

对皮带秤国际建议新增称重传感器规定的认知

中国计量科学研究院 周祖濂

【摘要】 对 OIML R50 - 4CD (2011 版) 和 OIML R50 - 5CD (2012 版) 中新增称重传感器规定不同表述, 认为没有原则差别, 但 2011 版的更为合理。并给出规定表示式的计算方法。以及给出对规定是否恰当的意见。

【关键字】 皮带秤 相对 Y 值 相对 Z 值

一、概述

对关于 OIML R50 - 4CD (2011 版) 和 OIML R50 - 5CD (2012 版) 中对称重传感器最小检定分度值不同表述的问题, 以及拜读了陈日兴顾问的文章, 有一些认知, 最终还是决定写出供有兴趣者参考。首先我想到的, 不是要讲述我对在两次国际建议中, 对称重传感器最小检定分度值不同表述的问题, 有关这个问题放在后面再讲。要讲的是为什么在 OIML R50 国际中要新增称重传感器规定的看法。

二、皮带秤与称重传感器的问题

自从 OIML R50 国际建议将皮带秤的最高准确度等级由 0.25% 改为 0.5% 之后, 皮带秤的计量准确度, 在所有 OIML 有关衡器国际建议中, 是唯一一个称重误差达不到“贸易”秤要求的衡器。所以一直希望能使皮带秤的最高准确度等级达到 0.2%, 即我们常说的“0.1 级皮带秤”, 以满足大家公认的“贸易”秤的要求。为此在过去的一些年, 不少皮带秤厂家都为此做出了努力。国内的厂家也同样投入了人力、资金。并取得了显著的进步和成果, 国产皮带秤准确度达 0.2 级就是最好的证明, 证明中国的皮带秤已达到国际同样产品的先进水平。由此, 想到一个问题。中国在研制和制造 0.2 级皮带秤的过程中, 没有强调所用称重传感器的计量准确度的要求, 特别是对相对 Y 值的要求。而现在修改版的 OIML R50 - 4CD (2011 版) 中新增加的关于称重传感规定的内容, 似乎将称重传感器相对 Y 值 ($Y = E_{\max} / Y_{\min}$), 做为是否能达到皮带秤某个准确度级别的必要条件, 只有满足下列条件的称重传感器:

$S = 15000$ (对于 0.2 级秤)

$S = 6000$ (对于 0.5 级秤)

$S = 3000$ (对于 1.0 级秤)

$S = 1500$ (对于 2.0 级秤)

才可能满足各准确度级皮带秤的计量要求。

我认为这样的规定有如下可能性，国外在研制皮带秤的路线、思路和方法上与中国考虑不同，认为只有满足上述条件，才能制造出满足所需准确度的皮带秤，而对我们研制 0.2 级皮带秤的技术并不了解和掌握，从他们研制得到的知识对称重传感器做了限制规定。但也有一种可能，中国的 0.2 级皮带秤并不一定需要对称重传感器的计量或技术有严格的要求，就可以制造出 0.2 级皮带秤，若按这样的国际建议现行规定，对中国皮带秤就有了不应有的限制，无形中提高了它们高准确度皮带秤在市场上的竞争力，对中国 0.2 级皮带秤的发展造成影响。据我所知在中国，国产的称重传感器的生产厂家，很少给出相对 Y 值和相对 Z 值的计量参数。这对我们欲使用国产称重传感器来制造皮带秤，带来困难。所以是否需满足 OIML R50 - 4CD (2011 版) 或 OIML R50 - 5CD (2012 版) 的规定做为皮带秤准确度级的必要条件是值得认真考虑。说得严重一点，这也可能是商场竞争的一种策略和手段，令人深思。

下面谈谈我对皮带秤国际建议中新增称重传感器规定在两个版本中有差异的表示的认识。

无论是 OIML R50 - 4CD (2011 版)，还是 OIML R50 - 5CD (2012 版) 对称重传感器要求的表示式

$$\text{Max} \geq S \times v_{\min} \times R / \sqrt{N}$$

$$\text{和 } v_{\min} \leq \text{Max} / (S \times R / \sqrt{N})$$

不是用来通过它对一台具体皮带秤计算该皮带秤称重传感器的所谓“Vmin”值。而是规定对各精度级皮带秤，所使用传感器计量参数的要求。我们先假定载荷承载器的缩比 $R = 1$ 。称重传感器的数量 $N = 1$ 。上述对传感器规定的表示或就更直观些，变为以下形式：

$$\text{Max} \geq S \times v_{\min} \text{ 和 } v_{\min} \leq \text{Max} / S$$

上式说明一台最大秤量为 Max 的皮带秤所用称重传感器的 S 值，必须满足上述的值。皮带秤才能达到相对应的准确度。例如，对 0.2 级秤，S 应等于和大于 15000。由于 $E_{\max} > \text{Max}$ ，所以对 0.2 级秤，所用传感器的相对 Y 值 (E_{\max}/v_{\min})，Y 也应大于 15000。否则就不可能使皮带秤达到 0.2 级。

