

塔里木河干流古河道表层沉积物粒度特征及其意义

李开封^{1,2,3}, 穆桂金^{1,3}, 徐立帅^{1,2}, 潘光耀^{1,2}

(1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049; 3. 新疆策勒荒漠草地生态系统野外研究站, 新疆 策勒 848300)

摘要: 历史上塔里木河因频繁改道在干流两岸遗留了多条古河道, 研究其表层沉积物粒度特征, 可判断表层沉积物形成时的沉积环境与水动力条件。通过对塔里木河古河道表层沉积物系统采样, 进行粒度分析发现: (1) 塔里木河古河道表层沉积物优势粒级为粉沙, 粒度次一级组分在干流两岸古河道间差异明显; (2) 古河道表层沉积物比塔里木河洪泛平原土壤粒径细小, 表明古河道晚期水动力较弱; (3) 塔里木河干流南岸的部分古河道表层沉积物中, 含风成沙夹层, 反映了其沉积环境受风水两相作用。

关键词: 塔里木河; 古河道表层沉积物; 粒度

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)01-0161-04

中图分类号: P931.1

Grain Size Characteristics and Their Significance for Surface Sediment of Paleochannels Along Main Stream of Tarim River

LI Kai-feng^{1,2,3}, MU Gui-jin^{1,3}, XU Li-shuai^{1,2}, PAN Guang-yao^{1,2}

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang

830011, China; 2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Cele National Station of Observation and Research for Desert—Grassland Ecosystem in Xinjiang, Cele, Xinjiang 848300, China)

Abstract: Historically, many paleochannels formed along the current main stream of Tarim River due to frequent migrations. Research on the grain size characteristics in surface sediment of the paleochannels is helpful to determine the sedimentary environments and hydrodynamic conditions during the surface sediment formation. Through systematic samplings and grain size analysis for surface sediment of the paleochannels, we find that: (1) silt is the dominated grain fraction in surface sediment of paleochannels and the secondary grain composition is obviously different between the south and north paleochannels along the current main stream; (2) the grain size for surface sediment of the paleochannels is smaller than that for surface soils in the floodplain of Tarim River, which suggests that hydrodynamics was relatively weak in the late period of paleochannels formation; (3) there are eolian sand layers in surface sediment of some paleochannels on the south bank of Tarim River, which implies that the sedimentary environments were influenced concurrently by wind and water.

Keywords: Tarim River; surface sediment in paleochannel; grain size

粒度是反应沉积物颗粒组成大小的一项参数, 是沉积物中物质颗粒最主要结构特征, 它受到搬运介质和搬运方式等多种因素的控制, 并且与沉积环境、水动力条件等关系非常密切^[1-2]。在利用各种粒度分析数据及其计算结果探索过去沉积环境, 解释沉积搬运作用等方面已经有了成熟的方法^[3]。粒度分析在区分沉积环境、判定物质搬运方式、判别水动力条件等方面具有重要作用。前人已经在河道沉积不同亚相粒度特征^[4-6]以及河流洪水沉积物粒度特征^[7-8]等方

面做了大量的工作, 并取得了许多重要成果。目前对塔里木河沉积物粒度特征的研究多集中在塔里木河洪泛平原沉积物及洪水漫溢时期形成的沉积物上^[9-11], 对遗留古河道沉积物粒度特征研究鲜见报道。

本文选择今塔里木河干流南北两岸分布的 9 条古河道表层沉积物作为研究对象, 分析了河流表层沉积物的粒度组成、中值粒径、平均粒径、分选系数、偏度、峰态等粒度参数的特征与变化, 并就其沉积环境

收稿日期: 2011-02-13

修回日期: 2011-04-20

资助项目: 国家科技支撑计划“新疆三地州生态环境整治技术集成与应用推广模式开发”(2009BAC54B05)

作者简介: 李开封(1986—), 男(汉族), 河南省虞城县人, 硕士研究生, 研究方向为自然地理及环境演变。E-mail: henankf@163.com。

通信作者: 穆桂金(1958—), 男(汉族), 陕西省紫阳县人, 研究员, 博士, 硕士生导师, 主要从事地质学与区域环境演变研究。E-mail: gimu@ms.xjb.ac.cn。

