

推进剂液位超声波 监测系统

左森 郭晓松

文章编号：1006-883X(2002)01-0013-04

一、引言

某推进剂贮存洞库有多个贮罐，分布在两个不同的罐区，贮存着某种易挥发强腐蚀性液体推进剂。贮罐原有的浮子式液位计，在长期的使用后，因发生腐蚀而失效，无法正确指示液位。需要采用一种新的液位检测装置，来解决贮罐的液位检测问题。

针对该问题，我们设计了推进剂液位超声波监测系统。它利用超声波脉冲反射时差法实现对各个贮罐的液位检测，将分布检测到的液位数据通过 RS485 总线联网传送给主机，由主机集中处理显示。系统采用非接触检测方式，超声波探头安装在贮罐外，不和推进剂或其蒸汽接触，从根本上解决了液位计腐蚀失效的问题，并实现了对液位的分布检测与集中监测，很好地解决了洞库罐区贮罐液位检测和集中监测的问题，在石油、化工等领域的罐区液位监测上，也有着广泛的应用前景。

摘要：本文设计实现的超声液位检测系统，在罐外从罐底部发射超声脉冲，利用脉冲反射时差法测量液位，实现了真正的非接触式测量，从根本上解决了推进剂贮罐液位计因腐蚀而失效的问题；并且，该系统还利用 RS-485 网络，实现了对罐区贮罐液位的远程集中监测。

关键词：超声，非接触，推进剂，液位，测量

二、非接触式超声波液位测量方案

如图 1 所示，超声波探头安装在贮罐底部，位于贮罐壁外。从探头发出的超声波脉冲，穿透贮罐罐壁，在液体介质内继续传播到液面，经液面反射后再通过液体介质、罐壁，返回到超声波探头被接收；测出超声波脉冲在推进剂中往返所需的时间，根据介质中的声速，就可以计算出从传感器到液面之间的距离，从而确定液面的高度。

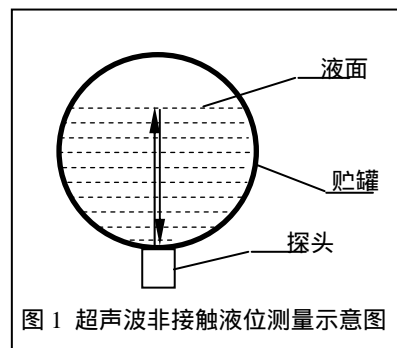
设贮罐内液位高度为 H ，贮罐壁厚为 L ，超声波在液体介质中的声速为 C_1 ，在罐壁材料中的声速为 C_2 ，测得的超声波从离开探头到返回探头所经历的时间为 t ，则贮罐内液位高度可由下式计

算得出：

$$H = \frac{1}{2} C_1 t - \frac{C_1}{C_2} L \quad (1)$$

三、系统的总体设计

系统由主机和多个超声探头组成，主机是以 89C52 为核心的单片机，置于控制室内；探头是以 AD μ C812 为核心的单片机，安装在罐区现场。主机和探头间通过 500m 四芯电缆连接，两芯为主机和探头间的通信线路，使



