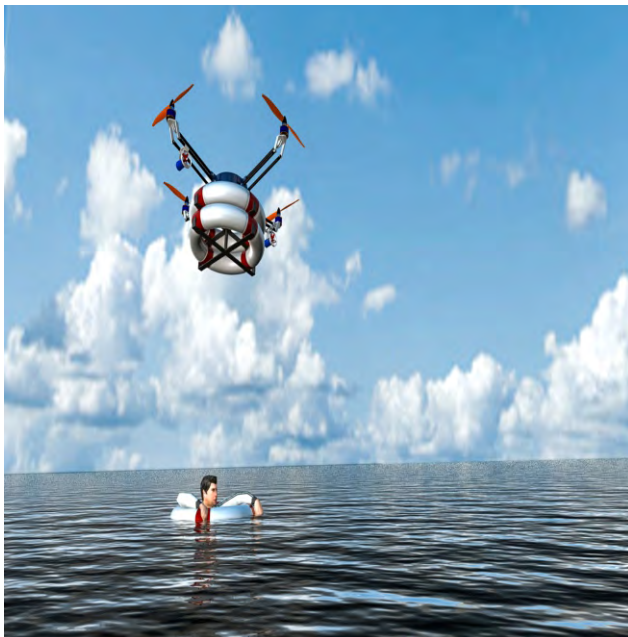




BW-AH400系列

高精度航姿参考系统

技术手册



产品介绍

BW-AH400航姿参考系统产品是一款高性能、低价位的惯性测量设备，可以测量运动载体的姿态参数（横滚和俯仰）、角速度、加速度信息和航向角。姿态和角速度偏差通过具有适当增益的6态卡尔曼滤波得到相应估计，适用于导航、定位的动态测量。BW-AH400采用高质量和可靠性的MEMS加速度计、陀螺仪和磁力计，并通过算法保证测量精度，同时密封设计以及严格工艺保证产品在恶劣的环境下仍能精密地测量载体的角速度、加速度和姿态等运动参数。通过非线性补偿、正交补偿、温度补偿和漂移补偿等多种补偿，可以大大消除BW-AH400的误差源，提高产品精度水平。BW-AH400具备数字接口，可以非常方便的集成到用户的系统中。

主要特性

- 非线性补偿，正交补偿
- 动态静态测量
- 特殊偏置追踪算法消除漂移
- 陀螺漂移补偿
- 航向精度0.5°
- RS232/485/TTL接口输出可选
- 宽温范围：-40°C~+85°C，温度补偿°
- 高性能卡尔曼滤波算法
- 小体积外形：L103.8 x W55.4 x H26 (mm)

应用领域

- 卫星追踪
- 高压电线塔杆监测
- 高空作业车
- ROV水下机器人导航
- 钻井设备测控
- 海洋勘测仪
- 机械人控制
- 无人飞行器

产品介绍

Electrical Specifications 电气指标

电源电压	9-35V DC
工作电流	40mA (60mA最大)
工作温度	-40~85°C
储存温度	-55~100°C

Performance Specifications 性能指标

姿态参数	俯仰精度	0.3° (RMS, 动态) 0.1° (RMS, 静态)
	横滚精度	0.3° (RMS, 动态) 0.1° (RMS, 静态)
	分辨力	0.01°
	倾斜范围	俯仰 ± 90°, 横滚 ± 360°
航向参数	航向精度	0.5° (俯仰<40°)
		0.7° (俯仰<60°)
		1° (俯仰<80°)
	分辨力	0.01°
物理特性	尺寸	L103.8 x W55.4 x H26 (mm)
	重量	150g
	输出形式	RS232/RS485/TTL
接口特性	启动延迟	<3s
	最大输出频率	50Hz
	串口通信速率	2400到115200波特率
	数字输出格式	二进制高性能协议
环境	抗振性能	2000g

