

电源及负载电阻对 PTB220 型气压传感器检定结果的影响

李建英 贺晓雷 崇伟 丁红英

(中国气象局气象探测中心, 北京 100081)

摘要 为保证检定结果的准确可靠, 对多台自动气象站用 PTB220 型气压传感器进行了供电电压及负载电阻的试验。试验结果表明: 在 12~30 V 的范围内, 随着供电电压的提高, PTB220 型气压传感器模拟量输出测量误差存在着逐渐变大的现象, 这种变化最大达到了 -0.28 hPa; 而数字量输出则不存在这一问题; 当负载电阻在 10~500 k Ω 之间变化时, PTB220 型气压传感器的模拟量输出测量误差在测量范围下限附近呈现出随着负载电阻的增加而逐渐增大的现象。基于这一发现, 对 PTB220 型气压传感器检定方法的完善提出了针对性建议。

关键词 气压传感器; 供电电压; 负载电阻; 测量误差

引言

2000 年前后, 我国各级气象部门已陆续建立了地面自动气象站。自 2009 年起, 2423 个国家级自动气象站已经全面投入我国气象探测网的业务运行。大量自动气象站投入业务运行后, 如何保证其观测质量, 成为大家关心的焦点。而自动气象站的检定是保证观测质量的基础^[1-3]。

2011 年以前, 全国自动气象站基本上每 2 年在现场整机校准 1 次, 由于现场环境条件具有不确定性, 所以对自动气象站校准结果也不可避免的带来了诸多不确定因素^[4-7]。基于这些问题, 中国气象局确立了传感器与数据采集器分别校准的技术路线, 即传感器通过替换方式返回省级气象计量机构进行实验室检定, 而对于不具备替换条件的数据采集器在现场进行校准。中国气象局综合观测司于 2011 年发布了 6 部自动气象站传感器部门检定规程, 其中包括 JJ G001(气象)—2011 自动气象站气压传感器检定规程, 建立了自动气象站气压传感器的计量检定手段。目前, 我国自动气象站测量气压广泛使用 Vaisala 公司生产的 PTB220 型气压传感器(以下简称气压传感器)。本文主要探讨在对气压传感器检定过程中, 供电电源及负载电阻对气压传感器检定结果的影响。

1 气压传感器测压原理与信号输出形式

PTB220 型气压传感器使用了 BAROCAP 硅电容绝对压力传感器为感应元件, 当大气压力变化时, 硅薄膜弯曲使传感器真空室高度发生变化, 从而引起硅膜盒平行板电容器的电容发生变化, 根据电容值的变化量进行环境压力测量。

由于 PTB220 型气压传感器同时具有数字信号和模拟信号两种输出方式, 因此计量机构首先必须了解 PTB220 型气压传感器在实际业务观测中使用哪种信号输出方式, 根据气压传感器实际使用时的信号输出方式, 确定气压传感器的检定方式。即如果气压传感器在业务应用中使用的是数字量输出方式, 计量检定机构则对气压传感器的数字量进行检定, 否则应对气压传感器的模拟量进行检定^[8]。

2 气压传感器连接方法

将气压标准器、压力控制装置、被检气压计即气压传感器按图 1 方式连接, 电路连接见图 2。气压传感器 RS232C 串口 7、9 脚为传感器 12 V 供电电源输入端, 由台式直流稳压电源提供; 6、8 脚为模拟电压信号输出端, 在接数字多用表内置扫描开关或前面板输入端时, 并联一个 10~500 k Ω ^[5] 之间的标准负载电阻, 实现对气压传感器输出电压的测量;

