

引用格式: Wang Jingpu, Liu Lianyou, Shen Lingling. Research of the Barchan Dunes Movement in the Mu Us Sandy Land on Google Earth Software[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2013, 28(6): 1094-1100. [王静璞, 刘连友, 沈玲玲. 基于 Google Earth 的毛乌素沙地新月形沙丘移动规律研究[J]. 遥感技术与应用, 2013, 28(6): 1094-1100.]

基于 Google Earth 的毛乌素沙地 新月形沙丘移动规律研究

王静璞, 刘连友, 沈玲玲

(北京师范大学减灾与应急管理研究院 环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875)

摘要:以 Google Earth 平台分辨率为 0.61 m 的 QuickBird 高分辨率遥感影像为基础, 选择毛乌素沙地 22 座典型新月形沙丘, 提取 2 个不同时期的沙丘形态参数数值。沙丘形态参数分析表明: 沙丘宽度与背风坡水平长度之间显著相关。沙丘在移动过程中, 宽度减小, 迎风坡水平长度增加, 背风坡水平长度减小; 沙丘移动速度与沙丘宽度间具有良好的相关性, 移动速度为 3.5~9.5 m/a。沙丘前移过程中, 沙丘形态既有正向演变又有逆向演变, 说明沙丘移动的复杂性。

关键词:毛乌素沙地; Google Earth; 沙丘形态参数; 沙丘移动

中图分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2013)06-1094-07

1 引言

Google Earth 软件是谷歌公司于 2005 年夏季推出的以网络为平台的地图服务系统。软件提供的卫星影像数据源分辨率从 0.61~30 m 不等, 我国很多地方拼接的是 0.61 m 的 QuickBird 数据, 沙丘、树木、道路等清晰可见。目前, Google Earth 在地质学、水资源、农业等研究领域得到广泛应用, 但在地理科学, 特别是在风沙地貌研究中的应用相对较少^[1-2]。

新月形沙丘(Crescent dune 或 Barchan dune)广泛分布于世界各沙漠, 是最简单的一类沙丘, 其横剖面形态具有两个不对称的斜坡。迎风坡突出而平缓, 背风坡是凹而陡的斜面^[3]。高度、长度、宽度是新月形沙丘形态的主要指征。现有关于新月形沙丘形态参数的研究多集中于沙丘高度与其他形态参数间的关系, 研究指出, 新月形沙丘的高度与宽度呈正比例关系^[4], 比例关系多为 1:10^[5-6], 也有地区为 1:9^[7]; 新月形沙丘高度、背风坡坡长和迎风坡坡长三者都达到显著性相关^[8]。

沙丘的移动, 一方面导致土地沙漠化, 另一方面也反映着沙漠地貌形成发展的现代动态过程^[1]。国内外众多学者对世界上不同地区的沙丘移动方向^[9-10]、移动距离^[11]、移动速度^[12-14]进行了研究, 并分析出沙丘移动速度与沙丘高度之间具有良好的线性负相关关系^[10, 13]。沙丘移动是流沙治理中首先要考虑的问题, 采取什么样的防沙措施, 防沙措施应如何布设都需要知道沙丘移动的方向、方式和强度^[15]。因此, 沙丘移动的研究越来越受到人们的重视, 它对丰富沙漠研究理论, 防沙治沙手段的提高具有重要的意义。

现有对新月形沙丘的研究主要集中在沙丘形态参数之间的关系与沙丘的移动特征, 研究手段主要运用野外考察、定位及半定位观测, 但由于沙漠地区特殊的自然环境, 沙丘形态参数测量精度受到一定的限制, 且研究中使用的沙丘样本相对较少。随着高分辨率遥感技术的发展, 使得沙丘形态及动态变化研究的样本数量增加、并使研究结果更具有统计意义成为可能。本文以毛乌素地区乌审旗典型新月

收稿日期: 2013-01-22; 修订日期: 2013-09-22

基金项目: 国家自然科学基金项目“新月形沙丘表面气流与风沙流结构变异”(41271020)。

作者简介: 王静璞(1987—), 女, 陕西杨凌人, 博士研究生, 主要从事沙漠化过程与防治方面的研究。E-mail: wjpu@mail.bnu.edu.cn。

