



# 中华人民共和国工业和信息化部 兵工民品计量技术规范

JJF（兵工民品） 0029—2023

## 呼吸器综合检测仪校准规范

Calibration Specification for Respirator Integrated Detector

（报批稿）

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

# 呼吸器综合检测仪 校准规范

Calibration Specification for  
Respirator Integrated Detector

JJF（兵工民品） 0029—2023

归口单位：中国兵器工业标准化研究所

主要起草单位：黑龙江华安精益计量技术研究院有限公司

参与起草单位：黑河市检验检测中心

北方华安工业集团有限公司

本规范技术条文委托起草单位负责解释

**本规范主要起草人：**

王晓靓（黑龙江华安精益计量技术研究院有限公司）

薛文瑞（黑龙江华安精益计量技术研究院有限公司）

王新爽（黑龙江华安精益计量技术研究院有限公司）

**参加起草人：**

王暖强（黑河市检验检测中心）

吕 俊（北方华安工业集团有限公司）

温利胜（北方华安工业集团有限公司）



# 目 录

引言.....（Ⅱ）

1 范围.....（1）

2 引用文件.....（1）

3 术语和计量单位.....（1）

4 概述.....（1）

5 计量特性.....（2）

6 校准条件.....（2）

6.1 环境条件.....（2）

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.....（4）

8 校准结果表达.....（6）

9 复校时间间隔.....（7）

附录 A 原始记录格式.....（8）

附录 B 校准证书内页格式.....（10）

附录 C 测量不确定度评定示例.....（11）

# 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《测量不确定度评定与表示》编写。

本规范为首次发布。

# 呼吸器综合检测仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于呼吸器综合检测仪（以下简称检测仪）的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义技术

GA 124-2013 正压式消防空气呼吸器

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 术语和计量单位

JJF 1001-2011 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

### 3.1

正压式空气呼吸器 self-contained positive pressure air breathing apparatus

从事抢险救灾、特种作业时使用的个人呼吸保护装置，一种自给开放式空气呼吸器，该呼吸器利用面罩与佩戴者面部周边密合，使佩戴者呼吸器官、眼睛和面部与外界染毒空气或缺氧环境完全隔离，具有自带压缩空气源供给佩戴者呼吸所用的洁净空气，呼出的气体直接排入大气中，任一呼吸循环过程中，面罩内的压力均大于环境压力。

[GA 124-2013，术语和定义 3.1]

