

动态车辆轴重计量模式实验分析探讨

陈增典 韩莉洁 吝小龙 李建军 陕西四维衡器科技有限公司

【摘要】在我国公路治超工作中，使用着大量动态称重设备，其中轴计量设备运行不稳定，使用中称重准确度较低。本文从实验测试、理论分析角度，揭示了轴计量设备计量称重准确度低下的原因。

【关键词】动态称重；轴计量；误差分析

在我国公路称重设备中，使用着大量的动态车辆称重设备，这些称重设备按其称重原理大体可以分为轴计量（包括轴组计量）模式和整车计量模式两大类。整车计量类设备计量准确度高，运行稳定，目前已得到广泛认同。而轴计量类设备计量误差相对较大，运行稳定性差，也已逐渐被大家认识到。为什么轴计量设备计量误差大呢？下面就此问题展开讨论。

一、轴计量设备简介

轴计量设备又可分为完全轴计量与积分法轴计量两类。

1. 完全轴计量设备

这类设备的典型代表是轴重仪，其称重平台长度通常（700 ~ 1000）mm，可以完全承载一个车轴，通过称取车辆的各个轴重，累加得到车辆总重。如图 1、2 所示：当车辆前轴行驶至承载器上时，称取前轴重量；当车辆第二轴行驶至承载器上时，称取第二轴重量；……以此类推，车辆所有轴都经过承载器后，就称取了所有轴的重量，将所有轴的重量相加，即得到车辆总重。

