

汽车衡承载能力分析和组合型 多范围汽车衡的探讨

唐廷焯、谷尚局、杨承凯 重庆大唐科技股份有限公司 戚坚

【摘要】 本文通过对汽车衡承载情况的分析，提出开发组合型多范围汽车衡的设想。

【关键词】 集中载荷；轴载；轴组载荷；承载器；截面；组合型；多范围。

前言

本文是笔者一个探索性的题目，通过对汽车衡承载能力的分析，进而探讨开发多秤台组合型多范围汽车衡。更进一步探讨用检衡车检定汽车衡的方法。

一、汽车衡承载能力分析

汽车衡是用于称量载货车辆的计量设备，其承载器是秤台。由于称量的车辆越来越大，秤台一般做成多节秤体组合而成。这么一个秤台能称量多重的车辆呢？在我国现有的汽车衡标准中涉及这个问题的是汽车衡的最大秤量（Max）。似乎称量的车辆总重只要不超过最大秤量即可，实际上不是这么简单。这里有二个问题要明确：一是载货车辆的重量是通过汽车轮胎加载到秤台上的，并且汽车轮胎是要运动通过秤台，也就是说汽车衡秤台既要承受车辆静态载荷，也要承受汽车移动载荷——动态载荷。二是秤台是由多节秤体组成，车辆载荷是一节一节秤体上通过的。下图是一个3节秤体组成的秤台，秤台下安装8只称重传感器，称量的车辆是一个6轴载货车辆。这是很普通的汽车衡称量方式。

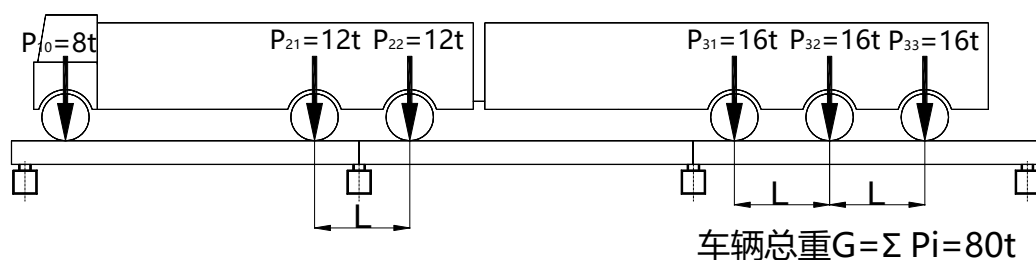


图 1

从上图中可以看出，车辆的总重量等于车辆各轮轴载荷之和，这些轮轴压在秤台上不同的位置（也可以说压在不同的秤体上）。单根轮轴载荷称之为“轴载”，接近的二根轴或三根轴的轮轴载荷称之为“轴组载荷”。实际称量作业中，被称量的车辆是五花八门的，它的型号、规格有很多。各种车型的轮轴数、轴间距各不相同，即车辆的载荷分配到每根轮轴上的情况是各不相同的。也就是说车辆载荷不是均匀分布在秤台上的，传感器的受力状况也就是不一样的。但当这辆车行驶通过秤台时，每节秤体上所受的最大载荷是相同的，所有传感器截面承受的最大载荷也是相同的。

从上图中还可以看出，当车辆停在秤台上，由于轮轴数不同、轴间距不同，各节秤体上压上的轮轴数也不同。就有可能出现不是所有秤体上都有载荷的情况，有可能压在一节秤体上、或有可能压在二节秤体上、也可能所有秤体都有载荷。

一台汽车衡要能够称量多种车型并经受这些车辆载荷安全通过。汽车衡的秤台作为承载器就要能够承受这些车辆上秤台，并保证秤台不因变形而影响计量性能。这就要求秤台有足够的刚度和强度，这是秤台结构设计的问题。秤台大多是钢结构平台（也有混凝土平台或钢混结构平台），可以作为钢结构件进行设计。汽车衡的秤台有多节秤体组成，单节秤体是受力单元。单节秤体的承载能力直接关系到整台秤的承载能力。可以说汽车衡秤台设计首先是如何设计单节秤体。

