

文章编号: 1006-4710(2015)03-0335-05

# 半色调图像的网点式光栅显隐防伪研究

郭凌华<sup>1,2</sup>, 陈燕<sup>1,2</sup>, 刘国栋<sup>1,2</sup>, 邢铁豆<sup>1,2</sup>

(1. 陕西科技大学 轻工与能源学院, 陕西 西安 710021;

2. 陕西科技大学 陕西省造纸技术及特种纸品开发重点实验室, 陕西 西安 710021)

**摘要:** 目前已有的光栅防伪方法是在四色印刷的基础上实现的, 而对于某些特定单色印刷, 其防伪质量不佳, 并且需借助特殊的光栅材料, 增加了成本。本文提出一种半色调图像的网点式光栅显隐防伪方法。该方法以半色调图像加网和莫尔条纹效应为基础, 通过网点的规律变化嵌入隐藏信息, 再根据网点式解码光栅与含有隐藏信息的编码光栅参数的匹配关系, 制作对应的网点式解码光栅, 提取隐藏信息。该防伪方法隐藏效果好, 提取隐藏信息的清晰度高。尤其在某些特定单色印刷防伪上, 较之前的方法具有明显的优势。

**关键词:** 网点式光栅; 半色调图像防伪; 信息隐藏; 光栅匹配; 单色印刷

**中图分类号:** TS853<sup>+</sup>.6      **文献标志码:** A

## Research on halftone anti-counterfeiting technology based on dot grating

GUO Linghua<sup>1,2</sup>, CHEN Yan<sup>1,2</sup>, LIU Guodong<sup>1,2</sup>, XING Tiedou<sup>1,2</sup>

(1. College of Light Industry and Energy, Shaanxi University of Science &amp; Technology, Xi'an 710021, China;

2. Shaanxi Province Key Laboratory of Papermaking Technology and Specialty Paper, Shaanxi University of Science &amp; Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** The currently existing grating anti-counterfeiting methods are achieved based on four-color printing. As for the anti-counterfeiting of certain specific mono printings, their quality of anti-counterfeiting is poor, and it needs a special grating material with an increase in cost. The paper puts forward a method of halftone image anti-counterfeiting based on dot change in position. Based on geometrical optics principle of Moiré Fringe formation, the hidden information is embedded by shifting the dot of halftone image. Again, according to the matching relation between the dot decoding grating and the encoding grating containing hidden information, the corresponding dot decoding grating is made, and the hidden information is extracted. In this halftone anti-counterfeiting technology, the hidden effect is good and the clarity of extracting the hidden information is high. The method has obvious advantages compared with the original method in mono-color printing anti-counterfeiting.

**Key words:** dot grating; halftone anti-counterfeiting; hiding information; grating matching; mono-color printing

为了防止假冒伪劣产品对消费者利益的侵害, 人们对包装防伪技术提出了更高的要求。新的防伪方法也不断涌现<sup>[1-2]</sup>, 但往往是以增加成本为代价的。近几年, 提出的光栅显隐防伪方法, 无需改变现有印刷工艺, 普通消费者可以直接识别<sup>[3-4]</sup>。但目前该防伪方法隐藏效果不佳, 尤其是对于某些单色印刷产品, 并且多借助特殊的光栅材料提取隐藏信息,

增加了防伪成本<sup>[5-6]</sup>。

笔者针对上述问题, 提出一种网点式光栅显隐防伪方法。该技术以半色调图像加网和莫尔条纹效应为理论基础, 通过网点的规律变化嵌入隐藏信息, 再根据匹配关系制作相应的网点式解码光栅, 提取隐藏信息。该方法隐藏效果好, 提取隐藏信息的清晰度高, 达到了半色调图像防伪的目的。

**收稿日期:** 2015-03-24

**基金项目:** 陕西省教育厅重点实验室项目(2011HBSZS014); 陕西科技大学博士启动基金项目(BJ13-01); 陕西省教育厅科研计划项目(14JK1108)。

**作者简介:** 郭凌华, 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为防伪印刷及颜色科学。E-mail: guolinghua@sust.edu.cn。

## 1 半色调图像防伪信息隐藏及提取的机理

### 1.1 半色调图像加网原理

加网是指利用单位面积内密度的变化来表现原稿层次,常用的调幅加网即利用网点大小不同来体现半色调图像层次<sup>[7]</sup>。在半色调图像防伪技术中,通过寻找调幅加网参数与显隐光栅参数的映射关系,完成防伪信息的隐藏。

