

# SKM-4DU规格书

## 组合导航模块

### 文档信息

标题	SKM-4DU 组合导航模块规格书		
文档类型	规格书		
文档编号	SL-18030026		
版本日期	V2.01	7-May -2021	
秘密等级	公开		

## 版本历史

版本号	版本描述	制定	发布日期
V1.01	初始版本	George He	20170723
V1.02	更新认证信息	George He	20170831
V1.03	增加技术说明	Benson	20180315
V1.04	去掉安装角度限制	Benson	20180715
V1.05	增加语句解析	Benson	20180730
V1.06	增加里程计说明	Benson	20180814
V2.01	更新格式	Wendy	20210507

SKYLAB 保留本文档及本文档所包含的信息的所有权利。SKYLAB 拥有本文档所述的产品、名称、标识和设计的全部知识产权。严禁没有征得 SKYLAB 的许可的情况下复制、使用、修改或向第三方披露本文档的全部或部分内容。

SKYLAB 对本文档所包含的信息的使用不承担任何责任。没有明示或暗示的保证，包括但不限于关于信息的准确性、正确性、可靠性和适用性。SKYLAB 可以随时修订这个文档。可以访问 [www.skylab.com.cn](http://www.skylab.com.cn) 获得最新的文件。

Copyright © 2017, 深圳市天工测控技术有限公司。

SKYLAB® 是深圳市天工测控技术有限公司在中国的注册商标。

## 目录

目录.....	3
1 产品简介.....	4
2 典型应用.....	4
3 产品特点.....	4
4 产品优点.....	5
5 设计原理.....	5
5.1 基础原理.....	6
5.2 技术方案.....	7
5.3 方案说明.....	7
5.4 定位性能.....	8
6 电气特性.....	11
7 性能指标.....	12
8 管脚定义.....	13
9 管脚描述.....	14
10 机械尺寸.....	15
11 参考电路.....	16
12 坐标系和安装方式.....	16
13 使用说明.....	19
14 注意事项.....	22
15 固件升级.....	24
16 语句解析.....	26
1 GNGGA.....	26
2 GNRMC.....	27
3 GIRMC.....	28
4 GPATT.....	29
17 联系方式.....	32

## 1 产品简介

SKM-4DU 是一款高性能的面向车载导航领域的车载组合导航模块，模块包含高性能的同时支持北斗和 GPS 的卫星接收机芯片、三轴陀螺仪、三轴加速度计等；通过在线的自适应组合导航算法，SKM-4DU 提供实时高精度的车辆定位、测速和测姿信息，在 GNSS 系统的信号精度降低甚至丢失卫星信号时，不借助里程计信息，SKM-4DU 利用纯惯性导航技术，也可在较长时间内单独对汽车载体进行高精度定位、测速和测姿。模块可以直接输出总里程数，方便客户进行里程计量。



图 1: SKM-4DU 正视图

## 2 典型应用

- ◆ 车辆高精度导航
- ◆ 公交车智能交通
- ◆ 车辆远程监控

## 3 产品特点

- ◆ 高性能三轴陀螺仪和三轴加速度计
- ◆ 完成正交误差/温度漂移等误差补偿
- ◆ 每个产品标定参数均不一致防盗版
- ◆ 紧凑模块化设计可节省用户产品空间
- ◆ 即插即用的标准通信协议 NEMA0183
- ◆ 无安装角度要求方便用户车载安装
- ◆ 支持 RTCM2.3 协议/复杂环境亚米级导航
- ◆ 符合 RoHS, FCC, CE

## 4 产品优点

- ◆ 消除陀螺漂移获高精度姿态航向信息
- ◆ 消除震动加速度获高精度速度信息
- ◆ 零速修正算法可防止导航数据漂移
- ◆ 基于自适应的扩展卡尔曼滤波算法
- ◆ 识别并隔离有较大误差的 GNSS 数据
- ◆ 利用纯惯性导航实现高精度定位
- ◆ 组合导航和纯惯导航技术自主切换

## 5 设计原理

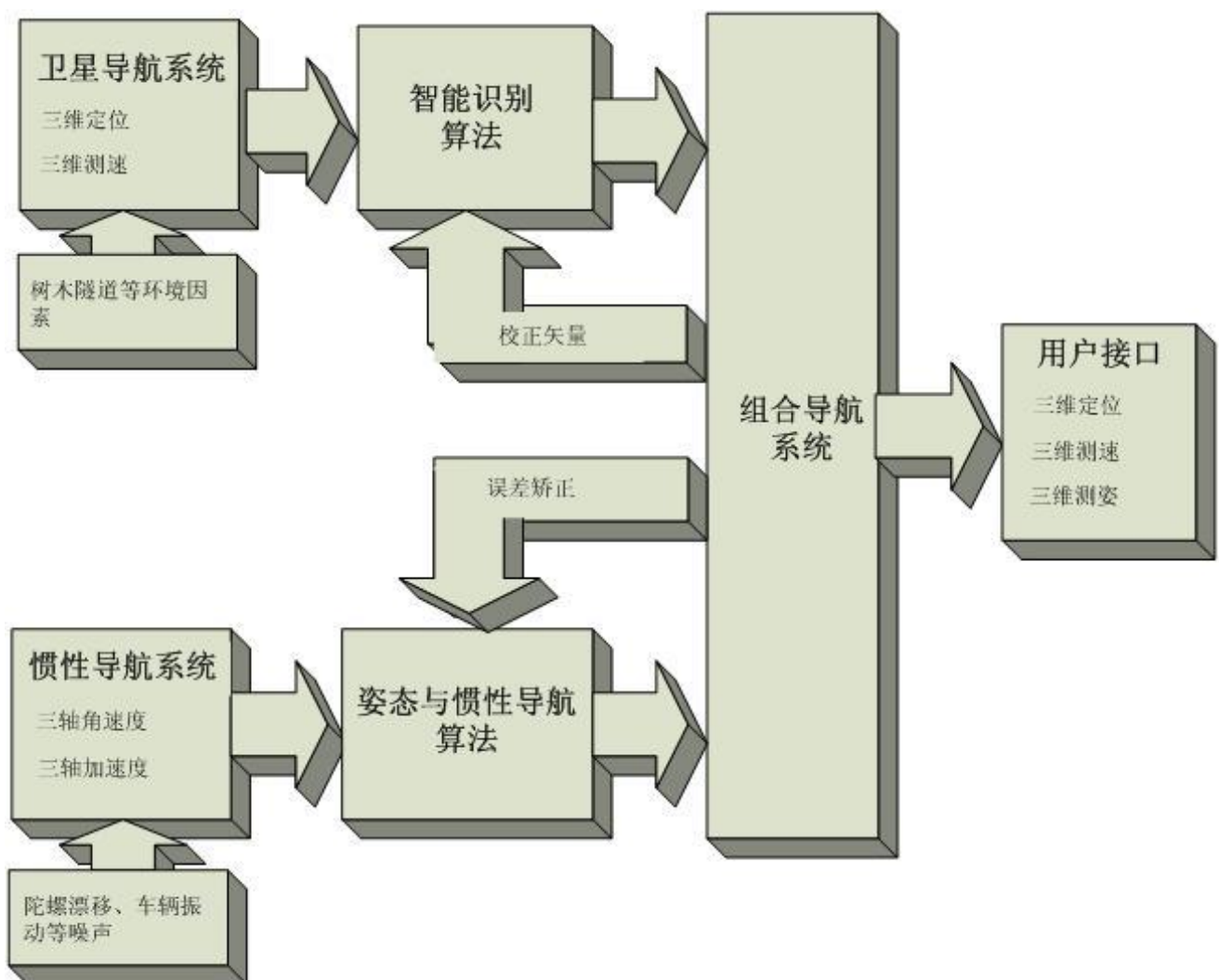


图 2: SKM-4DU 设计原理图

## 5.1 基础原理

### ◆ 卫星导航系统:

卫星导航系统具有实现全球、全天候、高精度的导航等优点；但卫星导航系统容易受到周围环境的影响，例如树木楼房等，造成多路径效应，使得定位结果精度降低甚至丢失，尤其是在隧道或者室内环境中，卫星导航系统基本无法使用。另外，即使在空旷的环境下，当载体速度非常低时，卫星导航系统获得载体方位信息（航向角）也会产生较大误差。

