

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2015.01.013

光栅立体印刷的成像原理及技术工艺

刘培, 张文茜

(武汉大学 印刷与包装系, 湖北 武汉 430079)

摘要: 光栅可分为狭缝光栅、柱镜光栅和矩阵式光栅, 其中柱镜光栅应用最为广泛, 3种光栅成像原理各不相同, 且各具优缺点, 其应用领域也不相同。立体印刷的工艺流程主要包括原稿制作、制版、印刷、印后加工。研究制作高精度、高一致性的光栅, 制定统一的产品标准, 普及在线光栅印刷工艺, 将成为未来立体印刷技术的主要发展方向。

关键词: 立体印刷; 光栅; 成像原理; 技术工艺

中图分类号: TS853+.2

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2015)01-0066-05

Imaging Principles and Process Technology of Grating Stereoscopic Printing

Liu Pei, Zhang Wenhan

(School of Printing and Packaging, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: Grating can be classified into parallax barrier, lenticular and matrix lens grating. Among them, lenticular grating is most widely used. The imaging principles of each one are different, and each has its own advantages and disadvantages with different applications. The process of grating stereoscopic printing includes the access to original image, plate making, printing and post-press finishing. Studying on the grating with high precision and consistency, formulating a unified product standard and popularizing online grating printing process will be the development direction of stereoscopic printing.

Key words: stereoscopic printing; grating; imaging principles; process technology

立体印刷, 又称3D印刷, 是采用特定的印刷工艺在二维平面上展示立体效果的一种复制技术。立体印刷工艺出现已有100多年, 但由于采用传统模拟技术、工艺流程复杂、成本昂贵等多种原因, 立体印刷在很长一段时间内发展缓慢。近年来, 新技术的应用使立体印刷成本极大降低, 观察者无需佩戴眼镜或使用立体图像观察工具, 就可观察到栩栩如生的三维立体效果, 这吸引了世界各地广告商的注意^[1]。目前, 立体印刷已在商品防伪、包装、广告等方面崭露头角, 成为印刷领域的重要分支。

1 立体成像原理

由于人的双眼之间有一定距离, 左右眼与物体之间形成一定夹角, 造成左右眼看到的物体存在细微差异, 产生视差, 这种视差反映到大脑中便产生了空间立体感^[2-3]。光栅立体印刷通过光栅的光学作用, 使人的左右眼看到同一物体的2个不同视点图, 进而在大脑融合, 并产生具有视差立体效果的深度图像。根据成像原理的不同, 可将光栅分为狭缝光栅、柱镜光栅和矩阵式光栅, 其中, 柱镜光栅应用

收稿日期: 2014-10-13

作者简介: 刘培(1990-), 女, 河北邢台人, 武汉大学硕士生, 主要研究方向为包装印刷, E-mail: 244753379@qq.com

最为广泛。

1.1 狭缝光栅成像

狭缝光栅成像主要利用透射原理,通过黑白相间的线条,对光线进行遮挡、透射,将不同视角的图像信息引导至人的双眼,实现二维平面图像的立体效果。其成像原理如图1所示,左视点信息经过光栅透光部分汇聚到观察者左眼,右视点信息汇聚到观察者右眼,并在大脑中融合成立体图像^[4-5]。狭缝光栅具有光线聚集精确、立体效果较好等优点,但狭缝降低了透光率,需要使用背光源,且必须在特定的位置观察。狭缝光栅通常用于灯箱广告、装饰画以及自由立体显示器中。

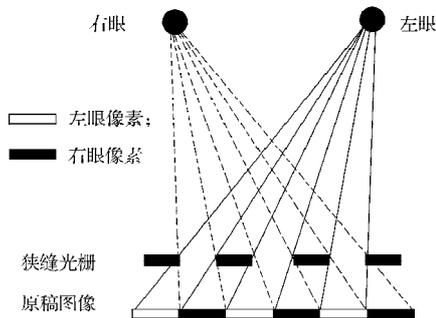


图1 狭缝光栅立体成像原理

Fig. 1 Stereo imaging principle of parallax barrier

1.2 柱镜光栅成像

柱镜光栅是由结构性能完全相同的小圆柱透镜元周期排列而成的,一面是平面,另一面是周期变化的半圆柱曲面。每个小圆柱透镜元在与其排列垂直方向对光线不起汇聚作用,而在与其排列平行方向起聚光成像作用。柱镜光栅的平面为其焦平面,这使得柱镜光栅对图像具有“压缩”和“分离”的作用^[6-7]。柱镜光栅利用折射的原理,使经过小圆柱透镜元的细小平行光束所携带的信息分别在左右眼成像,并经中枢神经作用形成立体效果。采用柱镜光栅制作的立体图像不需要借助立体眼镜或背光源即可观看,其成像原理如图2^[8]所示。