通讯作者: 刘连友(1962—), 男, 河北保定人, 教授, 主要从事沙漠化过程与防治方面的研究。E-mail: lyliu@bnu.edu.cn。

形沙丘为研究对象,利用 Google Earth 提供的高分辨卫星资料,对该区新月形沙丘的形态参数、沙丘移动过程中沙丘形态的变化,以及沙丘移动速度与宽度之间的关系进行了探讨。

2 研究区概况

乌审旗地处鄂尔多斯构造剥蚀高原向陕北黄土高原过渡的乌审洼地,位于毛乌素沙地腹地。地理坐标为 $37^{\circ}38'54''\sim 39^{\circ}23'50''\text{N}$, $108^{\circ}17'36''\sim 109^{\circ}40'22''\text{E}$ ^[16]。旗内地貌类型按形态分为波状高原、梁地、内陆湖淖、滩地(冲积湖积平原),流动与半流动沙丘、固定沙地、黄土梁和河谷地 8 种地类。地形分布特点:大部分为“梁地、滩地、沙地”相间,北部全为沙源,内多有柳丛,伴有沼泽、湖泊 70 多处;沙漠、滩地、梁地呈西北—东南条带状分布^[17]。年降水量 300~400 mm,年蒸发量 2 200~2 600 mm,属温带极端大陆性半干旱气候,多干旱、大风、沙暴、霜冻、冰雹等自然灾害^[18]。沙生植被是研究区沙丘最有代表性和分布最广的植被类型,其次为草甸植被,以及小面积的沼泽植被和隐域性植被^[19]。

3 数据的获取及处理

3.1 数据来源

在沙丘形态研究领域,前人主要以实地考察,现场测量的方法进行,由于沙丘较为特殊的地理环境,测量结果精度误差较大。Google Earth 软件的出现,为不同领域的科学研究提供了一个更广阔、实用的平台。Google Earth 的影像地图并不是直接通过卫星拍摄得到影像,而是基于这些影像,结合航空摄影的数据融合而得到的,影像数据解析度高、图片完整、更新快,使用方便,简单免费,已在地质、水资源、农业等研究领域得到广泛应用^[20-21]。

本文根据 Google Earth 提供的遥感影像,选择毛乌素沙地未经过固沙措施的较为典型的 22 座新月形沙丘,每座沙丘分 2 个时段,进行沙丘各形态参数测量。

3.2 新月形沙丘形态参数确定

我国沙漠地区的沙丘按形态和风况之间的关系,分为横向沙丘、纵向沙丘和多方向风作用下的沙丘。新月形沙丘属于典型的横向沙丘,沙丘形态走向和起沙风合成风向相垂直或成 $60^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 的交角;新月形沙丘的平面形态具有新月的外形,新月的两个翼角指着下风方向;新月形沙丘的横剖面形态具有两个不对称的斜坡。迎风坡突出而平缓,坡度介

于 $5^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 之间;背风坡是凹而陡的斜面,倾角为 $28^{\circ}\sim 34^{\circ}$,相当于沙子的最大休止角。其形态特征参数主要有:H、W、Lw 和 Ls。H 指新月形沙丘丘顶至丘底的垂直高度;W 指新月形沙丘翼角间的水平距离,即沙丘宽度;Lw 指新月形沙丘迎风坡水平长度;Ls 指新月形沙丘背风坡水平长度。

3.3 新月形沙丘形态参数测量与移动距离计算

由于 Google Earth 上影像的生成时间不尽相同,为使获取的数据能够进行动态分析,在典型沙丘选择时,首先保证最少有 2 个时段的影像数据;其次,选择的沙丘均为未经过固沙措施,且未受植被影响的新月形沙丘。为了精确提取沙丘形态参数和移动距离数值,所选典型沙丘的影像清晰完整,未受云等因素影响。

在沙丘形态参数获取时,本文采用的测量流程如下:

(1) 根据前文设计的原则,找到需要测量的沙丘,选取合适的分辨率。

(2) 在正视状态下,利用 Google Earth 提供的测量工具,直接获取 2 个时段沙丘的宽度,迎风坡、背风坡长度等参数(表 1 和表 2)。

(3) 利用 Google Earth 添加多边形工具,采集不同时段沙丘的垂直投影形状,将所有采集结果输出为 kml 文件格式。在 ArcGIS 下导入 kml 文件,生成新月形沙丘的轮廓 shp 文件,并将其转换成 Albers 投影,最终用于绘制沙丘移动示意图。

