

集成数字式压力仪的研制

杜 民 方志成

(电子工程系)

摘 要

作者采用了最新集成压力传感器, 配上 $3\frac{1}{2}$ 位 A/D 转换器芯片及有关电子线路, 构成了集成数字式压力仪。该仪器简单可靠, 使用方便。1985 年, 在浙江省的计量研究所新农电子仪器厂, 分别进行标定和鉴定, 现已生产。本文将有关仪器原理, 线路以及传感器特性做一简要介绍。

一、前 言

在现代检测技术中, 仪器仪表正向着数字化、智能化发展, 越来越多的数字式仪表, 以它们准确度高, 使用方便等特点为广大用户所欢迎。

目前, 我国在气体压力检测方面, 还是以 U 形管, 指针式压力表等一次仪表为主体, 这些仪表虽然结构简单, 但存在读数不易, 误差大, 无法进行信号反馈, 因此对检测量不能进行控制等一些问题。为此, 我们研制了 DPG-1 型集成数字显示压力仪。

本仪器适用于测试各系统中静态、动态的气体压力, 如测量铸工车间冲天炉的风压, 通过检测数据, 获得冲天炉最佳工艺参数, 从而确保铁水质量的提高, 能源的节约。同样, 也适用于冶金、化工等行业中自动检测各种气体的压力。

由于传感器将气体压力转换为电量, 因此仪器很容易引出反馈信号, 从而对测试系统的气体压力进行控制, 使其运行于最佳状态。

二、设计原理与框图

根据气体测量原理, 该仪器由集成压力传感器、 $3\frac{1}{2}$ A/D 转换器、LED 数字显示电路和稳定电源等部分组成。其框图如图 1。

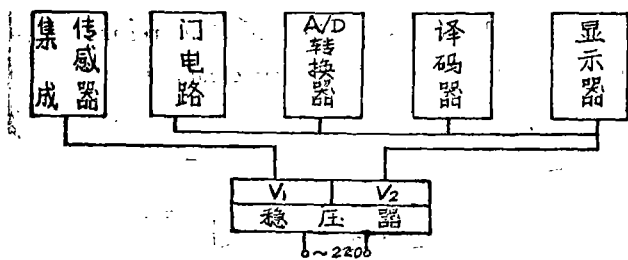


图1 DPG—型数字显示压力仪框图

本文 1985 年 9 月 25 日收到。

该仪器是利用半导体压阻效应将被测的气压或真空度通过集成压力传感器转换为电量进行测量的,这种集成压力传感器实质上是一个膜盒气压表,膜盒气压表中的密封排空器薄膜是直接接在惠斯登电桥上的,当输入的气体压力变化时,薄膜移动,则惠斯登电桥的电压输出也跟着相应变化。集成压力传感器的线路如图2。从集成压力传感器的P-V(气体压力—电压)曲线见图3。P-V是一条过原点的直线,调整其工作电压就可改变直线的斜率,选择最佳工作状态,使集成压力传感器的电压输出,经 $3\frac{1}{2}$ A/D转换后,可在显示器上直接显示压力读数。

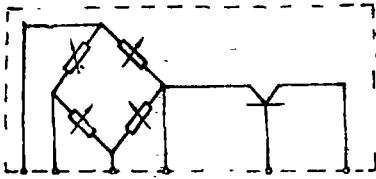


图2 集成压力传感器线路

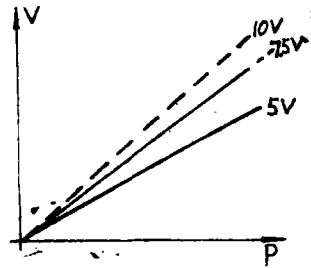


图3 P-V曲线

由于二次仪表线路和压力传感器都对电源提出较高要求,为此专门设计了两组输出稳压电路,它由集成稳压器和其它分立元件组装而成。除了一般集成电路所具有体积小、重量轻、可靠性高等特点外,还有精度高,调整方便,纹波系数小,抗干扰能力强等优点,并装有温度过载保护和电流短路保护等电路。

改善温度对仪器的影响,是保证仪器性能的另一问题,因为仪器在连续运行时,避免不了产生热量,而温度变化导致了仪器的稳定性变差,为了解决仪器连续工作的稳定性,我们对仪器中部分电路采取了隔热与散热措施。

集成传感器与接口之间气体泄漏会造成测量误差,因此在传感器与接口之间应严加密封。

三、测试结果

1、集成压力传感器

压力测量范围	0 ~ 2 bar	灵敏度(25℃)	13mV/v.bar
压力0 ~ 2bar线性误差	0.7%	运行温度	min - 40℃
传感器破裂压力	≥ 7 bar		max + 105℃
能承受最大电压	15v	桥路电压	7.5v

