



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF xxxx-xxxx

加德纳色度计校准规范

Calibration Specification for Gardner Colorimeters

(征求意见稿)

xxxx-xx-xx 发布

xxxx-xx-xx 实施

国家市场监督管理总局 发布

加德纳色度计 校准规范

Calibration Specification for
Gardner Colorimeters

JJF XXX—XXXX

归口单位：全国光学计量技术委员会

主要起草单位：上海市计量测试技术研究院

中国测试技术研究院

参加起草单位：江苏省计量科学研究院

浙江省计量科学研究院

陕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：

夏 铭（上海市计量测试技术研究院）

夏俊雯（上海市计量测试技术研究院）

高红波（中国测试技术研究院）

参加起草人：

高建强（上海市计量测试技术研究院）

张 帆（江苏省计量科学研究院）

马 瑶（浙江省计量科学研究院）

李 荣（陕西省计量科学研究院）

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 目视比较式加德纳色度计	(2)
4.2 光电式加德纳色度计	(2)
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 校准项目	(3)
6.2 校准方法	(3)
7 校准结果表述	(5)
8 复校间隔时间	(6)
附录 A 色品坐标与加德纳色号的换算	(7)
附录 B 加德纳色度计校准原始记录推荐格式	(9)
附录 C 加德纳色度计校准证书内页推荐格式	(11)
附录 D 加德纳色度计测量结果的不确定度评定示例	(12)

引 言

JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1032《光学辐射计量名词术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定评定与表示》和 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》共同构成支撑本规范制定的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

加德纳色度计校准规范

1 范围

本规范适用于测量范围为（1~18）加德纳色号的加德纳色度计的校准。

2 引用文件

JJG 453—2002 标准色板

GB/T 9281.1—2008 透明液体 加氏颜色等级评定颜色 第1部分：目视法

GB/T 22295—2008 透明液体颜色测定方法（加德纳色度）

ASTM D1544—2004（2023） 透明液体颜色的标准试验方法（加德纳色标）
（Standard Test Method for Color of Transparent Liquids（Gardner Color Scale））

ASTM D6166—2012（2022） 松树化学制品和相关产品颜色的标准试验方法
（加德纳颜色的仪器测定）（Standard Test Method for Color of Pine Chemicals
and Related Products（Instrumental Determination of Gardner Color））

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。

3 概述

加德纳色度被广泛应用于石油、印刷及化学领域，如干性油、清漆、脂肪酸、聚合脂肪酸、树脂溶液等透明液体的色度分级。加德纳色度标准通常由1（最浅）到18（最深）被分为18个色号，每个色号有对应数值的三刺激值 Y 和色品坐标 x 、 y ，范围内其余数值的三刺激值 Y 和色品坐标 x 、 y 可按照附录A规定的方法转化为相应的加德纳色度值。

加德纳色度计按测量原理一般可分为两类：一类是目视比较式加德纳色度计，通常配备有加德纳色度玻璃比色板（以下简称“比色板”），它是利用人的视觉，通过调节比色板，使之与被测样品视场的颜色和亮度达到匹配的一种颜色比较装置，属于主观式色度计，分辨力通常为1加德纳色号；另一类是光电式加德纳色度计，它是采用光电探测器，通过接收色光信号而定量评价颜色，属于客观式色度计，分辨力通常不低于0.1加德纳色号。

4 计量特性

4.1 目视比较式加德纳色度计

4.1.1 示值误差

不超过 $\pm 1/3$ 加德纳色号。

注：根据 GB/T 9281.1—2008 第 4.1 条、GB/T 22295—2008 第 4.1 条、ASTM D1544—2004 (2023) 第 6.1 条，加德纳色号对应的三刺激值 Y ，色品坐标 x 、 y 数值如表 1 所示。

4.2 光电式加德纳色度计

4.2.1 示值误差

不超过 ± 0.5 加德纳色号。

4.2.2 测量重复性

不超过 0.2 加德纳色号。

表 1 加德纳色度标准颜色规格

加德纳色号	色品坐标		三刺激值 Y	Y 最大允许误差 (\pm)
	x	y		
1	0.3177	0.3303	80	7
2	0.3233	0.3352	79	7
3	0.3329	0.3452	76	6
4	0.3437	0.3644	75	5
5	0.3558	0.3840	74	4
6	0.3767	0.4061	71	4
7	0.4044	0.4352	67	4
8	0.4207	0.4498	64	4
9	0.4343	0.4640	61	4
10	0.4503	0.4760	57	4
11	0.4842	0.4818	45	4
12	0.5077	0.4638	36	5
13	0.5392	0.4458	30	6
14	0.5646	0.4270	22	6
15	0.5857	0.4089	16	2
16	0.6047	0.3921	11	1
17	0.6290	0.3701	6	1
18	0.6477	0.3521	4	1