及水动力条件等进行了探讨,旨在为塔里木河河道变迁研究提供基础资料及科学依据。

1 研究区概况

塔里木河位于西北内陆干旱区,流经天山南麓冲积平原和塔克拉玛干沙漠之间,其干流河段本身不产流,主要由发源于冰川积雪的阿克苏河、叶尔羌河及和田河补给。各支流流经中低山带时,受地质、植被、暴雨、地面坡降及人类活动等诸因素综合影响,随沿程径流量增大,含沙量剧增,且塔里木河干流河段流经沙漠地区,地表物质松散,颗粒粒度小,又为沙质河床,汛期冲淤剧烈^[12-13],河道不稳定,摆动幅度大,易迁徙改道。地质历史时期塔里木河南北迁移改道频繁,在今塔里木河南北两侧遗留 80~120 km 范围宽的古河道^[14]。

塔里木河干流古河道现主要分布在 3 大区域:今塔里木河南岸向塔克拉玛干沙漠腹地弯曲呈弓形的古河道分布区、北岸阿克苏河及渭干河冲洪积扇之间及迪那河与孔雀河冲洪积扇之间的古河道分布区。沿河两岸由内向外依次为胡杨、红柳灌丛沙包和沙丘分布区。各条古河道因废弃后水分条件变差及风沙作用影响,沿河植被已衰退,河道形态遭风蚀破坏,河槽中亦多积沙,发育不同发育阶段和不同规模大小的新月形沙丘,河相沉积物在风沙地貌间多有出露。

2 研究方法

2010 年 8 月对塔里木河干流古河道野外调查过程中,根据实际河相沉积出露情况选择塔里木河干流南北两侧 9 条废弃古河道表层沉积物开挖 42—310 cm 深度不等的剖面,开挖至出露沉积地层为明显水平层理河床沙沉积,并对各剖面水平层理河床沙沉积层之上地层在仔细观察描述的基础上,根据各剖面地层层序采集沉积物粒度样品。各条古河道剖面深度及采集样品如下:A₁₃剖面深 80 cm,采集样品 4 个;A₁₂剖面深 42 cm,采集样品 2 个;A₁₁剖面深 88 cm,采集 4 个;A₆剖面深 65 cm,采集 2 个;B₁剖面深 300 cm,采集 5 个;B₂剖面深 135 cm,采集 6 个;B₄剖面深 175 cm,采集 8 个;B₆剖面深 300 cm,采集 2 个;C₁₀剖面深 310 cm,采集样品 5 个。9 条古河道共计采集 39 个粒度样品。

样品在实验室理化处理去除植物根系、有机质等杂质后,用 Mastersizer 2000 激光粒度仪测定,粒度测量范围为 0.02~2 000 μm,重复测量误差小于 2%。粒度参数计算方法和粒度参数等级的划分均参照 Folk 和 Ward 提出的公式和标准^[15]。

采样分布图采用 ArcGIS 9.0 制作,粒度频率分

布曲线及概率累积曲线采用 Mastersizer 2000 测量软件系统直接导出。

3 结果与分析

3.1 粒度频率分布曲线

应用粒度频率分布曲线描述样品的总体特征可较直观地显示了样品中各粒度的相对含量及其对总样的贡献,并且根据曲线形态特征可以辨识样品成因^[16]。塔里木河古河道表层沉积物粒度频率曲线主要有 2 种类型(图 1):单峰态和双峰态。图 1a 单峰态分布曲线具明显风成沙特征,共有 3 个样品,分布在塔里木河南岸的 A₁₃(该处有 2 个风成沙样品)和 A₁₁古河道中,而其所在分布剖面上下层沉积物粒度频率曲线显示为双峰态。图 1b 双峰态为河流沉积物分布特点,其中又可进一步分为 2 种类型,一种为图 1b 所示,第 1 峰态不够突出;另外一种粒度频率分布曲线第 1 个峰态峰值与第 2 峰态峰值大小相近,两峰态之间有明显粒径低值,但这类样品仅有 2 个。除 3 个风成沙样品和 2 个特殊双峰态样品外,剩余 34 个样品粒度分布曲线中第 1 个峰值峰态如图 1b 所示不够突出,但多数样品该处峰值分布又相对集中,处在 0.1~1 μm,为黏粒组分;第 2 个峰态峰值变化较大,多落在粉沙粒级范围内,平均百分含量为 62%,黏粒平均含量达 6.71%左右。综合 39 个样品粒度频率分布曲线特征,结果显示,3 个样品为单峰态,是风成沙堆积;剩余 36 个样品是双峰态,为河相沉积。

