

大连索尼卡超声波流量计简介及安装规

一、流量计的概念：

凡是有物质流动的场所，人们为掌握其数量都需要流量测量。流量分为瞬时流量（Flow Rate）和累计流量（Total Flow）

瞬时流量（Flow Rate）：单位时间内过封闭管道或明渠有效截面的量。流过的物质可以是气、液、固体。数学公式： $q = \frac{dv}{dt}$ v 为流体的体积, 工程上常用的单位 m³/h.

累计流量（Total Flow）：在某一段时间间隔内（可以是一天、一周、一月、一年）流体流过封闭管道或明渠有效截面的累计量称为累计流量，通过将瞬时流量对时间积分可求得累计流量。数学公式： $Q = \int_t q \cdot dt$

流量计（Flowmeter）：用以测量瞬时流量或累计流量的器具统称为流量计

流量计广泛应用于能源计量如水，气等含能工质。流量计的种类繁多，可大体分为几大类，约几百种以上：

- (1) 差压式流量计：1.皮托管 2.孔板 3.文丘里管
- (2) 转子流量计
- (3) 容积式流量计：1.椭圆齿轮 2.腰轮 3.刮板 4.旋转活塞
- (4) 涡轮流量计
- (5) 电磁流量计：大管径，造价高。安装时需要停水断管
- (6) 涡街流量计
- (7) 超声波流量计
- (8) 质量流量计
- (9) 其它流量计

上述流量计优、缺点，用途各异。用户选表总想找到一种理想的流量计以解决它的流量计量问题，而流量计制造厂都力图制造出一种理想流量计以适应更广泛的需要。总结千百种流量计的所有优点可以提出理想流量计的条件如下：

1. 检测件无阻碍物；
2. 检测件可夹装在管道外部，可随意移动在任何地点测量而无须截断管道与流体；
3. 仪表的流量计算方程简单明确，可外推到未知领域而无须实流校验；
4. 频率脉冲输出信号，数字式仪表，便于远传抗干扰及与计算机联网；
5. 仪表输出信号不受流体流动特性的影响；
6. 仪表复现性高；
7. 仪表范围度宽，线性好；
8. 仪表可靠性高，价格适宜，维修技术不复杂；
9. 无须个别实流校验，或只须“干校”，或在一、二种介质中校验可推广到各种介质；
10. 检测件输出信号直接反映质量流量。

可以说至今并没有出现上述的理想流量计，所有流量计都多少具备一些上述条件，只不过有的多些，有的少些。所有流量计制造厂试制新产品都力图能更多地具备上述条件。

我们今天介绍的超声波流量计，目前之所以能被相当广泛的用户普遍接受是有客观原因的。主要是它能在更多方面更好地满足理想流量计的一些条件。

二、超声波流量计的基本原理

超声波在流动的流体中的传播速度与流体的流速有关。相对于固定坐标系(如管壁),顺流的超声波的传播速度将大于逆流的传播速度。为实现流量(流速)测量,首先需要有一个发射超声波的换能器(俗称超声波探头),通常采用石英等材料制成的压电元件作为换能器。发射超声波时是利用负压电效应,即利用高频电脉冲的作用,使压电晶体高频振动,从而发出脉冲变化的高频压力波(即超声波)。超声波以某一角度射入流体中传播,然后由装在管道对面的接收换能器接受。接受换能器则利用正压电效应,将高频压力波又转换成高频的电脉冲信号。可以轮流交替地利用同一个换能器及发射高频、短时的脉冲压力波,又用来接收对面换能器发来的脉冲压力波。可以用一组换能器兼做超声波的收、发用。

由于人耳听到声音的上限频率是 20 千赫,而此种流量计所收、发的压力波的频率是 0.5-10 兆赫(典型频率是 1 MHz),属于超声波范畴,超声波流量计因此得名。

该类型流量计利用测量超声波在管道中传播时间原理而实现的。介质(液体)在管道中的流速,与超声波沿介质顺流和逆流传播的时间差存在着线性关系。只要分别测量出超声波顺流、逆流的传播时间,就可以依据线性关系得到沿管道路径上各点流速的瞬时平均流速。这样,介质流量则可以通过流速、管道截面积以及雷诺数等得到。

三、超声波流量计的历史

(1) 1928 年德国人研制成功第一台超声波流量计,并取得了专利。至今超声波流量计已有 75 年历史

(2) 1955 年首先应用于马克森(MAXSON)流量计测量航空燃烧油,这是一种基于声循环法的两组探头(换能器)组成的液体流量计

(3) 1958 年 A.L.H-ERDRICH 等人发明折射式探头,由于他们的研究可进一步消除由于管壁的回混回响所产生的相位失真,也为管外夹装提供了理论依据。

进入 20 世纪七十年代以后,由于集成电路和锁相环路技术的发展,使超声波流量计得以克服以前的精确度不高,响应慢,稳定性与可靠性差等致命弱点,使实用的超声波流量计得以发展。

近 20 年来特别是近 10 年来,基于高速数字信号的处理技术与微处理技术的快速发展,基于新型探头材料与工艺的研究以及声道配置与流量动力学研究,超声流量测量技术取得了长足进展,显示了强劲的技术优势,发展势头迅猛。2000 年在巴西召开的国际流量测量学术会议(FLOMEK-O '2000)上共宣读学术论文 103 篇,其中直接涉及超声波流量计及超声波技术的论文 20 篇,约占论文总数的 1/5。在历次国际流量学术会议上,采用超声波流量计作为传递标准的文献愈来愈多,可见超声波流量计其潜在的巨大的生命力。

四、超声波流量计的分类

(1) 按原理分:

A. 传播速度差法:

- a. 时差法(目前最常采用此法)
- b. 频差法(声环法)
- c. 相位差法
- d. 多普勒法(目前最常采用此法)
- e. 相关法
- f. 射束位移
- g. 涡街法

(2) 按探头(换能器)安装方式分:

A. 外夹式

B. 插入式(即湿式)又分为:

- a. 带测量管段的
- b. 不带测量管段,直接在工艺管段上实现安装的。

(3) 按声道数目划分:

A. 单声道

B. 多声道 (2—8 声道)

(4) 按性能分;

A. 标准型 B. 固定式 C. 便携式 D. 低温防水型 E. 其他

五、流量仪表的主要性能技术指标:

1、准确度 2、量程比 3、重复性 4、雷诺数

准确度: 是定性概念, 在一定测量范围内被测值与真实值的相差程度

量程比: 指保证仪表精度范围内, 最大测量值与最小测量值的比值。此值越大, 测量范围越大

重复性: 指测量条件完全不变的情况下, 对某一点进行重复测量, 是仪表本身性能好坏的标志。重复性好, 仪表性能好, 准确度高

雷诺数: 是流体在流动过程中, 惯性力与粘滞力的比值。它反映流体在流动过程中速度分布状态, 其值越大, 速度分布越平坦

$$\text{雷诺数 } Re = \frac{du}{\nu} \quad d \text{ 管内径} \quad u \text{ 流体平均流速} \quad \nu \text{ 运动粘度}$$

雷诺数与流速、流体粘度及管内径有关

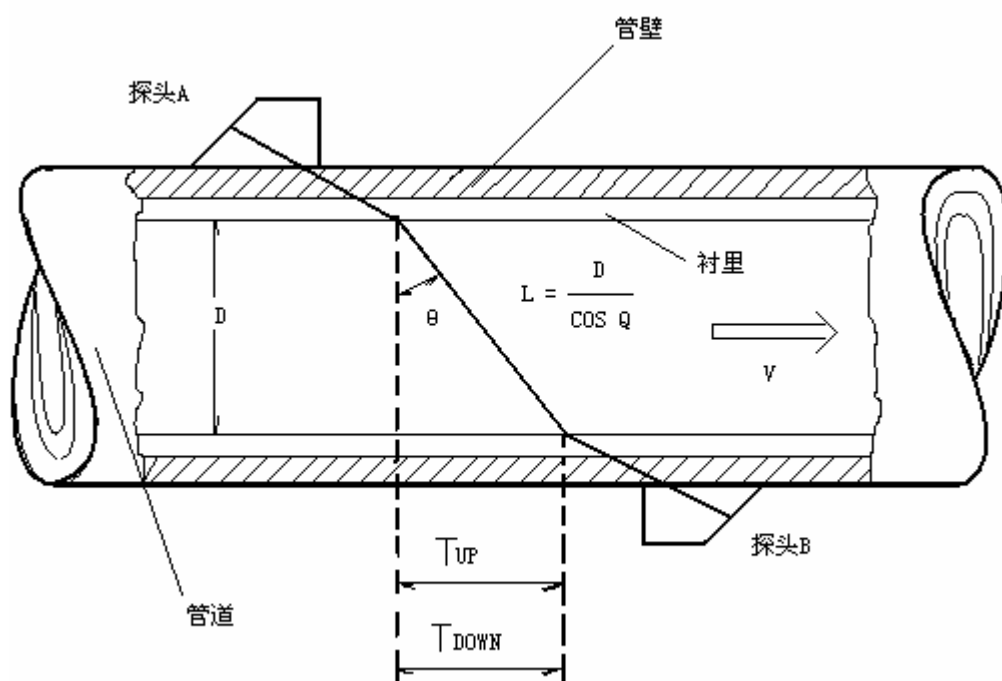
时差式流量仪表安装规程

概述

时差式超声波流量计是当今世界上具竞争力的流量测量手段，其测量精度高于 1.0%。由于超声波流量计自身不带标准管道而工业管路又十分复杂，使超声波流量计的测量精度大打折扣；另外，由于工业现场特别是管路周围环境的多样性，大大降低了超声波流量计的可靠性和稳定性。因此，怎样根据特定的环境安装调试超声波流量计，就成了超声波流量测量领域的一个重要课题，本规程详解了超声波流量计的安装细节，从而进一步完整体现了超声波流量计的精度、可靠性和稳定性的优势，虽不能做到一劳永逸，但却可大大降低日后的维护工作甚至免维护。

工作原理

当超声波束在液体中传播时，流体的流动将使传播时间产生微小变化，并且其传播时间的变化正比于液体的流速，由此可求出液体的流速。如图 1 所示：在待测流量管道外表面上，按一定相对位置安装一对超声探头。安装方式分为“Z”法和“V”法。一个探头受电脉冲激励产生的超声脉冲，经管壁—流体—管壁为第二探头所接收。从发至收超声脉冲传播时间，依其顺逆流方向分别为：



$$T_{UP} = \frac{M \times D / \cos \theta}{C_0 + V \sin \theta} \dots \dots \dots (1)$$

$$T_{DOWN} = \frac{M \times D / \cos \theta}{C_0 - V \sin \theta} \dots \dots \dots (2)$$

$$\Delta T = T_{DOWN} - T_{UP} \dots \dots \dots (3)$$

根据 (1)、(2) 和 (3) 式，可得出流体沿直径方向上的平均流速：

$$V = \frac{M \times D}{\sin 2\theta} \times \frac{\Delta T}{T_{UP} \times T_{DOWN}} \dots\dots\dots (4)$$

