



# 24G雷达流速计

LZT-PM886

资料编写日期版本：2025-05

## 1. 产品简介

集成微带天线，射频电路及信号处理电路的雷达表面流速仪，直接输出目标的速度信息，专门用于开放水域和地下管网的水表面流速测量。

模块采用德国进口射频芯片，前置低噪声放大器，超高灵敏度。高超的天线设计，超低中频采样噪声。稳定可靠的算法加持。

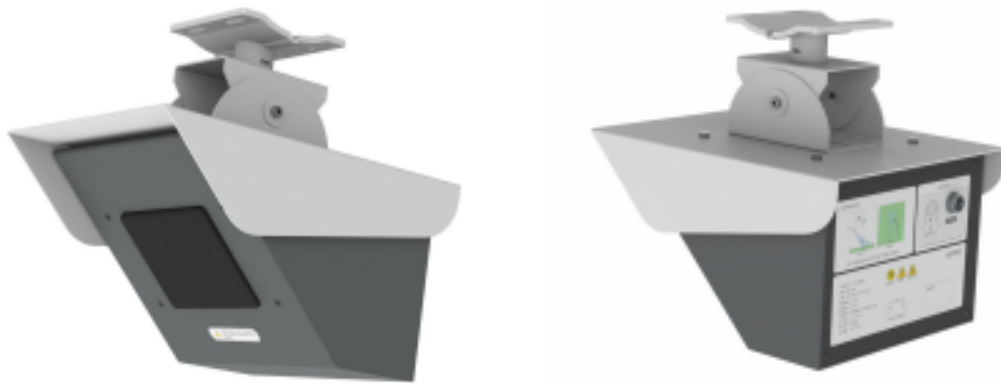


图 1- 产品实物图

## 2. 模块功能

- ◆ 频段：24 GHz 微波
- ◆ 调制方式：CW 多普勒
- ◆ 测速量程：0.1m/s-20m/s
- ◆ 测速精度：±0.01m/s
- ◆ 最大安装高度：30 米
- ◆ 电压：DC9-24V
- ◆ 工作电流：100mA@12V
- ◆ 输出功率 (EIRP)：20dBm (可调整)
- ◆ 天线角度：24°x12°
- ◆ 尺寸大小：220mm x 180mm x 125mm

### 3. 性能指标

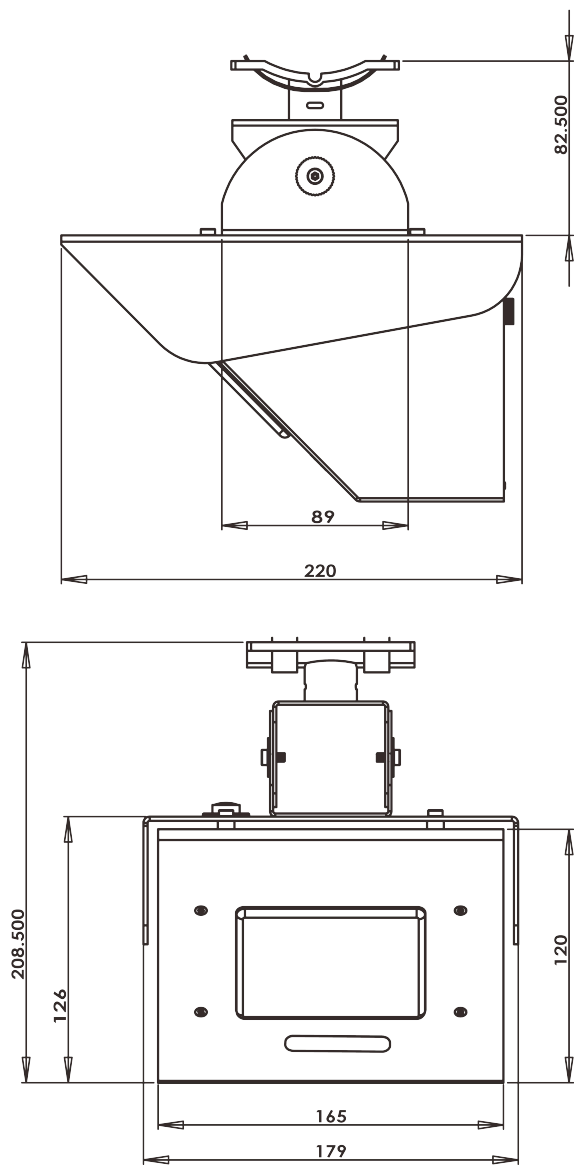
#### 1) 额定值:

