



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102706361 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 09

(21) 申请号 201210156278. 9

第 3-6 页.

(22) 申请日 2012. 05. 18

张振友等. 《物体空间姿态的实时测量方法研究》. 《机械设计与研究》. 2008, 第 24 卷 (第 5 期), 第 84 页倒数第 2 段 - 第 87 页倒数第 1 段.

(73) 专利权人 中国人民解放军 92537 部队
地址 100161 北京市丰台区六里桥北里四号
院

审查员 索子繁

(72) 发明人 陶冶 袁书明 杜红松 陈晶
贾珂

(51) Int. Cl.
G01C 25/00(2006. 01)

(56) 对比文件
CN 101586965 A, 2009. 11. 25, 全文.
叶东等. 《视觉跟踪坐标测量系统数学建模》. 《宇航计测技术》. 2007, 第 27 卷 (第 6 期),

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称
一种高精度多惯导系统姿态精度评定方法

(57) 摘要
一种高精度多惯导系统姿态精度评定方法, 采用一套激光跟踪仪及其姿态测头 (TMAC)、经纬仪、摇摆台 (或转台) 以及同步数据录取装置, 通过初始标校、摇摆运动与同步数据采集, 实现多套高精度惯导系统姿态精度的同时评定。摇摆台 (或转台) 提供动态摇摆环境, 能够按照给定周期与幅值进行俯仰、横滚以及航向的摆动。激光跟踪仪及其姿态测头 (TMAC) 能够实时测量摇摆台在地理系下的三个姿态角。同步数据录取装置的信号发生器同时发送 TTL 同步电平至激光跟踪仪与多套高精度惯导系统, 用于触发同一时刻的数据输出, 再将激光跟踪仪与多套高精度惯导系统输出的同一时刻姿态存储到录取装置, 试验结束后, 以激光跟踪仪输出姿态为基准, 分别统计得到多套高精度惯导系统的姿态精度。本发明特别适用于激光陀螺惯性导航系统的姿态精度评定, 本发明能够完成对多套高精度惯性导航系统的姿态精度同时评定, 本发明实现了用最简单的设备组件, 同时评定多套惯性导航系统姿态的动态精度。



1. 一种高精度多惯导系统姿态精度评定方法,其特征包括以下步骤:

(1) 在摇摆台或转台邻近的空间中,建立 5 个控制点,利用一台高精度的经纬仪瞄准控制点,测量其方位及高度角;

(2) 使用激光跟踪仪测量 5 个控制点,利用 5 个控制点相对经纬仪仪器中心的矢量坐标,将激光跟踪仪的仪器坐标系转换到地理坐标系;

(3) 激光跟踪仪测量固定在摇摆台或转台上的姿态测头,输出测头在地理系下的初始姿态;

(4) 激光惯导对准完成之后,利用激光跟踪仪测头的初始姿态,计算姿态测头与激光惯导之间的转换矩阵,将此矩阵装订到激光惯导,完成数字装订;数字装订是在初始状态下,通过输入转换矩阵至惯导系统,将惯导轴系定义与激光跟踪仪姿态测头轴系对齐;

(5) 摇摆台或者转台开启,按照一定的周期与幅值进行摇摆,对于摇摆的位置精度要求不高,只为提供一种动态环境;

(6) 信号发生器发出 1 ~ 50 赫兹固定 TTL 同步信号,激光惯导和激光跟踪仪同时接受该信号,在信号的上升沿,触发采集数据,并将数据通过 RS232 接口发送到数据录取装置,录取装置为多串口等待接收模式,在一秒的时间间隔内,到达的数据按对应列存为一行,对于未到达的数据记为空值;

(7) 剔除数据中存在的野值,出现激光跟踪仪数据不完整时,该时刻的所有数据皆不参与计算;当某时刻多套激光惯导皆出现粗差时,判定该时刻激光跟踪仪数据为无效,该时刻的所有数据不参与计算;对于激光惯导自身原因出现的粗差进行保留并参与精度计算。

