



CTM60-MB 磁方位仪

操作手册

北京信普尼科技有限公司

## 1 产品简介

CTM60-MB 真北磁方位仪（以下简称：磁方位仪）具有全国产化、体积小、功耗低、方位精度高等特点，适合应用于很多场景。

磁方位仪提供硬磁和软磁补偿算法，用以修正磁场畸变效应。还可以自动提供相对于真北（地理北）的磁偏角补偿。

提供 RS-232、TTL 接口。

采用无磁铝制外壳，结构防水，安装方便。

工作温度范围-40℃~85℃，存储温度范围-55℃~125℃。

## 2 应用领域

- 车载卫星通讯设备
- 各种类型的舰船航行
- 机器人系统
- 水下无人航行器（UUV）
- 车载雷达
- 各种固定翼飞机以及直升机
- 手持观瞄系统
- 浮标或水下装置定位

## 3 产品特性

### 3.1 电气参数

特性	条件	最小	典型	最大	单位
供电电压		3.8		15	V
工作电流			<15		mA
休眠电流			0.1		mA
存储温度		-55		125	℃
工作温度		-40		85	℃

### 3.2 性能指标

特性	条件	最小	典型	最大	单位
<b>方位</b>					
测量范围		0°~360°			
精度 ( $\delta\theta_{rms}$ )	横滚或俯仰 < 65°	-	0.2		°
	横滚或俯仰 < 85°	-	0.4		
分辨率 (rms)			0.1		°
重复性 (rms)	循环 3 次, 0° 至 360°, 水平		0.05		°
最大倾斜角			±85		°
<b>横滚俯仰</b>					
横滚范围	默认航向		±180		°
俯仰量程	默认航向		±90		°
精度 ( $\delta\theta_{rms}$ )			0.05		°
分辨率			0.01		°
重复性 ( $\delta\theta_{rms}$ )			0.05		°
<b>全球性应用</b>					
应用范围		南半球、北半球			-
<b>数字接口</b>					
波特率	用户可选择波特率	4800	38400	115200	Baud
接口格式		RS232/TTL			
通信参数		n,8,1			
TTL 输出/输出电压		0~3			V
上电延迟			300		msec
休眠延迟			80		msec
最大采样率			30		samples/sec
<b>绝对最大值</b>					
供电		-0.3		18	V
温度	工作温度	-40		+85	°C
	存储温度	-55		+125	°C

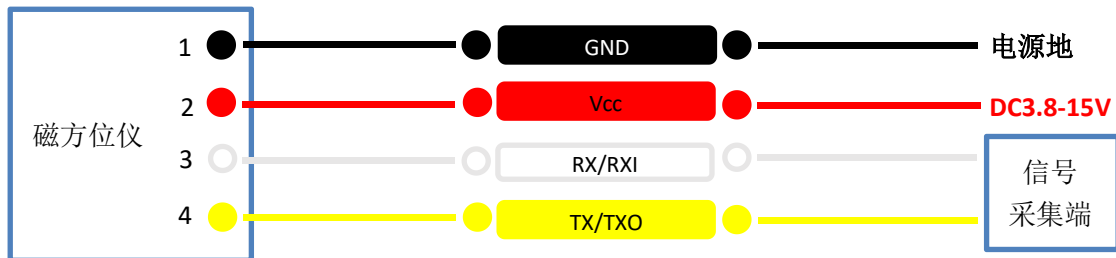
### 3.3 机械特性

连接器	外壳封装 (AUDL)	引线输出 (标准线长 0.5m)			
	OEM 板 (PCBO)	4pin			
防护等级	外壳封装 (AUDL)	IP55			
重量	外壳封装 (AUDL)		60	65	g
	OEM 板 (PCBO)		10		g
外形尺寸	外壳封装 (AUDL)	55.00*37.00*22.00			mm
	OEM 板 (PCBO)	33 x 31 x 13			mm

## 4 产品安装

### 4.1 电气连接

CTM60-MB RS232 接口和 TTL 的电气连接示意图：



### 4.2 坐标系、姿态角、磁北说明

导航坐标系：北东地坐标系，X 轴指北，Y 轴指东，Z 轴指地。

载体坐标系：对应北东地导航坐标系，载体坐标系是前右下坐标系，X 轴指向载体前进方向，Y 轴指向载体右侧，Z 轴指向下。

在磁方位仪默认安装方式（“标准 0°”）下，俯仰角、横滚角的定义如图 4-2-1 所示，方位角测量范围为  $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ ，指向磁北时为  $0^{\circ}$ ，顺时针旋转时方位由  $0^{\circ}$  到  $360^{\circ}$  变化；俯仰角测量范围为  $-90^{\circ}\sim 90^{\circ}$ ，水平时为  $0^{\circ}$ ，往上抬头为正，向下低头为负；横滚角测量范围为  $-180^{\circ}\sim 180^{\circ}$ ，水平时为  $0^{\circ}$ ，右倾为正，左倾为负。

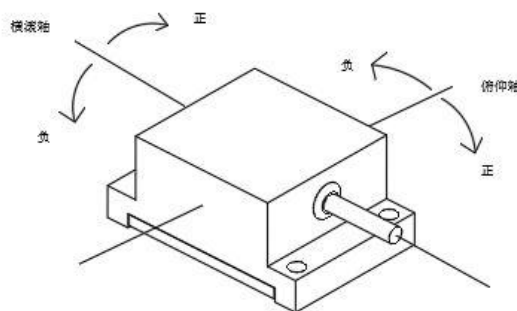


图 4-2-1

磁方位仪三个磁力计方向定义如图 4-2-2 所示。磁力计 X 轴正方向与磁方位仪丝印指北箭头方向平行，磁力计 Y 轴正方向沿磁方位仪右侧方向，磁力计 Z 轴正方向垂直向上。加速度计的轴与磁力计相同。