		最大值	单位
电压	供电	24	V
温度	工作温度	85	°C
	存储温度	125	°C

#### 2) 参数指标:

参数	最小	典型	最大	单位	测试条件
<b>供电</b>					
电压	9	12	24	V	
电流		100		mA	12V
<b>发射</b>					
频率范围		24		GHz	
辐射功率 EIRP		20		dBm	
<b>天线</b>					
发射天线增益		18.5		dB	
接收天线增益		18.5		dB	
发射天线辐射角度 (3dB)		±6		deg	
		±12		deg	
接收天线辐射角度 (3dB)		±6		deg	
		±12		deg	
<b>流速测量</b>					
测速范围	0. 1-20			m/s	
测速精度	±0.01			m/s	
分辨率	0.01			m/s	
流速方向识别	双向自动识别				可配置过滤
测量时间	1			次/s	
最大安装高度	30			米	

## 4. 产品尺寸



## 5. 通信协议说明

### MODBUS-RTU 协议指令

寄存器	读写	参数含义	指令	备注
0x0009	R/-	横滚角	34 03 00 09 00 01 51 AD	2 字节大端模式 单位 0.1 度
0x000A	R/-	俯仰角	34 03 00 0A 00 01 A1 AD	查询当前俯仰角度实际值, 2 字节大端模式 单位 0.1 度 (此值为原始角度经过 0x0055 值补偿矫正后的值)
0x000C	R/-	当前流速方向	34 03 00 0C 00 01 41 AC	2 字节大端模式 0x0001: 迎水 0x0002: 顺水
0x000F 0x0010	R/-	表面流速值	34 03 00 0F 00 02 F1 AD	单位 m/s, 4 字节单精度浮点数小端模式 (0x0A 角度值矫正后的值,无符号)
0x0040	R/W	波特率	34 03 00 40 00 01 80 7B 34 06 00 40[AA] [BB] [CC] [DD]	2 字节大端模式 00: 9600; 01: 19200; 02: 38400; 03: 57600; 04: 115200
0x0041	R/W	设备地址	34 03 00 41 00 01 D1 BB 34 06 00 41[AA] [BB] [CC] [DD]	2 字节大端模式 0001-00FD; 0x00、FF 为广播地址
0x0051	R/W	灵敏度	34 03 00 51 00 01 D0 7E 34 06 00 51[AA] [BB] [CC] [DD]	2 字节大端模式 0xAA00: 高 0x0000: 中 0x001E: 低 (0xAA00 对应私有协议的 0x01, 0x0000 对应私有协议的 0x05, 0x001E 对应私有协议的 0x0A)
0x0055	R/W	俯仰角度补偿	34 03 00 55 00 01 91 BF 34 06 00 55[AA] [BB] [CC] [DD]	矫正陀螺仪读取值 (调整 0x0A 寄存器值, 范围±60°)
0x005C	R/W	角度锁定	34 03 00 5C 00 01 41 BD 34 06 00 5C[AA] [BB] [CC] [DD]	2 字节大端模式 0x0000: 对应没有锁定; 0x0001: 对应锁定(锁定寄存器 0x000A 的值)
0x005E	R/W	滤除流速方向	34 03 00 5E 00 01 E0 7D 34 06 00 5E[AA] [BB] [CC] [DD]	2 字节大端模式 0x0000: 不滤除 0x0001: 迎水 0x0002: 顺水
0x005F	R/W	最大流速限制	34 03 00 5F 00 02 F1 BC 34 10 00 5F 00 02 04[AA] [BB] [CC] [DD] [EE][FF]	4 字节浮点数 (小端模式) 由于是 4 个字节, 所以用 0x10 功能码写多个寄存器
0x01F4 0x01F5	R/-	滤波速度值	34 03 01 F4 00 02 81 A0	单位 0.001m/s, 负数用补码表示 (0x0A 角度值矫正后的值) 说明: 迎水为正, 顺水为负

