

# 河西沙区新月形沙丘形态参数观测<sup>\*</sup>

任孝宗<sup>1</sup>, 刘陶<sup>2</sup>, 王振亭<sup>1,3</sup>

(1. 兰州大学 西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000; 2. 中国科学院 地质与地球物理研究所 新生代地质与环境重点实验室, 北京 100029; 3. 中国科学院 沙漠与沙漠化重点实验室, 兰州 730000)

**摘要:**新月形沙丘广泛分布于世界各沙漠,是最基本的沙丘形态之一。国内外众多学者对沙丘形态参数间的关系研究表明沙丘高度和宽度间存在线性关系。通过对河西沙区巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠边缘典型新月形沙丘形态的高精度测量,并结合前人对民勤地区新月形沙丘的观测数据,用最小二乘法拟合发现高度和宽度呈正比例关系。并与库姆塔格沙漠 5 个新月形沙丘的比例系数比较,发现不同自然环境条件下发育的新月形沙丘的比例系数不一致,该系数可以作为描述新月形沙丘的一个特征参数。

**关键词:**新月形沙丘;地貌特征参数;巴丹吉林沙漠;腾格里沙漠

中图分类号:P941.73

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2010)01-0163-04

## Characters of Geomorphologic Parameter About Barchan Dunes

REN Xiao-zong<sup>1</sup>, LIU Tao<sup>2</sup>, WANG Zhen-ting<sup>1,3</sup>

(1. Key Laboratory of Western China's Environmental Systems (Ministry of Education), Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 2. State Key Lab of Lithosphere Evolution, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 3. Key Laboratory of Desert and Desertification, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Barchan dunes occur widespread on desert all over the world, and are one of the basic dune shapes. The studies about dunes shape's parameter by researchers home and abroad indicated that the relationship between the height of dune and the width of dune's horn are linear. Using the high precision data that measured in Badain Jaran desert and Tengger desert of Hexi and the data measured by predecessor in Minqin, The relationship between the height of dune and the width of dune's horn is analyzed with least square method. It is indicated that they have the direct ratio relationship. Comparing with other 5 barchan dunes shape's parameter data in Kumtag Desert, it is found that the relationship between the dune height and the width of the dune's horn can be different in different geography and nature. And this direct ratio can be a geomorphologic parameter which describe the character of barchan dunes.

**Key words:** barchan dunes; parameters of geomorphology; Badain Jaran desert; Tengger desert

新月形沙丘是一种广泛分布于世界各大沙漠的基本沙丘形态<sup>[1]</sup>,一般形成于供沙量不足和几乎为单向输沙风的无植被区域<sup>[2-8]</sup>,多半成单一零星散布于沙漠边缘非沙质地表或粗质平沙地。除在非洲卡拉哈里沙漠中十分罕见外,在世界其它大沙漠中均有较大面积的分布,其出现率为 21%~84%,平均为 41.6%<sup>[9-11]</sup>。沙丘高度一般为 1~5 m,很少超过 15 m<sup>[12]</sup>。其实际大小可能是供沙量、风况、地面状

况、植被水分条件、地形起伏和发育年龄等一系列因子的函数<sup>[13]</sup>。

Mabbutt<sup>[14]</sup>指出新月形沙丘的最大高度大多为其宽度的十分之一。李志忠等<sup>[15]</sup>在塔里木沙漠石油公路沿线的测量结果也表明新月形沙丘最大高度多为其两翼宽度的十分之一,且沙丘高度与两翼宽度相关系数  $R=0.340$ ,为弱相关。国外已有的研究表明,新月形沙丘高度和其两翼角间宽度呈线性相

\* 收稿日期:2009-08-11

基金项目:国家自然科学基金(批准号 10904055)

作者简介:任孝宗(1983-),男,甘肃白银人,硕士研究生,主要从事风沙地貌与第四纪环境等方面研究。E-mail:renxz07@lzu.cn

关<sup>[16-20]</sup>。Wang<sup>[21]</sup>等在民勤绿洲边缘地区观测的结果表明新月形沙丘的高度和宽度呈正比例关系。本文通过对河西沙区新月形沙丘地貌特征参数的测量,拟进一步探讨新月形沙丘高度和宽度间的关系。

