赣北红土与北京邻区黄土及沙漠砂的粒度特征对比

熊尚发 丁仲礼 刘东生
(中国科学院地质研究所, 北京 100029)

摘要 沿着东亚冬季风主要路径之一, 采集了自浑善达克南端的沙漠砂、北京附近的黄土与古土壤到赣北九江的红土样品. 对这些样品所做粒度分析表明, 赣北红土的粒度特征与北京邻区黄土沉积中的古土壤层相似, 频率曲线具有多峰特点, 而黄土与沙漠砂粒度曲线主要呈单峰分布. 从粒度参数看, 沙漠砂、黄土、古土壤和赣北红土具有沉积上的渐变过渡性. 赣北红土具有远源风成堆积的粒度特征.

关键词 **红土 黄土 沙漠砂 粒度**

古风场的恢复对于古气候机制和模拟研究都是非常关键的[1]. 在全球不同的气候带, 根据粉尘粒度、组成的空间变化和剖面变化探讨古风场强度及位置的研究已获得不少有意义的结果. 如: Thiede[2] 根据粉尘沉积中的石英含量在澳大利亚东部大洋中的分布格局的变化, 讨论了末次冰盛期澳大利亚西风带的位移和强度变化; Pokras 等人[3], Grousset 等人[4] 分别运用海洋沉积中的淡水硅藻、Nd-Sr 同位素记录追踪 LGM(末次冰盛期) 时期非洲西部大气环流和古风场的格局变化; Rea 等人[5] 根据西北太平洋 6 个钻孔粉尘记录, 讨论冰消期西风带北缘从 11 kaBP 开始至 6 kaBP 逐渐北移的过程; Rea 等人[6] 根据北太平洋的钻孔粉尘粒度和粉尘通量记录, 提出新生代古风场从 50 Ma 之前的活跃期、40 Ma 的微弱期到 4~ 2 Ma 的重新活跃期的长期变化过程; Hovan[7] 根据粉尘粒度分布格局, 恢复了 ITCZ(赤道辐合带) 8Ma 以来逐渐南压, 到 4Ma 前后才抵达目前位置(5°N) 的变化历史. 然而, 这些研究多以海洋沉积中的粉尘组分为对象, 直接从大陆粉尘记录追踪古风场格局与变化的工作却较为少见. 对于东亚古季风来说, 由于其影响的范围主要是中国大陆, 因此从大陆粉尘沉积进行古风场的恢复是研究其格局与变化的必要工作. 由于粉尘粒度能够较好地反映古风场的格局和变化[8], 因此, 目前需要做的基础工作之一就是从粉尘源区到沉积区研究粉尘堆积的粒度特征, 以对比粉尘从产生到沉积全过程动力条件的格局. 在此, 我们沿着冬季风的主要路径之一, 选择了北京以北的沙漠砂沉积、北京附近的黄土沉积和位于赣北的九江第四纪红色粘土(以下简称赣北红土) 堆积进行粒度对比研究, 已初步揭示风成堆积从接近源区到远距离的沉积区的粒度变化特征及其所反映的搬运动力特征, 为进一步通过粉尘堆积恢复古风场的研究提供依据.

1 粒度特征与对比

沙漠砂样品采自浑善达克沙漠南端的太仆寺旗全新世砂质古土壤之下, 相当于末次冰期时的堆积, 剖面厚度 5m, 采样密度 5cm. 黄土和古土壤样采自北京以北的张家口矾山, 剖面总厚度超过 100m, 下部出露有相当于离石黄土下部的黄土和古土壤, 采样密度 10cm, 分析样分别来自离石黄土下部和离石黄土上部的古土壤层以及马兰黄土层. 红土样品采自九江以南 3km 的九庐公路新开剖面, 剖面厚 15.5m, 由下部网纹红土层和上部褐黄色土层构成, 褐黄色土层

呈披覆状覆盖于网纹红土层之上, 与北方风成黄土产状相似, 网纹红土和褐黄色土层具有明显的古土壤发育特征, 有不同发育程度的铁锰胶膜和粘粒胶膜, 并有非常明显的古根系遗迹. 红土的采样密度为 3. 3cm, 全剖面共采集样品 468 个. 分析样分别来自剖面上、下不同的层位. 样品经超声波分离后, 在 SALD-3001 型激光粒度仪上进行了粒度测量. 测量结果显示:

(1) 在所绘频率分布图上, 所有样品都显示出正偏态分布, 而分布型却存在 2 种模式(图 1) . 黄土、沙漠砂样品除在细部有一些弱峰外, 主要呈现单峰分布, 峰值对应的粒级随中值粒径增加而加大. 红土和古土壤样品则显示多峰的分布型式. 其中除位于 0. 25 μm 的峰外, 还有位于 0. 98, 3. 9, 15. 6~ 31. 2 μm 3 个峰. 一般峰高最大为 15. 6~ 31. 2 μm 的峰, 离石黄土下部古土壤的细颗粒样品则显示 3. 9 μm 的峰值最高. 红土和古土壤样品中粗部 2 个峰在正态概率曲线上对应于 2 条折线(图 2) , 反映了 2 种主要搬运营力的作用. 黄土样品和古土壤样品在粒度分布特征上的差异反映二者所处的风场环境和源区环境存在质的差异.

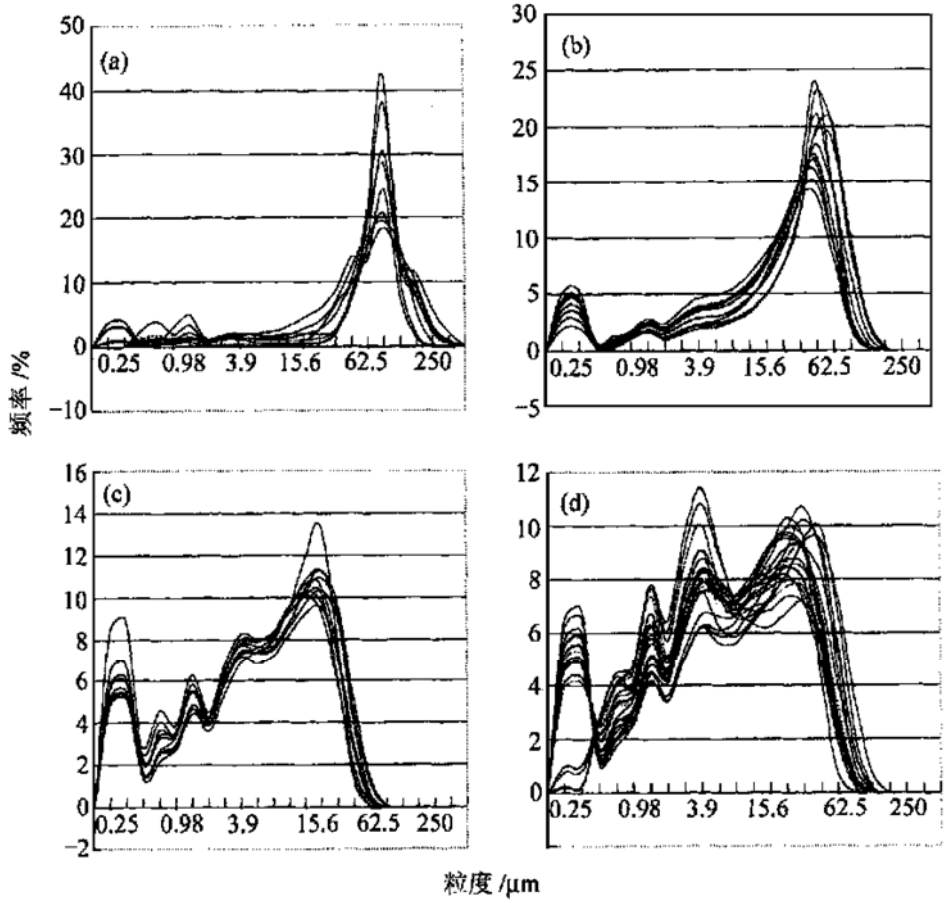

图 1　黄土、沙漠砂、古土壤与赣北红土粒度频率曲线

(a) 沙漠砂; (b) 黄土; (c) 赣北红土; (d) 古土壤

(2) 黄土与沙漠砂的区别主要体现在主峰的峰高和位置(对应众数粒径) 上. 随着黄土向沙漠砂过渡, 主峰不断向粗粒径迁移, 峰高不断加大, 这是黄土与沙漠砂同源性的明确证据.

(3) 赣北红土粒度分布特征与离石黄土上部典型古土壤相同(图 1) , 在分选性和偏态上也与古土壤接近(图 3) . 红土剖面上下粒径差别很小, 中值粒径变化于 5~ 10 μm 之间, 一般都比古土壤样品偏细. 赣北红土与古土壤的分选系数介于 6. 5~ 5. 5 之间; 黄土分选系数介于 5. 8~ 4. 6之间, 沙漠砂为 4. 5~ 2. 7. 从偏度上看, 黄土最大, 为 0. 35~ 0. 68, 古土壤和红土较

小, 介于 0. 1~ 0. 3 之间, 沙漠砂的偏度跨度最大. 从粒度参数图(图 3) 上, 清楚地看到赣北红土与古土壤、黄土及沙漠砂的渐变过渡的关系.

