

KY-INS600

光纤组合导航系统

使用说明书



北京北斗星通导航技术股份有限公司

1. 概述

光纤组合导航系统 KY-INS600 由基于性价比高的闭环光纤陀螺、加速度计，通过多传感器融合及导航解算算法实现，满足在中高精度移动测量系统、大型无人机等应用领域对姿态、航向及位置等信息的精确测量要求。

2. 功能及指标

2.1 主要功能

该系统具有惯性/卫星组合导航模式和纯惯性模式。

惯性/卫星组合导航模式下能够利用 GNSS 接收机接收到的卫星定位信息进行组合导航，输出载体的俯仰、横滚、航向、位置、速度、时间等信息；失去信号后输出惯性解算的位置速度姿态，其中俯仰横滚要求保持精确，短时间内具备一定的航向保持功能，短时内具备米级定位精度。在组合导航模式下，能够输出后处理信息供 NovAtel 的 IE 后处理软件处理。

纯惯性模式（即通电后从未进行过 GNSS 融合，如果融合后再次失锁，则属于组合导航模式）启动后，具备精确的姿态测量功能，能输出俯仰横滚航向，纯惯性可静态寻北。

2.2 性能指标

系统性能如下表。

表 1 系统性能要求

参数		技术指标
位置精度	单点 (RMS)	1.2m
	RTK (RMS)	2cm+1ppm
	后处理 (RMS)	1cm+1ppm
	失锁精度 (CEP)	2nm, 失锁 60min①
航向 (RMS)	实时组合精度	0.1°②
	后处理	0.003°
	失锁保持精度	0.01°/h①
	自寻北精度	0.1°SecL, 单位置对准 10min 0.05°SecL, 双位置对准 15min③
姿态 (RMS)	对准精度	0.01°
	后处理	0.002°
	失锁保持精度	0.01°/h①
水平速度精度 (RMS)	0.05m/s	
授时精度	20ns	

参数		技术指标
数据输出频率	200Hz④	
陀螺仪	量程	400°/s
	零偏稳定性	0.005°/h (10s平均)
	标度因数 非线性度	10ppm
	角随机游走	0.0005°/√hr
加速度计	量程	16g
	零偏稳定性	30ug
	标度因数 非线性度	50ppm
	速度随机游走	0.01m/s/√hr
物理尺寸和电气特性	外形尺寸	176.8mm×188.8mm×117mm
	重量	<5kg (不含电缆)
	输入电压	12~36VDC
	功耗	<30W (稳态)
	存储	16G
环境指标	工作温度	-40℃~+60℃
	存储温度	-45℃~+70℃
	随机振动	6.06g, 20Hz~2000Hz

参数		技术指标
	MTBF	5000h
接口特性	PPS、EVENT、RS232、RS422、CAN	
	网口	
	天线接口	
	轮速传感器接口	

注 1：①对准有效；②车载条件、需机动；③双位置对准，两位置航向差值大于 90 度；④ 单路输出 200Hz；⑤10s 平均。

注 2：后处理指标：

3. 工作原理

3.1. 产品组成

产品的组成如下图 1.

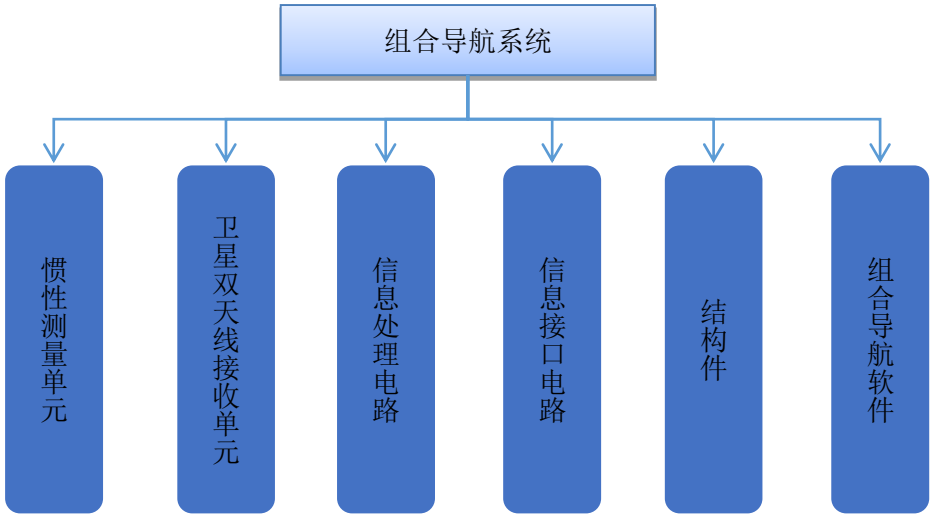


图 1 系统组成

3.2. 基本原理

惯性测量单元由三个加速度计和三个光纤陀螺仪组成，负责测量载体的加速度和角速度，并将这些信息发送给信息处理电路，信息处理电路利用惯性测量单元测得的加速度和角速度进行导航结算，同时接收卫星接收机的卫星导航信息作为基准，进行组合导航，对惯导的导航误差进行修正，通过信息接口单元输出导航信息。