分辨力：传感器在测量范围内能够检测和分辨出的被测量的最小变化值。

精度：实际角度与传感器测量角度多次 (≥16次) 测量的均方根误差。



Mechanical Characteristic

机械特性

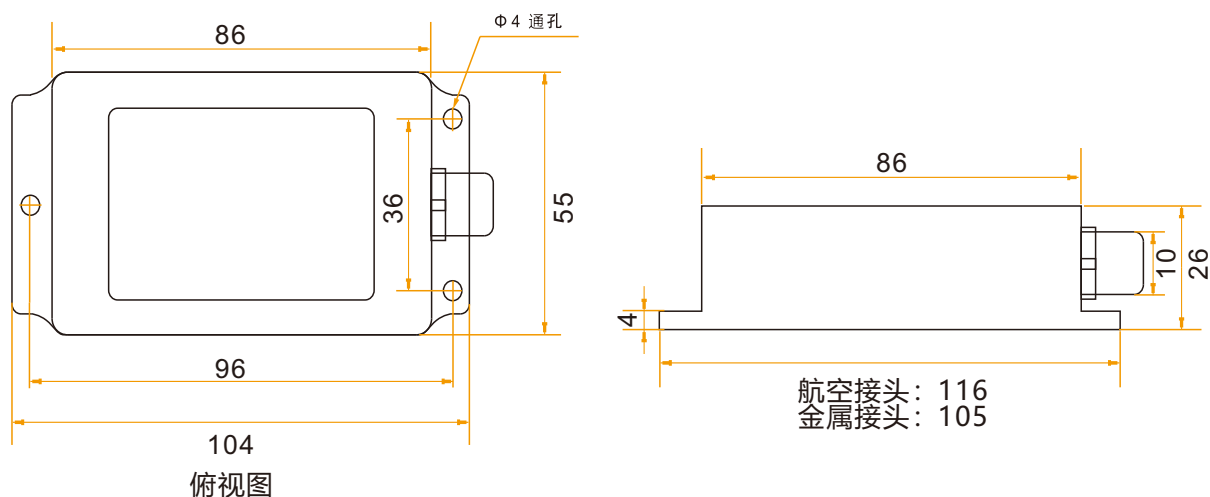
连接器	航空接头 (线长1.5m)
防护等级	IP67
外壳材质	镁铝合金氧化
安装	三颗M4螺丝



Package size

封装产品尺寸

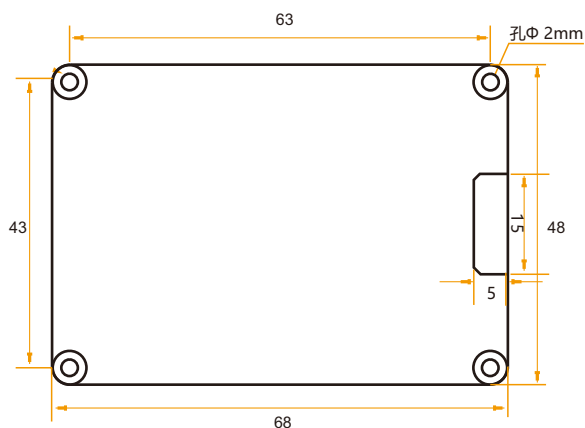
产品尺寸: L103.8*W55.4*H26 (mm)



Bare plate product size

裸版产品尺寸

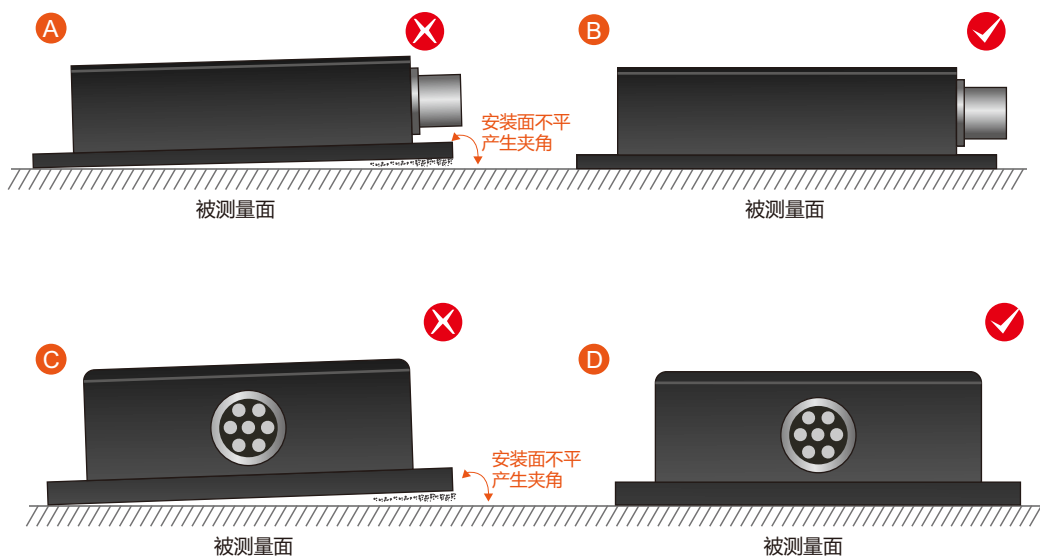
产品尺寸: L68*W48*H12 (mm) 长宽可能有±1mm误差, 请以实物为准



