

# 应变式称重传感器使用简介

中国计量科学研究院 周祖濂

**【摘要】**称重传感器是电子衡器的关键基础部件，其准确度、稳定性和可靠性直接影响称重系统的计量性能，而正确的选择和使用称重传感器是至关重要的一环。本文在收集国内外称重传感器使用经验的基础上，重点介绍了如何从种类繁多的称重传感器中选择适合的结构类型以及如何判别不同厂家所生产的同类型称重传感器的性能和应用特点。

**【关键词】**称重传感器；电子衡器；计量性能；受力轴线

## 一、概述

对于各种称重系统而言，称重传感器是决定系统准确性和可靠性的关键部件。甚至将称重传感器称作称重系统的“心脏”。在我国介绍称重传感器的文章中，多偏重于称重传感器的制造、工艺以及使用材料力学分析特性，而讨论称重传感器运用的文章不太多。特别是如何从种类繁多的称重传感器中选择适合的结构以及如何判别不同厂家所生产的同类型称重传感器的性能谁优谁劣，如何正确安装称重传感器，都是电子衡器制造产业中所关心的问题，特别是对刚步入此产业的人员所关心的问题。

## 二、带有转接头的称重传感器

图 1 (a)、(b) 给出了常见的带有转接头的称重传感器示图。

Tabelle 2: Schemazeichnungen von Druck- und Zugwägezellen

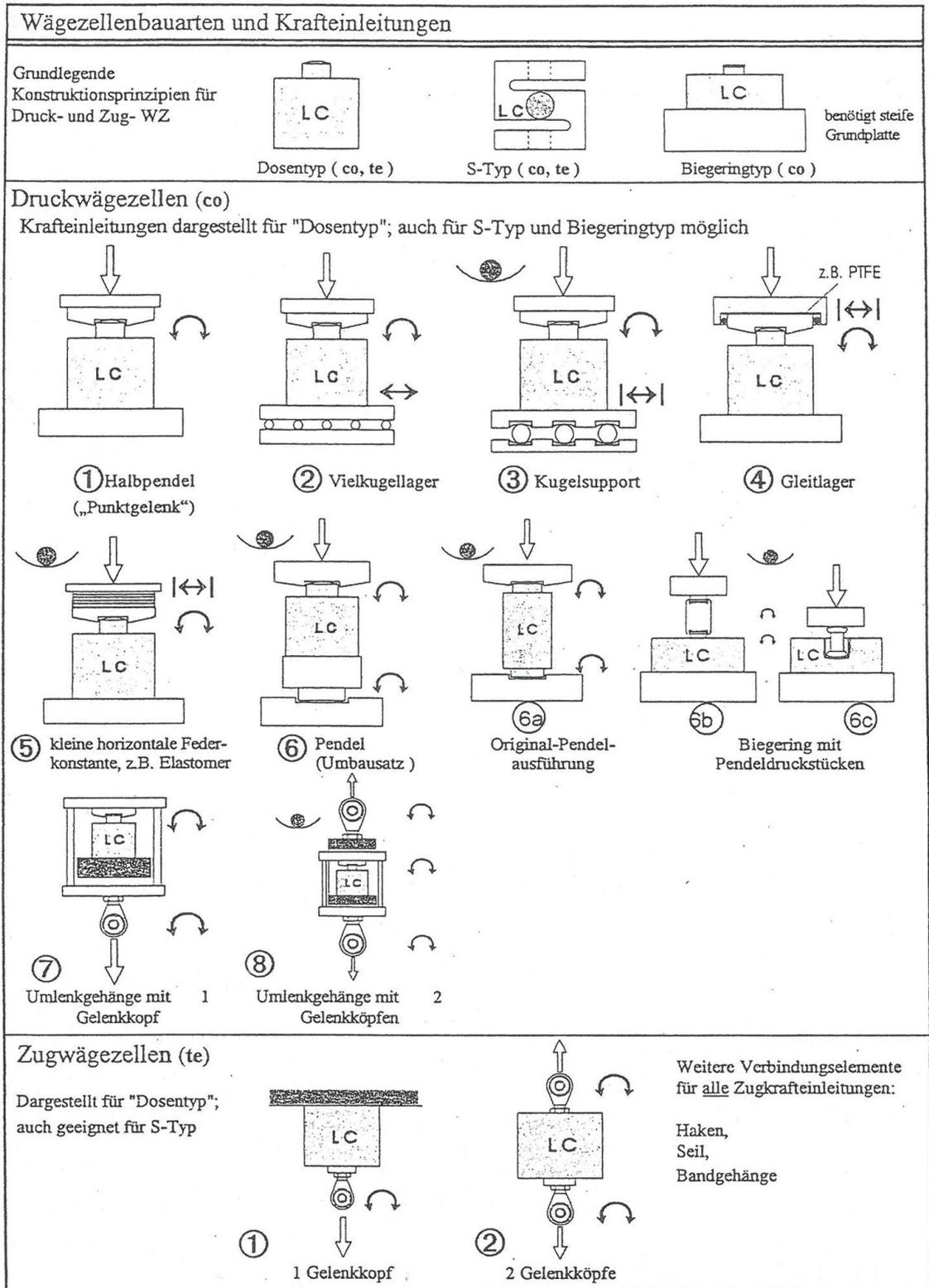


图 1 (a) 带有转接头的称重传感器

Tabelle 3: Schemazeichnungen von Balkenwägezellen

Wägezellenbauarten und Kräfteinleitungen	
Die Kräfteinleitung ist unabhängig von den dargestellten Kapselungen, Abdichtungen oder Gehäusen und den Befestigungen	
<p><b>Balkenwägezellen - Kragarmbiegebalken (be)</b></p> <p>Doppelbiegebalken- und Scherbalken-Wägezellen</p> <p>① 1 Kugelgelenk      ② 1 Kugel-Support      ③ Halbpindel &amp; kleine horizontale Federkonstante, z.B. Elastomer      ④ Zugrückführung, 2 Gelenke</p> <p>Variationen: Kugelschale    Seil</p> <p>⑤ Zug mit Umgriff      ⑥ direkter Zug      ⑦ 3 Kugelsupport</p> <p>⑧ 3 Kugelsupport &amp; Gelenk      ⑨ zusätzliche Pendelstütze      ⑩ Halbpindel &amp; Gleitlager      ⑪ Halbpindel &amp; Gleitlager</p>	
