

文章编号:1005-0523(2013)01-0001-04

光源光强对颜色对比度的影响研究

祝振敏,张永贤,金小龙,涂海燕

(华东交通大学电气与工程学院,江西 南昌 330013)

摘要:彩色图像成像时,光源的亮度变化影响着光源的光谱相对功率分布,影响着照明光源的色温,与成像后的检测目标对比度密切相关。因此研究在光源光谱不变的条件下,光源的亮度变化对颜色对比度的影响。光源的亮度调节采用PWM脉冲编码调节,分析了色块对比度随着光源的亮度变化规律,在CIEL*a*b*空间利用色差来评定色块间的对比度,根据最大色差选择了一个最佳的光源照度等级。

关键词:彩色视觉;光源光强;对比度

中图分类号:O432.2

文献标志码:A

彩色视觉检测已经广泛应用于塑料制品以及一些工业检测^[1-4]。彩色图像成像主要受着彩色电荷耦合元件(CCD)的响应函数、光源的光谱相对功率分布和检测目标本身的表面反射函数的影响^[5-6]。在以前的研究工作中,研究照明光源的波段变化对颜色对比度的影响^[7],最优光源波段间隔照明提高目标的颜色对比度^[8]。但是,在光源光谱不变的情况下,光源的亮度变化也会改变照明光源的相对功率分布,影响照明光源的色温,在文献[9]中讨论了这个问题。利用脉冲宽度调制(PWM)调亮度,光源的色温调节范围为一千多K到几十万K,由于色温的变化而影响目标的颜色对比度。

曲兴华等^[10-11]分析了在黑白图像中,光源的照度对缺陷显现力的影响。同样地,在彩色视觉检测中,光源的照度也会对检测目标的颜色有着直接的影响,这样也会对不同颜色的色块之间的色差存着影响,光源过亮容易引起颜色的饱和,造成图像的失真,过暗则会影响图像的对比度,因此本文主要利用PWM数字调节各波段的LED亮度,研究了选取合适的照度提高检测目标的对比度。

1 彩色视觉检测系统

实验所用的彩色视觉检测系统由三部分组成:(a) IMprex 彩色 CCD(IPX-2M30-GCCI),标准镜头 LM35HC;(b)可选波段的LED光源;(c)样品放置圆台。相机的分辨率为1 600×1 200 像素,其光谱范围为400~1 000 nm。

由于涉及到多种波段的LED混光问题,光源采用了间接照明的方式,3种波段(465 nm,520 nm,620 nm)的LED循环紧凑排列。LED阵列的光直接照射到具有高漫反射的半球形内表面上,该高漫反射率的半球形内表面由硫酸钡,白乳胶和水按照不同比例,多次喷涂而成,经实际测得,其漫反射率超过了90%以上。该内表面将LED阵列发射上来的光反射到样品放置台上,形成了均匀的照射平面。在与光源距离为200 mm处,其均匀度达到了95%以上^[12]。

收稿日期:2012-12-27

基金项目:国家自然科学基金项目(61263010);江西省自然科学基金项目(20122BAB216025);江西省教育厅自然科学基金项目(GJJ12316)

作者简介:祝振敏(1984—),男,讲师,博士,研究方向为彩色视觉检测,色度学成像。

2 光源亮度的数字调节

驱动电路选用了 MAXIM16807IC 芯片,3组 IC 驱动电路通过外接 PWM 信号分别控制 3 种波段的 LED, 每组 IC 芯片中,LED 采用先串后并的方式连接。光源的亮度调节采用了 PWM 脉冲编码调节,LED 的亮度通过改变脉冲占空比的方法进行调节,PWM 信号频率约为 1 kHz,占空比划分为 0~255 级,0 即对应原来占空比的 0%,255 即对应占空比为 100%。选用 FREESCALE 公司生产的 MC9S08AW60 单片机对种波段进行分别调节,使得三路 PWM 信号频率完全同步。照明光源的性能以及使用条件都会影响到图片采集的效果。一般的光源都有一个预热到稳定的过程,LED 也是发光一定时间以后,发光强度才逐渐趋于稳定下来。另外就是采用 PWM 调光后光源照度的线性度实验,验证采用 PWM 脉宽调节的方式是否能够实现光源的照度变化数字可调。因此测试了光源的稳定性,PWM 调光的线性度等参数。图 1 显示为 520 nm 波段 LED 随时间变化的曲线,测试时间为 1 h,采用 TES-1339 照度计进行测量。