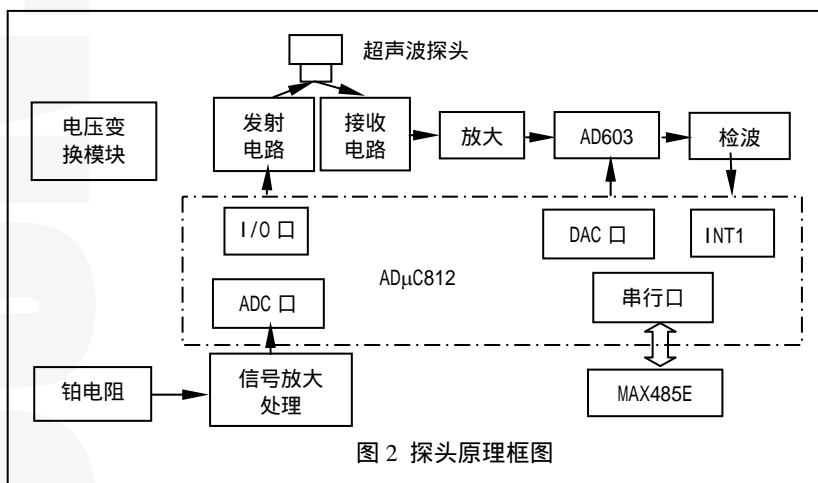


图 2 探头原理框图

用 RS-485 通信协议通信；另两芯为主机向探头供电的供电线路，使探头不必从检测现场取电，既有利于防爆，又方便了安装使用。

探头在现场不断地发射超声脉冲，检测超声脉冲在推进剂中往返的时间；探头也在现场检测贮罐的温度，以便计算液位时对声速进行温度补偿。主机巡回同各个探头进行通信，命令探头将采集到的时间、温度数据上传给主机；并根据探头上传的数据，以及贮罐的有关参数，进行计算，得出贮罐内推进剂的液位、体积数据，向用户显示输出。

四、超声波液位检测探头的设计

要根据式(1)计算贮罐内的液位高度，关键是要准确可靠地测量出超声脉冲的往返时间。所以，系统设计的成功与否，关键在于探头部分能否准确可靠地测量出超声脉冲的往返时间。

1、硬件设计原理

液位检测探头的硬件原理框

图如图 2 所示。

电压变换单元，将主机送来的 12V 直流电压，变换为 $\pm 5V$

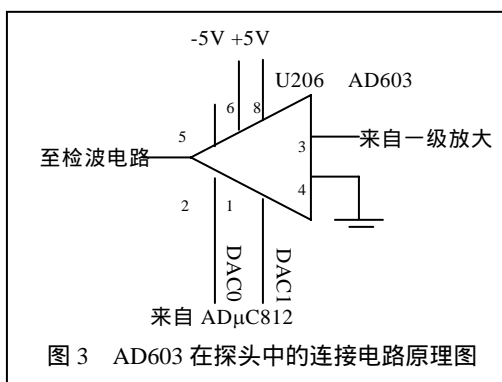


图 3 AD603 在探头中的连接电路原理图

直流和 750V 直流两种电压，分别供各芯片和发射电路使用。发射电路，在 ADμC812 的控制下，激励探头发射出超声脉冲。接收电路接收超声回波信号。回波信号被放大、检波后，送入 INT1 口触发中断。铂电阻敏感温度信号，温度信号经放大处理后，接入 ADμC812 的 ADC 口。MAX485E 接串行口，担负着探头和主机通信的任务。

ADu812 控制发射电路发射超声脉冲，控制程控放大器

AD603 对信号进行适当的放大，计算超声脉冲的传输时间，采集 ADC 口的温度信号(供声速补偿用)，在主机控制下，经过 MAX485E 同主机进行通信。

2、增益控制

当液位高度变化很大时，回波信号的强弱会有很大差别，对这些信号进行同样的放大，会很不利于测量。因为对于高液位的弱回波信号，放大倍数可能不够，达不到检波电路的检波阈值，从而使信号不能被分辨出；而对于低液位的强回波信号，放大倍数

又可能太大，使回波信号被噪声淹没，也使信号不能被分辨出来。因此，我们设计时利用 AD603 作为第二级放大器，利用 AD603 的增益可变性，实现对不同液位回波信号的不同放大，达到更好的测量效果。

AD603 是 AD 公司推出的低噪、宽带、增益可调的集成运放。它在探头中的连接如图 3 所示。

在测量过程中，ADμC812 根据液面的高度，通过 DAC 的输出电压来控制 AD603 的增益设置，使来自高液位的弱回波信号，或来自低液位的强回波信号，都能得到合适的放大，从而增大了液位的可测量高度，也有利于减小测量的盲区。

3、减小测量盲区

超声脉冲发射后，换能器的

振动要经过一段时间才能停止。超声脉冲发射出去后，首先在罐壁和推进剂界面发生反射，并且会在罐壁内发生多次反射振荡。由于发射超声脉冲的能量较高，换能器余振和罐壁反射振荡常互相连接在一起。

