



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105783944 B

(45)授权公告日 2018.09.18

(21)申请号 201610305717.6

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2016.05.10

G01C 25/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

(56)对比文件

申请公布号 CN 105783944 A

CN 102435204 A, 2012.05.02,

(43)申请公布日 2016.07.20

CN 104280048 A, 2015.01.14,

(73)专利权人 中国人民解放军国防科学技术大学

CN 101046386 A, 2007.10.03,

地址 410073 湖南省长沙市开福区德雅路
109号

US 2009012731 A1, 2009.01.08,

(72)发明人 陈小前 绳涛 宋新 杨磊 赵勇
白玉铸 陈利虎

樊巧云等.内外参数精确建模的太阳敏感器

(74)专利代理机构 北京奥文知识产权代理事务
所(普通合伙) 11534
代理人 张文 阴亮标定.《北京航空航天大学学报》.2011,第37卷
(第10期),

仇善昌等.CCD太阳敏感器精度标定方法.

《科学技术与工程》.2008,第8卷(第12期),

审查员 房倩

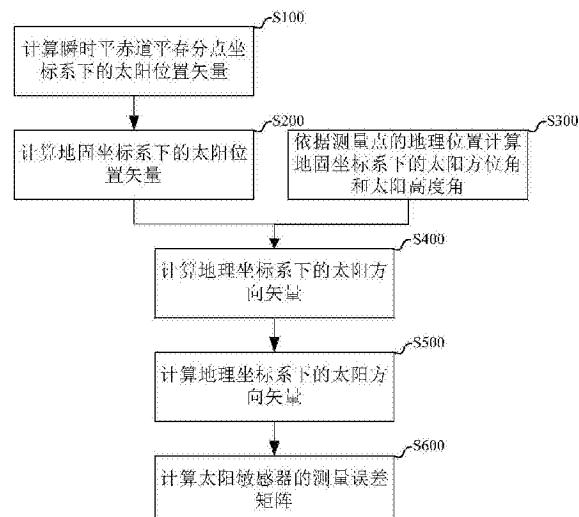
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

太阳敏感器标定方法及系统

(57)摘要

本发明公开一种太阳敏感器标定方法及系统,其中,方法包括:11)计算瞬时平赤道平春分点坐标系下的第一太阳位置矢量;以及根据太阳敏感器所处的测量点的地理位置计算地固坐标系下的太阳方位角和太阳高度角;12)根据第一太阳位置矢量计算地固坐标系下的第二太阳位置矢量;13)根据太阳方位角、高度角和第二太阳位置矢量计算地理坐标系下的第一太阳方向矢量;14)根据第一太阳方向矢量计算太阳敏感器测量坐标下的标准太阳方向矢量;15)根据 $\vec{R}_g = R_{error} \cdot \vec{R}_b$ 计算太阳敏感器的测量误差矩阵。上述方案能解决目前的标定设备存在对太阳敏感器标定精度较低及无法标定太阳敏感器耦合安装误差的问题。



1. 太阳敏感器标定方法,其特征在于,包括以下步骤:

11) 计算瞬时平赤道平春分点坐标系下的第一太阳位置矢量;以及根据太阳敏感器所处的测量点的地理位置计算地固坐标系下的太阳方位角和太阳高度角;

12) 根据所述第一太阳位置矢量计算地固坐标系下的第二太阳位置矢量;

13) 根据所述太阳方位角、所述太阳高度角和所述第二太阳位置矢量计算地理坐标系下的第一太阳方向矢量;

14) 根据所述第一太阳方向矢量计算太阳敏感器测量坐标系下的标准太阳方向矢量;

15) 根据 $\bar{R}_m = R_{error} \cdot \bar{R}_b$ 计算太阳敏感器的测量误差矩阵,其中, R_{error} 是太阳敏感器的测量误差矩阵; \bar{R}_m 是太阳敏感器所检测的实测太阳方向矢量; \bar{R}_b 是标准太阳方向矢量。

2. 根据权利要求1所述的标定方法,其特征在于,用最小二乘法多次优化太阳敏感器的测量误差矩阵。

3. 根据权利要求1或2所述的标定方法,其特征在于,所述太阳敏感器测量坐标系与所述地理坐标系保持方向一致。

4. 根据权利要求3所述的标定方法,其特征在于,所述地理坐标系的坐标轴采用北西天定义。

5. 太阳敏感器标定系统,其特征在于,包括太阳方向矢量实测子系统(100)和标准太阳方向矢量计算子系统(200)和误差计算子系统;所述太阳方向矢量实测子系统(100)包括太阳敏感器(130),所述太阳敏感器(130)用于获得实测太阳方向矢量;所述标准太阳方向矢量计算子系统(200)包括第一计算单元、第二计算单元、第三计算单元、第四计算单元和第五计算单元;其中:

所述第一计算单元用于计算瞬时平赤道平春分点坐标系下的第一太阳位置矢量;所述第二计算单元用于根据太阳敏感器(130)所处的测量点的地理位置计算地固坐标系下的太阳方位角和太阳高度角;

所述第三计算单元用于根据所述第一太阳位置矢量计算地固坐标系下的第二太阳位置矢量;所述第四计算单元用于根据所述太阳方位角、所述太阳高度角和所述第二太阳位置矢量计算地理坐标系下的第一太阳方向矢量;所述第五计算单元用于根据所述第一太阳方向矢量计算太阳敏感器测量坐标系下的标准太阳方向矢量;所述误差计算子系统用于根据 $\bar{R}_m = R_{error} \cdot \bar{R}_b$ 计算太阳敏感器(130)的测量误差矩阵;其中 R_{error} 是太阳敏感器(130)的测量误差矩阵; \bar{R}_m 是太阳敏感器(130)所检测的实测太阳方向矢量; \bar{R}_b 是标准太阳方向矢量。

6. 根据权利要求5所述的标定系统,其特征在于,所述太阳方向矢量实测子系统(100)包括所述太阳敏感器(130)、水平测试平台(120)和两个水平仪(140、150);其中:

所述太阳敏感器(130)设置于所述水平测试平台(120);所述水平测试平台(120)包括直板状支撑台(121)和多个支撑腿;多个所述支撑腿分别位于所述直板状支撑台(121)的两端;至少位于所述直板状支撑台(121)一端的所述支撑腿为可升降支撑腿;两个所述水平仪(140、150)设置于所述直板状支撑台(121)以确保其处于水平面内。

7. 根据权利要求6所述的标定系统,其特征在于,所述支撑腿的数量为三个,分别为第一支撑腿(122)、第二支撑腿(123)和第三支撑腿(124);其中:

所述第一支撑腿(122)位于所述直板状支撑台(121)一端的中部；所述第二支撑腿(123)和第三支撑腿(124)位于所述直板状支撑台(121)的另一端；所述第二支撑腿(123)和所述第三支撑腿(124)为所述可升降支撑腿。

太阳敏感器标定方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及航天技术领域,尤其涉及一种太阳敏感器标定方法及系统。

背景技术

[0002] 太阳敏感器是卫星比较重要的姿态测量部件之一。太阳敏感器通过观测太阳在其敏感单元的投影位置来解算卫星相对于太阳的姿态。太阳敏感器再结合其它敏感器所检测的信息(例如磁场信息)就可以解算出卫星在地心惯性坐标系中的姿态。作为高精度的检测传感器,太阳敏感器在设计完成后需要对其性能参数进行标定和修正,进而提高其测量精度。

[0003] 太阳敏感器包括太阳光敏感单元和光斑位置采集电路两部分。太阳光敏感单元的误差主要来源于光学探头、成像单元或光栅等部件的加工误差及装配误差。光斑位置采集电路的误差主要是采集电路的参考电压偏差、量化噪声等。上述误差均为太阳敏感器的自身测量误差。除了自身测量误差之外,在通过太阳敏感器来解算卫星在地心惯性坐标系中的姿态时,太阳敏感器自身相对于卫星的安装误差也是太阳敏感器的重要误差来源。

[0004] 目前,太阳敏感器的标定设备主要包括太阳模拟器和高精度转台。太阳模拟器通常为约0.2-0.3个太阳常数的平行准直光源。平行准直光源提供光照模拟太阳发光。高精度转台为数字式二轴转台或数字式三轴转台。在标定的过程中,太阳敏感器置于太阳模拟器的前方,并置于高精度转台上,根据高精度转台角度的变化和太阳敏感器输出的实测角度值,进而能够得出太阳敏感器的测量误差。这种标定方法主要是对太阳敏感器的自身测量误差进行标定。具体标定过程中,用于模拟太阳光的平行准直光源固定不动,通过高精度转台的转动来改变太阳敏感器各种姿态条件下的测量误差。由于数字式二轴转台或数字式三轴转台的承载能力有限,因此只能对太阳敏感器的单机进行标定。在基于太阳敏感器进行卫星姿态确定时,更关心太阳敏感器在整星状态下的测量误差。也就是说,太阳敏感器在整星状态下的测量误差不仅仅包括自身测量误差,还包括太阳敏感器的耦合安装误差,即上文所述的太阳敏感器相对于卫星的安装误差。很显然,目前的标定设备无法实现整星状态下对太阳敏感器的标定,也就无法标定太阳敏感器的耦合安装误差。