因 3 种波段 LED 的照度值相差较大,不好直接用照度值的差值来衡量稳定性,故采用下式进行比较:

$$p = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max}} \quad (1)$$

式中: E_{\max} , E_{\min} 分别为所测范围内的最大照度值与最小照度值; p 为变化率。

从表 1 中可以看出 520 nm 和 465 nm 波段的 LED 光源在 20 min 以后变化率 p 已经逐渐减小,说明光源已经趋于稳定下来,而 620 nm 波段 LED 的发光稳定性稍差一些,在 20 min 以后变化率仍较大,在 30 min 以后 p 值才降为 0.005 5。因此光源在使用前最好先预热 30 min,待光源稳定下来以后进行实验。

利用最小二乘直线对信号占空比和照度进行拟合。3 种波段的拟合方程:

$$E_{620}(x) = 1.1834x + 3.8054 \quad (2)$$

$$E_{520}(y) = 1.0441y + 4.0253 \quad (3)$$

$$E_{465}(z) = 0.2674z + 0.4182 \quad (4)$$

式中: E_{620} , E_{520} , E_{465} 分别对应波段 LED 的照度值; x , y , z 分别为其所对应的占空比例。拟合优度 R^2 分别为 0.999 7, 0.999 4, 0.999 9, 则可以认为 3 种波段(465 nm, 520 nm, 620 nm)LED 的 PWM 256 级信号与照度有着良好的线性关系,实现了照明光强 256 级数字可调。

3 实验与分析

为了尽量减小周围环境或者杂散光的影响,实验在暗室中进行。选用在文献[8]中使用的色块作为实验对象。在暗室中,采用 3 种 LED(465 nm, 520 nm, 620 nm)光混合照明,在 PWM 等级都为 255 时调整合适的相机参数,如光圈,快门时间,焦距等。随后保持相机参数不变,逐级调整光源的 PWM 等级,3 种波段同时改变,每隔 5 级得到一张图片。图 2(a)为 PWM 等级为 255 时的相机得到的图片。从图 2 中可以看出,随着光源照度的变化,各个色块的颜色变化非常大,在 PWM 255 级时明显过亮,颜色趋于饱和,色差较小,对比度较弱。而在 PWM 等级小于 60 以后,由于光源亮度过弱,目标的颜色对比度逐渐的趋于零。

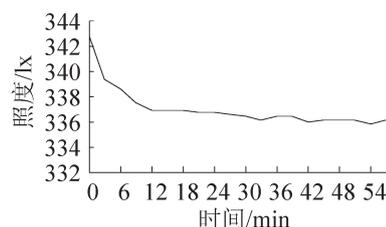


图 1 1 h 内光源照度变化曲线
Fig.1 The variation of illumination luminance in an hour

表 1 不同时间内的照度变化率

波段/nm	0~60 min	20~60 min
620	0.067 9	0.010 9
520	0.020 1	0.002 4
465	0.010 7	0.001 8



图2 不同PWM等级下采集的图片

Fig.2 The images obtained with different PWM grades

在均匀颜色空间CIELab空间里,采用色差来评价色块间的对比度,可用下式:

$$\Delta E(a, b) = [(L^*a - L^*b)^2 + (a^*a - a^*b)^2 + (b^*a - b^*b)^2]^{1/2} \quad (5)$$

式中: ΔE 为色差, (L^*a, a^*a, b^*a) 与 (L^*b, a^*b, b^*b) 分别代表 a 与 b 两种颜色在 CIEL *a*b* 空间的色数值。

图3(a)与图3(b)分别为蓝绿,蓝红色块色差随着光源照度PWM等级变化的曲线。可以看出,光源的色差并不是在照度最高的时候最大,虽然两条曲线变化不同,但是趋势与峰值基本一致。色差都随着光源照度的增加而变大,两条曲线都在PWM等级220左右时达到峰值,此时色差分别达到了66 ΔE 和23 ΔE 。然后随着光源照度的增加而慢慢变小,在PWM等级为60时,色块之间的色差分别只有32 ΔE 和16 ΔE 。图2(b)则为色差最大时PWM等级为220时相机采集到的图片。

