

基于 LabVIEW 的汽车油罐车液位 检测计量系统设计与实现^{*}

占小波 李跃忠 任增强

(东华理工大学机械与电子工程学院 南昌 330013)

摘要: 汽车油罐车容积计量检定的传统方法是采用人工丁字尺加显色液来测量液位空高,传统的人工计量检定方法效率低、安全系数低、成本高,人工读数的误差对测量精度带来很大的影响。设计了一种基于 LabVIEW 的高精度多通道汽车油罐车液位检测计量系统。首先通过设置系统的串口号和波特率,然后采用 DRUCK PTX 1830 液位传感器来对汽车油罐车的液位进行数据采集,经过滤波和复杂的算法处理,系统实时显示液位高度和液位变化曲线,从而达到高精度自动化计量检定汽车油罐车容积的目的。系统具有对汽车油罐车液位数据进行数据采集、算法处理、显示、存储、报警、上位机自动分析数据及导出 Excle 表格等功能。通过在实验室与现场实际测试,结果表明,该系统能有效准确的反应液位高度的变化,测量精度达到 $\pm 1\%$,具有一定的推广应用价值。

关键词: LabVIEW;汽车油罐车液位;高精度;多通道;数据处理

中图分类号: TP216 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.4030

Design and implementation of liquid level of tank car detecting measurement system based on LabVIEW

Zhan Xiaobo Li Yuezhong Ren Zengqiang

(School of Energy and Electronic Engineering, East China Institute of Technology, Nanchang 330013, China)

Abstract: Traditional methods of Tank Car Volume verification is the use of artificial color liquid plus T-square to measure the level of empty high. Traditional manual method of verification being low efficiency, low safety factor, the high cost of human, manual reading error caused a great impact on the measurement accuracy. A high precision and multi channel liquid level measurement system based on LabVIEW is designed. First, through the serial port number and baud rate setting system, and then use DRUCK PTX 1830 level sensor for data collection tanker car level, after filtering and processing complex algorithms, real-time display system and liquid level height curve, so as to achieve high-precision automated verification of Tank car volume purposes. Tank car system level data for data acquisition, arithmetic processing, display, storage, alarm, PC automatically analyzes the data and export EXCLE forms and other functions. By actual laboratory and field test results show that the system is effective and accurate height change of the reaction liquid level measurement accuracy of $\pm 1\%$, it has some promotional value.

Keywords: LabVIEW;the liquid level of tank car;high precision;multi channel;data processing

1 引言

汽车油罐车是公路运输液体石油、化工产品的特种专用车,它是在汽车上装有计量罐,既是贮存、运输工具,经检定合格后又可以用于油品交接、贸易结算的计量器具,它属于国家强制检定计量器具项目^[1]。近年来,随着能源危机的爆发,许多国家的原油价格的上涨,汽车油罐车作为油品运输的主要计量器具,油罐车容量计量问题日益突出。人

们法制观念逐步提高,要求检定油罐车容积的呼声越来越高。油罐车容量检定装置在全国范围内,除汽车油罐车制造厂商自己建立的油罐车容量标准装置外,全国各省级法制计量机构,许多已经建立第三方汽车油罐车容量检定装置,如江西省计量科学测试研究院、广东省计量科学研究院等。

根据 JJG133—2005《汽车油罐车容量检定规程》,传统的测量汽车油罐车液位空高的方法是待油罐内水面平稳

收稿日期:2016-03

^{*} 基金项目:国家自然科学基金项目(项目编号 61663001)、江西省新能源工艺与装备技术工程中心开放基金项目(项目编号 JXNE2015-06)

后,用专用的丁字尺测量液面空高。空高的测量应进行两次,两次测量误差应小于 1 mm,取算术平均值为该点容量对应的空高^[2]。如果油罐车为双进口口,应分别测量液面空高,取平均值为该点容量的空高^[3]。这种传统的测量方法采用人工读数,工作量大,效率低,劳动强度高,安全系数的低,不同的人测量会有不同的结果^[4]。文献[2]和文献[10]中采用电磁阀这种形式使得成本增加,不易操作。针对传统的汽车油罐车液位空高的测量方法的不足,设计一种基于 LabVIEW 的高精度多通道汽车油罐车液位检测计量系统,通过液位传感器 PTX-1830 和 XPT2046 A/D 对数据进行采集和转换,采用低功耗单片机 STC12C5A60S2 作为控制芯片构建高精度多通道汽车油罐车液位检测计量系统,实现对汽车油罐车液位数据自动化采集、算法处理、显示、存储、与上位机自动分析数据及导出 Excle 表格等功能。

