

JJG

中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 976—2010

透射式烟度计

Opacimeters

2010年01月1日发布

2010年07月01日实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

透射式烟度计检定规程

Verification regulations of Opacimeters

JJG 976—2010
替代 JJG 976—2002

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2010 年 01 月 01 日批准,并自 2010 年 07 月 01 日施行。

归口单位: 全国光学计量技术委员会

起草单位: 江西省计量测试研究院

广东省计量科学研究院

中国计量协会机动车计量检测技术工作委员会

参加单位: 山西省计量监督检定测试所

佛山市南华仪器有限公司

佛山分析仪有限公司

鸣泉电子有限公司

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：

戴映云 （江西省计量测试研究院）

权小箐 （广东省计量科学研究院）

鲍国华 （中国计量协会机动车计量检测技术工作委员会）

参加起草人：

白 敏 （山西省计量监督检定测试所）

杨耀光 （佛山市南华仪器有限公司）

李沛生 （佛山分析仪有限公司）

项 震 （鸣泉电子有限公司）

目 录

1	范围	4
2	引用文献	4
3	术语和计量单位	4
3.1	透射比	4
3.2	吸收比	4
3.3	光通道有效长度	4
3.4	光吸收系数	5
3.5	标准光通道有效长度	5
3.6	标准光通道有效长度的吸收比	5
4	概述	5
5	计量性能要求	5
5.1	吸收比	5
5.2	光吸收系数	6
5.3	测量电路的响应时间	6
5.4	烟气温度示值误差	6
5.5	油温示值误差	6
5.6	转速示值误差	6
6	通用技术要求	6
6.1	外观	6
6.2	输出接口	6
7	计量器具控制	7
7.1	检定条件	7
7.2	检定项目	7
7.3	检定方法	7
7.4	检定结果处理	11
7.5	检定周期	11
附录 A	标准中性滤光片透射比值	12
附录 B	检定记录	13
附录 C	检定证书内页格式	14
附录 D	检定结果通知书内页格式	15
附录 E	示值误差测量结果的不确定度评定	16

透射式烟度计检定规程

1 范围

本规程适用于分流式^①透射式烟度计^②（以下简称烟度计）的首次检定、后续检定和使用中的检验。

型式评价中的主要计量性能的试验，可参照本规程执行。

2 引用文献

ISO11614：1999(E) 《Reciprocating internal combustion compression-ignition engines — Apparatus for measurement of the opacity and for determination of the light absorption coefficient of exhaust gas (往复压燃式内燃机-测量光吸收比和测定排气光吸收系数的仪器)》

JJG 238—1995 数字式时间间隔测量仪（试行）检定规程

JJF1059—1999 测量不确定度评定与表示

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 透射比 τ transmittance τ

从光源发出的光通过充满烟气的暗通道，其透射的光通量与入射光通量之比。

$$\tau = \frac{\Phi}{\Phi_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中： Φ — 暗通道充满排放烟气时光接收器上接收到的光通量；

Φ_0 — 暗通道充满干净空气时光接收器上接收到的光通量。

3.2 吸收比^③ N absorptance N

从光源发出的光通过充满烟气的暗通道，其吸收的光通量与入射光通量之比。

$$N = \frac{\Phi_0 - \Phi}{\Phi_0} \times 100\% = 1 - \tau \quad (2)$$

3.3 光通道有效长度 L effective optical path length L

从光源发出的光到达仪器光接收器所通过充满烟气的暗通道长度，单位为 m 。按其结构

① 分流式又称取样式。相对应的还有全流式烟度计。

② 有称不透光度仪、不透光度计、不透光烟度计、透光式烟度计等。

③ 有称不透光度。

形式分为单通道和反射来回计程的两种光通道有效长度。

3.4 光吸收系数 K absorption coefficient K

由比尔—郎伯定律 (Beer-Lambert) 确定的系数。单位为 m^{-1} 。

$$K = -\frac{1}{L} \times \ln(\tau) = -\frac{1}{L} \times \ln(1-N) \quad (3)$$

3.5 标准光通道有效长度 L_s standard effective optical path length L_s

规定标准光通道有效长度为 0.430 m。

3.6 标准光通道有效长度的吸收比 N_s absorptance of the standard effective optical path length N_s

