

JJF (皖)

安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 14—2020

纤维、金相显微镜校准规范

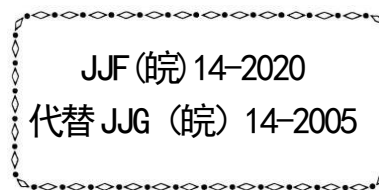
Calibration Specification for Fibre and Metallurgical Microscope

2020-11-30 发布

2021-01-01 实施

安徽省市场监督管理局 发布

纤维、金相显微镜校准规范
Calibration Specification for Fibre
and Metallurgical Microscope



归口单位：安徽省几何量计量技术委员会

主要起草单位：安徽省计量科学研究院

本规范委托安徽省几何量计量技术委员会解释

本规范主要起草人：

曹 磊（安徽省计量科学研究院）

陈昱竹（安徽省计量科学研究院）

李 丹（安徽省计量科学研究院）

张秉怡（安徽省计量科学研究院）

李祥瑞（安徽省计量科学研究院）

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 物镜分辨力.....	(2)
4.2 物镜放大倍数误差.....	(2)
4.3 物镜成像清晰范围.....	(2)
4.4 目镜分划板的分划误差.....	(3)
4.5 示值误差.....	(3)
5 校准条件.....	(3)
5.1 环境条件.....	(3)
5.2 测量标准及其他设备.....	(3)
6 校准项目和校准方法.....	(3)
6.1 物镜分辨力.....	(3)
6.2 物镜放大倍数误差.....	(4)
6.3 物镜成像清晰范围.....	(4)
6.4 目镜分划板的分划误差.....	(4)
6.5 示值误差.....	(4)
7 校准结果表达.....	(5)
8 复校时间间隔.....	(5)
附录 A 纤维、金相显微镜示值误差测量不确定度评定 (分划目镜)	(6)
附录 B 纤维、金相显微镜示值误差测量不确定度评定 (CCD 相机)	(8)
附录 C 纤维、金相显微镜物镜放大倍数误差测量不确定度评定.....	(10)
附录 D 校准证书内容及内页格式.....	(13)

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》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。本规范代替 JJG (皖) 14—2005《纤维、金相显微镜》，与原 JJG (皖) 14-2005 相比，除编辑性修改外主要变化如下：

- 增加了引言；
 - 将引用文件替换至现行版本；
 - 修改了显微镜示意图,见图1、图2；
 - 删除了工作台位移正确性的要求；
 - 修改了原规程物镜放大率正确性描述及要求，见4.2条款；
 - 修改了目镜分划板的分划误差描述及要求,见4.4条款；
 - 修改了示值误差要求,见4.5条款；
 - 删除了随机0.01mm测微尺示值误差的要求；
 - 修改了物镜成像清晰范围校准方法的描述，见6.2.3条款；
 - 修改了目镜分划板的分划误差校准方法及要求,见6.2.4条款；
 - 修改了示值误差校准方法,见6.2.5条款；
 - 增加了附录A、附录B、附录C、附录D。
- 本规范的历次版本发布情况：
- JJG(皖)14—2005

纤维、金相显微镜校准规范

1 范围

本规范适用于纤维显微镜、金相显微镜的校准。其他类型的显微镜，如便携式视频显微镜、数码显微镜、金相图像分析仪等也可参照执行。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

- JJF 1402-2013 生物显微镜校准规范
- GB/T 2609-2015 显微镜 物镜
- GB/T 11162-2009 光学分划零件通用技术条件
- GB/T 22059-2018 显微镜 放大率数值、允差和符号
- JB/T 9328-1999 分辨力板
- JB/T 10077-1999 金相显微镜

凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡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

纤维、金相显微镜(以下简称为显微镜)是在可见光下进行非接触观察和测量的显微镜。其主要由目镜（CCD 相机）、物镜、载物台和反光镜（或内置光源）等组成。纤维显微镜主要用于各类天然纤维、化学纤维、中空纤维等的直径及横截面尺寸测量。金相显微镜的测量对象多样，如金属材料的金相组织图像、金相组织颗粒度的尺寸大小、渗碳层厚度、涂层厚度尺寸等。常见显微镜示意图如图 1、图 2。