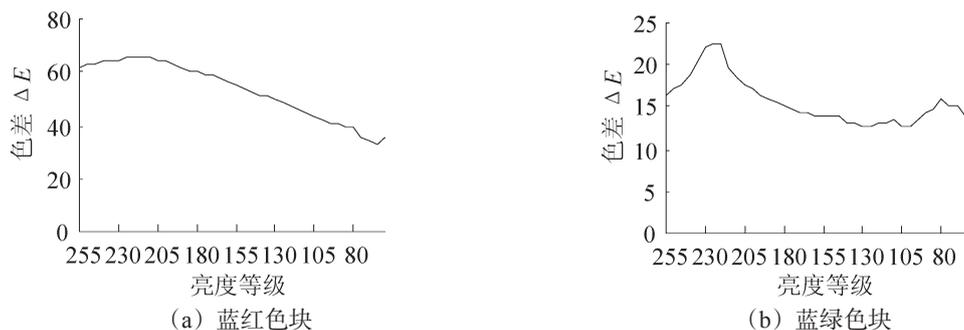


图3 色差随光源照度等级变化曲线

Fig.3 The curves of average color difference with the variable grades of the illumination intensity

从图2和图3中可以看出,蓝绿色块间的色差更为明显,在PWM255级时明显过亮,颜色饱和,色差较小,对比度较弱。而在PWM60级时由于光源照度过暗,也造成了分辨力的减弱。而PWM220级时,蓝红与蓝绿色块的色差都在此时达到了峰值,从图片上来看,此时的图片颜色对比度最优。存在一个最佳照度值(即相应的色温)使得色块间的色差最大,因此可以根据最大色差法来选择合适的照明光强。

4 结论

光源的亮度变化直接影响到检测目标的对比度。光源的亮度调节采用PWM脉冲编码调节,照度与PWM等级成线性关系。在PWM等级都为255时调整合适的相机参数,每隔5级采集一张图片,分析光源的照度变化与颜色对比度的变化规律。在PWM等级220时,色块间的色差达到了峰值,颜色对比度最大。应根据具体的目标,利用最大色差法选取合适的光源照度照明(相应的光源色温),即合适的PWM等级。

参考文献:

- [1] LU J, TAN J, SHATADAL P, et al. Evaluation of pork color by using computer vision[J]. Meat Science, 2000, 56: 57-60.
- [2] CHEN K, SUN X, QIN C, et al. Color grading of beef fat by using computer vision and support vector machine[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2010, 70: 27-32.
- [3] LEE D, ARCHIBALD J, GUANGMING X. Rapid color grading for fruit quality evaluation using direct color mapping[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2011, 8(2): 292-302.
- [4] 周建民, 张瑞丰. 基于主动热成像技术的苹果表面缺陷分类方法[J]. 华东交通大学学报, 2012, 29(1): 86-89.
- [5] LUIS G C, JOSE A P, PEER P. Estimation of a fluorescent lamp spectral distribution for color image in machine vision[J]. Machine Vision and Applications. 2005, 16(5): 306-311.
- [6] VRISENGA M, HEALEY G, SKLANSKY J, PELEG K. Colored illumination for enhancing discriminability in machine vision[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 1995, 6(3): 244-255.
- [7] ZHU Z, QU X, LIANG H, et al. Effect of color illumination on color contrast in color vision application[J]. Proc. SPIE 7855, 2010, 785510.
- [8] ZHU Z, QU X, JIA G. Wavelength intervals selection of illumination for separating objects from backgrounds in color vision application[J]. Journal of modern optics, 2011, 58(9): 777-785.
- [9] 祝振敏, 曲兴华, 毕超, 等. 基于LED阵列的彩色视觉检测光源色度特性研究[J]. 物理学报. 2012, 61(2): 020702.
- [10] QU X, HE Y, JIA G, et al. Detection of random defects on highly reflective and complex surfaces[J]. Key Engineering Materials 2005, 295: 233-238.
- [11] 曲兴华, 何滢, 韩峰, 等. 强反射复杂表面随机缺陷检测照明系统分析[J]. 光学学报, 2003, 23(5): 547-551.
- [12] 祝振敏, 曲兴华, 梁海昱, 等. 基于发光二极管环形阵列与漫反射表面的均匀照明光源研究[J]. 光学学报, 2011, 31(1): 115001.

Effects of Illumination Intensity on Color Contrast

Zhu Zhenmin, Zhang Yongxian, Jin Xiaolong, Tu Haiyan

(School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: In the process of color signal imaging, the intensity of illumination affects spectral power distribution and color temperature, which is correlated to color contrast. This paper studies the relationship between the intensity of illumination and color contrast. PWM pulse code regulating is used to adjust the intensity of illumination. The variable law of color contrast with the intensity of illumination is explored and the average color difference in CIE L*a*b* color space is applied to evaluate the color contrast of colored surface. The best PWM grade is then chosen according to the maximum average color difference.

Key words: color vision; the intensity of illumination; color contrast