

艾比湖流域风沙强度特征及其空间差异

马倩^{1,2}, 武胜利^{1,2}, 吴焯³, 赵枫^{1,2}

(1. 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054;
2. 新疆干旱区湖泊环境与资源实验室, 新疆 乌鲁木齐 830054; 3. 新疆气象信息中心, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要:以艾比湖流域内6个国家气象站2005—2011年的气象资料为依据,分析了艾比湖流域的起沙风况特征、输沙势(DP)变化及风沙强度的空间差异。结果表明:(1)研究区风向以NW和NNW向为主,其频率分别占54.98%和18.31%。(2)该区起沙风主要发生在4、5和6月,其频率分别占全年的12.48%、14.70%和13.08%。输沙势的季节变化幅度较大,主要集中在春夏两季。(3)研究区合成输沙势(RDP)及合成输沙方向(RDD)分别为988.86 VU和126.5°(ESE—SE),属于高风能环境。风向变率指数(RDP/DP)为0.94,属于单风况特征。(4)研究区风沙强度表现为高值点是以孤点出现,为阿拉山口,而低值区则是一个面积较为广阔的区域。

关键词:起沙风; 输沙势; 空间差异; 艾比湖流域

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)04-0021-07

中图分类号: S157.1, P931.3

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.04.019

Characteristics of Sand-blown Intensity and Spatial Differences in Ebinur Lake Basin

MA Qian^{1,2}, WU Sheng-li^{1,2}, WU Ye³, ZHAO Feng^{1,2}

(1. College of Geography Sciences and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China; 2. Xinjiang Laboratory of Lake Environment and Resources in Arid Zone, Urumqi, Xinjiang 830054, China; 3. Xinjiang Meteorological Information Center, Urumqi, Xinjiang 830002, China)

Abstract: Sand driving wind characteristics, drift potential (DP) changes and spatial difference of sand strength in Ebinur Lake Basin was analyzed based on the data of six national weather stations during the period from 2005 to 2011. The results are as follows: (1) The wind direction in the study area are NW and NNW, and the occurring frequency were 54.98% and 18.31%, respectively. (2) The threshold wind occurs mainly in April, May and June, the occurring frequency were 12.48%, 14.70% and 13.08%, respectively. There are big differences of sand drift potential in different seasons, and the drift potential was concentrated in the spring and summer. (3) The variability index is 0.94, It belongs to a single air damper characteristic, resultant drift potential (RDP) and resultant drift direction (RDD) are 988.86 VU and 126.5° (ESE—SE). (4) The wind strength of study area appears a high value point as Alashankou, while the low value point is a wide area.

Keywords: sand-driving wind; sand drift potential; spatial differences; Ebinur Lake Basin

风是塑造地球表面地貌形态的主要外营力之一,是区域风沙危害产生的直接动力条件^[1-4]。区域大气环流的整体形势控制着区内风沙地貌的整体格局,特别是在干旱气候条件下,它是各种风沙地貌形成发育的最主要动力,也是使土地荒漠化加剧,沙尘天气发生的主要原因之一。艾比湖流域内有大面积干涸的

盐土湖积平原,在阿拉山口强烈的西风作用下,新月形沙丘、灌丛沙堆、抛物线沙丘、纵向沙垄等各类风沙地貌迅速发育,许多地段已发展成为沙漠。对艾比湖流域风沙强度特征及其空间差异的分析在干旱荒漠区生物多样性保护、区域生态环境建设,以及土地荒漠化防治、监测与评价研究等方面均具有重要意义。

收稿日期:2013-06-22

修回日期:2013-09-13

资助项目:国家自然科学基金项目“艾比湖流域抛物线沙丘形成演化研究”(41161004);新疆干旱区湖泊环境与资源重点实验室开放基金项目(XJDX0909-2010-06; XJDX0909-2012-14; XJDX09092012-13);新疆师范大学博士启动基金项目(XJNUBS1401)

作者简介:马倩(1979—),女(回族),新疆自治区沙湾县人,博士,讲师,主要从事干旱区生态及风沙地貌相关研究。E-mail:mq1979@aliyun.com。

通信作者:武胜利(1977—),男(汉族),河南省西平县人,博士,教授,硕士生导师,主要从事干旱区环境演变与风沙地貌方面的研究。E-mail:wushengli77@126.com。

