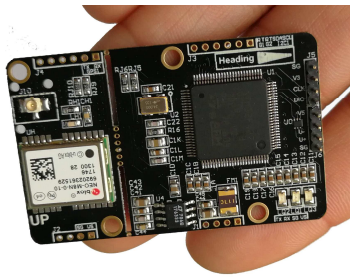


# NAV 系列

## GPS/MINS 组合导航系统

### 用户手册



北京创衡控制技术有限公司  
I-Balance Control Tech Ltd.

**版本**

版本号	日期	责任人	说明
V1.0	2017年12月	wsongking	初始版本
V1.1	2018年3月	wsongking	根据实际测试情况修订部分指标
V1.2	2018年4月	wsongking	增加原理框图
V1.3	2018年4月	wsongking	修订原理框图
V1.4	2019年2月	wsongking	修订 NAV40 plus 及数据帧协议

## 目 录

1 系统介绍 .....	3
1.1 系统简介.....	3
1.2 适用范围.....	3
1.3 系统特性.....	3
2 性能指标 .....	4
3 安装与连接 .....	6
3.1 安装.....	6
3.2 接口.....	11
4 数据帧结构 .....	14
4.1 通用帧格式.....	14
4.2 导航数据输出帧定义.....	14
4.3 罗盘校准帧定义.....	16
5 测试软件 .....	18
6 原理框图 .....	19

# 1 系统介绍

## 1.1 系统简介

NAV 系列 GPS/MINS 组合导航系统内部集成三轴陀螺仪、三轴加速度计、三轴磁场计、GPS 接收模块、气压高度计等微型传感器，通过内置改进型扩展卡尔曼滤波算法（EKF）进行信息融合，有效降低载体机动、振动以及环境温度和电磁干扰影响，为用户提供高达 200Hz 的完整、可靠的三维位置、三轴姿态、三轴速度、三轴加速度等信息，可广泛用于导航、控制和动态测量。

在 NAV 系列产品中，NAV50 属于高可靠性型（可支持 OEM），NAV40 属于高性价比型，NAV30 是 OEM 型，用户可根据需求选用。

**NAV40 Plus 是在 NAV40 的基础上推出的宽温产品(-40℃~+85℃)，具有更高性价比、更高精度。**

## 1.2 适用范围

航空领域；  
机器人领域；  
海洋领域；  
无人车辆；  
人体姿态测量。

## 1.3 系统特性

- ◆集成惯性测量单元（IMU）、磁场计、气压计、GPS 接收机，通过卡尔曼滤波器提供完整的三维位置、三轴姿态、三轴速度、三轴加速度等导航信息；
- ◆无 GPS 环境下，卡尔曼滤波器自动退化处理，仍能输出姿态、速度、加速度、高度等信息；
- ◆NAV50 内部集成三余度惯性器件，主余度为 ADI 高品质陀螺和加速度计，并可以根据工作状态实时切换备用余度，具有高测量精度和高可靠性双重优势；

◆NAV40 内部集成双余度惯性器件，可以根据工作状态实时切换备用余度，提升系统工作可靠性；

◆NAV40 Plus 是 NAV40 的升级版，保持 NAV40 的物理尺寸和接口，可适应  $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$  宽温工作，更高精度；

◆支持外置差分 GPS，与内部单点定位 GPS 模块互为冗余，系统自动选择使用定位状态较好的 GPS 数据；

◆支持外置磁罗盘，便于用户选择磁干扰较小的区域安装，提高航向测量精度；

◆支持外置双天线 GPS 定向模块，可完全脱离磁罗盘工作，为恶劣磁场环境下的用户提供高精度航向解决方案；

◆NAV30 为 OEM 型，结构上分为 GPS 模块和惯性测量模块两个部分，可以整板安装，也可以层叠使用，还可以分开单独使用（惯性测量模块可以完成无 GPS 情况下的所有功能），便于用户进行系统集成；

◆集成气压式高度计，分辨率 0.01m，范围 1kPa to 120kPa；

◆可选择同时输出不同基座（坐标系）下的姿态信息，为变模态用户提供解决方案；

◆数据输出频率可配置，最高 200Hz，默认 10Hz；

◆数据输出接口 RS232C，波特率可配置，默认 115200, N, 8, 1；

◆体积小、重量轻、功耗低，其中 NAV30 约 8g，支持整板安装或层叠安装，NAV50 OEM 板约 30g；

◆工作温度：NAV30/NAV40： $-20^{\circ}\text{C}\sim55^{\circ}\text{C}$     NAV50： $-40^{\circ}\text{C}\sim85^{\circ}\text{C}$ ；

