

低温液位测量装置研制

The Measurement Devices Design and making of liquid level of cryogenic fluid

(1 武汉理工大学; 2 华中科技大学)陈进¹ 赵磊¹ 赵京¹ 王惠龄²

CHEN JIN ZHAO LEI ZHAO JING WANG HUILING

摘要:该文设计了用于测量低温液位的微型探针。该探针安装于由微型步进电机驱动的机械传动导杆上,组成低温液位的连续自动测量装置。该装置可用于低温杜瓦和其它低温液体储存装置的液位测量与控制,探针有效行程 100—1000mm,测量误差小于 1mm,并具有参数存储、显示、远程传输、网络连接与控制等功能。

关键词:微型探针;低温杜瓦;液位测量;步进电机

中图分类号:TP212.6

文献标识码:B

Abstract:It is designed in this paper that a new micro-probe of liquid level used in the cryogenic fluid. The liquid level probe can be equipped in the devices that are consisted of step motor and mechanic gearing bar. This measurement device can be applied to the cryogenic duwa, as well as cryogenic engineering equipment. The valid routines of probe is from 100 mm to 1000 mm, the measurement errors is less than 1mm, as well as there are features, such as parameter save and display, far transform, network connection and control etc..

Key words:micro-probe,cryogenic duwa,liquid level measurement,step motor.

1 引言

低温杜瓦和其它低温液体储存装置广泛用于低温试验研究和低温与超导工程项目中,其中液位是基本的测量参数。低温液位传感器有电阻、电容液位传感器和压差传感器等。由于液氢、液氧及液氮等低温液体的特殊性质,不仅决定了低温贮罐的结构特点,而且也决定了液位测量原理及装置的特点,给低温液位测量带来一定的困难。例如,设法使液位传感器不设在低温贮罐内部,避开直接与低温介质接触,或者尽可能使插入贮罐的装置简单、可靠及安全等。

2 低温液位探针

探针设计图如图 1 所示。



图 1 低温液位探针设计图

陈进:博士 教授

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51076013)

教育部博士基金课题(20040487039)

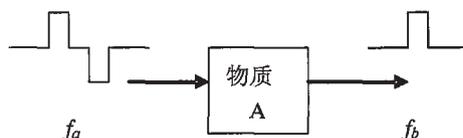


图 2 低温液位探针测量原理

探针测量原理:由物理学知道,不同的物质具有不同的物理特性:如阻抗特性。如图 2 所示,给物质 A 一个频率为 f_a 的电脉冲信号,由于物质 A 的阻抗作用,在物质 A 的输出端得到频率为 f_b 的电信号。显然,假设以固定频率为 f_a 的电信号作为输入信号,对不同的物质,由于阻抗特性不同,得到频率 f_b 不同。由频率的相位或幅值差 $f=f_a-f_b$,可测量出探针接触不同的物质。如探针从空气进入到低温液体中 f 有明显变化,测量出 f 变化之间的探针运动时间,探针的运动速度是已知的,时间乘速度即探针的运动位移,由位移可计算出被测对象的液位。该文所做低温液位探针由纯铜作为探针的触点,用直径 3mm 不锈钢管为针体,直径 0.5mm 的绝缘铜丝与触点焊接作为与电路连接的导线。

