



中华人民共和国工业和信息化部
石油和化工计量技术规范

JJF（石化）0XX-20XX

管状输送带试验机校准规范

Calibration Specification for PipeConveyor Belt Testing Machines

(报批稿)

20**-**-**发布

20**-**-**实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

管状输送带试验机 校准规范

Calibration Specification for Pipe

Conveyor Belt Testing Machines

JJF（石化）0XX—20XX

归口单位：中国石油和化学工业联合会

主要起草单位：青岛中化新材料实验室

青岛中化新材料实验室检测技术有限公司

参加起草单位：青岛北橡计量检测技术有限公司

青岛奥博森新材料科技有限公司

本规范委托全国石油和化工行业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

吴 康（青岛中化新材料实验室）

张 倩（青岛中化新材料实验室）

吴香迪（青岛中化新材料实验室检测技术有限公司）

纪禄文（青岛中化新材料实验室检测技术有限公司）

参加起草人：

盛晓磊（青岛北橡计量检测技术有限公司）

李宗洋（青岛北橡计量检测技术有限公司）

田新月（青岛奥博森新材料科技有限公司）

目录

引言	(I)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(3)
5 校准条件	(3)
5.1 环境条件	(3)
5.2 测量标准及其他设备	(3)
6 校准项目和校准方法	(4)
6.1 校准项目	(4)
6.2 校准方法	(4)
7 校准结果	(5)
7.1 校准记录	(5)
7.2 校准证书	(5)
7.3 不确定度	(6)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A 管状输送带试验机校准记录格式	(7)
附录 B 管状输送带试验机校准证书内页格式	(8)
附录 C 上托辊移动速度测量结果不确定度评定示例	(9)
附录 D 位移示值误差测量结果不确定度评定示例	(13)
附录 E 力值示值误差测量结果不确定度评定示例	(16)

引言

本规范依据 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》等基础性系列规范进行编制。

本校准规范主要参考 T/CPCIF 0022—2018《管状输送带横向刚性和曲挠疲劳性能试验方法》制定。

本规范为首次发布。

管状输送带试验机校准规范

1 范围

本规范适用于测试管状输送带横向刚性和屈挠疲劳性能的管状输送带试验机的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

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 概述

管状输送带试验机主要用于测定管状输送带横向两端搭接重叠处单位长度上向外反弹的力；以及测定成管后的试样在上托辊施加的一定力值下进行往复屈挠运动时管径比的变化率。管状输送带试验机由机架、托辊（上、下、左上、左下、右上、右下）、管径变化自动跟踪测量装置等主要部分组成（整体示意图见图 1，部分结构示意图见图 2、图 3、图 4）。

