

DOI: 10.13382/j.jemi.2017.03.012

# ABS 齿圈环形表面缺陷检测方法\*

胡佳成 陆 枫 陈爱军 常 旭 金云超

(中国计量大学 杭州 310018)

**摘 要:**针对传统人工方式检测汽车用 ABS 齿圈环形表面缺陷时存在检测效率低、易错检漏检的问题,提出一种基于图像处理的 ABS 齿圈环形表面缺陷检测方法。根据生产实际设计并组装 ABS 齿圈环形表面缺陷在线视觉检测系统,利用旋转电缸结合齿圈托台带动齿圈旋转,由线阵 CCD 扫描并得到齿圈环形表面图像,在经过基于 OpenCV 编写的图像处理算法处理后根据缺陷所在区域判断缺陷类型,进而判断齿圈合格性。通过实验将系统检测与人工检测结果进行对比,结果表明,每个齿圈平均检测时间 $\leq 4$  s,缺陷分类正确率 $\geq 92\%$ 。

**关键词:** ABS 齿圈;图像处理;缺陷分类;合格性判定;OpenCV

**中图分类号:** TN16;TP391.4      **文献标识码:** A      **国家标准学科分类代码:** 080401

## ABS gear ring round surface defect testing method

Hu Jiacheng Lu Feng Chen Aijun Chang Xu Jin Yunchao

(China Metrology University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Aiming at the problem of testing the ABS gear ring round surface defects by the traditional manual testing methods with low efficiency, easy to error testing and missed testing, a method for testing the ABS gear ring round surface defect based on image processing is proposed. According to the actual produce, an on line visual testing system is designed and assembled. Using electric rotating machinery and gear ring supporting platform to drive gear ring around and get the picture of the gear ring round surface by liner CCD scanning. After processing the picture by image algorithm based on OpenCV, the defects are judged according to different existing area, and then the qualification of the gear ring is judged. Comparing with the results of system testing and artificial testing, it shows that the average testing time of each gear ring less than 4 s, the success rate of defect classification is more than 92%.

**Keywords:** ABS gear ring; image process; detection classification; qualified judgement; OpenCV

## 1 引 言

ABS 齿圈是汽车 ABS 系统用于检测汽车行驶速度的关键零部件。目前我国汽车年产量在 2 400 万辆以上,以每车 4 个 ABS 齿圈来算,每年所需的 ABS 齿圈在 9 600 万件以上。由于生产工艺、人为损坏等诸多因素,在批量生产的 ABS 齿圈中不可避免的会出现缺陷品。其中危害最大的是分布于 ABS 齿圈环形表面上的缺陷,主要分为色差、积液和缺齿 3 种类型。若使用这些缺陷

齿圈用于汽车制造,将直接影响 ABS 系统的正常工作,进而影响汽车的安全性能<sup>[1]</sup>,威胁使用者的生命安全。因此,对 ABS 齿圈进行缺陷检测非常重要。目前国内仍采用人工方式进行齿圈缺陷检测,通过工人肉眼观察齿圈表面进行合格性判定与缺陷分类,此种检测方法存在众多问题:1) 劳动强度较大,工人易疲劳,错、漏检率较高;2) 人工检测效率不高,限制了企业生产效率的提升。近年来,图像处理技术发展非常迅猛,具有操作简便、速度快、成功率高等优点。因此,采用图像处理技术<sup>[2-7]</sup>来解决 ABS 齿圈缺陷检测的问题,具有很好的经济效益和

社会效益。

目前,图像处理技术已广泛应用于汽车零部件检测当中,例如吉林大学刘长英等人将机器视觉应用于汽车连杆裂解槽的检测,英国 ROVER 汽车公司设计机器视觉系统检测 800 系列汽车车轮轮廓尺寸精度等,其检测方式取代了传统的人工与机械式检测,提高了检测效率与检测质量,更加适用于快节奏的企业流水线生产。

本文结合实际需求,对采用图像处理技术的 ABS 齿圈环形表面缺陷检测方法进行了研究,并设计了 ABS 齿圈环形表面缺陷视觉检测系统,利用图像处理算法,根据不同缺陷存在于不同的区域实现缺陷的分类识别,实验结果表明该方法具有可行性。