### 1.2 光干涉原理

印刷品是由网点组成的,而网点按照一定的角度和规律排列的,容易形成光学干涉现象,印刷中形成了莫尔条纹。把印刷中半色调图像看作是特殊的网点式光栅,而印刷品两网点间的距离是远大于可见光波长的,因此其网点式光栅属于粗光栅,粗光栅形成的莫尔条纹由遮光阴影原理解释<sup>[8]</sup>。

如图1所示,当两块粗光栅以夹角 $\theta$ 面对面叠合时,根据遮光原理,透过光线的区域形成亮带,不透光的区域形成暗带,其余区域介于亮带与暗带之间。

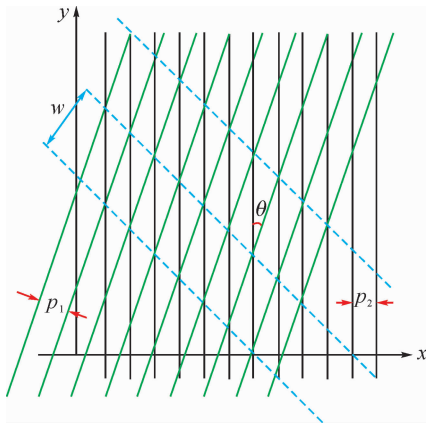


图1 光栅莫尔条纹示意图

Fig. 1 Diagram of grating Moiré Fringes

当两光栅的栅距 $p_1$ 、 $p_2$ 以及两光栅的夹角 $\theta$ 取不同值时,会产生不同样式的莫尔条纹。莫尔条纹的周期满足如下公式:

$$w = \frac{p_1 p_2}{\sqrt{p_1^2 + p_2^2 - 2p_1 p_2 \cos\theta}} \quad (1)$$

当 $p_1 = p_2 = p$ 时,则莫尔条纹的周期公式变为:

$$w = \frac{p}{\sqrt{2(1 - \cos\theta)}} = kp \quad (2)$$

式中,放大倍率 $k$ 与夹角 $\theta$ 有关,且 $\theta$ 越小, $k$ 越大,产生的莫尔条纹周期 $w$ 越大,莫尔条纹图案也越明显。则由公式(2)可知,当两光栅夹角 $\theta$ 为0时,周期达到无穷大。

在半色调图像防伪中,设自定义编码光栅1为

嵌入了隐藏信息的半色调图像,自定义解码光栅2为网点式解码光栅。按照光学机理,寻找形成莫尔条纹的临界状态,当光栅1和光栅2叠合以后形成的莫尔条纹的周期越大,则隐藏区域与非隐藏区域的对比度越大,隐藏信息更易被清晰提取。

### 1.3 人眼的局限性

正常人视角一般为 $1'$ 左右,在明视距离250 mm下,人眼的最小可分辨距离为0.073 mm,印刷品复制过程中通过计算人眼分辨率和加网线数的关系,设置合理的加网线数,对网点进行微量调整,人眼难以察觉<sup>[9]</sup>。半色调图像防伪信息隐藏就是基于此原理来实现隐藏信息的嵌入的。

## 2 半色调图像防伪模型的建立

### 2.1 半色调图像防伪信息隐藏模型的建立

对于半色调图像,隐藏信息的嵌入可以通过将网点按照一定规律变化来实现。

本文提出了基于网点式光栅的新半色调图像隐藏算法,该方法是将网点移动到与相邻网点距离的中心点(如图2所示B网点),与文献[6]中的原隐藏算法(网点移动到如图2所示A网点)相比,网点的移动距离缩短,进而减弱了人眼视觉的感知,提高隐藏效果。新方法对于某些特定单色印刷也可以达到隐藏的目的,并且保证偏移后的网点与解码光栅叠合后能形成高密度的隐藏区域,增强隐藏区域与非隐藏区域的对比性,以便在提取时凸显隐藏信息。

如图2所示,要将网点移动到B的位置,则要分别进行 $x$ 与 $y$ 方向上的移动,其移动公式为:

$$\begin{cases} x = \frac{1}{2}d\cos\theta \\ y = \frac{1}{2}d\sin\theta \end{cases} \quad (3)$$

