

辽南滨海黄土的粒度分析和古气候*

李雪铭

(辽宁师范大学地理系, 大连 116022)

收稿日期 1989年12月9日

关键词 滨海黄土, 粒度, 古气候

提要 辽南滨海黄土具有沙黄土特征, 主要由末次冰期低海面裸露的渤海海底物质经西北风短距离搬运堆积而成; 黄土剖面中 22~3 ϕ 粒级含量高~低~高变化(粗~细~粗粒度韵律层), 表明沉积时干冷~湿凉~干冷的古气候特征及渤海海退~海侵~海退的历史。

辽东半岛南端面临渤海低山丘陵的滨海地带、坡麓沟谷、低洼谷地及河流的高阶地之上, 零星披覆着一层黄土堆积物, 厚度 3~15m, 有的可达 15~20m。与庙岛群岛黄土和洛川黄土相比, 其分布的坡向性、岩性、产状、结构及硬度等特征均具有相似之处, 是相同时期内的风成黄土。近年来, 对本区黄土已作了初步研究^[1,2], 本文就辽南夏家河黄土剖面粒度进行分析。

I. 黄土的粒度组成及成因

夏家河剖面位于大连市夏家河村海滨案子山山前坡麓, 出露厚度 8.5m, 上层厚 7.5m, 呈灰黄色, 结构疏松, 含植物根茎较多, 垂直节理发育; 下层呈红棕色, 质地均匀粘重, 无层理, 局部铁锰侵染, 没见底。剖面上层按 0.4m 间距采集 18 个黄土样进行粒度分析(采用乌登-温特思(Vdden-Wentworth)分类法^[3]), 结果见表 1。从表 1 看出主要为细沙(2~4 ϕ), 平均含量为 53.8%, 平均粒径 $\bar{X}(\phi)$ 4.20, 标准差 3.78, 分选极差¹⁾。表 2 表明黄土物源和沉积环境的差异。成漱敏朗认为, 以中沙为主要组分的风沙层的物源主要是海平面下降中滨海附近的海成沙^[7]。辽南滨海黄土具有类似的成因。

表 1 辽南滨海黄土粒度分布特征

Tab. 1 Grain-size distribution of seashore loess in south Liaoning

重量百分含量 项目	粒级										\bar{X} (ϕ)	σ
	砂			粉 砂					粘 土			
	1~2 ϕ	2~3 ϕ	3~4 ϕ	4~5 ϕ	5~6 ϕ	6~7 ϕ	7~8 ϕ	8~9 ϕ	9~10 ϕ	>10 ϕ		
范 围	1.4~ 11.0	20.3~ 43.2	10.4~ 21.1	14.0~ 27.8	1.1~ 5.9	0.7~ 8.7	0.9~ 8.7	0.6~ 7.9	0.5~ 3.3	0.5~ 5.5	3.55~ 5.38	1.98~ 4.58
平 均	5.20	38.27	15.53	18.30	3.70	5.20	3.30	5.40	1.60	3.40	4.20	3.78

图 1 为黄土粒度累积概率曲线。辽南黄土的截点在 80% (4.0 ϕ) 处, a, b 线则位于 60—65% (6.5 ϕ) 处。而以空气悬浮方式搬运的颗粒粒径一般为 4~6.5 ϕ ¹⁾ 或大于 4.3 ϕ ^[19,20]。因此辽

* 南京师范大学第四纪地质与泥炭研究室黄巧华同志测试粒度, 特表谢意。

1) 刘东生, 1985。

表 2 辽南黄土粒度分布同其他地区对比

Tab. 2 Comparison of loess grain-size along south Liaoning seashore with other areas

地 区	含 量 (%)				粒度特征值(ϕ)	
	中沙 <2 ϕ	细沙 (2~4 ϕ)	粉沙 (4~9 ϕ)	粘土 >9 ϕ	M_d	\bar{X}
辽南夏家河	5.20	53.80	35.90	5.00	3.85	4.21
山东蓬莱 ^①		14.55	58.65	26.70	5.41	
陕西洛川 (4)		4.82	76.77	18.41	6.00	6.64
庙岛群岛 (6)	1.17	24.74	58.77	18.41	4.60	5.54
兰州九州台 ^②		3.06	79.60	17.34	6.12	6.15