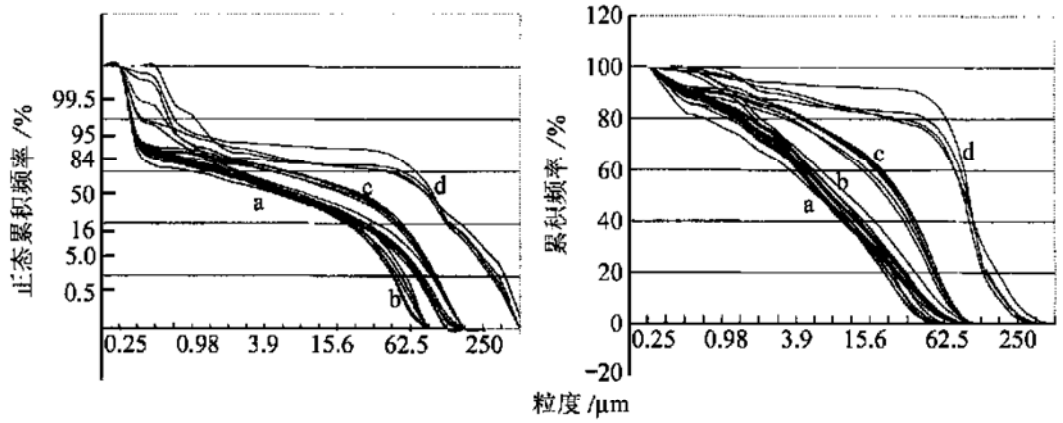

图 2　正态累积频率与累积频率曲线

a ——红土, b ——古土壤, c ——黄土, d ——沙漠砂

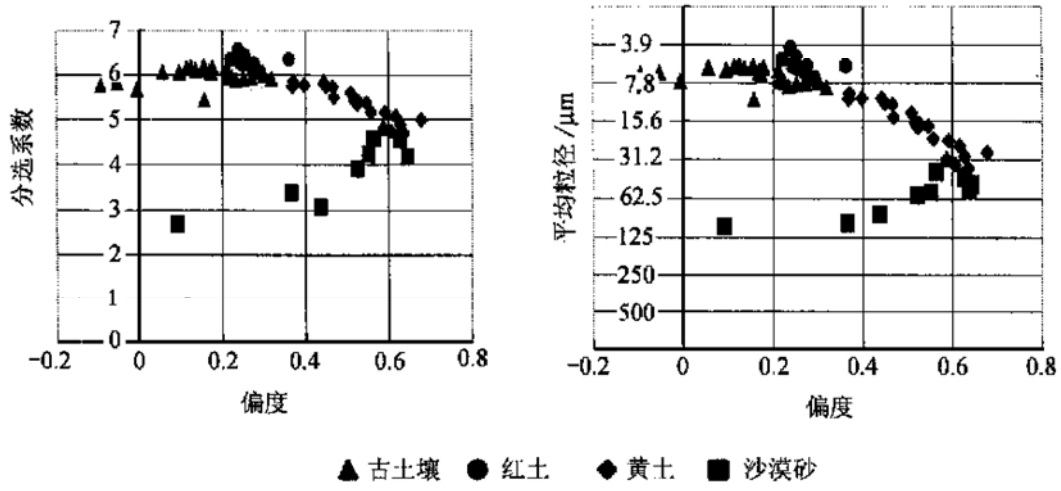

图 3　赣北红土、北京邻区黄土、古土壤和沙漠砂粒度参数关系

2　讨论

(1) 根据粉尘动力学的研究[9], 不同粒径的粉尘颗粒需要不同的动力条件才能作较长距离的输运. 在一般风暴条件下, 10μm 以下的颗粒在大气中可运移几千公里, 在气旋性风暴(平均风速 15 $m \cdot s^{-1}$, 湍流交换系数 ε 介于 10^4~ 10^5 $cm^2 \cdot s^{-1}$) 条件下, 10~ 20 μm 以下的颗粒在空中的运移距离可达 500 km 到几千公里. 30μm 以上的颗粒则很难搬运到 100 km 以外的地点. 理论上说, 在极端猛烈的风暴条件下(ε= 10^6 $cm^2 \cdot s^{-1}$), 30μm 以上的颗粒也只能运移几百公里的路程. 从沉积学上说, 粒度的正态分布和正态概率图上折线斜率及转折点位置都与沉积作用机制有关[10]. 粒度模拟研究表明, 多峰及过渡型的粒度分布是由 2 个或更多粒度“终极成分分布型”(End member distributions) 叠加而成[11]. 红土和古土壤粒度的多峰型分布及其在正态概率图上折线特征, 表明其搬运营力的多样性和“终极成分分布型”的多元性. 红土和古土壤样品大部分颗粒为 20μm 以下, 其中 10μm 以下颗粒占 50%~ 70%, 无疑反映其主要部分为远源成分. 样品中包含的比例约为 10%~ 15% 的粗颗粒组分, 则既有可能是强对流的风暴天气

从远距离带来,也有可能是一般风暴条件下因沿途2次起尘混入,近距离挟带而来. 分清这2种过程的贡献,还有待进一步的研究. 黄土样品中> 30μm 的粗颗粒组分占一半以上,其主要部分不会是远距离运输的颗粒,但考虑到其偏态特征和细颗粒组分(< 5μm 颗粒占 10%~30%)的存在,因此其粉尘来源也不会只是由强风暴近距离带来,应该有一部分来自远距离粉尘源区. 沙漠砂样品中也不乏细粒组分,其中< 5μm 的颗粒可占2%~15%. 因此,红土、古土壤、黄土和沙漠砂代表了多种搬运模式的不同组合. 同时,从粒度参数分析看,沙漠砂、黄土、古土壤和赣北红土又具有沉积上的渐变过渡性.

(2) 赣北红土的粒度特征与黄土中古土壤层相同,表明红土是风成堆积,并且它与距离物源较近的黄土不同,是一种距离物源较远的粉尘堆积. 一般来说,在风成堆积中,> 62.5μm 的组分即使在强风暴条件下也很难在空中作长距离搬运,大体可作当地物源组分的标识. 红土样品中含有> 62.5μm 的粗颗粒,一般不超过1%,少数样品不超过4%,表明红土中当地物源的成分可以忽略.

(3) 赣北红土虽然在风化强度和土壤发育程度上比离石黄土上部古土壤层强得多,但它们的粒度特征非常相似,而离石黄土下部古土壤的风化程度比赣北红土明显弱得多,其中值粒径和众数却较赣北红土偏细. 这可能暗示沉积后的风化作用对第四纪粉尘堆积的粒度特征影响不大,粉尘堆积粒度特征主要受源区环境和古风场强度的控制.

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号: 49702030, 49525203)资助项目.

参 考 文 献

1 Wright H E Jr, Kutzbach J E, Webb III T, et al. Global climates since the Last Glacial Maximum. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1993. 1~569