## 2 系统组成及检测流程

### 2.1 系统组成

本文设计的检测系统,可通过修改齿圈的内径、齿数、厚度等参数设置,实现对圆环结构的一系列 ABS 齿圈环形表面的缺陷检测。如图 1 所示为系统结构框图,检测系统共分为 3 大模块,分别为机械模块、电路模块和软件模块,图像算法包含在检测软件之中。

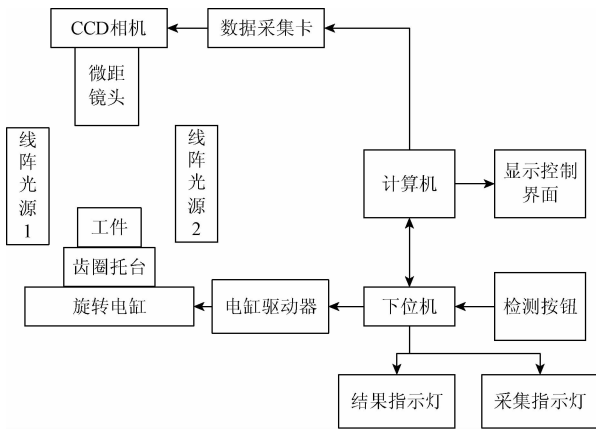


图 1 系统结构

Fig. 1 Structure of system

### 2.2 机械结构及硬件确定

如图 2 所示为机械结构原理,图 3 所示为系统机械装置三维图。此装置为半自动结构,采用人工上下料,自动缺陷检测。将齿圈托台固定于旋转电缸之上,检测不同型号批次齿圈时只需更换托台工装即可。两个线阵光源斜向照射到齿圈中心,避免单向光源照射造成的亮度不均、强度不够以及在齿底面形成阴影等诸多问题。采集指示灯仅当数据采集时亮起,设置此灯可在数据采集完毕时利用算法处理时间更换齿圈,提高效率。结果指示灯显示各类检测结果:即合格、缺齿、积液、色差 4 类。

装置工作时,由旋转电缸带动齿圈旋转,旋转一圈停止,由线阵 CCD 扫描得到齿圈环形表面数据送至上位机算法进行处理。

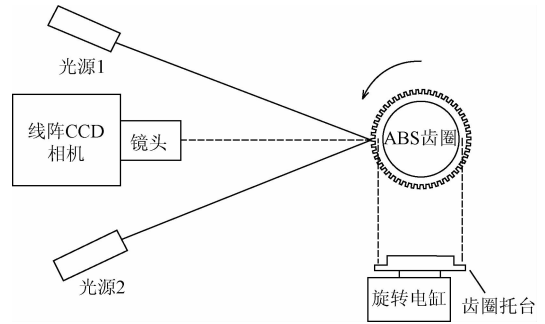


图 2 机械结构原理

Fig. 2 Schematic diagram of mechanical structure

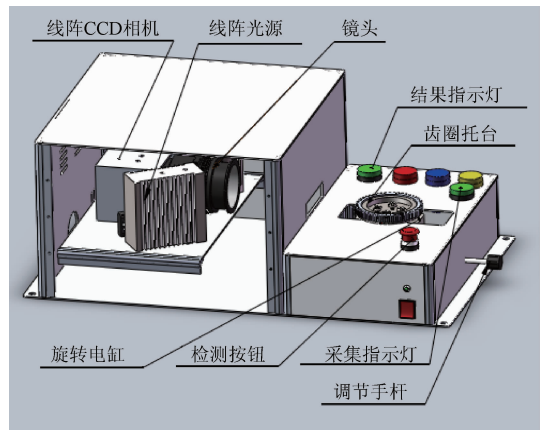


图 3 机械装置三维图

Fig. 3 Three-dimensional structure of the mechanics

镜头选用尼康 N60-28 微距镜头,由于齿圈环形表面齿有上下底面,为保证上下底面均有清晰图像,需保证充足的景深,经实验确定工作距离定为 290 mm 左右。人眼的分辨率在 290 mm 处约为 0.087 mm,再根据测量工具极限误差约占测量公差的原则,即 CCD 的像素分辨率应在 10 ~ 20 μm。以芜湖恒汇生产的 968 型号(内径 70 mm,齿数 46,厚度 9.5 mm)为例,线阵 CCD 感光线宽度应满足:像素分辨率 × 像素个数 > 9.5 mm。因此,本系统选择一款 BLV0208M20 型号线阵 CCD,其像素分辨率为 14 μm × 14 μm,像素个数为 2 048。光源选用 75 mm 高,12 W 的线阵光源,旋转部件为了简化设计结构采用日本小金井 EWHRT3A 型号的旋转电缸。

