

文章编号:1007-2780(2011)04-0480-06

一种低能耗的 CCFL 液晶电视背光源设计

邓 毅,布占场,郑效盼,金 雄,
李 智,鹿 堃,王伯长,孙彦军,王 飞

(京东方科技集团股份有限公司 产品开发中心,北京 100176,E-mail:dengyi@boe.com.cn)

摘 要: 讨论了混光腔高度、反射膜边角角度、CCFL 灯管数量和间距、灯管与反射膜之间距离以及扩散板类型对模组光学利用率和光学效果的影响。以 119.4 cm(47 in)CCFL 液晶电视为例,使用 Solidworks 模拟出一组较优化的机械光学参数,并根据模拟参数完成了样品的制作与相应参数的测试。

关 键 词: 能耗; CCFL 液晶电视; 机械光学结构

中图分类号: TN383 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20112604.0480

Design of Low Power Consumption Backlight Unit for CCFL LCD TV

DENG Yi, BU Zhan-chang, ZHENG Xiao-pan, JIN Xiong,LI Zhi,
LU Kun, WANG Bo-chang, SUN Yan-jun,WANG Fei

(Product Development Institute, BOE Technology Group Co. Ltd., Beijing 100176, China, E-mail: dengyi@boe.com.cn)

Abstract: Some factors of CCFL LCD TV were discussed in this paper, such as mixing height, reflective film edges, the lamp quantity and distance between the lamp, the distance of lamp away from the reflective film, and the type of diffusion plate which affect optical efficiency and optical effect of LCD TV. Based on the 119.4 cm(47 in) CCFL LCD TV, a set of optimal mechanical optical parameters was simulated using Optisworks Plugin of Solidworks, and the samples had been fabricated according to these parameters, the corresponding parameters of the samples had been tested.

Key words: power consumption; CCFL LCD; mechanical and optical structure

1 引 言

当前,相比于冷阴极荧光管(CCFL)液晶电视,低能耗、超薄的 LED 电视的前景更被看好,市场占有率越来越高,大有取代 CCFL 液晶电视的趋势^[1-2]。作为当前主流产品,CCFL 液晶电视急需改善能耗高、厚度大的缺陷,强化传统价格低、均一度好的优势,才能延长生存周期,不致过早被市场淘汰^[3-6]。2010 年 12 月 1 日国家正式颁布的《平板电视能效限定值及能效等级》首次对平板

电视的能效等级进行划分,规定液晶电视能效最低为 3 级,能效指数不得低于 0.6,所有不符合规定的产品均不能上架销售。对于能耗相对较高的 CCFL 产品,降低能耗成了当务之急。

CCFL 液晶电视耗能最多的部品主要是 Panel、Inverter 和灯管^[7-8]。其中灯管能耗的降低,可以通过减少灯管本身能耗或减少灯管使用根数两种方法实现。减少灯管使用根数会减少灯管总的光通量,本文基于这种情况展开研究,侧重点在于通过合理搭配 CCFL 灯管数和间距、混光

收稿日期: 2011-02-21; 修订日期: 2011-04-08
作者简介: 邓毅(1985—),男,贵州毕节人,硕士,主要从事 TFT-LCD 背光源新技术开发。

腔高度、反射膜边角的角度、灯管距底反射膜距离以及扩散板类型,提高光利用率,使模组在低光通量取得和高光通量情况下一样的光学效果,从而提高液晶电视的能效指数。本文以 119.4 cm(47 in)CCFL 液晶电视为例进行讨论,分析上述 5 个因素对其能耗和光学特性的影响,给出了一种较优的搭配方式,保证 119.4 cm(47 in)CCFL 液晶电视在满足光学要求的前提下灯管数最少,能耗最低。

