

张号,张克存,安志山,等.敦煌月牙泉景区沙丘粒度特征[J].中国沙漠,2014,34(3):645-649. [Zhang Hao,Zhang Kecun, An Zhishan, et al. Grain size characteristics of sand dunes around the Crescent Moon Spring in Dunhuang, China[J]. Journal of Desert Research, 2014, 34(3): 645-649.]. doi:10.7522/j.issn.1000-694X.2013.00367.

敦煌月牙泉景区沙丘粒度特征

张号,张克存,安志山,庞营军

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 敦煌戈壁荒漠生态与环境研究所/沙漠与沙漠化重点实验室,甘肃兰州730000)

摘要:对月牙泉外围沙山表面沉积物进行系统采样,结合区域风况,分析了沙山典型部位的粒度分布及其参数特征。月牙泉北侧金字塔沙丘沙粒较粗,分选性较差,正偏趋势显著;月牙泉南侧线形沙丘以细沙为主,分选性较好,分布属正偏态。北侧金字塔沙丘从西南和西北两个坡面到东侧坡面,粗颗粒减少、分选性变好,但趋势不明显,说明金字塔沙丘未发生明显移动;而南侧线形沙丘自南侧坡面向北侧坡面沙粒粒径变小、分选变好,较细的沙粒被搬运并沉积北侧坡面,搬运作用十分明显,即线形沙丘向月牙泉方向发生明显移动。通过粒度分析风沙动力环境表明,月牙泉风沙危害主要来自南侧沙山北移。

关键词:月牙泉;沙丘;粒度参数

文章编号:1000-694X(2014)03-0645-05

doi:10.7522/j.issn.1000-694X.2013.00367

中图分类号:P931.3

文献标志码:A

1 引言

敦煌月牙泉四周为高大的鸣沙山,风沙活动强烈而频繁,但千百年来,“山泉共处、沙水共生”。“沙山抱泉,泉映沙山”这一独特的地貌奇观,实为国内外罕见,堪称塞外风光之一绝,吸引着天下游客。历年来,对于月牙泉的研究,主要集中在其形成原因,主要有“上升泉”、“断层泉”、“风成湖”、“基岩裂隙泉”等观点^[1-2],但是上述观点仍存在较大的分歧。近30年来,由于受自然、人为因素的双重作用,月牙泉水位大幅度下降,水域面积不断萎缩,直接导致当地自然环境的恶化和旅游资源的衰竭。因此,对月牙泉地下水补给问题进行了大量研究^[3-5],并通过月牙泉采取应急补水治理工程,现已基本上解决了地下水的补给问题。然而,月牙泉所面临的风沙危害问题依旧存在,尤其是近年来,由于受多种因素影响,鸣沙山不断向月牙泉移动,形成了合围之势,严重威胁月牙泉的存亡^[6]。因此,对月牙泉周边风沙动力环境的研究具有重要意义。

沙丘是风力作用下沙粒的堆积体,其形成发育过程与气候变化、风信状况和沙源供应等自然环境密切相关^[7-9]。沙丘形态、气流、沙粒三者之间相互作用,导致沙丘在不同形态和同一形态沙丘各部

位之间也都出现不同程度的差异。沙丘粒度特征既反映了风力对沙物质的搬运和分选作用,又反映了沙丘形成过程中风力强度,同时还体现了地形对风沙流运移的改变。因此,对沙丘沉积物粒度特征分析是研究风沙地貌过程的主要内容之一,可以通过粒度分析判定沉积物来源及输运方式、判别风动力条件和分析沙丘形成演变过程^[10]。粒度分析方法在对黄土、沙漠、海洋、河流、湖泊等的沉积物研究中的应用已取得丰硕成果^[11-16]。本文通过对月牙泉外围沙山不同剖面的表面沉积物进行系统采样,结合区域风况,分析了沙丘典型部分的粒度分布及其参数特征,为进一步探讨月牙泉景区风沙动力环境奠定了基础。

2 研究区概况

月牙泉位于河西走廊西端敦煌地区南部边缘地带,距敦煌市区约5.0 km(图1)。月牙泉位于西北内陆的敦煌盆地,所在地区属典型的大陆性干旱气候区。区内多年平均气温9.4℃,气温年较差34.1℃;年均降雨量约40 mm,而年潜在蒸发量达2488 mm。该区大风和沙暴频繁,常年盛行东风和西北风。春夏季以东风为主,秋冬季则以西北风为主,年均大风日数为20 d,多年平均风速超过3.0 m

