

西门子 SITRANS FUS Clamp-on 外夹式超声波流量计是不和被测流体接触的流量测量仪表，没有接液部件和阻流元件，使得安装、使用、维修非常方便，不必断流、切开管道、不影响生产过程，没有压力损失。由于外夹式超声波流量计在流量测量仪表中属于高端产品，很多用户对于仪表的安装还比较陌生，感到不知如何安装使用，无从下手，本文可以给初次使用此类产品的用户提供安装指导。

SITRANS FUS Clamp-on 外夹式超声波流量计，能够提供很高的测量精度，安装方便，维护费用低。可以实现单通道，双通道/双声道，多声道测量。外夹式超声波流量计根据不同的用户测量需求，提供多种变送器及换能器，变送器有 FUS1020 基本型、FUS1010 通用型、FUP1010 便携式、FUE1010 能量表、FUH1010 油品表和 FUG1010 气体表，换能器有通用型、高精度、高温型和多普勒式。本文以 FUS1020 和 FUS1010 为例介绍时差法换能器的安装，虽然各种不同类型的变送器的功能各异，但是换能器的安装原则和过程大致相同，所以本文对于所有外夹式超声波流量计的安装都有借鉴意义。

## 1 基本概念

### 1.1 双通道 ( Dual Channel )

双通道支持两个独立的测量通道同时工作，可以分别测量两个不同管道内的流量，提供每个通道的信号输出，原理如下图 1。

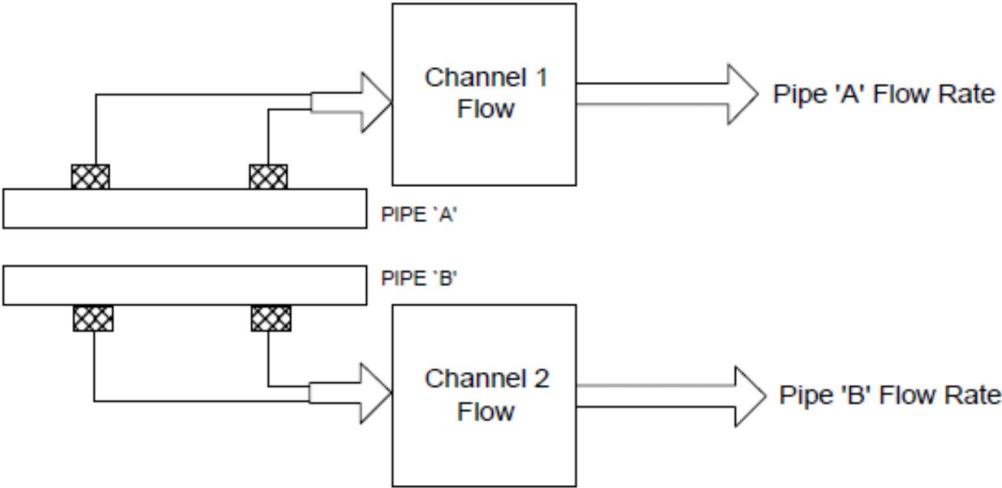


图 1 双通道

### 1.2 双声道 ( Dual Path )

为了改善流态不稳定的工况，提高测量精度，仪表提供双声道的测量方式。两个测量通道安装在同一个管道上，最终获得虚拟通道 3 输出两个声道的平均流量。在实际安装过程中，一定要分清双通道

和双声道的区别，免得造成不必要的麻烦。双声道在管道数据和液体数据输入时只是一套共用数据，双通道则需要分别地输入，原理如下图 2。

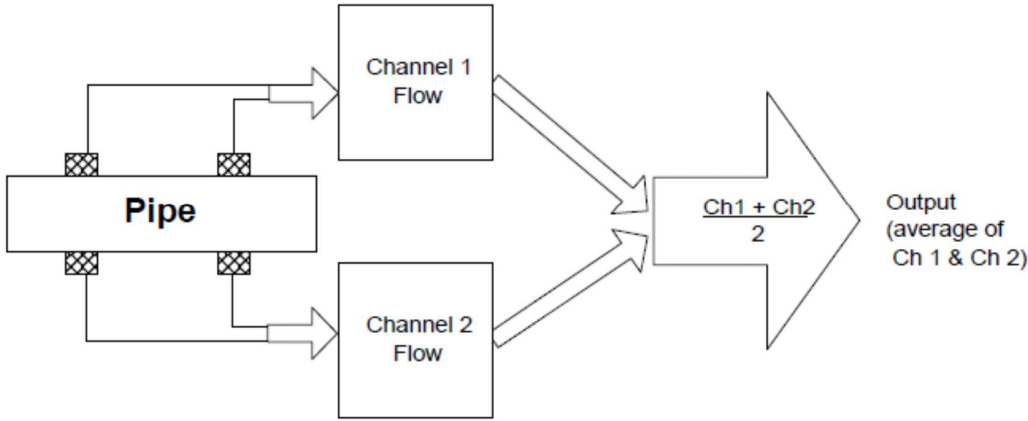


图 2 双声道

1. 3 通道 1+2 和通道 1-2 ( Channel 1+2 /Channel 1-2 )

类似于双通道的测量模式，当希望测量两个管道流量和或差时，可以使用通道 1+2 和通道 1-2 的算术操作模式，通过虚拟通道 3 输出计算后的流量和或差，原理如下图 3。

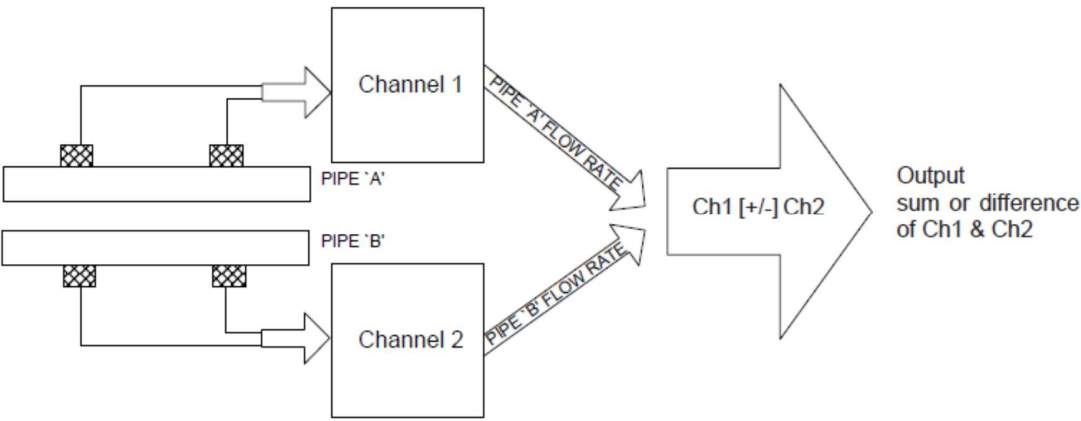


图 3 通道 1+2 和通道 1-2

1. 4 反射式安装 (Reflect)

时差式换能器在安装时，一组换能器可以安装在管道的同侧，超声波需要借助于对面的管道壁反射。变送器在分析管道数据和流体数据输入后，会推荐安装方式。在条件允许的情况下，推荐使用反射式

