

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

辽 东 海 岸 带 黄 土

李培英 程振波 吕厚远

(国家海洋局第一海洋研究所, 青岛)

刘 国 海

(辽宁师范大学, 大连)



本文论述了辽东海岸带黄土的成因,它主要由低空气流搬运的近源物质组成,其次为高空气流携带的内陆远源物质,主要物源地是辽东湾。冰期时,海平面下降,辽东湾和渤海裸露成陆而发生沙漠化,海底沉积物经强劲的西北风作用,被搬运到东侧海岸带沉降下来,与大气环流系统自内陆携带而至的风尘物质混合在一起,形成海岸带黄土。

关键词 辽东半岛 海岸带 黄土

黄土是我国典型的第四纪风成沉积物,主要分布于黄土高原和华北内陆地区。但是,在辽东半岛沿岸,也发育了厚层黄土,且具有陆相物质和海相物质的双重特征,有别于内陆黄土,是我国黄土堆积的又一种类型,本文将之称为海岸带黄土。

自 1987 年以来,我们曾几次在该区进行野外第四纪地质考察,并采集了大量样品进行实验室分析,为探讨海岸带黄土的形成和海域环境变迁积累了有价值的资料。本文除重点论述海岸带黄土的成因外,还对冰期渤海沙漠化问题提出了初步看法。

1 分 布 特 征

辽东海岸带黄土的宏观分布,具有明显的坡向性。半岛西北侧沿岸比较发育,从盖县仙人岛至旅顺老铁山,黄土堆积带长达 200 余公里(图 1-A)。半岛东南侧不发育,零星分布。大致以金州为界,半岛北部,黄土分布在西北沿岸,坡向性极为明显;东南沿岸分布很少。金州以南的大连地区,不仅分布广,而且厚度大,虽也具有坡向性,但远不如金州以北明显。在外长山列岛的个别岛屿上,只有少量黄土分布,如哈仙岛的黄土,覆盖在剥蚀平台的基岩之上,厚度仅 1—2m。

本区黄土无一定分布高度线,从海面到近百米高的范围内,填充于所有沟谷和低凹部位,披覆在各种古地形或老地层之上,依照原始地貌而展布。旅顺、大连营城子、牧城驿、于家崴子到金州大魏家一线,以黄土台地为主要地貌类型,往往覆盖于阶地之上,或覆盖

注:本文为国家自然科学基金资助项目(48900038)。

本文 1991 年 2 月收到,5 月改回,王子国编辑。

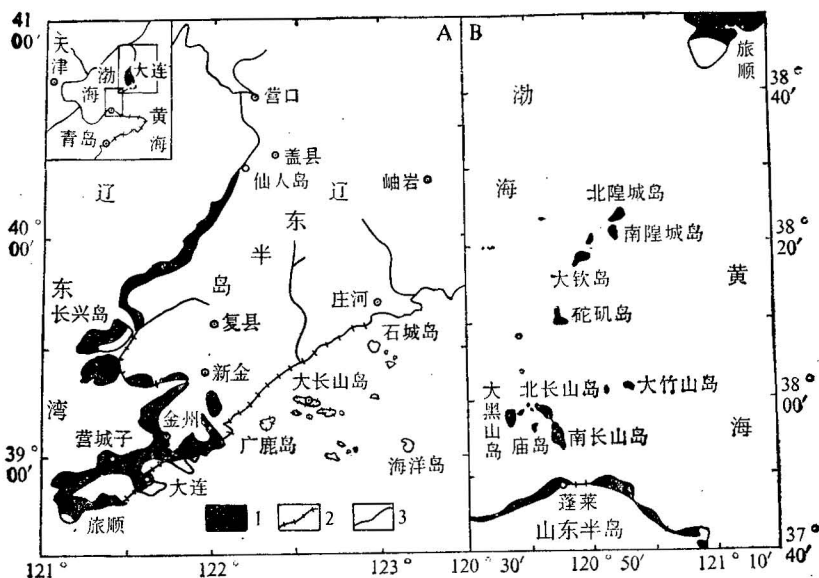


图 1 辽东半岛及邻区海岸带黄土的分布

Fig. 1 Distribution of Coastal Zone Loess in the Liaodong Peninsula and neighbouring regions

1. 黄土主要分布岸段; 2. 黄土零星分布岸段; 3. 无黄土分布岸段
1. Major distributive coast of the loess; 2. fragmentary distributive coast of the loess; 3. loess-barren coast

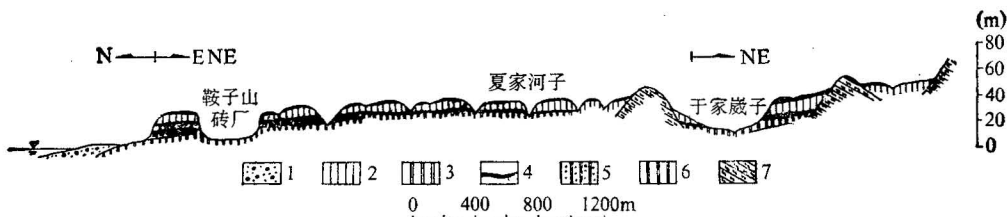


图 2 大连鞍子山砖厂——于家砬子第四纪地层剖面

Fig. 2 Structural section of Quaternary stratigraphy from Anzhishan to Yuliawazhi, Dalian