### 3.2

人工肺 artificial lung

模拟人体肺脏器官进行呼出或吸入空气的装置。

### 3.3

试验头模 test head mold

人体的头部模型，用于测试呼吸器面罩性能，通常位于人工肺的上端。

### 3.4

呼吸量 respiratory volume

人工肺每次呼出或吸入的空气体积。

### 3.5

呼吸频率 respiratory frequency

人工肺每分钟呼吸的次数。

4 概述

4.1 原理

检测仪配备有测试软件，通过设置检测仪的压力、呼吸频率、呼吸量等参数，可模拟实现人工呼吸动作，使安装在检测仪上的呼吸器处于工作状态，进而完成对呼吸器的性能测试。

4.2 结构

检测仪主要由试验头模、人工肺、高压总管、计算机、气瓶和打印机组成。检测仪结构示意图见图1。

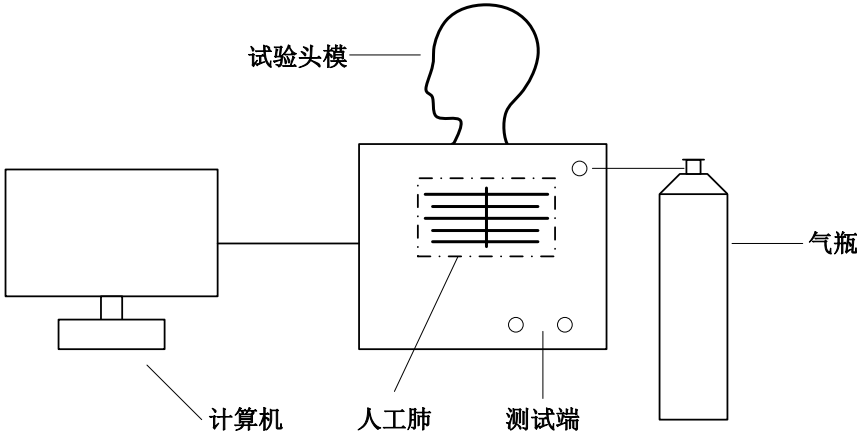


图1 检测仪结构示意图

4.3 用途

可对正压式空气呼吸器以及其它型式的呼吸保护装置进行综合检测和评定。测试主要项目有呼吸器面罩泄漏测试、整机密封性测试、报警器测试、呼吸阻力测试、高压泄漏测试和减压器测试等。

5 计量特性

检测仪计量特性见表 1。

表 1 检测仪计量特性

序号	计量特性	技术指标
1	密封性	1 min 内压力下降值不大于 2 MPa
2	压力示值误差	$\pm 1.0\% \text{ FS}$
3	压力回程误差	1.0% FS
4	流量示值误差	$\pm 5.0\%$
5	流量重复性	2.0%
6	呼吸频率误差	$\pm 1 \text{ 次/min}$
7	计时误差	$\pm 1 \text{ s}$



## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(20±5)℃。

6.1.2 相对湿度：不大于 70%。

### 6.2 测量标准及其它设备

6.2.1 测量标准及其它设备技术要求见表 2。

表 2 测量标准及其它设备技术要求

序号	名 称	技术要求
1	数字压力计、自动标准压力发生器	测量范围应大于或等于检测仪的测量范围；最大允许误差绝对值应不大于被校检测仪最大允许误差绝对值的 1/3
2	气体腰轮流量计	流量范围应与检测仪的流量范围相适应；其扩展不确定度 ( $k=2$ ) 应不大于被校检测仪最大允许误差绝对值的 1/2
3	非接触式转速表	带计数功能；准确度等级：0.1 级
4	秒表	30 s 的最大允许误差：±0.2 s

6.2.2 校准应使用无油脂的气体，一般采用空气。校准压力的标准器应选用无油脂污染的压力标准仪器。

6.2.3 压力源应能满足压力校准点要求，可选用空气瓶（瓶内压力不低于 28 MPa）、气体压力泵或压力校验器。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

校准项目见表3。

表 3 校准项目

序号	校准项目	校准方法章条号
1	外观及附件	7.2.1
2	密封性	7.2.2
3	压力示值误差	7.2.3
4	压力回程误差	7.2.4
5	流量示值误差	7.2.5
6	流量重复性	7.2.6
7	呼吸频率误差	7.2.7
8	计 时 误 差	7.2.8

## 7.2 校准方法

检测仪的校准应在 6.1 规定的条件下进行, 相关数据和信息记入原始记录, 原始记录格式见附录 A。校准前应经过适当时间的通电, 如检测仪说明书规定的预热时间, 若无规定, 则预热时间应至少 15 min。

### 7.2.1 外观及附件检查

7.2.1.1 目测检查检测仪的外观和标志等。

7.2.1.2 检测仪应有铭牌, 标明产品名称、型号、规格、制造厂名称或商标、出厂编号等。

7.2.1.3 检测仪附件应齐全。压力通道的接口不应有裂纹、损伤、锈蚀等影响使用的缺陷。试验头模与主机连接应牢固可靠, 左眼取压孔应保持畅通。充气阀门应运动灵活, 无摩擦及阻滞现象。

### 7.2.2 密封性

将压力标准器与高压总管连接, 使用压力源对检测仪高压总管充气, 当高压总管压力达到额定工作压力值时 (通常不低于 25 MPa), 关闭压力源, 读取标准器 1 min 内的下降压力值。

