



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107966164 B

(45)授权公告日 2020.06.02

(21)申请号 201711212681.8

G01C 21/02(2006.01)

(22)申请日 2017.11.28

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107966164 A

CN 104034514 A, 2014.09.10,

CN 103591966 A, 2014.02.19,

CN 107145081 A, 2017.09.08,

(43)申请公布日 2018.04.27

CN 104406607 A, 2015.03.11,

(73)专利权人 北京仿真中心

CN 101013033 A, 2007.08.08,

地址 100854 北京市海淀区永定路142信箱  
30分箱

CN 101699222 A, 2010.04.28,

RU 2012148690 A, 2014.05.20,

(72)发明人 张宇 马一原 李响 刘柏廷  
王超磊 王晓雷

审查员 赵培

(74)专利代理机构 北京正理专利代理有限公司  
11257

代理人 付生辉

(51)Int.Cl.

G01C 25/00(2006.01)

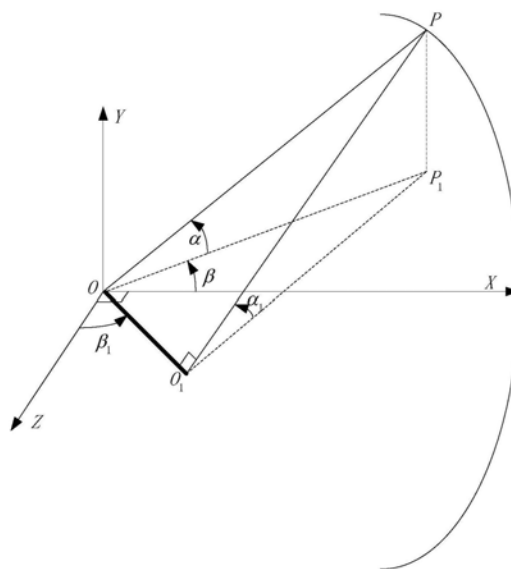
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种基于五轴转台的天球幕星光标定方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于五轴转台的星光标定方法。标定系统包括：天球幕、星光指向控制计算机、五轴转台、星光场景投影系统、星光理论指向投影系统、星光探测器、星光探测器单元测试系统。本发明提供的天球幕星光标定方法，使用星光指向控制计算机系统依据侧向偏置二轴转台驱动模型对三轴转台和侧向偏置二轴转台进行有序控制，只需通过星光探测器观测调整星点在星图的像素位置修正偏差即可，克服了现有技术中标定方法中标定基准依赖人眼定位、星光定位误差大、标定过程复杂等问题。本发明为星光导航半实物仿真系统提供了有效的星光标定方法，对星光位置需要经常改变的半实物仿真试验具有重要意义。该方法具有工作量小、操作简便等优点。



1. 一种基于五轴转台的天球幕星光标定方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、搭建基于五轴转台的天球幕星光标定系统

所述基于五轴转台的天球幕星光标定系统包括:天球幕、星光指向控制计算机、五轴转台、星光场景投影系统、星光理论指向投影系统、星光探测器、星光探测器单元测试系统;其中,

五轴转台包括:三轴转台、侧向偏置二轴转台及转台控制系统;

星光场景投影系统包括:图形工作站、若干台星光场景投影机及镜头;

星光理论指向投影系统,包括:星光理论指向投影机及镜头;

星光指向控制计算机实现对星光场景投影系统、五轴转台的控制;星光探测器单元测试系统实现对星光探测器控制并下传测试图像;

S2、建立侧向偏置二轴转台驱动模型

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{R * \sin \alpha}{\sqrt{R^2 - a^2}}$$

$$\beta_1 = \frac{\pi}{2} + \beta - \arccos \frac{a}{R * \cos \alpha}$$

其中, $\alpha_1$ 为侧向偏置二轴转台的俯仰轴指令角, $\beta_1$ 为侧向偏置二轴转台的偏航指令角;

$\alpha$ 为星点指向俯仰角, $\beta$ 为星点指向方位角, $\alpha$ 和 $\beta$ 由星光场景投影系统提供,为在实验室坐标系下;

R为天球幕半径;a为星光场景投影机的光轴到三轴转台回转中心的距离;

所述基于五轴转台的天球幕星光标定系统布局于天球仿真实验室;三轴转台的回转中心位于天球圆心;星光场景投影系统置于实验室地面上;星光理论指向投影系统垂直固定在侧向偏置二轴转台上,通过侧向偏置二轴转台的转动实现星点投射区域的选择,星光探测器安装在三轴转台的回转中心上;

