

文章编号:1003-7853(2013)01-0041-04

基金项目:国家自然科学基金项目(40971010)、(40571010);辽宁省教育厅高等学校科学研究项目(20060468)

辽东半岛黄土年代地层特征

毕伟力,张 威,刘 啸,贺明月,刘蓓蓓

(辽宁师范大学城市与环境学院,大连 116029)

摘要:在中国东部山前丘陵平原区的黄土堆积研究中,辽东半岛的黄土年代研究虽有一些成果,但不如黄土高原以及其他地区陆架黄土地层年代清晰明确,其年代数据不够完善。因此,本文基于辽东半岛黄土年代地层特征研究,认证本地区的黄土地层为中更新世早期开始形成的午城黄土和晚更新世的马兰黄土。同时指出本地区的黄土地层由于其自身的特殊性,因此需要更多的测年手段进行高分辨率的年代地层研究。

关键词:辽东半岛;黄土;年代地层;测年手段

中图分类号: P941.74 **文献标识码:** A

Loess chronostratigraphic features in Liaodong Peninsula

BI Wei-li et al

(School of Urban and Environmental Sciences, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

Abstract: In the researches about the piedmont plain's loess accumulation in the eastern of China, the research about the period of the loess stratum in Liaodong Peninsula has got some achievement. However, it can not match with the loess plateau and other continental shelf, and the age data in this area is not complete. Therefore, this thesis makes some tentative researches concerning about the loess time stratum characteristics in order to verify that the loess stratum in this area is the Wucheng loess which is formed in the early Pleistocene and the Malan loess which is formed in the late Pleistocene. Meanwhile, this paper finds that the research about the time stratum needs more dating methods to carry out high resolution research due to the particularity of the loess stratum in Liaodong Peninsula.

Key words: Liaodong Peninsula; loess; chronostratigraphic; dating method

在第四纪环境演变研究过程中,连续堆积的黄土以其较长时间尺度的环境信息,忠实记录了 250 万年以来的环境变迁过程,与冰芯、深海沉积物一起构成了第四纪研究的三大支柱。特别是超出冰芯与深海氧同位素记录范围的 2.5Ma~1.7Ma 时间段内的气候变化,以黄土的记录更为明确。自上世纪三十年代开始,国内外学者就对中国黄土研究产生浓厚兴趣,并且对黄土地层的沉积特点、化学、生物学、年代学等进行了广泛而深入的探讨,极大地推动了第四纪环境、工程建设、水土保持等方面的研究工作。中国的黄土分布自西向东分为西部干燥内陆盆地、中部黄土高原区和东部山前丘陵及平原区^[1](图 1)。其中有关中部黄土高原区的研究最为成熟,刘东生^[2-4]等在黄土高原中南部的洛川、宝鸡等剖面发现的 37 层古土壤和对应的 37 层黄土记录了 2.5Ma 以来 37 个冰期-间冰期旋回以及 74 个气候阶段。而对于东部山前丘陵及平原区黄土的研究,虽然在山东半岛^[5-9]、东海岛屿^[10]以及南京下蜀^[11-15]等局部地区的黄土都有了重要研究成果,且有关黄土的化学、粒度、磁化率、孢粉等

方面分析以及黄土年代学的研究也都取得了新的进展。但是,相对于黄土高原来说,东部山前丘陵平原区的黄土绝对年代地层学的研究仍然很薄弱,尤其是辽东半岛地区,由于目前的年代学资料相对匮乏,对于建立与黄土高原、乃至东部沿海其它地区黄土地层的区域性对比相当不利。本文对前人有关辽东半岛的黄土年代地层的相关研究进行分析,并采用我们近年来年代学应用比较广泛的光释光(OSL)方法进行了年代测试,综合分析辽东半岛黄土的沉积时代、地层划分和物质来源等特点,进而与东部其他黄土研究区以及黄土高原区的黄土特征进行对比。

