

# 有关衡器测量的一些基本知识

□中国计量科学研究院 周祖濂

文献标识码：B

文章编号：1003-1870 (2023) 06-0049-02

衡器在使用时由于使用目的不同，设计者可使用单只和多只传感器来达到要求。根据称重的基本原理，实际上绝大多数衡器称重是通过使用一只和四只传感器来完成的。

计价电子秤是使用单只传感器称重最广泛且用量最多的称重计量器具。这种小量程衡器所使用的传感器，基本上都是双孔平行梁式传感器，这种传感器的特点是，无论载荷安置在秤台的任何位置，其称重结果均相同。另外，重复称重均相同是对衡器的最基本的要求。

除了计价秤以外，在很多场合都有使用单只传感器的衡器，特别是单点式传感器出现后，在很多较大量程称重的衡器上得到广泛运用。除了传统的非自动称重方面外，在单托辊皮带秤，轴称重汽车衡方面也得到有效的使用。

单只传感器用于称重的衡器最特殊的运用是吊秤，从称重物理原理来讲这是最简单、最直接的称重方法。如果被称物处于理想的“静态”，称重时就不存在其他的干扰因素，传感器的受力就应当是被称物的重量，但是吊秤是衡器影响称重结果、干扰因素最多、最复杂，也是最难控制的衡器。

吊秤使用时，先通过绳索或直接挂在横梁或顶上，再用绳索吊挂被称物体。在实际称重时，被称物不仅会在相对固定点上摆动、旋转，而且还会转动，这些运动均会产生附加的干扰力。例如，由于摆动不仅产生了离心力、倾斜力，而且这些力不仅仅与吊挂绳的长度、固定吊挂点的强度、起吊时的摆幅有关，还与被称物体的惯性距等因素有关，因此无法制定“标准”的工作状态。因为这些干扰因素不可能得到可供计算的数学模型，所以也不太可能

进行修正，其结果是无法制定出有效检定方法。通常只能通过悬挂砝码，在主观认为相对静止的状态下进行“量值校准”，所以用吊秤来称重时，我认为其误差在10% 就不错了。

使用两只传感器称重的装置不是很多，但它有一个特点，即在实际运用中运用得当的话会取得很好的效果。两个称重支点的结构，无论被称物体处于两个支点之间的任何位置时，两个支点的受力值之和始终等于被称物体的重量，即与被称物重心的位置无关。我曾利用这一特点设计和制作过称猪的秤，猪在承载器（栏）中十分的不安定，位置变化很大，在使用了两个支撑点传感器后，称猪重量的准确度大幅度提高。所以可以看出：使用了两个支撑称重的优点是，只要限位器设计和调整合理，就可以明显提高称重的准确度。

三个支撑点的称重装置，也同样具有称重结果与被称物体重心无关的特点。但现在除了在存储罐的称重使用外，已经很少见到使用三个支撑点结构的衡器。我认为其主要原因还是，在实际运用时，除被称物的重心很容易偏离支撑点之外，且三个支点的稳定性要比四个支点的衡器稳定性差。

俗话说“四平八稳”，这个词汇用在衡器上尤为贴切。因此四个支撑点的称重装置或衡器在现实中得到了广泛应用。然而人们在使用四个支撑点称重时往往存在一个习惯性的误区，即认为被称物体的重量就等于四个支撑点受力之和。而实际上四个支撑点系统是一个静态不定力矩的平衡系统。即使准确知道四个支撑点的准确坐标位置、载荷的准确坐标位置，也无法求得四个支撑点受力的准确值。因为在计算这类衡器的准确度上，我们往往忽略了一

个技术指标，即偏载的允差。偏载的允差是确定载荷处于承载器不同位置时测量示值的误差，它是由衡器力矩平衡的本质决定的。由于习惯，很多人会把四个传感器构成的衡器误认为传感器所受力值相加一定等于载荷的重量。

