

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.05.07

航空橡胶密封材料试验用金属浴试验箱的研制

胡艳青¹, 吕国义¹, 宋英红²

(1 中航工业北京长城计量测试技术研究所, 北京 100095; 2 中航工业北京航空材料研究院, 北京 100095)

摘 要: 本文设计了一种金属浴试验箱, 该试验箱主要用于测试胶/漆材料在设定温度环境下的耐油试验。采用加热棒进行加热, 可实现装置在 50~220℃ 的自动控温。设计了四个尺寸为 $\Phi 80 \times 260$ mm 的测试腔, 温度波动度不超过 $0.2^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$, 温度均匀性不超过 2°C 。该金属浴试验箱波动度小, 加热均匀, 非常适用于橡胶密封材料的高温耐油试验。

关键词: 金属浴试验箱; 温度控制; 系统波动度和均匀性

中图分类号: TB942

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2016)05-0026-03

Development of A metal Bath Test Chamber for the Aviation Rubber Sealing Material Experiment

HU Yanqing¹, LV Guoyi¹, SONG Yinghong²

(1. Changcheng Institute of Metrology & Measurement, Beijing 100095, China; 2. Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China)

Abstract: This paper introduces a kind of metal bath test chamber for the test glue/paint materials under the set temperature environment to maintain temperature, the test chamber adopts the heating rods for custom aluminum heating, which can realize automatic temperature control in the temperature range 50~220℃. This metal bath test chamber has four test chambers with $\Phi 80 \times 260$ mm, temperature uniformity in the chamber is not more than plus or minus 2°C , volatility is not more than 0.2°C . Two holes on the Furnace top can realize the furnace body temperature real-time monitoring. The metal bath test chamber with small volatility, uniform heating, is very suitable for high temperature oil resistant test of the rubber sealing material.

Key words: metal bath test chamber; temperature control; volatility and uniformity of the system

0 引言

金属浴又称为干式恒温器、干浴器、干式加热器, 是一种能够实现自动控温的恒温试验设备。可根据不同需求, 定制不同孔径的加热腔, 进行加热恒温。

橡胶密封材料用于飞机各个部位, 可起到密封、减震、隔热、防火、传输、支撑等作用, 是飞机各系统功能实现和保障的关键材料。由于橡胶密封材料在飞机上特殊的应用部位, 要求其具有耐温、耐油性能。因此, 高温耐油试验是橡胶密封材料经常进行的试验, 一般根据不同型号的需求, 橡胶密封材料进行 100~180℃ 的耐油(航空煤油)试验。该温度已经接近和超过航空煤油的沸点, 如果采用普通的加热手段, 存在较大的安全隐患。本文所研究的 CIMM-TH4200 金属浴试验箱采用金属模块加热, 温度均匀性高, 波动度小,

控温准确, 稳定性高, 而且内置超温保护装置, 使用更安全可靠, 特别适用于对存放在航空煤油中的测试胶/漆材料在设定温度环境下的温度保持试验。

1 结构和原理

金属浴试验箱整套装置由铸铝、不锈钢套、保温棉和外壳、加热系统和温度控制系统、温度记录系统组成, 炉体上端有两个小孔, 可插入温度传感器, 能对金属浴炉体中间点温度值进行监测。结构如图 1 所示。

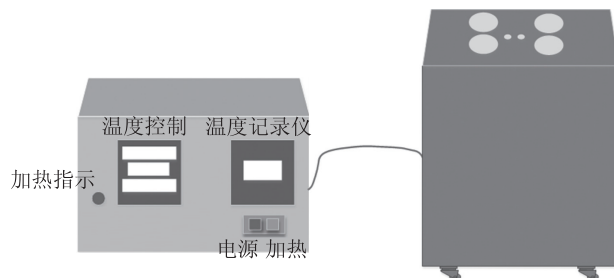


图 1 金属浴试验箱装置图

收稿日期: 2016-07-12

作者简介: 胡艳青(1986-), 女, 助理工程师, 研究方向为热能工程。

由于金属铝导热性能优良,为了使热块的温度均匀,炉体材料选择高密度铝。采用定制的加热棒进行加热,整个炉体体积为 $280\text{ mm} \times 240\text{ mm} \times 300\text{ mm}$,测试腔有四个,尺寸为 $\Phi 80 \times 260\text{ mm}$,每个测试腔的体积为 $1.3 \times 10^{-3}\text{ m}^3$,铝块体积为整个铝锭的体积减去四个测试腔的体积,即

$$\begin{aligned} V &= V_1 - V_2 \\ &= (280 \times 240 \times 300)\text{ mm}^3 - (4 \times 1.3 \times 10^{-3})\text{ m}^3 \\ &= 0.01496\text{ m}^3 \end{aligned} \quad (1)$$

