

文章编号: 1000-0550(2001)04-0642-06

花海湖泊古风成砂的粒度特征及其环境意义

胡刚¹ 王乃昂^{1,2} 罗建育³ 高顺尉¹ 李巧玲¹

1(兰州大学资源环境学院 兰州 730000)

2(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 兰州 730000)

3(台湾中山大学海洋地质及化学研究所 高雄 80424)

摘要 通过野外调查和室内分析,发现在花海剖面全新世出现了三次特有的风成砂,并对其原因进行了初步的分析。前两次风沙形成期分别与第一、第二新冰期相对应,而且分析表明第一风沙形成期的冬季风强度要比全新世其它时期强,持续时间长。这为研究本区土地退化、荒漠化等问题提供了自然背景,特别是对西部大开发战略重点之一的生态环境保护与建设具有特殊的意义。

关键词 湖相沉积 粒度分析 古风成砂 全新世 花海

第一作者简介 胡刚 男 1976年出生 硕士 湖泊演变、环境变迁与区域开发

中图分类号 X141 **文献标识码** A

花海盆地处于季风—西风过渡带,以其生态脆弱性和气候敏感性在过去全球变化研究中占据重要地位,其中的花海剖面蕴藏着丰富的气候变迁与环境演化的信息,是古气候研究的良好对象。湖泊沉积物作为湖泊流域、湖泊本身环境演变与气候变化的载体,记录着区域乃至全球气候和环境演化的历史,这必然反映到沉积物的粒度组成上。本文试就花海剖面的粒度组成分析得出的一些初步认识做一简要介绍。

1 区域背景与沉积特征

花海盆地海拔高度约1150~1250 m,为一南北宽达40 km、东西长约70 km的狭长低地。在地质构造上属花海—金塔盆地的西部。盆地南缘属中低山或中山区,宽滩山及黑山海拔2243~2799 m。北部属马鬃山区,呈平缓的中、低山地形,海拔1400~1900 m(图1)。盆地内干燥多风,每年4~6月为风季。夏季炎热,气温可高达40℃,冬季最低温度-26.7℃,年平均气温8℃。年平均降水量56 mm,多集中在6~8月,年蒸发量达3000 mm,冬春多西北风,有风天气不小于300天。盆地中部的湖积平原大多为红柳所占,地面起伏不平,发育石膏灰棕漠土、草甸土、沼泽土等。区内除花海乡(营盘堡)和花海农场等地附近有小片灌溉农田外,盆地大部分为天然牧场。花海湖泊历史上曾是疏勒河东支北石河、南石河和石油河及北大河支流断山口河的终端湖,目前为一典型的沙漠干盐湖,在盆地的最低处(也是古湖泊的最深处)芒硝矿的露天开

采,清楚地显示了晚第四纪湖泊沉积气候地层剖面。研究剖面地理坐标为E98°04'47",N40°26'05",海拔高度约1195 m。剖面厚约8.05 m,岩性特征描述如下:

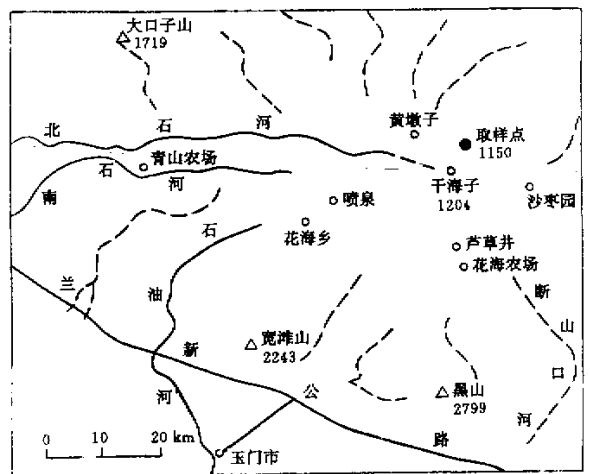


图1 花海盆地地貌与剖面位置示意图

Fig.1 The sketch map of geomorphology and the position of the section in Huahai Basin