安装，由于反射式安装换能器是最简单的，而且还可以克服不好的流态影响，支持自动零点功能，不需要停止流体，就能实现自动零点，如图 4 所示：

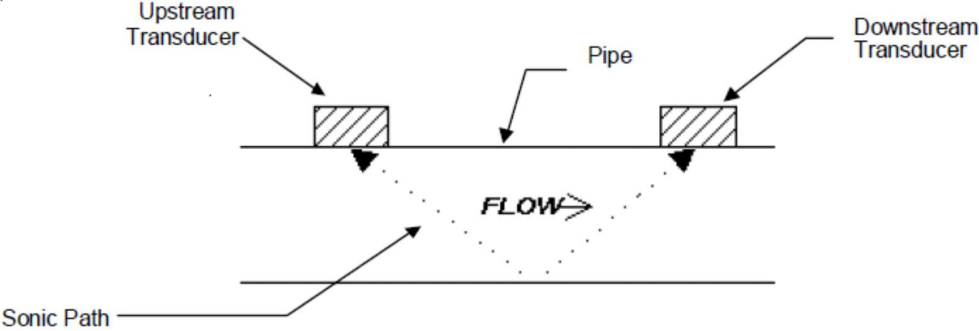


图 4 反射式安装

1. 5 直射式安装 (Direct)

直射式安装时，一组换能器安装在管道的对侧，这种安装方式超声波声束的声程最短，可以提高信号强度，当管道和液体的声导性能差时，要考虑使用直射式安装。塑料材质管道必须采用直射式安装，如图 5 所示：

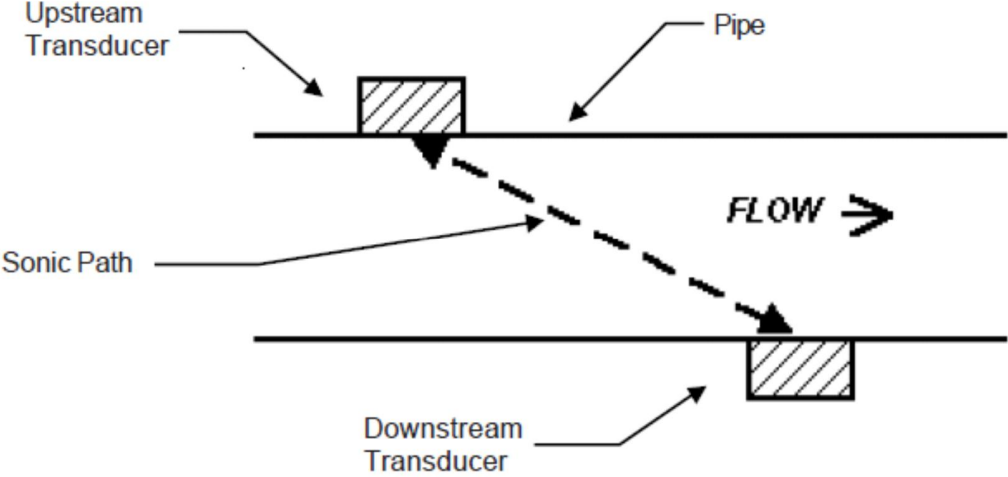
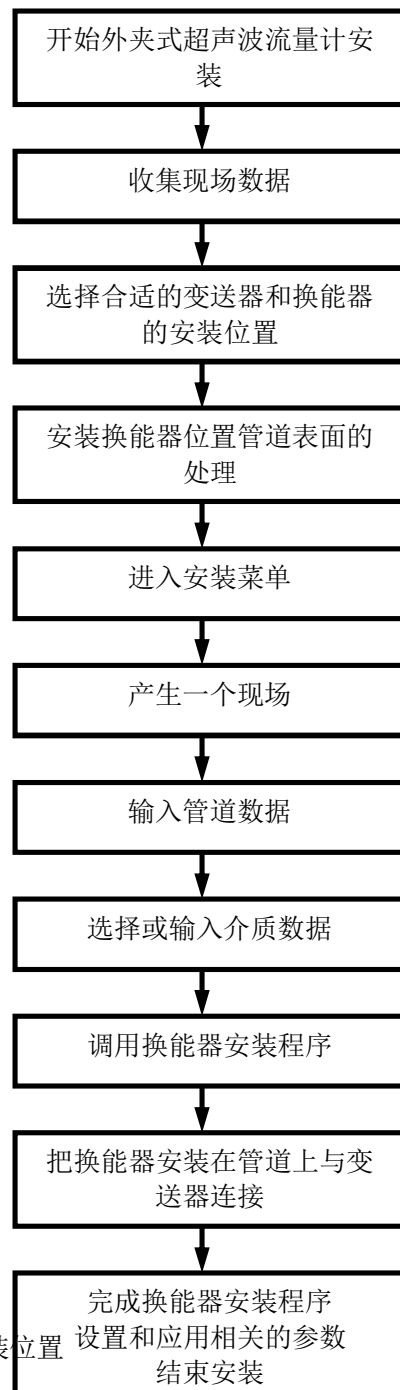


图 5 直射式安装

2 硬件安装过程

很多用户在安装过程中不知道该如何下手，需要具备哪些条件，需要考虑哪些事项，需要怎样的一个正确的安装步骤，下面给出外夹式超声波流量计安装过程的流程图。



## 2.1 选择合适的安装位置

选择一个合适的安装位置，对于顺利地通过安装程序，获得最高的测量精度是至关重要的。一般在选择安装位置时需要考虑下面的因素。

- 1) 选择满足至少上游直管段 10D，下游 5D 的位置（其中 D 为管道直径），如果现场条件允许尽量多一些。这个条件是为了在安装换能器的位置能够获得稳定的流态分布，有利于提高测量精度和测量的稳定性。如果上游有泵或阀门需要更多的直管段。

- 2) 安装换能器的位置能够保证管道始终满管，如果流体不满管，就会造成超声波信号的阻断，无法正常安装和测量。
- 3) 不要直接安装在能够产生压降的设备下游，如扩径，阀门，插入装置等，由于管道内的液体当压力降低时会不同程度地释出气体，产生气泡，液体中气体含量增加会降低信号的强度，同时增加了噪声。
- 4) 确认所选位置管道的口径和仪表编程一致。管道外径必须精确地实际测量。
- 5) 换能器安装在垂直管道时，首选的方向是自下而上，只有在现场条件不具备时，才考虑自上而下，但是这时必须保证管道内的背压，确保管道内液体处于满管状态。
- 6) 远离管道焊缝，不要把换能器装在焊缝上。
- 7) 避免把换能器安装于水平管道的 6 点或 12 点位置，由于管道底部会经常有沉积物，顶部会聚集一些气体，这样都会影响超声波信号的传输。
- 8) 除去管道表面容易剥落的油漆，铁锈，水垢等杂物，保证和换能器接触的管道面平整不会存在气泡。如果管道的涂漆是非常质密的，无需完全清除掉，只需要表面光滑平整。

## 2. 2 认识硬件

- 1) 定距棒，用于探头盒或直接安装探头时，快速确定探头距离。如下图 6。



图 6 定距棒

- 2) 探头盒，保护和方便固定定位探头。如下图 7。





图9 耦合剂 CC128 和研磨块

5) 换能器（探头），用于发射和接收超声波信号。分为通用探头（图10）、高精度探头（图11）、高温探头（图12）和多普勒探头。



图10 通用探头



图 11 高精度探头



图 12 高温探头

### 2.3 探头的安装

探头的安装是外夹式超声波安装过程中最关键的环节，不正确的安装有可能会造成安装过程不能顺利通过，即使侥幸通过，可能对日后的正常运行也会埋下一些隐患，造成测量不准或频繁出现故障。

探头铭牌信息的识别，在安装过程中，相同声道/通道一定要使用相同序列号的 A/B 一对探头，而且要注意区分探头型号和版本号，不要把版本号误认为型号输入变送器，造成安装失败。通用探头、高精度探头、高温探头的铭牌识别如下图 13、14、15。



