

动态轴重衡的应用及其现场动态试验

东莞华兰海电子有限公司 蔡德新

【摘要】 动态轴重衡由于采用轴计量方式，不受车型吨位限制，可对各类载重车辆进行动态计量，具有称重精度高，安全可靠，结构简单，占地面积小，施工周期短等特点；与计算机，超限或收费系统等设备结合，可构成高速公路的超限或计重收费管理系统。本文简要介绍系统的组成、基本工作原理及动态性能试验方法。

【关键词】 动态轴重衡；系统；原理；动态试验

一、系统组成及基本原理

本系统主要由动态轴重衡、车辆分离器、轮轴识别器、中央控制柜（内含称重显示仪表和接线盒）、超限或收费管理系统、打印机、显示屏、报警等设备组成，如图1所示。

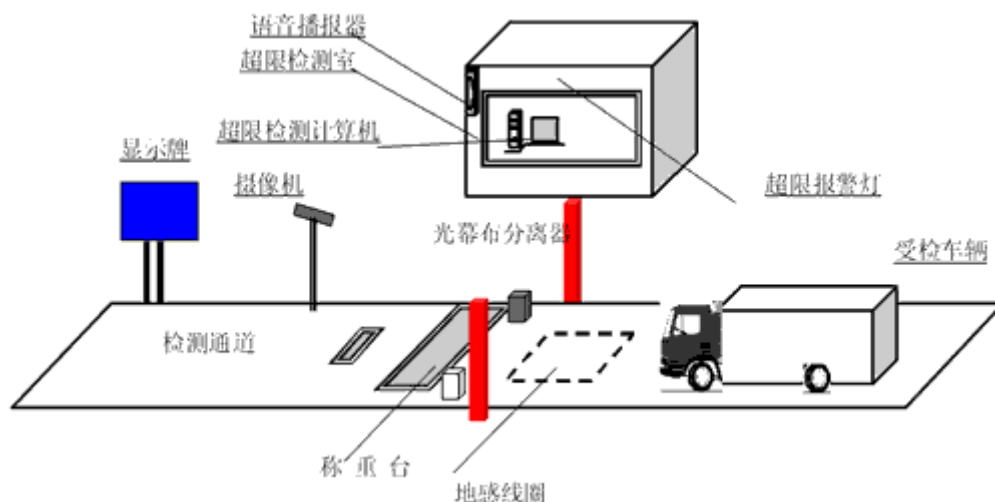


图1 系统组成示意图

系统基本原理是：当被测车辆通过称重台、轮轴识别器和车辆分离器后，此时重量信号、轮轴信号和车辆分离器信号一起传输给中央控制柜进行数据处理，经数据处理后分别显示出轴重和整车的重量，同时判断是否超限，并依据计重费率对车辆实行计重收费，同时将车辆载重信息和应交纳的金额显示在显示屏上，方便司机查看。

二、各单元主要功能

- 1、动态轴重台：对车辆的轴载、轴组重、总重进行测量。
- 2、轮轴识别单元：自动识别车辆的轮轴类型。
- 3、车辆分离器：区分相邻车辆，判别车辆是否分离器。
- 4、中央数据处理单元：根据检测出的轮轴型及重量数据，与交通部规定的限重值进行比较，得出检测数据，并自动打印出来。
- 5、超限报警及显示单元：将检测数据及超限情况通过声光报警器及大屏幕显示器告知现场执

法人员及受检车辆司机。

三、主要技术性能参数

- 1、台面尺寸：3×0.9×0.3（米）
- 2、最大轴重：30 吨
- 3、分度值：20 公斤
- 4、检测精度：
静态精度为国标Ⅲ级
称重速度 0-5Km/h, 动态精度±1%（2 级）
称重速度 5-10Km/h, 动态精度±2.5%（5 级）
- 5、过载能力：150%
- 6、额定轴载荷：≥30t（由安装地点路面强度决定）
- 7、使用环境范围：
温度：-10℃- +40℃
湿度：≤90%
- 8、使用电压及频率：
电压：220V+10%，-15%
频率：50Hz±2%

四、系统的动态试验

固定式动态轴重衡的检测试验程序，应按照国家计量检定规程JJG907-2006《动态公路车辆自动衡器》的要求进行。在进行动态检测之前，首先要进行参考车辆的整车静态称量和双轴刚性参考车辆的静态单轴载荷的约定真值确定，然后再进行各种车辆的动态检测。

