

JJG

福建省地方计量检定规程

JJG (闽) 1064—2014

测绘行业专用钢卷尺检定规程

Verification Regulation of Steel Tape in Surveying and Mapping

2014-07-15 发布

2014-10-15 实施

福建省质量技术监督局 发布

测绘行业专用钢卷尺检定规程

Verification Regulation of Steel Tape in Surveying and Mapping



本规程经福建省质量技术监督局 2014 年 07 月 15 日批准，并自 2014 年 10 月 15 日起实施。

归口单位：福建省质量技术监督局

起草单位：福建省测绘产品质量监督检验站

本规程由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

徐国宏(福建省测绘产品质量监督检验站)

黎建平(福建省测绘产品质量监督检验站)

王晓贺(福建省测绘产品质量监督检验站)

参加起草人：

艾玲洲(福建省测绘产品质量监督检验站)

冯 骥(福建省测绘产品质量监督检验站)

目录

1	范围.....	1
2	引用文件.....	1
3	术语.....	1
4	概述.....	1
5	计量性能要求.....	2
5.1	线纹宽度.....	2
5.2	示值误差.....	2
5.3	检定技术要求.....	2
6	通用技术要求.....	3
6.1	标识.....	3
6.2	外观.....	3
7	计量器具控制.....	3
7.1	检定条件.....	4
7.2	检定项目.....	4
7.3	检定方法.....	4
7.4	检定结果的处理.....	6
7.5	检定周期.....	6
附录 A	.....	7
附录 B	.....	8
附录 C	.....	9
附录 D	.....	10
附录 E	.....	11

引言

本检定规程主要是针对测绘行业专用钢卷尺在悬空状态下实施检定而进行制定的。福建省测绘产品质量监督检验站于 1993 年编制的福建省地方计量检定规程《测绘行业专用钢卷尺检定规程》(JJG1002—93), 经过多年的使用之后现已经废止。本规程编制时考虑到以下若干因素的影响:

——钢卷尺以悬空方式进行测量时不同于其他的测量方式, 其检定方法和过程有其独特性, 需进行温度和悬空改正;

——对于检定时的温度及风力影响、测量区间的划分、测量点数及测回数进行规定, 对钢卷尺的尺长进行分段, 确保每一段按悬空方式进行检测。

JJF 1002-2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语与定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规程制定工作的基础性系列规范。

测绘专用钢卷尺检定规程

1 范围

本规程适用于测绘行业专用的 20m、30m、50m 钢卷尺的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 引用文件

本规程引用下列文件：

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

JJF 1094—2002 测量仪器特性评定技术规范

JJG 4—1999 钢卷尺检定规程

JJG 741—2005 标准钢卷尺检定规程

YBJ 212-1988 冶金建筑安装工程施工测量规范

GB 16789-1997 比长基线测量规范

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规则；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规则。

3 术语

3.1 测绘专用钢卷尺：专指使用悬空方式进行长度测量的钢卷尺。

3.2 引张力：满足测绘实际使用和检定时重锤的牵引力。

3.3 示值误差：计量器具指示的测量值与被测量值的实际值之差。

4 概述

测绘行业专用钢卷尺是一种用途广泛的大尺寸测量用的量具，使用方式主要为水平悬空测量。按其结构可分为摇卷盒式钢卷尺和摇卷架式钢卷尺；按长度规格主要包含 20m、30m、50m 三种。其外形见图 1，图 2。

钢卷尺的主要构件为具有一定弹性的整条钢带，卷于金属或塑料等材料制成的尺盒或框架内。钢卷尺使用优质碳素钢等材料制作而成，可直接用于精密工程测量。钢卷尺的首端装有拉环，摇卷架式钢卷尺和摇卷盒式钢卷尺附有用以尺带收卷的摇柄装置。