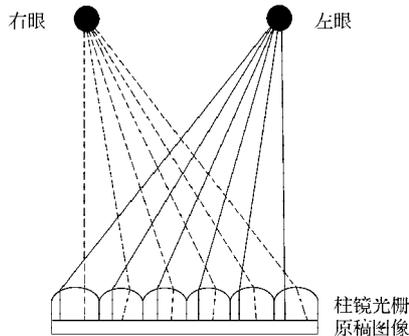


图2 柱镜光栅立体成像原理

Fig. 2 Stereo imaging principle of lenticular

1.3 矩阵式光栅成像

柱镜光栅或狭缝光栅因光栅纵向排列,可实现图像在水平方向的立体显示效果,但纵向不具有立体效果。随着微透镜制备技术的发展,矩阵式光栅逐渐被应用于立体印刷中^[9]。矩阵式光栅是由多个小凸透镜呈矩阵排列而成,如图3所示。这种显示装置旋转90°后仍具有立体感,且纵向移动视角方向产生不同的立体效果,可以实现全真立体显示^[10-11]。但这种方法成像比较模糊,现在一般仅用于简单且有规律的立体图案中^[12]。

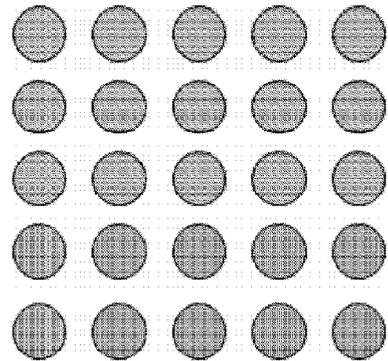


图3 矩阵式光栅示意图

Fig. 3 Matrix lens grating

2 立体印刷工艺

立体印刷是平面印刷的提高和补充,其不是一张图像的简单复制,而是多幅视差序列图的压缩,因此,立体印刷在工艺流程上比平面印刷需要更加准确严谨。一般来说,立体印刷的工艺流程主要包括原稿制作、制版、印刷、印后加工。

2.1 原稿制作

原稿是指含有不同视点信息的视差序列图,其获取方式主要有立体摄影法和软件制作法。

2.1.1 立体摄影法

立体摄影法操作的关键是立体照片的拍摄,拍摄前对拍摄物的布局、距离、中心点、角度等都需要进行精确计算^[13]。立体摄影主要分为直接法和间接法。

直接摄影法是指在相机后背的感光板前面安装柱镜光栅,从不同角度对被摄物进行拍摄,并将拍摄的图像记录在感光材料上^[12,14]。间接摄影法主要利用多镜头相机对同一被摄物进行拍摄,或者使用单镜头相机多角度拍摄同一被摄物。

使用立体摄影法制得的立体图具有良好的真实感和立体感,但是立体摄影法对设备的要求较高,拍摄成本也相对较高,拍摄难度较大,在实际中一般较少采用。

2.1.2 软件制作法

软件制作法主要有三维建模软件、立体图像专业软件和普通图像软件制作法。

1) 三维建模软件制作法是指在三维模型建立完成的情况下,通过某些绘图软件(如3DSMAX)提供的摄像机功能,对物体从不同角度进行拍摄,来模拟人的双眼看到的立体效果,并将每个摄像机拍摄的图像进行渲染,得到视差图。这种方法制得的立体图具有和立体摄影法相同的立体效果,但是被摄物受限于三维模型。

2) 立体图像专业软件制作法主要利用3D4U、PSD TO 3D等专业软件,这些软件相当于平面图像到立体序列图像的转码器,可以将一些已知形状的景物从一个图像生成一个立体序列图像,在所生成的立体序列图中,给出一个连续变化的视差,使得立体效果真实自然^[15]。

3) 普通图像软件制作法是指利用PHOTOSHOP、COREDRAW等软件,对单张照片进行处理,将不同的景物进行分层,并根据景物的深度,将各图层以不同的像素差进行合成。因为像素差的变化不连续,所以用普通图像软件制得的立体图具有跳跃性,仅能够表现物体的深度关系,而物体自身的立体效果无法体现。其立体感来自于景物之间前后的纵深感,因此,两眼看到的只是错位的图像^[16]。当光栅线数较小时,图像边缘还会出现锯齿,严重影响成像的立体效果。

