JJF

**中华人民共和国国家计量技术规范**

JJF xxxx－202x

纳米拉伸仪校准规范

**Calibration Specification for [Nano Tensile](https://www.baidu.com/link?url=hyjPEmtwf647iU0PlQ1tFAl5xLlKEdbWqxp86qkEdUQOIdNgWIz8r2LkFoV7MzmJQ6VNOirJ7T4GBF1Biycf_MO5niPJ6BhYZUbAWui0dTElmlk5XLm2Evjuy296o5Ii&wd=&eqid=cd677043000029fe0000000662f8979d" \t "_blank) Testers**

(征求意见稿）

202x－xx－xx 发布 202x－xx－xx 实施

**国家市场监督管理总局**发布

纳米拉伸仪校准规范

**JJF ××××**─**××××**

Calibration Specification for [Nano](https://www.baidu.com/link?url=hyjPEmtwf647iU0PlQ1tFAl5xLlKEdbWqxp86qkEdUQOIdNgWIz8r2LkFoV7MzmJQ6VNOirJ7T4GBF1Biycf_MO5niPJ6BhYZUbAWui0dTElmlk5XLm2Evjuy296o5Ii&wd=&eqid=cd677043000029fe0000000662f8979d" \t "_blank)

[Tensile](https://www.baidu.com/link?url=hyjPEmtwf647iU0PlQ1tFAl5xLlKEdbWqxp86qkEdUQOIdNgWIz8r2LkFoV7MzmJQ6VNOirJ7T4GBF1Biycf_MO5niPJ6BhYZUbAWui0dTElmlk5XLm2Evjuy296o5Ii&wd=&eqid=cd677043000029fe0000000662f8979d" \t "_blank) Testers

归口单位：全国新材料与纳米计量技术委员会

主要起草单位：广州计量检测技术研究院

参加起草单位：

本规范委托全国新材料与纳米计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

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 力值示值相对误差 （2）

4.2 力值示值重复性 （2）

4.3 横梁位移示值相对误差 （2）

5 校准条件 （2）

5.1 环境条件 （2）

5.2 校准用计量器具 （2）

6 校准项目和校准方法 （2）

6.1 校准项目 （2）

6.2 校准方法 （2）

7 校准结果表达 （4）

7.1 校准结果处理 （4）

7.2 校准结果的测量不确定度 （4）

8 复校时间间隔 （4）

附录A 校准原始记录（参考）格式 （5）

附录B 校准证书结果页（参考）格式 （7）

附录C 纳米拉伸仪力值示值相对误差测量结果不确度评定示例 （8）

附录D 纳米拉伸仪横梁位移示值相对误差测量结果不确度评定示例 （11）

附录E 中国部分城市重力加速度 （13）

# 引 言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列文件。

本规范参考了JJG 99《砝码》检定规程、JJG 139《拉力、压力和万能试验机》检定规程、JJG 475《电子式万能试验机》检定规程的相关内容。

本规范为首次发布。

纳米拉伸仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于纳米拉伸仪的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 99 砝码

JJG 139 拉力、压力和万能试验机

JJG 475 电子式万能试验机

GB/T 1040.1~5 塑料 拉伸性能的测定

ASTM C1557-03 纤维拉伸强度和杨氏模量的标准试验方法(Standard Test Method for Tensile Strength and Young's Modulus of Fibers)

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

纳米拉伸仪是一种微观、微区以及微损的材料力学性能测量设备，其最大力值通常不超过500 mN，分辨力不超过5×10-5 mN。它采用拉伸-变形的基本方法来测定柔性材料，主要应用于纳米材料如聚合物纤维、陶瓷纤维、生物材料、聚合物膜和超纤等具有柔性特征材料在微/纳米尺度上的力学性能的测量，其结构示意图见图1。

