

汽车衡安装误差对称重精度的影响分析

逯佃凯

山东泰山钢铁集团有限公司

[摘要]轴组式动态汽车衡以其成本低、称重精度高等优点在高速公路收费站动态称重系统中得到广泛应用，而影响动态汽车衡称重精度的因素一直是研究的重点问题。

[关键词]汽车衡；安装误差；称重精度

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.10.2219

在汽车衡安装施工中，由于各种原因，不可避免地会出现各种误差，如柱式负荷传感器安装初始倾斜、秤台受载变形影响、秤台倾斜安装和柱式负荷传感器安装标高误差等，这些误差会导致柱式负荷传感器摆动、承压头倾斜、重力作用线不再沿柱式负荷传感器轴线方向，这将影响其称重精度。

一、动态汽车衡的发展

1、轴重式动态汽车衡。动态汽车衡最常用测量方法是通过秤台轴称量获取车辆质量基本信息，主要由四只传感器组成，起着重要的支撑作用。车辆处于动态行驶，车辆轴经载体，具体重量值将在传感器帮助下通过压力数值计算。即在实际测算中采用最新电信号处理方法，可一对一对应方式得到车辆具体重量值。辅助分车应用只是获取车辆总重数据，其准确性应根据路况、行驶速度和数据处理水平确定。这种称重法开挖量小、施工时间短、速度小、成本低，缺点是有效测量距离短，精度一般，最终值也会受行驶标准化影响。

2、轮重式动态汽车衡。汽车衡包括轮重式方式，其中最常见的是弯板式，整个弯板依赖于框架，弯板本身具有传输功能。当受车轮碾压时，会向下弯曲产生电阻，然后根据数值获得车辆重量。该汽车衡动态测量施工进度快、后期维护费用少，但有效称重距离短，精度及可靠性会下降。

二、柱式负荷传感器摆动支承误差

摆动支承柱负荷传感器由中间的应变弹性体及上下压头组成。以C16A C3型20t圆柱式双球面弹性体柱式负荷传感器为承载器，该装置能自动定心承力传力，起到限位作用。

假设传感器逆时针转角为 a_2 ，处于稳定平衡摆动支承时，传感器在与上压头接触点所受外力 F_N 可分解为沿应变弹性体轴线轴向力 F_n 及切向力 F_τ ，分别为

$$F_n = F_N \cos(a_1 + a_2 + a_3) \quad (1)$$

$$F_\tau = F_N \sin(a_1 + a_2 + a_3) \quad (2)$$

式中： a_1 -上压头倾角，rad； a_2 -传感器应变弹性体轴线倾角，rad； a_3 -外力方向与上压头轴线夹角，rad。

根据拉压弹性元件的全桥接法，理论上，传感器输出应变值仅与沿弹性体轴线应变方向的轴向力有关，而与切向力及切向力产生的附加弯矩无关。测量相对误差为

$$e = \frac{F_n - F_N}{F_N} = \cos(a_1 + a_2 + a_3) - 1 \quad (3)$$

三、安装施工误差影响

1、柱式负荷传感器倾斜安装对称重的影响。以四点支承轴组动态汽车衡为研究对象，当支承的传感器朝不同方向转角时，秤台与传感器之间存在水平摩擦力。传感器应变弹性体在上下压头间纯滚动，将弹性体不偏转时的接触点作为参考点。

假设左右侧两个传感器安装倾角相等，当弹性体偏角较小时，滚动摩阻小于最大滚动摩阻力偶，秤台不产生平动，因此秤台与弹性体之间的摩擦力为零。当弹性体倾角大于临界角时，秤台在回复力作用下有平动运动趋势，秤台与弹性体有摩擦力。

当一侧传感器倾角大于临界角时，弹性体有滚动趋势，秤台产生水平摩擦力，两侧弹性体滚动摩阻力偶大小及方向取决于滚动趋势。当右侧弹性体倾角大于弹性体与上下压头间滚阻系数时，不断增加荷载，使两侧弹性体的滚动摩阻达到最大滚动摩阻力偶，当力矩大于最大滚动摩阻力偶时，弹性体将向左转动，直到形成新的平衡状态，此时，两侧弹性体滚动摩阻等于最大滚动摩阻力偶。

