

基于计算机视觉的卷烟包装尺寸测量方法

彭莉科¹, 方细玲², 刘丹², 张龙³, 李志刚³,
闫龙³, 花昌义³, 刘勇³, 李旭华²

- (1. 国家烟草专卖局 经济运行司, 北京 100045;
2. 广东中烟工业有限责任公司 技术中心, 广东 广州 510610;
3. 中国科学院 合肥物质科学研究院, 安徽 合肥 230031)

摘要:为了实现卷烟包装尺寸的非接触式测量,提出了一种基于双线结构光的烟包尺寸测量方法:采用成一定交角的双色线结构光对样品进行旋转扫描;使用 CCD 相机获取每个旋转角度下结构光在烟包上的反射图像;利用世界坐标系、结构光坐标系和图像坐标系的转换关系,从结构光的形变特征反演得到烟包的表面形貌,并从获取的 3D 点云中拟合出相应的外切长方体尺寸.实验结果表明,该方法的测量精度和标准偏差能够满足实际检测需求,有效地提高烟包和条包尺寸的测量效率和准确性,为卷烟包装尺寸测量提供了一种有效的自动化测量方法.

关键词:卷烟包装尺寸测量;计算机视觉;结构光;3D 点云

中图分类号:TS43;TP311 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2015.3/4.014

Method for cigarette packing size measurement based on computer vision

PENG Li-ke¹, FANG Xi-ling², LIU Dan², ZHANG Long³, LI Zhi-gang³,
YAN Long³, HUA Chang-yi³, LIU Yong³, LI Xu-hua²

- (1. Economic Operation Department, State Tobacco Monopoly Administration, Beijing 100045, China;
2. Technology Centre, China Tobacco Guangdong Industrial Co., Ltd., Guangzhou 510610, China;
3. Hefei Institute of Physical Science, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: In order to achieve the non-contact measurement of cigarette packing size, a size measuring method based on dual structured light was proposed. The dual structured light which crossed with a certain angle was used to scan the cigarette packing. The CCD camera was used to obtain reflection images of structured light in each rotation angle on cigarette packing. According to the conversion relationship between world coordinate system, structured light coordinate system and image coordinate system, the surface characteristics of the case was calculated from the deformation feature of structured light. Then, the size of the circumscribed cuboid from 3D point cloud was calculated. The experimental results showed that the measuring accuracy and the standard deviation of the method could meet the actual demand for testing, improving the measurement efficiency and accuracy effectively, providing an effective method of automatic measurement for cigarette packing size measurement.

Key words: cigarette packing size measurement; computer vision; structured light; 3D point cloud

收稿日期:2014-09-30

作者简介:彭莉科(1973—),女,湖南省衡阳市人,国家烟草专卖局工程师,主要研究方向为卷烟生产工艺。

通信作者:李旭华(1962—),男,福建省上杭县人,广东中烟工业有限责任公司高级工程师,主要研究方向为烟草工艺。

0 引言

计算机视觉是近几年兴起的高新技术,它涉及人工智能、神经生物学、图像处理、模式识别等多个专业,具有智能化、操作简便及无损测量等优点,在烟草行业内日益受到重视。

目前,卷烟企业对烟包尺寸的控制需求越来越高,加强烟包的尺寸控制是各卷烟企业的普遍要求,但烟包、条包外观的检测方法大多还停留在人工抽检的阶段,且多利用直尺、游标卡尺等传统测量工具进行接触式的人工测量。由于烟包质地柔软,接触测量容易导致测量误差;人工测量方式不仅效率低,测量结果也随着测量工具和方法的不同而存在一定的差异。所以,实现烟包尺寸测量的首选方法应为非接触测量法。研究者根据烟包、条包尺寸的测量要求,以卷烟外包装作为对象,以计算机视觉技术为核心,开展了图像分析算法、检测装置、3D空间测量方法等研究^[1-5]。在此基础上,本文拟提出一种基于双线结构光的烟包尺寸测量方法,以期为卷烟烟包和条盒的尺寸测定提供一种代替传统人工检测的新的技术手段,以实现自动化测量,提高测量的效率和准确性。

