

# 高精度三维电子罗盘模块 用户手册

RS232/RS485/UART Interface

## 1、产品介绍

感谢您选用WOOSSENS WMC系列三维电子罗盘。WMC系列三维电子罗盘是一款低功耗，高性能带倾斜补偿的三维电子罗盘模组。

WOOSSENS WMC系列三维电子罗盘采用了先进的算法对模组进行了软磁和硬磁校正，提供了精确的方位信息。模组的输出信息表示了模组当前的姿态位置，可以用于需要360°旋转的系统当中。WMC系列电子罗盘将三轴磁传感，三轴倾斜传感集成到一起。由于小巧的体积，非常适合空间要求高的系统。这些优点都使WOOSSENS WMC系列三维电子罗盘成为众多高精度，高性能应用的选择。

WMC系列三维电子罗盘可广泛应用于

- 高性能固态导航仪器
- 高性能姿态测量
- 惯性测量装置(IMU Inertial Measurement Unit)集成
- 机器人系统
- 激光测距仪
- 钻井应用

由于有许多潜在的应用，WMC系列三维电子罗盘提供了灵活方便的命令设置。许多参数都是用户可编程的。我们希望WMC系列三维电子罗盘能帮助您的目标系统实现最好的性能。感谢您的选用。

## 2、产品规格

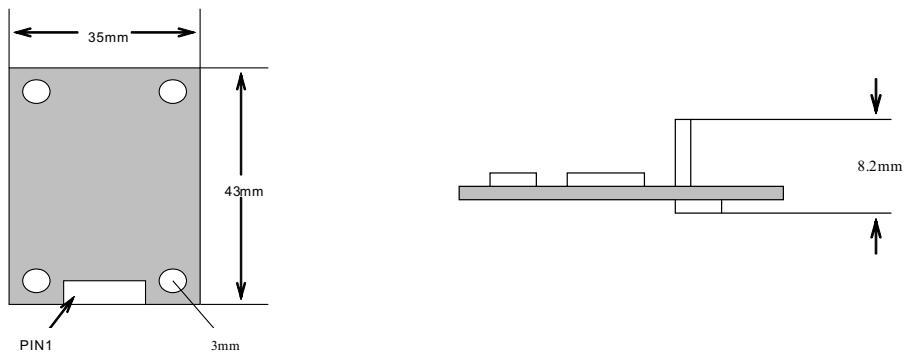
### 2.1 产品性能参数

罗盘参数	航向精度	0.5° 倾斜<10°
		1° 倾斜<30°
		2° 倾斜<80°
	航向显示分辨率	0.1°
	航向重复性	0.05°
倾角参数	倾角测量分辨率	0.1°
	俯仰角测量范围	±90°
	俯仰角精度	0.2° 倾斜<30°
		0.4° 倾斜<90°
	横滚角测量范围	±180°
	横滚角测量精度 (任意90° 象限内)	0.2° 倾斜<30°
		0.4° 倾斜<90°

### 2.2 操作特性

通信接口	WMC230S	UART
	WMC233S	RS232
	WMC235S	RS485
通信波特率		2400到115200
最大数据更新率		20Hz
启动时间延迟		300ms
供电电压		5VDC
最大工作电流		<25mA
工作温度范围		-40到85°C
存储温度范围		-40到85°C
平均无故障工作时间		>70000hr

### 3、产品结构图



### 4、产品接口定义

RS232输出接线定义

PIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
定义	电源地	NC	RS232地	NC	NC	NC	TXD	RXD	5VDC
线色	黑		绿				黄	蓝	红

RS485输出接线定义

PIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
定义	电源地	NC	NC	NC	NC	NC	485-B	485-A	5VDC
线色	黑		绿				黄	蓝	红