对于沙丘移动距离的计算,由于新月形沙丘是在单向风作用下形成的。单一风向作用的地区,主风向与沙丘脊线垂直方向偏角不大,在与沙丘轴向偏角不大的风作用沙丘时,沙丘总是向垂直于丘脊的方向移动,以此确定沙丘风向,并沿沙丘下风方向寻找控制点,例如道路、植被等不因时间变化而改变的点,分别量测最早一期影像中沙丘背风坡坡脚距控制点的距离,和最新一期影像中沙丘背风坡坡脚距控制点的距离,以此计算沙丘的移动距离和移动速度。

4 结果分析

4.1 新月形沙丘形态参数间关系

一个发育成熟的典型的新月形沙丘,其形态参数之间应该具有一定的依赖关系。利用相关分析法,对 2002 和 2010 年 2 期测量得到的形态参数进行组合分析,结果表明:除沙丘宽度(W)与背风坡水平长度(Ls)之间达到显著相关外(图 1),其余均呈现弱相关(表 3)。

表 1 沙丘特征参数数值(2000~2002 年) (单位:m)
Table 1 Dune morphology parameter values(2000~2002) (Unit:m)

编号	时间	宽度	迎风坡长度	背风坡长度	编号	时间	宽度	迎风坡长度	背风坡长度
1	2000-6-26	100	46	11	12	2002-8-23	47	54	2
2	2000-6-26	130	56	11	13	2002-6-29	87	47	6
3	2000-6-26	91	45	13	14	2002-6-29	149	57	10
4	2000-6-26	117	50	13	15	2002-6-29	110	55	7
5	2002-6-29	191	64	19	16	2002-6-29	95	54	9
6	2000-6-26	65	62	8	17	2002-6-29	137	49	12
7	2002-6-29	135	68	11	18	2002-6-29	167	50	9
8	2002-6-29	89	44	4	19	2002-8-23	191	84	13
9	2001-6-07	105	45	12	20	2001-6-07	190	62	19
10	2001-6-07	110	53	9	21	2002-6-07	140	80	16
11	2002-6-07	127	62	25	22	2001-6-07	94	43	13

表 2 沙丘特征参数数值(2010 年) (单位:m)
Table 2 Dune morphology parameter values(2010) (Unit:m)

编号	时间	宽度	迎风坡长度	背风坡长度	编号	时间	宽度	迎风坡长度	背风坡长度
1	2010-6-21	91	64	6	12	2010-8-14	40	60	1
2	2010-6-21	127	69	8	13	2010-8-22	70	68	2
3	2010-6-21	71	60	8	14	2010-8-22	148	61	10
4	2010-6-21	121	72	9	15	2010-8-22	104	60	12
5	2010-8-22	154	68	11	16	2010-8-22	111	77	9
6	2010-4-16	48	75	2	17	2010-8-22	145	62	17
7	2010-8-22	132	70	18	18	2010-8-22	139	61	12
8	2010-8-22	88	49	10	19	2010-8-14	190	80	16
9	2010-4-16	117	51	8	20	2010-6-21	161	67	11
10	2010-4-16	113	54	7	21	2010-11-07	135	93	12
11	2010-8-22	98	77	9	22	2010-6-21	108	67	8

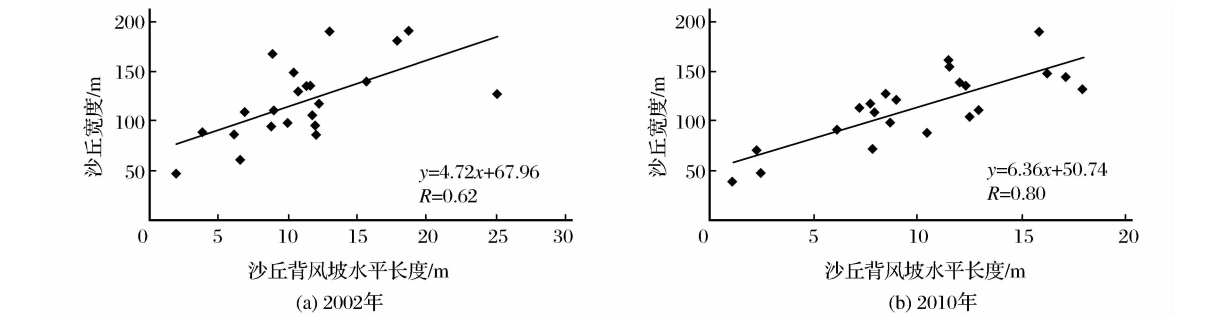


图 1 沙丘宽度与背风坡水平长度关系
Fig. 1 Correlation between width and slip face horizontal length of dune