1 检测系统

1.1 系统结构

卷烟烟包尺寸测量系统结构如图1所示,主要包括成像系统、图像处理系统(电脑)、旋转载物台、电气控制系统等。成像系统用于采集待测样品图

像,由图像采集卡、CCD相机、镜头和两组结构光源等组成。图像处理系统用于分析获取的数字图像,提取图像中的结构光信息,生成烟包的点云数据,并给出烟包的尺寸信息。旋转载物台用于承载待测样品,能够在电气控制系统的精密控制下进行旋转,配合成像系统和结构光实现待测样品的360°扫描。

1.2 检测步骤

基于计算机视觉的3D烟包测量方法的原理如图2所示。结构光为成像视场内的待测样品提供空间参照,CCD相机通过光电效应实现结构光照明下烟包图像的获取,并通过图像采集卡将图像传输到计算机,利用图像分析算法对获取的烟包结构光图像进行分析与测量,测试结果由计算机输出。

1.3 双线结构光照明方式

本文检测系统采用的双线结构光照明模式(如图3所示)。该模式是线结构光模式的扩展,由光学投射器向物体表面投射多条光条,这样可以在一幅图像中处理多条光条。与单线结构光相比,本系统模式避免了重建死角(单线结构光扫描不到的区域),提高了图像的处理效率,并且增加了测量的信息量。

2 基于双线结构光的烟包尺寸测量方法

本文方法通过采集结构光在烟包上的反射图像,利用图像处理分析技术实现烟包外观的3D重建,从而实现烟包空间尺寸的测量,其流程见图4。

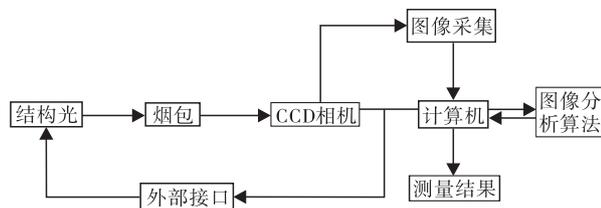


图2 基于计算机视觉的3D烟包测量方法原理框图

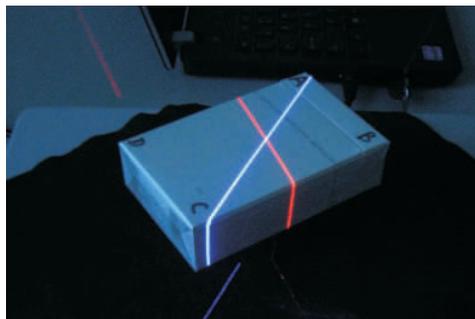
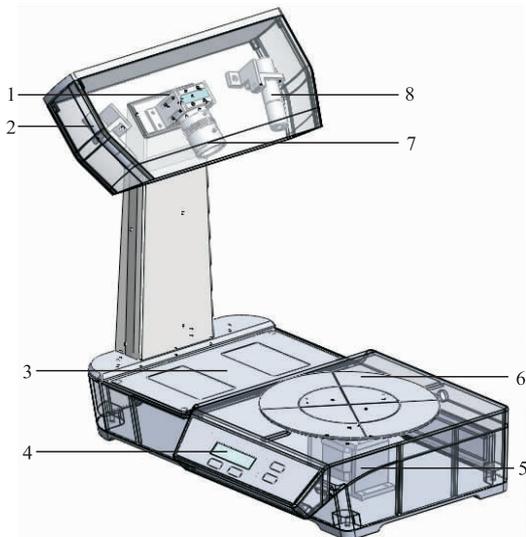


