

目录

1. 概述	2
2. 介绍	2
3. 开阔天空测试	5
4. 城市峡谷测试	7
5. 林荫路测试	9
6. 隧道测试	11
7. 高架桥下测试	13
8. 地下车库测试	15

1. 概述

本报告将上海原极科技有限公司的 GNSS/INS 组合导航系统 NAV619 在八种典型场景下进行了测试。

测试结果表明 :NAV619 在各种复杂场景中均可提供实时 、连续 、可信的厘米级定位结果 ，能够为自动驾驶、精密测量，自动控制提供精确的时空基准。

2. 介绍

FSS-NAV619 是原极科技基于工业级 IMU 平台和全系统全频点双天线 RTK，推出的一款多传感器组合导航产品。

NAV619 内置原极公司特有的阵列式 IMU 传感器，支持外接里程计信息，进而在城市峡谷，隧道高架等场景提供准确连续实时的姿态速度位置信息。

提供 RTK 原始观测量的记录并结合时空同步的 IMU 采样机制，方便用户进行高精度后处理。便捷多样的差分数据导入方式，支持通过外置 4G 模块获取差分数据。

应用领域：自动驾驶：车载、农机、工程车、水下 精密测量：井下、隧道、震动、倾斜 稳定平台：云台、动中通、无人机 自动控制：大型工业设备、自控系统。

根据实际应用，我们选取以下八种典型场景进行测试：

- 开阔天空
- 城市峡谷
- 林荫道路
- 高架桥
- 地下停车场
- 隧道

运动状态：

由于组合导航系统的性能表现与运动状态相关，因此在各场景的测试中随机增加了高速 、低速 、急停 、 急转弯、倒车 、上下坡等特殊运动状态。

测试结果采用以下指标进行评判：

- RMS——水平位置误差的均方根(PRMS) 、合速度误差的均方根(VRMS)和方位角误差的均方根(ARMS)
- CEP95——95%的定位结果的误差小于此门限。

NAV619

NAV619 是一款高度集成的 GNSS/INS 高精度组合导航系统, 如图 1 , 其主要参数如下表所示。

图 1 NAV619 实物图



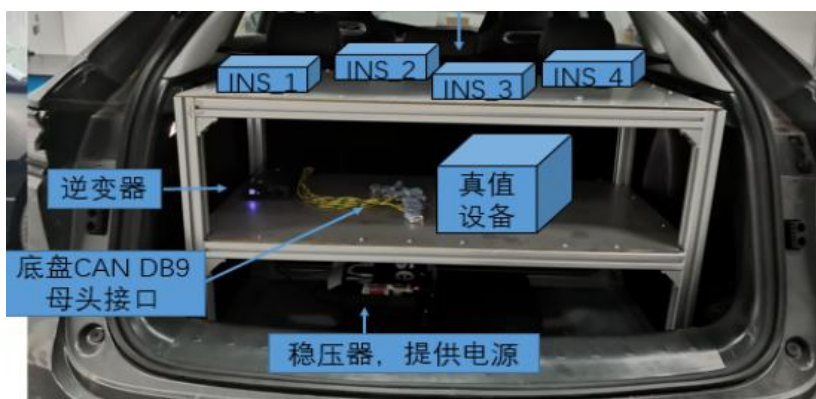
RTK 指标	定位精度 (RMS)		单点: 1.5m RTK: 2cm+1ppm	
	定向精度 (RMS)		0.2° /1m 基线	
	速度精度 (RMS)		0.05m/s	
	更新率		20hz	
	RTK 初始化时间		<5s	
IMU 指标	陀螺量程		± 250° /s	
	陀螺零偏不稳定性		2.5deg/h	
	加速度计量程		±8g	
	加速度计零偏稳定性		0.020mg	
	更新率		100hz	
组合导航系统性能	GNSS 中断时间	位置精度 (cep95)	姿态精度 (cep95)	速度精度 (cep95)
	0s	2cm	0.1°	0.02m/s
	60s (有轮速计组合)	2.0‰	0.2°	0.1m/s
接口	1 RS232\1 CAN\1 CANFD\1 以太网口\2 GNSS 天线接口\1 电源接口			

测试设备和方法

本测试为组合导航性能测试，测试设备连接如图 2，组合导航整机为测试的唯一变量，测试平台 保证以下条件：

- 所有测试使用相同的 GNSS 单天线；
- 所有组合导航整机接收六分科技差分数据；
- 所有组合导航整机都接入轮速计；
- 若有信号失锁，所有组合导航整机接收的卫星信号同时中断；
- 电源输出在组合导航整机适应范围，所有组合导航整机的电源同时通断；
- 对所有需要配置的组合导航参数，采用同种方式获取。

图 2 测试设备及连接：



GNSS天线： 天线采用磁吸支架固定在车顶，采用华信GPS1000天线，数量1个

天线特性	
频率范围	GPS L1/L2/L5/LBand BDS B1/B2/B3 GLONASS L1/L2/L3 GALILEO E1/E5a/E5b/E6
阻 抗	50 欧姆
极化方式	右旋圆极化
天线轴比	≤3dB
水平面覆盖角度	360°
输出驻波	≤2.0
最高增益	5.5dBi
相位中心误差	±2mm
低噪声放大器指标	
增益	40±2dB
噪声系数	≤2dB
输出驻波	≤2.0

带内平坦度	±2dB
工作电压	+3.3 ~ +12VDC
工作电流	≤45mA
差分传输延迟	≤5ns
结构特性	
天线尺寸	Φ152*62.2mm
重量	≤450g
接头形式	TNC 阴头
安装方式	对中杆安装，螺纹规格：英制粗牙螺纹 5/8"-11，高 12-14mm
工作环境	
工作温度	-40°C ~ +85°C
存储温度	-55°C ~ +85°C
湿 度	95% 不冷凝

测试基准：

采用光纤惯导测试单元+mosaic x5 高性能测试板卡采集原始数据利用迈普时空高精度后处理软件，对 GNSS/INS 原始数据进行双向平滑后处理，得到的定位结果可近似为真实轨迹。

3. 开阔天空测试

本场景模拟车载用户在视野开阔地带正常行驶，周围环视无明显障碍物或信号干扰，中途经过部分天桥等短暂遮挡。本次测试, 总距离 13 公里，总时长 32min56s。

表 3 开阔天空定位结果及精度统计

设备编号	场景	水平 (m)		高程 (m)		航向 (deg)		综合速度 (m/s)		固定率
		CEP95	RMS	CEP95	RMS	CEP95	RMS	CEP95	RMS	
1 号设备	开阔	0.043	0.030	0.100	0.053	0.075	0.039	0.060	0.030	98.521
2 号设备		0.042	0.030	0.105	0.056	0.082	0.039	0.065	0.033	98.405
3 号设备		0.041	0.034	0.097	0.051	0.086	0.045	0.069	0.035	98.289

