河北省地方计量技术规范

JJF（冀）211—2023

体视显微镜校准规范

Calibration Specification for Stereomicroscope

2023-02-24 发布　　2023-05-01 实施

河 北 省 市 场 监 督 管 理 局 发 布

体视显微镜校准规范

Calibration Specification for Stereomicroscope

JJF（冀）211-2023

归 口 单 位：河北省市场监督管理局

起 草 单 位：秦皇岛市计量测试研究所

本规范委托秦皇岛市计量测试研究所负责解释

本规范主要起草人：

王　艳（秦皇岛市计量测试研究所）

张　斌（秦皇岛市计量测试研究所）

刘　钊（河北省计量监督检测研究院）

参加起草人：

王开元（秦皇岛市计量测试研究所）

目　　录

引言 ..... （Ⅱ）
1 范围 ..... （1）
2 引用文件 ..... （1）
3 术语 ..... （1）
4 概述 ..... （1）
5 计量特性 ..... （2）
5.1 变倍齐中差 ..... （2）
5.2 分辨力 ..... （2）
5.3 物镜放大倍数误差 ..... （2）
5.4 左右光学系统放大倍数差 ..... （2）
6 校准条件 ..... （2）
6.1 环境条件 ..... （2）
6.2 校准项目及校准用设备 ..... （2）
7 校准项目和校准方法 ..... （3）
7.1 变倍齐中差 ..... （3）
7.2 分辨力 ..... （4）
7.3 物镜放大倍数误差 ..... （4）
7.4 左右光学系统放大倍数差 ..... （5）
8 校准结果表达 ..... （5）
9 复校时间间隔 ..... （5）
附录 A 栅格状分辨率板线宽表 ..... （6）
附录 B 物镜放大倍数误差的校准结果的测量不确定度评定 ..... （7）

引　言

JJF1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成本校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范在制定过程中参照了 JJF 1402-2013 《生物显微镜校准规范》、GB/T 19864.1-2013《第 1 部分：普及型体视显微镜》、GB/T 19864.2-2013《第 2 部分：高性能体视显微镜》和 GB/T 19863-2005《体视显微镜试验方法》中的相关条款。

本规范为首次制定。

体视显微镜校准规范

1 范围

本规范适用于体视显微镜的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》

JJF 1071-2010 《国家计量校准规范编写原则》

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

变倍齐中差：变倍时像平面的横向位移。

4 概述

体视显微镜是通过光学系统将微小物体所成的像放大后，由双目显微镜中两组同样的成像光路，获得具有立体感觉的清晰图像，用于观察物体的表面形貌及组织结构，对于目镜带有分划尺的，可利用分划尺上的刻度测量物体的几何尺寸。

体视显微镜按结构形式可分为连续变倍型、有级变换型、物镜卸换型三种，按照技术性能可分为普及型、高性能和数码体视显微镜三种。

图 1 高性能体视显微镜的外形图

1—调焦手轮；2—变倍手轮；3—光源；4—弹性压片；5—载物台；6—物镜；7—目镜。

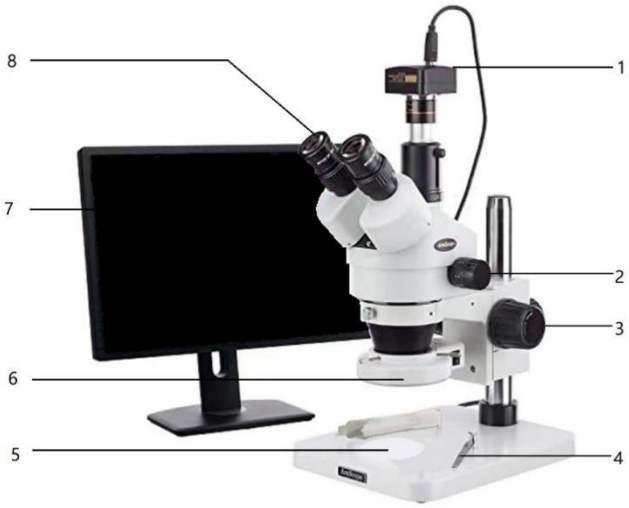

图 2 数码体视显微镜的外形图

1—数码装置；2—调焦手轮；3—变倍手轮；4—弹性压片；5—载物台；6—物镜；7—显示装置；8—目镜。

5 计量特性

5.1 变倍齐中差

5.2 分辨力

5.3 物镜放大倍数误差

5.4 左右光学系统放大倍数差

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温湿度条件：校准室内温度为室温，相对湿度不大于 80%。