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

公益性行业(气象)科研专项“自动站观测资料质量评估及订正技术研究”资助

作者简介: 李建英, 女, 1964 年生, 高级工程师, 长期从事气象仪器计量检定工作, Email: ljyaoc@cma.gov.cn

收稿日期: 2014 年 5 月 5 日; 定稿日期: 2014 年 8 月 28 日

2、3、5脚为传感器数字信号输出端与 PC 机 COM 口相连,通过计算机超级终端来实现对气压传感器数字量输出的测量^[9]。

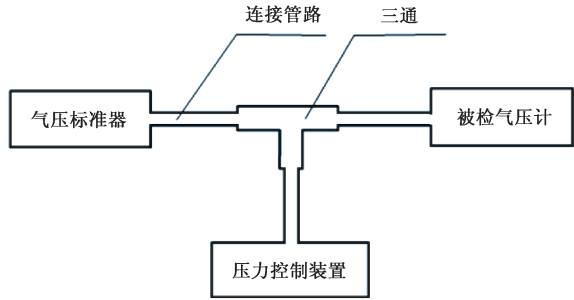


图 1 气压传感器示值误差检定气路连接示意

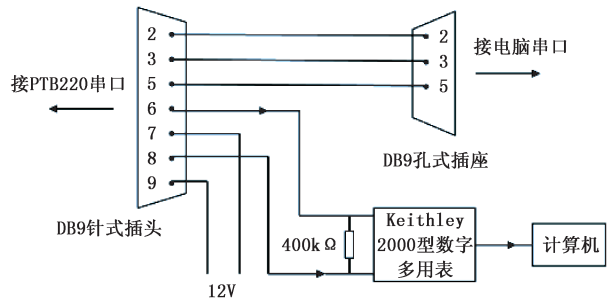


图 2 气压传感器数字量/模拟量输出电路连接示意

3 电源对传感器检定结果的影响

试验选取编号为 No. 3930003、No. 3930004、No. 3930005 的 3 台气压传感器,气压传感器示值误差检定按图 1 方式连接,电路及标准负载电阻按图 2 方式连接。在 500~1100 hPa 测量范围内,选取了 500 hPa、800 hPa、1000 hPa、1100 hPa 4 个试验点。在气压传感器模拟量输出端并联一个 50 kΩ 标准负载电阻。在 PTB220 系列气压传感器用户手册中,气压传感器供电电压的范围为 10~30 V。JJG 001—2011 自动气象站气压传感器部门检定规程规定,气压传感器的供电电压为 12 V。因此本试验供电电压从 12 V 开始,16 V 以下(含 16 V),每隔 1 V 为 1 个试验点;在 16 V 以上,每隔 2 V 为 1 个试验点,直至 30 V。试验时,首先在固定连接 50 kΩ 标准负载电阻、依次固定试验选取的供电电压条件下,由压力控制器发生压力,按选取的压力检定点进行两个压力循环的试验。压力稳定后,依次读取标准器值、气压传感器模拟量输出值及数字量输出值。

气压传感器模拟信号输出电压范围为 0~5 V,

对应的气压测量范围为 500~1100 hPa,气压传感器的电压值按式(1)转换为压力值。

$$p = \frac{p_h - p_l}{V_h - V_l} V_{out} + p_l \tag{1}$$

式中: p 为气压传感器的压力值,单位:hPa; p_h 为气压测量范围的上限,1100 hPa; p_l 为气压测量范围的下限,500 hPa; V_h 为输出电压上限,5 V; V_l 为输出电压下限,0 V; V_{out} 为输出电压,单位:V。

将 1100 hPa、500 hPa、5 V 和 0 V 代入式(1):

$$p = 120V_{out} + p_l \tag{2}$$

按式(2)分别计算出每台气压传感器模拟量输出的压力转换值。将标准器、气压传感器数字量输出及模拟量输出在每个压力点上 4 次数据平均值作为每个测试点的测量结果,并分别计算出气压传感器模拟量输出、数字量输出在 50 kΩ、不同供电电压下的每个压力点测量误差的平均值。

在 500 hPa 压力点、负载电阻 50 kΩ 条件下,气压传感器模拟量输出测量误差与供电电压的关系见图 3a,气压传感器数字量输出测量误差与供电电压的关系见图 3b。

在 800 hPa 压力点、负载电阻 50 kΩ 条件下,气压传感器模拟量输出测量误差与供电电压的关系见图 3c,气压传感器数字量输出测量误差与供电电压的关系见图 3d。

