



湖北省地方计量技术规范

JJF (鄂) ××-2023

低温保存箱校准规范

Calibration specification of Low temperature freezers

(送审稿)

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

湖北省市场监督管理局 发布

低温保存箱校准规范

JJF (鄂) XX -2023

Calibration specification of Low temperature
freezers

归口单位：湖北省市场监督管理局

主要起草单位：十堰市计量检定测试所

十堰市疾病预防控制中心

参加起草单位：宜昌市计量检定测试所

武汉市计量测试检定（研究）所

本规范委托十堰市计量检定测试所负责解释

本规范主要起草人：

王 波（十堰市计量检定测试所）

雷俊松（十堰市计量检定测试所）

黄 敏（十堰市疾病预防控制中心）

参加起草人：

温 馨（十堰市计量检定测试所）

赵 峰（十堰市计量检定测试所）

王喜云（十堰市疾病预防控制中心）

黄 敏（宜昌市计量检定测试所）

周 文（武汉市计量测试检定（研究）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 温度波动度	2
5.2 温度均匀度	2
5.3 显示温度误差	2
6 校准条件	3
6.1 环境条件	3
6.2 负载条件	3
6.3 测量标准及其他设备	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
8 校准结果表达	8
9 复校时间间隔	8
附录 A 测量不确定度评定示例	9
附录 B 校准记录（推荐）格式	11
附录 C 校准证书结果页（推荐）格式	12
附录 D 特性点温度和其他性能的测量	13

引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。

本规范参照 GB/T 20154-2014《低温保存箱》、YY/T 1757-2021《医用冷冻保存箱》中规定的相关术语定义和技术内容。

本规范为首次发布。

低温保存箱校准规范

1 范围

本规范适用于温度范围 $(-25\sim-164)^{\circ}\text{C}$ ，采用封闭式电动机驱动压缩式低温保存箱（以下简称低温箱）计量性能的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 20154-2014 低温保存箱

YY/T 1757-2021 医用冷冻保存箱

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

JJF1001-2011、YYT/1757-2021、GB/T 20154-2014 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 低温保存箱 low temperature freezer [GB/T 20154-2014, 定义3.2]

一个具有适当容积和装置的绝热箱，箱内温度可控制在 $(-25\sim-164)^{\circ}\text{C}$ 温度区间内，用消耗电能的手段来制冷，具有一个或多个间室。

3.2 特性点 character point [GB/T 20154-2014, 定义3.7]

低温箱内一个有代表性特征的位置点。

3.3 特性点温度 character point temperature [GB/T 20154-2014, 定义3.8]

低温箱在空载状态下特性点可达到的最低温度。

3.4 稳定运行状态 stable operating condition [YY/T 1757-2021, 定义3.16]

低温箱内各测点的瞬时温度值在温度控制周期的同时刻，每次进行测量，在2h内变化不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的状态。

3.5 温度控制周期 temperature control cycle [YY/T 1757-2021, 定义3.15]

由温度控制装置的运行（开、停或其他状态）产生的重复的温度波动。

注：一个温度控制周期为一个控制事件到该控制事件在下一个周期的重复时的时间间隔，若控制瞬间不容易辨别，则温度控制周期为两个连续的温度最高点和两个连续的温度最低点的间隔。

3.6 温度均匀度 temperature uniformity [YY/T 1757-2021, 定义3.12]

低温箱在稳定运行状态下,在规定时间内箱内每一个测量点温度与设定温度之差绝对值的最大值。

3.7 温度波动度 temperature fluctuation [YY/T 1757-2021, 定义3.11]