### 5、产品配线

产品配线型号为：115-13000-750A

## 6、产品安装

本节将介绍如果在您的系统中配置，编程和控制WMC系列三维电子罗盘。在您的系统中安装WMC系列三维电子罗盘，需按以下步骤：

- 给电子罗盘建立电气连接
- 利用电子罗盘程序评估电子罗盘
- 选择安装位置
- 安装
- 用户校正

在安装模组之前，可以通过免费提供的电子罗盘测试程序在您的系统以外进行评估。

WMC系列三维电子罗盘的磁传感器具有大的动态的范围，同时尖端的校正算法使模组能够适用于各种复杂的环境。但为了保证达到最佳的性能，您在安装的时候应该遵循以下几点意见：

### 磁传感器不能饱和

WMC系列三维电子罗盘可以通过用户校正来补偿主机系统所产生的静态磁场。磁传感器的每个轴的最大动态范围是 $\pm 80\mu T$ 。如果任何一个轴的磁场强度超过这个值，将不能得到精确的方位信息。在安装的时候，要综合考虑每个磁场源的影响，在加上地球磁场的情况下可能使磁传感器饱和。举个例子来说，大型的含铁设备例如变压器和汽车底盘，大电流，恒磁体例如电动马达等等。

### 安装位置应远离变化的磁场源

目前为止还不能对变化异常的磁场进行标定，因此，为了达到良好的精度，应保持电子罗盘尽量远离系统中变化的磁场源。举例来说，电气设备的开关或者附件的含铁物体位置发生变化，确保电子罗盘不会被放在离可能大的磁场的物体附近。应该安装在物理环境比较稳定的位置，安装位置应该与剧烈的震动，振荡和抖动隔离开。

### 测试

测试应该安排在开发的早期阶段，用于了解失真区域的范围和瞬变情况，进而考虑元件的安装位置。

为了确定失真区域的范围，将电子罗盘放置在一个固定的位置，然后移动/给有影响的元件上电，同时观察电子罗盘的输出来确定什么时候有影响。

## 7、用户标定

所有的罗盘都能在受控的环境下有良好的性能，这个环境周围的磁场完全由地球磁场组成。然而在绝大多数情况下，电子罗盘将会安装在例如像汽车这样的自身有较大局部磁场源的主机系统中：含铁的金属底盘，变压器铁心，电流以及电动机中的永磁体。

通过执行用户标定程序，您可以使用WMC系列三维电子罗盘来识别这些局部磁场异常的磁场源，随后在测量地球磁场以计算罗盘方位的过程中消除它们的影响。当您执行用户标定程序时，WMC系列三维电子罗盘将进行一系列的磁场测量。它会分析全部的磁场，从那些由局部磁场产生的部分（我们希望扣除的信号）中识别出由地球磁场产生的部分（即所需信号）。

以上过程的最终目的是使电子罗盘在其安装位置能够测量精测量出主机系统所产生的静态三维磁场矢量，随后这个矢量将从实时的磁场测量中扣除来得到地球磁场矢量。

WMC系列三维电子罗盘的三维磁传感器和三维加速度计的一个重要作用是它能用倾斜幅度来补偿所有方位的失真。前面我们提到过，为了进行准确的标定，罗盘必须测量出它在主机系统的当前位置上所产生的局部磁场矢量。由于电子罗盘是接连或者固定于主机系统之上，当主机系统的方位改变时，这个局部的磁场矢量不变，使得电子罗盘在任何倾斜和翻滚方向都能得到精确校正。而对于全向磁选通器这样的系统，在非水平的方向上不能进行精确的标定。这是由于它的磁力计是全向的，会随着主机方位的变化而改变位置，在这种情况下会出现不同于标定时情况的局部变形场。

### 关键点：

- 1、电子罗盘能够进行成功标定的最少点数为18个点。
- 2、在校正的过程中尽可能的倾斜，倾斜角度应 $>30^\circ$  这使得罗盘能充分利用3轴磁传感器的优势。
- 3、标定的运动包括至少180度的水平转动，但是为了达到最佳的精度，需要360度的水平转动，同时在校正中应包括尽可能多的不同倾斜角度。

