



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108398576 B

(45)授权公告日 2020.02.07

(21)申请号 201810181130.8

(22)申请日 2018.03.06

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108398576 A

(43)申请公布日 2018.08.14

(73)专利权人 中国人民解放军火箭军工程大学
地址 710000 陕西省西安市灞桥区同心路2号

(72)发明人 谭力宁 金国栋 芦利斌 李建波
朱晓菲 李义红

(74)专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569
代理人 王戈

(51)Int.Cl.
G01P 21/00(2006.01)
G01C 25/00(2006.01)

(56)对比文件

- CN 102636665 A, 2012.08.15,
- CN 201909793 U, 2011.07.27,
- CN 101907638 A, 2010.12.08,
- CN 103389114 B, 2016.08.10,
- CN 105842481 A, 2016.08.10,
- CN 101629969 A, 2010.01.20,
- CN 106840204 A, 2017.06.13,
- CN 1818555 A, 2006.08.16,
- CN 103852085 A, 2014.06.11,
- CN 101887068 A, 2010.11.17,
- EP 2214030 A1, 2010.08.04,
- 邱浩阳等. 惯导平台加速度计静态多位置模
观测标定方法.《导航与控制》.2013,第12卷(第2
期),第63-67页.

审查员 伊慧贞

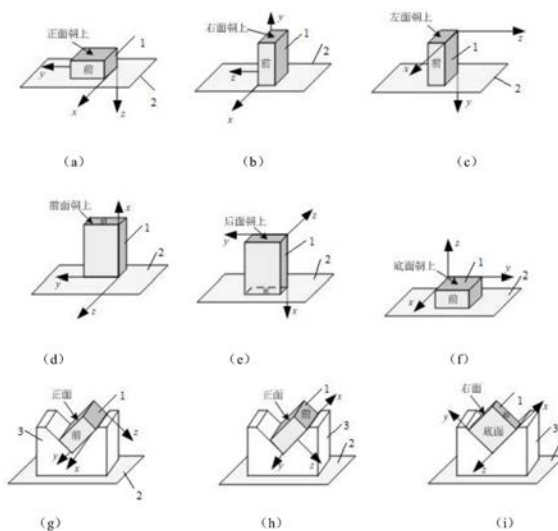
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种静态误差标定系统及方法

(57)摘要

本发明公开一种静态误差标定系统及方法,所述标定系统包括:三轴加速度传感器、辅助装置、水平台面;先将三轴加速度传感器放置在水平台面上,获得六个位置;然后将三轴加速度传感器放置在辅助装置上,辅助装置放置在水平台面上,获得三个位置;获取三轴加速度传感器在9个位置处于不同姿态的多组测量数据,根据9组不同测量数据实现全方面标定三轴加速度传感器的静态误差,不仅提高了标定静态误差的精度,还摆脱了依托转台和精确水平面进行静态误差标定,所需设备仅为一水平台面和本发明设计的标定辅助装置即可,降低标定系统的体积和成本。



1. 一种静态误差标定系统,其特征在于,所述标定系统包括:三轴加速度传感器、辅助装置、水平台面;

三轴加速度传感器放置在水平台面上,获得六个位置;

三轴加速度传感器放置在辅助装置上,辅助装置放置在水平台面上,获得三个位置;

所述三轴加速度传感器放置在水平台面上,获得六个位置,具体包括:三轴加速度传感器的底面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的左面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的右面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的后面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的前面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的正面与水平台面接触放置;

所述三轴加速度传感器放置在辅助装置上,辅助装置放置在水平台面上,获得三个位置,具体包括:三轴加速度传感器的底面和右面分别与辅助装置的凹槽接触放置;三轴加速度传感器的底面和后面分别与辅助装置的凹槽接触放置;三轴加速度传感器的后面和左面分别与辅助装置的凹槽接触放置;

所述辅助装置包括凹槽,所述凹槽是由长方体向下凹陷形成的;所述凹槽为“V”字形凹槽,所述“V”字形凹槽的角度为 30° 至 60° 之间的任一角度。

2. 一种静态误差标定方法,其特征在于,所述方法应用于根据权利要求1所述的标定系统,所述方法包括:

分别获取三轴加速度传感器在各位置的m组测量数据;

根据三轴加速度传感器在各位置的m组测量数据确定各位置的均值向量;

获取初始静态误差参数向量;

根据初始静态误差参数向量和各位置的均值向量确定各位置的测量误差函数;

根据各位置的测量误差函数确定当前静态误差参数向量;

根据当前静态误差参数向量和各位置的测量误差函数确定代价函数值;

判断代价函数值是否小于设定阈值;如果代价函数值小于设定阈值,则将当前静态误差参数向量作为最优静态误差参数向量,输出最优静态误差参数向量;如果代价函数值大于等于设定阈值,则将当前静态误差参数向量作为初始静态误差参数向量,重新确定当前静态误差参数向量;

所述根据初始静态误差参数向量和各位置的均值向量确定各位置的测量误差函数,具体包括:

根据初始静态误差参数向量和各位置的均值向量确定各位置的静态误差参数模型,具体公式为:

$$f_A(\tilde{A}_i, \beta(s)) = \begin{pmatrix} S_x(s) & K_{xy}(s) & K_{xz}(s) \\ K_{xy}(s) & S_y(s) & K_{yz}(s) \\ K_{xz}(s) & K_{yz}(s) & S_z(s) \end{pmatrix} \tilde{A}_i - \begin{pmatrix} B_x(s) \\ B_y(s) \\ B_z(s) \end{pmatrix};$$

其中, $S_x(s)$ 、 $S_y(s)$ 、 $S_z(s)$ 分为第s步x轴、y轴、z轴向的零偏; $K_{xy}(s)$ 、 $K_{xz}(s)$ 、 $K_{yz}(s)$ 分为第s步xy轴、xz轴、yz轴的轴间交叉误差; $B_x(s)$ 、 $B_y(s)$ 、 $B_z(s)$ 分别为第s步x轴、y轴、z轴向的刻度因子, $\beta(s)$ 为初始静态误差参数向量, \tilde{A}_i 为各位置的均值向量;

根据各位置的静态误差参数模型确定各位置的测量误差函数。

3. 根据权利要求2所述的标定方法,其特征在于,所述根据三轴加速度传感器各位置的m组测量数据确定各位置的均值向量,具体包括:

对所述在各位置的m组测量数据进行剔除野值处理,获得各位置的n组预处理数据;其中,n为小于等于m的整数;

根据各位置的n组预处理数据确定各位置的均值向量。

4. 根据权利要求2所述的标定方法,其特征在于,所述根据各位置的测量误差函数确定当前静态误差参数向量,具体包括:

根据各位置的测量误差函数确定测量误差向量;

根据初始静态误差参数向量和测量误差向量确定当前静态误差参数向量。

5. 根据权利要求2所述的标定方法,其特征在于,所述各个位置具体包括:

三轴加速度传感器的底面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的左面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的右面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的后面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的前面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的正面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的底面和右面分别与辅助装置的凹槽接触放置;三轴加速度传感器的底面和后面与辅助装置的凹槽接触放置;三轴加速度传感器的后面和左面分别与辅助装置的凹槽接触放置。

一种静态误差标定系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及加速度误差标定技术领域,特别是涉及一种静态误差标定系统及方法。

背景技术

[0002] 加速度传感器是一种非常重要的惯性传感器,在惯性导航、姿态测量、振动监测等领域发挥着核心作用。随着微机电系统(Micro Electro-Mechanical Systems)技术的飞速发展,MEMS三轴加速度传感器以其体积小、重量轻、功耗低、成本低和可靠性高等优点被大量应用于手机、平衡车、无人机、运动捕捉、虚拟现实等众多领域。其中应用最广泛的是MEMS三轴加速度传感器组合,能够实现载体的姿态感知和辅助导航等功能。

[0003] 由于受工作原理和制造工艺的影响,MEMS三轴加速度传感器的测量精度较低。特别是出厂后的MEMS三轴加速度传感器存在一系列静态误差,其静态误差包括三轴零偏、三轴刻度因子和三轴轴间交叉误差共9个误差参数。对MEMS三轴加速度传感器的标定是指采用一定的技术手段确定这9个误差参数或其中几个参数的值,如果不通过标定对这些误差的值进行确定进而补偿,MEMS三轴加速度传感器的测量精度将大打折扣,甚至影响正常的使用。

[0004] 目前MEMS三轴加速度传感器标定绝大多数采用多位置的方法。具体包括无依托的六位置法和依托转台的六位置法。

[0005] 无依托的六位置法的具体步骤为:首先设计需要采集三轴加速度数据的六个位置;然后依次将MEMS三轴加速度传感器按六个位置放置,并采集其输出的加速度数据;最后对采集到的六个位置的数据进行处理,计算获得加速度传感器的零偏和刻度因子误差。目前大疆等无人机厂家的产品都采用无依托六位置法进行现场标定。虽然无依托六位置法对环境要求不高,仅需要一个平整的台面即可。但由于六次测量只能建立起6个包含误差参数的方程式,无法求解出全部9个误差参数,因此无依托六位置法仅能够标定三轴零偏和三轴刻度因子6个静态误差参数,无法标定轴间交叉误差,而轴间交叉误差是三轴MEMS三轴加速度传感器用于感知载体姿态时的主要误差来源,特别是对很大一部分物理正交的MEMS三轴加速度传感器而言,轴间正交性很难保证,其轴间交叉误差会比较严重。因此无依托六位置法无法标定MEMS三轴加速度传感器的全部静态误差参数,因此具有标定效果较差的问题。

[0006] 依托转台的六位置法也比较常见,其步骤与无依托六位置法类似,不同在于需要将MEMS三轴加速度传感器固定于转台上,并将转台移动至设计的六个位置,采集相应数据并处理可获得加速度传感器的零偏、刻度因子和轴间交叉误差。依托转台的六位置法能够将MEMS三轴加速度传感器的每个轴与当地重力矢量对齐,能够从建立起的6个方程直接得到9个静态误差参数的解析表达式。因此依托转台的六位置法能够标定包括三轴零偏、刻度因子和轴间交叉误差在内的全部9个静态误差参数,但转台的成本非常高,且体积大、不便移动,无法用于现场标定。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种静态误差标定系统及方法,以实现全面标定静态误差,提高标定静态误差的精度,降低标定系统的体积和成本。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供一种静态误差标定系统,所述标定系统包括:三轴加速度传感器、辅助装置、水平台面;