表 3 沙丘形态参数间关系
Table 3 Correlation of dune morphology parameter values

项目	2002 年		2010 年	
	相关方程	相关系数	相关方程	相关系数
W 与 Lw	$W=1.92Lw+11.37$	0.52	$W=0.88Lw+55.42$	0.24
W 与 Ls	$W=4.72Ls+67.96$	0.62	$W=6.36Ls+50.74$	0.80
Lw 与 Ls	$Lw=0.87Ls+47.20$	0.42	$Lw=0.34Ls+63.21$	0.16

沙丘形态参数之间的这种关系,说明沙丘的宽度、迎风坡水平长度(L_w)和背风坡水平长度(L_s)这 3 种形态参数之间具有一定的相关性,但由于研究区沙源供应不足,沙丘多处于潮湿的丘间地,使得沙丘的发育具有不成熟性,从而使一些沙丘的形态参数不完全符合相关性,与董治宝等^[10]的研究结果一致。

新月形沙丘在移动过程中,形态参数间相关系数极不稳定(表 3),这是由于沙丘的形态取决于风力,移动的沙量,沙粒的形状、大小和比重,沙丘在移动过程中,还受到下伏地面的影响,导致形态参数的

相关性不稳定。

4.2 新月形沙丘形态参数变化

由单向风作用下形成的新月形沙丘,会朝着主风向方向出现移动,在移动过程中,其形态也会发生变化(表 4)。在 22 座新月形沙丘形态参数的变化中,73%的沙丘宽度减小,减小值为每年 0.1~4.6 m;27%的沙丘宽度增加,增加值为每年 0.2~1.9 m;95%的沙丘迎风坡水平长度增加,增加值为每年 0.1~2.8 m;64%的沙丘背风坡水平长度减小,减小值为每年 0.2~2.1 m;34%的沙丘背风坡水平长度增加,增加值为每年 0.4~0.8 m。

表 4 沙丘形态参数数值变化(正值表示数值增加,负值表示数值减小)

Table 4 Numerical changes in dune morphology parameters (The positive value indicates the increases,yet the negative value indicates the decreases)

编号	时间差/a	宽度/m	迎风坡长度/m	背风坡长度/m	编号	时间差/a	宽度/m	迎风坡长度/m	背风坡长度/m
1	10	−9	18	−5	12	8	−7	6	−1
2	10	−3	13	−4	13	8	−18	21	−4
3	10	−20	14	−5	14	8	−2	4	0
4	10	4	22	−3	15	8	−6	5	6
5	8	−37	4	−7	16	8	15	23	0
6	10	−17	13	−5	17	8	8	13	5
7	8	−3	2	7	18	8	−29	11	3
8	8	−1	5	7	19	8	−1	−4	3
9	9	12	6	−5	20	9	−30	5	−7
10	9	2	1	−2	21	8	−5	13	−3
11	8	−29	15	−17	22	9	14	24	−5

沙丘移动过程中的形态变化具有以下特征:

①新月形沙丘宽度整体呈减小趋势,个别沙丘宽度仍在增加,迎风坡水平长度呈增加趋势,背风坡水平长度整体减小,个别沙丘背风坡长度增加。研究区新月形沙丘的形态变化,整体为宽度减小,迎风坡长度增加,背风坡长度减小;

②由两翼对称的新月形沙丘向饼状沙丘演化,出现逆向发展现象,这与沙源供应不充足,从而导致沙丘演化过程不完整有关。

4.3 沙丘移动

4.3.1 沙丘移动速度

沙丘移动的速度,主要取决于风速和沙丘本身的高度,除此之外还受到沙丘水分、植被状况及下伏地貌条件差异的多种因素影响。

分别从两期影像测量得到毛乌素沙地的新月形沙丘背风坡坡脚前移距离,再除以年数计算得到研究区新月形沙丘年移动速度(图 2)。平均宽度为

43 m的 12 号沙丘移动速度 9.5 m/a,为研究区年移动速度最大的沙丘,19 号沙丘移动速度最小,为 3.5 m/a,平均宽度为 190 m。研究区新月形沙丘平均移动速度为 5.6 m/a(表 5)。毛乌素沙地新月形沙丘丘高 5~10 m^[22],由于沙丘比较低矮,移动速度较大,与吴正^[3]等的研究结论相一致。

