

非自动衡器型式评价中称重传感器核查研究

浙江省计量科学研究所 李克勤、马丙辉、裘尧华、尚贤平
浙江霸王衡器有限公司 吕文达

【摘要】 衡器在型式评价中不仅要对其性能进行测试，还需对称重传感器、显示方式、接口等信息进行核查，称重传感器的核查，不仅包括厂家、制造许可、型号规格，还包括最大秤量、检定分度数的信息，以便确认是否与衡器产品相适应。在依据 OIML R76 中技术要求进行核查时，存在一些问题，现就问题进行分析和探讨，以更好地提升对国际建议的理解力。

【关键词】 非自动衡器；称重传感器；核查

一、引言

称重传感器作为衡器的关键部件，其质量状况直接决定了衡器性能的好与坏，尽管在衡器软件设计中可以做出一定的补偿和修正，但传感器的质量举足轻重，不容忽视。目前衡器产品的型式评价根据是 JJG555-1996《非自动秤通用检定规程》，2013 年 5 月在甘肃召开了《电子案秤》、《电子台秤》、《电子吊秤》、《固定式电子秤》和《称重指示器》的型式评价大纲审定会，目前仍待国家质检总局的正式公布，在主要内容和要求上，新的型评大纲与 JJG555-1996 一脉相承。

JJG555-1996 等效采用 OIML R76 (1992E)，同时增加了我国法制要求、计量管理的相关内容，内容包括非自动秤的测试项目和测试方法，还包括秤结构、说明标志、指示装置，以及称重传感器的核查等。其中关于称重传感器的核查，在实际的核查过程中有部分疑惑的内容，提出共同讨论^[1,2]。

二、称重传感器的核查内容

衡器型式评价中对称重传感器的核查要求来自于 OIML R76，JJG555-1996 等效采用 R76 (1992E)，目前 R76 有效版本为 OIML R76(2006E)，其中对称重传感器的技术要求来自于附录 F，具体内容如下：

1. 称重传感器最大秤量

$$E_{\max} \geq Q \cdot \text{Max} \cdot R / N \quad (1)$$

其中 Q 为修正系数， $Q > 1$ ，主要是考虑到偏载荷、承重器的自重、初始置零范围和载荷分布

不均匀因素的影响。

$$Q = (Max + DL + ISZR + NUD + T + \dots) / Max \quad (2)$$

其中： Max ——衡器的最大秤量；

DL —— 承载器的静载荷，由衡器方案设计时确定；

$ISZR$ —— 初始置零范围，一般为20% Max ；

NUD —— 承载器的载荷不均匀分布值。一般以典型结构的衡器进行假设，见表1。

T —— 衡器方案设计时按添加皮重法设计的重量值。

表1 不同使用环境， NUD 取值设计^[2]

不同使用环境		NUD 取值
带杠杆及单传感器的衡器，或传感器对称排列的料斗，承载器上没有易造成偏载的装置		$NUD = 0 \%Max$
其它典型衡器		$NUD = 20 \%Max$
对于叉车秤，单轨吊秤及汽车衡		$NUD = 50 \%Max$
多秤台衡器	组合数固定	$NUD = 50 \%Max$ （累计最大秤量）
	组合数是可变	$NUD = 50 \%Max$ （单秤台最大秤量）

当然衡器的最大秤量修正系数 Q 还可以根据不同衡器的实际使用状况，再分别加上冲击系数、超载系数、风压系数等。

2. 称重传感器的最小静载荷

$$E_{min} \geq DL \times R/N \quad (3)$$

3. 称重传感器的最大分度数

单个传感器秤的最大分度数 n_{LC} 应不小于秤的检定分度数 n 。

$$n_{LC} \geq n \quad (4)$$

在多分度秤或多量程秤上，上述要求也适用于局部称量范围，即为

$$n_{LC} \geq n_i \quad (5)$$

在多分度秤上，称重传感器的最小静载荷输出恢复值 DR 应满足下述条件：

$$DR \leq 0.5e_1 \cdot R/N \text{ 或 } DR/E_{\max} \leq 0.5 \cdot e_1/Max \quad (6)$$

