

康永德,杨兴华,霍文,等.沙尘天气下输沙率的野外观测与分析[J].沙漠与绿洲气象,2019,13(1):63-69.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2019.01.009

# 沙尘天气下输沙率的野外观测与分析

康永德<sup>1</sup>,杨兴华<sup>1</sup>,霍文<sup>1</sup>,杨帆<sup>1</sup>,何清<sup>1,2\*</sup>,买买提艾力·买买提依明<sup>1</sup>

(1.中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所,新疆 乌鲁木齐 830002;

2.新疆维吾尔自治区气象台,新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘要:**2014年7月—2014年8月借助风速仪、微梯度集沙仪,通过野外监测系统获取的试验数据,对塔中地区2014年7月—2014年8月沙尘天气过程中贴地层输沙率进行分析,得出:0~85 mm高度内,随着风速的增大,35~85 mm无论是绝对的输沙量还是相对的输沙量都减少。0~85 mm高度内,各层输沙率最大值均出现在风速为8 m·s<sup>-1</sup>左右,波动较为显著;最小值出现在6.5 m·s<sup>-1</sup>左右,波动不明显;沙尘天气中,输沙率最大值出现在5~15 mm高度,最小值出现在35~85 mm高度。扬沙天气中,风速>9.2 m·s<sup>-1</sup>时,输沙率最大值在0~5 mm处。沙尘暴天气,拐点风速为7.5 m·s<sup>-1</sup>,<7.5 m·s<sup>-1</sup>时,输沙率增加不显著,>7.5 m·s<sup>-1</sup>时,输沙率增加显著。通过微梯度集沙仪获得的上述试验数据是风沙工程的一个极重要工程参数,具有重要的实践意义。

**关键词:**跃移;近地层;输沙率;塔克拉玛干沙漠

**中图分类号:**P445;P425\*5 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-0799(2019)01-0063-07

新疆是中国土地荒漠化面积最大的省区,也是风沙危害最严重的地区,风蚀荒漠化土地面积达 839 393.1 km<sup>2</sup><sup>[1]</sup>,因而,开展风沙运动研究,摸清输沙率运移特征,为防沙减灾及工农业生产提供沙尘天气预警服务工作是非常必要的。输沙率是指单位时间内通过单位面积被气流所搬运的沙量。输沙率代表一定风速条件及沙源条件下的地表输沙能力<sup>[2]</sup>,它不仅是衡量风蚀率的重要指标,也是决定土地风蚀化的重要因素,长期以来是风沙物理学研究的核心课题之一<sup>[3]</sup>。输沙率方面的研究主要集中在以下几方面:输沙率与风速之间关系的研究<sup>[4]</sup>,输沙率的理论计算<sup>[5]</sup>,植被覆盖率与风蚀输沙率之间的定量关系<sup>[6-9]</sup>与模型研究<sup>[10-11]</sup>。对于风速与输沙率的研究,尽管数值计算与模型可以提供更详细的信息,但野外观测仍是最可靠的研究方法<sup>[12]</sup>。例如,吴正等在研究新疆莎车布

谷里沙漠输沙率时发现,当风速显著地超过启动风速后,气流搬运的沙量急剧增加<sup>[13]</sup>。王训明对塔克拉玛干沙漠腹地的起沙风与输沙强度进行观测时发现流沙区不同地貌部位的输沙率与风速也呈幂函数关系,但沙丘顶部、沙丘迎风坡中部等部位又呈不同的规律<sup>[14-15]</sup>。赵景峰等<sup>[16]</sup>对塔中一井的输沙率进行了估算。何清、薛红等<sup>[17-18]</sup>对塔中地区沙尘天气过程的输沙特征进行了研究。杨兴华对塔克拉玛干沙漠风蚀输沙率进行了研究,得出对输沙率与风速关系的初步认识<sup>[19-20]</sup>。地处塔里木盆地的塔克拉玛干沙漠是我国最大的沙漠,也是我国的主要沙尘源区之一,对我国西北、华北及其周边地区的生产生活有着重要影响<sup>[21-22]</sup>。研究表明塔克拉玛干沙漠流动沙丘面积占到 85%左右,其余基本上为丘间平沙地。因此,研究这一区域近地表输沙率应以沙丘为主。然而,有关这一区域沙丘及丘间平沙地微梯度输沙率与风速间关系的研究尚少。本文利用塔中地区实测典型沙尘天气过程的输沙率数据,比较全面而深入地研究了 0~85 mm 内典型沙尘天气下的风速与输沙率的关系,以期为进一步认识微梯度风沙流结构的特征奠定基础。