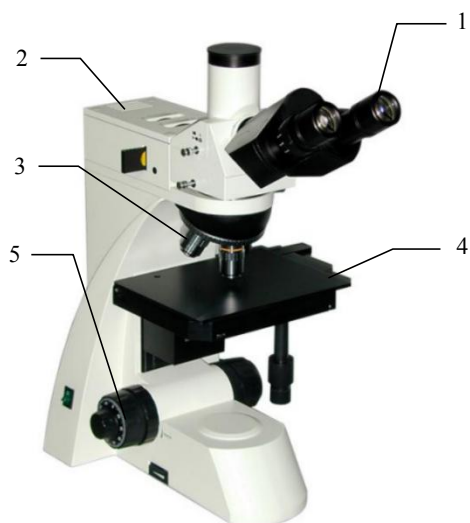


图1 常见纤维显微镜示意图

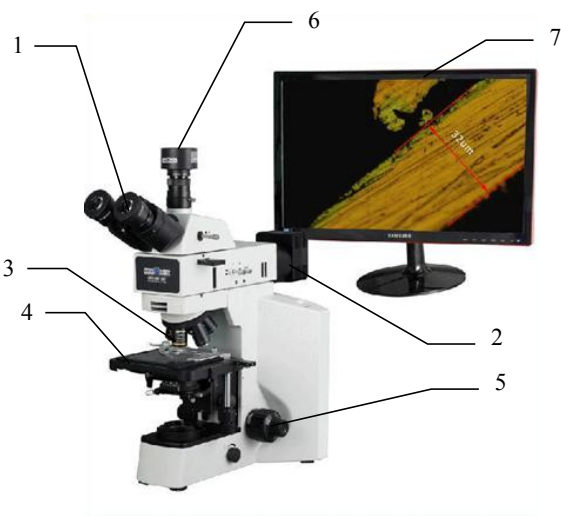


图2 常见金相显微镜示意图

1—目镜；2—光源；3—物镜；4—工作台；5—调焦旋钮；6—CCD相机；7—显示屏

4 计量特性

4.1 物镜分辨力

在中心至 $2/3$ 半径的视场内，各物镜分辨出的线条数的组数应符合表 1 要求。

表 1 分辨组数要求

物镜放大倍数 (倍)	4	10	25	40	63	100
A5 板	5 组	9 组	18 组	20 组	21 组	23 组

4.2 物镜放大倍数误差

显微镜物镜放大倍数误差不超过 $\pm 5\%$ 。

4.3 物镜成像清晰范围

各物镜成像清晰范围不小于表 2 要求。

表 2 成像清晰范围要求

物镜数值孔径 (倍)	消色差物镜	平场消色差物镜
0.08~<0.4 (25 倍以下)	60%	80%
0.4~<0.8 (25 倍~63 倍)	60%	75%
0.8~1.25 (63 倍~100 倍)	40%	60%

4.4 目镜分划板的分划误差

任意两分划线间的距离最大允许误差： $\pm 5 \mu\text{m}$ 。

4.5 示值误差

使用物镜的放大倍率为 10 倍及以下，显微镜的示值误差不超过 $\pm 50 \mu\text{m}$ ；使用物镜的放大倍率为 10 倍以上，显微镜的示值误差不超过 $\pm 10 \mu\text{m}$ 。

注：校准工作不判断合格与否，上述计量特性要求仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

温度： $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ，湿度：45%RH~85% RH。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 3。

表3 测量标准及其他设备

序号	名称	计量特性
1	分辨力板 (A5)	基线间距 1.2 mm，间距允差 $\pm 3 \mu\text{m}$ 。 (线条宽度参照 JJG827-1993 表 1 A5 板要求)
2	标准 10 倍分划目镜	分度值为 0.1 mm，任意两分划线间的距离 MPE： $\pm 5 \mu\text{m}$ 。
3	标准测微尺	分度值 0.1 mm 或 0.01 mm，MPE： $\pm 2 \mu\text{m}$ 。
4	万能工具显微镜	MPE： $\pm (1+L/100) \mu\text{m}$ ， L 为测量长度 (mm)。

