



NAV40 Ultra 系列

GNSS/MINS 组合导航系统

用户手册

## 版本

版本号	日期	责任人	说明
V1.0	2023.4.19	WYN	初始版本
V1.1	2023.6.13	WJH	更新参数及配图

# 目录

目录.....	3
1.概述.....	4
2.功能及指标.....	5
2.1 主要功能.....	5
2.2 性能指标.....	5
3.工作原理.....	7
3.1 产品组成.....	7
3.2 基本原理.....	7
3.3 工作逻辑.....	8
3.3.1 用户初始化上电流程.....	8
建议第一次拿到产品时按照以下步骤进行操作: .....	8
4.使用说明.....	9
4.1 外形尺寸.....	9
4.2 电气接口.....	10
4.2.1 J30J-9 接口 .....	10
4.2.2 天线接口.....	11
4.3 帧结构.....	11
4.3.1 通用帧结构定义.....	11
4.3.2 数据类型定义.....	12
4.4 数据帧定义.....	12
4.4.1 NAV 系列惯导外发数据帧定义 .....	12
4.4.2 原始数据输出帧定义.....	17
4.5 上位机软件使用说明.....	23
4.6 坐标系定义.....	27
5.磁航向校准.....	28
6.附录.....	30
6.1 出厂默认参数.....	30

# 1.概述

NAV40 Ultra 系列组合导航系统内置高性能的 MEMS 陀螺和加速度计，可接收外部的 GNSS 数据，实现多传感器融合及组合导航解算算法。

该产品可靠性高，环境适应性强。通过匹配不同的固件，产品可广泛应用于战术和行业无人机、无人车、无人船、航空制导炸弹、智能弹药、火箭弹、动中通、测绘、导引头和稳定平台等领域。

## 2. 功能及指标

### 2.1 主要功能

NAV40 Ultra 组合导航系统能够利用外部接收到的卫星导航定位定向信息进行组合导航，输出载体的俯仰、横滚、航向、位置、速度、时间等信息；通过组合磁航向信息，在无 GNSS 定向信息时仍可进行航向保持。

### 2.2 性能指标

系统性能如表 2.1 所示。

表 2.1 主要系统性能指标

项目	指标	备注
航向精度	双 GNSS	0.3° RMS 2m基线
	单 GNSS	0.3° 需机动
	磁组合精度	2° GNSS 失效
姿态精度	GNSS 有效	0.3° 3 $\sigma$
	惯性/里程计组合	0.3° 选配
	V-G 模式	<3° GNSS 失效时间不限，和加速及震动状态相关
水平定位精度	GNSS 有效（单点）	平面：1.5m 高程：2.5m RMS,全系统全频点
	GNSS 有效（RTK）	平面：0.8cm+1ppm 高程：1.5cm+1ppm RMS,全系统全频点
水平速度精度	GNSS 有效	0.03m/s
卫导信号	BDS	B1I/B2I/B3I 支持北三
	GPS	L1 C/A/L2P(Y)/L2C/L5
	Galileo	E1/E5a/E5b

项目		指标	备注
	GLONASS	L1/L2	
	QZSS	L1/L2/L5	
差分数据	差分改正数协议	RTCM v3.3/3.2/3.1/3.0	
陀螺仪	测量范围	$\pm 500^\circ/\text{s}$	
	零偏稳定性	3.5°/h	
加速度计	测量范围	$\pm 8\text{g}$	
	零偏稳定性	65 $\mu\text{g}$	水平方向
通讯接口	RS232	1 路	包含两路导航接口及两路卫导原始接口
	TTL	1 路	导航接口(选配)
	IIC	1 路	外置磁力计接口
导航数据频率		1~200HZ	
电气特性	电压	4.5~16VDC	
	功耗	$\leq 3\text{W}$	
结构特性	尺寸	61mm×40mm×27mm	
	重量	$\leq 55\text{g}$	
使用环境	工作温度	-40℃~+85℃	
	存储温度	-45℃~+85℃	
可靠性	振动	20~2000Hz, 6.06g	
	冲击	20g, 11ms	
	防护等级	IP65	
	MTBF	30000h	
	寿命	>15 年	

