



天津市地方计量技术规范

JJF(津) ×××-××××

力变送器校准规范

Calibration Specification

for Load value Transmitter

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

力变送器校准规范

Calibration Specification for Load value Transmitter

JJF(津) xxx

—xxxx

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：中航长城计量测试（天津）有限公司

本规范委托中航长城计量测试（天津）有限公司负责解释

本规范主要起草人：

吕国义（中航长城计量测试（天津）有限公司）

冯志超（中航长城计量测试（天津）有限公司）

庞硕（中航长城计量测试（天津）有限公司）

参加起草人：

马健童（中航长城计量测试（天津）有限公司）

郭相亨（中航长城计量测试（天津）有限公司）

任红磊（中航长城计量测试（天津）有限公司）

目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
6 校准条件.....	2
6.1 环境条件.....	2
6.2 测量标准及配套设备.....	2
7 校准项目和校准方法.....	3
7.1 校准项目.....	3
7.2 校准方法.....	3
7.3 校准结果表达.....	5
8 复校时间间隔.....	6
附录 A 校准原始记录参考格式.....	7
附录 B 校准证书内页参考格式.....	8
附录 C 测量结果不确定度评定示例.....	9

引言

本规范以JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》为依据进行起草。

本规范为首次发布。

力变送器校准规范

1 范围

本规范适用于配传感器的力变送器、力值变送器、称重变送器等类型变送器新制造、使用中和维修后的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件

JJG 391-2009 力传感器检定规程

JJG 882-2019 压力变送器检定规程

JJF 1011-2006 力值与硬度计量术语及定义

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语

JJF 1011界定的及以下术语和定义适用于本规范

3.1 直线度

递增力值的校准曲线与工作直线的最大偏差。通常用额定输出的百分比表示。

3.2 滞后

指从零负荷开始，对力变送器施加递增符合至额定负荷，再从额定负荷递减至零负荷，由此得到相同负荷点输出值的差值的最大值，有时又称“进回程差”。

3.3 零点漂移

零点漂移是指测量仪器在力值为零时，输出信号随时间或环境条件变化而发生的非预期偏移。

4 计量特性

力变送器也称力值变送器、称重变送器，是一种将力传感器或者称重传感器感受的力值信号经过滤波、放大与调理后变成标准工业信号输出的仪器，通常输出信号类型是（4~20）mA、（0~10）V、（0~5）V 或者（1~5）V，和传感器组合在一起使用，具备零点调节和增益调节的功能。

5 计量特性

5.1 直线度

直线度误差不超过 $\pm 0.5\%FS$ 。

5.2 重复性

重复性不超过 $0.5\%FS$ 。

5.3 滞后

滞后不超过 $\pm 0.5\%FS$ 。

5.4 零点漂移

零点漂移不超过 $0.1\%FS$ 。

注：以上指标不用于合格性判定，仅供参考

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度： $(15\sim 25)^\circ C$ ，湿度： $\leq 80\%RH$ 。

6.1.2 环境条件还应满足所用标准器和其它配套设备正常使用的其它要求。

6.2 测量标准及配套设备

6.2.1 力标准机

选用电子式叠加力标准机、液压式叠加力标准机、杠杆式力标准机或者静重式力标准机，最大允许误差不大于被校力变送器直线度最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

6.2.2 直流电流表

测量范围： $(0\sim 25) mA$ ，最大允许误差 $\pm 0.05\%$ 。

6.2.3 直流电压表

测量范围： $(0\sim 50) V$ ，最大允许误差 $\pm 0.05\%$ 。

6.2.4 直流稳压电源

$(0\sim 30) V$ ，电压示值误差 $\pm 0.2\%$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

表 1 校准项目

序号	校准项目	对应计量特性条款号	对应校准方法条款号
1	直线度	5.1	7.2.3
2	重复性	5.2	7.2.3
3	滞后	5.3	7.2.3
4	零点漂移	5.4	7.2.2

7.2 校准方法

7.2.1 安装及预热

7.2.1.1 使用任何加载装置都必须保证传感器和加载装置之间接触面的质量。力传感器两端应配用具有合适结构和足够刚度的连接件，与加荷装置连接的部位应平滑，不得有锈蚀、擦伤及杂物。

7.2.1.2 力传感器的安装应保证力传感器的主轴线和加载轴线相重合，使倾斜负荷和偏心负荷的影响减到最小。

7.2.1.3 校准前必须按照正确的接线方法将力传感器与变送器仪表器相连，当使用外部激励电源时，应在带负载(即力传感器的输入端与激励电源连接)的状态下调节激励电源，将其输出电压调节到力传感器规定的激励电压，并通电预热。预热时间应符合说明书规定且不低于 1 小时。在各个部分稳定后，方可进行校准。

