昆明学院学报　2019，41（3）：30～33　ISSN 1674－5639　CN 53－1211/G4
Journal of Kunming University

基于机器视觉识别的高光性镭射商标纸色差测量方法研究

李　超[1]，范多青[1]，李娥贤[2]，秦云华[1]，赵　敏[1]，李响丽[1]，郭丽娟[1*]
（1. 云南中烟工业有限责任公司技术中心 卷烟产品质量检测中心，云南 昆明 650231；
2. 云南省农业科学研究院 生物技术与种质资源研究所，云南 昆明 650223）

摘要：由于传统的镭射烟标颜色测量方法采用现有的色差仪测量或通过人眼观察，存在一定的缺陷，且易产生偏差，因此开发了一种基于机器视觉识别的色差检测装置，使用该装置对高光性镭射商标纸色差进行检测，然后与传统色差仪检测的数据进行比对．结果表明，该装置在一次测量过程即可按照设定的程序完成对镭射烟标样品多个不同部位的颜色测量，且可自主选定测量区域，提高了测量效率及精准度．

关键词：机器视觉识别；高光性；镭射商标纸；色差测量
中图分类号：TP391.41　**文献标识码：**A　**文章编号：**1674－5639（2019）03－0030－04
DOI：10.14091/j.cnki.kmxyxb.2019.03.006

Study on Measurement Method of High-lightness Laser Label Paper Color Difference Based on Machine Vision Recognition

LI Chao[1], FAN Duoqing[1], LI E'xian[2], QIN Yunhua[1], ZHAO Min[1], LI Xiangli[1], GUO Lijuan[1*]
(1. Cigarette Product Quality Test Center, Technology Center of China Tobacco Yunnan Industrial Co., Ltd., Kunming, Yunnan, China 650231;
2. Institute of Biotechnology and Genetic Resources, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming, Yunnan, China 650223)

Abstract: Due to the imperfection from the traditional laser cigarette pack color difference measurement method with the present color difference apparatus or the deviation from the observation of people, a new apparatus measuring the color difference based on machine vision recognition was developed to measure high-lightness laser label paper color difference and then to compare the data from the traditional measurement method. The results showed that by using this apparatus, the color measurement on many different parts of the samples of laser cigarette pack was finished by only one measuring process or according to the set program and the measuring range can be chosen freely on the apparatus so that the efficiency and accuracy are improved.

Key words: machine vision recognition; high gloss; laser label paper; color difference measurement

镭射纸以其亮彩虹效果在包装和印刷领域得到了广泛的应用[1-4]．近年来，随着卷烟新规格的涌现，许多新品为满足消费者日趋个性化的需求，在卷烟小盒、条盒包装纸上，越来越多的色彩丰富、

收稿日期：2018－12－13
基金项目：云南中烟工业有限责任公司2016年专题项目“基于机器视觉识别的高光性烟用纸张色差检测系统的建立及应用”（2016JC06）；云南省2017年科技计划资助项目“基于DART-MSMS的指纹图谱技术开发”（2017FD048）．
作者简介：李超（1985—），男，云南昆明人，工程师，硕士，主要从事烟草分析检测研究．
*通讯作者：郭丽娟（1974—），女，云南昆明人，工程师，主要从事烟用材料物理指标检测分析研究，E-mail：super88man66@126.com.

光彩夺目的镭射纸张被卷烟企业广泛使用，且应用最多就是镭射烟标.

镭射纸的特征是在平坦纸面上间隔设置多条平行的凸起条或凹陷条，在入射光照射下，凸起条或凹陷条对光产生漫反射和衍射作用，而相邻凸起条或凹陷条之间的平坦区则产生镜面反射，漫反射和衍射与镜面反射交替存在造成的视觉效果，因此看起来呈现出周期性变化的彩虹色特性[2-3,5]. 其中镜面反射区域称为光柱区域，光柱区域中镜面反射光的方向称为光柱方向，而漫反射区域称为杂乱反射区域. 此外，颜色测量值受到这种彩虹色特性和镜面反射光的影响，且随着照明和观测角度显著变化[6-7]. 目前，对镭射纸及其印刷品的颜色测量和评价，尚缺乏相关测量标准和行业规范. 由于采用现有的颜色测量仪器或技术人员通过目视观测均尚难保证同一批次或不同批次产品颜色一致，因而在生产过程中会产生大量废品.

传统的镭射烟标颜色测量方法通常是通过人眼观察或采用传统色差仪测量固定位置处的一个点或几个点，来判断烟标是否合格. 而人眼观察方法的缺点在于人眼看色存在主观判定，容易出现一定的偏差. 同样传统色差仪在测量一个烟标样品不同位置的颜色信息时，需要人工多次移动对不同部位进行测量，如果测量部位区域较小，还需首先确定测量口径是否全覆盖在测量区域而没有跨越到其他颜色区域，存在测量工作量大、效率低的缺点[8-10]. 此外，传统色差仪测量区域通常在（4 ~ 8 mm）×（4 ~ 8 mm）之间，取样面积较小. 因为目前的镭射材料，仅光柱造成的杂乱反射区域的宽度就在 8 mm左右，而且光柱区域呈现周期性排布的特性，所以仅靠一个（4 ~ 8 mm）×（4 ~ 8 mm）区域进行的颜色采样，则具有随机性，且无法对颜色进行准确有效的判断. 因此，需要探寻一种能对镭射烟标样品色差进行测量的新方法，以提高测试结果的精准度和测量效率.