## 3.工作原理

### 3.1 产品组成

产品的组成如图 3.1 所示。

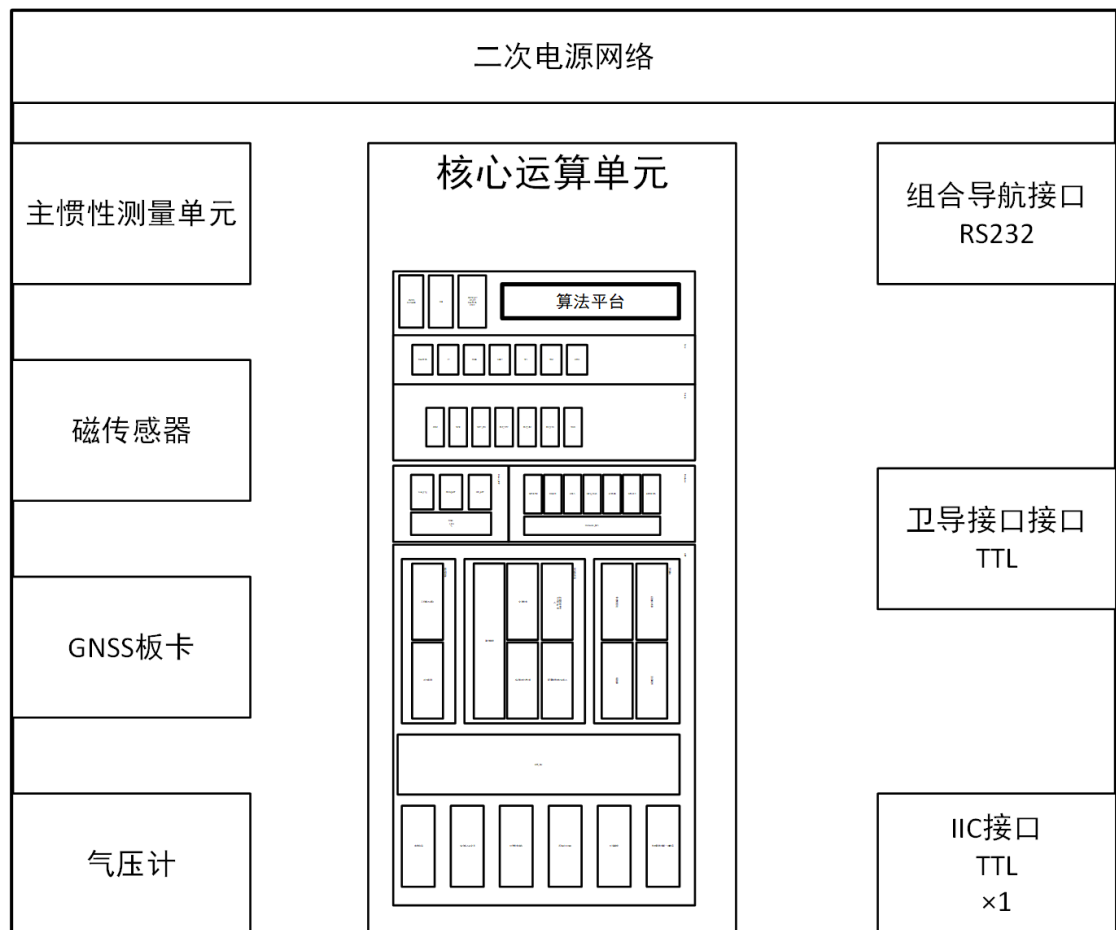


图 3.1 系统组成

### 3.2 基本原理

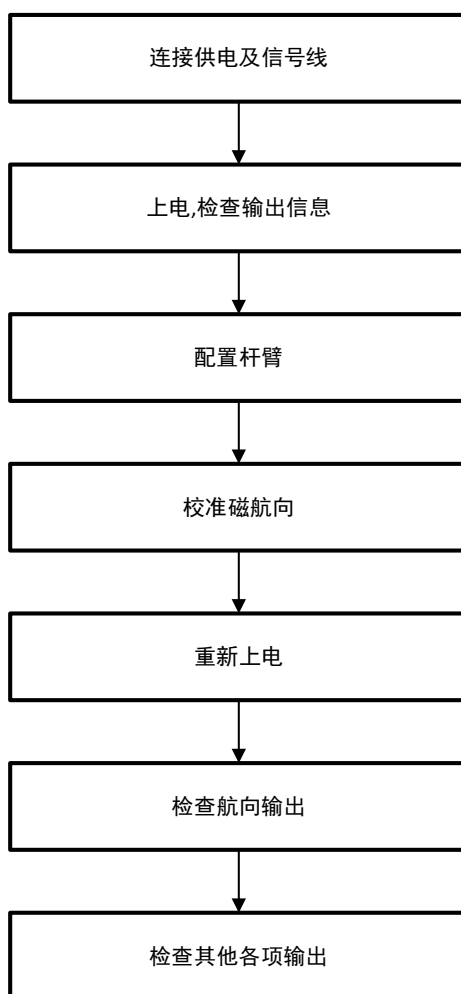
系统构成如图 3.1 所示，其中惯性测量单元负责测量载体的加速度和角速度，并将这些信息发送给核心运算单元，运算单元利用惯性

测量单元测得的数据进行导航解算，同时接收外部 GNSS 接收机输出的卫星导航定位定向信息作为基准，进行组合导航，对惯性导航的导航误差进行修正，通过信息接口电路输出导航信息。

