

使用说明书

超声波雷达双波流量计

U-053CAF-CN1



前言

- 感谢您购买本公司产品。
- 本手册是关于产品的各项功能、接线方法、设置方法、操作方法、故障处理方法等的操作手册，产品基本信息请查询对应说明书。
- 在操作之前请仔细阅读本手册，正确使用本产品，避免由于错误操作造成人身伤害和不必要的损失。

注意

- 本手册内容如果有软硬件升级，请以新发布的文档为准。
- 本手册内容我们力求正确无误，如果您发现有误，请与我们联系。
- 本手册内容严禁转载、复制。
- 请根据本产品的防爆特性，遵守国家、地区法律法规要求使用本产品。
- 本手册的最终解释权归本公司所有。

版本

U-053CAF-CN1 第一版 2025 年 6 月

安全说明

为了安全使用本产品，操作时请务必遵守此处描述的安全注意事项。

关于本手册

- 请将本手册交于操作者阅读。
- 在操作之前，请熟读本手册，并对产品有深入了解。
- 本手册只对产品的功能进行阐述，本公司不保证该产品将适合于用户的某一特殊用途。

本产品保护，安全及改造相关注意事项

- 为了确保安全使用本产品以及由其控制的系统，操作时请务必遵守本手册中所述说明和注意事项。如果违反操作规程，则有可能会损坏本产品所提供的保护功能。对由以上情况产生的质量、性能、功能和产品的安全问题，本公司不承担任何责任。
- 为本产品及其控制系统安装防雷装置，或为本产品及其控制系统设计安装单独的安全保护电路时，需要借助其他的设备来实现。
- 如果需要更换产品的零部件，请使用本公司指定的型号规格。
- 本产品不适用于直接关系到人身安全的系统。如核动力设备、使用放射能的设备、铁路系统、航空机器、船舶用设备、航空设备和医疗器械等。如果应用，用户有责任使用额外的设备或系统确保人身安全。
- 请勿改造本产品。

在本手册中使用以下几种安全标志：



危险标志，若不采取适当的预防措施，将导致严重的人身伤害、仪表损坏或重大财产损失等事故。



警示标志，提醒您对产品有关的重要信息或本手册的特别部分格外注意。



- 在接通本产品的电源之前，请先确认仪表的电源电压是否与供给电源电压一致。
- 请不要在有可燃性气体、爆炸性气体和有蒸汽的场所操作本产品，在这样的环境下使用本产品非常危险。
- 为防止触电、误操作，务必进行良好的接地保护。
- 务必做好防雷工程设施，共用接地网进行等电位接地、屏蔽、合理布线、适当使用浪涌保护器等。
- 内部某些部件带有高压，非本公司或非本公司认可的维修人员，请勿打开前方面板，以免发生触电事故。
- 在进行各项检查前务必切断电源，以免发生触电事故。
- 请定期检查端子螺钉状况，若发现其松动，请紧固之后再投入使用。
- 绝不允许擅自拆卸、加工、改造或修理仪表，否则可能导致其动作异常，触电或火灾事故。
- 请使用干燥棉布擦拭仪表，不可使用酒精、汽油或其它有机溶剂。谨防各种液体溅到仪表上，若仪表落入水中，请立即切断电源，否则有漏电、触电乃至火灾事故发生。
- 请定期检查接地保护状况，若您认为接地保护和保险丝等保护措施不够完善，请勿运行。
- 仪表壳体上的通风孔须保持通畅，以免由于高温发生故障、动