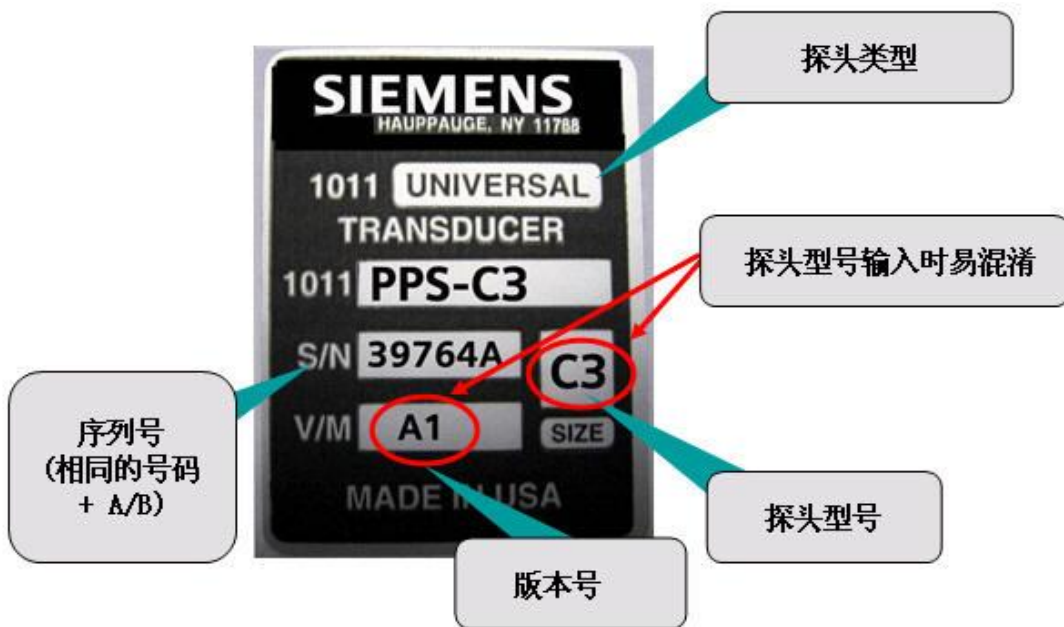


图 13 通用探头铭牌

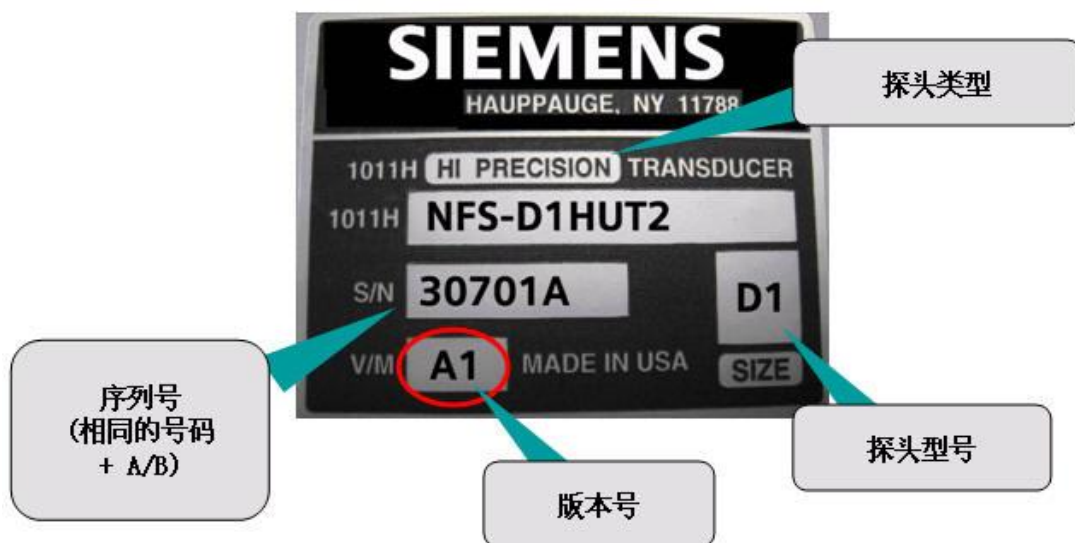


图 14 高精度探头铭牌



图 15 高温探头铭牌

## 2. 4 探头的安装方式

按照探头安装位置和管道口径通常会有四种不同的安装方式，如下图 16。

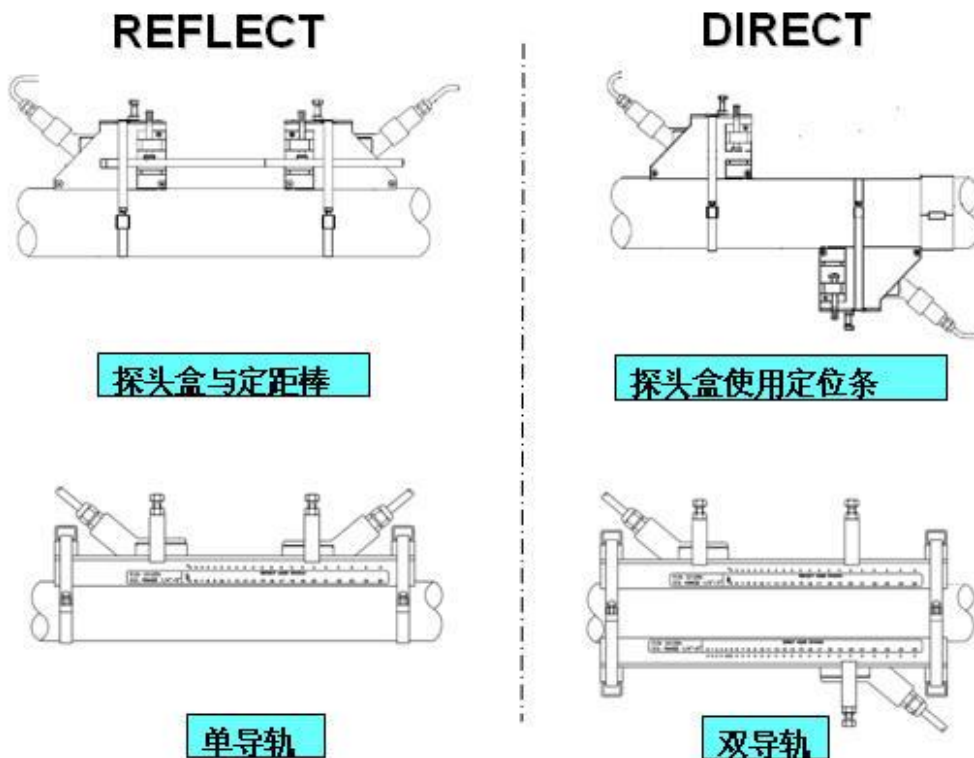


图 16 安装方式

## 2.5 管道的准备

安装探头前，管道一定要具备一定的条件，才能继续探头的后续安装。

- 1) 选定满足直管段的位置，管道内必须保证充满介质，没必要停止介质流动。
- 2) 按照安装菜单中提供的探头间距处理管道表面，除去表面的油脂、砂砾、腐蚀、铁锈、疏松的油漆等，使用研磨块处理管道，使和探头接触的管道表面干净平滑。研磨的区域要比探头的发射/接收面略大，大概两侧多出 1/2" 就可以了。