1. 砂砾石; 2. 晚更新世黄土 (Q_3); 3. 中更新世黄土 (Q_2); 4. 古土壤或古风化层; 5. 粘土质砂 ($Q_1?$); 6. 红土风化壳 (N_2); 7. 基岩 (P_{tp})
1. Sand and gravel; 2. Upper Pleistocene loess (Q_3); 3. Middle Pleistocene loess (Q_2); 4. paleosol and paleoweathering layer; 5. clayey sand ($Q_1?$); 6. lateritic weathering crust (N_2); 7. bedrock (P_{tp})

在山麓剥蚀平原、低丘及上新世剥夷面上(图 2)。本区黄土厚度一般为 10—25m, 最厚可达 30m, 上部晚更新世黄土厚度 10—20m; 下部中更新世黄土较薄, 一般小于 6m。

结合渤海海峡、庙岛群岛和山东蓬莱海岸带黄土的分布特征(图 1-B), 可以看出, 它们与本区海岸带黄土组成了更大规模的南北向黄土带, 介于北纬 36° — 40.5° 和东经 120° — 123° 之间, 呈现出显著的地带性规律。地理位置上, 该带恰处渤海东侧海岸带, 这就为探讨黄土的形成机制及渤海古环境变迁等问题提供了宏观证据。

2 黄土地层

辽东海岸带黄土的堆积,明显地受原始地形控制。黄土堆积之前,本区以流水作用、剥蚀作用和波浪作用为主,形成了沟谷、剥夷面及各种海岸地貌。此后,黄土堆积填平了沟谷、山凹,并覆盖了缓平坡地和海滨阶地,再经后期流水作用改造,形成了独具特色的海岸带黄土地貌。山前低地和沟谷的海滨黄土厚度最大,可分为晚更新世黄土和中更新世黄土,分别称为马兰黄土和离石黄土。前者在大连地区比较发育,后者则主要分布在山东半岛蓬莱沿岸和庙岛群岛。在蓬莱林格庄、大黑山岛和砣矶岛等地发育了良好的黄土-古土壤剖面^[1,2],而在本区发育较差。

2.1 中更新统离石黄土

离石黄土(图3)在本区部分岸段和剖面有出露,呈棕黄色,岩性为粘土质粉砂,质地均一,较致密,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。顶部普遍发育一层红棕色古土壤,其产状随古地形变化,它是离石黄土与马兰黄土的分界线,其上被马兰黄土所超覆。土壤剖面发育不全,主要为粘化层,块状结构,具Fe、Mn浸染膜,矿物风化较强,碳酸盐含量甚微,高岭石、 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 含量远远高于黄土母质。在少数样品中发现有孔虫化石,如*Buccella frigida*, *Cribronion* sp. 和 *Elphidium magellanicum* 等,壳体保存不好,破损严重,有的甚至难以定名。

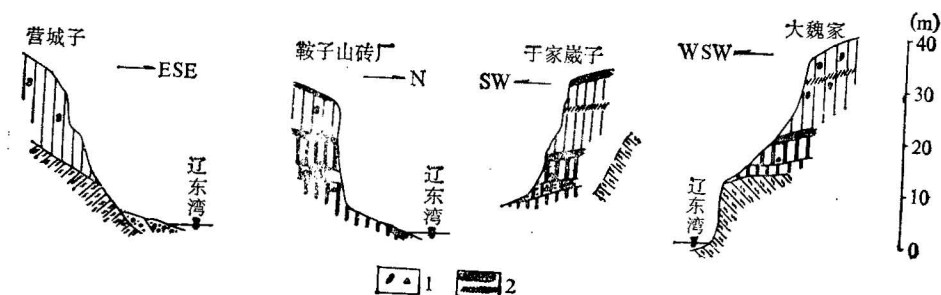


图3 辽东海岸带黄土典型剖面

Fig. 3 Typical section of the Coastal Zone Loess in the Liaodong Peninsula

1. 钙质结核和小角砾; 2. 古土壤及古风化层

(其它图例见图2)

1. Calcareous nodules and small angular fragments; 2. paleosol and paleoweathering layer (Other legend can be seen in Fig. 2)

关于离石黄土的形成时代,据古地磁测定结果,属于布容正极性世。从性状上看,与内陆的和庙岛群岛、蓬莱沿岸的中更新世黄土相当^[1-3]。顶部古土壤及其与马兰黄土间存在的间断面,代表了较长时期的沉积间断。基于这些事实,推测本区离石黄土形成于中更新世。

2.2 上更新统马兰黄土

马兰黄土(图 3) 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, 还可以见到另外一层棕色古风化层, 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。

各剖面的马兰黄土中, 普遍含海相有孔虫化石, 含量较低 (5—25 枚/50 克样品)。多数壳体完整, 但均已遭受磨蚀, 壳面粗糙。个别的缝合线由于磨蚀而不清楚, 也可见到磨蚀的小洞。有孔虫个体很小, 多小于 $100\mu\text{m}$, 全为小有孔虫。以营城子剖面为例, 自上而下分别含下列有孔虫:

(1) *Ammonia beccarii* Vars., *Buccella frigida*, *Elphidium magellanicum*, *Protephidium* sp., 含量 17.2% (与该剖面全部有孔虫枚数之比)。

(2) *Ammonia beccarii* Vars., *Buccella frigida*, *Elphidium magellanicum*, *Cribronion poeyanum*, 含量 10.9%。

(3) *Buccella frigida*, *Elphidium magellanicum*, *Ammonia* sp., 含量 4.7%。

(4) *Cribronion gnythosuturatum*, *Elphidium magellanicum*, *Ammonia* sp., 含量 32.8%。

(5) *Elphidium magellanicum*, *Ammonia beccarii* Vars., 含量 20.3%。

(6) *Buccella frigida*, *Ammonia confertitesta*, *Elphidium magellanicum*, 含量 12.5%。

(7) *Elphidium magellanicum*, 含量 1.6%。

更引人注目的是, 马兰黄土中, 还含有少量放射虫, 如太阳盘虫 (*Helioliscus*) 和剑球虫 (*Xiphosphaera* sp.)。这些有孔虫和放射虫, 表明了海岸带黄土与海相沉积物的密切关系。

在大魏家马兰黄土上部(地表以下 2m) 采集的钙结核, 经 ^{14}C 实验室测定, 年龄为距今 $10\,600 \pm 100\text{a}$, 与庙岛群岛晚更新世黄土上部的 ^{14}C 年龄一致^[1,2]。热发光测年资料, 显示了较老的年龄, 介于距今 20 000—44 000a 之间³⁾。综合测年数据及古地磁资料, 辽东海岸带的马兰黄土主要形成于晚更新世中—晚期。

3 黄土的物质成分特征

按照我国内陆黄土堆积的总格局, 本区已接近中国黄土分布区的东界, 其岩性应以粘黄土为特征^[3], 稳定矿物应多于不稳定矿物。但是, 本区黄土尤其马兰黄土恰恰相反, 却以砂黄土为特征, 稳定矿物少于不稳定矿物。在某些剖面, 细砂含量高达 50% 以上。

3.1 粒度特征

辽东海岸带的马兰黄土粒度, 远比离石黄土粗, 并且不同剖面的马兰黄土, 其粒度也

1) 沈冬. 辽东半岛第四纪沉积物及环境变迁. 1987.

有所区别(表1)。就全区而言,马兰黄土的细砂含量为 18.8%—69.5%,平均值为 44.1%;粉砂含量为 19.1%—57.9%,平均值为 32.5%;粘土含量为 13.6%—28.2%,平均值为 18.8%;中值粒径和平均粒径分别为 3.9ϕ 和 5.2ϕ ,属粗粉砂—细砂粒级¹⁾。

离石黄土的细砂含量为 12.0%—35.2%,平均值为 24.1%;粉砂含量为 27.9%—62.5%,平均值为 45.2%;粘土含量为 21.3%—33.3%,平均值为 27.4%;平均粒径为 6.84ϕ ,属粉砂粒级。

表 1 不同地区黄土粒度成分比较(平均值)

Table 1 Comparison between particle size composition of loess in various areas (average value)

地 层	地 区		粒级含量(%)				粒度特征值(ϕ)		
			中 砂 ($<2\phi$)	细 砂 ($2-4\phi$)	粉 砂 ($4-9\phi$)	粘 土 ($>9\phi$)	Mz	Md	QD
晚更新世 黄土	本 区	营城子	0.8	57.6	25.7	16.1	4.7	3.7	1.0
		大魏家	12.0	43.0	24.5	20.4	5.1	3.4	2.1
		于家崴子	1.0	31.7	47.3	20.0	5.9	4.6	1.8
		平均值	4.6	44.1	32.5	18.8	5.2	3.9	1.6
	北隍城岛*		0.8	42.6	42.4	14.3	5.4	4.2	2.1
	南长山岛*		0.5	22.0	62.3	15.2	5.7	4.7	2.1
	陕西洛川 ^[4]			4.8	76.8	18.4	6.6	6.0	2.2
中更新世 黄土	本 区		3.3	24.1	45.2	27.4	6.8	5.3	2.9
	陕西洛川 ^[4]			4.1	76.3	19.2	6.6	6.1	2.2

* 李培英. 山东庙岛群岛的第四纪沉积物与环境变迁. 北京大学研究生论文. 1984.