<p><b>Plattformwägezellen (sp)</b></p> <p>Die Plattform-WZ ist starr ausgeführt: bei Verwendung von mehreren WZ für eine Waagenbrücke erfordern horizontale Abstandsänderung und Durchbiegung des Lasträgers entkoppelnde Zusatzelemente. Die Kräfteinleitungen Nr. 1 bis 10 der Balken-WZ können verwendet werden. Maximale Plattformabmessungen können im Prüfschein oder in der Bauartzulassung angegeben werden..</p>	
<p><b>Beidseitig gelagerte Balkenwägezellen (de)</b></p> <p>① „Punktgelenk“ 2 Halbpindel &amp; z.B. Elastomer      ② „Punktgelenk“ &amp; 2 löse Achsen      ③ Ringaugen</p> <p>Bauarten mit fester Aufspannung an den Enden benötigen nachgiebige Aufspannböcke für Abstandsänderung und Durchbiegung.</p>	

图 1 (b) 带有转接头的称重传感器

图中的符号表示称重传感器接触点与相应的承载器或安装基础间可移动的关系：

 允许沿称重传感器轴的法线方向移动，例如当温度增高时，膨胀所引起的改变。

|  | 带有可变位的沿称重传感器轴的法线方向移动，(弹性反回效应)。允许温度胀缩和抗横向冲击。

0 允许倾斜，称重传感器的倾斜或承载器偏斜，可保持称重传感器轴线方向无移动。



具有自对中效果与称重传感器构成一个完整的组件。

由于原文是取自德文杂志，我对其中的一些内容做简短说明。实际上图中介绍拉、压、单梁和双梁各类称重传感器使用时的各种加载转接头。图 1 (a) (原图 2) 三个称重传感器是拉、压式的基本结构，第二组为八种压式称重传感器示图，之后是拉式称重传感器。

图 1 (b) (原图 3) 示出 10 种单梁式称重传感器，其后是单点式称重传感器。单点式称重传感器对于水平移动或倾斜不存在自由度。单点式称重传感器、不锈钢称重传感器和数字称重传感器被认为是后期在应变式称重传感器发展的三个进步点。最下面是双梁式称重传感器。由于该资料发表较早，对有些类型的称重传感器没有介绍，如“马鞍式称重传感器”，特别是各类称量组件没有介绍。称量组件不仅能确保称重传感器的正确使用，给衡器设计和制造者带来很大方便。大

多数双梁式称重传感器的组件都有“自复位（对中）”的能力。

### 三、正确使用称重传感器的基本要求及选择原则

正确使用称重传感器最基本的要求是作用力矢量应与称重传感器的受力轴线相重合如图 2（a）所示。而图 2（b、c 和 d）的作用力都将引起测量误差，甚至造成损坏。b：作用力偏于称重传感器受力轴线；c：作用力存在侧向力和 d：作用力存在力矩或扭转力。

