



# 山东省地方计量技术规范

JJF（鲁） 185—2024

---

## 口罩颗粒物防护效果测试仪校准规范

Calibration Specification for Mask Particle Protective Performance Testers

2024—01—23 发布

2024—03—01 实施

---

山东省市场监督管理局 发布



# 口罩颗粒物防护效果测试仪 校准规范

Calibration Specification for Mask Particle  
Protective Performance Testers

JJF（鲁） 185—  
2024

归口单位：山东省市场监督管理局

主要起草单位：青岛市计量技术研究院

参加起草单位：青岛众瑞智能仪器股份有限公司

菏泽市产品检验检测研究院

本规范委托山东省医学计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

张 明（青岛市计量技术研究院）

邹亚雄（青岛市计量技术研究院）

王 婷（青岛市计量技术研究院）

**参加起草人：**

何春雷（青岛众瑞智能仪器股份有限公司）

郭 亮（青岛众瑞智能仪器股份有限公司）

杜广文（青岛众瑞智能仪器股份有限公司）

樊凤菊（菏泽市产品检验检测研究院）

# 目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(3)
2 引用文件.....	(3)
3 术语.....	(3)
4 概述.....	(3)
5 计量特性.....	(4)
6 校准条件.....	(4)
6.1 环境条件.....	(4)
6.2 测量标准及其他设备.....	(4)
7 校准项目和校准方法.....	(5)
7.1 外观与功能检查.....	(5)
7.2 呼吸流量示值误差.....	(6)
7.3 呼吸频率示值误差.....	(6)
7.4 气溶胶空气动力学质量中位径.....	(6)
7.5 防护效果示值误差.....	(7)
8 校准结果表达.....	(8)
9 复校时间间隔.....	(8)
附录 A CMD 和 MMAD 的换算方法.....	(10)
附录 B 校准原始记录格式.....	(11)
附录 C 校准证书内页格式.....	(13)
附录 D 测量不确定度评定示例.....	(15)

# 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》、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规范。

本规范主要参考 JJF 1234-2018《呼吸机校准规范》、JJF 1562-2016《凝结核粒子计数器校准规范》、GB 2626-2019《呼吸防护 自吸过滤式防颗粒物呼吸器》、GB/T 32610-2016《日常防护型口罩技术规范》和 GB/T 38880-2020《儿童口罩技术规范》等制定。

本规范是首次发布。

# 口罩颗粒物防护效果测试仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于口罩颗粒物防护效果测试仪的校准。

## 2 引用文件

JJF 1234-2018 呼吸机校准规范

JJF 1562-2016 凝结核粒子计数器校准规范

GB 2626-2019 呼吸防护 自吸过滤式防颗粒物呼吸器

GB/T 32610-2016 日常防护型口罩技术规范

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

JJF 1562、GB 2626 和 GB/T 32610 界定的术语和定义适用于本规范。

### 3.1 防护效果 particle protective performance

在规定条件下，口罩阻隔颗粒物的能力，用百分数表示。

[来源：GB/T 32610-2016，3.3]

### 3.2 气溶胶 aerosol

悬浮于气体中的固体和/或液体颗粒分散体系。

[来源：JJF 1562-2016，3.1]

### 3.3 空气动力学粒径 aerodynamic diameter

与所考虑的颗粒物有相同沉降速度的单位密度球形颗粒的直径。

[来源：GB 2626-2019，3.23]

### 3.4 空气动力学质量中位径 mass median aerodynamic diameter (MMAD)

当把颗粒物按空气动力学粒径大小排序时，比它粒径大的和比它粒径小的颗粒物质质量各占颗粒物总质量 50%的粒径。

[来源：GB 2626-2019，3.24]

## 4 概述

口罩颗粒物防护效果测试仪（以下简称“测试仪”）适用于口罩颗粒物防护效果的检测。其原理是，在一个相对密闭的空间内，人体头模佩戴被检测的口罩样品，气溶胶

发生器产生具有一定浓度及粒径分布的气溶胶颗粒，呼吸模拟器以一定频率和流量模拟人体呼吸，气溶胶浓度监测仪分别测量口罩内外的气溶胶浓度，计算气溶胶浓度减少量以评价口罩颗粒物防护效果。口罩颗粒物防护效果测试仪主要由测试仓、气溶胶发生器、呼吸模拟器，以及气溶胶浓度监测仪组成，如图 1 所示。