0x01F6 0x01F7	R/-	原始速度 值	34 03 01 F6 00 02 20 60	单位 0.001m/s, 负数用补码表示 (0x0A 角度值矫正后的值) 说明: 迎水为正, 顺水为负
0x01F9	R/-	信号强度	34 03 01 F9 00 01 50 62	功率幅度值
0x0250	R/W	灵敏度	34 03 02 50 00 01 80 06 34 06 02 50 [AA] [BB] [CC] [DD]	范围 0x01~0x0A 内可调, 与私有协议 配置同步 高: 0x01 中: 0x05 低: 0x0a 默认: 0x03
0x025C	R/W	中频增益	34 03 02 5C 00 01 40 05 34 06 02 5C [AA] [BB] [CC] [DD]	范围 0x01~0x06 内可调 0x00: 自动增益 (范围 0x01~0x05)
0x025E	R/W	发射功率	34 03 02 5E 00 01 E1 C5 34 06 02 5E [AA] [BB] [CC] [DD]	范围 0x0000-0x0007, 与私有协议配 置同步, 出厂默认 0x0007 0x0000 表示最大发射功率 0x0007 表示最小发射功率
0x03E7	-/W	切换私有 协议	34 06 03 E7 55 AA 83 33	0x55AA; 波特率保持设置状态不变
0xEA60	R/-	版本信息 一段	34 03 EA 60 00 01	产品频段和型号
0xEA61	R/-	版本信息 二段	34 03 EA 61 00 01	产品硬件, 软件变更批次
0xEA62	R/-	版本信息 三段	34 03 EA 62 00 01	产品硬件升级批次
0xEA63	R/-	版本信息 四段	34 03 EA 63 00 01	产品软件升级批次

其他说明:

- 1、读写功能码 03, 写单个寄存器 06, 默认地址是: 34
  - 2、数据格式: 8, N, 1 效验: CRC16 (多项式 A001)
  3. 以上寄存器编号是十进制的, 需要转换成十六进制, 通过 MODBUS 协议操作这些寄存器
- 第一字节, 设备地址  
第二字节, 功能码 0x03 读取寄存器的值, 0x06 改写寄存器的值  
第三四字节, 寄存器地址  
第五六字节, 功能码位 0x03 时: 要读取的寄存器个数  
功能码位 0x06 时: 要存入寄存器的数据  
第七八字节, CRC 校验
- 当我们需要写寄存器时, 会存在[AA] [BB] [CC] [DD] 这些参数, 需要根据需求确定这些参数的值

## 指令说明

发送指令 34 03 00 41 00 01 D1 BB				
34	03	00 41	00 01	D1 BB
出厂默认地址	读寄存器功能码	寄存器地址	读取寄存器的个数	CRC 校验
返回数据 34 03 02 00 34 35 97				
34	03	02	00 34	35 97
出厂默认地址	读寄存器功能码	已读取数据的字节数	读取到的数据	CRC 校验

