

河北省地方计量校准规范

JJF(冀) XXXX—XXXX

液压扭矩扳子校准规范

Calibration Specification of Viewing
Hydraulic Torque wrench

(报批稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

河北省市场监督管理局 发布

液压扭矩扳子校准规范

Calibration Specification of Viewing

Hydraulic Torque wrench

JJF(冀) xxxx—xxxx

归口单位：河北省市场监督管理局

主要起草单位：国能联合动力技术(保定)有限公司

保定市计量测试所

参加起草单位：保定市市场监督管理局

本规范主要起草人：

王晓丹 （国能联合动力技术(保定)有限公司)

张世涛 （保定市计量测试所)

宁慧森 （国能联合动力技术(保定)有限公司)

参加起草人：

姜德旭 （国能联合动力技术(保定)有限公司)

袁 力 （国能联合动力技术(保定)有限公司)

张 君 （保定市计量测试所)

王 健 （保定市市场监督管理局)

刘永峰 （国能联合动力技术(保定)有限公司)

何占启 （国能联合动力技术(保定)有限公司)

刘敬波 （国电联合动力技术有限公司)

朱保伟 （国能联合动力技术(保定)有限公司)

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和定义	(1)
3.1 内泄漏	(1)
3.2 校准方程	(1)
3.3 额定压力	(1)
3.4 非扭矩量值显示的扭矩扳子	(1)
3.5 拟合曲线	(1)
3.6 内插误差	(1)
3.7 线性误差	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 外观及性能	(2)
5.2 准确度级别及技术指标	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 测量标准及其他设备	(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)
8 校准结果的表达	(5)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 液压扭矩扳子校准记录格式	(7)
附录 B 校准证书内页格式	(8)
附录 C 带泵液压扳子的校准	(9)
附录 D 液压扭矩扳子扭矩示值测量结果不确定度评定示例	(10)

引 言

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》共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列文件。

本规范按JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》编写。

本规范主要参考JJF 1001—2011《通用计量术语及定义技术》、JJG 52—2013《弹性元件式一般压力表、压力真空表和真空表》、JJG 621—2012《液压千斤顶》、JJF 1610—2017《电动、气动扭矩扳子校准规范》、JB/T 5557—2007《液压转矩扳手》等编制而成

本规范为首次发布。

液压扭矩扳子校准规范

1 范围

本规范适用于液压动力式扭矩扳子（以下简称液压扳子）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 52—2013 弹性元件式一般压力表、压力真空表和真空表检定规程

JJG 621—2012 液压千斤顶检定规程

JJF 1610—2017 电动、气动扭矩扳子校准规范

JB/T 5557—2007 液压转矩扳手行业标准

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

下列术语适用于本文件。

3.1 内泄漏 internal leakage

液压扳子在压力保持时，由于内部密封不良而产生的压力失稳现象。

3.2 校准方程 calibration equation

根据有限次数的校准数据建立的液压扳子扭矩输出值与施加的压力值之间的关系式，以压力值为自变量，以液压扳手扭矩输出值为函数的拟合方程。

3.3 额定压力 rated pressure

满足液压扳子正常工作需求的最大压力。

3.4 非扭矩量值显示的扭矩扳子 torque wrench with non-torque value display

不以扭矩量值显示输出量的扳子。

3.5 拟合曲线 fitted curve

由给定的离散数据点，建立数据关系（数学模型），对离散点进行插值、逼近绘制成的曲线。

3.6 内插误差 interpolation error

用校准方程计算得到各校准点的测量平均值的与拟合值相对偏差。

3.7 线性误差 linearity error

各校准点的残差（即扭矩测量值的算术平均值与对应的拟合值的差值）中的最大值与额定压力下的拟合值的比值。

4 概述

液压扳子是一种以液压驱动方式输出设定扭矩的动力式工具。

液压扳子主要由油缸、活塞、旋转轴/棘轮、接油口、反作用臂（一体/分体）或联接件（无反作用臂）等部件组成，配套液压源使用。其工作原理为：通过液压源提供驱动力，液压扳子内各部件协同工作，对被施力体施加扭矩，由指示系统间接或直接指示所施加的扭矩量值。

