

中国北方主要沙漠沙尘粒度特征比较研究

霍文¹, 何清¹, 杨兴华¹, 刘新春¹, 丁国锋², 程玉景³

(1. 中国气象局 乌鲁木齐沙漠气象研究所, 乌鲁木齐 830002;

2. 和静县巴音布鲁克气象站, 新疆 巴音布鲁克 841314; 3. 库尔勒市气象局, 新疆 库尔勒 841000)

摘要:粒度分析在区分沉积环境、判定物质输运方式、判别水动力条件和分析粒径趋势等方面具有重要作用。对塔克拉玛干沙漠、库姆塔格沙漠、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、毛乌素沙地沙尘粒度参数进行了分析比较研究。结果表明:风沙天气过程中,塔中沙漠地区平均粒径 ϕ 值 2.95~3.59,标准偏差 0.03~0.98;肖塘沙漠过渡带平均粒径 ϕ 值 2.93~4.56,标准偏差 0.01~0.1;库姆塔格平均粒径 ϕ 值 1.55~2.92,标准偏差 ϕ 值 0.41~1.11,偏度 0.11~0.31,峰度 0.77~1.23。巴丹吉林沙漠平均粒径 ϕ 值分别为 1.6~1.8,毛乌素沙地为 1.7~2.0,腾格里沙漠为 1.7~2.3,库布其沙漠为 2.1~2.4。库布其沙漠标准偏差 ϕ 值最小 0.46~0.51,巴丹吉林沙漠次之为 0.55~0.68,腾格里沙漠居中为 0.41~0.65,毛乌素最大为 0.81~0.91。腾格里沙漠大部分样品为正偏,巴丹吉林与毛乌素为负偏。平均粒径肖塘最小,其次塔中,余下依次为库姆塔格沙漠、库布其、腾格里、毛乌素、巴丹吉林沙漠。肖塘标准偏差 ϕ 值最高,分选最差,其它依次为毛乌素沙漠、塔克拉玛干沙漠、库姆塔格沙漠、腾格里沙漠、巴丹吉林沙漠,库布其分选最好。在频率曲线上反映肖塘、库姆塔格、库布其沙漠细颗粒偏多,塔克拉玛干沙漠、毛乌素、腾格里、巴丹吉林沙漠粗颗粒偏多。

关键词:沙漠;平均粒径;标准偏差;偏度;峰度

中图分类号:P425.5⁺5

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0006-06

The Research on Grain Size Characteristic of Desert in North of China

HUO Wen¹, HE Qing¹, YANG Xing-hua¹, LIU Xing-chun¹, DING Guo-feng², CHENG Yu-jing³

(1. Institute of Desert and Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China; 2. Hejing County Baygnbulak Weather Station, Baygnbulak, Xinjiang 841314, China; 3. Korla Meteorological Bureau, Korla, Xinjiang 841000, China)

Abstract: Analysis on grain size of the sediment is very important to differentiate sedimentary environments, determinate the ways of sediment transport, estimate hydrodynamic conditions and analyze grain size trends. Grain size parameters of sand dust in Taklimakan Desert, Kumtag Desert, Badain Jaran Desert, Tengger Desert and Mu Us Sandland were analyzed and compared. The results showed that during sandy and dust weather, the mean grain size values and standard deviation of Tazhong were 2.95~3.95 and 0.03~0.98, respectively, however, those of Xiaotang transition zone were 2.93~4.56 and 0.01~0.1, respectively. The kurtosis value of Xiaotang desert transition zone was higher, and that of Tazhong desert district was lower. The mean grain size values, standard deviation, skewness and kurtosis were 1.55~2.92, 0.41~1.11, 0.11~0.31 and 0.77~1.23, respectively. Mean values of grain size in Badain Jaran Desert, Mu Us Sandland, Tengger Desert and Kubuqi Desert were 1.6~1.8, 1.7~2.0, 1.7~2.3 and 2.1~2.4, respectively. The standard deviation of Kubuqi Desert was the lowest, 0.46~0.51, while the value of Badain Jaran Desert was 0.55~0.68, 0.41~0.65 for Tengger Desert, 0.81~0.91 for Mu Us Sandland. Most samples of Tengger Desert positively deviated, while the samples of Badain Jaran Desert and Mu Us Sandland negatively deviated. The orders in lower size to mean grain size were Xiaotang, Tazhong, Kumtag Desert, Kubuqi Desert, Tengger Desert, Mu Us Sandland and Badain Jaran Desert. The orders in higher value to standard deviation were Xiaotang, with the worst sorting features, Mu Us Sandland, Taklimakan Desert, Kumtag Desert, Tengger Desert, Badain Jaran Desert, Kubuqi Desert, with the best sorting features. The distribution frequency shapes reflected that there was more fine silt in Xiaotang, Kumtag Desert and Kubuqi Desert and here

收稿日期:2011-03-21

修回日期:2011-05-23

资助项目:公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006012);国家“十一五”科技支撑计划项目(2008BAC40B05-01);国家自然科学基金项目(40975097);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项(IDM201001);中国沙漠气象科学研究基金(Sqj2009002)

作者简介:霍文(1981—),男,陕西人,硕士,助理研究员,从事沙漠气象工作。E-mail:huowenpet@idm.cn

was more coarse silt in Taklimakan Desert, Mu Us Sandland, Tengger Desert and Badain Jaran Desert.

