



(21) 申请号 202210604548.1

G03B 15/06 (2021.01)

(22) 申请日 2022.05.31

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 112087527 A, 2020.12.15

申请公布号 CN 115037922 A

CN 210514066 U, 2020.05.12

(43) 申请公布日 2022.09.09

CN 103105286 A, 2013.05.15

CN 109348216 A, 2019.02.15

(73) 专利权人 合肥埃科光电科技股份有限公司

审查员 刘霞

地址 230000 安徽省合肥市高新区燕子河

路388号亿智科技产业园1号楼

(72) 发明人 张光宇 毛文龙 张韬 曹桂平
董宁

(74) 专利代理机构 合肥天明专利事务所(普通
合伙) 34115

专利代理师 苗娟

(51) Int. Cl.

H04N 17/00 (2006.01)

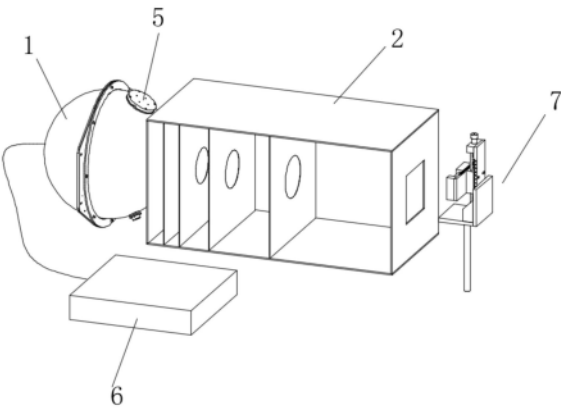
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

用于相机校准的均匀光源平台、不均匀性测量、校正方法

(57) 摘要

本发明的一种用于相机校准的均匀光源平台、不均匀性测量、校正方法,均匀光源平台包括积分球、遮光箱体;积分球的出光口连接遮光箱体的入光口,积分球的检测口连接照度传感器,遮光箱体内设置有多块挡板,遮光箱体内部的多块挡板分别与遮光箱体入光口、遮光箱体出光口相互平行;被测相机位于在遮光箱体出光口处,遮光箱体出光口与被测相机的最大感光面尺寸配合。本发明提供的均匀光源装置结构简单,成本低,通过特殊挡板的设计,解决了遮光箱体内部反射光的问题,实现了光源的均匀性。本发明提供的相机平场校正方法,结合均匀光源装置,实现了对每个像素的响应一致性进行校正。



1. 一种用于相机校准的均匀光源平台, 包括积分球和遮光箱体, 积分球出光口对接遮光箱体, 其特征在于:

遮光箱体内设置有多块挡板, 遮光箱体内部的多块挡板分别与遮光箱体入光口、遮光箱体出光口相互平行;

被测相机位于在遮光箱体出光口处, 遮光箱体出光口与被测相机的最大感光面尺寸配合;

所述挡板上设置有通孔, 通孔的形状为圆形, 通孔的中心轴与积分球的积分球出光口的中心轴、遮光箱体的遮光箱体入光口的中心轴、遮光箱体出光口的中心轴重合;

所述挡板设置在遮光箱体入光口一侧遮光箱体方向上的1/2, 1/4, 1/8, 1/16处中的3处或4处;

所述通孔的直径 d_n 满足为

$$d_n = \frac{x_{n1}d + x_{n2}D}{x_{n1} + x_{n2}}$$

其中, 积分球出光口中心直径为 D , 遮光箱体出光口对角线为 d , 设挡板距离积分球出光口和遮光箱体出光口分别是 x_{n1} 、 x_{n2} ;

所述挡板的通孔上设置有挡光片, 所述挡光片设置在面向遮光箱体入光口一侧的挡板上, 挡光片包括若干刀片沿通孔外沿口呈旋转叠层分布;

所述挡光片外侧的颜色为黑色, 所述挡光片由刀片通过粘接或黑色螺丝固定在挡板上形成。

2. 根据权利要求1所述的用于相机校准的均匀光源平台, 其特征在于:

所述平台还包括光源, 光源固定在积分球侧壁, 光源出光方向朝向积分球内部; 在积分球内部, 光源前侧设置防止光源直射出光口的挡板。

3. 根据权利要求1所述的用于相机校准的均匀光源平台, 其特征在于: 遮光箱体的材质为黑色哑光亚克力板、表面喷砂发黑金属板中的一种; 遮光箱体上下两部分, 分别安装两个横梁。

4. 根据权利要求1所述的用于相机校准的均匀光源平台, 其特征在于:

被测相机幅面尺寸、均匀度与积分球距离的满足以下关系:

$$E_e = E_0 \cos^4 \varphi$$

E_0 为被测相机感光面中心处的照度, E_e 为被测相机感光面边缘处的照度, 积分球出光口的直径为 D , φ 角定义为被测相机感光面边缘到出光口中心的连线, 与水平线之间的夹角。