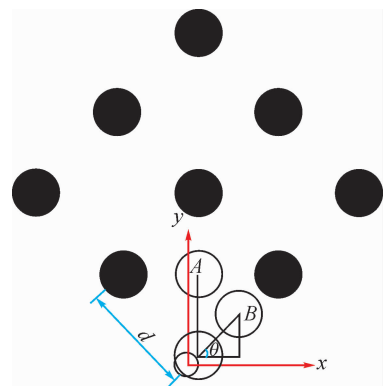


图2 网点位置变换

Fig. 2 Dot change in position

式中,  $d$  为两网点间的距离且  $d = 25.4/L$ ,  $L$  为加网线数,  $\theta$  为加网角度。

## 2.2 半色调图像防伪信息提取模型的建立

### 2.2.1 半色调图像防伪信息提取模型的参数设置

信息提取模型为解码光栅 2。设置光栅 2 的加网线数、加网角度和网点形状, 设置时与编码光栅 1 相应的加网参数相同。

### 2.2.2 半色调图像防伪模型匹配关系建立

#### 1) 半色调图像防伪模型匹配机理

将光栅 1 和 2 进行叠加解码后, 解码光栅 2 的网点与编码光栅 1 中进行位移后的网点相切形成线式高密度的隐藏区域, 与非隐藏区域的点式低密度产生对比, 突出显现隐藏信息, 如图 3 所示。

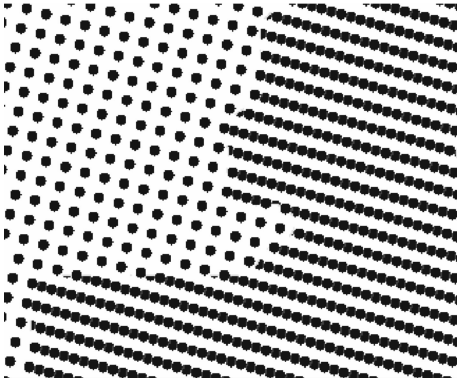


图 3 隐藏区域与非隐藏区域的对比

Fig. 3 Comparison between hiding area and non-hiding area

#### 2) 半色调图像防伪模型匹配关系建立

设含有隐藏信息的编码光栅 1 的网点面积率为  $T_1$  ( $T_1 < 50\%$ ), 加网线数为  $L$ , 其网点半径为  $r$ ; 网点式解码光栅 2 的网点面积率为  $T_2$ , 其网点的半径为  $R$ 。

根据网目调单元的示意图, 如图 4 所示, 编码光栅的网点面积率可表示为:

$$T_1 = \frac{\pi r^2}{d^2} = \frac{\pi r^2}{\left(\frac{25.4}{L}\right)^2} \quad (4)$$

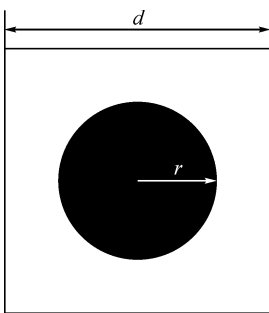


图 4 网目调单元的示意图

Fig. 4 Schematic diagram of halftone unit

解码光栅与编码光栅的网点位置关系如图 5 所示, 可表示为:

$$R = \frac{d - 2r}{2} \quad (5)$$

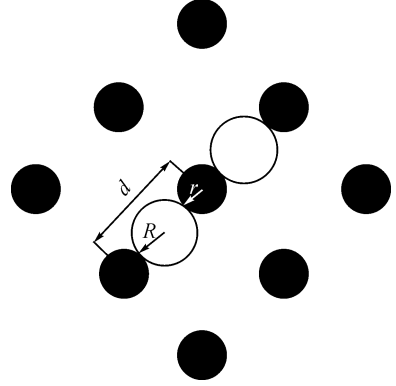


图 5 解码光栅与编码光栅的网点位置关系

Fig. 5 Dot position relation between decoding grating and coding grating

网点式解码光栅的网点面积率可表示为:

$$T_2 = \frac{\pi R^2}{d^2} = \frac{\pi R^2}{\left(\frac{25.4}{L}\right)^2} \quad (6)$$