S3、基于五轴转台的天球幕星光标定

星光指向控制计算机按照侧向偏置二轴转台驱动模型有序控制三轴转台、侧向偏置二轴转台;

三轴转台的俯仰轴指令角等于 $\alpha$ 、偏航指令角等于 $\beta$ 、滚转指令角等于0;根据侧向偏置二轴转台驱动模型,计算得到侧向偏置二轴转台的俯仰轴指令角 $\alpha_1$ 和偏航指令角 $\beta_1$ ;此时星光理论指向投影机在球幕上投射的星点位置即为需要投射星点的理论位置;

利用星光探测器观测,通过调整投影到天球幕星点的像素位置来修正投影偏差,直到星点位置位于星光探测器视场中心;

启动星光场景投影系统,将星点位置投射到星光理论指向投影机星点位置处;

至此,完成基于五轴转台的天球幕星光标定。

2. 根据权利要求1所述的天球幕星光标定方法,其特征在于,所述星光指向控制计算机通过电缆分别与星光场景投影系统、五轴转台连接;星光探测器和星光探测器单元测试系统通过电缆连接。

3. 根据权利要求1所述的天球幕星光标定方法,其特征在于,所述星光探测器单元测试系统记录每次星点位置调整过程中的数据。

## 一种基于五轴转台的天球幕星光标定方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及星光标定技术领域,具体涉及一种基于五轴转台的天球幕星光标定方法。

### 背景技术

[0002] 现有天球幕星光标定方法采用“人工粗调+探测器微调”的方法实现。首先根据星点指向,确定星光在天球幕上投射的大致区域,并通过地面星光投影机将星点投向该区域上;然后反复调整投影机投射角度,直到进入安装在三轴转台上的探测器的视场内,最后将星点在投射图像中的像素点位置调整到探测器视场中心,完成天球幕星光标定。该方法原理简单,易于上手,但由于缺少星光理论指向手段,在粗调阶段需要反复多次调整投影机投射角度,工作量大,且对人员的操作经验要求比较高,特别不利于星光位置需要经常改变的半实物仿真试验。

### 发明内容

[0003] 基于以上背景技术,本发明提供一种基于五轴转台的天球幕星光标定方法,解决现有星光标定方法中存在的问题:工作量大、对人员操作经验要求高、特别不利于星光位置需要经常改变的半实物仿真试验的问题。

[0004] 为了实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0005] 一种基于五轴转台的天球幕星光标定方法,包括以下步骤:

[0006] S1、搭建基于五轴转台的天球幕星光标定系统

[0007] 所述基于五轴转台的天球幕星光标定系统包括:天球幕、星光指向控制计算机、五轴转台、星光场景投影系统、星光理论指向投影系统、星光探测器、星光探测器单元测试系统;其中,

[0008] 五轴转台包括:三轴转台、侧向偏置二轴转台及转台控制系统;

[0009] 星光场景投影系统包括:图形工作站、若干台星光场景投影机及镜头;

[0010] 星光理论指向投影系统,包括:星光理论指向投影机及镜头;

[0011] 星光指向控制计算机系统实现对星光场景投影系统、五轴转台的控制;星光探测器单元测试系统实现对星光探测器控制并下传测试图像;

[0012] S2、建立侧向偏置二轴转台驱动模型

$$[0013] \quad \alpha_1 = \arcsin \frac{R * \sin \alpha}{\sqrt{R^2 - a^2}}$$

$$[0014] \quad \beta_1 = \frac{\pi}{2} + \beta - \arccos \frac{a}{R * \cos \alpha}$$

[0015] 其中, $\alpha_1$ 为侧向偏置二轴转台的俯仰轴指令角, $\beta_1$ 为侧向偏置二轴转台的偏航指令角;

[0016]  $\alpha$ 为星点指向俯仰角, $\beta$ 为星点指向方位角, $\alpha$ 和 $\beta$ 由星光场景投提供,为在实验室坐

标系下；

[0017] R为天球幕半径；a为星光场景投影机的光轴到三轴转台回转中心的距离；

[0018] S3、基于五轴转台的天球幕星光标定

[0019] 星光指向控制计算机按照侧向偏置二轴转台驱动模型有序控制三轴转台、侧向偏置二轴转台；

[0020] 三轴转台的俯仰轴指令角等于 $\alpha$ 、偏航指令角等于 $\beta$ 、滚转指令角等于0；根据转台驱动模型，计算得到侧向偏置二轴转台的俯仰轴指令角 $\alpha_1$ 和偏航指令角 $\beta_1$ ；此时星光理论指向投影机在球幕上投射的星点位置即为需要投射星点的理论位置；

