



2022-01-28 起实施



# 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 512—2021

---

白 度 计

Whiteness Meters

2021-07-28 发布

2022-01-28 实施

---

国家市场监督管理总局 发布

# 白度计检定规程

Verification Regulation of  
Whiteness Meters

JJG 512—2021  
代替 JJG 512—2002

归口单位：全国光学计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

山东省计量科学研究院

浙江省计量科学研究院

参加起草单位：江苏省计量科学研究院

陕西省计量科学研究院

江西省计量科学研究院

本规范委托全国光学计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

马 煜（中国计量科学研究院）

孔 炜（山东省计量科学研究院）

马 瑶（浙江省计量科学研究院）

**参加起草人：**

张 帆（江苏省计量科学研究院）

李 奕（陕西省计量科学研究院）

杨禹哲（江西省计量科学研究院）

陈 苹（中国计量科学研究院）

## 目 录

引言 .....	( II )
1 范围 .....	( 1 )
2 引用文件 .....	( 1 )
3 术语和计量单位 .....	( 1 )
4 概述 .....	( 1 )
5 计量性能要求 .....	( 2 )
5.1 工作白板 .....	( 2 )
5.2 白度计 .....	( 2 )
6 通用技术要求 .....	( 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 检定结果的处理 .....	( 5 )
7.5 检定周期 .....	( 5 )
附录 A 原始记录格式 .....	( 6 )
附录 B 白度计检定证书 (内页) 格式 .....	( 7 )
附录 C 测量结果的不确定度评定示例 .....	( 8 )
附录 D 国际照明委员会 (CIE) 规定的色度测量仪器的几何条件 .....	( 10 )
附录 E 几种常用的白度计算公式 .....	( 12 )

## 引 言

JJF 1002《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》、JJF 1032《光学辐射计量名词术语及定义》共同构成支撑本规程修订工作的基础性系列规范。

本规程代替 JJG 512—2002《白度计》，与 JJG 512—2002 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

——更改了引用文件；

——更改了术语；

——概述部分增加了示意图；

——在计量性能要求中，增加了标准级白度计及性能指标；

——在计量器具控制中，检定工作白板的设备中增加了标准级白度计；检定白度计的系列标准白板由原来规定的一组 2 块增加到一组 4 块，并对其在 380 nm~780 nm 范围内的平均辐亮度因数进行了修改，增加了对相邻系列标准白板的平均辐亮度之差的规定；

——检定项目中去掉了“光源的检查”；

——检定方法中增加了使用标准级白度计检定工作白板白度值的方法；使用一组 4 块的系列标准白板的测量结果计算示值误差，每块标准白板重复测量次数由 6 次修改为 3 次；重复性测量中，测量次数由 6 次修改为 8 次；

——修改了附录 A“原始记录格式”；

——修改了附录 B“白度计检定证书（内页）格式”；

——修改了附录 C“测量结果的不确定度评定示例”；

——增加了附录 D“国际照明委员会（CIE）规定的色度测量仪器的几何条件”；

——修改了附录 E“几种常用的白度计算公式”。

本规程的历次版本发布情况为：

——JJG 512—1987；

——JJG 512—2002。

## 白度计检定规程

### 1 范围

本规程适用于新制造、使用中和修理后的光电积分式蓝光白度计（以下简称白度计或仪器）的首次检定、后续检定和使用中检查。光谱光度式白度计的检定可参考本规程。本规程不适用于荧光白度计或白度计的荧光测量结果的检定。

### 2 引用文件

本规程引用了下列文件：

JJG 178—2007 紫外、可见、近红外分光光度计

JJG 453—2002 标准色板

JJG 595—2002 测色色差计

GB/T 3978—2008 标准照明体和几何条件

GB/T 3979—2008 物体色的测量方法

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

### 3 术语和计量单位

#### 3.1 白度 whiteness

对高（光）反射比和低色纯度的漫射表面色特性的度量，单位为 1。

#### 3.2 蓝光白度 blue whiteness

仪器的相对光谱分布函数（光源、光学系统、探测系统三者的综合光谱响应）的有效峰值波长在 457 nm 处、半宽度为 44 nm 时对反射样品测量的结果。

注：

1 蓝光白度的计算公式见附录 E 中 E.1。

2 无特别说明时，本规程各条文中出现的“白度”即指蓝光白度；蓝光白度通常用  $W_b$  或  $R_{457}$  表示，本规程中以简化的“W”表示蓝光白度（附录 E 的 E.1 和 E.2 除外）。