### 7.2.3 压力示值误差

7.2.3.1 检测仪的压力通道通常分为高压、中压和微压通道。进行压力示值误差校准时, 应对各压力通道进行校准。压力示值误差校准连接示意图见图 2。

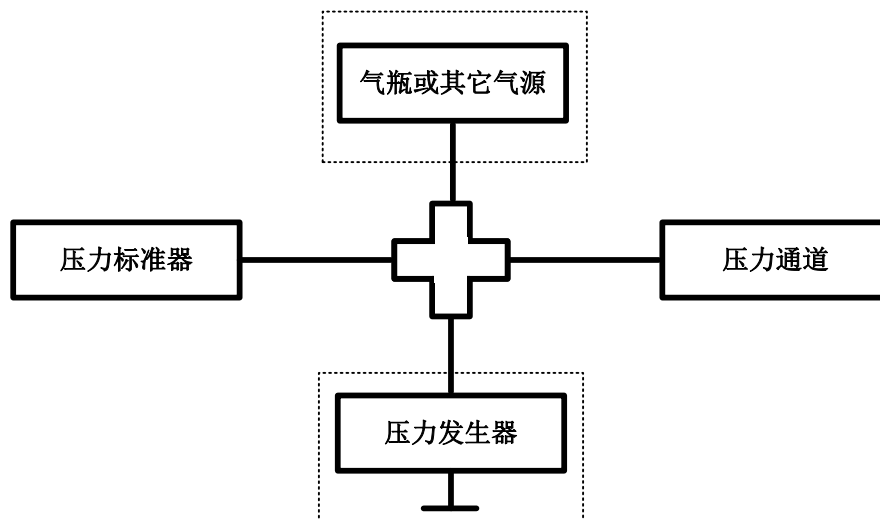


图 2 压力示值误差校准连接示意图

7.2.3.2 在被校准压力通道的量程内均匀选定至少五个校准点 (含零点), 或可根据用户的需要选定校准点。建议选取的校准点见表 4。

表 4 建议选取的校准点

序号	通道类型	校准点
1	高压通道	15 MPa、25 MPa、28 MPa
2	中压通道	0.4 MPa、0.6 MPa、0.8 MPa
3	微压通道	500 Pa、700 Pa、1 000 Pa

7.2.3.3 从零点开始依次对压力通道加压，加压至选定的校准点（即标准器的示值），然后读取检测仪对应通道显示的的压力值，再依次逐点进行降压校准直至零点。压力示值误差按公式（1）计算，以正、反行程示值误差最大值作为校准结果。

$$\Delta P = P_I - P_S \quad (1)$$

式中：

$\Delta P$ ——校准点的压力示值误差，Pa、kPa 或 MPa；

$P_I$ ——校准点正、反行程示值，Pa、kPa 或 MPa；

$P_S$ ——标准器示值，Pa、kPa 或 MPa。

#### 7.2.4 压力回程误差

同一校准点正反行程示值之差的绝对值为回程误差。

#### 7.2.5 流量示值误差

7.2.5.1 取下试验头模，将标准流量计与人工肺上部连接，同时 确保连接处密封，无泄漏。

7.2.5.2 通常流量设定点有 40 L/min、50 L/min 和 100 L/min，可按照设定点选取流量校准点，也可根据用户的实际应用选取校准点。流量设定好后，启动检测仪流量测试程序，记录标准流量计的示值，测量三次，计算平均值  $Q_s$ 。流量示值误差按公式（2）计算。

$$\Delta Q = \frac{Q - Q_s}{Q_s} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$\Delta Q$ ——校准点的流量示值误差，%；

$Q_s$ ——标准流量计的测量平均值，L/min；

$Q$ ——检测仪的流量设定值，L/min。

#### 7.2.6 流量重复性

按 7.2.5 重复测量三次，流量重复性按公式（4）计算。

$$R = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_s \cdot d_n} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

- $R$  ——校准点的流量重复性, %;
- $Q_{\max}$  ——标准流量计的最大测量值, L/min;
- $Q_{\min}$  ——标准流量计的最小测量值, L/min;
- $d_n$  ——极差系数, 当  $n=3$  时,  $d_n=1.69$ 。