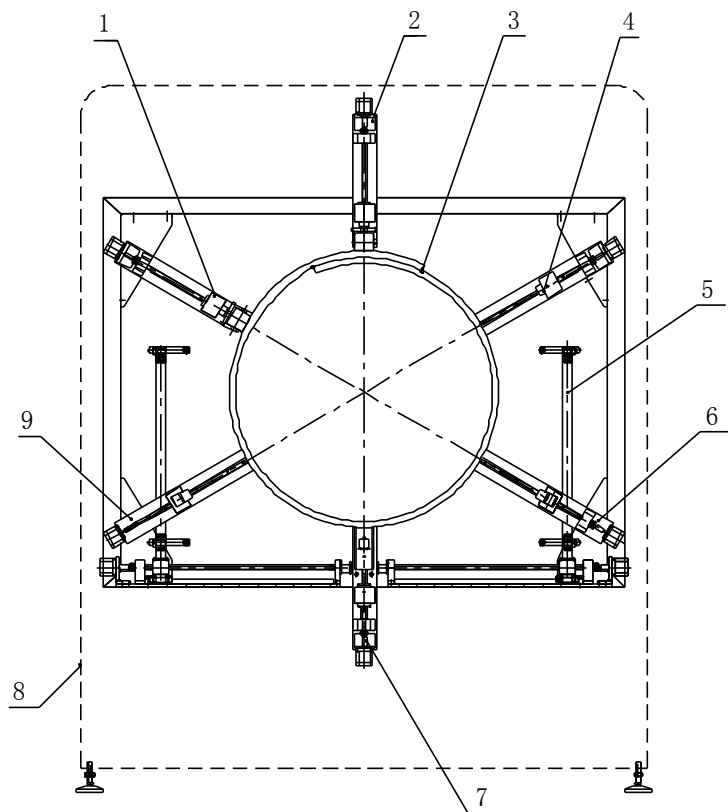


图1 管状输送带试验机示意图

1—左上托辊；2—上托辊(含力传感器)；3—试样；4—右上托辊；5—管径变化自动跟踪测量装置；
6—右下托辊；7—下托辊；8—机架；9—左下托辊

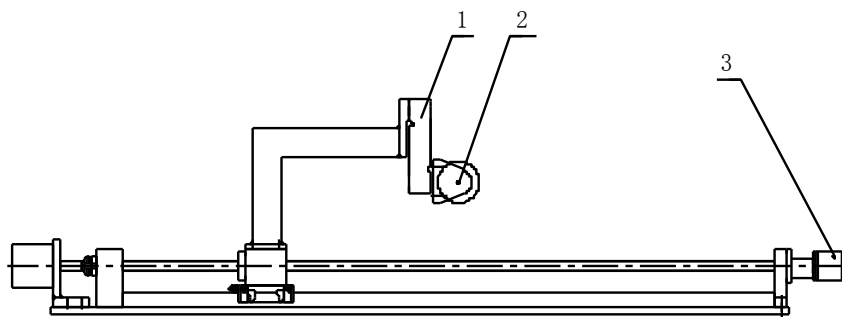


图2 管状输送带试验机上托辊示意图

1—力传感器；2—上托辊；3—位移传感器

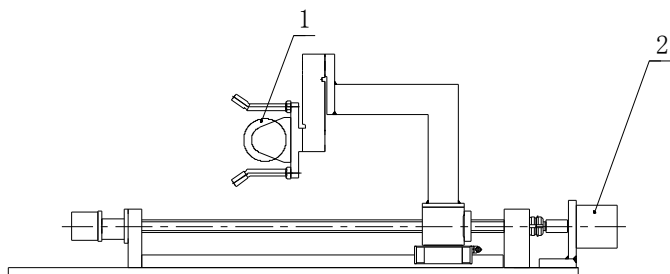


图3 管状输送带试验机其他托辊示意图

1—托辊；2—位移传感器

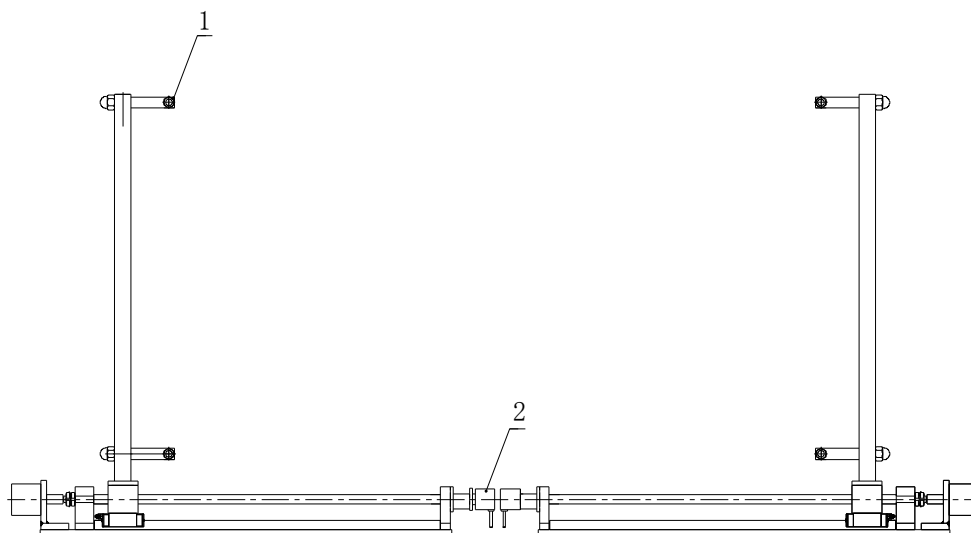


图4 管径变化自动跟踪测量装置示意图

1—跟踪器；2—位移传感器

4 计量特性

具体计量特性见表1。

表1 管状输送带试验机计量特性一览表

序号	项目		技术要求
1	上托辊移动速度/(mm/min)		150±15
2	位移示值误差/mm	0~330	MPE: ±0.5
3	力值示值误差/%	(0~100) N	MPE: ±1
注：以上指标不适用于合格性判别，仅作参考			

