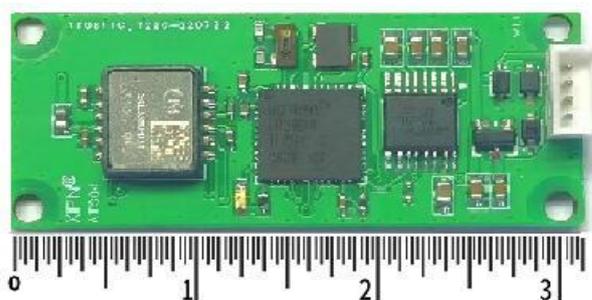


操作手册



简介	3
参数	3
安装	6
连接读数	7
校准	10
通讯协议	22
标签及包装	36
型号选择	37

AT304 系列倾角传感器

目录

目录.....	1
1. 简介.....	3
2. 电气参数.....	3
2.1 规格.....	3
2.2 引脚定义.....	4
2.3 姿态角说明.....	5
3. 安装.....	6
3.1 用户软件安装.....	6
3.2 机械安装.....	6
3.3 安装方式选择.....	6
4. 连接读数.....	7
4.1 串口调试助手发命令读数.....	7
4.2 配套的上位机软件读数.....	8
4.3 连接异常处理.....	10
5. 校准.....	10
5.1 加速度球校准.....	11
5.2 加速度对齐校准.....	13
6. 其他软件功能.....	16
6.1 配置.....	16
6.2 校准.....	18
6.3 测试.....	19

6.4 零偏修正.....	20
6.5 数据记录.....	21
6.6 系统日志.....	22
7. 通讯协议.....	22
7.1 数据帧结构.....	22
7.2 数据类型.....	23
7.3 命令详解.....	23
7.4 CRC-16 校验.....	34
8. 机械尺寸.....	35
9. 标签及包装.....	36
9.1 标签.....	36
9.2 外包装.....	36
9.3 包装清单.....	37
10. 型号选择.....	37

1. 简介

AT304 系列倾角传感器体积小、功耗低、精度高等特点使其适合应用于很多场景。例如：医疗器械、铁道系统、楼宇建筑、军事自动化、地质勘查、通信、热力、水务、电力等行业。

2. 电气参数

用户拿到产品后必须进行校准，本手册中指标为校准后得到的。

2.1 规格

特性	条件	最小	典型	最大	单位
横滚俯仰					
横滚范围			±180°		°
俯仰范围			±90°		°
精度 ($\delta\theta_{rms}$)			0.2		°rms
分辨率			0.03		°
重复性 ($\delta\theta_{rms}$)			0.03		°rms
电气					
供电电压	直流	3.8	5	9	V
工作电流			8		mA
休眠电流			4		mA
数字接口					
波特率	用户可选择波特率	300	38400	115200	Baud
接口格式			RS232/TTL		
上电延迟			<360		msec
休眠延迟			<80		msec
最大采样率			30		samples/sec
绝对最大值					
供电		-0.3		45	V
温度	工作温度	-40		+85	°C
	存储温度	-40		+125	°C
物理					
尺寸	AT304-XB		35 x 43 x 8		mm
	AT304-MB		33 x 31 x 8		mm
	AT304-T		17 x 40 x 8		mm
重量			≤10		g
连接器	AT304-XB		1.27*9pin		
	AT304-MB		1.27*4pin		
	AT304-T		1.27*4pin		
安装方式	螺钉/支架 水平安装或垂直				

质量符合性		
高温	GJB150.3A-2009	符合
低温	GJB150.4A-2009	符合
振动	GJB150.16A-2009	符合

表 2-1-1

2.2 引脚定义

AT304-XB 插座针脚及引线定义：

序号	名称	含义	线色
1	GND	电源地	白
2	NC	未使用	
3	GND	信号地	绿
4	NC	未使用	
5	NC	未使用	
6	NC	未使用	
7	TX	发送	黄
8	RX	接收	橙
9	VIN	电源正	棕

表 2-2-1 RS232 接口

序号	名称	含义	线色
1	GND	电源地	白
2	NC	未使用	
3	GND	信号地	绿
4	NC	未使用	
5	NC	未使用	
6	NC	未使用	
7	TXO	发送	黄
8	RXI	接收	橙
9	VIN	电源正	棕