## 3.3 工作逻辑

### 3.3.1 用户初始化上电流程

建议第一次拿到产品时按照以下步骤进行操作：





## 4. 使用说明

### 4.1 外形尺寸

系统外形尺寸为：61mm×40mm×27mm（长×宽×高），具体尺寸如图 4.2 所示，系统外形如图 4.1 所示。



图 4.1 组合导航系统外形示意图

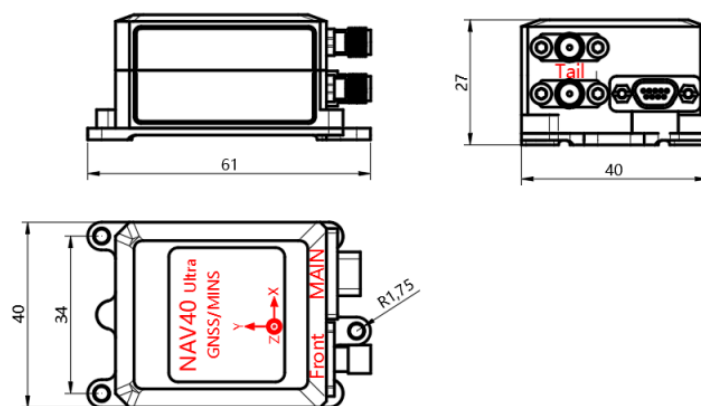


图 4.2 组合导航系统外形尺寸图

## 4.2 电气接口

### 4.2.1 J30J-9 接口

系统对外连接器采用 J30J-9，接点顺序如下图 4.3 所示：

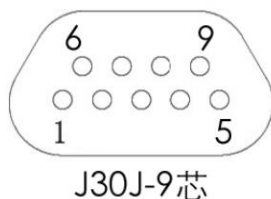


图 4.3 组合导航系统对外连接器接点顺序示意图

对外连接器点定义如表 4.2.1 所示。

表 4.2.1 连接器点定义

针号	定义	说明	备注	标示
1	vin	电源正	供电电源输入，范围： DC4.5V- DC16.0V;	pow
2	GND	电源地		
3	RX232_1	惯导串口 1 接收,232	对外输出数据接口， RS232C	232-1
4	TX232_1	惯导串口 1 发送,232		
5	GND	电源地		
6	IIC_SDA	IIC 总线,数据端,TTL	用于外置罗盘数据接入，IC 总线接口	Compass
7	IIC_SCL	IIC 总线,时钟端,TTL		
8	DGPS_RX	外置 DGPS 数据串口接收，TTL	用于外置 DGPS 数据接入，串口电平为 TTL	DGPS
9	DGPS_TX	外置 DGPS 数据串口发送，TTL		

## 4.2.2 天线接口

卫导外接天线采用 SMA 母头连接器，其中，标示为“Tail”的天线接口对应为主天线，即定位天线；标示为“Front”的天线接口对应为从天线，即定向天线。

正常工作时，建议两天线都进行连接，且基线长度(双天线间距)大于 0.3m。若条件限制无法接入双天线时，可只接定位天线，此时航向信息由磁传感器给出。

在确定天线安装位置后，请对天线杆臂进行配置，请注意，错误的杆臂配置可能会导致惯导不能正常工作，使用前请确认杆臂配置与实际情况一致。

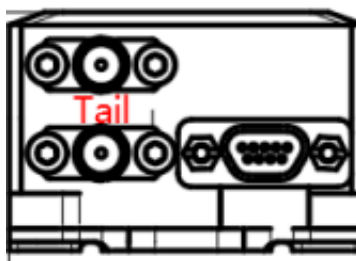


图 4.4 组合导航系统卫导天线接口位置示意图

## 4.3 帧结构

### 4.3.1 通用帧结构定义

NAV40 Ultra 的数据输入输出均按表 4.3.1 所示帧格式。

表 4.3.1 通用帧格式

1	2	3	4	5 ~ (N-2)	N-1	N
A		B	C	D	E	

a) A 帧头，A1 = 0xEB，A2 = 0x90；

b) B 帧长度 N，从帧头 A 至校验和 E 的所有字节总长度

c) C 帧识别字；

- d) D 有效数据，共 N-6 字节；
- e) E 校验和， A~D 的所有字节累加和取低两字节，低字节在前，高字节在后。

### 4.3.2 数据类型定义

数据帧中的常用数据类型定义格式介绍如表 4.3.2 所示。

表 4.3.2 常用数据类型定义

名称	数据类型	字节数	存储方式
U8	无符号 8 位整型变量	1	小端在前
U16	无符号 16 位整型变量	2	小端在前
U32	无符号 32 位整型变量	4	小端在前
S32	有符号 32 位整型变量	4	小端在前
F32	单精度浮点数（32 位长度）	4	小端在前
F64	双精度浮点数（64 位长度）	8	小端在前

