

基于 STM32 的智能压力变送器

李晓栋, 刘恒, 周文浩, 鲁光喜, 李浩楠

(中国石油大学(华东)控制科学与工程学院, 山东 青岛 266000)

摘要: 为降低传统压力变送系统的生产成本, 提高响应速度和智能性能, 设计了一款高精度智能压力变送系统, 该系统以 STM32 为控制核心, 采用压阻式压力传感器实时检测压力变化。设计内容包括压力传感, 压力变送, 信号调理, LCD 屏幕显示, 数据远传(USART), Web 实时显示, 实现了 4-20mA 电流输出功能的压力变送器仪表的设计, 且该仪表的量程为 0-1MPa, 精度在 1 级以内。

关键词: 智能压力变送; STM32

Intelligent pressure transmitter based on STM32

Li Xiaodong Liu Heng Zhou Wenhao Lu Guangxi Li Haonan

(School of Control Science and Engineering, China University of Petroleum (East China) Qingdao 266000)

Abstract : In order to reduce the production cost of the traditional pressure transmission system, improve the response speed and intelligent performance, a high-precision intelligent pressure transmission system is designed, which takes STM32 as the control core and uses piezoresistive pressure sensor to detect pressure changes in real time. The design content includes pressure sensing, pressure transmission, signal conditioning, LCD screen display, data remote transmission (USART), Web real-time display, and realizes the design of the pressure transmitter instrument with 4-20mA current output function, and the measuring range of the instrument is 0- 1MPa, and the accuracy is within 1 level.

Keywords: Intelligent pressure transmission; STM32

1 传感器设计背景和应用价值

1.1 设计背景

压力传感器作为工业活动中最为常见的传感器之一, 其广泛运用于 交通运输、石油化工、军事工业等各种工业自动控制的领域中。压力变送器的工作原理 是将压力信号转变成某种可测量的电信号^[1]。

1.2 应用价值

压力变送器工作室必须直接与被测介质想接触,常常在高温、低 温、腐蚀、振动、冲击等环境中运行, 在工作现场能否正常运行, 不仅取决于产品的质量, 也取决于优化的工程设计, 合理的型号配置, 以及正确的安装维护^[2]。压力变送器是流体行业中不可缺少的关键原件, 压力变送器主要应用在以下几个领域:

①石油、石化、化工，与节流装置配套，提供精确的流量测量与控制。可测量管道和贮罐的压力和液位。

②电力、城市煤气、其他公司事业，要求高稳定性和高精度的测量等场所。

③纸浆和造纸，用于要求耐化学液体、耐腐蚀性液体之类的场所。

④钢铁、有色金属、陶瓷，用于炉膛压力测量等要求高稳定性，高精度测量等场，用于在严格控制(温度、湿度等)条件下要求稳定测量的场所。

⑤机械、造船，用于严格控制高精度条件下要求稳定测量的场所。

总体来说，压力变送器主要用来测量介质的压力以及液位^[3]。在我们的工业生产中，应用非常广泛。

2 创新点与优势

①将压力传感器输出信号与STM32的快速处理能力相结合。

②通过外接高精度A/D转换芯片完对压力传感器输出模拟电压信号的模数转换。(采用AD7691高速AD采集其精密程度达到18位)

③为解决AD采集抖动问题我们认为是微小信号受工频干扰导致，故加入四阶Butterworth滤波器提高AD采样的准确度。

④加入物联网功能，设计Web页面实时显示现场数据，便于远程监控。

3 实现方案简介

3.1 设计原理

①测量部分：利用的压阻式压力传感器MPM280将气压信号转化为应变片的应变效应，再通过其自带的全桥电路，生成电压模拟信号，然后，通过板载的激励电路，给全桥一个恒定且稳定的电压激励并进入仪放差分输出，然后利用高精度ADC芯片AD7691芯片，将仪放输出的信号转化成为18位的数字信号，并由单片机进行读取，后经过单片机内部程序，通过标定的数值，将ADC读数转换为4-20mA的电流值。

