

周成龙,杨兴华,杨帆,等. 基于野外试验对临界起沙风速的计算解析[J]. 干旱气象, 2018, 36(1): 90-96, [ZHOU Chenglong, YANG Xinghua, YANG Fan, et al. Analysis of Calculated Dust Emission Threshold Wind Speed Based on the Field Experiments[J]. Journal of Arid Meteorology, 2018, 36(1): 90-96], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2018)-01-0090

## 基于野外试验对临界起沙风速的计算解析

周成龙<sup>1</sup>, 杨兴华<sup>1</sup>, 杨帆<sup>1</sup>, 霍文<sup>1</sup>,  
钟昕洁<sup>2</sup>, 潘红林<sup>1</sup>, 何清<sup>1</sup>

(1. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 塔克拉玛干沙漠大气环境试验观测站, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 巴音郭楞蒙古自治州气象局, 新疆 库尔勒 841000)

**摘要:**利用塔克拉玛干沙漠腹地塔中地区的野外观测试验数据,通过STOUT建立的高斯时间分数等值方程计算不同时间步长所对应的临界起沙风速,探讨时间步长对计算临界起沙风速的影响,结果表明:(1)利用不同时间步长获取的临界起沙风速具有一定的差异,随着时间步长的缩小,临界起沙风速的获取越来越细化:当时间步长取28 d时,临界起沙风速 $u_t$ 为定值 $4.85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;当时间步长取1 d时, $u_t$ 平均值为 $4.63 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;当时间步长取12 h时,00:00—11:00(北京时,下同), $u_t$ 平均值为 $4.68 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,12:00—23:00, $u_t$ 平均值为 $4.58 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;当时间步长取6 h时,计算得到00:00—05:00、06:00—11:00、12:00—17:00和18:00—23:00各时间段的临界起沙风速平均值分别为4.46、4.74、4.50和 $4.36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。(2)观测期间,总沙尘水平通量为 $732.9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ ,风沙活动持续7 663 min。(3)将不同时间步长获取的临界起沙风速所对应的总沙尘水平通量、沙尘持续时间与观测值进行对比,总沙尘水平通量的计算值均明显高于观测值,时间步长取28 d时,风沙活动持续时间与观测值最接近。

**关键词:**临界起沙风速;时间间隔;塔克拉玛干沙漠

**文章编号:**1006-7639(2018)01-0090-07 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2018)-01-0090

**中图分类号:**P425

**文献标志码:**A

### 引言

土壤风蚀活动在干旱和半干旱地区时有发生<sup>[1]</sup>,它所产生的沙尘气溶胶是目前大气中气溶胶的主要来源<sup>[2]</sup>,并对全球物理、化学和生物循环有重要影响<sup>[3]</sup>。临界起沙阈值(临界起沙风速和临界摩擦速度)是衡量土壤可蚀性的重要指标<sup>[4-5]</sup>,是沙尘暴模式中起沙参数化方案所涉及的关键参数<sup>[6-7]</sup>,是区分对流起沙和跃移起沙过程的前提和关键<sup>[8]</sup>。

早期科研工作人员确定临界起沙风速大都基于风洞实验<sup>[9-11]</sup>,但是风洞实验不能完全真实体现野外的自然条件,因此开展野外观测试验,采用不同观测方法和手段对不同下垫面进行风蚀起沙观测研究、确定起沙临界阈值十分必要<sup>[12-13]</sup>。目前,野外

试验<sup>[14-16]</sup>、模式参数化<sup>[17-20]</sup>和统计学方法<sup>[21-24]</sup>是确定临界起沙阈值的3种主要方法。通过这3种方法得到的结果彼此间可以相互对比和校验,且野外试验的实测结果可以为改进起沙阈值的参数化方案提供基础。

基于野外观测试验,STOUT<sup>[12]</sup>建立了获取临界起沙阈值的方程,此方法实施简单易行且可以快速获得临界起沙风速,因此得到广泛应用。当然这种方法也存在一定的局限性,首先方程的成立须假定在均一定常湍流的理想条件下,风速脉动要符合正态分布;其次当跃移时间分数为0或1时将无法确定临界起沙风速;另外在实际应用中,当有降水或昆虫等误碰到传感器时,会使传感器产生错误的起沙信号。

此外,时间步长的选定对临界起沙风速的求解

收稿日期:2017-11-12;改回日期:2017-12-14

基金项目:国家自然科学基金“塔克拉玛干沙漠区域性和局地性沙尘暴天气的起沙阈值观测研究”(41405013)资助

作者简介:周成龙(1986—),男,助理研究员,硕士,研究方向为风沙物理。E-mail:592432611@qq.com。

通信作者:何清。E-mail:qinghe@idm.cn。

同样有重要影响,不同时间步长将决定其对应不同的临界起沙风速,因此本研究以2009年7月4—31日在塔克拉玛干沙漠腹地塔中地区开展的野外观测试验数据为基础,计算28 d、1 d、12 h和6 h时间步长所对应的临界起沙阈值,进而估算其相应的沙尘水平通量和风蚀活动持续时间并与实际观测值进行对比,探讨时间步长对计算临界起沙阈值的影响,初步给出获取临界起沙风速相对合理的时间步长。