NAV40 Plus： $-40^{\circ}\text{C}\sim85^{\circ}\text{C}$ ；

◆支持用户进行结构、尺寸、数据格式定制。

## 2 性能指标

序	参数	指标
---	----	----

号			备注			
1	型号		NAV30	NAV40	NAV50	NAV40 Plus
2	姿态角	测量范围:	±90° /±180°	±90° /±180°	±90° /±180°	±90° /±180°
		俯仰/滚转				
		静态精度	0.5°	0.5°	0.3°	0.5°
		动态精度	1.0°	1.0°	0.75°	1.0°
3	航向角	测量范围:	±180°	±180°	±180°	±180°
		精度	2.0°	2.0°	2.0°	2.0°
4	陀螺仪	测量范围	±1000° /s	±500° /s	±450° /s	±500° /s
		零偏稳定性	50° /h	25° /h	10° /h	25° /h
		非线性	0.2%FS	0.2%FS	0.01% FS	0.2%FS
5	加速度计	测量范围	±8g	±4g	±6g	±6g
		零偏稳定性	10mg	5mg	5mg	5mg
		非线性	0.1% FS	0.1% FS	0.03% FS	0.03% FS
6	磁场计	测量范围	±2Gauss	±2Gauss	±2Gauss	±2Gauss
		非线性	0.1% FS	0.1% FS	0.1% FS	0.1% FS
7	GNSS	接收机	ublox NEO-M8N	ublox NEO-M8N	ublox NEO-M8N	ublox NEO-M8N
		通道数	72	72	72	72
		接收信号类型	BeiDou, Galileo, GLONASS, GPS/QZSS	BeiDou, Galileo, GLONASS, GPS/QZSS	BeiDou, Galileo, GLONASS, GPS/QZSS	BeiDou, Galileo, GLONASS, GPS/QZSS
		启动时间	26s	26s	26s	26s
		更新速率	5Hz	5Hz	5Hz	5Hz
		位置精度	2.5m	2.5m	2.5m	2.5m
		速度精度	0.05m/s	0.05m/s	0.05m/s	0.05m/s
		使用限制	4g/500 m/s	4g/500 m/s	4g/500 m/s	4g/500 m/s
8	气压计	测量范围	1kPa-120kPa	1kPa-120kPa	1kPa-120kPa	1kPa-120kPa
		高度分辨率	1cm	1cm	1cm	1cm
9	供电	电压范围	DC4.0V-DC6.0V	DC3.0V-DC16.0V	DC3.0V-DC16.0V	DC3.0V-DC16.0V
		功耗	145mA@DC5.0V	210mA@DC5.0V	225mA@DC5.0V	200mA@DC5.0V
10	数据接口	电气接口	串口, TTL	串口, RS232C	串口, RS232C	串口, RS232C
		输出频率	1Hz-200Hz 可设置 默认 10Hz	1Hz-200Hz 可设置 默认 10Hz	1Hz-200Hz 可设置 默认 10Hz	1Hz-200Hz 可设置 默认 10Hz
		波特率	默认 115200, N, 8, 1 可设置	默认 115200, N, 8, 1 可设置	默认 115200, N, 8, 1 可设置	默认 115200, N, 8, 1 可设置
11	环境适应性	工作温度	-20℃~55℃	-20℃~55℃	-40℃~85℃	-40℃~85℃
		储存温度	-40℃~85℃	-40℃~85℃	-40℃~85℃	-40℃~85℃
12	物理参数	尺寸 (mm)	56.2*35.2*4	61*40*19	109*56*19.5	61*40*19
		重量	8g	45g	100g	47g

## 3 安装与连接

### 3.1 安装

NAV30 采用 OEM 板形式，对外接口有 J1、J2、J3、J4 共计 4 组排孔，其中 J1 和 J2 为 GPS 模块接口，J3 和 J4 为惯性测量模块接口。

当 NAV30 整板安装时，GPS 模块和惯性测量模块通过板上布线进行内部连接，用户对外只需要连接 J1 和 J3 接口即可；

当 NAV30 层叠安装时，GPS 模块的 J2、J4 和惯性测量模块的 J1、J3 一一对应进行连接。



**注意：**NAV30 的惯性测量模块电路板在安装时需要与用户基座保持一致。

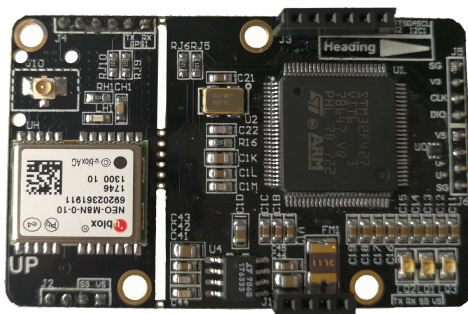


图 2.1a NAV30 实物(整板安装)

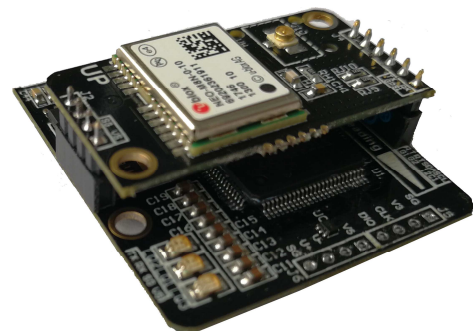


图 2.1b NAV30 实物(层叠安装)