当测量的液位较低时，由于脉冲往返的时间很短，因此第一个回波很容易受到换能器余振和罐壁反射振荡的影响，很难被分辨出来，这增加了测量的盲区。而液位较低时，液面的回波信号较强，并且不止一个，例如，对于 500mm 高度的液位，我们在试验中可以稳定地接收到 8 个回波信号。因此，为减小测量盲区，探头计算超声脉冲往返时间时采用如下的方法：

在液位较高时，取发射超声脉冲到接收到第一个回波信号间的时间间隔作为超声脉冲的往返时间；在液位较低时，取两个相邻脉冲回波信号间的时间间隔作

为超声脉冲的往返时间。实验证明，这种方法可以有效地减小测量的盲区。

4、去除粗大误差

由于存在着液面晃动等因素，我们测量的时间值中存在着偶然的粗大误差。考虑到单片机的运算处理能力，我们采用简单的取平均值的方法，来去除偶然的粗大误差。每采集 10 个时间数据，我们进行一次数据处理，将 10 个数据中的最大值、最小值去掉，对剩下的 8 个数据求均值。

由于探头的任务比较单一，它每秒中要进行 50 次左右的时间数据测量，因此，我们采用的数据处理方法不会对测量的实时性造成影响。

五、RS-485 通信网络的设计

我们利用 RS-485 网络，采用低功率 RS-485 收发器 MAX485E 芯片，作为通信网络的信号收发器，来解决系统中的数据远距离

传输问题。MAX485E 芯片支持的通信距离可达 1500m。

主机和探头间的通信连接电路原理图如图 4 所示。

主机和探头间采用主从式结构：探头(从机)不主动发送数据，一切都由主机控制。需要通信时，主机寻址探头，发送命令。探头只在被主机寻址时，才作出响应，根据接收到的命令，向主机传送数据。

主机和探头的串行口工作在方式 3。系统初始化时，主机的 SCON 的 TB8 位置为 1，探头的 SCON 的 SM₂ 位置为 1。主机寻址探头时，将要寻址的探头地址发送出去，由于 TB8 为 1，这使所有接入系统的探头都产生串行中断。探头在串行中断处理程序中，首先将接收到的地址和自身的地址进行比较，看是否一致。若地址一致，则将采集到的数据上传给主机，否则，退出中断。

