



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 1034—2008

光谱光度计标准滤光器

Reference Filter for Calibration Spectrophotometer

2008-01-31 发布

2008-04-30 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

光谱光度计标准滤光器 检 定 规 程

JJG 1034—2008

Verification Regulation of Reference
Filter for Calibration Spectrophotometer

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2008 年 1 月 31 日批准，并自 2008 年 4 月 30 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

湖北省计量科学研究院

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：

张巧香（中国计量科学研究院）

王 煜（中国计量科学研究院）

石丽平（辽宁省计量科学研究院）

黄庭茂（湖北省计量科学研究院）

参加起草人：

郑春弟（中国计量科学研究院）

李 平（中国计量科学研究院）

冯国进（中国计量科学研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(2)
4.1 透射比标准滤光片	(2)
4.2 波长标准滤光片	(2)
4.3 杂散辐射标准滤光片	(2)
5 计量性能要求	(2)
6 通用技术要求	(3)
6.1 外观要求	(3)
6.2 外形尺寸要求	(4)
7 计量器具控制	(4)
7.1 检定条件	(4)
7.2 检定项目	(4)
7.3 检定方法	(5)
7.4 检定结果处理	(8)
7.5 检定周期	(8)
附录 A 吸收型波长标准滤光片的特性参数	(9)
附录 B 截止型杂散辐射标准滤光片的特性参数	(10)
附录 C 雾度	(11)
附录 D 算术平均值和贝塞尔公式	(12)
附录 E 光谱光度计标准滤光器测量不确定度评定实例	(13)
附录 F 透射比标准滤光片检定证书内页格式	(20)
附录 G 吸收型波长标准滤光片检定证书内页格式	(21)
附录 H 干涉滤光片检定证书内页格式	(22)
附录 I 截止型杂散辐射标准滤光片检定证书内页格式	(23)

光谱光度计标准滤光器检定规程

1 范围

本规程适用于光谱光度计（含分光光度计）检定用标准滤光器（以下简称标准滤光器）的首次检定、后续检定和使用中的检验。检定用标准滤光器的型式评价中有关计量性能的要求可参照本规程执行。

2 引用文献

JJF 1032—2005《光学辐射计量名词及定义》

JJF 1001—1998《通用计量术语及定义》

JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》

JJG 812—1993《干涉滤光片检定规程》

JJG 178—2007《紫外、可见、近红外分光光度计检定规程》

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

下列术语适用于本规程中。

3.1 透射比标准滤光片 transmittance reference filter

透射比标准滤光片是用于传递光谱透射比的标准样品，其主要计量技术指标为光谱透射比，计量单位是1。

3.2 吸收型波长标准滤光片 wavelength reference filter of absorption type

吸收型波长标准滤光片是以吸收峰的峰顶值的方式来传递波长量值的标准样品，其主要计量技术指标为波长，计量单位是nm。

3.3 干涉滤光片 interference filter

干涉滤光片是以其最大透射比的峰值位置来传递波长量值的标准样品，其主要计量技术指标为波长，计量单位是nm。

3.4 杂散辐射标准滤光片 stray radiant reference filter

本规程中的杂散光指JJF 1032—2005中4.83杂散光定义中的异色杂散辐射，杂散辐射标准滤光片是用截止区的透射比来衡量仪器的杂散辐射，以光谱吸光度表示，计量单位是1。

3.5 正反面检测差值 difference of bidirectional transmittance

指辐射束从标准滤光片的正反两个方向通过时，由于标准滤光片本身的性能而造成的改变量。

3.6 透射比均匀性 uniformity of transmittance

本规程特指由于标准滤光片性能，造成中心光斑点与距中心光斑点上下各5mm处的辐射束的变化量。

3.7 相对峰高 relative depth of vale

吸收型波长标准滤光片的相对峰高是指特征峰峰谷的透射比值与相邻特征峰峰顶最小透射比值的差值的绝对值。计量单位是 1。

3.8 吸收峰对称性 symmetry of absorption vale

吸收型波长标准滤光片的对称性是指特征峰的波长值与理论波长值的差值的绝对值,理论波长值可以认为是特征峰相对峰高的半峰高处两波长值的平均值。计量单位是 nm。

3.9 斜率 slop

指截止型杂散辐射标准滤光片在截止区和透光区中间的过渡区的曲线的陡峭程度,是该过渡区曲线的一阶导数。计量单位是 1/nm。

4 概述

标准滤光器是用于检定光谱光度检定装置的透射比、波长和杂散辐射的计量标准器具。标准滤光器包括透射比标准滤光片(中性灰玻璃滤光片、镀金属膜的滤光片、重铬酸钾滤光片等),波长标准滤光片(干涉滤光片、氧化钛滤光片、镨钕滤光片、镨钇滤光片),杂散辐射标准滤光片。

4.1 透射比标准滤光片

透射比标准滤光片主要用于光谱光度计透射比示值的检定,由透射比标准滤光片提供稳定、均匀的透射比值。为了减少被测仪器中波长等因素的影响,要求透射比标准滤光片的波长选择性尽可能小。

4.2 波长标准滤光片

吸收型波长标准滤光片和干涉滤光片主要是用于光谱光度计波长示值的检定,因为这两种滤光器中前者能提供一个陡峭的、尖锐的光谱吸收峰;后者能在特定波长下提供尖锐的高光谱透射。

4.3 杂散辐射标准滤光片

杂散辐射标准滤光片用于确定仪器的杂散辐射的检定。因为杂散辐射标准滤光片在一段波长区具有高透射,在另一段波长区具有高吸收的光谱特性。利用测量其高吸收光谱区的光谱透射比可以反映仪器杂散辐射的水平。要求杂散辐射标准滤光片在过渡区的波长范围尽可能地窄,以便能有效地提供一个光透射和光吸收的对比。

5 计量性能要求

透射比标准滤光片、干涉滤光片和杂散辐射标准滤光片均分成两个级别,各级标准滤光器的计量性能应满足表 1~3 和表 5, 6 的要求;吸收型波长标准滤光片按照吸收峰的特性,把吸收峰分为一级吸收峰、二级吸收峰,各级吸收峰的计量性能应满足表 4 中相应的要求。

表 1 可见区透射比标准滤光片

级别	透射比 年变化量 ¹	透射比 正反面检测差值 ¹	透射比 均匀性 ¹	光谱透射比 ² (436, 465, 546, 590, 635 nm)
一级	<0.001	<0.001	<0.001	—
二级	<0.003	<0.003	<0.003	—

