

文章编号: 1000-694X(2000)04-0455-03

粘土沙障及麦草沙障合理间距的调查研究^{*}

常兆丰, 仲生年, 韩福桂, 刘虎俊
(甘肃省治沙研究所 甘肃 武威 733000)

摘 要: 确定机械沙障障间距的基本原理是障间风蚀沙量等于积沙量。障间凹曲面面积与障间距及沙面坡度之间存在着显著的回归关系, 运用这种回归关系就可以建立障间风蚀沙量等于积沙量的等式方程。在民勤沙区取样分别建立粘土沙障和麦草沙障的风蚀沙量等于积沙量的等式方程, 计算出沙面坡度 $0^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 和 $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 的粘土沙障和麦草沙障间距分别是 253.1 ~ 185.9 cm 和 261.4 ~ 155.0 cm; 粘土沙障高度应为适宜高度范围内的最小值; 粘土沙障在障高为 15 cm、沙面坡度 $> 8^{\circ}$ 时障间没有风蚀。麦草沙障在坡度 $> 10^{\circ}$ 时障间没有风蚀; 15 cm 高的粘土沙障和固沙有效高度 13cm 的麦草沙障的最小间距分别是 185.9 cm 和 155.0 cm; 若需要在固定就地沙面的基础上接纳外来流沙或者需要风蚀部分就地沙粒时, 可将接纳沙量或风蚀沙量的平均厚度作为参数之一计算障间距; 按照风蚀沙量 \leq 积沙量的障间距设置的沙障, 其方格形式只适合在害风方向多变的地段设置。

关键词: 粘土沙障; 麦草沙障; 沙障间距; 风蚀量; 积沙量; 民勤
中图分类号: S288 文献标识码: A

机械沙障是目前防治沙最主要的措施之一, 它作为固沙造林的先行措施或作为植物难以生长的重沙害区独立的固沙措施在我国广大沙区被广泛应用。机械沙障因材料、规格不同, 其种类较多, 实践中应用比较普遍的主要是粘土沙障和麦草沙障两种。然而, 目前, 在机械沙障的研究和应用方面还存在着明显的问题, 本文针对存在的问题进行了调查研究。

1 研究现状及存在的问题

历史上, 在甘肃河西走廊及我国西北广大沙区就有插风墙、土埋沙丘和泥漫沙丘等机械固沙措施。然而, 这些只是机械固沙措施的雏形, 我国关于机械沙障的研究与应用始于本世纪 50 年代末期。1957 年苏联专家在宁夏沙坡头提出草方格沙障固沙方案, 1959 年中国科学院治沙队民勤治沙综合试验站成立后, 在总结当地群众固沙经验和借鉴苏联作法的基础上, 对以粘土和柴草为主的机械沙障的设置方式、规格、方向、间距以及功能、成本等方面进行了大量的研究。

沙障的间距即相邻两条平行沙障之间的距离。沙障间距的大小决定着障间风蚀和积沙的状况。在其他条件不变的情况下, 沙障间距越大, 障间吹蚀越深。沙障设置后经过一定时间, 就会在障间形成一稳定的凹曲面^[1,2]。一般研究结果认为, 障间蚀积系数(凹曲面中部最深处深度与障间距之比)为 1/12 左右, 最大为 1/10。据此, 一种研究结果认为, 粘土沙障障高为 15 ~ 25 cm 为宜, 过低易风蚀损坏。沙障一般设在沙丘迎风坡, 沙丘迎风坡表层有 5 ~ 15 cm 厚的干沙层。为了使得障间吹蚀深度控制在 5 cm 左右不超过 10 cm, 障间距应以 3 m 为宜, 一般为 2 ~ 4 m, 在地势平缓的沙丘上也可 5 ~ 6 m 甚至更大^[3]。另一种研究结果认为, 在沙丘坡面 $> 4^{\circ}$ 时, 相邻两沙障的下一条沙障的脊线应与上一条沙障的基部等高, 若分别用 H 和 α 表示沙障高度和沙面坡度, 则障间距 $D = H \cos \alpha$ ^[4]。