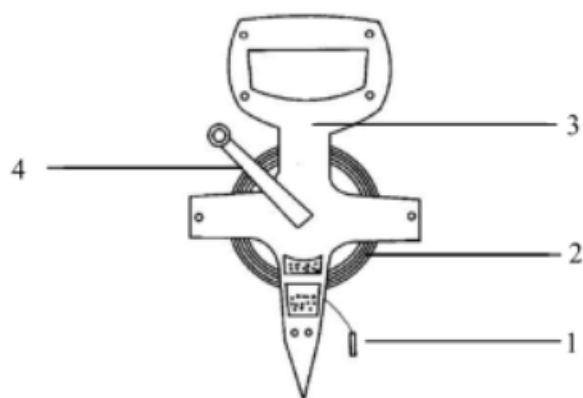


图1 摇卷架式卷尺

1-尺环；2-尺带；3-尺架；4-摇柄

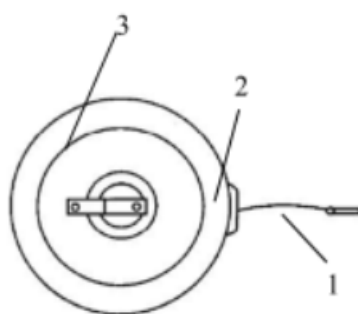


图2 摇卷盒式卷尺

1-尺环；2-尺带；3-尺盒

5 计量性能要求

5.1 线纹宽度

线纹宽度为： $(0.15 \sim 0.5) \text{ mm}$ ，同类线纹的长度与宽度应一致，宽度误差不超过线纹最大宽度的30%。

5.2 示值误差

测绘行业专用钢卷尺的示值最大允许误差为： $\pm (0.3 + 0.2 L) \text{ mm}$ 。式中 L 以米为单位，当 L 不是整数米时，取最接近的较大整数。

注：钢卷尺的示值误差是在水平悬空状态测量下，施加规定的拉力，进行过温度和悬空改正后的最大允许误差。

5.3 检定技术要求

钢卷尺检定技术要求见表1。

表 1 钢卷尺检定技术要求

检定区间 (m)	测回数	最小读数 (mm)	三次读数之差 (mm)	温度读数取位 (℃)
$L \leq 10\text{m}$	3	0.1	0.2	0.1
$10\text{m} < L \leq 20\text{m}$	3	0.1	0.2	0.1
$20\text{m} < L \leq 30\text{m}$	3	0.1	0.3	0.1
$30\text{m} < L \leq 40\text{m}$	3	0.1	0.3	0.1
$40\text{m} < L \leq 50\text{m}$	3	0.1	0.3	0.1

6 通用技术要求

6.1 标识

在尺箱（或尺盒）上应标明产品名称、型号规格、制造单位。在钢卷尺的尺带首端，也应标明相应的信息。

6.2 外观

- 6.2.1 摇卷盒式钢卷尺和摇卷架式钢卷尺，拉出、收卷应轻便、灵活、无卡阻现象。
- 6.2.2 钢卷尺加上规定的张力后，尺面不应有凹凸不平及扭曲现象。
- 6.2.3 尺带表面应光洁，不得有锈蚀和明显的斑点、划痕、裂纹等缺陷。
- 6.2.4 尺带两边必须平滑，不得有毛刺、缺口、卷边等现象。
- 6.2.5 尺带全部分度线纹必须均匀明晰并垂直到边，不允许有重线和断线现象。
- 6.2.6 钢卷尺的分度值一般为 1mm、5mm 和 10mm 三种，毫米、5 毫米、厘米和米的分度线纹的长度，应有明显的区别。
- 6.2.7 钢卷尺每米分度线纹应在每一米内，标上以厘米为计算单位的数值。米分度线纹，应自零点起算，逐米标上以米为计数单位的量值，10m 以后可不标单位米(m)。
- 6.2.8 在钢卷尺的尺带或尺盒上，应注明全长、型号、制造厂名（或商标）等，数字和文字必须清晰、工整。
- 6.2.9 首次检定的钢卷尺应符合上述外观要求，后续检定及使用中检验的钢卷尺，允许有不影响计量性能的外观缺陷。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检验。

7.1 检定条件

7.1.1 检定环境要求

检定前半小时，将钢卷尺先拉开，不加重锤放置。检定钢卷尺示值误差时的温度为(20±10)℃，并且钢卷尺每一测回检定时的最大温差不超过 2℃。风力因素或影响示值误差的大小，检定时风速应小于 2.0m/s。

7.1.2 引张力

测绘专用钢卷尺检定时所使用的引张力与钢卷尺的标准张力一致。

7.1.3 检定设备

检定设备包括水平检定桩、读数显微镜、重锤、气温计、风速仪等。

7.2 检定项目

测绘行业专用钢卷尺的检定项目见表 3。

表 2 检定项目及检定设备

序号	检定项目	主要检定设备	首次检定	后续检定	使用中检验
1	标识及外观	手感目测	+	+	+
2	线纹宽度	读数显微镜（分度值为 0.01mm）	+	-	-
3	示值误差	水平检定桩（MPEV：0.3mm）	+	+	+
		重锤（MPEV：0.5N）			
		气温计（分度值为0.1℃）			
		风速仪（分度值为0.1m/s）			
注：表中“+”表示应检项目，“-”表示可不检项目。					

