

棉纤维质量密度光学检测模型的优化

安光辉¹, 马蓉^{1*}, 芦帅², 刘阳², 林鑫洁²

(石河子大学机电学院, 石河子 832003)

摘要: 建立棉纤维质量密度检测模型对于在线测量气力输送管道内棉花流量具有重要作用。该文运用光吸收基本定律, 研究棉纤维对不同波长光源的衰减作用。结果表明, 选用波长 940 nm 近红外光作为光源时, 品种、水分和环境温度的变化对测试结果影响不显著。因此, 选用 940 nm 近红外光源作为发射器, 构建棉纤维质量密度测量系统。通过测算透过棉纤维的光强衰减率, 结合实际测量的相应区域棉纤维质量, 利用回归分析建立棉纤维质量密度检测模型。模型验证结果显示, 测量结果的平均误差达到 6.1%, 该研究为开发棉花流量传感器及输棉管内棉花流量的在线监测奠定基础。

关键词: 棉纤维, 含水率, 光学检测, 质量密度, 衰减率

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.10.040

中图分类号: S123

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-10-0253-06

安光辉, 马蓉, 芦帅, 等. 棉纤维质量密度光学检测模型的优化[J]. 农业工程学报, 2012, 28(10): 253-258.
An Guanghui, Ma Rong, Lu Shuai, et al. Optimization of optical measurement model for mass density of cotton fiber[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(10): 253-258. (in Chinese with English abstract)

0 引言

新疆是中国最大的优质棉种植区, 棉花生产已成为新疆农业的支柱产业^[1]。目前, 无论是棉花加工机械还是采棉机械, 均普遍采用管道气力输送棉花。在线测量输棉管内的棉花质量流量对于优化风送系统参数, 获取棉田产量分布信息等具有重要意义。由于棉花在管道内特殊的流动特性^[2-6], 必须采用非接触式仪器测量其流量。考虑农产品安全要求, 光学法是当前检测这种稀相流动比较适合的非接触式测量方法^[7-11]。静态测量棉花质量密度是棉花流量在线测量的关键^[12-15]。通过试验研究, 确定棉花质量密度与光线衰减率的对应关系, 建立可靠的质量密度测量模型, 可为开发棉花流量传感器, 实现输棉管内棉花流量的在线监测奠定基础^[16-19]。

本文首先利用 OSI 公司生产的 UDT-20UV 硅光电探测器测试了新疆棉区 3 个主栽棉花品种对激光等 4 种类型光源的衰减情况, 确定了适合检测棉纤维质量密度的最佳光源类型为 NIR940, 然后以最佳光源与 UDT-20UV 硅光电探测器构成光电传感器, 检测棉花品种、含水率以及环境温度对光线衰减率和棉花质量密度对应关系的影响, 进而建立基于光衰减检测法的棉花质量密度预测模型, 最终对模型预测精度进行了测评。

收稿日期: 2011-06-09 修订日期: 2012-04-25
基金项目: 国家“863”项目子课题(2010AA101403)
作者简介: 安光辉(1985-), 男, 山东滕州人, 主要研究方向为智能化检测与自动控制技术。石河子 石河子大学机电学院, 832003。

Email: anjian1225@163.com。

*通信作者: 马蓉(1974-), 女, 教授, 主要研究方向为精准农业与现代农业装备研究。石河子大学“263”人才培养工程资助项目青年骨干教师, 主要从事精准农业与现代农业装备研究。石河子 石河子大学机电学院, 832003。Email: lzymrlhs@163.com。

1 材料与方法

1.1 测量系统组成

测量系统由以下几部分组成, 即: 试验箱、传感器支架、光源、探测器、样品夹持器、样品夹持器导向杆。试验箱为一内表面均匀涂覆哑光黑漆的密闭箱体, 箱体内部被隔板分为上下 2 个独立空间, 隔板中部设有直径为 6 mm 的通光孔, 如图 1 所示。传感器支架位于试验箱左侧, 贯穿隔板, 上端安装有光源, 下端安装有探测器, 光源中心、探测器中心与通光孔中心位于同一直线。样品夹持器由上下 2 块可通过螺栓连接保证对正的盖板组成, 测试时, 利用样品夹持器导向杆使每次放入的样品夹持器位置确定, 且夹持器中心孔与隔板上的通光孔对正, 从而使得安装在传感器支架上端的光源发出的光经通光孔可直射探测器。

