

# 对比度敏感理论在 LED 视频 图象显示中的应用

金福寿 陈 宇 轶夫\*

(中国科学院长春物理研究所 长春 130021)

## 摘 要

在 LED 大屏幕视频图象显示的研究中, 图象的显示质量取决于众多因素, 如亮度、色彩、对比度及可视角度等, 本文从显示对比度分析方面着手, 侧重点放在如何提高显示对比度上, 并在此基础上确定提高显示图象的可视质量的方法.

关键词 对比度敏感, 漫反射, 透过率

## 1 引 言

我们在观看视频图象时, 为了获得更好的观赏效果, 通常采用调整亮度、对比度和色度的方法. 而在 LED 大屏幕视频显示中, 由于受到显示器件的限制, 提高亮度是我们最常用的方法, 而提高亮度通常是通过提高占空比来实现的. 提高占空比固然可以提高 LED 视频大屏幕显示的亮度, 对改进图象质量有一些帮助, 但随之而来, 也出现了几个问题. 一是器件成本上升很多; 二是显示的图象亮度较高, 在某些情况下容易使人眼感到疲劳, 其表现为图象的高亮度部分使观察者感觉到“眩目”的现象(对于环境光很亮时或白天观看大型室外屏并不出现上述第二种情况).

经过研究和实践, 在生产 LED 大屏时, 人们通常选用 1/16 的占空比, 室内屏的占空比可以低一些. 提高占空比并不是解决图象质量的唯一办法. 本文通过对对比度的主观感觉的分析, 提出了一种可以提高 LED 视频大屏幕显示的对比度的方法, 为提高 LED 视频大屏幕的清晰度做出了贡献.

## 2 对比度敏感理论

在视觉研究中, 对比是表示被观察对象在视场中的清晰程度的一种方法. 对比分为亮度对比和颜色对比, 这里指的是前者. 亮度对比  $C$  的常用表达式为:

$$C = \frac{L_H - L_L}{L_L}, \quad (1)$$

式中  $L_H$  与  $L_L$  分别为高亮度和低亮度.

\* 通讯联系人

1996年12月9日收到

一般情况下, 对比度感觉决定了观察对象的清晰程度, 对显示图象的质量有着重要的影响. 所以从某种意义上讲, 图象的视觉质量并不是取决于它的绝对亮度, 而是取决于其对比度的大小, 而对比度又取决于多种因素, 如显示图象的亮度、环境光的分布情况、观察者自身的情况等等.

从人眼的感受上, 对两个不同亮度的物体, 要区分它们, 与人眼的对比度灵敏度阈有关, 即当两个不同物体之间的亮度差异大于对比度灵敏度阈时, 人眼才能区分开这两个不同物体, 才有可能分辨图象的轮廓与细节部分. 因此, 显示图象的对比度与图象显示的质量有很大关系.

### 3 显示设备放置环境的影响

LED 大屏幕在显示图象时, 不可避免地存在着环境光的漫反射和屏本身的反射和折射, 如图1所示.

根据显示设备所处的环境, 设环境光的亮度为  $L_s$ , 假定屏的漫反射率为  $\lambda$ , 则环境光的漫反射光亮度  $M = \lambda L_s$ , 在含有不同漫反射率的物质的平面上,  $M$  与具有不同  $\lambda$  的物质的面积值  $S$  有关, 这时显示屏的对比度为:

$$C_1 = \frac{L_H - L_L}{L_L + M}, \quad (2)$$

其中

$$M = L_s \frac{\sum_{i=1}^n S_i \lambda}{S_i}. \quad (3)$$

由于周围环境的漫反射和屏幕本身的反射及折射, 使 LED 大屏显示的图象的灰度级在一定的程度上产生了紊乱的情况, 特别是人眼主观亮度最为敏感的低灰度级部分. 低灰度级部分的灰度在很大程度上被反射和折射的光源给掩盖了. 通常情况下, 低灰度级部分往往就是图象的背景部分, 这样由式(2)和(3)可知, LED 大屏幕显示的图象的对比度就下降了, 如图2所示.