小结

在开阔天空场景（包含短暂遮挡）下，NAV619的指标可达到如下精度：

RMS: 水平定位精度 $\leq 0.05\text{m}$ ，高程定位精度 $\leq 0.05\text{m}$ ，航向精度 $\leq 0.05\text{deg}$ ，速度精度 $\leq 0.03\text{m/s}$
CEP95: 水平定位精度 $\leq 0.05\text{m}$ ，高程定位精度 $\leq 0.1\text{m}$ ，航向精度 0.1deg ，速度精度 $\leq 0.07\text{m/s}$

图 3.1 道路环境



图 3.2 轨迹图

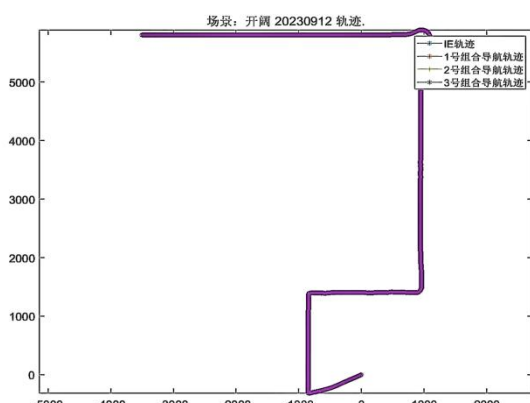


图 3.3 局部轨迹图

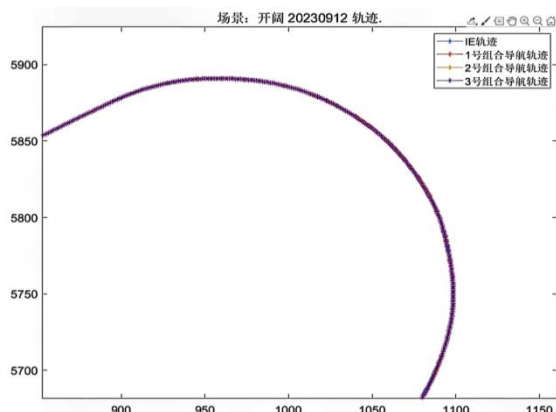


图 3.4 卫星数量图

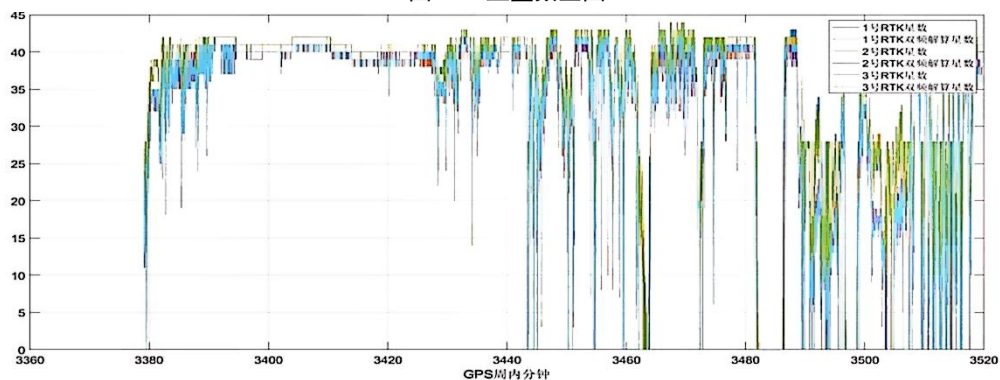


图 3.5 水平位置/高程偏差曲线图

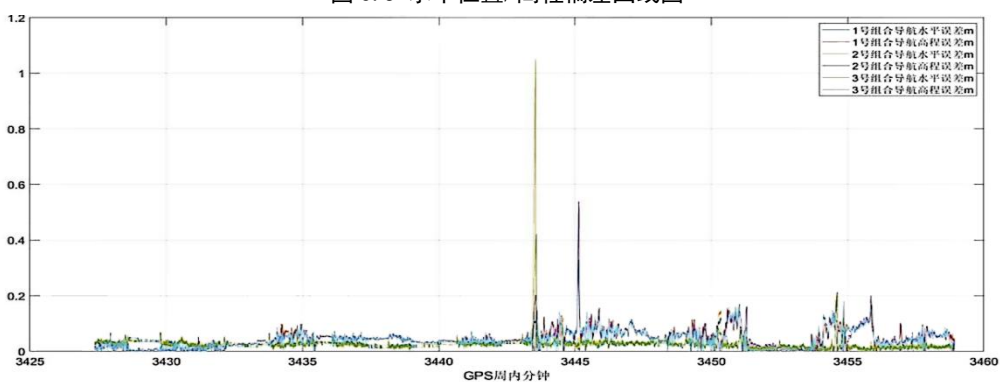


图 3.6 航向角曲线图

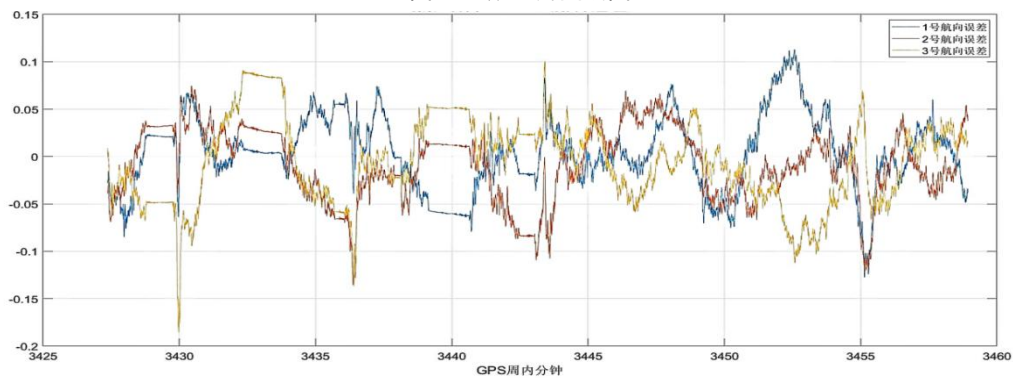
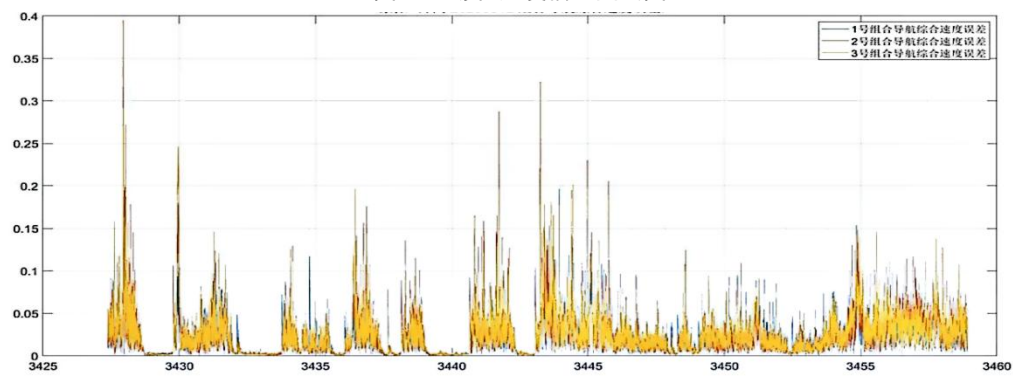


