

中华人民共和国工业和信息化部

通信计量技术规范

JJF（通信） 054─2021

**分布式光纤应变和温度测试仪**

**校准规范**

Calibration Specification of Distributed Optical Fiber Strain and Temperature Tester

（报批稿）

2021-XX-XX发布 2021-XX-XX实施

中华人民共和国工业和信息化部 发 布

分布式光纤应变和温度测试仪校准规范

Calibration Specification of

Distributed Optical Fiber Strain and Temperature Tester

JJF(通信) 054-2021

|  |  |
| --- | --- |
| **归 口 单 位：** | 中国信息通信研究院 |
| **主要起草单位：** | 中国信息通信研究院 |
| **参加起草单位：** | 成都泰瑞通信设备检测有限公司 |

本规范技术条文委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

周轩羽（中国信息通信研究院）

孙小强（中国信息通信研究院）

傅栋博（中国信息通信研究院）

参加起草人：

付 康（中国信息通信研究院）

张颖艳（中国信息通信研究院）

李琳莹（成都泰瑞通信设备检测有限公司）

**目 录**

[1 范围 1](#_Toc68763741)

[2 引用文件 1](#_Toc68763742)

[3 概述 1](#_Toc68763743)

[4 计量特性 1](#_Toc68763744)

[4.1 温度示值 1](#_Toc68763745)

[4.2 温度重复性 1](#_Toc68763746)

[4.3 应变示值 1](#_Toc68763747)

[4.4 应变重复性 1](#_Toc68763748)

[4.5 定位示值 1](#_Toc68763749)

[4.6 定位重复性 2](#_Toc68763750)

[5 校准条件 2](#_Toc68763751)

[5.1 环境条件 2](#_Toc68763752)

[5.2 校准用设备 2](#_Toc68763753)

[6 校准项目和校准方法 2](#_Toc68763754)

[6.1 校准前检查 2](#_Toc68763755)

[6.2 校准准备 3](#_Toc68763756)

[6.3 温度示值校准 3](#_Toc68763757)

[6.4 温度重复性校准 3](#_Toc68763758)

[6.5 应变示值校准 4](#_Toc68763759)

[6.6 应变重复性校准 4](#_Toc68763760)

[6.7 定位示值校准 4](#_Toc68763761)

[6.8 定位重复性校准 5](#_Toc68763762)

[7 校准结果表达 5](#_Toc68763763)

[8 复校时间间隔 6](#_Toc68763764)

[附录A 校准原始记录推荐格式 7](#_Toc68763765)

[附录B 校准证书内页推荐格式 10](#_Toc68763766)

[附录C 分布式光纤应变和温度测试仪不确定度评定示例 11](#_Toc68763767)

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》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

**分布式光纤应变和温度测试仪校准规范**

# 范围

本规范适用于单端监测或双端监测的分布式光纤应变和温度测试仪的校准，温度校准范围为（-40～+140）℃，应变校准范围为（200～8000）με，其他温度和应变范围的分布式光纤应变和温度测试仪可以参照本规范执行。

# 引用文件

JJF 1630-2017 分布式光纤温度计校准规范

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。

# 概述

分布式光纤应变和温度测试仪广泛用于桥梁、大坝、输油管道、大型建筑的安全监测，具有监测范围广、分布式监测、抗电磁干扰和抗腐蚀等特点，适于各类应变和温度监测的应用场合，且能适应在恶劣的化学和强辐射环境下工作。

分布式光纤应变和温度测试仪组成结构主要包括传感光纤和测试仪主机，传感光纤利用光纤介质来感知应变和温度参数，并以自身低损耗的独特优势将传感信号传输回测试主机，即光纤具备传感和传输双重功能。目前分布式光纤应变和温度测试仪（以下简称“测试仪”）主要基于光纤布里渊散射或拉曼散射的原理，结构上主要有单端监测和双端监测，其中单端监测具有更低的成本因此得到更广泛的应用。

