

吉兰泰盐湖防护体系地表蚀积特征

魏亚娟^{1,2}, 解云虎¹, 郭靖³, 蔺博², 王项飞⁴

(1.包头师范学院资源与环境学院, 内蒙古 包头 014030; 2.内蒙古农业大学沙漠治理学院, 呼和浩特 010018;
3.内蒙古钢稀土钢材厂, 内蒙古 包头 014010; 4.乌鲁木齐市林业和草原局, 乌鲁木齐 830000)

摘要: 采用矩阵式插钎法对盐湖防护体系不同防护功能区地表进行野外观测, 探究吉兰泰盐湖防护体系地表蚀积特征。结果表明: 吉兰泰盐湖防护体系不同防护功能区地表蚀积月际变化呈现明显的波动性。流沙固阻带、封沙育草带主要以风蚀为主, 防风阻沙带和盐湖防护林带主要以风积为主。地表沉积物质由外向内趋于细化。流动阻沙带和封沙育草带粒度组成主要以细砂和中砂为主; 防风阻沙带和盐湖防护林带粒度组成主要以极细砂和细砂为主。盐湖防护体系表层沉积物平均粒径 Φ 值、分选系数、峰态和偏度分别为 1.66~3.32, 0.99~2.91, 1.23~2.05 和 -0.08~-0.89。表层沉积物平均粒径、分选系数、偏度、峰态随着盐湖防护体系由外向内逐渐增加。总体看来, 盐湖防护体系营建使地表沉积物趋于细化, 有利于土壤细粒物质沉积, 对地表起到一定保护作用。

关键词: 蚀积平衡; 防护功能区; 下垫面; 阻沙效果; 盐湖防护体系

中图分类号: S727.23

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2023)03-0116-08

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2023.03.016

Wind Erosion and Deposition Features on Surfaces in Jilantai Salt Lake Protection System

WEI Yajuan^{1,2}, XIE Yunhu¹, GUO Jing³, LIN Bo², WANG Xiangfei⁴

(1. Department of Resource and Environment, Baotou Normal College, Baotou,
Inner Mongolia 014030; 2. College of Desert Control Science and Engineering, Inner

Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018; 3. Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earth Steel

Plate Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia 014010; 4. Urumqi Forestry and Grassland Bureau, Urumqi 830000)

Abstract: To explore wind erosion and deposition features on surfaces in Jilantai salt lake protection system. This study used the plugging-brazing method to observe the actual surface conditions of different protection function areas of the salt lake protection system. Our results showed: The monthly variation of surface erosion and deposition showed obvious fluctuation in different protective function zone of Jilantai salt lake protection system. Fixing shifting-sand zone and fencing dune for grass recovery zone were mainly wind erosion. Surface sediment material tended to be finer from outside to inside. Fixing shifting-sand zone and fencing dune for grass recovery zone are mainly composed of fine sand and medium sand; preventing wind and stopping sand zone and salt lake protection forest zone is mainly composed of very fine sand and fine sand. The average particle size, sorting coefficient, kurtosis and skewness of salt lake protection system ranged from 1.66 to 3.32, 0.99 to 2.91, 1.23 to 2.05 and -0.08 to -0.89. The average grain size, sorting coefficient, kurtosis and skewness of surface sediments increased gradually with salt lake protection system from outside to inside. In general, it appeared that the construction of the salt lake protection system tended to refine in surface sediment, which is conducive to the deposition of fine-grained soil material and played a protective role for the surface.

收稿日期: 2022-09-24

资助项目: 自治区高等学校碳达峰碳中和研究专项(STZX202213); 内蒙古自治区重点研发和成果转化计划项目(2022YFDZ0027); 包头师范学院高层次人才引进人才科研启动基金项目(BTTCRCQD2020-011); 包头师范学院自然科学类一般项目(BSYKJ2021-ZY02); 国家重点研发计划项目(2019YFC0507605)

第一作者: 魏亚娟(1994—), 女, 博士, 讲师, 主要从事荒漠化防治研究。E-mail: weiyajuan0305@163.com

通信作者: 解云虎(1987—), 男, 博士, 讲师, 主要从事荒漠化防治及地表风蚀研究。E-mail: xieyhsd@126.com

Keywords: erosion-deposition equilibrium; protective function area; underlay surface; sand blocking effect; salt lake protection system

吉兰泰盐湖面积为 102.4 km², 每年开采量约 100 万 t, 是我国最大的内陆盐湖之一^[1]。但是, 由于盐湖深居荒漠区, 地表组成物质疏松, 极易在风力作用下就地起沙^[2]。自 20 世纪 50 年代末, 乌达—吉兰泰铁路通车后, 盐湖资源开采规模日益扩大, 人口激增, 导致 7 万 hm² 天然梭梭遭到破坏, 风沙危害直接威胁盐湖, 10 km² 盐湖均有不同程度积沙。其中 1.67 km² 已积沙 1 m 左右, 对采盐生产和食盐纯度带来极大困难。为保证盐业稳产高产, 防止风沙进一步入侵盐湖已为当务之急^[3]。为此, 自 1983 年开始, 盐湖北部建立起东西长约 18 km, 南北宽约 1 km 的人工防沙林带^[4], 与周边自然植被自西北向东南构成流沙固阻带、封沙育草带、防风阻沙带和盐湖防护林带的“四带一体”综合立体盐湖防护体系, 有效阻断风沙的输移。