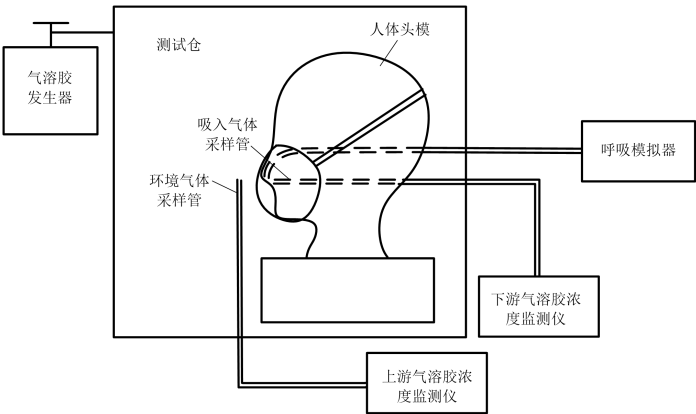


图 1 口罩颗粒物防护效果测试仪结构示意图

5 计量特性

测试仪的计量特性见表 1。

表 1 计量特性

序号	校准项目	性能指标
1	呼吸流量示值误差	不超过±1L/min
2	呼吸频率示值误差	不超过±1 次/分
3	气溶胶空气动力学质量中位径	盐性气溶胶：（0.60±0.05）μm； 油性气溶胶：（0.30±0.02）μm。
4	防护效果示值误差	防护效果标准值≥85%时：不超过±2%； 防护效果标准值<85%时：不超过±5%。

注：以上指标不适用于测试仪的合格性判定，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

- 6.1.1 环境温度：（25±5）℃；
- 6.1.2 相对湿度：≤85%；
- 6.1.3 其他：远离振动、电磁干扰，避免阳光直射。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 流量标准装置



测量范围：（10~40）L/min，准确度等级：1.0 级。由能够实现正反流量累积功能的罗茨流量计或其他类型流量计构成。

#### 6.2.2 气流分析仪

呼吸频率：（1~40）次/分，最大允许误差：±3%。

#### 6.2.3 扫描电迁移率粒径谱仪（以下简称“粒径谱仪”）

粒径测量范围（10nm~1μm），颗粒计数效率（100±10）%，颗粒计数重复性不大于 3%。

#### 6.2.4 气溶胶稀释器

工作流量可以与粒径谱仪的采样流量相匹配，稀释比应至少包含 10:1。

#### 6.2.5 口罩颗粒物防护效果测试仪校准装置（以下简称“校准装置”）

校准装置主要由标准流量计、混匀腔、循环抽气泵和高效过滤器组成。其中标准流量计的测量范围（1~20）L/min，准确度等级 1.0 级，循环抽气泵在（1~20）L/min 流量范围内连续可调，如图 2 所示。

