

塔克拉玛干沙漠 84°E 沿线沙物质的 粒度特征*

陈渭南

(中国科学院兰州沙漠研究所, 730000)

摘要 沿 84°E 线附近横穿塔克拉玛干沙漠, 采集了沙丘、丘间地、冲积及洪积沙样品进行粒度分析, 着重研究风成沙的粒度特征。结果表明沙丘沙以极细沙为主, 0.1—0.05mm 含量占 60—80%。粉沙 (<0.05 mm) 含量 0—5%。无粘粒组分。平均粒径区间 3.15—3.6 ϕ , 总体平均 3.53 ϕ (0.087 mm)。分选好 (σ_1 值 0.27—0.39, 平均 0.35)。负偏为主 (SK 值 -0.67—-0.47, 平均 -0.15)。单众数为主, 众数粒径 4.0 ϕ , 少数样品为双众数。累积概率曲线主为三段或二段式。地面滚动组含量 <5%, 斜率 <63°; 跃移组分含量 90% 左右, 斜率 60—85°, 二者截点 2.64 ϕ 。少数含悬移组分的样品中, 悬移与跃移组分截点 4.32 ϕ , 含量 <5%。作为对照, 文中对丘间地、冲积、洪积物的粒度参数及粒度分布曲线特征也进行了讨论。

关键词 塔克拉玛干沙漠, 沙物质, 粒度参数, 颗粒级配

1 前言

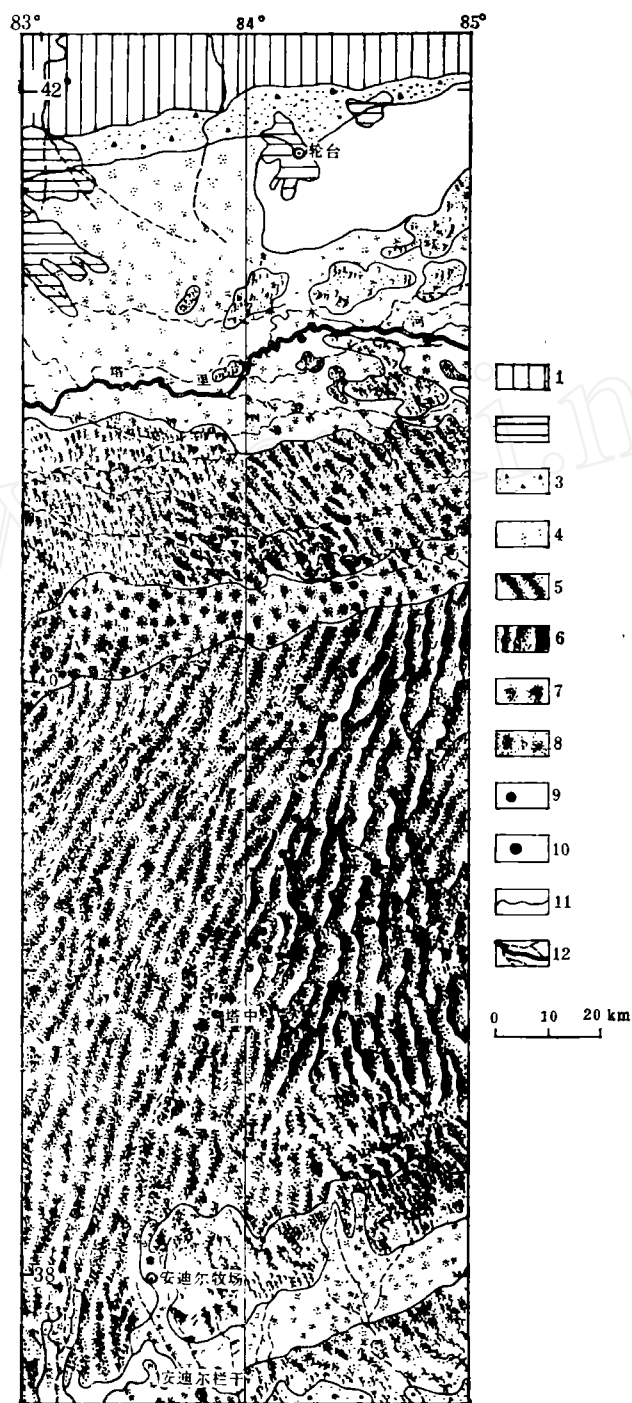
塔克拉玛干沙漠以其流动沙丘面积广袤、沙丘高大、类型多样而著称于世。由于自然条件恶劣, 沙漠内部各种沙丘的形成和运动规律、沙漠形成年代及第四纪环境演化、沙漠沉积特征等对国内外地貌学家仍属未知^[1]。本文主要研究沙漠沙物质的粒度特征。这是阐明风沙地貌发育、沙漠沉积特征及工程地质特征的基础工作之一。以往对该沙漠沙物质粒度成分研究不多, 仅有者也只限于边缘地区, 分析项目也有限。作者在沙漠石油公路踏勘选线过程中, 沿 84°E 线附近, 从安迪尔栏干到轮台横穿沙漠中东部沙丘最为高大的腹部地带 (图 1)。系统采集了沿线沙丘、丘间地、下伏冲积物、洪积物的沙样品。采样方法: 地面 5—10cm 深度, 面积 20×20cm², 包括地表沙波纹的峰、谷部位。室内对 >0.1mm 颗粒采用 1/3 ϕ 间隔的套筛进行筛析。<0.1mm 者采用吸管法分析。粒度分析结果以重量百分数表示。粒度参数用作图法按福克-伍德^[2]公式计算求得, 并用矩法计算结果进行校验。

