



中华人民共和国纺织行业计量技术规范

JJF (纺织) 019—2024

缕纱测长机校准规范

Calibration Specification for Yarn Wrap Reel Machines

(报批稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

缕纱测长机校准规范

Calibration Specification for
Yarn Wrap Reel Machines

JJF（纺织）019—2024
代替 JJF（纺织）019—2010

归口单位：中国纺织工业联合会

起草单位：广州纤维产品检测研究院

苏州赛宝校准技术服务有限公司

广州高铁计量检测股份有限公司

南宁海关技术中心

江西省检验检测认证总院纺织品检验检测院

莱州元茂仪器有限公司

本规范委托全国纺织计量技术委员会负责解释

本规范起草人：

谭伟新（广州纤维产品检测研究院）

盖国平（南宁海关技术中心）

谢奥中（广州纤维产品检测研究院）

熊相民（江西省检验检测认证总院纺织品检验检测院）

倪瑞龙（广州纤维产品检测研究院）

庄剑峰（苏州赛宝校准技术服务有限公司）

陈国光（广州高铁计量检测股份有限公司）

李春钢（莱州元茂仪器有限公司）

目 录

引言（Ⅱ）

1 范围.....（1）

2 引用文件.....（1）

3 概述.....（1）

4 计量特性.....（1）

5 校准条件.....（1）

6 校准项目和校准方法.....（2）

6.1 校准前准备（2）

6.2 校准项目（3）

6.3 校准方法（3）

7 校准结果表达.....（5）

8 复校时间间隔.....（5）

附录 A 缕纱测长机校准记录参考格式.....（6）

附录 B 缕纱测长机校准证书内页参考格式.....（7）

附录 C 缕纱测长机测量不确定度评定示例.....（8）

引 言

本规范是以 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》共同构成支撑本规范修订工作的基础性系列规范。

本规范参考了 GB/T 4743—2009《纺织品 卷装纱 绞纱法线密度的测定》和 GB/T 14343—2008《化学纤维 长丝线密度试验方法》等标准的相关技术内容。

本规范是对 JJF (纺织) 019—2010《缕纱测长机校准规范》的修订，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了英文名称；
- 增加了“引言”；
- 删除了范围中“新制造、使用中和修理后”的表述；
- 删除了 JJF 1001—1998、JJF 1059—1999 和 GB/T 4743—2009 等引用文件，增加了 JJF 1071—2010 的引用文件（见第 2 章）；
- 删除了术语章；
- 更改了概述的表述（见第 3 章）；
- 将原 2010 年版计量特性中可通过目测外观检查的项目，调整为校准前准备项目（见 6.1）；
- 将原 2010 年版计量特性测长机放置环境要求调整到环境条件（见 5.1）；
- 计量特性纱框周长更改为“ (1000 ± 2) mm”（见 4.1）；
- 计量特性导纱杆横向往复动程更改为“ (35 ± 2) mm”（见 4.1）；
- 更改了附录缕纱测长机校准记录格式和测量不确定度评定示例，增加了校准证书内页格式（见附录 A、附录 B 和附录 C）。

本规范历次版本发布情况：

JJG (纺织) 027—1990；

JJF (纺织) 019—2006；

JJF (纺织) 019—2010。

缕纱测长机校准规范

1 范围

本规范适用于缕纱测长机（以下简称测长机）的校准。其他工作原理相同、结构类似的检测仪器校准可参照本规范执行。

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，其最新现行有效版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 概述

测长机主要用于测定纺织纱、线的长度，为测定纺织纱、线的线密度（单位长度质量）提供长度数据。测长机主要由六叶叶片纱框、导纱杆、张力装置和纱框圈数控制器等组成。其工作原理为：以一定周长的纱框通过转动，使纱、线以一定张力卷绕到纱框上，测定纱、线的长度。

4 计量特性

4.1 纱框周长：（1000±2）mm。

4.2 张力示值相对最大允许误差：±10 %。

4.3 导纱杆横向往复动程：（35±2）mm。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：（20±10）℃。

5.1.2 环境湿度：≤85 %RH。

5.1.3 其他条件：测长机应水平放置在稳固工作台上，校准环境应清洁，周围无腐蚀性介质，无明显强烈振动，无强烈气流。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 1。

表 1 测量标准及其他设备

序号	名称	测量范围、分度值或分辨力	不确定度或准确度等级 或最大允许误差	数量
1	钢直尺	测量范围：（0~150）mm， 分度值 0.5 mm	$\pm 0.10\text{ mm}$	1
2	钢直尺	测量范围：（0~1000）mm， 分度值：0.5 mm	$\pm 0.20\text{ mm}$	1
3	推拉力计	测量范围：（0~10）N， 分辨力：0.01 N	$\pm 1.0\%$	1
4	砝码	测量范围：5 g	M_1	1
5	秒表	测量范围：0.1 s~1 h， 分度值：0.1 s	$\pm 0.10\text{ s}$	1
6	描图纸	宽度：（20~25）mm，长度： $\geq 1400\text{ mm}$		1
7	张力夹	宽度>描图纸宽度，质量范围：（50~55）g		1
注：校准用测量标准可选用本表所列，也可选用测量范围覆盖被校准量的测量范围，其 测量结果扩展不确定度 $U(k=2)$ 不大于校准量最大允许误差绝对值 1/3 的测量标准。				

