

文章编号: 1007-2780(2012)01-0031-07

立体投影质量的评价方法及系统

李 艳¹, 苏 萍², 马建设^{2*}, 毛乐山¹

(1. 清华大学 精密仪器与机械学系, 北京 100084;

2. 清华大学 深圳研究生院, 广东 深圳 518055)

摘 要: 针对偏振式立体投影仪, 研究了其左右光路不一致性及立体串扰度对立体投影质量的影响。屏幕上投影图像的不严格重合、两路光路在色度亮度上的差异以及偏振眼镜造成的立体串扰等都会影响最终的立体投影质量。提出用上述参数评价偏振式立体投影仪的立体投影质量并完成了评价系统的搭建。通过数字摄像头获取立体投影设备在屏幕上相应的投影图像, 采用 OpenCV 等算法计算及分析了上述参数值, 并将该值与预存的最大偏差值比较后进行显示及反馈。在一台偏振式立体投影仪上进行了系统验证, 结果表明该系统能够有效地对立体投影仪性能参数进行测量及反馈, 有利于全面分析偏振式立体投影仪的立体投影质量, 便于提高投影仪的整体质量。

关 键 词: 立体投影; 不一致性; 立体串扰度; 质量评价

中图分类号: TP206+.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20122701.0031

Evaluation Method and System of Stereoscopic Projection Quality

LI Yan¹, SU Ping², MA Jian-she^{2*}, MAO Le-shan¹

(1. Department of Precision Instruments and Mechanology, Tsinghua University, Beijing 100084;

2. Graduate School at Shenzhen, Tsinghua University, Shenzhen 518055, China)

Abstract: For polarized stereoscopic projector, the influence of two main performance parameters, which are the inconsistency in color and brightness of the left and right optical paths and stereo crosstalk, on stereoscopic projection quality is studied. The stereoscopic projection quality will be influenced by a number of factors, which are two projection images not strictly coincident on the screen, two optical paths' difference in color and brightness, stereo crosstalk caused by the polarized glasses, etc. The evaluation method is presented to evaluate the stereoscopic projection quality according to those factors and the evaluation system is built. The system obtains projection images by a digital camera, those parameters were analyzed and calculated by OpenCV, and then were compared with the presented maximum deviation value, the comparison result were sent to display and feedback signal. The system function is verified by using a stereoscopic projector. The result indicates that the evaluation system can measure and feedback performance parameters of stereoscopic projector effectively, and help to analyze the stereoscopic projection quality of the polarized stereoscopic projector comprehensively, thus enhance the stereoscopic projection quality.

Key words: stereoscopic projection; inconsistency; stereo crosstalk; quality evaluation

收稿日期: 2011-09-05; 修订日期: 2011-10-09

基金项目: 粤港关键领域重点突破项目(No. 2009205128)

作者简介: 李艳(1987—), 女, 湖南长沙人, 硕士研究生, 主要研究方向为立体投影质量的评价。

* 通讯联系人, E-mail: mjs888@126.com

1 引 言

立体投影作为立体显示的一种应用,其基本原理是将具有水平视差的左眼图像和右眼图像分别输送给观察者的左眼和右眼,使得观察者能够感知到立体深度,形成立体感。其中水平视差是指人的左右眼分别从不同位置和角度观看同一物体时在双眼视网膜结像出现的微小水平像位差^[1-2]。立体投影质量的好坏,会直接影响观察者的观看舒适度以及是否会出现伪立体显示等现象。立体视频或图像质量及立体投影仪质量都会对立体投影效果产生影响。

在以往的国内外研究中,对立体视频及图像质量的研究非常多,产品上有美国泰克公司研制的图像质量分析仪,算法上有典型的基于人类视觉系统(Human Vision System, HVS)的图像质量评价模型^[3-4]、基于结构相似度(Structural Similarity Image Measurement, SSIM)的评价模型等^[5]。在立体显示设备对显示质量影响方面也有相关研究。文献[6]中,作者探究了对三维自由立体显示技术进行表征的一些方法,提供了几种立体显示的测试系统。目前,国际、国内各标准委员会及研究机构都在努力制定立体显示终端测量标准,如 IEC 标准化组织制定的 IEC 62629 草案就较完整、全面地提出了立体显示测量的测量参数和测量方法^[7]。