以上第一种确定障间距的方法是在一定的沙障高度下由

干沙层厚度决定障间风蚀深度进而确定障间距的。其一, 风蚀的这部分干沙去向何处? 怎么固定? 其二, 在一定地区沙面干沙层厚度是相对恒定的, 风蚀掉一定的表层干沙之后, 干沙层会自然增加到恒定的厚度, 也就是说风蚀干沙层必然会损失干沙层以下湿沙层的水分, 障间风蚀深度控制在 5 cm 左右不超过 10 cm 的理论依据何在? 按照第二种确定障间距的方法, 在沙丘坡面 $> 4^{\circ}$ 时就会出现障间距 $<$ 障高的情况, 这显然是不正确的。另外, 还有一些学者曾用粗糙度来研究机械沙障的固沙原理。不同类型、不同规格的沙障都可以增加沙面的粗糙度, 且在一定范围内, 沙障间距越小粗糙度越大^[5]。然而, 用粗糙度也无法合理解决沙障间距的问题。

2 机械沙障的合理间距

2.1 沙障间距的确定原理

如前所述, 沙障设置后经过一定时间, 就会在相邻两沙障间形成一稳定的凹曲面(图 1)。当沙障垂直直面高度 ($H \cos \alpha$) 与障间斜距 L 之比 $>$ 蚀积系数时, 障间只有积沙而无风蚀; 当沙障垂直直面高度与障间距之比 $<$ 蚀积系数时, 障间既有风蚀又有积沙。若用 $S_{\text{曲}}$ 表示障间横断面凹曲面面积, S_1 和 S_2 表示障后障前积沙横断面面积, S_3 表示风蚀曲面面积, $S_{\text{障}}$ 表示沙障横断面面积, 则当障间风蚀沙量等于积沙量时, 即 $S_1 + S_2 = S_3$ 时, 则有

$$S_{\text{曲}} = HL \cos \alpha - S_{\text{障}} \quad (1)$$

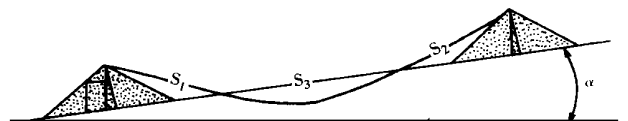


图 1 粘土沙障横断面示意图

Fig. 1 The section of clay barrier

* 收稿日期: 1999-10-29; 改回日期: 2000-01-07

作者简介: 常兆丰(1957-), 男(汉族), 甘肃会宁县人, 工程师, 主要从事荒漠生态定位研究和定量分析研究。

2.2 民勤沙区粘土沙障和柴草沙障的合理间距

2.2.1 障间斜距及沙面坡度与障间凹曲面面积的回归关系

我们在民勤沙区作了不同障间距和不同沙面坡度的粘土沙障和麦草沙障的障间凹曲面面积的调查测定。由于沙障一般设置在沙丘迎风坡,因此取样部位也为沙丘迎风坡至顶

部。测定方法是:于相邻两沙障之上沿垂直沙障方向(大致与主害风向平行)置一尺杆,在尺杆上用垂线方法测得尺杆倾斜度即为沙面坡度,然后再沿此方向每隔10cm斜距量取尺杆下沿至凹曲面底部的垂直深度,凹曲面面积按10cm斜宽分块计算梯形和三角形面积求得。测得沙面最大坡度为 12° (表1)。

表1 不同障间距和不同沙面坡度下障间凹曲面面积

Tab. 1 The concave area between sand barriers in different row space of sand barriers and different slope of sand surface