[0005] 通过上述标定过程可知,目前的太阳敏感器的标定设备只能对太阳敏感器处于单机状态时进行标定,无法在整星状态下进行标定,也就无法标定太阳敏感器的耦合安装误差。另外,上述标定设备基于太阳模拟器来实现,太阳模拟器所产生光线的平行度、光照强度和光谱范围与真实的太阳光存在一定的差异,因此,太阳模拟器使得太阳敏感器的标定精度较低。

[0006] 可见,如何解决目前的标定设备存在对太阳敏感器标定精度较低及无法标定太阳敏感器耦合安装误差的问题,是目前本技术领域的人员亟待解决的技术问题。

发明内容

[0007] 本发明公开一种太阳敏感器标定方法,以解决目前的标定设备存在对太阳敏感器

标定精度较低,无法标定太阳敏感器的耦合安装误差的问题。

[0008] 为了解决上述技术问题,本发明公开如下技术方案:

[0009] 太阳敏感器标定方法,包括以下步骤:

[0010] 11) 计算瞬时平赤道平春分点坐标系下的第一太阳位置矢量;以及根据太阳敏感器所处的测量点的地理位置计算地固坐标系下的太阳方位角和太阳高度角;

[0011] 12) 根据所述第一太阳位置矢量计算地固坐标系下的第二太阳位置矢量;

[0012] 13) 根据所述太阳方位角、所述太阳高度角和所述第二太阳位置矢量计算地理坐标系下的第一太阳方向矢量;

[0013] 14) 根据所述第一太阳方向矢量计算所述太阳敏感器测量坐标下的标准太阳方向矢量;

[0014] 15) 根据 $\vec{R}_m = R_{error} \cdot \vec{R}_b$ 计算太阳敏感器的测量误差矩阵,其中, R_{error} 是太阳敏感器的测量误差矩阵; \vec{R}_m 是太阳敏感器所检测的实测太阳方向矢量; \vec{R}_b 是标准太阳方向矢量。

[0015] 优选的,上述标定方法中,用最小二乘法多次优化太阳敏感器的测量误差矩阵。

[0016] 优选的,上述标定方法中,所述太阳敏感器测量坐标系与所述地理坐标系保持方向一致。

[0017] 优选的,上述标定方法中,所述地理坐标系的坐标轴采用北西天定义。

[0018] 太阳敏感器标定系统,包括太阳方向矢量实测子系统和标准太阳方向矢量计算子系统和误差计算子系统;所述太阳方向矢量实测子系统包括太阳敏感器,所述太阳敏感器用于获得实测太阳方向矢量;所述标准太阳方向矢量计算子系统包括第一计算单元、第二计算单元、第三计算单元、第四计算单元和第五计算单元;其中:

[0019] 所述第一计算单元用于计算瞬时平赤道平春分点坐标系下的第一太阳位置矢量;所述第二计算单元用于根据太阳敏感器所处的测量点的地理位置计算地固坐标系下的太阳方位角和太阳高度角;

[0020] 所述第三计算单元用于根据所述第一太阳位置矢量计算地固坐标系下的第二太阳位置矢量;所述第四计算单元用于根据所述太阳方位角、所述太阳高度角和所述第二太阳位置矢量计算地理坐标系下的第一太阳方向矢量;所述第五计算单元用于根据所述第一太阳方向矢量计算所述太阳敏感器测量坐标下的第二太阳方向矢量;所述误差计算子系统用于根据 $\vec{R}_m = R_{error} \cdot \vec{R}_b$ 计算太阳敏感器的测量误差矩阵;其中 R_{error} 是太阳敏感器的测量误差矩阵; \vec{R}_m 是太阳敏感器所检测的实测太阳方向矢量; \vec{R}_b 是标准太阳方向矢量。

[0021] 优选的,上述标定系统中,所述太阳方向矢量实测子系统包括所述太阳敏感器、水平测试平台和两个水平仪;其中:

[0022] 所述太阳敏感器设置于所述水平测试平台;所述水平测试平台包括直板状支撑台和多个支撑腿;多个所述支撑腿分别位于所述直板状支撑台的两端;至少位于所述直板状支撑台一端的所述支撑腿为可升降支撑腿;两个所述水平仪设置于所述直板状支撑台以确保其处于水平面内。

[0023] 优选的,上述标定系统中,所述支撑腿的数量为三个,分别为第一支撑腿、第二支撑腿和第三支撑腿;其中:

[0024] 所述第一支撑腿位于所述直板状支撑台一端的中部；所述第二支撑腿和第三支撑腿位于所述直板状支撑台的另一端；所述第二支撑腿和所述第三支撑腿为所述可升降支撑腿。

[0025] 本发明公开的太阳敏感器标定方法具有以下有益效果：

[0026] 本发明公开的标定方法基于对太阳的观测计算得到标准太阳方向矢量，然后以标准太阳方向矢量为基准根据太阳敏感器检测并解算的实测太阳方向矢量计算测量误差矩阵。该测量误差矩阵即可作为太阳敏感器的标定依据对太阳敏感器工作过程中获取的实测太阳方向矢量进行修正，得到真实太阳方向矢量。可见，本发明公开的标定方法能提高对太阳敏感器的标定精度。同时，由于上述标定方法基于对太阳的观测进行，因此可以在太阳敏感器处于单机状态时实施标定，也可以在太阳敏感器处于整星状态时实施标定。可见，本发明公开的太阳敏感器的标定方法能解决背景技术所述标定设备存在对太阳敏感器标定精度较低及无法标定太阳敏感器耦合安装误差的问题。

[0027] 与此同时，本发明公开的标定方法可以不用数字式二轴转台或数字式三轴转台，同时也无需太阳模拟器。由于无需上述价格昂贵的设备，因此能够降低对太阳敏感器标定工作的成本。

附图说明

[0028] 为了更清楚地说明本发明实施例或背景技术中的技术方案，下面将对实施例或背景技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，对于本领域普通技术人员而言，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0029] 图1是本发明实施例公开的太阳敏感器标定方法的流程图；

[0030] 图2是本发明实施例公开的太阳敏感器标定系统的结构示意图；

[0031] 图3是本发明实施例中地理坐标系采用北西天定义的示意图。

[0032] 附图标记说明：

[0033] 100-太阳方向矢量实测子系统、110-工作台面、120-水平测试平台、121-直板状支撑台、122-第一支撑腿、123-第二支撑腿、124-第三支撑腿、130-太阳敏感器、140-水平仪、150-水平仪、200-标准太阳方向矢量计算子系统、300-太阳。

具体实施方式

[0034] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明中的技术方案，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，所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例，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的前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本发明保护的范围。

[0035] 请参考图1，本发明实施例公开一种太阳敏感器标定方法。所公开的标定方法包括如下步骤：

[0036] S100、计算瞬时平赤道平春分点坐标系下的太阳位置矢量。

[0037] 本步骤根据太阳轨道根数计算瞬时平赤道平春分点坐标系下的太阳位置矢量，即第一太阳位置矢量。本实施例中，瞬时平赤道平春分点坐标系即为瞬时地心平赤道坐标系。

太阳平均轨道根数分别记为 a_s 、 e_s 、 ε_s 、 \tilde{L}_s 、 $\tilde{\Gamma}_s$ 、 \tilde{M}_s ；其中 a_s 表示太阳轨道长半轴； e_s 表示太阳轨道的偏心率； ε_s 表示黄赤交角； \tilde{L}_s 表示对应当天平春分点的几何平黄经； $\tilde{\Gamma}_s$ 表示对应当天平春分点的近地点平黄经； \tilde{M}_s 表示太阳的平近点角。

[0038] 可以按照公式(1) (2) 和(3) 计算瞬时平赤道平春分点坐标系下的太阳位置矢量：

$$[0039] \quad \vec{R}_s = R_x(\varepsilon_s) \begin{bmatrix} R_s \cos \tilde{\theta}_s \\ R_s \sin \tilde{\theta}_s \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0040] 其中： $R_x(\varepsilon_s)$ 为绕X轴旋转 ε_s 形成的旋转矩阵； R_s 为太阳的地心距； $\tilde{\theta}_s$ 为太阳相对于当日平春分点的真近点角。因太阳轨道的偏心率较小，因此取：

$$[0041] \quad R_s = a_s \left[1 + \frac{1}{2} e_s^2 - e_s \cos \tilde{M}_s - \frac{1}{2} e_s^2 \cos 2\tilde{M}_s \right] \quad (2)$$

$$[0042] \quad \tilde{\theta}_s = \tilde{L}_s + 2e_s \sin \tilde{M}_s + \frac{5}{4} e_s^2 \sin 2\tilde{M}_s \quad (3)$$