注 1：测量条件：标准照明体 C，2° 标准色度观察者；
注 2：颜色标准的色品坐标与参照标准的色品坐标之差不大于两个相邻参照标准的 x 或 y 之差的 1/3。一套标准中，两个颜色标准色品坐标之差应大于相应的参照标准的 x 或 y 之差的 2/3。

注：以上指标不是用于合格性判别，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

温度： (23 ± 5) ℃，相对湿度： $\leq 80\%$ 。室内应无影响测量结果的电磁干扰、振动和杂散辐射。

5.2 测量标准及其他设备

5.2.1 分光光度计（光谱光度计）：波长测量范围覆盖（380~780）nm，符合 JJG 178—2007 规定的 I 级要求。

5.2.2 光谱测色仪：符合 JJG 595—2002 规定的一级要求。

注：5.2.1 与 5.2.2 任选之一。

5.2.3 加德纳色度标准玻璃片

加德纳色度标准玻璃片一般由 1 组 4 块组成，标准值分别处于（1~5）、（5~10）、（10~14）和（14~18）加德纳色号范围内，不确定度 $U=0.20$ 加德纳色号（ $k=2$ ）。

注 1：根据委托者校准需求，可增加其他标准值的加德纳色度标准玻璃片。

注 2：加德纳色度标准玻璃片对应的加德纳色号，可由满足本规范 5.2.1 或 5.2.2 要求的测量标准，按照 6.2.2.1 a) 校准得到对应的三刺激值 Y 和色品坐标 x 、 y ，并可根据附录 A、附录 D 计算出对应的加德纳色号及其不确定度。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

对于目视比较式加德纳色度计，校准项目为示值误差；

对于光电式加德纳色度计，校准项目为示值误差、测量重复性。

6.2 校准方法

6.2.1 校准前检查

6.2.1.1 被校加德纳色度计外表面壳应整洁光滑、平整，标识、印字完整清晰，涂覆层无脱落、气泡等现象，各部件调节正常，附件齐全；光学系统、样品室、检测系统等各部分能正常工作，不应有影响计量特性及功能的缺陷。

6.2.1.2 目视比较式加德纳色度计配套的比色板工作表面应平整、清洁、干燥、颜色均匀、透明，无裂纹、皱纹、划痕、气泡、砂眼等缺陷，抛光良好。比色板

应标有加德纳色号，所有色号应齐全且一一对应、无明显串位现象。

6.2.1.3 按照仪器使用说明书要求预热后，目视比较式加德纳色度计的视场应均匀、清晰，亮度和颜色均匀一致，视场分界线无挡光和倾斜，光电式加德纳色度计的基线应稳定无明显漂移。

6.2.2 目视比较式加德纳色度计

6.2.2.1 示值误差

a) 取出配套使用的比色板，在标准照明体 C、2° 标准色度观察者测量条件下，用分光光度计（光谱光度计）或光谱测色仪在（380~780）nm 或至少（400~700）nm 波长范围内，波长间隔取 5nm 或 10nm，对比色板色号对应玻璃片进行三刺激值 Y 和色品坐标 x 、 y 的校准，校准方法按照 JJG 453-2002《标准色板检定规程》第 5.3.3 条进行，得到三刺激值 Y 和色品坐标 x 、 y 并按照附录 A 计算出对应的加德纳色号。

b) 如配套使用的比色板不可拆卸，可将加德纳色度标准玻璃片稳固安置在样品室中，调整比色板，同时比较标准玻璃片和相邻两个比色板的颜色，确定在颜色的亮度与饱和度上最接近于标准玻璃片的比色板色号，作为目视比较式加德纳色度计的示值。

