

北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX - XXXX

鲁尔圆锥接头性能测试仪校准规范

Calibration Specification for Luer Taper Performance Testers

(征求意见稿)

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

鲁尔圆锥接头性能测试仪 校准规范

JJF(京) XX-XXXX

Calibration Specification for
Luer Taper Performance Testers

归口单位：北京市市场监督管理局

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

参加起草单位：北京市医疗器械检验研究院

本规范委托 X X X X 负责解释

目 录

引言	(II)
1 范围	(20)
2 引用文件	(20)
3 术语和定义	(20)
4 概述	(20)
5 计量特性	(2)
5.1 基本要求	(2)
5.2 测力系统	(2)
5.3 扭矩系统	(3)
5.4 压力测量系统	(3)
5.5 计时系统	(3)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 校准用计量器具	(4)
7 校准项目和校准方法	(4)
7.1 力值	(4)
7.2 扭矩	(5)

7.3 压力	(6)
7.4 恒定加力速度	(7)
7.5 扭转速度	(7)
7.6 计时校准	(8)
8 校准结果表达	(8)
9 复校时间间隔	(9)
附录 A 鲁尔圆锥接头性能测试仪测量结果不确定度评定示例	(10)
附录 B 校准证书内页格式及校准原始记录	(17)

引 言

本规范参照 GB/T 1962.1-2015《注射器、注射针及其他医疗器械 6%(鲁尔)圆锥接头第一部分：通用要求》，GB/T 1962.2-2001《注射器、注射针及其他医疗器械 6%(鲁尔)圆锥接头第 2 部分：锁定接头》，YY/T 0916.1-2021《医用液体和气体用小孔径连接件第 1 部分：通用要求》，YY/T 0916.20-2019《医用液体和气体用小孔径连接件第 20 部分：通用试验方法》，结合实际使用制定，并依据国家计量技术规范 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》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编制。

本规范为首次发布。

鲁尔圆锥接头性能测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于鲁尔圆锥接头性能测试仪的力值、扭矩、压力、恒定力速度、转速和时频校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

GB/T 1962.1 注射器、注射针及其他医疗器械6%(鲁尔)圆锥接头第1部分：通用要求

GB/T 1962.2 注射器、注射针及其他医疗器械6%(鲁尔)圆锥接头第2部分：锁定接头

YY/T 0916.1 医用液体和气体用小孔径连接件第1部分：通用要求

YY/T 0916.20 医用液体和气体用小孔径连接件第20部分：通用试验方法

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 术语和定义

3.1 鲁尔接头 Luer taper

一种标准化的微量无渗接头，通过公鲁尔接头与相匹配的母鲁尔接头部分来连接，亦称鲁尔圆锥接头，德国人鲁尔发明。

3.2 连接件 Connector

含两个配对体之一、设计成能与液体和气体输送管路相连接的机械装置。[YY/T 0916.1-2021，术语和定义 3.4]

3.3 轴向力 Axial Force

施加在鲁尔圆锥接头连接件、小孔径连接件轴向的力值。

3.4 旋开扭矩 Unwinding torque

使鲁尔圆锥接头连接件、小孔径连接件紧固后发生旋开的力。

3.5 压力 Pressure

作用于鲁尔圆锥接头连接件、小孔径连接件，测试其承受内压的性能。

4 概述

鲁尔圆锥接头性能测试仪用于注射器、注射针及其他医疗器械 6%（鲁尔）圆锥接头、小孔径连接件性能的检测，由测力系统、扭矩系统、压力测量系统和计时装置组成，如图 1 所示。其中测力系统由测力单元和施力装置构成；扭矩系统由扭矩单元和施扭装置构成。