低温箱在稳定运行状态下,在规定时间内箱内特性点测得的瞬时温度的最大值与最小值之差。

3.8 温度显示误差 temperature indication error

低温箱在稳定运行状态下,在连续两个控制周期内显示温度的平均值与所有温度测得值算术平均值的差值,其中低温箱显示温度的最大值与最小值的算术平均值作为显示温度平均值。

4 概述

低温箱是对箱内温度可控制在 $(-25\sim-164)^{\circ}\text{C}$ 温度区间内,用消耗电能的手段来制冷,具有适当容积和装置的绝热箱的总称。低温箱按门或盖的打开方式可分为顶开式(卧式)和直立式(立式);按特性点温度可分为: -25°C 、 -30°C 、 -40°C 、 -50°C 、 -60°C 、 -86°C 、 -140°C 、 -150°C 、 -164°C 类型。低温箱主要用于在规定的温度范围内对放入其中的物品进行可靠的储藏,广泛应用于医疗卫生、生物制药、食品饮料、农业畜牧、化工、军工、科学研究等领域。

5 计量特性

5.1 温度波动度

低温箱温度波动度要求见表1。制造商规定的其它低温箱特性点温度类型,温度波动度应不超过表1相近温度波动度的最大值。

5.2 温度均匀度

低温箱温度均匀度要求见表1。制造商规定的其它低温箱特性点温度类型,温度均匀度应不超过表1相近温度均匀度的最大值。

5.3 显示温度误差

低温箱显示温度误差不超过 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

注:以上技术指标要求不用于合格性判断,仅供参考。

表1 温度波动度、温度均匀度要求

序号	低温箱特性点 温度类型	设定温度 /℃	温度波动度/℃		温度均匀度/℃	
			直立式	卧式	直立式	卧式
1	-25℃低温箱	-25	≤4	≤6	≤3	≤3
2	-30℃低温箱	-30	≤5	≤6	≤3	≤3
3	-40℃低温箱	-40	≤5	≤6	≤4	≤3
4	-50℃低温箱	-45	≤6	≤6	≤5	≤3
5	-60℃低温箱	-55	≤6	≤6	≤5	≤4
6	-86℃低温箱	-81	≤6		≤5	
7	-140℃低温箱	-135	≤7		≤7	
8	-150℃低温箱	-145	≤8		≤7	

6 校准条件

6.1 环境条件

温度：（10～32）℃；相对湿度：（30～80）%

6.2 负载条件

低温箱的校准一般在空载条件下进行，根据用户需要可以在负载条件下进行校准，但应说明负载的情况。

6.3 测量标准及其他设备

6.3.1 温度测量标准的测量不确定度 U （ $k=2$ ）优于0.5℃，测量标准技术要求见表2；

表2 测量标准技术条件

序号	名称	测量范围	技术指标	备注
1	温度测量标准	(-170～50)℃	分辨力:不低于 0.01℃ 最大允许误差:±0.3℃	传感器: 铂电阻温度计或 T 型热电偶
2	时间测量标准	(0～24) h	最大允许误差: ±0.5s/d	计时格式 hh:mm:ss

注：1) 温度测量范围为一般要求，使用中以能覆盖低温箱特性点温度为准；
2) 测量标准技术指标为包含传感器和采集设备的整体指标；
3) 各通道的测量结果应含修正值。

6.3.2 温度测量标准应具有自动记录和存储功能的温度巡检仪或多通道温度测量装置。测量通道的采样时间可按需要进行调整，温度测量巡检间隔至少可选择1min；

6.3.3 各通道配套使用同种型号规格的温度传感器，通道数量应满足测量点布点个数要求；

6.3.4 时间测量标准用于记录测量数据的时序，可以采用相同功能的测量装置测量。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

低温箱的校准项目见表3。

表3 校准项目及结构分类一览表

校准项目	卧式	单层立式	分层立式
温度波动度	+/-	+/-	+/-
温度均匀度	√	√	√
温度显示误差	√	√	√
说明：√表示需要校准，+/-表示可增减的项目。			

7.2 校准方法

7.2.1 温度测量点位置分布原则

7.2.1.1 特性点位置通常是低温箱空间的几何中心，对于偶数 l 个间室分层的立式低温箱的特性点位置为自上而下第 $(l/2+1)$ 间室的几何中心；分面分布的测量点按每个平面选取3个点（允许增减数量）作为温度测量点。