7.3 检定方法

7.3.1 标识及外观

将钢卷尺拉开置于检定桩上，并在卷尺两端用施加规定的拉力，采用手感目测的方法进行判断。

7.3.2 线纹宽度

用目力观测方式进行观察，对有怀疑处用分度值为 0.01mm 的读数显微镜实施进一步检测。

7.3.3 示值误差

7.3.3.1 测量点的分布

全长为 20m、30m、50m 的钢卷尺，其测量点的分布应确保每 10 米区间至少存在 1 个点，形成的组合段长度应均匀分布于整个测量范围，测量区间及测量点数的布置按表 3 的要求实施。

表 3 测量点分布表

<div>检 测 点 检 测 区 间</div> <div>卷 尺 全 长</div>	20m	30m	50m
$L \leq 10\text{m}$	≥ 1	≥ 1	≥ 1
$10\text{m} < L \leq 20\text{m}$	≥ 2	≥ 1	≥ 1
$20\text{m} < L \leq 30\text{m}$		≥ 1	≥ 1
$30\text{m} < L \leq 40\text{m}$			≥ 1
$40\text{m} < L \leq 50\text{m}$			≥ 1

7.3.3.2 计算公式

a) 温度改正公式

钢卷尺在 20℃时的实际长度 $L_{20^\circ\text{C}}$ 由下式求得：

$$L_{20^\circ\text{C}} = L + \alpha (T - 20) L_s \tag{1}$$

$$\Delta L_t = \alpha (T - 20) L_s \tag{2}$$

式中：L——被检钢卷尺在检定温度为 T℃时，测量检定场基线所得的长度，m；

L_s ——检定区间段标准距离，m；

T——检定时空气平均温度，℃；

α ——被检钢卷尺在常温下的温度线膨胀系数，数值为 $(11.5 \pm 1) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。

b) 悬挂改正公式

测绘专用钢卷尺采用水平悬空测量方法检定，由尺带本身的重量而产生的测量误差值 ΔL_g 由下式求得：

$$\Delta L_g = -\frac{(Wg \times L)^2 \times L}{24 \times P^2} \quad (3)$$

式中: Wg ——被检钢卷尺尺带的单位重量, N/mm;

L ——被检钢卷尺检测时的测量长度值, mm;

P ——检定时的拉力, N。

7.3.3.3 检定程序

a) 将钢卷尺尺带上的拉环钩在水平检定桩一端的尺架上,并使钢卷尺处于悬空状态。

b) 在钢卷尺两端加挂与其标准张力重量一致的重锤,稳定重锤和钢卷尺。

c) 在钢卷尺满足规定风速的状态下,读取检测段首、中、末三个位置的温度,取其平均值作为测量时的温度;两端读数三次取平均值,以上为第一测回。

d) 用相同的方法再观测 2 次,其中每次读数均要移动钢卷尺 10mm 以上,才能进行对准和读数,并且每个测回三次读数的温差应控制在 2℃ 以内。

e) 检定过程中的操作技术规定如表 3。

7.3.3.4 检定数据处理

a) 对检定过程中的两端读数进行相减,得出各自检定区间段的实际测量长度 L 。

b) 利用公式(2)、(3)计算出温度和悬挂改正值 ΔL_t 、 ΔL_g 。

c) 通过得出的各项改正值和实际测量长度,利用下式计算改正后的钢卷尺结果值。

$$L_z = L + \Delta L_t + \Delta L_g \quad (4)$$

d) 利用改正后的钢卷尺结果值 L_z 与水平检定桩的固定值 D 相减得出每个测回的示值误差。示值误差应满足 5.2 的要求,以 mm 为单位。若三个测回的示值误差均满足要求,则取平均值作为示值误差的检定结果值。

7.4 检定结果的处理

经检定符合本规程要求的钢卷尺,应出具检定合格证书,不合格者应出具检定结果通知书,并注明不合格项。若对检定结果存有疑义,则以按照《JJG 4—1999 钢卷尺检定规程》检定的结果为准。