6.1.2 其他条件：校准室内应无影响测量的灰尘、震动、气流和腐蚀性气体。

6.2 校准项目及校准用设备

校准项目及校准用设备见表 1。

表 1　校准项目及校准用设备

序号	校准项目	校准设备
1	变倍齐中差	十字分划目镜：分度值 0.1 mm MPE：±0.01mm； 十字分划板
2	分辨力	板号 A4、A5 或 A7 分辨力板（见附录 A）
3	物镜放大倍数误差	十字分划目镜：分度值 0.1 mm MPE：±0.01mm； 玻璃线纹尺:分度值 0.1mm 和 0.01mm， MPE：±0.01mm；
4	左右光学系统放大倍数差	倍率计:分度值 0.1 mm，MPE:±0.01mm； 玻璃线纹尺:分度值 0.1mm 和 0.01mm， MPE：±0.01mm；
注：也可采用满足测量不确定度要求的其它设备进行校准。		

7　校准项目和校准方法

校准前，目视检查体视显微镜的光学系统。光学系统应成像清晰，视场内不应有影响测量的霉斑、异物、划痕等因素，视场范围内照明均匀。显微镜左右光学系统各倍物镜应从高倍到低倍变换时不需调焦，仍能看清物体轮廓。

在确定无影响计量特性的因素后，再进行校准。

7.1 变倍齐中差

将十字分划板置于载物台上，被检显微镜左侧目镜筒内插入十字分划目镜，在显微镜最高倍率下对分划板调焦，调整目镜分划板上的刻度与物方十字分划板的十字像位于同一像面，使两者间无视差。然后调整物方分划板使物方分划板像的中心与十字分划目镜的分划板中心重合，从最高倍数至最低倍数变换过程中，找出物方十字分划线像中心的最大偏移位置，用十字分划目镜测量其偏移的大小即为左侧目镜的变倍齐中差$\triangle_{左}$，按上述测量方法测得右侧目镜的变倍齐中差$\triangle_{右}$，取左、右两侧目镜所得到的测量结果中的较大值作为变倍齐中差的测量结果。

7.2 分辨力

选用合适板号的分辨力板置于载物台上，利用调焦手轮与左右目镜的视度调节圈对视场中的分辨力板图案像调焦，尽可能使图案像清晰的面积为最大，观察图案中各个不同线宽单元中的图案，记下清晰的图案中线宽最小的图案单元的号码。

根据分辨力板号与图案单元的号码，从附录 A（栅格状分辨率板线宽表）查出线宽度 b 值。依据式（1）可求出分辨力 N。

$$N=\frac{1000}{2b}\ \text{（线对/mm）} \qquad (1)$$

调换其他倍数的物镜，按照上述测量方法分别测量各个倍数物镜的分辨力。对于有级变换型和物镜卸换型的体视显微镜，应对每个倍数的物镜分别测量分辨力。对于连续变倍型体视显微镜，可只对物镜调至最高倍率时测量分辨力。