### 2.3 系统检测流程

系统检测流程如图 4 所示。确定齿圈型号,调节检测位置,将齿圈安放至托台上,按下检测按钮,旋转电缸带动齿圈旋转,CCD 开始采集齿圈环形表面数据至上位机,同时采集指示灯亮。当数据采集完毕后,采集指示灯

灭,工人更换齿圈,算法开始处理数据,并将处理结果发送至下位机,结果指示灯相应亮起,然后进行下一个齿圈的检测。

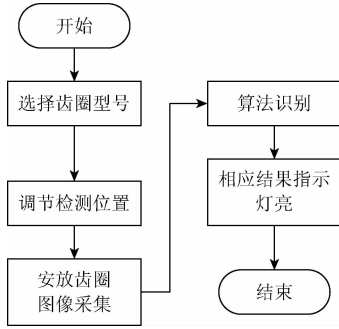


图 4 系统检测流程

Fig.4 Flow chart of system testing

### 3 图像处理

通过图像处理算法对上述装置获取的原始图像数据进行处理,以期实现 ABS 齿圈缺陷识别分类,是最为关键的一步。图像处理过程如图 5 所示。

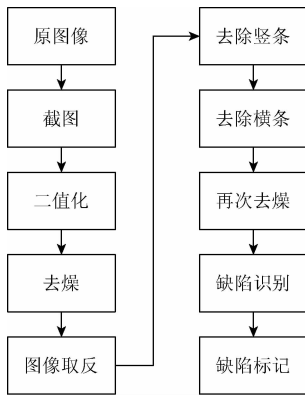


图 5 图像处理流程

Fig.5 Flow chart of image processing

#### 3.1 图像预处理<sup>[8-10]</sup>

图像预处理按顺序包含以下步骤:截图、二值化、去噪、图像取反。4 类检测结果截图后的原始局部图如图 6 所示,以缺齿齿圈为例,图像预处理每一步效果图如图 7 所示。

由于线阵 CCD 线扫描宽度大于齿圈厚度,截图可将原图像无用信息滤除,只留下待检测图像。

二值化可降低数据冗余程度(灰度图像数据阈值为 0~255,二值图像数据阈值为 0~1),且不影响缺陷判定,处理更为简单。图像二值化时采用 OTSU 最大类间方差法<sup>[11]</sup>,设  $k$  为前景与背景的分割阈值,图像灰度级

