

二维码印刷质量参数的影响因素分析

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2022.06.008

张姗姗¹ 邱紫欣¹
李 强² 黄新国¹
钟云飞¹ 白永利¹
彭 楠¹

1. 湖南工业大学

包装与材料工程学院

湖南 株洲 412007

2. 常德金鹏印务有限公司

湖南 常德 415006

摘 要: 二维码印刷质量直接影响条码信息传递的准确性。为了分析影响二维码印刷质量的主要因素,基于二维码检验国家标准,研制了二维码图像采集平台。通过制作二维码测试样本,分析了灰度变化和几何变化对符号反差、调制比、轴向不一致、网格不一致等二维码印刷质量参数的影响。实验结果得出不同二维码质量参数分级的图像质量要求,为二维码的印刷质量检测和控制在提供依据。

关键词: 二维码;印刷质量参数;灰度变化;几何变化

中图分类号: TS807

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2022)06-0057-06

引文格式: 张姗姗,邱紫欣,李 强,等. 二维码印刷质量参数的影响因素分析[J]. 包装学报, 2022, 14(6): 57-62.

二维码是用某种特定的几何图形按一定规律在平面(二维方向)上分布的、黑白相间的图形,可记录图片、网址等各类信息数据,广泛应用于各个行业的不同工作流程中,如物流、制造、交通、安防、票证等行业^[1-5]。随着二维码应用越来越广泛,二维码的印刷质量越来越受到人们的重视,国家也制定了相关的国家标准^[6-7]。

目前,国内外学者对二维码印刷质量研究主要集中在漏印、印刷位置偏移、颜色对比度不够、印刷墨色不均等印刷缺陷的识别和检测方法上^[8-12]。鲜有进行对二维码印刷质量问题、印刷质量参数及质量等级进行定量分析,如印刷故障导致的二维码灰度变化与质量参数的定量关系,相关的国家标准也没有给出定义^[13-15]。因此,二维码印刷质量控制缺少参考依据,无法满足二维码印刷质量标准化和数据化管理的需要。本研究依据国家标准 GB/T 23704—2017《二维条码符号印制质量的检验》^[6]和 GB/T 18284—2000《快速响应矩阵码》^[7],分别对二维码的符号反差、调制比、轴向不一致、网格不一致

等印刷质量关键参数^[8-10]的影响因素进行研究。

1 二维码印刷质量参数

1.1 参考译码

参考译码是用来衡量二维码是否可以被识别,是否可以被读出信息的关键参数。一般采用码制规范规定的参考译码算法分析,其结果只有可读取与不可读取两种,若不能用参考译码算法读取则参考译码等级为0,反之为4。

1.2 符号反差

符号反差是二维码灰度图像中的最高反射率与最低反射率之差,计算公式为

$$SC=R_{\max}-R_{\min} \quad (1)$$

其中: SC 为符号反差;

$R_{\max}$ 为灰度图像的最大反射率;

$R_{\min}$ 为最小反射率。

符号反差是衡量二维码图像深浅模块颜色差异的关键参数,能反映深浅模块的反射状态差异是否足

收稿日期: 2022-08-12

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(2021JJ30218)

作者简介: 张姗姗(1982-),女,河南洛阳人,湖南工业大学讲师,主要研究方向为颜色科学技术,

E-mail: 13930547@qq.com

够明显,若差异小将影响二维码的识读。

1.3 调制比

调制比是用来衡量深浅模块的反射率一致性的参数,它受到印刷增量、承印物的光学特征以及印刷的不均匀性等因数的影响。调制比过小,就会增加深浅模块错误识别的可能性。调制比的计算公式为

$$MOD = \frac{2|R - GT|}{SC} \quad (2)$$

其中: MOD 为调制比;

GT 为整体阈值,一般选用最大反射率 $R_{\max}$ 与最小反射率 $R_{\min}$ 的平均值;

R 为与整体阈值最接近模块的反射率。

1.4 轴向不一致

二维码的每个模块在理想状态下应整齐地排列在一个正方形中,但实际印刷后总会有偏差。轴向不一致是衡量轴向尺寸即横轴与竖轴模块尺寸差异量的参数。采集到的二维码图像经过预处理后,确定每个模块的位置,再通过各个模块的位置,计算相邻模块的平均轴向间距,并根据式(3)计算轴向不一致。

$$AN = \frac{2|X_{AVG} - Y_{AVG}|}{X_{AVG} + Y_{AVG}} \quad (3)$$

其中: AN 表示轴向不一致;

