

《加德纳色度计校准规范》

编制说明

《加德纳色度计校准规范》起草小组

2023 年 10 月

《加德纳色度计校准规范》编制说明

一、任务来源

根据国家市场监督管理总局“市监计量发〔2023〕56号”《市场监管总局办公厅关于印发2023年国家计量技术规范项目制定、修订及宣贯计划的通知》，受全国光学计量技术委员会的委托，由上海市计量测试技术研究院、中国测试技术研究院为主要起草单位，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为参加起草单位共同制定《加德纳色度计校准规范》，编制时间从2023年7月至2024年12月，计划报批时间为2024年第4季度。

二、规范制定的目的和意义

1. 颜色评价标准

在颜色测量领域，除了用的比较多的三刺激值 X 、 Y 、 Z 和色品坐标 x 、 y 、 z 外，在不同的行业领域还有很多不同的颜色评价标准，例如罗维朋 (Lovibond) RYBN 颜色标准适用于油，脂肪，化学品，树脂和其他的透明液体；Pt-Co/Hazen/APHA 颜色标准适用于测定浅色油及其衍生物，如精制甘油，脂肪氮化合物，淡色化学品；FAC (AOCS Cc13a-43) 颜色标准适用于深色油，脂肪，包括牛脂，润滑油等的颜色测量；赛波特 (Saybolt) 颜色标准则更加适用于矿物油，及石油化工产品的颜色测量。在 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）》、ISO 4630-2015《透明液体 加氏颜色等级评定颜色》、ASTM D1544-2004 (2023)《透明液体颜色试验方法（加德纳彩色温标）》、ASTM D6166-2012 (2022)《松脂制品和相关产品颜色试验方法（加德纳颜色仪器测定）》中指定的加德纳 (Gardner) 颜色标准是单纯以颜色特征划分标样透射率等级而制定的，测量范围由浅黄到深红。

2. 加德纳色度

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ASTM D6166-2012(2022)《松脂制品和相关产品颜色试验方法(加德纳颜色仪器测定)》附录规定的方法转化为相应的加德纳色度值。

加德纳色度对应的不同级别的颜色标准可以由两种方式实现。一种是传统的利用氯铂酸钾、三氯化铁、氯化钴和稀盐酸按照一定比例配置标准溶液的方式,这种方式不易保存、使用不便;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》就明确规定“当加氏颜色标准存放在黑暗中时可以保存6个月,但最好在使用前即时制备。”随着储存时间的推移,以及外部环境如温度、光照等的影响,标准溶液的色度值可能会发生改变,这将影响到比色的准确性。在国家标准物质资源贡献平台(<https://www.ncrm.org.cn/>)上也没有查到加德纳的相关标准物质,目前已几乎没有以标准溶液作为加德纳颜色标准的加德纳色度计。

另外一种是按照ISO和ASTM标准规定的色品坐标 x 、 y 和三刺激值 Y 制作对应的标准色度玻璃片。标准色度玻璃片可批量生产,使用方便、容易保存,且均匀性及稳定性好,因而在各类目视比较式加德纳色度计上广泛使用,并且也成为校准加德纳色度计的传递标准。

国际上有英国Lovibond公司生产加德纳标准色度玻璃片,中国林业科学研究院林产化学工业研究所在2014年7月的《生物质化学工程》发表的《加氏色度玻璃参照标准样品的研制》论文显示,该所也成功研制出加德纳标准色度玻璃片。国内一些有色玻璃厂也可根据需求进行定制生产。

3. 加德纳色度计

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,它是利用人的视觉,通过调节玻璃比色板和被测样品视场的颜色和亮度,使它们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,分辨力通常为0.1加德纳色号,少数仪器分辨力甚至可以达到0.01加德纳色号。

目前国内生产加德纳色度计的公司主要有杭州彩谱科技有限公司、青岛科睿德仪器有限公司、深圳市三恩时科技有限公司、北京中诺泰安科技有限公司、武汉睿辰生物科技有限公司等，国外生产的加德纳色度计的公司主要是英国Lovibond公司、美国Koehler、Hach、HunterLab、X-Rite公司等。这些公司生产的加德纳比色计以光电式为主，通常基于台式分光测色仪的平台，通过颜色管理软件实现加德纳色度的实时快速测量；目视比较式加德纳色度计以英国Lovibond公司生产的居多。

