



天津市地方计量技术规范

JJF(津) 127—2024

二氧化碳培养箱校准规范

Calibration Specification of Carbon Dioxide Incubators

2024—06—20 发布

2024—09—20 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

二氧化碳培养箱校准规范

Calibration Specification of Carbon
Dioxide Incubators

JJF(津) 127-2024

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

王晓丹（天津市计量监督检测科学研究院）

李强光（天津市计量监督检测科学研究院）

崔尧尧（天津市计量监督检测科学研究院）

参加起草人：

余松林（天津市计量监督检测科学研究院）

王 喆（天津市计量监督检测科学研究院）

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)
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 校准点的选择.....	(3)
7.3 温度的校准.....	(4)
7.4 二氧化碳浓度的校准.....	(6)
8 校准结果表达.....	(6)
9 复校时间间隔.....	(7)
附录 A 校准记录参考格式.....	(8)
附录 B 校准证书内页参考格式.....	(10)
附录 C 温度偏差校准结果不确定度评定示例.....	(11)
附录 D 二氧化碳浓度示值误差不确定度评定示例.....	(14)

引 言

本规范是以 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》为基础性系列规范进行编写。

本规范主要参考 JJF 1101-2019 《环境试验设备温度、湿度参数校准规范》、YY 1621-2018 《医用二氧化碳培养箱》编制而成。

本规范为首次发布。

二氧化碳培养箱校准规范

1 范围

本规范适用于用途为培养生物细胞、组织和细菌等生物样本的二氧化碳培养箱（以下简称培养箱）的校准。培养箱的温度下限高于环境温度 $3^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，温度上限为 55°C ，二氧化碳浓度控制范围为 $0\%\sim 20\%$ 。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1101-2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

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

3.1 工作空间 working space

培养箱中能将温度性能、二氧化碳浓度性能保持在规定要求的空间。

3.2 稳定状态 steady state

培养箱工作空间内设定的温度、二氧化碳浓度变化量达到培养箱性能指标要求时的状态。

3.3 温度偏差 temperature deviation

培养箱稳定状态下，工作空间各测量点在规定时间内实测最高温度和最低温度与设定温度的上下偏差。温度偏差包含温度上偏差和温度下偏差。

[来源：JJF 1101-2019，3.2]

3.4 二氧化碳浓度示值误差 CO_2 concentration indication error

培养箱稳定状态下，二氧化碳浓度显示值的平均值与中心点实测二氧化碳浓度平均值的差值。

3.5 温度波动度 temperature fluctuation

培养箱稳定状态下，在规定的时间内，工作空间任意一点温度随时间的

变化量。

[来源: JJF 1101-2019, 3.6]

3.6 温度均匀度 temperature uniformity

培养箱稳定状态下, 工作空间在某一瞬时任意两点温度之间的最大差值。

[来源: JJF 1101-2019, 3.8]

4 概述

培养箱是通过在箱体内模拟形成类似细胞/组织在生物体内的生长环境(如稳定的温度、CO₂浓度), 对细胞/组织进行体外培养。其广泛应用于医学、微生物、遗传学及药理学等实验室。培养箱通常由温度控制系统、二氧化碳控制系统、报警监控系统、循环风机、气源系统及箱体架构组成。

5 计量特性

培养箱的计量特性见表1。

表1 培养箱计量特性一览表

项目	技术要求
温度偏差	±1.0℃, ±0.5℃ (37.0℃)
温度均匀度	1.0℃, 0.5℃ (37.0℃)
温度波动度	±0.5℃, ±0.3℃ (37.0℃)
CO ₂ 浓度示值误差	±1.0%, ±0.5% (5.0%)

注: 以上指标不适用于合格性判定, 仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度: (15~35)℃;

相对湿度: 不大于85%。

实际工作中, 环境条件还应满足测量标准器正常工作的要求。

6.2 测量标准及其他设备

校准时所用的标准器及配套设备见表 2。

表 2 标准器及配套设备

序号	设备名称	测量范围	技术要求	也可以采用满足要求的其他设备
1	温度测量标准	(0~60) °C	分辨力: 不低于 0.01°C $U \leq 0.1^\circ\text{C} (k=2)$	
2	二氧化碳气体检测仪	(0~20) %	最大允许误差: $\pm 2.0\%FS$ (FS 为量程)	
注: (1) 温度测量标准一般应选用多通道温度显示仪表或多路温度测量装置, 传感器宜选用四线制铂电阻温度计, 传感器数量不少于 5 个, 并能满足校准工作需求。 (2) 标准器的测量结果应含修正值。				

