

文章编号:1000-0690(2001)03-0257-05

早全新世石羊河流域沙尘暴活动记录

施 祺¹, 陈发虎²

(1. 中国科学院南海海洋研究所, 广东 广州 510301; 2. 兰州大学资源环境学院, 甘肃 兰州 730000)

摘要:位于西北干旱区河西走廊东段石羊河流域尾间地区湖泊沉积中记录到了多层快速风成沉积, 通过剖面样品粒度、石英砂表面特征和磁化率、有机碳等多指标的分析表明为沙尘暴的堆积, 推断在早全新世 10 000~6 700 a.B.P. 石羊河流域气候最湿润阶段仍存在周期性的沙尘暴活动。

关 键 词:石羊河流域; 全新世; 湖泊沉积; 沙尘暴

中图分类号: P425.5¹5 **文献标识码:** A

我国西北地区是全球现代沙尘暴的高活动区之一, 近年来这一地区突发性的沙尘暴活动日益频繁, 特别是1993年“5·5”的强沙尘暴(黑风暴)事件造成了严重的灾难。沙尘暴已经成为阻碍西北地区社会稳定、经济发展的重要因素。因此, 近年来在积极开展防灾、救灾和环境保护等方面工作的同时, 对沙尘暴灾害的成因、时空分布、成灾方式、过程及防治措施等也开展了广泛的研究^[1]。本文作者在对河西地区湖泊沉积的研究中, 首次发现了距今6 000年以前的沙尘暴沉积记录, 为深入揭示西北地区沙尘暴的发生史及成因提供了重要证据。

1 自然环境和剖面概况

本文研究区位于河西走廊东端石羊河流域尾间地区(图1), 处于腾格里沙漠西部。这一地区属大陆性温带干旱荒漠气候, 年平均气温7.8℃, 年平均降水量110 mm左右, 常年主要风向为NW、N和W, 年平均风速2.8 m/s, 其中风速大于17.2 m/s以上的大风以及沙尘暴天气发生频繁, 民勤站所记录到的全年大风天数为27.8天, 沙尘暴天数为37.3天。这一地区全年大风和沙尘暴主要发生于3~6月的春季和夏初, 反映出春夏交替季节, 大气极不稳定, 北方冷空气频繁入侵, 容易形成强烈的起沙风, 加之地表又十分干燥, 很容易引发沙尘暴或“黑风暴”等自然灾害。

石羊河流域尾间地区的野麻湖已完全干涸, 形

成盐碱地, 并被大面积现代流动沙丘所覆盖。开挖的剖面地点位于野麻湖近湖心位置, 海拔约1 306 m, 剖面长6.0 m, 其中地表至2.6 m为探井剖面, 2.6 m以下为钻孔剖面, 样品以2 cm间隔连续采样。剖面地层岩性如下(图1):

层6 0~20 cm, 灰白色风成粉砂和细砂, 有较大的贝壳;

层5 20~56 cm, 灰白色湖沼相碳酸盐沉积, 含螺壳化石和芦苇根碎屑, 其中在16~21 cm, 37~40 cm, 43~45 cm, 53~56 cm夹有4层灰黑色高有机质层, 上两层¹⁴C测年分别为(4 140±125) a.B.P. 和(4 770±120) a.B.P.;

层4 56~390 cm, 深灰色湖相厚层粉砂质粘土, 多空隙, 具微层理, 偶见螺壳化石, 夹多层较薄的粉砂和细砂, 主要出现在111 cm, 139 cm, 166~168 cm, 172 cm, 211 cm, 250~253 cm, 306~320 cm处;

层3 392~498 cm, 灰色、灰白色浅湖相碳酸盐沉积, 含螺壳化石, 夹两层灰色风成细砂, 在384 cm和490 cm的AMS ¹⁴C测年分别为(9 740±80) a.B.P. 和(10 770±80) a.B.P.;

层2 500~564 cm, 青灰色风成细砂;

层1 566~600 cm, 夹细砾的黄色中粗砂, 河流相沉积。

2 湖泊沉积的沙尘暴记录

由于石羊河尾间地区地处干旱荒漠、戈壁, 风沙活动十分强烈, 同时又盛行西风、偏西风, 有利于沙尘和粉尘的风力搬运堆积。Pye的研究^[2]表明风扬粉砂和细砂分别以短程悬浮和变性跃移方式搬运, 而水体和湿性地面能永久性地捕获沙尘和粉尘。因而在戈壁和沙漠下风向的石羊河尾间湖泊有利于风