7.2.1.2 顶开式（卧式）和直立单层（立式）低温箱测量点布置

通常在低温箱内选取3个平行面，选取9支温度传感器进行布点，如图1、图2所示，要求如下：

- a) 顶开式（卧式）测量点分布空间分为3个平面：距离左侧内壁 (75 ± 25) mm的左侧平面；中心垂直平面；距离右侧内壁 (75 ± 25) mm的右侧平面；
- b) 立式（单层）测量点分布空间分为3个平面：距离顶部 (75 ± 25) mm的上平面；中心水平面；距离底部 (75 ± 25) mm的下平面；
- c) 左右侧面或上下平面对角线方向布置3个测量点，中间点为各平面的几何中心，另外2点是以同一对角线中心点为基点对称分布，距两端 (75 ± 25) mm；

- d) 特性点位置选择与中心面几何中心点重合一致, 中心面轴线上分布的3点连线应与门垂直, 两侧分布点距离侧面 (75 ± 25) mm。

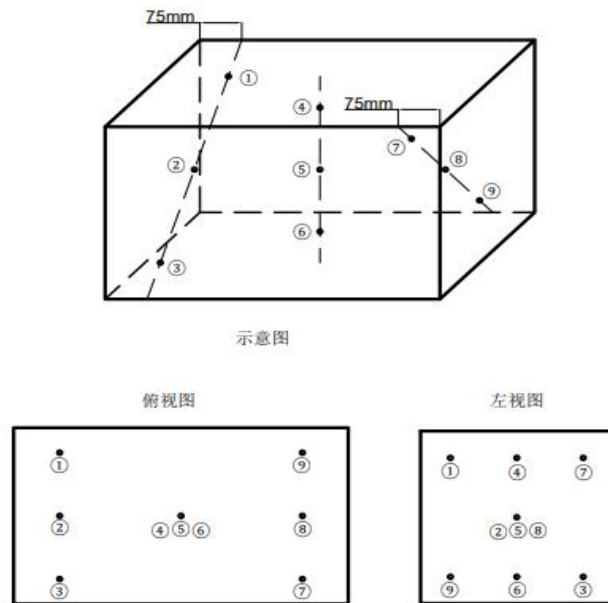


图1 顶开式(卧式)低温箱测量点的布点示意图

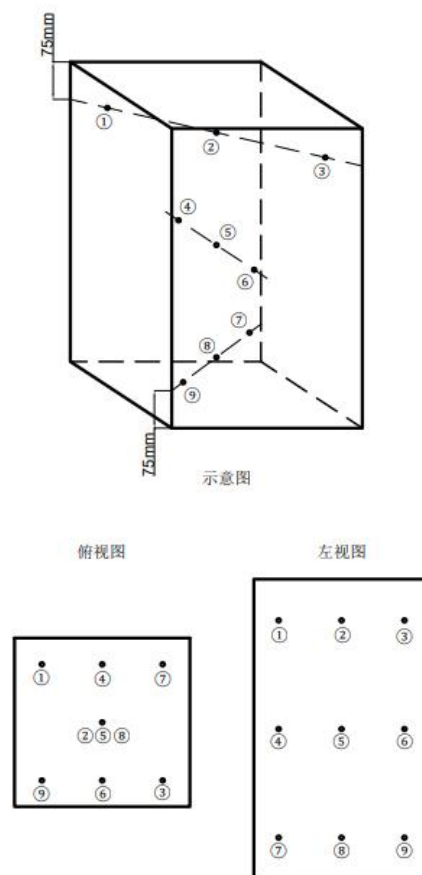


图2 立式(不分层)低温箱测量点的布点示意图

7.2.1.3 分层直立（立式）低温箱测量点分布

分层直立（立式）低温箱，以四层为例，选取12个测量点位置如图3所示，要求如下：

- 每个独立间室内选择一个布点平面，处于最顶部的间室选择距离顶部（ 75 ± 25 ）mm的平面，处于最底部的间室选择距离底部（ 75 ± 25 ）mm的平面，其余间室选择中心平面。
- 每个平面对角线方向布置3个测量点，选取平面几何中心点，其余两点为在同一对角线以中心点为基点对称分布，距两端（ 75 ± 25 ）mm。
- 相邻间室的分布平面中的三点连线不能平行且最顶面按图3俯视图布置。
- 分层间室的特性点选取原则：奇数间室选取中间间室的几何中心点，偶数 l 个间室选取第 $(l/2+1)$ 间室几何中心点，若测量点不含盖特性点，则需要在特性点位置单独布点；
- 图3中的三层（第3间室）几何中心与特性点位置重合。

