 43 (6): 1889-1896.

- 黑龙江省地质矿产局,1993. 黑龙江省区域地质志. 地质出版社,232-249.
- 黎兴国,刘光联,许国英,等,1979.一批地质与考古标本的 C¹⁴年代测定.古脊椎动物与古人类,17(2):163-171.
- 毛欣,刘林敬,李长安,等,2017.丰宁黄土-古土壤剖面常量 元素地球化学特征.地球科学,42,(10):1750-1759.
- 缪振棣,初本君,高振操,1984.黑龙江省第四纪地层测年. 地质论评,30(4):357-364.
- 闵隆瑞,朱关祥,关友义,2009.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.中国地质,36 (6):1208-1217.
- 裘善文,夏玉梅,汪佩芳,等,1988.松辽平原更新世地层及其 沉积环境的研究.中国科学(B辑),4:431-441.
- 孙建中,王雨灼,1983.东北大理冰期的地层.地层学杂志,7 (1):1-11.
- 孙建中,王雨灼,张庆云,1982.松辽平原第四纪地层划 分——几种年代学方法的应用.西安地质学院学报, (2):79-91.
- 孙建中.黄土学(上篇), 2005.香港考古学会, 354-366.
- 王嘉新,谢远云,康春国,等,2020.哈尔滨荒山岩心重矿物 特征对松花江第四纪水系演化的指示.第四纪研究,40 (1):79-94.
- 卫奇,1979.哈尔滨黄山地层的时代.地层学杂志,3(3):

208 - 213.

- 魏正一,1974.黑龙江省发现的第四纪哺乳动物化石.科学通 报,1:38-40.
- 魏传义,李长安,康春国,等,2015.哈尔滨黄山黄土粒度特征 及其对成因的指示.地球科学,40(12):1945-1954.
- 吴锡浩, 浦庆余, 钱方, 等, 1984. 松辽平原第四纪磁性地层 初步研究. 海洋地质与第四纪地质, 4(2): 1-11.
- 夏玉梅,汪佩芳,王曼华,1983.哈尔滨黄山剖面孢粉组合的 初步研究.地理科学,3(2):183-187.
- 叶启晓,1990. 顾乡屯组下界(限)及其测年. 地层学杂志,14 (4):315—320.
- 叶启晓,1991.哈尔滨地区第四系.黑龙江地质,2(2): 17-29.
- 曾琳, 鹿化煜, 弋双文, 等, 2011. 我国东北地区黄土堆积的磁性 地层年代与古气候变化. 科学通报, 56(27): 2267-2275.
- 詹涛,曾方明,谢远云,等,2018.东北平原东部天恒山钻孔的粒度特征及其对地层划分的指示.地质力学学报,24 (4):515-521.
- 张序强,1995.哈尔滨荒山地区100万年以来地理环境分析. 哈尔滨师范大学自然科学学报,11(3):90-97.
- 张玉芬,李长安,李启文,等,2020. 三峡巫山黄土 Sr-Nd 同 位素组成与物源示踪.地球科学,45,(3):960-967.
- 《中国地层典》编委会,2000.中国地层典—第四系.北京:地 质出版社.