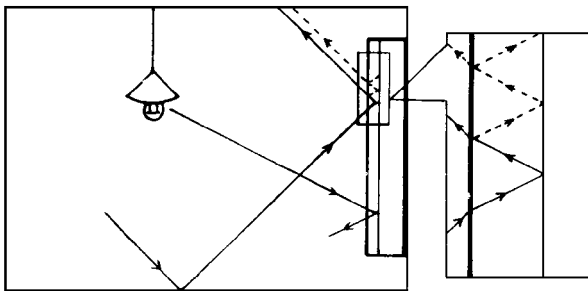


图1 环境光对显示屏的影响

Fig. 1 The influence of atmosphere light to the screen.

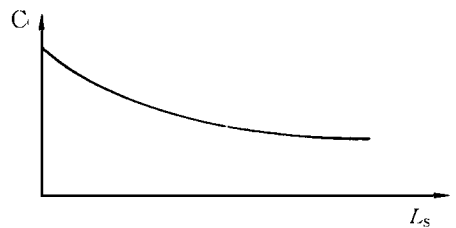


图2 对比度示意图

Fig. 2 Contrast diagram.

## 4 改进图象质量的方案

我们知道,提高显示图象清晰度的根本方法,是通过选用较高的点阵密度,即提高单位显示面积内的象素数量的方法来解决,相应地,就带来了带宽变宽、器件成本直线上升等不可回避的问题。在LED大屏幕显示中,还要考虑采用更多的灰度级编码和全屏一致化问题,导致LED显示屏的价格大幅上扬。显示屏的价格是使用者在选购时所考虑的首要因素之一,为了提高显示质量而不考虑成本,显然是不明智的。

因此,我们考虑了另一种方法,我们设想采用一种方法,能够去除周围环境的漫反射和屏幕本身的反射及折射的影响,而对于大屏本身发出的光却影响较小。这样,尽管大屏的亮度降低了,而对比度却提高了,即在使用条件允许的情况下,通过牺牲显示屏的亮度来提高图象的对比度,以改善LED屏显示图象的质量。

基于以上的想法,我们采用了薄膜滤光片。

假设滤光片的透过率为 $\eta$ ,且无反射现象,由于环境光通过滤光片后在LED屏上产生漫反射,然后再透过滤光片进入人眼,所以设这时漫反射光的强度为 $\eta^2 M$ ,则这时屏的对比度为

$$C_2 = \frac{\eta(L_H - L_L)}{\eta L_L + \eta^2 M} = \frac{L_H - L_L}{L_L + \eta M} \quad (4)$$

由于 $\eta < 1$ ,对比 $C_1$ 、 $C_2$ 可知,使用滤光片可以提高显示屏的对比度。

假设LED显示屏表面只有两种具有不同 $\lambda$ 的物质时,得

$$M = \frac{L_s S_1 \lambda_1 + L_s S_2 \lambda_2}{S_1 + S_2} \quad (5)$$

$L_s$ 为环境光亮度, $S_1$ 为发光二极管向束的表面面积, $S_2$ 为周围黑体的面积, $\lambda_1$ 为发光二极管向束的反射率, $\lambda_2$ 为周围黑体的反射率,对于 $\Phi 5, 5 \times 8$ 的点阵模块来说,由于 $\lambda_1$ 远大于 $\lambda_2$ ,设 $\lambda_1 = 4\lambda_2$ ,得:

$$M_{LED} = 34.3\% L_s \lambda_1 + 65.7\% L_s \lambda_2$$

$$\frac{1}{2} L_s \lambda_1 \quad (6)$$

由此可以看出环境光的漫反射光亮度主要受 $L_s$ 和 $\lambda_1$ 的影响,当发光二极管表面的反射率 $\lambda_1$ 变大或周围环境光亮度 $L_s$ 增强时, $M$ 将增大,用滤光片来提高LED显示屏的对比度的效果就变差。