2 系统组成及原理

基于 LabVIEW 的高精度多通道汽车油罐车液位检测计量系统由下位机和上位机两部分组成,下位机(也称为现场测量终端)主要有 PTX1830 液位传感器、信号调理电路、XPT2046 A/D 转换模块、单片机、电源模块、报警模块、SHT11 温湿度传感器、按键通道选择模块、显示模块和实时时钟模块构成^[5];上位机(也称监控中心)主要有 PC 和 232 串口组成。系统总体框图如图 1 所示。

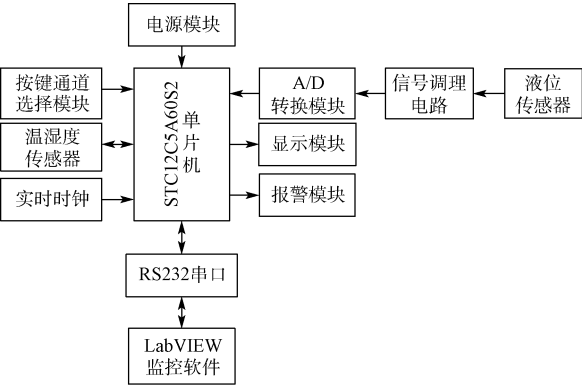


图 1 系统总体

系统工作过程为:首先把现场测量终端与液位传感器连接,根据现场具体情况来选择测量通道,通道 1 还是通道 2,还是两个通道同时采集,通道选择可以通过现场测量终端的按键通道选择模块来选择,也可以通过监控中心 PC 来选择。通道选择好后,通过液位传感器 PTX-1830 采集汽车油罐车液位数据,经信号调理电路送至 XPT2046 进行 A/D 转换后送至 STC12C5A60S2 单片机数据处理,处理后得到的液位高度送到显示模块显示同时通过 232 串口送到监控中心 PC,现场环境的温度和湿度超过阈值时,现场测量终端会发出报警声^[6];监控中心 PC 上的监控软件

LabVIEW 实时对汽车油罐车液位数据进行分析、存储、显示及导出液位高度 Excel 表格,还可以通过监控软件 LabVIEW 看汽车油罐车液位的变化曲线。

3 系统硬件设计

3.1 液位传感器 PTX1830 和温湿度传感器 SHT11 简介

PTX1830 液位传感器是 Druck 公司生产的是最新一代的高性能完全投入式的用于静态液位测量的压力传感器。先进的硅压阻技术、信号调制技术和封装工艺的结合,使 1830 系列投入式液位计成为可靠、精确且经济的液位测量方案。其中工作温度范围是-20~60 ℃,正常工作电压范围是 9~30 V,精度为±0.1%,4~20 mA(两线制),量程范围是 0~0.75 mH₂O 或 0~600 mH₂O。

SHT11 是 Sensirion 公司生产的一款单片全校准数字式相对温度和湿度传感器,该传感器是将信号采集、放大调理、A/D 转换、I²C 总线集成于一体,具有可靠的 CRC 数据传输校验功能^[7]。其中湿度测量范围是 0~100% RH,精度为±0.03% RH;温度测量范围是-40~123.8 ℃,精度为±0.01%。SHT11 的管脚及功能如表 1 所示。

表 1 SHT11 管脚功能说明

引脚	名称	功能描述
1	GND	接地
2	DATA	串行口数据、双向
3	SCK	串行时钟、输入口
4	VDD	电源
NC	NC	必须悬空

3.2 STC12C5A60S2 单片机和 XPT2046 简介

STC12C5A60S2 单片机是高速/低功耗/超强抗干扰的新一代 8051 单片机,指令代码完全兼容传统 8051,速度快了 8~12 倍,包含中央处理器(CPU)、程序存储器(Flash)、数据存储器(SRAM)、定时/计数器、UART 串口、串口 2、I/O 接口、高速 A/D 接口、SPI 接口、PCA、PWM、看门狗及片内 R/C 振荡器和外部晶体振荡电路、内部集成 MAX810 专用复位电路等模块^[8]。