作异常、寿命缩短和火灾。

●请严格按照本手册的各项说明进行操作，否则可能损坏仪表的保护装置。



●开箱时若发现仪表损坏或变形，请勿使用。

●安装时避免灰尘、线头、铁屑或其它物质进入仪表，否则会发生动作异常或故障。

●运行过程中，如需进行修改组态、信号输出、启动、停止等操作，应充分考虑操作安全性，错误操作可能导致仪表和被控设备发生故障乃至损坏。

●仪表各部件有一定的寿命期限，为保证长期使用，务必进行定期保养和维护。

●报废本产品时，按工业垃圾处理，避免污染环境。

●不使用本产品时，请切断供给电源。

●如果发现从仪表中冒烟，闻到有异味，发出异响等异常情况发生时，切断供给电源，并及时与本公司取得联系。

免责声明

●对于本产品保证范围以外的条款，本公司不做任何保证。

●使用本产品时，对由于用户操作不当而直接或间接引起的仪器损坏或零件丢失以及一些不可预知的损伤，本公司概不负责。

确认包装内容

打开包装箱后，开始操作之前请先确认包装内容。如发现型号和数量有误或者外观上有物理损坏时，请与本公司联系。

产品包装内容见标准配置清单。

标准配置清单

序号	名称	数量	备注
1	超声波雷达双波流量计	1	
3	说明书	1	
4	合格证	1	

注：定制类产品可能与标准产品略有差异，请以订单为准。

目录

第一章 产品概述	1
1.1 产品简介	1
1.2 测量原理	1
1.3 产品特点	5
第二章 技术参数	6
第三章 产品结构与尺寸	7
3.1 外形尺寸	7
3.2 重量	7
3.3 材质	7
第四章 安装	8
4.1 安装环境	8
4.2 安装条件	8
第五章 电气连接	12
5.1 接线注意	12
5.2 接线说明	12
第六章 调试	13
6.1 调试准备	13
6.2 部分参数含义解读	14
第七章 故障分析及排除	16
第八章 质保及售后服务	17
附录 A 通讯协议	18

第一章 产品概述

1.1 产品简介

超声波雷达双波流量计是一款采用接触、非接触式结合的流量测量设备，是为解决大部分城市地下排水管网流量在线监测难题而开发的最新一代水体流量测量产品。流量计主要适用于排水管网、排水口、闸泵站及河道等封闭、潮湿、易腐蚀、易淹没的现场环境。针对于未满管、满管，以及两种状态来回切换等各种场景都可适用。

本产品能有效帮助客户实时掌握排水管网、排口等现场状态的基本规律和基本信息，提高客户的管理运营能力。

1.2 测量原理

超声波雷达双波流量计主要由雷达流速仪、超声波流速仪、雷达水位计和压力式水位计等四个部分组成。

雷达超声波流速仪和超声波流速仪采用多普勒效应原理分别测量流体的表面流速和断面流速。雷达水位模块测量非满管状态下的水深值，压力水位传感器可测量设备淹没状态下的水深值，再结合暗渠、箱涵或管道的断面信息和自主知识产权的管网算法模型，然后通过流速面积法计算出流量。

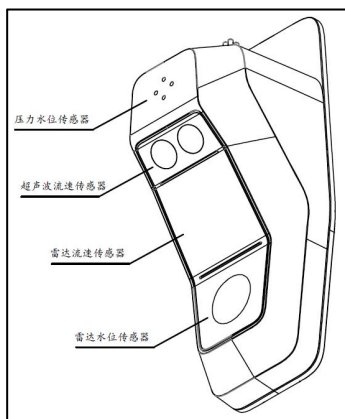


图 1 产品结构

1.2.1 测量模式

当管网未满管时，采用雷达非接触式测量方式。通过预先设定的断面参数，根据流量计内置的水力模型，将测得表面流速转化为断面平均流速，通过实测水位，流量计结合断面参数计算出过水断面面积。根据流速面积法公式，计算得出流量，如下图所示：

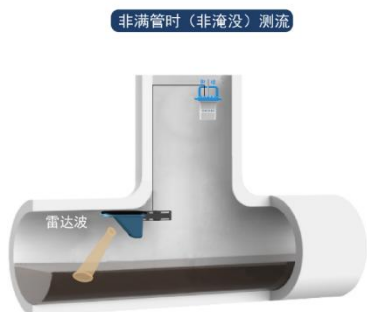


图 2 非满管测量模式

当管网水位上升时，设备浸入水中，采用超声波接触式测量方式测量流速信息，结合压力式水位计测量的水深数据，同样通过流速面积法公式，最终计算设备半淹没及满管运行时的流量。