(1) 0~0.73 m,浅红色或褐黄色淤泥,夹有粉沙、植物碎屑及昆虫等。局部上覆现代风沙层,厚约38 cm。该层系风水两相和洪泛堆积,0.4 m处¹⁴C年龄为(290±70aBP),底部0.73 m¹⁴C年龄为(1890±80)aBP。

(2) 0.73~2.38 m,灰色、灰白色粉砂质粘土呈互层状分布,胶结性差,含菱板状石膏和水云母片。石膏

① 国家自然科学基金重点项目(批准号:49731010)和国家自然科学基金项目(批准号:40071031)资助

收稿日期 2001-01-15 收修改稿日期 2001-03-19

产状直立,直径一般为 4~6 cm,多成条带状。

(3) 2.38~3.08 m,灰白色粘土质粉砂,具水平层理,局部有灰色条带,含白色水云母,偶见石膏碎片。层底夹有黑色草籽,AMS¹⁴C 年龄为(10 530 ± 70) aBP。

(4) 3.08~3.63 m,深灰色粉砂质粘土,夹有黄褐、灰白色条带,具水平层理。

(5) 3.63~3.73 m,浅黄灰绿色粉细砂层,胶结松散。

(6) 3.73~4.53 m,浅棕色或褐色粉砂质粘土,泥状结构。

(7) 4.53~5.25 m,上部灰黄色风成粉细层厚约 0.6 m,下部为浅褐色粘土质粉砂,细粒结构,胶结松散。

(8) 5.25~6.30 m,深棕色、紫褐色粉砂质粘土,致密块状,夹有细砂层,偶见菱板状石膏片,具程度不同的盐渍化。

(9) 6.30~7.35 m,灰黄、灰黑色粉砂质粘土,具水平薄层理,局部可见白色薄盐层或碱壳。夹驼毛状或鬃状草丛,6.41 m 处草籽¹⁴C 年龄为(12 170 ± 260) aBP,AMS¹⁴C 年龄为(12 215 ± 60) aBP,6.80 m 处的草丛¹⁴C 年龄为(12 200 ± 260) aBP。

(10) 7.35~8.05 m,灰绿色或深灰黑色粉砂质粘土,泥状结构,含少量芒硝晶质,具硫化氢味。薄层状构造,7.38 m 处的腐植淤泥¹⁴C 年龄为(12 730 ± 155) aBP。

¹⁴C 年代测定要求样品在沉积后保存在与外界碳不再发生交换的相对封闭的环境中,以免受外来碳的污染。但沉积物的来源、沉积方式和保存环境极其复杂,各种物理、化学和生物因素不可避免地给样品造成不同程度的影响。花海湖泊沉积物¹⁴C 测年资料证明,由于“硬水效应”的影响,芒硝层腐植淤泥¹⁴C 年龄比实际偏老 2 500 a 左右^[1]。这一年龄差异,与国内已有报道较为接近^[2]。考虑到测试误差和硬水影响,我们认为所采花海剖面为全新世形成,但由于可能的沉积间断,其精确年代控制目前尚有一定困难。

2 采样和实验方法

全剖面自下至上系统采样(深度为 8.05 m),除在出现薄盐层位置加密采样外,均按 2 cm 间距采样,共采集 409 组样品。为对比分析,在花海湖泊外围固定沙丘表面,芦苇井表层风成沙及钻井处等湖心外围地带采集对比样 12 个,同时对河西地区末次冰期砂楔^[1]中的风成物质的粒度组成进行了测量。