在干旱、半干旱荒漠地区营建防护体系是防治风沙危害的主要措施之一, 也是保护土壤不被风力侵蚀最有效、最长久、最环保的方法^[5]。防护体系的防风固沙效应是近地层中的风沙流与地表相互作用的结果。在防护林体系中, 覆盖地表、分解风力和阻挡输沙是减弱风力和降低地表可蚀性的 3 种重要机制^[6]。近几十年来, 关于防护体系对近地表风沙活动影响一直是诸多学者重点关注的问题之一^[7], 针对防护体系开展大量野外现场观测、风洞模拟试验和数值模拟等研究, 并在植被抑制风蚀效应方面取得长足进展^[8-9]。张春来等^[7]通过风洞模拟试验得出, 土壤起动风速、地表粗糙度和风湿程度与植被特征密切相关。而且地表风蚀量随着植被盖度增加而降低。刘连友^[10]对晋陕蒙接壤地区不同下垫面的输沙率野外测定说明, 风速、降水和植被盖度是影响风蚀量和风蚀强度的主要因素, 且风水两相营力作用强度比单纯营力作用剧烈; 左忠等^[11]对宁夏盐池农田防护林网研究发现, 地表风蚀量和侵蚀强度与防护林的距离呈正相关, 但防护林营建对表层土壤粒度无显著影响。然而, 现有的研究仅针对现存防风固沙林某一特定区域或特定时间段内地表蚀积状况进行探讨, 对于多个防护功能区组成的防护体系地表的整体蚀积特征鲜有报道。

吉兰泰盐湖防护体系建设过程中, 主要采用生物、工程等多项综合防治技术措施, 运用适地适树原则、防护林配置采用片状和带状等形式, 形成乔、灌、草有机结合的防护林带配置模式。在建设初期阶段就发挥着极其重要的防风固沙作用^[12]。然而, 历经

38 年自然演替, 现有的盐湖防护体系是否能依旧发挥着防沙固沙的作用, 各防护功能区地表蚀积状况如何? 基于此, 拟以风沙危害十分严重的吉兰泰盐湖防护体系为研究区, 以不同防护功能区(流沙固阻带、封沙育草带、防风固沙带和盐湖防护林带)为研究对象, 通过对地表蚀积状况、沉积物粒度特征和粒度参数进行分析, 旨在科学评价和系统优化吉兰泰盐湖防护体系, 从而为干旱区科学构建高效的盐湖区防沙治沙体系提供科学数据和理论支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

吉兰泰盐湖防护体系位于内蒙古阿拉善左旗吉兰泰盐湖北部(105°47′08″—105°37′38″E, 39°46′58″—39°48′95″N), 海拔为 960~1 030 m(图 1a)。该区域属于典型的大陆性干旱荒漠气候, 降水量为 113.6 mm, 降水主要集中在 7—9 月, 占全年降水量的 91.77%。年均潜在蒸发量为 3 006 mm, 极端最高气温为 40.4 ℃, 极端最低气温为 -31.2 ℃, 年均气温为 8.6 ℃。年日照时间为 3 316 h, 无霜期为 160 天。多年平均风速为 3.6 m/s, 最大风速为 24.0 m/s。风力多集中在 4~5 级。年平均大风日数 34 天, 扬沙日数为 82 天, 年风沙流频率为 112.9 次^[13]。全年以偏西风为主, 合成输沙风向为 115°, 总输沙势为 97.26 VU, 属于低能环境且春季风沙活动最频繁^[4]。研究区地势平坦, 无人为活动干扰。土壤类型为盐碱土、风沙土, 地表土壤疏松, 土壤发育程度较低, 土壤养分贫瘠。该地区风蚀、沙埋现象经常发生。

1.2 防护体系基本情况

研究区防护体系见图 1b 和表 1。

(1) 流沙固阻带: 防止盐湖遭受侵袭的第 1 道防线。吉兰泰盐湖外围分布大面积的流动沙垄, 沙垄高度为 2~8 m, 主要为西北—东南走向, 为有效防止沙丘前移, 在盐湖外围流动沙垄上布设 PLA 沙障, 其宽度为 300 m。

(2) 封沙育草带: 在毗邻流动沙垄逐渐过渡形成的半固定沙地和固定沙地分布有大量白刺(*Nitraria tangutorum*)、沙蒿(*Artemisia desertorum*)、苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、沙米(*Agriophyllum squarrosum*)、芦苇(*Phragmites australis*)等天然植被, 以分布于丘间低地的白刺灌丛沙堆为主体形成封沙育草带, 其宽度为 250 m, 可以减弱近地表风速, 增加地表粗糙度, 有效阻滞地表风沙流。

(3)防风阻沙带:为提高防风效果,处于封沙育草带后方,至盐湖防护林带的中间过渡地带,人工种植大量的毛白杨(*Populus tomentosa*),形成以毛白杨为主

的田网式防护林带,外围依次为新疆杨(*Phragmites australis*)、沙枣(*Elaeagnus angustifolia*)和花棒(*Hedysarum scoparium*)的防风阻沙林带,其宽度为 250 m。

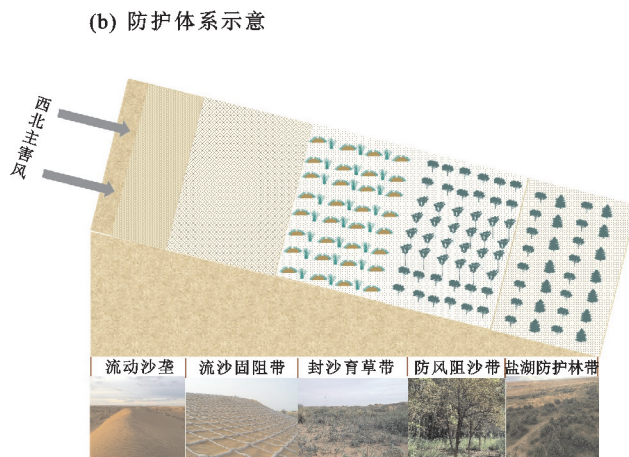


图 1 研究区地理位置与防护体系示意

(4)盐湖防护林带:盐湖防护林网以人工栽植的沙枣、花棒、柽柳(*Tamarix chinensis*)、梭梭(*Haloxylon ammodendron*)和沙拐枣(*Calligonum mongolicum*)等为主要树种,林内植物类型主要以苦豆子、

