

使用汽车衡应了解的基本知识

中国计量科学研究院 周祖濂

摘要 本文重点讲述汽车衡在使用时,影响测量精度常见的问题,以及这些错误和混乱导致厂家夸大产品的技术指标所产生的不良后果,并对如何评估汽车衡的三个技术指标做了详细的介绍。

关键字: 标称载荷 分段载荷 集中载荷

汽车衡是从事汽车衡器行业的人最熟悉的衡器,也是使用最广泛的衡器之一。有关汽车衡的文章是杂志上刊登最多的,但是在实际运用时用户和从业者往往由于对汽车衡是否违背衡器使用的基本原理上不够重视,从而造成了不少误解和错误。

汽车衡是户外常用的大型衡器,使用环境相对比较恶劣。由于要满足不同重量的各类车辆的称重要求,使得汽车衡在结构、尺寸上的要求也各不相同。此外,因为称重时单个车轮或车轮组承载器的作用,往往集中在一个较小的区域内,使得承载器的受力极不均衡,导致衡器的偏载不一致,对其称重结果的影响十分明显。

汽车衡主要包括:承载器(称重台)、传感器、称重显示器、限位或约束装置。

一、承载器

承载器俗称秤台。汽车衡的承载器由于要满足各种类型车辆的不同要求,除量程不同外,秤台尺寸的差异也极大。承载器可分为:单

秤台、双秤台和多秤台等多种型式，用以满足不同的称重要求。

由多个秤台组合的增长型秤台，它的每个单独的称重段，实际上就是一个独立的秤。每一称重段都有其额定的载重量，组合后的整个秤体，也有其总的载重量。需要特别强调的是，整秤的载重量并不等于分段秤的载重量之和。整秤的载重量定义为：能够在秤台上称重的最大总载荷，即为整个秤台上均匀载荷的总重量。分段载重量为：单轴和轴组在分段秤台上的最大载荷量。在使用中我们往往会发现，即使车辆的总重量和轴重都不超过汽车衡的最大载荷值，秤台也会受到结构性的损坏。为此一些厂家通过增大衡器的标称载荷，来避免汽车衡的结构性损坏。

这些问题表明 OIML R76 国际建议的规定和内容已不能满足汽车衡技术的指标。从 1980 年开始，很多专业人士就对汽车衡的技术要求进行了进一步研究，提出了描述汽车衡的三个技术指标，它们分别是：标称称重，分段称重的额定值和集中载荷值（CTC），其中 CTC 是 Concentrated Load Capacity 的缩写。在美国专业人士提出为了满足 CTC 的要求，承载器的强度需根据美国桥梁强度的要求来设计。因此，美国是最早在检定汽车衡的条款中增加 CTC 试验的国家。

汽车衡的每个“分段”，实际上都是每个独立的称重单元。对于多秤台的汽车衡，检定时不仅需对整体衡器进行标称载荷试验，还需对各个分段进行偏载试验、量程试验和 CTC 试验。由于整体衡器的标称载荷量不等于分段载荷量之和，这样就使得在称量不同车辆的重量时，称重结果的表述也不会相同。例如图 1(a)中，由于对集装箱汽

车衡称重时，集装箱拖车前后轮组件间的分段秤台并不承重，所以集装箱的重量只由受力的两个分段秤台决定，因此误差也只由这两个承台来决定。另外一种情况是，如果秤的长度比车辆长很多【如图 1 (b)】，甚至车辆的长度只为秤体长的一半，那么为了能合理使用多分段汽车衡，可通过开关选择所需的分段，以适应不同车辆称重的要求，提高测量精度。



图 1(a)



图 1(b)

由于汽车衡的载荷只集中在轮轴和轴组上，因此会在承载器上造成极不均衡的受力，这与普通的平台衡器受力情况有很大差别。例如，两轴车轮的后轴的重量明显超过前轴，前后轴的承重之比最低也为 3:2，假设整车重量为 100t，后轮的承重至少为 60t。对于标称量程为 100t 的平台秤来说，平均而言满载时，每只传感器受力约为 25t，此时使用最大量程为 35t 和 40t 的传感器可满足要求，不过因为汽车衡后轴的重量至少应为 60t，所以以上选用的传感器显然不能满足设计要求。对汽车衡来说，轴重或轴组承重是选择衡器的依据，一般而言多分段汽车衡，分段最大载荷之和均大于该秤的标称载荷，而 CTC 值又大于分段的最大载荷。

尤其要注意的是，分段汽车衡的偏载试验若按照 OIML R76 国际建议规定的偏载试验时，对于承载器的承点数 $N \geq 4$ 的衡器，在每个支承点上施加的偏载，为该衡器标称载荷的 $1/n - 1$ 是不对的。因为每个分段的独立的称重单元，称重时各个承载器的受力互不影响，所以多分段汽车衡的偏载试验，应对各分段单独做试验，按最大载荷等于分段的最大额定载荷的 $1/3$ 来对各支点进行加载。