#### 3.3 辐亮度因数 radiance factor

非自发辐射的介质面元在指定方向上的辐亮度与相同照射条件下理想漫反射体的辐亮度之比。符号为  $\beta_0$  或  $\beta$ ，单位为 1。

### 4 概述

白度计由光源、光学系统、探测系统、数据处理与显示系统等组成，一般配有黑筒和工作白板。白度计经黑筒和工作白板分别校准零点和白度量值后，测量样品的白度值。

图 1 是几何条件为漫射： $8^\circ$ （符号为  $de:8^\circ$  或  $di:8^\circ$ ）的白度计光学原理示意图；

图 2 是几何条件为  $45^\circ$  单方向/垂直（符号为  $45^\circ_x : 0^\circ$ ）的白度计光学原理示意图。

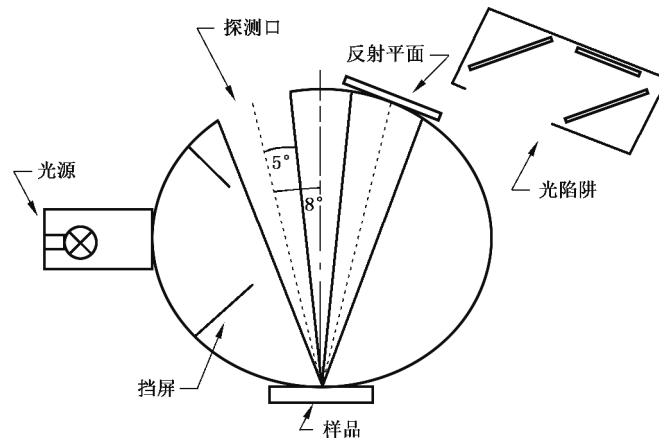


图 1 漫射： $8^\circ$ 几何条件白度计光学原理示意图

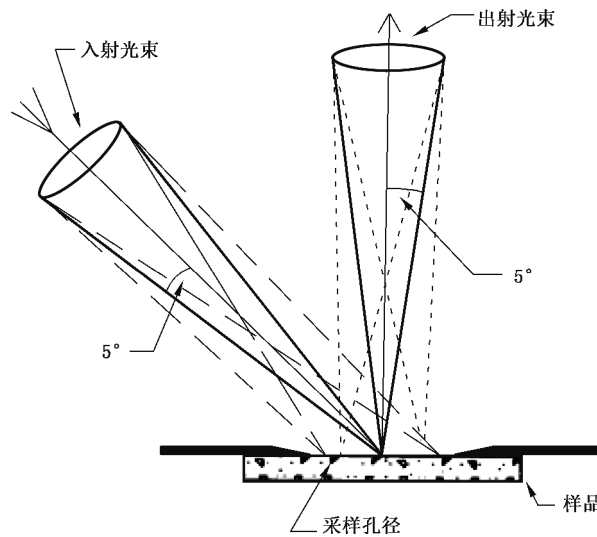


图 2  $45^\circ$ 单方向/垂直几何条件白度计光学原理示意图

## 5 计量性能要求

### 5.1 工作白板

仪器应配备工作白板，并须经国家计量部门检定合格且在检定周期内，其白度值应大于 80。

### 5.2 白度计

白度计分 3 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	零点漂移	示值稳定性	示值误差	重复性
标准级	0.1	0.2	0.5	0.1
一级	0.1	0.2	1.0	0.1
二级	0.3	0.5	2.5	0.2