7.5 检定周期

测绘行业专用钢卷尺的检定周期,一般不得超过一年。如遇有折痕、碰伤或尺长有怀疑时,应重新检定。

钢卷尺检定数据记录表

2014 年 03 月 20 日

测量 区间	检测 风速 m/s	测量 温度 /℃	测 回	左读数				右读数				观测值 (右- 左) /m
				m	cm	mm	左平均 /m	m	cm	mm	右平均 /m	
L≤ 10m	0.5	29.8	I	0	01	1.2	0.0113	4	94	7.0	4.9471	4.9358
		29.9				1.3				7.1		
		29.7				1.4				7.1		
		29.9	II	0	02	7.8	0.0278	4	96	3.6	4.9636	4.9358
		29.8				7.8				3.6		
		29.9				7.8				3.6		
		29.9	III	0	04	3.5	0.0435	4	97	9.3	4.9794	4.9359
		29.9				3.4				9.4		
		29.9				3.6				9.5		
20m<L ≤30m	1.0	23.2	I	0	03	6.1	0.0361	29	99	5.7	29.9957	29.9596
		22.9				6.1				5.7		
		23.0				6.2				5.7		
		22.9	II	0	07	9.3	0.0793	30	03	8.8	30.0388	29.9595
		22.7				9.4				8.7		
		23.0				9.3				8.9		
		23.2	III	0	06	8.9	0.0689	30	02	7.9	30.0279	29.9590
		22.9				8.9				7.9		
		22.9				8.9				7.8		
40m<L ≤50m	1.1	27.6	I	0	03	5.4	0.0354	49	89	1.0	49.8909	49.8555
		27.9				5.5				0.9		
		28.0				5.4				0.8		
		28.1	II	0	08	2.4	0.0824	49	93	9.1	49.9391	49.8567
		27.8				2.4				9.1		
		27.9				2.4				9.1		
		28.0	III	0	06	7.5	0.0675	49	92	4.9	49.9249	49.8574
		28.1				7.4				4.9		
		28.0				7.6				4.9		

本次检定使用的计量标准器：*****
 型号：*****
 不确定度：*****

测量范围：*****
 检定装置使用情况：正常☐ 不正常☐

社会公用计量标准证书：*****

注：其它各观测区间略去。

附录 B

钢卷尺示值误差计算表

仪器厂家：田岛 型号： 50m 标准张力： 50N 2014 年 03 月 20 日

检验员： 核验员：

测量 区间	检测 风速 m/s	测量 温度/ ℃	测 回	观测值 (右-左) /m	温度 改正 /mm	悬挂改 正/mm	观测结果 值/m	测量标准 值/m	与标准 值之差 /mm	示值 误差 /mm
L≤ 10m	0.5	29.8	I	4.9358	0.56	-0.04	4.9363	4.9360	0.3	0.36
		29.9	II	4.9358	0.57	-0.04	4.9363	4.9360	0.3	
		29.9	III	4.9359	0.57	-0.04	4.9364	4.9360	0.4	
20m<L ≤30m	1.0	23.0	I	29.9596	1.03	-7.96	29.9527	29.95177	0.9	0.66
		22.9	II	29.9595	1.00	-7.96	29.9521	29.95177	0.8	
		23.0	III	29.9590	1.03	-7.96	29.9521	29.95177	0.3	
40m<L ≤50m	1.1	27.8	I	49.8555	4.47	-36.85	49.8231	49.82128	1.8	2.93
		27.9	II	49.8567	4.53	-36.85	49.8244	49.82128	3.1	
		28.0	III	49.8574	4.58	-36.85	49.8251	49.82128	3.9	
检定桩标准长度： 5m 段：4.9360m 12m 段：11.8295m 20m 段：19.8848m 30m 段：29.95177m 38m 段：37.9980m 50m 段：49.82128m										
备注：										

注：其它各观测区间略去。

附录 D

检定结果通知书（内页）格式

检定结果通知书

证书编号： 号							
计量检定机构授权说明：							
本次检定所使用的主要计量标准器具：							
名 称		型号/规格		不确定度/准确度		测量范围	
以上计量标准器具的量值溯源至国家计量基准							
检定地点及环境条件：							
地点： 福州		温度： 常温		湿度： 68%RH		其它： /	
检定结果通知书							
序号	主要受检项目			检定结果			
1	标识及外观			合格			
2	线纹宽度			合格			
		检定区间	检定拉力/N	结果值/mm	限差	本次检定的测量不确定度	
3	示值误差	L≤10m	50N	0.6	1.3	0.34mm	
		10m<L≤20m	50N	1.7	4.3	1.1mm	
		20m<L≤30m	100N	4.0	6.3	1.6mm	
		30m<L≤40m	100N	7.4	7.9	2.0mm	
		40m<L≤50m	150N	11.5	10.3	2.7mm	
不合格因素：检定区间 40m<L≤50m 处的示值误差超限。							

