

# 根据里氏硬度测试解释测量不确定度

## 文章亮点 (阅读时间 10 分钟)

- 测量不确定性分析用于了解测试结果的差异并确定误差来源。
- [Leeb 硬度测量系统](#)的不确定度由统计分量、测量设备固有分量以及国家标准与用户设备之间的计量链产生的分量（可追溯性）组成。
- 不确定性不是统计分析、准确性、规范和公差、操作员的错误和失误。
- 减少不确定性的良好做法。
- 最佳做法是使用具有最佳校准的最佳设备（例如 ISO/IEC17025），并通过进行 3-10 次测量来计算平均值，以减少样本不均匀性的影响，同时记住标准偏差在计算不确定度中起着重要作用

## 为什么硬度测试测量不确定度非常重要？

“在每次测量中，即使是最仔细的测量，也总是存在疑点。”这意味着永远无法 100% 确定测量值是真实值。为了测量这种“疑点”并将其量化，我们使用不确定性。在日常语言中，我们习惯将其表达为“加减”，例如钢筋长度为 2 米，加减 1 厘米，这意味着钢筋的长度为  $2 \text{ 米} \pm 1 \text{ 厘米}$ ，因此为 1.99-2.01。需要记住的是，用于测量钢筋的卷尺是根据另一种卷尺或设备生产和校准的，它们各自都有自己的不确定性。

对于硬度测试设备而言，综合不确定度最为重要，因为它可以解释整个设备校准过程中的“疑点”，直到最终产品（探头）经过校准并确认符合特定标准。探头经过校准并对照测试块进行检查，而测试块是使用其他测试设备测量和校准的，这些测试设备也存在不确定性（疑点），因为如上所述，您无法 100% 确定该值就是设备每次测量显示的值。这就是为什么了解综合不确定度至关重要。

测量不确定度与希望进行高质量测量并了解结果的每个人息息相关，以确定“通过或失败”的检查，甚至在评估公差时，在决定是否满足所需的公差之前，需要了解不确定度。

## 如果 100% 的信心是不可能的，那么什么才算足够？

与“怀疑”相反的是确定性，也称为置信度，我们在提供测量值时想要知道。在计量学中，我们通常希望在提供值时有 95% 的置信度。建议感兴趣的读者阅读外部互联网资源中的覆盖因子 K（通常设置为 2，表示置信度为 95%，而  $K=1$  表示置信度为 68%）。

例如：我们可以说测试块的硬度值为  $780 \text{ HLD} \pm 6 \text{ HLD}$ ，其中  $\pm 6 \text{ HLD}$  为不确定度。当  $k=2$  时，该语句意味着我们有 95% 的信心认为测试块硬度介于 774 HLD 和 786 HLD 之间。

## ISO 16859 中如何定义它以及它的组成部分是什么？

让我们讨论 DIN EN ISO 16859-1 中描述的一种方法，表示为 M2。不懂数学的读者也可以跳过本章，直接阅读下一章。里氏硬度测量系统的不确定度由统计分量、测量设备固有分量以及国家标准与用户设备（可追溯性）和测试块之间的计量链产生的分量组成。

$$U = k \sqrt{U_H^2 + u_{ms}^2 \left( \frac{U_{MPE}}{\sqrt{3}} \right)^2}$$

其中：

$U$  - 组合扩展测量不确定度

$k$  - 覆盖系数 ( $k=1, k=2$ )

$u_H$  - 硬度计的标准不确定度 ( $k=1$  或  $k=2$ )，用于测量“认证参考材料 (CRM)”的设备 - *id est*. 测试块

$u_{ms}$  - 由于硬度计的分辨率导致的标准不确定度，例如 1 HLD。

$u_{MPE}$  - 从最大允许误差得出的扩展不确定度

$$U_H = t \cdot S_H$$

其中：

$t$  - 根据统计表计算的学生因子 (10 次测量的  $t=1.06$ ，测量次数越少， $t$  因子越高)

$S_H$  - CRM 测量的标准偏差

$$S_H = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (H_i - H_{AVG})^2}$$

$n$  - 测量次数

$S_{AVG}$  - CRM (测试块) 上的测量平均值

$$U_{MPE} = E_{rel} \cdot H_{CRM}$$

方程的最后一个组成部分是  $u_{MPE}$ 。

$E_{rel}$  —— ISO16859 给出的最大允许误差

$H_{CRM}$  - CRM 的值 (测试块)

Type of impact device	Leeb hardness of reference test block	Maximum permissible error (Erel) %
D, D+15	<500	±4.0
DL, S	<700	
C, E	<600	
G	<450	
D, D+15	500 to 700	±3.0
DL, S	700 to 850	
C, E	600 to 750	
G	450 to 600	
D, D+15	>700	±2.0
DL, S	>850	
C, E	>750	
G	>600	

## 简单来说，什么影响不确定性？

硬度测试测量的不确定度计算是一个繁琐的过程。幸运的是，有一些实用步骤可以用于消除“测量疑虑”（见下文）。虽然不同方法的各种标准计算不确定度的方式略有不同，但所有测试方法背后的原理都是相同的。简而言之，影响不确定度的主要因素是：

- 设备的精确度和重复性
- 标准合规参数
- 校准和验证过程中使用的测试块的硬度均匀性
- 试件的检测程序

在本文中，我们为简单起见跳过了精确微分方法，但该计算的结果表明  $u_H$  对不确定性的影响最大，即测量次数（对  $t$  学生因素的影响）和标准差，不仅受测量次数的影响，还受测量设备的重复性（也定义为精度）的影响。