表 2 紫外区透射比标准滤光片

级别	透射比 年变化量 ^I	透射比 正反面检测差值 ^I	透射比 均匀性 ^I	光谱透射比 ^{II} (254, 300, 340, 365 nm)
一级	<0.003	<0.003	<0.003	—
二级	<0.005	<0.005	<0.005	—

表 3 红外区透射比标准滤光片

级别	透射比 年变化量 ^I	透射比 正反面检测差值 ^I	透射比 均匀性 ^I	光谱透射比 ^{II} (1 000, 1 300, 1 690, 2 000, 2 350 nm)
一级	<0.003	<0.003	<0.003	—
二级	<0.005	<0.005	<0.005	—

表 4 氧化钬、镨钕、镨钕等元素吸收型波长标准滤光片

级别	特征波长 年变化量 ^I	相对峰高 (透射比) ^I	特征峰峰 值波长 ^{II} /nm	相对峰高 /光谱带宽 ^{II}	对称性/相 对峰高 ^{II}
一级吸收峰	<0.2 nm	>0.08	—	>3	<0.1
二级吸收峰	<0.5 nm	>0.03	—	>2	<0.2

表 5 干涉滤光片型波长标准滤光片

级别	峰值 透射比 ^I	半宽度 ^I	截止区背景光 透射比 ^I	波形 系数 ^I	峰值波长 年变化量 ^I	波长 均匀性 ^I	波长正反面 检测差值 ^I	峰值波长 ^I /nm
一级	>0.5	<8 nm	0.002	2	0.3 nm	0.3 nm	0.3 nm	—
二级	>0.3	<12 nm	0.005	4	0.5 nm	0.5 nm	0.5 nm	—

表 6 截止型杂散辐射标准滤光片

级别	截止波长 吸光度年变化量 ^I	截止波长 吸光度 ^I	非截止区(透光 区)透射比 ^I	斜率 ^{II}
一级	<0.3	>3.5	>0.8	>1.5
二级	<0.8	>3.0	>0.7	>1.0

注：表 1~6 中上角标“Ⅰ，Ⅱ”表示检定项目的类型，详细内容参见 7 计量器具控制中的说明。“—”表示需要测量，但对大小不做限定的指标。

6 通用技术要求

6.1 外观要求

6.1.1 标准滤光器工作表面要求平整、清洁、干燥、整体直观颜色均匀、无裂纹、条纹、气泡、斑点、划痕等缺陷。

6.1.2 标准滤光器外包装上应标有名称、编号、型号、生产厂名，同时标准滤光器均要求坚固耐用，光学稳定性好。

6.1.3 标准滤光器应有较密闭的外包装，可以防尘、防潮、避光、防震、保证运输、

保存安全。

6.1.4 标准滤光器长期存放应在干燥皿中，保存在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，小于65%RH洁净的环境中，以确保量值传递的稳定可靠。

6.2 外形尺寸要求

6.2.1 标准滤光器应有符合通用标准的通光孔尺寸，不小于 $29\text{ mm} \times 8\text{ mm}$ 。

6.2.2 标准滤光器框架及固定用弹簧片和螺钉应进行表面黑化处理，以利于减少杂散辐射。

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的检验，由于部分标准滤光器使用的特殊性，本规程把所有可能涉及的项目分为三类来区别对待：一类属于必检项目，涉及内容必须符合相应标准滤光器的计量性能表格的要求；二类属于信息项目，指标准滤光器使用中涉及的必要信息；三类是可选项目，此类项目可按照客户的要求，选择给出或不给出。

7.1 检定条件

7.1.1 检定设备

光谱光度检定装置应具备以下性能：波长分辨力优于 0.05 nm ；波长示值误差优于 $\pm 0.2\text{ nm}$ ；特征波长点透射比的示值误差优于 ± 0.001 ；杂散辐射水平低于 1×10^{-5} ；测量的光谱范围应覆盖开展工作所需的光谱范围。

7.1.2 检定环境

检定的环境温度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，相对湿度不大于65%，保存和工作环境中不应有引起标准滤光器或其膜层腐蚀的气体。

7.2 检定项目

如表7所示。

表7 标准滤光器检定项目一览表

检定项目		首次检定	后续检定	使用中检验
透射比 标准滤光片	外观	+	+	+
	透射比年变化量	—	+	+
	透射比正反面检测差值	+	—	—
	透射比均匀性	+	—	+
	特征波长点的光谱透射比	+	+	+
吸收型 波长标准滤光片	外观	+	+	+
	特征波长年变化量	—	+	+
	相对峰高	+	+	+
	特征峰峰值波长点	+	+	+
	相对峰高/光谱带宽	+	+	+
	特征峰对称性/相对峰高	+	+	+

表 7 (续)

检 定 项 目		首次检定	后续检定	使用中检验
干涉滤光片型 波长标准滤光片	外观	+	+	+
	峰值波长	+	+	+
	峰值透射比	+	+	+
	半宽度	+	+	+
	截止区背景光透射比	+	—	+
	波形系数	+	—	+
	峰值波长年变化量	—	+	+
	峰值波长均匀性	+	—	+
	峰值波长正反面检测差值	+	—	—
截止型 杂散辐 射标准滤光片	外观	+	+	+
	截止波长吸光度年变化量	—	+	+
	截止波长吸光度	+	+	+
	非截止区透射比	+	+	+
	斜率	+	—	—
注：“+”表示需检项目，“—”表示不需检项目。				

7.3 检定方法

7.3.1 外观检查

7.3.1.1 用目视法按 6.1.1~6.1.4 规定的各项内容进行外观检查。

7.3.1.2 对标准滤光器表面进行清洁处理,可用洗耳球吹净表面浮尘;经委托方允许后,对污染严重的标准滤光器用脱脂棉蘸洗净液(乙醇和乙醚的 1:4 混合物)擦净表面,并按 6.1.1~6.1.4 进行外观检查。

7.3.2 透射比标准滤光片的检定

利用光谱光度检定装置,开机,预热至少半小时(或按照设备要求预热),在固定波长条件下测量透射比标准滤光片的光谱透射比值。

a) 选择光谱光度检定装置到相应的波长点,校准 100%透射比。

b) 在测量样品位置放置被检光谱透射比标准滤光片,以空气作参比,读出相应特征波长点下的透射比值,重复 6 次,计算其算术平均值作为该标准滤光片的透射比值,并记录;按照贝塞尔公式(详见附录 D)计算相对标准偏差,要求同一波长点下的 6 个透射比平均值的相对标准偏差小于等于 0.03%,否则应重新测量。

c) 更换滤光片,重复上述 2 步骤。

d) 改变波长点,重复上述 3 个步骤,测量 2 350, 2 000, 1 690, 1 300, 1 000 nm (红外辐射区)、635, 590, 546, 465, 436 nm (可见辐射区)、365, 340, 300, 254 nm