## 4.4 数据帧定义

下面列出 NAV40 Ultra 的主要输出协议，如需要完整协议，请联系售后人员获取指令手册。

### 4.4.1 NAV 系列惯导外发数据帧定义

下表 4.4.1 为惯导数据的输出协议，惯导输出信息包含组合位置、速度、角速率和 GPS 位置、速度、加速度等信息，表中有详细说明。

序号	用途说明	备注	数据类型
----	------	----	------

帧识别字: 0xD1			
Data[0]	counter	帧计数器	U32
Data[1]			
Data[2]			
Data[3]			
Data[4]	state	低 3 位: ahrs. 0 初始化 1 正常 2 错误 bit3 罗盘是否需要校准 0 正常 1 需要校准 高四位健康状态 bit4 罗盘 0 正常 1 故障 bit5 陀螺 0 正常 1 故障 bit6 加计 0 正常 1 故障 bit7 气压计 0 正常 1 故障	U8
Data[5]	pitch	unit:rad 俯仰角 极性: 抬头正	F32
Data[6]			
Data[7]			
Data[8]			
Data[9]	roll	unit:rad 滚转角 极性: 右滚正	F32
Data[10]			
Data[11]			
Data[12]			
Data[13]	yaw	unit:rad 偏航角 极性: 北 0 东: $\pi/2$ 西: $-\pi/2$ 范围: $\pm\pi$	F32
Data[14]			
Data[15]			
Data[16]			
Data[17]	yaw_gps	航迹向 速度方向与正北夹角 单位: $^{\circ}$ 极性: 北 0 东 90 西-90 范围: $\pm 180$	F32
Data[18]			
Data[19]			
Data[20]			
Data[21]	pitch_rate	unit:rad/s 俯仰角速率 极性: 抬头正	F32
Data[22]			
Data[23]			
Data[24]			
Data[25]	roll_rate	unit:rad/s	F32

Data[26]		滚转角速率 极性: 右滚正	
Data[27]			
Data[28]			
Data[29]	yaw_rate	unit:rad/s 偏航角速率 极性: 顺时针为正	F32
Data[30]			
Data[31]			
Data[32]			
Data[33]	lon	经度 单位: ° lsb: 0.0000001	S32
Data[34]			
Data[35]			
Data[36]			
Data[37]	lat	纬度 单位: ° lsb: 0.0000001	S32
Data[38]			
Data[39]			
Data[40]			
Data[41]	alt_baro	单位: m, barometer lsb: 0.01 原始气压高度	S32
Data[42]			
Data[43]			
Data[44]			
Data[45]	alt_gps	单位: m, gps lsb: 0.01 原始 GPS 高度	S32
Data[46]			
Data[47]			
Data[48]			
Data[49]	alt	单位: m, inertial_nav lsb: 0.01 EKF 滤波高度 无 GPS 从零开始, 有 GPS 按照 GPS 高度初始化	S32
Data[50]			
Data[51]			
Data[52]			
Data[53]	velocity_x	单位: m/s, NED (北东地坐标系), inertial_nav N 正 北向速度	F32
Data[54]			
Data[55]			
Data[56]			
Data[57]	velocity_y	单位: m/s, NED, inertial_nav E 正 东向速度	F32
Data[58]			
Data[59]			

Data[60]			
Data[61]	velocity_z	单位: m/s, NED, inertial_nav D 正 地 向 速 度	F32
Data[62]			
Data[63]			
Data[64]			
Data[65]	velocity_air	空 速 单 位: m/s	F32
Data[66]			
Data[67]			
Data[68]			
Data[69]	accel_x	北 向 加 速 度 单 位: m/s <sup>2</sup> , NED, ahrs N 正	F32
Data[70]			
Data[71]			
Data[72]			
Data[73]	accel_y	东 向 加 速 度 单 位: m/s <sup>2</sup> , NED, ahrs E 正	F32
Data[74]			
Data[75]			
Data[76]			
Data[77]	accel_z	地 向 加 速 度 单 位: m/s <sup>2</sup> , NED, ahrs D 正	F32
Data[78]			
Data[79]			
Data[80]			
Data[81]	satellite_num	卫星数目	U8
Data[82]	hdop	水平精度 单位: m 1sb: 0.01	U16
Data[83]			
Data[84]	vdop	垂直精度 单位: m 1sb: 0.01	U16
Data[85]			
Data[86]	gps_status	0: NO_GPS 1: NO_FIX 2: GPS_OK_FIX_2D 3: GPS_OK_FIX_3D 4: GPS_OK_FIX_3D_DGPS 5: GPS_OK_FIX_3D_RTK_FLOAT 6: GPS_OK_FIX_3D_RTK_FIXED	U8
Data[87]	gps_hh	时	U8
Data[88]	gps_mm	分	U8

