

# 辽东半岛南部地区滨海黄土的沉积特征

李雪铭

(辽宁师范大学地理系 大连 116029)

**提要** 分布在辽东半岛南端滨海地区的黄土与庙岛群岛、胶辽半岛黄土一起构成了我国大陆黄土分布的最东界。通过对滨海马兰黄土粒度分布的因子对应分析、拟合度计算,结合滨海黄土的孢粉分析资料,初步认为:滨海黄土是风成的,是来自西北内陆的粉砂与冰期低海面海底砂混合堆积的产物,对应的样品因子载荷值及拟合度值计算表明,粒度分布中 $> 4 \phi$ 粒级的细粒部分主要来自西北内陆, $< 4 \phi$ 粒级源于渤海湾西部。

**关键词** 滨海黄土,沉积特征,粒度,因子分析

辽东半岛南端面临渤海的低山丘陵的滨海地带、坡麓沟谷、低洼谷地及河流高阶地上,零星披覆一层平均厚度 $3 \sim 15 \text{ m}$ 黄土堆积物(以下简称滨海黄土),与隔渤海海峡相望的山东半岛及庙岛群岛黄土对应,构成了一条狭长的黄土分布带,是我国大陆黄土分布的最东界,这种滨海黄土无论是分布的坡向性、岩性、产状、结构等物理性质,还是成因特征与内陆地区、黄

土高原黄土均具有相似之处,属同期风成黄土。近几年来,对本区黄土已作了初步研究。这对于了解我国东部沿海,尤其是第四纪黄渤海陆架沙漠化过程及环境变化具有重要意义。

本文根据辽南地区滨海黄土的粒度特征,运用因

收稿日期:2000-02-18;修回日期:2000-05-06

子分析、拟合度计算等数学方法,探讨本区沉积特征及古气候风动力变化。

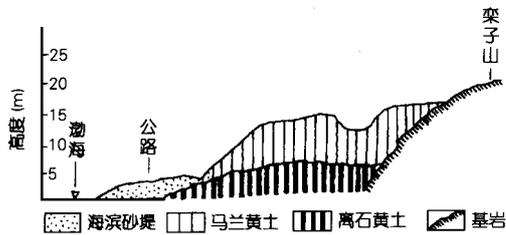


图1 大连夏家河附近滨海黄土剖面示意

Fig.1 The profile of loess stratum at Xiajiahe River, Dalian

### 1 黄土的粒度组成及成因

辽南地区的黄土剖面出露多处,位于大连市夏家河子村砖厂附近的海滨寨子山山前坡麓的黄土剖面(图1),厚度8.5 m,分上下两层,上层高7.5 m,呈灰黄色,结构疏松,多气孔,垂直节理发育;下层高1 m,未见底,成红棕色,质地均匀粘重,无层理,局部受铁猛浸染可见网状黑斑,与黄土高原对应,分别相当于马兰黄土和离石黄土。1990年笔者曾对马兰黄土剖面加密采样,以0.2 m的间隔采集了40个黄土粒度样进行了分析,结果见表1(采用Vdden Wentworth分类法)

表1 辽南滨海黄土的粒度分布特征(粒径以φ为单位)

Tab.1 Grain size distribution of seashore loess in Southern Liaoning

| 粒级    | 砂        |           |           |           |          | 粉砂       |          |          | 黏土       |          |           |
|-------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
|       | 1~2      | 2~3       | 3~4       | 4~5       | 5~6      | 6~7      | 7~8      | 8~9      | 9~10     | >10      |           |
| 范围(%) | 1.5~11.0 | 18.3~43.2 | 10.5~22.1 | 14.0~27.8 | 1.1~5.90 | 0.7~8.70 | 0.9~8.70 | 0.6~7.90 | 0.5~3.30 | 0.5~5.50 | 3.55~5.38 |
| 平均(%) | 5.2      | 39.27     | 16.53     | 18.5      | 3.50     | 5.30     | 3.40     | 5.20     | 1.90     | 3.10     | 4.20 3.78 |