2. 根据权利要求 1 所述的高精度多惯导系统姿态精度评定方法,其特征在于:所述步骤(5) 摇摆台或转台按照摇摆谱产生摇摆环境,其摇摆谱要按照评定规范设定,对摇摆台或转台实际的位置精度无苛刻要求。

3. 根据权利要求 1 所述的高精度多惯导系统姿态精度评定方法,其特征在于:所述方法也适用于激光陀螺、光纤陀螺、静电陀螺、液浮陀螺惯导系统;对于基于激光陀螺、光纤陀螺捷联体制惯导系统可通过数字装订方式将惯导初始姿态与激光跟踪仪测头初始姿态装订一致,对于液浮陀螺平台体制惯导通过调零位方式将惯导初始姿态与激光跟踪仪测头初始姿态装订一致。

一种高精度多惯导系统姿态精度评定方法

技术领域

[0001] 本发明属于惯性导航姿态动态精度评定技术领域,特别涉及高精度高精度惯导系统、激光跟踪仪、摇摆台、电子水平仪、经纬仪等测量设备,适用于对多套惯性导航系统姿态精度同时评定。

背景技术

[0002] 激光陀螺惯性导航系统具有精度高的优势,近年来通过旋转调制技术使得舰船用的激光陀螺惯性导航系统精度有显著提升,姿态精度能够达到 $1.7'$ (RMS),航向精度 $2'$ (RMS),为了验证激光陀螺惯性导航系统实际动态姿态精度是否达到指标要求,需要测试系统的精度优于激光惯导精度 3 倍以上。传统低精度惯导姿态动态评定方法是:选取一种高精度惯导再与 GPS 组合导航作为姿态基准进行比对,由于被测激光惯导精度已经足够高,很难再找到更高精度的惯导作为姿态基准,必须寻求其他原理的方法来对高精度激光惯导进行动态姿态精度评定。

[0003] 目前,国内一般通过两种途径对高精度激光惯导姿态精度进行评定,一种是利用超高精度的转台评定激光惯导的动态精度,另一种是通过天文设备对激光惯导动态精度评定。由于高精度转台承载重量有限,一般不超过 80kg,而具有缓冲基座的高精度激光惯导一般在 100kg 以上,不适合长期摇摆使用;天文导航设备由于抓星难等问题一般在海上评定。

[0004] 本专利提出的基于激光跟踪仪与摇摆台的态度精度评定方法克服了上述不足,特别适用于多台激光惯导的动态姿态精度评定,并且不对摇摆台精度提出苛刻要求,特别适合于多台激光惯导 24h 以上的连续摇摆评定,采集频率能够达到 50Hz,具有其他方法无法比拟的优势。

[0005] 综上所述,目前惯导系统姿态精度评定方法,存在着如下不足:

[0006] (1) 无法满足高精度惯导系统高速率姿态精度评定要求;

[0007] (2) 无法同时对多套激光惯导进行动态精度评定;

[0008] (3) 不能满足全天候、实时精度评定的要求。

发明内容

[0009] 本发明的目的是:克服现有惯导系统姿态精度评定方法精度低,成本高的不足,提供一种简单适用、精度高的评定方法。通过利用激光跟踪仪、信号发生器、摇摆台或转台和数据录取装置就可以完成多套激光惯导动态姿态精度的评定。

[0010] 本发明的技术解决方案是:针对惯导系统姿态精度评定要求,利用摇摆台提供动态摇摆环境,利用数学方式将激光跟踪仪与各激光惯导的坐标轴系取齐,通过信号发生器的同步触发,直接采集计算激光惯导的姿态精度。

[0011] 高精度多惯导系统姿态精度评定实现的核心是利用激光跟踪仪快速响应、高精度测量的优势,将其姿态测头与激光惯导在时间与空间上对齐,激光跟踪仪测量其测头姿态,作为激光惯导的输出值的标准值,计算姿态精度。

