



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 512—2002

白 度 计

Whiteness Meter

2002 - 11 - 04 发布

2003 - 05 - 04 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

白度计检定规程

**Verification Regulation
of the Whiteness Meter**

JJG 512—2002
代替 **JJG 512—1987**

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2002 年 11 月 04 日批准，并自 2003 年 05 月 04 日起施行。

归口单位：全国光学计量技术委员会

主要起草单位：湖北省计量测试技术研究院

参加起草单位：北京康光仪器有限公司

温州仪器仪表有限公司

中国测试技术研究院

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：

黄廷茂 （湖北省计量测试技术研究院）

彭志霞 （湖北省计量测试技术研究院）

参加起草人：

袁渤信 （北京康光仪器有限公司）

谷 蓉 （温州仪器仪表有限公司）

余德萍 （中国测试技术研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(1)
4.1 白度计	(1)
4.2 白度计照明和探测条件	(1)
5 计量性能要求	(2)
5.1 工作标准白板	(2)
5.2 白度计的计量性能要求	(2)
6 通用技术要求	(2)
6.1 外观	(2)
6.2 光源	(3)
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	(5)
7.5 检定周期	(5)
附录 A 几种常用的白度表示法	(6)
附录 B 检定记录格式	(10)
附录 C 白度计检定证书(内页)格式	(11)
附录 D 不确定度评定与表示	(12)

白度计检定规程

1 范围

本规程适用于白度计量器具的首次检定、后续检定和使用中检验。白度计的定型鉴定、样机试验中对计量性能的要求可参照本规程执行。

2 引用文献

- GB/T 5950—1996 《建筑材料与非金属矿产品白度测量方法》
- GB/T 3977—1997 《颜色的表示方法》
- GB/T 3978—1994 《标准照明体及照明观测条件》
- GB/T 3979—1997 《物体色的测量方法》
- JB/T 9327—1999 《白度计》

使用本规程时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语和计量单位

3.1 白度值

完全漫反射体在可见光谱范围内的漫反射比均为 1 的理想表面的白度值为 100。

根据白度计使用领域的不同特点，可采用不同的白度评价公式，获得不同的白度量值。

3.2 零点漂移

白度计示值为零度时，10 min 内零度的最大漂移量之绝对值。

3.3 示值稳定性

白度计示值为高白度标准值时，10 min 内白度值的最大变化量之绝对值。

3.4 辐亮度因数

非自发辐射体面元在给定方向上的辐亮度与相同照射条件下理想漫反射（或透射）体的辐亮度之比。它的符号是 β_0 ，单位为 1。

4 概述

4.1 白度计

白度计用于测量白色和近白色物体表面的白度值。白度计是由光源、光学系统、探测系统、数据处理与显示系统等组成。其光学原理图如图 1 所示。

白度计利用光电转换原理，采用模数转换电路，将测量样品表面反射的辐亮度与同一辐照条件下完全漫反射体的辐亮度相比，其信号经放大、A/D 转换，计算机数据处理，最后显示出相应的白度值。

4.2 白度计照明和探测条件应

符合 GB/T 3978—1994《标准照明体及照明观测条件》中的规定。

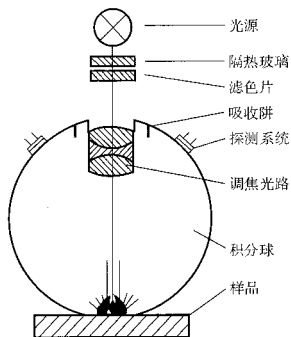


图 1 光学原理图

4.2.1 漫射照明垂直探测 (d/0)

4.2.2 垂直照明漫射探测 (0/d)

4.2.3 45°照明垂直探测 (45/0)

4.2.4 垂直照明 45°探测 (0/45)

5 计量性能要求

5.1 工作标准白板

仪器应配备不含荧光材料制成的工作标准白板，并须经国家计量部门检定出证。其白度值应大于 80，白度值的测量标准不确定度不应超过 1.0。

5.2 白度计的计量性能要求

白度计分成二个级别，各级白度计的计量性能应满足表 1 的要求。

表 1 计量性能要求

级 别 \ 项 目	零点漂移	示值稳定性	示值误差	重复性
一	0.1	0.2	1.0	0.2
二	0.3	0.5	2.5	0.5

6 通用技术要求

6.1 外观

6.1.1 仪器应有如下标记：仪器名称、型号、编号、制造厂及生产日期，计量器具生产许可证 (MC) 标志。

6.1.2 仪器不应有影响仪器正常使用的缺陷。

6.1.3 仪器的调节部分应灵活可靠，无卡滞和松动现象。

6.1.4 仪器的电气零部件应接触良好，牢固可靠，显示数字清晰完整。

6.1.5 仪器的测头与平台接触面应平整严密，无漏光现象，有多种滤光器插件的白度计，其滤光器的插换应方便可靠，功能标记明确。

6.1.6 工作标准白板应表面平整、清洁、干燥，不透明，无裂缝、皱纹、气泡等缺陷。

6.2 光源

6.2.1 光源发光应稳定，其相对光谱功率分布应符合国际照明委员会（CIE）规定的 D_{65} 光源的要求。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定以及使用中检验。

