

光谱液晶显示技术与应用研究

王宝珠

江西海迪光电有限公司, 江西 吉安 343899

DOI: 10.61369/TACS.2025100030

摘 要： 光谱液晶显示技术的核心创新在于，该技术主要是通过复色光色散与液晶旋转控制的协同作用来实现对颜色的精准调控与显示的，大大突破了传统的显示原理，其研究与应用具有重要意义。为此，本文分析了光谱液晶显示技术的核心原理，对光谱液晶显示技术与传统 RGB 显示技术进行了对比分析，阐述了光谱液晶显示技术在全类场景中的应用潜力，并对其未来发展的趋势进行了相关探索，旨在为该技术的推广和应用提供更多理论支撑，仅供参考。

关 键 词： 光谱液晶显示技术；复色光色散；液晶旋转控制；显示技术

Research on Spectral Liquid Crystal Display Technology and Its Applications

Wang Baozhu

Jiangxi Haidi Photoelectric Co., Ltd., Ji'an, Jiangxi 343899

Abstract： The core innovation of spectral liquid crystal display (LCD) technology lies in its realization of precise color regulation and display through the synergistic effect of polychromatic light dispersion and liquid crystal rotation control. This technology has greatly broken through traditional display principles, and its research and application are of great significance. Therefore, this paper analyzes the core principle of spectral LCD technology, conducts a comparative analysis between spectral LCD technology and traditional RGB display technology, elaborates on the application potential of spectral LCD technology in various scenarios, and explores its future development trends. The purpose is to provide more theoretical support for the promotion and application of this technology, for reference only.

Keywords： spectral liquid crystal display (LCD) technology; polychromatic light dispersion; liquid crystal rotation control; display technology

显示技术是人机交互的重要载体。但是，传统的显示技术大多都是通过 RGB 三原色叠加原理来实现对色彩的显示的，这种方式的颜色还原范围相对比较有限，并且在能耗控制方面也相对较差。而光谱液晶显示技术摒弃了传统的三原色叠加的色彩显示思路，以复色光的色散与液晶旋转控制为核心，通过对单色光的精准筛选与合成实现显示功能，为显示技术的发展提供了全新方向^[1]。

一、光谱液晶显示技术的核心原理

光谱液晶显示技术的核心逻辑主要是通过光学手段来实现对复色光的分解与选择性透过的，其工作过程主要包括三个关键环节：复色光色散、液晶旋转控制以及颜色合成与显示^[2]。其中，每个环节紧密衔接，相互作用共同实现对色彩的精准显示。具体分析如下：

（一）复色光色散：单色光的精准分离

复色光色散是光谱液晶显示技术的重要基础，其核心目标主要是将自然光源或者人工光源发出的复色光分解成不同波长的单色光，形成连续的可见光谱^[3]。这个过程大多都是通过特定的光学元件来实现的，比如棱镜、光栅等，其原理都是基于光的折射或者衍射物理原理来达到色散效果的。对于棱镜而言，它主要是利用不同波长单色光在棱镜介质中折射率的差异将单色光进行精

准分离的。当复色光以某种特定的角度入射到棱镜表面时，不同波长的光就会发生不同程度的偏折，从而在出射端形成按波长顺序排列的单色光光谱^[4]。而光栅则主要是通过多缝衍射与干涉作用来实现色散的。光栅表面的周期性刻痕可以对入射复色光产生衍射，不同波长的单色光会在衍射过程中逐渐形成不同的光强分布，进而实现光谱的分离。

（二）液晶旋转控制：单色光的选择性透过

液晶旋转控制是光谱液晶显示技术的核心控制环节，主要是通过电压调控液晶分子的排列状态，来达到改变光的偏振方向的目的，从而实现特定波长单色光的选择性透过或阻挡^[5]。液晶分子具有独特的光学各向异性以及电光效应，在没有电压作用时，通常会呈现出特定的排列方向。此时，入射光在通过液晶层以后，偏振方向就会发生固定角度的旋转。而当在对液晶显示层施加不同电压的时候，液晶分子就会在电场作用下发生一定程度的

