



中华人民共和国工业和信息化部 兵工民品计量技术规范

JJF(兵工民品) XXXX—20XX

厚壁管材液压自紧机测试系统校准规范

Calibration Specification for Overpressure Measuring Hydraulic self tightening
machine for thick wall pipes

(报批稿)

202×—××—××发布

202×—××—××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

厚壁管材液压自紧机测试 系统校准规范

Calibration Specification for
overpressure Measuring Hydraulic self
tightening machine for thick wall pipes

JJF（兵工民品） XXXX—20XX

归口单位：中国兵器工业标准化研究所

主要起草单位：内蒙古北方重工业集团有限公司

参与起草单位：国防科技工业 1511 区域计量站

陕西创威科技有限公司

本规范技术条文委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

王卫东（内蒙古北方重工业集团有限公司）

王菊青（内蒙古北方重工业集团有限公司）

陈菁华（内蒙古北方重工业集团有限公司）

参加起草人：

刘绪开（内蒙古北方重工业集团有限公司）

张 宏（内蒙古北方重工业集团有限公司）

张 乐（国防科技工业 1511 区域计量站）

林一杉（国防科技工业 1511 区域计量站）

刘瑞云（国防科技工业 1511 区域计量站）

吴洪威（陕西创威科技有限公司）

目 录

引言..... (Ⅱ)

1 范围..... (1)

2 引用文件..... (1)

3 术语和计量单位..... (1)

4 概述..... (1)

5 计量特性..... (2)

5.1 外观和正常性..... (2)

5.2 技术要求..... (3)

6 校准条件..... (3)

6.1 环境条件..... (3)

6.2 校准用设备..... (3)

7 校准项目和校准方法..... (3)

7.1 校准项目..... (3)

7.2 校准方法..... (4)

8 校准结果表达..... (5)

9 复校时间间隔..... (6)

附录 A 厚壁管材液压自紧机测试系统压力示值误差的测量不确定度评定示例..... (7)

附录 B 厚壁管材液压自紧机测试系统位移示值误差的测量不确定度评定示例..... (10)

附录 C 厚壁管材液压自紧机测试系统校准记录格式..... (12)

附录 D 校准证书内页格式..... (13)

引 言

本规范依据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编写。

本规范为首次发布。

厚壁管材液压自紧机测试系统校准规范

1 范围

本规范适用于压力测量范围为（150～1000）MPa 的厚壁管材液压自紧机测试系统的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1008 压力计量名词术语及定义

