

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.03.19

水三相点瓶自动冻制保存装置复现性研究

陈炜, 杨新圆

(中航工业北京长城计量测试技术研究所, 北京 100095)

摘要: 介绍了型号为 CIMM-TH-0230 的水三相点瓶自动冻制保存装置, 对该装置进行水三相点温坪复现性研究, 并考核装置的各项指标。实验结果显示: 该装置冻制的水三相点的温坪在 48 h 内变化不大于 0.2 mK, 复现性小于 0.04 mK, 稳定性优于 0.5 mK, 不同瓶子之间复现的温度差值不大于 0.4 mK。试验数据表明该装置非常适合水三相点瓶的自动冻制、保存与复现。

关键词: 水三相点; 水三相点瓶; 温坪; 复现性

中图分类号: TB942

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795 (2016) 03-0068-03

Study of Reproducibility of Automatic Freezing and Saving Device in the Water Triple Point Cell

CHEN Wei, YANG Xinyuan

(Changcheng Institute of Metrology & Measurement, Beijing 100095, China)

Abstract: The paper introduces an automatic freezing and saving device in the water triple point cell for CIMM-TH-0230. The reproducibility of the temperature plateau in the water triple point cell is studied with the device, and the performance of the device is evaluated. The test results show that: the change in the temperature plateau of the triple point of water with the freezing device is not more than 0.2 mK within 48 h; the reproducibility is less than 0.06 mK; the repeatability is better than 0.5 mK; the temperature differences between different cells are not more than 0.4 mK. According to the test results, the device is suitable for freezing, saving and reproducing of the water triple point cell.

Key words: triple point of water; the water triple point cell; temperature plateau; reproducibility

0 引言

水三相点既是热力学温度的唯一基准点, 也是 ITS-90 国际温标中最重要的定义固定点。水三相点是水的固、液、汽三相平衡共存时的温度, 其值为 273.16 K (0.01℃); 它是通过一个装有高纯度水 (水同位素成分相当于海水) 的密封玻璃容器——水三相点瓶内进行复现的^[1]。水三相点容器冻制通常采用的液氮法、干冰法及热管法, 这几种方法过程复杂、操作难度大。随着各类型温度传感器检定规程的修订, 水三相点值的简捷、快速复现也随之成为各级计量检定机构关注的重点, 因此, 水三相点瓶自动冻制保存装置的需求也越发紧迫。中航工业北京长城计量测试技术研究所研制的水三相点瓶自动冻制保存装置 (CIMM-TH-0230) 采用高精智能温控器和可视

化操作平台, 在较短的时间内可实现水三相点瓶的冻制、保存、复现, 极大限度提升了检定人员的工作效率。

1 水三相点瓶冻制

1.1 装置结构

该装置利用自行探索出的冻制曲线对装置工作区域进行精准控温, 从而达到对水三相点瓶的冻制、保存; 冻制过程基本模拟液氮冻制法。装置在结构方面分为恒温槽主体和控制系统两部分, 外型图和内部结构图分别见图 1 和图 2。恒温槽主体采用双桶结构, 形成混合区和工作区; 混合区是将由制冷系统产生的冷量与控制系统提供的热量在搅拌系统作用下充分混合形成恒温介质, 然后送入极少受外界干扰的工作区, 从而得到一个温度稳定均匀的工作环境。控制系统使用 I/O 控制模块将高精智能温控仪、搅拌器、制冷器与作为操作平台的嵌入式一体化触摸屏相连接, 使得水三相点复现过程更为简捷、直观。