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

培养箱的校准项目为温度偏差、温度均匀度、温度波动度及二氧化碳浓度示值误差。

7.2 校准点的选择

7.2.1 校准点的布放

选择用户常用的温度、二氧化碳浓度点进行校准, 一般为温度 37.0°C, 二氧化碳浓度 5.0%。也可根据用户需要选择校准点。

温度传感器应布置在箱体工作空间的三个不同层面上, 称为上、中、下三层, 中层为通过箱体几何中心的平行于底面的校准工作面, 测量点与箱体内壁的距离为各边长的 1/10。如果设备带有样品架时, 下层测量点可布放在样品架上方 10mm 处。温度传感器的测量点用 1、2、3……数字表示。

二氧化碳测量点为 1 个, 当培养箱预留采样口时选用采样口为测量点, 无采样口时选用箱体几何中心点为测量点, 用字母 O 表示。

7.2.2 培养箱容积小于等于 100L 时, 温度测量点为 5 个, 测量点 3 位于箱体工作空间中层几何中心, 如图 1 所示。

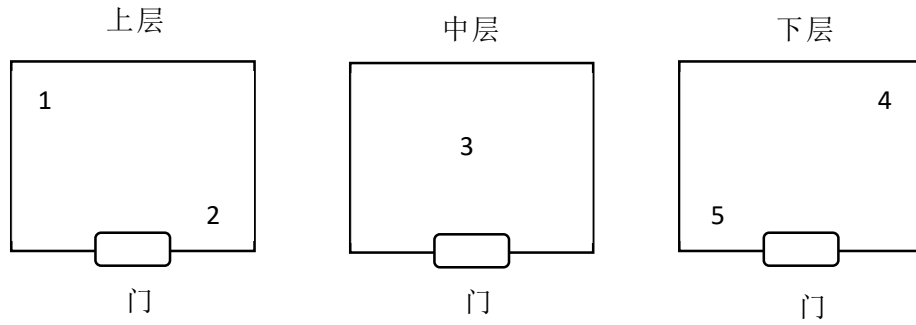


图1 培养箱容积小于等于 100L 布点示意图

7.2.3 培养箱容积大于 100L 小于等于 300L 时，温度测量点为 9 个，测量点 5 位于箱体工作空间中层几何中心处，如图 2 所示。

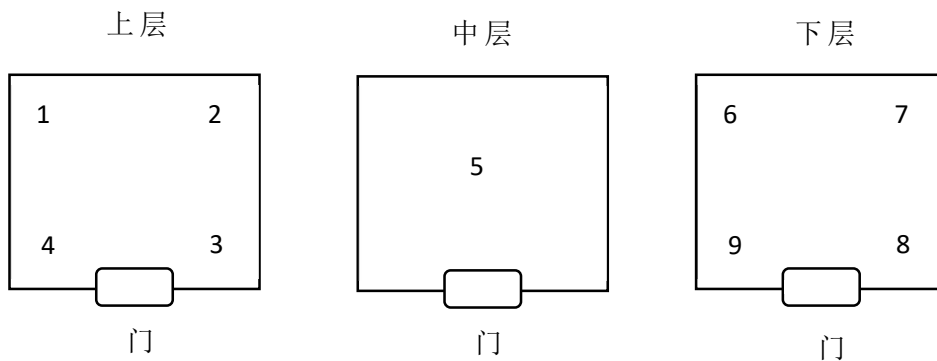


图2 培养箱容积大于 100L 小于等于 300L 布点示意图

7.2.4 培养箱容积小于 100L 或大于 300L 时，可根据实际需要或用户需求减少或增加测量点数量并图示说明。

7.3 温度的校准

7.3.1 校准方法

按照 7.2 规定摆放温度传感器，将培养箱设定到校准的温度值，开启运行。当培养箱达到稳定状态后开始记录各测量点温度。温度记录间隔为 2min，30min 内共记录 16 组数据。或者根据设备运行状况和用户校准需求确定时间间隔和数据记录次数，并在原始记录 and 校准证书中进行说明。