## 2.6 反射式探头盒定距棒安装过程

- 1) 用钢带把探头盒固定在处理过的管道上，如下图 17。

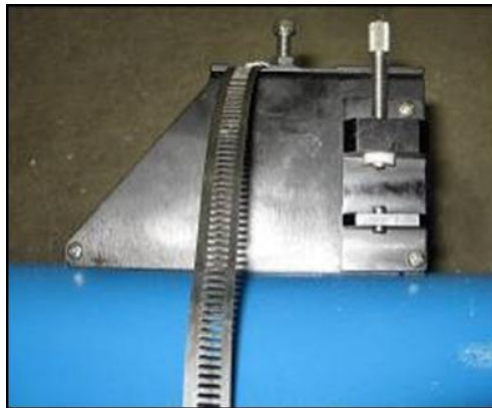


图 17 固定探头盒

- 2) 如下图 18，把一个探头盒上的固定螺钉紧固在定距棒的 REF 位置的孔中。

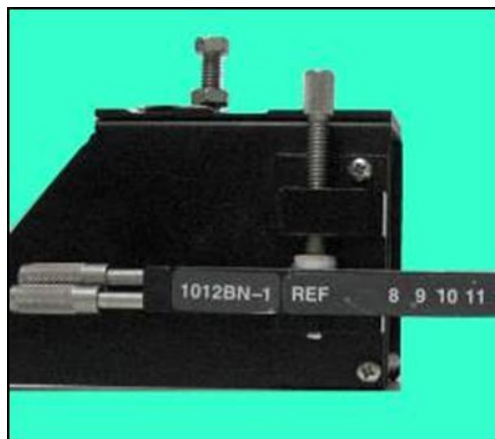


图 18 定位一个探头盒

- 3) 如下图 19，把另一个探头盒上的固定螺钉紧固在定距棒的相应数字位置的孔中，这个数字是在变送器中自动给出的“Index”值。

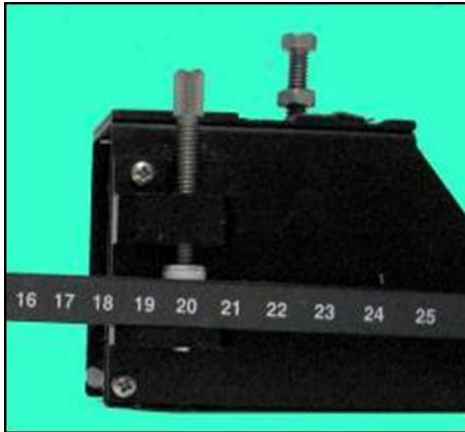


图 19 定位另一个探头盒

4) 探头盒安装好的效果如下图 20，下一步就可以安装探头了。

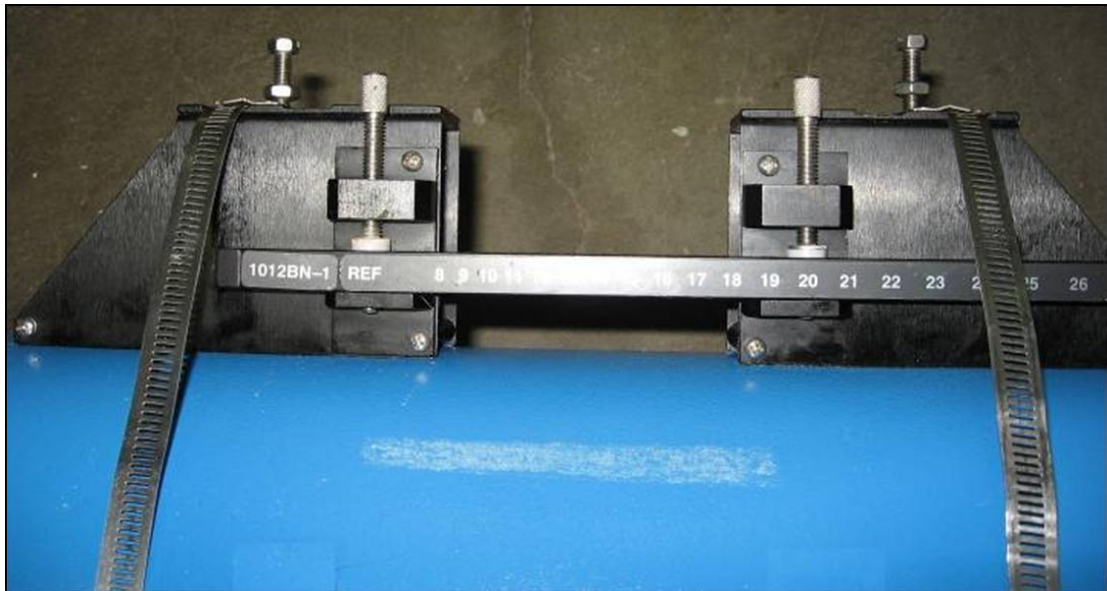


图 20

5) 如下图 21，把耦合剂涂到探头的发射/接收面，从一端中心连续涂抹到另一端，宽度大约 1/4”。



图 21 涂耦合剂

6) 把探头小心地推入探头盒内，开始不要接触管壁，推到末端再压到管道上，如下图 22。



图 22 装入探头

7) 探头的前端要紧靠在探头盒末端的锥形辊上，如下图 23。



图 23 探头正确位置

8) 紧固探头盒上面的探头紧固螺钉，保证探头和管道表面密封可靠，最后紧固锁紧螺母，如下图 24。



图 24 紧固探头

## 2. 7 反射式导轨安装过程

1) 把导轨绑在预选位置的管道上，如下图 25。

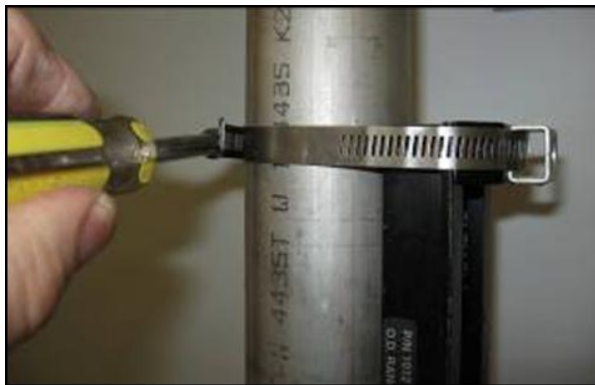


图 25 固定导轨

2) 把第一根定位针插在导轨标注“ REF” 的孔中，如下图 26。



图 26 定位针 1

3) 把第二根定位针插在导轨的相应数字位置孔中，这个数字是在变送器中自动给出的“ Index” 值，如下图 27。



图 27 定位针 2

4) 探头表面涂耦合剂，小心地把探头放入导轨，和探头盒式安装一致。探头的前端面要紧靠在定位针上，最后用探头紧固螺钉，把探头紧固，如下图 28, 29, 30, 31。



图 28 涂耦合剂



图 29 装入探头



图 30 探头准确位置



图 31 紧固探头



## 2. 8 直射式安装过程

直射式安装时需要保证一对探头必须在管道的两侧完全成 180 度正对，为了正确地定位一对探头，需要借助随机提供的聚酯薄膜定位条。下面介绍一下探头盒定距棒直射式安装过程，和反射式安装步骤相同，直到两个探头盒都按照“REF”和“Index”固定好，然后按如下步骤继续。

1) 在第二个探头盒底部的锥形辊中心描一个点，在探头盒另外一端画一条直线，然后拆掉探头盒，借助定距棒过点画一条垂直于端面线的直线，把聚酯定位条缠绕在管道上，左边沿和探头盒端线平齐。如下图 32。