6 校准项目和校准方法

校准前，对仪器的外观、各部分相互作用及光学系统进行检查，各移动、转动部位应灵活，无过松过紧现象，视场内应照明均匀、成像清晰，无影响测量的霉斑、阴影、色差、场区等因素。带有相机功能的显微镜，其显示屏视场内应洁净、亮度均匀，无影响观察的阴影、斑点、反射光斑等因素。用目镜观察与显示屏观察的图像应同步，方位基本一致。

6.1 物镜分辨力

将分辨力板放置在显微镜工作台中心区域，调节显微镜焦距，使目镜观测或显示屏显示分辨力板刻线清晰，读取各物镜观测分辨力板时所能看到最为清晰的

明暗条纹组数，应符合表 1 要求。

6.2 物镜放大倍数误差

对于目镜可拆卸的显微镜，使用标准 10 倍分划目镜和标准测微尺进行校准。首先将测微尺放置在工作台上，调节显微镜焦距使标准测微尺在标准分划目镜内成像清晰，转动目镜及调节工作台，使目镜分划线与测微尺刻线保持平行，依次在各倍数物镜下，读取目镜分划尺上测微尺所用间距像的示值，依据公式 (1) 计算物镜放大倍数误差。

$$\Delta\beta = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$\Delta\beta$ ——物镜放大倍数误差；

L_i ——标准测微尺的间距在目镜分划板上所成像的实测值， μm ；

L_0 ——标准测微尺的间距在目镜分划板上所成像的名义值， μm 。

对于目镜不可拆卸的被校显微镜，如显微镜目镜带有分划板，可用被校显微镜分划目镜和标准测微尺直接校准物镜放大倍数误差。

6.3 物镜成像清晰范围

将标准测微尺放置在被校显微镜工作台上，调节显微镜焦距使标准测微尺刻线成像清晰，移动工作台或标准测微尺位置，通过被校显微镜目镜（或显示屏）观察视场内标准测微尺刻线清晰范围，成像清晰范围不小于表 2 要求。

6.4 目镜分划板的分划误差

带分划板的目镜，可将其从被校显微镜上旋下，放置在万能工具显微镜的工作台上，调节万能工具显微镜的焦距至目镜分划板的刻线成像清晰，调整分划板的水平线与万能工具显微镜行程平行并对零，按 1 mm 间隔校准分划线间距离的误差，其任意两分划线间距离误差的最大值即为分划误差，不超过 4.4 条款要求。

目镜分划板的分划误差也可用测量不确定度不超过被校分划板分划误差要求 1/3 的其他测量仪器（如阿贝比长仪）进行校准。

一般情况下，不作为标准使用的分划目镜可不做该项校准，作为标准使用的分划目镜可参照本条执行。

6.5 示值误差

6.5.1 对于带分划目镜的被校显微镜，将分划目镜安装在显微镜上，将标准测微尺放置在显微镜的工作台上，移动工作台并调焦至目镜视场内刻线清晰，调整目镜分划板刻线与标准测微尺的刻线方向一致。将目镜分划板的左端刻线与标准测微尺的相应刻线对齐，以此为零点，在目镜分划板上读取可观测到的标准测微尺的最大间距刻线的实际距离，按照公式（2）计算显微镜的示值误差。

$$\Delta L = L_i - L_s \quad (2)$$

式中：

ΔL ——显微镜的示值误差， μm ；

L_i ——目镜分划板（显示屏）上读取的实际距离， μm ；

L_s ——标准测微尺所用的间距， μm 。

以上述方法校准显微镜使用不同放大倍数物镜时的示值误差。

注：不可拆卸分划板目镜的显微镜，在物镜放大倍数误差和示值误差校准中，可任选一项校准。

6.5.2 对于带 CCD 相机成像在显示屏上的显微镜，将标准测微尺放置在显微镜的工作台上，调焦至显示屏上的刻线清晰，根据所用各物镜的放大倍数，按照显微镜操作说明，在测量软件上选择相应的参数后进行拍照及测量，测量时应选择视场内最大的两条刻线间距，按照公式（2）计算显微镜的示值误差。

7 校准结果表达

经校准的纤维、金相显微镜出具校准证书，校准证书内容及内页格式参见附录 D。

8 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、仪器本身质量等诸多因素所决定的，因此，用户可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，一般不超过一年。