研究了偏振式立体投影仪投影图像位置在屏幕上的不严格重合、左右两路光路在色度亮度上的差异以及偏振眼镜造成的串扰等对最终立体投影质量的影响。同时,提供了一种偏振式立体投影仪的质量评价方法及系统,来获取两路投影图像在位置、色度、亮度上的差异以及两路投影图像经过偏振眼镜后的立体串扰度等信息,用来测量及评价上述参数对立体投影质量的影响。对于偏振式立体投影仪,位置差异将会改变立体视频或图像的水平视差,容易产生伪立体显示及视觉疲劳等现象;色度、亮度差异使人眼接收的图像存在色差,长时间观看将导致视觉疲劳;立体串扰度的大小则会直接影响投影的立体效果。文献[7]中提到的 IEC 62629 草案制定的测试标准中,系统采用专用测光设备获取屏幕上单个或多个测试点的亮度,从而计算所需测量值,对测光设备物镜孔径及

视场角都有要求。而本文提供的方法及系统采用家用数字摄像头获取整个投影屏幕图像的信息,测试范围广,信息量更大,具有简单实用、成本低的优势,便于推广和应用。该方法及系统获得的测量值可用来指导立体投影设备的结构装配和立体投影设备进行出厂前的装调。

2 偏振式立体投影仪及其性能参数研究

图 1 所示为一种偏振式立体投影仪的结构。其原理为:将左右两幅具有水平视差的体视对图像分别加载到两块显示面板上,并使携带两幅图像信息的投影光束具有相互垂直的偏振态,投影到具有不改变光线偏振方向性质的金属屏上,观察者戴上相应的偏振眼镜后,便可以左右眼不受干扰地分别看到左眼与右眼的图像,从而在大脑中融合成具有深度信息的立体图像。

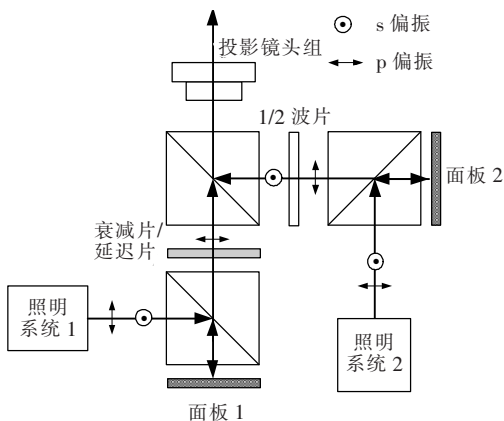


图 1 一种偏振式立体投影仪结构图

Fig. 1 Structure of a polarized stereoscopic projector

为了更好地对立体投影质量进行评价,对偏振式立体投影仪的性能参数进行了研究。该投影仪最基本的性能参数与普通二维投影仪类似,包括亮度、对比度以及色度等^[6-7]。同时,还引入了立体性能参数,即左右光路不一致性以及立体串扰度 χ_{3D} 。

左右光路不一致性,包括左右图像相对偏移和旋转以及左右光路色度亮度的不一致性。在图 1 所示的偏振式立体投影仪中,左右图像相对偏移及旋转,是指左右眼图像在投影屏幕上的相对位置的偏差量。不仅包括水平、垂直方向上的平移,还包括绕光轴的旋转等。色度、亮度不一致性,是指由于两块面板参数的差异,导致经投影显

示后出来的左右眼图像在色度、亮度上存在一定差异。图 2 为存在色度、亮度差异的左右图像 R、G、B 三通道直方对比图,其中,实线表示左图像 R、G、B 三通道直方图,虚线表示右图像 R、G、B 三通道直方图。