在 1000 hPa 压力点、负载电阻 50 kΩ 条件下,3 台气压传感器模拟量输出测量误差与供电电压的关系见图 3e,气压传感器数字量输出测量误差与供电电压的关系见图 3f。

在 1100 hPa 压力点、负载电阻 50 kΩ 条件下,3 台气压传感器模拟量输出测量误差与供电电压的关系见图 3g,气压传感器数字量输出测量误差与供电电压的关系见图 3h。

从图 3a、图 3c、图 3e 和图 3g 中可以看出,供电电压从 12 V 逐渐提高至 30 V,随着供电电压的升高,3 台气压传感器模拟量输出的测量误差不断变大,最大变化了一 0.28 hPa。引起这种现象的原因正处于研究阶段。

从图 3b、图 3d、图 3f 和图 3h 中可以看出,供电电压从 12 V 逐渐提高至 30 V,随着供电电压的升高,三台气压传感器数字量输出的测量误差不存在逐渐变大的现象。

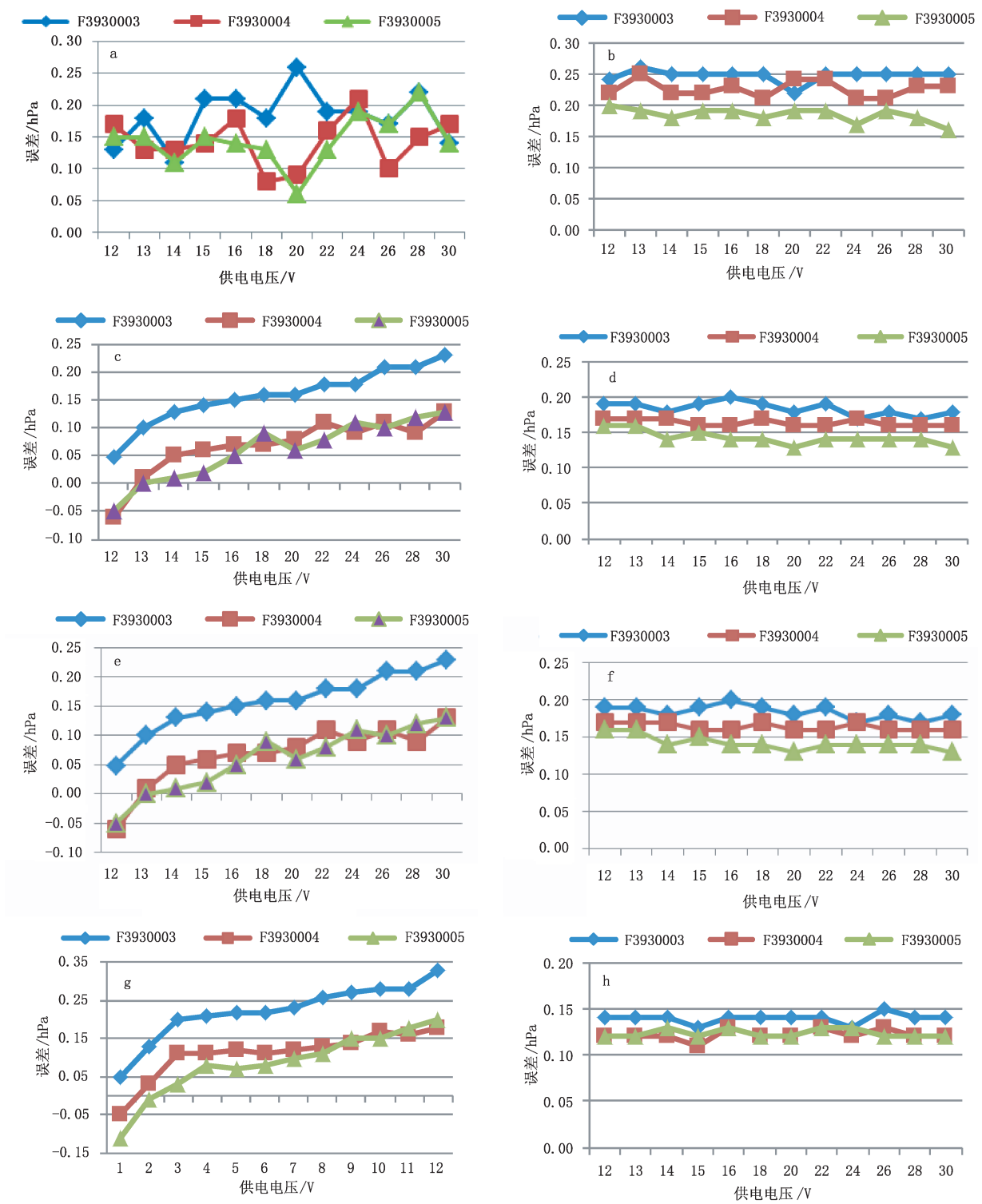


图 3 各压力点上气压传感器模拟量(a、c、e、g)、数字量(b、d、f、g)输出测量误差与供电电压
(a、b 500 hPa, c、d 800 hPa, e、f 1000 hPa, g、h 1100 hPa)

4 负载电阻对传感器模拟量输出检定结果的影响

对气压传感器模拟量输出的检定,PTB220 系列数字气压计用户手册中,要求在气压传感器输出端并联一个 $10\sim 500\text{ k}\Omega$ 之间的标准负载电阻。本次试验选取了 3 台 PTB220 气压传感器,编号为 F3930003、F3930004、F3930005。在 $500\sim 510\text{ hPa}$ 范围内,每隔 1 hPa 为 1 个试验点,包含两个端点;在 $510\sim 1100\text{ hPa}$ 范围内,选取了 800 、 1000 、 1100 hPa 3 个检定点;在 $10\sim 500\text{ k}\Omega$ 范围内,在 $100\text{ k}\Omega$ 以下,从 $10\text{ k}\Omega$ 开始,每隔 $10\text{ k}\Omega$ 为一个试验点,直至 $100\text{ k}\Omega$;在 $100\text{ k}\Omega$ 以上,每隔 $100\text{ k}\Omega$ 为一个试验点,直至 $500\text{ k}\Omega$ 结束。试验时 3 台气压传感器供电电压为 12 V ,3 台气压传感器输出端分别连接一个按以上要求选取的阻值相同的标准负载电阻。压力控制器、压力标准器、气压传感器按图 1 方式连接,标准负载电阻按图 2 方式连接。试验时由压力控制器发生压力,按选取的压力检定点进行两个压力循环的试验。压力稳定后,依次读取标准器值、气压传感器模拟量输出值。

分别计算 3 台气压传感器在连接不同标准负载电阻时,每个压力点上模拟量输出的测量误差,根据自动站气压传感器检定规程的要求,确定气压传感器模拟量输出标准负载电阻的最佳值。F3930003 在连接不同标准负载电阻时气压传感器模拟量输出的测量误差见图 4a,F3930004 在连接不同标准负载电阻时气压传感器模拟量输出的测量误差见图 4b,F3930005 在连接不同标准负载电阻时气压传感器模拟量输出的测量误差见图 4c。

由图 4 看出,3 台气压传感器随着负载电阻值的增大,在测量范围的下限点 500 hPa 和 501 hPa 存在着误差逐渐增大的现象,在标准负载电阻为 $500\text{ k}\Omega$ 时,F3930003 模拟量输出的测量误差达到 1.54 hPa ,F3930004 模拟量输出的测量误差达到 1.45 hPa ,F3930005 模拟量输出的测量误差达到 1.09 hPa 。造成这种现象的原因,主要是气压传感器已处于开路状态,在开路状态下,测量其输出电压会造成阻抗失配,使输出信号波动较大而不稳定^[10]。