表 2-2-2 TTL 接口

AT304-MB 插座针脚及引线定义：

序号	名称	含义	线色
1	GND	电源地	黑
2	VIN	电源正	红
3	TX	发送	白
4	RX	接收	蓝

表 2-2-3 RS232 接口

序号	名称	含义	线色
1	GND	电源地	黑
2	VIN	电源正	红
3	TXO	发送	白
4	RXI	接收	蓝

表 2-2-4 TTL 接口

AT304-T 插座针脚及引线定义：

序号	名称	含义	线色
1	GND	电源地	黑
2	VIN	电源正	红
3	TX	发送	白
4	RX	接收	蓝

表 2-2-5 RS232 接口

序号	名称	含义	线色
1	GND	电源地	黑
2	VIN	电源正	红
3	TXO	发送	白
4	RXI	接收	蓝

表 2-2-6 TTL 接口

2.3 姿态角说明

在倾角传感器默认安装方式（“标准 STD0”，见图 3-3-1）下，俯仰角、横滚角的定义如图 2-3-1 所示，俯仰角测量范围为 $-90^{\circ}\sim 90^{\circ}$ ，水平时为 0° ，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° ，右倾为正，左倾为负。

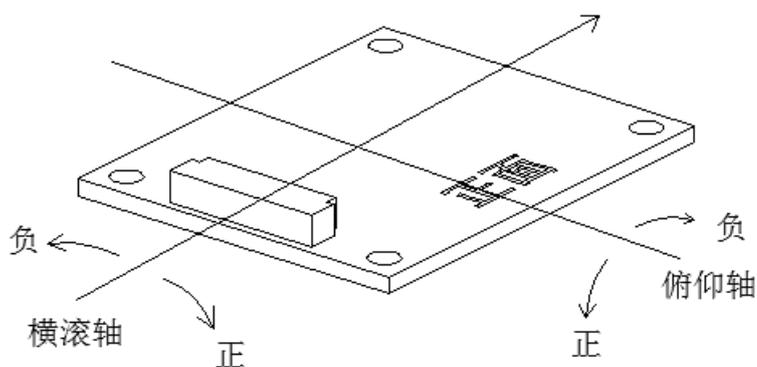


图 2-3-1

3. 安装

3.1 用户软件安装

用户软件安装包文件包含三个文件：

1. “AT304-XB(MB_T)用户软件.exe”
2. vb_setup.exe
3. Helicopter.dat

提示：软件安装包内文件切勿删除。

安装过程：

1. 运行 vb_step.exe，安装过程中忽略错误提示，点击下一步完成安装。
2. 运行“AT304-XB(MB_T)用户软件.exe”，运行结束出现如下界面。



