文章编号:1674-4578(2015)01-0076-03

大尺寸直下式 LED 液晶电视背光模组设计原理

何胜斌，佟小龙

(深圳市兆驰股份有限公司,广东 深圳 518026)

摘　要:随着人们对图像的质量、尺寸、临场效果的要求提升,大尺寸的 LED 液晶电视越来越多的成为消费者首选。要使液晶屏能正确显示图像,电视背光模组的设计是关键。综合性能和成本,直下式电视越来越多的成为设计者在大尺寸电视的首选设计。设计者必须在设计之初,合理选择灯珠、设计匹配的透镜加上适当的光学器件组成直下式背光源,将 LED 这种点光源转化成均匀的面光源,同时保证必要的光能利用率和均匀性。

关键词:直下式背光模组; LED 灯珠; 透镜; 光学器件

中图分类号:TN312.8;TN949.192　　**文献标识码**:A

电视作为最重要的消费电子产品之一,经历了从 CRT TV 到 LCD TV 再到今天的 LED TV。所谓的 LCD TV 和 LED TV,指的是背光源是 LCD 灯管还是 LED 灯珠组成。随着 LED 技术的发展和 LED 芯片的不断成熟,加上节能、环保,目前市面上主流销售的基本上是 LED TV。

液晶屏是通过薄膜晶体管驱动电极来显示图象[1],但是其是被动器件,需要安置一定的发光部件,使光透过液晶屏。这个一定的部件称为背光源,由发光源和光学辅助器件一起来完成,其作用是将 LED 点光源转化为发光均匀的面光源。本文重点研究直下式结构,通过分析各部分部件,找出高亮度、高均匀性的大尺寸直下式电视的设计方法。

1　LED 液晶电视的背光分类

LED 液晶电视依据光源器件放置的方式可以分为直下式和侧光式两种背光源。直下式背光源:把 LED 光源直接放在液晶屏的下面,LED 灯珠发出的光经过一段空间距离到达扩散板,扩散板把光扩散再经过复合膜片增亮后,成为面光源到达液晶屏;侧光式背光源:在机器侧边放置 LED 灯珠,发出的光耦合到导光板,转为面光源,再经过复合膜片增亮后,成为面光源到达液晶屏。中、大尺寸的液晶电视[2]使用侧光式背光源时,导光板的成本和尺寸、重量成正比关系,而且面光源的均匀性和到达液晶屏的亮度等指标会下降,工艺复杂;而直下式 LED 背光源由于是直接光源向上,经过光学辅助器件的扩散和混合,到达液晶屏的面光源均匀性较好,并且工艺相对简单。

对于侧光式 LED 背光模组,由于灯条和导光板之间耦合效率的问题,LED 芯片发出的光不能全部进入导光板,一般在 80% 左右,因此光损较大,而直下式在这方面由于光路直接,明显效果好;

由于背光源在液晶屏下面排布,因此可以把排布的灯珠按功能区域进行矩阵分割,不同的区域分别控制发光与否和电流,进而独立调整各区域的明暗度,这样在能效方面和暗场画面尤其表现优秀。

随着光学透镜的不断改良,直下腔体(混光距离)也越来越薄,各大电视厂商及科研机构在持续投入研究和创新,尤其在性价比更高的直下式大尺寸 LED 电视。

2　确认设计指标

设计任务选定 42 寸直下式 LED 液晶电视机为第一款设计,在项目过程中积累经验。液晶屏采用的是奇美 V420H2-P01,透过率为 5.0%,关键指标要求:中心辉度≥350 nit,亮度均匀性≥75%,可视角上下≥75 度,左右≥80 度;厚度类同于侧光式液晶电视机的整机厚度,整机厚度≤76 mm,这点很关键,市场推出的时候,给用户不会造成太厚的印象;其余按国标,成本为重要考虑。设计中分别对结构和光学进行重点突破:

2.1　直下式背光模组的结构

由于要兼顾整机厚度和散热、成本,设计中大胆直接采用模组的铁背板当成整机的后背板,在四周按照 120 度的视角进行折边,见图 1,这样给消费者感觉依然很薄。

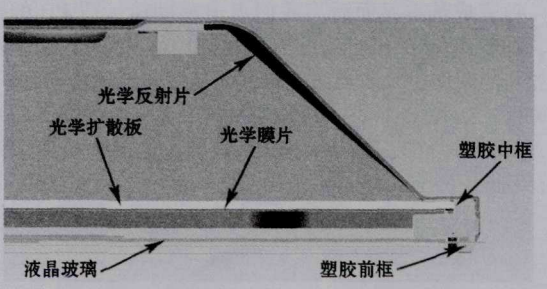


图 1　下式背光模组的结构示意图

在大框架确认后,确定的直下式超薄模组剖面示意图见图 1,包括如下器件:背光驱动板、LED 灯条及散热装置、各种膜片、扩散板、前框、中框和后背板。

从图 1 的设计图纸中可以看出,直下式背光源其实可以理解为腔体结构,混光距离实际上是由灯条到扩射板之间的

收稿日期:2014-09-18

作者简介:何胜斌(1972-),男,江西宜春人,工程师,本科,研究方向为电子技术,任兆驰股份责任有限公司研发中心总经理。

高度决定。LED 发出的光，到扩散板的距离越大，光学在空间混合的越均匀，但是距离越大，会导致亮度下降，结合到整机要设计的厚度这个前提，计算减去解码板的高度和其他部品料厚后，我们确定混光距离为 31 mm。

考虑到大尺寸的注塑问题，中框设计成分段式，后背板里面用铁条加强强度，灯条所用的板材采用铝基板，能快速散热，并贴装在铁后背板上，在背板的靠中间处灯条控制线引出到后背板反面上的解码板上，优化整机走线工艺。

2.2　直下式背光模组光学设计的关键点

直下式背光源设计时，首先以液晶电视所用液晶屏的尺寸为前提，选用白光 LED 灯珠，围绕着液晶屏正确显示图像为中心，综合考虑光学设计和电路[3]设计的要求，技术关键是控制亮度均匀性，提高发光效率和减少灯影。

2.2.1　灯珠选用

典型 LED 灯珠发光各点照度示意图如图 2。

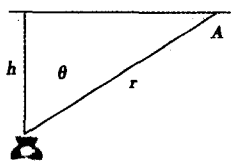


图 2　LED 灯珠发光各点照度示意图

从上图可以得到 A 点的照度为 $E = I(\theta)\cos^3\theta/h^2$，从公式可以看出，A 点的照度（正比于光通量）和距离的平方成反比，和角度的余弦的三次方成正比。

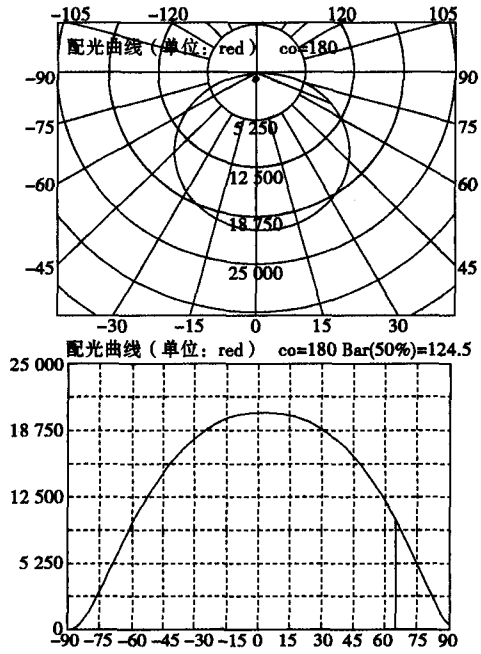
根据国标规定，均匀性测试是按照九点测试的方法进行的，即将整个电视显示屏幕均匀分为九等份，全白场信号下，将规定九个点的最小亮度值除以最大值然后百分比。要使整机在均匀性达标，需要根据图 2 表达的公式对九个点的照度进行计算，而一般屏最大亮度是在九点的中心点，因此这个公式是选定 LED 灯亮度和数量的基础之一。

在正常发光状态下，LED 的亮度正比于其功率，随着 LED 技术的发展和封装技术的推进，目前大功率的 LED 灯珠技术日渐成熟。

均匀性的另一个设计关键是需要配合 LED 的发光曲线来选定匹配的灯罩。因为 LED 芯片（chip）理论上是 360 度发光，但是实际上 LED 灯珠的结构是芯片放置在 LED 支架上得以固定，因此能从表面出的光一般在 120 度左右。灯罩是使发出光的角度变得更大，并充分在混光空间里面进行混合，提高均匀性和减少灯影。