## 6 通用技术要求

- 6.1 仪器不应有影响正常使用的缺陷。
- 6.2 仪器的调节部分应灵活可靠，无卡滞和松动现象。
- 6.3 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。
- 6.4 仪器的探头与样品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。
- 6.5 工作白板表面应平整、清洁、不透明，无裂痕、皱纹等缺陷。
- 6.6 仪器应有如下标记：仪器名称、型号、编号、制造厂及生产日期。

## 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查。

### 7.1 检定条件

#### 7.1.1 检定设备

##### 7.1.1.1 检定工作白板的设备

a) 检定工作白板白度值的设备应优先使用与被检白度计几何条件相同的分光光度计或光谱测色仪。仪器应具备反射测量能力且经上级计量部门检定，符合 JJG 178—2007 对 I 级或 II 级分光光度计的规定，几何条件符合 GB/T 3978—2008 的规定。

b) 不具备 7.1.1.1 a) 中规定的设备时，可使用与被检白度计几何条件相同的标准级白度计检定工作白板的白度值。仪器的计量性能应符合表 1 对标准级白度计的要求。

注：

1 进行仲裁检定时，应选用 7.1.1.1 a) 规定的设备。

2 同时具备 7.1.1.1 a) 和 7.1.1.1 b) 规定的设备时，应优先选用 7.1.1.1 a) 规定的设备。

##### 7.1.1.2 系列标准白板

系列标准白板由 1 组 4 块标准白板组成，表面应均匀、漫射，在 380 nm~780 nm 范围内的平均辐亮度因数应分别为 90%~99%、80%~89%、70%~79% 和 60%~69%，且相邻系列标准白板的平均辐亮度之差大于 5%。本规程中用 X-1, X-2, X-3, X-4 分别表示上述 4 块系列标准白板。系列标准白板须经上一级授权的国家计量部门检定合格，蓝光白度  $R_{457}$  的测量不确定度等于或优于  $U=2.0$ ,  $k=2$ 。

#### 7.1.2 环境条件

7.1.2.1 温度： $(23\pm 5)^\circ\text{C}$ ；相对湿度： $<80\%$ 。

7.1.2.2 电源电压： $(220\pm 22)\text{V}$ ；频率： $(50\pm 1)\text{Hz}$ 。

7.1.2.3 实验室内应无强电磁场干扰、无强烈振动，被检白度计应置于实验室内 2 h 后方可进行检定。

### 7.2 检定项目

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	+	+	—
工作白板量值	+	+	—
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

按第 6 章规定的各项内容进行检查，区分并确认仪器的几何条件。

#### 7.3.2 工作白板量值检定

7.3.2.1 用符合 7.1.1.1 a) 中规定的光谱光度计或光谱测色仪按 JJG 453—2002 规定的方法测量仪器工作白板的光谱辐亮度因数，并根据附录 E 中公式 (E.1) 计算蓝光白度值。

7.3.2.2 在不具备 7.1.1.1 a) 中规定的设备的情况下，用 7.1.1.1 b) 中规定的标准级白度计检定工作白板的白度值。

#### 7.3.3 零点和白度校准

接通白度计电源，按仪器说明书的规定进行预热。预热结束后，将仪器的黑筒放在测量孔上，对仪器进行零点校准。零点校准完成后，将黑筒取下，将仪器的工作白板放在测量孔，根据 7.3.2 测量得到的工作白板白度值对仪器进行白度校准。仪器校准完毕后进入测量状态。