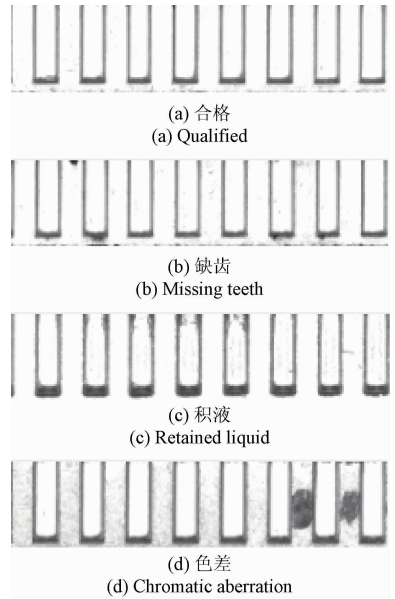


图 6 4 类检测结果原始局部图

Fig.6 Part of the original picture of four types of testing results

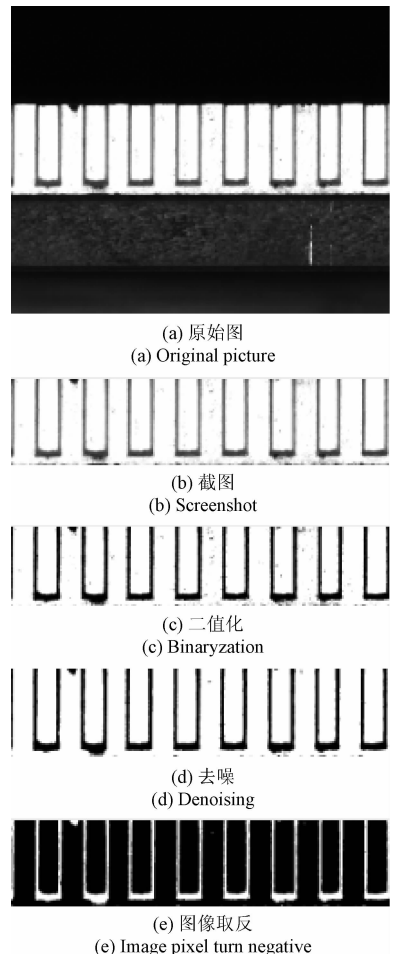


图 7 图像预处理

Fig.7 Image preprocessing

为  $0, 1, \dots, L - 1$ , 前景点数占图像比例为  $w_0(k)$ , 平均灰度  $\mu_0(k)$ , 背景点数比例为  $w_1(k)$ , 平均灰度  $\mu_1(k)$ , 图像总平均灰度为  $\mu_T$ :

$$\mu_T = \mu_0(k)w_0(k) + \mu_1(k)w_1(k) \quad (1)$$

可得到类间方差  $\sigma_B^2(k)$ :

$$\sigma_B^2(k) = w_0(k)[\mu_0(k) - \mu_T]^2 + w_1(k)[\mu_1(k) - \mu_T]^2 = w_0 \times w_1 \times (\mu_0(k) - \mu_1(k))^2 \quad (2)$$

则最佳阈值  $k^*$  的选择为:

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{0 \leq k < L-1} \sigma_B^2(k) \quad (3)$$

采用最大类间方差法可减少背景噪点, 最快速的选择合适阈值进行二值化。

高频前景噪点多呈离散态单独存在, 中值滤波器针对离散噪点去噪非常有效。中值滤波器有  $3 \times 3, 5 \times 5, 7 \times 7$  等诸多种类, 经实验验证, 采用  $5 \times 5$  中值滤波器效果最佳。

二值化后, 前景色数值为 0, 背景色数值为 1, 图像取反之后, 背景色与前景色数值互换, 可更有效的对前景色进行处理。

### 3.2 连通域面积值提取与消除的方法<sup>[12-15]</sup>

OpenCV 中 findContours 函数可在二值图像中查找轮廓, 与 canny 算子等边缘检测算法不同, findContours 寻找的是连通域边缘像素点组成的曲线轮廓。

Findcontours 采用边缘跟踪算法, 即在待检测图像中找到边缘点, 以此点为中心寻找周围的边缘点, 再以新找到的边缘点为中心寻找下一点, 直到完成整个边缘检测。

边缘跟踪算法分为如下两步。

1) 搜索起始边缘点点坐标数组  $X_s$ ,

由于多数情况下, 连通域边缘为一条封闭曲线, 因此边缘点没有起点与终点之分。在二值化图像中, 点的像素值仅有 0、1 之分, 将满足图 8 所示情况的点定义为边缘点, 存入数组  $X_s$  中为防止进行重跟踪, 在查询新的起点时需验证该点是否已在之前确定的边缘中, 若存在则跳过该点进行下一个点的搜寻。



图 8 边缘点的两种情况

Fig. 8 Two cases of edge points

2) 跟踪边缘点

跟踪边缘点时采用 8 邻域跟踪法, 跟踪顺序如图 9 所示, 以顺时针方向进行标记, 并对不同处理方式的像素点的值进行改变, 以达到标记的效果。

标记时对以下数值进行规定: 0、1 为图像原有灰度值; 2 表示正在进行处理的像素点; 3 表示定义为 2 的点的八邻域方向中第一个目标区域点; 4 表示已经确认的

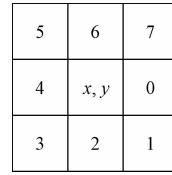


图 9 像素 8 邻域标记方法

Fig. 9 Pixel 8 neighborhood labeling method

边缘点。跟踪标记过程如下:

(1) 提取  $X_s$  中一个边缘点  $P$  为起点, 将该点的像素值设置为 2, 对  $P$  点进行 8 邻域检测, 按顺序找到第一个灰度值为 1 的点  $G$ , 将该点像素值设为 3。

(2) 将前一个  $P$  点的像素值设为 4, 并将该  $G$  点设为  $P$  点, 像素值设为 2。

(3) 以新的  $P$  点重复步骤(1), 直到 8 邻域里的像素值只有 0 和 4, 此时将最后一个  $P$  点像素值设为 4, 结束该条边缘跟踪。

(4) Findcontours 函数中 contours 参数可对边缘进行编号并储存边缘点坐标, 设参数 NUM 为边缘编号, 初始编号为 0, 检索到新的边缘时 NUM + 1。

(5) 提取  $X_s$  中下一个边缘点, 查看该点像素值是否为 4, 如果为 4 就判定为已检测边缘的点, 提取不为 4 的点从步骤(1)开始新一轮搜索。

(6) 直到完成对  $X_s$  所有点的检测, 完成所有边缘搜索。

得到轮廓后, 可利用 contourArea 得到区域面积, 求面积的原理为格林公式:

$$\iint_D \left( \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) dx dy = \oint_L P dx + Q dy \quad (4)$$

式中:  $D$  为分段光滑曲线  $L$  围成的闭区域。

在得到面积参数后, 利用连通域面积参数对缺陷的面积进行甄别, 可作为缺陷识别其中的一个因素, 也可利用 drawContours 函数绘制连通域轮廓, 甚至将连通域颜色填充成背景色, 消除噪点连通域。因此, 利用连通域特征可进行缺陷的识别, 也可用于小面积噪点的去噪。

### 3.3 缺陷提取

为方便缺陷的识别, 需将图中的“U”型背景去除, 去除“U”型背景分为去除竖条和去除横条两步。去除竖条时采用纵向投影, 由于竖条在  $y$  方向上白色像素点个数最多, 因此通过对  $y$  方向上白色像素点个数的阈值限定可将竖条识别并消除。去除横条时, 首先将横条部分截出, 利用 findContours 与 contourArea 求得横条连通域面积的上下限值, 再用 drawContours 将横条填黑消除<sup>[10]</sup>后利用线性混合操作将截出部分粘贴回原图像对应位置。像素的线性混合原理为:

$$g(x) = (1 - a)f_1(x) + af_2(x) + b \quad (5)$$

对应于图像公式为:

$$dst = src1[I] \times \alpha + src2[I] \times \beta + \gamma \quad (6)$$

可将输出图像  $dst$  与输入图像  $src2[I]$  同为原图像,  $src1[I]$  为需要粘贴的图像, 将权重值  $\alpha$  设为 1,  $\beta$  与  $\gamma$  设为 0, 即原图像像素点的值不参与线性混合, 混合部分全部为被粘贴图像, 比例为 1:1, 实现粘贴操作。

由于竖条与横条周围均有不同程度的毛刺, 因此在消除竖条与横条后需再一次去噪, 不同于离散噪点, 毛刺的面积较大, 但又远小于缺陷面积, 因此同样利用  $findContours$ 、 $contourArea$  与  $drawContours$  函数通过小面积阈值判定将毛刺填黑去除。将“U”型去除后图像仅留下缺陷连通域, 再一次使用  $findContours$  检测图像, 若无连通域, 则齿圈为合格件, 若存在, 则进行缺陷判定。竖条与横条消去过程结果如图 10 所示。

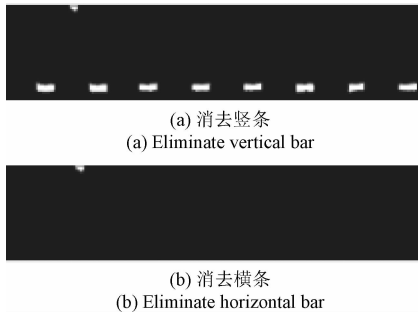


图 10 缺陷提取  
Fig. 10 Defect extraction

### 3.4 缺陷识别

缺陷类别包括缺齿、色差、积液, 分别位于齿顶面顶端、齿顶面中部和齿底面。针对不同分布区域, 首先将齿底面与齿顶面进行区分, 再将齿顶面顶部与中部进行区分。

区分缺陷位于齿顶面还是齿底面, 需利用“U”型横条。contours 为轮廓点集, 因此在横条被消除之前, 可求得轮廓每个像素点的  $xy$  坐标值, 现将每个横条与每个缺陷的  $x$  坐标最大最小值求出, 判断缺陷轮廓点的  $x$  坐标值是否为横条  $x$  坐标值的子集, 若是, 则在齿底面, 若不是, 则在齿顶面。