7.1 检定条件

7.1.1 检定设备

7.1.1.1 白度计标准白板（以下简称标准白板）

标准白板由一组二块组成，其编号为 W_{1s} 、 W_{2s} ，分别用于校准白度计和检定示值误差有关指标。 W_{1s} 、 W_{2s} 还分别用于检定重复性和示值稳定性。

在 380 ~ 780 nm 范围内的平均辐亮度因数应分别为 $(90 \pm 2)\%$ 、 $(73 \pm 4)\%$ 。标准白板的白度值测量标准不确定度为 0.8 ($k=1$)。

注：如有特殊需要，增加 $(82 \pm 4)\%$ 、 $(65 \pm 4)\%$ 二块标准白板。

7.1.2 环境条件

7.1.2.1 温度： $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$

7.1.2.2 相对湿度： $< 80\% \text{RH}$

将检定设备和被检白度计（以下简称仪器）置于无强电磁场干扰、无强烈振动、无直接阳光照射的屋内 2 h 后方可进行检定。

7.2 检定项目

如表 2 所示。

表 2 检定项目一览表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
外观	+	+	-
光源的检查	+	-	-
工作标准白板	+	+	+
零点漂移	+	+	+
示值稳定性	+	+	+
示值误差	+	+	+
重复性	+	+	+

注：凡需检定的项目用“+”表示，不需检定的项目用“-”表示。

7.3 检定方法

7.3.1 外观检查

用目视观察与手动相结合,按 6.1.1~6.1.6 规定的各项内容进行检查。

7.3.2 工作标准白板

仪器所配备的工作标准白板按《反射标准色板检定规程》进行计量检定,应符合 5.1 条的要求。

7.3.3 仪器的校准

接通白度计电源,按仪器说明书的规定预热,使仪器进入工作状态,同时,输入标准白板的标称值。仪器预热后,把调零用的黑筒放在测量孔上校零,校零结束后,将黑筒取下,换上 W_{1s} 标准白板进行白度校准,仪器校准完毕进入测量状态。

7.3.4 零点漂移

将黑筒置于已预热和校准的白度计上,对准光孔压住,每间隔 2 min 按动测试键测量一次,并记录 10 min 内每次测得的零点值,其读数最大漂移量即为零点漂移。

7.3.5 示值稳定性

将 W_{1s} 标准板置于预热和校准的白度计上,对准光孔压住,每间隔 2 min 按动测试键测量一次,并记录 10 min 内每次测得的白度值,其读数最大与最小值之差即为示值稳定性。

7.3.6 示值误差

7.3.6.1 用黑筒和 W_{1s} 标准白板校准已预热的白度计后,对 W_{2s} 标准白板重复测量 6 次白度值,并用标准白板的方位标记使标准白板受测方向和位置基本保持不变,求 6 次测得的平均值。

7.3.6.2 用黑筒和 W_{2s} 标准白板校准已预热的白度计后,对 W_{1s} 标准白板重复测量 6 次白度值,并用标准白板的方位标记使标准白板受测方向和位置基本保持不变,求 6 次测得的平均值。

$$W_i = \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 W_{ij} \quad (1)$$

平均值与标准白板标准值之差为

$$\Delta W_i = W_i - W_{is} \quad (2)$$

式 (1), (2) 中: W_i ——第 i 块标准白板 6 次测得平均值;

W_{is} ——第 i 块标准白板的白度标准值;

ΔW_i ——第 i 块标准白板测得平均值与其标准值之差;

i ——被测标准白板序列, 1, 2;

j ——各标准白板的测量序列, 1, 2, ..., 6。

白度计的示值误差表示为任意一块标准白板测量平均值与其标准值之差的绝对最大值,应符合表 1 中的要求。

7.3.7 重复性

用 7.3.6.2 标准白板 (W_{2s}) 的测量数据计算标准偏差 (s_i), 即为白度计的重复性。

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{j=1}^6 (W_{ij} - W_i)^2} \quad (3)$$

