

中国机械工业联合会 发布

**20XX—XX—XX实施**

**202X—XX—XX发布**

**汽车碰撞假人位移传感器校准规范**

（报批稿）

**Calibration Specifications of Displacement Sensor for Automobile Crash Dummy**

JJF（机械）1082—2022

**工信部行业计量技术规范**

**汽车碰撞假人位移传感器**

**校准规范**

Calibration specification of Displacement Sensor for Automobile Crash Dummy

**JJF (机械)1082—2022**

****

归 口 单 位：中国机械工业联合会

负责起草单位：襄阳达安汽车检测中心有限公司

本规范条文委托全国机械汽车专业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

李 昕（襄阳达安汽车检测中心有限公司） 刘 茹（襄阳达安汽车检测中心有限公司）

参加起草人：

叶仁根（襄阳达安汽车检测中心有限公司）

涂远扬（襄阳达安汽车检测中心有限公司）

贾莹莹（襄阳达安汽车检测中心有限公司）

兰燕飞（襄阳达安汽车检测中心有限公司）

**目 录**

[引言 II](#_Toc103762366)

[1 范围 1](#_Toc103762367)

[2 引用文献 1](#_Toc103762368)

[3 术语和定义 1](#_Toc103762369)

[4 概述 2](#_Toc103762370)

[5 计量特性 3](#_Toc103762371)

[5.1 外观及性能要求 3](#_Toc103762372)

[5.2主要计量特性 3](#_Toc103762373)

[6 校准条件 4](#_Toc103762374)

[6.1 环境条件 4](#_Toc103762375)

[6.2标准装置 4](#_Toc103762376)

[6.3辅助装置 4](#_Toc103762377)

[7 校准项目和校准方法 4](#_Toc103762378)

[7.1 校准项目 5](#_Toc103762379)

[7.2 校准方法 5](#_Toc103762380)

[7.2.1膝部、肋骨位移传感器校准方法 5](#_Toc103762381)

[7.2.2正碰假人胸部位移传感器校准方法 6](#_Toc103762382)

[7.2.3 IR-TRACC传感器校准方法 7](#_Toc103762383)

[7.2.4 旋转电位计校准方法 9](#_Toc103762384)

[7.2.5 2D IR-TRACC(或3D IR-TRACC)传感器组合误差校准 10](#_Toc103762385)

[8 校准结果的表述 10](#_Toc103762386)

[9 复校时间间隔 11](#_Toc103762387)

[附录A（资料性）传感器基本误差测量结果的不确定度评定 12](#_Toc103762388)

[附录B（资料性）校准证书或校准报告内容 15](#_Toc103762391)

引 言

本规范依据JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》等编制。

本规范为首次发布。

汽车碰撞假人位移传感器校准规范

1 范围

本规范适用于新制造、使用中和维修后汽车碰撞假人位移传感器(以下简称传感器)的校准（其它类似设备可参照本规范进行校准）。

2 引用文献

JJF1352-2012 角位移传感器校准规范

JJF1305-2011 线位移传感器校准规范

JJF1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

JJF1071-2010 国家计量校准规范编写规则

JJF1001-2011 通用计量术语及定义

凡是注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

3 术语和定义

3.1线位移传感器

能感受长度尺寸变化并转换成可用输出信号的器件。

3.2灵敏度

传感器输入量变化值与相应输出量变化值之比。

3.3 校准系数

拟合方程为非线性方程时，方程中的各个常数统称为校准系数。

3.4 线性度

在规定条件下，传感器校准曲线与拟合曲线间的最大偏差与满量程的百分比。

3.5 满量程输出

在规定条件下，传感器输出的上限值和下限值之间的代数差。

3.6 角位移传感器

能感受角位移变化并转换成可用输出信号的器件。

3.7 IR-TRACC传感器A点

IR-TRACC传感器完全展开时，移动端定位孔所在的点。

3.8 IR-TRACC传感器B点

IR-TRACC传感器完全展开后压缩到指定位置，作为校准的起始点，移动端定位孔所在的点。

3.9 IR-TRACC传感器C点

IR-TRACC传感器从校准的起始点压缩到校准范围最大值时，移动端定位孔所在的点。

3.10 IR-TRACC传感器的横向位移偏移量

IR-TRACC传感器缸套圈在受到切向作用力时,传感器的拟合输出值与量程的比值。

3.11 基准电气零位

在传感器测量范围内旋转分度装置，读取数字电压表上传感器输出电压值，最小输出电压值点即为基准电气零位。

3.12 阿贝原则

被测量轴线只有与标准量的测量轴线重合或在其延长线上时，测量才会得到精确的结果。

4 概述

碰撞假人位移传感器用来测量碰撞过程中假人膝部、胸部等部位产生的位移量，以此判断碰撞对人的伤害程度。所用到的传感器形式多样，典型的有膝部的拉线式位移传感器、肋骨的拉杆式位移传感器、正碰假人胸部位移传感器、IR-TRACC位移传感器、2D IR-TRACC传感器、3D IR-TRACC传感器。

