

由标准和规范说起动态车辆 称重设备的应用

郑州恒科实业有限公司 谷建斌

【摘要】 介绍了国内外动态车辆称重设备规程规范的主要内容，由规程说起当前动态公路设备应用中的推介误导和认识误区，以落实动态车辆称重设备实施、应用的科学性并避免设备选用的盲目性。

【关键词】 标准 JIG907 ASTM E1318

Keywords: Standard Specification JIG907 ASTM E1318

一、引言

自 2003 年国内部分省市实行计重收费以来，动态车辆称重设备的使用越来越广泛，但由于设备供应商实力和实施经验的参差不齐，最早安装的称重设备并非都能令业主满意。随着 2005 年交通部《收费公路试行计重收费指导意见》的出台和《全国治超检测站点规范化建设试点工程实施方案》通知的下发，全国许多省份针对于收费公路的计重收费设备和超载检测设备相继步入新设备试点运营、大规模设备采购和旧产品更新换代的调研阶段。很多衡器厂家和公路机电设备供应商看好其巨大的市场前景而通常采用“拿来主义”纷纷上马，其中出现诸多对于动态车辆称重设备（系统）认识、研究不够的情况，新一轮关于动态车辆称重设备应用及其技术指标的浮夸之风越演越烈。但是，动态车辆称重设备与一般静态称重汽车衡是有其特殊性的。动态车辆称重设备技术含量高、使用频率高，项目投资大、施工周期长，对供应商综合实力要求较高，若技术上、资金上没有把握而匆匆上马隐含着很大的风险。一旦设备性能不达标，施工不合格，可靠性和工期不能满足业主实际要求，将会对各方面造成重大损失。

二、动态称重系统的标准和规范

公路车辆动态称重设备（系统）在国外的良好运行已有近 20 年的历史，在我国普遍采用却只是近 3、4 年的事情。

近年来，随着交通调查、超限治理和计重收费工作的不断深入，动态车辆称重设备在国内得到了越来越多的应用，系统的实施和技术得以跨跃式的发展，其周边设备及应用范围的不断延伸，逐步集成化、系统化。目前，在《动态公路车辆自动衡器国家标准》正式出台之前，为满足生产、检定等应用需求，国家质量监督检验检疫总局根据 OIML R134 国际建议《动态公路车辆自动衡器》

< Automatic Instruments for Weighing Road Vehicles in Motion > 2004 年第五草案版颁布了 JJG907-2006 作为动态车辆称重设备（系统）的检验规程和规范依据。

作为动态车辆称重系统应用开展最早的国家之一，美国材料试验协会于 1990 颁布了《公路动态称重系统标准规范及用户要求和试验方法》<Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods>，详细说明、规定了动态称重系统应用的准确度等级划分、站点技术要求和试验程序和方法等，这也是目前国际上唯一一个正式发布的动态车辆称重设备标准。其他有关于动态车辆称重设备应用的标准或规范还有欧洲的 COST 323 European WIM Specification 等。

目前，国内厂家根据自身技术渊源和对于动态公路车辆自动衡器（系统）研究深入的程度，其产品的生产、检验和标称采用最多的是 JJG907（最新版于 2006 年 11 月 23 日实施）和 ASTM E1318（最新版为 2002 版）。

两个版本规程（规范）的出发点和颁布角度不尽相同，但都分别规定了动态车辆称重设备适用范围、准确度等级、技术要求、计量器具控制程序，描述了动态车辆称重设备的站点安装实践指导和操作通用要求。

1. JJG907-2006 规程的主要内容

该规程主要作为动态车辆称重设备的型式评价、产品生产、检定的具体程序和依据。规程中对于车辆轴载荷（单轴载荷或轴组载荷）及整车总重量分别划分准确度等级，其中，车辆轴载荷准确度等级划分为 6 个等级，表示为：A, B, C, D, E, F；整车总重量准确度等级也划分为 6 个等级，表示为：0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10。

分别用双轴刚性车辆和非双轴刚性车辆试验，以静态参考单轴载荷约定真值百分比表示的车辆轴载荷最大允许误差和单轴载荷（或轴组载荷）修正平均值百分比表示的车辆轴载荷最大允许偏差见表 1。车辆总重量约定真值的百分比表示的车辆总重量最大允许误差见表 2。