在兰州大学使用英国 MALVERN 公司的 Master-

Size2000 激光粒度仪分析粒度,粒度测量范围为 0.02~2 000 μm,重复测量误差小于 2%。根据不同颗粒物对粒度仪散射度的不同,选取适量样品。细颗粒的湖相粉砂质粘土样品取约 0.3 g 左右,较粗颗粒的浅湖相粉砂取约 0.4~0.5 g,粗颗粒的风成砂样品量相应增加,清除样品中有机和无机物质,样品中先加入 10 ml H₂O₂,加热煮沸直至完全去除样品中有机物质;再加入 4~5 ml 盐酸,加热煮沸直至完全去除样品中碳酸盐物质;清洗样品两次,每次间隔 12h;清洗后样品中加入 10 ml 分散剂(Na₆(PO₃)),使颗粒充分分散,以备激光粒度仪测试用;正式在激光粒度仪上测试前,将样品在超声波震荡仪上震荡 10 min,以防止颗粒胶结^[3]。

粒度组成的粒级划分按照 Udden-Wentworth 标准,并根据 Folk 和 Ward 的算法公式计算了沉积物的粒度参数(成都地院陕北分队,1978)。其结果如图 2 所示。

3 粒度特征分析

3.1 剖面粒度组成

整个剖面粒度组成以粉砂和粘土为主,其中又以粉砂含量为主(如图 2 所示),整个剖面的粉砂含量平均达 61.1%,粘土平均达到 26.3%,砂含量相对较少,平均为 12.6%。尽管整个剖面砂含量相对较少,但其波动明显,剖面中砂粒级在粒度分布曲线上呈现明显尖峰之处在整个剖面中就共有六次之多,它们分别位于 7.79~6.95 m、5.71~4.67 m、4.21~4.33 m、3.79~3.87 m、3.31~2.35 m 及 0.53~0 m 处。在这些层段平均粒径和砂含量变化明显,沉积物明显变粗,由粉砂粒级变为砂粒级。砂含量增加至 20%~50%,5.71~4.67 m 段中的砂含量最高达到 88.3%,粘土和粉砂含量有较大减少,在 5.71~4.67 m 段的粘土和砂含量降至全剖面最低值,分别为 3.86% 和 7.87%。就这几段粒度来讲,其粒径的分布也是存在差别的,在后面我们将就其粒度的量化指标粒度参数进行讨论。

3.2 剖面粒度参数

本文根据 Folk 和 Ward 的图解算法公式计算沉积物的粒度参数。其粒度参数分布曲线如图 2 所示。

由上及与剖面粒度分布曲线对比我们可知,整个剖面的粒度参数变化较为复杂。在砂粒级分布较为突出的层段,标准偏差偏态及峰态都有较为明显的变化,但在各层段上甚至同一段变化存在较大差异。例如 4.75~5.71 m 是整个剖面砂粒级分布最厚的层段,除

去两个突变层位外砂粒级平均含量从其下部的4.11%猛增到61.33%，而且该层段内约以5.33 m为界，上下砂粒级变化也较大，由下部的33.7%增加到74.6%。就粒度参数来讲其上标准偏差(S_D)明显比其下为低，意即说明该层段沉积物分选性其上要比其下好；该层段峰态(K_G)为粒度参数中变化最为明显的，从下段的平均为0.85突变为整个剖面的最高层段，平均为1.71，由宽平态突变为很尖窄峰态。我们看到即使该层段的粒度分布也不是均一的，较为明显的就存在两个突变层位分别位于5.23~5.25 m和5.05 m。与其上下粒度分布明显不同。

粒度的变化直接反映了气候及沉积环境演变^[4]。剖面中的粒度变化明显，反映了本剖面对气候与环境变化的敏感性。但我们可以看到砂粒级较为突出的部位与剖面岩性描述并不完全一致，那么他们是否反映了一种沉积动力条件下的沉积过程，他们的粒度分布有何特征，下面就此加以讨论。

3.3 风成沉积物粒度组成

现代及古风成沉积物的粒度分布如图3 a、b所示。可以看到无论是现代风成沉积物还是砂楔中的风成沉积物其粒度分布及组成基本相似。通过对比分析可以发现总体来讲风成沉积物可分为两种模式，一种是砂粒级是粒度组成中的主要成分，可能代表了一种