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度条件

环境温度：(5~30)℃。

5.1.2 湿度条件

相对湿度：不大于85%。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表2。

表 2 校准项目和测量标准

序号	校准项目	测量标准名称及技术要求
1	上托辊移动速度	钢直尺: (0~500) mm; MPE: $\pm 0.15\text{mm}$ 或游标卡尺: (0~500) mm; MPE: $\pm 0.07\text{mm}$ 秒表: (0~3600) s; MPE: $\pm 0.1\text{s}$
2	位移示值误差	游标卡尺: (0~1000) mm; MPE: $\pm 0.07\text{mm}$
3	力值示值误差	标准测力仪: (1~100) N; 0.3 级
注: 也可使用满足不确定度要求的其他标准器		

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

管状输送带试验机的校准项目见表 2。

6.2 校准方法

6.2.1 校准前检查

校准前检查各托辊及管径变化自动跟踪测量装置是否可正常移动, 各托辊表面是否光滑。

6.2.2 上托辊移动速度

在设备上设定上托辊移动速度为 150mm/min, 在上托辊初始位置处做相应标记, 然后, 用秒表计时, 使上托辊正常移动, 记录实际移动时间 t , 并用游标卡尺测量托辊移动的实际位移 L , 按式 (1) 计算位移速度, 重复测量 3 次, 结果取 3 次测量的算术平均值, 保留到 1mm/min。可在位移示值误差校准时一同校准。

$$v = 60 \times \frac{L}{t} \quad (1)$$

v —— 上托辊移动速度, mm/min;

L —— 实际位移, mm;

t —— 实际移动时间, s。

6.2.3 位移示值误差

记录某一托辊初始位置, 然后移动一定距离, 记录设备显示位移 l , 用游标卡尺测量实际位移 l_1 , 按式 (2) 计算位移示值误差 Δl , 重复测量 3 次, 结果取 3 次测量的算术平均值, 保留到 0.1mm, 然后依次校准其他托辊及管径变化自动

跟踪测量装置。校准点在量程范围内大致均匀选取 4 点,也可根据用户需求选取校准点,但应包含 10mm 点。当以每对托辊进行校准时,需要记录每对托辊之间的显示位移,并用游标卡尺测量实际每对托辊间的距离,按式(2)计算。

$$\Delta l = l - l_1 \quad (2)$$

式中:

Δl —— 位移示值误差, mm;

l —— 设备显示位移, mm;

l_1 —— 实际位移, mm。

6.2.4 力值示值误差

将标准测力仪及设备通电预热 30 分钟左右,然后将标准测力仪放在上托辊的正下方,可加工适当支架支撑标准测力仪,将上托辊向下移动,应保证上托辊力传感器与标准测力仪受力中心线在同一轴线上,当上托辊与标准测力仪接触后,将设备力值与标准测力仪同时清零,缓慢向下移动上托辊,达到校准点时记录设备显示力值 F 和标准测力仪显示力值 F_1 ,按式(3)计算力值示值误差 ΔF ,重复测量 3 次,结果取 3 次测量的算术平均值,保留到 0.1%。

$$\Delta F = \frac{F - F_1}{F_1} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

ΔF —— 力值示值误差, %;

F —— 设备显示力值, N;

F_1 —— 标准测力仪显示力值, N。

7 校准结果

7.1 校准记录

校准记录应详尽记录测量数据和计算结果。推荐的校准记录格式见附录 A。

7.2 校准证书

经校准的管状输送带试验机应出具校准证书。校准结果应在校准证书上反映。校准证书包括的信息应符合 JJF 1071—2010 中 5.12 的要求,推荐的校准证书内页格式见附录 B。

7.3 不确定度

校准证书应给出各校准项目测量结果的扩展不确定度，评定示例见附录 C、附录 D、附录 E。

8 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、仪器本身质量等诸多因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间间隔。建议一般不超过 1 年。