(紫外辐射区)等规定波长点下对应的透射比值,或客户特殊要求的测量波长。

7.3.2.1 透射比年变化量

计算同一透射比标准滤光片两次周期检定的对应特征波长点下透射比值差值的绝对值。其结果应满足相应的表1或表2或表3的要求。

7.3.2.2 透射比正反面检测差值

在紫外、可见、近红外的特定波长点处(紫外、可见、近红光谱区分别取365, 546, 1 690 nm作为特征波长点),测量光谱光度检定装置的入射光(此处每一测试点的测量光束直径为5 mm)从透射比标准滤光片正面中心点射入与从背面中心点射入时的两个透射比值,计算差值,取绝对值。其结果应满足相应的表1或表2或表3的要求。

7.3.2.3 透射比均匀性

在透射比标准滤光片中心点及距中心点上下各5 mm处,分别测量特定波长点(测量光束直径5 mm,紫外、可见、近红光谱区分别取365, 546, 1 690 nm作为特征波长点)的透射比值。计算三处透射比值的差值,取其绝对值。其中最大值应满足相应的表1或表2或表3的要求。

7.3.2.4 雾度

以透射比标准滤光片的雾度值来评价标准滤光器对光的散射性能。作为第三类检定的信息项目,可选其中定波长点(例如365, 546, 1 690 nm)测量样品的雾度,详细说明见附录C。

7.3.3 吸收型波长标准滤光片和干涉滤光片的检定

利用光谱光度检定装置,开机预热至少半小时(或按照设备要求预热)后,采用波长扫描方式测量。

a) 选择相应的波长范围,以不大于0.05 nm的步长(或数据间隔)校正100%基线。

b) 在测量窗口放置被检波长标准滤光片,以空气作参比,以不大于0.05 nm的步长(或数据间隔)测出被检波长标准滤光片的光谱透射比曲线,选择波长标准滤光片的特征峰。对于氧化钛、锆钽、锆钼等吸收型波长标准滤光片,选择特征峰的原则是:尽量选择对称、尖锐的峰作为特征峰,推荐的做法是按照表4中所列的相对峰高,峰值对称性,带宽等指标(具体可参考附录A)来选择特征峰,并记录。

利用光谱光度检定装置从长波扫描到短波和从短波扫描到长波的不同测量状态,比较特征波长点的变化值。定为第三类可以选用的检测方法,针对高准确度的仪器测量时推荐采用。

7.3.3.1 吸收型波长标准滤光片的特征峰

根据7.3.3吸收型波长标准滤光片检定方法测出的光谱透射比曲线,记录标准滤光片特征峰的峰值波长点、峰值透射比值,计算其相对峰高,光谱带宽,吸收峰对称性等,详细说明见附录A。

7.3.3.2 吸收型波长标准滤光片和干涉滤光片的特征峰峰值波长年变化量

计算同一标准滤光片两次周期检定结果中的相应的特征峰峰值波长点的差值的

绝对值。

7.3.3.3 干涉滤光片的波长均匀性

在干涉滤光片中心点及距中心点上下各 5 mm 处, 分别测量干涉滤光片的峰值波长点, (此处每一测试点的测量光束直径为 5 mm), 交叉计算三处的差值, 取其绝对值, 其中最大值应满足表 5 的相应的要求。

7.3.3.4 干涉滤光片的波长正反面检测差值

测量光谱光度检定装置的入射光 (此处每一测试点的测量光束直径为 5 mm) 从干涉滤光片正面中心点射入与从背面中心点射入的峰值波长, 计算其差值, 差值的绝对值应满足表 5 的相应的要求。

7.3.3.5 干涉滤光片的半宽度

根据 7.3.3 标准滤光片检定方法测出的光谱曲线, 找到对应于最大透射比值一半的两点所对应的波长, 计算两者的差值, 取其绝对值。

7.3.3.6 干涉滤光片的截止区背景光透射比

根据 7.3.3 标准滤光片检定方法测出的光谱曲线, 除透射主峰外, 找出其他范围的背景光的最大的透射比。

7.3.3.7 干涉滤光片的波形系数

根据 7.3.3 标准滤光片检定方法测出的光谱曲线, 找到对应于最大透射比值的 10% 的两点处的波长点值, 计算两者的差值, 除以其半宽度, 取其绝对值。

7.3.4 截止型杂散辐射标准滤光片检定

利用光谱光度检定装置, 采用波长扫描方式, 开机, 预热至少半小时 (或按照设备要求预热)。

a) 选择相应的波长范围, 扫描透射比 100% 和 0% 两条基线。

b) 在测量窗口放置被检截止型杂散光标准滤光片, 以空气作参比, 测出其光谱曲线。

7.3.4.1 吸光度年变化量

计算同一截止型杂散辐射标准滤光片两次周期检定的对应标称截止波长点的吸光度的差值, 取其绝对值。

7.3.4.2 截止波长吸光度

根据 7.3.4 标准滤光片检定方法测出的光谱曲线, 取标称截止波长点处的光谱吸光度值。

7.3.4.3 非截止区 (透光区) 透射比

根据 7.3.4 标准滤光片检定方法测出的光谱曲线, 取截止型杂散辐射标准滤光片的斜率小于等于 0.5 的截止区 (透光区) 的光谱透射比值。详细说明见附录 B。

7.3.4.4 斜率

利用截止型杂散辐射标准滤光片在非截止区的最大透射比值的 80% 与 20% 处对应的两点透射比和波长点值来计算其斜率值, 计算方法详见附录 B。

7.3.4.5 雾度

以截止型杂散辐射标准滤光片的雾度值来评价标准滤光器对光的散射性能。作为第

三类检定的信息项目，选择其非截止区测量样品的雾度，测量和计算方法详细说明见附录 C。

7.4 检定结果处理

经检定合格的滤光片，发给检定证书；不合格的发给检定结果通知书，并注明不合格项。但首次检定暂不定级，不评价年稳定性。使用一年后复检根据第 5 条要求给予定级，对镀膜类标准滤光器，首次检定暂不定级，使用半年后复检并根据第 5 条要求给予定级。

