

# 河北省地方计量技术规范

JJF (冀) 195—2021

---

## 小型蒸汽灭菌器温度、压力参数校准规范

Calibration Specification for Temperature and Pressure

Parameters of Small Stream Sterilizer

2021-09-16 发布

2021-12-01 实施

---


河北省市场监督管理局 发布



小型蒸汽灭菌器温度、  
压力参数校准规范

Calibration Specification for Temperature and  
Pressure Parameters of Small Stream Sterilizer

---



JJF(冀) 195—2021

归口单位：河北省市场监督管理局

主要起草单位：河北省计量监督检测研究院

张家口市计量测试所

本规范主要起草人：

王贵喜	(张家口市计量测试所)
史少勇	(张家口市计量测试所)
宋兴芳	(河北省计量监督检测研究院)
尹 航	(张家口市计量测试所)
武凤栖	(河北省计量监督检测研究院)
胡文昭	(河北省计量监督检测研究院)

# 目 录

引言.....	( II )
1 范围.....	( 1 )
2 引用文件.....	( 1 )
3 术语.....	( 1 )
3.1 灭菌温度.....	( 1 )
3.2 灭菌保持时间.....	( 1 )
3.3 灭菌温度带.....	( 1 )
3.4 温度偏差.....	( 1 )
3.5 温度均匀度.....	( 1 )
3.6 温度波动度.....	( 2 )
3.7 压力示值误差.....	( 2 )
4 概述.....	( 2 )
5 计量特性.....	( 2 )
6 校准条件.....	( 3 )
6.1 环境条件.....	( 3 )
6.2 负载条件.....	( 3 )
6.3 校准用设备.....	( 3 )
7 校准项目和校准方法.....	( 4 )
7.1 校准项目.....	( 4 )
7.2 校准方法.....	( 4 )
7.3 数据处理.....	( 5 )
8 校准结果的表达.....	( 7 )
9 复校时间间隔.....	( 8 )
附录 A 原始记录格式示例.....	( 9 )
附录 B 校准证书内页格式示例.....	( 10 )
附录 C 小型蒸汽灭菌器温度上偏差测量结果的不确定度评定示例.....	( 11 )
附录 D 小型蒸汽灭菌器压力示值误差测量结果的不确定度评定示例.....	( 14 )

# 引 言

本规范是依据 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》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1094—2002《测量仪器特性评定》中规定的相关术语、定义和编写规则进行制定。

本规范的制定主要参考引用了 JJF 1308—2011《医用热力灭菌设备温度计》校准规范、GB/T 20367—2006《医疗保健产品灭菌 医疗保健机构湿热灭菌的确认和常规控制要求》和 GB/T 30690—2014《小型压力蒸汽灭菌器灭菌效果监测方法和评价要求》的部分内容。