注：当 6.2.2.2 目视比较法与 6.2.2.1 分光光度法校准结果有差异时，以分光光度法为准。

c) 按公式（1）计算示值误差 ΔG ：

$$\Delta G = G_t - G_s \quad (1)$$

式中： G_t ——比色板标称值，加德纳色号；

G_s ——比色板（或加德纳色度标准玻璃片）标准值，加德纳色号。

6.2.3 光电式加德纳色度计

6.2.3.1 示值误差

按照使用说明书设置和校正光电式加德纳色度计，进入加德纳色度测量模式，将加德纳色度标准玻璃片垂直稳固安置在样品室中，使测量光束完全通过玻璃片中心部位。重复测量 3 次并取平均值，按公式（2）计算示值误差 ΔG ：

$$\Delta G = \overline{G_t} - G_s \quad (2)$$

式中： \overline{G}_t ——被校加德纳色度计 3 次测量值的算术平均值；

G_s ——加德纳色度标准玻璃片标准值。

6.2.3.2 测量重复性

对于光电式加德纳色度计，在重复性条件下测量（10~14）加德纳色号范围内的标准玻璃片 6 次，计算标准偏差作为加德纳色度计的测量重复性：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (G_{ti} - \overline{G}_t)^2}{5}} \quad (3)$$

式中： G_{ti} ——被校加德纳色度计第 i 次测量结果；

\overline{G}_t ——被校加德纳色度计 6 次测量值的算术平均值；

i ——光电式加德纳色度计的测量次数：1、2、3、4、5、6。

7 校准结果表述

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题，“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其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。

8 复校间隔时间

建议加德纳色度计的校准周期为一年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

色品坐标与加德纳色号的换算

(ASTM D6166-2012 (2022) APPENDIX X1, MOD)

A.1 对于已知三刺激值 Y 和色品坐标 x 、 y 的比色板，其加德纳色号按以下公式确定：

$$G_{TM} = G_I + G_F$$

其中：

G_{TM} ——比色板的加德纳色号值；

G_I ——比色板的加德纳色号值的整数部分；

G_F ——比色板的加德纳色号值的小数部分。

A.2 通过将比色板的 x 色品坐标与表 1 中的 x 色品坐标进行比较，使用以下关系确定比色板的加德纳色号值的整数部分：

$$G_I = G_n, \text{ 其中 } x_n \leq x_{TM} < x_{n+1}$$

其中：

G_n ——加德纳色号值，比比色板浅；

x_n ——比比色板浅的加德纳色号值的 x 色品坐标；

x_{TM} ——比色板的 x 色品坐标；

x_{n+1} ——比比色板深的加德纳色号值的 x 色品坐标。

A.3 计算比色板加德纳色号值的分数部分如下：

$$G_F = \frac{(x_{n+1} - x_n)(x_{TM} - x_n) + (y_{n+1} - y_n)(y_{TM} - y_n)}{(x_{n+1} - x_n)^2 + (y_{n+1} - y_n)^2}$$

其中：

y_n ——比比色板浅的加德纳色号值的 y 色品坐标；

y_{TM} ——比色板的 y 色品坐标；

y_{n+1} ——比比色板深的加德纳色号值的 y 色品坐标。

A.4 示例

对于色品坐标为 $x_{TM} = 0.3685$ ， $y_{TM} = 0.3558$ ，从表 1 可知 x_{TM} 在加德纳色号值 5 和 6 的色品坐标之间，因此 $G_I = 5$ 和

$$G_F = \frac{(0.3767 - 0.3558)(0.3685 - 0.3558) + (0.4061 - 0.3840)(0.3998 - 0.3840)}{(0.3767 - 0.3558)^2 + (0.4061 - 0.3840)^2}$$

所以：

$$G_F = 0.7$$

和

$$G_{TM} = 5.7$$

附录 B

加德纳色度计校准原始记录推荐格式（一）

第 页 共 页

原始记录编号		证书编号																	
委托方名称																			
委托方地址		委托方电话																	
样品名称		型号规格																	
生产厂/商		样品编号																	
外观	<input type="checkbox"/> 正常； <input type="checkbox"/> 有缺陷； <input type="checkbox"/> 其他说明：																		
技术依据																			
校准地点																			
主要测量标准：																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>名称/型号</th> <th>编号</th> <th>证书编号/有效期限</th> <th>测量范围/准确度等级或最大允差或不确定度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				名称/型号	编号	证书编号/有效期限	测量范围/准确度等级或最大允差或不确定度												
名称/型号	编号	证书编号/有效期限	测量范围/准确度等级或最大允差或不确定度																
实验室环境条件	测量开始时		测量结束时																
温度：																			
相对湿度：																			
其它特殊条件：																			