以上各倍物镜测量值中取最小值作为分辨力测量结果。

7.3 物镜放大倍数误差

将玻璃线纹尺置于载物台上，体视显微镜使用最高倍物镜，在目镜筒装上十字分划目镜，通过调焦使玻璃线纹尺刻线在分划目镜的分划尺上成清晰像，并调整两者使玻璃线纹尺刻线像与分划目镜刻线方向平行。 将玻璃线纹尺刻度间距像与目镜分划尺相比较，在目镜分划尺上读取玻璃线纹尺所用刻度间距像的实际值。依据公式（2）计算物镜放大倍数。

$$\beta_{物}=\frac{Y'}{Y} \qquad (2)$$

式中：Y——玻璃线纹尺所用间距, mm；

Y'——目镜分划尺上读得玻璃线纹尺所用间距像的实际值，mm。

依据公式（3）计算物镜放大倍数误差δ。

$$\delta=\frac{\beta_{标}-\beta_{物}}{\beta_{标}}\times 100\%=\frac{L-L'}{L}\times 100\% \qquad (3)$$

式中：L——玻璃线纹尺所用间距的像在目镜分划尺上的标称值，mm；

L'——玻璃线纹尺所用间距的像在目镜分划尺上的实际值，mm；

δ——物镜放大倍数误差；

$\beta_{物}$——物镜实测放大倍数；

$\beta_{标}$——物镜标称放大倍数。

对于目镜不可拆卸的显微镜，使用倍率计和玻璃线纹尺进行测量。

连续变倍型体视显微镜，选择高、中、低三个档校准其放大倍数误差即可，取最大值作为该显微镜的物镜放大倍数误差，其测量不确定度分析见附录 B。

7.4 左右光学系统放大倍数差

在不拆卸显微镜目镜的情况下，使用倍率计和玻璃线纹尺进行测量。将倍率计置于目镜上，显微镜目镜视度调节至 0 位置，通过调焦使玻璃线纹尺在倍率计分划尺上成清晰像，读出玻璃线纹尺所用间距的像在倍率计分划尺上的实际值，参考公式（2）计算总放大倍数，对左右两个光学系统在最高和最低倍率时的总放大倍数β_T分别进行测量，根据公式（4）计算出左右光学系统的放大倍数差：

$$\Delta\beta_T = \frac{\beta_{TL} - \beta_{TS}}{\beta_{TL}} \times 100\% \qquad (4)$$

式中：β_{TL}——体视显微镜置于最高（低）倍数时，总放大倍数较大的实测值；

β_{TS}——体视显微镜置于最高（低）倍数时，总放大倍数较小的实测值。

选择最高、最低两个档校准其左右光学系统放大倍数差即可，取放大倍数差较大值作为该显微镜的左右光学系统放大倍数差。

8 校准结果的表达

经校准的体视显微镜出具校准证书。

校准证书的内容及内页格式应符合 JJF 1071《国家计量校准规范编写原则》中 5.12 的要求。

9 复校时间间隔

复校时间间隔的长短是由体视显微镜的使用保养情况、使用者和体视显微镜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间隔。建议不超过 1 年。

附录 A

栅格状分辨率板线宽表

分辨率板号	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
分辨率图案单元号	线宽度 *b* 值/μm						
1	160	80.0	40.0	20.0	10.0	7.50	5.00
2	151	75.5	37.8	18.9	9.44	7.08	4.72
3	143	71.3	35.6	17.8	8.91	6.68	4.45
4	135	67.3	33.6	16.8	8.41	6.31	4.20
5	127	63.5	31.7	15.9	7.94	5.95	3.97
6	120	59.9	30.0	15.0	7.49	5.62	3.75
7	113	56.6	28.3	14.1	7.07	5.30	3.54
8	107	53.4	26.7	13.3	6.67	5.01	3.34
9	101	50.4	25.2	12.6	6.38	4.72	3.15
10	95.1	47.6	23.8	11.9	5.95	4.46	2.97
11	89.8	44.9	22.4	11.2	5.61	4.21	2.81
12	84.8	42.4	21.2	10.6	5.30	3.97	2.65
13	80.0	40.0	20.0	10.0	5.00	3.75	2.50
14	75.3	37.8	18.9	9.44	4.72	3.54	2.36
15	71.3	35.6	17.8	8.91	4.45	3.34	2.23
16	67.3	33.6	16.8	8.41	4.20	3.15	2.10
17	63.5	31.7	15.9	7.94	3.97	2.98	1.98
18	59.5	30.0	15.0	7.49	3.75	2.81	1.87
19	56.6	28.3	14.1	7.07	3.54	2.65	1.77
20	53.4	26.7	13.3	6.67	3.34	2.50	1.67
21	50.4	25.2	12.6	6.30	3.15	2.36	1.57
22	47.6	23.8	11.9	5.95	2.97	2.23	1.49
23	44.9	22.4	11.2	5.61	2.81	2.10	1.40
24	42.4	21.2	10.6	5.30	2.65	1.99	1.32
25	40.0	20.0	10.0	5.00	2.50	1.88	1.25