本规范为首次制定。

## 小型蒸汽灭菌器 温度、压力参数校准规范

### 1 范围

本规范适用于基于饱和蒸汽热力灭菌原理且容积不超过 60L 的小型蒸汽灭菌器温度、压力参数的校准。

### 2 引用文件

本规范引用了以下文件：

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

JJF 1094—2002 测量仪器特性评定

JJF 1308—2011 医用热力灭菌设备温度计校准规范

GB/T 20367—2006 医疗保健产品灭菌 医疗保健机构湿热灭菌的确认和常规控制要求

GB/T 30690—2014 小型压力蒸汽灭菌器灭菌效果监测方法和评价要求

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 1001—2011 规范引用的

#### 3.1 灭菌温度

《消毒技术规范》规定的杀灭耐热杆菌、孢子的饱和蒸汽温度。

#### 3.2 灭菌保持时间

灭菌装载内所有点的温度都保持在灭菌温度带内的时间长度。

#### 3.3 灭菌温度带

在灭菌保持时间内，介于灭菌温度至灭菌最高允许温度的范围。

#### 3.4 温度偏差

在灭菌保持时间内，工作空间各测量点实测最高温度和最低温度与设定灭菌温度的上下偏差。温度偏差包括温度上偏差和温度下偏差。

#### 3.5 温度均匀度

在灭菌保持时间内，工作空间在某一瞬时任意两测量点温度之间的最大差值。

### 3.6 温度波动度

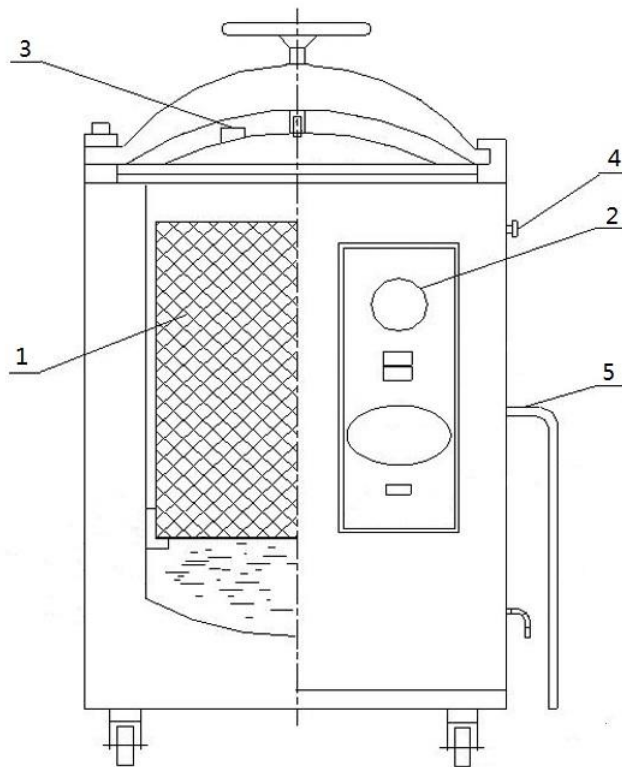
灭菌保持时间内，工作空间任意一点温度随时间的变化量。

### 3.7 压力示值误差

在灭菌保持时间内，灭菌器压力显示平均值与压力测量标准实测平均值的差值。

## 4 概述

小型蒸汽灭菌器（以下简称灭菌器）是基于热力灭菌原理，利用适当温度和压力的饱和水蒸汽加热杀灭微生物，温度和压力是影响灭菌效果的关键物理参数，适用于耐高温高压水蒸汽的物品的灭菌，一般容积小于60L。灭菌器主要由灭菌室、控制系统、过压保护装置等组成，应用于医疗卫生、生物医药、食品加工、科学研究等领域。灭菌器结构示意图如图1所示。



1 灭菌室    2 控制装置    3 安全阀    4 手动放汽阀    5 放汽管

图 1 灭菌器结构示意图

## 5 计量特性

灭菌器的计量特性见表1。



表 1 灭菌器的计量特性

序号	项目	技术指标
1	温度偏差	温度上偏差 $\leq 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度下偏差 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
2	温度均匀度	$\leq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
3	温度波动度	$\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
4	灭菌保持时间	不少于灭菌器的设定灭菌时间
5	压力示值误差	MPE: $\pm 5\text{ kPa}$

注：以上计量特性要求仅供参考，不作为判定依据。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

环境温度： $(10\sim 30)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度： $15\%\sim 85\%$ 。

设备周围应无强烈振动、无腐蚀性气体存在，应避免其他冷、热源影响。

### 6.2 负载条件

一般灭菌器在空载条件下进行校准，如果是在负载条件下校准，应说明负载的情况。

### 6.3 测量标准及其他设备

校准用设备主要技术指标见表 2。

表 2 校准用设备技术指标

序号	标准器	测量范围	技术要求
1	温度记录仪	$(0\sim 140)\text{ }^{\circ}\text{C}$	最大允许误差： $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 分辨力：不低于 $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ 采样速率： $\leq 1\text{ s}$
2	压力记录仪	$(0\sim 400)\text{ kPa}$	最大允许误差： $\pm 1\text{ kPa}$ 分辨力：不低于 $0.1\text{ kPa}$ 采样速率： $\leq 1\text{ s}$
3	秒表	/	分辨力不低于 $0.1\text{ s}$ 且检定合格。