芦苇为主,兼有禾本科杂草类,丘间低地以建植沙枣为主。

盐湖防护林带宽度为 500 m,其目的是拦截部分悬浮运移的沙尘,同时控制林网内部起沙。

表 1 不同防护功能区基本情况

样地	地表状况	植被状况/特征		土壤类型
		种类	盖度/%	
流沙固阻带	草方格沙障、PLA 沙障,规格为 1.0 m×1.0 m	沙米、白刺	<10	风沙土
封沙育草带	半固定沙丘,分布有白刺灌丛沙堆,沙面质软,沙堆高度 0.5~2.0 m	白刺为主,其他植被有芦苇、苦豆子和披针叶野决明	20	风沙土
防风阻沙带	地面起伏较小,沙面有结皮	沙枣、梭梭、沙拐枣、花棒、新疆杨	58	风沙土
盐湖防护林带	地面起伏较小,沙面有结皮	沙枣、花棒、梭梭、柽柳,地物有芦苇等	45	风沙土、盐碱土

1.3 研究方法

不同防护功能区地表蚀积情况采用矩阵式插钎法进行测定。测钎为自制的 7 号铁丝,测钎长度为 80 cm,然后将测钎垂直地面插入地下,地上留出部分高度为 40 cm,地下插入部分高度为 40 cm,同时用黑色记号笔在测钎 40 cm 处进行标记,网格间距为 1.0 m×1.0 m。每个防护功能区布设 3 个 5.0 m×5.0 m 的网格式样方。共布设 15 个样方。监测时间为 2017 年 3 月 1 日至 2018 年 2 月 28 日。然后,每月定期测定各防护功能区地表侵蚀沉积情况,进而分析各防护功能区地表蚀积变化规律。同时,在不同防护功能区利用“S”取样法,取表层 0—2 cm 土壤放入密封袋带回实验室,经过自然风干和去除杂质后,用于土壤粒度测定。

1.4 数据处理

1.4.1 地表蚀积测定 蚀积深度和蚀积强度是常见

的侵蚀参数^[14]。计算公式为:

$$H = H_1 - H_0 \quad (1)$$

$$R_e = \frac{H}{t} \quad (2)$$

式中: H 为蚀积深度 (cm); H_1 为沙下测钎深度 (cm); H_0 为初始测钎深度 (cm)。 R_e 为蚀积强度 (mm/d),当 $R_e > 0$ 表示风积;当 $R_e = 0$,表示蚀积平衡;当 $R_e < 0$ 表示风蚀。

1.4.2 土壤粒度测定 土壤粒度测定采用 Mastersizer 3000 激光粒度分析仪 (Malvern Instruments, Malvern, 英国) 完成。土壤粒径分级标准根据美国制土壤分类标准^[15],粒径分级标准共分为 7 级,分别为砾石 (>2 000 μm)、极粗砂 (1 000~2 000 μm)、粗砂 (500~1 000 μm)、中砂 (250~500 μm)、细砂 (100~250 μm)、极细砂粒 (50~100 μm)、粉粒 (2~50 μm)

和黏粒($<2\ \mu\text{m}$)。最后,将试验数据导入 Excel 2007 软件,进行相关指标分析。

1.4.3 土壤粒度参数计算方法 土壤粒度参数采用 Udden-Wenworth 粒度标准,根据 Kumdein 的算法进行对数转化。然后用 Mastersizer 3000 软件导出各功能区地表沙物质样品颗粒累计体积分数对应的颗粒直径(D, mm)进行对数转换,将其变为利于计算的 Φ 值,转换公式为^[16]:

$$\Phi = -\log_2 D \quad (3)$$

采用 Folk-Ward 的图解法计算粒度参数。本研究涉及到的粒度参数包括:平均粒径(M_z)、分选系数(δ_0)、偏度(SK)、峰态(K_g)^[17]。

$$M_z = \frac{1}{3}(\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}) \quad (4)$$

$$\delta_0 = \frac{(\Phi_{84} - \Phi_{16})}{4} + \frac{(\Phi_{95} - \Phi_5)}{6.6} \quad (5)$$

将 δ_0 划分为 7 个等级: $\delta_0 < 0.35$, 代表分选性极好; $0.35 < \delta_0 \leq 0.50$, 代表分选性好; $0.50 < \delta_0 \leq 0.71$, 代表分选性较好; $0.71 < \delta_0 \leq 1.00$, 代表分选性中等; $1.00 < \delta_0 \leq 2.00$, 代表分选性较差; $2.00 < \delta_0 \leq 4.00$, 代表分选性差; $\delta_0 > 4.00$, 代表分选性极差。

$$SK = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)} \quad (6)$$

根据 SK 取值范围将其划分为 5 个等级,分别为: $-1.0 \leq SK < -0.3$, 代表极负偏; $-0.3 \leq SK < -0.1$, 负偏; $-0.1 \leq SK < 0.1$, 代表对称; $0.1 \leq SK <$

0.3 , 代表正偏; $0.3 \leq SK < 1.0$, 代表极正偏。

$$K_g = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2.44(\Phi_{75} - \Phi_{25})} \quad (7)$$