2 沿线地貌与地表堆积类型组合

沿线 85% 以上地面裸露, 沙丘起伏, 风沙活动为主要的现代地表营力过程。地貌与

* 粒度分析由张焕新、宋佳同志担任, 谨致谢忱。

来稿日期: 1990 年 12 月; 收到作者修改稿日期: 1992 年 5 月。



- 1.山地 2.绿洲 3.戈壁 4.灌丛沙堆 5.横向复合沙垅 6.复合纵向沙垅 7.复合新月形沙丘
8.金字塔形沙丘 9.采样位置 10.居民地 11.地貌分区界线 12.河流及干河床

图 1 84°E 沿线地貌类型与采样位置图

Fig. 1 A sketch map of dune types and sampling localities

地表堆积组合空间分异明显。

(1) 天山南麓干燥剥蚀低山丘陵、洪积倾斜平原组合 变质岩低山丘陵构造地貌特征明显。主要现代外营力过程为干燥风化剥蚀及洪水冲刷。山前洪(坡)积砾质倾斜平原受来自天山的季节性洪水所作用,切割深度 1m 左右。洪积物细、粉沙质平原南伸到 41°40'N 左右。其上发育有低矮稀疏的灌丛沙堆。绿洲、盐沼地点缀其间。

(2) 塔里木河北岸故道冲积平原、灌丛沙堆组合 位于 41°20'—41°40'N 间,南北宽约 30km。松散堆积物主要为冲积粉、细沙及亚沙土,局部含泥质砾石透镜体。发育有低矮(高度小于 3m)的片状流沙及灌丛沙堆。绿洲与胡杨林断续分布也是这一地带的景观特色。

(3) 塔里木河两岸约 50km 左右地带(40°40'—41°20'N)为现代冲积、泛滥平原、废弃河道洼地组合 近地表堆积物主要为极细沙、粉沙,含粘粒较多。地面平坦,盐沼地、红柳灌丛、胡杨幼林和成林构成沙漠北缘独特的绿色廊带。

(4) 40°20'—40°40'N 塔里木河南岸故道平原、横向新月形沙垄组合 近地表堆积物以故道冲积及局部牛轭湖堆积的粉细沙为主。横向新月形沙垄与沙丘链彼此相连。沙垄走向 NW,高 20—30m。丘间地发育密集新月形沙丘(高度 1—2m)。风蚀地深度 1—2m。植被有红柳灌丛及散布于丘间地的成熟或过熟胡杨林。

(5) 40°00'—40°20'N,宽 50km 左右地带为更老的故道平原、复合新月形沙丘组合 堆积物为细沙、粉沙质淤泥等,局部有盐壳发育。复合新月形沙丘高 50m 左右。巨大落沙坡朝向 SW,坡度 30—32°。丘间平原宽阔平坦,新月形沙丘、过熟或枯死胡杨、枯死芦苇及淡水螺壳散布其间。

(6) 40°00'—38°10'N 为高大复合纵向沙垄与垄间走廊堆积组合 沙垄由新月形沙丘叠置所成,比高 60—70m,为典型的风成复合型纵向沙垄分布区,现代沙丘下伏堆积物为冲洪积粉细沙及古风成沙。

(7) 38°10'N 以南为安迪尔河等来自昆仑山北麓的河流冲积、洪积平原、戈壁、沙丘组合 地表由南而北依次为洪积戈壁、金字塔形沙丘、灌丛沙堆和横向新月形沙垄。绿洲上平畴毗连,边缘地带红柳灌丛、胡杨林屏列。

3 沙物质粒度参数及其区域差异

3.1 粒度分布及平均粒径(Md)

沿线沙物质各粒级颗粒频率分布示于表 1。沙丘沙样品均以细沙、极细沙为主(0.25—0.05mm),重量百分比分别都在 40% 以上,二者含量多在 95% 以上,其中 99% 以上者占样品总数的 52%。发育在戈壁边缘的沙丘沙粒度分布较宽,细沙含量一般为 10—30%,个别达 60%。极细沙一般占 60—80%,个别样品中为 20—30% 左右。

粉沙粒级的含量在戈壁边缘为 5% 左右,在安迪尔河下游固定沙丘为 26.2%。沙漠内部沙丘沙不含(占样品总数 75%)或很少含粉沙(含量均小于 5%)颗粒。所有沙丘沙都不含粘粒物质。

就平均粒径而言,除了南北两侧发育在洪、冲积物上的不成熟沙以外,全线变化不大,

表 1 塔克拉玛干沙漠地表堆积物颗粒级配及粒度参数(wt-%)
Tab. 1. Grain size-frequency (Wt) distribution and texture parameters

