



福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1110—2020

洁净工作台校准规范

Calibration Specification of Clean Bend

2020—12—16 发布

2021—3—16 实施

福建省市场监督管理局 发布

洁净工作台校准规范

Calibration Specification of Clean Bend

JJF(闽)1110-2020

本规范经福建省市场监督管理局于2020年12月16日批准，自2021年3月16日起实施。

归口单位：福建省市场监督管理局

起草单位：福清市计量检测所

参加起草单位：龙岩市计量所

福清市产品质量检验所

本规范委托福清市计量检测所负责解释

本规范主要起草人:

陈国文 (福清市计量检测所)

王开平 (福清市计量检测所)

郑振强 (龙岩市计量所)

参加起草人:

颜 松 (福清市产品质量检验所)

翁祖文 (福清市计量检测所)

杨 玉 (福清市产品质量检验所)

孙美琼 (福清市产品质量检验所)

目 录

引言.....	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(2)
5 计量特性	(2)
5.1 风速	(2)
5.2 空气洁净度	(2)
5.3 照度	(2)
5.4 沉降菌菌落数	(2)
5.5 噪声	(2)
5.6 振幅	(2)
5.7 紫外辐射强度	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 标准用标准器.....	(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)
7.2.1 校准要求	(3)
7.2.2 风速	(3)
7.2.3 空气洁净度	(4)
7.2.4 照度	(5)
7.2.5 沉降菌菌落数	(5)
7.2.6 噪声	(5)
7.2.7 振幅	(6)
7.2.8 紫外辐射强度	(6)
8 校准结果表达	(7)
9 复校时间间隔	(7)
附录 A 洁净工作台校准原始记录格式 (参考).....	(8)
附录 B 校准证书内页格式 (参考)	(12)
附录 C 洁净工作台不确定度评定示例.....	(13)

引 言

本规范依据JJF 1001-2011《通用计量名词术语与定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》等规范制定的。

本规范主要参考GB/T 16292-2010《医药工业洁净室（区）悬浮粒子的测试方法》、GB/T 16294-2010《医药工业洁净室（区）沉降菌的测试方法》、GB/T 25915.1-2010《洁净室及相关受控环境 第1部分：空气洁净度等级》、JG/T 292-2010《洁净工作台》、YY/T 1539-2017《医用洁净工作台》等相关标准编制。

本规范为首次制定。

洁净工作台校准规范

1 范围

本规范适用于洁净工作台的校准。

2 引用文件

GB/T 16292-2010 医药工业洁净室(区)悬浮粒子的测试方法

GB/T 16294-2010 医药工业洁净室(区)沉降菌的测试方法

GB/T 25915.1-2010 洁净室及相关受控环境 第1部分:空气洁净度等级

JG/T 292-2010 洁净工作台

YY/T 1539-2017 医用洁净工作台

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

GB/T 16292-2010、GB/T 16294-2010 和 GB/T 25915.1-2010 中界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 悬浮粒子 airborne particle

用于空气洁净度分级的空气悬浮粒子尺寸在(0.1~1000) μm 的固体和液体粒子。

[GB/T 16292-2010, 术语和定义 3.5]

3.2 粒子浓度 particle concentration

单位体积空气中粒子的个数。

[GB/T 25915.1-2010, 术语和定义 2.2.3]

3.3 洁净度 cleanliness

洁净环境内单位体积空气中含有大于或等于某一粒径悬浮粒子的统计数量来区分的洁净程度。

[GB/T 16292-2010, 术语和定义 3.6]

3.4 洁净度等级 cleanliness classification

以 ISO N 级表示的、洁净室或洁净区内按空气悬浮粒子浓度划分的洁净度水平。洁净度等级代表关注粒径粒子的最大允许浓度(表示为每立方米空气中的粒子个数)。

[GB/T 25915.1-2010, 术语和定义 2.1.4]

3.5 沉降菌菌落数 settling microbe plate count

规定时间内每个平板培养皿收集到空气中沉降菌的菌落数目，以 CFU/皿表示。

[GB/T 16294-2010 , 术语和定义 3.2]

