

李小妹,严平,吴伟,等.克里雅河中下游流域地表沉积物的粒度与化学元素空间分布[J].地理科学,2016,36(8):1269-1276.[Li Xiaomei, Yan Ping, Wu Wei et al. Spatial Distribution Characteristics of the Grain Size and Geochemical Elements of Surface Sediments in the Keriya River. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(8): 1269-1276.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2016.08.019

克里雅河中下游流域地表沉积物的 粒度与化学元素空间分布

李小妹^{1,2}, 严平^{1,3}, 吴伟^{1,3}, 钱瑶^{1,3}

(1.北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875; 2.陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710119; 3.北京师范大学减灾与应急管理研究院, 北京 100875)

摘要:通过对克里雅河流域的实地考察、地形测量、取样,分析其流经沙漠过渡带地表沉积物的粒度、化学元素的空间分布,得出以下结论:河流—沙漠过渡带地表沉积物的粒度组成以 $>2\phi$ 的粒径为主,粒度特征明显表现出风成特点;化学组成上以Si、Al为主,和上陆壳平均化学组成相比,除Ca、Co、As外都有一定的亏损;不同河段自上游至下游,在不同动力条件下,地表物质粒度特征表现出河漫滩砂与阶地风成砂呈相反的递变趋势;不同河段A-CN-K图解及CIA揭示了克里雅河不同河段地表物质化学风化程度均很低,处于较弱的去Na、Ca阶段,其他元素未发生明显的化学风化或迁移,不同河段化学风化程度差异与物源及地貌格局息息相关;同一河段不同地貌单元,随距河道远近不同,粒度特征与化学风化程度呈现出一定的递变规律;克里雅河平均粒径与一些元素的相关性,说明粒径大小与表征化学风化程度数值的大小有一定关系。总之,在不同空间尺度上,克里雅河地表沉积物物理化学特征的分异实质上反映风动力和水动力的差异性分选。

关键词:粒度;化学元素;物源;风化过程;克里雅河

中图分类号:K903 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2016)08-1269-08

风水交互作用是干旱区常见的地貌现象和重要的地表过程,干旱区河流通过提供物源和场所控制沙漠分布的格局,沙漠分布与风沙活动制约河道发育和泥沙输移,在不同时空尺度上表现不一^[1-3]。目前有关这方面的研究越来越引起地貌学家、沉积学家以及生态学家的关注^[4-7]。其中,沉积学家主要通过粒度、磁化率、地球化学、矿物等分析,结合植被调查和遥感解译等方法,对风沙地貌的沙源以及对古环境的重建进行了探讨^[8-10]。但多集中于沙漠河流原地风化剖面中的粒度、矿物化学风化和元素迁移过程^[11-13],对地表沉积物风化过程研究关注较少^[14-16]。本文以塔克拉玛干沙漠中的克里雅河为研究区,探讨其不同河段以及不同地貌单元的地表沉积物粒度组成、地球化学元素的空间分布,揭示风水交互作用对地表沉积物的差异性分

选及表现,这对于沙漠河流中风沙地貌和流水地貌交叉成因的研究具有重要借鉴价值。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区

克里雅河位于塔克拉玛干沙漠南缘,发源于昆仑山主峰乌什腾格山的北坡,向北注入塔克拉玛干沙漠腹地。河流总长860 km(包括古河道90 km),流域总面积 $3.95\times 10^4\text{km}^2$ 。地势南高北低,由北到南,沉积物明显分异为4个地带,即沙漠、戈壁、亚砂土丘陵以及黄土分布区^[17],本文研究区属于河流入沙漠段。气候属暖温带大陆性气候,年降水量44.7 mm,多年平均气温11.6℃,克里雅河两岸风沙地貌发育广泛,洪水季节和枯水季节交替,河流—沙漠过渡带风水交互作用比较典型,经常因

收稿日期:2015-07-24; 修订日期:2015-11-05

基金项目:国家自然科学基金(41171003)、国家重大科学研究计划(2013CB956001)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China(41171003), Major National Scientific Research Plan (2013CB956001).]

作者简介:李小妹(1979-),女,安徽定远人,博士,主要从事干旱区地貌研究。E-mail: lixiaomei8477@sina.com

通讯作者:严平,教授。E-mail: yeping@bnu.edu.cn

季节性洪水河流而改道。

1.2 样品的采集

克里雅河样品采集于2013年8月初,将克里雅河自上游至下游选择4个典型河段^[18],依次为KR01(克里雅水文站,上中游)、KR02(尧干托格拉克,中游)、KR03(米萨来,下游)、KR04(达里雅博依,尾端),分别对4个横断面进行地形测量(图1a),以断面KR02为例(图1b),沿方位27.07°进行断面测量。采集河漫滩、低阶地以及高阶地的表层(0~5 cm)样品,其中,阶地上沙丘样品采集于丘顶,为风成沙样。每个样品采集500~1 000 g,共采集样品93个,包括断面样品60个,其它样品33个。

