

山东地区黄土研究综述

张祖陆, 辛良杰, 聂晓红

(山东师范大学人口·资源与环境学院, 山东 济南 250014)

摘要: 山东地区黄土开始堆积时期普遍较晚, 目前已见的剖面中, 以青州傅家庄剖面堆积厚度最大(30 m 以上), 起始堆积时间最早, 出露的最老层位为 L9, TL 测年时间约为 0.8 Ma B. P.。山东地区黄土成因类型多样, 物质来源广泛, 其岩性特征与其他地区的黄土有明显的差别; 在本地区内部, 黄土的差异也比较明显, 大体可分为两大成因分布区: 渤海湾滨海与岛屿区和鲁中山前区。前者黄土粒度较粗, 且普遍含有海相微体化石, 其物质来源主要为末次冰期时期出露的渤海陆架物质, 西北气流携带而来的内陆远源物质占次要地位。而后者黄土类型成因多样, 东部的潍坊、青州黄土分布区, 受到末次冰期时强劲冬季风的影响, 物质来源主要为北部出露的渤海湾, 向西至淄博、济南地区则已逐渐过渡为西北内陆风尘物质成分占据主导。

关键词: 山东地区; 黄土; 马兰期黄土; 成因类型; 物源

中图分类号: P642.13+1 文献标识码: A 文章编号: 1000-0690(2004)06-0746-07

山东省位于中国东部、黄河下游, 北濒渤海湾, 东靠黄海, 地理范围在 $114^{\circ}47' \sim 122^{\circ}42' E$, $34^{\circ}23' \sim 38^{\circ}24' N$ 之间, 陆地总面积为 $15.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。山东省主要由三个大地貌单元区组成: 鲁中中低山丘陵区; 鲁西、鲁北黄河冲积平原区和鲁东低山丘陵区。山东省现代气候类型为中纬度暖温带大陆型季风气候, 但是自更新世以来, 气候曾明显出现过几次冷暖周期变化, 在气候波动变化中的寒冷期, 来自中亚、内陆西北区与当时裸露的边缘海陆架上的沙尘, 在当地地貌过程的响应之下, 鲁中、鲁东地区边缘的适宜位置形成了黄土的堆积带, 并经过后期再改造, 构成现今所见的山东地区黄土披覆格局。

1 研究现状综述

山东地区黄土研究的记载可以追溯到明代万历 48 年(1620)波及济南、泰安和肥城的“雨土”记录。1892 年 S·B·J·Skertchly, T·W·Kingsmill 对华北地区进行地质调查, 著有“关于山东(华北)的黄土及其它地表沉积”一文, 并提出山东地区黄土海相成因说^[1,2]。师丹斯基(Zdansky)1925 年、松本(Matsumoto)1926 年、皮尔森(Pearson)1928 年先后对益都(今青州)黄土进行了研究; 1936 年杨

仲健先生对益都(今青州)一昌乐一带的黄土、红色土及其中的古生物化石进行了较系统的阐述, 著有《山东益都、昌乐、临朐地区新生代地质》一书。解放后, 许多学者对山东地区黄土进行过比较深入的研究, 刘东生^[3,4]曾对山东省黄土有过总体性的描述, 并指出在末次冰期最盛期时强劲的西北气流携带大量的粉尘物质最远可到达长江沿岸, “这时的山东半岛和滨海部分地区, 除接受大量从西北通过大气系统以尘暴形式搬运来的粉尘外, 还接受了从东部出露陆架吹向陆地的粉尘, 其中包括含有有孔虫的混杂物质, 从而形成当今所见的庙岛及蓬莱的黄土”。这种观点已被大部分科学研究者所接受和证实; 张德二、陈明扬^[4]曾专门对历史记载的“雨土”现象和现代尘暴现象进行过研究, 指出尘暴的南界可达 $25^{\circ}N$ 左右; 蒋忠信、林志介等曾对胶济铁路沿线的黄土的时代、地层以及黄土本身的物理特征进行过系统研究, 著有“胶济铁路沿线的黄土堆积及其工程性质”总结报告; 自 20 世纪 80 年代末期以来, 专家、学者们对山东各地的黄土研究更为广泛、深入, 曹家欣、李培英等^[5]对庙岛群岛的黄土进行了深入的调查研究, 张祖陆^[6]曾研究了莱州湾南岸、济南市长清县张夏镇的黄土特征及成因, 郑洪汉、李培英、刘乐军等^[7,8]