收稿日期:2013-03-22; 改回日期:2013-06-18

基金项目:国家自然科学基金项目(41071009;41371027);中国科学院“西部之光”项目(29Y128841)资助

作者简介:张号(1988—),男,山东济南人,硕士研究生,主要从事风沙灾害研究与监测。Email: zhanghaocas@163.com

·s⁻¹, 全年强风(瞬时风速 17 m·s⁻¹)出现 20 次左右。

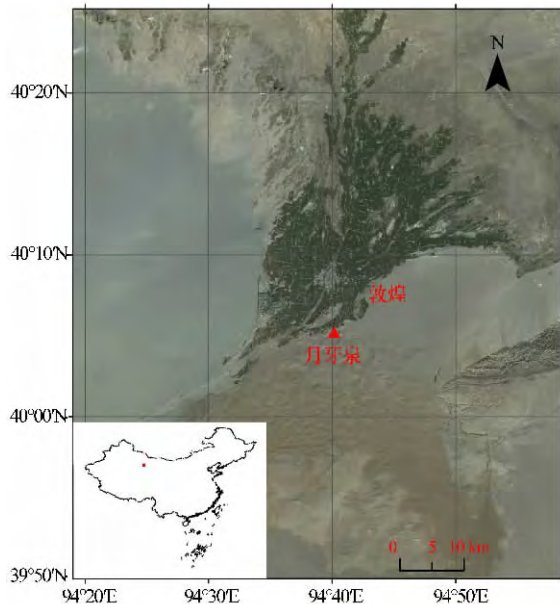


图1 月牙泉区位图

Fig. 1 The location of the Crescent Moon Spring

月牙泉四周环绕着巨型沙丘,其中月牙泉北侧为一高大的金字塔沙丘,沙丘相对高度在 100 m 左右。南沙山位于月牙泉之南,沙丘相对高度为 125 m,从山顶向不同方向延伸出 4 条沙垄。西沙山位于月牙泉的西南部,它有南、北两个峰顶,相对高度分别为 190 m 和 170 m。

3 研究方法

依据地形特征点采集沙粒,包括月牙泉北侧金字塔沙丘东侧坡面、西南坡面和西北坡面,月牙泉南侧线形沙丘北侧坡面、沙脊线和南侧坡面(图 2)。采样样面积为 20 cm×20 cm,采样深度控制在沙面 0~2 cm 范围内,样品质量 200~300 g,共采集了 60 个样品。粒度分析在中国科学院沙漠与沙漠化重点实验室完成,对于粒径 $d > 0.1$ mm 的沙样采用 1/3 Φ 间隔的套筛进行筛析,而 $d < 0.1$ mm 者采用吸管法分析。经过筛选后,以百分比表示各粒级含量。然后,根据 Udden-Wentworth 粒级划分方法^[17],统计了不同类型沙丘、不同地貌部位的沙粒级配。最后,采用目前 Folk-Ward 图解法计算粒径及分选参数^[18-21],Folk-Ward 图解法的数学计算公式为:

$$M_z = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{15} + \Phi_{84}}{3} \quad (1)$$

$$S_d = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6.6} \quad (2)$$

$$SK = \frac{\Phi_{84} + \Phi_{16} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_{95} + \Phi_5 - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)} \quad (3)$$

$$K_g = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2.44(\Phi_{75} - \Phi_{25})} \quad (4)$$

式中: M_z 为平均粒径; S_d 为标准偏度或分选系数; SK 为偏度; K_g 为峰态; Φ 为 Udden-Wentworth 比例粒级。

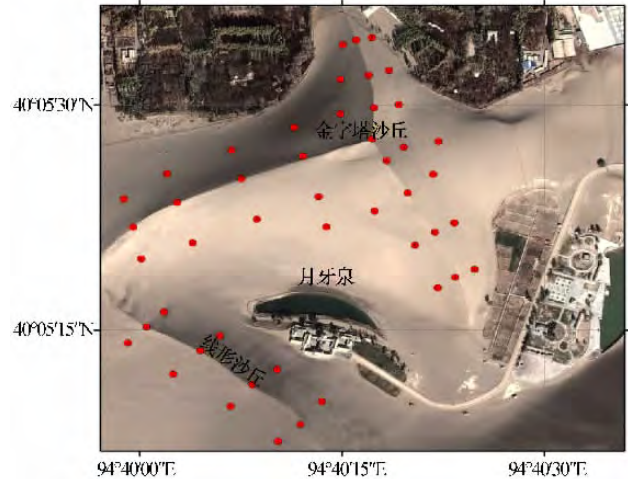


图2 沙丘分布及采样位置

Fig. 2 Distribution of sampling sites on the sand dunes

4 结果与分析

4.1 沙粒级配特征

沙粒级配可以直观地反映风成沙的主要粒度组成以及不同粒径沙粒的相对含量。沙粒级配不仅与沙源有关,还与风沙活动中的搬运与堆积过程密切相关。月牙泉北侧金字塔沙丘粒度较粗,粗沙和中沙分别占 16.88% 和 34.42%,细沙含量为 47.24%,极细沙和粉沙含量甚微。月牙泉南侧线形沙丘以细沙为主,占 68.49%,其次为中沙和粗沙,分别占 20.93% 和 6.29%,极细沙(3.96%)和粉沙含量很少(表 1)。