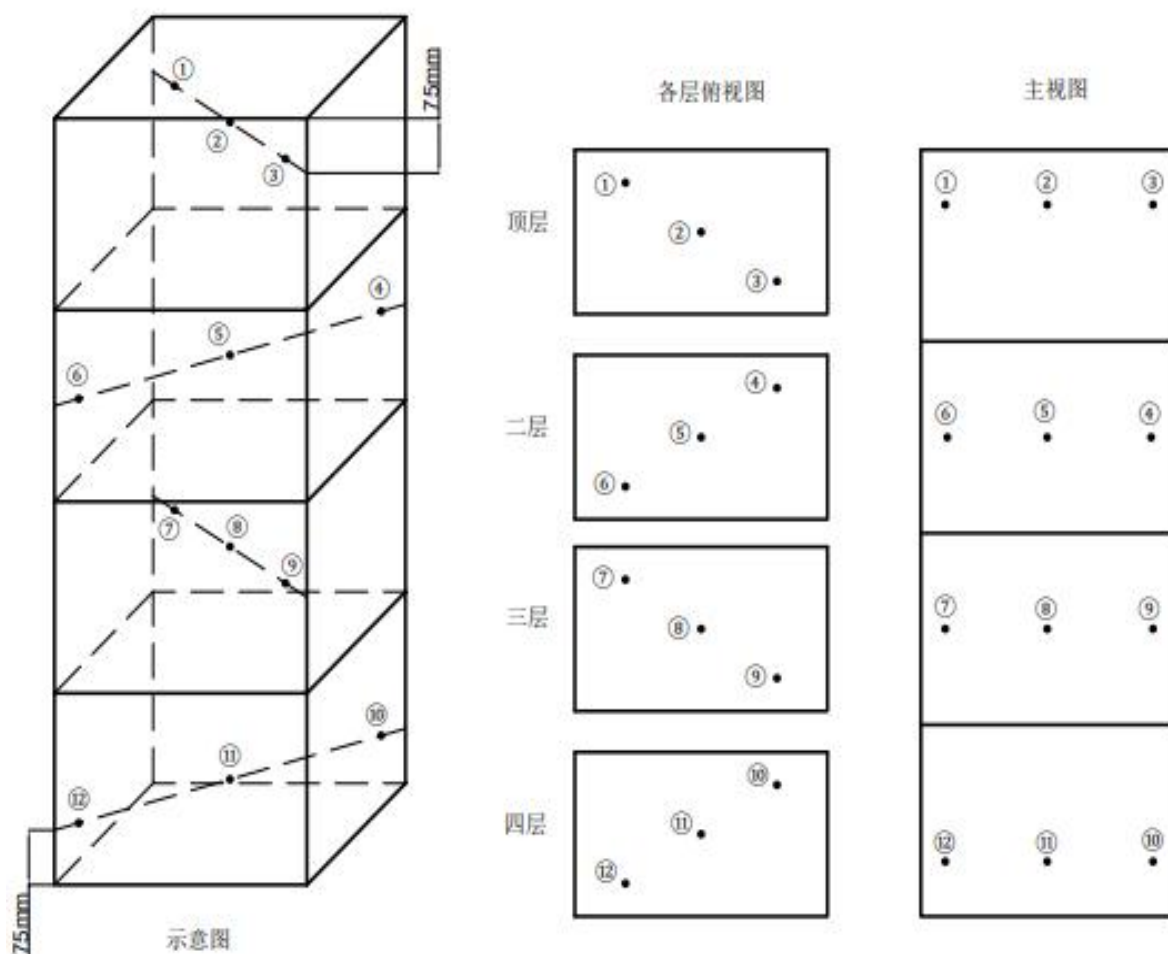


图3 四层直立式（立式）低温箱测量点的布点示意图

7.2.2 校准点和设定温度的选择

对于空载的低温箱，一般选择特性点温度作为校准温度点；使用中的低温箱，可根据客户要求选择温度校准点。设定温度通常按照特性点温度选择，特性点温度不低于-40℃时，设定温度为特性点温度，特性点温度低于-40℃，设定温度为特性点温度+5℃，见表1。

7.2.3 温度波动度、温度均匀性、温度显示误差的校准

7.2.3.1 按7.2.1放置的温度传感器的感温部分不应接触其它物体表面，测量引线应不影响低温箱的密封性；按7.2.2选择校准点和设定温度，开启运行一定时间后，确保低温箱进入稳定运行状态，方可进行性能测量。

7.2.3.2 当低温箱按设定温度到达稳定运行状态后，开启多通道温度测量仪器，设置测量通道、确定特性点温度测量点对应的通道号；调整读数起始时间和读数测量间隔，各个通道应协调一致。当测量标准开始记录特性点及各测量点温度数据时应能实时自动存储数据，同时按时间间隔1min记录实时时间，记录持续时间约为3h的整数周期，在此期间同步记录低温箱温度显示的最高值 t_{dmax} 和最低值 t_{dmin} 。

7.2.3.3 所有测量点处温度测量通道采集的数据按集合表示为 $\{t_{j,i}\}$ ，特性点处温度测量通道采集的数据表示为集合 $\{t_{c,i}\}$ ，其中测量循环次数 $i=1, 2, \dots, n$ 和测量点布点序号 $j=1, 2, \dots, m$ ；其中 n 取温度控制周期内统计的测量总次数， m 是测量点个数。

7.2.3.4 温度波动度计算

取特性点处温度测量瞬时值的最大值和最小值，按式（1）计算差值：

$$\Delta t_f = \max\{t_{c,i}\} - \min\{t_{c,i}\} \quad (1)$$

式中：

Δt_f ——温度波动度，℃。

7.2.3.5 温度均匀度计算

计算每个测量点平均温度 $t_j = \frac{\sum_{i=1}^n t_{j,i}}{n}$ ，按式（2）取最大值：

$$\Delta t_u = \max(|t_j - t_s|) \quad (2)$$

式中：

Δt_u ——温度均匀度，℃；

$t_{j,i}$ ——测量点 j 处温度传感器第 i 次测量结果，℃；

t_s ——低温箱设定温度，℃。

7.2.3.6 温度显示误差计算

$$\Delta t = \frac{t_{dmax} + t_{dmin}}{2} - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{j,i}}{m \cdot n} \quad (3)$$

式中：

Δt ——显示温度误差，℃。

8 校准结果表达

经校准的低温保存箱出具校准证书，结果页见附录 C。校准证书应至少包含以下信息：

- 1) 标题，如“校准证书”；
- 2) 实验室名称和地址；
- 3) 进行校准的地点；
- 4) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- 5) 送校单位的名称和地址；
- 6) 被校对象的描述和明确标识；
- 7) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校准对象的接收日期；
- 8) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- 9) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- 10) 校准环境的描述；
- 11) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- 12) 对校准规范的偏离的说明；
- 13) 校准证书签发人的签名或等效标识；
- 14) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- 15) 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

复校时间的间隔是由仪器的使用情况、仪器本身质量等诸因素所决定的，用户可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