### ◆ 惯性导航系统:

惯性导航是以牛顿力学定律为基础，通过测量载体在惯性参考系的加速度，将它对时间进行积分，且把它变换到导航坐标中，就能够得到在导航坐标中的速度、偏航角和位置等信息，同时可以获得载体的载体信息。但惯性导航系统由于陀螺仪零点漂移严重，车辆震动等因素，致使无法通过直接积分加速度获得高精度的方位和速度等信息，即现有的微惯性导航系统很难长时间独立工作。

### ◆ 组合导航系统:

卫星/惯性组合导航充分利用惯性导航系统和卫星导航系统优点，基于最优估计算法——卡尔曼滤波算法融合两种导航算法，获得最优的导航结果；尤其是当卫星导航系统无法工作时，利用惯性导航系统使得导航系统继续工作，保证导航系统的正常工作，提高了系统的稳定性和可靠性。

### ◆ 摆脱里程计:

常规车载导航系统往往依靠里程计和陀螺仪的 DR 方案，实现汽车复杂环境下的高精度导航定位，里程计信号对于很多汽车后装市场而言，连接非常复杂，而且涉及汽车安全问题。经过多年的研发，在 GNSS 系统的信号精度降低甚至丢失卫星信号时，SKM-4DU 系统完全摆脱了对里程计依赖，仅仅利用纯惯性导航技术，也可在较长时间内单独对汽车载体进行高精度定位、测速和测姿，与市场上现有的相关产品相比，性能得到了较大地提升。

当然，SKM-4DU 模块可以连接里程计信号，将会获得更好的性能指标。

### ◆ 车辆姿态角:

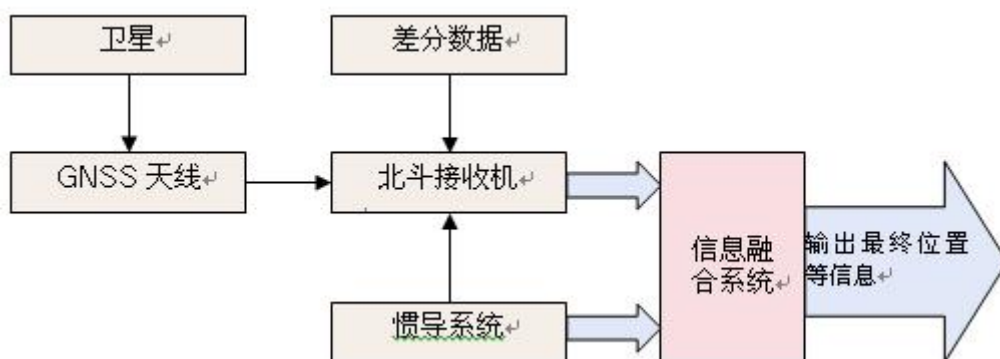
SKM-4DU 导航模块利用多年对 MEMS 惯性器件的研究经验，通过自适应滤波算法实现了对陀螺仪漂移和加速度震动信号的滤波，并进一步可以获得高精度的姿态信息，从而可以满足坡道检测等车辆监控和导航应用的各种需求。

### ◆ GI 导航系统:

SKM-4DU 导航模块提出了卫星导航精度的智能识别算法，基于组合导航提供的高精度导航信息，对卫星导航的定位精度进行识别，如果卫星导航精度较好，则进行组合导航，一旦发现卫星导航信号非常差甚至丢失信号，则进行纯惯性导航，总之，SKM-4DU 导航模块实现了组合导航和纯惯性导航的自主切换。

## 5.2 技术方案

- ◆ 基于差分系统，获得 RTCM2.3 的差分数据，SKM-4DU 可实现伪距差分，在空旷环境下可以实现亚米级的定位精度；
- ◆ 基于惯性导航的组合定位方式，实现在复杂环境下的车辆导航定位，从而可以实现在高架下，高楼林立，树木遮挡等环境下的公交车高精度导航定位。



## 5.3 方案说明

### ◆ 差分高精度

SKM-4DU 是基于 M8030 设计的高精度定位模块，当接收到差分数据之后，在空旷环境下可以达到 0.8 米 rms 的定位精度，但是，一旦达到复杂环境下，主要由惯性导航技术提高定位精度。

### ◆ 惯性导航

惯性导航是和卫星导航一样，惯性导航系统都是一直在工作，惯性导航输出三维位置、三维速度、三维姿态、三维加速度、三维角速度等 15 维车载信息；卫星导航系统输出三维位置和三维速度等 6 维信息。

1) 组合导航的初始化过程：惯性导航没有初始信息，必须通过卫星导航复制给惯性导航初始位置和速度方向等信息，所以需要车辆跑起来，形成车辆行驶的方向，完成初始化。

2) 组合导航的误差求解：组合导航系统利用卫星和惯性导航输出的三维位置和三维速度的差值，对惯性导航的三维姿态、三维加速度和三维角速度进行求解，同时求解出三轴加速度计和三轴陀螺仪的各种误差，这些误差是白噪声，即没有任何统计规律，是随着时间随机变化，必须通过 kalman 滤波算法实时求解更新才可以获得最优解。

3) 组合导航的训练时间：根据上述分析，组合导航系统需要通过卫星导航求解惯性导航的各种误差，所以，必须有一个训练过程，即用高质量的卫星导航来训练惯性导航的性能，使得惯性导航可以估计出自身的误差，如果训练时间很短，则无法实现很好的性能。



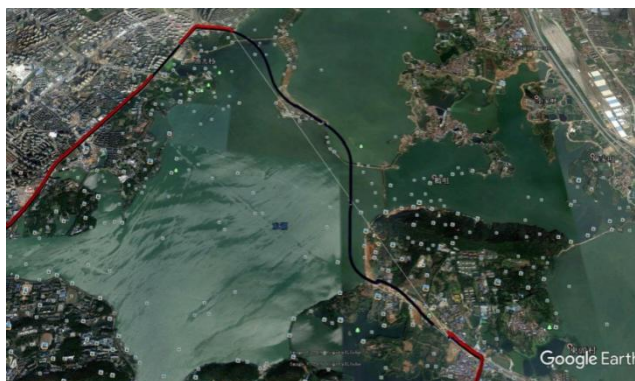
4) 组合导航的自适应算法: 车辆在城市行驶过程中, 有空旷环境下、有复杂环境, 还有隧道车库等环境, 组合导航算法有一套卫星质量评估算法, 根据卫星质量来进行组合导航, 通俗的讲, 就是根据卫星质量来确实, 卫星和惯性导航之间的比例系数, 例如, 空旷环境下, 100%相信卫星导航, 车库隧道, 100%相信惯性导航, 以此类推。

## 5.4 定位性能

### ◆ 组合导航的定位性能

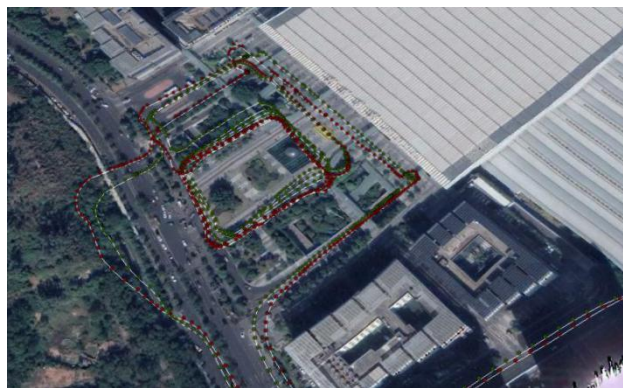
人们使用高精度组合导航模块, 希望可以在任何地方都可以获得非常精确的定位效果。

惯性导航虽然不受环境影响, 但是惯性导航是一个随着时间误差不断累加的导航定位技术, 目前, 根据车库和隧道的定位效果来看, 我们研发的惯性导航模块的定位精度为 1%-2%, 即行走 100 米误差为 1-2 米。从全球来看, 这样的纯惯性导航定位精度也是非常高的水平。