附录 E

测绘行业专用钢卷尺悬链式法 测量示值误差不确定度分析

一、概述

测绘行业专用钢卷尺使用悬链式测量方法，钢卷尺的示值误差是在水平检定桩两端悬挂相同的拉力下测定的长度，再通过温度、拉力、悬挂改正后与检定桩的标准距离进行比较测定的。

此次不确定度分析所使用的钢卷尺长度为田岛 50m 钢卷尺，标准张力为 50N，检定区间段的标准距离为 4.9360m，11.8295m，19.8848m，29.95177m，37.9980m，49.82128m。检定时的温度为 $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ ，由于检定场为室外（水平检定桩），对于恒温条件难于满足。故根据实际测量情况做出以下规定：同一测回检定时的温度差 $\leq 2^\circ\text{C}$ 。

二、数学模型和灵敏系数

数学模型的建立：钢卷尺的示值误差是通过悬挂和温度进行改正后的检测距离同水平检定桩的实际距离对比得出。数学模型如下：

$$\Delta L = L_a + L_G + L_{\Delta t} - L_s$$

其中： L_a ——被检钢卷尺的检测长度； L_G ——检测时的悬挂改正误差； $L_{\Delta t}$ ——检测时温度偏离 20°C 时引起的偏差量； L_s ——水平检定桩的标准长度。

方差及灵敏系数的确定： $u_c^2(y) = \sum (\partial f / \partial x_i)^2 u^2(x_i)$

$$u_c^2 = u_c^2(\Delta L) = c^2(L_a)u^2(L_a) + c^2(L_G)u^2(L_G) + c^2(L_{\Delta t})u^2(L_{\Delta t}) + c^2(L_s)u^2(L_s)$$

灵敏系数：

$$c(L_a)=1; \quad c(L_G)=1; \quad c(L_{\Delta t})=+1; \quad c(L_s)=-1$$

$$\text{则：} u_c^2 = u_c^2(\Delta L) = u^2(L_a) + u^2(L_G) + u^2(L_{\Delta t}) + u^2(L_s)$$

三、计算分量不确定度

1、由水平检定桩基线长给出的不确定度分量 $u(L_s)$

由国测一大队检定数据中得出,基线边长绝对精度为 0.08mm,它服从正态分布, $K=3$, 标准不确定度为: $u(L_{s1}) = 0.08\text{mm} / 3 \approx 0.027\text{mm}$ 。

稳定性: 由于地质和周边环境的对水平检定桩稳定性的影响, 检定桩的各个点位位置会发生漂移等变化, 根据每个检定周期的检定证书得出点位的变化量为 0.3mm, 按照 B 类

不确定度评定, 服从三角分布, 则 $u(L_{s2}) = \frac{0.3\text{mm}}{\sqrt{6}} \approx 0.12\text{mm}$ 。

计算合成标准不确定度:

$$u(L_s) = \sqrt{u^2(L_{s1}) + u^2(L_{s2})} = \sqrt{0.027^2 + 0.12^2} \approx 0.12\text{mm}$$

2、由被检钢卷尺给出的不确定度分量 $u(L_a)$

2.1 读数重复性给出的不确定度分量 $u(L_{a1})$

本站钢卷尺检定基线场的检定区间段为 4.9360m, 11.8295m, 19.8848m, 29.95177m, 37.9980m, 49.82128m。故测量重复性的不确定度分量也分别给出。

当 $L=4.9360\text{m}$ 时, 重复测量 10 次, 得出数据为 4.9358、4.9360、4.9359、4.9357、4.9356、4.9355、4.9360、4.9358、4.9361、4.9357。由于每次测量数据是由两端分别读数, 然后相减得出, 所以单次测量实验标准偏差:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i - D)^2 / (n-1) * 2} \approx 0.14\text{mm}$$