附录 A

纤维、金相显微镜示值误差测量不确定度评定（分划目镜）

A.1 测量方法

对于带分划目镜的被校显微镜，将分划目镜安装在显微镜上，将标准测微尺放置在显微镜的工作台上，移动工作台并调焦至目镜视场内刻线清晰，调整目镜分划板刻线与标准测微尺的刻线方向一致。将目镜分划板的左端刻线与标准测微尺的相应刻线对齐，以此为零点，在目镜分划板上读取可观测到的标准测微尺的最大间距刻线的实际距离，计算显微镜的示值误差。

A.2 测量模型

$$\Delta L = L_i - L_s \quad (\text{A.1})$$

式中：

ΔL ——显微镜的示值误差， μm ；

L_i ——目镜分划板上读取的实际距离， μm ；

L_s ——标准测微尺所用的间距， μm 。

A.3 方差和灵敏系数

考虑各分量彼此独立，有：

$$u_c^2 = u^2(\Delta L) = c_1^2 \cdot u^2(L_i) + c_2^2 \cdot u^2(L_s)$$

式中： $c_1 = \partial \Delta L / \partial L_i = 1$ ； $c_2 = \partial \Delta L / \partial L_s = -1$

A.4 标准不确定度的评定

根据经验，影响最大的是使用 5 倍物镜进行校准。以 10 倍分划目镜，显微镜整体放大倍率 50 倍为例进行评定。

A.4.1 目镜分划板上读取的实际距离引入的标准不确定度 $u(L_i)$

该项不确定度主要由对零瞄准的影响及相应刻线间距的估读误差两项因素引入。

A.4.1.1 对零瞄准时采用单线瞄准，取瞄准精度 $\alpha = 60''$ ，整体放大倍率为 $K = 50$ ，常数 $\rho = 2 \times 10^5$ ，人眼明视距离为 250 mm，其瞄准误差为：

$$\delta = \frac{250\text{mm} \cdot \alpha}{\rho \cdot K} = \frac{250\text{mm} \times 60}{2 \times 10^5 \times 50} = 1.5 \mu\text{m}$$

按均匀分布，其引入的标准不确定度为：

$$u(L_{i1}) = \delta / \sqrt{3} = 1.5 / \sqrt{3} = 0.87 \mu\text{m}$$

A.4.1.2 整体放大倍率为 50 倍时，相应刻线间距的估读误差取 $10 \mu\text{m}$ ，按均匀分布，其引入的标准不确定度为：

$$u(L_{i2}) = 10 / \sqrt{3} = 5.8 \mu\text{m}$$

根据以上两项，有： $u(L_i) = \sqrt{u^2(L_{i1}) + u^2(L_{i2})} = \sqrt{0.87^2 + 5.8^2} = 5.9 \mu\text{m}$

A.4.2 标准测微尺所用的间距引入的标准不确定度 $u(L_s)$

该项不确定度主要由标准测微尺示值误差引入，温度影响带来的不确定度很小，故忽略不计。

所用标准测微尺刻线间距 MPE: $\pm 2 \mu\text{m}$ ，按均匀分布，其引入的标准不确定度为：

$$u(L_s) = 2 / \sqrt{3} = 1.2 \mu\text{m}$$

A.5 合成标准不确定度

A.5.1 主要标准不确定度汇总表

主要标准不确定度见表 A.1

表 A.1 主要标准不确定度汇总表

标准不确定度	标准不确定度值
目镜分划板上读取的实际距离引入的标准不确定度 $u(L_i)$	5.9 μm
标准测微尺所用的间距引入的标准不确定度 $u(L_s)$	1.2 μm

A.5.2 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(L_i) + c_2^2 u^2(L_s)} = \sqrt{5.9^2 + 1.2^2} = 6.0 \mu\text{m}$$

A.6 扩展不确定度

$$\text{取 } k=2, U = k \times u_c = 12 \mu\text{m}$$

附录 B

纤维、金相显微镜示值误差测量不确定度评定 (CCD 相机)