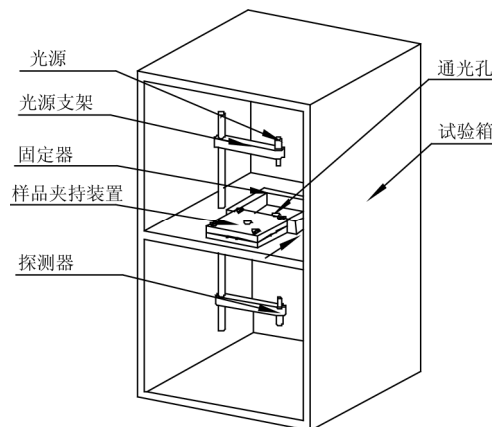


图 1 衰减测量系统整体示意图

Fig.1 Schematic of overall attenuation measurement system

上述试验系统所述的支架上下端分别安装的光源和探测器构成本次试验用光电传感器,其中探测器为紫外和蓝光增强型硅光电探测器,响应范围为 200~1 100 nm。初选的光源类型如下:峰值波长为 400 nm 的紫外线 LED 发光二极管;峰值波长为 625 nm 的激光光源 LED;峰值波长为 850 nm 的近红外线 LED;峰值波长为 940 nm 的近红外 LED 发光二极管,本文将通过试验手段进一步筛选最终确定适合检测棉花质量密度的光源。试验中使用的光源和探测器的具体参数和规格见表 1。

表 1 光源和探测器的规格

Table 1 Specifications of light sources and detector

项目	峰值波长/nm	功率/mW	型号
光源	400	30	L400R-04
	625	40	L625-04U
	850	45	L850-04T
	940	85	ELD-940-525-1
探测器	200~1 100		UDT-20UV

1.2 试验材料

1.2.1 样品物理特性试验

试验中使用的 3 个棉花品种分别是:新路早 26 号、惠远 703、中棉 293。表 2 列出了这 3 个品种的具体物理特性。

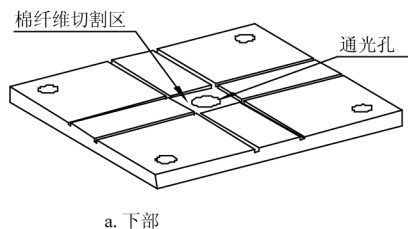
表 2 试验用棉花品种及其主要物理特性

Table 2 Variety and physical properties of cottons used in study

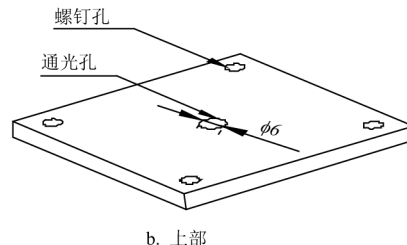
品种	维比强度/(cN·tex ⁻¹)	马克隆值/rdg	反射率/%	黄色深度/units	含糖率/%
新路早 26 号	35.8	3.7	79.0	5.8	28
惠远 703	33.0	4.3	80.1	6.4	37
中棉 293	29.2	4.1	80.6	5.9	40

1.2.2 样品水分调节

为研究棉花含水率对光线衰减率和棉花质量密度关系的影响,本研究安排了低、中、高 3 个不同的棉花含水率水平。棉花样品置于可以改变温度和相对湿度的气调室内调节 5 d,使之达到试验要求的含水率水平。表 3



a. 下部



b. 上部

图 2 棉花样品夹持装置

Fig.2 Cotton samples clamping device

1.3 试验方法

将新路早 26 号棉花样品置于 30℃ 环境条件的气调室内调节 5 d。气调后,把不同数量的棉纤维放置于 7 个样品夹持装置下部上,剩余一个样品夹持装置保持空置,将棉纤维梳理好紧紧的压到下部的表面上,然后将样品

