

LED 投影机前途一片光明 - 是因为-H-K 效应吗?



Michael A. Mignardi 博士

技术开发经理

DLP® 产品

德州仪器 (TI)

Juan Alvarez

产品营销经理

DLP® Pico™ 产品

德州仪器 (TI)

随着 LED 投影仪在投影行业市场份额的增加(2019 年超过 35%), 观察人士发现, LED 投影仪比灯泡投影仪有更高的亮度 [1]。这种感知亮度的增加是由所谓的 Helmholtz-Kohlrausch (H-K) 效应引起的。

尽管许多投影仪公司都遵守行业亮度标准(例如美国国家标准学会的流明规定), 但许多公司认为, 与灯泡投影仪相比, 使用 LED 光源的投影仪有更高的亮度(称为“LED 流明”)。

现已有很多关于 H-K 效应的著述面世。一些文章发表在技术期刊上, 例如国际光学工程学会 (SPIE) 会刊、影像科学与技术学会 (IS&T) 会刊, 以及由 SID 高级成员或 SID 会员共同编撰的国际信息显示学会 (SID) 会刊。在研究这些著述文章时, 我们发现它们在 LED 投影仪 H-K 效应的有效性这一点上是存在共识的, 即 LED 流明是真实存在的, 并且这种效应很难用普通的测量设备进行定量测量。生产 LED 投影仪的公司希望促进这种感知亮度的提高。

什么是 H-K 效应?

在 19 世纪末, Hermann von Helmholtz 观察到, 当一种颜色的纯度(即饱和度)增加时, 它看起来亮度会更高[2,3]。换句话说, 饱和色看起来比不饱和色更亮, 具体而言, 红色、粉红色或蓝色等饱和色比黄色和绿色等饱和色更亮 [4,5]。廖世英 (Shih-Fang Liao) 还引用了国际电工委员会 (IEC) 对 H-K 效应的定义 [6], 即“通过增加颜色刺激的纯度, 同时在明视力范围内保持亮度恒定而产生的感知颜色的亮度变化。”

业界专家一致认为 H-K 效应是真实存在的

许多作者讨论了所谓的“明度-亮度差异”: 简单地讲就是, 明度与比色法的相关性要大于其与光度法的相关性 [2,7]。我们认为饱和色比照度计(光度法或比色法)指示的颜色要亮 [5]。在这一发现问世后的 200 多年里, 出现了许多偶然的视觉发现和视觉理论, 它们都证明了 H-K 效应的重要性 [2]。因此, 总感知亮度是亮度和色度的函数。

廖先生引入了感知明度与亮度之比, 即 B/L 比。他认为, 与灯泡投影仪相比, LED 投影仪可提供 25-30% 的感知亮度增强 [6]。M. David Stone 写道, 只有当 LED 投影仪在大多数时间里提供更高的感知亮度时, LED 流明这一概念才有意义。遗憾的是, 由于许多系统差异的存在, 并不是所有的 LED 投影仪都具有相同的性能 [8]。LED 投影仪制造商可以通过选择红色、绿色和蓝色 LED 的主波长、LED 工作的占空比、LED 的热管理以及是否使用用于生成二次色 (如黄色、洋红色和青色) 的红色、绿色和蓝色 LED 的颜色重叠来影响 H-K 效应。图 1 显示了投影仪中的红色、绿色和蓝色光谱。

我们通过对一系列相关资料进行研究发现, LED 投影仪与灯泡投影仪相比, 其感知亮度改善系数为 1.3 倍到多达 2.4 倍不等 [6,9]。这一较大的系数范围表明, 要对一系列产品、含量和使用条件的具体改善进行量化是很困难的。显然, 需要对各种 LED 投影仪进行更多的研究, 以验证这些感知亮度改善因素。要进行深入研究, 需要对更多的 LED 投影仪抽样, 从而能够确定一个更具统计学意义的感知亮度。