基本原理如下图所示：

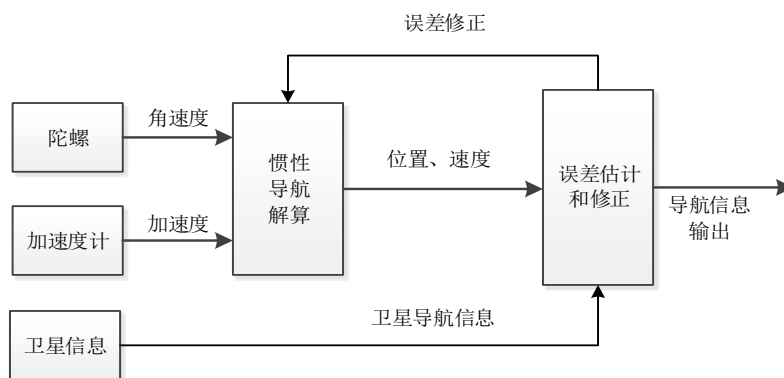


图 2 工作原理示意图

4. 使用说明

4.1 外形尺寸

惯性测量单元与卫星接收机采用一体化设计方案，均集成在惯导系统内部，系统外形如下图所示。

系统外形尺寸为：176.8mm×188.8mm×117mm（长×宽×高）。

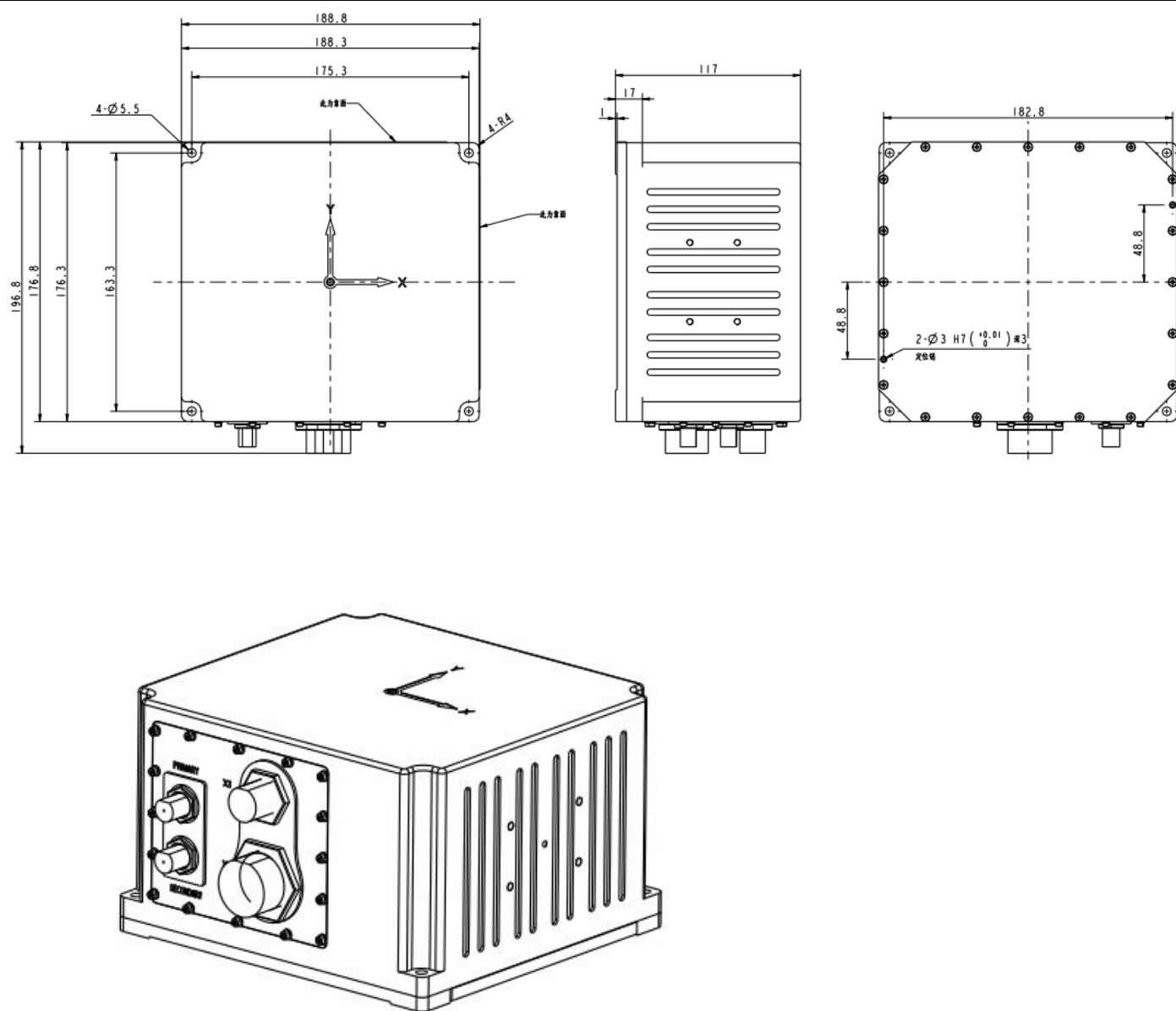


图 3 外形结构图

4.2 电气接口

系统有 4 个对外连接器：

- a) 一个 X1 供电口，X2 通信接口

- b) 两个射频线接口（TNC 外螺内孔，其中上接主天线，下接从天线）
- c) 1 根电源线缆 一端接 X1，另一端接 13~36V 直流；
- d) 1 根通讯电缆 一端接 X2，另一端分出 5 个串口，分别为 COM2~COM5，其中 COM5 为 RS232，COM2、COM3、COM4 为 RS232、RS422 可配置。COM2 可用来发送工作模式指令，COM5 可配置惯导内部 GNSS 板卡；

对外连接器点定义如表 1 和表 2 所示：

表 1 X1 连接器点定义

X1(J599/ 26FA35SA)	信号 定义	插头线标代号	备注
1	DC+	红色鳄鱼夹， 大号	供电电源正
2	DC+		
3	DC+		
4	DC-	黑色鳄鱼夹， 大号	供电电源负
5	DC-		
6	DC-		

表 2 X2 连接器点定义

X2(J599/2 6FD35PA)	信号定义	插头线标代号	端子号	备注
1	COM2_TXD_RS232	COM1(DB9 母)	1-DB9 孔： 2	主处理器程序升级 口，RS232
2	COM2_RXD_RS232		1-DB9 孔： 3	
3	GND		1-DB9 孔： 5	
4	COMA_422T_N/RS232_T	COM2(DB9 母)	2-DB9 孔： 2	第一路可配置串口 RS422/RS232 默认 RS232
5	COMA_422T_P		2-DB9 孔： 6	
6	COMA_422R_N		2-DB9 孔： 8	
7	COMA_422R_P/ RS232_R		2-DB9 孔： 3	

8	GND		2-DB9 孔：5	
9	COMB_422T_N/RS232_T	COM3(DB9 母)	3-DB9 孔：4	第二路可配置串口 RS422/RS232 默认 RS422
10	COMB_422T_P		3-DB9 孔：3	
11	COMB_422R_N		3-DB9 孔：2	
12	COMB_422R_P/RS232_R		3-DB9 孔：1	
13	GND		3-DB9 孔：5	
14	COMC_422T_N/RS232_T	COM4(DB9 母)	4-DB9 孔：4	第三路可配置串口 RS422/RS232 默认 RS422
15	COMC_422T_P		4-DB9 孔：3	
16	COMC_422R_N		4-DB9 孔：2	
17	COMC_422R_P/RS232_R		4-DB9 孔：1	
18	GND		4-DB9 孔：5	
19	RS232-718-TXD1	COM5(DB9 母)	5-DB9 孔：2	718D 串口 1
20	RS232-718-RXD1		5-DB9 孔：3	
21	GND		5-DB9 孔：5	
22	PPS	无插头，甩线	PPS	3.3V TTL
23	EVENT2	无插头，甩线	EVENT2	3.3V TTL
24	CAN1_P	无插头，甩线	CAN1_P	CAN
25	CAN1_N	无插头，甩线	CAN1_N	
26	DI1+	无插头，甩线	DI1+	第一路里程计 (5V-12V)
27	DI1-	无插头，甩线	DI1-	
28	DI2+	无插头，甩线	DI2+	第二路里程计 (5V-12V)
29	DI2-	无插头，甩线	DI2-	
30	GND	无插头，甩线	GND	
31	ETHER_TX_P (3 绿白)	网口 (RJ45)	1 (橙白)	10/100 以太网接口
32	ETHER_TX_N (6 绿)		2 (橙)	
33	ETHER_RX_P (1 橙白)		3 (绿白)	
34	ETHER_RX_N (2 橙)		6 (绿)	
35	CAN2_P	无插头，甩线	CAN2_P	CAN
36	CAN2_N	无插头，甩线	CAN2_N	
37	-	-	-	-

4.3 使用说明

4.3.1 系统工作流程

惯导系统包括两个工作流程，一个组合导航流程，一个纯惯性导航流程。

4.3.1.1 启动提示信息

连接好电缆，系统加电，通过测试计算机的串口调试工具监视 COM2 接口信息，在界面显示"**Please enter NaviMode within 20s!**"后，可以通过串口调试工具向 COM2 接口发送工作流程指令。“#moddgi”为进入组合导航工作指令；如果在 20s 内不发送指令，则系统在 20s 后自动进入内部保存的工作流程。

