

文章编号: 1006-6616(1998)04-42-45

黄土与古土壤容重指标与季风气候 变化关系的初步研究

——以郑州邙山赵下峪剖面为例

肖华国^{1,2}, 吴锡浩^{1,2}, 蒋复初^{1,3}, 田国强¹, 刘科¹, 殷伟德¹

1 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2 中国科学院黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710054;

3 中国科学院湖泊沉积与环境开放实验室, 南京 210008.

摘要: 本文以郑州邙山赵下峪剖面为例, 研究了黄土-古土壤序列的容重及其与磁化率、粒度的关系。结果表明, 容重与磁化率反映的夏季风变化有显著的正相关关系, 与粗颗粒含量反映的冬季风变化有显著的负相关关系; 而天然压实作用对 S_{10} 以上黄土与古土壤容重的贡献可以忽略不计。所以, 风成沉积的容重指标综合反映了冬季风与夏季风气候组合关系的变化

关键词: 黄土古土壤; 容重; 季风气候变化

分类号: P461.4, P462.41

文献标识码: A

0 引言

在进行黄土-古土壤序列记录的古气候信息研究时, 通常采用气候代用指标, 如磁化率、粒度、容重、 CaCO_3 含量、有机质含量等分析方法。目前磁化率、粒度两个指标的气候指示意义比较明确, 已得到了公认。黄土和古土壤的磁化率与成壤作用强度相联系, 是夏季风变迁的良好代用指标^[1,2], 磁化率越大, 反映夏季风越强盛, 降水量越多, 气候偏湿润, 黄土和古土壤的粒度与其堆积时的风度强度直接相关, 其中粗颗粒含量是冬季风的良好代用指标^[3-6], 在一般情况下粗颗粒含量越多, 指示冬季风越强盛, 降水量越少, 气候偏干燥。

黄土和古土壤的容重也可以作为古气候的一个代用指标。安芷生、耿安松等曾根据黄土、古土壤的天然容量和厚度, 初步计算了更新世不同时期黄土的堆积量和堆积速率^[7]。安芷生、肖举乐等根据真干容重对最近 13 万年洛川风尘沉积通量进行了研究^[8,9]。但由于容重指标的

收稿日期: 1998-09-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (编号: 49572132)

作者简介: 肖华国 (1967), 男, 助理研究员, 主要从事第四纪地质研究。

物理意义较复杂,相应的古气候指示意义也就不太明确。本文试图以郑州邙山黄土为例,将黄土与古土壤的容重指标与磁化率及粒度指标进行对比,进而探讨其对古气候的指示意义。

1 郑州邙山黄土容重序列

郑州邙山位于郑州市西北的黄河边,该区黄土极具特色,我们曾对其进行了地层及古气候方面的研究^[10-11]。本文所涉及的赵下峪剖面黄土-古土壤序列,出露 S_{10} 以上地层,总厚度超过 170m,其中 S_1 以上地层厚达 97m,厚于以往研究过的同层段黄土地层^[12]。我们对该剖面黄土-古土壤序列系统采集了磁化率、粒度及容重等环境指标样品,对 L_i 和 S_0 层段以 5cm 间距进行采样, S_1 至 S_2 底部层段以 2cm 间距采样, L_3 及其以下部分的磁化率及粒度样品采样间距为 10cm,容重样品采样间距为 50cm。整个剖面共采集磁化率及粒度样品 3500 余个,容重样品 2880 余个。

容重样品经天然风干后加工成立方体,然后测量其重量及体积,二者之商即为样品的视干容重(以下简称容重)。在野外采样过程中,采容重样品时尽量避免钙质结核。全部样品测得容重后,对显示异常的单个高值进行了删除处理。所得的样品容重曲线如图 1 所示。

从图 1 可以看出,该区黄土与古土壤的容重值变化于 $1.5-2.5 \text{ g/cm}^3$ 之间,高于黄土高原内部洛川剖面的 $1.1-1.7 \text{ g/cm}^3$ ^[8-9]。古土壤层的容重值大于黄土,但剖面从上到下容重值的增大趋势并不显著,表明天然压实作用对 S_{10} 以上的黄土与古土壤容重的贡献可以忽略不计。

2 容重与磁化率和粒度的关系

图 1 表明,容重序列与磁化率序列有一定的相似性,即古土壤的磁化率大于黄土层,相应的古土壤的容重也大于黄土层。由此说明,容重指标与磁化率指标反映的夏季风变化有一定的关系。然而,二者也存在一定的差异,表现为它们的高值并不完全对应,通常容重的高值在磁化率的高值以下一定部位,但有时也出现在磁化率的高值以上部位,如 S_1 上部以及 L_1LL_1 的容重高值。同时又显示,容重序列与 $> 45 \mu\text{m}$

