

# “电压百分率输出”传感器的特性及校验

许惠萍

(福建化工学校, 福建 厦门 361022)

**摘要:**“电压百分率输出”是一种非标准信号,目前在进口设备中得到广泛应用。为解决这种新型电压百分率输出信号的校验问题,根据信号特性及有关国家校验标准,提出了“电压百分率输出”传感器的校验方法及数据处理方法。在校验装置、标准仪表选型、校验点的选取、校验的程序与步骤、数据处理方法等方面做了深入分析。经过多次现场应用,其结果表明,该校验与数据处理方法实用可行,能帮助相关工程技术人员了解此类传感器校验知识,更快地掌握其校验方法。

**关键词:** 传感器;百分率输出信号;校验

中图分类号:TH73;TM933.2

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2012)03-0369-04

## Characteristics and calibration of “ratiometric output signal” sensors

XV Hui-ping

(Fujian Chemical Industry School, Xiamen 361022, China)

**Abstract:** “Ratiometric output signal” is a kind of non-standard signal, which has been used in equipments imported from overseas increasingly and widely. In order to solve the problems on the calibration of this new kind of signal, calibration and data processing methods of ratiometric output signal sensors were proposed, according to signal characteristics and the national standards for sensor calibration. In depth analyses of calibration equipment, the selection of standard instrument and calibration point, the processes and procedures of validation, and data processing methods were performed. After repeated tests and evaluation by actual calibration, the results show that the calibration and data processing methods are practical and feasible. It can help engineers and others who may be interested to better understand the theory and calibration of such sensors.

**Key words:** sensor; ratiometric output signal; calibration

## 0 引言

当前,在自动控制领域,计算机技术、网络技术成为主流,因而“模数转换(A/D)”也就成为进入数控系统的第一站。现在模拟输出信号大都采用标准电压(1 V~5 V、0~10 V)或电流(4 mA~20 mA、0~10 mA)输出,要获得数字信号必须再经模数转换获得,传感器、模数转换的总精度由两者叠加产生。而对于大量使用电阻类传感器利用“电压百分率输出”有其独特优点,“电压百分率输出”信号经模/数转换后,其输出的数字信号与基准电源(或供电电源)电压无关,使用“电压百分率输出”信号的传感器,可以大大减少基准电源电

压波动对数字输出的影响,降低了对基准电源要求,减少温度对检测精度的影响,抑制了电源串扰,从而提高了系统精度。百分率信号是非标准信号,不能用现有智能校验仪器进行校验,在校验及数据处理上与标准信号有所差异,国内也很少有相关文献<sup>[1-3]</sup>。

本研究以丹麦丹佛斯(Danfoss)公司生产的“电压百分率输出”的压力传感器 ASK32R 为例进行相关分析。

## 1 传感器特性

ASK32R 压力传感器是丹麦丹佛斯(Danfoss)公司生产的常用于制冷系统的压力传感器,国内多个行业

收稿日期:2011-11-01

作者简介:许惠萍(1963-),女,福建龙海人,主要从事传感器、仪表及自动化实验与实训及“化工仪表维修工”技能鉴定方面的工作。E-mail: xm51592@163.com

正大量使用<sup>[4]</sup>。这种传感器是一种压阻式压力传感器,它是利用硅片上选择性扩散制成的应变计区,其电阻值随晶体内的压力而变化现象而制成的电阻式传感器,国内一般把它转换成 4 mA~20 mA 电流信号输出,而 ASK32R 采用“电压百分率输出”。

针对 ASK32R 压力传感器,当输入压力  $P_i$  在最小压力到最大压力之间( $P_{\min}$ ~ $P_{\max}$ )范围变化,输出信号  $V_0$  /  $V_s \times 100\%$  相应地在 10%~90%之间变化,这就是所谓的“电压百分率输出”。在输出端测得的是电压信号,但实际输出是输出电压与电源电压之比的百分率。传感器特性(电源电压以 5 V 为例)如图 1 所示。

