

关于 GB/T 7551-2008 《称重传感器》中 “温度对最小静载荷输出的影响”内容的质疑与探讨

上海大和衡器有限公司 陈日兴

【摘要】 GB/T 7551-2008《称重传感器》国家标准中关于“温度对最小静载荷输出的影响”的内容是等同采用国际法制计量组织 OIML R60-2000 相关内容的。本文针对 GB/T 7551-2008《称重传感器》国家标准中关于“温度对最小静载荷输出的影响”的误差评定内容与公式中出现的错误，举例说明提出了更正的意见。希望以后在称重传感器国家标准和 OIML R60 修订中予以更正。

【关键词】 称重传感器；温度对最小静载荷输出的影响（ C_M ）

前言

GB/T 7551-2008《称重传感器》国家标准^[1]自 2008 年正式实施以来，已在我国称重传感器产品的生产和检测中起到了积极的指导意义。GB/T 7551-2008《称重传感器》国家标准等同采用了国际法制计量组织 OIML R60-2000《称重传感器检定规程》^[2]的主要技术指标及型式评价的试验方法。最近根据一些称重传感器生产厂的反映，笔者在仔细对照阅读中文版 GB/T 7551-2008《称重传感器》和英文版 OIML R60-2000《Metrological Regulation for Load Cells》中关于“温度对最小静载荷输出的影响”的误差评定与计算公式上发现有共同的、明显不容易理解的错误。由于该指标在称重传感器中属于关键技术指标，下文将对该指标的具体内容进行分析与探讨，并举例说明提出较为实用的修改内容与建议。

一、质疑与理解

1. OIML R60-2000 的描述

OIML R60-2000《称重传感器》中 5.5.1.3“温度对最小静载荷输出的影响（Temperature effect on minimum dead load output）”的英语描述如下：

“5.5.1.3 Temperature effect on minimum dead load output

The minimum dead load output of the load cell over the temperature range, as specified in 5.5.1.1 or 5.5.1.2, shall not vary by an amount greater than the apportionment factor, P_{LC} , times the minimum load cell verification interval, v_{min} , for any change in ambient temperature of: 2 for load cells of class A; 5 for load cells of class B, C and D.”

按照上述英文翻译成中文如下：

“5.5.1.3 温度对最小静载荷输出的影响

在 5.5.1.1 或 5.5.1.2 规定的温度范围内，环境温度变化时（A级称重传感器为 2 ；B、C、D级称重传感器为 5 ），称重传感器的最小静载荷输出变化应不大于称重传感器最小检定分度 v_{min} 与分配系数 P_{LC} 的乘积。”

2 . GB/T 7551-2008 的描述

GB/T 7551-2008《称重传感器》国家标准第 5.5.1.3 温度对最小静负荷的影响的描述如下：

“在 5.5.1.1 或 5.5.1.2 规定的温度范围内，环境温度有如下的变化时，称重传感器的最小静负荷输出变化应不大于称重传感器最小检定分度值 v_{min} 与分配系数 P_{LC} 的乘积：

A 级称重传感器：2 ；

B、C、D 级称重传感器：5 。”

3 . 分析与理解

从上述（1）与（2）的文字内容比较看，GB/T 7551-2008 关于“温度对最小静载荷输出的影响”的描述与 OIML R60-2000 没有任何区别。

然而按照上述的描述并对照 OIML R60-2000 的附录 C.2.4.4 与 GB/T 7551-2008 的附录 B.2.3.4 中的公式：

$$P_{LC} \leq [(D_{max} - D_{min}) / n] / v_{min} \dots \dots \dots \text{公式 (1)}$$

上式中：当 $n = n_{max}$ 时，称重传感器检定分度值 $v = (D_{max} - D_{min}) / n$

根据公式（1）可推出： $P_{LC} \leq v / v_{min}$ ；

当 $P_{LC} = 0.7$ 时： $0.7 \leq v / v_{min}$ ；

可以得出结论是： $0.7 v_{min} \leq v$ ；

根据上述结论推理： v 可以小于 v_{min} 。

很显然该结论是与 OIML R60-2000 中 5.2.1、GB/T 7551-2008 中 5.2.1 的确定误差的原则条件： $v \geq v_{min}$ 的规定相违背的。

所以笔者认为公式（1）是错误的。

二、建议修改与探讨

1 . 建议一

虽然 GB/T 7551-2008 中 5.5.1.3 文字的描述本身并没有错误，但为了和国标附录 B 中的测试表格 B.6 的计算格式一致，建议修改 GB/T 7551-2008 中 5.5.1.3 文字的描述。建议描述如下：

“在 5.5.1.1 或 5.5.1.2 规定的温度范围内，称重传感器的温度对最小静载荷输出影响的最大允许误差 mpe ，按照环境温度每 5 温度变化（适用于 B、C、D 级）或每 2 温度变化（适用于 A 级）时

的，相对于 v_{\min} 的最小静载荷输出差值不大于 P_{LC} 值来评定。”

同样建议修改 OIML R60-2000 中 5.5.1.3 英文的描述如下：

“5.5.1.3 Temperature effect on minimum dead load output

Maximum permissible error (mpe) for the minimum dead load output of the load cell over the temperature range, as specified in 5.5.1.1 or 5.5.1.2, is estimated as follows:

The minimum dead load output difference related to the minimum load cell verification interval, v_{\min} , shall not be greater than the apportionment factor, P_{LC} , for any change in ambient temperature of: 2°C for load cells of class A; 5°C for load cells of class B, C and D.”