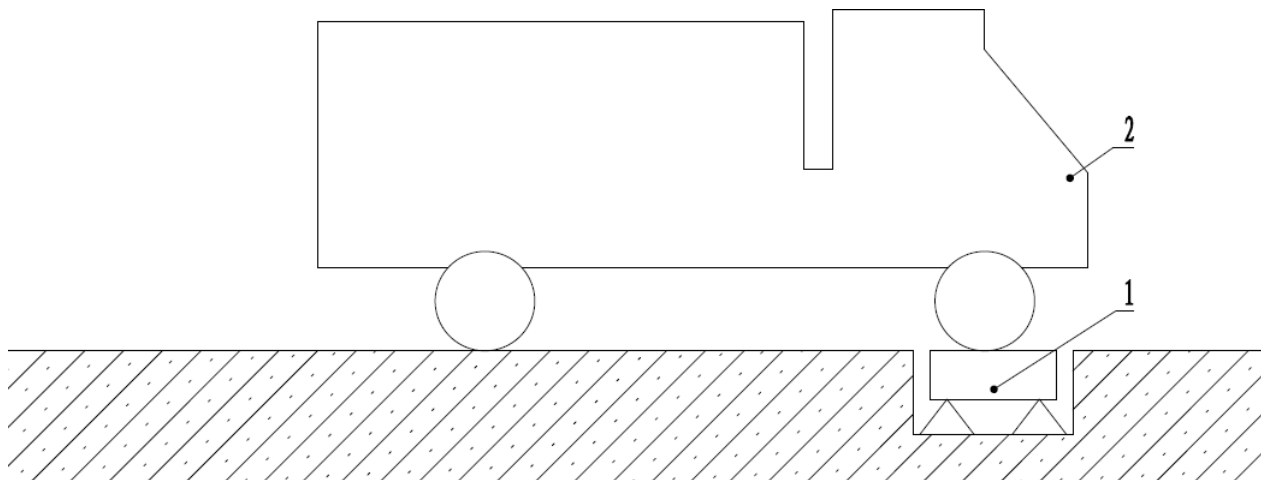


图 1 称取前轴重量

1 轴重仪 2 检测车辆

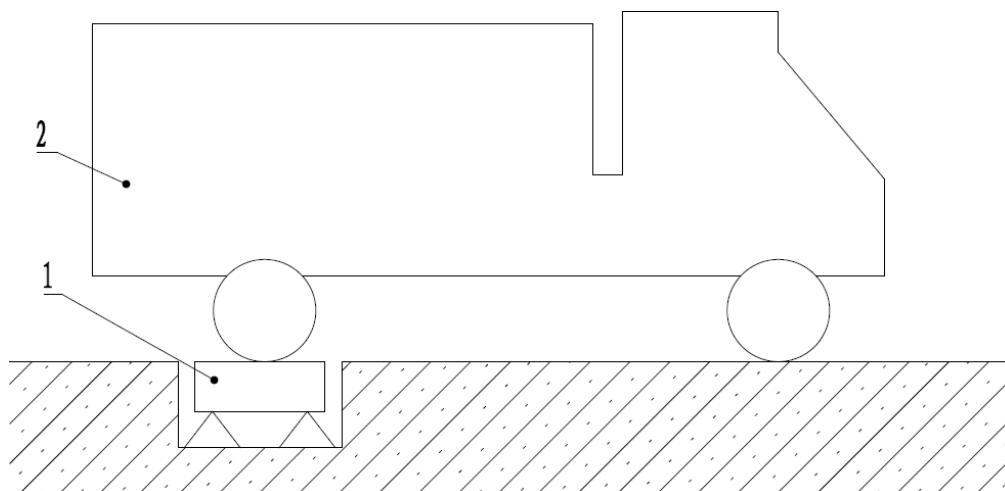
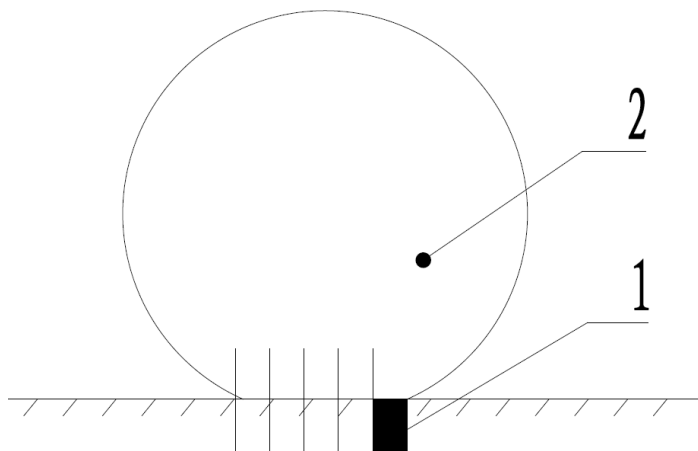


图 2 称取后轴重量

1 轴重仪 2 检测车辆

2. 积分法轴计量（也叫部分轴计量）设备

这类设备的典型代表是石英式和窄条式，其称重台面宽度仅有（30 ~ 50）mm，如图 3 所示：其原理是，将车轮与地面接触面连续不断地划分为许多等分，连续不断地称取每等分的重量，将其



积分，就得到轮胎重量。知道每个轮胎重量，将其累加即得到整车重量。

图 3 将轮胎与地面接触面划分若干等分 分别称量

1 窄条（或石英）传感器 2 车轮

从轴计量设备的称重原理可以看出，其出发点是：认为车辆在整个称量过程中，所有轴的重量分配始终不变，保持一致；轮胎与地面接触部分，重量分布也保持不变。

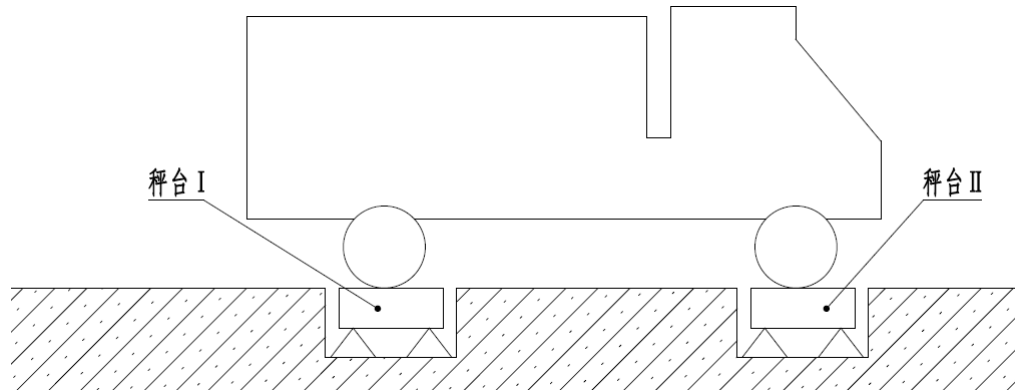
那么，车辆在称量过程中，各轴的重量分配是否一直不变呢？

二、实验测试

1. 实验设计

在平直道路安装两台轴重仪，两台轴重仪相距5.6m；实验用一辆两轴刚性车辆，车辆轴距为5.6m，与两台轴重仪间距一致。车辆一次通过称量区，两台轴重仪对车辆各进行一次称重，称重数据记录车辆各轴轴重、车辆总重。

由于两台秤中心距与车辆轴距一致，因此当车辆后轴位于秤台 I 上时，前轮正好位于秤台 II 上（如图 4 所示），此时两台秤在同一时刻称出车辆的前、后轴重量，将其相加也应等于车辆总重，将此重