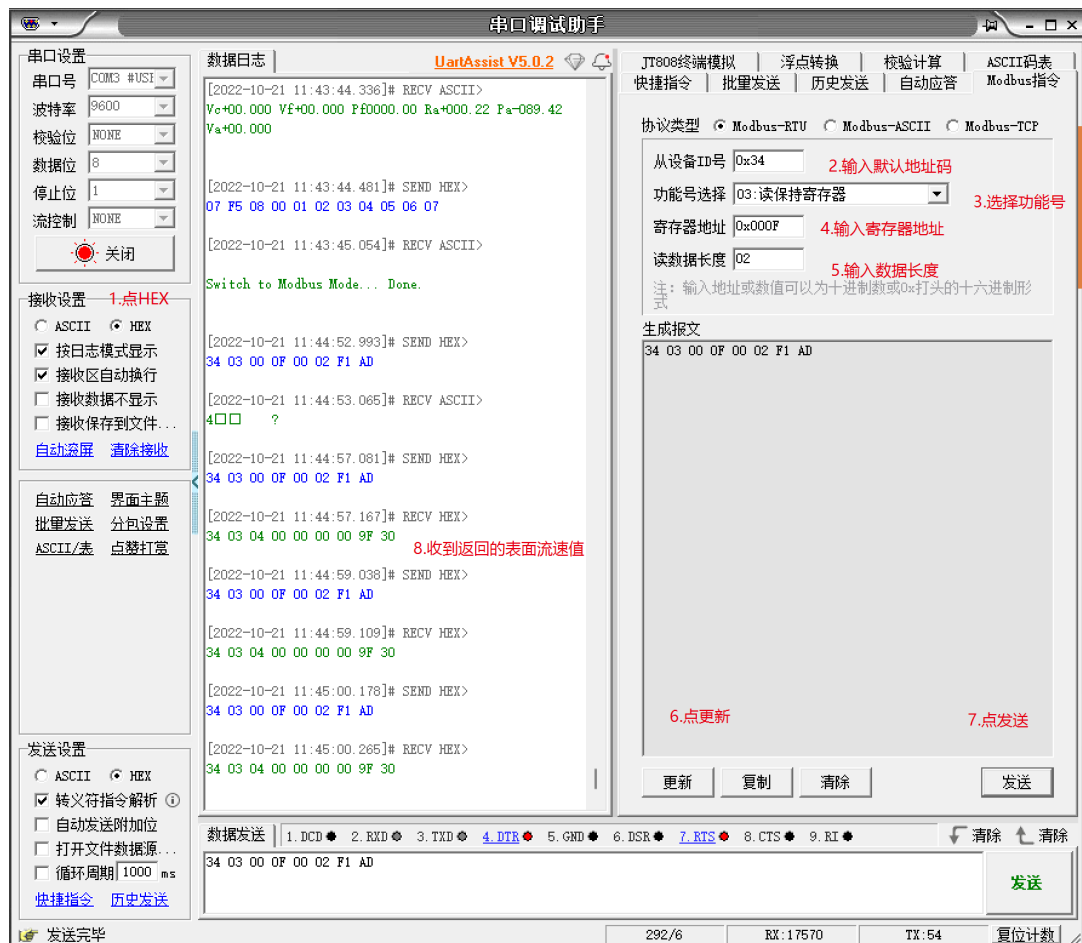
发送指令 34 06 00 41 00 33 9C 6E				
34	06	00 41	00 33	9C 6E
出厂默认地址	写寄存器功能码	寄存器地址	写入寄存器的数据	CRC 校验
返回数据 33 06 00 41 00 33 9D D9				
33	06	00 41	00 33	9D D9
出厂默认地址	写寄存器功能码	寄存器地址	已写入寄存器的数据	CRC 校验

注：0x55 俯仰角度补偿值

写入：0x000A(-1°)      0xFFFF6(+1°)

0x0014(-2°)      0xFFEC(+2°)

关于表面流速值的读取与转换，以及修改设备地址码，以串口调试助手软件UartAssist为例。





## 表面流速数据的读取与转换

假设收到的表面流速值数据为：34 03 04 51 DF 75 3F 51 5C

说明：34 是地址码，03 04 是功能码，51 DF 75 3F 是表面流速值，51 5C 是校验码

计算时按小端模式，低位字节在前（也就是倒过来算）：

3F 75 DF 51=0011 1111 0111 0101 1101 1111 0101 0001(二进制)，

符号位为 0，

指数位 E=011 1111 0=126，实际指数值：e=E-127，e 的值用来对尾数的小数点进行移位，

例如 e=-3 表示小数点向左移动 3 位，e=3 表示小数点向右移动 3 位，

尾数位 M(mantissa)：左边第 10-32 位 23 个比特位的值表示尾数，又称“有效数字位”、“系数位”。实际尾数值  $m=1.M$  (2 进制)，表示 2 进制尾数 M 的首位前加一个隐藏位的值 1 和小数点表示成 1.M，

3F 75 DF 51 的尾数位为：111 0101 1101 1111 0101 0001，实际尾数值  $m=1.111 0101 1101 1111 0101 0001$

因此此单精度浮点数实际值就表示 2 进制数 m 的小数点向左移动 1 位的正数。

即：0.1111 0101 1101 1111 0101 0001，转换成 10 进制可得：0.9604387879371643

也可以直接在网页上转换，转换网址：<https://lostphp.com/hexconvert/>

假如收到的数据是 51 DF 75 3F，按下图顺序和方法输入，即可得到流速值，单位 m/s

IEEE 754浮点数十六进制相互转换(32位,四字节,单精度)

10进制	0.9604387879371643
16进制	3F 75 DF 51

## 最大流速限制的读取

发送 34 03 00 5F 00 02 F1 BC，查询当前设备的最高可测量流速

假设收到数据 34 03 04 00 00 A0 41 27 00

00 00 A0 41 是我们的最大流速值，由于这是小端模式的四字节浮点数

所以低位字节在前：41 A0 00 00 (H)=0100 0001 1010 0000 0000 0000 0000 0000

符号位为 0

指数位 E=100 0001 1=131，实际指数值：e=E-127=4，e 的值用来对尾数的小数点进行移位，例如 e=-4 表示小数点向左移动 4 位，e=4 表示小数点向右移动 4 位，

