

基于莫尔现象的印刷品防伪技术

左晓燕, 黄敏, 李敏, 顾烨
(北京印刷学院, 北京 102600)

摘要: **目的** 利用一个动态的光栅(解码片)与一个静态的光栅(印刷品)产生莫尔条纹来放大隐藏信息, 实现信息解码。**方法** 对莫尔现象的形成和放大原理进行分析, 结合印刷加网技术特点, 确定影响单、双向隐藏信息的加密参数, 用印刷机输出加密样张。**结果** 得到了印刷加网中的不同网点形状、网点面积率、加网线数和网点角度等参数对信息隐藏效果和解码效果的影响。**结论** 研究成果中隐藏信息加密参数匹配可以获得良好的解码效果, 对防伪图像、印刷条件的适用性较强, 为防伪印刷品的制作提供技术支持。

关键词: 防伪; 光栅; 莫尔条纹; 印刷加网

中图分类号: TS853⁺.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)15-0035-05

Anti-counterfeiting Technique of Print Products Based on Moire Phenomenon

ZUO Xiao-yan, HUANG Min, LI Min, GU Ye

(Beijing Institute of Graphic Communication, Beijing 102600, China)

ABSTRACT: In order to combine one dynamic grating (decoding piece) and one static grating (presswork) to produce Moiré fringe which can magnify the hidden information and realize information decoding, this paper analyzed the generation and amplification principle of the moiré phenomenon, determined the encryption parameters for single-information and two-way information hidden information based on features of printing screening, and output the encrypted samples with a printing press. As a result, the influences of different factors such as the dot shape, dot area, screen line number, dot angle on the hiding effect and decoding effect of the information were found out. In conclusion, the matching of encryption parameters for hidden information will achieve favorable decoding effect and will be widely applicable to anti-counterfeit images and printing conditions. Therefore it will provide technical support for the making of anti-counterfeit pressworks.

KEY WORDS: anti-counterfeit; grating; Moiré fringe; print screening

莫尔现象是一种光学现象, 早在 20 世纪 50 年代国外将莫尔现象用于机械加工行业, 给机械工业带来了深远的影响。随着科学技术的发展, 莫尔现象的优良特性不断被发现并利用。基于莫尔现象的印刷防伪技术是将莫尔现象原理和印刷技术巧妙地结合, 通过特殊的专业设计, 研发专门用于印刷行业的光学莫尔防伪技术, 用于商品包装防伪设计,

在具备一定隐藏性的同时也可快速完成解密, 非常有价值。

1 莫尔现象及防伪原理

将 2 组频率相同或相近的周期性图案叠加在一起, 就能产生另一组放大的图案, 这就是莫尔现

收稿日期: 2016-04-16

基金项目: 北京市科技新星计划 (Z151100000315076)

作者简介: 左晓燕 (1968—), 女, 河南人, 实验师, 主要研究方向为图像处理和印刷技术。

通讯作者: 黄敏 (1979—), 女, 博士, 教授, 主要研究方向为均匀颜色空间和色差评价。

象,形成的图案称为莫尔条纹。莫尔条纹产生的前提是光栅。将2个周期性相同的光栅叠合在一起,只移动其中一个光栅,产生的莫尔条纹也会产生移动并且具有放大作用。比如最普通的直条纹光栅重叠后产生的莫尔条纹,其周期满足:

$$T_M = \frac{T_1 T_2}{\sqrt{T_1^2 + T_2^2 - 2T_1 T_2 \cos \alpha}} \quad (1)$$

式中: T_1 , T_2 和 α 分别为2个直线条纹光栅的周期和它们之间的夹角。

当 $T_1 = T_2 = T$ 时,莫尔条纹图案的周期为:

$$T_M = \frac{T}{\sqrt{2(1 - \cos \alpha)}} = kT \quad (2)$$

式中: k 为放大率。 k 值与 α 有关,且 α 越小, k 值越大。当 α 值很小时,其中一个光栅移动1个周期 T 的距离,莫尔条纹也将随着移动自身一个周期 ($T_M = kT$) 的距离。这样微小的移动使莫尔条纹以 k 倍的速率移动,即隐藏信息被放大的倍数就会增大。