由表 1 可知,在沙丘各个坡面,沙粒级配存在差别。月牙泉北侧金字塔沙丘东侧坡面以细沙为主(59.49%),其次为中沙和粗沙,分别占 36.85% 和 2.34%,极细沙(1.22%)和粉沙含量很少;西南坡面沙粒较粗,粗沙和中沙分别占 23.05% 和 29.56%,细沙含量为 41.64%;西北坡面沙粒较粗,粗沙占 18.53%,中沙含量为 38.39%,细沙含量为 41.84%,极细沙和粉沙含量很少。月牙泉南侧线形沙丘北侧坡面细沙含量高达 84.78%,其次为中沙和极细沙,分别占 10.35% 和 3.82%;南侧坡面沙粒较粗,粗沙占 15.82%,中沙含量为 43.36%,细沙含量为 36.84%;

沙脊细沙含量达到 83.84%，粗沙含量为 2.69%，中沙和极细沙含量分别占 9.08% 和 4.37%。

表 1 月牙泉周围沙丘粒度组成(单位:%)

Table 1 Grain size distribution of the sand dunes around the Crescent Moon Spring (Unit: %)

采样位置		粗沙 (1.00~0.40 mm)	中沙 (0.40~0.25 mm)	细沙 (0.25~0.125 mm)	极细沙 (0.063~0.125 mm)	粉沙 (0.004~0.063 mm)
金字塔沙丘	平均	16.88	34.42	47.24	1.43	0.06
	东侧坡面	2.34	36.85	59.49	1.22	0.10
	西北坡面	18.53	38.39	41.84	1.09	0.17
	西南坡面	23.05	29.56	44.64	2.74	0.02
线形沙丘	平均	6.29	20.93	68.49	3.96	0.33
	沙脊	2.69	9.08	83.84	4.37	0.02
	南侧坡面	15.82	43.36	36.84	3.68	0.30
	北侧坡面	0.37	10.35	84.78	3.82	0.67

4.2 粒度参数特征

金字塔沙丘沉积物粒径偏粗,以粗沙组分为主,沙粒平均粒径为 0.63~2.29 Φ (0.20~0.65 mm),平均为 1.78 Φ (0.29 mm)。标准偏差为 0.13~0.95 Φ ,平均为 0.42 Φ ,偏度为 0.19,分布属正偏态(图 3)。金字塔沙丘东侧坡面沙粒平均粒径为 2.07 Φ (0.24 mm),标准偏差 0.31 Φ ,分选性好,偏度值为 0.04,说明沙粒粒度对称分布。西南坡面平均粒径 1.59 Φ (0.332 mm),标准偏度为 0.60,分选性中等,偏度值 0.14,沙粒分布属正偏态。西北坡面平均粒径 1.60 Φ (0.330 mm),标准偏度为 0.50,分选性中等,偏度值 0.20,沙粒分布属正偏态。可以看出西北坡面和西南坡面粒度参数相似,但与东侧坡面存在明显差异,西北坡面和西南坡面沙粒粒度参数明显高于东侧坡面,反映了从西侧两个滑动面到东侧坡面,粗颗粒减少、粒径范围变小、粒径变细、分