为保证烟气测量时各种烟度计测量结果的可比性，光通道有效长度为 L 的烟度计在测量烟气时，其显示的吸收比 N ，统一按公式 (4) 进行修正为吸收比值 N_s ，%。

$$N_s = 1 - e^{\frac{0.430}{L} \times \ln(1-N)} \quad (4)$$

4 概述

烟度计是用来测量压燃式发动机或装有压燃式发动机汽车排放可见污染物的仪器。

它的测量原理如图 1 所示，一定光通量 Φ_0 的入射光通过一段特定长度的被测烟柱，用光接收器上所接收到的透射光 Φ 的强弱来评定排放可见污染物的程度。

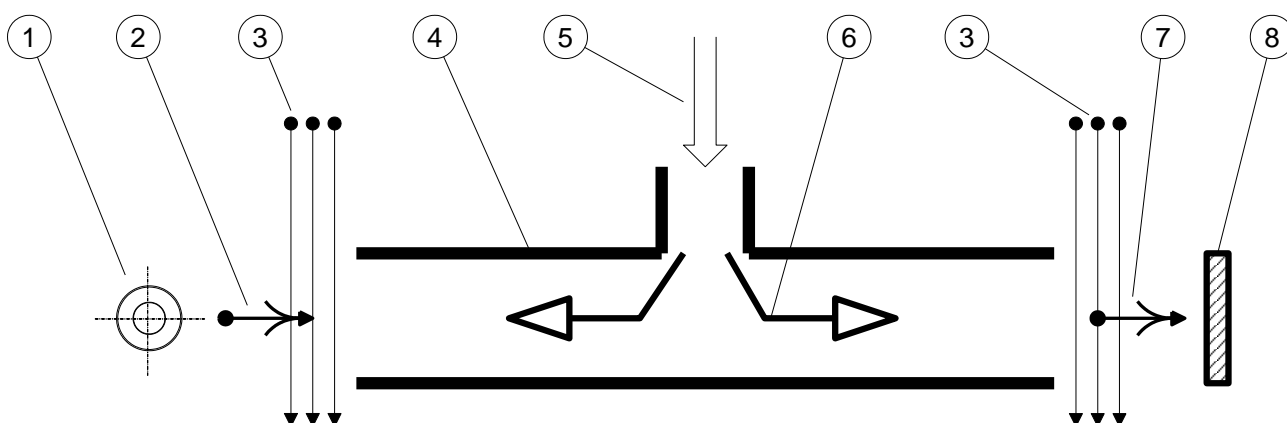


图 1 烟度计测量原理示意图

1—光源；2—入射光 Φ_0 ；3—风帘；4—光通道；5—烟气入口；6—光通道内烟气；7—透射光 Φ ；8—光接收器

烟度计一般由取样探头、测量部件、控制系统和显示仪表等部分组成。

5 计量性能要求

5.1 吸收比 N

5.1.1 示值范围：(0 ~ 98.6) %^①。

5.1.2 分辨力：0.1%^①。

5.1.3 最大允许误差：± 2.0%^①。

5.1.4 重复性：1.0%^①。

5.1.5 零点漂移：在 30min 中，烟度计的漂移不超过 1.0%^①。

5.2 光吸收系数 K

5.2.1 示值范围：(0~9.99) m^{-1} 。

5.2.2 分辨力：0.01 m^{-1} 。

5.2.3 示值的不一致性：指仪器的光吸收系数 K 的示值与按仪器的吸收比 N 的示值用公式(3)计算得到的光吸收系数 K 值之间的差值。不得大于 0.05 m^{-1} 。