印刷中数字调幅加网网点为传统的网点,点距相等,网屏角度被严格设定,调子再现稳定。使用调幅加网技术的半色调图像网点排列均匀性好、周期性稳定。可以利用半色调图像网点周期性变化的规律,在防伪印刷的印前设计时将隐藏的图文信息网点排列偏移微小的数值,合适的偏移量数值使隐藏图案信息在印刷后用人眼是分辨不出来的。印刷样张后解码时,用专业软件制作输出另一个具有相同周期的直线型图案,即光栅解码片。将光栅解码片覆盖在印刷品上,调整其转动角度,使互相重叠的2幅图案之间的相对位置有些变动,解码片即可将半色调印刷品中隐藏的图文信息清晰地放大再现出来。

文中利用专业软件,在加网后的半色调彩色图像中,通过改变网点位置即网点偏移来实现信息隐藏。由于网点偏移量较小,一般只有几十微米,所以印刷后对彩色图像视觉上的变化影响很小,人眼几乎无法察觉到图像的变化。网点偏移量的计算、图像的隐藏与识别效果均与调幅网点的特征参数密切相关,即与加网线数、网点面积率、加网角度和网点形状的参数设置相关。

2 实验

实验条件:以彩色印刷品最常见的设备输出分

辨率 2400 dpi、加网线数 160 lpi 为例。制作软件以 Photoshop CS 为例。

1) 光栅解码片的制作与输出。在 Photoshop CS 软件中新建一个文档,分辨率为 2400 ppi,颜色模式为灰度,背景透明。当分辨率为 2400 ppi 时,每个像素的大小为 $10.58 \mu\text{m}$ 。将加网线数 160 lpi 视为光栅参数,则栅距为 $158.75 \mu\text{m}$,一个光栅栅距内正好可以容纳 15 个像素。在一个栅距内可以设置不同的像素宽度,如 1 黑 14 透明、2 黑 13 透明、3 黑 12 透明,将整个图案填充,将文件存储为 AdobePDF 格式后使用激光照排机进行光栅片的输出。

2) 半色调隐藏图案的处理。半色调隐藏图案主要以图形或文字为主,进行栅格化处理后存储为 .psd 格式。

3) 半色调图案信息版的处理。选择彩色图像 1 幅,颜色模式为 CMYK,分辨率修改为 2400 ppi 后分通道进行处理。处理时需要考虑隐藏图案色版(即通道)的选择、隐藏图案适合隐藏的阶调位置、隐藏图案偏移量。将隐藏图案水平或垂直进行移动,偏移量数值不合适时,会造成图案隐藏的失败或者解码失败。

4) 双向隐藏半色调图案信息版的处理。在单向隐藏信息成功的基础上,又初步研究了双向隐藏的参数。双向隐藏即是选择彩色图像的其中 2 个色版分别隐藏 2 个不同的信息,当解码片旋转某一个角度时解出 1 个信息,当解码片旋转到另一个角度时,可以解出另一个信息,双向隐藏的制作方法 with 单向的制作方法类似,要选取 2 个颜色通道制作 2 次即可。为了优化隐藏的效果,实验方案中设计了在彩色实地色块、渐变色块中进行制作。

3 结果

通过以上实验得出了不同色版、网点特征参数、偏移量下的信息隐藏和解码结果。

3.1 隐藏图形位置的选择

隐藏图形的位置应考虑所选择位置墨量的大小,通常用网点面积率来表示。实验证明:墨量的大小对隐藏和解码效果有影响,当网点面积率为 5%~20% 时,隐藏信息的解码效果不够明显;当网点面积率为 75%~85% 时,隐藏信息的解码效

果被过深的颜色隐藏，视觉分辨效果差。加上印刷过程中网点扩大现象不能避免，在彩色图像的暗调部位不再适合进行隐藏信息的制作。其它参数相同条件下，将黑版 K 作为隐藏信息版，70% 的黄油墨和不同网点面积率的黑油墨叠印后的解码效果见图 1。