收稿日期:2018-06-20;修回日期:2018-07-19

基金项目:国家自然科学基金项目(41875019)、国家自然科学基金(41375163)和2017自治区柔性人才引进项目(2017)共同资助。

作者简介:康永德(1989-),男,博士研究生,主要从事风沙灾害及治理研究。E-mail:2631310516@qq.com

通讯作者:何清(1965-),男,研究员,博士生导师,主要从事资源开发与环境灾害研究。E-mail:qinghe@idm.cn

### 1 研究区概况

塔中地处塔克拉玛干沙漠腹地，覆盖塔中气象站和塔中一井(83°39'E, 38°58'N)及其周边区域(图1)。该地区年平均气温 12.4 °C, 7月温度最高为 28.0 °C, 12月最低温度为 8.0 °C。年平均降水量约 25.9 mm, 蒸发量约 3 638.6 mm。塔中地区的沙尘天气发生频繁, 扬沙、浮尘年平均不少于 157 d, 沙尘暴年平均不少于 16 d, 临界起沙风速为 8.0 m·s<sup>-1</sup>, 起沙风向主要集中在 ENE、NE、NNE 和 E 方向<sup>[23]</sup>。周围是高大的复合型纵向沙垄与垄间平地相间排列, 沙垄的相对高度为 40~50 m, 高大沙垄的前缘分布有低矮的新月形沙丘和沙丘链, 线形沙丘分布其中, 长度约 400~500 m, 最长可达 2000 m 以上, 相对高度 3~5 m<sup>[24]</sup>。植被种类贫乏, 群落结构简单, 覆盖度极低。沙源单一, 粒径主要集中在 3Φ 左右的细砂和极细砂之间。

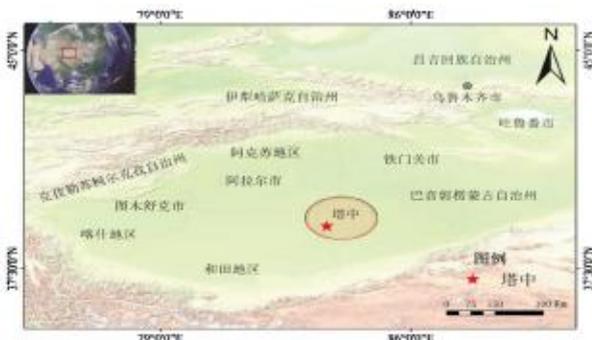


图1 塔中在塔克拉玛干沙漠中的位置

### 2 观测仪器及观测方法

集沙仪采用乌鲁木齐沙漠气象研究所研制的微梯度全方位旋转集沙仪<sup>[25]</sup>, 整体为嵌入式结构, 集沙仪主体埋入土壤中, 集沙口外露, 风翼可 360° 旋转, 共分 4 个高度, 依次为 0~5 mm、5~15 mm、15~35 mm、35~85 mm(图 2)。风速仪安装在距地表 50 cm 高程处, 测得的原始风速数据为 1 min 平均风速, 将其转化成 10 min 平均风速, 以 10 min 平均风速作为试验的真实风速数据。沙样采用微梯度集沙仪收集, 将沙尘天气过程细分为扬沙天气和沙尘暴天气, 每 10 min 收集一次沙样, 每一次观测结束后, 及时将集沙仪收集的沙物质装袋、分层称重。待整个试验结束, 进行数据整理, 运用 SigmaPlot12.5 软件对数据统计处理和制图。

