


# Yesense YIS500 系列惯性传感系统

Document Version 1.0 , 15 March 2019



Yesense Technologies Co., Ltd.

 027-87003846

 [contact@yesense.com](mailto:contact@yesense.com)

 [www.yesense.com](http://www.yesense.com)

## 目 录

<b>1</b>	<b>介绍 .....</b>	<b>3</b>
1.1	YIS500 概述 .....	3
1.2	YIS500 产品系列 .....	3
1.2.1	YIS500-A .....	3
1.2.2	YIS500-N .....	3
1.2.3	产品系列简表 .....	4
1.2.4	产品功能框图 .....	4
<b>2</b>	<b>功能说明 .....</b>	<b>5</b>
2.1	坐标定义 .....	5
2.1.1	大地坐标系(WGS84) .....	5
2.1.2	当地地理坐标系 (ENU) .....	5
2.1.3	传感器坐标轴定义 .....	5
2.2	传感器校准 .....	6
<b>3</b>	<b>输出特性 .....</b>	<b>7</b>
3.1	YIS500-A 航姿性能 .....	7
3.2	YIS500-N 定向与定位性能 .....	7
3.3	传感器性能指标 .....	7
3.3.1	陀螺仪 .....	7
3.3.2	加速度计 .....	7
3.3.3	磁传感器 .....	8
3.3.4	GNSS 接收机 .....	8
<b>4</b>	<b>机械与电气指标 .....</b>	<b>9</b>
4.1	机械指标 .....	9
4.1.1	YIS500-A 机械尺寸 .....	9
4.1.2	YIS500-N 机械尺寸 .....	11
4.2	电气指标 .....	12
4.2.1	电气指标 .....	12
4.2.2	接口说明 .....	12
4.2.3	主接口 .....	13
4.2.4	GNSS 天线接头 .....	13
<b>5</b>	<b>通信接口 .....</b>	<b>15</b>

5.1	概述 .....	15
5.2	接口 .....	15
5.2.1	Serial port (UART).....	15
5.2.2	CAN.....	15
5.3	同步通道 .....	16
5.3.1	同步输入 .....	16
5.3.2	同步输出 .....	17
5.4	串口通讯协议 .....	17
5.4.1	协议帧格式 .....	17
5.4.2	有效数据定义规则 .....	18
5.4.3	校验和计算方法 .....	22
<b>6</b>	<b>Revisions .....</b>	<b>23</b>

## 1 介绍

### 1.1 YIS500 概述

Yesense YIS500 是一款高性能惯性传感系统,集成行业领先的高端 MEMS (Micro-Electro-Mechanical System, 机电系统) 惯性传感器 (包含陀螺仪与加速度计), 同时集成磁传感器以及 GNSS 接收机, 通过内嵌 YFusion® 传感器融合算法, 拥有卓越的航姿检测和导航定位性能。满足任何载体的稳定控制以及无人车、机器人、智能装备等设备的定位导航需求。



图 1 YIS500-N

### 1.2 YIS500 产品系列

YIS500 系列根据功能与配置不同分为 YIS500-A、YIS500-N, 详细描述如下:

#### 1.2.1 YIS500-A

YIS500-A 为航姿参考系统 (AHRS, Attitude and Heading Reference System), 除了具备 YIS500-U 特性的同时, 还能够输出无漂移的横滚角、俯仰角以及参考地球磁北方向的航向角信息。同时, YIS500-A 经过配置可以作为一个垂直参考单元 (VRU, Vertical Reference Unit), 输出的航向角为无参考方向, 不受磁场环境影响。

#### 1.2.2 YIS500-N

YIS500-N 为组合惯性导航系统 (INS/GNSS, Inertial Navigation System / Global Navigation Satellite System), 集成了板载 GNSS 接收机 (GPS, BeiDou, GLONASS, Galileo 和 QZSS), 不仅可以提供 GNSS 增强的 3D 定向输出, 还可以提供惯性组合增强的 3D 位置和速度输出。除此之外, 还可以输出传感器数据, 包含加速度, 角速度, 磁场, 压力和 GNSS 接收机的 PVT (位置, 速度, 时间) 数据。同时, YIS500-N 支持接入其他辅助传感信息 (如里程计信息、气压信息) 实现更高精度的定位和定向性能<sup>1</sup>。

<sup>1</sup> 目前版本尚未开放, 如有需求, 请与 [contact@yesense.com](mailto:contact@yesense.com) 联系。

### 1.2.3 产品系列简表

	YIS500-A (AHRS)	YIS500-N (GNSS/INS)
		
校准的传感器数据	●	●
横滚角/俯仰角	●	●
无参考航向角	●	●
磁参考航向角	●	●
3D 速度		●
3D 位置		●

### 1.2.4 产品功能框图

下图简单描述了 YIS500 系列产品的基本组成，YIS500 完成传感器（陀螺仪、加速度计和磁传感器）的数据采集、校准以及捷联积分，YIS500-A 将传感器数据融合输出航姿信息，YIS500-N 则结合 GNSS 以及其他辅助传感器输出定位导航信息。