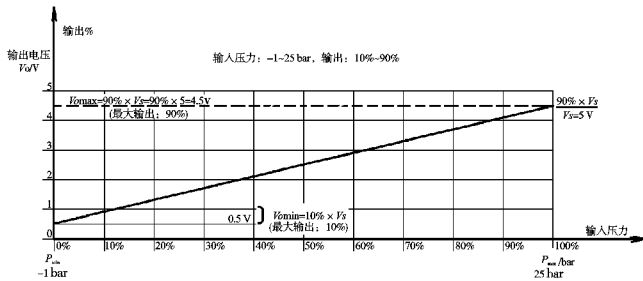


图 1 AKS32R 电源电压百分比输出传感器特性

从图 1 可知,电压百分率输出与输入绝对压力信号是线性关系,可得输出信号表达为: $V_0/V_s$ ,可表示为  $V_0/V_s = [0.1 + 0.8(P_i - P_{\min}) / (P_{\max} - P_{\min})] \times 100\%$ 。当输入  $P_i$  时,输出电压  $V_0$  还随着电源电压  $V_s$  的变化而变化。技术参数如表 1 所示。

## 2 “电压百分率输出”传感器的校验

压力传感器校验时,本研究使用活塞式压力计作压力发生器,选用压力标准器的基本误差的绝对值应小于被检压力传感器基本误差绝对值的 1/3。本例选用 0.1 级测量范围为 0~2.5 MPa 的弹簧管压力表作为压力标准器;使用的直流稳定度小于 0.05% FS/10 V (即波动小于  $\pm 1$  mV)的直流电源供电,使用四位半精密数字万用表测量电压。

校验前,本研究首先对传感器外观、校验系统的密封性进行检查;然后,排除活塞式压力计及弹簧管

压力表内油路中的空气;再按压力传感器校验系统示意图(如图 2 所示)把压力传感器、压力标准器连接到活塞式压力计上,把稳压电源、精密数字万用表与压力传感器相接<sup>[5-6]</sup>。校验系统正确安装、连接后,预热半小时,然后对校验系统加压到测量上限值(或抽空到测量下限值),压力稳定后,恒压 1 min,然后缓慢通大气,连续进行 3 次。恒压时,观察压力标准器及数字万用表示值,同时检查管路系统的密封性,系统不应有影响校验的泄漏和波动。接着进行示值校验:

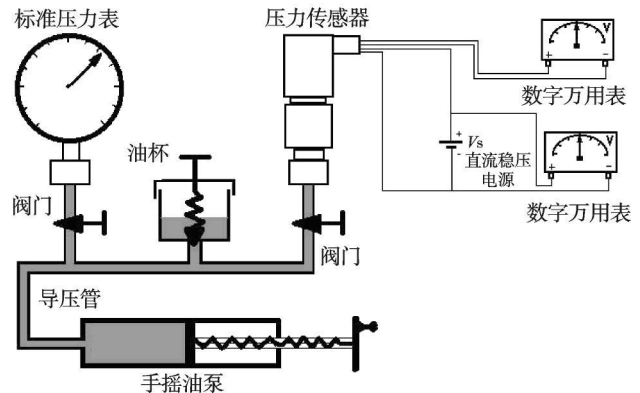


图 2 压力传感器校验系统示意图

(1) 校验点选取。本研究按精度级别选取相应的校验点,应在测量范围内均匀合理地分布。例:传感器压力范围为 0~2.5 MPa, 分别取:0、0.5 MPa、1.0 MPa、1.5 MPa、2.0 MPa、2.5 MPa 共 6 个校验点。对于测量范围包括正压和负压的压力传感器,正压和负压可分别进行校验。

(2) 校验方法(以正压为例)。本研究首先从测量下限(或零点)开始,按规定选取的校验点逐点平稳地升高压力至压力传感器的测量上限值,依次记录各校验正行程输出值(电源稳定度达不到要求应同时记录输出电压和电源电压,计算其比值百分率)。然后使输入压力在上限处产生一明显的波动,待压力稳定后记录在测量上限处的压力传感器反行程输出值,再逐点平稳地降压至测量下限(或零点),倒序记录各校验点的反行程输出值。

