

电阻应变式称重传感器标准变化对产品的影响分析

济南金钟电子衡器股份有限公司 范韶辰

【摘要】我们国家的电阻应变式称重传感器在上一世纪 80 年代末期获得了快速的发展。当时的产品标准是 GB7551—87《电阻应变称重传感器》，实施日期为 1989.1.1 日。后来有了 GB/T7551—1997《称重传感器》，现在的标准是 GB/7551—2008《称重传感器》。本文重点分析了标准的技术指标在标准的制修订过程中发生的变化，论述了标准对提高产品性能的推动作用。

【关键词】标准 灵敏度 温度灵敏度 偏载 产品性能

Analysis on Influence of Resistance Strain Gauge Type Load Cell Standard

Changes on Products

[Abstract] Resistance strain gauge load cell in our country obtained quick development in the end of the 1980s. Product standard at that time was GB7551-87 “Resistance Strain Gauge Type Load Cell”, whose implementation date was January 1, 1989. GB/T7551-1997 “Load Cell” was development later, and current standard is GB/7551-2008 “Load Cell”. The paper mainly analyzes standard changes of technical specifications during preparation and revisal of standards, and discusses promotion function of standards on product performances.

[Key words] Standard Sensitivity Temperature sensitivity Tilting loading Product performance

一、概述

改革开放之后的十九世纪八十年代末期，电子秤获得了快速的发展。而以电阻应变称重传感器（以下简称称重传感器）为重量—电量转换原理的电子秤发展最为迅速。称重传感器是电子秤的核心部件，其精度决定了电子秤的精度，是随着电子秤技术的需求而快速发展的。早在七十年代，我国就开始出现了应变式称重传感器原理的电子秤，在轻工行业，曾经还举行过称重传感器的质量评比。称重传感器的精度一般都较低，最高能达到 0.05% 左右，受到弹性体材料、电阻应变计、贴片胶、密封胶、制作工艺等的影响，精度一直没有大的提高。所以，当 1983 年，轻工部和衡器协会提出了“手动改自动，机械改电子”的发展目标

以后，行业内的一些企业、科研院所，开始加速生产电阻应变式称重传感器。一方面，受到当时国内基础产业发展水平的限值，如：钢材、铝材、应变计、贴片胶等性能不是很好；另一方面，称重传感器的产品标准要求也不是很高，万分之三的产品就是很好的产品了。因为固定式汽车衡大部分是机械杠杆式汽车衡，量程一般在 30t ~ ~ 60t 左右，精度在三千分之一。根本没有像现在的市场一样：有 5000 分度的要求，甚至是 7500 分度的要求。随着国民经济的飞速发展，电子秤产品对称重传感器不断提出了更高的要求。八十年代中期，国内先后有 4 家企业从国外引进了电阻应变计的制做技术，有 2 家企业从国外引进了电阻应变称重传感器的制做技术，称重传感器产品的质量水平获得了较大的提高，达到了 GB7551-87《电阻应变称重传感器》的最高级 0.02 级的要求，电子秤的精度也有了较大的提高。使中国衡器的制造水平一下提升了近 20 年，达到了国外发达国家的同期水平。后来对称重传感器标准进行了修订，形成 GB/T7551-1997《称重传感器》，目前执行的标准是 GB/T7551—2008《称重传感器》。这中间，产品标准的发展对推动传感器产品的技术进步起到了积极的作用。认真分析新旧标准的异同点，可以发现称重传感器产品技术指标的演变过程，进而寻求产品标准的进一步提高。

二、 GB/T7551-87《电阻应变称重传感器》的主要特点

该标准是第一个国标，标准实施后，原标准 JB2166-77《电阻应变称重传感器》同时作废。该标准的特点如下：

1. 称重传感器等级：称重传感器等级是由非线性、滞后、重复性、蠕变、零点温度附加误差和额定输出温度附加误差六项指标中的最大误差确定。等级分为 0.02, 0.03, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.0, 共 8 个等级。是由单项指标的最大值，决定称重传感器的级别。最高精度为 0.02 级。