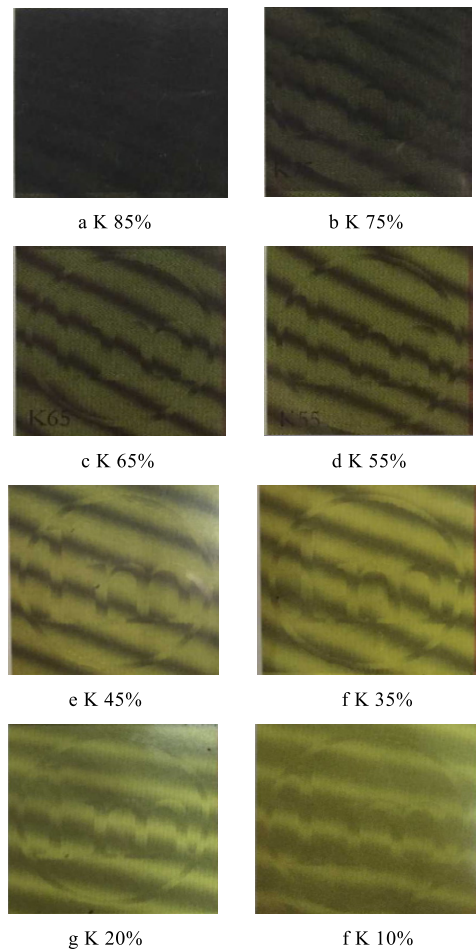


图 1 双色叠印时不同网点面积率的解码效果
Fig.1 The decoding effect of double color overprint in different dot areas

由图 1 可知，网点面积率为 85%，75%，10% 的解码效果不佳；网点面积率 65% 到 20% 的解码效果较好，其中 55%，45%，35% 的网点面积率解码效果最好，所以可将隐藏信息安排在网点面积率为 20%~65% 范围内。这样可以使隐藏信息有清晰的边界轮廓，并具有一定的立体感易识别，防伪效果好。其它参数相同条件下，将黑版 K 作为隐藏信息版，多色叠印时的解码效果见图 2。

由图 2 可看出，当叠印色数较多时，解码效果会受到一定的影响。由此，在选择隐藏区域时，应该尽量选择墨色较均匀的双色叠印区域；在多色叠印区域，应选择某一色版网点面积率在 35%~65%

而其余各色版网点面积率相对少的位置。

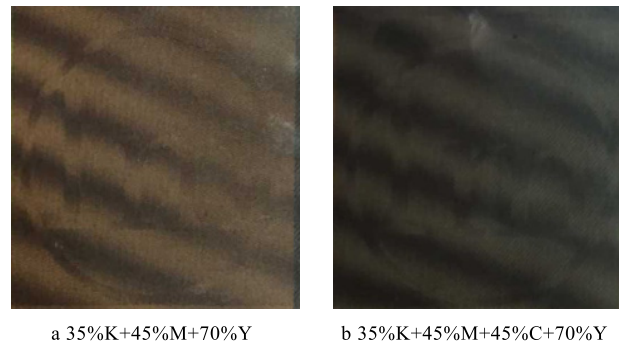


图 2 多色叠印时解码效果
Fig.2 The decoding effect of multicolor overprint

3.2 隐藏信息版的选择

不含专色的彩色印刷品是通过黄、品、青、黑四色通道（油墨）叠印而成，因此制作四色叠印的防伪印刷品时，需要选取一块或几块色版（通道）作为隐藏信息版，将隐藏图案嵌入其中。通过实验可知，可以选取青、品、黑这 3 块色版作为隐藏信息版。其中，黑版效果最好，其次是品红和青，黄版的效果最差。因为黄色属于弱色，在印刷色彩中最不容易引起人眼的注意，其解码效果不理想。

3.3 加网线数

加网线数是沿网点角度方向，单位长度内的网线行数，通常用每英寸多少线来表示，加网线数间接决定了网格面积的大小。太低的加网线数由于其网点个数较少，细节表达不清晰，微小的偏移量就会影响图像再现效果，即可用肉眼识别出隐藏位置处的异常。较高的加网线数，虽然阶调再现性好，但是要考虑一般印刷机的参数和实际印刷的效果。同时，不同加网线数的设定，也需要与解码片匹配，即 2 组图案具有相近的周期。

实验中选用 2400 dpi 的输出分辨率，对 3 种不同加网线数 150，160，175 lpi 的隐藏和解码效果进行比较。经过分析比较，当加网线数为 160 lpi 和 175 lpi 的时候，隐藏效果和解码效果都很好。

3.4 网点形状

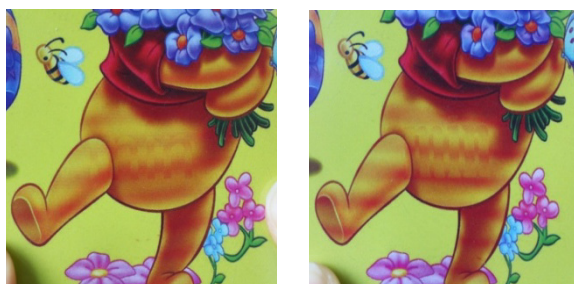
网点形状是指网点轮廓的几何形状。网点形状代表了网点的几何特征，不同的几何特征影响着网点传递特性的差异。实验中选择圆形、直线这 2 种网点形状进行了对比。当隐藏信息版（品红，15°）