1 研究区背景

艾比湖位于新疆维吾尔自治区准噶尔盆地西南部,流域面积 $5.06 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。流域位于中纬度地区,深居欧亚大陆腹地,远离海洋,而且北、西、南三面被高山阻隔,气候十分干燥,属于典型温带干旱大陆性气候。风多风大,沙尘暴和浮尘活动频繁是该地区的显著特征。年平均大风(17 m/s)日数多达 164 d,最多达 185 d。风沙灾害及天气严重威胁着当地经济社会的发展和人民生活。艾比湖流域地处高纬度,从行星风系来看,其高空环流主要受到中纬西风环流带的影响。同时,西风环流也受到山地的影响和干扰。艾比湖流域海拔介于 189 m(湖面海拔)~4 600 m 之间,湖泊北东侧是玛依力山,西北是阿拉套山,南部是北天山西段,三面环山,东部面向准噶尔盆地开口。来自阿拉山口的强劲的大风沿艾比湖湖盆吹向流域东南部,沿途携带大量地表沉积物质,塑造着流域的风沙地貌格局,且影响着流域内土地荒漠化的发展。流域内的风场是在西风环流的背景下,受山盆地形及山口的影响,从而形成较为稳定的近地面风场。

2 研究方法

采用的风速、风向资料来源于中国气象站新疆沙漠气象所在艾比湖流域的博乐、精河、托里、乌苏、温泉 6 个国家野外观测站(2005—2011 年)的自动气象站,风速、风向数据均有($0 \sim 360^\circ$)16 方位自动风速仪记录,风杯距地面高度 10 m。根据相关研究^[5],艾比湖流域临界起沙风速为 6.0 m/s 。在计算过程中,先选择原始数据中风速 $\geq 6.0 \text{ m/s}$ 的风速,逐月、逐年统计 16 方位的起沙风,并计算起沙风的平均风速、最大风速及出现频率,为分析起沙风的月际变化特征,统计了每月的起沙风风速占全年的起沙风频率。利用 Lettau^[6]的输沙势方程,根据沙的移动方向和输沙量对地面风^[7-8]的强度特征进行分析。输沙势方程为:

$$DP = V^2(V - V_t) \cdot t \quad (1)$$

式中:DP——输沙势(drift potential),反映风速统计表中一定时间周期内的潜在风沙移动能力,在数值上以矢量单位(vector unit, VU)表示;V——10 m 高程平均风速;V_t——起动风速,也称临界起沙风速;t——起沙风作用的时间。

输沙势表示区域潜在的输沙能力,16 个方向输沙势的合成方向和合成矢量,称作合成输沙方向(resultant drift direction, RDD)和合成输沙势(resultant drift potential, RDP),表示各方向起沙风综合作

用的结果。风向变率指数指合成输沙势与输沙势的比率,用 RDP/DP 表示。研究区域的起沙风速方向变率越大,与此相关的 RDP/DP 就越小。风向变率可以反映一个区域风向组合的情况,方向变率指数可以分为大比率(>0.8),中比率($0.3 \sim 0.8$)和小比率(<0.3)三种,小比率表示与复合风况有关,中比率表示与钝双峰风况或者锐双峰风况相关,而大比率主要与单峰风况相联系^[9]。

依据 Fryberger 的区域风能分级标准可将区域划分为高、中、低能环境^[10](表 1)。

表 1 区域风能分类

输沙势 (DP)/VU	合成输沙势 (RDP)/VU	风能环境	风向变率指数 (RDP/DP)	风向变率
>400	>54	高风能	>0.8	高比率
$200 \sim 400$	$27 \sim 54$	中风能	$0.3 \sim 0.8$	中比率
<200	<27	低风能	<0.3	低比率

3 结果与分析

3.1 艾比湖流域地表起沙风况

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。通过统计艾比湖流域 6 个国家气象站 2005—2011 年的风况资料,根据 16 个方位年起沙风总风速计算得到艾比湖流域的近地面各站的起沙风况特点。

艾比湖流域年起沙风日数在各月的分布(图 1)均表现为自 3 月份起大幅增加,5—6 月达到峰值,于 8 月份开始慢慢下降。起沙风日数比例较大的月份集中在 3—8 月份之间,11 月至翌年 2 月起沙风日数比例较少,1 月为最低值。因此,艾比湖流域 $\geq 6.0 \text{ m/s}$ 风速日数在全年的比例也较大,全年起沙风日数最少也在 198 d,最大值可达到 225 d。