校准人员： 校准日期： 年 月 日

核验人员： 核验日期： 年 月 日

加德纳色度计校准原始记录推荐格式（二）

一、目视比较式加德纳色度计

标称值（加德纳色号）	Y	x	y	标准值（加德纳色号）	示值误差（加德纳色号）	不确定度（加德纳色号）

二、光电式加德纳色度计

1、示值误差：

标准值（加德纳色号）	示值（加德纳色号）	平均值（加德纳色号）	示值误差（加德纳色号）	不确定度（加德纳色号）

2、测量重复性：

测量值（加德纳色号）						重复性（加德纳色号）

附录 C

加德纳色度计校准证书内页推荐格式

一、目视比较式加德纳色度计

标称值 (加德纳色号)	标准值 (加德纳色号)	示值误差 (加德纳色号)	不确定度 (加德纳色号)

二、光电式加德纳色度计

1、示值误差

标准值 (加德纳色号)	示值 (加德纳色号)	示值误差 (加德纳色号)	不确定度 (加德纳色号)

2、测量重复性:

附录 D

加德纳色度计测量结果的不确定度评定示例

一、目视比较式加德纳色度计测量结果的不确定度评定

D.1 概述

D.1.1 测量依据：JJF xxxxx—xxxxx 《加德纳色度计校准规范》。

D.1.2 计量标准：波长测量范围覆盖（380~780）nm，符合 JJG 178—2007 规定的 I 级要求。

D.1.3 被测对象：比色板。

D.1.4 测量方法：依据 JJF xxxxx—xxxxx 《加德纳色度计校准规范》，使用分光光度计对比色板进行测量。测量条件为标准照明体 C、2° 标准色度观察者。

D.2 测量模型及不确定度评定

D.2.2.1 测量模型

$$G_{TM} = G_I + G_F \quad (1)$$

其中： $G_I = G_n$ ($x_n \leq x_{TM} < x_{n+1}$)

$$G_F = \frac{(x_{n+1} - x_n)(x_{TM} - x_n) + (y_{n+1} - y_n)(y_{TM} - y_n)}{(x_{n+1} - x_n)^2 + (y_{n+1} - y_n)^2} \quad (2)$$

$$Y = Y_0$$

$$x = x_0$$

$$y = y_0$$

式中： G_{TM} ——比色板的加德纳色度值；

G_I ——比色板的加德纳色度值的整数部分；

G_F ——比色板的加德纳色度值的小数部分；

G_n ——比比色板浅的加德纳色度值；

x_n ——比比色板浅的加德纳色度值的 x 色品坐标；

x_{TM} ——比色板的 x 色品坐标；

x_{n+1} ——比比色板深的加德纳色度值的 x 色品坐标；

y_n ——比比色板浅的加德纳色度值的 y 色品坐标；

y_{TM} ——比色板的 y 色品坐标；

y_{n+1} ——比比色板深的加德纳色度值的 y 色品坐标；

Y 、 x 、 y ——比色板的色度值测量结果；

Y_0 、 x_0 、 y_0 ——分光光度计的测量值。

D.3 不确定度的来源及评定

D.3.1 对于比色板的色度值测量结果 Y 、 x 、 y ，由于：

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

色品坐标 x 、 y 的合成标准不确定度由下式计算：

$$u_c^2(x) = \left(\frac{\partial x}{\partial X}\right)^2 u^2(X) + \left(\frac{\partial x}{\partial Y}\right)^2 u^2(Y) + \left(\frac{\partial x}{\partial Z}\right)^2 u^2(Z)$$

$$= \left[\frac{Y+Z}{(X+Y+Z)^2}\right]^2 u^2(X) + \left[\frac{-X}{(X+Y+Z)^2}\right]^2 u^2(Y) + \left[\frac{-X}{(X+Y+Z)^2}\right]^2 u^2(Z) \quad (3)$$

$$u_c^2(y) = \left(\frac{\partial y}{\partial X}\right)^2 u^2(X) + \left(\frac{\partial y}{\partial Y}\right)^2 u^2(Y) + \left(\frac{\partial y}{\partial Z}\right)^2 u^2(Z)$$

$$= \left[\frac{-Y}{(X+Y+Z)^2}\right]^2 u^2(X) + \left[\frac{Z+X}{(X+Y+Z)^2}\right]^2 u^2(Y) + \left[\frac{-Y}{(X+Y+Z)^2}\right]^2 u^2(Z) \quad (4)$$