5.3 测量电路的响应时间

烟度计测量电路的响应时间，即插入不透光的遮光片使光通过暗通道被全遮挡时，显示仪表指针或数显值从满量程的 10%到满量程的 90%时所需的时间应为 1.0s ± 0.1s。

5.4 烟气温度示值误差^②

烟度计的烟气温度示值误差不超过± 5 °C。

5.5 油温示值误差

对带有汽车发动机油温显示功能的烟度计，其油温示值误差不超过 ± 5 °C。

5.6 转速示值误差

对带有汽车发动机转速显示功能的烟度计，其转速示值误差不超过 ± 50 r/min。

6 通用技术要求

6.1 外观

6.1.1 烟度计应有清晰的铭牌，标明名称、型号、生产单位、出厂编号、制造计量器具许可证标志和制造日期。并应标明光通道有效长度。

6.1.2 仪表显示应清晰，无影响测量的缺损。

6.1.3 各种调节旋钮、按钮操作灵活、平稳，锁定可靠，不应有影响使用的缺陷。

6.2 输出接口

① 吸收比值。

② 应注意不能与烟室管壁温度值混淆。

应配置数字通信输出接口。

7 计量器具控制

7.1 检定条件

7.1.1 检定用设备

7.1.1.1 标准中性滤光片三片（几何尺寸与被检仪器适应）

a) 透射比分别约为 71%、50%、34%（用于光通道有效长度为反射来回计程的烟度计，应约为 84%、71%、58%）；

b) 透射比值按可见光（400~760）nm 范围中实测透射比值加权计算（见附录 A）；

c) 透射比的扩展不确定度应不大于 0.6%（透射比绝对量）， $k=2$ 。

7.1.1.2 数字式时间间隔测量仪

分辨力 0.01s。

7.1.1.3 标准镍铬-镍硅软线热电偶。

a) 测量范围（10 ~ 150）℃；

b) 不确定度 2.0℃。

7.1.1.4 油恒温槽。

温差 0.5℃。

7.1.1.5 数显温度计（铂电阻传感器）。

a) 测量范围（10 ~ 150）℃；

b) 准确度 0.5 级。

7.1.1.6 柴油发动机转速表校准装置

a) 转速范围（500~5000）r/min；

b) 示值误差 $\pm 1\%$ 。

7.1.2 检定环境条件

7.1.2.1 相对湿度 $\leq 85\%$ 。

7.1.2.2 温度：（0 ~ 40）℃。

7.1.2.3 电源电压：AC（220 \pm 22）V。

7.1.2.4 检定应在周围无影响测量的污染、振动、噪音和电磁干扰的环境下进行。

7.2 检定项目

检定项目见表 1。

7.3 检定方法

7.3.1 外观及输出接口

通过目测和手感、并根据使用说明书，按第 6.1、6.2 规定的各项内容进行检查。

7.3.2 吸收比 N

7.3.2.1 按烟度计使用说明书规定开机预热。

7.3.2.2 示值范围及分辨力

根据仪器说明书规定，调节吸收比 N 零位。插入不透光遮光片使光接收器全被遮住时，观察烟度计的示值范围及分辨力是否满足 5.1.1 及 5.1.2 的要求。

表 1 检定项目一览表

检定项目		首次检定	后续检定	使用中检验	
5.1	吸收比	示值范围	+	+	+
		分辨力	+	+	+
		最大允许误差	+	+	+
		重复性	+	+	+
		零点漂移	+	+	+
5.2	光吸收系数	示值范围	+	+	+
		分辨力	+	+	+
		示值的不一致性	+	+	+
5.3	测量电路的响应时间	+	+	+	
5.4	烟气温度示值误差	+	—	—	
5.5	油温示值误差	+	—	—	
5.6	转速示值误差	+	—	—	
6.1	外观	+	+	+	
6.2	数字通信输出接口	+	—	—	
注：“+”号为必检项目，“—”号为可检项目					

