

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2015.04.15

北斗接收机定位校准试验

郭建麟, 彭军, 何群, 孙丰甲, 李娜娜

(中航工业北京长城计量测试技术研究所, 北京 100095)

摘要: 随着北斗卫星导航系统的发展, 引发了国内外北斗接收机研制的热潮, 用户更多地关注北斗接收机的性能和可靠性, 因此北斗接收机的校准就成为亟待解决的问题。本文首先介绍了目前国内常用的几种北斗接收机定位精度的校准方法, 然后通过校准试验来对比这几种方法的优缺点。

关键词: 北斗接收机; 校准; 定位精度

中图分类号: TB93

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2015)04-0058-04

Calibration Test of Beidou Receivers Positioning

GUO Jianlin, PENG Jun, HE Qun, SUN Fengjia, LI Nana

(Changcheng Institute of Metrology & Measurement, Beijing 100095, China)

Abstract: The development of Beidou Satellite navigation system triggered a wave of Beidou receivers development at home and abroad. Users pay more attention to the performance and reliability of Beidou receivers, and the calibration of the Beidou receivers has become an urgent issue. This paper introduces several calibration methods of positioning accuracy for Beidou receivers, and compares these methods through calibration experiments.

Key words: Beidou receiver; calibration; positioning accuracy

0 引言

北斗卫星导航系统与 GPS, GLONASS 和 Galileo 统称为全球导航卫星系统 (GNSS), 是我国正在实施且自主研发的全天候、全天时提供卫星导航定位信息的区域导航系统, 可为各类用户提供高精度、高可靠的定位、导航、授时服务^[1]。北斗导航系统的建立, 从国家安全、经济效益以及技术储备等方面来看都具有重要的意义: 拥有自己的导航系统, 避免在战争中受制于人; 省去用来引进国外技术的巨额资金; 发展了自己的卫星导航系统, 就有了相应的技术储备, 也就意味着我国的科研水平已经达到了世界先进水平。

北斗卫星导航系统的发展, 引发了国内外北斗接收机研制的热潮, 涌现出导航型、测地型、授时型等多种类型型号的接收机, 用户更加关注北斗接收机的性能以及它的可靠性, 因此对北斗接收机的校准就成为亟待解决的问题。

北斗接收机的性能指标包括冷启动首次定位时间、捕获灵敏度、跟踪灵敏度、定位精度、测速精度等。其中最主要的性能指标就是接收机的定位精度。本文将首先介绍北斗接收机定位精度的几种常用校准方法, 然后通过校准试验来对比这几种方法的优缺点。

1 北斗接收机定位精度校准方法

北斗接收机的定位精度校准方法目前有很多种, 大体可以分为两种: 一种是试验场校准; 另一种是基于卫星信号模拟器的校准。

1.1 北斗接收机试验场校准

1.1.1 基准点接收机静态观测

基准点静态观测是北斗接收机定位校准最常用的方法, 将接收机的天线放置于已知大地坐标的基准点位上进行, 同时仍需要基准点处于卫星通视状态良好, 不存在遮挡物, 没有电磁信号干扰的场地。设备安装见图 1。调整基座使接收机天线居中, 接收机采集数据时间不少于 1 h。计算接收机采集到的坐标和基准点坐标之间的距离即为接收机的定位误差。

收稿日期: 2015-05-22

作者简介: 郭建麟 (1984-), 男, 工程师, 硕士, 从事惯性计量及研究工作。

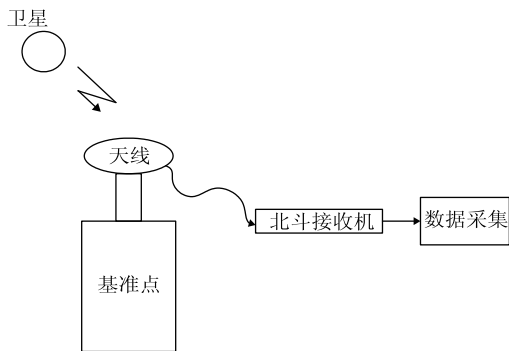


图1 基准点接收机静态观测简图

1.1.2 利用高精度 GNSS 接收机对比测试

目前, GPS 三维定位精度 P 码可以达到 6 m, C/A 码也已提高到 12 m, 北斗卫星导航系统三维定位精度约几十米^[2]。某些 GNSS 接收机单点水平定位精度可以达到 1.5 m, 垂直可达到 3 m, 若是用 RTK 测试方式, 水平定位精度可以达到 8 mm, 垂直方向可达 15 mm。