根据 K_g 取值范围可划分为 6 个峰态等级,分别为: $K_g \leq 0.67$, 很宽平; $0.67 < K_g \leq 0.90$, 宽平; $0.90 < K_g \leq 1.11$, 中等; $1.11 < K_g \leq 1.56$, 尖窄; $1.56 < K_g \leq 3.00$, 很尖窄; $K_g > 3.00$, 极尖窄。

用 Excel 2013 软件对试验数据进行前期整理。然后,运用 Origin 2021 软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 不同防护功能区地表蚀积深度、蚀积强度和净蚀积量特征

由图 2 可知,根据蚀积深度月际变化情况,在观测期内流动沙垄、流动阻沙带和封沙育草带主要以风蚀为主,防风阻沙带和盐湖防护林带主要以风积为主。在流动沙垄和封沙育草带,风蚀主要发生于 1—5 月和 10—12 月;最大风蚀深度发生于 4 月,其侵蚀深度分别为 -5.88 , $-0.16\ \text{cm}$;在流动阻沙带,风蚀主要发生于 1—4 月和 10—12 月;最大风蚀深度发生于 4 月,侵蚀深度为 $-1.01\ \text{cm}$;在防风阻沙带和盐湖防护林带,其风蚀分别主要发生于 1—2 月和 1—3 月,其余月份均以风积为主。总体来看,吉兰泰盐湖防护体系年内主要以风积为主。主要因为风沙流在向前推进过程中,由于受到防护功能区的层层阻滞作用,导致风沙流中的沙物质遇阻沉降,使沙物质在防风阻沙带和盐湖防护林带堆积。

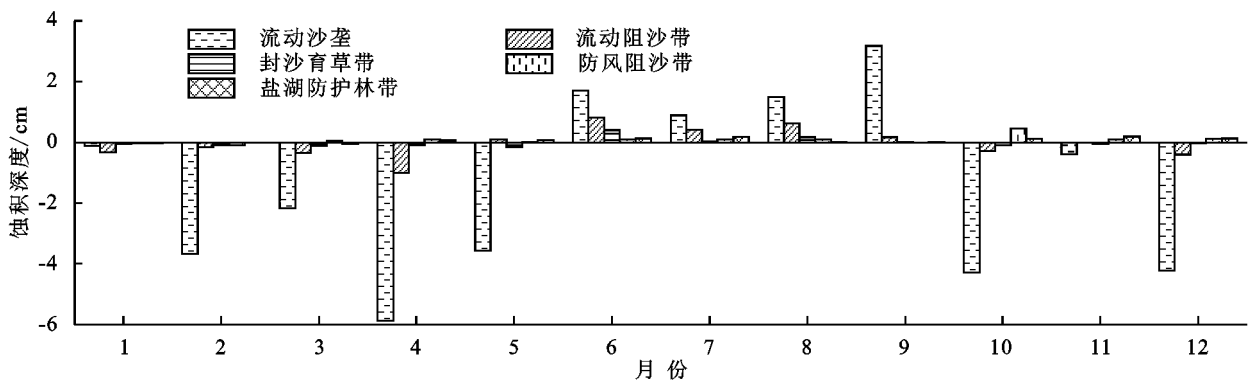


图2 不同月份盐湖防护体系地表蚀积深度特征

由图 3 可知,在观测期内流动沙垄、流动阻沙带、封沙育草带、防风阻沙带和盐湖防护林带的蚀积强度分别为 $-1.96 \sim 1.38$, $-0.34 \sim 0.27$, $-0.02 \sim 0.13$, $-0.03 \sim 0.15$, $-0.02 \sim 0.06\ \text{mm/d}$, 蚀积强度年际变化具有明显的波动性。在流动沙垄和封沙育草带,1—5 月和 10—12 月以风蚀为主,6—9 月主要以风积为主;最大风蚀强度和风积强度分别发生于 4 月和 9 月;在流动阻沙带,1—4 月和 10—12 月以风蚀为主,5—9 月主要以风积为主;最大风蚀强度和风积强度分别发生于 4 月和 6 月;在

防风阻沙带和绿洲防护林带,1—2 月(1—3 月)以风蚀为主,2—12 月(3—12 月)主要以风积为主;最大风积强度发生于 10 月(11 月)。总体来看,在观测期内流动阻沙带和封沙育草带主要以风蚀为主,防风阻沙带和盐湖防护林带主要以风积为主。说明盐湖防护体系对风沙活动的阻滞作用明显。

由图 4 可知,在 1 月和 2 月,各防护功能区以侵蚀为主,与流动沙垄相比,流动阻沙带、封沙育草带、防风阻沙带和盐湖防护林带侵蚀量分别减少 58.76%,

69.72%, 52.63%, 89.03% 和 49.99%, 51.46%, 93.17%, 90.95%; 在 3—5 月, 流动沙垄、流动阻沙带、封沙育草带主要以侵蚀为主, 而防风阻沙带和盐湖防护林带主要以堆积为主。在 6—9 月, 各防护功能区主要以堆积为主; 与流动沙垄相比, 流动阻沙带、封沙育草带、防风阻沙带和盐湖防护林带堆积量分别增加 90.25%~94.61%, 91.97%~96.75%, 91.35%~99.16% 和 94.74%~

98.71%; 在 10 月, 流动沙垄以侵蚀为主, 而封沙育草带、防风阻沙带和盐湖防护林带主要以堆积为主, 其堆积量分别为 789.42, 1 550.70 和 182.33 kg。在 11—12 月, 流动沙垄、流动阻沙带和封沙育草带主要以侵蚀为主, 防风阻沙带和盐湖防护林带主要以堆积为主。总体来看, 由流动沙垄到盐湖防护林带, 侵蚀量逐渐减小, 堆积量逐渐增加。