给出了试验用的气调室的相对湿度、温度以及期望达到的棉花含水率。

表 3 试验用棉花样品含水率水平

Table 3 Planned and obtained cotton moisture levels in study

品种	期望含水率/%	环境条件		实际含水率/%
		相对湿度/%	温度/℃	
新路早 26 号	5.0	37.0	20	5.6
	5.0	37.0	30	5.3
	7.0	67.0	20	7.1
	7.0	67.0	30	6.9
	10.0	88.5	20	9.4
	10.0	88.5	30	9.5
惠远 703	5.0	37.0	20	5.8
	5.0	37.0	30	5.6
	7.0	67.0	20	7.25
	7.0	67.0	30	7.1
	10.0	88.5	20	9.8
	10.0	88.5	30	9.4
中棉 293	5.0	37.0	20	5.1
	5.0	37.0	30	5.4
	7.0	67.0	20	7.3
	7.0	67.0	30	7.1
	10.0	88.5	20	9.6
	10.0	88.5	30	9.7

1.2.3 样品制备

本试验分 8 组进行,其中 1 组为对照组,用于确定光源和探测器之间没有棉花时探测器的电压输出,为保证样品测量条件的一致,其余 7 组分别用 7 套相同的样品夹持器(注意检查使前后一致)夹持放置不同数量的棉纤维。每个样品夹持装置包括上、下 2 部分,样品夹持装置的上下 2 部分通过螺钉连接起来,如图 2 所示。棉花样品夹持装置下部中心有一个直径为 6 mm 的通光孔和 4 条切槽,切槽在通光孔周围形成一个标准的 12 mm×12 mm 的切割区。切槽的目的是保证每次测量时棉花样品都能在同一区域内进行切割取样。其中一个样品夹持装置为空,其余 7 个样品夹持装置放置不同数量的棉纤维。

夹持装置的上部和下部用螺钉将两部分固定到一起。在 30℃ 的温度下分别将新路早 26 号的含水率调节到如表 3 所示的含水率水平。在不同含水率条件下将样品夹持装置依次用不同光源照射,每个样品夹持装置(包括空白的)的输出电压值被测量并记录。上述试验完成后将气

调室温度调节至 20℃。重复上述步骤。对于新陆早 26 号棉花样品的试验完成后，将样品夹持装置的上部和下部分开，用圆盘割刀将切割区内的棉花样品提取出来后，用测量精度为 10⁻⁵ g 的称称质量。对于惠远 703、中棉 293 试验方法和新陆早 26 号试验过程相同。

因孔中心处的棉纤维样品厚度无法测量，于是对处于 12 mm×12 mm 切割区内的棉纤维转换成质量密度，单位是 mg/cm²。并且利用下式将探测器输出的电压值进行归一化处理。

$$\text{衰减率} = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中，V₁ 为空白样品夹持装置输出电压，V；V₂ 为有棉花样品的样品夹持装置输出电压，V。

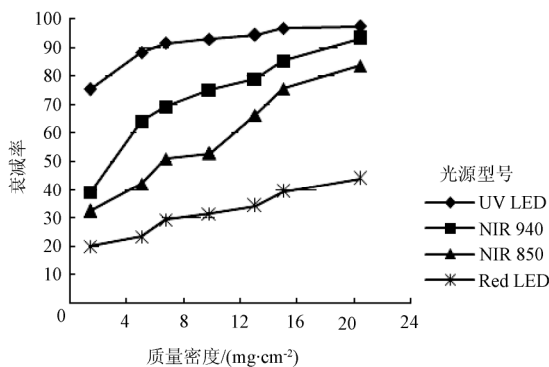
2 结果与分析

2.1 最优光源的选取

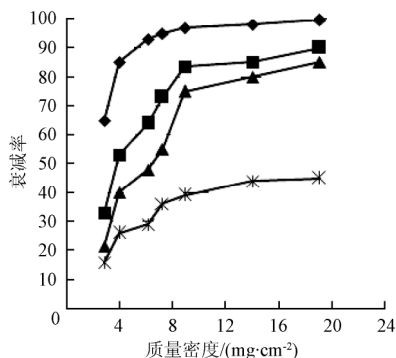
对于不同光源，新陆早 26 号在高含水率 (9.40%) 20℃ 时、惠远 703 在低含水率 (5.6%) 20℃ 时、新陆早 26 高含水率 (9.5%) 30℃ 的条件下，光线衰减率与棉花质量密度之间的关系，如图 3 所示。在其他品种及对应的含水率水平也可以观测到相似的结果。

