

文章编号: 1005-8451 (2013) 05-0012-03

# 基于标准差的制动阀弹簧测试仪精密度的研究

刘 琴, 凤宝利

(中国电子科技集团公司 第33研究所, 太原 030006)

**摘 要:** 各种类型弹簧测试仪的精密度的参差不齐, 造成同一个弹簧在同类型测试仪上连续测试多遍的结果相差很大, 或同一个弹簧在不同类型测试仪上测试的结果也可能大相径庭, 通过测试制动阀弹簧, 利用标准差的算法对测试数据进行分析, 能够准确地判断出测试仪的精密度的。利用标准差的算法, 通过对弹簧测试仪测试弹簧数据的分析计算, 能够计算出弹簧测试仪测试的精密度的。通过不同弹簧测试仪之间精密度的对比, 可以判断出弹簧测试仪精密度的高低, 对选择弹簧测试仪起到很大的帮助, 同时也提高了被测弹簧测试的精密度的。

**关键词:** 制动阀弹簧; 精密度的; 标准差

**中图分类号:** U260.138 **文献标识码:** A

## Research on accuracy of brake valve spring testing instrument based on standard deviation

LIU Qin, FENG Baoli

(No.33 Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Taiyuan 030006, China)

**Abstract:** To solve the problem of the ragged precision of the kinds of type spring testing instruments, which could lead to the different outcome of the one spring tested on the same type or different type of testing instrument, the standard deviation arithmetic was used. By testing brake valve spring, it could judge the precision of the testing instrument. With analyzing and calculating the testing data of spring testing instrument, the testing precision of spring testing instrument could be calculated by using standard deviation algorithm. The level of precision of the instrument could be judged by comparison between different instruments. It was a great help to chose the instrument and enhance the precision of tested spring.

**Key words:** brake valve spring; precision; standard deviation

列车制动阀是列车制动系统的重要组成部分, 制动阀弹簧又是列车制动阀的重要组成部分, 它直接关系到车辆的制动性能, 对列车安全运行也将产生重大的影响。同一类型的不同弹簧, 虽然其外观结构符合图纸要求, 但是由于其材质及加工工艺的不同, 弹簧的刚度就可能有很大的差别。这样, 会导致各个弹簧之间的装配负荷或工作负荷相差较大, 有的可能严重超过标准的要求, 影响到车辆的制动安全性能。因此, 测试弹簧的仪器—弹簧测试仪的精密度的对制动阀弹簧的性能有很大影响。

本文介绍的基于标准差的算法对弹簧测试仪测试弹簧得到的测试数据进行分析, 能够准确地

判断出弹簧测试仪的精密度的, 对测试仪器的使用有很大的帮助。

### 1 弹簧测试仪原理及数据分析

#### 1.1 原理分析

当制动弹簧被外力压缩或拉伸时, 其长度变量与外力的关系符合胡克定律,

$$F=kX \quad (1)$$

F 为外力;

X 为长度变量;

其工作原理如图 1 所示, 当计算机向施力装置发出下压命令时, 施力装置 1 下压弹簧, 位移值、压力值发生相应变化, 满足胡克定律。由压力传感器 3 和位移传感器 2 采样电路进行采样,

收稿日期: 2012-10-18

作者简介: 刘 琴, 工程师; 凤宝利, 工程师。

并实时将采样数据送给计算机，主机通过处理数据，计算得到被测弹簧的自由高、K 值、压缩高、负荷等结果。

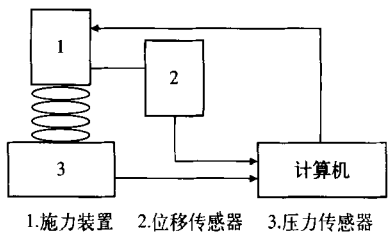


图1 工作原理图

1.2 数据分析

1.2.1 测试原理

标准差反映了质量的波动情况，是对测试结果分布散布程度的一种度量。标准差越小，说明质量波动越小，即测试结果的离散程度越小。离散度是对重复性的评定，离散度越小，重复性越好。重复性是对精密度度的重要指标。所以，归根到底就是，标准差越小，测量结果的精密度越高。精密度好是准确度高的前提和必要条件。