上述描述主要依据是可以和OIML R60-2000附录C的C.2.4.4、附录D的测试表格D4和GB/T 7551-2008的附录B试验结果计算表B.6的计算步骤相对应。

2. 建议二

根据上述公式(1)的推理，得出的结论不符合确定误差的原则条件： $v > v_{\min}$ 的规定。针对OIML R60-2000 附录C.2.4.4 与GB/T 7551-2008 的附录B.2.3.4 中的公式：

$$P_{LC} = [(D_{\max}-D_{\min})/n] / v_{\min} \dots\dots\dots \text{公式 (1)}$$

建议将上述错误的公式 (1) 修改为下面的公式 (2) 和公式 (3)：

对于 B、C、D 级称重传感器，上述公式改为：

$$P_{LC} = [C_M / (T_2 - T_1)] \times 5 \times [(D_{\max} - D_{\min}) / n] / v_{\min}$$

当 $n=n_{\max}$ 时，上式为：

$$P_{LC} = [C_M / (T_2 - T_1)] \times 5 \times (v / v_{\min}) \dots\dots\dots \text{公式(2)}$$

对于 A 级称重传感器，上述公式改为：

$$P_{LC} = [C_M / (T_2 - T_1)] \times 2 \times [(D_{\max} - D_{\min}) / n] / v_{\min}$$

当 $n=n_{\max}$ 时，上式为：

$$P_{LC} = [C_M / (T_2 - T_1)] \times 2 \times (v / v_{\min}) \dots\dots\dots \text{公式(3)}$$

上述不等式的右面是以相对于 v_{\min} 表示的数字。

上述公式与 OIML R60-2000 中 5.5.1.3 与 GB/T 7551-2008 中 5.5.1.3 建议修改文字的描述相一致。

3. 建议三

OIML R60-2000 附录 D 中表 D.4 与 GB/T 7551-2008 的附录 B 试验结果计算表 B.6 如下：

温度对最小静载荷输出的影响 (C_M) 计算

温度	示值 ()	变化 C_M (v)	变化 ($v_{min} / _$)	Mpe ($v_{min} / _$)
				P_{LC}

建议将上表中增加判断合格与否的说明步骤如下：

(A) 注 1：计算“变化 $C_M/(v)$ ”

计算以 v 为单位表示的，试验温度变化(T_2-T_1)范围内的最小静载荷输出变化差值 C_M 见公式 4：

$$\text{计算公式：} C_M = (T_2 \text{示值} - T_1 \text{示值}) / f \dots \dots \dots \text{公式 (4)}$$

(B) 注 2：计算“变化/ $(v / v_{min} / _)$ ”

将 C_M 换算成相对于以 (v / v_{min}) 为单位表示的，每 5 (或每 2) 的最小静载荷输出变化差值。

当 $n=n_{max}$ 时， $v=(D_{max}-D_{min})/n$ ，即上述变化的差值可以表述如下：

对于 B、C、D 级称重传感器：

$$\text{最小静载荷输出变化差值} = [C_M / (T_2 - T_1)] \times 5 \times (v / v_{min}) \dots \dots \dots \text{公式 (5)}$$

对于 A 级称重传感器：

$$\text{最小静载荷输出变化差值} = [C_M / (T_2 - T_1)] \times 2 \times (v / v_{min}) \dots \dots \dots \text{公式 (6)}$$

(C) 注 3：合格判断

根据公式 (2)、或公式 (3) 判断：相对于 (v / v_{min}) 为单位表示的，每 5 或每 2 的最小静载荷输出差值是否不大于 P_{LC} 。

对于 B、C、D 级称重传感器：

$$[C_M / (T_2 - T_1)] \times 5 \times (v / v_{min}) \quad mpe = P_{LC} \dots \dots \dots \text{公式 (7)}$$

对于 A 级称重传感器：

$$[C_M / (T_2 - T_1)] \times 2 \times (v / v_{min}) \quad mpe = P_{LC} \dots \dots \dots \text{公式 (8)}$$

如果上述公式 (7)、或公式 (8) 成立，即为合格。

4. 举例说明

已知：某数字式称重传感器 $E_{\max}=50\text{kg}$ ， $n_{\max}=6000$ ，准确度等级为C级 6000 分度，相对 v_{\min} 值 $Y=12000$ ， $v_{\min}=4.167\text{g}$ ，转换系数 $f=8.332889$ ， $v=(D_{\max}-D_{\min})/n_{\max}=(50000-0)/6000=8.333$ ， $P_{LC}=0.7$