X_{AVG} 和 Y_{AVG} 表示二维码相邻模块 X 轴和 Y 轴的平均轴向间距。

1.5 网格不一致

网格不一致是衡量网格交叉位置偏离于理想位

置的最大矢量偏差的参数。网格交叉位置可通过使用参考译码算法对给定的二值化图像进行处理得出。对其检测时,首先依据二维码的版本号确定该二维码是否具有校正图形。若二维码版本号为1,该二维码不存在校正图形,则根据位置探测图像划分为3个区域。若二维码版本号大于1,则根据二维码的校正图形和位置探测图形,将二维码划分为若干个区域。确定每个区域的实际中心位置,将其与标准版本号二维码的校正图形和位置探测图形的中心位置进行比较,找出位置偏移量最大的点,计算其偏移距离 d ,并将 d 代入式(4)计算网格不一致。

$$GN = \frac{d^2}{X^2} \quad (4)$$

其中: GN 为网格不一致;

X 为单个模块尺寸。

2 实验方案

2.1 制作二维码测试样本

为了满足二维码印刷质量参数的分析要求,本研究设计和印制了一系列灰度变化和轴向几何变化的二维码测试样本。图1所示是灰度范围55%~100%、间隔5%的二维码样本。图2所示是边长30 mm、纵向偏移量-10~10 mm、间隔2 mm的轴向明显变形样本。图3所示是边长40 mm、横向偏移量0~1.8 mm、间隔0.2 mm的轴向细微变形样本。