立体串扰度 χ_{3D} ,是指左(右)眼接收的右(左)眼通道图像亮度 B_{R-L} (B_{L-R}) 相对于左(右)眼通道图像亮度 B_L (B_R) 的比值^[8-9],即

$$\chi_{3D-L} = \frac{B_{R-L}}{B_L} \tag{1}$$

$$\chi_{3D-R} = \frac{B_{L-R}}{B_R} \tag{2}$$

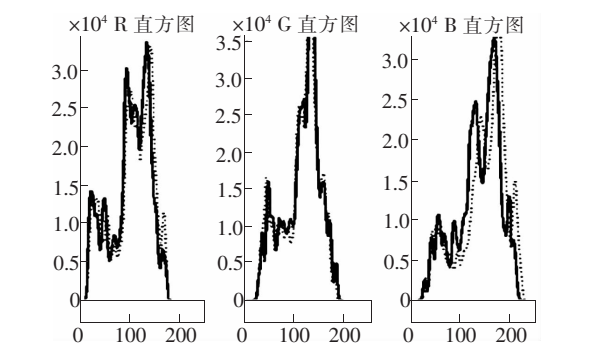


图 2 左右图像 R、G、B 三通道直方对比图
Fig. 2 R、G、B channels' histogram of two images

其中 χ_{3D-L} 、 χ_{3D-R} 分别为左眼及右眼立体串扰度。在图 1 所示的偏振式立体投影仪中,投影仪内部偏振片以及偏振眼镜镜片的不完全滤光或观看者头部倾斜等原因,都会使原本进入左(右)眼的水平(垂直)偏振光泄露到右(左)眼,从而引起串扰。

3 偏振式立体投影仪立体投影质量的评价方法

偏振式立体投影仪立体投影质量的评价方法是对影响立体投影质量的两个主要立体性能参数(左右光路不一致性以及立体串扰度)进行测量及评价。图 3 所示是立体投影质量评价方法流程图,步骤为:

(1)接收用户输入的评价项目选择信号,并根据该信号,通过摄像头获取立体投影设备在屏幕上相应的投影图像;(2)采用 OpenCV 等算法对获取的图像进行分析及处理,得出评价项目测量值,并将该值与预存的最大偏差值比较后进行显

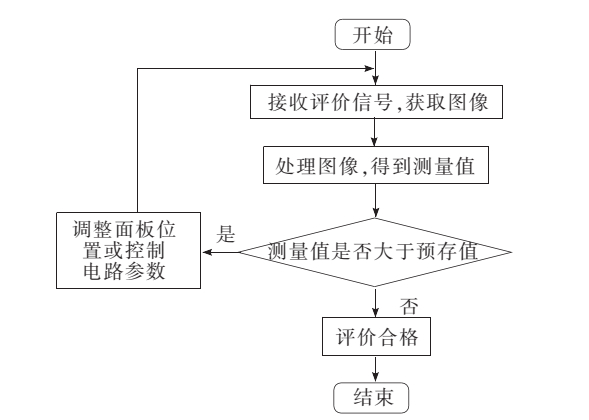


图 3 立体投影质量评价方法流程图
Fig. 3 Flow chart of the evaluation method of stereoscopic projection quality

示及反馈。

3.1 不一致性测量及评价

左右光路不一致性,包括左右图像相对偏移及旋转以及左右光路色度、亮度不一致性。

评价项目是左右光路相对偏移或旋转时,评价流程如图 4 所示。摄像头分别获取左右路投影的黑白棋盘格图像 P_L 及 P_R 并保存;计算 P_L 及 P_R 在世界坐标系及摄像头所在的图像坐标系转换时各自的平移向量及旋转向量与矩阵,将 P_L 及 P_R 对应的参数值的差值作为测量值;将测量值与预存最大允许偏差值进行比较,超出预存值时,固定投影仪中一块显示面板,调整另一块显示面板的位置,直到位置信息差小于预存最大允许偏差值时评价合格。