4. 规范制定的目的和意义

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，加德纳色度计量值的准确可靠对于石油、印刷及化学领域的产品质量有至关重要的作用。但是，由于国内外没有加德纳色度计的校准规范，使校准人员在工作中遇到和产生不必要的麻烦。生产厂家、计量机构在校准加德纳色度计时，校准项目、校准方法、标准器的要求及技术要求表述、准确度等级等方面不够统一且不够规范和完善。为了保证量值的准确性，有必要制定国家校准规范，以保证量值的准确、可靠、统一。

三、适用范围

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。

四、编写依据

《加德纳色度计校准规范》的制定主要依据了下列计量技术规范和标准：

JJF 1001-2011 《通用计量名词术语》

JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》

JJF 1071-2010 《国家计量校准规程编写规则》

JJF 1526-2015 《石油产品颜色分析仪及比色板校准规范》

JJG 453-2002 《标准色板》

GB/T 3555-2022 《石油产品赛波特颜色的测定 赛波特比色计法》

GB/T 9281.1-2008 (ISO 4630-1:2004, IDT) 《透明液体 加氏颜色等级评定颜色 第1部分：目视法》

GB/T 9761-2008 《色漆和清漆 色漆的目视比色》

GB/T 22295-2008 (ASTM D1544-2004, IDT) 《透明液体颜色测定方法 (加德纳色度)》

GB/T 20147.3-2023 (ISO/CIE 11664-3-2019, IDT) 《色度学 第3部分: CIE 三刺激值》

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))

ISO 4630-2015 《透明液体 加氏颜色等级评定颜色》 (Clear Liquids - Estimation of Colour by the Gardner Colour Scale)

ISO/CIE 11664-3-2019 《色度学 第3部分: CIE 三刺激值》 (Colorimetry - Part 3 : CIE tristimulus values)

五、编制过程

起草小组接到任务后制定了规范起草计划,拟定了编写提纲,查阅了大量有关的文献、标准及文章,于2023年9月完成了校准规范的初稿。起草小组对初稿进行了充分的讨论,并与仪器生产商和用户进行了交流,对校准项目和校准方法的可行性进行了验证,并于2023年10月完成征求意见稿。

六、规范的主要内容及情况说明

(一) 规范的主要内容

本规范主要由引言、范围、引用文件、概述、计量特性、校准条件、校准项目和校准方法、校准结果表达、复校时间间隔和附录等10个部分组成。

1. 引言

说明本规范编制依据的基础性文件,是首次制定还是修订。

2. 范围

规定了本规范适用范围。

3. 引用文件

列出了本规范所引用的技术文件的有效版本。

4. 概述

简要说明加德纳色度计的工作原理、结构和用途。

5. 计量特性

(1) 目视比较式加德纳色度计

对于目视比较式加德纳色度计，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，规定了目视比较式加德纳色度计配备的玻璃比色板每个色号对应的三刺激值 Y ，色品坐标 x 、 y 的数值及最大允许误差，即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 $1/3$ 。根据计算，实际对应的最大允许误差为 $\pm 1/3$ 加德纳色号，因此规定目视比较式加德纳色度计比色板在 (1~18) 加德纳色号范围内的最大允许误差为 $\pm 1/3$ 加德纳色号。

(2) 光电式加德纳色度计

对于光电式加德纳色度计，规定了加德纳色度示值误差和测量重复性的技术要求。

经调研，目前绝大多数的光电式加德纳比色计的技术说明书上仅对仪器间一致性（或称为“台间差”）、重复性、光谱重复性等技术指标作出规定，并未对加德纳色度测量结果的最大允许误差进行规定。