②就地显示部分：此部分分为软件和硬件

软件：利用LCD显示屏，实时显示由AD采集到并经过单片机处理后的数据，即当前的电流值。

硬件：利用VI转换电路两线制输出接到4-20mA的电流计上。

③上位机远传硬件部分：利用串口模块，使用TTL电平，将上位机与单片机连接，结合自己编写的上位机软件实现单片机与上位机的数据通信。

实验验证过程：使用于标定和校验我们制作的压力表使用到的仪器为斯贝克SPMK2000E高压气体压力源，它自带一个高精度的量程为0-2MPa的标准表，同时提供了两个接入压力表的接口，通过压杆可以向装置内打气，并通过螺杆精密产生压力。将

标准表的压力值通过模拟量转换公式转换为 4-20mA 的电流值，将此数据与就地显示的电流值进行多次分析作比较，从而得出仪表的误差及精度。

④Web 部分：ESP32 将压力、电流信息通过 Wi-Fi，以 Json 格式发送至 EMQ-Cloud 中，通过在 EMQ-Cloud 部署的规则，将 Json 格式的信息保存至 MySQL 中，Web 通过 SQL 语言进行查询访问 MySQL 中的数据实时更新页面。

3.2 设计方法

① 系统工作原理流程图：

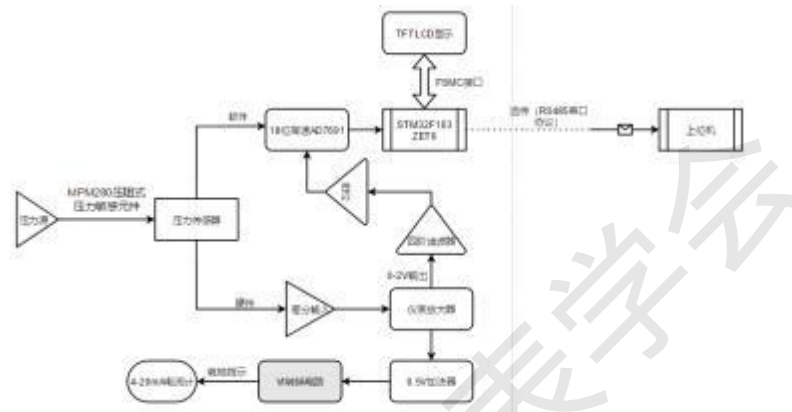


图1 系统工作原理流程图

② 硬件架构图：

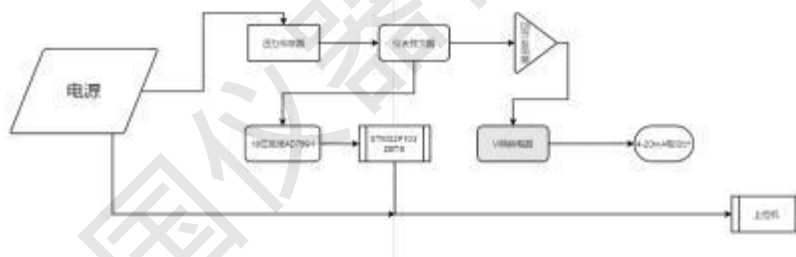


图2 硬件架构图

我们所有电路的设计和 PCB 的制作部分都是我们自己设计的，主要有以下四个模块 AD 采样模块(AD7691)、滤波电路(四阶 butterworth 滤波器)、仪表放大器电路、偏置及 VI 转换电路。下面有各个模块的原理图:

①AD 采样模块(AD7691) 原理图：

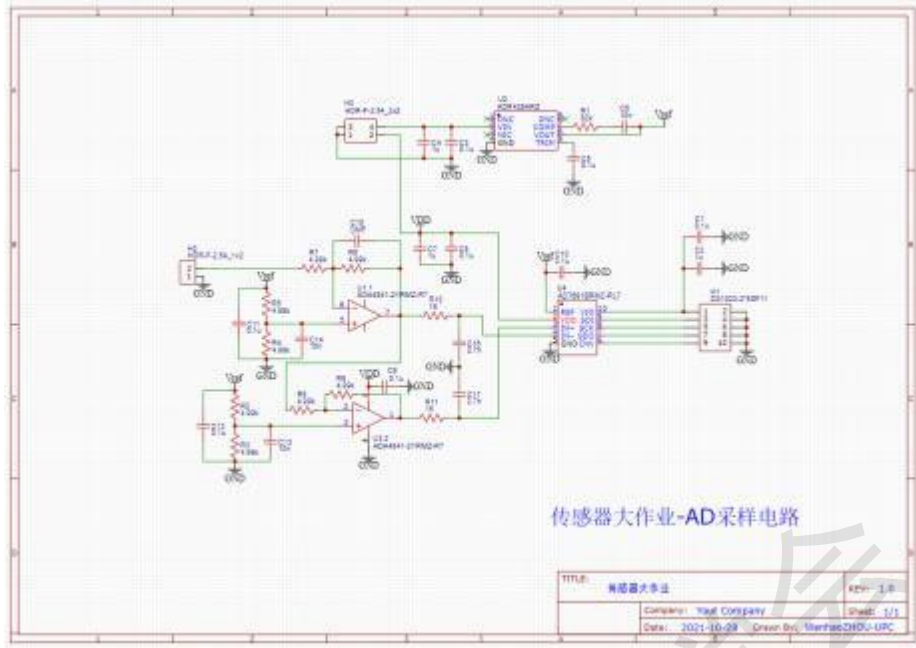


图3 AD 采样模块(AD7691)原理图

②滤波电路(四阶 butterworth 滤波器)原理图:

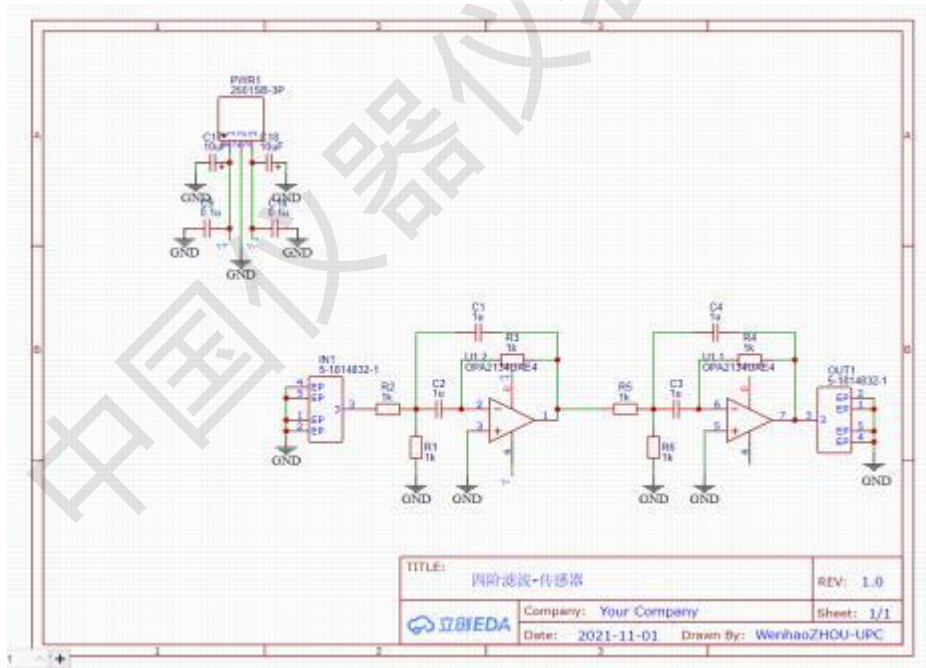


图4 滤波电路(四阶 butterworth 滤波器)原理图

③仪表放大器电路原理图:

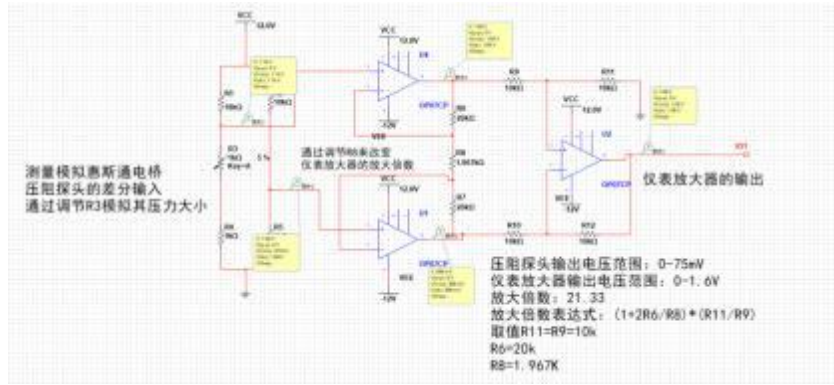


图5 仪表放大器电路原理图

④偏置及VI转换电路原理图:

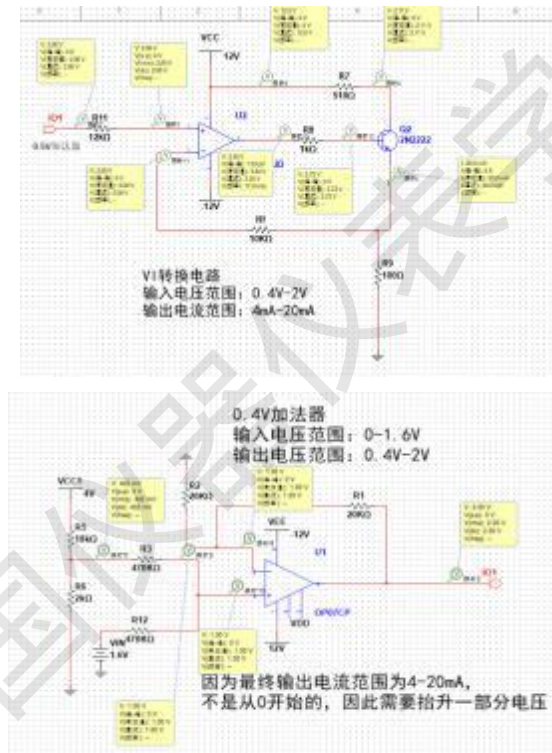
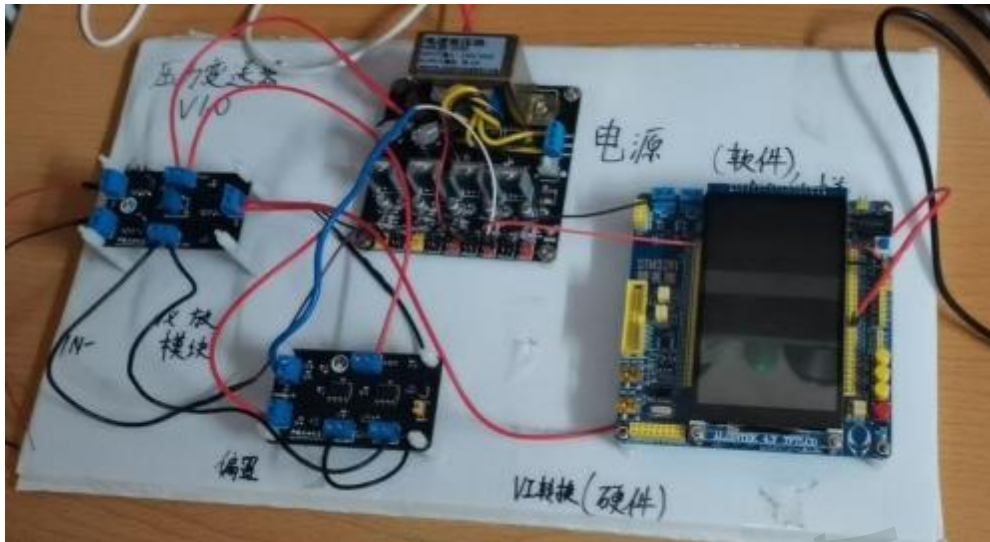