2. 灵敏度：称重传感器的标准灵敏度分为 5 档：1, 1.5, 2, 2.5, 3, mV/V。

3. 正常工作条件：温度：-10 ~ ~ +55℃。比后来的标准高 +15℃

4. 与称重传感器等级对应的技术要求：以常用的 0.02, 0.03, 0.05 级称重传感器为例，非线性、滞后、蠕变、零点温度附加误差、额定输出温度附加误差五大指标，都是对应的 0.02, 0.03, 0.05 级，而重复性指标提高了一个级别，为 0.02 ~ ~ 0.03，便于对称重传感器级别进行判定，生产厂家和技术机构的检测人员在称重传感器测试完成后进行数据处理也比较容易。同时，对称重传感器的灵敏度允差和零点输出也进行了明确的要求。见下表一。

5. 对称重传感器的长期稳定性提出了要求，如：零点漂移（2h），灵敏度不稳定性（6个月），是八十年代末期当时条件下称重传感器容易出现问题的指标。见下表一。

表一 称重传感器的技术指标（大于 0.05 级 略）

| 序号 | 技术指标 | 称重传感器等级 | | |
|---------|-------------------|------------|------------|------------|
| | | 0.02 (%) | 0.03 (%) | 0.05 (%) |
| 4.1.1 | 非线性 | ± 0.02 | ± 0.03 | ± 0.05 |
| 4.1.2 | 滞后误差 | ± 0.02 | ± 0.03 | ± 0.05 |
| 4.1.5 | 蠕变 (30min) | ± 0.02 | ± 0.03 | ± 0.05 |
| 4.2.1.a | 环境温度每变化 10℃时，零点变化 | 0.02 | 0.03 | 0.05 |
| | 同上，额定输出变化 | ± 0.02 | ± 0.03 | ± 0.05 |
| 4.1.3 | 重复性误差 | 0.02 | 0.02 | 0.03 |
| 4.1.4 | 灵敏度允差 | ± 0.1 | ± 0.1 | ± 0.1 |
| 4.1.7 | 零点输出 | ± 1 | ± 1 | ± 2 |
| 4.2.1.b | 零点漂移 (2h) | 0.02 | 0.03 | 0.05 |
| 4.2.1.c | 灵敏度不稳定性 (6个月) | 0.04 | 0.06 | 0.1 |

6. 对称重传感器的偏载影响提出了要求，如：水平方位偏载（0°，90°，180°，270°）、同心倾斜（1°）、偏心倾斜（e，1°）、偏心（e）等，都提出了要求，其数据分别与对应的传感器级别相适应，如：0.02 级传感器对应的指标是 0.02。

7. 其他性能

对称重传感器的灵敏度允差、零点输出、绝缘电阻、输入输出电阻允差、固有频率、外观等，都提出了明确的要求。影响量中，也对过载、机械振动、连续冲击、加速寿命试验等，提出了要求。

8. 对产品的推动作用

从某种意义上说，该标准从生产厂的角度出发，对产品提出了技术、计量要求，对产品的生产、使用具有积极的指导作用。在实际应用中，称重传感器零点、绝缘、输入输出电阻，也成了在现场判断产品好坏的重要条件。经常出现的问题是称重传感器的零点输出大了，超出了出厂值。为了达到消除称重传感器初始零点和灵敏度不稳定性目的，有的生产厂家，在产品生产出来之后，在仓库中放置半年以上的时间，经二次复测，再销往市场用户。为了适应标准，生产厂家还更改技术参数，如：济南金钟衡器公司，引进日本久保田株式会社的称重传感器技术，桥式称重传感器的灵敏度为 $2.02 \pm 0.004\text{mV/V}$ ，后来改为 $2 \pm 0.004\text{mV/V}$ ；温度零点和温度灵敏度的试验箱，也是按 +55℃ 的条件来设计的等等，都是为了适应国标的

技术要求。衡器用户在使用称重传感器时，对灵敏度允差特别关注，要求误差尽量的小，以便于衡器产品的四角调整。在皮带秤上使用称重传感器的用户，还会要求提供称重传感器的加速寿命试验数据。不管是生产厂、检测机构还是用户，大家都在以标准的指标来严格控制生产、检测和使用传感器。