1 辽东半岛黄土地层特点

1.1 黄土分布范围

辽东半岛地处东北的南端,为狭长的低山丘陵区,受新华夏系的控制,半岛呈北北东向延伸,其东侧为黄海,西侧为渤海,向西南隔庙岛群岛与山东半岛相望。从更新世以来,该地区的气候出现过明显的冷暖变化,在气候的寒冷期,来自中亚、西北内陆的沙尘在辽东半岛适宜的地形上形成了黄土的堆积带,并经过后期改造,形成了黄土的断续分布(图 2)。黄土主要分布在辽东半岛的西侧和西北侧,即渤海沿岸一侧。南起旅顺的老铁山,经庙西、牧城驿、四平山、周家沟、夏家河子,再向北经金县的大魏家、老虎山、七顶山,直到盖县的仙人岛和西崴子等地。

1.2 黄土地层特点

辽东半岛的黄土分布高度均在 70m 以下,多呈披盖式超覆盖于基岩山坡或低缓的分水岭上。黄土厚度为 10~15m^[6],从坡麓向上黄土堆积逐渐变薄直至消失。辽东半岛地区的黄土在山前低地和沟谷地区厚度最大,黄土剖面下部黄土仅在部分地段和剖面有所显露,呈棕黄色,岩性为粘土质粉砂,质地均一,较质密,无层理,具垂直节理。个别剖面下部含少量岩屑和小角砾,与上新世红土风化壳或基岩呈不整合接触,中间有的夹一薄角砾层。其顶部普遍发育一层红棕色古土壤,其产状随古地形变化,其上被黄土所超覆。上部黄土呈灰黄色和褐黄色,为细砂质粉砂或粉砂质细砂,质地均匀,大孔隙,无层理,垂直节理极发育,易发生崩塌,形成悬崖峭壁。个别剖面顶部发育一层黑灰色古土壤,厚 0.5~1.5m,其产状随地形变化而变化。古土壤中含有丰富的有机质。在个别剖面中,还可以见到另一层棕色古风化层,厚 0.5~1m,发育不好,分布有限,代表了黄土堆积过程中的一个温暖阶段。钙结核零星分散于黄土母质中,不成层。古土壤层在黄土剖面中很常见,数目可达十几层以上。古土壤层一般具有分化明显的三个发生层次:上部为质地比较粘重的粘化层,中部为富含碳酸盐新生体的钙积层,下部为质地均匀的黄土母质层,这三个层次之间没有截然的界线。古土壤是气候比较温湿的条件下,成土作用的产物;而黄土则是气候比较干冷条件下,风力搬运堆积的结果。两者在剖面上的多次更替,反映了第四纪古气候的周期性变化。

2 辽东半岛黄土地层划分与时代控制

2.1 辽东半岛黄土地层划分的基本依据

研究黄土的学者从上世纪五、六十年代开始就运用各种测年的方法对各地黄土进行年代地层的研究。在黄土的研究中基本采用刘东生等^[17]提出的划分方案,该方案将我国的黄土划分为午城黄土、离石黄土和马兰黄土三层,分别属于早更新世、中更新世和晚更新世的产物。刘东生对黄土高原黄土层的划分为中国的黄土划分立了标尺,其他地区的黄土划分则与其相对应。虽然刘东生没有对辽东半岛进行实地考察研究,但对山东半岛做了深入的研究工作,这对辽东半岛的黄土研究具有重要的参考价值。根据辽东半岛的黄土剖面特征,可将本地区黄土