# 计量特性

## 温度示值

最大允许误差：±1℃

## 温度重复性

≤0.2 ℃

## 应变示值

最大允许误差：±100με

## 应变重复性

≤20με

## 定位示值

最大允许误差：±（2+2×10-5*L*+取样分辨力）m，*L*为设置量程

## 定位重复性

≤0.8m

注：以上技术指标不适用于合格性判别，仅供参考。

# 校准条件

## 环境条件

### 环境温度：（23±5）℃，校准过程中环境温度变化不大于±2℃

### 相对湿度：≤80％

### 电源电压：AC（220±22）V，频率：（50±1）Hz

### 实验室应无剧烈震动和影响测量结果的电磁场干扰

## 测量标准及其他设备

### 标准铂电阻及测温仪

#### 测量范围：（-40～+140）℃

#### 最大允许误差：±0.2℃

#### 分辨力：≤0.1℃

### 恒温槽

#### 温度范围：（-40～+140）℃

#### 温度均匀性：≤0.04℃

#### 温度波动性：≤0.05℃/15min

### 应变校准装置

#### 测量范围：（200～8000）με

#### 最大允许相对误差：±0.5%

### 钢卷尺

#### 量程：≥2m

#### 最大允许误差：±0.02m

### 光时域反射仪

#### 工作波长：与被校测试仪输出波长一致

#### 定位最大允许误差：±（1+1.2×10-5*L*+取样分辨力）m，*L*为设置量程

### 工作平台：平稳、抗振动

# 校准项目和校准方法

## 校准前检查

#### 被校测试仪应具备规格、型号、制造厂名、设备编号及相应的警示标志等。

#### 被校测试仪应带有必要的附件、说明书。

#### 被校测试仪各部件应安装牢固，能确保正常工作。

#### 被校测试仪通电后显示功能正常。

## 校准前准备

所有校准用设备和被校测试仪均置于工作台上，并按照说明书的要求进行预热。校准用设备应在检定或校准周期内使用。各段连接光纤（或光缆）的位置在整个测试过程中应保持固定，光纤接头应保持清洁。