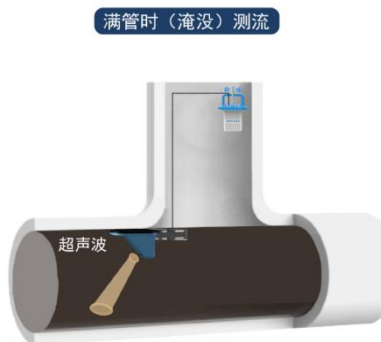


图 3 满管测量模式

通过将两种工况下的流量进行叠加计算，最终可计算出管网的流量数据。实现对管网全状态下的流量实时监测。

1.2.2 雷达测速原理

雷达流速仪采用多普勒效应原理测流体表面流速。在声学领域中，当声源与接收体(即探头和反射体)之间有相对运动时，回声的频率将有所变化，此种频率的变化称之为频移，即多普勒效应。

如下图所示，当雷达流速仪与流体以相对速度 V 发生对运动时，雷达流速仪所收到的电磁波频率与雷达自身所发出的电磁波频率有所不同，此频率差称为多普勒频移。通过计算多普勒频移与 V 的关系，得到流体表面流速。

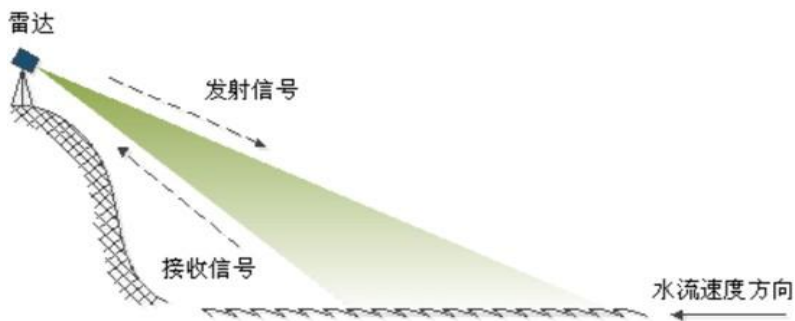


图 4 雷达测速原理

应用 K、Ka 频段雷达波探测流体流速的技术难点在于低速段的测量。当流体速比较缓慢时，雷达波在平静的水面上形成镜面反射，雷达流速仪几乎接收不

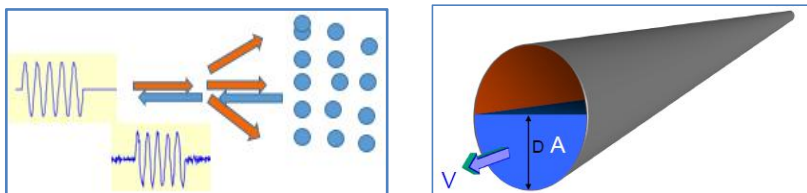
到反射回来的电磁波信号，因此国内外同类产品的流速下限通常在 0.2m/s 以上。采用自主知识产权的测流控制算法和检测微弱目标的雷达天线研制生产的 雷达流速仪，可检测到 0.05m/s 以上的表面流速。

1.2.3 超声波测速原理

超声波流速仪利用声学多普勒效应进行测流。从设备的换能器发生一定频率的脉冲，当该脉冲碰到水中的发射物体（如悬浮物质）后产生回波信号，该回波信号被声学多普勒流速仪接收。悬浮物质会随水流而漂移，从而产生多普勒效应（即回波信号额频率与发射信号的频率之间

产生一个频差），通过测量得到的多普勒频移可得到相应点的流速。

超声波多普勒流量计是利用超声波多普勒效应进行测流的。从设备的换能器发生一定频率的脉冲，当该脉冲碰到水中的发射物体（如悬浮物质）后产生回波信号，该回波信号被声学多普勒流速仪接收。悬浮物质会随水流而漂移，从而产生多普勒效应（即回波信号额频率与发射信号的频率之间产生一个频差），通过测量得到的多普勒频移可得到相应点的流速。



根据多普勒频移方程，频移的大小：

$$\Delta F_d = \frac{2F_0 \cdot V \cdot \cos \theta}{C - V \cdot \cos \theta} \quad \text{公式 1}$$