4 概述

洁净工作台（以下简称工作台）是一种工作区洁净度等级达到 ISO 5 级的箱式局部空气净化设备，由箱体、工作台面、风机、预过滤器、高效（或超高效）空气过滤器及电器控制系统组成，在工作状态下能始终保持工作区内的风速、空气洁净度、照明、沉降菌菌落数、噪声、振幅、紫外辐射强度等参数满足要求，广泛应用于医疗卫生、生物制药、精密仪器、实验室、电子、食品等行业。按最后一级空气过滤器级别分类，可分为高效空气过滤器洁净工作台和超高效空气过滤器洁净工作台，按气流流型分类，可分为垂直单向流洁净工作台和水平单向流洁净工作台，按操作方式分类，可分为单面操作洁净工作台和双面操作洁净工作台。

5 计量特性

5.1 风速

平均风速在 $(0.2\sim 0.5)$ m/s 范围内，风速不均匀度不超过 20%。

5.2 空气洁净度

空气洁净度等级达到 ISO 5 级，即工作区粒径 $\geq 0.5 \mu\text{m}$ 悬浮粒子浓度不超过 3520 个/ m^3 ，粒径 $\geq 5 \mu\text{m}$ 悬浮粒子浓度不超过 29 个/ m^3 。

5.3 照度

平均照度不小于 300 lx。

5.4 沉降菌菌落数

沉降菌菌落数不超过 0.5 CFU/(皿 · 0.5h)。

5.5 噪声

噪声不超过 65 dB。

5.6 振幅

工作台三个轴向 (x, y, z) 振幅均不超过 $5 \mu\text{m}$ 。

5.7 紫外辐射强度

波长 254 nm 紫外线辐射强度不小于 $40 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。

注：以上技术要求不用于合格性判断，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

- 6.1.1 环境温度：(15~35) °C；
- 6.1.2 相对湿度：(30~75) %；
- 6.1.3 工作台应平稳摆放，周围无强烈机械振动和电磁干扰。
- 6.2 校准用标准器
- 6.2.1 风速仪：测量范围至少为(0.1~2) m/s，最大允许误差为±0.025 m/s 或±5% (取较大值)；
- 6.2.2 尘埃粒子计数器：粒径测量范围至少为(0.3~10) μm，取样流量为2.83 L/min 或28.3 L/min，粒子浓度示值误差不超过±30%FS，粒子浓度重复性不大于10%FS；
- 6.2.3 照度计：测量范围至少为(10~1000) lx，二级；
- 6.2.4 声级计：测量范围至少为(1~100) dB，2级，有“A”计权模式；
- 6.2.5 振动仪：测量范围至少为(1~20) μm；幅值线性度最大允许误差为±10%；
- 6.2.6 紫外辐射照度计：测量范围至少为(1~100) μW/cm²，峰值波长λ_p=(254±2) nm，二级。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目：风速、空气洁净度、照明、沉降菌菌落数、噪声、振幅、紫外辐射强度。

7.2 校准方法

7.2.1 校准要求

检查工作台电器控制系统，其功能应正常。

7.2.2 风速

7.2.2.1 平均风速

工作台开机工作，在距离内侧壁板100 mm围成的，距出风网板100 mm处的平面区域内测量气流的风速，测量点按行、列均为150 mm的网格分布，各网格中心点为测量点，若去除测量边界后净尺寸不等于15的整数倍，则允许修正测量点距离，用风速仪测量各测量点风速值，每个点测量3次，平均风速为所有测量值的算术平均值，如式(1)所示。

$$\bar{V} = \frac{1}{3n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 V_{ij} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

\bar{V} — 风速平均值，m/s；

V_{ij} —第 i 点第 j 次测量值, m/s;

n —测量点数。

7.2.2.2 风速不均匀度

风速不均匀度 β_V 计算如式 (2) 所示:

$$\beta_V = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2 / (n-1)}}{\bar{V}} \dots\dots\dots (2)$$