湖泊近似干涸状态下的强烈风力搬运堆积；另一类虽仍以砂粒级为主，但细颗粒的细粉砂、极细粉砂和粘土含量有明显增加。而且从中我们可以看到无论是现代还是古风成沉积物，除了砂(1~4 Φ)粒级为一主峰外，在粉粘粒级(<5 Φ)范围内还分布一次峰，形成一长长的尾端，且砂粒级与粉粘粒级粒度分布曲线之间有一低谷，该粒径值含量急剧降低甚至降为零。不同于在风成黄土基质上由于搬运介质的变化及沉积后的成壤改造作用所形成的细尾延伸^[5]。通过两者的对比至少可以说本区的沉积物并没有像黄土一样经过后生化改造作用，这主要是由于花海远离海洋，水汽难以到达，气候极端干旱的缘故。

Visher 将粒度概率累积曲线与沉积物的搬运形式联系起来，对现代与古代环境中不同沉积物的特点作了分析。沉积物概率累积曲线根据搬运形式的不同可划分为推移、跃移、悬移三组分，通过其可以看出沉积物各部分的组成、分选性以及截点等^[6]。图3c是现代及古风成沉积物的概率累积曲线。可以看到无论是现代还是古代风成沉积物主要由跃移和悬移成分组成，两者的含量占到60%~90%。粗、细截点分别位于1~2 Φ 和4 Φ ，推移组分含量较少为2%左右，多由粗砂组成，少量为中砂组成；跃移组分含量占50%~90%，由中砂、细砂、极细砂组成，极少含有粗砂，而且推移和

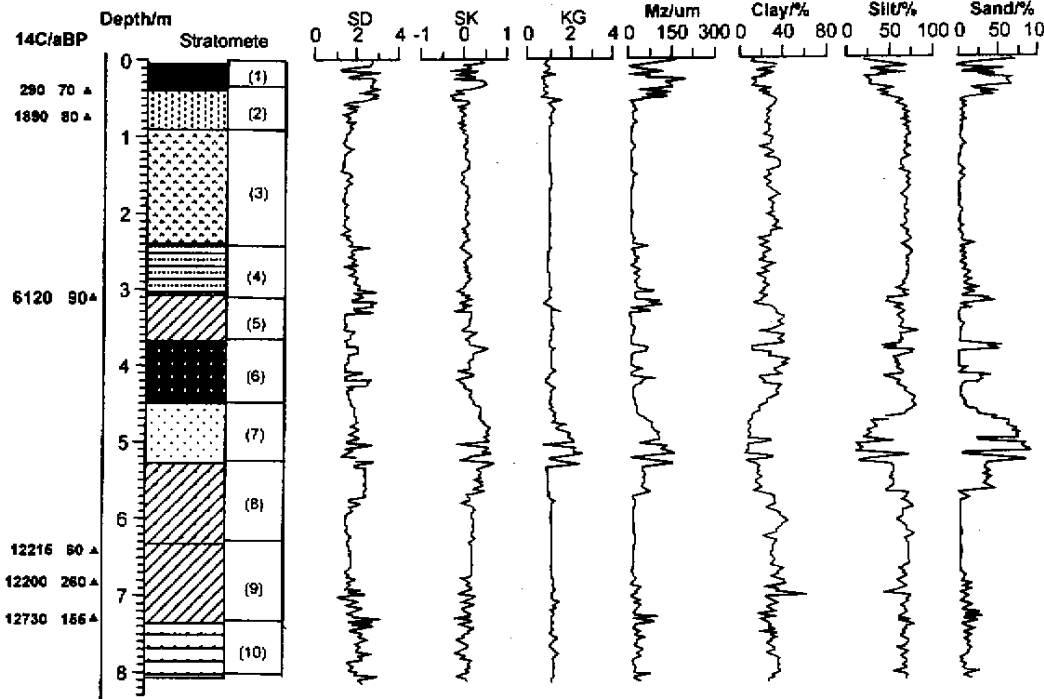
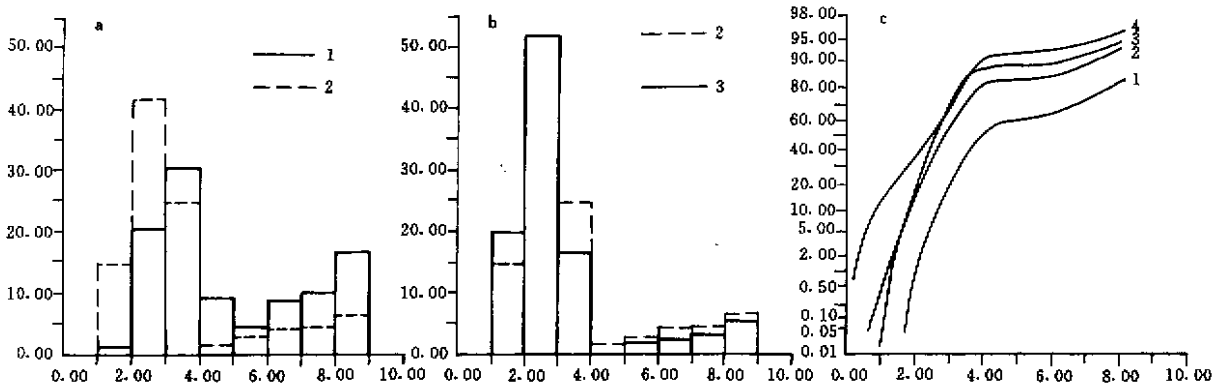