图 3.7 综合速度偏差曲线图



4. 城市峡谷测试

本场景模拟车载用户在城区高大的建筑物之间穿行，视野可观测天空范围受限。本次测试总距离，测试中在树木遮挡的小路上反复行驶，并检查往返轨迹是否重叠或交叉，总时长 8min19s，其中高楼遮挡时长约占 80%。

表 4 城市峡谷定位结果及精度统计

设备编号	场景	水平 (m)		高程 (m)		航向 (deg)		综合速度误差 (m/s)		固定率
		CEP95	RMS	CEP95	RMS	CEP95	RMS	CEP95	RMS	
1 号设备	城市峡谷	0.436	0.198	0.790	0.331	0.324	0.180	0.095	0.049	82.831
2 号设备		0.919	0.299	0.533	0.202	0.131	0.065	0.118	0.057	77.652
3 号设备		0.613	0.239	0.408	0.160	0.357	0.193	0.149	0.074	78.266

小结

在城市峡谷条件下，NAV619 的指标可达到如下精度：

RMS: 水平定位精度 $\leq 0.5m$ ，高程定位精度 $\leq 0.5m$ ，航向精度 $0.2deg$ ，速度精度 $\leq 0.05m/s$
CEP95: 水平定位精度 $\leq 1m$ ，高程定位精度 $\leq 1m$ ，航向精度 $0.3deg$ ，速度精度 $\leq 0.15m/s$

