

中华人民共和国工业和信息化部 石油和化工计量技术规范

JJF（石化）××××-202×

压差法薄膜透气性测试仪校准规范

Calibration Specification of Pressure Difference Film Permeability

Testers

（报批稿）

202×-××-××发布

202×-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

压差法薄膜透气性测试仪

校准规范

Calibration Specification of Pressure

Difference Film Permeability Testers

JJF（石化）XXXX-202X

归口单位： 中国石油和化学工业联合会

主要起草单位： 济宁市质量计量检验检测研究院

国网四川电力服务有限公司

山东恒量测试科技有限公司

参加起草单位： 山东省计量科学研究院

承德市精密试验机有限公司

中国电子科技集团公司第十研究所

广州标际检测技术有限公司

本规范委托全国石油和化工行业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

赵 鑫（济宁市质量计量检验检测研究院）

魏 涛（济宁市质量计量检验检测研究院）

程 博（国网四川电力服务有限公司）

曹艳芬（济宁市质量计量检验检测研究院）

梁 勇（济宁市质量计量检验检测研究院）

岳宗龙（山东恒量测试科技有限公司）

参加起草人：

张 森（山东省计量科学研究院）

李玉林（承德市精密试验机有限公司）

赖旭杨（中国电子科技集团公司第十研究所）

李 州（广州标际检测技术有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和定义	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 测量标准及其他设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准项目	(3)
7.2 校准方法	(3)
8 校准结果表达	(5)
8.1 校准记录	(5)
8.2 校准证书	(5)
8.3 不确定度	(5)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 校准记录格式	(7)
附录 B 校准证书内页内容	(8)
附录 C 压力示值误差测量结果不确定度评定示例	(9)
附录 D 温度示值误差测量结果不确定度评定示例	(13)
附录 E 气体透过量示值误差测量结果不确定度评定示例	(16)

引 言

本规范依据JJF 1071—2010 《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011 《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1—2012 《测量不确定度评定及表示》等基础性系列规范进行制定。

本规范的校准方法参考GB/T1038-2000 《塑料薄膜和薄片气体透过性试验方法（压差法）》和GB/T 2918-2018 《塑料 试样状态调节和试验的标准环境》编制而成。

本规范为首次发布。

压差法薄膜透气性测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于测量范围为 $(0.01\sim 50000)$ $\text{cm}^3/(\text{m}^2\cdot 24\text{ h}\cdot 0.1\text{ MPa})$ 的压差法原理薄膜透气性测试仪（以下简称测试仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

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

3 术语和定义

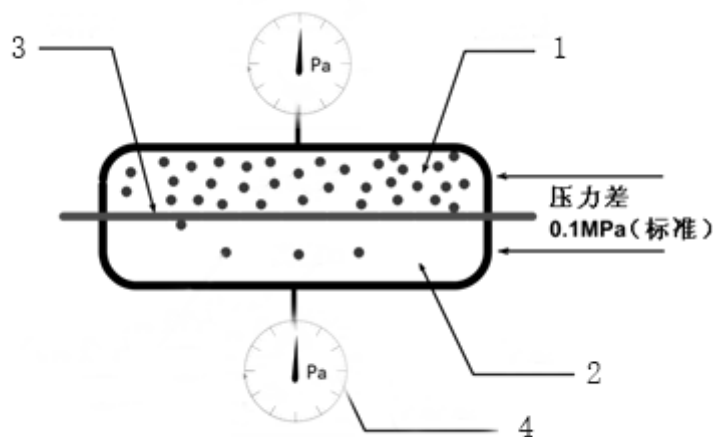
气体透过量 gas transmittance

在恒定温度和单位压力差下，在稳定透过时，单位时间内，透过试样单位面积的气体体积，以标准温度和压力下的体积值表示，常用单位为 $\text{cm}^3/(\text{m}^2\cdot 24\text{ h}\cdot 0.1\text{ MPa})$ 。