Key words: desert; mean grain size; standard deviation; skewness; kurtosis

粒度测试是通过特定的仪器和方法对粉体粒度特性进行表征的一项实验工作。粒度是一个比较成熟的古环境指标,它具有易于采样、前处理过程相对简单、测量速度快等特点,因而应用范围很广,尤其是在深海沉积物和黄土研究方面起了很重要的作用^[1-8]。前人对于粒度这一恢复古环境指标的研究已经相当深入,提出了很多表征粒度的参数来进行古环境恢复。粒度分布是用特定的仪器和方法反映出粉体样品中不同粒径颗粒占颗粒总量的百分数。有区间分布和累计分布两种形式。区间分布又称为微分分布或频率分布,它表示一系列粒径区间中颗粒的百分含量。累计分布也叫积分分布,它表示小于或大于某粒径颗粒的百分含量。粒度分布是很多应用领域中最受关注的一项指标,所以客观真实地反映粉体的粒度分布是一项非常重要的工作^[9]。就沙尘暴及其沙漠源区而言,粒度研究工作开展相对较少。对中国北方主要沙漠源区地表沙的分析目前还很欠缺,钱亦兵^[10]曾对准噶尔盆地中南部沙尘暴源区地表沉积物粒度作过分析,但大多数研究成果^[12-18]主要集中在沙漠沙丘粒度空间分布特征,姚济敏对典型干旱区沙尘气溶胶光学厚度及粒度谱分布做了初步分析^[19],刘树林等也开展过有关粒度特性的相关工作^[20-24]。沙尘物质的物理特性,尤其是粒度组成,对它的起动与迁移有着重要的影响。沙尘颗粒能否被搬运,很大程度上取决于其粒度组成。研究表明^[1,3,25],粗沙粒不能在空气中悬浮搬运,只能在地面跳跃迁移;细沙可以进入地面以上2 m高度,但不能做长途悬浮搬运;粉砂颗粒是易浮动的,易分散的,为风尘的基本粒组,可被带入1 500 m以上的高空,作较长距离的搬运;黏粒可悬浮于对流层中并被搬运到几千公里以外。因此,研究中国北方主要沙漠的土壤粒度特征参数组成,对深入了解这些沙漠区域沙尘暴发生的机理及其防治具有重要意义。

1 土壤样品采集

塔中大气环境监测实验站与肖塘过渡带是塔克拉玛干沙漠春夏沙尘暴野外观测主要试验地点,本文所采用的两地试验样品都是沙尘天气过程中集沙仪不同梯度所采集到的本底沙源,塔中观测实验站建立在深入沙漠近200 km的塔克拉玛干沙漠腹地,具有流动性沙漠的代表性;肖塘气象站位于塔克拉玛干沙漠北缘的过渡带,其沙尘样品粒度的研究也具有相当

可观的生态意义,分别于2007年在塔中大气环境监测实验站(TZ)及其校准站(东面站Ta、西面站Tb)、肖塘本站(Xa)及其自动站(Xb)布置集沙仪5套,在塔克拉玛干沙漠(A')采集32个,肖塘过渡带(B')69个样品,梯度(20,50,100 cm)观测采集沙尘暴样品经粒度参数分析。同年在对库姆塔格沙漠的国家首次综合考察中,于库姆塔格沙漠(C')的中北部、西部、北缘、腹地及南部、东南缘,采集地表沙样20个,并分为Ka、Kb、Kc、Kd、Ke共5组,Ka组采自沙漠中北部的羽毛状沙丘;Kb组采自沙漠西部两条南北向沙垄之间的平地上;Kc组采自沙漠北缘与阿奇克谷地过渡带的平沙地,此地出露有洪水堆积的砾石,应为古老的洪积扇;Kd组采自沙漠腹地及南部的新月形沙丘和复合型沙垄上;Ke组采自沙漠东南部高大沙山的北坡,这5组样品都具有下垫面典型代表性,可以基本反映出库木塔格沙漠的粒度特征。2008年在内蒙古考察沙漠时,分别在巴丹吉林(E')迎风坡、背风坡、平缓沙地取3个样点。毛乌素沙地(F')3个点,地表植被状况相对较好,腾格里沙漠(D')迎风坡、背风坡共3组6个点,平地3个点,共9个采样点。库布其沙漠(G')3个点,限于考察的安排,样品点虽然比较稀少,但是迎风坡、背风坡、平缓沙地代表性的采点样品还是能基本反映出内蒙古沙漠或沙地的粒度特征参数。通过不同区域、不同沙漠的粒度参数对比分析,可以客观地看到粒度参数分布差异和分布特征,从而反映动力的风选状况和环境指示意义,具有十分重要的科学研究意义。

