



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 452—2006

黑白密度片

Black and White Step Tablet

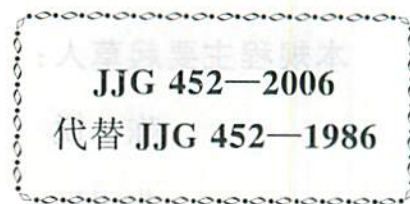
2006-12-08 发布

2007-06-08 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

黑白密度片检定规程

Verification Regulation of
Black and White Step Tablet



本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2006 年 12 月 8 日批准，并自 2007 年 6 月 8 日起施行。

归口单位：全国光学计量技术委员会

起草单位：中国计量科学研究院

辽宁省计量科学研究院

本规程委托全国光学计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

陈 锐 （中国计量科学研究院）

艾明泽 （辽宁省计量科学研究院）

参加起草人：

王 煜 （中国计量科学研究院）

张文美 （辽宁省计量科学研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(1)
4.1 测量原理	(1)
4.2 密度片的分类	(1)
5 计量性能要求	(2)
5.1 标准密度片漫射特性	(2)
5.2 标准密度片光谱透射特性	(2)
5.3 密度片量值	(2)
5.4 均匀性	(2)
5.5 年变化量	(2)
6 通用技术要求	(2)
6.1 外观	(2)
6.2 标志	(2)
7 计量器具控制	(3)
7.1 检定条件	(3)
7.2 检定项目	(3)
7.3 检定方法	(4)
7.4 检定结果处理	(4)
7.5 检定周期	(4)
附录 A 检定原始记录	(5)
附录 B 检定证书(背面)格式	(6)
附录 C 不确定度评定实例	(7)

黑白密度片检定规程

1 范围

本规程适用于新制造和使用中的透射式黑白密度片的首次检定、后续检定和使用中检验。黑白密度片的型式评价中对计量性能的要求可参照本规程执行。

2 引用文献

GB/T 11500—1989《摄影透射密度测量的几何条件》

GB/T 11501—1989《摄影密度测量的光谱条件》

JJF 1002—1998《国家计量检定规程编写规则》

JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》

3 术语

3.1 光学密度 optical density (以下简称密度)

投射在试样上的光通量 Φ_0 与透射过它的光通量 Φ_t 之比的常用对数。用公式可表示为：

$$D = \log_{10}(\Phi_0/\Phi_t)$$

3.2 漫透射 diffuse transmittance

辐射束被媒质分散为许多方向时的空间分布。

3.3 规则透射 regular transmittance

又称直透射，为无漫射的透射。

3.4 均匀性 uniformity

以各级密度片中心点为圆心，以 3 mm 为半径的圆周内，测量出的密度最大值与测量出的密度最小值之差的二分之一。用公式表示：

$$(D_{\max} - D_{\min})/2$$

3.5 年变化量 per year drift

被检定密度片的密度值与上一年密度值之差的绝对值。

核查被检定密度片的密度标称值为 2.0 的某一级，确定年变化量。

4 概述

4.1 测量原理

密度测量装置主要由光源，光学部件和接受器组成。光源发出的光经光学部件后，以规定模式投射到样品上，探测器以规定的模式接收透过该样品的光，经光电转换并按照密度定义或校准方式进行信号处理，即可得到该样品的密度值。

4.2 密度片的分类

黑白密度片分为标准黑白密度片（以下简称标准密度片）和工作黑白密度片（以下

简称工作密度片)。其量值用光学透射密度(以下简称密度)表示。

黑白密度片是用于检定和校准各类透射式光学密度计的密度示值的计量器具。标准密度片由特殊配方的卤化银感光乳剂加工处理而成,其外观特点为单乳剂面的黑白密度光楔。工作密度片种类繁多,应根据应用领域的实际需要进行选择和加工制作。

标准密度片:光楔级数应不少于14级,每一级的面积应不小于 $10\text{ mm}\times 10\text{ mm}$;

工作密度片:光楔级数应不少于5级。每一级的面积应大于直径为 5 mm 的圆。

5 计量性能要求

5.1 标准密度片漫射特性

当漫透射密度约为1.0时,其规则透射密度与漫透射密度之比在 1.60 ± 0.1 以内。

5.2 标准密度片光谱透射特性

当密度的标称值为1.0时,采用光谱光度法测量标准密度片的光谱密度,任意二波长处光谱密度值之差的绝对值应同时满足下述技术要求:

在 $(380\sim 780)\text{ nm}$ 光谱范围内,光谱密度值之差的绝对值不大于0.02;

