



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114967125 B

(45) 授权公告日 2024. 01. 05

(21) 申请号 202210676411.7

(22) 申请日 2022.06.15

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114967125 A

(43) 申请公布日 2022.08.30

(73) 专利权人 东南大学

地址 211189 江苏省南京市江宁区东南大学路2号

(72) 发明人 何乃龙 张宇宁 黄辰宇 翁一士 王保平

(74) 专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所 (普通合伙) 32249

专利代理师 秦秋星

(51) Int. Cl.

G02B 27/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105865755 A, 2016.08.17

CN 107884005 A, 2018.04.06

DE 102006031942 A1, 2008.01.24

CN 105244008 A, 2016.01.13

CN 105868570 A, 2016.08.17

CN 109479357 A, 2019.03.15

CN 111880309 A, 2020.11.03

CN 111918601 A, 2020.11.10

CN 113406800 A, 2021.09.17

US 2011175925 A1, 2011.07.21

审查员 褚金雷

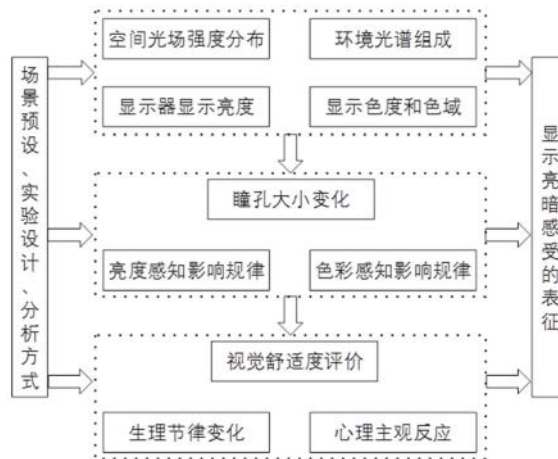
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种基于空间光场和色彩的显示亮暗感受的表征方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于空间光场和色彩的显示亮暗感受的表征方法,利用多种光学测量仪器以及相关软件处理分析了空间光场强度对比与分布对显示亮暗感受的影响规律以及空间色彩分布对显示亮暗感受的影响规律。光学测量仪器包括二维彩色亮度计、光谱测试仪、眼动仪、眼电测试系统和脑电测试系统。本发明还模拟设计了多种功能类型场景,每种场景由亮度和色彩可调的环境光源及显示设备组合而成,并结合人体的主要感光的组织瞳孔大小变化规律、生理节律、心理反应以及视觉舒适度等主要参量,通过主观和客观实验相结合的方式,建立人眼对于显示设备的显示亮暗感受的数学模型,从而真实的表征人眼对于显示设备的显示亮暗感受。



1. 一种基于空间光场和色彩的显示暗亮感受的表征方法,其特征在於,包括如下步骤:

步骤1:置入显示设备,预设使用的场景;

步骤2:测量空间光色和位置参数;

步骤3:采集环境中光色参量和人体主客观参量;所述环境中的光色参量包括:空间光场强度分布、环境光谱组成、显示设备的物理亮度L和空间色度f(R,G,B)数据及色域;所述人体的主客观参量包括:瞳孔直径D、亮度感知影响规律、色彩感知影响规律、视觉舒适度、生理节律和心理反应;

瞳孔直径D的计算公式如下:

$$F = \iint L(x, y) \cdot e^{-\left(\frac{x^2}{2 \cdot \sigma_1^2} + \frac{y^2}{2 \cdot \sigma_2^2}\right)} \cdot \frac{1}{(1+x^2)(1+y^2)} dx dy$$

$$D = D_0 - D_{\Delta} \left(\frac{\left(\frac{F}{2506}\right)^{0.8}}{\left(\frac{F}{2506}\right)^{0.8} + 5} \right)$$

其中,F为基于空间加权的角膜通量密度,x和y是归一化的水平和垂直视角,即为水平和垂直视角的正切值, $e^{-\left(\frac{x^2}{2 \cdot \sigma_1^2} + \frac{y^2}{2 \cdot \sigma_2^2}\right)}$ 项为空间加权函数, σ_1 和 σ_2 为影响因子常数,L(x,y)是视场坐标(x,y)对应点的发光亮度; D_0 和 D_{Δ} 是待定参数,针对不同年龄和性别具体观察者取值不同,决定了瞳孔直径随F的变化范围;

步骤4:利用感知亮度 L_g 表征显示暗亮感受,计算公式如下:

$$L_g = A * L * F(D) * f(R, G, B)$$

其中,A为常数系数;

步骤5:分析主客观实验结果,并加权评价,得出感知亮度值。

2. 根据权利要求1所述的一种基于空间光场和色彩的显示暗亮感受的表征方法,其特征在於,所述步骤5包括:计算视觉舒适度,以对显示亮暗感受进行等级划分。

3. 根据权利要求2所述的一种基于空间光场和色彩的显示暗亮感受的表征方法,其特征在於,所述计算视觉舒适度,以对显示亮暗感受进行等级划分具体包括:

将显示设备的显示亮暗感受从暗到亮进行分级表征,并给出显示亮暗感受的期望;加权评价将显示设备的亮暗感受从暗到亮的分级表征函数 f_L 如下式所示

$$f_L = C \cdot f(L_g) + E \cdot f(VICO) + F$$

其中,C、E、F为常数系数,VICO为视觉舒适度。

4. 根据权利要求3所述的一种基于空间光场和色彩的显示暗亮感受的表征方法,其特征在於,视觉舒适度VICO和感知亮度 L_g 之间的关系呈高斯函数分布。

5. 一种表征显示暗亮感受的试验系统,其特征在於,采用权利要求1-4任一项所述的表征方法,还包括用于测量环境中光色参量的设备和用于测量人体主客观参量的设备。

6. 根据权利要求5所述的一种表征显示暗亮感受的试验系统,其特征在於,用于测量环境中光色参量的设备包括二维彩色亮度计和光谱测试仪。

7. 根据权利要求5所述的一种表征显示暗亮感受的试验系统,其特征在於,用于测量人体主客观参量的设备包括眼动仪、眼电测试系统和脑电测试系统。

一种基于空间光场和色彩的显示亮暗感受的表征方法

技术领域

[0001] 本发明属于光电显示技术领域,涉及显示设备的显示亮暗感受的影响机制及表征方法,还涉及照明光环境设计和检测。

背景技术

[0002] 目前,对于显示亮暗感受需要表征的重要参数之一就是感知亮度,而显示设备的感知亮度和实际亮度之间存在不完全匹配和光电测量参数无法反应观察者对目标的亮度真实感知的问题。而前人对感知亮度的研究虽然已经很多,从早期Weber定律到Stevens定律再到21世纪Lim K等人研究了周围视觉亮度水平(PVL)和视场(FOV)对观察者感知的显示亮度的影响等科研工作者对亮度本身进行了详细研究;早期还有典型的色彩因素影响感知亮度的效应H-K效应;另外,对于生理节律变化和主观心理反应也有一些研究,如对激素分泌的影响和视觉舒适度等主观评测等。

[0003] 上述研究已取得了一些成果,且已有描述感知亮度和显示亮度、瞳孔直径之间关系的简单模型以及瞳孔直径关于视场内亮度分布的数学模型,但也存在一定局限,研究的影响因素相对较少,整体性和融合性不够,适用范围也受限制。近年来随着科技的快速发展,显示技术已成为信息传递的最主要途径。各类显示产品出现在人们的生活、娱乐、工作和学习中,比如:手机、电脑、电视、户内外大屏以及近眼显示器AR/VR等,已有的感知亮度模型已经无法满足目前的需求,因此,需要一个适用性更强、精确度更高的显示亮暗感受的表征方法来方便、准确地反应人眼对于显示设备的亮暗感受。

发明内容

[0004] 发明目的:本发明的目的是为了克服目前对于显示设备的显示亮暗感受的表征的粗略单一、不够全面和无法适配当今显示设备更新换代及应用多样化的问题,提出了一种基于空间光场和色彩的显示亮暗感受的表征方法,可以解决市面上各类显示设备的显示亮暗感受表征准确、全面和真实的问题。本发明从空间光场强度分布、环境光的光谱组成、显示器显示亮度和显示色度与色域的场景预设开始,设计亮度和色彩影响瞳孔大小相关的客观实验,再设计视觉舒适度等相关的主观实验并配合监测生理节律和心理变化,通过分析整合建立一种人眼对于显示亮暗感受的精准表征方法。

[0005] 技术方案:

[0006] 本发明为解决上述技术问题采用以下技术方案:

[0007] 一种基于空间光场和色彩的显示暗亮感受的表征方法,包括如下步骤:

[0008] 步骤1:采集显示设备的物理亮度L、瞳孔直径D和空间色度f(R,G,B)数据;

[0009] 步骤2:利用感知亮度 L_g 表征显示暗亮感受,计算公式如下:

[0010] $L_g = A * L * f(D) * f(R, G, B)$

[0011] 其中,A为常数系数。

[0012] 优选的,瞳孔直径D的计算公式如下:

$$[0013] \quad F = \iint L(x, y) \cdot e^{-\left(\frac{x^2}{2 \cdot \sigma_1^2} + \frac{y^2}{2 \cdot \sigma_2^2}\right)} \cdot \frac{1}{(1+x^2)(1+y^2)} dx dy$$

$$[0014] \quad D = D_0 - D_{\Delta} \left(\frac{\left(\frac{F}{2506}\right)^{0.8}}{\left(\frac{F}{2506}\right)^{0.8} + 5} \right)$$