图3 双线结构光照明方式



1.CCD相机 2.结构光源(线激光器) 3.电气控制 4.状态显示
5.旋转电机 6.旋转载物台 7.镜头 8.结构光(线激光器)

图1 烟包尺寸测量系统结构

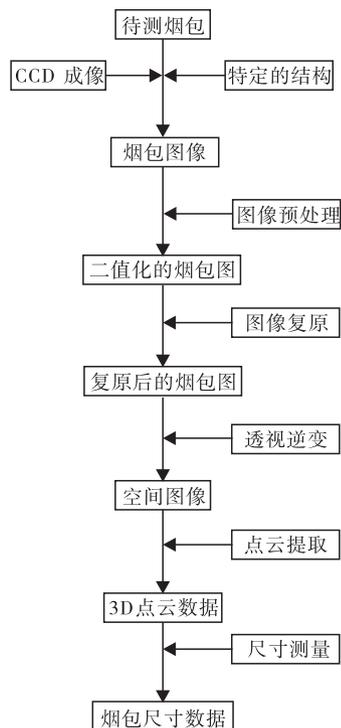


图4 本文烟包空间尺寸测量方法的流程图

本方法包括以下几个步骤: 1) 优化、增强计算机获取的原始图像, 滤除原始图像中的噪声、背景等无用信息; 2) 成像系统标定, 实现欧式空间到图像空间坐标的匹配, 获取镜头引入的各类畸变与场曲参数; 3) 图像获取与预处理, 获取原始图像, 进行图像增强和 ROI 提取; 4) 图像复原, 利用标定参数对图像进行复原; 5) 透视逆变换, 修正成像目标在景深方向上由放大倍数不一致而引入的误差和由成像光轴与测量面的交角而引入的透视误差; 6) 参考线识别与提取, 通过特定的图像分割算法, 对双色参考线分别进行识别、提取和细化; 7) 逆成像变换, 将图像空间中的参考线变换到欧式空间中, 实现参考线标记的卷烟包装空间定位; 8) 点云重构, 通过旋转扫描卷烟包装, 获取 3D 坐标点云数据, 并借助 OpenGL 实现空间重绘; 9) 尺寸提取, 对重绘后的空间目标进行尺寸测量, 提取目标的各类测量数据。

2.1 基本图像信息获取

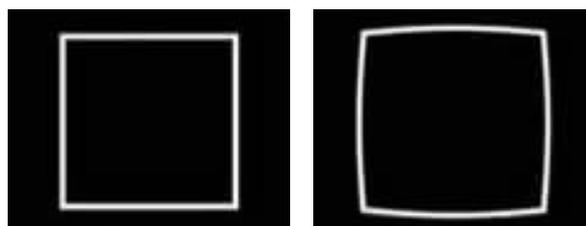
2.1.1 图像复原

本方法采用 $f=5\text{ mm}$ 的镜头, 该类型的镜头存在径向畸变, 中心位置畸变较弱, 远离中心位置畸变较严重, 属于典型的桶形畸变^[6-7], 如图 5 所示。

利用已知参数的标准形状或空间位置的形变来获得畸变参数, 从而复原图像。具体的标定步骤

为: 1) 制作棋盘标定板; 2) 在视场空间的多个位置以不同的旋转角度获得多幅标定板图像; 3) 由图像中棋盘格顶点的位置信息计算成像系统的内、外参数; 4) 由获得的内外参数矫正图像。