7.2.3 空气洁净度

工作台在正常工作条件下运行 10 min, 测量边界距离内壁或窗口 100 mm, 将尘埃粒子计数器的采样口置于工作台面向上 200 mm 高度位置, 测量点按图 1 布置, 每个点测量 3 次, 最小采样量为 8.6 L/次, 按照式 (3) 和式 (6) 计算出每个测量点悬浮粒子浓度测量值的平均值和所有测量点算术平均值的 95%置信上限 (UCL), 并确定工作台的空气洁净度等级。

$$\bar{C}_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 C_{ij} \dots\dots\dots (3)$$

$$\bar{C} = \frac{1}{3n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 C_{ij} \dots\dots\dots (4)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{C}_i - \bar{C})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (5)$$

$$95\%UCL = \bar{C} + t_{0.95} \frac{s}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

\bar{C}_i —第 i 点悬浮粒子浓度测量平均值, 个/ m^3 ;

C_{ij} —单次悬浮粒子浓度测量值, 个/ m^3 ;

\bar{C} —悬浮粒子浓度测量总平均值, 个/ m^3 ;

s —测量点平均值的标准差, 个/ m^3 ;

95%UCL—算术平均值的 95%置信上限 (UCL), 个/ m^3 ;

$t_{0.95}$ —计算 95%置信上限 (UCL) 所用 t 分布值, $n=5$ 时, $t_{0.95}=2.1$;

j —测量次数;

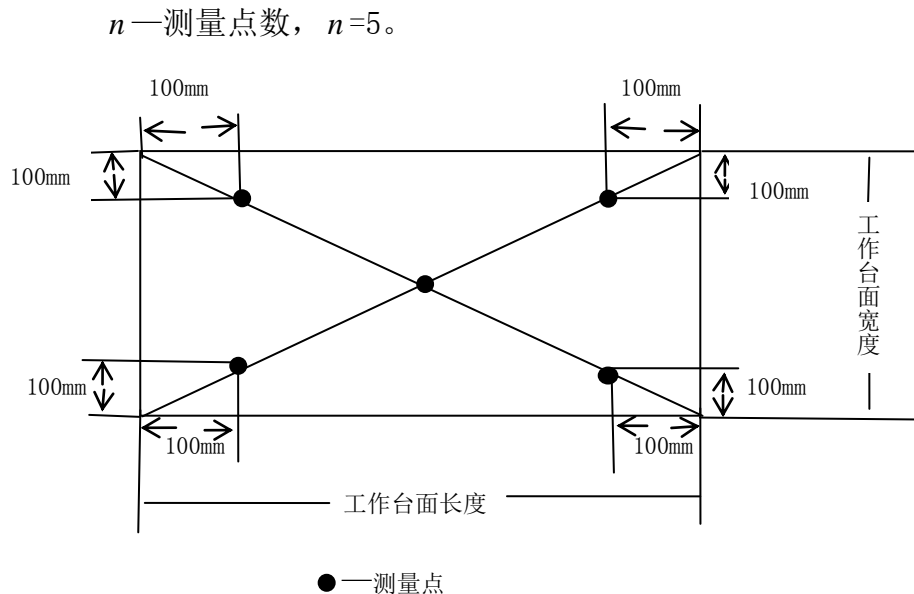


图 1 悬浮粒子浓度测量点布置图

7.2.4 照度

在工作台面横向中心线每隔 300 mm 设置一个测量点, 与内侧壁最小距离为 150 mm, 用照度计测量各测量点照度值, 每个点测量 3 次, 工作台照度为所有测量值的算术平均值, 如式 (7) 所示。

$$\bar{E} = \frac{1}{3n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 E_{ij} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中: \bar{E} —照度测量平均值, lx;

E_{ij} —照度第 i 点第 j 次测量值, lx;

n —测量点数。

7.2.5 沉降菌菌落数

工作台在正常工作条件下运行 10 min, 测量点按图 1 布置, 将已灭菌装有营养琼脂的培养皿 ($\phi 90 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$) 置于测量点上, 暴露 0.5 h 后, 盖上皿盖, 取出培养皿在 (30~35) °C 的培养箱中培养 48 h, 对每个平板上所有菌落进行计数, 取其平均值作为沉降菌菌落数。