Data[89]	gps_ss	秒	U8
Data[90]	temperature	温度 单位: °C	S8
Data[91]	HDT	真航向 单位: °      1sb: 0.1	S16
Data[92]			
Data[93]	HDG_Dev	标准差                      1sb: 0.1	S16
Data[94]			
Data[95]	redundancy	bit0-1 加计 0: 外部 1: 内部 1 2: 内部 2 bit2-3 陀螺 0: 外部 1: 内部 1 2: 内部 2 bit4-5 罗盘 0: 外部 1: 内部 bit6-7 GPS 0: 外部 1: 内部	U8
Data[96]	GPS0_DT	内部	U8
Data[97]	GPS1_DT	外部	U8
Data[98]	GPS_vx	北向速度 单位: m/s 极性: 北正	F32
Data[99]			
Data[100]			
Data[101]			
Data[102]	GPS_vy	东向速度 单位: m/s 极性: 东正	F32
Data[103]			
Data[104]			
Data[105]			
Data[106]	GPS_vz	垂直地面方向速度 单位: m/s 极性: 地正	F32
Data[107]			
Data[108]			
Data[109]			
Data[110]	gps_ms	GPS 毫秒, 秒内毫秒	U16
Data[111]			
Data[112]	gps_day	GPS 天, 周内天	U8
Data[113]	gps_week	GPS 周 从 1980 年 1 月 6 日零点算起	U16
Data[114]			
Data[115]	ahrs_state	bit4: 垂直姿态 bit5: 相对位置	U8



		bit6: 极坐标相对位置 0: 无效 1: 有效	
Data[116]	Engine_RPM	转速 单位: r/min	U16
Data[117]			

#### 4.4.2 原始数据输出帧定义

下表 4.4.2 为原始数据输出协议, 包含 IMU 原始数据, 磁传感器, 卫导原始数据等其他一些输出。

序号	用途说明	备注	数据类型
帧识别字: 0xDA			
Data[0]	counter	帧计数器	U32
Data[1]			
Data[2]			
Data[3]			
Data[4]	DIAG_STAT	低 3 位: ahrs. 0 初始化 1 正常 2 错误	U32
Data[5]		bit3 罗盘是否需要校准 0 正常 1 需要校准	
Data[6]		高四位健康状态	
Data[7]		bit4 罗盘 0 正常 1 故障 bit5 陀螺 0 正常 1 故障 bit6 加计 0 正常 1 故障 bit7 气压计 0 正常 1 故障	
Data[8]	MAIN_IMU_WX	主 IMU 陀螺的 x 轴角速率 单位 (° /s)	F32
Data[9]			
Data[10]			
Data[11]			
Data[12]	MAIN_IMU_WY	主 IMU 陀螺的 y 轴角速率 单位 (° /s)	F32
Data[13]			
Data[14]			
Data[15]			
Data[16]	MAIN_IMU_WZ	主 IMU 陀螺的 z 轴角速率 单位 (° /s)	F32
Data[17]			
Data[18]			

Data[19]			
Data[20]	MAIN_IMU_FX	主 IMU 加速度计的 x 轴加速度 单位 (m/s <sup>2</sup> )	F32
Data[21]			
Data[22]			
Data[23]			
Data[24]	MAIN_IMU_FY	主 IMU 加速度计的 y 轴加速度 单位 (m/s <sup>2</sup> )	F32
Data[25]			
Data[26]			
Data[27]			
Data[28]	MAIN_IMU_FZ	主 IMU 加速度计的 z 轴加速度 单位 (m/s <sup>2</sup> )	F32
Data[29]			
Data[30]			
Data[31]			
Data[32]	Backup_IMU_WX	保留	F32
Data[33]			
Data[34]			
Data[35]			
Data[36]	Backup _IMU_WY	保留	F32
Data[37]			
Data[38]			
Data[39]			
Data[40]	Backup _IMU_WZ	保留	F32
Data[41]			
Data[42]			
Data[43]			
Data[44]	Backup _IMU_FX	保留	F32
Data[45]			
Data[46]			
Data[47]			
Data[48]	Backup _IMU_FY	保留	F32
Data[49]			
Data[50]			
Data[51]			
Data[52]	Backup _IMU_FZ	保留	F32

Data[53]			
Data[54]			
Data[55]			
Data[56]	MAG_HX	磁传感器 x 轴数据	F32
Data[57]			
Data[58]			
Data[59]			
Data[60]	MAG_HY	磁传感器 y 轴数据	F32
Data[61]			
Data[62]			
Data[63]			
Data[64]	MAG_HZ	磁传感器 z 轴数据	F32
Data[65]			
Data[66]			
Data[67]			
Data[68]	GPS_sec	GPS 秒	F32
Data[69]			
Data[70]			
Data[71]			
Data[72]	heading	卫导原始双天线航向	F64
Data[73]			
Data[74]			
Data[75]			
Data[76]			
Data[77]			
Data[78]			
Data[79]			
Data[80]	heading_type	卫导原始双天线航向状态字	U32
Data[81]			
Data[82]			
Data[83]			
Data[84]	hor_spd	卫导原始水平速度	F64
Data[85]			
Data[86]			