由表 1 可见,马兰黄土的颗粒级和含量,本区与庙岛群岛北部岛屿比较接近,与南部岛屿差别较大。离石黄土各粒级的含量分布,在这几个地点变化不大。

本区马兰黄土中的细砂含量占 44.1%,而洛川马兰黄土中细砂含量只占 4.8%,粉砂含量却不到洛川马兰黄土的一半。再者,本区新、老黄土的中值粒径均小于洛川黄土。显然,本区黄土比洛川黄土粗得多(表 1)。

在正态概率曲线上(图 4),本区和庙岛群岛的黄土均表现为 3 段型,具有粗截点和细截点。马兰黄土的粗截点和细截点分别在 3ϕ 和 5ϕ 左右;离石黄土的粗截点小于 3ϕ ,细截点在 $5-6\phi$ 之间。洛川黄土的概率曲线^[4]则呈两段型,且新、老黄土的截点较接近,均在 $6.5-7\phi$ 之间。这种差别表明了黄土的物质来源和堆积环境,本区与庙岛群岛比较接近,与洛川有所不同。

1) 本文涉及的实验数据和分析资料,除注明来源之外,均为国家海洋局第一海洋研究所及有关实验室的分析结果。

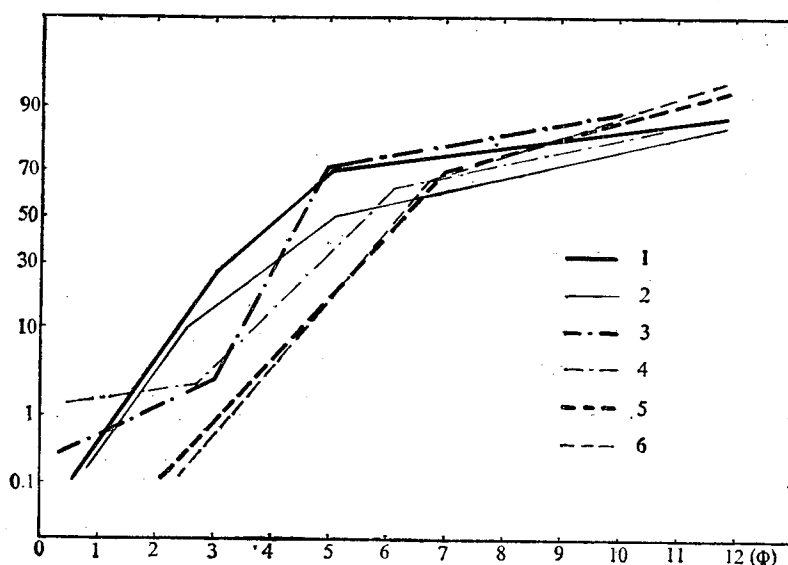


图 4 黄土粒度正态概率曲线

Fig. 4 Normal probability curves of Liaodong Loess, Miaodao

Loess and Luochuan Loess

1. 辽东马兰黄土; 2. 辽东离石黄土; 3. 庙岛群岛马兰黄土; 4. 庙岛群岛离石黄土;
5. 洛川马兰黄土; 6. 洛川离石黄土

1. Malan Loess of Liaodong; 2. Lishi Loess of Liaodong; 3. Malan Loess of Miaodao;
4. Lishi Loess of Miaodao; 5. Malan Loess of Luochuan; 6. Lishi Loess of Luochuan

3.2 碎屑矿物

辽东海岸带黄土中的碎屑矿物成分复杂, 种类约 30 种, 其中以轻矿物为主, 含量 96.0%—97.36%, 重矿物仅占 2.64%—4.00%。轻矿物以石英、长石为主, 约占 90% 左右。含有少量岩屑, 其中离石黄土含量较高。重矿物以闪石类、不透明矿物和帘石类为主, 尤以普通角闪石、钛铁矿和绿帘石的含量最高。马兰黄土中的普通角闪石平均含量达 61.39%, 离石黄土的为 46.43%。不稳定矿物含量, 马兰黄土高于离石黄土, 稳定矿物的含量恰好相反。反映矿物稳定程度的系数 R , 本区马兰黄土和离石黄土分别为 4.45 和 2.10。 R 值越小, 越趋于稳定, 反之越不稳定。这说明离石黄土比马兰黄土稳定, 而且沉积环境可能有所差异。

本区黄土与内陆黄土相比, 矿物种类和优势重矿物组合保持较大的一致性, 但其含量相差较大(表 2)。不稳定矿物的平均含量, 本区马兰黄土为 66.76%, 洛川马兰黄土为 20.48%; 稳定矿物加极稳定矿物的平均含量, 本区为 15.01%, 洛川为 37.70%; 稳定系数 R , 本区为 4.45, 洛川仅为 0.54。显然, 本区马兰黄土远不如内陆马兰黄土稳定, 这与中国黄土自西北向东南其稳定成分逐渐增加、不稳定成分逐渐减少的趋势悖逆, 从而反映出两者物源和堆积环境的不同性。

表 2 不同地区晚更新世黄土的重矿物含量比较(平均值)

Table 2 Comparison between heavy mineral contents of the Upper Pleistocene loess in various areas (average value)

