综合治理

塔克拉玛干沙漠腹地塔中地区的风动力环境

周成龙[1,3]，杨兴华[2,3]，刘厚勇[1]，蒋新波[1]，吴新萍[1]，何 清[2,3]

（1. 塔中气象站，新疆 塔中 841000；2. 中国气象局 乌鲁木齐沙漠气象研究所，新疆 乌鲁木齐 830002；3. 塔克拉玛干沙漠大气环境试验观测站，新疆 塔中 841000）

摘 要：输沙势是衡量一个地区风沙活动强弱的重要参数。为了更好地了解塔克拉玛干沙漠腹地塔中地区的沙粒运移状况，为沙尘暴预防与治理提供科学依据，通过地表土壤湿度修订出每个月的临界起沙风速以替代以往的一个经验值，进而以塔中气象站所提供的 2006—2012 年风速和风向数据为基础，研究了塔中地区的输沙势分布特征。结果表明：（1）起沙风风向主要分布在 ENE，NE 及 E 这 3 个方向上。（2）输沙势主要集中在春夏季。春季年平均合成输沙势分别为 71.3 VU，合成方向为 31°；夏季年平均合成输沙势为 59.7 VU，合成方向为 70.7°；冬季最小，合成输沙势仅为 1 VU。（3）春、夏、秋、冬方向变率指数都相对较大，说明塔中地区的风况较为单一。（4）春、夏、秋、冬 4 个季节的输沙势主要集中在 ENE，NE 及 E 这 3 个方向上。

关键词：输沙势；起沙风；塔中地区

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2014)03-0218-05 **中图分类号**：P425.55

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.043

Wind Power Environment of Tazhong Area in Hinterland of Taklimakan Desert

ZHOU Cheng-long[1,3], YANG Xing-hua[2,3], LIU Hou-yong[1], JIANG Xin-bo[1], WU Xin-ping[1], HE Qing[2,3]

(1. *Tazhong Meteorological Station, Tazhong, Xinjiang* 841000, *China*;
2. *Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi, Xinjiang* 830002, *China*;
3. *Taklimakan Experimental Observation Station of Desert Atmosphere and Environment, Tazhong, Xinjiang* 841000, *China*)

Abstract: Drift potential is an important parameter to measure the strength of sand activities in an area. In order to understand sand particle migration in Tazhong area located in the Hinterland of the Taklimakan Desert, and to provide scientific reference for the prevention and control of sandstorm in the area, threshold sand-moving wind speed was revised to replace the previous empirical value through monthly surface soil moisture, and then the distribution of drift potential in the area was studied based on the meteorological data of Tazhong area from 2006 to 2012, including wind speed and direction. Results are as follows: (1) Sand-moving wind was mainly distributed in the ENE, NE and E directions. (2) The drift potential was mainly distributed in spring and summer. The seasonal resultant drift potential in spring was 71.3 VU and the resultant direction was 31°; in summer it was 59.7 VU and the resultant direction was 70.7°; and in winter, the resultant drift potential was least, only 1 VU. (3) The ratio of resultant drift potential to drift potential was relatively high in four seasons, showing that the wind regime was single in Tazhong area. (4) The drift potential was mainly distributed in the ENE, NE and E directions in four seasons.

Keywords: drift potential; sand-moving wind; Tazhong area

风沙危害一直是中国十分关注的环境问题之一，由于其发生频率高，影响范围广，对经济建设、社会发展、大气环境以及人民健康带来不利影响[1]，地处塔里木盆地的塔克拉干沙漠是中国最大的沙漠，也是中国沙尘暴的多发中心之一[2]。许多学者针对南疆沙漠地区起沙风和输沙率进行了计算研究[3-5]，但是由于计算输沙率需要考虑的影响参数通过测量获取比较困难，所以用输沙势来代替输沙率讨论塔中的沙粒

收稿日期：2013-05-21 修回日期：2013-08-01

资助项目：中央级公益性科研院所基本科研业务费项目“塔克拉玛干沙漠风蚀起沙关键特性参数及影响因子观测研究”((IDM201103)；国家自然科学基金项目“西北沙漠地表沙粒运移特性及动力热力参数研究”(41175017)

作者简介：周成龙(1986—)，男(汉族)，江苏省邳州市人，硕士研究生，研究方向为地面气象综合观测以及沙尘暴大气成分的监测。E-mail：baohululdacheng@163.com。