5 计量特性

5.1 外观及性能

液压扳子应无明显破损、变形，部件齐全、转动灵活，无卡滞、漏油等异常现象。

5.2 准确度级别及技术指标

准确度级别及技术指标见表1。

表 1 液压扳子准确度级别及技术指标

级别	线性误差 ξ (%)	示值重复性 R (%)	内插误差 I (%)	内泄漏 L_k (%FS)
3	± 2.0	3.0	± 3.0	2.0
4	± 3.0	4.0	± 4.0	2.0
5	± 4.0	5.0	± 5.0	2.0

注：以上所有指标不作合格性判定，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度： (20 ± 10) °C；

相对湿度： $\leq 80\%$ ；

环境：校准现场周围无腐蚀性介质、较强电磁场、强风、强光干扰，避免露天校准；

电源： (220 ± 22) V。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 标准扭矩仪或扭矩扳子校准仪（以下简称校准仪）。

6.2.1.1 校准仪的示值显示应清晰、稳定、完整，应能即时显示所施加的扭矩值。

6.2.1.2 校准仪示值的最大允许误差不大于被校准液压扳子最大允许误差的 1/5。

6.2.1.3 校准仪测量上限的 10%应小于液压扳子额定值的 20%，校准仪的测量上限应不低于液压扳子额定值的 130%。

6.2.2 液压源

6.2.2.1 校准使用的液压源应工作稳定，压力指示清晰，满足被校准液压扳子使用要求。

6.2.2.2 液压源压力显示仪表的最大允许误差绝对值，应优于使用中液压扳子配套液压源显示仪表最大允许误差绝对值的 1/4。

6.2.2.3 校准过程中，调压至预设压力点时，液压源压力显示仪表读数波动幅度不得大于预设压力值的 0.5%，且至少连续保持 3 s，方可取值。

6.2.3 秒表：分度值优于 0.1 s。

6.2.4 防护设施：校准过程中应有必要的防护设施，避免意外引起的伤害。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表2。

表 2 校准项目一览表

校准项目	首次校准	后续校准	使用中检查
外观及性能	+	+	+
线性误差	+	+	+
示值重复性	+	+	+
内插误差	+	+	-
内泄漏	+	+	-

注：表中“+”为必校项目。“-”为非必校项目。

7.2 校准方法

加压过程中，扳子的反力臂工作面与校准仪的挡块接触面积应不小于反力臂工作面的 2/3。如为联接件固定型号的扳子，则液压扳子应与校准工装联接紧实，且加压过程贴合/连接应紧密，不可空转。

7.2.1 外观与功能性检查

按5.1的要求检查扭矩扳子的外观与功能，符合要求后继续进行校准。

7.2.2 内泄漏的检查

液压扳子安装于校准仪上，在额定压力下保持压力30 s。内泄漏按公式（1）计算：

$$L_k = \frac{\Delta p}{p_{\max}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

L_k —— 内泄漏，%；

p_{\max} —— 额定压力值，MPa、kPa等；

Δp —— 内泄漏油压变化的最大值的绝对值，MPa、kPa等。

7.2.3 扭矩示值的校准

7.2.3.1 校准前空载时启动液压源，驱动液压扳子预加载到额定压力，重复三次，确认系统运转正常。

7.2.3.2 校准点一般在液压扳子额定压力的 20% ~ 80%范围内选取（或该范围内客户指定的校准范围），以整数点为宜。校准点不得少于五点，包括校准范围的上下限，应均匀分布，逐点校准。

- 7.2.3.3 调整校准仪零点，启动液压源，液压源加载至预置校准点，保持稳定。
- 7.2.3.4 满足 6.2.2.3 的要求后记录液压源压力示值和校准仪示值，然后卸除载荷。
- 7.2.3.5 自步骤 7.2.3.3 至 7.2.3.4 的过程重复 3 次。
- 7.2.3.6 依次对其它校准点按步骤 7.2.3.3 至 7.2.3.5 进行校准。
- 7.2.4 示值重复性