武汉东湖隧道

(蓝色为组合导航定位效果, 红色曲线为卫星定位效果)



深圳某地下车库

(红色曲线为组合导航模块 1 定位效果, 黄色曲线为组合导航模块 2 定位效果)



◆ 组合导航的抗漂移性能

卫星导航在复杂环境下，车辆静止的时候，位置会漂移，增加惯性导航后，组合导航输出的定位信息完全可以抑制漂移，使得车辆定位的效果更加理想。



上海陆家嘴

(蓝色为组合导航定位效果，红色曲线为卫星定位效果)

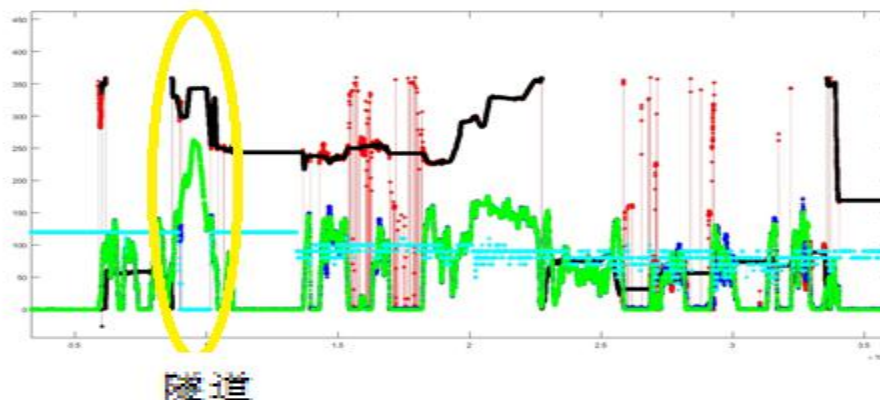


上海沪闵高架下

(黄色为组合导航定位效果，红色曲线为卫星定位效果)

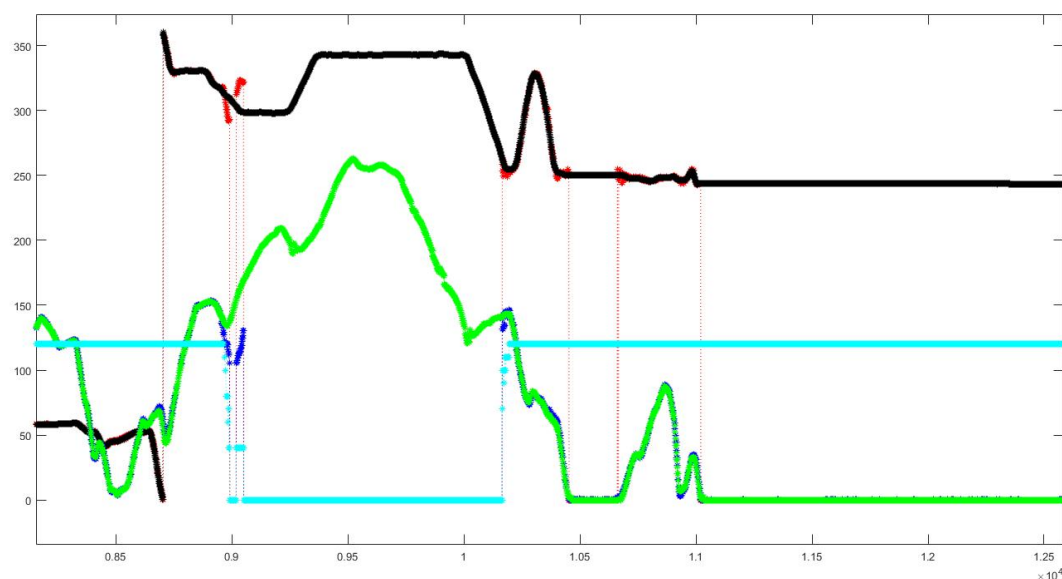
◆ 组合导航的速度方向精度

组合导航系统除了提供高精度的定位信息之外，还提供了比卫星导航更加精确的速度和方向信息，尤其是在车库或者隧道等情况下。



图中：红色为 GPS 提供的方向信息，黑色为组合导航提供的方向，蓝色为卫星提供的速度十倍放大，绿色为组合导航提供的速度信息十倍放大，青色为卫星提供的卫星数十倍放大。可以看出，在车辆低速的过程中，卫星导航提供的方向误差很大，当车辆静止的时候，没有方向信息。

上图过程中，黄色区域为隧道过程的信息，放大之后，如下图所示：



通过上图可以看出，在隧道过程中，惯性导航提供了非常高精度的速度和方向信息，再此基础上，才可以获得高精度的位置信息。

## 6 电气特性

### ◆ 极限参数

参数	定义	最小值	最大值	单位
电源				
供电电压	VCC	-0.3	3.6	V
输入输出				
I/O 特性	VIO	-0.3	3.6	V
RF 输入功率	RF_IN		0	dBm
静电保护	RF_IN		2000	V
环境				
存储温度	Tstg	-40	85	° C
湿度			95	%

### ◆ 电气特性

参数	定义	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	Vcc		3.0	3.3	3.6	V
电源电压	V_BCKP		1.4	3.0	3.6	V
输入高压	VIH		2.4		3.6	V
输入低压	VIL		0		0.6	V
输出高压	VOH	Ioh=4 mA	2.8			V
输出低压	VOL	Iol=4 mA			0.4	V
工作温度	Topr		-40		85	°C

本产品内部有复杂的组合导航算法，所以功耗比一般的导航模块高，请在设计硬件电路过程中，一定给本产品预留足够的功耗，即电流不小于 150mA。

## 7 性能指标

◆ 电器特性一倍标准差 ( $1\sigma$ ) 无里程计时

GNSS 信号丢失时间	接收机定位方式	水平位置 <sup>1</sup>	水平速度 <sup>1</sup>	俯仰横滚角 <sup>1</sup>	航向角 <sup>1</sup>
5 秒	标准定位	2.0-3.5m	0.05m/s	0.5deg	1.0deg
10 秒	标准定位	10.0m	N/A	N/A	N/A
60 秒	标准定位	25.0m	N/A	N/A	N/A
120 秒	标准定位	60.0m	0.5m/s	1.0deg	2.0deg

◆ 电器特性一倍标准差 ( $1\sigma$ ) GNSS 部分功能

参数	指标
接收机类型	GPS L1C/A
	GLONASS L1OF
	BeiDou B1
TTFF	冷启: 27s
	温启: 3s
	热启: 1s
	辅助启动: 5s
灵敏度	跟踪定位: -165dBm
	重捕获: -160dBm
	冷启动: -148dBm
	温启动: -148dBm
	热启动: -156dBm
水平定位精度	自主定位: 2.5m
	SBAS: 2.0m
授时精度	RMS: 30ns
	99%: 60ns
速度精度	0.05m/s
航向精度	0.3degrees
操作限制	动态 $\leq 4g$
	高度 $\leq 50,000m$
	速度 $\leq 500m/s$