尾数位 M(mantissa)：左边第 10-32 位 23 个比特位的值表示尾数，又称“有效数字位”、“系数位”。实际尾数值  $m=1.M$  (2 进制)，表示 2 进制尾数 M 的首位前加一个隐藏位的值 1 和小数点表示成 1.M，

41 A0 00 00 的尾数位为：010 0000 0000 0000 0000 0000，实际尾数值  $m=1. 010 0000 0000 0000 0000 0000$

因此该浮点数实际值就表示 2 进制数 m 的小数点向右移动 4 位的正数。

即 10100.00000000000000000000，转换成 10 进制为 20

所以该最大可测量流速值是 20m/s

也可以直接在网页上转换，转换网址：<https://lostphp.com/hexconvert/>

假如收到的数据是 51 DF 75 3F ，按下图顺序和方法输入，即可得到流速

IEEE 754浮点数十六进制相互转换(32位,四字节,单精度)

10进制	20
16进制	41 A0 00 00

### 原始、滤波数据的解析方法

以读取原始速度值为例:

**发→◇34 03 01 F6 00 02 20 60**

**收←◆34 03 04 00 00 09 98 98 CA**

00 00 09 98 是 16 进制速度值, 因为二进制下最高位(符号位)是 0,所以这是正向速度, 为正值, 可以直接转换成 10 进制, 转换后得到速度为 2.45m/s。

现在改变速度方向

**发→◇34 03 01 F6 00 02 20 60**

**收←◆34 03 04 FF FF F6 68 D9 5A**

FF FF F6 68 是 16 进制速度值, 转换成二进制为 111111111111111111111011001101000, 最高位(符号位)为 1, 所以这是反向速度, 为负值

FF FF F6 68 是补码, 需要将其转换成原码从而得到速度值:

111111111111111111111011001101000-1= 111111111111111111111011001100111(反码)

111111111111111111111011001100111 最高位不变, 其余为取反得:

100000000000000000000100110011000(原码), 最高位为符号位, 表示负数, 所以转换成 10 进制得到速度值为-2.45m/s。

假设需要把雷达设备的地址码从 0x34 改为 0x33, 并且修改后, 切换回标准协议, 操作如下:

0x33, 是以十六进制表示的, 换算成十进制是 51

串口调试助手

**串口设置**

串口号: COM3 #USB

波特率: 9600

校验位: NONE

数据位: 8

停止位: 1

流控制: NONE

**数据日志**

UartAssist V5.0.2

07 F5 08 00 01 02 03 04 05 06 07

[2022-10-21 11:43:45.054]# RECV ASCII>

Switch to Modbus Mode... Done.

[2022-10-21 11:44:52.993]# SEND HEX>

34 03 00 0F 00 02 F1 AD

[2022-10-21 11:44:53.065]# RECV ASCII>

4口 ?

[2022-10-21 11:44:57.081]# SEND HEX>

34 03 00 0F 00 02 F1 AD

[2022-10-21 11:44:57.167]# RECV HEX>

34 03 04 00 00 00 00 9F 30

[2022-10-21 11:44:59.038]# SEND HEX>

34 03 00 0F 00 02 F1 AD

[2022-10-21 11:44:59.109]# RECV HEX>

34 03 04 00 00 00 00 9F 30

[2022-10-21 11:45:00.178]# SEND HEX>

34 03 00 0F 00 02 F1 AD

[2022-10-21 11:45:00.265]# RECV HEX>

34 03 04 00 00 00 00 9F 30

[2022-10-21 11:45:44.735]# SEND HEX>

34 06 00 41 00 33 9C 6E

[2022-10-21 11:45:45.289]# RECV HEX>

33 06 00 41 00 33 9D D9

8.地址码已经改为十六进制的33

JT808终端模拟 | 浮点转换 | 校验计算 | ASCII码表

快捷指令 | 批量发送 | 历史发送 | 自动应答 | Modbus指令

协议类型:  Modbus-RTU  Modbus-ASCII  Modbus-TCP

从设备ID号: 0x34 2.输入默认地址码

功能号选择: 06:写单个寄存器 3.选择功能号

寄存器地址: 0x0041 4.输入寄存器地址

寄存器数据: 51 5.输入数据长度

注: 输入地址或数值可以为十进制数或0x打头的十六进制形式

生成报文

34 06 00 41 00 33 9C 6E

6.点更新 7.点发送

**接收设置** 1.点HEX

ASCII  HEX

按日志模式显示

接收区自动换行

接收数据不显示

接收保存到文件...