收稿日期: 2004-01-05; 修订日期: 2004-04-16

基金项目: 山东省自然科学基金重点资助项目(Z2000E01)、教育部人文社科基金项目(01JD790012)。

作者简介: 张祖陆(1949-), 男, 上海嘉定人, 教授, 博士生导师, 主要从事第四纪环境变化研究。E-mail: zulzhang@263.net

对发育较好的青州黄土作了较系统的研究, 赵松龄、于洪军等^[9, 10]对山东半岛北部沿海和水下的“陆架黄土”进行了系统的成因研究, 并提出了末次冰期陆架荒漠化和山东沿海黄土的风成近源成因的观点。另外, 北京^[11]、辽东半岛^[12- 15]、苏北平原^[16, 17]等地黄土的广泛深入研究也有助于我们从整体上认识和理解山东地区黄土成因内涵。上述研究工作都有着重要的指导意义, 但由于都限于局部区域, 至今尚未有将全省黄土进行系统对比研究者, 因此在黄土地层划分对比上尚存在歧义。

2 山东地区黄土堆积概况

2.1 黄土的地理分布

山东地区的黄土形成于中国黄土分布区的东部边缘, 北连辽南黄土、河北与北京地区的黄土、西邻内陆黄土高原, 南有长江下游地区的下蜀黄土与之相对应。这些黄土无论在物质组成、成因上均与山东地区黄土有着一定的联系。

山东地区黄土按自然地理区位可分为两大部分: 渤海湾滨海与岛屿区(即陆架黄土分布区), 鲁中山前区。渤海湾滨海与岛屿区主要包括庙岛群岛黄土, 莱州湾沿岸黄土, 其分布除岛屿外, 大致与岸线平行; 鲁中山前区黄土集中分布于鲁中山地的北麓坡地和山地边缘的山间盆地; 另外, 胶东山地和鲁中山地南部也可见不甚典型的零星黄土状沉积出现, 山地内部较少见到(图 1)。

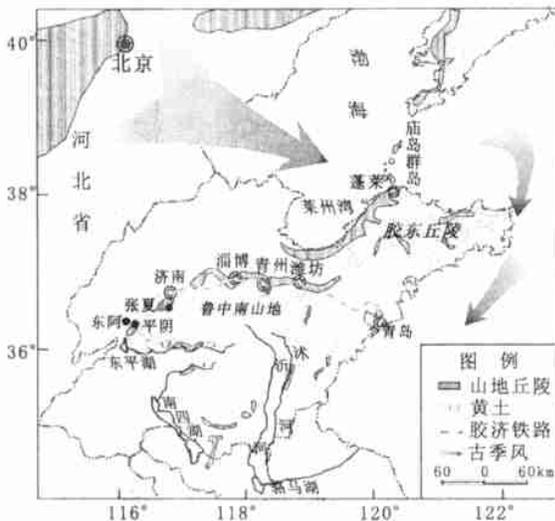


图 1 山东及邻区黄土分布及古季风风向示意图

Fig. 1 Loess distribution and archaic monsoon's directions of Shandong and its vicinage

山东地区黄土的出露厚度一般在几米到几十米之间不等。其中青州云门山傅家庄剖面出露最为典型, 厚 30 m 以上, 蓬莱地区有全国唯一的海岸黄土崖地貌。另外据刘敬圃^[9]、张祖陆等人的工作显示, 在渤海湾、淮河下游地区均有一层或多层被全新世地层覆盖的埋藏黄土层。

2.2 山东地区黄土堆积剖面对比分析

山东地区黄土堆积场所地貌类型多样, 从山前倾斜平原、山麓边缘的山间盆地到滨海的冲积平原, 堆积分布高程也从海拔数米到 200 余 m, 而且堆积的黄土厚度、物质组成亦有所差异。山东地区黄土堆积厚度多为 5~ 10 m, 20 m 以上剖面仅见青州傅家庄剖面(30 m 以上)和齐陵四女坟(20 m 以上)剖面。图 2 分别选取齐陵四女坟、青州傅家庄、潍坊朱里、蓬莱林格庄和南长山岛进行剖面对比。由图 2 可见山东地区黄土及其中古土壤层远没有内陆地区发育, 除青州傅家庄剖面发育连续的 9 层黄土层和 9 层古土壤层, 无沉积间断外^[7, 8], 其他剖面古土壤层均较少, 目前所见剖面一般少于三个层次, 而且没有严格的沉积层序。在鲁中山地区北麓的济南、章丘、潍坊、青州等地的黄土剖面中还可见到大小不一的砾石透镜体, 成分各异。