[0015] 其中, F为修正后的基于空间加权的角膜通量密度, x和y是归一化的水平和垂直视角, 即为水平和垂直视角的正切值, $e^{-\left(\frac{x^2}{2 \cdot \sigma_1^2} + \frac{y^2}{2 \cdot \sigma_2^2}\right)}$ 项为空间加权函数, σ_1 和 σ_2 为影响因子常数, L(x, y)是视场坐标(x, y)对应点的发光亮度; D_0 和 D_{Δ} 是待定参数, 针对不同年龄和性别具体观察者时取值不一样, 决定了瞳孔直径随F的变化范围。现有的瞳孔直径计算模型没有对视场坐标横坐标和纵坐标的影响因子常数进行区分, 使用相同常数 σ 。在F较大处的预测结果尚可, 其变化趋势也和实验结论相符, 说明原有模型在光刺激的亮度、面积较大时预测结果已经较为准确。但是, 在F较小时对应的“横向”和“纵向”的矩形对应的瞳孔直径差别较为明显, 实验值脱离模型计算曲线也比较严重。因此, 有必要对瞳孔直径计算模型进行一些修正。本发明使用 σ_1 和 σ_2 对瞳孔直径计算模型进行修正, 可以通过空间中亮度分布可以相对准确快速计算出人眼瞳孔直径。

[0016] 优选的, 视觉舒适度VICO和感知亮度 L_g 之间的关系呈高斯函数分布。计算视觉舒适度主要目地帮助亮暗感受进行等级划分, 最舒适的亮暗感受实际是不亮不暗。

[0017] 本发明还一种表征显示暗亮感受的试验系统, 包括: 用于测量环境中光色参量的设备、用于测量人体主客观参量的设备。

[0018] 优选的, 其特征就在于, 所述光色参量包括空间光场强度分布、环境光谱组成、显示器显示亮度和空间色度及色域; 用于测量环境中光色参量的设备包括二维彩色亮度计和光谱测试仪。物理亮度可以通过仪器直接测试到, 也可以通过他原理公式通过光强和角度位置来计算得到, 这样可以计算验证和改进, 光谱组成和色度也有一定关系。

[0019] 优选的, 所述主客观参量包括瞳孔直径大小、亮度感知影响规律、色彩感知影响规律、视觉舒适度、生理节律和心理反应; 用于测量人体主客观参量的设备包括眼动仪、眼电测试系统和脑电测试系统。

[0020] 本发明还提供一种基于上述试验系统的试验方法, 包括如下步骤:

[0021] 步骤1: 置入显示设备, 预设使用的场景;

[0022] 步骤2: 测量空间光色和位置参数;

[0023] 步骤3: 分析主客观实验结果, 并加权评价, 得出感知亮度值, 将显示设备的显示亮暗感受从很暗到很亮进行分级表征, 并给出显示亮暗感受的期望。加权评价将显示设备的亮暗感受从暗到亮的分级表征函数 f_L 如下式所示, 其中, C, E, F为常数系数;

$$[0024] \quad f_L = C \cdot f(L_g) + E \cdot f(VICO) + F.$$

[0025] 步骤1的主要创新点在于空间环境的设计, 使得场景更加丰富和真实, 避免纯实验环境下实验。步骤2测量位置参数的作用是试验时显示设备和观察者的相对位置要合理, 比如75寸电视和24寸的电脑显示屏与观察者的距离是不一样的, 这样也可以明确实验设备的位置。

[0026] 有益效果:本发明采用以上表征方案与现有方案相比,具有以下优点:

[0027] 本发明提供了一种基于空间光场和色彩的显示亮暗感受的表征方法,相较于目前对显示亮度感知的粗略单一表征和缺乏结合生理与心理因素等主客观综合表征,提供了全面和精准的显示亮暗感受的表征方法。利用多个客观和主观实验的结合来分析影响显示亮暗感受各元素之间的关系,进一步将实验优化,逐步程序化和模式化,从而精准地建立人眼对于显示设备的显示亮暗感受的数学模型,实现根据不同光环境场景和使用背景下来调节显示设备的物理亮度来适配人眼观看使用,同时可以更好的指导显示技术与设备的优化和改进。

附图说明

[0028] 图1为本发明的总体方法框图。

[0029] 图2实验场景3D模拟仿真效果图,(a)和(b)分别为部分实验场景3D模拟图和仿真效果图。

[0030] 图3非近眼显示设备的实验设置示意图。

[0031] 图4近眼显示设备的实验设置示意图。

[0032] 图5说明亮度的感知具有相对性的部分显示素材图。

[0033] 图6不同色度、不同亮度的刺激下的瞳孔大小趋势图。

[0034] 图7显示设备的显示亮暗感受表征示意图。

[0035] 图8是本发明试验流程图。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图,进一步阐明本发明。