图 4.1 道路环境



图 4.2 轨迹图

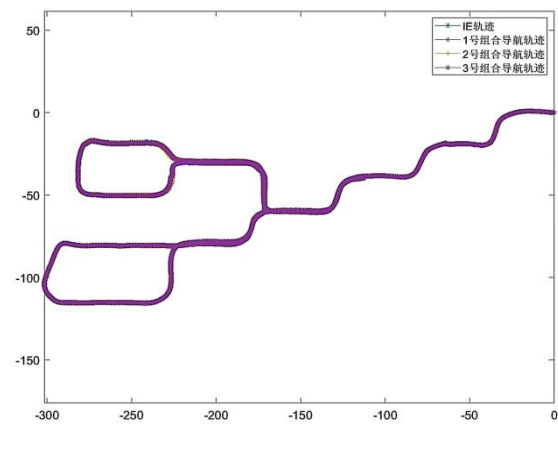


图 4.3 局部轨迹图

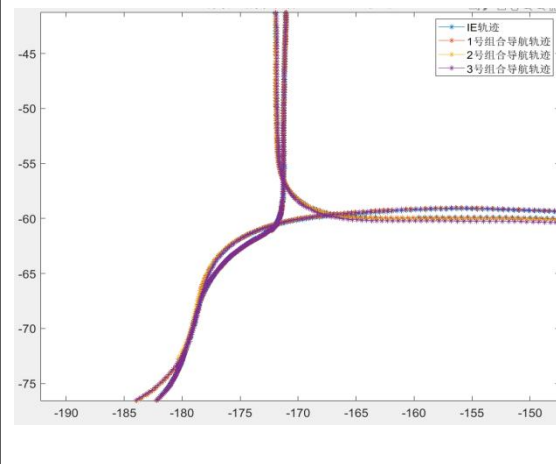




图 4.4 卫星数量图

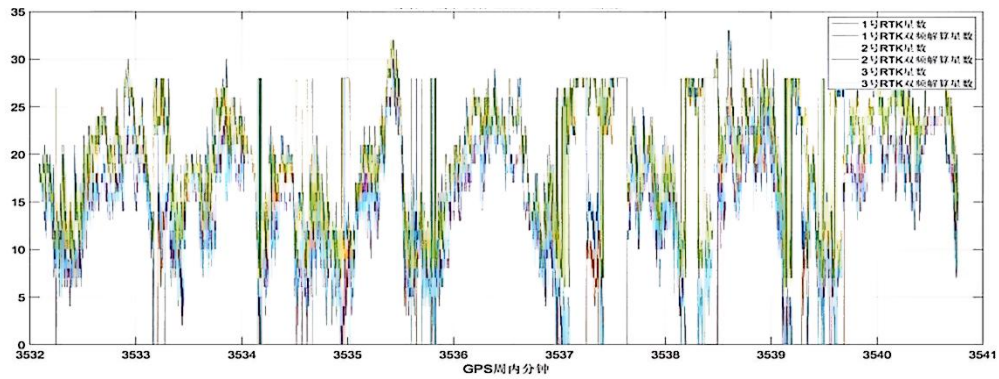


图 4.5 水平位置/高程偏差曲线图

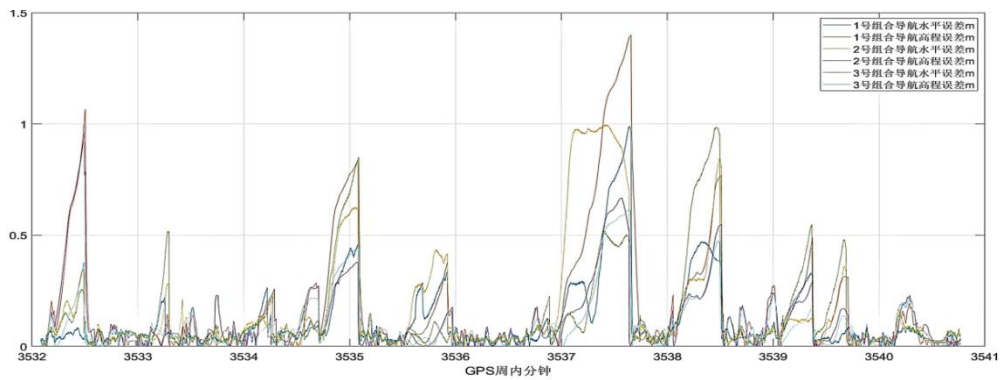


图 4.6 航向角曲线图

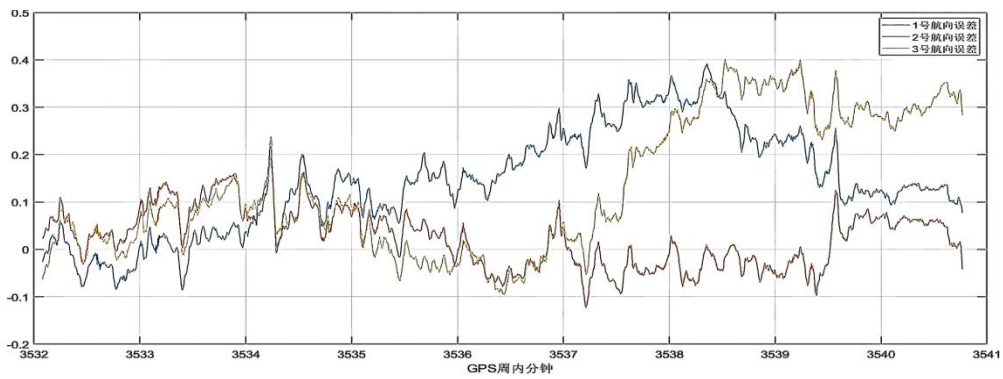
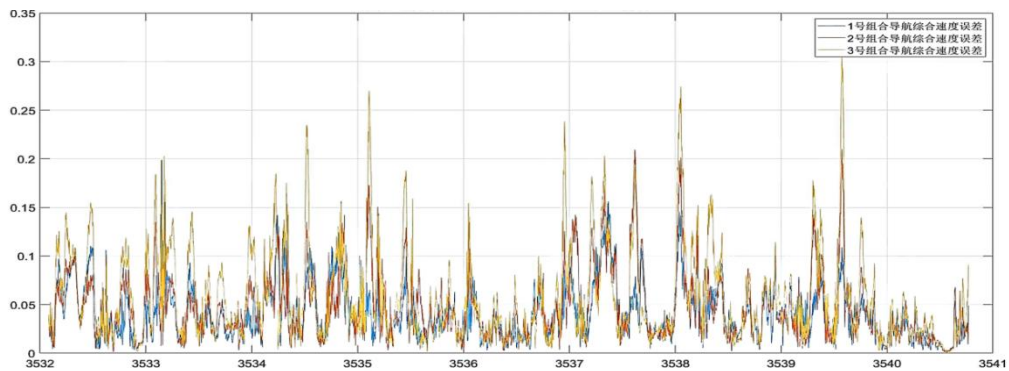


图 4.7 综合速度偏差曲线图



5. 林荫路测试

本场景模拟车载用户驶过树木遮挡严重地段。为验证导航结果的准确性，测试中在树木遮挡的小路上反复行驶，并检查往返轨迹是否重叠或交叉。测试总时长 11min12s，遮挡严重时长约占 80%。

表 5 林荫路定位结果及精度统计

设备 编号	场 景	水平 (m)		高程 (m)		航向 (deg)		综合速度误差 (m/s)		固定率
		CEP95	RMS	CEP95	RMS	CEP95	RMS	CEP95	RMS	
1 号设备	林 荫 路	0.523	0.208	0.531	0.240	0.283	0.169	0.097	0.051	77.972
2 号设备		0.441	0.189	0.209	0.102	0.257	0.156	0.130	0.064	73.873
3 号设备		0.539	0.235	0.529	0.212	0.140	0.090	0.179	0.083	75.512

小结

在林荫路条件下，NAV619 的指标可达到如下精度：

RMS: 水平定位精度 $\leq 0.2\text{m}$ ，高程定位精度 $\leq 0.2\text{m}$ ，航向精度 $\leq 0.15\text{deg}$ ，速度精度 $\leq 0.1\text{m/s}$

CEP95: 水平定位精度 $\leq 0.5\text{m}$ ，高程定位精度 $\leq 0.5\text{m}$ ，航向精度 $\leq 0.15\text{deg}$ ，速度精度 $\leq 0.15\text{m/s}$ 。

