



# BWA500CN 系列

轴角传感器

## 技术手册



## 产品介绍

BWA500CN 轴角传感器是北微传感研发生产的一款采用 MEMS 技术、数字输出的高性能单轴轴角传感器。BWA500CN 特殊之处是在载体表面不平整，安装位置不确定，安装过程较为随意等情况下，使用该型号传感器可以有效修正安装误差，提高角度测试精度，避免因安装误差导致的测试问题。无安装误差时，精度高达  $0.03^\circ$ 。有安装误差时，非测量轴倾斜  $50^\circ$  内，测量轴测量范围  $\pm 40^\circ$ ，精度  $0.1^\circ$  以内。

产品内置自动补偿和滤波算法，经过自校准程序，很大程度消除了因为安装造成的误差。把静态重力场的变化转换为倾角变化，通过数字方式直接输出轴角数值，本产品长期稳定性高、温漂小、使用简单、抗外界干扰能力强，是舵面测量、翼面测量等需要消除安装误差时倾角测量的推荐选择。

## 主要特性

- 分辨力  $0.01^\circ$
- 更新速率:  $\leq 500\text{Hz}$
- 宽温范围:  $-15^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$
- 器件全国产化
- RS232/485/TTL 接口输出可选
- 尺寸:  $L103.8*W55.4*H26$  (mm)
- 测量范围:  $\pm 180^\circ$
- 误差修正算法

## 应用领域

- 飞机舵面测量
- 风洞试验
- 大坝监测
- 边坡防灾
- 工程机械
- 平台调平
- 基坑测斜
- 塔架倾斜监测

## 产品特性



### 机械特性

连接器	航插接头
防护等级	IP67
外壳材质	镁铝合金阳极氧化
安装	四颗 M4 螺丝



### 性能指标

测量范围	$\pm 180^\circ$ (测量轴角度 Y, 逆时针旋转为 "+", 顺时针旋转为 "-")
分辨力	0.01°
精度	0.03° (无安装误差, 非测量轴角度 X 为 0°) 0.1° (有安装误差, 非测量轴角度 X 在 $\pm 50^\circ$ 之内, 测量轴角度 Y 在 $\pm 40^\circ$ 以内)
输出轴数量	单轴 (Y)
输出速率	$\leq 500\text{Hz}$
串口通信速率	2400-921600 (可调)
工作温度	-15°C ~ +40°C
储存温度	-40°C ~ +85°C
外形尺寸	L103.8*W55.4*H26 (mm) (不含航插头)