样品测试在北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室完成,采用Mastersize2000激光粒度仪分析粒度。根据累积曲线以及Folk和Ward公式,图解计算粒度参数(平均值 M_z ,分选系数 $\delta 1$ 、偏度 $SK1$ 和峰度 KG)。

化学元素测定在中国科学院寒区旱区环境与工程研究所沙漠与沙漠化重点实验室完成,采用的Axios型顺序式波长色散型X射线荧光光谱仪,元素测定误差 $<5\%$ 。主量元素以氧化物百分含量表示,微量元素以 $\mu\text{g/g}$ 表示其含量。文中氧化物的比

值以及风化参数的计算均以摩尔质量百分比代入。

1.3 化学风化指数

矿物成熟度指数($M=\text{SiO}_2/(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{Al}_2\text{O}_3)$),是判别砂岩或其他碎屑岩在化学上及矿物学上成熟度高低的一个指数^[19]。化学蚀变指数(CIA)作为一个判断源区化学风化程度的化学指标被广泛应用,表达式通常表示为: $CIA=[\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{CaO}^*+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})]\times 100$,主成分均指摩尔分数^[20,21], CaO^* 指的是硅酸盐矿物中的Ca含量,不包括碳酸盐和磷酸盐等矿物中结合的Ca,本文采用McLennan提出的校正方法^[22]计算。成分变异指数(Index of Compositional Variability, ICV)沉积物中矿物化学风化程度, $ICV=(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{CaO}+\text{MgO}+\text{MnO}+\text{TiO}_2)/\text{Al}_2\text{O}_3$ ^[23]。残积系数(R)为 $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)/(\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Na}_2\text{O})$,反映化学风化作用强弱^[24]。淋溶系数(β):氧化硅与钙、镁、钾、钠氧化物的分子比。风化淋溶指数(ba):钙、镁、钾、钠氧化物与氧化铝的分子比。富集因子(EF):富集因子作为表征沉积物中元素含量相对于地壳中含量的富集程度指标,由于铝元素在风化过程中保留在风化残留物质中,是主要元素中最不活泼的元素之一。因此,常采用相对于元素Al的“元素