温度稳定时间以说明书为依据，说明书中没有给出的，一般按以下原则执行：温度达到设定值，30min 后可以开始记录数据，如箱内温度仍未稳定，可按实际情况至多延长 30min，温度达到设定值至开始记录数据所等待的时间不超过 60min。如果在规定的稳定时间之前能够确定箱内温度已经达到稳定，也可以提前记录。

7.3.2 温度偏差

培养箱稳定状态下,工作空间各测量点在规定时间内实测最高温度和最低温度与设定温度的上下偏差。温度偏差包含温度上偏差和温度下偏差,计算如公式(1)、(2)所示:

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

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

式中: Δt_{\max} —温度上偏差, °C;

Δt_{\min} —温度下偏差, °C;

t_{\max} —各测量点规定时间内测量的最高温度, °C;

t_{\min} —各测量点规定时间内测量的最低温度, °C;

t_s —培养箱设定温度。

7.3.3 温度均匀度

培养箱在稳定状态下,在 30min 内(每 2min 测试一次)每次测量中实测最高温度与最低温度之差的算术平均值。计算如公式(3)所示:

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^n (t_{i\max} - t_{i\min}) / n \quad (3)$$

式中: Δt_u —温度均匀度, °C;

n —测量次数;

$t_{i\max}$ —各测量点在第 i 次测得的最高温度, °C;

$t_{i\min}$ —各测量点在第 i 次测得的最低温度, °C。

7.3.4 温度波动度

培养箱在稳定状态下,工作空间各测量点 30min 内(每 2min 测试一次)实测最高温度与最低温度之差的一半,冠以“±”号,取全部测量点中变化量的最大值作为温度波动度的校准结果。计算如公式(4)所示:

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

式中: Δt_f —温度波动度, °C;

j —测量点;

$t_{j\max}$ —测量点 j 在 n 次测量中的最高温度, °C;

$t_{j\min}$ —测量点 j 在 n 次测量中的最低温度, °C。

7.4 二氧化碳浓度的校准

依据 7.2 测量点的布放位置，将培养箱的二氧化碳浓度设定为所选择的校准点，待培养箱的显示值达到标称值并达到稳定状态后开始进行测试，分别记录培养箱的显示值与气体检测仪的显示值。每 2min 记录一次，共记录 3 次。二氧化碳浓度示值误差计算如公式 (5) 所示：

$$\delta = \overline{C_d} - \overline{C_o} \quad (5)$$

式中： δ —二氧化碳浓度示值误差，%；

$\overline{C_d}$ —培养箱显示二氧化碳浓度的平均值，%；

$\overline{C_o}$ —二氧化碳气体检测仪示值平均值，%。

8 校准结果表达

经校准的培养箱出具校准证书，校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（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，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) 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) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- n) 校准人和核验人的签名；
- 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。

9 复校时间间隔

复校时间间隔可由用户根据实际使用情况自主决定，一般不超过 1 年。在使用过程中经过修理、更换重要器件等的一般需要重新校准。

附录 A

校准记录参考格式

委托单位: _____ 型号规格: _____ 证书编号: _____

制造厂: _____ 环境温度: _____ °C 环境湿度: _____ %RH

校准依据: _____ 校准地点: _____

标准器名称	出厂编号	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	有效期至

一、温度部分

温度设定值 (°C)		测量点 j 的实测温度值 (°C)								最大值	最小值
测量次数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1											
2											
3											
4											
5											
.....											
16											
最大值											
最小值											
温度上偏差 (°C)				温度均匀度 (°C)			温度波动度 (°C)				
温度下偏差 (°C)				温度偏差的扩展不确定度 $U/^\circ\text{C}$ ($k=2$)							