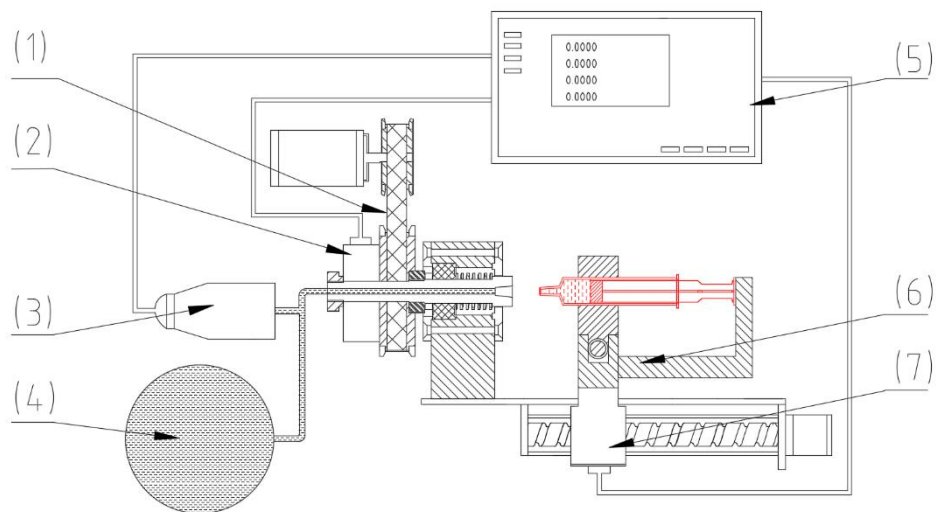


图1 鲁尔圆锥接头性能测试仪工作结构示意图

(1) 扭矩系统；(2) 扭矩测量传感器；(3) 压力测量传感器；(4) 增压系统；
(5) 显示仪表；(6) 测力系统；(7) 测力传感器；

其工作原理是：通过机械夹头把被测鲁尔圆锥接头或小孔径连接件、测力系统和扭矩系统连接起来，利用施力装置、施扭装置施加定值力，定值扭矩，测试被测接头的分

离力、应力开裂、旋开扭矩、滑动性能等，配合压力测量系统测试被测接头的漏液、漏气、压力衰减泄漏等各项性能。[GB/T1962.1-2001，试验方法4.2-4.5]

5 计量特性

5.1 基本要求

5.1.1 测力系统、扭矩系统、压力系统数据显示应清晰，均有清零功能，力值单位 N、扭矩单位 Nm、压力单位 kPa。

5.1.2 测力系统可进行恒定力加载，可延轴向正反双方向加载、速度可调；扭矩系统的扭转速度、扭转角度、扭转方向可调；计时装置可与加载力、扭矩同步实时显示；压力系统可提供稳定的压力输出。