表2 辽南滨海马兰黄土粒度分布特征同其他地区黄土比较

Tab.2 Comparison of loess grain size along Southern Liaoning seashore with other area

| 地区    | 含量(%)  |         |         |        | 粒度特征值          |      |
|-------|--------|---------|---------|--------|----------------|------|
|       | 中砂     | 细砂      | 粉砂      | 黏土     | M <sub>d</sub> | X    |
|       | (<2 φ) | (2~4 φ) | (4~9 φ) | (>9 φ) |                |      |
| 辽南夏家河 | 5.2    | 53.7    | 35.90   | 5.00   | 3.85           | 4.21 |
| 山东蓬莱  |        | 14.55   | 58.65   | 26.70  | 5.41           |      |
| 陕西洛川  |        | 4.82    | 76.77   | 18.41  | 6.00           | 6.64 |
| 庙岛群岛  | 1.17   | 24.74   | 58.77   | 18.41  | 4.60           | 5.54 |
| 兰州九州台 |        | 3.06    | 79.60   | 17.34  | 6.12           | 6.15 |

注: M<sub>d</sub>——粒径峰值, X——粒径平均值。

从表1可知,本区黄土粒度成分主要为细砂(2~4 φ)平均含量达54.7%,平均粒径为4.2 φ,标准差3.78,分选极差,不同于其他地区黄土(表2),表明本区的黄土的物源和沉积环境的差异性。图2为黄土累积概率曲线,本区黄土的截点在80%(4.0 φ)处,一般来说,以空气悬浮方式搬运的颗粒粒径在4~6.5 φ, D. A. Gillette等1986年和J. D. Iversen等1982年的研究结果认为风沙搬运的颗粒在空气中长距离不与地面接触(空气悬浮搬运)其粒径应小于4.3 φ,辽南滨海黄土中小于截点4.0 φ部分应属地面跃移和滚动搬运堆积,搬运距离不会太远,物源较近。

据符文侠1989年研究,在晚更新世时期,渤海湾西北岸虽然几经冷暖、干湿变化,但仍以冲洪积相为主的陆地沉积环境,末次冰期时,渤海全部露出,成为由海相沉积环境变成以湖泊沉积为主的陆相环境,在辽西沿岸则位于渤海平原的边缘,由于侵蚀基准面下降,入海河流作用加强,水体挟带的泥沙、砾石沉积在平原,形成冲洪积扇、冲洪积平原和古河口三角洲地貌,对大凌河河口南河圈附近CK33孔剖面的研究表明,该剖面自下而上在56.66~86.50 m和107.33~121.38 m处堆积巨厚的含有毕克卷转虫变种(*Ammonia becai var*)等较丰富的有孔虫的亚砂土、粉细砂、中粗砂海陆过渡相和河床相沉积物。结合曹家欣等1987年对山东庙岛群岛黄土的物源研究,可以

发现辽西、渤海湾西北部的冲洪积相砂砾层→大连地区风沙沉积(粗粉砂)→庙岛群岛北部黄土堆积(含砂)→庙岛群岛南部黄土堆积(含砂少)→鲁中地区黄土基本上处于NNW向的冬季风带上,这些冲洪积相砂砾层中的细砂、粉细砂等在强劲的冬季风作用下主要以跃移、跳移

的搬运方式与来自内陆地区的粉尘混合沉积在外围地区远堆积下来。这与张明书等人的对中国海岸带晚更新世风成沉积分区中有关对风沙、风尘沉积的匹配关系的研究结果相一致。日本学者成漱敏朗研究了日本群岛附近的以中沙为主要成分的风沙层也认为这种风沙层的主要物源是冰期时海平面下降期间出露于水面的海成砂。作者认为本区黄土的细粒部分的物源除来自西北内陆外,黄土中 < 4  $\phi$  的粗颗粒部分可能源于低海面时渤海海域周围,冰期时出露于水面的辽西、渤海湾西北部的入海河流形成的冲洪积相砂砾层形成本区黄土粗粒部分的主要物源之一。牟昀智等 1989 年对本区黄土中的石英砂颗粒表面进行的 SEM 扫描研究结果,李培英等 1995 年对本区黄土中含有的毕克卷转虫等有孔虫种类与辽西、渤海湾西北部物源区的冲洪积相砂砾层含有的有孔虫种类相似性支持了这一观点。

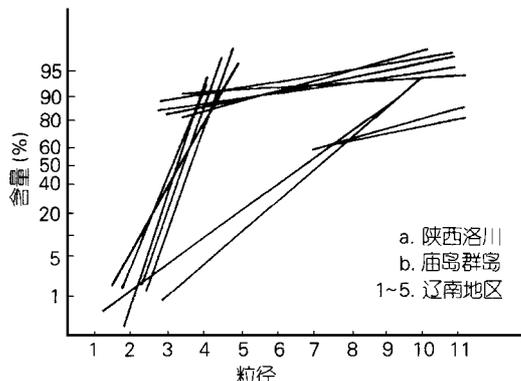


图 2 辽南黄土及其他地区黄土累积概率曲线

Fig.2 The accumulate possibility curve of loess in Southern Liaoning and other area

