

文章编号:1000-694X(2005)06-0831-07

准噶尔中南部沙尘暴源区地表沉积物粒度特征

钱亦兵¹, 吴兆宁², 陈冬梅³, 张立运¹, 汪溪远², 李冬梅⁴

(1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 新疆大学 资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 3. 西北石油局, 新疆 乌鲁木齐 830011; 4. 克拉玛依农业开发办, 新疆 克拉玛依 834000)

摘 要: 对准噶尔中南部沙尘暴源区——艾比湖地区、克拉玛依农业开发区和古尔班通古特沙漠地表沉积物粒度组成、传统粒度参数及分维值进行了分析计算, 结果表明: 艾比湖流域及克拉玛依开发区广泛分布的沙质、粘土质、盐土荒漠区, 特别是春季翻耕的大面积裸露农田地表物质含有大量小于 0.063 mm 的粉砂和粘土, 且粒度分维值较高, 是沙尘暴的丰富物源。古尔班通古特沙漠风成沙粒径较粗, 分维值较低, 加之较好的植被状况, 沙尘暴发生频数相对较低。粒度参数 $C-M$ 图、 M_z-S_0 散点图 和粒度分维值可以有效地表征地表松散物质的搬运-沉积特征, 是描述沙尘暴发生地表条件的重要指标。

关键词: 粒度组成和参数; 分维值; 地表沉积物; 沙尘暴源区; 准噶尔

中图分类号: P445.4 文献标识码: A

在气候干旱、植被缺乏的大面积沙质、粘土质、盐土荒漠区, 大风天气常引起沙尘暴^[1~4]。沙尘源区地面颗粒物的粒度、形态、矿物和化合物成分等因素直接影响着沙尘暴的形成(空气动力条件)、类型和输送距离。较粗颗粒主要形成作用于地表—低空的近源沙尘暴, 具瞬间巨大破坏力。而微米级粘粒及其他化合物则以气溶胶形式高空远程输送的浮尘层, 对全球气候环境产生深远影响^[5~9]。所以, 沙尘源区地面特征以及沙尘粒子的物理、化学特性, 特别是地表粗糙度、土壤含水量、土壤粒子的谱分布, 是沙尘起沙模式以及沙尘气候强迫的参数化研究及其验证的最基础资料^[10]。事实和研究表明^[6, 10~13], 准噶尔盆地南部是亚洲沙尘暴的重要源区之一, 尤其 1998 年 4 月 18 日特强沙尘暴和近两年春季多次袭击乌鲁木齐市及北疆地区的沙尘暴充分体现了准噶尔沙尘源区在中亚几大沙尘暴策源地中不可忽视的地位。但由于该区沙尘暴发生的频数不及塔克拉玛干沙漠区高^[14~16], 故未引起研究者的足够重视。先前的研究侧重于沙尘暴发生的气候条件或沙尘暴灾害的讨论^[16~20], 对于准噶尔中南部沙尘源区地面特征, 尤其对地表松散沉积物粒度特征的研究少见报道。本文选取准噶尔南部沙尘暴发生频率不同的 3 个源区——艾比湖地区、克拉玛依农业开发区和古尔班通古特沙漠为研究靶区, 对其不同类型地表松散沉积物的粒度特征, 包括粒度参数和分维

值进行分析研究, 为进一步查明影响沙尘暴发生的地表条件提供参考。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

1.1.1 自然概况

位于准噶尔盆地西南的艾比湖区为断陷盆地, 南、北、西三面环山, 东部与古尔班通古特沙漠相连。区内降水稀少, 蒸发量大, 光热充足, 属典型的温带大陆性气候。西部阿拉山口是冷空气入侵(西北风)的主要通道, 8 级以上大风达 $165 \text{ d} \cdot \text{a}^{-1}$, 多集中在 4~6 月。该地区下风向精河县沙尘事件频率为 $36.5 \text{ d} \cdot \text{a}^{-1}$ (1957—2001 年平均, 包括沙尘暴、浮尘和扬沙天气)。

克拉玛依农业开发区位于准噶尔盆地西北缘的半荒漠平原上, 北靠扎依尔山区, 南接玛纳斯河下游冲积、湖积平原。光热充足, 降雨量稀少, 蒸发强烈, 温差大。克拉玛依地区春夏季多风, ≥ 8 级的大风 $68.5 \text{ d} \cdot \text{a}^{-1}$, 沙尘事件频率为 $5.2 \text{ d} \cdot \text{a}^{-1}$ (1957—2001 年平均, 包括沙尘暴、浮尘和扬沙天气)。区内地表水和地下水均很匮乏。

