FORSENSE
原极科技

双天线船用卫星罗经

NAV680-SA

使用手册



原极（上海）科技有限公司

在使用本产品之前，请务必先仔细阅读本使用手册

目录

1. 产品简介 2
1.1 产品清单 2
1.2 技术指标 3
1.3 机械尺寸 4
1.4 接口说明 6
1.5 数据线接口定义 6
1.6 电气物理特性 8
1.7 天线 8
2. 使用范例 9
2.1 设备安装 9
3. 坐标系定义 12
4. 输出协议 13
4.1 二进制协议-组合导航数据流 13
4.2 nmea协议 15
5. 参数配置 24
5.1 通过串口配置 24
5.1.1 配置GNSS双天线安装角 24
5.1.2 配置输出NMEA格式数据流 24
5.1.3 配置当前数据流停止输出 25
5.1.4 配置波特率 25
5.1.5 打印所有配置信息 26
5.1.6 查询版本号 26
5.1.7 配置安装旋转角 26
5.1.8 保存参数 26
6. 固件升级 27
6.1 通过上位机 27
6.1.1 R422串口直连 27
6.2 串口推送 27
7. 附件 35
8. 更新记录 37

1. 产品简介

1.1 产品清单

在您打开包装箱时，请确认包装箱中产品：

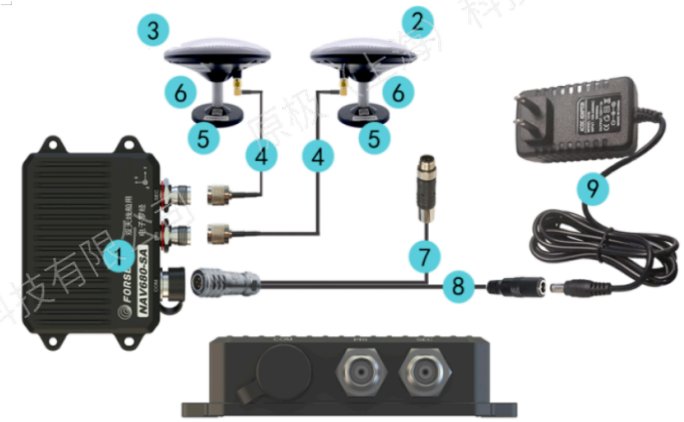
名称	数量	示意图
①NAV680-SA双天线罗经	1	
②③卫星天线（不区分主副）	2	
④天线馈线(型号:20米长，TNC公转公)	2	
⑤天线吸盘	2	
⑥天线柱(20cm)	2	
⑦⑧集线束(含1个RS422，1个电源接口(9-24V)	1	
⑨电源适配器(12V,1A)	1	

图1 产品实物图

若有缺失，请及时与销售人员联系

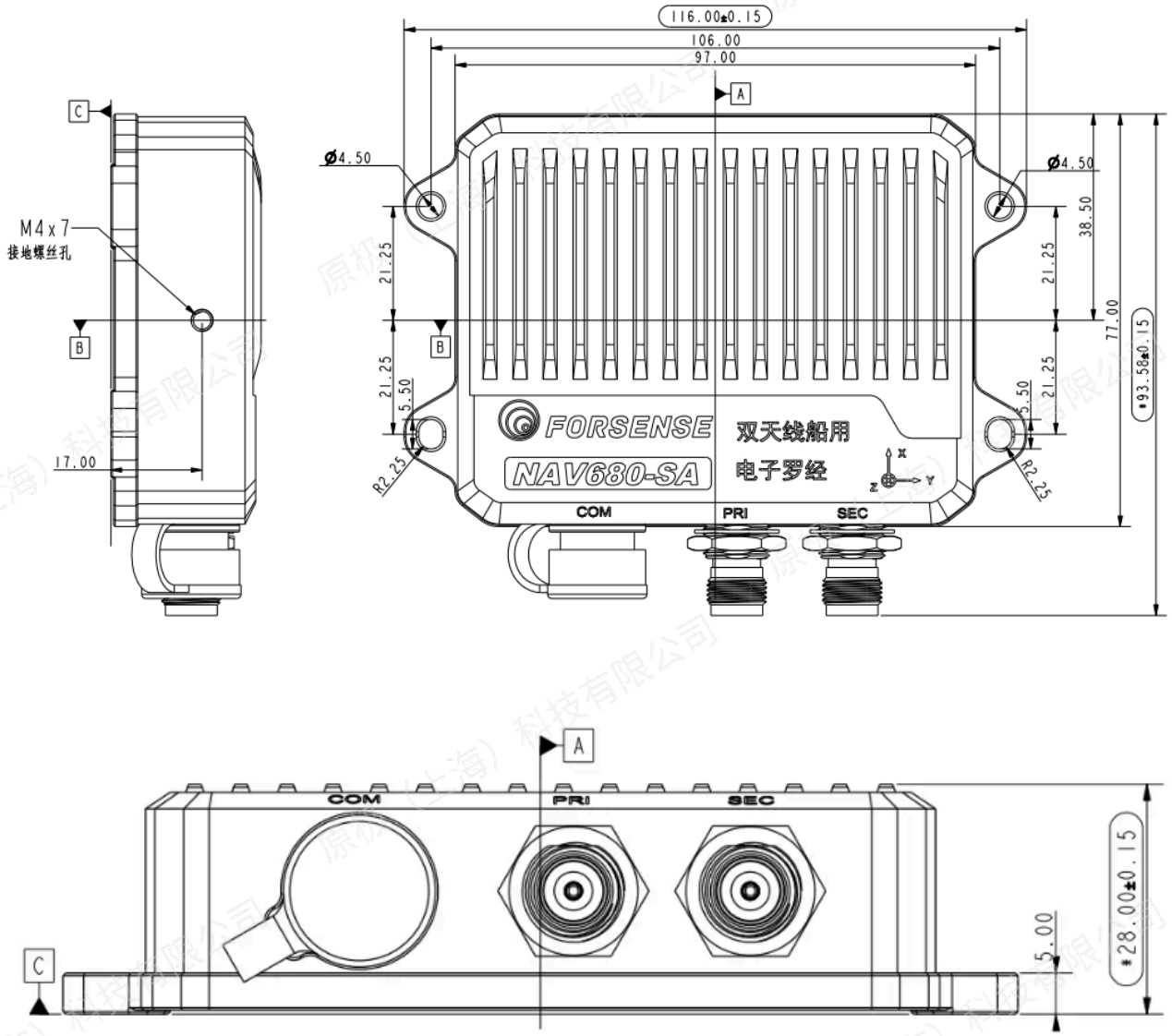
1.2 技术指标

表 1

组合导航指标	**姿态精度**	**Roll/Pitch：<0.2°rms**
	艏向精度	<0.3°rms
	航向精度	<0.3°rms
	更新率	100Hz
	速度精度(RMS)	0.02m/s
IMU 指标	陀螺量程	±500°/s
	陀螺零偏不稳定性	4deg/h @1σ
	加速度计量程	±6g
	加速度计零偏稳定性	0.04mg @1σ
RTK 指标	定位精度(RMS)	水平：5m 高程：10m
	双天线定向精度(RMS)	0.1°/1m基线
	速度精度(RMS)	0.03m/s
	PPS精度（RMS）	20ns
	更新率	10Hz
	RTK初始化时间	<5s
接口		1×RS422 2×GNSS 天线接口 1×电源接口

硬件组成

1.3 机械尺寸


116.00±0.15
106.00
97.00
A
B
C
M4 x 7
接地螺丝孔
17.00
Ø4.50
Ø4.50
21.25
21.25
21.25
38.50
77.00
93.58±0.15
5.50
5.50
R2.25
R2.25
FORSENSE
NAV680-SA
双天线船用
电子罗经
COM
PRI
SEC
28.00±0.15
5.00