3 低温液位测量装置

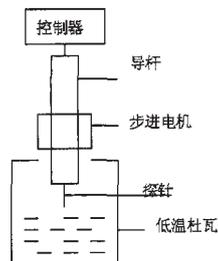


图 3 低温液位测量装置原理框图

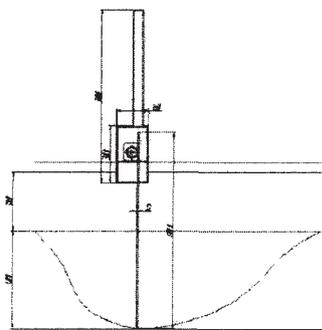


图4 低温液位测量装置机械原理图

低温液位测量原理框图如图3所示,该测量装置使用时安装在低温杜瓦之上,低温液位探针在原始位置(低温杜瓦瓶口)测量此时的频率为 f_0 。然后在步进电机的驱动下,探针向下运动,控制电机的微处理器同时累计电机的运动步长(脉冲数),当探针接触到低温液时得到频率 f_1 。微处理器控制步进电机停止运动,此时电机运动脉冲数乘上系数 K (毫米/脉冲)即得从低温杜瓦瓶口到低温液体的位移 H_0 。已知低温杜瓦的总高度 H_1 ,则液位 $H=H_1-H_0$ 。显然,由于步进电机的运动是连续的,因此可以在该装置运动行程内任意深度的液位。当液位变化时,步进电机可以上下自由运动,保证探针在不测量时总位于低温液体面之上,距离可控制在1mm左右(与电机性能有关)。该测量装置运动行程为1000mm,测量深度误差小于1mm,机械设计原理图如图4所示。

4 系统电路设计

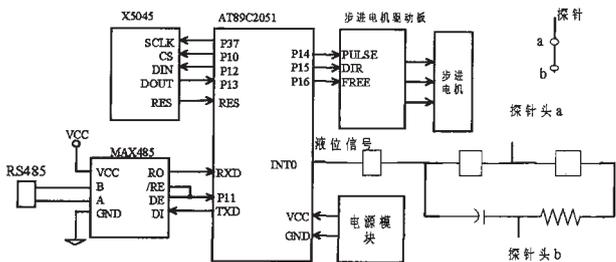


图5 低温液位测量控制器电路原理图

低温液位测量控制器原理图如图5所示,由步进电机控制模块、低温液位探针电路、电源模块、RS485通讯接口电路和89C2051单片机及其外围电路组成。探针电路将探针接触不同介质得到的不同频率脉冲信号送给单片计算机89C2051,单片计算机根据信号频率的变化控制步进电机的行程并计算运动位移和低温液体液位。实时测量数据存入X25045芯片,该芯片在无电源情况下,数据可保存10年不遗失。RS485接口可与其他模块连接构成任意大小的液位测量与控制系统。由于采用了嵌入式设计原理,低温液位测量装置可任意嵌入到系统中,完成低温液位的各种图形、字符显示以及与INTERNET网络连接。该文设计了上位机与低温液位测量装置连接,组成低温液位测量控制系统。上位机原理图如图6所示。上位机硬件电路核心为微控制器W78E58、液晶模块(尺寸:144.78*104.67,分辨率为320*240液晶屏+SED1335)、键盘模块、看门狗(X5045)、通讯模块组成。微控制器采用华邦的W78E58。W78E58是一款增强型的51系列芯片,有32K片内程序存储器和512 BYTE

SRAM。上位机可连接1—64套低温液位测量装置。

系统中上位机部分主要实现用户通过上位机的键盘控制向下位机传递测量参数、发送液位测量启动指令和从下位机收集测量数据等。安装在控制室或办公室的PC机需要接收现场数据,现场的上位机将实验数据按照MODBUS协议传送到PC机。上位机还负责将采集到的数据显示在LCD上,供现场人员读取分析。同时上位机还需提供参数设置界面,并能存储设定的参数值。

