

文章编号:1007-2780(2018)07-0590-06

优势眼在光栅 3D 显示中的影响

顾升学,王琼华*

(四川大学 电子信息学院,成都 610065)

摘要:本文研究了优势眼在自由立体显示中的影响。本实验选取 25 位右视眼大学生和 25 位左视眼大学生作为观看者,他们都对新技术比较感兴趣,志愿参加体验观看光栅 3D 显示器并且经过了相应的锻炼。实验中让观看者左右移动自然观看光栅 3D 显示器播放的立体视频,并实时记录主观感受以及相应位置,同时使用指南针测量记录双眼与显示器平面所成角度,获得的数据用于分析优势眼在光栅 3D 显示中的影响,分析结果表明优势眼先经过跳变区域的观看者感受到跳变明显,不同优势眼观看者在观看区域内同一位置观看的主观感受以及观看角度存在差异,且越靠近边缘越明显。本文所分析的优势眼对观看者观看立体显示存在的影响为自由立体显示器的进一步发展提供参考。

关键词:光栅 3D 显示器;优势眼;跳变区域;观看角度

中图分类号:O43 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20183307.0590

Influence of dominant eye in three-dimension lenticular display

GU Sheng-xue, WANG Qiong-hua*

(School of Electronics and Information Engineering, Sichuan University,
Chengdu 610065, China)

Abstract: The paper investigates the influence of the dominant eye in the three-dimension lenticular display. The experiment selects 25 college students with right eye dominance and 25 college students with left eye dominance as viewers. They are interested in new technologies and volunteered to experience watching the autostereoscopic display. They passed the appropriate exercise. In the experiment, the viewers move left and right to see the video played by the three-dimension lenticular display and record the subjective feelings in real time while measuring the angle between the eyes and the plane of the display by using a compass. The obtained data are used to analyze the effect of dominant eye on autostereoscopic display. The results show that there are two main differences in the viewing experience between different dominant eye viewers. The first point is the viewers feel the jump clearly when the dominant eye goes through the transition area. And the second point is the different dominant eye viewers have different viewing experience and viewing angles when they watch the three-dimension

收稿日期:2018-03-05;修订日期:2018-04-23.

基金项目:装备预先研究项目(No. JZX2016-0606/Y267)

Supported by Equipment Pre-research Project(No. JZX2016-0606/Y267)

* 通信联系人, E-mail:qhwan@scu.edu.cn

lenticular display at the same location in the viewing area. The research provides a reference for the development of the three-dimension lenticular display.

Key words: three-dimension lenticular display; dominant eye; transition area; viewing angle

1 引言

目前,三维(3D)显示器已经得到快速发展,其中的自由立体显示的许多产品已经陆续出现在市场上。光栅 3D 显示器主要通过双眼视差,即通过向左眼和向右眼呈现相应的图像来形成深度图像^[1-3]。观看光栅 3D 显示器会造成一些负面影响,即通过视差图像形成的立体感会造成观看者较严重的视觉疲劳^[4-6]。目前,一般认为,神经完成辐辏和调节过程通过两个协同-交叉耦合过程中执行,而辐辏调节之间的冲突是导致视疲劳的主要原因之一,光栅 3D 显示器也在向无辐辏调节冲突的方向发展^[6]。但是人类两只眼睛本身存在差异,这种人类左右侧不对称行为形状就是优势眼,国内外医学领域已经有了一些相关的研究报告^[7-9]。优势眼是指人眼在确定物体的空间位置时起主导作用的眼,多数研究认为优势眼由基因决定或者幼年时期形成,较难改变^[10]。而优势眼会使得我们使用两只眼睛时存在差异,研究证明优势眼人群会调整位置,使得优势眼的视轴位于观看物体的直线上^[11-12]。而现有的相关光栅 3D 显示研究都没有分析优势眼对双眼接收视差图造成的影响。自由立体显示器的视点的分布与观看者双眼紧密相关,正是观看者双眼位于不同的视点看到不同的内容,才在大脑中进行融合形成立体感。而优势眼的差异却极大地影响了双眼于不同的视点位置接收信息的差异。在现实生活中,发现左右移动来观看显示器时,不同观看者的感受不同。有些观看者对图像的跳变很敏感,很容易引起身体不适,同样的情况下,有些人能感受到跳变,但是却没有那么敏感。同时观看者观看显示器的角度也存在差异。而现在光栅 3D 显示器正在向环视、多人观看、多人交互的方向发展,虽然采用人眼追踪技术,提供更好的观看体验,但仍然会遇到不同优势眼观看者同时观看使用立体显示器的情况。本文专门针对优势眼对立体显示的影响开展研究。