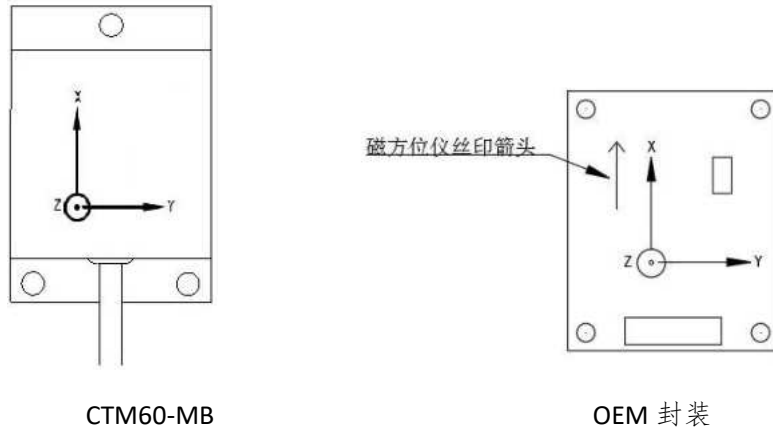


图 4-2-2

真磁北方向与 X 轴同向。

### 4.3 校准环境要求

为了保证磁方位仪最佳的性能，在安装的时候应该遵循以下两点意见：

(1) 磁方位仪的磁力计不能饱和，如果任何一个轴的磁场强度超过  $120\mu\text{T}$ ，那么将不能得到精确的方位信息。在安装时，要综合考虑磁场源的影响，磁场源加上地磁场的情况下是否会使得磁力计饱和。在磁方位仪安装进载体的情况下，要尽可能多的旋转、倾斜载体，监控磁方位仪的输出，观察是否超出最大的动态范围，建议尽可能使磁方位仪的动态范围留有余量。常见的容易造成磁场饱和的物品有大型的含铁设备，例如：变压器和汽车底盘；大电流或恒磁体，例如电动马达等。

(2) 目前的磁方位仪不能对变化的磁场进行校准，因此为了达到良好的精度，磁方位仪应该安装在物理环境比较稳定的位置，与剧烈的振动、振荡和抖动隔离开，尽量远离载体中变化的磁场源，举例来说，电气设备的开关或者会移动的铁磁性物体等。