3.2 粒度组成

根据 Friedman 和 Sanders 沉积物粒级划分标准^[17],将塔里木河古河道表层沉积物的粒级分为黏粒(<0.002 mm)、极细粉沙(0.002~0.004 mm)、细粉沙(0.004~0.008 mm)、中粉沙(0.008~0.016 mm)、粗粉沙(0.016~0.031 mm)、极粗粉沙(0.031~0.063 mm)、极细沙(0.063~0.125 mm)、细沙(0.125~0.25 mm)、中沙(0.25~0.5 mm)、粗沙(0.5~1 mm)和极粗沙(1~2 mm)等 11 个粒级。分析结果显示,塔里木河南北两侧古河道表层沉积物呈单峰态分布的风成沙样品以极细沙和细沙为主,2 个粒级范围的百分含量在 3 个风成沙样品中分别达到 95.27%,72.49%和 93.36%。剩余河相沉积样品都是以细粉沙—中粉沙—粗粉沙—极粗粉沙 4 个粒级为主,平均百分含量达 56.30%,但次一级粒度组分则表现出南北两岸古河道分布的空间差异性,南岸古河道表层沉积物次一级粒度组分为黏粒和极细沙,平均百分含量分别达 11.10%和 10.03%,北岸沉积物次一级粒度组分则为极细沙和细沙,平均百分含量分别为 24.49%和 11.60%。

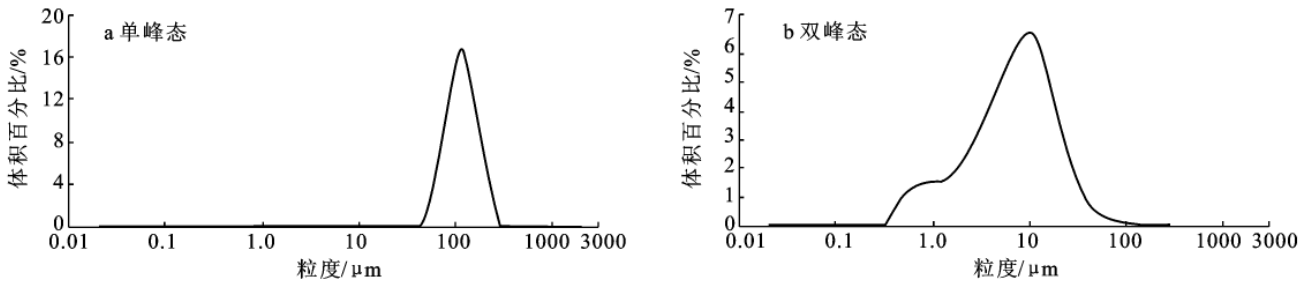


图 1 塔里木河古河道表层沉积物粒度频度分布曲线类型

3.3 粒度参数

根据 $\Phi = -\log_2 d$ (d 表示沉积物粒径, 单位为 mm), 将粒度测量结果转换成等比制粒级 Φ 后, 根据 Folk—Ward 公式分别计算出平均粒径 M_z , 分选系数 σ_1 , 峰态 KG 和偏态 SK_1 。

平均粒径和中值粒径都可用来反映沉积物平均粒度, 是搬运力平均动能的反映^[3]。塔里木河古河道表层沉积物中, 风成沙平均粒径较大, 在 0.085~0.114 mm, 均值为 0.102 mm; 河相沉积物平均粒径变化较大, 在 0.005~0.192 mm 范围变化, 但多数样品平均粒径 < 0.05 mm, 仅有 3 个样品平均粒径 > 0.1 mm, 其平均粒径要比风成沙颗粒细小。因中值粒径 d_{50} 为粒度频度累积曲线上频度为 50% 时的粒径大小, 其表现出与平均粒径相同的分布特点。

根据 Folk 和 Ward 划分标准, 研究区古河道表层沉积物 3 个风成沙沉积物分选系数在 0.50~0.64, 沉积物分选较好; 而 36 个河相沉积物样品分选系数处在 0.57~2.41, 参照分选系数划分标准, 其中仅有 5 个样品分选较好, 2 个样品分选中等, 剩余样品分选

较差或分选差, 古河道表层河相沉积物整体分选不好。偏度是表示沉积物粗细分布对称程度的一个定量描述指标, 所测 39 个样品中仅有 2 个样品负偏, 其余样品都为极正偏或正偏, 指示塔里木河古河道表层沉积物整体颗粒较细, 平均值向较细方向移动。表层沉积物峰态值多变, 但峰态值总体较高, 32 个样品峰态值 > 1.11, 为极窄、很窄及窄。一般粒级分布愈集中, 在粒度分布曲线上峰态愈窄, 说明研究区沉积物颗粒整体分布比较集中。

