



中华人民共和国纺织行业计量技术规范

JJF (纺织) 115—2024

面罩气密性测试仪校准规范

Calibration Specification for Respirator Airtightness Testers
(报批稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

面罩气密性测试仪校准规范

Calibration Specification for Respirator

Airtightness Testers

JJF（纺织）115—2024

归口单位：中国纺织工业联合会

起草单位：国家纺织计量站

南宁海关技术中心

江西省检验检测认证总院纺织品检验检测院

济宁市质量计量检验检测研究院

本规范委托全国纺织计量技术委员会负责解释

本规范起草人：

王金平（国家纺织计量站）

易千帆（湖北省纤维检验局）

郭蔚（南宁海关技术中心）

郭凯（江西省检验检测认证总院纺织品检验检测院）

杜娟（济宁市质量计量检验检测研究院）

于冬梅（国家纺织计量站）

鲁伟东（巴音郭楞蒙古自治州检验检测中心）

乔崇坤（图木舒克纤维检验所）

目 录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 概述.....	(1)
4 计量特性.....	(1)
5 校准条件.....	(1)
6 校准项目和校准方法.....	(2)
7 校准结果表达.....	(3)
8 复校时间间隔.....	(3)
附录 A 面罩气密性测试仪校准记录参考格式	(4)
附录 B 面罩气密性测试仪校准证书内页参考格式	(5)
附录 C 面罩气密性测试仪测量不确定度评定示例	(6)

引 言

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《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列文件。

本规范参考了 GB 2626-2019 《呼吸防护 自吸过滤式防颗粒物呼吸器》标准中 6.14 气密性相关技术内容。

本规范为首次发布。

面罩气密性测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于面罩气密性测试仪的校准。其他工作原理相同、结构类似的检测仪器校准可参照本规范执行。

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 概述

面罩气密性测试仪用于测量面罩的气密性。面罩气密性测试仪主要由试验头模、测压装置、计时装置、抽气装置和控制装置等组成，其工作原理为：将面罩戴在匹配的试验头模上，封死吸气阀，润湿呼吸阀。通过调节抽气速率使面罩内压力达到一定值后，停止抽气，用测压装置测量规定时间内面罩压力变化值。

4 计量特性

4.1 压力示值误差： $\pm 1\%$ 。

4.2 时间示值误差： $\pm 1\text{ s}$ 。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 校准环境：温度 $(20\pm 10)^{\circ}\text{C}$ ，湿度 $<80\%\text{RH}$ 。

5.1.2 面罩气密性测试仪使用和放置环境应清洁，无腐蚀性介质。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表1。

表 1 测量标准及其他设备

序号	测量标准名称	测量范围、分度值或分辨力	不确定度或准确度等级 或最大允许误差	数量
1	数字压力计	测量范围: (-2000~0) Pa 分辨力: 0.1 Pa	0.1级	1
2	电子秒表	测量范围: (0~10) min 分度值: 0.01 s	MPE: ± 0.10 s	1
注: 校准用测量标准可选用本表所列, 也可选用测量范围覆盖被校准量的测量范围, 其测量结果扩展不确定度 $U(k=2)$ 不大于校准量最大允许误差绝对值1/3的测量标准。				