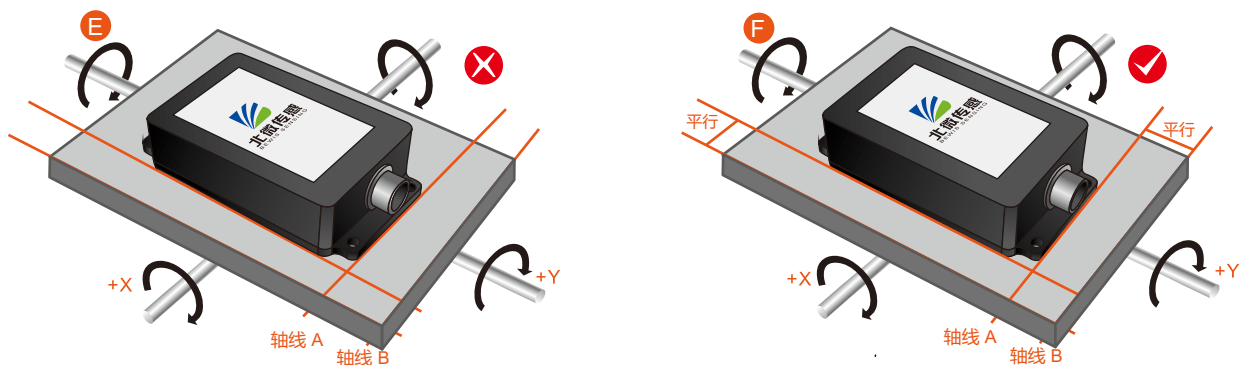
产品安装

正确的安装方式可以避免产生测量误差，传感器安装时要做到如下几点：

首先，要保证传感器安装面与被测量面完全紧靠，被测量面要尽可能水平，不能有如图A和图C中所示的夹角产生，正确安装方式如图B和图D所示。



其次，传感器底边线和被测物体轴线不能有如图E图所示的夹角产生，安装时应保持传感器底边线与被测物体转动轴线平行或正交。本产品可水平安装也可垂直安装（垂直安装需要定制），正确安装方式如图F所示。



最后，传感器的安装面与被测量面必须固定紧密、接触平整、转动稳定，要避免由于加速度、振动产生的测量误差。

测量安装

尽管AH400能够补偿磁干扰，但是用户应该选择一个磁干扰最小的环境来安装和使用。尽可能的选择远离铁、镍、磁铁、发动机和其他磁性物质放置AH400。

务必严格避免磁铁、电动机等强磁物质靠近产品，这可能会造成产品的测量精度不可逆下降。

每个AH400都提供1.5米的电缆线，电缆线长度可选。每个安装位置磁场环境都是不同的，用户必须评估该操作环境下的安装可行性。

我们建议的测试方法是：将AH400安装在垂直竖起的铝（或者其他无磁性的材料）制杆上进行航向精度测量（转动杆垂直于转动平台，尽量做到避免大的外界磁场干扰）。

校准方法

该产品在工厂已经进行传感器校准。在磁场环境影响小的地方，使用时无需进行环境校准，可以直接使用。实际使用过程中，建议还是进行校准。

方位角校准步骤：

方式一——平面校准：

- 1.将产品接入系统中，产品置于水平状态；
- 2.打开串口调试助手，发送77 04 00 11 15；
- 3.将产品在水平面内（俯仰角和横滚角均在 $\pm 5^\circ$ 以内）绕z轴（z轴为竖直方向）进行旋转，旋转2-3圈，旋转过程尽可能采用慢速并近匀速旋转，旋转一周的时间控制在10秒到15秒之间；
- 4.将罗盘绕X轴或者Y轴进行旋转，旋转过程可以采用慢速并近匀速旋转，绕每个轴旋转2-3圈，旋转一周的时间约为15秒；
- 5.完成校准，发送77 04 00 12 16保存校准。