旋转,入射光的偏振方向也会随之而改变,以达到实现对单色光精准筛选的目的。其中,需要注意的是,这个旋转角度与施加的电压强度呈正相关关系^[6]。

(三) 颜色合成与显示: 目标色彩的精准生成

颜色合成与显示是光谱液晶显示技术的最终实现环节,主要是基于像素单元的独立控制,通过各像素单元对不同波长单色光的选择性透过,从而合成出目标颜色并完成显示^[7]。其中,在显示面板中,每个像素单元都对应着一套独立的液晶控制结构,可以根据显示的实际需求独立调控电压,以达到筛选出特定波长单色光的目的。与传统的 RGB 显示技术相比,光谱液晶显示技术中的每个像素单元都可以直接从色散形成的连续光谱中选取多种波长的单色光进行合成^[8]。并且,这种合成一般不会受限于三种原色(红、绿、蓝)的固定组合,而是能够根据实际显示需求灵活选取单色光的波长和强度,从而获得更加接近自然色彩的还原效果,能够大大降低色彩纯度的损失。

二、光谱液晶显示技术与传统 RGB 显示技术的对比分析

(一) 色彩还原能力: 从有限基色到连续光谱

传统的 RGB 显示技术的色彩还原一般需要对红、绿、蓝三种固定基色进行叠加,所以,其可显示的色彩范围通常会受到这三种基色的波长和纯度的制约与影响,很难覆盖仅用人眼就能识别的全部可见光谱^[9]。而光谱液晶显示技术可以通过复色光色散获取连续的可见光谱,每个像素单元都能够从连续光谱中任意选取所需要波长的单色光进行合成。从理论上讲,光谱液晶显示技术的应用是可以对人眼可见光谱内所有颜色的实现精准还原的。

另外,在色彩纯度方面,传统的 RGB 现实技术中基色在叠加的过程总会不可避免地产生一些色彩混合的损耗,这就容易导致显示颜色出现偏色或者饱和度下降等问题。而光谱液晶显示技术则可以通过液晶旋转控制直接筛选单色光,不需要经过基色的叠加,既能够有效保证色彩的纯度,又能够呈现更加鲜艳、更加真实的色彩效果^[10]。

(二) 能耗控制水平: 从被动过滤到主动筛选

能耗问题是显示技术发展过程中始终关注的核心问题之一。传统的 RGB 显示技术在工作过程中,一般需要先产生包含红、绿、蓝三种基色的白光,再通过彩色滤光片过滤掉不需要的波长,仅保留目标颜色对应的基色光。这种“先产生再过滤”的工作模式非常容易导致大量光能被浪费,能量利用效率相对较低。尤其在长时间高亮度显示场景下,这种能耗问题将会更为突出。而光谱液晶显示技术采用的则是“主动筛选”的工作模式,主要通过复色光色散直接分离出各波长单色光,然后再通过液晶旋转控制仅允许目标波长的光通过,不需要对已产生的光进行过滤。这样做,可以大大减少对光能的浪费。

(三) 技术局限性: 各有侧重的发展瓶颈

从技术局限性的角度来看,尽管传统的 RGB 显示技术的应用会出现色彩还原相对较低、能耗高等问题,但是经过长期的发

展,这项技术已经相对成熟、所需制造成本也比较低。而相较于传统的 RGB 显示技术,光谱液晶显示技术虽然具有较为明显的优势但是目前仍然存在一定的技术局限性。一方面,光谱液晶显示技术对光学元件的精度要求非常高,其制造的难度相对较大,这就容易导致这项技术实现成本会较高。而且,棱镜、光栅等的色散精度也会在一定程度上对后续色彩合成的准确性造成直接影响。另一方面,液晶旋转控制的响应速度仍然有待提升。从目前来看,在高速动态画面显示的场景下,光谱液晶显示技术的应用很有可能出现色彩拖影等问题。

三、光谱液晶显示技术的应用场景展望

(一) 专业图像显示领域

医疗影像诊断、专业摄影后期处理、印刷色彩校准等场景的专业图像显示领域对于显示设备的色彩还原精度要求很高。光谱液晶显示技术的应用,可以很好地实现对连续光谱的精准控制,能够完美还原医疗影像中的细微色彩差异、摄影作品中的真实色调以及印刷样品的准确色值,有利于为相关专业人员提供更为可靠的视觉参考依据。例如,在医疗影像领域,光谱液晶显示技术的应用可以较为清晰地显示出病理切片中的染色细节,帮助医生更加准确地判断病情。

(二) 高端消费电子领域

目前,人们对于智能手机、笔记本电脑等设备的显示效果和续航能力提出了更高的新要求。而采用光谱液晶显示技术的消费电子设备可以呈现出更加逼真的色彩效果,提高用户的视觉体验。而且,光谱液晶显示技术的应用还能大大降低能耗,能够有效延长设备的续航时间。除此之外,在高端电视领域,光谱液晶显示技术的应用能够实现超大尺寸屏幕的高画质显示,有利于为家庭影音娱乐提供影院级的视觉享受效果。