古尔班通古特沙漠地处半封闭的准噶尔盆地中, 属温带干旱荒漠。光热充足, 蒸发量较大。降雨量稀少, 低于艾比湖区, 却高于克拉玛依地区。8 级

以上大风从中部到边缘 25~77 d 不等。据 1994—1995 年的气象资料,沙漠中部(彩南)沙尘事件频率为 $12\text{ d}\cdot\text{a}^{-1}$ (包括沙尘暴和扬沙天气)。沙漠中几乎无地表径流,地下水位较深。

1.1.2 地貌与地表堆积类型

艾比湖流域平原区典型的地带性土壤为灰漠土、灰棕漠土和风沙土。灰棕漠土是艾比湖地区大陆性荒漠气候条件下的典型土壤,发育在砾质洪积—冲积扇上,具红棕色紧实层。该区的灰漠土多盐碱化,发育在深厚的黄土状粉砂质亚沙土、亚粘土组成的古老冲积平原、冲积—洪积扇与古老冲积平原之间的交接地带和高阶地上。风沙土是艾比湖盆地分布面积最大的土壤类型。冲积—湖积平原上广厚的第四纪疏松沉积物为风沙土的形成提供了极为丰富的沙源,阿拉山口的强劲大风又为风沙土的演化提供了充足的动力。近 50 a 来艾比湖湖水面积的干缩,使 $1\,000\sim1\,500\text{ km}^2$ 干涸的粘土质湖底沦为盐漠,成为沙尘策源地。同时,分布在细土平原区的博乐、精河地区是多年来艾比湖流域土地开垦最强烈的地带,春季裸露耕地面积不断扩大,致使这些地区大风天数虽然逐年减少,浮尘天气却有增无减^[21]。

克拉玛依农业开发区土壤类型主要有残余沼泽土、残余盐土、生物残体干湖盆积钙土和半固定荒漠风沙土,其成土母质主要是第四纪沉积物,分别为中部及北部分布大面积的湖相沉积,西南边缘的洪积物,中东部发育的风成沙丘。目前,农业开发区的人工植被代替了天然的荒漠植被,一年生的农作物收获后地表裸露期正值春天大风多发季节,易于发生土壤风蚀和沙尘天气^[22]。

古尔班通古特沙漠在深厚松散的第四纪堆积物上发育着广袤的沙漠景观,沙丘形态主要呈垄状,也可见梁窝状和蜂窝状。古尔班通古特沙漠中的土壤以固定、半固定风沙土占绝对优势。固定风沙土主要出露于垄间低地及沙垄中下部,半固定风沙土多分布于沙垄中部和中上部。沙垄顶部普遍存在 $10\sim40\text{ m}$ 宽度不等的流动带^[23],发育流动风沙土。人类活动对沙漠植被的干扰和破坏,使部分沙丘、沙地活化,增加沙尘暴的物质来源。

1.2 研究方法

2001 年 4 月至 2004 年 4 月(正值沙尘暴发生期间),对上述 3 个典型地区进行了野外调查和定点取样(表 1)。艾比湖周边地区 11 块样地(样号前置 A,19 个粒度分析样),克拉玛依开发区 6 块样地(样

号前置 K,7 个粒度分析样),这两个地区样地中有自然植被样方 12 个,种植棉田样方 6 个。在南北纵穿古尔班通古特沙漠沿线采取了不同地貌部位的 11 个粒度分析样(样号前置 G)。用于粒度分析的粒径为 $0.02\sim2\,000\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒,粒度测定在 Marlven 激光粒度仪上进行,粒度分析结果以重量百分含量表示。粒度参数用 Folk 和 Word 的计算公式^[24]求出,同时,采用当前最广泛使用的幂指数法^[25~29]对研究区样品的分维值进行了计算,并利用 Original 6.0 作了 Φ_1 对 Φ_{50} 粒度象图和平均值对分选系数散点图。

2 结果与分析

2.1 粒度组成

艾比湖西北和西部地区除灌丛沙包样外,其他类型地表物质组成中均含有大于 2.00 mm 砾石,而在小于 2.00 mm 的粒级中,艾比湖西北和西部以中粉砂($0.016\sim0.032\text{ mm}$)和粗粉砂($0.032\sim0.063\text{ mm}$)为主,两者含量 $34\%\sim57.97\%$;南部和远东南部流动、半流动沙丘顶部物质较粗,以细砂($0.125\sim0.25\text{ mm}$)占优势,其次为中砂($0.25\sim0.50\text{ mm}$),两者百分含量达 $73.67\%\sim91.97\%$;丘间地和开垦的棉田以细砂和极细砂($0.063\sim0.125\text{ mm}$)为主,两者含量在为 $48.75\%\sim96.68\%$ (表 1,图 1 中 a~d)。