① 参考文献[5]中中、细沙级未分; ② 刘东生, 1985。

南黄土中小于截点 4.0 ϕ 的部分应属地面跃移和滚动搬运, 物源较近, 可能源于低海面时渤海海域周围。石英沙颗粒的表面特征支持了这一观点^[2]。这与庙岛群岛黄土的物源一致^[4]。

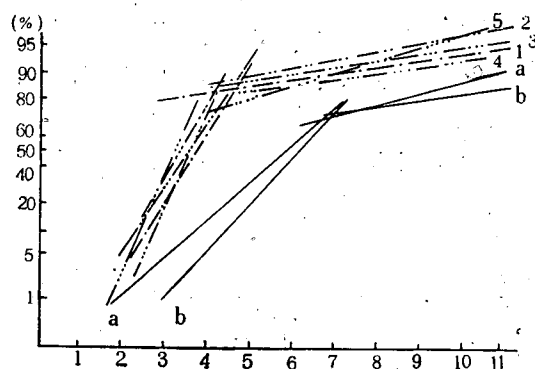


图 1 辽南黄土及其它地区黄土累积概率曲线
a. 陕西洛川; b. 庙岛群岛; 1~5. 辽南

Fig. 1 The accumulate possibility curve of loess in south Liaoning and other area

II. 粒度主成份分析和古气候变化

对于黄土堆积物, 平均粒径 ($\bar{X}\phi$) 比较全面地表征颗粒组成的基本特征, 反映了搬运介质作用力(风力)平均能量的大小, 是形成环境的一个重要指标。对于变差系数大(分选极差)的辽南滨海黄土, 平均粒径值并非是一个反映古气候变化的理想指标。为此, 我们运用主成份分析方法, 将原来多个因子化为少数几个综合指标, 确定各个因子(粒级)在滨海黄土的搬运, 堆积过程的作用, 从中挑选最能反映滨海黄土组成及反映沉积环境变化的粒度因子(粒级)。把表 1 中滨海黄土的各粒级看作因子(即: $x_1 = 1\sim 2\phi$, $x_2 = 2\sim 3\phi$, ..., $x_{10} = >10\phi$), 各样品粒级重量百分含量为样本值(共 18 个)进行粒度主成份分析, 求出原始数据相关系数矩阵的特征向量和特征值(表 3, 表 4)。

从表 4 看出, 前 3 个 (I, II, III) 主成份累积已占数据总方差 96.20%, 成为主导成份。根据表 3 第 I 主成份代表 x_2 变量(最大相关值, 负号代表负相关, 以下相同), 第 II 主成份代表 x_7 变量, 第 III 主成份代表 x_{10} 变量。主成份分析表明, 滨海黄土粒度分布仅用 x_2, x_7, x_{10} 3 个因子就可说明。3 个因子中成为主导因子应首推 x_2 这是滨海黄土以跃移和地面滚动方式搬运最敏感的粒

表3 辽南滨海黄土粒度数据相关矩阵的特征向量

Tab. 3 Eigenvectors of grain-size data relative matrix of seashore loess in south Liaoning

特征值 因子	特征向量编号									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
x_1	0.24	0.33	0.32	-0.28	0.31	-0.33	-0.34	-0.33	-0.33	-0.32
x_2	-0.71	-0.23	0.29	0.42	0.06	-0.14	-0.14	-0.13	-0.20	-0.25
x_3	0.39	0.01	-0.31	0.45	0.55	-0.04	-0.27	-0.26	0.32	-0.03
x_4	0.30	-0.12	-0.13	0.56	-0.54	-0.34	0.16	0.26	0.08	-0.19
x_5	-0.02	-0.14	0.10	0.09	-0.17	-0.34	-0.20	-0.28	0.12	0.80
x_6	-0.16	0.31	-0.13	0.09	0.37	-0.62	-0.17	0.29	0.44	-0.12
x_7	-0.27	0.72	-0.29	0.28	-0.19	0.19	0.16	-0.35	0.10	0.08
x_8	-0.13	-0.06	-0.14	-0.16	0.10	-0.41	0.59	-0.09	-0.06	0.21
x_9	-0.09	0.29	0.02	0.10	-0.12	0.19	-0.44	0.65	-0.38	0.24
x_{10}	0.25	0.29	0.75	0.29	0.27	0.05	0.31	0.10	0.09	0.12

