



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××-202×

## 手持式落锤弯沉仪校准规范

Calibration Specification for Handheld Falling Weight

Deflectometer

(征求意见稿)

20××-××-××发布

20××-××-××实施

国家市场监督管理总局

发布



# 手持式落锤弯沉仪 校准规范

JJF × × × × -202 ×

Calibration Specification for  
Handheld Falling Weight Deflectometer

归口单位：全国公路专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：交通运输部公路科学研究所

参加起草单位：中路高科交通检测检验认证有限公司

山西省交通建设工程质量检测中心（有限公  
司）

中国铁道科学研究院集团有限公司

本规范委托全国公路专用计量器具计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

刘 璐（交通运输部公路科学研究所）

蔡嘉程（交通运输部公路科学研究所）

薄占顺（中路高科交通检测检验认证有限公司）

宿 静（山西省交通建设工程质量检测中心（有限公司））

张 冰（交通运输部公路科学研究所）

**参加起草人：**

陈 锋（中国铁道科学研究院集团有限公司）

郭 盛（中路高科交通检测检验认证有限公司）

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 引 言 .....                      | II |
| 1 范围 .....                     | 1  |
| 2 引用文件 .....                   | 1  |
| 3 概述 .....                     | 1  |
| 4 计量特性 .....                   | 2  |
| 4.1 承载板的直径 .....               | 2  |
| 4.2 承载板的厚度 .....               | 2  |
| 4.3 导向杆直线度 .....               | 2  |
| 4.4 冲击力示值误差 .....              | 2  |
| 4.5 冲击力重复性 .....               | 2  |
| 4.6 冲击力持续时间示值误差 .....          | 2  |
| 4.7 弯沉示值误差 .....               | 2  |
| 4.8 弯沉重复性 .....                | 2  |
| 5 校准条件 .....                   | 2  |
| 5.1 环境条件 .....                 | 2  |
| 5.2 校准设备 .....                 | 2  |
| 6 校准项目和校准方法 .....              | 3  |
| 6.1 校准项目 .....                 | 3  |
| 6.2 校准方法 .....                 | 3  |
| 7 校准结果 .....                   | 5  |
| 7.1 校准记录 .....                 | 5  |
| 7.2 评定结果 .....                 | 5  |
| 8 复校时间间隔 .....                 | 6  |
| 附录 A 手持式落锤弯沉仪校准记录式样 .....      | 7  |
| 附录 B 手持式落锤弯沉仪校准证书信息及内页式样 ..... | 9  |
| 附录 C 弯沉值测量不确定度评定示例 .....       | 11 |

# 引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、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。

# 手持式落锤弯沉仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于手持式落锤弯沉仪的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

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 概述

手持式落锤弯沉仪用于测试公路、铁路路基的动态特性，即动态变形模量和弯沉值。

手持式落锤弯沉仪通过控制系统启动冲击力发生装置，使固定质量的重锤从一定高度自由落下，冲击力作用于承载板上并传递到路基。通过施加脉冲冲击力，使得路基路面表面产生瞬时变形，由弯沉传感器采集表面的最大变形量。

手持式落锤弯沉仪由承载板、冲击力发生装置、控制系统组成，其中，冲击力发生装置由承力钢罩、导向钢套、阻尼装置、导向杆、重锤、脱钩装置组成。手持式落锤弯沉仪的结构示意图如图 1。

