

JJF(沪苏浙皖)

沪苏浙皖地方计量技术规范

JJF(沪苏浙皖) 4022—2026

电缆绝缘层结构尺寸测试仪校准规范

Calibration Specification for Cable Insulation Structure Size Testers

2026-07-20 发布

2027-01-20 实施

上海市市场监督管理局
江苏省市场监督管理局
浙江省市场监督管理局
安徽省市场监督管理局

发布

电缆绝缘层结构尺寸测试仪 校准规范

Calibration Specification for

Cable Insulation Structure Size Testers

JJF (沪苏浙皖) 4022—2026

归口单位：上海市市场监督管理局

江苏省市场监督管理局

浙江省市场监督管理局

安徽省市场监督管理局

主要起草单位：宜兴市产品质量和食品安全检验检测中心

无锡市检验检测认证研究院(无锡市计量测试院)

上海国缆检测股份有限公司

参加起草单位：杭州魔方智能科技有限公司

无锡江南电缆有限公司

本规范委托江苏省几何量专业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

刘亚俊（宜兴市产品质量和食品安全检验检测中心）

王泽宇〔无锡市检验检测认证研究院（无锡市计量测试院）〕

范洪欣（上海国缆检测股份有限公司）

王 仪（宜兴市产品质量和食品安全检验检测中心）

何 婵（宜兴市产品质量和食品安全检验检测中心）

参加起草人：

陈 超（上海国缆检测股份有限公司）

李世昌（杭州魔方智能科技有限公司）

黄长彪（无锡江南电缆有限公司）

目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语.....	(1)
4 概述.....	(1)
5 计量特性.....	(2)
6 校准条件.....	(2)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
8 校准结果表达.....	(5)
9 复校时间间隔.....	(5)
附录 A 校准用标准器的技术要求和校准方法.....	(6)
附录 B 电缆绝缘层结构尺寸测试仪直径测量结果示值误差的不确定度评定示例....	(8)
附录 C 电缆绝缘层结构尺寸测试仪电缆绝缘层偏心比测量结果示值误差 的不确定度评定示例.....	(11)
附录 D 校准证书信息与内页格式.....	(13)

引 言

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》、JJF 1094-2002《测量仪器特性评定》共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

电缆绝缘层结构尺寸测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于电缆绝缘层结构尺寸测试仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 2951.11-2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法第 11 部分：

通用试验方法——厚度和外形尺寸测量——机械性能试验

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。

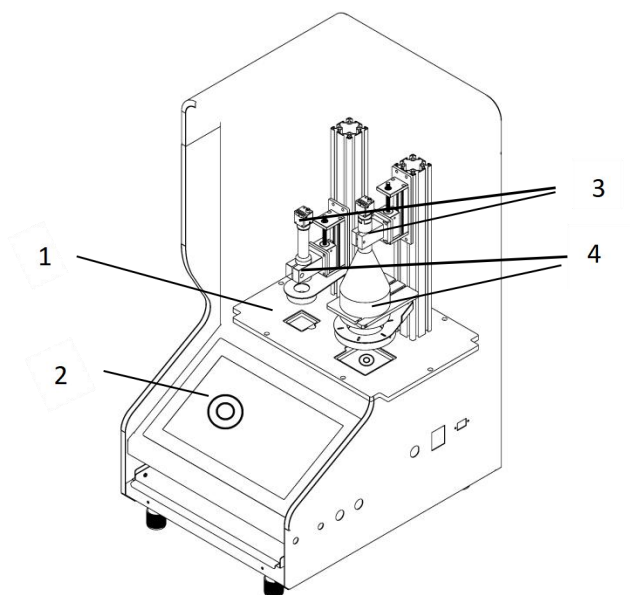
3 术语

电缆绝缘层偏心比：the eccentricity ratio of cable insulation

同一个电缆横截面中，绝缘层最大测量厚度与最小厚度之差同最大厚度之比的百分数。

4 概述

电缆绝缘层结构尺寸测试仪（以下简称测试仪）是采用机器视觉测量方式，由多个光学影像组件构成的电缆绝缘层结构尺寸参数测量系统。测试仪通过图像采集，获取电缆绝缘层切片的图像，经处理计算后，能一次性自动获取电缆绝缘层结构尺寸的各项数据（直径、电缆绝缘层偏心比、截面厚度等）。不同规格的光学影像组件对应不同的测量范围。仪器结构示意图见图1。