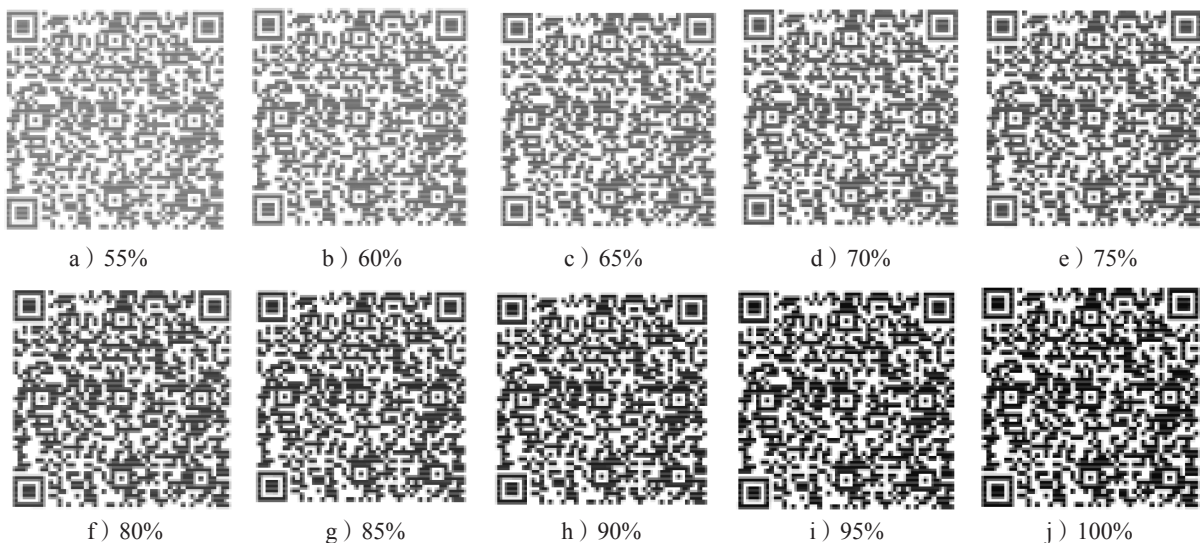


图1 灰度变化的二维码测试样本

Fig. 1 Samples of QR code with varying shades of color

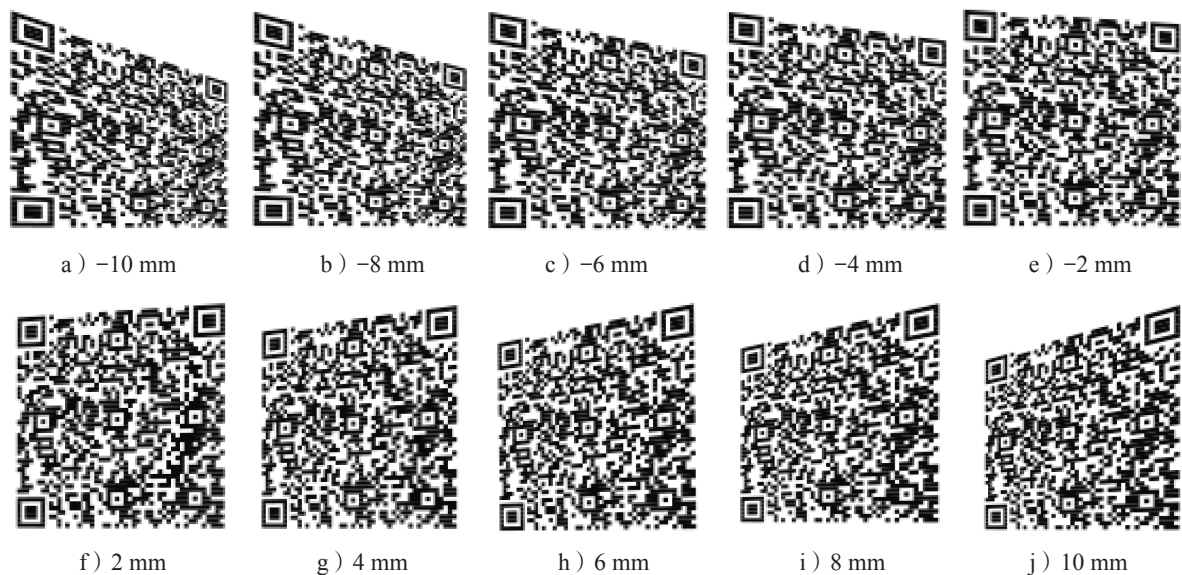


图2 轴向明显变形的二维码测试样本

Fig. 2 QR code samples with obvious axial deformation

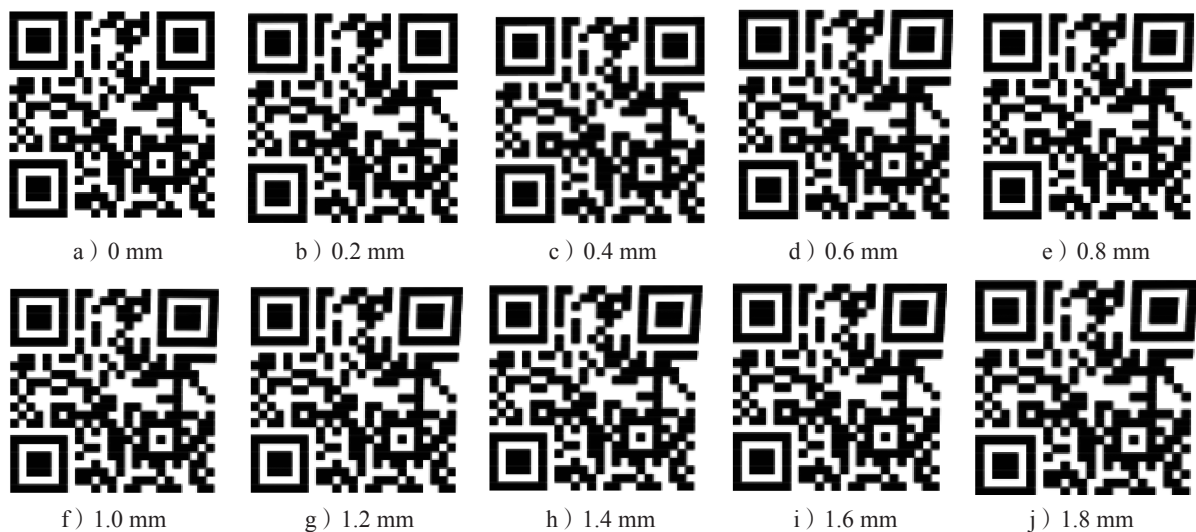


图3 轴向细微变形的二维码测试样本

Fig. 3 Samples of QR code with slight axial deformation

2.2 印刷二维码图像的采集

首先, 根据国家标准 GB/T 23704—2017 《二维条码符号印制质量的检验》中对印刷二维码图像采集的要求^[6], 搭建如图4所示的二维码采集平台: 在摄影箱内壁安装相互成 90° 的4个LED光源, 分布于检测区正上方的圆周上, 其高度使照明光与待检测平面成 45° 入射到检测区中央, 形成均匀的照亮检测区; 再在箱顶开孔放置相机, 其镜头光轴与检测区平面垂直并穿过检测区中心; 然后将印制的二维码测试样本, 放入摄影箱图像采集中心, 使其所放置的区域与光照均匀区域重合, 再采集二维码图像。