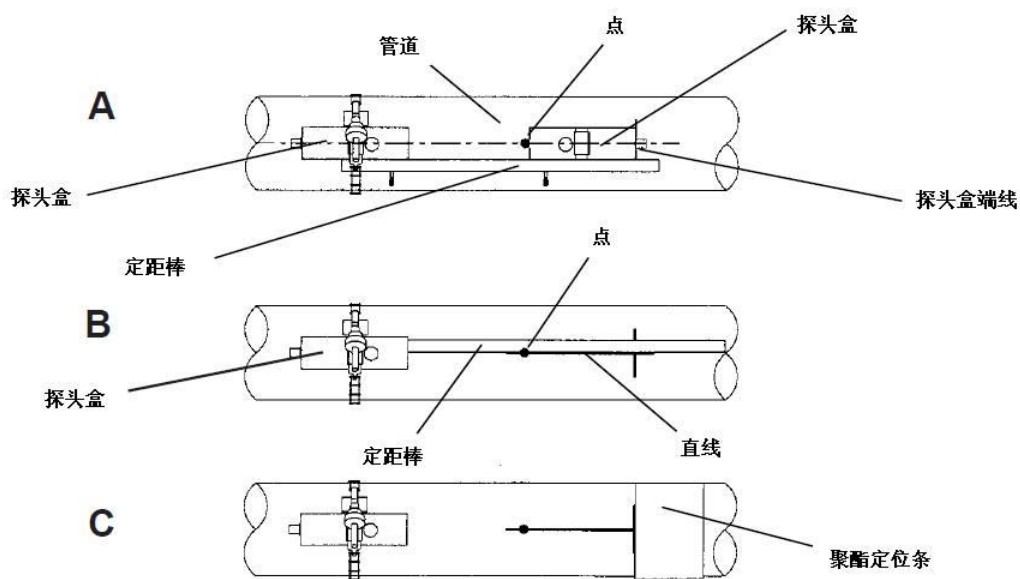


图 32 直射式安装

2) 聚酯定位条缠绕在管道上，至少有 3”的搭接，保证和管道贴紧，不要歪斜，在搭接的地方作一个标记。把定位条拿下来放到一个平面上，精确测量两个标记中间的距离，在中心位置画一条直线，或使用对折的方式。利用中线把第二个探头盒定位在第一个探头盒的管道对侧。如前面图 16 所示。

双导轨直射式安装基本上也是类似的方法，相对于探头盒安装更方便于定位，就不做详细描述。

在小管径直射式安装时，探头间距  $L_{tn}$  有时会为负值，这时是指两个探头的前端面会在管道两侧有重叠部分，需要注意这时  $L_{tn}$  值是指探头端面的重叠距离，并不是从探头盒前端线开始，在探头盒的侧面与管道接触的部分会有缺口下图 33 是  $L_{tn}$  为正值时的直射式安装。

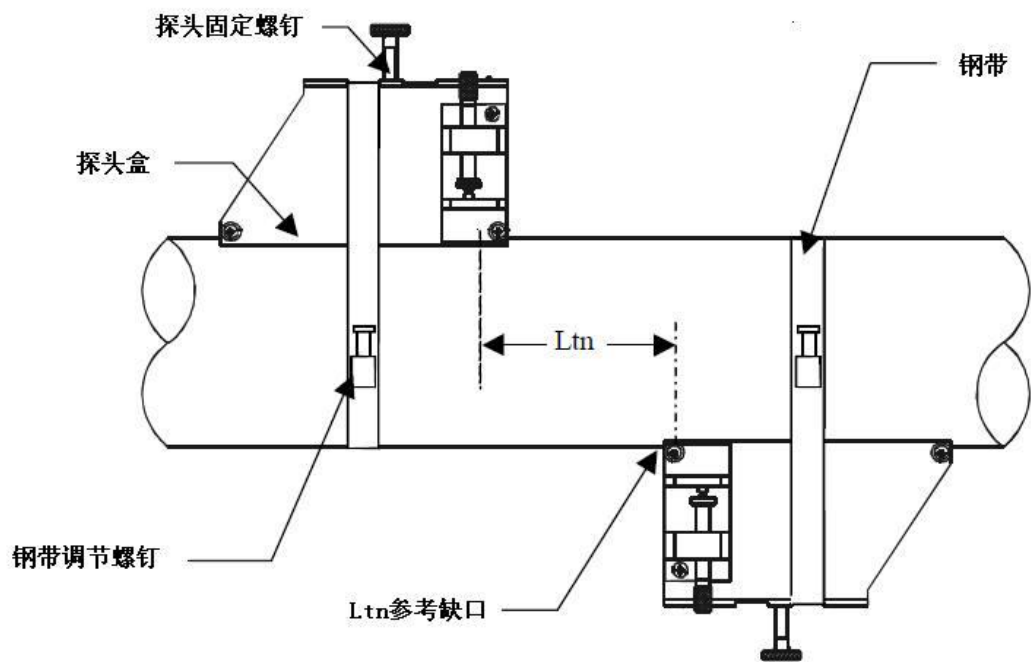


图 33 直射式安装 Ltn

## 2. 9 探头电缆的连接

探头的电缆提供了变压器侧的电缆插头，探头侧为了施工方便需要用户自己制作电缆插头，专用的电缆插头和适配器，电缆密封隔兰，线号管是随机提供的。下图 34 是 C、D 型探头的电缆连接装配及剖面图。

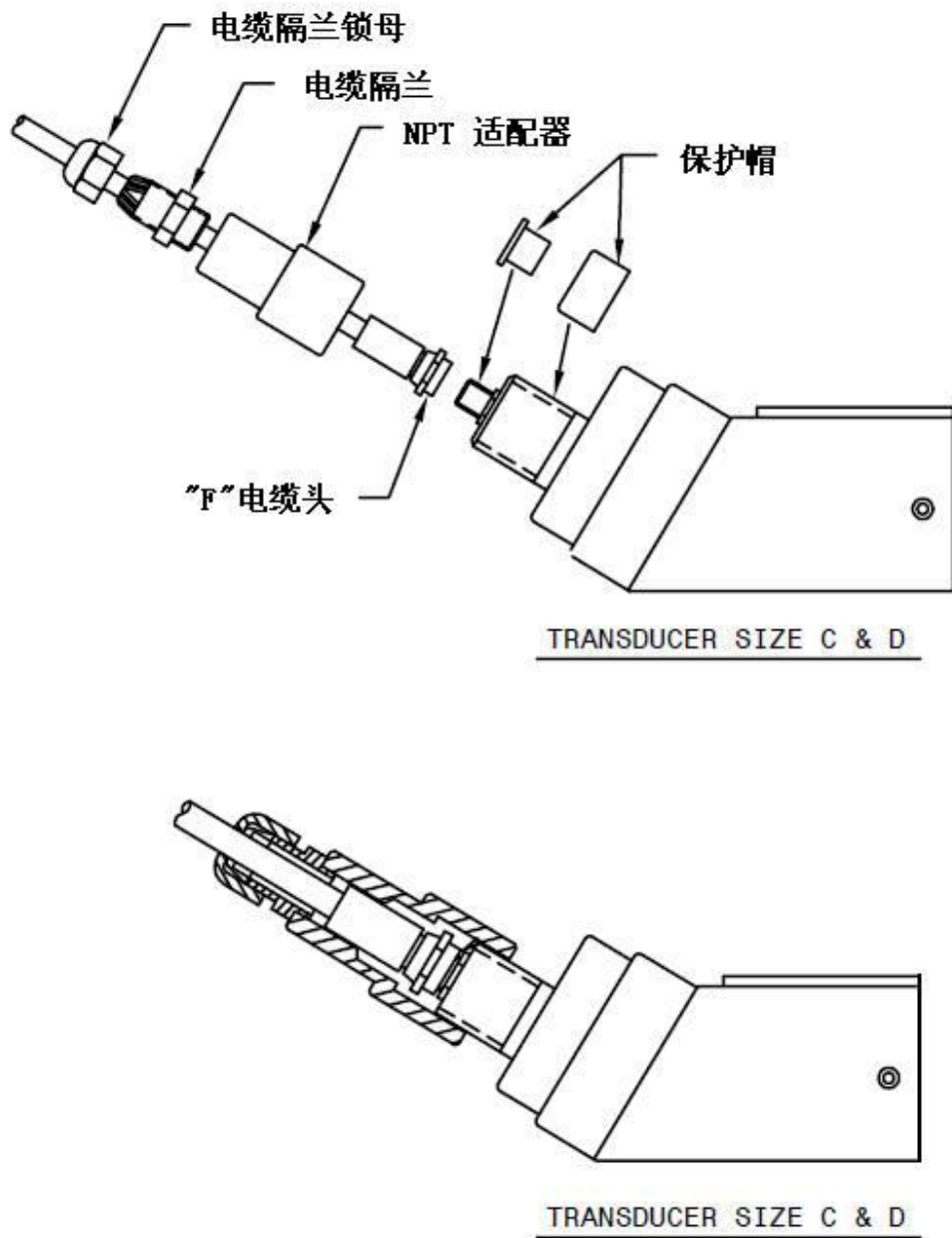


图 34 探头侧电缆头的装配及剖面图

在探头与变送器之间电缆连接时，需要注意上游下游及不同的通道一定要一一对应，避免混接。

### 3 参数设置

西门子外夹式超声波流量计变送器的参数菜单都是采用层级结构，从 A 级一直到 G 级，菜单结构如下图 35 所示。菜单层级的进入退出使用向右或向左箭头，层级内部的选项使用向下或向下箭头。