2 模组结构参数确定

参考现有典型 CCFL 液晶电视模组的设计,本文搭建的实验模型结构如图 1 所示。

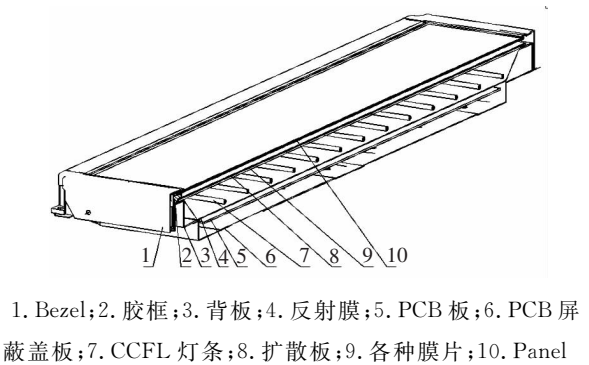


图 1 模组结构图

Fig. 1 Structure of module

2.1 混光腔高度

混光腔高度是底反射膜与扩散板之间的距离。这段距离用于混合灯管发出的光,对模组光学均一性影响很大。混光腔高度越高,光线在空腔内混合越充分,模组出现灯管 mura 的可能性越小,模组均一性就越好。但混光腔高度过高会影响模组的厚度,所以需要寻找一个合适的混光腔高度,在保证光学要求的前提下使厚度最低。

在工程设计中,混光腔高度的设计根据模组厚度和各部品厚度及其之间空隙距离进行推算。模组厚度作为一个前期的设计目标由市场和设计预期决定,各部品厚度和空隙距离由设计者根据经验确定。

本文以 119.4 cm(47 in)CCFL 为例进行讨论。如图 2 所示,设计模组厚度为 53.7 mm,根据各部品厚度及其之间空隙厚度(表 1 所示),推算出混光腔高度为 24 mm。在后续的讨论中,混光腔高度将作为已知条件存在。

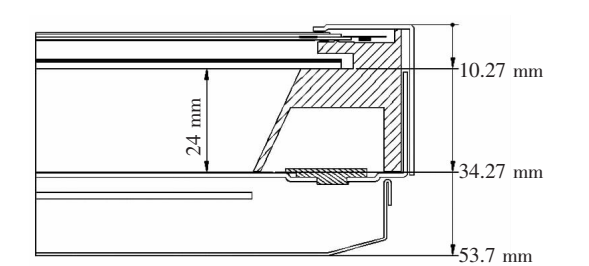


图 2 混光腔截面图

Fig. 2 Section of light mix box

表 1 截面参数

Table1 Parameters of module

项 目	尺寸/mm
液晶屏厚度	1.865
液晶屏和膜片之间空隙	4.24
膜片总厚度	0.77
反射膜厚度	0.225
背板厚度	1.0
背板与 PCB 之间厚度	3.5
PCB 厚度	1.6
PCB 与 PCB Cover 之间空隙	12.5
PCB 屏蔽盖板厚度	0.6

2.2 灯管数量和间距

灯管能耗除了灯管自身发光需要,还包括为之提供电压的 inverter 能耗。灯管数量的增减对模组能耗的影响很大,合理的灯管数对降低模组能耗意义重大。

对液晶电视领域几个主要厂商的典型机型进行分析,除极个别厂商因采用双层增亮膜(DBEF)使用 12 根直型 CCFL 灯管外,其余厂商在 47CCFL 这个型号的直型灯管数均大于或等于 16 根。根据设计前对模组亮度和能耗的预期,将模组直型灯管数量确定为 14 根,比主流设计少两支。如果通过优化结构参数使模组满足主流产品光学要求,模组能耗将会明显降低。

灯管间距的确定对模组中心亮度和边缘光学均一度的影响很大。确定灯管间距首先要确定灯管的分布区域 x 。 x 由模组结构尺寸决定,如图 3 所示,混光空间宽度为 a ,高度为 b ,灯管间距为 c ,末端灯管距反射片折起边与底边的交线距离为 d ,反射膜折起边角为 θ 。

