

再谈称重传感器的使用问题

济南金钟电子衡器股份有限公司 沈立人

【摘要】 称重传感器就是将衡器的承载力正确地测量、并完整地输送到称重仪表中去，如果在设计过程中对称重传感器，特别是数字式称重传感器的一些基本参数；使用过程中不能全面考虑到环境的温度、湿度影响；在安装过程中不能正确执行工艺文件；就会直接影响到整台衡器的计量性能。

【关键词】 称重传感器；数字式称重传感器；热胀冷缩；灵敏度；安装；防护

目前我们遇到一些电子汽车衡的质量问题，虽然从直接现象看是承载器的问题，深究其原因是一个称重传感器的选择不当问题。电子衡器的普及在我国已经有二十多年的时间了，称重传感器的选用看起来是一些非常普通的常识，而这些常识就影响了衡器的整体性能。为此，我在过去多年内根据个人在使用称重传感器的实践中的体会，写了“称重传感器准确度比较”、“对称重传感器防护要求的认识”、“如何正确使用称重传感器”、“数字式称重传感器使用的注意事项”、“数字式电子衡器之我见”等多篇有关文章，这次结合近年来多次参加培训班讲课时学员的反映，将认为容易出现问题的和经常发生的一些知识，和个人的一些新的体会，整理汇集在这里供大家参考。

一、热胀冷缩影响

对于以前汽车衡承载器的长度在 12~14m 的情况下，承载器的热胀冷缩不是一个突出的问题，但是当承载器的长度达到 18m 以上后，就成为一个不容忽视的问题了。固然对承载器限位装置的设计产生一个的影响，但是对如何选择称重传感器产生的影响就更大。我们知道，由于称重传感器结构受力特点所确定，金属的线膨胀系数：温度范围 20~100℃（如果实际使用范围为 60℃时），碳钢 $10.6 \sim 12.2/10^{-6} \text{℃}^{-1}$ （选用 $11.4/10^{-6} \text{℃}^{-1}$ ），对于一台长 18m 的汽车衡来讲，其变化应为： $18000\text{mm} \times 60 \times 11.4/10^{-6} = 12.312\text{mm}$ 。

这样就出现两个问题：

- 一个是，承载器与两端通道的间距问题；
- 一个是，称重传感器的抗偏载性能问题。

1、间距

这个间距不是承载器限位间隙，承载器的限位间隙是可调节的，而这里所讲的这个间距是不可

调节的，是在制造基础时就已经固定的了。所以一定需要在制造基础时，考虑到使用现场可能的温度范围，及可能造成的热胀冷缩承载器长度变化，两端间距的总尺寸一定要大于热胀冷缩的变形量。

2、称重传感器的抗偏载性能

目前电阻应变式称重传感器的抗偏载性能排列次序为：

柱式→圆筒式→蝶式→平行梁式→悬臂梁式→桥式→轮辐式（当然对于柱式双膜片称重传感器来讲，比普通单膜片结构要好一些；双球面结构的比单球面结构的要好一些）。

这里必须注意以上只是从外形上辨别的，从结构原理上的排列次序为：

柱式正应力→梁式正应力→单剪应力→双剪应力。

从以上抗偏载性能的排列次序可以清楚地看出，在使用柱式结构的称重传感器时应该注意热胀冷缩的问题，比如所选用的产品其规定的偏载角度是多少？是否能够满足称量性能的要求？

有的制造企业在产品样本上介绍，其生产的柱式称重传感器性能范围在 3° 之内能够保证计量性能，这是一种负责任企业的表现。但是，我不知他们是如何测试出来的，因为据我浅显的知识所了解，在带一定斜度的工作台上进行称重传感器的测试是非常危险的。

二、最大秤量影响

1、灵敏度影响问题

(1) 目前常用的称重传感器当中，其灵敏度通常为 2mV/V 。双剪切梁式（桥式）结构、单剪切梁（悬臂式）结构、平行梁结构的灵敏度通常为 2mV/V ，柱式结构的灵敏度通常为 1mV/V ，另有一小部分悬臂梁结构、S型的灵敏度为 3mV/V 。

动态电子轨道衡在称量过程中因为有较强的冲击载荷，所以使用灵敏度指标是 1mV/V 的，最大秤量为 20 吨的柱式称重传感器产品；一般静态称量用的衡器，如，汽车衡、平台秤等产品，由于相对冲击载荷较小，使用灵敏度 2mV/V 的称重传感器；一些采用杠杆系统的，或者一些不易产生偏载影响的料斗秤、称量液态物质的衡器，可以使用灵敏度 3mV/V 的称重传感器。