### 3 结果与分析

#### 3.1 扬沙天气过程中不同风速的输沙率及风沙流



图2 微梯度集沙仪野外图片<sup>[25]</sup>

#### 结构

由表 1 可知, 0~85 mm 高度层内, 在风沙流中搬运的总沙量相近时, 随着高度的增加, 贴近床面的上层(35~85 mm)无论是绝对的输沙量还是相对的输沙量都减少, 中层(5~15 mm)则都增加, 下层(0~5 mm、15~35 mm)变化趋势保持一致, 输沙量处于二者之间。由此可看出风沙流结构中的特征值 λ 逐渐增大。这种情况与水挟沙中的一种情况类似, 当泥沙中的粘性细颗粒物含量较低, 整体体现散粒体泥沙特性, 该情况的泥沙运移形态有悬移运动和推移运动。而在这种情况下有研究表明: 输沙率不仅与运力条件有关, 而且还与沙粒粒径有关<sup>[26]</sup>。

风速不同, 各层输沙量亦不同(表 2)。随着风速的增大, 气流中的总输沙量依次增加, 85 mm 高度内各层的绝对输沙量都增加。这是因为, 随着风速的增大, 一方面增大了沙粒起跳的初速度, 另一方面也增加了沙粒起跳的概率, 所以使空中沙粒相的体积分数增加, 输沙率饱和值也随之增大<sup>[27]</sup>。同时, 随着风

表 1 扬沙天气过程中各高度层总输沙量/mm

日期	0~5	5~15	15~35	35~85
7月29日	6.08	16.04	5.9	4.4
7月30日	8.45	18.2	8.06	4.85
8月3日	5.93	15.91	5.77	4.4
8月13日	6.06	16.02	5.89	4.42
平均值	6.63	16.54	6.41	4.52

速的增大,各层输沙率达到饱和距离的位置也增大。造成这种现象的原因是:风速越大,在相同高度下,风速梯度越大,风场对沙粒的升力作用也越大,沙粒会在升力作用下飞到更高的位置才达到饱和;其次随着风速的增大,风场对沙粒的加速作用越大,对沙粒的长距离搬运越明显。由此得出,风速越大,风沙流输沙率达到饱和距离的位置更大<sup>[28]</sup>。

表 2 不同风速下各层输沙率/(g·cm<sup>-2</sup>·10 min)

风速/(m/s)	7.6	8.1	8.4	9.2	10.7	11.6
0~5 mm	8.25	13.65	14.77	42.27	50.47	52.7
5~15 mm	14.23	14.5	16.57	17.11	17.85	18.05
15~35 mm	7.91	12.79	15.44	38.81	42.26	48.29
35~85	4.98	5.8	6.33	11.01	12.5	12.9

分析各层输沙率,依旧呈不同规律(图 3)。风速区间为 6.5 ~8.2 m·s<sup>-1</sup>,随着风速的增大,各层输沙率波动比较明显且呈显著的升高趋势。最大值均出现在风速为 8.2 m·s<sup>-1</sup>左右,波动较为显著;最小值出现在 6.5 m·s<sup>-1</sup>左右,波动趋势平缓。5~15 mm 高度层与其他 3 层比较而言,输沙率增加趋势尤为明

显。由此发现,风速较小时,气流搬运沙的能力较弱,沙粒只能在较低的高度输送;风速较大时,气流搬运沙的能力增强,沙粒在风的作用下被输送到更高的地方,上层输沙量增加,使得沙粒的平均跃移高度增大。另外,35~85 mm,输沙率变化相比其它层平缓,是因为该层气流入射角增大,总沙量增加会使沙粒之间碰撞更加频繁,沙粒在碰撞过程中能量损失加大,只会大幅度降低沙粒搬运高度<sup>[29]</sup>。再者,该层输沙率与风速的关系更多取决于沙源供给量、粒径、植被覆盖度、地表地貌环境、风向变化等因素,结合塔中实际情况此变化属于正常。风速<6.5 m·s<sup>-1</sup>时,各层输沙率增加的速率明显较小,但 5~15 mm 处输沙率依然最高,0~5、15~35 mm 的输沙率极为接近且高于 35~85 mm 的输沙率。李钢铁<sup>[30]</sup>等人研究发现,当风速在 6.5~8.2 m·s<sup>-1</sup>时,随着风速的增大,0~2 cm 高度处的输沙率逐渐升高且在各层中所占比例最大,此结论与本文研究结果基本一致。随着风速的增大,35~85 mm 高度层输沙率所占比重相应减小,从 4.8 m·s<sup>-1</sup>时占 15.72%减至 6.3 m·s<sup>-1</sup>时占 13.2%,因为该层在风沙流运动过程中,沙粒浓度较大,输沙率随风速变化的空间有限,从而导致输沙率对风速变化的响应程度减弱。统计各高度层三次