6 校准项目和校准方法

6.1 校准前准备

6.1.1 面罩气密性测试仪应在适当部位装有永久性铭牌。铭牌上须标明仪器名称、型号、制造厂商、仪器编号及出厂日期。

6.1.2 面罩气密性测试仪零件齐全, 不应有影响使用的碰伤、缺损、锈蚀或其它缺陷。

6.1.3 试验头模外观良好, 无损伤, 且能和面罩完好匹配。

6.1.4 配带好面罩, 开启仪器, 调节抽气速率, 仪器能够稳定抽气到试验规定的压力值。

6.2 校准项目

面罩气密性测试仪校准项目对应本规范计量特性条款和校准方法条款见表 2。

表 2 面罩气密性测试仪校准项目

序号	校准项目	计量特性条款	校准方法条款
1	压力示值误差	4.1	6.3.1
2	时间示值误差	4.2	6.3.2

6.3 校准方法

6.3.1 压力示值误差

压力校准点为-1000 Pa、-900 Pa 和-800 Pa, 将被校仪器的压力管路、试验头模和数字压力计用三通连接。启动仪器, 调节仪器抽气速率使仪器压力示值分别为各个校准点, 待压力示值稳定后, 记录被校仪器压力示值和数字压力计实测值, 按公式 (1) 计算各校准点的压力示值误差。重复测量 3 次, 取其平均值为各校准点压力示值误差。

$$\Delta P = \frac{P_0 - P_d}{P_d} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

ΔP —— 压力示值误差, %;

P_0 —— 被校仪器压力示值, Pa;

P_d —— 数字压力计压力实测值, Pa。

6.3.2 时间示值误差

面罩气密性测试仪计时器时间设定值为 60 s, 当被校仪器开始计时的同时启动电子秒表, 待仪器停止计时时按停电子秒表, 记录被校仪器时间示值和电子秒表实测值, 按照公式 (2) 计算计时示值误差。重复测量 3 次, 取其平均值作为测量结果。

$$\Delta t = t - t_0 \quad (2)$$

式中:

Δt —— 时间示值误差, s;

t —— 被校仪器时间示值, s;

t_0 —— 电子秒表实测值, s。

7 校准结果表达

7.1 数据修约

校准记录应详尽记录测量数据和计算结果。推荐的校准记录格式见附录 A。

7.2 校准证书

经校准面罩气密性测试仪应出具校准证书, 校准结果应在校准书上反映。校准证书包括的信息应符合 JJF 1071-2010 中 5.12 的要求。推荐的校准证书内页格式见附录 B。

7.3 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 C。

8 复校时间间隔

在定期进行期间核查的条件下, 建议复校时间间隔不超过 1 年。

注: 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

面罩气密性测试仪校准记录参考格式

使用单位_____ 型号规格_____ 校准日期_____

制造厂家_____ 产品编号_____ 出厂日期_____

校准地点_____ 记录编号_____ 温度____℃，湿度____%

校准依据：

一、主要标准器及其他设备：

标准器名称	测量范围	证书号	有效期	准确度等级/最大允许误差/不确定度

二、外观检查：

三、计量特性校准：

序号	校准项目	技术要求		实测值				
1	压力示值误差	$\pm 1\%$	校准点 (Pa)	示值 (Pa)	实测值 (Pa)	示值误差 (%)	平均值 (%)	U
			-1000					
			-900					
			-800					
2	时间示值误差	$\pm 1\text{ s}$	校准点 (s)	示值 (s)	实测值 (s)	示值误差 (s)	平均值 (s)	U

校准单位：

校准员：

审核员：

附录 B

面罩气密性测试仪校准证书内页参考格式

校 准 结 果

序号	校准项目	技术参数	实测值	不确定度 U
1	压力示值误差	$\pm 1\%$		
2	计时示值误差	$\pm 1s$		

附录 C

面罩气密性测试仪测量不确定度评定示例

C.1 压力示值误差测量不确定度的评定

C.1.1 概述

以压力-1000 Pa 校准点为示例,用测量范围(-2000~0) Pa、分辨力为 0.1 Pa,准确度等级为 0.1 级的数字压力计进行校准。将被校仪器的压力管路、试验头模和数字压力计用三通连接,启动仪器,调节抽气速率将被校仪器压力值调整至-1000 Pa,待压力稳定后,记录被校仪器的压力示值和数字压力计的实测值,按公式(C.1)计算各校准点的压力示值误差。重复测量 3 次,取其平均值为各校准点压力示值误差。

$$\Delta P = \frac{P_0 - P_d}{P_d} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中:

ΔP —— 压力示值误差, %;

P_0 —— 被校仪器压力示值, Pa;