1—工作台；2—软件界面；3—图像传感器；4—光学镜头

图 1 电缆绝缘层结构尺寸测试仪的结构示意图

5 计量特性

5.1 视场不同位置尺寸测量一致性

5.2 直径测量示值误差和测量重复性

5.3 电缆绝缘层偏心比测量示值误差和测量重复性

5.4 景深内各截面测量一致性

6 校准条件

6.1 环境条件

校准时，环境温度为 $(20\pm 3)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于 80%。校准前，测试仪与标准器平衡温度时间不少于 2 小时。

6.2 测量标准及其他设备

校准时所需的测量标准及其他设备如表 1 所示。推荐使用表 1 所列测量标准及其他设备，允许使用满足测量不确定度要求的其他测量标准及其他设备进行

校准。

表 1 测量标准及其他设备

序号	仪器设备名称	规格要求
1	标准圆样板、圆环专用样板	见附录 A
2	量块	0.5mm、1.0mm 各四块，3 级

注：校准用标准器（标准圆样板、圆环专用样板）的校准方法见附录 A。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前准备

校准前，需确保仪器处于正常的工作状态及没有影响校准计量性能的因素后，方可进行校准。具有多规格光学影像的仪器应在其测量范围下分别进行校准。

7.2 视场不同位置尺寸测量一致性

按照图2所示在视场内选择均匀分布的5个测量位置，选取尺寸合适的标准样板（标准圆样板或圆环专用样板），样板直径为视场直径的10%~30%。将样板按同一方位依次放置于各测量位置，分别测得各测量位置处的圆直径，取直径示值的最大值与最小值之差作为视场内不同位置尺寸测量一致性的校准结果。

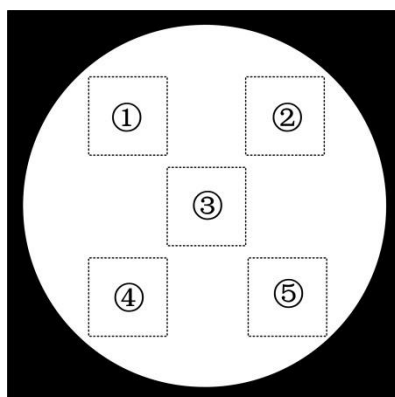


图2 视场测量位置分布示意图

7.3 直径测量示值误差和测量重复性

7.3.1 在仪器不同的测量范围，均匀选取 3 个视场尺寸（至少覆盖该视场测量范围的 66%）作为校准点，确定相应的标准样板（标准圆样板或圆环专用样板），进行直径示值测量。每个校准点重复测量 6 次并记录仪器示值，取算术平均值 $\bar{D}$ 作为测量结果。 $\bar{D}$ 与标准样板的圆直径标准值 D_0 之差，为测量示值误差 δ_D ，按公式（1）计算：

$$\delta_D = \bar{D} - D_0 \quad (1)$$

式中：

δ_D ——校准点的直径测量示值误差，mm；

$\bar{D}$ ——仪器直径示值测量的算术平均值，mm；

D_0 ——标准样板的直径标准值，mm。

7.3.2 依据7.3.1所测得的直径示值，按公式（2）计算仪器直径测量重复性，每一个校准点均给出重复性测量结果 S_D 。

$$S_D = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2.53} \quad (2)$$

式中：

$D_{\max}$ ——仪器直径示值6次测量的最大值，mm；

$D_{\min}$ ——仪器直径示值6次测量的最小值，mm。

7.4 电缆绝缘层偏心比测量示值误差和测量重复性

7.4.1 在直径测量的同时，可直接测得电缆绝缘层偏心比示值。电缆绝缘层偏心比的校准范围为 5%~15%，重复测量 6 次并记录仪器示值，取算术平均值 $\bar{P}$ 作为测量结果。 $\bar{P}$ 与标准样板的电缆绝缘层偏心比标准值 P_0 之差，为测量示值误差 δ_P ，按公式（3）计算：