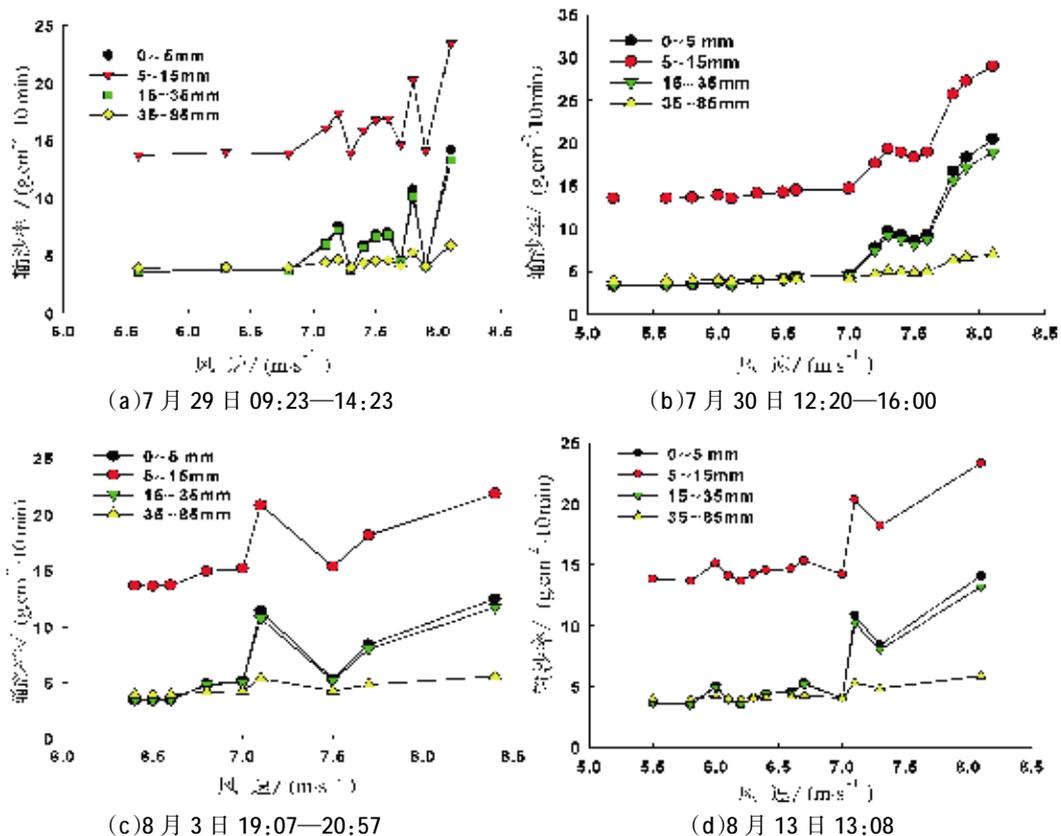


图 3 扬沙天气下各高度输沙率随风速的变化情况

平均输沙率(表1)发现,0~5 mm、5~15 mm、15~35 mm 高度层平均输沙率相近且与5~15 mm 高度层平均输沙率相差  $10 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot 10 \text{ min}$  左右。

综上所述,当风速 $< 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,风速对输沙率的影响高度主要在0~35 mm内。由于研究区四周被高大沙丘环绕,受高大沙丘抬升作用,气流线压缩,风速及摩擦风速增加,进而导致输沙率发生变异。因此,整个扬沙过程各高度输沙率可以真实地反映野外地表该沙粒输沙情况的细微变化。

### 3.2 沙尘暴天气过程中输沙率及风沙流结构

风速由  $7.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  增大至  $8.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  时,各层输沙率均为明显增加的趋势(图4),各层输沙率大小依次为:5~15 mm>0~5 mm>15~35 mm>35~85 mm,依然是5~15 mm 高度层输沙率最大。风速达到  $9.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  时,0~5 mm 输沙率发生突变,达到最大(表2),这是由于约80%的蠕移颗粒来自于暂时或永久性衰减的跃移颗粒,约20%来自于气力冲击启动的蠕移颗粒,而中等风速并不能使冲击作用显著,只有当风速