### 1 研究区概况

董光荣等<sup>[22]</sup>根据地理位置和山脉走向分布以及季风影响的程度,将我国北方沙漠划分为准噶尔沙区、塔里木沙区、河西沙区、柴达木沙区、河套沙区、东部沙区等 6 个沙区,河西沙区主要指分布于阿拉善高原的巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠及其间的民勤绿洲。其中巴丹吉林沙漠位于高原西部,大致分布于北大山以北、拐子湖以南、古鲁乃湖以东、宗乃山和雅布赖山以西的地区,面积 49 200 km<sup>2</sup>,为国内第三大沙漠,地势南高北低、东高西低<sup>[23]</sup>。境内湖泊众多,沙丘高大<sup>[24]</sup>,主要有简单新月形沙丘、新月形沙丘链、金字塔形沙丘和高大沙山 4 类沙丘<sup>[25]</sup>。腾格里沙漠位于阿拉善台地东南部断陷盆地内,东界贺兰山,西北以雅布赖山为界与巴丹吉林沙漠相隔,北部以哈拉乌山为界,南部与祁连山山前洪积扇前缘相接<sup>[26]</sup>,面积约 30 000 km<sup>2</sup>,为我国第四大沙漠。区内全年多西北风,以流动沙丘为主,沙丘类型以简单新月形沙丘、新月形沙丘链及格状沙丘链为主。

观测区围绕河西沙区巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠展开,主要分布在沙源供给贫乏、植被稀少的沙漠边缘地区。包括巴丹吉林沙漠东南缘中泉子 1 号观测点,腾格里沙漠东南缘红都梁地区 2 号观测点(见图 1)。

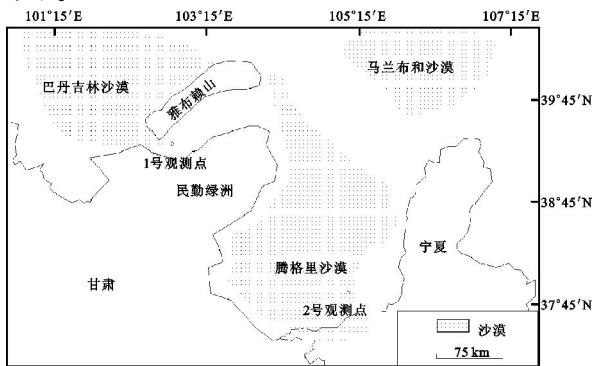


图 1 观测点分布图

### 2 观测方法

典型的沙丘形态根据合成风向分为三类,横向沙丘、纵向沙丘和多风向作用下的沙丘。新月形沙丘是一种典型的横向沙丘,沙丘走向与合成风向垂直。新月形沙丘(crescent dune 或 barchan dune)顾名思义,沙丘的平面形态具有新月形外形,沙丘两侧

有顺风向延伸的两个兽角(翼),其间交角与相应的主导风强度呈反比关系,迎风坡面凸出而平缓,倾角多为 5°~ 20°,背风坡凹而陡,倾角多为 28°~ 34°<sup>[65,27]</sup>。其地貌特征参数主要有:  $h$ ,  $w$ ,  $l$ ,  $l_a$  及  $l_b$  (见图 2)。 $h$  指新月形沙丘丘顶至沙丘基部的垂直高度,  $w$  指新月形沙丘翼角间的水平距离,即沙丘宽度,  $l$  指新月形沙丘迎风坡前端至丘顶的水平距离,  $l_a$ ,  $l_b$  分别指新月形沙丘两侧翼的长度。

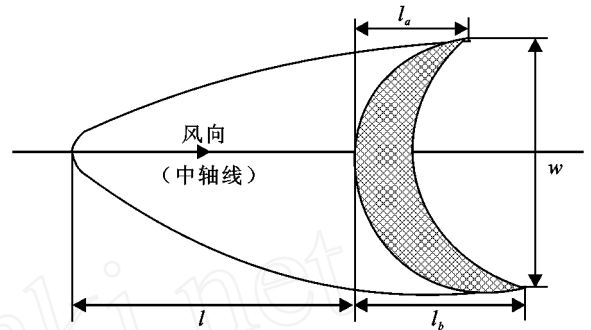


图 2 新月形沙丘地貌特征参数

研究区域内的新月形沙丘地貌特征参数  $h$ ,  $w$ ,  $l$ ,  $l_a$ ,  $l_b$  采用南方测绘 NTS - 352 型电子全站仪测量。电子全站仪是近年普遍使用的一种新型的测量仪器,它能够提供快速、高精度的距离(倾斜距离、水平距离、高差)测量和角度(水平角、竖直角)测量。并可以实时计算、显示和输出所需要的点与点之间的方位角、水平距离、高差或点的三维坐标等参数。全站仪在沙丘形态观测领域中的应用,大大提高了野外观测工作的精度和进度。