(2) 可能有的朋友要讲，在 R76-1《非自动衡器》国际建议（2006 版）中，对非自动衡器模块兼容性核查时，针对不同结构的衡器只是给出了一个修正系数 Q，根本就没有考虑称重传感器的“灵敏度”问题，你在这里是否也在故弄玄虚？

实际上，同样两个最大秤量一样的称重传感器，如果一个灵敏度为 1mV/V ，而另一个灵敏度为 2mV/V ，那么其使用情况是完全不一样的。因为相对来讲，两者之间实际载荷能力相差一半左右。换句话说，如果两者灵敏度相当，则灵敏度为 1mV/V 的称重传感器比灵敏度为 2mV/V 的称重传感器负载能力大一倍。

2、交变应力影响

许多衡器产品都是在动载荷作用下工作的，很少有衡器是在静止称量的，所以在选择称重传感器时，一定要考虑冲击作用力的影响，在设计选择称重传感器是留有一定的安全余量。但是，像汽

车衡、轨道衡等一些衡器，其不但受到冲击载荷的影响，还受到交变作用力的影响，这些交变作用力对称重传感器的破坏力，在某些环境下对一些产品结构所产生的破坏力有时大于瞬时作用力，在这样作用下产生的破坏被成为“疲劳破坏”，与静载荷下的破坏迥然不同，其破坏时应力低于材料的强度极限，甚至低于屈服极限。

三、安装影响

1、固定称重传感器的螺栓对安装力矩的要求

称重传感器安装的紧固力度如何，是保证其使用中的边界条件是否能稳定的前提。装配时紧固力度太大，有可能将紧固螺栓扭断；紧固力度较小，有可能达不到安装要求。称重传感器不论是安装在承载器上，还是安装在基础结构上，都必须达到在重量对承重点作用后，其固定点不会发生松动，所以固定点选用的螺栓材质、直径和预紧力矩都有严格的要求。力矩 $T = k \cdot d \cdot F$ （其中 $k=0.2$ ）见下表 1。

表 1 螺栓预紧力与其强度和规格的关系（F 单位为 kg）

预紧力 F 强度		直径								
		M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	M36
普通	5.6 级	1020	1620	2360	4400	6860	9880	12900	15700	19400
	6.8 级	1610	2550	3710	6900	10800	15500	20200	24700	35900
高强度	8.8 级	2120	3360	4890	9110	14700	21200	27500	33700	49000
	10.9 级	3040	4810	7000	13000	20300	29300	38100	46600	67800

例如，选用 10.9 级 M24 的高强度螺栓，

$$\text{旋转力 } T = k \cdot d \cdot F = 0.2 \times 24 \times 29300 \text{ kg} \cdot \text{mm} = 140640 \text{ kg} \cdot \text{mm} \approx 140 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

2、安装力矩对称重传感器应力的影响

对于某些结构的称重传感器来讲，由于其应变区与安装位置间隔比较近，在设计时又没有考虑隔离区，所以用于固定称重传感器的作用力如果处理的不合适，将会影响称重传感器的正常输出信号。比如，电子计价秤使用的“平行梁式”称重传感器，其偏载误差都是在安装结束后再修正，因为固定称重传感器的螺钉位置与应变片粘贴位置同侧面，且距离比较近，如果设计在两端的效果就会好的多。80 年代引进美国的吊秤中使用的称重传感器在固定位置与应变区之间设计了一道隔离槽，就是为了减少安装力矩对计量性能的影响。

四、称重传感器防护

“防护等级”这个名词出自国家标准 GB/T4208-1993《外壳防护等级 (IP 代码)》，在标准的适用范围中规定，它适用于低压电器外壳的防护分级。而不适用于低压电器对机械损坏、易爆、腐蚀性气体或凝湿、霉菌、虫害等条件下使用的保护。在计量检定规程 JJG669-2003《称重传感器》(eqv 国际建议 R60)，同样国家标准 GB/T7551-2008《称重传感器》也有相同的规定，对称重传感器的影响量最大允许误差，对于湿度符号分了三种类型。

- ①对标记有“N H”符号的称重传感器，规定不进行湿度试验；
- ②对标记有“C H”符号（或没有湿度符号）的称重传感器，规定做湿热循环试验；
- ③对标记有“S H”符号的称重传感器，规定做湿热稳定试验。