XPT2046 是一种典型的逐次逼近型模数转换器(SAR ADC),内含 12 位分辨率 125 kHz 转换速率逐步逼近型 A/D 转换器,包含了采样/保持、模数转换、串口数据输出等功能。同时芯片集成有 1 个 2.5 V 的内部参考电压源、温度检测电路,工作时使用外部时钟。MCU 处理器和转换器之间的通信需要 8 个时钟周期,可采用 SPI 和 SSI 等同步串行接口。1 次完整的转换需要 24 个串行同步时钟(DCLK)来完成。

3.3 信号调理电路设计

信号调理电路的作用是把将待测信号通过放大、滤波等操作转换成采集设备能够识别的标准信号,从液位传感

器输出的信号是 4~20 mA 的电流信号,不能直接送至 AD 芯片进行采样。因为 AD 芯片不能直接采集电流信号,得通过一个采样电阻,把电流信号转化成电压信号,这样才能被 AD 所采集。其中采样电阻的阻值要通过计算得来,根据所使用 AD 芯片所采集电压的量程和电流的范围来确定。信号调理电路图 2 所示。

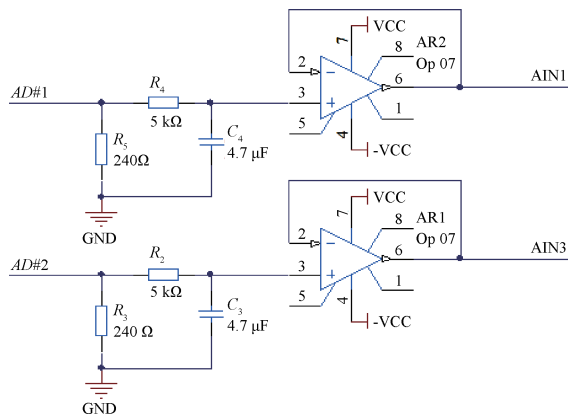


图 2 信号调理电路

图 2 中 R_3 和 R_5 是取样电阻,把电流信号转化成电压信号,取值 240 Ω 是由于 AD 芯片所能采集最大电压范围为 0~5 V,为了最大范围的利用 AD 的采集电压量程使得结果更加精确,以及液位传感器输出的最大信号为 20 mA。 R_4 和 R_2 是用来限流的, C_3 和 C_4 是对信号进行滤波处理。随后是一个基于低噪声、低输入失调电压的集成运算放大器 OP07 的电压跟随器,目的起到阻抗变换作用^[9],也起到一定的隔离作用。一方面,将输入阻抗变得很高,这样,对

于输入信号的影响可以做到很小。另一方面,输出阻抗变得很低,AD 输入阻抗对输入信号的影响可以做到很小。

3.4 现场终端电路及接口

现场终端主要是为了完成对液位油罐车的液位高度的实时采集和显示,对现场的温湿度进行采集和判断是否穿过设定的阈值,以及把数据通过串口上传至上位机,本系统现场终端主要由 STC12C5A60S2 单片机、AD 采集芯片 XPT2046、温湿度传感器 SHT11 和串口通信芯片 MAX232 组成。

4 系统软件设计及测试

LabVIEW 是一种图形化的编程语言的开发环境,一个面向最终用户的工具,采用 LabVIEW 进行软件设计一般包括前面板和后台(程序框图)2 部分,前面板是系统的监控界面,是用户直接可以操作的界面,后台是系统运行的图形化程序^[9]。前面板主要由系统配置模块、油罐车液位实时高度模块、液位曲线模块和系统控制模块等 4 部分组成,主要完成对油罐车实时液位高度的显示、记录报警以及存储等功能^[10]。

4.1 上位机系统监测界面设计

上位机系统监测程序主要是用来完成下位机传输过来的油罐车液位实时高度信号的显示、分析、记录、存储、报警以及导出 Excel 数据表格等功能,由于现场终端通过串口传送上来的是数字信号,所以 LabVIEW 只要完成串口数据的读取、存储和分析即可。基于 LabVIEW 的多通道高精度汽车油罐车液位检测系统如图 3 所示。上位机监控系统主要由系统配置模块、油罐车液位实时高度模块、液位曲线模块和系统控制模块等 4 部分组成。