3.4 概率累积曲线

沉积物的粒度成分按搬运方式不同可分为悬移、跃移和推移 3 种粗细不同的组分, 每一种组分的粒度特征都不相同。用概率累积曲线图可揭示不同沉积物与搬运营力间的关系^[18] 及粗粒段、中粒段和细粒段的分选性^[1]。图 2 为塔里木河南北岸古河道表层河相沉积物粒度概率累积曲线。从图 2 可以看出, 南北岸古河道粗细颗粒累积百分含量较低, 组分主要为中粒段, 说明塔里木河干流古河道表层河相沉积是以中粒大小物质组分为主。

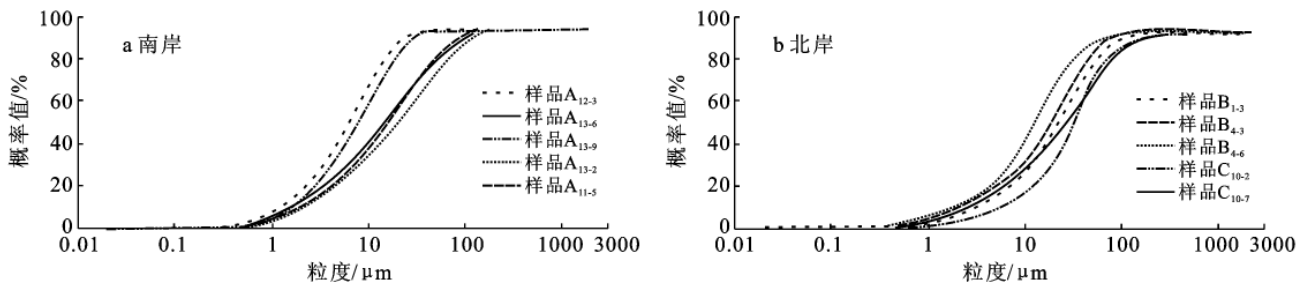


图 2 塔里木河南北两岸古河道表层沉积物粒度概率累积曲线

4 讨论与结论

沉积物的粒度分布主要受搬运介质、搬运方式、沉积环境等因素的控制, 因此, 通过沉积物粒度分布研究可了解沉积物所处的沉积环境^[3]。本研究采集的古河道表层沉积物以细粉沙—中粉沙—粗粉沙—极粗粉沙 4 个粒级为主, 偏度多为极正偏或正偏, 峰态较窄, 说明表层沉积物颗粒较细, 且细颗粒组分分

布集中, 这与塔里木河中下游地区全新世表层沉积物粒度分析发现主要组分为粉沙的研究结论是一致的^[19]。而前人研究发现现在塔里木河周边洪泛平原沉积物以粗粉沙—极细沙—细沙为主要组分^[10-11], 因此古河道区表层沉积物颗粒比周围洪泛平原沉积物颗粒细小, 说明各条古河道存在晚期河水携沙能力较弱, 只能搬运颗粒较细的碎屑物质, 塔里木河古河道存在晚期河床中的水动力明显弱于河水漫溢时期洪

泛平原流水动力,仅有携带粉沙、黏粒等细颗粒物质的弱小水流经过。

每个粒度参数都具有一定的成因及沉积环境判别意义。在塔里木河南岸古河道分布区采集的样品的粒度测量结果显示,该区 A_{13} 和 A_{11} 样品中存在风成沙堆积,但沉积物粒级都是以粉沙为主,次一级组分才出现风成沙与河相沉积物的分异,即风成沙次一级组分粒级为极细沙和细沙,而河相沉积物为黏粒。河相沉积中含风成沙夹层说明该区古河道在晚期水流不稳定,有断流现象存在,在偏北风强烈作用影响下^[20],从北部洪泛平原区吹来的细颗粒风沙流到此受沿河地形及植被阻挡堆积下来^[9],后河道重新有流量不大的水流通过,携带的细颗粒泥沙堆积下来将此风沙层掩埋。该作用过程显示在河道存在晚期沉积环境受风水两相共同作用影响。