附录 A

管状输送带试验机校准记录格式

共 页 第 页

基本信息										
委托单位				原始记录号				校准证书号		
仪器名称				规格型号				设备编号		
制造厂商				环境温度	℃			相对湿度	%	
校准前检查:										
校准结果										
工位	力值 校准点	设备显示力值/N			标准测力仪显示力值/N			力值示值误差 平均值/%	扩展不 确定度	
		1	2	3	1	2	3			
1#										
2#										
3#										
4#										
5#										
6#										
工位	位移 校准点	设备显示位移/mm			实际位移/mm			位移示值误差 平均值/%	扩展不 确定度	
		1	2	3	1	2	3			
1#										
2#										
3#										
4#										
5#										
6#										
7#										
上托辊移动速度 校准		实际位移/mm			实际移动时间/s			移动速度/mm/min		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
		平均值/mm/min					扩展不确定度			
标准器										
名称	编号	证书号	测量范围	有效期	不确定度或准确度等级 或最大允许误差					
技术依据										
校准地点					校准日期年月日					
备注										

校准员:

核验员:

附录 B

管状输送带试验机校准证书内页格式

证书编号						
校准机构授权说明						
校准的技术依据 JJF (石化) 0**-20**管状输送带试验机校准规范						
校准环境条件及地点						
地点						
环境温度	℃	相对湿度	%	其他		
校准使用的计量 (基) 标准装置						
名称编号	测量范围	不确定度/准确 度等级/最大允 许误差	计量 (基) 标准 证书编号	有效期至		
校准前检查:						
校准结果						
校准项目		技术要求		实测值	扩展不确定度	备注
上托辊移动速度 /mm/min		150±15				
位移示 值误差 /mm	1#		±0.5			
	2#		±0.5			
	3#		±0.5			
	4#		±0.5			
	5#		±0.5			
	6#		±0.5			
	7#		±0.5			
力值示 值误差 /N	1#		±1%			
	2#		±1%			
	3#		±1%			
	4#		±1%			
	5#		±1%			
	6#		±1%			

附录 C

上托辊移动速度测量结果不确定度的评定示例

C.1 校准方法

校准方法如本规范 6.2.2。

C.2 建立测量模型

上托辊移动速度测量模型如式 (C.1)：

$$v = 60 \times \frac{L}{t} \quad (\text{C.1})$$

v —— 上托辊移动速度, mm/min;

L —— 实际位移, mm;

t —— 实际移动时间, s。

方差和灵敏系数

由式 (C.1) 得方差传播公式:

$$u^2(v) = c_1^2 u^2(L) + c_2^2 u^2(t) \quad (\text{C.2})$$

式中:

$u(v)$ —— 上托辊移动速度的测量不确定度;

$u(L)$ —— 游标卡尺引入的不确定度分量;

$u(t)$ —— 秒表引入的不确定度分量。

$$c_1 = \frac{\partial v}{\partial L} = \frac{60}{t}; \quad c_2 = \frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{60L}{t^2}$$

令 $u_c = u(v)$; $u_1 = u(L)$; $u_2 = u(t)$, 则式 (C.2) 化为:

$$u_c^2 = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 \quad (\text{C.3})$$

式中:

u_c —— 上托辊移动速度的测量不确定度;

u_1 —— 游标卡尺引入的不确定度分量;

u_2 —— 秒表引入的不确定度分量;

C.3 测量结果不确定度的评定

C.3.1 不确定度来源

位移速度示值误差测量结果不确定度来源主要有:游标卡尺引入的不确定度分量 u_1 , 秒表引入的不确定度分量 u_2 。

C.3.2 游标卡尺引入的不确定度分量 u_1 C.3.2.1 测量重复性引入的不确定度分量 u_{11}

按照本规范 6.2.2 步骤进行操作,在约 200mm 位移时同时记录实际移动时间,进行上托辊移动速度校准,记录测量结果如表 C.1。

表 C.1 测量结果

第 <i>i</i> 次测量	1	2	3	4	5
实际位移/mm	200.32	201.26	200.82	201.24	200.14
实际移动时间/s	80.29	79.86	80.36	80.03	80.66
第 <i>i</i> 次测量	6	7	8	9	10
实际位移/mm	201.20	200.10	201.06	200.08	200.28
实际移动时间/s	79.77	79.91	80.33	80.08	79.94

计算示值误差的算术平均值:

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i = 200.65 \text{ mm} \quad (\text{C.4})$$

采用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差 $s(L_i)$

$$s(L_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n-1}} = 0.51 \text{ mm} \quad (\text{C.5})$$