B.1 测量方法

对于带 CCD 相机在显示屏上成像的显微镜,在载物台上放置标准测微尺,调焦至显示屏上的刻线清晰,根据所用各物镜的放大倍数,在测量软件上选择相应的倍数进行拍照及测量,校准时应选择视场内距离最远的两个刻度线,测量平行线段距离,读取显示屏显示的长度值,与标准测微尺的标准距离比较,计算显微镜的示值误差。

B.2 测量模型

$$\Delta L = L_i - L_s \quad (\text{B.1})$$

式中:

ΔL ——显微镜的示值误差, μm ;

L_i ——显示屏上读取的实际距离, μm ;

L_s ——标准测微尺所用的间距, μm 。

B.3 方差和灵敏系数

考虑各分量彼此独立得:

$$u_c^2 = u^2(\Delta L) = c_1^2 \cdot u^2(L_i) + c_2^2 \cdot u^2(L_s)$$

式中: $c_1 = \partial\Delta L / \partial L_i = 1$; $c_2 = \partial\Delta L / \partial L_s = -1$

B.4 标准不确定度的评定

根据经验,影响最大的是使用 5 倍物镜进行校准。显微镜整体放大倍率 50 倍为例进行评定。

B.4.1 显示屏读取的实际距离引入的标准不确定度 $u(L_i)$

该项标准不确定度主要由测量重复性引入。

在重复性条件下,对显示屏上标准测微尺的最大刻线间距重复测量 10 次,根据 10 次校准结果得到的实验标准偏差作为重复性所引入的标准不确定度。测量数据如下 (μm):

996、991、993、995、994、988、995、995、996、987

单次实验标准差为:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_1^i (E_i - \bar{E})^2}{n-1}} \approx 3.3 \mu\text{m}$$

$$u(L_i) = s = 3.3 \mu\text{m}$$

B.4.2 标准测微尺所用的间距引入的标准不确定度 $u(L_s)$

该项不确定度主要由标准测微尺示值误差引入，温度影响带来的不确定度很小，故忽略不计。

所用标准测微尺刻线间距 MPE: $\pm 2 \mu\text{m}$ ，按均匀分布，其引入的标准不确定度为:

$$u(L_s) = 2 / \sqrt{3} = 1.2 \mu\text{m}$$

B.5 合成标准不确定度

B.5.1 主要标准不确定度汇总表

主要标准不确定度见表 B.1

表 B.1 主要标准不确定度汇总表

标准不确定度	标准不确定度值
显示屏上读取的实际距离引入的标准不确定度 $u(L_i)$	3.3 μm
标准测微尺所用的间距引入的标准不确定度 $u(L_s)$	1.2 μm

B.5.2 合成不确定度

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u^2(L_i) + c_2^2 u^2(L_s)} \approx 3.5 \mu\text{m}$$

B.6 扩展不确定度

取 $k=2$, $U = k \times u_c = 7 \mu\text{m}$

附录 C

纤维、金相显微镜物镜放大倍数误差测量不确定度评定

C.1 测量方法

使用标准 10 倍分划目镜和标准测微尺进行校准。首先将测微尺放置在工作台上，调节显微镜焦距使标准测微尺在标准分划目镜内成像清晰，转动目镜及调节工作台，使目镜分划线与测微尺刻线保持平行，依次在各倍数物镜下，读取目镜分划尺上测微尺所用间距像的示值，计算物镜放大倍数误差。

C.2 测量模型

$$\Delta\beta = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中：

$\Delta\beta$ ——物镜放大倍数误差；

L_i ——标准测微尺的间距在目镜分划板上所成像的实测值， μm ；

L_0 ——标准测微尺的间距在目镜分划板上所成像的名义值， μm 。

各分量彼此独立：

$$u_{\text{crel}}^2(\Delta\beta) = u_{\text{rel}}^2(L_i) + u_{\text{rel}}^2(L_0)$$

C.3 标准不确定度的评定

下面以 5 倍物镜，显微镜整体放大倍率 50 倍为例进行评定：

C.3.1 标准测微尺所用的间距引入的标准不确定度 $u_{\text{rel}}(L_0)$

该项不确定度主要由标准测微尺示值误差引入，温度影响带来的不确定度很小，故忽略不计。

所用标准测微尺刻线间距 MPE: $\pm 2 \mu\text{m}$ ，所用刻度范围 1mm，按均匀分布，其引入的相对不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(L_0) = \frac{0.002}{1 \times \sqrt{3}} = 0.0012$$