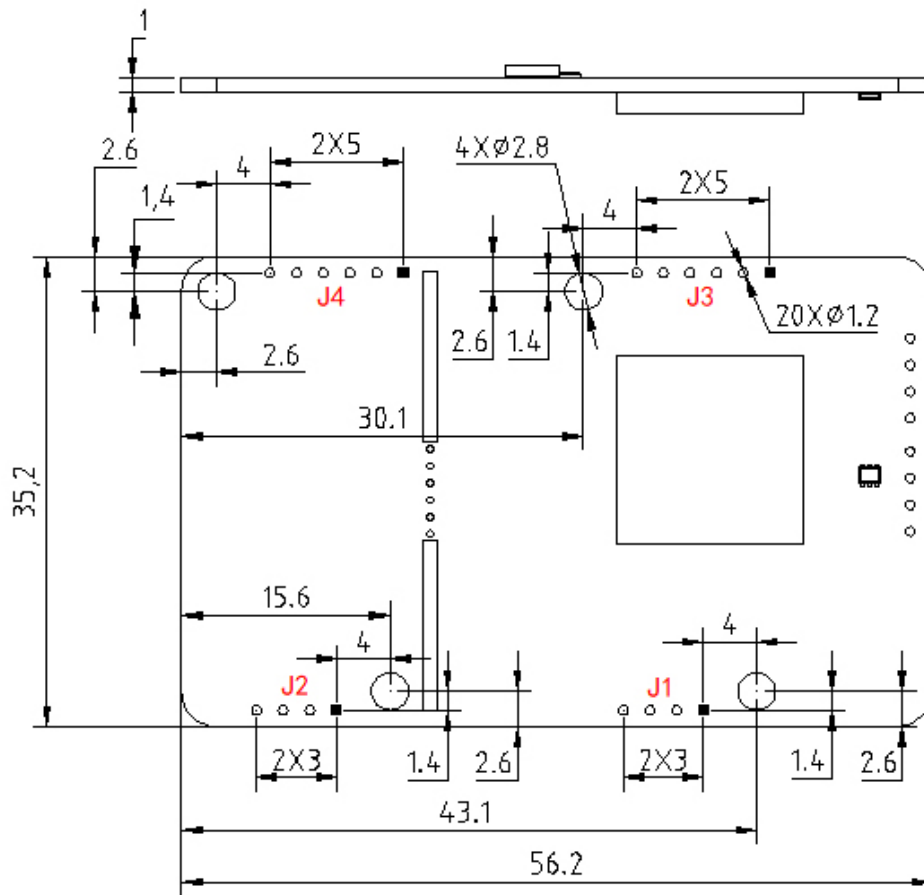


图 2.1c NAV30 安装尺寸



图 2.2a NAV40/NAV40 Plus 实物



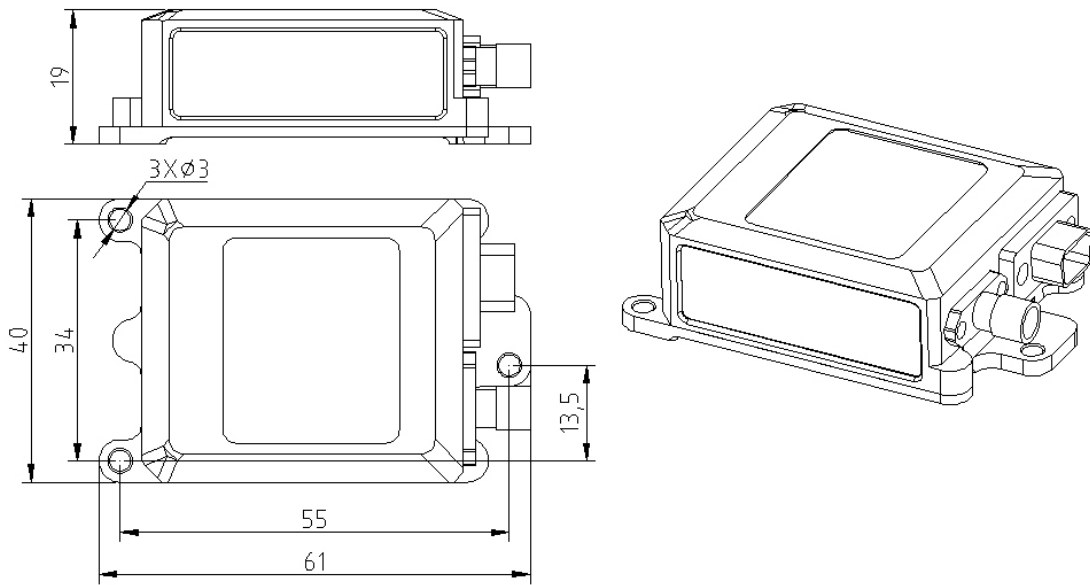


图 2. 2b NAV40/NAV40 Plus 安装尺寸



图 2. 3a NAV50 实物

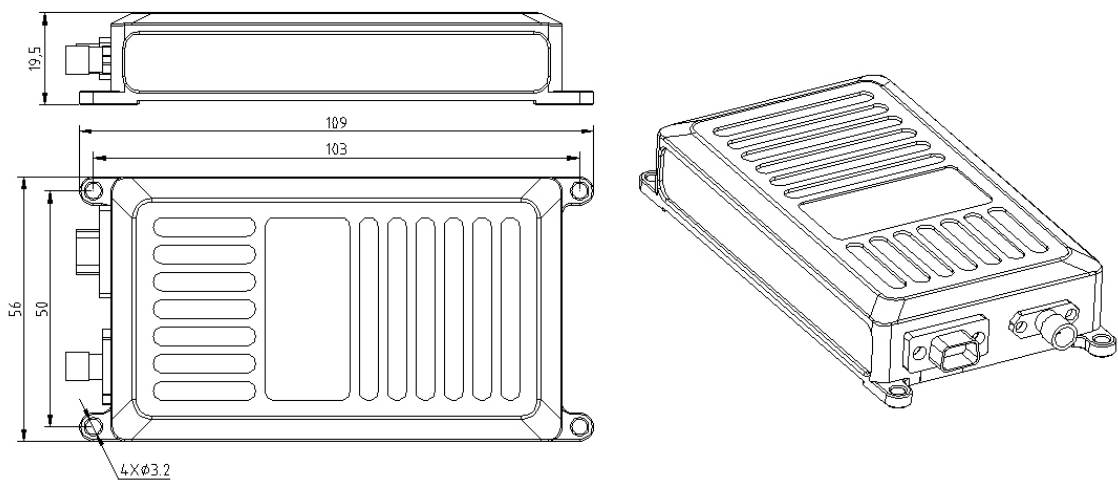


图 2.3b NAV50 安装尺寸



注意：NAV50 支持 OEM，OEM 板在安装时需要与用户基座保持一致，NAV50 OEM 板的基本参数如下：

- ✓ 尺寸：83.3mm\*51.2mm\*12mm；
- ✓ 重量：30g；
- ✓ 供电：DC5.8V-DC6.2V，功耗：170mA@DC6.0V；
- ✓ 接口：串口，TTL；
- ✓ 其它参数与 NAV50 一致。