## 1 研究区概况

塔克拉玛干沙漠是世界上沙尘主要源区之一,塔中地区位于塔克拉玛干沙漠中心(图1),距离沙漠边缘220 km左右,该地区地表由流沙覆盖,地表植被覆盖率极低且种类贫乏,群落结构简单。地貌以沙丘地貌为主,沙丘地貌表现为一系列线状的高大复合型纵向沙垄与垄间地相间分布,沙垄走向为NNE—SSW或EN—SW方向,相对高度为40~50 m。垄间平坦低地宽1~3 km,长2~5 km。高大沙垄的前缘分布有低矮的新月形沙丘和沙丘链<sup>[25]</sup>。根据塔中气象站多年整编观测资料显示,塔中地区年平均蒸发量达3 800 mm,而年平均降水量仅26 mm<sup>[26]</sup>;大风和沙尘是这里的主要天气现象,年平均沙尘暴天数为16 d<sup>[27]</sup>,年平均沙尘指数高达235<sup>[28]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 试验设备

试验设备位于塔中地区裸露平坦沙地(图2),包括2 m高度气象塔(WAA151; Vaisala, Vantaa, Finland),观测项目主要包括近地面风、温、湿等主要气象要素;2 m高度BSNE(big spring number

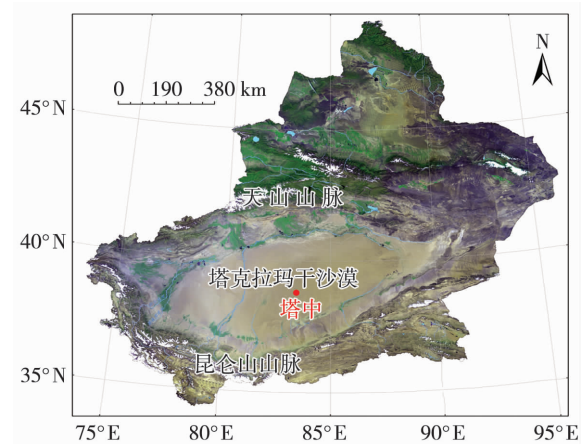


图1 塔中地区地理位置示意图

Fig. 1 The location of Tazhong area

eight)集沙仪,集沙盒的安装高度为0.05、0.1、0.2、0.5、1.0、2.0 m;近地表沙粒跃移由Sensit-HLIN型压电传感器(Sensit; Redlands, CA, USA)监测,传感器的感应头安装高度距离地表0.05 m。其工作原理是当地表跃移沙粒撞击在传感器感应头上时,感应器就会发出一个脉冲信号,数据采集器则会记录此信号,记为监测到一颗跃移沙粒。气象要素及沙粒跃移运动数据记录步长为1 s,然后根据研究需要再处理成分钟或小时数据。研究选取2009年7月4—31日野外试验观测数据。Sensit-HLIN型压电传感器虽然可以记录监测到的跃移撞击颗粒数,却不能获取跃移起沙量,YANG等<sup>[29]</sup>利用BSNE集沙仪获取的沙尘水平通量数据和压电式跃移传感器0.05 m处沙粒跃移撞击数拟合出二者在沙尘天气过程的输沙关系,因此利用沙粒跃移撞击数可以估算出沙尘水平通量的观测值。

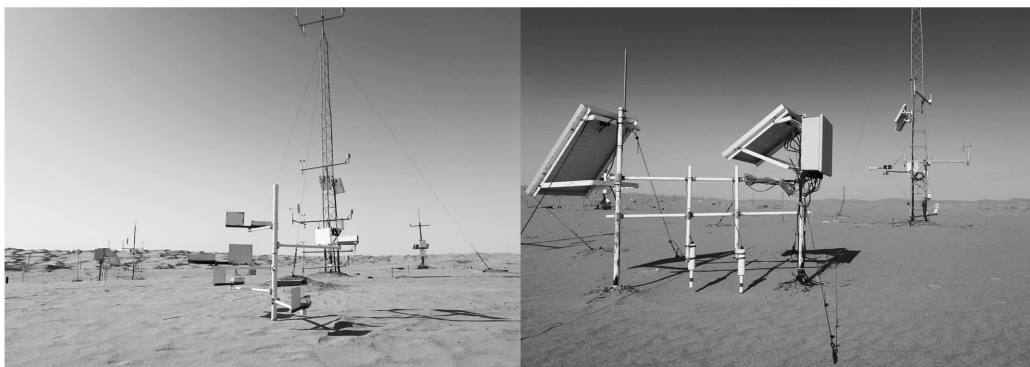


图2 塔中野外试验观测场

Fig. 2 The site of the field experiments in Tazhong area

### 2.2 数据分析

STOUT<sup>[12]</sup>通过野外观测试验建立了高斯时间分数等值方程来获取临界起沙风速 $u_1$ :

$$u_1 = \bar{u} - \sigma \cdot \Phi^{-1}(\gamma) \quad (1)$$

式中: $\bar{u}$ 为平均风速; $\sigma$ 为风速标准差; $\gamma$ 为沙粒跃移时间分数; $\Phi^{-1}(\gamma)$ 为 $\gamma$ 的正态分布反函数。