### 软磁和硬磁的影响

硬磁失真是由恒磁体或者带磁性的钢或者铁靠近传感器造成的。这种类型的失真对于相对位置固定的传感器在所有方向上的失真影响是恒定的。硬磁失真会在传感器的每个轴向上都叠加一个固定的磁场分量，所以硬磁失真可以利用简单的算法进行补偿。

软磁失真是由地球磁场和软性磁材料接近传感器共同作用的结果。从技术上来说，软磁材料具有高的可磁导率。已知材料的磁导率可以作为磁力线穿过能力的度量，相对于大气（大气的磁导率为1）。

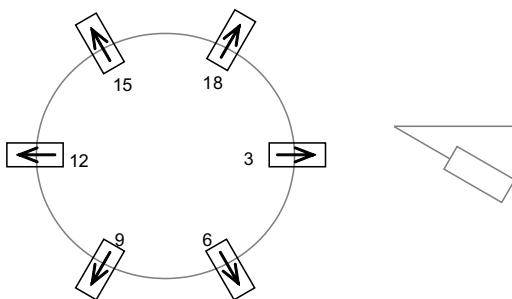
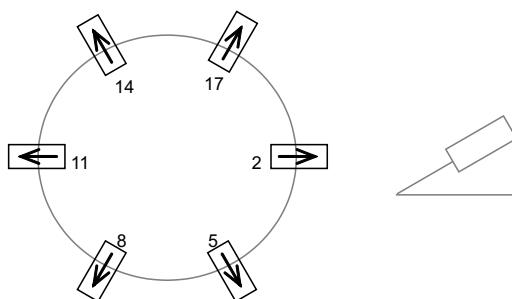
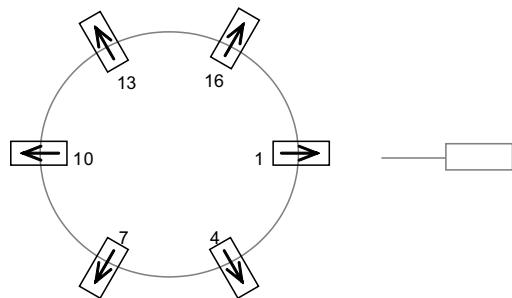
## 7.1、标定过程

**标定：**标定前请先选择标定模式  
(连续/单点)

**连续标定：**在连续标定时，发送标定命令便开始标定，要对一个点采样，模组需要稳定一小段时间。一旦窗口显示下一个数，模组需要移动一定距离并保持稳定以进行下一次采样。方位或倾斜至少需要30度的改变量才能进行采，一旦达到预先设置的采样数目(18)，则标定完成。