对比测试需要一台定位精度较高的 GNSS 接收机, 一个已知坐标的基准点。测试场地卫星通视状态良好, 不存在建筑、树木等遮挡物, 无电磁信号干扰, GNSS 接收机采用 RTK 测试方式, 试验设备安装如图 2 所示。连接 GNSS 接收机基准站的天线放在基准点上, 并将基准点的坐标值输入 GNSS 接收机基准站; 连接移动站的天线放在距离基准点小于 30 km 的地方, 并通过功率分配器将卫星信号输入给 GNSS 接收机移动站和被校准的北斗接收机, 这样两台接收机接收到同一点的坐标。同时需要将两台接收机内最小捕获卫星仰角设为同一值。数据采集时间不少于 1 h。GNSS 接收机采集得到的坐标值为标准值, 北斗接收机采集得到的坐标值为测量值, 两者进行对比。

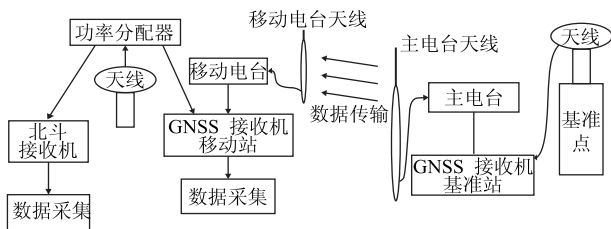


图2 利用 GNSS 接收机(RTK 测试方式)对比测试

1.1.3 动态定位精度测试方法

对于北斗接收机定位精度测试, 有人提出动态测试方法, 比如地图拟合方法和固定轨道测试方法^[3], 地图拟合方法是将跑车得到的动态定位结果在地图上显示, 判断行车轨迹与道路符合程度的一种概略评估定位精度的方法。操作流程十分繁琐, 重复性较差。

固定轨道测试方法一般采用环状轨道, 其半径可以通过测量得到, 轨道的中心位置和北向也可通过精确标定来得到, 因而此轨道上的每一点坐标都可以精确获得。实验过程需要先确定被试设备的初始位置, 然后驱动载车在轨道上匀速行驶, 记录载车跑完一圈花费的时间, 记录下每秒定位结果并存储^[3], 再与标准值进行比较。

与固定轨道测试方法类似的还有跑车测试方法, 跑车测试方法是将被测的北斗接收机和高精度的接收机安装在同一跑车上, 以高精度的接收机作为参考标准, 来对被测的北斗接收机进行测试。跑车测试方法重复性较差, 受环境等因素的影响较大。

1.2 基于卫星信号模拟器仿真测试

北斗接收机在室外试验场校准接收实际的卫星信号容易受到复杂的天气变化、电离层、多路径等因素的影响, 重复性较差。而基于信号模拟器对接收机进行校准可以避免这些影响因素, 通过设置不同的场景, 可以对接收机进行定位精度和速度精度等测试。如图 3 为仿真试验设备安装简图^[4]。

PC 机和信号模拟器之间利用高速以太网相连接, 在 PC 机上通过软件控制信号模拟器发送已经设定好测试参数和仿真场景的信号, 利用 PC 机上的数据采集软件采集北斗接收机输出数据。

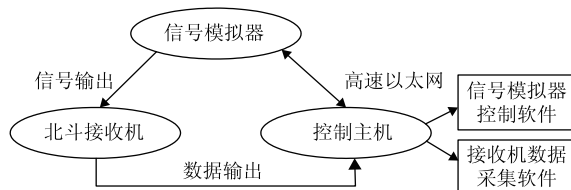


图3 信号模拟器仿真设备安装简图

2 接收机校准试验

基于试验场基准点校准和卫星信号模拟器两种校准方法, 我们分别做了试验, 来比较两种校准方法的优缺点。

2.1 接收机试验场校准试验

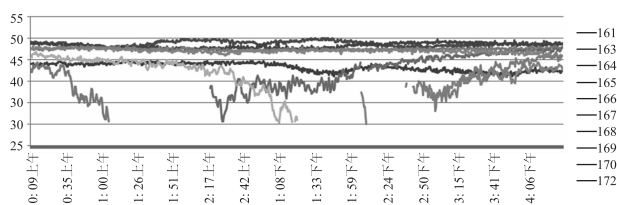
我们在试验场选择了两个基准点, 称之为 1 号基准点和 2 号基准点。(1 号基准点四周有少量建筑物、树木等遮挡物, 还有通信信号塔; 2 号基准点所在位置比较空旷。)选用北京和芯星通公司生产的定位型高精度接收机 UR240。该款接收机支持双系统四频点, 包括北斗 B1/B2, GPS L1/L2; 可提供毫米级载波相位观测值和后处理定位解算; 支持芯片级多路径抑制。试