区分齿顶面顶端和中部是在区分齿顶面和齿底面之后, 再求得齿顶面每个缺陷的  $y$  坐标最小值, 判断  $y$  坐标最小值是否为 1, 若是, 则为顶端, 若不是, 则为中部。

通过判断缺陷位于哪个区域, 对应于判断缺陷为何种类别。然后在上位机软件上用标记出缺陷所在位置, 并用不同颜色来代表不同种类的缺陷。最终结果如图 11 所示。



图 11 检测结果  
Fig. 11 The testing result

## 4 实验结果与分析

取 100 个混合合格、缺齿、积液、色差 4 类结果的 ABS 齿圈对本系统进行实验测试, 并将本系统的检测结果与人工检测的结果进行对比(以多名经验丰富的工人检测判断的结果作为标准结果进行参考), 得到如表 1 所示的实验结果。

由表 1 可看出, 有 1 个人工认为合格的齿圈被本系统检为色差(即错检), 各有 1 个人工认为色差的齿圈被本系统检为缺齿和积液(即分类错误), 没有出现人工认为不合格的齿圈被本系统检为合格的情况(即漏检)。因此, 缺陷分类正确率  $\geq 92\%$ , 合格性正确率  $\geq 99\%$ (即错检率  $\leq 1\%$ ), 漏检率为 0。虽然仅根据区域进行分类无法百分之百的实现, 但此项特征也可作为主要判别特征为后续多重特征协同作用进行判断提供依据, 以进一步提升缺陷检测与分类的成功率。

此外, 本系统的平均检测效率  $\leq 4$  s/个, 已优于人工检测的效率(根据经验, 熟练工人的检测效率  $\approx 5$  s/个), 并且在检测过程中不存在因疲劳导致错漏检率上升的问题。本系统目前仅采用人工上下料的半自动化设计, 在此基础上, 通过机械手自动上下料设计, 可进一步提高检测效率, 所以本系统的检测效率仍有提升空间, 具有很好的推广价值。

表 1 4 类齿圈实验检测结果

Table 1 Experimental test result for four types of gear rings

结果类别	合格	缺齿	积液	色差
本系统检测结果	29	21(20 缺 + 1 色)	25(24 积 + 1 色)	25(24 色 + 1 合)
人工检测结果	30	20	24	26
缺陷分类准确率	96.7%	95.2%	96%	92.3%
合格性准确率	99%			
平均检测效率	本系统: $\leq 4$ s/个; 人工方法: $\approx 5$ s/个			

## 5 结论

本文提出了一种用图像处理技术进行 ABS 齿圈环形表面缺陷检测的方法, 建立了相应的 ABS 齿圈环形表

面缺陷在线视觉检测系统,并基于 OpenCV 图像处理算法将 3 类缺陷进行检测分类。结果表明,齿圈缺陷漏检率为 0,各缺陷分类正确率 $\geq 92\%$ ,检测效率 $\leq 4$  s/个,可基本满足实际应用需求。下一步通过多重特征协同判定及机械手全自动上下料设计,检测成功率及检测效率都有进一步提升的空间。因此,该方法切实可行,具有较好的应用推广前景。