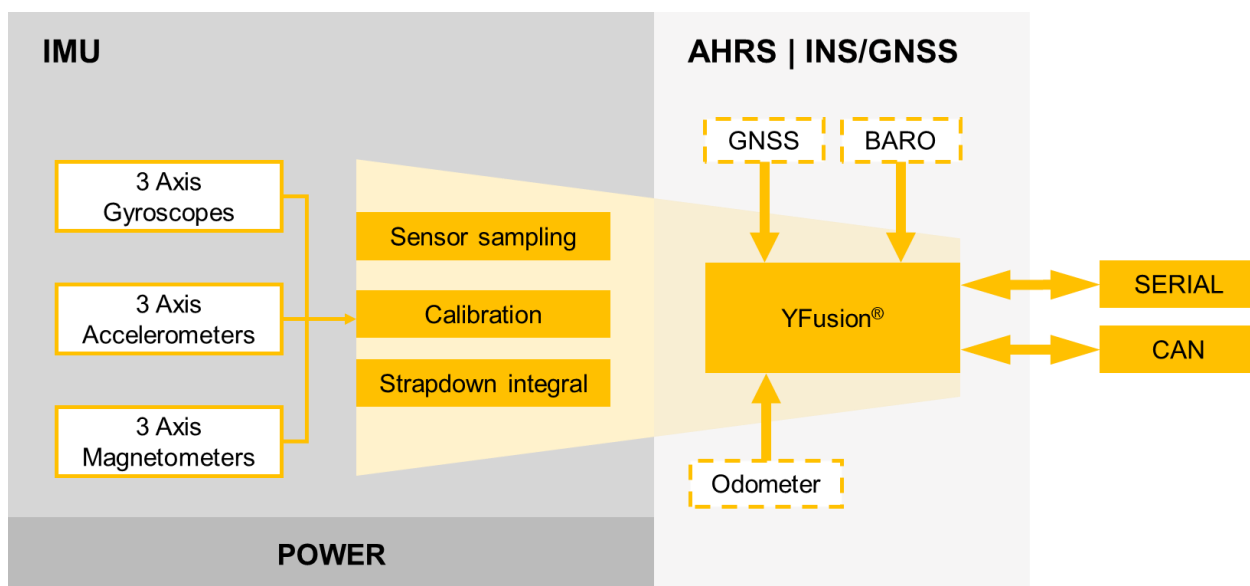


图 2 YIS500 系列产品简化功能框图

## 2 功能说明

### 2.1 坐标定义

#### 2.1.1 大地坐标系(WGS84)

现在，最普遍的方式是用大地坐标系来表示某点相对于地球的位置。这种坐标系用一个椭球来代表整个地球的形状。目前，WGS84 椭球系统是应用最普遍的一个大地坐标系，因为它被用作 GPS 的标准。因此，在 YIS500 的中采用的大地坐标系为 WGS84 参考坐标系。

#### 2.1.2 当地地理坐标系（ENU）

YIS500 中采用的当地地理坐标系为 ENU（东北天坐标系）。

ENU（East North Up）坐标系，即东北天坐标系，简称为 n 坐标系，也叫做导航坐标系，是在导航时根据导航系统工作的需要而选取的用于导航结算的参考坐标系。

ENU 坐标系各轴的定义：

E——东轴指向地球东；

N——北轴指向地球北；

U——地轴垂直于地球表面并指向上。

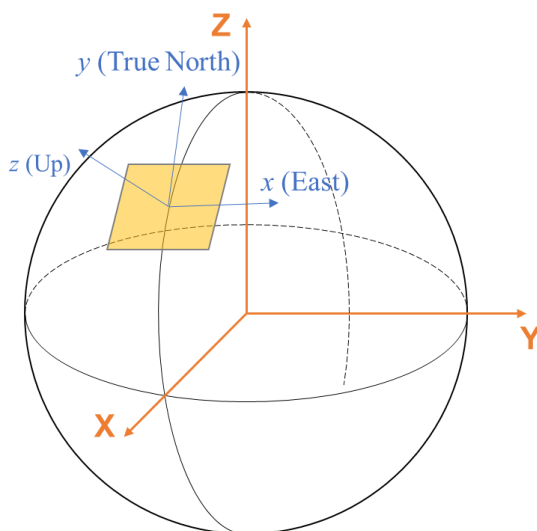


图 3 当地地理坐标

#### 2.1.3 传感器坐标轴定义

下图为 YIS500 的传感器坐标系。

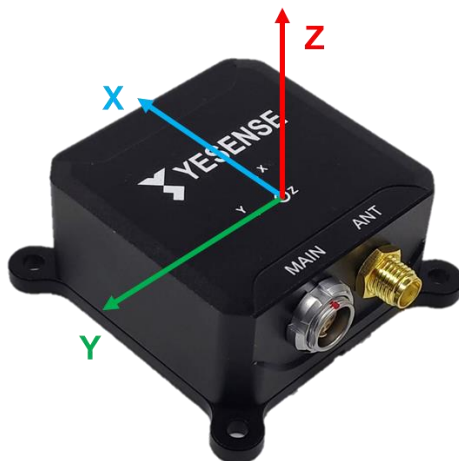


图 4 YIS500 系列坐标轴定义

## 2.2 传感器校准

校准 YIS500 内部的传感器组件对于准确输出至关重要。校准的质量和重要性是最高优先级，因此每个 YIS500 都经过校准和测试，使每个产品都能适应各种运动和温度。

