



新疆维吾尔自治区地方计量检定规程

JJG (新) 16—2014

液压扭矩扳手

Hydraulic Torque Bench

2014-06-04 发布

2014-07-01 实施

新疆维吾尔自治区质量技术监督局 发布

液压扭矩扳手
Hydraulic Torque Bench

JJG(新)16—2014

本规程经过新疆维吾尔自治区质量技术监督局2014年06月04日批准，
并于2014年07月01日起实施。

归口单位：新疆维吾尔自治区质量技术监督局

主要起草单位：新疆维吾尔自治区计量测试研究院

参与起草单位：新疆金风科技股份有限公司

本规程委托新疆维吾尔自治区质量技术监督局负责解释

本规程主要起草人：

谭 斌（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

李 浩（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

黄云鹏（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

参加起草人：

潘 英（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

洪 潮（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

张福平（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

肖 兵（新疆金风科技股份有限公司）

孙庆军（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

闫好奎（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

周小江（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

邸 翔（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

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 额定油压	(1)
3.4 分辨力	(1)
4 概述	(1)
5 计量性能要求	(2)
5.1 启动油压	(2)
5.2 内泄漏性能	(2)
5.3 准确度级别及技术指标	(2)
6 通用技术要求	(2)
6.1 外观与附件	(2)
6.2 功能性检查	(3)
7 计量器具控制	(3)
7.1 检定条件	(3)
7.2 检定项目	(3)
7.3 检定方法	(4)
8 检定结果的处理	(6)
9 检定周期	(6)
附录 A 液压扭矩扳手检定记录格式	(7)
附录 B 检定证书内页格式	(8)
附录 C 检定结果通知书内页格式	(9)
附录 D 液压扭矩扳手示值内插误差测量结果的不确定度评定	(10)

引 言

JJF1002—2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF1001—2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成本规程制订的基础性系列规范。

本规程是在结合当前液压扭矩扳手的设备性能及质量评价的现状，并参考 JB/T5557—2007《液压转矩扳手》与 JJG621—2012《液压千斤顶》等国内相关标准规程的基础上制定的。

本规程为首次发布。

液压扭矩扳手检定规程

1 范围

本规程适用于模拟指示式液压扭矩扳手（以下简称液压扳手）的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 引用文件

本规程引用以下文献

JJF1001—2011 通用计量术语及定义

JJF1094—2002 测量仪器特性评定

JJG621—2012 液压千斤顶

JB/T5557—2007 液压转矩扳手

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本检定规程；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/方法。