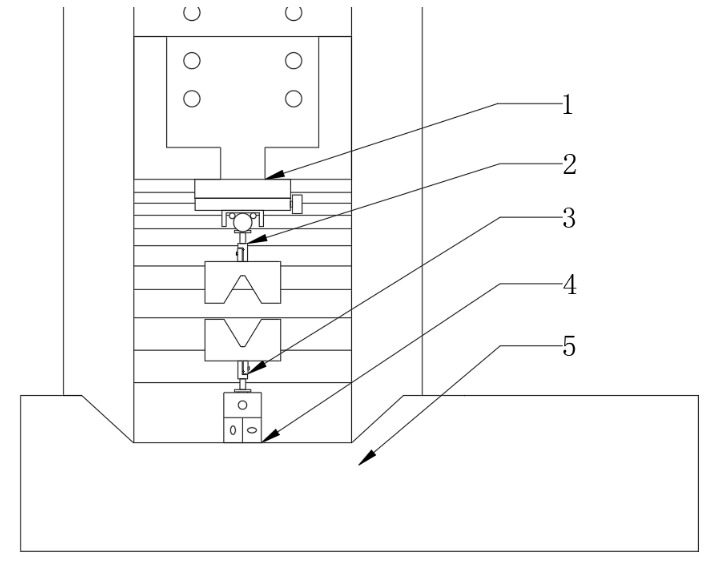


图1 纳米拉伸仪结构示意图

1—横梁，2—上夹具，3—下夹具，4—纳米电磁力驱动传感器，5—仪器底座

## 4 计量特性

4.1 力值示值相对误差

力值相对示值误差应不超过±2.0%。

4.2 力值示值重复性

力值示值重复性相对误差应不超过2.0%。

4.3 横梁位移示值相对误差

横梁位移示值相对误差应不超过±2.0%。

注：由于校准工作只给出测量结果，不判断合格与否，上述计量特性仅供参考。

## 5 校准条件

###### 5.1 环境条件

###### 5.1.1 环境温度(18～25）℃，校准期间温度最大变化不应超过1℃。

###### 5.1.2 相对湿度≤75%，校准期间相对湿度最大变化不应超过5%。

###### 5.1.3 振动、大气中水汽凝结、气流、磁场等其它影响量不得对测量结果产生影响。

###### 5.1.4 纳米拉伸仪应安装在远离门窗、热源、避免阳光直射的地基上，并用冷光灯照明；地基应平整、坚固，且具有良好的刚度及防振功能。

###### 5.1.5 实验室内应避免有侵蚀性气体。

注：上述条件与制造商的产品规定不一致时，温、湿度条件应符合纳米拉伸仪使用说明书要求，以产品规定为准。

5.2 校准用计量器具

5.2.1 准确度不低于F1等级的标准砝码。

5.2.2 激光干涉仪：1 m范围内的最大允许误差±0.5 μm。

## 6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

力值示值相对误差、力值示值重复性、横梁位移示值相对误差。

6.2 校准方法

6.2.1 校准前准备工作

6.2.1.1 检查纳米拉伸仪是否有铭牌或产品标识，是否标明型号、编号、制造厂等信息。

6.2.1.2 正常使用条件（气流、振动、场所的稳定性等）是否适用于待校准的纳米拉伸仪。

6.2.1.3 纳米拉伸仪应保持水平稳固状态。

6.2.1.4 纳米拉伸仪在校准之前应经过适当时间的通电，如纳米拉伸仪说明书规定的预热时间，或用户设定的时间。若无上述规定，则纳米拉伸仪预热时间不少于2小时。

6.2.1.5 纳米拉伸仪应至少施加3次最大试验力作为预压或预拉。

6.2.2 力值示值相对误差和力值示值重复性的测量

对纳米拉伸仪的电磁力驱动传感器分别施加至少6个不同的试验载荷，其中应包括10 mg、100 mg、1 g、10 g、接近50%最大试验力对应的载荷、接近最大试验力对应的载荷。根据用户的需求可调整试验载荷测量点。