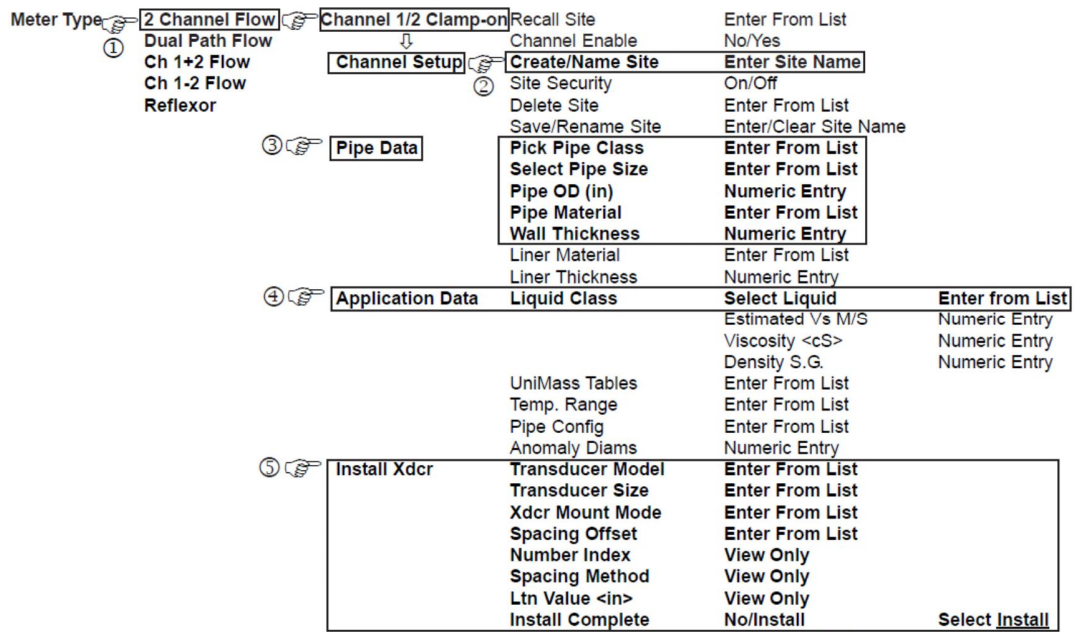


图 35 菜单的层级结构

仪表安装到能够显示流量需要图 35 中必须的 5 步设置。在所有的参数设置前需要选择我们习惯的公制单位 Metric 如下图 36。

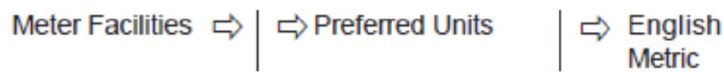


图 36 单位选择菜单

### 3. 1 仪表类型的选择

以双通道的变送器为例，如前面基本概念所述，有双通道、双声道、通道 1+通道 2、通道 1—通道 2 可选，如下图 37。

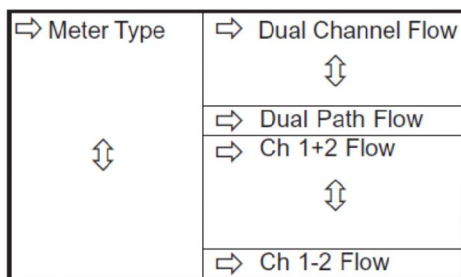


图 37 仪表类型菜单

选择了通道选项后，进一步定义通道的工作模式，如“Clamp— on”为时差式，“Reflexor”为多普勒式，如下图 38。

⇒ Channel 1	⇒ Clamp-On
⇅	⇒ Flow Tube
	⇒ Reflexor

图 38 工作模式菜单

注意：由于不同的变送器类型或不同的版本，上面的通道设置菜单内容可能有微小的变化。

了解画面元素，FUS1010 等大屏幕的外夹式流量计变送器的菜单界面如下图 39。

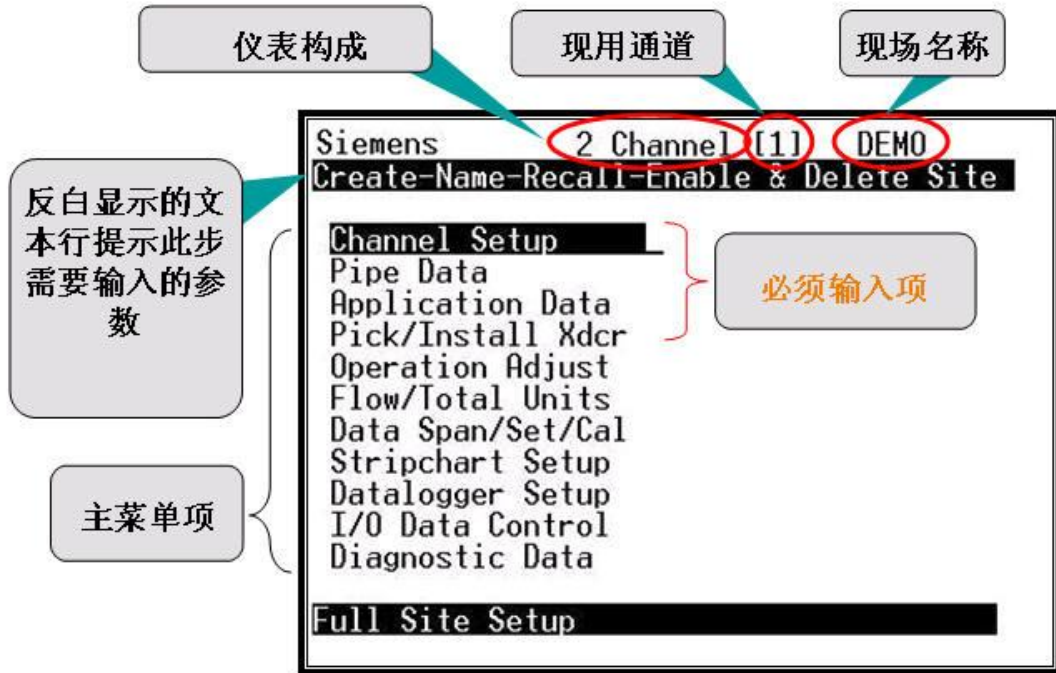


图 39 参数化画面元素

### 3. 2 通道设置

通道设置的菜单项如下图 40。

⇒ Clamp-On	⇒ Channel Setup	⇒ ⇅ Recall Site Setup
	⇅	Channel Enable
		Create/Name Site
		Site Security
		Delete Site Setup
		Save/Rename Site

图 40 通道设置

变送器的内存中可以存储多个现场的数据，每一个现场都要人为命名特定的现场名称，每个现场可以对应不同的应用数据，当调用特定的现场后，配套对应的管道现场，正确的探头，就可以使一台表应用于多个不同的实际应用场合。特别对于便携表非常实用，而且经过标定的特定现场可以在现场