式中: L_i ——第*i*次测量结果, mm;

\bar{L} ——10次测量结果的平均值, mm;

n ——测量次数。

实际测量以3次测量值的平均值作为测量结果,故标准不确定度

$$u_{11} = \frac{s(L_i)}{\sqrt{3}} = 0.30 \text{ mm} \quad (\text{C.6})$$

C.3.2.2 游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量 u_{12}

游标卡尺给出的最大允许误差为 $\pm 0.03\text{mm}$, 区间半宽 $a=0.03\text{mm}$, 估计为均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 故:

$$u_{12} = \frac{a}{k} = \frac{0.03}{\sqrt{3}} \text{mm} = 0.02\text{mm} \quad (\text{C.7})$$

$$u_1 = \sqrt{u_{11}^2 + u_{12}^2} = \sqrt{0.30^2 + 0.02^2} = 0.30\text{mm} \quad (\text{C.8})$$

C.3.3 秒表引入的不确定度分量 u_2 C.3.3.1 秒表最大允许误差引入的不确定度分量 u_{21}

秒表在 80s 的最大允许误差可忽略不计, 人为操作引入的误差约为 $\pm 0.1\text{s}$, 区间半宽 $a=0.1\text{s}$, 估计为均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 故:

$$u_3 = \frac{a}{k} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} \text{s} = 0.06\text{s} \quad (\text{C.9})$$

C.3.3.2 由秒表重复性测量引入的不确定度分量 u_{22}

计算实际时间的算术平均值:

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t = 80.12\text{s} \quad (\text{C.10})$$

采用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差 $s(t_i)$

$$s(t_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} = 0.69\text{s} \quad (\text{C.11})$$

式中: t_i ——第 i 次测量结果, mm;

\bar{t} ——10 次测量结果的平均值, mm;

n ——测量次数。

实际测量以 3 次测量的平均值作为测量结果, 故标准不确定度

$$u_{22} = \frac{s(t_i)}{\sqrt{3}} = 0.40\text{s} \quad (\text{C.12})$$

$$u_2 = \sqrt{u_{21}^2 + u_{22}^2} = \sqrt{0.06^2 + 0.40^2} \text{ s} = 0.41 \text{ s} \quad (\text{C. 13})$$

C.3.4 标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量汇总见表 C. 2。

表 C. 2 标准不确定度分量表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	灵敏系数
u_1	游标卡尺引入的不确定度	0.30mm	0.75/min
u_2	秒表引入的不确定度	0.41s	-1.88mm/min · s

C.3.5 合成标准不确定度

各输入量之间相互独立，互不相关，因此：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2} = \sqrt{(0.30\text{mm})^2 \times (0.75/\text{min})^2 + (0.41\text{s})^2 \times (-1.88\text{mm}/\text{min} \cdot \text{s})^2}$$

$$= 0.8\text{mm}/\text{min} \quad (\text{C. 14})$$

C.3.6 扩展不确定度

$$U = k u_c = 2 \times 0.8\text{mm}/\text{min} = 1.6\text{mm}/\text{min} \approx 2\text{mm}/\text{min} \quad (k = 2) \quad (\text{C. 15})$$

附录 D

位移示值误差测量结果不确定度的评定示例

D. 1. 校准方法

校准方法如本规范 6. 2. 3。

D. 2 建立测量模型

位移示值误差测量模型如式 (D. 1) :

$$\Delta l = l - l_1 \quad (\text{D. 1})$$

式中: Δl —— 位移示值误差, mm;

l —— 设备显示位移, mm;

l_1 —— 实际位移, mm。

D. 2. 2 方差和灵敏系数

由 (D. 1) 式得方差传播公式:

$$u^2(\Delta l) = c_1^2 u^2(l) + c_2^2 u^2(l_1) \quad (\text{D. 2})$$

式中: $u(\Delta l)$ —— 位移示值误差的测量不确定度;

$u(l)$ —— 被检设备引入的不确定度分量;

$u(l_1)$ —— 游标卡尺引入的不确定度分量。

$$c_1 = \frac{\partial \Delta l}{\partial l} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial \Delta l}{\partial l_1} = -1$$