图1 中国黄土分布图

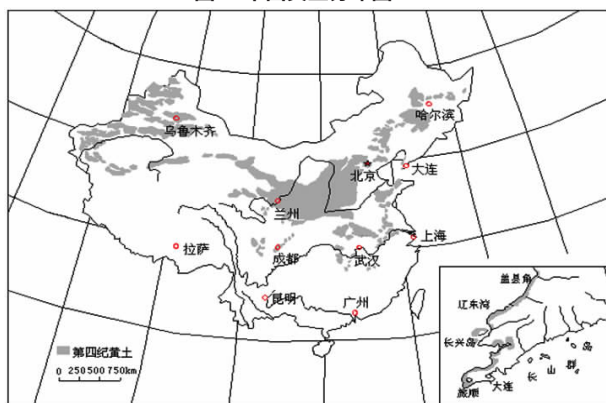
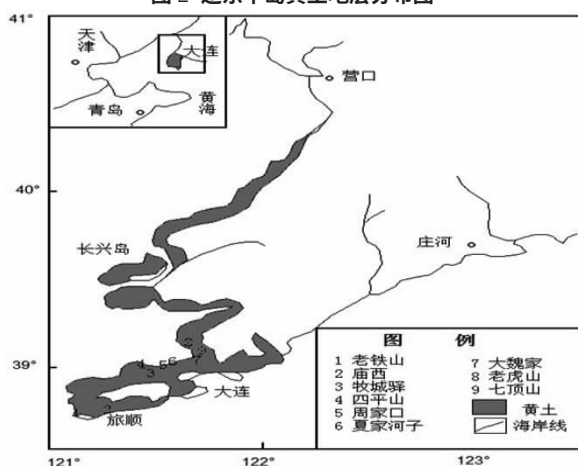


图2 辽东半岛黄土地层分布图



堆积分为上下两个部分。上部超覆于下部的剥蚀面上,上部黄土大多为灰黄色和褐黄色粉土,厚度在 5~10m 左右,质地均匀,无层理,具有大孔隙,垂直节理极发育。常见钙结核零散分布于该部分的黄土母质中,不成层。个别剖面在上部黄土顶部还发育一层灰黑色古土壤,个别剖面中在上部黄土中还可以见到一层棕色古风化层。这些特征与黄土高原的马兰黄土很相似,可以认为是晚更新世的堆积物。下部的黄土呈棕黄色粘土质粉砂,具 Fe、Mn 胶膜,下部多 Fe、Mn 结核,结构较紧密,质地均一,无层理,垂直节理发育,底部含有少量岩屑和小角砾,与上新世红土风化壳或基岩呈不整合接触。顶部发育有一层红棕色古土壤,其产状随着古地形变化,是下部黄土与上部黄土的分界线。本地区下部黄土与黄土高原的离石黄土有许多共同之处,因此可以被认为是中更新世的堆积物。

2.2 多种测年技术在黄土研究中的应用

黄土的地层年代学研究所运用的方法主要有古地磁测年 (Paleomagnetic dating method, 简称 PM)、放射性碳法 (^{14}C 法)、电子自旋共振法 (Electron spin resonance, 简称 ESR 法)、释光方法包括热释光法 (Thermoluminescence, 简称 TL) 和光释光法 (Optically stimulated Luminescence, 简称 OSI)。其中,古地磁法和 ESR 法因为其测试年代范围比较长,所以多用来测定较老的黄土地层,而对于较年轻的黄土地层更适合应用 ^{14}C 和释光方法。这些方法都被专家学者广泛应用在各地区的黄土地层学研究当中,为各地区黄土剖面的“绝对”年龄提供了有力的依据。鉴于黄土高原黄土的研究比较详细,因此上述的测年方法均已被运用,并获得较好成果。然而,相对于黄土高原而言,东部陆架黄土由于所处的特殊地理位置和气候条件,黄土自身的组成特点、堆积时期与黄土高原存在明显的不同,在高分辨率