7.5 检定周期

镀膜的标准滤光器（包括镀膜透射比标准滤光片和干涉滤光片），需要对其稳定性进行考察，在使用的初期（前三年），建议每半年进行一次检定，之后可以一年检定一次。

其他标准滤光器检定周期一般不超过 1 年。

送检时应附上一次检定证书。

检定证书的内页格式见附录 F~I。

附录 A

吸收型波长标准滤光片的特性参数

A.1 特征峰总量：指吸收型波长标准滤光片的特征峰的总的数量。

A.2 相对峰高：吸收型波长标准滤光片的相对峰高是指特征峰峰谷的透射比值与相邻该特征峰峰谷最小的峰顶的透射比值的差值的绝对值。例如图 A.1 中，特征峰 2 的相对峰高：

$$\Delta\tau = |\tau_1 - \tau_2| \quad (\text{A.1})$$

A.3 对称性：吸收型波长标准滤光片的带宽是指特征峰相对峰高的半峰高处（指图中 $\tau_{1/2}$ 处）与曲线相交的两点波长值差值的绝对值。例如图 A.1 中，特征峰 2 的带宽：

$$\Delta\lambda = |\lambda_1 - \lambda_2| \quad (\text{A.2})$$

吸收型波长标准滤光片的对称性是指特征峰的波长值与理论波长值的差值的绝对值，理论波长值可以认为是特征峰相对峰高的半峰高处（指图中 $\tau_{1/2}$ 处）与曲线相交的两点波长值的和的一半。例如图 A.1 中，特征峰 2 的对称性：

$$\Phi_\lambda = \left| \lambda_0 - \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} \right| \quad (\text{A.3})$$

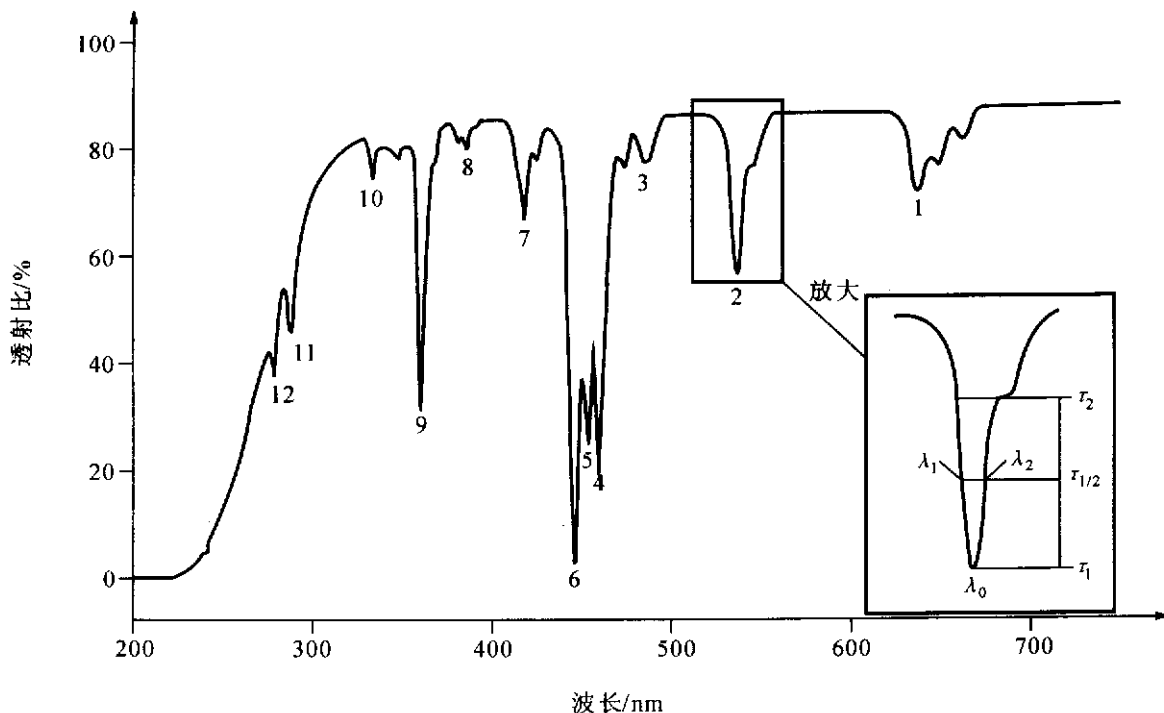


图 A.1 吸收型波长标准滤光片示例图

λ_0 —特征波长点的波长值； τ_1 —特征波长点的透射比值； τ_2 —以特征波长点作为峰谷，峰谷到拐点（峰顶）的最小透射比值； $\tau_{1/2}$ —特征波长点由峰谷到拐点的透射比值的差值的一半； λ_1, λ_2 —特征波长点对应 $\tau_{1/2}$ 点的两个波长点值

附录 B

截止型杂散辐射标准滤光片的特性参数

B.1 截止波长吸光度

截止型杂散辐射标准滤光片的截止波长吸光度是指在标称截止波长处该滤光片的吸光度值。

B.2 斜率

截止型杂散辐射标准滤光片的斜率指取滤光片在透光区的最大透射比值的 80% 和 20% 两点的数值来计算。例如图 B.1 中, 该滤光片的斜率:

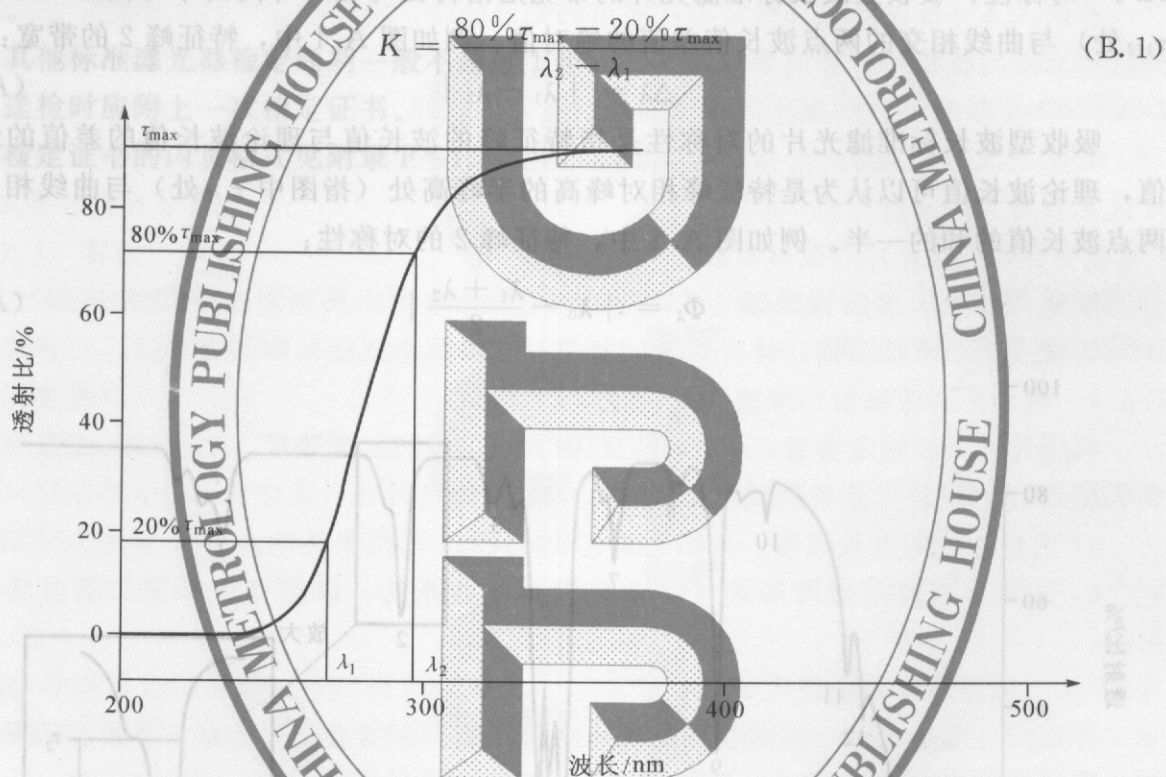


图 B.1 截止型杂散辐射标准滤光片示例图

$\tau_{\max}$ —截止型杂散辐射标准滤光片在非截止区的最大透射比值;

λ_1, λ_2 —对应 $20\% \tau_{\max}$ 和 $80\% \tau_{\max}$ 的两点波长值

附录 C

D 录棚

光谱光度学公差 雾 度 平常宽度评定实例

透明材料的散透射比 τ_d 与该透明材料的总透射比 τ 的比值, 称为该材料的雾度值。常用省略百分号的百分数大分子表示, 用 H 代表雾度, 则有:

$$H = \frac{\tau_d}{\tau} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

雾度的测量原理如式(C.2)所示:

$$H = \left(\frac{T_4}{T_2} - \frac{T_3}{T_1} \right) \times 100\% \quad (\text{C.2})$$

式中: T_1 ——入射辐射通量;

T_2 ——透明材料试样的总透射辐射通量;

T_3 ——测量装置本身的散入射辐射通量;

T_4 ——测量装置和试样的散透射辐射通量。

雾度的测量装置的原理示意如图 C.1 所示。

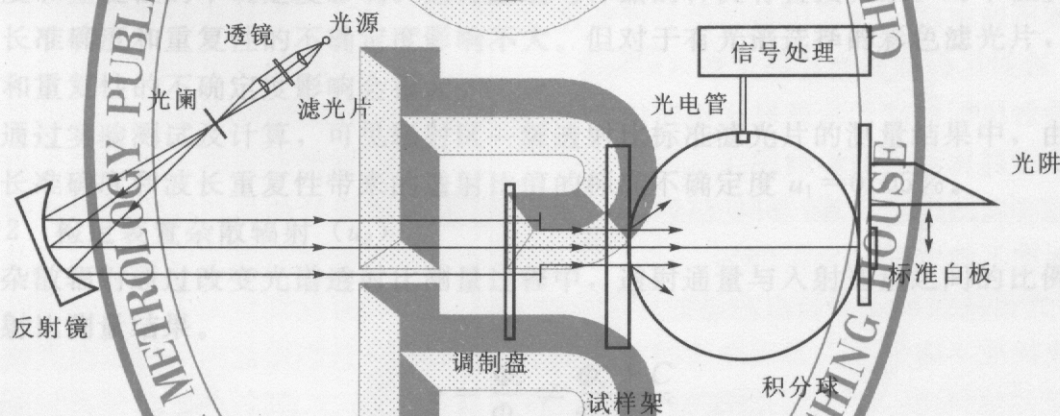


图 C.1 雾度的测量装置的原理示意图

附录 D

算术平均值和贝塞尔公式

对被测量 Q ，在重复条件或复现性条件下进行 n 次独立重复测量，其测量值为 q_i ($i=1, 2, \dots, n$)。算术平均值 $\bar{q}$ 为：

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i \quad (\text{D. 1})$$

对同一被测量作 n 次测量，表征测量结果分散性的量 s 可按照如下所示的贝塞尔公式来计算：

$$s(q_k) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2}{n-1}} \quad (\text{D. 2})$$

式中： q_k ——第 k 次测量结果；

$\bar{q}$ —— n 次测量结果的算术平均值，此时 n 要求不小于 10。

附录 E

光谱光度计标准滤光器测量不确定度评定实例

E.1 透射比标准滤光片测量不确定度评定

检定透射比标准滤光片的测量方法主要有两种,定波长测量光谱透射比的方法和扫描波长测量光谱透射比的方法。采用这两种方法测量得到的结果其不确定度评定的情况有所不同。下面以测量可见区一级标准滤光片光谱透射比为例,分析影响透射比标准滤光片透射比值的测量不确定度,其影响的因素主要有:

E.1.1 检定装置波长准确度和波长重复性 (u_1)

可以采用原子谱线法(如利用汞灯和氖灯的多条发射谱线)检测标准装置的波长准确度。根据实际检测的结果判定在各波长范围的波长准确度和波长重复性对于光谱透射比的影响。

在选用不同的光谱带宽检测光谱透射比时,波长准确度和重复性可能发生变化。针对实际测量的样品要求,分析在测量点发生波长偏差时可能引入的透射比偏差记入波长准确度和重复性的不确定度影响。这种影响与样品的种类有直接关系。对中性灰色滤光器波长准确度和重复性的不确定度影响不大。但对于有光谱选择的彩色滤光片,波长准确度和重复性的不确定度影响会很大。

通过实验测试及计算,可见辐射区一级透射比标准滤光片的测量结果中,由检定装置波长准确度和波长重复性带来的透射比值的标准不确定度 $u_1 = 0.05\%$ 。

E.1.2 检定装置杂散辐射 (u_2)

杂散辐射通过改变光谱透射比测量过程中,透射通量与入射通量之间的比例关系影响透射比测量结果。

$$\tau = \frac{\Phi_t}{\Phi_i} \neq \frac{\Phi_t + C}{\Phi_i + C} \quad (\text{E.1})$$

式中, C 为杂散辐射通量。当透射通量 Φ_t 很小时,杂散辐射通量的影响会很大。

杂散辐射对于光谱透射比测量结果的影响,只能利用实际测量杂散辐射和光谱透射比的数据,通过上面的计算公式进行估算。

通过实验测试及计算,可估算得到辐射区一级透射比标准滤光片的测量结果中,由检定装置杂散辐射带来的透射比值的标准不确定度 $u_2 = 0.0005\%$ 。

E.1.3 检定装置光电探测系统响应度线性 (u_3)