塔里木河干流沿岸过去遗存古河道表层沉积物颗粒较细,甚至比洪泛平原沉积物粒径还要细小,说明当时水流较小,携沙能力较弱。而部分古河道表层沉积物中风成沙夹层的存在又说明其存在过断流。联系到塔里木河泥沙含量高、地表物质松散、汛期冲淤剧烈、易迁徙改道的水文特征,以及古河道表层物质为塔里木河改道前后时的沉积物,且按其地层层划分的每层堆积物厚度都较薄(一般在 3~10 cm),都说明河道沉积水动力条件弱,水流量小,甚至出现过断流。古河道这样的水文特点是否为改道前后时期主河道尚未确定,河道中的水流沿多条河道流动分散流量造成的,而且这样的沉积物堆积特点是否为塔里木河河道改道前后的指示特征,需要下一步研究工作来探索。综上所述,塔里木河古河道表层沉积物粒度分布特征及其意义如下。

(1) 塔里木河古河道表层沉积物粒度组成的优势粒级为细粉沙—中粉沙—粗粉沙—极粗粉沙,但次一级粒度组分分布则具有南北两岸古河道的空间差异性,南岸古河道表层沉积物次一级粒度组分为黏粒和极细沙,北岸表层沉积物次一级粒度组分为极细沙和细沙。

(2) 表层沉积物概率累积曲线,中值粒径 d_{50} ,平均粒径 M_z ,分选系数 σ_1 ,峰态 KG 和偏态 SK_1 变化特征都说明,表层沉积物颗粒较细且分布集中,累积百分比大,与塔里木河洪泛平原土壤粒度相比,古河道表层沉积物颗粒更细,反映古河道存在晚期水动力较弱,说明塔里木河古河道存在晚期,仅有流量弱小水流经过。

(3) 粒度频率分布曲线特征表明,在塔里木河南岸古河道区的部分古河道表层沉积物中夹有风成沙

堆积层,反映这些古河道存在晚期河流有过断流,沉积环境受风水两相相互作用影响。

[参 考 文 献]

- [1] 肖晨曦,李志忠. 粒度分析及其在沉积学中应用研究[J]. 新疆师范大学学报:自然科学版,2006,25(3):118-123.
- [2] 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较研究[J]. 干旱区地理,2004,27(1):47-51.
- [3] 成都地质学院. 沉积岩粒度分析及其应用[M]. 北京:地质出版社,1976:44-54.
- [4] 朱宣清,何乃华. 运用粒度分析方法恢复河流地貌:以溇沱河为例[J]. 河北省科学院学报,1990(1):17-29.
- [5] 赵怡文,陈中原. 长江中下游河床沉积物分布特征[J]. 地理学报,2003,58(2):223-230.
- [6] 李九发,李为华,应铭,等. 黄河三角洲飞雁滩沉积物粒度分布和粒度参数特征及水动力解释[J]. 海洋通报,2006,25(3):38-44.
- [7] 史兴民,万正耀,师静. 渭河咸阳段近代洪水沉积物粒度特征分析[J]. 水土保持通报,2008,28(3):71-76.
- [8] 李长安,张玉芬,袁胜元,等. 江汉平原洪水沉积物的粒度特征及环境意义:以 2005 年汉江大洪水为例[J]. 第四纪研究,2009,29(2):276-281.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 周斌,杨红梅,胡顺军,等. 河水漫溢对塔里木河下游土壤及植被的影响[J]. 干旱区地理,2010,33(3):442-448.
- [12] 夏德康. 塔里木河干流泥沙运动及河道变迁[J]. 水文,1998(6):42-47.
- [13] 王廷贵,胡春宏,周文浩,等. 塔里木河干流河道的河型及其成因[J]. 泥沙研究,2002(6):19-25.
- [14] 白振平. 塔里木河水系变迁遥感研究[J]. 首都师范大学学报:自然科学,1994,15(3):105-110.
- [15] 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(1):3-26.
- [16] Friedman G M. Differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins [J]. Sedimentology, 1979,26(6):3-32.
- [17] Friedman G M, Sanders J E. Principles of sedimentology[M]. Wiley: New York, 1978:63-66.
- [18] Visher G S. Grain size distributions and depositinal process[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1969,39(3):1074-1106.
- [19] 冯起,李振山,陈广庭. 塔里木河中游地区全新世沉积物的粒度特征及意义[J]. 沉积学报,1996,14(S):227-233.
- [20] 俎瑞平,张克存,屈建军,等. 塔克拉玛干沙漠风况特征研究[J]. 干旱区地理,2005,28(2):167-170.