艾比湖流域起沙风风向以 NW 和 NNW 为主(图 1)。NW 风向频率占年起沙风频率的 54.98%,NNW 风向频率占 18.31%;N,WNW 和 W 风向所占的比例分别为 9.35%,4.25%,4.14%。其它各风向所占的比例都很小,在 0.08%~1.52%之间,可以得出,艾比湖流域常年风向变化范围较小,具有较单一起沙风向的特点。在研究时间段内,流域内各站所测的起沙风的风向及发生频率也发生不同的变化,导致整个流域内各个年度输沙势和合成输沙势的大小及输沙方向的变化。

在分析近地面风速时,通常用一定的时间间隔的平均风速代替瞬时的风速^[11]。平均风速是研究风沙问题的一种常见又简便的处理方法,易于把握风速的

总体变化趋势^[12-13]。平均风速作为衡量风沙活动强度的指标之一,一般有年平均风速、月平均风速和日平均风速之分^[14]。由艾比湖流域起沙风平均风速与温度的月平均变化状况可以看出(图 2),一年之中起沙风的月平均风速变化不大,变幅在 8.69~10.46 m/s 之间。2 月份出现平均风速的最大值,最小值则出现在 7 月份。从季节上来看,冬季的平均风速最大,为 10.19 m/s,而夏季的平均风速最小,为 8.75 m/s,春秋两季相当,分别为 9.37 和 9.45 m/s;从起沙风的最大风速来看,最大值为 25.5 m/s,出现在 8 月份,最小值为 19.1 m/s,出现在 7 月份;从季节上来看,最大风速的最大值出现在夏季,为 25.5 m/s,

其次为冬季 24.9 m/s,再次为春季 24.3 m/s,秋季的最大风速值最小。通过对流域内月平均气温与起沙风的平均风速进行相关分析发现,两者之间存在显著负相关关系,相关系数为 -0.96,即气温较低时平均风速则较大,出现“冷风同步”的现象。艾比湖流域各月起沙风速级出现的频率存在一定的差异。从起沙风年内出现的频率来看,多发生在春季和夏季,秋季次之,冬季出现的起沙风频率最低。其中春季的 5 月份发生的频率最高,占全年起沙风频率的 14.70%,其次为夏季的 6 月份,所占频率为 13.08%,再次为春季的 4 月份,所占频率为 12.48%。艾比湖流域起沙风多发生在 4—8 月份之间。

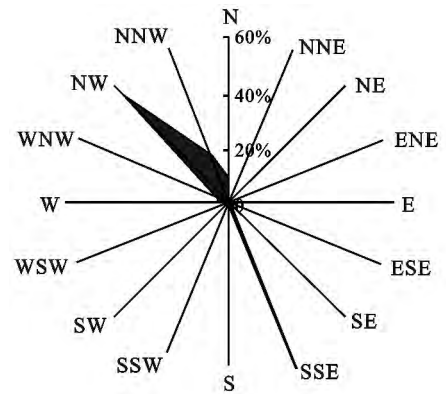
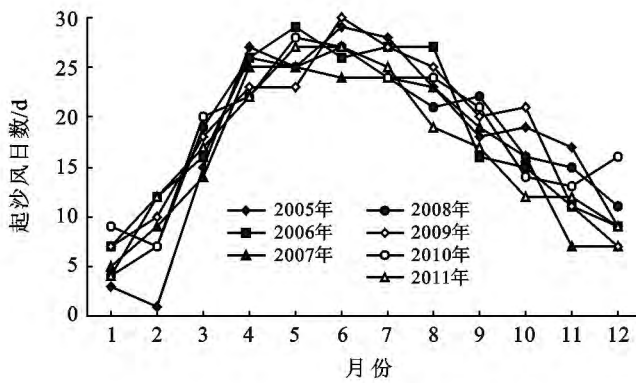