达到一定值时,随着跃移颗粒数增加和动能的增大,才能使冲击作用显著以及跃移颗粒转化的概率增加。由此推断,风速达到  $9.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  以上时,对0~5 mm、15~35 mm 的输沙率影响较大,对5~15 mm、35~85 mm 的输沙率影响较小。由于塔中地区具有“风热同步”现象,随着风速的增加,风沙流携带的能量有所增加,气流扰动开始加强,致使不同天气过程的输沙率不同<sup>[31]</sup>。

其中,7月16日、8月4日两次沙尘暴天气过程中各高层输沙率值大小为:5~15 mm>0~5 mm>15~35 mm>35~85 mm,7月31日各高度层的输沙率值大小为:0~5 mm>15~35 mm>5~15 mm>35~85 mm。风速 $< 7.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,0~5 mm 和15~35 mm 输沙率值相近;风速 $> 7.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,各层输沙率值逐渐拉开。随着风速的增加,在0~85 mm 高度层,0~35 mm 的输沙率变化最为剧烈,说明风速主要影响0~35 mm 高度层的输沙率,同时表明风沙流运动是一种贴近地表的沙样搬运过程<sup>[32]</sup>。

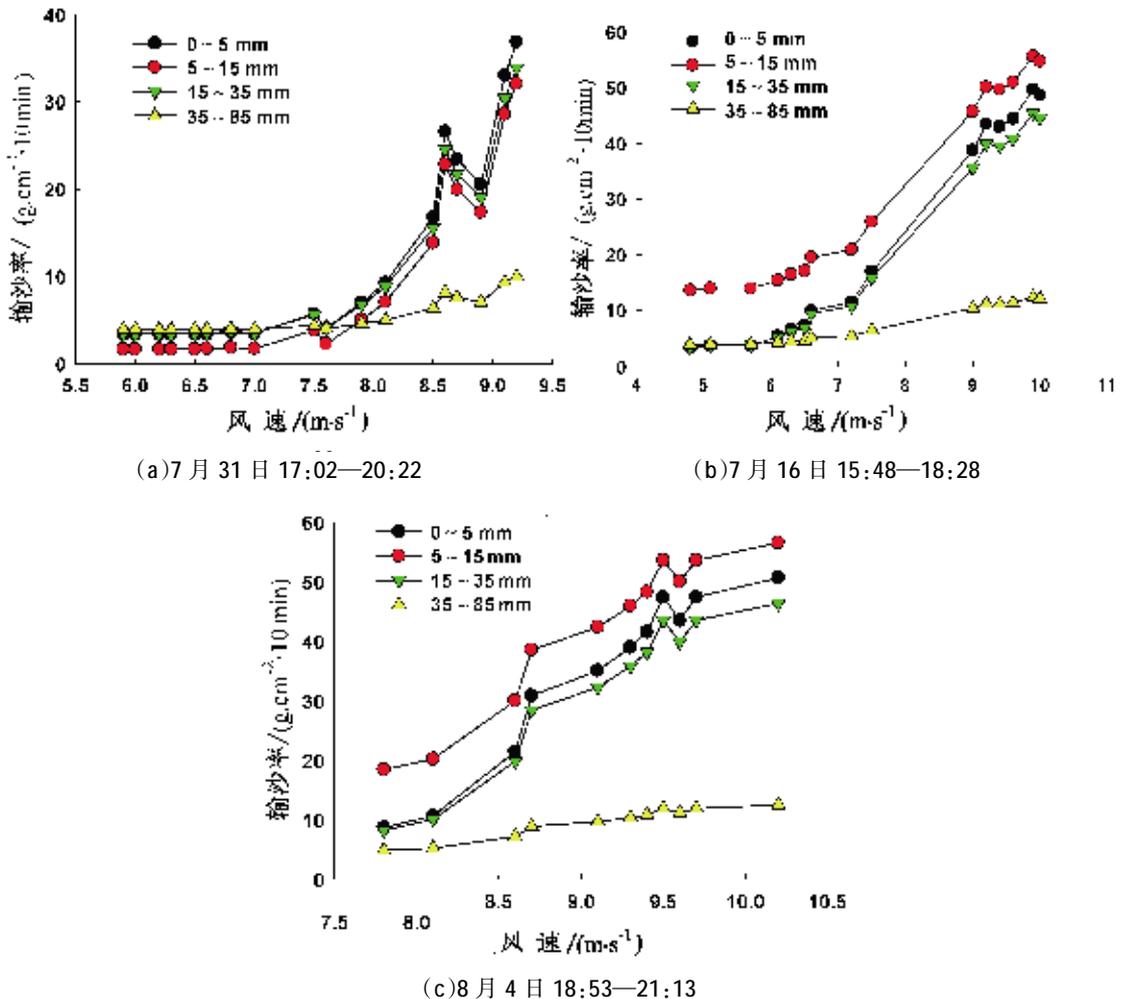


图4 沙尘暴天气各层输沙率随风速的变化情况

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

本研究采用微梯度全方位旋转集沙仪将研究高度、天气过程更精细化,试图找出新的规律。扬沙和沙尘暴天气过程中,各层输沙率随风速的变化趋势基本一致,且随着风速增大,输沙率也增大,风速<sup>[33-34]</sup>、沙源供应量<sup>[35]</sup>、下垫面状况<sup>[36-37]</sup>等因素均可通过影响地表输沙率而改变风沙流结构,它们不仅本身在发生变化,同时相互又具有促进与制约的关系。扬沙天气,起初输沙率最大值出现在5~15 mm高度,但风速达到 $9.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,输沙率最大值却出现在0~5 mm高度。地貌形态、地表起伏会导致沙粒跃移轨迹的改变,沿坡向上运动时,颗粒跃移高度小于平坦地表,风沙流下层输沙率相对增加,上层则相对减小。