方式二——多面校准

- 1.将产品固定在使用环境中，校准时尽量不要携带钥匙、手机等有磁物品；
- 2.将产品放置于水平状态（ $\pm 5^\circ$ 以内）；
- 3.用16进制格式发送下面校准命令：77 04 00 08 0C，返回值为77 05 00 88 00 8D；
- 4.产品置于水平状态，正面朝上（俯仰、横滚都为 $\pm 5^\circ$ 以内），近匀速旋转一周，旋转一周用时10秒以上；
- 5.产品置于水平状态，安装面朝上（俯仰为 $0 \pm 5^\circ$ 以内、横滚为 $180 \pm 5^\circ$ 以内），近匀速旋转一周，旋转一周大概用时10秒以上；

6.产品置于垂直状态，壳体的光滑侧面朝下（俯仰为 0 ± 5 度以内、横滚为 90 ± 5 度内），近视匀速旋转一周，旋转一周大概用时10秒以上；

7.产品置于垂直状态，壳体的另一个光滑侧面朝下（俯仰为 0 ± 5 度以内、横滚为 -90 ± 5 度内），近视匀速旋转一周，旋转一周大概用时10秒以上；

其中4.5.6.7步骤可以交换；

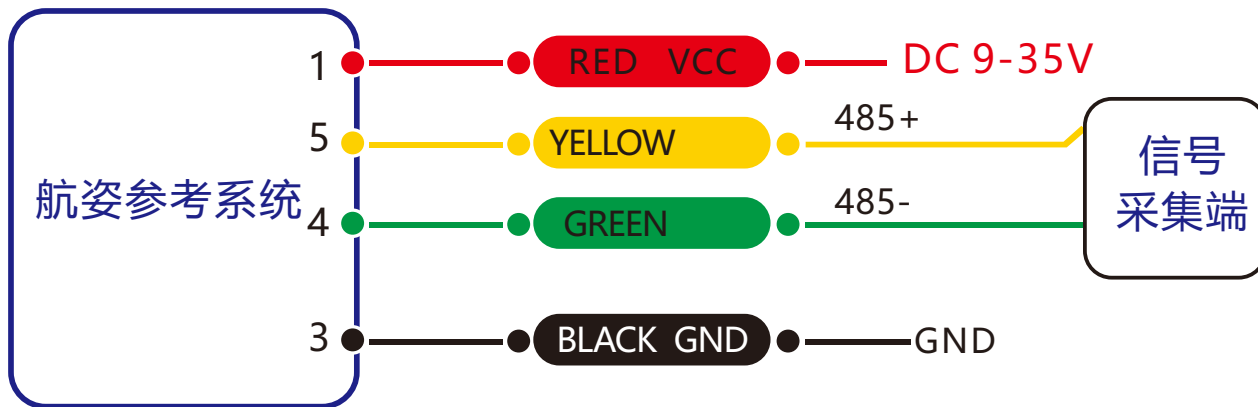
8.四个面旋转完以后，发送16进制命令77 04 00 09 0D保存校准，返回77 05 00 89 XX YY。其中XX代表校准误差系数，该值越小越好，小于10较理想，FF表示校准失败，YY为该命令的校验和；

