JJF

# 陕 西 省 地 方 计 量 技 术 规 范

JJF（陕）XXX－2021

# 回弹仪检定装置校准规范

Calibration Specification for Verification Facility of Rebound Test Hammer

（报批稿）

2021－XX－XX 发布　　2021－XX－XX 实施

陕 西 省 市 场 监 督 管 理 局 发布

# 回弹仪检定装置校准规范

**Calibration Specification for Verification Facility of Rebound Test Hammer**

JJF（陕）XXX－2021

代替 JJG（陕）06－2007

**归 口 单 位：**陕西省市场监督管理局

**主要起草单位：**陕西省建筑科学研究院有限公司

西安计量技术研究院

**参加起草单位：**陕西省计量科学研究院

济南朗睿检测技术有限公司

本规范由陕西省市场监督管理局负责解释

**本规范主要起草人：**

魏超琪（陕西省建筑科学研究院有限公司）

史想全（陕西省建筑科学研究院有限公司）

黄炯力（西安计量技术研究院）

**参加起草人：**

赵博学（陕西省计量科学研究院）

王　磊（济南朗睿检测技术有限公司）

李　磊（陕西省建筑科学研究院有限公司）

李玉琨（陕西省建筑科学研究院有限公司）

# 目 录

引 言 ..... II
1 范围 ..... 1
2 引用文件 ..... 1
3 术语 ..... 1
3.1 弹击拉簧的拉伸长度 ..... 1
3.2 回弹值 ..... 1
3.3 弹击锤起跳位置 ..... 1
3.4 弹击锤脱钩位置 ..... 1
4 概述 ..... 1
5 计量特性 ..... 3
5.1 刻线 ..... 3
5.2 数字式回弹仪检定装置 ..... 3
5.3 机械式回弹仪检定装置 ..... 3
5.4 率定钢砧 ..... 3
6 校准条件 ..... 3
6.1 环境条件 ..... 3
6.2 测量标准及其他设备 ..... 3
7 校准项目和校准方法 ..... 4
7.1 刻线 ..... 4
7.2 数字式回弹仪检定装置 ..... 4
7.3 机械式回弹仪检定装置 ..... 5
7.4 率定钢砧 ..... 6
8 校准结果表达 ..... 7
9 复校时间间隔 ..... 7
附录 A 专用量块放置根据 ..... 1
附录 B 原始记录格式（推荐） ..... 9
附录 C 校准证书内容及内页格式 ..... 10
附录 D 位移示值误差不确定度评定示例 ..... 12
附录 E 力值示值误差不确定度评定示例 ..... 15
附录 F 刻线缺口位置示值误差不确定度评定示例 ..... 18

# 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》等基础性系列规范文件进行制定。

本规程以与 JJG（陕）06-2007《回弹仪检定装置》相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

——将回弹仪检定装置检定规程修订为回弹仪检定装置校准规范；

——按 JJF1071-2010 的要求，增加了引言部分的内容；

——增加了术语；

——增加了范围中数字式回弹仪检定装置；

——增加了率定钢砧的校准方法；

——增加了数字式回弹仪检定装置的校准方法、示值误差和示值重复性；

——删除了检定项目和检定方法中盖板刻度尺、盖板加长指针、游标卡尺、半径样板、测力计；

——修订了校准环境条件；

——增加了数字式回弹仪检定装置的校准原始记录；

——增加了校准证书内页信息及格式（见附录 C）；

——增加了不确定度评定示例（见附录 D，E，F）。

本规范的历次版本发布情况为：

——JJG（陕）06-2007。

# 回弹仪检定装置校准规范

## 1 范围

本规范适用于数字式和机械式回弹仪检定装置（以下简称回弹仪检定装置）的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 99-2006 《砝码》