2.2 制版

由于立体图像的清晰度要求及柱镜光栅的放大作用,立体印刷对网线线数要求较高。生产实践证明,400 lpi的印刷效果可以实现良好的立体感,但是套印精度难以保证,因此,加网线数通常控制在250 lpi左右^[17]。立体印刷的加网角度和普通彩色印刷的不同,各色版的网线角度之差应小于普通胶印。网线角度不宜选择0°,45°,90°,并且青、黑色应采用相同的网点角度,以避免由于平行的光栅条与网点产生光晕,以及由于网线角度与垂直的光栅相等而产生撞版,从而出现异常龟纹现象,影响彩色立体图像的再现,造成不能保证图像层次均匀过渡。另外,不同栅距的印刷应有不同的黄(Y)、品(M)、青(C)、黑(K)4色印版网线角度组合形式,以避免干涉条纹的产生^[18-19]。

常用的网点角度组合形式如表1所示。如果3色印墨叠印后接近中性灰,为减少第4色套印带来的误差,就不必再印黑版^[20]。

表1 立体印刷的网点角度组合形式

Table 1 Screen angle of stereoscopic printing

栅距/mm	加网线数/lpcm	加网角度/(°)			
		Y	M	C	K
0.60	100	81	36	66	66
0.44	58	50	20	65	65
0.31	81	66	22	51	51

近年来,随着电脑及数字技术的发展,计算机直接制版技术(computer-to-plate, CTP)被逐渐应用于立体印刷中,以配合数字化工作流程、色彩管理、数码打样等。CTP能够满足立体印刷加网线数、网点还原、套印精度等要求^[21]。

2.3 印刷

立体印刷的好坏直接影响着印刷品的立体效果,所以,印刷中要保证原稿、像素数据及印品图像与光栅数据统一,套印准确,印刷网点清晰饱满,避免印刷品伸缩变形等。立体印刷工艺主要有传统模拟印刷、光栅直接印刷和在线印刷3种。

2.3.1 传统模拟印刷

立体印刷既要保证图像的立体感及良好的套印精度,也要满足大批量生产要求,因此从各个角度综合考虑,立体印刷通常采用胶印制版印刷,同时选用紧密、平整、伸缩性小的铜版纸或卡纸印刷^[22],以保证印刷质量。表2所示为多种立体印刷方式的工艺比较。

表2 立体印刷工艺比较

Table 2 The comparison of stereoscopic printing processes

印刷方式	立体感	制版质量	印刷精度	耐印力	印刷品质量
胶印	良好	良好	良好	良好	制版稳定,适合大量生产
凹印	良好	套印精度差	较差	良好	多色印刷效果差
凸印	良好	细网线制版困难	良好	偏低	细网线印刷困难,印版易污化
珂罗版	优异	无网点干扰	良好	偏低	稳定性较差,生产效率低

2.3.2 光栅直接印刷

光栅直接印刷是指采用胶印机直接在光栅背面进行印刷,再在印刷面涂上白色的亮光油作为成像屏^[12]。光栅直接印刷需要保证图像与光栅边缘、中心等各个位置的精确对准以及不同颜色的精确套准,即套印精度具有更窄的宽容度^[23]。因此,这种印刷方式需要采用对位系统以及高精度胶印机,如高宝Genius52UV系列、利必达205系列、海德堡CP-2000六色UV印刷机。

直接印刷不需要将印刷品与光栅复合,避免了由于胶黏剂而产生的污染损耗,极大提高了生产效

率,且产品质量稳定,立体图像清晰透明。但立体印刷对印刷精度、光栅板的复合精度要求极高,相应地增加了印刷成本。

2.3.3 在线印刷

光栅在线印刷是指将制作好的原稿按照传统平面印刷方式进行印刷,然后在原稿表面印刷光栅油墨,形成光栅印刷品^[3]。光栅的印刷通常采用2种工艺方式,2种工艺都必须依赖丝网印刷方式实现透明底料在纸张上的涂布。一种是先印刷光栅底层,待UV干燥后,再印刷光栅柱镜条纹,并再次UV干燥,得到立体印刷品。因为光栅条纹主要依赖UV油墨的自表面凝聚而形成,其形状难以控制,所以往往导致印刷品效果不够清晰。另一种是直接原稿上丝印一层超厚透明墨层,再采用精确的光栅模板,严格控制热压空间高度,以保证其光栅条纹及厚度的精确性,从而达到准确聚焦的目的。其效果好坏,主要取决于光栅透镜压模板的精度及质量^[24-25]。