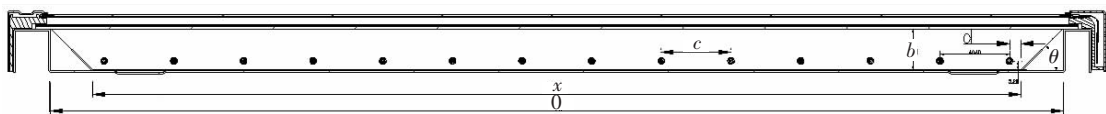


图 3 模组整体截面图
Fig. 3 Whole section of module

$$d = b \cot \theta \tag{1}$$
$$x = a - 2d = a - 2b \cot \theta \tag{2}$$

由公式(1)、(2)确定灯管分布区域 x 后,接着确定灯管间距。灯管间距过小,光源整体集中于模组中心部位,这样的设计模组中心亮度会提高,但模组边缘出现暗线不良概率增加;灯管间距过大,反射膜折起边与末端灯管距离 d 过小,模组光学均一度良好,但模组中心亮度会降低。确定一个不错的灯管间距能有效提高光的利用率和模组的光学均一度。

使用 solidworks 模拟 119.4 cm(47 in)CCFL 模组灯管间距变化对模组亮度和光学均一度的影响。

设计参数: $a=592.4\text{ mm}$, $b=24\text{ mm}$, $\theta=45^\circ$ 。根据式(1)、(2)得 $x=544.4\text{ mm}$ 。

模拟条件:混光腔高度(已确定)24 mm;反射膜边角(根据经验假设) 45° ;灯管距反射膜底边距离(根据经验假设)5.2 mm。

模拟范围:38 ~41 mm。

检测标准:模组中心点的亮度和模组边缘光学效果。

模拟结果如图 4 所示。由图中曲线可以看出:灯管间距越小,模组中心点亮度越高,与此同时,模组边缘的黑线不良越明显;灯管间距越大,模组中心点亮度越低,模组边缘的黑线不良逐渐消失。在灯管间距为 40.6 mm 时,模组边缘黑线

不良刚好消失且此时模组中心亮度处于无黑线不良的最高点,因此确定灯管间距为 40.6 mm。

2.3 反射膜边角

反射膜边角的大小直接影响背光源两侧边的亮度,当角度过小时,如图 5 上图所示,反射膜折起边反射光大部分射向模组中部,反射到模组边缘区域的光相对较少,这样的设计容易使背光源边缘的亮度低于中心的亮度,导致模组边缘区域出现黑线不良;当边角角度过大时,如图 5 下图所示,绝大部分反射光线会反射到模组边缘,模组边缘亮度相对模组中心区域较亮,这样的设计容易使背光源边缘的亮度高于中心的亮度,导致模组边缘区域出现亮线不良。确定一个合适的边角角度能有效利用折起边反射光,提高光源的利用率和模组光学均一度。