### 4.4 机械安装方式选择

磁方位仪的安装具有极大的灵活性，可以安装在不同的位置上。所有的参考点是基于外壳的箭头。默认的安装方式是“STD0°”，姿态见图 4-4-1。

注意：下面图中的电路板是示意图，并不是真实的磁方位仪，其指北箭头与外壳箭头方向一致。

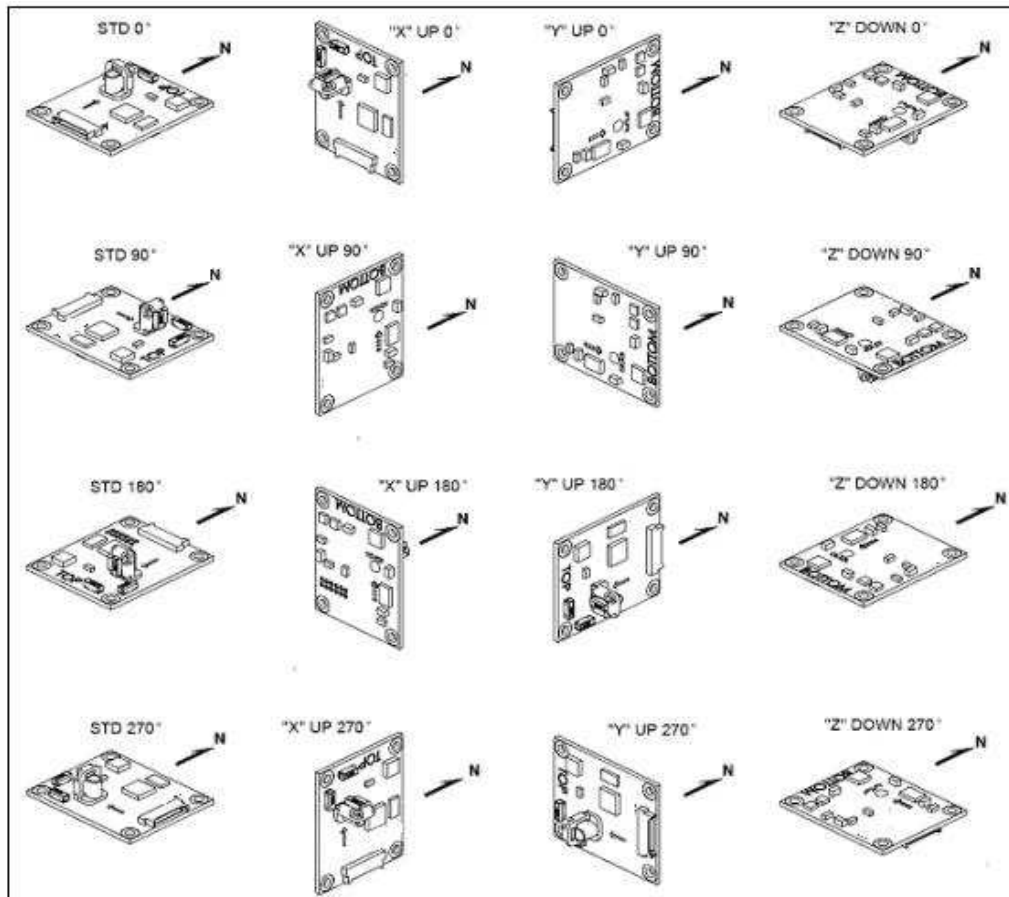


图 4-4-1

## 5 连接读数

给磁方位仪供电后，连接计算机串口，磁方位仪不主动输出数据，需发送查询预设输出数据或开始连续输出命令，才会有姿态数据输出。

### 5.1 串口调试助手发命令读数

查询预设输出数据	00 05 04 BF 71
开始连续输出	00 05 15 BD 61

表 5-1-1

出厂前默认波特率：**38400bps**，命令和输出都是二进制格式（HEX）。

输出姿态数据举例：**00 15 05 03 05 41 13 7B A5 18 C0 17 D5 D6 19 40 96 2E D9 67 8E**。这包数据表示输出了 3 个姿态数据，分别是 **05**（方位角的标识符）、**18**（俯仰角的标识符）、**19**（横滚角的标识符），跟在标识符后面的就是对应的姿态数据。

用串口调试工具发送上表中的任何一条命令都可以输出姿态数据，输出数据的解析参考通讯协议部分的**查询预设输出数据的应答**命令。

## 5.2 配套的上位机软件读数

操作步骤如下：

- (1) 供电（5V）。
- (2) 连接磁方位仪和计算机串口。
- (3) 运行“LTM60\_XB\_MB\_T 真北磁方位仪用户软件.exe”软件，界面如图 5-2-1。



图 5-2-1

- (4) 选择正确的串口号。
- (5) 点击“连接”按钮，连接成功后，界面如图 5-2-2 所示。“连接”按钮旁灯变绿，表示连接成功，红色表示连接异常。



图 5-2-2

- (6) 配置输出方式并保存，按照图 5-2-3 所示配置。点击“配置并保存”，界面显示“设置完成”。



图 5-2-3

- (7) 在“测试”页面，点击“输出数据”按钮，就可以观察到输出的姿态数据。界面见图 5-2-4:



图 5-2-4

### 5.3 连接异常处理

#### 1. 连接失败

处理办法：(1) 请检查计算机串口是否插好。(2) 确认串口号正确。

#### 2. 上位机显示异常，如下图：



图 5-3-1

处理办法：关闭串口重新连接。

## 6 信息详解

磁方位仪采用的通讯协议遵守国际电气协议 IEEE 标准格式 ANSI/IEEE Std754-1985, 该标准规定了计算机程序设计环境中的二进制和十进制浮点数的转换、算术格式及方法。

磁方位仪采用二进制通讯协议，串口配置如下：

参数名称	数值
起始位	1
数据位	8
停止位	1
校验位	无

表 6-1-1

### 6.1 数据帧结构

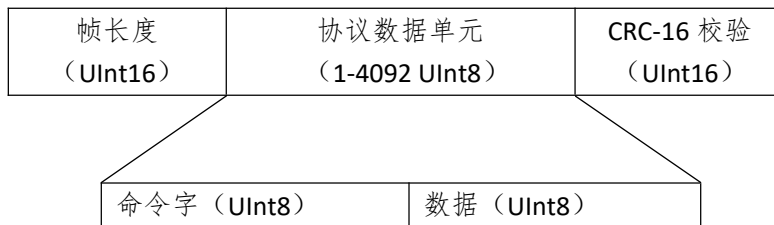


图 6-1-1

说明：

- (1) 帧长度是一帧数据包的字节数，包括帧长度、协议数据单元和 CRC-16 校验。
- (2) CRC-16 校验计算从帧长度开始到协议数据单元的最后一个字节。
- (3) 帧长度和 CRC-16 校验固定是大端模式，协议数据单元的多字节数据可以设置大小端。

### 6.2 数据类型

符号	说明
Float64	64bit 浮点数据 (IEEE Std 754-1985)
Float32	32bit 浮点数据 (IEEE Std 754-1985)
Sint32	32bit 有符号整型数据
Sint16	16bit 有符号整型数据
Sint8	8bit 有符号整型数据
UInt32	32bit 无符号整型数据
UInt16	16bit 无符号整型数据
UInt8	8bit 无符号整型数据
Boolean	布尔变量，值只能是 1 或者 0