汽车衡秤台下安装称重传感器，对于单节秤体可以按经典力学的简支梁计算处理。关键问题是设计载荷如何确定？我们不可能把所有车辆的轴重载荷都拿来计算。载重车辆实际载荷情况是后载荷远大于前轴，后轴数量一般有单轴、双轴、三轴几种（大于三轴的较少），其中又以双轴车辆为多。我们不妨以双轴车辆载荷作为秤体设计载荷。我国汽车衡标准和检定规程没有对秤体的设计轴载提出要求，纯粹由衡器制造商自行决定的。

又由于我国的检定规程对汽车衡试验时砝码的加载方式也没有具体明确的要求，虽然在“GB/T7723—2008”《固定式电子衡器》的标准中增加了对秤体相对变形量的测试，这仅仅是对测试秤体的刚度提出了方法。计量性能检定时砝码如何分布在秤台上没有明确的具体要求。现实中大多是将砝码均布在整个秤台上进行计量性能检定的。这与实际车辆通过轮轴加载到秤台上有很大的差异。没有对集中载荷这一实际情况进行要求，这就造成有些衡器制造商将秤体的设计载荷定得较低，砝码检定能顺利通过，实际使用时汽车衡使用寿命大打折扣，计量性能较差，故障率也随之提高。这是我国汽车衡产品中普遍存在的一个问题。

这个问题在美国的衡器标准中很早就有要求了。上世纪 90 年代部份国外公司提出过设计轴载概念，其加载方式如图 2。

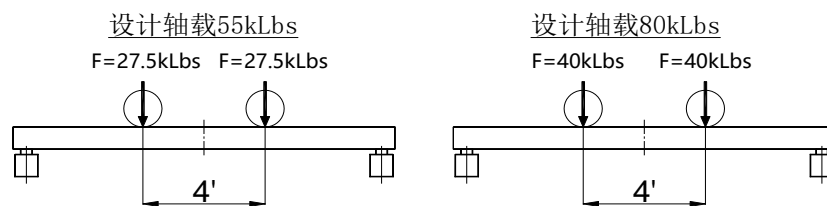


图 2

这个轴载的加载方式是按美国“NIST Handbook 44”手册的要求做的。轴载的大小数值是制造厂商自己确定的。此外，美国“NIST Handbook 44”手册中还要求衡器制造商给用户提供一个能体现秤台承载能力的指标，称之为“CLC”（concentrated load capacity, 大多译成“集中载荷承受能力”）。这个“集中载荷承受能力”也是法制计量检定员用于型式评价或现场试验的试验载荷。

这个概念我国衡器界似乎一直未能引起大的关注。“集中载荷承受能力”在美国也讨论了多年，最后还把这个概念与美国联邦公路管理局关于桥梁总负荷公式 B 联系起来（详见周祖濂先生发表在衡器杂志 2009 年第七期上的“集中载荷秤量概述”一文）。这个“集中载荷承受能力”到底是什么概念，又有什么用处？下面把我的理解表述如下：

1. 集中载荷承受能力定义——以一定的方式放在秤台上任何区域（位置），秤台所能承受的最大载荷。所谓一定的方式是指用双轴载荷加载在秤台上，轴间距为 4 英尺（约等于 1.2m），轴载负荷横向的外侧宽度为 10 英尺（约等于 3m）。双轴载荷的大小值是衡器制造者自定的。各个制造商可以取不同值，见图 3。如果在现场用砝码测试时，则将如图 4 所示布置砝码。