### 参考文献

- [ 1 ] 罗雍惠. ABS 齿圈和传感器的应用与研究[J]. 中国高新技术企业,2010(24):15-16.  
LUO Y H. The application and research of the gear ring of ABS and the sensor [ J ]. Chinese High Paying Technology Enterprises, 2010(24):15-16.
- [ 2 ] 吴彰良,孙长库,刘洁. 基于图像处理的油封缺陷自动检测与分类识别方法[J]. 仪器仪表学报,2013,34(5):1093-1099.  
WU ZH L, SUN CH K, LIU J. Oil-seal surface defect automatic detection and recognition method based on image processing [ J ]. Chinese Journal of Scientific Instrument,2013,34(5):1093-1099.
- [ 3 ] 刘长英,蔡文静,王天皓. 汽车连杆裂解槽视觉检测技术[J]. 吉林大学学报,2014,44(4):1076-1080.  
LIU CH Y, CAI W J, WANG T H. Vision inspection technology of fracture splitting notch of auto connecting rod [ J ]. Journal of Jilin University, 2014, 44 ( 4 ): 1076-1080.
- [ 4 ] 亓晓彤,曹冬雨,王京海. 基于图像处理的非规则形状检测方法[J]. 光电工程,2015,42(1):72-76.  
QI X T, CAO D Y, WANG J H. Irregular shape detection method based on image processing [ J ]. Opto-Electronic Engineering, 2015, 42 ( 1 ): 72-76.
- [ 5 ] 张平生,张桂梅. 基于机器视觉的管孔类零件尺寸测量方法[J]. 机械设计与制造,2012(12):139-141.  
ZHANG P SH, ZHANG G M. Automatic dimensions measuring method of pore part ' s based on machine vision [ J ]. Machinery Design & Manufacture, 2012(12):139-141.
- [ 6 ] 周显恩,王耀南,朱青. 基于机器视觉的瓶口缺陷检测方法研究[J]. 电子测量与仪器学报,2016,30(5):702-713.  
ZHOU X EN, WANG Y N, ZHU Q. Research on defect detection method for bottle mouth based on machine vision [ J ]. Journal of Electronic Measurement and Instrumentation, 2016, 30 ( 5 ): 702-713.
- [ 7 ] YANG B F, LIU Y Y, LU Y. Research of optical rainfall sensor based on CCD linear array [ J ]. Instrumentation, 2015, 2 ( 3 ): 27-34.
- [ 8 ] 秦小文,温志芳,乔维维. 基于 OpenCV 的图像处理[J]. 电子测试,2011(7):39-41.  
QIN X W, WEN ZH F, QIAO W W. Image processing based on OpenCV [ J ]. Electronic Test, 2011 ( 7 ): 39-41.
- [ 9 ] 刘慧英,王小波. 基于 OpenCV 的车辆轮廓检测[J]. 科学技术与工程,2010,10(12):2987-2991.  
LIU H Y, WANG X B. A vehicle contours detection method based on openCV [ J ]. Science Technology and Engineering, 2010, 10 ( 12 ): 2987-2991.
- [ 10 ] 徐欢,李振璧,姜媛媛. 基于 OpenCV 和改进 Canny 算子的路面裂缝检测[J]. 计算机工程与设计,2014,35(12):4254-4258.  
XU H, LI ZH B, JIANG Y Y. Pavement crack detection based on openCV and improved Canny operator [ J ]. Computer Engineering and Design, 2014, 35 ( 12 ): 4254-4258.
- [ 11 ] 何志勇,孙立宁,陈立国. Otsu 准则下分割阈值的快速计算[J]. 电子学报,2013,41(2):267-271.  
HE ZH Y, SUN L N, CHEN L G. Fast computation of threshold based on Otsu criterion [ J ]. Acta Electronica Sinica, 2013, 41 ( 2 ): 267-271.
- [ 12 ] 李岩,刘念,张斌. 图像镜像复制粘贴篡改检测中的 FI-SURF 算法[J]. 通信学报,2015,36(5):2015163-1-2015163-12.  
LI Y, LIU N, ZHANG B. FI-SURF algorithm for image copy-flip-move forgery detection [ J ]. Journal on Communications, 2015, 36 ( 5 ): 2015163-1-2015163-12.
- [ 13 ] 蔡加欣,冯国灿,汤鑫. 基于局部轮廓和随机森林的人体行为识别[J]. 光学学报,2014,34(10):1015006-1-1015006-10.  
CAI J X, FENG G C, TANG X. Human action recognition based on local image contour and random forest [ J ]. Acta Optica Sinica, 2014, 34 ( 10 ): 1015006-1-1015006-10.
- [ 14 ] 刘洪鼎,秦世引. 基于图像特征的运动目标识别与伺服跟踪[J]. 仪器仪表学报,2008,29(3):644-648.  
LIU H D, QIN SH Y. Recognition and servo tracking of moving target based on image features [ J ]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2008, 29 ( 3 ): 644-648.
- [ 15 ] 杜柳青,余骋楠,周武. 基于 OpenCV 的磁瓦表面缺陷视觉提取方法研究[J]. 制造业自动化,2013,35(3):79-81.  
DU L Q, SHE CH N, ZHOU W. Research on the extraction method of magnetic tile surface defects based on openCV [ J ]. Manufacturing Automation, 2013, 35 ( 3 ): 79-81.