#### 7.3.4 零点漂移

将仪器的黑筒置于测量孔，间隔 2 min 测量零点数值并记录，测量得到 5 个零点数值时，其最大读数与最小读数之差的绝对值即为零点漂移  $D_0$ 。

$$D_0 = |W_{0,\max} - W_{0,\min}| \quad (1)$$

式中：

$D_0$ ——零点漂移；

$W_{0,\max}$ ——5 次零点测量值中的最大读数；

$W_{0,\min}$ ——5 次零点测量值中的最小读数。

#### 7.3.5 示值稳定性

将仪器的工作白板置于测量孔处，间隔 2 min 读取测量值一次，测量得到 5 个白度值时，其最大读数与最小读数之差的绝对值即为示值稳定性  $D_w$ 。

$$D_w = |W_{\max} - W_{\min}| \quad (2)$$

式中：

$D_w$ ——示值稳定性；

$W_{\max}$ ——5次工作白板白度测量值中的最大读数；

$W_{\min}$ ——5次工作白板白度测量值中的最小读数。

### 7.3.6 示值误差

分别测量4块系列标准白板，每块标准白板重复测量3次，并根据标准白板的方位标记使其每次的受测方向和位置基本保持不变，求3次测量结果的平均值：

$$\bar{W}_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 W_{i,j} \quad (3)$$

各标准白板的平均值与标准值之差：

$$\Delta W_i = \bar{W}_i - W_{is} \quad (4)$$

式(3)、(4)中：

$\bar{W}_i$ ——第*i*块标准白板3次测量的白度平均值；

$W_{i,j}$ ——第*i*块标准白板第*j*次测量得到的白度值；

$\Delta W_i$ ——第*i*块标准白板3次测量的白度平均值与其白度标准值之差；

$W_{is}$ ——第*i*块标准白板的白度标准值；

*i*——系列标准白板序列：1, 2, 3, 4；

*j*——各标准白板的测量次序：1, 2, 3。

取4块系列标准白板  $\Delta W_i$  绝对值中的最大值作为白度计的示值误差  $\Delta W$ ：

$$\Delta W = |\Delta W_i|_{\max} \quad (5)$$

### 7.3.7 重复性

在重复性条件下测量系列标准白板中平均辐亮度因数为60%~69%的标准白板(X-4)8次，计算标准偏差*s*，作为白度计的测量重复性：

$$s = \sqrt{\frac{1}{7} \sum_{j=1}^8 (W_{4,j} - \bar{W}_4)^2} \quad (6)$$

式中：

$W_{4,j}$ ——标准白板X-4第*j*次白度测量结果；

$\bar{W}_4$ ——标准白板X-4经8次测量得到的白度平均值；

*j*——标准白板X-4的测量次序：1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8。

### 7.4 检定结果的处理

检定合格的白度计出具检定证书并定级；检定不合格的白度计出具检定结果通知书，并注明不合格项目。原始记录格式和检定证书内页格式分别见附录A和附录B。

### 7.5 检定周期

白度计的检定周期一般不超过1年。

## 附录 A

### 原始记录格式

一、白度计：

检定证书编号\_\_\_\_\_

送检单位		地 址	
仪器名称		型 号	
制造厂		出厂编号	

二、计量标准器：

标准器名称		标准器证书号		有效期至	
测量范围		不确定度 (或准确度等级)			
检定依据		温度	℃	相对湿度	%
检定日期		检定员		核验员	

三、检定结果

1. 外观：

2. 几何条件：

3. 工作白板白度值：

工作白板编号	白度值 $W$

4. 零点漂移及示值稳定性

检定项目	测量次数					最大漂移量 绝对值
	1	2	3	4	5	
零点漂移 $D_0$						
示值稳定性 $D_w$						

5. 示值误差

系列标准白板	测量次数			平均值	标准值	示值误差 $\Delta W_i$	示值误差 $\Delta W$
	1	2	3				
X-1							
X-2							
X-3							
X-4							

6. 测量重复性  $s$  (X-4)

白度值	测量次数								重复性
	1	2	3	4	5	6	7	8	
$W$									

7. 检定结论：\_\_\_\_\_ (标准级、一级、二级、不合格)

## 附录 B

## 白度计检定证书（内页）格式

## 检 定 结 果

1. 外观：\_\_\_\_\_
2. 零点漂移  $D_0$ ：\_\_\_\_\_
3. 示值稳定性  $D_w$ ：\_\_\_\_\_
4. 示值误差  $\Delta W$ ：\_\_\_\_\_