[0012] 具体的高精度多惯导系统姿态精度评定方法,包括以下步骤:

[0013] (1) 在摇摆台邻近的空间中,建立 5 个控制点,利用一台高精度的经纬仪瞄准控制点,测量其方位及高度角;

[0014] (2) 使用激光跟踪仪测量 5 个控制点,利用 5 个控制点相对经纬仪仪器中心的矢量坐标,将激光跟踪仪的仪器坐标系转换到地理坐标系;

[0015] (3) 激光跟踪仪测量固定在摇摆台或转台上的姿态测头,输出测头在地理系下的初始姿态;

[0016] (4) 激光惯导对准完成之后,利用激光跟踪仪测头的初始姿态,计算姿态测头与激光惯导之间的转换矩阵,将此矩阵装订到激光惯导,完成数字装订。

[0017] (5) 摇摆台或者转台开启,按照一定的周期与幅值进行摇摆,对于摇摆的位置精度要求不高,只为提供一种动态环境。

[0018] (6) 信号发生器发出 1 ~ 50 赫兹固定 TTL 同步信号,激光惯导和激光跟踪仪同时接受该信号,在信号的上升沿,触发采集数据,并将数据通过 RS232 接口发送到数据录取装置。

[0019] (7) 剔除数据中存在的野值,出现激光跟踪仪数据不完整时,该时刻的所有数据皆不参与计算。当某时刻多套激光惯导皆出现粗差时,判定该时刻激光跟踪仪数据为无效,该时刻的所有数据不参与计算。对于激光惯导自身原因出现的粗差进行保留并参与精度计算。

[0020] 本发明的原理是:利用数学矩阵对空间姿态进行旋转,实现各设备输出姿态数值在空间上统一。用欧拉角 Φ_1, θ_1, Ψ_1 表示惯导在当地地理系坐下的稳态输出,用欧拉角 Φ_2, θ_2, Ψ_2 表示激光跟踪仪测头在当地地理系坐下的稳态输出,惯导向激光跟踪仪测头坐标系的旋转矩阵为 C_b^t

[0021]

$$C_b^t = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 \cos \psi_1 & \cos \theta_1 \sin \psi_1 & -\sin \theta_1 \\ \sin \theta_1 \sin \phi_1 \cos \psi_1 - \cos \phi_1 \sin \psi_1 & \sin \theta_1 \sin \phi_1 \sin \psi_1 + \cos \phi_1 \cos \psi_1 & \sin \phi_1 \cos \theta_1 \\ \sin \theta_1 \cos \phi_1 \cos \psi_1 + \sin \phi_1 \sin \psi_1 - \sin \phi_1 \cos \psi_1 & \sin \theta_1 \cos \phi_1 \sin \psi_1 & \cos \phi_1 \cos \theta_1 \end{bmatrix}$$

[0022]

$$* \begin{bmatrix} \cos \theta_2 \cos \psi_2 & \cos \theta_2 \sin \psi_2 & -\sin \theta_2 \\ \sin \theta_2 \sin \phi_2 \cos \psi_2 - \cos \phi_2 \sin \psi_2 & \sin \theta_2 \sin \phi_2 \sin \psi_2 + \cos \phi_2 \cos \psi_2 & \sin \phi_2 \cos \theta_2 \\ \sin \theta_2 \cos \phi_2 \cos \psi_2 + \sin \phi_2 \sin \psi_2 - \sin \phi_2 \cos \psi_2 & \sin \theta_2 \cos \phi_2 \sin \psi_2 & \cos \phi_2 \cos \theta_2 \end{bmatrix}^{-1}$$

[0023] 开始试验前,分别采集一段激光惯导和激光跟踪仪测头的稳态输出姿态数据,平局后将 C_b^t 装订到激光惯导的初始装订菜单中,试验过程中该转换矩阵不变。激光跟踪仪通过摄影测量的原理测量测头的姿态,在同一时刻,测头的姿态即为激光惯导的标准值。利用同步信号的上升沿触发激光跟踪仪控制机与多套激光惯导同时发送姿态数据,实现时间的同步。