4 概述

测试仪主要用于塑料薄膜、薄片、复合膜、高阻隔材料等在各种温度下的气体透过量和气体透过系数的测定。

测试仪采用压差法测试原理，将预先处理好的试样放置在上下测试腔之间，夹紧。首先对低压腔（下腔）进行真空处理，然后对整个系统抽真空；当达到规定的真空度后，关闭测试下腔，向高压腔（上腔）充入一定压力的试验气体，并保证在试样两侧形成一个恒定的压差（可调）；这样气体会在压差梯度的作用下，由高压侧向低压侧渗透，通过对低压侧内压强的监测处理，从而得出所测试样的各项透气性参数。



1—上测试腔；2—下测试腔；3—试样；4—压力计

图1 压差法薄膜透气性测试仪原理示意图

5 计量特性

具体计量特性见表 1。

表 1 压差法薄膜透气性测试仪计量特性一览表

序号	项目	技术要求
1	上腔压力示值误差	校准点 100kPa: 不超过 $\pm 0.5\%FS$
	下腔压力示值误差	校准点 1000Pa: 不超过 $\pm 0.25\%FS$
2	温度示值误差	不超过 $\pm 0.5^{\circ}C$
3	气体透过量示值误差	不超过 $\pm 10 \text{ cm}^3 / (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$
4	气体透过量测量重复性	不大于 3%
注： 以上各项指标不适用于合格性判定，仅作参考。		

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度

环境温度： $(23 \pm 2)^{\circ}C$ 。

6.1.2 湿度条件

相对湿度： $50\% \pm 10\%$ 。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 2

表 2 校准项目和测量标准

序号	校准项目	测量标准名称及技术要求
1	上腔压力示值误差	数字压力计：测量范围（0~160）kPa, 精度等级：0.05 级。
	下腔压力示值误差	数字压力计：测量范围（0~10）kPa, 精度等级：0.05 级。
2	温度示值误差	铂电阻温度计：测量范围（0~50）℃, 精度等级：A 级。也可采用其他满足准确度等级要求的温度测量设备及传感器。
3	气体透过量示值误差	气体透过量有证标准物质。 氧气：纯度不低于 99.995%。
4	气体透过量测量重复性	

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

测试器校准项目见表 2。

7.2 校准方法

7.2.1 仪器外观检查

目测检查测试仪的名称、型号、制造商、出厂编号等标识，测试仪维护良好，能正常运行。仪器各部件齐全且气体管路连接正确，各按钮和控制器都能正常工作，无影响仪器正常使用的缺陷。

7.2.2 密封性检查

测试仪腔体和气体管路之间应密封连接无泄漏。

7.2.3 压力示值误差

将测试仪开机预热稳定后，将测试仪上腔体压力计与压力标准器连接，设定压力值为 100kPa, 待测试仪示值稳定后，记录测试仪和压力标准器示值，重复测量 3 次，按公式（1）计算上腔压力示值误差，结果保留到 0.01 kPa。将测试仪下腔体压力计与压力标准器连接，设定压力值为 1000Pa, 待测试仪示值稳定后，记录测试仪和压力标准器示值，重复测量 3 次，按公式（1）计算下腔压力示值误差，结果保留到 0.01 Pa。

$$\Delta p = p_s - \bar{p} \quad (1)$$

式中:

Δp ---- 压力示值误差, kPa;

p_s ---- 测试仪压力示值, kPa;

\bar{p} ---- 3 次压力测量的算术平均值, kPa。

7.2.4 温度示值误差

将铂电阻温度计的测温探头放置在测试仪上盖中部, 避免接触到箱体, 设定温度为 23℃, 待测试仪温度稳定后, 记录铂电阻温度计示值和测试仪温度示值, 重复测量 3 次, 按公式 (2) 计算测试仪温度示值误差, 结果保留 0.1 ℃。校准时, 可以根据客户实际需求, 选择合适的校准点进行校准。

$$\Delta T = T_s - \bar{T} \quad (2)$$

式中:

ΔT ---- 温度示值误差, ℃;