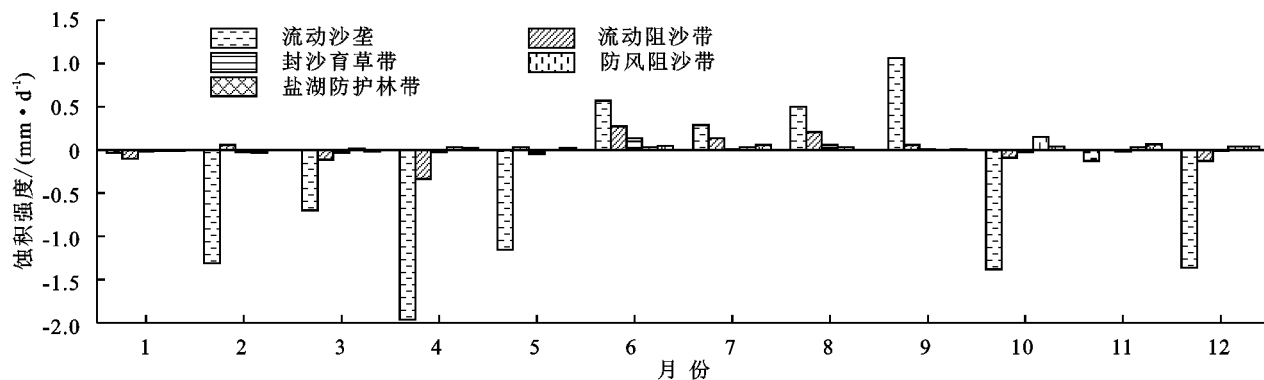


图 3 不同月份盐湖防护体系地表蚀积强度特征

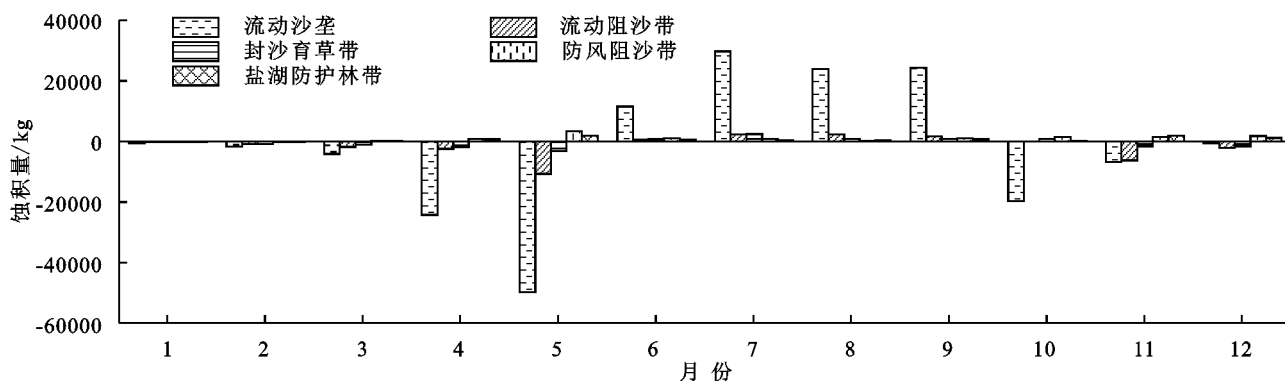


图 4 不同月份盐湖防护体系地表蚀积量特征

2.2 盐湖防护体系地表沉积物粒度特征

由图 5 可知, 盐湖防护体系不同防护功能区地表沉积物存在较大差异。流动沙垄、流动阻沙带和封沙育草带主要以细砂和中砂为主, 分别占沙粒总量的 76.83% 和 84.41%; 较流动沙垄分别增加 9.20% 和 19.97%; 其次是粉粒和极细粒, 分别占沙粒总量的 18.62% 和 13.45%; 防风阻沙带和盐湖防护林带粒度组成主要以极细砂和细砂为主, 分别占到沙粒总量的 78.00% 和 77.68%, 较流动沙垄分别增加 64.28% 和 63.61%; 其次是黏粒和粉粒, 分别占沙粒总量的 16.56% 和 16.54%, 较流动沙垄分别增加 86.48% 和 86.22%。防风阻沙带和盐湖防护林带无粗砂和极粗砂存在。总体而言, 与流动沙垄相比, 盐湖防护体系粒度组成由外向内逐渐趋于细化。

2.3 盐湖防护体系地表沉积物粒度参数特征

由图 6 可知, 地表沉积物平均粒径、分选系数、偏度、峰态随着盐湖防护体系由外向内逐渐增加。盐湖防护体系平均粒径 Φ 值、分选系数、偏度和峰态分别为 1.66~3.32, 0.69~2.91, -0.08~-0.89 和 1.23~

2.05。在流动沙垄, 平均粒径 Φ 值属于中砂范围 (1~2), 在流动阻沙带和封沙育草带, 平均粒径 Φ 值属于细砂范围 (2~3), 在防风阻沙带和盐湖防护林带, 平均粒径属于极细砂范围 (3~4); 流动沙垄分选性较好; 流动阻沙带、封沙育草带、防风阻沙带分选性较差; 盐湖防护林带分选性差。在盐湖防护林带, 其偏度属于负偏, 其余防护功能区偏度均属于极负偏。流动沙垄和流动阻沙带峰态属于尖窄, 封沙育草带、防风阻沙带和盐湖防护林带峰态属于很尖窄。

由图 7 可知, 4 种功能区各粒度参数散点图没有明显的区分。流动固沙带分布范围较大, 其次是封沙育草带, 防风阻沙带次之, 盐湖防护林带分布较为集中。可见, 盐湖防护体系营建有利于截留风沙流中的细砂物质, 减少风沙对地表的侵蚀, 对地表起到一定的保护作用, 为土壤养分积累起到一定的积极作用。