示值重复性按公式 (2) 计算：

$$R_i = \frac{T_{i\max} - T_{i\min}}{\bar{T}_i} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

R_i —— 第 i 个校准点对应的液压扳子的示值重复性，%；

$T_{i\max}$ —— 第 i 个校准点对应的校准仪示值的最大值，Nm；

$T_{i\min}$ —— 第 i 个校准点对应的校准仪示值的最小值，Nm；

\bar{T}_i —— 第 i 个校准点对应的校准仪示值的算术平均值，Nm。

7.2.5 校准方程

校准方程按公式 (3) 计算， a 按公式 (4) 计算， b 按公式 (5) 计算：

$$y = ax + b \quad (3)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x} \quad (5)$$

式中：

y —— 拟合值；

a —— 拟合曲线的斜率；

x —— 压力值；

b —— 拟合曲线的截距；

x_i —— 第 i 个校准点的压力值；

\bar{x} —— 全部校准点的压力值的算术平均值；

y_i —— 第 i 个校准点的扭矩测量值；

\bar{y} —— 全部校准点的扭矩测量值的算术平均值。

7.2.6 线性误差

线性误差按公式 (6) 和公式 (7) 计算：

$$\Delta \xi_j = T_j - T_{ej} \quad (6)$$

$$\zeta = \frac{\Delta\zeta_{\max}}{T_{eF.S}} \times 100\% \quad (7)$$

式中:

$\Delta\zeta_j$ —— 第 j 个校准点的残差, 即该校准点测量值与拟合值的差值, Nm;

T_j —— 第 j 个校准点的测量值的算术平均值, Nm;

T_{ej} —— 第 j 个校准点的拟合值, Nm;

ζ —— 液压扳子的线性误差, %;

$T_{eF.S}$ —— 与额定压力对应的拟合值, Nm;

$\Delta\zeta_{\max}$ —— 各校准点的残差中的最大值, Nm。

7.2.7 内插误差

内插误差按公式 (8) 计算:

$$I_j = \frac{T_j - T_{ej}}{T_{ej}} \times 100\% \quad (8)$$

式中:

I_j —— 第 j 个校准点的内插误差, %;

T_j —— 第 j 个校准点的测量值的算术平均值, Nm;

T_{ej} —— 第 j 个校准点的拟合值, Nm。

8 校准结果的表达

校准结果应在校准证书上反映, 校准证书至少包含以下信息:

- a) 标题, “校准证书”;
- b) 校准单位的名称和地址;
- c) 进行校准的地点 (如果与校准实验室的地址不同) ;
- d) 证书的唯一性标识 (如编号) , 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校准对象的信息和明确标识;
- g) 校准的日期, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应注明被校准对象的接收时间;
- h) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效说明;
- j) 校准环境的描述;
- k) 校准结果及测量不确定度的说明;
- l) 校准规范相关参数技术要求的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书或校准报告, 校准人、核验人、批准人签字;
- o) 校准结果仅对被校准对象有效的说明;

p) 未经实验室批准，证书不得部分复印的说明。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素决定的，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，建议液压扳子的校准时间间隔一般不超过6个月。扭矩扳子的主要部件，维修或更换后可能影响第5条所述技术指标的，应重新校准。