克拉玛依农业开发区除流动沙丘 K16 样较粗(细砂和中砂为主,两者含量 78.94%)外,其他原始荒漠及已开垦棉田地表颗粒较细且粒级分布范围广,从细砂至粘土均有分布。风蚀区 K17 样也很细,物质主要由 $\leq 0.016\text{ mm}$ 的细粉砂、极细粉砂和粘土组成,其含量达 85.37% (表 1,图 1 中 e~g,)。

与上述两个地区相比,古尔班通古特沙漠沙物质粒级范围较窄,集中在中砂和细砂,同时表现出沙漠北部沙物质比中部和南部粗的特点,前者以细砂、中砂和粗砂为主,含量达 $67.83\%\sim85.38\%$;后者细砂和中砂为主,含量为 $63.9\%\sim94.53\%$ (表 1,图 1 中 h~j)。

艾比湖地区、克拉玛依农业开发区和古尔班通古特沙漠地表沉积物粒度组成的共同特点是流动、半流动沙丘的物质有相近的粒度分布,优势粒径为细砂和中砂,二者含量达 $73.67\%\sim94.53\%$ 。3 个地区的原始荒地及附近新开垦农田的地表物质粒度

分布近于相同,优势粒径为中粉砂和粗粉砂,二者含量达 34%~57.53%。

表 1 研究区地表物质粒度参数及分维值

Fig.1 Grain size parameters and fractal dimensions for the study regions

样号	地点	Φ_1	中值	平均值	标准差	偏度	峰态	分维值	
		/mm	/mm	/mm	σ_1	SK_1	KG	D^*	
A2—1	湖西北部:短穗柽柳沙丘顶部	0.43	0.02	0.02	2.12	0.05	1.22	2.81	
A2—2	平/洼地,30 cm 以下含小砾石,盐生植物荒漠,灌丛积沙堆	1.70	0.03	0.04	2.66	—0.12	1.36	2.72	
A3	湖西北部:西伯利亚白刺沙包顶部	1.72	0.02	0.03	2.67	—0.10	1.27	2.77	
A4—1	湖西北部:风蚀湖积地貌区,白刺沙包顶部	1.44	0.12	0.08	2.37	0.38	1.01	2.59	
A4—2	局部光板地,土壤结构紧实	1.36	0.02	0.02	2.28	0.02	1.47	2.77	
A5	博乐:棉花地	1.17	0.04	0.03	1.78	0.16	1.41	2.65	
A6—1	博乐:冲积平原,绢蒿类—短命植物群落	1.73	0.03	0.05	2.84	—0.16	1.04	2.72	
A6—2	新开棉田	1.63	0.03	0.03	2.47	—0.09	1.35	2.73	
A7—1	90 团:盐化草甸,土壤多有板结层,深度不同	1.62	0.03	0.03	1.66	0.16	1.54	2.67	
A7—2	开垦 10 多年的棉田,30 cm 以下土壤板结	1.20	0.02	0.02	1.72	0.25	1.28	2.74	
A8	蘑菇滩:流动、半流动沙垄顶部,已布设草方格并插植柽柳	0.52	0.22	0.22	0.57	0.00	0.95	2.14	
A9—1	精河东:流动、半流动沙垄顶部	0.94	0.29	0.28	0.87	0.06	1.03	2.05	
A9—2	垄间地,沙层紧实	0.41	0.11	0.09	1.59	0.43	1.49	2.46	
A9—3	垄间开垦棉田	0.56	0.07	0.06	1.82	0.34	1.14	2.56	
A10—1	精河沙丘道班:流动新月形沙丘顶部	0.67	0.23	0.23	0.78	0.04	0.95	1.65	
A10—2	垄间地	1.44	0.11	0.08	2.03	0.38	1.41	2.53	
A11—1	茂音洪:古尔图河东 1 km,半流动沙垄顶	0.28	0.14	0.14	0.46	0.00	0.96	1.59	
A11—2	垄间地,地表干沙层 3 cm	0.35	0.15	0.15	0.57	0.00	0.94	1.80	
A11—3	棉田,地表干土层 3 cm	0.49	0.03	0.03	1.97	0.13	1.25	2.70	
K12	克拉玛依农业开发区:大片裸露棉田,地表干土层 10 cm	1.04	0.02	0.02	2.44	0.00	0.89	2.81	
K13	梭梭荒漠	0.45	0.10	0.07	1.93	0.47	1.44	2.55	
K14—1	裸露沙丘顶部,表层有 1cm 厚的物理结皮	0.34	0.02	0.02	2.49	0.06	0.79	2.77	
K14—2	沙垄周围平沙地	0.36	0.02	0.03	2.39	0.00	0.78	2.76	
K15	新开垦棉田,犁耕深度 20cm	0.27	0.03	0.02	1.87	0.21	1.20	2.67	
K16	流动沙丘顶部,前方为棉田	0.54	0.21	0.20	1.02	0.29	1.64	2.22	
K17	风蚀土丘间平地,无叶假木贼群落,地表植物茎基部处积沙	0.10	0.01	0.01	1.45	0.21	1.05	2.93	
G3—1	古尔班通古特沙漠北部	垄间地	1.82	0.18	0.18	1.89	0.17	2.41	1.79
G3—2		西向垄坡	0.66	0.20	0.18	1.54	0.31	2.35	1.49
G3—3		固定垄顶	0.73	0.28	0.25	1.44	0.43	2.32	1.62
G3—4		东向垄坡	0.70	0.24	0.21	1.52	0.39	2.34	1.48
G6—1	沙漠中部	垄间地	0.47	0.15	0.15	0.73	—0.01	2.13	1.10
G6—2		东向垄坡	0.42	0.15	0.16	0.63	—0.05	1.75	0.97
G6—3		流动垄顶	0.46	0.19	0.19	0.60	—0.03	0.54	0.95
G10—1	沙漠南部	垄间地	0.48	0.13	0.13	1.11	0.13	2.23	1.53
G10—2		西向垄坡	0.46	0.14	0.15	0.72	—0.07	2.08	0.97
G10—3		半固定垄顶	0.43	0.19	0.19	0.54	—0.01	1.93	0.95
G10—4		东向垄坡	0.46	0.16	0.16	0.74	—0.01	2.01	0.94