环境替代指标研究中往往受到一定的限制,但是零星的多测年方法也在不断地被尝试运用,并提供了难得的数据资料。如赖忠平等人^[13]通过光释光 (OSI) 方法测得并判定南京下蜀黄土第一层古土壤 (表土层) 为全新世土壤,年代为 $10.8 \pm 1.0\text{ka}$ 。第一层黄土形成于末次冰期,相当于黄土高原的马兰黄土,其顶部的年代为 $14.3 \pm 1.3\text{ka}$,底部的年代为 $71.5 \pm 7.5\text{ka}$ 。黎兴国等人^[18]应用 ESR 方法测得了长江中下游地区风力搬运的下蜀黄土底部 (相当洛川 S5-L6) 年龄为 56.36 万年,其年龄值与古地磁法和热释光方法所得有关结果进行对比,基本接近。黄姜依^[14]等对象山下蜀黄土剖面进行了磁性地层研究,判定下蜀黄土沉积未突破 B/M 界限,系布容期正极性世内的产物,并对不同剖面中各古土壤层的 7 个热释光样品进行了年代测定,其年代从 125ka 至 405.6ka 不等。曹家欣等人^[6]用 ^{14}C 的方法在山东半岛测得了马兰黄土钙结合的年龄为距今 $19380 \pm 320\text{a}$ 和 $17830 \pm 240\text{a}$,并结合古地磁测出的年代结果和古生物化石的研究,得出庙岛群岛的马兰黄土主要形成于晚更新世晚期。

而在辽东半岛许多学者研究人员也一直致力于对黄土剖面的年代研究。刘东生^[19]在辽东半岛庙西的马兰黄土中测得钙结核的 ^{14}C 年龄为距今 $3972 \pm 160\text{a}$ 和 $6868 \pm 200\text{a}$ 。李培英等^[20]用古地磁的方法测定辽东半岛的离石黄土形成年代属于布容正极世,并在大魏家用 ^{14}C 的方法测得马兰黄土的年龄为 $10600 \pm 100\text{a}$ 。吕金福等人^[16]也用古地磁的方法测得本地区离石黄土底界为布容正向极世与松山反性世的交界,距今大约 73 万年前,时代为中更新世早期。并在大连老虎山地区用 ^{14}C 测得马兰黄土下部钙结合的年龄为 $10540 \pm 120\text{a}$ 。而焦亚宁等人^[21]对辽东半岛马兰黄土进行热释光测年取得了较好的效果,推断出本地区马兰黄土的沉积一直延续了大约四万年 (表 1, 图 3)。

这些学者对辽东半岛的黄土研究测得的年代数据是研究本地区黄土的重要依据。通过分析表 1 中数据可知,前人用 ^{14}C 对辽东半岛的黄土测得的年代比较年轻。并且辽东半岛地区的黄土层与黄土高原地区相比堆积的连续性比较差,用磁性地层学的方法来研究也不是很合适。因此,在辽东半岛的黄土测年中就需要释光的方法来补充完善测年数据。释光的方法因影响其准确性的因素比较多^[22],有些地方可能会失败,但在许多地方的应用也取得了较好的效果。因而这种释光的测年方法虽有待完善,却还是目前黄土地层研究中比较精确的一种测年手段。在南京下蜀地区^[11,14]、山东地区^[8,9]和辽东半岛地区^[20]对马兰黄土进行热释光测定均取得较好的效果。然而热释光方法在辽东半岛的黄土各剖面中应用的还是比较少的,不利于进行区域性的对比研究。因此本文运用目前最新的黄土测年方法光释光法对大连七顶山和周家沟进行了采样测年,并与以前年代地层学的研究结果相比较。