堆积类型组合	样品编号	采样地点	采样部位	粒度参数				颗粒级配 (mm)								峰 态 (ϕ)		
				Md	δ_1	SK	KG	>2	$2-1$	$1-0.5$	$0.5-0.25$	$0.25-0.1$	$0.1-0.05$	$0.05-0.005$	<0.005	1	2	3
冲-洪积平原、戈壁	2501	阿拉干	冲积层	5.12	0.96	0.24	0.92									5.64		
	2502	阿拉干	固定沙丘	3.82	0.34	-0.15	1.12					10.23	85.76	4.0		4.0		
	2601	若羌西	流动沙丘	2.13	1.95	-0.53	0.88	8.73	8.54	6.9	13.44	23.96	35.36	11.3		4.0	3.0	-1
	2602	同上	冲洪积层	0.52	2.99	0.25	0.81	36.68	15.66	4.2	5.6	4.32	20.52	13.02		-1.0	4.0	
	2603	同上	同上	5.43	1.23	0.27	0.76								7.3	5.64		
	2604	同上	半固定沙丘	0.9	1.84	0.82	1.86	1.8	65.2	9.82	2.36	3.74	13.28	3.8		-0.32	4.0	
安迪尔河下游冲积平原	2701	安迪尔牧场	固定沙丘	2.93	1.37	-0.76	1.64		1.76	14.27	4.83	10.64	63.49	5.0		4.0	0.67	
	2702	牧场北30km	流动沙丘	4.1	0.45	0.47	1.16				0.17	2.32	71.3	26.2		4.0	5.64	
塔克拉玛干中部复合纵向沙垅区	2811	塔中一队	同上	3.64	0.36	-0.14	0.9									4.0		
	2911	塔中二井	同上	3.56	0.32	-0.39	0.91									4.0		
	2912	同上	丘间地	2.8	0.98	-0.69	0.82		0.4	6.4	19.06	18.16	55.97			4.0		
	2921	2号营地南	沙丘	3.59	0.44	-0.38	1.02									3.64	1.67	0.32
	2922	同上	丘间地	3.55	0.82	-0.59	2.31									4.0		
	3022	3号营地	流动沙丘	2.86	1.35	-0.75	0.5									4.0	0.67	
	3021	3号营地	丘间地	3.56	0.34	-0.04	0.9									4.0	1.0	
	3031	3号营地北	流动沙丘	3.58	0.4	-0.08	1.23		0.07	3.36	0.09	22.33	71.23	2.93		4.0	0.67	
	3032	同上	流动沙丘	3.45	0.28	0.22	1.0									4.0	3.32	
	4111	4号营地	丘间地	5.16	1.21	0.15	1.08		2.0	0.7	0.15	2.35	19.15	75.65		5.64		
	4112	同上	流动沙丘	3.55	0.4	-0.23	0.86									4.0		
	4121	4号营地南	丘间地	3.37	1.14	-0.75	2.7		11.6	3.14	1.93	12.6	65.56	5.16		4.0	0.0	

集中分布于 $3.15-3.6\phi$ 之间,平均为 3.53ϕ (0.087 mm)。

丘间地风积沙(以下简称丘间地)的平均粒径 3.26ϕ (0.1mm , 标准差 0.48ϕ),比沙丘沙要粗一些,粉沙含量也较多,但也不含粘粒组分。这说明丘间地营力过程较沙丘更为复杂。

比较风成沙与其它成因的堆积物: 洪积扇平原前缘下伏堆积物(以下简称洪积物) Md 为 2.98ϕ ; 北部塔里木河故道冲积平原区的下伏堆积物(以下简称冲积物) Md 为 4.23ϕ 。可以看出风营力对下伏沙物质的改造过程中,通过分选、搬运和再堆积,遂使地面物质的平均粒径趋于与当地动力条件达到均衡。一定地区一定风力作用下的风成沙的代表性颗粒级配就反映了这种均衡。在主要颗粒级配散点图(图2)上,各种成因的样品都聚敛于沙丘沙。

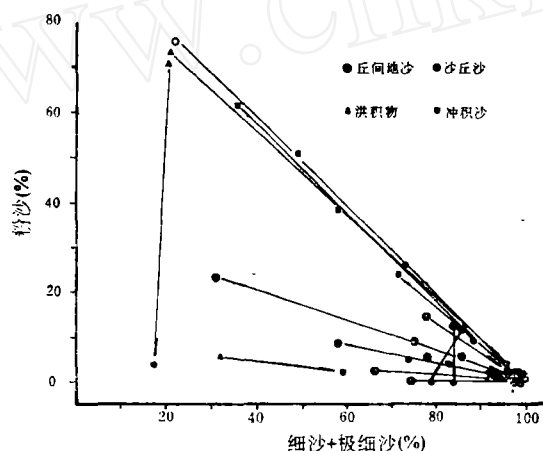


图2 粉沙含量与细沙、极细沙含量散点图

Fig. 2 Ratio of silt/(fine+very fine sands) in different sediments.

3.2 分选性 (δ_I)

按 Folk and ward^[4] 给出的分选程度评价标准,沙丘沙分选极好者占样品总数的 46%,分选好者也占 46%。丘间地分选程度则要差些,属于分选好、极好者占 23.4%,中等分选者占 23.1%,属于分选差者占 53.5%。冲积物样品中属于分选好、极好者占 33.3%,中等分选样品占 25%,分选差者也占 41.7%。就平均情况而言,沙丘沙的概括图解标准差 (δ_I) 为 0.35(变差 0.06),属于分选极好者。丘间地 σ_I 为 1.16(变差 0.75),属分选差者。冲积物 σ_I 值表明属于中等分选 ($\delta_I = 0.75$, 变差 0.39)。

沙丘沙的分选程度虽然普遍很好,但空间分布上受下伏物质及发育历史久暂的影响,仍然存在一定的差别。洪积戈壁平原前缘的沙丘沙 δ_I 为 0.34—1.95。安迪尔河下游者为 0.45。沙漠内部者为 0.27—0.44,为分选程度最高的风沙堆积。