每个试验载荷应进行三次测量，每次测量前应调整零点。计算每个测量点三次测量的算术平均值：

 （1）

式中：

——同一力值测量点，纳米拉伸仪显示的力值三次测量的算术平均值，mN；

——纳米拉伸仪第*i*次测量的示值，mN。

根据公式（2）可得出标准砝码的力值：

 （2）

式中：

——标准砝码的力值，mN；

——标准砝码的约定质量值，g；

*g*——校准地点的重力加速度，。

按公式（3）和公式（4）计算力值示值相对误差和力值示值重复性：

（3）

式中：

*E*——力值示值相对误差，%；

——同一力值测量点，纳米拉伸仪显示的力值三次测量的算术平均值，mN；

——标准砝码的力值，mN。

式中：

——力值示值重复性，%；

——同一测量点，纳米拉伸仪显示的力值的最大值，mN；

——同一测量点，纳米拉伸仪显示的力值的最小值，mN；

——标准砝码的力值，mN。

6.2.3 横梁位移示值相对误差的测量

在纳米拉伸仪横梁位移测量范围内的任意位置，选择最大位移的0.5%、1%、2%、5%、10%、50%六个点用激光干涉仪进行测量，根据用户的需求可调整测量点。

每个测量点应进行三次测量，计算激光干涉仪三次测量的算术平均值，按公式（5）计算横梁位移示值相对误差：

式中：

——横梁位移示值相对误差，%；

——纳米拉伸仪横梁位移的设定示值，mm；

——同一位移测量点，激光干涉仪三次测量的算术平均值，mm。

## 7 校准结果表达

###### 7.1 校准结果处理

经校准后的纳米拉伸仪应发校准证书，校准证书应符合JJF 1071中5.12的要求。校准原始记录参考格式见附录A，校准证书结果页参考格式见附录B。

###### 7.2 校准结果的测量不确定度

校准结果的测量不确定度按JJF 1059.1的要求评定，校准结果测量不确定度评定示例见附录C和附录D。

## 8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由纳米拉伸仪的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此用户可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，复校时间间隔建议不超过1年。

## 附录A

校准原始记录（参考）格式

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 委托单位 |  | 校准依据 |  |
| 器具名称 |  | 型号规格 |  |
| 最大试验力 |  | 力值分辨力 |  |
| 制造厂商 |  | 出厂编号 |  |
| 温度 |  | 湿度 |  |
| 证书编号 |  | 校准日期 |  |
| 校准员 |  | 核验员 |  |
| 校准地点 |  | | |
| 主要计量标准器 | 名称 | 证书编号/有效期 | 技术特征 |
|  |  |  |
|  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 加载方向： 压向 □ 拉向 □ | | | | | 重力加速度*g*= | | | | |
| 标准砝码约定质量值（ ） | 标准砝码力值  mN | 仪器力值示值  mN | | | | | 力值示值相对误差  % | 力值示值重复性  % | 扩展不确定度（*k*=2）% |
| 第1次 | 第2次 | 第3次 | | 平均值 |
|  |  |  |  |  | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 仪器横梁位移示值  mm | 标准器位移示值  mm | | | | 横梁位移示值相对误差  % | 扩展不确定  度（*k*=2）  % |
| 第1次 | 第2次 | 第3次 | 平均值 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

附录B

校准证书结果页（参考）格式

最大试验力： ；力值分辨力： ；校准加载方向：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准砝码力值mN | 仪器力值示值 平均值  mN | 力值示值相对 误差  % | 力值示值重复性  % | 扩展不确定度（*k*=2）  % |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 仪器横梁位移示值  mm | 标准器位移  示值平均值  mm | 横梁位移示值  相对误差  % | 扩展不确定度（*k*=2）  % |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

（以下空白）

附录 C

纳米拉伸仪力值示值相对误差测量结果不确定度评定示例

C.1 校准的具体条件

校准的具体条件见表C.1

表C.1 校准的具体条件

|  |  |
| --- | --- |
| 纳米拉伸仪最大试验力 | 500 mN |
| 纳米拉伸仪力值分辨力 | 5×10-5 mN |
| 校准期间的环境条件 | 在校准开始时温度测量为21.6℃，校准过程中温度变化不大于1.0℃；相对湿度测量为50%，校准过程中相对湿度变化不大于5% |
| 试验载荷 | 有校准证书的F1等级标准砝码 |
| 校准地点的重力加速度 | *g* = 9.7883 |