[0009] 三轴加速度传感器放置在水平台面上,获得六个位置;

[0010] 三轴加速度传感器放置在辅助装置上,辅助装置放置在水平台面上,获得三个位置。

[0011] 可选的,所述辅助装置包括凹槽,所述凹槽是由长方体向下凹陷形成的。

[0012] 可选的,所述凹槽为“V”字形凹槽,所述“V”字形凹槽的角度为 30° 至 60° 之间的任一角度。

[0013] 可选的,所述三轴加速度传感器放置在水平台面上,获得六个位置,具体包括:三轴加速度传感器的底面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的左面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的右面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的后面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的前面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的正面与水平台面接触放置;

[0014] 所述三轴加速度传感器放置在辅助装置上,辅助装置放置在水平台面上,获得三个位置,具体包括:三轴加速度传感器的底面和右面分别与辅助装置的凹槽接触放置;三轴加速度传感器的底面和后面与辅助装置的凹槽接触放置;三轴加速度传感器的后面和左面分别与辅助装置的凹槽接触放置。

[0015] 本发明还提供一种静态误差标定方法,所述方法包括:

[0016] 分别获取三轴加速度传感器在各位置的m组测量数据;

[0017] 根据三轴加速度传感器在各位置的m组测量数据确定各位置的均值向量;

[0018] 获取初始静态误差参数向量;

[0019] 根据初始静态误差参数向量和各位置的均值向量确定各位置的测量误差函数;

[0020] 根据各位置的测量误差函数确定当前静态误差参数向量;

[0021] 根据当前静态误差参数向量和各位置的测量误差函数确定代价函数值;

[0022] 判断代价函数值是否小于设定阈值;如果代价函数值小于设定阈值,则将当前静态误差参数向量作为最优静态误差参数向量,输出最优静态误差参数向量;如果代价函数值大于等于设定阈值,则将当前静态误差参数向量作为初始静态误差参数向量,重新确定当前静态误差参数向量。

[0023] 可选的,所述根据三轴加速度传感器各位置的m组测量数据确定各位置的均值向量,具体包括:

[0024] 对所述在各位置的m组测量数据进行剔除野值处理,获得各位置的n组预处理数据;其中,n为小于等于m的整数;

[0025] 根据各位置的n组预处理数据确定各位置的均值向量。

[0026] 可选的,所述根据初始静态误差参数向量和各位置的均值向量确定各位置的测量误差函数,具体包括:

[0027] 根据初始静态误差参数向量和各位置的均值向量确定各位置的静态误差参数模

型；

[0028] 根据各位置的静态误差参数模型确定各位置的测量误差函数。

[0029] 可选的,所述根据各位置的测量误差函数确定当前静态误差参数向量,具体包括:

[0030] 根据各位置的测量误差函数确定测量误差向量;

[0031] 根据初始静态误差参数向量和测量误差向量确定当前静态误差参数向量。

[0032] 可选的,所述各个位置具体包括:

[0033] 三轴加速度传感器的底面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的左面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的右面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的后面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的前面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的正面与水平台面接触放置;三轴加速度传感器的底面和右面分别与辅助装置的凹槽接触放置;三轴加速度传感器的底面和后面与辅助装置的凹槽接触放置;三轴加速度传感器的后面和左面分别与辅助装置的凹槽接触放置。

[0034] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:

[0035] 本发明设计辅助装置,先将三轴加速度传感器放置在水平台面上,获得六个位置;然后将三轴加速度传感器放置在辅助装置上,辅助装置放置在水平台面上,获得三个位置;获取三轴加速度传感器在9个位置处于不同姿态的多组测量数据,根据9组不同测量数据实现全方面标定三轴加速度传感器的静态误差,不仅提高了标定静态误差的精度,还摆脱了依托转台和精确水平面进行静态误差标定,所需设备仅为一水平台面和本发明设计的标定辅助装置即可,降低标定系统的体积和成本。

附图说明

[0036] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0037] 图1为本发明实施例静态误差标定系统结构图;

[0038] 图2为本发明实施例静态误差标定系统坐标分析图;

[0039] 图3为本发明实施例辅助装置结构示意图;

[0040] 图4为本发明实施例静态误差标定方法流程图。

[0041] 其中,1、三轴加速度传感器,2、水平台面,3、辅助装置。

具体实施方式

[0042] 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,都属于本发明保护的范围。

[0043] 本发明的目的是提供一种静态误差标定系统及方法,以实现全面标定静态误差,提高标定静态误差的精度,降低标定系统的体积和成本。

[0044] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实

施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0045] 受工作原理和制造工艺的影响, MEMS惯性器件的测量精度受到制约, 在测量输出中总是包含着各种误差项, 具体包括静态误差和随机误差两类。其中随机误差包括MEMS器件受环境(如温度、湿度)、电气噪声等因素影响产生的不确定误差, 需要在实际使用过程中利用滤波等方法进行抑制。静态误差包括三轴的零偏、刻度因子和轴间交叉误差, 零偏误差是由于MEMS加速度传感器在零输入的情况下输出不为零而引起的误差, 刻度因子误差是实际输出与说明书上不同而引起的误差, 轴间交叉误差是由于工艺原因测量的三轴之间不成交而引起的误差, 通过标定可确定这些误差参数的值, 进而进行补偿, 使加速度传感器的输出更接近真实值。

