

1996—2008年塔中地区的风沙环境特征

杨兴华^{1,2},何清^{1,2},艾力·买买提明^{1,2},刘新春^{1,2},霍文^{1,2}

(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.塔克拉玛干沙漠大气环境观测试验站,新疆 塔中 841000)

摘要:对塔中气象站1996—2008年气象数据分析和野外观测试验及理论计算,结果表明:塔中地区地表沙源平均粒径约为 2.88φ ($136\mu\text{m}$),属于细砂、极细砂;年平均风速均在 $2.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下,近10年来整体呈下降趋势,风速的年变化呈单峰分布,最大值出现在6—7月,风向与起沙风向以偏东风为主;2m高度的起沙风速约为 $4.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;年浮尘、扬沙日数呈波动式上升趋势,年沙尘暴日数呈缓慢下降趋势;年风蚀气候因子平均为28.3。

关键词:粒度;起沙风速;风沙环境;塔克拉玛干沙漠

中图分类号:P425.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1002-0799(2010)02-0021-05

Characteristics of Blown Sand Environment in Tazhong Area of the Taklimakan Desert from 1996 to 2008

YANG Xing-hua^{1,2}, HE Qing^{1,2}, ALI·MAMTIMIN^{1,2}, LIU Xin-chun^{1,2}, HUO Wen^{1,2}

(1. Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China; 2. Taklimakan Desert Atmosphere and Environment Observation Experiment Station, Tazhong 841000, China)

Abstract: This paper, through the analysis on data of meteorological elements during 1996–2008 from Tazhong weather station and combining the observations in field and the calculations, analyzed the characteristics of the blown sand environment for recent 10 years in this area. The results are as follow: the average particle size of surface sand is about 2.88φ ($136\mu\text{m}$) in Tazhong area, which belongs to fine sand and very fine sand; the wind speed in Tazhong area assumes the decreasing trend totally, the annual average wind speed is lower than $2.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, and the month average wind speed present single-peaks distributing with maxima appearing from June to July; in desert hinterland, the wind direction and sand-moving wind direction was mainly easterly; the threshold velocity for transportation of sand at 2 meters height is about $4.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; the yearly wind erosion climatic factor index is 28.3; the yearly floating dust and blowing-dust days present the increasing trend and yearly dust storm days present the decreasing trend in recent years.

Key words: particle size; the threshold velocity for transportation of sand; blown sand environment; Taklimakan Desert

收稿日期:2009-11-11

基金项目:新疆气象局青年气象科研基金(201035);国家科技支撑计划课题(2008BAC40B05-01);国家自然科学基金项目(40775019);新疆维吾尔自治区科技攻关项目(200833119);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(IDM200807);中国沙漠气象科学基金(SQJ2006005)。

作者简介:杨兴华(1982-),男,实习研究员,主要从事沙漠气象与沙尘暴灾害的研究。E-mail:yxh19820218@163.com

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 km²^[1]，因此开展风沙运动研究、防沙护沙以及为工农业生产提供沙尘灾害性天气预警预报服务工作是十分必要的，而开展上述工作首先要对一个区域的风沙环境有一定的认知。塔中地区是以塔中气象站和塔中一井(83°39'E, 38°58'N)为中心的附近区域，地处塔克拉玛干沙漠腹地。地表基本上为流沙覆盖，植被稀少，是研究流动沙漠腹地风沙运动的理想基地。同时，近些年随着石油勘探及开采工作的开展，该地区已经成为我国重要的油气生产基地之一。因此，对该地区的风沙环境进行研究不但具有理论价值，而且可以为油气田生产生活提供服务。

虽然塔克拉玛干沙漠一直是中国沙漠科学的研究重点区域之一，但是针对沙漠腹地塔中地区的风沙环境进行的研究尚少。赵景峰等^[2]对塔中一井的输沙率进行了估算；何清、薛红等^[3-4]对塔中地区沙尘暴天气过程的气象气候学特征进行了研究。另外，陈渭南等^[5]对塔克拉玛干沙漠起沙风速进行的研究，韩致文、张家武、俎瑞平、李红军等学者对塔克拉玛干沙漠的起沙风况、沙丘地貌及输沙势进行的研究^[6-9]也都对塔中地区有所涉及。综上所述，已开展的有关塔中地区风沙环境的研究工作多是单方面、单因子的或者只是捎带进行的，尚缺乏对该地区风沙环境较为全面的研究。本文根据塔中气象站建站以来的气象数据及野外观测试验，从地形地貌、地表沙源的粒径、风况、气温、起沙风速、风蚀气候因子以及沙尘天气的年际和年内变化等方面入手，对塔中地区近10 a来的风沙环境进行了较为系统的分析。