系列标准白板	标准值	测量值	示值误差
X-1			$\Delta W_1$
X-2			$\Delta W_2$
X-3			$\Delta W_3$
X-4			$\Delta W_4$

5. 重复性  $s$ ：
6. 工作白板白度值：

工作白板编号	白度值 $W$

(以下空白)

## 附录 C

## 测量结果的不确定度评定示例

## C.1 测量方法

首先将仪器预热，分别用仪器的黑筒和工作白板对仪器进行校准后，对系列标准白板中编号为 X-4 的白板进行测量（本实例中将白度计测量 X-4 的重复性作为仪器测量重复性，以利用 7.3.7 重复性测量结果进行不确定度分析）。

## C.2 测量模型

示值误差公式：

$$\Delta W = \bar{W} - W_s$$

式中：

$\Delta W$ ——白度计的示值误差；

$\bar{W}$ ——白度计测量 X-4 得到的平均测量值；

$W_s$ ——X-4 的标准值。

## C.3 方差

$$u_c^2 = u_1^2(\bar{W}) + u_2^2(W_s)$$

## C.4 计算标准不确定度分量

C.4.1 系列标准白板标准值引入的不确定度分量  $u_1$ 

该项为 B 类不确定度分量，系列标准白板由上级计量机构赋值，若证书给出的 X-4 白板的蓝光白度  $R_{457}$  的扩展不确定度为  $U=1.6$ ， $k=2$ ，则其标准不确定度为：

$$u_1 = 1.6/2 = 0.8$$

C.4.2 零点引入的不确定度分量  $u_2$ 

该项为 B 类不确定度分量，用于校准零点的黑筒仍会有一定的反射，认为黑筒的实际  $R_{457}$  量值小于 0.5 时可以满足其作为光陷阱的要求，按照均匀分布，引入的不确定度分量为：

$$u_2 = 0.5/\sqrt{3} = 0.29$$

C.4.3 测量重复性引入的标准不确定度分量  $u_3$ 

该项为 A 类不确定度分量，在重复性条件下，用白度计测量 X-4 共 8 次，测量结果如下：64.5，64.6，64.5，64.6，64.5，64.4，64.5，64.6。平均值  $\bar{W}$ ：

$$\bar{W} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 W_i = 64.5$$

则单次测量的重复性标准偏差  $s$  为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 (W_i - \bar{W})^2}{8-1}} = 0.07$$

8 次测量平均值的标准偏差（测量重复性）引入的标准不确定度分量为：

$$u_3 = \frac{s}{\sqrt{8}} = 0.03$$

#### C. 4. 4 标准不确定度汇总表

标准不确定度汇总见表 C. 1。

表 C. 1 标准不确定度分量汇总表

不确定度分量	不确定度来源	类型	标准不确定度
$u_1$	系列标准白板标准值	B	0.8
$u_2$	零点	B	0.29
$u_3$	测量重复性	A	0.03

#### C. 4. 5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.85$$

#### C. 4. 6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ：

$$U = 2u_c = 1.7$$

白度计示值误差  $\Delta W$  的测量结果扩展不确定度：

$$U = 1.7, k = 2$$

## 附录 D

## 国际照明委员会 (CIE) 规定的色度测量仪器的几何条件

物体色的颜色测量依赖于光源、探测器和样品的相对位置关系, 这种关系称为几何条件。测量值和视觉评价的相关程度依赖于测量的几何条件对实际观察时的几何条件的模拟程度。国际照明委员会 (CIE) 在 2004 年之前, 根据人眼观察物体的主要方式规定了 4 种反射测量的几何条件, 包括:  $0/d$  (垂直照明/漫射接收),  $d/0$  (漫射照明/垂直接收),  $0/45$  (垂直照明/ $45^\circ$ 接收) 和  $45/0$  ( $45^\circ$ 照明/垂直接收)。2004 年, 在 CIE 15: 2004 中对几何条件的实现和表示方法进行了更新, 规定了 10 种反射色测量的几何条件和表示方法, 分别是:

1) 漫射:  $8^\circ$ , 包含镜面成分 (符号为  $d_i: 8^\circ$ )

采样孔径被以其平面为界的半球内表面从各个方向均匀地照明, 测量区域过充满。探测器对采样孔径区域的响应均匀, 反射光束轴线和样品中心法线成  $8^\circ$  角, 在接收光束轴线  $5^\circ$  内的所有方向上, 采样孔径反射的辐射是均匀的。

2) 漫射:  $8^\circ$ , 排除镜面成分 (符号为  $d_e: 8^\circ$ )

满足  $d_i: 8^\circ$  的条件, 但将单面的平面反射镜放置于采样孔径处时, 没有光反射到探测器方向, 而且在这个方向的  $1^\circ$  以内也没有镜面反射。

3)  $8^\circ$ : 漫射, 包含镜面成分 (符号为  $8^\circ: d_i$ )

满足  $d_i: 8^\circ$  的条件, 但光路相反。采样孔径被与法线成  $8^\circ$  角的光照明, 以参考平面为界的半球收集采样孔径反射的各个角度的通量。

4)  $8^\circ$ : 漫射, 排除镜反射成分 (符号为  $8^\circ: d_e$ )

满足  $d_e: 8^\circ$  的条件, 但光路相反。

5) 漫射/漫射 (符号为  $d: d$ )

照明满足  $d_i: 8^\circ$  的条件, 且以参考平面为界的半球收集采样孔径反射的各个角度通量。

6) 备选的漫射几何条件 (符号为  $d: 0^\circ$ )

一个备选漫射几何条件是出射方向沿着样品法线, 这是严格的不包含镜反射几何条件。

7)  $45^\circ$  环带/垂直 (符号为  $45^\circ a: 0^\circ$ )

从顶点位于采样孔径中心, 中心轴位于采样孔径法线上, 半角分别为  $40^\circ$  和  $50^\circ$  的两个正圆锥之间各个方向射来的光均匀地照明采样孔径; 探测器从顶点位于采样孔径中心, 中心轴沿样品法线方向、半角为  $5^\circ$  的正圆锥内均匀接收反射辐射。这种几何条件可以将样品质地和方向选择性反射影响降至最低。如果这种照明几何条件是由多个光源以接近于圆形排列来近似得到, 或者由多根出光口排列成圆形且被单个光源照明的光纤束近似得到, 形成的几何条件称为圆周/垂直几何条件 (符号为:  $45^\circ c: 0^\circ$ )。

8) 垂直/45°环带 (符号为  $0^\circ : 45^\circ a$ )

角度和空间条件满足  $45^\circ a : 0^\circ$  的条件, 但光路相反。因此采样孔径被垂直照明, 反射辐射被中心与法线成  $45^\circ$  角的环带接收。

9) 45°单方向/垂直 (符号为  $45^\circ x : 0^\circ$ )

角度和空间条件满足  $45^\circ a : 0^\circ$  的条件, 但辐射只从一个方位角发出。排除镜反射, 突出样品质地和方向选择性反射的影响。符号  $x$  表示入射光束从某任意方位照射参考平面。

10) 垂直/45°单方向 (符号为  $0^\circ : 45^\circ x$ )

角度和空间条件满足  $45^\circ x : 0^\circ$  的条件, 但光路相反。因此样品表面被垂直照明, 从与法线成  $45^\circ$  角的某个方位接收反射辐射。



附录 E

几种常用的白度计算公式

历史上曾有过多种白度公式，从测量原理和表达方式上可以分为单波段白度公式、多波段白度公式、明度及纯度型白度公式、光度型白度公式、线性白度公式与二元性白度公式等。不同的应用领域和行业，可能使用不同的白度评价公式，获得不同的白度量值，但至今还未形成一种通用白度公式可以完全替代其他白度公式。常用的白度有蓝光白度、CIE 白度和亨特白度等。后两种白度是通过色度值计算白度值，这两种类型的白度计应归类为测色色差计，可依据 JJG 595—2002《测色色差计》进行检定。

