

防护林降解近地表沙降尘机理的研究*

刘艳萍¹, 高 永²

(1. 水利部牧区水利科学研究所, 内蒙古 呼和浩特 010010; 2. 内蒙古农业大学, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要: 沙尘暴是指强风把地面大量沙尘卷入空中, 使空气特别浑浊, 水平能见度低于 1km 的灾害性天气现象。近年来, 沙尘暴已成为国内外学者竞相研究的热点问题之一。在总结前人研究的基本理论基础之上, 通过风洞实验对不同结构类型防护林降解近地表沙降尘的基本规律及特征进行了分析研究。研究结果表明: (1) 降尘量在林网内具有一定的水平分布特征, 即从林缘至林网中心降尘量依次降低, 同一网格内不同位置处的降尘量也随林带疏透度的变化而有所差异; (2) 防护林结构对降尘量的影响较大, 其中疏透度在 0.24 ~ 0.34 之间的防护林内降尘效果较好, 在相同疏透度条件下网格状结构防护林对沙尘的降解作用大于带状结构防护林。因此, 我们在设计防护林时, 既要考虑疏透度, 也要考虑林带结构, 只有这样才能使防护林达到最佳防护效果。

关键词: 乌兰布和沙漠; 沙尘暴; 防护林; 降尘; 疏透度

中图分类号: S714.7 文献标识码: A 文章编号: 1009-224X(2003)01-0162-04

Tunnel Experiment on Mechanism of Shelterbelt Reducing Sand and Dust Near Ground Surface

LIU Yan-ping¹, GAO Yong²

(1. Institute of Water Resources for Pastoral Area of Ministry of Water Resources, Huhhot 010010;

2. Agricultural University of Inner Mongolia, Huhhot 010019)

Abstract: Sand-dust storm is a kind of calamitous weather phenomenon, which means that strong wind draws much sand and dust near the ground surface into the sky, making air very foul and with visibility lower than 1km. In recent years, sand-dust storm has become one of popular problems which many researchers from all over the world try to study. In this paper, on the basic theories foundation study of summary people of the past, through wind tunnel experiment, we mainly study on the regulation and features of shelterbelt reducing sand and dust near the ground surface. In the end, the study results indicate: (1) horizontal distribution features of dustfall is that the amount of dustfall increases successively from the edge of shelterbelt to the middle part of shelterbelt, besides, the amount of dustfall also change with the change of shelterbelt structure in different places in the same net; (2) shelterbelt structure influences the amount of dustfall greatly: the optimum degree of lighting of shelterbelt should between 0.24 and 0.34. Therefore in our future designing, we not only should consider its degree of lighting but also should consider its structure, only thus we can attain the best protection result.

Key words: Ulan Buh desert; sand dust storm; shelterbelt; dustfall; degree of lighting

沙尘暴是在干旱、半干旱特殊下垫面条件下多种自然因素和人为因素综合作用的产物, 是地球表面搬运物质的主要过程之一, 同时也是衡量一个地区荒漠化消长的重要标志之一^[1]。大气降尘是指在空气环境条件下, 靠重力作用自然沉降于地面的颗粒物^[2]。它是广义的大气气溶胶的组成部分, 但降尘的主体是粒径大于 30 μm (主要在 30 ~ 70 μm 之间) 的较大尘粒^[3]。它不仅对大气环境质量造成严重危害, 改变了土壤的机械组成, 而且还将对太阳辐射、气温、降水等大气物理现象、物质传输、地质及冰川等方面产生影响, 因而开展大气降尘的研究将对大气环境及其沉积物环境的保护具有重要意义。

纵观国内国外有关这方面的研究, 目前从事沙尘暴研究的专家、学者主要研究沙尘暴的时空分布、成因、活动规律、危害及预测预报等; 从事大气降尘方面研究的专家、学者主要集中在其光学特性、粒度特征、时空分布状况及其远程输送过程等方面的研究, 而从事防护林方面研究的专家、学者则多集中在防护林降低风速、小气候特征、与农作物的关系及防治土壤风蚀等方面。把防护林与沙尘暴降尘这样一种独特的灾害性天气现象结合在一起, 研究防护林降解近地表沙尘暴的机理, 除了在高尚武、程致力^[4]等的文章中有过一定的报道外, 很少