建议复校时间间隔最长不超过一年，使用频繁时应适当缩短。

附录 A 测量不确定度评定示例

低温箱示值误差的测量不确定度评定示例

A.1 概述

A.1.1 被测对象：特性点温度-25℃低温保存箱示值误差。

A.1.2 测量标准：温湿度场巡检仪，测量范围（-60~0）℃，最大允许误差±0.3℃。

A.1.3 测量方法：特性点温度-25℃为设定点，在规定的条件下，将温度传感器放在规定的位置上，低温箱到达稳定运行状态后开始记录校准点数据。

A.2 测量模型

低温保存箱示值误差的测量模型：

$$\Delta t = \frac{t_{dmax} + t_{dmin}}{2} - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{j,i}}{m \cdot n} \quad (A.1.1)$$

式中：

t_{dmax} —低温保存箱显示温度的最高温度，℃；

t_{dmin} —低温保存箱显示温度的最低温度，℃；

$t_{j,i}$ —测量点 j 处温度传感器第 i 次测得值，℃；

$m \cdot n$ —所有测量点测量总次数。

A.3 不确定度来源

a) 多通道温度计量值传递所引入的标准不确定度分量 $u(\Delta t_S)$ ；

b) 多通道温度计测量重复性引入的标准不确定度分量 $s(\Delta t_R)$ ；

c) 温度指示值读数平均值引入的标准不确定度分量 $u(\Delta t_R)$ ；

d) 环境温度引入的标准不确定度分量 $u(\Delta t_H)$ 。

A.4 标准不确定度评定

A.4.1 测量标准引入的标准不确定度分量 $u(\Delta t_S)$

测量标准是一台测量范围（-60~0）℃，最大允许误差±0.3℃的多通道温度巡检仪，其区间半宽 $a=0.3$ ℃，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ 。则测量标准引入的标准不确定度 $u(\Delta t_S)$ 为：

$$u(\Delta t_S) = \frac{a}{k} = 0.17^\circ\text{C} \quad (A.1.2)$$

A.4.2 测量重复性引入的标准不确定度分量 $s(\Delta t_R)$ ：

对低温保存箱-25℃校准点连续等精度测量 nm 次，引入的平均值标准偏差 $s(\Delta t_R)$ 为：

$$s(\Delta t_R) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{nm} (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{n(n-1)m}} = 0.09 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{A. 1. 3})$$

式中：

Δ_i ——各测量点测量结果， $^\circ\text{C}$ ；

$\bar{\Delta}$ ——各测量点 nm 次测量结果算术平均值， $^\circ\text{C}$ 。

A. 4. 3 显示温度平均值引入的标准不确定度 $u(\Delta t_R)$

低温保存箱示值极差取 1°C ，按均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则该低温保存箱读数平均值引入的标准不确定度 $u(\Delta t_R)$ 为：

$$u(\Delta t_R) = \frac{r}{2\sqrt{6}} = 0.20 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{A. 1. 4})$$

A. 4. 4 环境温度引入的标准不确定度分量 $u(\Delta t_H)$

低温箱工作的环境温度在校准时的变化不大，引入的分量可忽略不计。

A. 5 灵敏系数计算

$$c(\Delta t_S) = \frac{\partial \delta_\Delta}{\partial \Delta_S} = 1 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \quad (\text{A. 1. 5})$$

$$c(\Delta t_R) = \frac{\partial \delta_\Delta}{\partial \Delta_R} = 1 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \quad (\text{A. 1. 6})$$

A. 6 合成标准不确定度评定

各个分量的标准不确定度汇总见表 A. 1

表 A. 1 各个分量的标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	标准不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数 $c(x_i)$	$ c(x_i) \cdot u(x_i)$
$u(\Delta t_S)$	标准器引入	$0.17 \text{ } ^\circ\text{C}$	$1 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	0.17
$s(\Delta t_R)$	测量重复性引入	$0.09 \text{ } ^\circ\text{C}$	$1 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	0.09
$u(\Delta t_R)$	分辨力引入	$0.20 \text{ } ^\circ\text{C}$	$1 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	0.20