7.2.6 噪声

将声级计设置为“ A ”计权模式, 打开工作台的风机和照明灯, 在工作区台面中心向上 300 mm 高度位置测量噪声值, 测量 3 次, 按照式 (8) 计算出噪声测量值的平均值。关闭工作台的风机和照明灯, 如果有室外排气风机, 让其继续运行, 在相同位置测量背

景噪声，测量 3 次，按照式 (9) 计算出背景噪声测量值的平均值。噪声值按表 1 进行修正，如式 (10) 所示，修正后的值即为工作台的噪声。

$$\bar{L} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 L_i \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\bar{L}_{\text{背景}} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 L_i' \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$L = \bar{L} - L_{\text{修正}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

\bar{L} —噪声测量值的平均值；dB

L_i —噪声单次测量值，dB；

$\bar{L}_{\text{背景}}$ —背景噪声测量值的平均值；dB

L_i' —背景噪声单次测量值，dB

L —噪声值，dB；

$L_{\text{修正}}$ —从噪声测量值中减去的数值，dB。

表 1 噪声测量值修正表

噪声测量值与背景噪声测量值的差值/ (dB)	从噪声测量值中减去的数值/ (dB)
0~2	降低背景噪声后重新测量
3	3
4~5	2
6~10	1
> 10	0

7.2.7 振幅

将振动仪的振动传感器牢固地固定在工作台面的几何中心处，振动仪频率从 10 Hz 变化到 10 kHz，测量 3 次，测量值的平均值为工作台总振幅值。关闭工作台的风机，测量工作台的背景振幅，测量 3 次，测量值的平均值为工作台背景振幅值，将总振幅值减去背景振幅值，即为工作台的振幅值，得出 x、y、z 三个轴向的振幅值。

7.2.8 紫外辐射强度

在工作台面横向中心线每隔 300 mm 设置一个测量点，与内侧壁最小距离为 150 mm，打开工作台紫外灯，用紫外辐射照度计测量各测量点紫外辐射强度值，每个点测量 3 次，各测量点测量值的算术平均值为工作台紫外辐射强度。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包含以下内容：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 被校单位的名称和地址；
- f) 被校参数的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；
- i) 校准所使用的测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范偏离说明；
- m) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 未经实验室批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

建议工作台复校时间间隔为12个月，使用单位可根据实际情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

洁净工作台校准原始记录格式 (参考)

委托单位名称				记录编号	
器具名称				型号规格	
制造单位				出厂编号	
校准用的测量标准					
名 称	型号规格	编 号	技术特征	证书号	
校准依据					
环境条件	温度: ℃; 相对湿度: %		地 点		

1、风速

测量点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
风速 (m/s)										
平均值 (m/s)										
平均风速 (m/s)						风速不均匀度 (%)				

2、空气洁净度

测量点	粒径	悬浮粒子浓度 (个/m ³)					
		1	2	3	平均值	总平均值	95%UCL
1	≥0.5 μm					≥0.5 μm: ≥5 μm:	≥0.5 μm: ≥5 μm:
	≥5 μm						
2	≥0.5 μm						
	≥5 μm						
3	≥0.5 μm						
	≥5 μm						
4	≥0.5 μm						
	≥5 μm						
5	≥0.5 μm						
	≥5 μm						
空气洁净度等级							

3、照度

测量点	1	2	3	4	5	6
照度 (lx)						
平均值 (lx)						
平均照度 (lx)						

4、沉降菌菌落数

测量点	1	2	3	4	5
沉降菌菌落数 (CFU/皿·0.5h)					

沉降菌平均菌落数 (CFU/皿·0.5h)	
--------------------------	--

5、噪声

测量次数	1	2	3	平均值 (dB)
噪声测量值 (dB)				
背景噪声测量值(dB)				
噪声修正值 (dB)				
噪声 (dB)				

6、振幅

测量值	X 振幅 (μm)			Y 振幅 (μm)			Z 振幅 (μm)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
次数									
总振幅值									
平均总振幅值									
背景振幅值									
平均背景振幅值									
振幅值									