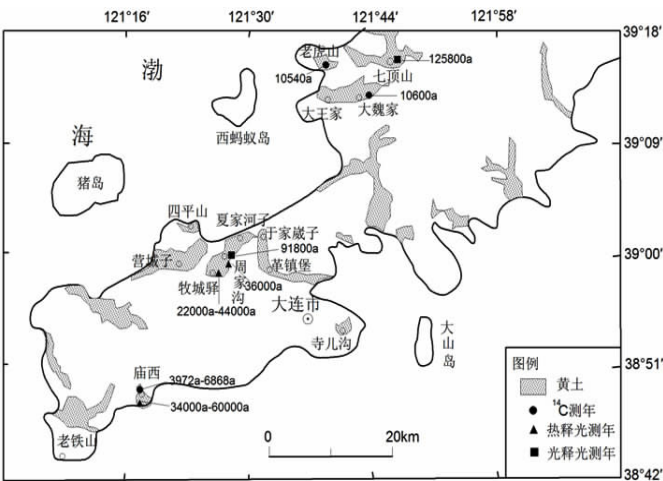
表1 辽东半岛黄土剖面中马兰黄土的年代数据对比

剖面地点	层位 (距地表) /m	测年手段	年代结果 /ka	资料来源
庙西		^{14}C	3.972 ± 0.16	[19]
			6.868 ± 0.2	[19]
老虎山		^{14}C	10.54 ± 0.12	[16]
大魏家	2	^{14}C	10.6 ± 0.1	[20]
庙西	0.8	TL	34 ± 3	[21]
庙西	4.7	TL	60 ± 5	[21]
庙西 II	3	TL	51 ± 5	[21]
牧城驿	6.5	TL	22 ± 2	[21]
牧城驿	13.3	TL	44 ± 4	[21]
周家沟	3	TL	36 ± 4	[21]

表 2 大连七顶山黄土、周家沟黄土光释光 (OSL) 测年结果

送样号	埋深 (m)	α	计数率 (Counts/ks)	K ₂ O (%)	含水量 (%)	环境剂量率 (Gy/ka)	等效剂量 (Gy)	年龄 (ka)
2007OSL-12	0.8		6.54± 0.20	1.92	15	2.89± 0.29	78.8± 2.8	27.2± 2.9
2007OSL-11	1.8		8.11± 0.23	2.04	9	3.39± 0.34	76.5± 2.2	22.5± 2.3
2007OSL-10	2.8		7.41± 0.21	2.1	15	3.14± 0.31	98.8± 3.1	31.2± 3.3
2007OSL-9	3.3		7.41± 0.22	2.35	11	3.44± 0.34	98.4± 2.0	28.6± 2.9
2007OSL-8	3.8		9.01± 0.19	2.1	12	3.51± 0.35	87.4± 5.3	24.9± 2.9
2008QDS-4	4		9.96± 0.15	2.11	4	3.64± 0.36	314.2± 19.9	86.4± 10.2
2008QDS-3	4.5		9.98± 0.18	2.44	5	3.88± 0.39	>400	>100
2007OSL-7	4.8		8.98± 0.19	2.32	6	3.60± 0.36	364.0± 16.8	101.1± 11.1
2008QDS-2	5		9.20± 0.16	2.31	7	3.63± 0.36	367.7± 21.4	101.1± 11.7
2007OSL-6	5.3		9.51± 0.15	2.23	10	3.63± 0.36	376.6± 23.3	103.8± 12.2
2008QDS-1	5.5		9.98± 0.12	2.28	4	3.75± 0.38	363.4± 37.8	96.9± 14.0
2007OSL-5	5.8		9.35± 0.25	2.31	14	3.62± 0.36	346.2± 25.6	95.6± 11.9
2007OSL-4	6.3		9.51± 0.26	2.52	17	3.75± 0.37	369.4± 25.6	98.6± 12.0
2007OSL-3	6.8		6.93± 0.17	2.11	6	3.25± 0.33	370.4± 18.2	113.8± 12.7
2007OSL-2	7.8		9.21± 0.25	2.44	13	3.68± 0.37	384.0± 28.3	104.4± 13.0
2007OSL-1	8.3		8.52± 0.19	2.15	14	3.32± 0.33	417.5± 18.9	125.8± 13.8
09ZJGOSL-1	12		6.0± 0.2	2.18	10	3.5± 0.2	319.8± 26.9	91.8± 7.8
09ZJGOSL-2	8		1.6± 0.1	2.14	7	2.6± 0.2	419.4± 22.4	≥ 150
09ZJGOSL-4	3		9.7± 0.2	2.2	9	4.5± 0.2	167.1± 14.8	37.2± 3.4
09ZJGOSL-5	2		9.2± 0.2	2.2	11	4.4± 0.2	332.9± 29.6	76.2± 6.8
09ZJGOSL-6	1		9.4± 0.2	2	10	4.4± 0.2	278.8± 16.9	62.8± 3.9