* 收稿日期: 2002-10-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(3960064)

作者简介: 刘艳萍, 女, 生于 1975 年, 硕士研究生。主要从事草原生态水土保持研究。

见有其他的报道。今鉴于此,本文在总结前人研究的基本理论基础上,通过风洞实验的方法,对不同结构类型防护林降解近地表沙降尘的基本规律及特征进行分析研究。

1 风洞实验设计及林带模型

1.1 实验装置和仪器

实验在中国林科院沙漠林业实验中心的沙风洞中进行。该风洞为直吹式组合风洞(图 1),风洞全长 8.3 m,其中实验段长 6.15 m,截面积为 1.12 m×1.2 m。在过渡段加有由 4 片纵向对称翼型组成的导流叶栅,在叶栅后加有由 PVC 管紧密排列而成的蜂窝器,以消除较大的涡旋气流和建立实验段在自由状态下的对数风速廓线。该风洞的动力段由调速电机带动风扇产生“风”,调节电机的转速即可改变风速。从风机前供尘土,用电接风杯测风速,用电子天平进行降尘量的称量。

1.2 边界层检验

为了检验大气湍流边界层是否得到较好的模拟,分别在有无林带条件下取风洞中轴线处的风速值,在不同转速情况下测定风速随高度的变化情况。另外,根据测得的数据分别作出有无林带条件下的风速廓线图(图 2,图 3),从图中可以看出,本实验中大气湍流边界层气流得到了较好的模拟。

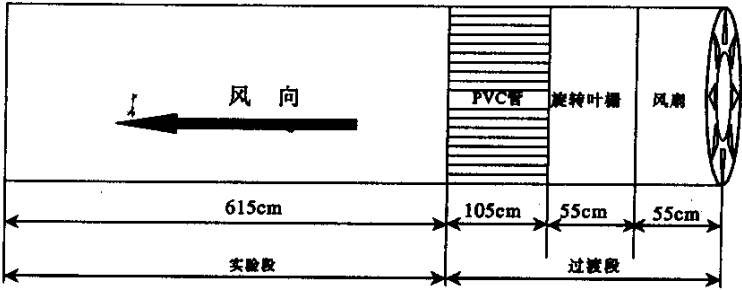


图 1 风洞结构示意图

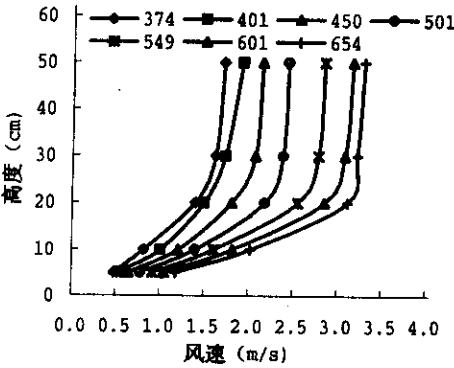


图 2 有林带模型时各高度的风速梯度变化

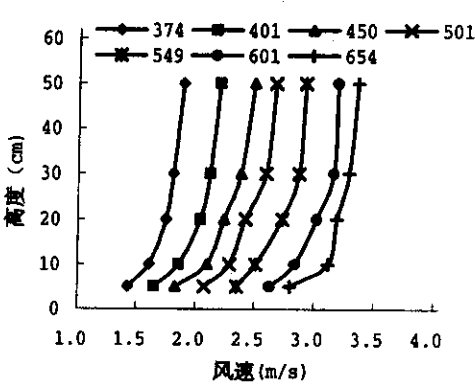


图 3 无林带模型时各高度的风速梯度变化

1.3 林带模型及集尘缸的布置

本实验所模拟的是一种比较理想化的林带模型,其高度相同,只有疏透度和配置方式在变化,以这两个因子作为林带特征参数进行组合实验,测定各种组合条件下的降尘量,经过比较,找出具有最佳降尘效果的林带结构类型,从而为今后的防护林建设提供理论依据。