图 6 为矫正前后图像效果对比, 图中红线为参考线, 矫正前黑色边缘存在明显弯曲, 矫正后黑色边缘更加平直。



a) 无失真图像

b) 桶形畸变后图像

图5 桶形畸变

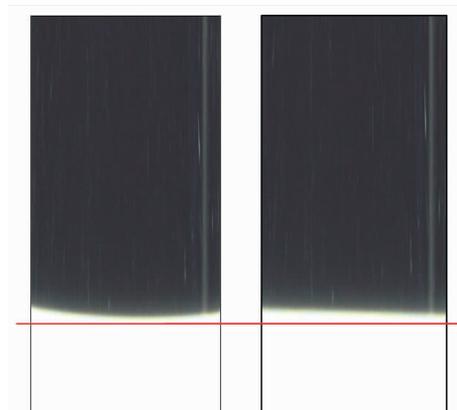


图6 图像矫正前后效果对比

2.1.2 结构光识别与细化

本文方法中分别采用红色和蓝色线激光作为结构光, 两者在 RGB 颜色空间中具有很强的特异性, 易于实现两条结构光的识别与提取。利用结构光的颜色特异性, 在 RGB 颜色空间中, 使用像素的 R(红)分量与 B(蓝)分量的差值作为结构光识别和二值化的阈值, 实现了两条结构光的分别提取^[8]。

结构光光条中心线的获取, 采用霍夫变换^[9-10]与最小二乘法相结合的方法: 利用霍夫变换统计图像上的各个目标像素点的坐标位置, 分别计算每个像素点可能存在的直线的相关参数, 然后通过对所有像素点的斜率参数进行归类计算, 将斜率差异值较大的像素点按照斜率进行分类; 利用最小二乘曲线拟合原理, 分别对不同区域的像素点进行分段拟合, 从而获取单像素宽度的结构光中心线。图 7 为结

构光识别与细化示意图。

2.1.3 透视逆变换 在世界坐标系到图像坐标系的投影过程中,存在透视现象,这会导致视场出现透视畸变.为准确获取样品的空间坐标,需对获取的中心线进行透视逆变换,并对透视畸变进行复原^[11].图8为分别对不同激光线颜色方向进行透视逆变换的结果。

2.2 3D重建与尺寸测量

上述步骤实现了从被样品调制的结构光图像到样品被照射位置的空间坐标.为测量样品的空间信息,需融合每幅图像获取的空间坐标,实现3D重建,并从重建后的点云数据中提取待测信息^[12].

2.2.1 点云重构 为获取完整的待测样品的外观信息,需对样品进行旋转扫描,获取并记录每个旋转角度下结构光方向的样品空间位置坐标信息.图9为点云重构示意图.由图9可见,蓝色结构光测量面与红色结构光测量面均通过测试样品的旋转

中心,两条结构光分别在样品的表面产生折线1,通过透视逆变换可以计算得到该折线每一段的长度,即获得结构光照射位置的样品空间坐标.旋转测试样品,结构光分别照射到2,3,4,⋯位置,分别测量该位置的空间坐标.样品旋转360°后,即完成样品扫描.本方法设置测试样品每旋转1.8°获取1幅样品图像,一次完整测量共获取图像200幅。

将每幅图像处理得到的样品空间坐标按照其旋转角度组合到一起,即构成了测试样品的空间坐标点云.按照上述方法得到的烟包空间点云如图10所示。

2.2.2 尺寸测量 为实现从空间点云中提取样品的尺寸参数,采用基于数值拟合的数据分析方法,从点云数据中拟合出面交线(该面交线即长方体的边),以面交线的交点作为长方体的顶点.获取长方体的8个顶点后,即获得了样品的外切长方体各边长。

3 实验结果与分析

3.1 尺寸测量准确性分析

以标准块测量为对象,考察本方法中尺寸测量的准确性和重复性.20次重复测量的统计结果见表1。

表1中数据表明,本方法的测量误差优于0.012 mm,标准偏差优于0.06,能够满足卷烟包装尺寸测量的要求。

3.2 与人工测量方法的对比分析

实验考察本文方法与人工方法(参照YC/T273)测量效率的差异.实验选取5组样品,由同一实验员操作,分别对同一样品进行20次重复测量,所用时间及测量结果的变异系数对比结果见表2。