为直线形、圆形,彩色图像其余三色版为直线网点时隐藏结果见图3,解码效果见图4。



图3 隐藏效果

Fig.3 The hiding effect of different dot shape



a 圆形

b 直线

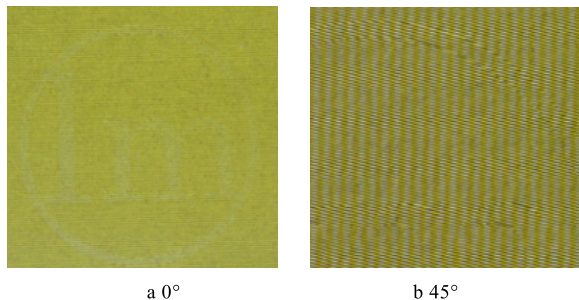
图4 M版网点解码效果

Fig.4 The decoding effect of circular shape

对比彩色图像信息版上2种不同网点形状,解码效果直线网点好于圆形。2种线数下隐藏效果很接近,均良好。

3.5 网点角度

加网角度是有公共邻边的网格中心点,其连线方向与水平基准线的夹角。常用的加网角度有 0° , 15° , 45° , 75° 。调幅网点按某种方向排列,网点不同方向的排列会给人不同的视觉感受。隐藏信息所在色版(或通道)加网角度的选择不仅仅是为了考虑到印刷图像的再现效果,还应考虑隐藏图像的隐藏和解码效果。隐藏信息位于 0° 印版时,隐藏图像边缘有漏白边现象,见图5。位于 45° 印版时,



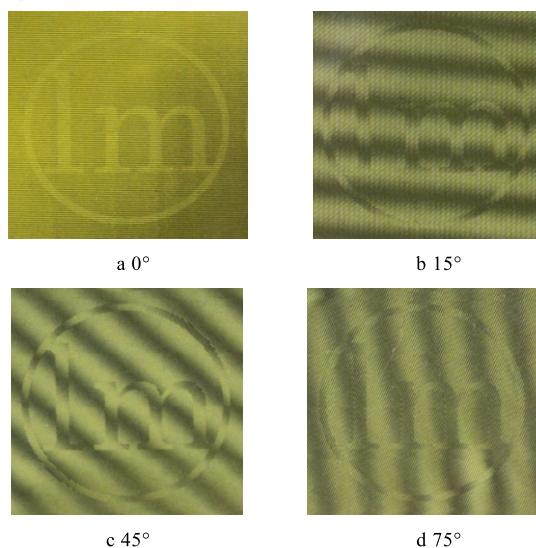
a 0°

b 45°

图5 加网角度不同时的隐藏效果

Fig.5 The hiding effect of different screen angles

解码效果图纹理感明显,不适合制作隐藏信息。 75° , 15° 情况下隐藏效果好。各加网角度解码效果见图6。



a 0°

b 15°

c 45°

d 75°

图6 加网角度不同时的解码效果

Fig.6 The decoding hiding effect of different screen angles

3.6 偏移量

隐藏图形的偏移量影响图形的隐藏和解码效果。根据在Photoshop软件中制作信息版的特点,设计透明背景时,隐藏效果较好,但解码效果相对较差;设计白背景时,其隐藏效果较差,而解码效果较好。为了达到防伪目的,一般情况下选用透明背景的状态做偏移量。在输出参数为2400 dpi、加网线数160 lpi时,偏移量超过3次后隐藏效果明显变差;偏移量为1时虽然隐藏效果好,但是解码效果差;偏移量为2时隐藏、解码效果均最佳。

3.7 双向隐藏

双向隐藏实验条件为2400 dpi、加网线数160 lpi、偏移量2、黑与品红通道。实地色块和渐变色块下,2个通道加网角度不同时隐藏、解码效果对比见表1。

表1 双向隐藏中不同加网角度的比较

Tab.1 Comparison of different screen angle in bidirectional hiding

	品红	黑	隐藏效果	解码效果
实地色块	15°	45°	好	不好
	15°	75°	好	不好
	135°	45°	好	一般
渐变色块	15°	45°	好	不好
	15°	75°	好	一般
	135°	45°	好	好