图9 偏置及VI转换电路原理图

3.4 实验验证过程



图L 实物测试图

测试结果:

表1 压力变送器校验单组记录表

序号	压力变送器输入压力值 Vin(MPa)	压力变送器输出电压值 Vout(V)	压力变送器实际输出电压 Vout_r(V)		绝对误差 ΔV (V)		引用误差 y %	回差 h %
			上行 Vout_r1	下行 Vout_r2	上行 ΔV1	下行 ΔV2		
1	0.16	0.72	0.72	0.71	0	-0.01	0.625	0.625
2	0.32	1.04	1.05	1.03	0.01	-0.01	0.625	1.25
3	0.48	1.36	1.36	1.35	0	-0.01	0.625	0.625
4	0.64	1.68	1.69	1.66	0.02	-0.02	1.25	2.5
5	0.8	2	2.00	1.97	0	-0.03	0.625	1.875

性能分析:

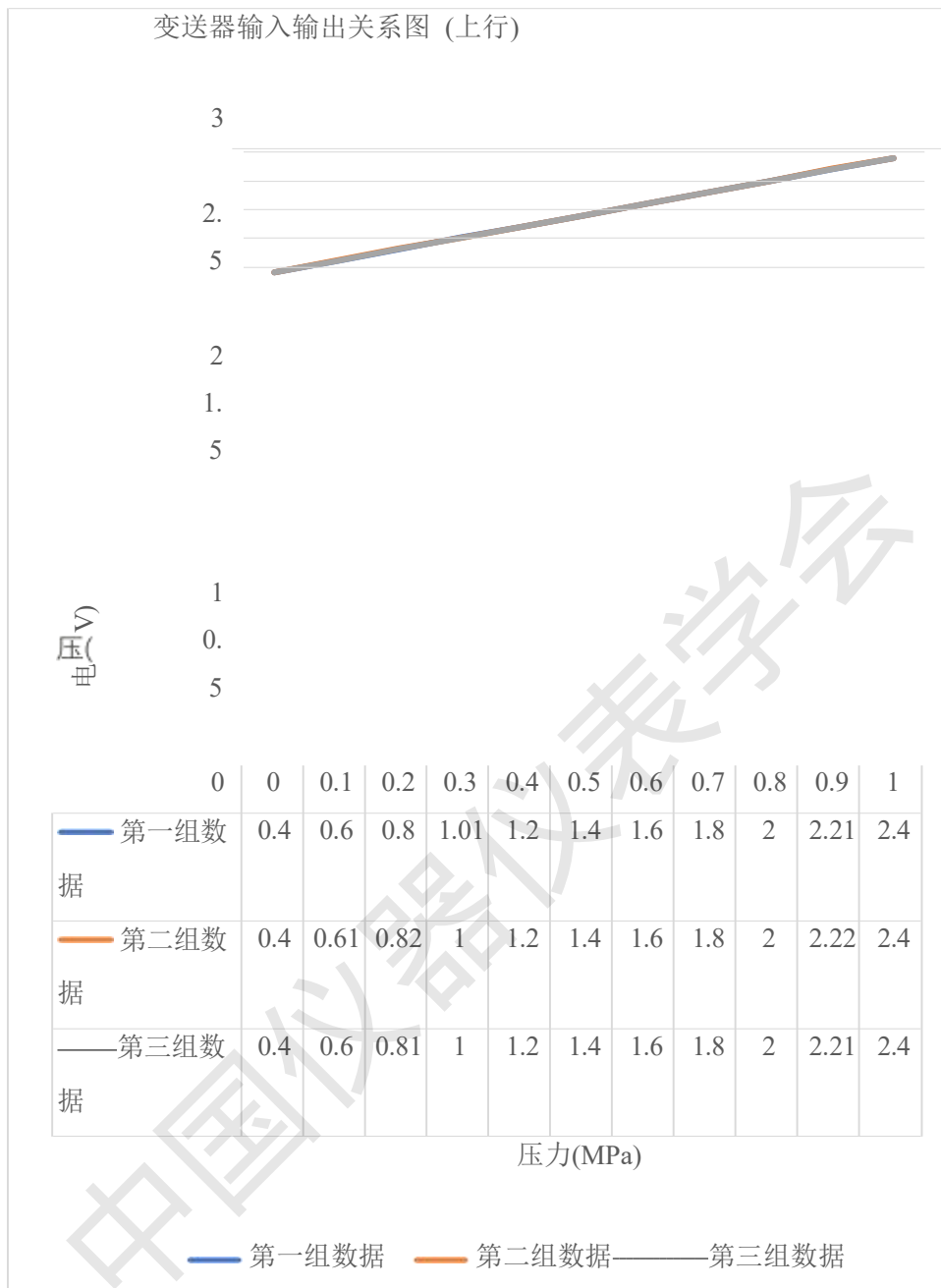
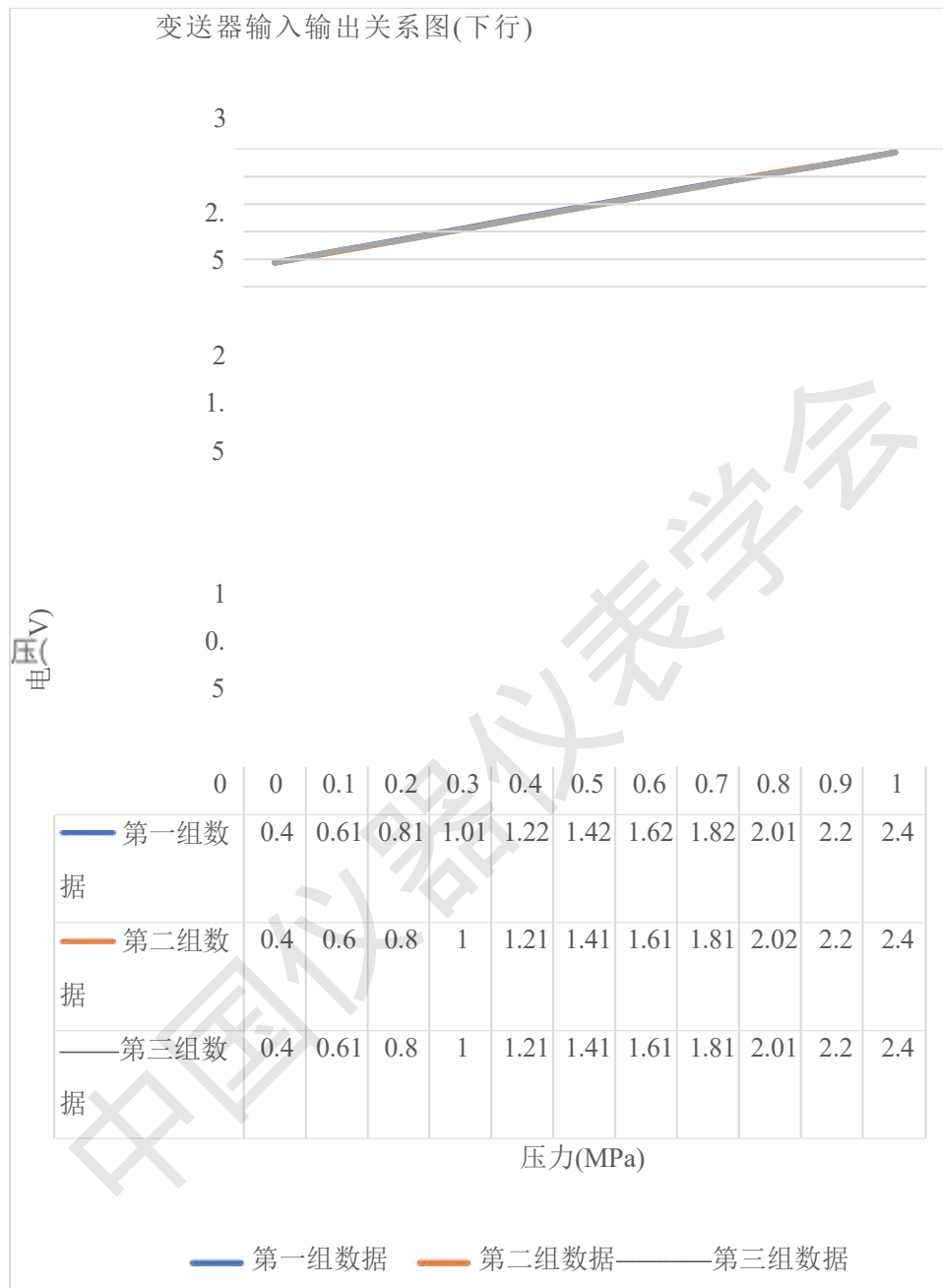