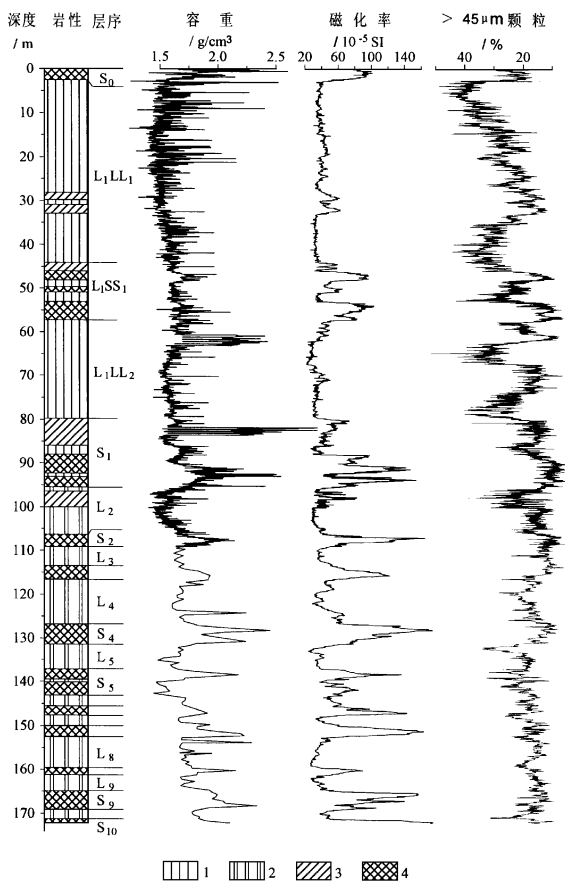


图 1 郑州邙山赵下峪剖面黄土-古土壤容重序列及其与磁化率、粗颗粒含量序列的对比

Fig. 1 Volumetric weight series of loess and paleosol at Zhaoxiayu section, Mangshan, Zhengzhou and its comparison with series of susceptibility and grain size

1. 马兰黄土; 2. 离石黄土; 3. 弱发育古土壤; 4. 古土壤

粗颗粒含量也有一定的关系,表现为古土壤中 $> 45\mu\text{m}$ 粗颗粒含量比黄土层少,则容重值比黄土层大,尤其在 LSS 及 S 中二者的对应性较好。

为查明容重序列与磁化率及粗颗粒含量序列的关系,又对它们进行了相关分析。首先,对容重序列原始数据进行了三点滑动平均,以滤除那些测量过程中的或然误差。然后再分别与磁化率及粒度组分中 $> 45\mu\text{m}$ 粗颗粒含量进行相关分析:

同时,对上述计算结果进行了显著性检验。查相关系数 $d=0$ 的临界值 (V_r) 表^[13],当 $n-2=100$ (n 为样本数),在显著性水平 $\alpha=0.01$ 时,相关系数达到显著的最小值,即临界值 $V_r(n-2)$, $V_{0.01}(100)=0.2540$,亦即当 102 个样本的相关系数 ≥ 0.2540 时,

样本的相关性显著。大家知道,在同一给定的显著性水平上当样本数 n 增大时, V_r 相应地减少。所以在给定的显著性水平 $\alpha=0.01$ 时,容重与磁化率呈显著的正相关关系,与 $> 45\mu\text{m}$ 粗颗粒含量呈显著的负相关关系,且容重与磁化率的相关性要比与 $> 45\mu\text{m}$ 粗颗粒含量的相关性更显著。

3 结论与讨论

黄土与古土壤的容重是其孔隙度的一种衡量,受粉尘堆积时的原始气候状况及后期的成壤等改造作用的影响。原始粉尘堆积时的气候越干燥,风场强度越强,也就是说冬季风越强,则堆积物的颗粒越粗,同时,经受的后期改造作用也越小,其容重就越低。原始粉尘堆积时的气候越湿润,或气温越高,也就是说夏季风越强,则粘化作用越强,中、细粉砂和粘粒含量越高,堆积物的孔隙度会越小,其容重值就越大。同时,降水入渗能使原始粉尘堆积中的细粒物质、 CaCO_3 以及其它可迁移成分发生不同程度的淋移。降水增多,淋溶作用将增强,从而导致淀积层层位的孔隙度减小,其相应的容重值增大。通常,淀积层出现在古土壤底部或黄土层顶部,所以容重高值也相应地出现在古土壤与黄土层的过渡位置。