6 校准项目和校准方法

6.1 校准前准备

校准前须用目测方法对测长机进行外观检查，确定没有影响计量特性因素后再进行校准。

6.1.1 测长机在适当部位装有铭牌。铭牌上须标明仪器名称、型号、制造厂、出厂编号及出厂日期等。

6.1.2 测长机各零部件应齐全，不应有影响使用的碰伤、缺损、锈蚀或其他缺陷。

6.1.3 纱框叶片与导纱架、张力杆、导纱杆应保持平行；纱线叶片、导纱钩等应无挂纱现象；纱框支架应无松动；纱框夹纱片应完好；活动的叶片用手扳动能使外端向内倾斜并能恢复原位。

6.1.4 纱框转动电器控制应安全可靠，纱框转速在（30~250）r/min 范围内可连续调整，纱框转动应灵活平稳，无异常噪声，转速指示刻度应正常。

6.1.5 纱框停位：设定纱框旋转圈数为 100 圈，纱框转速为 200 r/min。启动仪器，当

纱框运转接近到设定圈数时,最后(1~2)圈应变慢速并自停,配置夹纱片的叶片应停在第二象限中。

6.1.6 纱框转数准确性: 纱框旋转圈数器应清晰, 纱框转速设定为 200 r/min, 在纱框摇取一缕细纱, 数其摇纱实际圈数, 与计数器显示圈数和设定圈数三数应一致。

6.1.7 导纱杆横动由机械传动, 推动导纱杆匀速横向往复移动, 导纱杆移动时应平稳, 不应出现跳动现象, 用秒表检查导纱杆往复时间为(10~14) s。

6.1.8 张力零位

6.1.8.1 机械式张力指示器: 游砣在零位时, 指针应对准面板上指示刻度线, 不应离线。

6.1.8.2 数字式张力指示器: 当预加张力为零时, 张力零位漂移不超过一个字。

6.1.9 张力灵敏性

6.1.9.1 机械式张力指示器: 在张力指示器游砣中部放置 5 g 砝码, 指针针尖应有位移。

6.1.9.2 数字式张力指示器: 在张力传感器上放置 5 g 砝码, 张力指示器示值应有变化。

6.2 校准项目

测长机校准项目对应本规范计量特性条款和校准方法条款见表 2。

表 2 测长机校准项目

序号	校准项目	计量特性条款	校准方法条款
1	纱框周长	4.1	6.3.1
2	张力示值相对误差	4.2	6.3.2
3	导纱杆横向往复动程	4.3	6.3.3

6.3 校准方法

6.3.1 纱框周长

6.3.1.1 描图纸两条平行刻度间距测量

将(0~1000) mm 钢直尺垂直固定在一立柱或墙壁上。将描图纸上端用钢夹(钢夹宽度>描图纸宽度)夹紧, 描图纸下端用张力夹夹持, 使描图纸垂直悬挂并紧贴于立柱或墙壁上的钢直尺, 稳定 20 min 以上。在描图纸上划两条间距为纱框周长标称值的平行刻度线, 线条宽度不超过 0.3 mm。用(0~1000) mm 钢直尺测量描图纸在张力为(50~55) cN 时两条平行刻度线间距 L_{01} 。

6.3.1.2 纱框周长测量

取下标有两条平行刻度线的描图纸上端(含有上刻度线)紧贴在纱框叶中间位置上,描图纸下端仍夹持张力夹。手动转动纱框一周,用(0~150) mm 钢直尺测量描图纸上两条平行刻度线间距,如两条平行刻度线重合,则两条平行刻度线间距为“0”,如不重合,若下刻度线未到上刻度线,则两条平行刻度线间距为“+”值,若下刻度线超过上刻度线,两条平行刻度线间距为“-”值,重复测量 2 次,按公式(1)计算纱框周长。

$$L = L_{01} + \overline{L_{02}} \quad (1)$$

式中:

L —— 纱框周长, mm;

L_{01} —— (0~1000) mm 钢直尺测量描图纸两平行刻度线间距实测值, mm;