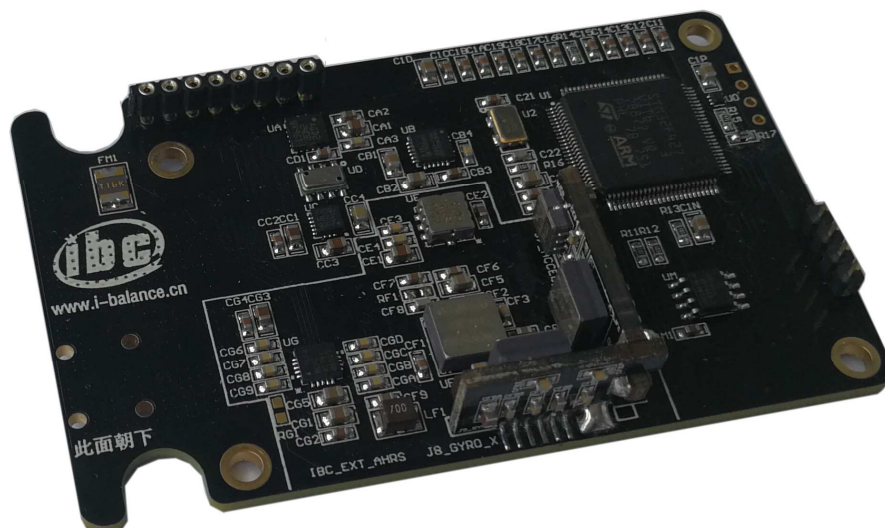


图 2.4a NAV50 OEM 板实物

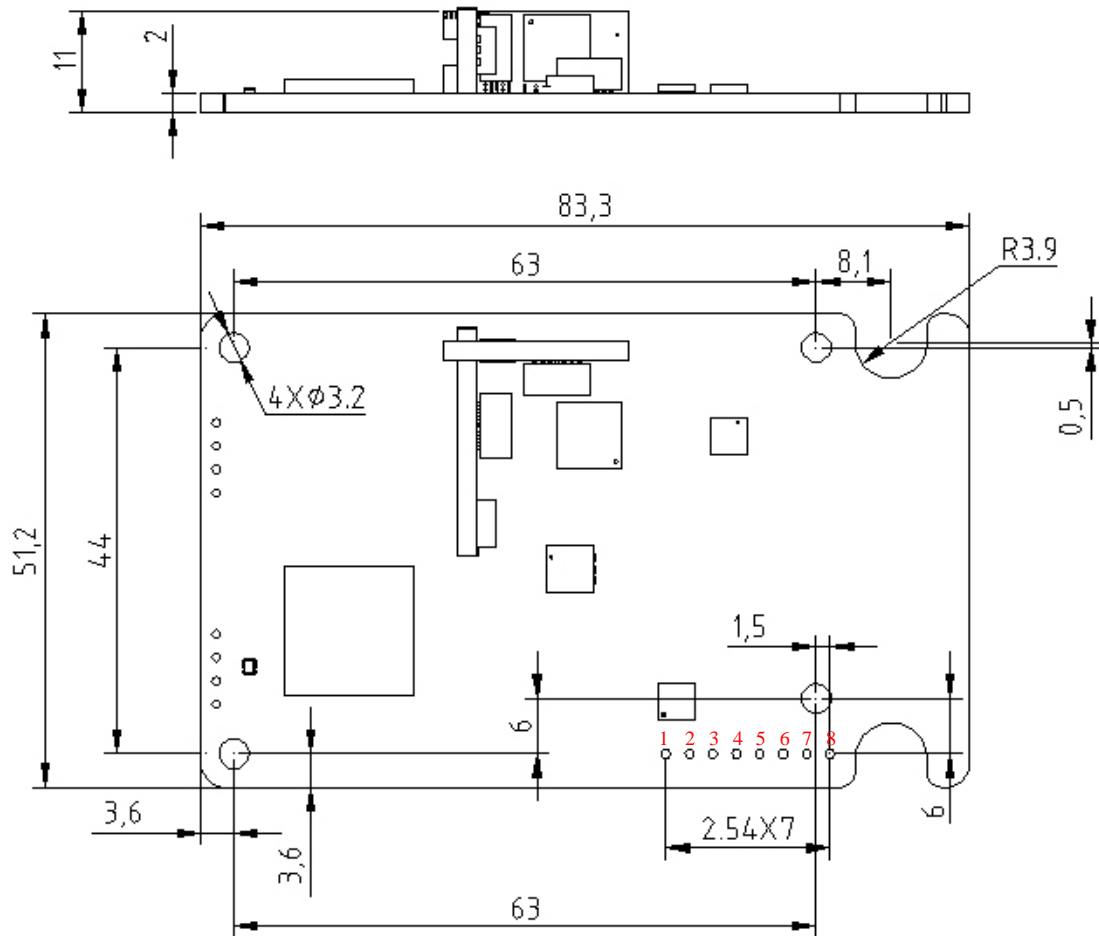


图 2.4b NAV50 OEM 板安装尺寸



注意：NAV30/40/50 应安放在载体内靠近重心、振动小和温度稳定的位置，而且必要时要通过专用避振器来减振。



注意：NAV30/40/50 安装时应考虑周边其它磁性元件（电机、大电流导线等）对地磁航向测量的影响，安装位置尽量远离，而且安装完毕后需要对地磁航向进行校准，保证与真实值接近；