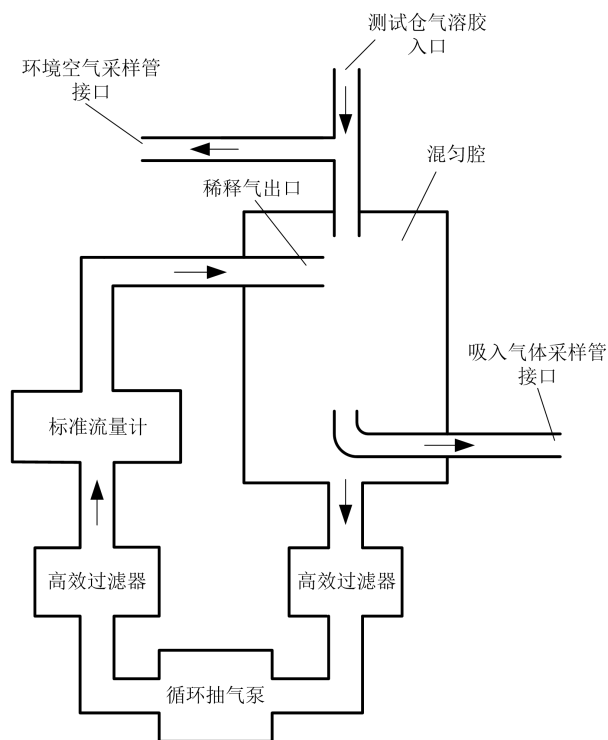


图 2 校准装置结构示意图

### 7 校准项目和校准方法

#### 7.1 外观与功能检查

测试仪应具有下列标识：名称、型号、出厂编号、制造厂名及制造日期。

测试仪外观应完好，所有零件应紧固无松动，不应有妨碍正常工作的机械损伤。通电后，各部件都能正常工作，各旋钮、按键应能正常调节，气路连接正确，密封完好无漏气现象，显示单元应清晰完整。

## 7.2 呼吸流量示值误差

将流量标准装置与呼吸模拟器的接口连接。开启测试仪，选择设定值为 30L/min 或 20L/min 进行校准。完成设定并稳定运行后，读取流量标准装置的流量示值，重复 3 次，取算术平均值，按照公式 (1) 进行呼吸流量示值误差的计算。

$$\Delta Q = Q_0 - \bar{Q}_s \quad (1)$$

式中：

$\Delta Q$ ——呼吸流量示值误差，L/min；

$Q_0$ ——呼吸流量设定值，L/min；

$\bar{Q}_s$ ——流量标准装置 3 次测量结果的算术平均值，L/min。

## 7.3 呼吸频率示值误差

将气流分析仪与呼吸模拟器的接口连接。开启测试仪，呼吸频率设定为 20 次/分，待稳定后，读取气流分析仪呼吸频率示值。重复 3 次，取算术平均值。按照公式 (2) 进行呼吸频率示值误差的计算。

$$\Delta f = f_0 - \bar{f}_s \quad (2)$$

式中：

$\Delta f$ ——呼吸频率示值误差，次/分；

$f_0$ ——呼吸频率设定值，次/分；

$\bar{f}_s$ ——气流分析仪 3 次测量值的算术平均值，次/分。

## 7.4 气溶胶空气动力学质量中位径

开启测试仪，调节气溶胶发生器至正常工作状态。将粒径谱仪通过气溶胶稀释器连接到测试仓环境气体采样管，如图 3 所示。选择合适的稀释比例，使得经过稀释后的气溶胶颗粒数量浓度在 (5000~8000) 个/cm<sup>3</sup>。操作粒径谱仪，测得气溶胶的计数中位径和几何标准偏差。按照附录 A 的方法，将计数中位径转换成空气动力学质量中位径。

盐性气溶胶和油性气溶胶应分别测量。

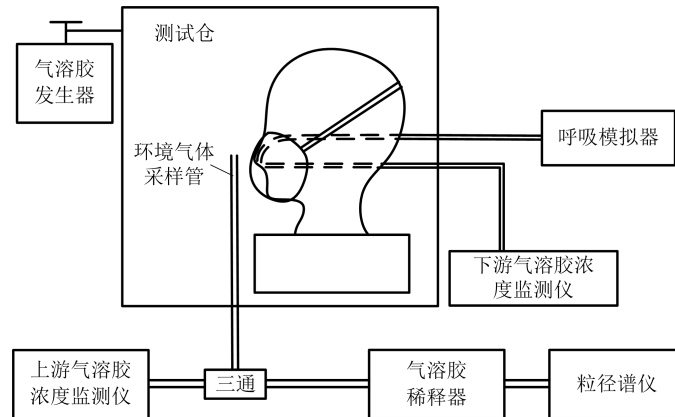


图3 气溶胶粒径测量连接示意图

### 7.5 防护效果示值误差

启动测试仪，打开气溶胶监测功能，待工作稳定后，使用标准流量计测量经过吸入气体采样管的采样流量，记为  $q$ 。

将校准装置环境气体采样管接口和吸入气体采样管接口分别与测试仪的上游和下游气溶胶浓度监测仪的采样管相连接，校准装置气溶胶入口应接近测试仓中头模口鼻部位。开启测试仪的气溶胶发生器，在呼吸模拟器关闭的情况下，等待上游气溶胶浓度监测仪示值稳定。