注：a) 标准器温度、压力测量范围为一般要求，使用中以能覆盖被校设备实际校准范围为准。  
 b) 标准器应具备数据记录功能。  
 c) 可选用其他符合要求的标准器。  
 d) 选用的标准器应该满足不破坏灭菌设备及其正常运行条件的要求。

## 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 校准项目一览表

序号	校准项目	温度	压力	时间
1	温度偏差	+	—	—
2	温度均匀度	+	—	—
3	温度波动度	+	—	—
4	灭菌保持时间	—	—	+
5	压力示值误差	—	+	—
注：“+”表示应校准，“—”表示不校准。				

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 校准前准备

##### 1) 外观检查

被校灭菌器的外形应完好，标牌应标明仪器的型号规格、出厂编号、出厂日期和生产厂商等信息。

##### 2) 功能检查

被校灭菌器温度、压力显示值清晰；工作状态下不得有蒸汽泄漏；有超限保护功能。

#### 7.2.2 校准温度点的选择

校准温度点应选择被校灭菌器的常用灭菌温度，也可根据用户需要选择。

#### 7.2.3 测量点的数量及布置

当灭菌器的灭菌室容积小于等于 30L 时，温度测量标准一般不少于 3 个；容积介于 30L 到 60L 时，温度测量标准一般不少于 9 个，温度测量点应布置在灭菌器的灭菌室内，每层隔离筐设定 3 个温度测量点，各层间按对角线布点。温度测量点与灭菌室内壁的距离