[自动滚屏](#) [清除接收](#)

**发送设置**

ASCII  HEX

转义符指令解析

自动发送附加位

打开文件数据源...

循环周期: 1000 ms

[快捷指令](#) [历史发送](#)

**数据发送**

1. DCD ● 2. RXD ● 3. TXD ● 4. DTR ● 5. GND ● 6. DSR ● 7. RTS ● 8. CTS ● 9. RI ●

清除 清除

34 06 00 41 00 33 9C 6E

发送完毕

293/7    RX: 17578    TX: 62

串口调试助手

**串口设置**

串口号: COM3 #USB

波特率: 9600

校验位: NONE

数据位: 8

停止位: 1

流控制: NONE

**数据日志**

UartAssist V5.0.2

[2022-10-21 11:44:59.038]# SEND HEX>

34 03 00 0F 00 02 F1 AD

[2022-10-21 11:44:59.109]# RECV HEX>

34 03 04 00 00 00 00 9F 30

[2022-10-21 11:45:00.178]# SEND HEX>

34 03 00 0F 00 02 F1 AD

[2022-10-21 11:45:00.265]# RECV HEX>

34 03 04 00 00 00 00 9F 30

[2022-10-21 11:45:44.735]# SEND HEX>

34 06 00 41 00 33 9C 6E

[2022-10-21 11:45:45.289]# RECV HEX>

33 06 00 41 00 33 9D D9

[2022-10-21 11:46:17.165]# SEND HEX>

33 03 00 0F 00 02 F0 1A

[2022-10-21 11:46:17.237]# RECV HEX>

33 03 04 00 00 00 00 E9 F0

2.收到返回表面流速值, 验证修改地址码成功

[2022-10-21 11:46:19.100]# SEND HEX>

33 03 00 0F 00 02 F0 1A

[2022-10-21 11:46:19.181]# RECV HEX>

33 03 04 00 00 00 00 E9 F0

[2022-10-21 11:46:21.552]# SEND HEX>

33 03 00 0F 00 02 F0 1A

[2022-10-21 11:46:21.632]# RECV HEX>

33 03 04 00 00 00 00 E9 F0

JT808终端模拟 | 浮点转换 | 校验计算 | ASCII码表

快捷指令 | 批量发送 | 历史发送 | 自动应答 | Modbus指令

协议类型:  Modbus-RTU  Modbus-ASCII  Modbus-TCP

从设备ID号: 0x33 1.输入修改后的地址码

功能号选择: 03:读保持寄存器

寄存器地址: 0x000F

读数据长度: 02

注: 输入地址或数值可以为十进制数或0x打头的十六进制形式

生成报文

33 03 00 0F 00 02 F0 1A

**接收设置**

ASCII  HEX

按日志模式显示

接收区自动换行

接收数据不显示

接收保存到文件...

[自动滚屏](#) [清除接收](#)

**发送设置**

ASCII  HEX

转义符指令解析

自动发送附加位

打开文件数据源...

循环周期: 1000 ms

[快捷指令](#) [历史发送](#)

**数据发送**

1. DCD ● 2. RXD ● 3. TXD ● 4. DTR ● 5. GND ● 6. DSR ● 7. RTS ● 8. CTS ● 9. RI ●

清除 清除

33 03 00 0F 00 02 F0 1A

发送完毕

296/10    RX: 17605    TX: 86

串口调试助手

JT806终端模拟 | 浮点转换 | 校验计算 | ASCII码表  
快捷指令 | 批量发送 | 历史发送 | 自动应答 | Modbus指令

协议类型  Modbus-RTU  Modbus-ASCII  Modbus-TCP

从设备ID号   
功能号选择   
寄存器地址   
寄存器数据   
注: 输入地址或数值可以为十进制数或0x打头的十六进制形式

生成报文  
33 06 03 E7 55 BB 42 88

1.发送命令切换回标准协议

更新 复制 清除 发送

串口设置  
串口号 COM3 #US1  
波特率 9600  
校验位 NONE  
数据位 8  
停止位 1  
流控制 NONE

接收设置  
 ASCII  HEX  
 按日志模式显示  
 接收区自动换行  
 接收数据不显示  
 接收保存到文件...  
自动滚屏 清除接收

自动应答 界面主题  
批量发送 分包设置  
ASCII/表 点整打堂

发送设置  
 ASCII  HEX  
 转义符指令解析  
 自动发送附加位  
 打开文件数据源...  
 循环周期 1000 ms  
快捷指令 历史发送