[0024] 本发明与现有技术相比的优点在于:标准值的测量不确定度小,室内全天候长期稳定运行,能同时评定多套激光惯导,提升效率、降低成本。具体表现在以下三点:

[0025] (1) 激光跟踪仪动态下测量姿态的均方根误差在 0.25' 左右,相对激光惯导,其

测量不确定度符合计量校准规范。激光跟踪仪能够快速响应,实时 6 自由度测量,输出地理系下航向、纵摇与横摇姿态角,满足激光惯导的评定要求。同时同步信号的触发机制,能够很好地将多设备的时间轴对齐,形成同一时间同一空间坐标系下的姿态角进行运算。

[0026] (2) 在评定激光惯导时,摇摆环境的最大角速度与线速度都处于激光跟踪仪的测量范围之内,激光跟踪仪本身除受地基震动,空气扰动之外,能够长期稳定工作,可为激光惯导 24h 不间断提供标准值。

[0027] (3) 激光跟踪仪作为计量标准器,可以同时评定多套激光惯导。由于评定单台激光惯导的时间较为漫长,所以同时评定可以大大节约人力、物力,提高工作效率。在同摇摆的环境下,也更易于对比、优选等试验。

附图说明

[0028] 图 1 为高精度多激光惯导系统姿态精度评定方法流程图。

具体实施方式

[0029] 本发明以激光跟踪仪及姿态测头为测量装置、信号发生器数据触发装置、摇摆台或转台为激光惯导物理安装平台,工控主机为数据录取装置,高精度多惯导系统姿态精度评定。具体实施方式如下:

[0030] (1) 在摇摆台(以摇摆台为例)上安装多套激光惯导、激光跟踪仪的姿态测头,在摇摆台南侧架设激光跟踪仪主机,在摇摆台邻近的空间中,建立 5 个分布均匀的控制点;

[0031] (2) 利用高精度的经纬仪(无北向基准镜时可使用陀螺经纬仪),瞄准 5 个控制点,测量记录地理方位角和高度角。使用激光跟踪仪再次测量 5 个控制点的三维坐标。激光跟踪仪能通过自身所带电子水平仪测量重力线在仪器坐标系下的矢量,结合 5 个控制点相对经纬仪仪器中心的矢量,激光跟踪仪可将仪器坐标系转换到地理坐标系;

[0032] (3) 激光跟踪仪测量固定在摇摆台上的姿态测头,通过可见激光跟踪测头,并利用摄影测量的原理,敏感姿态测头上的发光标志,解算姿态测头在地理系下的姿态角;

[0033] (4) 激光惯导启动对准完成之后,利用激光跟踪仪姿态测头的初始姿态,计算姿态测头与激光惯导之间的转换矩阵,将此矩阵装订到激光惯导,完成数字装订。装订后的激光惯导输出姿态和姿态测头的坐标系是平行的。

[0034] (5) 摇摆台开启,分别设置在航向、横摇与纵摇的周期与幅值,进行摇摆。由于摇摆台的用途只是模拟航行中的载体,对于摇摆的位置精度要求不高。在激光惯导不关机状态下,切换摇摆幅值与周期,完成多种摇摆应力下的综合考核。

[0035] (6) 同步录取装置的信号发生器发出 1 ~ 50 赫兹某一固定 TTL 同步信号,激光惯导和激光跟踪仪同时接受该信号,在信号的上升沿,触发采集数据,并将数据通过 RS232 接口发送到数据录取装置。录取装置为多串口等待接收模式,在一秒的时间间隔内,到达的数据按对应列存为一行,对于未到达的数据记为空值。

[0036] (7) 剔除数据中存在的野值,出现激光跟踪仪数据不完整时,该时刻的所有数据皆不参与计算。当某时刻多套激光惯导皆出现粗差时,判定该时刻激光跟踪仪数据为无效,该时刻的所有数据不参与计算。对于激光惯导自身原因出现的粗差进行保留并参与精度计算。最终数据将分为航向、横摇、纵摇三个指标进行计算,各自激光跟踪仪数据为标准值,