加装了薄膜滤光片后,LED大屏幕的总体亮度下降了40%左右。为了使观察者在较宽的范围内都能看到较好的图象,对薄膜滤光片表面进行了打毛加工后,屏幕本身的反射及折射大大地降低了,由于滤光片对漫反射现象的抑制作用,LED大屏幕显示的对比度提高了,削弱了LED大屏幕显示中的假轮廓现象,使视频图象的清晰度得以提高,它与视频显示中的 $\gamma$ 反校正有异曲同工之妙。

## 5 讨 论

以上结论属于较理想的情况。在实际应用中,我们还可以看出,当 $\eta$ 一定,如果 $M$

增大, 也就是说  $L_s$  增大,  $C_2$  与  $C_1$  的差值将变小. 此外, 由于滤光片的反射率  $\lambda_p$  远小于屏的漫反射率  $\lambda$ , 所以前面未加以考虑, 若考虑滤光片的反射对环境光漫反射光亮度的贡献(见图3), 则有:

$$C_2 - C_1 = \frac{((1 - \eta)\lambda - \lambda_p)(L_H - L_L)L_s}{(L_L + M)(L_L + \eta M + \lambda_p L_s)}, \quad (7)$$

对比度的改善将进一步减小; 当  $L_s$  增大时, 还有另外的原因使图象的层次变差, 这里我们就不再详述,  $\lambda_p$  为滤光片的反射率.

## 6 结 论

采用了薄膜滤光片后, 显示屏的亮度将下降32% ~ 45%左右, 这是一个很大的损失, 但是如果采用1/16的占空比, 对于室内屏所在的昏暗的环境来说, 仍然是足够亮的. 由于人眼具有适应性, 在适应了较高的亮度后, 分辨低灰度级部分的能力就降低了, 使得我们观察的图象的质量也就下降了. 人眼即使适应了较高的亮度, 也很容易感到疲劳, 亮度越高疲劳感来得越快, 也越容易造成视觉损伤. 使用了薄膜滤光片后, 削去的正好是使人眼感到疲劳的高光部分的亮度, 从而使显示屏显示的图象轮廓更清晰、层次更分明, 使视频图象显示质量得到了提高.

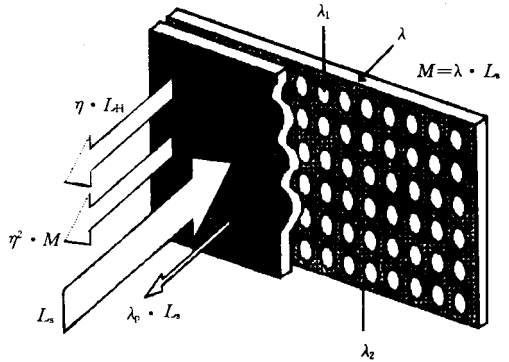


图3 实际光环境示意图

Fig. 3 Genuine surround light dia-

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Doug Poynter. Contrast Sensitivity and Image Recognition: Applications to the Dsgin of Visual Displays. Display, 1992, 13(1).
- [ 2 ] (日)宫川 洋等编著. 图象电子学基础(中译本), 北京: 人民邮电出版社, 1985, p. 87.
- [ 3 ] 北京邮电学院电视教研组编. 电视学, 北京: 人民邮电出版社, 1961, p. 3.

# THE APPLICATIONS OF CONTRAST SENSITIVE THEORY IN LED VIDEO DISPLAY

Jin Fushou    Chen Yu    Ding Tiefu

(*Changchun Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021*)

## Abstract

In the study of extra-large LED video image display, the image quality depends on many factors, such as luminance, colors, image contrast, visual angle, etc. This paper emphasizes the increase of the image contrast and presents a method for improving the visual quality of video image.

**Key words**    contrast sensitive, random reflection, transparence