图 2 花海剖面¹⁴C年代、粒度参数、粒度组成及地层剖面

Fig. 2 ¹⁴C ages, grain size parameters and strata profile of the section in Huahai Lake



1 花海固定沙丘表层风成沙; 2 砂楔风成物; 3 芦苇井表层风成沙; 4 钻井处表层风成沙

图 3 现代及古风成沉积物的粒度分布和概率累计曲线

Fig.3 Grain size distribution and grain size probability cumulative curve of modern and paleo-aeolian sediments

表 1 风成沉积物对比样的粒度分布

Table 1 Grain size distribution of compared samples of aeolian sediments

样品名	<2.0 μm	2.0~3.9 μm	3.9~7.8 μm	7.8~15.7 μm	15.7~31.5 μm	31.5~63 μm	63~125 μm	125~250 μm	250~500 μm	>500 μm
	粘土	粘土	极细粉砂	细粉砂	中粉砂	粗粉砂	极细砂	细砂	中砂	粗砂
花海	8.321	8.324	9.891	8.48	4.399	8.949	30.179	20.309	1.147	0
钻井处	1.79	1.995	1.82	1.513	0.824	1.349	22.171	34.472	22.731	11.337
芦苇井	2.618	2.567	2.889	2.238	1.945	0.078	16.387	51.746	19.517	0.015
芦苇井	1.773	1.927	2.189	2.229	1.4	1.683	27.863	44.029	15.274	1.632
花海	8.967	8.722	10.076	8.496	4.323	8.483	29.633	20.203	1.097	0
砂楔风成物	2.863	3.522	4.419	4.133	2.643	1.594	24.506	41.527	14.367	0.426
砂楔风成物	1.564	1.583	2.022	2.252	2.138	1.645	19.982	40.107	23.589	5.118

悬移组分的斜率大,分选好,悬移组分由粉砂和粘土组成,大多含量较少,为 20~10%左右,最多达到 40%,分选为三种组分中最差的。推移和跃移与悬移组分差别悬殊,可能代表了两类不同动力机制沉积物的混合。