图 1 艾比湖流域逐月起沙风日数变化及风向频率

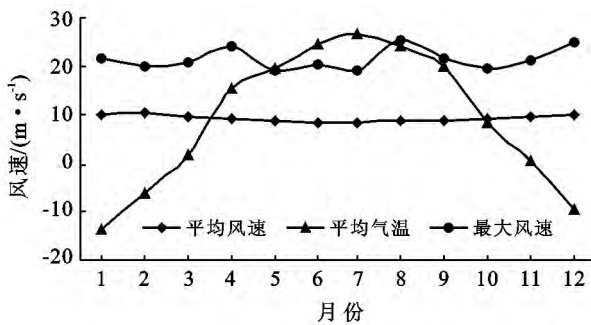


图 2 艾比湖流域起沙风速月际变化

3.2 艾比湖流域输沙强度特征

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指标^[9],也是目前风沙活动强度计算中应用最广泛的指标。合成输沙势往往可以决定一个地区风沙危害的方式。根据计算结果可知,得出艾比湖流域 2005—2011 年各方向的输沙势、合成输沙势及合成输沙方向(表 2),并绘制流域各年输沙势玫瑰图(图 3)。由图 3 可以看出,研究区的输沙方向主要集中在 NW, N 及 NNW 风向上,其中在 NW 方向上的输沙势最大,平均值为 723.66 VU,在研究期内,该风向上的输沙势在 2007 年最大,为 960.20 VU,2011

年该风向上的输沙势最小,为 299.44 VU;其次为 N 风向上,平均值为 150.86 VU,在研究期内,该方向上的输沙势在 2011 年最大,为 371.14 VU;2009 年该方向上的输沙势最小,仅为 0.99 VU,N 方向上的输沙势的年变化率最大;NNW 方向上的输沙势居第三,为 131.37 VU,在 2005—2011 年,该方向的输沙势在 2006 年最大,为 321.71 VU,2011 年该方向上的输沙势最小,为 43.71 VU,NNW 方向上的输沙势年变化率较小。

艾比湖流域输沙势的平均值为 1 052.84 VU,属高风能环境。NW 风向输沙势的大小直接决定了流域年输沙势的大小。因此,NW 方向输沙势最大的年份即为流域年输沙势最大的年份。2007 年,流域的输沙势达到了 1 245.93 VU,输沙势最小的年份为 2011 年,为 749.24 VU,同样与 NW 方向上输沙势最小的年份保持一致。合成输沙势是各方向上输沙势作用的结果。在研究区内,合成输沙势与输沙势表现相同的年际变化趋势,输沙势大的年份合成输沙势也较大,输沙势较小的年份合成输沙势同样也较小。方向变率指数反映了输沙势与合成输沙是大小关

系,由表 2 看出,艾比湖流域 2005—2011 年风向的方向变率指数均大于 0.9,属高比率特征,说明研究区风向的变化较小,属单峰风况特征。艾比湖流域

的合成输沙势方向在 $109.93^{\circ} \sim 135.13^{\circ}$ 之间,平均为 126.15° ,为偏东南方向与东南方向之间(ESE—SE)。

表 2 艾比湖流域 2005—2011 年各方向输沙势

项目	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	平均
N	2.10	5.87	155.10	230.54	0.99	290.32	371.14	150.86
NNE	0.23	0.00	0.09	0.59	0.01	0.04	18.33	2.76
NE	0.10	0.00	0.27	0.04	0.04	0.01	0.00	0.06
ENE	0.29	0.48	0.92	3.95	0.14	1.34	0.01	1.02
E	0.26	0.11	0.21	0.29	0.19	0.15	0.00	0.17
ESE	0.17	0.10	0.04	0.67	0.13	0.10	0.34	0.22
SE	0.86	0.16	2.20	2.74	0.54	0.71	1.08	1.18
SSE	8.64	1.31	1.31	1.38	1.09	3.11	1.39	2.60
S	2.71	4.49	5.05	1.21	2.26	4.62	0.58	2.99
SSW	3.83	0.76	1.46	1.82	0.85	1.25	1.04	1.57
SW	0.72	0.09	0.48	2.54	0.10	1.05	0.23	0.75
WSW	1.37	0.45	1.13	1.51	0.39	10.47	0.11	2.20
W	25.12	11.89	14.82	17.02	18.14	16.58	4.30	15.41
WNW	18.02	7.66	11.96	14.52	33.09	19.30	7.56	16.01
NW	715.01	566.87	960.20	660.66	1 050.01	813.40	299.44	723.66
NNW	174.58	321.71	90.70	74.81	65.41	148.64	43.71	131.37
DP	954.00	921.96	1 245.93	1 014.28	1 173.39	1 311.10	749.24	1 052.84
RDP	900.76	885.77	1 174.13	927.20	1 150.90	1 203.38	679.88	988.86
RDD	132.85	127.76	128.95	124.32	135.13	124.07	109.93	126.15
RDP/DP	0.94	0.96	0.94	0.91	0.98	0.92	0.91	0.94