$$\delta_P = \bar{P} - P_0 \quad (3)$$

式中：

δ_P ——校准点的电缆绝缘层偏心比测量示值误差，%；

$\bar{P}$ ——仪器电缆绝缘层偏心比示值测量的算术平均值，%；

P_0 ——标准样板的电缆绝缘层偏心比标准值，%。

7.4.2 依据7.4.1所测得的电缆绝缘层偏心比示值，按公式（4）计算仪器电缆绝缘层偏心比测量重复性，每一个校准点均给出重复性测量结果 S_P 。

$$S_P = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2.53} \quad (4)$$

式中：

$P_{\max}$ ——仪器电缆绝缘层偏心比示值6次测量的最大值，%；

$P_{\min}$ ——仪器电缆绝缘层偏心比示值6次测量的最小值，%。

7.5 景深内各截面测量一致性

在不同规格镜头下，在视场中心位置放置圆直径约为二分之一视场大小的标准样板，测量标准圆的直径并记录仪器示值。在标准样板的四角下方分别垫高 0.5 mm、1.0 mm 量块，依次读数，取直径示值读数的最大差值作为景深内各截面测量一致性的校准结果。

8 校准结果表达

经校准后的测试仪出具校准证书，校准证书应给出各校准项目的测量结果及扩展不确定度（见附录 D）。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由电缆绝缘层结构尺寸测试仪的使用状况、使用者、设备本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据仪器实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔一般为 1 年。

附录 A

校准用标准器的技术要求和校准方法

A.1 技术要求

一、标准圆样板的示意图如图 A.1、图 A.2 所示，技术要求：

- 1、标称直径， $\Phi(1\sim110)\text{ mm}$ ；
- 2、直径测量结果的不确定度满足 $U\leq 3\text{ }\mu\text{ m}(k=2)$ 。

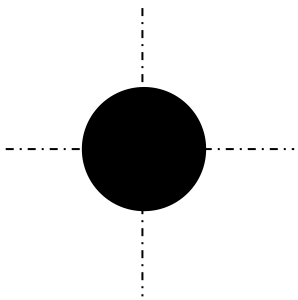


图 A.1 标准圆样板（实心圆）示意图

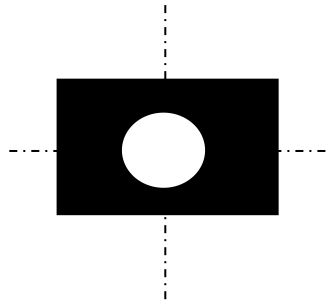


图 A.2 标准圆样板（空心圆）示意图

二、圆环专用样板可设计单层或多层（可取 3 层）形式，推荐校准用的圆环专用样板示意图如图 A.3、图 A.4 所示，技术要求：

- 1、标称直径， $\Phi(1\sim110)\text{ mm}$ ；
- 2、直径覆盖测试仪视场范围均匀分布的 3 个尺寸，测量结果的不确定度满足 $U\leq 3\text{ }\mu\text{ m}(k=2)$ ；
- 3、电缆绝缘层偏心比标准值的一般范围为 5%~15%，取 5%、8%、10%、15% 四个标准点。

示值扩展不确定度： $U=0.5\%$ ， $k=2$ （直径 $\leq 10\text{ mm}$ ）； $U=0.1\%$ ， $k=2$ （直径 $>10\text{ mm}$ ）。

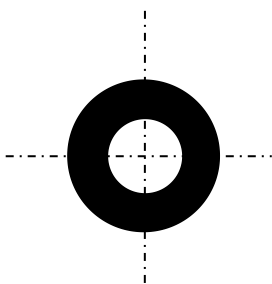


图 A.3 同心圆环专用样板示意图

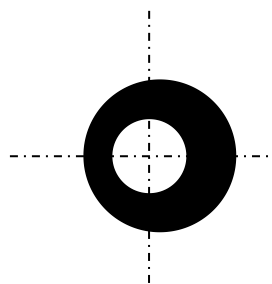


图 A.4 非同心圆环专用样板示意图

A.2 校准方法

标准圆样板、圆环专用样板的直径量值溯源使用符合目标不确定度的测量设备。直径测量结果的不确定度应满足 $U \leq 3 \mu\text{m}$, ($k=2$)。