2 粒度分析方法与原理

2.1 样品的预处理

不同前处理过程会对粒度结果产生重要影响,前处理过程中加 H_2O_2 是为了除去有机质,加HCl是为了除去碳酸盐及其形成的胶结作用,而分散剂 $(NaPO_3)_6$ 起到防止颗粒胶结的作用。采用的前处理步骤为:首先将样品低温烘干、过粗筛、去除较大的石块以及草根、树叶等;取适量的样品(0.2~0.5 g)放入烧杯中,根据有机质含量的多少加入10~30 ml的双氧水(1:3),加热煮沸至反应无细小气泡为止,以便除去样品中的有机质;待冷却后,在烧杯中加入10 ml的盐酸(1:3),加热到不产生气泡为止,去除样品中的碳酸盐及有机质胶结;向烧杯中加满蒸馏水,静置直至溶液清亮,所有颗粒沉降下来为止;抽去

上层清液,加入 10 ml 分散剂六偏磷酸钠(NaPO_3)₆, 36 g/L),摇匀以形成高分散的颗粒悬浮液供激光粒度仪测定。

2.2 激光粒度分析

粒度分析实验在中国气象局树木年轮理化研究重点开放实验室进行,使用英国 Malvern 公司生产的 Mastersizer 2000 型激光粒度仪进行测量,测量范围为 0.02~2 000 μm ,误差 $<3\%$,并给出每一粒级的百分含量,同时可提供粒度分布曲线和累积曲线。该粒度仪是目前粒度测量中最普遍使用的粒度分析仪器之一,具有测量范围广、精度高、速度快的优点。激光粒度仪测定是根据光学衍射或散射原理的等效直径,反映的是颗粒的横截面积,粒度软件可以换算成表面积平均粒径和体积平均粒径等。该方法的特点是:(1)测试速度快,自动化程度高,应用范围广;(2)测试结果不受人为因素干扰,具有良好的重现性;(3)适用粒度范围较广。

2.3 粒度分析参数

2.3.1 粒度参数的计算 粒度参数包括平均粒径、标准偏差、偏度和峰度。文中粒径单位采用 Φ 值,该值是克鲁宾(Krumbein)根据伍登温德华粒级标准通过对数变换而得,换算公式为 $\Phi = -\lg d$,式中: d ——直径值(mm),再通过 Folk 和 Ward^[8]方法计算粒度参数。

$$\text{平均粒径: } d_0 = \frac{1}{3}(\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}) \quad (1)$$

$$\text{标准偏差: } \sigma_0 = \frac{1}{4}(\Phi_{84} - \Phi_{16}) + \frac{1}{6.6}(\Phi_{95} - \Phi_5) \quad (2)$$

$$\text{偏度: } S_0 = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)} \quad (3)$$

$$\text{峰度: } K_0 = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2.44(\Phi_{75} - \Phi_{25})} \quad (4)$$

式中粒度参数指从累积曲线上求出的能表示样品粒度分布特征的数值,例如横坐标为粒径大小,纵坐标为粒度频率累积分布即为累积百分含量。样品累积曲线中的 5% 处的粒径大小换算为 Φ 值即可用 Φ_5 表示; Φ_{50} 表示样品累积曲线中的 50% 处的 Φ 值;以此类推, Φ_{16} 、 Φ_{25} 、 Φ_{75} 、 Φ_{84} 、 Φ_{95} 分别表示样品累积曲线中的所对应 16%、25%、75%、84%、95% 处的 Φ 值。

2.3.2 粒度参数的意义 中值粒径为累积频率达到 50% 的粒径值。平均粒径代表粒度分布的集中趋势。标准偏差提供了沉积物粒度相对于均值散布远近的信息,反映了土壤样品的分选情况,其值越大,说明颗粒分布范围越大,其值越小,说明颗粒的分布越集中。偏度表现了曲线的对称程度,正态分布的偏度为零,正偏差表明在频率曲线上细颗粒偏多,而负偏差表示粗颗粒偏多。峰度反映了频率曲线上峰值的高低。标