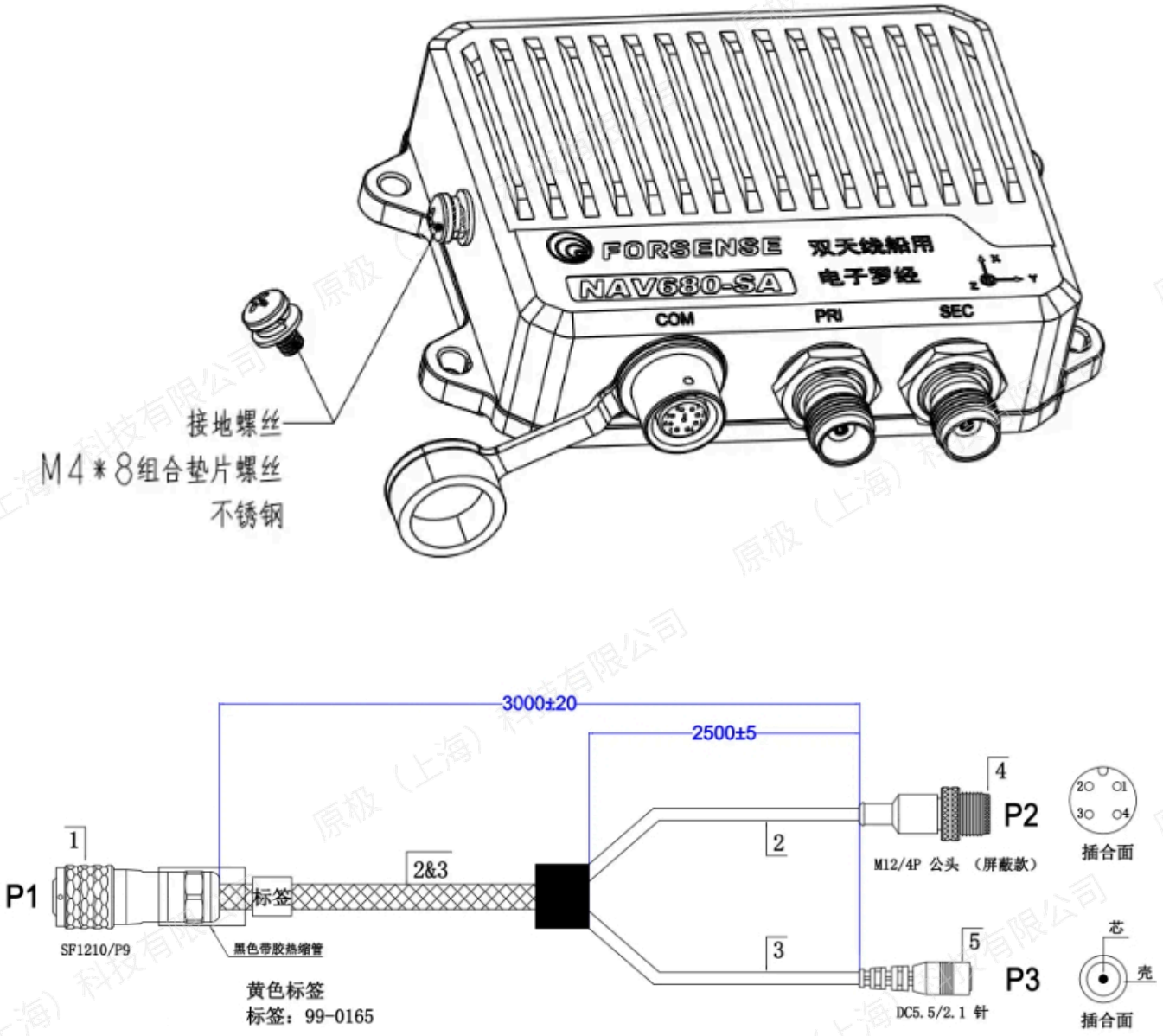
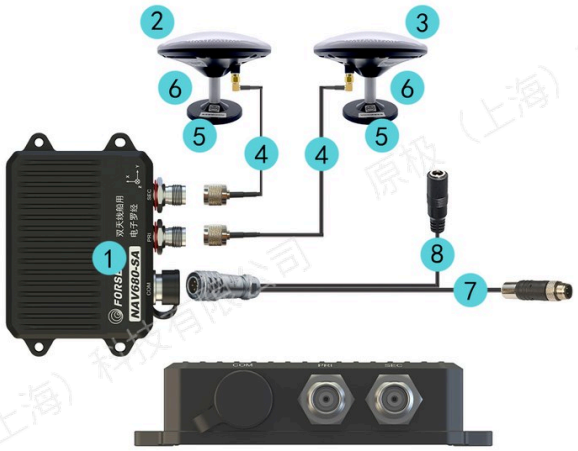

FORSENSE
双天线船用
NAV680-SA
电子罗经
COM
PRI
SEC
接地螺丝
M4*8组合垫片螺丝
不锈钢
3000±20
2500±5
P1
SF1210/P9
标签
黑色带胶热缩管
黄色标签
标签：99-0165
2&3
1
2
3
4
5
P2
M12/4P 公头 （屏蔽款）
插合面
P3
DC5.5/2.1 针
芯
壳
插合面

图 1 机械尺寸（单位：mm）

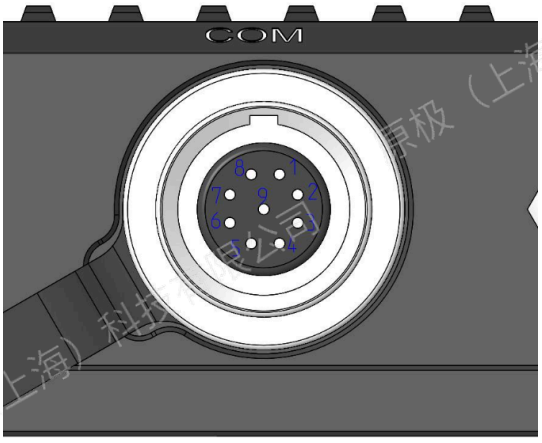
1.4 接口说明

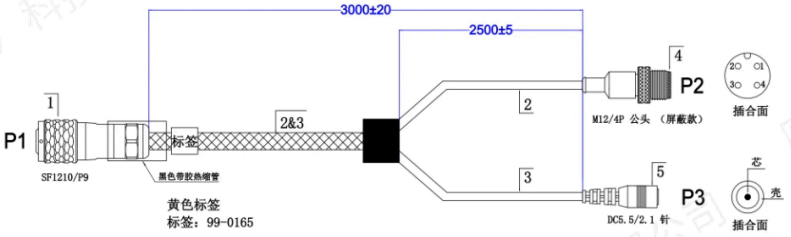
NAV680-SA 包含 COM 总线接口，引出电源线和信号线，PRI 主天线和 SEC 副天线。



	名称	数量
1	NAV680-SA船用罗经	1个
2	主天线（定位天线）	1个
3	副天线（定位天线）	1个
4	天线馈线(20米)	2个
5	天线吸盘	2个
6	天线柱	2个
7	集线束-RS422接口	1个
8	集线束-电源接口	1个

1.5 数据线接口定义





PIN序	定义	端口
1	RS422_TX+	M12公头,Pin1
2	VIN	DC母座
3	RS422_TX-	M12公头,Pin2
4	GND	DC母座
5	RS422_RX-	M12公头,Pin3
6	GND	空
7	RS422_RX+	M12公头,Pin4
8	PGND	M12公头,线缆屏蔽层　对应引脚定义如下
9	PPS	空