焊接时能耐受最大温度为260℃,时间为10秒。

2. 集成压力传感器的标定

由浙江省计量研究所采用活塞式压力计(精度为0.05级)对传感器进行标定, 标定结果数据如表1所示。

表1 集成压力传感器标定数据

标准压力值 (相对压力)	理想值 (mv)	第一次测量值 (mv)			第二次测量值(mv)			第三次测量值(mv)			
		正行程	残差	反行程	正行程	残差	反行程	正行程	残差	反行程	
-500 mmHg (-0.6798kgf/cm ²)	34.53	34.64	0.11	34.64	0.11	34.64	0.11	34.50	-0.03	34.39	-0.14
-400 mmHg (-0.5438kgf/cm ²)	47.74	47.53	-0.21	47.50	-0.24	47.50	-0.24	47.50	-0.24	47.48	-0.26
-300 mmHg (-0.4079kgf/cm ²)	60.95	61.00	0.05	60.80	-0.15	60.80	-0.15	60.52	-0.43	60.59	-0.36
-200 mmHg (-0.2719kgf/cm ²)	74.16	73.80	-0.36	73.80	-0.36	74.00	-0.16	73.83	-0.33	73.76	-0.40
-100 mmHg (-0.1359kgf/cm ²)	87.36	86.90	-0.46	87.01	-0.35	87.00	-0.36	87.02	-0.34	86.95	-0.41
0	100.57	100.24	-0.33	100.25	-0.32	100.38	-0.19	100.24	-0.33	100.18	-0.39
0.1 kgf/cm ²	110.29	109.96	-0.33	110.00	-0.29	109.90	-0.39	110.03	-0.26	109.96	-0.33
0.2 kgf/cm ²	120.00	119.70	-0.30	119.70	-0.30	119.70	-0.30	119.75	-0.25	119.71	-0.29
0.3 kgf/cm ²	129.72	129.50	-0.22	129.51	-0.21	129.56	-0.16	129.47	-0.25	129.52	-0.20
0.4 kgf/cm ²	139.43	139.47	0.04	139.30	-0.13	139.30	-0.13	139.27	-0.16	139.28	-0.15
0.5 kgf/cm ²	149.15	148.93	-0.22	148.97	-0.18	149.10	-0.05	149.01	-0.14	149.03	-0.12
0.6 kgf/cm ²	158.86	158.69	-0.17	158.74	0.12	158.80	-0.06	158.81	-0.05	158.72	-0.14
0.7 kgf/cm ²	168.58	168.47	-0.11	168.47	-0.11	168.60	0.02	168.61	-0.03	168.50	-0.08
0.8 kgf/cm ²	178.30	178.21	-0.09	178.22	-0.08	178.33	0.03	178.31	-0.01	178.23	-0.07
0.9 kgf/cm ²	188.01	187.93	-0.08	187.98	-0.03	188.10	0.09	188.09	-0.08	188.04	0.03
1.0 kgf/cm ²	197.73	197.68	-0.05	197.68	-0.05	197.80	0.07	197.80	-0.07	197.72	-0.01

注: 标准偏差 $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-2} \sum_i \sum_j e^2_{ij}} = \sqrt{\frac{1}{96-2} 4.802} = 0.226$

引用精度 $A = \frac{2\sigma}{\text{满量程输出}} = \frac{2 \times 0.226}{163.2} \times 100\% = 0.28\%$

根据表 1 数据可计算出传感器的准确度(表 2 数据)。

表 2 集成传感器的准确度

标准压力值 kgf/cm ² (相对压力)	实测平均值 \bar{y} (mv)	仪器显示值 \bar{y}_i	压力值 $-1 + \bar{y}_i$ (kgf/cm ²)	剩 余 误 差 $x_i - (\bar{y}_i - 1)$
-0.6798	31.65	0.345	-0.655	0.0248
-0.5438	47.50	0.475	-0.525	0.0188
-0.4079	60.67	0.606	-0.394	0.0139
-0.2719	78.82	0.788	-0.262	9.9×10^{-3}
-0.1359	86.98	0.870	-0.13	5.9×10^{-3}
0	100.25	1.003	0.003	-0.003
0.1	109.97	1.100	0.1	0
0.2	119.72	1.197	0.197	3×10^{-3}
0.3	129.51	1.296	0.296	4×10^{-3}
0.4	139.32	1.393	0.393	7×10^{-3}
0.5	149.02	1.490	0.490	0.01
0.6	158.74	1.588	0.588	1.2×10^{-3}
0.7	168.53	1.686	0.686	0.014
0.8	178.26	1.783	0.783	0.017
0.9	188.03	1.880	0.880	0.02
1.0	197.73	1.977	0.977	0.023