沙尘暴天气,输沙率最大值出现在5~15 mm高度,各层沙率若有突变,极可能出现在风速达到 $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以后,但在今后研究中有待继续观测。扬沙与沙尘天气中输沙率最小值出现在35~85 mm高度,风速小于 $6.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右时,扬沙天气中每层输沙率变化并不明显,沙尘暴天气则为风速 $<7.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右。对两种天气过程同风速下的输沙率进行比较,发现各层输沙率相差比较大,正如马世威<sup>[29]</sup>研究表明,在同风速下增加气流中的总沙量,会减弱气流搬运沙子的能力,从而降低砂粒的搬运高度,从而导致各层输沙率的多寡。由此可见,沙粒跃移高度与风速密切相关,在沙尘天气过程的不同时段内,受风速和沙源供给条件的影响,同一点风沙流结构和输沙量在不同时段内也会发生显著变化。塔中地区近地层沙粒发生跃移运动时,由于起跳初速度及起跃角较小,弹跳相对较低,分散在较低的空间<sup>[38]</sup>,然而贴地层气流所消耗的能量较少,使得跃移沙粒中绝大部分沙量被约束在贴地层。0~85 mm各层输沙率随高度变化规律基本一致,即随高度增加呈下降趋势,主要集中于贴地层0~35 mm,5~15 mm处最为突出,观测结果与朱震达<sup>[39]</sup>、Williams<sup>[40]</sup>多数颗粒在0~2 cm内传输且90%沙量在0~10 cm内传输的观测结果相似。鉴于输沙率受诸多因素影响,若要精确表示风速与输沙率的关系是相当困难的。因此,目前为止,实际研究中对输沙率的确定,一般仍采用集沙仪在野外直接观测,然后应用相关分析方法,得出特定条件下输沙率与风速之间的关系。野外观测试验所得的输沙率数据不仅有理论意义,而且是合理制定防止工矿、交通设施和居民点等不受沙埋的措施的主要依据,即是风沙工程设计的一个极重要工程参数,具有重

要的实践意义。

### 4.2 结论

(1) 0~85 mm高度层内,在风沙流中搬运的总沙量相近时,随着风速的增加,贴近床面的上层(35~85 mm)无论是绝对的输沙量、亦是相对的输沙量都减少。无论总输沙率有无变化,随着风速的增大,增加了沙粒搬运高度,使近床面气流中搬运的沙量都相对减少,处于未饱和状态,加强了沙质地表的可风蚀性。