校准员: _____ 核验员: _____ 校准日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

二、二氧化碳浓度示值误差：

CO ₂ 浓度显示值 (%)			
CO ₂ 浓度实测值 (%)			
CO ₂ 浓度示值误差 (%)			
示值误差的扩展不确定度 $U/\% (k=2)$			

校准员：_____ 核验员：_____ 校准日期：_____年____月____日

附录 B

校准证书内页参考格式

校准结果如下：

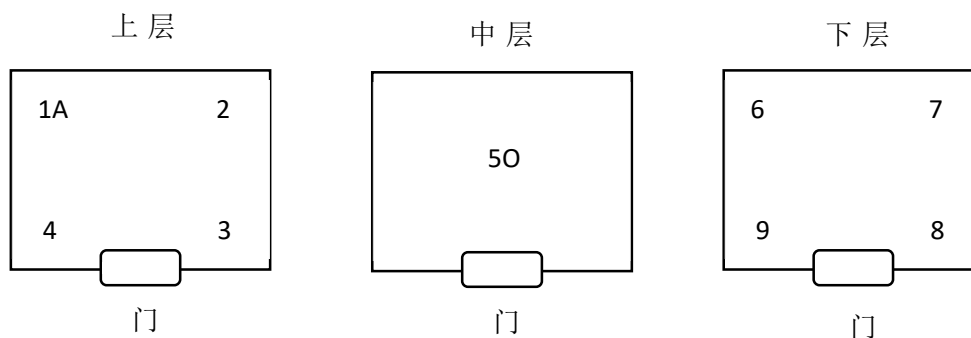


图 B.1 布点示意图

1. 温度

校准点 (°C)	设定值 (°C)	温度上偏差 (°C)	温度下偏差 (°C)	温度均匀度 (°C)	温度波动度 (°C)	温度偏差的扩展不确定度 $U/^\circ\text{C}$ ($k=2$)

2. CO₂ 浓度

设定值 (%)	示值误差 (%)	扩展不确定度 $U/\%$ ($k=2$)

以下空白

附录 C

温度偏差校准结果不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 被测对象

二氧化碳培养箱，温度显示分辨力为 0.1°C ，校准点为 37.0°C 。

C.1.2 测量标准

温度巡回检测仪，温度显示分辨力： 0.01°C ，测量时带修正值使用，扩展不确定度 $U=0.1^{\circ}\text{C}$ ($k=2$)。

C.1.3 校准方法

按照本规范的要求，将标准器的温度传感器按照布点示意图进行布点，并将培养箱设定到 37.0°C ，开始运行。试验设备达到设定值并达到稳定状态后开始记录设备的温度示值及各布点温度，记录间隔为 2min ， 30min 内共记录 16 组数据。

计算各测试点 30min 内测量的最高温度与设定温度的差值，即为温度上偏差；计算各测试点 30min 内测量的最低温度与设定温度的差值，即为温度下偏差。

C.2 测量模型

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \quad (\text{C.1})$$

$$\Delta t_{\min} = t_{\min} - t_s \quad (\text{C.2})$$

式中： Δt_{\max} —温度上偏差， $^{\circ}\text{C}$ ；

Δt_{\min} —温度下偏差， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_{\max} —各测量点规定时间内测量的最高温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_{\min} —各测量点规定时间内测量的最低温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_s —培养箱设定温度。

C.3 标准不确定度分量

由于上偏差和下偏差不确定度来源和数值相同，因此本文仅以温度上偏差为例进行不确定度评定。

C.3.1 由测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

在 37.0°C 重复测量 10 次，测量数据见表 C.1。

表 C.1 测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值
测得值/℃	36.86	36.85	36.83	36.82	36.80	36.77	36.75	36.73	36.70	36.69	36.78