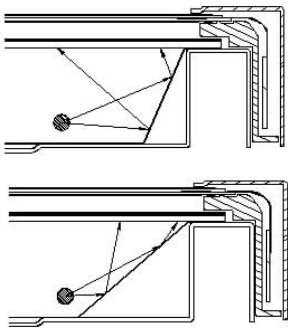


图 5 不同角度光路图
Fig. 5 Light path of different angle

使用 Solidworks 对 119.4 cm(47 in)CCFL 不同反射边角下的光学亮度进行模拟。

模拟条件:混光腔高度(已确定)24 mm;灯管间距(根据经验假设)40.6 mm;灯管距反射膜底边距离(根据经验假设)5.2 mm。

模拟范围: $25^\circ \sim 55^\circ$ 。

检测标准:模组中心点的亮度。

模拟结果如图 6 所示。从图中可以看出:边角从 25° 向 45° 变化的过程中,模组中心亮度缓慢升高;边角从 45° 向 55° 变化的过程中,模组中心

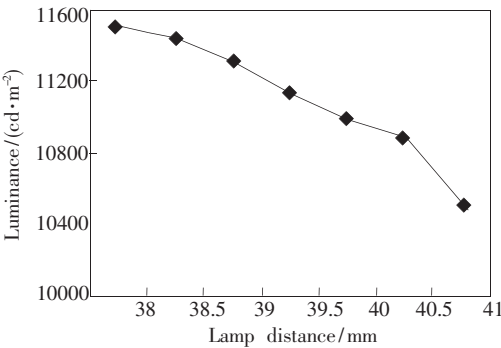


图 4 灯管间距模拟曲线图

Fig. 4 Simulation curve of different distance

亮度急剧下降。模組的中心亮度在边角为 45° 时取得了最大值且均一度最好, 此时, 模組的光学利用率最高, 由此设定模組底反射膜边角为 45° 。

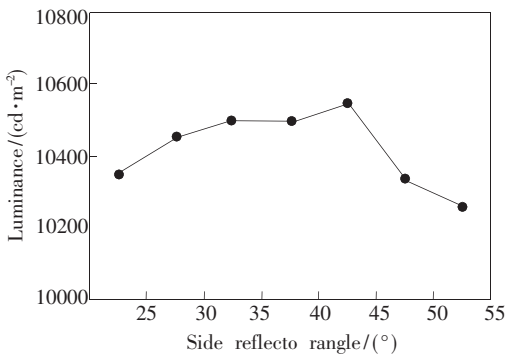


图 6 反射边角模拟曲线图

Fig. 6 Simulation curve of different angle

2.4 灯管距反射膜距离

灯管距离反射膜越近, 离扩散膜越远, 背光源中心亮度相应降低, 但灯管混光腔高度随之变高, 光线得到充分混合, 模組均一度随之改善; 灯管距反射膜越远, 相应距扩散膜就越近, 背光源中心亮度提高, 但混光腔高度缩短, 出现灯管 mura 的概率增大。一个合适的灯管距反射膜距离能有效提高光的利用率和模組的光学均一度。

针对 119.4 cm(47 in)CCFL 液晶电视使用 Solidworks 附带的 Optisworks 插件对其不同间距下的光学亮度进行模拟。

模拟条件: 混光腔高度(已确定)24 mm; 反射膜边角(已确定) 45° ; 灯管间距(已确定) 40.6 mm。

模拟范围: 4.5~8 mm。

模拟标准: 模組中心点的亮度和模組边缘光

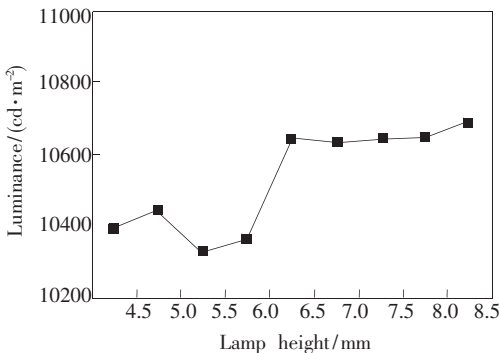


图 7 灯管高度模拟示意图

Fig. 7 Simulation curve of different height

学效果。

模拟结果如图 7 所示。由图中曲线可以看出: 模組中心亮度在模拟范围内出现了两次峰值, 分别是在 5.2 mm 和 6.5 mm 的时候取得。间距在接近 6.5 mm 时, 模組中心亮度已经超越间距为 5.2 mm 时的中心亮度; 但间距在大于 5.2 mm 时, 模組开始出现灯管 mura 现象, 间距越大, mura 现象越明显, 因此不能取 6.5 mm 间距。灯管距反射膜距离取为 5.2 mm。

2.5 扩散板类型

灯管间距和混光腔高度的确定对模組是否出现灯管 mura 不良影响很大。灯管间距一定时, 混光腔高度越低, 出现灯管 mura 的概率越高; 混光腔高度一定时, 灯管间距越大, 出现灯管 mura 的概率也越高。在某些特定环境下, 模組厚度和大小等因素决定了混光腔高度不能太高, 灯管间距不能太小, 这样的设计使灯管 mura 出现的概率增加, 为了避免这种不良的发生, 扩散板类型的合理选择极为重要。