表 6-2-1

## 6.3 命令详解

命令字	英文命令符	中文命令符	按钮名称
命令字 1~49 和 PNI 的 TCM XB/MB 完全兼容（命令字是十进制）			
1	kGetModInfo	查询类型及固件版本号	“连接”
2	kGetModInfoResp	查询类型及固件版本号成功的应答	
3	kSetDataComponents	设置输出数据项目	
4	kGetData	查询预设输出数据	
5	kGetDataResp	预设输出数据的应答	
6	kSetConfig	基础配置	
7	kGetConfig	查询基础配置	
8	kGetConfigResp	查询配置成功的应答	
9	kSave	保存	“保存”
10	kStartCal	开始校准	“开始校准”
11	kStopCal	终止校准	“终止校准”
12	kSetFIRFilters	设置滤波系数	
13	kGetFIRFilters	查询滤波系数	
14	kGetFIRFilters Resp	查询滤波系数的应答	
15	kPowerDown	休眠	“休眠”
16	kSaveDone	保存结果的应答	
17	kUserCalSampCount	采样点序号	
18	kCalScore	校准结果评分	
19	kSetConfigDone	基础配置成功的应答	
20	kSetFIRFiltersDone	设置滤波系数成功的应答	
21	kStartContinuousMode	启动连续输出	
22	kStopContinuousMode	停止连续输出	“停止输出”
23	kPowerUpDone	唤醒休眠成功的应答	
24	kSetAcqParams	设置连续输出间隔	
25	kGetAcqParams	查询连续输出间隔	
26	kSetAcqParamsDone	设置连续输出间隔成功的应答	
27	kGetAcqParamsResp	查询连续输出间隔成功的应答	
28	kPowerDownDone	休眠成功的应答	
29	kFactoryMagCoeff	恢复磁场系数的出厂配置	“恢复磁出厂配置”
30	kFactoryMagCoeffDone	恢复磁场系数出厂配置的应答	
31	kTakeUserCalSample	记录采样点	“记录采样点”
36	kFactoryAccelCoeff	恢复加速度系数的出厂配置	“恢复加速度出厂配置”
37	kFactoryAccelCoeffDone	恢复加速度系数出厂配置的应答	
46	kSetSyncMode	设置低功耗读数模式	“低功耗读数模式”
47	kSetSyncModeResp	设置低功耗读数的应答	
49	kSyncRead	低功耗读数模式下查询数据	“低功耗查询数据”
Frame ID48~ID83 和国产的同类型罗盘兼容			

命令字	英文命令符	中文命令符	按钮名称
48	kWriteZero	设置用户零面数据	“设置用户零面数据”
58	kWriteZeroDone	设置用户零面数据成功的应答	
59	kReadZero	查询用户零面数据	“查询用户零面数据”
60	kReadZeroResp	查询用户零面数据成功的应答	
56	KCaliHull	设置模块安装误差全部修正数据	“安装误差全部修正”
57	KCaliHullResp1	设置模块安装误差全部修正数据成功的应答	
50	KCaliHullResp2	设置模块安装误差全部修正数据失败的应答	
54	kClearHull	清除模块安装误差全部修正数据	“清除安装误差修正”
55	kClearHullResp	清除模块安装误差全部修正数据成功的应答	
80	KCaliHull_2	设置模块安装误差部分修正数据	“安装误差部分修正”
81	KCaliHull_2Resp	设置模块安装误差部分修正数据成功的应答	
Frame ID64~ID78 是信普尼独有的校准命令			
64	KStartCalAlignment	开始加速度对齐校准	“开始对齐校准”
65	KStartCalAlignmentResp	开始加速度对齐校准成功的应答	
66	kTakeUserCalAlignmentSample	记录加速度对齐校准数据	
67	kTakeSampleOk	记录加速度对齐校准数据成功的应答	
68	kTakeSampleFail	记录加速度对齐校准数据失败的应答	
69	kCalcCoeff	计算加速度对齐校准系数	“计算对齐系数”
70	kCalcCoeffOk	计算加速度对齐校准系数成功的应答	
71	kCalcCoeffFail	计算加速度对齐校准系数失败的应答	
72	KStopCalAlignment	终止加速度对齐校准	“终止对齐校准”
73	KStopCalAlignmentResp	终止加速度对齐校准成功的应答	
74	KClearCalAlignmentCoeff	清除加速度对齐系数	“清除对齐系数”
75	KClearCalAlignmentCoeffResp	清除加速度对齐系数成功的应答	
Frame ID250~ID251 是信普尼特有的计算磁偏角功能			
250	KCalcuWMM	计算磁偏角	“计算磁偏角”
251	KCalcuWMMDone	计算磁偏角成功的应答	

表 6-3-1

没有数据的命令，列出完整帧格式不进行解释。有数据的命令，列出数据区的格式，根据情况进行解释、说明或举例。

### 1 查询类型及固件版本号 (KGetModInfo 命令字=1):

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	01	EFD4
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →



## 2 查询类型及固件版本号成功的应答 (kGetModInfoResp 命令字=2)

磁方位仪类型和固件版本号是 4 字节的字符类型。由于模块类型只有 4 字节，因此将用 TCMB 表示 LTM60-MB/XB/T。

← 数据 →	
类型	版本号
← UInt32 →	← UInt32 →

## 3 设置输出数据项目 (kSetDataComponents 命令字=3)

← 数据 →				
项目个数 N	项目号 <sub>1</sub>	项目号 <sub>2</sub>	项目号 <sub>3</sub>	项目号 <sub>N</sub>
← UInt8 →	← UInt8 →	← UInt8 →	← UInt8 →	← UInt8 →

项目号（十进制）如下表：

项目名称	项目号	数据类型	数据单位	数据值
方位角	5	Float32	度	0-360
俯仰角	24	Float32	度	±90.0°
横滚角	25	Float32	度	±180.0°
温度	7	Float32	摄氏度 (°C)	
磁场是否超范围	8	Boolean	0 或者 1	1=磁场超范围
磁场是否校准	9	Boolean	0 或者 1	1=已校准
X 轴加速度	21	Float32	G	±1.0
Y 轴加速度	22	Float32	G	±1.0
Z 轴加速度	23	Float32	G	±1.0
X 轴磁场	27	Float32	uT	±125
Y 轴磁场	28	Float32	uT	±125
Z 轴磁场	29	Float32	uT	±125

