

高精度地磁姿态解算技术研究

钟兴志

(北京吉泰航科技有限公司 北京 100085)

摘要: 伴随着高科技的迅猛发展, 定向技术已经普及、渗透到各个方面, 特别是在航天、航空、航海等领域发挥的作用更是举足轻重。传统的导航定向的误差会随着时间的推移逐渐增加, 而高精度地磁定向是一种全方位的定向导航系统, 具有精准、有效、抗干扰的特点, 可以正好弥补传统导航定向的这一缺点。但是地磁定向是否完美无缺、坚不可破呢? 其实不然, 地磁定向在具有上述优点的同时, 也存在着一些不足, 容易受到软磁和硬磁的干扰, 引起定向误差增大。

关键词: 高精度地磁; 姿态解算; 四元数法

科技在不断发展, 惯性定向技术在日常生活中的应用越来越普及, 也越来越受到重视。因为现代生活需求的增加, 惯性定向技术不仅应用于航天、航空、航海, 在交通、生物科技、医学等方面的使用也越来越平常。但惯性定向技术在使用时难免会出现误差, 本文主要对定向误差进行分析研究, 设计高精度的地磁定向平台, 增加数据采集的真实性, 运用算法对出现的误差进行抗干扰处理, 将地磁场和惯性运动的数据经过姿态解算, 获得更加精准的姿态角, 姿态角的算法多样, 有欧拉角法、三角函数法、四元数法。其中最为合适的应是四元数法, 因其计算量小, 能有效避免不必要的算数麻烦。将经过处理的定向数据和惯性数据相融合, 进行姿态解算, 能够得到相对平稳可靠、准确度较高的地磁定向系统。

1 地磁定向技术研究的现状

磁传感器对于地磁场的测量准确度要求十分高, 但在目前的设备环境中, 外界磁场中的硬磁和软磁严重干扰着地磁场, 温度的变化也影响着地磁场的传感器。目前国内可以制造出准确度较高的传感器, 但是高精度的姿态角需要应用行之有效的姿态解算算法, 传统的数据解算存在一定的计算误差, 而地磁技术定向平台发展速度显著加快, 所以对姿态解算算法的深入研究迫在眉睫, 并且在坚持不懈的研究下, 地磁技术平台在平稳能力和结算准确度上都有了显著的效果, 地磁定向平台运用惯性单元测量和传感器模块采集数据, 利用数据传输和储存功能来进行数据的研究和分析处理。同时, 地磁定向平台必须满足体积小、功能强、抗干扰能力强、精准度高等特点。现如今地磁导航系统为地磁匹配提供了参考标准, 地磁传感器和惯性传感器的发展也更加稳定。

2 地磁定向平台姿态解算算法设计

利用姿态解算算法得到更高准确度的地磁定向平台信息, 运用参考坐标系的选定和合适的姿态算法解算, 选用最为适宜的地理坐标系作为参考坐标系, 并且利用四元数法来表示姿态角, 同时发现梯度下降法的计算量更小、准确度更高, 能够得到高精度的姿态角信息。

2.1 选定参考坐标系

目前常用的坐标系包括地理坐标系、地球坐标系、地

心惯性坐标系等。地球坐标系也称地固坐标系, 是固定在地球上与地球一起旋转的坐标系, 地面上的坐标值在地固坐标系中是亘古不变的, 用地固坐标系描绘地球表面的空间位置将更加清晰明了。地心惯性坐标系的原点在地球的质心, 可以更为方便直观的测量和确定 GPS 卫星轨道。地理坐标系先将地球幻化为一个类似于地球表面的球体, 然后在球体表面构建出经纬网, 最后通过描绘经纬度表示具体位置达到定位准确的目的。地理坐标系中一般划分为东北天坐标系和北东地地坐标系, 常用的是东北天地坐标系。

2.2 选定姿态表示法

姿态表示法选定中包括欧拉角表示法、方向余弦表示法、四元数表示法等。在三维空间里的参考系, 任何坐标系的方向都可以用欧拉角来展示。用来确定定点转动刚体位置的 3 个一组独立角参量, 由章动角 θ 、旋进角 (即进动角) ψ 和自转角 j 组成。使用欧拉法表示时有些许弊端, 要按照固定的坐标系方向旋转。

方向余弦法将载体旋转后与参考坐标系矢量的方向余弦来表示姿态矩阵的具体方法。运用方向余弦表示法相对于其他表示法来说, 可以有效的避免奇点, 但是此方法在运算过程中计算量巨大, 虽然有一定的优点, 但是在应用过程通常不予以采纳, 不适用于繁琐的工程设计中。

四元数法在应用过程中也有一定的计算量, 但是相对于方向余弦法来说, 计算量要小的很多, 并且四元数表示法同样的也能规避奇点的问题。在运算过程中, 较其他方法误差要小, 准确度更高一些。整体来看, 四元数法在求解姿态中实用性更强, 在工程技术方面应用更为适合, 运用四元数法进行推导姿态角最合适不过。

2.3 姿态数据融合算法

首先利用陀螺仪解决四元数数据, 计算陀螺仪的角速度数据就可得到, 其次利用相关工具测出加速度和地磁场的强度, 通过旋转矩阵的参考坐标系中的加速度转换为载体坐标系中的加速度, 组建出一组误差函数, 然后通过分析已经得知的两组四元数数据, 开始展开四元数融合工作, 减少误差, 从而得到更加准确的姿态角。

3 测试高精度地磁定向平台

(下转第 151 页)