式中: V_1 为整个铝锭的体积; V_2 为测试腔的体积。

所以需要加热的铝锭的体积为 0.01496 m^3 ,铝的密度为 $2.7 \times 10^3\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,由

$$m = \rho V = 2.7 \times 10^3\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \times 0.01496\text{ m}^3 = 40.392\text{ kg} \quad (2)$$

可获得需要加热的铝锭的质量为 40.392 kg 。试验箱温度由 20°C 升高到 220°C 时,所需要的加热量^[1]为

$$\begin{aligned} Q &= cm\Delta t \\ &= 0.88 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \times 2.7 \times 10^3\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \times \\ &\quad 0.01496\text{ m}^3 \times 200^\circ\text{C} \\ &= 7.11 \times 10^6\text{ J} \end{aligned} \quad (3)$$

通常由 20°C 升高到 220°C 时要求在 1 h 内,根据该要求可以确定加热棒的功率 P 为 1975 W 。常规加热电流最大为 10 A ,由

$$\begin{aligned} Q &= I^2 RT \\ R &= \frac{Q}{I^2 T} = \frac{7.11 \times 10^6\text{ J}}{10^2 \times 3600\text{ s}} = 19.75\text{ }\Omega \end{aligned} \quad (4)$$

得出电阻 R 为 $19.75\text{ }\Omega$,考虑加热均匀性要求,采用三根相同的加热棒并联加热,并联后的阻值为 $R_0/3$,由 $R_0/3 = R$,可得所需每根加热棒的阻值 R_0 为 $59.25\text{ }\Omega$,考虑到加热富余量,为该金属浴试验箱选择直径为 10 mm ,长度 190 mm ,阻值为 $80\text{ }\Omega$ 的加热棒。

温度控制系统是采用日本岛电公司的 0.1 级 SR23 型控温仪表和执行器件。

采用 PID 调节实现精密控温。调功器由信号触发板和可控硅组成,设计过程中需要通过温度范围及温升速率的要求进行计算,选择调功器功率的大小,确保能够实现温度上限的升温 and 要求的升温速率。控温系统中增加了超温报警功能,一旦温度超过最高温度点 10°C 以上,系统会自动切断加热功能,控温仪表会给出错误提示,保护箱体防止过热。

金属浴炉加热和温度控制系统信号线分开,采用航空插头连接。该系统将 $50 \sim 220^\circ\text{C}$ 的温度分成 8 个点,对产品 P, I, D 参数进行最佳整定,分别存入高

性能的温度程序控制器(SR23)中,升温速度快,恒温时间短,使用方便。

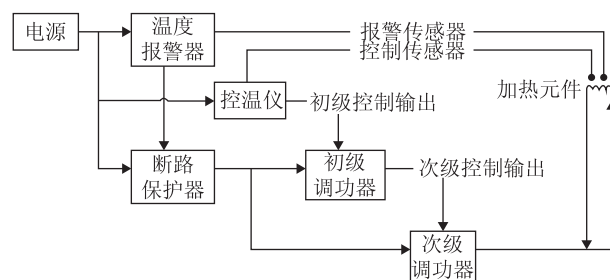


图2 控温系统原理图

2 性能测试

根据金属浴试验箱研制提出的指标要求,对其示值误差、温度波动度和温度均匀性进行性能测试,确定是否满足预期要求。

采用表面温度传感器和显示仪表组成温度测量系统^[2],其测量结果的扩展不确定度($k=2$)优于 0.5°C 。试验选择的标称温度点^[3]为 $50, 100, 150, 200, 220^\circ\text{C}$ 。

将测试腔体沿逆时针方向对其进行编号,如图3,图4所示。在腔体底部中心位置处布放一表面温度传感器,使传感器表面与腔体底面中心位置处充分接触,空腔上部加保温棉。炉体上端两孔插入铂电阻温度传感器,用于监测炉体中间点温度值。将设备的温度控制装置调节到标称温度上,使试验设备升温,当设备控制器的温度示值达到设定值偏差带时起,可视为进入控温状态^[4]。进入控温状态后稳定 30 min (稳定时间最长不超过 2 h),开始记录各测量点的温度,每隔 1 min 记录一次,在 30 min 内共记录 30 次。

对记录的数据做如下处理

$$\Delta T_j = T_{j\max} - T_{j\min} \quad (j=1, 2, 3, 4) \quad (5)$$

式中: ΔT_j 为第 j 个空间腔的波动度, $^\circ\text{C}$; $T_{j\max}$ 为第 j 个空间腔的实测温度最大值, $^\circ\text{C}$; $T_{j\min}$ 为第 j 个空间腔的实测温度最小值, $^\circ\text{C}$ 。