[0046] 图1为本发明实施例静态误差标定系统结构图, 其中, 图1中(a)-(i)为三轴加速度传感器放置的9个不同方式; 图2为本发明实施例静态误差标定系统坐标分析图, 其中, 图2中(a)-(i)为三轴加速度传感器不同位置的坐标分析图; 如图1-图2所示, 本发明提供一种静态误差标定系统, 所述标定系统包括: 三轴加速度传感器1、辅助装置3、水平台面2。

[0047] 图3为本发明实施例辅助装置结构示意图; (a)为辅助装置立体结构示意图; (b)为辅助装置主视图; (c)为辅助装置俯视图; (d)为辅助装置右视图; 如图3所示, 所述辅助装置3包括凹槽, 所述凹槽是由长方体向下凹陷形成的; 所述凹槽为“V”字形凹槽, 所述“V”字形凹槽的角度为 30° 至 60° 之间的任一角度, 本发明以 45° 为例构件的凹槽。

[0048] 三轴加速度传感器1出厂时, 厂家会标出三轴加速度传感器1的敏感轴, 将三轴加速度传感器1的三个敏感轴记分别为x轴, y轴, z轴, 其关系满足图2, 在此基础上记x轴向为三轴加速度传感器1的前面, y轴向为右面, z轴向为底面, 与x轴反向为后面, 与y轴反向为左面, 与z轴反向为正面。

[0049] 如图1所示, 三轴加速度传感器1放置在水平台面2上, 获得六个位置; 具体包括: 三轴加速度传感器1的底面与水平台面2接触放置; 三轴加速度传感器1的左面与水平台面2接触放置; 三轴加速度传感器1的右面与水平台面2接触放置; 三轴加速度传感器1的后面与水平台面2接触放置; 三轴加速度传感器1的前面与水平台面2接触放置; 三轴加速度传感器1的正面与水平台面2接触放置; 三轴加速度传感器1放置在辅助装置3上, 辅助装置3放置在水平台面2上, 获得三个位置。所述三轴加速度传感器1放置在辅助装置3上, 辅助装置3放置在水平台面2上, 获得三个位置, 具体包括: 三轴加速度传感器1的底面和右面分别与辅助装置3的凹槽接触放置; 三轴加速度传感器1的底面和后面与辅助装置3的凹槽接触放置; 三轴加速度传感器1的后面和左面分别与辅助装置3的凹槽接触放置。

[0050] 图4为本发明实施例静态误差标定方法流程图; 如图4所示, 本发明还提供一种静态误差标定方法, 所述方法具体包括以下步骤:

[0051] 步骤10: 分别获取三轴加速度传感器1在各位置的m组测量数据; 其中, m为大于等于10的整数。

[0052] 步骤20: 根据三轴加速度传感器1在各位置的m组测量数据确定各位置的均值向量。

[0053] 步骤30: 获取初始静态误差参数向量。

[0054] 步骤40: 根据初始静态误差参数向量和各位置的均值向量确定各位置的测量误差函数。

[0055] 步骤50:根据各位置的测量误差函数确定当前静态误差参数向量。

[0056] 步骤60:根据当前静态误差参数向量和各位置的测量误差函数确定代价函数值。

[0057] 步骤70:判断代价函数值是否小于设定阈值;如果代价函数值小于设定阈值,则将当前静态误差参数向量作为最优静态误差参数向量,输出最优静态误差参数向量;如果代价函数值大于等于设定阈值,则将当前静态误差参数向量作为初始静态误差参数向量,重新确定各位置的测量误差函数。

[0058] 下面对给个步骤进行详细论述:

[0059] 步骤10:分别获取三轴加速度传感器在各位置的m组测量数据;其中,m为大于等于10的整数。本发明获取测量数据的个数以及获取测量数据的频率根据实际需求确定。

[0060] 步骤20:所述根据三轴加速度传感器1在各位置的m组测量数据确定各位置的均值向量 \tilde{A}_i ,具体包括:

[0061] 步骤201:对所述在各位置的m组测量数据进行剔除野值处理,获得各位置的n组预处理数据;其中,n为小于等于m的整数。

[0062] 步骤202:根据各位置的n组预处理数据确定各位置的均值向量 \tilde{A}_i , $\tilde{A}_i = (\tilde{A}_{ix}, \tilde{A}_{iy}, \tilde{A}_{iz})$,其中, $1 \leq i \leq 9$, \tilde{A}_{ix} 为三轴比力加速度x轴的均值、 \tilde{A}_{iy} 为三轴比力加速度y轴的均值、 \tilde{A}_{iz} 为三轴比力加速度z轴的均值。