在所采对比样中可以看到愈近花海湖心风成沉积物的平均粒径要比其他风成沉积物对比样小,而且各粒级的分布也有所不同,其粉粘粒级所占比例要比其他样多,而砂粒级则相对要少,究其成因可能因为其更接近花海湖泊的中心。与之相比,其他对比样采样点分布在花海湖泊外围,根据湖泊沉积学原理可知,沉积分异作用使得粗颗粒的风成砂先在湖泊边缘沉积,而在湖泊中心沉积较细的颗粒。现代风力搬运和沉积实验表明,4~5 Φ 的粒级在空气中具有较高的浮动性能,而小于 2 Φ 的颗粒很少能被风悬浮搬运^[7]。同时,根据 MOLDVYL 的实验结果表明,4.32~6.64 Φ 的粗粉砂在空气中极易浮动,<4.32 Φ 的颗粒,随粒径的变粗,搬运系数变小,在空气中浮动性能越来越差^[8]。这与本区风成沉积物对比样中的 4~6 Φ 的粗粉砂、中粉砂含量相对较少,而集中分布于极细砂、细砂及中砂相

吻合,从而说明该粒级的颗粒大部分为风力侵蚀搬运转移。从风成沉积物对比样的粒度参数可以明显发现近湖泊中心样品的标准离差(S_D)为所采风成沉积物中最大的,表明沉积物的分选性最差,峰态(K_C)最小,而低峰态值可能反映了沉积物有几个部分混合而成^[9],由此我们认为这可能是由于<0.063 μm 的粉砂和粘土成分显著增加而致。愈外围地带湖泊退出时间愈长,长期的风力分选使得堆积物的粉粘粒级的颗粒相对变少,而残留下相对较粗的砂粒级颗粒。

董光荣等认为古风成砂的颗粒分选较均匀,且由细砂粒级至黄土粒级一般由粗到细逐渐过渡^[10],而且风成沉积物通常有较成熟的沉积物组织,也就是它们的分选度较其它沉积环境下的沉积物好。但由本区所发现的无论是古风成砂还是现代风成砂都存在由粗到细一明显间断,而且在空间上近湖心粒度分布细多粗少,估计它的形成一方面是由于湖泊干涸后表层疏松的沉积物成为砂物质来源的缘故。因为在湖泊接近干涸的情况下,风蚀作用强烈,将湖泊表层的干盐壳物质吹起并同风积物混杂堆积而成,致使沉积物分选较差,出现双峰。另一方面则是由于该区较强的风力分选作

用。同时与湖泊退出的时间也有一定的关系,反映了沉积物形成动力机制及来源的不同。这可能构成了内陆干旱湖泊地区所特有的粒度时空关系。

4 剖面古风成砂的确定

所谓的古风成砂是指早在现代风成砂出现以前,地质时期风力作用所形成的砂质沉积物。一般来讲古砂体的机械组成、平均粒径和标准差与各地现代风成砂基本相似^[10]。通过本区的古今风成砂的对比也证明了这一点。因此我们可以通过现代风成砂乃至古风成砂与剖面粒度特征的对比来确定古风成砂。

结合剖面岩性特征和古风成砂的粒度特点可以看到,在剖面底部的4.75~5.33m层段,平均粒径变粗由其下段的约50 μm 急剧增大到140 μm 以上,而标准偏差(S_D)迅速下降,平均值由其上层段的2.24降低为1.76,沉积物的分选性变好;同时,沉积物的峰态也由宽平峰态快速变为很尖窄峰态, K_G 变大可能表示了快速的沉积过程,与风成沉积物的概率累积曲线对比分析表明它们极为相似甚至相同,表明两者成因上的相似性。与此之前的高标准偏差(S_D)低峰态(K_G)不同,其可能更趋为两种或几种相态物质的混合,从累积曲线上看其组成、斜率等更倾向为浅湖沉积,其中夹杂有相当的风成沉积颗粒,从而使其峰态变小分选变差。以上的分析表明沉积物的沉积经过长期的浅湖或湖沼相沉积迅速变为一典型的风成沉积。同时,对它们的粒度相特征、粒度指数特征、结构参数散点图的分析也证明了该层段与风成沉积物的相似性。