其中： M——声束在液体中的传播次数

L——声波在液体中的波长

D——管道内径

θ ——超声波束入射角

C_0 ——静止时流体声速

V——管内流体沿管轴向的平均流速

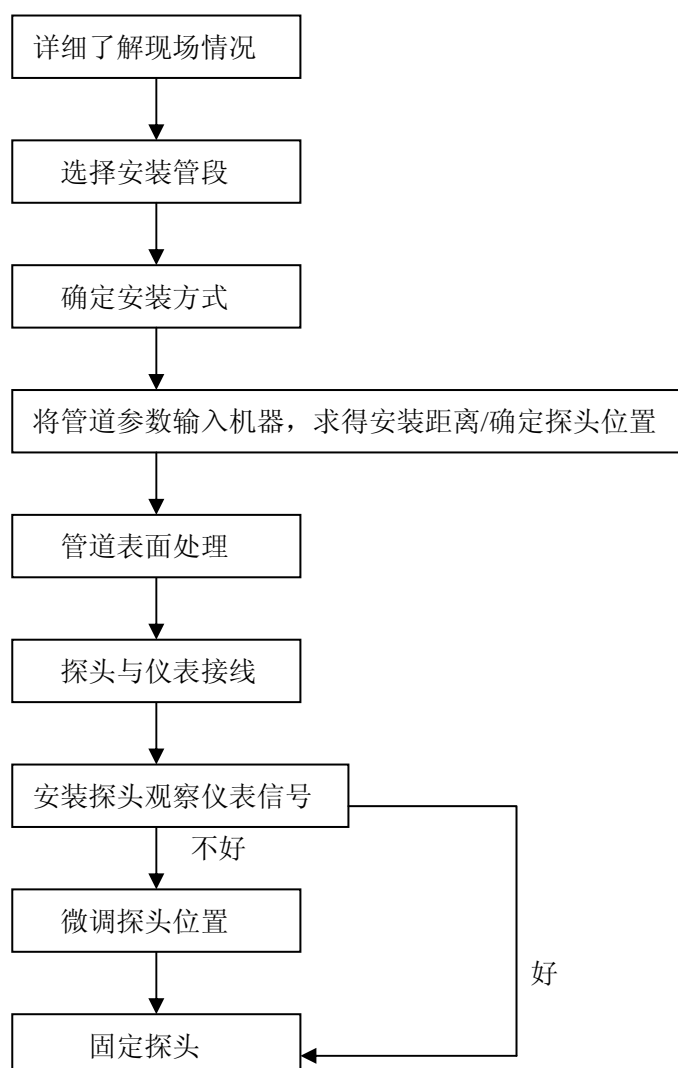
T_{UP} ——声束在正方向上的传播时间

T_{DOWN} ——声束在逆方向上的传播时间

ΔT ——声束在正逆两个方向上的传播时间差

时差式超声波流量计适用于无气泡的单一纯净液体的测量。上述公式是在理想情况下得到的，实际上工业管路中液体流动情况是十分复杂的。结垢、管内粗糙等众多因素影响，使一般超声波流量计的测量精度大打折扣。FV4018 型超声波流量计由于采用了世界最先进的直接时间测量方法并考虑了温度及管内粗糙等影响，通过标准校正曲线或用户经验校正曲线的方法来克服液体流场分布的不均匀情况，可使测量精度大大提高，特别是使用静态设置零点的方法，可使测量线性度优于 0.5%。

安装框图



安装规程细解

（一）详细了解现场情况

超声波流量计在安装之前应了解现场情况，包括：

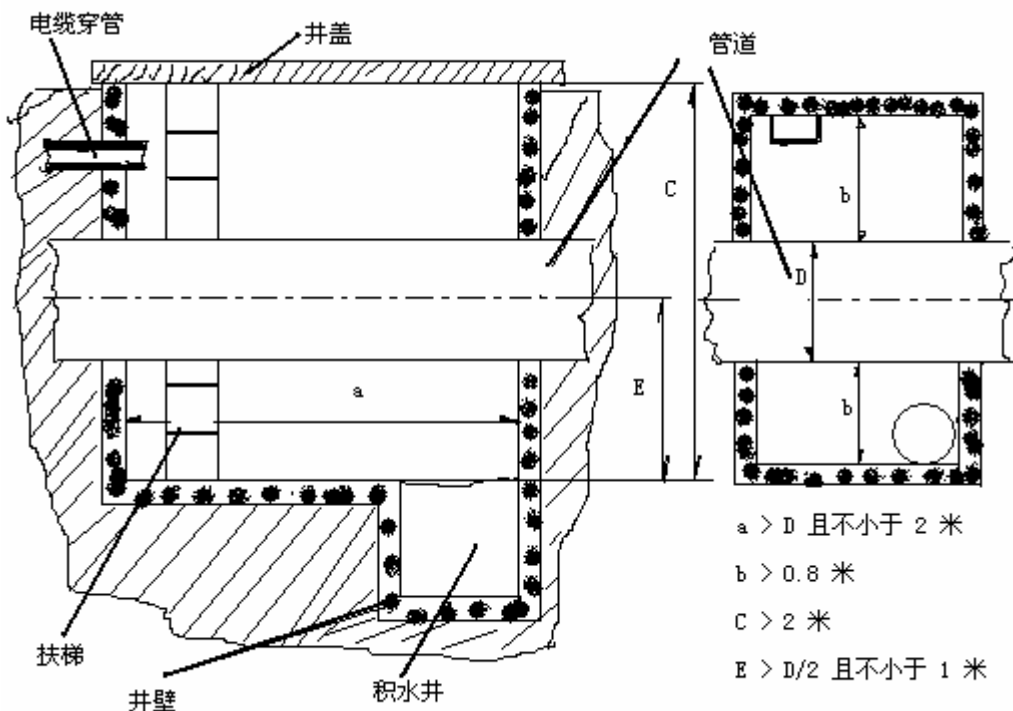
1. 安装传感器处距主机距离为多少；
2. 管道材质、管壁厚度及管径；
3. 管道年限；
4. 流体类型、是否含有杂质、气泡以及是否满管；
5. 流体温度；
6. 安装现场是否有干扰源（如变频、强磁场等）；
7. 主机安放处四季温度；
8. 使用的电源电压是否稳定；
9. 是否需要远传信号及种类；

根据以上提供的现场情况，厂家可针对现场情况进行配置，必要时也可特制机型。

（二）选择安装位置

选择安装管段对测试精度影响很大，所选管段应避开干扰和涡流这两种对测量精度影响较大的情况，一般选择管段应满足下列条件：

- 1、避免在水泵、大功率电台、变频，即有强磁场和震动干扰处安装机器；
- 2、选择管材应均匀致密，易于超声波传输的管段；
- 3、要有足够长的直管段，安装点上游直管段必须要大于 $10D$ （注： D =直径），下游要大于 $5D$ ；
- 4、安装点上游距水泵应有 $30D$ 距离；
- 5、流体应充满管道；
- 6、管道周围要有足够的空间便于现场人员操作，地下管道需做测试井，测试井如下：



（三）确定探头安装方式

超声波流量计一般有两种探头安装方式，即 Z 法和 V 法。通常情况下：

管径 $D > 200\text{mm}$ 时选用 Z 法

管径 $D < 200\text{mm}$ 时选用 V 法

但是,当 $D < 200\text{mm}$ 而现场情况为下列条件之一者,也可采用 Z 法安装:

- 1、当被测量流体浊度高，用 V 法测量收不到信号或信号很弱时；
- 2、当管道内壁有衬里时；
- 3、当管道使用年限太长且内壁结垢严重时；

对于管道条件较好者，即使 D 稍大于 200mm ，为了提高测量精度，也可采用 V 法安装。

（四）求得安装距离，确定探头位置

- 1、将管道参数输入仪表，选择探头安装方式，得出安装距离；
- 2、在水平管道上，一般应选择管道的中部，避开顶部和底部（顶部可能含有气泡、底部可能有沉淀）；
- 3、V 法安装：先确定一个点，按安装距离在水平位置量出另一个点。