复现，保证良好的精度要求。在通道安装程序完成退到测量模式前会提示存储现场，或在参数设置完成后随时在此菜单中执行存储。在此菜单中“ Channel enable”项，只有通道安装程序顺利通过后才会有 Yes 选择，利用此菜单项可以在实际应用中把故障或需要停用的通道选择 No 关闭掉。

### 3. 3 管道数据设置

变送器菜单中内置了管道表，但是在我们实际应用中由于各种因素限制，可能实际的管道数据不能和管道表中的标准管道相符，所以一般都是采用手动输入管道参数的方法，管道外径和壁厚一定要精确测量，准确输入，如果管道有内衬，必须准确输入内衬材质和厚度。在“ Select Pipe Class”菜单中第一个选项就是“ Manual Entry”手动输入。输入准确的管道数据才能得到最好的测量精度。下图 41 为管道数据菜单。

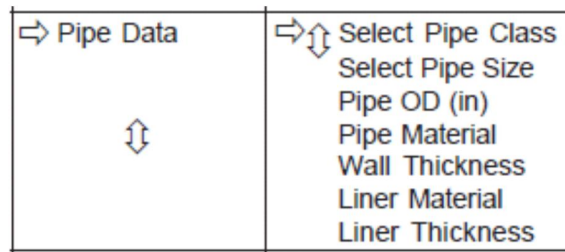


图 41 管道数据菜单

### 3. 4 介质数据设置

变送器菜单内置了液体表，包括大部分常用的液体，只要选择合适的液体，就会自动的有相应的估计声速和粘度及密度数据。估计声速在变送器内部用于探头距离的计算，不要随意的改变。介质运动粘度用于测量数据的内部补偿，不能改变，除非知道液体的真实粘度值，单位厘斯，下图 42 介质数据菜单。

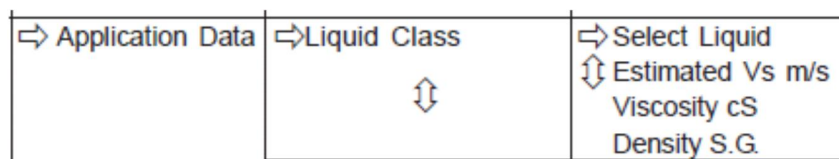


图 42 介质数据菜单

### 3. 5 选择/安装探头设置

这是外夹式超声波流量计安装的关键步骤，选择对应的探头和安装方式后，系统会自动给出“ Spacing Offset”、“ Index”和“ Ltn”用于探头的安装定位，下图 43 是某应用的实际菜单及参数。

按照前面的硬件安装步骤，把探头正确地安装在管道上，在“ Install Completed?” 中选择“ Install”，完成探头的初始化过程。



图 43 探头安装菜单

探头的初始化过程，变送器会在特定探头的频率范围内从小到大测试信号最好时的谐振频率作为最终的工作频率，初始化过程需要几秒到几分钟的时间。下图 44 就是初始化的画面。



图 44 初始化过程

在多通道的安装时，当安装第二个以上的通道时，建议暂时关掉已经成功通过初始化过的通道，以便提高安装速度。初始化安装到最后会弹出声速窗口，如下图 45。

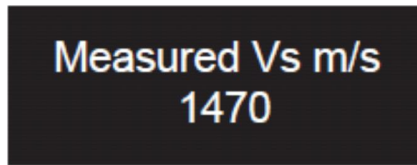


图 45 流体声速

如果声速测量值和实际值有很大的偏差，需要检查是否管道数据输入或探头安装位置不正确。如果在参数和安装都正确的前提下，测量声速和实际已知介质准确声速值有小的偏差，可以按向右的箭头激活修改功能手动输入准确值。

在初始化过程中，由于种种原因会造成信号低“ Low Signal”不能通过，这时需要检查：

- 管道是否能够保证满管
- 耦合剂是否充足，是否涂抹，是否蒸发干燥
- 探头电缆是否连接或断开
- 安装探头位置的管道是否处理好
- 赶出管道内的大量气泡
- 探头电缆损坏或连接通道不正确

### 3. 6 空管设置

在变送器执行探头安装初始化过程中，会自动地执行自动空管设置程序“ MTYmatic”，采用标准的设置作为空管报警值。在条件允许的情况下，管道可以具备空管和重新充满管道条件时，就可以使用实际的空管设置程序“ Actual MTY”。详细操作请参考产品手册。

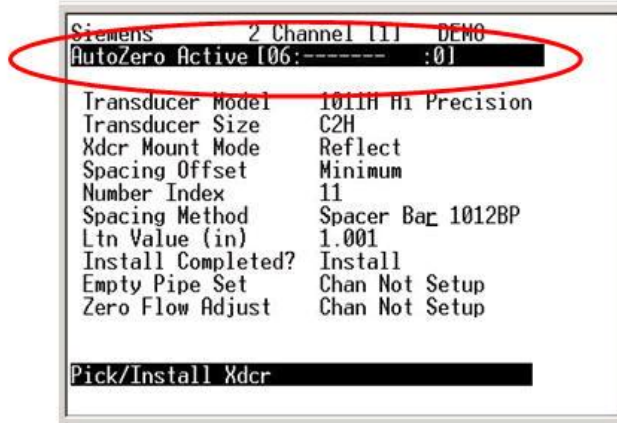
### 3. 7 自动零点

对于反射式安装，在探头安装初始化执行结束后，需要进行自动零点“ Auto Zero”，此过程是自动进行的，变送器借助于管道壁中一对探头间传输的信号，自动确定零点，不需要停止液体的流动，此过程需要 30 秒钟。这种方式只有反射式安装才可以使用，直射式安装不可使用。自动零点没有考虑液体内的超声波传输时间，只是消除测量系统本身的偏差，优点是不影响工艺操作，不需断流。如果条件允许，通过关闭管道截止阀可以使管道内的液体完全静止下来，建议执行实际零点“ Actual Zero”，实际零点是把实际液体静止不流动的状态作为零流量，是系统标零的最好方式。下图 46 是自动零点的执行过程。



按 ▼ 结束 initial makeup, 仪表进入 “Autozero” 模式

“Autozero” 需要 30 秒完成, 结束自动零点就可以测量流量了



自动零点结束, 按 MENU 退出菜单, 进入流量显示状态

图 46 自动零点

### 3. 8 模拟量输出参数的设置

变送器可以实现电流、电压、频率的模拟量输出, 每一路的模拟量输出在菜单中都可以定义输出的变量类型如下图 47。

I/O Data Control ⇒	Analog Output Setup ⇒	Io1/Io2 ⇒	⇕	Vfo
				Vfab
				Vs
				Valc
				Vaer
				Vsg
				Viscosity
				T1
				lin1
				lin2
				lin3*
				lin4*
		Vo1/Vo2 ⇒		See Io option list
		Pgen1 ⇒		See Io option list