为了节省传感器，分段汽车衡两个相连的承载器可以共用两个传感器。由于两个承载器在受力时共同加载在相同的传感器上，如果两个秤台联合受力的设计不好，会明显的相互影响造成误差，但是一般厂家对此问题不够重视。在图 2 中，我给出了两个较合理的设计，供大家参考。



图 2

二、传感和限位

用于汽车衡的传感器主要是由应变式的柱式传感器或双剪切梁式传感器组成。其中，欧洲国家多采用柱式传感器。而北美国家多采用模块化的双剪切梁传感器。

限位器不仅是汽车衡，而且可以说是所有衡器极其重要又不可或

缺的部分。限位器的功能是保证在称重时，传感器始终能正确受力。

限位器可分为两类：

制动（Constrainer）

制动装置用强制性手段保证传感器的正确受力位置不变，并能消除水平和垂直干扰力，以确保无“分流力”。制动装置不允许在约束方向上有任何移动，该装置在整个称重过程中均起作用。

限位（Stop）

限位器是限定承载器在称重过程中允许移动的范围，并在称重时使承载器能恢复到正确的工作位置，达到保证承载器能准确称重的目的。通常当车辆进入秤台时，汽车衡使用“碰撞”式限位，限制秤台移动范围。称重时限位器不再与基础接触，并恢复到称重位置，以避免限位器对称重力的分流。所以说称重时，限位器不再起作用。

使用柱式传感器，除需外加传力结构以保证传感器的正确受力外，还要安装合适的限位装置。

双剪切梁式组件，其自身就具有限位和自复位功能，对秤体因受力而产生的形变具有自适应能力，能抵抗偏载、侧向和扭力的影响，具有安装简便、稳定性好的特性，且不需要再加装限位装置。

众所周知一个物体具有六个自由度，三个平移、三个旋转。承载器一般被视为二维系统，它具有三个自由度，两个平移、一个旋转，它的限位只需要对这三个自由度进行限位。在实际中，我们往往会发现很多人希望通过使用四个或者更多的限位器，以期达到“提高”限位效果的做法是错误的，因为按照力学的基本原理可知，当约束条件

超过系统的自由度时，这样的系统称为“超静系统”。实际上使用过多的限位装置，往往适得其反，会造成附加的干扰力和分流，甚至会被“卡死”，所以一个二维系统只需合理的设置三个限位装置就足够了。

我认为将传感器组件用于汽车衡是比较理想的。“碰撞”式和拉杆式限位，不仅对温度变化敏感，且不易调节。

三、汽车衡的检定

汽车衡的检定是一件费力、费时、费钱的工作。除按 OIML R76 国际建议的规定试验外，还应增加分段载荷额定值和集中载荷 CTC 值的检定。由于汽车衡在户外使用，不仅环境恶劣，而且往往还不具备按检定规程要求的条件，所以多年以来不断有人探讨和研究汽车衡的“无砝码检定”。尤其在中国就曾有很多人提出过不少方法，但我认为由于在理论和实际操作方面还存在原理方面的问题需要探讨，且实际运用中也有不少问题需要解决，特别是现有的方法不能满足汽车衡检定的全部要求，因此“无砝码检定”并未得到广泛的运用和认可。事实上一种新的检定方法应该是有严密的理论为依据，且不需要对原被检装置增加更多的附加条件、操作方便的方法，同时检定结果还必须能得到旁证。对于汽车衡的检定方法最简单的旁证就是能否与砝码检定的结果一致，另外一种更有说服力的方法是用同一检定方法，同时分别对两台汽车衡检定，看它们对同一载荷的结果是否一致，如果不一致能否说明其中的原因。

我认为就目前所知的“无砝码”检定方法还不能完全替代砝码，

“无砝码”检定还需进一步研究和探讨。国外很少有关于“无砝码”检定的文章，即使使用数字传感器或相类似的方法，用“无砝码”检定时也需要增添附加的规定、要求和说明。在国外基本上是用检衡车对汽车衡进行检定，使用检衡车不仅方便、省时，且作为标准器的检衡车的精度也能够保证，使得检定时操作的一致性更有保证。我认为中国应在条件许可的地方对汽车衡使用检衡车检定。

四、称重显示器

汽车衡称重显示器与一般非自动衡器的显示器没有太大差别。汽车衡的称重显示器由两个部分组成：一是用于测量重量的计量部分；另一是能满足用户使用的功能要求的部分。功能部分的显示器更新很快，从最初简单接口，到如今能满足互联网、物流和工程控制各种需要的功能。

测量部分：由于使用了 $\Sigma - \Delta$ 变换器，使得测量精度有大幅度提高。然而从测量原理上讲，自从引入了“六线制”和“比例测量技术”，至今没有本质上的进步，“六线制”大幅度降低了因传感器引线过长而产生的温度影响。“比例测量”法，则大幅降低了对供桥电压长期稳定性的要求。