9.校准完成。

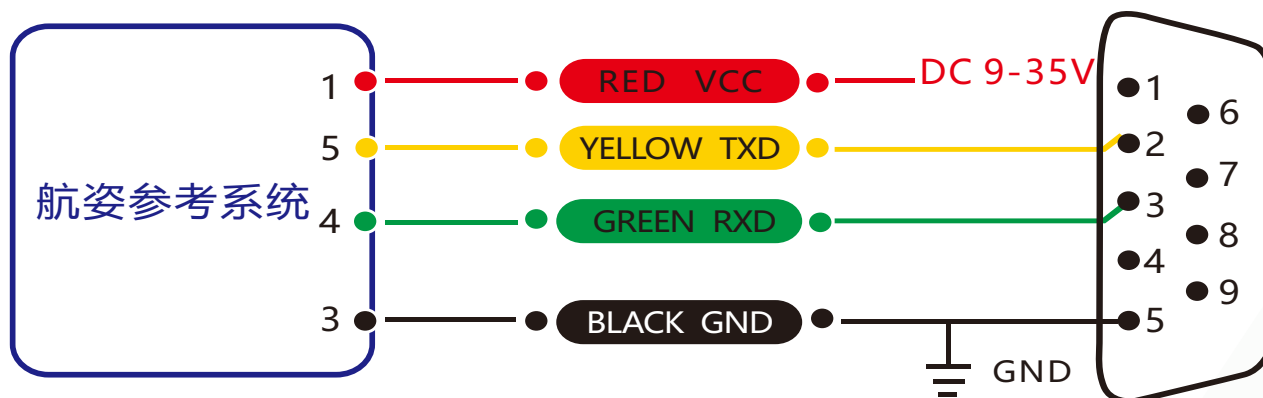
电气连接

接线定义

	红色RED	蓝色BLUE	黑色BLACK	绿色GREEN	黄色YELLOW
线色功能	1	2	3	4	5
	电源正极 DC 9-35V	NC	GND地	接收RXD (B、D-)	发送TXD (A、D+)



RS 485接线图



RS 232接线图

通讯协议

1 数据帧格式： (8位数据位，1位停止位，无校验，默认速率9600)

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (Xbyte)	校验和 (1byte)
0x77					

数据格式：16进制数

标示符：固定为77

数据长度：从数据长度到校验和（包括数据长度、校验和）的长度

地址码：采集模块的地址，默认为00

数据域：根据命令字不同内容和长度相应变化。

校验和：数据长度、地址码、命令字和数据域16进制的累加和（如有进位，只取后两位）。

注意：当命令字或者数据域变化时，校验和会变化。当您改变数据域时请相应改变校验和。

对于产品的更改设置，更改后，需要再发送保存设置命令。否则，重新上电，之前的设置项将消失。

2 命令格式：

2.1 读PITCH俯仰角度 发送命令：77 04 00 01 05

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (0byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x04		0x01		

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (3byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x07		0x81	SXXX.YY	

注：数据域为3字节返回角度值，为压缩BCD码，S为符号位（0正，1负）XXX为三位整数，YY为两位小数。
其他轴数据与此相同。如10 26 87 表示-026.87度。

2.2 读ROLL横滚角度 发送命令：77 04 00 02 06

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (0byte)	校验和 (1byte)
0x77	04		0x02		

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (3byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x07		0x82	SXXX.YY	

2.3 读Heading方位角度 发送命令：77 04 00 03 07

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (0byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x04		0x03		

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (3byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x07		0x83	SXXX.YY	

2.4 读PITCH、ROLL和HEADING轴角度 发送命令：77 04 00 04 08

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (0byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x04		0x04		