非同心圆环专用样板电缆绝缘层偏心比的量值溯源使用符合目标不确定度的测量设备。测量圆环的最大厚度、最小厚度，测量位置参考图 A.5，按照公式 A.1 计算电缆绝缘层偏心比 P 。

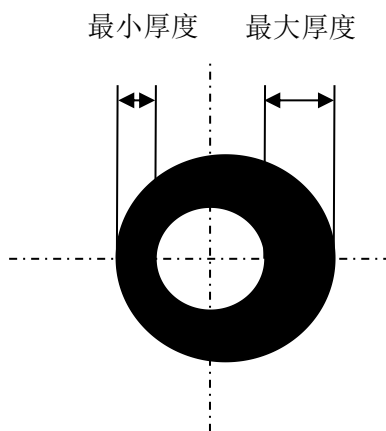


图 A.5 非同心圆环专用样板的电缆绝缘层偏心比测量示意图

电缆绝缘层偏心比 P 计算公式为：

$$P = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{H_{\max}} \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

式中：

$H_{\max}$ 、 $H_{\min}$ 为圆环的最大厚度、最小厚度。

附录 B

电缆绝缘层结构尺寸测试仪直径测量结果示值误差的 不确定度评定示例

B.1 测量方法

在视场范围（以 10mm 为例）内，选定对应的专用标准样板，对相应的直径示值重复测量 6 次，取平均值为该点的测量值，测量值与标准样板直径的实际值 D 的差值，即为该点的示值误差。

B.2 测量模型

$$\delta_D = \bar{D} - D_0$$

式中：

δ_D ——校准点的直径测量示值误差，mm；

$\bar{D}$ ——校准点的仪器示值的平均值，mm；

D_0 ——相应标准样板的直径实际值，mm。

B.3 不确定度传播率

考虑各分量彼此独立，依据公式 $u_c^2(y) = \sum \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i)$ 得：

$$u_c^2 = u^2(\delta) = c_1^2 u^2(\bar{D}) + c_2^2 u^2(D_0)$$

式中： $c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial \bar{D}} = 1$ ， $c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial D_0} = -1$

则 $u_c^2 = u^2(\bar{D}) + u^2(D_0)$

B.4 标准不确定度分量计算

B.4.1 由重复性引入的标准不确定度分量 u_1

用电缆绝缘层结构尺寸测试仪重复测量外圆直径 6mm 的标准样板 10 次。10 次测量值分别为（mm）：

5.98、5.98、5.99、5.98、5.98、5.98、5.99、5.98、5.98、5.99

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0048\text{mm}$$

因测量取 6 次测量平均值为测量结果，则：

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{6}} = 0.0019\text{mm}$$

B.4.2 由仪器分辨力引入的标准不确定度分量 u_2 。

电缆绝缘层结构尺寸测试仪读数分辨力为 0.01mm，故其分辨力引入的标准不确定度分量：

$$u_2 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029\text{mm}$$

B.4.3 由圆环标准样板不确定度引入的标准不确定度分量 u_3

6mm 圆环标准样板圆直径的测量不确定度为： $U=0.003\text{mm}$ ， $k=2$ ，则：

$$u_3 = \frac{0.003}{2} = 0.0015\text{mm}$$

B.4.4 由环境温度影响引入的标准不确定度分量 u_4 。

标准样板的线膨胀系数为 $0.5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ，校准环境温度 $(20 \pm 3) \text{ } ^\circ\text{C}$ ，环境温度变化带来长度变化影响，服从均匀分布，则

$$u_4 = \frac{6 \times 0.5 \times 10^{-6} \times 3}{\sqrt{3}} = 0.000005\text{mm}$$