Data[87]			
Data[88]			
Data[89]			
Data[90]			
Data[91]			
Data[92]	trk_gnd	卫导原始速度方向	F64
Data[93]			
Data[94]			
Data[95]			
Data[96]			
Data[97]			
Data[98]			
Data[99]			
Data[100]	vert_spd	卫导原始垂向速度	F64
Data[101]			
Data[102]			
Data[103]			
Data[104]			
Data[105]			
Data[106]			
Data[107]			
Data[108]	lat	卫导原始纬度	F64
Data[109]			
Data[110]			
Data[111]			
Data[112]			
Data[113]			
Data[114]			
Data[115]			
Data[116]	lon	卫导原始经度	F64
Data[117]			
Data[118]			
Data[119]			
Data[120]			

Data[121]			
Data[122]			
Data[123]			
Data[124]	hgt	卫导原始高度	F64
Data[125]			
Data[126]			
Data[127]			
Data[128]			
Data[129]			
Data[130]			
Data[131]			
Data[132]	pos_type	保留	U32
Data[133]			
Data[134]			
Data[135]			
Data[136]	PPS_dt	保留	U32
Data[137]			
Data[138]			
Data[139]			
Data[140]	OBS_GPS_V0	保留	F64
Data[141]			
Data[142]			
Data[143]			
Data[144]			
Data[145]			
Data[146]			
Data[147]			
Data[148]	OBS_GPS_V1	保留	F64
Data[149]			
Data[150]			
Data[151]			
Data[152]			
Data[153]			
Data[154]			

Data[155]			
Data[156]	OBS_GPS_V2	保留	F64
Data[157]			
Data[158]			
Data[159]			
Data[160]			
Data[161]			
Data[162]			
Data[163]			
Data[164]	ZUPT	保留	S16
Data[165]			
Data[166]	MG_YAW	保留	F32
Data[167]			
Data[168]			
Data[169]			
Data[170]	MG_yaw_temp	保留	F32
Data[171]			
Data[172]			
Data[173]			

## 4.5 上位机软件使用说明

NAV40 Ultra 提供 PC 端测试软件 AHRS TEST，用户可用此软件进行功能、性能测试、罗盘校准、输出配置和数据记录分析等。

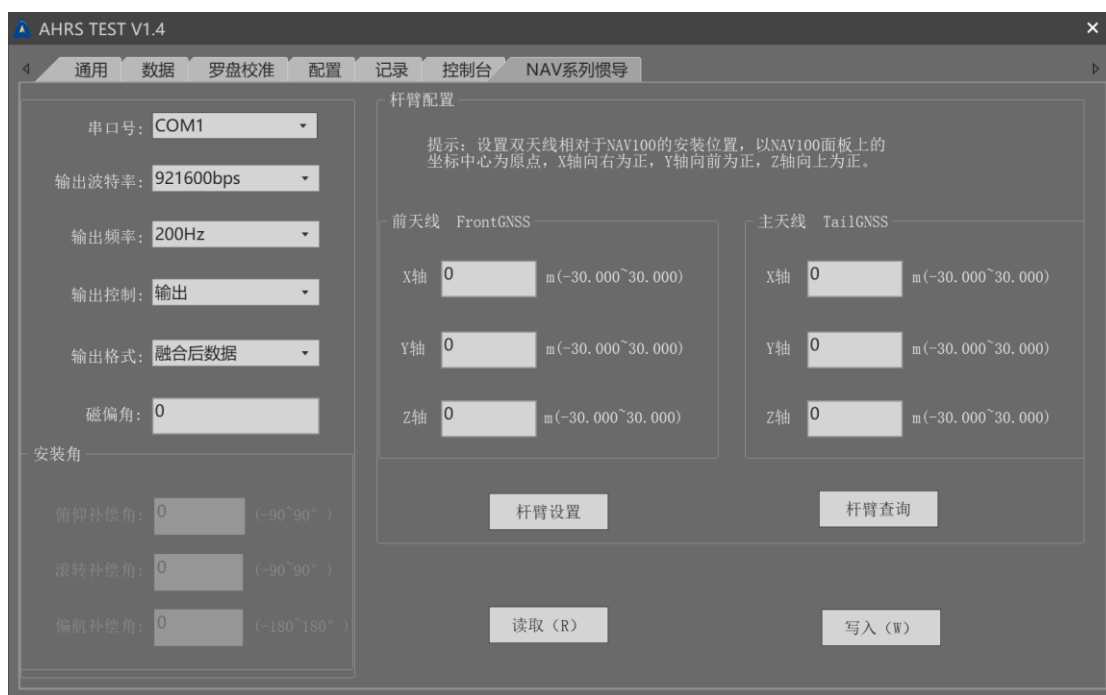


图 4.5 AHRS TEST 测试软件主界面

主界面用于进行波特率设置和端口连接以接收 NAV40 Ultra 的数据输出，在使用时应先在此界面选择对应波特率后，点击连接，若联通，则会同步显示惯导实时姿态；若依旧无数据，请检测惯导连接，端口号，波特率等信息。