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 术语和计量单位

3.1 术语

JJF 1008 界定的及下列术语和定义适用于本规范。

3.1.1

零点漂移 zero drift

在正常工作条件下和规定的时间间隔内，压力和位移零点示值的漂移量。

3.1.2

位移示值误差 indication error of displacement

被校测试系统的位移传感器示值与标准位移传感器位移示值之差，为位移示值误差。

3.2 计量单位

厚壁管材液压自紧机测试系统使用的法定计量单位为 Pa(帕斯卡)，或是它的十进倍数单位：kPa、MPa 等计量单位。

4 概述

厚壁管材液压自紧机测试系统是由超高压压力传感器、位移传感器、信号放大及处理系统、电气控制系统、XY 记录仪、压力显示器等组成（见图 1 所示）。

工作原理是由超高压压力传感器来感受厚壁管材的压力值，位移传感器来感受管材的变形量，传感器输出的信号传输至信号放大处理及采集系统，由信号补偿系统进行补偿，

最终结果由显示仪表来显示，压力显示器显示压力值，XY 记录仪来显示位移值。

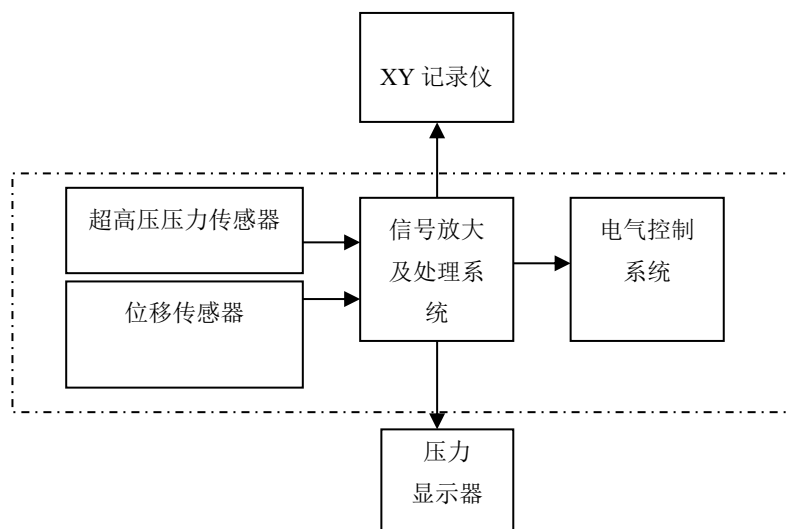
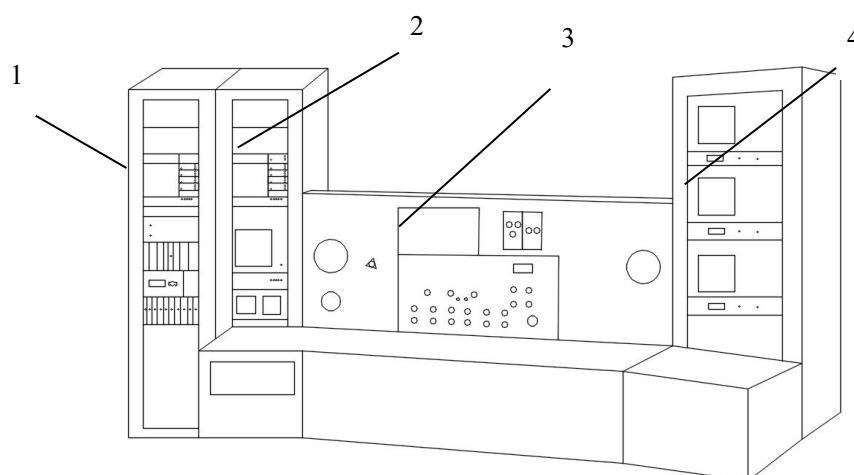


图1 厚壁管材液压自紧机测试系统组成图



1-电气控制系统；2-信号放大及处理系统；3-显示器；4- XY 记录仪

图2 厚壁管材液压自紧机测试系统结构示意图

5 计量特性

5.1 外观和正常性

5.1.1 厚壁管材液压自紧机测试系统的结构应坚固，外露件的镀层、涂层应光洁，不应有剥脱、划痕。开关、旋（按）扭等功能键及接（插）件应完好牢固，不应有影响其计量性能的缺损。

5.1.2 厚壁管材液压自紧机测试系统各部件电路连接牢固，不能有明显松动或者线路损坏。

5.1.3 配套电源连接状态、测试仪器的读数显示装置和仪器仪表显示正常工作状态，

有数字显示表的，数字显示应笔画齐全，不应出现缺笔画的现象。

5.1.4 配套的记录仪应能够正常工作。

5.1.5 压力源短期稳定性好，压力源须能够稳定至少 30s。

5.2 技术要求

5.2.1 零点漂移：厚壁管材液压自紧机测试系统的零点漂移在 1h 内，压力示值应不大于示值相对误差绝对值的 1/2，位移示值应不大于位移示值误差绝对值的 1/2。

5.2.2 压力示值相对误差：厚壁管材液压自紧机测试系统的示值相对误差不超过 $\pm 2.5\%FS$ 。

5.2.3 位移示值误差：厚壁管材液压自紧机测试系统的位移示值误差不超过 $\pm 0.1mm$ 。

注：以上所有计量特性指标不用于合格性判定，仅提供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度为 $(20 \pm 5)^\circ C$ ，环境温度每小时变化量小于 $2^\circ C$ ，相对湿度不高于 80%，室内无影响测量的灰尘、振动、噪音、气流、腐蚀性气体等。

6.2 校准用设备

6.2.1 标准超高压压力传感器

选用的标准超高压压力传感器要求：测量范围包含： $(150 \sim 1000) MPa$ ，准确度等级为 0.5 级及以上。

6.2.2 标准位移传感器

选用的标准位移传感器要求：测量范围包含 $(0 \sim 10) mm$ ，位移示值误差不超过 $\pm 0.01mm$ 的标准位移传感器。

6.2.3 其他辅助仪器

固定位移传感器的专用夹具。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

厚壁管材液压自紧机测试系统的校准项目见表3。

表 3 厚壁管材液压自紧机测试系统校准项目一览表

序号	校准项目
1	零点漂移
2	压力示值相对误差
3	位移示值误差

7.2 校准方法

7.2.1 校准前的准备工作及要求

将厚壁管材液压自紧机测试系统在校准环境条件下放置 2h 后方可进行校准；将厚壁管材液压自紧机测试系统的压力传感器按照要求的方式进行连接，并通电预热，对校准装置的内部进行排气，使整个校准装置和被校测试系统内部尽量充满传压介质；采用固定位移传感器的专用夹具将标准位移传感器固定好，并通电预热。