## 2 黄土粒度分布变化与风动力特征

### 2.1 粒度分布的对应分析研究

颗粒平均粒径等粒度参数反映了沉积物搬运介质(流水、冰川、风等)的作用能量的大小,是沉积物沉积环境的一个重要指标,但是在实际运用时唯有在分选较好、颗粒粒径相对均质的黄土等沉积物反映古气候风动力变化上较为敏感,尤其是在提高古气候环境分辨率上,黄土粒度参数具有出色的“表现”<sup>[1]</sup>,但对于这种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风动力变化的理想指标。笔者 1992 年运用主成分方法分析研究过这种滨海黄土的粒度-古气候机制关系,取得较好的效果。本文试图在此基础上,运用因子对应分析方法进一步讨论这种关系,因为因子对应分析方法全面考虑了样品和因子之间

的关系<sup>[2]</sup>,充分利用了样品粒度分布级所包含的风动力搬运的信息。以表 1 中滨海黄土的各粒级为因子,各粒级的粒度重量百分含量为样本值,形成 10 × 40 矩阵进行上机计算。

沉积物粒度分布数据对应分析的特征值 ( $\lambda$ ) 表明:前两个特征值的累积百分比已达 90.67%,前两个特征值基本代表了原始数据所含的粒度分布变化信息(图 3)。

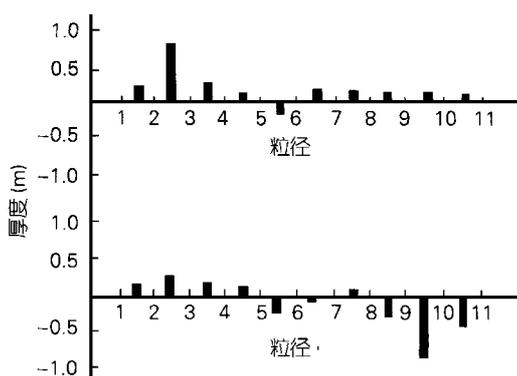


图 3 R 型因子分析结果(因子载荷值)

Fig.3 Values of Rfactor analysis

F1 因子基本代表了 2~3  $\phi$  粒级,因子载荷值最大(正数),是 F1 因子的端元元素, F2 因子代表 9~10  $\phi$ ,因子载荷值最大(负数),属于黏土粒级,是 F2 因子的端元元素。对应分析结果表明,滨海黄土的粒度分布仅可用这两个粒级基本可说明, 2~3  $\phi$  位于粒度分布的粗端,因此它是控制粒度分布粗粒级的控制因素,显然属于滨海黄土以地面滚动和跃移方式搬运最敏感的粒级,它在剖面中的含量变化幅度较大,自 18.3%~43.2%。风积物的某一粒级的输沙量同风速存在 3 次方正比例关系,据吴正研究, 2~3.4  $\phi$  粒级的启动临界风速大于 5 m/s<sup>[3]</sup>,我们可以依据 2~3  $\phi$  粒级的百分含量对应 F1 因子的样本载荷值在剖面上的变化(图 4)推测滨海黄土堆积过程中启动临界风速大于 5 m/s 的风速变化,进而导出黄土形成时期末次冰期蒙古高压的强弱,达到反映古气候变化的目的。从图 3 中看出, 2~3  $\phi$  粒级百分含量及对应于 F1 因子样本载荷值的出现两个高值区表明马兰期滨海黄土堆积过程中存在着两个平均启动风速大于 5 m/s 的大风时期,一个出现在黄土堆积的早期,一个在堆积的晚期,在这种大风时期,表明从蒙古冷高压中吹出的风力变得强盛,末次冰期蒙古冷高压得到加强并南扩。9~10  $\phi$  位于滨海黄土粒度分布的细端,它是

粒度分布细粒级的控制因素, 应属空气悬浮方式搬运, 是来源于西北内陆的粉尘。但由于其在剖面中的平均百分含量仅 1.6% 变化幅度 0.5% ~ 3.3%, 特征值贡献仅为 6.56%, 总体来说, 在组成滨海黄土的粒度居于次要地位, 是滨海黄土次物质来源, 当然, 粉砂、黏土的细粒部分在剖面上的含量也存在较明显的数量变化。