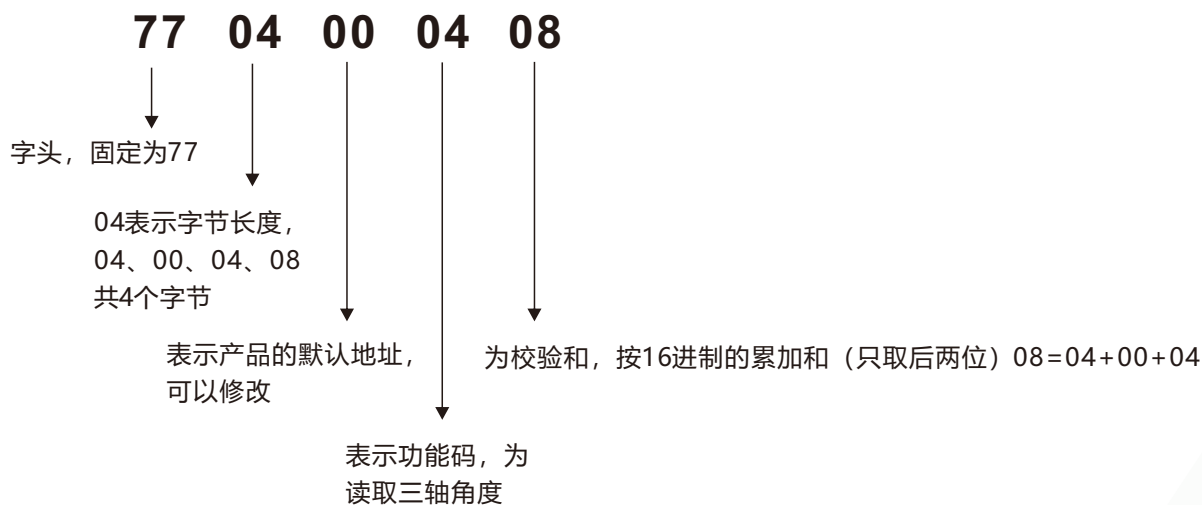
应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (9byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x0D		0x84	3组SXXX.YY	

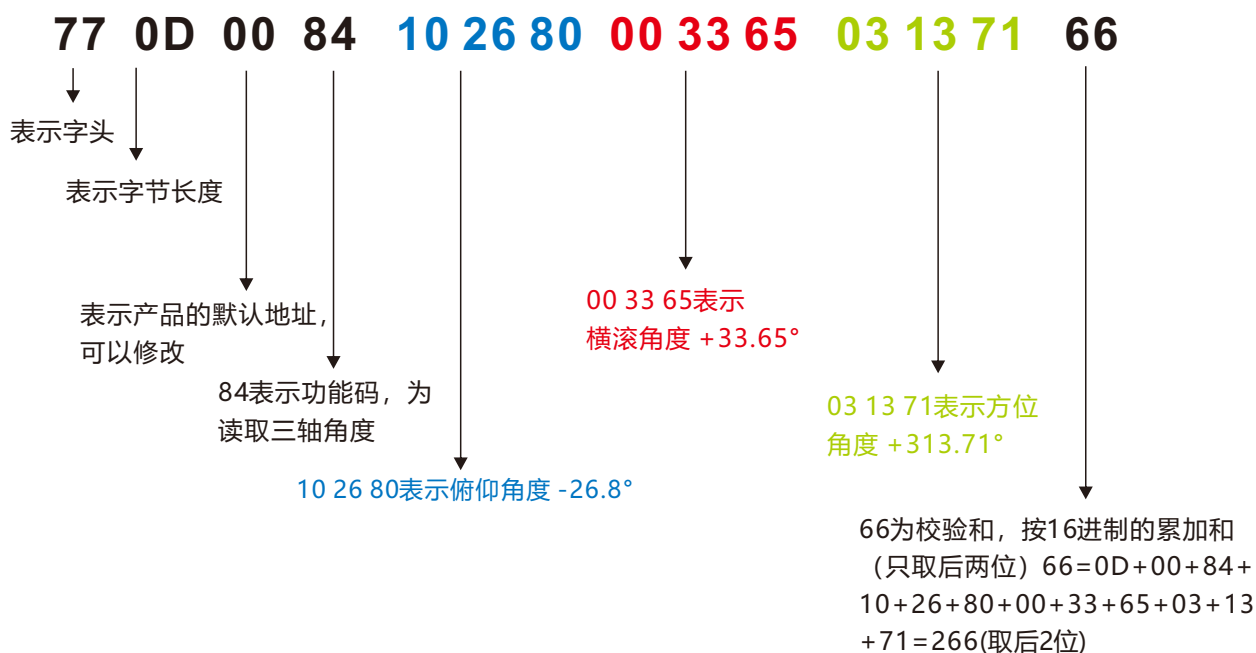
数据域包含9个字节，分别为俯仰(Pitch)，横滚(Roll)和方位(Heading)角度值，为压缩BCD码，每三个字节为一组，例如返回命令为77 0D 00 84 10 26 80 00 33 65 03 13 71 66，其中Pitch为10 26 80，Roll为00 33 65，Heading为03 13 71。对于每个角度返回值的三个字节，格式为SX XX YY，S为符号位（0正，1负），XXX为三位整数，YY为小数。本例相应的三个角度的读数分别为：-26.8°，33.65°，313.71°。