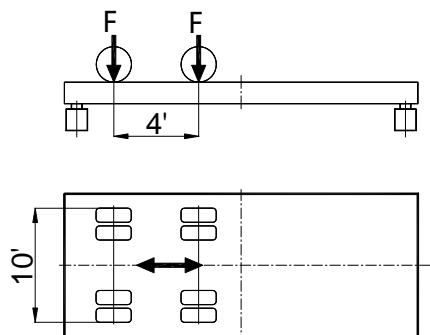


图 3

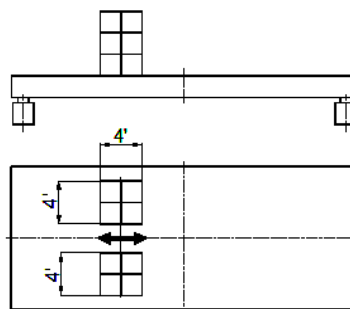


图 4

2. “集中载荷承受能力”是汽车衡承载能力的表达，实际上是指单节秤体的承载能力。

3. “集中载荷承受能力”是衡器制造商产品的一个技术指标，必须公示。是提供用户选择什么样的衡器能满足自己的称量要求的依据。它也是法制检定人员的检定依据，就是说也可以作为现场的试验载荷。

4. 在集中载荷作用下，秤体的强度、刚度指标在美国“NIST Handbook 44”手册中没有提及。衡器制造商可以把“集中载荷承受能力”作为结构设计的设计载荷，在这个设计载荷作用下，衡器能安全工作。这里的安全工作要求并没有提及衡器的使用寿命。“集中载荷承受能力”并不是一个体现全面要素的指标。衡器制造商还是可以通过强度、刚度、疲劳寿命设计来体现自己产品的特点。

以上分析可以明白汽车衡的承载能力是单节秤体决定的，那么多节秤体组合的秤台又能称量多大的车辆载荷呢？这就与所谓的“最大称量”直接相关了。

在美国“NIST Handbook 44”手册中明确“集中载荷承受能力”与汽车衡的额定称量（即最大称量 Max）之间的关系，如下式：

$$\text{Max} \leq \text{CLC} (\text{集中载荷承受能力}) \times (N-0.5) \text{-----公式 1}$$

式中 N 是衡器的截面数（不应该理解为秤体节数）。

注：截面 (Section) 指电子衡器中一对称重传感器中心主轴的垂直面。

公式 1 也可以用下式表达：

$$\text{Max} \leq \text{CLC} (\text{集中载荷承受能力}) \times (D/2-0.5) \text{-----公式 2}$$

式中 D 是所有秤台下安装传感器的总数量，通常一个横截面上只有 2 只传感器。

按以上公式则有，

$$\text{单节秤体的单台面秤台, Max} \leq 1.5 \times \text{CLC} (\text{集中载荷承受能力});$$

$$\text{二节秤体的双台面秤台, Max} \leq 2.5 \times \text{CLC} (\text{集中载荷承受能力});$$

$$\text{三节秤体的三台面秤台, Max} \leq 3.5 \times \text{CLC} (\text{集中载荷承受能力});$$

$$\text{四节秤体的四台面秤台, Max} \leq 4.5 \times \text{CLC} (\text{集中载荷承受能力});$$

这个公式是非常重要的，确立了秤台的设计载荷与最大称量之间的关系。也可以说确立了设计与使用之间的关系。可以看出汽车衡的最大称量与秤体节数相关。

上述二个公式反映了最大称量与“集中载荷承受能力”之间的关系，但没有直接体现秤体自身的长度对承载能力的影响。对于同一截面结构的秤体，秤体越长越容易变形。如果设计一台汽车衡的秤体，秤体长 6m、宽 3m；其承载能力按“集中载荷承受能力”

=300kN（双轴载荷）设计。假如这个秤体截面结构不变，把秤体长度做成 5m，则此秤体承载能力（集中载荷承受能力）可能达到 360kN。也就是说单节秤体的承载能力又与秤体长度相关。

据此是否可以得出一个结论，秤台的承载能力是单节秤体的承载能力确定的，称量车辆的载荷大小与秤体的节数相关。这里与我国的汽车衡概念有差异了。美国衡器制造商的产品样本上，对某个结构的汽车衡，都给出一个“集中载荷承受能力”，而其额定秤量（最大秤量 Max）是一个变数，与组合的秤体节数相关。下表是某国外公司 1999 年的样本资料（美国其他衡器公司样本也大多标注“集中载荷承受能力”）。