曹新孙定义立木疏透度(s')为林带单位纵断面上所拥有的立木总表面积,认为它能较好地描述林带对气流的阻挡和摩擦作用,较贴切地反映了林带防风效应的机理^[5]。疏透度(β),即单位林带截面上透光空隙的面积。按照王志刚等人^[6]提出的立木疏透度和疏透度的近似关系,来求各种结构林带的疏透度,即 $s' = -\ln\beta$ 。

采用的模型缩尺比为 1:160,模型树高 10 cm,用带叶的沙蒿枝条做模型树,将其插入长 7.2 m,宽 1.2 m 的复合板,制成 8 种模型林带(表 1)。通过改变林带行数,调节其疏透度大小,配置形式有带状和网格状两种。

在每一个网格内布设 6 个集尘缸,为了减少误差,一半采用干法,一半采用湿法,最后取二者的平均,集尘缸布置见图 4。另外,为了测定同一网格内不同位置处降尘量的分布情况,在每一网格内每隔 16cm 布设 6 个集尘缸(图 5)。

表 1 所测的几种林带结构类型

行数	疏透度	配置形式	行数	疏透度	配置形式
8	0.10	带状	4	0.32	带状
		网格状			网格状
6	0.18	带状	2	0.54	带状
		网格状			网格状

万方数据

2 实验结果与分析

2.1 从林缘至林网中心降尘量分布情况

风速选用电机转速为 374 401 450 r/min 时所对应的风速值,分别在带状结构和网格状结构防护林模型内,每条林带后(或林网内)放置集尘缸,同时用干法和湿法测定不同疏透度防护林的降尘量。

根据测得的数据,在相同疏透度条件下网格状防护林内比带状防护林内降尘量少,而且在两种配置形式的林带内,第 2 条林带后的降尘量较第 1 条林带后的降尘量有明显减少,第 3 条林带后的降尘量又较第 1 条林带后有一定程度的减少,至第四、第五条林带后,降尘量继续减少,但减小的幅度非常小。例如,在转速为 401 r/min 时,疏透度为 0.18 的 6 行网格状防护林第 3 个网格内的降尘量是 0.083 08 g,而在相同转速条件下,疏透度为 0.18 的 6 行带状结构防护林的相同位置处,降尘量是 0.085 02 g;在转速为 450 r/min 时,在疏透度为 0.32 的网格状防护林内,第 2 个网格内的降尘量是第 1 个网格内降尘量的 84.07%,第 3 个网格内降尘量是第 1 个网格内降尘量的 76.58%,而第四、第五个网格内的降尘量分别为第 1 个网格内的 72.13%和 68.67%,后几个网格内的降尘量差异较小。另外,在其他疏透度、其他转速条件下,各层林网内降尘量的分布也符合这一规律。从图 6~9 可以清楚地看出这一变化趋势。