4.3.1.2 组合导航流程

进入组合导航流程后，首先装订卫星信息，若卫星不定位，则处于等待卫星信息状态；当卫星信息有效后，则进入对准状态，对准时间 1min，对准期间要求惯导静止，对准完成后，惯导可运动，系统处于组合导航状态。

4.3.1.3 纯惯性导航流程

进入纯惯性导航流程后，首先进行 1min 粗对准，如果卫星信息有效，则装订卫星信息进行 1500s 精对准，如果没有卫星信息，则必须静基座对准 1500s；对准完成后转入纯惯性导航状态，惯导可运动。

4.3.2 系统配置指令

4.3.2.1 配置方案及保存

惯导系统对外提供 4 路串口(配置号: com2~com5), 并且提供一路内部存储通道(配置号: file), 各串口功能分配及相关配置如下表。

表 1 惯导系统串口功能分配表

配置号	输入项目	输出项目	默认
COM2	1.工作模式指令及流程控制指令; 2.COM2~COM4 波特率配置; 3.COM2~COM4 协议及更新率配置; 4.存储 file 口协议配置。	1.SNCNAVPVTB (0.2Hz、1Hz、5Hz、10Hz、20Hz 等); 2.GPFPD (0.2Hz、1Hz、5Hz、10Hz、20Hz 等); 3.BDFPD (0.2Hz、1Hz、5Hz、10Hz、20Hz 等); 4.INSPPVASA (0.2Hz、1Hz、5Hz、10Hz、20Hz 等); 5.INSPPBASB (0.2Hz、1Hz、5Hz、10Hz、20Hz 等); 6.RAWIMUSB (固定 200Hz SPAN-ISA-100C 格式); 7.RAWDATA (固定 200Hz SPAN-ISA-100C 格式的 RAWIMUSB, 并包含卫星板卡 COM2 发来的数据); 8.配置提示信息;	RS232; 460800bps; 输出: INSPVASA 1Hz;
COM3	无	同 COM2	RS422; 460800bps; 输出: 无
COM4	无	1.同 COM2 2.可配置成直连 718D 板卡的 COM3 口	RS422; 460800bps; 输出: 无
COM5	OEM718D COM1 配置项目;	根据该接口配置输出, 如 BESTPOSA、GPRMC 等	RS232; 9600bps; 输出: 无
file	系统自动根据用户的配置进行存储信息的保存, 保存的数据文件名为 RECORDX.txt, 其中 X 为文件编号。在进行配置查询时, 会显示当前最新文件名。	1.固定会有 SNCPOST 协议且不可取消, 该协议为数据备份。 2.系统在上电情况下, 网口端插入到计算机进行存储数据导出状态。	无

系统上电，COM2 口显示完启动信息后，即可进行 COM2~COM5 串口波特率配置、串口协议及更新率设置等命令输入，每个命令输出成功，均会返回“**cmd ok**”，否则显示“**cmd error**”。输入完成后，键入“**saveconfig**”保存本次的配置，下次重启后自动调用本次的配置，若不输入该指令，则下次重启后串口配置恢复为上次保存的配置。

4.3.2.2 配置查询

通过 COM2 口键入“**log loglist**”或者“**log rxstatus**”指令，将列出 COM2~COM4 的所有配置，包括以下几个方面的内容：

- a. 串口号、串口波特率、串口协议及更新率；
- b. 功能模块开启状态：包括零速修正状态和平滑处理状态，开启为 **enable**，关闭为 **disable**；载体类型；
- c. 内部存储状态信息：包括最后一个文件的文件名，剩余空间等；
- d. 初始装订经纬度；
- e. 系统编号及出厂日期；
- f. 软件版本号：包括预处理软件版本号和导航软件版本号；
- g. 工作模式：包括组合导航（**DGI**）和纯惯性导航（**INS**）。

4.3.2.3 波特率配置

该模式下输入如下命令进入串口波特率配置：

com comX BAUDRATA

其中 X 为 2~4，BAUDRATE 为波特率，单位为 bps。

例如设置 COM2 口的波特率为 460800bps，输入以下指令：

```
com com2 460800
```

4.3.2.4 串口 RS232 配置

当配置串口为 RS232 时（如果配置串口为 COM3-COM4，则需要做转接线，接线定义见 4.2 节电气接口），命令如下：

```
rs232 COMX
```

其中 X 为 2~4。

例如设置 COM3 口为 RS232，输入以下指令：

```
rs232 com3
```

4.3.2.5 串口 RS422 配置

当配置串口为 RS422 时（如果配置串口为 COM2，则需要做转接线，接线定义见 4.2 节电气接口），命令如下：

```
rs422 COMX
```

其中 X 为 2~4。

例如设置 COM2 口为 RS422，输入以下指令：

```
rs422 com2
```

4.3.2.4 更新率配置

通过 COM2 进行 COM2~COM5 和存储器 file 口 GPFPD、BDFPD、inspvasa、inspvasb 协议的配置，配置命令如下：

log comX/file LOG ontime updateTime

其中 comX 可为 com2~com4 配置号，file 为存储器接口配置号；updateTime 代表更新时间，可为 5(0.2Hz)、1(1Hz)、0.2(5Hz)、0.1(10Hz)、0.01(20Hz)等能 200Hz 分频的周期，单位 s。

LOG 表示协议名字，可为 inspvasa、inspvasb、gpfpd、bdfpd。

例如要将 COM2 口配置输出 10Hz 的 GPFPD 数据，则可通过 COM1 输入以下命令：

log com2 gpfpd ontime 0.1

如果需要在 COM2 同时输出 10Hz 的 bdfpd 数据，则可再通过 COM1 输入以下命令：

log com2 bdfpd ontime 0.1

再例如，要将 1Hz 的 inspvasa 协议数据存储到惯导内部存储器中，则可通过 COM2 输入以下命令：

log file inspvasa ontime 1

如果想关闭某协议，则配置命令如下：

log comX/file LOG off

通过 COM2 进行 COM2~COM4 口和存储器 file 口的 rawimusb、rawdata 协议的配

置，配置命令如下：

log comX/file rawdata onchange

如果想关闭该串口所 rawdata 协议，则配置命令如下：

log comX/file rawdata off

如果想关闭该串口所有协议，则配置命令如下：

unlogall comX/file

需要注意，提高更新率或者同时输出好几种协议，这些都会增加串口发送的数据量，使用之前需要配置与之适应的波特率，否则可能造成丢数。一般情况，数据量越大，需要的波特率越高。