[0037] 本发明所述的一种基于空间光场和色彩的显示亮暗感受的表征方法,如图1所示,其中包含环境中的光色参量:空间光场强度分布、环境光谱组成、显示器显示亮度和显示色度及色域,这些参量可以用二维彩色亮度计和光谱测试仪组成;人体的主客观参量:瞳孔直径大小、亮度感知影响规律、色彩感知影响规律、视觉舒适度、生理节律和心理反应这些参量可以用眼动仪、眼电测试系统和脑电测试系统等仪器设备进行测量;通过上述各参量之间已存在的数学关系,和通过试验获取的相关参量的值,进行进一步加权和融合各元素量值,构建显示亮暗感受与上述各参量之间的数学关系。

[0038] 如图2所示,通过模拟设计软件可以预先设计部分实验场景3D模拟和仿真效果图,通过显示器表面和墙面等物体表面的亮度分布,可以开展各类试验环境的建设做好铺垫,此过程可以方便更科学高效的进行试验。在进入正式试验环节时,对于非近眼显示设置示意图和近眼显示设置示意图如图3和如图4所示,图中显示设备的类型和摆放位置应根据实际使用的情况摆放,两图分别展示的是非近眼和近眼显示设备的实验摆放,如电视机和AR眼镜的摆放,图中用到的四类灯具是尤为关键的,这些灯具的配光曲线和功能效果各有差别,灯具1为非对称配光设计,可以重点照射显示器屏幕;灯具2、灯具3和灯具4是在场景中起着全局照明的作用,它们主要存在出光面结构、形态和功率大小等差异,每类灯具单独可控,且可以调光调色,这样就可以在一个场景内实现多种照明效果的光环境,可以实现显示设备在不同光环境下的试验,从而更加全面分析人眼对于显示设备在不同光环境下的显示

亮暗感受,通过眼动仪和眼电测试系统可以监测人眼瞳孔的变化情况。图5为试验所用到的素材图,通过该图可以说明人眼对于显示亮度的感知具有相对性,即感知亮度和物理亮度存在不能完全匹配的问题,对于显示的素材包括各类图片和视频,在设置好实验步骤后邀请多名不同性别和年龄段的观察者进行观察试验。

[0039] 本发明通过前期初步相关实验已发现瞳孔直径和色度存在着显著的关系。如图6所示,每种颜色都基本遵循类似的曲线关系,但是同样亮度下,不同颜色导致的瞳孔直径也不同。这说明人眼对于同等亮度的每种颜色的敏感度不同。例如,人眼对于目标颜色为蓝色应较为敏感,亮度不高的蓝色就会使瞳孔直径降到很低的值。根据前期研究可知,对于瞳孔直径的计算公式如公式(1)和(2)所示。

$$[0040] \quad F = \iint L(x, y) \cdot e^{-\left(\frac{x^2}{2\sigma_1^2} + \frac{y^2}{2\sigma_2^2}\right)} \cdot \frac{1}{(1+x^2)(1+y^2)} dx dy \quad \#(1)$$

$$[0041] \quad D = D_0 - D_{\Delta} \left(\frac{\left(\frac{F}{2506}\right)^{0.8}}{\left(\frac{F}{2506}\right)^{0.8} + 5} \right) \quad \#(2)$$

[0042] 其中,F为修正后的基于空间加权的角膜通量密度,单位是 $\text{cd} \cdot \text{deg}^2/\text{m}^2$,x和y是归一化的水平和垂直视角,即为水平和垂直视角的正切值, $e^{-\left(\frac{x^2}{2\sigma_1^2} + \frac{y^2}{2\sigma_2^2}\right)}$ 项为空间加权函数, σ_1 和 σ_2 为影响因子常数。L(x,y)是视场坐标(x,y)对应点的发光亮度。D为瞳孔直径,单位为mm; D_0 和 D_{Δ} 是公式中的两个待定参数主要针对不同年龄和性别具体观察者时计算其瞳孔直径,决定了瞳孔直径随F的变化范围。

[0043] 通过上述公式(1)和(2)结合图3、图4和图5先设置两类实验,即:感知亮度评价的相关实验和色彩对感知亮度影响的实验,就可以推出空间光场强度对比与分布对显示亮暗感知的影响规律和色彩对显示亮暗感知的影响规律;从而可以推导出确立空间亮度、屏幕亮度、瞳孔直径与感知亮度的关系。从而可以建立关于显示亮暗感受含有多元素的表征方法。显示亮暗感受利用感知亮度的概念 L_g 的表征可以用通过显示设备的物理亮度L、瞳孔直径D和空间色度f(R,G,B)分布之间的关系:

$$[0044] \quad L_g = A * L * f(D) * f(R, G, B) \quad (3)$$

[0045] 注:式3中A为常数系数,可根据情况进行调整。

[0046] 再通过设计多个主观实验将场景中环境光的各光色元素与显示设备显示的各光色元素以及人的生理节律变化和心理主观反应相结合推导出感知亮度 L_g 与视觉舒适度VICO等相对成熟的主观评价量值之间的关系:

$$[0047] \quad \text{VICO} = f(L_g) \quad (4)$$

[0048] 如图7所示,通过布点拟合可以看出横坐标视觉舒适度VICO和纵坐标感知亮度 L_g 之间的关系大致呈高斯函数分布。

[0049] 本发明通过上述的全部实施方式和过程,可以总结如图8所示,该图为人眼对于显示设备的显示亮暗感受表征示意图,通过显示设备的置入、预设使用的场景、空间光色和位置参数测量、主客观实验结果的分析 and 加权评价的五个步骤即可实现一种基于空间光场和色彩的显示亮暗感受的表征,得出表征值,将显示设备的显示亮暗感受从很暗到很亮进行