* 分析样品分维值的相关系数(R)81%在 0.8 以上,其余在 0.7~ 0.8 之间。

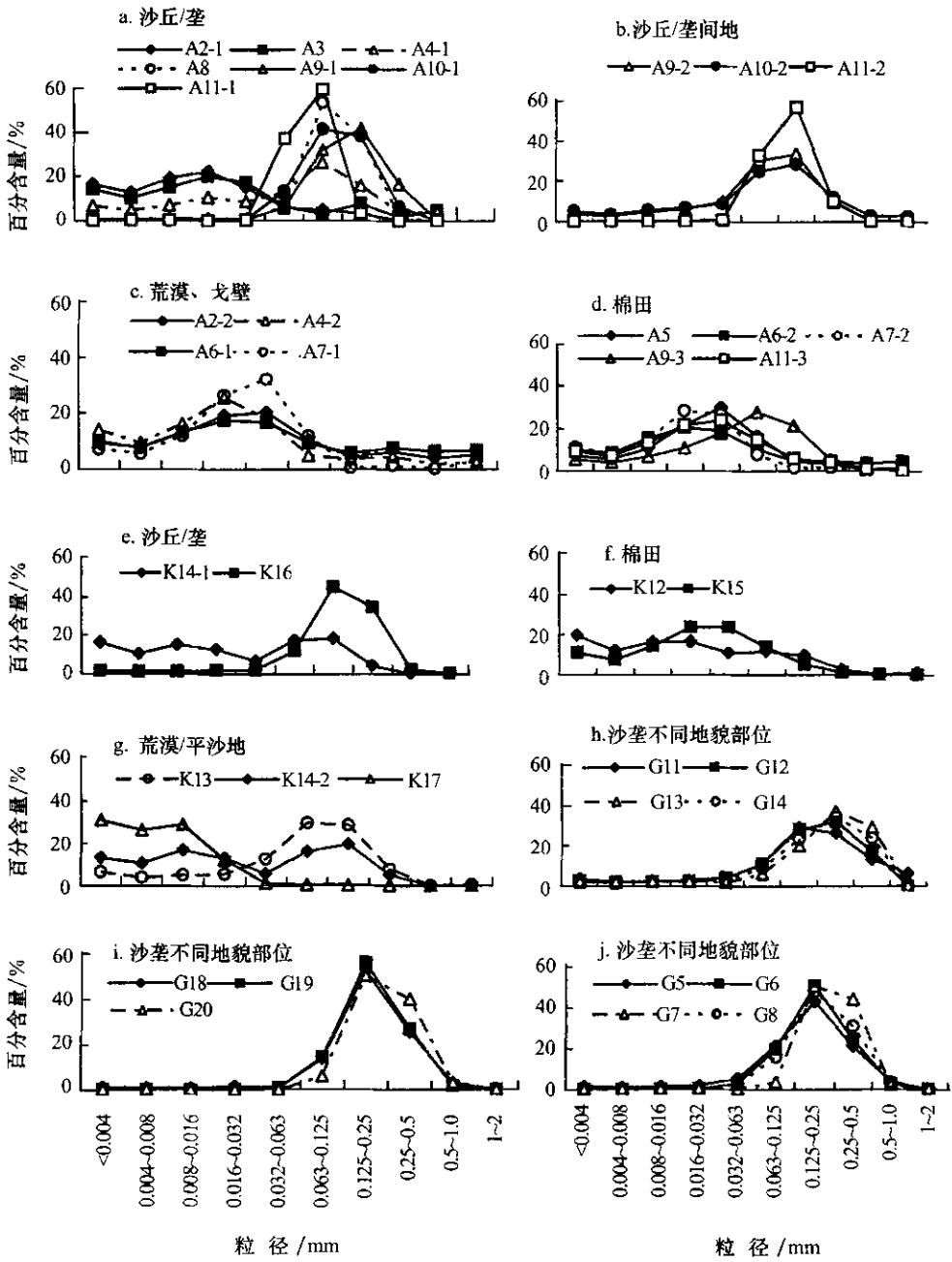


图 1 研究区沙物质粒度分布

Fig. 1 Grain size distributions of the study regions

2.2 粒度参数及分维值

2.2.1 粒度参数

(1) Φ_1 值:是累积含量 1% 的粒度值,表明沉积物粗粒组分的情况(样品的最大粒径),可代表搬运的最大动能。艾比湖西北荒漠和棉田类样品的 Φ_1 值为 1.36~1.73 mm,是阿拉山口大风吹蚀的结果;而艾比湖下风区沙丘及远离湖区的样品 Φ_1 值则在 0.28~0.94 mm 之间。克拉玛依农业开发区 Φ_1

值在 0.1~1.04 mm;古尔班通古特沙漠,沙漠北部 Φ_1 值(0.66~1.82 mm)明显高于沙漠中部和南部(0.42~0.48 mm),同时,垄间地 Φ_1 值高于其他地貌部位(垄坡和垄顶)。

(2) 平均值(M_z):代表沉积介质的平均动能。艾比湖西北和西部平均值为 0.02~0.08 mm;南部和远东南部流动、半流动沙丘顶部物质较粗,平均值为 0.22~0.28 mm;丘间地和开垦的棉田平均值为 0.03~0.15 mm。