7.2.2 外观和工作正常性

检查传感器外观，采用目力观测的方法，满足 5.1 的要求，对 5.1.3 条的要求用通电的方法检查。

7.2.3 零点漂移

通电预热后，在大气压力下，测试系统有调零装置，可将初始值调到零，每隔 15min 记录一次显示值直到 1h。压力和位移各显示值与初始显示值的差值中，绝对值最大的数值为零点漂移。

7.2.4 压力示值相对误差

7.2.4.1 压力校准点的选取

校准前针对厚壁管材液压自紧机测试系统的测量范围进行分析，应在测量范围内至少均匀或合理的选取 4 个校准点。

7.2.4.2 位移校准点的选取

在厚壁管材液压自紧机测试系统的位移测量范围内至少或合理的选取 4 个校准点。

7.2.4.3 校准方法

校准方法如下：

a) 首先将厚壁管材液压自紧机测试系统按照操作说明将设备调整至正常工作状态，并将标准超高压传感器和连接至测试系统的预留接口处，并选取校准点；

b) 按照要求至少 4 个测量点进行校准，如：240MPa、480MPa、720MPa、960MPa，可根据实际的情况自行调整校准点；

c) 按规定选取的校准点，平稳的升高压力至校准点，待压力稳定后依次记录各点的正行程输出值，然后将压力卸载，完成测试系统的校准；

d) 校准过程中应保持压力平稳上升或下降，避免出现压力陡增及骤降的现象。

e) 在校准压力示值相对误差的同时开展位移示值误差的校准，采用比较测量法，用

标准位移传感器作为标准器,将被校厚壁管材液压自紧机测试系统的位移传感器与标准位移传感器均固定在专用夹具上,将两个位移传感器的示值清零,当加到某一个压力值时便开始有位移输出,分别在两个位移传感器显示器上进行读数。

7.2.4 厚壁管材液压自紧机测试系统的各项误差的计算

7.2.4.1 压力示值相对误差的计算

7.2.4.1.1 示值误差的计算按公式(1)计算。

$$\Delta P = P_i - P_s \quad (1)$$

式中:

ΔP ——厚壁管材液压自紧机测试系统各校准点的示值误差, MPa;

P_i ——厚壁管材液压自紧机测试系统各校准点的正行程示值, MPa;

P_s ——标准器各校准点的标准示值, MPa。

7.2.4.1.2 示值相对误差的计算按公式(2)计算。

$$\Delta Y = \Delta P / P_{FS} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

ΔY ——厚壁管材液压自紧机测试系统各校准点的压力示值相对误差, %FS;

ΔP ——厚壁管材液压自紧机测试系统各校准点的示值误差, MPa;

P_{FS} ——超高压传感器的量程值, MPa。

7.2.5 位移示值误差

厚壁管材液压自紧机测试系统的位移传感器的示值减去标准位移传感器的示值,按照公式(3)计算。

$$\delta = (y_i - y_s) \quad (3)$$

式中:

δ ——厚壁管材液压自紧机测试系统各校准点的位移示值误差, mm;

y_i ——厚壁管材液压自紧机测试系统各校准点的正行程位移示值, mm;

y_s ——标准器各校准点的标准位移示值, mm。

8 校准结果表达

经校准的厚壁管材液压自紧机测试系统出具校准证书。推荐校准证书内页格式见附录 D。校准证书应准确、客观的报告校准结果。校准结果用校准数据的形式给出,并给出测量不确定度,不确定度评定示例见附录 A 和附录 B。校准证书至少应包含以下信息:

- a) 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对抽样程序进行说明；
- i) 对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；
- 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) 校准证书或校准报告签发人的签名，以及签发日期；
- 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，不得部分复制证书或报告的声明。