标准差也称标准偏差，是各数据偏离平均数的距离的平均数，反映组内个体间的离散程度。简单来说，标准差是一组数据平均值分散程度的一种度量。一个较大的标准差，代表大部分数值和其平均值之间差异较大；一个较小的标准差，代表这些数值较接近平均值。标准差可以当作不确定性的一种测量。例如：在做重复性测量时，测量数值集合的标准差代表这些测量的精确度。当要决定测量值是否符合预测值，测量值的标准差占有决定性重要角色：如果测量平均值与预测值相差太大（同时与标准差数值做比较），则认为测量值与预测值互相矛盾。

假设有一组数值  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ （皆为实数），其平均值为  $\bar{x}$ ，公式如（2）：

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \tag{2}$$

标准差计算如公式（3）：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \tag{3}$$

由于只选择了4个弹簧做样本进行测试，只是全部测试总体的一小部分样本，所以这里根号内除以  $n-1$ 。

为了分析测试结果时不受单位和（或）平均数不同对两个或多个样本变异程度比较的影响，可以用相对标准差，即用变异系数来分析和比较样本之间的离散程度。变异系数是衡量各观测值变异程度的另一个统计量。当进行两个或多个样本变异程度的比较时，如果度量单位与平均数相同，可以直接利用标准差来比较。如果单位和（或）平均数不同时，比较其变异程度就不能采用标准差，而需采用标准差与平均数的比值（相对值）来比较。变异系数 CV 计算公式如（4）：

$$C_V = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% \tag{4}$$

1.2.2 测试数据分析

为了能够全面体现测试仪测试的准确性，在选择被测物时考虑到弹簧的刚度、自由高、直径、丝径等因素，选择具有代表性的弹簧。以检修量较大的 120 主阀为例，选择其中的 4 种弹簧进行测试。弹簧的具体参数见表 1。

表1 弹簧类型及参数

弹簧类型	标准范围	装配负荷 (N)	工作负荷 (N)
止回阀弹簧	上限	0.68	/
	下限	0.92	/
紧急二段弹簧	上限	31.8	55.6
	下限	40.4	70.8
减速弹簧	上限	101.2	117.9
	下限	128.8	150.1
缓解手柄弹簧	上限	95	260.5
	下限	121	331.5

从所选弹簧的标准负荷可以看出，4 种弹簧的负荷基本覆盖了绝大部分弹簧的负荷范围，而且弹簧的自由高、直径、丝径差别也比较大，十分具有代表性。

对上述 4 种弹簧在 3 台弹簧测试仪上进行测试，每个弹簧连续测试 10 次。然后，依据测试数据，分别计算该弹簧的装配负荷和工作负荷的标准差及变异系数。

$n=10$ ， $x_i$  为连续测试的 10 个数据， $\bar{x}$  为 10 个数据的平均值。平均值按照公式（2）计算，标准差按照公式（3）计算，变异系数按照公式（4）计算。

以第 1 台弹簧测试仪上测试的缓解阀手柄弹簧为例，计算其装配负荷的标准差和变异系数。

先计算其平均值：

$$\bar{x} = (114.50 + 114.60 + 114.50 + 114.60 + 114.60 + 114.65 + 114.60 + 114.70 + 114.60) / 10 = 114.60 \text{ (N)}$$

再计算离差平方和：

$$\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2 = (-0.1)^2 + 0 + (-0.1)^2 + 0 + 0 + 0.05^2 + 0.05^2 + 0 + 0.1^2 + 0 = 0.035 \text{ (N}^2\text{)}$$