5. 一种测量光源不均匀性的方法, 基于权利要求1-4任意一项所述的用于相机校准的均匀光源平台, 其特征在于: 所述被测相机安装在相机安装架上, 相机安装架可调节包含一个X轴位移机构和一个Y轴位移机构, 包括以下步骤:

步骤一、将一个高速线阵相机固定在X轴位移机构的中间, 然后将装置固定在遮光箱体出光口处, 保证当刻度尺在零刻度时, 线阵相机的中心像素处于遮光箱体出光口的正中间;

步骤二、分别沿水平和垂直方向调节位移机构, 每个位置采集M行数据, 取图像正中间的固定像素, 求出1000行数据的平均值;

步骤三、根据水平方向和垂直方向扫描过程中记录的固定像素平均值, 画出两条曲线,

用于表示光源在水平方向和垂直方向上的均匀性,曲线表现出中间高,两边低的特性,最高点即为光源的中心,将每个方向上所有数据除以最高点,得到光源亮度衰减的比例,即为光源的不均匀性;

步骤四、根据步骤三测得的光源中心位置,向相反方向调节遮光箱体的水平和垂直方向位置,然后重新执行步骤二和步骤三。

用于相机校准的均匀光源平台、不均匀性测量、校正方法

技术领域

[0001] 本发明涉及相机校准技术领域,具体涉及一种用于相机校准的均匀光源平台及不均匀性测量方法、校正方法。

背景技术

[0002] 由于工艺原因,相机的图像传感器输出的原始图像通常包含一些缺陷,如坏点、团簇、横向和竖向的条纹等,原始图像还通常呈现出空间上的不均匀性,这些问题都可以通过在均匀光源下进行校准来解决。另外图像传感器表面污渍、灰尘的清洁,也需要通过在均匀光源下成像进行判断。因此均匀光源装置对于相机的出厂校准是非常重要的。

[0003] 均匀光源装置最关键的参数就是均匀性和亮度,均匀性体现在空间均匀性和时间均匀性。本发明可以满足超大幅面相机对均匀光源的需求。

[0004] 现有技术通常采用光纤光源或LED光源,经过积分球后照射到相机感光面,为了保证照射的均匀性,积分球与相机感光面需要间隔一段距离。如果在这中间不加遮光罩,整个装置需要安装在暗室里,即使在暗室里,如果要同时安装多套均匀光源装置,装置之间也会互相干扰,导致有反射光进入相机,另外桌子、墙壁等也会造成反射,最终造成相机接收到的照射不均匀。如果在积分球和相机中间加了遮光罩,遮光罩内壁会有漫反射被相机接收。吸光绒布可以避免内壁反射问题,但长时间使用会导致掉毛,有可能落到相机感光面上,影响相机成像。

发明内容

[0005] 本发明提出的一种用于相机校准的均匀光源平台及不均匀性测量、校正方法,可解决上述技术问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用了以下技术方案:

[0007] 一种用于相机校准的均匀光源平台,包括积分球和遮光箱体,积分球出光口对接遮光箱体,遮光箱体内设置有多个挡板,遮光箱体内的多个挡板分别与遮光箱体入光口、遮光箱体出光口相互平行;

[0008] 被测相机位于在遮光箱体出光口处,遮光箱体出光口与被测相机的最大感光面尺寸配合。

[0009] 进一步地,所述挡板上设置有通孔,通孔的形状为圆形,通孔的中心轴与积分球的积分球出光口的中心轴、遮光箱体的遮光箱体入光口的中心轴、遮光箱体出光口的中心轴重合。

[0010] 进一步地,所述挡板的通孔上设置有挡光片,所述挡光片设置在面向遮光箱体入光口一侧的挡板上,挡光片包括若干刀片沿通孔外沿口呈旋转叠层分布。

[0011] 进一步地,所述挡光片外侧的颜色为黑色,所述挡光片由刀片通过粘胶或黑色螺丝固定在挡板上形成。

[0012] 进一步地,所述平台还包括光源,光源固定在积分球侧壁,光源出光方向朝向积分

球内部;在积分球内部,光源前侧设置防止光源直射出光口的挡板。

[0013] 进一步地,所述挡板通孔的直径 d_n 满足为

$$[0014] \quad d_n = \frac{x_{n1}d + x_{n2}D}{x_{n1} + x_{n2}} \quad (7)$$

[0015] 其中,积分球出光口中心直径为D,遮光箱体出光口对角线为d,设挡板距离积分球出光口和遮光箱体出光口分别是 x_{n1} 、 x_{n2} 。

[0016] 进一步地,遮光箱体的材质为黑色哑光亚克力板、表面喷砂发黑金属板中的一种,遮光箱体上下部分分别安装两个横梁。

[0017] 进一步地,被测相机幅面尺寸、均匀度与积分球距离的关系:

$$[0018] \quad E_e = E_0 \cos^4 \varphi \quad (6)$$

[0019] E_0 为相机感光面中心处的照度, E_e 为相机感光面边缘处的照度,积分球出光口的直径为D, φ 角定义为相机感光面边缘到出光口中心的连线,与水平线之间的夹角。