GB/T 9281.1-2008 (ISO 4630-1:2004, IDT) 《透明液体 加氏颜色等级评定颜色 第 1 部分：目视法》中规定了目视比较的重复性限数值为 1 个颜色标准号，再现性限数值为 2 个颜色标准号。

GB/T 22295-2008 (ASTM D1544-2004, IDT) 《透明液体颜色测定方法（加德纳色度）》中规定了目视比较的重复性不大于一个标准号的 $2/3$ ，再现性不大于一个标准号的 $4/3$ 。

由于目视比较式加德纳色度计的比色板是可以直接溯源至分光光度计（光谱光度计）或光谱测色仪，而光电式加德纳色度计还需通过加德纳色度标准玻璃片间接溯源。

因此，综合考虑校准方法还有校准结果的不确定度，建议将光电式加德纳色度计的示值误差规定为不超过 ± 0.5 加德纳色号，测量重复性不超过 0.2 加德纳色号。

6. 校准条件

对校准加德纳色度计的环境条件、测量标准及其他设备提出了详细的技术要求。

7. 校准项目和校准方法

规定了加德纳色度计校准项目和校准方法，包括校准前检查和准备工作。对于目视比较式加德纳色度计，分别规定了加德纳色度玻璃比色板可拆卸和不可拆卸两种情况的校准方法，对于光电式加德纳色度计，规定了加德纳色度示值误差和测量重复性的校准方法。

8. 校准结果表述

校准结果应以校准证书的形式给出，对证书应至少包含的信息进行了规定。

9. 复校时间间隔

建议了加德纳色度计的校准周期，并对其进行了说明和解释。

10. 附录

附录 A 修改采用 ASTM D6166-2012 (2022) 附录 X1，给出了色品坐标与加德纳色号的换算公式和示例。

附录 B 给出了加德纳色度计校准原始记录推荐格式。

附录 C 给出了加德纳色度计校准证书内页推荐格式。

附录 D 给出了加德纳色度计不确定度评定示例。

(二) 情况说明

1. 关于加德纳色度的单位表述

加德纳色度是基于 CIE 标准色度学而衍生出来的一种专用色度标准体系，本身为无量纲的单位，但为避免在表述测量结果时和罗维朋 (Lovibond) RYBN 颜色标准、Pt-Co/Hazen/APHA 颜色标准、FAC (AOCS Cc13a-43) 颜色标准、赛波特 (Saybolt) 颜色标准等色度体系混淆，考虑在描述测量结果和不确定度时增加一定的表述，以明确为加德纳色度，并与其他色度标准进行区分。

(1) 国内外现状

经过调研国内外相关标准，各标准中表述不尽相同，具体如下：

交通运输行业标准 JT/T 280-2022 《路面标线涂料》附录 B 的表 B.1 中对热熔型涂料用聚乙烯蜡的颜色性能要求为“加德纳色号： ≤ 5.0 ”。

GB/T 9281.1-2008 (ISO 4630-1:2004, IDT) 《透明液体 加氏颜色等级评定颜色 第 1 部分：目视法》中分别使用了“加氏颜色等级”、“加氏颜色标准号”、“颜色标准号”、“加氏颜色号”来对加德纳色度进行描述。

GB/T 22295-2008 (ASTM D1544-2004, IDT) 《透明液体颜色测定方法（加德纳色度）》中分别使用了“加德纳色度标准号”、“色号”、“色标号”来对加德纳色度进行描述。

ASTM D1544-2004 (2023) 《透明液体颜色的标准试验方法（加德纳色标）》中分别使用了“Gardner Color Standard Number”、“color number”来对加德纳色度进行描述。

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）》中分别使用了“Gardner units”来对加德纳色度进行描述。

ISO 4630-2015 《透明液体 加氏颜色等级评定颜色》中分别使用了“Gardner units”来对加德纳色度进行描述。

(2) 其他色度体系现状

JJF 1526-2015 《石油产品颜色分析仪及比色板校准规范》正文 4.1 条表 1 “计量性能要求”中，在表述技术指标时采取“ $\times\times\times$ 个色号”的方式，譬如“ ± 0.3 个色号”。