水平沙尘通量计算公式<sup>[30]</sup>为:

$$Q = \frac{Ecpu_*^3}{g} \left[ 1 - \left( \frac{u_{*1}}{u_*} \right)^2 \right] \quad (2)$$

式中: $E$ 为地表风蚀率; $u_*$ 为摩擦速度, $u_{*1}$ 为临界摩擦速度; $g$ 为重力加速度( $9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ); $\rho$ 为空气密度( $1.03 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ); $c$ 为常数(0.8)。

临界起沙风速  $u_i$  的计算公式如下<sup>[9]</sup>:

$$u_i = \frac{u_{*1}}{k} \ln \frac{z}{z_0} \quad (3)$$

式中: $u_{*1}$ 为临界摩擦速度; $k$ 为卡曼常数(0.4); $z$ 为高度(2.0 m); $z_0$ 为动力学粗糙度( $3.265 \times 10^{-3} \text{ m}$ )。

### 3 结果与分析

#### 3.1 天气实况

图3为塔中地区2009年7月4—31日风速、气温、相对湿度、水汽压以及水平沙尘通量分钟变化情况。由沙尘水平通量分布看出,观测期间研究区每天都有风沙活动,其中强风沙活动发生在7月6—10日、17日、20日、23—24日和27—30日。1 min最大沙尘水平通量出现在17日13:30(北京时,下同),为 $1.01 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ 。可以看出,当风速大、温度高、相对湿度和水汽压较小的情况下更易发生风沙活动。

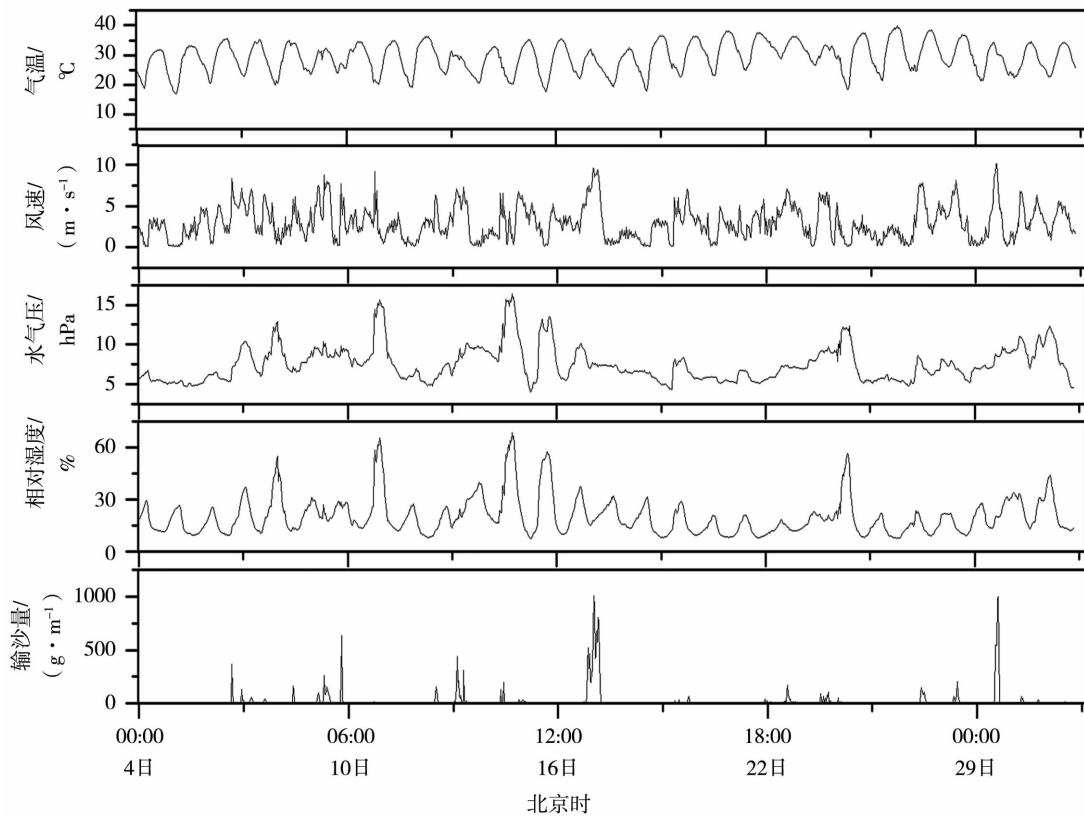


图3 2009年7月4—31日塔中地区气象要素及水平沙尘通量的分钟演变

Fig. 3 The minutely evolution of meteorological elements and horizontal dust flux from 4 to 31 July 2009 in Tazhong area