准偏差越大说明颗粒的分选性越差,而峰度越大说明颗粒的峰值越高,因此两个参数表示的意义是相反的。

2.3.3 不同粒级的百分含量 粒级根据不同的用处有不同的划分方法,目前国际上通用标准为:平均粒径 $\Phi = -\lg d$, Φ 值 <-1 (粒径大于 2 000 μm)为砾, Φ 值在 $-1 \sim 4$ (63~2 000 μm)为砂, Φ 值在 $4 \sim 8$ (4~63 μm)为粉砂, Φ 值 >8 (粒径小于 4 μm)为黏土 4 个等级。由于 $<10 \mu\text{m}$ 的细颗粒在疏松干燥的条件下极易被风吹起,选用砂($>63 \mu\text{m}$)的百分含量代表粗物质来进行分析。

3 粒度特征分析

3.1 平均粒径

风沙天气过程中,塔中平均粒径 Φ 值在 3~4 之间,属于极细沙范围(0.062 5~0.125 mm),表明分布相对集中,分选情况好,且分布范围小,表明风沙来源具有单一性,主要成份来自塔克拉玛干沙漠,沙源的均一性较好。肖塘沙漠过渡带的平均粒径 Φ 值大于塔中,平均粒径范围 3~7,属于极细沙 3~4 (0.062 5~0.125 mm),粗粉沙 4~5(0.031~0.062 5 mm)中粉沙 5~6(0.015 6~0.031 mm)混合体。表明风沙来源具有混合型,根据平均粒径范围判识,风沙天气过程中,肖塘富含局地性沙源和外来沙源,其中外来沙源主要来自塔克拉玛干沙漠。库姆塔格沙漠采样共分 Ka、Kb、Kc、Kd、Ke 五组,每组沙样数分别为 4 个、3 个、4 个、5 个、4 个。Ka 组沙样平均粒径 Φ 值为 1.86,其粒径范围为 1.66~2.18;Kb 组的平均粒径则为 2.06,粒径范围为 1.93~2.24;Kc 组的平均粒径是 1.84,粒径范围为 1.55~2.22;Kd 组的平均粒径为 2.32,粒径范围为 1.93~2.92;Ke 组的平均粒径为 2.54,粒径范围是 2.33~2.92。春季库姆塔格沙漠位势高度场多呈现出东高西低型,受地形的影响,冷空气南下绕过天山东段后,形成气流东灌,风向多为偏东风;4~5 月为春季气团最活跃的季节,致使库姆塔格沙漠平均风速增大。夏季多为冷空气翻山型沙尘天气和锋前热低压发展型沙尘天气多发季节,风向多为偏西风。沙尘暴发生期间,各种粒径的沙尘在风的强迫作用下形成风沙流。在风沙流中,粒径大于 0.5 mm 多为在地表滚动或滑动的蠕移砂粒;粒径在 0.25~0.5 mm 的多为跃移沙粒;粒径小于 0.25 mm 才能产生悬移运动。库姆塔格沙漠的平均粒径 Φ 值在 1~3 之间,为中沙和细沙的混合体,沙粒在风力作用下多为跃移沙粒,部分相对粒径较小的沙粒表现为悬移运动。库姆塔格沙漠通过常年风力作用,分选结果显示,偏北风和偏西风频次要大于偏东风,库姆塔格沙漠整体具有向东南方向移动的倾

向。因此,东南缘的 Kc 组平均粒径最小, Φ 值为 2.54,并且沙粒相对均匀,跨度不到 $70\ \mu\text{m}$;其次为位于中间及南部的 Kd 组、西部的 Kb 组、中北部的 Ka 组,北缘的 Kc 组平均粒径最大为 $295.37\ \mu\text{m}$,而且 Kc 组粒径分布最不均匀,跨度在 $200\ \mu\text{m}$ 以上。巴丹吉林沙漠平均粒径 Φ 值范围在 1.6~1.8 之间,腾格里沙漠 Φ 值为 1.7~2.3,毛乌素沙地 Φ 值为 1.7~2.0,库布其沙漠 Φ 值为 2.1~2.4,巴丹吉林沙漠和毛乌素沙地为中沙,腾格里沙漠为中沙和细沙的混合体,库布其沙漠为细沙。其中巴丹吉林迎风坡平均粒径 Φ 值为 $1.67 < \text{BDJL 平地} 1.73 < \text{BDJL 背风坡} 1.77$ 。腾格里沙漠迎风坡平均粒径 Φ 值最小为 1.84 $< \text{TGL 背风坡平均粒径} \Phi$ 最小值 1.93,这都是风力风选直接结果的表现。