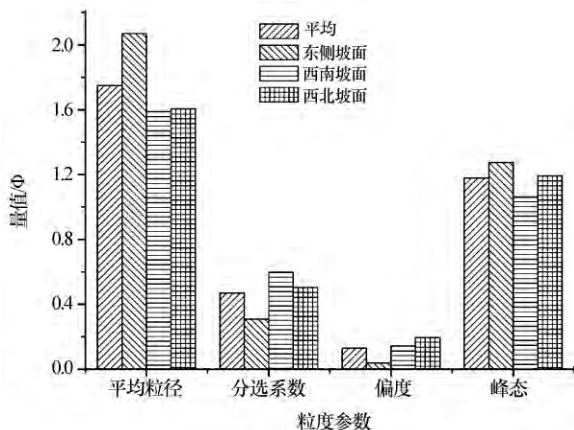


图 3 金字塔沙丘不同部位粒度参数

Fig. 3 Grain size parameters at different positions of pyramid dune

选变好,随之偏度趋于对称。

月牙泉南侧线形沙丘沙粒平均粒径 1.67~2.46 Φ (0.18~0.31 mm),平均为 2.12 Φ (0.23 mm)。标准偏差为 0.21~1.01 Φ ,平均值为 0.42 Φ ,偏度为 0.25,分布属正偏态,说明沉积物样品粒径偏细,以细沙组分为主。线形沙丘南侧坡面平均粒径 1.78 Φ (0.29 mm),标准偏度为 0.67,分选性较好,偏度值 0.04,沙粒分布接近对称。沙脊平均粒径是 2.15 Φ (0.23 mm),标准偏度为 0.40,分选性好,偏度值 0.24,沙粒分布属正偏态。北侧坡面平均粒径是 2.27 Φ (0.21),标准偏度为 0.33,分选性极好,偏度值 0.24,沙粒分布属正偏态(图 4)。这说明从南侧坡面到北侧坡面,粗颗粒减少、粒径范围变小、粒径变细、分选变好。

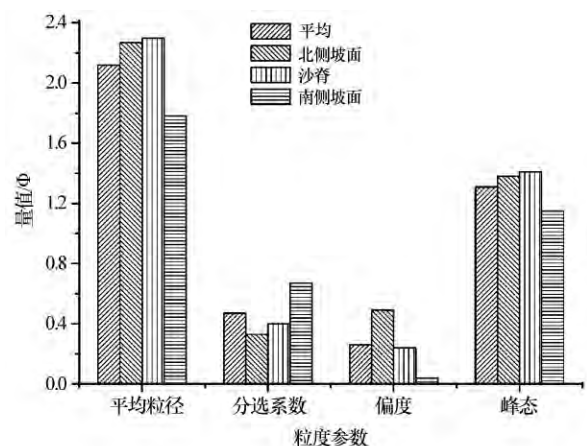


图 4 线形沙丘不同部位粒度参数

Fig. 4 Grain size parameters at different positions of linear dune

4.3 风沙危害分析

沉积物在风力作用下向下风向吹蚀搬运并沉

积,在这一过程中沙物质被分选,较粗的沙粒或砾石因难以吹蚀而留在原地,较细的沙粒则可向下风向搬运不同距离。因而,沙丘坡面沙物质的粒度特征在空间上表现为沿主导风向沙粒变细、分选性变好。

月牙泉南侧线形沙丘自南侧坡面向北侧坡面沙粒粒径变细、分选变好,且趋势明显,说明在风力吹蚀和分选作用下,较细的沙粒被搬运并沉积北侧坡面,搬运作用十分明显,即线形沙丘向月牙泉方向移动。而月牙泉北侧金字塔沙丘从西南和西北两个滑动面到东侧坡面,粗颗粒减少、分选变好,但趋势不明显,说明在风力吹蚀和分选作用下,较细的沙粒被搬运并沉积东侧坡面,但搬运作用不明显,即金字塔沙丘未发生明显移动。这之前对月牙泉风沙动力环境研究所得结果一致^[6]:月牙泉地表起沙风以SSW和W为主,北侧沙山风沙输移处于平衡状态,而风沙危害主要来自南侧沙山北移。

5 结论

月牙泉北侧金字塔沙丘平均粒径 $0.63\sim 2.29\Phi$,平均为 1.78Φ ,沉积物样品粒径偏粗,以粗沙组分为主,标准偏差为 $0.13\sim 0.95\Phi$,偏度为 0.19 ,分布属正偏态;南侧线形沙丘平均粒径为 $1.67\sim 2.46\Phi(0.18\sim 0.31\text{ mm})$,平均为 $2.12\Phi(0.23\text{ mm})$,沉积物样品粒径偏细,以细沙组分为主,标准偏差为 $0.21\sim 1.01\Phi$,偏度为 0.25 ,分布属正偏态。

月牙泉北侧金字塔沙丘,西北坡面和西南坡面沙粒组成明显粗于东侧坡面,分选性差;月牙泉南侧线形沙丘自南侧坡面向北侧坡面沙粒粒径变细、分选变好。这些分布特征与起沙风(SSW和W)和风沙活动强度相吻合,表明风况是影响月牙泉周围沙丘粒度分布的重要因素。通过沙丘沙粒级配及粒度参数分析风沙动力环境得出,金字塔沙丘未发生明显移动,即风沙输移处于平衡状态,而南侧线形沙丘向月牙泉方向搬运效果明显,也就是说风沙危害主要来自南侧沙山北移,将进一步威胁月牙泉的存亡。

参考文献:

[1] 尹念文,魏玉涛.月牙泉的成因分析[J].地下水,2010,32(2):20-22.