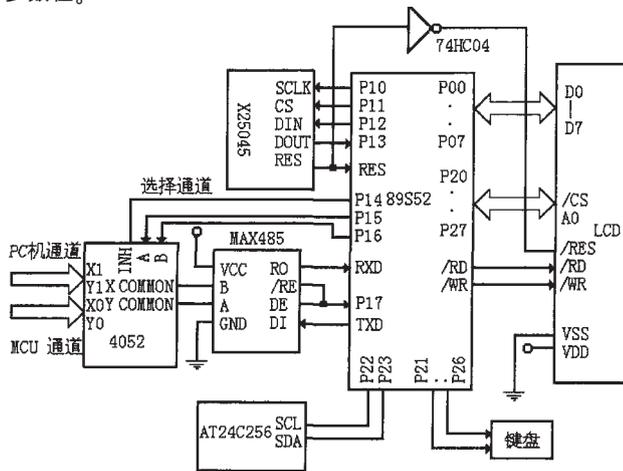


图6 上位机原理图

5 通信协议

通信协议有两个部分,上位机与低温液位测量装置的通信协议和上位机与PC计算机通信协议。上位机与低温液位测量装置的处理器都是用51单片机,所以利用51单片机特有的多机通信功能实现1台上位机与n台低温液位测量装置(n小于64)之间通信,通信网络连接采用RS485总线,简化线路,提高通信可靠性。上位机与PC计算机之间通信连接也采用RS485总线,通信协议采用MODBUS通信协议。由于PC机没有多机通信功能,所以1台PC与多台上位机之间通信采用在通信数据中增加从机地址+校验字方法让PC识别是与哪一台上位机通信。

上位机与水深流速测量仪通信协议如下:

- (1) 上位机为主机,低温液位测量装置为从机。上位机、低温液位测量装置串口初始化参数:工作方式3,9位UART,9600波特率,1位起始位,8位数据位,1位地址/数据位,1位停止位。无奇偶校验位,该位被地址/数据位取代。
- (2) 从机台数容量为255,其地址为00H~FEH。实际从机台数与RS485接口芯片负载能力有关,该仪器选择RS485芯片为MAX487,可连接从机64台。
- (3) 所有从机SM2=1,处于只接收地址帧状态,主机发送一帧地址信息,其中第9位(地址/数据位)TB8=1。从机收到地址信息后,与本机地址比较,若地址相等,则使SM2=0,准备接收数据,若地址不相等,则SM2=1,单片机UART不能接收数据。主机发送数据帧,每帧第9位(地址/数据位)TB8=0。主机保持SM2=0。
- (4) 通信内容:主机发送接收:发送地址字节(00H~FFH),发送命令字节,数据字节N个。命令字节=08H,从机开始测量,数据字节内容:接收从机送来的液位参数2字节,接收第1字节

技术创新

为低字节,第2字节为高字节,发送5个字液位参数,每字2字节,先发低字节,后发高字节;命令字节=09 H,从机送测量结果,数据字节内容:发送页面数据1字节(1—5,共5个页面),接收2个字数据,第1个字为液位,低字节在前,高字节在后,第2字为流速,低字节在前,高字节在后;命令字节=77 H,从机测量液位;命令字节=33 H,从机测量杆复位(回到液面之上)。

(5) 数据为16进制数;

6 关于漏热计算

考虑因探针电线产生的漏热问题(探针由绝热杆和附在其上的探针电线组成),该电线选用直径0.01mm的康铜丝,探针最小行程10mm,最大行程500mm。热传导漏热计算:

$$Q = k(T_2 - T_1) \frac{A}{l}$$

式中, k 为康铜丝导热系数(22.7 W/mK), T_1 为探真头(接触低温液面)温度(设最低温度为0K), T_2 为杜瓦尾部温度(该处管壳温度为300K), A 为康铜丝截面积($3.14 \times 10^{-4} \text{mm}^2$), l 为探针行程(最小10mm,最大500mm)。把这些参数代入上式,漏热最小值为4.28纳瓦($4.28 \times 10^{-6} \text{W}$),最大值为0.214毫瓦($2.14 \times 10^{-3} \text{W}$)。相对容器内有一定量的低温液体,一般情况下可以认为,此数量级的漏热引起的低温液面温度变化不足以导致液面波动。

7 结果讨论

该文提出频率法测量低温液位原理与方法,设计出低温液位测量探针传感器,实践已经证明其可行性和可靠性。从而简化低温液位自动测量系统的机械设计,提高了系统可靠性,降低了低温液位测量装置生产成本。对大型低温容器,因行程大,电机功率大,需要功率放大板等驱动电路,所以测量装置机械和电器体积都较大。当容器变小时,如小型容器,运动行程减小,电机采用微型电机,整体功耗降低,不用功率放大电路,简化电路设计,控制器简化,装置也就微型化,所以可以用于小型容器低温液位测量,在实际测量实验中各项技术指标均能满足项目的要求,具有很好的应用前景。

本文的创新点在于提出频率法测量低温液位原理与方法,研制了新型的低温液位测量探针传感器,采用单片机进行控制,自动测量数据并与PC机进行通讯,实时性好,具有很好的应用前景。

参考文献:

[1]王惠龄.制冷与低温测量技术[M].武汉:华中理工大学出版社,1988.