图 3-1-1

计算机系统支持：WIN7~11。

3.2 机械安装

AT304-MB/XB/T 的校准是相对于定位孔的，因此在系统中应该以定位孔为基准来对齐，而不能以电路板的边缘为基准。

3.3 安装方式选择

AT304-MB/XB/T 的安装具有极大的灵活性，可以安装在不同的位置上。具体的安装位置名称见下图，默认的安装方式是“STD0”。

注意：下面图中的电路板是示意图，并不是真实的 AT304-MB/XB/T 电路板。

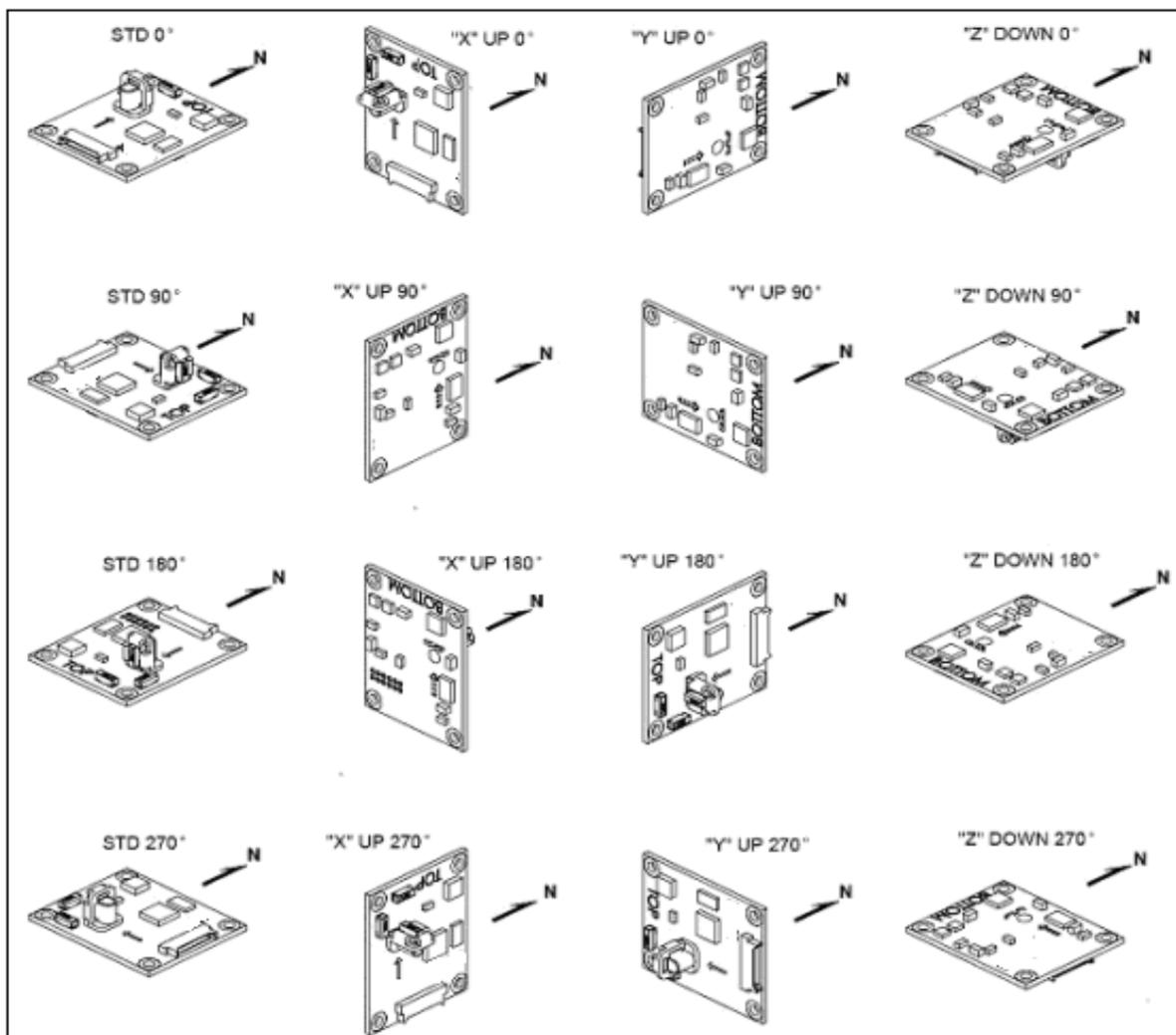


图 3-3-1

4. 连接读数

传感器读数方式：1. 串口调试助手读数。

2. 配套用户上位机软件读数。

4.1 串口调试助手发命令读数

给传感器供电后，指示灯会闪烁，连接计算机串口，传感器不主动输出数据，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。

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 4-1-1

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 10 05 02 18 BF B3 26 21 19 BE A1 F4 80 42 40。这包数据表示输出了 2 个姿态数据，分别是 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。

4.2 配套的上位机软件读数

操作步骤如下：

- (1) 供电（5V），传感器红灯闪烁。
- (2) 连接传感器和计算机串口。
- (3) 运行“AT304-XB(MB_T)用户软件.exe”软件，界面如图 4-2-1。

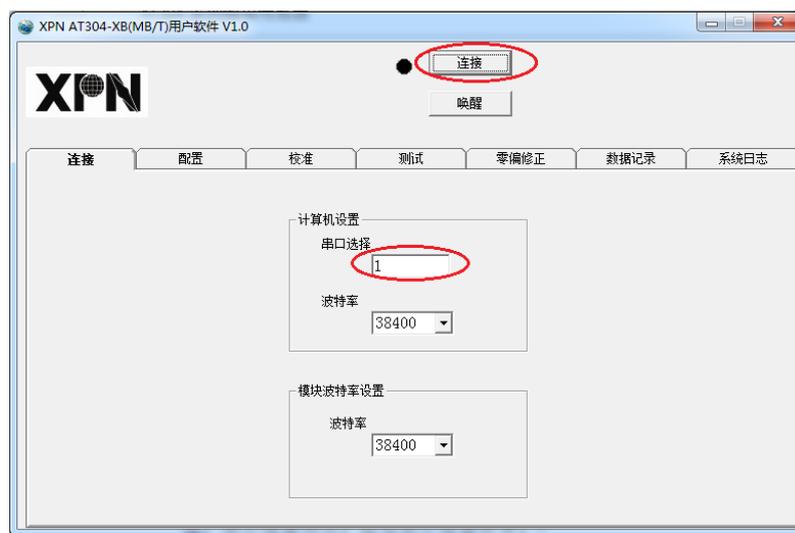


图 4-2-1

- (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 4-2-2 所示。“连接”按钮旁灯变绿，表示连接成功，红色表示连接异常。