表 1 车辆轴载荷最大允许误（偏）差

准确度等级	双轴刚性车辆试验时最大允许误差		非双轴刚性车辆试验时最大允许偏差	
	首次检定和后续检定	使用中检验	首次检定和后续检定	使用中检验
A	±0.25%	±0.50%	±0.50%	±1.00%
B	±0.50%	±0.75%	±1.00%	±2.00%
C	±0.75%	±1.00%	±1.50%	±3.00%
D	±1.00%	±2.00%	±2.00%	±4.00%
E	±2.00%	±4.00%	±4.00%	±8.00%
F	±4.00%	±8.00%	±8.00%	±16.00%

表 2 整车总重量的最大允许误差

准确度等级	首次检定和后续检定	使用中检验
0.2	±0.10%	±0.20%
0.5	±0.25%	±0.50%
1	±0.50%	±1.00%
2	±1.00%	±2.50%
5	±2.50%	±5.00%
10	±5.00%	±10.0%

2. ASTM E1318-02 规范的主要内容

该规范主要对于动态车辆称重设备的应用类型、特征及准确度做出具体规定，指导实际应用，对于用户需求、用户要求和站点要求都有明确描述。根据动态称重系统的应用场合、应用特征和适用速度范围划分为四种 Type，分别用符号表示为：Type I，Type II，Type III，Type IV。

Type I，用于交通数据采集站，设计安装在 1 个或多个车道，适用速度范围：16~130km/h，检测规定限值的可疑超限车辆。

Type II，用于交通数据采集站，设计安装在 1 个或多个车道，适用速度范围：24~130km/h，系统其他特征和要求同 Type I。

Type III，这种动态称重系统设计使用称重传感元件。系统即可以是布设于交通主线的 1 个或多个车道，也可以是布设于交通主线旁的称重执法站内，用于识别总重量和轴载超限可疑的车辆，适用速度范围：16~130km/h。系统自动引导可疑超限车辆精确称重和非可疑超限车辆继续通行。

Type IV，设计应用于称重执法站内，检测总重量或轴载超限的车辆，适用速度范围：3~16km/h。系统使用的称重传感器元件（或是承载器）同时支撑一个轮组上的所有轮胎。可以指示轮载，如果适用，也可以指示静态轴载荷。

四种 Type 准确度等级及其最大允许误（偏）差如表 3。

表 3 最大允许误（偏）差

Function	Tolerance for 95% Probability of Conformity				
	Type I	Type II	Type III	Type IV	
				Value ≥ lb(kg)	± lb(kg)
Wheel Load	±25%		±20%	5000(2300)	300(100)
Axle Load	±20%	±30%	±15%	12 000(5400)	500(200)
Axle-Group Load	±15%	±20%	±10%	25 000(11 300)	1200(500)
Gross-Vehicle Weight	±10%	±15%	±6%	60 000(27 200)	2500(1100)
Speed			±1 mph(2 km/h)		
Axle-Spacing			±0.5ft(0.15m)		

三、应用误区

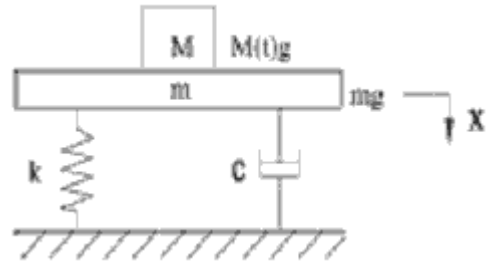
1. 误区之一——速度

JJG907-2006 规程中描述到动态称重设备是“安装于称量控制区域内，并规定速度范围行驶的”，但却没有明确规定该速度范围，在投标过程中发现有任意扩大固定式轴重仪标称运行速度范围的情况，但实际应用中，特定的称重设备其运行速度是有一个上限的（见如下论述）。一般来讲，固定式轴重仪可正常运行速度 $<20\text{km/h}$ ，实际检验过程中，各省市技术监督部门在检验测试过程中，检测车辆速度也都 $<20\text{km/h}$ 。这一点在 ASTM E1318-02 中关于 Type IV 的规定中也有说明，其使用速度范围为： $3\sim 16\text{km/h}$ 。

