

# 浑善达克沙地公路固沙带防沙效益分析

武俊瑛, 高永, 秦艳, 惠彦君

(1. 内蒙古农业大学, 内蒙古呼和浩特 010019; 2. 中国农业科学院草原研究所, 内蒙古呼和浩特 010010)

**摘要** 通过对浑善达克沙地固沙带风速、输沙量的测定, 分析了固沙带内的风速、下垫面性质的变化以及风沙流结构特征, 进一步阐明了固沙带的防护效益和设计合理性。结果表明, 浑善达克沙地的固沙带是公路沿线两侧形成植物能够适时发芽、生长的前期保护带, 使公路沿线两侧植物最终能形成稳定的植物群落, 是防护体系中实现持久生态防护的重要功能带。

**关键词** 浑善达克沙地; 公路; 风沙危害; 固沙带; 半隐蔽式方格沙障

中图分类号 S727.23 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)03-01286-03

## Analysis on Preserving Benefit of the Sand fixation Belt of Highway in Otindag Sandy Land

WU Jun-ying et al (Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019)

**Abstract** The wind velocity, underlying surface characteristics and the sand flow structure in the sand-fixation belt were analyzed through determining wind velocity and sediment discharge of stabilizing belts in Otindag sandy land, the protective benefits and rational design of stabilizing belts were further clarified. The results indicated that the stabilizing belts in Otindag sandy land were prophase protection bands which plants along two sides of the highway could timely bud and grow, and stable plant community was formed finally. So the stabilizing belt is the important function belt of realizing persistent ecological protection in protective system.

**Key words** Otindag sandy land; Road; Blown sand disaster; Stabilizing belt; Semi-buried checker sand barrier

### 1 试验概况

横贯内蒙古东西部的省际大通道在内蒙古东部穿越的浑善达克沙地, 面积 269.8 万  $\text{hm}^2$ , 东西延伸约 450 km, 南北宽约 300 km, 海拔高 1 000 ~ 1 400 m。最高气温 35 $^{\circ}\text{C}$ , 最低气温 -35 $^{\circ}\text{C}$ 。年降水量大部分地区为 200 ~ 350 mm, 年蒸发量为 2 000 ~ 2 700 mm, 为降水量的 6 ~ 10 倍。干燥度 1.2 ~ 2.0, 全年多偏西风, 平均风速 4 ~ 5  $\text{m/s}$ , 大风日数占全年的 40% ~ 50%, 大于 8 级大风日数为 80 d 左右, 最大风速为 24 ~ 28  $\text{m/s}$ , 局部瞬间可达 34  $\text{m/s}$ 。

沙丘高度 10 ~ 15 m, 最高达 80 m, 西部以半固定沙丘为主, 并有流动的新月形沙丘及沙丘链, 呈斑点状分布, 往往在迎风面普遍形成风蚀窝, 出现裸露的砂面; 东部以固定沙丘为主, 其形态以沙垄及沙面——梁窝状沙丘为多, 由于受主风的影响, 多呈西北—东南东方向排列。丘间具有开阔的低平地(塔拉), 大者宽数公里, 长十余公里<sup>[1-2]</sup>。

### 2 公路沙害类型及防护体系基本模式

#### 2.1 公路沙害类型

**2.1.1 修路形成裸沙造成危害。**填方取土于公路下风侧, 形成大量沙坑和裸露沙面使风蚀面积扩大, 加之大规模机械化作业, 使公路两侧自然植被遭到破坏引起草地沙化、固定沙丘活化, 风沙活动加强。公路穿越大型沙丘、沙垄实施挖方工程, 公路两侧出现大型流动沙坡, 形成公路沙害。