温度对最小静负荷输出影响(C_M)测试记录如下：

温度	示值 ()	变化 C_M (v)	变化 ($v_{\min} / _$)	Mpe ($v_{\min} / _$)
20.0	9.0	/	/	/
40.0	13.667	0.56	0.28	$P_{LC}=0.7$
-10.0	20.0	0.76	-0.15	$P_{LC}=0.7$
20.0	16.667	-0.40	-0.13	$P_{LC}=0.7$

根据上述三个步骤，计算 20 ~ 40 是否符合“ C_M ”要求：

步骤 (A) 计算“变化 $C_M / (v)$ ”：

根据公式 (4)： $C_M=(T_2\text{示值}-T_1\text{示值})/ f=(13.667-9.0)/ 8.332889=0.56$

步骤 (B) 计算“变化/ $(v_{\min} / _)$ ”：

根据公式 (5)：最小静载荷输出变化差值 = $[C_M / (T_2-T_1)] \times 5 \times (v / v_{\min}) = [0.56 / (40-20)] \times 5 \times (8.333 / 4.167) = 0.28$

步骤 (C) 合格判断：

根据公式 (7)： $[C_M / (T_2-T_1)] \times 5 \times (v / v_{\min}) \quad mpe = P_{LC}$

$$0.28 \quad mpe = P_{LC} = 0.7$$

从上式计算结果可看出该数字式传感器在 20 ~ 40 的“ C_M ”符合要求。其他温度段 40 ~ -10、-10 ~ 20 的计算方法与上述计算步骤相同，经过计算也符合“ C_M ”的要求。

由于温度对最小静载荷输出的影响的 C_M 值原来是以 v 来表示的，而判断合格与否时，需将 C_M 换算成以 (v / v_{\min}) 为单位的数值，与 P_{LC} 比较来判定。各传感器生产厂商可以在测试中，对于“温度对最小静载荷输出的影响”的测试，用上述公式进行验证。

上述表述与 OIML R60-2000 中 5.5.1.3 与 GB/T 7551-2008 中 5.5.1.3 中“温度对最小静载荷输出的影响”的最大允许误差的建议修改描述也是一致的。

三、结论

从本文对 OIML R60-2000 与 GB/T 7551-2008 中关于“温度对最小静载荷输出的影响”内容的分

析，可以看出原文中关于误差评定的描述与公式计算可能引起错误的理解与判断。本文从实用与可操作性的角度，提出了修改意见。

“温度对最小静载荷输出的影响”的指标是整个称重传感器计量性能中很关键的技术指标，在称重传感器的实际使用中，由于温度变化引起衡器零输出飘移的现象是较为普遍的，正确掌握该指标的误差评定方法至关重要。

最近笔者在OIML网站上看到了最新的OIML R60-1CD (2012版)的征求意见稿^[3]，仅保留了原OIML R60 (2000版)中的5.5.1.3的描述内容(见6.5.1.3)，但比较遗憾的是，最新版将原2000版中的附录C (“测试报告格式-通用计算方法”) 附录D (“测试报告格式-表格形式”)的内容全部删除，也就是说本文中出现的公式(1)和测试表格内容(包括最原始的转换系数 f 和参比示值 R_i 的计算内容)全部取消了，但是没有上述内容如何来指导检测呢？这样反而给广大的称重传感器生产厂商与检测机构带来了更大的困惑。

以前我国称重传感器的生产企业与技术检定机构对于 v_{\min} 认识不足，而从公式 $Y = E_{\max}/v_{\min}$ 可看出“相对 v_{\min} ”的 Y 值与 v_{\min} 是密切相关的，大家对于 Y 值的概念不够重视。如果称重传感器生产商在传感器的技术规格书中不给出 Y 值或 v_{\min} 值的指标，将会给衡器设计中称重传感器的选型带来诸多的困难。从上述的修改意见中可以认为“温度对最小静载荷输出的影响”最后不是以 v 为单位，而是需要以 v_{\min} 为单位来评判合格与否的，应引起我国称重传感器同行的重视。

上述内容的分析仅为笔者个人的理解，不一定正确，望同行指正。

参考文献

1. 中国国家标准《称重传感器》GB/T 7551-2008 [S]
2. 国际法制计量组织 OIML R60-2000 《Edition 2000 – Metrological Regulation for Load Cells》 [S]
3. 国际法制计量组织 OIML R60-1CD 《Edition 2012– Metrological Regulation for Load Cells》 [S]

作者简介

陈日兴，出生于1946年，男，汉族，上海市人，大学本科，高级工程师，原上海大和衡器有限公司总工程师，享受国务院政府特殊津贴专家，研究领域：电子衡器产品开发与计量技术。国内外发表技术论文70多篇。