克拉玛依农业开发区除流动沙丘 K16 样平均值 0.20 mm, 其他原始荒漠和已开垦棉田地表面物质组成细, 平均值 0.02~0.07 mm。风蚀区 K17 样则更细, 平均值 0.01 mm。

古尔班通古特沙漠沙物质较粗, 而且沙漠北部沙物质比中部和南部要粗, 前者平均值 0.18~0.25 mm, 后者平均值为 0.13~0.19 mm。另一方面, 沙垄顶部的平均值均高于垄坡和垄间地, 一致于风力的差异分布。

(3) 分选系数(S_0): 根据 Fork and Word 分选性等级标准, 艾比湖地区除流动、半流动沙垄顶样的分选性好(A11-1)和较好(A8 和 A11-2)外, 其他样的分选性多是差和较差。克拉玛依农业开发区地表物质的分选性均在差和较差的范围。古尔班通古特沙漠北部沙物质的分选性较差, 沙漠中部沙物质的分选性较好—中等, 沙漠南部沙垄沙的分选性较好—中等, 垄间地的分选性较差。沙垄顶部的分选性均好于垄坡和垄间地。由此可以看出, 地表不同类型沉积物受风的分选作用痕迹差异明显。

(4) 偏度(SK_1): 艾比湖地区 19 个样品中 8 个对称, 8 个正偏和极正偏, 3 个负偏。克拉玛依农业开发区 3 个对称, 4 个正偏和极正偏。古尔班通古特沙漠北部正偏和极正偏, 中部对称, 南部沙垄沙为近对称, 垄间地则属正偏。