当负载电阻在 $10\sim 500\text{ k}\Omega$ 之间变化时,PTB220 的模拟量输出在测量范围的下限存在着一

个明显超出误差的区域,且该区域的范围随着负载电阻的增加而逐渐增大。当标准负载电阻在 $10\sim 60\text{ k}\Omega$ 范围内,3 台气压传感器模拟量输出的测量误差在 $500\sim 1100\text{ hPa}$ 范围内,均不超过最大允许误差 $\pm 0.25\text{ hPa}$ 的要求。当标准负载电阻在 $70\sim 500\text{ k}\Omega$ 之间,3 台气压传感器模拟量输出的测量误差在 $500\sim 1100\text{ hPa}$ 范围内,要满足规程规定的要求,可提高压力测量范围下限点,由 500 hPa 提高到 502 hPa ,就可避免明显的超差区域。为了与气压传感器数字量输出压力测量范围($500\sim 1100\text{ hPa}$)相统一,建议在气压传感器模拟量输出端连接 $10\sim 60\text{ k}\Omega$ 之间的标准负载电阻,否则,就应提高气压传感器压力测量范围的下限。

5 结论与建议

(1)电源对气压传感器模拟量输出测量误差存在影响,对数字量输出测量误差无影响。在气压传感器输出端连接 $50\text{ k}\Omega$ 或 $200\text{ k}\Omega$ 标准负载电阻、并在相同压力点上检定时,供电电压在 $12\sim 30\text{ V}$ 范围内,随着供电电压的升高,气压传感器模拟量输出测量误差逐渐变大,这种变化最大达到 -0.28 hPa ;而该气压传感器数字量输出测量误差不存在逐渐变大的现象。

(2)负载电阻对气压传感器模拟输出测量误差存在影响。在气压传感器输出端不连接标准负载电阻条件下,气压传感器模拟量输出的测量误差在测量范围的下限出现较大误差。

(3)下限的设置问题。在气压传感器输出端连接 $10\sim 60\text{ k}\Omega$ 之间的标准负载电阻条件下,3 台气压传感器模拟量输出压力测量范围下限与数字量输出压力测量范围下限相同,为 500 hPa ;在气压传感器输出端连接 $70\sim 500\text{ k}\Omega$ 之间的标准负载电阻条件下,3 台气压传感器模拟量输出压力测量范围的下限由 500 hPa 提高到 502 hPa 。

(4)检定时标准负载电阻的使用问题。建议在修订 JJG001—2011 自动气象站气压传感器部门检定规程时,在气压传感器模拟量输出端并联一个 $10\sim 60\text{ k}\Omega$ 之间固定的标准负载电阻。