**单点标定：**发送标定命令便开始标定，模组移动一定距离并保持稳定时再发送一次标定命令进行下一个采样点。

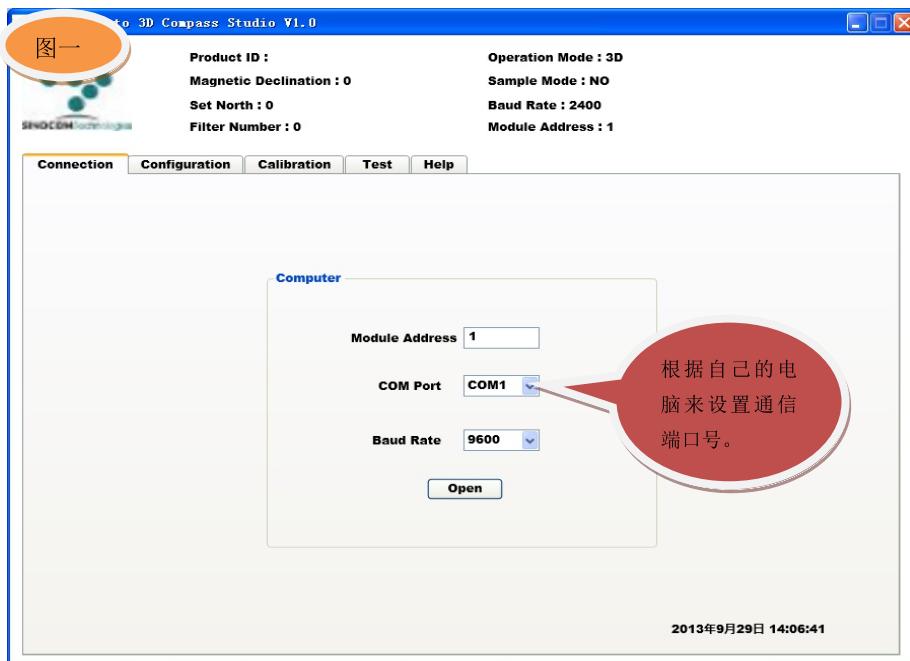
连续标定和单点标定，请按右边图示方式对18点进行采样：



## 7. 2 WMC电脑调试软件说明

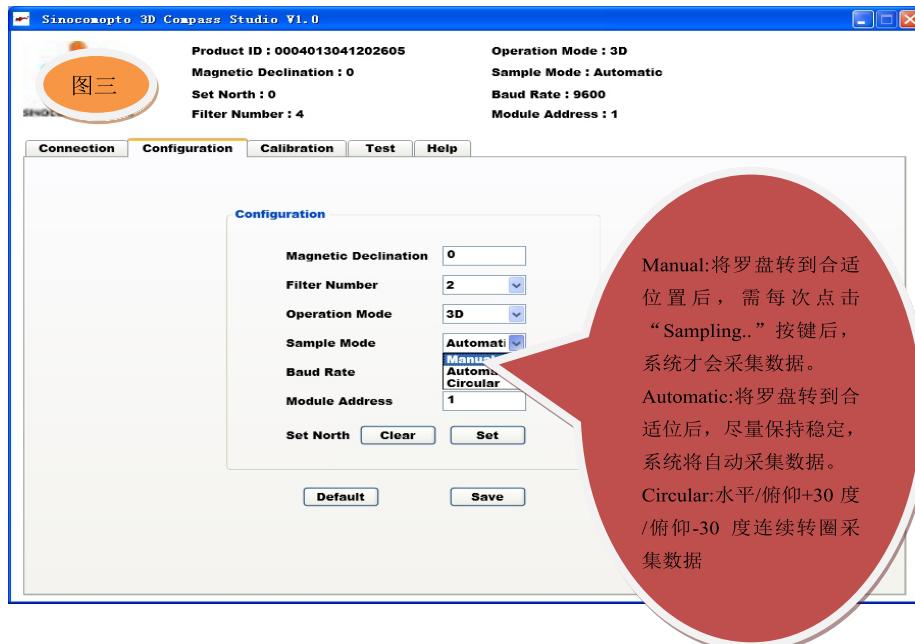
使用该软件，请确保电脑里安装微软Framework 4.0。

### 7. 2. 1 电脑通信参数设置



### 7. 2. 2 模块通信参数及校准参数设置





### 7.2.3 校准模式

自动校准(如图四)



手动采样校准:

如图四显示, 只是要注意图四右上角Sampling Mode位置的显示, 必须显示是: Manual., 校准时当罗盘为3D工作模式时需将罗盘转到合适位置后, 需每次点击“Sampling..”按键后, 系统才会采集数据。