式中： ΔF_d ——多普勒频移

F_0 ——发射超声波频率

C ——声速

V ——流体流速

θ ——发射波束和接收波束相对于流体流速方向的夹角

通常，流体流速 V 远小于声速 C ，对上述公式简化可得：

$$\Delta F_d = \frac{2f_0 \cdot V \cdot \cos \theta}{C} \quad \text{公式 2}$$

超声波发射频率为常数，换能器夹角安装后固定不变，所以 K 为常数。由公式 2 可见，流速 V 和多普勒频移 ΔF_d ，水的声速 C 成正比，只要检测出多普勒频移 ΔF_d 和水的声速 C ，即可计算出流速 V 。

流量计算公式：

$$Q = V \cdot A \quad \text{公式 3}$$

式中：Q ——管道总流量

V ——流体流速

A ——管道截面积

1.2.4 雷达测水位原理

如图所示，雷达水位计通过测量电磁波的发射和接收时间差来计算雷达水位计与液面之间的距离即空高，换算出水深 = 安装高度 - 空高。

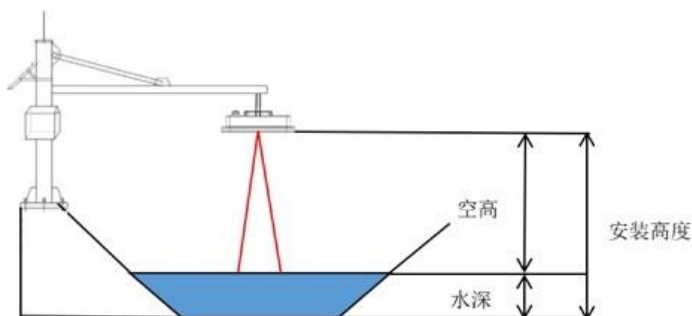


图 5 雷达水位计工作原理示意图

1.3 产品特点

- 采用雷达+超声波的双波测流模式，自动切换测量模式，满管、非满管均可测量。
- 管道顶部安装，可有效减少淤积、垃圾等对设备的影响。
- 体积小，便于安装，完全适用管网安装。
- 测量精度高，量程宽。
- 感应灵敏，分辨率高。
- 响应速度快，可测瞬时流速，也可测平均流速。
- 测量线性，不存在校正曲线的 K、C 值。

第二章 技术参数

表 1 技术参数

测量变量	流速、水位
测量范围	流速：超声波：-6m/s ~6m/s 雷达：0.03m/s~20m/s 水位：0m~20m
准确度	流速：超声波：±0.01m/s±1%， 雷达：雷达±0.01m/s±1% 水位：0.1 级
测量盲区	10cm
分辨率	流速：1mm/s 水位：±1mm
雷达工作频率	流速：24 GHz 水位：80 GHz
超声波工作频率	1000kHz
波束角	雷达测速：12° 雷达测水位：6°
通讯输出	RS485 接口，标准 Modbus 通讯协议
供电电源	（8~28）VDC
功耗	≤50mA @DC12V
环境温度	（0~60）℃
贮存温度	（-20~60）℃
防护等级	IP68