表 6-3-2

举例： 00 09 03 03 05 18 19 DF DE（配置模块输出方位角、俯仰角、横滚角）。

说明：X、Y、Z 轴加速度的单位 G 采用的是国际通用单位  $G=9.80665$  米/秒<sup>2</sup>。

## 4 查询预设输出数据 (kGetData 命令字=4)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	04	BF71
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 5 查询预设输出数据的应答 (kGetDataResp 命令字=5)

←		数据			→	
项目个数 N	项目号 1	项目号 1 的 值	项目号 2	项目号 2 的 值	项目号 3	项目号 3 的 值
← UInt8 →	←UInt8→	←依标识值 定义→	←UInt8→	←依标识值 定义→	←UInt8→	←依标识 值定义→

依标识值定义指的是数据类型由标识号对应的数据类型确定。

举例： 00 15 05 03 05 41 13 7B A5 18 C0 17 D5 D6 19 40 96 2E D9 67 8E。这帧数据表示输出了 3 个数据，分别是 05（方位角）、18（俯仰角）、19（横滚角）。

## 6 基础配置 (kSetConfig 命令字=6)

←		数据		→	
基础配置项目号		配置值			
← UInt8 →		← 依配置值定义 →			

项目名称	基础配置项目号	数据类型	配置值	数据默认值
磁偏角	1	Float32	-180° to 180°	0°
磁北真北设置	2	Boolean	1=真北； 0=磁北；	False
大小端设置	6	Boolean	1=大端； 0=小端。	True
安装方式	10	UInt8	1 = STD 0° 2 = X UP 3 = Y UP 4 = STD 90° 5= STD 180° 6= STD 270° 7 = Z DOWN 0° 8 = X UP 90° 9 = X UP 180° 10 = X UP 270° 11 = Y UP 90° 12 = Y UP 180° 13 = Y UP 270° 14 = Z DOWN 90° 15 = Z DOWN 180° 16 = Z DOWN 270°	1
采样点数	12	UInt32	4-32	12
自动采样	13	Boolean	1=自动采样； 0=手动采样。	False

波特率	14	UInt8	0-300 1-600 2-1200 3-1800 4-2400 5-3600 6-4800 7-7200 8-9600 9-14400 10-19200 11-28800 12-38400 13-57600 14-115200	12
输出单位	15	Boolean	1=密位; 0=度。	False
校准输出设置	16	Boolean	1=输出; 0=不输出。	True
磁场系数编号	18	UInt32	0-7	0
加速度系数编号	19	UInt32	0-2	0

表 6-3-3

举例：00 07 06 02 00 85 EF （选择磁北）

00 0A 06 01 C0 E0 00 00 C7 6B （设置磁偏角为-7度）

00 07 06 0D 01 85 F0 （校准时自动采样）

00 0A 06 0C 00 00 00 20 D1 E6 （采样点数 32）

00 07 06 0A 01 1C 67 （参考安装面为 STD 0°）

00 07 06 0E 0C 01 0E （38400 波特率）

00 07 06 06 01 59 0A （大端模式）

#### 7 查询基础配置（kGetConfig 命令字=7）

←	数据	→
基础配置项目号		
←	UInt8	→

举例：00 06 07 06 4B F1 （查询数据大小端模式）

## 8 查询配置成功的应答 (kGetConfigResp 命令字=8)

← 数据 →	
基础配置项目号	配置值
← UInt8 →	← 依配置值定义 →

举例：00 07 08 06 01 42 0B (数据为大端模式)

## 9 保存 (kSave 命令字=9)

这个命令将基础配置的值和用户校准的系数保存在非易失性内存中。

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	09	6EDC
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 10 开始校准 (kStartCal 命令字=10)

← 数据 →
校准模式
← UInt32 →

校准模式	10	20/50	30	40	100	110
校准模式说明	全范围校准	2D 校准	仅硬磁校准	有限倾斜校准	加速度球校准	加速度球和磁校准

举例：00 09 0A 00 00 00 14 5C F9 (2D 校准)。

## 11 终止校准 (kStopCal 命令字 =11)

这个命令是针对开始校准 (kStartCal 命令字=10) 命令的。

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	0B	4E9E
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 12 设置滤波系数 (kSetFIRFilters 命令字=12)

← 数据 →						
3	1	抽头个数 N	抽头 1 的值	抽头 2 的值	抽头 3 的值	抽头 N 的值
← UInt8 →	← UInt8 →	← UInt8 →	← Float64 →	← Float64 →	← Float64 →	← Float64 →

推荐的抽头数的值见下图 6-3-1:

Count	4-Tap Filter	8-Tap Filter	16-Tap Filter	32-Tap Filter
1	04.6708657655334e-2	01.9875512449729e-2	07.9724971069144e-3	01.4823725958818e-3
2	04.5329134234467e-1	06.4500864832660e-2	01.2710056429342e-2	02.0737124095482e-3
3	04.5329134234467e-1	01.6637325898141e-1	02.5971390034516e-2	03.2757326624196e-3
4	04.6708657655334e-2	02.4925036373620e-1	04.6451949792704e-2	05.3097803863757e-3
5		02.4925036373620e-1	07.1024151197772e-2	08.3414139286254e-3
6		01.6637325898141e-1	09.5354386848804e-2	01.2456836057785e-2
7		06.4500864832660e-2	01.1484431942626e-1	01.7646051430536e-2
8		01.9875512449729e-2	01.2567124916369e-1	02.3794805168613e-2
9			01.2567124916369e-1	03.0686505921968e-2
10			01.1484431942626e-1	03.8014333463472e-2
11			09.5354386848804e-2	04.5402682509802e-2
12			07.1024151197772e-2	05.2436112653103e-2
13			04.6451949792704e-2	05.8693165018301e-2
14			02.5971390034516e-2	06.3781858267530e-2
15			01.2710056429342e-2	06.7373451424187e-2
16			07.9724971069144e-3	06.9231186101853e-2
17				06.9231186101853e-2
18				06.7373451424187e-2
19				06.3781858267530e-2
20				05.8693165018301e-2
21				05.2436112653103e-2
22				04.5402682509802e-2
23				03.8014333463472e-2
24				03.0686505921968e-2
25				02.3794805168613e-2
26				01.7646051430536e-2
27				01.2456836057785e-2
28				08.3414139286254e-3
29				05.3097803863757e-3
30				03.2757326624196e-3
31				02.0737124095482e-3
32				01.4823725958818e-3