#### 3.2 临界起沙风速

临界起沙风速是研究风沙运动规律、解决风沙工程问题的关键指标之一,它随着地表和大气环境等要素的改变而变化,因此对其准确求解非常困难,理论上变值比定值更准确。过往的研究大多用定值作为研究区的临界起沙风速阈值<sup>[17,19,22-23,31]</sup>。图4为时间步长分别设定为28 d、1 d、12 h和6 h时所获取的临界起沙风速的分布,所得临界值有定值和变值两种形式。利用不同时间步长获取的临界起沙风速具有一定的差异,且结果随着时间间隔的缩小更加细化。

当时间步长设定为28 d时,临界起沙风速的获取最为简单且为定值 $4.85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。当时间步长设定为1 d时,可以得到临界起沙风速的日分布情况, $u_i$ 为 $3.03 \sim 5.62 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,强风沙活动时得到的临界起沙风速大都处在极大值。用STOUT建立的方程获取临界起沙风速时,风速是重要参数,风速大时获取的临界起沙风速就越大,由此可知当沙粒跃移时间分数为1时此方法不适用。当时间步长设定为12 h时,分别计算求解00:00—11:00和12:00—23:00的临界起沙风速:00:00—11:00, $u_i$ 为 $3.69 \sim 5.77 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,其中5、12、14、18、25和26日在此时

间段未出现风沙活动,因此临界起沙风速无法获取; 12:00—23:00,  $u_c$  介于 3.14 ~ 5.59  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 其中仅 10 日未出现风沙活动而无法获取临界起沙风速。当时间步长设定为 6 h 时, 计算得到 00:00—05:00、06:00—11:00、12:00—17:00 和 18:00—23:00 各时间段的临界起沙风速分别为 0.84 ~ 6.28、3.26 ~ 5.96、3.40 ~ 5.82 和 1.88 ~ 5.98  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 其中未发生风沙活动而无法获取临界起沙风速的次数分别为 15、6、1 和 1 次。

### 4 讨论

基于以上所获得的临界起沙风速, 估算沙尘水平通量和风沙活动的持续时间并与实际观测值进行对比, 初步给出临界起沙风速相对合理的时间间隔。

#### 4.1 沙尘水平通量

图 5 为基于不同时间步长取得的临界起沙风速估算 30 min 沙尘水平通量和观测值的对比。可以看出, 观测的总沙尘水平通量为 732.9  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ ,

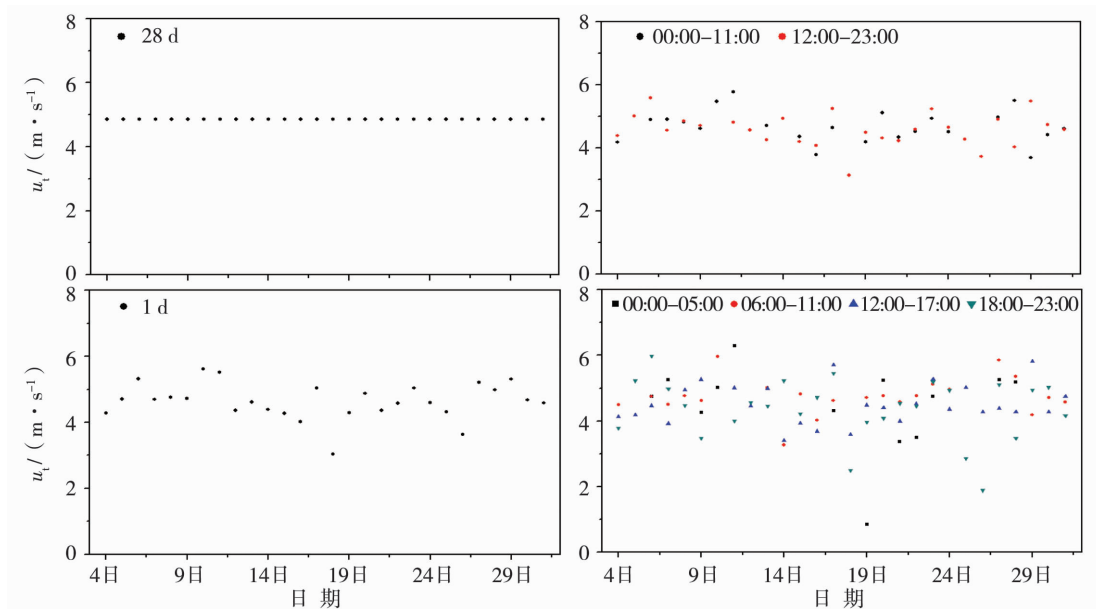


图 4 时间步长为 28 d、1 d、12 h 和 6 h 时所对应的临界起沙风速

Fig. 4 The threshold of sand - moving wind speed calculated with time steps of 28 - day, 1 - day, 12 - hour and 6 - hour