由图 3 可以发现，对于各种光源类型，衰减百分率与棉纤维密度呈非线性关系。光源被分成 3 组：

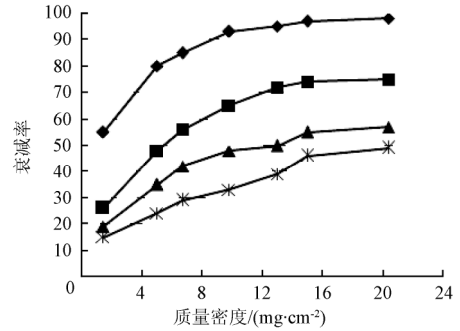
第 1 组是 UV LED，它被棉纤维衰减最大。在棉纤维高质量密度区，曲线的斜率趋于零，对于棉花质量预测这不是好的特性。衰减范围窄，超过 35% 的衰减甚至发生在最低的棉花质量密度。因此在低质量密度区域，区分度比较高，而在中高质量密度区，几乎无差别。所以，利用该光源，建立透射率与质量密度的关系去预测棉花质量是很困难的。



a. 新陆早 26 高含水率 (9.4%) 20℃ 时



b. 惠远 703 低含水率 (5.8%) 20℃ 时



注：图中的点表示 3 次重复测量的平均值
c. 新陆早 26 高含水率 (9.5%) 30℃ 时
图 3 棉花质量密度与衰减率对应关系

Fig.3 Relationship between percent attenuation and cotton fiber mass density

另一种极端如图 3a、b 下部的 Red LED，与第 1 组类似，该光源的衰减范围较窄，即使在高棉花质量密度区域，棉纤维对光能的吸收也很低。

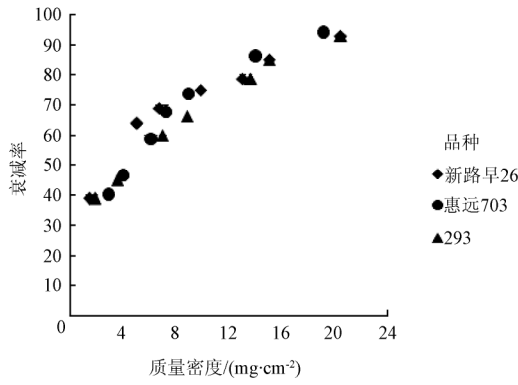
第 3 组有近红外系列的 2 种光源，即 NIR940 和 NIR850，它们具有最宽的衰减范围，并且衰减变化很好地覆盖了整个棉花质量密度范围，使得质量密度水平能够非常清楚地区分开来。但是，在质量密度高于 14 mg/cm² 时，NIR 无法明显给出差别。

另一条选择最佳光源的重要影响因素是不同棉花含水率、不同棉花品种以及环境温度对棉花质量密度与光线衰减率关系的影响不明显。利用统计分析中的通用线性模型 (general linear model, GLM) 确定不同棉花含水率、不同棉花品种以及环境温度对质量密度与透射率关系的影响。GLM 分析结果见表 4，该表给出了棉花含水率、棉花品种、环境温度以及所有可能的交互项的 P 值。当 P 值小于 0.10 时认为此项对根据光线衰减率预测棉花质量密度的影响是显著的。由结果可知，只有 NIR940 不受棉花品种、棉花含水率以及环境温度的影响。图 4a 将 3 个品种置于高含水率，给出了品种对 NIR940 衰减率与棉纤维质量密度的关系。图 4b 将惠远 703 置于高、中、低 3 个含水率水平，给出了棉花含水率对 NIR940 衰减率与棉纤维质量密度的关系。图 4c 将惠远 703 置于 20℃ 和 30℃ 低含水率，给出了温度对 NIR940 衰减率与棉纤维质量密度关系的影响。根据图 4 可知，对于 NIR940 光源数据不是离散的，意味着棉花含水率、棉花品种以及环境温度对光线衰减率与棉纤维质量密度关系的影响不显著。