**2.1.2 风蚀危害。**在风力的作用下, 路堑和路基边坡出现风蚀或掏蚀, 使路堑和路基边坡形成风蚀坑, 形成新的沙源, 产生更大的危害。

**2.1.3 沙阻沙埋危害。**每到春季, 该地区受西北风的影响, 沙害经常发生, 裸露沙源和风积沙随风流动, 受路基及相关地形变化的阻碍, 引起沙粒沉积, 形成舌状、片状沙堆分布于路面阻碍行车<sup>[3-5]</sup>。

**2.2 防护体系基本模式** 上风侧: 50 ~ 80 m 宽的阻沙带 + 30 m 宽的固沙带 + 10 m 宽的整平硬化带; 下风侧: 30 m 宽的固沙带 + 40 ~ 50 m 的阻沙带; 防护带外围设网围栏(图1)。

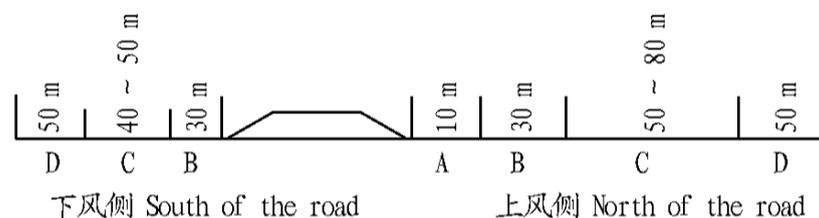


图1 固沙带在公路防护体系中的位置

Fig.1 The position of the sand-fixation belt in highway defense system

A 为整平硬化带: 卵石、碎石平铺压实。B 为固沙带: 由半隐蔽式方格沙障与耐风沙植物构成, 稳固沿线沙地, 最终目标是于公路沿线两侧形成植物能够适时发芽、生长的前期保护带, 以便最终形成稳定的植物群落, 达到持久防护的目的<sup>[3,6-7]</sup>, 是该研究讨论的重点功能带。C 为阻沙带: 有高立式沙障, 阻聚外来流沙, 保护固沙带免受风蚀、风积危害。D 为封育带: 网围栏围封保护, 保护人工植被生长和自然植被的恢复。

半隐蔽式方格沙障采用小红柳枝条、黄柳、杏树苗、沙棘苗、榛柴和桦树枝条等材料, 以当地小红柳、黄柳枝条为主, 截成 58 cm(地面以上 38 cm, 地面以下 20 cm) 枝段, 垂直于主风向栽成规格的方格。沙障规格 1.2 m × 1.2 m, 高度 0.58 m, 密度 20 ~ 25 根/m, 方格内扦插多年生先锋固沙灌木黄柳 1 穴(1 穴 4 根插条), 并种植多年生耐风沙植物柠条(穴播)、沙蒿、羊柴和沙打旺混合撒播。考虑到多年生耐风沙植物播种当年生长慢, 同时采取保护播种方式, 行播 1 年生作物莠麦。

### 3 研究方法

**3.1 风速测定** 风速测定是公路沙害治理的基础工作, 采用 PG2F 型多通道风向风速记录仪, 可同时测定 7 组不同部位的瞬时风速, 测风高度分别距地面 200 和 25 cm, 风速仪记数间隔为 30 s, 测定时间为 0.5 ~ 2.0 h, 所测风速为瞬时风速。粗糙度是衡量下垫性质的重要指标, 即地面风速为零的

基金项目 国家自然科学基金(30771765); 十一五科技支撑: 沙区植被(2006BAD26B0102)。

作者简介 武俊瑛(1961-), 男, 内蒙古林县人, 在读博士, 副教授, 从事水土保持与荒漠化防治研究。

收稿日期 2008-11-13

高度,可用下式计算:

$$\lg Z_0 = (\lg Z_2 - A \lg Z_1) / (1 - A) \quad (1)$$

$$A = V_2 / V_1 \quad (2)$$

式中,  $Z_0$  为地面粗糙度(cm);  $Z_1$ 、 $Z_2$  为任意高度(cm);  $V_1$ 、 $V_2$  为  $Z_1$ 、 $Z_2$  对应的风速(m/s) [8-9]。