4.3.2.5 初始值经纬度配置

初始经纬度配置，配置指令为：

initialpos LONGITUDE LATITUDE

其中 LONGITUDE 和 LATITUDE 为配置的当地经纬度值，单位度。

4.3.2.6 功能模块配置

具备开启配置的功能模块主要包括零速修正和输出位置平滑处理。

4.3.2.6.1 “零速修正”配置

零速修正功能主要指惯导对敏感到的信息进行检测，若判断惯导为零速，则进行相

应的修正。

本产品 in 组合导航流程中“零速修正”默认为开启状态，若在组合导航状态下卫星信息长期无效，用户希望得到纯惯性的导航信息，则建议关闭零速修正模式。

零速修正配置指令如下：

inszupt switch

switch 值为 **disable** 或 **enable**，其中 **disable** 表示关闭该功能，**enable** 表示开启该功能。

4.3.2.6.2 “位置输出平滑”配置

在 INSPVASA 和 GPFPD 协议中的位置信息为惯导导航位置信息，为得到更加平滑的位置信息，导航软件中加入了位置输出平滑功能，平滑后的位置噪声更小。

本产品 in 组合导航流程中“位置输出平滑”默认为关闭，为方便用户选择，该功能可配置，配置指令如下：

possmooth SWITCH

switch 值为 **disable**、**enable**，其中 **disable** 表示关闭该功能，**enable** 表示开启该功能。

4.3.2.7 卫星串口映射配置

在使用过程中如卫星板卡没有多余的串口进行配置或者使用，则可以使用卫星板卡串口映射到对外接口 COM4 中，其中配置有两个命令如下：

connect gpocard com2

connect gpocard com3

connect gpocard disable

发送 **connect gpocard com2** 命令，会把卫星板卡 718D 的 COM2 进行映射到对外连接接口 COM4 中，这时候 COM4 口必须配置成 230400，才能进行卫星导航卡板的配置，该命令会让惯导工作在不正常状态，配置完板卡之后需要进行惯导重启，才能惯导才能进行正常状态，且该命令重启后不会进行保存。

发送 **connect gpocard com3** 命令，把卫星板卡 718D 的 COM3 进行映射到对外连接口 COM4 中，这个时候 COM4 口波特率一定需要配置成 718D 的 COM3 的波特率，才能进行正常通信，如需要保存需要发送 **saveconfig** 命令。

发送 **connect gpocard disable** 命令，会把对外 COM4 串口恢复成内部 CPU 进行输出口。

4.3.2.8 载体类型配置

根据惯导安装的载体不同，需要进行载体类型配置，针对不同的载体类型，系统内部进行不同的算法处理。

配置指令如下：

carrier vehicle/ship/air

依次为车载、船载和机载。

配置完成后，需要输入保存指令 **saveconfig**，然后硬启动或者输入 **#reset** 指令，该载体类型配置将在启动后有效。惯导使用过程中不支持当次配置当次使用，必须重新启动

动。

载体类型配置为车载类型后，要求惯导在车上安装固定，且惯导航向与载车车头方向一致，误差不大于 10 度。

4.3.2.11 在线 RTK

当使用在线 RTK 处理的时候,需要 com2 输入指令如下:

possmooth disable

com5 即 718D 的 com1 口配置:

serialconfig com1 9600 (波特率可变, 根据实际 DTU 的配置)

interfacemode com1 rtcmv3 novatel on

saveconfig

4.3.2.12 GNSS 天线杆臂配置

根据天线与惯导的相对安装关系,需要进行天线杆臂配置。配置惯导到天线之间的杆臂值,测量时必须精确到毫米(mm),任何杆臂测量误差将直接进入惯导输出的位置误差中,在安装使用时,惯导尽可能的和主天线靠近,特别是在水平位置上。该指令要求在惯导静基座对准之前或者之中、动基座对准前完成。该配置完成后,需要通过“saveconfig”进行保存。

配置包括主天线杆臂配置和从天线杆臂配置。

主天线配置指令如下:

setimutoantoffset1 armX armY armZ

从天线配置指令如下：

setimutoantoffset2 armX armY armZ

其中 armX、armY 和 armZ 为配置的杆臂值，单位为米，代表从惯导到天线相位中心的矢量在惯导载体坐标系内的分量，惯导载体坐标系选取为右前上（XYZ）。图 5 示例，armX 和 armY 应为负值，armZ 应为正值。

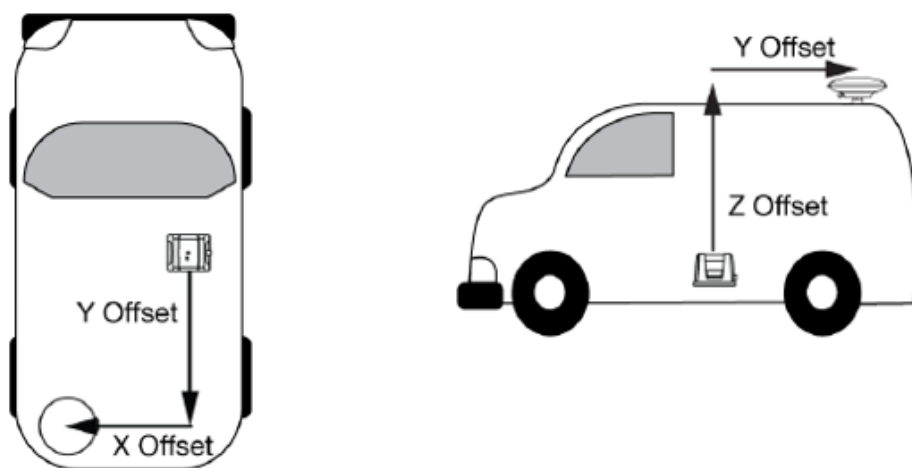


图 4 天线杆臂示意图

4.3.2.13 输出杆臂设置

产品输出杆臂配置默认值为[0, 0, 0]（右前上），即输出惯导处的位置和速度值。如需输出用户测试点的位置和速度，则需根据测试点与惯导的相对安装关系进行输出杆臂设置。

配置惯导到测试点之间的杆臂值，测量时必须精确到毫米（mm），任何杆臂测量误差将直接进入到惯导输出的位置误差中。该指令要求在惯导静基座对准之前或者之中、

动基座对准前完成。该配置完成后，需要通过“**saveconfig**”进行保存。

输出杆臂配置指令如下：

setimutosensoroffset armX armY armZ

其中 armX、armY 和 armZ 为配置的杆臂值，单位为米，代表从惯导到测试点的矢量在惯导载体坐标系内的分量，惯导载体坐标系选取为右前上(XYZ)。图 6 示例，armY、armZ 应为正值。

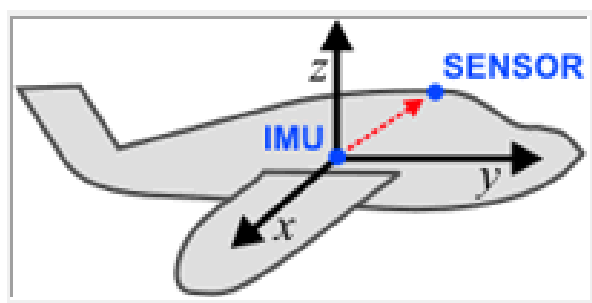


图 5 输出杆臂示意图

4.3.2.14 安装角设置

产品输出的姿态和航向信息均为产品坐标系相对于地理坐标系的欧拉角。产品与载体坐标系的角度安装关系为安装角，配置默认值为[0, 0, 0]（俯仰、航向、滚动），即认为产品坐标系与安装载体坐标系重合。如产品在载体上安装存在安装角，且需要产品输出载体坐标系相对于地理坐标系的欧拉角，则需根据产品与载体的相对安装关系进行安装角设置。