[0063] 步骤30:获取初始静态误差参数向量 $\beta(s)$,其中s为大于等于0的整数。

[0064] 当 $s=0$ 时,则 $\beta(0) = (1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)^T$, $\beta(0)$ 为理想无误差情况;当 $s=1$ 时,则 $\beta(1) = (S_x(1) \ S_y(1) \ S_z(1) \ K_{xy}(1) \ K_{xz}(1) \ K_{yz}(1) \ B_x(1) \ B_y(1) \ B_z(1))^T$;当 $s=2$ 时,则 $\beta(2) = (S_x(2) \ S_y(2) \ S_z(2) \ K_{xy}(2) \ K_{xz}(2) \ K_{yz}(2) \ B_x(2) \ B_y(2) \ B_z(2))^T$;依次类推,初始静态误差参数向量 $\beta(s)$ 的具体公式为: $\beta(s) = (S_x(s) \ S_y(s) \ S_z(s) \ K_{xy}(s) \ K_{xz}(s) \ K_{yz}(s) \ B_x(s) \ B_y(s) \ B_z(s))^T$,其中, $S_x(s)$ 、 $S_y(s)$ 、 $S_z(s)$ 分为第s步x轴、y轴、z轴向的零偏; $K_{xy}(s)$ 、 $K_{xz}(s)$ 、 $K_{yz}(s)$ 分为第s步xy轴、xz轴、yz轴的轴间交叉误差; $B_x(s)$ 、 $B_y(s)$ 、 $B_z(s)$ 分别为第s步x轴、y轴、z轴向的刻度因子。

[0065] 步骤40:所述根据初始静态误差参数向量 $\beta(s)$ 和各位置的均值向量 \tilde{A}_i 确定各位置测量误差函数 $R_i(\tilde{A}_i, \beta(s))$,具体包括:

[0066] 步骤401:根据初始静态误差参数向量 $\beta(s)$ 和各位置的均值向量 \tilde{A}_i 确定各位置静态误差参数模型 $f_A(\tilde{A}_i, \beta(s))$;具体公式为:

$$[0067] \quad f_A(\tilde{A}_i, \beta(s)) = \begin{pmatrix} S_x(s) & K_{xy}(s) & K_{xz}(s) \\ K_{xy}(s) & S_y(s) & K_{yz}(s) \\ K_{xz}(s) & K_{yz}(s) & S_z(s) \end{pmatrix} \tilde{A}_i - \begin{pmatrix} B_x(s) \\ B_y(s) \\ B_z(s) \end{pmatrix};$$

[0068] 步骤402:根据各位置的静态误差参数模型 $f_A(\tilde{A}_i, \beta(s))$ 确定各位置的测量误差函数 $R_i(\tilde{A}_i, \beta(s))$;具体公式为:

$$[0069] \quad R_i(\tilde{A}_i, \beta(s)) = [f_{A_i}(\tilde{A}_i, \beta(s))]^T [f_{A_i}(\tilde{A}_i, \beta(s))] - 1;$$

[0070] 其中, $R_i(\tilde{A}_i, \beta(s))$ 为各位置的测量误差函数, $f_{A_i}(\tilde{A}_i, \beta(s))$ 为各位置静态误差参数模型。

[0071] 步骤50:所述根据各位置的测量误差函数 $R_i(\tilde{A}_i, \beta(s))$ 确定当前静态误差参数向量 $\beta(s+1)$, 具体包括:

[0072] 步骤501:根据各位置的测量误差函数 $R_i(\tilde{A}_i, \beta(s))$ 确定测量误差向量 $R(s)$; 具体公式为:

$$[0073] \quad R(s) = \begin{pmatrix} R_1(\tilde{A}_1, \beta(s)) \\ R_2(\tilde{A}_2, \beta(s)) \\ \vdots \\ R_9(\tilde{A}_9, \beta(s)) \end{pmatrix}。$$

[0074] 步骤502:根据初始静态误差参数向量 $\beta(s)$ 和测量误差向量 $R(s)$ 确定当前静态误差参数向量 $\beta(s+1)$; 具体公式为:

$$[0075] \quad \beta(s+1) = \beta(s) - (J)^{-1} R(s);$$

[0076] 其中, $\beta(s)$ 为初始静态误差参数向量, $R(s)$ 为测量误差向量, $(J)^{-1}$ 为雅可比矩阵的

逆矩阵, $J_{ij} = \frac{\partial R_i(\tilde{A}_i, \beta(s))}{\partial \beta_j}$; 其中, $i, j = 1, 2, \dots, 9$; β_j 为初始静态误差参数向量 $\beta(s)$ 的第 j 个

元素, 因为 i 和 j 的取值为 1 到 9, 因此雅可比矩阵 J 为 9 乘 9 的方阵。

[0077] 步骤60:根据当前静态误差参数向量 $\beta(s+1)$ 和各位置的测量误差函数 $R_i(\tilde{A}_i, \beta(s))$ 确定代价函数值 $S(\beta(s+1))$; 具体公式为:

$$[0078] \quad S(\beta(s+1)) = \sum_{i=1}^9 R_i(\tilde{A}_i, \beta(s+1))^2;$$

[0079] 步骤70:判断代价函数值 $S(\beta(s+1))$ 是否小于设定阈值; 如果代价函数值 $S(\beta(s+1))$ 小于设定阈值, 则将当前静态误差参数向量 $\beta(s+1)$ 作为最优静态误差参数向量, 输出最优静态误差参数向量; 如果代价函数值 $S(\beta(s+1))$ 大于等于设定阈值, 则将当前静态误差参数向量 $\beta(s+1)$ 作为初始静态误差参数向量 $\beta(s)$, 并执行步骤40。

