

机载 GNSS 动态定位定速与定姿理论及算法研究

王潜心^{1,2}

1. 中南大学 地球科学与信息物理学院, 湖南 长沙 410083; 2. 中国测绘科学研究院, 北京 100830

Theory and Algorithm of Airborne GNSS Kinematic Position, Velocity and Attitude Determination

WANG Qianxin^{1,2}

1. School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Changsha 410083, China; 2. Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100830, China

航空动态测量技术因不受地形条件和气候条件的限制,可在高寒地区、陡峭山区、原始森林等人员难以到达的地区进行空中测量,其高效的作业方式是常规的地面测量手段所无法比拟的。论文围绕航空动态测量中移动测量平台的运动状态监测问题展开研究,涉及机载 GNSS 动态定位中主要误差的处理、长距离机载 GNSS 动态定位、高精度 GNSS 定速与定姿方法等诸多关键技术问题,其主要研究内容和创新点如下:

(1) 由于对流层延迟量与测站的高程密切相关,当两测站高差为 10 m 时,其天顶方向对流层延迟量之差将达 2~3 mm。而机载动态相对定位中,飞机与地面参考站间的高差一般都在几公里以上,因此很难通过差分的方式进行有效消除。为此提出了“投影延拓法”,该方法先将飞机的空中运行轨迹利用高斯正算投影到地面参考网的平均高程面上,然后应用反向距离加权公式对投影点进行内插,最后根据大气参数随高程的变化关系将投影点延拓至原有位置。试验结果显示当流动站比参考站高几百米甚至几千米时,该方法始终能获得毫米级的对流层延迟量改正值,其误差只与向上延拓时大气模型本身垂直方向上的分辨率相关。

(2) 机载动态定位的观测环境复杂多变,导致异常误差出现十分频繁,如何有效地控制机载动态定位中异常误差的影响对保证最终成果的精度和可靠度至关重要。对此提出采用粗差检测与抗差估计相结合的方式来处理机载动态定位中的粗差问题,即:在数据预处理阶段利用粗差检测和较为宽松的判别标准来剔除大的粗差;在参数估计阶段利用抗差估计来控制小粗差的影响。试验结果显示:对于海量数据的机载动态定位而言,该方法不仅能有效抵御粗差的影响而且能保证软件的解算速度。

(3) 单基线处理模式是目前 GNSS 动态相对定位中最简单常用的一种解算模式。但在长距离机载动态定位中,由于载体飞行距离过远,导致流动站与参考站间的共视卫星数减少,PDOP 值变大,定位精度下降甚至无解。为此提出采用“自适应换站”法来解决这一问题。该方法的主要思想是:整个解算过程始终保持单基线的动态定位模式,当发现流动站与原参考站间的距离大于流动站与其他参考站间的距离时,自动更换周围最近的参考站作为新参考站;对换站前后的数据设置一定时间的重叠段,利用等价消参法将换站前后的数据进行严格的自适应融合,以保持整个解算过程的连续性。试验结果显示:该方法不仅可以克服因载体飞行距离过远而导致定位结果精度下降,而且能够避免因换站所引起前后解的不连

续,定位结果精度优于 2 cm。

(4) 详细比较现有 3 种 GNSS 定速方法(位置求导法、相位差分法、多普勒定速法)的优缺点,给出各自的适用范围,并依此提出一种 GNSS 综合定速法。该方法通过综合使用 GNSS 载波相位观测值和多普勒观测值来确定载体速度,不仅可改善单独使用多普勒观测值时的定速精度,而且可克服单独使用载波相位观测值时受载体机动性影响较大的弊端,充分发挥两者的优势,其定速结果更加准确可靠。试验结果显示:综合法定速的精度优于 1 cm/s。

(5) 由于 GNSS 观测量是距离而非角度,因此精密定姿一致是 GNSS 应用方面的短板。对此提出基于抗差自适应卡尔曼滤波的 GNSS 定姿方法,其特点是:一是引入了姿态运动方程,并利用自适应因子来调节运动方程和观测方程对最终解的贡献;二是引入了抗差估计的思想,使其能更好的满足恶劣观测环境下的定姿需求;三是当一些历元观测数少于必要观测数时,该方法可通过姿态运动方程为用户提供较可靠的预报解,进而保持了解的连续性。试验结果显示该方法的定姿精度可优于 0.01°。

(6) 编写了大型科研 GNSS 数据后处理软件 HALO_GPS,该软件被德国地学研究中心成功应用于多个航空动态测量项目。为使软件界面更友好,操作更简单、结果更直观,开发了商用 GNSS 定位定速与定姿软件 XHGNSS V1.0,以满足不同专业背景用户的需求。

中图分类号:P228 文献标识码:D

文章编号:1001-1595(2012)02-0628-01

基金项目:国家科技支撑计划(2012BAB16B01);国家 863 计划重点项目(2011AA120503);中国测绘科学研究院科研业务费(7771115;7771120)

收稿日期:2011-01-18

作者简介:王潜心(1980—),男,2011年6月获中南大学地球科学与信息物理学院大地测量学与测量工程专业博士学位(指导老师:陈正阳教授),研究方向为卫星导航数据处理。

Author: WANG Qianxin (1980—), male, he received his doctorate in Geodesy and Surveying Engineering, from School of Geosciences and Info-Physics, Central South University in June 2011, majors in GNSS data processing.

E-mail: wangqianxin8012@163.com