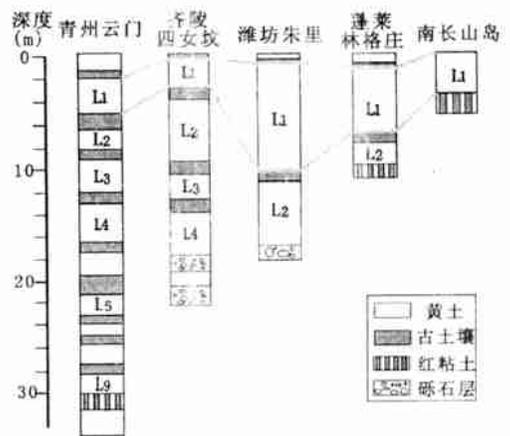


图 2 山东省各地黄土地层剖面对比

Fig. 2 Loessial strata profiles of Shandong

3 黄土的地层划分与年龄

3.1 古生物化石依据

山东地区黄土堆积地层中普遍发现古脊椎动物化石层和软体动物遗壳层, 特别是古脊椎动物化石对划分地层、进行地层对比提供了比较有说服力的证据(表 1)。

表 1 山东地区黄土地层中出土的古脊椎动物化石

Table 1 Paleovertebrate fossils in loess strata of Shandong

层位	化石名城	拉丁文名称	产地
黑垆土层	原始牛	<i>Bos premiteni</i>	辛店
	安氏鸵鸟蛋化石	<i>Struthio anderson</i>	邹平
	四不象鹿角化石	<i>Elaphurus menziesianus</i>	章丘
黑垆土层下、第一层褐红色古土壤上部土层	诺氏古菱齿象	<i>Palaeoloxodon naumanni</i>	潍坊东郊
	古菱齿象	<i>Palaeoloxodon Sp</i>	昌乐
	披毛犀	<i>Coelodonta antiquitatis</i>	淄博
	盘羊	<i>Ovis ammon</i>	青州
褐红色古土壤下部至红粘土上部	剑齿象	<i>Stegodon sp.</i>	章丘
	古菱齿象	<i>Palaeoloxodon Sp</i>	济南
	中国犀	<i>Rhinoceros sinensis</i>	莱芜
	山东绵羊	<i>Ovis shantungensis</i>	青州
	葛氏班鹿	<i>Pseudaxis grayi</i>	青州
	野猪	<i>Sus sp.</i>	青州

一般来讲,在山东上更新世至全新世为安氏鸵鸟、四不象鹿的繁荣期。原始牛的生存年代当为上更新世末,但至今仍然偶有发现,其化石存在于全新世黑垆土中合情合理。古菱齿象、诺氏古菱齿象生存于上更新世,披毛犀是沙拉乌苏动物群的成分,盘羊出现在更新世晚期至现代。因此,产出这些动物群化石的地层属上更新世马兰黄土。最下层动物化石组合除了古菱齿象是上更新世动物外,其余都是未在上更新世地层中发现的较老种属。即使是古菱齿象,体形也较上更新世地层中的要小。可见,这两套化石组合分别属于两个不同的时代,将其地层分为马兰期与离石期是合理的。山东地区黄土地层中所发现的古脊椎动物化石所在层位的研究表明,山东地区黄土均属晚更新世以来的堆积分属上更新统的离石、马兰期堆积黄土及全新统堆积。

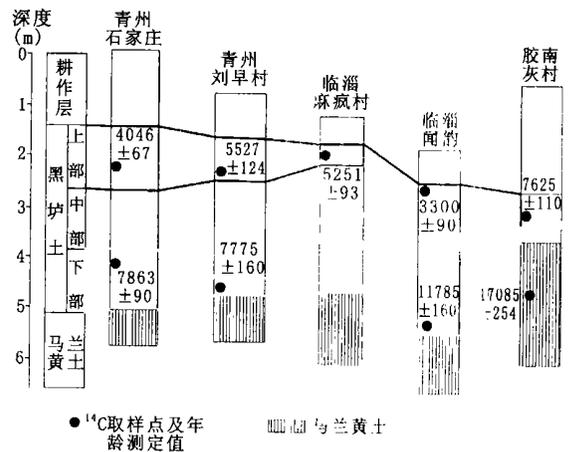
3.2 山东地区黄土年代研究

前人的研究成果中提供了较多的黄土测年数据,主要依据 ^{14}C 、热释光、电子自旋共振等方法。虽然所用测年方法有所不同,误差在所难免,但各段年龄数值相对比较集中,对黄土地层的划分与形成年代提供了有力的依据。