7、紫外辐射强度

测量值	1	2	3	4	5	6
测量点						

紫外辐射强度 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)						
平均值 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)						
平均紫外辐射 强度 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)						

校准结果的扩展不确定度: _____

校准员: _____ 核验员: _____

校准日期: _____

附录 B

校准证书内页格式 (参考)

序号	校准项目	校准结果
1	平均风速 (m/s)	
	风速不均匀度 (%)	
2	空气洁净度等级	粒径 $\geq 0.5 \mu\text{m}$: 个/ m^3 ; 粒径 $\geq 5 \mu\text{m}$: 个/ m^3 ; 95%UCL: 粒径 $\geq 0.5 \mu\text{m}$: 个/ m^3 ; 粒径 $\geq 5 \mu\text{m}$: 个/ m^3 ; 符合_____级
3	照度 (lx)	
4	沉降菌菌落数 (CFU/皿·0.5h)	
5	噪声 (dB)	
6	振幅 (μm)	
7	紫外辐射强度 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	
校准结果的扩展不确定度: $U=$, $k=2$		

建议下次校准日期: 年 月 日。

附录 C

洁净工作台不确定度评定示例

C.1 风速校准结果不确定度评定

C.1.1 概述

C.1.1.1 环境条件：温度：(15~35) °C，相对湿度：(30~75)%。

C.1.1.2 测量标准：型号为 GM8901 数字风速仪，最大允许误差为±0.025 m/s，分辨率为 0.01 m/s。

C.1.1.3 被测对象：SW-CJ-1FD 型工作台。

C.1.1.4 测量过程

在距离内侧壁板 100 mm 围成的，距出风网板 100 mm 处的平面区域内测量气流的平均风速，测量点按行、列均为 150 mm 的网格分布，各网格中心点为测量点，每个测量点重复测量 3 次，将风速仪固定在各测量点上，平均风速为各测量点读数的平均值。

C.1.2 测量模型

测量模型为：

$$\bar{V}_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 V_{ij} \quad (\text{C.1})$$

$$\bar{V} = \frac{1}{3n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 V_{ij} \quad (\text{C.2})$$

式中：

\bar{V}_i —第 i 次测量平均值，m/s；

\bar{V} —风速平均值，m/s；

V_{ij} —第 i 点第 j 次测量值，m/s；

n —测量点数。

C.1.3 标准不确定度分量的评定

C.1.3.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(V_1)$

用风速仪对洁净工作台距出风网板 100 mm 处的平面区域 9 个测量点测量工作台的风速，在重复性条件下每个点测量 10 次，得到测量结果见表 C.1。

表 C.1：风速测量结果

测量点 次数	不同测量点的风速测量结果 (m/s)										平均值 (m/s)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0.42	0.45	0.43	0.45	0.44	0.43	0.45	0.43	0.44	0.45	0.439
2	0.43	0.45	0.44	0.42	0.43	0.44	0.45	0.42	0.43	0.44	0.435
3	0.43	0.44	0.46	0.44	0.45	0.43	0.43	0.46	0.45	0.43	0.442
4	0.44	0.43	0.45	0.43	0.42	0.45	0.44	0.43	0.44	0.45	0.438
5	0.43	0.45	0.44	0.42	0.43	0.45	0.42	0.44	0.45	0.43	0.436
6	0.44	0.45	0.43	0.46	0.45	0.44	0.45	0.46	0.43	0.45	0.446
7	0.43	0.44	0.42	0.45	0.44	0.43	0.44	0.45	0.42	0.44	0.436
8	0.42	0.44	0.45	0.43	0.42	0.44	0.45	0.44	0.43	0.45	0.437
9	0.44	0.46	0.45	0.44	0.46	0.44	0.43	0.44	0.45	0.44	0.445