表 1 AKS32R 电源电压百分比输出压力传感器技术参数

参数	取值	参数	取值
精确度	$\pm 0.3\% \text{FS}$ (典型); $\pm 1\% \text{FS}$ (最大)	温度漂移系数	$\leq \pm 0.1\% \text{FS}/10 \text{K}$ (典型); $\leq \pm 0.2\% \text{FS}/10 \text{K}$ (最大)
非线性误差	$\leq \pm 0.2\% \text{FS}$	响应时间	$< 4 \text{ms}$
回差及重复性	$\leq \pm 0.1\%$	最大工作压力	60 bar(最大)
零点温度漂移系数	$\leq \pm 0.1\% \text{FS}/10 \text{K}$ (典型); $\leq \pm 0.2\% \text{FS}/10 \text{K}$ (最大)	爆炸压力	300 bar(最小)
供电电源	4.75 V ~ 8 V 直流	输出信号	(10%~90%)(电源电压)
供电电流	$< 5 \text{mA}$ (5 V 供电时)	输出电阻	$< 25 \Omega$
电源电压稳定度	$< 0.05\% \text{FS}/10 \text{V}$	负载电阻	$\geq 10 \text{k}\Omega$
工作温度	-10 °C ~ 85 °C	环境温度	低压 -30 °C ~ +40 °C 或高压 0~80 °C

注:FS 为满刻度 80% 即  $V_0$  为  $(90\% - 10\%)V_s = 80\%V_s$  ( $V_s$  电源电压)。

校验过程中应平稳地升压或降压,避免出现超调或回调现象。

(3) 正行程和反行程校验往返一次为一个循环。准确度等级低于 0.1 级(含 0.1 级)的压力传感器应连续进行 3 个循环;准确度等级高于 0.05 级(含 0.05 级)的传感器,应至少连续进行 4 个循环。

校验过程中出现中断、重新调整零点值或输出值等现象,必须重新进行校验。

### 3 数据处理

压力传感器的工作直线及各项误差的计算参照国家技术监督局颁布的 JJG860-94 《压力传感器的校验(静态)》中的规程执行<sup>[7]</sup>。规程条文要求,分别进行校准曲线、工作直线(端点连线和端点平移线、或最小二乘直线)、满量程输出值、重复性误差、回程误差、线性误差以及基本误差的计算。

送检压力传感器:		压力标准器(活塞式压力计):				
名称: _____	型号: _____	名称: _____	型号: _____			
测量范围: _____	编号: _____	测量范围: _____	编号: _____			
精度等级: _____	制造单位: _____	精度等级: _____	制造单位: _____			
直流电源:		标准压力表:				
名称: _____	型号: _____	名称: _____	型号: _____			
测量范围: _____	编号: _____	测量范围: _____	编号: _____			
环境条件:						
室内温度: _____ °C; 相对湿度: _____ %; 大气压力: _____ Pa; 工作介质: _____						
输入压力 / MPa	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
理想输出	10%	26%	42%	58%	74%	90%
一次	正行程	$V_s$				
		$V_o$				
		$V_o/V_s$				
	反行程	$V_s$				
		$V_o$				
		$V_o/V_s$				
回 差						
二次	正行程	$V_s$				
		$V_o$				
		$V_o/V_s$				
	反行程	$V_s$				
		$V_o$				
		$V_o/V_s$				
回 差						
一次	正行程	$V_s$				
		$V_o$				
		$V_o/V_s$				
	反行程	$V_s$				
		$V_o$				
		$V_o/V_s$				
回 差						
正行程最大误差						
反行程最大误差						
测量点最大回差						
测量点最大误差						
最大绝对误差						
校验结论及分析:						
校验人: _____		复核人: _____		年 月 日		

图 3 压力传感器校验记录表示意图

压力传感器的基本误差分为线性与非线性两种<sup>[8]</sup>。线性传感器的基本误差等于随机误差的极限与系统误差之和。定点使用的非线性传感器的基本误差(仅对校验点适用)等于随机误差的极限与回程误差之半的和,计算得到基本误差后,就可知道压力传感器的准确度级别能否达到其技术要求。

计算误差时注意:由于这种传感器输出信号的号是  $V_0/V_s$  的百分率,而不是直接输出电压;测量起点电压不是零,而是 10%;最大值不是 100%而是 90%,满量程是 80%。