**3.2 输沙量测定** 使用积沙仪测定输沙量,采样时间为30 min。风沙流结构特征值可用下式表示:

$$= Q_{2-10} / Q_{0-1} \quad (3)$$

式中,  $Q_{0-1}$  为0~1 cm高度气流层内的输沙量;  $Q_{2-10}$  为2~10 cm高度气流层内的输沙量。

## 4 结果及分析

### 4.1 风速和下垫面性质

**4.1.1 风速。**半隐蔽式方格沙障为2004年秋季施工埋设,密度为20~23根/m,地上高度平均为38~40 cm,规格为1.2 m×1.2 m,方格中心扦插黄柳,并播种固沙植物。于2005年5月5日当地植物萌发前大风日进行风速测定,以评价固沙带的防风固沙效益。1、3、5和7号风杯设于距地面25 cm高处,迎风排列;2、4、6和8号风杯设于距地面200 cm高处;1、2号风杯所在的第1根标杆设在固沙障前10 m裸沙地(图2中A的位置),3、4号风杯所在的第2根标杆设在距固沙带前缘10 m处沙障内(图2中B的位置),5、6号风杯所在的第3根标杆设在距第2根标杆10 m处(图2中C的位置),7、8号风杯所在的第4根标杆设置在固沙带近公路外缘处(图2中D的位置)。测定4个不同点200和25 cm高度的风速,比较方格沙障内同一点不同高度的风速降低百分比。200 cm高处旷野平均风速为8.23 m/s,200 cm高处最高风速为12.80 m/s,固沙带内不同观测点25 cm高处较200 cm高处风速的降低百分比为70%~73%,固沙带前峰10 m裸沙地25 cm高处较200 cm高度处风速的降低百分比为23%。由不同观测点不同高度风速变化曲线(图2)可知,200 cm高处各观测点风速变化比较平缓,固沙带沙障内200 cm高处的风速较裸沙地风速略有提高,但幅度不大,沙障上空表现出逐渐减弱的趋势。沙障内25 cm高处的风速较同高度裸沙地的风速降低了61%,由裸沙地平均风速6.36 m/s在固沙带内各观测点平均降低为2.48 m/s,远远小于起沙风速5 m/s,因此能有效保证耐风沙植物播床免受风蚀和积沙埋压的影响,为种子发芽和幼苗生长提供有利条件。

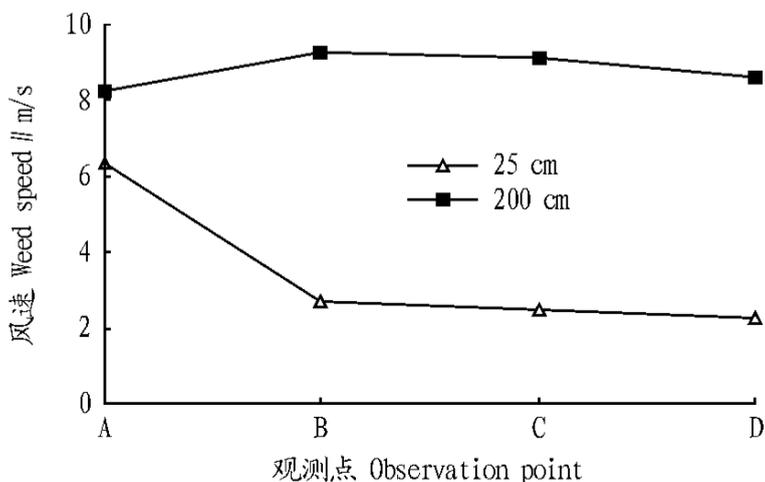


图2 固沙带内不同观测点不同高度风速变化曲线

Fig.2 Variation curves of wind speeds of different altitudes at different observation points in sand fixation belt

**4.1.2 下垫面性质。**下垫面的性质变化取决于地表状况和

风速变化,根据连续实测的风速数据的平均值计算沙障内地表粗糙度。结果表明,裸沙地地表粗糙度为0.019 6 cm,固沙带内各观测点地表粗糙度分别为10.480 6、10.754 3和11.435 6 cm,平均为10.890 2 cm(图3),固沙带内地表粗糙度较裸沙地地表粗糙度增加了555.6倍,反映出固沙带对改变下垫面性质的作用显著,地表静风区高度较高。该高度完全能够响应障外风速增加而造成的地表粗糙度降低的变化,使下垫面保持相对稳定状态。