(5) 峰态(KG): 艾比湖地区多数样品峰态值偏高, 属窄峰态, 反映这类沉积物经过了风的改造, 余者属中等峰态。克拉玛依农业开发区样品峰态值范围较广, 从很窄到宽均有, 表明该区地表物质的搬运—沉积环境异质性显著。古尔班通古特沙漠北部沙物质峰态值偏高, 属窄—很窄范围, 中部沙物质均属中等峰态, 南部沙垄沙物质属中等峰态, 垄间地则是很窄峰态。

2.2.2 分维值(D)

粒度分维值可以作为沉积物类型判别的重要参数^[25~29]。研究区样品的计算结果显示不同类型沉积物的粒度分维值存在差异。荒漠和农田地表物质粒度分维值高, 在 2.56~2.93 之间; 流动、半流动沙丘/沙地类分维值低, 为 1.65~2.41 范围。同一类型沉积物的粒度分维值与分选系数呈正相关性, 即分选性好, 分维值低, 由表 1 可以看出, 分选性较好的分维值均低于 2。另外, 样品中多数高分维值对应着低的平均值, 最为显著的是艾比湖西北灌丛沙丘物质中因富含粘土组分而具有较高的分维值(2.59~2.87)。古尔班通古特沙漠与之不同, 北部

沙物质的粒度平均值高于中部和南部, 其分维值也略高于中部和南部。这是因为粒度分维值受物源、搬运和沉积介质、营力作用时间等多种因素的影响, 从而形成分维值与平均值间的上述复杂关系。

总之, 粒度分维值能简单有效地表征地表松散物质的搬运—沉积特征, 而且可以很好地反映土壤颗粒物质的损失状况和土壤含水率^[30], 这些参数恰是描述沙尘暴发生地表条件的重要指标。

3 讨论与结论

中位数(M_d , Φ_{50})是累积含量 50% 的粒度值, Φ_1 值对 Φ_{50} 的双对数图(C-M 图), 与沉积搬运作用密切相关, 可以反映动力条件和沉积环境^[17]。研究区代表性样品在 C-M 图(图中用 C 和 M_d 表示)上的投点显示, 3 个区域虽然具有不同的地理条件和地貌形态, 但它们的流动、半流动沙丘沉积物均有相近的 Φ_1 值和 Φ_{50} 值, 在 C-M 图中集中分布在图的右上角, 而它们的荒漠和农田样品则相对分散在图的左侧(图 2)。平均值对分选系数(图中用 M_z 和 S_0 表示)的散点图也有很好的灵敏性, 能完全将沙丘沉积物与荒漠及农田样品区分在不同的图域(图 3)。据气象资料和野外调查, 这些源区沙尘暴发生的频率和强度与缺乏植被、分选性差的细土荒漠及裸露农田的占有面积有很大关系。

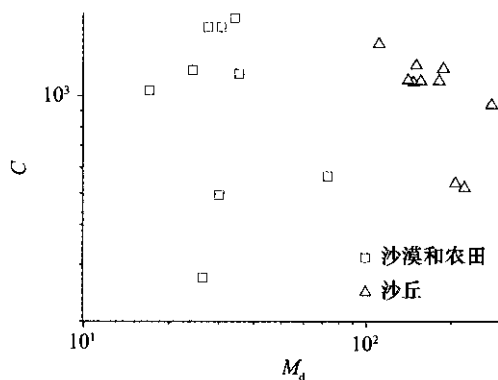


图 2 研究区典型样品的 C-M 图

Fig. 2 C-M diagram for the typical samples in the study regions

综上所述, 准噶尔盆地中南部大面积沙质、粘土质、盐土荒漠区, 特别是春季翻耕的大面积裸露农田是沙尘暴的物源区。早在 1934 年日本学者小泉在研究了我国东北、天津、山东、河北以及朝鲜、日本采集黄沙的粒径分布后指出, 黄沙粒径一般在 0.5~0.001 mm, 而且其粒度按中国、朝鲜、日本的顺序依次变小^[31]。叶笃正等人也指出产生沙尘的地表物