### 7.2.7 呼吸频率误差

将转速表反光膜贴牢于人工肺的便于观测处, 设置呼吸频率, 选取的校准点应包含 25 次/分钟和 40 次/分钟两个频率设定值, 也可根据用户的需要增加校准点。启动检测仪呼吸测试程序, 读取转速表的测量值, 测量三次, 计算平均值  $F_s$ 。呼吸频率误差按公式 (4) 计算。

$$\Delta F = F - F_s \quad (4)$$

式中:

- $\Delta F$  ——校准点的呼吸频率误差, 次/分钟;
- $F_s$  ——转速表的测量平均值, 次/分钟;
- $F$  ——检测仪的呼吸频率设定值, 次/分钟。

### 7.2.8 计时误差

计时误差校准点应至少包含 30 s 和 60 s 两个点, 也可根据用户的需要增加校准点。设定好试验时间后, 同时启动秒表和测试程序, 当检测仪达到设定时间时停止秒表计时, 记录秒表显示时间, 测量三次, 计算平均值  $t_s$ 。计时误差按公式 (5) 计算。

$$\Delta t = t - t_s \quad (5)$$

式中:

- $\Delta t$  ——校准点的计时误差, s;
- $t_s$  ——秒表的测量平均值, s;
- $t$  ——检测仪的设定时间, s。

## 8 校准结果表达

校准结束后出具校准证书, 推荐校准证书内页格式见附录B。校准证书应准确、客观的报告校准结果。校准结果用校准数据的形式给出, 并给出测量不确定度, 不确定度评定示例见附录C。校准证书至少包含以下信息:

- 标题, 如“校准证书”或“校准报告”;
- 实验室名称和地址;
- 进行校准的地点 (如果不在实验室内进行校准);
- 证书或报告的唯一性标识 (如编号), 每页及总页数的标识;
- 送校单位的名称和地址;

- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应对抽样程序进行说明;
- i) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名, 以及签发日期;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

## 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, 因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔, 一般不超过 12 个月。

## 附录 A

## 呼吸器综合检测仪校准原始记录格式

客户名称				
仪器名称		型号/规格		
出厂编号		制 造 商		
校准依据		校准地点		
温 度		相对湿度		
使用的标准器信息				
名称	编号	测量范围	不确定度/准确度等级 /最大允许误差	证书编号及有效期

## 1 外观及附件检查

## 2 密封性检查

1 min 内压力下降\_\_\_\_\_MPa

## 3 压力示值误差、回程误差

测量单位:

压力通道名称:				测量范围:		
序号	标准 压力值	压力通道示值		回程误差	示值误差	测量结果不确定度
		正行程	反行程			
1						
2						
3						
4						
5						

## 4 流量示值误差、重复性

设定值 (L/min)	标准器示值 (L/min)				重复性 %	示值误差 %	测量结果不确定度
	1	2	3	平均值			

## 5 呼吸频率误差

测量单位：次/分钟

呼吸频率 设定值	标准器示值				误差	测量结果不确定度
	1	2	3	平均值		

## 6 计时误差

测量单位：s

设定值	标准器示值				计时误差	测量结果不确定度
	1	2	3	平均值		

附录 B

校准证书内页格式

- 1 外观及附件检查
- 2 密封性检查
- 3 压力示值误差、回程误差

测量单位：

压力通道名称：			测量范围：	
序号	标准压力值	回程误差	示值误差	测量结果不确定度
1				
2				
3				
4				
5				

.....