1 地貌特征

塔中地区地表为流沙覆盖，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。以前沙漠腹地的植被种类贫乏，群落结构简单，植被覆盖度极低。近些年随着人类活动的增多，在塔中油田作业区和生活区周围及沙漠公路两旁人工种植了一些梭梭、红柳等植物，并铺设了草方格，使得该地区的下垫面有一定的改变，也在一定程度上抑制了该地区的沙丘地貌的变化速度。

2 地表沙源粒度特征

地表沙源的粒度特征不仅可以反映沙漠形成的古地理环境^[10]，而且是影响风沙运动的重要参数。图1、2为塔中地区地表沙源的粒度参数曲线。这些样本包括了沙丘沙、沙垄沙以及沙丘、沙垄间平坦沙地的沙，它们的特征可以代表塔中地区地表沙源的粒度特征，沙样的平均粒径大都集中在2~4 φ(63~250 μm)范围内，主要集中在3 φ左右，属于细砂、极细砂。对17个沙源沙样的粒径取均值，得到塔中地区地表沙源的近似平均粒径 $d \approx 2.88 \varphi$ (136 μm)。17个沙源沙样的标准偏差全在0.8 φ以下，表明分布相对集中；分选情况好，且分布范围小，表明沙源具有单一性，沙源的均一性较好。塔中地区的沙尘天气较多，除了春季的系统性沙尘暴以外，夏季也常常发生局地性沙尘暴，在风力的长期作用下，极细颗粒被风力搬运流失，遗留相对较粗颗粒较多，因此，分选情况良好。由偏度和峰度曲线可以看出，17个沙源沙样大都属于近对称，只有一个属于正偏，说明沙粒较为均匀；沙样的峰度多属于中等，反映了频率曲线上峰值较低，标准偏差较小，分选情况较好，这说明塔中地区沙漠下垫面的均一性较好。

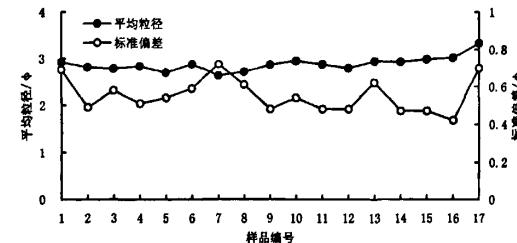


图1 塔中地表沙源沙样平均粒径和标准偏差曲线

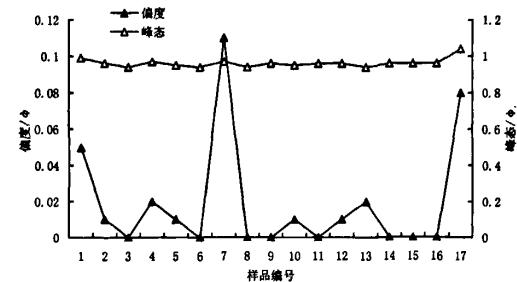


图2 塔中地表沙源沙样偏度和峰度曲线

3 风况与气温

风是干旱地区地貌的主要营力，也是风沙活动的动力来源。图3为塔中地区1999—2008年的年平均风速和年平均气温。塔中地区的年平均风速均

在 $2.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下,1999—2002年年均风速呈增长趋势,2002年达到最大值,从2002—2008年呈逐年下降趋势,2008年的年平均风速为10 a间的最小值,在 $1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。塔中地区1999—2008年的年平均气温在 $10.0\sim13.0^\circ\text{C}$ 之间波动,这与近些年南疆盆地持续变暖的研究结果^[11]具有不一致性。塔中地区10 a的年平均气温为 12.1°C ,且年平均气温变化幅度较小,与10 a的平均值相比,振幅在 $\pm 1.0^\circ\text{C}$ 左右。2008年的年平均气温最低,为 10.7°C ,这应是该年冬季沙漠腹地的极端低温所致。