4.3.2 沙丘移动速度与宽度间相关性分析

本文对沙丘移动速度(D)与沙丘宽度(W)进行了相关性分析,发现二者间具有稳定的线性负相关关系(图 3),其关系式为:

$$D=-0.03W+8.93 \quad R=0.83 \tag{1}$$

式(1)说明随着沙丘宽度增加,沙丘移动速度减小。由于沙丘宽度一般为高度的 10 倍,说明沙丘高度增加,宽度也相应增加,众多研究表明新月形沙丘高度与移动速度之间具有良好的线性负相关关系,所以,沙丘宽度与沙丘移动速度间也有良好的相关性,与式(1)得出的结论一致。

表 5 沙丘年移动速度
Table 5 Annual movement speed of dune

编号	沙丘宽度/m	移动速度/ $\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$	编号	沙丘宽度/m	移动速度/ $\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$
1	97	5.5	12	43	9.5
2	129	5.1	13	78	7.1
3	83	5.7	14	148	5.6
4	118	4.8	15	107	5.3
5	172	4.1	16	103	6.8
6	58	6.2	17	141	4.4
7	134	5.2	18	153	5.0
8	89	7.3	19	190	3.5
9	110	5.4	20	171	4.1
10	111	4.7	21	137	4.9
11	112	5.3	22	102	6.1

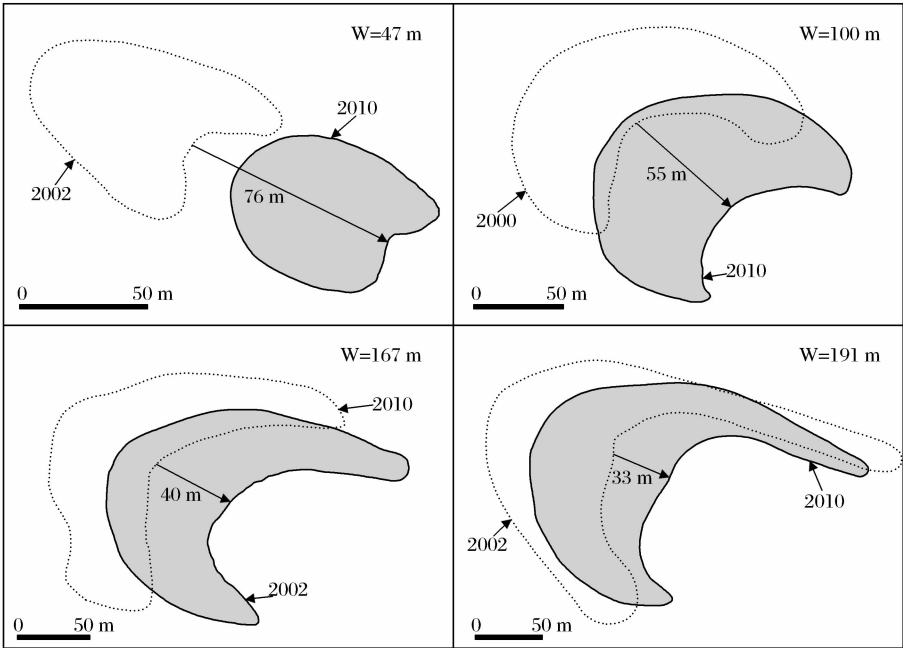


图 2 沙丘移动示意图
Fig. 2 Schematic diagram of sand dune movement

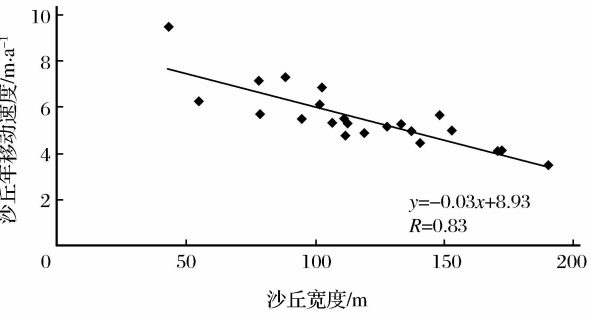


图 3 沙丘宽度与年移动速度关系
Fig. 3 Correlation between width and annual movement speed of dune