通信作者：何清(1965—)，男(汉族)，四川省成都市人，学士，博士生导师，研究员，主要从事沙漠气象研究。E-mail：qinghe@idm.cn。

输送能力。李红军等[6]利用新疆大量的气象站风观测资料,对全疆的输沙势的时空分布进行了系统的分析。王训明等[7]、张家武等[8]、李恒鹏等[9]对塔中输沙势进行了计算和研究,得出塔中输沙势属于低能区。为了进一步认识塔中的风沙运动规律,利用塔中2006—2012 年的气象站观测资料,对塔中地区的输沙势的方向分布做系统分析,为塔中地区的防沙御灾提供一定的科学依据。

1　研究区概况

塔克拉玛干沙漠腹地的塔中地区位于 38°58′N,83°39′E,根据塔中气象站的观测资料该地区年平均气温为 13.6 ℃,气温年较差平均在 33.0～39.0 ℃;极端最高气温可达 40.0～46.0 ℃,极端最低气温达 −20.0～−25.0 ℃,其中 2008 年 1 月 30 日 09 时观察到 −32.6 ℃的极端低温,为建站以来的最低值,该地区的年平均风速为 2.3 m/s,大风日数为年平均为 10.5 d[10]。地表土壤被风蚀严重。

2　数据与方法

所用资料为塔中气象站提供的 2006—2012 年风速和风向数据,以及塔中西站提供 2008 年 9 月至 2009 年 8 月的 2.5,10,20 和 40 cm 的土壤湿度数据。由于临界起沙风速是时刻变化的,所以作者利用土壤湿度数据,对每个月的土壤湿度随深度变化进行二次函数拟合,得出每个月的地表土壤湿度,进而利用 Shao 和 Bagnold 经验公式计算出 1—12 月的临界起沙风速,来代替以往的一个经验值以进一步提高数据的准确性(表 1)。

表 1　沙粒 2 m 高度临界起沙风速 u^* 月分布

月份	1	2	3	4	5	6
$u^*/(m\cdot s^{-1})$	5.4	5.6	5.6	4.6	3.9	5.1
月份	7	8	9	10	11	12
$u^*/(m\cdot s^{-1})$	5.9	5.9	4.6	4.5	4.8	5.2

在诸多输沙势计算方法中,Fryberger 以 Lettau (1978) 的输沙率公式为基础提出的输沙势计算方法被广泛接受和应用。本文采用采用 Fryberger[11] 方法计算了对应时段 16 个方向的输沙势,输沙势的计算公如下:

$$DP=V^2(V-V_t)t$$

式中:DP——输沙势(VU);V——各级别起沙风速的1 min 平均值(kn/h);V_t——临界起沙风速(kn/h);t——起沙风作用时间。统计观测期间各风向不同速级起沙风的频率,把相同风向各风速级出现频率与平均风速分别代入方程(1),所得值相加,即得到某一风向的输沙势。16 个方向的输沙势相加得到总输沙势,然后进行矢量合成可得到合成输沙势(RDP)与输沙势合成方向(RDD)。

3　结果与分析

3.1　起沙风风况

风给沙粒发生运移的提供了直接动力,由于只有当风速高于临界起沙风速时,沙粒才能发生运移,所以对起沙风的风况才是重点了解的对象。

塔克拉玛干腹地塔中 2006—2012 年 4 个季节塔中起沙风风向以 ENE,NE 及 E 为主(图 1),春、夏、秋、冬 4 个季节在这 3 个风向上所占的频率分别为 63.2%,39.5%,69.6%,93.3%。其中夏季除了在 ENE,NE 及 E 方向上所占的频率分布较大外,在 N,NNE 以及 NNW 方向上所占的频率为 41.3%。因此塔中的 4 季的风向偏东北方向。其余风向所占频率都较小,表明观测点年起沙风风向变化比较单一,这与观测点输沙活动发生方向较为集中的现象一致。影响塔里木盆地的主要大气环流有两支,东部主要受大陆和极地反气旋"东风倒灌"控制,而西部受弱西风环流控制。这种环流形式决定了在整个沙漠中,东部盛行偏东风,而西部盛行偏西风,二者在克里雅河一带汇合形成一个辐合区,因此塔中的风向仪偏东为主[12],根据塔中观测的数据可以证明这一点。