称重传感器的相对 Y (E_{\max}/v_{\min}) 值和相对 Z ($E_{\max}/2DR$) 值这两个参数，是在多范围秤和多分度秤得到广泛运用之后，感到只强调所用 C3 级称重传感器的现有参数，已不能满足设计要求。 v_{\min} 是称重传感器当温度改变 5°C 时的零点漂移值，是称重传感器称量范围内可以分成的最小检定分度值。DR 是对称重传感器施加载荷前、后测得的最小静载荷输出之差。应注意 Y 和 Z 值与称重传感器的检定分度值 $N_{LC} = E_{\max}/v$ 和传感器的阶梯误差范围无关。

一般认为，双分度秤：高 Y 值和高 Z 值，三分度秤：高 Y 值和特高 Z 值。国外很多厂家已将 Y 值和 Z 值写入产品的样本中。根据德国 PTB 提供的数据，对于 $n_{LC} \geq 3000$ 的称重传感器，用于多分度秤时，Z ≥ 6000 到 15000。通常 Y 值为 15000 至 24000，Z 值为 3000 至 7500，甚至更高。

OIML R50 - 4CD (2011 版) 和 OIML R50 - 5CD (2012 版) 对皮带秤新增称重传感器规定的两个表示式, 原则上讲, 没有本质上的不同, 只是表示侧重点不同。在 OIML R76 中, 要求称重传感器的最小检定分度值与传感器检定分度值应满足:

$$v_{\min} \leq e \times R / \sqrt{N}$$

这与 2012 版的表示 $v_{\min} \leq \text{Max} / (S \times R / \sqrt{N})$ 相似。是从传感器的角度来考虑, 而 2011 版的表示式。

$$\text{Max} \geq S \times v_{\min} \times R / \sqrt{N}$$

是侧重根据秤的最大称量设计皮带秤时, 称重传感器是否能满足要求的规定。通常我们根据附录 F 中的关系式, 选择称重传感器的最大称量 E_{\max} ,

$$E_{\max} \geq Q \times \text{Max} \times R / N$$

$$Q = (\text{Max} + \text{DL} + \text{IZSR} + \text{NUD} + T) / \text{Max}$$

$$\text{或者 } E_{\max} \geq (\text{Max} + \text{DL} + 1\text{ZSR} + \text{NUD} + T) \times R / N$$

其中: N = 称重传感器数, DL = 静载荷值, IZSR = 初始零点的设计范围 (应该考虑皮重), NUD = 非均匀载荷分布, T = 附加皮重。根据此式就可确定传感器的最大称量, 分度数。最终根据所须的精度级和相应的 S 值, 判断所选的传感器是否满足规定的要求。

虽然两种表示式没有原则上的差异, 我认为根据皮带秤的最大称量来确定所须称重传感器选择方法, 与通常设计其它秤的方法相似。OIML R50 - 4CD (2011 版) 的表示式, 更便于设计皮带秤。所以我比较赞同陈日兴专家的意见。

三、设计案例

下面我根据所掌握的一些资料, 谈谈是如何确定皮带秤的最低分度数, 这个问题我在 2010 年第 1 期工业计量杂志上发表的“传输皮带秤综述”文章已讲述过, 我也是摘抄自“WEIGHING TOWARDS THE YEAR 2000”文章中“Pattern Approval and Verification of Weighing Instruments Constructed from moules”文章的有关部分。由于当时皮带秤的最高级为 0.5 级。下面我根据文中的算法, 增加了 0.2 级皮带秤的内容, 供参考。

根据 OIML R50 国际建议, 皮带秤在影响因子的模拟实验时, 皮带秤的最大允许误差为:

0.2 级 $\pm 0.07\%$

0.5 级 $\pm 0.18\%$

1.0 级 $\pm 0.35\%$

2.0 级 $\pm 0.70\%$

并规定称重传感器在总误差中分配因子 $P_{LC}=0.7$, 所以皮带秤用称重传感器的最大允许误差为:

0.2 级 $\pm 0.049\%$

0.5 级 $\pm 0.125\%$

1.0 级 $\pm 0.245\%$

2.0 级 $\pm 0.490\%$

根据 OIML R60 国际建议，对 C 级称重传感器 ($P_{LC}=0.7$) 最大允许误差为：

$$0 \leq m \leq 500v \quad P_{LC} \times 0.5v = \pm 0.35v$$

$$500v < m \leq 2000v \quad P_{LC} \times 1.0v = \pm 0.70v$$

$$2000v < m \leq 10000v \quad P_{LC} \times 1.0v = \pm 0.70v$$

当称重传感器处于低误差段 ($< 500v$)，称重传感器对皮带秤工作在此区域时的极限相对误差 (Limiting Relative Error) 的检定分度数 (n) 为