3.2.1 山东地区黑垆土的年龄

黄土上部的黑垆土地层在山东各地均有分布,而且测年资料比较充分。以青州五里乡石家庄出露厚度最大,达 3.7 m,可作为山东地区黑垆土的典型层位:上部为灰黑色亚粘土,中部为灰黑、灰黄色亚砂土,下部为深灰、黑色亚砂土。山东地区各地黑垆土出露厚度不一,层次不一,甚至个别地区

完全没有黑垆土发育(如张夏大沙河阶地黄土剖面),但是各地黑垆土上部均与耕作层整合接触,下部与马兰黄土整合接触,无明显沉积间断。山东地区黑垆土最老年龄为 $11\,785 \pm 16$ a B. P. (临淄闻韶),最新年龄为 $3\,210 \pm 190$ a B. P. (青州傅家庄)^[19](图 3),大至将其底界定为 1.2×10^4 a B. P.,黑垆土当属于全新世较湿润时期的产物。



(据王世进、张成基等人的工作)

图 3 本区各地黑垆土年龄对比图

Fig. 3 Dating comparison of Heilutu layers

3.2.2 黄土年龄

山东地区黄土各层位测年数据资料不仅存在时间上的相近性,而且在大范围上可与全国各地黄土进行对比。青州云门离石黄土顶部古土壤(S_1)底界年龄为 13.6×10^4 a B. P.,齐陵四女坟古土壤 S_1 层的测定年龄为 $(10.88 \pm 0.64) \times 10^4$ a B. P.,这与刘东生^[1]根据洛川黄土地层为标尺划分的五条

地质年龄界线中的第一条即 S_1 年龄大约为 10 万年相对应; 青州云门黄土 L_5 底的测年资料为 $(44.1 \pm 3.5) \times 10^4$ a B. P., 与刘东生划分的 5 条地质年龄界线中的第二条即 S_5 年龄大约为 50 万年相对应; 山东地区黄土出露的最老层位 L_9 (青州云门) 的年龄约为 0.8 Ma B. P., 这与刘东生先生标定的第三条界线 L_9 层位的年龄 (约 80×10^4 a B. P.) 相吻合, 这说明两者属同时期产物, 郑洪汉^[20]对山东地区火山活动研究后表明, 在 0.86~0.72 Ma B. P. 山东半岛曾发生火山爆发, 厚层的黄土也伴之沉积。青州黄土堆积的起始年代与黄土高原部分地区的相同, 青海循化孟达山 0.76 Ma B. P., 甘肃武威黄羊镇 0.80 Ma B. P., 山西午城柳树沟 0.90 Ma B. P., 这可能与 0.9 Ma B. P. 开始的青藏高原隆升到 3 000 m 阶段, 适时又是冰期, 冰雪覆盖面积达到最大值, 东亚冬季风的强度也大大加强, 导致中国东部黄土的堆积^[21,22]。而且山东各地黄土所普遍出露的上部较新的 L_1 、 L_2 、 L_3 黄土层形成年代基本相同, 如表 2 中青州傅家庄 L_2 层底部黄土年龄为 $(22.7 \pm 1.8) \times 10^4$ a B. P., 淄博淄河店 L_2 层底部黄土年龄为 $(24.2 \pm 1.9) \times 10^4$ a B. P., 临朐山旺为 $(21.3 \pm 1.5) \times 10^4$ a B. P., 基本处于同一时间层位上, 这说明山东地区黄土与其它地方的黄土有着统一的大环境背景。这也佐证了上述生物地层研究中的判断划分。表 2 中个别地区黄土年龄差别较大可能是由于局部地区侵蚀堆积的速率差异造成的。

表 2 山东地区各地黄土热释光年龄对比表

Table 2 Comparison of loessial TL ages

地点	黄土层位	年龄 ($\times 10^4$ a)
青州傅家庄	L_1 底	6.8 ± 0.5
	L_2 底	22.7 ± 1.8
	L_3 底	31.3 ± 2.5
	L_5 底	44.1 ± 3.5
	L_6 下	58.5 ± 4.6
	L_9 上	79.3 ± 6.4
淄博淄河店	L_1 底	14.3 ± 1.1
	L_2 底	24.2 ± 1.9
平阴龙桥	L_5 底	47.4 ± 3.8
临朐山旺	L_2 底	21.3 ± 1.5
	L_3 底	32.4 ± 2.8
蓬莱下朱潘	L_3 上	25.0 ± 1.9
蓬莱长岛	L_2 上	15.8 ± 1.2