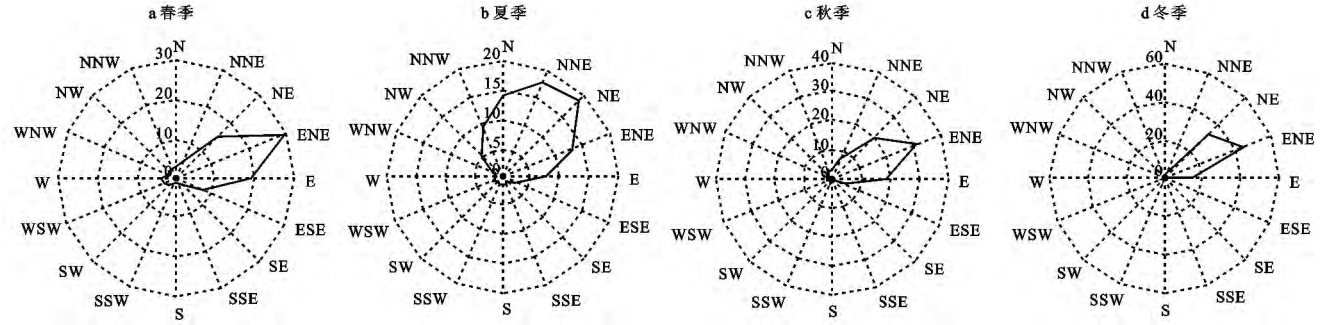


图 1　2006−2012 年塔中地区四季起沙风玫瑰图

塔中 2006—2012 年地区月起沙风频率占全年总起沙风频率百分比起伏波动较大(图 2)。其中 4,5,6 月频率较高，分别各占 16.1%,31.3%,12.5%,1,2,12 月共占全年的 1.7%。有效起沙风的月平均风速在 5.3～7.3 m/s 变动,变幅较大大,表明此区起沙风较不稳定。春季和夏季相对其他季节高一些,其中 7,8 月平均风速分别为 7.19 和 7.27 m/s,尽管冬季的月平均风速在 6.0 m/s 左右,但由于其出现频率太低,因此不足以表示整个月的起风情况。由图 2 可见，春、夏季节不仅有效起沙风发生的次数较多,而且风速较大,因此风沙活动频繁。相对来说,秋、冬季风沙活动则较弱。一年之中引起风蚀作用的风沙流活动多集中春季和夏季。因此在研究该区风沙流活动规律时应以春夏两季的风场作为主要分析目标。

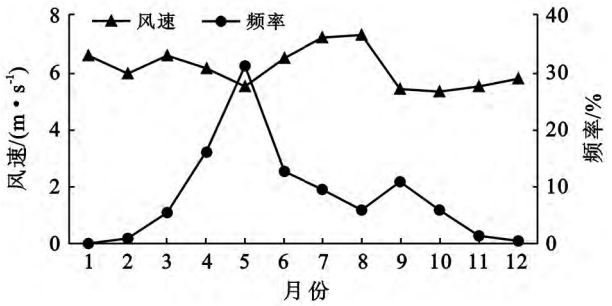


图 2 塔中地区 2006－2012 年气象站月均风速(有效起沙风)及频率

3.2 输沙势

输沙势(drift potential,DP)表示潜在的最大输沙量，在数值上以矢量单位(VU)表示[13]。罗盘 16 方向输沙势的合成方向与合成矢量,称作合成输沙方向(resultant drift direction,RDD)和合成输沙势(resultant drift potential,RDP)[14]。RDP/DP 称为方向变率指数,起沙风的方向变率越大,与它相关的 RDP/DP 越小。输沙势及合成输沙势是衡量一个地区风沙活动强度及风沙地貌演变的重要判断标准[15-17]。合成输沙方向决定一个地区风沙危害的方式[13]。

3.2.1 *输沙势的方向分布* 根据公式(1),计算塔中地区 2006—2012 年的输沙势。通过计算可以得到 2006—2012 年总输沙势为 1 595.1 VU,合成输沙势为 945.2 VU,合成方向为 47.9°,年平均输沙势为 227.4 VU,合成输沙势为 136.6 VU,合成方向为 47.7°,方向变频指数 RDP/DP 为 0.6。