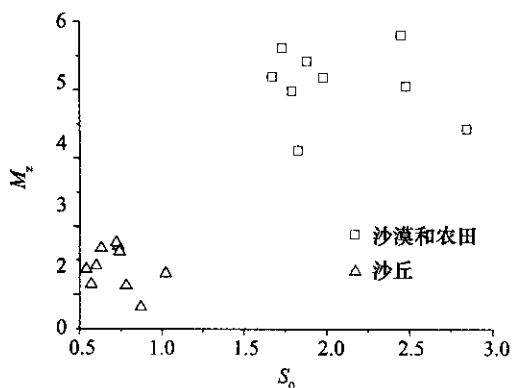


图3 研究区典型样品的 M_z - S_0 图

Fig.3 M_z - S_0 diagram for the typical samples in the study regions

质以粉尘为主,其颗粒直径多在 0.063~0.002 mm 之间^[32]。艾比湖地区除流动、半流动沙丘外,样品中均有小于 0.063 mm 的粉砂和粘土,含量大于 50% 以上,且粒度分维值较高,是丰富的沙尘物源。这也佐证了文献^[13]中主要根据地表植被和土壤水分状况将艾比湖地区划分为沙尘暴多发区的论点。古尔班通古特沙漠风成沙粒径较粗主要集中在 0.125~0.5 mm 之间,粒度分维值较低,植被状况较好,沙丘、沙地多是固定、半固定状态,因此是沙尘暴少发区。据过去 34 a 的气象资料,克拉玛依沙尘事件发生频率并不高,但随着农业开发区农田面积的逐渐扩大,该区已接近艾比湖沙尘暴多发区的地表条件,其中,表层沉积物粒度特征与艾比湖地区的相似性充分显示出它的预警意义。

参考文献 (References):

- [1] Orlovsky L, Orlovsky N, Durdyev A. Dust storms in Turkmenistan[J]. *Journal of Arid Environment*, 2005, 60: 87-9.
- [2] 刘立超, 安兴琴, 李新荣, 等. 宁夏盐池沙尘暴特征分析[J]. *中国沙漠*, 2003, 23(1): 33-37.
- [3] 丁瑞强, 王式功, 尚可政, 等. 近 45a 我国沙尘暴和扬沙天气变化趋势和突变分析[J]. *中国沙漠*, 2003, 23(3): 306-310.
- [4] 陶健红, 王劲松, 冯建英. 螺旋度在一次强沙尘暴天气分析中的应用[J]. *中国沙漠*, 2004, 24(1): 83-87.
- [5] Visser S M, Sterk G, Ribolzi O. Techniques for simultaneous quantification of wind and water erosion in semi-arid regions[J]. *Journal of Arid Environment*, 2004, 59(4): 699-717.
- [6] Moria I, Nishikawaa M, Tanimurab T, et al. Change in size distribution and chemical composition of kosa (Asian dust) aerosol during long-range transport[J]. *Atmospheric Environment*, 2003, 37: 4253-4263.
- [7] Nishikawa M, Mori I, Morita M, et al. Characteristics of

sand storm dust sampled at an originating desert—case of the Taklimakan Desert[J]. *Journal of Aerosol Sciences*, 2000, 31(Suppl. 1): S755-S756.