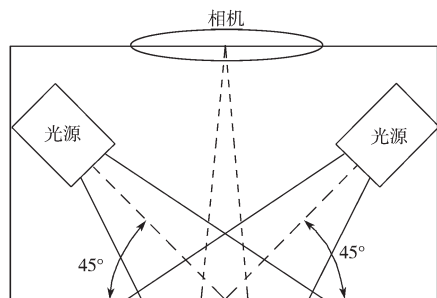


图4 图像采集装置的剖面图

Fig. 4 Sectional view of image acquisition device

2.3 印刷二维码图像的处理分析

首先, 对采集的二维码图像进行灰度化、去噪、

二值化、区域提取和旋转校正等处理^[11-15]，然后根据国家标准计算符号反差、调制比、轴向不一致、网格不一致等参数，并通过译码程序进行参考译码处理，最后分析灰度变化和几何变化对二维码印刷质量参数的影响。

3 结果与分析

3.1 参考译码

本研究采用符合国家标准的 ZXing 二维码识别算法分析印刷二维码的参考译码质量^[16]。经检测，若待检测的二维码可被识别、解码成功，则该二维码的符号等级为 4；若解码未能成功，则符号等级为 1。本研究中设置的所有二维码样本均可被识别，等级都为 4。

3.2 符号反差

本研究计算图 1 所示不同灰度值样本的最高反射率与最低反射率，并代入式（1）计算符号反差，再根据国家标准分级，实验结果如表 1 所示。由表 1 可知，灰度值越大，二维码的符号反差越大，印刷质量也越好。当灰度值小于 75% 时，二维码的符号反差分级小于 3，不满足二维码印刷质量要求。当灰度值达到 80% 时；二维码的符号反差分级为 3，符合二维码印刷质量要求。当灰度值达到 90% 及以上时，二维码的符号反差分级达到 4，印刷质量最好。

表 1 符号反差结果分析

Table 1 Analysis of sign contrast results

序号	灰度值 /%	$R_{\max}/\%$	$R_{\min}/\%$	SC/(分级)
1	55	92	61	31 (1)
2	60	91	57	34 (1)
3	65	94	51	44 (2)
4	70	92	49	43 (2)
5	75	93	41	52 (2)
6	80	35	94	61 (3)
7	85	28	93	65 (3)
8	90	21	94	73 (4)
9	95	12	94	82 (4)
10	100	11	94	83 (4)

3.3 调制比

本研究采用图 1 所示的二维码样本，计算模块反射率 R 值和整体阈值 GT ，再代入式（2）计算调制比，根据国家标准进行分级，实验结果如表 2 所示。调制比与符号反差并无必然的联系，符号反差大的并不意味着调制比大，反之亦然。调制比参数等级的高低与二维码印刷均匀与否密不可分。由于本研

究所采用的二维码为同一印刷设备同时印制，故样本均匀性相差不大，符号等级均维持在 3~4 级，质量较为良好。

表 2 调制比结果分析

Table 2 Analysis of modulation ratio results

序号	灰度值 /%	$R/\%$	$GT/\%$	SC/(分级)	MOD (分级)
1	55	68	76.5	31 (1)	0.54 (4)
2	60	81	74.0	34 (1)	0.41 (3)
3	65	62	72.5	44 (2)	0.48 (3)
4	70	82	70.5	43 (2)	0.53 (4)
5	75	46	67.0	52 (2)	0.81 (4)
6	80	88	64.5	61 (3)	0.79 (4)
7	85	82	60.5	65 (3)	0.66 (4)
8	90	73	57.5	73 (4)	0.42 (3)
9	95	82	53.0	82 (4)	0.70 (4)
10	100	72	52.5	83 (4)	0.46 (3)