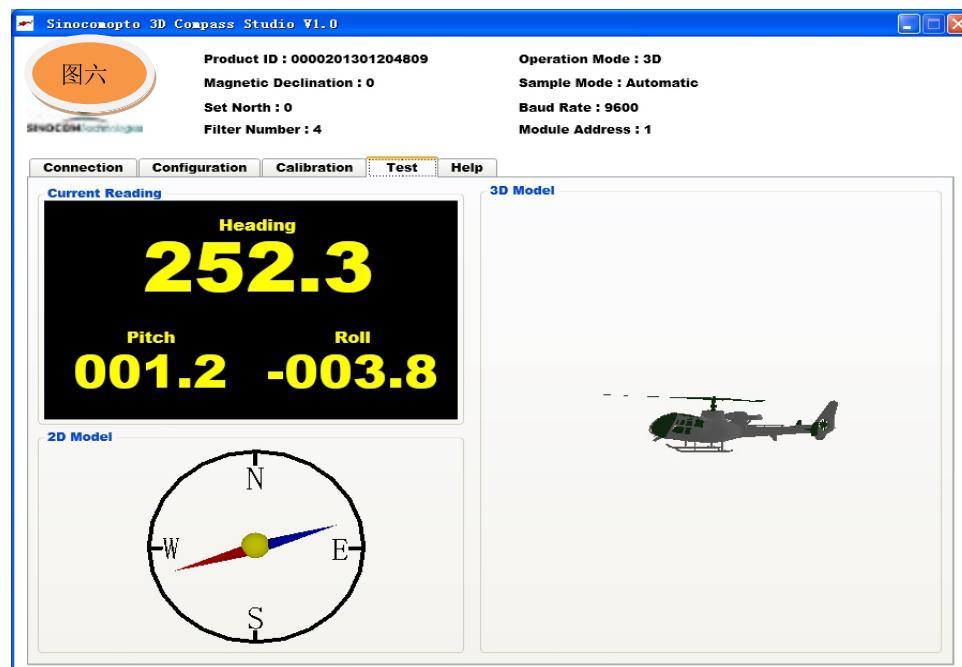
连续采样校准:

如图四显示, 只是要注意图四右上角 Sampling Mode位置的显示, 必须显示是: Circular., 校准时当罗盘为3D工作模式时, 先在水平面转动一圈(圈/30秒)采样6个点, 再 Pitch>30转一圈采样6个点, 最后在Pitch<-30采样6个点完成采样。

### 7.2.4 校准成功



### 7.2.5 测试界面



### 7.2.6 帮助界面



## 8、通信协议

WMC系列三维电子罗盘通信协议采用标准的MODBUS-RTU协议，便于客户与系统中其他标准串口设备兼容。通信协议包涵有：MODBUS-RTU小端模式（表1），MODBUS-RTU大端模式（表2）。

### 8. 1 Modbus协议简介

模块使用的是MODBUS-RTU通讯协议，MODBUS协议详细定义了校验码、数据序列等，这些都是特定数据交换的必要内容。MODBUS协议在一根通讯线上使用主从应答式连接（半双工），这意味着在一根单独的通讯线上信号沿着相反的两个方向传输。首先，主计算机的信号寻址到一台唯一的终端设备（从机），然后，终端设备发出的应答信号以相反的方向传输给主机。

MODBUS协议只允许在主机（PC, PLC等）和终端设备之间通讯，而不允许独立的终端设备之间的数据交换，这样各终端设备不会在它们初始化时占据通讯线路，而仅限于响应到达本机的查询信号。

### 8. 2 查询-回应

#### 8. 2. 1 查询

查询消息中的功能代码告之被选中的从设备要执行何种功能。数据段包含了从设备要执行功能的任何附加信息。例如功能代码03H是要求从设备读保持寄存器并返回它们的内容。数据段必须包含要告之从设备的信息：从何寄存器开始读及要读的寄存器数量。错误检测域为从设备提供了一种验证消息内容是否正确的方法。

#### 8. 2. 2 回应

如果从设备产生一正常的回应，在回应消息中的功能代码是在查询消息中的功能代码的回应。数据段包括了从设备收集的数据：如寄存器值或状态。如果有错误发生，功能代码将被修改以用于指出回应消息是错误的，同时数据段包含了描述此错误信息的代码。错误检测域允许主设备确认消息内容是否可用。