附录 A

液压扭矩扳子校准记录格式

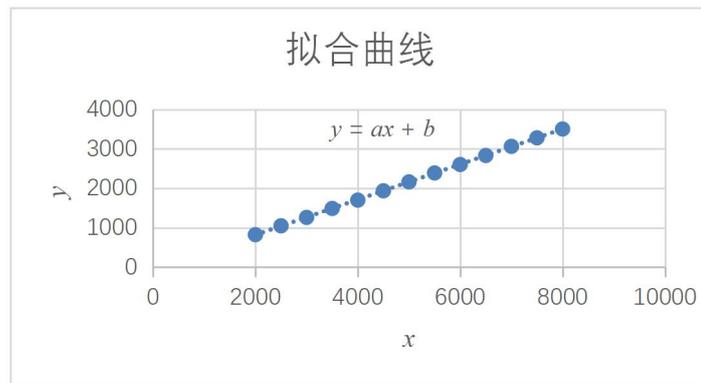
送校单位		型号规格		出厂编号		量程				
校准地点		准确度等级		制造厂		内泄漏				
温度		相对湿度		校准依据的方法		外观检查				
	名称	准确度等级	型号规格	溯源证书号	溯源有效期至	编号	备注			
测量标准										
液压源							(注明不带泵/带泵校准)			
扭矩示值校准										
液压示值	理论值	实测值				内插误差		示值重复性		备注
		1	2	3	平均值	差值	%	差值	%	
校准方程						线性误差	%			

校准员_____ 核验员_____ 校准日期_____

附录 B

校准证书内页格式

1. 外观:
2. 内泄漏:
3. 线性误差: %
4. 示值重复性: %
5. 内插误差: %
6. 校准方程:
7. 拟合曲线与校准方程:



x : 压力, MPa; y : 扭矩, Nm

8. 液压扳手压力与扭矩对照表:

压力 (MPa)	扭矩 (Nm)	压力 (MPa)	扭矩 (Nm)

附录 C

带泵液压扳子的校准

C.1 范围

本附录适用于带泵送校的液压动力式扭矩扳子（以下简称液压扳子）的校准。

带泵液压扳子校准是指使用客户自带的液压源与送校液压扳子配套进行校准。

C.2 计量特性

除满足第五章的要求外，配套泵要符合液压扳子说明书的使用要求，液压泵压力指示仪表按相应的技术规范要求进行溯源并检定合格，并在原始记录中注明相关溯源信息。

C.3 校准条件

C.3.1 环境要求：

满足规范正文 6.1 的要求。

C.3.2 校准用计量器具与辅助设备

C.3.2.1 标准扭矩仪或扭矩扳子校准仪要满足规范正文 6.2.1 的要求。

C.3.2.2 秒表：分度值优于 0.1 s。

C.3.2.3 液压源

C.3.2.3.1 驱动液压扳子的液压源在加、卸载荷过程中应平稳，无影响读数的压力波动、冲击和颤动。

C.3.2.3.2 液压源应工作正常，油路无渗漏现象，所有器件无变形，液压油应尽可能清洁。

C.4 校准项目和校准方法

C.4.1 校准项目：按规范正文表 2 的要求。

C.4.2 校准方法：按 7.2 的规定校准。

附录 D

液压扭矩扳子扭矩示值测量结果不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 校准依据

《液压扭矩扳子校准规范》

D.1.2 环境条件

D.1.2.1 室温：(25±5)℃；

D.1.2.2 相对湿度：≤80%。

D.1.3 测量标准

标准扭矩仪 U_b ($k=2$)。

D.1.4 被测对象

液压扭矩扳子。

D.1.5 测量过程

D.1.5.1 在规定环境条件下，使用相对误差为 δ 的标准扭矩仪，采用稳定的液压源和数字压力变送器（显示）进行配合对液压扭矩扳子进行校准。选取液压扳子额定载荷的 20% 左右开始，在整数点逐点校准。校准点选取多于五点，且均匀分布。每点重复测量 n 次，以 n 次测量值 T_i ($i = 1, 2, 3 \dots n$) 的算术平均值做为液压扭矩扳子的输出扭矩值 \bar{T} 。