7.4 检定结果处理

按本规程要求检定，把所得各项数据参照附录 B 中的表格记录下来，计算结果。合格的仪器根据表 1 的要求定级，发给相应等级的检定证书。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

白度计的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

几种常用的白度表示法

白度是颜色的一种特殊属性，其特点是具有高的光亮度和低的彩度，对白度的定量和评价是一个广泛遇到的问题。

A.1 照明和观测条件的规定

仪器的照明和观测条件用“照明/观测”表示。有如下4种：

1) 45°垂直（缩写成 45/0）：

样品被一束或多束光照明，照明光束的轴线与样品表面的法线成 $45^\circ \pm 2^\circ$ 夹角；观测方向和样品的法线间的夹角不应超过 10° ，照明光束的轴线和任一条光线间的夹角不应超过 8° 。在观测光束方面也应遵守同样的限制。

2) 垂直/45（缩写成 0/45）：

样品被一束光照明，该光束的有效轴线与样品的法线之间的夹角不应超过 10° ；在与法线成 $45^\circ \pm 2^\circ$ 的角度下观测样品；照明光束的轴线和任一光线间的夹角不应超过 8° 。在观测光束方面也应遵守同样的限制。

3) 漫射/垂直（缩写成 d/0）：

样品被积分球漫射照明，样品的法线和观测光束的轴线之间的夹角不应超过 10° ；当积分球开孔部分的总面积不超过球内反射整球面积的 10% 时，其直径可以是任意的；观测轴线和任一观测光线间的夹角不应超过 5° 。

4) 垂直/漫射（缩写成 0/d）：

样品被一束光线照明，该光束的轴线与样品法线的夹角不应超过 10° ；用积分球收集反射通量；照明光束的轴线和任一光线的夹角不应超过 5° ；当积分球开孔部分的总面积不超过球内反射整球面积的 10% 时，其直径是任意的。

A.2 标准白板的三刺激值

标准白板的三刺激值和白度标准值是由其光谱辐亮度因数 $\beta(\lambda)$ 在 D_{65} 照明体 10° 视场下计算得到的。

三刺激值按下式计算：

$$\left. \begin{aligned} X_{10} &= K_{10} \sum \beta(\lambda) \bar{x}_{10}(\lambda) S(\lambda) \Delta\lambda \\ Y_{10} &= K_{10} \sum \beta(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) S(\lambda) \Delta\lambda \\ Z_{10} &= K_{10} \sum \beta(\lambda) \bar{z}_{10}(\lambda) S(\lambda) \Delta\lambda \end{aligned} \right\} \quad (A1)$$

$$\text{式中：} K_{10} = 100 / \sum S(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) \Delta(\lambda); \quad (A2)$$

$\bar{x}_{10}(\lambda), \bar{y}_{10}(\lambda), \bar{z}_{10}(\lambda)$ ——CIE1964 补充标准色度观察者色匹配函数；

$S(\lambda)$ —— D_{65} 照明体的相对光谱功率分布；

$\Delta\lambda$ ——可取成 10 nm 的等间隔。

$S(\lambda)\bar{x}_{10}(\lambda), S(\lambda)\bar{y}_{10}(\lambda), S(\lambda)\bar{z}_{10}(\lambda)$ 的 10 nm 间隔的数值见表 A.1。

表 A.1

λ/nm	$S(\lambda)\bar{x}_{10}(\lambda)$	$S(\lambda)\bar{y}_{10}(\lambda)$	$S(\lambda)\bar{z}_{10}(\lambda)$	λ/nm	$S(\lambda)\bar{x}_{10}(\lambda)$	$S(\lambda)\bar{y}_{10}(\lambda)$	$S(\lambda)\bar{z}_{10}(\lambda)$
380	0.001	0.000	0.003	80	8.361	7.163	0.000
90	0.011	0.001	0.049	90	8.537	5.934	0.000
400	0.136	0.014	0.613	600	8.707	5.100	0.000
10	0.667	0.069	3.066	10	7.946	4.071	0.000
20	1.644	0.172	7.820	20	6.463	3.004	0.000
30	2.348	0.289	11.589	30	4.641	2.031	0.000
40	3.463	0.560	17.754	40	3.109	1.295	0.000
50	3.733	0.901	20.088	50	1.848	0.741	0.000
60	3.065	1.300	17.697	60	1.053	0.416	0.000
70	1.934	1.831	13.025	70	0.577	0.225	0.000
80	0.803	2.530	7.703	80	0.275	0.107	0.000
90	0.151	3.176	3.889	90	0.120	0.046	0.000
500	0.036	4.337	2.056	700	0.059	0.023	0.000
10	0.348	5.629	1.040	10	0.029	0.011	0.000
20	1.062	6.870	0.548	20	0.012	0.004	0.000
30	2.192	8.112	0.282	30	0.006	0.002	0.000
40	3.385	8.644	0.123	40	0.003	0.001	0.000
50	4.744	8.881	0.036	50	0.001	0.001	0.000
60	6.069	8.583	0.000	60	0.001	0.000	0.000
70	7.285	7.922	0.000	70	0.000	0.000	0.000
					94.828	100.000	107.000

