

引文格式:蔡小波.多天线 GNSS/INS 组合定位定姿方法研究[J].测绘学报,2020,49(12):1642. DOI:10.11947/j.AGCS.2020.20190444.  
CAI Xiaobo. The research on multi-antenna GNSS/INS integrated position and attitude determination method[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2020, 49(12): 1642. DOI: 10.11947/j.AGCS.2020.20190444.

# 多天线 GNSS/INS 组合定位定姿方法研究

蔡小波

东华理工大学测绘工程学院,江西 南昌 330013

## The research on multi-antenna GNSS/INS integrated position and attitude determination method

CAI Xiaobo

Faculty of Geomatics, East China University of Technology, Nanchang 330013, China

随着科技的进步,移动测量系统得到了迅速发展。在一般的导航中,仅需要知道载体的位置,而在移动测量系统中,还需要知道载体的姿态。对载体姿态的测量,最直接的办法是采用惯性导航系统(inertial navigation system,INS)。INS 可以高采样率输出载体的姿态、速度和位置,并可以在不与外界进行信息交换的条件下进行自主导航。但由于传感器误差的影响,INS 的导航误差会随时间积累,需要对其进行修正。最常用的办法就是利用全球导航卫星系统(GNSS)与 INS 组成 GNSS/INS 组合导航系统。GNSS 可以输出载体的速度和位置,导航精度稳定,但在观测条件不好的情况下,导航精度会受到影响或没有导航输出。GNSS/INS 组合导航系统可以结合两者的优势,是一种常用的组合导航系统。本文对 GNSS/INS 组合定位定姿相关问题的研究如下。

(1) INS 的导航原理和误差特性。首先,针对捷联式惯性导航系统(strapdown inertial navigation system, SINS),给出了一整套力学编排算法,包括姿态更新算法、速度更新算法、位置更新算法及其简化算法。其次,对 SINS 各项误差进行了深入分析,主要包括初始条件误差,传感器系统误差及传感器随机误差。最后,对各误差项引起的导航误差进行了 48 小时仿真分析,包括初始条件误差引起的导航误差,传感器系统误差中的单项误差及其组合误差项引起的导航误差,以及随机误差中的白噪声项引起的导航误差等。

(2) 基于多天线 GNSS 的定姿方法。并用实测数据进行了验证。本文以三天线为例,研究了两种多天线 GNSS 定姿方法——直接法和三参数迭代最小二乘法。为了验证两种算法的精度和可靠性,用实测数据进行了姿态解算,并对多天线 GNSS 定姿法进行了误差分析。结果表明多天线 GNSS 定姿可以达到较高的精度,并且姿态精度与基线解算质量以及基线长度强相关。

(3) 多天线 GNSS 姿态辅助低精度 INS 精对准的方法。在 GNSS/INS 组合导航中,一般利用 Kalman 滤波法

对 GNSS 和 INS 进行组合。Kalman 滤波是一种线性算法,线性算法要求系统的初始姿态误差较小。而低精度的 INS 由于传感器精度有限,对准所得的姿态角,特别是航向角误差较大,或根本无法收敛。针对此问题,提出了利用多天线 GNSS 姿态对低精度 INS 进行辅助精对准的方法,并用实测数据进行了验证。结果表明,由于多天线 GNSS 姿态为低精度 INS 提供了直接的姿态观测量,可以大大提高对准的速度和精度。

(4) 多天线 GNSS/INS 组合定位定姿。通常,GNSS/INS 组合导航指的是利用单天线 GNSS 与 INS 组成组合导航系统,利用 GNSS 输出的位置、速度和 INS 输出的姿态、速度、位置,采用 Kalman 滤波法进行组合导航解算。组合导航算法需要估计的状态量包括失准角、速度误差、位置误差以及陀螺漂移和加速度计零偏等。通过可观测性分析可以发现,某些待估状态量只具有弱观测性,或者不可观测。如航向角误差,就属于弱观测量,而在移动测量系统中航向角又非常重要。为解决此问题,本文提出多天线 GNSS/INS 组合定位定姿方法,利用多天线 GNSS 测定的姿态提高系统的可观测性。同样用实测数据对此方法进行了验证,结果表明多天线 GNSS/INS 组合的方法可以显著提高航向角的估计精度。

中图分类号:P228 文献标识码:D

文章编号:1001-1595(2020)12-1642-01

基金项目:国家自然科学基金(41274084)

收稿日期:2019-10-25

作者简介:蔡小波(1982—),男,2016 年 6 月毕业于中国科学院大学,获工学博士学位(指导教师:许厚泽院士、王勇研究员),研究方向为 GNSS/INS 组合导航。

Author: CAI Xiaobo(1982—), male, received his doctoral degree from University of Chinese Academy of Sciences on June 2016, majors in GNSS/INS integrated navigation.

E-mail: caixb2006@126.com