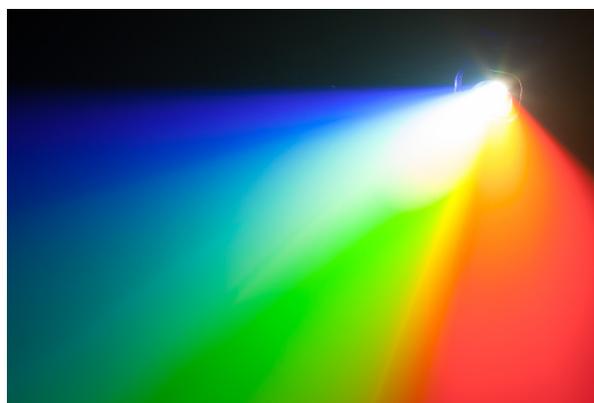


图 1. 投影仪光谱。

H-K 效应的心身反应

视觉皮层、特定刺激和亮度感知之间显然存在着复杂的关系 [3,4]。由于人类具有红、绿、蓝等三种视锥细胞 (人眼视网膜的光和颜色传感器), 它们的比例各不相同, 因此 H-K 效应因人而异 [10]。这种效应的一个重要方面是波长依赖性的不对称性; 也就是说, 某些颜色看起来比其他颜色要亮 [4,5]。此外, 有充分证据表明, H-K 效应受周围颜色和环境光条件的影响 – 与正常的办公室照明条件相比, 较暗的环境光条件显示该效应更为明显 [5,6,8]。为了说明这一点, 图 2 中在红色或蓝色的背景上放置了相同的黄色色块。由于背景色不同, 这些色块中有许多具有不同的感知亮度 [5]。

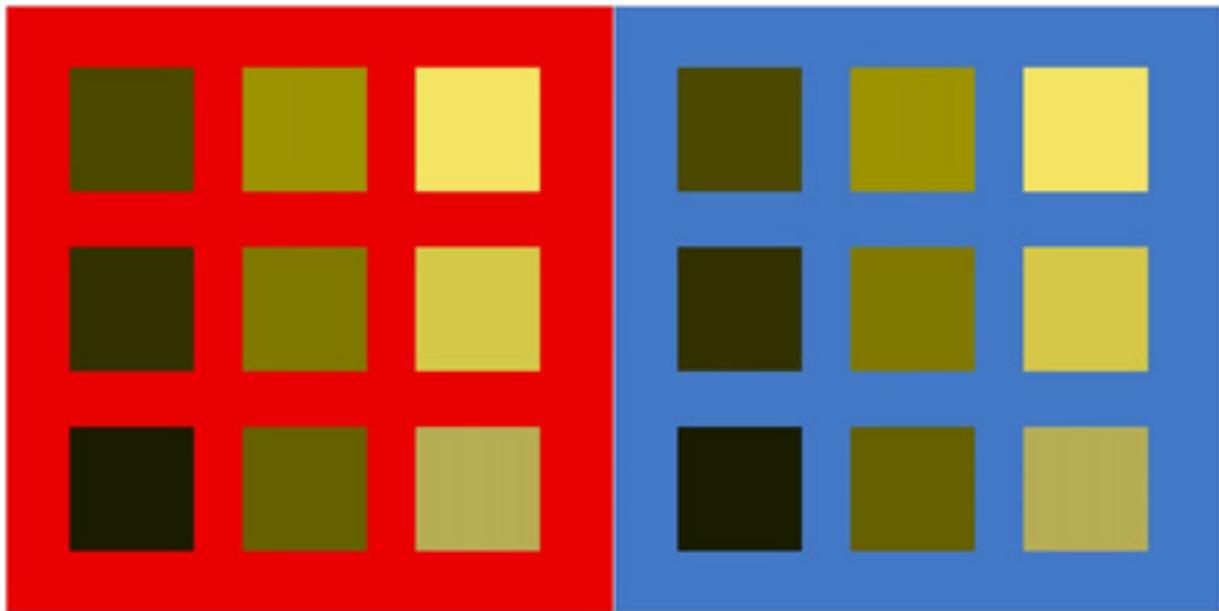


图 2.不同颜色背景下的相同黄色色块。

[图像来源: Out of the Wood/Lightness – Helmholtz-Kohlrausch 效应]

已有许多研究评估了不同颜色的色块、饱和度、亮度值和背景色对 H-K 效应的影响 [5,9]。然而, 这些研究所使用的测量方法都是主观测量法。David Corney 是我们所了解到的唯一一位通过使用高场功能 MRI 测量视觉皮层视网膜拓扑反应来进行某种程度定量分析的作者 [4]。Corney 研究的主要结论是, 感知亮度与视网膜反应之间存在联系。在视觉皮层中测量的视网膜反应“比刺激的物理亮度更真实地反映了亮度” [4]。

H-K 效应在现代的应用怎样?

有许多军事方面的用例, 例如飞机驾驶舱内的灯使用饱和度更高的光源来增强其感知亮度。还有一些航空方面的用例, 例如地面着陆灯条使用的 LED 光源比滤波后的白炽灯光源更亮。汽车和照明工程师对 H-K 效应也非常了解, 并据此对车辆内外部的汽车照明、仪表盘照明、中控台和其他显示做出了调整 [2]。