其主要发展趋势主要体现在以下几个方面。其一,对激光合金化专用合金材料的开发和研究力度加大,从而实现合金化过程中,对合金层成分更加精确的控制;其二,为确保工艺技术的精确性和适用性,对激光工艺参数的研究越来越多;其三,对激光设备来讲,对大功率激光设备的研究加强,应用范围更加广泛,从而提升激光源的性能;其四,在技术研究的同时,侧重对合金化层表面不稳机理的研究,从而完善机制建设;其五,在激光合金化数值理论的研究中,除了激光合金化工艺方面的研究,还会加强对合金化过程数值模拟实验的研究,并逐步完善数值模拟理论;其六,对合金化预涂层的研究加强,通过试验对不同性能的合金化涂层进行对比分析,扩大技术在工程建设中的应用范围。

4 结语

综上所述,材料表面改性研究应用中,激光合金化技术发挥着重要的作用,具有广阔的应用前景。实践证明,采用激光合金化技术对材料表面性能进行改善处理是切实可行的,且操作简单,效率高,具有较强的灵活性,成本较低,具有极大的工程应用价值,在今后发展中,要重视技术及其应用的研究,拓宽技术应用领域。

参考文献:

- [1] 姜慧玲.304 不锈钢表面激光合金化制备 FeMnSi 记忆合金层研究 [D]. 大连海事大学,2020.
 - [2] 易镡.TC4 钛合金表面激光合金化原位制备 WC-Ni-Si 涂层的组织性能研究 [D]. 南华大学,2020.
 - [3] 林基辉,刘德鑫,李耀,戴姣燕,陈,张伟楠,徐金富.激光合金化技术在表面改性中的应用研究进展 [J]. 热加工工艺,2020,49(08):13-16.
 - [4] 易镡,彭如恕.TC4 钛合金表面激光合金化涂层的组织与耐磨性能 [J]. 金属热处理,2020,45(02):225-230.
 - [5] 孙磊强,赵作福,莫梓睿,杨明亮,邱玉艳,刘亮.激光技术在材料表面改性方面的研究进展 [J]. 辽宁工业大学学报(自然科学版),2018,38(06):378-381.
 - [6] 陈小明,王海金,周夏凉,赵坚,伏利,刘伟.激光表面改性技术及其研究进展 [J]. 材料导报,2018,32(S1):341-344.
- 作者简介:** 任洪梅(1990.10-),汉族,山东潍坊人,硕士研究生,职称助教,研究方向:激光加工方向。
乔艳梅(1990.9-),汉族,山东泰安人,研究生,职称助教,研究方向:自动控制方向。

(上接第 149 页)

对已经设计完成的地磁定向平台进行多方面的测试,来确定各部分是否可以稳定运行工作,姿态算法是否可以实现预定的目标,是否可以正常顺利地输出更加准确的高精度信息。

3.1 定向平台的硬件测试

硬件测试主要是从电路的情况进行测试,观察电路是否存在短路、接触不良的问题,同时也要关注零部件之间焊接是否牢靠,有无缝隙。首先要搭建测试平台,利用二极管、万用表等相关工具,对焊接点一一进行排查,观察指示灯等外在信息,确定电路没有短路的情况问题,电路板中也没有开路现象的存在。功能正常,就可正常使用。

3.2 定向平台的软件测试

软件测试主要是测试定向平台的各个版块中是否存在问题,比如驱动程序。首先进行程序调试,确定各个版块与主导芯片之间没有断开连接,信息可以正常传送。在数据传输方面要尤为注意,判断主控芯片可以与外埠连接设备一同进行工作,确保信息可以正常的输入输出。在存储信息模块,确定主控芯片可以进行正常的读写,能够保证信息的安全性,在存储信息时,当输入一定量的数据后,定向平台会自主断电后重启,为的是能够确保信息不流失。软件测试下的惯性单元测试,主要是验证硬件电路与驱动程序的正确与否。确保地磁定向平台各个版块都可正常工作,各版块之间的运作紧密联系,为高精度的地磁定向姿态解算提供保障。

3.3 仿真姿态解算算法

将较为准确的四元数数据应用于姿态解算,需要将地

磁定向平台予以固定在旋转转台上,然后旋转转台,达到一个满意的角度后,需静待几分钟,数据信息通过主控芯片进行姿态解算,处理后就能得到高准确的数据。定向平台在静止的时间里,数据输出信息没有任何波动,状况相对稳定。为了验证定向平台输出的姿态角是否成功,可反复进行试验,地磁定向平台固定后,可不断地旋转,让定向平台可以呈现出多角度的改变,利用相同方式计算出姿态角度,能够验证出此方法解算出的姿态角更加精准。

4 结语

根据地磁定向平台功能的需求,对姿态解算进行多方面的试验,弥补了地磁定向平台的短板和不足,减少了误差的产生,抗干扰能力不断增强,测量精度更准确,提高数据采集的准确性,实现了高精度的姿态解算,得到更加精准的数据信息,能够在此基础上真正的运用正确的姿态解算算法实现地磁定向。随着高精度地磁定向平台的不断发展,会被民用和科技等方面所重视,在更高层次的领域将有更广阔的发展前景,应用性和实用性也更加广泛。

参考文献:

- [1] 许迪剑.高精度地磁定向误差分析及姿态解算技术研究 [D]. 黑龙江:哈尔滨工业大学,2020:1-72.
- [2] 崔晓阳.多传感器组合测姿系统设计及姿态解算算法研究 [D]. 杭州电子科技大学,2017:1-171.
- [3] 周连成,刘荣忠,郭锐.基于地磁传感器的末敏弹姿态解算方法 [J]. 兵器装备工程学报,2018,39(3):174-177.