7.3.2.3 零点漂移

烟度计示值稳定后再次调节零位，并读取示值。每隔 10min 观察烟度计示值，连续 3 次。30min 内，四次示值间的最大差值即为检定值，应满足第 5.1.5 的要求。

7.3.2.4 示值误差

用三片标准中性滤光片，依次插入烟度计的规定位置，分别读取相应的吸收比 N 示值。重复测量 3 次，取 3 次示值平均值作为检定值。按公式 (5) 计算示值误差，均应满足第 5.1.3 最大允许误差的要求。

$$\Delta_{Ni} = \bar{N}_i - A_i \quad (5)$$

式中： Δ_{Ni} — 第 i 测量点 ($i = 1、2、3$)，吸收比示值误差；

\bar{N}_i — 第 i 测量点，3 次吸收比示值的平均值；

A_i — 第 i 测量点，标准中性滤光片吸收比值。

7.3.2.5 重复性

用透射比约为 50% 的中性滤光片（用于光通道有效长度为反射来回计程的烟度计，应约为 71%）插入烟度计的规定位置，读取烟度计示值，重复测量 6 次，按公式 (6) 计算重复性，应满足第 5.1.4 的要求。

$$r_{Ni} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (\bar{N}_z - N_{zi})^2}{5}} \quad (6)$$

式中： r_{Ni} — 吸收比重复性；

\bar{N}_z — 重复性测量 6 次吸收比示值的平均值；

N_{zi} — 第 i 次测量 ($i = 1、2、3、4、5、6$) 的吸收比示值。

7.3.3 光吸收系数 K

7.3.3.1 示值范围及分辨力

依据仪器说明书调节光吸收系数 k 零位。插入不透光遮光片使光接收器全被遮住时，观察烟度计的示值范围及分辨力是否满足 5.2.1 及 5.2.2 的要求。

7.3.3.2 光吸收系数 K 示值不一致性

在 7.3.2.4 吸收比 N 示值误差的检定同时进行，根据 3 个测量点显示的吸收比 N 和光吸收系数 K 示值，按公式 (7) 计算其不一致性，均应满足第 5.2.3 的要求。

$$\Delta_{ki} = | \bar{K}_i - [- \frac{1}{0.430} \times \ln(1 - \bar{N}_i)] | \quad (7)$$

式中： Δ_{ki} — 第 i 测量点，光吸收系数 K 示值的不一致性， m^{-1} ；

\bar{K}_i — 第 i 测量点，烟度计 3 次光吸收系数 K 示值的平均值， m^{-1} ；

\bar{N}_i — 第*i*测量点，烟度计 3 次吸收比 *N* 示值的平均值，%。

7.3.4 测量电路响应时间

将带时间间隔触发装置的数字式时间间隔测量仪接入被检烟度计数字通信输出接口。在瞬间插入不透光遮光片使光接收器全被遮住时，测量被检烟度计的输出从 10% 满量程到 90% 满量程时的时间。

也可以按被检烟度计的通讯协议，编制计算机程序（按每 20ms 间隔取测量点），将烟度计输出信号直接在计算机上显示、记录和打印测量结果。

测量电路响应时间应满足第 5.3 的要求。

7.3.5 烟气温度示值误差

将软线热电偶从进气口插入烟室内的进气口附近（注意不要碰到管壁），用电吹风或其他热风装置从进气口将热风吹入烟室，对烟度计烟气温度显示值进行检定。同时读取不少于二点的烟度计烟气温度显示值和软线热电偶测量的实际温度，按公式（8）计算示值误差。应满足第 5.4 的要求。