### 8. 3 传输方式

传输方式是指一个数据帧内一系列独立的数据结构以及用于传输数据的有限规则，下面定义了与MODBUS 协议 - RTU方式相兼容的传输方式。

每个字节的位：

- 1个起始位
- 8个数据位，最小的有效位先发送
- 无奇偶校验位
- 1个停止位

错误检测(Error checking): CRC (循环冗余校验)

## 8.4 协议

当数据帧到达终端设备时，它通过一个简单的“端口”进入被寻址到的设备，该设备去掉数据帧的“信封”（数据头），读取数据，如果没有错误，就执行数据所请求的任务，然后，它将自己生成的数据加入到取得的“信封”中，把数据帧返回给发送者。返回的响应数据中包含了以下内容：终端从机地址(Address)、被执行了的命令(Function)、执行命令生成的被请求数据(Data)和一个校验码(Check)。发生任何错误都不会有成功的响应，或者返回一个错误指示帧。

### 8.4.1 数据格式

Address	Function	Data	Check
8-Bits	8-Bits	N×8-Bits	16Bits

### 8.4.2 地址域(Address)

地址域在帧的开始部分，由一个字节（8位二进制码）组成，十进制为0~255，在我们的系统中只使用1~255,其它地址保留。这些位标明了用户指定的终端设备的地址，该设备将接收来自与之相连的主机数据。每个终端设备的地址必须是唯一的，仅仅被寻址到的终端会响应包含了该地址的查询。当终端发送回一个响应，响应中的从机地址数据便告诉了主机哪台终端正与之进行通信。

### 8.4.3 功能域(Function)

功能域代码告诉了被寻址到的终端执行何种功能。

代码	意义	功能
03H	读取数据寄存器	获得一个或多个寄存器当前的二进制值
10H	预置多寄存器	设定二进制值到多寄存器中

### 8.4.4 数据域(Data)

数据域包含了终端执行特定功能所需要的数据或者终端响应查询时采集到的数据。这些数据的内容可能是数值、参考地址或者设置值。例如：功能域码告诉终端读取一个寄存器，数据域则需要指明从哪个寄存器开始及读取多少个数据，内嵌的地址和数据依照类型和从机之间的不同内容而有所不同。

### 8.4.5 错误校验域(Data)

该域允许主机和终端检查传输过程中的错误。有时，由于电噪声和其它干扰，一组数据在从一个设备传输到另一个设备时在线路上可能会发生一些改变，出错校验能够保证主机或者终端不去响应那些传输过程中发生了改变的数据，这就提高了系统的安全性和效率，错误校验使用了16位循环冗余的方法（CRC16）。

## 8.5 错误检测方法

错误校验（**CRC**）域占用两个字节，包含了一个16位的二进制值。**CRC**值由传输设备计算出来，然后附加到数据帧上，接收设备在接收数据时重新计算**CRC**值，然后与接收到的**CRC**域中的值进行比较，如果这两个值不相等，就发生了错误。

**CRC**运算时，首先将一个16位的寄存器预置为全1，然后连续把数据帧中的每个字节中的8位与该寄存器的当前值进行运算，仅仅每个字节的8个数据位参与生成**CRC**，起始位和终止位以及可能使用的奇偶位都不影响**CRC**。在生成**CRC**时，每个字节的8位与寄存器中的内容进行异或，然后将结果向低位移位，高位则用“0”补充，最低位（**LSB**）移出并检测，如果是1，该寄存器就与一个预设的固定值（**0A001H**）进行一次异或运算，如果最低位为0，不作任何处理。

上述处理重复进行，直到执行完了8次移位操作，当最后一位（第8位）移完以后，下一个8位字节与寄存器的当前值进行异或运算，同样进行上述的另一个8次移位异或操作，当数据帧中的所有字节都作了处理，生成的最终值就是**CRC**值。

