

高速称重数据处理探讨

宝鸡四维衡器有限公司 王建军 孙振海 张建强

【摘要】 本文重点介绍高速动态称重数据处理中速度对称重结果影响的修正方法

【关键词】 高速动态称重 数据处理 最小二乘拟合法

一、概述

高速称重系统的技术难度在于是如何解决高速动态称重准确度问题,动态称重尤其是在高速行驶过程中,传感器受力状态和影响因素是非常复杂,为了解决动态称重的准确性和稳定性问题,该系统在大量数值经验的基础上,集多种算法于一体,通过对动态称重系统的受力分析,建立动态称重的数学模型,对系统中的噪声进行分析,根据振动、颠簸、速度的变化等所产生的噪声的特点,用非线性数据拟合的方法识别和剔除低频信号中的噪声,从而得到稳定准确的称重数据;应用数据平滑理论,对采集的重量信号进行平滑处理和数字滤波,对采集的数据进行多次线性修正,提高称重准确度;建立多元化线性及非线性回归解析模块,采用扩充算法对系统误差加以修正,解决动态称量中车辆的速度、加速度对称量准确度的影响,试验和实际应用表明该项目系统具有良好的动态称量性能,10-70公里以内车速,动态称重精度可达3%,70-90公里动态称重精度可达5%。

二、速度补偿数据处理

在动态称重中,传感器的受力状态很复杂,影响称量准确度的因素很多,其中速度和加速度的变化对称量准确度的影响是最大的。在此,着重介绍如解决速度对称量准确度的影响问题。

根据微积分最小二乘法的基本原理,以严格的统计理论为基础,采用科学而可靠的多元线性回归曲线拟合方法,通过反复试验和对大量试验数据的对比分析,确定了速度和称重结果之间的函数关系及其各项经验系数,应用于高速预检称重系统中,在实际测量时根据速度的变化对称重结果进行修正,明显提高了高速称重数据的准确性,获得了比较满意的效果。

高速称重,速度对称重结果的影响比较大,而速度和称重结果之间到底有什么样的函数关系?我们通过反复试验,对试验数据做了大量的对比分析,确定函数关系中的各项系数,这一过程其实就是求取有关物理量之间关系的经验公式。从几何上看,就是针对每一种车型,选择一条曲线,使之与所获得的实验数据更好地吻合。普通的数据处理方法,如:图解法,逐差法和平均法是一种粗略的方法。而微积分上的“最小二乘拟合法”是一种比较理想的处理方法。

这个方法以严格的统计理论为基础,是一种科学而可靠的曲线拟合方法。

设在实验中获得了自变量速度 x_i 与因变量重量 y_i 的若干组对应数据 (x_i, y_i) ，在使偏差平方和 $\sum [y_i - f(x_i)]^2$ 取最小值时，找出一个已知类型的函数 $y = f(x)$ (即确定关系式中的参数)。

根据最小二乘法的基本原理，设某量的最佳估计值为 x_0 ，则

$$\frac{d}{dx_0} \sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2 = 0$$

可求出

$$x_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

即

$$x_0 = \bar{x}$$

而且可证明

$$\frac{d^2}{dx_0^2} \sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2 = \sum_{i=1}^n (2) = 2n > 0$$

说明 $\sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2$ 可以取得最小值。

可见，当 $x_0 = \bar{x}$ 时，各次测量偏差的平方和为最小，即平均值就是在相同条件下多次测量结果的最佳值。

根据统计理论，要得到上述结论，测量的误差分布应遵从正态分布(高斯分布)。

在实际应用中，我们先进行了一元线型拟合，如下：

设一元线性关系为

$$y = a + bx,$$

实验获得的 n 对数据为 (x_i, y_i) ($i=1, 2, \dots, n$)。由于误差的存在，当把测量数据代入所设函数关系式时，等式两端一般并不严格相等，而是存在一定的偏差。为了讨论方便起见，设自变量速度 x 的误差远小于因变量重量 y 的误差，则这种偏差就归结为因变量 y 的偏差，即

$$v_i = y_i - (a + bx_i)$$

根据最小二乘法，获得相应的最佳拟合直线的条件为

$$\frac{\partial}{\partial a} \sum_{i=1}^n v_i^2 = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial b} \sum_{i=1}^n v_i^2 = 0$$

若记

$$I_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2 = \sum x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum x_i)^2$$

$$I_{yy} = \sum (y_i - \bar{y})^2 = \sum y_i^2 - \frac{1}{n} (\sum y_i)^2$$

$$I_{xy} = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum (x_i y_i) - \frac{1}{n} \sum x_i \cdot \sum y_i$$

代入方程组可以解出

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{I_{xy}}{I_{xx}}$$

由误差理论可以证明，最小二乘一元线性拟合的标准差为

$$S_a = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}} \cdot S_y$$

$$S_b = \sqrt{\frac{n}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}} \cdot S_y$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - a - bx_i)^2}{n - 2}}$$

为了判断测量点与拟合直线符合的程度，需要计算相关系数

$$r = \frac{I_{xy}}{\sqrt{I_{xx} \cdot I_{yy}}}$$

一般地， $|r| \leq 1$ 。如果 $|r| \rightarrow 1$ ，说明测量点紧密地接近拟合直线；如果 $|r| \rightarrow 0$ ，说明测量点离拟合直线较分散，应考虑用非线性拟合。

通过计算分析，不同车型有些可以进行一元线性拟合，而更多的是多元线性回归，比较符合试验得出的数据，用这种处理方法得出的经验系数，建立修正方程群组，在实际测量时将自变量速度代入相应的方程式对测量结果进行修正，使速度对动态称量的影响减到最小，在实际应用中获得了比较满意的效果。

我们利用配重 38t 的 4 轴货车对高速称重检测装置进行了检测，车速在 30-60km/h 的情况下，准确度在 1.5%以内；车速在 60-70km/h 的情况下，准确度在 2.5%以内；车速在 70-90km/h 的情况

下，准确度在 5%以内；在实际应用中为了防止漏检有可能超限的车辆，我们在调试时取正误差（见现场自检数据记录表）。

速度 (km/h)	实测重量	误差	准确度	速度 (km/h)	实测重量	误差	准确度
30-40	38300	+300	0.8%	60-70	38960	+960	2.5%
30-40	38400	+400	1.1%	60-70	38640	+640	1.7%
30-40	38380	+380	1.0%	60-70	38780	+780	2.1%
40-50	38560	+560	1.7%	70-80	39500	+1500	3.9%
40-50	38420	+420	1.1%	70-80	39780	+1780	4.7%
40-50	38580	+580	1.5%	70-80	39020	+1020	2.7%
50-60	38800	+800	2.1%	80-90	39560	+1560	4.1%
50-60	38940	+940	2.5%	80-90	39880	+1880	4.9%
50-60	38780	+780	2.1%	80-90	39380	+1380	3.6%

作者简介

作者：王建军 孙振海 张建强

工作单位：宝鸡四维衡器有限公司

电话：0917-3602009

传真：0917-3602000

E-mail: swhq2003@163.com

地址：陕西省宝鸡市高新区创业路 1 号