(据郑洪汉、朱兆宇等人的工作改编)

3.3 红粘土

山东地区红粘土出露较少, 往往埋藏在黄土的底部, 红粘土顶部一般均有一层明显的侵蚀面, 沉积有一定分选和磨圆的砾石, 化石发现很少, 难以藉此进行地层划分。但是很明显, 红粘土与黄土之间经历了一个侵蚀期, 二者属于两个不同的时期。此外, 在洛庄巴漏河岸, 棕红色粘土直接覆盖在上新世巴漏河灰岩之上, 以此判断此层红粘土属于下更新统地层。这样, 或许一个较完整的山东黄土地层便可与西北内陆地区黄土地层标准相对比。

4 黄土的沉积学指标分析

4.1 粒度对比

黄土粒度主要反映粉尘源区环境和古风场强度的变化。粉尘动力学研究表明, 粉尘的粒径随着起尘风速增加而增加, 同时, 粉尘沉积的粒度也与源区距离有关^[23]。山东各地黄土的粒度上部马兰黄土一般较下部离石黄土要粗一些, 如庙岛地区马兰黄土中 $< 5\phi$ 的颗粒总含量为 50.22%, 而离石黄土占 42.21%^[5]; 青州地区, 马兰黄土 $< 5\phi$ 的颗粒总含量为 27.71%, 而离石黄土占 22.8%。山东地区黄土的粒度概率累积曲线均呈标准的二段式, 但截点差别较大, 位于 3~6 ϕ 范围 (图 4); 粒度频率分布曲线多呈双峰式、正偏态特征。突出的主峰居于粗粉砂 (3~5 ϕ) 范围, 峰值较高, 分选较好, 可代表冬季风盛行季节里近距离、低空从近源搬运的粉尘物质; 次峰位于粘土组分 ($> 9\phi$), 峰度较低、分布平缓、分布粒度范围较大, 可代表高空西风气流搬运, 为黄土原始粉尘的本底^[3,24]。由于马兰黄土在山东地区出露普遍, 沉积连续, 在此仅对马兰黄土加以对比分析, 从总体来看, 本区黄土自北向南粒度逐渐减小, 而以莱州湾南岸黄土粒度最粗, 2~4 ϕ 之间的颗粒占总颗粒含量的 68.4%^[6], 其它地区的黄土均以粉沙 (4~9 ϕ) 为主, 至张夏地区黄土粒度已经与西北内陆相差不大, 但是仍较陕西洛川的黄土粒度要粗 (表 3)。张宗祜^[18]认为, 黄土岩性的粗细应主要反映在 > 0.05 mm 的粒级含量变化上。照此观点, 山东地区乃至全国黄土的粒度分布规律差异很大, 并不符合粒度自西向东逐渐变细的规律。就山东地区而言, 淄博、张夏地区的黄土粒度较细, 而莱州湾沿岸、平阴的粒度较粗, 胶济铁路沿线黄土居中。这种地域性差异可能正是黄土成因的多样性的反映 (表 4)。

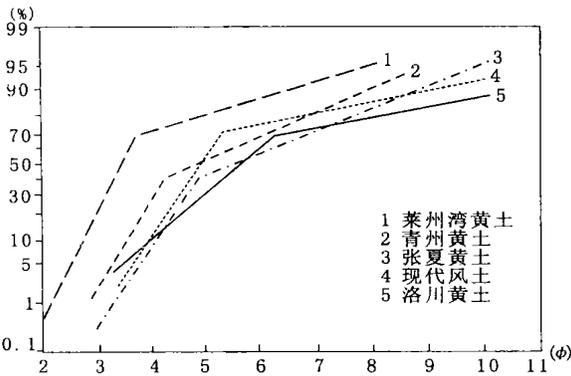


图 4 各地黄土及现代风尘粒度对比

Fig. 3 Comparison of granularity accumulation curves among loess and modern Aeolian deposits

表 3 各地马兰黄土及现代风尘粒度组成对比

Table 3 Granular comparison of various Malan loess and modern Aeolian deposits

地区	粒级百分含量				Md
	< 2	2~ 4	4~ 9	> 9	
莱州湾地区	1.17	24.79	58.77	15.19	4.6
莱州湾地区		68.4	20.56	10.04	4.22
青州地区		1.01	88.8	10.2	5.31
张夏地区		7.57	81.2	11.44	6.1
蓬莱地区		14.55	58.65	26.70	5.41
陕西洛川		4.82	76.77	18.41	6.0
现代风尘		10.7	81.13	8.22	5.3