所以 (D. 2) 式简化为

$$u^2(\Delta l) = u^2(l) + u^2(l_1) \quad (\text{D. 3})$$

令 $u_c = u(\Delta l)$; $u_1 = u(l)$; $u_2 = u(l_1)$

$$\text{则 (D. 3) 式化为 } u_c^2 = u_1^2 + u_2^2 \quad (\text{D. 4})$$

式中: u_c —— 位移示值误差的测量不确定度;

u_1 —— 被检设备引入的不确定度分量;

u_2 —— 游标卡尺引入的不确定度分量。

D.3 测量结果不确定度的评定

D.3.1 不确定度来源

位移示值误差测量结果不确定度来源主要有:被检设备引入的不确定度分量 u_1 , 和游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量 u_2 。

D.3.2 被检设备引入的不确定度分量 u_1 D.3.2.1 测量重复性引入的不确定度分量 u_{11}

将上托辊移动 100mm, 用游标卡尺测量实际位移, 分别记录设备及游标卡尺显示结果, 作 10 次重复测量, 显示结果见表 D.1。

表 D.1 测量结果

第 i 次测量	1	2	3	4	5
设备显示位移/mm	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
实际位移/mm	100.32	100.26	100.32	100.24	100.14
示值误差 ΔL_i /mm	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
第 i 次测量	6	7	8	9	10
设备显示位移/mm	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
实际位移/mm	100.20	100.10	100.06	100.08	100.28
示值误差 ΔL_i /mm	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3

计算示值误差的算术平均值:

$$\overline{\Delta L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta L_i = -0.20 \text{mm} \quad (\text{D.5})$$

采用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差 $s(\Delta L_i)$

$$s(\Delta L_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta L_i - \overline{\Delta L})^2}{n-1}} = 0.09 \text{mm} \quad (\text{D.6})$$

式中: ΔL_i —— 第 i 次测量结果, mm;

$\overline{\Delta L}$ —— 10 次测量结果的平均值, mm;

n ——测量次数。

实际测量以 3 次测量值的平均值作为测量结果, 故标准不确定度

$$u_{11} = \frac{s(\Delta l_i)}{\sqrt{3}} = 0.05 \text{ mm} \quad (\text{D. 7})$$

D. 3. 2. 2 被检设备分辨力引入的不确定度分量 u_{12}

被检设备的分辨力为 0.1mm, 区间半宽 $a=0.05\text{mm}$, 估计为均匀分布, $k=\sqrt{3}$ 。

$$\text{故: } u_{12} = \frac{a}{k} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} \text{ mm} = 0.029 \text{ mm} \quad (\text{D. 8})$$

因重复性和分辨力引入的不确定度分量中取较大值, 故:

$$u_1 = u_{12} = 0.05 \text{ mm} \quad (\text{D. 9})$$

D. 3. 3 游标卡尺最大允许误差引入的不确定度分量 u_2

游标卡尺给出的最大允许误差为 $\pm 0.03\text{mm}$, 区间半宽 $a=0.03\text{mm}$, 估计为均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 故:

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.03}{\sqrt{3}} \text{ mm} = 0.02 \text{ mm} \quad (\text{D. 10})$$

D. 3. 4 标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量汇总见表 D. 2。

表 D. 2 标准不确定度分量表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值/mm
u_1	被检设备引入的不确定度	0.05
u_2	游标卡尺引入的不确定度	0.02

D. 4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.05^2 + 0.02^2} \text{ mm} = 0.054 \text{ mm} \approx 0.06 \text{ mm} \quad (\text{D. 11})$$

D. 5 扩展不确定度

$$U = k u_c = 2 \times 0.06 \text{ mm} = 0.12 \text{ mm} \quad (k = 2) \quad (\text{D. 12})$$

附录 E

力值示值误差测量结果不确定度评定示例

E.1 校准方法

校准方法如本规范 6.2.4。

E.2 建立测量模型

力值示值误差的模型如下：

$$\Delta F = \frac{F - F_1}{F_1} \times 100\% \quad (\text{E.1})$$

式中：

ΔF —— 力值示值误差, %;

F —— 设备显示力值, N;