$$\Delta_{Ti} = Y_{Ti} - Y_{0Ti} \quad (8)$$

式中： Δ_{Ti} — 第*i*测量点（*i* = 1、2），烟度计显示的烟气温度的示值误差，℃；

Y_{Ti} — 第*i*测量点，烟度计显示的烟气温度，℃；

Y_{0Ti} — 第*i*测量点，软线热电偶测量得实际温度值，℃。

7.3.6 油温示值误差

将烟度计油温测量传感器和数显温度计的铂电阻传感器一起放在油恒温槽中，通过油恒温槽的加温至约 70℃、90℃ 检定。当油槽温度波动不超过 ± 1℃ 时，同时读取标准数显温度计和烟度计油温示值，按公式（9）计算示值误差。应满足第 5.5 的要求。

$$\Delta_{ti} = Y_{ti} - Y_{0ti} \quad (9)$$

式中： Δ_{ti} — 第*i*测量点（*i* = 1、2），烟度计油温测量示值误差，℃；

Y_{ti} — 第*i*测量点，烟度计油温显示值，℃；

Y_{0ti} — 第*i*测量点，数显温度计（铂电阻传感器）温度显示值，℃。

7.3.7 转速示值误差

将被检烟度计转速测量传感器，固定在柴油发动机转速表校准装置的规定位置。按使用说明要求，柴油发动机转速表校准装置开机预热，将柴油发动机转速表校准装置调整至

800r/min 和 3000r/min 测量点时, 读取被检烟度计的转速示值, 按公式 (10) 计算烟度计各次转速测量的示值误差。应满足第 5.6 的要求。

$$\Delta_{ni} = n_i - n_{0i} \quad (10)$$

式中: Δ_{ni} — 第 i 测量点 ($i = 1、2$), 烟度计转速示值误差, r/min;

n_i — 第 i 测量点, 烟度计转速显示值, r/min;

n_{0i} — 第 i 测量点, 柴油发动机转速表校准装置显示值, r/min。

7.4 检定结果处理

经检定符合本规程要求的烟度计发给检定证书, 检定证书内页格式见附录 C; 不符合本规程要求的烟度计发检定结果通知书, 并列出不合格项目名称及数据, 检定结果通知书内页格式见附录 D。

7.5 检定周期

烟度计检定周期不超过一年。

附录 A

标准中性滤光片透射比值

标准中性滤光片透射比值按可见光区间（400~760）nm 范围中，（470~650）nm^①每 10nm 间隔区间的实测透射比值按公式（A-1）加权计算而得：

$$\tau_i = \frac{\sum[\tau_{ij} \cdot V_j(\lambda)]}{\sum V_j(\lambda)} \quad (\text{A-1})$$

式中： τ_i —第*i*片中性滤光片（*i* = 1、2、3）的透射比值；

τ_{ij} —第*i*片中性滤光片、第*j*波长间隔的透射比（*j* = 1、2、……、18）；

$V_j(\lambda)$ —第*j*波长间隔人眼明视觉函数，见表 A-1。

表 A.1 不同波长间隔人眼明视觉函数

<i>j</i>	波长间隔 (nm)	中间波长 (nm)	$V_j(\lambda)$	<i>j</i>	波长间隔 (nm)	中间波长 (nm)	$V_j(\lambda)$
1	470 ~ 480	475	0.11260	10	560 ~ 570	565	0.97860
2	480 ~ 490	485	0.16930	11	570 ~ 580	575	0.91540
3	490 ~ 500	495	0.25860	12	580 ~ 590	585	0.81630
4	500 ~ 510	505	0.40730	13	590 ~ 600	595	0.69490
5	510 ~ 520	515	0.60820	14	600 ~ 610	605	0.56680
6	520 ~ 530	525	0.79320	15	610 ~ 620	615	0.44120
7	530 ~ 540	535	0.91485	16	620 ~ 630	625	0.32100
8	540 ~ 550	545	0.98030	17	630 ~ 640	635	0.21700
9	550 ~ 560	555	1.00000	18	640 ~ 650	645	0.13820