1、参考车辆的整车静态称量

采用整车静态称量方式确定参考车辆无载荷和有载荷时的总重量约定真值。

- (1) 将无载荷的参考车辆整车置于控制衡器上称量，得到无载荷的参考车辆总重量约定真值。
- (2) 确定有载荷的车辆总重量约定真值有以下二种方法：

1) 用(1)中无载荷参考车辆的重量加上加载到参考车辆上的标准测试载荷（标准砝码）得到有载荷参考车辆的总重量约定真值。

2) 或将测试载荷加载到无载荷参考车辆上，然后，将参考车辆置于控制衡器上整车称量，得到有载荷参考车辆的总重量约定真值。

2、双轴刚性参考车辆的静态单轴载荷的约定真值确定

用以下方法确定双轴刚性参考车辆的静态参考单轴载荷的约定真值。在控制衡器上依次称量车辆的每个轴，记录各单轴载荷并计算轴载荷之和——即车辆总重量（TMV）。对每一个单轴进行10次轴载荷测试，正向和反向各5次。

- (1) 计算平均单轴载荷

$$\overline{\text{Axle}} = \frac{\sum_{j=1}^{10} \text{Axle}_j}{10}$$

- (2) 求出由平均单轴载荷确定的平均参考车辆总重量

$$\overline{\text{TMV}} = \sum_{i=1}^2 \overline{\text{Axle}_i}$$

或由10次参考车辆总重量确定的平均参考车辆总重量

$$\overline{\text{TMV}} = \frac{\sum_{j=1}^{10} \text{TMV}_j}{10}$$

(3) 按下式确定静态参考单轴载荷的约定真值

$$\overline{\text{CorrAxle}_i} = \overline{\text{Axle}_i} \times \frac{\text{TMV}_{\text{ref}}}{\overline{\text{TMV}}}$$

注：双轴刚性参考车辆的静态参考单轴载荷的约定真值由上述（3）分别计算得到。

(4) 静态参考单轴载荷的约定真值与由控制衡器确定的整车总重量的约定真值应满足：

$$\text{TMV}_{\text{ref}} = \sum_{i=1}^2 \overline{\text{CorrAxle}_i}$$

静态参考单轴载荷用空车和重车确定，载荷值应覆盖实际称量范围，至少应在接近最小称量和接近最大称量（相对于两轴刚性参考车辆最大允许轴载荷）两个称量下进行。其计算双轴刚性参考车辆的静态单轴载荷的约定真值见表1-1。

表1-1 双轴刚性参考车辆的静态单轴载荷的约定真值确定

单位：kg

车辆编号	1#	静态整车称量 TMV_{ref}	13500	修正系数= $\text{TMV}_{\text{ref}} / \overline{\text{TMV}} = 0.9952$	
	Axle1	Axle2	TMV	方向	备注
1	3650	10000	13650	→	
2	3600	9950	13550	→	
3	3650	9900	13550	→	
4	3600	9950	13650	→	
5	3550	10000	13550	→	
6	3650	9900	13550	←	
7	3550	9950	13500	←	
8	3600	10050	13650	←	
9	3600	9900	13500	←	
10	3500	10000	13500	←	
平均值	$\overline{\text{Axle}_1}$	$\overline{\text{Axle}_2}$	$\overline{\text{TMV}}$		
	3595	9960	13565		
修正平均值	$\overline{\text{CorrAxle}_1}$	$\overline{\text{CorrAxle}_2}$	TMV_{ref}		
	3578	9912	13500		

3、动态称量测试

(1) 动态称量测试的一般要求

在任何动态测试前，根据制造厂家的要求在现场对被测衡器进行调整。

所有的称量测试应让车辆在称量控制区之外（保证足够的距离）开始启动，以接近规定的均匀速度驶入称量区，开始所有称量操作。

参考车辆的速度在一次称量测试期间应保持恒定。

每种参考车辆在规定的速度范围内各进行10次动态测试，并按照下面的要求：

表 --6 次由承载器的中心通过；

表 --2 次由靠近承载器的左侧通过；

表 --2 次由靠近承载器的右侧通过。

对每种参考车辆的空车和重车在以下不同速度下进行测试：

1) 在典型运行速度条件进行 10 次测试，用于确定修正平均单轴载荷和修正平均轴组载荷。（两轴刚性车除外）。

2) 其余 10 次平均分布在接近最大称量速度（ v_{max} ）和最小称量速度（ v_{min} ），使得每种车辆至少在两种速度下进行测试。

(2) 双轴刚性车辆动态测试

1) 按照国家检定规程中的要求进行动态测试，并按检定规程中的要求记录被测衡器显示和打印的车辆单轴载荷。

2) 按下式计算单轴载荷的误差,任何误差不应超过检定规程中规定的相应准确度等级的最大允许误差（MPE）。

$$E_{Axlej} = Axle_j - \overline{CorrAxle} \leq MPE$$

计算双轴刚性参考车辆的动态检定数据见表1-2。

表 1-2 双轴刚性参考车辆的动态检定记录

单位：kg

车辆编号		1#	静态称重 TMVref		13500	修整系数=TMVref/ \overline{TMV} =0.9952		
序号	车速 Km/h	位置	Axle1 或 Group1	Axle2 或 Group2	Axle 或 Group3	Axle4 或 Group4	TMV	备注
1	4.2	中心	3600	10000			13600	
2	3.9	中心	3650	9900			13500	
3	4.3	中心	3600	10000			13600	
4	4.5	中心	3550	10000			13600	
5	3.3	中心	3600	9950			13550	
6	4	中心	3600	9900			13500	
7	4.1	偏左	3650	9950			13550	
8	4	偏左	3500	9900			13500	
9	3.8	偏右	3500	9900			13500	
10	3.9	偏右	3600	9900			13500	