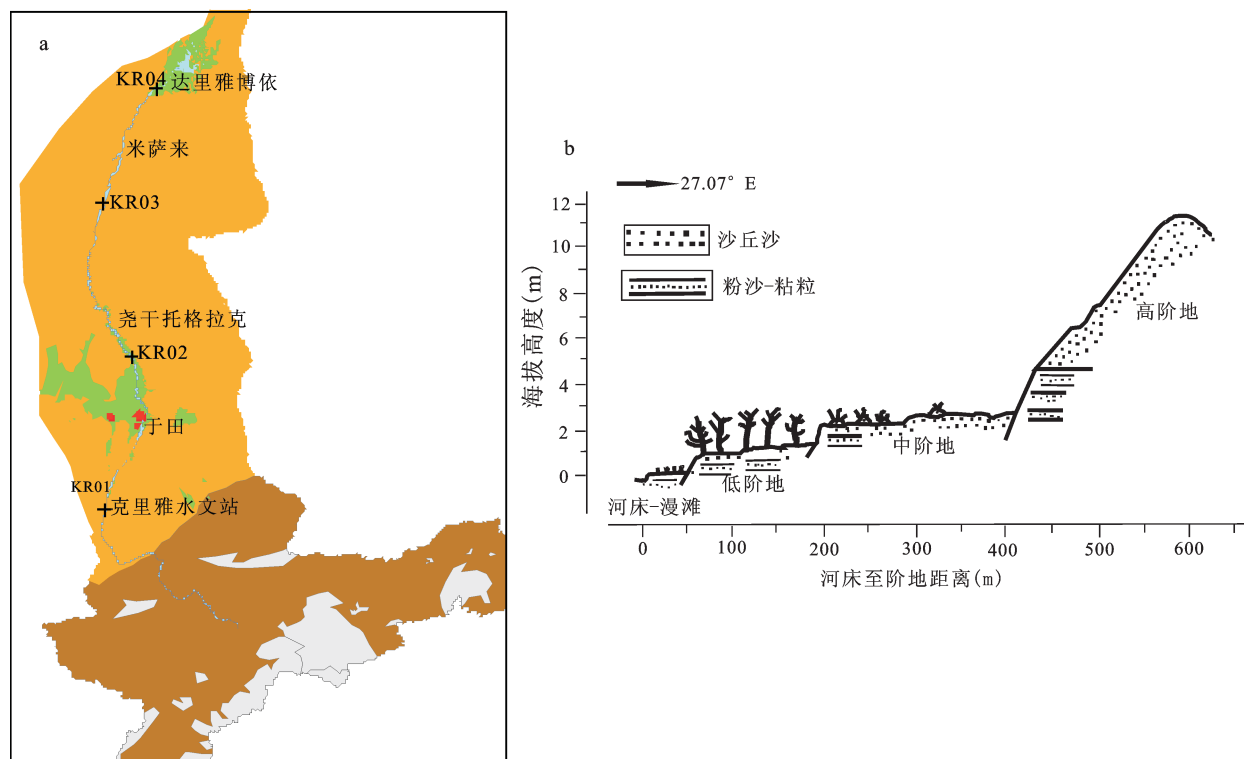


图1 克里雅河流域断面采样点(a)及断面(b)位置示意图

Fig. 1 The location of the Keriya River and sampling sites

比值”来表示元素的化学活动性^[25,26]。

2 结果分析

2.1 不同河段沉积物的粒度特征

从粒度组成来看(表1),克里雅河样点的粒径组成以极细砂所占比例最高,占到近一半,其次为粉砂与细砂含量,各占1/4左右,三者共占到95%左右。粘土以及中粗砂含量较少,不到10%。自上游至下游,粒度组成没有明显的递变规律,以河流尾间段(KR04)的粉砂含量较高,极细砂及细砂含量偏低,平均粒径偏细,分选性较差,其它3个断面之间粒度组成差异较小。综上,不同河段砂物质来源多为就地起砂,与河流流向没有直接的关系。下游尾间段,河流作用微弱,风力作用强盛,物质来源复杂,分选性较差。

2.2 不同地貌单元沉积物粒度特征

选择断面KR02来看不同地貌单元粒度分布

特征,从图中可以看出(图2),自河床至阶地,>3φ粒径含量递减,2~3φ粒径含量递增,平均粒径与标准偏差均递减,表明自河床至阶地沙丘砂,粒径变粗,分选变好。在不同地貌单元变化为,自河床→河漫滩→低阶地→高阶地,对应>3φ变化为递减→递增→递减至稳定,而2~3φ含量与其相反,呈现递增→递减→递增至稳定。同样,前者与平均粒径、标准偏差的递变趋势一致,即自河床至河漫滩,颗粒变粗,分选性变好。自河漫滩至低阶地,粒径变细,分选变差。低阶地至高阶地粒径变粗,分选性变好。其中,以高阶地的粒径组成及分选性最稳定,地貌的过渡阶段,波动较大。究其原因,自河床至低阶地,其物源受河流自源头搬运新物质的混入,物源上的复杂性,使得粒度特征上兼有风成、水成沉积物特性,波动较大。高阶地沉积物主要受下伏沙丘的影响,多为就地起沙,经风力长期筛选作用,细颗粒物质被吹蚀,颗粒组成变

表1 克里雅河及其断面的颗粒物组成平均含量与平均粒度参数

断面	各粒级含量(%)						$Mz(\Phi)$	$\delta 1(\Phi)$	$SK1$	KG
	粘土	粉砂	极细砂	细砂	中砂	粗砂				
KR01	0.288	21.323	49.529	24.322	4.036	0.503	3.409	0.773	0.023	1.085
KR02	0.124	17.673	50.487	28.675	2.797	0.245	3.34	0.690	0.029	1.028
KR03	0.137	20.056	48.759	24.059	5.438	1.551	3.32	0.760	-0.006	1.020
KR04	2.150	38.245	30.840	21.625	6.385	0.756	3.94	1.120	0.082	1.073
全部样品平均	0.699	25.640	44.17	23.550	4.640	0.760	3.515	0.871	0.065	1.105

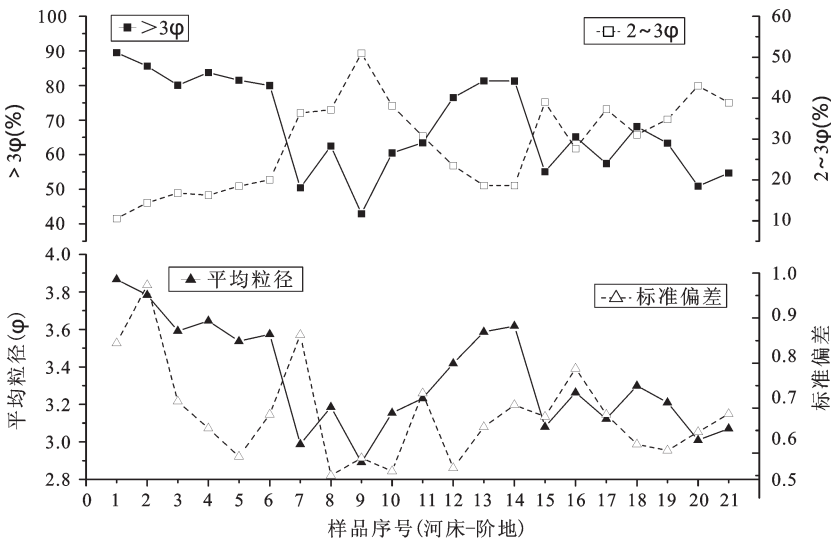


图2 克里雅河断面(KR02)粒度组成与粒度参数分布

Fig.2 The grain size components and parameters of the Keriya River section

粗,但分选性较好,表现为稳定的风成特点。

2.3 不同河段化学元素分布特征

不同河段常量氧化物与上陆壳(UCC)标准线相比(图3),除Co、As、Cr、Zr以及Ca富集外均处于亏损状态,4个断面元素变化曲线的递变趋势,以KR04与其它断面差异较大,表明不同河段沉积物可能具有相同的物源,但经后期差异性风化过程又表现出一定分异性,尤其对下游尾间段KR04。