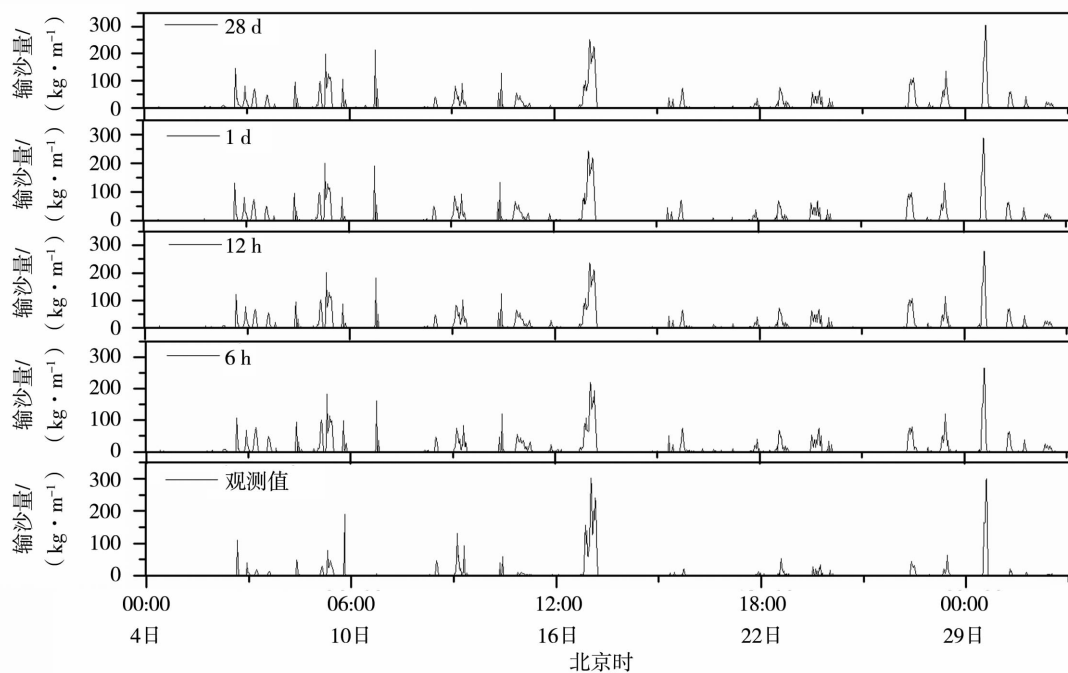


图 5 不同时间步长所得临界起沙风速对应的 30 min 沙尘水平通量计算值与观测值的对比

Fig. 5 Comparison of 30 - min observed horizontal dust flux and calculated values with different thresholds of sand - moving wind speed corresponding to different time steps

30 min最大沙尘水平通量为  $30.2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ , 出现在 17 日 13:30。

当  $u_c$  的计算步长取 28 d、1 d、12 h 和 6 h 时, 得到的总沙尘水平通量分别为 1 299.4、1 311.9、1 304.0 和 1 188.9  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ 。计算所得的总沙尘水平通量都明显高于实际观测值, 总沙尘水平通量的计算值与观测值最小相差达  $456.0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ , 最大值与观测值相差  $579.0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ 。观测期间, 7 月 6—10 日、17 日、20 日、23—24 日和 27—30 日出现强风沙活动, 沙尘水平通量观测值累计  $631.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ ;  $u_c$  的时间步长为 28 d、1 d、12 h 和 6 h 时, 计算得到的累计沙尘水平通量分别为 1 076.8、1 033.1、1 025.6、945.3  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ 。综上所述, 整个观测期和强风沙活动期间, 沙尘水平通量的估算值虽然在时间步长取 6 h 时与实际观测值最接近, 但均明显高于实际观测值。

$u_c$  的计算时间步长取 28 d、1 d、12 h 和 6 h 时所

得的 30 min 最大沙尘水平通量分别为 30.3、28.6、27.9 和  $26.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ , 均出现在 7 月 29 日 14:30, 与实际观测得到的最大值并不相符, 但 7 月 29 日 14:30 观测的 30 min 沙尘水平通量为  $29.3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ , 观测值与计算值基本相符。利用公式(2)计算沙尘水平通量时, 风速为主要考虑的影响因素且与沙尘水平通量呈正相关关系, 观测期间最大风速 ( $10.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 出现在 7 月 29 日 14:30, 因此, 沙尘水平通量计算值的最大值出现在此时刻。同时说明, 除风速外其他因素对沙尘水平通量同样有一定影响。

图 6 为基于不同时间步长取得的临界起沙风速估算的沙尘水平通量和观测值之间的相关关系。可以看出, 当  $u_c$  的计算时间步长取 28 d、1 d、12 h 和 6 h 时, 所得沙尘水平通量与观测值之间的相关系数  $R^2$  分别为 0.77、0.75、0.75 和 0.77。因此计算值与观测值之间相关性均较好。