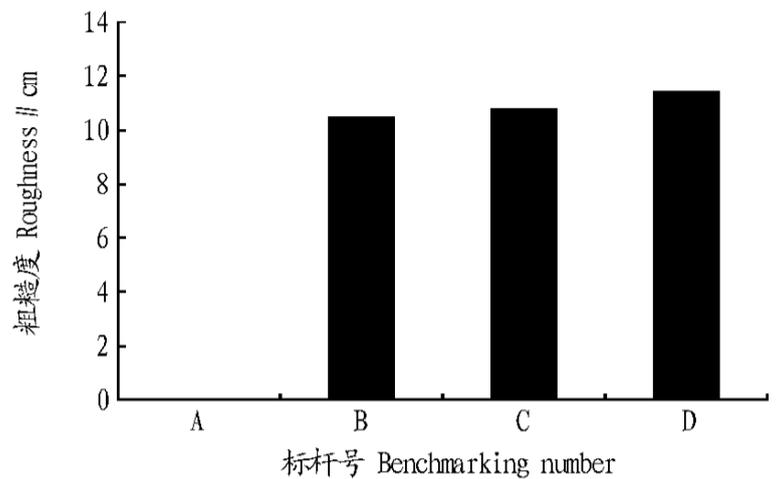


图3 地表粗糙度

Fig.3 Roughness of ground surface

为进一步研究防沙体系内部距公路不同的各观测点之间风速和地表粗糙度变化趋势,2005年5月22日在规格为1.2 m×1.2 m的固沙带内,沿垂直于公路的方向,从固沙带上风侧外缘开始依次布设5个观测点,A点是1、2号风杯位置;B是3、4号风杯位置;C是5、6号风杯位置;D是7、8号风杯位置;E是9、10号风杯位置,测定200和25 cm高度处的风速,并利用16次观测数据的平均值绘制2个高度风速的变化趋势(图4)。由图4可知,气流在吹越防护体系的过程中不断受到沙障的阻挡而使风能减弱、风速降低,不论是200还是25 cm高度,风速的降低均表现出较强的线性变化规律,但二者降低的缓急程度不同。受风速变化的影响,距路最远、最近两点的下垫面性质也有较大差异,最远点地表粗糙度为0.078 9 cm、最近点为12.500 0 cm,中间各点地表粗糙度平均为7.424 4 cm。

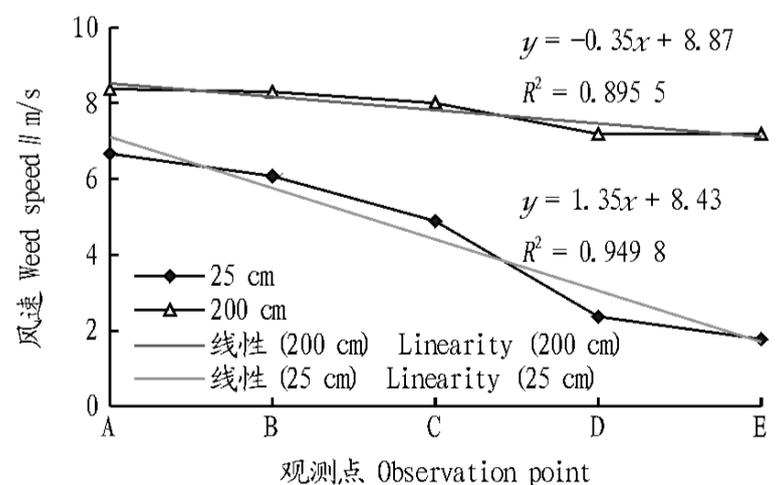


图4 不同观测点不同高度的风速变化趋势

Fig.4 Linearity of the wind speeds at different observation points and altitudes

**4.2 防风效益** 据2005年5月22日风速测定,不同观测点防风效能的变化如图5所示(B是3、4号风杯位置;C是5、6号风杯位置;D是7、8号风杯位置;E是9、10号风杯位置;1、2号风杯置于固沙带前缘裸沙地)。由图5可见,半隐蔽式方格沙障的防风效能值平均为43.29%,最高为73.13%。其中B