$\overline{L_{02}}$ —— (0~150) mm 钢直尺测量描图纸两平行刻度线间距 2 次实测值平均值, mm。

采用上述校准方法测量纱框前、后(叶片两端夹纱片的位置)纱框周长。

6.3.2 张力示值相对误差

将张力装置游砣移到张力示值 20 cN 处,用一条引线一端钩在张力装置张力检测杆中部,引线另一端与推拉力计挂钩连接。慢慢向上移动推拉力计,使张力指示器指针对准面板上指示刻度线,待推拉力计显示读数稳定后,记录推拉力计读数。重复测量 2 次,按公式(2)计算张力示值相对误差。

$$\delta_F = \frac{nF_s - \overline{F_0}}{\overline{F_0}} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

δ_F —— 张力示值相对误差, %;

F_s —— 张力游砣处于张力标尺示值, cN;

$\overline{F_0}$ —— 张力校准点推拉力计 2 次实测值算术平均值, cN;

n —— 测长机纱框工位数。

采用上述校准方法,分别测量张力示值 50 cN 和 100 cN 的张力示值相对误差。

6.3.3 导纱杆横向往复动程

纱框旋转圈数预置为 100 圈, 启动仪器, 在导纱杆横向往复移动两个极限位置标注两条平行线, 用 (0~150) mm 钢直尺测量两条平行线距离, 重复测量 2 次, 其测量结果算术平均值为导纱杆横向往复动程。

7 校准结果表达

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

经校准的测长机应出具校准证书, 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校准结果的测量不确定度, 测量不确定度评定示例见附录 C。

8 复校时间间隔

在定期进行期间核查的条件下, 建议复校时间间隔一般不超过 1 年。

注: 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时间间隔。

附录 A

缕纱测长机校准记录参考格式

委托方：设备编号：原始记录号：

型号规格：产品编号：出厂日期：校准证书编号：

制造厂：环境温度：℃环境湿度：%RH

校准日期：年 月 日校准地点：

校准员：核验员：

校准依据：JJF（纺织）019—2024 缕纱测长机校准规范

使用主要计量标准器具

标准器名称	型号	编号	证书号	有效期	技术特征	状态

一、校准前准备：☐工作正常 ☐工作不正常，不正常情况：

二、计量特性校准：

序号	校准项目	技术要求		实测结果				$U(k=2)$
1	纱框周长	$(1000\pm2)\text{ mm}$			前（mm）	中（mm）	后（mm）	
				描图纸上两条平行刻度线 L_{01} ：				
				L_{021}				
				L_{022}				
				L				
2	张力示值 相对误差	纱框 工位数 $n =$ $\pm 10\%$	F_s （cN）	F_{01} （cN）	F_{02} （cN）	\overline{F}_0 （cN）	δ_F （%）	
			20					
			50					
			100					
3	导纱杆横向 往复动程	$(35\pm2)\text{ mm}$		1	2	平均		

附录 B

缕纱测长机校准证书内页参考格式

校 准 结 果

校准项目	技术要求	校准结果	测量结果扩展不确定度 $U(k=2)$
纱框周长	$(1000\pm 2)\text{ mm}$	前： 中： 后：	
张力示值相对误差	$\pm 10\text{ %}$	纱框工位数 n ： 20 cN： 50 cN： 100 cN：	
导纱杆横向往复动程	$(35\pm 2)\text{ mm}$		

以下空白

附录 C

缕纱测长机测量不确定度评定示例

C.1 纱框周长测量不确定度的评定

C.1.1 概述

用测量范围为 (0~150) mm, 分度值为 0.5 mm, 最大允许误差 ± 0.10 mm 钢直尺和测量范围为 (0~1000) mm, 分度值为 0.5 mm, 最大允许误差 ± 0.20 mm 钢直尺间接测量 (1000 ± 2) mm 纱框周长。校准试验操作:

先用测量范围 (0~1000) mm, 分度值 0.5 mm 钢直尺测量一条宽 (20~25) mm, 长 1400 mm, 张力 (50~55) g 的描图纸上两条平行刻度线实际间隔 L_{01} , 用该标有 2 条平行刻度线的描图纸卷绕在测长机纱框上, 用测量范围 (0~150) mm, 分度值 0.5 mm 钢直尺测量 2 条平行刻度线间距, 如两条平行刻度线重合, 则两条平行刻度线间距为 “0”, 如不重合, 若下刻度线未到上刻度线, 则两条平行刻度线间距为 “+” 值, 若下刻度线超过上刻度线, 两条平行刻度线间距为 “-” 值, 重复测量 2 次, 按公式 (C.1) 计算纱框周长。

C.1.2 测量模型

$$L = L_{01} + \overline{L_{02}} \quad (\text{C.1})$$

式中:

L —— 纱框周长, mm;

L_{01} —— (0~1000) mm 钢直尺测量描图纸两平行刻度线间距实测值, mm;

$\overline{L_{02}}$ —— (0~150) mm 钢直尺测量描图纸两平行刻度线间距 2 次实测值平均值, mm。

由于钢直尺、描图纸与测长机彼此独立, 互不相关, 纱框周长合成标准不确定度 $u_c(L)$ 可由式 (C.2) 计算:

$$u_c^2(L) = c^2(L_{01})u^2(L_{01}) + c^2(\overline{L_{02}})u^2(\overline{L_{02}}) \quad (\text{C.2})$$