在 $(400\sim 700)\text{ nm}$ 光谱范围内,光谱密度值之差的绝对值不大于0.01。

5.3 密度片量值

5.3.1 标准密度片

密度值范围(标称值): $0.1\sim 4.0$;密度级差: ≤ 0.3 。

不确定度: $0.01, k=2; 0.0<D\leq 2.0$;

$0.015, k=2; 2.0<D\leq 4.0$ 。

5.3.2 工作密度片

密度值范围(标称值): $0.1\sim 4.0$;密度级差: ≤ 1.0 。

不确定度: $0.02, k=2; 0.0<D\leq 2.0$;

$0.03, k=2; 2.0<D\leq 4.0$ 。

5.4 均匀性

标准密度片: ≤ 0.005 ;

工作密度片: ≤ 0.01 。

5.5 年变化量

标准密度片: ≤ 0.01 ;

工作密度片: ≤ 0.02 。

6 通用技术要求

6.1 外观

密度片表面要求平整,清洁,干燥,均匀,无裂纹、划痕、砂眼和霉变等缺陷;密度片应有测量定位标记。

6.2 标志

密度片应有编号,并配有包装盒。盒上应有制造厂名、产品名称、型号、出厂日期等。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定, 后续检定和使用中检验。

7.1 检定条件

7.1.1 环境条件

标准密度片: 环境温度为 $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$, 相对湿度 40% ~ 60%。

工作密度片: 环境温度为 $(15 \sim 35)^\circ\text{C}$, 相对湿度 20% ~ 80%。

7.1.2 检定设备

7.1.2.1 标准密度片

工作基准密度片三至五套。

7.1.2.2 工作密度片

标准密度片二套。

7.1.2.3 密度计

a) 光谱条件: CIE A 光源, 隔热玻璃和 $V(\lambda)$ 探测器。

b) 几何条件: 0/d 或 d/0 模式。

c) 分辨力: 0.003。

d) 重复性: ± 0.005 。

e) 示值误差: ± 0.02 。

7.1.2.4 分光光度计

光谱范围: $(380 \sim 780) \text{ nm}$, 准确度: 1 nm。

光谱透射比测量范围: $1.000 \sim 0.0001$, 准确度: 0.01。

7.1.3 密度计的校准

通常情况下, 密度计应每年校准一次。如有必要, 应随时进行校准。

校准方法如下:

用密度计从低到高依次测量工作基准密度片的每一级的密度, 测量时, 将每一级的中心放置在密度计的出射光阑上 (样品放置光阑的时间尽可能短, 以免由于热影响样品的物理特性), 测量三次, 然后取平均值, 作为该级的密度示值, 根据各级密度示值与工作基准密度片相应的准确值做出该密度计示值校准表。

7.2 检定项目

检定项目见表 1。

表 1 检定项目

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
外观	+	+	+
漫射特性	+	+	-
光谱透射特性	+	+	-
量值	+	+	+

表 1 (续)

检 定 项 目	首次检定	后续检定	使用中检验
均匀性	+	-	-
年变化量	-	+	-
注：“+”表示需检定的项目，“-”表示不需检定的项目。			

7.3 检定方法

7.3.1 外观

按通用技术要求 6.1，用目视法进行外观检查。对密度片表面进行清洁处理：一般用吸耳球等吹净表面浮尘，必要时用绒布轻轻擦拭。

7.3.2 漫射特性

用透射式光学密度计测量出标准密度片的漫透射密度，用分光光度计测量出标准密度片的规则透射密度，计算出规则透射密度与漫透射密度的比值。核验其是否符合 5.1 的规定。

7.3.3 标准密度片光谱透射特性

用分光光度计对标准密度片的进行透射光谱扫描，计算出光谱透射密度。核验其是否符合 5.2 的规定。

7.3.4 密度片量值检定

7.3.4.1 预热密度计，待读数稳定后，再进行量值检定。

7.3.4.2 标准密度片的量值检定

量值检定时，用工作基准密度片的低密度级和高密度级核查密度计的校准值，如有变化，必须调整该密度计。用密度计从低到高依次测量待检密度片，每级测量三次，取平均值作为该级的密度示值，然后根据校准表求得其密度准确值。检定结果应符合 5.3.1 的规定。