样号	沙障类型	障间斜距 /cm	沙面坡度 /°	蚀积系数	曲面积 /cm ²	样号	沙障类型	障间斜距 /cm	沙面坡度 /°	蚀积系数	曲面积 /cm ²
1	粘土横格	515	12	1/12.0	13 661.3	16	粘土横格	220	2	1/11.6	2 730.3
2	粘土横格	495	7	1/13.3	11 143.8	17	粘土横格	210	0	1/15.0	1 580.8
3	粘土横格	480	2	1/13.7	10 958.3	18	粘土横格	190	1	1/13.1	1 466.8
4	粘土横格	415	0	1/14.3	8 426.0	19	粘土横格	165	7	1/13.3	1 341.2
5	粘土横格	405	3	1/11.9	8 368.5	20	粘土横格	140	4	1/13.4	766.1
6	粘土横格	400	2	1/12.1	8 333.9						
7	粘土横格	390	0	1/11.6	7 870.0						
8	粘土横格	385	0	1/13.8	7 188.3	21	麦草方格	250	5	1/14.1	2 311.2
9	粘土横格	385	1	1/14.8	7 050.9	22	麦草方格	175	5	1/13.9	1 537.6
10	粘土横格	345	1	1/12.4	5 707.6	23	麦草方格	160	0	1/14.5	1 077.0
11	粘土横格	345	2	1/13.5	5 812.0	24	麦草方格	150	3	1/16.7	756.0
12	粘土横格	335	2	1/13.1	5 719.5	25	麦草方格	150	1	1/15.8	669.9
13	粘土横格	335	3	1/13.0	5 900.9	26	麦草方格	140	3	1/12.7	872.8
14	粘土横格	305	3	1/12.5	4 518.8	27	麦草方格	140	3	1/17.5	602.2
15	粘土横格	225	0	1/14.2	2 897.5	28	麦草方格	130	4	1/13.7	687.3

以障间斜距 L 和沙面坡度 α 为自变量,以凹曲面面积 $S_{\text{曲}}$ 为因变量建立回归方程,得:

$$S_{\text{曲}} = -1172.600 + 3.019\alpha + 7.059L + 14.365\alpha^2 - 0.257\alpha L + 0.039L^2 \quad (2)$$

2.2.2 障间风蚀量等于积沙量的方程

据前人大量研究,粘土沙障高度15~25cm,在民勤及河西走廊沙区,自然堆成的粘土沙障障脊尖削度平均为 112.6° ^[1,2];麦草沙障受麦秸杆长度限制,地上部分有效阻沙高度平均为13cm,障厚平均4cm。将(2)式代入(1)式得粘

土沙障障间风蚀量等于积沙量的方程为

$$14.365\alpha^2 - 0.257\alpha L + 0.039L^2 + 3.019\alpha + 7.059L - 1172.600 = HL\cos\alpha - H^2\cos^2\alpha[\text{tg}(56.3 + \alpha) + \text{tg}(56.3 - \alpha)] \quad (3)$$

麦草沙障障间风蚀量等于积沙量的方程为

$$14.365\alpha^2 - 0.257\alpha L + 0.039L^2 + 3.019\alpha + 7.059L - 1172.600 = 13L\cos\alpha - 52 \quad (4)$$

暂令(3)式中的粘土沙障障高 $H=15\text{cm}$,并令 $\alpha=0, 1, 2, \dots$, 分别代入(3)式和(4)式解方程,即可求得不同沙面坡度下粘土沙障和麦草沙障的合理间距(表2)。

表2 民勤沙区不同沙面坡度上粘土沙障及麦草沙障障间距

Tab. 2 The row space of clay barriers and straw barriers on different slope of dunes in Minqin

障间距 /cm	沙面坡度/°										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
粘土沙障障间斜距	253.1	257.1	258.5	257.3	253.3	245.8	234.1	216.2	185.9	/	/
麦草沙障障间斜距	261.4	264.8	266.2	265.6	262.7	257.4	249.3	237.7	221.4	197.5	155.0