[0043] S200、计算地固坐标系下的太阳位置矢量。

[0044] 依据步骤S100计算得到的第一太阳位置矢量来计算地固坐标系下的太阳位置矢量，即第二太阳位置矢量。具体的，本步骤可根据公式(4) 计算地固坐标系下的太阳位置矢量为：

$$[0045] \quad \vec{R}_{sg} = R_z(Gst) * \vec{R}_s \quad (4)$$

[0046] 其中， Gst 为根据测量时间计算的格林尼治恒星时， $R_z(Gst)$ 为绕Z轴旋转 Gst 形成的旋转矩阵。

[0047] S300、依据测量点的地理位置计算地固坐标系下的太阳方位角和太阳高度角。

[0048] 本步骤根据太阳敏感器所处的测量点的地理位置来计算地固坐标系下的太阳方位角和太阳高度角。

$$[0049] \quad (\theta, \beta) = f(Lat, Long, h, \vec{R}_{sg}) \quad (5)$$

[0050] 其中，公式(5) 中， θ 是太阳方位角； β 是太阳高度角。 $Lat, Long, h$ 分别为测量点的经度、纬度和高度。公式(5) 中的转换关系 $f(x)$ 可参照航天器轨道坐标系的标准转换流程。

[0051] S400、计算地理坐标系下的太阳方向矢量。

[0052] 本步骤根据太阳方位角 θ 、太阳高度角 β 和第二太阳位置矢量计算地理坐标系下的太阳方向矢量，即第一太阳方向矢量。通过公式(6) 计算第一太阳方向矢量为：

$$[0053] \quad \vec{R}_g = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos(\beta) \sin(\theta - \pi/2) \\ -\cos(\beta) \cos(\theta - \pi/2) \\ \sin(\beta) \end{bmatrix} \quad (6)$$

[0054] 其中， x, y, z 分别是地理坐标系下的矢量分量。

[0055] S500、计算太阳敏感器测量坐标系下的太阳方向矢量。

[0056] 本步骤根据第一太阳方向矢量计算太阳敏感器测量坐标系或星体坐标系下的太阳方向矢量，即第二太阳方向矢量，也为标准太阳方向矢量。通过公式(7) 计算第二太阳方

向矢量为：

$$[0057] \quad \bar{R}_b = R_{bg} \cdot \bar{R}_g \quad (7)$$

[0058] 其中， \bar{R}_b 为敏感器测量坐标系或者星体坐标系下的太阳方向矢量，即第二方向矢量，也称之为标准太阳方向矢量； R_{bg} 为地理坐标系到敏感器测量坐标系或星体坐标系的转换矩阵。优选的，本实施例中太阳敏感器测量坐标系与地理坐标系的方向保持一致或平行。此种情况下， R_{bg} 为单位阵。单位阵能方便转换计算。更为具体的，地理坐标系的坐标轴采用北西天定义。

[0059] 本文中，第二太阳方向矢量又称之为标准方向矢量。考虑到各种模型误差，本实施例所获取的标准太阳方向矢量计算的模型误差优于 0.01° 。

[0060] S600、计算太阳敏感器的测量误差矩阵。

[0061] 本步骤根据公式 (8) 计算太阳敏感器的测量误差矩阵。

$$[0062] \quad \bar{R}_m = R_{error} \cdot \bar{R}_b \quad (8)$$

[0063] 其中， R_{error} 为太阳敏感器的测量误差矩阵； \bar{R}_m 是太阳敏感器所检测的实测太阳方向矢量； \bar{R}_b 是第二太阳方向矢量，即标准方向矢量。对于太阳敏感器的单机标定而言， R_{error} 包含了光学敏感单元和采集电路的所有误差；对于太阳敏感器处于整星状态的标定而言， R_{error} 还包含太阳敏感器的耦合安装误差。