修正平均值	3578	9912				13500	
最大偏差或误差	-78 (1.56%)	+88 (0.88%)				+100 (0.71%)	
MPD 或 MPE	100 (2) %	200 (2) %				350 (2.5%)	

(3) 其它参考 (非双轴刚性) 车辆的动态测试

1) 按计量检定规程中的规定进行 $n \geq 20$ 次试验, 并记录衡器测试时显示和打印的车辆单轴载荷 (或轴组载荷)。若超出国家规定范围的轴组形式, 所有记录的轴载荷应被认为是单轴载荷。

按下列公式计算平均单轴载荷 (或平均轴组载荷):

$$\overline{\text{Axle}_i} = \frac{\sum_{j=1}^n \text{Axle}_j}{n}$$

或:

$$\overline{\text{Group}_i} = \frac{\sum_{j=1}^n \text{Group}_j}{n}$$

2) 按计量检定规程中的规定记录衡器测试时显示和打印的车辆总重量 (TMV), 并按以下公式计算总重量平均值:

$$\overline{\text{TMV}} = \frac{\sum_{j=1}^n \text{TMV}_j}{n}$$

或按下式求出平均单轴载荷和轴组载荷, 然后确定车辆总重量的平均值:

$$\overline{\text{TMV}} = \sum_{i=1}^q \overline{\text{Axle}_i} + \sum_{i=0}^g \overline{\text{Group}_i}$$

3) 计算修正平均单轴载荷或修正平均轴组载荷:

$$\overline{\text{CorrAxle}_i} = \overline{\text{Axle}_i} \times \frac{\text{TMV}_{\text{ref}}}{\overline{\text{TMV}}} \quad \overline{\text{CorrGroup}_i} = \overline{\text{Group}_i} \times \frac{\text{TMV}_{\text{ref}}}{\overline{\text{TMV}}}$$

4) 按溯源要求, 车辆修正平均单轴载荷和轴组载荷的总和应满足:

$$\text{TMV}_{\text{ref}} = \sum_{i=1}^q \overline{\text{CorrAxle}_i} + \sum_{i=0}^g \overline{\text{CorrGroup}_i}$$

5) 由各自的修正平均单轴载荷或修正轴组载荷, 按以下公式计算每个单轴或轴组的偏差, 任何偏差不应超过计量检定规程中所规定的最大允许偏差 (MPD)。

$$\text{Dev}_{\text{Axle}_j} = \text{Axle}_j - \overline{\text{CorrAxle}_i} \leq \text{MPD}$$

$$\text{Dev}_{\text{Group}_j} = \text{Group}_j - \overline{\text{CorrGroup}_i} \leq \text{MPD}$$

(4) 车辆总重量误差

按下式计算车辆总重量误差, 任何误差应不超过计量检定规程中规定的相应准确度等级的最大允许误差 (MPE)。

$$E_{\text{TMV}} = \text{TMV}_j - \text{TMV}_{\text{ref}} \leq \text{MPE}$$

计算三轴刚性及铰接挂车五轴参考车辆的动态检定数据见表1-3和表1-4。

表 1-3 三轴刚性参考车辆的动态检定记录

单位：kg

车辆编号		2#	静态称重 TMVref		18910	修整系数=TMVref/ $\overline{\text{TMV}}$ =		1.001
序号	车速 Km\h	方向 位置	Axle1 或 Group1	Axle2 或 Group2	Axle3 或 Group3	Axle4 或 Group4	TMV	备注
1	3.5	→	6500	12400			18850	
2	4.1	→	6450	12400			18750	
3	4.2	→	6500	12300			18900	
4	4.5	→	6500	12400			18900	
5	4.8	→	6500	12450			18950	
6	3.3	→	6550	12400			18950	
7	3.7	→	6550	12300			18950	
8	4.0	→	6500	12450			18900	
9	4.8	→	6600	12300			18900	
10	3.8	→	6500	12400			18900	
平均值			6515	12375			18890	
修正平均值			6522	12387			18910	