图2 数据线接口定义图

1.6 电气物理特性

表 2

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
电源输入	VIN	9	12	32	V
电源地	GND				
功耗	P		1.8		W
使用温度	T	-40	\	85	℃
存储温度	T	-40	\	95	℃
防水等级	IP67				
湿度	95%非凝露				
尺寸	116*85.9*28mm				
重量	263g				

1.7 天线

NAV680-SA 引出 PRI 和 SEC 主副天线接口，不接天线，使用万用表测试，即空载时提供电压为 DC4.8～5.4V；模块射频口接天线时，常温下，工作电流为 30～100mA 时测试，能对外提供 DC4.6V±0.2V 的天线馈电。NAV680-SA 采用有源天线时注意与天线间的 50 欧姆阻抗匹配。

2. 使用范例

2.1 设备安装

1、安装要求

1）双天线安装，需要您安装两个天线（主，副天线）在船上并连接罗经，并按以下要求安装

卫星天线对空且载体对天线无遮挡，双天线形成的射线应与船身尽量保持平行。

主天线连接PRI接口，用于定位，装与船尾，

副天线连接SEC接口，用于定向，装与船头，

两天线间距离，即基线长度需大于0.5m，

双天线高度尽量保持一致，，安装示意图如图20所示。；

2）远离干扰源如电器器件或系统等的能产生电磁干扰信号的位置；

3）GNSS天线拧到强磁吸盘上并尽量固定摆放在测试载体的中轴位置，尽可能的将其安置于船体的最高处以保证能够接收到良好的 GNSS 信号；

4）为获取最佳性能，应尽量减小GNSS主天线与设备主机之间的距离，尤其是水平距离。

5）应牢靠固定在刚性平面上，避免安装在震动大的位置。

6）X轴安装朝向应与船头方向保持下图所述关系。



双天线安装示意图

正确安装示意图如下

X 轴朝向车头

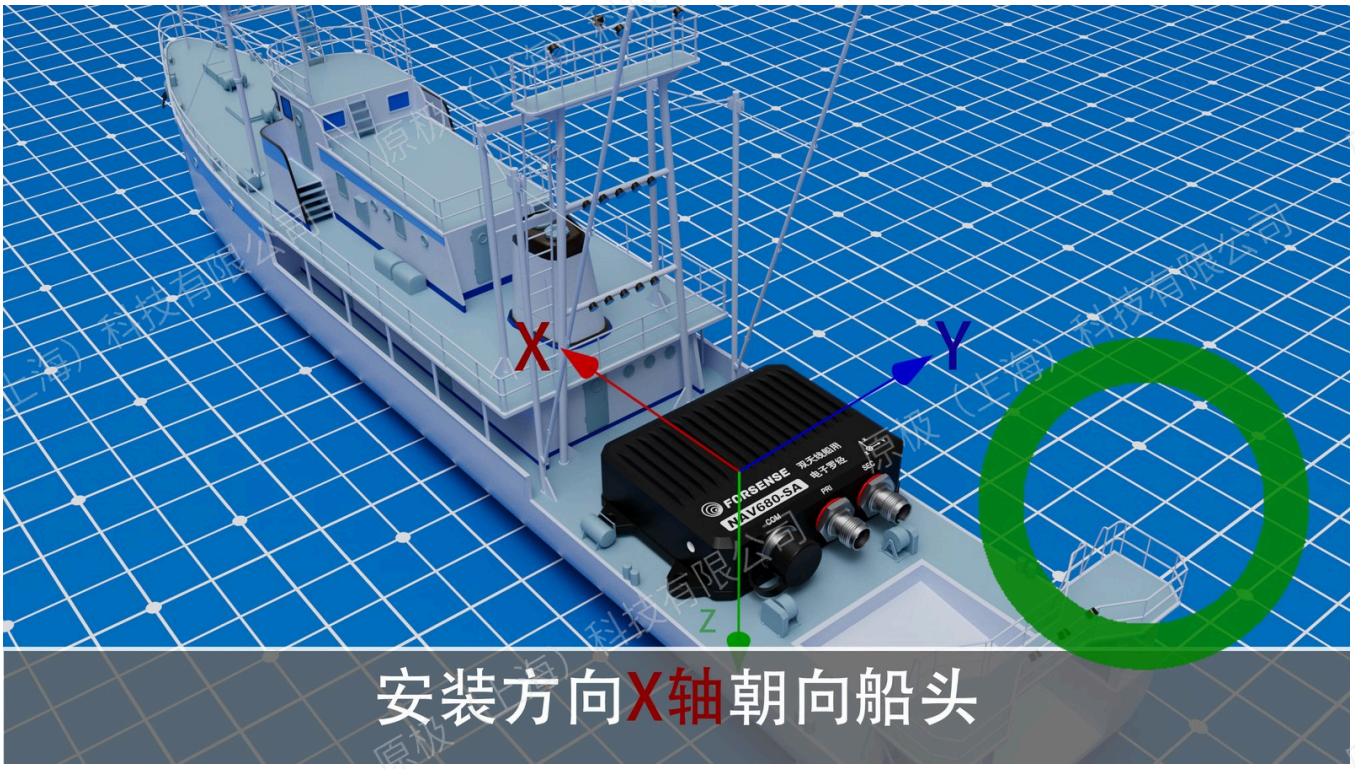
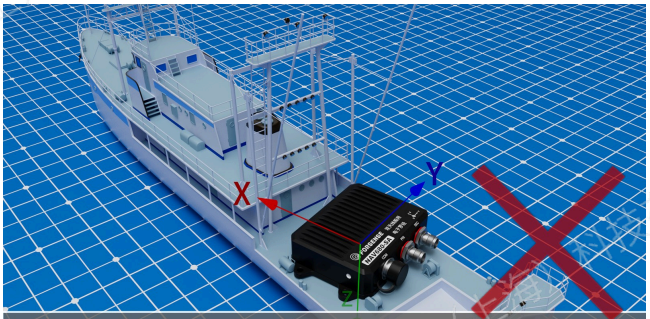
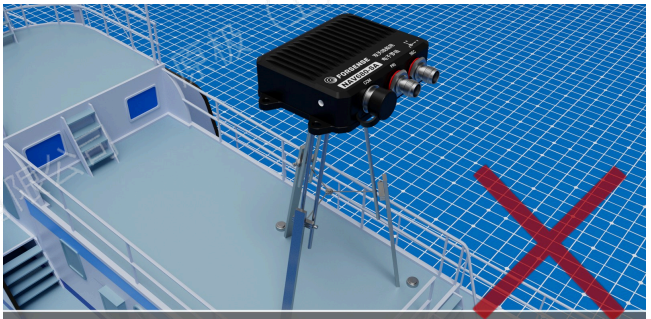