斯特拉斯分选系数 (S_0) 也反映出同样的规律: 洪积戈壁平原前缘的沙丘沙 S_0 为 1.41—2.53,其余地区 S_0 平均 1.19(变差 0.05),最大值 1.25。丘间地 S_0 平均为 2.2,变差也很大,达 1.95。下伏冲积物 S_0 为 1.39(变差 0.27)。洪积物 S_0 为 1.4—5.94,属分选差

到中等。

综上所述,不同成因的沙物质中,沙丘沙分选最好,冲积物次之,丘间地再次,洪积物最差。沙丘沙的分选程度受发育历史影响颇大,当然也受下伏物质的影响。沙漠中部高大的纵向复合沙垄区的风成沙,时代可以上溯到更新世^[4],分选程度最佳。北部塔里木河故道平原区的沙丘是全新世一万年以来逐渐发展起来的,其分选程度较之沙漠内部就要差些。洪积戈壁前缘的沙丘只有 1—2m 高,为新发育者,分选程度就不及前两者。

3.3 偏度 (SK)

作为反映沉积物粒度分布粗细对称程度的指标,偏度值 (SK) 在沙丘沙样品中,正态分布的占 26%,正偏者 8.7%,极正偏样品占总数的 8.6%,负偏和极负偏占 56.7%。平均偏度值为-0.15(标准差 0.34),即为负偏。区域分布上,戈壁平原上的沙丘沙 SK 变化于-0.76 至 0.82 之间,平均-0.16(标准差 0.6)。冲积平原区 SK 平均为-0.1(标准差 0.11)。沙漠中部 SK 平均为-0.17,(标准差 0.3)。均为近对称和负偏。但是,由于下伏物质和发育历史的差异,偏度值也表现出其空间分异;即使发育在同一下伏沉积物之上,发育时间越久,也会越偏离下伏沙源物质的偏度值。

丘间地沙的平均 SK 值为-0.37(标准差 0.34)。也属于极负偏,但程度较沙丘更甚,且变化较大。正态分布样品占 15.4%,正偏 15.4%,极负偏样品占总数 46.2%,负偏也占 23%。

冲积物偏度值为-0.53—0.002,平均 0.07(标准差 0.45)。正偏者 8.3%,极正偏者 33.7%,对称者 33%,极负偏 25%。

偏度值在不同沙源及发育于其上的沙丘沙中所表现出的这种规律,反映了在塔克拉玛干沙漠特定的动力条件下,由冲积物演化为沙丘沙过程中,营力性质改变后,细粒物质(尤其是粉沙)被吹扬,吹余物质相对于沙源物质,颗粒变得粗化。丘间地因为以风蚀为主,粒度更粗;同时由于丘间地有暂时性流水作用的参与,营力过程更为复杂,粒度特征相应地也变得较为复杂。这与前述粒度频率分布的结论是一致的。

3.4 峰度 (KG)

沙丘沙平均峰度值为 1.22,属于尖峰态。发育在北部冲积平原上的沙丘沙 KG 值变化于 0.76—1.75,平均 1.07,为中等峰态者。其尖度不及沙漠中部的沙丘沙(后者 KG 值变化于 0.86—2.96 间,平均 1.24),揭示了其发育历史的差异。沙漠中部经历了较长的风力作用过程,因而峰态较为尖陡。另一方面,沙源物质的差异,营力频度的差异也影响粒度频率曲线的峰度。

3.5 粒度参数的综合影响

3.5.1. 平均粒径与偏度和峰度

在 Md 与 SK 散点图(图 3-A)上,各种类型的样品都表现为 SK 相对于 Md 的正相关趋势,这是可以理解的。平均粒径越细,则样品的细尾就越突出,正偏的趋势就显著。但 SK 与 Md 之间的关系在沙丘沙样品中由于平均粒径比较集中而显得极不明显。原因之一可能是由于样品为多个细层的混合所致。

图 3-A 还揭示出,对于发育在冲积物上的沙丘沙而言,若冲积物平均粒径大于 4ϕ ($<0.063\text{mm}$),则沙丘沙的偏度值趋于负向偏离,即含粗尾;若冲积物平均粒径小于 4ϕ

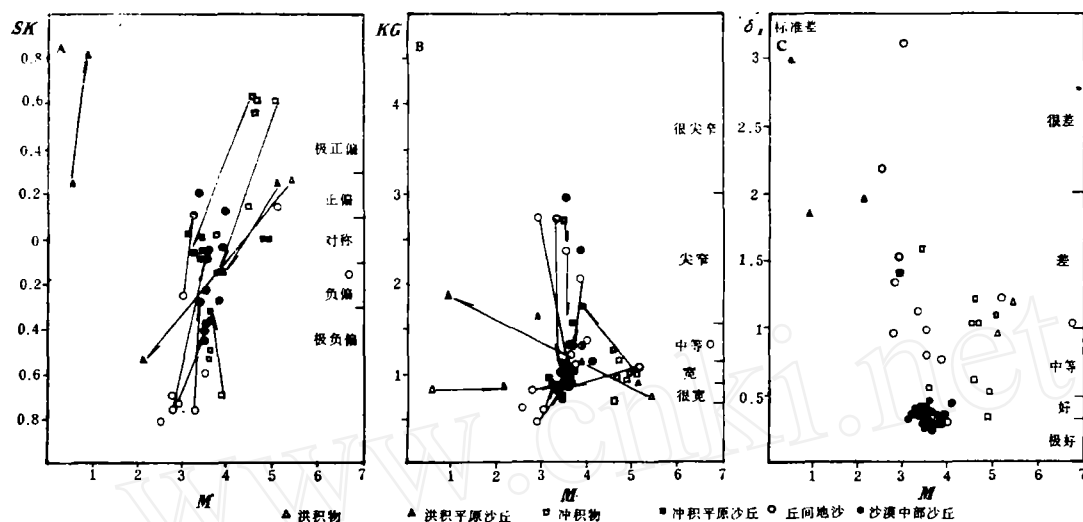
图 3 平均粒径与 SK 、 KG 及 δ_I 的关系散点图

Fig. 3 Relationships between mean grain size and sorting parameters

($>0.063\text{mm}$), 则沙丘沙趋于正偏, 即含有细尾。丘间地样品也表现出相同的趋势。这些都说明风营力在改造下伏沉积物的过程中, 通过分选、搬运和再堆积, 从而具有与当地风力相均衡的粒级分布。