图 4.6 AHRS TEST 测试软件的数据显示页

该界面在初始化后可显示对应的导航数据(帧状态字为 0XD1)。



图 4.7 AHRS TEST 测试软件的罗盘校准

在连接惯导后，可在该界面启动磁航向校准





图 4.8 AHRS TEST 测试软件的配置界面

该界面不适用于 NAV40 Ultra 产品，相关配置界面见下文

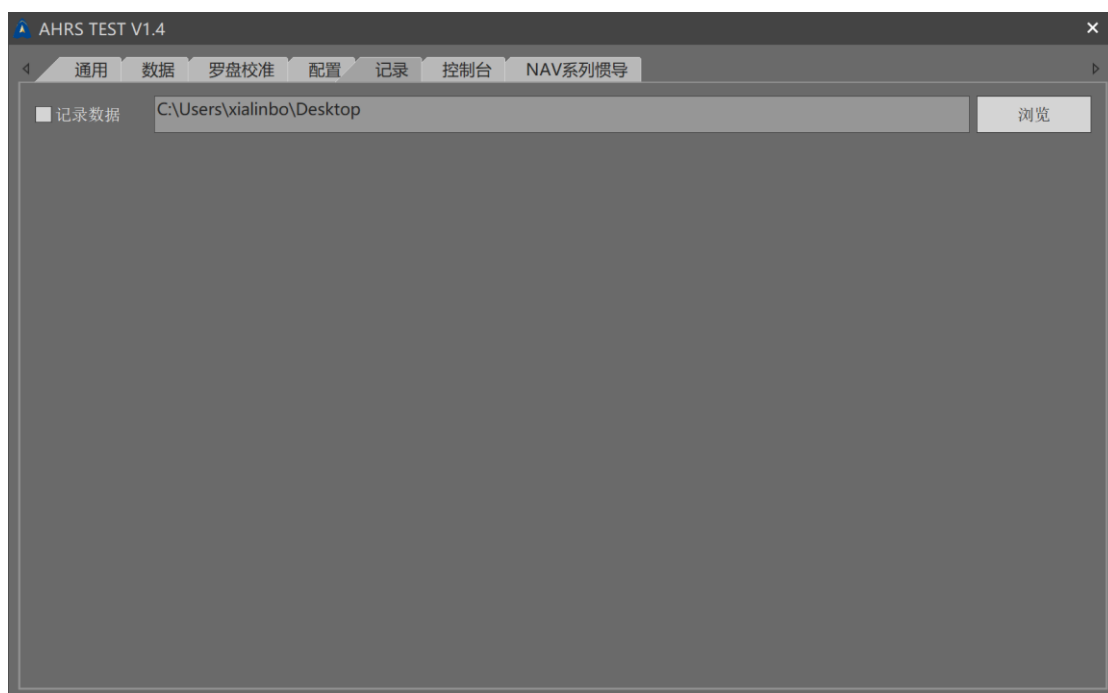


图 4.9 AHRS TEST 测试软件的数据记录界面

可勾选记录数据并设置存储地址进行导航数据输出的记录。

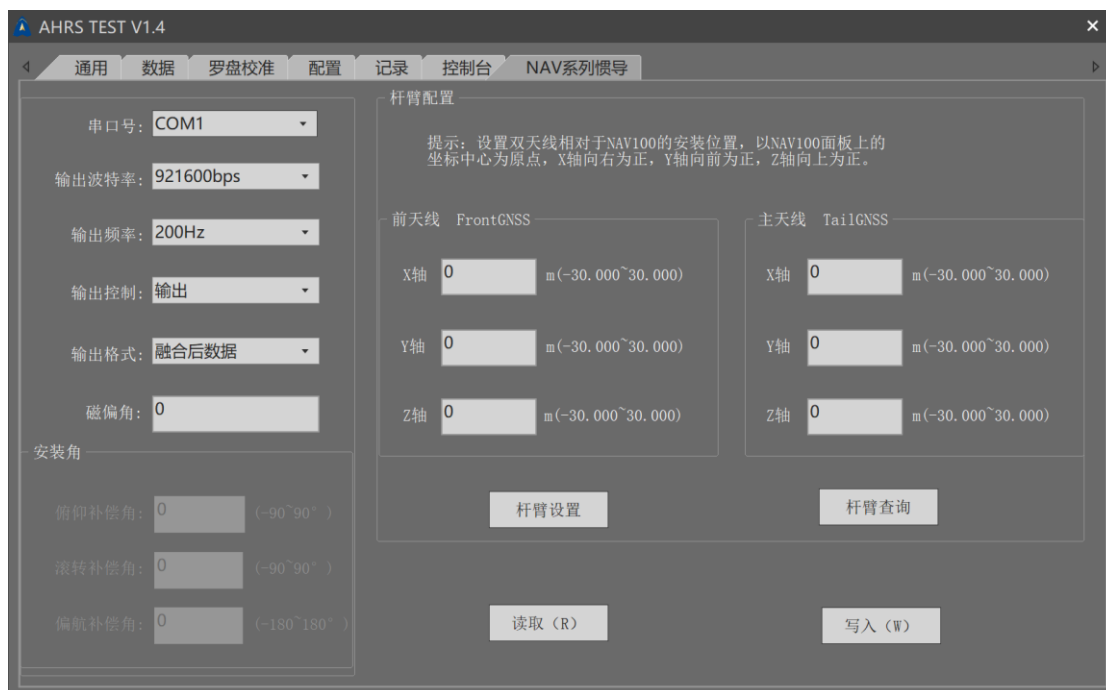


图 4.10 AHRS TEST NAV40 Ultra 串口输出及配置界面

该界面可对 NAV40 Ultra 的输出串口号进行设置，波特率和输出频率可调，可设置输出格式；配置前先选择对应串口号，先点读取，获取当前配置，再修改为对应配置，点击写入即可完成配置。该配置即刻生效。若有对波特率的修改，则需要回到第一个界面修改波特率后才可恢复连接。

波特率决定了最大输出频率，因此软件会自动限制对应波特率下的输出频率，以避免出现数据无法完全发送的情况。因此建议在配置后再进行查询，确认配置切实生效。

对磁偏角配置：在没有双天线的情况下，需要手动对磁偏角进行配置，该磁偏角定义为磁航向和真北方向的夹角，如北京为  $10^{\circ}$ 。

对安装角可进行补偿配置：当惯导安装方向和载体不一致，需要惯导输出载体方向时进行配置。

杆臂配置：杆臂补偿的坐标系为以惯导本体为原点，向右为 X 轴

正方向，向前为 Y 轴正方向，向上为 Z 轴正方向的”右-前-上”。对前天线和后天线位置进行配置补偿。

## 4.6 坐标系定义

惯导本体系统定义为右-前-上（X、Y、Z，对应 OXD1 报文），箭头方向为正。坐标系定义如下图所示。