因各分量彼此独立，合成不确定度 $u_c(\delta_R)$ 按公式 (A. 1. 7) 计算：

$$u_c(\delta_R) = \sqrt{c^2(\Delta t_S)u^2(\Delta t_S) + c^2(\Delta t_R)u^2(\Delta t_R)} = 0.28 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{A. 1. 7})$$

A. 7 扩展不确定度评定

取包含因子 $k = 2$ ，按公式 (A. 1. 8) 计算

$$U = k \cdot u_c(\delta_R) = 0.6 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{A. 1. 8})$$

附录 B 校准记录（推荐）格式

低温保存箱校准记录

记录编号：

委托单位				低温箱名称							
单位地址				制造厂名							
型号规格				低温箱类型							
出厂编号				开门方式		<input type="checkbox"/> 顶开(卧式)		<input type="checkbox"/> 直立(立式)			
校准依据				间室层数		<input type="checkbox"/> 单式 1 间		<input type="checkbox"/> 多层		间	
标准器名称		规格型号		出厂编号		准确度等级 /不确定度		证书编号		有效日期	
温度：		℃		湿度：		%RH		地点：			
温度性能参数测量											
特性点温度类型				设定温度 (℃)：							
显示温度记录		最大值：		℃		最小值：		℃		平均值：	
起始时间				停止时间				测量时间/次 数 n			
温度测量 (℃) 特性点位置：											
测量点位置		1		2		3		4		5	
测量时间		序列 i		通道 1		通道 2		通道 3		通道 4	
00:00:00		1									
00:01:00		2									
00:02:00		3									
.....										
hh:mm:ss		n									
测量点最大值											
测量点最小值											
测量点平均值											
波动度计算											
均匀度计算											
温度波动度		特性点处：		：最大点处：		箱内平均温度					
温度均匀度		最大值：				显示温度误差					
扩展不确定度											

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

附录 C 校准证书结果页（推荐）格式

校准证书结果页

证书编号 XXXX-XXXX

校准结果

校准点：		设定温度：
校准项目	数据	扩展不确定度 $U(k=2)$
温度波动度		
温度均匀度		
温度显示误差		

C.1 测量点布点图：

C.2 数据采集时间：

C.3 环境条件：

C.4 负载说明：

（以下空白）

附录 D 特性点温度和其他性能的测量

特性点温度、降温时间、开门恢复时间及报警功能的测量

D.1 性能要求

D.1.1 特性点温度

按特性点温度表征低温箱类型的低温性能参数，应符合的最低温度限值见表D.1。

表D.1 特性点温度要求

序号	低温箱类型	特性点温度/℃
1	-25℃低温箱	≤-25
2	-30℃低温箱	≤-30
3	-40℃低温箱	≤-40
4	-50℃低温箱	≤-50
5	-60℃低温箱	≤-60
6	-86℃低温箱	≤-86
7	-140℃低温箱	≤-140
8	-150℃低温箱	≤-150
9	-164℃低温箱	≤-164

D.1.2 降温时间

低温箱的特性点处的温度从其保存一段时间的环境温度降至表D.2中所规定的特性点处温度的时间，见表D.2。制造商自行规定低温箱特性点温度类型，降温时间应小于或等于表D.2相近低温箱特性点温度类型降温时间之间的最大值。

表D.2 降温时间限值

序号	低温箱类型	特性点处温度/℃	降温时间/h	
			直立式	卧式
1	-25℃低温箱	-25	≤3	≤3
2	-30℃低温箱	-30	≤4	≤3
3	-40℃低温箱	-40	≤5	≤4

4	-50℃低温箱	-45	≤5.5	≤5
5	-60℃低温箱	-55	≤6	≤5.5
6	-86℃低温箱	-81	≤8	≤8
7	-140℃低温箱	-135	≤8	
8	-150℃低温箱	-145	≤8	