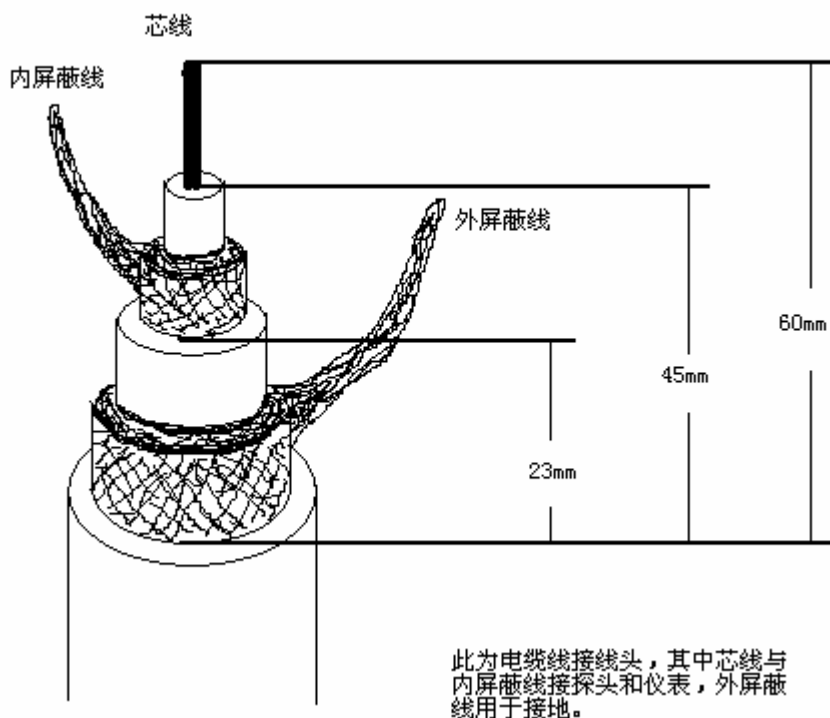
Z 法安装：先确定一个点，按安装距离在水平位置量出另一个点，然后测出此点在管道另一侧的对称点。

（五）管道表面处理

确定探头位置之后，在两安装点 $\pm 100\text{mm}$ 范围内，使用角磨砂轮机、锉、砂纸等工具将管道打磨至光亮平滑无蚀坑。

要求：光泽均匀，无起伏不平，手感光滑圆润。需要特别注意的是，打磨点要求与原管道有同样的弧度，切忌将安装点打磨成平面，用酒精或汽油等将此范围擦净，以利于探头粘接。

（六）探头与仪表接线



双屏蔽电缆最外层起屏蔽作用,应该连接到“大地”上,如果没有地线,或是地线接触不良,可把双屏蔽电缆最外层的屏蔽线良好地接到室内的暖气管道等其它可视为“大地”的金属物体上。

建议一般情形下，都要使用专用电缆。专用电缆损耗小，抗干扰性好，能保证仪表长期可靠工作。

（七）微调探头位置

接完线后把探头内部用硅胶注满，放置半小时，然后用硅胶和卡具把探头固定到打磨好的管道上（注意探头方向，引线端向外），然后观察仪表的信号强度、良度与传输时间比，如发现不好，则细微调整探头位置，直到仪表的信号达到规定的范围之内：

（信号强度：一般应大于 7，少数可根据现场具体情况另定。）

（信号良度：低峰值一般为 7~14，高峰值一般为 45~80。）

（传输时间比：在 100 ± 4 范围之内，此值必须稳定。）

（八）固定探头

仪表信号调整好以后，用所配卡具将探头固定好，注意不要使钢丝绳倾斜，以免拉动探头，使探头移位，再用硅胶将探头与管道接触的四周封住。此胶凝固大约需一天时间，在未干之前必须注意探头防水。（信号线的外屏蔽线必须可靠接地）

插入式传感器简介及安装规程

FV4018 型超声波的插入式传感器为我公司的第三代产品，是集外夹式传感器与标准管式传感器二者优点的产品，其特点为：

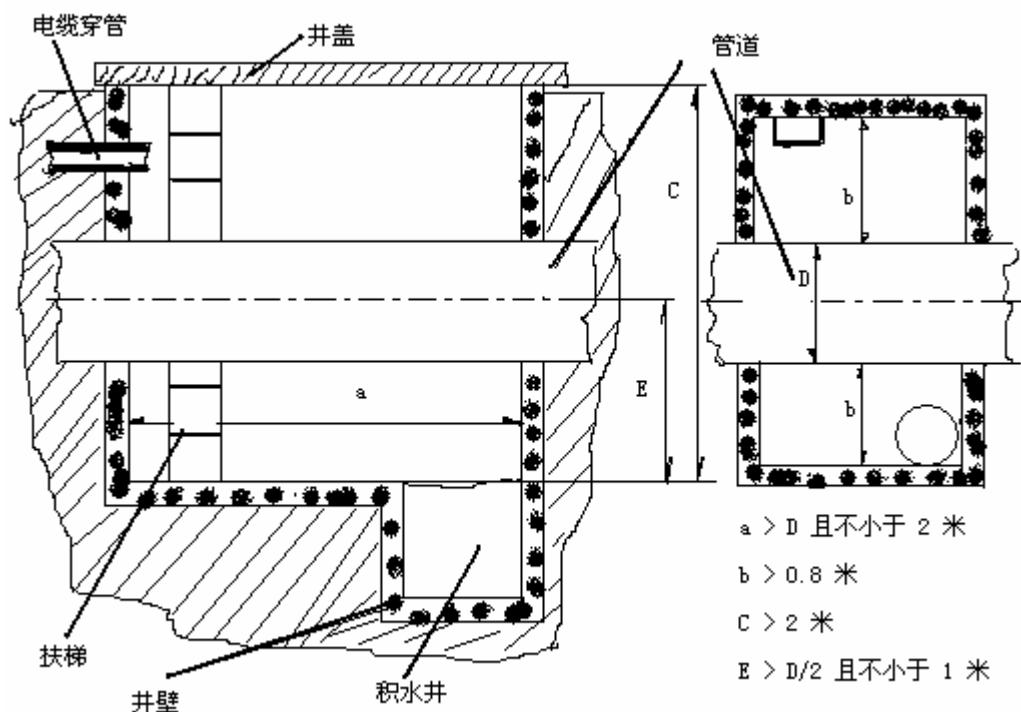
- 1、解决了由于管道内壁结垢或腐蚀严重时，使用外夹式传感器信号弱,无法进行测量的难题。
- 2、使用的专用开孔工具可以使传感器在带压不停水的情况下安装，可保证生产正常稳定运行。
- 3、传感器的超声波发射、接收与被测量液体直接接触，大大提高了仪表测量精度和运行稳定性。