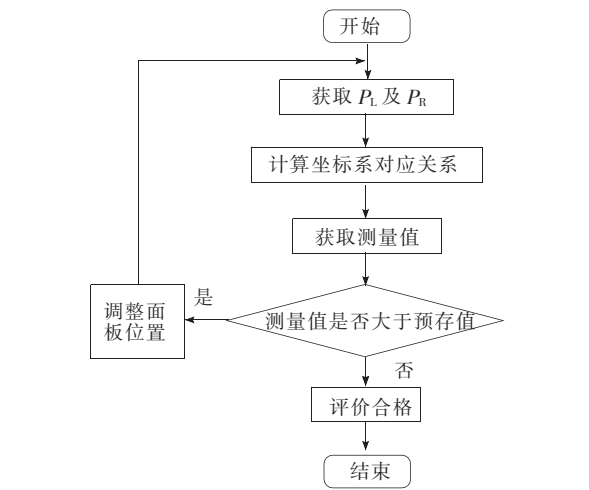


图 4 左右光路相对偏移或旋转评价流程图
Fig. 4 Flow chart of the evaluation for two optical paths' relative offset and rotation

评价项目是左右光路色度、亮度不一致性时,分别获取左右路投影特征图像 B_L 、 B_R 及背景图像 B_J 并保存;将 B_L 及 B_R 分别减去 B_J 得到亮度差图像 B_{L-J} 、 B_{R-J} ,获取 B_{L-J} 、 B_{R-J} 整体灰度直方图及 R、G、B 三通道灰度直方图,并且计算 B_{L-J} 、 B_{R-J} 整体及 R、G、B 三通道平均灰度差值 ($\bar{X}$)、灰度标准差值 (σ) 作为测量值;将测量值与预存最大允许偏差值进行比较,超出预存值时,调整投影仪中显示面板的驱动信号,以改变光路的色度和亮度值,直到测量值小于预存最大允许偏差值时评价合格。灰度标准差值 (σ) 的计算公式如下^[10]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n-1}} \quad (3)$$

式中: n 为区域内所有像素的数量; X_i 为区域内单个像素的灰度值;

3.2 立体串扰度测量及评价

评价项目是左眼串扰度时,通过摄像头获取经立体眼镜左眼镜片透射的、投影仪左路投影通道单独投影及左右路同时投影的图像作为左路投影特征图像及整体特征图像,并保存;对保存的图像进行处理,分别获得其平均灰度值 H_{L1} 和 H_{L2} ,以平均灰度值作为图像的亮度信息。此时根据公式(1)可得左眼串扰度 χ_{3D-L} :

$$\chi_{3D-L} = \frac{H_{L2} - H_{L1}}{H_{L1}} \quad (4)$$

将计算得到的左眼串扰度 χ_{3D-L} 与预存的最大左眼串扰度进行比较并反馈。

右眼串扰度测量及评价的方法与左眼串扰度的测量及评价相似。

4 偏振式立体投影仪立体投影质量的评价系统及验证

为了对偏振式立体投影仪的立体性能参数进行测量,并对投影仪的立体投影质量进行评价,搭建了一套立体投影仪的质量评价系统。

图 5 所示是偏振式立体投影仪立体投影质量评价系统原理。将立体空间分为 XOY 、 XOZ 、 YOZ 三个基本平面,偏振式立体投影仪位于 Z 轴正向,投影图像位于 XOY 平面上。系统包括:数字摄像头、投影屏幕、偏振眼镜、数据接口线和计算机。

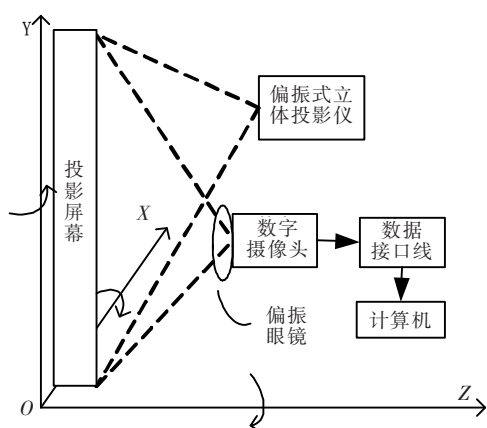


图 5 偏振式立体投影仪立体投影质量评价系统原理
Fig. 5 Block diagram of the evaluation system for polarized stereoscopic projector