[0020] 另一方面,本发明公开一种测量光源不均匀性的方法,基于上述的用于相机校准的均匀光源平台,所述被测相机安装在相机安装架上,相机安装架可调节包含一个X轴位移机构和一个Y轴位移机构,包括以下步骤:

[0021] 步骤一、将一个高速线阵相机固定在X轴位移机构的中间,然后将装置固定在遮光箱体出光口处,保证当刻度尺在零刻度时,线阵相机的中心像素处于遮光箱体出光口的正中间;

[0022] 步骤二、分别沿水平和垂直方向调节位移机构,每个位置采集M行数据,取图像正中间的固定像素,求出1000行数据的平均值;

[0023] 步骤三、根据水平方向和垂直方向扫描过程中记录的固定像素平均值,画出两条曲线,用于表示光源在水平方向和垂直方向上的均匀性,曲线表现出中间高,两边低的特性,最高点即为光源的中心,将每个方向上所有数据除以最高点,得到光源亮度衰减的比例,即为光源的不均匀性;

[0024] 步骤四、根据步骤三测得的光源中心位置,向相反方向调节遮光箱体的水平和垂直方向位置,然后重新执行步骤二和步骤三。

[0025] 再一方面,本发明还公开一种相机平场校正方法,基于上述用于相机校准的均匀光源平台,包括以下步骤,

[0026] S1:将被测相机固定在遮光箱体出光口;

[0027] S2:调节被测相机高度,使相机感光面中心与遮光箱体出光口中心对齐;

[0028] S3:暗场坏点提取;即关闭光源,相机连续采集若干张图片,对每张图片做5*5中值滤波,再用滤波后的图片与原始图片相减,求绝对值,设定合理阈值,提取所有坏点坐标,将所有暗场图片的坏点坐标合并到一起并排序;

[0029] S4:明场坏点提取;即打开光源,调节光源亮度和曝光时间使相机采集图像亮度在满亮度的70%,重复S3步骤,将提取到的暗场坏点和明场坏点合并到一起并排序得到最终坏点列表;其中,所述S3步骤的过程包括:相机连续采集若干张图片,对每张图片做5*5中值滤波,再用滤波后的图片与原始图片相减,求绝对值,设定合理阈值,提取所有坏点坐标;

[0030] S5:坏点校正;根据坏点列表,后面对所有图像坏点使用最邻近的非坏点像素进行

替换;

[0031] S6:暗场不均匀性校准;即关闭光源,相机连续采集若干张图片,计算出每个像素在所有图片中的平均值,得到一张平均图 I_B ,去除图像噪声的影响;

[0032] S7:明场不均匀性校准;即打开光源,调节光源亮度和曝光时间使相机采集图像亮度在满亮度的70%,重复S6步骤,得到一张平均图 I_W ,设 I_W 最大值为 I_{W_MAX} ,计算 $K_W = I_{W_MAX} - I_W$;其中,所述S6步骤的过程包括:相机连续采集若干张图片,计算出每个像素在所有图片中的平均值;

[0033] S8:不均匀性校正;即计算 $I' = I * K_W + I_B$ 。

[0034] 由上述技术方案可知,本发明的用于相机校准的均匀光源平台及方法具有以下有益效果:

[0035] 本发明提供的均匀光源装置结构简单,成本低,通过公式准确计算相机感光面与积分球之间的距离,并计算出光源均匀性的理论值;通过遮光箱体内部安装特殊挡板的设计,解决了遮光箱体内部反射光的问题,实现了光源的均匀性,并且不需要暗室环境;通过光源均匀性检测装置,可以周期性地测量均匀光源装置的均匀性。本发明提供的相机平场校正方法,结合均匀光源装置,实现了对每个像素的响应一致性进行校正。

附图说明

[0036] 图1和图2是本发明实施例装置的整体结构示意图;

[0037] 图3是本发明实施例的遮光箱体结构示意图;

[0038] 图4是本发明实施例的挡板、通孔及挡光片结构示意图;

[0039] 图5是本发明实施例的通孔出的挡光片结构示意图;

[0040] 图6是本发明实施例积分球结构示意图;