依次调整校准装置中循环抽气泵的流量，使校准装置中标准流量计的读数接近  $9 \times q$ 、 $5.7 \times q$ 、 $3 \times q$  和  $1.9 \times q$ ，即校准装置的稀释比约为 10:1、6.7:1、4:1 和 2.9:1，对应的防护效果标准值约为 90%、85%、75% 和 65%。

在各稀释比条件下，稳定运行后，分别记录测试仪防护效果示值，重复 3 次，按照公式（3）计算校准装置的稀释比，按照公式（4）计算校准装置的防护效果标准值，按照公式（5）计算防护效果示值误差。

$$n = \frac{Q + q}{q} \quad (3)$$

$$P_s = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \times 100\% \quad (4)$$

$$\Delta P = \bar{P} - P_s \quad (5)$$

式中：

$n$ ——稀释倍数；

$Q$ ——标准流量计测量值, L/min;

$q$ ——测试仪下游气溶胶浓度监测仪采样流量, L/min;

$P_s$ ——校准装置防护效果测得值, %;

$\Delta P$ ——防护效果示值误差, %;

$\bar{P}$ ——测试仪防护效果显示值的算术平均值, %。

## 8 校准结果表达

校准结果应在校准证书(报告)上反映, 校准证书(报告)应至少包括以下信息:

- a) 标题, 如“校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点(如果与实验室的地址不同);
- d) 证书或报告的唯一性标识(如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 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, 应对被校样品的抽样程序进行说明;
- i) 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、职务或等效标识;
- 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, 不得部分复制证书的声明。

校准原始记录格式见附录 B, 校准证书(报告)内页格式见附录 C。

## 9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短由测试仪的使用情况、使用者和测试仪本身质量等诸多因

素决定，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。复校时间间隔建议不超过 1 年。在相邻两次校准期间，如对测试仪的检测数据有怀疑或测试仪更换主要部件及修理后应对测试仪重新校准。

## 附录 A

## CMD 和 MMAD 的换算方法

## A.1 将计数中位径 (CMD) 换算为质量中位径 (MMD)

颗粒物粒径分布常以对数正态分布考虑, 无论是个数分布还是质量分布, 它们的几何标准偏差相等, 只是沿粒径坐标移动了一个常量距离。因此, CMD 和 MMD 有如下公式 (A.1) 的换算关系。

$$\ln D_{\text{MMD}} = \ln D_{\text{CMD}} + 3 \ln^2 \sigma_g \quad D_{\text{MMD}} = D_{\text{CMD}} \exp(3 \ln^2 \sigma_g) \quad (\text{A.1})$$

式中:

$D_{\text{MMD}}$ ——颗粒物的质量中位径, 单位:  $\mu\text{m}$ ;

$D_{\text{CMD}}$ ——颗粒物的计数中位径, 单位:  $\mu\text{m}$ ;

$\sigma_g$ ——颗粒物粒度分布的几何标准偏差。

## A.2 将 MMD 换算为空气动力学质量中位径 (MMAD)

使用公式 (A.2), 将 MMD 换算为 MMAD:

$$D_{\text{MMAD}} = D_{\text{MMD}} \left( \frac{\rho_p}{\rho_0 \chi} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{A.2})$$

式中:

$D_{\text{MMAD}}$ ——颗粒物的空气动力学质量中位径, 单位:  $\mu\text{m}$ ;

$D_{\text{MMD}}$ ——颗粒物的质量中位径, 单位:  $\mu\text{m}$ ;

$\rho_p$ ——颗粒物的密度, 单位:  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$\rho_0$ ——标准球形颗粒物, 即水的密度, 为  $1000\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$\chi$ ——颗粒物的动力学形状系数。

以 GB/T 32610-2016 中规定的 NaCl 和玉米油颗粒物为例, NaCl 的密度为  $2200\text{kg}/\text{m}^3$ , NaCl 颗粒的几何形状最接近立方体, 动力学形状系数取 1.08。玉米油的密度取  $900\text{kg}/\text{m}^3$ , 玉米油颗粒物的几何形状最接近球形, 动力学形状系数取 1。