检定时, 以三次测量结果取平均值作为测量结果, 故

$$u(L_{a1}) = S / \sqrt{3} \approx 0.078\text{mm}$$

当 $L=11.8295\text{m}$ 时, 重复测量 10 次, 得出数据为 11.8310、11.8306、11.8327、11.8322、11.8312、11.8313、11.8321、11.8306、11.8315、11.8304。由于每次测量数据是由两端分别读数, 然后相减得出, 所以单次测量实验标准偏差:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i - D)^2 / (n-1) * 2} \approx 0.54\text{mm}$$

检定时, 以三次测量结果取平均值作为测量结果, 故:

$$u(L_{a1}) = S / \sqrt{3} \approx 0.31\text{mm}$$

当 $L=19.8848\text{m}$ 时, 重复测量 10 次, 得出数据为 19.8845、19.8851、19.8849、19.8873、

19.88564、19.8865、19.8844、19.8868、19.8847、19.8868。由于每次测量数据是由两端分别读数，然后相减得出，所以单次测量实验标准偏差：

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2 / (n-1) * 2} \approx 0.79\text{mm}$$

检定时，以三次测量结果取平均值作为测量结果，故：

$$u(La_1) = S / \sqrt{3} \approx 0.46\text{mm}$$

当 $L=29.95177\text{m}$ 时，重复测量 10 次，得出数据为 29.9579、29.9582、29.9588、29.9592、29.9608、29.9616、29.9621、29.9617、29.9608、29.9582。由于每次测量数据是由两端分别读数，然后相减得出，所以单次测量实验标准偏差：

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2 / (n-1) * 2} \approx 1.16\text{mm}$$

检定时，以三次测量结果取平均值作为测量结果，故

$$u(La_1) = S / \sqrt{3} \approx 0.67\text{mm}$$

当 $L=37.998\text{m}$ 时，重复测量 10 次，得出数据为 38.0121、38.0148、38.0118、38.0151、38.0163、238.0122、238.0155、38.0151、38.0115、38.0110。由于每次测量数据是由两端分别读数，然后相减得出，所以单次测量实验标准偏差：

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2 / (n-1) * 2} \approx 1.4\text{mm}$$

检定时，以三次测量结果取平均值作为测量结果，故

$$u(La_1) = S / \sqrt{3} \approx 0.81\text{mm}$$

当 $L=49.82128\text{m}$ 时，重复测量 10 次，得出数据为 49.8541、49.8587、49.8584、49.8538、49.8554、49.8587、49.8596、49.8542、49.8523、49.8536。由于每次测量数据是由两端分别读数，然后相减得出，所以单次测量实验标准偏差：

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2 / (n-1) * 2} \approx 1.9\text{mm}$$

检定时，以三次测量结果取平均值作为测量结果，故

$$u(La_1) = S / \sqrt{3} \approx 1.1\text{mm}$$

2.2 拉力偏差给出的不确定度分量 $u(La_2)$

根据悬挂改正公式可知, 由拉力引起的偏差为:

$$\Delta = -\left(\frac{(Wg \times L)^2 \times L}{24 \times P^2} - \frac{(Wg \times L)^2 \times L}{24 \times (P + 0.5)^2}\right)$$

式中: Wg ——被检钢卷尺尺带的单位重量, N/mm ;

L ——被检钢卷尺检测时的测量长度值, mm ;

P ——检定时的拉力, N 。

拉力偏差以相等概率出现在半宽 $0.5N$ 的区间, 本钢卷尺拉力偏差视为平均分布, 故标准不确定度分量为:

$$L=4.9360m, \quad u(L_{a_G}) = \frac{0.0005mm}{\sqrt{3}} \approx 0.0003mm$$

$$L=11.8295m, \quad u(L_{a_G}) = \frac{0.13mm}{\sqrt{3}} \approx 0.008mm$$

$$L=19.8848m, \quad u(L_{a_G}) = \frac{0.04mm}{\sqrt{3}} \approx 0.023mm$$

$$L=29.95177m, \quad u(L_{a_G}) = \frac{0.15mm}{\sqrt{3}} \approx 0.087mm$$

$$L=37.9980m, \quad u(L_{a_G}) = \frac{0.3mm}{\sqrt{3}} \approx 0.17mm$$

$$L=49.82128m, \quad u(L_{a_G}) = \frac{0.7mm}{\sqrt{3}} \approx 0.40mm$$

同时由 $0.5N$ 拉力引起的尺长变形偏差为: $\Delta = L \times 10^3 \times \Delta p / (E \times F)$

式中: L —钢卷尺的长度, Δp —拉力偏差。由 JJG741-2005 可知 $\Delta p \leq 0.5N$; E —弹性系数, $E=205800N/mm^2$; F —钢卷尺的横截面积, $F=1.29mm^2$ 。