## 8 管脚定义

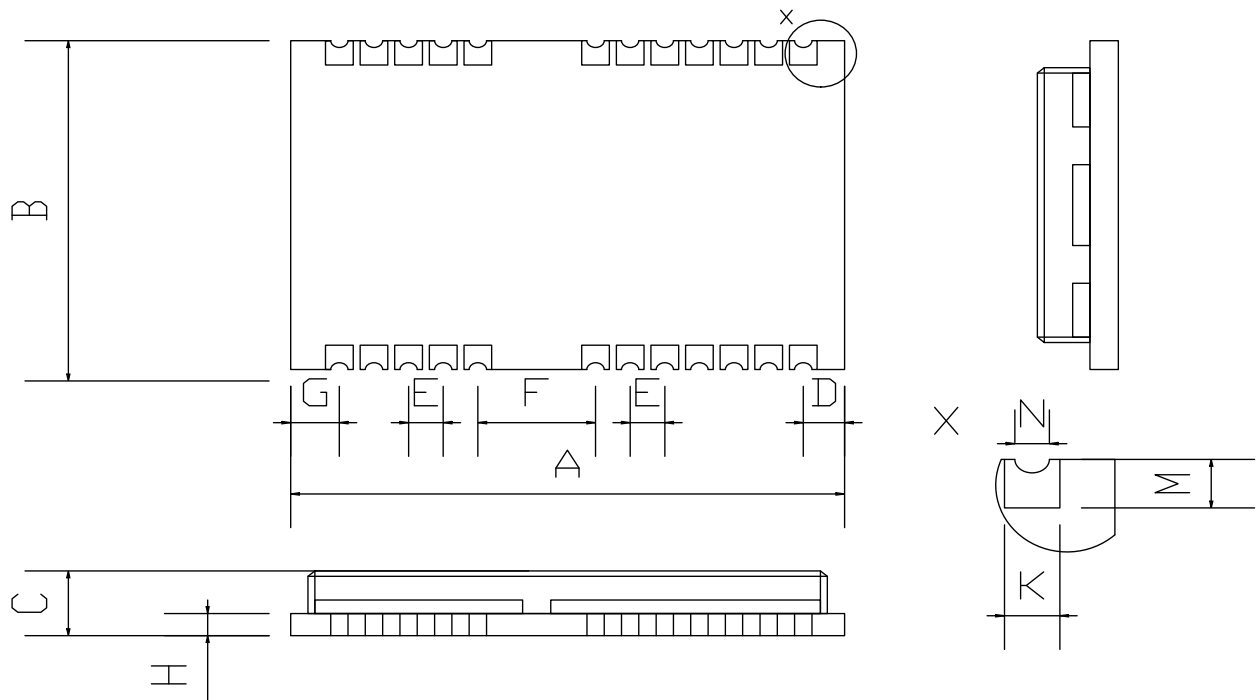
1	NC	GND	24
2	NC	VCC	23
3	1PPS	V_BCKP	22
4	EXTINT	RXD1	21
5	NC	TXD1	20
6	RX_GNSS	RXD2	19
7	TX_GNSS	TXD2	18
<b>SKM-4DU Top view</b>			
8	NRESET	SWCLK	17
9	VCC_RF	SWDIO	16
10	GND	BOOT0	15
11	RF_IN	NC	14
12	GND	NC	13

图 3: SKM-4DU 管脚定义

## 9 管脚描述

管脚编号	管脚定义	I/O	使用说明	备注
1	NC		悬空	
2	NC		悬空	
3	1PPS	O	秒脉冲信号输出	
4	EXTINT	I	中断脚，低电平使能模块进入休眠状	
5	NC		悬空	
6	RX_GNSS	I	测试引脚，悬空	悬空
7	TX_GNSS	O	测试引脚，悬空	悬空
8	NRESET		模块复位，低电平有效。	不用时，悬空
9	VCC_RF	P	有源天线供电端输入	
10	GND	G	电源地	
11	RF_IN	I	GNSS 天线接口	
12	GND	G	电源地	
13	NC		悬空	
14	NC		悬空	
15	BOOT0		接电源地	
16	SWDIO		必须悬空	
17	SWCLK		必须悬空	
18	TXD2	O	备用串口发送	备用
19	RXD2	I	备用串口接收	备用
20	TXD1	O	串口发送	
21	RXD1	I	串口接收	
22	V_BCKP		备份电池，1.4V--3.6V。	不用时，悬空
23	VCC	P	工作电压：3.0-3.6V	
24	GND	G	电源地	

## 10 机械尺寸



Symbol	Min.(mm)	Typ.(mm)	Max.(mm)
A	15.9	16.0	16.6
B	12.1	12.2	12.3
C	2.2	2.4	2.6
D	0.9	1.0	1.3
E	1.0	1.1	1.2
F	2.9	3.0	3.1
G	0.9	1.0	1.3
H		0.82	
M	0.7	0.8	0.9
N	0.8	0.9	1.0
K	0.4	0.5	0.6
Weight	1.6g		