安装角配置指令如下：

vehiclebodyrotation angleX angleZ angleY

其中 angleX、angleZ 和 angleY 为配置的安装角角度值，单位为度，代表从载体坐标系到组合导航系统坐标系的角度，顺序为俯仰、航向、滚动。

注：本功能会导致输出的角速度、加速度、姿态等会随着设置而改变。

4.3.3 协议格式

4.3.3.1 SNCNAVPVTB

惯导配置命令例子：

log com2 sncnavpvtb ontime 1

表 6 sncnavpvtb 格式

字节序号	数据	数据类型	占用字节数	说明
0	0x55	unsigned char	1	固定 0x55
1	0xAA	unsigned char	1	固定 0xAA
2	Class	unsigned char	1	固定 0x00
3	ID	unsigned char	1	固定 0x00
4-5	帧长度	unsigned short	2	
6-7	帧计数	unsigned short	2	每发一帧自加 1
8-9	周(GPS 时)	unsigned short	2	单位为第几周
10-17	周秒(GPS 时)	double	8	单位为 S
18-21	航向	int	4	单位为度 LSB=0.0001°
22-25	俯仰	int	4	单位为度 LSB=0.0001°
26-29	滚动	int	4	单位为度 LSB=0.0001°
30-33	东速	int	4	单位为度 LSB=0.0001 m/s
34-37	北速	int	4	单位为度 LSB=0.0001 m/s
38-41	天速	int	4	单位为度

				LSB=0.0001 m/s
42-45	纬度	int	4	单位为度 LSB=0.0000001°
46-49	经度	int	4	单位为度 LSB=0.0000001°
50-53	高度	int	4	单位为米 LSB=0.0001m
54-57	X 轴角速度(右-前-上)	int	4	单位为度 LSB=0.000001° /s
58-61	Y 轴角速度(右-前-上)	int	4	单位为度/秒 LSB=0.000001° /s
62-65	Z 轴角速度(右-前-上)	int	4	单位为度/秒 LSB=0.000001° /s
66-69	X 轴加速度(右-前-上)	int	4	单位为 m/s ² LSB=0.0000001 m/s ²
70-73	Y 轴加速度(右-前-上)	int	4	单位为 m/s ² LSB=0.0000001 m/s ²
74-77	Z 轴加速度(右-前-上)	int	4	单位为 m/s ² LSB=0.0000001 m/s ²
78	主天线定位星数	unsigned char	1	单位为颗 LSB=1
79	从天线定位星数	unsigned char	1	单位为颗 LSB=1
80	导航状态字	unsigned char	1	Bit7-Bit0 0x00: 待机 0x10: 粗对准 0x20: 精对准 0x30: 组合导航 0x31: 纯惯性导航
81-82	GNSS 状态字	unsigned short	2	Bit2-Bit0 =0: 无效 =1: 单点定位 =2: 伪距差分 =3: RTK 差分定位 Bit3: 位置速度数据有效 =0: 无效 =1: 有效 Bit4: GNSS 双天线航向有效 =0: 无效 =1: 有效

					Bit5: GPS 时数据有效 =0: 无效 =1: 有效 Bit6-Bit15: 预留为 0
83-84	故障状态字	unsigned short	2		Bit0: X 轴陀螺故障字 =0: 正常 =1: 故障 Bit1: Y 轴陀螺故障字 =0: 正常 =1: 故障 Bit2: Z 轴陀螺故障字 =0: 正常 =1: 故障 Bit3: X 轴加速度故障字 =0: 正常 =1: 故障 Bit4: Y 轴加速度故障字 =0: 正常 =1: 故障 Bit5: Z 轴加速度故障字 =0: 正常 =1: 故障 Bit6: GNSS 板卡硬件故障字 =0: 正常 =1: 故障 Bit7-Bit15: 预留为 0
85-92	预留	-	8		-
93-94	校验和	-	2		2-92 累加取低 16 位

4.3.3.2 GPFPD

惯导配置命令例子:

```
log com2 gpfpd ontime 1
```

惯导输出例子

```
$GPFPD,2083,199022.049,271.356,-2.149,0.767,39.7085178,116.1311212,39.93,-
```

11.422,-0.077,0.050,1.500,27,0,1*59

表 4 GPFPD 格式

序号	名称	含义	数据类型	单位
1	\$GPFPD	格式头	—	—
2	GPSWeek	自 1980-1-6 至今当前的星期数(格林威治时间)	整型	—
3	GPS 周秒	GPS 周秒	浮点数	s
4	偏航角	偏航角 0~360 度, 顺时针方向	浮点型	度
5	俯仰角	俯仰角-90 度~90 度	浮点型	度
6	滚动角	滚动角-180 度~180 度	浮点型	度
7	纬度	惯导输出纬度-90 度~90 度	浮点型	度
8	经度	惯导输出经度-180 度~180 度	浮点型	度
9	高度	惯导输出的高度	浮点型	m
10	东速	惯导输出东速	浮点型	m/s
11	北速	惯导输出北速	浮点型	m/s
12	天速	惯导输出天速	浮点型	m/s
13	基线长度	两个卫星天线中心距离	整型	米
14	NSV1	天线 1 卫星数	整型	个
15	NSV2	天线 2 卫星数	整型	个
16	卫星状态	卫星状态 0: 不可用, 1: 可用	整型	—
17	校验码	校验码	十六进制	—
18	<CR><LF>	固定包尾	—	—

4.3.3.3 BDFPD

惯导配置命令例子:

```
log com2 gpfpd ontime 1
```

惯导输出例子

```
$BDFPD,2105,355160.246,90.96184,-
```

```
1.14427,1.01899,39.71066564,116.11209956,46.076,-0.0037,-
```

0.0065,0.0147,20,16,0*68

表 5 BDFPD 格式

序号	名称	含义	数据类型	单位
1	\$BDFPD	格式头	—	—
2	GPSWeek	自 1980-1-6 至今当前的星期数(格林威治时间)	整型	—
3	GPS 周秒	GPS 周秒	浮点数	s
4	偏航角	偏航角 0~360 度, 顺时针方向	浮点型	度
5	俯仰角	俯仰角-90 度~90 度	浮点型	度
6	滚动角	滚动角-180 度~180 度	浮点型	度
7	纬度	惯导输出纬度-90 度~90 度	浮点型	度
8	经度	惯导输出经度-180 度~180 度	浮点型	度
9	高度	惯导输出的高度	浮点型	m
10	东速	惯导输出东速	浮点型	m/s
11	北速	惯导输出北速	浮点型	m/s
12	天速	惯导输出天速	浮点型	m/s
13	NSV1	天线 1 卫星数	整型	个
14	NSV2	天线 2 卫星数	整型	个
15	定位类型	bestpos 中 pos type	整型	—
16	定向类型	heading 中 pos type	整型	—
17	校验码	校验码	十六进制	—
18	<CR><LF>	固定包尾	—	—

4.3.3.4 短报文协议头部

短头协议头部分两种，一种是 ASCII，另一种是二进制。

ASCII 短头部

序号	名称	数据类型	含义
1	%	Char	固定为'%'
2	报文名字	Char	这条协议的报文类型
3	GPS 周	Ushort	GPS 周数 (GPS 时)
4	GPS 周秒	float	GPS 周秒 (GPS 时)

二进制短头部

序号	名称	数据类型	含义	Binary Bytes	Binary Offset
1	同步字节	Char	固定 Hex 0xAA	1	0
2	同步字节	Char	固定 Hex 0x44	1	1
3	同步字节	Char	固定 Hex 0x13	1	2
4	报文长度	Uchar	报文长度, 不包含头和 CRC 校验	2	3
5	报文 ID	Ushort	消息 ID	2	4
6	GPS 周	Ushort	GPS 周数 (GPS 时)	4	6
7	GPS 周秒	Int	GPS 周秒 (GPS 时, 毫秒单位)	4	8