注意：NAV30/40/50 的安装位置应尽量气流稳定，气流紊乱会对内部气压高度测量产生影响。

### 3.2 接口

NAV40/NAV50/NAV40 Plus 对外接口采用 J30J-9ZK 型插座，接口布局如图 2.5，接口定义如表 2.1 所示。

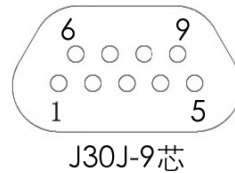


图 2.5 NAV40/NAV50 接口航插布局

针号	定义	说明	备注	标示
1	Vin	电源正	供电电源输入，范围：DC3.0V-DC16.0V； NAV40 功耗：210mA@DC5.0V NAV50 功耗：225mA@DC5.0V	POW
2	SGND	电源地		
3	RX232_1	串口 1 接收, 232	对外输出数据接口，RS232C	232-1
4	TX232_1	串口 1 发送, 232		
5	SGND	电源地		
6	SDA	外置罗盘 I <sup>2</sup> C 接口--数据线	用于外置罗盘数据接入，I <sup>2</sup> C 总线接口	Compass
7	SCL	外置罗盘 I <sup>2</sup> C 接口--时钟信号线		
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		
备注：				

NAV30 采用 OEM 板形式，对外接口有 J1、J2、J3、J4 共计 4 组排孔，布局如图 2.6 所示，接口定义如表 2.2 所示。其中 J1 和 J2 定义一致，J3 和 J4 定义一致，便于用户将左右两部分掰开层叠安装。

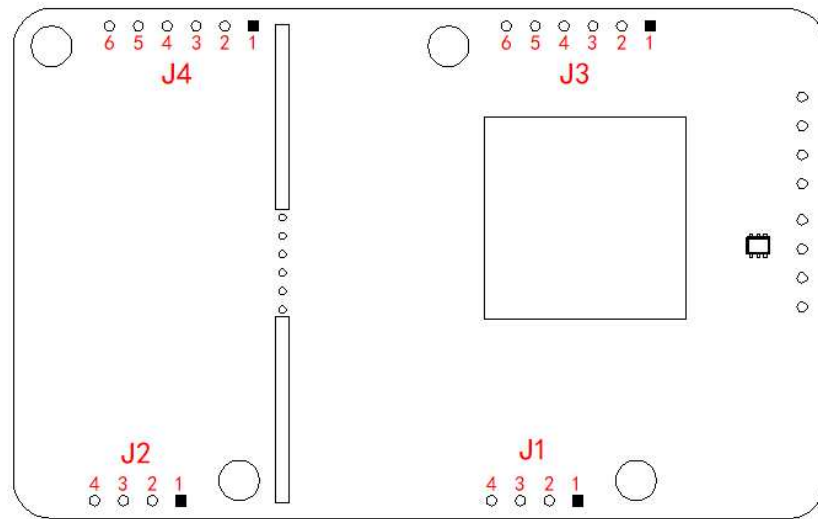


图 2.6 NAV30 OEM 板接口布局

针号	定义	说明	备注	标示
J1-1	Vin	电源正	供电电源输入，范围：DC4.0V-DC6.0V；	
J1-2	SGND	电源地	功耗：145mA@DC5.0V	
J1-3	RX1	串口 1 接收，TTL	对外输出数据接口，TTL 电平	
J1-4	TX1	串口 1 发送，TTL		
J3-1	SCL	外置罗盘 I <sup>2</sup> C 接口--时钟信号线	用于外置罗盘数据接入，I <sup>2</sup> C 总线接口	
J3-2	SDA	外置罗盘 I <sup>2</sup> C 接口--数据线		
J3-3	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	
J3-4	DGPS_TX	外置 DGPS 数据串口发送，TTL		
J3-5	GPS_TX	内部 GPS 数据串口发送，TTL	用于内置 GPS 数据接入，串口电平为 TTL	
J3-6	GPS_RX	内部 GPS 数据串口接口，TTL		
J2-1	Vin	电源正	供电电源输入，范围：DC4.0V-DC6.0V；	
J2-2	SGND	电源地	功耗：145mA@DC5.0V； 层叠安装时使用，整板安装时可以不用；	
J2-3	NC	内部悬空		

J2-4	NC	内部悬空		
J4-1	NC	内部悬空		
J4-2	NC	内部悬空		
J4-3	NC	内部悬空		
J4-4	NC	内部悬空		
J4-5	GPS_TX	内部 GPS 数据串口发送, TTL	用于内置 GPS 数据接入, 串口电平为 TTL; 层叠安装时使用, 整板安装时可以不用;	
J4-6	GPS_RX	内部 GPS 数据串口接口, TTL		

针号	定义	说明	备注	标示
J1-1	SDA	外置罗盘 I <sup>2</sup> C 接口--数据线	用于外置罗盘数据接入, I <sup>2</sup> C 总线接口	方形焊盘
J1-2	SCL	外置罗盘 I <sup>2</sup> C 接口--时钟信号线		
J1-3	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	
J1-4	DGPS_TX	外置 DGPS 数据串口发送, TTL		
J1-5	Vin	电源正	供电电源输入, 范围: DC5.8V-DC6.2V; 功耗: 170mA@DC6.0V	
J1-6	SGND	电源地		
J1-7	RX1	串口 1 接收, TTL	对外输出数据接口, TTL 电平	
J1-8	TX1	串口 1 发送, TTL		