图 4: SKM-4DU 机械尺寸



## 11 参考电路

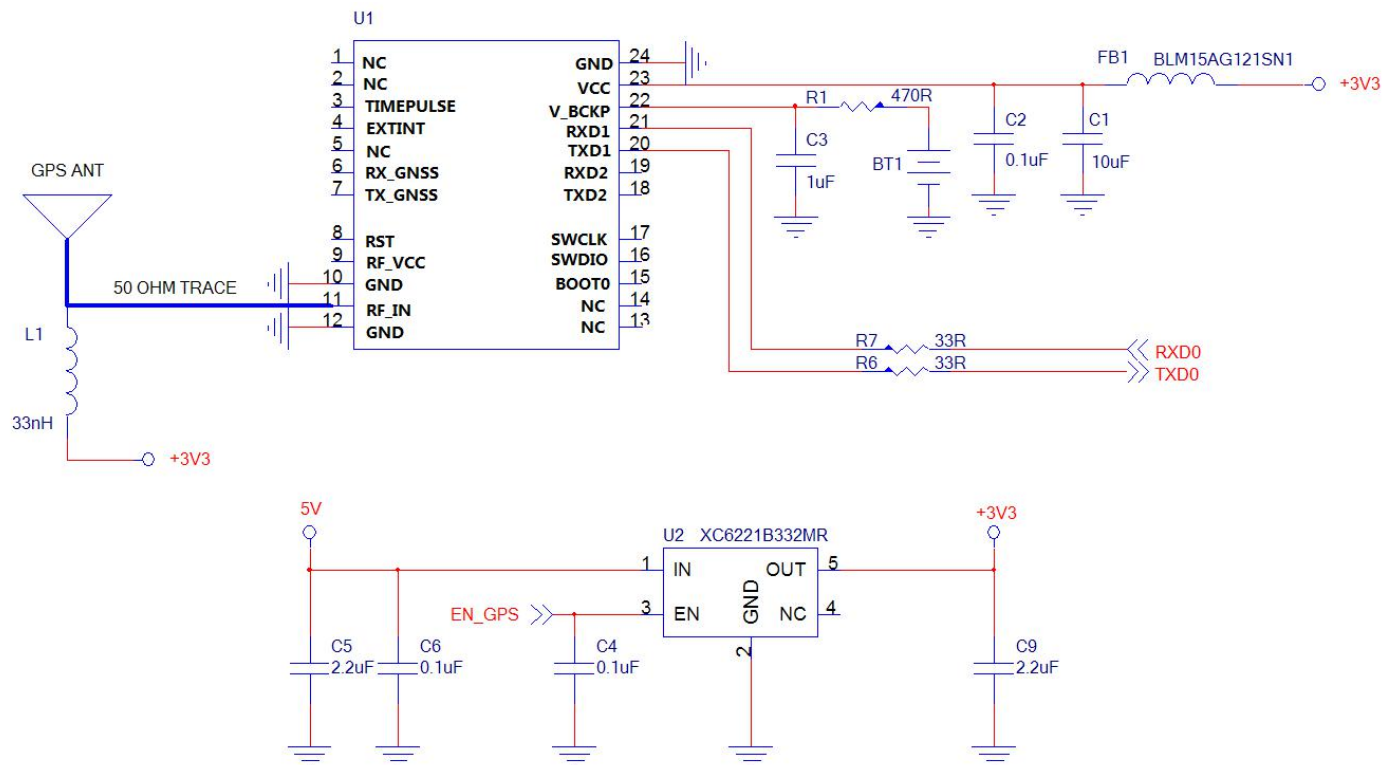


图 5: SKM-4DU 参考电路

## 12 坐标系和安装方式

### ◆ 坐标系

坐标系如图 6 所示，XYZ(前侧上)轴满足右手定则。

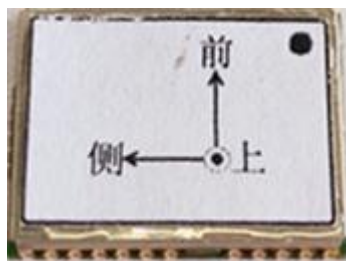


图 6: SKM-4DU 坐标系

### ◆ 安装方式

SKM-4DU 目前兼容自适应安装，客户可以用任何角度自适应安装，默认的安装角度如图 7。

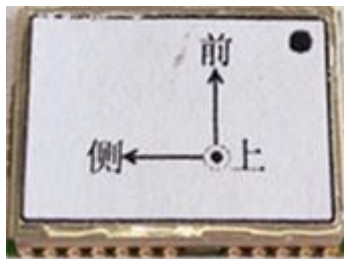


图 7: SKM-4DU 安装方式

### ◆ 组合导航初始化

目前，GI-200 惯性导航算法实现自适应安装算法，即用户可以任意安装模块，实现相同的组合导航效果。

具体而言：用户需要把 SKM-4DU 和车体固定连接，静止上电，然后，车辆行驶起来，通过车辆的加速减速拐弯等车辆运动，SKM-4DU 识别出安装角度；总之，需要跑车一段时间，才可以获得安装角。

当获得安装角之后，SKM-4DU 马上进入组合导航状态，再经过大约 1 分钟左右车辆行驶，，惯性导航训练成功，此时，可以进入隧道和车库等无卫星定位的区域。

具体初始化过程如下表所示：

阶段	组合导航初始化过程	系统状态	定位结果
1	上电后，静止 5-10 秒以上，完成导航系统的姿态初始化； 由于 SKM-4DU 具有自动识别车辆静止或动态的功能，如果车辆行驶过程中上电，在 SKM-4DU 会等到车辆静止后完成功能。	<b>GPATT 协议的 State_Flag 成为 01 GPGGA 的 InsTime 为 0</b>	输出纯卫星 定位结果
2	卫星定位成功，收到有效的卫星解析，并确保卫星定位达到一定精度（GPGGA 协议 Gps_Precision 小于 10），SKM-4DU 完成惯性导航位置初始化，GPATT 状态位变为 2。即卫星定位精度很差时，SKM-4DU 不对惯性导航位置进行初始化，而是输出卫星定位结果。	<b>GPATT 协议的 State_Flag 成为 02 GPGGA 的 InsTime 为 0</b>	输出纯卫星 定位结果
3	尽量保持 GI-200 导航系统在空旷的地方行驶一定时间，这个过程中，SKM-4DU 进行安装角识别，此过程中，SKM-4DU 完全复制卫星定位结果。获得安装角之后，GPATT 状态位为 2。	<b>GPATT 协议的 State_Flag 变成 02</b>	输出纯卫星 定位结果

		<b>GPGGA 的 InsTime 为 0</b>	
4	获得安装角之后，车辆行驶速度超过 3 米/秒，SKM-4DU 完成对惯性导航的速度和方向初始化，则 GPATT 状态位变为 3。	<b>GPATT 协议的 State_Flag 变成 03，GPGGA 的 InsTime 为开始每秒加 1。</b>	输出组合导航定位结果
5	继续保持 GI-200 导航系统在空旷的地方行驶，这个过程中，SKM-4DU 利用卫星定位数据对惯性导航进行训练，此次，GPGGA 的 InsTime 每秒加 1，通过大约 1 分钟，即 InsTime 大于 60 之后，SKM-4DU 基本实现组合导航系统的算法收敛，即完成对惯性导航元件误差的估计。	<b>GPATT 协议的 State_Flag 成为 03，GPGGA 的 InsTime 每秒加 1。</b>	输出组合导航定位结果
6	SKM-4DU 完成组合导航算法收敛后，可以进入隧道或车库等无卫星定位环境进行定位。	<b>GPATT 协议的 State_Flag 为 03，GPGGA 的 InsTime 每秒加 1。</b>	输出纯惯性导航定位结果
7	SKM-4DU 完成组合导航算法收敛后，可以进入高架下、高楼林立、小区等无卫星定位差的环境进行定位。	<b>GPATT 协议的 State_Flag 为 03，GPGGA 的 InsTime 每秒加 1。</b>	输出组合导航定位结果
8	通过长时间的车辆行驶，SKM-4DU 对安装角进行了多次求解并且处理之后，获得更加精确的安装角。GPATT 状态位改为 4	<b>GPATT 协议的 State_Flag 为 04。</b>	输出组合导航定位结果

总结：

(1) 组合导航系统初始化过程，建议车辆首先在无遮挡的环境下行驶大约几分钟，然后再进入有遮挡等复杂环境下，组合导航系统的定位效果才会好。

(2) 其实，用户不需要特别关心 SKM-4DU 的初始化过程，只需要在空旷环境下行驶大约几分钟，就实现了惯性导航初始化。

#### ◆ 组合导航复位

为了确保 SKM-4DU 可以长期高可靠性的提供稳定的车辆定位效果，与市场上常见的其他惯性导航模块一样，SKM-4DU 也具有自我失效检查功能，一旦确认当前的组合导航定位结果存在问题，SKM-4DU 马上进行组合导航复位，即从新进入组合导航初始化过程的第 4 阶段，即重新利用卫星导航结果对惯性导航进行位置、速度和方向的初始化。

当然，SKM-4DU 发生组合导航复位的概率非常低，但是，为了提高可靠性，确实需要具有组合导航复位的功能。

## 13 使用说明

#### ◆ 传感标定

由于芯片制造工艺等问题，每个 SKM-4DU 的各个传感器组件（三轴陀螺仪、三轴加速度计）的零点、灵敏度和温漂等参数都不一样，为了使每个 SKM-4DU 达到相同的性能指标，出厂前已经对 SKM-4DU 的各个传感器组件进行了各种误差补偿。

每个产品的传感器组件标定参数均不一样，如果采用相同的参数，将会造成较大的导航误差，这种唯一性可用于防止了系统盗版，从而提高了用户产品的可靠性。

#### ◆ 通信接口

SKM-4DU 模块提供了两个串口，其中，串口 1 用于发送卫星信息和接收差分信息，串口 2 用于接收里程计信息。

两个串口都不提供硬件握手方式，且采用 8 位数据位、0 位奇偶校验位，1 位停止位（8-N-1）方式，波特率默认为 9600,可根据用户要求，可以修改为 115200。

#### ◆ 通信频率

目前，系统支持输出 1hz 和 5hz 的数据刷新频率，默认频率为 1HZ。

#### ◆ 通信协议

目前，SKM-4DU 模块输出常见的 NMEA0183 协议，例如：GPGGA、GPRMC，GPGSV，GPGSA，另外，为了输出汽车姿态信息，SKM-4DU 模块定义了一组通信协议 GPATT。

#### ◆ 控制命令

SKM-4DU 系统支持用户通过串口发控制命令实现如下功能，但是，SKM-4DU 无法保存设置，即 SKM-4DU 每次上电都是按默认方式输出。

表 1 惯性导航使能

类型	类型属性	通信协议	默认值	备注
1	log gpins	使能惯性导航	默认	结果请见协议 GPATT
2	unlog gpins	关闭惯性导航		结果请见协议 GPATT