T_s ---- 测试仪温度示值, ℃。

\bar{T} ---- 3 次温度测量值的算术平均值, ℃。

7.2.5 气体透过量示值误差

按照测试仪使用说明书的要求, 设置测试仪相关参数后, 打开测试仪上腔盖装入气体透过量标准物质, 操作测试仪进行气体透过量测定, 一种标准物质重复测定 3 次, 按公式 (3) 计算气体透过量示值误差。校准时, 可以根据客户实际需求, 选择合适的校准点进行校准。结果保留到 $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$ 。

$$\Delta Q = \bar{Q}_g - Q_g \quad (3)$$

式中:

ΔQ ---- 气体透过量示值误差, $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$;

\bar{Q}_g ---- 3 次气体透过量测量值的算术平均值, $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$;

Q_g ---- 气体透过量标准物质标准值, $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$ 。

7.2.6 气体透过量测量重复性

根据 7.2.5 中所得试验数据按公式（4）计算仪器的重复性 r ，计算结果保留到 0.01 %。

$$r = \frac{Q_{g\max} - Q_{g\min}}{1.69 \times \bar{Q}_g} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

r ---- 气体透过量测量重复性；

$Q_{g\max}$ ---- 气体透过量测量值最大值， $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$ ；

$Q_{g\min}$ ---- 气体透过量测量值最小值， $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$ ；

\bar{Q}_g ---- 3 次气体透过量测量值的算术平均值， $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$ 。

8 校准结果表达

8.1 校准记录

校准记录应详尽记录测量数据和计算结果。推荐的测定器校准记录格式见附录A。

8.2 校准证书

经校准的测定器应出具校准证书。校准证书包括的信息应符合JJF1071—2010中5.12的要求，推荐的测定器校准证书内页格式见附录B。

8.3 不确定度

校准证书应给出各校准项目的扩展不确定度，评定示例见附录。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定，因此仪器使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，建议复校时间间隔不超过 12 个月。如果对仪器的检测数据有怀疑或仪器更换主要部件及修理后对仪器重新校准。

附录 A

压差法薄膜透气性测试仪校准记录格式

共 页 第 页

基本信息								
委托单位			原始记录号			校准证书号		
仪器名称						规格型号		
制造厂商						出厂编号		
设备编号			环境温度			℃	相对湿度	%
校准前检查								
1. 外观检查：仪器各部件齐全且连接正确，开关、按键正常。 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>								
校准结果								
项目	测量结果							
2. 压力示值误差/ kPa	测量次数				平均值	示值误差	扩展不确定度 U $k=2$	
设定值	1	2	3					
3. 温度示值误差/℃	测量次数				平均值	示值误差	扩展不确定度 U $k=2$	
	1	2	3					
23								
4. 气体透过量示值误差 /cm ³ /(m ² •24h•0.1MPa)	标准值	测量次数			平均值	示值误差	扩展不确定度 U $k=2$	
		1	2	3				
5. 气体透过量测量重复性	标准值	测量次数			平均值	重复性		
		1	2	3				
所使用的计量器具								
名称	编号	证书号	测量范围	有效期	不确定度或准确度等级或最大允许误差			
校准依据			校准地点		校准日期			

校准员：

核验员：

附录 B

压差法薄膜透气性测试仪校准证书内页格式

证书编号 XXXXXX-XXXX				
校准机构授权说明				
校准的技术依据 JJF（石化）XX-XXXX《压差法薄膜透气性测试仪校准规范》				
校准环境及地点				
地点				
环境温度		环境湿度		
校准使用的计量（基）标准装置				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量（基）标准证书编号	有效期至
序号	校准项目	校准结果		
1	外观检查			
2	压力示值误差		示值误差的扩展不确定度 ($k=2$)	
3	温度示值误差		示值误差的扩展不确定度 ($k=2$)	
4	气体透过量示值误差		示值误差的扩展不确定度 ($k=2$)	
5	气体透过量测量重复性			
备注				

附录 C

压差法薄膜透气性测试仪压力示值误差的不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 环境条件：符合本校准规范规定的环境条件。

C.1.2 测量标准：数字压力计，测量范围：（0~160）kPa，准确度等级 0.05 级。

C.1.3 被校仪器：压差法薄膜透气性测试仪。

C.1.4 测量方法：将仪器开机预热稳定后，将仪器上腔体压力计与压力标准器连接，设定压力值为 100kPa, 待仪器示值稳定后，记录仪器和压力标准器示值，重复测量 3 次，计算压力示值误差，