5.1.3 机械夹具应确保被测连接件、施力装置与施扭装置保持同一轴线，在施加力、扭矩过程中应平稳。

5.2 测力系统

5.2.1 测力系统轴向正向、反向力值单元的计量特性均应满足表 1 要求。

表 1 力值计量特性

技术指标		
z (%FS)	q (%)	R (%)
± 0.5	± 1.0	1.0
z —零点漂移； q —示值相对误差； R —示值重复性相对误差；		

5.2.2 施力单元恒定力加载速度计量特性应满足表 2 要求。

表 2 恒定力加载速度计量特性

技术指标	
q (%)	R (%)
± 2.0	2.0
q —示值相对误差； R —示值重复性相对误差；	

5.3 扭矩系统

5.3.1 扭矩单元的顺时针、逆时针扭矩示值相对误差不大于 $\pm 1.0\%$ ，扭矩示值重复性相对误差不大于 1.0% 。

5.3.2 施扭单元的扭转速度示值相对误差不大于 $\pm 1.0\%$ ，示值重复性相对误差不大于 1.0% 。

5.4 压力测量系统

压力测量系统的示值误差不大于 $\pm 0.25\%FS$ ，示值回程误差不大于 $0.25\%FS$ 。

5.5 计时装置

5.5.1 计时装置的分度值不得大于 $1s$ 。

5.5.2 计时装置的累计示值相对误差不应超出 $\pm 0.2\%$ 。

6 校准条件

6.1 环境条件

实验室内温度应在 $(20 \pm 5)^\circ C$ 范围内，相对湿度 $(50 \pm 10)\%$ 。

实验室内应无影响测量的灰尘、振动、气流、腐蚀性气体和强磁场。鲁尔圆锥接头性能测试仪及校准用计量标准器具在室内恒温时间不少于 $1h$ 。

6.2 校准用计量器具

校准项目和校准用计量器具见表3，并允许使用满足要求的其它测量标准器具及设备进行校准。

表 3 校准项目和校准用计量器具

序号	校准项目	校准用主要计量器具	参考技术指标
1	力值	标准测力仪	0.3 级及以上
		专用砝码	± 0.1%及以上
2	扭矩	砝码	0.1 级及以上
		扭矩杠杆	$U=0.01\text{mm}$ ($k=2$)
		标准扭矩仪	0.3 级及以上
3	压力	气体活塞式压力计/数字压力计	0.02 级及以上
4	恒定加载力速度	标准测力仪	0.3 级及以上;
		电子秒表	分度值: $\leq 0.01\text{s}$
		恒定加载力速度检测仪	0.5 级及以上
5	扭转速度	光电轴角编码器	5 级及以上
		电子秒表	分度值: $\leq 0.01\text{s}$
6	计时	电子秒表	分度值: $\leq 0.01\text{s}$

7 校准方法

检查鲁尔圆锥接头性能测试仪的各个系统，活动部件运动应平稳、灵活；紧固部件作用有效、可靠；仪器可正常开启，预热时间符合产品说明书的要求，明确没有影响校准计量特性的因素后再进行校准。

7.1 力值

7.1.1 安装鲁尔圆锥接头性能测试仪，并调整至工作状态，数据采集装置清零，测量 15 min 时的零点漂移示值。

7.1.2 校准的初级负荷一般为额定负荷的 10%~20%，校准点应均匀分布，一般不少于 5 点（通常为额定负荷的 20%，40%，60%，80%，100%）。对测量下限低于额定负荷 20%的测力单元，取额定负荷的 10%、5%、2%、1%依次进行检测直至测量下限。

7.1.3 对测力系统正向施加标准力值至满量程，额定负荷的保持时间应为 30 s~1 min，卸荷至零负荷后，等待至少 30 s。额定负荷的预加载，不少于 3 次。显示仪表清零后

逐级施加正向递增负荷，加载至指定负荷保持 30 s，读取显示值，直到额定负荷。此过程连续进行 3 次。依据客户需求进行反向力值检测，反向递增负荷检测方法和正向一致。

7.1.4 测力系统有关技术指标的计算方法

零点漂移 z 、示值相对误差 q 和示值重复性相对误差 R 按公式(1-3)计算：

$$z = \frac{F_{0d}}{F_N} \ll 100\% \quad (1)$$

$$q = \frac{\overline{F_i} - F}{F} \ll 100\% \quad (2)$$

$$R = \frac{F_{i\max} - F_{i\min}}{F_i} \ll 100\% \quad (3)$$

式中：

F_{0d} —测力系统零点漂移示值，N；

F_N —测力系统量程的最大值，N；

$\overline{F_i}$ —三次测量结果的平均值，N；

F —施加的标准力值，N；

$F_{i\max}$ —第 i 点三次测量值的最大值，N；

$F_{i\min}$ —第 i 点三次测量值的最小值，N。

7.2 扭矩

7.2.1 扭矩在量程内测量下限为测量起始点，一般检测该测量上限的 20%、40%、60%、80%、100%等 5 个点，各点大致均匀分布。对测量下限低于测量上限 20%的扭矩进行检测，则应按照近似等于测量上限 10%、5%、2%和 1%的原则选择检测点直至测量下限。依据要求分别进行顺时针扭矩与逆时针扭矩检测。

7.2.2 对扭矩系统顺时针施加标准扭矩至满量程，保持时间为 30 s~1 min，卸荷至零

点后，等待至少 30 s。扭矩满量程的预加载，不少于 3 次。将其示值调零后作为零点的起始位置，逐点递增施加扭矩至各检测点直至测量上限，稳定后记录相应示值。随后逐渐递减卸除扭矩，第一次检测结束卸除扭矩后相隔 30s，记录扭矩系统的回零示值。检测过程连续进行 3 次，每次检测前均应将扭转系统示值指示装置调零。依据需求进行逆时针扭矩检测，逆时针递增扭矩检测方法和顺时针一致。