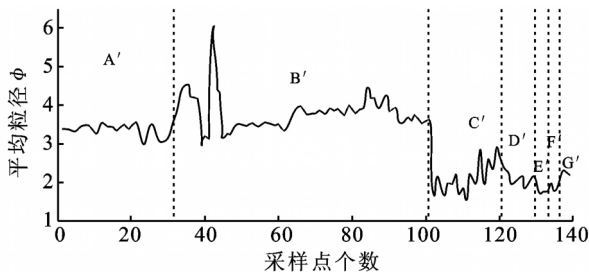


图1 中国北方主要代表沙漠多样品平均粒径 Φ 值

3.2 标准偏差

从单样的粒径分布曲线上看,塔中和肖塘均属于单峰分布。肖塘风沙来源具有多样性,有来自塔克拉玛干沙漠的极细沙成份,同时也有沙漠过渡带的粗粉沙以及中粉沙成份,标准偏差 Φ 值较大,最大值 1.82,最小值 0.59,塔中标准偏差 Φ 值均在 1 以下,范围在 0.53~0.94 之间。显然,肖塘标准偏差极值很大,分选情况较差。塔中沙漠地区的沙尘天气较多,除了春季的系统性沙尘暴以外,夏季也常常发生局地性沙尘暴,在风力的长期作用下,细颗粒被风力搬运流失,遗留粗颗粒较多,因此分选情况良好。肖塘过渡带附近有国家胡杨林自然保护区,对于风力的营运和风化作用具有减弱效果,因此得出分选相对较差的情况。库塔格沙漠 Kc 组粒度频率曲线呈单峰态和多峰态共存状态,其他几组呈单峰状态。标准偏差 Φ 值范围在 0.41~1.11 之间。其中 A 组为 0.53~0.78;Kb 组为 0.41~0.58;Kc 组为 0.78~1.11;Kd 组为 0.55~1.01;Ke 组的范围为 0.45~0.65。根据 Folk 和 Ward 分选性等级标准^[15]划分,在沙漠中北部的 A 组属于分选较好和分选中等的范围;西部的 B 组属于分选好和分选较好的范围;北缘的 C 组属于分选中等和分选较差的范围;中间及南部的 D 组属于分选较好至分选较差的范围;东南缘的 E 组

属于分选好和分选较好的范围。它们的平均值分别为 0.67,0.51,0.93,0.75,0.53^[16],就库姆塔格沙漠而言,Kb 组分选最好,Kc 组分选最差。库布其、腾格里、毛乌素、巴丹吉林沙漠单样的体积粒度分布曲线均呈单峰状。就标准偏差均值而言,肖塘>毛乌素>塔中>库姆塔格>腾格里>巴丹吉林>库布其沙漠,从侧面反映出,肖塘过渡带的风选情况最差,颗粒的分布相对分散,库布其沙漠分选情况最好,颗粒分布比较集中。

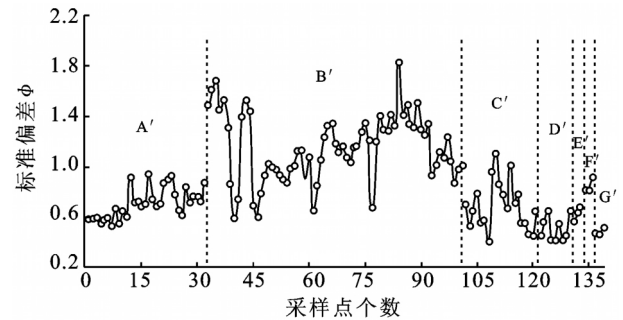


图2 中国北方主要代表沙漠多样品标准偏差 Φ 值

3.3 偏度

偏度和峰度是描述分布形态的指标,偏度度量数据的一侧较另一侧有更为扩展的趋向,依据统计学原理,均值对称的数据偏度为 0;在左侧更为扩展的数据,其偏度为负;在右侧更为扩展的数据,其偏度为正。风沙天气过程中,肖塘沙漠过渡带的偏度值大部分为正值,粒度曲线分布形态左偏。偏态程度较高,表明在频率曲线上细颗粒较多^[17],原因之一,成份中有源于粒径较大的塔克拉玛干沙漠,所以均一性较差。原因之二,肖塘附近的塔里木河古河床的沉积土粒径为 $70\sim 80\ \mu\text{m}$,所以细颗粒较多。塔中沙漠地区偏度值大部分为负值,粒度曲线分布形态右偏,表明在频率曲线上粗颗粒较多。但是偏态程度较小,表明塔中风沙天气主要成份来源于塔克拉玛干沙漠本身。温度偏高时段引起的局地性沙尘暴,沙源较为单一;系统天气引起的大范围沙尘暴沙源成份会相对复杂。