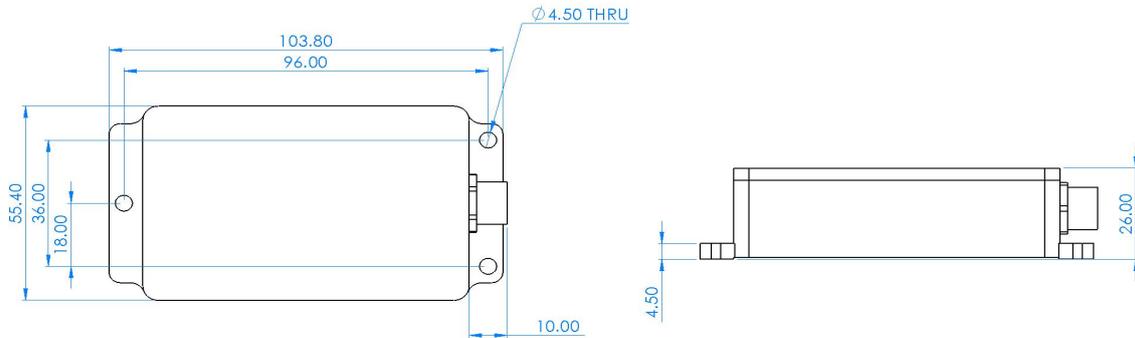
**分辨力:** 传感器在测量范围内能够检测和分辨出的被测量的最小变化值。

**精度:** 实际角度与传感器测量角度多次 ( $\geq 16$  次) 测量的  $1\sigma$  标准差。



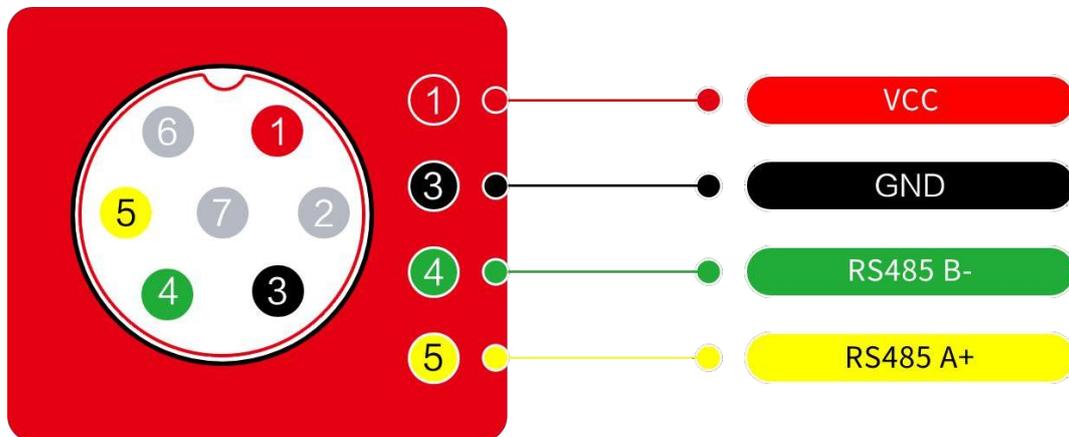
## 封装产品尺寸

产品尺寸: L103.8\*W55.4\*H26 (mm) , 请以实物为准。



## 电气连接

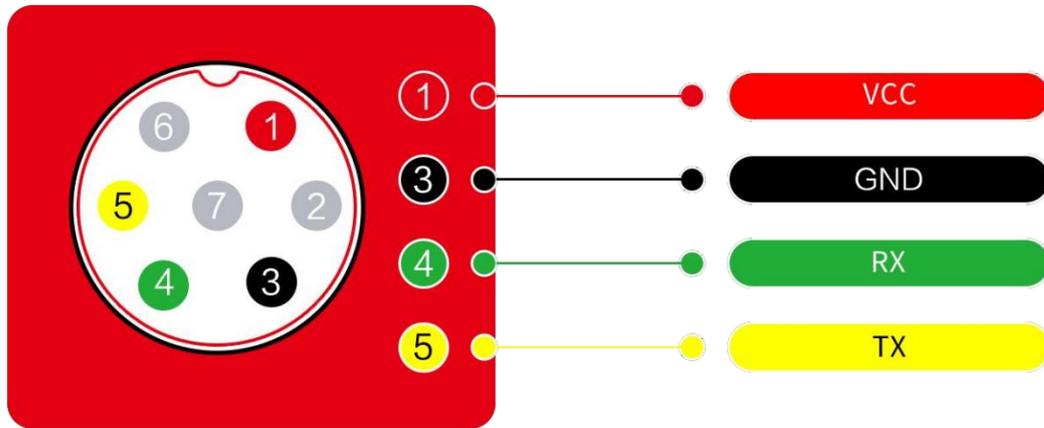
传感器接线图 (RS485) :



航空插头接线定义

	红色 RED	黑色 BLACK	绿色 GREEN	黄色 YELLOW
线色功能	1	3	4	5
	电源 9-36V	接地 GND	RS485 差分信号线 B	RS485 差分信号线A

传感器接线图 (RS232、TTL 串口) :