表 4 检验回归模型中结果分析

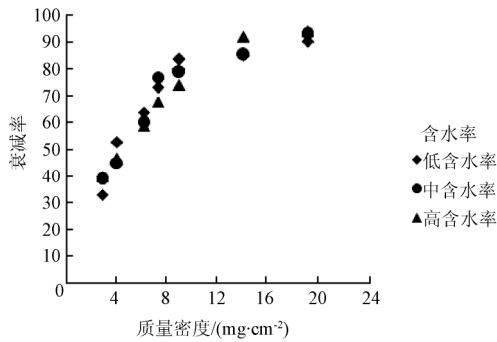
项目	L400R-04	L625-04U	L850-04T	ELD-940-525-1
品种	0.8275	0.0001*	0.3793	0.2178
含水率	0.8268	0.0294*	0.1374	0.1485
品种×含水率	0.1682	0.0180*	0.7895	0.7793
质量密度	0.0001*	0.0001*	0.0001*	0.0001*
质量密度×品种	0.0826*	0.6689	0.0821*	0.7365
质量密度×含水率	0.1385	0.9753	0.2578	0.7524
质量密度×品种×含水率	0.1264	0.1865	0.1697	0.6347
温度	0.2655	0.7854	0.6587	0.2457
质量密度×温度	0.5487	0.2487	0.2487	0.1247

注：*代表显著 (P<0.1)。



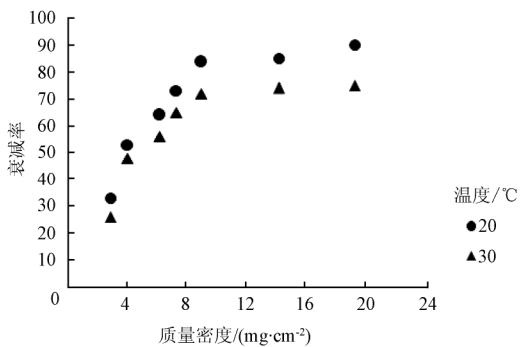
注：高含水率，20℃。

a. 品种的影响



注：惠远 703，20℃。

b. 含水率的影响



注：低含水率，惠远 703。

c. 温度的影响

图 4 棉花品种、温度和含水率对 NIR 940 衰减率与棉纤维质量密度关系的影响

Fig.4 Relationship between percent attenuation and cotton fiber mass density for NIR940

2.2 测量模型的建立

试验分析得出：NIR940 光源的衰减率不受棉花含水率、棉花品种以及环境温度的影响，并且具有较宽的衰减范围（约为 65%），因此是用于棉纤维质量密度检测的理想光源。通过表 5 中的试验数据可以建立棉花质量

密度光学检测模型，如图 5 所示。

表 2 不同质量密度棉纤维的光线衰减率

Table 5 Light attenuation for cotton fiber with various mass density

衰减率/%	真实值/(mg·cm ⁻²)	衰减率/%	真实值/(mg·cm ⁻²)	衰减率/%	真实值/(mg·cm ⁻²)
19	2.00	57	6.11	76	12.00
21	2.70	57	6.68	77	11.20
25	2.90	59	6.40	79	13.60
31	3.00	60	6.90	80	13.20
39	3.90	62	7.03	85	15.00
40	3.50	62	7.20	86	14.03
45	3.90	66	7.90	86	16.50
45	4.30	66	8.80	87	14.90
45	5.00	66	8.89	87	15.00
46	5.37	68	8.60	91	15.80
47	4.70	68	10.80	91	19.10
50	6.11	70	8.90	92	18.60
50	6.16	70	9.30	93	20.40
51	4.90	74	9.40	95	19.10