附录 B

校准原始记录格式

(推荐性表格)

委托单位：

地址：

仪器名称		型号规格	
制造厂		出厂编号	
校准依据		温度	℃
校准日期		校准地点	
校准员		核验员	

标准器名称		证书号		有效期	
测量范围		不确定度/最大允许误差/准确度等级			

1. 外观与功能检查：
2. 呼吸流量示值误差：

呼吸流量设定值 /(L/min)	测量结果/(L/min)			平均值 /(L/min)	呼吸流量示值 误差/(L/min)	扩展不确 定度
	1	2	3			

3. 呼吸频率示值误差：

呼吸频率设定值 /(次/分)	测量结果/(次/分)			平均值 /(次/分)	呼吸频率示值 误差/(次/分)	扩展不确 定度
	1	2	3			

4. 气溶胶空气动力学质量中位径：

气溶胶类别	空气动力学质量中位径（MMAD）/μm
盐性	
油性	

5. 防护效果示值误差：

盐性：

标准值/%	测量值/%			平均值/%	示值误差/%	扩展不确定度

油性：

标准值/%	测量值/%			平均值/%	示值误差/%	扩展不确定度

计量标准状态：出检前    正常    不正常；    出检后    正常    不正常

被检仪器状态：出检前    正常    不正常；    出检后    正常    不正常

校准地点：



附录 C

校准证书内页格式

（推荐性表格）

证书编号 XXXXXX-XXXX

<校准机构授权说明>				
校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF1059.1 的要求。				
校准环境条件及地点：				
温度	℃	地点		
相对湿度	%	其它		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准所使用的主要测量标准：				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

证书编号 XXXXXX-XXXX

校准结果

序号	校准项目	技术要求	校准结果			扩展不确定度
1	外观及功能检查					/
2	呼吸流量示值误差/（L/min）					
3	呼吸频率示值误差/（次/分）					
4	气溶胶空气动力学质量中位径/μm		气溶胶类别	空气动力学质量中位径		/
			盐性			
			油性			
5	防护效果示值误差/%		校准点	盐性	油性	/
以下空白						
说明：						
声明：						
1. 仅对加盖“XXXXXX 校准专用章”的完整证书负责。						
2. 本证书的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效。						

校准员：

核验员：

## 附录 D

### 测量不确定度评定示例

#### D.1 防护效果示值误差测量结果的不确定度评定

##### D.1.1 数学模型

$$\Delta P = \bar{P} - P_s \quad P_s = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \times 100\% \quad n = \frac{(Q+q)}{q}$$
$$\Delta P = \bar{P} + \frac{q}{(Q+q)} - 1 \quad (\text{D.1})$$

式中：

$\Delta P$  ——防护效果示值误差，%；

$\bar{P}$  ——测试仪防护效果示值的算术平均值，%；

$P_s$  ——校准装置防护效果测得值，%；

$n$  ——稀释倍数；

$q$  ——测试仪下游气溶胶浓度监测仪采样流量，L/min；

$Q$  ——标准流量计测量值，L/min。

##### D.1.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta P}{\partial \bar{P}} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial \Delta P}{\partial P_s} = -1$$
$$c_{21} = \frac{\partial P_s}{\partial q} = -\frac{Q}{(Q+q)^2} \quad c_{22} = \frac{\partial P_s}{\partial Q} = \frac{q}{(Q+q)^2}$$

##### D.1.3 测量不确定度来源分析

由公式（D.1）可以看出，影响防护效果示值误差测量不确定度的因素主要有：校准装置防护效果测得值引入的不确定度和口罩测试仪测量结果引入的不确定度。校准装置防护效果测得值引入的不确定度可以分为两个分量：其一，由吸入气体气溶胶监测管实际工况流量引入的标准不确定度；其二，由标准流量计测量的稀释气流量示值引入的标准不确定度。测试仪防护效果测量值引入的不确定度则主要来源于测试仪的测量重复性。