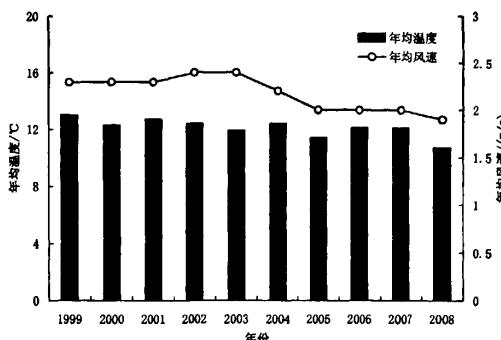


图3 塔中地区1999—2008年年均风速与年平均气温

图4为塔中地区1999—2008年的月平均风速与气温变化曲线。塔中地区月平均风速的年变化呈单峰分布,峰值一般出现在6—7月,风速可达 $3.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。这是因为在夏季,沙漠增热作用明显,受副热带热低压控制,对流作用强,而成为低压辐合区。同时常常产生热对流风,因此风速较大。冬季风速最小,这是由于冬季受蒙古高压控制,盆地冷空气堆积作用,致使风速减小。沙漠腹地的月平均气温变化与风速变化具有相似性,春季的3、4、5月份月平均气温持续升高,到夏季的7月达到全年的最高

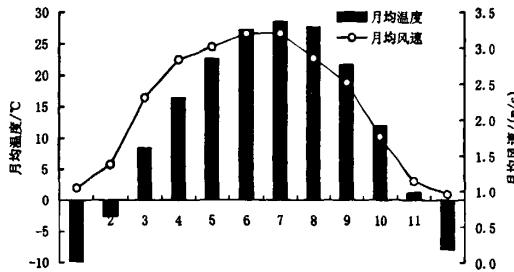


图4 塔中地区1999—2008年月平均风速与月平均气温

值,为 28.4°C ,然后月平均气温逐渐降低,冬季的1月降至全年最低,为 -9.8°C 。气温年较差大,平均在 $33.0\sim39.0^\circ\text{C}$ 。

图5为塔中地区1999—2008年风向和起沙风向,图6为2008年4—8月的风向和起沙风向。由图可知,塔中地区常年和春夏季都盛行偏东风,而且起沙风向与盛行方向一致。其中NNE、NE、ENE和E 4个风向占到年风向、年起沙风向的59.5%和61.8%,占2008年4—8月风向和起沙风向的51.3%和63%。这与整个塔克拉玛干沙漠区域的年盛行风向一致,这种特点主要是由于地形的影响形成的^[8,12]。

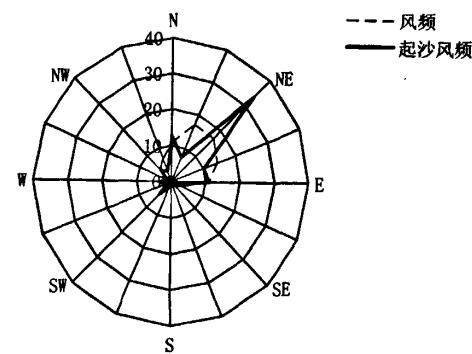


图5 塔中地区1996—2007年风向和起沙风向频率图($\geq 6.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

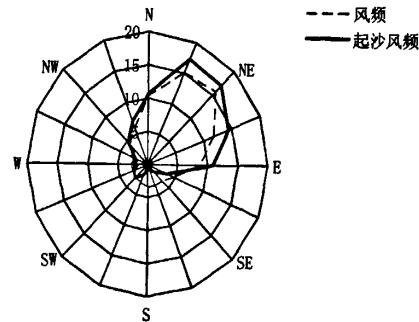


图6 塔中地区2008年4—8月风向和起沙风向频率图($\geq 6.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

输沙势表示风力潜在的输沙能力,单位以矢量VU表示,它是衡量区域风沙活动强度的重要指标。李红军^[9]根据塔中气象站的资料对塔中地区的输沙势进行了研究。研究表明,塔中地区的年合成输沙势 $RDP=4.6$,合成输沙方向 $RDD=224^\circ$,与该地区的盛行风向及起沙风向一致。