表 1 产品规格表

序号	特性 Feature	规格 Specification			
		7561 型汽车衡		7562 型汽车衡	
1	简图				
2	面板厚 Deckplate Thickness	1/4"	6.35mm	5/16"	7.94mm
3	肋(U梁)板厚 Rib Thickness	3/16"	4.76mm	1/4"	6.35mm
4	端板厚 Endplate Thickness	1/2"	12.7mm	3/4"	19.05mm
5	肋板数量 Number of Ribs	7(2+5)		7(2+5)	
6	大肋板高度 Large Rib Height	11"	279.4mm	11 1/4"	285.75mm
7	小肋板高度 Small Rib Height	87/8"	225.4mm	9 5/8"	244.475mm
8	材料牌号 Material Type	ASTM A-36		ASTM A-36	
9	额定秤量 Capacity (kLbs)	120(≤20`), 200(>20`)		120(≤20`), 200(>20`)	
10	集中载荷集中载荷承受能力 (kLbs)	60		80	
11	秤台长度 Scale Lengths	17`6" (5334mm) ~ 160` (48768mm)		15` (4572mm) ~ 140` (42672mm)	
12	外形高度 Profile	14 1/2" (368.3mm)		14 1/2" (368.3mm)	
13	单节模块长度 Module Lengths	17`6" (5331.6mm) ~ 20` (6096mm)		15` (4572mm) 、 17`6" (5331mm) ~ 20` (6096mm)	

序号	特性 Feature	规格 Specification			
		7561 型汽车衡		7562 型汽车衡	
14	秤台宽 Scale Widths	9`-9 1/2`、 9`-11`、 10`、11`	2985、3023、 3048、 3350mm	9`91/2`、 9`-11`、 10`、11	2985、3023、 3048、 3353mm
15	工作频次 Duty Cycle	商用		商用	
16	最小分度值 e_{\min} (Lbs)	20		20	
17	最大分度数 n_{\max}	10000		10000	
18	传感器容量	22.5t (power cell)		45t (MTX)	

此表中，序号 9、10 的意思是：对于 7561 型结构汽车衡，其“集中载荷承受能力 (CLC) 是 60kLbs ($\approx 30t$)，当秤台长度 ≤ 20 英尺 ($\approx 6m$) 时，最大秤量 $Max=120kLbs$ ($\approx 60t$)，当秤台长度 > 20 英尺时，最大秤量 $Max=200kLbs$ ($\approx 100t$)。

综上所述，可以说一台电子汽车衡能称量多大重量的车辆是有三个因素决定，一是单节秤体的承载能力；二是车辆的轮轴载荷的大小和分布；第三又与秤体的长短尺寸相关。

笔者认为“集中载荷承受能力”是一个非常重要的概念，我国衡器界应该给予重视。它可以将汽车衡衡器的设计制造与用户的使用方法、法定检定机构的检定统一起来。有利于电子汽车衡技术的发展，有利于电子汽车衡的技术规范。例如，确定的一台汽车衡秤体结构，将秤体做成 3 节 ($3 \times 6=18m$) 时，其最大秤量是 100t。若将此结构的秤体做成 4 节 ($4 \times 4.5=18m$) 时，则最大秤量可能可以是 120t。按照【中华人民共和国交通部令 2000 年第 2 号《超限运输车辆行驶公路管理规定》】对运输车辆的轴载规定及七部委联合治超规定，三轴双轮不超过 24t 载荷及整车不超过 55t 的规定，每节秤的称量能力已能满足市场需求，同时对制造商来说，非常方便组织生产，可以节约成本、提高效率。