图 3 辽东半岛黄土剖面地层年代分布



2.3 辽东半岛部分黄土剖面高分辨率测年

从上述可以看出,与黄土高原和东部其它地区的陆架黄土相比,辽东半岛黄土年代地层学研究非常薄弱,虽然测年方面的研究也一直在继续着,但是数据量少,分辨率也不高。近年来,我们对辽东半岛的典型剖面进行光释光 (OSL) 断代,其中七顶山和周家沟两个黄土剖面给出了一些有意义的年代学数据 (表 2),尤其是七顶山黄土剖面,分辨率也比较高。

3 辽东半岛黄土年代地层与其它地区的对比

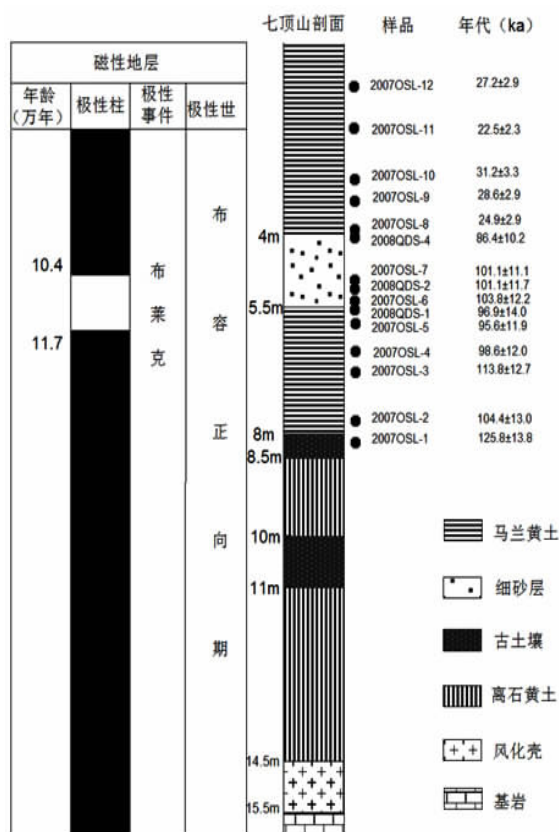
辽东半岛黄土的年代地层显示,黄土的形成时间和其它地区陆架黄土的形成时间基本一致,而与黄土高原地区的明显不同,即缺少早更新世的午城黄土。这与黄土形成过程中,自黄土高原一带不断向东推覆,面积不断扩大,清晰地显示了内陆第四纪的环境变迁。而现有测年结果及其黄土—古土壤堆积特点显示,黄土地层的形成时代基本上是连续的,但可能在短尺度上存在沉积间断或者受到侵蚀。由于目前辽东半岛黄土的绝对年代测定几乎均处于晚更新世的马兰黄土时期,下面以七顶山和周家沟黄土剖面的 OSL 年代数据进行分析,表 2 和图 4 显示:七顶山剖面堆积可以分成明显的两期,剖面顶部至

表 3 辽东半岛黄土年代地层与其他地区典型黄土剖面对比

	辽东半岛黄土 本文	山东半岛 黄土 /ka ^[2]	南京下蜀 黄土 /ka ^[9]	陕西洛川 黄土 /ka ^[1]
晚更新世	34± 3	68± 5		19± 2
新世	60± 5	91.8± 7.8	61± 5	103± 10
早更新世		125.± 13.8	227± 18	148± 16
			629± 50	970
			793± 64	1670
				2480