C.2 测量方法

依据本校准规范，使用100 mg的F1等级标准砝码对一台纳米拉伸仪进行力值示值相对误差测量。

C.3 测量模型

 (C.1)

式中：

*E*——力值示值相对误差，%；

——同一力值测量点，纳米拉伸仪显示的力值三次测量的算术平均值，mN；

——标准砝码的约定质量值，g；

*g*——校准地点的重力加速度，。

C.4 合成标准不确定度计算公式

(C.2)

灵敏系数：，

C.5 标准不确定度分量评定

C.5.1 纳米拉伸仪力值示值测量引入的标准不确定度

C.5.1.1 纳米拉伸仪力值示值分辨力引入的标准不确定度

被校纳米拉伸仪力值示值分辨力是50 nN，取半宽，按均匀分布：

C.5.1.2 重复性测量引入的标准不确定度

用100 mg标准砝码对纳米拉伸仪连续测量10次，测量结果见表C.2。

表C.2 测量结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 实测值(mN) | 0.97955 | 0.97890 | 0.97165 | 0.98015 | 0.97680 |
| 次数 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 实测值(mN) | 0.97295 | 0.98290 | 0.97275 | 0.97590 | 0.97635 |

实际测量时，在重复性条件下连续测量3次，以算术平均值进行计算，则引入的标准不确定度分量：

C.5.1.3 力值示值测量引入的标准不确定度的计算

=0.002101

C.5.2 标准砝码的不确定度

C.5.2.1 标准砝码的不确定度引入的确定度分量

砝码检定证书中给出了100 mg的F1等级砝码的约定质量值，以及测量结果扩展不确定度*U*和包含因子*k*，其标准不确定度为：

C.5.2.2 标准砝码的不稳定性引入的确定度分量

根据JJG 99砝码检定规程，100 mg的F1等级砝码在检定周期内约定质量的变化量不能超过其质量允差绝对值的三分一，即0.016 mg，按均匀分布计算：

C.5.2.3 标准砝码的不确定度的计算

=0.0122 mg

C.6 合成标准不确定度

校准地点重力加速度*g*=9.7883，标准砝码约定质量值=100.005 mg，=0.97670 mN；

灵敏系数： 1.021781 mN-1

-9.97874 g-1

C.7 扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度*U*为：

附录 D

纳米拉伸仪横梁位移示值相对误差测量结果不确定度评定示例

D.1 校准的具体条件

校准的具体条件见表D.1

表D.1 校准的具体条件

|  |  |
| --- | --- |
| 纳米拉伸仪横梁最大位移 | 200 mm |
| 纳米拉伸仪横梁位移示值分辨力 | 0.01 μm |
| 校准期间的环境条件 | 在校准开始时温度测量为21.6℃，校准过程中温度变化不大于1.0℃；相对湿度测量为50%，校准过程中相对湿度变化不大于5% |
| 位移测量标准器具 | 有检定证书的激光干涉仪 |

D.2 测量方法

依据本校准规范，安装好激光干涉仪，在纳米拉伸仪横梁位移的测量范围内，对位移设定点进行测量。

D.3 测量模型

式中：

——横梁位移示值相对误差，%；

——纳米拉伸仪横梁位移的设定示值，mm；

——同一位移测量点，激光干涉仪三次测量的算术平均值，mm。

D.4 合成标准不确定度计算公式

(D.2)

灵敏系数：

D.5 标准不确定度分量评定

D.5.1 激光干涉仪示值分辨力引入的标准不确定度

激光干涉仪的分辨力是0.01 μm，取半宽，按均匀分布：

D.5.2 重复性测量引入的标准不确定度

以10 mm测量点为例，重复测量10次，测量结果见表D.2。

表D.2 测量结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 实测值(mm) | 9.98598 | 9.98809 | 9.99042 | 9.98925 | 9.98964 |
| 次数 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 实测值(mm) | 9.98789 | 9.98657 | 9.98967 | 9.99039 | 9.98876 |