3 结论与讨论

(1) 机械沙障的功能就是固定流沙。沙障间距与沙障高度及沙面坡度共同作用决定着障间风蚀和积沙的状况。在沙障高度和沙面坡度一定的情况下,只有以障间风蚀沙量等于积沙量来确定沙障间距,才能正确反映沙障固沙阻沙的机理,是确定沙障间距的唯一科学方法。本文所得出的沙障间距为随沙面坡度变化的障间斜距,计算水平障间距只需取其弦值即可。障间凹曲面面积与障间距、沙面坡度的二元非线性

回归方程的回归显著性方差检验结果均方比为 $623.3 > F_{0.01}(5, 25) = 3.99$ 。

(2) 本文(3)式中,我们取粘土沙障高度为前人研究得出的适宜高度范围内的最小值。对于粘土沙障而言,显然,随着沙障高度的增高用料量和用工量成倍增加,如,若将沙障高度增加1倍,沙障横断面积则扩大为4倍,此时虽然障间距扩大1倍,单位面积上的沙障长度就会减小1半,而用料量和用工量仍增加1倍。另外,随着沙障高度的增高,障间距增大,障埂与障间起伏随之增大。因此,在适宜的范围内,粘土沙障

的高度应选用最小值。

(3) 在表 2 中计算列出了沙面坡度 $0^\circ \sim 8^\circ$ 范围内的粘土沙障间距和沙面坡度 $0^\circ \sim 10^\circ$ 范围内的麦草沙障间距。一方面, 粘土沙障障高为 15 cm, 当坡度达 9° 时, 沙障的垂直坡面高度 14.8 cm, 如果这一高度与障间斜距之比大于蚀积系数时障间只有积沙而不可能有风蚀。28 个样方平均蚀积系数为 $1/13.6$, 最大为 $1/11.6$ 。从表 2 可以看出, 随着沙面坡度的增大和障间距的逐渐减小, 坡度由 0° 增加到 8° 时, 障间距已由 253.1 cm 减小到了 185.9 cm。另一方面, 随着沙面坡度的增大, 障间距增大, 方程(3)式和(4)式等式右边急剧减小(被减数锐减且减数增大)。因此, 当坡度 $> 8^\circ$ 时, 粘土沙障障间没有风蚀, 方程(3)无解。同理, 麦草沙障在坡度 $> 10^\circ$ 时, 障间没有风蚀, 方程(4)无解。于是, 185.9 cm 和 155.0 cm 分别就是粘土沙障障高 15 cm 和麦草沙障有效固沙高度 13 cm 时的风蚀沙量等于积沙量的最小障间距。

(4) 本文得出的沙障间距是风蚀沙量等于积沙量的沙障坡面距离。然而, 在实际工作当中设置沙障的目的或许不仅仅是就地固沙, 有时可能需要在固定就地沙面的基础上还需要截留容纳部分外来流沙, 有时也可能需要风蚀掉部分就地沙粒, 在设置沙障时, 前者需要风蚀沙量 $<$ 积沙量, 后者需要风蚀沙量 $>$ 积沙量。若接纳外来流沙的平均厚度为 E (cm) 或风蚀就地沙粒的平均厚度为 E (cm), 此时只需要在(3)式或(4)式等式右边增加 $EL \cos \alpha$ 一项或增加 $-EL \cos \alpha$ 一项计算障间距即可。

(5) 在河西走廊及我国西北广大沙区, 在一些水分条件极差植物难以成活成林的重沙害区和沙区铁路、公路沿线, 往往采用草方格沙障固沙。按照风蚀沙量 = 积沙量或风蚀量 $<$ 积沙量的障间距设置的沙障, 其方格形式只适合在害风方向多变的地段设置, 当害风方向单一稳定时, 设置方格沙障只能造成对材料和人力的浪费。

参考文献 (References):