- [2] 孙显科,吕亚军,张大治,等. 风成沙地地形 1/10 定律的研究与敦煌鸣沙山成因的猜想[J]. 中国沙漠,2006,26(5):704-710.
- [3] 张明泉,曾正中,蔡红霞,等. 敦煌月牙泉水环境退化与防治对策[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2004,40(3):100-102.
- [4] 董霁红,卞正富. 敦煌市鸣沙山月牙泉自然遗产保全的研究[J]. 自然资源学报,2004,19(5):561-567.
- [5] 丁宏伟,龚开诚. 敦煌月牙泉水位持续下降原因及对策分析[J]. 水文地质工程地质,2004,6:74-77.
- [6] 张克存,牛清河,屈建军,等. 敦煌鸣沙山月牙泉景区风沙环境分析[J]. 中国沙漠,2012,32(4):896-900.
- [7] Pye K. Aeolian Dust and Dust Deposits[M]. London, UK: Academic Press,1987.
- [8] 朱震达,吴正. 中国沙漠概论[M]. 北京:科学出版社,1980.
- [9] 吴正. 风沙地貌与治沙工程学[M]. 北京:科学出版社,2003:448.
- [10] Lancaster N. Geomorphology of Desert Dunes [M]. New York, USA:Routledge,1995:290.
- [11] 胡梦瑶,李森,高尚玉,等. 风成沉积物粒度特征及其反映的青海湖周边近 32 ka 以来土地沙漠化演变过程[J]. 中国沙漠,2012,32(5):1240-1247.
- [12] 姚正毅,屈建军. 青藏铁路格尔木-拉萨段风成沙物源及其粒度特征[J]. 中国沙漠,2012,32(2):300-307.
- [13] 张正偲,董治宝,钱广强,等. 腾格里沙漠西部和西南部风能环境与风沙地貌[J]. 中国沙漠,2012,32(6):1528-1533.
- [14] 李继彦,董治宝,李恩菊,等. 察尔汗盐湖雅丹地貌沉积物粒度特征研究[J]. 中国沙漠,2012,32(5):1187-1192.
- [15] 哈斯,王贵勇. 沙坡头地区新月形沙丘粒度特征[J]. 中国沙漠,2001,21(3):271-275.
- [16] 魏怀东,徐先英,王继和,等. 库姆塔格沙漠沙丘的粒度特征[J]. 水土保持学报,2007,21(3):6-9.
- [17] Wentworth C K. A scale of grade and class terms for clastic sediments[J]. The Journal of Geology,1922,30(5):377-392.
- [18] Fryberger S G. Dune forms and wind regime[C]//McKee E D. A Study of Global Sand Seas. Washington D C, USA: US Geological Survey and United States National Aeronautics and Space Administration,1979:137-169.
- [19] Folk R L, Ward W C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters[J]. Journal of Sedimentary Petrology,27:3-27.
- [20] 贾建军. 图解法与矩法沉积物粒度参数的对比[J]. 海洋与湖沼,2002,(6):577-582.
- [21] 黄思静. 用 EXCEL 计算沉积物粒度分布参数[J]. 成都理工学院学报,1999,26(2):196-198.

Grain Size Characteristics of Sand Dunes around the Crescent Moon Spring in Dunhuang, China

Zhang Hao, Zhang Kecun, An Zhishan, Pang Yingjun

(Dunhuang Gobi Research Station/Key Laboratory of Desert and Desertification, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Through systematic sampling of the sand dunes around the Crescent Moon Spring, combined with regional wind conditions data, this paper made an analysis of the particle size distribution and grain size characteristics. The pyramid dune to the north of the Crescent Moon Spring's particle size is relatively coarse and sorting is poor, with a distribution of more positive skewness, while the liner sand dune to the south of the Crescent Moon Spring mainly consists of fine sand and better sorting, with a distribution of positive skewness. From the northwest and southwest slopes to the east slope, sediment grains becomes finer, and sorting becomes better, but the trend is not significant, indicating that there is no significant movement of the pyramid dune. However, on the liner sand dune, from the southern slope to the north slope, sand particle size becomes finer and sorting changes better, showing that the movement of linear sand dune to south of the Crescent Moon Spring is obvious. Analysis of wind power environment and the grain size characteristics indicates that the blown sand disaster to the Crescent Moon Spring mainly comes from the northward movement of the linear sand dune movement.

Key words: Crescent Moon Spring; sand dunes; grain size parameters