2.4 印后加工

采用传统模拟印刷方式完成原稿的印刷后,需要在其表面覆上相应的光栅,形成最终的光栅立体印刷品。光栅覆合的方式有平压贴合法、辊压贴合法及先成型后贴合法,其中第3种方法目前使用较多。先成型后贴合是指将已成型好的光栅板背面贴上双面胶,光栅纹路朝上覆盖在画面上,轻移光栅板,保证画面无切边现象,使左右切边点与画面中央位置相等^[26]。将原稿与光栅板固定送入冷裱机,同时揭去双面胶的离型纸。整个过程不能有灰尘污染画面及光栅表面,裱贴后不能有气泡产生^[27]。

3 结语

近年来,立体印刷已逐渐被应用于包装装潢、烟酒广告、明信片及防伪等领域,随着立体印刷技术的不断成熟,立体印刷技术将逐渐应用于军事、航空、医学等领域。但是立体印刷的发展仍然存在一定的制约因素,如国产的光栅精密度和加工稳定性能较差,要得到精美的立体印刷品,仍需从国外进口光栅;立体印刷尚未形成完整的生产控制链,从而使得质量标准难以实施^[3]。因此,研究制作高精度、高一致性的光栅,制定统一的产品标准,普及在线光栅印刷工艺,将成为未来立体印刷技术的主要发展方向。

参考文献:

[1] Barry R Johnson, Gary A Jacobsen. Advances in Lenticular

Lens Arrays for Visual Display[J]. Proceedings of SPIE, 2005, 5874(6): 1-11.

[2] 王小京.光栅立体印刷的制作原理与未来发展[J].今日印刷, 2006(7): 37-38.

Wang Xiaojing. The Principle and Future Development of the Grating Stereoscopic Printing[J]. Print Today, 2006(7): 37-38.

[3] 史瑞芝.光栅立体印刷技术综述[J].中国印刷与包装研究, 2009, 1(5): 1-9.

Shi Ruizhi. Summary of Grating Stereoscopic Printing Technology[J]. China Printing and Packaging Study, 2009, 1(5): 1-9.

[4] 王涛,张涛,张春光,等.狭缝光栅分光特性及其对视区的影响[J].液晶与显示, 2013, 28(1): 59-63.

Wang Tao, Zhang Tao, Zhang Chunguang, et al. Optical Properties of Parallax Barrier and Its Influence on View Zone [J]. Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays, 2013, 28(1): 59-63.

[5] 赵仁亮,赵悟翔,王琼华,等.狭缝光栅自由立体显示器立体可视区域的研究[J].光子学报, 2008, 37(5): 960-963.

Zhao Renliang, Zhao Wuxiang, Wang Qionghua, et al. Research on Stereo Viewing Zone in Autostereoscopic Display Based on Parallax Barrier[J]. Acta Photonica Sinica, 2008, 37(5): 960-963.

[6] 何赛军.基于柱镜光栅的多视点自由立体显示技术研究[D].杭州:浙江大学, 2009.

He Saijun. Research on Lenticular-Lens Based Multi-View Auto-Stereoscopic Display Technology[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2009.

[7] 黄敏,刘浩学.立体印刷制作工艺光栅板参数的选择[J].北京印刷学院学报, 2005, 13(1): 9-12.

Huang Min, Liu Haoxue. Selecting of the Parameters of Cylindrical Lens Sheet Imaging in 3D Printing[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2005, 13(1): 9-12.

[8] Borner R, Duckstein B, Machui O, et al. A Family of Single-User Autostereoscopic Displays with Head-Tracking Capabilities[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2000, 10(2): 234-243.

[9] Roy E, Voisin B, Gravel J F, et al. Microlens Array Fabrication by Enhanced Thermal Reflow Process: Towards Efficient Collection of Fluorescence Light from Microarrays[J]. Microelectronic Engineering, 2009, 86(11): 2255-2261.

[10] 彭爱华,朱化凤.应用于立体印刷的矩阵式透镜光栅的原理[J].燕山大学学报, 2010, 34(3): 262-265.

Peng Aihua, Zhu Huafeng. Principium of Matrix Lens Grating in Three-Dimensional Printing[J]. Journal of Yanshan University, 2010, 34(3): 262-265.