2.4 不同地貌单元地球化学元素分布特征

断面内不同地貌类型常量元素的空间分布结果表明(图4),自河漫滩至低阶地, Si、Na、K 递增, Ca、Mg、Fe 递减,这一方面与河漫滩砂样继承了河床来自上游母岩中石英含量少而角闪石、赤铁矿、钦铁矿、绿泥石等含量高有关,但脱离河床后在表生作用中,不稳定的暗色矿物被浅色矿物彻底取代,导致Ca、Mg、Fe等成分明显流失。另一方面也可能受粒度差异的影响,即颗粒较粗砂样含较多Si及不稳定矿物或元素。自低阶地至次级阶地,则表现出相反的规律,即Si、Na、K递减, Ca、Mg、Fe递增,这与距离河床较远,水分减少,不稳定矿物反而富集。自次级阶地至高阶地,则Si、Na、K、Ca、Mg、Fe均递减至稳定,这一方面可能受阶地地下伏沉积物矿物含量的影响,其次可能与风化时间有关,即高阶地物质长期经历风力搬运引起矿物流失,因此,年代越老的沙丘沉积,不稳定矿物含量愈少。

2.5 化学风化程度

从Na:K与Na:Ca散点图来看(图5a),不同河段的沙物质混杂分布,除断面KR01外,其它断面数据点分布较为分散,表明不同河段样点化学风化过程存在相似性,化学风化程度总体较弱,但不同样点化学风化程度存在差异性,分布上呈现出

不均衡。A-CN-K模型被广泛用于反映化学风化趋势以及化学风化过程中主成分和矿物学变化^[27,28]。UCC指向陆源原岩(PAAS)代表了典型的大陆风化趋势。从不同河段的A-CN-K图来看(图5b),4断面样点沿着UCC风化趋势线呈重叠分布,且样点连线几乎平行于A-CN线,表明流域内沉积物经历相似的地球化学过程,且在化学风化趋势上具有高度一致性,即风化程度均向着递增趋势发展。4个断面样品值远低于UCC以及CIA指数均小于50,说明不同河段样点均处在未受或较弱的大陆化学风化的初级阶段^[29,30],即较弱的去Na、Ca阶段,其它元素变化较少。

(A = Al_2O_3 , C = CaO , N = Na_2O , K = K_2O , F = Fe_2O_3 , M = MgO , CaO-硅酸盐矿物中的摩尔含量, Pl-斜长石, Ks-钾长石, Sm-蒙脱石, Il-伊利石, Mu-白云母, Ka-高岭石, Fs-长石)

从矿物成熟度指数(M)与化学风化指数来看(图6),矿物成熟度指数在3.5~4.5之间,自河床至阶地总体呈波动上升趋势,淋溶系数递增,风化淋溶指数递减,表明化学风化程度增强,且河床至低阶地阶段与高阶地阶段发生突变,存在明显的界限。化学风化指数以低阶地波动较大,高阶地最稳定。其原因在于,自河漫滩至低阶地,沙源主要来自于现代河床物质,化学风化作用减弱,且较不稳定,而高阶地沉积物与下伏古沙丘有关,与现代河流关系较小,其化学风化程度较强。

3 结论与讨论

3.1 结论

通过对克里雅河不同河段以及不同地貌单元的粒度特征、化学元素的分析,得出以下主要结论:

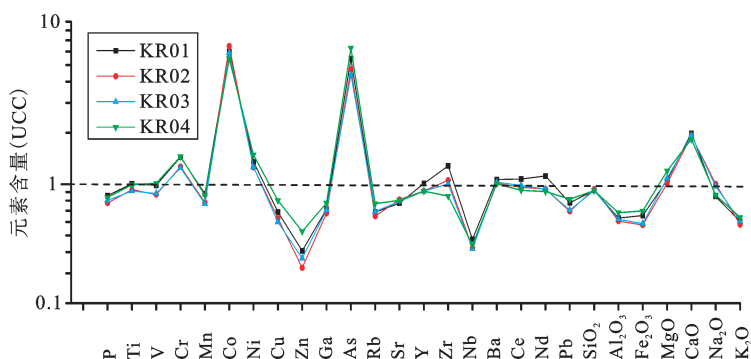


图3 克里雅河断面元素UCC标准化值分布

Fig.3 UCC of element patterns for different reaches of the Keriya River

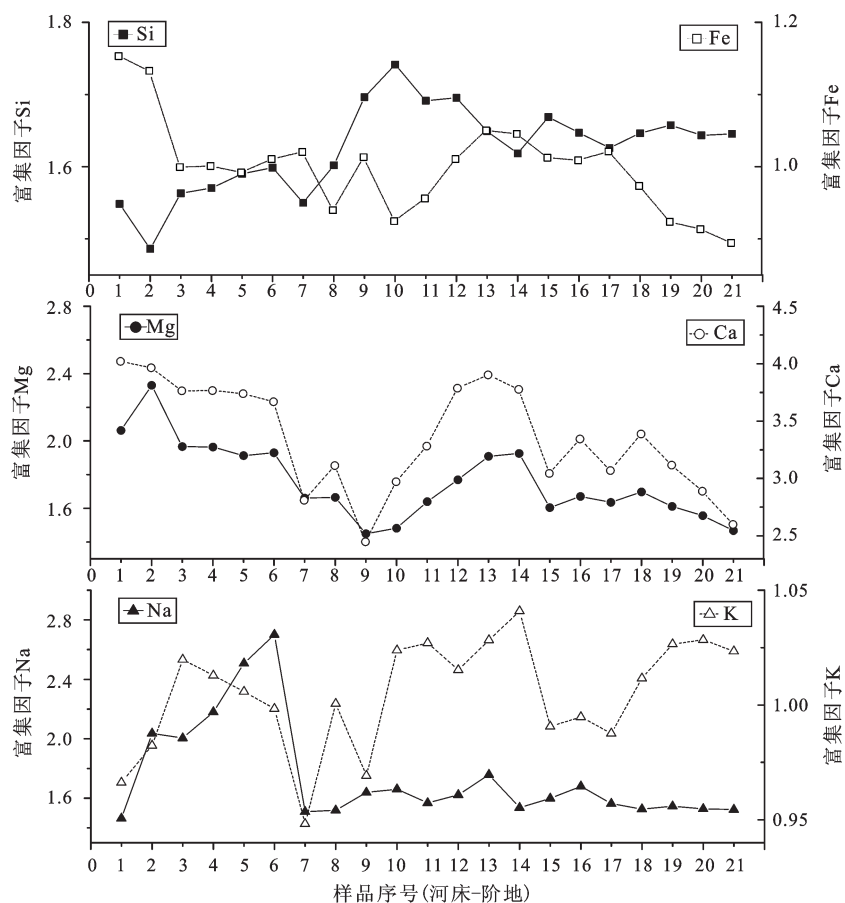


图4 克里雅河断面(KR02)不同地貌单元的元素富集因子空间分布

Fig.4 The distribution of element enrichment factor of the Keriya River section

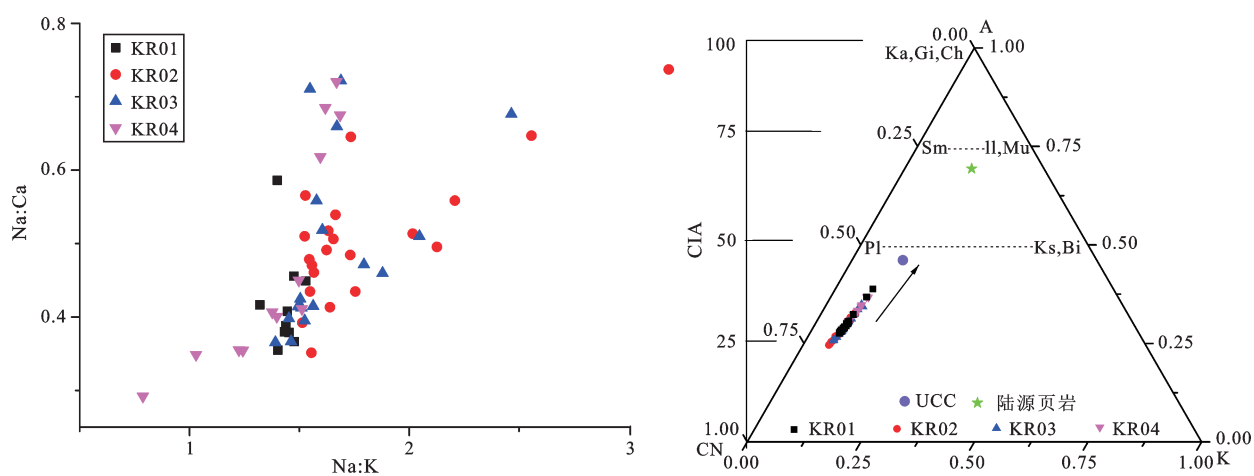


图5 克里雅河不同河段化学风化参数散点图(a)与A-CN-K三相图(b)

Fig. 5 The scatter plot chemical weathering index and A-CN-K ternary diagram for different reaches of the Keriya River