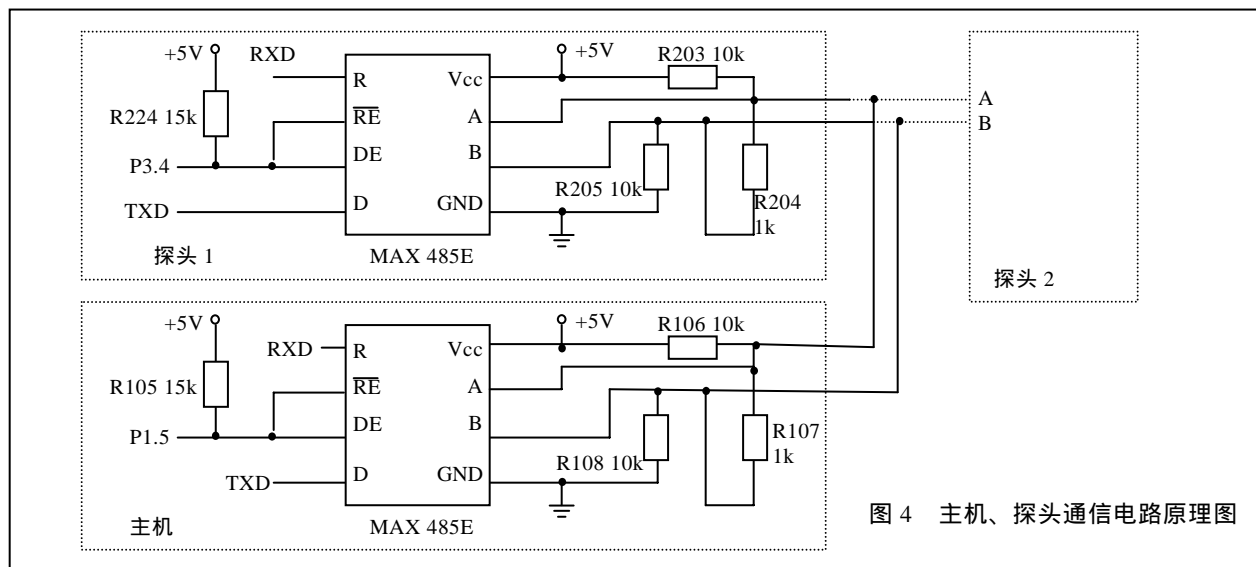


图 4 主机、探头通信电路原理图

http://sensorworld.com.cn

六、结束语

分布式非接触超声波液位监测系统, 实现了对贮罐液位真正的非接触式连续测量, 从根本上解决了腐蚀性介质对液位测量装置的腐蚀问题; 同时, 它还实现了对罐区贮罐液位的远程集中监测。仪器安装维护简单, 工作稳定可靠。该系统在使用单位的试用过程中, 受到了一致的好评, 已经通过了专家组的鉴定, 目前正在应用推广中。

参考文献

[1]. 王宝光、贺忠海, 自动包装线中的新型测控系统, 《机电工

程》, 1999 年第 16 卷第 1 期

[2]. 尹红、唐煜, 单片机 RS-485 多机通讯的实现, 《计算机应用》, 1999 年第 19 卷第 1 期

[3]. 田景文、王学海、崔立宝, 超声波油罐液位测量仪, 《现代电子技术》, 2000 年第 7 期

[4]. 孟凡勤, 奚丽波, 分布式油罐数据采集系统, 《油气储运》, 1999 年第 3 期

Ultrasonic Inspecting System for Propellant Liquid Level

Abstract: This article deals with the design of a non-intrusive ultrasonic liquid-level inspecting system to solve the level

measurement problem of corrosive liquid-propellant container. It also introduces the RS-485 communication network of the system, which makes it possible to inspecting the level of containers distributed in distance.

Keywords: Ultrasonic, Non intrusive propellant, Liquid level, Measurement

作者简介:

左森: 第二炮兵工程学院 202 教研室 邮编: 710025
电话: 029-3344972 电子信箱: zuosen-paper@sohu.com

读者服务卡编号 003

Cyranose 230 是目前市场上第一种基于高分子聚合物材料传感器基础上的便携式电子鼻, 它能够快速、准确地确定在食品生产和包装过程中, 食品的新鲜程度、污染情况, 以及批量产品的一致性。

电子鼻是一个由 32 个传感器形成的探测阵列, 传感器所使用的复合材料是由导电性碳黑粉和非导体高分子聚合物均匀掺合而成, 每个传感器对应一种类型的高分子材料, 使传感器阵列可以适用于多种不同气氛。探测材料薄膜溅射于氧化铝基底上, 内嵌两个引线, 形成一个导电化学电阻, 探测器的输出就是由每个传感器两个引线之间的电阻值所构成的阻值阵列。

当电子鼻工作时, 复合物暴露在某待测气氛下, 高分子聚合物材料就会吸收这种气体并逐渐膨胀。吸收的气味分子会使复合材料中导电碳黑粉中的导电通道被破坏, 因此体积的增加最终会导致传感器阻值增加, 相反, 当待测气味

气氛采样、传感器测量、数据处理将在大约 1min 内自动完成。

电子鼻收集的原始数据通过滤波消除高频噪声后, 通过与参考阻值相比较转化为一个电阻的相对变化值(参考电阻值是以同样的方法测量的标准参考气体的阻值), 这种相对变化对于传感器来说即可以称之为“传感器响应”, 当 32 组数据全部转化为相关变化值并进行非线性补偿及量程化处理后, 就得到了一个“气味标签”, 最后进行的是四个线性化辨别分析技术: K 型最近化线性处理, 分类类推的软件非相关模型、费希尔线性辨别技术、归一化辨别分析。最终在电子鼻的显示屏上将给用户一个明确的答案。

读者服务卡编号 004

商用电子鼻走入市场

消失之后, 聚合物材料会排出气体并逐渐干燥、收缩, 电子传导路径重新导通, 阻值降低。

Cyranose 电子鼻有一个伸出的探头——“鼻子”, 测量时要把鼻子暴露在各种气氛中, 并最尽可能靠近待测样品。打开电子鼻开关即可以开始测量, 设定空气参考值、