[0064] 对于本申请而言，可以通过长时间观察，多次测量计算取得足够多，且覆盖太阳敏感器视场足够大的样本点，然后利用最小二乘法来优化太阳敏感器的测量误差矩阵。

[0065] 得到太阳敏感器的测量误差矩阵后可以利用该测量误差矩阵对太阳敏感器工作过程汇中检测的真实太阳方向矢量进行误差修正，进而可得到修正后的测量值。具体修正关系如公式 (9) 所示：

$$[0066] \quad \bar{R}_{real} = R_{error}^{-1} \cdot \bar{R}_m \quad (9)$$

[0067] 其中， \bar{R}_{real} 为用于确定卫星姿态的真实太阳方向矢量， \bar{R}_m 为太阳敏感器测量并结算出的太阳方向矢量，即实测太阳方向矢量。通过上述公式 (9) 的矫正，太阳方向矢量的测量精度能优于 0.1° 。

[0068] 通过上文的工作过程可知，本发明实施例公开的标定方法基于对太阳的观测计算得到标准太阳方向矢量，然后以标准太阳方向矢量为基准根据太阳敏感器检测的实测太阳方向矢量计算测量误差矩阵。该测量误差矩阵即可作为太阳敏感器的校正依据对太阳敏感器工作过程中获取的实测太阳方向矢量进行修正，得到真实太阳方向矢量。可见，本发明实施例公开的标定方法能提高对太阳敏感器的标定精度。同时，由于上述标定方法基于对太阳的观测进行，因此可以在太阳敏感器处于单机状态时实施标定，也可以在太阳敏感器处于整星状态时实施标定。可见，本发明实施例公开的太阳敏感器的标定方法能解决背景技术所述标定设备存在对太阳敏感器标定精度较低及无法标定太阳敏感器耦合安装误差的问题。

[0069] 与此同时，上述标定方法可以不用数字式二轴转台或数字式三轴转台，同时也无需太阳模拟器。由于无需上述价格昂贵的设备，因此能够降低对太阳敏感器的标定工作的成本。

[0070] 基于本发明实施例上文中所述的标定方法,本发明实施例还公开一种太阳敏感器标定系统。请参考图2和3所示,所公开的太阳敏感器标定系统包括太阳方向矢量实测子系统100、标准太阳方向矢量计算子系统200和误差计算子系统。

[0071] 其中,太阳方向矢量实测子系统100包括太阳敏感器130,用于获得实测太阳方向矢量。标准太阳方向矢量计算子系统200包括第一计算单元、第二计算单元、第三计算单元、第四计算单元和第五计算单元。

[0072] 第一计算单元用于计算瞬时平赤道平春分点坐标系下的第一太阳位置矢量;第二计算单元用于根据太阳敏感器130所处的测量点的地理位置计算地固坐标系下的太阳方位角和太阳高度角;第三计算单元用于根据所述第一太阳位置矢量计算地固坐标系下的第二太阳位置矢量;所述第四计算单元用于根据太阳方位角、太阳高度角和第二太阳位置矢量计算地理坐标系下的第一太阳方向矢量。第五计算单元用于根据所述第一太阳方向矢量计算所述太阳敏感器测量坐标下的第二太阳方向矢量,即标准太阳方向矢量。

[0073] 所述误差计算子系统用于根据 $\vec{R}_m = R_{error} \cdot \vec{R}_b$ 计算太阳敏感器130的测量误差矩阵;其中 R_{error} 是太阳敏感器130的测量误差矩阵; \vec{R}_m 是太阳敏感器130所检测的实测太阳方向矢量; \vec{R}_b 是第二太阳方向矢量,即标准太阳方向矢量。

[0074] 由于本实施例提供的标定系统与本申请上文中所述的标定方法相对应,而且第一计算单元、第二计算单元、第三计算单元、第四计算单元、第五计算单元和误差计算子系统分别与方法实施例中的相应步骤对应,计算过程可参考相应步骤的计算即可,在此就不再赘述。

