

Study on fiber layer resistance test

Hongzhan Zhang

Zhengzhou Textile Machinery Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450000, China

Abstract

This study systematically investigates the variation patterns of airflow resistance and their impact on drying efficiency for chain plate dryers under different thicknesses and moisture levels of fiber layers, addressing the performance optimization needs. The experimental setup uses a mesh plate with a diameter of $\phi 650$ to construct the test platform, combined with a variable frequency fan (4-72-5AL), a Pitot tube, and a wind speed meter to measure the wind pressure and wind speed data for viscose staple fibers at various thicknesses (70-150mm), moisture content (10%-120%), and motor frequencies (15-30Hz). The results show that: thickness effect: increasing fiber layer thickness significantly enhances airflow resistance; under the same fiber type and motor frequency, when the thickness increases from 70mm to 150mm, the wind pressure rises; after exceeding 100mm, the change in resistance becomes particularly significant; moisture effect: increasing moisture content leads to a nonlinear increase in fiber layer resistance, especially evident in thick fiber layers ($\geq 100\text{mm}$).

Keywords

fiber layer; moisture regain rate; wind speed; wind pressure; air flow resistance

纤维层阻力测试研究

张红战

郑纺机纺织机械股份有限公司, 中国·河南 郑州 450000

摘 要

本研究针对链板式烘干机性能优化需求, 系统探究了不同厚度、不同湿度纤维层的气流阻力变化规律及其对烘干效率的影响。实验采用直径 $\phi 650$ 的网眼板搭建测试平台, 结合变频风机(4-72-5AL)、毕托管及风速测量仪, 测量了粘胶短纤维在多种厚度(70-150mm)、回潮率(10%-120%)及电机频率(15-30Hz)下的风压与风速数据。结果表明: 厚度影响: 纤维层厚度增加显著提升气流阻力, 同一纤维品种及电机频率下, 铺厚从70mm增至150mm时, 风压升高; 铺厚超过100mm后阻力变化尤为显著; 湿度影响: 回潮率升高导致纤维层阻力非线性增加, 尤其在厚纤维层($\geq 100\text{mm}$)中表现明显。

关键词

纤维层; 回潮率; 风速; 风压; 气流阻力

1 引言

链板烘干机是一种连续式封闭干燥设备, 通过链板输送纤维物料并配合热风循环, 将高湿纤维烘干至符合工艺要求的产品, 实现高效连续干燥, 其性能与纤维层的阻力特性密切相关。纤维层的厚度和湿度直接影响气流通过时的阻力, 进而影响热交换效率、能耗及物料干燥均匀性。

在纤维层厚度对阻力的影响层面上, 研究表明, 纤维层厚度增加通常会导致孔隙率降低, 进而增大气流阻力。郭晓蓓等人^[1]通过数值模拟发现, 纤维层厚度每增加10%, 动态过滤阻力平均上升约15%, 尤其在高温高湿环境下更明显。有研究者提出采用梯度厚度设计, 即纤维层从入口到出口逐渐增厚, 可平衡阻力与过滤效率的矛盾^[2]。

湿式纤维层在动态干燥过程中, 水分分布不均会导致

阻力非线性变化。在纤维层湿度对阻力的影响研究方面: 国内陈喜山等^[3]通过实验发现, 湿式纤维层的初始阻力随湿度增加呈指数上升, 但随着干燥时间延长, 阻力逐渐趋于稳态, 其变化规律可用非稳态过滤模型描述。实验表明, 厚纤维层在高湿度条件下易形成内部冷凝水膜, 导致阻力剧增。例如, 岩棉纤维层厚度从5 mm增至10 mm时, 湿度由20%升至40%的阻力增幅从35%扩大至60%^[4]。

通过以上研究者对不同厚度和湿度纤维层阻力影响研究发现厚度和湿度的线性变化会造成阻力发生非线性变化。而这种非线性变化会影响烘干机帘板物料干燥均匀性、能耗等性能参数。本文将通过研究气流通过不同厚度、不同湿度纤维层的阻力变化范围, 为链板烘干机性能设计提供设计依据。

2 实验方案

2.1 实验设计

利用公司创新(试验)车间已有的变频风机(4-72-5AL

【作者简介】张红战(1967-), 男, 本科, 中国河南郑州人, 高级工程师, 从事化纤类机械研究。

15KW 离心风机) 及接管、支架等, 以常用的 39% 透气率、直径为 $\phi 650$ 的网眼板, 连接测试风道, 形成纤维层测试平台。

通过喷壶加湿、电子秤称量可得到不同回潮率的纤维, 纤维平铺在测试平台的网眼板上, 经毕托管、风速测量仪测得静压、风速、温度等数据, 记录计算压力降。从而获取纤维在不同回潮率 (10%、20%、……120%)、不同厚度 (70mm、100mm、150mm)、不同电机频率 (15HZ、20HZ、25HZ、30HZ) 下的阻力数据。本次测试数据由于管道、风机、网眼板、进风口等部位的阻力损失较小, 可以忽略不计, 测量仪读取的压力数据可以认定为纤维层的阻力。