(5)建议自动气象站的生产厂家尽量使用气压传感器数字量输出。

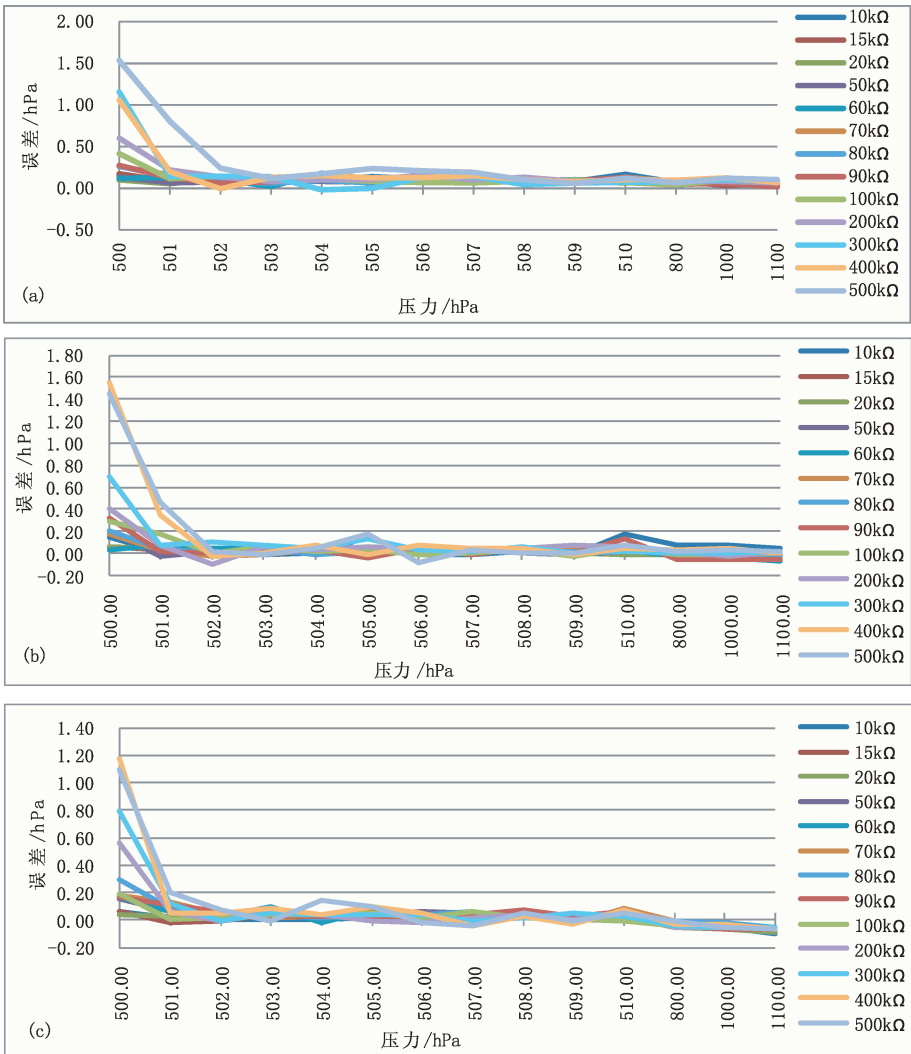


图 4 各气压传感器在连接不同负载电阻时气压传感器模拟量输出的测量误差：
(a)F393003,(b)F393004,(c)F393005

参考文献

[1] 鞠晓慧,任芝花,曹丽娟,等.自动与人工观测气压的差异与原因分析[J].气象,2010,36(1):104-110.
[2] 罗淇,任芝花,邹树峰,等.自动气象站现场校准方法探讨[J].气象,2007,33(12):93-97.
[3] 李晓峰,党选发,王泉怀.自动气象站标准检定方法初探[J].甘肃气象,2000,18(3)39-40.
[4] 罗淇,朱乐坤,高林,等.自动气象站气压传感器现场校准方法[J].气象科技,2008,36(4):499-501.
[5] 党选发,李晓峰,袁志鹏.自动气象站现场校准方法探讨和传

感器调整方法的探讨[J].气象科技,2007,35(3):432-434.
[6] 孙嫣,高民,杨茂水,等.自动气象站各气象要素现场校准时段的选择[J].气象,2007,33(4):97-101.
[7] 朱乐坤,郑丽春.自动气象站各要素传感器检定结果的不确定度的分析[J].应用气象学报,2006,17(5):635-642.
[8] PTB220 Series Digital Barometers User's GUIDE [Z]. Finland: Vaisala Oyj, 2001: 1-7.
[9] PTB220 Series Digital Barometers User's GUIDE [Z]. Finland: Vaisala Oyj, 2001: 87-90.
[10] 郭瑞宝,边文超,罗淇,等. PTB220 气压传感器模拟量调整方法[J].气象科技,2011,39(2):217-221.

Effect of Supply Voltage and Load Resistance on Verification Results of PTB220 Pressure Sensors

Li Jianying He Xiaolei Chong Wei Ding Hongying

(CMA Meteorological Observation Center, Beijing 100081)

Abstract: Tests of supply voltages and load resistances on several PTB220 pressure sensors are carried out for the accuracy and reliability of verification results. The test results show that the measurement errors of pressure sensor analog output are increasing gradually with the increasing supply voltage in the range of 12 to 30 V. The maximum error variation is up to -0.28 hPa, while there is no effect for digital outputs. The analog measurement errors of the PTB220 pressure sensors are increasing with the increasing of load resistance at the low limit of pressure measurement range for load resistance variation between $10\text{ k}\Omega$ and $500\text{ k}\Omega$. Based on this finding, suggestions for the modification of verification method of PTB220 pressure sensors are proposed accordingly.

Keywords: pressure sensor; supply voltage; load resistance; measurement error