(2) 各层输沙率最大值均出现在风速为 $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,波动较为显著,最小值出现在 $6.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,波动不明显;当风速 $<8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,风速对输沙率的影响高度主要在0~35 mm内。

(3) 沙尘天气中,输沙率随风速的增大而增加,主要集中于贴地层0~35 mm,但各层之间又有明显的波动变化,最大值出现在5~15 mm高度,最小值出现在35~85 mm高度。扬沙天气,风速 $>9.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,输沙率最大值在0~5 mm处。沙尘暴天气,各层输沙率变化趋势与扬沙天气相似,拐点风速为 $7.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , $<7.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,输沙率增加不显著, $>7.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,输沙率增加显著。

### 参考文献:

- [1] 刘新春.关于荒漠化研究几个问题的探讨[J].沙漠与绿洲气象,2007,1(1):27-31.
- [2] 张伟民,汪万福,张克存,等.不同沙源供给条件下砾石床面的风沙流结构与蚀积量变化风洞试验研究[J].中国沙漠,2009,29(6):1005-1010.
- [3] 夏建新,石雪峰,吉祖稳.植被覆盖条件下地表输沙率模型[J].应用基础与工程科学学报,2006,14(2):218-227.
- [4] 拜格诺,风沙和荒漠沙丘物理学[M].钱宁译.北京:科学出版社,1959:57-65.
- [5] 拓万全,杨根生.流动沙丘表面输沙率的理论计算方程[J].干旱区资源与环境,1996,10(4):50-54.
- [6] Wolfe S A, Nickeling W G. The protective role of sparse vegetation in wind erosion [J]. Progress in Physical Geography, 1993, 17(1):50-68.
- [7] Wasson R J, Nanina P M. Estimating wind transport of sand on vegetated surfaces [J]. Earth Surface Process and Landforms, 1986, N (11):505-514.
- [8] Buckley R. The effect of sparse vegetation on the dune sand by wind[J]. Nature, 1987, 325:426-428.
- [9] Land caster N, Baas A. Influence of vegetation on cover on sand transport by wind: field studies at Owens Lake, California [J]. Earth Surface Processes and Landforms, 1982, 23:69-82.
- [10] 黄福祥,牛海山,王明星,等.毛乌素沙地植被覆盖率与