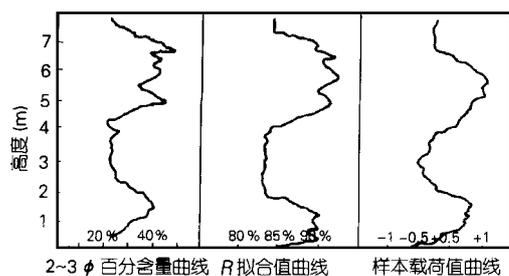


图 4 辽南黄土粒度几个参数值变化曲线

Fig. 4 Variation of parameters on Liaoning loess grain size

## 2.2 粒度分布拟合度研究

近年来, 对传统的沉积物粒度频率 (概率) 曲线研究在分析沉积物形成机制存在局限性, 现已转向粒度分布曲线拟合度的研究<sup>[4-5]</sup>, 根据国内外发表的粒度分布拟合度研究文献, 大都偏重正态分布拟和研究, 缺少非正态分布的拟和研究, 特别是应用于沉积学领域, 更为罕见。

颗粒碎屑经过不同介质的搬运之后, 特别是比较单一而又稳定的介质搬运, 如流水作用、风力或海洋的作用等, 在粒度分布上, 一般是遵循正态分布, 而未经过搬运的自然碎屑物, 如火山物、风化残积物等, 其粒度分布却遵循自然压碎的罗辛分布律, 但是随着搬

运距离的加大, 逐渐使其分布偏离罗辛分布率, 而更接近正态分布<sup>[6]</sup>。中国内陆黄土是第四纪冰期干冷环境下风成堆积作用而成, 滨海黄土是与内陆黄土同期同环境的产物, 粉尘物质自西北内陆被长距离搬运而至, 远离源区, 应属于成熟度较高的沉积物, 这一形成机制决定了它更加接近高斯分布规律, 但是这种滨海黄土在搬运和堆积过程中由于接受了许多地面跃移和滚动搬运方式带来的来自冰期渤海湾西部、辽西海域, 一旦与粉尘混合堆积, 粒度分布就会破坏高斯分布从而转向罗辛分布。因此, 如果滨海黄土粒度分布出现偏向罗辛分布规律时表明本区黄土的堆积作用的机制发生了新的变化, 当然这种变化受到沉积时古气候风力变化的控制。我们也就依次原理对滨海黄土堆积物作粒度分布拟合度计算以达到正确确定它们形成的机理, 本文运用 R. Schleyer 1987 年提出的拟合度计算方法分别计算高斯和罗辛分布拟合度方法。

根据拟合值计算数据结果, 绘制成图 4 变化曲线, 从图 4 中可看出, 滨海黄土粒度分布的拟合度变化具有一定的规律性, 上段出现罗辛分布, 中段为高斯分布, 这与粒度分布对应因子分析结果具有较好的相关性。

## 参考文献

- 1 郭正堂, 刘东生等. 第四纪研究, 1996, 1: 21 ~ 30
- 2 刘承祚, 孙惠文. 数学地质基本方法及应用. 北京: 地质出版社, 1981. 326 ~ 330
- 3 吴正. 风沙地貌学. 北京: 科学出版社, 1987. 20 ~ 67
- 4 牟昀智, 李雪铭. R. Schleyer 理想高斯和罗辛分布拟合曲线及其在别混杂堆积上的运用. 中国西部第四纪冰川与环境论文集, 北京: 科学出版社, 1991. 1 ~
- 5 李雪铭. 海洋科学, 1996, 2: 19 ~ 21

# SEDI MENTARY CHARACTERISTICS OF SEASHORE LOESS IN SOUTH LIAONING

LI Xue-ming

(Department of Geomorphology, Liaoning Normal University, Dalian, 116022)

Received: Feb. 18, 2000

Key Words: Seashore loess, Sedimentary characteristics, Grain size factor analysis

## Abstract

The seashore loess transported and deposited by wind along south Liaoning area was derived from Bohai seabed by northwest wind in a short distance and northwest China. Factor analysis and goodness-of-fit to grain size indicate the fine content ( $> 4 \phi$ ) in grain size distribution was derived from northwest China, the fine content ( $< 4 \phi$ ) in Bohai Sea seabed was deposited when sea level was low during last glacial period. (本文编辑: 李本川)