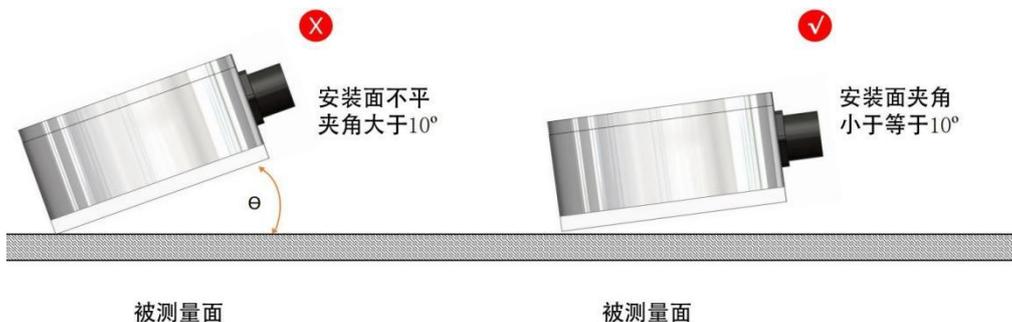
航空插头接线定义

	红色 RED	黑色 BLACK	绿色 GREEN	黄色 YELLOW
线色功能	1	3	4	5
	电源 9-36V	接地 GND	接收 RX	发送 TX

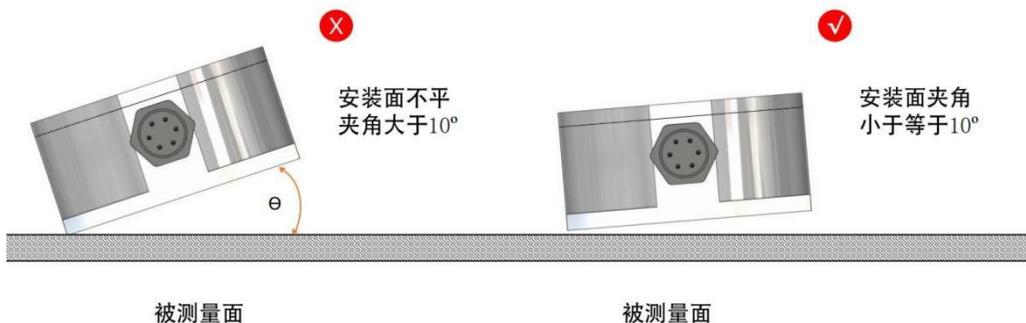
## 产品安装

正确的安装方式可以避免产生测量误差，轴角传感器安装时要做到如下三点：

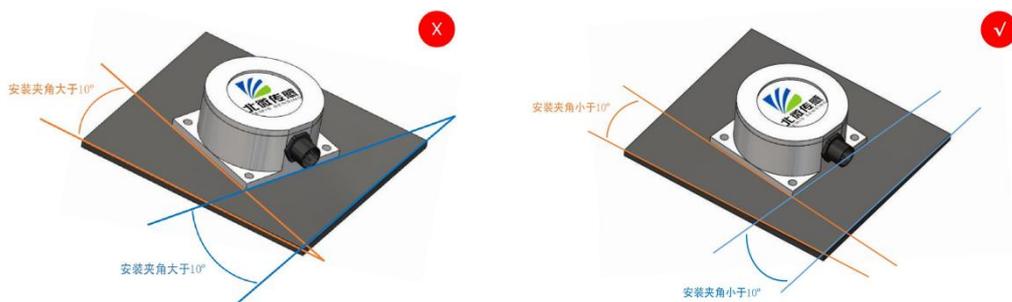
- 正视图，被测量面与传感器安装面夹角要小于等于  $10^\circ$ ，如下图所示，左图为错误的安装方式，右图为正确的安装方式。



- 侧视图，被测量面与传感器安装面夹角要小于等于  $10^\circ$ ，如下图所示，左图为错误的安装方式，右图为正确的安装方式。



- 俯视图，被测量面与传感器安装面水平偏角要小于等于  $10^\circ$ ，如下图所示，左图为错误的安装方式，右图为正确的安装方式。



注意：上述描述的角度范围值为绝对值范围，例如上述俯视图中被测量面与传感器安装面水平偏角，往右偏角小于  $10^\circ$  为正确安装方式，往左偏角小于  $10^\circ$  也为正确安装方式。