7.3.4.3 工作密度片的量值检定

工作密度片的量值检定程序与 7.3.4.2 相同。检定结果应符合 5.3.2 的规定。

7.3.5 均匀性检定

在量值检定的同时得到均匀性测量结果，按均匀性定义计算出被检密度片的均匀性。核验其是否符合 5.4 的规定。

7.3.6 年变化量检定

将被检密度片的测量值，与 1 年前的测量值相比较，得出年变化量。核验其是否符合 5.5 的规定。

7.4 检定结果处理

经检定合格的密度片，注明密度片的类型，发给检定证书（在证书中注明密度片的类型）；不合格的发给检定结果通知书，并注明不合格项。

7.5 检定周期

黑白密度片检定周期为 1 年。

附录 B

检定证书（背面）格式

检 定 结 果

级数	密度 (D)	级数	密度 (D)
1		13	
2		14	
3		15	
4		16	
5		17	
6		18	
7		19	
8		20	
9		21	
10		22	
11		23	
12		24	
均匀性		年变化量	

根据检定结果，该密度片为标准密度片。

以下空白

检定日期： 年 月 日

检定员

核验员

附录 C

不确定度评定实例

本附录仅就用标准密度计检定标准密度片的测量结果不确定度做评定实例分析。实际工作中，也可以按此方法评定对其他类型密度片的测量结果不确定度。

C.1 测量方法

按本规程规定的相关步骤，首先用标准密度片校准密度计，然后检定密度片。读取三次密度测量的显示值，取平均值作为最后结果。

C.2 数学模型

C.2.1 建立数学模型：

$$D = M + \Delta M$$

式中：D——被检密度片检定结果；

M——检定密度计示值（平均值）；

ΔM ——示值修正值。

密度片测量不确定度分别为：

ΔD_1 ——密度计测量不确定度；

ΔD_2 ——标准密度片不确定度；

ΔD_3 ——密度片均匀性不确定度。

C.2.2 灵敏系数

$$c_1 = \partial \Delta D / \partial D (\Delta D_1) = 1$$

$$c_2 = \partial \Delta D / \partial D (\Delta D_2) = 1$$

$$c_3 = \partial \Delta D / \partial D (\Delta D_3) = 1$$

C.3 输入量的标准不确定度评定

C.3.1 输入量 D 的标准不确定度 $u(D)$ 的评定

$u(D)$ 的来源主要是密度计的测量重复性、密度片的不均匀性和标准密度片误差。前二项为各种随机因素的综合影响。因此采用 A 类方法评定。标准密度片不确定度由上一级的检定证书得到，采用 B 类方法评定。

下面以密度片的二级标称值分别为 2.0 和 4.0 的为例进行测量评定。

C.3.1.1

$u(\Delta D_1)$ 的来源主要是密度计的测量重复性，它反映了各种随机因素的综合影响。因此采用 A 类方法评定。测量结果列于表 C.1。

表 C.1 密度计稳定性测量结果

序 号	D = 2.0	D = 4.0
1	2.066	3.949
2	2.067	3.945
3	2.068	3.950

表 C.1 (续)

序 号	$D=2.0$	$D=4.0$
4	2.069	3.946
5	2.067	3.948
6	2.067	3.949
7	2.067	3.946
8	2.068	3.949
9	2.068	3.947
10	2.068	3.945
$\bar{D}$	2.0675	3.9474
$\sum(\bar{D} - D_i)^2$	6.5×10^{-6}	3.04×10^{-5}

根据贝塞尔公式单次实验标准差为：

$$s(D) = \sqrt{\frac{\sum(\bar{D} - D_i)^2}{n-1}}$$

当 $D=2.0$ 时：

$$u(\Delta D_1) = 0.000\ 85$$

当 $D=4.0$ 时：

$$u(\Delta D_1) = 0.001\ 8$$

本规程规定，每个测量点测量 3 次，取平均值作为测量结果，则可得到：

$$u(\bar{D}) = s(D)/\sqrt{3}$$

当 $D=2.0$ 时：

$$u(\bar{D}) = 0.000\ 5$$

当 $D=4.0$ 时：

$$u(\bar{D}) = 0.001\ 1$$

其自由度为：

$$\nu(\Delta D_1) = n - 1 = 10 - 1 = 9$$

C.3.1.2

$u(\Delta D_3)$ 的来源主要是密度片的均匀性，它反映了各种随机因素的综合影响。因此采用 A 类方法评定。

测量结果列于表 C.2。

表 C.2 密度片均匀性测量结果

序 号	$D = 2.0$	$D = 4.0$
1	2.069	3.948
2	2.068	3.946
3	2.067	3.948
4	2.069	3.951
5	2.067	3.950
6	2.067	3.949
7	2.067	3.947
8	2.070	3.949
9	2.068	3.947
10	2.069	3.950
$\Delta D_3 = (D_{\max} - D_{\min})/2$	0.001 5	0.002 6