3 讨论

3.1 不同防护功能区地表蚀积状况

地表蚀积强度与风速、降雨、植被状况和土壤质

地等密切相关^[18]。本研究中,流动阻沙带和封沙育草带风蚀主要发生于 1—5 月和 10—12 月,且不同月份之间蚀积状况存在一定差异,与毛东雷等^[19]对荒漠绿洲过渡带不同下垫面地表蚀积状况研究结果相悖,其研究表明,半固定沙地和固定沙地地表主要以风积为主。主要与该区域的气象因子密切相关^[4]。1—5 月和 10—12 月该区域平均风速、大风日数、扬沙日数和沙尘暴日数远大于其他月份。而且,流动阻沙带和封沙育草带土壤主要为地表疏松、结构性差的风沙土且植被盖度较低,为风沙活动的发生提供条件。虽然,在这 2 个防护功能区地表分别为 PLA 沙障和白刺灌丛沙堆,在一定程度上增加地表粗糙度,对风速起到一定降低作用。但总体而言,区域输入的沙物质小于区域输出的沙物质。而防风阻沙带和盐湖防护林带风蚀主要发生于 1—2 月和 1—3 月,主要因为 1—3 月植被未完全展叶,植被覆盖度和疏透度略小于生长季。与流动沙垄相比,林带内植株间的“狭管增速效应”是导致地表风蚀的主要原因。另外,研究区风沙活动主要集中在春、冬两季,大气局部环流影响着各地风沙活动,大气局部环流控制着盐湖周边的风沙活动。春季降水量稀少,导致地表干燥,风水不吻合,为地表风蚀创造条件^[20]。防风阻沙带和盐湖防护林带风积月份远大于风蚀月份。主要与植被盖度和密集的粗糙元有关。盐湖防护体系由外向内植被盖度增加。而且,各防护功能区相辅相成构建强大的密集粗糙元,对风沙流进行重新分配,对地表