## 4 数据帧结构

### 4.1 通用帧格式

NAV30/NAV40/NAV50 的数据输入、输出均按照如图所示帧格式。

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;

### 4.2 导航数据输出帧定义

NAV30/NAV40/NAV50 上电初始化完成后, 自动按照设置的频率和波特率输出导航数据, 输出帧格式如表 4.1 所示。

序号	数据内容	用途说明	备注	类型
Data[0]	0xEB	帧头		U8
Data[1]	0x90			U8
Data[2]		帧长 N	从帧头至校验和的所有数据字节数	U8
Data[3]	0xD1	帧识别字	导航数据	U8
Data[4]	U32 counter; //帧计数器			数据 结构 体
Data[5]	U8 state;			
Data[6]	//低 3 位: ahrs. 0 初始化 1 正常 2 错误			
Data[7]	//bit3 罗盘是否需要校准 0 正常 1 需要校准			
Data[8]	//高 4 位 健康状态			
Data[9]	//bit4 罗盘 0 正常 1 故障			
Data[10]	//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			
...	F32 pitch; //unit:rad,ahrs 抬头正			

Data[N-3]	<p>F32 roll; //unit:rad,ahrs 右滚正</p> <p>F32 yaw; //unit:rad,ahrs N 0d E 90d W -90d S +-180d</p> <p>F32 yaw_gps; //GPS 航迹向 //unit:d, gps N 0 E 90d W -90d S +-180d</p> <p>F32 pitch_rate; //unit:rad/s,ahrs 抬头正</p> <p>F32 roll_rate; //unit:rad/s,ahrs 右滚正</p> <p>F32 yaw_rate; //unit:rad/s,ahrs 顺时针为正</p> <p>S32 lon; //unit:0.0000001d, INS</p> <p>S32 lat; //unit:0.0000001d, INS</p> <p>S32 alt_baro; //unit:0.01m,barometer 原始气压高度</p> <p>S32 alt_gps; //unit:0.01m,gps 原始 GPS 高度</p> <p>S32 alt; //unit:0.01m, INS EKF 滤波高度 无 GPS 从零开始, 有 GPS 按照 GPS 高度初始化</p> <p>F32 velocity_n; //unit:m/s,NED, INS N 正 北向速度</p> <p>F32 velocity_e; //unit:m/s,NED, INS E 正 东向速度</p> <p>F32 velocity_d; //unit:m/s,NED, INS D 正 地向速度</p> <p>F32 velocity_air; //m/s, 空速, 无效</p> <p>F32 accel_n; //unit:m/s^2,NED,ahrs N 正 北向加速度</p> <p>F32 accel_e; //unit:m/s^2,NED,ahrs E 正 东向加速度</p> <p>F32 accel_d; //unit:m/s^2,NED,ahrs D 正 地向加速度</p> <p>U8 satellite_num; //卫星数目</p> <p>U16 hdop; //0.01m 水平精度因子</p> <p>U16 vdop; //0.01m 垂直精度因子</p> <p>U8 gps_status;</p> <p>//NO_GPS = 0, 无 GPS 数据</p> <p>//NO_FIX = 1, GPS 信号失锁</p> <p>//GPS_OK_FIX_2D = 2, 2D 定位</p> <p>//GPS_OK_FIX_3D = 3, 3D 定位</p> <p>//GPS_OK_FIX_3D_DGPS = 4, 3D_DGPS</p> <p>//GPS_OK_FIX_3D_RTK_FLOAT = 5, 3D RTK Float</p> <p>//GPS_OK_FIX_3D_RTK_FIXED = 6, 3D RTK Fixed</p> <p>U8 gps_hh; //GPS 时</p> <p>U8 gps_mm; //GPS 分</p> <p>U8 gps_ss; //GPS 秒</p> <p>S8 temperature; //d 摄氏度</p> <p>S16 HDT; //d 双天线航向 0~360 度 单位 0.1 度</p> <p>S16 HDG_Dev; //d 天线航向标准差 0~360 度 单位 0.1 度</p> <p>U8 redundancy; //各传感器使用状态</p> <p>// bit01 加计 bit23 陀螺 bit45 罗盘 bit67 GPS</p>
-----------	--



//加计&陀螺: 0 外部 1 内部 1 2 内部 2 //罗盘: 0 外部 1 内部 //GPS: 0 内部 1 外部 U8 GPS0_DT;//内部 GPS 采样间隔 单位 100ms 范围 0-255 U8 GPS1_DT;//外部 GPS 采样间隔 单位 100ms 范围 0-255 F32 GPS_vn; //unit:m/s,NED,GPS N 正 北向速度 F32 GPS_ve; //unit:m/s,NED,GPS E 正 东向速度 F32 GPS_vd; //unit:m/s,NED,GPS D 正 地向速度 //GPS 系统时间, 注 1 U16 gps_ms; // GPS 秒内毫秒, 范围 0-999 U8 gps_day; // GPS 周内天, 范围: 0-6 U16 gps_week; //GPS 周, 范围: 0-1023 //AHRS 状态, 注 1 U8 ahrs_state; //AHRS 状态, 仅用于厂家测试 //垂直模式姿态, 可配置输出, 默认不输出 F32 pitch2; //unit:rad,ahrs 抬头正 F32 roll2; //unit:rad,ahrs 右滚正 F32 yaw2; //unit:rad,ahrs N 0d E 90d W -90d S +-180d				
Data[N-2]	低字节	校验和	Data[0]~Data[N-3]的累加和取低	U8
Data[N-1]	高字节		两字节	U8
注 1: 新增 GPS 系统时间和 AHRS 状态, 2019 年 3 月修订, 0305 之后版本有此数据, 若用户不使用垂直模式姿态数据, 则对协议解析不影响。				