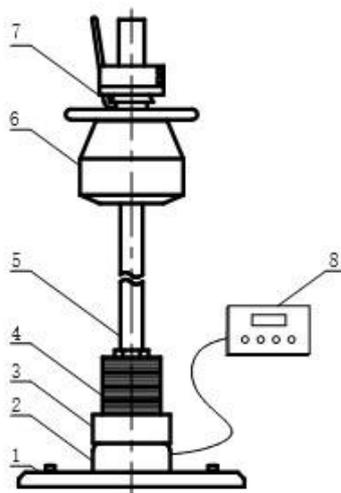


图 1 手持式落锤弯沉仪结构示意图

- 1——承载板； 2——承力钢罩； 3——导向钢套； 4——阻尼装置；  
5——导向杆； 6——重锤； 7——脱钩装置； 8——控制系统。

## 4 计量特性

### 4.1 承载板的直径

承载板的直径应为  $(300 \pm 0.5)$  mm。

### 4.2 承载板的厚度

承载板的厚度应为  $(20 \pm 0.2)$  mm。

### 4.3 导向杆直线度

导向杆的直线度应不大于 0.1mm。

### 4.4 冲击力示值误差

手持式落锤弯沉仪加载装置的冲击力标准值为 7070N，最大允许误差为  $\pm 2\%$ 。

### 4.5 冲击力重复性

冲击力重复性应不大于 2%。

### 4.6 冲击力持续时间示值误差

手持式落锤弯沉仪加载装置的冲击力持续时间标准值为 18ms，最大允许误差为  $\pm 2\text{ms}$ 。

### 4.7 弯沉示值误差

手持式落锤弯沉仪弯沉示值误差应符合表 1 的规定。

表 1 弯沉示值误差要求

| 测量范围 $x$ (mm)         | 最大允许误差              |
|-----------------------|---------------------|
| $0.1 \leq x \leq 1.0$ | $\pm 0.02\text{mm}$ |
| $1.0 < x \leq 2.0$    | $\pm 2\%$           |

### 4.8 弯沉重复性

弯沉重复性应不大于 2%。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

5.1.1 校准环境温度为  $(23 \pm 5)$  °C。

5.1.2 环境湿度  $\leq 85\%RH$ 。

5.1.3 周围应无影响校准工作的振动。

### 5.2 校准设备

a) 测力仪：测量范围  $(1 \sim 20)$  kN，最大允许误差不超过  $\pm 0.2\%$ ，采样频率不低于 3000Hz；

b) 位移传感器：测量范围（-5~5）mm，最大示值误差不超过±0.1%FS，采样频率不低于 3000Hz；

c) 游标卡尺：测量范围（0~500）mm，最大允许误差不超过±0.07mm；

d) 刀口尺：工作棱边直线度最大允许误差 4.0 μm；

e) 塞尺：准确度等级 2 级。

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

手持式落锤弯沉仪的校准项目见表 2。首次校准时建议校准全部项目，后续校准时可以根据客户要求选择其中的校准项目。

表 2 校准项目一览表

| 序号 | 项目名称        | 校准方法条款 |
|----|-------------|--------|
| 1  | 承载板的直径      | 6.2.2  |
| 2  | 承载板的厚度      | 6.2.3  |
| 3  | 导线杆直线度      | 6.2.4  |
| 4  | 冲击力示值误差     | 6.2.5  |
| 5  | 冲击力重复性      | 6.2.6  |
| 6  | 冲击力持续时间示值误差 | 6.2.7  |
| 7  | 弯沉示值误差      | 6.2.8  |
| 8  | 弯沉重复性       | 6.2.9  |

### 6.2 校准方法

#### 6.2.1 校准前检查

用目视方法对被校准的手持式落锤弯沉仪进行外观检查。手持式落锤弯沉仪的外形结构应完好，各紧固件应无松动，无影响正常工作的机械损伤。其控制系统应操作灵活可靠，数据显示清晰。