4.2 孢粉学研究及黄土形成期气候状况分析

山东地区黄土最老层位L₉的年龄大约为0.8

表 4 各地马兰黄土砂粒(> 0.05 mm)含量对比

Table 4 Comparison of sand grains of Malan loess

地点	淄博	张夏	平阴	胶济铁路西段	胶济铁路全线	莱州湾	青海柴达木	山西	陕西	甘肃
砂粒(> 0.05mm)含量	8.95	10.38	55.5	24.48	44.4	68.4	41.93	27.2	30.29	24.02

(据蒋忠信、林志介等工作改编)

Ma B. P., 处于 0.9~ 0.73 Ma B. P. 间的松山反向古地磁时期, 0.73 Ma B. P. 年至今皆为布容正地磁。据张祖陆等作的孢粉分析结果显示, 当时本地区植被为针叶森林草原, 气候从冷干向偏湿发展。层位 L₆ 的年龄大约为 0.6 Ma B. P., 气候由偏干转向温暖湿润, 并由此产生了厚度最大的古土壤层 S₅; 层位 L₅ 的年龄大约为 0.45 Ma B. P., 山东地区植被为森林草原, 处于冷干的气候背景之下; 层位 L₃ 的年龄大约为 0.32 Ma B. P., 植被为阔叶-针阔叶森林草原, 气候温和干旱; 层位 L₂ 的年龄大约为 0.23 Ma B. P., 大的气候背景与层位 L₃ 基本相同; 层位 L₁ 的年龄大约为 0.068 Ma B. P., 气候分期为早大理亚冰期, 植被为含冷杉、云杉的针叶林。

5 山东地区黄土成因探讨

5.1 物质来源

前人大量细致深入的工作, 已基本得出对山东地区黄土形成年代和成因的认识, 并且在渤海沿岸黄土的成因研究中达成了共识: 郑洪汉、李培英、赵松龄、刘敬圃、张祖陆等人均认为, 山东地区中更新世以来曾发生数次海侵海退, 晚更新世末次冰期时, 中国东部海平面下降 130~ 150 m, 渤海、黄海陆架、东海陆架均出露为陆地, 先前沉积的海相地

层风化解体, 强劲的北向风, 携带大量的粉尘颗粒, 在适宜的地貌区沉积, 形成一系列衍生沉积—黄土堆积。笔者对渤海湾南岸黄土粒度进行了系统分析, 发现其粒径在 0.25~ 0.05 mm 之间的砂粒含量高达 68% 左右, 而大于 0.05 mm 的砂粒, 在以风为主要动力时, 以跃移和蠕移运动为主^[25, 26], 西北气流携带的粗粒沙尘难以到达此区, 显然其物源以近源即莱州湾出露地面的粉尘为主。山东地区黄土总体粒度比西北黄土要粗, 这种陆架近物源应是其主要原因。此种陆架成因的黄土主要分布在辽东半岛西海岸、庙岛群岛、蓬莱、莱州湾沿岸。

当然冰期裸露的渤海湾只是山东地区黄土物质的主要来源地之一, 据刘东生等人的研究, 晚更新世海陆环境的剧烈变化, 使黑潮暖流减弱, 亚洲大陆腹地和黄河中游地区的气候变得更干更冷, 冬末春初盛行西风出现的频率增加, 其携带的大量的西北内陆的粉尘颗粒也完全可以到达山东地区, 甚至能够到达长江沿岸, 成为山东地区黄土的另一主要物源^[27]。另外, 在山东地区黄土中, 经常可以看到只有当地基岩才有的矿物, 说明山东地区黄土明显具有残积成分, 或接受了当地基岩风化碎屑的沉积。

5.2 堆积营力

如上所述山东地区黄土的堆积营力主要是北

向风, 寒冷时期山东地区流行风向为北偏西、正北、北偏东, 这促成了山东地区黄土的形成。据于洪军、韩德亮等^[11, 28]学者的研究表明, 来于西北方向的古季风, 在渤海海区仍以西北方向为主; 在经过山东半岛以后, 曾发生转向, 在南黄海逐渐变为东北风, 这种转向对山东南部及长江一带的黄土的形成具有十分重要的意义(图 1)。