其中：

$$u(X) = \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \times \tau(\lambda) u_{\text{crel}}(\tau) = X \times u_{\text{crel}}(\tau) \quad (5)$$

$$u(Y) = \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \times \tau(\lambda) u_{\text{crel}}(\tau) = Y \times u_{\text{crel}}(\tau) \quad (6)$$

$$u(Z) = \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \times \tau(\lambda) u_{\text{crel}}(\tau) = Z \times u_{\text{crel}}(\tau) \quad (7)$$

$u_{\text{crel}}(\tau)$ 主要来源于分光光度计测量透射比引入的标准不确定度。

D.3.2 分光光度计测量透射比的不确定度

D. 3. 2. 1 标定用透射比标准滤光片所引入的标准不确定度分量 u_{1rel}

根据校准证书得知,透射比标准滤光片的透射比不确定度为 $U_{rel}=0.5\%$ ($k=2$)。

$$u_{1rel} = \frac{0.5\%}{2} = 0.25\%$$

D. 3. 2. 2 分光光度计的零线引入的标准不确定度分量 u_{2rel}

根据文献资料,零线在 (380~780) nm 范围内不确定度分量 $u_{2rel} = 0.11\%$ 。

D. 3. 2. 3 分光光度计的 100%基线引入的标准不确定度分量 u_{3rel}

根据实验测得,100%基线在 (380~780) nm 范围内最大示值误差 $\pm 0.3\%$ (绝对值),且多次 100%基线测量数据中,出现最大值和最小值的波长点无明显规律,因此假设为均匀分布, $k = \sqrt{3}$

$$u_{3rel} = 0.3\% / (100\% \times \sqrt{3}) \times 100 \approx 0.173\%$$

D. 3. 2. 4 分光光度计的波长准确度引入的标准不确定度分量 u_{4rel}

根据文献资料,分光光度计的波长准确度引入的不确定度分量 $u_{4rel} = 0.10\%$ 。

D. 3. 2. 5 分光光度计的光度准确度 (包括杂散光、探测器线性和均匀性等) 引入的标准不确定度分量 u_{5rel}

根据文献资料,分光光度计的光度准确度 (包括杂散光、探测器线性和均匀性等) 引入的不确定度分量 $u_{5rel} = 0.04\%$ 。

D. 3. 2. 6 分光光度计测量重复性引入的标准不确定度分量 u_{6rel}

用分光光度计测量标称值为 12 加德纳色号的比色板中心点位置 10 次,得到透射比测量值如表 D. 1 所示:

表 D. 1 分光光度计测量加德纳色度板中心点位置 10 次测量结果

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
τ (%)	33.31	33.35	33.36	33.31	33.35	33.39	33.38	33.37	33.35	33.35

根据贝塞尔公式,单次测量的重复性为:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i - \bar{\tau}_i)^2}{n-1}} = 0.026$$

$$u_{6\text{rel}} = \frac{s}{\tau} = 0.078\%$$

D.3.2.7 分光光度计测量透射比的合成标准不确定度

以上各不确定度分量不相关，因此合成标准不确定度 u_{crel} 计算如下：

$$u_{\text{crel}}(\tau) = \sqrt{u_{1\text{rel}}^2 + u_{2\text{rel}}^2 + u_{3\text{rel}}^2 + u_{4\text{rel}}^2 + u_{5\text{rel}}^2 + u_{6\text{rel}}^2} = 0.35\%$$

D.3.3 比色板的色度值测量结果 Y 、 x 、 y 的不确定度

对于标称值 12 加德纳色号的比色板，采用分光光度计测量得到其三刺激值 $Y=33.35$ ， $x=0.5133$ ， $y=0.4615$ ，根据公式 (3) ~ 公式 (7) 可得： $u(X)=0.130$ ， $u(Y)=0.117$ ， $u(Z)=0.006$ ， $u_c(x)=0.00121$ ， $u_c(y)=0.00120$ 。