收稿日期: 2015-12-25

作者简介: 陈炜 (1984-), 男, 河北张家口人, 工程师, 主要从事热工计量工作。



图1 装置外观图

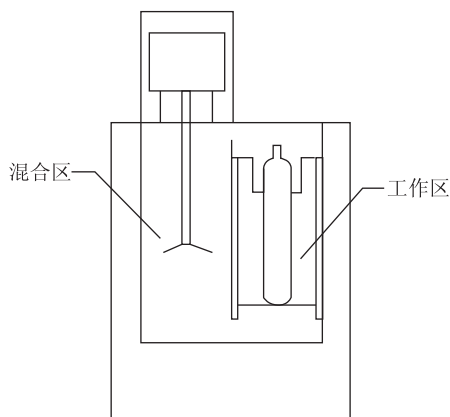


图2 装置内部结构图

1.2 冻制操作

首先将水三相点瓶缓慢放入恒温槽主体工作区内，启动设备电源，通过触摸屏依次启动“搅拌”、“模式一”与“开始冻制”键，运行冻制程序；在程序运行近2 h自动发出警报提示音后，将水三相点瓶取出轻晃瓶体，瞬时瓶内至上而下结出冰套；冰套形成后再将其放回装置内进行保存。水三相点瓶自动冻制保存装置在警报提示音响起后3 min将自动转入水三相点瓶保存程序，设置温度为0.01℃。水三相点瓶在冰套形成30 min后即可使用。触摸屏操作界面见图3。



图3 触摸屏操作界面

2 性能测试

在冻制好的水三相点瓶温度计阱内插入经过预冷的标准铂电阻温度计，当温度计达到热平衡时，用6010B测温电桥测量标准铂电阻温度计的电阻值，为消除自热效应所引入的误差，测量电流采用1 mA, $\sqrt{2}$ mA分别进行测量，每组测量30次，取后20次测量值的平均值作为一次的测量结果。

2.1 温坪复现

温坪复现是固定点水平的重要指标，当水三相点瓶内部出现双液—固界面^[2]后，把预冷过的工作基准标准铂电阻温度计插入温度计阱，并连接至6010B高精度电桥进行测量。每3 h测量一次，共测量17次，测量数据显示，C1MM-TH-0230水三相点瓶自动冻制保存装置复现的水三相点温坪在48 h内变化不大于0.2 mK，温坪复现曲线见图4。

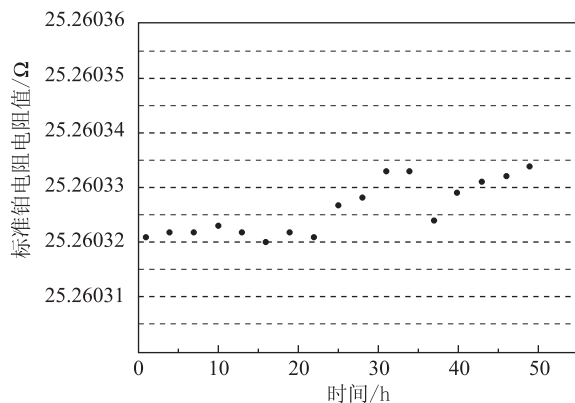


图4 水三相点温坪复现曲线

2.2 复现性及稳定性测试

在间隔半年的时间内，对同一支水三相点瓶进行了两方面的性能测试。其中，一方面选用两支一等标准铂电阻温度计（No. 10001, No. 68119）同时进行两次复现测试，每次两支铂电阻温度计分别各采6组数值，并计算标准偏差 $s(x)$ ，得出该装置复现性小于0.04 mK，实验数据见表1。另一方面，选用一支一等标准铂电阻温度计，每隔一个月对同一支水三相点瓶进行复现测试一次，每次计算实测值与参考标准水三相点瓶证书值的差值，得出该装置短期稳定性优于0.5 mK，实验数据见表2。

2.3 适用性测试

为了考验该装置对不同水三相点瓶的适用性，各选中国计量科学研究院和昆明大方自动控制科技有限公司的两支标准水三相点瓶作为实验对象，用两支一

表1 复现性实验数据

序号	第一次测试/ Ω		第二次测试/ Ω	
	10001	68119	10001	68119
1	25.233274	25.495613	25.233370	25.495595
2	25.233279	25.495616	25.233369	25.495603
3	25.233280	25.495612	25.233376	25.495597
4	25.233277	25.495614	25.233370	25.495602
5	25.233284	25.495623	25.233366	25.495597
6	25.233279	25.495619	25.233370	25.495595
$s(x)/\text{mK}$	0.03	0.04	0.03	0.03