表4 与表3特征向量对应的特征值

Tab. 4 Eigenvalues corresponding to eigenvectors at Tab. 3

特征向量	特征值	占总方差的百分数 (%)	总方差 (累积百分数 %)
I	8.380	83.80	83.80
II	0.890	8.90	92.70
III	0.350	3.50	96.20
IV	0.240	2.40	98.60
V	0.093	0.93	99.53
VI	0.031	0.31	99.84
VII	0.014	0.14	99.98
VIII	0.008	0.08	100.00
IX	0.002	0.02	100.00
X	0.0002	0.002	100.00

级,也可称为指示性粒级。整个剖面中它的含量为 20.3~43.2% (表 1),变化幅度明显。2~3.4 ϕ 粒级的(细沙)起动临界风速大于 5m/s^[10]。某一粒级沙的输沙率同风速存在 3 次方正比例关系^[11]。

根据 2~3 ϕ 粒级含量变化(图 2)将辽南地区末次冰期分为 3 个古气候及环境变化阶段。

II. 1. 末次冰期早期阶段 相当于剖面下部 2~3 ϕ 高含量段。此时属玉木冰期 I 阶段,渤海海面在现在海平面以下 70~80m。约 69 000~60 000a 前发生的海侵,范围在黄海 50m 等深线^[14]。渤海为陆相环境,裸露的海底粗物质经强劲的西北风吹蚀主要以地面跃移和滚动方式堆积在迎风山麓和谷地中形成了粒级偏粗的黄土层下部(粗粒层),热释光测定年龄距今 60 000a 左右^[1]。

II. 2. 末次冰期中期阶段 气候转暖,海面上升,粗粒物质来源减少。根据黄土沉积速率^[1]推算,黄土细粒层堆积时代相当于末次冰期的亚间冰期。渤海西岸发生了献县海侵^[13]。渤海处于 20~30m 的浅海环境^[15]。这种环境不利于地面跃移和滚动搬运,以悬浮方式搬运的粉沙,粘土含量上升,形成滨海黄土的细粒层。

II. 3. 末次冰期晚期阶段 对应剖面上层 2~3 ϕ 高含量段。在黄土高原北沿见到风成沙夹在黄土中^[16],马兰黄土上部颗粒度粗^[8]。中国东部海岸线向外推出 500~600km^[17],整个渤海早已

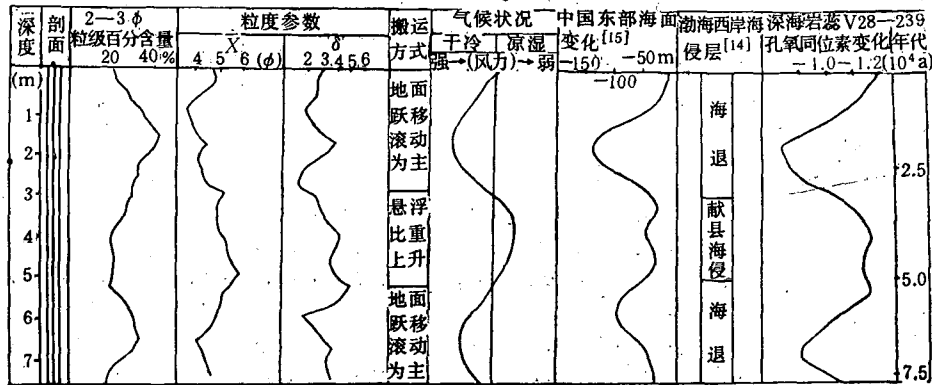


图 2 辽南黄土粒度变化反映的古气候及同其它地区的对比

Fig. 2 The paleoclimate changes reflected by loess grain-size in south Liaoning and comparison with other areas