20 世纪 50 年代到现在对北京降尘的颗粒和矿物鉴定都证明, 历史上记录的“雨土”和今天的沙尘暴沉积都是黄土物质, 为远近距离共同搬运的结果^[3, 11, 29~31]。山东地区黄土无疑也与此成因有密切联系。鉴于山东地区半湿润-半干旱的气候环境, 黄土形成后均受到后期流水、植被、生物等的再改造, 山东地区黄土中还常可以看到片状、交错状、夹层状的层理、透镜体, 这些均是面状或线状水流作用所形成构造特征。在少受或不受西北气流影响的山谷、山麓处往往可以形成坡积、洪积的黄土状土, 作者在进行野外考察时的确发现了一些此类成因的黄土状土, 如济南南部、平阴、桃花峪、曲阜等地, 剖面厚度较小, 但水成性状明显, 上部缺少马兰黄土覆被, 中间一般均夹杂分选较差砾石层。

5.3 黄土化作用

粉尘堆积后期黄土化作用主要受到当地气候、地貌、植被等的影响, 形成微特征各有不同的各地区黄土。山东地区黄土年龄较新, 成土时间短, 表现为古土壤层厚度较薄、形成层次较少, 黄土发育区一般古土壤层也仅有 2, 3 层, 厚度多 20~80 cm, 而且难以进一步划分。但是黄土化过程中 CaCO_3 淋失较强, 各地黄土剖面中均可见钙质结核甚至发育较好的结核层。这与内陆典型黄土区马兰黄土中古土壤、钙结核不甚发育的规律有所差别, 可能是山东地区半干旱-半湿润的气候, 较西北地区更为暖湿的缘故。但总体上山东地区黄土大部分剖面尚处在中等-显著成土的阶段。

6 认识与讨论

1) 本区黄土同晋、陕、冀、辽等地的黄土一样, 均披盖在不同成因、时代的地貌体上, 两者并无发生学上的联系, 因此, 并非是下伏基岩的风化产物。山东地区黄土堆积主要形成于鲁中山地北坡的山前地带, 以及胶东半岛西北部渤海沿岸和岛屿带, 显然是受到寒冷干燥时期主导的北向风风沙作用的控制。

2) 山东地区各地的黄土特征差异明显, 充分说明了山东地区的黄土物质来源的多样性。胶东半岛渤海湾沿岸地区与庙岛群岛黄土, 其物源主要是来自晚更新世末次冰期出露形成渤海湾陆架荒漠化平原, 是典型的陆架黄土。从青州向西, 鲁中山地北麓的山前黄土堆积, 多则源自强西北气流带来的粉尘, 内陆物质成分逐渐增多, 占据主导成分, 但其东部的黄土仍会受到来自渤海湾陆架近源沙尘的补给。

3) 无论是黄土地层中古脊椎动物化石证据, 还是黄土的年代测定数据, 均比较可靠地证明山东地区出露的黄土形成时间较晚, 主要为马兰期黄土和离石期黄土, 形成年代大约在 0.8~0.01 Ma B. P. 之间。

参考文献:

- [1] 毛家衢. 山东地质[M]. 济南: 山东地质矿产局, 1987.
- [2] S B L Skertchly. Concerning About Loess and Other Deposits of North China[J]. The Quarterly journal of the Geological society of London, 1895, 51: 11~20.
- [3] 刘东生. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [4] 刘东生. 第四纪环境[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [5] 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(10): 1117~1122.
- [6] 张祖陆. 渤海莱州湾南岸平原黄土阜地貌及其古地理意义[J]. 地理学报, 1995, 9(50): 465~470.
- [7] 郑洪汉, 朱照宇, 黄宝林. 山东半岛及苏皖北部黄土层年代学研究[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14(1): 64~68.
- [8] 刘乐军, 李培英, 王永吉. 鲁中黄土粒度特征及其成因探讨[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 2(20): 81~86.
- [9] 刘敬圃, 赵松龄. 渤海海底埋藏黄土及沿岸出露黄土的成因[J]. 海洋与湖沼, 1995, 7(26): 364~368.
- [10] 于洪军. 中国东部陆架黄土成因的新探索[J]. 第四纪研究, 1999, 7(4): 367~372.
- [11] 熊尚发, 丁仲礼, 刘东生. 北京邻区 1.2 Ma 以来黄土沉积及其对东部沙漠扩张的指示[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 8(19): 68~73.
- [12] 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): 97~106.
- [13] 程振波, 傅命佐, 鞠小华. 渤海海峡和辽东半岛海岸带黄土中的古生物化石的地质意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1996, 16(1): 85~94.
- [14] 李雪铭. 辽东半岛南部地区滨海黄土的沉积特征[J]. 海洋科学, 2001, 25(1): 32~35.
- [15] 李雪铭. 辽南滨海黄土粒度环境信息高分辨率研究[J]. 地理研究, 2002, 21(2): 201~209.
- [16] 郑祥民, 严钦尚. 末次冰期苏北平原和东延海区的风尘黄土沉积[J]. 第四纪研究, 1995(3): 258~266.