分级表征,表征值可以分为10个等级,期望值实际就是中间等级,即“不亮不暗”,并给出显示亮暗感受的期望,这样可以实现对显示设备的反馈和调节,并可以指导显示技术与设备的优化和改进。

[0050] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

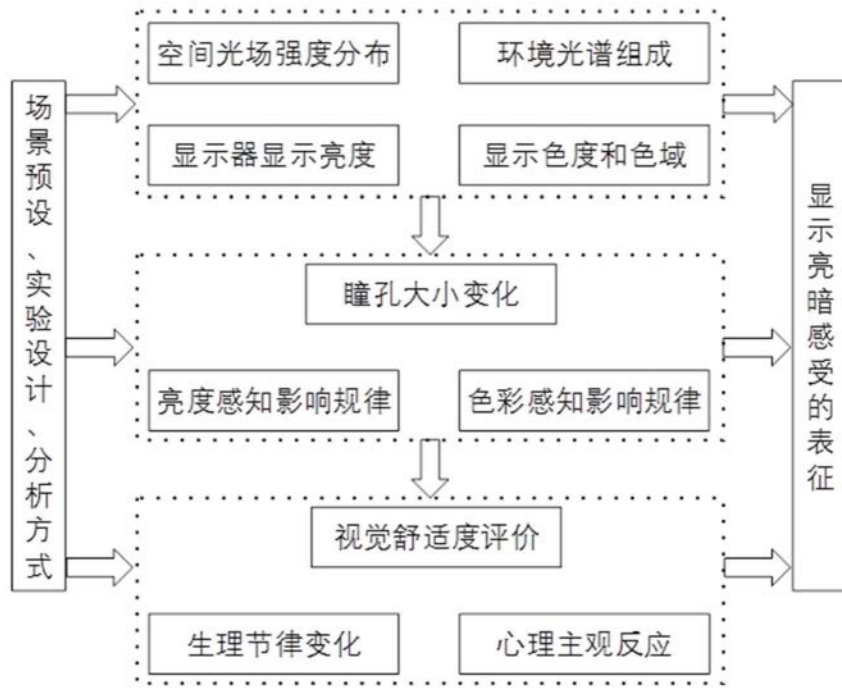
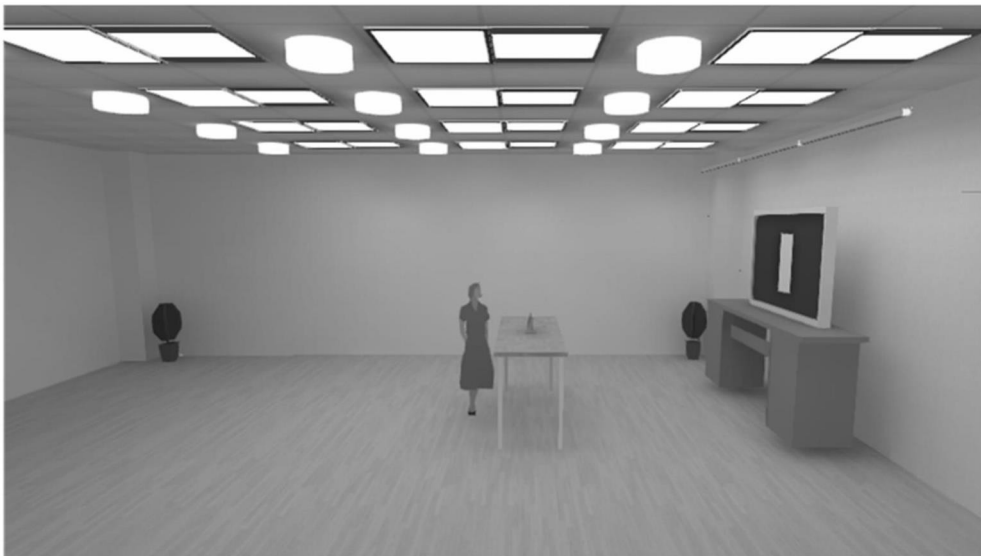
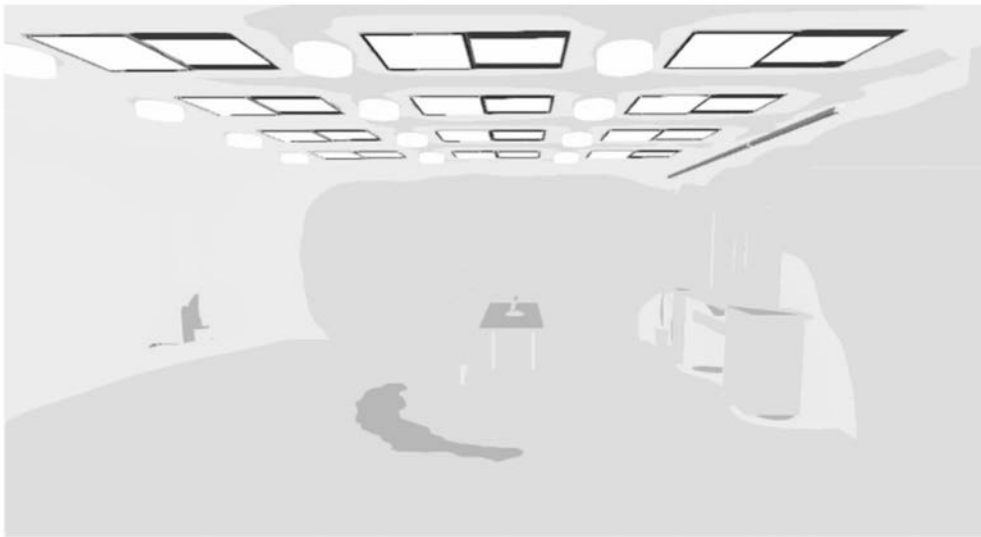