数据日志 UartAssist V5.0.2

```
[2022-10-21 11:46:17.237]# RECV HEX>
33 03 04 00 00 00 00 E9 F0

[2022-10-21 11:46:19.100]# SEND HEX>
33 03 00 0F 00 02 F0 1A

[2022-10-21 11:46:19.181]# RECV HEX>
33 03 04 00 00 00 00 E9 F0

[2022-10-21 11:46:21.552]# SEND HEX>
33 03 00 0F 00 02 F0 1A

[2022-10-21 11:46:21.632]# RECV HEX>
33 03 04 00 00 00 00 E9 F0

[2022-10-21 11:46:07.490]# SEND HEX>
33 06 03 E7 55 BB 42 88

[2022-10-21 11:48:09.692]# RECV ASCII>
Ve+00.000 Vf+00.000 Pf0000.00 Ra+000.00 Pa-089.43
Va+00.000
2.收到雷达自动上传的数据, 验证切换协议成功

[2022-10-21 11:48:10.004]# RECV ASCII>
Ve+00.000 Vf+00.000 Pf0000.00 Ra+000.22 Pa-089.43
Va+00.000

[2022-10-21 11:48:10.298]# RECV ASCII>
Ve+00.000 Vf+00.000 Pf0000.00 Ra+000.00 Pa-089.43
Va+00.000

[2022-10-21 11:48:10.625]# RECV ASCII>
Ve+00.000 Vf+00.000 Pf0000.00 Ra+000.00 Pa-089.41
Va+00.000
```

数据发送  
33 06 03 E7 55 BB 42 88

清除 清除

就绪! 442/11 RX:26517 TX:94 复位计数

## 私有协议 (备用调试协议)

MODBUS 模式下发送指令 **34 06 03 E7 55 AA 83 33** 切换至私有协议

私有协议下发送指令 **07 F5 08 00 01 02 03 04 05 06 07** 切换回 MODBUS 协议, **切换后可以保存设置**。返回 **Switch to Modbus Mode... Done** 代表切换成功, 如无反应请多发几次

### 私有协议数据说明:

RS485/UART232(3.3VTTL 电平信号)速度数据输出格式 (波特率默认 9600bps, **ASCII** 码显示):