收稿日期:2000-01-19; 修订日期:2000-05-18

基金项目:国家自然科学基金重点项目49731010资助。

作者简介:施祺(1971-), 男, 博士, 现从事珊瑚礁地质与环境研究。E-mail: shiqi@scsio.ac.cn

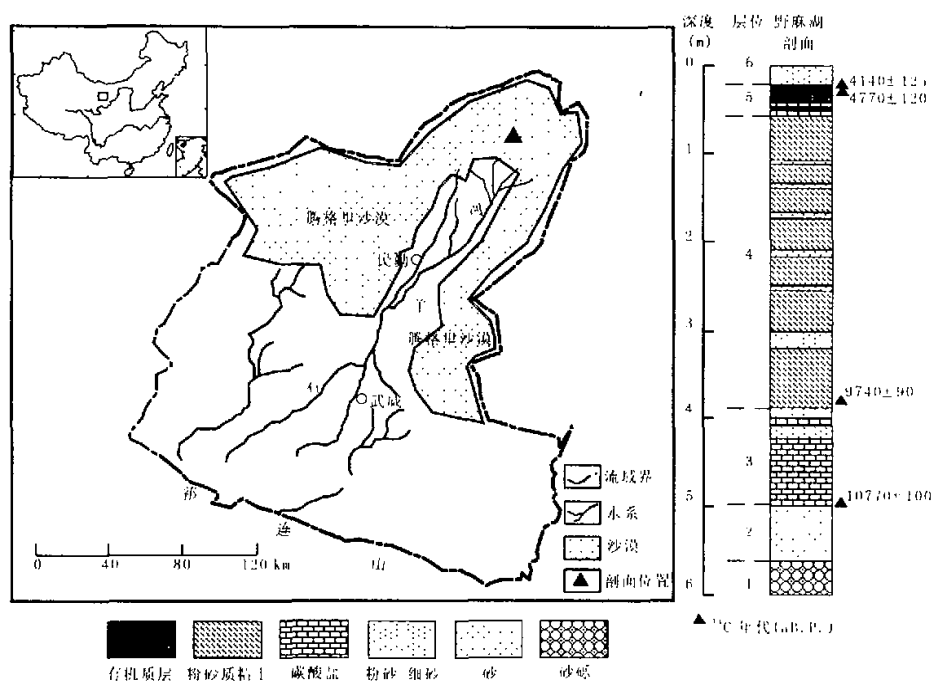


图 1 石羊河流域位置及野麻湖剖面

Fig. 1 Site of Shiyang River Drainage and Yema Lake section

成碎屑物质的沉积。

野麻湖剖面地层岩性表明,混杂有风成碎屑物是石羊河终间湖泊沉积的重要特点。剖面 56~390 cm 之间的厚层湖相沉积中清楚地记录到了多层粉砂和细砂堆积,沉积厚度小,大部分层位仅 1~2 cm,并未形成导致湖泊沉积中断,湖泊干涸的厚层风成砂堆积。初步的分析^[3]认为,这些薄层粉砂和细砂堆积代表了一种突发性的风力快速搬运堆积,即沙尘暴的堆积。本文通过对粒度、石英砂表面特征和磁化率、有机碳等多方面的深入分析,进一步揭示出沙尘暴的快速风成堆积特点。

2.1 粒度组成

野麻湖剖面沉积物粒度的测定分别使用了 Coulter LS 1 300 和 MasterSize 2 000 激光粒度仪,此外还对研究剖面附近的现代流动沙丘砂进行粒度测定。粒度组成的粒级划分按照 Udden-Wentworth 标准^[4]。

现代流动沙丘砂粒度组成以砂粒级为主,砂含量达到 94.0%,粘土和粉砂含量仅有 6.0%,优势粒级为细砂,含量高达 59%(图 2A)。野麻湖剖面湖相沉积(56~390 cm)的粘土含量接近 30%,极细粉

砂和细粉砂含量占到 40% 左右,砂含量较低(图 2B)。该剖面湖相地层中夹含的薄层粉砂和细砂堆积(111 cm, 139 cm, 166~168 cm, 172 cm, 211 cm, 250~253 cm)的粒度组成以粉砂为主,占 50%~60%,其中粗粉砂可达 20%~25%,砂含量也占到 10%~25%,粘土含量约为 10%~20%(图 2)。