- [17] 李徐生, 杨达源, 鹿化煜, 等. 皖南第四纪风尘堆积序列粒度特征及其意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1997, 17(4): 73~ 81.
- [18] 张宗祜, 张之一, 王芸生. 中国黄土[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [19] 王世进, 张成基, 刘海坤. 山东省第四纪地质研究新进展[J]. 山东地质, 1999, 6(15): 2~ 8.
- [20] Zheng Honghan, Gao Weiming, Zhu Zhaoyu, et al. Quaternary Volcanic Activities in Shandong Peninsula and Northern Parts of Jiangsu and Anhui Provinces[J]. Chinese Journal of Geochemistry, 1990, (9): 331~ 335.
- [21] 王乃昂. 关于东亚季风演变的问题讨论[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1998, 18(3): 1~ 11.
- [22] 吴锡浩, 安芷生. 黄土高原黄土-古土壤系列与青藏高原隆升[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(2): 103~ 110.
- [23] 熊尚发, 刘东生, 丁仲礼. 两个冰期-间冰期旋回的黄土记录及其古气候意义[J]. 地理科学, 2002, 22(1): 18~ 23.
- [24] 孙东怀, 鹿化煜. 中国黄土粒度的双峰分布及其古气候意义[J]. 沉积学报, 2000, 18(3): 327~ 335.
- [25] 严钦尚, 曾昭璇, 许世远. 地貌学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1985.
- [26] 丁登山, 汪安祥, 黎勇奇. 自然地理学基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992.
- [27] 刘东生. 中国的黄土与风尘堆积[J]. 中国第四纪研究, 1985, 6(3): 20~ 26.
- [28] 于洪军, 韩德亮, 初风友. 晚更新世末期北方陆架区沙漠-黄土堆积群德初步研究[J]. 地质力学学报, 1997, 12(3): 34~ 38.
- [29] 王赞红. 现代尘暴降尘与非尘暴降尘的粒度分析[J]. 地理学报, 2003, 58(4): 606~ 610.
- [30] 乔淑卿, 杨作升, 范德江. 长江、黄河悬浮物质与山东尘暴物质组成研究[J]. 海岸工程, 2002, 21(1): 16~ 23.
- [31] 张仁健, 王明星, 浦一芬. 2000年春季北京特大沙尘暴物理化学特性的分析[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(3): 259~ 266.

A Summary of Loessial Researches in Shandong

ZHANG Zu-Lu, XIN Liang-Jie, NIE Xiao-Hong

(School Institute of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan, Shandong 250014)

Abstract: The loess of Shandong, located in the margin of Eastern China, shows some stripes as a whole, especially on the windward slopes, the terraces of the central mountainous region and northwest coastal zone of Jiaodong hills. Among the loess sections distributed in Shandong, the Fujiazhuang section(30m) at Qingzhou is the best, and can be regarded as the typical section of Shandong. TL dating results of Fujiazhuang loess show that the lowest layer of Shandong loess is L9, with the age of 0.8 Ma B. P., which accords with the third borderline determined by Liu Dongsheng. Many sections have the tertiary red clay layers. Based on the main researches on loess spreading all over Shandong enumerated in this paper, the authors conclude that the grain sizes, composition and origins of loess between Shandong and inland regions is obviously different, and the same within Shandong. Based on the characters, two areas can be allocated: the coastal district, islands and islets of the Bohai Sea and the central district of Shandong. The former loess in which many tiny marine fossils have been found and whose grain sizes are much coarser, however, the latter has more complex material sources and characters. According to the analytical results of grain sizes and spore, the sea level of Shandong has been known to have several fluctuations between transgression and regression since the middle Pleistocene, so the Bohai shelf was the main material sources for the continental loess during ice ages, and it severely influences the loess of Qingzhou, Weifang etc, the districts of the central district of Shandong. But the loess of Zibo and Jinan, the west of the central district, mostly originates from western Gobi and deserts.

Key words: loess in Shandong; Malan loess layer; genesis; material sources