7.2.3 扭矩系统回零差、示值相对误差和示值重复性按下列各式计算，应满足 5.3.1 中相应技术要求。

$$Z_T = \frac{\Delta T_0}{T_r} \leq \pm 100\% \quad (4)$$

$$E_T = \frac{\bar{T} - T_n}{T_n} \leq \pm 100\% \quad (5)$$

$$R_T = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T} \leq \pm 100\% \quad (6)$$

式中：

Z_T —扭矩回零差

ΔT_0 —扭矩零点漂移示值，Nm；

T_r —额定转矩值，Nm；

E_T —转矩示值误差；

\bar{T} —检定点 3 次测量值的平均值，Nm；

T_n —检定点标准转矩值，Nm；

R_T —静态转矩重复性；

T_{\max} —3 次测量值的最大值，Nm；

T_{\min} —3 次测量值的最小值，Nm。

7.3 压力

7.3.1 将压力标准器与被校压力系统连接,导压管中充满传压介质。传压介质为气体时,介质应清洁、干燥;传压介质为液体时,压力测量装置取压口的参考平面与压力标准器取压口的参考平面处在同一水平面上。

7.3.2 示值校准前应做 1~2 次升压(或疏空)预压试验,预压实验方案中升压(或疏空)和降压(或增压)应平稳,避免有冲击和过压现象。其中升压、降压(或疏空、增压)校准循环次数为 1 次,选择不少于 5 个分布均匀的测量点,通常包括零点、上限值和下限值(或依据实际需求选取);从测量下限开始平稳地输入压力信号到各检测点,读取并记录输出值至测量上限,然后反方向平稳改变压力信号到各个检测点,读取并记录输出值至测量下限,对压力系统进行一次正、反行程一个循环的示值校准,取检测值与相应标准值之差为各点示值误差,示值误差按公式(7)计算,应满足 5.4 中相应技术要求。

$$\Delta I = I - I_L \quad (7)$$

式中:

ΔI —压力系统示值误差, kPa;

I —压力测量系统正、反行程示值, kPa;

I_L —压力标准器标准值, kPa。

7.3.3 回程误差取同一检测点正、反行程最大示值之差的绝对值,作为压力系统的回程误差。

7.4 恒定加力速度

7.4.1 方法 a: 在力值检测状态下,在设备量程范围内,设置恒定加力速度进行试验,用秒表记录标准测力仪力值增量 ΔF_i 对应的试验时间 t_i ,加力速度 v_i 按公式(8)计算,每个恒定加力速度检测点应测量 3 次,取 3 次测量结果的算术平均值 \bar{v}_i ,加力速度误差

δ_i 按公式(9)计算,测得的加力速度误差应符合计量性能 5.2.2 要求。

$$v_i = \frac{\Delta F_i}{t_i} \quad (8)$$

$$\delta_i = \overline{v_i} - v_0 \quad (9)$$

式中:

ΔF_i —力值增量, N;

t_i —与 ΔF_i 对应的时间间隔, s;

δ_i —每一时段的加力速度误差。N/s;

v_0 —加力速度的标称值。

7.4.2 方法 b: 在设备量程范围内, 安装好恒定加载力速度检测仪, 设置恒定加力速度进行试验, 读取速度测量值 v_i , 每个恒定加力速度检测点应测量 3 次, 取 3 次测量的算数平均值 $\overline{v_i}$, 加力速度误差 δ_i 按公式(9)计算, 测得的加力速度误差应符合计量性能 5.2.2 要求。

7.5 扭转速度

扭转速度应连续可调, 在测量下限至测量上限范围内检测不少于 3 点, 最高校准点为额定转速。方法 a: 在施扭装置上安置一个固定指针, 施扭工作台设置标记线, 指针对准标记线, 按设定的转速运行, 用秒表测量指针扭转至标记线转角(周角) φ_i 所需的时间 t_{ij} , 单次测量时间 t_{ij} 内指针扭转至标记线次数应不少于 5 圈, 重复此测量过程 3 次。方法 b: 采用光电轴角编码器和秒表进行测量, 将光电轴角编码器的传动轴同轴串入旋转夹头, 按设定的转速驱动夹头, 连接正常后, 秒表开始计时的同时将光电轴角编码器清零, 用秒表测量光电轴角编码器的示值达到规定转角 φ_i 所需的时间 t_{ij} , 重复此测量过程 3 次。扭转速度的示值相对误差 q_i , 示值重复性 R_i 按下列各式计算, 应不超出