##### D.1.4 测量不确定度分量评定与计算

D.1.4.1 校准装置防护效果测得值引入的不确定度分量 $u(P_s)$ 

(1) 吸入气体气溶胶监测管实际工况流量引入的标准不确定度 $u_1(P_s)$ ：

分别来源于测量该流量的标准流量计的测量准确度和实际工况流量的重复性因素，标准流量计的准确度等级为 1.0 级，实际测量结果见表 D.1。

表 D.1 吸入气体气溶胶监测管实际工况流量测量结果

次数	1	2	3	4	5	6	平均值	标准偏差
测量结果 (L/min)	0.99	1.01	1.04	1.02	0.98	0.99	1.005	0.023

则有：

$$u_{11}(P_s) = \frac{1.005 \times 1.0\%}{\sqrt{3}} = 0.006 \text{ L/min}$$

$$u_{12}(P_s) = \frac{0.023}{\sqrt{3}} = 0.013 \text{ L/min}$$

$$u_1(P_s) = \sqrt{u_{11}^2(P_s) + u_{12}^2(P_s)} = 0.014 \text{ L/min}$$

(2) 标准流量计测量的稀释气流量示值引入的不确定度 $u_2(P_s)$

分别来源于测量该流量的标准流量计的测量准确度和循环抽气泵流量的稳定性因素，标准流量计的准确度等级为 1.0 级，实际测量结果及标准不确定计算结果见表 D.2。

表 D.2 吸入气体气溶胶监测管实际工况流量测量结果

单位：L/min

稀释比	稀释 气流量	测量结果						平均 值	标准 偏差	$u_{21}(P_s)$	$u_{22}(P_s)$	$u_2(P_s)$
		1	2	3	4	5	6					
10:1	9.0	9.02	9.05	9.02	8.99	8.97	8.81	8.98	0.086	0.052	0.050	0.072
6.7:1	5.7	5.65	5.61	5.72	5.78	5.78	5.78	5.72	0.075	0.033	0.043	0.054
4:1	3.0	2.94	2.88	2.84	2.94	2.97	3.05	2.94	0.073	0.017	0.042	0.045
2.9:1	1.9	1.82	1.88	1.84	1.84	1.95	1.97	1.88	0.063	0.011	0.036	0.038

D.1.4.2 测试仪测量结果引入的标准不确定度分量 $u(\bar{P})$ 

测试仪测量结果为 3 次重复性测量的算术平均值，测量结果、单次测量结果的标准偏差及重复 3 次测量引入的标准不确定度分量见表 D.3。

表 D.3 测试仪的重复性测量结果

稀释比	测量结果/%			平均值/%	$s(\bar{P})/\%$	$u(\bar{P})/\%$
	1	2	3			
10:1	89.8	89.6	89.5	89.6	0.178	0.102
6.7:1	83.8	83.4	83.5	83.6	0.237	0.137
4:1	73.5	73.6	73.2	73.4	0.237	0.137
2.9:1	63.9	63.7	63.5	63.7	0.237	0.137

## D.1.5 合成标准不确定度

各校准点的合成标准不确定度结果见下表 D.4。

表 D.4 各校准点合成标准不确定度汇总表

防护效果	90%	85%	75%	65%
$u_1(P_s) / (\text{L/min})$	0.014	0.014	0.014	0.014
$u_2(P_s) / (\text{L/min})$	0.072	0.054	0.045	0.038
$c_{21} / (\text{min/L})$	-0.09	-0.16	-0.1875	-0.24
$c_{22} / (\text{min/L})$	0.01	0.04	0.0625	0.16
$u(\bar{P})$	0.102%	0.137%	0.137%	0.137%
$u(P_s)$	0.145%	0.311%	0.385%	0.695%
$u_c(\Delta P)$	0.177%	0.340%	0.409%	0.708%

## D.1.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则防护效果各校准点示值误差测量结果的扩展不确定度：

标准值	90%	85%	75%	65%
测量值	89.6%	83.6%	73.4%	63.7%
示值误差	-0.4%	-1.4%	-1.6%	-1.3%
扩展不确定度 $U$	0.4%	0.7%	0.9%	1.5%