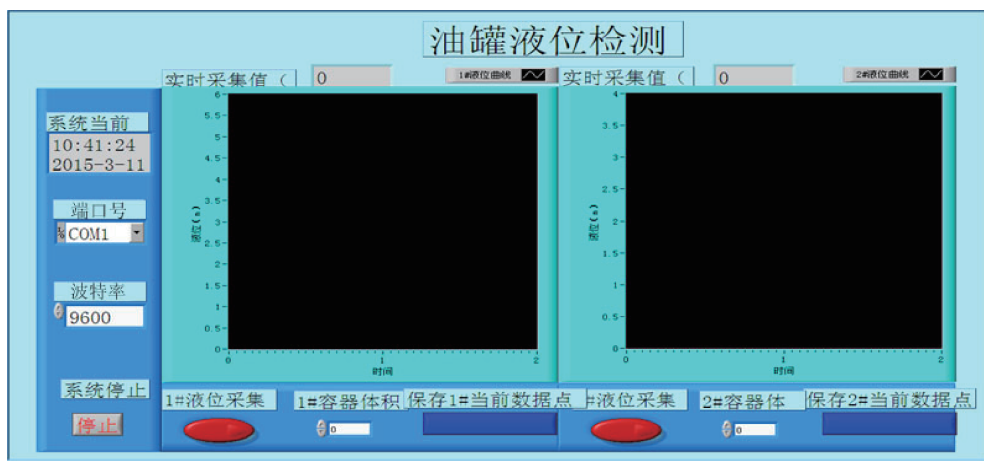


图 3 高精度多通道汽车油罐车液位检测系统主界面

4.2 下位机系统控制软件设计

下位机主要完成对汽车油罐车液位实时高度的采集、系统工作模式的选择、液位显示、往上位机发送数据和等

功能。下位机可以独立使用,不依赖上位机,这可以极大的方便用户使用,是本系统的一大优点。为了实现高精度的指标,下位机采用了利用中值滤波算法和去极值平均值

算法相结合的复合数字滤波算法。在算法处理程序中,在内存中开辟一个数据缓存区,大小为 32 Byte,每检测一次把检测到的数据存储到数据缓存中,当存储满 32 个数据时,先采用中值滤波算法把一些脉冲性的干扰滤除掉,然后在对剩余的数据采用去极值平均值算法来处理,实现了两级算法处理。如图 4 所示是下位机系统软件控制流程图。

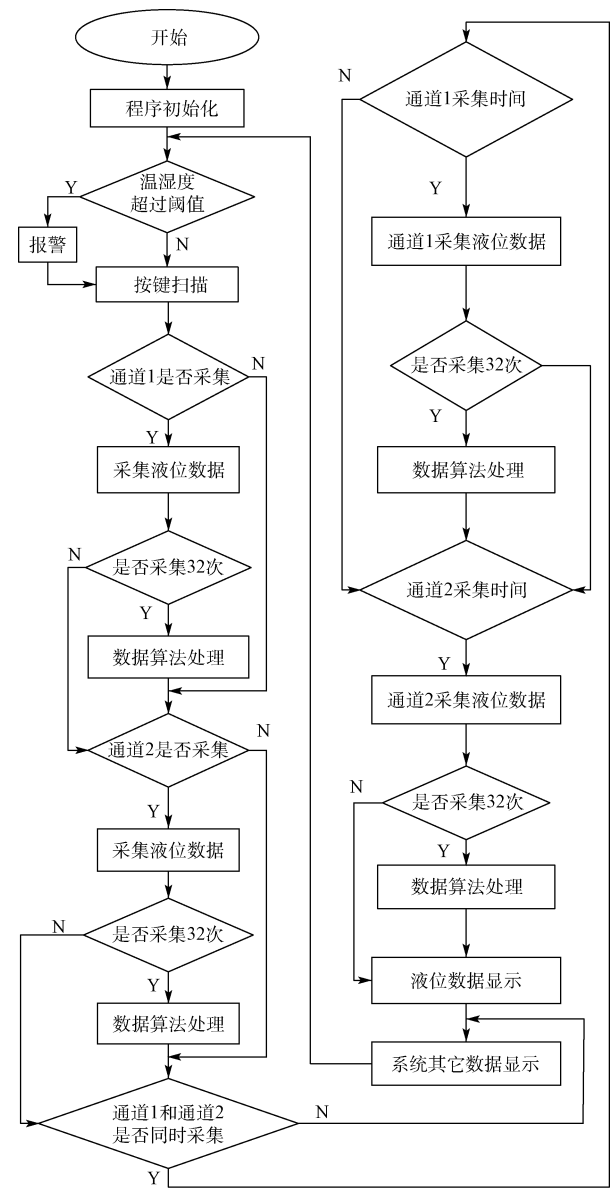


图 4 下位机系统软件控制流程

4.3 系统测试

为了测试和检验系统的功能,稳定性和准确度,在江西省测量计量研究院的一个汽车油罐车容量检定点进行测试。测试方法采用的是比较法,主要是与人工采用丁字尺所测试到的数据作为比较,来衡量数据的准确性^[6]。测试中,分为单通道测试和双通道测试,现场测试照片如图 5 和图 6 所示,测试数据如表 2~4 所示。