H-K 效应增加了感知亮度, 改善了对导航控件和外部照明的感知, 从而提高了飞行员和驾驶员的安全性。

投影仪光源

如今, 投影仪主要由四种光源组成: 灯泡、LED、激光荧光体和直接激光。根据这些光源的颜色纯度, 可以说, 直射激光的 H-K 效应最为突出, 其次是 LED, 然后是激光荧光体, 最后是灯泡。DLP® 技术是少数几个能够利用所有四种光源的投影技术之一。由于 RGB 直接激光尚不成熟, DLP 技术在利用 LED 照明的优势, 特别是在 H-K 效应方面处于强势地位。投影技术的 H-K 效应可提供更为清晰的图像。与不饱和色相比, 这些饱和色更令人兴奋、更富有动感, 并更能吸引观众的注意力 [11]。

与传统的灯泡投影仪相比, LED 可提供 [2,6]:

- 更高的发光效率。
- 更低的颜色和亮度衰减。
- 更长的寿命。
- 亮度和效率不断提高。
- 更高的感知亮度。

由于 LED 光源具有所有优点, 因此 LED 投影仪制造商通过将 LED 光源与高度可靠的空间光调制器 (例如 DLP 技术) 相结合, 可以生产出具有高性能和长使用寿命的投影仪。

借助 H-K 效应, LED 投影仪可通过既明亮又令人愉悦的色彩为观众提供更丰富的内容。

结论

我们认为 H-K 效应是真实存在的; 关于它对人类视觉影响的研究可以追溯到 200 多年前。虽然许多作者都同意 H-K 效应的现实性, 但他们也认为很难用光度法或比色法设备对该效应进行量化。使用视觉皮层的高场功能 MRI 是不现实的。它的不现实性在于, MRI 是一种将人体放置其中来测量视觉皮层活动的机器 (就本例而言)。MRI 的成本通常约为 25 万美元。在让人观看 LED 图像的同时进行 MRI 检查可能既繁琐又昂贵。

尽管我们认为, 与灯泡光源相比, LED 投影仪具有更高的感知亮度, 但需要进行更多的测试才能更好地量化感知亮度增益的范围。这需要进行一致的测试, 其中还包括一个受控的公认环境。此测试需要充分量化 H-K 效应及其感知亮度改善情况, 从而 LED 投影仪制造商在推广 LED 投影仪最终产品时, 可以利用这些特性在流明方面建立领导地位。

由于 LED 具有效率更高、性能衰减更小、使用寿命更长和感知亮度更高等优点, LED 投影仪可以从消费类市场延伸至教育和专业视听系统等许多其他显示市场领域。

参考文献

1. “World Wide Summary.” PMA Research, March 2020, <https://www.pmaresearch.com/>.
2. Donofrio, Robert L. “The Helmholtz-Kohlrausch Effect.” Society for Information Display 19, no. 10: (2011): 658-664.
3. Oh, Semin and Youngshin Kwak. “Investigation of the Helmholtz-Kohlrausch effect using wide-gamut display.” Proceedings of the SPIE-IS&T 9395, 93950X (2015): 1-6.
4. Corney, David, John-Dylan Haynes, Geraint Rees and R. Beau Lotto. “[The Brightness of Colour.](#)” PloS One 4, no. 3 (2009): e5091.
5. Wood, Mike. “[Lightness - The Helmholtz-Kohlrausch effect.](#)” Out of the Wood, Summer 2012.
6. Liao, Shih-Fang, Hung-Yu Chou, Tsung-Hsun Yang, Cheng-Chung Lee and Kirk Chang. “Perceived Brightness of LED Projector.” Society for Information Display 40, no. 1 (2012): 262-264.
7. Shizume, Takaya, Gosuke Ohashi, Hiroaki Takamatsu and Yoshifumi Shimodaira. “Estimation of the Helmholtz-Kohlrausch effect for natural images.” Society for Information Display 22, no. 11 (2015): 588-596.
8. Stone, M. David. “[Are ‘LED lumens’ a Real Thing?](#)” ProjectorCentral.com, Dec. 15, 2017.
9. “[Understanding the Difference Between ANSI Lumens and LED Lumens.](#)” Viewsonic.com, 2019.
10. “[Color Matters.](#)” ColorKinetics.com.
11. “How Color Saturation Affects User Efficiency.” Uxmovement.com

重要声明: 本文所提及德州仪器 (TI) 及其子公司的产品和服务均依照 TI 标准销售条款和条件进行销售。TI 建议用户在下订单前查阅最新最全面的产品与服务信息。TI 对应用帮助、客户应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不承担任何责任。发布有关任何其他公司产品或服务的信息并不构成 TI 批准、担保或认可这些信息。

DLP 和平台标识分别是德州仪器 (TI) 的注册商标和商标。所有其他商标均属于其各自所有者。

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性及其可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及ti.com.cn上或随附TI产品提供的其他可适用条款的约束。TI提供所述资源并不扩展或以其他方式更改TI 针对TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122

Copyright © 2020 德州仪器半导体技术（上海）有限公司