按式 A3 计算标准白板的色坐标:

$$\left. \begin{aligned} x_{10} &= X_{10}/(X_{10} + Y_{10} + Z_{10}) \\ y_{10} &= Y_{10}/(X_{10} + Y_{10} + Z_{10}) \end{aligned} \right\} \quad (\text{A3})$$

A.3 CIE86 白度 (又称为甘茨白度)

CIE86 白度是 CIE 白度委员会 1986 年正式公布出版的白度公式。其特点是: 以物体色三刺激值为依据计算, 三刺激性质决定了对白度的贡献, 它们的等白度表面是色空间的同一平面, 其公式是线性的。

标准白板在 10° 视场下的甘茨白度为:

$$\left. \begin{aligned} W_{G,10} &= Y_{10} - 800x_{10} - 1700y_{10} + 813.7 \\ T_{W,10} &= 650y_{10} - 900x_{10} + 67.3 \end{aligned} \right\} \quad (A4)$$

式中： $W_{G,10}$ ——白度值；

$T_{W,10}$ ——淡色调指数；

X_{10} , Y_{10} , Z_{10} ——样品的三刺激值。

白度公式提供的 $W_{G,10}$ 值和 $T_{W,10}$ 值适用条件为：

$$40 < W_{G,10} < (5Y - 280) \quad -3 < T_{W,10} < 3 \quad (A5)$$

A.4 R457 白度（又称为蓝光白度）

R457 白度是一种利用近似的 A 光源照明，白度仪器的总体有效光谱响应曲线的峰值波长在 457 nm 处，半宽度为 44 nm，白度计光源的相对光谱功率分布特性见表 A.2。

表 A.2 蓝光白度测量仪总有效光谱特性

波长 λ /nm	$F(\lambda)$	波长 λ /nm	$F(\lambda)$
395	0.0	460	100.0
400	1.0	465	99.3
405	2.9	470	88.7
410	6.7	475	72.5
415	12.1	480	53.1
420	18.2	485	34.0
425	25.8	490	20.3
430	34.5	495	11.1
435	44.9	500	5.6
440	57.6	505	2.2
445	70.0	510	0.3
450	82.5	515	0.0
455	94.1	520	0.0

定义蓝光白度为：

$$W_b = k_b \sum \beta(\lambda) F(\lambda) \Delta\lambda \quad (A6)$$

式中：

$$k_b = 100 / \sum F(\lambda) \Delta\lambda \quad (A7)$$

$\beta(\lambda)$ ——与标准白板的蓝光白度仪器相同照明观察条件下的光谱辐亮度因数。

A.5 亨特 (Hunter) 白度

根据 GB/T 5950—1996《建筑材料与非金属矿产品白度测量方法》提出的亨特白度公式为：

$$W_H = 100 - [(100 - L)^2 + a^2 + b^2]^{1/2} \quad (A8)$$

式中：

$$L = 10Y_{10}^{1/2} \quad (A9)$$

$$a = 17.2 (1.0547 X_{10} - Y_{10}) / Y_{10}^{1/2} \quad (\text{A10})$$

$$b = 6.7 (Y_{10} - 0.9318 Z_{10}) / Y_{10}^{1/2} \quad (\text{A11})$$

W_H ——试验样品的亨特 (Hunter) 白度;

a, b ——亨特 (Hunter) 色品指数;

L ——亨特 (Hunter) 明度指数;