图 4.11 惯导坐标系定义

针对于 OXD1 命令字报文，速度和加速度输出为北东地坐标系下，且该报文本体系为前-右-下的正方向。

## 5.磁航向校准

NAV40 Ultra 内置了磁传感器，可在无双天线定位且无运动的情况下输出磁航向。若需要输出真北航向，则需要在校准后对当地磁偏角进行补偿配置。

磁传感器需要校准才可使用，且由于不同地区环境磁场分布不同，请在如下情况下对磁传感器进行校准

1. 状态字提示磁罗盘需要进行校准。
2. 惯导显示磁航向和实际磁航向存在明显偏差时。
3. 惯导工作环境磁场分布明显改变时。

在使用及校准磁航向时，需要远离永磁体/铁质物体，常见的如桌子的横梁，一些金属支架，以及建筑物中的钢筋结构。

开启磁校准的方式有：

使用厂家提供的上位机软件(见 4.4)

自行为惯导发送开始校准命令。

在开启磁校准后，需要远离磁体，在空间中旋转晃动惯导。同时惯导会返回校准进度。校准时，请尽可能让其各个轴向遍历空间中的各个方位。

当校准进度卡在 70%时，表明校准时给的姿态不够大，需要尽可能增大惯导的俯仰及横滚角。

当校准进度卡在 80%时，表明 z 轴(航向)动态

不足，需要满足在本体系下绕 z 轴  $720^{\circ}$  以上。

当校准进度卡在 96%时，表明动态性已经满足校准要求，请保持运动直至显示校准完成。

## 6.附录

### 6.1 出厂默认参数

出厂时，预置了如下默认参数：

串口配置：

232-1:默认波特率 307200，8 位数据位，1 位停止位，无校验位.

DGPS:默认波特率 115200，8 位数据位，1 位停止位，无校验位.

杆臂配置：

主天线(后天线): $x=0$ ， $y=-0.65$ ， $z=0$ ;

从天线(主天线): $x=0$ ， $y=0.5$ ， $z=0$ ;

安装角配置：

$x=0$ ， $y=0$ ， $z=0$ .

磁偏角配置：

MAG\_w=0;