由表2可以看出,人工方法耗时约是本文方法的8倍,测量结果的变异系数高于本文方法两个数量级,本文方法极大地提高了测试效率与稳定性,且具有不直接接触待测样品、易于实现自动化测量、最大

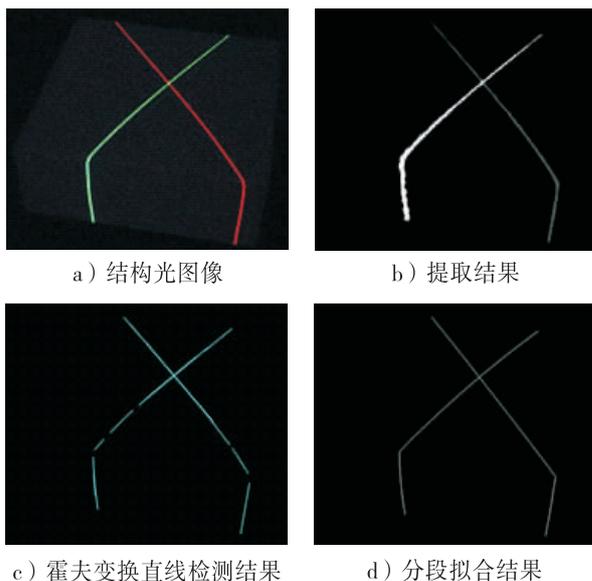


图7 结构光识别与细化示意图

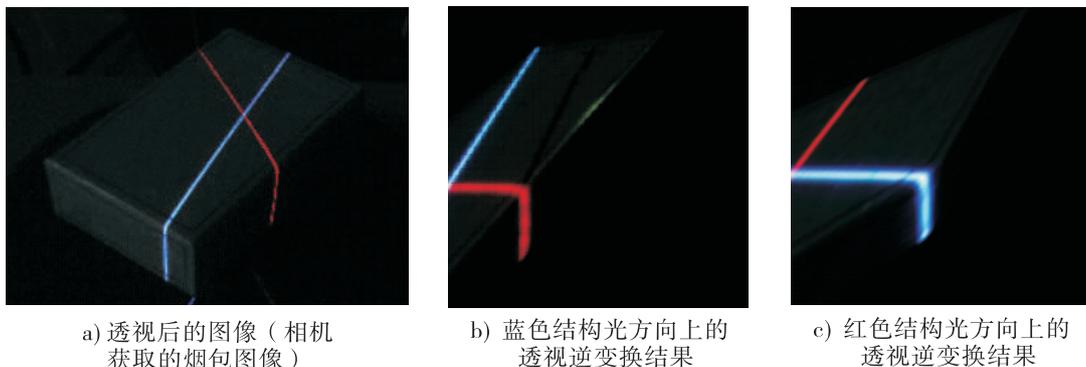


图8 不同激光线颜色方向上的透视逆变换结果

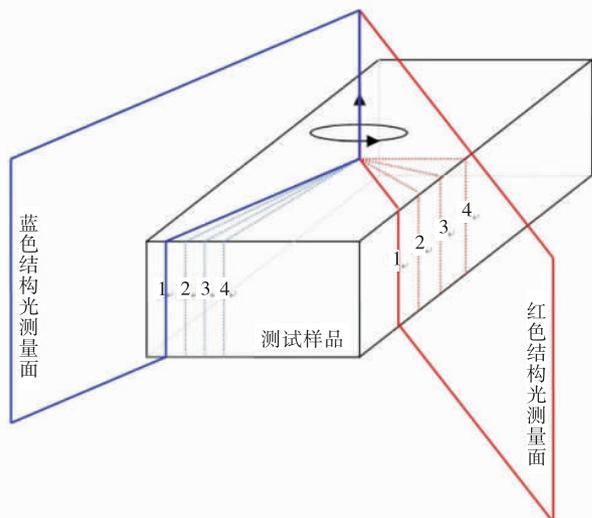


图9 点云重构示意图

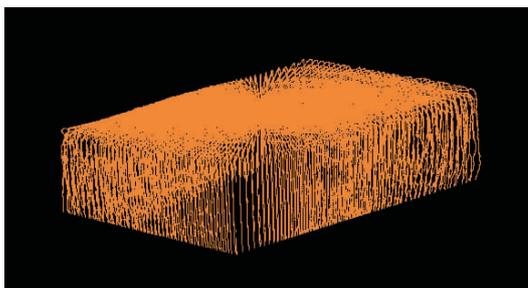


图10 实验得到的空间点云

表1 标准块测试结果

对象	标称值/mm	测量均值/mm	误差/mm	标准偏差
长	209.000	209.006	0.006	0.03
宽	169.400	169.388	0.012	0.06
高	20.210	20.200	0.010	0.01

表2 两种方法之测量时间和变异系数对比结果

样品	测量时间/s		变异系数	
	人工方法	本文方法	人工方法	本文方法
1	312	41	4.31	0.04
2	305	40	3.67	0.05
3	329	41	4.09	0.04
4	314	41	4.16	0.05
5	302	40	3.75	0.04

程度降低人为误差等优点. 实验结果表明, 本文方法与人工方法的测试结果无显著差异, 重复性数据变异系数与标准偏差不依赖于均值, 能够满足实际检测的需求. 该检测技术能够在最大程度上还原目标模型并进行自动尺寸测量, 且操作相对简便、高效.

4 结语

针对卷烟烟包和条包的尺寸测量, 本文采用基于双线结构光的3D成像方法, 获取了样品的三维表面形貌, 较好地实现了卷烟烟包外观几何参数的非接触式测量. 实验结果表明, 本文方法测量误差优于0.012 mm, 标准偏差优于0.06, 单次测量耗时约40 s, 能够很好地满足实际检测的需求, 有效地提高烟包和条包尺寸测量的效率和准确性, 为卷烟包装尺寸测量提供了一种有效的自动化测量方法.

参考文献:

- [1] 刘朝营, 许自成, 闫铁军. 机器视觉技术在烟草行业的应用状况[J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(4): 79.