在 Md 与 KG (图 3-B) 散点图上, 沙丘沙集中在一起, 从而显示出它们与其它成因样品的区别。但是无论沙丘沙还是其它成因的样品的点子都不具明显的趋势性。

3.5.2. 平均粒径与分选性

平均粒径与分选程度受沉积环境影响, 变化很大。不同地区、不同营力作用下的沉积物, 可能具有大致相同的平均粒径和分选系数。一般说来, 在同一营力、同一物源的情况下, 距物源越远, 作用历时越久, 粒径就越细, 分选也就越好。但若物源不一, 情况就变得复杂化。

研究区沙丘沙的分选性与平均粒径之间所显示出的简单线性正相关关系:

$$\delta_I = 2.66 - 0.62Md$$

相关系数 $r = 0.84$, 显著性水平为 0.01 (F 检验临界值 $F = 48.02 > F_{(0.01)} = 7.95$)。这主要是受下伏物质的影响所致。沙漠中部的沙丘沙样品平均粒径和分选程度十分接近, 在图 3-C 中, 集中于一隅, 代表一种平衡态, 而不显示变化趋势。

成熟度是表示风成沙发育程度的一个指标。用平均粒径大小和概括图解标准差两个参数可以揭示风成沙的成熟度。按标准: ① $<0.063\text{mm}$ 的颗粒含量 $>5\%$, 为未成熟沙; ② $<0.063\text{mm}$ 的颗粒含量 $<5\%$, $\delta_I > 0.5$, 为次成熟沙; ③ $<0.063\text{mm}$ 的颗粒含量 $<5\%$, $\delta_I < 0.5$, 为成熟沙。本区沙丘沙发育在洪积戈壁平原区者, 小于 0.063mm 粒级含量 8—24%; 安迪尔河下游冲积平原上的红柳灌丛沙堆该粒级含量 16.62—43.37%, 均为未成熟沙。北部塔里木河中游冲积平原区的沙丘沙样品中 $<0.063\text{mm}$ 粒级含量变化

较大,从 0.4% 到 25.4%, 平均 7.7%, δ_i 值均小于 0.5, 为未成熟沙和成熟沙, 平均而言, 仍属于未成熟沙。沙漠中部沙丘沙 $<0.063\text{mm}$ 粒级含量为 0.26—11.78%, δ_i 均小于 0.5, 除少数样品为未成熟沙以外, 绝大多数样品都为成熟沙。从平均状况来看, 该粒级含量平均为 4.47, 是为成熟沙。

这说明, 风成沙的成熟度也从一个方面揭示了沙物质发育历史的久暂。这与分选程度有同样的道理。当然, 如果下伏物质中该粒级含量相差悬殊, 纵然发育时间一致, 也会表现出不同的成熟度。

4 频率曲线特征

4.1 峰态

沙丘沙粒度分布曲线的峰态随分布区域而有所不同。南部洪积戈壁平原及安迪尔河下游平原区多为双峰或三峰。峰值粒径与下伏物质关系很大。戈壁上的沙丘第一众数位于 -3.2ϕ 处, 冲、洪积平原上的沙丘沙第一众数粒径均为 4ϕ ; 第二众数粒径变化于 $0.67 \sim 4\phi$ 之间。沙漠中部的沙丘沙以单峰为主(占样品总数的 87%), 峰值粒径 4.0ϕ (占 87%) 左右; 双众数样品只占 13%, 第二众数所在粒径均为 3.32ϕ 。北部塔里木河冲积平原区的沙丘沙以双众数为主(占样品的 75%), 第一众数所在粒径 4.0ϕ (占 75%); 第二众数粒径 3.32ϕ 。

丘间地沙多数为双峰(占 78.6%), 第一众数粒径 $3.64 \sim 5.64\phi$, 其中 4.0ϕ 者占 65%。三峰和单峰者分别占 14% 和 21%。

下伏物质则主要为单峰, 峰值粒径 $4.0 \sim 5.64\phi$ 。

为了综合表征样品的峰态, 本文提出“加权平均众数态”的概念:

$$M\phi = \left(\sum_{i=1}^n \phi_i P_i \right) / n\delta_i \quad (i = 1, 2, 3 \cdots, n)$$