2 实验设计及过程

选取优势眼为左右眼的观看者各 25 名,其中优势眼为左眼的观看者称为左视眼观看者,优势眼为右眼的观看者称为右视眼观看者。全部观看者为 3D 显示相关技术的学生,已经经过相应知识的学习及培训,无影响观看 3D 画面的特征及习惯。观看者视力测试中裸眼视力或者矫正视力全部不低于 0.8。自由立体显示器采用 65 in (1 in=2.5 μ m) 光栅 3D 显示器。如图 1 所示。实验中,观看者需要左右移动观看光栅 3D 显示器播放的立体视频,并实时记录主观感受的变化,同时使用指南针测量记录双眼与显示器平面所成角度 α ,如图 2 所示。



图1 65英寸光栅 3D 显示器

Fig.1 65-inch three-dimension lenticular display

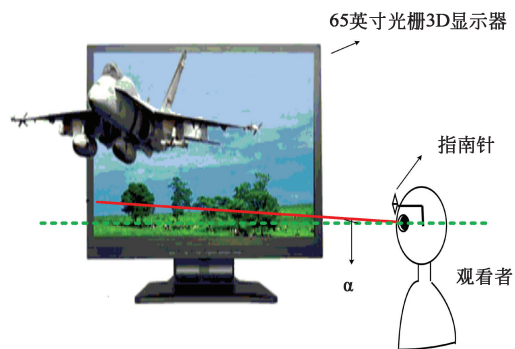


图2 角度测量图

Fig.2 Schematic of angle measurement method

3 实验结果

统计所有观看者的实验记录,发现有两个主要不同点。第一个不同点是在跳变区域的观看感受有差异,第二个不同点是不同优势眼观看者在观看区域内同一位置观看的主观感受以及观看角度存在差异,且越靠近边缘越明显。

3.1 跳变区域观看感受差异及原因分析

发现全部观看者都在相同的位置感受到跳变,但是感受到的跳变又有着很大不同。在从左向右移动观看时,右视眼观看者感受跳变很明显,而左视眼观看者感受跳变不明显,而是明显感受到两幅图像叠加出现。在从右向左移动观看时,左视眼观看者感受跳变很明显,而右视眼观看者感受跳变不明显,而是明显感受到两幅图像叠加出现。

光栅 3D 显示器显示器视区分布示意图如图 3 所示,图中 I II III 为光栅 3D 显示器的 3 个视区,1~8 为视区中的 8 个视点。观看者双眼在不同的视点位置,看到相应的左右视差图像,经过大脑融合形成立体效果。但是针对优势眼观看者,情况却出现了很大的差异。

右视眼观看者在从左向右移动观看到达跳变区域时,如图 3 所示,右眼从 I 区域的 8 视点处移动至 II 区域的 1 视点处,左眼从 I 区域的 7 视点处移动到 II 区域的 8 视点处。由于优势眼的作用,大脑接收的主要信息从 I 区域 8 视点内容直接跳变到 II 区域 1 视点内容。所以,

