

# 组合导航误差发散曲线对比

## COMPETITIVE ANALYSIS

### 概述

本报告结合大量测试数据与经典数学模型, 将湖南北云科技有限公司的GNSS/INS组合导航系统X1/A1 (以下简称X1/A1) 在卫星信号中断时导航精度保持性能进行比测。测试结果表明, X1/A1在卫星信号中断一段时间内仍能够保持较好的导航精度, 但精度保持能力因X1/A1型号的不同而有所差异。

### 介绍

全球卫星导航系统 (GNSS) 可以提供长期的厘米级高精度定位, 但是定位结果输出频率低, 而且GNSS信号容易被遮挡或干扰。

惯性导航系统 (INS) 能提供稳定的角速率和加速度, 能够在短期内测量出精确的相对姿态和位移, 但是惯性导航系统的误差会随时间快速增长。

GNSS/INS组合导航系统结合了GNSS和INS两者的优势, 一方面利用GNSS抑制INS的长期漂移, 一方面利用INS平滑GNSS的短期误差, 从而提供实时、连续、可信的厘米级高精度定位。

X1/A1是一款GNSS/INS高精度组合导航系统, 能够提供连续可靠的位置、速度、姿态等导航信息, 具有以下技术特点:

- 深耦合组合导航算法
- 双天线RTK定位定向
- 内置战术级惯性导航IMU
- 支持 BDS-3、Galileo 等现代化信号体制
- 超低定位解算延迟

#### ● 测试基准

为保证组合导航系统性能测试的真实评价, 均采用后处理结果作为测试基准, 导航参数与参考值的偏差即理解为导航误差。

#### ● 性能指标

针对组合导航性能的性能测评, 主要以水平位置、三维速度、方位角等作为主要评价指标, 统计卫星信号中断后INS推算的导航信息的误差发散情况, 误差发散程度变化越慢表明性能越好。

#### ● 测试数据

为使测试结果更加真实, 误差统计时均采集大量测试数据作为依据, 主要为跑车测试数据, 涵盖各种类型的场景数据, 其中包含静态、动态或动静结合等运动状态。

#### ● 数学模型

# 组合导航系统X1/A1测评

## 硬件与电气参数



型号	X1-3/A1-3	X1-5/A1-5	X1-6/A1-6
尺寸	116×114.2×38.6 mm		
重量	446 g/25g	458 g/37g	458 g/37g
功耗	4.8 W (典型值)		
工作温度	-40~+85 °C		
卫星信号	GPS, GLONASS, BDS, Galileo*, QZSS, NavIC*, SBAS*		
IMU类型	MEMS		
防护标准	IP67		

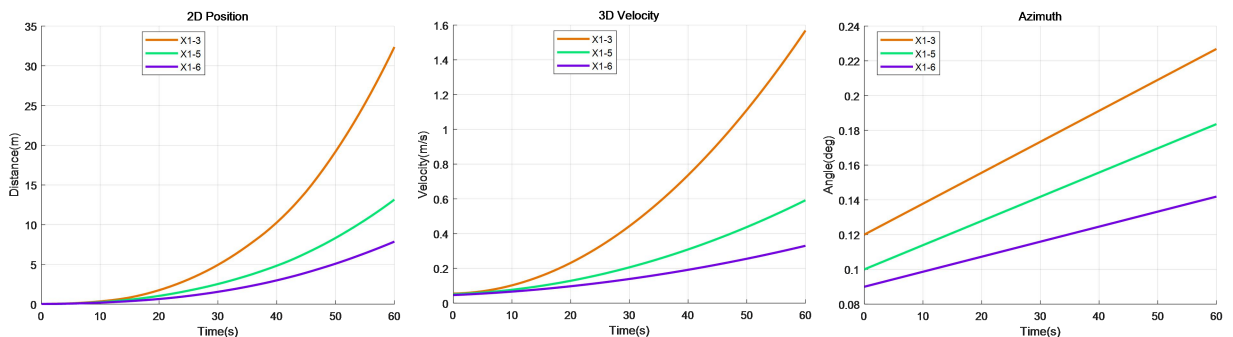
## IMU性能参数

参数			X1-3/A1-3	X1-5/A1-5	X1-6/A1-6
陀螺仪	量程	°/s	± 500	± 450	± 450
	零偏重复性	°/s	0.14 (Y/Z)   1.4 (X)	0.1	0.1
	零偏稳定性	°/h	2.7	3	1.2
	角度随机游走	°/√h	0.15 (X/Y)   0.2 (Z)	0.2	0.08
加速度计	量程	g	± 8	± 5	± 10
	零偏重复性	mg	2	5	3
	零偏稳定性	μg	2.7 (X/Y)   4.4 (Z)	70	14
	速度随机游走	m/s/√h	0.009 (X/Y)   0.012 (Z)	0.03	0.04
输出	原始数据频率	Hz	100	125	125

## 组合导航精度

型号	定位模式	定位精度 (米) RMS		测速精度 (米/秒) RMS		姿态精度 (度) RMS		
		水平	垂直	水平	垂直	横滚角	俯仰角	方位角
X1-3/A1-3	RTK	0.01	0.02	0.030	0.035	0.040	0.040	0.120
	后处理	0.01	0.02	0.020	0.020	0.012	0.012	0.050
X1-5/A1-5	RTK	0.01	0.02	0.028	0.032	0.030	0.030	0.100
	后处理	0.01	0.02	0.020	0.020	0.010	0.010	0.040
X1-6/A1-6	RTK	0.01	0.02	0.025	0.030	0.020	0.020	0.090
	后处理	0.01	0.02	0.018	0.018	0.008	0.008	0.020

## 误差发散曲线



- 注: 1. 硬件与电气参数中\*标记为当前暂不支持系统, 预计2020.10发布支持全系统版本;  
 2. 误差发散曲线中以测试数据为依据分别进行线性、二次曲线、三次曲线拟合形成姿态、速度、位置曲线;  
 3. 误差发散曲线中起始点0s处误差以上述RTK模式下的导航精度为准。

## 测试分析：

本测试主要关注X1/A1系列在卫星信号中断一段时间后的误差发散情况。以后处理结果作为真值，计算INS独立推算累积的偏差，即INS误差发散情况。由分析可知，误差发散呈现出明显的时间相关性，随时间累积而逐渐增长。结合理论与数学模型，分别使用线性模型、二次曲线模型、三次曲线模型拟合姿态、速度、位置的偏差随时间的变化情况。大量测试数据的统计结果表明，上述数学模型能够有效地模拟INS误差的发散情况。本报告主要对X1/A1系列的精度保持性能进行测评，为设备选型提供参考依据。

## 测试结论：

1. X1/A1系列能够在卫星中断后一段时间内仍然保持较好的精度；
2. X1/A1系列因型号不同而在卫星信号中断后在精度保持性能上的表现有所差异；
3. 导航精度保持性能从高到低依次为X1-6/A1-6、X1-5/A1-5、X1-3/A1-3；
4. X1/A1姿态误差呈现随时间线性发散的特性；
5. X1/A1速度误差呈现随时间二次曲线发散的特性；
6. X1/A1位置误差呈现随时间三次曲线发散的特性。



**bynav北云**

湖南北云科技有限公司

HUNAN BYNAV TECHNOLOGY CO.,LTD

[www.bynav.com](http://www.bynav.com)

地址：长沙市高新区中电软件园12栋

电话：+86-731-85058117

邮箱：[sales@bynav.com](mailto:sales@bynav.com)