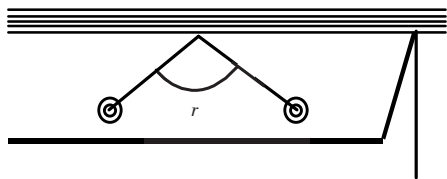


图 8 模組结构图

Fig. 8 Structure of module

扩散板根据入光面是否设计有微结构而分为 Normal 型和 Pattern 型两种。选择何种类型与扩散板和两灯管中垂线交点与模組两灯管所成夹角 r 有关(如图 8 所示)。根据经验, 设计时应遵循以下原则:

(1) 当 $r < 90^{\circ}$ 时, 选择 Normal 型扩散板, 模組光学性能良好。

(2) 当 $r \geq 90^{\circ}$ 时, 选择 Pattern 型扩散板, 模組能有效避免灯管 mura 不良。

对于 119.4 cm(47 in)CCFL 液晶电视, 其模拟最优灯管间距为 40.6 mm, 混光腔高度为 24 mm, 灯管距底反射膜距离为 5.2 mm。经换算可推出其夹角 $r = 94.4^{\circ}$, 属于第二种情况。故为避免出现灯管 mura 不良, 本设计选用 Pattern 型扩散板。

3 样品测试结果

根据前面模拟得出模组设计的较优结构参数:混光腔高度为 24 mm,灯管数为 14 根,间距为 40.6 mm,灯管距反射膜底边距离为 5.2 mm,反射膜边角为 45°,扩散板选择 Pattern 型。

依照设计参数制作实验样品结构如图 9 所示,所选膜片型号如表 2 所示,样品图片如图 10 所示,内部结构图如图 11 所示。对样品进行光学测试(模组使用 Panel 透过率为 5.1%),测试结果如表 3 所示。

表 3 给出了几个大型品牌相应产品的功能参数以及本设计型号样品测试的相应参数。

由表 3 可以看出:119.4 cm(47 in)CCFL 主流产品功率集中在 180 W 以上。C 社的产品能耗低与其采用增亮膜 DBEF 有关,但 DBEF 价格相对较高,这样的设计会增大模组成本,很少被各

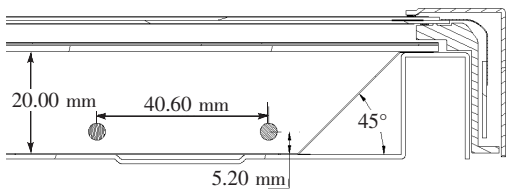


图 9 样品截面图
Fig. 9 Section of mockup

表 2 膜片属性		
Table 2 Characters of sheets		
项目	型号	增益
顶层膜	UTE-23	1.40
中间层膜	UTE-33	1.66
底层膜	CH-193	1.25
反射膜	UXSP-225	



图 10 背光源样品外形图片
Fig. 10 Outline of BLU mockup

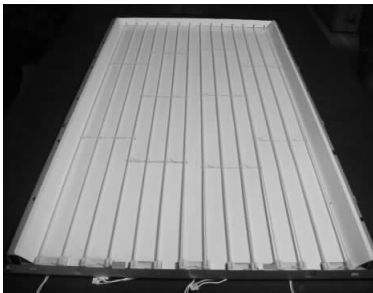


图 11 样品内部结构图片
Fig. 11 Inner structure of mockup

表 3 样品测试结果				
Table 3 Test results of mockup				
项目	119.4 cm (S 社)	119.4 cm (L 社)	119.4 cm (C 社)	Mockup (B 社)
能耗/W	184.0 Typ.	195.0 Typ.	155.0 Typ.	144.5
背光亮度/ (cd · cm ²)	768.8	-	-	862.7
模组亮度/ (cd · cm ²)	430 Typ.	500 Typ.	450 Typ.	440 Typ.
均一度/%	86	86	75 Min.	96
厚度/mm	57.5 Max.	53.0 Typ.	51.2 Typ.	53.7