经过比较分析,在制作双向隐藏时,当2个隐藏色块的加网角度相差 90° 时,隐藏效果和解码效果最好,而且渐变色的双向隐藏的解码效果要比实地色块更优。

4 结语

将莫尔条纹与印刷技术结合起来,实现了彩色印刷品的防伪设计。讨论了不同加网线数、网点形状、网点面积率、加网角度等网点特征参数和隐藏信息版的选择、偏移量对防伪图案隐藏和解码效果的影响,及双向隐藏中加网角度之差对隐藏效果及显示效果的影响。对不同参数进行了比较,找到了比较合适的彩色莫尔纹防伪参数。分析了印刷过程中对印刷样张隐藏和解码效果的影响因素,供实际生产借鉴参考。

参考文献:

- [1] 张静芳. 光学防伪技术及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011.
ZHANG Jing-fang. Optical Anti-counterfeiting Technology and Its Application[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2011.
- [2] 钟云飞, 朱志勇, 刘春燕. 彩色印刷品莫尔纹防伪技术研究[J]. 光学技术, 2014, 40(2): 128—132.
ZHONG Yun-fei, ZHU Zhi-yong, LIU Chun-yan. Research on Moire Fringe in Anti-counterfeiting Technology of Color Prints[J]. Optical Technique, 2014, 40(2): 128—132.
- [3] 金杨, 刘真. 数字化印前处理原理与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
JIN Yang, LIU Zhen. The Principle and Technology of Digital Prepress Processing[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011.
- [4] 石潇文, 赵秀萍. 莫尔效应在防伪印刷中的应用研究[J]. 包装工程, 2010, 31(23): 99—101.
SHI Xiao-wen, ZHAO Xiu-ping. Research on Application of Moire Effect in Anti-counterfeiting Printing[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(23): 99—101.
- [5] 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 Le-yi, YANG Sheng-wei. Application of AM-Screening in Grating Anti-counterfeiting Technology[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(21): 90—93.
- [6] 杨红. 浅析影响开锁式防伪(解锁)效果的因素[J]. 印刷世界, 2012(2): 31—32.
YANG Hong. Analysis about Unlock Anti-counterfeiting Effectiveness[J]. Print World, 2012(2): 31—32.
- [7] 吴龙苏. 解锁防伪标的制作技术[J]. 印刷技术, 2015(4): 48—50.
WU Long-su. Designing Technology of Unlock Anti-counterfeiting Mark[J]. Print Technology, 2015(4): 48—50.
- [8] 郭凌华, 邢铁豆, 刘国栋, 等. 半色调加网信息隐藏技术显隐效果研究[J]. 包装工程, 2015, 36(5): 135—138.
GUO Ling-hua, XING Tie-dou, LIU Guo-dong, et al. Appearing Effect of Information Hiding Technology Based on the Halftone Screen[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(5): 135—138.
- [9] 石潇文. 光栅识别隐形图文防伪技术的研究与应用[D]. 天津: 天津科技大学, 2011.
SHI Xiao-wen. Research and Apply on the Hidden Image Anti-counterfeiting Technology Recognized by the Grating Revealers[D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2011.
- [10] AMIDROR I, CHOSSON S, HERCH R D. Moire Methods for the Protection of Documents and Products: A Short Survey[C]// Journal of Physics: Conference Series, 2007: 77.
- [11] CHOSSON S, SYNTHSE D. Images Moire[D]. Switzerland: Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, 2006.
- [12] 郝发义, 邓开发. 基于网点形状的半色调全息防伪算法研究[J]. 包装工程, 2014, 35(9): 122—126.
HAO Fa-yi, DENG Kai-fa. Halftone Holographic Anti-counterfeiting Algorithm Based on Dot Shape[J]. Package Engineering, 2014, 35(9): 122—126.
- [13] 庞大伟, 陈小华. 解锁防伪技术探析[J]. 包装工程, 2010, 31(21): 116—118.
PANG Da-wei, CHEN Xiao-hua. Application of Unlock Anti-counterfeiting Technology[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(21): 116—118.
- [14] 衣旭梅. 基于半色调加网防伪印刷的信息隐藏技术的研究[D]. 北京: 北京印刷学院, 2011.
YI Xu-mei. Study on Information Hiding Technology Based on Halftone Screening Anti-counterfeiting Printing[D]. Beijing: Beijing Institute of Graphic Communication, 2011.
- [15] 徐海英, 缪长宗, 陈慧琴. 莫尔条纹应用的初探[J]. 南京工程学院学报(自然科学版), 2006, 4(1): 60—63.
XU Hai-ying, MIU Chang-zong, CHEN Hui-qin. The Moire Effects and Its Application in Anti-counterfeiting[J]. Journal of Nanjing Institute of Technology (Natural Science Edition), 2006, 4(1): 60—63.