- 风蚀输沙率定量关系[J].地理学报,2001,56(6),700-710.
- [11] 程皓,李霞,侯平,等.塔里木河下游不同植被覆盖度灌木防风固沙功能野外观测研究[J].中国沙漠,2007,27(6),1022-1026.
- [12] Living Stone I,Wiggs G F S, Weaver C M. Geomorphology of desert sand dunes, A review of recent progress[J].Earth Science Reviews,2007,80(3-4):239-257.
- [13] 吴正,凌裕泉.风沙运动的若干规律及风沙危害问题的初步研究[M].北京:科学出版社,1965:7-14.
- [14] 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.
- [15] 王训明,董志宝,陈广庭,等.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):55-61.
- [16] 赵景峰,李崇舜,何清,等.塔克拉玛干沙漠腹地塔中一井地区起沙风分析和输沙量的估算[J].干旱区地理,1995,18(3):40-47.
- [17] 何清,魏文寿,李祥余,等.塔克拉玛干沙漠腹地沙尘暴过境时近地层风速、温度和湿度廓线特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2008(6):6-11.
- [18] 薛红,胡列群,王旭.塔中地区沙尘暴天气气候学分析[J].新疆气象,1999,22(3):13-15.
- [19] 杨兴华,何清,丁国峰,等.塔克拉玛干沙漠腹地风蚀观测试验[J].沙漠与绿洲气象,2012,6(5):67-72.
- [20] 杨兴华,何清,霍文,等.沙漠地区不同下垫面近地表沙尘水平通量研究[J].干旱区研究,2014,31(3):564-569.
- [21] 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.
- [22] 李新周,刘晓东.21世纪中蒙干旱-半干旱地区干旱化趋势的模拟研究[J].干旱区研究,2012,29(2):262-272.
- [23] 金莉莉,塔克拉玛干沙漠腹地紫外辐射特征研究[D].新疆师范大学,2010.
- [24] 雷加强,王雪芹.塔里木沙漠公路风沙危害形成研究[J].干旱区研究,2003,20(1):1-6.
- [25] 何清,买买提艾力·买买提依明.一种地表微梯度集沙仪:中国,200923010758.[P].2009-9.
- [26] 徐宏明,张庆河.粉沙质海岸泥沙特性实验研究[J].泥沙研究,2000.(3):42-49.
- [27] 何艺峰,刘春雨,王志强,等.跃移层风沙输运数值模拟[J].环境科学与技术,2012(增刊):74-77.
- [28] 李志勇,李荫堂.近地层输沙率数值模拟研究[J].干旱区研究,2007,24(6):801-804.
- [29] 马世威.风沙流结构的研究[J].中国沙漠,1988,3(1):822.
- [30] 李钢铁.乌兰布和沙漠风沙流结构的研究[J].干旱区资源与环境,2004,18(1):276-278.
- [31] 张克存.戈壁风沙流结构和风速廓线特征的研究[J].水土保持研究,2005(2):55-58.
- [32] 张华.科尔沁沙地不同下垫面风沙流结构与变异特征[J].水土保持学报,2002,16(2):21-28.
- [33] Butterfield G R. Near-bed mass flux profiles in aeolian sand transport: high-resolution measurements in a wind tunnel [J].Earth Surface Processes and Land forms,1999,24(5):393-412.
- [34] 董玉祥,马骏.风速对海岸沙丘表面风沙流结构影响的实证研究[J].干旱区资源与环境,2009,23(9):179-183.
- [35] 张伟民,汪万福,张克存,等.不同沙源供给条件下砾石床面的风沙流结构与蚀积量变化风洞实验研究[J].中国沙漠,2009,29(6):1015-1020.
- [36] Lancaster N, Baas A. Influence of vegetation cover on sand transport by wind: field studies at Owens Lake, California [J].Earth Surface Processes and Land forms,1998,23(1):69-82.
- [37] 陈智,麻硕士,赵永来,等.保护性耕作农田地表风沙流特性[J].农业工程学报,2010,26(1):118-122.
- [38] 邹学勇,董光荣.戈壁风沙流若干特征研究[J].中国沙漠,1995,15(4):369-373.
- [39] 朱震达.中国沙漠、沙漠化、荒漠化及其治理的对策[C].北京:中国环境科学出版社,1999:108-136.
- [40] Williams G. Some aspects of the aeolian load [J]. Sedimentology,1964,3:257-287.

## Field Observation and Analysis of Sediment Transport Rate in Sand Dust Weather

KANG Yongde<sup>1</sup>, YANG Xinghua<sup>1</sup>, HUO Wen<sup>1</sup>, YANG Fan<sup>1</sup>, HE Qing<sup>1,2\*</sup>, Mamatali Mamtimin<sup>1</sup>

(1. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China;

2.Xinjiang Meteorological observatory, Urumqi 830002, China)

**Abstract** We made continuous observation experiments of the sediment transport rate in Tazhong district, which is in the Taklamakan Desert hinterland. We analyzed the movement rules in the conditions of the different wind speed in the typical weather. The experiments were done by using H11-sensit wind sensor, anemometer, and micro-gradient sand sampler from July to August in 2014. The results showed that: In the height of 0~85 mm, with the increase of wind speed, the absolute sediment transport volume and relative sediment transport volume of 35~85 mm are reduced. In the height of 0~85 mm, the maximum sediment transport rate in each layer appears at a wind speed of  $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , and the fluctuation is more significant; the minimum value appears at  $6.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , and the fluctuation is not obvious. In the dusty weather, the maximum sand rate occurs at a height of 5 to 15 mm, and the minimum value appears at a height of 35 to 85 mm. In the sand blowing weather, when the wind speed is greater than  $9.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , the maximum sediment transport rate is 0~5 mm. In the sandstorm weather, the wind speed at the inflection point is  $7.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , and when the wind speed is less than  $7.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , the sediment transport rate increases not significantly, and the sediment transport rate increases significantly when the wind speed is more than  $7.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . The above test data obtained by the micro-gradient sand collector is a very important engineering parameter for the design of wind-blown sand engineering, and has important practical significance.

**Key words** saltation; near formation; sediment transport rate; Taklimakan Desert