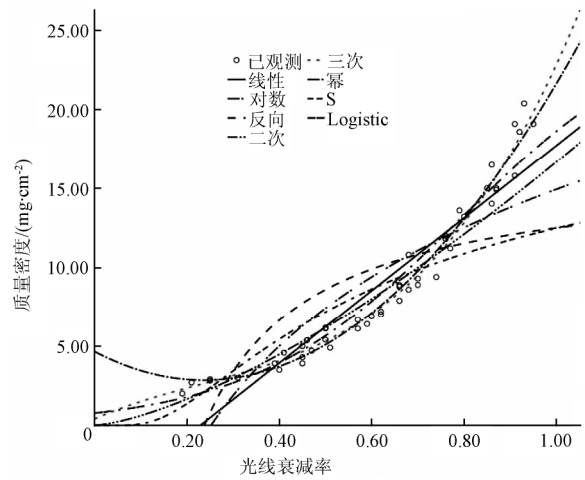


图 1 NIR940 不同回归方式的拟合情况图

Fig.5 Different way of regression fitting situation figure

由图 5、表 6 可知不同回归方式中拟合度最好的为三次回归方式，其 R^2 的值为 0.978。在显著性水平为 0.05 的情况下，回归方程偏 F 检验的概率 $P \leq 0.001$ 。因此，被解释变量与解释变量间的拟合关系显著，建立拟合模型是恰当的。此外， F 统计量比值等于 811.38，显著性检验结果较为显著，表明回归对变差的解释是有显著效果的，这也反映了回归方程效果显著。所以公式 (2) 的回归效果是显著的。其分析模型如下所示

$$y = 0.406 + 12.770x - 21.508x^2 + 31.180x^3 \quad (2)$$

式中， y 为质量密度， mg/cm^2 ； x 为光线衰减率。

表 6 模型汇总和参数估计值

Table 6 Summary of model and parameter estimate

方程	模型汇总					参数估计值			
	R^2	F 值	自由度 1	自由度 2	P 值	常数	b_1	b_2	b_3
线性	0.892	363.618	1	44	0.017	-5.272	23.000		
对数	0.741	126.081	1	44	0.011	14.938	10.844		

续表

方程	模型汇总					参数估计值			
	R^2	F 值	自由度 1	自由度 2	P 值	常数	b_1	b_2	b_3
倒数	0.536	50.855	1	44	0.023	16.396	-3.900		
二次	0.915	427.817	2	43	0.021	4.652	-15.236	32.235	
三次	0.978	811.385	3	42	0.001	0.406	12.770	-21.508	31.180
幂	0.921	510.435	1	44	0.004	16.679	1.436		
S	0.766	143.672	1	44	0.261	3.078	-5.54		
指数	0.880	723.510	1	44	0.015	1.286	2.864		

2.3 测量模型应用效果

通过使用近红外光 (940 nm) 光源对 52 组不同质量密度的棉花样本进行测量, 每组测量结果重复 3 次取其平均值, 得到其在不同质量密度下光线的衰减率。通过测量模型对棉花质量密度进行测算。每组棉纤维质量密度的测量值与真实值之间的误差如图 6 所示。模型的测量结果的平均误差为 6.1%。

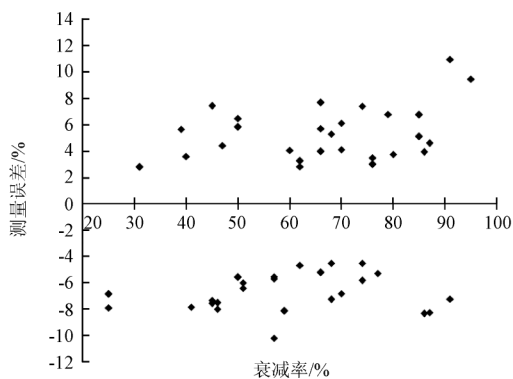


图 2 模型测量误差分布

Fig.6 Model measurement error distribution

3 结论

本研究的目的是利用光学测量原理对棉花质量进行测量, 进而通过试验筛选出具有最佳衰减特性的光源。通过试验分析得出以下结论:

- 1) 根据光线衰减率与棉花质量密度的对应关系可知, NIR940 光源具有最佳的衰减特性, 适用于不同棉花品种和含水率水平。
- 2) 研究中发现环境温度对光线衰减率与棉纤维质量密度关系的影响是不显著的。
- 3) 对于不同品种和不同含水率水平的棉纤维, NIR 940 光源可以通过单一校正方程由光线衰减率估算出棉花质量密度, 并能获得合理的精度。
- 4) NIR 940 在高质量密度无法明显给出差别。因此, 具体应用中若质量密度高于本研究测试的范围时, 应选用比 NIR 940 穿透能力更强的光源。
- 5) 在不同的棉花品种、不同的含水率水平和不同的环境温度情况下, 利用近红外光线 (NIR940) 的衰减率来估算棉纤维质量密度, 通过回归分析可知三次回归方程对于利用光线衰减率来进行棉纤维质量密度的测量效果最好, 曲线的拟合系数为 0.978。

[参 考 文 献]

- [1] 张彦娥, 张文革, 张漫. CASE IH2555 采棉机自动测产系统试验研究总结报告[R]. 2002.
- [2] 刘仁学, 金锋, 陆增喜, 等. 单支管中气固两相流质量流量测量的新方法[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 1999, 20(4): 369—372.
Liu Renxue, Jin Feng, Lu Zengxi, et al. Novel method for metering of mass flow rate of gas solid two phase flow[J]. Journal of Northeastern University: Natural Science, 1999, 20(4): 369—372. (in Chinese with English abstract)
- [3] 阚道宏, 李道亮, 杨文柱, 等. 棉花异性纤维图像在线分割方法[J]. 农业工程学报, 2010, 26(14): 11—15.
Kan Daohong, Li Daoliang, Yang Wenzhu, et al. Cotton image segmentation method for online foreign fiber inspection[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(Transactions of the CSAE), 2010, 26(14): 11—15. (in Chinese with English abstract)
- [4] Yong Yan. Mass flow measurement of bulk solids in pneumatic pipelines[J]. Measurement Science and Technology, 1996, 7: 1687—1760.
- [5] 张彦娥, 张漫, 张文革, 等. 采棉机测产系统数据采集与处理的试验研究[J]. 农业机械学报, 2005, 36(5): 95—98.
Zhang Yan'e, Zhang Man, Zhang Wenge, et al. Experimental research on collection and processing of cotton yields data on the cotton picker[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Machinery, 2005, 36(5): 95—98. (in Chinese with English abstract)
- [6] 杨文柱, 李道亮, 魏新华, 等. 基于光谱分析的棉花异性纤维最佳波段选择方法[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10): 186—192.
Yang Wenzhu, Li Daoliang, Wei Xinhua, et al. Selection of optimal band for detecting foreign fibers in lint cotton using spectroscopic analysis[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(10): 186—192. (in Chinese with English abstract)
- [7] Moodyfh, Olsonmw, Helming S L. Ag leader technology insight cotton yield monitor[R]. USA: 2007.
- [8] 陈伟, 马蓉, 卢帅, 等. Insight 棉花产量监测系统及应用研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(30): 17208—17210.
Chen Wei, Ma Rong, Lu Shuai, et al. Insight cotton output monitoring system and application study[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(30): 17208—17210. (in Chinese with English abstract)