- [2] 夏营威. 基于计算机视觉的烟草检测方法研究[D]. 合肥: 中国科学院合肥物质科学研究院, 2012.
- [3] 刘枝梅, 邓文怡, 娄小平. 结构光测量系统中光条中心的提取算法[J]. 北京机械工业学院学报, 2009, 24(1): 42.
- [4] 陈晨, 黄欢. 基于数字图像处理的棒材自动统计方法[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2012, 27(1): 73.
- [5] 方隽, 张乐年, 郑启旺. 机器视觉在烟条外包装检测系统中的应用[J]. 机械制造与自动化, 2009(5): 138.
- [6] 马丽娜, 曹新德. 基于图像处理技术的车型自动识别系统设计[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2011, 26(3): 42.
- [7] Xie J, Huang S H, Duan Z C, et al. Correction of the image distortion for laser galvanometric scanning system[J]. Optics and Laser Technology, 2005, 37(4): 305.
- [8] 魏宝刚, 鲁东明, 潘云鹤, 等. 多颜色空间上的交互式图像分割[J]. 计算机学报, 2001, 24(7): 770.
- [9] Hough P V C. Method and means for recognizing complex patterns[P]. US:3069654, 1962-12-18.
- [10] 曾接贤, 张桂梅, 储璐, 等. 霍夫变换在指数函数型曲线检测中的应用[J]. 中国图象图形学报, 2005, 10(2): 236.
- [11] 李银华, 路新惠. 改进型自适应中值滤波算法在图像处理中的应用[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2009, 24(1): 83.
- [12] Kaihara Y, Kihara T, Kakayama A, et al. Accuracy of a non contact 3D measuring system for dental model analysis[J]. Pediatric Dental Journal, 2013, 23(2): 71.