从以上标准和规程中可以看出，两者的区别之一是“温度”影响。防水和防尘试验的标准环境条件基本是在常温下进行的，而标记有“CH”和“SH”符号称重传感器的湿热试验对温度有比较严格的规定。第二，是水的表面张力和蒸汽渗透能力的区别。虽然 IPX7 和 IPX8 的试验要求将电器完全侵入水中，并侵入到一定深度，但是我们必须注意到，是它在同一温度下进行的，虽然侵入水中电器会受到一定的压力，但是水的表面张力就能阻止水侵入到一些微小缝隙中。而在湿热稳态试验时，是当温度升高至规定值后，再加入蒸汽达到一定湿度，这种严酷程度就不一样了。因为温度升高会使微小缝隙变大，蒸汽由于不受表面张力的影响，潮湿的气体就会长驱直入，从而影响产品的计量性能。第三，是时间问题。在防护等级 IPX7 中规定：“试验持续时间至少为 30min”，而在“CH”的试验中规定：“每一个循环持续 24h 的 12 个湿热循环组成”；在“SH”的试验中规定：“在规定的较高温度和 85%相对湿度条件下，保持温度、湿度稳定两天后进行”。一个是 30min，一个是 12 个 24h 或两天，两者的严酷度相距甚远。

五、数字式称重传感器

1、灵敏度概念问题

目前大家公认所谓的“数字式称重传感器”和“数字化称重传感器”，都不是真正意义上的“数字传感器”，在 R60《称重传感器》(2000 版)国际建议中，认为这些都是装有电子线路的称重传感器，也就是说，这些称重传感器没有产生脱胎换骨的变化，模拟称重传感器中使用的技术指标，在数字式称重传感器中也是同等应该遵守的。其中对“灵敏度”的定义是称重传感器响应（输出）的变化对相应的激励（施加的载荷）变化的比。用“mV/V”表示。

在过去，大家都按这个规定来考虑“模拟式称重传感器”的指标的，可是怎么到了“数字式称重传感器”，这个“灵敏度”所表示的成了 100 万码、20 万码等的分辨力了呢？这个“灵敏度”所反映的内容是什么意思？这有什么用途？是否在误导用户？实际上，这个“分辨力”就是指的称重指示器的

一个模数转换 (A/D) 指标。

在设计电子衡器时, 选用什么规格的称重传感器, 这个“灵敏度”指标应该是一个重要参数。我在《如何正确使用称重传感器》一文中, 针对模拟式称重传感器的技术指标, 从称重传感器的最大秤量、称重传感器的准确度、称重传感器的结构、称重传感器的安装等方面, 针对不同衡器产品应该怎样选择称重传感器。在文中提出了一个称重传感器“灵敏度”的指标, 我认为在选择称重传感器时, 除了应该考虑最大秤量 E_{\max} 、最小检定分度值 v_{\min} 和准确度等级的指标外, 不论修正系数如何选择, 一定要注意称重传感器的“灵敏度”指标。

现在许多数字式称重传感器的指标中, 将数字模块 A/D 的有效分辨力 50 万、100 万码等作为“灵敏度”进行表示, 这样混淆了灵敏度的概念, 对一些选用数字式称重传感器的设计者带来了困难。就如同 90 年代时期, 将称重仪表的分辨力操作到几十万一样, 直到 GB/T7724-1999《称重显示控制器》国家标准的出版, 才使这个炒作停止。

2、最小检定分度值 v_{\min}

在 R60《称重传感器》(2000 版) 国际建议中, 对于最小检定分度值 v_{\min} 的获得, 是根据称重传感器的实际测量范围, 可以分成的最小检定分度值。即 $v_{\min} = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{n}$ 。

这里的“测量范围的最大载荷 D_{\max} ”可以等于“称重传感器的最大秤量 E_{\max} ”, 也可以小于 E_{\max} ; 这里的“测量范围的最小载荷 D_{\min} ”可以等于“称重传感器的最小静秤量 E_{\min} ”, 也可以大于 E_{\min} 。绝对不是象某些产品样本上写的那样, $v_{\min} = E_{\max} / 10000$ 。

六、结论

以上谈到的一些关于称重传感器方面的问题, 一些问题是制造单位从产品宣传上有意回避自身的薄弱环节, 一些问题是使用者在选择时没有研究明白, 要解决这些问题的关键在于学习, 认真搞明白称重传感器的概念, 千万不能人云亦云。

参考文献

1. GB/T3098.1-2010《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》。
2. GB/T7551-2008《称重传感器》国家标准。
3. GB/T23111-2008《非自动衡器》国家标准。
4. GB/T11014-1989《平衡电压数字接口电路的电气特性》国家标准。