9 复校时间间隔

复校时间间隔一般不超过 12 个月，用户可根据实际使用情况进行调整复校时间间隔。

附录 A

厚壁管材液压自紧机测试系统压力示值误差的测量不确定度评定示例

A.1 概述

采用超高压力传感器对厚壁管材液压自紧机测试系统的压力进行校准，校准结果测量不确定度进行评定。

A.2 测量模型

$$\Delta p = P_i - P_s \quad (\text{A.1})$$

式中：

ΔP ——厚壁管材液压自紧机测试系统各校准点的示值误差，MPa；

P_i ——厚壁管材液压自紧机测试系统各校准点的正行程示值，MPa；

P_s ——标准器各校准点的标准示值，MPa。

A.3 测量不确定度的分析与评定

A.3.1 测量结果不确定来源分析

由于本厚壁管材液压自紧机测试系统采用超高压力传感器进行压力的测量，采用被校对象的压力与标准传感器比对的方式，测量结果不确定来源分析如下：

- a) 超高压力传感器引入的不确定度分量 u_1 ；
- b) 由测量重复性引入的不确定度分量 u_2 ；
- c) 由分辨力引入的不确定度分量 u_3 ；
- d) 由标准器与被测仪表参考平面高度差修正不完善引入的不确定度分量 u_4 ；
- e) 由压力系统温度变化引入的测量不确定度分量 u_5

A.3.2 测量不确定度的评定

A.3.2.1 超高压力传感器引入的不确定度分量 u_1

所选用的超高压力传感器的准确度等级为 0.5 级，示值误差应不大于 $\pm 0.5\%$ ，估计服从均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则引入的不确定度分量 u_1 。

$$u_1 = 0.5\% / \sqrt{3} = 2.9 \times 10^{-3}$$

A.3.2.2 由测量重复性引入的不确定度分量 u_2

用超高压力传感器校准厚壁管材液压自紧机测试系统在常用点 960 MPa(0.96kbar) 进行重复性测试，得表 A.2 数据。

表 A.2 被校压力值

单位: kbar

测量次数	1	2	3	4	5
测得压力值	0.96	0.95	0.96	0.95	0.96

利用极差法，测量 5 次数据，故极差系数为 2.33，则

$$u_2 = (0.96 - 0.95) \div 2.33 \div 1 \text{ kbar} = 4.3 \times 10^{-3}$$

A. 3. 2. 3 由被测仪表的分辨力引入的不确定度分量 u_3

被测仪表的分辨力引入的不确定度为 0.29 δ ，服从均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，其中 $\delta=0.01$ kbar，因此

$$u_3 = 0.29 \times 0.01 \text{ kbar} \div 1 \text{ kbar} = 2.9 \times 10^{-2}$$

A. 3. 2. 4 由标准器与被测仪表参考平面高度差修正不完善引入的不确定度分量 u_4

测量当中，标准器与被测仪表的取压口不在同一水平面，形成的标准与被测参考平面高度差将在工作过程中加以修正，但由于被测仪表的感压部件的位置无法准确的确定，因此不能完全得到消除和修正，而该被测仪表感压部件与接口位置约为 6 cm，认为服从均匀分布，故

$$\Delta p = \rho g h = 910 \times 9.7986 \times 0.06 = 535 \text{ Pa} = 0.0005 \text{ MPa}$$

$$u_4 = 0.0005 \text{ MPa} \div 1000 \text{ MPa} \div \sqrt{3} = 2.9 \times 10^{-5}$$

A. 3. 2. 5 由压力系统温度变化引入的测量不确定度 u_5

根据实际情况，温度变化系数为 0.0004，由于被测仪表的现场也位于室内，并有调温装置，温度波动不大于 2 °C，服从均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，因此由温度变化引入的测量不确定度 u_5 。

$$u_5 = 0.0004 \times 2 \div \sqrt{3} = 4.6 \times 10^{-4}$$

A. 3. 3 合成标准不确定度 u_c

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2}$$

分辨力与测量重复性两者取大者进行合成，分辨力可以舍去，则：

$$\begin{aligned} u_c &= \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_4^2 + u_5^2} \\ &= \sqrt{(4.3 \times 10^{-3})^2 + (2.9 \times 10^{-2})^2 + (2.9 \times 10^{-5})^2 + (4.6 \times 10^{-4})^2} = 5.2 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

A. 3. 4 扩展不确定度 U

取 $k=2$ ，则， $U_{\text{rel}}=2 u_c=2\times 5.2\times 10^{-3}=10.4\times 10^{-3}=1.1\%$