每一个 YIS500 系列姿态传感器都单独进行过全测量范围内的校准和测试。陀螺仪、加速度计简化的统一模型表示如下：

$$\mathbf{u} = \mathbf{H} \cdot \mathbf{y} + \mathbf{b}$$

$\mathbf{u}$  表示陀螺仪、加速度计校准后的测量值(单位 $^{\circ}/s$ ， $m/s^2$ )

$\mathbf{y}$  表示陀螺仪、加速度计的原始输出值

$\mathbf{H}$  表示传感器的复合误差校准矩阵

$\mathbf{b}$  表示传感器的偏置

YIS500 的校准过程包括传感器的标度因数、传感器轴间非正交、以及传感器与 PCB 板间的不对准等误差校准，所有的校准参数都预先完成并写入到板基内嵌算法中。

### 3 输出特性

#### 3.1 YIS500-A 航姿性能

参数		典型值	单位	备注
横滚/俯仰角	静态	0.1	°	1 $\sigma$ RMS
	动态	0.2	°	1 $\sigma$ RMS
航向角	相对航向角 <sup>2</sup>	0.3	°	
	绝对航向角	0.8	°	在均匀磁场环境下 1 $\sigma$ RMS

#### 3.2 YIS500-N 定向与定位性能

在车载模式下，YIS500-N 的定向与定位性能如下：

丢失时间	定位方式	定位精度		速度精度		姿态精度	
		水平	垂直	水平	垂直	姿态角	航向角
无丢失	SP	2m	2.5m	0.05m/s	0.1m/s	0.2°	0.3°
10s	SP	2.5m	3m	0.2m/s	0.2m/s	0.2°	0.4°
60s	SP	10m	8m	0.3m/s	0.5m/s	0.25°	0.5°

#### 3.3 传感器性能指标

##### 3.3.1 陀螺仪

参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程	-125		125	°/s	
非线性度	-0.5		0.5	%FS	
噪声密度		0.008		°/s $\sqrt{\text{Hz}}$	
零偏不稳定性		2		°/h	Allan variance @ 25°C
带宽(-3dB)		60		Hz	
零点温漂	-0.8		0.8	°/s	

##### 3.3.2 加速度计

参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程	-6		6	g	

<sup>2</sup> 提供无参考相对航向角，常规运动漂移<0.5 °/min，静态漂移<0.5 °/hr。



非线性度	-0.8		0.8	%FS	
噪音密度		270		$\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$	
零偏不稳定性		30		$\mu\text{g}$	Allan variance @ 25°C
带宽(-3dB)		60		Hz	
零点温漂	-18		18	mg	-40~85°C

### 3.3.3 磁传感器

参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
量程	- 8		8	Gauss	
非线性度	-0.2		0.2	%FS	FS=±8G
噪音密度		0.4		mGauss	RMS

### 3.3.4 GNSS 接收机

参数	典型值		备注
通道	72		
信号追踪	GPS L1C/A, SBAS L1C/A, QZSS L1C/A, QZSS L1 SAIF, GLONASS L1OF, BeiDou B1I, Galileo E1B/C		
水平位置精度	2.0 m CEP		GPS + GLONASS + SBAS or DGPS
速度精度	0.1 m/s RMS		
灵敏度	追踪 & 导航	-167dBm	
	冷启动	-148dBm	
收星时间	冷启动	< 26 s	
	热启动	< 1.5s	
工作极限	动态: < 4g 速度: 500 m/s 高度: 50 000 m		