合并样本标准偏差 $s(V_1)$ 按公式 (C.3) 计算:

$$s(V_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{10} (V_{ij} - \bar{V}_i)^2}{9(10-1)}} \quad (C.3)$$

$$s(V_1) = 0.011 \text{ m/s}$$

由于每个测量点实际测量 3 次, 因此测量重复性引入的标准不确定度分量:

$$u(V_1) = s(V_1) / \sqrt{3} = 0.006 \text{ m/s}$$

C.1.3.2 风速仪准确度引入的标准不确定度 $u(V_2)$

风速仪最大允许误差为 0.025 m/s, 按均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则:

$$u(V_2) = 0.025 / \sqrt{3} = 0.014 \text{ m/s}$$

C.1.3.3 风速仪分辨率引入的标准不确定度 $u(V_3)$

风速仪分辨率为 0.01m/s, 按均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$,

$$u(V_3) = a / k = 0.005 / \sqrt{3} = 0.0029 \text{ m/s}$$

根据 JJF1033-2016 可知, 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(V_1)$ 大于分辨率引起的不确定度分量 $u(V_3)$, 可以不考虑分辨率引起的不确定度分量 $u(V_3)$ 。

C.1.4 合成标准不确定度的评定

由于 $u(V_1)$ 、 $u(V_2)$ 是彼此独立，互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u(V) = \sqrt{u^2(V_1) + u^2(V_2)} = \sqrt{0.006^2 + 0.014^2} = 0.015 \text{ m/s}$$

C.1.5 扩展不确定度的评定

取 $k=2$ ，则扩展不确定度

$$U = ku(V) = 0.03 \text{ m/s}, k=2$$

C.2 洁净度校准结果不确定度评定

C.2.1 概述

C.2.1.1 环境条件：温度：(15~35) °C，相对湿度：(30~75)%。

C.2.1.2 测量标准：CLJ-3016L 型激光尘埃粒子计数器：粒径分辨率 0.3 μm 起始，取样流量为 2.83 L/min，粒子浓度示值误差不超过 ±30%FS，粒子浓度重复性不大于 10%FS，分辨率为 1 个/m³。

C.2.1.3 被测对象：SW-CJ-1FD 型工作台。

C.2.1.4 测量过程

采用直接测量法进行测量，将尘埃粒子计数器采样口固定置于工作台面向上 200 mm 高度位置，测量点按图 1 布置，对工作台进行测量，每个点测量 3 次，然后取其算术平均值做为测量结果。

C.2.2 测量模型

$$\bar{C}_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 C_{ij} \quad (\text{C.4})$$

$$\bar{C} = \frac{1}{3n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 C_{ij} \quad (\text{C.5})$$

式中：

\bar{C}_i —第 i 点悬浮粒子浓度测量值的平均值，个/m³；

C_{ij} —单次悬浮粒子浓度测量值，个/m³；

\bar{C} —悬浮粒子浓度测量值的总平均值，个/m³；

n —测量点数。

C.2.3 标准不确定度分量的评定

C.2.3.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_{rel}(C_1)$

在重复性条件下，用激光尘埃粒子计数器采样探头固定在工作台距工作区台面向上

200 mm 高度位置，测量点按图 1 要求布置，测量工作台的悬浮粒子浓度，在相同条件下每测量点重复测量 10 次，得到各测量点 $\geq 0.5 \mu\text{m}$ 悬浮粒子浓度测量数据见表 C.2。

表 C.2 悬浮粒子浓度测量结果

测量点 次数数	各测量点的悬浮粒子浓度测量结果 C_{ij} (个/ m^3)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	19	27	28	21	19	27	15	25	22	18
2	28	21	19	24	18	27	25	20	17	16
3	25	27	21	28	17	16	32	26	22	20
4	25	18	29	23	26	21	27	22	26	19
5	19	27	24	18	21	29	17	25	16	22