联立式(4)(5)(6)得出当  $T_1 < 50\%$  时, 网点解码光栅 2 的网点面积率与编码光栅 1 的网点面积率的匹配关系:

$$T_2 = \frac{\pi \left(1 - 2\sqrt{\frac{T_1}{\pi}}\right)^2}{4} \quad (7)$$

当  $T_1 < 50\%$  时, 根据匹配公式(7)能形成隐藏区域的线式高密度与非隐藏区域的点式低密度, 显现隐藏信息。

当  $T_1 \geq 50\%$  时, 网点间已经形成搭接, 因此只需要将非隐藏区域的网点遮盖就可以, 取含有隐藏信息的编码光栅的网点面积率作为解码光栅的网点面积率, 及  $T_1 = T_2$ 。

综上所述, 半色调图像防伪模型匹配关系如下:

$$\begin{cases} T_2 = \frac{\pi \left(1 - 2\sqrt{\frac{T_1}{\pi}}\right)^2}{4} & T_1 < 50\% \\ T_2 = T_1 & T_1 \geq 50\% \end{cases} \quad (8)$$

## 3 半色调图像防伪模型的验证

### 3.1 实验软件

实验采用 Photoshop CS3 作为仿真实验软件。

### 3.2 实验步骤

#### 3.2.1 信息隐藏

1) 建立背景色块。在 Photoshop CS3 中新建

一个  $3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$  的 CMYK 数字图像, 填充前景色, 根据前期的实验结果(网点面积为  $20\% \sim 30\%$  时防伪效果较好), 本实验中 C、M、Y、K 的网点面积率均取为  $25\%$ 。

2) 对背景色块进行调幅加网。对 CMYK 四色颜色模式的数字图像分离通道, 并对每个通道进行半色调网屏处理, 其中输出分辨率设定为  $2400\text{ DPI}$ , 加网线数均为  $175\text{ LPI}$ , 形状为圆形, C、M、Y、K 四个通道加网角度分别为  $15^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $45^\circ$ 。

3) 移动网点生成嵌入隐藏信息的单色半色调图像 A。因前期实验结果表明在 M 版与 C 版中隐藏信息其防伪效果较好, 本实验中选择 M 版作为隐藏信息的通道, 打开隐藏信息(西凤酒的标志及文字)的图层, 根据 2.1 中的原隐藏算法和新隐藏算法对网点分别移动, 形成含有隐藏信息的品红版半色调图像 A1 和 A2。原算法隐藏效果如图 6(a) 所示, 新算法隐藏效果如图 6(b) 所示。

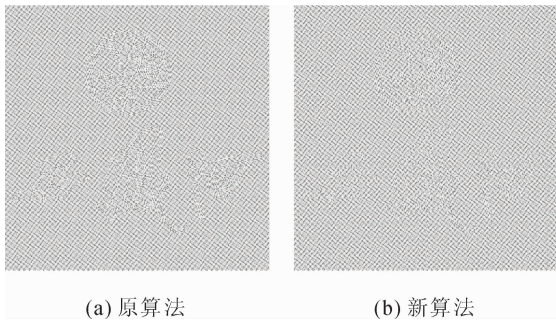


图 6 M 版隐藏效果

Fig. 6 Hiding effect of M plate

4) 合并四色通道, 形成含有隐藏信息的四色半色调图像 B。原算法形成四色半色调图记为 B1, 隐藏效果如图 7(a) 所示; 新算法形成的四色半色调图记为 B2, 隐藏效果如图 7(b) 所示。

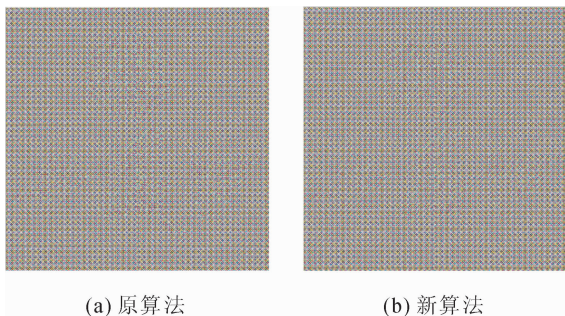


图 7 四色隐藏效果

Fig. 7 Hiding effect of four-color printing

### 3.2.2 解码光栅的制作

在 Photoshop CS3 中建立一个尺寸为  $3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$  的灰度数字图像, 根据 2.2 节设定网点式光栅的参数, 其中根据公式(8)计算得到  $T_2 = 14.92\% \approx$