图 5.1 道路环境



图 5.2 轨迹图

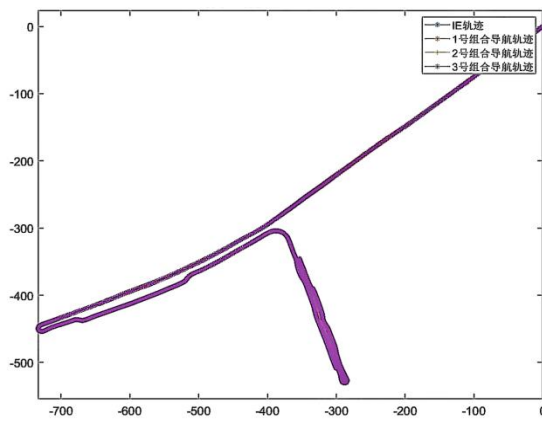


图 5.3 局部轨迹图

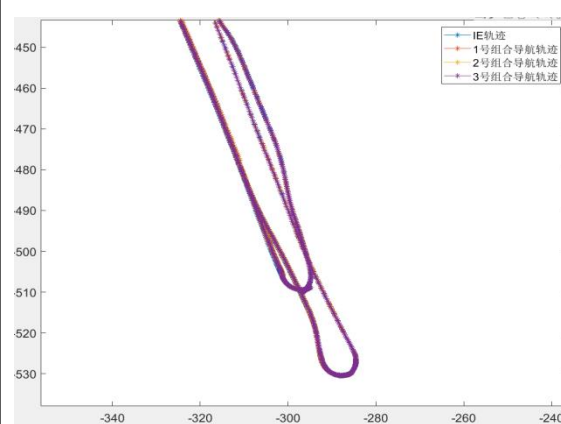


图 5.4 卫星数量图

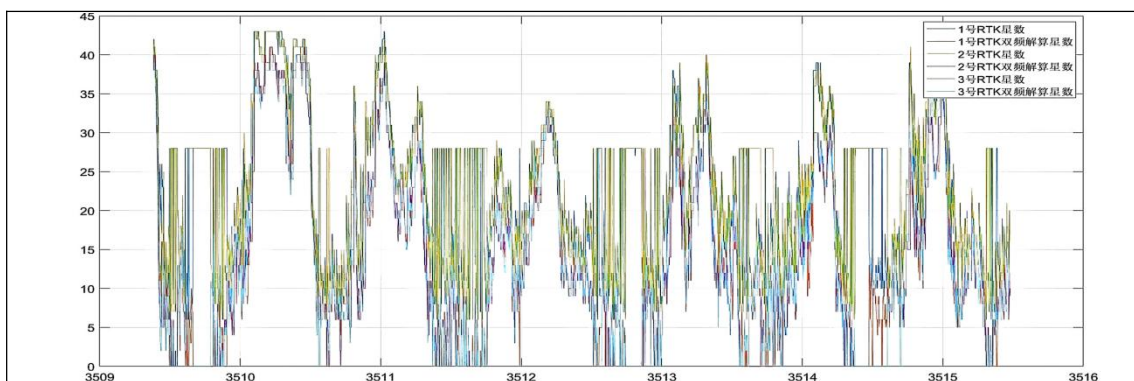


图 5.5 水平位置/高程偏差曲线图

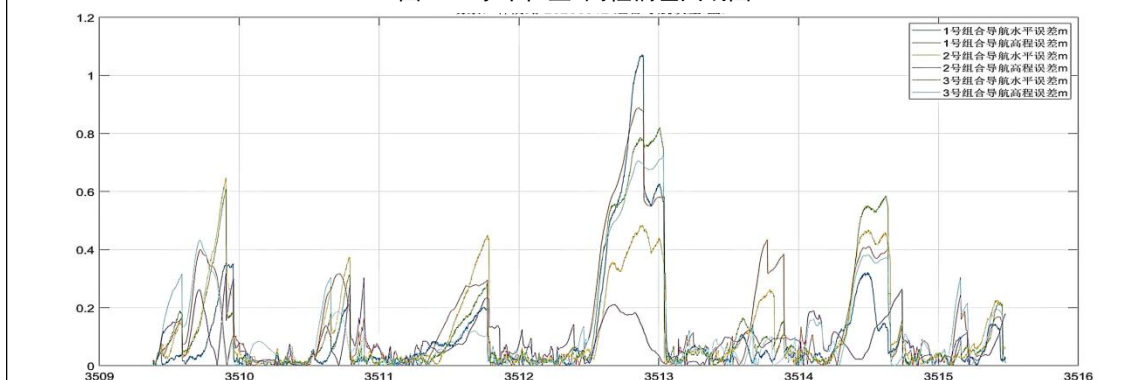


图 5.6 航向角曲线图

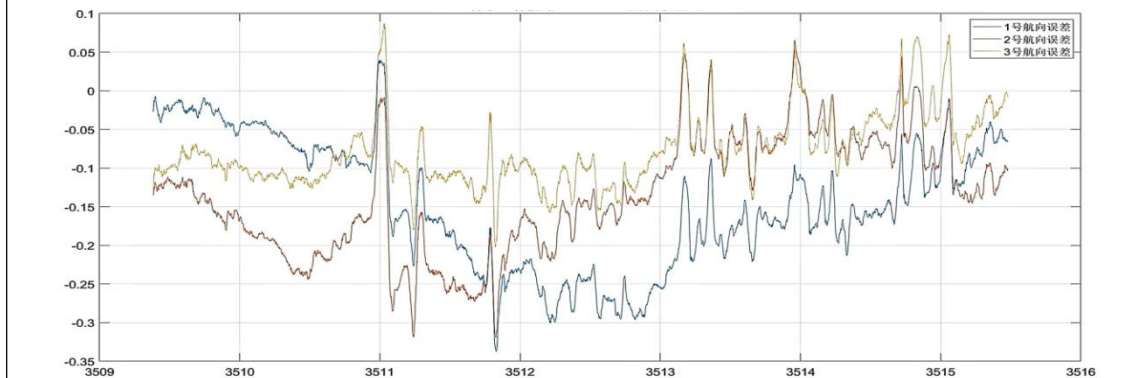
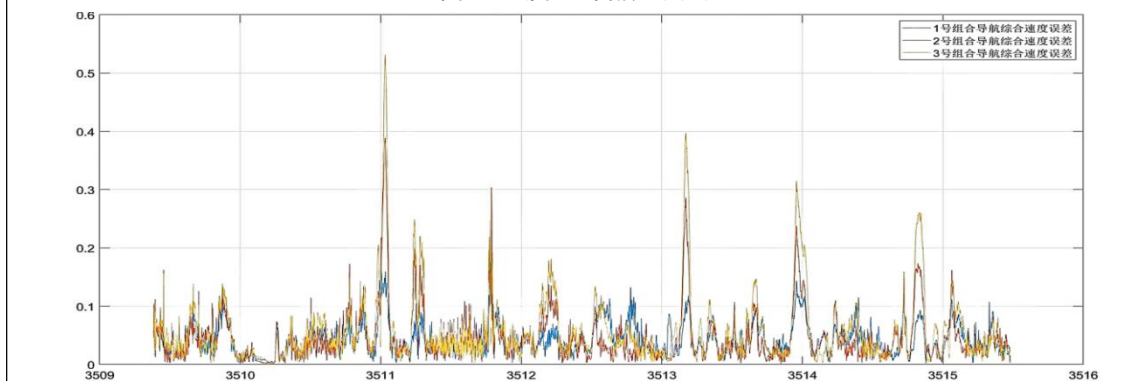


图 5.7 综合速度偏差曲线



6. 隧道测试

本场景模拟车载用户高速驶过隧道。在完成初始化对准后驶入高速公路，行驶速度 80-100km/h，隧道全长约 2km, 总时长约两分钟。之后驶出高速公路，恢复正常行驶状态，误差统计前 60 秒。

表 6 隧道测试定位结果及精度统计

设备编号	场景	水平 (m)		高程 (m)		航向 (deg)		综合速度误差 (m/s)		固定率
		CEP95	RMS	CEP95	RMS	CEP95	RMS	CEP95	RMS	
1 号设备	隧道	0.752	0.499	0.689	0.464	0.048	0.036	0.071	0.044	0.000
2 号设备		0.700	0.581	1.879	1.505	0.052	0.031	0.095	0.059	0.000
3 号设备		1.285	0.903	0.880	0.658	0.153	0.120	0.073	0.044	0.000

小结

在隧道卫星失锁条件下，NAV619 的失锁 60 秒，指标可达到如下精度

RMS: 水平定位精度 $\leq 1\text{m}$ ，高程定位精度 $\leq 1.5\text{m}$ ，航向精度 $\leq 0.15\text{deg}$ ，速度精度 $\leq 0.1\text{m/s}$

CEP95: 水平定位精度 $\leq 1.5\text{m}$ ，高程定位精度 $\leq 2\text{m}$ ，航向精度 $\leq 0.15\text{deg}$ ，速度精度 $\leq 0.1\text{m/s}$