5 结 语

Google Earth 上的影像分辨率较高,进行注记添加、沙丘轮廓提取、距离测量等分析操作甚为方便,部分地区有不同期影像,方便对沙丘的动态变化进行分析,是进行风沙地貌研究的良好工具。

毛乌素沙地新月形沙丘在移动过程中,形态变化的总体趋势为宽度减小,迎风坡水平长度增加,背风坡水平长度减小;而在沙源供应不充分的地区,沙丘呈现逆向发展过程,这也说明沙丘移动的规律是复杂的。

从总体上看,毛乌素沙地新月形沙丘宽度、迎风坡水平长度与背风坡水平长度之间存在着一定的相关性,但由于沙丘发育的不成熟性,有些相关关系较差;沙丘在移动过程中,形态参数间的相关性不稳定,这是由于沙丘在移动过程中,其形态受风力,供沙量,沙粒的形状、大小和比重的多重影响。

毛乌素沙地未受植被和其他固沙方法影响的新月形沙丘的移动强度具有随着宽度增加而减小的趋势,移动速度为 3.5~9.5 m/a。

参考文献(References):

[1] Zhang Zhengcai, Dong Zhibao, Qian Guangqiang, *et al.* Wind Energy Environments and Aeolian Geomorphology in the Western and South-western Tengger Desert[J]. Journal of Desert Research, 2012, 32(6): 1528-1533. [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.]

[2] Yue Jian, Lei Jiaqiang, Mu Guijin. Study of Large-scale Geomorphic Patterns in Complex Longitudinal Sand Ridges Preliminary of Taklimakan Desert[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(2): 159-168. [岳健, 雷加强, 穆桂金. 塔克拉玛干沙漠复合纵向沙垄区大尺度地貌格局初步研究[J]. 科学通报, 2008, 53(2): 159-168.]

[3] Wu Zheng. Geomorphology of Wind-drift Sands and Their Controlled Engineering[M]. Beijing: Science Press, 2010. [吴正. 风沙地貌与治沙工程学[M]. 北京: 科学出版社, 2010.]

[4] Ren Xiaozong, Liu Tao, Wang Zhenting. Characters of Geomorphologic Parameter about Banchan Dunes[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2010, 17(1): 163-166. [任孝宗, 刘陶, 王振亭. 河西沙区新月形沙丘形态参数观测[J]. 水土保持研究, 2010, 17(1): 163-166.]

[5] Patrick A H, Kathleen H. Width, Height and Slope Relationships and Aerodynamic Maintenance of Barchans[J]. Geomorphology, 1998, 22: 193~204.

[6] Li Zhizhong, Guan Youzhi, Sun Zhong, *et al.* Geomorphological Characteristics of Barchan along Tarim Desert Oil-transporting Highway[J]. Journal of Xinjiang University, 1998, 1(1): 80-89. [李志忠, 关有志, 孙忠, 等. 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, 1998, 1(1): 80-89.]

[7] Andreotti B, Claudin P, Douady S. Selection of Dune Shapes and Velocities Part 1: Dynamics of Sand, Wind and Barchans[J]. The European Physical Journal, 2002, 28: 321-339.

[8] Mabbutt J A. Desert Landform[M]. Cambridge: Mass MIT Press, 1977.

[9] Dong Zhibao, Chen Guangting, Yan Changzhen, *et al.* The Sand Dune Movement along the Tarim Desert Oil-Transportation Highway[J]. Journal of Desert Research, 1998, 18(4): 328-333. [董治宝, 陈广庭, 颜长珍, 等. 塔里木沙漠石油公路沿线沙丘移动规律[J]. 中国沙漠, 1998, 18(4): 328-333.]

[10] Haim T, Dan G B, Yoav S. Elongation and Migration of Sand Dunes[J]. Geomorphology, 2004, 57: 293-302.

[11] Edward B T, Abby S, Juan C S, *et al.* Sand Mining Impacts on Long-term Dune Erosion in Southern Monterey Bay[J]. Marine Geology, 2006, 229: 45-58.

[12] Yan Yingcun, Gao Guisheng, Liu Baokang, *et al.* Monitoring of Aeolian Dunes Movement in Surrounding Qinghai Lake Areas and Climate-driven Forces Analysis[J]. Journal of Desert Research, 2009, 29(4): 617-622. [严应存, 高贵生, 刘宝康, 等. 青海湖周边地区沙丘移动监测及其气候驱动力分析[J]. 中国沙漠, 2009, 29(4): 617-622.]