|  |
| --- |
|  |
| 图1 正碰假人胸部位移传感器示意图 |

正碰假人胸部位移传感器由电位计、电位计支架、臂和球头组成(如图1所示),B点是固定点,A点可绕B点转动,测量球头从A点运动到A′点产生的位移量x。

IR-TRACC (Infra-red Telescoping Rod for the Assessment of Chest Compression)传感器主要用于采集假人肩部、胸部、肋骨及腹部的压缩量，IR-TRACC传感器利用红外激光的平方反比定律（一个关于光源照度与被照射物体之间距离关系的定律），传感器利用该定律可以换算出假人在侧面碰撞试验过程中所测量部位位移的变化量，利用该原理设计的传感器，对横向位移偏移量需限定在某值内，才能保证轴向位移测量的准确度。2D IR-TRACC传感器由IR-TRACC传感器和一个旋转电位计通过连接件组合而成，其移动端具有两个方向的自由度; 3D IR-TRACC传感器（如图2所示）由IR-TRACC传感器和两个旋转电位计通过连接件组合而成，其移动端具有三个方向的自由度。

|  |
| --- |
|  |
| 图2 3D IR-TRACC传感器示意图 |

5 计量特性

5.1 外观及性能要求

被校传感器结构完整，移动部分功能正常。

5.2主要计量特性

位移传感器的主要计量特性有灵敏度、基本误差、线性度。典型位移传感器的计量特性见表1、表2。

表1 典型位移传感器计量特性

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 膝部位移 | 肋骨位移 | 正碰胸部位移 |
| 基本误差（%FS） | ±1.0 | ±1.0 | -- |
| 线性度（%FS） | ±1.0 | ±1.0 | ±1.0 |

表2 IR-TRACC传感器及旋转电位计计量特性

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | IR-TRACC | 旋转电位计 |
| 线位移 | 角位移 |
| 基本误差（%FS） | ±2.0 | -- |
| 线性度（%FS） | ±2.0 | ±0.5 |
| 横向位移偏移量 （%FS） | ±3.0 | -- |
| 2D/3D IR-TRACC传感器组合零值误差 | ±3.0% | |

注：由于校准工作只给出测量结果，不判断合格与否，上述计量特性仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度： 10℃～30℃

相对湿度： 30%RH～85%RH

6.2标准装置

标准装置及要求见表3。

表3 标准装置及要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 设备名称 | 测量范围 | 最大允许误差/  准确度/不确定度 |
| 游标卡尺 | (0~150)mm | ±0.02mm |
| 标准砝码 | 0.45kg | M1级 |
| 分度装置 | (-180~180 ) ˚ | ±0.1 ˚ |
| 数字万用表(或数据采集系统) | (0~10)VDC | ±0.01% |

6.3辅助装置

辅助装置及要求见表4。

表4 辅助装置及要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 设备名称 | 测量范围 | 最大允许误差/  准确度/不确定度 |
| 安装夹具 | --- | --- |
| 直流稳压电源 | (0~20)V | ±0.01V |

注：安装夹具根据传感器结构和原理定制,以保证校准时安装方式符合阿贝原则。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

根据位移传感器的形式，选择需要的校准项目见表5:

表5 校准项目表

|  |  |
| --- | --- |
| 序号 | 校准项目 |
| 1 | 外观及功能检查 |
| 2 | 灵敏度/系数 |
| 3 | 基本误差 |
| 4 | 线性度 |
| 5 | 横向位移偏移量 |
| 6 | 组合零值误差 |

7.2 校准方法

7.2.1膝部、肋骨位移传感器校准方法

7.2.1.1外观及功能检查

检查被校准位移传感器，按被校准传感器说明要求进行电源和信号线连接，确定没有影响计量特性的因素后再进行校准。

7.2.1.2灵敏度

根据传感器的形式选择夹具、和长度标准器，传感器的安装尽量满足阿贝原则。在传感器的测量范围内大致均匀分布不少于8个校准点，按顺序分别读出长度标准器给出的位移值*L*0*i*和各校准点上的输出值*Yi*。以正、反两个行程为一个测量循环，根据一个循环的测量结果，采用最小二乘法计算拟合直线方程，见式（1），式（1）中的k即为传感器的灵敏度。