## 使用步骤

轴角传感器进行校准时，按照如下步骤进行：

第一步：安装传感器时，传感器 Y 轴与被测物旋转轴所在的方向一致，且满足**产品安装**要求。

第二步：按照要求安装传感器后，观察传感器数据读取情况；初次打开传感器，建议放置 3 分钟后，再进行校准测试。

第三步：确定被测物的角度零位（0°），并在零位稳定被测物后，发送“**开始用户校准**”命令。

第四步：静置传感器，静置时间大于 10s，静置完成，则返回“**静置过程完成，需要转动被测物**”命令。若返回“**静置过程完成，轴向错误，用户校准已停止**”命令，则表示安装错误，需重新安装传感器。

第五步：转动被测物，转动角度建议大于 10°（建议转动角速度大于 1 度每秒），转动结束后，稳定在当前的位置，静置 10s。

第六步：返回“**校准成功，用户校准已停止**”命令，校准成功则可以直接进入测试模式。若返回“**校准失败，用户校准已停止**”命令，建议重新回到初始位置，进行重新校准。

第七步：被测物转动回到初始被测物的角度零位，观察传感器测量轴角度输出，校准成功后，测量轴角度输出为零。

### 注意：

- 第二步到第五步过程属于校准过程，校准过程中角度不可信，第五步显示校准完成后，得到当前的角度实际已为正确的角度值。
- 传感器在校准前稳定的初始位置为零位位置（0°），校准完成后，显示的是当前时刻在初始零位基础上的角度值，如需查看角度零位（0°），则转回初始位置即可。
- 校准完成后，测量轴输出的角度值是以**被测物零位为相对坐标系**得到的角度值。

## 通讯协议

### 1-1 命令概述

#### 1-1-1 数据帧格式

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (n byte)	校验和 (1 byte)
0x77					

数据格式：16 进制

标识符：固定为

0x77

数据长度：从数据长度到校验和（包括数据长度和校验和）的长度

地址码：采集模块的地址，任何地址的传感器都会对 0xFF 地址的命令作出响应

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、命令字和数据域的所有字节之和，忽略进位

#### 1-1-2 命令字一览

功能	发送命令字	接收命令字
读取 X 轴角度	01	81
读取 Y 轴角度	02	82
读取 XY 轴角度	04	84
保存配置	0A	8A
设置串口波特率	0B	8B
设置自动输出周期	0C	8C
清除配置	0E	8E
设置传感器地址	0F	E9
设置自动输出通道	14	94
读取传感器地址	1F	1F
设置自动输出格式	56	56
用户校准	C8	C9
设置传感器安装方式	CC	CD
读取传感器安装方式	CE	CF
软件复位	DC	DD
在线测试	DE	DF

#### 1-1-3 数据类型说明

uint8\_t 8 位无符号整型

int8\_t 8 位有符号整型

uint16\_t 16 位无符号整型

int16\_t 16 位有符号整型

uint32\_t 32 位无符号整型

int32\_t 32 位有符号整型

float 单精度浮点数 (IEEE 754)

double 双精度浮点数 (IEEE 754)

xxx[] xxx 类型的数组

bcd\_s32 三字节有符号压缩 BCD 码, 形式为 SXXXYY, S 为符号位, 0 为正 1 为负, XXX 为整数位, YY 为小数位

## 1-2 详细命令

### 1-2-1 读取 X 轴角度 示例: 77 04 FF 01 04

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

### 应答命令 示例: 77 07 00 81 10 34 63 2F

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (3 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x07		0x81		

0		1		2	
AX2		AX1		AX0	
名称	数据类型		说明		
AX2 AX1 AX0	bcd_s32		Pitch, 单位为° (deg), AX0 为最低位		

数据域

### 1-2-2 读取 Y 轴角度 示例: 77 04 FF 02 05

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (0 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x04		0x02		

### 应答命令 示例: 77 07 00 82 01 23 57 04

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (3 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x07		0x82		

**数据域**

0		1		2	
AY2		AY1		AY0	
名称	数据类型		说明		
AY2 AY1 AY0	bcd_s32		Roll, 单位为° (deg), AY0 为最低位		

**1-2-3 读取 XY 轴角度 示例: 77 04 FF 04 07**

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

**应答命令 示例: 77 0D 00 84 00 02 01 10 00 51 00 00 00 F5**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (9 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x0D		0x84		