3 术语和定义

3.1 内泄漏 internal leakage

液压扳手在压力保持时，由于内部密封不严而产生的泄漏现象。

3.2 校准方程 calibration equation

根据数理统计理论计算，以扭矩值为自变量，以液压扳手指示器示值为函数的拟合方程，并不得外推使用。

3.3 额定油压 rated oil pressure

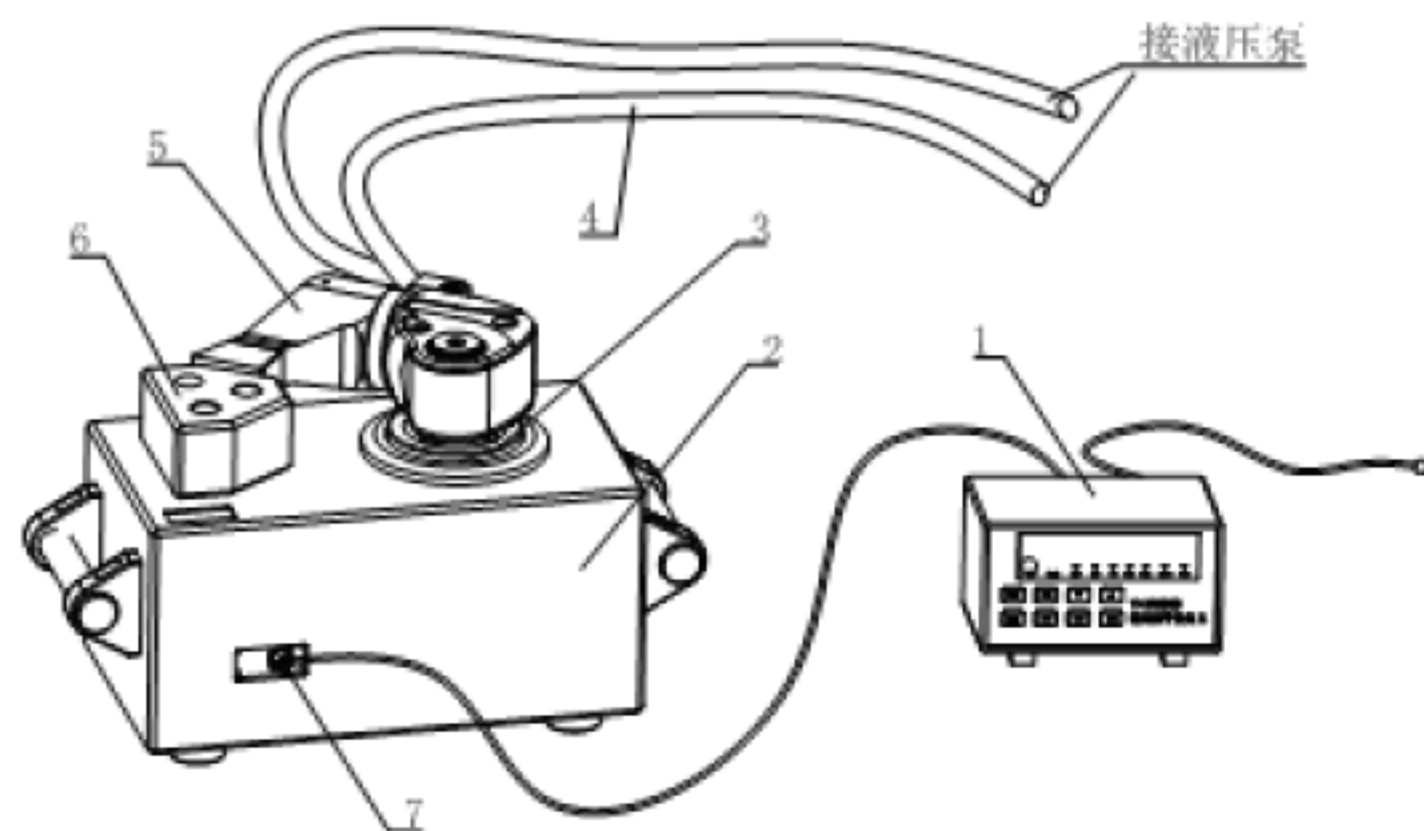
液压扳手额定扭矩值对应的压力值。

3.4 分辨力 resolution

引起相应示值产生可觉察到变化的被测量的最小变化。

4 概述

液压扳手工作系统主要由液压扳手及相应的油路和液压扳手指示器（压力表或数据采集系统）组成。液压扳手的工作原理是油泵对液压扳手供油，液压扳手对施力体施加扭矩，通过与液压扳手连通的模拟式指示器（压力表）直接或间接指示所施加的扭矩值。液压扳手按结构可分为中空式和驱动式，按指示方式可分为数字指示式和模拟指示式。如图 1 所示。



1. 数显仪; 2. 底座; 3. 传感器; 4. 油管; 5. 液压扭矩扳手; 6. 挡块; 7. 测试接口

图 1 液压扳手检定示意图

5 计量性能要求

5.1 启动油压

液压扳手启动油压应小于额定油压的 4%。

5.2 内泄漏性能

液压扳手在额定油压下保压 30s，压降值应小于额定油压的 5%。

5.3 准确度级别及技术指标

液压扳手的准确度级别及技术指标见表 1。

表 1 液压扳手准确度级别及技术指标

准确度级别	内插误差 I (%)	相对示值变动性 R (%)	相对分辨力 a (%)
3	± 3.0	3.0	3.0
4	± 4.0	4.0	4.0
5	± 5.0	5.0	5.0