4.3.3.5 32-bit CRC 校验

C 语言代码历程如下

```
#define CRC32_POLYNOMIAL 0xEDB88320L
/* -----
Calculate a CRC value to be used by CRC calculation functions.
----- */
unsigned long CRC32Value(int i)
{
    int j;
    unsigned long ulCRC;
    ulCRC = i;
    for (j = 8; j > 0; j--)
    {
        if (ulCRC & 1)
            ulCRC = (ulCRC >> 1) ^ CRC32_POLYNOMIAL;
        else
            ulCRC >>= 1;
    }
    return ulCRC;
}
/* -----
Calculates the CRC-32 of a block of data all at once
ulCount - Number of bytes in the data block
```

ucBuffer - Data block

```
----- */  
unsigned long CalculateBlockCRC32( unsigned long ulCount, unsigned char*ucBuffer )  
{  
    unsigned long ulTemp1;  
    unsigned long ulTemp2;  
    unsigned long ulCRC = 0;  
    while ( ulCount-- != 0 )  
    {  
        ulTemp1 = ( ulCRC >> 8 ) & 0x00FFFFFFL;  
        ulTemp2 = CRC32Value( ((int) ulCRC ^ *ucBuffer++ ) & 0xFF );  
        ulCRC = ulTemp1 ^ ulTemp2;  
    }  
    return( ulCRC );  
}
```

4.3.3.6 INSPVAS

该命令为短报文协议输出

惯导配置命令例子：

log com2 inspvasa ontime 1 (ASCII)

log com2 inspvab ontime 1 (二进制)

ASCII 例子

%INSPVASA,1264,144059.000;1264,144059.002135700,51.116680071,-

114.037929194,515.286704183,277.896368884,84.915188605,-

8.488207941,0.759619515,-

2.892414901,6.179554750,INS_ALIGNMENT_COMPLETE*855d6f76

INSPVAS 格式

序号	名称	含义	数据类型	Binary Byte	Binary Offse
1	INSPVAS Header	报文头部	—	H	0
2	Week	GPS 周数 (GPS 时)	Ulong	4	H
3	Seconds	GPS 周秒 (GPS 时)	Double	8	H+4
4	Latitude	纬度 (WGS84) [degrees]	Double	8	H+12
5	Longitude	经度 (WGS84) [degrees]	Double	8	H+20
6	Height	高于平均海平面高度 [metres]	Double	8	H+28
7	North Velocity	北方向速度 (负值表示方向为南) [m/s]	Double	8	H+36
8	East Velocity	东方向速度 (负值表示方向为西) [m/s]	Double	8	H+44
9	Up Velocity	天向速度 [m/s]	Double	8	H+52
10	Roll	滚动 [degrees]	Double	8	H+60
11	Pitch	俯仰 [degrees]	Double	8	H+68
12	Azimuth	航向角 (0-360) [degrees]	Double	8	H+76
13	Status	惯导状态字	Enum	4	H+84
14	xxxx	32-bit CRC	Hex	4	H+88
15	[CR][LF]	固定结尾 (只有 ASCII 才有)	-		—

惯导状态

Binary	ASCII	含义
0	INS_INACTIVE	惯导准备状态
1	INS_ALIGNING	惯导对准状态
3	INS_SOLUTION_GOOD	惯导组合导航状态
6	INS_SOLUTION_FREE	惯导纯惯性状态

4.3.3.7 RAWIMUS

该命令为短报文协议输出(仅限输出二进制)

惯导配置命令例子:

log com2 rawimusb onchanged (二进制)

RAWIMUS 格式

序号	名称	含义	数据类型	Binary Byte	Binary Offse
1	RAWIMUS Header	报文头部	—	H	0
2	Week	GPS 周数 (GPS 时)	Ulong	4	H
3	Seconds	GPS 周秒 (GPS 时)	Double	8	H+4
4	IMU Status	IMU 状态字	Hex Ulong	4	H+12
5	Z Accel Output	固定 200HZ, 除以 250000.0 变成 Z 加速度 m/s ² (右-前-上)	Long	4	H+16
6	- (Y Accel Output)	固定 200HZ, 除以 -250000.0 变成 Y 加速度 m/s ² (右-前-上)	Long	4	H+20
7	X Accel Output	固定 200HZ, 除以 250000.0 变成 X 加速度 m/s ² (右-前-上)	Long	4	H+24
8	Z Gyro Output	固定 200HZ, 除以 5000000.0 变成 Z 角速度 rad/s (右-前-上)	Long	4	H+28
9	- (Y Gyro Output)	固定 200HZ, 除以 -5000000.0 变成 Y 角速度 rad/s (右-前-上)	Long	4	H+32
10	X Gyro Output	固定 200HZ, 除以 5000000.0 变成 X 角速度 rad/s (右-前-上)	Long	4	H+36
14	xxxx	32-bit CRC	Hex	4	H+40
15	[CR][LF]	固定结尾 (只有 ASCII 才有)	-		—

Raw IMU 标度

IMU 类型	陀螺	加速度
ISA-100C	1.0E-9 rad/LSB	2.0E-9 m/s/LSB

4.3.3.8 RAWDATA

其中该协议为一个协议集合，其中包含惯导内部组 IMU 原始数据 RAWIMUSB (200HZ) 协议和卫星板卡 718D 从串口 2 发过来的 BESTPOSB (1HZ)、BESTVELB (1HZ)、PSRDOPB (1HZ)、HEADINGB (1HZ)、RANGECMPB (卫星导航原始数据选配) 协议。

惯导配置命令例子：

```
log com2 rawdata onchanged
```

4.3.4 数据导出

本产品具有数据存储功能，总存储空间 16G(内部会含系统恢复分区和其他系统使用的文件，故会比正常空 SD 卡少些)。系统自动根据用户的配置进行存储信息的保存，保存的数据文件夹名为 recordX，其中 X 为文件编号（最大为 39），编号依次增加，当 X 为 39 时，下次存储则自动覆盖 record00，下次存储时 X 仍然依次增加。若系统配置为存储数据状态，则系统每次通电工作后，会自动删除最早的数据文件夹，例如，当前生成的文件为 record08，则在系统存储器中将没有 record09 文件夹。用户可以此为依据查找最新的数据文件。两外，在进行配置查询时，也会显示当前最新文件名。

recordX 文件夹内部包含用户配置的各个协议文件，每个协议为一个单独的文件，文件名为协议名。

数据导出操作如下：

- a) 将以太网接口连接测试计算机；
- b) 设置测试计算机 IP 地址为 192.168.1.22；
- c) 系统通电；
- d) 运行 SSH 软件（SSH Secure File Transfer Client）；
- e) 点击 Quick Connect，填写内容如图 4 所示；