- 4 流量示值误差、重复性

流量设定值 (L/min)	标准器示值 (L/min)	重复性 %	示值误差 %	测量结果不确定度

- 5 呼吸频率误差

测量单位：次/分钟

呼吸频率设定值	标准器示值	误差	测量结果不确定度

- 6 计时误差

测量单位：s

设定时间	标准器示值	计时误差	测量结果不确定度



## 附录 C

## 测量不确定度评定示例

## C.1 建立数学模型压力示值误差测量不确定度的评定

## C.1.1 测量模型

测量模型按公式（C.1）计算。

$$\Delta P = P_1 - P_s \quad (\text{C.1})$$

式中：

$\Delta P$ ——校准点的压力示值误差，Pa、kPa 或 MPa；

$P_1$ ——校准点正反行程示值，Pa、kPa 或 MPa；

$P_s$ ——标准器示值，Pa、kPa 或 MPa。

## C.1.2 合成标准不确定度计算公式和灵敏系数

$P_1$ 、 $P_s$  互不相关，则压力示值误差的合成标准不确定度按公式（C.2）计算。

$$u_c^2(\Delta P) = c_1^2 u^2(P_1) + c_2^2 u^2(P_s) \quad (\text{C.2})$$

$$\text{其中：} c_1 = \frac{\partial \Delta P}{\partial P_1} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta P}{\partial P_s} = -1$$

## C.1.3 不确定度来源

C.1.3.1 输入量  $P_1$  的标准不确定度评定  $u(P_1)$ 

输入量  $P_1$  的标准不确定度主要考虑压力通道的测量重复性和分辨力，而重复性引入的标准不确定度分量与显示值分辨力引入的标准不确定度分量属于同一种效应导致的不确定度，应取二者较大者。

a) 测量重复性引入的标准不确定度  $u_1(P_1)$ 

以高压通道为例（其它通道参照评定），对 20MPa 点进行十次重复性测量，数据为 20.1 MPa、20.2 MPa、20.2 MPa、20.2 MPa、20.2 MPa、20.2 MPa、20.2 MPa、20.1 MPa、20.1 MPa、20.2 MPa。单次测量的实验标准偏差为：

$$s_1(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.048 \text{ MPa}$$

在校准中，每个校准点可得到两个测量值，则测量重复性引入的标准不确定度为：

$$u_1(P_1) = s_1(x) / \sqrt{2} = 0.03 \text{ MPa}$$

b) 压力通道的读数分辨力引入的标准不确定度  $u_2(P_1)$

压力通道的读数分辨力为 0.1 MPa，区间半宽  $a=0.1 \text{ MPa}/2=0.05 \text{ MPa}$ ，均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则由分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_2(P_1) = \frac{a}{\sqrt{3}} = 0.03 \text{ MPa}$$

取重复性引入的标准不确定度与分辨力引入的标准不确定度的较大者，则输入量  $P_1$  的标准不确定度为：

$$u(P_1) = 0.03 \text{ MPa}$$

#### C.1.3.2 输入量 $P_s$ 的标准不确定度评定 $u(P_s)$

由数字压力计的最大允许误差引入，该数字压力计的测量范围为：（0~40）MPa，准确度等级为 0.05 级，其最大允许误差为  $\pm 0.02 \text{ MPa}$ ，均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则输入量  $P_s$  的标准不确定度为：

$$u(P_s) = \frac{0.02 \text{ MPa}}{\sqrt{3}} = 0.01 \text{ MPa}$$

#### C.1.4 标准不确定度评定

标准不确定度分量一览表见表 C.1。

表 C.1 标准不确定度分量一览表

序号	不确定度来源	评定方法	标准不确定度分量	灵敏系数	$ c_i u(x_i)$
1	测量重复性 $u(P_1)$	A 类	0.03 MPa	1	0.03 MPa
2	数字压力计 $u(P_s)$	B 类	0.01 MPa	-1	0.01 MPa

#### C.1.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{(0.03 \text{ MPa})^2 + (0.01 \text{ MPa})^2} = 0.03 \text{ MPa}$$

#### C.1.6 扩展不确定度

$$U = k \cdot u_c = 0.1 \text{ MPa} \quad (k=2)$$

### C.2 流量示值误差不确定度的评定

#### C.2.1 测量模型

测量模型按公式 (C.3) 计算。

$$\Delta Q = \frac{Q - Q_s}{Q_s} \times 100\% \quad (\text{C.3})$$

式中：

$\Delta Q$ ——校准点的流量示值误差，%；

$Q_s$ ——标准流量计的测量平均值，L/min；

$Q$ ——检测仪的流量设定值，L/min。

## C.2.2 合成标准不确定度计算公式和灵敏系数

由公式 (C.3) 可知  $Q$  为流量设定值, 是一常数, 因此不确定度来源仅由标准流量计的示值  $Q_s$  引入。则流量示值误差的合成标准不确定度按公式 (C.4) 计算。