**来向目标: V + 00.000 P0000.00**

**去向目标: V - 00.000 P0000.00**

第一列显示为滤波后的速度值, 单位为 m/s, 第二列显示为功率幅度值, 幅度值越大表示信号越稳定。

### 也可切换多列数据显示, 多列数据说明:

Vc+00.000 Vf+00.000 Pf0000.00 Ra-001.21 Pa-043.51 Va+00.000

原始速度值 表面流速值 功率幅度值 横滚角 俯仰角 滤波速度值

雷达参数设置命令, **16** 进制格式、HEX 发送

命 令: 07 F5 08 **AA BB CC** 01 **DD EE FF GG**

推荐默认参数: 07 F5 08 **01 00 00** 01 **80 07 64 03**

读取已设参数: 07 F5 08 00 00 00 00 00 00 00 00

返回: **FF FF FF FF CA CB CC CD** **07 F6 08 01 01 00 01 00 08 00 03** EA EB EC ED FF FF FF FF

**07 F6 08 01 01 00 01 00 08 00 03** 就是雷达当前参数

**AA**:输出模式, 8bit 无符号数, 设置范围 0x00-0x01, 0x00:2 列数据模式, 0x01: 多列数据模式;

**BB**:中频增益, 8bit 无符号数, 设置范围 0x00-0x06, 0x00: 自动增益 (增益范围 0x01~0x05), 手动调整范围 (0x01-0x06), 高于 06 均为 06, 值越大增益越大

**CC**:角度补偿, 8bit 无符号数, 设置范围 0x00-0x50, 0x00: 实时补偿

**DD**:滤波队列: 8bit 无符号数, 设置范围 0x08-0x80, 队列值越大数据越稳定, 但实时性就越低

**EE**:发射功率, 8bit 无符号数, 设置范围 0x00-0x0F (0~7 生效), 0x00 功率最大, 0x07 功率最小, 平静的水面对毫米波反射很弱, 需要提高增益。

**FF**: 测速帧率, 8bit 无符号数, 设置范围 0x0A-0x78 (0x0A 以下参数设置均以 0x0a 参数值为准), 参数为 0x78 时, 帧率在 12FPS 左右

**GG**:灵敏度值, 8bit 无符号数, 设置范围 0x03-0xFF, 数值越小越灵敏, 默认 0x03;

发送命令: 07 F9 08 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 查询当前产品版本信息

雷达返回: 07 F8 08 AA AA BB BB CC CC DD DD

AA: 产品频段和型号

BB: 产品硬件, 软件变更批次

CC: 产品硬件升级批次

DD: 产品软件升级批次

## 6. 安装注意事项

流速传感器模块安装角度  $40 \sim 60$  度，安装角度指的是流速传感器模块天线平面与水平面的夹角，在某些河道水流不均匀环境下，大角度容易跳变，且安装角度越小，对于降雨干扰的抑制越好，信号质量越好，建议安装角度  $50$  度左右，建议安装高度  $2 \sim 30\text{m}$ 。

建议流速传感器模块安装面朝向上游，水流速度靠近流速传感器模块，速度显示正速度。

外壳(天线罩)设计要求(只针对雷达信号发射面):

1. 材质建议使用透波能力强的塑料如 PC、PBT、PLA 等，并且不要有金属或碳颗粒，外表面建议涂疏水材料以避免水附着。
2. 天线面与外壳(天线罩)建议留有  $6.22\text{mm}$  以上的间隙距离。
3. 外壳(天线罩)的厚度建议  $3\text{mm}$  左右。

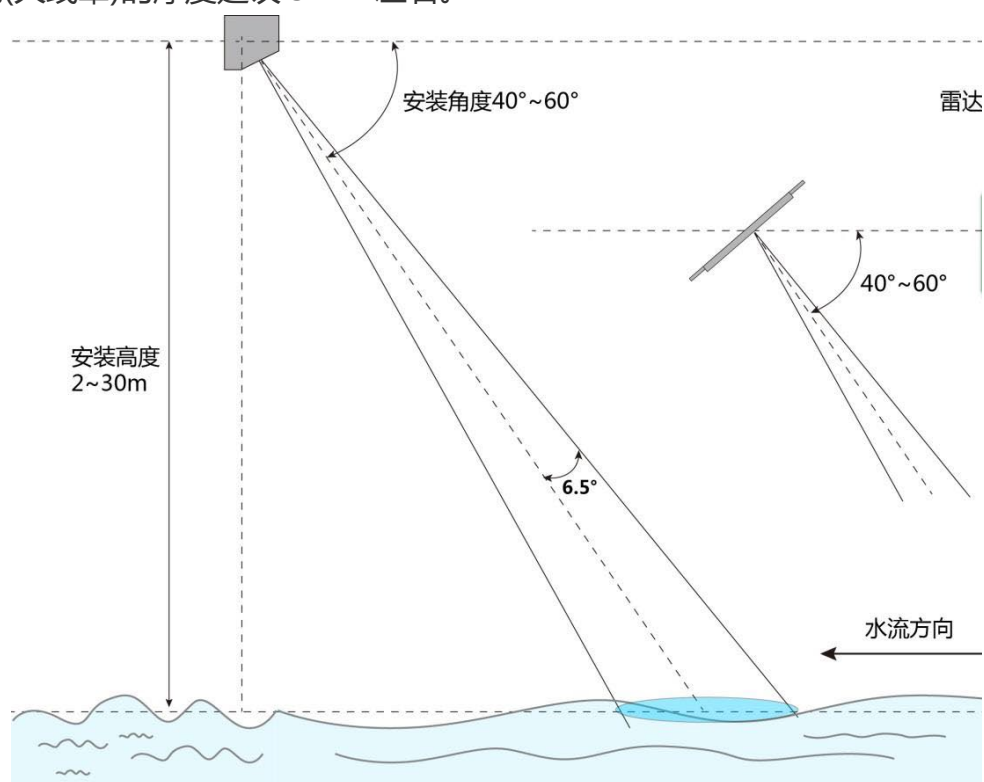


图 4- 产品安装角度示意图