第三章 产品结构与尺寸

3.1 外形尺寸

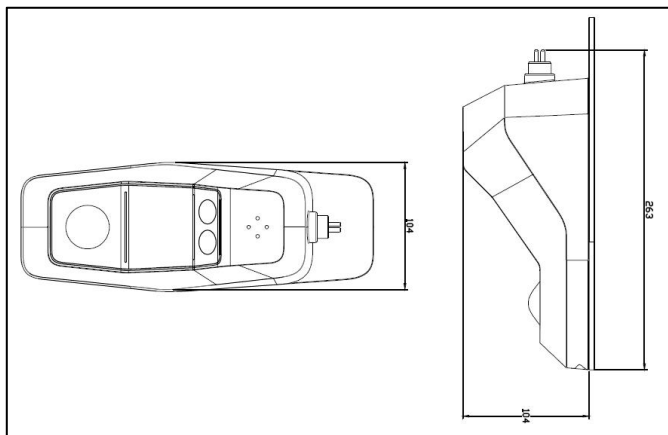


图 6 外形尺寸（单位：mm）

3.2 重量

产品重量：1.4kg

3.3 材质

外壳材质：ABS

第四章 安装

4.1 安装环境

监测站点布设原则：

（1）排水主管、重要管线、主要调蓄构筑物出口以流量、水位监测为主。

（2）商业区、工业区、居民区内部以水位监测为主，流量监测为辅。

（3）水厂汇流前的分支节点以流量监测为主。

（4）多条管道的汇流节点以监测流量为主。

（5）在大管径的雨污水管道汇合处、接入流量与转输流量之比较大的检查井、长距离运输管道、截流式合流制的溢流井出口加设水位监测点。

4.2 安装条件

流量监测站一般布置于主干管、重点支管及多个排水片区的交汇处。在实际安装流量计的过程中，应遵循以下原则：

（1）流量计应当安装于水面平缓稳定、没有回流和漩涡、在测量范围内的水面无障碍物等环境下安装。

（2）避免在排水口、垂直跌水、挡流板、落水井、河道（管道）汇流、河道（管道）弯曲等位置处安装流量计，这种位置将会严重影响到测量精度，应避免此类位置处安装流量计，应在该位置的上游或下游水流平缓稳定的环境下进行安装。

（3）监测站应避免在检查井结构复杂、井壁疏松的管道内安装，因为流量计通过安装支架固定于检查井的井壁内，复杂和损坏的井壁结构会增加安装施工的难度。

（4）如果必须在管道结合处附近安装，并且其中一条管道内的水位较高，应当将流量计安装于水位较低的管道附近，距离拐点至少 10 倍 DN（管道直径）。

(5) 雷达流速仪的中心轴线要与水流方向一致，液位计的中心轴线要与水面垂直，整机流量计尽量位于液面中央。

4.2.1 管道拐弯处安装

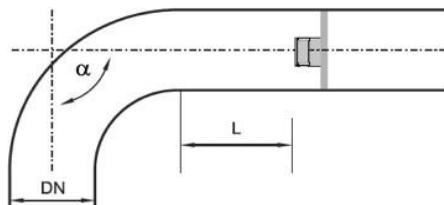


图 7 管道拐弯处安装示意图

L: 安装位置距离拐点的距离;

DN: 管道直径; α : 拐角角度;

V: 流速 m/s。

角度/流速范围	$V \leq 1\text{m/s}$	$V > 1\text{m/s}$
$135^\circ \leq \alpha \leq 165^\circ$	$L \geq \min. 3 * DN$	$L \geq \min. 5 * DN$
$90^\circ \leq \alpha \leq 135^\circ$	$L \geq \min. 5 * DN$	$L \geq \min. 10 * DN$
$\alpha < 90^\circ$	$L > \min. 10 * DN$	$L > \min. (15 \sim 20) * DN$

4.2.2 管道汇流处安装

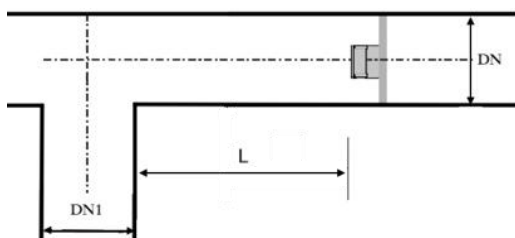


图 8 管道汇流处安装位置

DN: 主管道直径;

DN1: 支管道直径;

L: 为安装位置距离拐点的距离, $L \geq \min. 10 * DN$

测量点位置宜选择在水流平稳、无回流和漩涡、渠道边坡及坡底一致、断面形状无明显变化处，避开排水口、垂直跌水、档流板、渠道弯曲等，无阻水建筑物或水生植物生长的地方，且迎水安装。尽量满足测量点上游河道平直段是测量断面宽度的 5~10 倍，测量点下游河道平直段是测量断面段宽度的 1~2 倍。为了简化安装施工，尽量选择有桥梁横跨测量断面的位置进行安装。如若不能满足，则采取两岸立杆或缆道的方式。