$$u(\Delta Q) = c \cdot u(Q_s) \quad (\text{C.4})$$

$$\text{其中: } c = \frac{\partial \Delta Q}{\partial Q_s} = -\frac{Q}{Q_s^2}$$

## C.2.3 不确定度来源

输入量  $Q_s$  的标准不确定度来源为测量重复性和标准流量计的扩展不确定度。

C.2.3.1 测量重复性引入的标准不确定度评定  $u_1(Q_s)$ 

流量设定为 50 L/min, 进行 10 次重复测量, 标准流量计测得的实际流量值分别为: 49.8 L/min、49.7 L/min、49.8 L/min、49.7 L/min、49.6 L/min、49.7 L/min、49.6 L/min、49.8 L/min、49.7 L/min、49.8 L/min, 平均值为 49.7 L/min。单次测量的实验标准偏差为:

$$s_2(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.079 \text{ L/min}$$

在实际校准中, 每个校准点校准 3 次, 则测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u_1(Q_s) = s_2(x) / \sqrt{3} = 0.046 \text{ L/min}$$

C.2.3.2 标准流量计的扩展不确定度引入标准不确定度评定  $u_2(Q_s)$ 

标准流量计的扩展不确定度为 1.5%, 包含因子  $k=2$ , 则标准流量计的扩展不确定度引入标准不确定度为:

$$u_2(Q_s) = \frac{1.5\%}{2} \times 49.7 \text{ L/min} = 0.373 \text{ L/min}$$

## C.2.4 标准不确定度评定

标准不确定度分量一览表见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度分量一览表

序号	不确定度来源	评定方法	标准不确定度分量	灵敏系数	$ c_i u(x_i)$
1	测量重复性 $u_1(Q_s)$	A 类	0.046 L/min	$-\frac{50 \text{ L/min}}{(49.7 \text{ L/min})^2}$	0.09%
2	标准流量计 $u_2(Q_s)$	B 类	0.373 L/min	$-\frac{50 \text{ L/min}}{(49.7 \text{ L/min})^2}$	0.76%

## C.2.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{(0.09\%)^2 + (0.76\%)^2} = 0.77\%$$

## C.2.6 扩展不确定度

$$U = k \cdot u_c = 1.6\% \quad (k=2)$$

### C.3 呼吸频率误差不确定度的评定

#### C.3.1 测量模型

测量模型按公式 (C.5) 计算。

$$\Delta F = F - F_s \quad (\text{C.5})$$

式中：

$\Delta F$  ——校准点的呼吸频率误差，次/分钟；

$F_s$  ——转速表的测量平均值，次/分钟；

$F$  ——检测仪的呼吸频率设定值，次/分钟。

#### C.3.2 合成标准不确定度计算公式和灵敏系数

由公式 (C.5) 可知  $F$  为呼吸频率设定值，是一常数，因此不确定度来源仅由转速表示值  $F_s$  引入。则呼吸频率误差的合成标准不确定度按公式 (C.6) 计算。

$$u(\Delta F) = c \cdot u(F_s) \quad (\text{C.6})$$

$$\text{其中：} c = \frac{\partial \Delta F}{\partial F_s} = -1$$

#### C.3.3 不确定度来源

输入量  $F_s$  的标准不确定度来源为测量重复性和转速表的最大允许误差。

##### C.3.3.1 测量重复性引入的标准不确定度评定 $u_1(F_s)$

呼吸频率设定值为25次/分钟，进行10次重复测量，测量值分别为：25次/分钟、25次/分钟、26次/分钟、25次/分钟、25次/分钟、26次/分钟、25次/分钟、25次/分钟、25次/分钟、25次/分钟，平均值为25.2次/分钟。单次测量的实验标准偏差：