偏度也是表示沉积物粗细分布对称程度的一个定量描述指标^[18]。分析库姆塔格沙漠沙样得出:Ka 组 4 个沙样的偏度分别为 0.07,0.01,0.04,0.20,前 3 个属于近对称,第 4 个为正偏;Kb 组 3 个沙样的偏度分别为 0.02,0.03,0.01,都属于近对称;Kc 组 4 个沙样的偏度分别为 0.17,0.25,0.31,0.12,属于正偏至极正偏;Kd 组的分别为 0.05,-0.11,-0.08,0.21,-0.02,属于负偏至正偏;E 组的 4 个沙样的偏度分别为 0.00,0.00,0.00,0.02,全部为对称或近对称。上述信息表明除了 Kd 组的部分沙样,库木塔格

沙漠基本为正偏,细颗粒偏多。腾格里沙漠的偏度值大部分为负值,形态右偏,偏离程度不大,近似于正态分布及对称,说明粗颗粒稍偏多。毛乌素沙地偏度 ϕ 值在 $-1.01 \sim -1.73$ 之间,偏离程度很大,反映出粗颗粒所占比重较多。巴丹吉林沙漠偏度值为负值,粒度曲线分布形态右偏,粗颗粒所占偏多的比重介于腾格里沙漠与毛乌素沙漠之间。库布其则近似于对称(正态分布),略有正偏,细颗粒稍偏多。

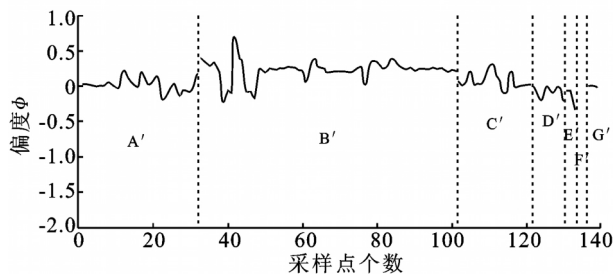


图 3 中国北方主要代表沙漠多样品偏度 ϕ 值

3.4 峰度

风沙天气过程中,肖塘沙漠过渡带的峰度值较大,反映了频率曲线上的峰值较高,塔中峰度值较小,反映了频率曲线上的峰值较低,造成这种情况的主要原因是肖塘过渡带下垫面的均一性较塔中流动性沙漠而言较差,且肖塘沙源中沙尘粒径极值最小。肖塘平均粒径的震荡最大幅度也要大于塔中亦可以佐证。根据 Folk 和 Ward 制定的峰态等级数据界限标准^[15],肖塘取值范围分别在 $0.97 \sim 1.78$ 之间,为中等型、窄型混合型,其中窄型偏多。塔中取值范围分别在 $0.92 \sim 1.41$ 之间,也为中等型、窄型混合型,但大部分沙样为中等型。库塔格沙漠 5 组峰度平均值分别为 $0.96, 0.95, 0.97, 0.97, 0.94$,取值范围分别为 $0.94 \sim 1.03, 0.93 \sim 0.96, 0.77 \sim 1.23, 0.84 \sim 1.10, 0.93 \sim 0.96$ 。Ka、Kb、Ke 属于中等峰度;Kc 属于宽型、中等型、窄型混合型;Kd 组属于宽型、中等型混合型。巴丹吉林沙漠为宽型,库布其沙漠为宽型,毛乌素沙地为窄型,腾格里沙漠为宽型。

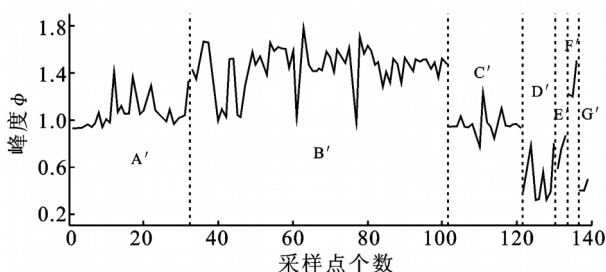


图 4 中国北方主要代表沙漠多样品峰度 ϕ 值

4 结论

(1) 风力作用所引起的分选状况可以造成同一沙

漠区域不同粒径的沙尘分布,在盛行风向的源头,沙尘粒径粗颗粒较多。在沙尘天气过程中,肖塘过渡带的沙尘源明显富含局地性沙源和外汇性沙源,塔中地区的外汇性沙源极少,均一性越高。在植被较好的过渡带或者沙地,植被会减弱近地面风力,从而导致分选效果不好,下垫面沙尘均一性较差,粒径分布范围越大。平均粒径肖塘最小,其次塔中,余下依次为库姆塔格沙漠、库布其、腾格里、毛乌素、巴丹吉林沙漠。肖塘标准偏差最高,分选最差,其它依次为毛乌素沙漠、塔克拉玛干沙漠、库姆塔格沙漠、腾格里沙漠、巴丹吉林沙漠,库布其分选最好。在频率曲线上反映肖塘、库姆塔格、库布其沙漠细颗粒偏多,塔克拉玛干沙漠、毛乌素、腾格里、巴丹吉林沙漠粗颗粒偏多。