应和样品架内壁到工作室内壁距离一致。如图 2 所示。

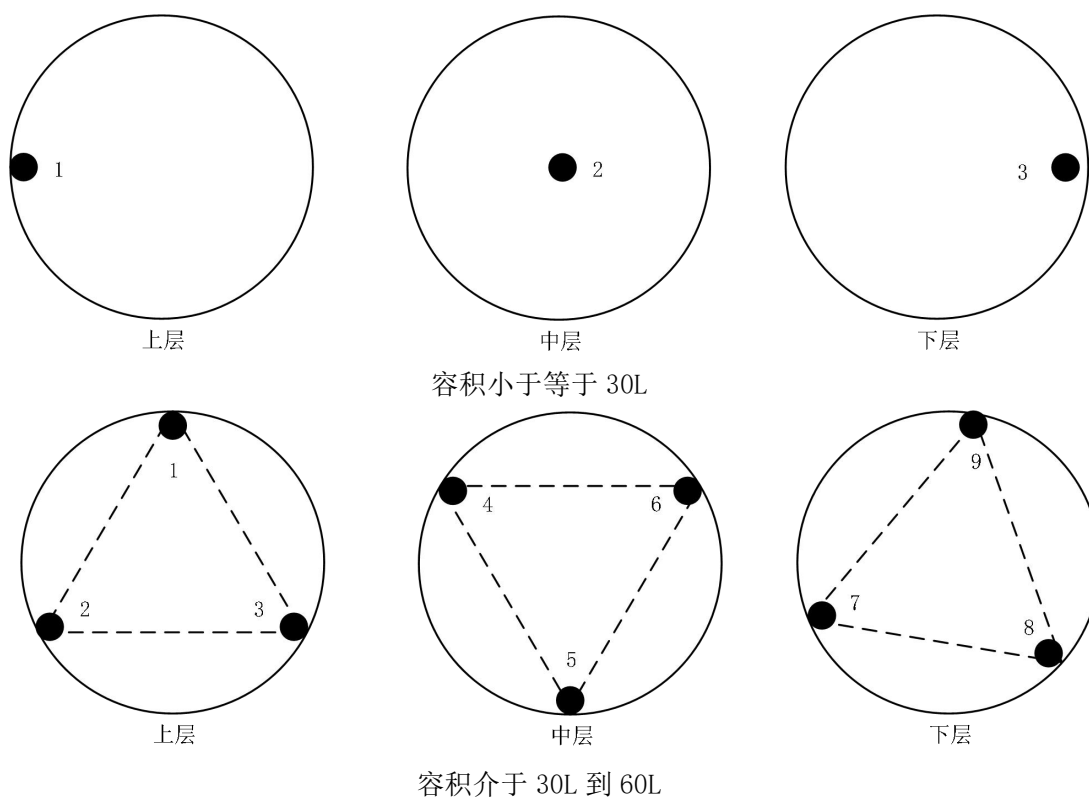


图 2 灭菌器温度测量点布置参考图

压力测量点应布置在灭菌室几何中心位置。

#### 7.2.4 温度、压力的校准

设置温度、压力测量标准的采样时间间隔,采样速率不低于每 15 秒一个读数,按 7.2.3 要求的测量点放置测量标准。启动被校灭菌器的灭菌程序,由标准器自动记录完整灭菌过程的温度、压力数据;同时在温度显示值达到设定值并稳定后,在灭菌保持时间内,记录不少于 10 次的压力显示值。灭菌结束后,读取温度、压力测量标准的记录值。

### 7.3 数据处理

#### 7.3.1 温度偏差

温度偏差按照公式 (1) 和 (2) 计算。

$$\Delta t_{\max} = t_{hi} - t_d \quad (1)$$

$$\Delta t_{\min} = t_{li} - t_d \quad (2)$$

式中:

$\Delta t_{\max}$  ——温度上偏差, °C;

$\Delta t_{\min}$  ——温度下偏差, °C;

$t_{hi}$  ——灭菌保持时间内各测量点测得的最高温度, °C;

$t_{li}$  ——灭菌保持时间内各测量点测得的最低温度, °C;

$t_d$  ——灭菌器的设定温度, °C。

### 7.3.2 温度均匀度

在灭菌保持时间内, 各测量点每次测量的最高温度与最低温度差值的最大值, 按照公式(3)计算。

$$\Delta t_u = \max(t_{\max i} - t_{\min i}) \quad (3)$$

式中:

$\Delta t_u$  ——温度均匀度, °C;

$t_{\max i}$  ——灭菌保持时间内各测量点第*i*次测得的最高温度, °C;

$t_{\min i}$  ——灭菌保持时间内各测量点第*i*次测得的最低温度, °C。

### 7.3.3 温度波动度

在灭菌保持时间内, 灭菌室内各测量点最高温度和最低温度之差的一半, 冠以“±”号, 温度波动度为全部测量点中变化量的最大值, 按公式(4)计算。

$$\Delta t_f = \pm \max[(t_{\max n} - t_{\min n}) / 2] \quad (4)$$

式中:

$\Delta t_f$  ——温度波动度, °C;

$t_{\max n}$  ——灭菌保持时间内测量点*n*的各次测量最高温度, °C;

$t_{\min n}$  ——灭菌保持时间内测量点*n*的各次测量最低温度, °C。

### 7.3.4 灭菌保持时间

灭菌保持时间按公式(5)计算。

$$S = S_2 - S_1 \quad (5)$$

式中:

$S$ ——灭菌保持时间, s;

$S_1$ ——灭菌器内所有温度测量标准达到灭菌温度的时刻;

$S_2$ —— $S_1$ 时刻之后, 灭菌器内任一温度测量标准低于灭菌温度的时刻。

### 7.3.5 压力示值误差

在灭菌保持时间内, 灭菌器的压力控制系统显示平均值与压力测量标准实测平均值的差值, 按公式(6)计算。

$$\Delta p = \overline{p_d} - \overline{p_0} \quad (6)$$

式中:

$\Delta p$ ——压力示值误差, kPa;

$\overline{p_d}$ ——灭菌保持时间内灭菌器压力显示值的平均值, kPa;

$\overline{p_0}$ ——灭菌保持时间内压力测量标准实测压力的平均值, kPa。

## 8 校准结果的表达

经校准的灭菌器出具校准证书, 校准证书至少应包括以下信息:

- a) 标题“校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点(如果不在实验室内进行校准);
- 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) 客户的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期;
- h) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- j) 校准环境的描述;
- k) 校准结果及测量不确定度的说明;
- l) 校准证书签发人的签名、职务, 以及签发日期;
- m) 校准结果仅对被校对象有效的声明;

n) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

## 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，建议不超过 1 年。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应对仪器重新校准。

## 附录 A

## 原始记录格式示例

送校单位:	记录编号:
仪器名称:	型号规格:
出厂编号:	制造单位:
技术依据:	

校准所使用的主要计量器具:

名称	型号	最大允许误差	仪器编号	校准/检定单位	证书编号	有效期

校准地点、环境条件:

地点:	温度:	℃	相对湿度:	%
-----	-----	---	-------	---

观察结果、数据及计算处理:

功能性检查:			负载情况:	采样频率:		
灭菌温度设定值:      ℃			灭菌时间:                   s			
记录时间	温度实测值 $t_{si}/^{\circ}\text{C}$			第 <i>i</i> 次 $t_{\max i} - t_{\min i}/^{\circ}\text{C}$	压力显示值 $p_d/\text{kPa}$	实测压力值 $p_0/\text{kPa}$
	1	2	...			
$t_{\max n}/^{\circ}\text{C}$				温度均匀度: $\Delta t_u =$ ℃	$\overline{p_d} =$	$\overline{p_0} =$
$t_{\min n}/^{\circ}\text{C}$						
$t_{\max n} - t_{\min n}/^{\circ}\text{C}$				温度波动度: $\Delta t_f = \pm$ ℃	压力示值误差: $\Delta p =$ kPa	
温度上偏差:                   ℃			温度下偏差:                   ℃			
灭菌开始时间:		灭菌结束时间:		灭菌保持时间:                   s		

温度上偏差测量结果扩展不确定度:  $U =$       ℃ ( $k = 2$ );

温度下偏差测量结果扩展不确定度:  $U =$       ℃ ( $k = 2$ );

压力示值误差测量结果扩展不确定度:  $U =$       kPa ( $k = 2$ )。

校准员: \_\_\_\_\_ 核验员: \_\_\_\_\_ 校准日期: \_\_\_\_\_年 \_\_\_\_\_月 \_\_\_\_\_日

## 附录B

## 校准证书内页格式示例

## 校准结果示例

灭菌温度设定值：            °C

灭菌时间：                    s

序号	校准项目	校准结果
1	温度上偏差	
2	温度下偏差	
3	温度均匀度	
4	温度波动度	
5	灭菌保持时间	
6	压力示值误差	

温度上偏差测量结果扩展不确定度： $U =$             °C ( $k=2$ )；

温度下偏差测量结果扩展不确定度： $U =$             °C ( $k=2$ )；

压力示值误差测量结果扩展不确定度： $U =$             kPa ( $k=2$ )。

以下空白



## 附录 C

## 小型蒸汽灭菌器温度上偏差测量结果的不确定度评定示例

## C.1 概述

评定依据：JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示；

环境条件：室温 24℃，湿度 60%RH；

测量标准：无线温度记录器，测量范围为（0~140）℃，最大允许误差为±0.1℃；

测量过程：用无线温度记录器按照校准规范要求放置于灭菌器内，设定灭菌温度为 121℃，开启灭菌程序，记录灭菌保持时间内的实测温度值。

## C.2 测量模型

## C.2.1 温度上偏差公式

$$\Delta t_{\max} = t_{hi} - t_d \quad (1)$$

式中：  $\Delta t_{\max}$  ——温度上偏差，℃；

$t_{hi}$  ——灭菌保持时间内各测量点测得的最高温度，℃；

$t_d$  ——灭菌器的设定温度，℃。

## C.2.2 计算灵敏系数

求式（1）对各误差来源量求偏导得出各项的灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t_{\max}}{\partial t_{hi}} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t_{\max}}{\partial t_d} = -1;$$