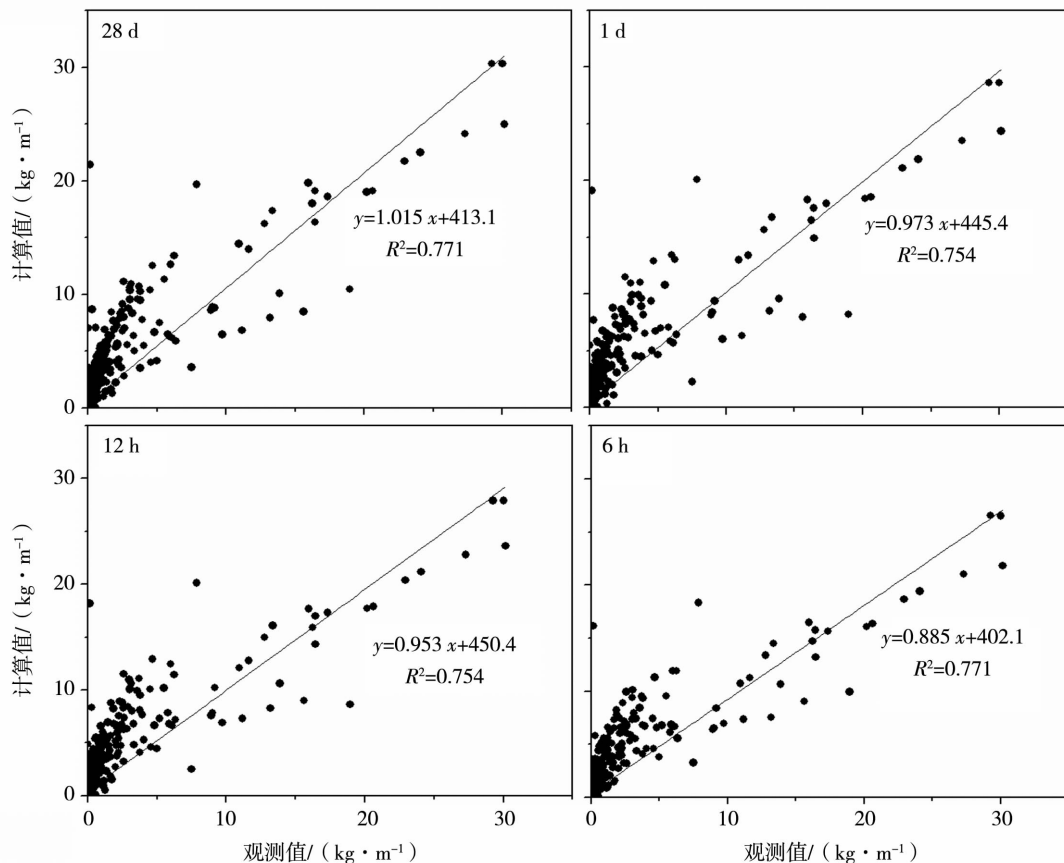


图 6 不同时间步长所得临界起沙风速对应的 30 min 沙尘水平通量观测值与计算值之间的相关性

Fig. 6 The correlation between observed and calculated values of 30 min horizontal dust flux based on the thresholds of sand-moving wind speed with different time steps

#### 4.2 风沙活动持续时间

7 月 4—31 日观测期间 (40 320 min), 在不同风

速下实际共出现风沙活动 7 663 min。在判断起沙过程时, 若由估算的临界起沙风速判定出现风沙活

动,而实际观测没有出现,记为误判1;若由估算的临界起沙风速判定没有出现风沙活动,而实际观测出现风沙活动,记为误判2;若二者情况一致,则记为判断正确。

由表1可知,当 $u_c$ 的计算时间步长取28 d时,风沙活动共持续7 728 min,其中6 042 min与实况相符,正确率为78.2%;误判1出现1 621 min,概率为21.8%;误判2出现1 686 min,概率为21.2%。当 $u_c$ 的计算时间步长取1 d时,风沙活动共持续8 211 min,其中6 208 min与实况相符,正确率为75.6%;误判1出现2 003 min,概率为24.4%;误判2出现1 455 min,概率为19.0%。当 $u_c$ 计算时间步长取12 h时,风沙活动共持续8 281 min,其中6 322 min与实况相符,正确率为76.3%;误判1出现1 959 min,概率为23.7%;误判2出现1 341 min,概率为17.5%。当 $u_c$ 的计算时间步长取6 h时,风沙活动共持续7 986 min,其中6 185 min与实况相符,正确率为77.4%;误判1出现1 801 min,概率为22.6%;误判2出现1 478 min,概率为19.3%。

综上所述,4个时间步长所得的估值都有各自的优缺点,当时间步长取28 d时,误判2出现的概率最高,而时间步长取12 h时最低;时间步长取1 d时,误判1出现概率最高,时间步长取28 d时其最低。风沙持续时间,当 $u_c$ 的计算时间步长取28 d时,估算结果与实际观测值最为接近,时间步长取6 h次之,其他2个时间步长,二者估算结果几乎相同。