X_{10}, Y_{10}, Z_{10} ——试验样品三刺激值。

附录 B

检定记录格式

证书号：

送检单位				仪器名称										
制造厂				型号、编号										
检测技术依据				温度： ℃		湿度： %RH								
标准白板编号及其标准值：														
No	_____	X_{10}	_____	Y_{10}	_____	Z_{10}	_____							
No	_____	X_{10}	_____	Y_{10}	_____	Z_{10}	_____							
No	_____	X_{10}	_____	Y_{10}	_____	Z_{10}	_____							
1. 外观检查：				光源检查：										
项 目	次 数	1	2	3	4	5	最大漂移之绝对值							
2. 零点漂移														
3. 示值稳定性														
4. 示值检定结果														
编 号	次 序	W_{11}	W_{12}	W_{13}	W_{14}	W_{15}	W_{16}	平均值	标准值	误差				
5. 示值误差								6. 测量重复性						
7. 测量不确定度														
被测板	被测量	1	2	3	4	平均	被测板	被测量	1	2	3	4	平均	
	W_b							W_b						
	W_b						校准仪 用板	X						
	W_b							Y						
	W_b							Z						
	W_b						零板	W_b						
	W_b							Y						
	W_b						W_b							
8. 结论： 级白度计合格														
检定日期 年 月 日				有效日期 年 月 日										

检定员： 核验员： 记录号 _____ 共 页 第 页

附录 C

白度计检定证书（内页）格式

1. 外观检查：
2. 仪器所配工作标准板的白度值：
3. 零点漂移：
4. 示值稳定性：
5. 示值误差：
6. 重复性：

附录 D

不确定度评定与表示

根据检定规程的检定方法,对温州仪器仪表有限公司生产的 WSB-II 型,北京康光仪器有限公司生产的 WSD-III 型白度计进行了检定。

D.1 标准不确定度分量的估计和数学模型的建立

通过分析白度计的检定规程,根据实验报告结果,其测量不确定度的来源主要有以下几个方面:

1) 被检白度计测量重复性所引入的标准不确定度分量 u_1 属 A 类评定,其数学模型:

$$\left. \begin{aligned} W_i &= \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 W_{ij} \\ \Delta W_i &= W_i - W_{is} \end{aligned} \right\} \quad (D1)$$

式中: W_i ——6 次测量白度值的平均值;

W_{is} ——第 i 标准白板的白度值;

W_{ij} ——第 i 标准白板的第 j 次被测白板的白度值;

ΔW_i ——示值误差。

2) 在检定规程规定的环境条件下工作,标准白板的标准白度值引入的测量结果不确定度属 B 类标准不确定度分量,由上一级标准检定结果给出 $u_2 = 0.8$, $k = 1$ (引入值)。

3) 在正常工作状态下,白度计 10 min 内(白度)零点的最大漂移量 u_3 。

4) 在正常工作状态下,白度计 10 min 内白度值的最大变化之绝对值 u_4 。

根据以上测量结果不确定度的来源分析,可以列出被检白度计的合成标准不确定度公式:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2}$$

D.2 各标准不确定度分量的分析计算

D.2.1 A 类评定

u_1 是由测量人员从重复性测量中引入标准不确定度分量。

$$u_1 = \sqrt{\sum_{i=1}^n (W_{ij} - W_i)^2 / n (n - 1)}$$

实验结果如表 D.1。

根据实验结果,其标准不确定度 $u_1 = 0.05$ 。

D.2.2 B 类评定

u_2 是由上一级标准白板引入的标准不确定度,上一级检定给出的标准不确定度 $U = 0.8$ 。故:

$$u_2 = 0.8/1 = 0.8$$

表 D.1 实验结果

次 序 白板号	W_{i1}	W_{i2}	W_{i3}	W_{i4}	W_{i5}	W_{i6}	平均值 W_i	$u_i(W_i)$
990-2	79.27	79.34	79.47	79.30	79.27	79.27	79.32	0.03
990-3	74.60	74.67	74.69	74.71	74.66	74.60	74.66	0.02
990-4	59.70	60.03	60.05	60.04	59.98	59.97	59.96	0.05

u_3 是由仪器本身的零点漂移量引入的标准不确定度。其零点漂移量最大估算绝对值为 0.1，故：

$$u_3 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.03$$

u_4 是由正常工作中，示值稳定性引入的标准不确定度。其示值稳定性最大变化量之绝对值为 0.3，故：

$$u_4 = \frac{0.2}{2\sqrt{3}} = 0.06$$

D.3 根据以上的分析，上述结果分量都相互独立，故合成标准不确定度 u_c ：

$$\begin{aligned} u_c &= \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} \\ &= \sqrt{0.05^2 + 0.8^2 + 0.03^2 + 0.06^2} \\ &= 0.804 \end{aligned}$$

D.4 扩展不确定度

扩展不确定度 U 由合成标准不确定度 u_c 以及包含因子 $k=2$ 之乘积。

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.804 \approx 1.6$$

D.5 测量结果表示

该白度计的测量结果扩展不确定度表示为 $U = 1.6$ ， $k = 2$ 。

说明本规程检定方法合理，实验数据准确可靠。