插入式传感器安装

一、要求

1、安装场地

安装插入式传感器需要较大的空间，在仪表井中管壁到墙壁之间的距离至少 800mm 以上，纵向管道长度应大于管道半径且不小于 2 米。



2、工具

安装插入式传感器需要专用开孔工具（由我公司提供）、专用球阀底座两个，不锈钢制球阀两个、插入式传感器等。

二、输入参数

主机初始设置子菜单中

M23 菜单中需选择第 1 项，即 1、PLUG IN TYPE (A 型插入式传感器)

M24 菜单中先选择第 1 项，即 1、Z (Z 法安装)

M25 菜单中所示内容即为安装距离，这个距离是指两个插入式传感器的中心沿管轴方向上的距离

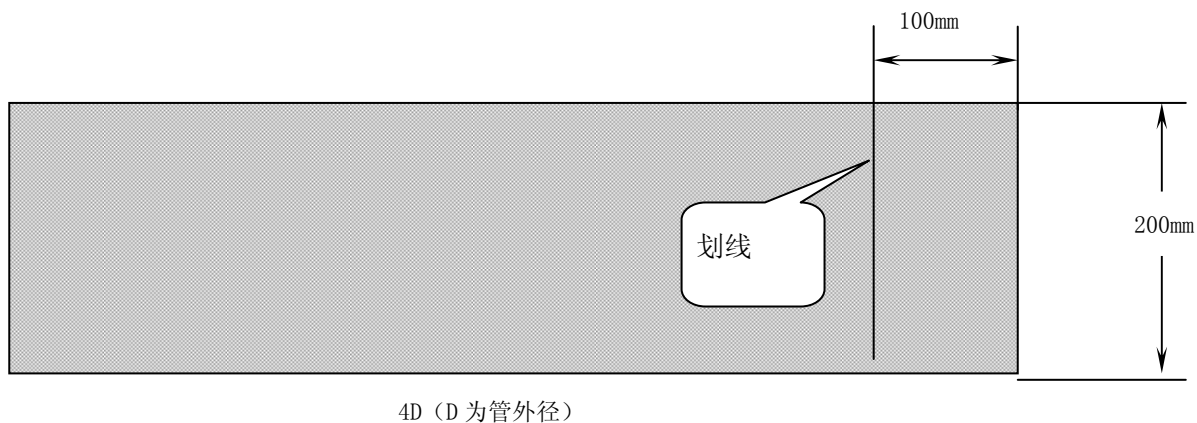
三、安装步骤

1、定位

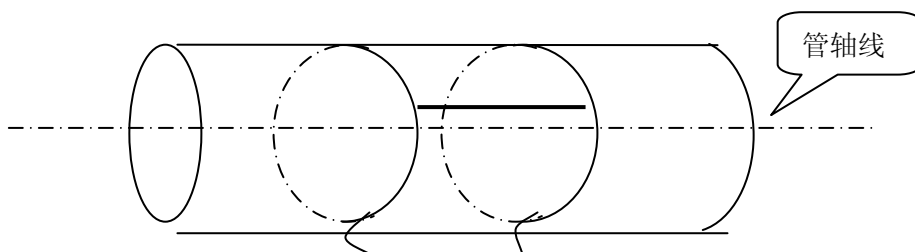
将管道参数输入主机（详见技术说明书），计算出安装距离（由于采用插入式传感器，建议均使用直接测量方式，即 Z 安装方式）定出两个传感器的位置，安装距离为两个传感器的中心距。

注意：两个传感器一定要保证在同一轴面上。

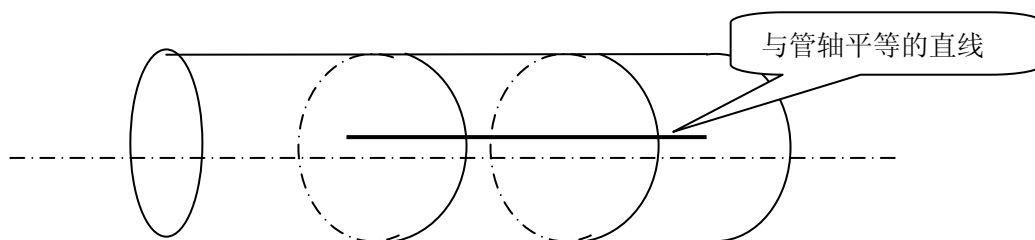
制做定位纸：取一条长 $4D$ ，宽 200mm（或 D ）的矩形纸带，在距边缘约 100mm 处划一条线；



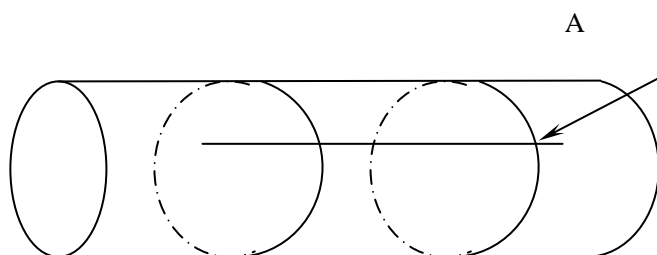
将定位纸缠绕在已处理好管道上，注意要把纸两边互相重合对齐，才能使所划的线与管轴相平行；