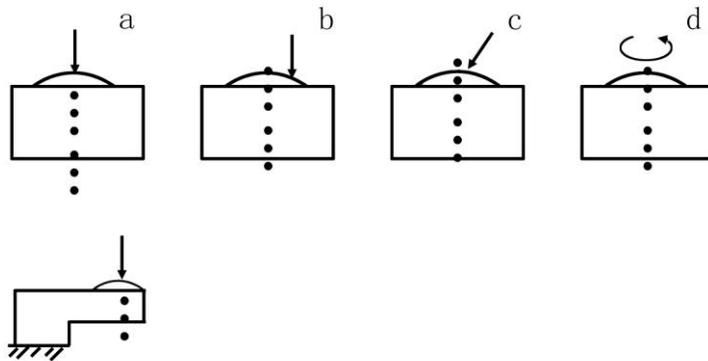


图2

现今制造称重传感器的厂家生产出各式各样的称重传感器，但就其结构形式无外乎单双梁式、“S”式、单点式和拉压式（罐形或筒形）等。各厂家制造产品不会因为厂家不同而显示出结构上的明显差异，而从所给出的技术指标也相似或基本一样，且绝大多数的产品均达到 C3 级。所以除了显而易见的价格和实用性以外，如何选择称重传感器的确实是一个很实际的问题。各厂家的产品虽然都取得各权威部门颁发的称重传感器认证书。但是这只能代表该次送交试验检测的性能。而应变式称重传感器是一种高精度的器件，各批次的产品在制造中的差异，可使最终成品间的性能有所不同。因为每一批产品从弹性体本身的冶炼、锻造、热处理等不可能完全一致，所以要求对每批产品重新确定，弹性补偿，温度补偿等，使各批次的产品都能具有相

当一致的技术参数。但是生产厂家是否都重新对每批次的产品做了相应的补偿就不得而知了。所以首选声誉好的品牌厂家的产品是保证称重传感器质量的可靠性的基本保证。其次很多大型衡器的使用环境远比产品认证试验的条件恶劣。如温度范围，认证试验为 $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 。而在室外高温可达 $60^{\circ}\text{C}$ ，甚至更高，还可能受冲击力、高湿热的冲击。称重传感器的防湿是保证其能长期使用的极重要的因素。通常用IP防护标准来表示称重传感器的防护等级（能力）。由于大多数“真空密封”的称重传感器，电缆线仍然是通过一种压制配件进入到称重传感器的壳件，不是真正的真空密封。问题是若要提高防护能力，例如由IP67变为IP68，就需要耗费更多的制造加工费，使售价提高。现在的问题是制造商往往有意夸大了这种没有保证所支持的要求，使得IP级别失去它真正的意义。但是如果您的称重系统的工作环境恶劣，温度很高，而不考虑IP级别（防护能力），就不要希望电阻应变式称重传感器能在潮湿环境工作。

至于在实际工作条件下，称重传感器受到冲击力等这类技术要求在厂家说明书中是查不到的，而且也不属于法制认证的内容，要克服和减轻这些干扰的影响。主要是通过传力转接头来实现。由图1(a)、(b)中就可看出，同样的外形结构，但可配有适用于各种工作情况的传力转接头。例如图1(a)中称重传感器⑤的上转接头就加有橡胶层，这样可以减轻冲击力和倾向力。

选用称重传感器时，不能只关注称重传感器的准确度等级，还应该根据相对DR或Z(Relative DRorZ)和相对Vmin或Y(Relative Vmin

or Y) 来选适合使用的称重传感器。参数  $Z = E_{\max} / (Z \cdot DR)$  中  $E_{\max}$  为称重传感器的最大量程,  $DR$  为载荷输出最小回程, 简单的说它决定了最小检定分度值 ( $e$ )。  $Y_{\min}$  为称重传感器检定分度的最小值, 它决定了在最大量程下称重传感器的最大分辨率。即最小检定分度值 ( $d$ )。它由零点的温度系数决定。它们是设计多量程和多范围秤的依据。

对多范围衡器要求:  $DR \leq 0.5e_1$ ;

对多量程衡器要求:  $DR \leq e_1$ ;

其中  $e_1$  为第一个 (最小) 量程的检定分度值。

各类称重传感器的本质差别, 决定于称重传感器弹性体的类别, 即应变元件 (英文的 **Strain gauge**) 的特性、结构、几何形状等。图 1 (a)、(b) 中的应变元件主要为我们常见的柱式、“S”型、单梁和双梁形。此外还有轮辐式、板簧式、十字梁型等派生的类型。