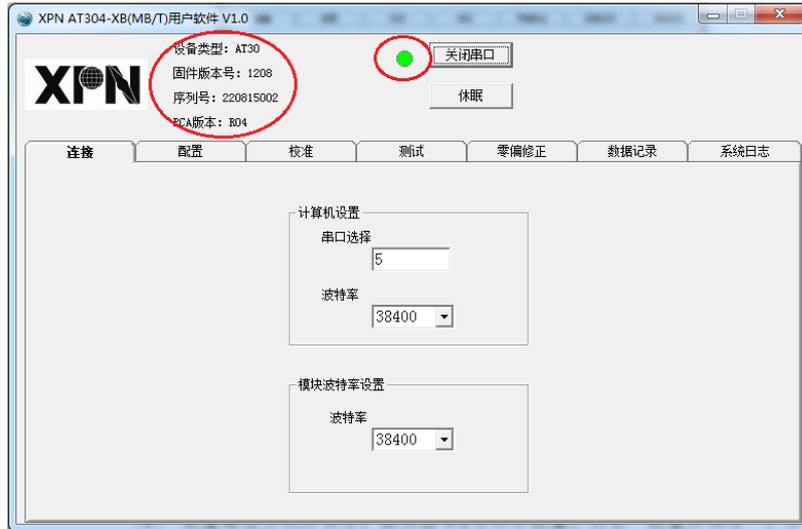


图-4-2-2

(6) 按照图 4-2-3 所示配置。点击“配置并保存”，界面显示“设置完成”。



图 4-2-3

(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 4-2-4：



图 4-2-4

4.3 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 4-3-1

处理办法：关闭串口重新连接。

5. 校准

推荐的校准顺序是**加速度球校准**→**加速度对齐校准**。

注意事项：

- （1）手动采样。
- （2）记录采样数据时传感器保持静止状态。
- （3）校准完成后要保存校准结果。
- （4）如果点击软件按键未响应，重复点击即可。
- （5）如遇软件卡顿，重新连接串口。

5.1 加速度球校准

- (1) 在“配置”页面按照图 5-1-1 所示配置，点击“配置并保存”按钮保存。保存成功后界面显示：设置完成。



图 5-1-1

- (2) 切换至“校准”页面。
- (3) 点击“开始校准”按钮开始校准，见图 5-1-2。成功后按钮下方会显示数字 1，表示将要采集第 1 个校准数据。

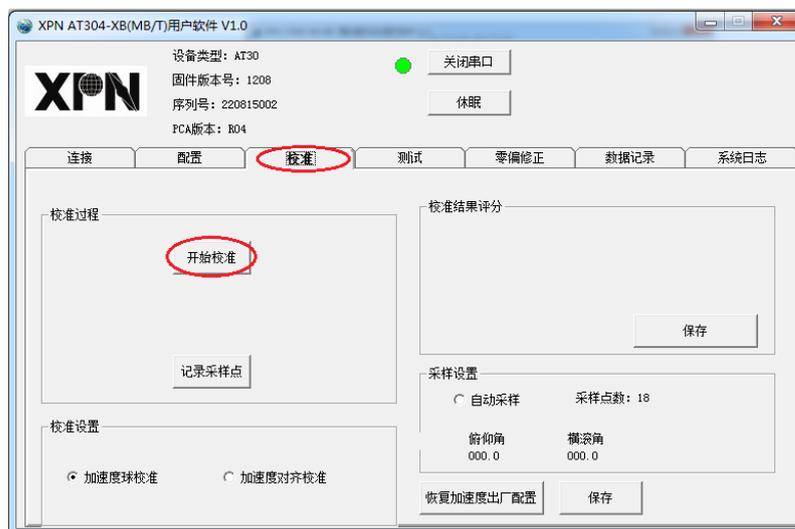


图 5-1-2

- (4) 按照表 5-1-1 中位置 1 的描述将传感器摆放好（摆放位置时可同时查看校准界面的采样设置框显示的值，位置接近即可。），并保持静止状态，然后点击“记录采样点”按钮，记录成功后按钮下方的数字变为 2，直到数字变成 18 后，点击“记录采样点”按钮结束采样。软件自动开始计算校准系数，传感器指示灯停止闪烁。

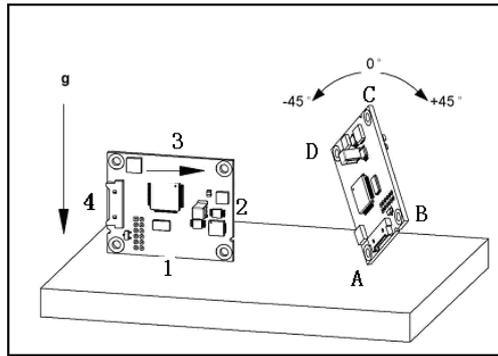


图 5-1-4

姿态 位置	姿态描述
1	传感器的边 1 朝下，侧立
2	传感器的边 2 朝下，侧立
3	传感器的边 3 朝下，侧立
4	传感器的边 4 朝下，侧立
5	传感器平放
6	传感器倒扣后平放
7	A 角朝下侧立，左右倾斜 45 度，前后倾斜 0 度
8	A 角朝下侧立，左右倾斜 45 度，向前倾斜 45 度
9	A 角朝下侧立，左右倾斜 45 度，向后倾斜 45 度
10	B 角朝下侧立，左右倾斜 45 度，前后倾斜 0 度
11	B 角朝下侧立，左右倾斜 45 度，向前倾斜 45 度
12	B 角朝下侧立，左右倾斜 45 度，向后倾斜 45 度
13	C 角朝下侧立，左右倾斜 45 度，前后倾斜 0 度
14	C 角朝下侧立，左右倾斜 45 度，向前倾斜 45 度
15	C 角朝下侧立，左右倾斜 45 度，向后倾斜 45 度
16	D 角朝下侧立，左右倾斜 45 度，前后倾斜 0 度
17	D 角朝下侧立，左右倾斜 45 度，向前倾斜 45 度
18	D 角朝下侧立，左右倾斜 45 度，向后倾斜 45 度