验设备安装如图1所示。

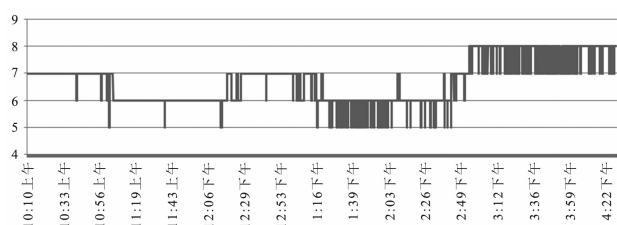
2.1.1 接收机试验场试验接收性能分析

在天气状况基本相同两天的同一时间段,分别在1号和2号基准点对接收机进行定位校准。接收机的采样率、卫星捕获仰角以及其他初始值在两次试验中设为同一值。我们重点观测影响接收机定位解算能力的两个方面:参与解算卫星个数和观测时间段内卫星信噪比。

第一天在1号基准点北斗接收机UR240在10:00~16:00时间段内测试结果见图4。



(a) UR240在观测时间段内信噪比变化情况

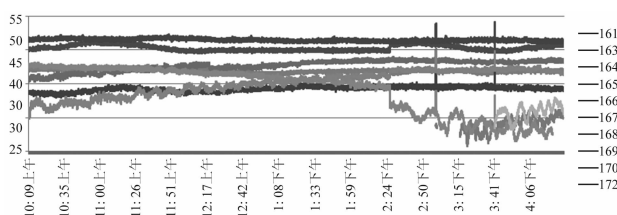


(b) UR240在观测时间段内参与解算卫星个数

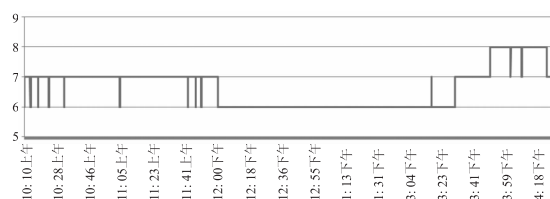
图4 UR240在1号基准点接收信号情况

从图4中可以看出卫星在满足仰角要求的同时需具有较强的信噪比方可被接收机捕获参与定位解算。1号基准点四周干扰因素造成一些卫星信号不稳,以至于整个观测时间段内有些卫星多次发生信号失锁(图4(b)),同时对卫星信号信噪比产生干扰,当信噪比小于40时,卫星很难参与定位解算过程。信号失锁和过低的信噪比都会影响接收机定位解算能力。

第二次测试,将接收机UR240放在四周较为空旷的2号基准点上,同样在10:00~16:00时间段内进行观测,观测结果如图5所示。



(a) UR240在观测时间段内信噪比变化情况



(b) UR240在观测时间段内参与解算卫星个数

图5 UR240在2号基准点接收信号情况

从图5(a)可以看出,在下午13:30以前,捕获卫星信噪比都在40 dB以上,整个观测时间段比第一次试验情况好转很多,从图5(b)可以看出卫星失锁情况虽有发生,但较之1号基准点有明显改善。

1号基准点四周存在的遮挡物和通信信号塔都会对接收机接收卫星信号产生干扰,外界干扰会使卫星的信噪比低于标准的载波功率噪声密度比 C/N_0 ,会出现个别卫星虽然进入视野范围但却不能参与解算,或是多次发生信号失锁,根本无法捕获。2号基准点四周比较空旷,情况比在1号基准点要好很多,但是受电离层。天气变化等其他状况的影响也会出现信噪比低,信号失锁等情况。

2.1.2 接收机试验场定位结果分析

用接收机UR240分别在1号和2号基准点测量得到的经度、纬度等信息与实际基准点的信息比较,计算得到两点距离差,得到接收机定位误差。测试数据见表1。

表1 UR240基准点实测定位(水平)结果

基准点	基准点标准值		UR240 实测值		实测结果	
	经度/(°)	纬度/(°)	经度/(°)	纬度/(°)	定位误差/m	测量重复性/m
1	116.2105603	40.0293301	116.2105556	40.0293381	0.9746	1.1760
2	116.2100864	40.0309527	116.2100826	40.0309516	0.3465	0.9724

从表1中最后处理结果可以看出,对于同一台接收机,在1号基准点测得的定位误差和测量重复性都比在2号基准点要差,同对接收机接收性能分析的结果相符合,主要是因为1号基准点四周环境影响。但是其中也有无法确定的因素,虽然两次测试试验天气大体相同,也无法保证电离层、对流层、多径效应以及地球自转响应等影响因素完全相同。这在试验场校准中是不可避免的。