表 1 新月形沙丘特征参数实测数据

No.	$h$ /m	$w$ /m	$l$ /m	$l_a$ /m	$l_b$ /m	$w/h$
1	0.55	19.1	8.6	1.5	4.1	34.73
2	0.69	11.9	7.5	4.7	6.2	17.25
3	1.06	11.4	9.4	6.5	4.8	10.75
5	0.88	9.9	6.1	5.9	5.5	11.25
6	1.01	11.7	6.3	5.2	6.6	11.58
7	0.67	11.1	7.3	4.5	7.1	16.57
8	1.27	13.6	7.8	7.2	0	10.71
9	2.35	32.3	15.6	6.9	12.4	13.74
10	0.68	15.6	7.2	4.6	6.6	22.94
11	5.9	47.4	22.6	29.9	39.12	8.03
12	3.47	48.4	25.41	21.6	27.9	13.95
13	4.58	74.5	29.75	23.24	26.32	16.27
14	5.1	7.19	-	-	-	14.1
15	3.17	46.3	-	-	-	13.66
16	2.76	24.4	-	-	-	8.84
17	2.93	31.2	-	-	-	10.65
18	4.19	30	-	-	-	7.16

### 3 结果与讨论

表 1 给出了测量结果。1 - 10 号 10 个新月形沙

丘位于巴丹吉林沙漠东南缘中泉子 1 号观测点,其最大宽 - 高比为 34.73,最小值为 8.07,平均值为 15.76。11 - 13 号 3 个新月形沙丘位于腾格里沙漠东南缘红都梁地区 2 号观测点,其最大宽 - 高比为 16.27,最小值为 8.03,平均值为 12.75。1、2 号观测点具有较大宽 - 高比,大于 Mabbutt 及李志忠等人提出的新月形沙丘宽度大多为其最大高度十倍的观察结果。14 - 18 号 5 个新月形沙丘位于库姆塔格沙漠西部边缘地带,其最大宽 - 高比为 14.10,最小值为 7.16,平均值为 10.88,宽度约是其最大高度的 10 倍,与 Mabbutt 及李志忠等人的观测结果相近。

文献[21]中民勤观测区新月形沙丘最大宽 - 高比为 44.11,最小值为 7.85,平均值为 16.14,与 1 号、2 号观测点具有相似的宽 - 高比特征,且因都盛行西北风,具有相似的自然地理环境,处于季风边缘区的河西沙区,所以作为一个大的区域整体加以讨论。对河西沙区 40 个(其中文献[21]为 27 个)新月形沙丘的貌特征参数  $w$  和  $h$  的相关分析表明, $w$  和  $h$  相关系数  $R = 0.885$ ,为强相关( $R > 0.8$  即可认为强相关),因此可以认为  $w$  与  $h$  为线性关系,即存在关系:

$$w = ah + w_0$$

式中: $a$ ——比例系数; $w_0$ ——常数。然而事实上, $w_0$  总是比  $ah$  小的多,并且实际情况是当  $h = 0$  时, $w_0 = 0$ ,所以一个更简化、更合理的关系式可以写为:

$$w = ah$$

此式表明, $w$  和  $h$  不仅呈线性相关,而且呈正比例关系,正比例系数  $a$  即为新月形沙丘的宽 - 高比。根据已有的河西沙区 40 个新月形沙丘测量数据,用最小二乘法拟合,容易求得  $a = 15.14$  (图 3)。Wang<sup>[21]</sup> 在民勤绿洲得出的  $a$  为 15.61,与本文的结果近似一致,显示出河西沙区新月形沙丘具有宽 -

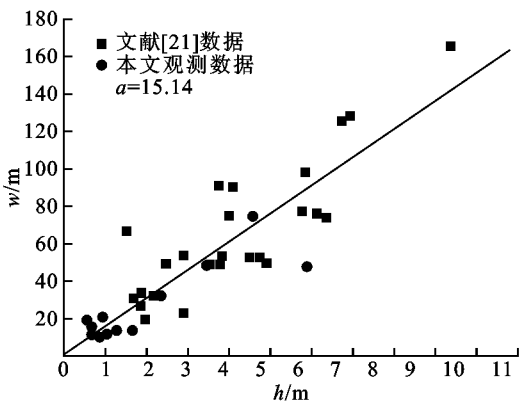


图 3 三大沙漠周边地区新月形沙丘  $w - h$  关系

## 4 结论

(1) 新月形沙丘地貌特征参数  $w$ 、 $h$  间具有良好

高比约为 15 的特征。对于影响新月形沙丘宽 - 高比的因素目前国内外没有形成统一的看法,普遍认为可能是风况、供沙量、地面状况、植被水分条件、地形起伏及发育年龄等一系列因子综合作用的结果。