C.2 测量模型

$$\Delta p = p_s - \bar{p} \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δp ---- 压力示值误差，kPa；

p_s ---- 仪器压力示值，kPa；

\bar{p} ---- 3 次压力测量的算术平均值，kPa。

C.3 方差和灵敏系数

$$u_c^2(\Delta p) = \left(\frac{\partial \Delta p}{\partial p_s}\right)^2 u^2(p_s) + \left(\frac{\partial \Delta p}{\partial \bar{p}}\right)^2 u^2(\bar{p}) \quad (\text{C.2})$$

输入量 p_s 的灵敏系数： $c_1 = \frac{\partial \Delta p}{\partial p_s} = 1$

输入量 \bar{p} 的灵敏系数： $c_2 = \frac{\partial \Delta p}{\partial \bar{p}} = -1$

$$\text{则：} \quad u_c^2(\Delta p) = u^2(p_s) + u^2(\bar{p}) \quad (\text{C.3})$$

式中：

$u_c(\Delta p)$ ——压力示值误差的测量不确定度；

$u(p_s)$ ——压力标准器（数字压力计）引入的不确定度分量；

$u(\bar{p})$ ——测量重复性引入的不确定度分量。

C.4 测量不确定度来源

示值误差测量的标准不确定度来源主要有压力标准器（数字压力计）引入的标准不确定度分量 $u(p_s)$ 和测量重复性引入的不确定度分量 $u(\bar{p})$ 。环境条件、人员操作、流量控制、被校仪器等各种随机因素,均体现在测量重复性引入的不确定度分量。

C.5 标准不确定度评定

C.5.1 数字压力计引入的标准不确定度 $u(p_s)$

使用的标准器数字压力计测量范围为（0~160）kPa，准确度等级为 0.05 级，其最大允许误差为 $\pm 0.08\text{kPa}$ ，则 $a=0.08\text{kPa}$ ，服从均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则标准器数字压力计引入的标准不确定度为：

$$u(p_s) = \frac{a}{k} = \frac{0.08}{\sqrt{3}} = 0.046 \text{ kPa} \quad (\text{C.4})$$

C.5.2 测量重复性引入的不确定度分量 $u(\bar{p})$

C.5.2.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(\bar{p})$

对仪器校准 100.00 kPa 点，每个校准点重复测量 10 次。具体测量数据列于表 C.1。

表 C.1 各校准点测量数据

标准值 (kPa)	数字压力计示值 (kPa)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100.00	100.13	100.11	100.12	100.11	100.13	100.12	100.14	100.16	100.12	100.15

各校准点分别按式（C.5）计算标准偏差。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (p_{si,j} - \bar{p}_s)^2}{10-1}} \quad (\text{C.5})$$

式中： $p_{si,j}$ ——第 i 个校准点的测试压力的第 j 个示值；

\bar{p}_s ——第 i 个校准点的测试压力的示值平均值。

各校准点的标准偏差 s 与标准不确定度 $u_1(\bar{p})$ 的计算结果见表 C.2。

表 C.2 各校准点的标准偏差 s 与标准不确定度 $u_1(\bar{p})$ 的计算结果

标准值 (kPa)	示值平均值 (kPa)	s (kPa)	$u_1(\bar{p})$ (kPa)
100.00	100.13	0.017	0.017

C.5.2.2 仪器分辨力引入的不确定度 $u_2(\bar{p})$ 。

仪器的分辨力 R 为 0.01 kPa，由其所引入的标准不确定度 $u_2(\bar{p})$ 采用 B 类评定方法评定，假设可能值在区间内为均匀分布，区间半宽为 $a=R/2$ ，查表得 $k=\sqrt{3}$ ，则由分辨力引入的不确定度为：

$$u_2(p_R) = \frac{a}{k} = \frac{R}{2 \times \sqrt{3}} = \frac{0.01}{2 \times \sqrt{3}} = 0.003 \text{ kPa} \quad (\text{C.6})$$