因此，该系统压力示值误差的测量不确定度为 $U_{\text{rel}}=1.1\%$ （ $k=2$ ）。

附录 B

厚壁管材液压自紧机测试系统位移示值误差的测量不确定度评定示例

B.1 概述

采用标准位移传感器对厚壁管材液压自紧机测试系统的位移进行校准，校准结果测量不确定度进行评定。

B.2 测量模型

$$\delta = (y_i - y_s) \quad (\text{B.1})$$

式中：

δ ——厚壁管材液压自紧机测试系统各校准点的位移示值误差，mm；

y_i ——厚壁管材液压自紧机测试系统各校准点的各校准点的正行程位移示值，mm；

y_s ——标准器各校准点的标准位移示值，mm。

B.3 测量不确定度的分析与评定

B.3.1 测量结果不确定来源分析

由于本厚壁管材液压自紧机测试系统采用标准位移传感器进行位移的校准，采用被校对象的位移传感器与标准位移传感器相比较的方法，测量结果不确定来源分析如下：

- a) 由标准位移传感器示值误差引入的不确定度分量 u_1 ；
- b) 由分辨力引入的不确定度分量 u_2 ；
- c) 由传感器安装误差引入的不确定度分量 u_3 ；
- d) 由环境条件的影响引入的测量不确定度分量 u_4 ；

B.3.2 测量不确定度的评定

B.3.2.1 由标准位移传感器的示值误差引入的不确定度分量 u_1

所选用的标准位移传感器示值误差不超过 $\pm 0.01\text{mm}$ ，估计服从均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则引入的不确定度分量 u_1 。

$$u_1 = 0.01\text{mm} \div \sqrt{3} = 0.0058\text{mm}$$

B.3.2.2 由分辨力引入的不确定度分量 u_2

被测仪表的分辨力引入的不确定度服从均匀分布，分辨力为 0.01mm ， $k=\sqrt{3}$ ，因此，

$$u_2 = 0.01\text{mm} \div 2\sqrt{3} = 0.0029\text{mm}$$

B. 3. 2. 3 由传感器安装误差引入的不确定度分量 u_3

安装误差不能完全得到消除和修正，一般由经验估计为 0.005 mm，认为服从均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，故

$$u_3=0.005\text{ mm}\div\sqrt{3}=0.0029\text{ mm}$$

B. 3. 2. 4 由环境条件的影响引入的测量不确定度分量 u_4

环境条件的影响主要表现为室温的变化，即被测传感器与标准传感器的温度差异等方面，经实验，只要在校准规范规定的条件下进行校准，以上的因素可以忽略不计。

$$u_4=0$$

B. 3. 3 合成标准不确定度 u_c

$$\begin{aligned}u_c &= \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} \\ &= \sqrt{0.0058^2 + 0.0029^2 + 0.0029^2 + 0^2} = 0.0071\text{mm}\end{aligned}$$

B. 3. 4 扩展不确定度 U

取 $k=2$ ，则， $U=2\ u_c=2\times 0.0071\text{mm}=0.015\text{ mm}$

因此，该系统位移示值误差的测量不确定度为 $U=0.02\text{ mm}$ （ $k=2$ ）。

附录 C

厚壁管材液压自紧机测试系统校准记录格式

送校单位				温 度			相对湿度	
依据文件								
参 数	被校准仪器				标 准 器			
仪 器 名 称								
型 号 规 格								
制 造 厂								
编 号								
测 量 范 围								
准 确 度 等 级								
允 许 误 差								
证 书 号								
外观及工作正常性检查								
压力量程值					位移量程值			
零 位 漂 移	min	0	15	30	45	60		
	压力示值 ()							
	位移示值 ()							
示值误差校准								
序 号	标准压力值 ()	被校压力 示值 ()	压力示 值误差 ()	压力示值 相对误差 ()	标准 位移值 ()	被校位移示 值 ()	位移示值误差 ()	
1								
2								
3								
4								
5								
压力示值相对误差允许值				压力示值相对误差				
零点漂移允许值				零点漂移误差:				
位移示值误差允许值				位移示值误差:				
压力示值误差的测量不确定度		$U_{rel} =$		(k=2)		位移示值误差的测量不确定度		$U =$ (k=2)

校准人:

审核人:

校准日期:

年

月

日

附录 D

校准证书内页格式

D.1 外观及工作正常性

表 D.1 外观及工作正常性检查

项目	检查结果
外观及工作正常性	

D.2 压力示值相对误差

表 D.2 压力示值相对误差

序号	标准压力值示值 ()	被测压力值 ()	压力示值误差 ()	压力示值相对误差 ()
1				
2				
3				
4				

D.3 位移示值误差

表 D.3 位移示值误差

序号	标准位移传感器 示值 mm	被校测试系统 位移示值 mm	位移示值误差 mm
1			
2			
3			

中华人民共和国工业和信息化部

兵工民品计量技术规范

厚壁管材液压自紧机测试系统校准规范

JJF（兵工民品）XXXX—20XX

版权所有 不得翻印