表 5-1-1

- (5) 校准系数计算完成后会在“校准结果评分”栏里显示评分，这个值越小越好。界面如图 5-1-5。指示灯恢复闪烁。



图 5-1-5

(6) 点击“保存”按钮，数据会保存在传感器中。

5.2 加速度对齐校准

加速度对齐数据记录为**非水平面记录数据**，步骤如下：

(1) 在“配置”页面按照图 5-2-1 所示配置，点击“配置并保存”按钮，保存成功后界面显示：设置完成。

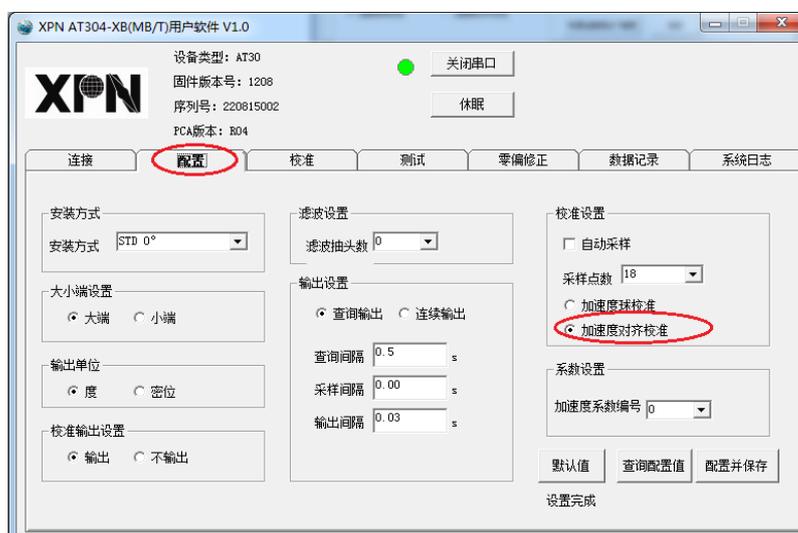


图 5-2-1

(2) 切换至“校准”页面，界面如图 5-2-2 所示。



图 5-2-2

- (3) 点击“开始对齐校准”按钮开始加速度对齐校准,成功后校准结果评分栏提示如图 5-2-3。



图 5-2-3

- (4) 按照下表 5-2-1 的姿态描述，将传感器摆放在对齐位置 1，保持姿态静止，点击“记录非水平平面数据”栏里的“对齐位置 1”按钮。按照此方法记录剩余的采样位置数据。记录成功与失败都有对应的提示，见图 5-2-4。

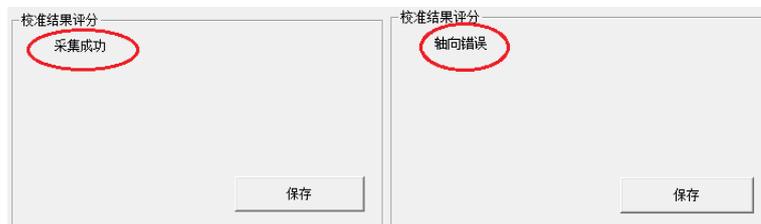
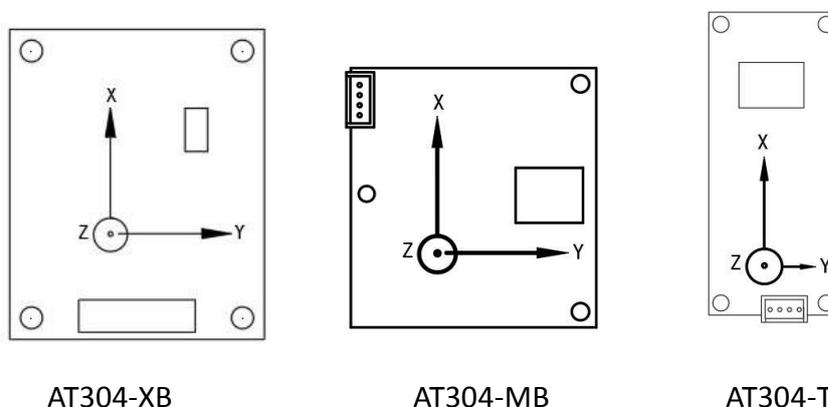