为了比较不同自然环境下发育的新月形沙丘比例系数  $a$  的异同,对库姆塔格沙漠西部边缘地区 5 个典型新月形沙丘进行了测量和分析。库姆塔格沙漠位于阿尔金山与罗布泊之间,主体覆盖在海拔 900 ~ 2 000 m 的阿尔金山前倾斜的石质山坡上,属极端干旱大陆性气候,主风为强劲的东北风,其次是西北风<sup>[28-29]</sup>。该地区新月形沙丘  $w$  和  $h$  的相关系数  $R = 0.778$ ,为中等相关,利用最小二乘法拟合观测数据容易得出  $a = 11.29$  (见图 4)。

以上两个研究地新月形沙丘宽 - 高比例系数存在差异,河西沙区宽 - 高比大于库姆塔格沙漠宽 - 高比。库姆塔格沙漠地处亚欧大陆深处,气候极端干燥,因其分布独特的所谓“羽毛状”沙丘而在近年来成为地学研究中的一个热点地区<sup>[30-32]</sup>。其羽轴部分属于线形沙丘,宽由迎风坡和背风坡组成,不同于新月形沙丘由两翼组成沙丘宽度。本文所观测的库姆塔格沙漠新月形沙丘分布在罗布泊以东、“羽毛状”沙丘典型分布区以西,其宽 - 高比与线形沙丘的宽 - 高比极为一致。如刘虎俊等<sup>[33]</sup> 所观测的 3 个库姆塔格沙漠线形沙丘高分别为 8.4 m、7.5 m、2.7 m,宽分别为 97.3 m、82.7 m、21.7 m,其宽 - 高比分别为 11.58、11.03、8.04,平均宽 - 高比为 10.22,与库姆塔格沙漠新月形沙丘平均 10.88 的宽 - 高比近似,因此影响库姆塔格沙漠新月形沙丘和线形沙丘宽 - 高比的因素类似,可能是风况、供沙量、地面状况、植被水分条件、地形起伏及发育年龄等共同作用的结果,沙丘的宽 - 高比正是多种因素在沙丘形状上的响应,反映了该地区特有的自然地理特征。

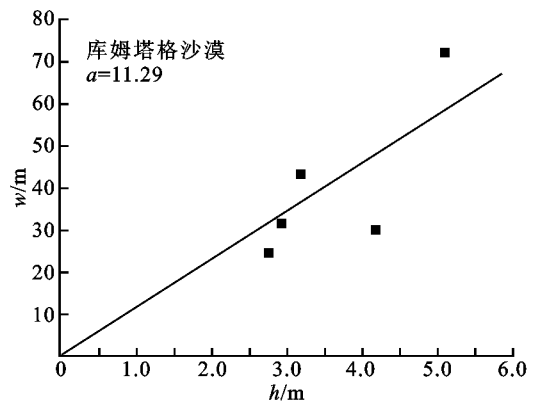


图 4 库姆塔格沙漠西部新月形沙丘  $w - h$  关系的正比例关系,由河西沙区巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠和民勤绿洲 40 个新月形沙丘宽、高观测数据拟合得其宽 - 高比例系数  $a = 15.14$ 。

(2)对自然地理环境有较大差异的库姆塔格沙漠 5 个新月形沙丘  $w$ 、 $h$  的分析表明,其宽-高比例系数  $a = 11.29$ 。表明不同自然地理条件下发育的新月形沙丘,其地貌特征参数  $w$ 、 $h$  间正比例系数不尽相同,该比例系数的不同可能是风况、供沙量、地面状况、植被水分条件、地形起伏及发育年龄等一系列因子综合作用的结果,反映了自然地理条件对新月形沙丘形态的塑造,因此,该系数可以作为描述新月形沙丘的一个特征参数。