作者简介



胡佳成, 2007 年于中国科技大学获得学士学位, 2012 年于中科院上海光机所获得博士学位, 现为中国计量大学讲师, 主要研究方向为新型传感检测技术。

E-mail: 185762129@qq.com

**Hu Jiacheng** received B. Sc. from University of Science and Technology of China in 2007 and Ph. D. from SIOM in 2012, respectively. He is now a lecturer in China Metrology University. His research interest is novel

sensing testing technology.



陆枫, 2014 年于中国计量大学获得学士学位, 现为中国计量大学硕士研究生, 主要研究方向为精密仪器及机械。

E-mail: 583038414@qq.com

**Lu Feng** received B. Sc. from China Metrology University in 2014. He is now a M. Sc. candidate in China Metrology University. His main research interest is precision instruments and machinery.

## NI 发布新一代用于产品设计、原型验证及部署的 USRP RIO 软件无线电解决方案

NI 最完整、可扩展性最强的软件定义无线电 (SDR) 解决方案产品系列增加了两名新成员, 适用于航空航天、国防及无线通信原型验证平台。

NI (美国国家仪器公司, National Instruments) 近日宣布推出 USRP-2945 四通道接收器和 USRP-2944 高性能 2x2 多输入/多输出系统 (MIMO)。这两款新产品将通用软件无线电外设产品家族的性能提升至新的水平, 其频率范围、带宽和 RF 性能都是 USRP 系列产品中最出色的。

USRP-2945 和 USRP-2944 进一步完善了 NISDR 产品组合, 产品范围下至小型可部署无线电, 上至 128 天线大型多输入/多输出系统。凭借 NI 丰富的 SDR 产品, 许多无线应用领域的工程师可通过统一的设计流程高效地从设计过渡到原型验证和产品部署。工程师还可以在 NI SDR 平台上搭载 LabVIEW 软件, 快速开发实时通信和无线接收器系统, 并基于真实信号使用板载现场可编程门阵列 (FPGA) 和 FPGA 编程工具对新算法进行原型验证。不仅如此, 工程师还可将 NI SDR 产品同其它 NI 硬件相结合, 利用高度灵活的硬件和统一的软件工具链, 为最复杂的应用设计解决方案。

USRP-2945 专为无线信号采集及分析而设计, 它采用两级超外差结构, 可实现频谱分析和监测及信号情报

等应用所要求的出色选择性和灵敏度。凭借 4 个接收器通道及本振共享功能, 该设备为测向应用设立了新的行业价格/性能标杆。

在宽带无线研究领域, USRP-2944 具备 2x2 多输入/多输出能力及 160 MHz/通道的带宽, 频率范围在 10 MHz~6 GHz, 可支持 LTE 和 WiFi 信号研究及探索, 涵盖了可能的新频谱部署。

Ettus Research (美国国家仪器公司旗下公司) 市场总监兼无线创新论坛理事会主席 Manuel Uhm 表示: “未来频谱应用和管理将与频谱共享紧密相连, 当务之急是要开发出经济高效的工具, 帮助研究人员、监管机构和公司更高效地扫描、捕获和分析频谱, 以实现频谱态势感知, 并做出相应的响应。NI 拥有最广泛的 SDR 产品组合, 现在又开发出了宽频多通道收发器和超外差式接收器。利用这些设备, 我们可以实现优异的射频性能, 满足高性能频谱研究的需求。”

访问 [www.ni.com/usrp-rio](http://www.ni.com/usrp-rio), 查看更多 USRP-2945 和 USRP-2944 的相关信息。