P_d —— 数字压力计压力实测值, Pa。

C.1.2 测量模型

$$\Delta P = P_0 - P_d \quad (\text{C.2})$$

式中:

ΔP —— 压力示值误差, Pa;

P_0 —— 被校仪器的压力示值, Pa;

P_d —— 数字压力计压力实测值, Pa。

由于数字压力计与被校测试仪彼此独立,互不相关,因此,压力示值误差校准不确定度可由式(C.2)计算:

$$u_c^2(\Delta P) = c^2(P_0)u^2(P_0) + c^2(P_d)u^2(P_d)$$

其中 $c(P_0)=1$, $c(P_d)=-1$, 则:

$$u_c^2(\Delta P) = u^2(P_0) + u^2(P_d) \quad (\text{C.3})$$

C.1.3 不确定度来源分析

$u(\Delta P)$ 的标准不确定度来源主要是被校仪器压力示值分辨力引入的标准不确定度分量 $u_1(P_0)$ 、测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(\Delta P)$ 、数字压力计分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2(P_d)$ 和数字压力计误差引入的标准不确定度分量 $u_3(P_d)$ 。

C.1.3.1 被校仪器压力示值分辨力引入的标准不确定度分量 $u_1(P_0)$ 的评定

被校仪器压力示值分辨力为 0.1Pa, 服从均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则由被校仪器压力示值分辨力引入的标准不确定度为:

$$u_1(P_0) = \frac{a}{k} = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.029 \text{ Pa} \quad (\text{C.4})$$

C.1.3.2 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(P_d)$ 的评定

可采用连续重复 10 次测量直接求出标准不确定度 $u_1(P_d)$, 即采用 A 类方法进行评定。

调整压力值为 -1000Pa, 在重复性条件下用数字压力计测量压力值, 连续测量 10 次。

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_0(\text{Pa})$	-1000.5	-1000.2	-1000.2	-1001.2	-1001.0	-1001.0	-1000.7	-1000.2	-1000.3	-1001.0
$P_d(\text{Pa})$	-1001.1	-1000.8	-1001.0	-1001.8	-1001.5	-1001.6	-1001.4	-1000.9	-1001.0	-1001.5
$\Delta P(\text{Pa})$	0.6	0.6	0.8	0.6	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.5

则单次测量结果的实验标准偏差 s_p 计算如下:

(1) 测量结果平均值

$$\text{被校仪器示值:} \quad \overline{P_0} = \frac{\sum_{i=1}^{10} P_{0i}}{10} = -1000.63 \text{ Pa}$$

$$\text{数字压力计实测值:} \quad \overline{P_d} = \frac{\sum_{i=1}^{10} P_{di}}{10} = -1001.26 \text{ Pa}$$

$$\text{压力示值误差: } \overline{\Delta P} = \frac{\sum_{i=1}^{10} \Delta P_i}{10} = 0.63 \text{ Pa} \quad (\text{C.5})$$

(2) 试验标准偏差

$$\text{被校仪器示值: } S_{P_0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (P_{0i} - \overline{P_0})^2}{10 - 1}} = 0.397 \text{ Pa}$$

$$\text{数字压力计实测值: } S_{P_d} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (P_{di} - \overline{P_d})^2}{10 - 1}} = 0.341 \text{ Pa}$$

$$\text{压力示值误差: } S_{\Delta P} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta P_i - \overline{\Delta P})^2}{10 - 1}} = 0.095 \text{ Pa} \quad (\text{C.6})$$

(3) 测量重复性引入的标准不确定度

实际测量时测量 3 次, 则可得到测量重复性引入的标准不确定度为:

$$\text{被校仪器示值: } u_1(P_0) = \frac{S_{P_0}}{\sqrt{m}} = \frac{0.397}{\sqrt{3}} = 0.229 \text{ Pa}$$

$$\text{数字压力计实测值: } u_1(P_d) = \frac{S_{P_d}}{\sqrt{m}} = \frac{0.341}{\sqrt{3}} = 0.197 \text{ Pa}$$

$$\text{压力示值误差: } u_1(\Delta P) = \frac{S_{\Delta P}}{\sqrt{m}} = \frac{0.095}{\sqrt{3}} = 0.055 \text{ Pa} \quad (\text{C.7})$$