可以利用双孔叠加法检测装置的光电探测系统响应度线性。利用测量得到的响应度线性结果对光谱透射比测量值进行修正并记入不确定度的影响因素。

通过实验测试及计算,可见辐射区一级透射比标准滤光片的测量结果中,由检定装置光电探测系统响应度线性带来的透射比值的标准不确定度 $u_3 = 0.1\%$ 。

E.1.4 检定装置透射比测量重复性 (u_4)

利用检定装置多次测量中性透射比滤光器的光谱透射比来评估检定装置透射比测量重复性,测量结果的重复性以标准偏差表示。

扫描测量的测量重复性由样品的光谱选择性和透射比的幅度决定。

通过实验测试及计算,可见辐射区一级透射比标准滤光片的测量结果中,由检定装置透射比测量重复性带来的透射比值的标准不确定度 $u_4 = 0.03\%$ 。

E.1.5 测量装置稳定性 (u_5)

通过常年的检定和期间核查结果可以估计得到检定装置的稳定性对标准滤光器透射比的影响。

通过实验测试及计算,可见辐射区一级透射比标准滤光片的由检定装置稳定性带来的透射比值的标准不确定度 $u_5 = 0.05\%$ 。

E.1.6 检定装置基线平直度 (u_6)

当采用扫描测量的方法测量光谱透射比时,必须考虑检定装置基线扫描平直度对测量结果的影响。可以按照不同光谱区域,分别估算基线平直度对光谱透射比测量结果的影响。

在采用定波长测量光谱透射比的方法时,无此项不确定度的影响。

E.1.7 透射比标准滤光片透射比加工质量 (u_7)

通过测量透射比标准滤光片上中下三点的透射比和正反方向透射比的偏差可以估计透射比标准滤光片材料均匀性和加工质量对光谱透射比测量结果的影响。

通过实验测试及计算,可见辐射区一级透射比标准滤光片的加工质量带来的透射比值的标准不确定度 $u_7 = 0.05\%$ 。

E.1.8 透射比标准滤光片稳定性 (u_8)

从透射比标准滤光片透射比年变化率可以估计其长期稳定性对在正常使用过程中滤光片光谱透射比量值的影响。

通过实验测试及计算,可见辐射区一级透射比标准滤光片的长期稳定性带来的透射比值的标准不确定度 $u_8 = 0.05\%$ 。

E.1.9 光谱透射比定波长点测量的合成标准不确定度

合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2 + u_8^2} \quad (\text{E.2})$$

有效自由度:

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4}{\sum \frac{u_i^4}{\nu_i}} \quad (\text{E.3})$$

取置信概率 $p=95\%$,由 t 分布表查表得出包含因子 k 值,计算相对扩展不确定度为

$$U = k u_c \quad (\text{E.4})$$

由于各检定单位装置和人员、环境条件的差别,检定结果的不确定度各不相同。按照上述分析,通过实验测试估算的扩展不确定度 ($k=2$) 如表 E.1 所示。

表 E.1 透射比标准滤光片扩展不确定度估算表 ($k=2$)

级别	可见辐射区	紫外辐射区	红外辐射区
一级光谱透射比标准滤光片	$<0.3\%$	$<0.5\%$	$<0.5\%$
二级光谱透射比标准滤光片	$<0.5\%$	$<0.8\%$	$<0.8\%$

上述测量结果给出的扩展不确定度除以扩展因子可作为溯源引入的不确定度分量，与测量应用过程中的不确定度分量合成可作为测量结果的不确定度。

E.2 杂散辐射标准滤光片测量不确定度评定

检定杂散辐射标准滤光片的方法主要是扫描波长测量光谱透射比的方法。影响检定杂散辐射标准滤光片测量结果不确定度的因素主要有：

E.2.1 检定装置波长准确性和波长重复性 (u_1)

可以采用原子谱线法。如利用汞灯和氖灯的多条发射谱线，检测标准装置的波长准确性。根据实际检测的结果判定在各波长范围的波长准确度和波长重复性指标。在选用不同的光谱带宽检测吸光度时，波长准确度和重复性可能发生变化。针对实际测量的样品要求，分析在测量点发生波长偏差时可能引入的吸光度偏差记入波长准确度和重复性的不确定度影响。

通过实验测试及计算，一级杂散辐射标准滤光片的测量结果中，由检定装置波长准确度和波长重复性带来的透射比值的标准不确定度 $u_1 = 0.05\%$ 。

E.2.2 检定装置杂散辐射比率 (u_2)

与杂散辐射对光谱透射比测量结果的影响相似，当透射通量 Φ_t 很小时，杂散辐射对吸光度的测量结果影响很大。

通过实验测试及计算，一级杂散辐射标准滤光片的测量结果中，由检定装置杂散辐射比率带来的透射比值的标准不确定度 $u_2 = 0.2\%$ 。

E.2.3 检定装置光电探测系统响应线性度 (u_3)

由于测量杂散辐射滤光器吸光度时的光电信号动态范围大，由此引入的响应度线性的影响也相对较大，通常利用在检定装置后光路插入衰减器的方法减小信号的动态范围，从而减小响应度线性对测量结果的影响。

利用双孔叠加法检测装置的光电探测系统响应线性度。利用测量得到的响应线性度结果对光谱透射比测量值进行修正并记入不确定度的影响因素。

通过实验测试及计算，一级杂散辐射标准滤光片的测量结果中，由检定装置光电探测系统响应线性度带来的透射比值的标准不确定度 $u_3 = 0.1\%$ 。

E.2.4 检定装置透射比测量重复性 (u_4)

利用检定装置多次测量中性透射比标准滤光片的光谱透射比来评估检定装置透射比测量重复性。测量结果的重复性以标准偏差表示。

通过实验测试及计算，一级杂散辐射标准滤光片的测量结果中，由检定装置透射比测量重复性带来的透射比值的标准不确定度 $u_4 = 0.03\%$ 。

E.2.5 测量装置稳定性 (u_5)

通过常年的检定和期间核查结果可以估计得到检定装置的稳定性对标准滤光器透射比的影响。

通过实验测试及计算，一级杂散辐射标准滤光片的测量结果中，由检定装置装置稳定性带来的透射比值的标准不确定度 $u_5 = 0.05\%$ 。

E.2.6 检定装置基线平直度 (u_6)