图1



(a)



(b)

图2

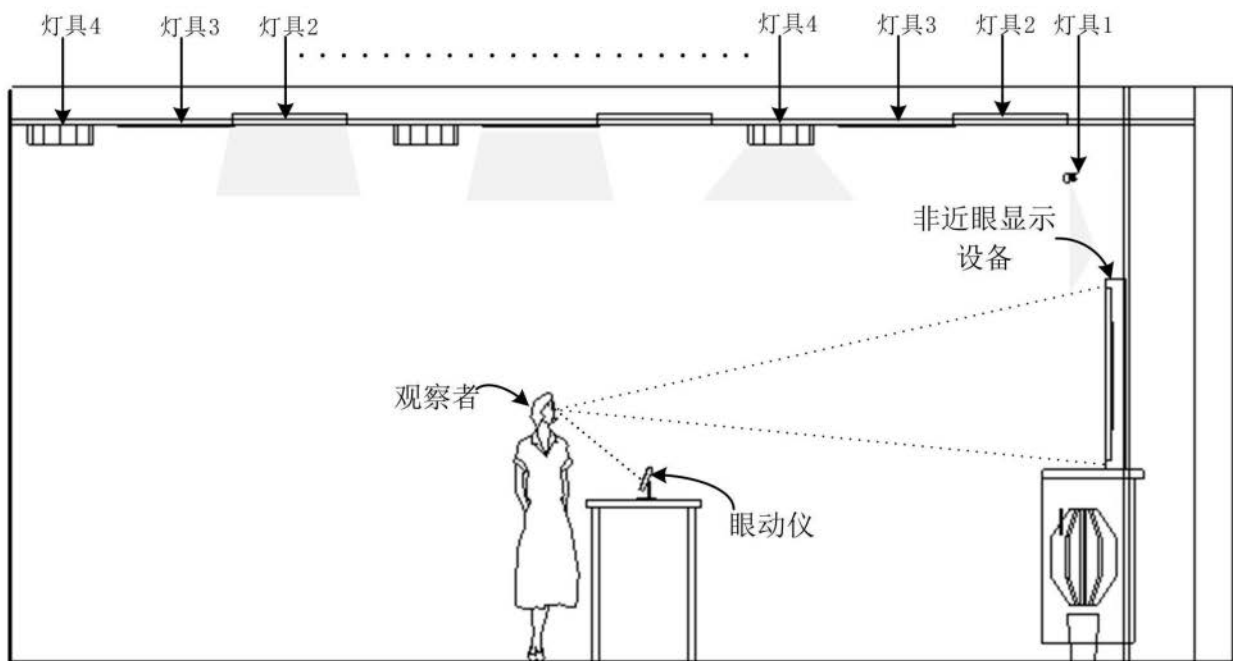


图3

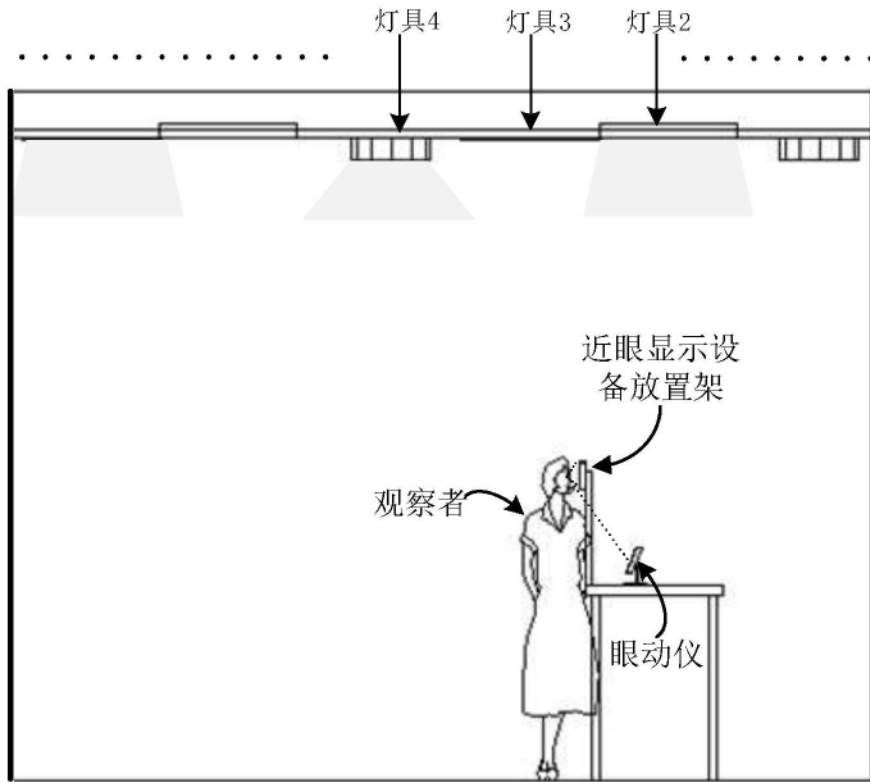