D.1.5.2 调整标准扭矩仪零点，启动液压源，观察液压扳子是否正常，液压源加载至预置校准点，保持稳定。满足要求后读取标准扭矩仪数据。

D.1.6 评定结果的使用

符合上述条件的液压扭矩扳子，一般可直接使用本不确定度评定方法导出的公式计算校准结果的扩展不确定度。

D.2 测量模型

扭矩示值

由于校准液压扭矩扳子的扭矩值是赋值性的校准，即在某液压压力下的扭矩扳子示值就是在同压力（相同压力源）下标准扭矩仪的示值。则测量模型为：

$$Y_i = T_i \quad (D.1)$$

式中：

Y_i ——被校液压扭矩扳子的扭矩值（Nm）

T_i ——标准扭矩仪的测量值（Nm）

D.3 不确定度来源

D.3.1 标准扭矩仪示值误差引入的不确定度 u_b 。

D.3.2 由于各种随机因素影响导致的测量重复性引入的不确定度分量 u_R （包括液压源的波动、测量过程中环境条件变化的影响等等）。

D.4 标准不确定度的评定

D.4.1 标准扭矩仪示值误差引入的标准不确定度分量 u_b 评定

已知标准扭矩仪示值最大允许误差为 δ ，则标准扭矩仪最大允许误差引入的标准不确定度为：

$$u_b = \frac{\delta}{\sqrt{3}} T_i \quad (\text{D.2})$$

D.4.2 由于各种随机因素影响导致的扭矩测量重复性引入的标准不确定度分量 u_R 评定

根据实际测量的数据，使用贝塞尔公式计算出的试验标准偏差作为测量重复性引入的标准不确定度：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n-1}} \quad (\text{D.3})$$

则平均值的试验标准偏差为：

$$u_R = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{D.4})$$

D.5 合成标准不确定度的评定

D.5.1 灵敏系数的确定

根据测量模型，灵敏系数 $C_i = 1$ 。

D.5.2 合成标准不确定度为：

$$u_C = \sqrt{u_b^2 + u_R^2} \quad (\text{D.5})$$

D.6 扩展不确定度的评定

$$U = k u_C \quad (k = 2) \quad (\text{D.6})$$

D.7 液压扭矩扳子扭矩示值测量结果不确定度评定举例

D.7.1 计量标准

名称：标准扭矩仪，准确度等级 0.5 级。

D. 7. 2 测量对象

液压扭矩扳子，量程：（600～4000）Nm。

D. 7. 3 测量条件

环境条件和液压源均符合本规范要求。

D. 7. 4 测量过程和数据

按本规范校准步骤要求，选择 1300 Nm 校准点对液压扭矩扳子连续进行十次测量，测量结果见表 D-1。

表 D-1 重复性测量结果统计

测量次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 /Nm	1300	1301	1299	1301	1299	1301	1301	1301	1300	1301
测量均值 /Nm	1300.4									
实验标准差 /Nm	0.84									
测量均值的实验标准差 /Nm	0.27									

D. 7. 5 标准不确定度评定

D. 7. 5. 1 已知标准扭矩仪的准确度为 0.5 级。则标准扭矩仪示值误差引入的标准不确定度分量为：

$$u_b = \frac{\delta}{\sqrt{3}} T_i = \frac{0.005}{\sqrt{3}} \times 1300 \text{ Nm} = 3.76 \text{ Nm}$$

D. 7. 5. 2 由表 D-1 可知测量重复性引入的标准不确定度分量为：

$$u_R = 0.27 \text{ Nm}$$

D. 7. 5. 3 其他因素引入的不确定度分量因为数量较小可不考虑。

D. 7. 6 计算标准合成不确定度

各标准不确定度分量及灵敏系数见表 D-2。

表 D-2 标准不确定度分量及灵敏系数

序号	不确定度来源	标准不确定度分量	灵敏系数
1	标准扭矩仪示值误差 u_b	3.76 Nm	1
2	测量结果重复性 u_R	0.27 Nm	1

$$u_c = \sqrt{u_b^2 + u_R^2} = \sqrt{3.76^2 + 0.27^2} = 3.8 \text{ (Nm)}$$

D.7.7 计算扩展不确定度

$$U = ku_c = 2 \times 3.8 \text{ Nm} = 7.6 \text{ Nm} \quad (k=2)$$