命令解析：

发送命令：77 04 00 04 08



接收解析：



2.5 设置通讯速率

发送命令：77 05 00 0B 02 12

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (1byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x05		0x0B	XX	

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (1byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x05		0x8B		

注：发送的数据域XX为波特率选项：00表示2400，
 01 表示4800，
 02表示9600，
 03表示19200，
 04表示115200，
 05表示38400（部分定制产品有此波特率），
 06表示57600（部分定制产品有此波特率），
 波特率设置较低时，角度传输响应较慢。

2.6 设置磁偏角

发送命令：77 06 00 06 02 08 16

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (2byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x06		0x06	SX XY	

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (2byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x06		0x86	00	

注：S表示符号，0为正1为负，XX为两位整数，Y为1位小数。如02 08为+20.8°。

2.7 读磁偏角

发送命令：77 04 00 07 0B

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (0byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x04		0x07		

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (2byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x06		0x87	SX XY	

2.8 设置模块地址

发送命令：77 05 00 0F 01 15

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (1byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x05	XX	0x0F	YY	

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (1byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x05	YY	0x8F	00	

注：XX表示修改前的地址，YY为修改的地址。

2.9 查询当前地址

发送命令：77 04 00 1F 23

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (0byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x04	0x00	0x1F		23

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (1byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x05	XX	0x1F	XX	

注：XX表示产品当前的地址。

2.10 设置输出角度模式 发送命令：77 05 00 0C 00 11

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (1byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x05		0x0C	XX	

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (1byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x05		0x8C	00	

注：发送的数据域XX为自动输出频率选项：00表示应答模式，
01表示5Hz自动输出三轴角度
02表示10Hz自动输出三轴角度
03表示20Hz自动输出三轴角度
04表示25Hz自动输出三轴角度
05表示50Hz自动输出三轴角度
自动输出频率设置较高时，需要将波特率设置成高波特率。

2.11 查询重力加速度G值 发送命令：77 04 00 54 58

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (0byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x04		0x54		

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (9byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x0D		0x54	3组SXYYYY	

注：数据域中S为符号位，X为整数位，Y小数位，
例如返回值为77 0D 00 54 10 01 51 00 04 47 11 05 00 24 代表：X轴：-0.0151g，X轴：0.0447g，Z轴：-1.05g

2.12 查询磁场值 发送命令：77 04 00 55 59

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (0byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x04		0x55		

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (9byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x0D		0x55	3组SYYYYY	

注：数据域中S为符号位，Y小数位，单位为高斯。
例如返回值为77 0D 00 55 11 55 25 00 34 52 13 46 16 E2 代表：X轴：-0.15525，Y轴：0.03452，Z轴：-0.34616

2.13 查询角速度 发送命令：77 04 00 50 54

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (0byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x04		0x50		

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (9byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x0D		0x50	3组SXXXXYY	

注：数据域中S为符号位，X为整数位，Y为小数位，
例如返回值为77 0D 00 A0 01 13 92 04 99 52 10 21 78 EB 代表：
X轴角速度：+113.92°/s
Y轴角速度：+499.52°/s
Z轴角速度：-21.78°/s。

2.14 保存设置 发送命令：77 04 00 0A 0E

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (0byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x04		0x0A		

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (1byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x05		0x8A	0x00	

注：对于前面各种参数修改设置，都需要再发送保存命令，如果设置完成后不发送保存设置命令，则断电后这些设置都将消失。

2.15 清除磁校准数据 发送命令：77 04 00 10 14

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (0byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x04		0x10		

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (1byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x05		0x90	0x00	

注：该命令是清除用户进行的磁校准数据。

2.16 四元数 发送命令：77 04 00 57 5B

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (0byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x04		0x57		

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (16byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x14		0x57	*	