动态车辆称重系统是一个由称重设备和行驶车辆组成的等效二阶振动系统，如右图所示，其振动微分方程可以写为：

$$(M(t) + m) \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = F(t)$$

其中 $M(t)$ 为货物质量， c 为系统阻尼， k 为系统刚度， x 为系统相对参考零点的位移， $F(t)$ 为车辆动力载荷。



众所周知，在计重收费应用中，称重设备作为相关部门执法和收费的依据，其称重准确度和可靠性都必须是严肃、不可置疑的。我们将利用“称重设备—车辆”系统振动方程的求解结论，论证当前动态车辆称重设备的速度上限。

上述方程中， $F(t)$ 是由稳态载荷 $F_1(t)$ 和动态载荷 $F_2(t)$ 组成。 $F_1(t)$ 是车辆自身质量引起的，也是我们所要检测求出的， $F_2(t)$ 是车辆振动引起的，且具有明显峰值，据实际采集波形及二阶微分方程求解、分析，可知，不同的车型 $F_2(t)$ 振动频率集中在 $3\sim 20\text{Hz}$ 的低频范围内，而振幅可达静态载荷的 10% 左右。

设秤台的有效采样宽度为 800mm （一般的，固定式轴重仪秤台宽度为 800mm ），车辆行驶速度为 20km/h ，则载荷作用于秤台的时间 $\Delta t \approx 0.14\text{s}$ ，假设动态载荷的低频干扰为 10Hz （即振动周期为 0.1s ）时，而秤台固有频率足够高，此时，称重设备的采样信号长度是动态载荷的干扰长度的 1.4 倍，采集数据中包含一个完整周期的动态干扰信号，勉强满足对于低频动态干扰信号的滤除。因此，若行驶速度大于 20km/h ，则采样数据中动态干扰信号将不足一个完整周期，这样的干扰称为短历程的周期干扰，时域中的均值滤波和频域中的各种滤波方法对这种干扰都效果不大，同时考虑到动态载荷干扰的幅值、相位和频率都是随机性，这就决定了目前在动态车辆称重设备中所广泛采用的滑动均值滤波的算法失效，造成了更大的随即误差和不确定度。因此，在有效采样宽度更窄，车辆速度更高的高速预检测系统应用中，必须采用更为先进的数学模型和软件处理方式以保证称重准确度。

所以，在动态称重设备的应用过程中一定要结合实际的使用情况，了解秤台的有效采样宽度、动态处理方式和最高运行速度等具有内在关系的指标是否科学严肃、真实可行。

2. 误区之——准确度。

随着计重收费和超限超载治理工作的不断深入开展，越来越多的厂家涌入动态车辆称重设备供应市场。几年来，主流供应商纷纷针对于产品的应用情况，进行了深层的研究和开发，动态称重技术得到长足发展，但是，综观动态车辆称重市场，技术提升之势远弱于指标浮夸之风。

JJG907-2006 和 ASTM E1318-02 中对于动态车辆称重设备的安装都有着明确的强制性指导说明。其中 JJG907-2006 中关于《动态汽车衡安装的实践指导》的强制性规定中描述到：为了减少行进车辆各轴之间的载荷传递，引道不能有纵向斜坡，其横向斜坡坡度不能超过 1%，承载器两端 8m 的范围内，引道的纵向和横向水平倾斜度允差 $\pm 3\text{mm}$ ，8m 以外的引道区域，引道的纵向和横向的水平倾斜度允差 $\pm 6\text{mm}$ 。结合中国的国情和实际应用情况，动态车辆称重站点的技术条件往往难以达到规程中关于道路的说明，其中也不乏个别从业者不重视道路状况对于动态车辆称重设备应用准确度的影响，为降低成本，减小地基开挖量，类似情况使得动态车辆称重设备的安装更是无法达标，对设备应用准确度带来重大影响。