图 5-2-4



AT304-XB

AT304-MB

AT304-T

图 5-2-5

非水平平面加速度对齐校准采样位置（方位定义见图 5-2-5）：

位置	姿态描述
对齐位置 1	将传感器放置在水平面，使加速度 x 轴朝上/朝下，y、z 轴平行于水平面
对齐位置 2	在位置 1 的基础上绕 x 轴旋转 180°
对齐位置 3	将传感器放置在水平面，使加速度 y 轴朝上/朝下，x、z 轴平行于水平面
对齐位置 4	在位置 3 的基础上绕 y 轴旋转 180°
对齐位置 5	将传感器放置在水平面，使加速度 z 轴朝上/朝下，x、y 轴平行于水平面
对齐位置 6	在位置 5 的基础上绕 z 轴旋转 180°

表 5-2-1

- (5) 点击“计算对齐系数”按钮，计算完成后，校准结果评分栏显示计算完成，如图 5-2-6 所示。



图 5-2-6

(6) 点击“保存”按钮，数据保存在传感器中。

非水平面采集数据时，如果条件受限，至少采集一个面绕垂直轴旋转的两个数据。

6. 其他软件功能

6.1 配置

界面如图 6-1-1 所示。



图 6-1-1

1、大小端设置

设置数据区多字节数据是大端模式或者小端模式，默认为大端模式。

2、输出单位

俯仰角、横滚角的单位可以设置为度，也可以设置为密位。默认单位是度。
 $360^\circ=6400\text{mil}$, $1^\circ=17.7778\text{mil}$, $1\text{mil}=0.05625^\circ$ 。

3、校准输出设置

用于设置倾角传感器在做用户校准时是否输出俯仰角和横滚角。如果设置为输出，则输出的频率会被暂时固定在 5Hz。

4、滤波设置

滤波抽头数可以选择 0、4、8、16、32，并利用这些数据在计算俯仰角、横滚角之前进行滤波。进行滤波可以使读数稳定，但是会使得数据动态跟随变慢，0 表示没有滤波，其他值表示有滤波，数值越大，读数越稳定，动态跟随越慢，默认值为 0。

5、输出设置

查询输出：用户软件会从倾角传感器中请求数据，接收到数据后，用户软件会以**查询间隔**框中设置值为间隔再次请求数据。

连续输出：倾角传感器将进入连续输出模式。输出频率由**输出间隔**决定，允许最小的输出间隔为 0.033s。

查询间隔：用户软件请求数据的间隔，在查询模式下有效。

采样间隔：内部固定为 0.033s，用户设置为 0。

输出间隔：在连续输出模式下有效，最小为 0.033s。

6、校准设置

自动采样：选中就表示用户校准时是自动采样，否则是手动采样。自动采样是校准开始后，将倾角传感器转到需要采样的位置，保持模块稳定 1-3s，然后会自动记录数据。手动采样是将倾角传感器转到需要采样的位置，点击“**记录采样点**”按钮采样。

采样点数：用户校准需要采样数据的个数。

校准模式一共有 2 种，在校准开始前需要选择，以便校准页面显示对应的校准按钮。默认为加速度球校准。

7、系数设置

倾角传感器内可以存储 3 组加速度校准系数。设置校准系数编号，然后进入校准页面进行校准并保存，保存的校准系数与校准编号对应。调用校准系数时，先设置校准系数编号后按“**保存**”按钮。倾角传感器上电时调用最新保存的系数编号对应的系数进行补偿。

“**默认值**”按钮，将所有的参数选择为默认值。

“**查询配置值**”按钮，查询倾角传感器中配置的参数，并将查询结果显示在此界面。

“**配置并保存**”按钮，选择参数后，用**基础配置、设置滤波系数、设置连续输出间**

隔命令逐一下发给倾角传感器，然后再发送**保存**命令。

6.2 校准

界面如图 6-2-1 所示。



图 6-2-1

1、校准结果评分

校准被终止后，用户校准结果评分值为 **179.8**。

加速度校准结果评分：表示加速度计校准的质量，这个值越小越好。

“**保存**”按钮：如果校准结果理想，可以通过点击此按钮保存校准参数。

用户校准结果评分是一个理论参考值，并不能完全真实反映传感器的校准精度。

2、采样设置

这个区域用于显示在**配置**页面选择的采样模式。此处也能显示校准期间输出的俯仰角和横滚角。

“**恢复加速度出厂配置**”按钮：清除用户加速度校准参数，仅用工厂加速度参数。

“**保存**”按钮：保存用户校准参数。

3、加速度对齐校准水平面采样

加速度对齐校准也可以在真水平面采样校准。加速度轴定义见图 2-3-1，采样位置如下：

水平面加速度对齐校准采样位置：

位置	姿态描述
对齐位置 I	将传感器放置在水平面，使加速度 x 轴朝上/朝下，y、z 轴平行于水平面
对齐位置 II	将传感器放置在水平面，使加速度 y 轴朝上/朝下，x、z 轴平行于水平面
对齐位置 III	将传感器放置在水平面，使加速度 z 轴朝上/朝下，x、y 轴平行于水平面