注：如力传感器和变送器一体化，可加入激励电源后直接进行通电预热。

7.2.2 零点漂移

观察并记录电流表或电压表测量的力变送器输出值在 30min 内变化，根据公式(1)计算力变送器的零点漂移 Z_d 。

$$Z_d = \frac{\theta_{0max} - \theta_{0min}}{\theta_f} \times 100\% \quad (1)$$

式中： Z_d ——零点漂移，%FS；

θ_{0max} ——零点输出最大值，V 或者 mA；

θ_{0min} ——零点输出最小值，V 或者 mA；

θ_f ——输出量程范围，V 或者 mA；

- 7.2.3.3 校准点一般不少于 6 个点, 推荐为测量范围上限的 10%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%。
- 7.2.3.4 逐级加载校准点, 直到测量范围上限, 在每一个校准点到达后, 保持 30s, 再用电流表或电压表读取输出值, 避免变送器的采集时间不足造成结果偏差。
- 7.2.3.5 到达上限后, 逐级递减, 在每一个校准点到达后, 保持一定时间, 再读取输出值, 避免变送器的采集时间不足造成结果偏差。
- 7.2.3.6 退回零点后, 保持 1min, 读取零点输出值。
- 7.2.3.7 连续进行 7.2.3.1~7.2.3.6 步骤 3 次。
- 7.2.3.8 根据上述校准结果, 按公式 (2)~公式 (5) 计算相应的技术指标 (参见图 1)

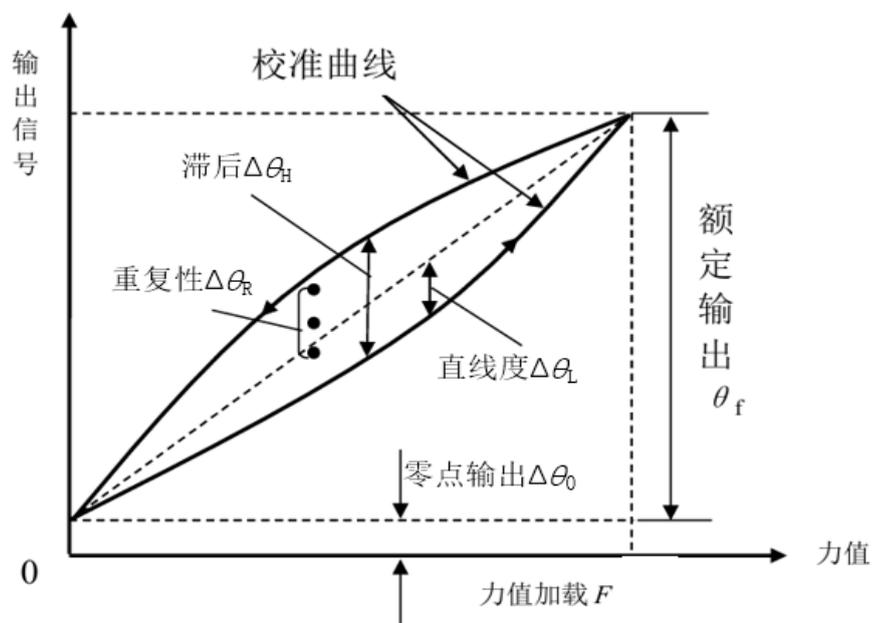


图 1 力变送器校准曲线图

校准点上下限确定的端点直线由下式 (2) 确定:

$$\theta_i = \frac{\theta_f - \theta_0}{F} \times F_i + \theta_0 \quad (2)$$

式中: θ_i ——第 i 点的计算理论值, V 或 mA;

θ_f ——额定输出平均值, V 或 mA;

θ_0 ——零点输出值, V 或 mA;

F ——测力范围上限, N;

F_i ——第 i 点的校准力值 N;

直线度指进程曲线与端点直线偏差的最大值, 由下式 (3) 计算:

$$L = \frac{\Delta\theta_L}{\theta_f} \times 100\% \quad (3)$$

式中： L ——直线度，%FS；

θ_f ——额定输出平均值，V 或 mA；

$\Delta\theta_L$ ——输出值与计算理论值的最大偏差，V 或 mA；

重复性指 3 次重复校准时各校准点数值的极差最大值，由下式（4）计算：

$$R = \frac{\Delta\theta_R}{\theta_f} \times 100\% \quad (4)$$

式中： R ——重复性，%FS；

θ_f ——额定输出平均值，V 或 mA；

$\Delta\theta_R$ ——重复校准时各校准点数值的极差最大值，V 或 mA；

滞后指回程校准曲线与进程校准曲线偏差的最大值，由下式（5）计算：

$$H = \frac{\Delta\theta_H}{\theta_f} \times 100\% \quad (5)$$

式中： H ——滞后，%FS；

θ_f ——额定输出平均值，V 或 mA；

$\Delta\theta_H$ ——回程输出值与进程输出值最大偏差，V 或 mA；

7.3 校准结果表达

经校准后的湿度发生器应出具校准证书，证书中至少应包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 校准地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的惟一性标识（如编号），页码及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识，如型号、生产厂家和序列号等信息；
- g) 校准日期，如与校准结果有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述，应包括环境温度、相对湿度等；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；

- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由变送器的使用情况、使用者、本身质量等诸多因素所决定的, 因此送校单位可根据实际使用情况决定其复校时间间隔, 建议一般不超过 12 个月。