当采用扫描测量的方法测量光谱透射比时，必须考虑检定装置基线扫描平直度对测

量结果的影响。可以按照不同光谱区域,分别估算基线平直度对光谱透射比测量结果的影响。

通过实验测试及计算,一级杂散辐射标准滤光片的测量结果中,由检定装置基线平直度带来的透射比值的标准不确定度 $u_6 = 0.2\%$ 。

E.2.7 杂散辐射标准滤光片性能的影响 (u_7)

包括吸光度的年变化量,过渡区透射比随波长变化的斜率,杂散辐射标准滤光片散射特性对于测量结果的影响。

通过实验测试及计算,一级杂散辐射标准滤光片的测量结果中,由杂散辐射标准滤光片性能带来的透射比值的标准不确定度 $u_7 = 0.05\%$ 。

E.2.8 扫描测量光谱透射比的合成标准不确定度

合成标准不确定度:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2} \quad (\text{E.5})$$

有效自由度:

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4}{\sum \frac{u_i^4}{\nu_i}} \quad (\text{E.6})$$

取置信概率 $p=95\%$,由 t 分布表查表得出包含因子 k 值,计算相对扩展不确定度为

$$U = k u_c \quad (\text{E.7})$$

根据各检定单位装置和人员、环境条件的差别,检定结果的不确定度各不相同。根据上述分析,主编单位通过实验测试,计算一级杂散辐射标准滤光片的测量结果不确定度 ($k=2$) 一般可以优于 0.7% ,二级杂散辐射标准滤光片的测量结果不确定度 ($k=2$) 一般可以优于 0.8% 。

上述测量结果给出的扩展不确定度除以扩展因子可作为溯源引入的不确定度分量,与测量应用过程中的不确定度分量合成可作为测量结果的不确定度。

E.3 吸收型波长标准滤光片检定结果不确定度评定

检定吸收型波长标准滤光片的方法主要是扫描波长测量光谱透射比的方法。影响吸收型波长标准滤光片测量不确定度的因素主要有:

E.3.1 检定装置波长准确度 (u_1)

可以采用原子谱线法。如利用汞灯和氘灯的多条发射谱线,检测标准装置的波长准确度。

通过实验测试及计算,一级吸收型波长标准滤光片的测量结果中,由检定装置波长准确度带来的波长值的标准不确定度 $u_1 = 0.05 \text{ nm}$ 。

E.3.2 检定装置波长重复性 (u_2)

采用扫描测量吸收型波长标准滤光片时,需要考虑装置扫描的波长重复性对测量结果的影响。用三次扫描发射谱线的波长偏差,估计对于检定波长标准滤光片结果的影响。

通过实验测试及计算,一级吸收型波长标准滤光片的测量结果中,由检定装置波长重复性带来的波长值的标准不确定度 $u_2 = 0.025 \text{ nm}$ 。

E.3.3 检定装置光谱带宽准确度 (u_3)

由于吸收型波长标准滤光片吸收峰的不对称性,当检定装置选用不同的光谱带宽时,得到的吸收峰的峰底波长位置不同。一般选用与检定光谱光度仪器时所采用的相同光谱带宽检定吸收型波长标准滤光片。即便如此,检定装置的光谱带宽的显示偏差仍然会影响测量结果。这种影响需要实际测量后校正,并估算出残余偏差对于滤光片吸收峰峰底位置测量结果的影响。

通过实验测试及计算,一级吸收型波长标准滤光片的测量结果中,由检定装置光谱带宽准确度带来的波长值的标准不确定度 $u_3=0.01\text{ nm}$ 。

E.3.4 检定装置光电探测系统信号噪声 (u_4)

吸收峰峰底位置的确定,同样取决于光谱透射信号的稳定性,不同于检定装置的测量重复性,它主要取决于滤光器吸收峰的峰底波长位置、吸收峰尖锐程度和吸收深度。

通过实验测试及计算,一级吸收型波长标准滤光片的测量结果中,由检定装置光电探测系统信号噪声带来的波长值的标准不确定度 $u_4=0.05\text{ nm}$ 。

E.3.5 检定装置基线平直度 (u_5)

当采用扫描测量的方法测量吸收峰峰值位置时,需考虑检定装置基线扫描平直度对测量结果的影响。与检定装置光电探测系统信号噪声近似,它也是叠加在峰值透射信号上的噪声信号,但不同的是,它是在装置自校准时预设到装置内存中的。

通过实验测试及计算,一级吸收型波长标准滤光片的测量结果中,由检定装置基线平直度带来的波长值的标准不确定度 $u_5=0.025\text{ nm}$ 。

E.3.6 吸收型波长标准滤光片材料和加工质量的影响 (u_6)

由于滤光器材料中的气泡条纹或由于加工造成的缺陷,会改变测量光线传输的方向。因此在不同光路条件的仪器中,其吸收峰峰顶位置的测量结果会有一定偏差。

通过实验测试及计算,一级吸收型波长标准滤光片的测量结果中,由吸收型波长标准滤光片材料和加工质量带来的波长值的标准不确定度 $u_6=0.005\text{ nm}$ 。

E.3.7 吸收型波长标准滤光片稳定性 (u_7)

从吸收型波长标准滤光片特征波长年变化量可以估计其长期稳定性对在正常使用过程中对波长检定的影响。

通过实验测试及计算,一级吸收型波长标准滤光片的测量结果中,由吸收型波长标准滤光片稳定性带来的波长值的标准不确定度 $u_7=0.1\text{ nm}$ 。

E.3.8 扫描测量吸收型波长标准滤光片吸收峰峰底波长位置的合成标准不确定度

合成标准不确定度:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2} \quad (\text{E.8})$$

有效自由度:

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4}{\sum \frac{u_i^4}{\nu_i}} \quad (\text{E.9})$$

取置信概率 $p=95\%$,由 t 分布表查表得出包含因子 k 值,计算相对扩展不确定度为

$$U = ku_c \quad (\text{E.10})$$

根据各检定单位装置和人员、环境条件的差别,检定结果的不确定度各不相同。按照上述分析,主编单位通过实验测试,计算得到一级吸收型波长标准滤光片的测量结果不确定度($k=2$)一般可以优于0.3 nm,二级吸收型波长标准滤光片的测量结果不确定度($k=2$)一般可以优于0.5 nm。

上述测量结果给出的扩展不确定度除以扩展因子可作为溯源引入的不确定度分量,与测量应用过程中的不确定度分量合成可作为测量结果的不确定度。

E.4 干涉滤光片检定结果不确定度评定

检定干涉滤光片的方法主要是扫描波长测量光谱透射比的方法。影响干涉滤光片测量不确定度的因素主要有:

E.4.1 检定装置波长准确度(u_1)

可以采用原子谱线法。如利用汞灯和氖灯的多条发射谱线,检测标准装置的波长准确性。

通过实验测试及计算,一级干涉滤光片的测量结果中,由检定装置波长准确度带来的波长值的标准不确定度 $u_1=0.05$ nm。

E.4.2 检定装置波长重复性(u_2)

采用扫描测量干涉滤光片时,需要考虑装置扫描的波长重复性对测量结果的影响。用三次扫描发射谱线的波长偏差,估计对于检定干涉滤光片测量结果的影响。

通过实验测试及计算,一级干涉滤光片的测量结果中,由检定装置波长重复性带来的波长值的标准不确定度 $u_2=0.025$ nm。

E.4.3 检定装置光谱带宽准确度(u_3)

由于干涉滤光片透射峰的不对称性,当检定装置选用不同的光谱带宽时,得到的峰顶波长位置不同。一般选用与检定光谱光度仪器时所采用的相同光谱带宽检定干涉滤光片。

通过实验测试及计算,一级干涉滤光片的测量结果中,由检定装置光谱带宽准确度带来的波长值的标准不确定度 $u_3=0.01$ nm。

E.4.4 检定装置光电探测系统信号噪声(u_4)

干涉滤光片透射峰峰顶位置的确定,同样取决于光谱透射信号的稳定性,不同于检定装置的波长测量重复性,它主要取决于干涉滤光片的峰顶波长位置、透射峰尖锐程度和峰值透射比。

通过实验测试及计算,一级干涉滤光片的测量结果中,由检定装置光电探测系统信号噪声带来的波长值的标准不确定度 $u_4=0.05$ nm。

E.4.5 检定装置基线平直度(u_5)

当采用扫描测量的方法测量透射峰峰值位置时,需考虑检定装置基线扫描平直度对测量结果的影响。与检定装置光电探测系统信号噪声近似,它也是叠加在峰值透射信号上的噪声信号,但不同的是,它是在装置自校准时预设到装置内存中的。

通过实验测试及计算,一级干涉滤光片的测量结果中,由检定装置基线平直度带来的波长值的标准不确定度 $u_5=0.025$ nm。

E.4.6 干涉滤光片加工质量和安装位置的影响(u_6)

由于干涉滤光片加工造成的缺陷或测量时安装角度的影响, 会改变测量光线传输的方向和干涉增强波长的分布。因此在不同光路条件的仪器中, 其干涉滤光片透射峰峰顶位置的测量结果会有一定变化。

通过实验测试及计算, 一级干涉滤光片的测量结果中, 由干涉滤光片加工质量和安装位置带来的波长值的标准不确定度 $u_6 = 0.15 \text{ nm}$ 。

E. 4.7 干涉滤光片的稳定性 (u_7)

干涉滤光片的透射峰峰值波长位置随储存环境、时间或使用方法会发生变化。从干涉滤光片峰值波长年变化量可以估计其长期稳定性对在正常使用过程中对波长检定的影响。

通过实验测试及计算, 一级干涉滤光片的测量结果中, 由干涉滤光片的稳定性带来的波长值的标准不确定度 $u_7 = 0.15 \text{ nm}$ 。

E. 4.8 扫描测量干涉滤光片峰值波长的合成标准不确定度

合成标准不确定度:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2} \quad (\text{E. 11})$$

有效自由度:

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4}{\sum \frac{u_i^4}{\nu_i}} \quad (\text{E. 12})$$

取置信概率 $p=95\%$, 由 t 分布表查表得出包含因子 k 值, 计算相对扩展不确定度为

$$U = k u_c \quad (\text{E. 13})$$

干涉滤光片半宽度的测量不确定度评定与峰值波长的测量不确定度情况相似, 只是在考虑检定装置带宽影响时, 应该比测量峰值位置时的适当放大。

干涉滤光片峰值波长透射比的测量不确定度评定与光谱透射比标准滤光片中扫描测量透射比的情况相同。

根据各检定单位装置和人员、环境条件的差别, 检定结果的不确定度各不相同。按照上述分析, 主编单位通过实验测试, 计算得到一级干涉滤光片的峰值波长测量结果不确定度 ($k=2$) 一般可以优于 0.5 nm ; 二级干涉滤光片的峰值波长测量结果不确定度 ($k=2$) 一般可以优于 0.8 nm 。

上述测量结果给出的扩展不确定度除以扩展因子可作为溯源引入的不确定度分量, 与测量应用过程中的不确定度分量合成可作为测量结果的不确定度。

附录 F

透射比标准滤光片检定证书内页格式

型号规格：				出厂编号：		
外观质量						
透射比 波长/nm	透射比值			年变化量		
	样品 1 #	样品 2 #	样品 3 #	样品 1 #	样品 2 #	样品 3 #
2 350						
2 000						
1 690						
1 300						
1 000						
635						
590						
546						
465						
436						
365						
340						
300						
254						
雾度						

波长	正反差别			均匀性			雾 度		
	1 #	2 #	3 #	1 #	2 #	3 #	1 #	2 #	3 #
365									
546									
1 690									
结论									

检定日期： 年 月 日

温 度： ℃

湿 度： %RH

检定员：

核验员：

附录 G

吸收型波长标准滤光片检定证书内页格式

型号规格：				出厂编号：		
外观质量						
序号	吸收峰波长/nm	年变化量/nm	相对峰高 (透射比)	相对峰高/ 光谱带宽	吸收峰对称性/ 光谱带宽	级别
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
结论						

检定日期： 年 月 日

温 度： ℃

湿 度： %RH

检定员：

核验员：

附录 H

干涉滤光片检定证书内页格式

型号规格：		出厂编号：	
样品编号	1 #	2 #	3 #
外观质量			
峰值波长/nm	中心点波长		
	年变化量		
峰值波长透射比			
半宽度/nm			
截止区背景光透射比			
波形系数			
结论			

	正反差别			均匀性		
	样品 1 #	样品 2 #	样品 3 #	样品 1 #	样品 2 #	样品 3 #
峰值波长/nm						
结论						

检定日期： 年 月 日

温 度： ℃

湿 度： %RH

检定员：

核验员：

附录 I

截止型杂散辐射标准滤光片检定证书内页格式

型号规格：		出厂编号：	
样品编号			
外观质量			
截止波长吸光度			
截止波长吸光度年变化量			
非截止区透射比			
斜率			
雾度			
结论			

检定日期： 年 月 日

温 度： ℃

湿 度： %RH

检定员：

核验员：