D.1.3 开门恢复时间

低温箱开门一定时间后恢复到所规定的恢复温度的时间应不超过表D.3的要求。制造商自行规定低温箱特性点温度类型,则开门恢复时间应小于或等于本表相近低温箱特性点温度类型开门恢复时间之间的最大值。

表D.3 开门恢复时间最大值

序号	低温箱特性点温度类型	设定温度/℃	恢复温度/℃		开门恢复时间/min	
			直立式	卧式	直立式	卧式
1	-25℃低温箱	-25	-22	-22	≤40	≤10
2	-30℃低温箱	-30	-27	-27	≤40	≤10
3	-40℃低温箱	-40	-36	-37	≤50	≤10
4	-50℃低温箱	-45	-40	-42	≤50	≤15
5	-60℃低温箱	-55	-50	-51	≤60	≤20
6	-86℃低温箱	-81	-75	-75	≤80	≤30
7	-140℃低温箱	-135	--	-128	--	≤50
8	-150℃低温箱	-145	--	-138	--	≤50

D.1.4 报警功能

低温箱在箱内温度高于或低于设定温度时均应具有报警功能。

D.2 测量方法

D.2.1 降温时间

通常是低温箱可选择测试的制冷性能项目,检查制冷工况和密封性能。在低温箱制冷机不开启情况下,将温控器调至最低温度设定点,同时打开低温箱内、外门,使低温箱内各测点温度达到环境温度,关闭低温箱内、外门,接通电源,使低温箱开始降温。(在降温过程

中，应使其制冷系统连续运行的状态。)开始同步记录起始时刻 T_{C1} 和特性点温度测量值，待特性点处的温度值第一次达到表D.2规定的特性点处温度时，同步记录截止时刻 T_{C2} ，计算时间间隔。

降温时间按公式(D.1)计算。

$$\Delta T_C = T_{C2} - T_{C1} \quad (D.1)$$

ΔT_C —降温时间，h，结果保留1位小数；

T_{C1} —降温开始记录时间，hh:mm:ss；

T_{C2} —降温截止记录时间，hh:mm:ss。

D.2.2 特性点温度

通常是低温箱可选择测试的制冷性能项目，在达到空载的稳定状态下检查特性点可达到的最低温度。制造商可自行定义低温箱类型，但限值不应高于特性点温度。

测量方法：低温箱温度设定到最低温度点，在稳定运行状态后（通常需要经历24h后）开始记录特性点温度数据，记录时间间隔为1min，记录持续时间为3h的整数周期，取1到2个周期。

特性点温度按公式(D.2)计算。

$$t_c = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ci}}{n} \quad (D.2)$$

式中：

t_c —特性点温度，℃；

t_{ci} —特性点处温度传感器第*i*次测得值，℃；

n —特性点处温度传感器测量总次数。

D.2.3 开门恢复时间

项目选择在完成7.2.3项目后进行测量。保持低温箱温控器调到表D.3的设定温度位置，使低温箱达到稳定状态且压缩机处于开机状态，低温箱显示温度接近或低于设定温度时，快速开启低温箱所有内、外门 $\geq 90^\circ$ （非旋转门，需将门开至最大），保持1min后，快速关闭

所有内、外门，同步记录开始时间 T_{R1} 和特性点处温度测量值，当温度值降到表D.3要求的恢复温度时，记录截止时刻 T_{R2} ，计算时间间隔。

开门恢复时间按公式 (D.3) 计算。

$$\Delta T_R = T_{R2} - T_{R1} \quad (D.3)$$

ΔT_R — 开门恢复时间，h；

T_{R1} — 开门恢复试验开始记录时间，hh:mm:ss；

T_{R2} — 开门恢复试验结束记录时间，hh:mm:ss。

D.2.4 报警功能

从低温箱工作温度范围内任选 1 个温度作为工作温度设定，报警温度设定为工作温度 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，然后调整工作温度设置高于和低于设定报警温度，当显示低温箱内温度回升和降至报警温度设定值时，报警装置均应发出报警信号。