可接受的方案：

a、当 DR 未知时，应满足条件：

$$n_{LC} \geq Max/e_1 \quad (7)$$

b、对多量程秤，应当满足：

$$DR \leq e_1 \cdot R/N \text{ 或 } DR/E_{\max} \leq e_1/Max \quad (8)$$

c、当 DR 未知时，应满足条件：

$$n_{LC} \geq 0.4 \cdot Max_r/e_1$$

4. 称重传感器的最小检定分度值。

称重传感器的最小检定分度值 v_{\min} 应满足：

$$v_{\min} \leq e \cdot R/\sqrt{N} \quad (9)$$

对称重传感器和衡器而言，其相关术语及符号表示如下：

表 2 衡器和称重传感器相关术语及符号

衡器 (weighing instrument)	称重传感器 (load cell)
Max——最大秤量	E_{\max} ——最大秤量
Min——最小秤量	E_{\min} ——最小静负荷
e——检定分度值	v——检定分度值
e_1 ——最小检定分度值 (多分度秤)	n——检定分度数 (n_{LC})
n——检定分度数	DR——最小静负荷输出恢复
R——载荷传递装置的缩小比	DL——承载器的静载荷
N——传感器的数量	v_{\min} ——最小检定分度值

三、称重传感器的选择

1. 称重传感器最大秤量

依据公式 (1) 和 (2) 可以计算出称重传感器的最大秤量。

电子计价秤属于单称重传感器非自动秤，其作用在秤台和称重传感器力相同，缩小比 $R=1$ ，传感器数量 $N=1$ ，以 ACS-30 电子计价秤为例， $Max=30kg$ ，承载器的静载荷 DL 约为 $1.0kg$ ，初始置零范围取最大 $20\%Max$ ，则称重传感器最大秤量应大于 $37.0kg$ ，选择 $40kg$ 的称重传感器恰为合适。

而对于 ACS-3 电子计价秤， $Max=3kg$ ，秤台重量 M_1 约为 $1.0kg$ ，初始置零范围取最大 $20\%Max$ ，则称重传感器最大秤量应大于 $4.6kg$ ，选择 $5kg$ 或 $6kg$ 的称重传感器恰为合适，如选择 $10kg$ 称重传感器，则量程过于偏大，不尽合理。

而对于多个称重传感器的衡器，应当考虑多只传感器的分配。电子汽车衡属于典型多称重传感器非自动衡器，以 SCS-100 电子汽车衡为例， $Max=100t$ ，秤台为三组合台面，重量 M_1 约为 $10t$ ，初始置零范围取最大 $20\%Max$ 为 $20t$ ， NUD 为 $50t$ ，则称重传感器最大秤量应大于 $180t$ ，三台面共有 8 只传感器，则单只称重传感器应为 $25t$ 或 $30t$ 。

2. 称重传感器的最大分度数

对单称重传感器的衡器，公式 (4) $n_{LC} \geq n$ 意味着称重传感器的分度数要大于衡器的分度数，对常见的准确度等级为：③， $n=3000$ 衡器而言，称重传感器至少是 3000 分度数，从表 3 称重传感器的分类查看，此时传感器准确度等级应至少为 C3；对多分度秤，称重传感器分度数应当满足公式 (5) 要求。

表 3 称重传感器的分类等级^[3]

准确度等级	A 级	B 级	C 级	D 级
下限值	50000	5000	500	100
上限值	无限制	100000	10000	1000

3. 称重传感器的最小检定分度值

OIML R60 (2000E) 中引入一个概念，相对最小检定分度值 Y

$$Y = E_{max} / V_{min} \quad (10)$$

因此对称重传感器，只要明确最小检定分度值或相对最小检定分度值，便可以进行公式 (9) 的核查。

比较 OIML R76 (2006E) 的要求，只有称重传感器的使用说明提供以下参数： E_{max} 、 E_{min} 、 nLC 、 DR 、 v_{min} 或 Y ，核查才能便利进行。目前我国现行有效的称重传感器国家标准和检定规程中关于型式评价的指标如表 4 所示，仍有待向国际建议修改接近。