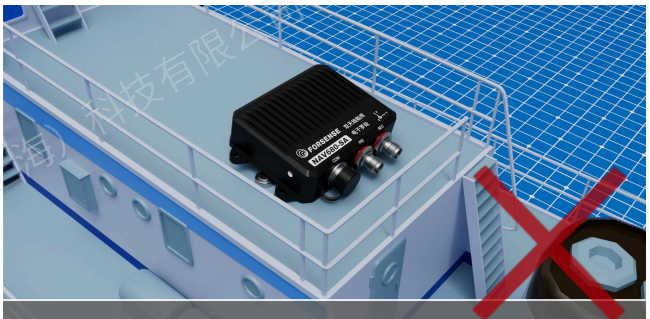
图3 正确安装示意图

以下安装方式均是错误安装。

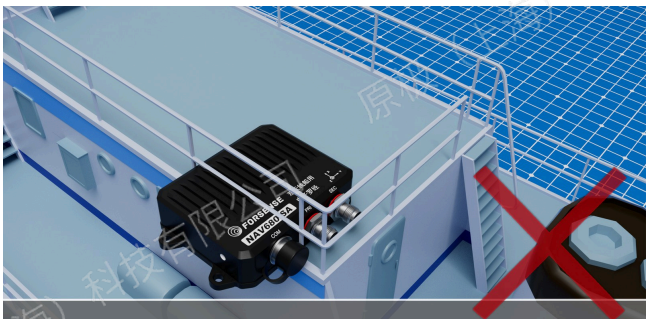


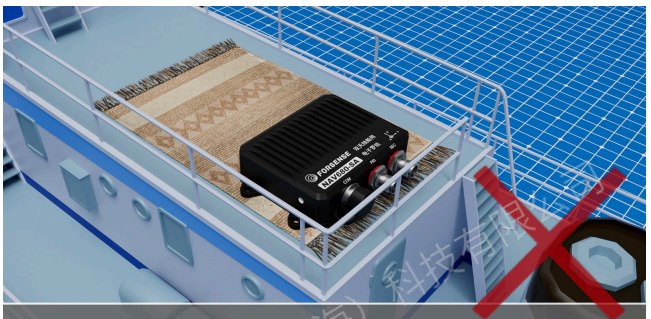
罗经安装方向X轴应朝向船头


罗经安装不可以安装于支架


罗经安装不水平


罗经禁止手扶安装


罗经安装不可以悬空于载具外


不可以被安装在非刚性平面上

3. 坐标系定义

图 7 坐标系示意图



本产品坐标系使用 前-右-下（FRD）坐标系，欧拉角范围如下：

绕 Z 轴方向旋转： 航向角 Yaw 范围： 0° ～360°；

绕 X 轴方向旋转： 横滚角 Roll 范围： -180°～180°；

绕 Y 轴方向旋转： 俯仰角 Pitch 范围： -90°～90°。

4. 输出协议

4.1 二进制协议-组合导航数据流

注意:

- CRC校验为从帧头开始，不包含CRC校验位本身，该帧所有字节的CRC校验，校验计算方式和例程见附录。
- 帧长为除去帧头，帧 ID，帧长和校验位之外的所有数据字节总数。
- 小端模式，先发送低字节。

内容	类型	相对位置
帧头 1：0xAA	Uint8	0
帧头 2：0x55	Uint8	1
帧 ID：0x0166	Uint16	2
帧长：0x005E	Uint16	4
GPS周内秒（ms）	Uint32	6
GPS周计数	Uint16	10
纬度(度×10000000)	Int32	12
经度(度×10000000)	Int32	16
高度（毫米）	Int32	20
北向速度(m/s)	Float	24
东向速度(m/s	Float	28
地向速度(m/s)	Float	32
横滚角(度)	Float	36
俯仰角(度)	Float	40
艏向角（度）	Float	44

双天线航向（度）	Float	48
航迹角（度）	Float	52
加速度计X轴（g）	Float	56
加速度计Y轴（g）	Float	60
加速度计Z轴（g）	Float	64
陀螺仪X轴（deg/s）	Float	68
陀螺仪Y轴（deg/s）	Float	72
陀螺仪Z轴（deg/s）	Float	76
IMU温度（℃）	Float	80
RTK定位状态(同GGA中定位状态) 0:未定位1:单点定位2:伪距差分定位 4:固定解5:浮点解	Uint8	84
卫星数量	Uint8	85
差分延时	Uint8	86
双天线定向状态 50表示已定向 其他表示未定向	Uint8	87
位置精度因子（cm） 组合导航初始化后有效	Uint16	88
状态位: bit0:1表示RTK数据有效，0表示无效 Bit1:1表示PPS信号有效，0表示无效 Bit2:1表示组合导航已初始化，0表示未初始化	Uint16	90
预留1	Uint32	92
预留2	Uint32	96
CRC校验	Uint32	100

4.2 nmea协议

- 支持按nmea格式输出组合后数据，
- 与二进制数据流无法同时输出，输出nmea数据流则不能输出二进制数据流，切换数据流前需先按7.2.2指令停止当前数据流输出。
- 目前支持以下语句。配置方式间7.3章节

GPGGA

报文中文解释

字段	结构	描述	样式	示例
1	$GPGGA	报文头		$GPGGA
2	utc	UTC时间（时/分/秒/小数秒）	hhmmss.ss	202134
3	lat	纬度 (DDmm.mm)	llll.ll	5106.9847
4	lat dir	纬度方向 (N = North, S = South)	a	N
5	lon	经度 (DDDmm.mm)	yyyyy.yy	11402.2986
6	lon dir	经度方向 (E = East, W = West)	a	W
7	quality	解状态	x	1
8	# sats	参与解算的卫星数，可能与可见卫星数不同	xx	2
9	hdop	水平精度因子	x.x	1
10	alt	天线高度，海平面以上或以下	x.x	1062.22
11	a-units	天线高单位，(M = metres)	M	M
12	undulation	高程异常值	x.x	-16.271
13	u-units	高程异常值单位 (M = metres)	M	M
14	age	差分数据龄期，s	xx	1
15	stn ID	差分基站 ID	xxxx	8
16	*xx	校验值	*hh	*48
17	[CR][LF]	语句中止符		[CR][LF]

官方报文解释

Field	Structure	Description	Symbol	Example
1	$GPGGA	Log header		$GPGGA
2	utc	UTC time status of position (hours/minutes/seconds/ decimal seconds)	hhmmss.ss	202134.00
3	lat	Latitude (DDmm.mm)	llll.ll	5106.9847
4	lat dir	Latitude direction (N = North, S = South)	a	N
5	lon	Longitude (DDDmm.mm)	yyyyy.yy	11402.2986
6	lon dir	Longitude direction (E = East, W = West)	a	W
7	quality	refer to Table: GPS Quality Indicators	x	1
8	# sats	Number of satellites in use. May be different to the number in view	xx	10
9	hdop	Horizontal dilution of precision	x.x	1.0
10	alt	Antenna altitude above/below mean sea level	x.x	1062.22
11	a-units	Units of antenna altitude (M = metres)	M	M
12	undulation	Undulation - the relationship between the geoid and the WGS84 ellipsoid	x.x	-16.271
13	u-units	Units of undulation (M = metres)	M	M
14	age	Age of correction data (in seconds) The maximum age reported here is limited to 99 seconds.	xx	(empty when no differential data is present)
15	stn ID	Differential base station ID	xxxx	(empty when no differential data is present)
16	*xx	Check sum	*hh	*48
17	[CR][LF]	Sentence terminator		[CR][LF]

GPS Quality Indicators

Indicator	Description
0	Fix not available or invalid
1	Single point
	Converging PPP (TerraStar-L)
2	Pseudorange differential
	Converged PPP (TerraStar-L)
	Converging PPP (TerraStar-C PRO, TerraStar-X)
4	RTK fixed ambiguity solution
5	RTK floating ambiguity solution
	Converged PPP (TerraStar-C PRO, TerraStar-X)
6	Dead reckoning mode
7	Manual input mode (fixed position)
8	Simulator mode
9	WAAS (SBAS)[1]