[0021] 利用星光探测器观测，通过调整投影到天球幕星点的像素位置来修正投影偏差，直到星点位置位于星光探测器视场中心；

[0022] 启动星光场景投影系统，将星点位置投射到星光理论指向投影机星点位置处；

[0023] 至此，完成基于五轴转台的天球幕星光标定。

[0024] 优选地，所述基于五轴转台的天球幕星光标定系统布局于天球仿真实验室；三轴转台的回转中心位于天球圆心；星光场景投影系统置于实验室地面上；星光理论指向投影系统垂直固定在侧向偏置二轴转台上，通过侧向偏置二轴转台的转动实现星点投射区域的选择，星光探测器安装在三轴转台的回转中心上。

[0025] 优选地，所述星光指向控制计算机系统通过电缆分别与星光场景投影系统、五轴转台连接；星光探测器和星光探测器单元测试系统通过电缆连接。

[0026] 优选地，所述星光探测器单元测试设备记录每次星点位置调整过程中的数据。

[0027] 本发明的有益效果

[0028] 本发明提供的基于五轴转台的天球幕星光标定方法，使用星光指向控制计算机系统依据侧向偏置二轴转台驱动模型对三轴转台和侧向偏置二轴转台进行有序控制，只需通过星光探测器观测调整星点在星图的像素位置修正偏差即可，克服了现有技术中标定方法中标定基准依赖人眼定位、星光定位误差大、标定过程复杂等问题。本发明为星光导航半实物仿真系统提供了有效的星光标定方法，对星光位置需要经常改变的半实物仿真试验具有重要意义。该方法具有工作量小、操作简便等优点。

## 附图说明

[0029] 图1为侧向偏置二轴转台指令修正示意图。

## 具体实施方式

[0030] 下面通过实施例对本发明进行具体描述，有必要在此指出的是本实施例只用于对本发明进行进一步说明，不能理解为对本发明保护范围的限制，该领域的技术熟练人员可以根据以上发明的内容做出一些非本质的改进和调整。在不冲突的情况下，本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0031] 一种基于五轴转台的天球幕星光标定方法，包括以下步骤：

[0032] S1、搭建基于五轴转台的天球幕星光标定系统

[0033] 所述基于五轴转台的天球幕星光标定系统包括：天球幕、星光指向控制计算机、五轴转台、星光场景投影系统、星光理论指向投影系统、星光探测器、星光探测器单元测试系

统;其中,

[0034] 五轴转台包括:三轴转台、侧向偏置二轴转台及转台控制系统;

[0035] 星光场景投影系统包括:图形工作站、若干台星光场景投影机及镜头;此镜头为此系统的专用定制镜头;

[0036] 星光理论指向投影系统,包括:星光理论指向投影机及镜头;此镜头为此系统的专用定制镜头;

[0037] 星光指向控制计算机系统实现对星光场景投影系统、五轴转台的控制;星光探测器单元测试系统实现对星光探测器控制并下传测试图像;

[0038] 所述基于五轴转台的天球幕星光标定系统布局于天球仿真实验室;三轴转台的回转中心位于天球圆心,天球幕半径为R;星光场景投影系统置于实验室地面上;星光理论指向投影系统垂直固定在侧向偏置二轴转台上,通过侧向偏置二轴转台的转动实现星点投射区域的选择,投影机光轴到三轴转台回转中心距离为a,星光探测器安装在三轴转台的回转中心上。

[0039] S2、建立侧向偏置二轴转台驱动模型

[0040] 如图1所示,设三轴转台回转中心为O点,星光理论指向投影机位于 $O_1$ 点,星点需在

[0041] 天球幕的投射位置为P点,P点在过天球幕球心水平面投影为 $P_1$ 点。

[0042] 已知实验室坐标系下星光场景投影机需提供的星点指向为:

[0043] a) 星点指向俯仰角: $\alpha$

[0044] b) 星点指向方位角: $\beta$

[0045] 求二轴转台驱动指令角:

[0046] a) 俯仰轴指令角: $\alpha_1$

[0047] b) 偏航指令角: $\beta_1$

[0048] 根据图1可得到星点指向角和侧向偏置二轴转台驱动指令角满足以下关系:

$$[0049] \quad \cos\left(\frac{\pi}{2} - \beta_1 + \beta\right) = \frac{a}{R * \cos \alpha}$$

$$[0050] \quad \frac{R * \sin \alpha}{\sqrt{R^2 - a^2}} = \sin \alpha_1$$

[0051] 根据以上二式得到侧向偏置二轴转台驱动指令角为:

$$[0052] \quad \alpha_1 = \arcsin \frac{R * \sin \alpha}{\sqrt{R^2 - a^2}}$$

$$[0053] \quad \beta_1 = \frac{\pi}{2} + \beta - \arccos \frac{a}{R * \cos \alpha}$$

[0054] S3、基于五轴转台的天球幕星光标定

[0055] 星光指向控制计算机按照侧向偏置二轴转台驱动模型有序控制三轴转台、侧向偏置二轴转台;

[0056] 三轴转台的俯仰轴指令角等于 $\alpha$ 、偏航指令角等于 $\beta$ 、滚转指令角等于0;根据转台驱动模型,计算得到侧向偏置二轴转台的俯仰轴指令角 $\alpha_1$ 和偏航指令角 $\beta_1$ ;此时星光理论指向投影机在球幕上投射的星点位置即为需要投射星点的理论位置;

[0057] 利用星光探测器观测,通过调整投影到天球幕星点的像素位置来修正投影偏差,直到星点位置位于星光探测器视场中心;

[0058] 启动星光场景投影系统,将星点位置投射到星光理论指向投影机星点位置处;

[0059] 至此,完成基于五轴转台的天球幕星光标定。

[0060] 在本优选实施例中,所述星光指向控制计算机系统通过电缆分别与星光场景投影系统、五轴转台连接;星光探测器和星光探测器单元测试系统通过电缆连接。

[0061] 在本优选实施例中,所述星光探测器单元测试设备记录每次星点位置调整过程中的数据。

[0062] 显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护范围。

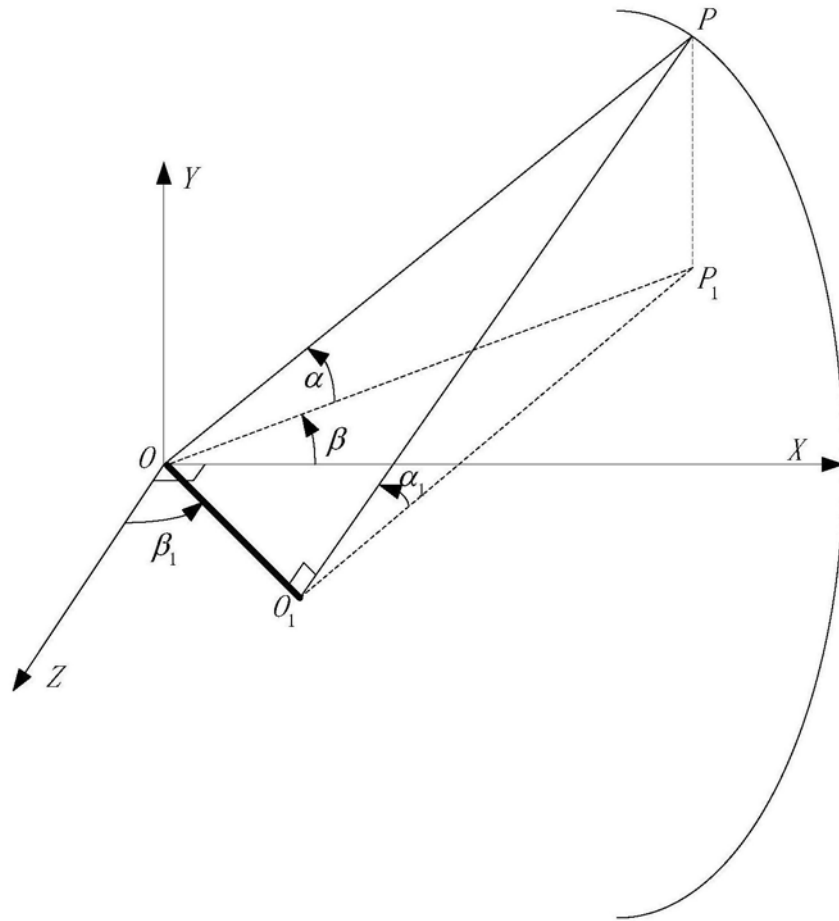


图1