## 温度示值校准

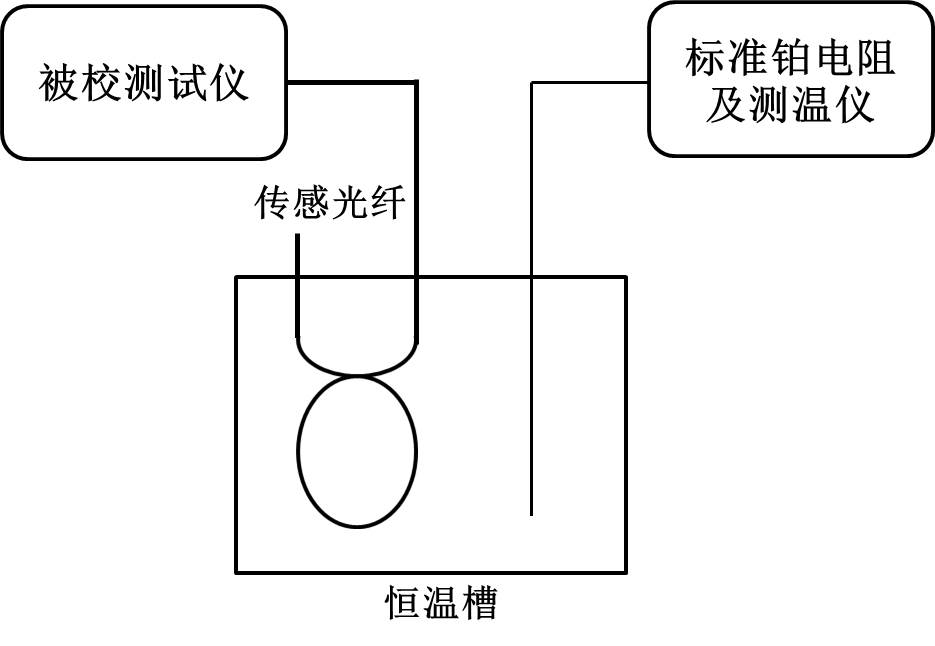


图1 温度示值校准装置示意图

#### 按图1连接设备。选取测试仪的下限温度、中间温度和上限温度进行校准，且所选温度点应偏离环境温度至少10℃。

#### 将传感光纤与测试仪主机相连，将距离末端10m处的传感光纤盘绕成环状（环的直径应大于0.1m且小于恒温槽的内径，环内光纤长度不小于最小感温长度），缓慢放入恒温槽内并固定在支架上。

#### 将恒温槽设定在下限温度，待温度稳定后，用标准铂电阻和测温仪读取温度参考值*T*ref，同时记录此时测试仪的温度显示值*T*x。

#### 重复测量三次，取三次测量平均值为测量结果，按照公式（1）计算被校测试仪的温度示值误差。

##### （1）

#### 分别调节恒温槽温度为中间温度和上限温度，重复步骤c）和d) 并记录测量结果，原始记录推荐格式见附录A。

## 温度重复性校准

### 对中间温度点进行n次重复测量（n≥6），则温度重复性为该温度点多次测量结果的实验标准偏差，单位为℃，温度重复性表示为

##### （2）

## 应变示值校准

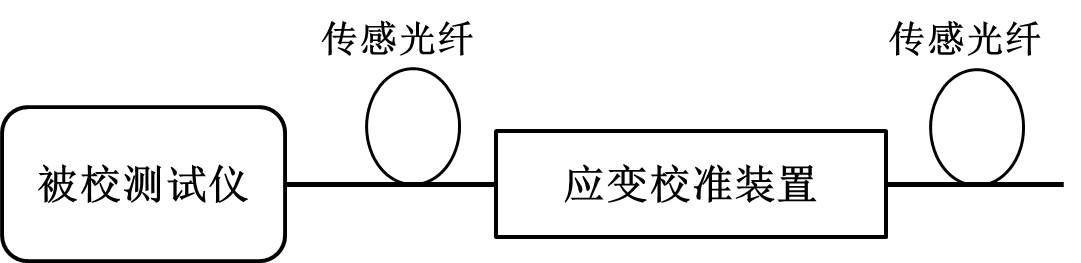


图2 应变示值校准装置示意图

#### 按图2连接设备，将传感光纤固定在应变校准装置上，应变校准装置主要由光纤位移拉伸系统及千分尺组成。传感光纤在拉伸系统上的初始长度用钢卷尺测量，用*L*表示，调节拉伸旋钮，使得拉伸系统以Δ*L*的步进进行拉伸，同时记录被校测试仪的应变读数，应变参考值计算公式为

##### （3）

#### 依次按照ΔL整数倍步进的方式进行拉伸，对不同应变量进行校准，直至覆盖整个应变测量范围，记录应变参考值，同时读出对应的测试仪应变显示值。

#### 重复三次测量，取三次测量平均值为测量结果，原始记录推荐格式见附录A。

## 应变重复性校准

### 选取某一个应变量进行n次重复测量（n≥6），则应变重复性为该应变量点多次测量结果的实验标准偏差，单位为με，应变重复性表示为

### （4）

## 定位示值校准

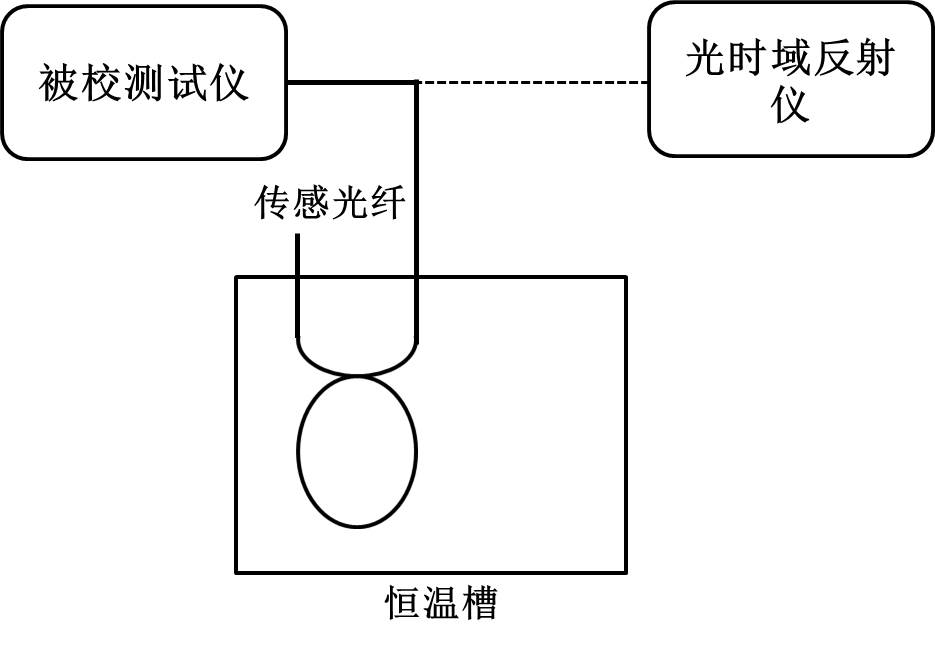


图3 定位示值校准装置示意图

#### 将传感光纤与测试仪主机相连，将距离末端10m处的传感光纤盘绕成环状（环的直径应大于0.1m且小于恒温槽的内径），缓慢放入恒温槽内并固定在支架上。待恒温槽温度稳定后读取温度监测曲线上光纤环温度变化起始点的定位距离，用*D*x表示。

#### 将传感光纤与光时域反射仪相连，光时域反射仪中心波长设置为与测量仪输出波长一致，光纤折射率的设置也保持一致。利用缠绕法将靠近光时域反射仪一端，且在恒温槽液面以下的光纤位置进行截止，用光时域反射仪测量光纤截止处的定位距离，用*D*ref表示。