图 6-3-1

例如，滤波的抽头个数设置为 4，由图 6-3-1 可以确定 4 个抽头数的值分别是：04.6708657655334e-2、04.5329134234467e-1、04.5329134234467e-1、04.6708657655334e-2。

举例：00 28 0C 03 01 04 3F A7 EA 32 7A 23 B2 49 3F DD 02 B9 B0 BB 89 FF 3F DD 02 B9 B0 BB 89 FF 3F A7 EA 32 7A 23 B2 49 04 92 （设置 taps=4）

### 13 查询滤波系数（kGetFIRFilters 命令字=13）

←	数据	→
	3	1
← UInt8 →		← UInt8 →

## 14 查询滤波系数的应答 (kGetFIRFiltersResp 命令字=14)

←		数据					→
3	1	抽头个数 N	抽头 1 的值	抽头 2 的值	抽头 3 的值	抽头 N 的值	
←UInt8→	←UInt8→	←UInt8→	←Float64→	←Float64→	←Float64→	←Float64→	
→			→	→	→	→	

## 15 休眠 (kPowerDown 命令字=15)

←帧长度→	←命令字→	←CRC-16 校验→
0005	0F	0E1A
←UInt16→	←UInt8→	←UInt16→

发送休眠命令前停止**查询预设输出数据**或**停止连续输出**，目的让模块停止输出数据。

**唤醒:**发送任意数据可将磁方位仪唤醒，推荐发送 0xFF。

## 16 保存结果的应答 (kSaveDone 命令字=16)

错误代码=0000h 表示成功， 错误代码=0001 h 表示失败。

← 数据 →
错误代码
← UInt16 →

## 17 采样点序号 (kUserCalSampCount 命令字=17)

范围为 1 到 32。

← 数据 →
采样点序号
← UInt32 →

## 18 校准结果评分 (kCalScore 命令字=18)

←		数据				→
磁场校准评分	保留	加速度校准评分	分布误差	倾斜误差	倾斜范围	
←Float32→	←Float32→	←Float32→	←Float32→	←Float32→	←Float32→	

## 19 配置成功的应答 (kSetConfigDone 命令字=19)

←帧长度→	←命令字→	←CRC-16 校验→
0005	13	DDA7
←UInt16→	←UInt8→	←UInt16→

## 20 设置滤波系数成功的应答 (kSetFIRFiltersDone 命令字=20)

←帧长度→	←命令字→	←CRC-16 校验→
0005	14	AD40
←UInt16→	←UInt8→	←UInt16→

## 21 启动连续输出 (kStartContinuousMode 命令字=21)

模块重启后，开始连续输出失效，需要重新发送该命令进行设置。

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	15	BD61
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 22 停止连续输出 (kStopContinuousMode 命令字=22)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	16	8D02
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 23 唤醒休眠成功的应答 (kPowerUpDone 命令字=23)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	17	9D23
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 24 设置连续输出间隔 (kSetAcqParams 命令字=24)

← 数据 →			
输出方式	保留	采样间隔	输出间隔
← UInt8 →	← UInt8 →	← Float32 →	← Float32 →

输出方式：0x00 是查询输出；0x01 是连续输出。

采样间隔：设置为 0。

输出间隔：最小间隔是 0.033s，即输出频率为 30Hz。

举例：00 0F 18 00 00 00 00 00 00 3F 00 00 00 1C 57（连续输出，传感器采样间隔为 0s，连续输出间隔是 0.5s）

## 25 查询连续输出间隔 (kGetAcqParams 命令字=25)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	19	7CED
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 26 设置连续输出间隔成功的应答 (kSetAcqParamsDone 命令字 =26)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	1A	4C8E
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 27 查询连续输出间隔成功的应答 (kGetAcqParamsResp 命令字=27)

← 数据 →			
输出方式	滤波	采样间隔	输出间隔

←UInt8 →	←UInt8→	← Float32 →	←Float32→
----------	---------	-------------	-----------