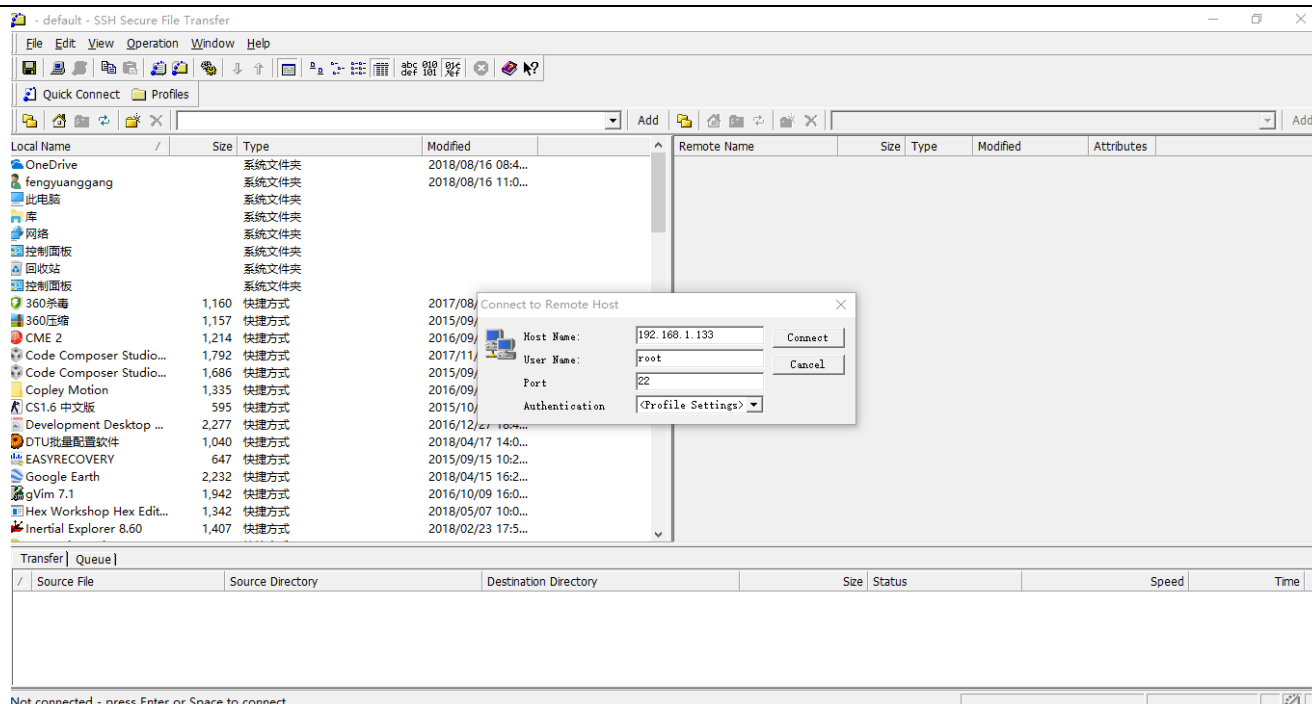


图 4 SSH 软件连接图

- f) 点击 Connect，SSH 软件自动弹出“Enter Password”对话框，无需填写密码，点击 OK，连接系统；
- g) 在上图右侧地址栏中输入/media/mmcblk0p1 并回车，在下方目录中找到相应存储目录即可下载。
- h) 下载操作完成后，系统断电，并拔出以太网接口。

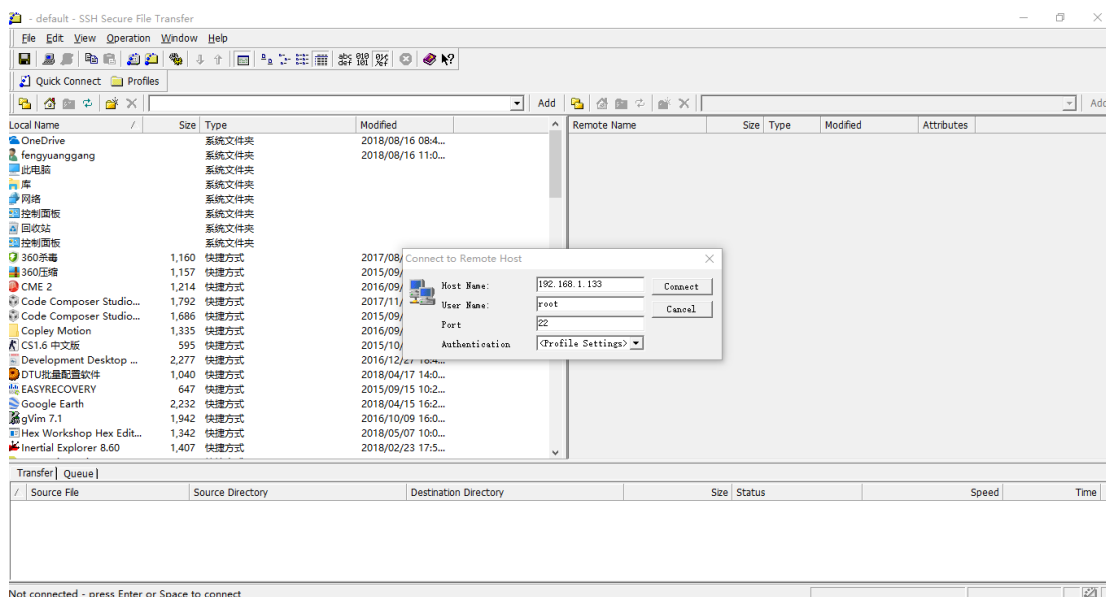
4.3.5 系统维护

4.3.5.1 固件升级

操作步骤如下：

- 1) 将惯导 COM1 和网口连接电脑、并设置电脑网口 IP 端口为 192.168.1.22；
- 2) 打开上位机软件 CRT，打开对应串口，串口设置为波特率 115200、8 位数据位、1 位停止位、无奇偶校验位；

- 3) 组合导航系统通电；
- 4) 观察 CRT 显示，等待 Linux 启动完成，输入命令\$GPEXT，会出现指令行。
- 5) 运行 SSH 软件（SSH Secure File Transfer Client），点击 Quick Connect，填写内容如下图所示：



- 6) 点击 Connect，SSH 软件自动弹出“Enter Password”对话框，无需填写密码，点击 OK，连接系统；
- 7) 在上图右侧地址栏中输入/home/root/install 并回车，删除文件 snc300_dgi(linux 应用程序)、snc300_dgi_dsp.out(DSP 程序)、snc300imu.bin(FPGA 程序)，并复制新的 snc300_dgi、snc300_dgi_dsp.out、snc300imu.bin 文件，需要选中改三个文件右键属性中，把权限改成 777，然后在 COM1 中输入 sync 命令，进行同步文件。
- 8) 如需要升级 FPGA 程序，需要从 COM1 中发送/home/root/update_fpga.sh，等待 COM1 提示升级成功。
- 9) 产品重新启动即升级完成。

5. 注意事项

主要注意事项如下：

- 1) 惯导系统通断电时间间隔不小于 30s，否则容易引起惯性器件损坏；
- 2) 在搬运、安装和使用过程中，应轻拿轻放，避免磕碰、摔落和撞击；
- 3) 惯导开机后，需要等待惯导完成粗对准后才能线性运动，粗对准时间约 1min，否则影响测量精度；