现代流动沙丘砂粒度组成以砂粒级占优,细砂粒级形成峰值,代表了湖泊干涸状态下强烈的风力搬运堆积,风成砂颗粒较粗。湖相沉积粒度组成中砂含量较低,主要集中在粘土和极细粉砂、细粉砂等细颗粒组分,其中粘土粒级形成峰值,反映了较深的静水湖泊环境下的细粒沉积。剖面中薄层粉砂和细砂堆积的粒度组成具有流动沙丘和湖相沉积粒度组成的共同特点,粒度分布形成粘土和粗粉砂两个显著峰值,反映出湖相细颗粒沉积中混杂有大量风成粗粉砂组分,粒径明显较沙丘砂细,代表了快速的风力短程悬浮搬运沉积。现代大气降尘的粒度分析^[1]表明,降尘的主体粒级介于 63~50 μm ,野麻湖剖面湖相沉积中快速风成堆积的优势粒级与之相同,表现出沙尘暴活动的特点。

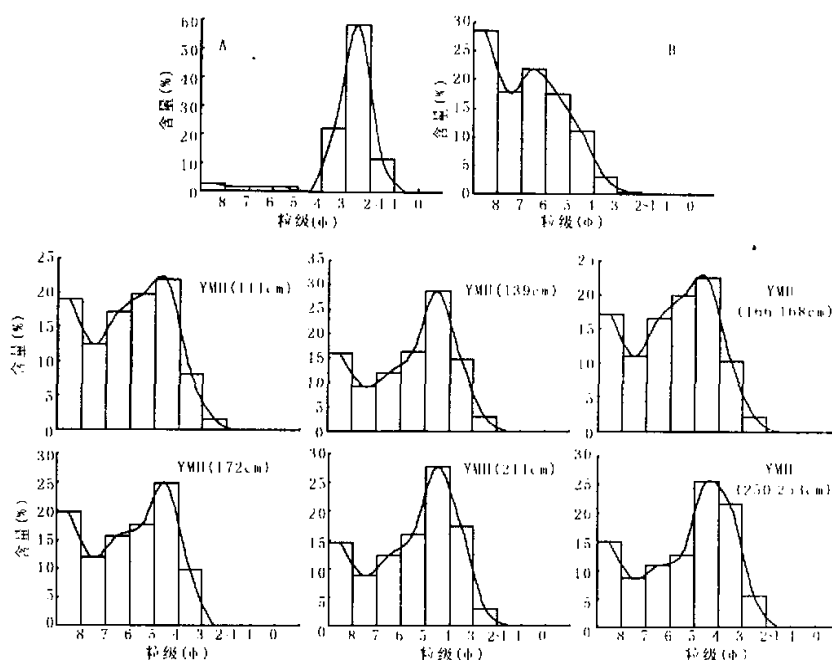


图 2 流动沙丘砂(A)和野麻湖剖面湖相沉积(B)、粉砂和细砂堆积的粒度组成

Fig. 2 Composition of grain size of active dune sand(A) and lucastrine(B), silt and fine sand deposit of Yema Lake section

2.2 石英砂表面特征

选取了现代流动沙丘砂和野麻湖剖面近地表风成堆积(YMH-000)和湖相沉积中薄层粉砂和细砂堆积(YMH-111 和 YMH-250)等层位的石英砂颗粒进行了表面微形态特征的电镜扫描分析(图 3)。所选石英砂粒级为细砂和中细砂,该粒级石英砂颗粒具有最清楚反映搬运力特点的表面特征^[5]。

石英砂颗粒表面微形态特征分析表明,野麻湖剖面近地表的 YMH-000 样品砂颗粒和沙丘砂颗粒具有相近的形态特征(图 3B, A),均以次圆状为主,表面多机械撞击坑,发育有溶蚀坑和硅质沉淀,具备了典型风成砂的特点,经历过多次的搬运磨蚀。而 YMH-111 和 YMH-250 样品的石英砂颗粒表面形态特征(图 3C, D)不同于 YMH-000 和沙丘砂颗粒(图 3B, A)。两个样品的石英砂颗粒呈不规则的次棱角状和棱状,不具备风沙长期或长距离搬运的特点,是反映出快速的突发性搬运机制所为,这类颗粒只有在干旱区特定环境下由沙尘暴活动搬运堆积而成。因搬运堆积速度快,距离短,风力的磨蚀作用不强,颗粒仍保留有原有的形态特征。野麻湖剖面湖

