

图像式露点测量仪器的功能开发

王进才*, 陈振林, 张凤林, 孙中泉

(海军航空工程学院军械工程系, 山东 烟台 264001)

摘要:介绍了一种新型计量露点的标准仪器“图像敏感式露点仪”的系统原理、软硬件构成及关键技术。该仪器经国家权威机构检定和若干单位试用表明,其性能稳定可靠,对提高部队乃至其他行业的湿度露点的计量水平起到了积极的作用并且具有广泛的推广前景。

关键词:露点; 计量; 传感器; 灵敏度; 半导体致冷器

中图分类号: TB852.1

文献标识码: B

文章编号: 1006-3757(2000)03-0158-04

气体中微量水分的测定必须采用露点法^[1],采用露点法测量湿度的仪器统称为露点仪。目前,我军现役的露点仪主要有BJ-63湿度指示仪和YH-89(A)气体露点自动测试仪等两种型号,均为冷镜式露点仪,其致冷方式为高压气节流致冷。BJ-63为60年代产品,由于受当时技术水平限制,该仪器操作繁琐、可靠性低,测试结果经验成份居多,离散性大、精确度低。YH-89(A)为BJ-63的改进产品,仍然使用其致冷装置和光路系统,检露和测温部分实现了自动化,大大提高了仪器的自动化程度,改善了测试精度,但仍存在着光路系统不稳、测试速度慢、精度低等缺点。为了解决上述问题,满足我军气体湿度测量与计量的需要,我们开发研制了用计算机控制半导体致冷器致冷的YH-98图像敏感式精密露点仪(简称露点仪)。

1 露点仪原理及构成

1.1 露点仪原理

被测气体在等压的条件下以一定的流速流经露点仪气室中的抛光金属镜面(见图1),半导体致冷器开始致冷,镜面逐渐降温。随着温度的下降,被测气体从未饱和状态变成饱和状态而降露或霜。图像传感器实时监测镜面,当发现镜面开始结露(或霜)时,准确地测出此时的镜面温度,进入露霜判别程序。通过分析镜面上露(或霜)的图像特征,判断镜

面上的凝聚相是露还是霜,并根据不同情况对镜面温度进行修正后给出被测气体的露点温度。

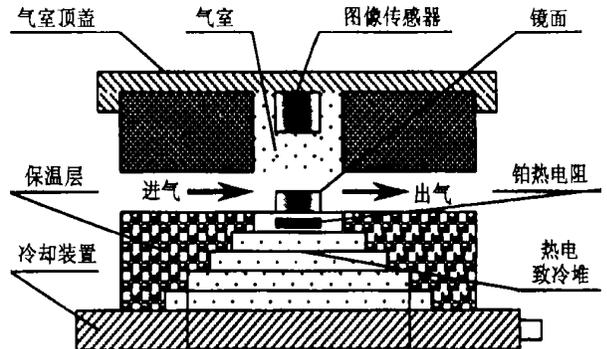


图1 传感器结构示意图

Fig. 1 Sensor structure drawing

1.2 露点仪系统构成

露点仪系统构成框图如图2所示,系统主要由控制器和传感器两部分组成。控制器主要包括镜面湿度测量电路、检露系统、温控电路、状态显示控制电路、ISA总线扩展板、操作面板及电源等;传感器主要包括图像传感器、气室、湿度传感器、镜面、半导体致冷器、第四级半导体致冷器控制器、过热保护电路等。控制器和传感器之间通过电缆连接。

1.2.1 露点仪传感器 传感器气室壳体选用铝合金材料加工而成,并进行表面处理,具有一定的防腐

* 通讯联系人。

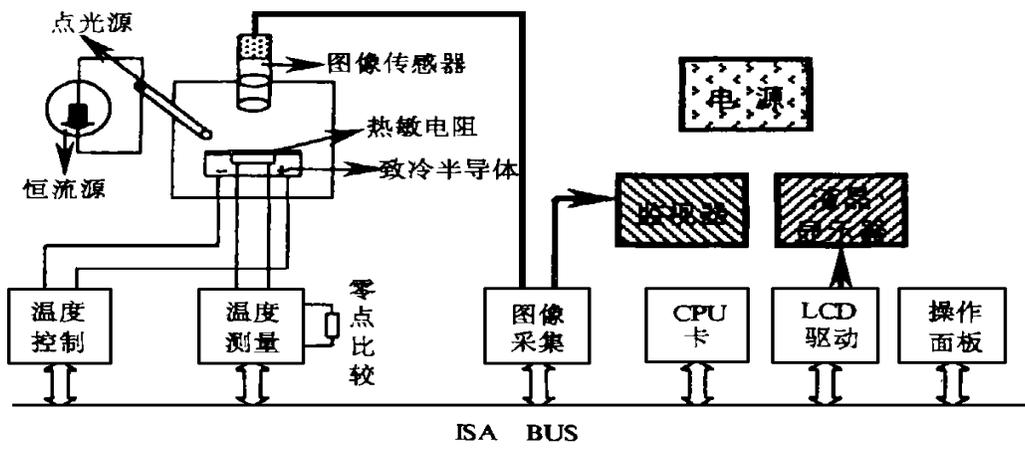


图2 露点仪系统构成

Fig. 2 Instrument structure scheme

能力。气室内腔经喷塑处理,可提高图像传感器的信噪比,减少光的反射并便于测量多种气体。图像传感器的光学部分和镜面保持一定的距离,能够微调,以免影响光源。顶盖、气室壳体、镜面均能方便拆卸,它们之间都用密封垫密封,避免样气受环境空气的干扰。