#### 重复三次测量，取三次测量平均值为测量结果，按照公式（5）计算被校测试仪的定位示值误差,记录测量结果，原始记录推荐格式见附录A。

##### （5）

##### 

## 定位重复性校准

### 利用被校测试仪对6.7中的定位距离进行n次重复测量（n≥6），则定位重复性为该定位位置多次测量结果的实验标准偏差，单位为m，定位重复性表示为

### （6）

# 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，推荐校准证书内页格式见附录B。校准证书应准确、客观的报告校准结果。校准结果用校准数据的形式给出，并给出测量不确定度，不确定度评定实例见附录C。校准证书应至少包括以下信息：

#### 标题：“校准证书”；

#### 实验室名称和地址；

#### 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；

#### 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；

#### 客户的名称和地址；

#### 被校对象的描述和明确标识；

#### 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；

#### 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；

#### 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

#### 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

#### 校准环境的描述；

#### 校准结果及其测量不确定度的说明；

#### 对校准规范的偏离的说明；

#### 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；

#### 校准结果仅对被校对象有效的声明；

#### 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

# 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。建议不超过1年。更换重要部件、维修或对仪器性能有怀疑时，应及时校准。

1. 校准原始记录推荐格式

证书编号：

共 页 第 页

1. 外观及工作正常性检查

|  |  |
| --- | --- |
| 外观 |  |
| 工作正常性检查 |  |

1. 温度示值

单位：℃

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准温度 | 测量次数 | 标准值 | 平均值 | 测量值 | 平均值 | 示值误差 | 扩展不确定度（*k*=2） |
| 下限温度 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |
| 中间温度 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |
| 上限温度 | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |

1. 温度重复性

单位：℃

|  |  |
| --- | --- |
| 测量次数 | 温度测量值 |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |
| 平均值 |  |
| 温度重复性 |  |

1. 应变示值

单位：με

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 初始长度  （mm） | 位移量  （mm） | 应变  标准值 | 测量  次数 | 测量值 | 平均值 | 示值  误差 | 扩展不确定度（*k*=2） |
|  |  |  | 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
|  |  | 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| ︙ | | | | | | |
|  |  | 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |
| 3 |  |

1. 应变重复性

单位：με

|  |  |
| --- | --- |
| 测量次数 | 应变测量值 |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |
| 平均值 |  |
| 应变重复性 |  |

1. 定位示值

波长： nm 单位：m

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 标准值 | 平均值 | 测量值 | 平均值 | 示值误差 | 扩展不确定度  （*k*=2） |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |

1. 定位重复性

波长： nm 单位：m

|  |  |
| --- | --- |
| 测量次数 | 定位测量值 |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |
| 平均值 |  |
| 定位重复性 |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 温度 |  | ℃ | 相对湿度 |  | % |
| 电源电压 |  | V | 校准日期 |  | |

校准人（签名） 核验人（签名）

1. 校准证书内页推荐格式

证书编号：

共 页 第 页

1. 温度示值

单位：℃

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准温度 | 标准值 | 测量值 | 示值误差 | 扩展不确定度（*k*=2） |
| 下限温度 |  |  |  |  |
| 中间温度 |  |  |  |  |
| 上限温度 |  |  |  |  |

1. 温度重复性 ℃
2. 应变示值

单位：με

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 初始长度  （mm） | 位移量  （mm） | 标准值 | 测量值 | 示值误差 | 扩展不确定度（*k*=2） |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| ︙ | | | | |
|  |  |  |  |  |

1. 应变重复性 με
2. 定位示值

波长： nm 单位：m

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准值 | 测量值 | 示值误差 | 扩展不确定度（*k*=2） |
|  |  |  |  |

1. 定位重复性 m

（波长： nm）

1. 分布式光纤应变和温度测试仪不确定度评定示例

依据分布式光纤应变和温度测试仪校准规范的各校准项目的计量特性、校准条件及校准方法的规定，对型号为DITEST-TL的分布式光纤应变和温度测试仪进行了校准，并对测量结果的不确定度进行了评定。

C.1 温度示值校准

C.1.1 测量不确定度来源

* 1. 标准温度计引入的标准不确定度（）；
  2. 恒温槽温度波动性引入的测量不确定度（）；
  3. 恒温槽温度均匀性引入的测量不确定度（）；
  4. 分辨力引入的测量不确定度（）；
  5. 测量重复性引入的测量不确定度（）；