4m 深度,年代结果集中在 22~31ka,下部 5.5~8m 年代处于 86~113ka,说明马兰黄土在末次冰期早期 (MIS4-5d) 和末次冰盛期 (LGM) 时,堆积作用活跃,中间 4m~5.5m 处的细砂层表明黄土地层大约存在 40~50ka 的缺失,推断缺失的地层在沉积过程中可能存在间断或者由于后期的气候变化而造成侵蚀以致于缺失。这需要以后对该地区开展大量测年工作,来得出实验数据从而进行比较和探讨。在七顶山剖面中的离石黄土与马兰黄土的中间,距顶部 8.3m 处有一层棕红色古土壤,该土壤层测定年代结果为距今 125.8± 13.8ka,则说明离石黄土的堆积上限年代为 13 万年以前,属于中更新世晚期阶段。而马兰黄土的堆积年龄在距今 12.5 万年以后,属于晚更新世时期的产物。在周家沟的黄土剖面的 OSL 年代测定结果 (表 2) 中可以看到,从距剖面顶部的 12m~1m,测试年代结果总体上显示随着黄土层从底部到顶部堆积年代从老到新,年代范围 99.6ka~33.8ka,其中,09ZJGOSL-2 号样品超过了 OSL 信号已经达到饱和,不能视为真实年龄,其它年代结果正常。然而,我们也发现,在剖面中,距顶部 2m 深处,测试年代 76.2± 6.8ka,在距顶部 1m 深处,测试年代 62.8± 3.9ka,出现了年代倒置现象。这与孙建中^[7]在对庙岛黄土剖面的研究中遇到的情况相似,由热释光测得的年代缺乏规律性,推测可能是与黄土中石英颗粒的来源及搬运过程有关。因此,辽东半岛黄土的双物源特点也可能成为重要的影响因素。在辽东半岛海岸等地,一些粉尘从渤海湾等地由风力作用经过较短距离的搬运沉积下来,受到的热作用较少,退火过程不彻底,并与远处搬运来的石英颗粒混杂在一起,很难将其分离出来,使得光释光的测年结果不存在规律性特征,黄土

图4 七顶山剖面 OSL 年代及与极性事件对比图



地层的年代趋于复杂。但在相似地区的山东半岛和南京下蜀黄土的释光测试取得的成果则比较好。因此,用光释光测年方法对辽东半岛黄土进行测年分析还有待进一步深入研究。

从表3中的辽东半岛与其他地区典型黄土剖面的年代数据对比可以看出,前人在辽东半岛的研究得出马兰黄土的形成时间大约是距今6万年,而本文通过对辽东半岛的黄土剖面进行连续采样,运用光释光进行测年,结果显示辽东半岛的黄土剖面基本上是连续的,其中马兰黄土的形成年代应在距今大约10~12万年,沉积时间相对较晚,这与其他地区的马兰黄土形成年代基本一致。通过表3可知,陆架黄土的年代地层明显没有黄土高原地区的洛川黄土地层连续,年代数据完整^[23-25]。相比较来看,辽东半岛的黄土年代地层的数据尤为稀少,山东半岛黄土和南京下蜀黄土的年代数据表明,中更新世的离石黄土有了确切的绝对年代,而辽东半岛黄土中的离石黄土尚没有绝对年代的依据,这使得本地区的区域性对比受到很大的局限。因此,今后对辽东半岛黄土年代地层的进一步研究和完善,丰富其实验数据是很必要的,这对于陆架黄土的时间序列的建立和与黄土高原的黄土地层的对比都是很重要的因素。

4 结论

4.1 辽东半岛黄土剖面测年的研究经过研究人员多年不懈的努力钻研,本地区年代地层学已有了长足的进步。然而,对比黄土高原以及其他地区陆架黄土的年代研究,辽东半岛的黄土在测年方法上的应用还是比较少的,这需要今后研究的补充和完善。

4.2 在辽东半岛的黄土层中缺少早更新世的午城黄土。现有

的年代数据多集中在马兰黄土部分,离石黄土还有绝对年代数据来支持。因此,在今后的工作中应注意多种测年手段相配合,对典型剖面进行高分辨率仔细研究,同时,还应注意辽东半岛的特殊性,对部分剖面存在的地质缺失现象进行合理的解释。

参考文献:

- [1] 刘东生,等.黄土与环境[M].北京:科学出版社,1985,14~25,106.
- [2] 丁仲礼,刘东生.中国黄土研究新进展—黄土地层[J].第四纪研究,1989,(1):24~35.
- [3] 刘东生,丁仲礼.中国黄土研究新进展—古气候与全球变化[J].第四纪研究,1990,(1):1~9.
- [4] 丁仲礼,余志伟,刘东生.中国黄土研究新进展—时间标尺[J].第四纪研究,1991,(1):336~348.
- [5] 曹家欣,严润娥,王欢.山东庙岛群岛的红色风化壳与棕红土及其古气候意义[J].中国科学(B辑),1994,24(2):216~224.
- [6] 曹家欣,李培英,石宁.山东庙岛群岛的黄土[J].中国科学(B辑),1987,(10):1116~1122.
- [7] 孙建中.庙岛列岛黄土的某些特征[J].科学通报,1984,(19):1197~1199.
- [8] 张祖陆,辛良杰,晁晓红.山东地区黄土研究综述[J].地理科学,2004,24(6):746~752.
- [9] 郑洪汉,朱照宇,黄宝林,等.山东半岛及苏皖北部黄土地层年代学研究[J].海洋地质与第四纪地质,1994,14(1):63~68.
- [10] 郑祥民,刘飞.长江三角洲与东海岛屿黄土研究综述[J].华东师范大学学报(自然科学版),2006,6:10~16.
- [11] 武春林,朱诚,鹿化煜,等.南京地区下蜀黄土磁性地层年代与古环境变化[J].地层学杂志,2006,30(2):116~123.
- [12] 赖中平,周杰,夏应菲,等.南京下蜀黄土红外释光测年[J].自然科学进展,2001,11(2):203~207.
- [13] 赖中平,周杰,夏应菲,等.南京下蜀黄土红外释光测年年代学[J].中国沙漠,2001,21(2):116~121.
- [14] 黄姜依,方家骅,邵家骥.南京下蜀黄土沉积时代的研究[J].地质评论,1988,34(3):240~247.
- [15] 李培英.庙岛群岛的晚新生界与环境变迁[J].海洋地质与第四纪地质,1987,7(4):111~122.
- [16] 吕金福,李志民.辽东半岛的黄土及其沉积环境[J].地理科学,1990,10(2):97~105.
- [17] 刘东生,安芷生,文启忠,等.中国黄土的地质环境[J].科学通报,1978,(1):1~9,26.
- [18] 黎兴国,何娟华,李德生,等.ESR在下蜀黄土测年中的尝试[J].南京师大学报,1993,16(3):86~91.
- [19] 刘东生,等.中国的黄土堆积[M].北京:科学出版社,1965,1~265.
- [20] 李培英,程振波,吕厚远,等.辽东海岸带黄土[J].地质学报,1992,66(1):82~94.
- [21] 焦亚宁,魏成凯,符文侠.辽东半岛黄土的初步研究[J].地理科学,1987,7(3):231~236.
- [22] 陈铁梅.第四纪测年的进展与问题[J].第四纪研究,1995,(2):182~191.
- [23] 李虎侯.马兰黄土的形成年龄Ⅱ.洛川剖面的热释光研究.科学通报,1986,(5):372~375.
- [24] 安芷生,王俊达,李华梅.洛川黄土剖面的古地磁研究.地球化学,1977,(4):239~249.
- [25] 鹿化煜,安芷生,杨文峰.洛川黄土序列时间标尺的初步建立.高校地质学报,1996,2(2):230~235.

作者简介:毕伟力(1986~),女,在读研究生,研究方向为自然地理学。

(2012-09-10 收稿 袁海峰编辑)

补充:2012年第六期文章“黑龙江省鸢尾属植物资源及应用价值探讨”有三个项目对文章进行支持资助,分别是:国家科技重大专项课题(2012ZX07201003);黑龙江省科技攻关项目(GC10C10102);黑龙江省科学院基金项目(北方城市水体功能性两栖植物应用的研究)