

# 微型致冷机在温度计量中的应用

航空航天部第一计量测试研究所 郭乃宁 蔡宝凤 任 闵

## 一、引 言

检定测温范围在 200 K 以下的温度传感器一般都使用液氮作冷源来获得 200 K 以下的温度。若要检定到 50 K 以下, 还需要采用液氦或液氖、液氢。使用液氢是既不安全也不经济的。而液氦、液氖更为昂贵, 还要回收气体, 使用起来比较麻烦。探索一种不采用那三种低温液体的检定方法是有实际意义的。使用微型致冷机是一种好方法。日本航空宇宙技术研究所就使用这种方法检定温度传感器<sup>[1]</sup>。

笔者采用日本大阪氧工业公司的Cryo Mini-D型微型致冷机作基础, 与适当的部件组合构成定点恒温器或比较检定恒温器。用定点恒温器复现了平衡氢三相点与氦三相点, 复现精度分别为 0.18 mK 与 0.41 mK<sup>[2]</sup>。用检定恒温器检定温度传感器时, 恒温块在 20 K 时控温稳定性于 30 分钟内变化不超过 1.5 mK。温度越高, 控温稳定性越好。把用微型致冷机检定的数据与在液氮恒温器检定的数据作比较, 相差都在系统的检定精度范围内。

## 二、微型致冷机

所用的 Cryo Mini-D 型致冷机的流程图示于图 1。图中, 1 为微型致冷机, 2 为致冷机冷头, 3 为高压软管, 4、12、14 为压力开关, 5 为吸附剂, 6 为电磁阀, 7 为旁通阀, 8 为油分离器, 9 为压缩机, 10 为冷却水, 11 为热开关, 13 为电源控制器, 15 为压力表。

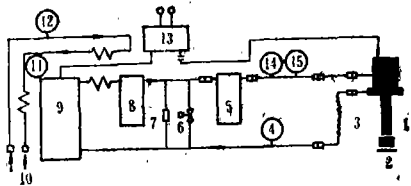


图1 微型致冷机流程图

微型致冷机的技术性能见下表。

能达到最低温度	产冷量	功率消耗	冷却水
11.5 K	1W(在15K)	3kW	200L/h 压力: 0.15MPa

微型致冷机在工作时是有振动的。当把它组合成检定恒温器时, 对振动情况进行了测定。振动幅值沿轴向为 0.43 g, 沿径向为 0.73 g; 能量最集中的频率沿轴向为 88 Hz, 沿径向为 90 Hz。

## 三、定点恒温器

微型致冷机组成的定点恒温器见图 2。图中 1 为辐射率, 2 为铽铁电阻温度计, 3 为三相点容器, 4 为导热铜线, 5 为导热铜块加热丝, 6 为导热铜块, 7 为导热铜块控温与测温温度计, 8 为致冷机冷头, 9 为真空室, 10 为真空室抽空气口。

平衡氢三相点与氦三相点的复现精度分别为 0.18 mK 与 0.41 mK<sup>[2,3]</sup>。

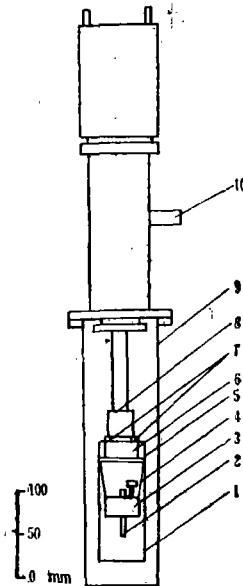


图2 定点恒温器

#### 四、比较检定恒温器

用微型致冷机组成的比较检定恒温器示于图 3。图中, 1 为微型致冷机一级冷头; 2 为二级冷头; 3 为过渡铜块, 它连接冷头与恒温块, 使恒温块控温更为稳定; 4 为恒温块加热丝; 5 为辐射屏; 6 为恒温块; 7 为标准温度计或被检温度传感器; 8 为真空室; 9 为恒温器辅助加热丝; 10 为恒温块控温温度计; 11 为抽真空口。