生成一个**CRC**的流程为：

- 1、 预置一个16位寄存器为**0FFFFH**（全1），称之为**CRC**寄存器。
- 2、 把数据帧中的第一个字节的8位与**CRC**寄存器中的低字节进行异或运算，结果存回**CRC**寄存器。
- 3、 将**CRC**寄存器向右移一位，最高位填以0，最低位移出并检测。
- 4、 如果最低位为0：重复第三步（下一次移位）；如果最低位为1：将**CRC**寄存器与一个预设的固定值（**0A001H**）进行异或运算。
- 5、 重复第三步和第四步直到8次移位。这样处理完了一个完整的八位。
- 6、 重复第2步到第5步来处理下一个八位，直到所有的字节处理结束。
- 7、 最终**CRC**寄存器的值就是**CRC**的值。

此外还有一种利用预设的表格计算**CRC**的方法，它的主要特点是计算速度快，但是表格需要较大的存储空间，该方法此处不再赘述，请参阅相关资料。

## 8. 6 通信应用格式详解

本节所举实例将尽可能的使用如图所示的格式，（数字为16进制）。

Addr	Fun	Data addr reg Hi	Data addr reg Lo	Data #of regs Hi	Data #of regs Lo	CRC16 Lo	CRC16 Hi
01H	03H	01H	08H	00H	02H	44H	35H

Addr:	从机地址
Fun:	功能码
Data addr reg Hi:	数据起始地址 寄存器高字节
Data addr reg Lo:	数据起始地址 寄存器低字节
Data #of regs Hi:	数据读取个数 寄存器高字节
Data #of regs Lo:	数据读取个数 寄存器低字节
CRC16 Lo:	循环冗余校验 低字节
CRC16 Hi:	循环冗余校验 高字节

### 8. 6.1 读数据(功能码03H)

查询数据帧

此功能允许用户获得设备采集与记录的数据及系统参数。主机一次请求的数据个数没有限制，但不能超出定义的地址范围。

下面的例子是从01号从罗盘航向的基本数据（数据帧中每个地址占用2个字节）起始地址为0106H, WMC系列三维电子罗盘航向数据由4字节数据组成。

Addr	Fun	Data addr reg Hi	Data addr reg Lo	Data #of regs Hi	Data #of regs Lo	CRC16 Lo	CRC16 Hi
01H	03H	01H	08H	00H	02H	44H	35H

响应数据帧

响应包含从机地址、功能码、数据的数量和CRC错误校验。

Addr	Fun	Byte Count	Data1 Hi	Data1 Lo	Data2 Hi	Data2 Lo	CRC16 Lo	CRC16 Hi
01H	03H	04H	70H	8CH	BAH	42H	D2H	49H

每个电子罗盘数据占4个字节，上例是在小端模式下的输出结果，所以航向值=42BA8C70H=93.3°

WMC模块浮点数表示遵循ANSI/IEEE Std 754-1985

### 8. 6.2 预置多寄存器(功能码10H)

功能码16允许用户改变多个寄存器的内容，该模块中系统参数、开关量输出状态等可用此功能号写入。主机一次最多可以写入

Addr	Fun	Data addr reg Hi	Data addr reg Lo	Data #of regs Hi	Data #of regs Lo	Byte count	Value Hi	Value Lo	CRC16 Lo	CRC16 Hi
01H	10H	01H	1EH	00H	01H	02H	00H	ACh	B5H	53H

响应数据帧

对于预置单寄存器请求的正常响应是在寄存器值改变以后回应机器地址、功能号、数据起始地址、数据个数、CRC校验码。如图。

Addr	Fun	Data addr reg Hi	Data addr reg Lo	Data #of regs Hi	Data #of regs Lo	CRC16 Lo	CRC16 Hi
01H	10H	01H	1EH	00H	01H	60H	33H

读写属性：“RO”只读，读参量用03H号命令；“R/W”可读可写，“WO”只可写入，写系统参量用10H号命令。禁止向未列出的或不具可写属性的地址写入。

表一：MODBUS-RTU小端模式地址表(L:表示低八位有效)