灵敏系数: $c(L_{01}) = 1$, $c(\overline{L_{02}}) = 1$

$$u_c^2(L) = u^2(L_{01}) + u^2(\overline{L_{02}}) \tag{C.3}$$

C.1.3 输入量 L_{01} 和 L_{02} 标准不确定度来源分析和评定

纱框周长合成标准不确定度来源主要是测量重复性引起的标准不确定度分项 $u_1(L_0)$ 或钢直尺分度值引起的标准不确定度 $u_2(L_0)$ 、钢直尺最大允许误差引起的标准不确定度分项 $u_3(L_0)$ 。

C.1.3.1 测量重复性引起的标准不确定度分项 $u_1(L_0)$ 的评定

测量重复性引起的标准不确定度分项 $u_1(L_0)$ ，可采用连续重复多次测量直接求出标准不确定度，采用 A 类方法进行评定。

在重复性条件下用（0~1000）mm 钢直尺测量描图纸两条平行刻度线间距 L_{01} ，将描图纸紧贴在纱框叶中间位置上，用（0~150）mm 钢直尺测量描图纸在纱框上两条平行刻度线间距，重复测量 2 次，得测量结果 L_{02} ，（0~150）mm 钢直尺 2 次测量结果平均值与（0~1000）mm 钢直尺测量结果之和为纱框周长 L 。连续 10 次测量，得表 C.1 测量数据。

表 C.1 重复性测量

单位：mm										
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_{01}	1000.0	1000.0	999.5	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	999.5	1000.0
L_{02}	1.0	1.0	1.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0
	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0
L	1001.00	1001.00	1001.00	1001.00	1000.75	1001.00	1001.00	1001.00	1001.00	1001.00

纱框周长平均值
$$L = \frac{\sum_{i=1}^{10} L_i}{10} = 1000.98 \text{ mm} \approx 1001.0 \text{ mm}。 \tag{C.4}$$

纱框周长标准差
$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (L_i - \overline{L})^2}{10 - 1}} = 0.0791 \text{ mm} \tag{C.5}$$

实际测量情况：描图纸两条平行刻度线间距测量 1 次，描图纸在纱框上两条平行刻度线间距连续测量 2 次，则可得到：

纱框周长测量重复性引起的标准不确定度 $u_1(L_0)=0.0791 \text{ mm}$ 。

C. 1. 3. 2 钢直尺分度值引起的标准不确定度 $u_2(L_0)$ 的评定

$u_2(L_0)$ 包括 (0~1000) mm 钢直尺和 (0~150) mm 钢直尺分度值引起的标准不确定度分别为 $u_2(L_{01})$ 和 $u_2(\overline{L_{02}})$ 。

(0~1000) mm 钢直尺分度值为 0.5 mm，其量化误差以等概率分布在半宽为 $a_1=0.25 \text{ mm}$ 的区间内，属均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，故引入的不确定度为：

$$u_2(L_{01}) = \frac{a_1}{k} = \frac{0.25}{\sqrt{3}} = 0.1443 \text{ mm} \quad (\text{C. 6})$$

(0~150) mm 钢直尺分度值为 0.5 mm，其量化误差以等概率分布在半宽为 $a_2=0.25 \text{ mm}$ 的区间内，属均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，故引入的不确定度为：

$$u_2(\overline{L_{02}}) = \frac{a_2}{k} = \frac{0.25}{\sqrt{3}} = 0.1443 \text{ mm} \quad (\text{C. 7})$$

钢直尺分度值引起的标准不确定度 $u_2(L_0)$ ：

$$u_2(L_0) = \sqrt{u_2^2(L_{01}) + u_2^2(\overline{L_{02}})} = \sqrt{0.1443^2 + 0.1443^2} = 0.2041 \text{ mm} \quad (\text{C. 8})$$

因 $u_2(L_0) = 0.2041 \text{ mm} > u_1(L_0) = 0.0791 \text{ mm}$ ，取最大值 $u_2(L_0) = 0.2041 \text{ mm}$ 。

C. 1. 3. 3 钢直尺最大允许误差引起的标准不确定度 $u_3(L_0)$ 的评定

$u_3(L_0)$ 包括 (0~1000) mm 钢直尺和 (0~150) mm 钢直尺最大允许误差引起的标准不确定度分别为 $u_3(L_{01})$ 和 $u_3(\overline{L_{02}})$ 。钢直尺最大允许误差引起的标准不确定度可根据检定证书或校准证书给出的该钢直尺最大允许误差来评定，属均匀分布，可采用 B 类方法评定。