弹性体转角度与受载前各自倾角无关，而与倾角之和有关，在受载过程中，倾角之和保持不变。当传感器弹性体产生上述转角时，由式(3)能得出每个传感器称重结果的相对误差。受载结束后，弹性体倾度不会恢复受载前状态，并影响后续称重。此外，摩擦力的存在也降低了称重数值。

2、秤台受载变形对称重的影响。当秤台刚度小、外载大时，秤台会产生过大变形，导致支承点弹性体发生角位移，影响称重精度。当秤台施加荷载时，由于秤台变形，两侧弹性体接触点间的距离将发生变化，两侧弹性体将朝相反方向偏转。转动达到平衡时，弹性体接触点达到最大滚动摩阻力偶。

表1 轴组式动态汽车衡秤台参数

参数	数值	单位
h_1	112	mm
h_2	242	mm
h_3	25	mm
l	4 980	mm
E	2×10^9	$N \cdot mm^{-2}$
I	1.74×10^9	mm^4

3、秤台倾斜安装对称重的影响。早期高速公路收费站的计重系统多为轴重式动态汽车衡，由于其精度高、成本低，近年来得到了广泛推广。因此，高速公路收费站称重系统大多由轴重衡改装为轴组式动态汽车衡。为顺应地形和排放雨水，秤台采用倾斜安装形式。

当秤台倾斜安装时，秤台对柱式负荷传感器的重力将偏离应变弹性体的轴线方向。由于应变弹性体与上下压头间的滚动摩阻，应变弹性体将随着秤台倾角的增加从静态变为滚动状态。

当秤台倾斜角度超过临界角时，秤台对传感器重力的力矩超过弹性体最大滚动摩阻，弹性体产生倾角，应变弹性体倾斜角度与秤台倾斜角度的关系如图10所示。

当秤台倾角超过临界角时，秤台对传感器重力力矩超过弹性体最大滚动摩阻，弹性体产生倾角，应变弹性体倾斜

角度和秤台倾斜角度近似成线性关系,在相同秤台倾角下,弹性体高度越大,球头半径越小,弹性体倾角越大。当传感器弹性体产生上述转角时,由式(3)能得出传感器称重结果的相对误差大小。

4、柱式负荷传感器安装标高差对称重的影响。由于基础施工预埋钢垫板存在标高误差、后期基础沉降和秤台受载后不可恢复的变形等影响,造成秤台四个支承点高度不一致,影响称重精度。秤体在空间中有6个自由度,秤台可由任何三个柱式负荷传感器支承。

由于传感器支承点高差,秤台受载变形会增大,特别是在三点支承状态下,降低了秤台承载刚度,秤台变形程度高于四点支承状态。秤台变形过大,传感器受载波动较大,会影响传感器垂直受力特性及数据输出稳定性,从而影响测量精度。

针对U型梁结构秤体,利用有限元软件分析秤体四个支承点在称重时的称重准确度受支承点标高差的影响。以两轮单轴荷载为秤台所受外载,分析前轴通过秤台中部U形梁段时,在支承点4的标高误差下各传感器支承点支承反力变化情况。设单轴载50kN,两轮接地面积430cm²,则接地压力1.08MPa。以U形梁一端为荷载位置起始点,分析在不同支承点标高差下,各支承点上压头纵向倾角随轴载在不同位置的变化过程,由此得出,全程三点支承与全程三点过渡到四点支承情形间的临界标高差约为3.8mm。

此外,支承点2与4在受载阶段上压头倾角差异不大,支承点1的上压头倾角随着标高差增大而增大,支承点3上压头倾角在受载前半程随标高差增大而增大,而在三点支承状态的后半程阶段,倾角迅速减小,但此时,应考虑由标高差引起的传感器3与4上压头横向承载面的倾斜。

由此可见,在三点支承状态的后半程阶段,支承点3的上压头倾角的减小并不能降低称重误差,因支承点3与4处秤台的横向倾斜使误差随着标差的增大反而增大。当传感器弹性体产生上述转角时,由式(3)能得出每个传感器称重结果相对误差。