[13] Yao Z Y, Wang T, Han Z W, *et al.* Migration of Sand Dunes on the Northern Alxa Plateau, Inner Mongolia, China[J]. Journal of Arid Environments, 2007, 70: 80-93.

[14] Marius N, Sébastien L, Donald M H, *et al.* Monitoring Migration Rates of an Active Subarctic Dune Field Using Optical Imagery[J]. Remote Sensing of Environment, 2009, 113: 2441-2447.

[15] Dong Zhibao. Research Achievements in Aeolian Physics in China for the Last Five Decades (I) [J]. Journal of Desert Research, 2005, 25(3): 293-305. [董治宝. 中国风沙物理研究五十年(I) [J]. 中国沙漠, 2005, 25(3): 293-305.]

[16] Wu Xiaoxu, Zou Xueyong. Research on Land Use Change of Uxin Qi[J]. Progress in Geography, 2009, 28(2): 199-206. [吴晓旭, 邹学勇. 基于遥感与 GIS 的乌审旗土地利用变化研究[J]. 地理科学进展, 2009, 28(2): 199-206.]

[17] Zhang Zhongping. Vegetation Pattern Changes in Mu Us Desert and the Analysis of Water Income and Expenses: A Case Study in Wu Shen County[D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2006. [张仲平. 毛乌素沙地植被格局变化及水分收支平衡分析——以乌审旗为例[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2006.]

[18] Zhu Likai, Meng Jijun, Liu Yang, *et al.* Livelihoods of Farming and Grazing Households and Land Use in Farming-pastoral Transitional Zone: A Case Study of Uxin Banner in Ordos, Inner Mongolia[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2011, 47(1): 133-140. [朱利凯, 蒙吉军, 刘洋, 等. 牧交错区农牧户生计与土地利用——以内蒙古鄂尔多斯市乌审旗为例[J]. 北京大学学报, 2011, 47(1): 133-140.]

[19] Cao Changchun, Bai Tong. Uxin Qi Desertified Land Hazards and Control Measures[J]. Inner Mongolia Forestry Science and Technology, 1999(3, 4): 21-23. [曹长春, 白彤. 乌审旗沙漠化土地危害及其治理措施[J]. 内蒙古林业科技, 1999(3, 4): 21-23.]

[20] Yang Ruidong, Sheng Xueyong, Wei Xiao, *et al.* The Control of Regional Large “X” Conjugate Joint System on Karstification from Google Earth Image[J]. Geological Review, 2009, 55(2): 173-180. [杨瑞东, 盛学庸, 魏晓, 等. 基于 Google Earth 影像分析区域性大型“X” 共轭节理系统对宏观岩溶作用的控制[J]. 地质论评, 2009, 55(2): 173-180.]

[21] Li Xuwen, Li Gang, Liao Beibei. The Application of Google Earth and ArcGIS 9.2 Software to the Visualization of Water

Pollution and Cyano Phyta Algae Monitoring Data from the Taihu Lake[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2008, (3): 96-98. [李旭文, 黎刚, 缪蓓蓓. Google Earth 和 ArcGIS9.2 软件在太湖水污染及蓝藻监测数据展现中的应用[J]. 国土资源遥感, 2008, (3): 96-98.]

[22] Zhu Zhenda, Wu Zheng, Liu Shu, *et al.* Introduction to Chinese Desert[M]. Beijing: Science Press, 1980. [朱震达, 吴正, 刘恕, 等. 中国沙漠概论[M]. 北京: 科学出版社, 1980.]

Research of the Barchan Dunes Movement in the Mu Us Sandy Land on Google Earth Software

Wang Jingpu, Liu Lianyou, Shen Lingling

(Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Based on QuickBird high resolution image, which resolution is 0.61 m in Google Earth Software, this paper selected 22 typical crescent dunes in Mu Us Sandy Land, extracted their morphology parameter values in two different periods. Analyzing the change of the dune morphology parameters show that, in this region, the correlation between width and slip face horizontal length is significant. Crescent dunes in the process of moving, width decreases, windward slope horizontal length increases, and slip face horizontal length decreases; Dune movement speed and width have a good correlation, the annual movement speeds are between 3.5 and 9.5m/a. In the course of sand dune movement, some small dunes merged into bigger ones, while some typical barchan dunes degenerated into sand sheets, which illustrates the complexity of dunes movement.

Key words: Mu Us sandy land; Google Earth; Dune morphological parameters; Dune movement