(0~1000) mm 钢直尺最大允许误差为 $\pm 0.20 \text{ mm}$ ，即 $a_3 = 0.20 \text{ mm}$ ，通常认为在区间内服从均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，(0~1000) mm 钢直尺最大允许误差引起的标准不确定度 $u_3(L_{01})$ ：

$$u_3(L_{01}) = \frac{a_3}{k} = \frac{0.20}{\sqrt{3}} = 0.1155 \text{ mm} \quad (\text{C. 9})$$

(0~150) mm 钢直尺最大允许误差为 $\pm 0.10 \text{ mm}$ ，即 $a_4 = 0.10 \text{ mm}$ ，通常认为在区间内服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，(0~150) mm 钢直尺最大允许误差引起的标准不确定度 $u_3(\overline{L_{02}})$ ：

$$u_3(\overline{L_{02}}) = \frac{a_4}{k} = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.0577 \text{ mm} \quad (\text{C. 10})$$

钢直尺最大允许误差引起的标准不确定度 $u_3(L_0)$ ：

$$u_3(L_0) = \sqrt{u_3^2(L_{01}) + u_3^2(\overline{L_{02}})} = \sqrt{0.1155^2 + 0.0577^2} = 0.1291 \text{ mm} \quad (\text{C. 11})$$

C. 1. 4 标准不确定度分量汇总

各标准不确定度分量汇总如表 C. 2 所示。

表 C. 2 标准不确定度分量汇总一览表

序号	不确定度来源	符号	类别	分布	灵敏系数	标准不确定度 (mm)	备注
1	纱框周长测量重复性	$u_1(L_0)$	A	正态	1	0.0791	不考虑
2	(0~1000) mm 钢直尺分度值	$u_2(L_{01})$	B	均匀	1	0.1443	
3	(0~150) mm 钢直尺分度值	$u_2(\overline{L_{02}})$	B	均匀	1	0.1443	
4	(0~1000) mm 钢直尺最大允许误差	$u_3(L_{01})$	B	均匀	1	0.1155	
5	(0~150) mm 钢直尺最大允许误差	$u_3(\overline{L_{02}})$	B	均匀	1	0.0577	

C. 1. 5 合成标准不确定度来源计算

由式 (C. 3) 得纱框周长合成标准不确定度：

$$u_c(L) = \sqrt{u_2^2(L_{01}) + u_3^2(L_{01}) + u_2^2(\overline{L_{02}}) + u_3^2(\overline{L_{02}})} \quad (\text{C. 12})$$

$$= \sqrt{0.1443^2 + 0.1443^2 + 0.1155^2 + 0.0577^2}$$

$$= 0.2415 \text{ mm}$$

C.1.6 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c(\Delta L) = 2 \times 0.2415 = 0.483 \approx 0.5 \text{ mm} \quad (\text{C.13})$$

C.1.7 测量结果不确定度的报告与表示

纱框周长测量扩展不确定度为： $U = 0.5 \text{ mm} \quad k=2$ 。

C.2 张力示值（20 cN）相对误差测量不确定度的评定

C.2.1 概述

用测量范围为（1~10）N，分辨力 0.01 N（1 cN），以检定示值确定准确度级别为 1.0 级，最大允许误差 $\pm 1.0\%$ 的推拉力计直接测量测量范围（0~100）cN，分度值 1 cN，最大允许误差 $\pm 10\%$ 的张力示值相对误差。校准试验操作：

将张力装置的游砣移到张力示值 $F_s = 20 \text{ cN}$ 处，用一条引线一端钩在张力装置张力检测杆的中部，引线另一端与推拉力计挂钩连接，慢慢向上移动推拉力计，使张力指示器指针对准面板上指示刻度线，记录推拉力计读数。重复测量 2 次，按公式（C.14）计算张力示值相对误差。

$$\delta_F = \frac{nF_s - \overline{F_0}}{\overline{F_0}} \times 100\% \quad (\text{C.14})$$

式中：

δ_F —— 张力示值相对误差，%；

F_s —— 张力游砣处于张力标尺示值，cN；

$\overline{F_0}$ —— 张力校准点推拉力计 2 次测量结果算术平均值，cN；

n —— 测长机纱框工位数。

C.2.2 测量模型

$$\delta_F = \left(\frac{nF_s}{\overline{F_0}} - 1 \right) \times 100\% \quad (\text{C.15})$$

式中：

δ_F —— 张力示值相对误差，%；

F_s —— 张力游砣处于张力标尺示值，cN；

$\overline{F_0}$ —— 张力校准点推拉力计 2 次测量结果算术平均值，cN；

n —— 测长机纱框工位数， $n = 6$ 。

由于推拉力计与测长机彼此独立，互不相关，张力示值相对误差标准不确定度可由式 (C. 16) 计算：

$$u_c^2(\delta_F) = C^2(F_s)u^2(F_s) + C^2(\overline{F_0})u^2(\overline{F_0}) \quad (\text{C. 16})$$

$$\text{灵敏系数：} C(F_s) = \frac{\partial \delta_F}{\partial F_s} = \frac{n}{F_0} \times 100\%$$

$$C(\overline{F_0}) = \frac{\partial \delta_F}{\partial \overline{F_0}} = -\frac{nF_s}{\overline{F_0}^2} \times 100\%$$