4 起沙风速

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,它与下垫面状况、沙粒粒径及沙粒的含水率等多种因素有关。Bagnold根据流体在起动条件下作用在沙粒上的拖拽力和重力的平衡,导出了均匀沙粒开始移动的流体临界起动速度的表达式^[13]:

$$u_c = 5.75 u_* \cdot \log \frac{z}{k} \quad (1)$$

式中, u_c 为沙粒起动速度($m \cdot s^{-1}$); u_* 为临界摩擦速度($m \cdot s^{-1}$); z 为计算高度(m); k 为卡曼常数(=0.4)。塔中地区地表沙粒粒径较为均匀,因此该公式适合该地区起沙风速的计算。我们通过经验公式估算和仪器测量求得塔中地区春、夏季的 u_* 为0.25 $m \cdot s^{-1}$,可求得塔中地区2 m高度的临界起沙风速约为4.1 $m \cdot s^{-1}$,该结果与吴正^[14]在新疆莎车测得结果相符,比李江风等^[15]在塔中地区测试得到的5.5~7.0 $m \cdot s^{-1}$ 小,因为文献[15]测试的是粒径为500~1000 μm 沙粒的起沙风速,所以结果比本文结果大是正常的。同时,作者也进行过多次实地观测,在塔中地区,2 m高的风速为3.9 $m \cdot s^{-1}$ 或4.0 $m \cdot s^{-1}$ 左右时,地面会出现起沙现象。当然,秋、冬季时,由于气温降低,湍流运动相对减弱,地表的含水率相对增大,这一时期的起沙风速会有所增大。

5 风蚀性气候因子

风沙运动发生在特定的环境下,因此这个环境的气候要素是影响风沙运动的重要因素。风蚀性气候因子是包括影响风沙运动的风、降水、气温、湿度等因子的综合。它表明了在这些气候要素的综合作用下,一个地区发生风沙运动的潜在可能性程度,是评价某一地区潜在风沙运动灾害的主要指标之一。对于其求值,联合国粮农组织提供了改进后相对成熟的计算公式^[16]:

$$C = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{12} u^3 \left(\frac{ETP_i - P_i}{ETP_i} \right) d \quad (2)$$

式中, u 为2 m高处的月平均风速($m \cdot s^{-1}$); ETP_i 为月潜在蒸发量(mm); P_i 为月平均降水量(mm); d 为月天数。其中, ETP_i 可用程天文等^[17]人的气温相对湿度公式求得:

$$ETP_i = 0.19 (20 + T_i)^2 (1 - r_i) \quad (3)$$

式中, T_i 为月平均气温; r_i 为月平均相对湿度。

利用(2)、(3)式计算出塔中地区近10 a的平均年风蚀气候因子指数为28.3,气候侵蚀力不算严重,

该值与董玉祥等人的研究结果一致^[18]。在季节分布上,夏季最大,C值平均为13.9;春季和秋季次之,C值平均为9.9、3.8;冬季最小,C值平均仅为0.7。C值的季节分布与塔中地区风速、温度等气候因子相对应。

6 沙尘天气

图7为塔中1997—2008年沙尘天气日数年际变化曲线。由图可知年浮尘与沙尘暴日数年际变化非常大,且变化趋势相反,年扬沙日数的年际变化相对较小。1997—2008年年浮尘日数平均为97.4 d,2003年最少仅为49 d,2007年最多为161 d。从塔中年沙尘天气日数年际变化图中可以看出,从1997年到2004年除2003年年浮尘日数明显偏少外,其他年份变化不大,但自2005年后年浮尘日数明显增多。塔中1997—2008年年扬沙日数平均为59.6 d,年扬沙日数呈波动式上升趋势。塔中1997—2008年年沙尘暴日数平均为15.7 d,1998年最多为36 d,是12 a年平均日数的2倍多,2001年最少仅为8 d。总的来说近10 a来塔中地区沙尘天气中浮尘、扬沙出现日数呈上升趋势。

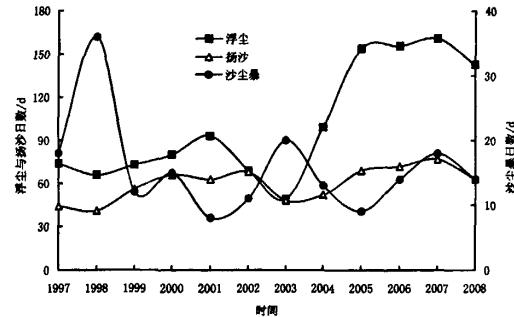


图7 塔中1997—2008年沙尘天气日数年际变化

图8是塔中地区1997—2008年浮尘、扬沙、沙尘暴的逐月分布曲线。由图可知,浮尘、扬沙和沙尘暴主要分布在3—8月,即春夏季是塔中地区沙尘天气的多发季节。其中3—8月的浮尘日数占全年的75%,扬沙日数占全年的84%,沙尘暴日数高达96%。春、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,随高度递增形成一个温差很大