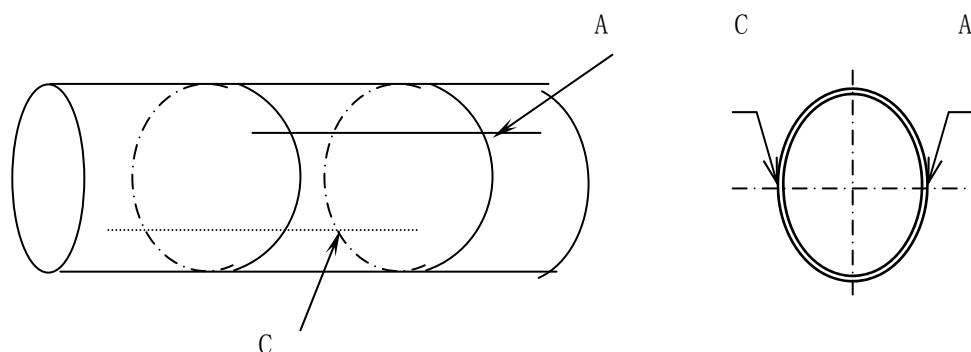
延长定位纸上的直线在管道上划一直线：



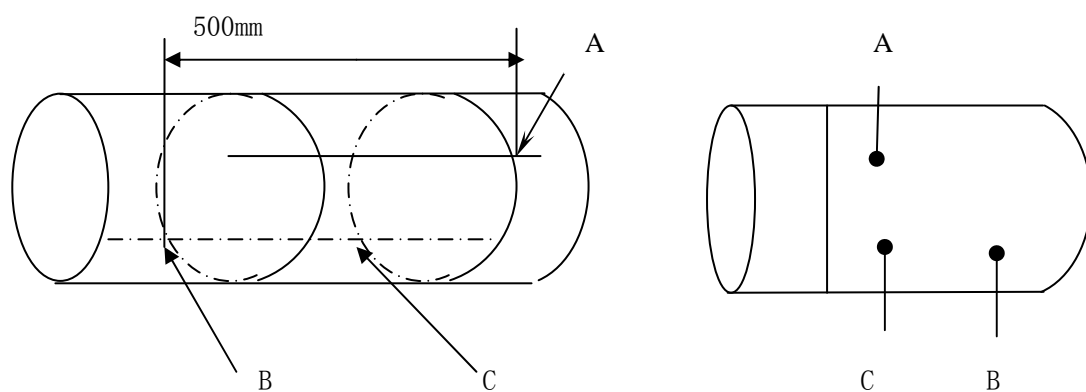
所划直线与定位纸一边缘相交点为 A:



从 A 点开始，沿着定位纸边缘量出管道 1 / 2 周长，该点为 C，在 C 划一条与定位纸边缘垂直的直线；



去掉定位纸，从点 C 开始，在所划直线上量出安装距离 L，从而决定出 B 点，这样 A，B 两点为安装位置；例如 L=500mm

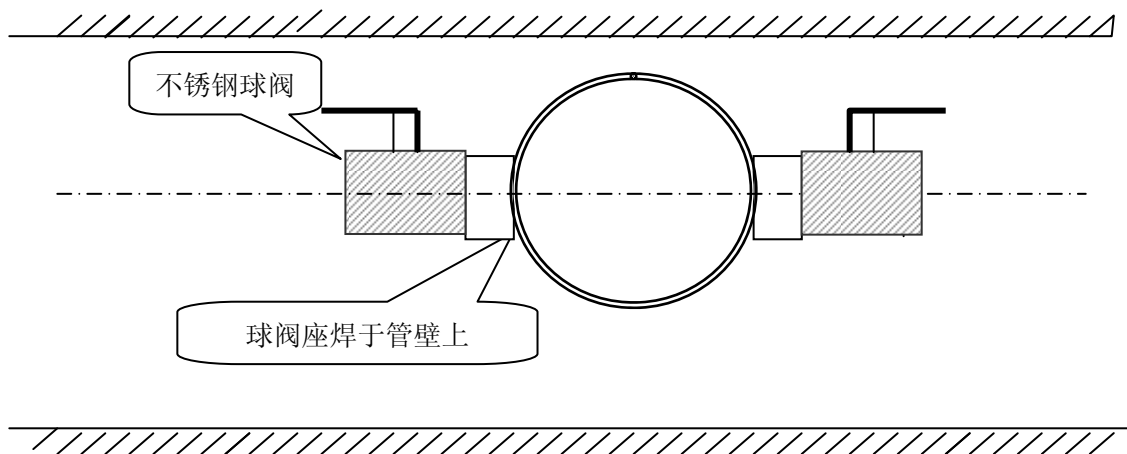


将球阀底座分别焊接在 A 和 B 两点上。

注意：底座中心点一定要与 A 和 B 两点重合。

2、安装球阀底座

对于可焊接管材（如钢、PVC 等）只需将底座直接焊在管道外壁上，（焊前将焊点附近的管道表面处理干净）焊接时注意一定不能有气孔，以防漏水，甚至断裂。对于不可焊接管材如铸铁等，需采用特制的专用护套紧固在管道外壁上（一定要密封好，以防漏水），然后将底座焊接到专用护套上。



3、钻孔（如图 1）

将传感器密封套与不锈钢球阀内螺纹连接，紧固好后，打开球阀，推动开孔器的钻杆直至与管道外壁接触，然后与传感器密封套后端拧紧，开始钻孔，一边旋转开孔器的长旋杆，一边缓缓旋转步进旋把进钻，在钻孔过程中一定不能进钻过快，要缓慢进钻，以免卡钻，钻透后，退出钻杆直到钻头的最前端退至球阀芯后，关上球阀。

4、传感器的安装（如图 2）

将传感器插入不锈钢球阀，当触到球阀芯时，打开球阀，继续插入传感器，直至传感器前端伸出管道内壁，调整好传感器的插入长度和插入角度（两个传感器定位斜面应同时指向预定位置），紧固好固定套，最后将线接好，用绝缘胶带把接线处密封。