C. 2. 3 标准不确定度来源分析和评定

张力标尺示值 F_s 的标准不确定度 $u(F_s)$ 来源主要是张力标尺分度值引起的标准不确定度分项 $u_1(F_s)$ ；张力示值相对误差张力实测值 δ_F 标准不确定度 $u_c(\delta_F)$ 来源主要是测量重复性引起的标准不确定度分项 $u_1(\delta_F)$ 或推拉力计分辨力引起的标准不确定度 $u_2(\overline{F_0})$ 和推拉力计最大允许误差引起的标准不确定度分项 $u_3(\overline{F_0})$ 。

C. 2. 3. 1 输入量 F_s 标准不确定度来源分析和评定

张力标尺示值 F_s 的标准不确定度 $u(F_s)$ 来源主要是张力标尺分度值引起的标准不确定度分项 $u_1(F_s)$ ，采用 B 类方法进行评定。

张力标尺刻度分度值为 1 cN，测试人员对张力标尺读数时可估读到 0.5 个分度值，由此可估算测试人员读数最大误差为 0.25 个分度值，则 $a_s = 0.25$ cN，服从均匀分布，即包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，张力标尺分度值引入的标准不确定度为：

$$u_1(F_s) = \frac{a_s}{k} = \frac{0.25}{\sqrt{3}} = 0.14 \text{ cN} \quad (\text{C. 17})$$

张力标尺设定值 F_s 的标准不确定度 $u(F_s) = u_1(F_s) = 0.14 \text{ cN}$

C. 2. 3. 2 测量重复性引起的标准不确定度 $u_1(\delta_F)$ 的评定

测量重复性引起的标准不确定度 $u_1(\delta_F)$ 可采用连续重复多次测量直接求出标准不确定度，采用 A 类方法进行评定。

将张力装置游砣移到张力示值 20 cN 处，在重复性条件下用推拉力计直接测量张力装置张力，分别连续 10 次测量。

示值 (cN)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
推拉力计实测值 (cN)	119	118	118	118	119	119	118	118	118	119
示值误差 (%)	0.84	1.69	1.69	1.69	0.84	0.84	1.69	1.69	1.69	0.84

$$\text{平均值} \quad \overline{F_0} = \frac{\sum_{i=1}^{10} F_{0i}}{10} = 118.4 \text{ cN}, \quad \overline{\delta_F} = \frac{\sum_{i=1}^{10} \delta_{Fi}}{10} = 1.35 \% \quad (\text{C. 18})$$

$$\begin{aligned} \text{标准差} \quad S_F &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (F_{0i} - \overline{F_0})^2}{10-1}} = 0.52 \text{ cN}, \\ S_\delta &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\delta_{Fi} - \overline{\delta_F})^2}{10-1}} = 0.44\% \end{aligned} \quad (\text{C. 19})$$

实际测量情况：用推拉力计直接测量张力装置张力在重复性条件下连续测量 2 次 ($m=2$)，以 2 次测量结果算术平均值为测量结果，则可得到：

测量重复性引起的标准不确定度 $u_1(\delta_F)$ ：

$$u_1(F_0) = \frac{S_F}{\sqrt{m}} = \frac{0.52}{\sqrt{2}} = 0.37 \text{ cN}, \quad u_1(\delta_F) = \frac{S_\delta}{\sqrt{m}} = \frac{0.44}{\sqrt{2}} = 0.31 \% \quad (\text{C. 20})$$

C. 2. 3. 3 推拉力计分辨力引起的标准不确定度 $u_2(\overline{F_0})$ 的评定

推拉力计分辨力为 0.01 N，即为 1 cN，其量化误差以等概率分布在半宽为 $a_6=0.5 \text{ cN}$ 的区间内，属均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，故引入的不确定度为：

$$u_2(\overline{F_0})=\frac{a_6}{k}=\frac{0.5}{\sqrt{3}}=0.29\text{ cN} \tag{C.21}$$

因 $u_2(\overline{F_0})=0.29\text{cN}<u_1(\overline{F_0})=0.37\text{cN}$ ，取最大值 $u_1(\overline{F_0})=0.37\text{ cN}$ ，即取测量重复性引起的标准不确定度 $u_1(\delta_F)=0.31\%$ 。