1) 克里雅河地表沉积物的粒度组成以 $> 2\phi$ 的粒径为主, 粒度分选性处于中等水平, 峰态上多为近对称的窄峰, 总体特征上表现出风成的特点; 不

同河段之间, 粒度的组成及分布特征, 以河流尾间段与其它断面差异较大; 不同地貌单元自河漫滩至阶地, 粒度变粗, 分选性变好; 河漫滩至低阶地

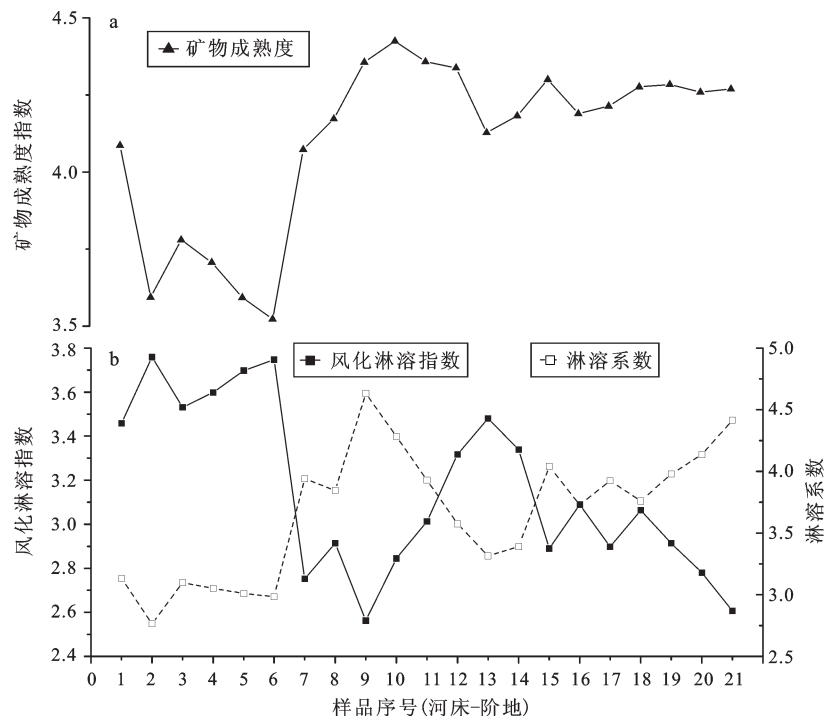


图6 克里雅河断面矿物成熟度(a)与化学风化指数(b)

Fig.6 The mineral maturity(a) and chemical weathering index(b) of the Keriya River section

段与高阶地段粒度特征递变规律相反。

2) 克里雅河的不同河段, 沉积物处在未受或较弱的大陆化学风化的初级阶段, 自河漫滩至低阶地, 化学风化程度增强。河漫滩至低阶地与高阶地之间有着明显的界限, 且以前者波动较大, 后者较稳定。

3) 克里雅河地表沉积物化学风化指数与粒径大小存在一定的相关性, 粒度特征与化学元素风化过程二者之间存在相互影响、相互作用的关系。

3.2 讨论

控制沉积物组成的因素主要包括原岩、构造及气候、沉积地形等^[31,32], 在不同的空间尺度上控制影响粒度特征或化学风化的关键因素不同。物源与气候因素是影响流域地表沉积物特征的关键因素。流域内沉积物特征表现出一定的均一化, 表现在不同河段沙样, 从粒度组成以及化学元素含量很难做出严格区别, 这一方面说明不同河段沙样具有同源性, 即由发源于昆仑山的河流把岩石风化产物搬至沙漠腹地, 再经风力搬运混合, 从而在理化特征上表现出一致性。另一方面后期环境的改造作用的差异又使其具有一定的特殊性, 如下游河流尾间段, 流水作用微弱, 风力作用较

强, 化学风化程度较弱。但在风力作用下受到明显机械改造, 产生高度分选和混合, 因而在粒度特征上表现为粒度相对较粗, 分选性较好, 峰态较窄, 明显表现出风成的特征。对于不同地貌单元, 随着距离河流远近不同以及局地地貌差异, 引起物源以及水分差异, 从而导致不同地貌单元的样点粒度分布以及化学元素风化特征呈现出不同的递变规律。因此, 在不同空间尺度上, 沉积物理化特征上的差异除物源影响之外, 实质上反映风动力和水动力的差异性分选, 不同空间尺度上, 表现不一。因此, 如何确定风、水动力对沉积物特征上的贡献率问题, 进而构建风水两相沉积物综合判别指标等问题是未来研究的要点所在。

参考文献(References):

- [1] Langford R P. Fluvial-aeolian interactions: Part I Modern systems[J]. Sedimentology, 1989, 36: 1023-1035.
- [2] Lancaster N. Response of eolian geomorphic systems to minor climate change: Examples from the southern Californian deserts [J]. Geomorphology, 1997, 19: 333-347.
- [3] Bullard J E, McTainsh G H. Aeolian-fluvial interactions in dry-land environments: examples, concepts, and Australia case study [J]. Progress in Physical Geography, 2003, 27: 471-501.