28 d、1 d、12 h和6 h时间步长对应的临界起沙风速估算风沙持续活动时间时,出现误判1的沙尘水平通量分别为68.0、71.1、72.4和59.9  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ ;出现误判2的沙尘水平通量分别为8.8、8.6、7.8和9.3  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ 。结合总沙尘水平通量,当风沙活动持续时间判定正确时产生的沙尘水平通量依然明显高于实际观测值。

表1 不同时间步长对应的临界起沙风速估算的风沙活动持续时间

Tab.1 The duration of sand-moving estimated according to the thresholds of sand-moving wind speed calculated with different time steps

	单位: min			
	28 d	1 d	12 h	6 h
误判1	1 686	2 003	1 959	1 801
误判2	1 621	1 455	1 341	1 478
正确	6 042	6 208	6 322	6 185
风沙活动	7 728	8 211	8 281	7 986

## 5 结论

(1)时间步长分别设定为28 d、1 d、12 h和6 h时所获取的临界起沙风速有定值和变值两种形式。当时间步长设定为28 d时,临界起沙风速 $u_c$ 为定值4.85  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;当时间步长设定为1 d时, $u_c$ 在3.03~5.62  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间;当时间步长设定为12 h时,00:00—11:00, $u_c$ 为3.69~5.77  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而12:00—23:00时段 $u_c$ 在3.14~5.59  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间;当时间步长设定为6 h时,00:00—05:00、06:00—11:00、12:00—17:00和18:00—23:00各时间段的临界起沙风速分别为0.84~6.28、3.26~5.96、3.40~5.82和1.88~5.98  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

(2)观测期间,总沙尘水平通量观测值为732.9  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ 。当计算 $u_c$ 的时间步长取28 d、1 d、12 h和6 h时,得到的总沙尘水平通量为1 299.4、1 311.9、1 304.0和1 188.9  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ ,与观测值之间的相关系数 $R^2$ 分别为0.77、0.75、0.75和0.77。

(3)观测期间,不同风速下实际共发生风沙活动7 663 min。当计算 $u_c$ 的时间步长取28 d、1 d、12 h和6 h时,估算风沙活动分别持续7 728、8 211、8 281和7 986 min。

### 参考文献:

- [1] HOFFMANN C, FUNK R, WIELAND R, et al. Effects of grazing and topography on dust flux and deposition in the Xilingele grassland, Inner Mongolia[J]. Journal of Arid Environments, 2008,72(5):792-807.
- [2] SHAO Y. Physics and modeling of wind erosion[M]. Netherland: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [3] SHAO Y P, WYRWOLL K, CHAPPELL A, et al. Dust cycle: An emerging core theme in Earth system science[J]. Aeolian Res, 2011,2(4):181-204.
- [4] FRYEAR D, BILBRO J, SALEH A, et al. RWEQ: Improved wind erosion technology[J]. Soil Water Conserv, 2000,55:183-189.
- [5] 朱好,张宏升. 沙尘天气过程临界起沙因子的研究进展[J]. 地球科学进展,2010,26(1):30-38.
- [6] LETTAU K, LLETTAU H H. Experimental and micrometeorological studies of dune migration//In: Lettau K, Lettau H H. (eds). Exploring the world's driest climate. University of Wisconsin INSTITUTE of Environmental Science, Madison, WI, USA,1978:110-147.
- [7] MARTICORENA B, BERGAMETTI G. Modeling the atmospheric dust cycle. I. Design of a soil-derived dust emission scheme[J]. Journal of Geophysical Research, 1995,100(D8):16415-16430.
- [8] LI X L, KLOSE M, SHAO Y, et al. Convective turbulent dust emission (CTDE) observed over Horqin Sandy Land area and validation of a CTDE scheme[J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 2014,119(16):9980-9992.