[0041] 图7是本发明实施例相机架结构示意图。

具体实施方式

[0042] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0043] 本发明实施例第一方面提供一种用于相机校准的均匀光源装置,可提供大幅面亮度可调的均匀光源,用于检测图像传感器缺陷和灰尘情况,并校准各个像元相等或接近相等,满足相机出厂校准需求。

[0044] 均匀光源装置如图1到图6所示,包括积分球1,遮光箱体2,被测相机3,光源4,照度传感器5,挡板23,光源控制器6。

[0045] 积分球1用于将光源转换成均匀光源,包括一个积分球入光口,一个积分球出光口,和若干个积分球检测口,积分球入光口连接光源4,积分球1的出光口连接遮光箱体2的入光口,积分球1的检测口连接照度传感器5,积分球1其他的检测口用于安装光电传感器或颜色传感器。为了防止光源直射相机,光源正前方安装一个小挡板即光源朝向积分球内侧安装,在积分球内侧,光源前面装一个小挡板,防止光源直射出光口。具体的说,光源固定在积分球侧壁,光源出光方向朝向积分球内部;在积分球内部,光源前侧设置防止光源直射出

光口的挡板。

[0046] 遮光箱体2用于遮挡遮光箱体2外部的环境光,防止环境光进入被测相机3的感光面,保证光源4的均匀性。遮光箱体2两侧分别设置有遮光箱体入光口21、遮光箱体出光口22,和挡板23。遮光箱体2内设置有多个挡板23,多个挡板23与遮光箱体入光口21、遮光箱体出光口22相互平行;相互平行可保证积分球出光口,遮光箱体入光口,各挡板出光口,遮光箱体出光口都在同一水平线上,从而保证相机感光面位于光轴中心,确保相机感光面受照射的均匀性。

[0047] 遮光箱体2的材质为黑色哑光亚克力板、表面喷砂发黑金属板中的一种,尽量减少表面反射。亚克力板材材质较软,亚克力板材质的遮光箱体2上下分别安装两个横梁,增加结构强度,避免形变;遮光箱体入光口21为圆形,与积分球出光口外径相同,积分球开口通常为圆形,遮光箱体入光口与积分球出光口形状一致,尺寸相近,可以在安装时减小两者之间的缝隙,从而避免漏光以及环境光的进入。

[0048] 遮光箱体2、积分球1通过遮光箱体入光口21与积分球出光口连接。遮光箱体出光口22为长方形,长方形与被测相机3的最大感光面尺寸配合。采用长方形主要考虑到加工和安装的便利性,比如采用铝合金材质或亚克力板材质,每个面加工成一个板,即可拼成遮光箱体结构,侧面可以设计一种翻盖结构,便于安装固定挡板,同时长方形相比圆柱形等结构更容易固定。

[0049] 被测相机3位于在遮光箱体2的遮光箱体出光口22处,被测相机3安装在下方有相机安装架8,通过相机安装架8调节被测相机3的位置,使被测相机3的感光面位于遮光箱体出光口22的正中间。

[0050] 光源4为LED光源或卤素光源中的一种;LED光源为RGB三色光源、白光光源、红外光源中的一种;

[0051] 光源控制器6与光源4连接;光源控制器6是一种可调电流的直流电源,工作在恒流模式。

[0052] 积分球是一种朗伯辐射体,其在任意发射方向上辐射亮度不变。如图6所示, E_0 为相机感光面中心处的照度, E_e 为相机感光面边缘处的照度,积分球出光口与相机感光面中心间距为 x ,积分球出光口的直径为 D ; E_0 的照度与出光口在 E_0 处对应的立体角成正比,即与 $\sin\theta$ 的平方成正比,因此满足条件:

$$[0053] \quad E_0 = k \sin^2 \theta \approx 4k \frac{x^2}{D^2} \quad (1)$$

[0054] 在积分球出光口上取一个小面元 dS_0 ,其沿 φ 角方向的投影面积 dS_p 为:

$$[0055] \quad dS_p = dS_0 \cos^2 \varphi \quad (2)$$

[0056] 沿 φ 角方向的辐射亮度只与投影面积相关,因此:

$$[0057] \quad E_p = E_0 \cos^2 \varphi \quad (3)$$

[0058] 沿 φ 角方向的投影面积 dS_p 出射的光照射到相机感光面的面积 dS_e 为:

$$[0059] \quad dS_e = dS_p / \cos^2 \varphi \quad (4)$$

[0060] 沿 φ 角方向的相机感光面接收到的辐射亮度为:

$$[0061] \quad E_e = E_p dS_p / dS_e \quad (5)$$

[0062] 将公式 (3) 和公式 (4) 代入公式 (5) :

$$[0063] \quad E_e = E_0 \cos^4 \varphi \quad (6)$$

[0064] 根据公式 (6), 当相机离积分球越远时, 相机感光面边缘对应的出射光角度越小, 光照越均匀, 根据公式 (1), 当相机离积分球越远时, 亮度越低, 积分球出光口越大, 亮度越高。不过积分球越完整, 就越接近理想积分球, 当出光口过大时, 会破坏积分球完整性, 导致光源不均匀, 通常出光口直径不超过积分球直径的1/3。根据公式 (6), 可推算出相机幅面尺寸、均匀度与积分球距离的关系, 从而确定遮光箱体的长度。假设要求相机感光面被照均匀性为98%以上, 即相机角部与中心亮度差异为2%以内, 根据公式 (6) 可得 $\cos^4 \varphi = 0.98$, 从而计算出 φ , 根据图6, 已知d和 φ , 可以求出x。