- [9] 李桂峰, 赵国建, 王向东. 苹果质地品质近红外无损检测和指纹分析[J]. 农业工程学报, 2008, 24(6): 169—173
Li Gui Feng, Zhao Guojian, Wang Xiangdong. Nondestructive measurement and fingerprint analysis of apple texture quality based on NIR spectra[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(Transactions of the CSAE), 2008, 24(6): 169—173. (in Chinese with English abstract)
- [10] George Vellidis. Cotton Yield Monitor Instantaneous Accuracy During Steady-State and Step-Input Conditions[C]// An ASAE Meeting Presentation, 2005.
- [11] Selcuk Arslan, Feyzi Inanc, Joseph N Gray, et al. Computers and electronics in agriculture[J]. Measurement Science and Technology. 1999, 26(200): 65—80.
- [12] 周洁, 袁镇福, 岑可法, 等. 光信号互相关测量两相流中颗粒流动速度的研究[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(1): 185—188.
Zhou Jie, Yuan Zhenfu, Cen Kefa, et al. Measurement of particle velocity in two-phase flow by optical cross-correlation method[J]. Proceedings of the Csee, 2003, 23(1): 185—188. (in Chinese with English abstract)
- [13] 李汝勤, 宋筠才. 纤维和纺织品测试技术(第二版), 上海: 东华大学出版社[M]. 2005: 45—50; 78; 80.
- [14] 刘焕军, 张柏, 张渊智, 等. 基于反射光谱特性的土壤分类研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2008, 28(3), 624—626.
Liu Huanjun, Zhang Bai, Zhang Yuanzhi, et al. Soil taxonomy on the basis of reflectance spectral characteristics[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2008, 28(3): 624—626. (in Chinese with English abstract)
- [15] 张漫, 张彦娥, 张文革, 等. 基于采棉机产量监控系统的产量数据错误分析[J]. 中国农业大学学报, 2003, 8(6): 18—22.
Zhang Man, Zhang Yan'e, Zhang Wenge, et al. Error analysis of yield data from cotton picker yield monitor system[J]. Journal of China Agricultural University, 2003, 8(6): 18—22. (in Chinese with English abstract)
- [16] 赵梦恋, 吴晓波, 严晓浪. 一种低流速气体流量传感器的研制[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2005, 39(2): 180—184.
Zhao Menglian, Wu Xiaobo, Yan Xiaolang. Development of low velocity gas flow sensor[J]. Journal of Zhejiang University: Engineering Science, 2005, 39(2): 180—184. (in Chinese with English abstract)
- [17] 王薄, 李民赞, 张成龙, 等. 冲击式谷物流量传感器设计与性能试验[J]. 农业机械学报, 2009, 40(增刊 1): 52—56.
Wang Bo, Li Minzan, Zhang Chenglong, et al. Development of grain flow sensor for yield monitor system[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(Suppl.1): 52—56. (in Chinese with English abstract)
- [18] 周俊, 苗玉彬, 张凤传, 等. 平行梁冲量式质量流量传感器田间实验[J]. 农业机械学报, 2006, 37(6): 102—105.
Zhou Jun, Miao Yubin, Zhang Fengchuan, et al. Field testing of parallel beam impact-based yield monitor[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(6): 102—105. (in Chinese with English abstract)
- [19] 陈巡洲. 冲量式谷物流量传感器研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.

Optimization of optical measurement model for mass density of cotton fiber

An Guanghui¹, Ma Rong^{1*}, Lu Shuai², Liu Yang², Lin Xinjie²

(College of Mechanical and Electrical Engineering, ShiHezi University, Shihezi 832003, China)

Abstract: The establishment of the detectible model of the cotton fiber mass density plays an important role in detecting the cotton flow for the pipeline of the online measurement through the pneumatic transportation. In this paper, the basic law of the light absorption was managed to study the attenuation of the cotton fibers for the light of the different wavelength. The results showed that changes of breed, moisture and ambient temperature had no significant relationship with the test results, when the near-infrared of the wavelength of 940 nm was selected as a light source. Therefore the near-infrared of the wavelength of 940 nm was selected as the emitter and the mass density measurement system of the cotton fiber was built. The decay rate of the light intensity of the cotton fiber was measured, the corresponding region of the actual measurement of cotton fiber quality was combined and regression analysis was used to establish the detectible model of the cotton fiber mass density. The validation results of the model demonstrated that the average error of the measurement results reached 6.1%. This research lays a foundation for on line monitoring of cotton flow rate in cotton pipe and developing sensors of cotton flow rate.

Key words: cotton fiber, water content, optical testing, mass density, attenuation rate