本文拟研究一种镭射烟标色差测量方法，利用镭射烟标呈现规律、周期排布的光栅结构特征，并在软件模块中设定固定的测量区域，控制测色装置在该测量区域沿固定的步长移动进行测量，测量结果包含颜色信息及“光柱”信息，算法通过光谱反射率判断主体颜色信息，再剔除光柱的杂乱发射率信息，最终得到所需要的颜色信息. 最后使用 CIELAB 或 CMC 色差公式计算出该测色区域的标样和非标样的色差平均值，来判断非标样是否合格. 这样有利于镭射烟标纸的质量控制，确保相应卷烟产品的质量稳定.

1　材料与方法

1.1　材料与仪器

1.1.1　材料

烟标样品购于烟标生产企业，见表 1.

表 1　相同品牌高光性镭射商标纸

样品名称	A 品牌	供应商	C 供应商	样品名称	B 品牌	供应商	C 供应商
测试机目标色	L 46.803	a 35.577	b 20.156	测试机目标色	L 44.610	a 36.195	b 22.675
色差仪目标色	L 44.365	a 34.935	b 20.308	色差仪目标色	L 42.772	a 35.057	b 22.087

1.1.2　自制镭射烟标色差仪

自制的镭射烟标色差测量装置如图 1 所示，包括：箱体 1，LED 光源 2，相机 3，真空吸附放样平台 4，光源按钮 5，负压按钮 6，工控机 7，显示器 8，真空吸附泵 9，测量平台 10，L 型规尺 17，安全光栅 18.

如图 2 所示，测量平台 10 包括：X 轴直线运动装置 11，Y 轴直线运动装置 12，零位校正盒 13，校正白板 14，导轨 15，测色装置 16. 其中测色装置 16 固定在 Y 轴直线运动装置 12 上，X 轴直线运动装置 11 和 Y 轴直线运动装置 12 在伺服电机的驱动下在真空吸附放样平台 4 上空进行往复运动，测色装置 16 在 Y 轴直线运动装置 12 的带动下往复运动. 测色装置 16 带有漫反射式的积分球式光源，其照明与观察几何条件为漫反射光照明，偏离法线方向 8°视角探测，包含镜面反射. 如图 2 所示，测色装置 16 底部与真空吸附放样平台 4 相连，顶部与导轨 15 相连，零位校正盒 13 和校正白板 14 固定安装在测量平台 10 的一侧. 测色装置 16 的矩形采样窗口尺寸为长度不低于 50 mm，宽度不低于 8 mm.

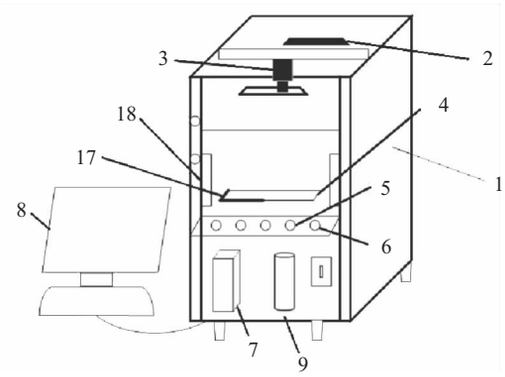

图1 镭射烟标色差测量装置结构示意图

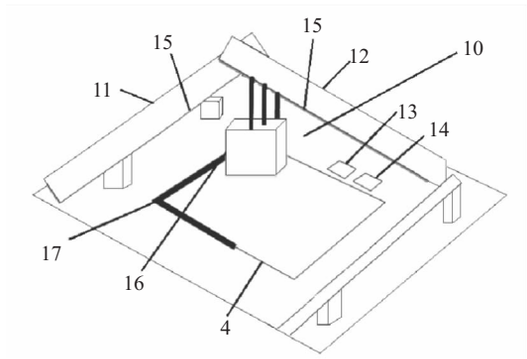

图2 测量平台10的结构示意图

1.2 仪器操作方法

1.2.1 仪器的开机及准备

镭射烟标色差测量装置接通电源后，点击光源按钮 5 打开 LED 光源 2，再打开显示器 8 软件控制界面，启动烟标色差测量系统软件后，测色装置 16 自动回零. 点击零位校准，测色装置 16 可在伺服电机带动下沿导轨 15 在 X 和 Y 方向移动（其中将凸起区的延伸方向定义为 X 方向，将垂直于凸起条延伸的方向定义为 Y 方向），零位校正盒 13 在步进电机的控制下在竖直方向上移，与测色装置 16 贴合，完成零位校准，校准完成后回零. 点击白色校准后，测色装置 16 以同样的方式与校正白板 14 贴合，完成白色校准.