实际测量时，在重复性条件下连续测量3次，以算术平均值进行计算，则引入的标准不确定度分量：

D.5.3 激光干涉仪技术指标引入的标准不确定度

在10 mm测量范围内，激光干涉仪的最大允许误差MPE：±0.0005 mm，估计其为均匀分布，则引入的不确定度为：

D.5.4 标准不确定度的计算

=0.00093

C.6 合成标准不确定度

激光干涉仪三次测量的算术平均值，则；

C.7 扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度*U*为：

附录 E

中国部分城市重力加速度

表E.1 中国部分城市重力加速度

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 地点 | 重力加速度 *g* | 序号 | 地点 | 重力加速度 *g* |
| 1 | 北京 | 9.801 5 | 35 | 乌鲁木齐 | 9.801 5 |
| 2 | 上海 | 9.794 6 | 36 | 吐鲁番 | 9.802 4 |
| 3 | 天津 | 9.801 1 | 37 | 哈密 | 9.800 6 |
| 4 | 重庆 | 9.791 4 | 38 | 拉萨 | 9.779 9 |
| 5 | 哈尔滨 | 9.806 6 | 39 | 成都 | 9.791 3 |
| 6 | 佳木斯 | 9.807 9 | 40 | 昆明 | 9.783 6 |
| 7 | 牡丹江 | 9.805 1 | 41 | 贵阳 | 9.786 8 |
| 8 | 齐齐哈尔 | 9.808 0 | 42 | 南宁 | 9.787 7 |
| 9 | 长春 | 9.804 8 | 43 | 柳州 | 9.798 5 |
| 10 | 吉林 | 9.804 8 | 44 | 郑州 | 9.796 6 |
| 11 | 沈阳 | 9.803 5 | 45 | 洛阳 | 9.796 1 |
| 12 | 大连 | 9.801 1 | 46 | 开封 | 9.796 6 |
| 13 | 丹东 | 9.801 9 | 47 | 武汉 | 9.793 6 |
| 14 | 锦州 | 9.802 7 | 48 | 汉口 | 9.793 6 |
| 15 | 石家庄 | 9.799 7 | 49 | 宜昌 | 9.793 3 |
| 16 | 阜新 | 9.803 2 | 50 | 长沙 | 9.791 5 |
| 17 | 保定 | 9.800 3 | 51 | 衡阳 | 9.790 7 |
| 18 | 唐山 | 9.801 6 | 52 | 广州 | 9.788 3 |
| 19 | 张家口 | 9.800 0 | 53 | 惠阳 | 9.788 2 |
| 20 | 承德 | 9.801 7 | 54 | 海口 | 9.786 3 |
| 21 | 山海关 | 9.801 8 | 55 | 南昌 | 9.792 0 |
| 22 | 太原 | 9.797 0 | 56 | 九江 | 9.792 8 |
| 23 | 大同 | 9.798 4 | 57 | 福州 | 9.789 1 |
| 24 | 乌兰里哈 | 9.799 4 | 58 | 杭州 | 9.793 6 |
| 25 | 包头 | 9.798 6 | 59 | 南京 | 9.794 9 |
| 26 | 乌兰浩特 | 9.806 6 | 60 | 浦口 | 9.795 1 |
| 27 | 海拉尔 | 9.808 1 | 61 | 徐州 | 9.796 7 |
| 28 | 西安 | 9.794 4 | 62 | 合肥 | 9.794 7 |
| 29 | 延安 | 9.795 5 | 63 | 蚌埠 | 9.795 4 |
| 30 | 宝鸡 | 9.793 3 | 64 | 安庆 | 9.793 6 |
| 31 | 潼关 | 9.795 1 | 65 | 芜湖 | 9.794 4 |
| 32 | 兰州 | 9.792 6 | 66 | 济南 | 9.798 8 |
| 33 | 西宁 | 9.791 1 | 67 | 青岛 | 9.798 5 |
| 34 | 银川 | 9.796 1 | 68 | 德州 | 9.799 5 |

注：本表未列地区的重力加速度值，可用下面公式计算：

式中：

——地球半径，约为6 371×103m；

——测量地点的海拔高度，m；

——测量地点的纬度。

**—————————**