地 层	地 区		重矿物组合(%)							R*
			不稳定 矿物	较稳定 矿物	稳定矿物	极稳定 矿物	闪石类	帘石类	不透明 矿物	
马 兰 黄 土	本 区	营城子	63.03	20.30	14.93	1.50	60.83	12.67	12.43	3.84
		大魏家	70.50	15.00	12.80	0.80	68.30	7.50	13.08	5.18
		平均值	66.76	17.65	13.86	1.15	64.56	10.09	12.76	4.45
	庙岛群岛		44.18	24.41	26.15	4.18	38.28	15.86	22.69	1.46
	蓬莱沿岸		41.94	38.64	15.67	3.03	33.54	26.13	14.53	2.24
	陕西洛川 ^[3]		20.48	38.70	32.59	5.11	15.77	26.19	28.09	0.54

$$* R = \frac{\text{不稳定矿物}}{\text{极稳定矿物} + \text{稳定矿物}}$$

3.3 粘土矿物成分

通过 X 射线图谱分析和半定量计算,本区黄土中的粘土矿物主要是伊利石,其次为绿泥石、高岭石和蒙脱石,含少量蛭石和混层矿物。由表 3 可见,马兰黄土中的伊利石含量低于离石黄土,而绿泥石和蒙脱石的含量则高于离石黄土。古土壤中的高岭石含量增高,其它的含量相对于黄土母质有所降低。

表 3 不同地区黄土中粘土矿物含量比较(平均值)

Table 3 Comparison between clay mineral contents of loess in various areas (average value)

地 层	地 区	相对含量(%)				伊利石结晶度 (h/D)
		伊利石 (I)	高岭石 (K)	绿泥石 (Ch)	蒙脱石 (M)	
马兰黄土	本 区	48.29	14.69	21.42	15.77	6.90
	庙岛群岛与蓬莱	50.64	14.98	21.08	13.38	8.93
离石黄土	本 区	69.72	12.52	9.82	7.94	9.50
	庙岛群岛与蓬莱	66.22	14.63	10.35	8.81	6.77

与邻区庙岛群岛和蓬莱沿岸的黄土相比,各矿物的含量和组合的差异不甚显著(表 3)。粘土矿物含量上的区域一致性,符合风积物的特点,使粘土矿物组合及含量在区域上不易出现明显的分异现象。所存在的差别,可能是环境因素和介质条件改变所引起的。

3.4 碳酸盐

黄土中的碳酸盐以白色菌丝、薄膜、钙管、粗粒斑晶、微粒集合体和结核等形式存在。新、老黄土的 CaCO_3 含量相差很大。马兰黄土的 CaCO_3 含量较高,一般为 3%—8%,平均

含量为 5.18%; 离石黄土和古土壤的 CaCO_3 含量极低, 为 0.4%—1.0%。剖面上, CaCO_3 含量自下而上呈节奏性波动上升(图 5), 并且在两种黄土交界处突变增高, 与庙岛群岛黄土的 CaCO_3 含量的垂向变化趋势基本一致¹⁾。由此表明, 本区中更新世以来的气候越来越变得干燥而寒冷, 并在其堆积过程中发生过干冷与温湿的周期性气候波动。这种波动在乌兰黄土中表现得比较明显, 而在离石黄土中, 由于 CaCO_3 含量低, 反映得不甚清楚。

4 辽东海岸带黄土的成因

由上述黄土的宏观特征和大量实验资料可以看出, 本区黄土与内陆黄土既存在许多共同之处, 但差别又十分显著。与邻区庙岛群岛和山东蓬莱沿岸的黄土保持更大的一致性, 且某些成分具有明显的水平分异现象。这与搬运黄土物质的动力因素、物源区、气候条件及冰期渤海是否出现沙漠化等一系列问题有关。

4.1 动力因素

本区黄土的分布遵循着显著的坡向性、地带性和超覆性等规律, 其分布范围上达海拔近百米的山麓, 下抵海边, 甚至海底(据 1985 年海缆路由调查, 位于老铁山海峡西侧、辽东湾口东南部的 B210 孔, 孔深 75—82cm 的柱状岩芯为黄土沉积层。); 填充于所有沟谷和低凹部位, 并披覆在各种古地貌之上; 质地均一, 无层理, 以发育柱状节理为特点。因此, 这种海岸带黄土既不具备任何水流作用的痕迹, 也缺乏残一坡积作用的证据, 明显地反映了风力是搬运黄土物质的主要动力因素。

黄土中石英砂的磨圆程度给上述结论提供有力佐证。实体显微镜观察结果, 离石黄土中的石英砂棱角多数具有圆化现象, 部分磨圆度较好; 乌兰黄土中的石英砂磨圆更好, 呈球形和次圆形者占 50% 以上。据牟昀智等所进行的电镜分析结果^[3], 本区乌兰黄土中多数石英砂粒表面可见蝶形坑和新月型撞击坑, 无论是粗粉砂级, 还是细砂级, 多数颗粒呈次圆状或球状, 且表面有密集的麻点, 这些都是干燥气候条件下风力作用的典型特征。

至于搬运黄土物质的动力方向, 从本区黄土主要分布在辽东湾东侧海岸带来看, 西北风居于优势。本区地处我国东部季风区, 这种气候格局早在第四纪初就已形成^[4], 冬季干冷的西北气流控制作用也已出现。冰期广大海域出水成陆, 强劲的西北风携带大量沙尘降落在海岸带, 形成海岸带黄土是完全可能的。