计算均方根误差,取 99%的置信区间,计算最终的评定结果。

[0037] 上述步骤(1)~(7)步骤,是高精度多惯导系统姿态精度评定的试验步骤,涉及到仪器设备的安装方式、坐标系的建立方法、同步触发、数据采集以及数据处理的方法。通过我们试验,按照上述步骤进行水面激光惯导的姿态精度评测,多套激光惯导的评测结果中,最佳成绩在 0.015° ,符合试验前期的预测。

[0038] 本发明可以作为一种通用的高精度惯导姿态精度评定方法,适合精度在 0.012° (3σ) 以下的各类惯导。同样在此类惯导的设计调试阶段,也可以借助此方法,对影响惯导姿态精度的因素进行分离,如考核惯导的减震底座误差影响量。

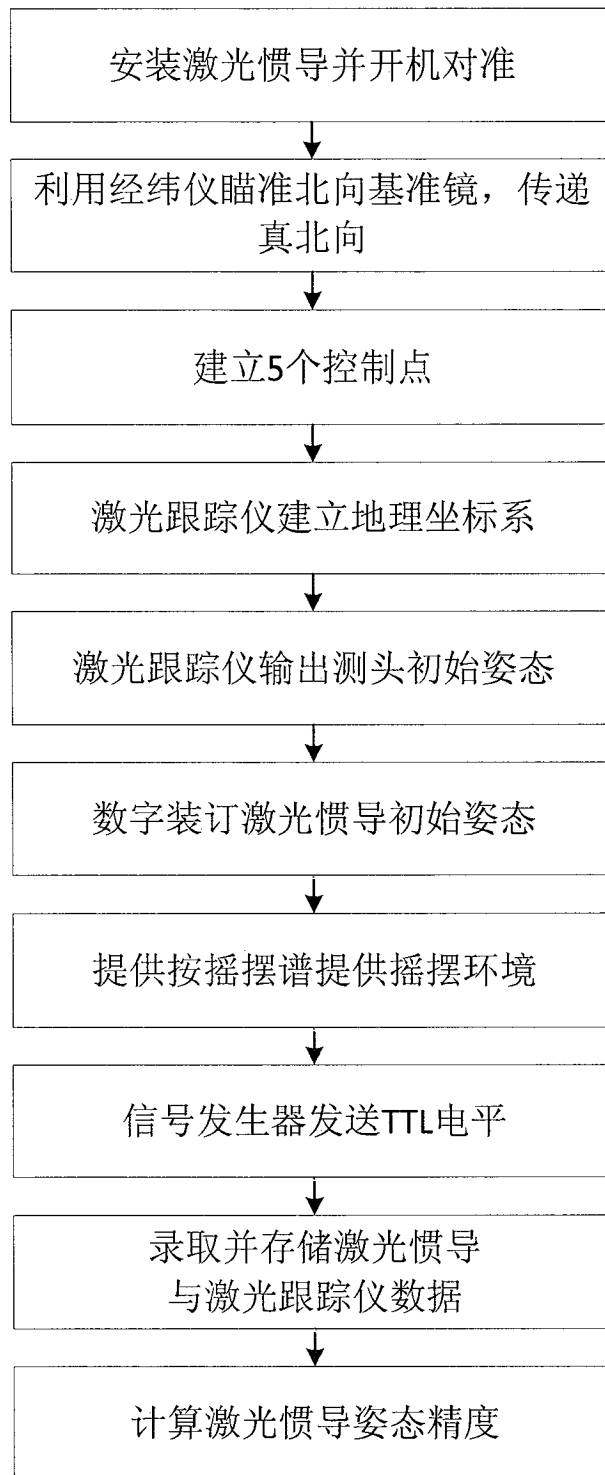


图 1