注:DP 为输沙势,RDP 为合成输沙势(VU),RDD 为合成输沙方向($^{\circ}$),RDP/DP 为方向变率指数。下同。

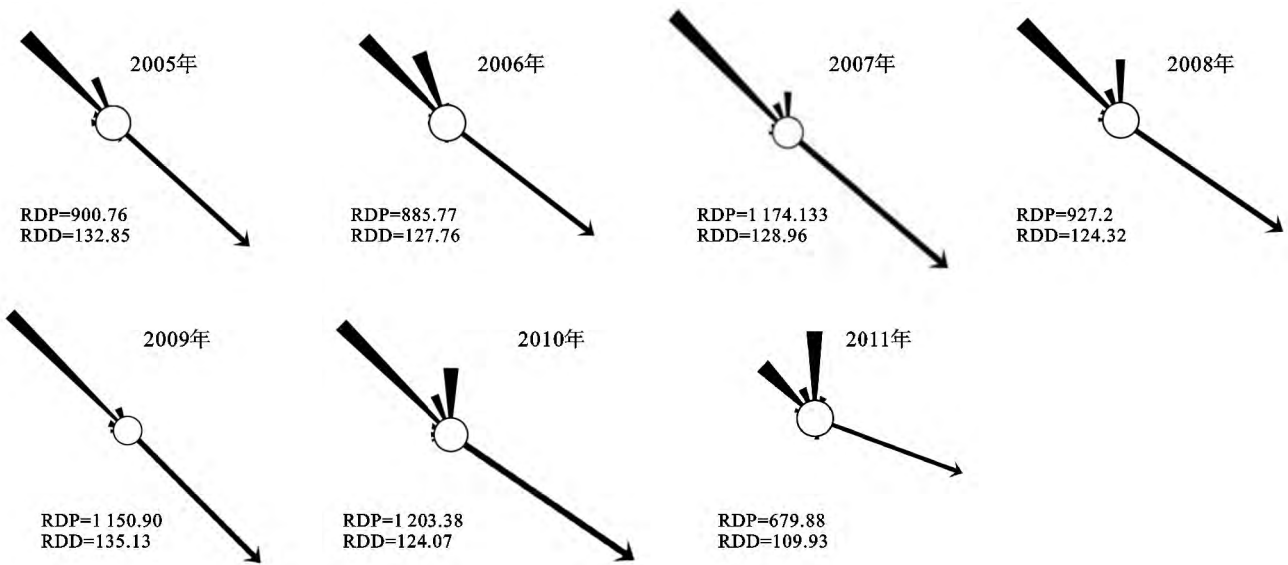


图 3 艾比湖流域 2005—2011 年输沙势玫瑰图

对研究区合成输沙势及输沙势的年内变化进行分析,可以看出,DP 与 RDP 在年内具有相同的变化趋势。输沙势在 3 月份陡然增大,4 月份达到最高峰值,5 月份之后又快速减小。由此可见,输沙势和合

成输沙势的年内变化和艾比湖流域起沙风的月季变化趋势是一致的。

艾比湖流域四季的输沙势及合成输沙势在春季(3—5 月份)最大,平均值分别为 409.45 和 384.54

VU,夏季(6—8月份)次之,为263.59和255.54 VU,冬季(12—2月份)最小,为143.20和134.24 VU(表2)。

艾比湖流域输沙势的季节变化与起沙风的季节变化趋势保持一致。春季(3—5月),冷空气沿西北方向袭来,且活动频繁,输沙势增大;夏季(6—8月),地表温度增高,气流上下层之间的对流活动增强,高层大气中较大的风速输送到底层,研究区夏季经常会有小股的冷空气活动,也加大了地面风速;冬季(12—2月),艾比湖湖盆内积聚了厚厚的冷空气,气压较高,与西北方来袭的冷空气形成的气压差较小,气流从湖盆冷空气顶部流过,对近地面的风速影响较小。因此,冬季的风速及输沙势均较小。