（1）

斜率k及截距L0的计算公式如下：

 （2）  （3）

式中：*L* ——被校准位移传感器的拟合输出值，mm；

*Y* ——被校准位移传感器的输出值，V

*L*0 ——拟合直线的截距,mm；

*k* ——拟合直线的斜率,mm/V；

*Y*i——被校准位移传感器在第*i*个校准点正、反行程输出值的平均值，V；

——第*i*个校准点标准值,mm；

*i*——第*i*个校准点，*i*=1,2，…，n，下同。

7.2.1.3基本误差

根据拟合直线方程式（1）求出被校准传感器在第*i*个校准点处的拟合输出值(正行程*j*为1，反行程*j*为2)，按式（4）计算传感器在第*i*个校准点的误差，取正、反行程中绝对值最大的作为第*i*个校准点上的误差值，取各点中绝对值最大的作为基本误差测量结果。

 （4）

式中：——传感器在第*i*个校准点的拟合输出值，正行程*j*为1，反行程*j*为2，mm；

——传感器量程，mm;

7.2.1.4 线性度

按拟合直线方程式（1）求出传感器在第*i*个校准点的正、反行程拟合输出值的平均值*Li*，由式（5）计算各校准点的偏差，取各点中绝对值最大的作为线性度测量结果。

 （5）

式中：——传感器在第*i*个校准点正、反行程拟合输出值的平均值,mm；

7.2.2正碰假人胸部位移传感器校准方法

7.2.2.1外观及功能检查

检查被校准位移传感器，按被校准传感器说明要求进行电源和信号线连接，确定没有影响计量特性的因素后再进行校准。

7.2.2.2 系数

将被校传感器安装在校准装置上，取A′点作为校准起点，在传感器量程范围内，以5mm为步长，依次移动到校准终点A点（如图3所示）。按顺序分别记录长度标准器给

出的位移值*Li*和各校准点上的输出值*Yi*，对校准数据进行多项式拟合，得到三阶回归方程，见式（6）。

（6）

式中：*L* ——被校准位移传感器的拟合输出值，mm；

*Y* ——被校准位移传感器的输出值，V；

*A、B、C、M*——传感器的校准系数。

7.2.2.3 线性度

按拟合方程（6）求出传感器在第*i*个校准点的拟合输出值，由式（7）计算各校准点的偏差，取各点中绝对值最大的作为线性度测量结果。

 （7）

式中：——传感器在第*i*个校准点拟合输出值,mm；

——第*i*个校准点的标准值，mm；

——传感器量程，mm。

7.2.3 IR-TRACC传感器校准方法

7.2.3.1 外观及功能检查

按说明要求进行电源和信号线连接，确定没有影响计量特性的因素后再进行校准。

7.2.3.2 系数

将被校准IR-TRACC位移传感器安装在校准装置上，将移动端压缩到尽头，卡尺清零。

将传感器传感器移动端拉伸到A点，再压缩到B点，确认每个缸套圈都是向内的之后，卡尺清零，记录此时的输出电压值*Yi*；从B点开始以5mm为步长，步进式压缩，记录各校准点的输出电压值*Yiin*，记录前要确保缸套圈都是向内的，压缩到C 点后以同样步进的方式向外拉伸到B点，记录各校准点的输出电压值*Yiout*，记录前要确保缸套圈都是向外的。以正、反两个行程为一个测量循环，根据一个循环的测量结果，计算出灵敏度、线性化指数和截距得到拟合方程式(8):

 （8）

式中：*L*——被校准位移传感器的拟合输出值，mm；

*Y*——被校准位移传感器的输出值，V；

*e*——线性化指数；

*k*——传感器的校准系数，mm/V；

*L*0——拟合方程式的截距,mm。

7.2.3.3 IR-TRACC线位移基本误差

根据7.2.3.2得到的拟合方程式求出被校准传感器在第*i*个校准点正、反行程的拟合输出值*L*iin和*L*iout，按式（9）计算传感器在第*i*个校准点的最大偏差，取各点中绝对值最大的作为基本误差校准结果。