### 4.3 罗盘校准帧定义

进行罗盘校准操作时, 用户需要发送给 NAV30/NAV40/NAV50 的相关校准命令帧如表 4.2 所示。

序号	数据内容	用途说明	备注	类型
Data[0]	0xEB	帧头		U8
Data[1]	0x90			U8
Data[2]	0x07	帧长	帧长为 7	U8
Data[3]	0xCC	帧识别字	罗盘校准	U8
Data[4]		罗盘校准控制动作 0x01:启动罗盘校准 0x02:取消罗盘校准 0x03:接受校准结果 0x04:查询校准进度		U8
Data[5]	低字节	校验和		U8
Data[6]	高字节			U8



接收到用户发送的查询校准进度命令帧后，NAV30/NAV40/NAV50 会回复罗盘校准状态帧如表 4.3 所示。

表 4.3 NAV30/NAV40/NAV50 罗盘校准状态帧定义				
序号	数据内容	用途说明	备注	类型
Data[0]	0xEB	帧头		U8
Data[1]	0x90			U8
Data[2]		帧长 N	从帧头至校验和的所有数据字节数	U8
Data[3]	0xA1	帧识别字	罗盘校准状态	U8
Data[4]	mag_cali_state_t compass1; //罗盘 1 校准状态数据结构体			3 个结构体
Data[5]	mag_cali_state_t compass2; //罗盘 2 校准状态数据结构体			
Data[6]	mag_cali_state_t compass2; //罗盘 3 校准状态数据结构体			
Data[7]				
...				
...				
...				
Data[N-3]				
Data[N-2]	低字节	校验和	Data[0]~Data[N-3]的累加和取低两字节	U8
Data[N-1]	高字节			U8
注：罗盘校准状态数据结构体 mag_cali_state_t 定义如下 <pre>                     typedef __packed struct __mag_cali_state_t                     {                         float direction_x; /*&lt; Body frame direction vector for display*/                         float direction_y; /*&lt; Body frame direction vector for display*/                         float direction_z; /*&lt; Body frame direction vector for display*/                         U8 compass_id; /*&lt; Compass being calibrated*/                         U8 cal_mask; /*&lt; Bitmask of compasses being calibrated*/                         U8 cal_status; /*&lt; Status (see MAG_CAL_STATUS enum)*/                         // 0 未开始                         // 1 等待开始                         // 2 正在执行 1                         // 3 正在执行 2                         // 4 成功                         // 5 失败                         U8 attempt; /*&lt; Attempt number*/                         U8 completion_pct; /*&lt; Completion percentage*/                         U8 completion_mask[10]; /*&lt; Bitmask of sphere sections*/                     } mag_cali_state_t;                     </pre>				