4.1 不一致性测量及评价结果

由上文可知,左右光路不一致性测量及评价包括左右图像相对偏移及旋转以及左右光路色度亮度不一致性的测量及评价两部分。

根据 3.1 所述方法,对偏振式立体投影仪进行左右光路相对偏移或旋转量进行测量及评价。在此步骤中,采用 OpenCV 库进行图像处理等工作^[11],具体步骤为:

(1) 获取摄像头内参数

利用张正友摄像头标定算法^[12]对系统所用的摄像头进行参数标定,获取摄像头内参数。

(2) 获取每幅投影图像外参数

采用两幅相同的黑白棋盘图作为立体特征图像对;分别获取左右路投影特征图像 P_L 和 P_R 并保存;使用 `cvFindExtrinsicCameraParam2()` 函数得出 P_L 和 P_R 的外参数,即平移向量及旋转向量与矩阵的值,即特征图像在世界坐标系及摄像头所在的图像坐标系之间的对应关系,并将旋转矩阵转换成欧拉角。摄像头两次捕获同一黑白棋盘格投影图像组成图像对,理论上图像对之间无相对偏移及旋转。对多组以这种方式形成的无相对偏移及旋转的图像对进行测量及计算,获取数据。表 1 为其中两组参数值。由数据看出,当无相对偏移及旋转时,两组数据的平移向量差值分别为 $(0.0041 \ 0.0025 \ 0.0600)$ 、 $(0.0016 \ 0.0190 \ 0.0018)$,误差范围在 $(0.0050 \ 0.0200 \ 0.0600)$ 之内,旋转角度差值 $(R_x \ R_y \ R_z)$ 分别为 $(0.0005^\circ \ 0.0004^\circ \ 0^\circ)$ 、 $(0.0001^\circ \ 0.0001^\circ \ 0^\circ)$,误差范围在 $(0.0005^\circ \ 0.0005^\circ \ 0^\circ)$ 之内。将误差范围

表 1 无相对偏移及旋转的图像对所得参数值
Table 1 Values of two images without relative offset and rotation

数据编号		相对平移向量及相对旋转向量			旋转矩阵及欧拉角($R_X R_Y R_z$)		
第一组	1	(-42.243 1	-94.581 5	419.919 0)	$\begin{bmatrix} -0.008\ 864 & 0.999\ 746 & -0.020\ 714 \\ 0.974\ 116 & 0.013\ 312 & 0.225\ 658 \\ 0.225\ 876 & -0.018\ 178 & -0.793\ 986 \end{bmatrix}$	$(0.018\ 7^\circ\ 0.227\ 8^\circ\ 1.561\ 7^\circ)$	
		(-2.080 38	-2.103 88	-0.218 68)			
	2	(-42.247 2	-94.584	419.979 0)	$\begin{bmatrix} -0.008\ 886 & 0.999\ 736 & -0.021\ 204 \\ 0.974\ 226 & 0.013\ 435 & 0.225\ 172 \\ 0.225\ 397 & -0.018\ 657 & -0.974\ 088 \end{bmatrix}$	$(0.019\ 2^\circ\ 0.227\ 4^\circ\ 1.561\ 7^\circ)$	
		(-2.080 36	-2.104 02	-0.217 65)			
	绝对差值		(0.004 1	0.002 5	0.06)	(0.000 5°,0.000 4°,0°)	
		(0.000 02	0.000 14	0.001 03)			
第二组	1	(-35.813 2	151.213	46.930 5)	$\begin{bmatrix} 0.004\ 662 & 0.999\ 988 & -0.001\ 274 \\ 0.999\ 870 & -0.004\ 641 & 0.015\ 444 \\ 0.015\ 438 & -0.001\ 346 & -0.999\ 88 \end{bmatrix}$	$(0.001\ 3^\circ\ 0.015\ 4^\circ\ 1.566\ 1^\circ)$	
		(-2.218 18	-2.207 88	-0.015 64)			
	2	(-35.814 8	151.194	46.922 7)	$\begin{bmatrix} -0.004\ 662 & 0.999\ 988 & -0.001\ 285 \\ 0.999\ 869 & 0.004\ 641 & 0.015\ 486 \\ 0.015\ 480 & -0.001\ 357 & -0.999\ 879 \end{bmatrix}$	$(0.001\ 4^\circ\ 0.015\ 5^\circ\ 1.566\ 1^\circ)$	
		(-2.218 15	-2.207 86	-0.015 67)			
	绝对差值		(0.001 6	0.019	0.001 8)	(-0.000 1°, 0.000 1°, 0°)	
		(0.000 03	0.000 02	0.000 03)			