GB/T 3555-2022 《石油产品赛波特颜色的测定 赛波特比色计法》正文第 11 条“结果报告”中，规定“报告所记录的颜色号为‘赛波特颜色号 $\times\times\times$ ’。”，在正文第 12 条“精密度及偏差”中，在表述重复性和再现性要求是采取“ $\times\times\times$ 个赛波特颜色号”的方式，譬如“不应大于 2 个赛波特颜色号”。

(3) 建议

综合上述国内外相关标准及其他色度体系表述方式，考虑一是在名称中需体现出“加德纳”，以便和其他色度标准进行区分；二是为方便使用，名称不宜过长，将“颜

色等级”、“颜色标准号”、“颜色号”、“色度标准号”、“色号”、“色标号”等表述统一为“色号”。因此，建议本规范中在描述测量结果和不确定度时，在数值后增加“加德纳色号”，譬如“测量范围为（1~18）加德纳色号”、“示值误差不超过±0.5 加德纳色号。”

2. 关于加德纳色号对应的 Y 的参数名称表述

(1) 国内外现状

经过调研国内外相关标准，各标准中对于 Y 的参数名称表述不尽相同，具体如下：

GB/T 9281.1-2008 (ISO 4630-1:2004, IDT) 《透明液体 加氏颜色等级评定颜色 第 1 部分：目视法》正文 4.1 条中表 1 “参照标准的颜色规格”使用了“光透射率”作为 Y 的参数名称，其数值以百分数表征；在附录 A.4 条中则表述为“CIE 三刺激值 X, Y, Z ”。

GB/T 22295-2008 (ASTM D1544-2004, IDT) 《透明液体颜色测定方法（加德纳色度）》正文 4.1 条中表 1 “参照标准的颜色规格”使用了“透光系数”作为 Y 的参数名称，其数值以百分数表征；在附录 A.4 条中则表述为“CIE 三色值 X, Y, Z ”。

ASTM D1544-2004 (2023) 《透明液体颜色的标准试验方法（加德纳色标）》正文 4.1 条中表 1 “参照标准的颜色规格”使用了“Luminous Transmittance”作为 Y 的参数名称，其数值以百分数表征；在附录 A.4 条中则表述为“CIE tristimulus values X, Y, Z ”。

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）》在附录 X1.2 中使用了“Tristimulus values”作为 X, Y, Z 的参数名称。

ISO 4630-2015 《透明液体 加氏颜色等级评定颜色》在附录 A.1.4 中使用了“Tristimulus values”作为 X, Y, Z 的参数名称。

按照 GB/T 20147.3-2023 (ISO/CIE 11664-3-2019, IDT) 《色度学 第 3 部分：CIE 三刺激值》、ISO/CIE 11664-3-2019 《色度学 第 3 部分：CIE 三刺激值》(Colorimetry - Part 3 : CIE tristimulus values) 第 5.4 条中规定，由于加德纳色度的测量条件式标准照明体 C, 2° 标准色度观察者，对于 CIE 1931 标准色度系

统，“对于所有物体而言，其 Y 值等于光反射因数（在 $R(\lambda)$ 情况下）光亮度因数（在 $\beta(\lambda)$ 情况下）、光反射比（在 $\rho(\lambda)$ 情况下）或光透射比 $\tau(\lambda)$ 情况下）的百分比值。”

（2）建议

统筹考虑上述国内外标准对于 Y 的参数名称表述，以及 Y 与光透射比 $\tau(\lambda)$ 的关系，结合目前分光光度计（光谱光度计）、光谱测色仪均可快速直接测量出物体的色度值 Y 、 x 、 y 的实际情况。因此，为统一表述和方便使用，建议本规范中以“三刺激值”表述 Y 的参数名称，且不以百分数表征其数值。

七、总结

《加德纳色度计校准规范》起草小组进行了广泛调研及大量实验，对征求意见稿中所提出的计量特性、校准方法、不确定度评定进行了实验验证，证明了校准规范的可操作性和参数指标的合理性。

《加德纳色度计校准规范》起草小组

2023 年 10 月