JJG 455-2000 《工作测力仪》

JJG 817-2011 《回弹仪》

GB/T 9138-2015《回弹仪》

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

3.1 弹击拉簧的拉伸长度 free length of spring

弹击拉簧可产生拉伸变形部分处于完全自由状态时的长度。

3.2 回弹值 rebound number

弹击锤弹回的距离与弹击拉簧冲击长度之比乘以刻度尺的满刻度值。

3.3 弹击锤起跳位置 takeoff position of elastic hammer

弹击锤撞击到弹击杆瞬间所处的位置。

3.4 弹击锤脱钩位置 unhook position of elastic hammer

回弹仪弹击时，弹击锤在脱钩瞬间所处的位置。

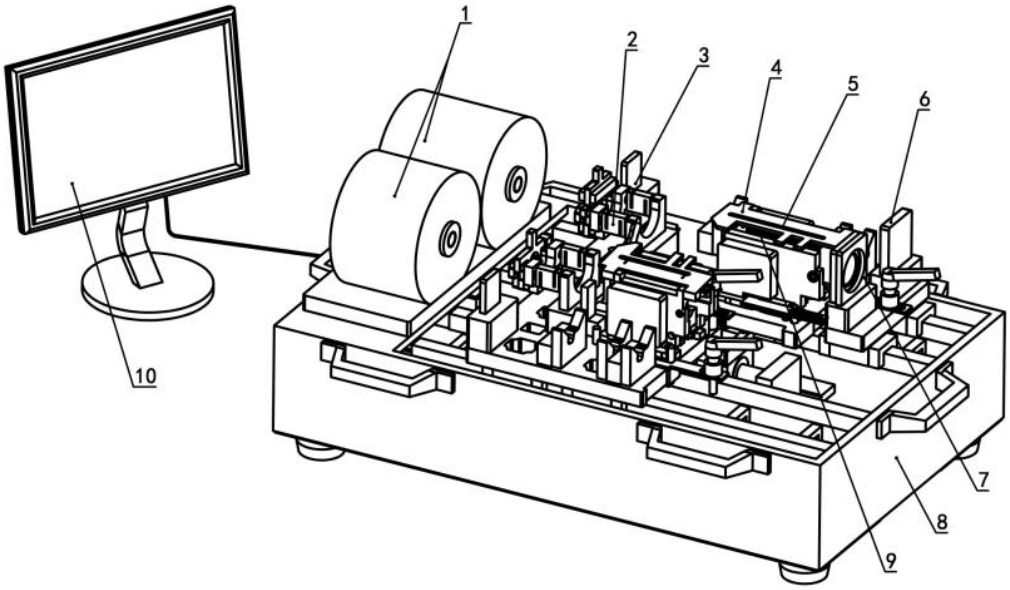
## 4 概述

回弹仪检定装置是用于检定回弹仪的一种专用装置，分为数字式和机械式。

数字式回弹仪检定装置主要由测量起跳用钢砧、测力装置、前定位板、标尺盖板、指针、后定位板、尾盖座、位移测量装置、底座和控制显示器等组成，如图 1 所示。

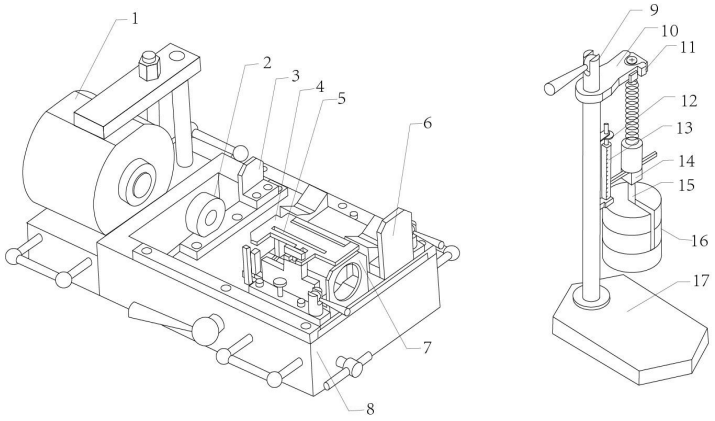
机械式回弹仪检定装置由检定主机和拉簧检定仪组成。由测量起跳用钢砧、前定位板、标尺盖板、指针、后定位板、尾盖座、主机底座、刻度标尺、砝码、横梁游标等组成，如图 2 所示。

率定钢砧由钢砧和定位筒套组成，如图 3 所示。



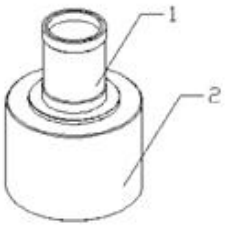

1 测量起跳用钢砧 2 拉簧拉力测量装置 3 前定位板 4 标尺盖板 5 指针
6 后定位板 7 尾盖座 8 底座 9 位移测量装置 10 控制显示器

图 1 数字式回弹仪检定装置




1 测量起跳用钢砧 2 拉簧座卡座 3 前定位板 4 标尺盖板 5 指针 6 后定位板
7 尾盖座 8 底座 9 压紧螺母 10 定位板 11 定位按钮 12 调零螺母 13 刻度标尺
14 横梁游标 15 砝码钩 16 砝码 17 底座