GPRMC

报文中文解释

字段	结构	描述	样式	示例
1	$GPRMC	报文头		$GPRMC
2	utc	定会UTC时间	hhmmss.ss	144326
3	pos status	定位状态(A 为有效定位, V 为无效定位)	A	A
4	lat	纬度 (DDmm.mm)	llll.ll	5107.0017737
5	lat dir	纬度方向 (N = North, S = South)	a	N
6	lon	经度(DDDmm.mm)	yyyyy.yy	11402.3291611
7	lon dir	经度方向(E = East, W = West)	a	W
8	speed Kn	地面速率	x.x	0.08
9	track true	地面航向，以真北方向为基准	x.x	323.3
10	date	UTC日期: （年/月/日）	xxxxxx	210307
11	mag var	磁偏角	x.x	0
12	var dir	磁偏角方向	a	E
13	mode ind	定位模式提示	a	A
14	*xx	校验值	*hh	*20
15	[CR][LF]	语句终止符		[CR][LF]

官方报文解释

Field	Structure	Description	Symbol	Example
1	$GPRMC	Log header		$GPRMC
2	utc	UTC of position	hhmmss.ss	144326.00
3	pos status	Position status (A = data valid, V = data invalid)	A	A
4	lat	Latitude (DDmm.mm)	llll.ll	5107.0017737
5	lat dir	Latitude direction: (N = North, S = South)	a	N
6	lon	Longitude (DDDmm.mm)	yyyyy.yy	11402.3291611
7	lon dir	Longitude direction: (E = East, W = West)	a	W
8	speed Kn	Speed over ground, knots	x.x	0.080
9	track true	Track made good, degrees True	x.x	323.3
10	date	Date: dd/mm/yy	xxxxxx	210307
11	mag var	Magnetic variation, degrees Note that this field is the actual magnetic variation and will always be positive. The direction of the magnetic variation is always positive.	x.x	0.0
12	var dir	Magnetic variation direction E/W Easterly variation (E) subtracts from True course. Westerly variation (W) adds to True course.	a	E
13	mode ind	Positioning system mode indicator, see Table: NMEA Positioning System Mode Indicator	a	A
14	*xx	Check sum	*hh	*20
15	[CR][LF]	Sentence terminator		[CR][LF]

NMEA Positioning System Mode Indicator

Mode	Indicator
A	Autonomous
D	Differential
E	Estimated (dead reckoning) mode
M	Manual input
N	Data not valid

GPHDT （航向信息）

报文中文解释

字段	结构	描述	样式	示例
1	$GPHDT	报文头		$GPHDT
2	heading	航向角	x.x	75.5554
3	TRUE	真北角	T	T
4	*xx	校验值	*hh	*36
5	[CR][LF]	语句终止符		[CR][LF]

官方报文解释

Field	Structure	Description	Symbol	Example
1	$GPHDT	Log header		$GPHDT
2	heading	Heading in degrees	x.x	75.5554
3	True	Degrees True	T	T
4	*xx	Check sum	*hh	*36
5	[CR][LF]	Sentence terminator		[CR][LF]

GPVTG （地面速度信息）

报文中文解释

字段	结构	描述	样式	示例
1	$GPVTG	报文头		$GPVTG
2	track true	方向角，以真北方向为基准	x.x	24.168
3	T	真北方向指示器	T	T
4	track mag	方向角，以磁北方向为基准	x.x	24.168
5	M	磁北方向指示器	M	M
6	speed Kn	水平运动速度	x.x	0.4220347
7	N	速度指示器，节	N	N
8	speed Km	水平运动速度，km/s	x.x	0.781608
9	K	速度指示器 (K = km/hr)	K	K
10	mode ind	定位模式指示	a	A
11	*xx	校验值	*hh	*7A
12	[CR][LF]	语句终止符		[CR][LF]

官方报文解释

Field	Structure	Description	Symbol	Example
1	$GPVTG	Log header		$GPVTG
2	track true	Track made good, degrees True	x.x	24.168
3	T	True track indicator	T	T
4	track mag	Track made good, degrees Magnetic; Track mag = Track true + (MAGVAR correction) See the **MAGVAR** command	x.x	24.168
5	M	Magnetic track indicator	M	M
6	speed Kn	Speed over ground, knots	x.x	0.4220347
7	N	Nautical speed indicator (N = Knots)	N	N
8	speed Km	Speed, kilometres/hour	x.x	0.781608
9	K	Speed indicator (K = km/hr)	K	K
10	mode ind	Positioning system mode indicator, see Table: NMEA Positioning System Mode Indicator	a	A
11	*xx	Check sum	*hh	*7A
12	[CR][LF]	Sentence terminator		[CR][LF]

NMEA Positioning System Mode Indicator

Mode	Indicator
A	Autonomous
D	Differential
E	Estimated (dead reckoning) mode
M	Manual input
N	Data not valid

GPZDA （UTC时间及日期）

报文中文解释

字段	结构	描述	样式	示例
1	$GPZDA	报文头		$GPZDA
2	utc	UTC 时间	hhmmss.ss	220238
3	day	日, 01 -31	xx	15
4	month	月, 01 -12	xx	7
5	year	年	xxxx	1992

6	null	当地区号，不可用	xx	(empty when no data is present)
7	null	当地区域分钟描述，不可用	xx	(empty when no data is present)
8	*xx	校验值	*hh	*6F
9	[CR][LF]	语句终止符		[CR][LF]

官方报文解释

Field	Structure	Description	Symbol	Example
1	$GPZDA	Log header		$GPZDA
2	utc	UTC time status	hhmmss.ss	220238.00
3	day	Day, 01 to 31	xx	15
4	month	Month, 01 to 12	xx	07
5	year	Year	xxxx	1992
6	null	Local zone description—not available Local time zones are not supported by OEM7 family receivers. Fields 6 and 7 are always null.	xx	(empty when no data is present)
7	null	Local zone minutes description—not available	xx	(empty when no data is present)
8	*xx	Check sum	*hh	*6F
9	[CR][LF]	Sentence terminator		[CR][LF]

GPATT格式如下表

名称	单位	样式	示例	描述
报文头		String	$GNATT	
UTC时间		hhmmss.sss	170834.000	17：08：34 UTC
状态		Character	1	0:不可用 1：可用
横滚角	degree	3 decimal place	-4.891	范围为正负180°，右侧向下定义为正
横滚角指示器		Character	R	横滚角指示器
俯仰角	degree	3 decimal place	3.122	范围为正负90°，向上定义为正
俯仰角指示器		Character	P	俯仰角指示器
航向角	degree	3 decimal place	124.005	范围为0°到360°，真北方向，顺时针旋转为正
横滚角不确定性	degree	3 decimal place	0.432	范围为0~360
俯仰角不确定性	degree	3 decimal place	0.811	范围为0~360
航向角不确定性	degree	3 decimal place	1.202	范围为0~360
校验和		HEX	*68	用于检查传输错误

Name	*Unit*	*Format*	*Example*	*Description*
Sentence Identifier		String	$GNATT	
Time		hhmmss.sss	170834.000	17:08:34 UTC
Status		Character	1	0: invalid 1: valid
Roll Angle	degree	3 decimal places	-4.891	range ±90, right side down defined as positive
Indicator for roll		character	R	Roll indicator
Pitch Angle	degree	3 decimal places	3.122	range ±90, head up defined as positive
Indicator for Pitch		character	P	Pitch indicator
Heading Angle	degree	3 decimal places	124.005	range 0~360, to true North, counter clockwise defined as positive
Roll Angle uncertainty	degree	3 decimal places	0.432	range 0~360
Pitch Angle uncertainty	degree	3 decimal places	0.811	range 0~360
Heading Angle uncertainty	degree	3 decimal places	1.202	range 0~360
Checksum		Hex	*68	Used by program to check for transmission errors