① 因为（400~470）nm 及（650~760）nm 区间中的人眼明视觉函数 $V_j(\lambda)$ 小于 0.1 故忽略不计。

附录 B

检定记录

送检单位 信息	送检单位			联系地址					
	联系人			联系电话		邮编			
被检仪器 信息	仪器名称			型号规格					
	制造厂商			生产日期					
标准器 信息	标准器名称	编号	准确度 (或示值误差)		合格证书号	合格有效期			
检定信息	检定地点			检定员					
	检定日期			温度					
检 定 记 录									
吸 收 比	测量范围				分辨率				
	示值 误差	中性滤光片 吸收比值	烟 度 计 示 值				示值误差		
			1	2	3	平均值			
	示值 重复性	1	2	3	4	5	6	平均值	重复性
	零点 漂移	初始示值	10 min		20 min		30 min		漂移值
光 吸 收 系 数	测量范围				分辨率				
	不一致性	3 次光吸收系数 示值平均值 k	3 次吸收比 示值平均值 \bar{N}		由 \bar{N} 换算得相应 光吸收系数 k'		不一致性		
响应时间									
烟 气 温 度 油 温 转 速	测量点 1		测量点 2			示值误差			
	示值	标准值	误差	示值	标准值	误差			
通用 技术 要求	外观	清晰的铭牌, 标明名称、型号、生产单位等, 并应标明光通道有效长度							
		仪表显示应清晰, 无缺损现象							
		各种调节旋钮、按钮应转动灵活、平稳、锁定可靠							
输出接口	应配置数字通信输出接口								
检定结果									

注: 本检定记录允许根据检定单位技术管理要求, 作适当修改。

附录 C

检定证书内页格式

外观_____

吸收比示值误差_____

吸收比重复性_____

吸收比漂移_____

光吸收系数示值不一致性_____

测量电路响应时间_____

烟气温度示值误差_____

油温示值误差_____

转速示值误差_____

附录 D

检定结果通知书内页格式

序号	检定项目	计量性能要求或通用技术要求	检定结果
1	外观		
2	吸收比示值误差		
3	吸收比重复性		
4	吸收比漂移		
5	光吸收系数示值不一致性		
6	测量电路响应时间		
7	烟气温度示值误差		
8	油温示值误差		
9	转速示值误差		

附录 E

示值误差测量结果的不确定度评定

E.1 建立数学模型，列不确定度式

检定烟度计吸收比 N 示值误差时，标准中性滤光片为标准器。当标准中性滤光片为某一标准透射比时，读取烟度计相应的吸收比 N 示值，按公式 (D1) 计算烟度计示值误差（输入量为烟度计吸收比示值 N 、标准中性滤光片标准透射比 τ ，输出量为烟度计示值误差 Δ 的数学模型）。