6 通用技术要求

6.1 外观与附件

6.1.1 液压扳手主体及各主要部件上应有铭牌。铭牌上应有产品名称、型号规格、出厂编号、制造厂名称等。

6.1.2 扳头各运动部件应转动灵活，无卡滞现象。环形头和套筒便于更换，同一型号的扳手，其环形头或套筒应有良好的互换性。

6.1.3 液压扳手设备应配套检定，主要部件（除油管、接头外）更换后需重新

检定。

6.1.4 检定安装时，液压扳手的反力杆与液压扳手检测仪的挡块接触面积一般应大于 $2/3$ 。

6.2 功能性检查

6.2.1 指示器

6.2.1.1 指示器的表盘刻度及其标记清晰，指针无松动和弯曲。加力时指针走动均匀，无停滞和跳动现象；未加力时，指针应位于零位或“缩格”内。

6.2.1.2 指示器准确度等级应不低于 0.4 级，测量上限为额定油压的 130%-150%。

6.2.2 操作适应性

6.2.2.1 液压扳手油泵加、卸力应平稳，无妨碍读数的压力波动，无冲击和颤动现象。

6.2.2.2 液压系统应工作正常，反应灵敏，油路无渗漏，液压油应清洁纯净。

7 计量器具控制

7.1 检定条件

7.1.1 环境条件

7.1.1.1 温度：(15~30)℃

7.1.1.2 湿度： $\leq 80\%RH$ 。

7.1.1.3 电源电压波动量不应超过额定值的 $\pm 10\%$ 。

7.1.1.4 检定现场周围无腐蚀性介质和较强电磁场干扰。

7.1.2 检定用计量器具

7.1.2.1 液压扳手检测仪的准确度等级应不低于 1 级。

7.1.2.2 秒表：分辨力应不低于 0.1s。

7.2 检定项目

检定项目见表 2

表 2 检定项目一览表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
外观及性能	+	+	+
启动油压	+	—	—
内泄漏性能	+	+	+
相对分辨力	+	+	+
内插误差	+	+	+
相对变动性误差	+	+	+
注：1 表中“+”表示应检项目；“—”表示可不检项目，也可根据实际情况和用户要求进行检定。 2 安装及修理后的后续检定原则上需按首次检定进行。			

7.3 检定方法

7.3.1 外观与功能性检查

第 6.1~6.2 条通过实际操作与观测进行检查。符合要求后再进行其它项目的检定。

7.3.2 启动油压

空载时启动油泵，观察压力表的示值变化，重复三次，每次都应符合 5.1 的要求。

7.3.3 内泄漏性能

将液压扳手安装在检定仪上，加载至额定油压时，关闭截止阀，在 30s 内的压降值应符合 5.2 要求。

7.3.4 相对分辨力

检查液压扳手指示器，按公式（1）计算相对分辨力，应符合 5.3 的要求。

$$a = \frac{r}{p_r} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

r —液压扳手指示器的分辨力，MPa；

p_r —液压扳手额定油压 20%处的示值。

7.3.5 示值变动性与内插误差

7.3.5.1 检定点的选取从液压扳手扭矩值满量程的(20~100)%,一般取5~8点,尽量均匀分布。

7.3.5.2 检定前,启动油泵将液压扳手加载到最大扭矩值,预加载三次。

7.3.5.3 从初始点开始,油泵驱动液压扳手主动加压,按递增顺序施加负荷,直到额定负荷后退回到初始点。示值检定时施加试验力应平稳,加到检定点前应缓慢施加,便于准确读数。

7.3.5.4 进行7.3.5.3的步骤3次。

7.3.5.5 有关技术指标的计算方法,所得结果应符合5.3的要求。

a) 以液压扳手扭矩检定仪标准值为依据,在液压扳手指示器上读数,按照公式(2)、(3)分别计算相对示值变动性 R 与内插误差 I 。

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

$$I_i = \frac{p_{ci} - \bar{p}_i}{\bar{p}_i} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

$p_{i\max}$ —对应于第 i 个检定点液压扳手指示器3次示值的最大值,MPa;

$p_{i\min}$ —对应于第 i 个检定点液压扳手指示器3次示值的最小值,MPa;

$\bar{p}_i$ —对应于第 i 个检定点液压扳手指示器3次示值的算术平均值,MPa;

p_{ci} —由校准方程求出的与扭矩相对应的示值拟合值,MPa。

b) 以液压扳手指示器为依据,在液压扳手检定仪上读数,按照公式(4)、(5)分别计算相对示值变动性 R 与内插误差 I 。

$$R_i = \frac{T_{i\max} - T_{i\min}}{\bar{T}_i} \times 100\% \quad (4)$$

$$I_i = \frac{p_i - p_{ci}}{p_i} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