- [1] Hasi, Dong Guangrong, Wang Guiyong. Near-surface airflow and slope morphology of dunes in southeastern Tengger Desert [J]. Journal of Desert Research, 1999, 19(1): 1-5. [哈斯, 董光荣, 王贵勇. 腾格里沙漠东南缘沙丘表面气流与沙面形态的关系 [J]. 中国沙漠, 1999(1), 1-5.]
- [2] Yang Bao, Zou Xueyong, Dong Guangrong. Advances and problems of study on saltation particles in wind-sand current [J]. Journal of Desert Research, 1999, 19(2): 173-178. [杨保, 邹学勇, 董光荣. 风沙流中颗粒跃移研究的某些进展与问题 [J]. 中国沙漠, 1999, 19(2), 173-178.]
- [3] Gansu Minqin Integrated Desert Control Experiment Station. Desert and Desert Control of Gansu [M]. Lanzhou: Gansu People's Publishing House, 1975. 57-58. [甘肃省民勤治沙综合试验站. 甘肃沙漠与治理 [M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1975. 57-58.]
- [4] Zhang Kuibi, Zou Shouyi. Desert Control Principle and Technology [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1990. 116-117. [张奎璧, 邹受益. 治沙原理与技术 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1990. 116-117.]
- [5] Zhu Zhenda, Zhao Xinliang, Ling Yuquan, et al. Sand Land Rehabilitation Engineering [M]. Beijing: China Environment Science Publishing House, 1998. 96-97. [朱震达, 赵兴梁, 凌裕泉, 等. 治沙工程学 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998. 96-97.]
- [6] Zou Bengong, Cong Zili, Liu Shijian. A preliminary observation on basic characteristics and shelter benefit of wind-sand stream in Shapotou [J]. Journal of Desert Research, 1981, 1(1): 33-39. [邹本功, 丛自立, 刘世建. 沙坡头地区风沙流的基本特征及其防护效益的初步观察 [J]. 中国沙漠, 1981, 1(1): 33-39.]
- [7] Geng Kuanhong. A initial benefit of clay sand-barrier in Minqin [J]. Geography, 1961, (9): 200-205. [耿宽宏. 民勤粘土沙障固沙效益初见成效 [J]. 地理, 1961(9): 200-205.]

Research of the Suitable Row Spacing on Clay Barriers and Straw Barriers

CHANG Zhao-feng, ZHONG Sheng-nian, HAN Fu-gui, LIU Hu-jun

(Gansu Institute of Desert Control Research, Wuwei 733000, China)

Abstract: The basic principle of the row spacing between mechanic barriers is that eroding sand quantity by wind equals to accumulating sand quantity. A obvious regression correlation is existed among the slope of sand surface, hollow surface area and row spacing between barriers, a equation may be found through the regression correlation. Practically, the equation has been found individually in Minqin desert through samples taken, the row spacing between clay barriers and straw barriers are 253.1185.9 cm and 261.4155.0 cm when the slopes of sand surface are 0.8 and 0.10 in order. The height of clay barriers should be the smallest one in the suitable values; It is not wind erosion between clay barriers when their height is 15 cm and the slope of sand surface is more than 8; It is also not wind erosion between barriers when the slope of sand surface on straw barriers is more than 10. The smallest row spacing on the clay barrier of 15cm high and the straw barrier of useful height of 13cm for sand fixing are 185.9 cm and 155.0 cm. If external moving sand need to be accepted on the basis of local sand surface fixed or partial sand need to be eroded by wind, the average thick of accepted sand quantity or eroded quantity may be one of the parameters to count row spacing of barriers. According to the barrier condition which the row spacing is set to the eroding sand quantity by wind \leq the accumulating sand quantity, its square forms of sand barriers only suit in the desert area of wind-direction varying.

Key words: clay barrier; straw barrier; row spacing of sand barriers; eroding sand quantity by wind; accumulating sand quantity; Minqin