 （9）

式中：——传感器在第*i*个校准点的拟合输出值，正行程*j*为1，反行程*j*为2，mm；

*L*0*i*——第*i*个校准点标准值，mm；

*L*FS——传感器校准量程，mm。

7.2.3.4 IR-TRACC线位移线性度

计算被校准传感器在第*i*个校准点正、反行程的输出电压值*Y*iin和*Y*iout的平均值,根据7.2.3.2得到的拟合方程式，求出传感器在第*i*个校准点处的拟合输出值后，由式（10）计算各校准点的偏差，取各点中绝对值最大的作为线性度测量结果。

 （10）

式中：——传感器在第*i*个校准点的拟合输出值，mm；

7.2.3.5 IR-TRACC横向位移偏移量

传感器移动端保持在IR-TRACC传感器B点，用标准砝码在传感器缸套圈径向施加力，共4个不同方向（图3所示），记录相应的电压值，根据7.2.3.2得到的拟合方程式计算该电压对应的位移量*Li*，用公式(11)计算横向位移偏移量。

 (11)

式中：*Li*——在第*i*个施力点加力时，被校准传感器的拟合输出值，mm；

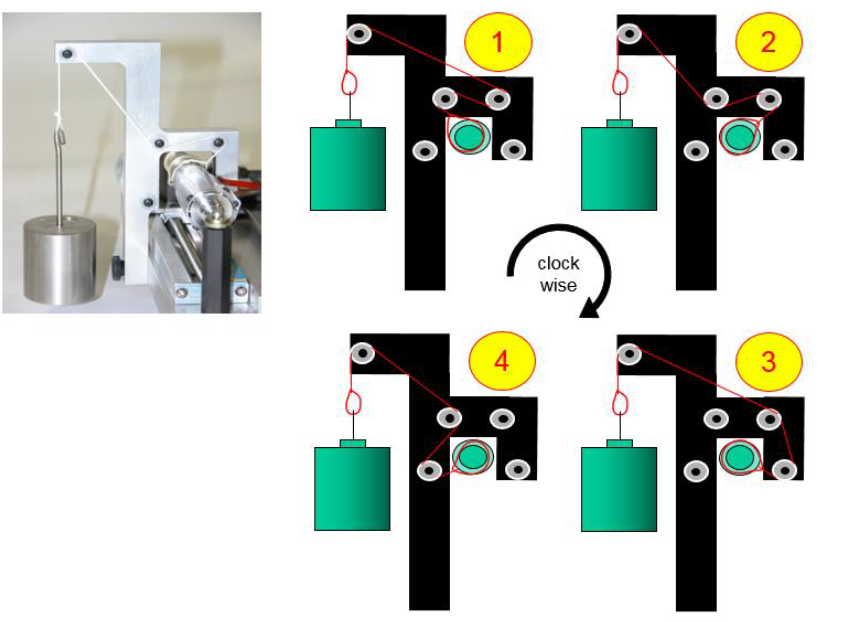


图3 横向位移偏移量校准4个方向示意图

7.2.4 旋转电位计校准方法

7.2.4.1 旋转电位计灵敏度

将被校准旋转电位计的转轴通过专用的连接轴固定在分度装置的回转轴上，并使转轴与分度装置的回转轴同轴，安装偏心不大于0.02mm，同时在传感器外壳上夹上固定夹具，使其不得与传感器转轴一起转动。传感器通电预热后，旋转分度装置找出传感器的基准电气零位。

以基准电气零位为校准起始点，分别沿顺时针和逆时针方向以15˚ 为步长，依次读取各校准点的输出电压值*Yi*和分度装置给出的角位移值*R*0*i*，采用最小二乘法计算拟合直线方程，见式（12），式中*k*即为角位移灵敏度。

 （12）

斜率*k*及截距*R*0的计算公式如下：

 （13）

 （14）

式中：*Yi*——被校准2D旋转电位计在第i个校准点输出量的输出值，V；

*R*0*i*——第i个校准点分度装置给出的标准角度值，˚。

*k* ——拟合直线的斜率,即电位计的线性回归灵敏度，˚/V；

*R*0——拟合直线的截距, ˚；

7.2.4.2 旋转电位计线性度

根据7.2.3.1得到的拟合方程式，求出传感器在第*i*个校准点处的拟合输出值*Ri*，由式（15）计算各校准点的偏差，取各点中绝对值最大的作为线性度测量结果。

 （15）

式中：*Ri* ——被校准旋转电位计在第*i*个校准点输出量的拟合输出值，˚;