测点选点安装位置根据实际工况（其中明渠宽度为 B ），参考下图。

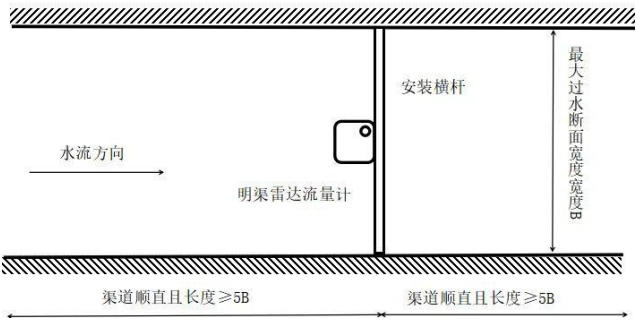


图 9 测量位置选点（俯视图）

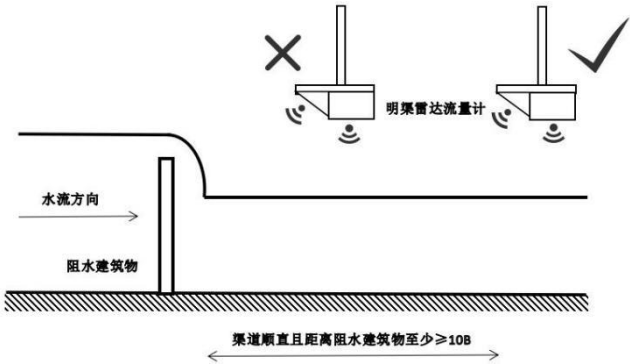


图 10 水头损失情况下的测最位置选点(正视图)

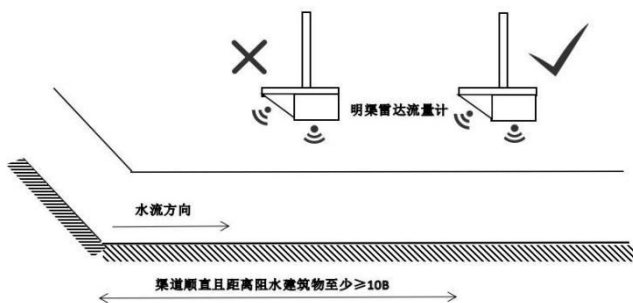


图 11 斜坡后的测量位置选点(正视图)

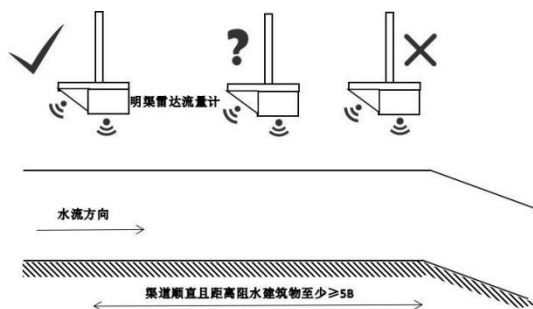


图 12 斜坡前的测量位置选点（正视图）

4.2.3 障碍物环境安装

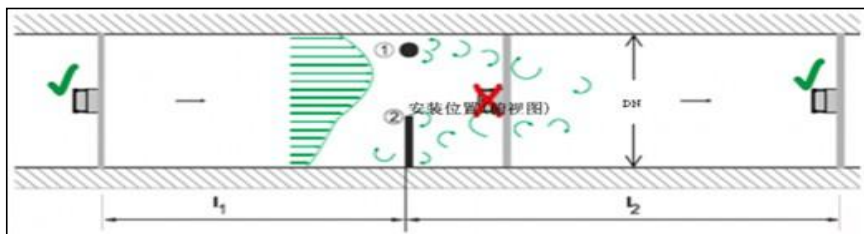


图 13 存在固定物或挡流板情况下的安装位置(俯视图)

注:

- ①单点固定物。 ②挡流板。 ③DN: 水面宽度/管道直径。
 ④上游安装位置 I1 距挡流板至少 5 倍 DN。
 ⑤下游安装位置 I2 距挡流板至少 10 倍 DN。