[0065] 所述挡板23设置在遮光箱体入光口21一侧遮光箱体2方向上的1/2, 1/4, 1/8, 1/16处中的3处或4处, 挡板23减少遮光箱体2内壁反射光进入相机感光面。

[0066] 所述挡板23上设置有通孔24, 通孔24的形状为圆形, 通孔24的中心轴与积分球1的积分球出光口的中心轴、遮光箱体6的遮光箱体入光口21的中心轴、遮光箱体出光口22的中心轴重合;

[0067] 所述挡板23的通孔24上设置有挡光片25, 挡光片25内端完全覆通孔24边沿的挡板23, 挡光片25由若干刀片沿通孔24外沿口呈旋转叠层分布; 所述挡光片25位于遮光箱体入光口21一侧的挡板23上;

[0068] 所述挡光片25外侧的颜色为黑色, 挡光片一面与挡板固定, 另一面裸露在外, 为外侧, 黑色用于吸光, 可通过表面粘贴黑色胶带实现;

[0069] 所述挡光片25的刀片为双面刮脸刀片; 刮脸刀中间有通孔, 质量轻, 可以方便固定, 刀片边缘锋利, 降低边缘反光面积, 同时刮脸刀为民用标准品, 成本较低, 其他边缘锋利的结构都可用于替代。

[0070] 所述挡光片25由刀片通过粘胶或黑色螺丝固定在挡板23上形成;

[0071] 所述挡板23通孔的直径 d_n 满足为

$$[0072] \quad d_n = \frac{x_{n1}d + x_{n2}D}{x_{n1} + x_{n2}} \quad (7)$$

[0073] 其中, 积分球出光口中心直径为D, 遮光箱体出光口22对角线为d, 设挡板距离积分球出光口和遮光箱体出光口22分别是 x_{n1} 、 x_{n2} ;

[0074] 从积分球出光口直射的光, 能够毫无遮挡地穿过遮光箱体2内的通孔24, 并进入被测相机3的感光面; 而照射在遮光箱体内侧壁的光线, 无法反射到被测相机3的感光面, 通孔24边缘完全被旋转刀片叠层覆盖形成挡光片25, 挡光片25内径中心厚度远薄于挡板23的厚度, 有效减小通孔24侧边边缘挡板23的厚度, 避免穿过挡板23上通孔24的光线, 从通孔24的边反射进被测相机3的感光面, 从而最大限度地保证光源均匀性; 从遮光箱体出光口22方向往里看, 可以看到完整的积分球出光口, 且只有积分球出光口是亮的, 其他区域都是暗的, 说明遮光箱体的成功抑制了反射光。

[0075] 如图7所示, 采用相机安装架7测量光源不均匀性, 相机安装架7包含一个X轴位移机构71和一个Y轴位移机构72, 每个位移方向都有刻度尺74, 刻度尺为中分尺, 测量光源不均匀性的方法为:

[0076] 步骤一、将一个高速线阵相机固定在X轴位移机构71的中间相机安装块74,然后将装置固定在遮光箱体出光口22处,保证当刻度尺在零刻度时,线阵相机的中心像素处于遮光箱体出光口22的正中间。

[0077] 步骤二、分别沿水平和垂直方向调节位移机构,每个位置采集若干行数据,本实施例连续采集1000行,取图像正中间的固定像素,求出1000行数据的平均值。

[0078] 步骤三、根据水平方向和垂直方向扫描过程中记录的固定像素平均值,画出两条曲线,用于表示光源在水平方向和垂直方向上的均匀性。曲线应当表现出中间高,两边低的特性,最高点即为光源的中心。将每个方向上所有数据除以最高点,可得到光源亮度衰减的比例,即为光源的不均匀性。

[0079] 步骤四、根据上一步测得的光源中心位置,向相反方向调节遮光箱体的水平和垂直方向位置,然后重新执行步骤二和步骤三。

[0080] 本发明第二方面提供一种相机平场校正方法,具体步骤如下:

[0081] S1:将被测相机固定在遮光箱体出光口22。

[0082] S2:调节被测相机高度,使相机感光面中心与遮光箱体出光口22中心对齐。

[0083] S3:暗场坏点提取。关闭光源,相机连续采集若干张图片,本实施例连续采集20张暗场图片,多次采集可以防止某些坏点存在闪烁情况。对每张图片做5*5中值滤波,再用滤波后的图片与原始图片相减,求绝对值,设定合理阈值,提取所有坏点坐标,将所有暗场图片的坏点坐标合并到一起并排序。

[0084] S4:明场坏点提取。打开光源,调节光源亮度和曝光时间使相机采集图像亮度在满亮度的70%左右,重复上一步骤,将提取到的暗场坏点和明场坏点合并到一起并排序得到最终坏点列表。

[0085] S5:坏点校正。根据坏点列表,后面对所有图像坏点使用最邻近的非坏点像素进行替换。替换功能可以集成在相机内部,也可以在图像后处理过程中实现。

[0086] S6:暗场不均匀性校准。关闭光源,相机连续采集若干张图片,本实施例连续采集100张暗场图片,计算出每个像素在所有图片中的平均值,得到一张平均图 I_B ,这样可以有效去除图像噪声的影响。

[0087] S7:明场不均匀性校准。打开光源,调节光源亮度和曝光时间使相机采集图像亮度在满亮度的70%左右,相机连续采集若干张图片,本实施例连续采集100张明场图片,计算出每个像素在所有图片中的平均值,得到一张平均图 I_W ,计算 $I'_W = I_W - I_B$ 为去除暗场的明场平均图,设 I'_W 最大值为 I'_{W_MAX} ,计算 $K_W(i, j) = I'_{W_MAX} / (I'_{W_MAX} - I'_W(i, j))$,其中 $K_W(i, j)$ 为每个像素的乘性系数。

[0088] S8:不均匀性校正。计算 $I' = (I - I_B) * K_W$,其中 I 为拍摄得到的原始图像, I' 为校正后的图像。此计算过程可以在相机内部完成,也可以在图像后处理过程中完成。

[0089] 综上所述,本发明提供的均匀光源装置结构简单,成本低,通过特殊挡板的设计,解决了遮光箱体内壁反射光的问题,实现了光源的均匀性,并且不需要暗室环境。本发明提供的相机平场校正方法,结合均匀光源装置,实现了对每个像素的响应一致性进行校正。

[0090] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0091] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