举例：00 0F 1B 00 00 00 00 00 3F 00 00 00 64 AD（输出间隔 0.5s）

### 28 休眠成功的应答（kPowerDownDone 命令字=28）

←帧长度→	←命令字→	←CRC-16 校验→
0005	1C	2C48
← UInt16 →	← UInt8→	← UInt16 →

### 29 恢复磁场系数的出厂配置（kFactoryMagCoeff 命令字=29）

←帧长度→	←命令字→	←CRC-16 校验→
0005	1D	3C69
← UInt16 →	← UInt8→	← UInt16 →

### 30 恢复磁场系数出厂配置的应答（kFactoryMagCoeff Done 命令字=30）

←帧长度→	←命令字→	←CRC-16 校验→
0005	1E	0C0A
← UInt16 →	← UInt8→	← UInt16 →

### 31 记录采样点（kCalSample 命令字=31）

←帧长度→	←命令字→	←CRC-16 校验→
0005	1F	1C2B
← UInt16 →	← UInt8→	← UInt16 →

### 36 恢复加速度系数的出厂配置（FactoryAccelCoeff 命令字=36）

←帧长度→	←命令字→	←CRC-16 校验→
0005	24	9B13
← UInt16 →	← UInt8→	← UInt16 →

### 37 恢复加速度系数出厂配置的应答（kFactoryAccelCoeffDone 命令字=37）

←帧长度→	←命令字→	←CRC-16 校验→
0005	25	8B32
← UInt16 →	← UInt8→	← UInt16 →

### 46 设置低功耗读数模式（kSetSyncMode 命令字=46）

工作模式代码设置为 0 代表正常模式，设置为 100 代表低功耗读数模式。

← 数据 →
工作模式代码
← UInt8 →

### 47 设置低功耗读数模式的应答（kSetSyncModeResp 命令字=47）

← 数据 →
--------

工作模式代码
← UInt8 →

## 49 低功耗读数模式下查询数据 (kSyncRead 命令字=49)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	31	D987
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 48 设置用户零面数据 (kWriteZero 命令字=48)

←	数据	→
方位零偏	俯仰零偏	横滚零偏
← Float32 →	← Float32 →	← Float32 →

设置方法：见 4.2.7 部分内容。

## 58 设置用户零面数据成功的应答 (kWriteZeroDone 命令字=58)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	3A	68EC
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 59 查询用户零面数据 (kReadZero 命令字=59)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	3B	78CD
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 60 查询用户零面数据成功的应答 (kReadZeroResp 命令字=60)

←	数据	→
方位零偏	俯仰零偏	横滚零偏
← Float32 →	← Float32 →	← Float32 →

## 56 设置模块安装误差全部修正数据 (kCaliHull 命令字=56)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	38	48AE
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 57 设置模块安装误差全部修正数据成功的应答 (kCaliHullResp1 命令字=57)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	39	588F
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 50 设置模块安装误差全部修正数据失败的应答 (kCaliHullResp2 命令字=50)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
---------	---------	---------------

0005	32	E9E4
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 54 清除模块安装误差全部修正数据 (kClearHull 命令字=54)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	36	A960
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 55 清除模块安装误差全部修正数据成功的应答 (kClearHullResp 命令字=55)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	37	B941
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 80 设置模块安装误差部分修正数据 (kCaliHull\_2 命令字 =80)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	50	A500
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 81 设置模块安装误差部分修正数据成功的应答 (kCaliHull\_2Resp 命令字=81)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	51	B521
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 64 开始加速度对齐校准 (KStartCalAlignment 命令字=64)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	40	B731
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 65 开始加速度对齐校准成功的应答 (KStartCalAlignmentResp 命令字=65)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	41	A710
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 66 记录加速度对齐校准数据 (kTakeUserCalAlignmentSample 命令字=66)

← 数据 →
采样位置代码
← UInt8 →

采样位置代码与采样位置描述对应关系见下表。

采样位置代码	采样位置描述	姿态描述
0	对齐位置 I	将磁方位仪放置在水平面,使加速度 x 轴朝上/朝下, y、z 轴平行于水平面
1	对齐位置 II	将磁方位仪放置在水平面,使加速度 y 轴朝上/朝下, x、z 轴平行于水平面
2	对齐位置 III	将磁方位仪放置在水平面,使加速度 z 轴朝上/朝下, x、y 轴平行于水平面
3	对齐位置 1	将磁方位仪放置在水平面,使加速度 x 轴朝上/朝下, y、z 轴平行于水平面
4	对齐位置 2	在位置 1 的基础上绕 x 轴旋转 180°
5	对齐位置 3	将磁方位仪放置在水平面,使加速度 y 轴朝上/朝下, x、z 轴平行于水平面
6	对齐位置 4	在磁方位仪 3 的基础上绕 y 轴旋转 180°
7	对齐位置 5	将磁方位仪放置在水平面,使加速度 z 轴朝上/朝下, x、y 轴平行于水平面
8	对齐位置 6	在位置 5 的基础上绕 z 轴旋转 180°

表 6-3-4

举例: 00 06 42 00 D9 0E (水平面加速度对齐校准位置 I)

67 记录加速度对齐校准数据成功的应答 (kTakeSampleOk 命令字=67)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	43	8752
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

68 记录加速度对齐校准数据失败的应答 (kTakeSampleFail 命令字=68)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	44	F7B5
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

69 计算加速度对齐校准系数 (kCalcCoeff 命令字=69)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	45	E794
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

70 计算加速度对齐校准系数成功的应答 (kCalcCoeffOk 命令字=70)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	46	D7F7
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

71 计算加速度对齐校准系数失败的应答 (kCalcCoeffFail 命令字=71)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	47	C7D6
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 72 终止加速度对齐校准 (KStopCalAlignment 命令字=72)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	48	3639
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 73 终止加速度对齐校准成功的应答 (KStopCalAlignmentResp 命令字=73)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	49	2618
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 74 清除加速度对齐系数 (KClearCalAlignmentCoeff 命令字=74)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	4A	167B
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 75 清除加速度对齐系数成功的应答 (KClearCalAlignmentCoeffResp 命令字=75)

← 帧长度 →	← 命令字 →	← CRC-16 校验 →
0005	4B	065A
← UInt16 →	← UInt8 →	← UInt16 →

## 250 计算磁偏角 (KCalcuWMM 命令字=250)

年在输入时需要用当前的年份减去 2000，例如 2021，输入时写成 21；东经和北纬为正值，西经和南纬为负值，单位是度；高度最小值为 0，单位是米。数据区格式是：