点防风效能值为气流由裸沙地进入沙障前锋后不久固沙带产生的防风效果,随着气流在固沙带内受到不断阻挡而使风速降低,沙障的防风效能逐渐增强,由沙障前峰的8.96%经过整个固沙带后增加至73.13%。设置半隐蔽式方格沙障,地表粗糙度明显提高,沙障内风速降至起沙风速以下,培植的耐风沙植物能够正常生长,同时能促进沙地自然植被的恢复。

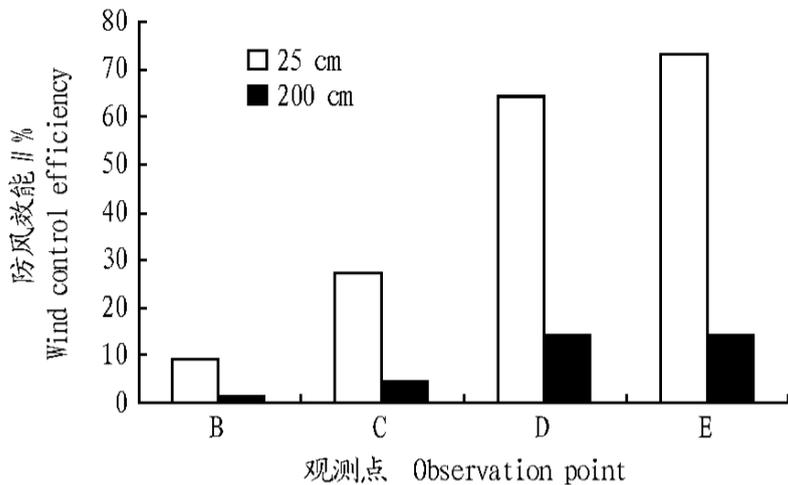


图5 不同观测点防风效能

Fig.5 Wind control efficiency at different observation points

**4.3 风沙流结构** 表1中1~4为4台集沙仪,第1台集沙仪在对照裸沙地,第2台在固沙带前峰边缘后5 m,第3、4台在固沙带内,间距10 m。输沙量观测时间为5 min,该时段2.00 m高度处旷野最高风速为13.5 m/s,平均风速8.9 m/s,0.25 m高度处平均风速6.9 m/s。由表1可知,固沙带内总输沙量为0.029 g、输沙率为0.000 06 g/(cm<sup>2</sup>·min),流沙地总输沙量为0.424 g、输沙率为0.000 86 g/(cm<sup>2</sup>·min),流沙地总输沙量、输沙率分别是沙障内的14.62倍和14.33倍。从风沙流随高度的分布可以看出,流沙地风沙流分布于0~20 cm高度范围内,0~10 cm高度范围内占71%,表明流动沙丘近地层内风沙运动剧烈、输沙强度大;固沙带内风沙流分布于0~10 cm高度范围内,0~5 cm高度范围内占69%,表明半隐蔽式方格沙障近地层只有轻微的风沙运动,且输沙强度小。从风沙流结构特征值分析,流沙地  $\lambda = 1.23 > 1$ ,表明下层沙量处于未饱和状态,风沙流尚有较大的搬运能力,在沙源丰富的条件下,有利于吹蚀的发生;固沙带  $\lambda = 0.45 < 1$ ,表明下层沙量处于饱和状态,风沙流中的沙粒会产生堆积<sup>[3,10-11]</sup>。

## 5 结论与讨论

(1) 规格为1.2 m×1.2 m的半隐蔽式方格沙障固沙带内25 cm高处的风速较同高度裸沙地的风速降低了61%,由裸沙地平均风速6.36 m/s降低为2.48 m/s,远远小于起沙风速5 m/s。这能有效保护耐风沙植物播床免受风蚀和积沙埋压的影响,为种子发芽和幼苗生长提供有利条件,为固沙带植物群落进一步形成、植物种类增加、植被盖度增加消除了由风沙流造成的直接影响与危害。