量与秤台 I、II 称得的重量进行比较分析。

图 4 车辆两个轴同时位于两个秤台上

实验车辆装载一件整件刚性货物，货物用钢丝绳与车辆固定牢固，尽量防止货物在车厢内移动。用静态汽车衡称量，车辆总重为 16340kg，水平静止状态下车辆前轴重量为 6540kg，后轴重量为9800kg。

由于车辆在公路上行驶时，加、减速是一种常规行为，本次实验要求计量过程尽量接近实际，不要求车辆匀速行驶，允许车辆加、减速。

实验前，两台秤均经过认真的标定、校准。

2. 实验数据

实验中，车辆最高平均速度为 26km/h，最低平均速度为 18km/h。实验数据见表 1（表中误差均以静态秤称量值为基数计算）。

表 1 实验数据 (单位: kg)

项 目	静态称量数据: 车辆总重 16340kg, 前轴重 6540kg, 后轴重 9800kg。										秤台 I 后轴+秤台 II 前轴						
	秤台 I 称重数据					秤台 II 称重数据											
	前轴		后轴		总重	前轴		后轴		总重	数值	误差值	总重误差				
1	称量值	误差	称量值	误差	称量值	误差值	误差	称量值	误差	称量值	误差值	误差	数值	误差值	总重误差		
1	6520	-0.31%	9280	-5.31%	15800	-540	-3.30%	7120	8.87%	9040	-7.76%	16160	-180	-1.10%	16400	60	0.37%
2	5820	-11.01%	8760	-10.61%	14580	-1760	-10.77%	7540	15.29%	7220	-26.33%	14760	-1580	-9.67%	16300	-40	-0.24%
3	5880	-10.09%	8680	-11.43%	14560	-1780	-10.89%	7380	12.84%	6700	-31.63%	14080	-2260	-13.83%	16060	-280	-1.71%
4	7320	11.93%	10280	4.90%	17600	1260	7.71%	6120	-6.42%	11080	13.06%	17200	860	5.26%	16400	60	0.37%
5	5420	-17.13%	7540	-23.06%	12960	-3380	-20.69%	8560	30.89%	9840	0.41%	18400	2060	12.61%	16100	-240	-1.47%
6	5840	-10.70%	7620	-22.24%	13460	-2880	-17.63%	8460	29.36%	9160	-6.53%	17620	1280	7.83%	16080	-260	-1.59%
7	7180	9.79%	7840	-20.00%	15020	-1320	-8.08%	8180	25.08%	10020	2.24%	18200	1860	11.38%	16020	-320	-1.96%
8	5480	-16.21%	7620	-22.24%	13100	-3240	-19.83%	8460	29.36%	11320	15.51%	19780	3440	21.05%	16080	-260	-1.59%
9	5340	-18.35%	7120	-27.35%	12460	-3880	-23.75%	8980	37.31%	10840	10.61%	19820	3480	21.30%	16100	-240	-1.47%
10	6860	4.89%	10280	4.90%	17140	800	4.90%	6080	-7.03%	11620	18.57%	17700	1360	8.32%	16360	20	0.12%

三、实验数据分析

从表中可以看出，前轴称量的最大正偏差为 37.31%，最大负偏差为 -18.35%；后轴称量的最大正偏差为 18.57%，最大负偏差为 -27.35%；单个秤台称得的车辆总重最大正偏差为 21.30%，整车重量的最大负偏差为 -23.75%；两台秤同时称量车辆前后轴，得到的整车总重量最大正偏差为 0.37%，最大负偏差为 -1.96%，两台秤同时称量的方法称量车辆总重，其准确度可以达到 5 级秤的要求。

表 1 中的实验数据比较客观地反映出以下几个问题：

- (1)同一车轴，每次在同一秤台称得的重量差异很大，且无规律可寻；
- (2)同一车轴，先后到达两个秤台时，其重量差异也很大，也无规律可寻；
- (3)由于轴重变化范围很大，导致同一台秤称得的车辆总重每次不相同，差异较大，且无变化规律；
- (4)用两台秤同时称量前后轴重量，将其相加，得到的车辆总重最接近真值，其准确度有保障。