式中: $M\phi$ 为众数态, ϕ_i 为各众数粒径 (ϕ), P_i 为权重, 各众数粒级的频率, n 为众数个数, δ_i 为概括图解标准差。 $M\phi$ 值考虑了众数个数、各众数粒径、权重及离散程度, 从而能够综合地表征样品的粒径分布曲线特征。 $M\phi$ 值越大, 表明样品的分选程度越好, 众数粒级也越细偏。结果表明: 发育在戈壁平原区的沙丘沙 $M\phi$ 值为 0.28 ($\delta = 0.25$), 北部冲积区的沙丘沙 $M\phi$ 值为 4.39 ($\delta = 2.16$), 沙漠中部沙丘沙 $M\phi$ 值为 4.75 ($\delta = 2.15$)。丘间地 $M\phi$ 1.86 ($\delta = 2.07$)。冲积物和洪积物分别为 4.21 ($\delta = 3.4$) 和 1.55 ($\delta = 1.14$)。这种空间分布情形从一个方面揭示了地表沉积物的区域差异和成因上的区别。从空间上讲, 风成沙以沙漠中部者更集中于众数粒级; 从成因上讲, 风成沙较之下伏沉积物更集中于众数粒级。

4.2 累积概率曲线特征

累积概率曲线从一个侧面反映粒度分布并揭示各种搬运方式及其相对比重。风沙活动愈频繁、愈强烈, 曲线特征就越陡。东经 84° 沿线沙物质样品的累积概率曲线特征示于

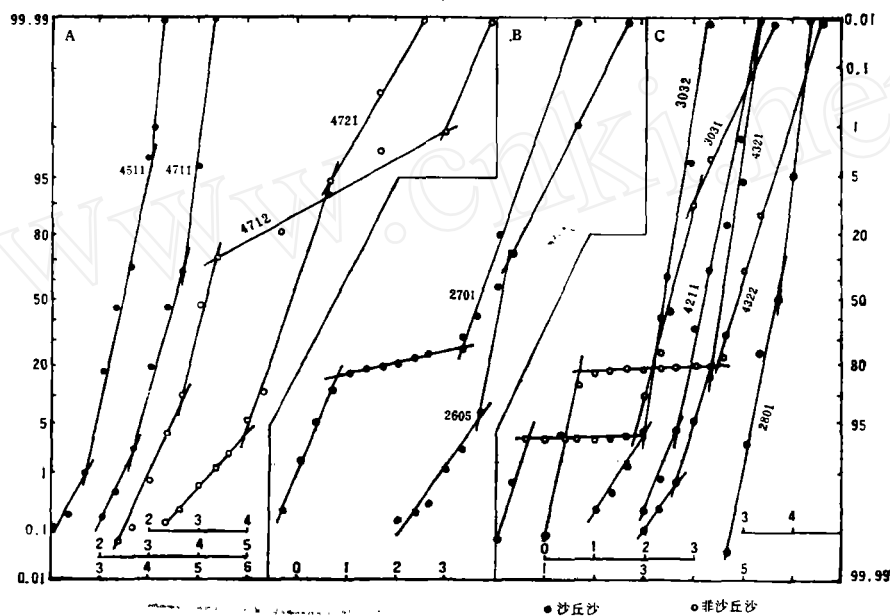
表 2 沙物质累积概率曲线特征表

Tab. 2. Truncation points and slopes of the cumulative probability size-frequency curves of dune and interdune sands.

样本编号	跃移(A)		地面滚动		截点(φ)		跃移组分(B)				截点(φ)		悬移组分		说 明
	$tg\alpha_a$	%	$tg\alpha_b$	%	$tg\alpha_c$	%	$tg\alpha_c$	截点(φ)	$tg\alpha_d$	%	$tg\alpha_d$	%	$tg\alpha$	%	
2502					4	95.5	4	95.5			4.32	3.1	0.5		阿拉干南,塔里木河下游冲、淤积物 洪积扇前缘戈壁小沙堆(高0.5米) 洪积扇前缘固定沙丘 洪积扇前缘灌丛沙堆
2601			0.55	52	3.6	2.7				48					
2604	5.1	74	0.16	10	3.32	1.88				16					
2605	2.7	16	0.64	12	3.32	2.7				72					
平均	3.9	45	0.32	21.3	3.41	2.82				52.38					
2701			0.49	0.35	2.64	1.96	3.64	6.13	73		4.2	2.14	26.35		安迪尔牧场红柳沙堆 纵向复合沙地区新月形沙丘
2702	2.2	6	-0.1	0.32	16.0	3.4	2.75		73		4.32	2.1	5.0		
2703			0.32	2.0	2.8	2.05	3.64	8.14	86		4.0	2.1	12		
2811						4.7	3.64	8.14	100						
2911			2.1	0.7	2.64	3.49	3.64	8.14	99.3						
2921			1.0	4.0	2.64	2.36	3.64	6.3	95		4.32	2.36	1.0		
3021						4.0	3.64	11.4	100						
3032			1.6	4.0	3.0	6.3			96						
4112			1.6	3.0	2.64	4.0			95.6		4.32	1.96	1.4		
4122			1.25	3.5	2.64	2.9	3.64	8.14	96.5						
4223	0.8	2.0	0.58	10	3.32	3.27			88						
4211			2.6	4.2	2.64	4.7			95.8						
平均	1.5	4.0	-0.05	1.19	4.8	2.8	3.54	3.64	8.06	91.5	4.23	2.13	4.85		