2006—2012 年年平均输沙势集中在 N,NNE,NE,ENE,E 及 NNW 这 6 个风向上,输沙势为 183.9 VU 共计占到 80.70%,其中 NE,ENE,E 方向所占比重为 52%(图 3)。由于夏季的风向在 N,NNE 以及 NNW 方向上所占的频率为 41.29%,所以在这 3 个风向上的输沙势也比较大。在 SE,SSE,S,SSW 这 4 个方向上的输沙势最小,所占比重仅为 3.4%。由风向分布可以看出输沙势的分布和风向分布基本保持较好的相关性,即塔中地区的潜在输沙能力和风向分布基本保持吻合。

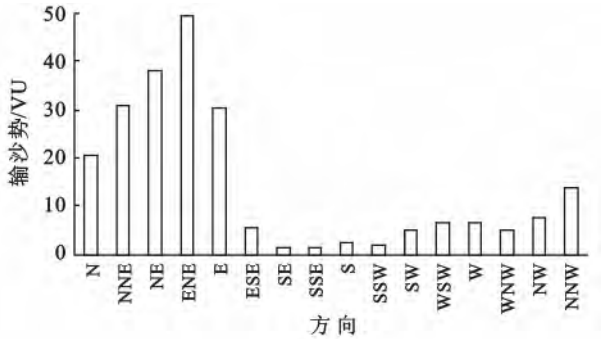


图 3 塔中地区 2006－2012 年不同方向的年平均输沙势

3.2.2 *输沙势的月分布* 塔中输沙势的月分布以 3—8 月为主,其中这 6 个月的的输沙势为 206.4 VU,占全年的总输沙势的 90.59%,合成输沙势为 123.3 VU,合成方向为 50.25°。1,2,12 月最小,仅占全年的 0.41%(图 4),即输沙势主要集中在春夏季。合成输沙势春季最大(3,4,5 月),年平均为 123.7 VU,夏季(6,7,8 月)其次,年平均为 82.3 VU,冬季(1,2,12 月)最少仅为 1.1 VU。这与李红军等[6]对整个新疆输沙势的分析所得到的结果是一致的。从表 2 中可以看出方向变频指数,冬季最大,其次是夏季,春秋的方向变频指数基本相同。通过 4 个季节及全年的 RDP/DP 指数可以得出整个塔中的起沙风的方向变频较小。

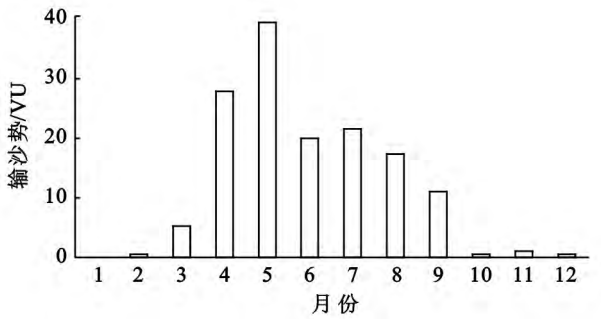


图 4 塔中地区合成输沙势的年内变化

3.2.3 *输沙势的季节分布* 由表 2 可见,春季输沙势为 123.7 VU,合成输沙势为 71.3 VU,合成输沙方向为 31°。风向变率指数为 0.58,说明春季风况较为简单。统计结果显示,春季 NE,ENE,E 这 3 个方向输沙

势分别为 18.4,38 和 25 VU,各占全季节输沙势的 14.9%,30.7%和 20.3%。分析风况可知,此季节塔中地区偏东北风风频率较高和风力较强,致使出现在这 3 个方向上风的输沙能力比其他方向明显偏大的状况。

表 2　2006－2012 年塔中地区输沙势的年均季节分布

季节	总输沙势/VU	合成输沙势/VU	合成方向/(°)	RDP/DP
春季	123.7	71.3	31.0	0.58
夏季	82.3	59.7	70.7	0.73
秋季	20.3	12.6	38.7	0.62
冬季	1.1	1.0	30.5	0.90

夏季输沙势为 82.3 VU,合成输沙势为 59.7 VU,合成输沙方向为 70.7°。风向变率指数为 0.73,说明风况较春季简单。夏季输沙方向主要集中在 N,NNE,NE 这 3 个方向上,输沙势分别为 15.4,21.9,16.3 VU,分别占全季的 18.8%,26.6%,19.8%塔中夏季偏东风方向输沙势明显减弱,仅占全季输沙势的 11.1% 。西北偏北方向的输沙势也较大,占全季的 10.9%。这说明塔中地区夏季北风和东北偏北方向风频率高,风力强劲,使偏北方向输沙势明显高于其他方向。