黄土-古土壤序列的容重既与夏季风变化有正相关关系,也与冬季风变化有负相关关系。由于冬季风与夏季风变化并非完全是一种相互消长的对应关系^[14],所以容重指标并不单纯指示冬季风气候的变化或者夏季风气候的变化。换句话说,黄土-古土壤序列的容重综合反映了冬季风与夏季风气候组合关系的变化。

天然压实作用对 S_{60} 以上黄土与古土壤容重的贡献不明显,这可能和黄土与古土壤均为风积物有关。这种地层含水量很低,压缩性很小,上覆地层负荷使下伏地层容重的增大也就很小。

黄土与古土壤的容重指标的研究,不但在全球变化研究中具有气候方面的某种指标意义,而且在研究黄土区水土保持(如抗侵蚀性)、黄土地层的工程地质性质(如承压性)等应用研究方面具有重要意义。

参 考 文 献

[1] An ZS, Kukla G, Porter S C et al. Magnetic susceptibility evidence of monsoon variation on the Loess Plateau of central

China during the last 130000 years [J] *Quaternary Research*, 1991, 36 29– 36.

- [2] 安芷生, Porter S C, Kukla G, 等. 最近 13 万年黄土高原季风变迁的磁化率证据 [J]. *科学通报*, 1990, 35(7): 529– 532.
- [3] An Zhisheng, Kukla G, Porter S C et al. Late Quaternary dust flow on the Chinese Loess Plateau [J]. *Catena*, 1991, 18 125– 132.
- [4] Xiao Jule, Porter S C, An Zhisheng et al. Grain size of quartz as an indicator of winter monsoon strength on the Loess Plateau of central China during the 130000 year. *Quaternary Research*, 1995, 43 22– 29.
- [5] 鹿化煜, 安芷生. 洛川黄土粒度组成的古气候意义 [J]. *科学通报*, 1997, 42(1): 66– 69.
- [6] 鹿化煜, 安芷生. 黄土高原黄土粒度组成的古气候意义 [J]. *中国科学 (D 辑)*, 1998, 28(3): 278– 283.
- [7] 刘东生, 等. 黄土与环境 [M]. 北京: 科学出版社, 1985. 322– 335.
- [8] 安芷生, 肖举乐. 最近 13 万年洛川风尘沉积通量的初步研究 [C]. 黄土。第四纪地质。全球变化, 第二集. 北京: 科学出版社, 1990. 102– 107.
- [9] 安芷生, 肖举乐. 黄土高原风尘沉积通量研究的一个实例 [J]. *科学通报*, 1990, 35(3): 220– 223.
- [10] 蒋复初, 吴锡浩, 肖华国, 等. 郑州邙山桃花峪高分辨率晚更新世黄土地层 [J]. *地质力学学报*, 1997, 3(2): 8– 14.
- [11] 肖华国, 吴锡浩, 蒋复初, 等. 中原末次冰期间冰阶以来的古季风气候变迁 [J]. *地球学报*, 1998, 19(1): 84– 89.
- [12] 蒋复初, 吴锡浩, 肖华国, 等. 中原邙山黄土地层 [J]. *地质力学学报*, 1998, 4(4): (见本期).
- [13] 程光华, 蒋耀淞, 张一球. 概率统计 [M]. 北京: 地质出版社, 1980. 223– 226, 288– 300.
- [14] 吴锡浩, 蒋复初, 肖华国, 等. 中原邙山黄土及最近 20 万年构造运动与气候变化 [J]. *中国科学 (D 辑)*, 1998(出版中).

A PRELIMINARY STUDY ON THE RELATION BETWEEN VOLUMETRIC WEIGHT OF LOESS AND PALEOSOL AND MONSOON CLIMATE CHANGE

XIAO Huaguo^{1,2}, WU Xihao^{1,2}, JIANG Fuchu^{1,3},
TIAN Guoqiang¹, LIU Ke¹, YIN Weide¹

1 *Institute of geomechanics, Chinese Academy of Geology Sciences, Beijing 100081;*

2 *State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology Chinese Academy of Science, Xi'an 710054;*

3 *Open Laboratory of Lake Sediment and Environment, Chinese Academy of Science, Nanjing 210008.*

Abstract Taking Zhaoxiayu section, Mangshan, Zhengzhou as an example, this paper has studied the volumetric weight of loess-palaeosol sequences and its relation with susceptibility as well as its grain size. It is shown that volumetric weight bears an evident positive correlation to the summer monsoon variations indicated by the susceptibility, an evident inverse correlation to the winter monsoon variations indicated by the content of coarse fraction, and the natural compaction contributes very little to volumetric weight of loess-palaeosol sequences above S_{10} . Volumetric weight can thus be regarded as an indicator to the variations of the combination of winter monsoon and summer monsoon.

Key words loess-palaeosol sequence; volumetric weight; monsoon climate variation