表 2 输出频率设置

类型	类型属性	通信协议	默认值	备注
1	log ghigh	实现 5HZ 输出		结果请见输出协议
2	unlog ghigh	实现 1HZ 输出	默认	结果请见输出协议

表 3 ATT 协议使能

类型	类型属性	通信协议	默认值	备注
4	log gpatt	打开 GPATT	默认	结果请见输出协议
8	unlog gpatt	关闭 GPATT		结果请见输出协议

表 4 ZDA 协议使能

类型	类型属性	通信协议	默认值	备注
1	log gpzda	打开 GNZDA		结果请见输出协议
2	unlog gpzda	关闭 GNZDA	默认	结果请见输出协议

表 5 GSV 协议使能

类型	类型属性	通信协议	默认值	备注
1	log gpgsv	打开 GPGSV,GPGSA		结果请见输出协议
2	unlog gpgsv	关闭 GPGSV,GPGSA	默认	结果请见输出协议

表 6 BD/GLONS 选择

类型	类型属性	通信协议	默认值	备注
1	log gpgbd	选择 GPS+BD		结果请见协议 GPATT
2	unlog gpgbd	选择 GPS+Glonass	默认	结果请见协议 GPATT

表 7 波特率设置

类型	类型属性	通信协议	默认值	备注
4	log g4800	选择 4800		结果请见输出协议
5	log g9600	选择 9600	默认 1	结果请见输出协议
6	log g1920	选择 19200		结果请见输出协议
7	log g3840	选择 38400		结果请见输出协议
8	log g1152	选择 115200	默认 2	结果请见输出协议

备注:

- 1、命令全部为小写字母。
- 2、log 和 unlog 后面有一个空格键。
- 3、GPATT 协议包含了很多产品信息，建议用户保留该协议的输出，方便查询问题。
- 4、GPGSV, GPGSA 占用串口资源，建议用户使用惯性导航功能时关闭两组协议。
- 5、SKM-4DU 有两种默认波特率 9600/115200，请用户订货时确认所需的波特率。
- 6、SKM-4DU 执行各种用户命令需要的执行时间，具体情况如下表所示，如果用户发命令请确保命令的执行。

序号	命令类型	所需时间
1	惯性导航使能	20ms
2	输出频率设置	20ms
3	ATT 协议使能	20ms
4	ZDA 协议使能	20ms
5	GSV 协议使能	500ms
6	BD/GLONS 选择	500ms
7	波特率设置	20ms

## 14 注意事项

SKM-4DU 模块作为一款高性能的车载组合导航系统，在使用过程中，也需要用户注意一些使用事项，如表：

序号	准备工作	重要性
1	上电前，大致按着图 6 安装，无具体安装角度要求；	必须
2	上电前，固连车体和 SKM-4DU；	必须
3	上电后，不能再移动 SKM-4DU；	必须
4	车体移动前，确保用户 GPS/BD 系统输出规定的协议	必须

序号	组合导航初始化过程	重要性
1	上电后，静止 5-10 秒以上，完成导航系统的姿态初始化；	必须
2	汽车移动后，尽量保持 SKM-4DU 导航模块在空旷的地方行驶一定时间，进行组合导航系统的算法收敛，然后在进入隧道等复杂环境下进行测试。	必须

组合导航模块初始化过程，建议车辆首先在无遮挡的环境下行驶大约几分钟，然后再进入有遮挡环境下，组合导航模块的定位效果才会好。

### ◆ 卫星定位精度 Gps\_Precision

SKM-4DU 是一个组合导航定位模块，而用户获得定位结果是由天线+SKM-4DU 模块+用户终端共同实现的结果。只有卫星定位实现正常的定位的前提下，SKM-4DU 才可以实现较好的组合导航定位效果。在实际使用过程中，由于用户天线或者底板供电等各个方面因素，会造成 SKM-4DU 模块的卫星定位效果不稳定甚至无法定位，从而使 SKM-4DU 整体的定位效果很差。

GPS\_Precision 是 SKM-4DU 提供的以米为单位的卫星定位精度，例如，SKM-4DU 在空旷环境下，卫星定位精度 GPS\_Precision 一般在 0.4 米左右。

**强烈建议用户通过通信把 GPS\_Precision 上传到服务器**，一旦 SKM-4DU 定位出现问题，可以基于 GPS\_Precision 数值绘制成曲线，便于分析造成问题的原因，便于产品维护。否则，SKM-4DU 产品出现问题，用户很难分析具体原因。

GPS\_Precision 放置在 GNGGA 协议的第 9 个字段。

### ◆ 惯性导航训练时间 InsTime



SKM-4DU 是一个组合导航定位模块，组合导航系统需要通过卫星导航求解惯性导航的各种误差，所以，必须有一个训练过程，即用高质量的卫星导航来训练惯性导航的性能，使得惯性导航可以估计出自身的误差，如果训练时间很短，则无法实现很好的性能。

InsTime 是 SKM-4DU 提供的以秒为单位的组合导航训练时间，建议 SKM-4DU 进入隧道和车库等无卫星定位的区域，应该保证 InsTime 是大约等于 60，当然，InsTime 越大越好，代表 SKM-4DU 通过卫星定位训练惯性导航时间越长。

**强烈建议用户通过通信把 InsTime 上传到服务器**，一旦 SKM-4DU 在复杂环境下，例如车库或者隧道无法实现定位，可以通过分析 InsTime 的数值，确定 SKM-4DU 当前处于什么状态。

#### ◆ 卫星定位原始数据 GIRMC

SKM-4DU 是一个组合导航定位模块，定位结果是由卫星定位和惯性定位共同实现，为了让用户了解 SKM-4DU 卫星定位的效果，SKM-4DU 默认输出 GIRMC 协议，该协议的帧头为 GIRMC，协议内容完全复制 SKM-4DU 内部 M8030 输出的 GNRMC 协议内容。

用户可以通过对比 GNRMC 和 GIRMC 定位结果，确认组合导航定位的效果。

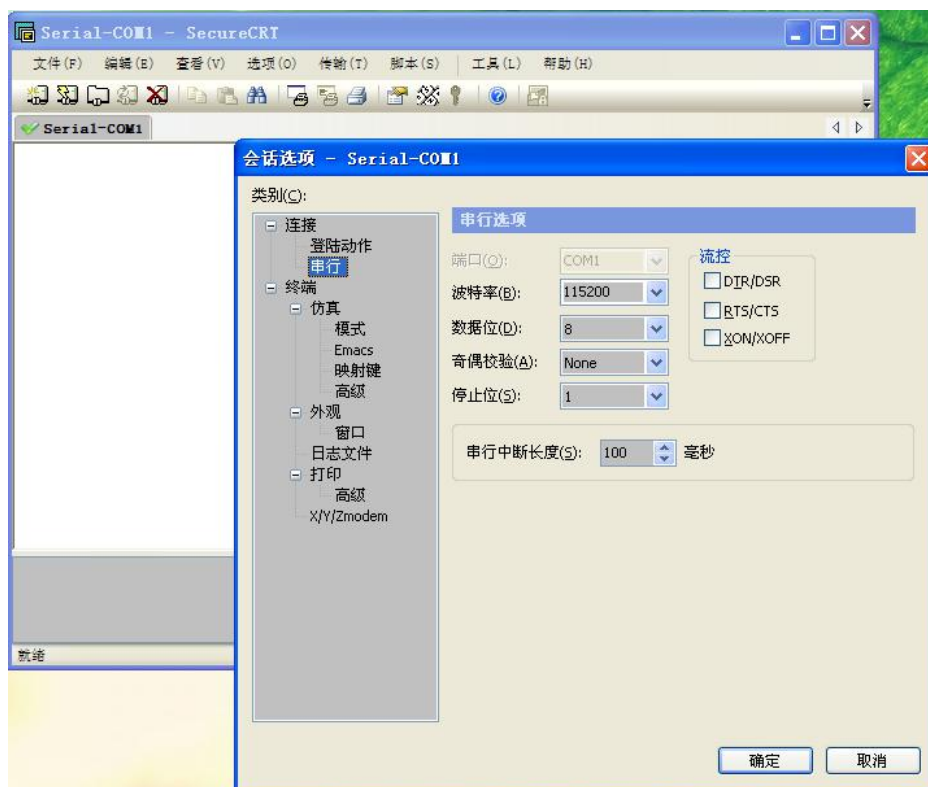
#### ◆ 惯性导航提供的静止标志位

传统的定位模块在车辆静止的时候，也会有位置和速度飘逸，致使用户很难判断车辆是否静止。SKM-4DU 是一个组合导航定位模块，可以根据惯性元件的状态进行车辆静止或动态判断，对于基于车辆里程收费的用户，该标志为非常有帮助，即根据该标志可以判断车辆是否在运动，在运动状态下，累加车辆行驶的轨迹获得精确的里程信息。