相对合并样本标准偏差 $s(C_1)$ 根据公式 (C.6) 计算：

$$s(C_1) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^5 \sum_{i=1}^{10} (C_{ij} / \bar{C} - 1)^2}{5(10-1)}} \quad (\text{C.6})$$

$$s(C_1) = 16.9\%$$

由于每个测量点实际测量 3 次，因此测量重复性引入的标准不确定度分量：

$$u_{rel}(C_1) = s(C_1) / \sqrt{3} = 9.8\%$$

C.2.3.2 尘埃粒子计数器引入的不确定度分量 $u_{rel}(C_2)$

从证书中可查到，尘埃粒子计数器粒子浓度示值最大允许误差为 $\pm 30\%$ ，为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，

$$u_{rel}(C_2) = 30\% / \sqrt{3} = 17.3\%$$

尘埃粒子计数器引入的不确定度分量 $u_{rel}(C_2) = 17.3\%$

C.2.3.3 由尘埃粒子计数器分辨率引起的不确定度分量 $u_{rel}(C_3)$

尘埃粒子计数器分辨率为 1 个/ m^3 ，为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，其不确定度分量，

$$u(C_3) = \frac{1}{2} \times 1 / \sqrt{3} = 0.29 \text{ 个/L}$$

$$\text{相对不确定度为 } u_{rel}(C_3) = \frac{0.29}{21.9} \times 100\% = 1.3\%$$

根据 JJF1033-2016 可知, 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_{rel}(C_1)$ 大于分辨率引起的不确定度分量 $u_{rel}(C_3)$, 可以不考虑分辨率引起的不确定度分量 $u_{rel}(C_3)$ 。

C.2.4 合成标准不确定度的评定

由于 $u_{rel}(C_1)$ 、 $u_{rel}(C_2)$ 是彼此独立, 互不相关的, 所以合成标准不确定度为:

$$u_c(C) = \sqrt{u_{rel}^2(C_1) + u_{rel}^2(C_2)} = \sqrt{9.8\%^2 + 17.3\%^2} = 19.9\%$$

C.2.5 扩展不确定度的评定

取 $k=2$, 则扩展不确定度为:

$$U_{rel} = k u_{c_{rel}}(C) = 40\%, k=2$$

C.3 照度校准结果的不确定度评定

C.3.1 概述

C.3.1.1 环境条件: 温度: (15~35) °C, 相对湿度: (30~75) %。

C.3.1.2 测量标准: ST-86L 型照度计, 最大允许误差为 $\pm 8\%$, 分辨率为 1 lx。

C.3.1.3 被测对象: SW-CJ-1FD 型工作台

C.3.1.4 测量过程

在工作台面横向中心线每隔 300 mm 设置一个测量点, 与内侧壁最小距离为 150 mm, 用照度计测量各测量点照度值, 被工作台照度为各测量点照度的平均值。

C.3.2 测量模型

测量模型为:

$$E = \frac{1}{3n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 E_{ij} \quad (\text{C.7})$$

式中, E —洁净工作台照度, lx;

E_{ij} —照度第 i 点第 j 次测量值, lx;

n —测量点数。

C.3.3 标准不确定度分量的评定

C.3.3.1 测量重复性引起的不确定度分量 $u_{rel}(E_1)$

在工作台面横向中心线每隔 300 mm 设置一个测量点, 与内侧壁最小距离为 150 mm, 用 ST-86L 型照度计对 SW-CJ-1FD 型工作台的工作测量照度, 在相同条件下重复测量 10 次, 得到测量结果见表 C.3。

表 C.3 照度测量结果

测量点 次数数	各测量点的照度测量结果 (lx)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	513	512	510	512	513	511	510	513	511	510
2	485	488	483	484	486	487	485	483	486	487

$\bar{E}=498.5$ lx, 相对合并样本标准偏差 $s(E_1)$ 根据公式 (C.8) 计算:

$$s(E_1) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^{10} (E_{ij} / \bar{E} - 1)^2}{2(10-1)}} \quad (\text{C.8})$$

$$s(E_1) = 2.1 \text{ lx}$$

由于每个测量点实际测量 3 次, 因此测量重复性引入的标准不确定度分量:

$$u(E_1) = s(E_1) / \sqrt{3} = 1.2 \text{ lx}$$

$$u_{\text{rel}}(E_1) = 1.2 / 498.5 = 0.24\%$$

C.3.3.2 照度计准确度引起的不确定度分量 $u_{\text{rel}}(E_2)$

照度计最大允许误差为 $\pm 8\%$, 为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则

$$u_{\text{rel}}(E_2) = 8\% / \sqrt{3} = 4.6\%$$

C.3.3.3 照度计分辨率引起的不确定度分量 $u_{\text{rel}}(E_3)$

照度计分辨率为 1 lx, 为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 其不确定度分量

$$u(E_3) = \frac{1}{2} \times 1 / \sqrt{3} = 0.29 \text{ lx}$$

由 JJF1033-2016 可知, 由于测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(E_1)$ 大于分辨率引起的不确定度分量 $u(E_3)$, 可以不考虑分辨率引起的不确定度分量 $u(E_3)$ 。