图 2 机械式回弹仪检定装置




1 定位套筒　　2 钢砧

图 3 率定钢砧

## 5 计量特性

### 5.1 刻线

“100”刻线缺口位置误差：±0.10 mm。

### 5.2 数字式回弹仪检定装置

5.2.1 力值示值误差：±0.3%。

5.2.2 力值示值重复性：0.3%。

5.2.3 位移示值误差：±0.02 mm。

### 5.3 机械式回弹仪检定装置

5.3.1 砝码质量最大允许误差：±0.1%。

5.3.2 拉簧检定仪标尺最大允许示值误差：±0.10 mm。

### 5.4 率定钢砧

5.4.1 硬度值：（60±2）HRC。

5.4.2 质量（不包括定位筒套）最大允许误差：（-0.1～+0.3）kg。

注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

环境温度：（23±5）℃；相对湿度：≤80%；

校准环境应清洁，无腐蚀介质，无明显振动干扰。

### 6.2 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 | 技术要求 |
|---|---|---|---|
| 1 | 标准测力仪 | （20～200）N | MPE：±0.1% |
| 2 | 量块 | （0～100）mm | 5 等 |
| 3 | 电子天平 | 最大秤量：3 kg | e≤1 g |
| 4 | 电子秤 | 最大秤量：30 kg | e≤10 g |
| 5 | 游标卡尺 | （0～300）mm | MPE：±0.04 mm |
| 6 | 砝码 | 1 kg、2 kg | $M_1$ 等级 |
| 7 | 万能工具显微镜 | （0～100）mm | MPE：±（1+*L*/100）μm |
| 8 | 金属洛氏硬度计 | （20～70）HRC | MPE：±1.5 HRC |

注：也可采使用准确度满足技术要求的其它测量器具设备。

## 7　校准项目和校准方法

校准前检查：回弹仪检定装置，拉簧检定仪的锁紧、夹持机构，盖板、标尺刻线，及率定钢砧的钢芯表面等不能有影响测量精度的缺陷。

### 7.1　刻线

“100”刻线缺口位置：将检定装置指针盖板翻到测量回弹仪标尺“100”刻度线位置，用游标卡尺测量专用定位板至标尺盖板“100”刻线定位缺口的距离，即为“100”刻线缺口位置校准结果。“100”刻线缺口位置有 4 个常见尺寸，详见表 2。

表 2　“100”刻线缺口位置

| 被检回弹仪规格 | “100”刻线缺口位置/mm |
|---|---|
| H550 | 237.5 |
| H450 | 245.5 |
| M225 | 181.0 |
| L75 | 165.5 |
| L20 | |

### 7.2　数字式回弹仪检定装置

#### 7.2.1　示值误差和重复性

将数字式回弹仪检定装置配套的专用辅具放置到拉簧拉力测量装置上，将标准测力仪置于传感器的中心点位，操作数字式回弹仪检定装置主机，进入测力实验状态，将测力示值复零。操作回弹仪检定装置主机施加压力至测量点，读取标准测力仪上示值。测

量点应不少于 5 个点，各点大致均匀分布，（一般按测力量程的 20%、40%、60%、80%、100%选择），每点重复测量 3 次。按公式（1）和公式（2）计算示值误差和示值重复性。