- [8] Kim Byunggon, Park Soonung. Transport and evolution of a winter-time Yellow sand observed in Korea[J]. *Atmospheric Environment*, 2001, 35: 3191-3201.
- [9] 杨前进. 沙尘暴沉积物的粒度特征及其环境意义[J]. *中国沙漠*, 2004, 24(1): 47-50.
- [10] 石广玉, 赵思雄. 沙尘暴研究中的若干科学问题[J]. *大气科学*, 2003, 27(4): 591-606.
- [11] 邱新法, 曾燕, 缪启龙. 我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径研究[J]. *地理学报*, 2001, 56(3): 316-322.
- [12] In Heejin, Park Soonung. A simulation of long-range transport of Yellow Sand observed in April 1998 in Korea[J]. *Atmospheric Environment*, 2002, 36: 4173-4187.
- [13] 钱亦兵, 吴兆宁, 张立运, 等. 准噶尔南部沙尘暴发生的地表条件研究[J]. *干旱区地理*, 2004, 27(4): 540-542.
- [14] 钱正安, 宋敏红, 李万元. 近 50 年来中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析[J]. *中国沙漠*, 2002, 22(2): 106-111.
- [15] 陈洪武, 王旭, 马禹. 塔里木盆地局地性和区域性强沙尘暴天气过程研究[J]. *中国沙漠*, 2003, 23(5): 533-538.
- [16] 王旭, 马禹, 陈洪武. 新疆沙尘暴天气气候特征[J]. *中国沙漠*, 2003, 23(5): 147-151.
- [17] 杨青, 何清, 李红军, 等. 艾比湖流域沙尘气候变化趋势及突变研究[J]. *中国沙漠*, 2003, 23(5): 503-508.
- [18] 杨民, 蔡玉琴, 王成功, 等. 2000 年春季中国北方沙尘暴天气气候成因研究[J]. *中国沙漠*, 2001, 21(Suppl.): 6-11.
- [19] 魏文寿, 张璞, 高卫东, 等. 新疆沙尘暴源区的气候与荒漠环境[J]. *中国沙漠*, 2003, 23(5): 478-487.
- [20] 吉力力·阿不都万里, 穆桂金. 艾比湖干涸湖底尘暴及其灾害分析[J]. *干旱区地理*, 2002, 25(2): 149-154.
- [21] 钱亦兵, 吴兆宁, 蒋进, 等. 近 50a 年艾比湖流域生态环境演变及其影响因素分析[J]. *冰川冻土*, 2004, 26(1): 17-26.
- [22] 钱亦兵, 蒋进, 吴兆宁, 等. 克拉玛依农业开发区土壤理化性状及其可持续发展利用[J]. *水土保持学报*, 2003, 17(1): 50-53.
- [23] 王雪芹, 雷加强. 古尔班通古特半固定沙垄沙面的蚀积特征[J]. *干旱区研究*, 1998, 15(1): 35-39.
- [24] 成都地质学院陕地队. 沉积岩(物)粒度分析及其应用[M]. 北京: 地质出版社, 1976. 44-54, 66, 90.
- [25] 陈隅, 陈凌. 分形几何学[M]. 北京: 地震出版社, 1998. 14-15.
- [26] 刘晓东, 孙立广, 谢周清, 等. 南极松散沉积物粒度分形研究[J]. *冰川冻土*, 2003, 25(4): 394-400.
- [27] 柏春广, 王建. 一种新的粒度指标: 沉积物粒度分维值及其环境意义[J]. *沉积学报*, 2003, 21(2): 234-239.
- [28] 杨秀春, 刘连友, 严平. 土壤短期吹蚀的粒度分维研究[J]. *土壤学报*, 2004, 41(2): 176-181.
- [29] 陈冬梅, 穆桂金. 不同沉积环境下沉积物的粒度分形特征的对比研究[J]. *干旱区地理*, 2004, 27(1): 47-51.
- [30] 苏里坦, 张展羽, 古丽美拉. 塔里木河干流两岸土壤水分特征曲线的分形模拟[J]. *干旱区地理*, 2004, 27(4): 530-

534.

[31] 全浩. 关于黄沙研究与进展[J]. 环境科学研究, 1994, 7(6): 1—12.

[32] 叶笃正, 丑纪范, 刘纪远, 等. 关于我国华北沙尘天气的成因及治理对策[J]. 地理学报, 2000, 55(5): 513—521.

Characteristics of Grain Sizes for Surface Sediments on Source Regions of Sand-dust Storms in Mid-south Junggar Basin

QIAN Yi-bing¹, WU Zhao-ning², CHEN Dong-mei³,
ZHANG Li-yun¹, WANG Xi-yuan², LI Dong-mei⁴

(1.Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 2.College of Resources and Environment Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 3.Northwestern Bureau of Petrol, Urumqi 830011, China; 4.Agricultural Development Department of Kelamayi, Kelamayi 834000, Xinjiang, China)

Abstract: The Aibi Lake catchment, the developed agricultural region of Kelamayi and the Gurbantunggut Desert are sources of sand-dust storms in the mid-south Junggar Basin. The analyzing results of surface grain size component, traditional grain size parameters and fractal dimensions show that, in Aibi Lake catchment and the developed agricultural region of Kelamayi, the widespread sandy, clay and salt deserts, especially the extended bare farmland after plough in spring, are abundant sources of sand-dust storms. Their surface materials consist of a great number of silt and clay of <0.063 mm with the content of over 50% and higher fractal dimension. The grain sizes of the aeolian sands in the Gurbantunggut Desert are coarser and with lower fractal dimension, in addition, the desert has better vegetation status, so the frequency of sand-dust storms in the desert is correspondingly low. The C-M and M_z - S_0 diagrams and fractal dimensions can effectively indicate the transporting and depositing characteristics of loose surface sediments, and they are the important indices for describing the ground surface condition of sand-dust storms.

Key words: grain size component; grain size parameter; fractal dimension; ground surface sediment; source region of sand-dust storm; the mid-south Junggar Basin