二、组合型多量程汽车衡探讨

从上述分析得知汽车衡秤台的承载能力是由单节秤体决定的，每节秤体都能承受负荷。而目前对于多节秤体组合的秤台通常是作为一个秤台的电子秤使用的。现有电子汽车衡的结构是在秤台下安装多只称重传感器，传感器的信号接入一个接线盒，接线盒将信号合并后传输给称重仪表，仪表将信号放大、A/D 转换运算，再将运算结果在仪表上

显示出来。与之相关的计量技术参数主要是最大秤量(Max)、分度值(e)及准确度等级。被称量车辆不管在秤台上任何位置,都只能称量出一个值。实际上,用户购买一台汽车衡。其称量的载货车辆有大有小,称量的重量接近最大秤量时其计量准确度才比较理想。用大秤量的秤称量小重量必然带来大的误差。而汽车衡秤台又是有多节秤体组成(如100t汽车衡大多有3节秤体),汽车衡秤台的承载能力实际是由单节秤体的承载能力决定的(秤的最大秤量与单节秤体的承载能力有一个函数关系),为什么不能将每节秤体作为一台秤使用呢!这就是本文探讨的“多秤台组合型多范围汽车衡”。对此关键部分为:一是将秤体组合的搭接结构的适应性;二是一台多通道称重仪表,将所有传感器信号直接接入仪表即可。举例说明之(见图5、6)。

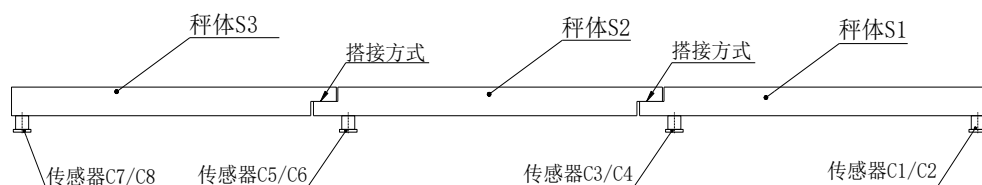


图 5

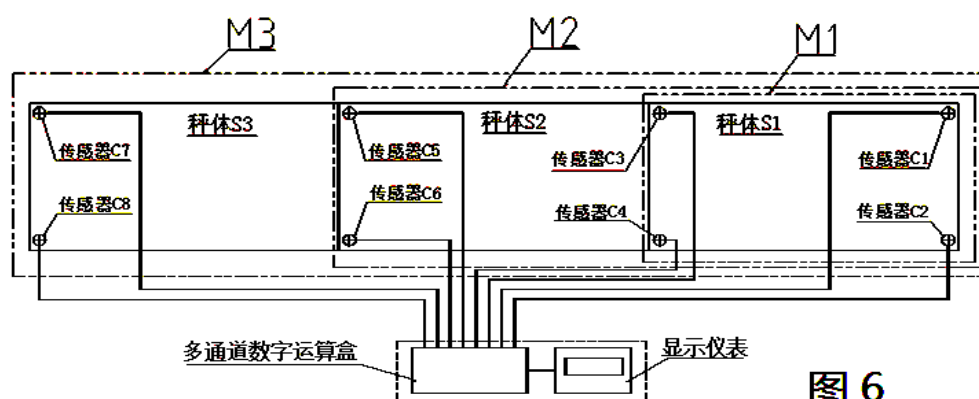


图 6

上图中第一节秤体(S1)四角安装4只传感器(C1、C2、C3、C4);第二节秤体(S2)的一端搭接在前一节秤体上,在第二节秤体另一端安装2只传感器(C5、C6);同样方式,第三节秤体(S3)的一端搭接在第二节秤体上,在第三节秤体另一端安装2只传感器(C7、C8)。8只传感器信号直接接入称重仪表。将第一节秤体和安装在四角的传感器设置为一台秤(M1秤),将第一、第二节秤体和其下的6只传感器组成一台秤(M2秤),将全部三节秤体和8只传感器组成一台秤(M3秤)。这三台秤分别设置最大秤量和对应的分度值。当车辆停在第一节秤台上,车辆轮轴只压在第一节秤体上,只有C1、C2、C3、