秋季输沙势为 20.3 VU,合成输沙势为 12.6 VU,合成输沙方向为 38.7°。风向变率指数为 0.62,说明风况比较简单。分析可知此季节风向分布和春季基本相同主要也以 NE,ENE,E 这 3 个方向为主,这 3 个方向输沙势为分别为 3.0,5.2 和 2.9 VU,分别占全季输沙势的 14.9%,25.5%,14.2%。虽然这 3 个方向的风频分布和春季基本一致,但是风力较春季明显下降,这是由于季节上的区别。

冬季输沙势与春,秋两季特点基本一致,只是风况更加简单,输沙势降低。冬季输沙势为 1.1 VU,合成输沙势为 1 VU,风向变率指数为 0.9,接近 1。分析可知,方向变率指数如此高,是因为此季 N,NNE,NE 这 3 个方向上的输沙势几乎占了全季输沙势的全部。这个 3 个方向输沙势为 1.07 VU,占此季输沙势的 93.5%。

春季和夏季是沙尘天气的高发季节,这与天气背景和环流形势密不可分。春季是过渡季节,是环流的调整时期,冷空气残余势力与暖空气相互消长,天气更替频繁,温度变化幅度较大,强天气系统移动速率很快,寒潮天气也频频出现,所以春季相对于其他季节风要更多、更强,沙尘天气发生更频繁。夏季近地面空气升温速度快,近地层的空气升温较慢,随高度递增形成一个温差很大的温度梯度层,造成垂直方向上的热对流不稳定,容易形成局地的沙尘天气。这与所得出来的结论是相吻合的。

以上可以说明,塔中地区春、夏、秋、冬 4 个季节的输沙势差异较大,但是输沙的方向都集中在了 N,NNE,NE 这 3 个方向上(如表 3 所示)。

表 3　塔中地区 2006－2012 年输沙势在不同方向的季节分布　　VU

方向	春季	夏季	秋季	冬季
N	3.8	15.4	0.9	0
NNE	7.0	21.9	2.4	0
NE	18.4	16.3	3.0	0.60
ENE	38.0	6.0	5.2	0.30
E	25.0	2.5	2.9	0.10
ESE	4.1	0.5	1.1	0
SE	0.9	0.5	0.1	0
SSE	1.1	0.4	0.1	0.02
S	0.5	2.1	0.1	0
SSW	1.1	0.4	0.4	0.01
SW	2.9	0.9	1.0	0.03
WSW	4.8	1.1	0.5	0.02
W	5.5	0.4	0.6	0
WNW	3.8	1.1	0.4	0
NW	3.1	3.7	0.7	0
NNW	3.8	8.9	1.0	0

3.2.4　输沙势的年际变化　在本研究所采用的 7 a 时间内,年输沙势最大值出现在 2006 年,为 298.2 VU;年输沙势最小值出现在 2012 年,为 189.6 VU。年合成输沙势最大值出现在 2006 年,为 160.2 VU;最小值出现在 2009 年,为 101.1 VU(图 5)。输沙势在 2006 年为最高值,在 2009 年为次高值,输沙势在 2006—2008 年和 2009—2012 年是逐年降低的。合成输沙势则最小值出现在 2009 年即从 2006—2009 年是呈逐年下降趋势,但从 2009—2012 年则呈上升趋势。2009—2012 年的年输沙势和年合成输沙势呈相反变化趋势,因此年输沙势与年合成输沙势没有直接联系。各年合成输沙方向介于 30°～53.1°,为偏东北方向。

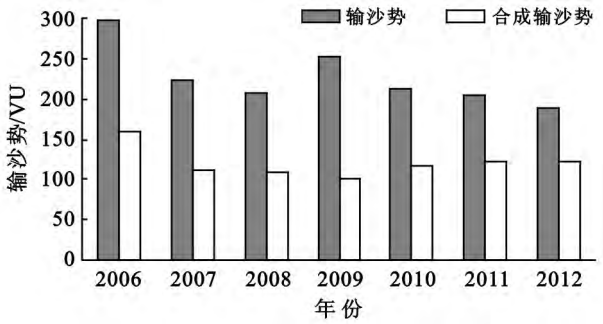


图 5　塔中地区 2006－2012 年输沙势和合成输沙势

4 结 论

(1) 塔中地区 2006—2012 年春、夏、秋、冬的风向分布主要以 ENE,NE 及 E 为主,这 3 个风向上所占的频率分别为 63.22%,39.54%,69.61%,93.33%,其中夏季除了在 ENE,NE 及 E 方向上所占的频率分布较大外,在 N,NNE 以及 NNW 方向上所占的频率为 41.29%。