厂商采用。对于 119.4 cm(47 in)的产品,亮度 450 cd · cm²,均一度 75%,模组厚度 55 mm 属于主流设计。本设计样品亮度为 440 cd · cm²,并不影响视觉效果;其他参数如均一度高达 96%,效果非常好;厚度 53.7 mm,低于主流设计。本设计优势最为突出的是能耗,在保证各光学参数和结构要求的同时,实验样品的能耗维持在 144.5 W,能效指数为 1.33,接近国家一级能耗产品的要求。

4 结 论

混光腔高度、反射膜边角角度、CCFL 灯管数量和间距、灯管与反射膜之间距离以及扩散板类型是影响模组光学利用率和光学效果的 5 个主要参数。通过 Solidworks 模拟,给出了 119.4 cm

(47 in)CCFL 液晶电视一组较优化的结构参数: 直型灯管数为 14 根, 混光腔高度为 24 mm, 灯管间距为 40.6 mm, 灯管距反射膜底边距离为 5.2 mm, 反射膜边角为 45°, 扩散板采用 Pattern 型。

本设计优势最为突出的是能耗, 在保证各光学参数和结构要求的同时, 实验样品的能耗维持在 144.5 W, 能效指数为 1.33, 接近国家一级能耗产品的要求。

参 考 文 献:

[1] 季旭东. LCD 背光源产品的新进展[J]. 液晶与显示, 2002, 17(2): 119-127.
[2] 刘波, 章小兵. 使用多色 LED 补色的背光源[J]. 液晶与显示, 2010, 25(5): 699-701.
[3] 庚晋, 周洁. LCD 背光源中的冷阴极荧光灯技术[J]. 信息产品与节能, 2003, (2): 10-15.
[4] 曹德跃. CCFL 背光源在液晶电视中的应用及改进[J]. 机械与电子, 2010, (5): 489.
[5] 汪敏, 夏咸军. 新型 LED 背光源技术及应用[J]. 光电子技术, 2005, 25(4): 267-270.
[6] 刘向阳. 发光二极管和背光源发展透视[J]. 光源与照明, 2008, 31(4): 14-17.
[7] 张鹤, 朱钧, 赵燕, 等. 一种用于大尺寸液晶照明的直下式导光板模块设计[J]. 光学学报, 2010, 30(9): 2668-2673.
[8] 马丽, 张丽蕾, 万丽芳. 一种直下式 LED 背光源的设计[J]. 现代显示, 2009, 104(9): 50-54.

《中国光学》征稿启示

《中国光学》为双月刊, A4 开本; 刊号: ISSN 1674-2915/CN22-1400/O4; 国内外公开发行, 邮发代号: 国内 12-140, 国外 BM6782。

- ★中国科技核心期刊
- ★中国光学学会光电技术专业委员会会刊
- ★中国学术期刊(光盘版)源期刊

报道内容: 基础光学、发光理论与发光技术、光谱学与光谱技术、激光与激光技术、集成光学与器件、纤维光学与器件、光通信、薄膜光学与技术、光电子技术与器件、信息光学、新型光学材料、光学工艺、现代光学仪器与光学测试、光学在其他领域的应用等。

发稿类型: 学术价值显著、实验数据完整的原创性论文; 研究前景广阔, 具有实用、推广价值的技术报告; 有创新意识, 能够反映当前先进水平的阶段性研究简报; 对当前学科领域的研究热点和前沿问题的专题报告; 以及综合评述国内外光学技术研究现状、发展动态和未来发展趋势的综述性论文。

欢迎投稿、荐稿, 洽谈合作。

主管单位: 中国科学院
主办单位: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
编辑出版: 《中国光学》编辑部
投稿网址: <http://chineseoptics.net.cn>
邮件地址: chineseoptics@ciomp.ac.cn, gxyygx2007@126.com
联系电话: (0431)86176852; (0431)84627061 传 真: (0431)84627061
编辑部地址: 长春市东南湖大路 3888 号(130033)