在这种情况下,右视眼观看者会感觉强烈不适。



图 3 光栅 3D 显示器视区分布示意图
Fig.3 View area of three-dimension lenticular display

而左视眼观看者在同样情况下则明显不同,由于其优势眼是左眼,所以在右眼从 I 区域的 8 视点处移动至 II 区域的 1 视点处,左眼从 I 区域的 7 视点处移动到 I 区域的 8 视点处的时候,大脑接受主要信息是从 I 区域的 7 视点内容移动到 I 区域的 8 视点内容。而右眼作为辅视眼,开始接收 II 区域的 1 视点内容,此时大脑感知到有略微重影。继续向右移动,左眼从 I 区域的 8 视点处移动至 II 区域的 1 视点处,右眼从 II 区域的 1 视点处移动至 II 区域的 2 视点处。由于前一刻右眼作为辅视眼已经接收到了 II 区域 1 视点内容,所以主视眼从 I 区域跳变到 II 区域不会引起强烈不适。

3.2 观看区域左右两端观看感受和角度差异及原因分析

在观看区域最右端观看显示器最左端,右视眼观看者所测的角度大于左视眼观看者所测的角度。在观看区域最左端观看显示器最右端,右视眼观看者所测的角度小于左视眼观看者所测的角度,如表 1 所示,角度差异在 20°~30°的水平。

表 1 角度测量实验数据表
Tab.1 Experimental data of the angle

右视眼观看者编号	A	B	右视眼观看者编号	A	B	右视眼观看者编号	A	B
1	32°	11°	11	35°	13°	21	45°	20°
2	51°	22°	12	50°	21°	22	48°	22°
3	51°	20°	13	48°	20°	23	38°	15°
4	49°	22°	14	46°	20°	24	36°	14°
5	43°	16°	15	33°	12°	25	43°	17°
6	38°	18°	16	39°	15°			
7	33°	12°	17	43°	17°			
8	45°	20°	18	49°	20°			
9	48°	23°	19	40°	15°			
10	50°	22°	20	42°	16°			

续 表

左视眼观看者编号	A	B	左视眼观看者编号	A	B	左视眼观看者编号	A	B
1	21°	51°	11	17°	43°	21	22°	51°
2	22°	50°	12	23°	48°	22	20°	47°
3	13°	33°	13	22°	51°	23	11°	33°
4	17°	40°	14	15°	38°	24	23°	48°
5	12°	31°	15	23°	49°	25	15°	38°
6	23°	49°	16	16°	43°			
7	12°	34°	17	20°	46°			
8	16°	41°	18	13°	35°			
9	20°	42°	19	11°	30°			
10	11°	30°	20	15°	37°			

A: 观看者在观看区域最右侧观看显示器最左侧时双眼与显示器平面所成角度

B: 观看者在观看区域最左侧观看显示器最右侧时双眼与显示器平面所成角度

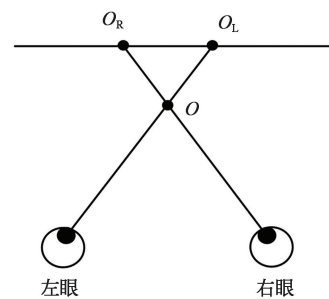
右视眼观看者在观看区域最右侧位置观看显示器的最左侧位置的角度大于在视区最左侧观看显示器的最右端的角度,左视眼观看者在观看区域最右侧位置观看显示器的最左侧位置的角度大于在视区最左侧观看显示器的最右端的角度,如表 1 所示,角度差异在 20°~30°的水平。

Steinman 的研究证实优势眼的视线处于人们观看物体的直线上,所以两只眼睛的视线分布就会存在角度差异^[15]。同样的原理,在观看 3D 图像时,视差图像分别作用于左右眼,优势眼的视线就会更加偏向观看图像的方向。图 4 为优势眼视线分析图。图 4(a)所示为理想状态下的双眼视线图,图 4(b)所示为自然状态下右视眼观看者的双眼视线图。 $\angle\beta$ 为双眼与右眼视线夹角,大小接近直角。