(2) 输沙势的月份主要集中在 3—8 月的,输沙势为 206.4VU,占全年的总输沙势的 90.59%,合成输沙势为 123.3 VU,合成方向为 50.25°。1,2,12 月最小,仅占全年的 0.41%。合成输沙势春季最大,年平均为 71.3 VU,夏季其次,年平均为 59.7 VU,冬季最少仅为 1 VU。四季输沙势方向主要集中在 ENE,NE 及 E 方向上,和起沙风向有较好的吻合。

(3) 2006—2012 年年平均输沙势为 227.4 VU,合成输沙势为 136.6 VU,合成方向 51.83°,方向变频指数 RDP/DP 为 0.6。年输沙势最大值出现在 2006 年,为 298.2 VU;最小值出现在 2012 年,为 189.6 VU;和成输沙势最大值出现在 2006 年,为 160.2 VU;最小值出现在 2009 年,为 101.1 VU。合成年输沙方向介于 30°～53.1°,为偏东北方向。

(4) 春、夏、秋、冬 4 个季节的方向变频指数 RDP/DP 都相对较大,这说明塔中起沙风向的变频较小,风况较为单一。通过本文可以得出对塔中地区防护工程设计中,应重点考虑 ENE,NE 及 E 这 3 组风春夏季的输沙能力大小,并结合实际的沙源状况进行分析研究,以便能取得较好的防护效果。

[参 考 文 献]

[1] 徐海量,陈亚宁. 塔里木盆地风沙灾害危险性评价[J]. 自然灾害学报,2003,12(2):35-39.

[2] 钱正安,宋敏红,李万元. 近 50 年来中国北方沙尘暴的分布及变化趋势[J]. 中国沙漠,2002,22(2):106-111.

[3] 李振山,陈广庭. 塔克拉玛干沙漠起沙风状况[J]. 中国沙漠,1999,19(1):43-45.

[4] 王训明,陈广庭,韩致文,等. 塔里木沙漠公路沿线的起沙风与输沙强度 [J]. 中国沙漠,1997,17(2):168-172.

[5] 陈渭南. 塔克拉玛干沙漠的起沙风[J]. 地理学报,1994,49(3):205-211.

[6] 李红军,何清,杨青. 近 40 a 新疆输沙势的分析[J]. 中国沙漠,2004,24(6):707-710.

[7] 王训明,董治宝,陈广庭. 塔克拉玛干沙漠中部部分地区风沙环境特征[J]. 中国沙漠,2001,21(1):56-61.

[8] 张家武,陈广庭,陈发虎,等. 塔克拉玛干沙漠中部地区线形沙丘表面动力学过程[J]. 中国沙漠,1999,19(2):128-133.

[9] 李恒鹏,陈广庭. 塔克拉玛干沙漠腹地复合沙垄间地新月形沙丘的逆向演变[J]. 中国沙漠,1999,19(2):134-138.

[10] 杨兴华. 塔克拉玛干沙漠塔中地区春夏季沙粒运移及动力参数研究[D]. 乌鲁木齐:新疆师范大学,2009.

[11] Fryberger S G. Dune form and wind regime[C]// A Study of Global Sand Seas. 1979,1052:137-169.

[12] 李江风. 塔克拉玛干沙漠和周边山区天气气候[M]. 北京:科学出版社,2003:174-189,

[13] 张华,李锋瑞,李玉霖,等. 科尔沁沙地奈曼旗近 5 年来风况及合成输沙势[J]. 中国沙漠,2004,24(5):623-627.

[14] Edwin D Mcke. 世界沙海的研究[M]. 赵兴梁,译. 银川:宁夏人民出版社,1993:126-134.

[15] Bagnold R A. The Physical of Blown Sand and Desert dunes[M]. London: Methuen, 1941:265.

[16] Bullard J E. A note on the use of the Fryberger method for evaluating potential sand transport by wind[J]. Journal of Sedimentology Research, 1997,67(3):499-501.

[17] Sarre R D. Evaluation of aeolian sand transport equations using intertidal zone measurements[J]. Saunton Sands England Sedimentology, 1988,35(4):671-579.