利用公式 (3) 得出标准差：

$$S = \sqrt{\frac{0.035}{9}} = 0.0624 \text{ (N)}$$

利用公式 (4) 得出变异系数：

$$C_v = \frac{0.0624}{114.60} \times 100\% = 0.05\%$$

通过计算得出各弹簧装配负荷和工作负荷的平均值、标准差、变异系数如表 2 所示。

表2 数据计算结果

仪器编号		1		2		3	
弹簧类型	测试项	装配负荷	工作负荷	装配负荷	工作负荷	装配负荷	工作负荷
止回阀簧	平均值 (N)	1.068	/	1.053	/	1.064	/
	标准差s (N)	0.007 9	/	0.006 7	/	0.005 2	/
	相对标准差C <sub>v</sub>	0.74%	/	0.64%	/	0.49%	/
紧急二段簧	平均值 (N)	36.668	64.395	36.338	64.015	36.33	64.010
	标准差s (N)	0.014 0	0.015 8	0.030 5	0.024 2	0.019 4	0.024 7
	相对标准差C <sub>v</sub>	0.038%	0.025%	0.084%	0.038%	0.053%	0.039%
减速簧	平均值 (N)	131.710	153.800	131.460	153.480	131.040	153.010
	标准差s (N)	0.021 1	0.000 0	0.031 6	0.042 2	0.031 6	0.031 6
	相对标准差C <sub>v</sub>	0.014%	0.000%	0.024%	0.030%	0.024%	0.020%
缓解手柄簧	平均值 (N)	114.600	270.300	110.875	261.920	111.860	265.530
	标准差s (N)	0.062 4	0.081 6	0.092 0	0.131 7	0.114 9	0.356 1
	相对标准差C <sub>v</sub>	0.055%	0.030%	0.080%	0.050%	0.103%	0.134%

从表 2 可以看出，第 1 台测试仪的波动范围在 0.8% 以内，第 2 台测试仪的波动范围在 0.7% 以内，第 3 台测试仪的波动范围在 0.5% 以内，3 台测试仪的测试精度均在 1% 范围内，符合要求。

2 软件流程图

将标准差分析计算方法编成软件，能够方便快捷地分析判断出测试仪的精密度，大大简化了人工计算的繁琐，提高了效率，保证了计算的准确性。软件流程图如图 2 所示。

3 结束语

利用标准差对弹簧测试仪的精密度进行分析

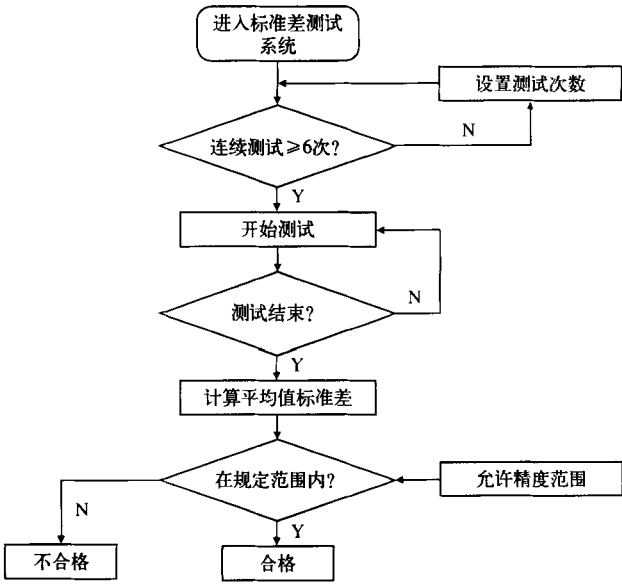


图2 软件基本流程图

计算，可以知道弹簧测试仪是否满足铁路总公司《铁路货车制动装置检修规则》中“试验力示值重复性相对误差”不大于 1% 的要求。依据这种方法，研制的弹簧测试仪，已经在国内车辆段得到广泛的使用，得到了用户的一致好评。

参考文献：

[1] 费业泰. 误差理论与数据处理 [M]. 北京：机械工业出版社，2005.

[2] 中华人民共和国铁道部. 铁路货车制动装置检修规则 [S]. 北京：中国铁道出版社，2008.

[3] 林景星，陈丹英. 计量基础知识 [M]. 北京：中国计量出版社，2008.

[4] 刘晓彤. 测试技术 [M]. 北京：科学出版社，2008.

[5] 林德杰. 电气测试技术 [M]. 北京：机械工业出版社，2011.

[6] 张英会，刘辉航，王德成. 弹簧手册 [S]. 北京：机械工业出版社，2008.

[7] 温 显. 软件架构设计 [M]. 北京：电子工业出版社，2007.

责任编辑 徐侃春