C.6 合成标准不确定度

C.6.1 标准不确定度汇总

标准不确定度汇总见表 C.3。

表 C.3 各校准点标准不确定度一览表

标准不确定度分量			不确定度来源	标准不确定度 (kPa)
$u(p_s)$			标准器数字压力计引入的标准不确定度	0.003
$u(\bar{p})$	$u_1(\bar{p})$	100.00 kPa	测量重复性引入的标准不确定度	0.017
	$u_2(\bar{p})$		传感器分辨力引入的不确定度	0.003

C.6.2 合成标准不确定度

合成标准不确定度 $u_c(\Delta p)$ 按式 C.7 计算。

$$u_c(\Delta p) = \sqrt{u_1^2(\bar{p}) + u_2^2(\bar{p}) + u^2(p_s)} \quad (\text{C.7})$$

合成标准不确定度一览表见表 C.4。

表 C.4 各校准点合成标准不确定度一览表

校准点 (kPa)	合成标准不确定度 $u_c(\Delta p)$ (kPa)
100.00	0.018

C.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则各校准点示值误差的扩展不确定度按式 C.8 计算：

$$U = k \cdot u_c(\Delta p) \quad (\text{C.8})$$

扩展不确定度一览表见表 C.5。

表 C.5 各校准点扩展不确定度一览表

校准点 (kPa)	扩展不确定度 U ($k=2$) (kPa)
100.00	0.04

附录 D

温度示值误差的测量结果不确定度评定示例

D.1 校准方法

将铂电阻温度计的测温探头放置在仪器上盖中部，避免接触到箱体，设定温度为 23℃，待仪器温度稳定后，记录铂电阻温度计示值和仪器温度示值，重复测量 3 次。

D.2 测量模型

示值误差测量模型如式 (D.1)：

$$\Delta T = T_s - \bar{T} \quad (\text{D.1})$$

式中：

ΔT ----- 温度示值误差，℃；

T_s ----- 仪器温度示值，℃。

\bar{T} ----- 3 次温度测量值的算术平均值，℃。

D.3 测量不确定度的评定

D.3.1 测量不确定度来源

温度示值误差测量的标准不确定度来源主要有测量设备（铂电阻温度计）引入的标准不确定度分量 $u(T_s)$ 和温度示值的测量重复性引入的不确定度分量 $u(\bar{T})$ 。环境条件、人员操作等各种随机因素，体现在温度示值的测量重复性引入的不确定度分量。

D.3.2 测量设备引入的标准不确定度分量 $u(T_s)$ 的评定

采用铂电阻温度计测量设备引入的不确定度，主要体现在由热电偶修正值引入的不确定度。修正值相对扩展不确定度为 0.2℃，包含因子 $k=2$ 。则测量设备引入的标准不确定度按式 (D. 2) 计算。

$$u(t_s) = \frac{a}{k} = \frac{0.2}{2} = 0.1(^\circ\text{C}) \quad (\text{D. 2})$$

D.3.3 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(\bar{t})$ 的评定

当仪器升温到 23℃时，恒温 10 分钟后，重复测量 10 次。具体测量数据列于表 D.1。

表 D.1 各校准点测量数据

单位：℃

温度实际值	仪器示值									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23.1	23.2	23.2	23.3	23.5	23.4	23.4	23.5	23.3	23.4	23.3

各校准点分别按式(D.3)计算标准偏差，相应各校准点的标准不确定度可按式(D.4)计算。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (T_i - \bar{T})^2}{10-1}} \quad (\text{D. 3})$$

$$u(\bar{T}) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{s}{\sqrt{3}} \quad (\text{D. 4})$$

注：本规范规定，每个校准点重复测量3次，取算术平均值作为仪器示值，故 $n=3$ 。

各校准点的标准偏差 s 与标准不确定度 $u(\bar{T})$ 的计算结果见表 D.2。

表 D.2 各校准点的标准偏差 s 与标准不确定度 $u(\bar{T})$ 的计算结果

单位：℃

温度实际值	仪器示值平均值	s	$u(\bar{t})$
23.1	23.4	0.11	0.07

D.4 合成标准不确定度

D.4.1 标准不确定度汇总

标准不确定度汇总于表 D.3。

表 D.3 标准不确定度一览表

单位：℃

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值
$u(T_s)$	测量设备引入的不确定度	0.1
$u(\bar{T})$	测量重复性引入的标准不确定度	0.07