第五章 电气连接

5.1 接线注意

- （1）输入信号线为避免杂讯干扰，请远离仪表电源线、动力电源线、负荷线等配线。信号线宜用屏蔽线，独立走线且屏蔽接地。
- （2）仪表电源线的配线不宜取至动力电源，以避免遭受杂讯干扰影响。宜使用独立电源，最好使用净化电源。
- （3）配线请使用符合电气用品管理法的电线。
- （4）公司保留对产品升级权利，如有更改恕不另行通知，接线以仪表后壳附图为准。

5.2 接线说明

表 2 线缆定义

	线色	接线说明
供电	红色	12VDC 电源+
	黑色	12VDC 电源-
输出	黄色	RS485 接口 A 端
	绿色	RS485 接口 B 端

第六章 调试

超声波多普勒流量计可通过 PC 端上位机进行调试。软件安装包可从二维码获取：



图 14 扫码下载上位机软件

6.1 调试准备

(1) 硬件连接完成后打开客户端调试助手文件夹，找到“2M-AR_V03.2.1”应用程序，如图所示。



图 15 调试软件

(2) 双击“2M-AR_V03.2.1”应用程序，点击“串口号”，在串口列表中找到设备对应的串口后，选择波特率（出厂默认波特率是 115200），点击“打开串口”，然后点击“关闭窗口”。

(3) 连接成功后，点击“数据显示”→“通讯测试”，此界面展示客户最常获取的一些参数，此界面下点击右下“数据采集开关”，此页面数据开始采集更新；点击“传感器参数”→“内置参数设置”，此界面展示客户最常设置的一些参数，客户依据现场情况对相关参数进行设置。如图所示。



图 16 软件界面

6.2 部分参数含义解读

(1) 地址 14（液位）；其实就是一般意义上理解的水深，表示设备安装位置所处断面最低点到液体表面的距离。设备“压力传感器”不淹没时，液位值 = 设备安装高度 - 雷达传感器所测空高值 - 淤积厚度；设备“压力传感器”淹没时，液位值 = 设备安装高度 - 110 - 淤积厚度 + 压力传感器测量水深值。

(2) 地址 15（空高）；非淹没状态时，表示设备基准面“设备顶部金属上表面”到被测液面距离值。淹没状态时，数据持续归零。

(3) 地址 16（设备水深）；设备完全淹没状态时，表示设备基准面“设备顶部金属上表面”到被测液面距离值。设备非完全淹没状态时，数据持续归零。此值用于反馈压力传感器的测量结果，注意设备完全淹没才会有数。

(4) 地址 31（工作模式）；分为“连续运行”和“间断运行”，间断运行表示（带电池）RTU 供电时间间隔相同时间段定时给设备供电采集数据；“持续运行”表示设备 7×24h 持续设备持续运行，设备持续更新数据。主要就是在间断运行时使用计算累计流量时使设备知道应该以哪种方式计算，没有其他特殊含义；

(5) 地址 32（数据更新间隔）；主要就是在间断运行时使用计算累计流量时作为“时间依据”，没有其他特殊含义；

(6) 地址 33 (淤积厚度)；目前只包含“管道、矩形”这两种常见的安装环境下的淤积厚度计算断面过水面积以及液位时使用。

(7) 地址 38 (安装高度)；表示设备基准面“设备顶部金属上表面”到安装位置所处断面最低点距离值，此数据作为对液位，过水面积、切除死水位流速等计算依据，尽量保持设置精准。

(8) 地址 42 (面积系数 A1)；地址 43 (面积系数 A2)；地址 44 (面积系数 A3)；断面面积的计算系数：公式：“断面面积= $A1+A2*H+A3*H*H$ ” H：表示液位。一般情况遇到的安装场景为圆管，此时 $A1=R>0$ 、 $A2=A3=0$ 、R 表示圆管半径；矩形管道时，此时 $A2=$ 底宽、 $A1=A3=0$ 。其余不规则形状，联系厂家售后人员指导通过调试工具计算出面积系数值。