地址	读写	数据	说明
0100H	RO	ID	产品ID号，不分大小端
0101H	RO	ID	
0102H	RO	ID	
0103H	RO	ID	
0104H	RO	ID	
0105H	RO	ID	
0106H	RO	ID	
0107H	RO	ID	
0108H	RO	罗盘航向角	Float 小端
0109H	RO	罗盘航向角	
010AH	RO	罗盘俯仰角	Float 小端
010BH	RO	罗盘俯仰角	
010CH	RO	罗盘横滚角	Float 小端
010DH	RO	罗盘横滚角	
010EH	RO		H:0,正常模式, 10,校准模式 L:已校准点个数
010FHL	RO	干扰大小	0-255
0110HL	RO	标定结果	标定成功: 54H, 标定失败: 46H
0111H	RO	H:标定结果1, L:标定结果2	0-255
0112H	RO	H:标定结果3, L:标定结果4	0-255
0113H	R/W	预留	
0114HL	R/W	2D/3D	2D:00H, 3D:01H
0115HL	R/W	标定点数	9, 18, 27, 36
0116HL	R/W	单点标定/连续标定	上电时为连续采样，不保存 1:手动采样, 2:自动采样(稳定3秒), 3:连续采样(连续转圈)
0117HL	R/W	设备地址	1-254
0118HL	R/W	波特率	2400:0, 4800:1, 9600:2(默认), 19200:3, 38400:4, 115200:5
0119H	R/W	磁偏角	Float 小端
011AH	R/W	磁偏角	
011BH	R/W	设置当前角度为北	Float 小端 清除: 35H, 设置: ACH
011CH	R/W	设置当前角度为北	
011DHL	R/W	滤波系数	1-20
011EHL	WO	罗盘标定/清除	清除: 35H, 标定: ACH
011FHL	WO	恢复出厂设置	恢复: ACH(恢复后需重新标定)
0120HL	WO	保存数据	保存: ACH

表二：MODBUS-RTU大端模式地址表(L:表示低八位有效)

地址	读写	数据	说明
0200H	RO	ID	产品ID号，不分大小端
0201H	RO	ID	
0202H	RO	ID	
0203H	RO	ID	
0204H	RO	ID	
0205H	RO	ID	
0206H	RO	ID	
0207H	RO	ID	
0208H	RO	罗盘航向角	Float 小端
0209H	RO	罗盘航向角	
020AH	RO	罗盘俯仰角	Float 小端
020BH	RO	罗盘俯仰角	
020CH	RO	罗盘横滚角	Float 小端
020DH	RO	罗盘横滚角	
020EH	RO		H:0,正常模式, 10,校准模式 L:已校准点个数
020FHL	RO	干扰大小	0-255
0210HL	RO	标定结果	标定成功: 54H, 标定失败: 46H
0211H	RO	H:标定结果1, L:标定结果2	0-255
0212H	RO	H:标定结果3, L:标定结果4	0-255
0213H	R/W	预留	
0214HL	R/W	2D/3D	2D:00H, 3D:01H
0215HL	R/W	标定点数	9, 18, 27, 36
0216HL	R/W	单点标定/连续标定	上电时为连续采样，不保存 1:手动采样, 2:自动采样(稳定3秒), 3:连续采样(连续转圈)
0217HL	R/W	设备地址	1-254
0218HL	R/W	波特率	2400:0, 4800:1, 9600:2(默认), 19200:3, 38400:4, 115200:5
0219H	R/W	磁偏角	Float 小端
021AH	R/W	磁偏角	
021BH	R/W	设置当前角度为北	Float 小端 清除: 35H, 设置: ACH
021CH	R/W	设置当前角度为北	
021DHL	R/W	滤波系数	1-20
021EHL	WO	罗盘标定/清除	清除: 35H, 标定: ACH
021FHL	WO	恢复出厂设置	恢复: ACH(恢复后需重新标定)
0220HL	WO	保存数据	保存: ACH