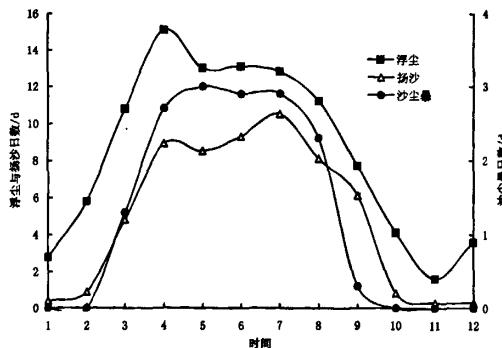


图8 塔中1997—2008年沙尘天气日数逐月变化

的温度梯度层，造成垂直方向上的热对流不稳定，近地层湍流加强，梯度风就很容易形成局地的沙尘天气。

7 小结

通过对塔中气象站近10 a来气象资料的分析与野外观测试验，对沙漠腹地塔中地区的风沙环境进行了分析，得到以下结论：

(1)塔中地区地表沙源属于细砂、极细砂，沙粒分布相对集中，分选情况好，塔中地区沙漠下垫面的均一性较好，说明该地区风沙活动较为频繁，风力对该区域下垫面地形的变化具有重要的影响作用。同时，较细小的地表沙源也为风沙运动提供了丰富的沙物质源。

(2)近些年随着人类活动的增多，在塔中油田作业区、生活区周围及沙漠公路两旁进行了人工绿化，并铺设了草方格。下垫面的改变，使得该地区的风速整体上呈逐年下降趋势，这在一定程度上抑制了该地区沙丘地貌的变化速度，也使得近10年来塔中年浮尘、扬沙日数呈波动式上升趋势，年沙尘暴日数呈缓慢下降趋势。

(3)塔中地区2 m高度的起沙风速约为 $4.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，沙漠腹地风速与气温的季节变化具有相似性，呈单峰分布，最大值都出现在夏季，这一季节也是该区域风沙活动较为频繁的季节；风向与起沙风向以偏

东风为主，年风蚀气候因子平均为28.3，季节分布上与该地区风速、温度等气候因子相对应。

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] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 陈渭南,董志宝,杨佐涛.塔克拉玛干沙漠的起沙风速[J].地理学报,1995,50(4):360-367.
- [6] 韩致文,董志宝,王涛,等.塔克拉玛干沙漠风沙运动若干特征观测研究[J].中国科学(D辑),2003,33(3):255-263.
- [7] 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.
- [8] 瞿瑞平,张克存,屈建军,等.塔克拉玛干沙漠风况特征研究[J].干旱区地理,2005,28(2):167-170.
- [9] 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):706-710.
- [10] 丁喜桂,叶思源,高宗军.粒度分析理论技术进展及其应用[J].世界地质,2005,24(2):203-207.
- [11] 刘进新,全学荣.南疆盆地1961-2005年气温变化特征[J].沙漠与绿洲气象,2008,2(2):23-26.
- [12] 凌裕泉.塔克拉玛干沙漠的流场特征与风沙活动强度的关系[J].中国沙漠,1988,8:25-37.
- [13] Bagnold R A. The physics of blown sand and desert dune [M]. New York: Methuen, 1941: 39-98.
- [14] 吴正.风沙地貌学[M].北京:科学出版社, 1987: 18-68.
- [15] 李江风.沙漠气候[M].北京:气象出版社, 2002: 28-44.
- [16] FAO. A Provisional Methodology for Soil Degradation Assessment[M]. Rome: 1979.
- [17] 程天文.农田蒸发与蒸发力的测定及其计算方法[J]//地理集刊,第12号[M].北京:科学出版社, 1980.
- [18] 董玉祥,康国定.中国干旱半干旱地区风蚀气候侵蚀力的计算与分析[J].水土保持学报,1994,8(3):1-7.