[2]杨雷,王彩申,卢广建,液位测量中的信号采集与处理[J]微计算机信息,2006,4-1.

作者简介:陈进,男,1964,汉,贵州,博士,教授,从事嵌入式系统设计,低温工程研究,E-mail:semepaule@126.com;赵磊,男,1982.08,汉,湖北,硕士研究生 从事智能控制理论与应用的研究。

Biography:Chen Jin,male,1964,the Han nationality,doctor,professor,engaged in embed system design and cryogenics.Zhao Lei,male,1982.08,the Han nationality,graduate student,engaged in intelligent control theory and application.

(430070 武汉 武汉理工大学)陈进 赵磊 赵京

(430070 武汉 华中科技大学制冷与低温工程研究所)王惠龄

通讯地址:(430070 武汉 武汉理工大学西院61号信箱)陈进

(收稿日期:2006.10.12)(修稿日期:2006.11.9)

(上接第142页)

当P1.1为低电平时,仪表进入检测状态,首先启动AD进行电阻值的测量,并从EEPROM中读取三个设定参数,进行上下限判别。如果测量值在设定范围内,则数码管显示电阻值,显示时间到达最长显示时间设定值时,转回主程序进入休眠方式;当测量值在上下限设定参数之外时,数码管闪烁显示电阻值,最长显示时间到后同样进入休眠方式。

4 测试结果分析

以下为测试了50支电雷管后和5位半精密数字表检测及比较结果,表1中提取了最大误差的测量结果及最小误差的测量结果,5位半精密数字表只提取三位有效值,绝对误差是二者测量的差值,相对误差是二者测量的差值和以5位半精密数字表为标准计算的相对误差。从测试表可以看出,便携式雷管检测仪的精度满足民用爆破现场测量误差在0.5欧以内的测试要求。

表1 测试分析表

	便携式检测仪	5位半精密数字表	二者绝对误差	相对误差
最大差值组	2.4	2.15	0.25	11.6%
	2.5	2.35	0.25	10.6%
	2.3	2.56	0.26	10.1%
	2.7	2.48	0.22	8.87%
	2.5	2.23	0.27	12.1%
最小差值组	3.5	3.47	0.03	0.8%
	2.3	2.28	0.02	0.88%
	2.5	2.58	0.02	0.77%
	1.9	1.89	0.01	0.5%
	2.6	2.59	0.01	0.39%
2.3	2.33	0.03	1.3%	

5 结束语

本文作者的创新点在于便携式电雷管检测仪硬件简洁,在保证基本精度要求的前提下,着重考虑成本及使用的安全可靠,满足了实际工作现场成本低易于推广的要求,非常适合爆炸现场电雷管检测的推广应用,具有较好的推广应用价值。

参考文献:

[1]王楠.一种新型轮胎压力检测系统的实现[J]微计算机信息,2006,(10.1):264-267

[2]张培仁.基于C语言编程MCS-51单片机原理与应[M].北京:清华大学出版社,2003.1.

[3]王福瑞.单片微机测控系统设计大全[M].北京:北航出版社,2001等.

作者简介:杨笔锋(1980—),男,福建漳州人,本科,从事自动测量控制技术科研及模拟电子技术教学工作;杨明欣(1963—),男,福建仙游人,副教授,主要从事自动化测控与仪表、单片机及嵌入式技术与应用、计算机控制方向研究工作,E-mail:ybfjs@cuit.edu.cn.

Biography:Yang Bifeng(1980-),Man, Born in zhangzhou of Fujian province,The teaching assistant of Chengdu university of information technology, Bachelor degree,The main researching field is automation meter and computer control.

(610225 成都 成都信息工程学院)杨笔锋 杨明欣 叶长友

通讯地址:(610066 成都 四川成都市双桥路199号聚乐苑296栋二单元401号)杨明欣

(收稿日期:2006.1.3)(修稿日期:2007.2.5)

技术创新