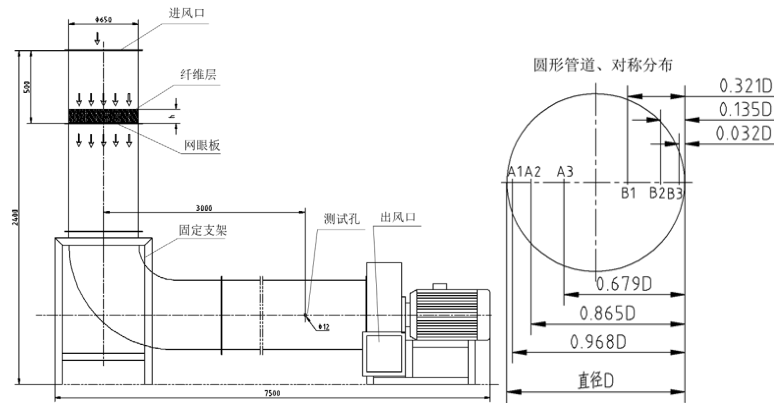


图 1 测试平台与测试点位布局图

(2) 本次测试物料为常规粘胶短纤维, 共包含以下测试仪器如表 1 所示:

表 1 实验仪器

序号	名称及型号	数量
1	手持式测量仪 AMI-300	1 件
2	电子台秤 BBA231-3BB30	1 台
3	毕托管	1 件
4	钢板尺	1 把
5	保湿袋网袋	若干
6	塑料盆	3 只
7	喷水壶	1 只

3 实验流程

测试分两个阶段进行。第一阶段: 在纤维干燥状态下 (默认为回潮率 10%) 进行测试调试, 确定测试基准。第二阶段: 在第一阶段测试的基础上, 对数据进行总结分析, 优化测试方案, 然后进行不同回潮率下的纤维阻力。

3.1 调试阶段

3.1.1 确定调风门大小

在调式阶段首先确定空车运行时调风门打开与微开下测试点位置的风速, 以此作为基础条件为后续纤维铺重测试做准备。空车调试时, 手动开启调风门, 使用测量仪 AMI-300 测量风速。通过空车调试, 模拟对比, 电机频率 30HZ 时,

2.2 实验设备

本次实验测试平台包含以下组件: 包括变频风机、接管、支架、网眼板、调节风门、电气控制柜等。其中风机、接管、支架、网眼板连接, 形成测试风道; 被测试的纤维层铺设在吸风管道内的网眼板上, 气流经进风管道穿过纤维层和网眼板, 进风与大气相连, 排风口在风机的出风口, 直接排入大气; 测试孔布置在风机吸风管道上, 位于纤维层后和风机进风口之间, 两个测试口位于管道两侧。测试时, 一个孔三个数据, 另一个孔封上。在风速测量仪测量杆上标好位置刻度, 分为 A1、A2、A3、B1、B2、B3 共六个点位纤维层测试平台。测试平台如图 1 所示。

管道风门微开, 风速 1.21m/s, 接近实际链板式烘干机穿过纤维层的工作风速, 该风速为所有测试的基准。

3.1.2 确定干纤维铺重

链板烘干机正常工作时, 主要考虑的参数是纤维的铺厚、铺重, 实际工作厚度在 70 ~ 150 之间。本次测试的粘胶短纤维按厚度 100mm 和实际自然松散工作状态, 铺设直径 $\phi 650$ mm 网眼板上, 经实测重量为 0.82kg; 以此类推, 计算确定粘胶纤维在 70mm、150mm 等不同厚度的重量。

3.1.3 不同回潮率下的纤维制备

在确定纤维铺重的基础上, 选取纤维样品, 默认自然状态回潮率 10%, 按回潮率 = (水重 / 干重) $\times 100\%$, 计算各个回潮率下纤维的重量, 通过采用喷水加湿称量的方法获得。为保证湿纤维的状态与实际运行状态接近, 纤维喷水称重后, 装入塑料密封袋内密封保存, 保湿一天, 使水分与纤维充分接触浸润后, 再进行测量风速风压。

3.2 测试阶段

基于上述已确定的测试基准, 对粘胶短纤维在不同回潮率、不同铺厚条件下的风速、风压进行测试。其中风速为 6 个测试点位的平均风速, 风压 6 个点位值是不变的。

4 讨论

4.1 粘胶短纤维在不同回潮率下对风压、风速影响

以 150mm、100mm、70mm 铺厚, 含水率 10% 为基础

确定这三个试样进行测试，三个试样对应的干重分别为：1.11kg（样品 1）、0.74kg（样品 2）、0.53kg（样品 3）。计算确定三个试样在不同回潮率 20%、30%、……110%、120% 时的重量，并制备不同回潮率下的试样。如表 2 所示。然后在相同条件下，测量不同回潮率时的风速、风压。