用贝塞尔公式计算：

$$s_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.06^\circ\text{C}$$

则由温度重复性引入的标准不确定度分量： $u_1=0.06^\circ\text{C}$ 。

C.3.2 培养箱分辨力引入的标准不确定度分量 u_2

培养箱分辨力为 0.1°C ，不确定度区间半宽为 0.05°C ，服从均匀分布，则分辨力引入的标准不确定度分量：

$$u_2 = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029^\circ\text{C}$$

培养箱分辨力引入的不确定度分量小于测量重复性引入的不确定分量，故培养箱分辨力引入的不确定度分量可忽略。

C.3.3 标准器修正值引入的标准不确定度分量 u_3

温度巡检仪修正值的不确定度 $U=0.1^\circ\text{C}$ ， $k=2$ ，则标准器温度修正值引入的标准不确定度分量：

$$u_3 = \frac{0.1}{2} = 0.05^\circ\text{C}$$

C.3.4 标准器稳定性引入的标准不确定度分量 u_4

本标准器相邻两次校准温度修正值最大变化 0.10°C ，服从均匀分布，则稳定性引入的标准不确定度分量：

$$u_4 = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.06^\circ\text{C}$$

C.3.5 标准器温度分辨力引入的标准不确定度分量 u_5

标准器温度显示分辨力为 0.01°C ，区间半宽 0.005°C ，按均匀分布，则分辨力引入的标准不确定度分量：

$$u_5 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003^\circ\text{C}$$

C.4 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度分量汇总表

符号	不确定度来源	标准不确定度
u_1	温度测量重复性	0.06℃
u_3	标准器温度修正值	0.05℃
u_4	标准器温度稳定性	0.06℃
u_5	标准器温度分辨力	0.003℃

由于以上标准不确定度分量相互独立，则合成标准不确定度 u_c 为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 0.10^\circ\text{C}$$

C.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，温度上偏差的扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 0.20^\circ\text{C}$$

附录 D

二氧化碳浓度示值误差不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 被测对象

二氧化碳培养箱，CO₂ 浓度显示分辨力为 0.1%，校准点为 5.0%。

D.1.2 测量标准

二氧化碳检测仪，分辨力为 0.01%，最大允许误差：±2.0%FS。

D.1.3 校准方法

按照本规范的要求，将二氧化碳气体传感器放置在培养箱的中心点上（即 O 点），并将培养箱的 CO₂ 浓度设定到 5.0%，开始运行。待设备稳定后开始记录。每 2min 记录一次，共记录 3 次，取平均值作为该点的测量结果。

D.2 测量模型

$$\delta = \overline{C_d} - \overline{C_0} \quad (\text{D.1})$$

式中：δ —二氧化碳浓度示值误差，%；

$\overline{C_d}$ —培养箱显示二氧化碳浓度的平均值，%；

$\overline{C_0}$ —二氧化碳浓度示值误差，%。

D.3 标准不确定度分量

D.3.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

以设定二氧化碳浓度为 5.0% 为例，用二氧化碳检测仪测得二氧化碳浓度值，重复测量 10 次，测量数据见表 D.1：

表 D.1 测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值
测得值 (%)	5.12	5.15	5.10	5.13	5.15	5.16	5.15	5.17	5.17	5.19	5.15%

用贝塞尔公式计算单次实验标准偏差：

$$s_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_{oi} - \overline{C_0})^2}{n-1}} = 0.026\%$$

由 3 次重复测量引入的标准不确定度： $u_1 = \frac{s_1}{\sqrt{3}} = 0.015\%$

D.3.2 培养箱分辨力引入的标准不确定度分量 u_2

培养箱 CO₂ 浓度显示分辨力为 0.1%，不确定度区间半宽为 0.05%，服从均匀分布，则分辨力引入的标准不确定度分量：

$$u_2 = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029\%$$

测量重复性引入的不确定分量小于培养箱分辨力引入的不确定度分量，故测量重复性引入的不确定分量可忽略。

D.3.3 标准器修正值引入的标准不确定度分量 u_3

由溯源证书可知：二氧化碳浓度为 5.0%时，二氧化碳检测仪测量结果的相对扩展不确定度 $U=0.08\%$ ，包含因子 $k=2$ ，则二氧化碳检测仪引入的标准不确定度分量：

$$u_3 = 0.04\%$$

D.3.4 标准器分辨力引入的标准不确定度分量 u_4

二氧化碳检测仪显示分辨力为 0.01%，区间半宽为 0.005%，服从均匀分布，则分辨力引入的标准不确定度分量：

$$u_4 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003\%$$

D.4 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表 D.2。

表 D.2 标准不确定度分量汇总表

符号	不确定度来源	标准不确定度
u_2	培养箱 CO ₂ 浓度显示分辨力	0.029%
u_3	标准器修正值	0.04%
u_4	标准器分辨力	0.003%

由于以上标准不确定度分量相互独立，则合成标准不确定度 u_c 为：

$$u_c = \sqrt{u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.05\%$$

D.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，二氧化碳浓度偏差的扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 0.10\%$$