- [9] BAGNOLD R A. The physics of blown sand and desert dunes[M]. London: Methuen, 1941.
- [10] NICKLING W G. The initiation of particle movement by wind[J]. Sedimentology, 1988, 35:499-511.
- [11] IVERSEN J D, RASMUSSEN K R. The effect of surface slope on saltation threshold[J]. Sedimentology, 1994, 41(4):721-728.
- [12] STOUT J E. A method for establishing the critical threshold for aeolian transport in the field[J]. Earth Surface Processes and Landforms, 2004, 29(10):1195-1207.
- [13] STOUT J E, ZOBECK T M. The Wolforth field experiment: A wind erosion study[J]. Soil Science, 1996, 161(9):616-632.
- [14] STOUT J E, ZOBECK T M. Intermittent saltation[J]. Sedimentology, 1997, 44(5):959-970.
- [15] STOUT J E. Effect of averaging time on the apparent threshold for Aeolian transport[J]. Journal of Arid Environments, 1998, 39(3):395-401.
- [16] WIGGS G F S, ATHERTON R J, BARID A J. Thresholds of aeolian sandtransport: Establishing suitable values[J]. Sedimentology, 2004, 51(1):95-108.
- [17] 申彦波, 沈志宝, 杜明远, 等. 风蚀起沙的影响因子及其变化特征[J]. 高原气象, 2005, 24(4):611-616.
- [18] 申彦波, 沈志宝, 杜明远, 等. 西北地区戈壁和绿洲风蚀起沙(尘)的研究[J]. 中国环境科学, 2004, 24(4):390-394.
- [19] 王鹏祥, 孙兰东, 岳平, 等. 盐池地区沙尘暴期间风沙运动若干特征研究[J]. 中国沙漠, 2007, 27(6):1077-1079.
- [20] 雷航, 林朝晖, 孙建华. 一个改进的沙尘天气数值预测系统及其模拟试验[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(3):669-683.
- [21] 周成龙, 杨兴华, 钟昕洁, 等. 塔克拉玛干沙漠腹地沙尘天气特征[J]. 干旱区研究, 2017, 34(2):324-329.
- [22] 朱好, 张宏升. 中国西北不同沙源地区起沙阈值的对比分析与研究[J]. 气象学报, 2010, 68(6):977-984.
- [23] 李晓岚, 张宏升. 内蒙古科尔沁沙地起沙近地层动力学阈值的试验研究[J]. 高原气象, 2012, 31(1):38-46.
- [24] 李晓岚, 张宏升. 内蒙古科尔沁沙地临界起沙阈值的范围确定[J]. 气象学报, 2016, 74(1):76-88.
- [25] 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.
- [26] 周成龙, 杨兴华, 霍文, 等. 塔克拉玛干沙漠腹地降水特征[J]. 中国沙漠, 2017, 37(2):343-348.
- [27] 周成龙, 钟昕洁, 张仕明, 等. 塔克拉玛干沙漠腹地与周边地区降水及风沙环境对比分析[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(2):117-122.
- [28] 元天刚, 陈思宇, 康丽泰, 等. 1961—2010年中国北方沙尘源区沙尘强度时空分布特征及变化趋势[J]. 干旱气象, 2016, 34(6):927-935.
- [29] YANG X H, HE Q, MAMTIMIN A, et al. Near-surface sand-dust horizontal flux in Tazhong—the hinterland of the Taklimakan Desert[J]. J Arid Land, 2013, 5(2):199-206.
- [30] OWEN P R. Saltation of uniform grains in air[J]. Journal of Fluid Mechanics, 1964, 20(2):225-242.
- [31] 杨兴华, 何清, 艾力·买买提明. 塔克拉玛干沙漠塔中地区春夏季风蚀起沙研究[J]. 中国沙漠, 2010, 30(4):770-776.

## Analysis of Calculated Dust Emission Threshold Wind Speed Based on the Field Experiments

ZHOU Chenglong<sup>1</sup>, YANG Xinghua<sup>1</sup>, YANG Fan<sup>1</sup>, HUO Wen<sup>1</sup>,  
ZHONG Xinjie<sup>2</sup>, PAN Honglin<sup>1</sup>, HE Qing<sup>1</sup>

(1. Institute of Desert Meteorology, CMA, Taklimakan Experimental Observation Station of Desert Atmosphere and Environment, Urumqi 830002, China; 2. Meteorological Bureau of Bayingolin Mongolian Autonomous Prefecture, Korla 841000, Xinjiang, China)

**Abstract:** Based on the observations from field experiments in Tazhong area that located in the hinterland of the Taklimakan Desert, the dust emission threshold wind speeds ( $u_t$ ) with different time steps were calculated based on the Gaussian time fraction equivalence equation established by Stout, and the influence of time step on calculating dust emission threshold wind speed was discussed. Results are as follows: (1) There was some difference for dust emission threshold wind speeds when they were calculated with different time steps. As time step was shortened, the  $u_t$  became more and more detailed. The  $u_t$  was a constant when time step was 28-day, the value of it was  $4.85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . The average  $u_t$  was  $4.63 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  when time step was one day. when time step was 12-hour, the average  $u_t$  was  $4.68 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  during 00:00-11:00 BST, while it was  $4.58 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  during 12:00-23:00 BST. When time step was 6-hour, the average  $u_t$  was  $4.46 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  during 00:00-05:00 BST, and it was 4.74, 4.50, 4.36  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  during 06:00-11:00 BST, 12:00-17:00 BST, 18:00-23:00 BST, respectively. (2) The observed total horizontal dust flux was  $732.9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ , and the duration of sand moving was 7 663 minutes. (3) The estimated values of total horizontal dust flux and the duration of sand moving with the observations were compared respectively, it showed that the calculations of total horizontal dust flux were all overestimated, and the duration of sand moving based on the dust emission threshold wind speed calculated with time step of 28 days was more close to the observation.

**Key words:** dust emission threshold wind speed; time step; Taklimakan Desert