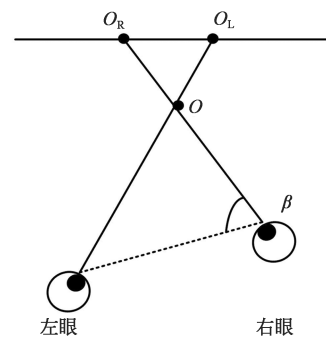
图 5 为优势眼观看差异分析图,播放的立体视频中飞机飞出显示器平面,双眼看到不同的视差图像。图 5 中 $\angle 1$ 为右视眼观看者双眼与显示器平面所成角度, $\angle 2$ 为左视眼观看者双眼与显示器平面所成角度。

观看者在观看区域最右端看立体视频,由于其优势眼的作用, $\angle 1 > \angle 2$,因此,右视眼观看者所测的角度大于左视眼观看者所测的角度。同理,在观看区域最左端观看立体视频,右视眼观看者所测的角度小于左视眼观看者所测的角度。

由对称性可知,右视眼观看者在观看区域最左端看立体视频时,双眼与显示器平面所成的角度与左视眼观看者在观看区域最右端看立体视频所成角度一致。因此,右视眼观看者在观看区域最右侧位置观看立体视频的角度大于在观看区域



(a) 理想状态的双眼视线



(b) 自然状态的右视眼观看者的双眼视线

图 4 优势眼视线分析图

Fig.4 Sight analysis of dominant eye

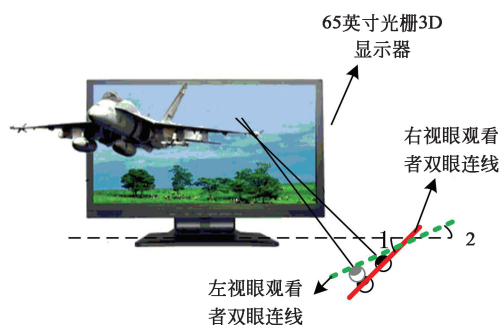


图 5 优势眼观看差异分析图

Fig.5 Analysis of the difference between different dominant eyes

最左侧观看立体视频的角度。同理,左视眼观看者在观看区域最右侧位置观看立体视频的角度大于在观看区域最左侧观看立体视频的角度。

不同优势眼观看者在观看区域的两侧观看感受不同,越靠近边缘越明显。为方便分析,取显示器左侧观看来分析。图 6 为观看者的眼球分布图,红色实线为右视眼观看者的双眼连线,绿色虚线为左视眼观看者的双眼连线, γ 为不同优势眼观看者观看角度差。观看者在如图所示的两个视点区域观看时,会首先使自己的优势眼位于视点位置。如图 6 所示,不同优势眼观看者的观看方

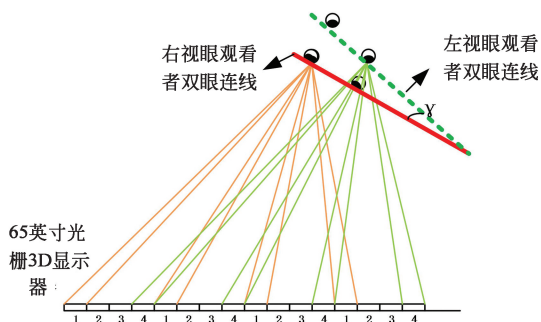


图 6 观看者的眼球分布图

Fig.6 Distribution of viewers' eyeball

式就存在了差异,右视眼观看者的左右眼位置与左视眼观看者的左右眼位置明显不同,且辅视眼都不位于视点位置。如在观看区域边缘两侧观看,根据表 1 可知 $\gamma \approx 25^\circ$, 导致两只眼睛接收到的信息明显存在差异。两只眼睛接收到无法调和的两张图像,大脑会交替变换接收两张图像,并以拼凑的形式重新组装成新的图像^[13],这就造成了不同优势眼人群在观看区域的两侧长时间观看会有不同的观看感受。