表 6-2-1

6.3 测试

界面参考图 6-3-1。



图 6-3-1

1、当前读数

这个区域显示倾角传感器输出的俯仰角和横滚角。

2、反色

当前读数区域默认是白底黑字，选中“反色”后，当前读数区域会变为黑底白字。

3、“输出数据”按钮

点击后，软件会先发送设置输出数据项目的命令（这里设置输出俯仰角、横滚角），然后再根据配置页面选择的输出模式发送查询预设输出数据或者启动连续输出命令。

4、低功耗读数模式

不勾选时是标准模式，勾选后是低功耗读数模式。标准模式读数后不自动进入休眠，

低功耗读数模式读数后会自动进入休眠，并且输出数据项目只能是俯仰角、横滚角。低功耗读数模式下读数方法：点击“唤醒”按钮，再点击“低功耗查询数据”按钮。

5、3D 图形显示

如果在配置页面选择了显示 3D 模型，这个区域会根据模块输出的俯仰角和横滚角显示飞机模型的姿态，输出的俯仰角，横滚角的单位是度时，显示的飞机模型姿态才正确。

6、输出设置

这个区域显示输出的相关设置，如读数方式，输出间隔等信息。

6.4 零偏修正

界面参考图 6-4-1，如果用户无法提供水平面，请勿执行此项操作。



图 6-4-1

修正方法：

1. 点击“清除安装误差修正”按钮（将“安装误差修正”的参数清零）。
2. 将倾角传感器放置在水平面上。
3. 点击“安装误差修正”按钮。
4. 点击“保存”按钮。

6.5 数据记录

界面参考图 6-5-1。

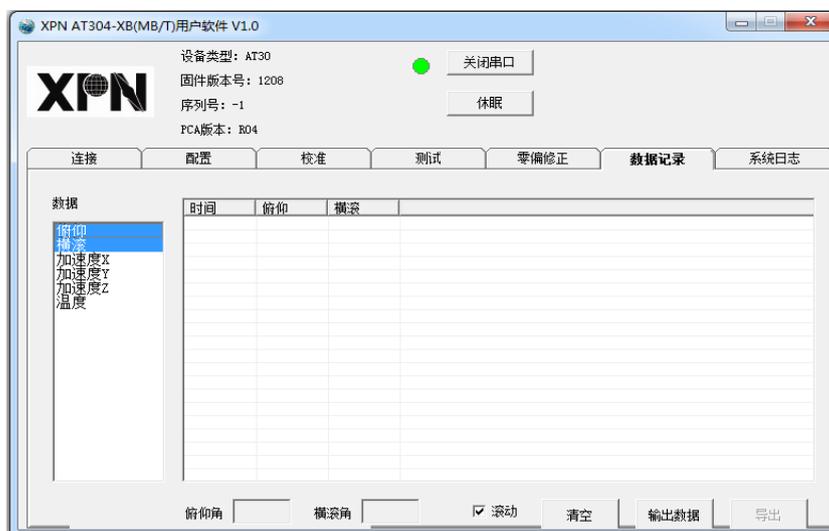


图 6-5-1

1、数据

这个区域用于选择要输出的数据内容。可以用鼠标拖选，也可以按住 **ctrl** 键多选。

2、“输出数据”按钮

与测试页面的“输出数据”按钮相同。

3、滚动

勾选后软件文本区显示的内容满屏后会滚屏显示，不勾选，则数据满屏后不会更新。

4、“清空”按钮

清除文本区的内容。

5、“导出”按钮

点击按钮，可以将文本区内的数据导出到计算机上。

6.6 系统日志

界面参考图 6-5-1。



图 6-6-1

系统日志记录的是用户的操作步骤，“导出”按钮可以将日志导出到计算机上。

7. 通讯协议

AT304 系列倾角传感器所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的浮点数转换、算术格式及方法。

AT304 系列倾角传感器采用二进制通讯协议，串口配置如下：

参数名称	数值
数据位	8
起始位	1
停止位	1
校验位	无

表 7-1-1

7.1 数据帧结构

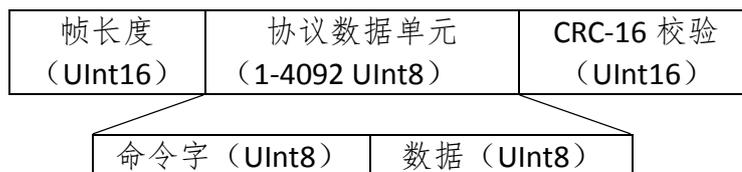


图 7-1-1

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 校验是固定是大端模式，协议数据单元的多字节数据可以设置大小端。

7.2 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 7-2-1

7.3 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	
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”
80	KCaliHull_2	设置模块安装误差修正数据	“安装误差修正”
81	KCaliHull_2Resp	设置模块安装误差修正数据成功的应答	
54	kClearHull	清除模块安装误差修正数据	“清除安装误差修正”
55	kClearHullResp	清除模块安装误差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	