$15\%$ 。填充前景色 K 为  $15\%$ , 其余均为  $0\%$ , 在进行半色调网屏处理时, 其中输出分辨率设定为  $2400\text{ DPI}$ , 加网线数设定为  $175\text{ LPI}$ , 加网角度为  $75^\circ$ , 形状为圆形, 生成网点式解码光栅, 如图 8(a) 所示。

用同样的方法制作原隐藏算法对应的直线型解码光栅, 只有加网形状变为直线, 其余参数均与网点式的相同, 生成直线型解码光栅, 如图 8(b) 所示。

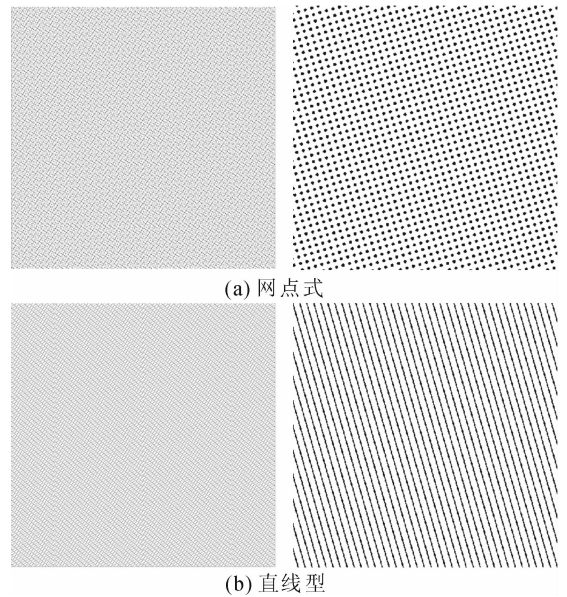


图 8 解码光栅的整体效果和局部放大效果

Fig. 8 Normal size and enlarged size of decoding grating

### 3.2.3 提取隐藏信息

1) 提取单色半色调图像 A 的隐藏信息。将制作好的直线型光栅和网点式光栅分别叠加于对应的半色调图 A1 和 A2, 提取隐藏信息, 其效果如图 9 所示。

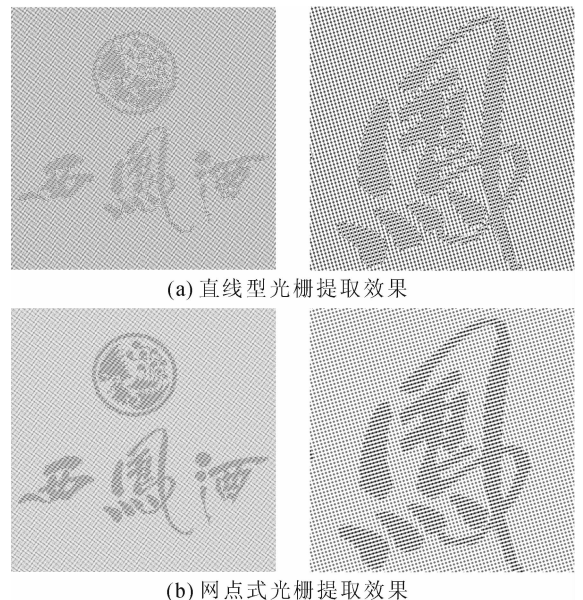


图 9 提取图像 A 隐藏信息的整体效果和局部放大效果

Fig. 9 Extracting effect of image A in normal size and enlarged size

2) 提取四色半色调图像 B 的隐藏信息。将制作好的直线型光栅和网点式光栅分别叠加于对应的半色调图 B1 和 B2, 提取隐藏信息, 其效果如图 10 所示。

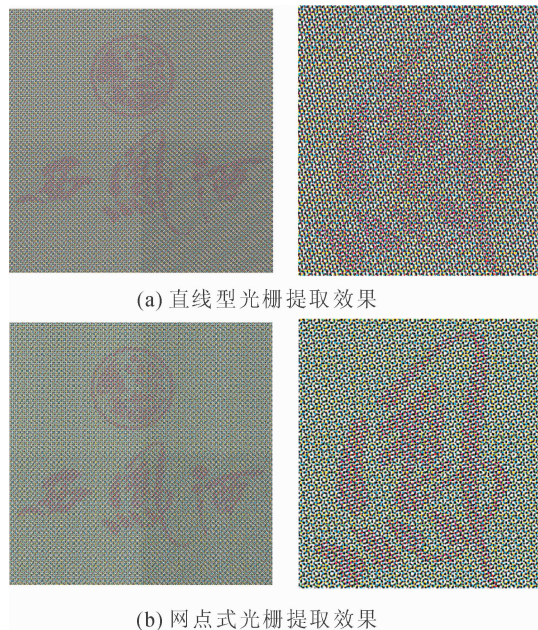


图 10 提取图像 B 隐藏信息的整体效果和局部放大效果  
Fig. 10 Extracting effect of image B in normal size and enlarged size