5.3.4 条规定。

$$q_i = \frac{v_i - \phi_i / \bar{t}_i}{\phi_i / \bar{t}_i} \leftrightarrow \pm 100\% \quad (10)$$

$$R_i = \frac{t_{i\max} - t_{i\min}}{t_i} \leftrightarrow \pm 100\% \quad (11)$$

式中：

v_i —第 i 点的扭转速度设定值，r/min；

\bar{t}_i —第 i 检定点，主动夹头 3 次扭转至规定转角 ϕ_i 中所需时间 t_{ij} 的算术平均值，s；

$t_{i\max}$ 、 $t_{i\min}$ —第 i 检定点，主动夹头 3 次扭转至规定转角 ϕ_i 所需时间的最大值、最小值。

7.6 计时校准

用电子秒表检测鲁尔圆锥接头性能测试仪的计时装置，检测 1 次，检测时间不得少于 30min，检测结果应符合 5.5 计量特性要求。

8 校准结果表达

经校准的鲁尔圆锥接头性能测试仪出具校准证书，测量结果不确定度评定示例见附录 A，校准证书内页格式及校准原始记录见附录 B。

校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- 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；

g)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；

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)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、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。

9 复校时间间隔

鲁尔圆锥接头性能测试仪复校时间可根据实际使用情况由用户确定，建议复校间隔最长不超过 1 年。

附录 A

鲁尔圆锥接头性能测试仪测量结果不确定度评定示例

一、鲁尔圆锥接头性能测试仪力值测量结果不确定度评定示例

1 测量方法和过程

在规定环境温度(20±5)℃下,采用标准测力仪对鲁尔圆锥接头性能测试仪进行力值测量。将鲁尔圆锥接头性能测试仪测力系统与标准测力仪沿受力轴线方向串接,以标准测力仪的力值为准,按力的递增方向测量鲁尔圆锥接头性能测试仪的各点正向示值;该过程连续进行3次,以3次示值的算术平均值作为鲁尔圆锥接头性能测试仪测力系统正向示值的校准结果。

2 评定模型

鲁尔圆锥接头性能测试仪测量结果由数据采集终端直接读取,其评定模型为:

$$\bar{F} = \prod_{i=1}^n F_i \quad (\text{A1})$$

式中:

\bar{F} —鲁尔圆锥接头性能测试仪载荷测量 n 次结果的平均值;

F_i —鲁尔圆锥接头性能测试仪单次载荷测量结果;

n —测量次数。

3 标准不确定度分量的来源和评定

3.1 标准不确定度分量的来源

标准不确定度分量的来源见表A1所示。

3.2 鲁尔圆锥接头性能测试仪引入的标准不确定度 $u(\bar{F})$

$$u^2(\bar{F}) = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2$$

$$u(\bar{F}) = \sqrt{\frac{\Delta R}{1.64\sqrt{3}}^2 + \frac{r}{2\sqrt{3}}^2 + \frac{Z_r}{2\sqrt{3}}^2 + \frac{S_b}{2\sqrt{3}}^2 + \frac{I_p}{\sqrt{3}}^2 + \frac{H}{\sqrt{6}}^2} \quad (\text{A2})$$

式中：

ΔR —鲁尔圆锥接头性能测试仪载荷测量示值重复性；

r —测力系统载荷示值分辨力；

Z_r —载荷回零差；

S_b —载荷稳定性；

I_p —内插误差影响；

H —滞后。

备注：此处的测量示值重复性和数据采集装置示值分辨力，二者取其大。

表 A1 标准不确定度分量一览表

项目	不确定度来源	符号	半宽度	分类	分布	分布因子 k_i	标准不确定度	标准不确定度符号
鲁尔圆锥接头性能测试仪载荷示值 $u(\bar{F})$	示值重复性	ΔR	$\frac{\Delta R}{1.64}$	A	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{\Delta R}{1.64\sqrt{3}}$	u_1
	分辨力	r	$\frac{r}{2}$	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{r}{2\sqrt{3}}$	u_2
	回零差	Z_r	$\frac{Z_r}{2}$	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{Z_r}{2\sqrt{3}}$	u_3
	力值稳定性	S_b	$\frac{S_b}{2}$	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{S_b}{2\sqrt{3}}$	u_4
	内插误差影响	I_p	I_p	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{I_p}{\sqrt{3}}$	u_5