附录 B

物镜放大倍数误差的校准结果的测量不确定度评定

B.1 测量方法

将十字分划目镜装在体视显微镜上，把玻璃线纹尺置于载物台中央，显微镜进行调焦，在显微镜中找到玻璃线纹尺的像，并使像的首端与目镜分划板刻度尺首端重合，读出玻璃线纹尺像的尾端在目镜分划尺刻线上的实际值Y'，依据玻璃线纹尺所用两刻线之间的间距Y及标称放大倍数$\beta_{标}$，按照公式（B.2），即可计算出物镜放大倍数误差。下面以高性能体视显微镜 1×物镜放大倍数测量为例进行评定，所用 10×十字分化目镜内的刻度范围为 10mm，玻璃刻度尺的刻度范围为 10 mm。

B.2 数学模型

物镜放大倍数误差的计算公式为：

$$\delta = \frac{\beta_{标}-\beta_{物}}{\beta_{标}} \times 100\% = \left(1-\frac{\beta_{物}}{\beta_{标}}\right) \times 100\% \qquad (B.1)$$

把$\beta_{物} = \frac{Y'}{Y}$代入上式（B.1）可得

$$\delta = \left(1-\frac{Y'}{Y\times\beta_{标}}\right) \times 100\% \qquad (B.2)$$

式中：Y——玻璃线纹尺所用间距, mm；

Y'——目镜分划尺上读得玻璃线纹尺所用间距像的实际值，mm；

δ——物镜放大倍数误差；

$\beta_{物}$——物镜实测放大倍数；

$\beta_{标}$——物镜标称放大倍数。

B.3　方差和灵敏系数

考虑到各输入量彼此独立，依

$$u_c^2(y) = \sum \left[\frac{\partial f}{\partial x_i}\right]^2 u^2(x_i)$$

可得：$u_c^2(y) = u^2(\delta_i) = c_1^2 u^2(Y') + c_2^2 u^2(Y)$　　（B.3）

式中灵敏系数：$c_1 = \frac{\partial \delta_i}{\partial Y'} = -\frac{1}{Y\times\beta_{标}}$　　$c_2 = \frac{\partial \delta_i}{\partial Y} = \frac{Y'}{Y^2\times\beta_{标}}$

因$Y' \approx Y \times \beta_{标}$，故$c_2$可简化为$c_2 = \frac{1}{Y}$，将$c_1$、$c_2$代入式（B.3）可得方差：

$$u^2(\delta_i) = \left(\frac{1}{Y \times \beta_{标}}\right)^2 u^2(Y') + \left(\frac{1}{Y}\right)^2 u^2(Y) \qquad \text{（B.4）}$$

B.4 标准不确定度分量

B.4.1 输入量Y'引入的不确定度分量$u(Y')$

输入量Y'引入的不确定度分量 $u(Y')$由测量重复性引入的不确定度分量$u_1(Y')$和目镜标尺允许误差引入的不确定度分量$u_2(Y')$组成。

B.4.1.1 测量重复性引入的不确定度分量$u_1(Y')$

采用 A 类不确定度方法进行评定，在显微镜正常工作及重复性条件下，以物镜 1 倍放大倍数为例，10 次测量结果如下：

表 B.1 重复性测量结果

mm

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值	9.91	9.90	9.92	9.93	9.94	9.95	9.96	9.96	9.95	9.95