第七章 故障分析及排除

下表列出了流量计可能出现的问题以及解决办法，如果你的问题没有被列出或者解决方案不能处理你的问题，请联系我们。

表 3 常见故障排除

故障现象	产生原因	排除方法
不通讯	RS485 通讯接线错误	按说明书正确接线
	供电电源异常	用万用表测量电源电压是否符合要求
	通讯设置错误	检查 COM 设置“设备地址”和“波特率”设置是否与设备一
流速异常 或流速为 0	垃圾缠绕物覆盖传感器	清理垃圾等杂物
	安装角度不符合要求“流速雷达俯仰角”，在 45° ~65° 范围，建议 55° 附近”	检查安装角度是否合理
水位异常	水位传感器堵塞	查看水位传感器是否堵塞
	水平珠未平衡，导致雷达反射面没有垂直于发射波	调节设备在万向安装支架，使水平珠气泡居中
设备空高持续在某一值不动	设备“空高”是否持续等于“安装高度”值，液位雷达到被测面的距离大于了“安装高度”值	调整合适的安装高度

第八章 质保及售后服务

本公司向客户承诺，质保期内如有产品质量问题，本公司对有质量问题的产品实行无条件三包服务，即免费修理、更换或退货。所有非定制产品一律保证 7 天内可退换（不包括使用损坏的产品），定制类产品以合同约定的质保为准。

免责声明

在质保期内，下列原因导致产品故障不属于三包服务范围：

- （1）客户使用不当造成产品故障。
- （2）客户对产品自行拆解、修理和改装造成产品故障。

附录 A 通讯协议

A.1 通讯协议

本公司设备默认采用标准 MODBUS RS485 协议的自定义规约，若需其他标。

自定义规约：

采用 RS485 接口，规约为 MODBUS-RTU。通讯波特率：9600 ， 1 位起始位， 1 位停止位， 8 位数据位，无奇偶校验位，设备地址默认为 1，数据含义如表 4 所示。

读取功能码：03H

写入功能码：06H

A.2 寄存器地址

表 4 寄存器地址

地址 (DEC)	名称	数据类型	读写 类型	说明
1	断面流速	2 字节无符号 整型	只读	断面流速，单位：m/s) 断面流速 = 寄存器值 ÷ 1000。
4~5	瞬时流量	4 字节无符号 整型 (高位在前)	只读	单位：m³/s 瞬时流量=寄存器值÷ 10000。 正值：表示正方向瞬时 流量；
6~9	累计流量	8 字节无符号 整型 (高位在前)	只读	累计流量，单位：m³ 累计流量 = 寄存器值 ÷ 100。
14	液位	2 字节无符号 整型	只读	液位，单位 m 液位 = 寄存器值÷ 1000。

地址 (DEC)	名称	数据类型	读写 类型	说明
38	安装高度	2 字节无符号 整型	读写	安装高度，单位:米（m） 安装高度 = 寄存器值 ÷ 1000。 默认安装高度 “3” m， 即寄存器值 “3000”

注：支持连续读取寄存器地址

A.3 通讯案例

案例 1：读取报文

发送指令：01（设备地址） 03（读指令） 00 00（从地址 0 开始读）
00 1E（一直读到地址 30） C5 C2（CRC16 校验码）

发送指令：01 03 00 01 00 0E 95 CE

接收指令：01 03 10 03 94 00 00 00 00 01 B D0 00 00 02 8C 00 00 00 00
03 EB 5E A5 00 00 00 00 00 00 02 C8 58 B1

数据解析：03 94 为断面流速 0.916m/s

00 00 02 8C 瞬时流量 0.0652m³/s

03 EB 5E A5 累计流量 657568.37m³

02 C8 液位 0.712m

案例 2：写入报文把安装高度改成 2000mm

数据解析：

发送：01（设备地址） 06（写入指令） 00 26（代表修改安装高度）
07 D0（将安装高度改为 2000mm） 6B AD（CRC16 校验码）

接收：01（设备地址） 06（写入指令） 00 26（代表修改安装高度）
07 D0（将安装高度改为 2000mm） 6B AD（CRC16 校验码）