(2) 肖塘沙漠过渡带的偏度值大部分为正值,粒度曲线分布形态左偏,且偏态程度较高,表明在频率曲线上细颗粒较多;塔中沙漠地区偏度值大部分为负值,粒度曲线分布形态右偏,表明在频率曲线上粗颗粒较多,但是偏态程度较小;库木塔格沙漠基本为正偏,细颗粒偏多;腾格里沙漠的偏度值大部分为负值,形态右偏,偏离程度不大,近似于正态分布及对称,说明粗颗粒稍偏多;毛乌素沙地偏度 ϕ 值为负,偏离程度很大,反映出粗颗粒所占比重较多;巴丹吉林沙漠偏度值为负值,粒度曲线分布形态右偏,粗颗粒所占偏多的比重介于腾格里沙漠与毛乌素沙漠之间;库布其则近似于对称(正态分布),略有正偏,细颗粒稍偏多。肖塘过渡带峰度在中等型、窄型范围内波动性较大,库木塔格沙漠峰度变化范围较为复杂,中等型、窄型、宽型兼有;塔克拉玛干沙漠在中等型、窄型混合范围内波动性相对较小。局限于样本数量只能暂时将巴丹吉林沙漠定义为宽型,库布其沙漠为宽型,毛乌素沙地为窄型,腾格里沙漠为宽型,待日后的工作中再做补充。

(3) 新疆塔克拉玛干沙漠及过渡带的本底沙尘颗粒比内蒙古沙漠平均粒径偏细,根据前人对科尔沁沙地的研究成果,科尔沁沙地主要是以中砂和细砂为主^[26-27]。肖塘沙漠过渡带是粗粉砂和中粉砂混合体。库姆塔格沙漠的平均粒径 ϕ 值在 $1 \sim 3$ 之间,为中砂和细砂的混合体,沙粒在风力作用下多为跃移沙粒,部分相对粒径较小的沙粒表现为悬移运动。巴丹吉林沙漠和毛乌素沙地为中砂,腾格里沙漠为中砂和细砂的混合体,库布其沙漠为细砂。由于粗颗粒物质只作近地面跃移运动,因此大多数砂在本地区运移形成活动沙丘或侵入临近地区。粉沙级别颗粒会进入沙尘暴,但不会携带太远,当风力减弱时颗粒沉降,对周缘地区造成危害^[28]。根据粉尘动力学研究,不同

粒径的粉尘颗粒需要不同动力条件才能作较长距离的搬运。在一般风暴条件下,10 μm 以下的颗粒在大气中可搬运几千千米。在气旋性风暴(平均风速 15 m/s)条件下,10~20 μm 以下的颗粒在空气中的搬运距离可达 500 km 到几千千米。30 μm 以上的颗粒很难搬运到 100 km 以外的地点^[29-30]。因此,在一般的天气系统过境时所引发的大风,在动力条件充足时,塔克拉玛干沙漠特别是肖塘过渡带发生的沙尘暴会带起粉沙级别的颗粒(细粉沙、中粉沙、粗粉沙、极细沙),但不会携带太远,当风沙天气结束时,颗粒尘降会影响周边城市和环境与空气质量。在天气系统很强的情况下引发特强沙尘暴,被上升气流所带起的地面细小沙粒会随着西风气流的远距离传输影响到我国下游地区甚至海外地区。而内蒙古地区颗粒组分较粗,沙尘源地所发生的较强沙尘暴所携带的颗粒物沉降会影响到我国华北地区的较多,远距离的输送影响较少。肖塘过渡带处于塔里木河流域,是世界上最大的天然胡杨林分布区,共占地 4.5 km²,保护过渡带的天然胡杨林,可以抑制沙漠的扩张,减少对绿洲的侵蚀,特别是控制塔里木河上游地区的用水量,给中下游地区胡杨林带足够的水分补给,才能长期稳定地保护好珍贵的天然胡杨林生态系统,减少本底的沙尘源输出。

参考文献:

- [1] 刘东生. 黄土与环境[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [2] 鹿化煜,安芷生. 黄土高原黄土粒度组成的古气候意义[M]. 中国科学:D 辑,1998,28(3):278-283.
- [3] 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.
- [4] 鹿化煜,安芷生. 黄土高原红黏土与黄土古土壤粒度特征对比:红黏土风成成因的新证据[J]. 沉积学报,1999,17(2):226-232.
- [5] Sun Donghuai, An Zhisheng, Su Ruixia, et al. Eolian sedimentary records for the evolution of monsoon and westerly circulations of northern China in the last 2.6 Ma[J]. Science in China: Series D, 2003, 46(10):1049-1059.
- [6] Poer S C, An Zhisheng. Correlation between climate events in the Noah Atlantic and China during the last glaciation[J]. Nature, 1995, 375:305-308.
- [7] Ding Z, Yu Z, Rutter N W, et al. Towards an orbital time scale for Chinese loess deposits[J]. Quaternary Sciences Review, 1994, 13:39-70.
- [8] Lu Huayu, Li Li, Huang Xiangping, et al. East Asia winter monsoon oscillation and its correlation with the Noah Atlantic Heinrich events during the last glaciation[J]. Progress in Natural Science, 1996, 6(6):711-717.
- [9] 雷国良,张虎才,张文翔,等. Mastersizer 2000 型激光粒度仪分析数据可靠性检验及意义:以洛川剖面 S4 层古土壤为例[J]. 沉积学报, 2006, 23(4):531-538.
- [10] 钱亦兵,吴兆宁,陈冬梅,等. 准噶尔中南部沙尘暴源区地表沉积物粒度特征[J]. 中国沙漠, 2005, 25(6):831-837.
- [11] 哈斯. 腾格里沙漠东南缘格状沙丘粒度特征与成因探讨[J]. 地理研究, 1998, 17(2):178-184.
- [12] 哈斯,王贵勇. 腾格里沙漠东南缘横向沙丘粒度变化及其与坡面形态的关系[J]. 中国沙漠, 1996, 16(2):216-221.
- [13] 李振山,陈广庭,冯起,等. 塔克拉玛干沙漠腹地纵向沙垅表面沙物质粒度特征[J]. 干旱区资源与环境, 1998, 12(1):21-28.
- [14] 陈渭南. 塔克拉玛干沙漠 84°E 沿线沙物质的粒度特征[J]. 地理学报, 1993, 48(1):33-46.
- [15] 钱亦兵,周华荣,张立运,等. 塔里木河中下游湿地及其周边土壤粒度的空间分布[J]. 干旱区地理, 2005, 28(5):609-613.
- [16] 吉启慧. 粒度分析在塔克拉玛干沙漠研究中的应用[J]. 中国沙漠, 1996, 16(2):173-179.
- [17] 李志忠,关有志. 塔克拉玛干沙漠腹地纵向沙垄的粒度分布特征[J]. 干旱区研究, 1996, 13(2):37-43.
- [18] 钱亦兵,张希明,李晓明. 塔克拉玛干沙漠南缘绿洲沙物质粒度特征[J]. 中国沙漠, 1995, 15(2):131-135.
- [19] 姚济敏,张文煜,袁九毅,等. 典型干旱区沙尘气溶胶光学厚度及粒度谱分布的初步分析[J]. 中国沙漠, 2006, 26(1):77-80.
- [20] 刘树林,王涛,郭坚. 浑善达克沙地春季风沙活动特征观测研究[J]. 中国沙漠, 2006, 26(3):356-361.
- [21] 李玉霖,拓万全,崔建垣. 兰州市沙尘和非沙尘天气降尘的粒度特征比较[J]. 中国沙漠, 2006, 26(4):644-647.
- [22] 杨前进. 沙尘暴沉降物的粒度特征及其环境意义[J]. 中国沙漠, 2004, 24(1):47-50.
- [23] Folk R L, Ward W C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1957, 27:13-26.
- [24] 何清,杨兴华,霍文,等. 库姆塔格沙漠粒度分布特征及环境意义[J]. 中国沙漠, 2009, 29(1):18-22.
- [25] 霍文,何清,刘新春,等. 塔克拉玛干沙漠及其大气降尘点粒度特征分析[J]. 水土保持研究, 2009, 16(4):207-211.
- [26] 丁仲礼,孙继敏,刘东生. 联系沙漠黄土演变过程中耦合关系的沉积学指标[J]. 中国科学:D 辑, 1999, 29(1):82-87.
- [27] 乌兰图雅. 科尔沁沙地近 50 年的垦殖与土地利用变化[J]. 地理科学进展, 2000, 19(3):273-278.
- [28] 邹受益,张景龙,冯政夫,等. 科尔沁沙地沙漠化土地初析[J]. 中国沙漠, 2001, 21(1):76-78.
- [29] 张启德,王玉秀. 科尔沁沙地与大气环境[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [30] 岳乐平,杨利荣,李智佩,等. 西北地区干枯湖床沉积粒度组成与东亚沙尘天气[J]. 沉积学报, 2004, 22(2):325-331.