相沉积中风成堆积的石英砂颗粒表面特征与以棱角状和次棱角状为主的现代大气降尘的石英砂颗粒表面特征^[1]相同,也反映了沙尘暴快速搬运堆积特点。

2.3 磁化率、有机质和众数粒径

野麻湖剖面磁化率测试使用了英国 Bartington 公司的 MS2 型磁化率仪,有机碳含量测定采用了烧失量法(LOI, Loss Of Ignition),均以 2cm 样品间隔做全剖面测定。此外,还对现代流动沙丘砂的磁化率和有机碳作了测定。剖面湖相沉积的平均磁化率值为 $0.98 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{g}$,有机碳含量为 5%~7%(图 4B, C),而现代流动沙丘砂的磁化率值仅为 $0.6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{g}$,有机碳含量低于 1%。野麻湖剖面湖相沉积中薄层粉砂和细砂堆积的磁化率和有机碳表现为明显的低值,磁化率为 $0.6 \sim 0.7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{g}$,有机碳含量为 2%~3%左右(图 4B, C),都低于湖相沉积,磁化率与沙丘砂接近,有机碳略高于沙丘砂。终间湖泊沉积物磁化率的贡献主要来自石羊河上游地区土壤侵蚀所产生的细粒磁性物质,湖泊沉积物中有机质主要来源于湖泊自身的水生植物^[6]。野麻湖剖面湖相沉积以粘土和粉砂细颗粒为主,形成于

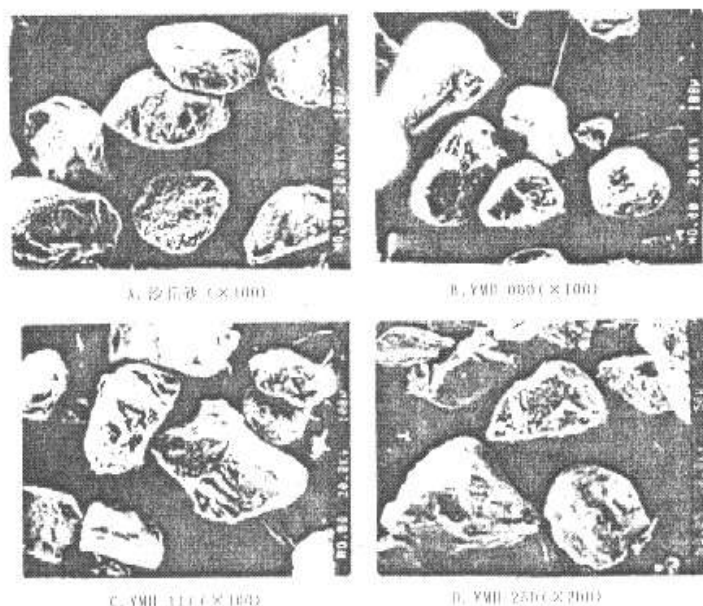


图3 野麻湖剖面石英砂颗粒表面微形态

Fig.3 micro-shape of quartz sand of Yema Lake section

较稳定的静水湖泊环境,有利于细粒磁性矿物的聚集保存,同时也有利于湖泊水生植物生长和有机碳的保存,因而磁化率和有机碳含量相对较高。而沙丘砂在搬运堆积过程中,经历了空气介质的反复改造和分选,磁性矿物不易保存,加之气候干燥,湖泊干涸,不利于水生植物生长,有机碳分解破坏严重,致使沙丘砂的磁化率和有机碳含量低。沙尘暴活动的频繁发生,使得磁性矿物和有机碳含量低的风成粉砂和细砂在湖泊环境中快速堆积,同时也对湖相沉积起到了稀释作用,因而磁化率和有机碳表现出明显的低值。

研究发现^[3],沉积物众数粒径比平均粒径能更好地反映沉积环境的变化特征。野麻湖剖面中湖相沉积的众数粒径值最小,低于 $20\mu\text{m}$,表现为低谷。而湖相沉积中夹含的多层沙尘暴堆积的众数粒径则位于 $50\sim 80\mu\text{m}$ 之间,在众数粒径变化曲线上呈明显的尖峰,但仍低于流动沙丘砂 $170\mu\text{m}$ 的众数粒径值(图4A)。

3 早全新世的沙尘暴事件

地层 ^{14}C 测年表明野麻湖剖面主要为全新世以来的湖泊沉积,通过对剖面不同深度 ^{14}C 年代的插

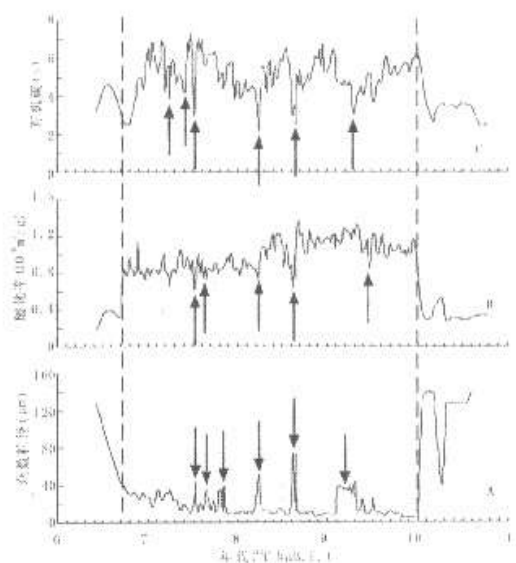
图4 野麻湖剖面早全新世沙尘暴记录
(A 众数粒径, B 磁化率, C 有机碳)