图 6.1 道路环境



图 6.2 轨迹图

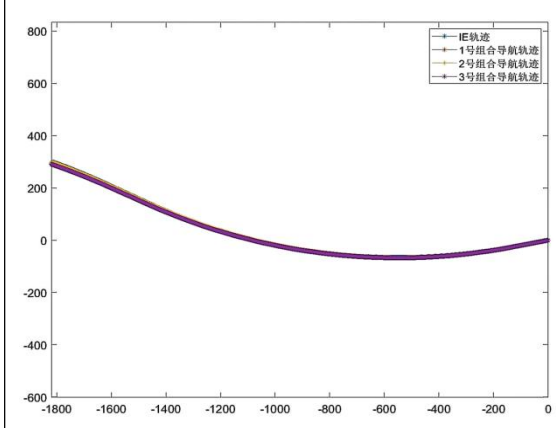


图 6.3 局部轨迹图

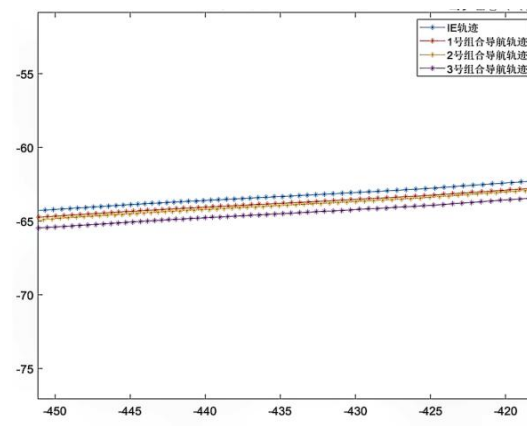


图 6.4 卫星数量图

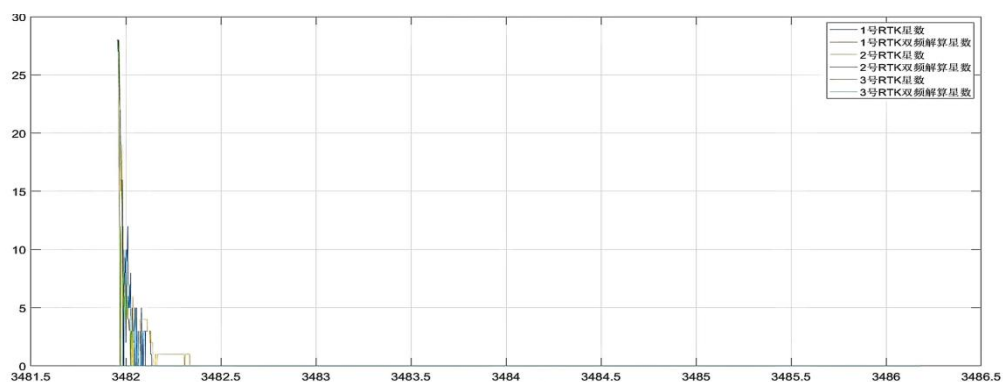


图 6.5 水平位置/高程偏差曲线图



图 6.6 航向角曲线图

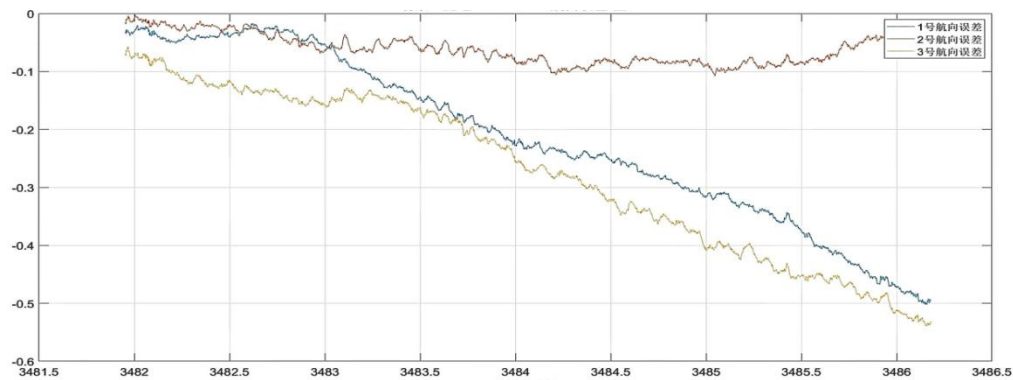
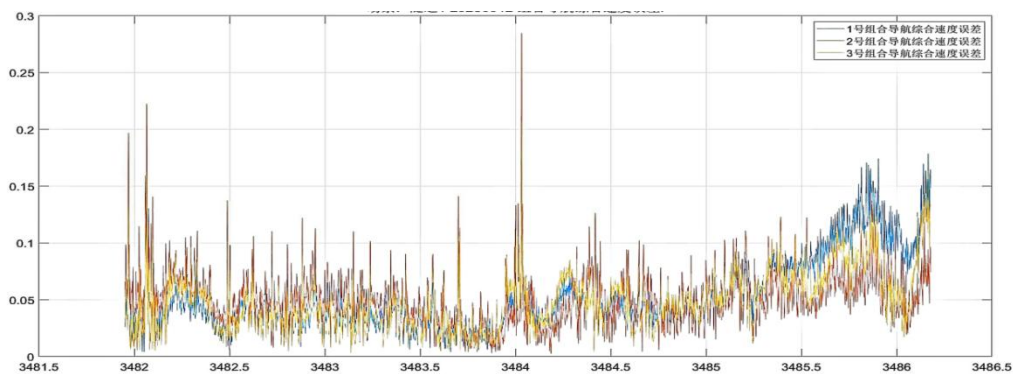


图 6.7 综合速度偏差曲线图



7. 高架桥下测试

本场景模拟车载用户行驶经过高架桥下。本测试在完成初始化对准后，采用在高架桥下最左侧车道长时间行驶的方式，使卫星信号一直处于跳变状态，行驶时长约 3min20s，而后恢复正常行驶状态。

表 7 高架桥下定位结果及精度统计

设备 编号	场景	水平 (m)		高程 (m)		航向 (deg)		综合速度误差 (m/s)		固定率
		CEP95	RMS	CEP95	RMS	CEP95	RMS	CEP95	RMS	
1 号设备	高架 桥下	1.406	0.917	1.688	1.024	0.082	0.060	0.126	0.062	48.574
2 号设备		1.892	1.170	1.065	0.517	0.183	0.149	0.129	0.064	46.643
3 号设备		1.963	1.147	1.810	1.012	0.169	0.069	0.144	0.072	48.135

小结

在高架桥下场景中，NAV619 的指标可达到如下精度

RMS：水平定位精度 $\leq 1\text{m}$ ，高程定位精度 $\leq 1\text{m}$ ，航向精度 $\leq 0.15\text{deg}$ ，速度精度 $\leq 0.1\text{m/s}$

CEP95：水平定位精度 $\leq 2\text{m}$ ，高程定位精度 $\leq 2\text{m}$ ，航向精度 $\leq 0.2\text{deg}$ ，速度精度 $\leq 0.15\text{m/s}$ 。