例如,传感器输入压力范围为 0~2.5 MPa,  $P_{\max}=2.5$  MPa,  $P_{\min}=0$ 。本研究选取的 6 个校验点分别为:0、0.5 MPa、1.0 MPa、1.5 MPa、2.0 MPa、2.5 MPa。对应的电压百分率输出分别为:10.0%、26.0%、42.0%、58.0%、74.0%、90.0%;按  $V_0=[0.1+0.8(P_i-P_{\min})/(P_{\max}-P_{\min})]\times V_s$  计算出相应的理论输出电压。对当电源电压为 5.000 V 时,对应的输出电压分别为:0.500、1.300、2.100、2.900、3.700、4.500 V;  $P_{\max}$  对应  $V_{\max}$  为 4.500 V,  $P_{\min}$  对应  $V_{\min}$  为 0.500 V。

当校验 1.0 MPa 压力时,本研究给压力传感器施加 1.0 MPa 压力,  $V_s=5.000$  V $\pm$ 1 mV,理论输出为 42%,测的输出电压  $V_0$  为 2.110 V,传感器实际输出  $V_0/V_s$  为:

$$\frac{V_0}{V_s}=[0.1+0.8(V_0-V_{\min})/(V_{\max}-V_{\min})]\times 100\%=[0.1+0.8(2.110-0.500)/(4.500-0.500)]\times 100\%=42.2\%$$

$V_0/V_s\times 100\%$ 就是传感器的输出信号,本研究按检定规程进行数据处理时,利用  $V_0/V_s\times 100\%$ 进行处理。

$V_0$ 为输出电压,  $V_s$ 为电源电压,电压波动不超过 $\pm 1$  mV 时,只记录一次;若超差,当传感器响应时间比

电源电压波动时间大时,对每一压力校验点,应同时记录  $V_0/V_s$  以便计算该校验点的输出,以减少电源电压波动对记录输出的影响。

压力传感器校验记录表示意图如图 3 所示。

## 4 结束语

目前,国内有关“电压百分率电压输出信号”传感器校验资料很少。针对传感器校验的国家标准在电压百分率信号中的应用问题,笔者从介绍“电压百分率输出信号”的特性入手,重点阐明了“电压百分率输出”传感器的校验方法及数据处理方法,对于使用这种信号传感器的工程技术人员了解此类传感器校验知识、更快地掌握其校验方法,该方法具有一定的指导意义。

## 参考文献(References):

- [1] 王 慧. 化工仪表计算机校验技术[M]. 北京:化学工业出版社,2010.
- [2] 杨世海,程彦华. 电测仪表及其应用[M]. 北京:中国电力出版社,2009.
- [3] 胡宝寅. 工业仪表及自动化实验[M]. 北京:化学工业出版社,2001.
- [4] Danfoss. Automatic controls for refrigeration plant and Air Conditioning Systems Catalogue[K]. Danfoss,1996.
- [5] 沙占友. 胜利牌数字仪器仪表原理与检修指南[M]. 北京:电子工业出版社,1992.
- [6] 姚士春. 压力仪表使用、维修与检定[M]. 北京:中国计量出版社,2003.
- [7] 国家技术监督局. JJG-860-94 压力传感器(静态)[M]. 北京:中国计量出版社,1994.
- [8] 王 冠. 以“电压百分率”输出方式传感器及其应用[J]. 传感器世界,2005,11(6):33-36.

[编辑:李 辉]

(上接第 368 页)

- [8] [日] 黑田彻. 基于 OP 放大器与晶体管的放大电路设计[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [9] [日] 铃木雅臣. 晶体管电路设计(上)[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [10] HOSSEINI M. Voltage-controlled current source uses two op amps[J]. **Electronic Design**,2004,52(25):67-70.
- [11] 陈国柱,吕征宇,钱照明. 有源电力滤波器的一般原理与应用[J]. 中国电机工程学报,2000,20(9):17-21.
- [12] 李迎春. 程控电流源的设计[J]. 电子工程师,2006,32(10):46-48.
- [13] 李圣清,朱英浩,周有庆,等. 电网谐波检测方法的综述

[J]. 高电压技术,2004,30(3):39-42.

- [14] RAHIM N.A,MEKHILEF S,ZAHRUL I. A single-phase active power filter for harmonic compensation [C] //IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT). Hong Kong:2005 IEEE International Conference on Industrial Technology(ICIT),2005:1139-1143.
- [15] ENG F Z,AKAGI H. A new approach to harmonic compensation in power systems—a combined system of shunt passive and series active filters[J]. **IEEE Transactions on Industry Applications**,1990,26(6):983-990.

[编辑:罗向阳]