## C.3 标准不确定度的评定

C.3.1 输入量  $t_{hi}$  导致的标准不确定度  $u_1$  主要由测量重复性、温度波动度、分辨力引入。

C.3.1.1 测量重复性引入的标准不确定度  $u_{11}$  的评定

在进入灭菌程序达到灭菌温度后，用无线温度记录器对小型压力灭菌器进行 10 次独立重复测量，得到一组测量值如下：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_d/℃$	122.36	122.47	122.41	122.21	122.35	122.51	122.63	122.38	122.54	122.26

由贝塞尔公式计算标准偏差，则由重复性测量引入的标准不确定度为：

$$u_{11} = s(t_d) = 0.128 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### C.3.1.2 由灭菌器温度波动度引入的标准不确定度 $u_{12}$ 的评定

在灭菌保持时间内,灭菌器的波动度为  $0.42\text{ } ^\circ\text{C}$ ,不确定度的区间半宽为波动度的一半,服从均匀分布,由灭菌器温度波动度引入的标准不确定度为:

$$u_{12} = \frac{0.42}{2\sqrt{3}} = 0.121 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### C.3.1.3 由无线温度记录器分辨力引入的标准不确定度 $u_{13}$ 的评定

采用 B 类评定,无线温度记录器的分辨力为  $0.01\text{ } ^\circ\text{C}$ ,则无线温度记录器分辨力引入的标准不确定度为:

$$u_{13} = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ } ^\circ\text{C}$$

由重复性引入的标准不确定度和分辨力引入的标准不确定度两者取较大者,则

$$u_1 = \sqrt{u_{11}^2 + u_{12}^2} = 0.176 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### C.3.2 由无线温度记录器自身的不确定度引入的标准不确定度 $u_2$ 的评定

根据上级校准证书,则无线温度记录器自身的不确定度引入的标准不确定度为

$$u_2 = \frac{U}{k} = \frac{0.07}{2} = 0.035 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### C.3.3 由灭菌器设定值显示分辨力引入的不确定度 $u_3$ 的评定

采用 B 类评定,被测灭菌器的设定值显示分辨力为  $0.1\text{ } ^\circ\text{C}$ ,则被测灭菌器分辨力引入的标准不确定度为:

$$u_3 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.029 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## C.4 合成不确定度评定

各不确定度分量汇总及计算表:

标准不确定度分量		不确定度来源	标准不确定度
$u_1$	$u_{11}$	被测仪器的重复性	$0.128\text{ } ^\circ\text{C}$

	$u_{12}$	被测仪器的波动度	0.121℃
	$u_{13}$	标准器的分辨力	0.0029℃
	$u_2$	标准器的不确定度	0.035℃
	$u_3$	被测仪器分辨力	0.029℃

各标准不确定度分量除被测仪器分辨力引入的分量外其他相对独立，则

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.18^\circ\text{C}$$

### C.5 扩展不确定度的评定

取包含因子  $k = 2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 2 \times 0.18 = 0.36^\circ\text{C} \quad k = 2$$