C.1.3.3 数字压力计分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2(P_d)$ 的评定

数字压力计的分辨力为 0.1 Pa, 服从均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则由数字压力计分辨力引入的标准不确定度为:

$$u_2(P_d) = \frac{a}{k} = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.029 \text{ Pa} \quad (\text{C.8})$$

C.1.3.4 数字压力计误差引入的标准不确定度分量 $u_3(P_d)$ 的评定

数字压力计准确度等级为 0.1 级, 即 $a = 2000 \text{ Pa} \times 0.1\% = 2 \text{ Pa}$, 假设为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则数字压力计误差引入的不确定度 $u_3(P_d)$ 为:

$$u_3(P_d) = \frac{a}{k} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1.15 \text{ Pa} \quad (\text{C. 9})$$

C.1.3.5 各标准不确定度分量汇总

各分量的标准不确定度汇总如表 C.1 所示。

表 C.1 不确定度分量汇总一览表

序号	不确定度来源	符号	类别	分布	标准不确定度 (Pa)
1	被校仪器压力示值分辨力	$u_1(P_0)$	B	均匀	0.029
2	测量重复性	$u_1(\Delta P)$	A	正态	0.055
3	数字压力计分辨力	$u_2(P_d)$	B	均匀	0.029
4	数字压力计误差	$u_3(P_d)$	B	均匀	1.15

C.1.4 合成标准不确定度 $u(\Delta P)$

当重复性引入的标准不确定度分量大于分辨力所引入的不确定分量时，不考虑分辨力引入的不确定度分量，合成标准不确定度为：

$$u(\Delta P) = \sqrt{u_1^2(\Delta P) + u_3^2(P_d)} = 1.15 \text{ Pa} \quad (\text{C. 10})$$

C.1.5 测量结果相对扩展不确定度 U_{rel}

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度为：

$$U = k \times u(\Delta P) = 2 \times 1.15 = 2.30 \text{ Pa} \quad (\text{C. 11})$$

相对扩展不确定度为：

$$U_{rel} = \frac{U}{P_d} \times 100\% = \frac{2.30}{1001.26} \times 100\% = 0.229\% \approx 0.3\% \quad (\text{C. 12})$$

C.1.6 测量结果不确定度的报告与表示

被校仪器压力-1000 Pa 示值误差测量结果相对扩展不确定度为：

$$U_{rel}=0.3 \% \quad k=2。$$

C.2 时间示值误差校准不确定度的评定

C.2.1 概述

以 60s 校准为示例，用测量范围（0~10）min、分度值为 0.01 s 的电子秒表进行校准。启动面罩气密性测试仪，当仪器开始计时的同时启动秒表，待仪器达到设定时间时同时按停秒表，记录被校仪器显示时间和秒表显示时间，按照公式（C.13）计算计时示值误差。按上述方法，重复测量 3 次，取其平均值作为测量结果。