#### 6.2.2 承载板的直径

采用游标卡尺，沿承载板的直径方向，均布测量 3 次，计算 3 次测量的算术平均值作为承载板的直径。

#### 6.2.3 承载板的厚度

采用游标卡尺，沿承载板的厚度方向，均布测量 3 次，计算 3 次测量的算术平均值作为承载板的厚度。

#### 6.2.4 导向杆直线度

将刀口尺与导向杆贴合，沿导向杆长度方向，均布选择 3 个测点，用塞尺测

量。

### 6.2.5 冲击力示值误差

a) 将测力仪平放于水平地面，将手持式落锤弯沉仪承载板同轴放置于测力仪上；

b) 操作手持式落锤弯沉仪，稳定落锤 3 次后，重复落锤 10 次；

c) 记录重复落锤时每次测力仪的冲击力和冲击力持续时间测量结果；

d) 计算 10 次冲击力测量结果的算术平均值，并按式 (1) 计算冲击力示值误差。

$$\delta_F = \frac{F_i - f}{f} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$\delta_F$ ——冲击力示值误差；

$\bar{F}_i$ ——测力仪测量结果的平均值，N；

$f$ ——冲击力的标准值，7070N。

### 6.2.6 冲击力重复性

采用 6.2.5 中手持式落锤弯沉仪 10 次重复测量测得的冲击力，按式 (2) 计算冲击力重复性。

$$C_F = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F}_i)^2}}{\bar{F}_i} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$C_F$ ——冲击力重复性，用变差系数表示；

$F_i$ ——手持式落锤弯沉仪第  $i$  次测量测得的冲击力值，N；

$n$ ——测量次数， $n=10$ 。

### 6.2.7 冲击力持续时间示值误差

采用 6.2.5 中手持式落锤弯沉仪 10 次重复测量测得的冲击力持续时间，按式 (3) 计算冲击力持续时间示值误差。

$$\delta_t = \bar{T}_i - t \quad (3)$$

式中：

$\delta_t$ ——冲击力持续时间示值误差；

$\bar{T}_i$ ——冲击力持续时间测量结果的平均值，ms；

$t$ ——冲击力持续时间的标准值，18ms。

#### 6.2.8 弯沉示值误差

- a) 将手持式落锤弯沉仪，放置在硬质水平地面上，安装位移传感器；
- b) 操作手持式落锤弯沉仪，稳定落锤 3 次后，重复落锤 10 次，记录每次落锤时位移传感器和手持式落锤弯沉仪的弯沉测量结果；
- c) 分别计算 10 次测量结果的算术平均值，按式（4）计算弯沉示值相对误差。

$$\delta_i = \frac{L_i - \bar{L}_i}{\bar{L}_i} \times 100\% \quad (4)$$

其中：

$\delta_i$ ——弯沉示值误差；

$\bar{L}_i$ ——手持式落锤弯沉仪弯沉测量结果的平均值，mm；

$\bar{L}_i$ ——位移传感器测量结果的平均值，mm。

#### 6.2.9 弯沉重复性

采用 6.2.5 中手持式落锤弯沉仪 10 次重复测量测得的弯沉值，按式（5）计算弯沉重复性。

$$C_i = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L}_i)^2}}{\bar{L}_i} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

$C_i$ ——弯沉重复性，用变差系数表示；

$L_i$ ——手持式落锤弯沉仪第  $i$  次测量测得的弯沉值，mm。

## 7 校准结果

### 7.1 校准记录

手持式落锤弯沉仪的校准记录应信息齐全、内容完整，校准记录式样见附录 A。

### 7.2 评定结果

手持式落锤弯沉仪的校准结果以校准证书的形式表达，校准结果内页式样见附录 B。手持式落锤弯沉仪校准结果的测量不确定度评定按照 JJF 1059.1 进行，测量不确定度评定示例见附录 C。

## 8 复校时间间隔

手持式落锤弯沉仪的复校时间间隔建议为 12 个月。由于复校时间间隔的长短是由手持式落锤弯沉仪的使用情况、使用者等诸多因素所决定的，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