动态车辆称重设备的准确度除了与设备的自身的实验室准确度有关、称重站点的技术条件有关之外，另外比较重要的因素是——行驶车辆的运动状态。运动中的车辆相对于称重设备是一个存在有多项干扰的激励源，包括有，客观存在的车辆自身弹簧系统的振动、阻尼，来自于路面的激振，车轮轮毂圆度、油箱中汽油运动中的激振，车载货物的重心转移和惯性干扰等，也包括有个别驾驶员有意无意的“作弊”行驶对称重准确度的影响问题，这些特殊行驶状态主要有：变速行车，“S”型等异型行车，频繁点刹车等。

因此，动态车辆称重设备的实际运行准确度与称重站点的技术条件和使用者的正确使用有着很大的关系，在试验路面状况较好，试验车辆的动态车辆称重设备可以达到整车总重量准确度 2 级，而实际应用中，随着称重站点技术条件的恶化和使用者的异常驾驶，一般地，动态车辆称重设备实际运营准确度等级为整车总重量 5 级。

3. 误区之——设备类型。

现阶段，动态车辆称重设备在国内的应用主要限于计重收费、超限超载治理、高速预检称重及少量交通数据采集，其设备主要类型有：固定式轴重仪、弯板式轴重仪和压电类设备。

在 JJG907-2006 和 ASTM E1318-02 中对于三种设备在动态车辆称重系统中的应用都没有明确的规定，但是根据三种设备的技术特点和规程规范中对于称重设备的技术条件和准确度要求，业内在使用上通常的界定为：低速动态车辆称重的计重收费、超限超载的精确称重等直接参与或作为执法依据的设备通常采用准确度更高的固定式轴重仪，中高速预检称重、交通数据采集等不作为执法依据的设备通常采用弯板式轴重仪和压电类设备。

在计重收费、超限执法称重应用中，由于称重站地处收费车道或是低速称重执法站，车辆通行

速度通常比较低，甚至是长期静止在称重设备上，行车状态也最为复杂。作为收费、执法的依据也要求该类应用设备准确度最高。静态称重的要求和复杂多变的行驶状态首先决定了压电类产品在该应用中失效。固定式轴重仪相较于弯板式轴重仪除了具备更宽的台面、更可靠稳定的算法外，其最大的优势还在于优良的横向灵敏度一致性（满足 OIML III），通常情况下，弯板式轴重仪由于无可避免的边界效应，当载荷位于轴重仪两端时，其输出变化剧烈，横向灵敏度一般为 3%，即当载荷分别由轴重仪的左、中、右三个位置通过时，仅此一项就会带来高达 3% 的误差。

高速预检称重和交通数据采集站点由于设备一般安装与交通干线，车流量大，车辆通行速度快，要求施工周期短，地基开挖量小，相应的准确度要求较低等特点，而通常采用弯板式轴重仪和压电类设备。

四、结束语

依据动态车辆称重设备技术规范，概要介绍动态车辆称重设备的使用类别、技术现状，主要结合动态车辆称重设备（系统）的设备特点和应用，就设备的使用速度、准确度和设备应用类型的推介误导和认识误区，谈了些许浅薄意见。期望对我国计重收费、超限治理工程的实施有益，也尽可能减少各方面的损失。

因涉足本行业时间有限，对动态车辆称重系统、衡器知识了解不多，上述认识难免不成熟或有些偏颇，望业主单位及业界前辈、专家提出宝贵意见，给予指点。

参考文献

- (1) JJG907-2006:《动态公路车辆自动衡器检定规程》，2006。
- (2) ASTM Designation:E1318-02, Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods, 2002。
- (3) 杨卫东，刘亚蒙，《动态称重系统的标准与规范》，《中国公路》，2005。
- (4) 许嘉，蔡萍，周志峰，陈日兴，《参数估计算法在汽车动态称重中的应用》，《自动化技术与应用》，2005。

姓 名：谷建斌

单位和部门：郑州恒科实业有限公司 开发部

职 称：助理工程师

地 址：郑州市郑汴路 45 号

邮 编：450004

手 机：13838520979

座 机：0371-66315687 转 8311

E-mail: gx_yao@yahoo.com.cn cling_gu@yahoo.com.cn gx_yao@sina.com