C.3.2 目镜分划板上所成像的实测值引入的标准不确定度 $u_{\text{rel}}(L_i)$

该项不确定度主要由对零瞄准的影响，相应刻线间距的估读误差及标准目镜分划板的分划误差三项因素引入。

C.3.2.1 对零瞄准时采用单线瞄准，取瞄准精度 $\alpha = 60''$ ，整体放大倍率为 $K = 50$ ，常数 $\rho = 2 \times 10^5$ ，人眼明视距离为 250 mm，其瞄准误差为：

$$\delta = \frac{250\text{mm} \cdot \alpha}{\rho \cdot K} = \frac{250\text{mm} \times 60}{2 \times 10^5 \times 50} = 1.5 \mu\text{m}$$

按均匀分布，其引入的标准不确定度为：

$$u(L_{i1}) = \delta / \sqrt{3} = 1.5 / \sqrt{3} = 0.87 \mu\text{m}$$

C.3.2.2 整体放大倍率为 50 倍时，相应刻线间距的估读误差取 $10 \mu\text{m}$ ，按均匀分布，其引入的标准不确定度为：

$$u(L_{i2}) = 10 / \sqrt{3} = 5.8 \mu\text{m}$$

C.3.2.3 标准目镜分划板任意两条刻线间距的最大允许误差为 $\pm 5 \mu\text{m}$ ，按均匀分布，其引入的标准不确定度为，

$$u(L_{i3}) = 5 / \sqrt{3} = 2.9 \mu\text{m}$$

根据以上三项，有： $u(L_i) = \sqrt{u^2(L_{i1}) + u^2(L_{i2}) + u^2(L_{i3})} = 6.6 \mu\text{m}$

校准时，被校显微镜整体放大倍率为 50 倍，标准目镜分划板上所成像的实际间距为 1mm，其相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(L_i) = 0.0066 / 1 = 0.0066$$

C.4 合成不确定度

C.4.1 主要不确定度汇总表

主要标准不确定度见表 C.1

表 C.1 主要不确定度汇总表

序号	标准不确定度	标准不确定度值
1	标准测微尺所用的间距引入的标准不确定度 $u_{\text{rel}}(L_0)$	0.0012
2	目镜分划板上所成像的实测值引入的标准不确定度 $u_{\text{rel}}(L_i)$	0.0066
2.1	对零瞄准引入的标准不确定度 $u(L_{i1})$	0.87 μm
2.2	相应刻线间距的估读误差引入的标准不确定度分量 $u(L_{i2})$	5.8 μm
2.3	标准目镜分划板的分划误差引入的不确定度分量 $u(L_{i3})$	2.9 μm

C.4.2 合成不确定度

$$u_{\text{crel}}(\Delta\beta) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(L_i) + u_{\text{rel}}^2(L_0)} = \sqrt{0.0066^2 + 0.0012^2} = 0.0066$$

C.5 扩展不确定度

$$\text{取 } k=2, U_{\text{rel}} = k \times u_{\text{crel}}(\Delta\beta) = 1.4\%$$

附录 D

校准证书内容及内页格式

D.1 校准证书至少包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准日期，如果与校准结果的有效性应用有关时，应说明被校对象的接受日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对抽样程序进行说明；
- i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用计量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

D.2 校准证书内页格式见表 D.1

表D.1 校准证书内页格式

1. 物镜分辨力:					
物镜倍数					
分辨力 (组)					
2. 物镜放大倍数误差:					
物镜倍数					
误差					
3. 物镜成像清晰范围:					
4. 目镜分划板的分划误差:					
5. 示值误差:					
仪器倍数					
示值误差 (μm)					
6. 测量不确定度:					

校准员:

核验员:

注: 校准证书的内容应符合 JJF1071《国家计量校准规范编写规则》的要求。由于各实验室对校准证书有自己的设计, 本附录仅建议与校准内结果相关部分的内页格式。其中的部分内容可以由于实验室的证书格式不同而在其他部分表述。