艾比湖流域春季风沙活动最频繁且最强烈,此时研究区内植物尚未发芽或正处于萌芽期内,地面基本呈现裸露状态,植被不能对地表起到防护的作用,风沙流对地表主要产生强烈的侵蚀作用。夏季也为起沙风多发期,但此时植物已经生长茂盛,较高的植被覆盖度可以削弱风沙活动的强度,减缓气流对地表的侵蚀。植被对风沙流的扰动,在植被生长密集的区域发生较强的堆积作用,生长较稀疏的局部区域则发生较强的风蚀作用,使流域内发育不同的风沙地貌类型。因此,春季是艾比湖流域风沙危害的多发期和重点防护期。

3.3 艾比湖流域风沙强度空间分布

艾比湖流域风沙活动强度在空间分布上存在较大的差异。阿拉山口为流域内风沙活动强度最大的地区,且因为特殊的地貌导致其风沙活动的影响范围也较大。强劲的起沙风通过风口穿过艾比湖湖盆,携带地表大量沉积物质向流域东南方向快速流动,对沿

途风沙地貌的格局造成深刻的影响。

根据计算可得到各气象站输沙势及合成输沙势占整个艾比湖流域的输沙势及合成输沙势的百分比。表3显示,2005—2011年间阿拉山口输沙势及合成输沙势占流域总数均为90%以上,为区域输沙势贡献率最大的地区。风沙强度贡献率最大的年份为2006年,输沙势及合成输沙势分别为97.37%和97.68%。即使贡献最小的2005年,其输沙势和合成输沙势也分别占了92.74%和94.07%。其次为温泉站,其输沙势及合成输沙势所占比例最大为2005年,为3.57%和3.50%,最小年份则出现在2011年,为0.93%和0.99%。再次为托里站,最大贡献率也仅为3.00%和1.82%,和温泉站相同出现在2005年;其余博乐、精河、乌苏各站所占比例均小于1%。

依据Fryberger的区域风能分类标准,艾比湖流域除阿拉山口属高能区之外,其余各站都属于低风能区。艾比湖流域输沙势以阿拉山口为最大,最大DP为1244 VU,RDP为1168 VU;其次为温泉,最大DP为34.03 VU,RDP为31.84 VU,托里的输沙势居第3,最大DP为29.03 VU,RDP为16.80 VU;输沙势最小的为博乐站,最大DP为1.60 VU,RDP为1.42 VU。

由此看出,流域中输沙势强度在空间分布上存在很大的差异,沿流域西北边缘一带包括阿拉山口、托里、温泉为输沙势的相对高值区;而流域西南一带,包括博乐、精河和乌苏地区为输沙势的相对低值区,即流域西北一线的风沙活动强度远远高于流域的东南一线。可以发现,整个流域中,高值点是以孤点出现,而低值区则是一个面积较为广阔的区域。

表3 艾比湖流域各气象站2005—2011年输沙势和合成输沙势比例

%

年份	输沙势	阿拉山口	托里	温泉	博乐	精河	乌苏
2005	DP	92.74	3.00	3.57	0.16	0.32	0.21
	RDP	94.07	1.82	3.50	0.11	0.29	0.21
2006	DP	97.37	0.19	1.75	0.07	0.34	0.29
	RDP	97.68	0.05	1.62	0.04	0.32	0.29
2007	DP	95.65	2.21	1.72	0.13	0.22	0.08
	RDP	96.62	1.38	1.67	0.12	0.12	0.09
2008	DP	94.11	2.86	2.26	0.07	0.56	0.15
	RDP	95.23	1.79	2.31	0.07	0.45	0.15
2009	DP	95.44	1.30	2.79	0.04	0.23	0.20
	RDP	95.88	0.98	2.69	0.03	0.22	0.20
2010	DP	94.93	1.53	3.16	0.03	0.30	0.06
	RDP	95.74	0.79	3.18	0.02	0.22	0.06
2011	DP	96.58	2.09	0.93	0.07	0.18	0.15
	RDP	97.31	1.35	0.99	0.04	0.19	0.13

输沙变率指数能够反映区域风况的特点。由表 4 可以看出,艾比湖流域输沙变率指数也存在较大的差异。阿拉山口、温泉、乌苏站的输沙变率指数均大于 0.8,为单峰风况,与整个流域的风况特点相同。托里站输沙变率指数均值为 0.55,介于 0.27~0.74 之间,即该地多为钝双峰或者锐双峰的风况;博乐和