C.2.3.4 推拉力计最大允许误差引起的标准不确定度 $u_3(\overline{F_0})$ 评定

推拉力计最大允许误差引起的标准不确定度可根据检定证书或校准证书给出的该推拉力计的最大允许误差来评定，属均匀分布，可采用B类方法评定。

推拉力计测量范围为（1~10）N，以检定示值确定准确度级别为1.0级，最大允许误差±1.0%。在张力示值20 cN校准点，推拉力计实测平均值为118.4 cN，则推拉力计在张力示值20 cN校准点最大允许误差为 $118.4\times(\pm1.0\%)=\pm1.184\text{ cN}$ ，即 $a_7=1.184\text{ cN}$ ，通常认为在区间内服从均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，推拉力计最大允许误差引起的标准不确定度 $u_3(\overline{F_0})$ ：

$$u_3(\overline{F_0})=\frac{a_7}{k}=\frac{1.184}{\sqrt{3}}=0.68\text{ cN} \tag{C.22}$$

C.2.4 标准不确定度分量汇总

各标准不确定度分量汇总如表C.3所示。

表 C.3 标准不确定度分量汇总一览表

序号	不确定度来源	符号	类别	分布	灵敏系数	标准不确定度	备注
1	张力标尺分度值	$u_1(F_s)$	B	均匀	$\frac{n}{F_0}\times100\%$	0.14 cN	
2	测量重复性	$u_1(\delta_F)$	A	正态	1	0.31 %	
3	推拉力计分辨力	$u_2(\overline{F_0})$	B	均匀	$-\frac{nF_s}{F_0^2}\times100\%$	0.29 cN	不考虑
4	推拉力计最大允许误差	$u_3(\overline{F_0})$	B	均匀	$-\frac{nF_s}{F_0^2}\times100\%$	0.68 cN	

C.2.5 合成标准不确定度来源计算

张力标尺设定值 $F_s=20\text{ cN}$ ，推拉力计直接测量张力装置实测值平均值

$\overline{F_0} = 118.4 \text{ cN}$ ，测长机纱框工位数 $n = 6$ ，由式 (C.16) 得张力示值误差标准不确定度合成标准不确定度：

$$\begin{aligned}
 u_{c20}(\delta_F) &= \sqrt{c^2(F_s)u^2(F_s) + c^2(\overline{F_0})u^2(\overline{F_0})} \\
 &= \sqrt{u_1^2(\delta_F) + \left(\frac{n}{F_0} \times 100\%\right)^2 \times u^2(F_s) + \left(-\frac{nF_s}{F_0^2} \times 100\%\right)^2 \times u_3^2(\overline{F_0})} \\
 &= \sqrt{0.31\%^2 + \left(\frac{6}{118.4} \times 100\%\right)^2 \times 0.14^2 + \left(-\frac{6 \times 20}{118.4^2} \times 100\%\right)^2 \times 0.68^2} \\
 &= 0.974 \%
 \end{aligned} \tag{C.24}$$

C.2.6 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k = 2$ ，扩展不确定度为：

$$U_{rel20} = k \times u_{c20}(\delta_F) = 2 \times 0.974\% = 1.95\% \approx 2\% \tag{C.25}$$

C.2.7 测量结果不确定度的报告与表示

张力示值 20 cN 相对误差测量扩展不确定度为： $U_{rel20} = 2\%$ $k = 2$ 。

C.3 导纱杆横向往复动程测量不确定度的评定

C.3.1 概述

用测量范围为 (0~150) mm，分度值 0.5 mm 钢直尺测量导纱杆横向往复动程 (35±2) mm。校准试验操作：将纱框旋转圈数预置为 100 圈，启动仪器，用导纱杆横向往复移动两个极限位置标出两条平行线，用 (0~150) mm 钢直尺测量两条平行线距离，重复测量 2 次，其测量结果算术平均值为导纱杆横向往复动程。

C.3.2 测量模型

$$B = \overline{B_0} \tag{C.26}$$

式中： B ——导纱杆横向往复动程，单位：mm；

$\overline{B_0}$ ——钢直尺 2 次测量结果的算术平均值，单位：mm。

由于钢直尺与测长机彼此独立，互不相关，导纱杆横向往复动程的合成标准不确定度可由式 (C.27) 计算：

$$u_c^2(B) = c^2(\overline{B_0})u^2(\overline{B_0}) \quad (\text{C. 27})$$

$$\text{灵敏系数: } c(\overline{B_0}) = \frac{\partial B}{\partial \overline{B_0}} = 1$$

代入式 (C. 27) 得:

$$u_c(B) = u(\overline{B_0}) \quad (\text{C. 28})$$

C. 3. 3 输入量 $\overline{B_0}$ 标准不确定度来源分析

输入量 $\overline{B_0}$ 的标准不确定度 $u(\overline{B_0})$ 来源主要是测量重复性引起的标准不确定度分项 $u_1(\overline{B_0})$ 或钢直尺分度值量化误差引起的标准不确定度 $u_2(\overline{B_0})$ 、钢直尺示值误差引起的标准不确定度分项 $u_3(\overline{B_0})$ 。