考虑到环境温度影响引入的不确定度分量较小，故可忽略不计。

B.5 合成不确定度

B.5.1 主要标准不确定度汇总

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度
u_1	重复性	0.0019mm
u_2	仪器的分辨力	0.0029 mm
u_3	圆环标准样板不确定度	0.0015mm

B.5.2 合成标准不确定度计算

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} \approx 0.0038\text{mm}$$

B.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则： $U = ku_c = 0.01\text{mm}$

附录 C

电缆绝缘层结构尺寸测试仪电缆绝缘层偏心比测量结果示值误差的不确定度评定示例

C.1 测量方法

在视场范围（以 50mm 为例）内，选定对应的专用标准样板，对相应的偏心度示值重复测量 6 次，取平均值为该点的测量值，测量值与标准样板的电缆绝缘层偏心比实际值 P 的差值，即为该点的示值误差。

C.2 测量模型

$$\delta_P = \bar{P} - P_0$$

式中：

δ_P ——校准点的电缆绝缘层偏心比测量示值误差，%；

$\bar{P}$ ——校准点的仪器示值的平均值，%；

P_0 ——相应标准样板的电缆绝缘层偏心比标准值，%。

C.3 不确定度传播率

考虑各分量彼此独立，依据公式 $u_c^2(y) = \sum \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i)$ 得：

$$u_c^2 = u^2(\delta) = c_1^2 u^2(\bar{P}) + c_2^2 u^2(P_0)$$

式中： $c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial \bar{P}} = 1$, $c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial P_0} = -1$

则 $u_c^2 = u^2(\bar{P}) + u^2(P_0)$

C.4 标准不确定度分量计算

C.4.1 由重复性引入的标准不确定度分量 u_1

用电缆绝缘层结构尺寸测试仪重复测量中间层电缆绝缘层偏心比为 5.0%、圆直径大于 10mm 的标准样板 10 次。10 次测量值分别为（%）：

5.0、4.9、4.9、5.0、5.0、5.0、5.1、4.9、5.0、5.1

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.074\%$$

因测量取 6 次测量平均值为测量结果，则：

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{6}} = 0.04\%$$

C.4.2 由圆环标准样板不确定度引入的标准不确定度分量 u_2

圆环标准样板的电缆绝缘层偏心比测量不确定度为： $U=0.1\%$ ， $k=2$ ，则：

$$u_2 = \frac{0.1\%}{2} = 0.05\%$$

C.5 合成不确定度

C.5.1 主要标准不确定度汇总

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度
u_1	重复性	0.04%
u_2	圆环标准样板不确定度	0.05%

C.5.2 合成标准不确定度计算

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \approx 0.064\%$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则：

$$U = ku_c = 0.2\%$$

附录 D

校准证书信息与内页格式

校准证书至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- 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) 进行校准日期，如果与校准结果的有效性应用有关时，每页及总页的标识；
- h) 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对抽样程序进行说明；
- i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；
- j) 本次校准所用计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。

推荐的校准证书内页格式见表 D.1。

表 D.1 校准证书内页格式

证书编号:

校准员:

核验员:

校准环境 条件	温度: °C 相对湿度: %	地点: 其他:		
序号	校准项目	校准结果		扩展不确定度 ($k=2$)
1	视场不同位置尺寸 测量一致性	镜头 1		
		镜头 2		
		镜头...		
2	直径测量示值误差 和测量重复性	镜头 1	测量示值误差 (mm)	
			测量重复性 (mm)	——
		镜头 2	测量示值误差 (mm)	
			测量重复性 (mm)	——
		镜头...	测量示值误差 (mm)	
			测量重复性 (mm)	——
3	电缆绝缘层偏心比 测量示值误差 和测量重复性	镜头 1	测量示值误差 (%)	
			测量重复性 (%)	——
		镜头 2	测量示值误差 (%)	
			测量重复性 (%)	——
		镜头...	测量示值误差 (%)	
			测量重复性 (%)	——
4	景深内各截面 测量一致性	镜头 1		
		镜头 2		
		镜头...		

沪苏浙皖地方计量技术规范
电线电缆绝缘层结构尺寸测试仪校准规范
JJF (沪苏浙皖) 4022—2026