光源设在气室壳体上半部,能以 45° 入射角照射在镜面上(见图2),光源则采用一经过温度补偿的可调恒流源(近红外发光管),具有良好的稳定性。

致冷堆采用四级致冷器,与气室下壳体之间填充保温防腐层。

过热保护电路主要完成对致冷半导体这一重要部件的保护。因为在检露的过程中,可能会遇到第四级冷却装置故障或突然断电等问题,造成第四级致冷器过热,影响其寿命。过热保护电路可避免其温度超过 50°C 。

1.2.2 镜面温度测量 镜面温度测量是整个系统的重要组成部分,其测量精确度直接影响整个露点仪系统的露点测量精确度,该部分的测量误差要小于 0.1°C 。测量电路主要由铂热电阻(德国产品)、零点比较电阻($100\ \Omega$,精度 0.01% ,温漂小于 $5\ \text{ppm}$)、 -50°C 比较电阻($80.31\ \Omega$,精度 0.01% ,温漂小于 $5\ \text{ppm}$)、传感器信号调理模块、A/D转换电路、总线接口等部分组成。数值处理首先采用均值滤波,即在某一时刻连续采集 N 个数值,去掉最大值和最小值,对剩余 $N-2$ 个数值经零点修正后进行平均:

$$U = \frac{U_1 + U_2 + \dots + U_{N-2}}{N-2} \quad (1)$$

此刻对应的电阻值为:

$$R = \frac{U}{I} \quad (2)$$

因 R 值和温度 T 值是一一对应的,采用多元线性回归的方法即得镜面温度值。

1.2.3 检露系统 露点检露系统主要由光学部分、图像传感器、图像采集电路、接口电路等部分组成,能以较高的灵敏度、稳定性和重复性完成检露功能。

在镜面图像的生成、传输、转换过程中,为保证图像质量不会因各种因素的影响而降低,在图像识别前,对图像进行了增强处理。即将采集到的图像数据,经灰度扩展、滤波,并与基准镜面进行相似度运算,如发现露或霜,则对镜面图像进行锐化处理,配合镜面纹理分析及能量谱分析判断镜面结露还是结霜。

1.2.4 温控电路 温控电路主要由接口电路、D/A转换电路、I/V转换电路、驱动电路等组成,能在计算机的控制下根据需要调整前三级半导体致冷器的电压给镜面加热或致冷。

1.2.5 状态显示控制电路 显示电路主要用来显示露点仪自检情况、镜面温度、环境温度、镜面状态及其它信息。显示模块采用STN液晶显示模块,接口电路采用总线型液晶控制器。

控制电路主要为露点仪提供面板功能按键接

口,以实现人机对话。

2 系统软件

系统软件采用 C 语言和汇编语言混合编写,主要由界面接口程序、系统自检程序、零点校准程序、初始化程序、温度测量程序、检露程序、加热与致冷程序、清污程序、系统误差修正程序等组成,系统软件的流程图如图 3 所示。

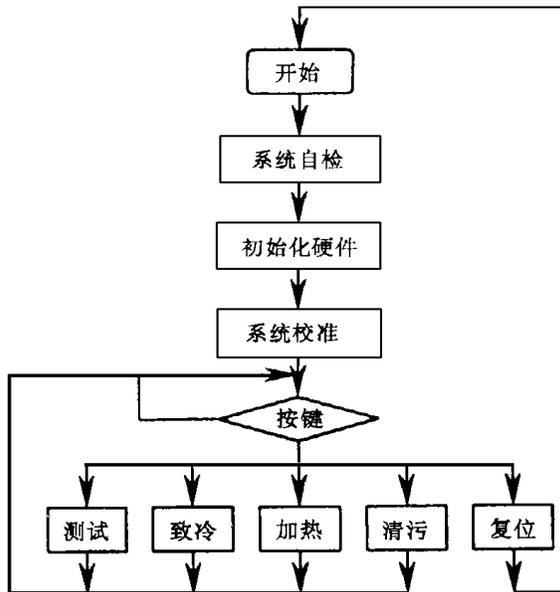


图 3 系统软件流程图

Fig. 3 Software flow pattern

其中检露程序的基本过程为:控制采集图像并存入一个数组 $D[i, j]$ 里,对其滤波、识别、灰度扩展后,作为基准再放入 $DO[i, j]$ 中;然后进行降温,图像传感器实时监测镜面,同时不断进行图像采集并放入 $D[i, j]$ 中和进行处理后,将每一幅图像与基准图像进行比较,如判断没有降温则继续采集、处理,否则停止采集,对认为是降温的当前图像进行锐化、纹理分析,以判断是霜还是露,若是露则经修正后显示出结果,再重复以前的过程,直至接到停止测试或其他命令。