$\Sigma - \Delta$ A/D转换器的量比精度，远远高于之前的积分式A/D转换器。 $\Sigma - \Delta$ A/D器件的量化值可高达 $10^{24}bit$ ，使得显示器具有极高的内分辨，从而也造成显示器技术指标表示的混乱。

例如以下的显示器的技术指标：

- 耀华的 XK—3190—A2 (YH-T9) 显示器

最大分辨率：3000

计数功能、计数精度： $1/3000$

- 上海大和的 CFC—2000 显示器

A/D转换速度：100 次/秒

分辨率：400000计数/30mv

- BAYKON 公司的 BX6 显示器

按 OIML 认证：10000e 和 $2 \times 3000e$ 。

B×3显示器

内分辨率：800000

转换速度：200 次/秒

- BTEK 公司 BT84 显示器

NTEP 认证：10000e

显示记数：50000 记数

可读性： $1/30000$

这令使用者很难判断哪个显示器更符合要求的。

一般显示器的示值不会低于 10000，但很多用户都希望使用的汽车衡有很高精度。即使在低载荷使用时，也要有很高的精度。为了满足用户的这种“要求”，衡器生产厂家产品的技术指标都很高，例如大森恒星 SCS 系列的汽车衡，其分度数 n 几乎都在 4000 以上，特别是 SCS150、 $\text{Max} = 150\text{t}$ ， $e = 20/50\text{Kg}$ ，最大分度值为： $n = 150\text{t}/20\text{Kg} = 7500$ 。

众所周知，电子衡器的技术指标由所用传感器的技术指标决定的。

要达到 $n = 7500$ 分度数的汽车衡，很多人往往不知该使用何等精度级的传感器。事实上要对这样高精度的衡汽车衡检定，按计量要求所使用的砝码的精度至少要高三倍，可是这样高精度的砝码一般计量机构都不具备，即使是国家级计量机构也极少备用 10t 这样的砝码。另外，由于汽车衡均在户外使用，夏天户外温度高于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的地方很普遍，而冬天温度低于 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的地方也不少，但传感器标定的温度按规定为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，因此对户外使用的汽车衡，在超过此温度范围之外的不确定度，都是很难确定和掌控的。实际上 $n = 3000$ 的汽车衡要保证其精度的可靠性，本身就是很不容易的，所以汽车衡在使用中能保证 0.1% 的精度就相当不错了。

五、汽车衡的技术指标

确定汽车衡的技术指标一共有三项：

- 标称载荷 (Nominal Capacity)：能够加载的总负值。负载是平均分布在整个台面上的。
- 分段载荷 (Sectional Capacity)：在分段加载试验时，除在每个承载段上加载，还需在承载段跨距中间加载。
- 集中载荷 (Concentrate Load Capacity)，简称为 CDC，为秤台最大集中载荷的设计值，它是由厂家决定的，它与标称载荷之间应满足以下关系：

$$\text{标称值} \leq CLC \times (N - 0.5),$$

其中 N =秤的分度数。

美国要求根据对桥梁毛载荷设计的公式B,确定秤桥跨距的强度,以便能满足轴重和轴组重对秤桥加载的安全要求。由于 CTC 只由厂家决定,根据 CTC 设计值来决定该汽车衡的标称载荷值,所以标称载荷不得超过分段载荷之和。

汽车的重要主要集中在轮轴和轴组上,汽车衡在称重时,承载器上的受力是极不均匀的。一台汽车衡的技术指标不仅是由标称载荷确定,更是由分段载荷确定。由于汽车衡的重量主要集中在车厢部分,对两轮车来说,后轮承重的重量就比前轮大很多,因此在实际使用时,被称车辆的最大轴重或轴组重不得超过分段载荷规定的重量。

对汽车衡的性能的评价,应依照上述三项指标进行。通常大多数生产厂家只给出最大称量 Max,分度值 e 或分度数 n ,但这样做显然是不够的。

六、结束语

通常用户希望所使用的汽车衡,无论是称量较重的车辆还是称量较轻的车辆,误差都是最小的,要求在使用时能给出 10Kg,甚至更小的示值,其结果使衡器的分度数 n 大到不可能的量级。如上面所述,大森厂生产的 SCS150,在 Max=150t 时,最小示值 $e = 20$,若 $n = 7500$,则 Max= 150t 的汽车衡的实际不确定度,已远远超过 20Kg。根据贸易结算的要求,一台 $n = 3000$ 分度值的衡器,已基本能满足 0.1% 精度。

当 $n = 3000 \sim 2000$ 时,使用精度为 $3e$,百分精度为: 0.1% ~ 0.15%; 当 $n = 2000 \sim 500$ 时,使用精度为 $2e$,百分精度为: 0.1% ~ 0.4%; 当 $n = < 500$ 时,使用精度为 $1e$,百分精度能达 0.2%。

当被称物的最大与最小比在 6 倍左右时，户外使用的衡器由于较大的温度变化和风力等的影响，能够保证 0.1% 的准确度就很不容易。

盲目要求“高精度”，只能说是一种“心理需求”，用“高精度示值”做结算，也就是根本达不到目的一笔糊涂账。