4 结 论

光栅 3D 显示器的视点的分布与观看者双眼紧密相关,正是观看者双眼位于不同的视点,看到不同的内容,才在大脑中进行融合形成立体感。本文分析了优势眼在自由立体显示中的影响,发现优势眼的差异造成了双眼于不同的位置接收信息的差异。针对不同优势眼人群对立体显示的感知不同进行了实验与结果分析。实验发现两个主要不同点并做了理论分析。第一个不同点是在跳变区域观看感受有差异。其原因是优势眼先经过跳变区域时,大脑接收的主要信息瞬间跳变,而辅视眼先经过跳变区域时,辅视眼接收的信息对大脑不做主要影响。第二个不同点是优势眼不同的观看者在同一位置观看光栅 3D 显示器同一位置的观看角度和观看感受有差异,且越靠近两侧越明显。其原因是优势眼观看者观看时的视线存在差异。不同优势眼观看者的双眼视线与双眼连线的夹角不同,也正是这个差异导致了不同优势眼观看者在观看光栅 3D 显示器时的角度存在差异。本文还分析了不同优势眼人群观看光栅 3D 显示器存在差异性感受的原因。本文的研究为光栅 3D 显示器的发展提供参考。

参 考 文 献:

- [1] WANG Q, WANG Q H, LIAO Y C. Relationship between age differences and display parameters on visual comfort for autostereoscopic display [J]. *Journal of the Society for Information Display*, 2015, 23(2): 69-75.
- [2] WANG Q, LI D H, LIU C L, et al. Relationship between parallax and spatial resolution on visual comfort of an autostereoscopic display [J]. *Journal of the Society for Information Display*, 2013, 21(7): 305-309.
- [3] SPERANZA F, TAM W J, RENAUD R, et al. Effect of disparity and motion on visual comfort of stereoscopic images [J]. *SPIE*, 2006, 6055: 60550B.
- [4] BANDO T, IJIMA A, YANO S. Visual fatigue caused by stereoscopic images and the search for the requirement

- to prevent them; a review [J]. *Displays*, 2012, 33(2): 76-83.
- [5] WANG Q, WANG Q H, LIU C L. Relationship between phoria and visual fatigue in autostereoscopic 3D displays [J]. *Journal of the Society for Information Display*, 2015, 23(6): 277-283.
- [6] WANG Q, WANG Q H, LIANG J L, *et al.* Visual experience for autostereoscopic 3D projection display [J]. *Journal of the Society for Information Display*, 2014, 22(10): 493-498.
- [7] BRYDEN M P. Perceptual asymmetry in vision relation to handedness, eyedness, and speech lateralization [J]. *Cortex*, 1973, 9(4): 419-435.
- [8] GUR R E, GUR R C. Sex differences in the relations among handedness, sighting-dominance and eye-acuity [J]. *Neuropsychologia*, 1977, 15(4/5): 585-590.
- [9] BIRKETT P. Relationships among handedness, familial handedness, sex and ocular sighting-dominance [J]. *Neuropsychologia*, 1979, 17(5): 533-537.
- [10] 王玲.优势眼研究现状与进展[J].国际眼科杂志,2012,12(12):2319-2321.
WANG L. Research status and progress of dominant eye [J]. *International Eye Science*, 2012, 12(12): 2319-2321. (in Chinese)
- [11] MOMENI-MOGHADDAM H, MCALINDEN C, AZIMI A, *et al.* Comparing accommodative function between the dominant and non-dominant eye [J]. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 2014, 252(3): 509-514.
- [12] STEINMAN B, STEINMAN B A, Garzia R P. *Foundations of Binocular Vision: A Clinical Perspective* [M]. New York: McGraw Hill Professional, 2000.
- [13] KOVÁCS I, PAPATHOMAS T V, YANG M, *et al.* When the brain changes its mind: interocular grouping during binocular rivalry [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1996, 93(26): 15508-15511.

作者简介:顾升学(1991—),男,河南睢县人,硕士研究生,主要从事裸眼立体显示视觉健康方面的研究。E-mail: 411241050@qq.com