*数据域包含16个字节分别为四元数q0,q1,q2,q3,为压缩BCD码，每四个字节为一组，
例如返回命令77 14 00 57 00 99 99 96 00 00 02 90 10 00 26 73 10 00 00 01 7F
其中q0为00 99 99 96，q1为00 00 02 90，q2为10 00 26 73，q3为10 00 00 01。
对于每个四元数返回值的四个字节，格式为SY YY YY YY，S为符号位（0正，1负），YY为小数位。
本例相应的四元数分别为：0.0999996，0.0000290，-0.0002673，-0.0000001。

2.17 读九轴数据 发送命令：77 04 00 60 64（即可返回九轴数据）

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (0byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x04		0x60		

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (36byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x28		0x84	*	

*以上九轴输出格式如下：

77 28 00 84 10 41 07 00 02 44 01 22 18 10 65 20 00 03 19 10 74 33 10 00 15 00 00 13 00 00 02 11 55 25 00 34 52 13 46 16 A7

其中：

10 41 07 00 02 44 01 22 18:

三轴姿态压缩BCD码（SXXXYY）：S为符号位，XXX三位整数位，YY两位小数位

pitch: -41.07 roll: 2.44 yaw: 122.18

10 65 20 00 03 19 10 74 33:

三轴加速度计（SXYYYY）：S为符号位，X一位整数位，YYYY四位小数位

AX: -0.6520 AY: 0.0319 AZ: -0.7433

10 00 15 00 00 13 00 00 02:

三轴陀螺仪（SXXXYY）：S为符号位，XXX三位整数位，YY两位小数位

GX: -0.15 GY: 0.13 GZ: 0.02

11 55 25 00 34 52 13 46 16 (SXYYYY) :

S为符号位，X一位整数位，YYYY四位小数位

MX:-0.15525 MY:0.03452 MZ:-0.34616

A7:

校验和：从长度28到校验和之前所有数据的和

2.18 自动输出数据类型设置 发送命令： 77 05 00 56 00 5B (设置自动输出数据类型为姿态角输出)

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (1byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x05		0x56	XX	

应答命令：

标示符 (1byte)	数据长度 (1byte)	地址码 (1byte)	命令字 (1byte)	数据域 (1byte)	校验和 (1byte)
0x77	0x05		0x56	00	

*注：数据域XX对应输出数据类型：

0x00:自动输出三轴姿态数据，输出格式参考读三轴角度2.4

0x01:自动输出三轴加速度计，输出格式参考读加速度计数据2.11

0x02:自动输出三轴陀螺仪数据，输出格式参考读陀螺仪数据2.13

0x03:自动输出三轴磁力计数据，输出格式参考读磁力计数据2.12

0x04:自动输出所有数据，包括（三轴姿态，加速度计，陀螺仪，磁力计），输出格式参考读九轴数据2.17

订购信息

产品型号	通信方式	封装情况
BW-AH400-232	RS232	IP67封装/航空接头
BW-AH400-485	RS485	IP67封装/航空接头
BW-AH400-TTL	TTL	IP67封装/航空接头

执行标准

- 企业质量体系标准：ISO9001:2008标准（证书号：10114Q16846ROS）
- CE认证（证书号：3854210814）
- ROHS（证书号：SO81426003）
- GB/T 191 SJ 20873-2003 倾斜仪、水平仪通用规范
- GBT 18459-2001 传感器主要静态性能指标计算方法
- JJF 1059-1999 测量不确定度评定与表示
- GBT 14412-2005 机械振动与冲击 加速度计的机械安装
- GJB 450A-2004 装备可靠性通用要求
- GJB 909A 关键件和重要件的质量控制
- GJB 899 可靠性鉴定和验收试验
- GJB150-3A 高温试验
- GJB150-4A 低温试验
- GJB150-8A 淋雨试验
- GJB150-12A 沙尘试验
- GJB150-16A 振动试验
- GJB150-18A 冲击试验
- GJB150-23A 倾斜和摇摆试验
- GB/T 17626-3A 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626-5A 浪涌（击）冲抗扰度试验
- GB/T 17626-8A 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626-11A 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度

BW-AH400

高精度航姿参考系统

无锡北微传感科技有限公司

地址：无锡市滨湖区绣溪路58号30幢

热线：400-618-0510

电话：0510-85737158

邮箱：sales@bwsensing.com

网址：www.bwsensing.com.cn