精河站的输沙变率指数在各年的变化较大,博乐站输沙变率指数平均值为 0.70,除 2007 和 2008 年大于 0.8 外,其余各年均介于 0.3~0.8 之间,而精河站除 2007 和 2008 年为 0.53 和 0.74 外,其余各年均大于 0.8,由此判断这两地风况表现为混合型,即既有锐双峰风况也有单峰风况的特点。

表 4 艾比湖流域各气象站 2005—2011 年输沙势及合成输沙势

年份	指标	阿拉山口	托里	温泉	博乐	精河	乌苏
2005	DP	884.73	28.62	34.03	1.55	3.10	1.97
	RDP	856.15	16.54	31.84	1.02	2.65	1.88
	RDD	131.16	145.35	172.38	90.00	114.54	83.84
	RDP/DP	0.97	0.58	0.94	0.66	0.85	0.95
2006	DP	897.68	1.74	16.12	0.60	3.16	2.66
	RDP	870.04	0.47	14.43	0.39	2.83	2.54
	RDD	127.02	144.41	169.22	70.15	113.25	176.37
	RDP/DP	0.97	0.27	0.90	0.65	0.89	0.95
2007	DP	1 191.68	27.53	21.38	1.60	2.68	1.05
	RDP	1 140.34	16.33	19.71	1.42	1.43	1.03
	RDD	128.11	138.77	169.39	86.25	97.81	89.68
	RDP/DP	0.96	0.59	0.92	0.89	0.53	0.98
2008	DP	954.50	29.03	22.91	0.67	5.64	1.53
	RDP	894.46	16.80	21.74	0.61	4.20	1.43
	RDD	123.23	137.15	171.11	75.82	228.91	83.72
	RDP/DP	0.94	0.58	0.95	0.91	0.74	0.93
2009	DP	1 116.35	15.23	32.61	0.43	2.69	2.34
	RDP	1 106.20	11.31	31.06	0.33	2.49	2.32
	RDD	134.25	138.25	168.21	89.17	109.24	88.54
	RDP/DP	0.99	0.74	0.95	0.76	0.92	0.99
2010	DP	1 244.60	20.10	41.41	0.37	3.89	0.74
	RDP	1 168.63	9.67	38.81	0.21	2.65	0.70
	RDD	122.48	142.03	176.29	84.47	195.67	89.03
	RDP/DP	0.94	0.48	0.94	0.58	0.68	0.95
2011	DP	723.62	15.64	6.97	0.55	1.36	1.10
	RDP	666.85	9.23	6.79	0.25	1.28	0.91
	RDD	108.96	140.55	165.74	65.31	103.69	78.35
	RDP/DP	0.92	0.59	0.97	0.45	0.95	0.83
平均值	DP	1 001.88	19.70	25.06	0.82	3.22	1.63
	RDP	957.52	11.48	23.48	0.61	2.50	1.54
	RDD	125.03	140.93	170.34	80.17	137.59	98.50
	RDP/DP	0.95	0.55	0.94	0.70	0.80	0.94

从各站各年合成输沙势的方向来看,也表现出较大的差异。阿拉山口合成输沙方向均值为 125.03°,属于 ESE—SE 方向。但各年表现出略微差异,2011 年输沙势和合成输沙势变化幅度较大,低于多年平均值,且合成输沙方向为 108.96°,方向则指向 E—ESE 方向。托里站的合成输沙方向均值为 140.93°,合成

输沙势方向变化不大,介于 137.15°—145.35°之间,指向 SE 方向;温泉站合成输沙方向均值为 170.34°,属偏 S 方向,输沙方向介于 165.74°—176.29°之间;博乐站合成输沙方向均值为 80.17°,介于 65.31°—90.00°之间,指向 ENE—E 方向;精河站合成输沙方向均值为 137.59°,最小为 103.59°,指向 ESE 方向,