白度计的几何条件和测量原理应分别符合 GB/T 3978—2008 与 GB/T 3979—2008 中的相应规定。

E.1 蓝光白度

蓝光白度可以用  $W_b$  或  $R_{457}$  表示。蓝光白度的计算公式为：

$$W_b = k_b \sum \beta(\lambda) F(\lambda) \Delta\lambda \tag{E.1}$$

式中：

$F(\lambda)$  —— 仪器的相对光谱分布函数，见表 E.1；

$k_b$  —— 归一化系数， $k_b = 100 / \sum F(\lambda) \Delta\lambda$ ；

$\beta(\lambda)$  —— 样品的光谱辐亮度因数。

表 E.1 蓝光白度测量仪器的相对光谱分布函数  $F(\lambda)$

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

蓝光白度应用非常广泛，在造纸、印刷、食品、纺织、建材等领域都应用该公式进行产品质量检测和质量控制。

## E.2 CIE 白度

CIE 白度公式分为白度  $W$  (或  $W_{10}$ ) 和淡色调指数  $T_w$  (或  $T_{w,10}$ ) 两部分。

对于 CIE1931 标准色度观察者：

$$\begin{cases} W = Y + 800(x_n - x) + 1\,700(y_n - y) \\ T_w = 1\,000(x_n - x) - 650(y_n - y) \end{cases} \quad (\text{E. 2})$$

式中：

$x, y$ ——样品的色品坐标；

$x_n, y_n$ ——完全漫反射体的色品坐标。在标准照明体 D65 与 CIE 1931 标准色度观察者条件下， $x_n = 0.312\,72$ ， $y_n = 0.329\,03$ 。

对于 CIE 1964 标准色度观察者：

$$\begin{cases} W_{10} = Y_{10} + 800(x_{n,10} - x_{10}) + 1\,700(y_{n,10} - y_{10}) \\ T_{w,10} = 900(x_{n,10} - x_{10}) - 650(y_{n,10} - y_{10}) \end{cases} \quad (\text{E. 3})$$

在标准照明体 D65 与 CIE 1964 标准色度观察者条件下， $x_{n,10} = 0.313\,81$ ， $y_{n,10} = 0.330\,98$ 。

上述公式用于在标准照明体 D65 下评价和比较白色样品。淡色调指数  $T_w$  (或  $T_{w,10}$ ) 的值为正时，样品偏绿色；为负时，样品偏红色。对于完全漫反射体  $W$  和  $W_{10}$  都等于 100， $T_w$  和  $T_{w,10}$  都等于 0。对于明显带有彩色的样品，计算 CIE 白度没有意义。公式的适用范围是：

$$40 < W (\text{或 } W_{10}) < (5Y - 280) \text{ 或 } (5Y_{10} - 280), -4 < T_w (\text{或 } T_{w,10}) < +2$$

## E.3 亨特白度

亨特白度是一个与色差概念相关的白度公式。它将完全漫反射体的白度定为 100，将样品与之进行比较，用理想白与样品之间的色差来表示样品的白度。

$$W_H = 100 - [(100 - L)^2 + a^2 + b^2]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{E. 4})$$

式中：

$W_H$ ——亨特白度；

$a, b$ ——亨特色品指数；

$L$ ——亨特明度指数。

### E.3.1 应用于标准照明体 D65， $10^\circ$ 标准色度观察者时：

$$\begin{cases} L = 10Y_{10}^{1/2} \\ a = 17.2(1.054\,7X_{10} - Y_{10})/Y_{10}^{1/2} \\ b = 6.7(Y_{10} - 0.931\,8Z_{10})/Y_{10}^{1/2} \end{cases} \quad (\text{E. 5})$$

### E.3.2 应用于照明体 C， $2^\circ$ 标准色度观察者时：

$$\begin{cases} L = 10Y^{1/2} \\ a = 17.5(1.02X - Y)/Y^{1/2} \\ b = 7.0(Y - 0.847Z)/Y^{1/2} \end{cases} \quad (\text{E. 6})$$