	滞后	H	H	B	三角	$\sqrt{6}$	$\frac{H}{\sqrt{6}}$	u_6
标准测力 仪 $u(F)$	示值误差	δ_b	δ_b	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{\delta_b}{\sqrt{3}}$	u_7

3.3 力标准装置引入的标准不确定度 u_7

鲁尔圆锥接头性能测试仪测力系统采用 0.3 级标准测力仪检测。标准测力仪示值误差引入的标准不确定度分量如下：

$$u_7 = u(F) = \frac{\delta_b}{\sqrt{3}} \quad (\text{A3})$$

4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{\frac{\Delta R}{0.64\sqrt{3}}^2 + \frac{r}{2\sqrt{3}}^2 + \frac{Z_r}{2\sqrt{3}}^2 + \frac{S_b}{2\sqrt{3}}^2 + \frac{I_p}{\sqrt{3}}^2 + \frac{H}{\sqrt{6}}^2 + \frac{\delta_b}{\sqrt{3}}^2} \quad (\text{A4})$$

5 扩展不确定度

$$U = k u_c \quad (k=2) \quad (\text{A5})$$

二、鲁尔圆锥接头性能测试仪扭矩测量结果不确定度评定示例

1 测量方法

在规定环境温度（ 20 ± 5 ）℃下，采用标准扭矩仪对鲁尔圆锥接头性能测试仪进行扭矩值测量。将鲁尔圆锥接头性能测试仪扭矩系统与标准扭矩仪沿轴线方向串接，以标准扭矩仪的扭矩值为准，按扭矩的递增方向测量鲁尔圆锥接头性能测试仪的各点进程示值。该过程连续进行 3 次，以 3 次示值的算术平均值作为鲁尔圆锥接头性能测试仪扭矩系统的校准结果。

2 测量模型

$$\bar{T} = \prod_{i=1}^n T_i \quad (\text{A6})$$

式中：

\bar{T} —鲁尔圆锥接头性能测试仪扭矩测量 n 次结果的平均值；

T_i —鲁尔圆锥接头性能测试仪单次扭矩测量结果；

n —测量次数。

3 标准不确定度分量的来源和评定

3.1 标准不确定度分量的来源

标准不确定度分量的来源见表A2所示。

3.2 鲁尔圆锥接头性能测试仪引入的标准不确定度 $u(\bar{T})$

$$u^2(\bar{T}) = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 \quad (\text{A7})$$

$$u(\bar{T}) = \sqrt{\frac{\Delta R}{1.64\sqrt{3}} \cdot \frac{\bullet}{\downarrow} + \frac{r}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{\bullet}{\downarrow} + \frac{Z_r}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{\bullet}{\downarrow} + \frac{S_b}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{\bullet}{\downarrow} + \frac{I_p}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\bullet}{\downarrow} + \frac{H}{\sqrt{6}} \cdot \frac{\bullet}{\downarrow}} \quad (\text{A8})$$