四、理论分析

为什么用轴重仪称量行驶中的车辆重量时会出现如此大的误差呢？而用两台轴重仪同一时刻称量车辆前后轴得到的车辆总重误差小呢？我们认为有以下原因：

1. 速度变化的影响

下图是行驶中的车辆受力分析图：

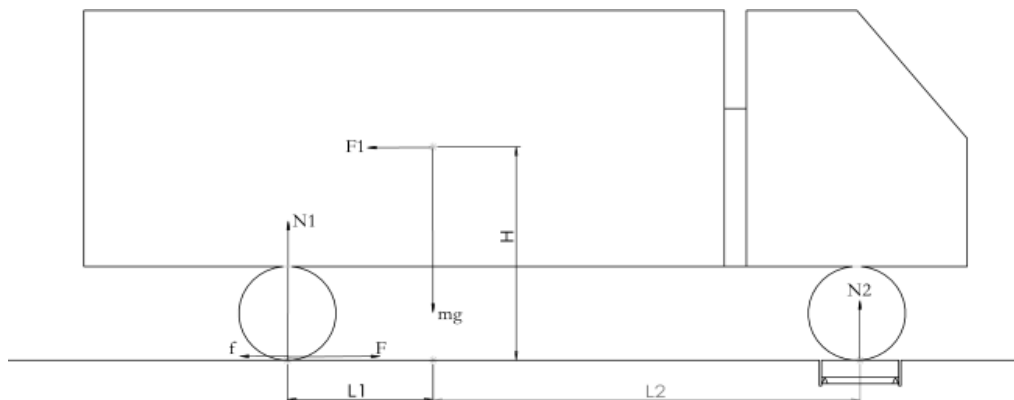


图 5 行驶中的车辆受力分析

图中：F 车辆的牵引力；f 车辆所受的阻力；mg 车辆所受的重力；F1 车辆的惯性力， $F_1=ma$ (a 为车辆加速度，车辆加速时 a 值为正，减速时 a 值为负)， N_1 后轮所受的支持力， N_2 前轮所受的支持力；H 车辆重心高度， L_1 后轮至重心的水平距离， L_2 前轮至重心的水平距离

通过受力分析，我们可以得出：

$$N_1 = \frac{mgL_2 + maH}{L_1 + L_2}$$

$$N_2 = \frac{mgL_1 - maH}{L_1 + L_2} \quad (2)$$

$$N_1 + N_2 = mg \quad (3)$$

我们可以看出，行驶中的车辆加速时，前轴明显减轻，后轴明显加重，反之车辆减速时，前轴加重，后轴减轻。其轴载荷变化的大小与加速度、车辆重心高度、前后轴距 (L_1+L_2) 有关，加速度越大、重心越高，影响越大，轴距越小，影响越大，而车辆行驶中速度变化是一种常态。但是，不管前后轴载荷分布如何变化，同一时刻前后轴载荷之和 N_1+N_2 始终等于车辆总重 mg 。

如果在不同时刻提取车辆轴载荷，不同时刻车辆加速度不同，导致公式 (3) 不能成立，因此得到的车辆重量误差就很大。而行驶中的车辆加、减速是一种常态，因此用现有的轴计量设备称量行驶中的车辆就会出现较大误差。

2. 路面平整度的影响

众所周知，车辆上坡时，重心会后移，下坡时重心会前移。道路存在坡度是一种常态，即使很平坦的路面，存在局部凹凸也非常普遍。

3. 车辆、货物的刚性的影响

每辆车都有减震系统，车辆大梁也会变形，货物在车辆上也会因为车辆的震动而震动，这些因素都会影响车辆的重心变化，会影响轴载荷的分布。

总之，影响车辆轴载分布的因素很多，很难列举完整。这些因素导致行驶中的车辆轴载每时每刻发生着变化。

五、结论

通过实验测试、理论分析，我们认为：

1. 行驶中的车辆在某一时刻的轴重是一个变量，将不同时刻的车辆轴重累加认为是车辆总重，显然不严谨，不科学，其称量准确度肯定低。
2. 只有在同一时刻称取车辆的所有轴重，将其相加得到车辆总重（也就是整车称量原理），称量准确度较高。
3. 国际建议 OIML R 134-1 :2006《动态公路车辆自动衡器》、国家标准 GB/T 21296-2007《动态公路车辆自动衡器》中规定的轴重计量准确度等级分 A、B、C、D、E、F 几个级别，由于行驶中车辆的轴重是一个变量，某一刻的轴重无法重现，我们只能知道秤台称得的轴重数据，而无法

知道当时的车辆真正的轴重，那么轴重的称量误差如何计算？准确度等级怎么确定？

4. 国家标准 GB/T 21296-2007《动态公路车辆自动衡器》规定衡器检定时，要求车辆速度保持

恒定, 与现实脱离, 标准急需修改;

5. 计量检定规程中的检定方法应该向衡器的实际使用情况靠拢, 应该对非匀速行驶状态进行研究、试验, 在规程中加入非匀速行驶状态下的检测方法。

以上观点如有不妥, 欢迎批评指正!

通信地址: 陕西省宝鸡市高新开发区高新大道 195 号 8 号

楼邮政编码: 721013

电话: 18691720852

邮箱: 3096774079@qq.com