(2) 裸沙地地表粗糙度为0.019 6 cm,固沙带内各观测点地表粗糙度平均为10.890 2 cm,固沙带内地表粗糙度较裸沙地地表粗糙度增加了555.6倍,反映出半隐蔽式方格沙障对改变下垫面性质的作用显著,地表静风区高度较高。该高度完全能够响应障外风速增加而造成的地表粗糙度降低的变化,使下垫面保持相对稳定状态。

表1 输沙量测定结果

Table 1 Measurement result of sand transportation rate g

距地面距离 cm Distance from ground	1(对照CK)	2	3	4
0~5	0.168	0.007	0.009	0.004
5~10	0.133	0.004	0	0.005
10~15	0.074	0	0	0
15~20	0.049	0	0	0
45~50	0	0	0	0
75~80	0	0	0	0

(3) 固沙带内200 cm高处和25 cm高处,风速的降低均表现出线性变化规律,但缓急程度不同。200 cm高处的风速较裸沙地风速略有提高,但幅度不大,在固沙带上空表现出逐渐稍降的趋势。固沙带半隐蔽式方格沙障内25 cm高处的风速减弱幅度大,表现出显著的防风固沙效果。

(4) 半隐蔽式方格沙障内的防风效能值平均为43.29%,最高为73.13%。表现出逐渐增强的趋势。

(5) 由流沙地和固沙带内总输沙量、输沙率比较可以看出固沙带近地层只有轻微的风沙运动,且输沙强度小。由值可知,半隐蔽式方格沙障内会有沙粒沉积,但沉积量小。

## 参考文献

- [1] 吴正. 风沙地貌学[M]. 北京: 科学出版社,1987.
- [2] 李青丰, 胡春元, 王明玖. 浑善达克地区生态环境劣化原因分析及治理对策[J]. 干旱区资源与环境,2001,15(3):9-16.
- [3] 胡春元, 杨茂, 杨存良. 库布齐沙漠穿沙公路沙害防治技术[J]. 干旱区资源与环境,2002,16(3):71-77.
- [4] 左合君, 董智. 沙漠地区高速公路工程防沙体系效益分析[J]. 水土保持研究,2005,12(6):222-225.
- [5] 徐新文, 胡玉坤, 潘伯荣. 塔里木沙漠公路防沙体系的防护效益[J]. 干旱区研究,1998,15(1):21-26.
- [6] 朱朝云, 丁国栋, 杨明远. 风沙物理学[M]. 北京: 中国林业出版社,1992.
- [7] 王训明, 陈广庭. 塔里木沙漠公路沿线机械防沙体系效益评价及防沙带合理宽度的初步探讨[J]. 干旱区资源与环境,1997,11(4):28-35.
- [8] 张奎壁, 邹受益. 治沙原理与技术[M]. 北京: 中国林业出版社,1990.
- [9] 陈广庭. 沙害防治技术[M]. 北京: 化学工业出版社,2004.
- [10] 屈建军, 凌裕泉, 俎瑞平, 等. 半隐蔽格状沙障的综合防护效益观测研究[J]. 中国沙漠,2005,25(3):229-335.
- [11] 高永, 邱国玉, 丁国栋, 等. 沙柳沙障的防风固沙效益研究[J]. 中国沙漠,2004,24(3):365-370.

(上接第1285页)

- [12] 晏再生, 王世和. 基质对于人工湿地净化磷素潜能的探讨[J]. 生态环境,2007,16(2):661-666.
- [13] 严立, 刘志明, 陈建刚, 等. 潜流式人工湿地净化富营养化景观水体

[J]. 中国给水排水,2005,21(2):11-13.

- [14] 程伟, 宋拥军. 创造自然生态的城市水环境[R]. 城市水景观建设和水环境治理国际研讨会,2005.
- [15] 邹锦, 颜文涛, 张旭奎. 湿地公园的生态景观设计[R]. 城市水景观建设和水环境治理国际研讨会,2005.