表 2 有相对偏移及旋转的图像对所得参数值
Table 2 Values of two images with relative offset and rotation

数据编号		相对平移向量及相对旋转向量			旋转矩阵及欧拉角($R_x R_y R_z$)		
第一组	左路	(-57.084 9	-22.056 7	1 712.63)	$\begin{bmatrix} -0.005\ 958 & 0.999\ 909 & -0.012\ 087 \\ 0.552\ 039 & 0.013\ 367 & 0.833\ 711 \\ 0.833\ 797 & -0.001\ 705 & -0.552\ 068 \end{bmatrix}$	$(0.003\ 1^\circ\ 0.986\ 0^\circ\ -1.560\ 0^\circ)$	
		(-1.613 23	-1.633 45	-0.864 86)			
	右路	(-57.081 3	-22.082 8	1 712.87)	$\begin{bmatrix} -0.006\ 000 & 0.999\ 906 & -0.012\ 309 \\ 0.551\ 542 & 0.013\ 578 & 0.834\ 037 \\ 0.834\ 013 & -0.001\ 784 & -0.551\ 571 \end{bmatrix}$	$(0.003\ 2^\circ\ 0.986\ 5^\circ\ -1.559\ 9^\circ)$	
		(-1.612 65	-1.633 13	-0865 10)			
绝对差值		(0.003 6	0.026 1	0.24)	$(0.000\ 1^\circ,-0.000\ 5^\circ,-0.000\ 1^\circ)$		
		(0.000 58	0.000 32	0.000 24)			
第二组	左路	(-46.751 8	-72.593 7	11.177 4)	$\begin{bmatrix} -0.003\ 228 & 0.999\ 995 & 0.000\ 064 \\ 0.999\ 972 & 0.003\ 228\ 1 & 0.006\ 689 \\ 0.006\ 689 & 0.000\ 086 & -0.999\ 978 \end{bmatrix}$	$(0.000\ 1^\circ\ 0.006\ 7^\circ\ -1.567\ 6^\circ)$	
		(-2.214 55	-2.221 71	-0.007 50)			
	右路	(-45.052 3	-69.458 9	11.472 8)	$\begin{bmatrix} -0.000\ 063 & 1.000\ 000 & -0.000\ 496 \\ 0.999\ 992 & 0.000\ 065 & 0.003\ 889 \\ 0.003\ 889 & -0.000\ 495 & -0.999\ 992 \end{bmatrix}$	$(0.000\ 5^\circ\ 0.003\ 9^\circ\ -1.570\ 7^\circ)$	
		(-2.219 18	-2.219 32	-0.003 77)			
绝对差值		(1.699 5	3.1348	2.295 4)	$(-0.000\ 6^\circ\ 0.002\ 8^\circ\ 0.003\ 1^\circ)$		

设定为最大预存值,用作评价左右两路图像的相对偏移量及旋转量是否符合要求。

表 2 为对两幅存在相对偏移及旋转的图像进行计算,得出的两组参数值。两组数据的平移向量差值分别为(0. 0036 0. 0261 0. 2400)、(1. 6995 301348 2. 2954),旋转角度差值(R_x R_y R_z)分别为(0. 0001° 0. 0005° 0. 0001°)、(0. 0006° 0. 0028° 0. 0031°)。由上述最大预存值可知,除了第一组数据 X 方向平移及绕 X 轴旋转两个数据符合要求外,其他数据都不符合要求,即在 Y 轴、 Z 轴方向存在相对平移,绕 Y 轴、 Z 轴有相对旋转,因此需要调整显示面板的位置,使之达到要求。