$$q=\frac{N_0-\overline{N_i}}{\overline{N_i}}\times 100\% \qquad (1)$$

式中：

$q$——示值误差，%；

$\overline{N_i}$——标准测力仪 3 次重复测量的算术平均值，N；

$N_0$——回弹仪检定装置的示值，N。

$$b=\frac{N_{\max}-N_{\min}}{\overline{N_i}}\times 100\% \qquad (2)$$

式中：

$b$——示值重复性，%；

$N_{\max}$、$N_{\min}$——标准测力仪 3 次测量中最大值、最小值，N；

$\overline{N_i}$——3 次重复测量的算术平均值，N。

7.2.2　位移示值

在后定位板上安装一个可以放置量块的辅助工具，操作数字式回弹仪检定装置主机进入位移计量状态，使滑动平台移动到位移零点位置。操作控制显示器，将滑动平台依次移动到校准点位置后停止，将量块平行放入到量块辅具的基准面和测针之间，读取显示装置的示值，测量点应不少于 5 个点，各点大致均匀分布，（一般按位移量程的 20%、40%、60%、80%、100%进行选择），每点重复测量 3 次，取 3 次测量值的算术平均值作为测量结果。示值误差计算见公式（3）。

$$\triangle L=\overline{L}-L \qquad (3)$$

式中：

$\triangle L$——回弹仪检定装置位移的示值误差，mm；

$\overline{L}$——显示装置测量 3 次的平均值，mm；

$L$——量块的标称值，mm。

7.3　机械式回弹仪检定装置

7.3.1　拉簧检定仪砝码

将拉簧检定仪砝码从仪器上拆下，清洗干净。采用 ABA 测量循环方法，在测量循环

中，“A”代表标准砝码，“B”代表被检砝码。循环 ABA（$r_1t_1r_2$）完成后，被测砝码示值误差计算见公式（4）。

$$\triangle I=I_{t1}-\frac{I_{r1}+I_{r2}}{2} \qquad (4)$$

式中：

$\triangle I$——被测砝码示值误差，kg；

$I_{t1}$——被测砝码第一次加载后电子天平的示值，kg；

$I_{r1}$——标准砝码第一次加载后电子天平的示值，kg；

$I_{r2}$——标准砝码第二次加载后电子天平的示值，kg。

7.3.2 拉簧检定仪标尺

将拉簧检定仪标尺从仪器上拆下，用万能工具显微镜测量标尺示值，选取标尺上 25 mm、50 mm、75 mm，3 个位置点进行测量，重复测量 3 次，取 3 次测量值的平均值作为测量结果。示值误差计算见公式（5）。

$$\triangle l=l_0-\bar{l} \qquad (5)$$

式中：

$\triangle l$——拉簧检定仪标尺的示值误差，mm；

$l_0$——拉簧检定仪标尺的标称示值，mm；

$\bar{l}$——万能工具显微镜 3 次测量的平均值，mm。

7.4 率定钢砧

7.4.1 区域表面硬度

将硬度计压头主轴与被测钢芯率定面相垂直后，用金属洛氏硬度计进行测量。测量点位于率定区域边缘距离不小于 2.5$d$（$d$ 为压痕直径），各测量点间距不小于 4$d$，测量至少 5 次，取后 4 次算术平均值作为钢砧硬度值。计算见公式（6）。

$$\overline{H}=\frac{\sum_{i=1}^{4}H_i}{4} \qquad (6)$$

式中：

$H_i$——金属洛氏硬度第 $i$ 次的测量值，HRC。

7.4.2 质量

拆除率定钢砧的定位筒套，用电子秤对剩余部分进行称量，重复测量 3 次，取平均

值作为率定钢砧质量。计算见公式（7）。

$$\overline{m}=\frac{\sum_{i=1}^{3}m_i}{3} \qquad (7)$$

式中：

$m_i$——电子秤第 $i$ 次的测量值，kg。

## 8 校准结果表达

经校准的回弹仪校准装置出具校准证书。校准证书的内页格式参见附录 C。

## 9 复校时间间隔

回弹仪检定装置建议复校时间间隔不超过 12 个月，回弹仪率定钢砧建议复校时间间隔不超过 12 个月。

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，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