设计之初，我们就要充分考虑到光通量的需求量，进行理论计算。经过反复计算和实验，选定了 3528 尺寸的灯珠做为基础：3528，封装尺寸：3.5(L) * 2.8(W) * 0.8T(mm)，发光角度 120°最大正向电流 350 mA，工作温度范围 -40 度 ~ +100 度，典型电流值 320 mA 情况下，光通量为 100 lm，VF 3.0 V ~ 3.3 V。其优点是功率[4]和光通量处于比较好灵活配置的数据，封装尺寸对透镜的设计有利。

单灯珠经过远方 LED622 仪器对其测试，数据如下图 3。



光学参数(CIE A)：
平均光强扩散角：θ(25%)：149.0°e(50%)：124.5°θ(75%)：92.4°θ(50%)：124.5°
最大光强 Imax = 20 379 mcd(C = 0.0°, G = 4.4°)
C0 - 180 平面 Imax = 20 379 mcd(G = 4.4°) Io = 20 362 mcd

图 3　LED 灯珠发光光学参数

2.2.2　匹配透镜的设计

透镜的作用是把 LED 发出的光，继续打散，扩大角度，压低灯珠中心点亮度，使光均匀并处理灯影的出现。

透镜由光学级 PMMA（聚甲基丙烯酸甲酯，俗称：亚克力）注塑而成，PMMA 的特性：透光率高，3 mm 厚度时，穿透率可达 93% 左右。

经过反复计算和软件模拟，根据图 2 公式，要满足均匀性九点≥75% 和亮度指标≥350 nit，单 LED 加上透镜后的光学指标要求必须达到 150 度以上发光角度，用单灯间距 76 mm 数目 15 颗 LED 的灯条，42 寸腔体里面平行放置 4 根 LED 灯条，灯条与灯条之间间距 100 mm，效果最佳，灯影完全看不到。

实际设计出的透镜如图 4，图 5。

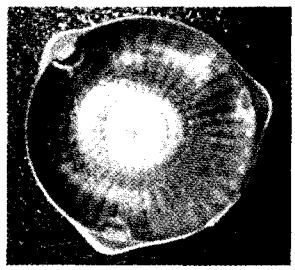


图 4　透镜正面效果图

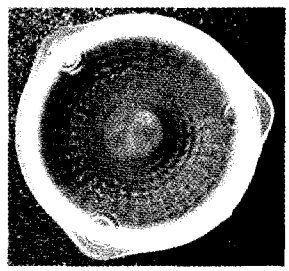
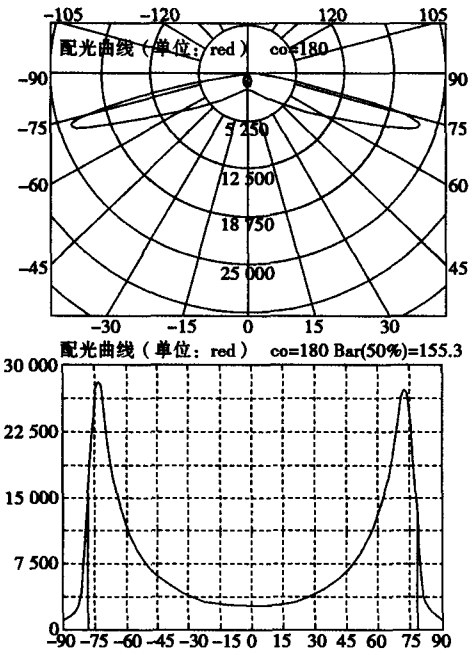


图 5　透镜反面效果图

透镜周边的三个 PIN 脚用来固定透镜到 PCB 板上，防止透镜松动，光学特性要求透镜和 LED 灯珠配合精度非常高；透镜的正面中间凹下，起到压制中心点 LED 发光亮度的作用，在反面可以看到配合光打散的纹路并且向外不等间距扩散。单 LED 灯加上透镜经过测试出来的光学曲线如第 78 页图 6。



光学参数(CIE A)：
平均光强扩散角：θ(25%)：159.3°e(50%)：155.3°θ(75%)：151.7°
θ(50%)：155.3°
最大光强 Imax = 20 171 mcd(C = 0.0°, G = -72.8°)
C0 - 180 平面 Imax = 28 171 mcd(G = -72.8°) Io = 2 809 mcd