$$\Delta = N - (1 - \tau) \quad (\text{E } 1)$$

式中： Δ — 烟度计的吸收比 N 示值误差；

N — 烟度计的吸收比示值；

τ — 标准中性滤光片的标准透射比值；

因为各分量 N 、 τ 互不相关，由不确定度传播律得：

$$u^2(\Delta) = u^2(N) + u^2(\tau) \quad (\text{E } 2)$$

E.2 输入量的不确定度来源

E.2.1 被检烟度计 N 示值E.2.1.1 被检烟度计 N 示值（测量结果重复性）

$$u_1(N) = u_A \quad (\text{E } 3)$$

E.2.1.2 被检烟度计 N 示值（数显量化误差）

$$u_2(N) = u_1 \quad (\text{E } 4)$$

E.2.2 标准透射比值 τ

$$u(\tau) = u_2 \quad (\text{E } 5)$$

E.3 输入量的标准不确定度评定

E.3.1 被检烟度计 N 示值估计值的标准不确定度评定

被检烟度计 N 示值估计值的不确定度主要来源于烟度计 N 的测量结果重复性及数显仪器的示值量化误差。

E.3.1.1 被检烟度计 N 示值估计值（测量结果重复性）的标准不确定度评定

测量结果重复性可以通过连续测量得到的测量列，采用 A 类方法进行评定。等精度重复测量 10 次，测量数据经处理得单次测量实验标准差 $s(N)$

$$s(N) = 0.15 \%$$

实际测量时，在重复条件下连续测量 3 次，以 3 次测量的算术平均值作为测量结果，则

可得标准不确定度为

$$u_1(N) = s(N)/\sqrt{3} = 0.09 \%$$

自由度 $\nu_A = 10 - 1 = 9$

E.3.1.2 被检烟度计 N 示值估计值（数显量化误差）的标准不确定度评定

烟度计 N 示值的分辨力为 0.1%，其量化误差以等概率分布（矩形分布）落在宽度为 0.1% / 2 = 0.05% 的区间内。考虑其引入的标准不确定度为

$$u_2(N) = (0.05 \%) / \sqrt{3} = 0.03 \%$$

自由度 $\nu_1 \rightarrow \infty$

E.3.2 标准透射比值 τ 估计值的标准不确定度评定

标准中性滤光片送上级计量部门检定，其标准透射比值 τ 的扩展不确定度为 0.6%， $k=2$ ，则

$$u(\tau) = 0.6 \% \div 2 = 0.3 \%$$

估计该标准不确定度的可靠程度 90%，则自由度：

$$\nu_2 = \frac{1}{2} \times \left[\frac{\Delta u(\tau)}{u(\tau)} \right]^{-2} = 50$$

E.4 输出量的标准不确定度分量一览表

表 E.1 输出量的标准不确定度分量一览表

序号	输入量估计值的标准不确定度评定			自由度		输出量估计值的标准不确定度分量			
	来源	符号	数值	符号	数值	符号	灵敏系数 c_i	$ c_i u(x)$	
1	烟度计	测量结果重复性	$u_1(N)$	0.09 %	ν_A	9	u_A	1	0.09 %
2		数显量化误差	$u_2(N)$	0.03 %	ν_1	∞	u_1	1	0.03 %
3	滤光片	透射比值	$u(\tau)$	0.3 %	ν_2	50	u_2	1	0.3 %

E.5 合成标准不确定度

E.5.1 烟度计 N 示值的合成标准不确定度

由于各标准不确定度分量相互无关，故合成标准不确定度为

$$u_y = \sqrt{u_A^2 + u_1^2} = \sqrt{(0.09\%)^2 + (0.03\%)^2} = 0.095 \%$$

$$\text{有效自由度} \quad \nu_Y = \frac{u_Y^4(N)}{\sum \left[\frac{u_i^4}{\nu_i} \right]} = \frac{0.095^4}{\frac{0.09^4}{9} + \frac{0.029^4}{\infty}} = 11$$

E.5.2 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_Y^2 + u_2^2} = \sqrt{(0.095\%)^2 + (0.3\%)^2} = 0.32\%$$

有效自由度

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4(N)}{\sum \left[\frac{u_i^4}{\nu_i} \right]} = \frac{0.32^4}{\frac{0.095^4}{11} + \frac{0.3^4}{50}} = 61$$

E.6 扩展不确定度

按置信概率 $p = 0.95$ ，有效自由度 $\nu_{\text{eff}} = 61$ ，查 t 分布表，得到 $k = 2.01$ 。故扩展不确定度应为：

$$U = k \cdot u_c = 2.01 \times 0.32\% = 0.65\%$$

E.7 测量不确定度报告

上述分析及计算按 JJF1059-1999《测量不确定度评定与表示》进行。得到检定烟度计示值误差测量结果的扩展不确定度为：

$$U = 0.65\% \quad (\text{置信概率 } p = 0.95 ; \text{ 包含因子 } k = 2.01)$$

本规程规定，烟度计吸收比的最大允许误差为 $\pm 2.0\%$ 。所以经上述不确定度评定，检定能满足量值传递要求。