4.2 物质来源

本区黄土远比内陆黄土粗。乌兰黄土中小于 5ϕ 的颗粒(主要为细砂和极粗粉砂)的

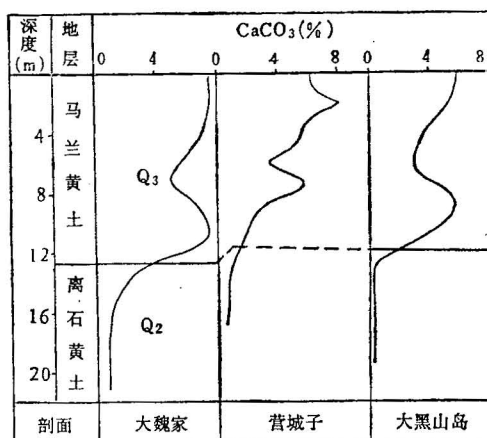


图 5 海岸带黄土的 CaCO_3 含量变化曲线

Fig. 5 Percentage of CaCO_3 in the Coastal Zone Loess

1) 李培英. 山东庙岛群岛的第四纪沉积物与环境变迁. 北京大学研究生论文. 1984.

含量高于 50%，一般为 55%—75%；离石黄土中小于 5ϕ 的颗粒含量一般为 40%—60%，总平均在 49% 左右。因此，细砂和极粗粉砂构成了本区马兰黄土和离石黄土的主体，这只能是低空气流搬运而来的近源沉积物，而不可能是高空气流携带而来的内陆远源物质。再者，从大连向南至庙岛群岛再到蓬莱沿岸，在距离不到 200km 的范围内由粗变细的规律如此明显，也只能是小尺度低空气流活动之结果，而非大尺度高空气流所实现。

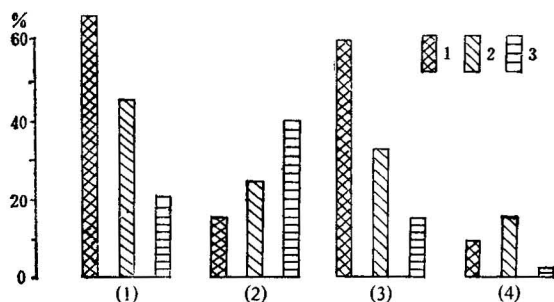


图 6 重矿物平均含量比较图

Fig. 6 Comparison between percentages of heavy minerals in loess

1. 本区马兰黄土；2. 辽东湾沉积物；3. 洛川马兰黄土
(1) 不稳定矿物；(2) 稳定矿物和极稳定矿物；
(3) 普通角闪石；(4) 钛铁矿

1. Malan Loess of this region; 2. sediments in the Liaodong Bay; 3. Malan Loess of Luochuan;
(1) unstable minerals; (2) stable minerals and extreme stable minerals; (3) hornblende; (4) ilmenite

将本区黄土的重矿物成分与渤海沉积物相比，可看出二者具有密切的关系。重矿物组合以及普通角闪石、绿帘石和钛铁矿的平均含量，马兰黄土与辽东湾沉积物比较接近^[7]，与内陆马兰黄土^[3]相差较大(图 6)。

黄土中，石英砂表面不仅发育风成形态，而且也存在 V 型撞击坑和贝壳状断口等水力作用的形态^[9](图 3)。这些形态既显示了水动力的痕迹，又体现了风力的结果。从作用的顺序来看，水力作用早于风力作用。

海相微体化石在本区马兰黄土中普遍存在，既不拘地点和剖面，也不拘深度和部位，反映了二者高度混合的特征。有孔虫个体小，多数壳体完整且外壳磨蚀严重，这说明它们是伴随

辽东湾海相沉积物被风吹颶到本区，堆积在黄土之中的。

本区离石黄土中含少量有孔虫化石，也表明了与海相沉积物的密切关系。化石含量少，可能是因为经过漫长地质时期的黄土化过程，有孔虫壳体遭到溶蚀，难以保存。不过，辽东湾沉积物并不一定是离石黄土的唯一物源，从其中所含砂级岩屑来看，当地基岩风化物质也部分地参与了离石黄土的堆积过程。

辽东半岛地处东亚季风区，据大连历年来气象资料得知，冬季受蒙古冷高压控制，除西北风之外，东北风和北风的频率也比较高。近地表风速大，风力强，基岩风化物质被风吹颶起来，经过短距离搬运或原地起砂，而后降落在本区甚至辽东湾和渤海平原。但是，相对于西北风搬运的辽东湾物质来说，这部分又是次要的。因为西北向低空气流在本区毕竟居于主导地位，裸露的辽东湾沉积物远比当地风化物质丰富得多。

综上所述，作者认为：本区马兰黄土和离石黄土都主要由低空气流搬运的近源物质组成，其次为高空气流携带的内陆远源物质，主要物源地是辽东湾；其中，离石黄土少部分来自于当地的基岩风化物质。

4.3 古气候与沉积环境

在辽东海岸带黄土中，孢粉贫乏，其中马兰黄土中的孢粉含量高于离石黄土。孢粉以

草本为主,木本很少。草本中又以蒿属(*Artemisia*)为主,可占总孢粉量的60%—90%,还有藜科(*Chenopodiaceae*)、葎草(*Humulus*)和松属(*Pinus*)等,反映了稀树草原或干草原的植被景观(图7)。渤海冰期陆相地层中的孢粉也很少,且以蒿、藜居绝对优势^[8],其孢粉图式所反映的气候特点与本区黄土所反映的基本一致。