(3)精确测量沙丘形态参数有赖于优良的观测设备,全站仪被证明是观测沙丘形态长期变化的有力工具之一。

#### 参考文献:

- [1] 李志中. 新月形沙丘研究进展综述[J]. 干旱区地理, 1994, 17(4): 81-87.
- [2] 费道洛维奇 A. 现代沙漠的起源[M]//沙漠地貌的起源及其研究方法(译文集). 北京:科学出版社, 1962.
- [3] Fryberger S G, Dean G. Dune forms and wind regime [M]. Mckee, 1979.
- [4] 朱震达. 塔克拉玛干沙漠风沙地貌研究[M]. 北京:科学出版社, 1981.
- [5] Glennie K W. Lower Permian Rolliegond desert sedimentation in the North Ses area[M]// Brookfield M E, Ahlbrandt T S. Eolian Sediments and Processes. Amsterdam: Elsevier, 1983.
- [6] Wasson R J, Hyde R. Factors determining desert dune type[J]. Nature, 1983, 304: 337-339.
- [7] Cooke R U, Warren A. Geomorphology in Deserts [M]. London: UCL Press, 1973.
- [8] Lancaster N. Geomorphology of Desert Dunes [M]. London: Routledge, 1995.
- [9] Fryberger S G, Goudie A S. Arid geomorphology [J]. Progress in Physical in Geography, 1981, 5(3): 420-428.
- [10] Lancaster N. Wind and sand movements in the Namib Sand Sea [J]. Earth Surface Processes and Landforms, 1985(10): 607-619.
- [11] Thomas D S G. Aeolian sand deposits[M]// Thomas D S G. Arid zone geomorphology. London: Belhaven press, 1989.
- [12] 凌裕泉, 吴正, 刘绍中. 新月形沙丘形态的模拟实验研究[J]. 地理科学, 1998, 18(1): 88-93.
- [13] 朱震达. 塔克拉玛干沙漠风沙地貌研究[M]. 北京:科学出版社, 1981.
- [14] Mabbutt J A. Desert landform[M]. Cambridge: Mass MIT Press, 1977.
- [15] 李志忠, 关有志, 孙忠. 塔里木沙漠石油公路沿线新月形沙丘的地貌特征[J]. 新疆大学学报:自然科学版, 1998(2): 80-90.
- [16] Finkel H J. The barchans of southern Peru[J]. Journal of Geology, 1959, 67: 614-647.
- [17] Hastenrath R L. The barchans of the Arequipa region, southern Peru[J]. Zeitschrift für Geomorphology N. F. 1967, 11: 300-331.
- [18] Hastenrath R L. The barchan dunes of southern Peru revisited[J]. Zeitschrift für Geomorphology N. F. 1987, 31: 67-178.
- [19] Hesp P A, Hastings K. Width, height and slope relationships and aerodynamic maintenance of barchans [J]. Geomorphology 1998, 22: 93-204.
- [20] Sauermann G, Rognon P, Poliakov A, et al. The shape of the barchan dunes of Southern Morocco [J]. Geomorphology, 2000, 36: 47-62.
- [21] Wang Z T, Tao S C, Tao Xie Y W, et al. Barchans of Minqin: Morphometry [J]. Geomorphology, 2007, 89 (3): 405-411.
- [22] 尚可政, 董光荣, 王式功, 等. 我国北方沙区气候变化对全球变暖的响应[J]. 中国沙漠, 2001, 21(4): 387-392.
- [23] 王涛. 巴丹吉林沙漠形成演变的若干问题[J]. 中国沙漠, 1990, 10(1): 29-40.
- [24] 陆锦华, 郭迎胜. 《巴丹吉林高大沙山典型区景观图》的编制研究[J]. 中国沙漠, 1995, 15(4): 385-391.
- [25] 闫满存, 王光谦, 李保生. 巴丹吉林沙漠高大沙山的形成发育研究[J]. 地理学报, 2001, 56(1): 83-91.
- [26] 张虎才, 马玉贞, 彭金兰. 距今 42 - 18ka 腾格里沙漠古湖泊及古环境[J]. 科学通报, 2002, 47(24): 1847-1857.
- [27] 吴正. 风沙地貌与治沙工程学[M]. 北京:科学出版社, 2003: 144.
- [28] 王涛. 中国沙漠与沙漠化[M]. 石家庄:河北科学技术出版社, 2003: 689-698.
- [29] 朱震达, 吴正, 刘恕, 等. 中国沙漠概论[M]. 北京:科学出版社, 1980: 1-81.
- [30] 董治宝, 屈建军, 卢琦, 等. 关于库姆塔格沙漠“羽毛状”风沙地貌的讨论[J]. 中国沙漠, 2008, 28(6): 1005-1010.
- [31] 屈建军, 廖空太, 俎瑞平, 等. 库姆塔格沙漠羽毛状沙垄形成机理研究[J]. 中国沙漠, 2007, 27(3): 349-353.
- [32] Dong Z, Qu J, Wang X, et al. Pseudo-feathery dunes in the Kumtag Desert [J]. Geomorphology, 2008, 100: 328-334.
- [33] 刘虎俊, 王继和, 廖空太. 库姆塔格沙漠的“羽毛状沙丘”形态的观测[J]. 地学前缘, 2007, 14(3): 190-196.