$T_{i\max}$ —对应于第 i 个检定点液压扳手检定仪3次示值的最大值,Nm;

$T_{i\min}$ —对应于第 i 个检定点液压扳手检定仪3次示值的最小值,Nm;

$\bar{T}_i$ —对应于第 i 个检定点液压扳手检测仪 3 次示值的算术平均值, Nm;

p_i —检定点对应的液压扳手指示器压力示值, MPa;

p_{ci} —由校准方程求出的与扭矩相对应的示值拟合值, MPa。

8 检定结果的处理

8.1 对检定合格的液压扳手, 应发给检定证书、加盖检定印或粘贴检定标识, 并注明检定日期和有效期。

8.2 对检定不合格的液压扳手, 注明不合格项目, 出具检定结果通知书。

9 检定周期

液压扳手的检定周期一般不超过 6 个月。

附录 A

液压扭矩扳手检定记录格式

送检单位: _____ 型号规格: _____

出厂编号: _____ 制造厂: _____

检定性质: ☐ 首校 ☐ 后续检定 检定日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

检定使用的计量标准器规格型号: _____ 编号: _____ 准确度等级: _____

计量标准证书号: _____ 计量标准有效期: _____

检定: _____ 核验: _____

类别 名称	型号规格	出厂编号	制造厂	检 查 项 目	外观检查:			
液压扳手					启动油压(%FS):	<4		
压力指示器					内泄漏:	%		
数显指示器					相对分辨力:	%		
油 泵								
检定方程	$p=a+bT$ 截距 $a=$ 斜率 $b=$							
扭矩值 (Nm)	压力值 (MPa)	进程示值 (☐ MPa ☐ Nm)				示 值 变动性 (%)	内插误差	
		1	2	3	均值		计算值 (MPa)	I (%)
备注								

结论: 液压扭矩扳手 ☐ 合格, 符合 _____ 级要求, 有效期 _____。☐ 不合格, 不合格项: _____。

附录 B

检定证书内页格式

标称值()	显示值 ()	备注
示值变动性 R (%)		
内插误差 I		
校准方程	$p = \text{ } + \text{ } T$	
☐ 压力指示器号或 ☐ 数显指示器号： 油泵型号： 油泵编号： 油泵生产厂： p —压力表读数值 (MPa)； T —扭矩值 (Nm)		

附录 C

检定结果通知书内页格式

标称值()	显示值 ()	备注
示值变动性 R (%)		
内插误差 I (%)		
校准方程	$p = \text{ } + \text{ } T$	
☐ 压力指示器号或 ☐ 数显指示器号： 油泵型号： 油泵编号： 油泵生产厂： p —压力表读数值 (MPa); T —扭矩值 (Nm)		

不合格项: _____。

附录 D

液压扭矩扳手示值内插误差测量结果的不确定度评定

D.1 概述

D.1.1 测量依据：依据 JJG(新) 16-2014 《液压扭矩扳手检定规程》。

D.1.2 环境条件：温度 (15-30) °C。

D.1.3 测量标准：液压扭矩扳手检定仪，测量上限为 20000Nm, 准确度 1 级。

D.1.4 被测对象：液压扭矩扳手（以下简称液压扳手），型号规格：PU-3；出厂编号：PU-AAF-010；量程：(1000~10000) Nm，制造厂：普瑞玛（上海舜诺机械有限公司）。

D.1.5 测量方法：在规定环境条件下，将与油泵等串接好后，将液压扳手安置于标准装置上，由液压泵驱动液压扳手施加加扭矩对标准装置施加扭矩至测量点。可得到与液压扳手压力表示值相对应的标准扭矩值，该过程连续进行 3 次，用液压式液压扳手压力表示值与由校准方程 $p_{ci}=a+bT$ 求出的和负荷相对应的示值拟合值之差，除以液压扳手压力表示值，即得该测量点液压扳手的内插误差。