从物理角度讲，除吊秤外其余所有衡器的测量都是建立在力矩平衡的原理上，而不是力值的平衡上。

四支撑载器在动态的称重中也得到了广泛使用，动态汽车衡、动态轨道衡、皮带秤、检验秤的称重装置都是四个支撑点称重结构的衡器。对制造以上各种衡器的称重装置而言，需要称重台设计合理，限位器的设计、安装正确，使其能保证加载的正确性。厂家所设计的衡器在生产的一致性上通常保证静态测量精度（即使用时的不确定度）为0.1%，应当是没有太大问题。但为什么在现场安装检定时同类产品的结果会有明显的差异呢？其实这不是衡器本身的问题，而是被测物体在动态测量中受环境条件的影响而产生不同测量结果的根本因素。

例如，轨道衡两端引轨的平直性，还受过渡器等的影响。车辆挂钩间的相互作用力、车辆的自振频率、载荷的大小，也都能直接影响测量的最终结果。

对于动态汽车衡，特别是轮轴式动态汽车衡，除了衡器两端引道的平直性外，即使是同一车辆，在载荷不变的情况下，车辆、车轮气压的不同，也会明显影响测量结果。这是因为车轮气压不同，导致车轮与轴计量衡的接触面积发生明显的变化，而且还会导致车辆的自振频率的改变。

影响皮带秤的因素就更加明显了，皮带效应是决定皮带秤测量不确定性的最根本因素。

事实上，对于衡器而言，只要设计合理，衡器的称重部分的一致性就可以做得很好，使得测量仪器的测量精度也能满足要求，并对测量信号的处理和修正也具有相应的保障作用。即便如此，被测物体本身和环境的不可控因素才是影响测量结果的根本因素。除上面的例子外，如非自动累积秤，当物品放料到称重斗时，所引起的称重斗周边的气压扰动的干扰，以及定量包装秤中被包装物体的包装难易程度，均为影响测量结果的根本因素。

综上所述，改善衡器（特别是动态衡器影响测量结果）的环境条件，往往是事半功倍取得良好测

量结果的重要举措。例如设计合理、有效的装料装置，保证投料的均匀性和稳定性；加强皮带秤和送料皮带装置的结构稳定性、可靠性；以及降低电测装置的漂移等，都是有效提高皮带秤的可靠性、稳定性和测量精度的具体措施。

吊秤和动态轴汽车衡是两个难以确定测量误差的衡器，因为对它们的“校验”往往与实际测量时的状态相差很大。例如吊秤所使用的传感器，只能在静态下校准，能够给出偏载和倾斜加载的范围就很不易了。所以当衡器在摆动、旋转、转动的受力条件下，即使有号称“万能接头”的连接器，也无法正确得出在这些干扰条件下受力与电信号输出的相应值，也就无法用悬挂砝码和可溯源的标准物来对吊秤进行“校准”。这也就是为什么至今没有制定出对吊秤的检定的公认方法和国际建议的原因。

动态轴计量汽车衡的稳测量对象可能是多种多样的载重车辆。如前所说，即使同一个车辆在相同加载情况下，由于车轮压力不同，或由于与承载台面的接触面积的差异，自振频率的改变，使得测量结果有明显的差异。而在“校验”中提出用“刚性”两轴车辆作为标准器进行“校准”，其测量结果存在很多不可确定的因素，原因在于，首先如何评定“刚性”就是没有“标准”的，其次两轮轴车辆与实际要测量的各种各样的车辆在结构上的差异很大，这些差异对测量结果有多大影响，也是没有结论的。例如在对大型拖车进行测量时，操作者无法判断拖车与挂车之间，以及车辆各轮轴在测量时有无相关性（联系）。

中国是汽车衡使用最多的国家，但在这方面的基础研究还比较差。完整、可靠、可信的测量和“检定”数据也不完善。这些都对我们如何正确运用轴汽车衡带来了负面影响。另一方面从管理层面上考量，由于车辆超载的管理问题，也是行政方面始终没法解决的难题，所以从研究方面上看，实际上厂家和有关部门有很多相关工作可深入探讨，也是我们实现衡器强国的挑战机会与动力。

#### 作者简介

周祖濂，云南大学物理系毕业，中国计量科学研究院质量称重室主任，高级工程师，1998年退休。