### 3.3 实验结果分析

1) 隐藏效果分析。对于单色, 新隐藏模型较原隐藏模型, 信息隐藏性好, 对原稿的完整性影响小; 对于四色合成的, 新隐藏模型的隐藏效果要略好于原隐藏模型, 达到人眼不可见效果。说明新隐藏算法在适合于四色合成的半色调图像隐藏的基础上, 还可以用于单色版的半色调图像隐藏。

2) 提取隐藏信息效果分析。对于单色, 新防伪模型提取效果要明显好于原防伪模型, 前者提取的隐藏信息边界性更为凸显, 因此隐藏信息显现更为清晰; 对于四色合成的, 两者都达到清晰显现隐藏信息的效果, 但新防伪模型提取的隐藏信息边界更凸显, 提取的细节更清楚。说明网点式光栅提取隐藏信息的清晰度要高于直线型光栅。

## 4 结 语

本文提出一种半色调图像的网点式光栅显隐防伪方法。结果表明, 该防伪方法中的隐藏算法达到了很好的隐藏效果, 并在单色隐藏方面具有明显优势。在叠合匹配的网点式光栅后, 隐藏信息能清晰显现, 尤其在单色提取时, 较直线型光栅更有优势。

网点式光栅通过印前图像处理, 按照现有的印刷工艺就可得到, 不增加生产成本。该半色调图像防伪方法提高了隐藏效果和提取清晰度, 尤其在某些特点单色印刷防伪中, 更具有优势, 可更好地应用到包装防伪中。

### 参考文献:

- [1] 刘昕, 马金涛. 基于嵌入式小波编码的印刷图文防伪算法研究[J]. 西安理工大学学报, 2004, 20(3): 268-271.  
Liu Xin, Ma Jintao. A copyright protection algorithm for printed products based on embedded discrete wavelet transformation[J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2004, 20(3): 268-271.
- [2] 黄颖为, 王敏灵. 组合防伪包装优化评价数学模型的建立[J]. 西安理工大学学报, 2011, 27(3): 325-328.  
Huang Yingwei, Wang Minling. Establishment of optimization evaluation mathematical model based on the combined anti-counterfeiting packaging[J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2011, 27(3): 325-328.
- [3] 朱新新. 莫尔加密防伪技术及其在包装印刷中的应用[J]. 中国防伪报道, 2011, 12: 48-50.
- [4] 问双双. 基于数字加网的防伪技术的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.  
Wen Shuangshuang. Anti-counterfeit technology based on digital screening[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012.
- [5] 赵小梅, 谢兵. 基于莫尔效应的半色调图像处理防伪方法[J]. 天津科技大学学报, 2012, 27(12): 65-69.  
Zhao Xiaomei, Xie Bing. Anti-counterfeit method of Halftone image based on Moiré effect[J]. Journal of Tianjin University of Science and Technology, 2012, 27(12): 65-69.
- [6] 刘真, 任乐义. 基于加网复制的光栅防伪技术研究[J]. 中国印刷与包装研究, 2010, 2(S1): 155-158.  
Liu Zhen, Ren Leyi. Study of anti-counterfeit printing with cylindrical lens sheet based on screening copy[J]. China Printing and Packaging Study, 2010, 2(S1): 155-158.
- [7] 姚海根. 数字加网技术[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2000: 267-271.
- [8] 刘真, 任乐义, 杨晟炜. 调幅加网技术在光栅防伪技术中的应用[J]. 包装工程, 2011, 32(21): 90-93.  
Liu Zhen, Ren Leyi, Yang Shengwei. Application of AM screening in grating anti-counterfeit technology[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(21): 90-93.
- [9] 刘铁根. 光学防伪检测技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008: 85-241.