表2 稳定性实验数据

序号	实测电阻值/ Ω	参考标准瓶电阻值/ Ω	差值/ mK
1	25.49003	25.49000	0.3
2	25.49002	25.49000	0.2
3	25.49003	25.49000	0.3
4	25.49003	25.49000	0.3
5	25.48995	25.49000	0.5
6	25.48996	25.49000	0.4

等标准铂电阻温度计 (No. 68119, No. 26536) 对四支水三相点瓶分别进行复现测试, 然后将同一支标准铂电阻温度计测得的 4 个 R_{tp} 值中的最大值与最小值作差,

选两支标准铂电阻温度计中最大差值作为该实验结果。结果显示不同瓶子之间的温度差值不大于 0.4 mK, 实验数据见表 3。

表3 适用性实验数据

标准铂电阻	参数	NIM		昆明大方	
		NIM-1-89	NIM-1-560	01	03
68119	实测值/ Ω	25.49507	25.49508	25.49505	25.49507
	温度差值/ mK	0.3			
26536	实测值/ Ω	25.26032	25.26034	25.26032	25.26030
	温度差值/ mK	0.4			

3 结束语

CIMM-TH-0230 水三相点瓶自动冻制保存装置适用于不同厂家生产的水三相点瓶, 水三相点的温坪在 48 h 内变化不大于 0.2 mK, 复现性优于 0.04 mK, 完全能够满足各类型温度检定计量器具对水三相点的测量需求。

参考文献

- [1] 国家质量技术监督局计量司. 1990 年国际温标宣贯手册 [M]. 北京: 中国计量出版社, 1990.
- [2] 闫小克, 张哲, 王玉兰. 不同复现方法对熔点温度的影响 [J]. 计量技术, 2004(5): 18-20.

(上接第 50 页)

表1 试验测量结果记录表 (传输速率: 1 Mbit/s)

测试参数			下限	测量值	上限	不确定度 $U_{rel} (k=2)$
发送端	电平测试	隐性 $V_{CAN-H-R}/V$	2.00	2.41	3.00	3%
		$V_{CAN-L-R}/V$	2.00	2.42	3.00	
	显性	V_{diff-R}/mV	-500	-15.5	50	
		$V_{CAN-H-D}/V$	2.75	3.29	4.56	
		$V_{CAN-L-D}/V$	0.50	1.38	2.25	
		V_{diff-D}/V	1.50	1.92	3.00	
	比特速率 $V_r/(kbit \cdot s^{-1})$		985	1000	1015	0.1%
终端电阻 $R_{终}/\Omega$		100	117	130	1%	
接收端	电平测试		/	通过	/	/
	比特速率 $V_r/(kbit \cdot s^{-1})$		985	通过	1015	/
	输入阻抗	$R_{in-H}/k\Omega$	5	26.9	50	/
		$R_{in-L}/k\Omega$	5	26.7	50	
		$R_{diff}/k\Omega$	10	51.5	100	
规约特性		/	通过	/	/	

其中不确定度包含标准设备、适配器接口和重复性等因素, 且仅代表本次测量结果的不确定度。

4 结束语

通过试验对本文所述校准方法进行可行性评估, 从数据可以看出, 校准结果符合 ARINC825 标准要求。通过对 ARINC825 总线设备进行校准, 可以将总线数据端口的量值通过通用标准设备溯源至国家基标准, 从而确保 ARINC825 总线参数量值统一, 并且为 ARINC825 总线设备的验收、周期校准提供方法依据。

参考文献

- [1] 冯源, 豆海利. CAN 总线在航空领域应用的探讨 [J]. 航空工程进展, 2011, 2(2): 231-235.
- [2] Aeronautical Radio, INC. ARINC825 General standardization of CAN bus protocol for airborne use [Z]. 2007.
- [3] ISO11898-2 High-Speed medium access unit [S]. International Organization for Standards, 2003.