## 5 测试软件

NAV30/NAV40/NAV50 提供 PC 端测试软件 IBC AHRS，用户可用此软件进行功能、性能测试，罗盘校准，输出配置，数据记录分析等。



图 5.1 IBC AHRS 测试软件主界面



图 5.2 IBC AHRS 测试软件配置界面



注意：NAV30/40/50 配置波特率时，应考虑输出频率，保证该波特率的传输带宽可以满足导航数据输出频率要求。

## 6 原理框图

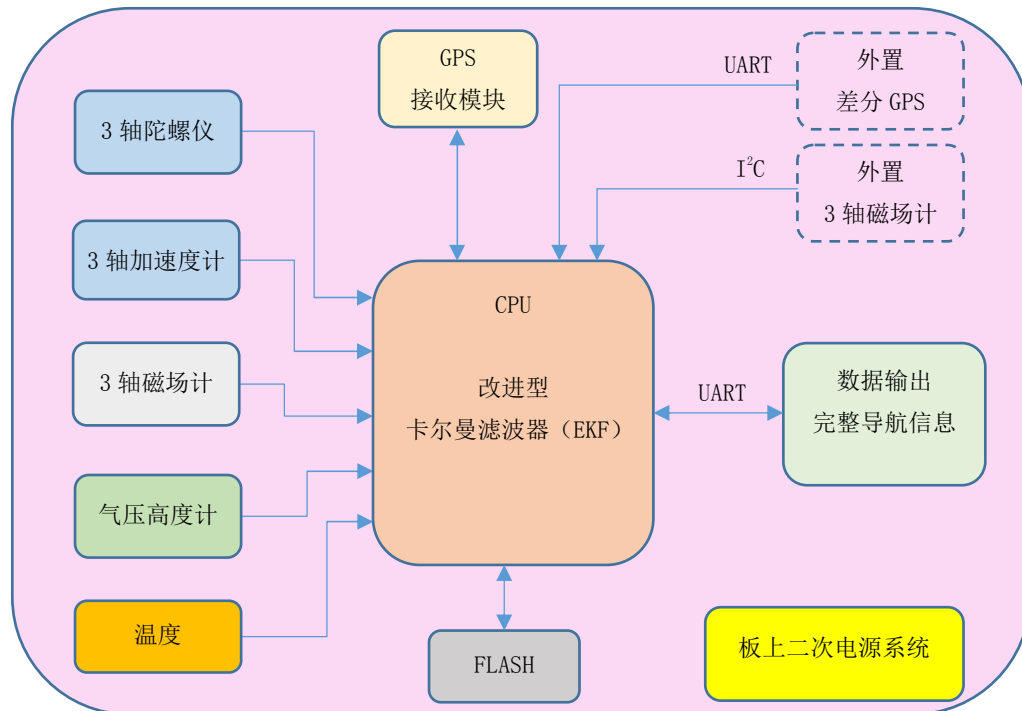


图 1.1 NAV30 原理框图

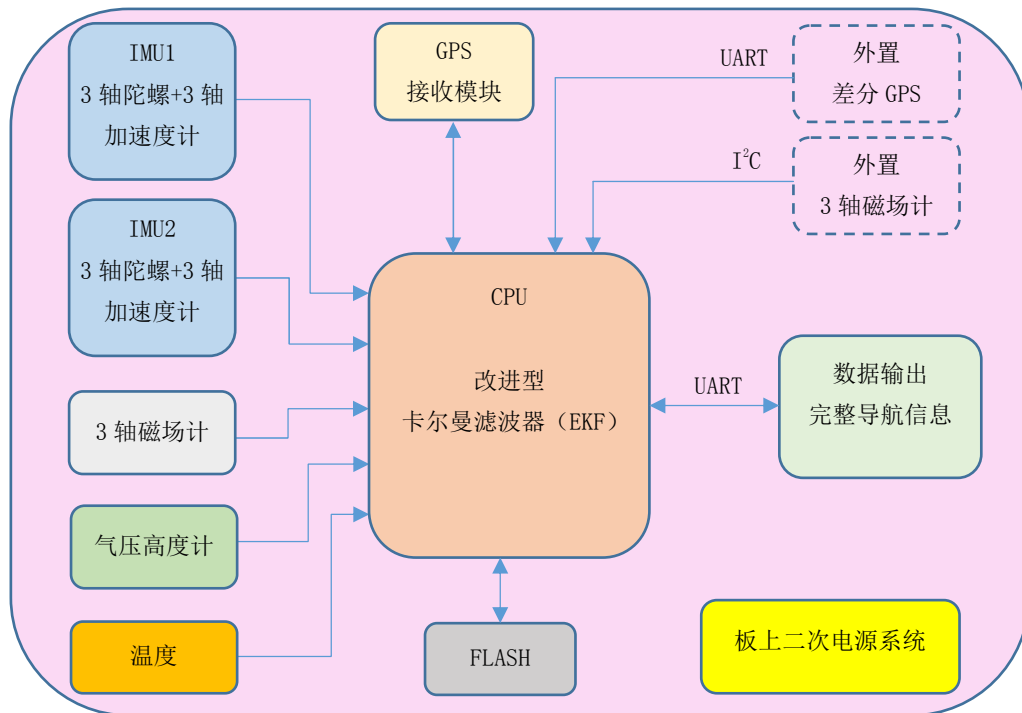


图 1.2 NAV40/NAV40 Plus 原理框图

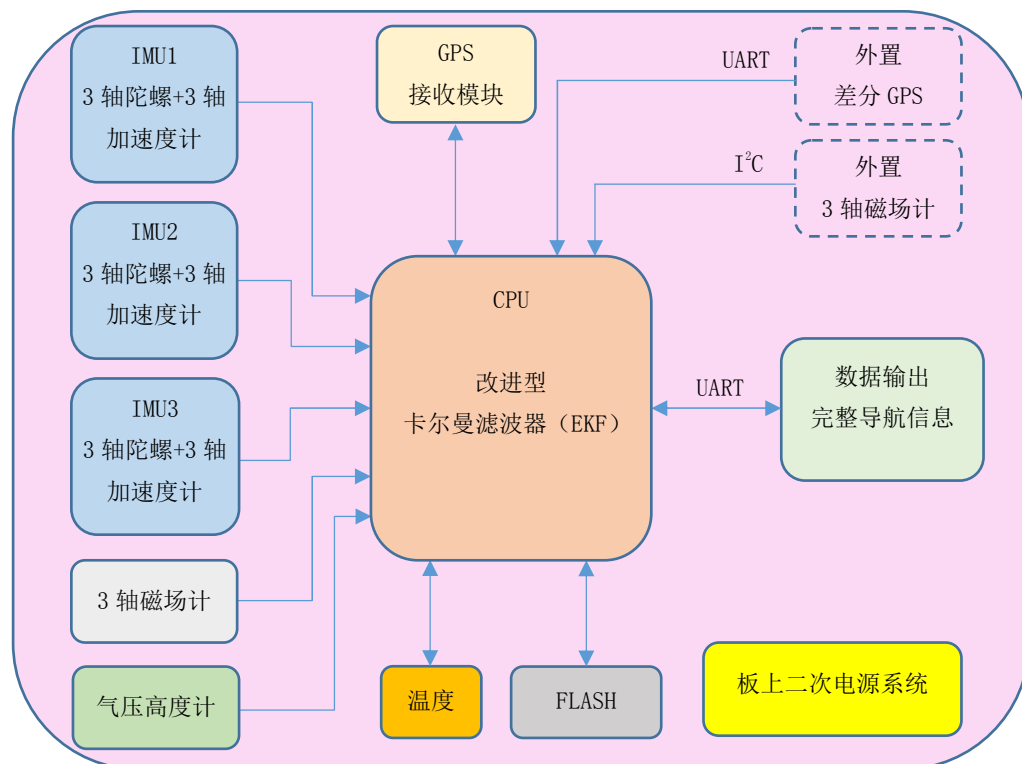


图 1.3 NAV50 原理框图