## 最佳做法是什么？

综合不确定度有三个组成部分：探头的不确定度、由于测试件不均匀性而导致的不确定度以及由于标准合规性而导致的最大不确定度（在此示例中为 DIN EN ISO 16859）。用户通过以下方式影响所有三个组成部分：

1. 确保设备及其校准的最佳质量
2. 对测试件进行足够多的测量
3. 选择符合最严格标准的探头。

### 步骤 1

**为确保最佳校准质量**，建议用户使用最佳可用工具按照 ISO/IEC 17025 等认可的校准标准校准其设备，其中每个校准组件，即使是起到很小的作用，也要经过外部独立审核员的检查、验证和批准。

校准过程的一个重要组成部分是测试块的硬度均匀性。整个表面硬度均匀的 CRM 可确保校准过程中的每个压痕都能产生一致的结果。这种一致性减少了校准数据的变化，从而降低了标准偏差，从而降低了校准中的不确定性。均匀性差会增加与参考块相关的不确定性分量，然后会传播到硬度计的整个不确定性预算中。

### 步骤 2

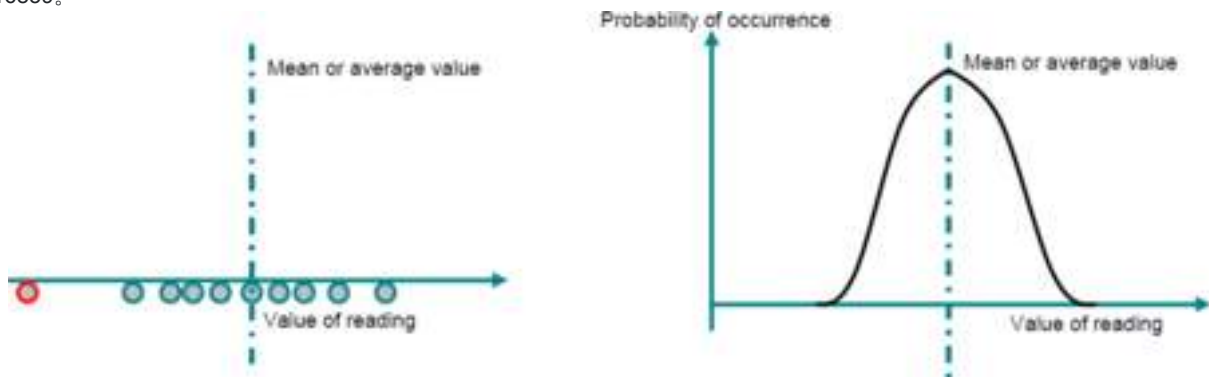
**为了尽量减少试件不均匀性的影响**，建议用户增加测量次数。您应该进行多少次读数？

当使用更多单独读数来获得最终结果时，我们将更加确定计算出的平均值更接近试件的实际硬度。但是，进行更多测量可能需要额外的努力，并且数据的整体改善幅度很小。根据经验，除非另有说明，否则 3 到 10 个读数之间的任何值通常都是可以接受的。

- 进行 10 次读数是一种常见的选择，因为这可以减少统计不确定性、平均异常值并使算术变得简单。
- 在某些情况下，读取 3 次读数就足够了。当试件硬度相对均匀且试件表面准备充分时，这种做法很常见。例如，由于可能存在数据扩散，某些具有双相微观结构的铸铁类型默认具有较高的不确定性。
- 读取 20 次甚至 50 次只能给出比读取 10 次略好的估计值。

### 步骤 3

为确保最佳标准合规性，请选择符合最严格标准的设备：UCI 为 DIN50159 中国 GB/T 34205，Leeb 为国际 DIN EN ISO 16859。



## 什么不是不确定性？

48 年前发明 Leeb 方法后，我们遇到了各种不确定性的定义和用户的理解，这些定义显然根本不是不确定性。以下是**不是**不确定性的简短列表：

- **统计分析**与不确定性分析不同。统计数据通常用于不确定性计算，但可用于得出超出不确定性计算用途的结论。
- **准确度**（或者说不准确度）与不确定性不同。正确来说，“准确度”是一个定性术语（例如，您可以说测量是“准确”或“不准确”的）。不确定性是定量的。“正数或负数”可以称为不确定性，但不能称为准确度。
- **规格和公差**不是不确定性。虽然规格说明了对产品的期望（包括“非技术”品质，例如颜色），但公差可以称为针对流程或系统选择的接受限度。
- **误差**与不确定性不同，特别是在过去，这两个词经常互换使用。误差通常是指系统内的故障。然而，最近“误差”一词也与“偏差”同义使用，后者通常被视为测量不确定度的一个组成部分。
- **操作员所犯的**错误不是测量不确定度。应通过小心谨慎和反复检查来避免这些错误。

## 参考文献

金属材料 - 里氏硬度试验 - 第 1 部分：试验方法，DIN EN ISO16859-1

金属材料 - 里氏硬度试验 - 第 2 部分：测试设备的验证和校准，DIN EN ISO16859-2

便携式硬度测试。理论实践、应用、指南。Burnat, D.、Raj, L.、Frank, S.、Ott, T. Schwerzenbach, Screening Eagle Technologies AG, 2022 年



[Terms Of Use](#)  
[Website Data Privacy Policy](#)

Copyright © 2024 Screening Eagle Technologies. All rights reserved. The trademarks and logos displayed herein are registered and unregistered trademarks of Screening Eagle Technologies S.A. and/or its affiliates, in Switzerland and certain other countries.