## D.2 呼吸流量示值误差测量结果的不确定度评定

## D.2.1 数学模型

$$\Delta Q = Q_0 - \bar{Q}_s \quad (\text{D.2})$$

式中：

$\Delta Q$ ——呼吸流量示值误差，L/min；

$Q_0$ ——呼吸流量设定值，L/min；

$\bar{Q}_s$ ——流量标准装置 3 次测量结果的算术平均值，L/min。

## D.2.2 测量不确定度来源分析

由公式 (D.2) 可以看出， $Q_0$  为呼吸流量设定值，不确定仅来源于  $\bar{Q}_s$ 。

影响呼吸流量示值误差测量不确定度的因素主要有：流量标准装置流量准确性引入的不确定度，采用 B 类评定。整个测量系统重复性因素引入的不确定度，采用 A 类评定。

## D.2.3 测量不确定度分量评定与计算

D.2.3.1 流量标准装置流量准确性引入的不确定度分量  $u_1(\bar{Q}_s)$ 

流量标准装置的准确度等级为 1.0 级，在 30L/min 测量条件下，则有：

$$u_1(\bar{Q}_s) = \frac{1.0\% \times 30}{\sqrt{3}} = 0.17 \text{ L/min}$$

D.2.3.2 测量重复性引入的不确定度分量  $u_2(\bar{Q}_s)$ 

在设定呼吸流量 30L/min 条件下，测量结果的重复性数据如下表 D.5 所示，则有：

表 D.5 呼吸流量重复性数据

次数	1	2	3	4	5	6	$s(\bar{Q}_s)$	$u(\bar{Q}_s)$
呼吸流量/(L/min)	30.4	30.3	30.6	30.5	30.6	30.6	0.13	0.08

## D.2.4 标准不确定度分量及合成结果

标准不确定度各分量及合成结果汇总于下表 D.6。

表 D.6 合成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	合成标准不确定度 $u_c(\Delta Q)$
$u_1(\bar{Q}_s)$	流量标准装置流量准确度	0.17 L/min	0.19 L/min
$u_2(\bar{Q}_s)$	测量系统重复性	0.08 L/min	

#### D.2.5 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度： $U = 2 \times u_c(\Delta Q) = 0.4 \text{ L/min}$ 。

### D.3 呼吸频率示值误差测量结果的不确定度评定

#### D.3.1 数学模型

$$\Delta f = f_0 - \bar{f}_s \quad (\text{D.3})$$

式中：

$\Delta f$ ——呼吸频率示值误差，次/分；

$f_0$ ——呼吸频率设定值，次/分；

$\bar{f}_s$ ——气流分析仪 3 次测量值的算术平均值，次/分。

#### D.3.2 测量不确定度来源分析

由公式 (D.3) 可以看出， $f_0$  为呼吸流量设定值，不确定仅来源于  $\bar{f}_s$ 。

影响呼吸频率示值误差的测量不确定度的因素主要有：气流分析仪呼吸频率准确性引入的不确定度，采用 B 类评定。整个测量系统重复性因素引入的不确定度，采用 A 类评定。

#### D.3.4 测量不确定度分量评定与计算

##### D.3.4.1 气流分析仪呼吸频率引入的不确定度分量 $u_1(\bar{f}_s)$

气流分析仪呼吸频率最大允许误差为  $\pm 3\%$ ，在 20 次/分条件下，则有：

$$u_1(\bar{f}_s) = \frac{3\% \times 20}{\sqrt{3}} = 0.35 \text{ 次/分}$$

##### D.3.4.2 测量重复性引入的不确定度分量 $u_2(\bar{f}_s)$

在设定呼吸频率 20 次/分条件下，测量结果的重复性数据如下表 D.7 所示，则有：

表 D.7 呼吸频率重复性数据

次数	1	2	3	4	5	6	$s(\bar{f}_s)$	$u(\bar{f}_s)$
呼吸频率/(次/分)	20	20	20	21	21	20	0.52	0.30

### D.3.5 标准不确定度分量及合成结果

标准不确定度各分量及合成结果汇总于下表 D.8。

表 D.8 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	合成标准不确定度 $u_c(\Delta f)$
$u_1(\bar{f}_s)$	气流分析仪准确度	0.35 次/分	0.46 次/分
$u_2(\bar{f}_s)$	测量系统重复性	0.30 次/分	

### D.3.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度： $U = 2 \times u_c(\Delta f) = 1 \text{ 次/分}$ 。