## 4 机械与电气指标

### 4.1 机械指标

参数	典型值	备注
尺寸	54 × 54 × 24mm	
冲击	< 2 000g	
IP 等级	IP67	
工作温度	-40~85℃	
存储温度	-40~85℃	

#### 4.1.1 YIS500-A 机械尺寸

##### 4.1.1.1 前视图

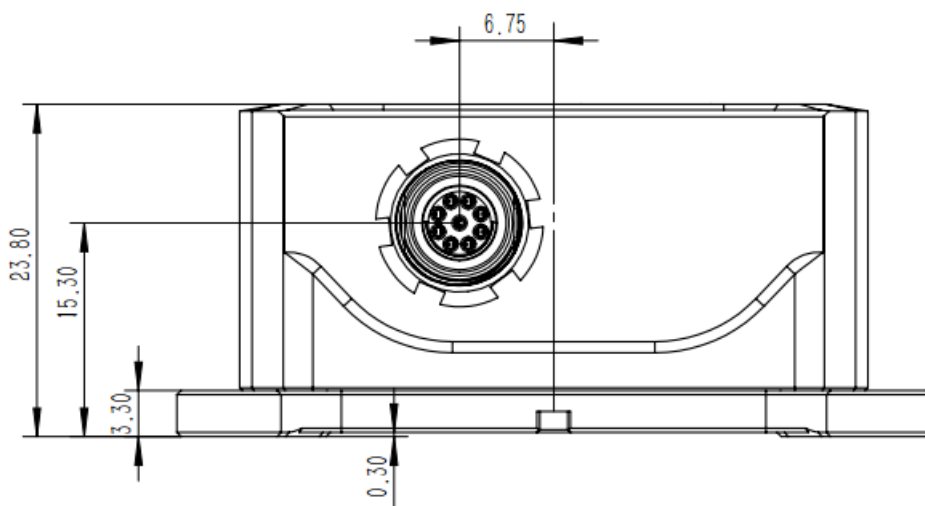


图 5. YIS500-A 系列前视图

### 4.1.1.2 俯视图

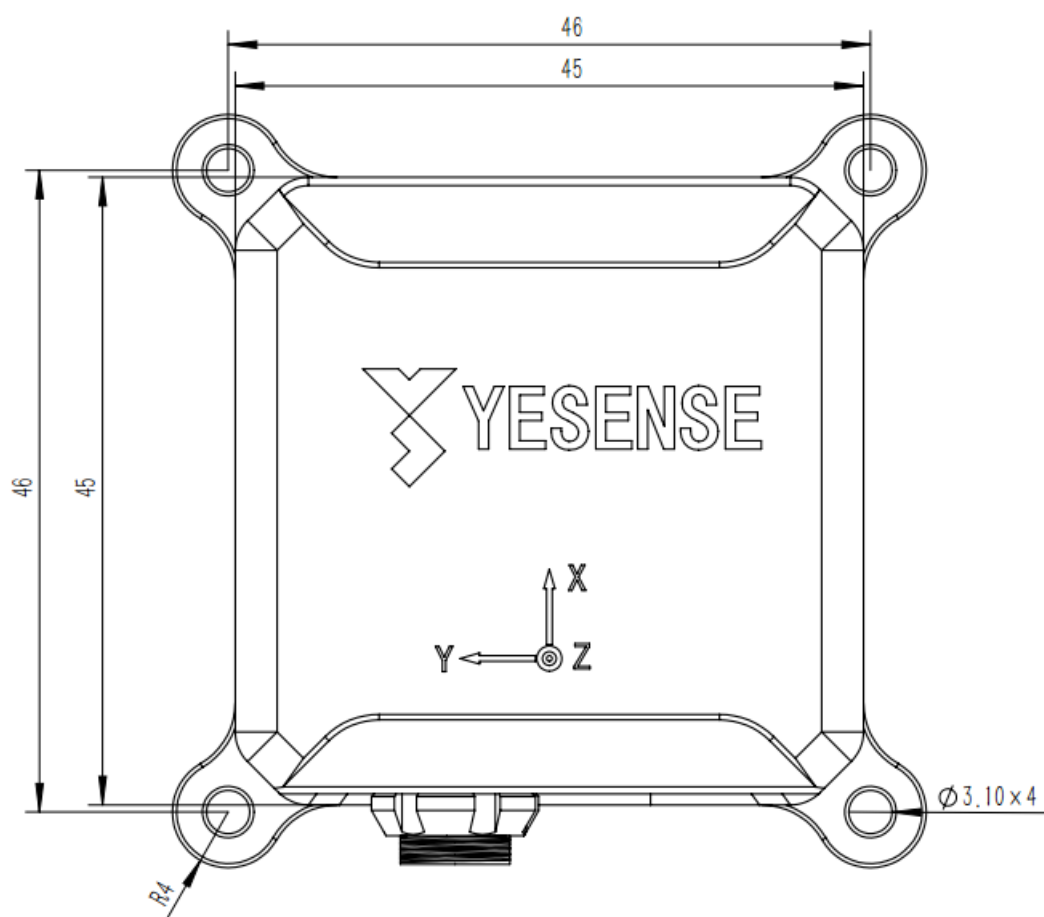


图 6. YIS500-A 系列俯视图

### 4.1.1.3 侧视图

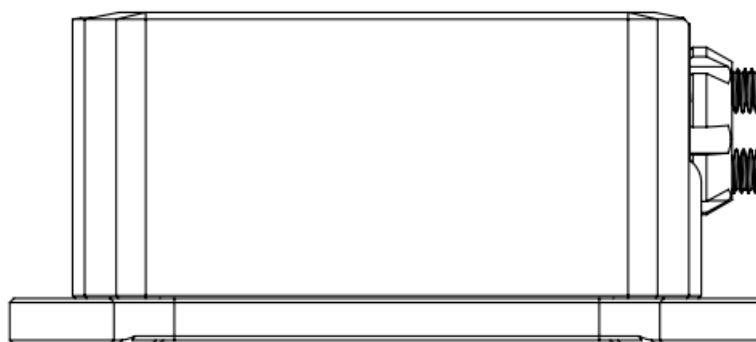


图 7. YIS500-A 系列侧视图

## 4.1.2 YIS500-N 机械尺寸

### 4.1.2.1 前视图

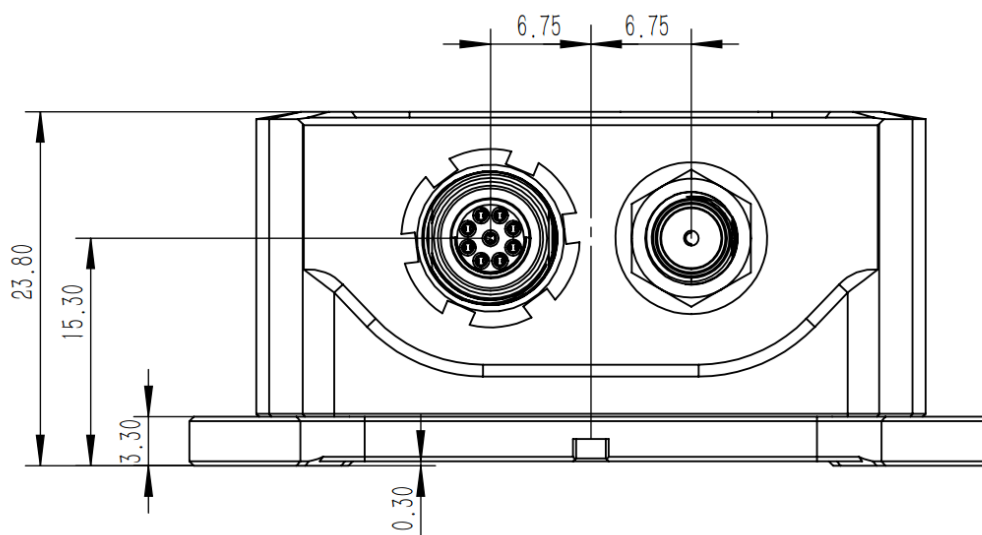