图4

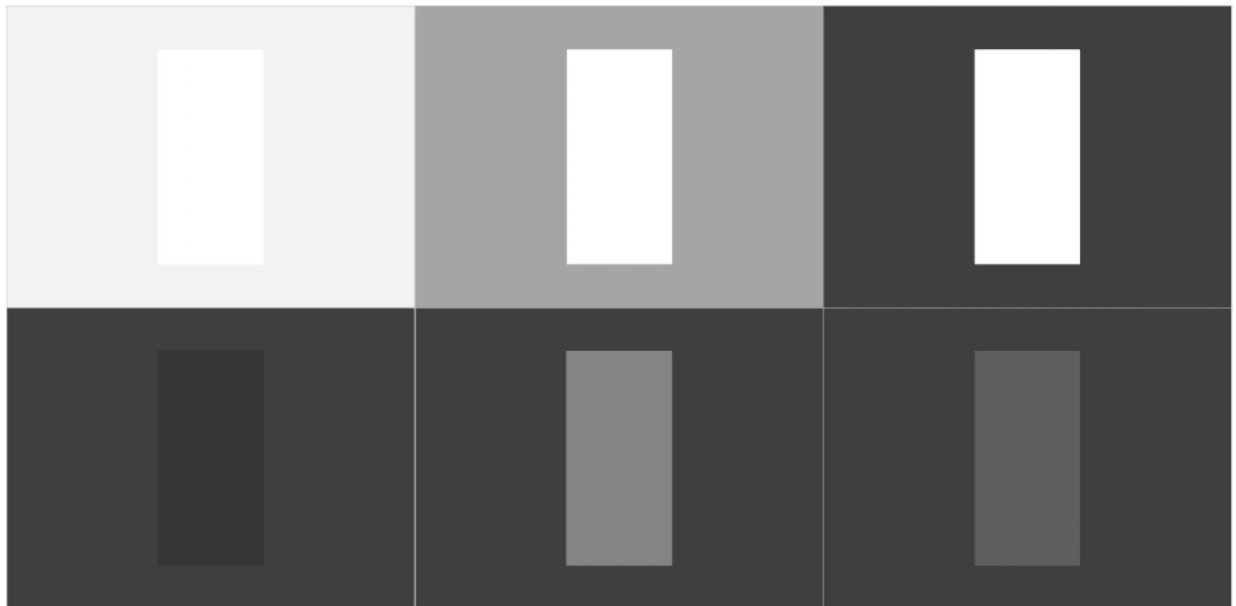


图5

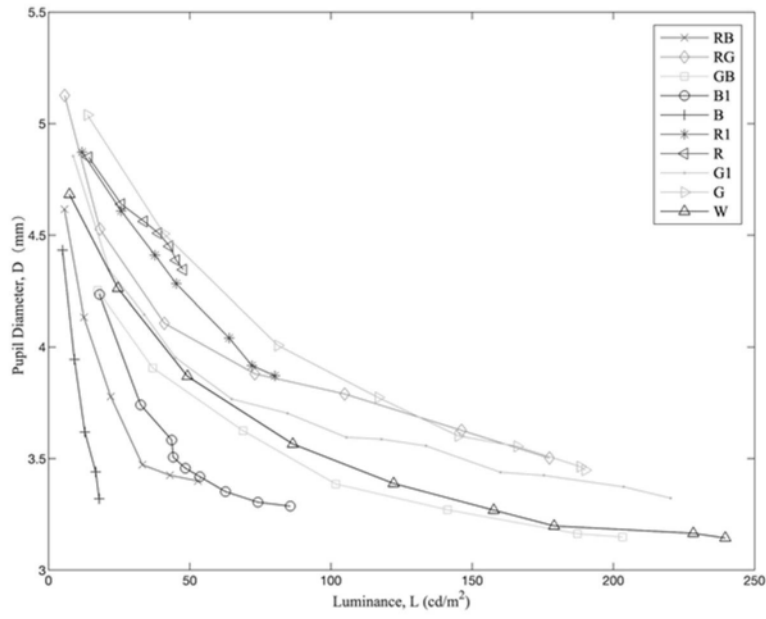