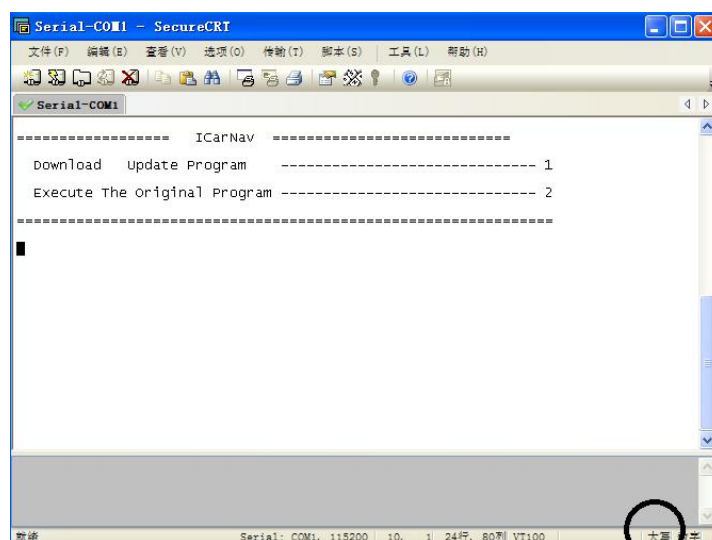
## 15 固件升级

为了方便用户使用，本产品支持串口升级固件功能，我方将提供了 sourceCRT 软件进行升级，具体步骤如下：

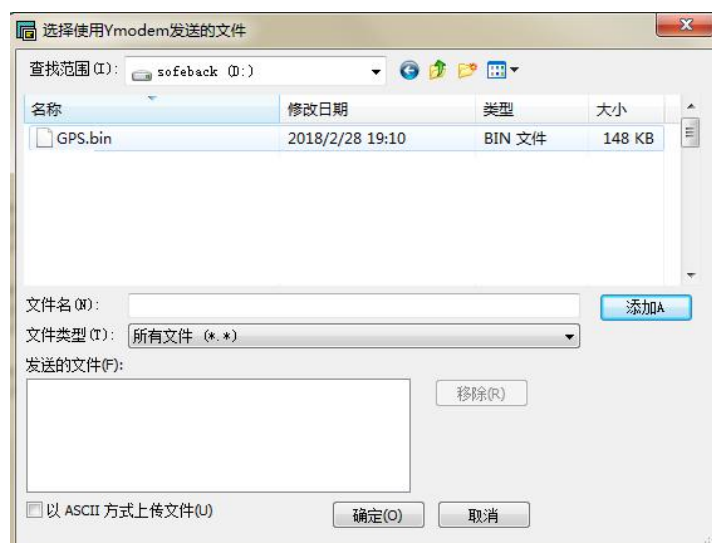
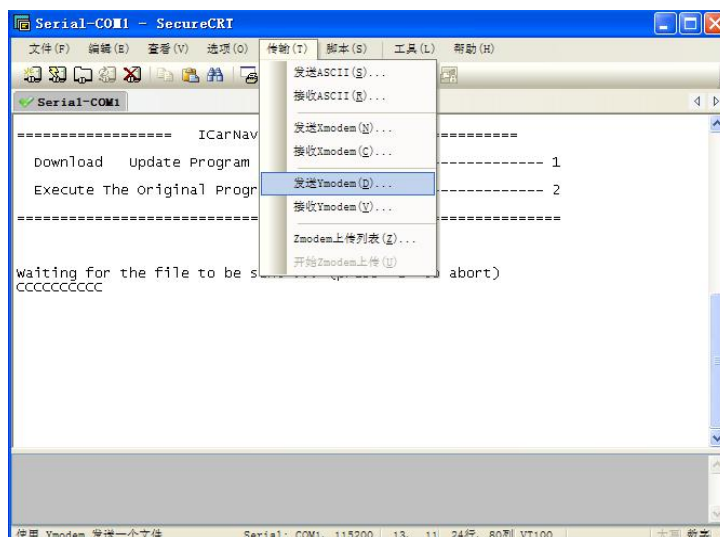
1、设置 sourceCRT 通信参数如图所示：



2.sourceCRT 设置后，通过键盘输入字符‘UPSOFT’，进入固件升级菜单，如图所示：

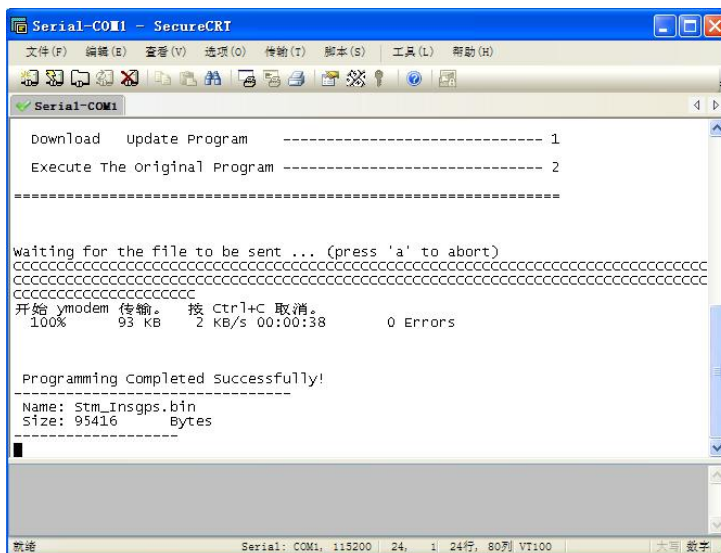


3、通过键盘输入字符‘1’，进入固件升级流程，在菜单中选择“传输”，并在文件名里面选择待升级固件 bin 文件，在协议栏里面选择“发生 YMODEM”，然后点击“确定”（在升级完毕前保持电源），过程如图所示：



（强烈建议：用户把升级文件放在根目录下）

4、当显示“Programming Completed Successfully!”字样时，固件升级成功。



## 16 语句解析

### 1 GNGGA

例如：\$GNGGA,062938.00,3110.4700719,N,12123.2657056,E,1,12,0.6,58.9666,M,0.000,M,99,0000\*50

编号	名称	描述	符号	举例
1	\$GPGGA	Log header		\$GPGGA
2	utc	UTC时间 (时/分/秒)	hhmmss.ss	202134.00
3	lat	纬度：-90~90度	llll.llllll	3110.4693903
4	latdir	纬度方向：N：北；S：南	a	N
5	lon	经度：-180~180度	yyyyy.yyyyyyy	12123.2621695
6	londir	经度方向：E：东；W：西	b	W
7	QF	解状态 0：无效解； 1：单点定位解； 2：伪距差分； 6：纯惯导解	q	1