复合新月形沙丘区沙丘 发育在塔里木故道区的沙丘													
4231	0.84	5.0	2.64	4.01	3.64	9.5	95.2	洪 积 沙					
4321	1.41	0.75	2.64	3.7	3.32	6.3	99.25						
4412	1.15	0.35	2.64	3.49	3.64	9.5	99.65						
4421	2.7	2.2	2.64	7.1	3.32	4.3	97.8						
4434	1.88	2.2	2.64	4.33	3.32	7.12	97.8						
4511	1.88	1.0	2.64	4.7			99						
4612	1.1	0.6	2.32	2.75	3.32	9.5	99.4						
4614	1.19	0.6	2.64	4.33			91.4	4.0	2.05	8.0			
4711	2.2	2.5	2.64	3.49	3.64	7.12	97.5	丘 间 地 沙					
4732				2.05	3.64	2.47	90		4.32	2.9	10		
平均	1.59	1.69	2.60	3.995	3.48	6.98	96.7		4.16	2.48	9.0		
2501				5.67			76		4.64	0.53—2.25	24		
2601	1	51	-0.32	0.21	17				4.32	1.88	32		
2603				5.1			28		4.32	1.2	72		
平均				5.39					4.43				
2912	2.25	21	1.5	0.19	8.0	3.32	5.67	70					
2922	3.08	6	0.8	0.27	5.0	2.9	2.75	89					
3022	7.12	30	1.0	0.11	17	3.32	2.9	51	4.32	2.05	2.0		
3032	3.08	3.4	0.64	0.05	0.4	2.64	3.73	93.2	4.0	4.0	3.0		
4121	4.33	13	-0.2	0.14	6.0	3.2	7.1	75	4.32	2.6	6.0		
4222	1.23	24	-0.32	0.19	16	3.8	2.05	60					
4232	1.88	1.2	1.42	0.25	0.8	3.0	4.7	86	4.32	2.7	12		
4322	4.7	18	0.64	0.07	2.0	3.5	3.7	80					
4411	1.88	16	0.64	0.09	4.0	3.32	2.75	80					
平均	3.28	14.7	0.68	0.15	6.58	3.32	3.93	76	4.24	2.84	5.75		

表 2。图 5 是几种沉积物代表样品的累积概率曲线。沙丘沙多数样品表现为三段或二段式。二段式为典型沙丘沙的代表曲线。地面滚动组分含量一般 $< 5\%$ 。跃移组分(一段或二段)含量 90% 左右 (70—100%)。两个跃移组分的普遍存在同该地两个风向的动力条件是一致的。发育成熟的沙丘沙一般缺失悬移组分。在洪积扇前缘, 河流下游等水分条件较好, 发育的灌丛沙堆上, 由于植被对细粒物质的捕获, 悬移组分可达 5% 左右, 最大可达 27%, 累积概率曲线因此也表现为四段式。



A. 塔里木河冲积平原区 B. 安迪尔河下游区 C. 沙漠中部

图 4 几种代表样品的累积概率曲线

Fig. 4 Truncation points on cumulative probability size-frequency curves of different sediments

地面滚动组与跃移组的截点, 在戈壁平原前缘及安迪尔河下游的沙丘沙样品中为 $3.32-3.6\phi$, 混合带该二组分含量一般为 5—20%。沙漠中、北部该截点一般为 2.64ϕ 。两个跃移组分的截点一般为 $3.32-3.64\phi$, 全区大体一致。为数不多的含有悬移组分的样品中, 跃移与悬移组分截点为 $4.0-4.32\phi$ ($0.0625-0.05\text{mm}$)。

反映各组分分选程度的斜率, 地面滚动组为 $0.32-2.7$, 多数小于 2。两个跃移组分的下段为 $2-4.7$, 上段为 $6-11$ 。悬移组分斜率一般为 2 左右。说明以跃移组分之分选程度更好。

丘间地由于营力性质复杂, 累积概率曲线多为三段或四段式。小于地面滚动组分的颗粒中, 有一个分选较好的组段, 其与平缓地面滚动组段的截点为 $-0.32-4.4\phi$, 可能代表一个较粗的跃移段。地面滚动组与跃移组截点变化也较大 ($2.64-6.64\phi$)。细跃移组分一般为一段, 含量 60—90%。分选好, 斜率平均为 3.39。悬移与跃移组分截点较细 ($4-9\phi$), 含量 6% 左右。

冲积物的概率曲线上,推移段平缓,斜率平均 1.82,平均含量 $<5\%$ 。一个或二个跃移段,分选好,斜率平均 3.73(75°),平均含量 81.2%—97.8%。粗截点 2—4 ϕ ,二个较粗的跃移段截点 3.32—4.32 ϕ 。细截点 4—7.64 ϕ 。细悬移组分含量 0—15%(平均 7%),斜率 1.19—2.75(平均 1.76)。

5 结 论

(1) 塔克拉玛干沙漠 E 84° 沿线沙丘沙以极细沙为主,含量 60—80%。一般不含粉沙或含量 $<5\%$ 。无粘粒组分。平均粒径 3.53 ϕ (0.087 mm)。丘间地沙平均粒径 3.26 ϕ (0.1mm)。这与已发表的关于风成沙的粒径模式颇不一致^[2-10]。

(2) 沙丘沙为各种成因的沉积物中分选最好者。但是本区典型沙丘沙的概括图解标准差(0.27~0.44)与通常所认为的风成沙 δ_1 值(0.21—0.26)完全不一致。这说明本区沙丘沙的分选程度较之其它地区者略差一些。其原因一方面与下伏沙源物质的分选程度密切相关;另一方面也与本区风沙活动频繁,丘间地风蚀作用活跃,下伏物不断地被风蚀、搬运,从而不断地作为新组分加入沙丘沙有关。