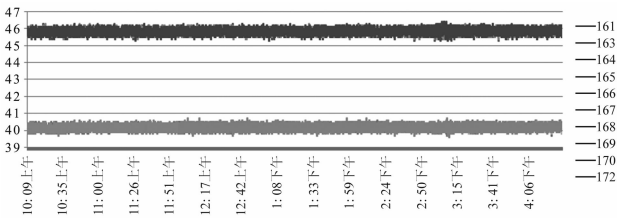
2.2 接收机基于卫星信号模拟器仿真校准

通过接收机试验场校准试验,我们无法避免复杂

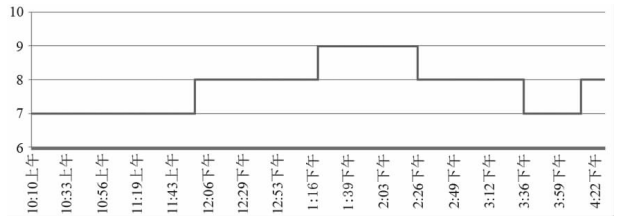
的天气变化、电离层等一些因素的影响,虽然这种方法最接近实际使用状态,但是它可重复性差。因此我们利用国防科技大学三院的 GNS-8332 型多星座导航信号模拟器进行仿真实验。该仿真机可以实现卫星轨道仿真、卫星钟差仿真、延时差分 TGD 仿真、电离层延迟仿真、对流层延迟仿真、多径效应仿真、地球自转效应仿真、相对论效应仿真、地面大气参数仿真以及用户轨迹仿真(能够模拟静态、车辆、飞机、舰船、运载火箭、导航和卫星等载体的运动特性)。通过设置不同的场景和测试参数对接收机进行校准试验。

2.2.1 接收机仿真试验接收性能分析

图 6 为卫星信号模拟器模拟 1 号基准点测试时的仿真结果。GNS-8332 多星座导航信号模拟器的仿真日期和时间段分别设为做试验场校准试验的日期和时间段,测试点坐标设为 1 号基准点的标准坐标值。模拟器可以对各个通道上的卫星信号做功率调整,因此可参照实测时的卫星接收情况调整卫星信号强度使得 UR240 的仿真观测环境和实测相近。



(a) UR240 在仿真时间段内信噪比变化情况



(b) UR240 在仿真时间段内参与解算卫星个数

图 6 模拟器模拟 1 号基准点仿真测试

对比图 6(a)和图 6(b),仿真同一时间段内信噪比变化情况要明显优于在试验场的测试结果,也没有发生信号不断失锁的状况。模拟 2 号基准点测试情况是相同的。

2.2.2 接收机仿真试验结果分析

接收机仿真试验结果如表 2、表 3 所示。

表 2 UR240 仿真测试定位(水平)结果

基准点	标准点		UR240 仿真测量值		仿真结果	
	经度/(°)	纬度/(°)	经度/(°)	纬度/(°)	定位误差/m	测量重复性/m
1	116.2105603	40.0293301	116.2105648	40.0293320	0.4382	0.1071
2	116.2100864	40.0309527	116.2100848	40.0309504	0.2896	0.1169

表 3 UR240 实测和仿真结果对比

基准点	UR240 实测结果		UR240 仿真结果	
	定位误差/m	测量重复性/m	定位误差/m	测量重复性/m
1	0.9746	1.1760	0.4382	0.1071
2	0.3465	0.9724	0.2896	0.1169

从表 3 中可以看出,仿真结果中定位误差和测量重复性都比实测试验结果好,并且两次仿真结果相差很小。这表明相对于室外试验场测试,模拟器可以给接收机提供一个稳定、准确、可靠的测试环境,试验重复性好,而且可以节省试验资源,操作简单。

3 结论

通过以上两种接收机的校准试验,可以得出以下结论:①在试验场,校准接收机虽然更贴近实际使用情况,但是容易受外界环境的影响。因此在试验场对接收机校准时要尽力排除一些可控的影响因素,比如地点要尽量选择四周空旷无遮挡物,无电磁干扰,并且要选择天气情况较好的实验环境;②在仿真试验中发现,卫星信号模拟器仿真的星座与实际星座在个别时段存在差异,个别卫星同一时刻所处的星空位置不同,但信号模拟器可以提供更准确、可靠的测试环境,避免实际测试中的一些干扰因素,重复性更好。

参 考 文 献

[1] 谢钢. 全球导航卫星系统原理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.

[2] 张杰, 曹相, 钱峥. 高精度北斗/GPS 接收机性能和精度浅析[J]. 现代测绘, 2013, 36(3): 24-27.

[3] 薛光辉, 韩冬梅. 北斗卫星导航接收机定位精度测试方法探讨[J]. 科技创新导报, 2014(23): 53-58.

[4] 贾超广, 肖海霞. 基于卫星信号模拟器的北斗接收机性能测试与分析[J]. 导航定位学报, 2013, 1(4): 14-18.