三、 GB/T7551-1997《称重传感器》的主要特点

该标准等效采用了 OIML R60《称重传感器计量规程》国际建议（1991 年版），并提出了与国际接轨的观点。采用了分度值、分度数 and 称重传感器最大允许误差带的概念。其误差根据 OIML R76 号国际建议“典型模块误差分配”的要求，称重传感器取衡器的 0.7 倍。见表二。

表二 称重传感器最大允许误差（A 级 B 级 略）

| 最大允许误差 | 负 荷 | |
|--------|-------------------------------------------|---------------------------------------|
| | C 级 | D 级 |
| 0.35v | $0 \leq m \leq 500 \text{ v}$ | $0 \leq m \leq 50 \text{ v}$ |
| 0.7v | $500 \text{ v} < m \leq 2000 \text{ v}$ | $50\text{v} < m \leq 200 \text{ v}$ |
| 1.05v | $2000 \text{ v} < m \leq 10000 \text{ v}$ | $200\text{v} < m \leq 1000 \text{ v}$ |

通常，称重传感器的设计精度都取 C3 级或 C2 级，即满足 3000 分度或者 2000 分度的精度，才能满足衡器 3000 分度的要求。该标准还提出了最小静负荷的概念，并将称重传感器零点温度附加误差改进为温度对最小静负荷输出的影响，使之更加适合称重传感器在衡器上的使用情况。虽然有“温度对灵敏度的影响”概念，但是标准内容中并没有计算要求，而是在称重传感器误差带中综合要求。在标准的“范围”中，提出：“本标准的原则是当称重传感器的性能特性与允许误差带相拟合时，称重传感器的各种误差必须合在一起考虑。必须认识到称重传感器可能具有小的非线性、滞后误差和适中的温度误差；或者恰好相反，可能具有适中的非线性、滞后误差和小的温度误差。因此，对给定的特性（非线性、滞后等）规定其各自的误差限就被认为是不适当的，而宁可把称重传感器的允许总误差带作为限值因素”。用误差带的概念来考评称重传感器，和衡器的误差带更加适应，显然是比较合适的。

有了误差带的概念之后，怎样选择称重传感器的级别满足衡器要求的精度，一直是衡器设计人员研究、探讨的问题。其中包括单只称重传感器应用和多只称重传感器在衡器上的应用。技术人员考虑较多的问题是：3000 分度的衡器，是否要用 C3（3000 分度）级的称重传感器；多只称重传感器应用，系统精度会提高 $1/\sqrt{n}$ ，此时对于 5000 分度、6000 分度的衡器，

要使用多少分度的称重传感器；称重传感器的最小检定分度值怎样设计确定；称重传感器的温度灵敏度在衡器使用中怎样起作用；并且，新标准中，确定称重传感器性能的参考理论直线由过去标准的 100%满量程和零点之间的直线，修改为 75%的称重传感器满量程输出与零点之间的连线为理论直线。对称重传感器的评价更多的是考虑与衡器精度的匹配关系，理论计算比 87 标准要复杂很多，不能直观的进行判断；该标准更像是检定规程，注重了称重传感器的性能评价，而没有考虑传感器设计、生产中需要解决的问题。如：称重传感器零点，温度零点，灵敏度允差，绝缘指标，输入输出电阻允差等。由于在产品领取生产许可证和复评中，首先需要对称重传感器进行温度性能试验，所以生产厂家、检测部门都开始配备带温度试验箱的测力机，严格控制称重传感器在各温度下的性能指标，这一点应该是该标准对称重传感器技术最有力的推动作用。用户和生产厂家在销售和选择称重传感器时，也更多的是考虑称重传感器的级别和分度数来作为产品的优选指标而不是再以单一指标 0.02 或者 0.03 级来选择传感器了。