6、维修与服务

本公司产品包修一年，该传感器维修非常简单，只需按安装的相反过程，将旧的传感器卸下，换上新传感器即可。

图 1

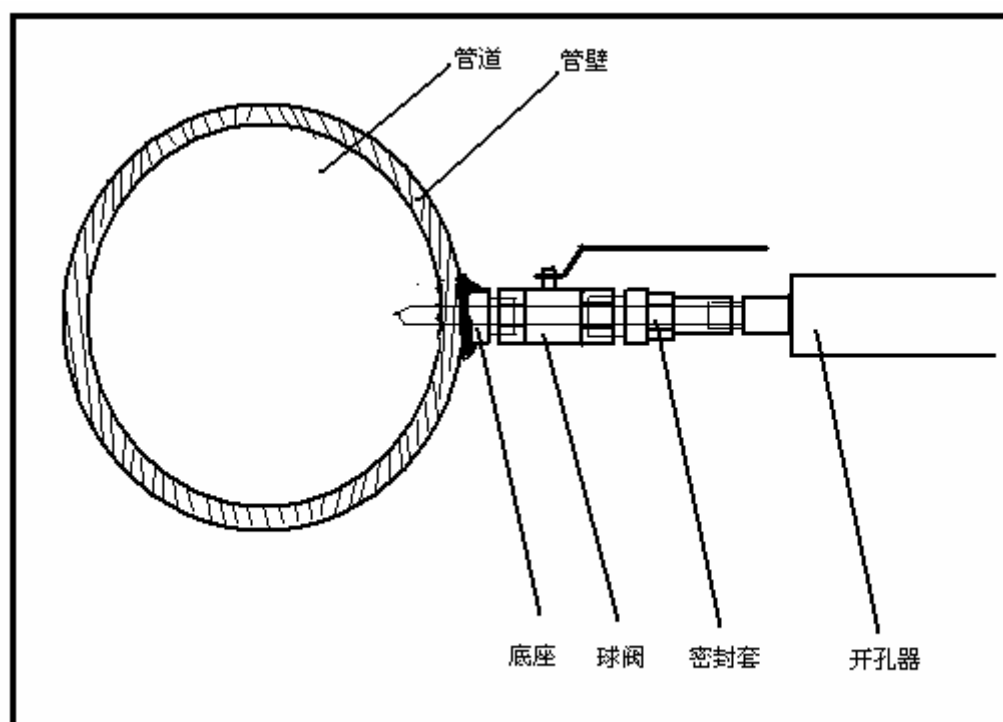
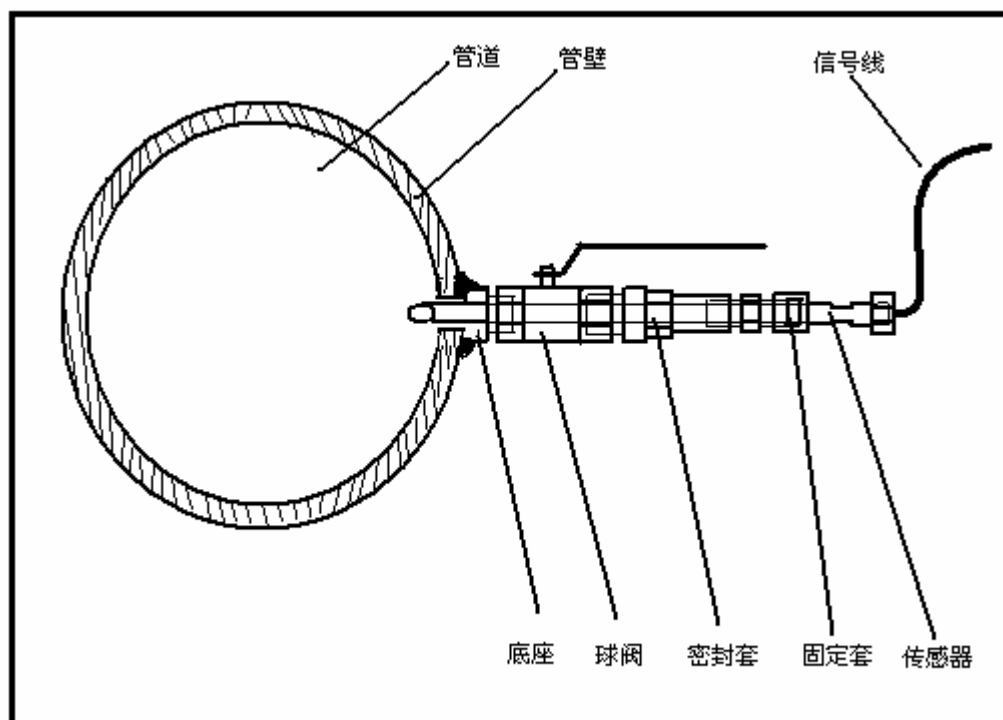


图 2



超声波流量计在安装中所涉及的问题解决方法

一、常识问题

- 1、流体温度在 70 度以下时，仪表可长期稳定运行；
- 2、流量计要求电源电压波动范围为 $220V \pm 15\%$ ；
- 3、流量计主机可正常工作的温度范围为 $-20^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ ；
- 4、仪表与传感器之间距离在 200 米以内为好；
- 5、固定式仪表的功耗为 15w；
- 6、仪表精度为 $\pm 1\%$ ，线性度为 0.5%；
- 7、仪表要求管道的管径为 25mm 至 3000mm 时可以测量；
- 8、测量流体的浊度应小于 10000ppm，且气泡含量小；

二、问答题

- 1、安装仪表时，为何要可靠接地？
 - ① 消除安全隐患，增加安全系数
 - ② 消除仪表本身静电干扰
 - ③ 消除外界空间对仪表的干扰
- 2、当现场有变频时如何解决？
 - ① 把仪表的电源与变频电源分开，避免电源干扰
 - ② 使仪表与变频器不同处一室，避免空间干扰
 - ③ 做好仪表接地线，电缆屏蔽线必须接好
 - ④ 如选用输出端口，应使用屏蔽线，做好可靠接地
- 3、当仪表显示不正常时如何操作，才能使参数变为原始数据，重新输入参数？
 - ① 键入【M】【3】【7】
 - ② 键入【*】【<】
- 4、仪表接通电源而无显示时如何检测？
 - ① 检测仪表电源板有无交流电压输入
 - ② 检测仪表主板，看电源板有无直流电压输出
 - ③ 掀开面板，看插座是否插紧
- 5、怎样选择安装点？
 - ① 选择充满液体的直管段。
 - ② 测量点应距上游 10D，下游 5D，没有任何阀门干扰。
 - ③ 保证测量点的温度在可工作范围以内。
 - ④ 选择管材均匀致密，易于超声波传输的管段。
 - ⑤ 避免在水泵、大功率电台、有磁场和震动干扰地点安装仪表。
- 6、仪表具有那些输出功能？
 - ① RS232 接口
 - ② 电流环输出
 - ③ OCT(集电极开路)输出
 - ④ 频率输出
 - ⑤ 继电器输出
- 7、仪表常用安装方式有两种，什么条件下使用 V 法，什么条件下使用 Z 法？
 - ① V 法：适用于较小管径一般 $D < 200\text{mm}$
 - ② Z 法：适用于较大管径，一般 $D > 200\text{mm}$
 - ③ 通常情况下，V 法是标准安装方式，当管道很粗或由于液体中存在悬浮物，管壁结垢严重或衬里太厚，造成 V 法不能够正常工作时，选择 Z 法安装。