图 7.1 道路环境



图 7.2 轨迹图

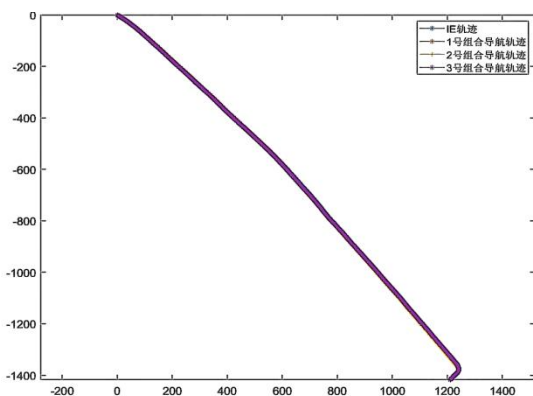


图 7.3 局部轨迹图

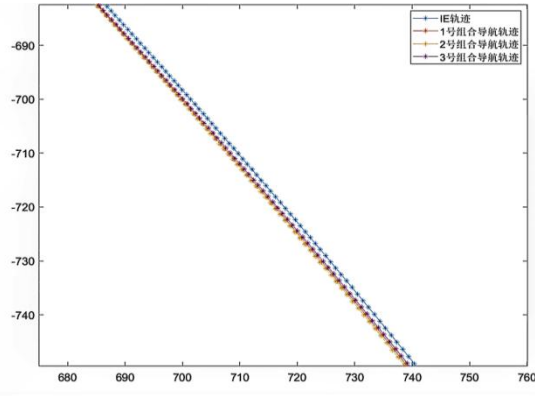


图 7.4 卫星数量

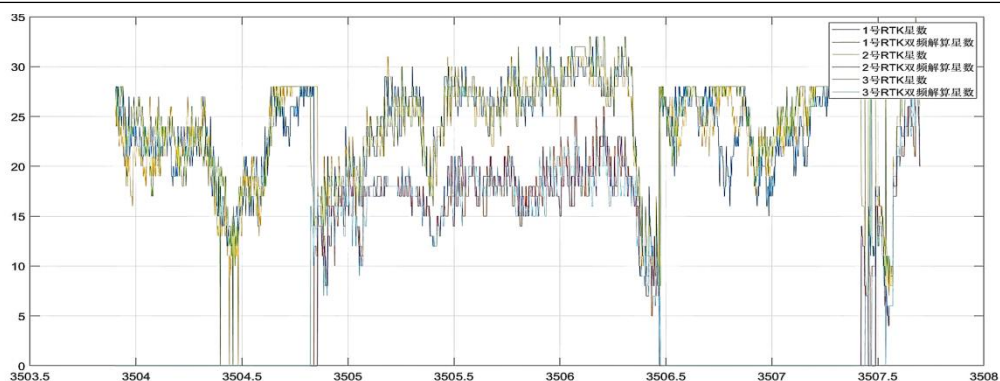


图 7.5 水平位置/高程偏差曲线图

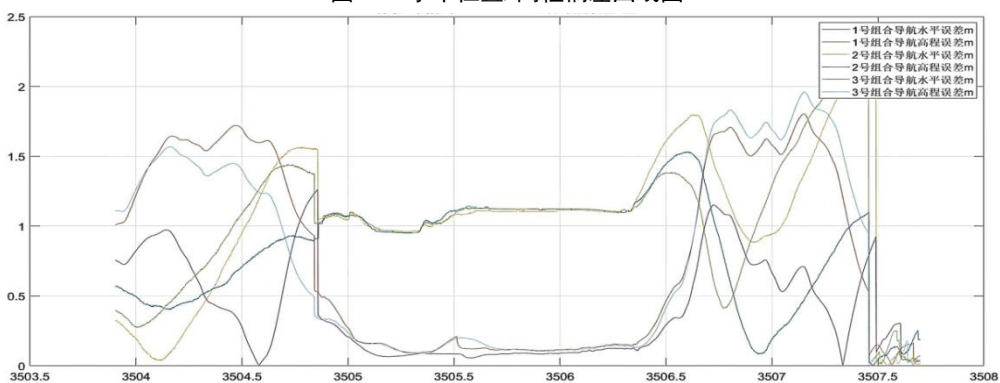


图 7.5 航向角曲线图

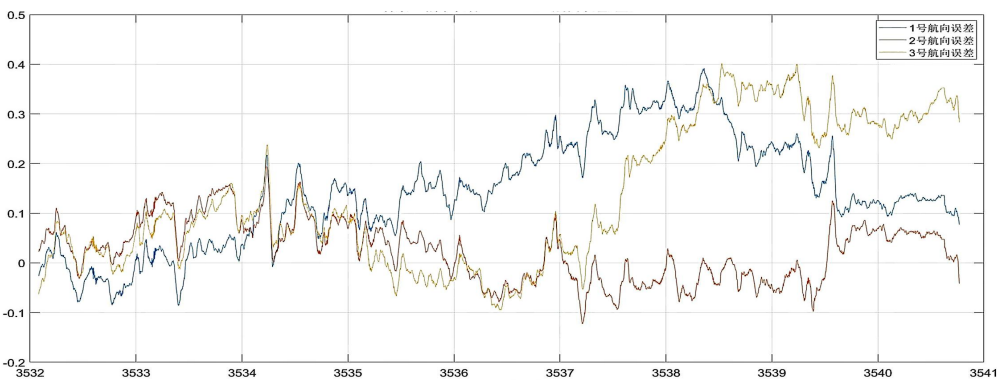
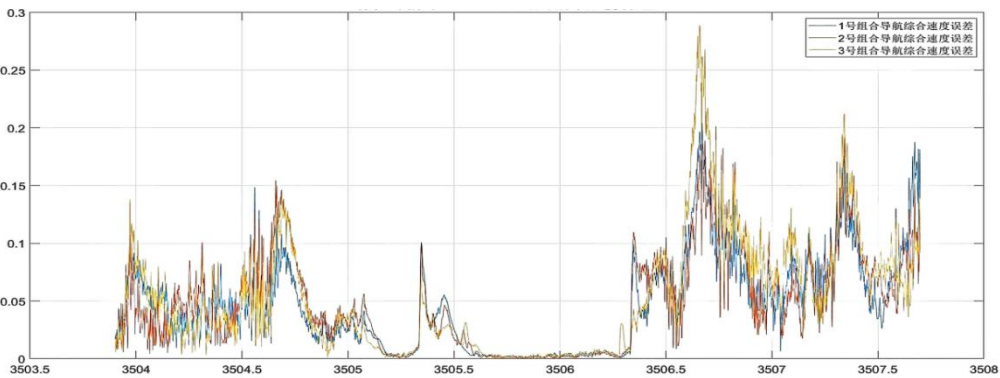


图 7.6 综合速度偏差曲线图



8. 地下车库测试

本场景模拟车载用户地下停车场泊车及驶出。在室外完成初始化对准后进入地下停车场，行驶方式涵盖转圈，倒车入库，出库，调头等，地下车库运动时长 2min8s，之后驶出停车场到达室外，恢复卫星信号接收，误差统计前 60 秒。

表 8 地下车库定位结果及精度统计

设备编号	场景	水平 (m)		高程 (m)		航向 (deg)		综合速度误差 (m/s)		固定率
		CEP95	RMS	CEP95	RMS	CEP95	RMS	CEP95	RMS	
1 号设备	地下车库	1.44	1.15	0.18	0.08	0.07	0.03	0.11	0.05	0
2 号设备		1.52	1.19	0.28	0.18	0.07	0.04	0.06	0.04	0
3 号设备		1.13	0.87	0.21	0.09	0.06	0.04	0.10	0.05	0

小结

在地下车库场景前 60 秒中，NAV619 的指标可达到如下精度：

RMS: 水平定位精度 $\leq 1.5\text{m}$, 高程定位精度 $\leq 0.2\text{m}$, 航向精度 $\leq 0.05\text{deg}$, 速度精度 $\leq 0.05\text{m/s}$

CEP95 水平定位精度 $\leq 2\text{m}$, 高程定位精度 $\leq 0.5\text{m}$, 航向精度 $\leq 0.1\text{deg}$, 速度精度 $\leq 0.1\text{m/s}$