图 8. YIS500-N 前视图

### 4.1.2.2 俯视图

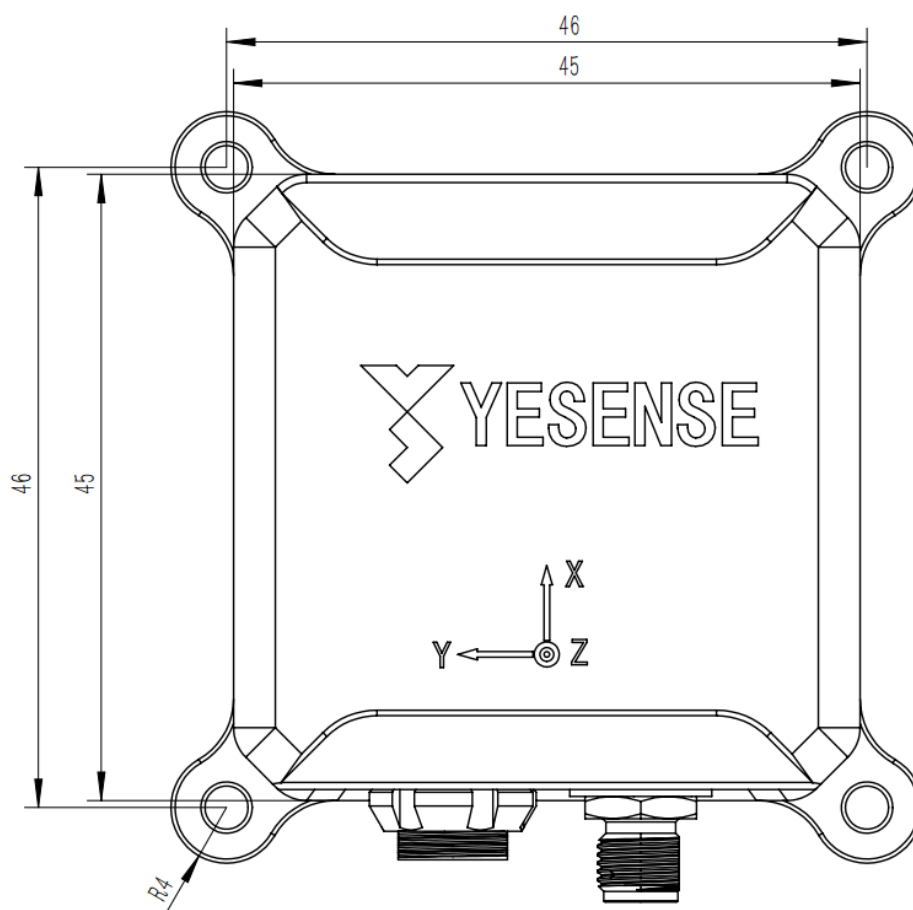


图 9. YIS500-N 俯视图

### 4.1.2.3 侧视图

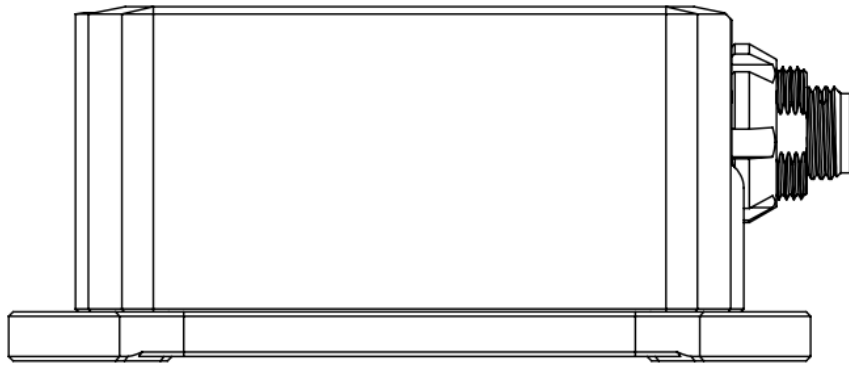


图 10. YIS500-N 侧视图

## 4.2 电气指标

### 4.2.1 电气指标

参数		最小值	典型值	最大值	单位
供电范围		5.0		36	V
功耗	YIS500-A		900		mW
	YIS500-N		1200		mW

### 4.2.2 接口说明

YIS500 包含主接口和天线接口两种接口。主接口主要用于供电和信号通讯，天线接口用于配合内置 GNSS 接收机外接天线。模块根据不同配置，所配置的接口不同。YIS500-U 和 YIS500-A 仅配置主接口，如下图（a）所示，YIS500-N 同时配置主接口和天线接口。