## 专用定位板、专用量块放置工具

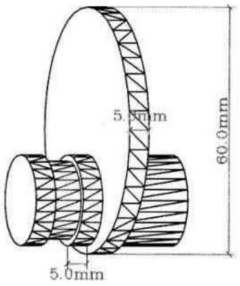



图 A.1 专用定位板

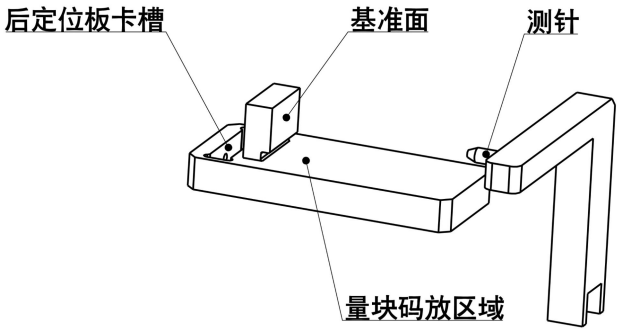



图 A.2 专用量块放置工具

# 附录 B

## 回弹仪检定装置校准原始记录格式（推荐）

B.1 数字式回弹仪检定装置校准原始记录格式

送检单位：_____ 证书编号：_____

仪器名称：_____ 型号规格：_____

生产厂家：_____ 出厂编号：_____

校准依据：_____ 校准地点：_____

环境温度：_____相对温度：_____

校准使用标准器情况

| 标准器具名称 | 测量范围/型号规格 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | 证书编号 | 有效期至 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

校准结果

| 序号 | 校准项目 | | 校准数据 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 刻线/mm | “100”刻线缺口位置示值/mm | H550 | 校准结果： 偏差： | | | | |
| | | | H450 | 校准结果： 偏差： | | | | |
| | | | M225 | 校准结果： 偏差： | | | | |
| | | | L75/L20 | 校准结果： 偏差： | | | | |
| 2 | 率定钢砧 | 硬度/HRC | | | | | 平均值 | |
| | | 质量值/kg | | | | | 平均值 | |
| 3 | 测力示值 | 标准力值 $\overline{N_i}$ /N | | | | | | |
| | | 测量值 $N_0$/N | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | 示值误差/% | | | | | | |
| | | 示值重复性/% | | | | | | |
| 4 | 位移示值/mm | 示值 | | | | | | |
| | | 测量值 | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | 示值误差 | | | | | | |
| 5 | “100”刻线缺口位置示值误差的不确定度 | | | | | | | |
| 6 | 位移示值误差的不确定度 | | | | | | | |
| 7 | 力值示值误差的不确定度 | | | | | | | |

校准员： 核验员： 校准日期：

B.2 机械式回弹仪检定装置校准原始记录格式

送检单位：_____ 证书编号：_____

仪器名称：_____ 型号规格：_____

生产厂家：_____ 出厂编号：_____

校准依据：_____ 校准地点：_____

环境温度：_____相对温度：_____

校准使用标准器情况

校准结果

| 标准器具名称 | 测量范围/型号规格 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | 证书编号 | 有效期至 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| 序号 | 校准项目 | | 校准数据 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 刻线/mm | “100”刻线缺口位置 | 位置： | | 偏差： | | | |
| 2 | 率定钢砧 | 硬度/HRC | | | | | 平均值 | |
| | | 质量值/kg | | | | | 平均值 | |
| 3 | 砝码质量标称值误差/g | 标准砝码第一次示值 $I_{r1}$ | | | | | | |
| | | 标准砝码第二次示值 $I_{r2}$ | | | | | | |
| | | 被测砝码第一次示值 $I_{t1}$ | | | | | | |
| | | 示值误差 | | | | | | |
| 4 | 标尺/mm | 标称值 | | | | | | |
| | | 测量值 | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | 示值误差 | | | | | | |
| 5 | “100”刻线缺口位置示值的不确定度 | | | | $U$= mm ($k$=2) | | | |
| 6 | 拉簧检定仪标尺示值误差的不确定度 | | | | $U$= mm ($k$=2) | | | |
| 7 | 砝码质量示值的不确定度 | | | | $U$= g ($k$=2) | | | |