每个测试腔得到一个波动度值,取最大值作为本试验箱的波动度。

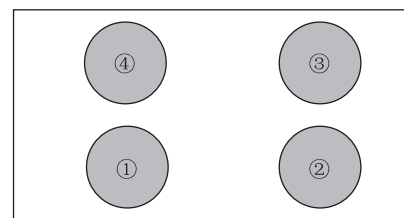


图3 测试腔布置图

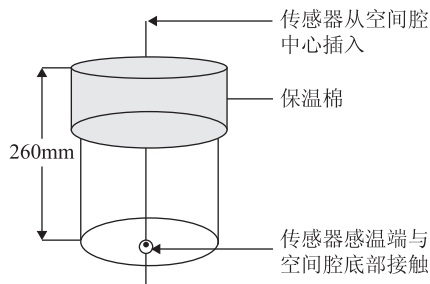


图 4 金属浴试验箱测试示意图(侧面、单腔)

$$\Delta T_u = T_{\max} - T_{\min} \quad (6)$$

式中： ΔT_u 为空间均匀度，℃； $T_{\max}$ 为四个测试腔实测温度平均值最大值，℃； $T_{\min}$ 为四个测试腔实测温度平均值最小值，℃。

实测值减去标准值，可获得金属浴试验箱各测试腔的示值误差，如表 1 所示。

表 1 金属浴试验箱测试腔的示值误差 ℃

标准值	测试腔			
	①	②	③	④
50	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
100	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2
150	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3
200	-0.2	-0.4	-0.3	-0.1
220	-0.1	-0.3	-0.2	0.0

根据上述测试方法^[5]，对金属浴试验箱温度波动度及均匀性等指标进行测试，测试结果如表 2 所示。

表 2 金属浴试验箱波动度及均匀性试验结果

设定温度/℃	波动度/℃ · 30 min ⁻¹	均匀性/℃
50	0.0	0.0
100	0.0	0.1
150	0.1	0.2
200	0.1	0.4
220	0.1	0.4

3 结论

通过分析可知，该金属浴试验箱测试腔内示值误差较小，温度波动度不超过 0.2℃ · 30min⁻¹，温度均匀性不超过 2℃，性能较好。随着温度的升高，腔体温度均匀性和波动度均有所下降，在 200，220℃ 时，由于周围环境温度与腔体温度相差较大，导致空间波动度和均匀性比 50，100，150℃ 时差，但总体温度波动度和均匀度符合设计要求。

参 考 文 献

- [1] 杨世铭，陶文铨．传热学[M]．北京：高等教育出版社，2006.
- [2] 国家技术监督局．JJG 364-1994 表面温度计检定规程[S]．北京：中国计量出版社，1994.
- [3] 国防科工委科技与质量司．热学计量[M]．北京：原子能出版社，2002.
- [4] 国家质量监督检验检疫总局．JJF 1257-2010 干体式温度校准器校准方法[S]．北京：中国计量出版社，2010.
- [5] 国家质量技术监督局．JJF 1030-2010 恒温槽技术性能测试规范[S]．北京：中国计量出版社，2010.

(上接第 25 页)

同类型产品性能对比；针对更深层次的市场评估功能，平台使用 Apache Mahout 提供的相应算法来实现数据挖掘。就目前而言，收集到的数据量较少，无法达到深度挖掘的数据量要求，随着数据量的增加，Apache Mahout 才能发挥数据价值挖掘的功效。

电子测量仪器数据服务平台构建选用 Hadoop 大数据框架，搭建过程中对版本兼容性有严格要求。该软件平台还采用了 Hive，Zookeeper 等子项目辅助，整体框架简洁高效，通过 Eclipse 软件能够方便快捷地扩展功能。该系统目前仍在调试中，后续还需要更多的研究才能确保平台更加稳定，功能更加完整。

参 考 文 献

- [1] 韩晶．大数据服务若干关键技术研究[D]．北京：北京邮电大学，2013.
- [2] 陆嘉恒．Hadoop 实战．[M]．2 版．北京：机械工业出版社，2014.
- [3] 费珊珊．基于云计算 Hadoop 平台的数据挖掘研究[D]．北京：北京邮电大学，2014.
- [4] 潘梦云．基于 Hadoop 的数据处理系统的设计[D]．邯郸：河北工程大学，2014.
- [5] 黄凯．基于 Eclipse 体系的构件开发管理平台的设计实现[J]．科学技术与工程，2005，5(14)：994-997.