- [4] Bullard J E, Livingstone I. Interactions between aeolian and fluvial systems in dryland environments[J]. *Area*, 2002, 34: 8-16.
- [5] Ravi S, Breshears D D, Huxman T E et al. Land degradation in drylands: interactions among hydrologic-aeolian erosion and vegetation dynamics[J]. *Geomorphology*, 2010, 116: 236-245.
- [6] Draut A E. Effects of river regulation on aeolian landscapes, Colorado River, southwestern USA[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2012: F02022.
- [7] 李小妹, 严平. 中国北方地区沙漠与河流景观格局[J]. *地理科学进展*, 2014, 33(9): 1198-1208. [Li Xiaomei, Yan Ping. Landscape pattern characteristics of deserts and rivers in Northern China. *Progress in Geography*, 2014, 33(9): 1198-1208.]
- [8] Yan P, Li X M, Ma Y F, et al. 2015. Morphological characteristics of interactions between deserts and rivers in northern China[J]. *Aeolian Research*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aeolia.2015.01.005>.
- [9] El-Baz F, Maingue M, Robinson C. Fluvio-aeolian dynamics in the north-eastern Sahara: the relationship between fluvial/aeolian systems and ground-water concentration[J]. *Journal of Arid Environments*, 2000, 44: 173-183.
- [10] Lancaster N. How dry was dry?—Late Pleistocene palaeoclimates in the Namib Desert[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2002, 21: 769-782.
- [11] Chen J, An Z S, Lin L W, et al. Variation in chemical compositions of the eolian dust in Chinese Loess Plateau over the past 2.5 Ma and chemical weathering in the Asian inland[J]. *Science in China (Series D)*, 2001, 31(2): 136-145.
- [12] Ohta T, Arai H. Statistical empirical index of chemical weathering in igneous rocks: A new tool for evaluating the degree of weathering[J]. *Chemical Geology*, 2007, 240(3/4): 280-297.
- [13] Yang X P W X, variation of the dune fields in semi-arid northern China: with a special reference to the Hunshandake Sandy Land, Inner Mongolia[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2013, 78: 369-380.
- [14] Nesbitt H. Young G. Petro Genesis of sediments in the absence of chemical weathering: effects of abrasion and sorting on bulk composition and mineralogy[J]. *Sedimentology*, 1996, 43: 341-358.
- [15] 徐志伟, 鹿化煜, 赵存法, 等. 库姆塔格沙漠地表物质组成、来源和风化过程[J]. *地理学报*, 2010, 65(1): 53-64. [Xu Zhiwei, Lu Huayu, Zhao Cunfa et al. Composition, origin and weathering process of surface sediment in Kumtagh desert, northwest China. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(1): 53-64.]
- [16] 杨小平, 刘东生. 距今 30 Ka 前后我国西北沙漠地区古环境. 第四纪研究[J], 2003, 23(1): 25-30. [Yang Xiaoping, Liu Dongsheng. Palaeoenvironments in desert regions of northwest China around 30 ka B.P. *Quaternary Sciences*, 2003, 23(1): 25-30.]
- [17] Yang X P, Zhu Z D, Jaekel D et al. Late quaternary palaeoenvironment change and landscape evolution along the Keriya River, Xinjiang, China: the relationship between high mountain glaciation and landscape evolution in foreland desert regions[J]. *Quaternary International*, 2002, 97-8: 155-166.
- [18] 新疆克里雅河及塔克拉玛干科学探险考察队. 克里雅河及塔克拉玛干科学探险考察报告[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. [Scientific Exploration Team on Keliya River and Taklamakan Desert in Xinjiang. The report of scientific exploration and investigation in the Keliya River valley and the Taklamakan Desert. Beijing: Press of Science and Technology of China, 1991.]
- [19] Muhs D R. Mineralogical maturity in dune fields of North America, Africa and Australia[J]. *Geomorphology*, 2004, 59: 247-269.
- [20] Nesbitt H W, Young G M. Early proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites[J]. *Nature*, 1982, 299: 715-717.
- [21] 冯连君, 储雪蕾, 张启锐, 等. 化学蚀变指数(CIA)及其在新元古代碎屑岩中的应用[J]. *地学前缘*, 2003, 10 (4): 540-543. [Feng Lianjun, Chu Xuelei, Zhang Qirui et al. CIA (Chemical index of alteration) and its applications in the Neoproterozoic clastic rocks. *Earth Science Frontiers*, 2003, 10 (4): 540-543.]
- [22] McLennan S M. Weathering and global denudation[J]. *Journal of Geology*, 1993, 101: 295-303.
- [23] Cox R. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1995, 59: 2919-2940.
- [24] 张玉芬, 李长安, 熊德强, 等. “巫山黄土”氧化物地球化学特征与古气候记录[J]. *中国地质*, 2013, 40(1): 352-360. [Zhang Yufen, Li Changan, Xiong Deqiang et al. Oxide geochemical characteristics and paleoclimate records of "Wushan loess". *Geology in China*, 2013, 40(1): 352-360.]
- [25] Nolting R F, Ramkema A, Everaarts J M. The geochemistry of Cu, Cd, Zn, Ni and Pb in sediment cores from the continental slope of the Banc d'Arguin (Mauritania) [J]. *Continental Shelf Research*, 1999, 19: 665-691.
- [26] Rahn K A. A graphical technique for determining major components in a mixed aerosol. I. Descriptive aspects[J]. *Atmospheric Environment*, 1999, 33: 1441-1455.
- [27] 谢远云, 孟杰, 郭令芬, 等. 地球化学组成在不同粒径中的分布特征[J]. *地理科学*, 2012, 32(11): 1398-1403. [Xie Yuanyun, Meng Jie, Guo Lingfen et al. The Distribution of Geochemical Composition in Different Grain-size Fractions: a Case Study of Road Surface Soils in Harbin City. *Scientia Geographica Sinica*, 2012, 32(11): 1398-1403.]
- [28] 陈英勇, 李徐生, 韩志勇, 等. 镇江下蜀土剖面的化学风化强度与元素迁移特征[J]. *地理学报: 英文版*, 2008, 18(3): 341-352. [Chen Yingyong, Li Xusheng, Han Zhiyong et al. Chemical weathering intensity and element migration features of the Xiashu loess profile in Zhenjiang, Jiangsu Province. *Journal of Geographical Sciences*, 2008, 18(3): 341-352.]
- [29] Honda M, Geochemical S H. Mineralogical and sedimentological studies on the Taklimakan desert sands[J]. *Sedimentology*,