校准员： 核验员： 校准日期：

# 附录 C

## 校准证书内容及内页格式

C.1 校准证书应至少包括以下信息：

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）校准证书编号、页码及总页数的标识；

e）客户名称和地址；

f）被校仪器的制造单位、名称、型号及编号；

g）校准单位校准专用章；

h）校准日期；

i）校准所依据的技术规范名称及代号；

j）本次校准主要测量设备名称、型号、准确度等级或不确定度或最大允许误差、仪器编号、证书编号及有效期；

k）校准时的环境温度、相对湿度；

l）校准结果及其测量不确定度；

m）对校准规范偏离的说明（若有）；

n）复校时间间隔的建议；

o）“校准证书”的校准人、核验人、批准人签名及签发日期；

p）校准结果仅对被校仪器本次测量有效的声明；

q）未经实验室书面批准，部分复制证书或报告无效的声明。

## C.2 校准证书内页格式：

C.2.1数字式回弹仪检定装置校准证书内页格式

| 序号 | 校准项目 | | 校准结果 |
|---|---|---|---|
| 1 | 刻线/mm | “100”刻线缺口位置 | |
| 2 | 率定钢砧 | 硬度/HRC | |
| | | 质量值/kg | |
| 3 | 测力示值 | 示值误差 | |
| | | 示值重复性 | |
| 4 | 位移示值误差/mm | | |
| 5 | “100”刻线缺口位置示值误差的不确定度 | | $U$= mm($k$=2) |
| 6 | 位移示值误差的不确定度 | | $U$= mm($k$=2) |
| 7 | 力值示值误差的不确定度 | | $U$= N($k$=2) |

C.2.2机械式回弹仪检定装置校准证书内页格式

| 序号 | 校准项目 | | 校准结果 |
|---|---|---|---|
| 1 | 刻线/mm | “100”刻线缺口位置 | |
| 2 | 率定钢砧 | 硬度/HRC | |
| | | 质量值/kg | |
| 3 | 砝码质量 | 质量值/g | |
| 4 | 拉簧检定仪标尺 | 示值/mm | |
| 5 | “100”刻线缺口位置示值的不确定度 | | $U$= mm($k$=2) |
| 6 | 拉簧检定仪标尺示值误差的不确定度 | | $U$= mm($k$=2) |
| 7 | 砝码质量示值的不确定度 | | $U$= g($k$=2) |

# 附录 D

## 数字式回弹仪检定装置位移示值误差的不确定度评定示例

### D.1 概述

D.1.1 校准依据：JJF（陕）XXX-2021《回弹仪检定装置校准规范》。

D.1.2 环境条件：温度（23±5）℃，相对湿度不大于 80%。

D.1.3 被测对象：数字式回弹仪检定装置。

D.1.4 测量标准：量块：（0～100）mm，5 等

D.1.5 测量方法：在规定的条件下，通过将回弹仪检定装置移动至测量量块，读取测量装置的示值，重复 3 次，数字式回弹仪检定装置 3 次示值的算术平均值与标准值的差值，即为该点的示值误差。

### D.2 测量模型

测量模型见公式（D.1）。

$$\Delta L = \overline{L} - L_b \qquad \text{（D.1）}$$

式中：$\Delta L$ ——示值误差，mm；

$\overline{L}$ ——数字式回弹仪检定装置示值，mm；

$L_b$——量块的标称示值，mm。

### D.3 方差和灵敏系数

方差和灵敏系数见公式（D.2）。

$$c_1=\frac{\partial \Delta L}{\partial \overline{L}}=1，\ c_2=\frac{\partial \Delta L}{\partial L_b}=-1 \qquad \text{（D.2）}$$

### D.4 各输入量的标准不确定度评定

D.4.1 由测量重复性引入的相对不确定度分量$u(\overline{L})$

采用A类方法进行评定。用回弹仪检定装置对标称值为100 mm的量块进行测量，重复性测量10次，结果见表D.1。

表D.1　　单位（mm）

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 测量值 | 100.08 | 100.08 | 100.07 | 100.08 | 100.08 | 100.07 | 100.09 | 100.07 | 100.07 | 100.08 |

实验标准偏差见公式（D.3）：

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)}{n-1}}=0.0067\ \text{mm} \qquad \text{（D.3）}$$

实际情况是在重复性条件下连续测量3次。按公式（D.4）可得到每个测量点平均值的实验标准偏差。

$$u\left(\bar{L}\right)=\frac{s}{\sqrt{3}}=0.0038\ \text{mm} \qquad \text{（D.4）}$$

D.4.2 标准量块引入的标准不确定度分量$u(L_b)$

采用B类方法进行评定。

根据给定的5等量块（0～100）mm溯源合格，由JJG 146《量块》可知，其不确定度为$U_{99}=0.5\mu m+5\times10^{-6}l_n$，$k=2.7$。