图 11 YIS500 接口说明

### 4.2.3 主接口

#### 4.2.3.1 接口定义

主接口用的 9 路 IP67 防护等级的连接器（兼容型号： Fischer DBPU 102 A059-130），PIN 定义如下所示：

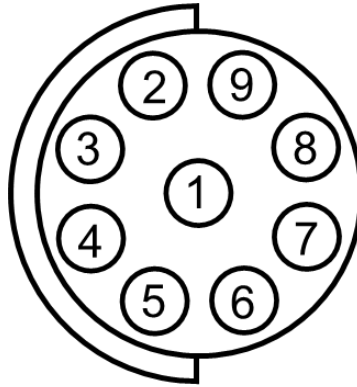
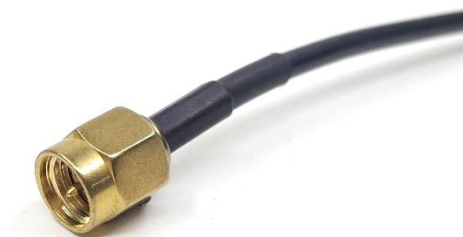


图 12 主接口前视图

PIN	名称	描述
1	GND	接地
2	RS232 TX	RS232 通讯, Tx
3	RS232 RX	RS232 通讯, Rx
4	VIN	供电
5	SYNC IN A	多功能输入孔。可以用作时钟/事件, 或里程计输入
6	SYNC OUT	同步输出信号
7	SYNC IN B	多功能输入孔。可以用作时钟/事件, 或里程计输入
8	CAN L	CAN Low
9	CAN H	CAN High

#### 4.2.4 GNSS 天线接头

YIS500-N 用 IP-67 SMA 接口连接外部 GNSS 天线。请注意，为了达到最佳性能，天线应在设备上电前连接安装。



**图 13 SMA 天线接口**

## 5 通信接口

### 5.1 概述

YIS500 全系列产品带有相同的通讯接口：

- 一路串口（UART）支持全双工传输（full-duplex communication），仅工作在 RS232 模式。
- 一路 CAN 接口符合 ISO 11898-1：2015（CAN protocol specification version 2.0 part A,B）。它最高支持 1 Mbit / s 的数据速率。
- 一路输入接口用于外部同步输入或事件标记输入。
- 一路输入接口用于里程计信息接入。
- 一路同步输出接口，用于时间戳和触发某些设备。

### 5.2 接口

#### 5.2.1 Serial port (UART)

YIS500 中 Serial port (UART)支持以下标准波特率：

- 9600 bps
- 38400 bps
- 115200 bps
- 460800 bps
- 921600 bps

为完整起见，下面列出了 UART 参数

表 1. UART 参数

Item	Value
Data bit	8
Stop bit	1
Parity	None
Flow Control	None

#### 5.2.2 CAN

YIS500 系列的 CAN 接口符合 ISO 11898-1：2015（CAN 协议规范版本 2.0 A 部分，B 部分）。它支持高达 1 Mbit / s 的数据速率。。默认情况下，CAN 接口以 CAN 2.0A / B 模式运行。

CAN 接口支持以下标准 CAN 总线比特率：



- 10 kBit/s
- 20 kBit/s
- 50 kBit/s
- 100 kBit/s
- 125 kBit/s
- 250 kBit/s
- 500 kBit/s
- 1000 kBit/s

为完整起见，CAN 总线参数如下：

**表 2 CAN 总线参数**

Item	Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Bus voltage	Recessive	2.0	2.5	3.0	V
CANH output voltage	Dominant	2.8	3.3	4.5	V
CANL output voltage	Dominant	0.5	1.0	2.0	V
Input resistance	Common mode	10	25	50	k $\Omega$
Input capacitance	Common mode			20	pF
Shutdown junction temperature		155	165	180	°C

### 5.3 同步通道

YIS500 系列有 2 个通道用于同步输入和同步输出。通过 3 种功能（StartSampling，SyncOut 和 GNSS PPS 输出），总有一种方法可以让其他设备和传感器系统与 YIS500 系列同步。

#### 5.3.1 同步输入

外部同步输入或事件标记输入的一个输入通道可用作 StartSampling。当外部设备和传感器系统触发 YIS500 时，使用 StartSampling。默认情况下，传感器数据采样和处理参考内部时钟。收到同步输入信号后，YIS500 将开始采样和处理数据。

同步输入参数如下：

**表 3. 同步输入参数**

Item	Min	Typical	Max	Unit
Input range			4.0	V
Low level threshold			1.0	V
High level threshold	2.3			V
Input resistance	3	5	7	k $\Omega$
Input current			5	mA

### 5.3.2 同步输出

用于同步输出的一个输出通道可用作 SyncOut 和 GNSS PPS 输出。SyncOut 与输出数据速率相关，表示新数据已准备好输出。SyncOut 脉冲精度由内部时钟决定，SyncOut 通道输出的电平在上升沿有效，并且 SyncOut 输出有效电平持续高电平时间为 1ms。

输出通道的另一种可能性是 PPS 脉冲，它直接来自 GNSS 接收器。GNSS PPS 脉冲的持续时间为 1ms，精度为 30 ns。此功能仅适用于 YIS500-N。

为完整起见，同步输出参数如下：

Table 4. 同步输出参数

Item	Min	Typical	Max	Unit
High level output voltage	2.0			V
Low level output voltage			0.3	V
Drive current			8	mA