(3) 典型沙丘沙的颗粒分布曲线的偏度近对称者占 15.4%,负偏占 61.5%,正偏者占 23.1%。这与现在广泛采用的 Visher 风成沙模式 ($SK = 0.13-0.3$) 也相去甚远。这与本区沙丘沙的粒度组成有关。其它地区沙物质平均粒径以中、细沙为主,众数位于平均值左侧,粒度分布曲线含有细尾,故多表现为正偏。本区沙丘沙以极细沙为主,众数、平均值均位于细沙、极细沙处;而中、细沙含量较少,在粒度分布曲线上位于尾部,因而多表现为负偏态。由此可见,把偏度值作为判别沉积环境的指标时,风成沙不一定都表现为正偏态。

(4) 沙漠中部沙丘沙有较高的成熟度,而发育在边缘地带者成熟度较差。这可能反映了塔克拉玛干沙漠由中部向外围扩展的一些信息,有待进一步采样分析研究。

(5) 沙丘沙频率曲线多为单峰,众数粒级 4.0 ϕ 左右。少数为双峰,两个众数粒级相差 0.68 ϕ 。丘间地沙多为双峰。第一众数粒级 4.0 ϕ 。两个众数粒级相差 3.0 ϕ 左右。累积概率曲线:沙丘沙为三段或二段式。地面滚动组含量 $<5\%$,分选较差。跃移组分含量 90% 左右,分选好。二者截点多在 2.64 ϕ 。大部分样品不含悬移组分。风成沙与冲积沙的主要区别在于后者含有较多(10—40%)的粉粒以下组分。

(6) 现已发表的风成相模式中,关于沙丘沙粒度参数的数值区间大部分只具有所研究地区的地方性意义,而不具备普遍的理论价值。

参 考 文 献

- 1 朱震达,陈治平,吴正等. 塔克拉玛干风沙地貌研究. 科学出版社. 1981. 18—23.
- 2 Folk RL, Ward WC. Ward Brazos Reverber: A study in significance of grain size parameters. *Jour. sed. petro.*, 1957 21 (1).
- 3 成都地质学院陕北队. 沉积岩(物)粒度分析及其应用. 地质出版社,1976.
- 4 任明达,王乃樑. 现代沉积环境概论. 科学出版社,1981.
- 5 Lancaster N. The Namib Sand Sea, Dune forms, processes and sediments. Rotterdam: A. A. Balkema, 1989. 55—60.
- 6 Tsoar H. Two-dimensional analysis of dune profile and the effect of grain size on sand dune morphology, *Physics of Desertification*. Martinuss Nijhoff publishers. 1986. 94—108.

- 7 Ahlbrandt T. Textural parameters of eolian deposits. In Edwin D. McKee, ed. A Study of Global Sand Sea. Washington: U. S. Government Publishing Office, 1979. 21.
- 8 拜格诺著. 钱宁译. 风沙与荒漠沙丘物理学. 科学出版社, 1959.
- 9 Cook, Warren. Geomorphology in Deserts. London: B. T. Batsford. Ltd, 1973. 255.
- 10 Reineck H E. Singh, Depositional Sedimentary Environments. Berlin: Springer-verlay, 1973. 114—130.

GRAIN SIZE PARAMETERS OF AEOLIAN SEDIMENTS IN THE VICINITY OF THE LONGITUDE 84°E, TAKLAMAKAN DESERT

Chen Weinan

(Institute of Desert Research, Academia Sinica, Lanzhou, 730000)

Key words Taklamakan desert; Aeolian sands; Texture parameters

Abstract

Sands are mainly from the dunes, interdunes, and alluvial and pluvial sediments in the vicinity of the longitude 84°E. The samples in Taklamakan desert, which has simple barchan dunes, longitudinal dunes, sand drifts, compound barchan dunes and complex transvers barchanoid dunes and longitudinal ridges, were collected from sites with areas of approximately 20×20 cm and to a depth of 5—10cm. 100 grams of the material were sieved. The material which is finer than 0.1mm was analyzed using the sedimentation method.

The results show that the range of arithmetic mean diameter of dune sands is from 3.15 to 3.6 ϕ with a mean value of 3.53 ϕ (0.087mm). The very fine sands (0.1—0.05 mm) are dominant, which make up 60 to 80 percent in each sample. These do not conform to the published results on wind-blown sands from other parts of China or other deserts in the world. The silt content is less than 5% and clay particles are absent in all dune sands samples. Most of the dune sands are fairly sorted. The range of standard deviation is from 0.27 to 0.39 and the mean value is 0.35. Strass sorting coefficient is less than 1.25. Skewness is mainly negative, i.e. from -0.67 to 0.47, with a mean value of 0.15. Mean Kurosis is 1.24 that means most of the grain size frequencies have from flat to leptokurtic distributions. The frequency distribution is mainly unimodal. Modes are generally 4.0 ϕ . Some of the samples belong to bimodal type. According to the cumulative probability size-frequency curves, the surface traction population is less than 5%; the saltation population can reach to 90 percent or so; and most of the samples do not contain suspension population. Coarse truncation points on the cumulative frequency curves are mainly 2.64 ϕ and the FT is 4.32 ϕ . Compared with dune sands, the texture parameters for interdune, alluvial and pluvial sediments are also discussed in this paper.

作者简介

陈渭南,男,1955年2月生,助研。1986年于陕西师范大学地理系获理学硕士学位,1989年中科院兰州沙漠研究所获博士学位。现从事风沙地貌、风沙沉积、风沙工程和全新世环境演变的研究,曾参加《黄土高原北部风沙区土地沙漠化及其治理》等5本专著的编写,并发表“神府东胜煤田地区沙漠化问题”等论文30多篇。