统计误差 $a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3.03551 \times 10^{-3}}{16-1}} = 0.014$

满刻度(相对误差) = $\pm \frac{2 \times 0.014}{1.6798} \times 100\% = \pm 1.7\%$

3、现场对比试验数据

本仪器样机在上海机床铸造五厂使用了一段时间，并与机械式 U 型气压机所显示的压力值对照如表 3。

四、结 束 语

本文作者所研制的数字式压力仪，由于采用集成压力传感器，因此所需电子线路非常简单，除了可做成压力仪外，对电子线路略加修改，也可构成真空度(负压)测量仪。有关真空度测量仪问题作者正在研制，准备另文发表。

表 3 现场对比试验数据

时 间	DPG-1 数字压力仪		Y 型 气 压 机		差 值
	显示平均值	压力值(kgf/cm ²)	读数(mmHg)	相当气压差(kgf/cm ²)	
85.3.23	1.2445	0.2445	177	0.231	+0.0135
	1.241	0.214	173	0.226	+0.015
	1.240	0.240	172	0.225	+0.015
	1.231	0.231	167	0.218	+0.013
	1.2285	0.2285	166	0.217	+0.0115
	1.233	0.233	168	0.219	+0.014
	1.2345	0.2345	169	0.221	+0.0135
	1.230	0.230	166	0.217	+0.013
	1.2295	0.2295	166	0.217	+0.0125
	1.214	0.214	148	0.193	+0.021
	1.020	0.020	3	0.004	+0.016
	1.222	0.222	150	0.196	+0.026
3.24	1.246	0.246	190	0.248	-0.002
	1.2505	0.2505	186	0.243	+0.0075
	1.251	0.251	186	0.243	+0.008
	1.254	0.254	186	0.243	+0.011
	1.261	0.261	190	0.248	+0.013
	1.262	0.262	190	0.248	+0.014
	1.263	0.263	192	0.251	+0.012
	1.118	0.118	184	0.110	+0.008
	1.264	0.264	193	0.252	+0.012
	1.2455	0.2455	181	0.236	+0.0095
	1.247	0.247	182	0.238	+0.009
3.25	1.214	0.214	166	0.217	-0.003
	1.223	0.223	165	0.215	+0.008
	1.210	0.210	156	0.204	+0.006
	1.222	0.222	165	0.215	+0.007
	1.1845	0.1845	132	0.172	+0.0125
	1.183	0.183	130	0.170	+0.013
	1.187	0.187	133	0.174	+0.013
	1.1625	0.1625	111	0.145	+0.0175
3.26	1.252	0.252	195	0.255	+0.003
	1.2545	0.2545	191	0.250	+0.0045
	1.2555	0.2555	191	0.250	+0.0055
	1.256	0.256	191	0.250	+0.006
	1.2585	0.2585	192	0.251	+0.0075
	1.255	0.255	191	0.250	+0.005
	1.2535	0.2535	191	0.250	+0.0035
	1.250	0.250	188.5	0.246	+0.004
	1.236	0.236	178	0.232	+0.004
	1.236	0.236	178	0.232	+0.004
	1.2365	0.2365	179	0.232	+0.0045
	1.239	0.239	179	0.234	+0.005
	1.234	0.234	174	0.227	+0.007
	1.227	0.227	170	0.222	+0.005
	1.2325	0.2325	174	0.227	+0.0055
	1.229	0.229	161	0.210	+0.019
	1.2235	0.2235	166	0.217	+0.0065

参 考 文 献

- [1] 集成电路应用, 国防科技出版社, (1984)。
- [2] 传感器接口及测试电路, 国防工业出版社, (1982)。
- [3] $3\frac{1}{2}$ 集成电路应用, 上海无线电元件五厂, (1983)。
- [4] Instrumentation in Process Control, E.J.wightman, (1976)。

Research of Integrated Digital Pressure instrument

Du Ming Fang Zicheng

Abstract

The integrated digital pressure instrument was developed by the authors of his article, that was manufactured by the newest integrated pressure transducer, $3\frac{1}{2}$ A/D converter and electronic circuits. This instrument is simple, reliable and convenient for use. It had been demarcated by the measuring institute of Zhe Jiang Province in 1985, and also appraised by Zin Lon electronic Instrument Factory of Zhe Jiang Province at the same year. Nowadays, this instrument has been produced. The principle of instrument, circuit and performance of sensor are introduced briefly in this paper.