[0075] 请继续参考图2,本发明实施例公开一种具体结构的太阳方向矢量实测子系统100。该太阳方向矢量实测子系统100包括太阳敏感器130、水平测试平台120和两个水平仪(水平仪140和水平仪150);水平测试平台120通常设置于工作台面110上,太阳敏感器130设置于水平测试平台120,并确保太阳敏感器130处于太阳300的照射下。如方法实施例中步骤S400所述,优选的,太阳敏感器测量坐标系与地理坐标系的方向保持一致。这就需要保持太阳敏感器测量坐标系的xoy平面位于当地水平面内,太阳敏感器测量坐标系的X轴与当地北向保持一致,如图3所示。为此,太阳方向矢量实测子系统包括方向指示设备,例如差分GPS、数字罗盘等。上述方向指示设备确保太阳敏感器测量坐标系的X轴与当地北向保持一致。水平仪140和水平仪150用来检测水平测试平台120是否处于水平面内。当水平测试平台120处于水平面内时即可,设置于其上的太阳敏感器130也处于水平面内,否则,需要调整水平测试平台120直至两个水平仪指示其处于水平面内。当然,水平仪140与水平仪150优选以相互垂直的方式布置,以确保更好地检测水平测试平台120的位置。

[0076] 一种具体的实施方式中,水平测试平台120包括直板状支撑台121和多个支撑腿。多个支撑腿分别位于直板状支撑台121的两端。至少位于直板状支撑台121一端的支撑腿为可升降支撑腿。两个水平仪设置于直板状支撑台121,根据两个水平仪的检测结果,操作人员可以调节可升降支撑腿,进而确保直板状支撑台121处于水平面内,最终确保太阳敏感器130处于水平面内。

[0077] 请再次参考图2,支撑腿的数量可以为三个,分别为第一支撑腿122、第二支撑腿123和第三支撑腿124。其中,第一支撑腿122位于直板状支撑台121一端的中部,第二支撑腿

123和第三支撑腿124位于直板状支撑台121的另一端。第二支撑腿123和第三支撑腿124为可升降支撑腿。

[0078] 本文中,各个优选方案仅仅重点描述的是与其它方案的不同,各个优选方案只要不冲突,都可以任意组合,组合后所形成的实施例也在本说明书所公开的范畴之内,考虑到文本简洁,本文就不再对组合所形成的实施例进行单独描述。

[0079] 以上所述仅是本发明的具体实施方式,使本领域技术人员能够理解或实现本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