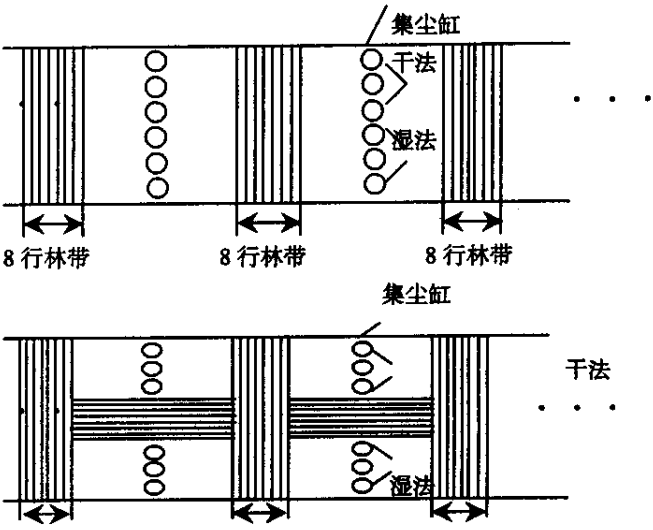


图 4 集尘缸布置示意图

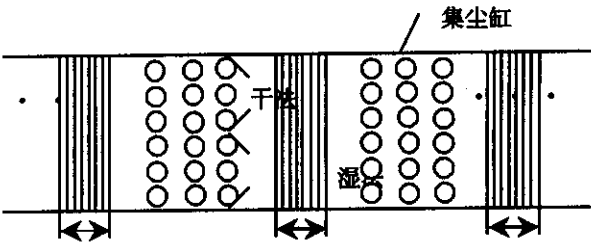


图 5 同一网格内集尘缸布置情况

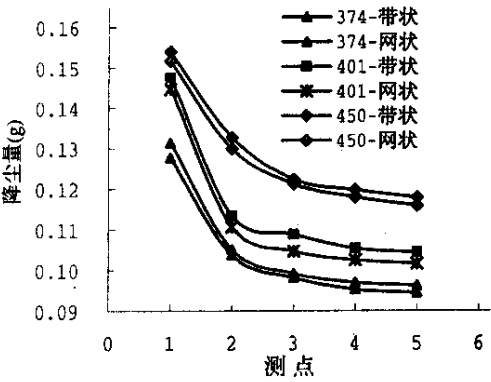


图 6 疏透度为 0.54 时各层林网内降尘量分布

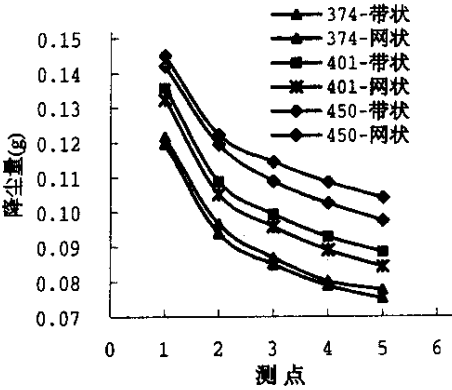


图 7 疏透度为 0.32 时各层林网内降尘量分布

2.2 不同疏透度条件下降尘量的分布情况

现以网格状防护林第 2 个网格内在 450 r/min 时的降尘量和带状结构防护林第 2 条林带后在 401 r/min 时的降尘量为例,来说明不同疏透度条件下降尘量的分布情况。当疏透度为 0.54 时,降尘量最多,前者达 0.129 93 g,后者是 0.113 46 g;当疏透度为 0.32 时,降尘量较少,分别为 0.119 38 g 和 0.108 67 g;当疏透度为 0.18 时,降尘量更少,仅为 0.102 23 g 和 0.097 09 g;而当疏透度为 0.1 时,网格内的降尘量仍略有减少,但有的网格内降尘量反而有所增加。原因见下文分析。

2.3 同一网格内不同位置处降尘量分布情况

从同一网格内不同位置处降尘量的测定结果可以得出,当疏透度为 0.54 时,网格内 3 个不同位置处的降尘量都较大,而且三者之间差异较小;当疏透度为 0.32 时,网格内 3 个不同位置处的降尘量都较少,三者之间也无明显差异;当疏透度为 0.18 时,网格内 3 个不同位置处的降尘量更少,但从网格内前端到网格中心至网格

内后端,虽然前两者位置处的降尘量都较少,网格内后端的降尘量却比前两种疏透度条件下有较大幅度的增加,而当疏透度为 0.1 时,网格内 3 个不同位置处的降尘量更少,但从前端到中心至后端,网格后端的降尘量具有更大幅度的增加。例如,在 401 r/min 时,疏透度为 0.54 的防护林内,第 3 个网格前端的降尘量为 0.108 80 g,网格中心的降尘量为 0.108 86 g,网格后端的降尘量为 0.108 88 g;而在相同转速条件下,在疏透度为 0.32 的防护林内,第 3 个网格前端、中部和后端的降尘量分别为 0.099 29 g、0.099 31 g 和 0.099 29 g;同样,在相同转速条件下,在疏透度为 0.18 的防护林内,第 3 个网格前端、中部和后端的降尘量分别为 0.085 04 g、0.085 02 g 和 0.085 10 g;而在疏透度为 0.1 的防护林内,第 3 个网格内 3 个不同位置处的降尘量分别为 0.086 37 g、0.086 62 g 和 0.098 13 g,网格后端的降尘量较前两个位置处的降尘量有所增大。