- 1998, 45(6): 1125-1143.
- [30] Cullers R L, Podkovyrov V M. The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic U1 group, south-eastern Russia[J]. *Precambrian Research*, 2002, 117: 157-1183.
- [31] 陈旸, 陈骏, 刘连文. 甘肃西峰晚第三纪红粘土的化学组成及化学风化特征[J]. *地质力学学报*, 2001, 7(2): 167-175. Chemical composition and characterization of chemical weathering of late tertiary red clay in Xifeng, Gansu Province. *Journal of Geomechanics*, 2001, 7(2): 167-175.]
- [32] Újvári G, Varga A, Balogh-Brunstad Z. origin, weathering, and geochemical composition of loess in southwestern Hungary[J]. *Quaternary Research*, 2008, 69(3): 421-437.

Spatial Distribution Characteristics of the Grain Size and Geochemical Elements of Surface Sediments in the Keriya River

Li Xiaomei^{1,2}, Yan Ping^{1,3}, Wu Wei^{1,3}, Qian Yao^{1,3}

(1. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Tourism and Environmental Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, Shaanxi, China; 3. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: The formation and evolution of dunes on both sides of river is closely related with the river. The research methods adopted such as field survey, topographic measurement and sampling, analyzed the Keriya River's (located in the western of China) granularity, spatial distribution of the geochemical elements and dynamic factors of the near-surface sediments. The conclusions are as follows: The granularity composition of the Keriya River's surface sediments is mainly larger than 2 ϕ , and the aeolian character of the granularity of the Keriya River is more obvious; Si and Al take up a large part of chemical composition, compared with the average composition of geochemical elements of the upper continental crust (UCC) or enrichment factors, all elements except Ca, Co and As are decreased to a certain degree; The characteristic of chemical elements and granularity composition of the near-surface sediments from different sections are similar to that of the upstream Pulu, indicating that one major source of the Keriya River sediments is located in kunlun mountains; From upstream to downstream, under the condition of different power, the granularity characteristic of surface material has the opposite gradient trend between the flood plain sand and terrace eolian sand; The CIA of the Keriya River Basin is below 50, and the A-CN-K ternary diagram shows that a weak chemical weathering by loss of Na and K occurred in these sediments, while other geochemical elements was in a less weathering or leaching process. The difference of the chemical weathering degree of different sections is closely related to its local climate and landform pattern; When different geomorphic units are under the same section, the granularity characteristic and chemical weathering degree have a corresponding grading law from nearby to far apart from the riverbed; The average grain size of the Keriya River is correlated with some enrichment factor of elements, and it shows that particle size controls and affects the processes of chemical weathering to a certain extent. In short, in the different spatial scales, the differentiation about the physical weathering characteristic of the sediment surface of the Keriya River essentially reflects the different separation of wind power and water power. Therefore, the research has important significance for building comprehensive discriminant index of aeolian-fluvial interactions and others aspect.

Key words: grain size; geochemical elements; sediments provenance; weathering process; the Keriya River