起到较大的防护作用^[21]。

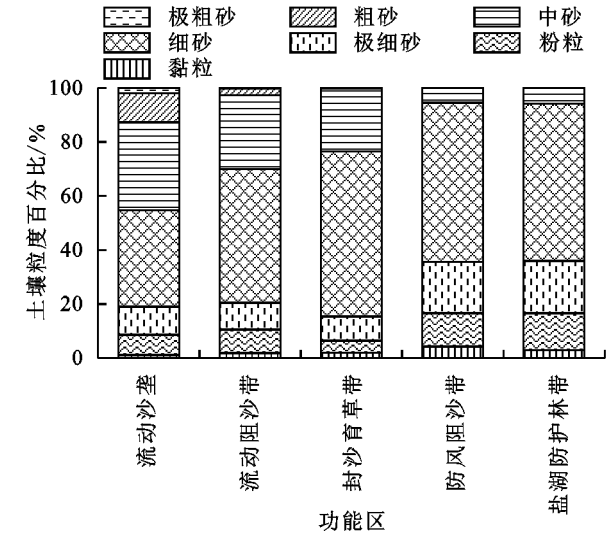


图 5 盐湖防护体系地表沉积物粒度组成特征

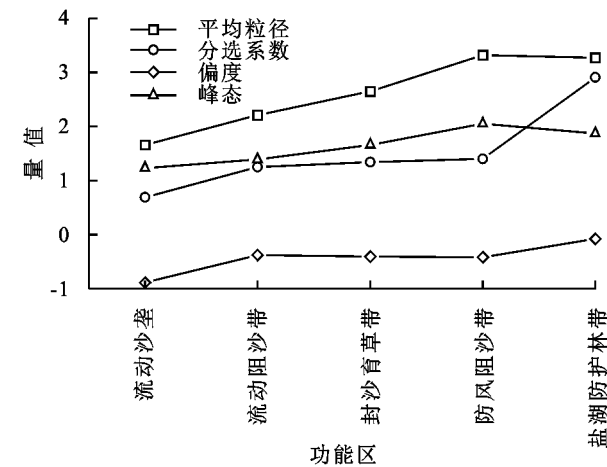


图 6 盐湖防护体系地表沉积物粒度参数特征

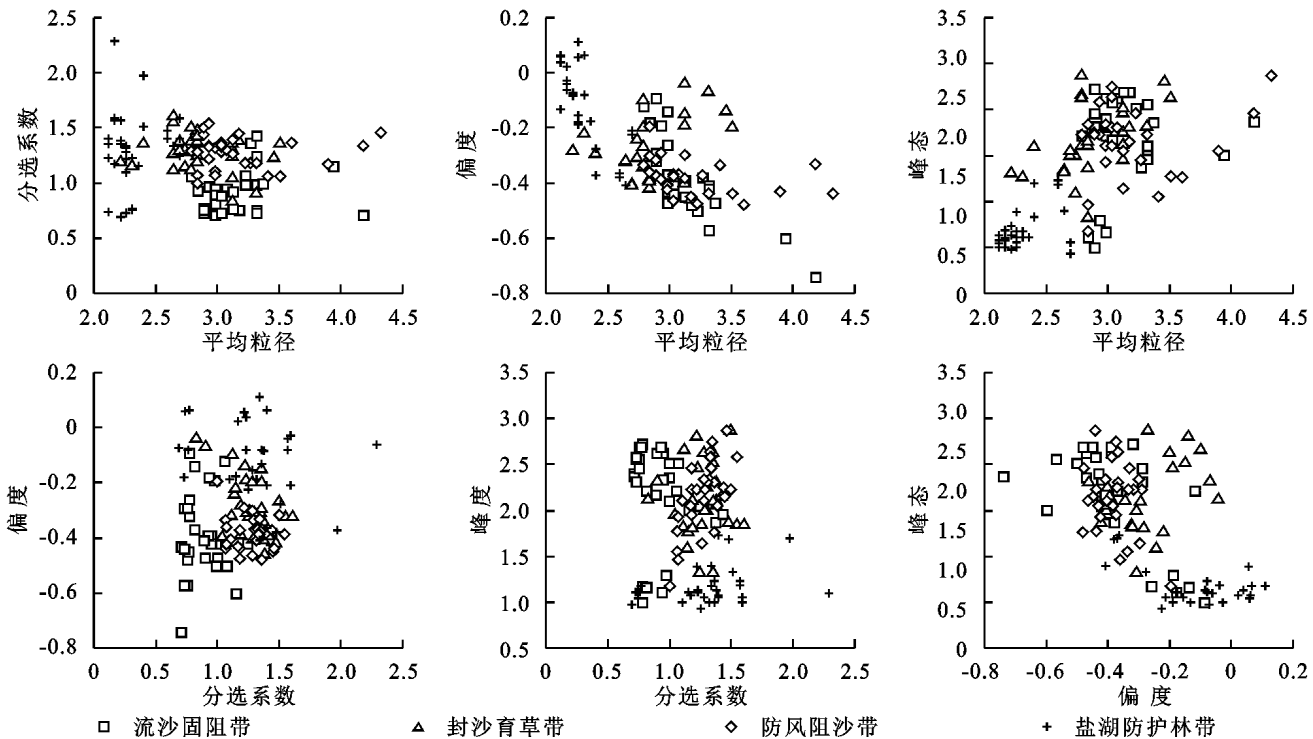


图 7 粒度参数散点

3.2 不同防护功能区地表沙物质机械组成

地表风蚀是表层土壤细粒物质在风力作用下被吹蚀和搬运,使沙物质在地表重新分配的结果^[22]。地表沙物质组成可直观表征地表的蚀积状况。本研究发现,盐湖防护体系地表细砂物质含量为 49.48%~61.11%,说明盐湖防护体系主要以细砂物质为主,尤其在封沙育草带,细砂含量高达 61.11%。前人^[23]研究表明,地表细砂物质在风沙过程中最容易被吹蚀。可见,封沙育草带地表土壤被风蚀的可能性较大。因此,在今后应对该区域白刺灌丛沙堆进行重点保护,防止白刺灌丛沙堆进入退化阶段,成为该区域新的风沙策源地^[24]。与流动沙垄相比,盐湖防护体系地表细砂物质增加幅度为 34.63%~66.27%,说明盐湖防护体系的营建使地表沙物质趋于细化。主要因为植被盖度增加地表覆盖度,使得局部风沙活动减弱^[11]。各防护功能区地表土壤粉粒物质含量和极细砂含量由外向内逐渐增加,含量为 7.71%~13.65%和 8.92%~14.42%。良好的植被生长状况改变局域内的土壤环境,有效地减少风蚀现象的发生,细粒物质被搬运离开原位的数量逐渐减小,使得土壤粒径分布较为集中^[19]。而且粉粒和极细粒物质含量增加能有效地提高颗粒之间的黏结力,提高风蚀启动阈值,导致地表土壤抗风蚀能力逐渐增加^[25]。加之盐湖防护体系由外向内植被盖度逐渐增加也进一步缓解地风蚀现象的发生。

3.3 不同防护功能区地表沉积物粒度参数特征

土壤粒度参数可表征沙粒的搬运介质、搬运方式,进而判断沉积物的来源和沉积环境^[11,26]。本研究中,流动沙垄、流动阻沙带、封沙育草带、防风阻沙带和盐湖防护林带的平均粒径 Φ 值分别为 1.66, 2.21, 2.65, 3.32, 3.27。因此,在流动沙垄,平均粒径 Φ 属于中砂范围(1~2),在流动阻沙带和封沙育草带,平均粒径 Φ 值属于细砂范围(2~3),在防风阻沙带和盐湖防护林带,平均粒径 Φ 值属于极细砂范围(3~4)。该研究结果与苏松领等^[27]对新疆策勒地区地表沉积物的研究结果一致。主要因为沙物质在风力作用下被搬运分选的结果,而且地表平均粒径随着植被盖度增加趋于细化,说明沿着主风向由物源区向沉积区沙粒物质逐渐变细^[24]。研究^[28]表明,地表覆盖度和风力作用是造成地表沙物质分选性差异的主要原因。在本研究中,盐湖防护林带分选性差,其余防护功能区分选性较差。该研究结果与苏松领等^[27]对新疆策勒地区地表沉积物的研究结果相悖,其研究结果表明,在半固定沙地土壤沉积物分选性最好。主要因为风沙流经过防风阻沙带消减 90% 以上的风力,导致对地表沙物质的分选性

较差^[7]。在盐湖防护林带,其偏度属于负偏态,其余防护功能区偏度均属于极负偏态。可见,盐湖防护体系均是由细组分组成。流动沙垄和流动阻沙带,其峰态属于尖窄,在封沙育草带、防风阻沙带和盐湖防护林带,其峰态属于很尖窄。说明盐湖防护体系由外向内粒度分布逐渐趋于集中。粒度参数综合分析发现,研究区土壤粒度主要以粉粒和极细粒为主,充分说明盐湖防护体系营建有利于改善土壤结构,提高土壤保水保肥能力,同时提高土壤抗吹蚀能力。

4 结论

(1) 吉兰泰盐湖防护体系不同防护功能区地表蚀积月际变化呈现明显的波动性。流沙固阻带、封沙育草带主要以风蚀为主,防风阻沙带和盐湖防护林带主要以风积为主。

(2) 地表沉积物质由外向内趋于细化。盐湖防护体系不同防护功能区地表沉积物存在较大差异。在流动沙垄、流沙固阻带,主要以细砂和中砂为主;盐湖防护林带,其粒度组成主要以极细砂和细砂为主。