在100mm点处的不确定度为：$U_{99}=1\ \mu m$，$k=2.7$

则 $$u(L_b)=\frac{1}{2.7}=0.37\ \mu m=0.00037\ \text{mm}$$

D.5 各标准不确定度分量汇总（见表 D.2）

表 D.2

| 符号 | 不确定度来源 | 标准不确定度值 $u(x_i)$ | 灵敏系数 $c_i$ | $\lvert c_i\rvert u(x_i)$ |
|---|---|---|---|---|
| $u\left(\bar{L}\right)$ | 测量重复性 | 0.0038 mm | 1 | 0.0038 mm |
| $u\left(L_b\right)$ | 标准量块 | 0.00037 mm | -1 | 0.00037 mm |

D.6 合成标准不确定度计算

合成标准不确定度依据公式（D.5）计算而得。

$$u_c(\triangle F)=\sqrt{\left[c_1u\left(\bar{L}\right)\right]^2+\left[c_2u\left(L_b\right)\right]^2}=0.0038\ \text{mm} \qquad \text{（D.5）}$$

D.7 扩展不确定度评定

取包含因子$k=2$，则扩展不确定度为：

$U=k\times u_c=2\times0.0038\ \text{mm}=0.0076\ \text{mm}\approx0.01\ \text{mm}$

数字式回弹仪检定装置位移示值误差的扩展不确定度为$U=0.01$ mm，$k=2$。

# 附录 E

## 数字式回弹仪检定装置力值示值误差的不确定度评定示例

### E.1 概述

E.1.1 校准依据：JJF（陕）XXX-2021《回弹仪检定装置校准规范》。

E.1.2 环境条件：温度（23±5）℃，相对湿度不大于 80%。

E.1.3 被测对象：数字式回弹仪检定装置。

E.1.4 测量标准：±0.1%标准测力仪。

E.1.5 测量方法：在规定的条件下，通过对回弹仪检定装置施加负载至测量点，得到的标准力值，重复 3 次，回弹仪检定装置 3 次示值的算术平均值与标准力值的差值，即为该点的示值误差。

### E.2 测量模型

测量模型见公式（E.1）。

$$\Delta F = \overline{F} - F_b \qquad \text{（E.1）}$$

式中：$\Delta F$ ——示值误差，N；

$\overline{F}$ ——数字式回弹仪检定装置示值，N；

$F_b$——标准测力仪示值，N。

### E.3 方差和灵敏系数

方差和灵敏系数见公式（E.2）。

其中：$$c_1=\frac{\partial \Delta F}{\partial \overline{F}}=1，\ c_2=\frac{\partial \Delta F}{\partial F_b}=-1 \qquad \text{（E.2）}$$

### E.4 各输入量的标准不确定度评定

E.4.1 由测量重复性引入的相对不确定度分量$u\left(\overline{F}\right)$

采用A类方法进行评定。用200N标准测力仪对回弹仪检定装置的120N点进行测量，重复性测量10次，结果见表E.1。

表 E.1　　单位（N）

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 测量值 | 120.03 | 120.06 | 120.08 | 120.02 | 120.07 | 120.06 | 120.12 | 120.10 | 120.04 | 120.11 |

实验标准偏差见公式（E.3）：

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)}{n-1}}=0.034\ \text{N} \qquad \text{（E.3）}$$

实际情况是在重复性条件下连续测量3次。按公式（E.4）可得到每个测量点平均值的实验标准偏差。

$$u\left(\overline{F}\right)=\frac{s}{\sqrt{3}}=0.020\ \text{N} \qquad \text{（E.4）}$$

分辨力引入的不确定度分量$u_F$：

标准测力仪的分辨力为0.01 N，其区间半宽为0.005 N，按均匀分布计算：

$$u_F=0.005/\sqrt{3}=0.0029\ \text{N}$$

在测量不确定度评定中，当重复性引入的不确定度分量大于被检定或被校准仪器的分辨力所引入的不确定度分量时，此时重复性中已经包含分辨力对检定或校准结果的影响，故不应当再考虑分辨力所引入的不确定度分量。