表 7-3-1

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）

倾角传感器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 AT30 表示 AT304-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 ₁	项目号 ₂	项目号 ₃	项目号 _N
← 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
俯仰角	24	Float32	度	±90.0°
横滚角	25	Float32	度	±180.0°
温度	7	Float32	摄氏度 (°C)	
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

表 7-3-2

举例: 00 08 03 02 18 19 FE 53 (配置模块输出俯仰角、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²。

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 10 05 02 18 3E D3 3B AD 19 BF 8B 1B C0 E6 20 这。帧数据表示输出了 2 个数据: 18 (俯仰角 0.41) 19 (横滚角-1.08)。

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
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	12-32	18
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
加速度系数编号	19	UInt32	0-2	0

表 7-3-3

举例：

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	06	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	100
校准模式说明	加速度球校准

举例： 00 09 0A 00 00 00 64 22 6E。

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 4-3-2:

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 7-3-1

例如，滤波的抽头个数设置为 4，由图 4-3-2 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 →

唤醒:发送任意数据可将倾角传感器唤醒，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 →					
保留	保留	加速度校准评分	保留	保留	保留
← 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: false 是查询输出; True 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, 保留, 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	保留	采样间隔	输出间隔
← UInt8 →	← UInt8 →	← Float32 →	← Float32 →

举例：00 0F 1B 00 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 →

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 →

80 设置模块安装误差修正数据 (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 →

54 清除模块安装误差修正数据 (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 →

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
0	对齐位置 I
1	对齐位置 II
2	对齐位置 III
3	对齐位置 1
4	对齐位置 2
5	对齐位置 3
6	对齐位置 4
7	对齐位置 5
8	对齐位置 6

表 7-3-4

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 →

7.4 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;
}

```

8. 机械尺寸

AT304-XB:

单位: mm

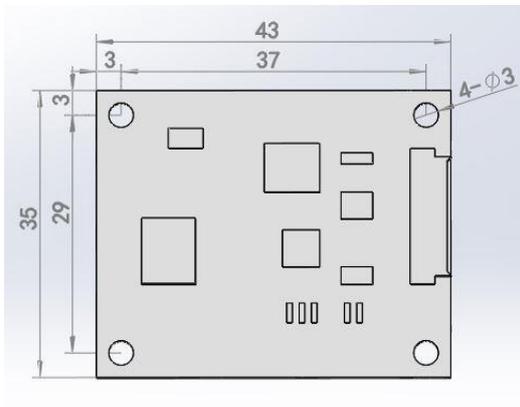


图 8-1-1

AT304-MB:

单位: mm

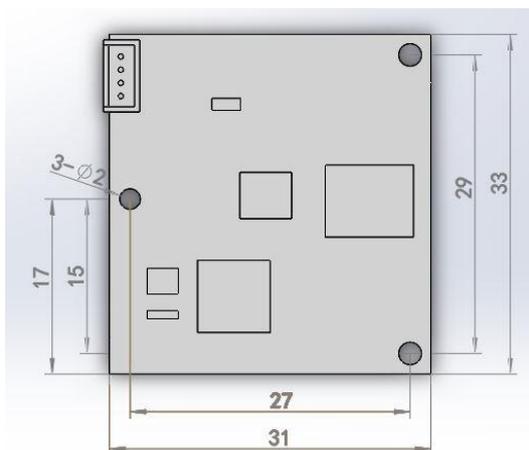


图 8-1-2

AT304-T:

单位: mm

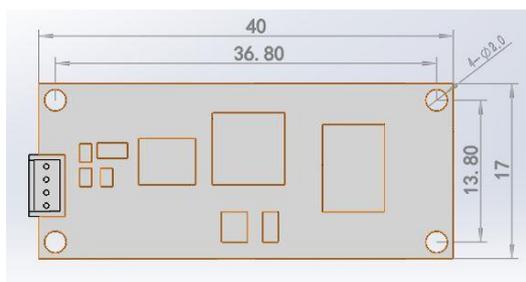


图 8-1-3

9. 标签及包装

9.1 标签

产品标签包含产品型号，贴于传感器 PCB 上。

包装标签包含产品型号及商品编号（立创），贴于包装盒上。

9.2 外包装



9.3 包装清单

1. 倾角传感器
2. 数据线
3. 合格证
4. 简易说明书

10. 型号选择

型号	商品编号 (立创)	接口	工作电压 (DC)	描述
AT304-MB	C3037589	RS232	3.8 到 9V	电路板尺寸 35*43mm;
	C3037586	TTL		
AT304-XB	C3037590	RS232	3.8 到 9V	电路板尺寸 31*33mm;
	C3037587	TTL		
AT304-T	C3037591	RS232	3.8 到 9V	电路板尺寸 17*40mm;
	C3037588	TTL		

技术支持: bj_xpn@163.com