Fig.4 Record of dust storm of Yema Lake section during Early Holocene (A. Mode of grain size, B. Magnetic susceptibility, C. Organic carbon)

值计算,建立了剖面地层年代序列,并恢复了全新世石羊河流域气候环境变化过程,揭示出全新世该区域经历了阶段性的气候干湿变化。其中,早全新世10 000~6 700 a B.P. 终间地区形成外流湖泊,为流域气候最湿润时期;全新世中期6 700 a B.P. 之后终间湖泊退缩并逐步解体,形成封闭的浅水碳酸盐湖沼环境,气候出现干旱变化。

野麻湖剖面湖相沉积中多层沙尘暴堆积出现于10 000~6 700 a B.P. 期间,说明在早全新世气候最湿润阶段,石羊河终间地区仍存在突发性的沙尘暴活动。沙尘暴主要发生在9 300~9 100 a B.P., 8 600 a B.P., 8 200 a B.P., 7 800~6 700 a B.P., 大致具有400年的准周期(图4)。其中7 800~6 700 a B.P. 期间,众数粒径增大,磁化率和有机碳含量减小,出现多个尖峰和尖谷,沙尘暴发生次数明显增加,表明早全新世后期沙尘暴活动更加频繁。

早全新世沙尘暴事件的记录表明,石羊河流域的沙尘暴活动主要表现为一种自然现象,与石羊河

流域所处的大区域环境背景有关。但历史时期以来,特别是近、现代频繁的沙尘暴活动与人类活动对自然环境破坏的加重也有密切关系。

参考文献:

- [1] 夏训诚,杨根生,等. 中国西北地区沙尘暴灾害及防止[M]. 北京:中国环境科学出版社,1996.
- [2] Pye K. Aeolian dust and dust deposits[M]. London: Academic Press,1987.
- [3] 施祺,王建民,陈发虎. 石羊河古终端湖泊沉积物粒度特征与沉积环境初探[J]. 兰州大学学报(自然科学版),1999,35(1): 194~198.
- [4] 成都地质学院陕北队. 沉积岩(物)粒度分析及其应用[M]. 北京:地质出版社,1978.
- [5] 王颖,B迪纳瑞尔. 石英砂表面结构模式图集[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [6] Chen F H, Shi Q, Wang J M. Environmental change documented by sedimentation of Lake Yema in arid China since the last glaciation[J]. Journal of Paleolimnology, 1999,22(2):159~169.

Dust Storm Records in Shiyang River Drainage during Early Holocene

SHI Qi¹, CHEN Fa-hu²

(1. South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510300;

2. College of Resource and Environment, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000)

Abstract: Northwestern China is the region with high frequent dust storms in the world, and the dust storms have been the serious disaster in the region. It was firstly discovered that deposit records of dust storm during Early Holocene in the investigation into lake sediments in the Hexi Corridor.

Yema Lake section located in the terminal area of the Shiyang River Drainage of eastern Hexi Corridor, Northwestern China, recorded rich information of the lake evolution and climatic change since Holocene. Many interlayers of rapid aeolian coarse silt and fine sand were documented in between the lacustrine sediment, and were considered as transport and deposit of rapid dust storms. Furthermore, analysis of grain size, micro-shape of quartz sand, magnetic susceptibility and organic carbon revealed the coarse silt and fine sand layers were same as modern dust storm deposit with rapid short-haul transporting trait, but different from active dune sand deposit.

According to interpolation of the ¹⁴C ages of different depth, age sequence of Yema Lake section was established, and lake evolution and climatic change in the Shiyang River Drainage were reconstructed. The result showed that dust storm events had occurred with 400a quasiperiod during Early Holocene(10 000~6 700 a B.P.), the wettest climate phase. The dust storm events occurred in the Shiyang River Drainage during Early Holocene were natural phenomenon relating with regional environment of Northwestern China.

Key words: Shiyang River Drainage; Holocene; Lake sediment; Dust storm