由于$u\left(\overline{F}\right)>u_F$，因此采用$u\left(\overline{F}\right)$的分量即可。

E.4.2 标准测力仪引入的标准不确定度分量$u(F_b)$

采用B类方法进行评定。

根据给定的标准测力仪准确度等级为0.1级，最大允许误差为±0.1%。

对应于120N点的最大允许误差实际值为：±120 N×0.1%=±0.12 N

则 $$u(F_b)=\frac{0.12}{\sqrt{3}}=0.069\ \text{N}$$

**E.5 各标准不确定度分量汇总（见表 E.2）**

**表** E.2

| 符号 | 不确定度来源 | 标准不确定度值 $u(x_i)$ | 灵敏系数 $c_i$ | $\lvert c_i\rvert u(x_i)$ |
|---|---|---|---|---|
| $u\left(\overline{F}\right)$ | 测量重复性 | 0.034 N | 1 | 0.015 N |
| $u(F_b)$ | 标准测力仪 | 0.069 N | -1 | 0.069 N |

**E.6 合成标准不确定度计算**

合成标准不确定度依据公式（E.5）计算而得。

$$u_c(\triangle F)=\sqrt{\left[c_1u\left(\overline{F}\right)\right]^2+\left[c_2u\left(F_b\right)\right]^2}=0.071\ \text{N} \qquad \text{（E.5）}$$

## E.7 扩展不确定度评定

取包含因子$k$=2，则扩展不确定度为：$U=k\times u_c=2\times 0.071\ \text{N}\approx 0.15\ \text{N}$。

数字式回弹仪检定装置力值示值误差的相对扩展不确定度$U$=0.15 N，$k$=2。

# 附录 F

## “100”刻线缺口位置示值误差的不确定度评定示例

### F.1 概述

F.1.1 校准依据：JJF（陕）XXX-2021《回弹仪检定装置校准规范》。

F.1.2 环境条件：温度（23±5）℃，相对湿度不大于 80%。

F.1.3 被测对象：机械式回弹仪检定装置。

F.1.4 测量标准：游标卡尺，测量范围：（0～300）mm，分度值 0.02 mm。

F.1.5 测量方法：在规定的条件下，用游标卡尺测量“100”刻线缺口位置的长度，游标卡尺的读数与标称值的差值，即为“100”刻线缺口位置示值误差。

### F.2 测量模型

测量模型见公式（F.1）。

$$\triangle L=L_{测}-L_{标} \qquad (F.1)$$

式中：$\triangle L$——示值误差，mm；

$L_{测}$——游标卡尺的读数，mm；

$L_{标}$——“100”刻线缺口位置标称值，mm。

### F.3 方差和灵敏系数

其方差和灵敏系数 $c_1$=1，$c_2$=-1

### F.4 各输入量的标准不确定度评定

F.4.1 由测量重复性引入的相对不确定度分量$u_1$

采用A类方法进行评定。用游标卡尺对“100”刻线缺口位置进行测量，重复性测量10次，结果见表F.1。

表F.1 单位（mm）

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 测量值 | 181.08 | 181.04 | 181.10 | 181.06 | 181.08 | 181.02 | 181.08 | 181.06 | 181.12 | 181.04 |

实验标准偏差见公式（F.2）：

$$u_1 = s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)}{n-1}} = 0.030 \text{ mm} \qquad (F.2)$$

F.4.2 游标卡尺引入的标准不确定度分量$u_2$

采用B类方法进行评定。

根据给定的游标卡尺溯源证书，由JJG 30《通用卡尺》可知，在测量范围（0～300）mm最大允许误差为±0.04 mm。

则 $$u_2=\frac{0.04}{\sqrt{3}}=0.023\ \text{mm}$$

F.5 各标准不确定度分量汇总（见表 F.2）

表 F.2

| 符号 | 不确定度来源 | 标准不确定度值 $u(x_i)$ | 灵敏系数 $c_i$ | $\lvert c_i\rvert u(x_i)$ |
|---|---|---|---|---|
| $u_1$ | 测量重复性 | 0.030 mm | 1 | 0.030 mm |
| $u_2$ | 游标卡尺 | 0.023 mm | -1 | 0.023 mm |

F.6 合成标准不确定度计算

合成标准不确定度依据公式（F.3）计算而得。

$$u_c(\triangle L)=\sqrt{(c_1u_1)^2+(c_2u_2)^2}\approx 0.038\ \text{mm} \qquad (F.3)$$

F.7 扩展不确定度评定

取包含因子$k$=2，则扩展不确定度为：$U=k\times u_c=2\times 0.038$ mm≈0.08 mm。

“100”刻线缺口位置示值误差的不确定度为$U$=0.08 mm，$k$=2。