从图 4.1 中可以得出：同一种纤维，风压随风速的增大而升高。如样品 1 在纤维回潮率为 120% 的条件下，当风速从 0.45m/s 上升到 1.08m/s 时，纤维层阻力从 283pa 上升到 1137pa。

从图 4.1 中可以得出：同一种纤维，纤维回潮率不同，

其风压和风速也不相同，回潮率增大，风速、风压随之升高，且风速升高明显，而风压升高幅度小。

4.2 铺厚对于风压的影响

从曲线图 4.1 中可以看出：在相同风速条件下，纤维层越厚，阻力越大。从曲线图 4.2 中可以得出：同一质量纤维，回潮率增大，铺厚反而减小。从曲线图 4.3 中可以得出：纤维回潮率越高，阻力越大。对于纤维铺厚时作用明显，铺薄时不明显。铺厚 100mm 是个分界点，铺厚 100mm 以下阻力变化不大，铺厚 100mm 以上时阻力变化显著。

表 2 铺厚 150mm、100mm、70mm 含水率 10% 为基础时各回潮率重量表

	纤维回潮率下重量 (kg)												
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%
70mm	0.53	0.58	0.63	0.69	0.74	0.79	0.85	0.90	0.95	1.00	1.06	1.11	1.16
100mm	0.74	0.82	0.89	0.96	1.04	1.11	1.19	1.26	1.34	1.41	1.49	1.56	1.64
150mm	1.11	1.23	1.34	1.45	1.56	1.67	1.78	1.90	2.01	2.12	2.23	2.34	2.46

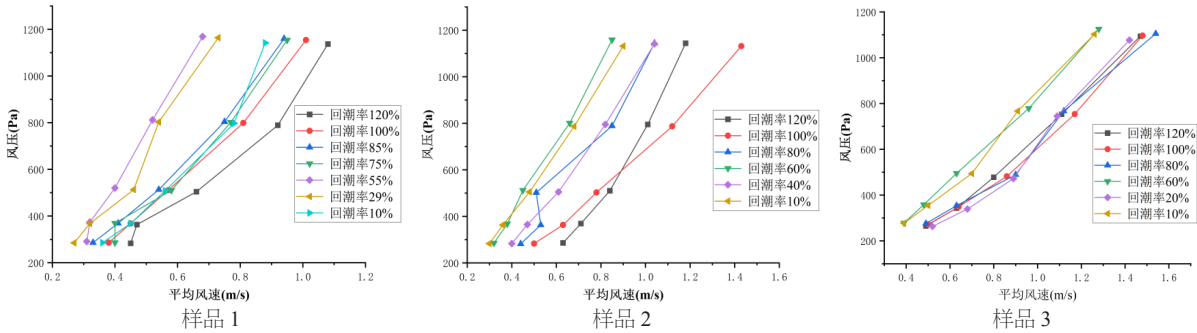


图 4.1 不同样品、不同回潮率下对风压的影响

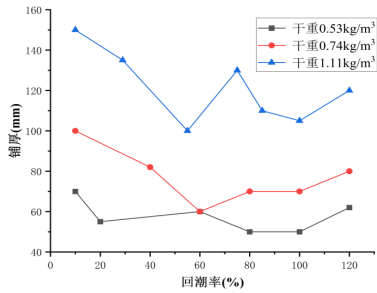


图 4.2 回潮率对应铺厚的影响

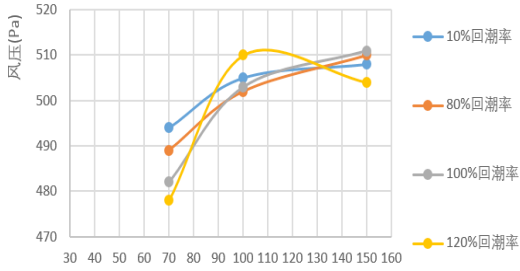


图 4.3 粘胶纤维在电机频率 20HZ 时，回潮率一定，铺厚对风压的影响

5 结论

本研究揭示了粘胶纤维层在不同厚度、不同回潮率下的阻力变化特性规律，主要结论如下：

- (1) 对同一品种纤维，同一电机频率下，纤维铺厚增高，风压升高，风速减小。同一品种纤维，同一厚度下，电机频率升高，风压增大，风速增大。
- (2) 对同一品种纤维，风压和风速成线性相关关系。
- (3) 对铺厚大于 100mm 纤维，随着纤维回潮率增加，纤维层阻力显著增加。

参考文献

[1] 郭晓蓓,张振,尹奕玲,等.静电纺丝复合滤材制备及性能研究[J].现代塑料加工应用,2019,31(06):20-22.

[2] 荣伟东,张国权.静电-纤维层过滤的理论分析与实验研究[J].环境科学学报, 1993, 13(003):372-378.

[3] 陈喜山,曹娥,华宁,等.湿式纤维层非稳态过滤净化阻力的研究[J].环境工程学报, 2010(12):4.

[4] 荣伟东,张国权.纤维层非稳态过滤的理论分析与实验研究[J].通风除尘,1992.