C.2.2 测量模型

$$\Delta t = t - t_0 \quad (\text{C.13})$$

式中：

Δt ——时间示值误差，s；

t ——被校仪器显示时间，s；

t_0 ——电子秒表实测值，s。

由于电子秒表与被校仪器计时装置彼此独立，互不相关，因此，被校仪器时间示值误差的标准不确定度可由式（C.14）计算：

$$u_c^2(\Delta t) = c^2(t)u^2(t) + c^2(t_0)u^2(t_0) \quad (\text{C.14})$$

灵敏系数： $c(t)=1$ ， $c(t_0)=-1$

C.2.3 输入量 t 标准不确定度来源分析

输入量 t 的标准不确定度 $u(t)$ 来源主要是被校仪器计时装置显示分辨力引起的标准不确定度 $u_1(t)$ 。

计时装置时间显示分辨力引起的标准不确定度 $u_1(t)$ 的评定

计时装置时间显示分辨力为 $\delta_t = 0.1s$ ，则

$$u_1(t) = 0.29\delta_t = 0.029s \quad (\text{C.15})$$

C.2.4 输入量 t_0 标准不确定度来源分析

输入量 t_0 的标准不确定度 $u(t_0)$ 来源主要是电子秒表测量重复性引起的标准不确定度分项 $u_1(t_0)$ 、电子秒表示值误差引起的标准不确定度分项 $u_2(t_0)$ 和电子秒表分辨力引起的标准不确定度 $u_3(t_0)$ 。

C.2.4.1 测量重复性引起的标准不确定度分项 $u_1(t_0)$ 的评定

可采用连续重复多次测量直接求出标准不确定度，即采用 A 类方法进行评定。

被校仪器计时设定 60s，在重复性条件下用电子秒表直接测量计时时间，连续 10 次测量，得到一测量列（单位：s）：60.15、60.22、60.19、60.24、60.19、60.29、60.20、60.24、60.28、60.18，校仪器的时间显示值为 60.0s。

则单次测量结果的实验标准偏差 s_i 为：

$$\text{单次平均值} \quad \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{10} t_i}{10} = 60.22\text{s} \quad (\text{C. 16})$$

$$\text{单次标准差} \quad t_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (t_i - \bar{t})^2}{10-1}} = 0.05\text{s} \quad (\text{C. 17})$$

实际测量情况：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：

测量重复性引起的标准不确定度：

$$u_1(t_0) = \frac{t_p}{\sqrt{m}} = 0.03 \text{ s} \quad (\text{C. 18})$$

C.2.4.2 电子秒表示值误差引起的标准不确定度分项 $u_2(t_0)$ 的评定

电子秒表示值误差引起的标准不确定度可根据检定证书或校准证书给出的该秒表的允许误差来评定，属均匀分布，可采用 B 类方法评定。

电子秒表的允许误差为 $\pm 0.10 \text{ s}$ ，即 $a=0.10 \text{ s}$ ，通常认为在区间内服从均匀分布，即包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则秒表示值误差引起的标准不确定度 $u_2(t_0)$ ：

$$u_2(t_0) = \frac{a}{k} = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.06 \text{ s} \quad (\text{C. 19})$$

C.2.4.3 电子秒表分辨力引起的标准不确定度 $u_3(t_0)$ 的评定

电子秒表分辨力为 $\delta_t = 0.01\text{s}$ ，则

$$u_3(t_0) = 0.29\delta_t = 0.0029\text{s} \quad (\text{C. 20})$$

C.2.5 标准不确定度分量汇总

各标准不确定度分量汇总见表 C. 2 所示。

表 C. 2 标准不确定度分量汇总一览表

序号	不确定度来源	符号	类别	分布	标准不确定度(s)
1	被校仪器计时装置分辨力	$u_1(t)$	B	均匀	0.029
2	测量重复性	$u_1(t_0)$	A	正态	0.03
3	电子秒表示值误差	$u_2(t_0)$	B	均匀	0.06
4	电子秒表分辨力	$u_3(t_0)$	B	均匀	0.0029

C. 2.6 合成标准不确定度来源计算

当重复性引入的标准不确定度分量大于分辨力所引入的不确定分量时，不考虑分辨力引入的不确定度分量，合成标准不确定度为：

$$u(t) = \sqrt{u_1^2(t) + u_1^2(t_0) + u_2^2(t_0)} = 0.073 \text{ s} \quad (\text{C. 21})$$

C. 2.7 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度为：

$$U = 0.073 \times 2 = 0.146 \text{ s} \approx 0.15 \text{ s} \quad (\text{C. 22})$$

C. 2.8 测量结果不确定度的报告与表示

被校仪器计时误差测量结果扩展不确定度为：

$$U = 0.15 \text{ s} \quad k = 2。$$