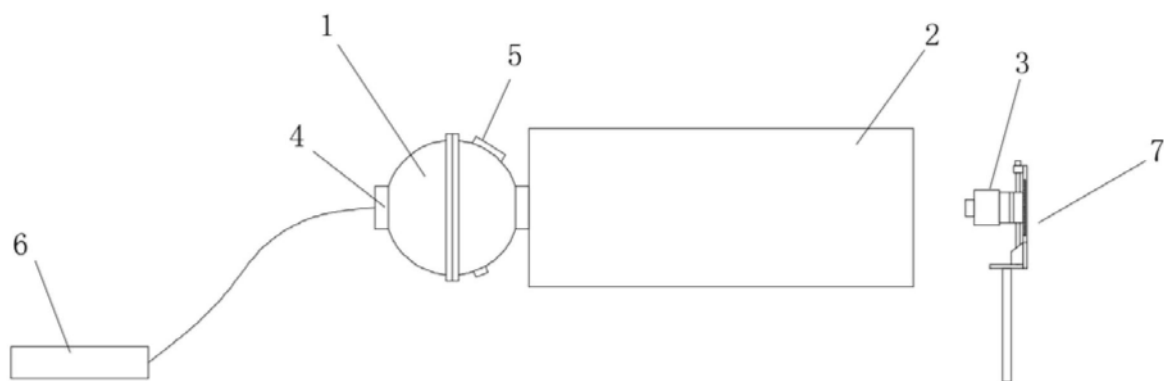


图1

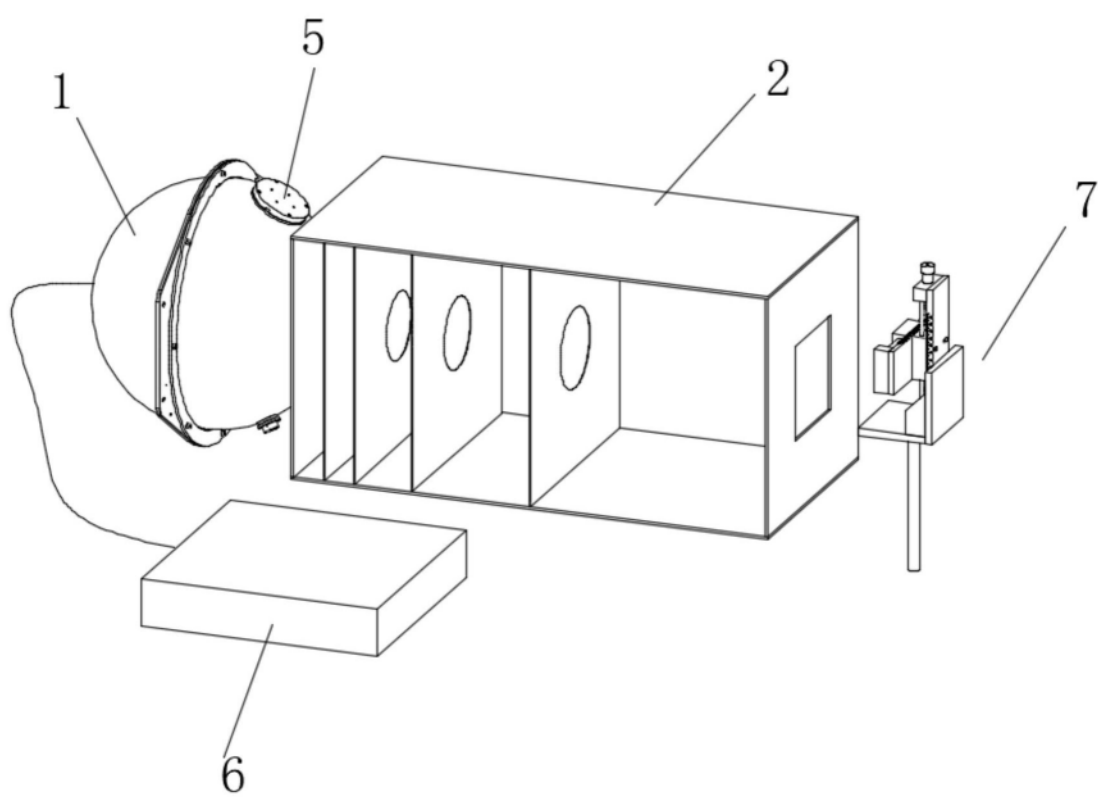


图2

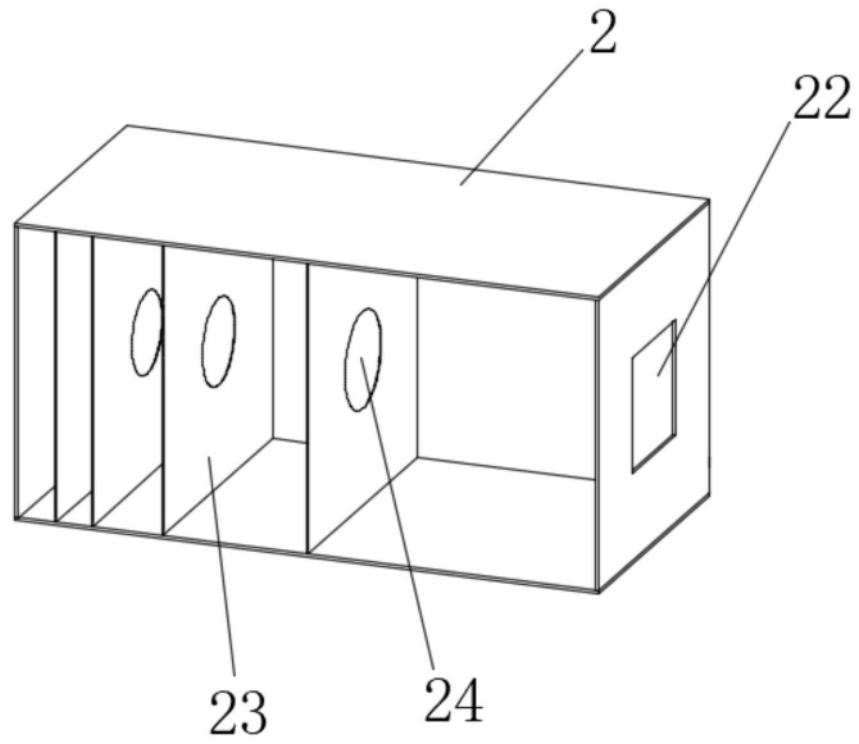