附录 A

校准原始记录参考格式

第 页 共 页

委托单位:	校准证书编号:	
委托单位地址:	校准依据:	
仪器名称:	型号规格:	出厂编号:
制造单位:	仪器状况:	
校准地点	环境温度: ℃	相对湿度: %

校准用主要计量标准器具

名称	型号规格	不确定度/准确度等级/最大允许误差	出厂编号	证书编号	有效期

校准点 (N/kN)	输出值 (V/mA)							理论值 (V/mA)	直线度 L (%FS)	重复性 R (%FS)	滞后 H (%FS)	扩展不确定度 $U_{rel} (k=2)$
	进程 1	回程 1	进程 2	回程 2	进程 3	回程 3	进程均值					
零点漂移						θ_{0max} (V/mA)	θ_{0min} (V/mA)	零点漂移 Z_d (%FS)				

校准人: _____ 核验人: _____ 校准日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

附录 B

校准证书内页参考格式

校准结果

校准点 (N/kN)	输出值平均值 (V/mA)	直线度 L (%FS)	重复性 R (%FS)	滞后 H (%FS)	扩展不确定度 U_{rel} ($k=2$)

零点漂移 Z_0 (%FS) :

以下空白

附录 C

测量结果不确定度评定示例

1. 测量方法

选用测量范围为 100N~15kN 的 0.01 级静重式力标准机、34461 数字多用表 20mA 挡, 技术指标: $\pm (0.0016\% \times \text{示值} + 0.0002\% \times 20\text{mA})$, 校准测量范围为 1kN~10kN 的力变送器, 选取 10kN 校准点为示例, 进行力值测量结果不确定度评定。

2. 测量模型

根据直线度误差, 建立校准模型为:

$$L = \frac{\theta - \theta_i}{\theta_f} \times 100\% \quad (\text{C. 1})$$

式中: L — 直线度, %FS;

θ_f — 额定输出, mA;

θ — 第 i 点的实际输出值, mA;

θ_i — 第 i 点的计算理论值, mA;

其中:

$$\theta_i = \frac{\theta_f - \theta_0}{F} \times F_i + \theta_0 \quad (\text{C. 2})$$

式中: θ_i — 第 i 点的计算理论值, V 或 mA;

θ_f — 额定输出, V 或 mA;

θ_0 — 零点输出值, V 或 mA;

F — 输出范围上限, N;

F_i — 第 i 点的校准力值, N;

3. 不确定度来源

a) 力变送器重复性引入的不确定度 u_1

b) 数字多用表引入的不确定度 u_2

c) 静重式力标准机引入的不确定度 u_3

4. 不确定度分量评估

a) 力变送器重复性引入的不确定度 u_1

校准点为 10kN, 重复测量 10 次, 其值分别为 (mA): 20.001、20.003、20.001、20.001、20.002、20.002、20.003、20.001、20.002、20.004, 实验标准偏差为:

$$s(\theta_1) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\theta_i - \bar{\theta})^2} = 0.001\text{mA}$$

以三次测量的算术平均值作为测量结果, 则由测量重复性引入的不确定度为:

$$u_1 = \frac{s(\theta_1)}{\sqrt{3}} = 0.0006\text{mA}$$

电流 θ 对测量模型输出量的灵敏度系数 $c_1 = 1$

b) 数字多用表引入的不确定度 u_2

数字多用表 20mA 测量档的最大允许误差为 $\pm(0.0016\% \times \text{示值} + 0.0002\% \times 20\text{mA})$, 10kN 力变送器的输出电流为 20mA, 所以半宽度 $a = (0.0016\% \times 20 + 0.0002\% \times 20)$ mA=0.0004mA。在区间内可认为服从均匀分布, 取 $k = \sqrt{3}$, 故:

$$u_2 = \frac{a}{k} = 0.0002\text{mA}$$

电流 θ 对测量模型输出量的灵敏度系数 $c_2 = 1$

c) 静重式力标准机引入的不确定度 u_3

静重式力标准机准确度等级为 0.01 级, 在 10kN 校准点最大允许误差为 $\pm(0.01\% \times 10)$ kN, 所以半宽度 $a = (0.01\% \times 10)$ kN=0.001kN。在区间内可认为服从均匀分布, 取 $k = \sqrt{3}$, 故:

$$u_3 = \frac{a}{k} = 0.00057\text{kN}$$

力值 F 对测量模型输出量的灵敏度系数 $c_3 = -1.6\text{mA} \cdot \text{kN}^{-1}$

表 1 标准不确定度分量一览表

不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度	灵敏度系数 c_i	$c_i \times$ 标准不确定度
u_1	重复性	0.0006mA	1	0.0006mA
u_2	数字多用表	0.0002mA	1	0.0002mA
u_3	力标准机	0.00057kN	$-1.6\text{mA} \cdot \text{kN}^{-1}$	-0.0009mA

5. 合成不确定度

各输出量的标准不确定度近似不相关, 根据不确定度传播定律, 其合成标准不确定度为: u_c ,

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2} = 0.0011\text{mA}$$

6. 扩展不确定度

去包含因子 $k = 2$, 则其扩展不确定度为:

$$U = k \times u_c = 0.003\text{mA}$$