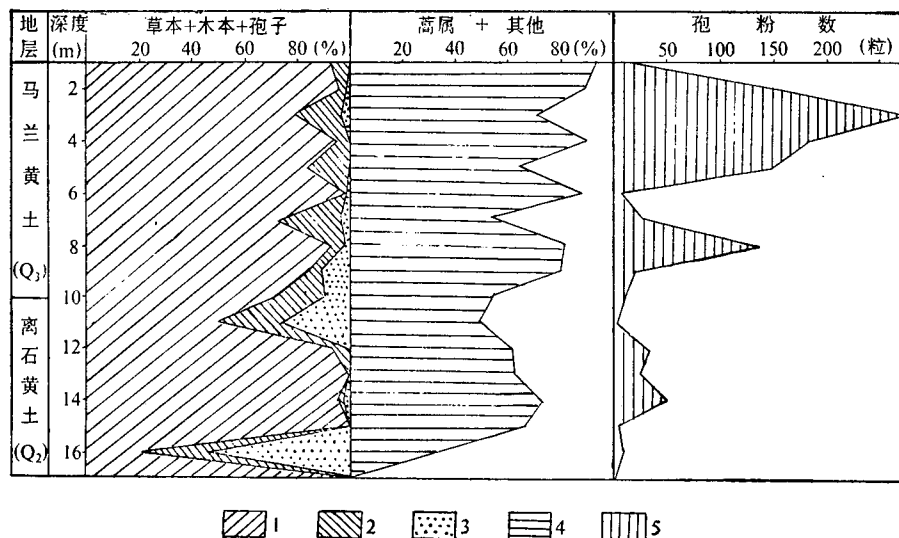


图7 大连鞍子山砖厂黄土剖面孢粉简图

Fig. 7 Sporopollen diagram of the loess section in the Anzhishan Brickfield, Dalian

1. 草本; 2. 木本; 3. 孢子; 4. 蒿属; 5. 孢粉量

1. Herb; 2. woody plant; 3. spore; 4. Artemisia; 5. quantity of spore-pollen

自80年代初以来,在邻区庙岛群岛的马兰黄土中,相继发现了晚更新世的古脊椎动物化石,如安氏鸵鸟蛋(*Struthiolithus anderssoni*)、赤鹿角(*Cervus canadensis*)和梅花鹿角(*Cervus nippon*)等,也能说明黄土堆积时的气候是干燥寒冷的^[1,2,3,9]。

马兰黄土所含有孔虫的优势种属是冷水面颊虫(*Buccella frigida*)、缝裂企虫(*Elphidium magellanicum*)和波伊艾筛九字虫(*Cribronion poeyanum*)等,都属于冷水性种^[10]。

总之,上述所有生物种属都反映了干冷的冰期气候和环境。那时,气候带南移,全球海平面大幅度下降,渤海出水成陆,被干冷气候所控制。裸露在海底平原上的海相沉积物,为本区黄土的堆积提供了充足的物质来源。马兰黄土主要形成于晚更新世中—晚期,恰好反映了黄土堆积期与冰期低海面期相吻合。

援引前述离石黄土的物质成分特征,粘土含量远远高于马兰黄土;不稳定矿物、蒙脱石、绿泥石和碳酸盐含量低于马兰黄土;孢粉和有孔虫的含量也很低;矿物风化较强,这些均说明离石黄土堆积时的气候不如马兰黄土堆积时那么干冷,略为温湿。此外,本区离石黄土及其古土壤与内陆所不同的是,碳酸盐含量极低,古土壤粘化层之下不发育钙积层,可能是由于辽东半岛及其周围海域的气候条件更为湿润的缘故。

在离石黄土堆积之前,本区处于陆地环境,经历了漫长地质时期的侵蚀夷平,形成了广阔的准平原,并在新世发育了红土风化壳。早更新世,地表仍继续遭受侵蚀,局部地区形成坡—洪积物。至中更新世,气候向干寒方向变化,随着冰期的到来与发展,附近海域出水成陆,低空气流从辽东湾颶起沙尘东运,与当地的基岩风化物和高空沉降的粉尘混合在一起,以披盖形式堆积在风化壳和其它岩层之上。离石黄土堆积的初期,尚存在流水作用,因而在底部常形成角砾层,或使少量岩屑和小角砾混杂在黄土中,向剖面上部渐渐过渡为典型黄土。中更新世末,在离石黄土顶部发育了一层红棕色古土壤,其上又堆积了马兰黄土。在马兰黄土堆积过程中,曾经历过气候波动,在相对温湿阶段,形成了古风化层。

4.4 黄土堆积与冰期辽东湾沙漠化的关系

大量研究表明,黄土与沙漠具有密切的相关性。我国黄土高原的黄土来自于西北沙漠,华北黄土与内蒙沙漠有关^[9]。从本区黄土主要源于辽东湾沉积物来看,黄土堆积时的辽东湾也可能处于沙漠环境,或者说至少经历了相当规模的沙漠化过程,才能为本区黄土堆积提供如此大量的细砂和粗粉砂。不难推断,本区黄土应是冰期辽东湾沙漠化的相关沉积物,现在的辽东浅滩可能是马兰黄土的相关沙漠体。