图 8 Web 界面显示图



(1)精度 γ :

$$\gamma = \frac{\Delta y_{max}}{L} * 100\%$$

带入数据求得传感器的精度为 0.125%

图 8 Web 界面显示图

(2)线性度 δ :

$$\delta = \frac{\Delta y_{max}}{y} * 100\%$$

代入数据求得传感器的线性度为 0.25%

(3)重复性

同一实验室，分析人员用相同的分析法在短时间内对同一样品重复测定结果之间的相对标准偏差，重复性就是对同一被测对象我们在不同时间做出来的重复结果之间的变异系数，因此我们可以用变异系数来衡量系统的重复性。变异系数的计算公式如下：

$$cv = \frac{\delta}{\mu}$$

其中 δ 表示标准差， μ 表示平均值，以上行时输入压力为 0.2MPa 时的测量数据为例，变异系数的计算过程如下：

$$cv = \frac{0.0158}{0.81} = 0.0195$$

下表给出的变异系数是在上行和下行取平均值的条件下：

输入压力	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0
变异系数	0	0.002922	0.004698	0.001953	0.001676	0.001467	0

由上述数据可知，系统的变异系数较小，稳定性较好，具有良好的可重复性。

Web 界面

压力	电流
0.1MPa	4.7mA
0.2MPa	5.5mA
0.3MPa	6.3mA
0.4MPa	7.1mA
0.5MPa	7.9mA
0.6MPa	8.7mA
0.7MPa	9.5mA
0.8MPa	10.3mA
0.9MPa	11.1mA
1.0MPa	11.9mA

图 8 Web 界面显示图

压力电流数据记录表

压力电流数据记录表

10 records per page Search:

压力	电流
1.6MPa	16.7mA
1.7MPa	17.5mA
1.8MPa	18.3mA
1.9MPa	19.1mA
2.0MPa	19.9mA
2.0MPa	19.9mA
2.0MPa	19.9mA
2.0MPa	19.9mA
2.0MPa	19.9mA
2.0MPa	19.9mA

Showing 41 to 50 of 50 entries

Previous 1 2 3 4 5 Next

中国仪器仪表学会

图 8 Web 界面显示图

参考文献

- [1]高天云. 智能压力变送器[J]. 自动化仪表, 1997, 018(005):1-4.
- [2]郝晓弘, 徐维涛, 马炜. 基于 FF 协议智能变送器的设计与开发[J]. 仪表技术与传感器, 2003(5):2.
- [3]周云波, 林家瑞 Zhou, Yunbo. 现场总线智能变送器的研制[J]. 自动化仪表, 1997.

中国仪器仪表学会