3.4 轴向不一致

影响轴向不一致的因素主要是印刷过程中二维码图像的轴向变形。本研究根据图 2 所示样本计算二维码图像的轴向距离，并代入式（3）计算轴向不一致，再根据国家标准进行分级，结果如表 3 所示。轴向伸缩量绝对值越大，轴向不一致越大，等级越低，质量越差，反之越好。本研究中边长为 30 mm 的二维码，当其轴向伸缩量在 -2~2 mm 时，等级为 4，该轴向不一致表现优秀。

表 3 轴向不一致的结果分析

Table 3 Analysis of axial inconsistency results

序号	轴向伸缩量 /mm	AN (分级)
1	-10	0.18 (0)
2	-8	0.13 (0)
3	-6	0.09 (1)
4	-4	0.07 (3)
5	-2	0.03 (4)
6	+2	0.03 (4)
7	+4	0.06 (3)
8	+6	0.09 (1)
9	+8	0.11 (1)
10	+10	0.15 (0)

3.5 网格不一致

本研究对图 3 所示二维码样本进行网格不一致分析，实验结果如表 4 所示。由表可知，随着二维码的轴向伸缩量变大，二维码的网格不一致逐渐增大，同时通过国家标准分级，得知分级的等级越低，图像质量越差。由此可见，二维码的轴向变形对二维码的轴向不一致以及网格不一致均有影响，将二维码的横

向变形控制在 0.8 mm 以内, 其网格不一致的参数等级为 4, 质量合格。对比轴向不一致, 网格不一致比轴向不一致在参数等级上表现得更加敏感。

表 4 网格不一致结果分析

Table 4 Analysis of grid inconsistency results

序号	轴向拉伸量/mm	d/mm	GN (分级)
1	0	0.051	0.001 (4)
2	0.2	0.195	0.015 (4)
3	0.4	0.395	0.061 (4)
4	0.6	0.590	0.136 (4)
5	0.8	0.778	0.273 (4)
6	1.0	1.006	0.396 (3)
7	1.2	1.190	0.554 (2)
8	1.4	1.387	0.752 (1)
9	1.6	1.586	0.983 (0)
10	1.8	1.817	1.290 (0)

4 结论

本研究首先制作了符合国家标准的印刷二维码图像采集平台, 并采集了一系列灰度变化和轴向几何变化的二维码测试图像, 建立了印刷二维码图像的标准化预处理流程, 即灰度化、去噪、二值化处理, 通过计算灰度变化和轴向几何变化二维码的符号反差、调制比、轴向不一致和网格不一致的关键质量参数, 分析灰度变化和轴向几何变化对印刷二维码质量的影响。实验结果表明, 当二维码灰度值大于 90% 时, 符号反差等级可达到 4。灰度变化对调制比影响较小, 只要二维码灰度一致性较好, 调制比等级均维持在 3~4 级。轴向变形是影响轴向不一致和网格不一致的关键因素, 轴向伸缩量在 -2~2 mm 才能保证边长大于 30 mm 的二维码轴向不一致分级达到 4, 轴向变形小于 0.8 mm 才能保证边长大于 40 mm 的二维码网格不一致分级达到 4。本研究结果可为二维码印刷质量参数评价及质量分级评价提供定量分析标准, 为二维码印刷质量的精准控制提供参考。

参考文献:

- [1] 吴岳忠, 陈蓉蓉, 邵宗苗, 等. 基于区块链的二维码包装广告监管和防伪溯源系统 [J]. 包装学报, 2019, 11(1): 25-32.
WU Yuezhong, CHEN Rongrong, SHAO Zongmiao, et al. The System of Two-Dimensional Code Packaging Advertising Supervision and Anti-Counterfeiting Traceability Based on Blockchain[J]. Packaging Journal, 2019, 11(1): 25-32.
- [2] 季成蹊. 浅谈 QR Code 二维码在食品生产日期标注上的应用 [J]. 食品工业, 2021, 42(5): 307-311.
JI Chengxi. Discussion on the Application of QR Code in the Marking of the Food Production Date[J]. The Food Industry, 2021, 42(5): 307-311.
- [3] 李永毅. 用标准化提升商品条码印刷质量 [J]. 条码与信息系统, 2018(1): 41-42.
LI Yongyi. Improving the Printing Quality of Commodity Barcodes with Standardization[J]. Bar Code & Information System, 2018(1): 41-42.
- [4] 田敏, 刘全香. 包装印刷品条码质量检测方法 [J]. 包装工程, 2017, 38(17): 194-199.
TIAN Min, LIU Quanxiang. Detection Method for Barcode Quality of Package Printed Matter[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(17): 194-199.
- [5] 孔猛. 浅谈二维码的检测项目参数及质量控制 [J]. 印刷质量与标准化, 2016(12): 14-17.
KONG Meng. Brief Discussion on the Test Item Parameters and Quality Control of Two-Dimensional Code[J]. Printing Quality & Standardization, 2016(12): 14-17.
- [6] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 二维条码符号印制质量的检验: GB/T 23704—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017: 3-20.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Two-Dimensional Bar Code Symbol Print Quality Test: GB/T 23704—2017[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017: 3-20.
- [7] 国家质量技术监督局. 快速响应矩阵码: GB/T 18284—2000[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004: 42-47.
State Bureau of Quality and Technical Supervision of the People's Republic of China. QR Code: GB/T 18284—2000[S]. Beijing: Standards Press of China, 2004: 42-47.
- [8] 雷嘉丽, 李业丽, 陆利坤, 等. 基于喷墨印刷的二维码质量分析 [J]. 北京印刷学院学报, 2016, 24(4): 33-36, 41.
LEI Jiali, LI Yeli, LU Likun, et al. Two Dimensional Code Quality Analysis Based on Ink-Jet Printing[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2016, 24(4): 33-36, 41.
- [9] 董成松. 基于机器视觉的条码在线缺陷检测系统研究 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2014.
DONG Chengsong. The Research of Detecting

- System About Barcode Detect Based on Machine Vision[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2014.
- [10] 苏 静. 基于机器视觉的二维条码质量检测技术研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2020.
- SU Jing. Research on 2D Bar Code Quality Detection Technology Based on Machine Vision[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2020.
- [11] 李建刚, 黄诗浩, 郑启强, 等. 批量高速二维码视觉检测识别系统[J]. 应用光学, 2021, 42(2): 276-282.
- LI Jiangang, HUANG Shihao, ZHENG Qiqiang, et al. Identification System for Batch of Two-Dimensional Code with High Speed Based on Machine Vision[J]. Journal of Applied Optics, 2021, 42(2): 276-282.
- [12] 祝绘青, 董 浩, 张培恒. QR 码印刷质量检测系统[J]. 电子产品世界, 2018, 25(5): 39-42.
- ZHU Huiqing, DONG Hao, ZHANG Peiheng. Research on QR Code Printing Quality Detection Algorithm[J]. Electronic Engineering & Product World, 2018, 25(5): 39-42.
- [13] 王春华. 二维码印刷生产过程中的质量控制[J]. 今日印刷, 2017(3): 68-69.
- WANG Chunhua. Quality Control in the Production Process of QR Code Printing[J]. Print Today, 2017(3): 68-69.
- [14] 段 茵. 基于 QR 二维码的识别技术研究实现[D]. 西安: 西安理工大学, 2018.
- Duan Yin. Research and Implementation of Recognition Technology Based on QR Code[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2018.
- [15] 严 风. 二维码标准与检测质量的研究[J]. 质量技术监督研究, 2016(1): 26-31.
- YAN Feng. Research of Two-Dimensional Code Standard and Test Quality[J]. Quality and Technical Supervision Research, 2016(1): 26-31.

(责任编辑: 李玉华)

Analysis of Influencing Factors on Printing Quality Parameters of QR Code

ZHANG Shanshan¹, QIU Zixin¹, LI Qiang², HUANG Xinguo¹, ZHONG Yunfei¹,

BAI Yongli¹, PENG Nan¹

(1. College of Packaging and Materials Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;

2. Changde Jinpeng Printing Co., Ltd., Changde Hunan 415006, China)

Abstract: The printing quality of QR code directly affects the accuracy of barcode information transmission. In order to analyze the main factors affecting the printing quality of QR code, a QR code image acquisition platform was developed based on the national standards for QR code inspection. Through making QR code test samples, the influences of grayscale changes and geometric changes on the printing quality parameters of the QR code were analyzed, such as symbol contrast, modulation ratio, axial inconsistency, grid inconsistency, etc. The experimental results obtained the image quality requirements of different QR code quality parameters grading, and provided a reference for the printing quality inspection and control of the QR code.

Keywords: QR code; printing quality parameter; grayscale change; geometric change