←		数据				→
日	月	年	纬度	经度	高度	
← UInt8 →	← UInt8 →	← UInt8 →	← Float32 →	← Float32 →	← Float32 →	

举例：00 14 FA 05 09 13 42 1F AE 14 42 E8 EB 85 00 00 00 00 04 2A（时间是 2019-9-5，经度是 116.46，纬度是 39.92，高度是 0）。

## 251 计算磁偏角成功的应答 (KCalcuWMMDone 命令字=251)

←	数据	→
	磁偏角	
←	Float32	→

举例：00 09 FB C0 DF 88 25 87 BC（磁偏角是-6.9度）。

## 6.4 CRC-16 校验

CRC-16 校验函数：

```
UInt16 CRC(void * data, UInt32 len)
{
    UInt8 * dataPtr = (UInt8 *)data;
    UInt32 index = 0;
    // Update the CRC for transmitted and received data using
    // the CCITT 16bit algorithm (X^16 + X^12 + X^5 + 1).
    UInt16 crc = 0;
    while(len--)
    {
        crc = (unsigned char)(crc >> 8) | (crc << 8);
        crc ^= dataPtr[index++];
        crc ^= (unsigned char)(crc & 0xff) >> 4;
        crc ^= (crc << 8) << 4;
        crc ^= ((crc & 0xff) << 4) << 1;
    }
    return crc;
}
```

## 7 机械尺寸

CTM60-MB 外壳封装:

单位: mm

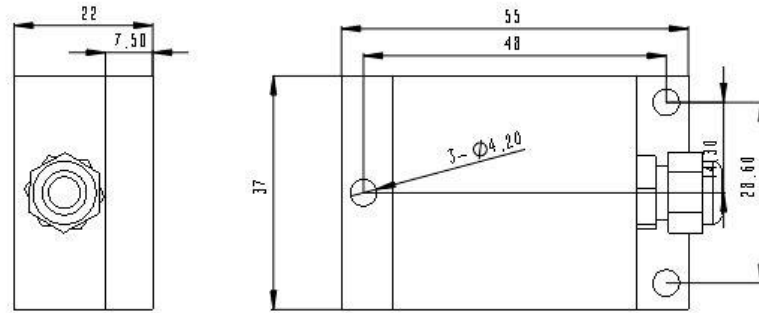


图 7-1-1

CTM60-MB OEM 封装:

单位: MM

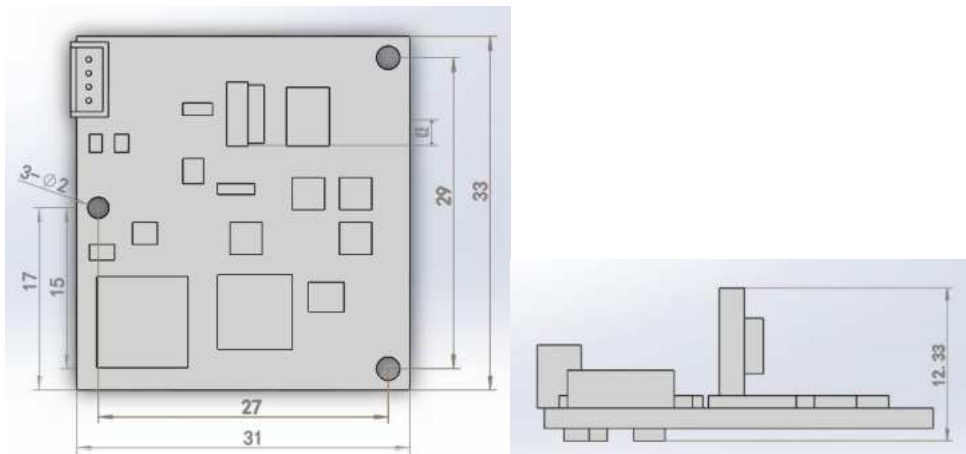
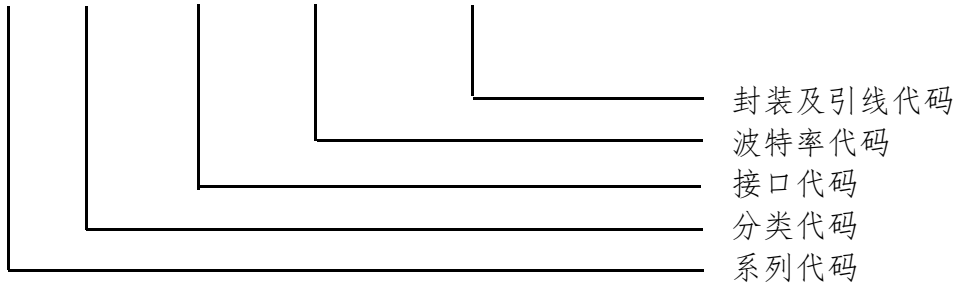


图 7-1-2

## 8. 型号选择

### 8.1 产品订货型号(即 PN 码)含义

CTM 60 - □□□ / □□ / □□□□



### 8.2 选型范围

特征	代码	含义
分类	60	
接口	232	RS232 接口
	TTL	TTL 接口
波特率	BJ	波特率 9600
封装	AUDL	黑色铝制外壳 55.00*37.00*22.00 mm, 引线输出
	PCBO	CTM60-MB-MB OEM 板, 4pin

以上型号均为标准产品，如有特殊需求，可致电 010-80707547，询问技术支持。