C. 3. 3. 1 测量重复性引起的标准不确定度 $u_1(\overline{B_0})$ 的评定

测量重复性引起的标准不确定度 $u_1(\overline{B_0})$ 可采用连续重复多次测量直接求出标准不确定度, 采用 A 类方法进行评定。

在重复性条件下, 用笔标出导纱杆横向往复移动两个极限位置, 用 (0~150) mm 钢直尺测量两个极限位置的距离, 分别连续 10 次测量, 得到测量列 (单位: mm): 36.0、35.5、36.0、36.0、36.0、35.5、36.0、35.5、36.0、36.0。测量结果的试验标准偏差 s_p :

$$\text{平均值} \quad \overline{B_0} = \frac{\sum_{i=1}^{10} B_{0i}}{10} = 35.85 \text{ mm} \quad (\text{C. 29})$$

$$\text{标准差} \quad s_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (B_{0i} - \overline{B_0})^2}{10-1}} = 0.242 \text{ mm} \quad (\text{C. 30})$$

实际测量情况: 用钢直尺直接测量导纱杆横向往复动程在重复性条件下连续测量 2 次 ($m=2$), 以 2 次测量结果算术平均值为测量结果, 则可得到:

测量重复性引起的标准不确定度 $u_1(\overline{B_0})$:

$$u_1(\overline{B_0}) = \frac{s_p}{\sqrt{m}} = \frac{0.242}{\sqrt{2}} = 0.171 \text{ mm} \quad (\text{C. 31})$$

C. 3. 3. 2 钢直尺分度值引起的标准不确定度 $u_2(\overline{B_0})$ 的评定

钢直尺分度值为 0.5 mm，其量化误差以等概率分布在半宽为 $a_8=0.25$ mm 的区间内，属均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，故引入的不确定度为：

$$u_2(\overline{B_0}) = \frac{a_8}{k} = \frac{0.25}{\sqrt{3}} = 0.144 \text{ mm} \quad (\text{C. 32})$$

因 $u_2(\overline{B_0}) = 0.144\text{mm} < u_1(\overline{B_0}) = 0.171\text{mm}$ ，测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(\overline{B_0})$ 已包含分度值的影响，不再考虑钢直尺分度值的影响，取最大值 $u_1(\overline{B_0}) = 0.171$ mm。

C. 3. 3. 3 钢直尺示值误差引起的标准不确定度分项 $u_3(\overline{B_0})$ 的评定

钢直尺示值误差引起的标准不确定度可根据检定证书或校准证书给出的该钢直尺的最大允许误差来评定，属均匀分布，可采用 B 类方法评定。

钢直尺最大允许误差为 ± 0.10 mm，即 $a_9=0.10$ mm，通常认为在区间内服从均匀分布，即包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则钢直尺示值误差引起的标准不确定度 $u_3(\overline{B_0})$ ：

$$u_3(\overline{B_0}) = \frac{a_9}{k} = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.058 \text{ mm} \quad (\text{C. 33})$$

C. 3. 4 标准不确定度分量汇总

由于钢直尺与钉锤式勾丝仪彼此独立，互不相关，标准不确定度 $u_1(\overline{B_0})$ 、 $u_2(\overline{B_0})$ 和 $u_3(\overline{B_0})$ 也相互独立，各分量的灵敏度系数均为 1，各分量的标准不确定度汇总如表 C. 4 所示。

表 C. 4 标准不确定度分量汇总一览表

序号	不确定度来源	符号	类别	分布	灵敏系数	标准不确定度(mm)	备注
1	测量重复性	$u_1(\overline{B_0})$	A	正态	1	0.171	
2	钢直尺分度值 量化误差	$u_2(\overline{B_0})$	B	均匀	1	0.144	不考虑

3	钢直尺示值误差	$u_3(\overline{B_0})$	B	均匀	1	0.058	
---	---------	-----------------------	---	----	---	-------	--

C.3.5 合成标准不确定度来源计算

输入量 $\overline{B_0}$ 标准不确定度来源计算

$$u(\overline{B_0}) = \sqrt{u_1^2(\overline{B_0}) + u_2^2(\overline{B_0})} = \sqrt{0.171^2 + 0.058^2} = 0.171 \text{ mm} \quad (\text{C.34})$$

由式 (C.28) 导纱杆横向往复动程的合成标准不确定度:

$$u_c(B) = u(\overline{B_0}) = 0.171 \text{ mm}$$

C.3.6 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$, 扩展不确定度为:

$$U = k \times u_c(B) = 2 \times 0.171 = 0.342 \approx 0.5 \text{ mm} \quad (\text{C.35})$$

C.3.7 测量结果不确定度的报告与表示

导纱杆横向往复动程测量扩展不确定度为: $U = 0.5 \text{ mm}$ $k=2$ 。