[11] 谢俊国,周永明,于丙涛.基于微透镜阵列实现全真立

- 体显示技术的研究[J]. 中国体视学与图像分析, 2008, 13(1): 42-46.
- Xie Junguo, Zhou Yongming, Yu Bingtao. Research on a Technology of Realizing Integral 3D Vision Based on Microlens Array[J]. Chinese Journal of Stereology and Image Analysis, 2008, 13(1): 42-46.
- [12] 秦睿睿, 许文才, 罗世永. 立体印刷技术探究[J]. 北京印刷学院学报, 2012, 20(2): 22-25.
- Qin Ruirui, Xu Wencai, Luo Shiyong. The Exploration of Stereoscopic Printing Technology[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2012, 20(2): 22-25.
- [13] 常晓霞. 走近立体, 感受变幻: 立体印刷印制模式总汇[J]. 印刷技术, 2003(32): 12-15.
- Chang Xiaoxia. Approaching the Stereo and Feeling the Changes: The Confluence of Stereoscopic Printing Modes [J]. Printing Technology, 2003(32): 12-15.
- [14] 李晓春, 王 莉. 探析立体印刷技术[J]. 包装工程, 2008, 29(4): 175-177.
- Li Xiaochun, Wang Li. Discussion on 3D Printing Technology[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(4): 175-177.
- [15] 孟祥钊. 基于3D4U的立体图像合成[J]. 数码印刷, 2008 (2): 37-38.
- Meng Xiangzhao. Using 3D4U Software to Compose Stereoscopic Image[J]. Digital Printing, 2008(2): 37-38.
- [16] 刘东泽. 基于柱镜光栅的仿真立体图像生成方法[J]. 印刷杂志, 2012(11): 23-25.
- Liu Dongze. The Generating Method of the Three-Dimensional Image Based on Lenticular[J]. Printing Field, 2012 (11): 23-25.
- [17] 卢 军. 现代光栅立体印刷原理与工艺[J]. 印刷技术, 2007(10): 50-52.
- Lu Jun. The Principle and Technology of Modern Stereoscopic Printing[J]. Printing Technology, 2007(10): 50-52.
- [18] 许文才. 包装印刷技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2011: 330-331.
- Xu Wencai. Packaging and Printing Technology[M]. Beijing : China Light Industry Press, 2011: 330-331.
- [19] 霍李江. 特种印刷制版技术[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2007: 83-84.
- Huo Lijiang. The Plate Making Technology of Special Printing[M]. Beijing: Printing Industry Publishing House, 2007: 83-84.
- [20] 孙艳华. 前途无量的特种印刷方式: 立体印刷[J]. 广东印刷, 2006(6): 39-40.
- Sun Yanhua. The Promising Special Printing: Stereoscopic Printing[J]. Guangdong Print, 2006(6): 39-40.
- [21] 郑爱玲. CTP时代立体印刷能否加快发展步伐[J]. 印刷技术, 2009(17): 14-17.
- Zheng Ailing. If Stereoscopic Printing Could Accelerate the Pace in CTP Era[J]. Printing Technology, 2009(17): 14-17.
- [22] 李倩倩. 立体印刷的工艺流程及选材[J]. 广东印刷, 2008 (6): 51-53.
- Li Qianqian. The Process and Material Selection of Stereoscopic Printing[J]. Guangdong Print, 2008(6): 51-53.
- [23] 张昌印. 光栅立体印刷工艺详解[J]. 今日印刷, 2010(10): 67-70.
- Zhang Changyin. The Detailed Explanation of the Process of Stereoscopic Printing[J]. Print Today, 2010(10): 67-70.
- [24] 田学礼. 现代立体印刷工艺学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2007: 290-294.
- Tian Xueli. The Process of Modern Stereoscopic Printing [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2007: 290-294.
- [25] 刘永庆. 光栅的丝印[J]. 丝网印刷, 2009(10): 14-16.
- Liu Yongqing. The Screen Printing of Lenticular[J]. Screen Printing, 2009(10): 14-16.
- [26] 卢 军, 田 靓. 光栅印刷工艺的质量控制[J]. 中国防伪报道, 2007(8): 15-21.
- Lu Jun, Tian Liang. The Quality Control of Grating Printing Process[J]. China Anti-Counterfeiting Report, 2007(8): 15-21.
- [27] 邱奎奎. 三维立体光栅图像技术及其发展前景[J]. 丝网印刷, 2013(3): 43-45.
- Qiu Fakui. The Technology and Development Prospect of the Three-Dimension Grating Image[J]. Screen Printing, 2013(3): 43-45.

(责任编辑: 徐海燕)