## 5.4 串口通讯协议

### 5.4.1 协议帧格式

Yesense 私有输出协议采用固定的格式，帧结构包含五部分：帧头、时间戳、数据长度、数据、校验码，如下图 1 所示。

YS Header	TID	LEN	MESSAGE	CK1	CK2
Dec 89 83 Hex 59 53	2 Bytes Message TID	Length of Message (1 Byte) excluding YS Header, TID	Message size depend on Len filed	two bytes checksum	

图 1 Yesense 私有输出协议帧格式

完整帧格式的详细描述如下表 1 所示。

Type	LEN (Bytes)	Description
YS Header	2	YS 数据包的起始帧，0x59,0x53
TID	2	时间戳标识
LEN	1	MESSAGE 的长度，最大值 255
MESSAGE	0-255	数据包的有效数据
CK1	1	校验码
CK2	1	校验码

表 4 完整帧格式描述

- 每一帧数据以两个特定字节开始：0x59 0x53。

- 接下来两个字节的 TID。TID 用来标识数据帧的序号。
- 紧着是一个字节的数据长度域。该数据长度标识有效数据（即 Payload）的长度。
- 有效数据域是一个可变的域。
- CK\_1 和 CK\_2 是一个 16bit 的校验和，其计算方法定义见 2.1.3。

#### 5.4.2 有效数据定义规则

MESSAGE 的定义如下表所示：

Packet 1			.....	Packet N		
DATA ID	LEN	DATA (LEN Bytes)	.....	DATA ID	LEN	DATA (LEN Bytes)

表 5 串口输出协议 Message 定义

MESSAGE 中的数据可由多个 Packet 组合组成。每一个不同的 Packet 包含特定的 DATA ID 以及与之对应的数据长度指示符 LEN 和数据长度为 LEN 的数据 DATA 组成。

DATA ID 与 LEN 和 DATA 的对应关系如下表 3 所示：

DATA NAME	DATA ID	LEN	DATA
加速度	0x10	12	DATA1 – DATA12
角速度	0x20	12	DATA1 – DATA12
磁场归一化值	0x30	12	DATA1 – DATA12
磁场强度	0x31	12	DATA1 – DATA12
欧拉角	0x40	12	DATA1 – DATA12
四元数	0x41	16	DATA1 – DATA16
UTC	0x50	11	DATA1 – DATA11
采样时间戳	0x51	4	DATA1 – DATA4
同步输出时间戳	0x52	4	DATA1 – DATA4
位置	0x60	12	DATA1 – DATA12
速度	0x70	12	DATA1 – DATA12

表 6 串口输出协议 DATA ID 与 LEN 及 DATA 的对应关系

DATA 的转换关系如下表所示：

类型	数据	数据转换	单位
加速度	DATA1 (DATA[7:0])	$ax = DATA \times 0.000001$	$m/s^2$
	DATA2 (DATA[15:8])		
	DATA3 (DATA[23:16])		
	DATA4 (DATA[31:24])		
	DATA5 (DATA[7:0])	$ay = DATA \times 0.000001$	

	DATA6 (DATA[15:8])	az = DATA × 0.000001	
	DATA7 (DATA[23:16])		
	DATA8 (DATA[31:24])		
	DATA9 (DATA[7:0])		
	DATA10 (DATA[15:8])		
	DATA11 (DATA[23:16])		
	DATA12 (DATA[31:24])		
角速度	DATA1 (DATA[7:0])	wx = DATA × 0.000001	deg/s
	DATA2 (DATA[15:8])		
	DATA3 (DATA[23:16])		
	DATA4 (DATA[31:24])		
	DATA5 (DATA[7:0])	wy = DATA × 0.000001	
	DATA6 (DATA[15:8])		
	DATA7 (DATA[23:16])		
	DATA8 (DATA[31:24])		
	DATA9 (DATA[7:0])	wz = DATA × 0.000001	
	DATA10 (DATA[15:8])		
	DATA11 (DATA[23:16])		
	DATA12 (DATA[31:24])		
磁场归一化值	DATA1 (DATA[7:0])	mx = DATA × 0.000001	
	DATA2 (DATA[15:8])		
	DATA3 (DATA[23:16])		
	DATA4 (DATA[31:24])		
	DATA5 (DATA[7:0])	my = DATA ×0.000001	
	DATA6 (DATA[15:8])		
	DATA7 (DATA[23:16])		
	DATA8 (DATA[31:24])		
	DATA9 (DATA[7:0])	mz = DATA ×0.000001	
	DATA10 (DATA[15:8])		
	DATA11 (DATA[23:16])		
	DATA12 (DATA[31:24])		
磁场强度	DATA1 (DATA[7:0])	mx = DATA × 0.001	mGauss
	DATA2 (DATA[15:8])		
	DATA3 (DATA[23:16])		
	DATA4 (DATA[31:24])		
	DATA5 (DATA[7:0])	my = DATA × 0.001	
	DATA6 (DATA[15:8])		
	DATA7 (DATA[23:16])		