[0080] 本发明设计辅助装置3, 先将三轴加速度传感器1放置在水平台面2上, 获得六个位置; 然后将三轴加速度传感器1放置在辅助装置3上, 辅助装置3放置在水平台面2上, 获得三个位置; 获取三轴加速度传感器1在9个位置处于不同姿态的多组测量数据, 根据9组不同测量数据实现全方面标定三轴加速度传感器1的静态误差, 不仅提高了标定静态误差的精度, 还摆脱了依托转台和精确水平面进行静态误差标定, 所需设备仅为一水平台面2和本发明设计的标定辅助装置即可, 降低标定系统的体积和成本。

[0081] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述, 每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处, 各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0082] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

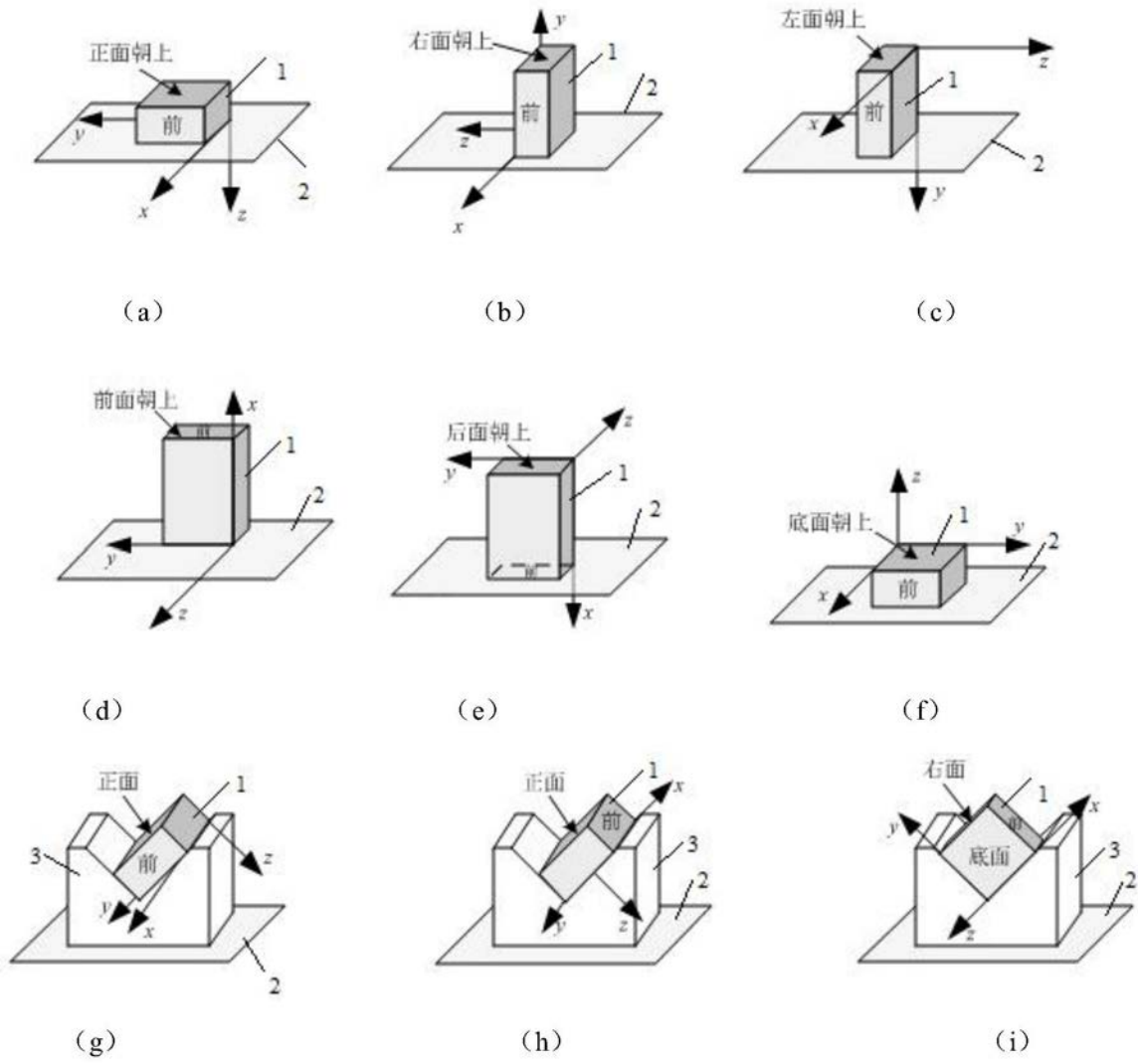


图1

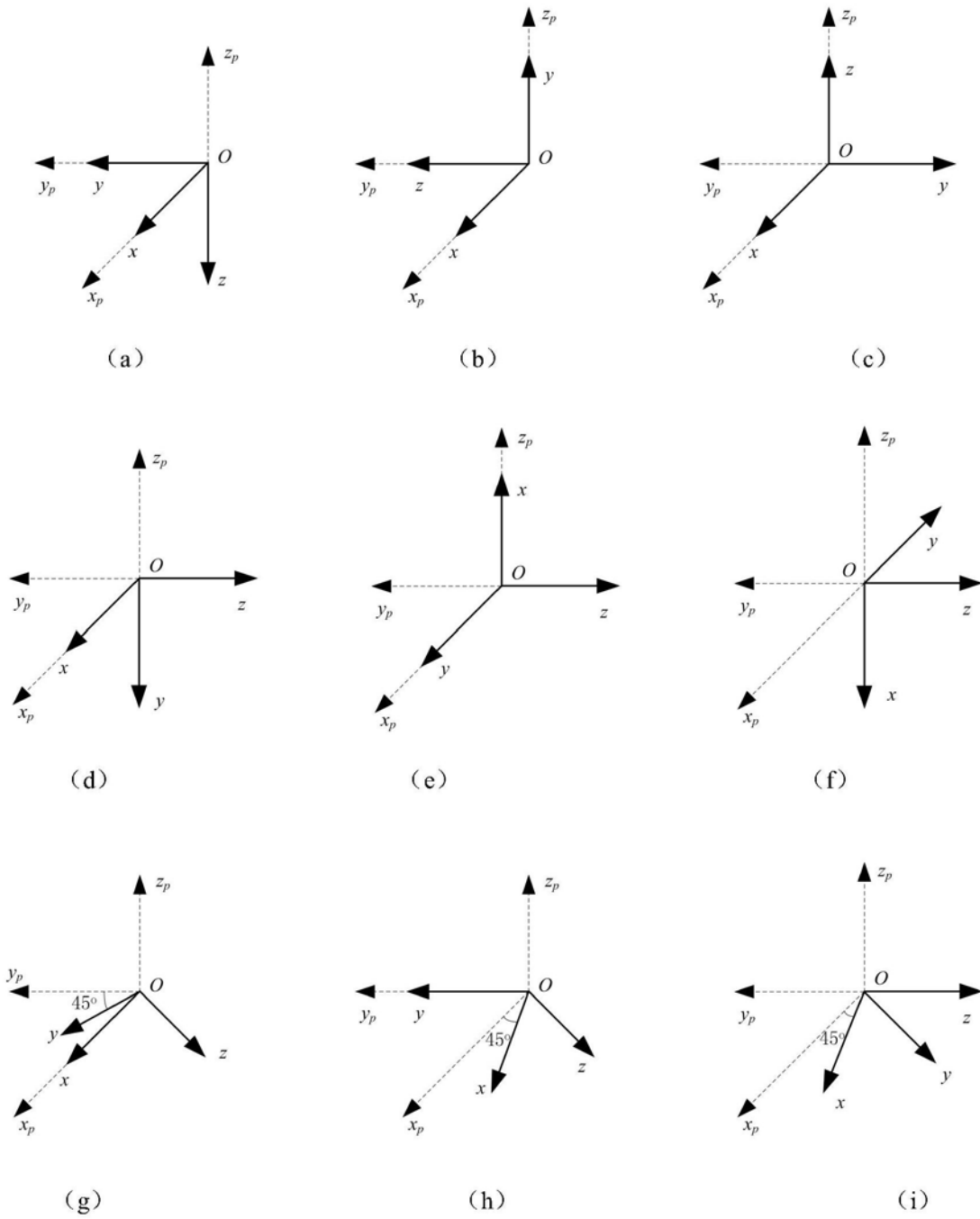


图2

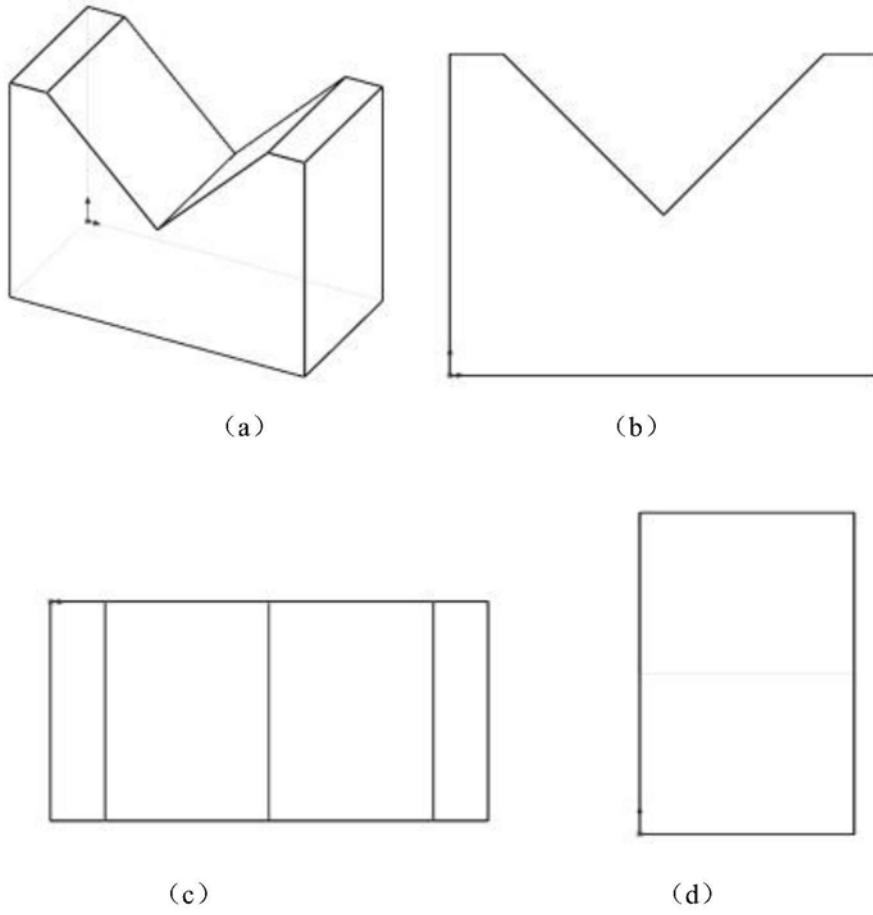


图3

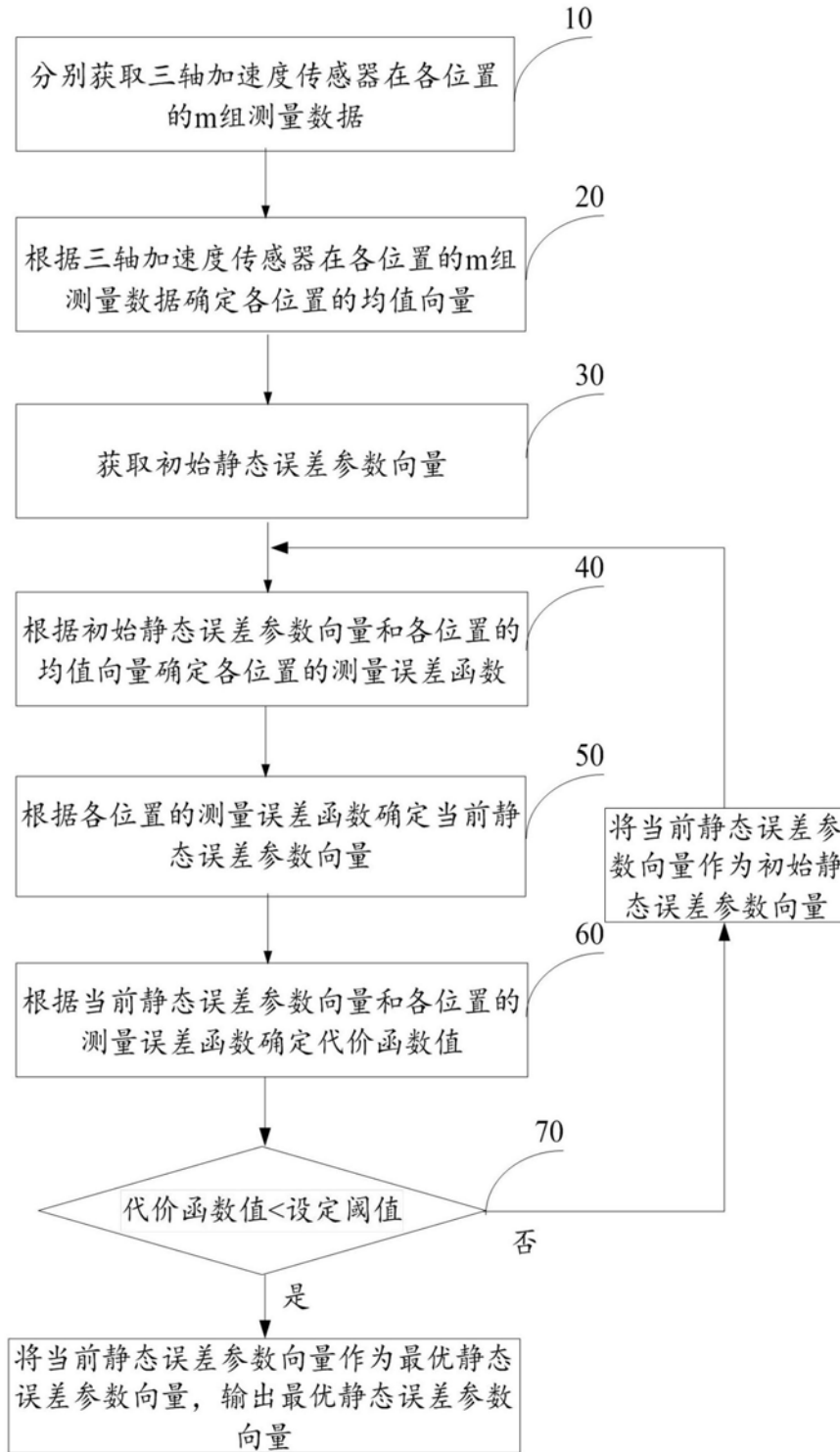


图4