**数据域**

0	1	2	3	4	5	6	7	8
AX2	AX1	AX0	AY2	AY1	AY0	RV	RV	RV
名称		数据类型		说明				
AX2 AX1 AX0		bcd_s32		Pitch, 单位为° (deg), AX0 为最低位				
AY2 AY1 AY0		bcd_s32		Roll, 单位为° (deg), AY0 为最低位				
RV				保留字节				

**1-2-4 保存配置 示例: 77 04 FF 0A 0D**

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

**应答命令 示例: 77 05 00 8A 00 8F**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0x8A		

**数据域**

0		
RS		
名称	数据类型	说明
RS	uint8_t	保存结果 0x00: 保存成功 0xFF: 保存失败

1-2-5 设置串口波特率 示例: 77 09 FF 0B FF 00 00 25 80 B7 (77 05 FF 0B 02 11)

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1/5 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05/0x09		0x0B		

**数据域**

0	1	2	3	4
BF	BR3	BR2	BR1	BR0
名称	数据类型		说明	
BF	uint8_t		快速波特率设置 0x00: 2400bps 0x01: 4800bps 0x02: 9600bps (默认) 0x03: 19200bps 0x04: 115200bps 0x05: 38400bps 0x06: 57600bps 0x07: 460800bps 0x08: 921600bps 0xFF: 其他波特率 其他: 无效	
BR3 BR2 BR1 BR0	uint32_t		串口波特率, 仅当 BF=0xFF 时有效, 单位为 bps, 范围为 2400-921600, 特殊波特率可能会导致误码率提高。BF 不为 FF 时, 可省略此项	

应答命令 示例: 77 05 00 8B 00 90

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

**数据域**

0		
RS		
名称	数据类型	说明
RS	uint8_t	设置结果 0x00: 设置成功 0xFF: 设置失败

**1-2-6 设置自动输出周期 示例: 77 09 FF 0C FF 00 00 00 00 13 (77 05 FF 0C 00 10)**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1/5 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05/0x09		0x0C		

**数据域**

0	1	2	3	4
PF	PD3	PD2	PD1	PD0
名称	数据类型	说明		
PF	uint8_t	快速自动输出周期 0x00: 关闭自动输出 (默认) 0x01: 200ms (5Hz) 0x02: 100ms (10Hz) 0x03: 50ms (20Hz) 0x04: 40ms (25Hz) 0x05: 20ms (50Hz) 0x06: 10ms (100Hz) 0x07: 5ms (200Hz) 0x08: 2ms (500Hz) 0xFF: 其他周期 其他: 无效		
PD3 PD2 PD1 PD0	uint32_t	自动输出周期, 仅当 PF=0xFF 时有效, 单位为毫秒, 范围为 2~ 4294967295。PF 不为 FF 时, 可省略此项。		

**应答命令 示例: 77 05 00 8C 00 91**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0x8C		

**数据域**

0		
RS		
名称	数据类型	说明
RS	uint8_t	设置结果 0x00: 设置成功 0xFF: 设置失败

**1-2-7 清除配置 示例: 77 04 FF 0E 11**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (0 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x04		0x0E		

**应答命令 示例: 77 05 00 8E 00 93**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0x8E		

**数据域**

0		
RS		
名称	数据类型	说明
RS	uint8_t	清除结果 0x00: 清除成功 0xFF: 清除失败

**1-2-8 设置传感器地址 示例: 77 05 FF 0F 00 13**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0x0F		

**数据域**

0		
AD		
名称	数据类型	说明
AD	uint8_t	传感器地址, 默认 0x00

应答命令 示例: 77 05 00 E9 00 EE

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0xE9		

数据域

0		
RS		
名称	数据类型	说明
RS	uint8_t	设置结果 0x00: 设置成功 0xFF: 设置失败

1-2-9 设置自动输出通道 示例: 77 05 FF 14 03 1B

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0x14		

数据域

0		
CH		
名称	数据类型	说明
CH	uint8_t	自动输出通道 Bit1: RS485 通道自动输出, 0 关闭, 1 开启 (默认) Bit0: TTL 串口或 RS232 通道自动输出, 0 关闭, 1 开启 (默认)

应答命令 示例: 77 05 00 94 00 99

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0x94		

数据域

0		
RS		
名称	数据类型	说明
RS	uint8_t	设置结果 0x00: 设置成功 0xFF: 设置失败

**1-2-10 读取传感器地址 示例: 77 04 FF 1F 22**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (0 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0x1F		