出露成陆而生活着披毛犀、猛犸象动物群^[18]，反映出寒冷干燥的气候环境。从蒙古高压来的强劲西北风使渤海海底沙又以跃移和滚动方式搬运堆积形成了上部粗粒层，2~3φ含量明显增高，最高达40.00%，高于下层粗粒层中2~3φ含量，反映出气候的干燥寒冷达到末次冰期的盛期。大连庙西和牧城释等地黄土剖面顶部热释光测定为距今22000±200a^[1]。庙岛群岛，蓬莱地区马兰黄土也主要形成于这个时期^[6]。

由此可见，辽南滨海黄土剖面中2~3φ粒级含量高~低~高（粗~细~粗粒度韵律）变化主要受到末次冰期蒙古高压强弱和渤海的海退、海侵控制。它所反映的冰期时干冷~凉湿~干冷的古气候特征与滨海黄土3个孢粉组合带¹⁾相吻合，同邻近地区的冰川性海面变化阶段和深海岩芯氧同位素段也存在良好的对应关系（图2）。

主要参考文献

- [1] 焦亚宁、魏成凯等，1987。辽东半岛黄土的初步研究。地理科学 7(3): 231~236。
- [2] 牟昫智、李雪铭等，1989。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)3: 57~61。
- [3] 成都地质学院陕北队，1978。沉积岩(物)粒度分析及其应用，地质出版社，第3页。
- [4] 刘东生等，1966。黄土的物质成份与结构，科学出版社，第27页。
- [5] 赵奎寰，1983。从矿物学探讨庙岛群岛黄土成因。海洋科学 3: 29~32。
- [6] 曹家欣、李培英等，1987。山东庙岛群岛的黄土。中国科学(B辑)16: 1116~1123。
- [7] 广州地理研究所地貌第四纪研究室(译)，1986。海平面。科学出版社，265~269页。
- [8] 安芷生、卢演铸，1984。华北晚更新世马兰期气候地层划分，科学通报 4: 228~231。
- [9] 刘承祚、孙惠文，1981。数学地质基本方法及应用。地质出版社。326~330页。
- [10] 吴正，1987。风沙地貌学。科学出版社。20~67页。
- [11] 钱宁等译，1959。风沙和荒漠沙丘物理学。科学出版社，第242页。
- [12] 王靖泰、汪品先，1980。中国东部晚更新世以来海面升降与气候变化。地理学报 35(4): 299~311。
- [13] 赵松龄、张宏才，1978。渤海地区近20万年以来的海面变化。海洋科学 9(3): 10~14。
- [14] 徐家声等，1981。最末一次冰期的黄海——黄海古地理若干新资料的获得及研究。中国科学 5: 605~613。
- [15] 黄庆福、苍树溪，1985。从动物群化石看渤海晚第四纪古环境演变史，海洋地质与第四纪地质 5(3): 27~38。
- [16] 董光荣、李保生等，1983。鄂尔多斯高原的第四纪古风成沙，地理学报 38(4): 341~347。
- [17] 任美镔等，1980。记现实主义原则在海洋地质学中的应用，海洋学报 2: 94~111。
- [18] 施雅风、崔之久等，1989。中国东部第四纪冰川与环境问题，科学出版社，第356页。
- [19] Gillette, D. A. et al., 1980. Threshold velocities for input of soil particles into the air by desert soils.

1) 牟昫智、李雪铭，1989。辽东半岛南部滨海黄土的特征及沉积环境。

J. geophys. Res. **85** (c10): 5624-6630.

[20] Iversen, J. D. et al., 1982. Saltation threshold on earth Mars and Venus. *Sed.* **29**: 111-119.

THE GRAIN-SIZE ANALYSIS OF AND PALAEOCLIMATE INDICATED BY SEASHORE LOESS IN SOUTH LIAONING

Li Xueming

(*Department of Geography, Liaoning Normal University, Dalian 116022*)

Received: Nov. 9, 1989

Key Words: Seashore loess, Grain-size, Palaeoclimate

Abstract

The loess along south Liaoning seashore derived from Bohai seabed during the last glacial period when sea level was low was transported and deposited by northwest wind in a short distance. The variations of 2-3 ϕ content (coarse-fine-coarse cycle) in the profile indicate the dry and cold-cool and wet-dry and cold palaeoclimate changes and the regression-transgression-regression process of Bohai.