图 6 LED 灯珠加透镜后发光光学参数

从图 6 中可以看出，LED 灯加上灯罩后发光角度增大到 155 度；同时，经过透镜的中心亮度降低，达到 1/5 以上的比值，配合 LED 本身的发光曲线，起到发光均匀的效果。

用光学设计软件 LightTools 对初始整体设计进行光学模拟，追踪光线，得出的结果是扩散板表面共射出 55 流明的总光通量，亮度、九点均匀性等指标光学软件显示能达到设计要求。

3 其他光学器件

其他光学器件包括白色反射片、扩散板、扩散片和棱镜膜，综合成本没有用到 3M 公司的 D-BEF。

3.1 白色反射片

采用的基材一般是聚脂薄膜(PET)，白色，放置于铁后背板的底部，把光线反射回扩散板，增加光线的利用率。要求选用的材料反射率在 97% 以上，同时设计的时候要注意跟形后背板，尤其是处理边角的暗影。

3.2 扩散板

主要材料用的是 LPPS，白色，生产的时候在树脂层之间加入扩散微粒子，因此扩散板里面会有两个折射率相异的介质，光线通过的时候，就会发生许多反射、折射、与散射的现象，达到把光扩散的要求，扩散板还能对直下式模组的灯影起到遮蔽的作用。

3.3 扩散片

采用的基材一般是 PET + PMMA，作用是使光扩散，使光尽量散开。在模组结构中，下扩放在扩散板上面，上扩放在所有膜片之上，雾度低，同时起保护棱镜片不被刮伤的作用。

3.4 棱镜膜

采用的基材一般是 PET，表面是高度为 20 μm ~ 50 μm 左右的微棱镜结构。其作用是让经过扩散板(片)的光，在棱镜膜集中在法线 70 度范围内出光(全发射定律)，大于 70 度射出的光又被反射回去，循环作用，最终汇聚在正视方向出射。棱镜膜一般分为 H 和 V 两种结构，搭配使用可以使正面的发光亮度增加 40% 以上。

4 运用设计

运用以上设计原理，通过反复计算，产品最终用的是下扩 + V 聚 + H 聚复合膜，1.5T 的扩散板，4 × 15 颗 3528 的 LED 灯条(透镜加灯珠)。连续监控生产车间的测试数据，所有的指标如色坐标、视角、亮度、九点均匀性、画质等都符合设计要求，产品已经成功上市。

5 总结

通过分析背光模组的各个结构部品，运用光学公式，熟悉光学部品的性能，加上相关软件、公式的运用，是一般的设计原则，熟练的运用和不断的实验，才能设计出性价比优的产品。现代科学技术的发展，使得液晶电视的品质、成本在不断地发展和推进，追求更清晰的图像，更节能、环保的电视，促使对背光模组的设计改进和创新不断地进行下去。

参考文献

[1] 高鸿锦，董友梅. 液晶与平板显示技术[M]. 北京：北京邮电大学出版社，2011.
[2] 田民波，叶锋. TFT 液晶显示原理与技术[M]. 北京：科学出版社，2010.
[3] 孙德印. 新型液晶彩电电源 + 背光灯二合一板维修精讲[M]. 北京：机械工业出版社，2014.
[4] 周志敏，纪爱华. LED 背光照明技术与应用电路[M]. 北京：中国电力出版社，2010.

The Design Principle of Large Size Direct Type LED LCD TV Backlight Module

He Shengbin, Tong Xiaolong
(*Shenzhen MTC Co., Ltd, Shenzhen Guangdong* 518026, *China*)

Abstract: With the high requirement for image quality, size and presence, the large size LED TV becomes the first choice more and more. For making the LCD screen to display the proper image, the design of TV backlight module is the key. So considering the comprehensive performance and cost, the design of direct type TV is more and more selected by the designer. At the beginning, the designer must rationally select the lamp bead, design the matching lens and add the appropriate optical device to form the straight down type backlight source, and then change the LED which is the point light sources into the uniform surface light source, at the same time to ensure the necessary light energy utilization rate and uniformity.

Key words: straight down type backlight module of LED; LED lamp; lens; optical devices