D.3.4 加德纳色度值的不确定度

根据公式 (1)、(2) 可知，由于 G_I 为常数，因此 $U(G_{TM})=U(G_F)$ 。

根据公式 (2)

$$u_{cG_F} = \sqrt{c_1^2 u_x^2 + c_2^2 u_y^2}$$

其中：

$$c_1 = \frac{(x_{n+1} - x_n)}{(x_{n+1} - x_n)^2 + (y_{n+1} - y_n)^2}$$

$$c_2 = \frac{(y_{n+1} - y_n)}{(x_{n+1} - x_n)^2 + (y_{n+1} - y_n)^2}$$

对于标称值 12 加德纳色号的比色板，采用分光光度计测量得到其三刺激值 $Y=33.35$ ， $x=0.5133$ ， $y=0.4615$ ，根据公式 (1)、(2) 可计算得到其加德纳色度值为 12.17 加德纳色号。

$$u_{cG_F} = \sqrt{c_1^2 u_{cx}^2 + c_2^2 u_{cy}^2} = 0.033 \text{ 加德纳色号}$$

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。

加德纳色度值： $U = k \times u_c = 2 \times 0.033 = 0.07$ 加德纳色号

二、光电式加德纳色度计测量结果的不确定度评定示例

E.1 概述

E.1.1 测量依据：JJF xxx-xxxx 《加德纳色度计校准规范》。

E.1.2 计量标准：加德纳色度标准玻璃片。

E.1.3 被测对象：光电式加德纳色度计

E.1.4 测量方法：依据 JJF xxx-xxxx 《加德纳色度计校准规范》，使用加德纳色度标准玻璃片对光电式加德纳色度计进行测量。

E.2 测量模型及不确定度评定

E.2.2.1 测量模型

$$\Delta G = \overline{G}_t - G_s$$

式中： ΔG ——被校加德纳色度计的示值误差

\overline{G}_t ——被校加德纳色度计 3 次测量值的算术平均值；

G_s ——加德纳色度标准玻璃片标准值。

E.3 不确定度的来源及评定

E.3.1 输入量的标准不确定度评定

E.3.1.1 加德纳色度标准玻璃片定值偏差引入的不确定度分量 u_1

输入量 G_s 的不确定度主要来源于加德纳色度标准玻璃片定值偏差引入的不确定度，根据校准证书，加德纳色度标准玻璃片的不确定度为 $U = 0.07$ 加德纳色号 ($k = 2$)。

$$u_1 = \frac{0.07}{2} = 0.035 \text{ 加德纳色号}$$

E.3.1.2 光电式加德纳色度计的测量重复性引入的不确定度分量 u_2

使用一台光电式加德纳色度计，对标准值为 12.26 加德纳色号的加德纳色度标准玻璃片重复测量 10 次，得到 10 个测量值：12.1, 12.2, 12.3, 12.1, 12.2, 12.2, 12.3, 12.1, 12.2, 12.2，单位为加德纳色号。

单次实验标准差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (G_{ii} - \overline{G}_{ii})^2}{n-1}} = 0.074 \text{ 加德纳色号}$$

实际测量时，在重复性条件下连续测量 3 次，以 3 次测量算术平均值为测量结果，则可得到：

$$u_2 = s / \sqrt{3} = 0.043 \text{ 加德纳色号}$$

E. 3. 1. 3 光电式加德纳色度计的分辨力引入的不确定度分量 u_3

光电式加德纳色度计的分辨力为 0.1，其半宽 a 为 0.05，按照按照均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ， $u_3 = a / \sqrt{3} = 0.05 / \sqrt{3} = 0.029$ 加德纳色号。

由于分辨力引入的不确定度分量小于测量重复性引入的不确定度分量，故而不考虑分辨力引入的不确定度分量。

E. 3. 2 标准不确定度汇总表

表 E. 1 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	标准不确定度
u_1	加德纳色度标准玻璃片上级量传值	0.035 加德纳色号
u_2	光电式加德纳色度计的测量重复性	0.043 加德纳色号

E. 4 合成标准不确定度

以上各不确定度分量不相关，因此合成标准不确定度 u_c 计算如下：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.035^2 + 0.043^2} = 0.055 \text{ 加德纳色号}$$

E. 5 扩展不确定度

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.055 = 0.2 \text{ 加德纳色号}$$