D.4.2 合成标准不确定度

由测量模型，合成标准不确定度 $u_c(\Delta T)$ 可按 (D.5) 计算。

$$u_c(\Delta T) = \sqrt{u^2(\bar{T}) + u^2(T_s)} = \sqrt{0.07^2 + 0.1^2} = 0.1 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{D. 5})$$

D.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则校准点示值误差的扩展不确定度按式 (D. 6) 计算:

$$U = k \cdot u_c(\Delta T) = 2 \times 0.1 = 0.2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{D.6})$$

附录 E

透过量示值误差测量结果的不确定度评定示例

E.1 概述

E.1.1 环境条件：符合本校准规范规定的环境条件。

E.1.2 标准物质：标准值为 $11.2 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$ 聚酯薄膜气体透过量标准物质。

E.1.3 被测对象：压差法薄膜透气性测试仪。

E.1.4 测量方法：按照仪器使用说明书的要求，设置仪器相关参数后，打开仪器上腔盖装入聚酯薄膜气体透过量标准物质，操作仪器进行气体透过量测定，每种标准物质重复测定 3 次，按公式计算气体透过量示值误差。

E.2 测量模型

透过量示值误差测量模型如式（E.1）：

$$\Delta Q = \bar{Q}_g - Q_g \quad (\text{E.1})$$

式中：

ΔQ ----- 气体透过量示值误差， $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$ ；

\bar{Q}_g ----- 3 次气体透过量测量值的算术平均值， $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$ ；

Q_g ----- 气体透过量标准物质标准值， $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$ 。

E.3 不确定来源

不确定度来源主要为：标准物质引入的标准不确定度 $u(Q_g)$ ；测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{Q})$ ，包括环境条件变化、仪器电源变化引起的漂移、人员操作等各种随机因素的影响，体现在气体透过量示值的测量重复性引入的不确定度分量。

E.4 标准不确定度评定

E.4.1 标准物质引入的标准不确定度 $u(Q_g)$

采用标准值为 $11.2 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$ 气体透过量标准物质, 扩展标准不确定度为 $U = 2.1 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$, 包含因子 $k = 2$, 按公式 (E. 2) 计算标准物质引入的标准不确定度为:

$$\square \quad u(Q_g) = \frac{U}{k} = \frac{2.1}{2} = 1.05 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa}) \quad (\text{E. 2})$$

E. 4.2 测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{Q}_g)$

用标准值为 $11.2 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$ 气体透过量标准物质对压差法薄膜透气性测试仪进行校准, 对其进行重复测量 3 次, 用极差法计算重复性, 测量结果见表 E. 1。

表 E. 1 测量数据

测量次数	1	2	3	平均值
测量值/ $[\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})]$	10.9	11.0	10.8	10.9

按公式 (E. 4) 计算测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u(\bar{Q}_g) = \frac{Q_{g\max} - Q_{g\min}}{1.69 \times \sqrt{3}} = \frac{11.0 - 10.8}{1.69 \times 1.73} = 0.07 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa}) \quad (\text{E. 3})$$

E. 4.3 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量汇总表见表 E. 2。

表 E. 2 标准不确定度分量汇总表

不确定度分量	不确定度来源	不确定度 $\text{cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$
$u(Q_g)$	标准物质引入	1.05
$u(\bar{Q}_g)$	测量重复性引入	0.07

E. 5 合成标准不确定度

由测量模型, 合成标准不确定度可按 (E.4) 计算:

$$u = \sqrt{[u(Q_g)]^2 + [u(\bar{Q}_g)]^2} = 1.06 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa}) \quad (\text{E. 4})$$

E. 6 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$, 则透过量示值误差测量结果的扩展不确定度按 (E.5) 计算:

$$U = 2 \times 1.06 = 2.1 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa}) \quad (\text{E. 5})$$