(三) 车载显示领域

车载显示设备作为汽车智能座舱的重要组成部分,不仅需要具备良好的色彩显示效果,还需要适应车辆行驶过程中的能耗限制和复杂光照环境。光谱液晶显示技术的能耗相对较低,其应用可以大大降低车载设备对于汽车电源的消耗,有利于延长车辆的续航里程。不仅如此,光谱液晶显示技术的色彩控制能力相对较高,即便在强光照射下,也可以清晰地将信息显示出来,有利于提高驾驶的安全性。

(四) 航空航天显示领域

在航空航天领域,机载显示设备和航天器显示设备所处的工作环境相对比较极端、恶劣,比如高温、低温、强振动、强辐射等,但是却要求设备必须要保持较高稳定的显示性能,同时对其能耗要求也很高。光谱液晶显示技术的核心部件结构相对简洁,重量较轻,而且耗能较低,其应用可以大大降低设备对航天器能源系统的依赖性,而且其对光学的稳定控制性能能够很好地确保这些设备在极端环境下仍然能够精准显示飞行参数、导航信息等关键内容,从而为飞行员和航天员提供更为可靠的信息支持。

四、光谱液晶显示技术的发展趋势

从目前来看，光谱液晶显示技术的未来发展可以从以下几个方面着手：一是高精度。随着光学制造技术的不断发展与进步，高精度棱镜、光栅等光学元件的制造成本将会逐渐降低，而且液晶旋转控制的精度也会得到进一步提高，甚至能够实现对单色光波长的纳米级调控，这样就能有效扩大光谱液晶显示技术的色彩还原范围。二是高响应速度。相关研究人员可以通过研发新型液晶材料或者是对电压控制算法进行优化，可以有效提高液晶分子的旋转响应速度，从而解决动态画面显示中的拖影问题，有利于使其适用于更多高速显示场景。三是柔性化。相关研究人员可以结合柔性液晶材料和柔性光学元件技术开发柔性光谱液晶显示面板，可适配可穿戴设备、折叠终端等新型显示载体，这样就可以进一步拓宽光谱液晶显示技术的应用边界。四是技术融合。光谱

液晶显示技术可以和人工智能技术相结合，实现基于用户视觉偏好的色彩自适应调节；也可以和量子点技术相结合，进一步提高光谱色散的精度和效率，从而实现更优的显示效果。

五、结语

总而言之，光谱液晶显示技术以复色光色散和液晶旋转控制为核心，通过创新的色彩合成方式突破了传统 RGB 显示技术的局限性，在色彩还原精度和能耗控制方面展现出较为显著的应用优势。尽管目前光谱液晶显示技术仍面临高精度光学元件成本高、液晶响应速度不足等问题。但是，随着现代科学技术的不断发展，这些问题势必会逐步得到解决，从而在显示领域引发新一轮的技术变革，为各类显示设备的升级提供核心支撑。

参考文献

[1] 刘尚明. 黑白单色液晶屏的彩色显示技术实施创新 [J]. 丝网印刷, 2023, (12): 37-38.
[2] 田闻瑾. 液晶显示面板行业分析 [J]. 内蒙古统计, 2023, (02): 8-9.
[3] 于璇. 海信发布 RGB 三维控色液晶显示技术 [J]. 电器, 2025, (02): 47.
[4] 邸茵, 刘莹, 吴作用, 等. 液晶光重构显示技术的发展与应用 [J]. 液晶与显示, 2024, 39(11): 1454-1462.
[5] 康佳昊. 显示技术原理与设计实践 [M]. 电子工业出版社: 202410: 386.
[6] 方庆, 吴有肇, 王峰, 等. 量子点液晶显示技术发展趋势与展望 [J]. 液晶与显示, 2023, 38(03): 267-275.
[7] 王云萍. 显示技术的 TFT-LCD 与 OLED 的相关分析 [J]. 电子世界, 2021, (17): 13-14.
[8] 范小霞. 超高清液晶电视色彩显示技术的特点及应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2021, (16): 73-74.
[9] 许春蕾. 显示技术及 8K 超高清视频呈现 [J]. 现代电视技术, 2021, (08): 136-140+143.
[10] 王欣, 徐小龙. 浅谈液晶显示技术开发的项目管理 [J]. 计算机与网络, 2020, 46(20): 31.