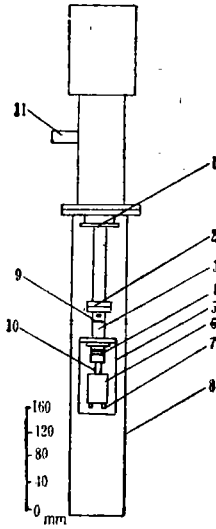


图 3 比较检定恒温器

在检定过程中, 标准铂电阻温度计用加拿大 Guildline 公司的 9975 直流电流比较仪电阻电桥来测量。被检的电阻温度计用英国 Datron 公司的 1071 数字电压表测量。恒温块用一台云南仪表厂生产的 WJC-51 低温自动恒温器控制台来控温。

图 4 记录下在 20 K 附近检定温度传感器时恒温块温度变化情况。从图中可见, 在 30 分钟内温度变化不超过 1.5 mK。有时控温仪的参数调节得更合适, 温度变化可小于 1.0 mK。随着恒温块温度的升高, 恒温块与过渡铜块的热容量也增加, 而热导则减小, 这使温块的温度控得更稳定。这样系统的检定精度主要决定

于温度传感器。

每次检定前后, 我们都测定标准铂电阻温度计在水三相点的电阻值, 以观察微型致冷机振动对温度计稳定性的影响。在六次检定中测定七次  $R_{90}$ , 其中两次相差最大折合温度为 0.7 mK。可见微型致冷机工作时的振动, 并没有对标准温度计的稳定性产生明显的影响。

此外我们把在液氮恒温器检定的数据与在用微型致冷机组成的恒温器检定结果作比较。其中有一组

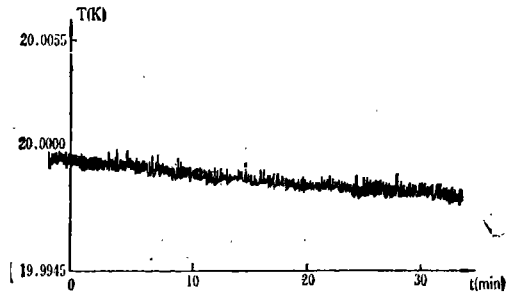


图 4

铂电阻温度计 70 K 分别用两种恒温器进行了检定, 数据相差最大的一支温度计, 相差为 4.2 mK, 另一组铂电阻温度计在 90 K 也分别在两种恒温器进行了检定, 相差最大为 2.6 mK, 这些差值均在系统的误差范围内。可见两种恒温器检定结果是一致的。

#### 五、结 论

1. 用微型致冷机复现三相点和检定温度传感器是可行的。复现三相点时, 复现精度优于 0.5 mK。检定温度传感器时, 结果与液氮恒温器是一致的。

2. 微型致冷机工作时的振动, 至今我们还没有发现对标准温度计的稳定性有明显的影响。

#### 参 考 文 献

- 1 黑田行郎等. 航空宇宙技术研究所报告, 791 号
- 2 郭乃宁等. 全国电阻测温学术讨论会论文集. 中国计量测试学会, 1988
- 3 郭乃宁等. 计量学报, 1989, 10 (3)

(上接第 4 页)

工业仪表(因为工业仪表要等待 IEC 完成标准修改工作)。这就会出现采用 ITS-90 的标准温度计来检定, 但仍采用 IPTS-68 的工业测温仪表的局面。这会给部分准确度较高的测温仪表带来检定结果虚假超差的情况。为此必须考虑一个妥善的过渡办法, 由国家技术

监督行政部门颁布施行。

编者注: 1990 年起, 全世界范围内将采用 1990 年国际温标(ITS-90), 我国也将逐步实施。为了使我国从事温度测量工作的各方面人员, 及时了解 1990 年国际温标(ITS-90)的实施对整个温度测量工作带来的影响, 将约请本文作者撰写此文, 并编入本专辑。