5. 参数配置

5.1 通过串口配置

5.1.1 配置GNSS双天线安装角

若配置gnss双天线安装角为0度，则配置指令为：

指令： AT+RTK_ANGLE=0\r\n

应答： ANGLE=0\r\n

说明 ：安装角为主天线指向副天线的射线与车头方向的夹角，顺时针为正，逆时针为负，角度输入范围-180°~180°

注意：配置指令保存后需断电重启生效；双天线间隔距离需大于50cm、速度投影点

若配置输出组合导航设定的投影点结果，则配置指令为：

指令： AT+PROJ_VECTOR=1.0,2.0,3.0\r\n

应答： PROJ_VECTOR_X=1.0, PROJ_VECTOR_Y=2.0, PROJ_VECTOR_Z=3.0/r/n

说明 ：组合导航输出默认为天线相位中心坐标，若需输出其他位置坐标，则需配置IMU相位中心相对此投影点位置的杆臂向量，配置方法同8.1.1杆臂配置

5.1.2 配置输出NMEA格式数据流

若配置NEMA语句输出，则7.2组合导航数据流不输出

如需切换为7.2组合导航数据流输出，需先按8.1.11指令停止当前数据流输出

配置指令如下

GPGGA

例：以5hz频率输出GPGGA语句： AT+GPGGA=5\r\n

应答：OK\r\n

GPRMC

例：以1hz频率输出GPRMC语句： AT+GPRMC=1\r\n

应答：OK\r\n

GPHDT（航向信息）

例：以1hz频率输出GPHDT语句： AT+GPHDT=1\r\n

应答：OK\r\n

GPVTG（地面速度信息）

例：以1hz频率输出GPVTG语句： AT+GPVTG=1\r\n

应答：OK\r\n

GPZDA（UTC时间及日期）

例：以1hz频率输出GPZDA语句： AT+GPZDA=1\r\n

应答：OK\r\n

GPATT（自定义报文）

例：以1hz频率输出GPATT语句： AT+GPATT=1\r\n

应答：OK\r\n

若配置停止输出

指令：AT+SETNO\r\n

应答：OK\r\n

5.1.3 配置当前数据流停止输出

指令：AT+SETNO\r\n

应答：OK\r\n

5.1.4 配置波特率

默认波特率为115200

例：若配置IMU串口波特率为230400，则配置指令为：

指令：AT+BAUD=230400\r\n

应答：BAUD=230400\r\n

注意：配置指令且保存后需断电重启生效

5.1.5 打印所有配置信息

若查询所有配置过的信息，则配置指令为：

AT+CONFIG\r\n

5.1.6 查询版本号

AT+VERSION\r\n

5.1.7 配置安装旋转角

当罗经未按默认朝向安装时，许配置旋转角

目前仅支持如下旋转角度

x轴旋转180度

z轴旋转90 180 270

配置指令如下

若 安装旋转 角度为X轴旋转180度，则配置指令为：

指令： AT+INSTALL_ANGLE=180,0,0\r\n

应答： INST_ANGLE_X=180.000,INST_ANGLE_Y=0.000,INST_ANGLE_Z=0.000

若 安装旋转 角度为Z轴旋转180度，则配置指令为：

指令： AT+INSTALL_ANGLE=0,0,180\r\n

应答： INST_ANGLE_X=0.000,INST_ANGLE_Y=0.000,INST_ANGLE_Z=180.000

5.1.8 保存参数

以上包括杆臂，数据流，输出频率等参数，配置完以后都需要输入次保存指令，重启后才能生效

指令： AT+SAVE\r\n

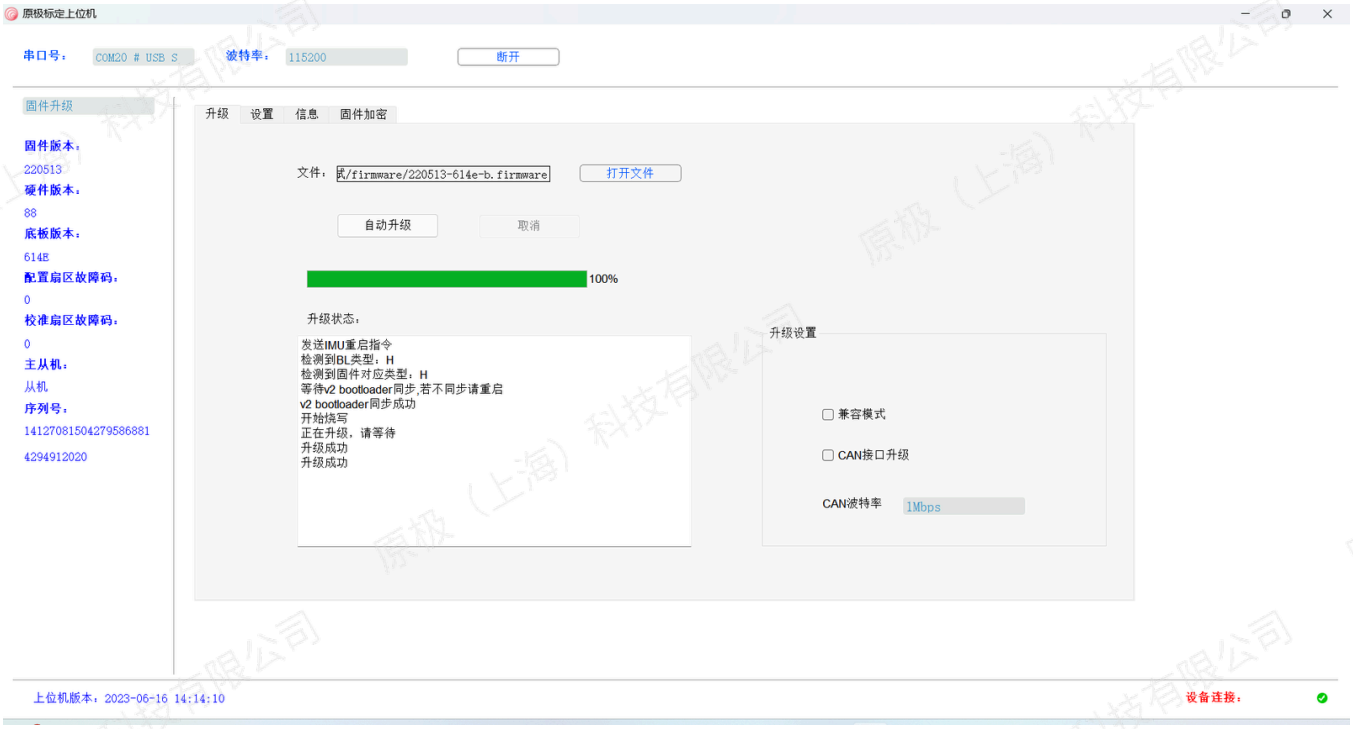
应答： OK\r\n

6. 固件升级

6.1 通过上位机

6.1.1 R422串口直连

使用原极IMU测试上位机——选择固件升级——打开固件——点击自动升级。



6.2 串口推送

升级总共分为以下几个步骤：

第一步：发送升级指令

发送升级指令，告诉模块做好升级准备，命令发送完成后，设备会 在 flash 某个区域记录下升级标志位，然后进行软重启， 此时 imu 模块将进入

BOOTLOADER 中。

```
上位机发送升级指令如下：
  cmd_bl[34] ={0x55,0xaa,0xbb,0x88,0x18,0x00,0x00,0x00,0xc8,0x42,0x00,0x00,
  0x48,0x43,0x2c,0x01,0x00,0x00,0x90,0x01,0x00,0x00,0xf4,0x01,0x00,0x00,
  0x58,0x02,0x00,0x00,0x40,0x97,0x46,0x6a};
  此时 imu 模块将会重启后进入 bootloader 中
```