四、汽车衡的防作弊

4.1 汽车衡防作弊方法一

传感器采用个性化自动补偿,补偿完成后全部密封,不得拆卸。专用协议不对外公开。采用数字式信号输出,提高抗干扰能力。

4.2 汽车衡防作弊方法二

使用车辆自动识别称重管理系统,与汽车衡配套,实现车辆无人值守称重功能,由车辆自动识别装置、车辆行驶指示系统、智能控制器、计算机及称重管理软件组成。可以杜绝检斤人员作弊的可能。自动称重系统主要利用软件、视频、光电及全自动技术杜绝作弊。软件可实现皮重报警,防止夹带作弊。时间报警,控制称重时间。权限管理,防止恶意操作。日志记录,防止修改数据。作弊曲线,防止遥控作弊。同时增加视频抓拍及监控系统,确保整个称重计量过程处于监控状态下,便于后期图像调用查询。安装红外对射装置,实现红外卡位,防止车辆未完全上衡。最终实现自动称重,减少人为参与,降低作弊风险。

4.3从管理角度杜绝人为作弊可能。制定详细的检斤计量操作规范及要求,对检斤计量车辆进行严格管理,对车辆更换牌照,皮重变化较大等情况要及时核对,杜绝利用车辆作

弊的可能。同时加强汽车衡设备的点巡检工作,经常检查传感器信号线和仪表等部位,确保无作弊设备。

五、安装施工误差控制措施

1、传感器安装施工误差控制。柱式负荷传感器在秤台受载后,会倾斜,导致重力偏移应变弹性体轴线,致使测量出现误差,需加强检测,以控制弹性体初始倾斜量。对于弹性体随秤台变形而转动的现象,根据实践经验,C16A C3型柱式负荷传感器使用说明书给出了以下措施:当负荷传感器偏斜大时,可将垫片插入传感器上下压头,以调节应变弹性体偏斜量,如图1(a)所示,或如图1(b)所示初始安装负荷传感器时,能让应变弹性体稍微向内倾斜,以抵消秤台弯曲变形对上压头外推位移的影响,或将上压头顶部安装在中性层以消除这种影响,如图1(c)所示。

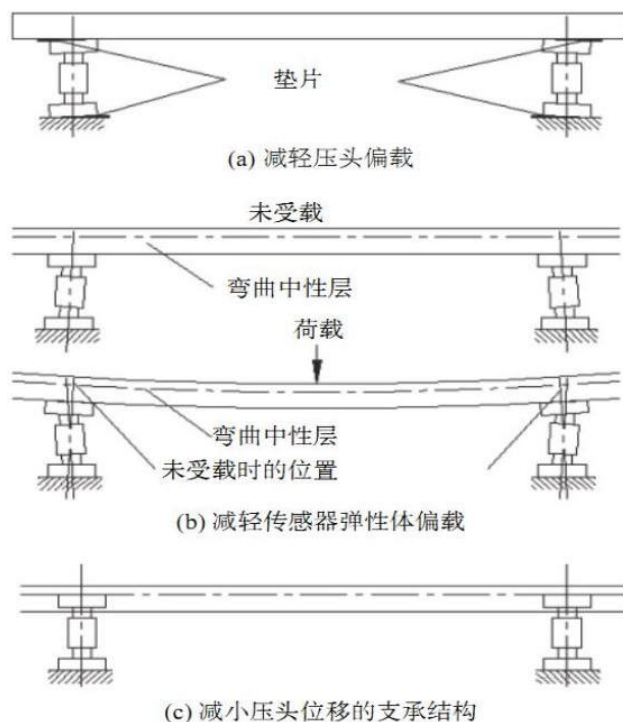


图1 柱式负荷传感器特殊安装措施

2、秤台安装施工误差控制。为控制秤台受载弯曲变形对柱式负荷传感器称重精度的影响,应适当提高秤台弯曲刚度,如对秤台表面预拱,通过对钢结构进行预应力处理,提高秤台刚度等。同时,应控制秤台安装倾斜角度,或在压头与秤台连接处插入垫片,使压头处于水平状态,以避免弹性体在偏斜受载下倾斜。

3、柱式负荷传感器支承点标高误差控制。在施工过程中,应加强地基处理,减少地基沉降,并且需严格控制柱式负荷传感器放置处预埋钢板的标高误差,确保秤台各支承点尽可能处于同一高程。日常维护保养时,观察测量各支承点的标高差,当超过一定范围时,将垫片插入传感器底座,调整支承点标高,以减少称重误差。

参考文献

- [1]姚仁杉.浅谈动态汽车衡发展史[J].内燃机与配件,2017(19).
- [2]赖朝晖.汽车衡安装误差对称重精度的影响分析[J].中国测试,2019(07).