当 $D = 2.0$ 时:

$$u(\Delta D_3) = 0.001\ 5$$

当 $D = 4.0$ 时:

$$u(\Delta D_3) = 0.002\ 6$$

由于此项不确定度是按最大差异计算的, 因此:

$$\nu(\Delta D_3) \rightarrow \infty$$

C.3.1.3

由标准密度片的检定证书得到, 例如测量结果的扩展不确定度 $U = 0.005$, $k = 2$ 。

估计 $\frac{\Delta u(\Delta D_2)}{u(\Delta D_2)} = 0.25$, 则自由度为:

$$\nu(I_1) = \frac{1}{2} \left[\frac{\Delta u(\Delta D_2)}{u(\Delta D_2)} \right]^{-2} = 8$$

C.4 标准不确定度分量的评定

标准不确定度分量及相关信息列于表 C.3。

表 C.3 标准不确定度分量及相关信息

不确定度来源	输入量的标准 不确定度 $u(x_i)$	灵敏 系数 c_i	标准不确定度分量 $u_i = c_i u(x_i)$	自由度 ν	类别
基准密度片不确定度	0.005/2	1	0.005/2	8	B
密度计测量工作基准 密度片的不确定度	0.000 5; $0.0 < D \leq 2.0$; 0.001 1; $2.0 < D \leq 4.0$;	1	0.000 5; $0.0 < D \leq 2.0$; 0.001 1; $2.0 < D \leq 4.0$;	9	A

表 C.3 (续)

不确定度来源	输入量的标准 不确定度 $u(x_i)$	灵敏 系数 c_i	标准不确定度分量 $u_i = c_i u(x_i)$	自由度 ν	类别
密度片均匀性	0.001 5; $0.0 < D \leq 2.0$; 0.002 6; $2.0 < D \leq 4.0$;	1	0.001 5; $0.0 < D \leq 2.0$; 0.002 6; $2.0 < D \leq 4.0$;	∞	A
密度计测量被检 密度片的不确定度	0.000 5; $0.0 < D \leq 2.0$; 0.001 1; $2.0 < D \leq 4.0$;	1	0.000 5; $0.0 < D \leq 2.0$; 0.001 1; $2.0 < D \leq 4.0$;	9	A

C.5 合成标准不确定度的评定

各标准不确定度分量彼此不相关, 则合成标准不确定度为:

$$u_c(D) = \sqrt{\sum u_i^2}$$

当 $D = 2.0$ 时:

$$u_c(D) = 0.003$$

当 $D = 4.0$ 时:

$$u_c(D) = 0.004 4$$

有效自由度为:

当 $D = 2.0$ 时:

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4(D)}{\sum \frac{u_i^4}{\nu_i}} = \frac{0.003^4}{\frac{0.000\ 5^4}{9} + \frac{0.000\ 5^4}{9} + \frac{0.002\ 5^4}{8} + \frac{0.001\ 5^4}{\infty}} \approx 19$$

当 $D = 4.0$ 时:

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4(D)}{\sum \frac{u_i^4}{\nu_i}} = \frac{0.004\ 4^4}{\frac{0.001\ 1^4}{9} + \frac{0.001\ 1^4}{9} + \frac{0.002\ 5^4}{8} + \frac{0.002\ 6^4}{\infty}} \approx 80$$

C.6 扩展不确定度的评定

取置信概率 $p = 95\%$, 由 t 分布表查得:

当 $D = 2.0$ 时, $t_{95}(19) = 2.10$ 。

当 $D = 4.0$ 时, $t_{95}(80) = 2.01$ 。

扩展不确定度为:

当 $D = 2.0$ 时, $U_{95} = t_{95}(19) u_c = 0.006\ 3$ 。

当 $D = 4.0$ 时, $U_{95} = t_{95}(17) u_c = 0.008\ 8$ 。

C.7 测量不确定度报告

此密度片的测量结果不确定度为：

当 $D=2.0$ 时： $U_{95}=0.007$ ， $\nu_{\text{eff}}=19$ 。

当 $D=4.0$ 时： $U_{95}=0.009$ ， $\nu_{\text{eff}}=80$ 。

C.8 结论

可参照此法检定校准各种黑白密度片和评定密度片的不确定度。

中华人民共和国
国家计量检定规程

黑白密度片

JJG 452—2006

国家质量监督检验检疫总局发布

*

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

邮政编码 100013

电话 (010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

880 mm×1230 mm 16开本 印张1 字数16千字

2007年1月第1版 2007年1月第1次印刷

印数1—2 000

统一书号 155026—2206 定价: 18.00 元