[0080] 以上所述仅是本发明的具体实施方式,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。

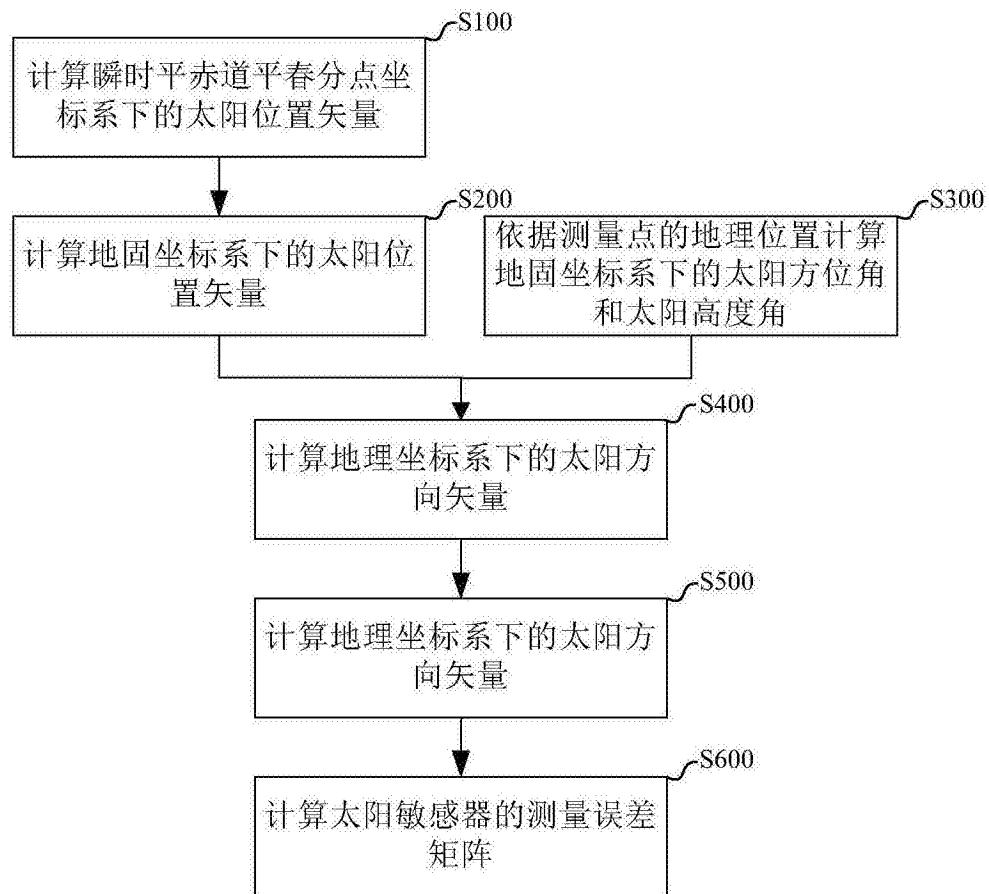


图1

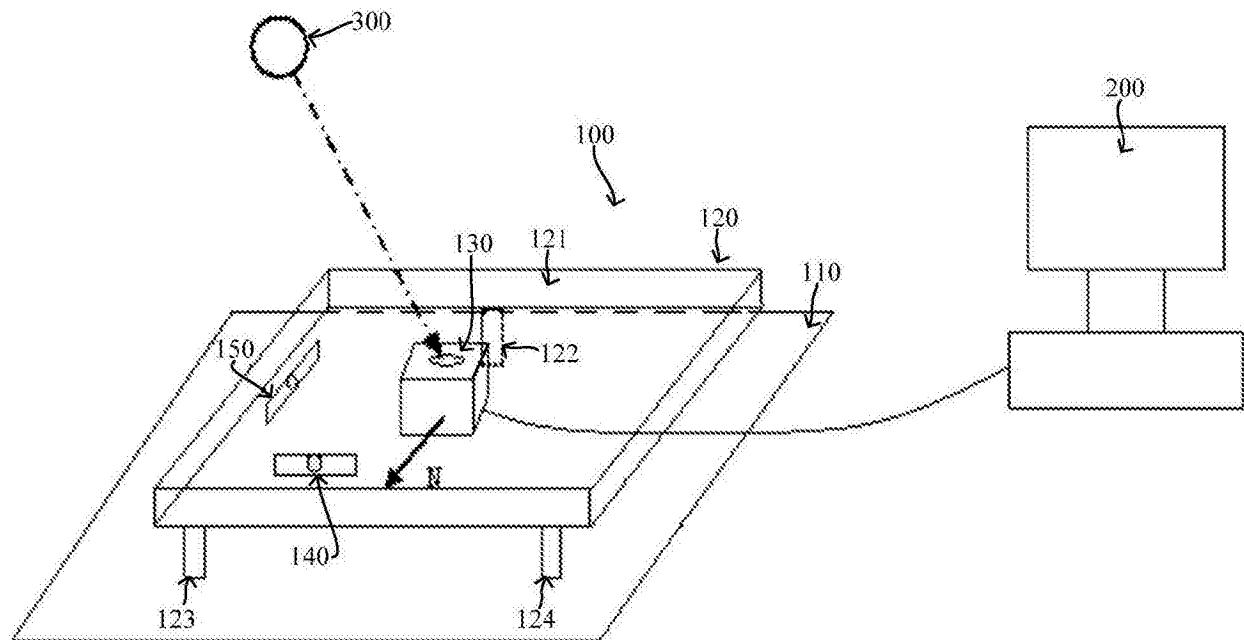


图2

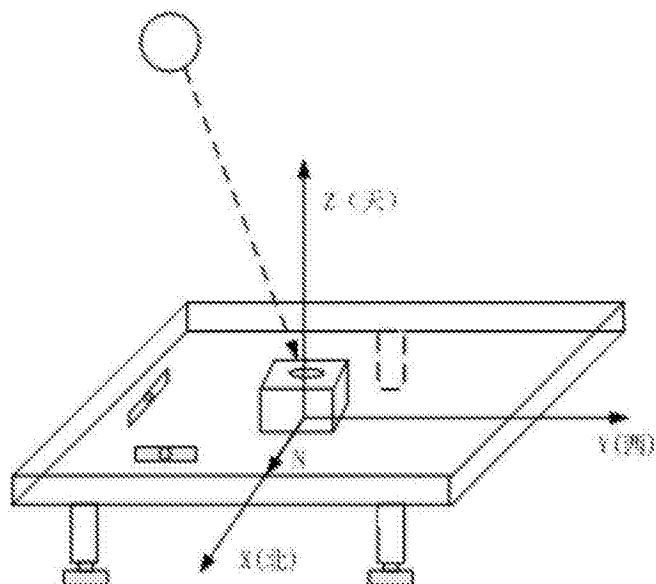


图3