四、GB/T7551-2008《称重传感器》的主要特点

该标准与 GB/T7551 - 1997《称重传感器》在称重传感器性能指标的评价方面是一致的，仍然沿用了 97 版标准的称重传感器分度值、分位数和最大允许误差带的概念。为了弥补 97 版标准对生产指导的不足，增加了零点、输入输出电阻、绝缘、外观等指标要求，但对称重传感器的模拟部分的长期稳定性指标，没有提及；在影响量中，也没有考虑偏载、过载、机械振动、连续冲击、加速寿命试验等；但是提出了“对带电子组件的称重传感器的要求”，即数字称重传感器的要求，以适应蓬勃发展的数字传感器技术。从某种意义上讲，称重传感器属于一种半永久性器件，使用寿命一般的应该达到 5 ~ 10 年的时间。所以在产品标准中，不能够忽视这些技术指标，除了从产品的检测、评价角度来设计产品的技术指标外，更应该从生产和使用的角度来规定称重传感器的技术指标。

五、 浅谈新标准存在的不足

1. 没有考虑灵敏度允差对衡器四角的影响

以多只称重传感器的使用为例，称重传感器的灵敏度允差，是选择称重传感器时需要认真考虑的指标，灵敏度允差过大，会使得各称重传感器输出不平衡，影响衡器的四角调整；

2. 没有提出模拟称重传感器的稳定性指标

1) 稳定性与灵敏度指标的关系

称重传感器的灵敏度，一方面是设计和加工决定的，另一方面也是通过电气补偿进行灵敏度标准化补偿确定的，是二次灵敏度。所以，对于相同量程的二只称重传感器，假设其灵敏度一样，而弹性体的应变梁壁厚不一样，其初始灵敏度为 2.1mV/V 和 2.4mV/V，然后通过串联电阻而达到标准化输出的要求 2mV/V，所以，虽然最终指标一样，但由于设计值不一样，而使得二只称重传感器抗过载能力和灵敏度稳定性会不一样；

2) 稳定性与材料的关系

没有了称重传感器的稳定性指标，目前市场上，就出现了各种材料的称重传感器。以桥式称重传感器为例，优质材料当然是 40CrNiMoA，但现在大量的有 40Cr 的材料制成的称重传感器；其长期稳定性肯定不一样。生产厂没有花精力去研究什么样的材料可以提高称重传感器的稳定性和长期保证称重传感器的性能，而是挖空心思降低成本，提高竞争能力，采用稍差的材料来生产称重传感器，而考虑称重传感器在短时间损害的时候，通过更换称重传感器时抬高价格来弥补初始销售时低价格带来的损失。在 87 版标准的影响下，生产厂将称重传感器放置半年以后才发货，而现在根本没有这样来组织生产的企业了。所以，在作为标准器件使用的场合，只能使用德国等国家生产的具有良好稳定性能的称重传感器了，作为标准使用的称重传感器，仍然在使用国外公司的产品。

3. 称重传感器的分度值大于 3000 之后，分度是否合理

目前，市场上开始出现了分度数大于 3000 的称重传感器，即：C4, C5 级的称重传感器，按技术要求，大于 2000 分度之后，误差限为 1.05e，称重传感器的相对误差会很小，而测量要求“载荷发生系统和测量称重传感器输出的指示仪表系统共同形成的系统扩展不确定度，应不超过受试称重传感器最大允许误差的三分之一”。这样，对测试系统提出了更高的要求，现有的测试系统很多都达不到要求。

六、结束语

本文分析了自 GB7551-87《电阻应变称重传感器》标准发布以来，称重传感器标准技术指标的变化，以及这些变化对生产厂、检测机构、用户在生产、检测、选择称重传感器时，带来的影响。最后根据自己的理解，提出了一点对标准技术发展的看法。不当之处，请同行批评指正。

参考文献:

- a) GB7551-87 《电阻应变称重传感器》
- b) GB/T7551-1997 《称重传感器》
- c) GB/T7551-2008 《称重传感器》

作者简介: 范韶辰 (1961-一), 男, 1982年毕业于山东工学院(现山东大学)机械系, 本科, 高工。济南金钟电子衡器股份有限公司副总。自1986年开始, 从事称重传感器的设计及工艺研究。现为全国衡器标准化技术委员会秘书长、中国衡器技术专家委员会委员、衡器职业教育工作委员会委员。

(作者通讯地址: 济南市英雄山路 147 号。

邮政编码: 250002)