根据 3. 1 所述方法,对偏振式立体投影仪进行左右光路色度、亮度不一致性测量。采用两幅相同的彩色棋盘图作为立体特征图像对进行

投影。

实验中分别获取无投影时的背景图片以及左右路图像各 6 幅,得出每幅图的平均灰度值及灰度值方差,并对各个数值求平均值,结果如表 3 所示。

预先设定左右两路图像的灰度均值绝对差及标准差绝对差均为 0. 01。由表 3 可知,左右两路图像标准差差值为 0. 07,测量精度达到要求,在此基础上所测得的亮度均值差为-0. 05,说明左右两路图像在亮度上符合要求,评价合格。R 及 G 通道所测得左右两路图像标准差差值分别为-0. 05、-0. 05,得 R 及 G 两路通道精度符合要求,在此基础上测得的灰度均值分别为 0. 27、0. 05,由此可得两路图像在 R 通道上差别超出预设范围,评价不合格,而 G 通道符合要求,评价合格。B 通道所测得左右两路图像标准差差值为 0. 33,

表 3 色度亮度不一致性测量及评价参数值

Table 3 Values of measurement and evaluation of the inconsistency in color and brightness

数据编号		亮度不一致性				色度不一致性			
		三通道信息		R 通道信息		G 通道信息		B 通道信息	
		均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
第一组	左路	93. 29	114. 33	91. 27	115. 26	92. 85	114. 28	95. 74	113. 39
	右路	93. 48	114. 10	91. 21	115. 12	93. 04	114. 12	96. 20	112. 99
	差值	-0. 19	0. 23	0. 06	0. 14	-0. 19	0. 16	-0. 46	0. 4
第二组	左路	93. 54	114. 09	91. 52	115. 03	93. 11	114. 04	96. 00	113. 15
	右路	93. 50	114. 08	91. 24	115. 10	93. 01	114. 13	96. 24	112. 96
	差值	0. 04	0. 01	0. 28	-0. 07	0. 10	-0. 09	-0. 24	0. 19
第三组	左路	93. 54	114. 09	91. 52	115. 03	93. 11	114. 04	96. 00	113. 15
	右路	93. 53	114. 07	91. 24	115. 10	93. 00	114. 13	96. 36	112. 90
	差值	0. 01	0. 02	0. 28	-0. 07	0. 11	-0. 09	-0. 36	0. 25
第四组	左路	93. 54	114. 09	91. 52	115. 03	93. 11	114. 04	96. 00	113. 15
	右路	93. 60	114. 03	91. 19	115. 13	93. 04	114. 11	96. 58	112. 76
	差值	-0. 06	0. 06	0. 33	-0. 10	0. 07	-0. 07	-0. 58	0. 39
第五组	左路	93. 54	114. 09	91. 52	115. 03	93. 11	114. 04	96. 00	113. 15
	右路	93. 59	114. 03	91. 18	115. 14	93. 02	114. 12	96. 57	112. 77
	差值	-0. 05	0. 06	0. 34	-0. 11	0. 09	-0. 08	-0. 57	0. 38
第六组	左路	93. 51	114. 10	91. 52	115. 02	93. 17	114. 01	95. 85	113. 22
	右路	93. 54	114. 07	91. 20	115. 13	93. 03	114. 12	96. 41	112. 87
	差值	-0. 03	0. 03	0. 32	-0. 11	0. 14	-0. 11	-0. 56	0. 35
均值		-0. 05	0. 07	0. 27	-0. 05	0. 05	-0. 05	-0. 46	0. 33