F_1 —— 标准测力仪显示力值, N。

方差和灵敏系数

由式 (E.1) 得方差传播公式：

$$u^2(\Delta F) = c_1^2 u^2(F) + c_2^2 u^2(F_1) \quad (\text{E.2})$$

式中：

$u(\Delta F)$ —— 力值示值误差的测量不确定度；

$u(F)$ —— 被检设备测力系统引入的不确定度；

$u(F_1)$ —— 标准测力仪引入的不确定度。

$$c_1 = \frac{\partial \Delta F}{\partial F} = \frac{1}{F_1}; \quad c_2 = \frac{\partial \Delta F}{\partial F_1} = -\frac{F}{F_1^2}$$

令 $u_c = u(\Delta F)$; $u_1 = u(F)$; $u_2 = u(F_1)$; 则式 (E.2) 化为：

$$u_c^2 = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 \quad (\text{E.3})$$

式中：

u_c —— 力值示值误差的测量不确定度；

u_1 ——被检测设备测力系统引入的不确定度；

u_2 ——标准测力仪引入的不确定度。

E.3 力值示值误差测量结果不确定度的评定

E.3.1 不确定度来源

力值示值误差测量结果不确定度来源主要有：被检测设备测力系统测量重复性及分辨力引入的不确定度分量和标准测力仪最大允许误差引入的不确定度分量。

E.3.2 被检测设备测力系统测量重复性及分辨力引入的不确定度分量 u_1

E.3.2.1 测量重复性引入的不确定度分量 u_{11}

对管状输送带试验机 30N 点作 10 次重复测量，记录设备及标准测力仪显示值，结果见表 E.1。

表 E.1 力值测量结果

第 i 次测量	1	2	3	4	5
设备示值/N	29.984	30.037	30.072	29.976	30.042
标准测力仪示值/N	30.009	30.052	30.044	30.008	30.031
力值示值误差/N	-0.083	-0.050	0.093	-0.107	0.037
第 i 次测量	6	7	8	9	10
设备示值/N	30.046	29.978	30.102	30.074	30.059
标准测力仪示值/N	30.027	30.006	30.051	30.035	30.028
力值示值误差/N	0.063	-0.093	0.170	0.130	0.103

其算术平均值：

$$\overline{\Delta F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta F_i = 0.008\text{N} \quad (\text{E.4})$$

采用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差 $s(\Delta F_i)$ ：

$$s(\Delta F_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta F_i - \overline{\Delta F})^2}{n-1}} = 0.031\text{N} \quad (\text{E.5})$$

式中：

ΔF_i —— 第 i 次测量结果，N；

$\overline{\Delta F}$ —— 10 次测量结果的平均值, N;

n —— 测量次数。

实际测量以 3 次测量值的算术平均值作为测量结果, 故标准不确定度:

$$u_{11} = \frac{s(\Delta F_i)}{\sqrt{3}} = 0.018N \quad (E.6)$$

E.3.2.2 显示分辨力引入的不确定度分量 u_{12}

被检设备显示分辨力为 0.001N, 区间半宽 $a=0.0005N$, 估计为均匀分布,

$$k = \sqrt{3}, \text{ 故: } u_{12} = \frac{0.0005}{\sqrt{3}} N = 0.0003N \quad (E.7)$$

因重复性与分辨力引入不确定度分量中取较大值, 故:

$$u_1 = u_{11} = 0.018N \quad (E.8)$$

E.3.3 标准测力仪最大允许误差引入的不确定度分量 u_2

标准测力仪的准确度等级为 0.3 级, 区间半宽 $a=0.3\%$, 估计为均匀分布,

$k = \sqrt{3}$, 故:

$$u_2 = \frac{0.3\% \times 30}{\sqrt{3}} N = 0.052N \quad (E.9)$$

E.3.4 标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量汇总见表 E.2。

表 E.2 标准不确定度分量表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值	灵敏系数
u_1	被检设备测力系统引入的不确定度	0.018N	$0.033N^{-1}$
u_2	标准测力仪最大允许误差引入的不确定度	0.052N	$-0.033N^{-1}$

E.3.5 合成标准不确定度 u_c

各输入量之间相互独立, 互不相关, 因此:

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2} = \sqrt{0.018^2 \times 0.033^2 + 0.052^2 \times 0.033^2} = 0.0018 \quad (E.10)$$

E.3.6 相对扩展不确定度 U_r

力值示值误差测量结果的相对扩展不确定度:

$$U_r = k u_c = 2 \times 0.0018 = 0.0036 \times 100\% = 0.4\% \quad (k = 2) \quad (\text{E. 11})$$