(3) 盐湖防护体系表层沉积物属于细砂或极细砂范围,且分选性差或较差,呈现负偏态或极负偏态分布,属于尖窄或很尖窄。植被覆盖度和风力是导致地表沉积物粒度和分形差异的主要原因。

(4) 盐湖防护体系营建有利于截留风沙流中的细砂物质,减少风沙对地表的侵蚀,对地表起到一定的保护作用。

参考文献:

- [1] 耿侃,胡春元,刘佳.吉兰泰地区第四纪湖泊的演变[J].干旱区资源与环境,1989,2(2):26-33.
- [2] 于志同,刘兴起,王永,等.13.8ka 以来内蒙古吉兰泰盐湖的演化过程[J].湖泊科学,2012,24(4):629-636.
- [3] 耿侃.吉兰泰盐湖沙侵危害、原因与对策[J].资源开发与保护,1990(3):140-143.
- [4] 丁延龙,汪季,胡生荣,等.吉兰泰盐湖风沙防护林体系建立 35a 以来防沙效益评估[J].中国沙漠,2019,39(5):111-119.
- [5] 王彦武,罗玲,张峰,等.民勤县绿洲边缘固沙林防风蚀效应研究[J].西北林学院学报,2018,33(4):64-70.
- [6] 屈志强,刘连友,吕艳丽.沙生植物构型及其与抗风蚀能力关系研究综述[J].生态学杂志,2011,30(2):357-362.
- [7] 张春来,邹学勇,董光荣,等.植被对土壤风蚀影响的风洞实验研究[J].水土保持学报,2003,17(3):31-33.
- [8] Wu X X, Zou X Y, Zhou N, et al. Deceleration efficiencies of shrub windbreaks in a wind tunnel[J]. Aeolian Research, 2015, 16: 11-23.
- [9] Zhan K J, Liu S Z, Yang Z H, et al. Effects of sand-

- fixing and windbreak forests on wind flow: A synthesis of results from field experiments and numerical simulations[J]. *Journal of Arid Land*, 2017, 9(1): 1-12.
- [10] 刘连友. 区域风沙蚀积量和蚀积强度初步研究: 以晋陕蒙接壤区为例[J]. *地理学报*, 1999, 54(1): 61-70.
- [11] 左忠, 潘占兵, 张安东, 等. 干旱风沙区农田防护林网空间风速与地表风蚀特征[J]. *农业工程学报*, 2018, 34(2): 135-141.
- [12] 郝清华. 吉兰泰盐湖周边地区不同植被恢复方式效果研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011.
- [13] 丁延龙, 高永, 汪季, 等. 生物基可降解聚乳酸(PLA)沙障对沙丘表层沉积物粒度特征的影响[J]. *中国沙漠*, 2018, 38(2): 262-269.
- [14] 解云虎. 荒漠—绿洲过渡带防护体系构建及其防风阻沙效益研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2020.
- [15] 高广磊, 丁国栋, 赵媛媛, 等. 生物结皮发育对毛乌素沙地土壤粒度特征的影响[J]. *农业机械学报*, 2014, 45(1): 115-120.
- [16] 丁国栋. 风沙物理学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2010.
- [17] Folk R L, Ward W C. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters[J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1957, 27(1): 3-26.
- [18] 胡广录, 王德金, 廖亚鑫, 等. 黑河中游荒漠—绿洲过渡带斑块植被区风沙蚀积强度特征[J]. *中国沙漠*, 2016, 36(6): 1547-1554.
- [19] 毛东雷, 雷加强, 曾凡江, 等. 新疆策勒沙漠—绿洲过渡带不同下垫面地表蚀积变化特征[J]. *中国沙漠*, 2014, 34(4): 961-969.
- [20] 管雪薇, 汪季, 党晓宏, 等. 吉兰泰盐湖防护体系的防风阻沙效应[J]. *水土保持通报*, 2021, 41(5): 51-59.
- [21] Luo W Y, Dong Z B, Qian G Q, et al. Near-wake flow patterns in the lee of adjacent obstacles and their implications for the formation of sand drifts: A wind tunnel simulation of the effects of gap spacing[J]. *Geomorphology*, 2014, 213: 190-200.
- [22] 王梅, 楚光明, 牛攀新. 人工绿洲防护林林下植物多样性研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2013, 27(4): 165-170.
- [23] Feng X, Qu J J, Tan L H, et al. Fractal features of sandy soil particle-size distributions during the range-land desertification process on the eastern Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Journal of Soils and Sediments*, 2020, 20: 472-485.
- [24] 丁延龙. 白刺灌丛沙堆演化对地表蚀积的影响及其作用机制[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019.
- [25] 张素, 熊东红, 校亮, 等. 冲沟不同部位土壤机械组成及抗冲性差异[J]. *土壤*, 2016, 48(6): 1270-1276.
- [26] 俞祥祥, 李生宇, 马学喜, 等. 沙漠公路防护林影响下近地表风沙流粒度特征的空间分异[J]. *水土保持研究*, 2017, 24(1): 334-341.
- [27] 苏松领, 毛东雷, 赵枫, 等. 新疆策勒不同荒漠化程度下地表沉积物粒度及分形特征[J]. *干旱区资源与环境*, 2021, 35(11): 127-134.
- [28] Guan Q Y, Zhang J D, Wang L J, et al. Discussion of the relationship between dustfall grain size and the desert border, taking the southern border of the Tengger Desert and the southern dust deposit area as an example [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2013, 386(17): 1-7.