$$s_3(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.42 \text{ 次/分钟}$$

在实际校准中，每个校准点校准三次，则测量重复性引入的标准不确定度为：

$$u_1(F_s) = s_3(x) / \sqrt{3} = 0.24 \text{ 次/分钟}$$

##### C.3.3.2 转速表的最大允许误差引入标准不确定度评定 $u_2(F_s)$

转速表的最大允许误差为 $\pm 0.1\%$ ，均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则

$$u_2(F_s) = \frac{0.1\%}{\sqrt{3}} \times 25 \text{ 次/分钟} = 0.02 \text{ 次/分钟}$$

#### C.3.4 标准不确定度评定

标准不确定度分量一览表见表 C.3。

表 C.3 标准不确定度分量一览表

序号	不确定度来源	评定方法	标准不确定度分量	灵敏系数	$ c_i u(x_i)$
1	测量重复性 $u_1(F_s)$	A 类	0.24 次/分钟	-1	0.24 次/分钟
2	转速表 $u_2(F_s)$	B 类	0.02 次/分钟	-1	0.02 次/分钟

## C.3.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{(0.28 \text{ 次/分钟})^2 + (0.02 \text{ 次/分钟})^2} = 0.24 \text{ 次/分钟}$$

## C.3.6 扩展不确定度

$$U = k \cdot u_c = 0.5 \text{ 次/分钟} \quad (k=2)$$

## C.4 计时误差不确定度的评定

## C.4.1 测量模型

测量模型按公式 (C.7) 计算。

$$\Delta t = t - t_s \quad (\text{C.7})$$

式中:

$\Delta t$ ——校准点的计时误差, s;

$t_s$ ——秒表的测量平均值, s;

$t$ ——检测仪的设定时间, s。

## C.4.2 合成标准不确定度计算公式和灵敏系数

由公式 (C.7) 可知  $t$  为检测仪设定时间, 是一常数, 因此不确定度来源仅由秒表示值  $t_s$  引入。则计时误差的合成标准不确定度按公式 (C.8) 计算。

$$u(\Delta t) = c \cdot u(t_s) \quad (\text{C.8})$$

$$\text{其中: } c = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_s} = -1$$

## C.4.3 不确定度来源

输入量  $t_s$  的标准不确定度来源为测量重复性和秒表的最大允许误差。

C.4.3.1 测量重复性引入的标准不确定度评定  $u_1(t_s)$ 

检测仪的设定时间为 30 s, 进行 10 次重复测量, 测量值分别为: 30.2 s、30.4 s、30.3 s、30.2 s、30.4 s、30.5 s、30.3 s、30.5 s、30.1 s、30.3 s, 平均值为 30.32 s。单次测量的实验标准偏差为:

$$s_4(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.13 \text{ s}$$

在实际校准中, 每个校准点校准三次, 则测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u_1(t_s) = s_4(x) / \sqrt{3} = 0.08 \text{ s}$$

C.4.3.2 秒表的最大允许误差引入标准不确定度评定  $u_2(t_s)$ 

秒表的最大允许误差为  $\pm 0.2$  s，均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则秒表的最大允许误差引入标准不确定度为：

$$u_2(t_s) = \frac{0.2\text{s}}{\sqrt{3}} = 0.11\text{ s}$$

## C.4.4 标准不确定度评定

标准不确定度分量一览表见表 C.4。

表 C.4 标准不确定度分量一览表

序号	不确定度来源	评定方法	标准不确定度分量	灵敏系数	$ c_i u(x_i)$
1	测量重复性 $u_1(t_s)$	A 类	0.08 s	-1	0.08 s
2	秒表 $u_2(t_s)$	B 类	0.11 s	-1	0.11 s

## C.4.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{(0.08\text{s})^2 + (0.11\text{s})^2} = 0.14\text{ s}$$

## C.4.6 扩展不确定度

$$U = k \cdot u_c = 0.3\text{ s} \quad (k=2)$$

中华人民共和国工业和信息化部

兵工民品计量技术规范

**呼吸器综合检测仪校准规范**

JJF（兵工民品）0029—2023

版权所有 不得翻印