## 手持式落锤弯沉仪校准记录式样

表格编号：

第 页 共 页

|                     |                          |             |            |         |            |             |  |
|---------------------|--------------------------|-------------|------------|---------|------------|-------------|--|
| 样品名称                |                          | 样品编号        |            |         |            |             |  |
| 型号规格                |                          | 样品状态        |            |         |            |             |  |
| 制造单位                |                          | 出厂编号        |            |         |            |             |  |
| 校准依据                |                          | 校准地点        |            |         |            |             |  |
| 校准前<br>样品状态         |                          | 校准后<br>样品状态 |            |         |            |             |  |
| 环境条件                | 温度：_____℃ 相对湿度：_____ %RH |             |            |         |            |             |  |
| 所用测量标<br>准或主要设<br>备 | 名 称                      | 编 号         | 主要技术参<br>数 | 溯源证书有效期 | 校准前<br>情况  | 校准后<br>情况   |  |
|                     |                          |             |            |         |            |             |  |
|                     |                          |             |            |         |            |             |  |
| 1                   | 承载板的直径<br>(mm)           | 直径 1        | 直径 2       | 直径 3    | 承载板直径的测量结果 |             |  |
|                     |                          |             |            |         |            |             |  |
| 2                   | 承载板的厚度<br>(mm)           | 厚度 1        | 厚度 2       | 厚度 3    | 承载板厚度的测量结果 |             |  |
|                     |                          |             |            |         |            |             |  |
| 3                   | 导向杆直线度<br>(mm)           | 测点 1        |            | 测点 2    | 测点 3       |             |  |
|                     |                          |             |            |         |            |             |  |
| 4                   | 冲击力示值误<br>差 (N)          | 测量次数        | 冲击力测量结果    |         |            | 冲击力示值<br>误差 |  |
|                     |                          | 1           |            |         |            |             |  |
|                     |                          | 2           |            |         |            |             |  |
|                     |                          | 3           |            |         |            |             |  |
|                     |                          | 4           |            |         |            |             |  |
|                     |                          | 5           |            |         |            |             |  |
|                     |                          | 6           |            |         |            |             |  |
|                     |                          | 7           |            |         |            |             |  |
|                     |                          | 8           |            |         |            |             |  |
|                     |                          | 9           |            |         |            |             |  |
|                     |                          | 10          |            |         |            |             |  |
|                     |                          | 平均值         |            |         |            |             |  |

续表

|   |                      |      |             |          |        |
|---|----------------------|------|-------------|----------|--------|
| 5 | 冲击力重复性<br>(N)        |      |             |          |        |
| 6 | 冲击力持续时间<br>示值误差 (ms) | 测量次数 | 冲击力持续时间测量结果 |          | 示值误差   |
|   |                      | 1    |             |          |        |
|   |                      | 2    |             |          |        |
|   |                      | 3    |             |          |        |
|   |                      | 4    |             |          |        |
|   |                      | 5    |             |          |        |
|   |                      | 6    |             |          |        |
|   |                      | 7    |             |          |        |
|   |                      | 8    |             |          |        |
|   |                      | 9    |             |          |        |
|   |                      | 10   |             |          |        |
|   |                      | 平均值  |             |          |        |
| 7 | 弯沉示值误差               | 测量次数 | 标准值 (mm)    | 测量值 (mm) | 示值相对误差 |
|   |                      | 1    |             |          |        |
|   |                      | 2    |             |          |        |
|   |                      | 3    |             |          |        |
|   |                      | 4    |             |          |        |
|   |                      | 5    |             |          |        |
|   |                      | 6    |             |          |        |
|   |                      | 7    |             |          |        |
|   |                      | 8    |             |          |        |
|   |                      | 9    |             |          |        |
|   |                      | 10   |             |          |        |
|   |                      | 平均值  |             |          |        |
| 8 | 弯沉重复性 (mm)           |      |             |          |        |

校准:

核验:

日期:

## 附录 B

### 手持式落锤弯沉仪校准证书信息及内页式样

#### B.1 校准证书信息

测试仪校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 校准实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书编号、页码及总页数；
- e) 委托单位的名称和地址；
- f) 被校准仪器的信息；
- g) 进行校准的日期；
- h) 证书的批准发布日期；
- i) 校准所依据的技术规范名称和代号；
- j) 所用测量标准或主要设备的名称、编号、主要技术参数及溯源证书有效期；
- k) 校准时的环境条件；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 校准报告批准人的签名或识别；
- n) 校准结果仅对校准对象有效的声明；
- o) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明；
- p) 如可获得，任何调整或修理前后的结果；
- q) 相关时，要求或规范的符合性声明；
- r) 已与客户达成协议时，给出复校时间间隔的建议。

## B.2 手持式落锤弯沉仪校准结果内页式样

手持式落锤弯沉仪校准结果内页式样见表 B.1。

表 B.1 手持式落锤弯沉仪校准结果

表格编号：

第 页 共 页

| 校准项目        | 技术要求  | 校准结果 |
|-------------|---|------|
| 承载板的直径      | $(300 \pm 0.5)$ mm  |      |
| 承载板的厚度      | $(20 \pm 0.2)$ mm   |      |
| 导向杆直线度      | 不大于 0.1mm   |      |
| 冲击力示值误差     | $\pm 1\%$   |      |
| 冲击力重复性      | 不大于 1%  |      |
| 冲击力持续时间示值误差 | $\pm 2$ ms  |      |
| 弯沉示值误差      | 当 $0.1\text{mm} \leq \text{弯沉} \leq 1.0\text{mm}$ 时，最大允许误差为 $\pm 0.02\text{mm}$ ；<br>当 $1.0\text{mm} < \text{弯沉} \leq 2.0\text{mm}$ 时，最大允许误差为 $\pm 0.02\text{mm}$ 。 |      |
| 弯沉重复性       | 不大于 2%  |      |
| 校准结果的不确定度描述 |   |      |

校准：

核验：

日期：

## 附录 C

## 弯沉值测量不确定度评定示例

## C.1 测量模型

$$\delta = \bar{L} - \bar{l} \quad (\text{C-1})$$

式中：

$\delta$ ——弯沉示值误差，mm；

$\bar{L}$ ——手持式落锤弯沉仪 10 次校准结果的均值，mm；

$\bar{l}$ ——标准器测量 10 次结果的均值，mm。

## C.2 标准不确定度评定

C.2.1 由重复性引入的不确定度分量  $u_1$ 

多次重复试验结果如表 C.1 所示。

表 C.1 重复性试验结果

| 试验次数 | 1     | 2     | 3     |
|------|-------|-------|-------|
| 示值误差 | 0.003 | 0.002 | 0.005 |

采用极差法得到标准不确定度

$$u_1 = s(x_i) = \frac{R}{C} = 0.012\text{mm}$$

C.2.2 弯沉传感器引入的不确定度  $u_2$ ：

根据弯沉传感器的性能要求，最大相对示值误差最大示值误差不超过±0.1%FS，则其可能取值区间为（-0.005 mm，0.005 mm），假设可能取值服从均匀分布，取包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，单次试验次数为 10，共 3 组试验，则标准器引入的不确定度：

$$u_2 = \frac{a}{k \cdot \sqrt{n}} = \frac{0.005}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{30}} = 0.00053\text{mm}$$

## C.2.3 标准不确定度

不确定度分量一览表见表 C.2。

表 C.2 不确定度分量一览表

| 序号 | 不确定度来源      | 不确定度分量                       | 类别 | 分布   |
|----|-------------|------------------------------|----|------|
| 1  | 由重复性引入的不确定度 | $u_1 = 0.012\text{mm}$       | A  | /    |
| 2  | 由标准器引入的不确定度 | $u_2 = 0.00053\text{m}$<br>m | B  | 均匀分布 |

标准不确定度  $u_c$  按照下式计算:

$$\text{合成标准不确定度为: } u_{rc} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2}$$

计算得:  $u_c = 0.012\text{mm}$

### C.3 扩展不确定度的计算

取  $k=2$ , 计算扩展不确定度为  $U = 0.024\text{mm}$ 。