D.1.6 评定结果的使用：在符合上述条件且测量范围在 (500~30000) Nm 的液压扳手，一般可直接使用本不确定度的评定结果。其它可使用本不确定度的评定方法。

D.2 建立数学模型

D.2.1 数学模型

$$\delta = \frac{p_i - p_{ci}}{p_i} + \delta T$$

式中：

δ —内插误差；

p_i —检定点对应的液压扳手指示器压力值，MPa 或 PSI；

p_{ci} —由校准方程求出的和扭矩相对应的示值拟合值，MPa 或 PSI；

δT —液压扭矩扳手校准装置示值不准对测量结果的影响，%。

D.2.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial p_{ci}} = -\frac{1}{p}$$

$$c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial p_i} = \frac{p_{ci}}{p_i^2}$$

$$c_3 = \frac{\partial \delta}{\partial \delta T} = 1$$

由于 p_{ci} 与 p_i 在检定规程规定的技术指标内相差不大, 即 $p_{ci} \approx p_i$, 于是有

$$c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial p_{ci}} = -\frac{1}{p_i} \approx -\frac{1}{p_{ci}}$$

$$c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial p_i} = \frac{p_{ci}}{p_i^2} \approx \frac{1}{p_i}$$

D.2.3 传播律公式

由于 p_{ci} 、 p_i 与 δT 不相关, 则有

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(p_{ci}) + c_2^2 u^2(p_i) + c_3^2 u^2(\delta T)} = \sqrt{\frac{1}{p_{ci}^2} u^2(p_{ci}) + \frac{1}{p_i^2} u^2(p_i) + u^2(\delta T)} = \sqrt{u_{rel}^2(p_{ci}) + u_{rel}^2(p_i) + u^2(\delta T)}$$

D.2.4 不确定度主要来源

D.2.4.1 由最小二乘法拟合的预期值标准不确定度 $u_{rel}(p_{ci})$

D.2.4.2 液压扳手指示器压力值的标准不确定度 $u_{rel}(p_i)$

D.2.4.3 液压扭矩扳手校准装置引入的标准不确定度 $u(\delta T)$

D.3 全部输入量的标准不确定度评定

D.3.1 由最小二乘法拟合的预期值标准不确定度 $u_{rel}(p_{ci})$ 的评定。

对被测对象选择 8 个测量点, 连续测量 3 次, 得到测量列如表 D.1 所示。

表 D.1 单次测量值

压力表示值 p_i (PSI)	3 次测得扭矩值 (Nm)			均值 (Nm)	理论值 p_{ci} (PSI)
	1	2	3		
3000	1339	1337	1337	1337.7	3021.3
4000	1763	1762	1758	1761.0	3966.2

5000	2223	2222	2221	2222.0	4995.1
6000	2678	2675	2675	2676.0	6008.5
7000	3133	3128	3127	3129.3	7020.3
8000	3560	3572	3565	3565.7	7994.2
9000	4017	4011	4008	4012.0	8990.4
10000	4467	4465	4463	4465.0	10001.5

由最小二乘法拟合的最佳直线的方程: $p_{ci}=a+bT$

$$u(p_{ci}) = s_p(p_{ci}) = \sqrt{s_a^2 + T^2 s_b^2 + 2Tr(a,b)s_a s_b}$$

式中, $r(a,b)$ 为 a 和 b 的相关系数; s_a 、 s_b 和 s 分别为 a 、 b 和 p_i 的实验标准偏差。

$$s_a = s \cdot \sqrt{\frac{\sum T_i^2}{n \sum T_i^2 - (\sum T_i)^2}}$$

$$s_b = s \cdot \sqrt{\frac{n}{n \sum T_i^2 - (\sum T_i)^2}}$$

$$r(a,b) = -\frac{\sum T_i}{\sqrt{n \sum T_i^2}}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\hat{p} - p_i)^2}{n-2}}$$