$$\text{故 } \Delta = 1.88 \times 10^{-3} L$$

拉力偏差以相等概率出现在半宽 $0.5N$ 的区间, 本钢卷尺拉力偏差视为平均分布, 故标准不确定度分量为:

$$L=4.9360m, \quad u(L_{a_P}) = \frac{1.88 \times 10^{-3} L}{\sqrt{3}} = 1.09 \times 10^{-4} L \approx 0.005mm$$

$$L=11.8295\text{m}, \quad u(L_{a_p}) = \frac{1.88 \times 10^{-3} L}{\sqrt{3}} = 1.09 \times 10^{-4} L \approx 0.013\text{mm}$$

$$L=19.8848\text{m}, \quad u(L_{a_p}) = \frac{1.88 \times 10^{-3} L}{\sqrt{3}} = 1.09 \times 10^{-4} L \approx 0.022\text{mm}$$

$$L=29.95177\text{m}, \quad u(L_{a_p}) = \frac{1.88 \times 10^{-3} L}{\sqrt{3}} = 1.09 \times 10^{-4} L \approx 0.033\text{mm}$$

$$L=37.9980\text{m}, \quad u(L_{a_p}) = \frac{1.88 \times 10^{-3} L}{\sqrt{3}} = 1.09 \times 10^{-4} L \approx 0.041\text{mm}$$

$$L=49.82128\text{m}, \quad u(L_{a_p}) = \frac{1.88 \times 10^{-3} L}{\sqrt{3}} = 1.09 \times 10^{-4} L \approx 0.054\text{mm}$$

通过计算, 由于 0.5N 拉力引起的尺长变形, 而导致悬挂偏移量均小于 0.001mm, 故认为 $u(L_{a_G})$ 、 $u(L_{a_p})$ 独立不相关, 则计算合成不确定度:

$$L=4.9360\text{m}, \quad u(L_{a_2}) = \sqrt{u^2(L_{a_G}) + u^2(L_{a_p})} \approx 0.005\text{mm}$$

$$L=11.8295\text{m}, \quad u(L_{a_2}) = \sqrt{u^2(L_{a_G}) + u^2(L_{a_p})} \approx 0.015\text{mm}$$

$$L=19.8848\text{m}, \quad u(L_{a_2}) = \sqrt{u^2(L_{a_G}) + u^2(L_{a_p})} \approx 0.032\text{mm}$$

$$L=29.95177\text{m}, \quad u(L_{a_2}) = \sqrt{u^2(L_{a_G}) + u^2(L_{a_p})} \approx 0.093\text{mm}$$

$$L=37.9980\text{m}, \quad u(L_{a_2}) = \sqrt{u^2(L_{a_G}) + u^2(L_{a_p})} \approx 0.18\text{mm}$$

$$L=49.82128\text{m}, \quad u(L_{a_2}) = \sqrt{u^2(L_{a_G}) + u^2(L_{a_p})} \approx 0.41\text{mm}$$

2.3 检测区间温度偏差给出的不确定度分量 $u(L_{a_3})$

由公式 $u(L_{a_3}) = L \times \alpha \Delta t$ 得出温度对于钢卷尺长度的偏差值。

式中: L —钢卷尺的标称长度; α —钢卷尺的线膨胀系数 11.5×10^{-6} ; Δt —测量时的温度的差值, 根据钢卷尺保持条件和实验场地条件, 要求 $\Delta t \leq 2^\circ\text{C}$ 。温度偏差以相等概率出现在半宽 2°C 的区间, 视为平均分布, 故标准不确定度分量为:

$$L=4.9360\text{m}, \quad u(L_{a_3}) = \frac{L \times \alpha \Delta t}{\sqrt{3}} = \frac{4963 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 2}{\sqrt{3}} \approx 0.066\text{mm}$$

$$L=11.8295\text{m}, \quad u(L_{a_3}) = \frac{L \times \alpha \Delta t}{\sqrt{3}} = \frac{11829.5 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 2}{\sqrt{3}} \approx 0.16\text{mm}$$

$$L=19.8848\text{m}, u(La_3) = \frac{L \times \alpha \Delta t}{\sqrt{3}} = \frac{19884.8 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 2}{\sqrt{3}} \approx 0.26\text{mm}$$