用同样方法分析得出3.85~3.81m、0.37~0m层段同样为风成砂。这里所指的风成砂主要是指湖泊在接近或完全干涸情况下所沉积,由于该区强烈的风沙活动,在浅湖甚至湖泊沉积环境下也同样可能存在快速的风成细砂沉积,形成混杂有风尘颗粒的湖泊沉积。

可以看到在剖面上部、中部和中下部存在三次风砂沉积阶段,与野外观察相一致,而且在剖面上下两段风砂沉积期内还存在次一级的波动,并且幅度相当剧烈,是否代表了不同的气候环境还有待于进一步论证。据已有测年资料及本区硬水影响程度,初步认为本剖面第一风成砂期可能与全新世第一新冰期相当,第二风成砂期与第二新冰期相对应,但其精确定年目前尚有一定难度。根据西北干旱区早期人类活动判断^[11],除早期的两层古风成砂未受人类活动影响外,距今最近一次风成砂的出现估计受到了人类活动的影响,但其所占比重如何还有待于进一步研究。

通过计算本剖面粒度指标的中值粒径、众值粒径、平均粒径分别与砂、粉砂、粘土的一元线性回归相关系

数得知:与其他指标相比中值粒径与砂、粉砂、粘土的相关系数最高,分别为0.993、-0.882、-0.774,明显要高于平均粒径、中值粒径与三者的相关系数。一方面表明沉积物的偏态、中值粒径在很相当大程度上是由粗颗粒组分决定的。另一方面反映了本区研究时段内频繁的风砂活动致使湖盆中砂粒级颗粒分布较广。因此我们可以将中值粒径作为风场状态的衡量指标^[12,13]。也就是说沉积物粒度分布的中值大小可以反映冬季风的强弱,中值粒径越大,冬季风越强。同时结合本区风成沉积物特有的时空关系,分析前两次风成砂的粒度状况,似乎表明剖面第一风砂期的冬季风强度要比全新世其它时期的冬季风强,持续时间要长。可以确定的是本区在全新世早期出现了气候环境的明显波动,沉积物源和动力作用发生明显变化。

5 结论

(1)本区古风成砂的分选性较一般的风成沉积物要差,主要原因是由于强烈的风蚀作用将湖积物与风积物混杂堆积的结果,导致风积物的概率分布曲线存在一长长的尾端,各粒级之间变化较大,递变性较差。而且通过本区古今风成砂的对比,发现他们间存在较好的一致性。

(2)全新世本区存在的两次较强风砂活动期,分别对应第一新冰期和第二新冰期,此时湖泊萎缩干涸,风沙活动强烈,而且剖面第一风沙期的冬季风强度要比全新世其它时期的冬季风强,持续时间要长。这为研究本区土地退化、荒漠化等问题提供了自然背景,特别是在西部大开发的历史时期,更有其特殊意义。

参 考 文 献

- 王乃昂,王涛,高顺尉等. 河西走廊末次冰期芒硝和砂楔与古气候重建[J]. 地质前缘, 2000, (增刊): 59~65
- 任国玉. 内蒙古湖相沉积¹⁴C年代测定中“硬水”影响的发现[J]. 湖泊科学, 1998, 10(3): 80~82
- 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
- 张春生,刘忠保. 现代河湖沉积与模拟实验[M]. 北京:地质出版社, 1997. 102~103
- 鹿化煜,安芷生. 黄土高原红粘土与黄土古土壤粒度特征对比—红粘土风成成因的新证[J]. 沉积学报, 1999, 17(2): 226~232
- 成都地质学院陕北队编. 沉积岩(物)粒度分析及其应用[M]. 北京:地质出版社, 1976
- Han Jingtai. Study on the loess in Penglai District. Aspects of Loess Research[C]. Beijing: China Ocean Press, 1987. 77~84
- Moldvyl L. On the governing sedimentation from Aeolian suspension[J]. Acta Universitatis Szegediensis, 1962, T. XLV. 75~109
- Sun D H, Shaw J, An Z S, Chen MY. et al. Magnetostratigraphy and paleoclimatic interpretation of continuous 7.2 Ma late Cenozoic eolian sediments