3 系统技术指标及特点

3.1 系统有关技术指标

露点测量范围: $-70\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$

露点测量误差 U : $U < 0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, $(-70\text{ }^{\circ}\text{C} \sim -40\text{ }^{\circ}\text{C})$; $U < 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, $(-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C})$ 。

露点灵敏度: $\pm 0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

测试对象:氮气、空气、氧气、氦气、氢气、氩气、二氧化碳等多种气体。

3.2 系统主要特点

(1) 全新的检露方法

本露点仪采用半导体致冷技术冷却界面,采用微型视频摄像机作为检露传感器实时检测镜面,图像采集板将反映镜面状态的模拟信号转换成便于计算机处理的数字信号, CPU 板通过对数据的处理与分析判别镜面是否结露(或霜)。这是一种全新的露点检测方法,在国内外湿度计量与测试仪器中尚属首次。

(2) 系统可靠性高

该仪器采用了模块化设计,各功能模块相互独立,现场可更换,各模块与 CPU 之间的数据交换通过总线完成;硬件与软件均采用一系列的保护措施,对一些关键部件采用过压、过流、过热保护等措施,提高了系统的可靠性。

(3) 智能化程度高

露/霜的判别无须通过显微镜进行观察识别,仪器能自动识别并修正温度,因此智能化程度较高。

(4) 测试速度可控

露点仪采用半导体技术冷却镜面,通过对半导体致冷器电压的调节,控制测试速度。

(5) 测试精度高

该仪器将镜面状态转换成数字量进行滤波、处理、分析,有效地减少了外界的干扰,并可实现对镜面温度的精密控制,测试精度高。

(6) 操作简单、方便

系统软件采用 C 语言和汇编语言混合编程,全汉字界面,操作简单、界面友好,可满足不同层次的用户使用。

4 仪器检定与实测情况

该仪器研制成功后,先后分别由国防科学技术委员会第一计量测试研究中心、国家标准物质研究中心、济南五三所进行了专门测试检定,部分测量结果见表 1 和表 2。

从表 1 和表 2 的测试结果来看,如果以美国 GE 公司的 M2 或 1311XR 的测试结果作为标准,则 YH-98 露点仪的测试结果的平均测量绝对误差为 0.0 和 0.2,因而具有较高的准确度,且一致性好。而部队目前现有的 YH-89(A) 露点仪的两次测量结果的绝对误差为 1.2 和 1.2,一致性较 YH-98 几乎

表1 测量结果(测试: 高压空气)

Table 1 Measured data(high pressure air)

YH-98	M2/1311XR	YH-89(A)
-43.8	-43.7	-42.3
-43.7	-43.8	-44.6
-43.6	-43.8	-45.2
-43.7	-43.7	-45.5
-43.8	-43.6	-45.9
-44.6	-43.8	-45.9
均值:-43.7	均值:-43.7	均值:-44.9
偏差:0.1	偏差:0.1	偏差:1.2

表2 测量结果(测试: 氮气)

Table 1 Measured data(nitrogen gas)

YH-98	M2/1311XR	YH-89(A)
-59.5	-59.6	-57.9
-59.4	-59.7	-58.2
-59.3	-59.8	-57.5
-59.6	-59.7	-60.3
-59.7	-59.8	-58.8
-59.6	-59.7	-58.5
均值:-59.5	均值:-59.7	均值:-58.5
偏差:0.1	偏差:0.1	偏差:1.1

相差一个数量级,在精确度上明显比 YH-98 要差。

该仪器目前还经过了海军、总装备部有关部队、山东省生建八三厂和某卫星发射基地等单位的试用,通过这些鉴定与试用均证明该仪器不仅测量准确,在稳定性和可靠性等方面也较以前的同类仪器

有优良的品质,性能价格比高,因此作为露点测量标准和基本的测量器有着广阔的推广应用前景。

参考文献:

[1] GB5832.2-86.《气体中微量水分的测定 露点法》[S].

Image-Sensitization Condensation Hygrometer

WANG Jin-cai, CHEN Zhen-lin, ZHANG Feng-lin, SUN Zhong-quan
(Department of Armament Engineering, NASA, Yantai 264001, China)

Abstract: System principle, construction and key technique innovation of a image-sensitization condensation hygrometer are introduced. The probation tests prove that the instrument has positive function about measuring ministerial and other one's dew point of advantages, it has good applied prospect.

Key words: dew point; measure; sensor; sensitivity; semiconductor cooler

Classifying number: TB852.1