由此可见,当林带疏透度过大时,林网内风速降低的效果并不明显,林网内各处风速都比较大,因而各个位置处的降尘量都较大。当林带疏透度较小时,其背风面有弱风区,在有效防护范围之内,林网中各处风速值都较小,因而各个位置处的降尘量都较小,防护效益较好。而当疏透度为 0.1 时,虽然此时由于防护林结构比较紧密,防风效果较好,各测点处的降尘量较小,但同时由于背风面湍流的存在,风速削弱强烈,但在一定防护范围之外恢复也快,据有关研究报道,在 15H 处相对风速已达到 80%,20H 处超过 100%。所以在林网中心至林网末端风速已有所回升,从而导致降尘量有增加的趋势。我们曾在 2.2 节中得出当疏透度为 0.1 时,有的网格内从林缘至林网中心降尘量反而有所增加,也正是由于这个原因。由此可见,并不是防护林的疏透度越小效果越佳,从本文的分析可以看出,此值应大于 0.18 而小于 0.54,其中疏透度为 0.32 时效果较好,如果要给出一定的取值范围,建议此值应在 0.24~0.34 之间。因而在今后的防护林结构设计中,必须选择一个最佳疏透度。

从总体趋势看,在相同疏透度条件下网格状防护林对沙尘的降解作用更大。沙尘暴活动时一般是大风天气,因此,在设计林带结构时,既要考虑疏透度,也要考虑林带结构,只有这样才能使防护林达到最佳防护效果。

3 结 论

- (1) 防护林内,降尘量具有一定的水平分布特征:即从林缘至林网中心各个网格内的降尘量依次降低;同一网格内不同位置处降尘量的分布也有一定的差异。建议最佳疏透度取值在 0.24~0.34 之间。
- (2) 在疏透度相同的情况下,网状结构防护林比带状结构防护林防护效益好。
- (3) 防护林体系具有减少降尘量的作用,主要是由于防护林体系的建立改变了下垫面的状况,增加了地表粗糙度,降低了风速,同时也改变了林内的气象条件,从而达到在一定影响范围内抑制降尘飘移的效果。

参考文献:

[1] 朱俊凤,金正道,等.中国西部地区生态环境建设研究[M].北京:海洋出版社,2001.443-449.
[2] 国家环保局.环境空气质量标准(GB/T 15265-94)[M].北京:科学出版社,1994.
[3] 祁士华,傅家谟,盛国英,等.澳门大气降尘中优控多环芳烃研究[J].环境科学研究,2001,14(9):9-13.
[4] Lee B, et al. Chemical composition of precipitation and wet deposition of major ions on the Korean peninsula[J]. Atmospheric Environment, 2000, 34: 563.
[5] 曹新孙.农田防护林学[M].北京:中国林业出版社,1983.
[6] 王志刚,杨东慧.林带冬季相立木疏透度及其设计方法的研究[J].中国沙漠,1998,18(1):87-90.

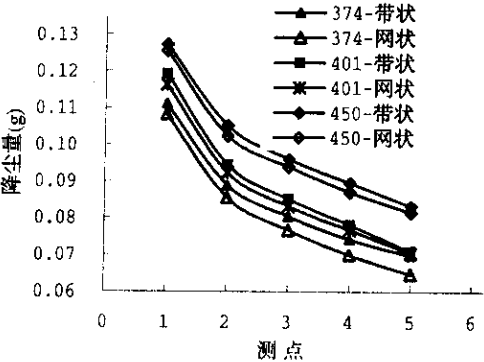


图 8 疏透度为 0.18 时各层林网内降尘量分布

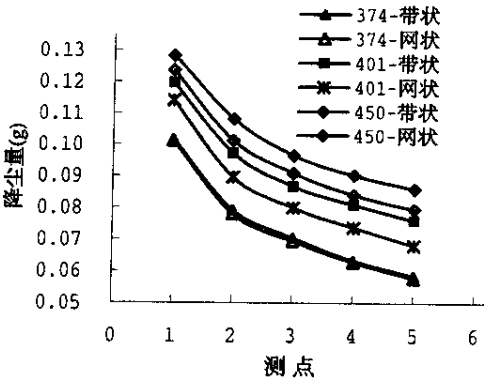


图 9 疏透度为 0.1 时各层林网内降尘量分布