图 8.1 道路环境

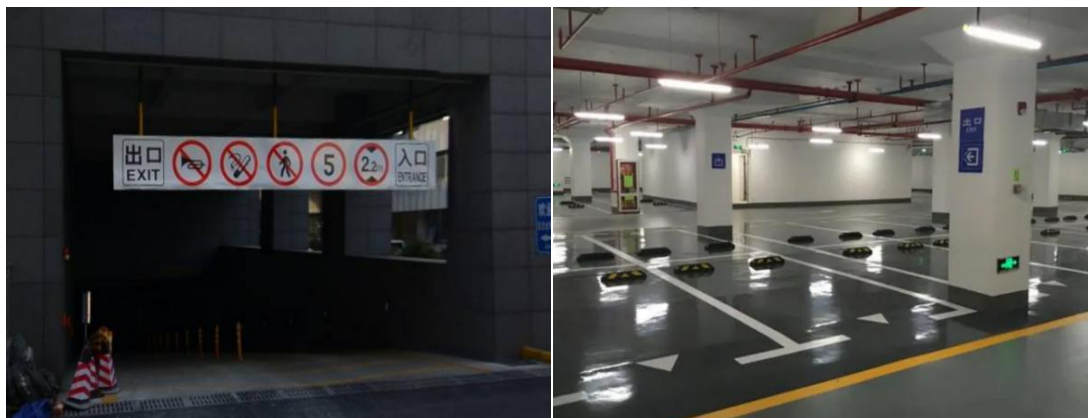


图 8.2 轨迹图

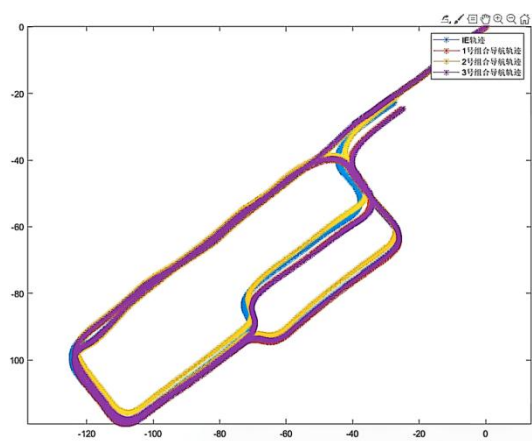


图 8.3 局部轨迹图

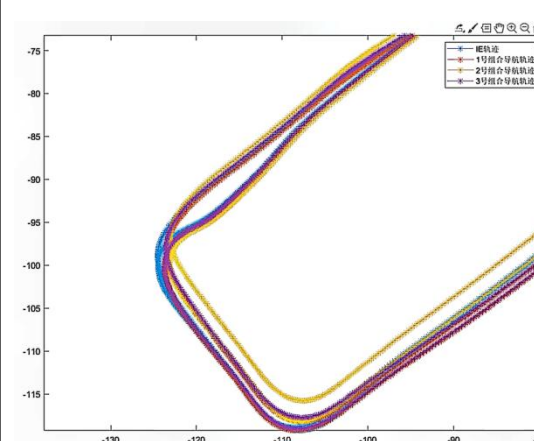


图 8.4 卫星数量

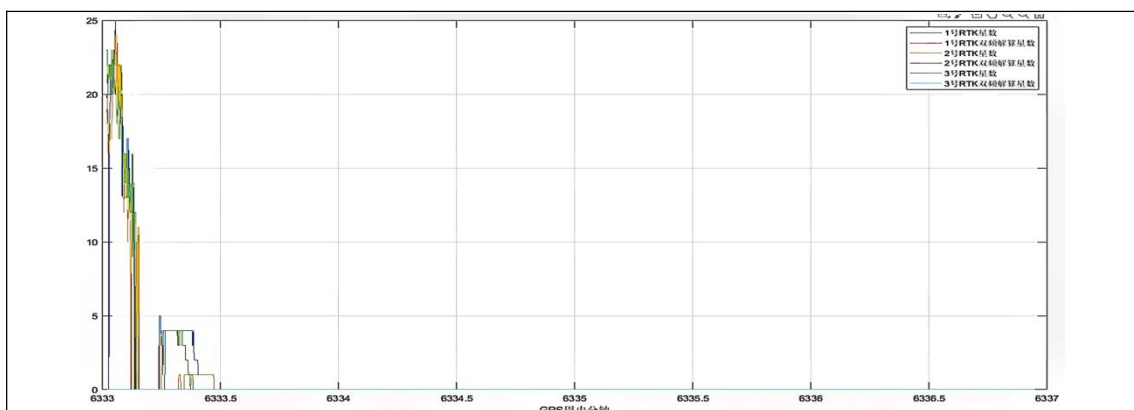


图 8.5 水平位置/高程偏差曲线图

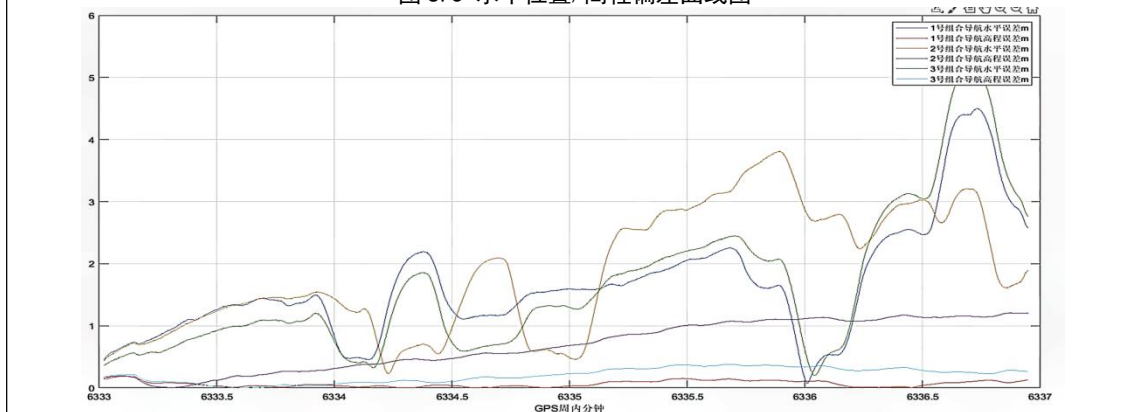


图 8.6 航向角曲线图

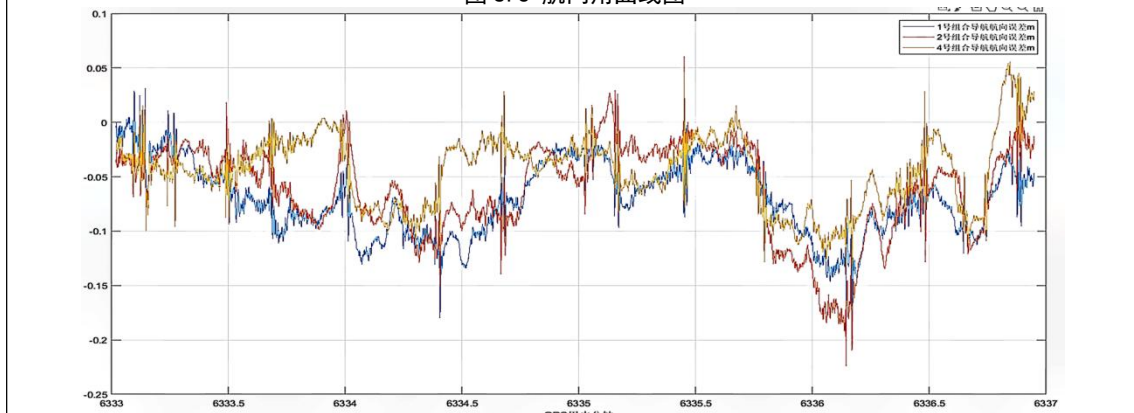


图 8.7 综合速度偏差曲线图