国外称重传感器制造企业和相关文章还介绍了一些弹性元件, 如图 3 (a)、(b) 所示。

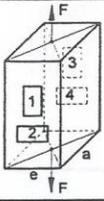
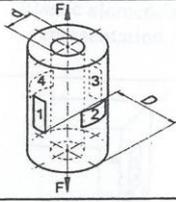
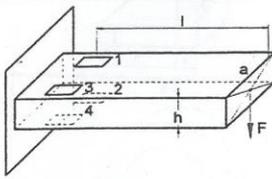
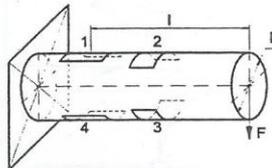
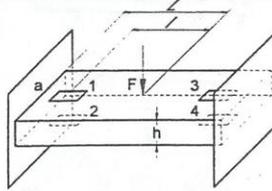
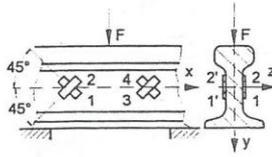
Type, Name	Elastic element's representation	Sensitivity		Force range [N]			
		Mechanical [ $\mu\text{m/m}$ ]	Electrical [ $\epsilon$ ]	$10^{-2}$	$10^1$	$10^4$	$10^7$
I Stretched/ compressed column		$\frac{F}{Eae}$	2.6				
II Stretched/ compressed tube		$\frac{4F}{\pi E(D^2 - d^2)}$	2.6				
III Bent lamella (cantilever beam)		$\frac{6Fl}{Eah^2}$	4				
IV Bent and/or torsioned shaft		$\frac{32Fl}{\pi ED^2}$	2.6				
V Middle bent bar with embedded ends		$\frac{1.5F(2l-L)}{Eah^2}$	4				
VI Shearing strained profile		It depends upon F, E and the profile's dimensions	4				

图 3 (a) 各种弹性元件结构图

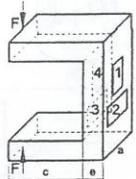
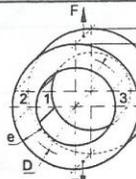
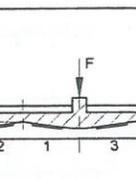
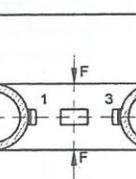
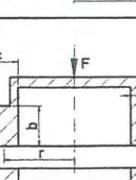
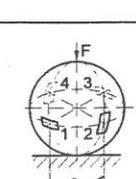
Type, Name	Elastic element's representation	Sensitivity		Force range [N]			
		Mechanical [ $\mu\text{m/m}$ ]	Electrical [ $\epsilon$ ]	$10^{-2}$	$10^1$	$10^4$	$10^7$
VII Bent yoke		$\frac{F(6\frac{c}{e}-1)}{Eae}$	2.6				
VIII Bent ring		$\frac{3FD}{\pi Eae^2}$	3.7				
IX Bent membrane		$\frac{1.24F}{\pi Eh^2_{med}}$	4				
X Compressed torus		$\frac{2(1-\nu^2)(1-\frac{\rho}{r})F}{\pi^2 Eh\rho(1+\frac{3}{2}\frac{h^2r^2}{\rho^4})}$	3.7				
XI Axis symmetrical element		It depends upon F, E, b, c, h <sub>1</sub> , h <sub>2</sub> , r	4				
XII Sphere/volumetric element		It depends upon F, E, D	2.6				

图 3 (b) 各种弹性元件结构图

图中 IX Bent membrane (弯曲膜片) 和 XI Axis Symmetrical element (轴对称型) 是两种值得参考的型式。国外已有一些成功的产品。

我国是电子汽车衡使用量最多的国家。在欧洲, 目前电子汽车衡使用的称重传感器主要是柱式 (罐式)、包括三柱或四柱式称重传感

器，这种称重传感器的主要优势在于体积小，体格比双剪切梁式要低很多。但缺点是在安装时比双梁式困难。而在美洲国家确认为双端剪切梁式最适合电子汽车衡和大罐使用。这类称重传感器不需要限位装置，具有自复位功能，使系统更容易安装并减少调试费用，使电子汽车衡和大罐能达到很好的称重性能。

生产大量程称重传感器制造厂商，必需备有带有温度箱的测力装置，称重传感器能做全程温度范围的温度补偿。为了保证产品的一致性和加工精度还应备有数控机床等。没有这些装备能力的厂家是不太可能制造出性能一致的优良产品。

#### 四、结束语

以上所介绍的只是使用称重传感器最基础的知识。称重传感器必须与适当的机构结合，才成为完整的称重系统。所以即使选择了合适的称重传感器，还要正确地安装在称重的机构上，才能达到理想的结果。这不仅要有很好的设计构思，还要有丰富的实践经验才能制造出优秀的称重系统。所以要用好称重传感器，应当对一些优质的产品进行认真的研究，进而能提高衡器的制造水平。