第二步：发送 **HC32MCU_FORSENSE** 字符串

imu 模块进入 bootloader 中后，imu 模块会主动发送 HC32_UPLOADER 字符串， 在此期间，上位机需要发送 HC32MCU_FORSENSE 字符串，imu 模块一旦收到此 字符串，将不会跳转进 APP，将留在 bootload r 中处于程序待升级状态， 同时也

会停止主动发送任何消息

```
//发送完升级指令后，紧接着发送如下字符串，确保 imu 模块不会跳转到 APP 区域，同时处于待升级状态
```

```
QString str = "HC32MCU_FORSENSE" ;
for(int i=0;i<10;i++)
{
  _port_device->write(str.toLatin1()); sleep_ms(50);
}
```

第三步：发送同步指令

imu 模块在 bootloader 中处于待升级状态时，不会主动发送信息，只会被动的响 应上位机的指令。此时上位机发送命令 Send_CMD_LONG(0X21,0,0,0,0,0,0)后，等 待 imu 模块的响应 。 imu 收到此命令后，立即回复 Send CMD ACK (0x64,0x10,0)

数据 。上位机一旦判断接收到此数据，就表示完成了同步。

```
上位机与 imu 模块同步过程：
1.上位机发送同步命令，命令码为 0x21，发送后等待 imu 模块响应
 Send_CMD_LONG(0x21,0,0,0,0,0,0);
2.imu 模块收到 0x21 的命令码后，发送响应数据，数据命令如下：
Send_CMD_ACK(0x64,0x10,0);
3.上位机判断是否收到了 imu 的响应数据，如收到则表示完成了同步
注：Send_CMD_LONG 函数与 Send_CMD_ACK 函数见文章末尾
```

第四步：发送擦除命令

上位机发送擦除命令 Send_CMD_LONG(0x23,0,0,0,0,0,0)，指令发送后，imu 模块 会将APP 区域的内容全部擦除干净，并将最终的执行结果告诉上位机 。上位机 会根据执行结果是否要再次发送擦除命令。一旦擦除成功，imu 模块的 APP 将无 法还原。另外上位机必须等到 imu 擦除成功的响应后，才能进行下一步，否则有

可能造成后续的升级失败。

```
1.上位机发送擦除命令，命令码为 0x23，发送完此命令后耐心等待 imu 回复执行结果
   Send_CMD_LONG(0x23,0,0,0,0,0,0,0);
2.imu 收到 0x23 的命令码后，将会把 APP 区域数据擦除干净，并将最终的执行结果回复给上位机
    send_CMD_ACK(0x64,0x10,0); //表示擦除成功

    send_CMD_ACK(0x64,0x11,0); //表示擦除失败，需要重新擦除
    注意：上位机必须收到擦除成功的响应，才能进行下一步
```

第五步： 发送升级数据包

擦除成功后， 将进入最重要的发送固件数据环节， 发送数据使用函 Send_Upload_Data 进行发送 。上位机将升级固件进行分包，每包固定大小 64 字 节，最后一包不足 64 字节的按照实际字节数进行发送 。每一帧数据包含有效数 据长度与此包在整个固件中的偏移地址。上位机每发送一帧数据，必须等待 imu 模块的响应，判断 imu 成功获取到此帧数据后，再发送下一帧 。Imu 模块成功收 到上位机的数据包后，会发送响应数据，并根据偏移地址写入指定的 flash 地址。

如果写入 flash 失败，发送失败命令，写入成功则不发。

```
例：将大小 1000 字节的升级文件 uint8_t Upgrade_Data[1000]发送给 imu 模块
//发送第一包：
 1.1 通过函数将 0~63 字节发送到 imu 模块
Send_Upload_Data（0x27,0,0,0x40,Upgrade_Data);
//上面函数第一参数 0x27 为固定值，第二参数 0 为固定值，第三参数 0 为偏移地址，
  第四参数 0x40 为有效字节长度，第五参数为发送数据的首地址

1.2 imu 成功收到数据后，会发送响应数据，并根据偏移地址写入指定的 flash 地址
 send_CMD_ACK(0x753D,0x00,0);
 //上面函数第一参数 0x753D 为固定值，第二参数 0 为固定值，第三参数为偏移地址。
 imu 模块将数据写入 flash 过程中如果写入失败将发送失败命令 send_CMD_ACK(0x64,0x11,0);

 //发送第二包：
  2.1 上位机收到 imu 响应数据后，将发送第二包数据 Send_Upload_Data（0x27,0,0x40,0x40,Upgrade_Data+0x40);
  2.2 imu 成功收取到第二包数据后，发送响应： send_CMD_ACK(0x753D,0x00,0x40);
  2.3 imu 模块将数据写入 flash 过程中如果写入失败将发送失败命令 send_CMD_ACK(0x64,0x11,0);



 //发送第三包
  3.1 上位机收到 imu 响应数据后，将发送第三包数据 Send_Upload_Data（0x27,0,0x80,0x40,Upgrade_Data+0x80);
  3.2 imu 成功收取到第三包数据后，发送响应： send_CMD_ACK(0x753D,0x00,0x80);
  3.3 imu 模块将数据写入 flash 过程中如果写入失败将发送失败命令 send_CMD_ACK(0x64,0x11,0);
 ----------
 //发送第十五包：
```

```
  15.1 上位机收到 imu 响应数据后，将发送第十五包数据 Send_Upload_Data（0x27,0,0x380,0x40,Upgrade_Data+0x380);
  15.2 imu 成功收取到第十五包数据后，发送响应： send_CMD_ACK(0x753D,0x00,0x380);
  15.3 imu 模块将数据写入 flash 过程中如果写入失败将发送失败命令 send_CMD_ACK(0x64,0x11,0);
 //发送第十六包：
  15.1 上位机收到 imu 响应数据后，将发送第十六包数据 Send_Upload_Data（0x27,0,0x3C0,0x28,Upgrade_Data+0x3C0);
  15.2 imu 成功收取到第十六包数据后，发送响应： send_CMD_ACK(0x753D,0x00,0x3C0);
  15.3 imu 模块将数据写入 flash 过程中如果写入失败将发送失败命令 send_CMD_ACK(0x64,0x11,0);
发送结束
```

第六步：获取 **CRC** 校验码

一般情况下升级固件的命令规则为 imu614e-b#CRC1373387121.firmware ， CRC 字符串后面紧跟着的是已经计算好的 CRC 校验值 。升级文件发送完成后，上位 机需要发送校验指令， 以判断 imu 模块收到的升

级文件是否有误 。上位机发送 Send_CMD_LONG(0x29,0,0,0,0,0,0)命令后，获取 imu 模块自身计算的 CRC 校验码，

如果上位机判断 CRC 校验值有误，应该从第四步擦除命令开始进行重新升级。

```
上位机发送获取 crc 校验码指令，等待 imu 响应
 Send_CMD_LONG(0x29,0,0,0,0,0,0);
imu 模块响应发送 crc 校验值数据：
send_CMD_ACK(0x753C,0x10,crc32_data);
 其中 crc32_data 值为 imu 模块本身计算的 crc32 数据
```

第七步：发送重启命令

升在上位机判断 crc 校验值正确后，发送重启命令，升级成功

```
判断 crc 校验值正确后，发送重启命令：
 Send_CMD_LONG(0x30,0,0,0,0,0,0);
```