冰期时,海水退出辽东湾,尤其玉木主冰期,渤、黄海全部裸露成陆,当时的辽东湾处于大陆的中心,离海岸的距离达千余公里,比现今内陆沙漠区(现今内蒙沙漠东南缘距海仅几百公里)具有更为有利于产生沙漠化的气候条件与环境。那时,蒙古冷高压控制着辽东湾乃至渤、黄海,海洋气候系统几乎被破坏,干冷的气候和强劲的西北风,使得陆架上风沙肆虐,沙丘漫漫,植物稀少,脊椎动物无法生存而灭绝,到处呈现“生灵难觅沙茫茫”的荒凉景象。

冰期海底沙漠化过程与海岸带黄土的堆积发生在同一相关过程中。低海面时,裸露的砂质海底遭受强烈风蚀,形成风沙流向东南运移。粗颗粒做滚移式或跃移式运动,形成沙地或沙漠。部分沙尘随上升气流运行更远,当遇地形阻挡,产生垂直涡流,依自重分异规律沉降,堆积在半岛西北侧海岸带,此后经过黄土化过程而形成今日海岸带黄土。

最后还应说明的是,中、晚更新世,由于东亚季风气候和行星风系的控制作用,大量的粉尘随高空气流自亚洲内陆向东(或东南)运行,至黄河中游大部分降落下来,形成了黄土高原,但仍有少部分粉尘(细粉砂和粘土)继续东运,沿途沉降,并参与海岸带黄土的堆积过程,因而使本区黄土不仅粗,而且粘土含量高。此外,还有更细的少量粉尘继续向黄海方向运行,从而导致了黄海陆架上的晚更新世黄土堆积^[10]。

在野外工作中得到李家、王永吉和耿秀山等同志的支持和协助;庄云同志提供孢粉资料;贾秀芳、陆康、吕成功、张德玉、程振波、孔繁荣等同志分别协助进行粒度、矿物、化学、粘土、微体和年代等项实验工作,在此一并致谢!在论文编写中得到王永吉副研究员的热情指导并提出宝贵意见,曹家欣教授审阅了全文,谨致谢意!

参 考 文 献

1 曹家欣,李培英,石宁. 山东庙岛群岛的黄土. 中国科学(B),1987,(10):1116—1123.

- 2 李培英. 庙岛群岛的晚新生界与环境变迁. 海洋地质与第四纪地质, 1987, 7(4): 111—122.
- 3 刘东生等. 黄土与环境. 北京: 科学出版社, 1985.
- 4 刘东生等. 黄土的物质成分与结构. 北京: 科学出版社, 1966.
- 5 牟昀智, 李雪铭, 刘照斌. 大连滨海黄土堆积物中石英颗粒表面结构特征及其环境意义. 辽宁师范大学学报(自然科学版), 1989, (3): 57—60.
- 6 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理—地貌. 北京: 科学出版社, 1980.
- 7 陈丽蓉, 奕作峰, 郑铁民. 渤海沉积物中的矿物组合及其分布特征的研究. 海洋与湖沼, 1980, 11(1): 46—64.
- 8 中国科学院海洋研究所海洋地质研究室. 渤海地质. 北京: 科学出版社, 1985.
- 9 安芷生. 华北鸵鸟蛋化石的新发现及其显微结构的初步研究. 古脊椎动物与古人类, 1964, (3): 374—386.
- 10 郝诒纯等. 有孔虫. 北京: 科学出版社, 1980.
- 11 秦蕴珊, 赵一阳, 陈丽蓉, 赵松龄. 黄海地质. 北京: 海洋出版社, 1989.

THE COASTAL ZONE LOESS OF THE LIAODONG PENINSULA, LIAONING PROVINCE

Li Peiying, Cheng Zhenbo, Lu Houyuan

(*First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao, Shandong*)

and Liu Guohai

(*Liaoning Teachers University, Dalian, Liaoning*)

Abstract

This paper discusses the cause of the formation of the Coastal Zone Loess of the Liaodong Peninsula in Liaoning Province. The loess is composed mainly of proximal materials transported by low-altitude air flow and less commonly of inland distal materials carried by high-altitude air flow. The main provenance is the Liaodong Bay. When the sea level declined during the glacial age, the bottoms of the Liaodong Bay and the Bohai Sea were exposed, where desertization occurred. As a result, the submarine sediments were transported by the strong northwesterly air current to the eastern coastal zone of the peninsula and then deposited there. These reworked materials from the sea floor mixed with the windblown dust carried by the atmospheric circulation system from the interior of the continent, thus forming the loess.

Key words: Liaodong peninsula, coastal zone, loess.

作 者 简 介

李培英, 1955年生。1984于北京大学毕业, 获硕士学位。几年来主要从事海岸与海洋第四纪地质的研究工作, 已发表多篇研究论文; 现任国家海洋局第一海洋研究所助理研究员。通讯地址: 中国青岛红岛路13号, 国家海洋局第一海洋研究所; 邮政编码: 266003。