经过计算, 在测量点 $p_i=10000$ PSI 处, $T=4465.0$ Nm 时, $s=19.29$ PSI, $s_a=20.41$ PSI, $s_b=0.00664$ PSI/Nm, $r(a,b)=-0.943$, 故

$$u(p_{ci}) = s_p(p_{ci}) = \sqrt{s_a^2 + T^2 s_b^2 + 2Tr(a,b)s_a s_b}$$

$$= \sqrt{(20.41)^2 + (4465.0)^2 \times (0.00664)^2 + 2 \times 4465.0 \times (-0.943) \times 20.41 \times 0.00664}$$

$$= 12.42 \text{ (PSI)}$$

$$u_{rel}(p_{ci}) = 12.42/10000 = 0.12\%$$

对其他测量点按照相同方法进行评定, 结果见表 2。

表 D. 2 各个测量点评定的标准不确定度 $u_{rel}(p_{ci})$

测量点 p_i (PSI)	标准扭矩值(Nm)	$u(p_{ci})$ (PSI)	$u_{rel}(p_{ci})$
3000	1337.7	12.40	0.41%

4000	1761.0	10.17	0.26%
5000	2222.0	8.16	0.16%
6000	2676.0	6.98	0.12%
7000	3129.3	6.99	0.10%
8000	3565.7	8.14	0.10%
9000	4012.0	10.07	0.11%

D.3.2 液压扳手指示器压力值的标准不确定度 $u_{rel}(p_i)$ 的评定

压力指示器为 0.4 级，其引入的不确定度分量为均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则有

$$u_{rel}(p_i)=0.004/\sqrt{3}=0.23\%$$

D.3.3 液压扭矩扳手校准装置示值引入的的标准不确定度 $u(\delta T)$ 的评定

检定时使用准确度为 1 级液压扭矩扳手校准装置，其引入的不确定度分量为均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则有

$$u(\delta T)=\frac{1\%}{\sqrt{3}}=0.58\%$$

D.4 标准不确定度汇总表

输入量的标准不确定度汇总于表 3。

表 D.3 标准不确定度汇总表

标准不确定度 $u(x_i)$	不确定度来源	概率分布	测量点 p_i (PSI)	相对标准 不确定度
$u(p_{ci})_{rel}$	最小二乘法拟合的预期 值	正态	3000	0.41%
			4000	0.26%
			5000	0.16%
			6000	0.12%
			7000	0.10%
			8000	0.10%
			9000	0.11%
			10000	0.12%
$u_{rel}(p_i)$	液压扳手指示器压力值	均匀	/	0.23%
$u(\delta T)$	液压扭矩扳手校准装置	均匀	/	0.58%

D.5 合成标准不确定度

由 D.2.3, 得

$$u_c = \sqrt{u_{rel}^2(p_{ci}) + u_{rel}^2(p_i) + u^2(\delta T)}$$

各个测量点的合成标准不确定度计算结果见表 4。

表 D.4 合成标准不确定度计算结果

测量点 p_i (PSI)	标准扭矩值 (Nm)	$u(p_{ci})_{rel}$	$u_{rel}(p_i)$	$u(T)$	u_c
3000	1337.7	0.41%	0.23%	0.58%	0.75%
4000	1761.0	0.26%	0.23%	0.58%	0.67%
5000	2222.0	0.16%	0.23%	0.58%	0.65%
6000	2676.0	0.12%	0.23%	0.58%	0.63%
7000	3129.3	0.10%	0.23%	0.58%	0.63%
8000	3565.7	0.10%	0.23%	0.58%	0.63%
9000	4012.0	0.11%	0.23%	0.58%	0.63%
10000	4465.0	0.12%	0.23%	0.58%	0.64%

D.6 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度 $U = k \cdot u_c = 2 \cdot u_c$, 计算结果如表 5 所示。

表 D.5 内插误差扩展不确定度计算结果

测量点 p_i (PSI)	标准扭矩值 (Nm)	内插误差扩展不确定度 U ($k=2$)
3000	1337.7	1.5%
4000	1761.0	1.4%
5000	2222.0	1.3%
6000	2676.0	1.3%
7000	3129.3	1.3%
8000	3565.7	1.3%
9000	4012.0	1.3%
10000	4465.0	1.3%

新疆维吾尔自治区
地方计量检定规程

液压扭矩扳手检定规程

JJG(新)16—2014

新疆维吾尔自治区质量技术监督局发布

*

版权所有 不得翻印

*

880mm×1230mm 16 开本

2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷

印数 1-100