精度不符合要求,因此获得的实验数据误差较大,评价无效。整体评价结果如表 4 所示。

表 4 色度亮度不一致性评价结果

Table 4 Results of the evaluation of the inconsistency in color and brightness

评价项目		评价结果
亮度不一致性评价	整体	合格
色度不一致性评价	R 通道	合格
	G 通道	不合格
	B 通道	无效

4.2 立体串扰度测量及评价结果

对偏振式立体投影仪进行左眼串扰度评价时,采用纯黑-纯白图作为立体投影特征图像对,即左路通道投影纯黑图,右路通道投影纯白图。反之,右眼串扰度评价时,则采用纯白-纯黑图作为立体投影特征图像对。其中偏振片的偏振态与所测量眼串扰度一致。

根据 3.2 中所述方法,预存最大左眼串扰度为 10.0%,而通过上述评价过程得到的左路投影特征图像的平均灰度值 H_{L1} 为 107.10,立体特征图像的灰度值 H_{L2} 为 110.61,根据公式(4)得到

左眼串扰值为 3.28%,其处于预设的最大左眼串扰度范围内,因此左眼最大串扰度测量及评价结果符合要求。同理,测得右路投影特征图像的平均灰度值 H_{L1} 为 107.14,立体特征图像的灰度值 H_{L2} 为 110.62,由此得到右眼串扰值为 3.28%,也在预设的最大右眼串扰度范围内,因此右眼最大串扰度测量及评价结果同样符合要求。

5 结 论

偏振式立体投影仪的立体性能参数直接决定立体投影质量。本文提供了立体投影质量的评价方法,该方法根据评价项目的不同,实时、分时地对多幅投影图像进行获取和处理,可以实现对各立体性能参数(包括左右光路不一致性以及立体串扰度 χ_{3D})的测量。搭建了一套立体投影质量评价系统,并对一台偏振式立体投影仪进行了立体投影质量的评价。实验结果表明,该方法及系统可有效地对立体性能参数进行测量及反馈,有利于全面分析偏振式立体投影仪的立体投影质量,从而可提高投影仪的整体质量,减小因观看不舒适以及伪立体显示等现象对人眼的影响,特别适用于立体投影仪在研发过程中的结构优化设计、装配效率提高以及后期检测过程中投影仪立体投影质量的评价工作。

参 考 文 献:

[1] 刘旭,李海峰. 现代投影显示技术[M]. 杭州:浙江大学出版社,2009.

[2] 吕朝辉,徐丽丽,许鹏飞. 立体图像质量评价技术综述[J]. 电视技术,2009,33(12):38-40.

[3] Yu Z,Wu H R,Winkler S, *et al.* Vision-model-based impairment metric to evaluate blocking artifact in digital video [J]. *Proceeding of IEEE*, 2002, 90(1): 154-169.

[4] Nill N B,Bouzas B H. Objective image quality measure derived from digital image power spectra[J]. *IEEE Signal Processing Letter*, 2002, 9(3): 388-392.

[5] Wang Z,Alan C B,Hamid R S. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity[J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2004, 13(4): 600-612.

[6] Salmimaa M,Jarvenpaa T. 3-D 自由立体显示的性能表征[J]. 现代显示,2009,(11):5-8.

[7] 温娜,李默. IEC 立体显示终端测量方法综述[J]. 电视技术,2011,35(4):75-77.

[8] 潘冬冬,王琼华,李大海,等. 偏振眼镜立体显示的立体串扰度及其影响因素[J]. 光学技术,2009,35(4):517-518.

[9] Huang K C,Tsai C H,Lee K, *et al.* Measurement of contrast ratios for 3D display[C]//*Input/output and Imaging Technologies II*, *Proceedings of SPIE*, 2004,4080:78-86.

[10] 傅鹏翔. 视觉检测系统基本原理及评判方法初析[J]. 自动化仪表,2007,28(z1):136-141.

[11] 余佳音. 投影软幕畸变的检测与校正方法研究[D]. 长春:长春理工大学硕士学位论文,2010.

[12] 马颂德,张正友. 计算机视觉[M]. 北京:科学出版社,1998.