式中：

ΔR —鲁尔圆锥接头性能测试仪扭矩测量示值重复性；

r —示值分辨力；

Z_r —回零差；

S_b —稳定性；

I_p —内插误差影响；

H —滞后。

备注：此处的测量示值重复性和扭矩采集装置示值分辨力，二者取其大。

表 A2 标准不确定度分量一览表

项目	不确定度来源	符号	半宽度	分类	分布	分布因子 k_1	标准不确定度	标准不确定度符号
鲁尔圆锥接头性能测试仪扭矩示值 $u(\bar{T})$	示值重复性	ΔR	$\frac{\Delta R}{1.64}$	A	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{\Delta R}{1.64\sqrt{3}}$	u_1
	分辨力	r	$\frac{r}{2}$	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{r}{2\sqrt{3}}$	u_2
	回零差	Z_r	$\frac{Z_r}{2}$	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{Z_r}{2\sqrt{3}}$	u_3
	示值稳定性	S_b	$\frac{S_b}{2}$	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{S_b}{2\sqrt{3}}$	u_4
	内插误差影响	I_p	I_p	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{I_p}{\sqrt{3}}$	u_5
	滞后	H	H	B	三角	$\sqrt{6}$	$\frac{H}{\sqrt{6}}$	u_6
标准器引入的 $u(T)$	示值误差	δ_b	δ_b	B	均匀	$\sqrt{3}$	$\frac{\delta_b}{\sqrt{3}}$	u_7

3.3 标准器引入的标准不确定度 u_7

鲁尔圆锥接头性能测试仪扭矩系统扭矩值测量采用标准扭矩仪或扭矩杠杆测量。扭矩标准器示值误差引入的标准不确定度分量如下：

$$u_7 = u(T) = \frac{\delta_b}{\sqrt{3}} \quad (\text{A9})$$

4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{\frac{\Delta R^2}{(1.64\sqrt{3})^2} + \frac{r^2}{(2\sqrt{3})^2} + \frac{Z_r^2}{(2\sqrt{3})^2} + \frac{S_b^2}{(2\sqrt{3})^2} + \frac{I_p^2}{(\sqrt{3})^2} + \frac{H^2}{(\sqrt{6})^2} + \frac{\delta_b^2}{(\sqrt{3})^2}} \quad (\text{A10})$$

5 扩展不确定度

$$U = ku_c \quad (k=2) \quad (A11)$$

三、鲁尔圆锥接头性能测试仪压力测量结果不确定度评定示例

1 测量方法

在环境温度(20 ± 2)℃，环境相对湿度(35 ~ 75)%环境条件下，采用空气作为压力传递介质，试验前传递标准在实验室的环境中至少恒温静置 2 小时，并预热 30min 以上。装置连接时，确保压力检测系统受压面位置与标准器工作位置处于同一水平面，示值测量前做 2 次升压试验，测量过程中升压或降压应平稳，避免有冲击和过压现象，待压力值稳定后读数。进行 5 次升压、降压循环，每次循环前均需在通大气的条件下进行调零，按测量点 100kPa、200kPa、300kPa、400kPa 进行升压、降压试验，记录 5 次测量结果，并分别计算升压过程的平均值和降压过程的平均值，作为测量结果。

2 测量模型

$$\Delta p = \bar{p} - p_s \quad (A12)$$

式中：

Δp —鲁尔圆锥接头性能测试仪压力测量系统示值误差，kPa；

\bar{p} —压力测量系统测量结果，kPa；

p_s —标准器示值，kPa。

3 测量不确定度来源

3.1 压力测量系统的示值 \bar{p} 引入的标准不确定度 $u(\bar{p})$

(1) 压力测量系统的重复性引入的不确定度 $u(p_1)$

在名义值 300kPa 升压进行 5 次测量，测量结果见表 A3：

次数	1	2	3	4	5
----	---	---	---	---	---

升压	300.1	299.9	299.9	299.9	300.0
降压	300.1	300.0	300.0	300.1	300.1

表 A3 压力测量系统升压及降压检测结果

采用贝塞尔公式计算单次测量标准偏差为：

$$s(\rho) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})^2} \quad (\text{A13})$$

测量结果重复性（平均值的标准偏差）引入的不确定度为：

$$u(\bar{\rho}_1) = s(\bar{\rho}) = \frac{s(\rho)}{\sqrt{n}} \quad (\text{A14})$$

在 300kPa 测量点， $u(\bar{\rho}_1) = 0.027\text{kPa}$

(2) 压力测量系统的示值分辨力引入的不确定度 $u(\bar{\rho}_2)$

压力测量系统的示值分辨力为 0.1kPa，按均匀分布计算，取 $k = \sqrt{3}$ ，其引入的不确定度为：

$$u(\rho_2) = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.028\text{kPa}$$