固件升级完毕，断电重启后可以通过读取版本号判断是否升级成功。

函数定义：

- Send_CMD_LONG 函数定义如下：

```
struct  MULTI_LONG_CMD_STRUCT
{
uint8_t header1;
uint8_t header2;
uint16_t id;
uint16_t length;
float  param1;
float  param2;
uint32_t param3;
uint32_t param4;
int32_t param5;
int32_t param6;
uint32_t check_crc;
}__attribute__((packed));
```

```
void :Send_CMD_LONG(uint16_t cmd_id,float cm1,float cm2,uint32_t cm3,uint32_t cm4,int32_t cm5,int32_t cm6)
{
    uint8_t check_sum=0;
    struct MULTI_LONG_CMD_STRUCT data_cmd_long __attribute__((packed));
    data_cmd_long.header1=0x55;
    data_cmd_long.header2=0xAA;
    data_cmd_long.id=cmd_id;
    data_cmd_long.length=sizeof(data_cmd_long)-10;
    data_cmd_long.param1=cm1;
    data_cmd_long.param2=cm2;
    data_cmd_long.param3=cm3;
    data_cmd_long.param4=cm4;
    data_cmd_long.param5=cm5;
    data_cmd_long.param6=cm6;
    int len=sizeof(data_cmd_long)-4;
    uint32_t check_crc=1;
    data_cmd_long.check_crc=crc_crc32(check_crc,(uint8_t *)(&data_cmd_long), len);
    send((uint8_t *)(&data_cmd_long),sizeof(data_cmd_long));
}
```

- Send_CMD_ACK 函数定义如下：

```
struct  CMD_ACK_STRUCT
{
uint8_t header1;
uint8_t header2;
uint16_t id;
```

```
uint16_t length;
uint32_t command;/*<   Command ID (of acknowledged command).*/
uint32_t result;/*<   Result of command.*/
uint32_t check_crc;
}__attribute__((packed));

void Send_CMD_ACK(uint16_t cmd_id,uint16_t ack_id,uint32_t result)
{
    uint32_t check_crc=0;
    struct CMD_ACK_STRUCT data_cmd_ack __attribute__((packed));
    data_cmd_ack.header1=0xAA;
    data_cmd_ack.header2=0x55;
    data_cmd_ack.id=cmd_id;
    data_cmd_ack.length=sizeof(data_cmd_ack)-10;
    data_cmd_ack.command=ack_id;
    data_cmd_ack.result=result;
    int len=sizeof(data_cmd_ack)-4;
    check_crc=1;
    data_cmd_ack.check_crc=crc_crc32(check_crc,(uint8_t *)(&data_cmd_ack), len);
    Cout((uint8_t *)(&data_cmd_ack),sizeof(data_cmd_ack));
}
```

- Send_Upload_Data 函数定义如下：

```
struct  UPLOAD_DATA
{
uint8_t header1;
uint8_t header2;
uint16_t id;
uint16_t length;
uint8_t param[64];
uint32_t offset;
uint16_t size;
uint8_t cmd;
uint32_t check_crc;
}__attribute__((packed));

struct UPLOAD_DATA upload_data;
void Send_Upload_Data(uint8_t cmd_id,uint8_t cmd,uint32_t offset,uint16_t size,uint8_t*  param)
{
    upload_data.header1=0x55;
```

```
    upload_data.header2=0xAA;
    upload_data.id=cmd_id;
    upload_data.length=sizeof(UPLOAD_DATA)-10;
    upload_data.cmd=cmd;
    for(int i=0;i<size;i++)
    upload_data.param[i] = *(param+i);
    upload_data.offset=offset;
    upload_data.size=size;
    int len=sizeof(UPLOAD_DATA)-4;
    uint32_t check_crc=1;
    upload_data.check_crc=crc_crc32(check_crc,(uint8_t *)(&upload_data), len);
    send((uint8_t *)(&upload_data),sizeof(UPLOAD_DATA));
}
```

- CRC32 校验函数如下：

```
static const uint32_t crc32_tab[] = {
    0x00000000, 0x77073096, 0xee0e612c, 0x990951ba, 0x076dc419, 0x706af48f,
    0xe963a535, 0x9e6495a3, 0x0edb8832, 0x79dcb8a4, 0xe0d5e91e, 0x97d2d988,
    0x09b64c2b, 0x7eb17cbd, 0xe7b82d07, 0x90bf1d91, 0x1db71064, 0x6ab020f2,
    0xf3b97148, 0x84be41de, 0x1adad47d, 0x6ddde4eb, 0xf4d4b551, 0x83d385c7,
    0x136c9856, 0x646ba8c0, 0xfd62f97a, 0x8a65c9ec, 0x14015c4f, 0x63066cd9,
    0xfa0f3d63, 0x8d080df5, 0x3b6e20c8, 0x4c69105e, 0xd56041e4, 0xa2677172,
    0x3c03e4d1, 0x4b04d447, 0xd20d85fd, 0xa50ab56b, 0x35b5a8fa, 0x42b2986c,
    0xdbbbc9d6, 0xacbcf940, 0x32d86ce3, 0x45df5c75, 0xdcd60dcf, 0xabd13d59,
    0x26d930ac, 0x51de003a, 0xc8d75180, 0xbfd06116, 0x21b4f4b5, 0x56b3c423,
    0xcfba9599, 0xb8bda50f, 0x2802b89e, 0x5f058808, 0xc60cd9b2, 0xb10be924,
    0x2f6f7c87, 0x58684c11, 0xc1611dab, 0xb6662d3d, 0x76dc4190, 0x01db7106,
    0x98d220bc, 0xefd5102a, 0x71b18589, 0x06b6b51f, 0x9fbfe4a5, 0xe8b8d433,
    0x7807c9a2, 0x0f00f934, 0x9609a88e, 0xe10e9818, 0x7f6a0dbb, 0x086d3d2d,
    0x91646c97, 0xe6635c01, 0x6b6b51f4, 0x1c6c6162, 0x856530d8, 0xf262004e,
    0x6c0695ed, 0x1b01a57b, 0x8208f4c1, 0xf50fc457, 0x65b0d9c6, 0x12b7e950,
    0x8bbeb8ea, 0xfcb9887c, 0x62dd1ddf, 0x15da2d49, 0x8cd37cf3, 0xfbd44c65,
    0x4db26158, 0x3ab551ce, 0xa3bc0074, 0xd4bb30e2, 0x4adfa541, 0x3dd895d7,
    0xa4d1c46d, 0xd3d6f4fb, 0x4369e96a, 0x346ed9fc, 0xad678846, 0xda60b8d0,
    0x44042d73, 0x33031de5, 0xaa0a4c5f, 0xdd0d7cc9, 0x5005713c, 0x270241aa,
    0xbe0b1010, 0xc90c2086, 0x5768b525, 0x206f85b3, 0xb966d409, 0xce61e49f,
    0x5edef90e, 0x29d9c998, 0xb0d09822, 0xc7d7a8b4, 0x59b33d17, 0x2eb40d81,
    0xb7bd5c3b, 0xc0ba6cad, 0xedb88320, 0x9abfb3b6, 0x03b6e20c, 0x74b1d29a,
    0xead54739, 0x9dd277af, 0x04db2615, 0x73dc1683, 0xe3630b12, 0x94643b84,
    0x0d6d6a3e, 0x7a6a5aa8, 0xe40ecf0b, 0x9309ff9d, 0x0a00ae27, 0x7d079eb1,
    0xf00f9344, 0x8708a3d2, 0x1e01f268, 0x6906c2fe, 0xf762575d, 0x806567cb,
    0x196c3671, 0x6e6b06e7, 0xfed41b76, 0x89d32be0, 0x10da7a5a, 0x67dd4acc,
```

7. 附件

标配件：



NAV680-SA 主机



集线束



主天线（定位天线）



副天线（定向天线）



主天线连接线



副天线连接线

8. 更新记录

手册最新版本：NAV680-SA 防水版_Datasheet_产品手册

版本	日期	状态/注释
版本 1.0	2024.01.09	首次发行
版本 1.1	2026.03.18	更新RTK指标中的定位精度