C.3.4 合成标准不确定度

由于 $u(E_1)$ 、 $u(E_2)$ 是彼此独立, 互不相关的, 所以合成标准不确定度为:

$$u_c(E) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(E_1) + u_{\text{rel}}^2(E_2)} = \sqrt{0.24\%^2 + 4.6\%^2} = 4.6\%$$

C.3.5 扩展标准不确定度

取包含因子 $k=2$, 则

扩展不确定度 $U_{rel} = k \times u_{crel}(E) = 9.2\%$, $k=2$

C.4 噪声校准结果的不确定度评定

C.4.1 概述

C.4.1.1 环境条件：温度：(15~35) °C，相对湿度：(30~75)%。

C.4.1.2 测量标准：TES 型声级计，最大允许误差为±1 dB，分辨率为 0.1 dB。

C.4.1.3 被测对象：SW-CJ-1FD 型工作台

C.4.1.4 测量过程

工作台开机工作，在工作台前壁面中心水平向外 300 mm、高度距地面 1.1 m 处测量噪声值，测量 3 次，取测量值平均值为工作台总噪声值。关闭工作台的风机和照明灯，在相同位置测量背景噪声，测量 3 次，取测量值平均值为工作台背景噪声值。

C.4.2 测量模型

测量模型为：

$$L = \sum_{i=1}^3 L_i - L_{\text{修正}}$$

式中， L —洁净工作台噪声，dB；

L_i —噪声单次测量值，dB；

$L_{\text{修正}}$ —从噪声测量值中减去的数值，dB。

C.4.3 标准不确定度分量评定

C.4.3.1 测量重复性引起的不确定度分量 $u(L_1)$

工作台开机工作，用声级计在工作台前壁面中心水平向外 300 mm、高度距地面 1.1 m 处测量噪声值，在相同条件下重复测量 10 次，得到测量数据如下（单位：dB）：61.1、61.5、61.4、61.4、61.2、61.3、61.2、61.4、61.0、61.5，

$\bar{L} = 61.3$ dB 根据贝塞尔公式

$$s(L_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (L_i - \bar{L})^2}{10-1}} = 0.17 \text{ dB}$$

则 $u(L_1) = s(L_1) = 0.17$ dB

C.4.3.2 声级计准确度引起的不确定度分量 $u(L_2)$

声级计最大允许误差为±1.1 dB，为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则

$$u(L_2) = 1.1 / \sqrt{3} = 0.64 \text{ dB}$$

C.4.3.3 声级计分辨率引起的不确定度分量 $u(L_3)$

声级计分辨率为 0.1 dB, 为均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 其不确定度分量

$$u(L_3) = \frac{1}{2} \times 0.1 / \sqrt{3} = 0.029 \text{ dB}$$

由 JJF1033-2016 可知, 由于测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(L_1)$ 大于分辨率引起的不确定度分量 $u(L_3)$, 可以不考虑分辨率引起的不确定度分量 $u(L_3)$ 。

C.4.4 合成标准不确定度

由于 $u(L_1)$ 、 $u(L_2)$ 是彼此独立, 互不相关的, 所以合成标准不确定度为:

$$u_c(L) = \sqrt{u^2(L_1) + u^2(L_2)} = \sqrt{0.17^2 + 0.64^2} = 0.66 \text{ dB}$$

C.4.5 扩展标准不确定度

取包含因子 $k=2$, 则

$$\text{扩展不确定度 } U = k \times u_c(L) = 1.3 \text{ dB}, \quad k=2$$