2 Thiede J. Wind regimes over the last Quaternary southwest Pacific Ocean. Geology, 1979, 7: 259~262
3 Pokras E M, Mix A C. Eolian evidence for spatial variability of late Quaternary climates in tropical Africa. Quaternary Research, 1985, 24: 137~149
4 Grousset F E, Parra M, Bory A, et al. Saharan wind regimes traced by the Sr-Nd isotopic composition of subtropical Atlantic sediments: last glacial maximum vs today. Quaternary Science Reviews, 1998, 17: 395~409
5 Rea D K, Leinen M. Asian aridity and the zonal westerlies: late Pleistocene and Holocene record of eolian deposition in the Northwest Pacific Ocean. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1988, 66: 1~8
6 Rea D K, Leinen M, Janecek T R. Geologic approach to the long-term history of atmospheric circulation. Science, 1985, 227: 721~725
7 Hovan S A. Late Cenozoic atmospheric circulation intensity and climatic history recorded by eolian deposition in the eastern equatorial Pacific, leg 138. Pro. Ocean Drill. Program Sci Results, 1994, 138: 615~625
8 Rea D K. The paleoclimatic record provided by eolian deposition in the deep sea: the geologic history of wind. Review of Geophysics, 1994, 32: 159~195
9 Tsoar H, Pyr K. Dust transport and the question of desert loess formation. Sedimentology, 1987, 34: 139~154
10 Friedman G M, Sanders J E. Principles of Sedimentology. New York: John Wiley & Sons, 1978. 1~792
11 Syvitski J P M. Factor analysis of size frequency distributions. In: Syvitski J P M, ed. Principle, Methods, and Application of Particle Size Analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 249~263

(1998-06-09 收稿, 1998-12-07 收修改稿)