$$0.1 \text{ 级 } n = 0.35 \times 100 / 0.049 = 714 \text{ 分度}$$

$$0.5 \text{ 级 } n = 0.35 \times 100 / 0.126 = 277 \text{ 分度}$$

$$1.0 \text{ 级 } n = 0.35 \times 100 / 0.245 = 143 \text{ 分度}$$

$$2.0 \text{ 级 } n = 0.35 \times 100 / 0.47 = 71 \text{ 分度}$$

此时称重传感器的使用范围为皮带秤的 $20\%Q_{max}$ ($20\%Max$) 的工作状态，所以对于最大流量 Q_{max} 时

$$0.1 \text{ 级 } 3570 (5 \times 714 \text{ 分度})$$

$$0.5 \text{ 级 } 1385 (5 \times 277 \text{ 分度})$$

$$1.0 \text{ 级 } 715 (5 \times 143 \text{ 分度})$$

$$2.0 \text{ 级 } 335 (5 \times 71 \text{ 分度})$$

将上述分度数按 500 分度取整最后可得：

$$0.1 \text{ 级 } 3500 \text{ 分度或 } 4000 \text{ 分度}$$

$$0.5 \text{ 级 } 1500 \text{ 分度}$$

$$1.0 \text{ 级 } 1000 \text{ 分度}$$

$$2.0 \text{ 级 } 500 \text{ 分度}$$

其实 C3 级的称重传感器准确度就能满足，因为这个准确度是按 $v = 0.35$ 计算。

在上述引用的文章中，有一节介绍了如何估算称重传感器分度值 v_{min} 与有效最大称量 Max 的关系。

根据要求对 C 级称重传感器当温度改变 $5^{\circ}C$ 时，最小分度值以 $0.7v_{min}$ 计。按 OIML R50 对零流量的温度影响，零流量在温度改变 $10^{\circ}C$ 时，两个累计示值之差应不大于累计期间最大流量累计值的

- 对 0.2 级皮带秤为 0.014%

- 对 0.5 级皮带秤为 0.035%
- 对 1.0 级皮带秤为 0.07%
- 对 2.0 级皮带秤为 0.14%

此时考虑到温度的改变为 10℃，最小检定分度值的误差限以 $1.4v_{\min}$ 计，就此计算 v_{\min} 与 Max 关系式：

- 对 0.2 级皮带秤：

$$1.4v_{\min} \times R/\sqrt{N} \leq 0.014 \times \text{Max}/100$$

$$\text{Max} \geq 10000v_{\min} \times R/\sqrt{N}$$

- 对 0.5 级皮带秤：

$$1.4v_{\min} \times R/\sqrt{N} \leq 0.035 \times \text{Max}/100$$

$$\text{Max} \geq 4000v_{\min} \times R/\sqrt{N}$$

- 对 1.0 级皮带秤：

$$1.4v_{\min} \times R/\sqrt{N} \leq 0.07 \times \text{Max}/100$$

$$\text{Max} \geq 2000v_{\min} \times R/\sqrt{N}$$

- 对 2.0 级皮带秤：

$$\text{Max} \geq 1000v_{\min} \times R/\sqrt{N}$$

由上述计算结果可以看出在 OIML R50 皮带秤国际建议新增称重传感器规定中给出各准确度级 S 值，为现计算值的 1.5 倍。

$$S = 1.5 \times 10000 = 15000 \text{ (对于 0.2 级秤)}$$

$$S = 1.5 \times 4000 = 6000 \text{ (对于 0.5 级秤)}$$

$$S = 1.5 \times 2000 = 3000 \text{ (对于 1.0 级秤)}$$

$$S = 1.5 \times 1000 = 1500 \text{ (对于 2.0 级秤)}$$

但根据什么理由要选定 S 值大 1.5 倍，我就不得而知。 E_{Mmax} 为传感器的最大秤量。

$$E_{\text{max}} \geq \text{Max}$$

$$\text{即 } E_{\text{max}} \geq 1.5 \times \text{Max}$$

如果由此来限定称重传感器与准确度级之间的必要性，我认为是值得商榷，所以我认为若限定必须满足现行对 Max 的 S 值和称重传感器 Y 值的规定，才能是决定皮带秤准确度级的必要条件，是不合理的。所以这个规定只能是一个推荐性的参考规定。不能成为决定皮带秤准确度的必要条件，更不是充分条件。

四 . 结束语

从上述的计算可以看出，对于一个设计或制造过皮带秤的专业工程师，都可能根据自己的经验和实际条件，按照皮带秤的准确度选择能满足要求的称重传感器。其实我就可以根据另外一些条件，用上述不同计算方法来选择称重传感器。之所以我摘录了国外文章的内容，一方面是让人们了解国外是根据何种计算来选择称重传感器的，另一方面大家比较信任国外的东西，能更容易接受这些结果，我提出与国外不同的结果，人们会不太容易接受，所以未提出我的观点，只是认为 OIMLR50 提出的对称重传感器规定，若用来规定皮带秤的准确度值，是不合理的，会影响皮带秤的发展。为此希望与大家切磋探讨。