	DATA8 (DATA[31:24])	$mz = DATA \times 0.001$	
	DATA9 (DATA[7:0])		
	DATA10 (DATA[15:8])		
	DATA11 (DATA[23:16])		
	DATA12 (DATA[31:24])		
欧拉角	DATA1 (DATA[7:0])	$pitch = DATA \times 0.000001$	deg( ° )
	DATA2 (DATA[15:8])		
	DATA3 (DATA[23:16])		
	DATA4 (DATA[31:24])		
	DATA5 (DATA[7:0])	$roll = DATA \times 0.000001$	
	DATA6 (DATA[15:8])		
	DATA7 (DATA[23:16])		
	DATA8 (DATA[31:24])		
	DATA9 (DATA[7:0])	$yaw = DATA \times 0.000001$	
	DATA10 (DATA[15:8])		
	DATA11 (DATA[23:16])		
	DATA12 (DATA[31:24])		
四元数	DATA1 (DATA[7:0])	$q0 = DATA \times 0.000001$	
	DATA2 (DATA[15:8])		
	DATA3 (DATA[23:16])		
	DATA4 (DATA[31:24])		
	DATA5 (DATA[7:0])	$q1 = DATA \times 0.000001$	
	DATA6 (DATA[15:8])		
	DATA7 (DATA[23:16])		
	DATA8 (DATA[31:24])		
	DATA9 (DATA[7:0])	$q2 = DATA \times 0.000001$	
	DATA10 (DATA[15:8])		
	DATA11 (DATA[23:16])		
	DATA12 (DATA[31:24])		
	DATA13 (DATA[7:0])	$q3 = DATA \times 0.000001$	
	DATA14 (DATA[15:8])		
	DATA15 (DATA[23:16])		
	DATA16 (DATA[31:24])		
UTC	DATA1 (DATA[7:0])	$iTOW = DATA$	
	DATA2 (DATA[15:8])		
	DATA3 (DATA[23:16])		
	DATA4 (DATA[31:24])		
		DATA5 (DATA[7:0])	$Year = DATA$

	DATA6 (DATA[15:8])		
	DATA7 (DATA[7:0])	Month = DATA	
	DATA8 (DATA[23:16])	Day = DATA	
	DATA9 (DATA[31:24])	Hour = DATA	
	DATA10 (DATA[7:0])	Min = DATA	
	DATA11 (DATA[15:8])	Sec = DATA	
采样时间戳	DATA1 (DATA[7:0])	Sampling_timestamp = DATA	us
	DATA2 (DATA[15:8])		
	DATA3 (DATA[23:16])		
	DATA4 (DATA[31:24])		
同步输出时间戳	DATA1 (DATA[7:0])	Sync_out_timestamp = DATA	us
	DATA2 (DATA[15:8])		
	DATA3 (DATA[23:16])		
	DATA4 (DATA[31:24])		
位置	DATA1 (DATA[7:0])	lat = DATA * 0.0000001	deg
	DATA2 (DATA[15:8])		
	DATA3 (DATA[23:16])		
	DATA4 (DATA[31:24])		
	DATA5 (DATA[7:0])	long = DATA × 0.0000001	
	DATA6 (DATA[15:8])		
	DATA7 (DATA[23:16])		
	DATA8 (DATA[31:24])		
	DATA9 (DATA[7:0])	alt = DATA × 0.001	m
	DATA10 (DATA[15:8])		
	DATA11 (DATA[23:16])		
	DATA12 (DATA[31:24])		
速度	DATA1 (DATA[7:0])	ve = DATA × 0.001	m/s
	DATA2 (DATA[15:8])		
	DATA3 (DATA[23:16])		
	DATA4 (DATA[31:24])		
	DATA5 (DATA[7:0])	Vn = DATA × 0.001	
	DATA6 (DATA[15:8])		
	DATA7 (DATA[23:16])		
	DATA8 (DATA[31:24])		
	DATA9 (DATA[7:0])	vu = DATA × 0.001	
	DATA10 (DATA[15:8])		
	DATA11 (DATA[23:16])		
	DATA12 (DATA[31:24])		

表 7 串口输出协议 Message 的 DATA 的转换关系

### 5.4.3 校验和计算方法

完整的数据帧是需要增加校验和的，校验的计算范围从 TID 开始到 Message 的最后一个字节，如下表图所示，计算公式见下示例。

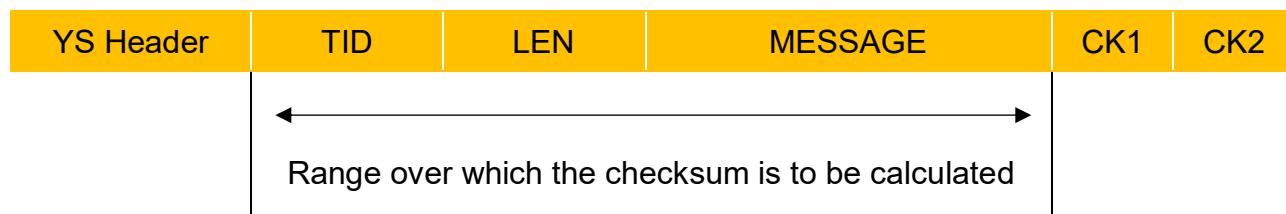


图 14 串口输出协议校验范围

假设校验范围内有 N 个字节（buffer[N]），计算公式如下：

```

CK1 = 0; CK2 = 0;
For(i=0;i<N;i++)
{
    CK1 = CK1 + buffer[i];
    CK2 = CK2 + CK1;
}
    
```

## 6 Revisions

Revision	Date	By	Changes
1.0	2019-03-15	Z. L.	<ul style="list-style-type: none"><li>Initial release</li></ul>