表 4 计量检定规程和国家标准对型式评价项目的规定^[3,4]

型式试验检验项目	
JJG669-2003《称重传感器》	GB/T 7551-2008《称重传感器》
传感器上最少标记	称重传感器误差(E_L) ^a
传感器误差 E_L	重复性误差(E_R) ^a
重复性误差 E_R	温度对最小静负荷输出的影响(C_M)
蠕变 C_C	蠕变(C_C)
最小静载荷输出恢复 C_{DR}	最小静载荷输出恢复(C_{DR})
最小静载荷输出温度影响 C_M	大气压力影响(C_P)
大气压力 C_P	湿度影响(CH或无湿度影响)(C_{Hmin})
湿度	湿度影响(CH或无湿度影响)(C_{Hmax})
	湿度影响(SH)
	带电子组件的称重传感器另有额外要求

四、典型案例分析

1. 多分度值秤

以多分度值秤为例,最大称量 $Max=15kg$,准确度等级:Ⅲ,检定分度值 $e_1=1g$,称量范围 $0\sim 2kg$;检定分度值 $e_2=2g$,称量范围 $2kg\sim 5kg$;检定分度值 $e_3=10g$,称量范围 $5kg\sim 15kg$ 。

$$n_{LC} \geq Max / e_1 = 15000 / 1 = 15000$$

$$Q = (15.0 + 1.0 + 15.0 * 0.2) / 15 = 1.26$$

$$E_{max} \geq 1.26 * 15.0 = 19.0 \text{ kg}$$

此时,称重传感器需满足准确度等级:B级,不小于15000的分度数;而在实际的生产过程中,很难使用此高性能的称重传感器。

2. 多传感器的非自动秤

而对于多传感器的非自动秤,如汽车衡。

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + \dots + M_m$$

$$\Delta M = \Delta M_1 + \Delta M_2 + \Delta M_3 + \Delta M_4 + \Delta M_5 + \dots + \Delta M_m$$

考虑到所使用的为同型号规格的称重传感器,性能相同,各个称重传感器之间的具有独立关系,因此^[5]

$$\Delta M = \sqrt{m} \times \Delta M_1$$

如果以检定分度值代替误差，则有

$$e = \sqrt{m} \times v_1 = \sqrt{8} \times 10 = 28kg$$

此时，检定分度数可达到

$$n = \sqrt{m} \times n_1$$

以SCS-100 电子汽车衡为例，Max=100t，秤台为三级台面，三台面共有 8 只传感器，称重传感器 $E_{\max}=25t$ ， $n=2500$ ， $v=10kg$ 。

则 SCS-100 汽车衡的检定分度数

$$e = \sqrt{m} \times v_1 = \sqrt{8} \times 10 = 28kg$$

又检定分度值只能以 1、2、 5×10^k 进行选取，故取 $e=50kg$ 。

此时有检定分度数为 $n=100000kg/50kg=2000$ 。

五、结束语

非自动衡器是重点管理类计量器具，型式试验是主要的测试内容，此外非自动衡器的结构、关键零部件的信息描述，以及核查表的内容也是重点关注和记录的内容，作为关键零部件之一的称重传感器，OIML R76 中已有明确兼容性核查要求，重要的是在称重传感器的型式评价过程中明确细致的参数；此外，电子技术的快速发展和进步，信号的处理能力和补偿能力的增强，衡器的性能也在提升，仅以称重传感器的性能定论衡器的性能，可能需进一步探讨。称重传感器作为关键的部件，应当尽早的制定型式评价大纲，接轨衡器的型式评价大纲，如此才能做到称重传感器和衡器的技术规则一致，便于核查。

参考文献

1. JJG555-1996, 非自动秤通用检定规程.
2. OIML R76-2006, Non-automatic weighing instruments Part 1: Metrological and technical requirements – Tests.
3. GB/T 7551-2008, 称重传感器.
4. JJG669-2003, 称重传感器.
5. JJF 1059.1-2012, 测量不确定度评定与表示.

作者简介

李克勤，男，浙江省计量科学研究院衡器专业，工程师。