C4 的四只传感器有信号给仪表，其它 4 只传感器只有空秤信号，仪表可以自动判断，用 M1 秤的技术参数显示重量。同样，当车辆轮轴只压在第一、第二节秤体上，用 M2 秤的技术参数显示重量；以此类推，车辆轮轴压在全部三节秤体上（或车辆轮轴压在第一、第三节秤体上），这时用 M3 秤的技术参数显示重量。这样的汽车衡在技术上是没难度的，多通道仪表也已普及。传感器信号直接进入仪表，仪表自动判别传感器信号、自动运算，自动显示出重量值。而且可以在仪表显示窗上显示出秤号、重量值、分度值。这个称重仪表也可以做成二个部分——一个数字运算盒子和一个显示仪表。传感器信号进入数字运算盒子，信号处理、运算完成后把结果传输给显示仪表显示。这样的好处是这个数字运算盒子可以安装在秤体上，显示仪表放在磅房内。

下面将图 5、图 6 变为一个实例说明。

设最大秤量 120t，秤体长 6m、宽 3m，则有：

M1 秤，Max1=40t，分度值 $d_1=10\text{kg}$ ，秤台规格 3m×6m；

M2 秤，Max2=80t，分度值 $d_2=20\text{kg}$ ，秤台规格 3m×12m；

M3 秤，Max3=120t，分度值 $d_3=50\text{kg}$ ，秤台规格 3m×18m。

这样，这个汽车衡可以当作 3 台秤使用——真正一秤多用。这种秤我相信有相当多的用户是欢迎的，是有实用意义的。如目前高速公路上用的汽车衡，称量的车辆长短就是多种规格的。以此类推，2 节秤体组成的秤可以当作 2 台秤使用，4 节秤体组成的可以当作 4 台秤使用。

这个多范围衡器实际也是多分度秤，按多分度秤来评估也是行得通的。当然与目前的汽车衡标准是不一致的。如果这个产品有使用价值、有推广价值，修订、补充、完善现有标准应该不是难事。

三、检定方法探讨

对这类组合型多范围汽车衡如何检定呢？如果要按多台秤检定，那检定工作量是很大的。这又是需要探讨的问题。我设想了二种方式。

第一种是按组合型秤中最大秤量的那台秤按现有检定规程检定，但检定分度值按组合秤中最小秤量秤的分度值。利用称重仪表的辅助指示装置可以做到。这种方法是否可行？从理论上讲关键是传感器特性的一致性问题。对传感器特性有多高要求，需要通过试验来验证。

第二种是将单节秤体作为一台秤，分别检定。如上例中的三节秤体组合秤，将每节秤体作为一台秤，分别检定这三台秤。这三台秤的最大秤量、分度值是一样的，检定顺

序相同，比较方便，但其中有的传感器是重复被使用的。或者将这三节秤体作为二台秤检定（第一节和第三节）也是可以的。

汽车衡在安装、调试过程中有一个校准工作。其目的是标准器（砝码）与传感器、仪表“相亲”，让砝码的质量值变成重力信号，此信号让传感器、仪表一致认可、匹配。汽车衡用的传感器额定容量是小于秤的最大秤量的，传感器容量的选择与“集中载荷承受能力”相关，用接近传感器额定容量的标准器来校准传感器、仪表应该是可以的。上述将单节秤体作为一台秤来校准，可以按“集中载荷承受能力”的载荷来校准，对单节秤台，其最大秤量是“集中载荷承受能力”的 1.5 倍（见公式 1、2），这样校准标准器的重量是超过 50%最大秤量要求的。

上述方法是否可行，期待同行探讨。

参考文献

1. 美国“NIST Handbook 44”，2013 年版。
2. 中华人民共和国交通部令 2000 年第 2 号《超限运输车辆行驶公路管理规定》。

作者简介：戚坚（1944 年 - ），男，高级工程师，多年从事电子衡器的产品研发和市场策划。

邮箱地址：wmqj5833@126.com；联系电话：13606115833；