8、固定式和便携式超声波流量计标准配置各有哪些？

- ① 固定式：主机一台，传感器一副，钢丝绳两根，卡扣 4 个，硅胶两管，弹簧两根，说明书一本。
- ② 便携式：主机一台，带电缆线的传感器一副，固定传感器支架一副，电源线一根，适配器一个，钢链两根，弹簧二个，说明书一本，打印纸一卷。

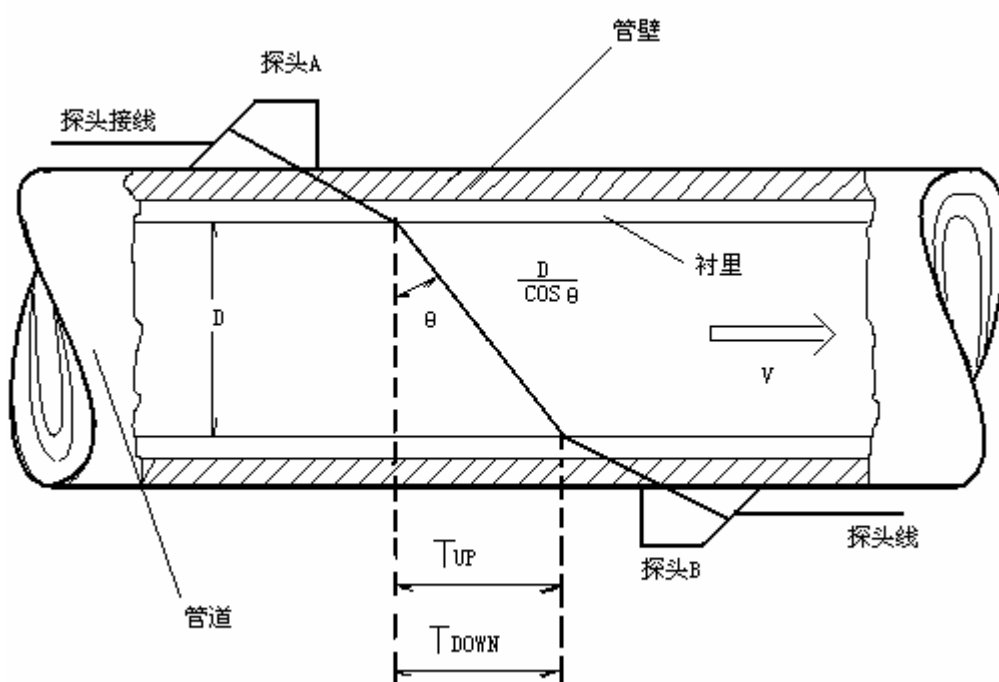
9、安装传感器时，仪表始终处于 S1 状态，如何检测？

- ① 检查参数设置是否正确；
- ② 检查电缆线有无断裂；
- ③ 检查传感器接线是否正确；
- ④ 检查流体是否满管；
- ⑤ 管壁是否结垢太厚或衬里不致密，换点重新调试。

三、简述

1、简述超声波流量计测量原理；

① 探头 A 受电脉冲激励，产生的超声脉冲经管壁、流体后为探头 B 所接收。传输时间为 T_{AB} ，反之传输时间 T_{BA} ，当流体静止时， $T_{AB}=T_{BA}$ ，而当流体流动时，上下游传输时间产生微小变化，即 $T_{AB} < T_{BA}$ ，并且传输时间的变化正比于液体流速，由此可求出液体的流速。

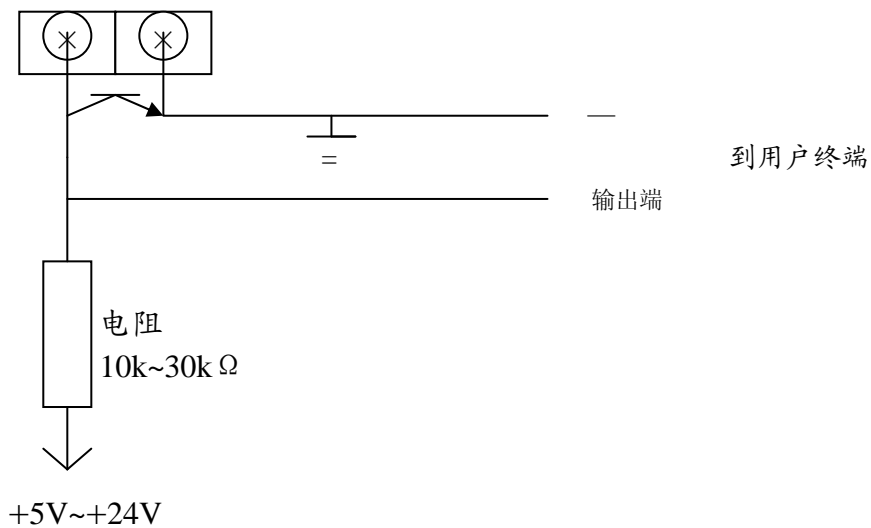


2、简述超声波流量计的特点；

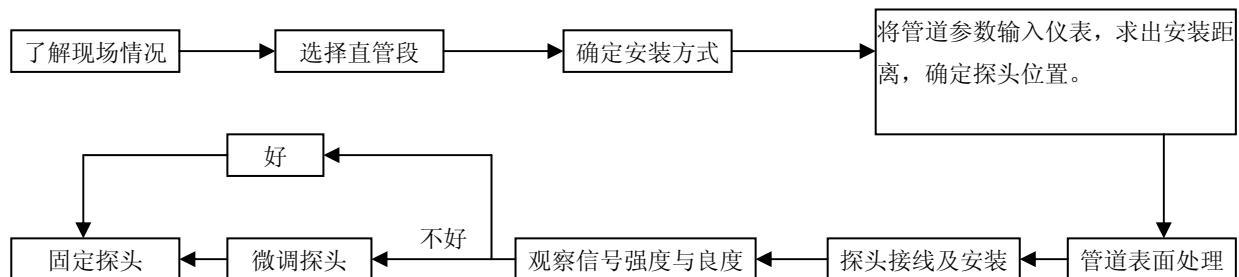
- ① 管道外直接测量，安装、维修方便，尤适于不停水管路；
- ② 不用考虑流体性质；
- ③ 通用性好；
- ④ 信号输出完善。

四、画图

1、画出 OCT 的输出接线图



2、画出仪表安装流程图；



五、实践

- 1、怎样校正电流环？
- 2、仪表如何上锁、解锁？
- 3、把累积量清零应如何操作？
- 4、怎样设置定时打印？