- 4) 载体类型配置为车载类型后，要求惯导在车上安装固定，且惯导航向与载车车头方向一致，误差不大于 10 度。

6. 附录

6.1 组合导航系统卫星接收机 COM2、COM3 输出配置

组合导航系统通过内置卫星接收机的口接收卫星导航信息。卫星接收机的 COM2 口配置命令如下：

```
unlogall com2
```

```
serialconfig com2 460800
```

```
log com2 headingb onchanged
```

```
DUALANTENNAALIGN enable 5 5
```

```
log com2 psrdopb ontime 1
```

```
log com2 bestposb ontime 0.2
```

```
log com2 bestvelb ontime 0.2
```

```
log com2 timeb ontime 1
```

```
log com2 rangecmpb ontime 1（注：不带原始数板卡，该指令无效）
```

```
frequencyout enablesync 100000 1000000000
```

```
saveconfig
```

其中若想使用卫星板卡的 COM3 可以参照 4.3.2.7 节，但是需要配置如下命令，将卫星板卡复用脚变成串口 COM3。

INTERFACEMODE USB1 NONE NONE

INTERFACEMODE USB2 NONE NONE

INTERFACEMODE USB3 NONE NONE

MARKCONTROL MARK1 DISABLE

INTERFACEMODE COM3 NOVATEL NOVATEL

serialconfig com3 115200（注：波特率可设置想使用的波特率，但惯导 COM4 口需要更这里的波特率保持一致）

saveconfig

6.2 后处理使用

组合导航系统可以使用 Inertial Explorer 商业化软件进行后处理，需要组合导航导航系统的 GNSS 接收机板卡带原始数据，其中需要记录下组合导航系统的 rawdata 协议和基站数据，基准站可应用通用高精度 GNSS 卫星接收机板卡（需要能输出原始观测量），接收机推荐配置如下表，详细说明见 GNSS 用户手册。

表 14 基准站配置指令

序号	指令	说明
1	serialconfig com2 230400	配置 com2 波特率为 230400（这里推荐使用 230400，数据量比较大需要 230400 波特率）
2	fix position 39.8122 116.1515 60.5	将已知精密坐标（纬度 39.8122、经度 116.1515、高度 60.5）设置为基准站坐标值
3	log com2 bestposb ontime 1	配置 com2 输出卫星定位位置
4	log com2 ionutcb onchanged	配置 com2 输出电离层模型，单频使用
5	log com2 rawephemb onchanged	配置 com2 输出 GPS 星历

序号	指令	说明
6	log com2 gloephemerisb onchanged	配置 com2 输出 GLONASS 星历
7	log com2 bdsephemerisb onchanged	配置 com2 输出 BD 星历
8	log com2 qzssephemerisb onchanged	配置 com2 输出 QZSS 星历
9	log com2 rangeb ontime 1	配置 com2 输出卫星板卡原始观测量(伪距、载波相位、多普勒)
10	log com2 versionb ontime 600	配置 com2 输出板卡信息

6.3 差分配置说明

组合导航系统可接收基准站通过通讯链路发送的差分改正信息，工作在差分状态，达到厘米级的定位精度。差分配置主要包括 3 部分内容：1、基准站设置；2、通讯链路设置；3、移动站设置。数据链路如下图所示。

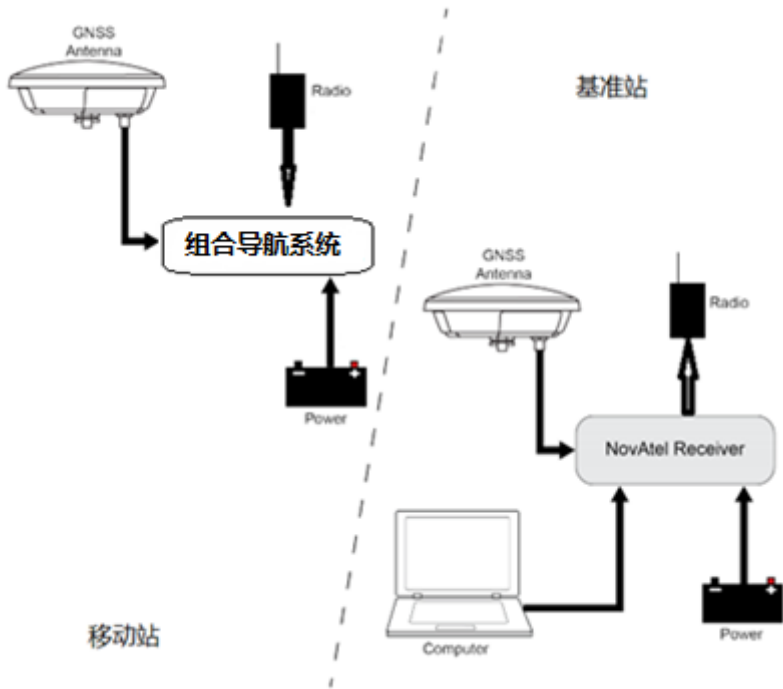


图 7 数据链路示意图

6.3.1 基准站设置

差分基准站即为将卫星接收机天线安装于固定位置的卫星接收机，该卫星接收机在使用过程中，需保证天线位置固定。差分基准站工作过程中将固定位置的精密坐标和接收到的卫星信息通过通讯链路发送给移动站（待定位点），用于移动站进行差分定位解算，实现差分高精度定位，达到厘米级的定位精度。

基准站可应用高精度 GNSS 卫星接收机板卡，将其配置为基准站模式即可。具体配置指令如下，详细说明见高精度 GNSS 用户手册。

表 14 基准站配置指令

序号	指令	说明
1	fix position 39.8122 116.1515 60.5	将已知精密坐标（纬度 39.8122、经度 116.1515、高度 60.5）设置为基准站坐标值
	posave on 0.01 1.5 2.5	接收机自主定位 0.01h；或者水平定位标准差 $\leq 1.5\text{m}$ ，高度定位标准差 $\leq 2.5\text{m}$ 时，把定位的平均值作为基准站坐标值
2	serialconfig com1 9600	设置基准站输出接口 COM1 的输出波特率为 9600bps
3	interfacemode com1 novatel rtcmv3 on	配置 COM1 输入数据类型为 novatel，输出数据类型为 rtcmv3，开启命令反馈
4	log com1 rtcm1075 ontime 1	GPS 差分电文
5	log com1 rtcm1125 ontime 1	BDS 差分电文
6	log com1 rtcm1085 ontime 1	GLO 差分电文
7	log com1 rtcm1033 ontime 10	接收机和天线说明
8	log com1 rtcm1005 ontime 10	RTK 基准站天线参考点坐标
9	saveconfig	保存配置

6.3.2 通讯链路设置

通讯链路可使用 4G DTU 或数传电台，4G DTU 可覆盖的范围为网络信息的覆盖范围；受限于国家法律规定，数传电台的覆盖范围约为 10km。4G DTU 和数传电台的设置可参考对应产品的用户手册。

6.3.3 移动站设置

组合导航系统即为差分移动站，移动站实时接收基准站的差分改正信息，同时接收卫星信号进行差分定位解算，实现差分高精度定位。组合导航系统支持 RTCM 和 RTCMV3 标准数据协议。可配置组合导航系统的 GNSS_COM1 或 GNSS_COM3 作为差分改正信息的接收接口，具体配置指令如下，详细说明见 GNSS 用户手册。

表 15 移动站配置指令

序号	指令	说明
1	serialconfig com1 9600	设置移动站输入接口 COM1 的输入波特率为 9600bps
2	interfacemode com1 rtcmv3 novatel on	配置 COM1 输出数据类型为 novatel，输入数据类型为 rtcmv3，开启命令反馈
3	saveconfig	保存配置