单位：kg

11	4.3	中心	6500	12350			18850	
12	3.3	中心	6450	12300			18750	
13	3.8	中心	6500	12400			18900	
14	4.5	中心	6500	12400			18900	
15	4.4	中心	6500	12450			18950	
16	4.3	中心	6550	12400			18950	
17	4.3	偏左	6550	12300			18850	
18	4.6	偏左	6500	12450			18950	
19	3.1	偏右	6600	12300			18900	
20	3.3	偏右	6500	12400			18900	
修正平均值			6522	12387			18910	
最大偏差或误差			+28 (0.37%)	+63 (0.5%)			+200 (1%)	
MPD 或 MPE			150 (2%)	250 (2%)			500 (2.5%)	

注：1 至 10 用于参考车辆静态单轴参考轴载荷或轴载荷修正平均值的确定。

表 1-4 铰接挂车五轴参考车辆的动态检定记录

单位: kg

车辆编号		3#	静态称重 TMV _{ref}		34080		修整系数 =TMV _{ref} / $\overline{\text{TMV}}$ =		0.988
序号	车速 Kn/h	方向 位置	Axle1 或 Group1	Axle2 或 Group2	Axle3 或 Group3	Axle4 或 Group4	TMV	备注	
1	4.2	→	2600	8750	23150		34500		
2	5	→	2600	8750	23200		34550		
3	4.5	→	2600	8800	23100		34500		
4	5.5	→	2600	8750	23000		34450		
5	4.5	→	2600	8850	23150		34500		
6	3.5	→	2600	8850	23050		34500		
7	6	→	2600	8800	23150		34500		
8	7	→	2600	8800	23250		34500		
9	5	→	2600	8750	23100		34500		
10	5	→	2600	8800	23150		34500		
平均值			2600	8790	23135		34500		
修正平均值			2569	8685	22857		34080		

单位: kg

11	4.	中心	2600	8750	23150		34500	
12	5	中心	2600	8750	23250		34600	
13	5.5	中心	2600	8800	23100		34500	
14	4.5	中心	2600	8750	23000		34350	
15	4	中心	2600	8850	23150		34550	
16	6.	中心	2600	8850	23050		34450	
17	5.5	偏左	2600	8800	23150		34450	
18	4	偏左	2600	8800	23250		34450	
19	5.5	偏右	2600	8750	23100		34450	
20	6	偏右	2600	8800	23150		34550	
修正平均值			2569	8685	22857		34080	
最大偏差或误差			+31 (0.62%)	+115 (1.5%)	+393 (1.6%)		+520 (1.5%)	
MPD 或 MPE			50 (2%)	150 (2%)	500 (2%)		850 (2.5%)	

注: 1 至 10 用于参考车辆静态单轴参考轴载荷或轴载荷修正平均值的确定。

(5) 异常过衡速度测试

用两轴参考车辆按以下三种不同速度进行性能测试：

表 --大于最高称量速度(V_{max})的 10%；

表 --低于最低称量速度(V_{min})10%；

表 --变速度运行试验（超过最大速度变化范围—按制造商规定）

衡器应能检测到上述非正常运行状态，除非能同时指示或打印告警信息、否则不得指示和打印称重数据。计算异常车速的参考车辆的动态检定数据见表1-5。

表 1-5 异常车速的动态检定记录

单位：kg

车辆编号		1#	静态称重 TMVref		13500		修整系数=TMVref/ \overline{TMV} =	0.997
序号	车速 Km/h	位置	Axle1 或 Group1	Axle2 或 Group2	Axle3 或 Group3	Axle4 或 Group4	TMV	备注
1	6.5	中心	3600	9850			13450	
2	7	中心	3600	9900			13500	
3	7.5	中心	3600	9800			13450	
4	5.5	中心	3650	9750			13400	
5	3.5	中心	3550	9850			13400	
6	7.5	中心	3600	9900			13500	
7	8.5	偏左	3600	9850			13450	
8	9.0	偏左	3550	9850			13400	
9	3.5	偏右	3600	9850			13450	
10	4.0	偏右	3600	9800			13400	
修正平均值			3578	9912			13500	
最大偏差或误差			+72 (1.44%)	-162(1.62%)			-100 (0.83%)	
MPD 或 MPE			100 (2) %	200 (2) %			300 (2.5%)	

六、结束语

固定式动态轴重衡在治理超限系统和计重收费系统中的应用，将给国内治理超限和计重收费领域带来准确、快速、方便和高效的计量方式；为遏制超限超载运输车辆毁坏公路、延长公路使用寿命，保护国家公路路产、路权不受侵害的有效途径，同时对减少收费人员与驾驶员因车型判别引起的争议，维护守法运输经营者的合法利益，保证车辆的行驶安全，实现公路收费效益与治理公路超载超限运输的双赢具有重要的意义。

作者简介

蔡德新，高级工程师，从事动静态电子称重系统的开发设计及应用工作二十多年。