- from the Chinese loess plateau[J]. *Geophysical Research Letters* , 1998 ,25 (1) 85 ~ 88
- 10 董光荣,李森,李保生等.中国沙漠形成演化的初步研究[J].*中国沙漠* ,1989 ,11(4) 23 ~ 32
- 11 尹泽生,杨逸畴,王守春.西北干旱地区全新世环境变迁与人类文明兴衰[A].见:张兰生主编.中国生存环境历史演变规律研究(一)[C].北京:海洋出版社,1993.260 ~ 284
- 12 An Z S , Xiao J L. Study on the eolian dust flux over the Loess Plateau : An example[J]. *Chinese Science Bulletin* , 1990 ,35(9) : 1 627 ~ 1 631
- 13 Rea D K. Aspects of atmospheric circulation : the Late Pleistocene (0 - 950 000yr) record of eolian deposition in the Pacific Ocean[J]. *Palaeogeogr. Palaeoclimat Palaeoecol.* 1990 ,78 : 217 ~ 227

The Grain Size Characteristics of Aeolian Sand and Its Environmental Significance

HU Gang¹ WANG Nai-ang^{1,2} LUO Jian-yu³ GAO Shun-wei¹ LI Qiao-ling¹

1 (School of Resources and Environment , Lanzhou University , Lanzhou 730000)

2 (Institute of Environment and Engineering in Cold and Arid Zone , CAS , Lanzhou 730000)

3 (Marine Geological and Chemical Institute , National Sun Yixian University , Gaoxiong 80424)

Abstract

The grain-size analyses of the whole section in Huahai Lake reveal that several segments consist of grains with larger mean diameter , which are different from the field observation. On the basis of laboratory analyses , we found that the characteristics of paleo - eolian sand from sand wedges are so similar to those of modern eolian sand that they coincide with previous studies .

Based on the above , detailed grain-size distribution comparisons were conducted in order to make it clear that which segments are eolian. The results show that sand from layers of 4.75 ~ 5.33m , 3.85 ~ 3.81m , 0.37 ~ 0m shares good similarity with compared eolian samples , implying that the sand of these layers originate from aeolian. And the time during which the earlier two layers of sand were formed may correspond with the first and the second New Ice Age , respectively. Moreover , we found that samples at the boundary of Huahai Lake encompass more coarse grains , less fine components than those sampled from the center of the lake. That is to say , compared eolian sand in Huahai Lake has especially spatial discrepancy , which is different from fine-grain distribution originated from Westerly in loess. The researches have proved that coarse silt of 4.32 ~ 6.64 Φ is easier to suspend in the air than other grain size. However , for grains of < 4.32 Φ , the larger the grain diameter becomes , the more difficult its suspension gets. Therefore , we preliminarily assume that the fine grains was from lacustrine nearby , while the coarser from desert , and that the duration of lake recession positively correlates with grain size , which bears special spatio-temporal relationship in arid lacustrine area inland.

Further analyses show that median diameter is better correlated with sand , silt and clay. So we may use median diameter as an effective indicator of winter monsoon history reconstruction. The grain-size curves show that the first sand layer has the largest median diameter , the fewest fine grain and the maximum thickness , suggesting that the intensity of winter monsoon with longer duration at that time , may have been stronger than other two in Holocene. These provide natural background of the soil regeneration and desertification , and has significant implication to the preservation and construction of ecological environments in west China .

Key words grain size analysis , paleo-aeolian sand , Holocene , Huahai Lake , desertification