依据表 B.1 可得单次试验标准差$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.021\text{mm}$，故

$$u_1(Y') = s = 0.021\text{mm}$$

B.4.1.2　目镜标尺允许误差引入的标准不确定度分量$u_2(Y')$

采用 B 类不确定度方法进行评定，十字分划目镜标尺刻线间距的允许误差$\pm 0.01\text{mm}$，估计为均匀分布，$k = \sqrt{3}$，

$$u_2(Y') = {}^{0.01\text{mm}}/_{\sqrt{3}} = 0.006\text{mm}$$

合成有

$$u(Y') = \sqrt{u_1^2(Y') + u_2^2(Y')} = \sqrt{0.021^2 + 0.006^2} = 0.022\text{mm}$$

B.4.2 玻璃线纹尺允许误差引入得不确定度分量$u(Y)$

采用 B 类不确定度方法进行评定，玻璃线纹尺的刻线间距的允许误差为$\pm 0.01\text{mm}$，估计为均匀分布，$k = \sqrt{3}$，

$$u(L) = {}^{0.01\text{mm}}/_{\sqrt{3}} = 0.006\text{mm}$$

B.5 标准不确定度分量一览表

根据标准不确定度分量的计算，以物镜 1 倍放大率为例，把各标准不确定度分量汇总如下（表 B.2）：

表 B.2 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量$u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值 $u(x_i)$(mm)	$c_i=\frac{\partial f}{\partial x_i}$（mm^{-1}）	$\lvert c_i\rvert\times u(x_i)$
$u(Y')$	——	0.022	-0.1	0.0022
$u_1(Y')$	测量重复性	0.021	——	——
$u_2(Y')$	目镜标尺误差	0.006	——	——
$u(Y)$	玻璃线纹尺误差	0.006	0.1	0.0006
$u(\delta)=0.0023=0.23\%$				

B.6 合成标准不确定度

依据公式（B.4），以 1 倍放大倍数为例，

$$u(\delta_i)=\sqrt{\left(\frac{1}{Y\times\beta_{标}}\right)^2u^2(Y')+\left(\frac{1}{Y}\right)^2u^2(Y)}=0.23\%$$

B.7 扩展不确定度

取包含因子$k=2$，物镜放大 1 倍时，扩展不确定度为

$$U=k\times u(\delta_i)=2\times0.23\%=0.5\%$$

同理得到其他放大倍数误差的测量结果不确定度，如表 B.3。

表 B.3 各放大倍数误差的测量结果不确定度

放大倍数 $\beta_{标}$	线纹尺间距 Y（mm）	灵敏系数（mm^{-1}）		不确定度分量（mm）		标准不确定度u	扩展不确定度 $U(k=2)$
		c_1	c_2	$u(Y')$	$u(Y)$		
0.5×	10	-0.2	0.1	0.023	0.006	0.0046	1.0%
1×	10	-0.1	0.1	0.022	0.006	0.0023	0.5%
2×	5	-0.1	0.2	0.022	0.006	0.0026	0.6%
4×	2.5	-0.1	0.4	0.024	0.006	0.0033	0.7%
5×	2	-0.1	0.5	0.023	0.006	0.0038	0.8%

B.8 扩展不确定度报告形式

依据 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》的要求，测量结果的小数点位数与测量结果不确定度的位数应一致，故体视显微镜的放大倍数误差的测量结果不确定度可表示为如下形式：

当$\beta_{标}$为 0.5 倍时：$U = 1.0\%$，$k = 2$；

当$\beta_{标}$为 1 倍时：$U = 0.5\%$，$k = 2$；

当$\beta_{标}$为 2 倍时：$U = 0.6\%$，$k = 2$；

当$\beta_{标}$为 4 倍时：$U = 0.7\%$，$k = 2$；

当$\beta_{标}$为 5 倍时：$U = 0.8\%$，$k = 2$。