**应答命令 示例: 77 05 00 1F 00 24**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0x1F		

**数据域**

0		
AD		
名称	数据类型	说明
AD	uint8_t	传感器地址

**1-2-11 设置自动输出格式 示例: 77 05 FF 56 00 5A**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0x56		

**数据域**

0		
FM		
名称	数据类型	说明
FM	uint8_t	自动输出格式 0x00: XY 轴角度 (默认), 格式参考 1-2-3 章节应答命令部分 0x01: 保留 0x02: 保留 0xFF: 关闭自动输出

**应答命令 示例: 77 05 00 56 00 5B**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0x56		

## 数据域

0		
RS		
名称	数据类型	说明
RS	uint8_t	设置结果 0x00: 设置成功 0xFF: 设置失败

## 1-2-12 用户校准 示例: 77 06 FF C8 00 00 CD

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (2 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x06		0xC8		

0		1	
OP		SV	
名称	数据类型	说明	
OP	uint8_t	操作类型 0x00: 开始用户校准 0xFF: 清除用户校准数据 其他: 停止用户校准	
SV	uint8_t	是否保存到 Flash 0x00: 不保存 其他: 保存	

## 数据域

## 应答命令 示例: 77 05 00 C9 00 CE

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0xC9		

## 数据域

0		
RS		
名称	数据类型	说明
RS	uint8_t	用户校准状态和结果，发送用户校准命令后返回的命令只会出现 0x00、0x01、0x02，其他结果会在传感器达到对应的阶段后自动返回 0x00：用户校准已开始，需要静置传感器 0x02：用户校准已停止 0x10：静置过程完成，需要转动被测物 0x11：静置过程完成，轴向错误，用户校准已停止 0x20：校准成功，用户校准已停止 0x21：校准成功，用户校准已停止 0x22：校准成功，用户校准已停止 0x23：校准失败，用户校准已停止 0x24：校准失败，用户校准已停止 0x80：用户校准数据已清除

## 1-2-13 设置传感器安装方式 示例：77 05 FF CC 00 D0

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0xCC		

## 数据域

0		
MD		
名称	数据类型	说明
MD	uint8_t	安装方式 0x00：水平安装（默认） 0x01：垂直安装 其他：无效

## 应答命令 示例：77 05 00 CD 00 D2

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0xCD		

**数据域**

0		
RS		
名称	数据类型	说明
RS	uint8_t	设置结果 0x00: 设置成功 0xFF: 安装方式无效, 设置失败

**1-2-14 读取传感器安装方式 示例: 77 04 FF CE D1**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (0 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x04		0xCE		

**应答命令 示例: 77 05 00 CF 00 D4**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (1 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x05		0xCF		

**数据域**

0		
MD		
名称	数据类型	说明
MD	uint8_t	当前设置的安装方式 0x00: 水平安装 0x01: 垂直安装

**1-2-15 软件复位 示例: 77 04 FF DC DF**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (0 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x04		0xDC		

**应答命令 示例: 77 04 00 DD E1**

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (0 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x04		0xDD		



1-2-16 在线测试 示例: 77 04 FF DE E1

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (0 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x04		0xDE		

应答命令 示例: 77 04 00 DF E3

标识符 (1 byte)	数据长度 (1 byte)	地址码 (1 byte)	命令字 (1 byte)	数据域 (0 byte)	校验和 (1 byte)
0x77	0x04		0xDF		

## 参 照 标 准

- 双轴倾角传感器静态校准规范 国家标准 (草案)
- GB/T 191 SJ 20873-2003 倾斜仪、水平仪通用规范

# BWA500CN系列

## 轴角传感器

### 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

总机：0510-85737158

热线：400-618-0510

邮箱：sales@bwsensing.com

网址：www.bwsensing.com.cn