图 5 现场测试



图 6 现场设备

表 2 单通道测试数据

进水量/L	液位实时高度/mm	LabVIEW 系统测试高度差/mm	人工法丁字尺高度差/mm
14 000	1 310		
15 000	1 403	93	92
16 000	1 498	95	96
17 000	1 606	108	107
17 100	1618	12	13

表 3 双通道测试(前仓数据)

进水量/L	液位实时高度/mm	LabVIEW 系统测试高度差/mm	人工法丁字尺高度差/mm
13 000	1 302		
14 000	1 397	95	97
15 000	1 496	99	98
16 000	1 600	104	105

表 4 双通道测试(后仓数据)

进水量/L	液位实时高度/mm	LabVIEW 系统测试高度差/mm	人工法丁字尺高度差/mm
13 000	1 254		
14 000	1 394	95	95
15 000	1 446	97	98
16 000	1 550	104	104
17 000	1 663	113	113
17 100	1 676	13	14

从测试数据可以看出,无论是单通道测试还是双通道测试,基于 LabVIEW 的高精度多通道汽车油罐车液位检测计量系统可以完成汽车油罐车容量计量工作,满足 JJG133-2005《汽车油罐车容量检定规程》的精度要求,与人工采用丁字尺相差±1 mm,从检查以后的统计数据来看,基于 LabVIEW 的高精度多通道汽车油罐车液位检测计量系统具有良好的稳定性和良好的精度指标。

5 结 论

设计的基于 LabVIEW 的高精度多通道汽车油罐车液位检测计量系统,经过在测试现场对几十辆汽车油罐车进行实验测试和数据分析,系统无论是在单通道模式下工作还是在双通道模式下工作,都能很精确的对汽车油罐车的液位高度进行检测计量,并且系统运行稳定,测试结果满足 JJG133-2005《汽车油罐车容量检定规程》的精度要求。相对于传统的人工丁字尺的方法,本系统可以使得汽车油罐车的计量人工成本大大降低,效率有很大提升,可靠安全,同时可以自动导出 Excel 数据表格,不需要手动输入数据,能使计量工作变的方便快捷,具有一定的工程应用价值和经济价值。

参考文献

[1] 崔耀华. 汽车油罐车容量自动检定装置[D]. 郑州:郑州大学,2010:10-13.

[2] 兰云飞. 汽车油罐车容量自动检定装置的建立与测量不确定度分析[J]. 计量与测试技术,2012,39(2):60-62.

[3] 罗志东,张相山. 汽车油罐车容量测量结果的不确定度评定[J]. 计量与测试技术,2013,40(10):82-84.

[4] 叶刚. 基于 SHT11 温湿度测量仪的设计[J]. 国外电子测量技术,2011,30(12):66-68.

[5] 杨洪军. 基于 ARM 的油罐车油位测量系统的设计与研究[D]. 济南:山东理工大学,2011:11-12.

[6] 胡为,庄奕琪,包军林,等. 红外探测器低频噪声长时间监测系统[J]. 电子测量与仪器学报,2015,29(2):265-268.

[7] 施健健,朱蕴璞. 基于 AC-DC 开关电源外接滤波电路设计[J]. 电子测量技术,2015,37(6):8-10.

[8] 叶永伟,陆俊杰,钱志勤,等. 基于 LS-SVM 的机械式温度仪表误差预测研究[J]. 仪器仪表学报,2016,37(1):57-59.

[9] 谢轩. 基于 LabVIEW 和 NI USRP 的远程人脸识别系统设计与实现[J]. 国外电子测量技术,2016,35(2):35-37.

[10] 向德华,朱宁,欧阳琛. 双路并行汽车罐容量自动检定装置[J]. 工业计量,2014,24(5):42-45.

作者简介

占小波,1991 年出生,东华理工大学硕士研究生,主要研究方向为电路与系统。
E-mail:315268246@qq.com

李跃忠,1969 年出生,工学博士,副教授,主要研究方向为工业流量检测技术及超声波工业测量技术。