*R*FS——被校旋转电位计的角度测量范围，˚。

7.2.5 2D IR-TRACC(或3D IR-TRACC)传感器组合误差校准

7.2.5.1 2D IR-TRACC(或3D IR-TRACC)传感器定标

将IR-TRACC传感器和旋转电位计安装在一起组成2D IR-TRACC(或3D IR-TRACC)传感器，安装在组合校准装置上,移动端固定在组合校准装置零点位置,根据7.2.2和7.2.3过程中得到的IR-TRACC传感器线位移校准灵敏度*k*、线性化指数*e*，及旋转电位计的灵敏度*k*，计算出IR-TRACC传感器适用于校准装置的截距*L*0以及旋转电位计适用于校准装置的截距*R*0。

7.2.5.2 特征点误差校准

将传感器移动端依次固定在组合校准装置其他特征点，利用7.2.5.1 得到的拟合方程计算各点的*L*值和*R*值，并与标准值比对。

8 校准结果的表述

经校准的位移传感器，出具校准证书或校准报告，报告内容详见附录B。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。

附 录 A

（资料性）

传感器基本误差测量结果的不确定度评定

A.1 测量方法

用本规范规定的测量方法如正文7.2.1.3所述。

A.2 数学模型

根据本规范的校准方法，传感器各校准点的基本误差计算见式（A.1）。

 （A.1）

式中：

——传感器在第i个校准点的拟合输出值，正行程j为1，反行程j为2，mm；

——第i个校准点的标准值，mm；

——传感器量程，mm。

因为各输入量彼此独立，依不确定度传播定律：

 （A.2）

由（A.1）式得方差：

（A.3）

式中： ─被校设备引入的不确定度分量；

─测量标准引入的不确定度分量。

灵敏系数：

（A.4）

（A.5）

根据（A.4），(A.5)式得标准不确定度：

 （A.6）

A.3 不确定度来源

1. 由测量重复性引入的测量不确定度，用A类评估；
2. 游标卡尺测量不准确引入的不确定度，由上级计量部门的校准证书中得到的，在B类评估中考虑；
3. 安装误差引入的不确定度，在B类评估中考虑；
4. 由数字万用表测量误差引入的不确定度，由上级计量部门的校准证书中得到的，在B类评估中考虑；

A.4 标准不确定度评定

A.4.1 A类不确定度评定

以型号为SA572-S69的胸部位移传感器为例，其量程为76mm，校准得到传感器的拟合方程为：

（A.7）

在位移量为70mm的校准点进行10次独立测量，并计算出相应的位移量，测量结果见表A.1。

表A.1重复性测量数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电压  (V) | 4.5429 | 4.5432 | 4.5428 | 4.5414 | 4.5418 | 4.5436 | 4.5428 | 4.5468 | 4.5452 | 4.5453 |
| 位移量(mm) | 69.94 | 69.95 | 69.94 | 69.92 | 69.93 | 69.95 | 69.94 | 70.00 | 69.98 | 69.98 |

得单次测量的实验标准差：

 （A.8）

实际校准中做一次，则A类标准不确定度：

mm （A.9）

A.4.2 游标卡尺引入的不确定度分量

由校准证书查得，游标卡尺的最大误差小于等于±0.02mm，服从均匀分布，其不确定度分量为：

（A.10）

A.4.3 安装误差引入的不确定度分量

传感器的安装误差主要是阿贝误差，实际校准时，用专用夹具安装游标卡尺和传感器，以便消除阿贝误差的影响，因此传感器的安装误差引入的不确定度分量可以忽略不计。

A.4.4 由数字万用表测量误差引入的不确定度分量

数字万用表读数时，分辨率为0.0001V，则分辨率引入的不确定度可以忽略不计。由数字万用表的校准证书查到，在选择量程内，相对误差为±0.01%，为均匀分布，则其相对标准不确定度分量：

（A.11）

因为和不相关，由测量标准引入的不确定度分量：

（A.12）

A.5 合成标准不确定度评定

根据式（A.6）,合成标准不确定度：

（A.13）

A.6 扩展不确定度：

取置信因子k=2,扩展不确定度为：

结论：上述分析及计算得到，传感器基本误差测量结果的扩展不确定度

。

附 录 B

（资料性）

校准证书或校准报告内容

校准证书或校准报告的内容要包括以下项目:

1. 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点（如不在实验室内进行校准）；
4. 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页的标识；
5. 送校单位的名称和地址；
6. 被校对象的描述和明确标识；
7. 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性的应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
8. 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对抽样程序进行说明；
9. 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
10. 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
11. 校准环境的描述；
12. 校准结果及测量不确定度的说明；
13. 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
14. 校准结果仅对被校对象有效的声明；
15. 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。