C.1.2 测量不确定度评定

C.1.2.1由标准温度计引入的标准不确定度分量。

标准温度计引入的不确定度为0.1℃，*k*1=2，则：

℃ (C.1)

C.1.2.2恒温槽温度均匀性引入的测量不确定度分量。

恒温槽温度均匀性为0.04 ℃，均匀分布，，则：

℃ (C.2)

C.1.2.3恒温槽温度波动性引入的测量不确定度分量。

恒温槽15min温度波动性为0.05 ℃，均匀分布，，则：

℃ (C.3)

C.1.2.4分辨力引入的测量不确定度分量。

被校测试仪温度分辨力为0.01 ℃，按均匀分布，，则：

℃ (C.4)

C.1.2.5测量重复性引入的测量不确定度分量。

重复测量三次，温度测量结果分别为60.23℃，60.14℃，60.08℃，采用极差法, 得标准偏差为, 查表得测量次数*n*=3时, *dn*=1.69。则：

℃ (C.5)

C.1.3 标准不确定度的合成

C.1.3.1 标准不确定度评定表

表C.1标准不确定度评定表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序 号 | 不确定度来源 | /℃ | 分布类型 |
| 1 | 标准温度计 |  | 均匀 |
| 2 | 恒温槽温度均匀性 |  | 均匀 |
| 3 | 恒温槽温度波动性 |  | 均匀 |
| 4 | 分辨力 |  | 均匀 |
| 5 | 测量重复性 |  | 正态 |

C.1.3.2合成标准不确定度为：

℃ (C.6)

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量（*u*4 和*u*5）因重复计算，合成时取较大的分量计算。

C.1.4 扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则：*U* ℃。

可得到被校测试仪温度示值测量结果的不确定度*U*=0.2 ℃。

C.2 应变示值校准

C.2.1 测量不确定度来源

1. 标准应变产生装置引入的标准不确定度（）；
2. 分辨力引入的测量不确定度（）；
3. 测量重复性引入的测量不确定度（）；

C.2.2 测量不确定度评定

C.2.2.1由标准应变产生装置引入的标准不确定度分量。

标准应变产生装置引入的不确定度为5με，*k*1=2，则：

με (C.7)

C.2.2.2分辨力引入的测量不确定度分量。

被校测试仪应变分辨力为0.1με，按均匀分布，，则：

με (C.8)

C.2.2.3测量重复性引入的测量不确定度分量。

重复测量三次，应变测量结果分别为971.4 με，966.1 με，964.2 με，采用极差法, 得标准偏差为, 查表得测量次数*n*=3时, *dn*=1.69。则：

με (C.9)

C.2.3 标准不确定度的合成

C.2.3.1 标准不确定度评定表

表C.2标准不确定度评定表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序 号 | 不确定度来源 | /με | 分布类型 |
| 1 | 标准应变产生装置 |  | 均匀 |
| 2 | 分辨力 |  | 均匀 |
| 3 | 测量重复性 |  | 正态 |

C.2.3.2合成标准不确定度为：

με (C.10)

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量（*u2* 和*u3*）因重复计算，合成时取较大的分量计算。

C.2.4 扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则：με。

可得到被校测试仪应变示值测量结果的不确定度*U*=8με。

C.3 定位示值校准

C.3.1 测量不确定度来源

1. 光时域反射仪引入的标准不确定度（）；
2. 分辨力引入的测量不确定度（）；
3. 测量重复性引入的测量不确定度（）；

C.3.2 测量不确定度评定

C.3.2.1由光时域反射仪引入的标准不确定度分量。

光时域反射仪引入的不确定度为0.6m，*k*1=2，则：

m (C.11)

C.3.2.2分辨力引入的测量不确定度分量。

被校测试仪定位分辨力为0.1m，按均匀分布，，则：

m (C.12)

C.3.2.3测量重复性引入的测量不确定度分量。

重复测量三次，定位测量结果分别为12012.4 m，12012.2 m，12012.5 m，采用极差法, 得标准偏差为, 查表得测量次数*n*=3时, *dn*=1.69。则：

m (C.13)

C.3.3 标准不确定度的合成

C.3.3.1 标准不确定度评定表

表C.3标准不确定度评定表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序 号 | 不确定度来源 | / m | 分布类型 |
| 1 | 光时域反射仪 |  | 均匀 |
| 2 | 分辨力 |  | 均匀 |
| 3 | 测量重复性 |  | 正态 |

C.3.3.2合成标准不确定度为：

m (C.14)

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量（*u2* 和*u3*）因重复计算，合成时取较大的分量计算。

C.3.4 扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则：m。

可得到被校测试仪定位示值测量结果的不确定度*U*=0.7 m。