图6

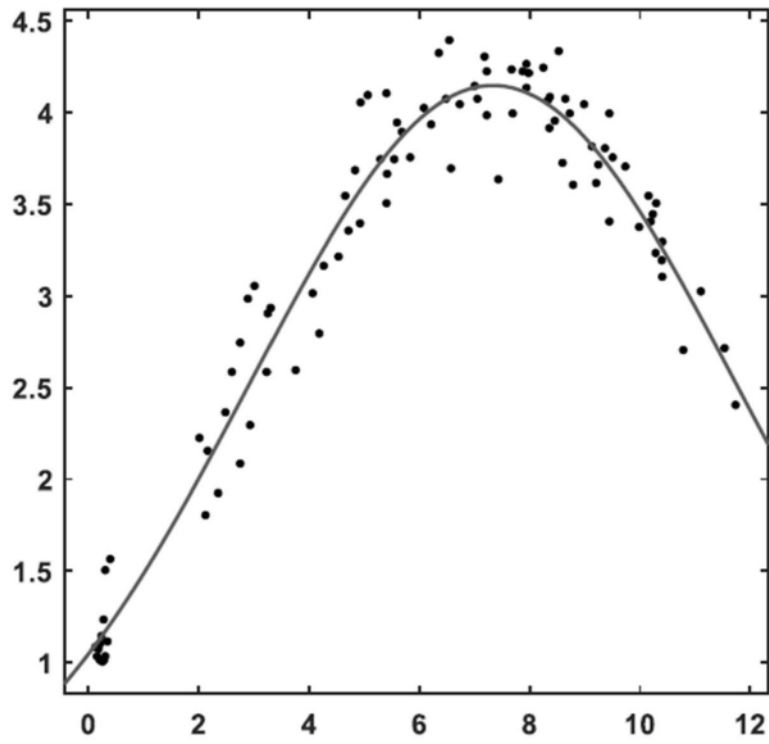


图7

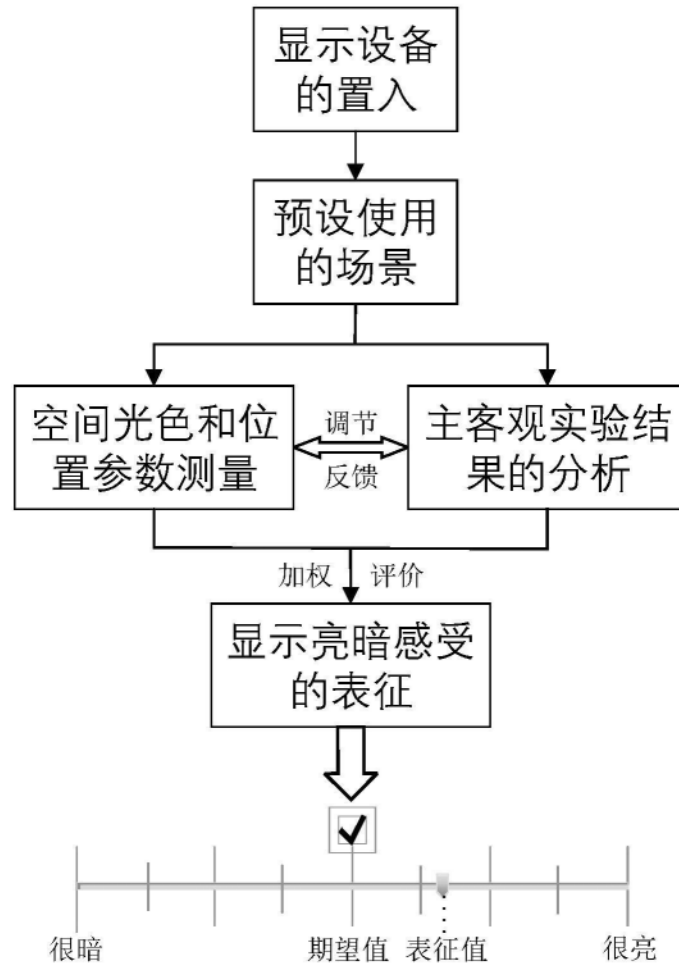


图8