(3) 压力测量系统标准不确定度 $u(\bar{\rho})$ 的确定

在名义值 300kPa 正行程， $u(\bar{\rho}_1) < u(\bar{\rho}_2)$ ，所以 $u(\bar{\rho}) = u(\bar{\rho}_2)$ ；

对公式求偏导，得 $u(\bar{\rho})$ 的灵敏度系数： $c(\bar{\rho}) = 1$

3.2 标准器的压力值 ρ_s 引入的标准不确定度 $u(\rho_s)$

标准器为 0.02 级活塞式压力计，其测量范围为 (0.1 ~ 6) kPa；在 300kPa 的最大允

许误差为： $\Delta = \pm 0.02\% \times 300\text{kPa} = \pm 0.06\text{kPa}$ ，则 $a=0.06\text{kPa}$ ，按均匀分布计算 $k=\sqrt{3}$ ，其引入的不确定度为：

$$u(p_s) = \frac{a}{k} = 0.034\text{kPa}$$

对公式求偏导，得 $u(p_s)$ 的灵敏度系数： $c(p_s) = -1$

4 合成标准不确定度评定

因输入量 \bar{p} 和 p_s 彼此独立，互不相关根据不确定度传播定律其合成标准不确定度为：

$$u(\delta) = \sqrt{|c(\bar{p}) \cdot u(\bar{p})|^2 + |c(p_s) \cdot u(p_s)|^2} \quad (\text{A15})$$

5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，其扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c(\Delta p) \quad (\text{A16})$$

在 300kPa 测量点， $U=0.1\text{kPa}$ ， $k=2$

附录 B

校准证书内页格式及校准原始记录

校准结果

正向力值					反向力值			
	校准点 ()	实测示值 ()	示值相 对误差 ()	扩展不 确定度 $U(k=2)$ ()	校准点 ()	实测示 值()	示值相 对误差 (%)	扩展不 确定度 $U(k=2)$ ()
量程								
顺时针扭矩					逆时针扭矩			
	校准点 ()	实测示值 ()	示值相 对误差 (%)	扩展不 确定度 $U(k=2)$ ()	校准点 ()	实测示 值()	示值相 对误差 (%)	扩展不 确定度 $U(k=2)$ ()
量程								
压力								
	标准器 示值()	实测正行 程示值()	实测反 行程示 值()	示值误 差(%)	回程误差(%)		扩展不确定度 $U(k=2)$	
量程								
恒定加力速度					扭转速度			
范围	校准点 ()	标准显示 值()	示值相 对误差 (%)	扩展不 确定度 U ($k=2$)	校准点 ()	标准显 示值()	示值相 对误差 (%)	扩展不 确定度 U ($k=2$)

计时误差:								

校准原始记录(供参考)

委托单位_____单位地址_____

联系人_____联系电话_____

仪器型号_____制造厂_____

出厂编号_____设备编号_____

环境温度_____环境湿度_____

技术依据_____校准日期_____

校准项目		力值校准					校准结果		
传感器量程	校准方向	校准点 ()	示值()			平均值 ()	示值相对误差 (%)	示值重复性 相对误差 (%)	不确定 度 $U(k=2)$
			①	②	③				
	正向								
	反向								
校准项目		扭矩校准					校准结果		
传感器量程	校准方向	校准点 ()	示值(Nm)			平均值 ()	示值相对误差 (%)	示值重复性 相对误差 (%)	不确定 度 $U(k=2)$
			①	②	③				
	顺时针								

	逆时针									
校准项目	压力校准					校准结果				
量程	标准器示值()	实测正行程示值()	实测反行程示值()	示值误差(%FS)	回程误差(%FS)	不确定度 $U(k=2)$				
校准项目	恒定加力速度校准					校准结果				
校准范围	校准点()	标准显示值()			平均值()	示值相对误差(%)	示值重复性相对误差(%)	不确定度 $U(k=2)$		
		①	②	③						
校准项目	扭转速度校准					校准结果				
校准范围	校准点()	标准显示值()			平均值()	示值相对误差(%)	示值重复性相对误差(%)	不确定度 $U(k=2)$		
		①	②	③						
计时分度值:	计时误差:									
备注:	其它:									

校准员_____ 校验员_____