图 47 I/O 输出变量分配菜单



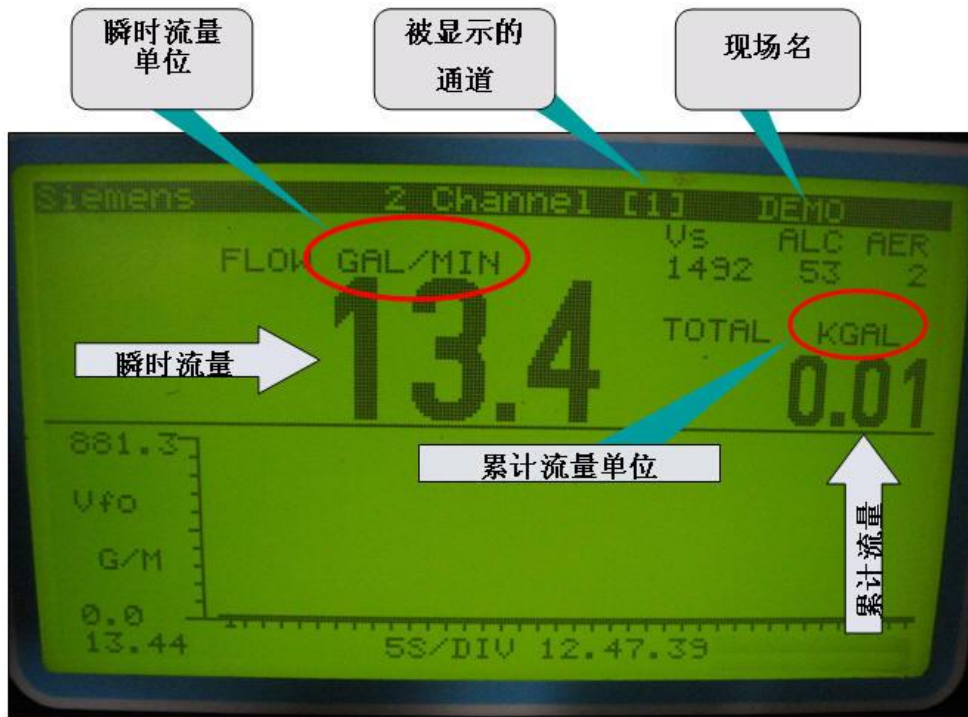


图 49 测量显示画面





图 50 测量显示画面

当液体测量时 ALC 信号强度值大于 30 就可以保证稳定测量，测量气体需要大于 50；AER 值是含气量，正常情况液体里面不含气体，理想状态值为 0。



图 51 测量显示画面

使用   还可以在多个显示画面之间切换，可以看到大字体数字显示和双显示的方式。如下图 52、53。

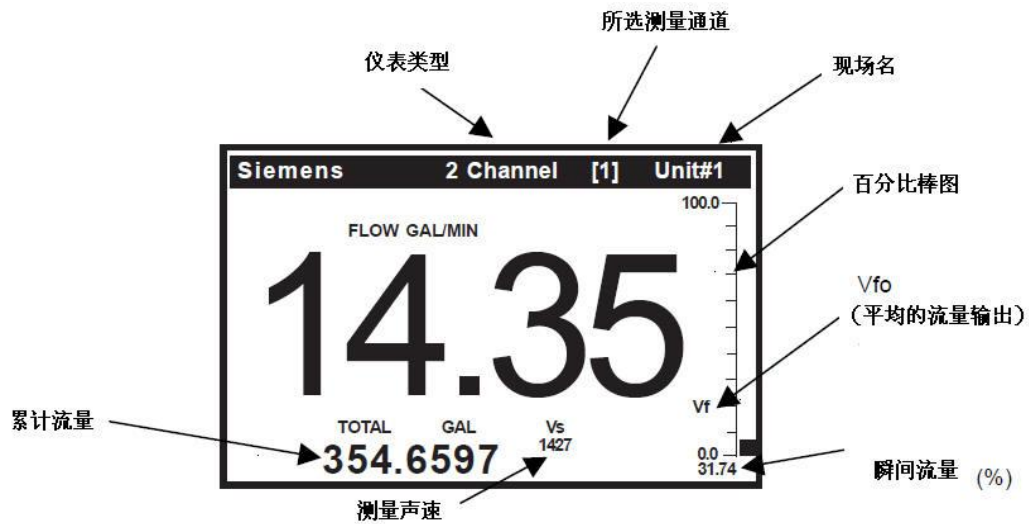


图 52 测量显示画面

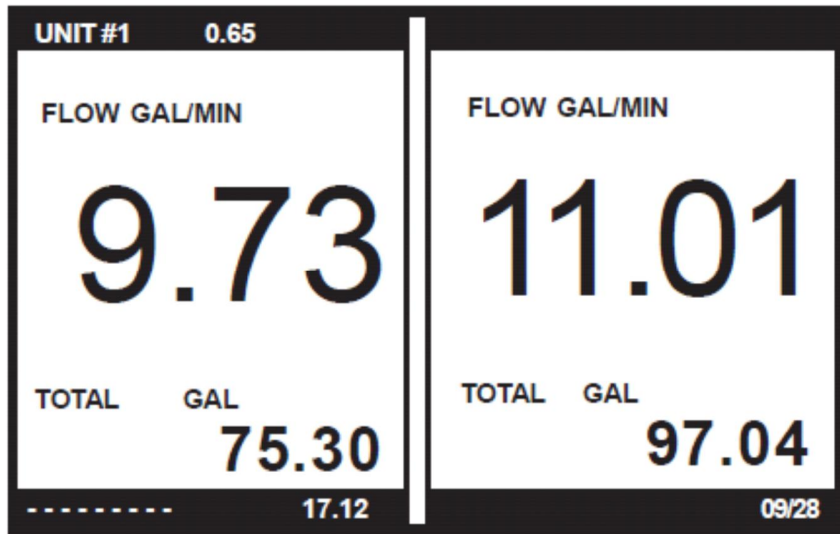


图 53 测量显示画面

## 5 输出接线

4—20mA 模拟量电流信号输出是常用的信号，对于西门子外夹式超声波流量计，由于变送器的类型非常丰富，对应不同设计类型的变送器，需要注意 4—20mA 是有源输出还是无源输出，选择不同的接线方式，不要因为误接线造成输出不正常或电路损坏。

例如 FUS1020 系列和 FUS1010 紧凑型的变送器的电流输出是无源的输出，需要回路供电，FUS1020 双通道  $I_o$  接线如下图 54， $V_c$  为标称 24V 直流电源， $R_L$  为线路电阻加上用户信号采集系统的输入电阻，标称值 1000 欧姆。

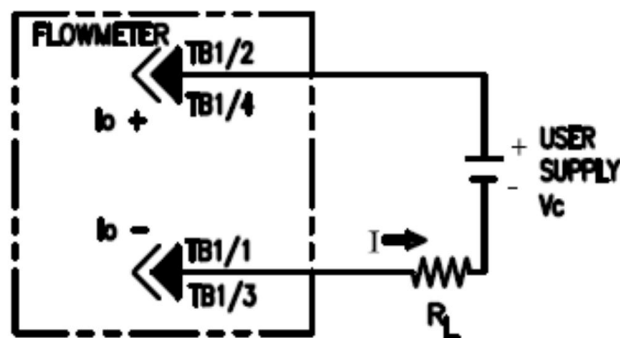


图 54 FUS1020  $I_o$  接线图

FUS1010 紧凑型的变送器接线端子在接线时要注意端子的顺序 TB1 从右到左，TB2 从左到右，防止误接线，端子排序如下图 55。

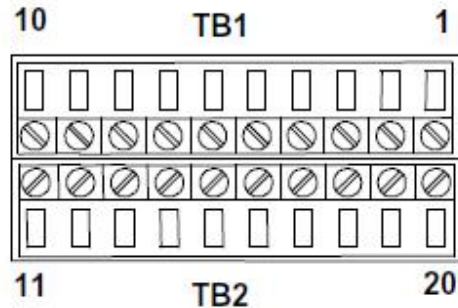


图 55 FUS1010 紧凑型接线端子

注意：在 FUS1020 系列和 FUS1010 紧凑型的变送器电流输出端子上没有配电时，也会有 7.8mA 左右的电流，可以借助这个电流判断电路板的功能正常，当正常接线后，电流就会变成和定义变量对应的数值，千万不要误认为是有源输出，而忘记配电。

FUS1010S IP65 (NEMA-4X) 变送器标配的 4-20mA 电流输出是有源的输出，不需要外部供电。扩展 I/O 模块上的 4-20mA 输出就是无源输出，需要回路供电，需要特别注意。

其它更多输入和输出信号的接线请查阅相关产品的使用手册，获得详细的接线说明，这里不再一一阐述。