## 附录 D

## 小型蒸汽灭菌器压力示值误差测量结果的不确定度评定示例

## D.1 概述

评定依据：JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示；

环境条件：室温 24℃，湿度 60%RH；

测量标准：无线压力记录器，测量范围为（0~400）kPa，最大允许误差：±1 kPa；

测量过程：用测量标准按照校准规范要求放置于灭菌器内，设定灭菌温度为 121℃，开启灭菌程序，达到灭菌温度后，记录灭菌保持时间内的实测压力值。

## D.2 建立数学模型

## D.2.1 数学模型

$$\Delta p = \overline{p_d} - \overline{p_0} \quad (1)$$

式中：

$\Delta p$ ——压力示值误差，kPa；

$\overline{p_d}$ ——在灭菌保持时间内，灭菌器的压力显示值平均值，kPa；

$\overline{p_0}$ ——无线压力记录器的实测压力的平均值，kPa。

## D.2.2 计算灵敏系数

求式（1）对各误差来源量求偏导得出各项的灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta p}{\partial p_d} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial \Delta p}{\partial p_0} = -1;$$

## D.3 输入量的标准不确定度评定

D.3.1 输入量  $\overline{p_0}$  导致的标准不确定度  $u_1$  主要由测量重复性和分辨力引入。

D.3.1.1 测量重复性引入的标准不确定度  $u_{11}$  的评定

在进入灭菌程序达到灭菌压力后，用无线压力记录器对小型压力灭菌器进行 10 次独立重复测量，得到一组测量值如下：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\overline{p_d}$ /kPa	110.8	110.5	111.2	111.5	111.1	110.9	110.9	110.8	111.3	111.1

由贝塞尔公式计算标准偏差，则由重复性测量引入的标准不确定度为：

$$u_{11} = s(\overline{p_0}) = 0.29 \text{ kPa}$$

D.3.1.2 由无线压力记录器分辨力引入的标准不确定度  $u_{12}$  的评定

采用 B 类评定，无线压力记录器的分辨力为 0.1 kPa，则无线压力记录器的分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_{12} = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.029 \text{ kPa}$$

由重复性引入的标准不确定度和分辨力引入的标准不确定度两者取较大者，则

$$u_1 = 0.29 \text{ kPa}$$

D.3.2 由无线压力记录器自身的不确定度引入的标准不确定度  $u_2$  的评定

根据上级校准证书，则无线压力记录器自身的不确定度引入的标准不确定度为

$$u_2 = \frac{U}{k} = \frac{0.40}{2} = 0.20 \text{ kPa}$$

D.3.3 输入量  $\overline{p_d}$  导致的标准不确定度  $u_3$  主要由显示值重复性和分辨力引入。

D.3.3.1 显示值重复性引入的标准不确定度  $u_{31}$  的评定

在进入灭菌程序达到灭菌压力后，灭菌器进行 10 次独立重复读数，得到一组显示值如下：

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\overline{p_d}$ /kPa	110.7	110.6	111.2	111.3	111.1	110.9	110.8	110.7	111.3	111.1

由贝塞尔公式计算标准偏差，则由重复性测量引入的标准不确定度为：

$$u_{31} = s(\overline{p_d}) = 0.26 \text{ kPa}$$

D.3.3.2 由灭菌器显示值分辨力引入的标准不确定度  $u_{32}$  的评定

采用 B 类评定，灭菌器分辨力为 0.1 kPa，则无线压力记录器的分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_{32} = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.029 \text{ kPa}$$

由重复性引入的标准不确定度和分辨力引入的标准不确定度两者取较大者，则

$$u_3 = 0.26 \text{ kPa}$$

#### D.4 合成不确定度评定

各不确定度分量汇总及计算表：

标准不确定度分量		不确定度来源	标准不确定度
$u_1$	$u_{11}$	被测仪器的重复性	0.29 kPa
	$u_{12}$	标准器的分辨力	0.029 kPa
$u_2$		标准器的不确定度	0.20 kPa
$u_3$	$u_{31}$	被测仪器显示值的重复性	0.26 kPa
	$u_{32}$	被测仪器的分辨力	0.029 kPa

各标准不确定度分量除测量仪器分辨力引入的分量外其他相对独立，则

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.44 \text{ kPa}$$

#### D.5 扩展不确定度的评定

取包含因子  $k = 2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 2 \times 0.44 = 0.88 \text{ kPa} \quad k = 2$$