最大值 228.91° , 则指向 SW 方向, 输沙方向变化较大; 乌苏站合成输沙方向为 98.50° , 方向变率较小, 各年输沙方向均指向 E 方向。

综上所述, 阿拉山口是艾比湖流域中风沙活动最强烈的地区, 对整个流域的风沙地貌的形成和发育起到关键性的作用, 也是整个流域乃至整个区域风沙危害产生的动力来源。通过对流域输沙势及合成输沙势计算, 阿拉山口对整个流域的输沙势贡献率最大。流域合成输沙方向为 126.15° , 而阿拉山口的合成输沙方向为 125.03° , 与流域合成输沙方向保持一致。

4 结论

(1) 艾比湖流域主要受高空西风带的影响, 气流经过阿拉山口, 在近地面形成主要受西北风、西风风系控制的区域, 为研究区风沙地貌形成的主要外营力。

(2) 艾比湖流域的起沙风以 NW 和 NNW 风向为主, NW 风向频率占年起沙风频率的 54.98% , NNW 风向频率占年起沙风频率的 18.31% , 同时还存在一定份额的 W 和 WNW 风向。研究区内起沙风多发生在春季和夏季, 秋季次之, 冬季出现的起沙风频率最低。

(3) 艾比湖流域年合成输沙势介于 $679.88 \sim 1\,203.38$ VU, 属于高能环境。方向变率指数各年均大于 0.9, 为单峰风况特点。合成输沙方向为 126.15° , 介于 ESE—SE 之间。流域内输沙势强度存在较大的空间差异, 阿拉山口为流域输沙势的高值点。

(4) 艾比湖流域春季风沙活动最频繁且最强烈, 此时研究区内植物尚未发芽或正处于萌芽期内, 地面基本呈现裸露状态, 植被不能够对地表起到防护的作用, 风沙流对地表的主要产生强烈的侵蚀作用。夏季也为起沙风多发期, 但此时植物已经生长茂盛, 较高的植被覆盖度可以削弱风沙活动的强度, 减缓气流对地表的侵蚀。植被对风沙流的扰动, 在植被生长密集的局部区域内发生较强的堆积作用, 生长较稀疏的局

部区域则发生较强的风蚀作用, 使流域内发育不同的风沙地貌类型。因此, 要加大对植被的保护, 尤其在风沙活动强烈的春季, 采取相应的防护措施, 以减少风沙危害。

[参考文献]

- [1] 邢文娟, 雷加强, 王海峰, 等. 荒漠—绿洲过渡带风况及输沙势分析: 以策勒县为例[J]. 干旱区研究, 2006, 25(6): 894-898.
- [2] 朱震达. 中国沙漠、沙漠化、荒漠化及其治理对策[M]. 北京: 中国环境出版社, 1999: 113-115.
- [3] 刘贤万. 实验风沙物理与风沙工程学[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 1-20.
- [4] 田庆明, 马廷德, 刘晓云, 等. 强沙尘暴过程高空温湿风结构和大气稳定度分析[J]. 干旱区研究, 2008, 25(5): 700-704.
- [5] 李红军, 杨青, 何清. 近四十年新疆输沙势分析[J]. 中国沙漠, 2004, 24(6): 706-710.
- [6] Edwin D M. 世界沙海的研究[M]. 赵兴梁, 译. 宁夏银川: 宁夏人民出版社, 1993.
- [7] 张正德, 董治宝, 赵爱国. 输沙势计算中的“时距”问题[J]. 干旱区地理, 2010, 33(2): 177-182.
- [8] 张正德, 董治宝, 赵爱国, 等. 输沙量与输沙势的关系[J]. 中国沙漠, 2011, 31(4): 824-825.
- [9] Edwin D M. Sedimentary Structures in Dunes: A Study of Global Sand Seas[M]. Washington D C: United States Geological Survey, 1979: 429.
- [10] 韩志文, 缙倩倩, 杜鹤强, 等. 新月形沙丘表面 100 cm 高度内风沙流输沙量垂直分布函数分段拟合[J]. 地理科学, 2012, 32(7): 892-897.
- [11] 吴正. 风沙地貌与治沙工程学[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [12] 张克存, 屈建军, 董治宝, 等. 风沙流中风速脉动对输沙量的影响[J]. 中国沙漠, 2006, 26(3): 336-340.
- [13] 张克存, 俎瑞平, 屈建军, 等. 腾格里沙漠东南缘输沙势与最大可能输沙量之比较[J]. 中国沙漠, 2008, 28(4): 605-700.
- [14] 赵景峰, 李崇舜, 何清. 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): 39-47.