图3

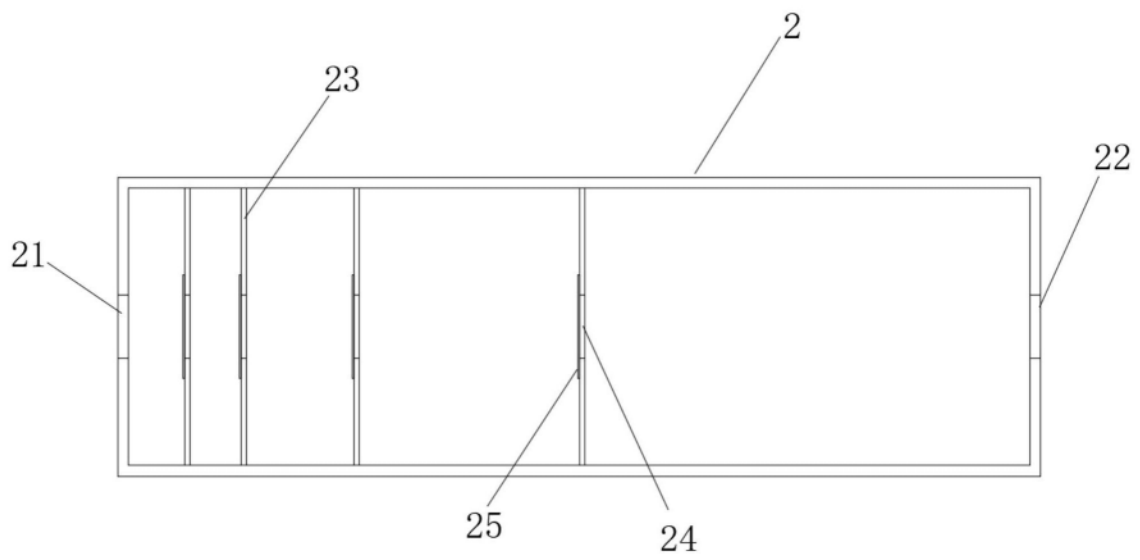


图4

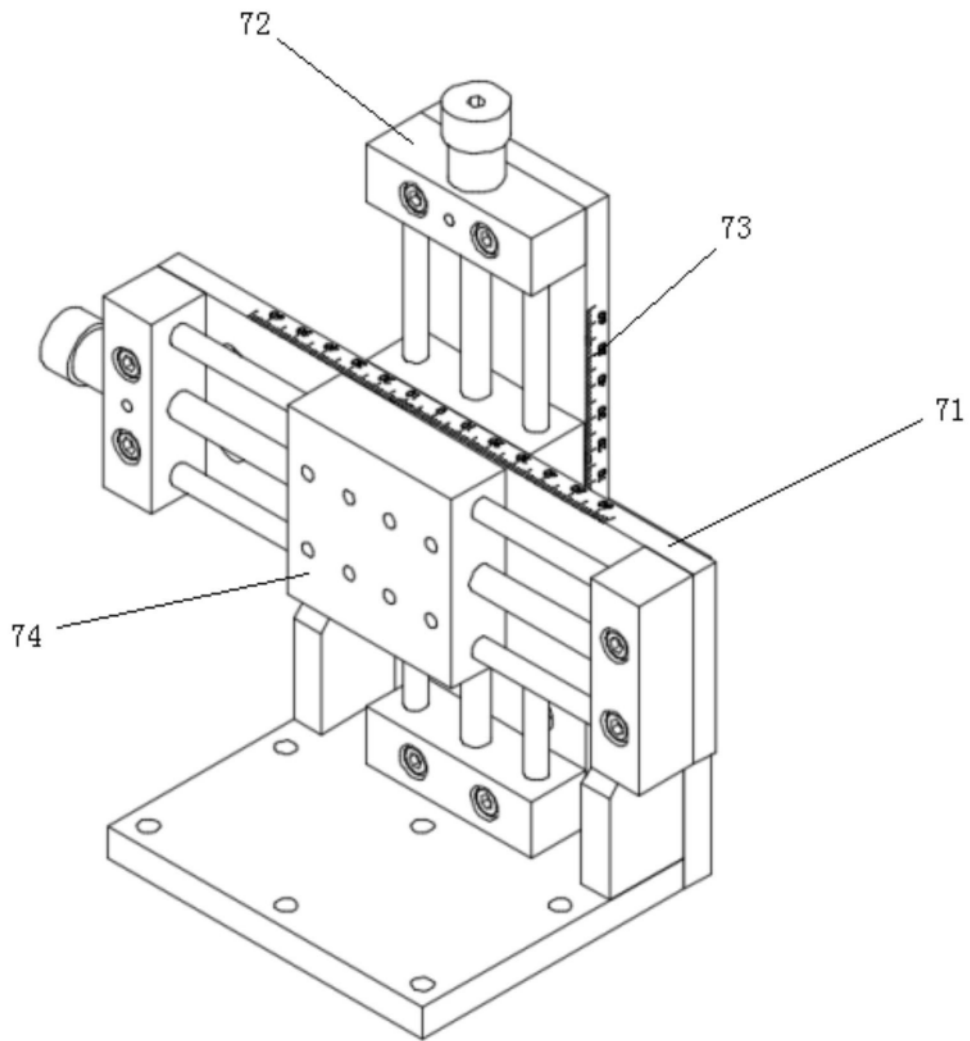


图7