8	sat No.	卫星数	n	14
9	<b>Gps_Precision</b>	<b>卫星定位精度</b>	<b>x.x</b>	<b>0.6</b>
10	alt	高程	h.h	50.22
11	a-units	高程单位	M	M
12	Geoidal	大地水准面	xxx.x	0.000
13	a-units	单位	M	M
14	age	差分延迟	dd	1
15	<b>InsTime</b>	<b>组合导航训练时间</b>	<b>xxxx</b>	<b>1</b>
16	*xx	Checksum	*hh	
17	[CR][LF]	Sentence terminator		[CR][LF]

说明：SKM-4DU 修改了 GGA 官方协议的三个字段。

(1) 字段第 7；增加了解状态 6，在没有卫星信号的场所，例如地下车库、隧道，模块进入纯惯导解状态，标志位变成 6

(2) 第 9 字段：HDop 修改为 Gps\_Precision

Gps\_Precision 是 GI200 提供的以米为单位的卫星定位精度，例如，GI200 在空旷环境下，卫星定位精度 Gps\_Precision 一般在 0.4 米左右。强烈建议用户把 Gps\_Precision 利用起来，可以便于产品维护。

(3) 第 15 字段：StatteID 修改为 InsTime

InsTime 是 GI200 提供的以秒为单位的组合导航训练时间，建议 GI200 进入隧道和车库等无卫星定位的区域，应该保证 InsTime 是大约等于 60，当然，InsTime 越大越好，代表 GI200 通过卫星定位训练惯性导航时间越长。

## 2 GNRMC

例如：\$GNRMC,064401.65,A,3110.4706987,N,12123.2653375,E,0.604,243.2,300713,0.0,W,A\*3E

编号	名称	描述	符号	举例
1	\$GPRMC	Log header		\$GPRMC
2	utc	UTC时间 (时/分/秒)	hhmmss.ss	143550.00
3	Pos status	解状态:	A	A

		A=有效定位 V=无效定位		
4	lat	纬度: -90~90度	lll.llllll	3110.4854911
5	latdir	纬度方向: N: 北; S: 南	a	N
6	lon	经度: -180~180度	yyyyy.yyyyyyy	12123.9129278
7	londir	经度方向: E: 东; W: 西	b	E
8	SPEED IN	地面速率	q	0.29
9	Track Ture	地面航向角	n	108.5
10	Date	UTC日期	ddmmyy	010909
11	Mag var	磁偏角 (000.0~180.0度, 前导位数不足则补0)	0.0	0.0
12	Vardir	磁偏角方向, E (东) 或W (西)	M	M
13	Mode ind	模式指示 (仅NMEA0183 3.00版本输出, A=自主定位, D=差分, E=估算, N=数据无效)	a	A
14	*xx	Checksum	*hh	*57
15	[CR][LF]	Sentence terminator		[CR][LF]

### 3 GIRMC

例如: \$GIRMC,064401.65,A,3110.4706987,N,12123.2653375,E,0.604,243.2,300713,0.0,W,A\*3E

编号	名称	描述	符号	举例
1	\$GIRMC	Log header		\$GPRMC
2	utc	UTC时间 (时/分/秒)	hhmmss.ss	143550.00
3	Pos status	解状态: A=有效定位 V=无效定位	A	A

4	lat	纬度: -90~90度	lll.llllll	3110.4854911
5	latdir	纬度方向: N: 北; S: 南	a	N
6	lon	经度: -180~180度	yyyyy.yyyyyyy	12123.9129278
7	londir	经度方向: E: 东; W: 西	b	E
8	SPEED IN	地面速率	q	0.29
9	Track Ture	地面航向角	n	108.5
10	Date	UTC日期	ddmmyy	010909
11	Mag var	磁偏角 (000.0~180.0度, 前导位数不足则补0)	0.0	0.0
12	Vardir	磁偏角方向, E (东) 或W (西)	M	M
13	Mode ind	模式指示 (仅NMEA0183 3.00版本输出, A=自主定位, D=差分, E=估算, N=数据无效)	a	A
14	*xx	Checksum	*hh	*57
15	[CR][LF]	Sentence terminator		[CR][LF]

提示: GIRMC 为卫星定位模块原始协议 GNRMC 修改帧头为 GIRMC 后的协议, 用户使用时, 需要把 GIRMC 重新替换为 GNRMC, 然后才可通过校验。否则无法通过校验。

## 4 GPATT

例如:

\$GPATT,0.035,p,-0.02,r,0.000,y,20180518,s,003E0038510D343439373239,ID,1,INS,401,02,0,0,G,AU,1,7,1,0,F,0,2\*05

编号	名称	描述	符号	举例
1	\$GPATT	Log header		\$GPATT
2	Pitch	俯仰角	ddd.mm	1.34
3	Angle Channel	P:俯仰,r:横滚,y:偏航	P	P



4	Roll	横滚角	ddd.mm	2.56
5	Angle Channel	P:俯仰,r:横滚,y:偏航	A	R
6	Yaw	偏航角	ddd.mm	132.45
7	Angle Channel	P:俯仰,r:横滚,y:偏航		Y
8	Soft Version	软件版本号	xxxxxxxx	20180518
9	Version Channel	S:软件版本号		S
10	Product ID	96位唯一ID		003E0038510D343439373239
11	ID Channel	ID:产品ID	ID	ID
12	INS	默认打开惯性导航	X	1: 打开, 0: 关闭
13	INS Channel	INS:惯性导航是否打开	INS	INS
14	硬件版本	以主控芯片命名	401	
15	State_Flag	算法状态标志	d	详情请见下表A
16	自定义标志	自定义标志	X	X
17	自定义标志	自定义标志	X	X
18	北斗标志	选择GPS+BD/GPS+Glonass	B	B:GPS+BD,G:GPS+Glonass
19	自定义标志	自定义标志	AU	X
20	StaticFlag	静态标志位	d	1: 静止, 0: 代表动态
21	Uer_Code	用户编号	d	1: 普通用户, X: 定制用户
22	Angle_Select	是否采用flash安装角标志	d	1: 不采用存储安装角 2: 采用存储安装角
23	Save_Gps_Flag	车库内保存卫星最后位置的标志	d	1: 有车库位置记录成功 0: 无记录
24	ALock_Channel	安装角选择通道	F	F
25	Angle_Lock_Flag	是否固定安装标志	d	1: 启动固定安装, 0: 启动自适应安装
26	IMU_Kind_Flag	安装坐标系	d	1->8

	g			
28	总里程数	记录模块从开始定位到断电 总里程数	km	最高记录: 999.999km
29	*xx	Checksum	*hh	*57
30	[CR][LF]	Sentence terminator		[CR][LF]

表 8 GPATT 协议 15 字段 State\_Flag 各位物理含义说明

编号	描述	所需条件
0	准备初始化	系统上电
1	姿态初始化完毕	车静止 5-10S,
2	位置初始完毕	获得位置
3	安装角识别成功, 进入组合 导航	车速超过 5m/s, 行驶一段时间
4	安装角识别完毕	行驶一段时间

**备注 1: 惯性导航能够正式工作的条件为:**

- (1) GPATT 协议 12 字段 INS 为 1。
- (2) GPATT 协议 15 字段 State\_Flag 为 03/04。

## 17 联系方式

**Skylab M&C Technology Co., Ltd.**

深圳市天工测控技术有限公司

地址: 深圳市龙华区龙华街道工业东路利金城科技工业园 9# 厂房 6 楼

电话: 86-755 8340 8210 (Sales Support)

电话: 86-755 8340 8510 (Technical Support)

传真: 86-755-8340 8560

邮箱: [technicalsupport@skylab.com.cn](mailto:technicalsupport@skylab.com.cn)

网站: [www.skylab.com.cn](http://www.skylab.com.cn)     [www.skylabmodule.com](http://www.skylabmodule.com)