1.2.2 样品的处理

放置标样样品：手动将烟标样品放置于真空吸附放样平台 4 上，放置样品时烟标样品边界需要与 L 型规尺 17 对齐，按下负压按钮 6，真空吸附泵 9 将镭射烟标样品吸附平整. 在镭射烟标色差测量系统的统计软件上，点击开始采图按钮，测量平台 10 上方的相机 3 对待测烟标样品进行整幅成像，在采集得到的样品图像上手动选择一个或多个测量区域，根据手动选择的测量区域计算机控制测色装置 16 沿着 X 和 Y 轴方向移动、定位和测量，于是软件界面上即可显示待测样品不同位置的 L，a，b 值、光谱反射率、杂乱发射率和光谱图形信息.

1.2.3 样品数据采集

通过光谱反射率判断主体颜色信息，再剔除光柱的杂乱发射率信息，然后得到所需要的颜色信息. 根据上述实验方法分别采集表 1 中 C 供应商 A 品牌和 B 品牌两种高光性镭射纸的光谱数据，并计算其色差 ΔE_{ab} 值，计算公式为：

$$\Delta E_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2},$$

式中，L^* 为亮度值、a^* 为红度值、b^* 为黄度值. 将计算得到色差值与一般色差仪的测试结果进行比对，然后根据预设的可接受色差阈值进行合格品和不合格品的判断.

2 结果与分析

相同品牌高光性镭射商标纸的分析结果见表 2. 从表 2 可以看出，以色差仪测试数据为基准，两者测量（10 组数据）的平均值相差较大，差值分别为 43.8% 和 −38.34%，说明两者存在非常明显的差异. 通过结合人工识别的结果来看，自制高光性镭射纸测试色差检测设备的检测准确度高于普通色差仪，表明所开发的设备可有效用于高光性镭射商标纸色差的检测.

表 2 相同品牌高光性镭射商标纸的分析结果

样品编号	测试机组数据（ΔE_{ab}）	色差仪组数据（ΔE_{ab}）	样品编号	测试机组数据（ΔE_{ab}）	色差仪组数据（ΔE_{ab}）
1	1.037	0.769	1	1.023	1.010
2	0.925	0.572	2	0.892	1.447
3	0.751	0.728	3	0.665	1.421
4	1.072	0.528	4	0.898	1.236

续表 2

样品编号	测试机组数据（ΔE_{ab}）	色差仪组数据（ΔE_{ab}）	样品编号	测试机组数据（ΔE_{ab}）	色差仪组数据（ΔE_{ab}）
5	0.828	0.802	5	0.753	1.144
6	0.867	0.608	6	0.814	1.229
7	0.954	0.749	7	0.128	1.394
8	0.820	0.606	8	0.946	1.275
9	1.143	0.443	9	0.918	1.356
10	0.919	0.675	10	0.924	1.401
平均值	0.932	0.648	平均值	0.796	1.291
最大值	1.143	0.802	最大值	1.023	1.447
最小值	0.751	0.443	最小值	0.128	1.010

3　讨论与结论

本研究设计并开发了一种机器视觉识别的色差检测装置，并采用该装置进行高光性镭射商标纸色差的检测，将该设置的检测数据与一般色差仪的检测数据进行比对．结果显示，该色差检测装置一次测量过程可按照设定的程序完成对镭射烟标样品多个不同部位的颜色测量，提高了测量效率．此外，在镭射烟标标样图像上自主选定测量区域，测量区域可达 8 mm × 50 mm 以上，这样大面积的采样方式，可以轻松覆盖各种杂乱发射区域．检测时只需将触发测色装置按照位置信号移动到选定的测量区域即可进行颜色测量．综上所述，所设计的装置可保证测试结果的精准度更高、重现性更好，能够满足高光性镭射纸色差检测的实际需求．

［参考文献］

［1］赵欢，张霞．镭射纸印品表面油墨爆色问题研究［J］．包装学报，2016，8（4）：40－44．

［2］马宏刚．幻彩镭射纸的研究与应用［D］．广州：华南理工大学，2015．

［3］黄敏，王灵芳，刘瑜．等．光柱镭射纸的光谱和色度测量分析［J］．光学学报，2014，34（6）：338－346．

［4］关东宁．浅析镭射纸的印刷适性［J］．印刷杂志，2010（10）：46－49．

［5］李双劲，王灵芳，黄敏．光柱镭射纸颜色测量方法的比较［J］．印刷技术，2014（8）：36－39．

［6］丁莹琨．金银及镭射卡纸印刷色的颜色度量方法研究［D］．北京：北京印刷学院，2014．

［7］万晓霞，黄新国，刘振，等．镭射纸表面结构对颜色测量精度的影响［C］//中国振动工程学会包装动力学专业委员会．第十三届全国包装工程学术会议论文集．武汉：湖北科学技术出版社，2010．

［8］杨学岩，周维．色差的测量和评定方法及应用［J］．现代涂料与涂装，2014，17（9）：1－4，29．

［9］曹连平，王力民，李锡军，等．色差仪的应用实践［J］．印染，2004，30（24）：33－38．

［10］甘云娜，王忠义．用接触式色差仪测量比色片颜色的重复性研究［J］．实用口腔医学杂志，2001，17（1）：79．