$$L=29.95177\text{m}, u(La_3) = \frac{L \times \alpha \Delta t}{\sqrt{3}} = \frac{29951.77 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 2}{\sqrt{3}} \approx 0.40\text{mm}$$

$$L=37.9980\text{m}, u(La_3) = \frac{L \times \alpha \Delta t}{\sqrt{3}} = \frac{37998 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 2}{\sqrt{3}} \approx 0.5\text{mm}$$

$$L=49.82128\text{m}, u(La_3) = \frac{L \times \alpha \Delta t}{\sqrt{3}} = \frac{49821.28 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 2}{\sqrt{3}} \approx 0.66\text{mm}$$

以上分量不存在相关性, 故合成不确定度为:

$$L=4.9360\text{m}, u(La) = \sqrt{0.078^2 + 0.005^2 + 0.066^2} \approx 0.1\text{mm}$$

$$L=11.8295\text{m}, u(La) = \sqrt{0.31^2 + 0.015^2 + 0.16^2} \approx 0.35\text{mm}$$

$$L=19.8848\text{m}, u(La) = \sqrt{0.46^2 + 0.032^2 + 0.26^2} \approx 0.53\text{mm}$$

$$L=29.95177\text{m}, u(La) = \sqrt{0.67^2 + 0.093^2 + 0.4^2} \approx 0.79\text{mm}$$

$$L=37.9980\text{m}, u(La) = \sqrt{0.81^2 + 0.178^2 + 0.5^2} \approx 0.97\text{mm}$$

$$L=49.82128\text{m}, u(La) = \sqrt{1.1^2 + 0.408^2 + 0.66^2} \approx 1.35\text{mm}$$

3、由人为瞄准误差引出的不确定度分量 $u(R)$

在钢卷尺检定读数时, 人眼的分辨率为 0.1mm , 由于检定是两端读数, 故按 B 类不确定度评定方法, 确定半宽为 0.2mm , 服从均匀分布, 且每测回读数为 3 次平均值, 则:

$$u(R) = \frac{0.2\text{mm}}{\sqrt{3} \times \sqrt{3}} \approx 0.067\text{mm}$$

四、计算合成标准不确定度 U_c

$$\text{当 } L=4.9360\text{m}, U_c = \sqrt{u(Ls)^2 + u(La)^2 + u(R)^2} = \sqrt{0.12^2 + 0.1^2 + 0.067^2} \approx 0.17\text{mm}$$

$$\text{当 } L=11.8295\text{m}, U_c = \sqrt{u(Ls)^2 + u(La)^2 + u(R)^2} = \sqrt{0.12^2 + 0.35^2 + 0.067^2} \approx 0.38\text{mm}$$

$$\text{当 } L=19.8848\text{m}, U_c = \sqrt{u(Ls)^2 + u(La)^2 + u(R)^2} = \sqrt{0.12^2 + 0.53^2 + 0.067^2} \approx 0.55\text{mm}$$

$$\text{当 } L=29.95177\text{m}, U_c = \sqrt{u(Ls)^2 + u(La)^2 + u(R)^2} = \sqrt{0.12^2 + 0.79^2 + 0.067^2} \approx 0.8\text{mm}$$

$$\text{当 } L=37.9980\text{m}, U_c = \sqrt{u(Ls)^2 + u(La)^2 + u(R)^2} = \sqrt{0.12^2 + 0.97^2 + 0.067^2} \approx 0.98\text{mm}$$

$$\text{当 } L=49.82128\text{m}, U_c = \sqrt{u(Ls)^2 + u(La)^2 + u(R)^2} = \sqrt{0.12^2 + 1.35^2 + 0.067^2} \approx 1.36\text{mm}$$

五、扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度: $U = k \bullet U_c$

$$\text{当 } L=4.9360\text{m}, U = k \bullet U_c = 0.34\text{mm};$$

$$\text{当 } L=11.8295\text{m}, U = k \bullet U_c = 0.76\text{mm}$$

$$\text{当 } L=19.8848\text{m}, U = k \bullet U_c = 1.1\text{mm};$$

$$\text{当 } L=29.95177\text{m}, U = k \bullet U_c = 1.6\text{mm}$$

$$\text{当 } L=37.9980\text{m}, U = k \bullet U_c = 2.0\text{mm};$$

$$\text{当 } L=49.82128\text{m}, U = k \bullet U_c = 2.7\text{mm}$$

