

# 一种燃料胶质含量测定仪的设计

Design of the Tester of Gum Content in Fuel

戎孟君

(上海神开石油仪器有限公司, 上海 201114)

**摘要:** 针对燃料胶质含量过高会导致进气系统产生沉淀物,使进气阀发生粘结而引起不安全的问题,设计了一种测定燃料胶质含量的仪器。该测定仪符合 GB/T 8019-2008 和 ASTM D381《燃料胶质含量测定法(喷射蒸发法)》标准的规定。测定仪由控制系统和蒸发浴组成,采用智能测控系统,可自动显示空气压力、流量、蒸发浴温度以及试样蒸发时间,并具有自动报警功能,无需人工调节。现场使用表明,该仪器性能可靠,操作方便,具有一定的推广价值。

**关键词:** 压力 流量 温度 自动控制 蒸发浴 喷射蒸发 胶质含量

**中图分类号:** TP216+.1

**文献标志码:** A

**Abstract:** High gum content in fuel may lead to the precipitates produce in intake system, thus unsafe condition may occur because the intake valve becomes bonding. Aiming at this problem, the tester of gum content in fuel which conform the regulations of GB/T 8019-2008 and ASTM D381 "Standard Test Method for Gum Content in Fuels by Jet Evaporation" has been designed. The instrument is composed of control system and evaporation bath; the design adopts intelligent measurement and control system; the air pressure, flow are displayed automatically, the temperature of evaporation bath is controlled and displayed automatically. The specimen evaporation time is displayed automatically with alarm function, manual regulation is unnecessary. The field operation indicates that the instrument is reliable; ease to operate and offers certain promoting value.

**Keywords:** Pressure Flow Temperature Automatic control Evaporation bath Jet evaporation Gum content

## 0 引言

根据 GB/T 8019-2008 标准方法测定燃料胶质含量的应用已相当普遍,但一般的测定仪的参数设置都以手动操作为主,费时又不准确。为免去人工调节的麻烦,提高试验的准确性,本文设计了一种采用集中智能控制方式测定燃料胶质含量的仪器。按照标准方法规定,设定蒸发浴温度 160 ~ 165 °C, 试验孔温度 150 ~ 160 °C, 盘管出口的热空气压力 ≤ 35 kPa, 流量 1 000 mL/s, 试样蒸发时间 30 min<sup>[1]</sup>。采用智能测控方式,自动显示空气压力、流量,蒸发浴温度自动控制并显示,试样蒸发时间自动显示并报警。同时设计采用嵌入式安装盘管的新工艺,大大改善了铝浴的加工性能。本仪器设计新颖,工艺合理,使用方便准确。

## 1 检测原理

燃料胶质含量测定仪由 CPU 控制蒸发浴温度,空气经过滤减压到规定值后进入到蒸发浴盘管中,蒸发浴中的试样在被盘管加热的空气喷射下蒸发。测定仪

通过智能测控系统,自动显示空气压力、流量、蒸发浴温度和试样蒸发时间,所有显示均采用 LCD 界面输出且还能自动报警。燃烧胶质含量测定仪的检测原理如图 1 所示。

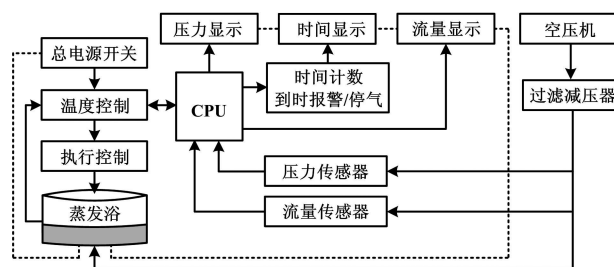


图 1 检测原理框图

Fig. 1 Principle of detection

## 2 组成结构和性能指标

燃料胶质含量测定仪主要由控制系统和蒸发浴组成。控制系统包括压力流量控制、温度控制、试样蒸发时间控制及显示输出。蒸发浴包括铝浴及保温装置、加热管及温度传感器等。控制软件的主要任务是恒温,其次是传感器测量、数字滤波、传感器标定以及温度控制运算。

修改稿收到日期:2013-01-06。

作者戎孟君(1966-),女,1988年毕业于石油大学矿业机械专业,获学士学位,工程师;主要从事石油仪器方面的研究。

本仪器主要性能指标为:①空气压力 ≤ 35 kPa; ②各排气口空气流量(1 000±100) mL/s;③蒸发浴为铝浴,三个试验孔;④蒸发浴温度(162.5±2.5) °C;⑤试验孔温度(155±5) °C;⑥加热功率 1 800 W。

### 3 系统设计

#### 3.1 气路设计

根据 GB/T 8019-2008 试验方法可知,只要保证空气的出口压力 ≤ 35 kPa,且在常温常压下进气流量为 600 mL/s,那么当温度在 150 ~ 160 °C 范围内,出口流量为 1 000 mL/s<sup>[1]</sup>,则三孔测定仪的进气总流量为 1 800 mL/s。

压力流量控制采用空气过滤减压阀控制压力及总流量,通过流量调节阀的调节使各分管流量均等。采用压力传感器和流量传感器采集压力值和流量值,通过 CPU 处理后,由 LCD 显示。压力流量控制如图 2 所示。

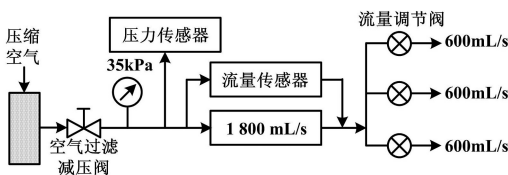


图 2 压力流量控制示意图

Fig.2 Schematic diagram of pressure and flow control

经过预处理的压缩空气进入到空气过滤减压阀,经过滤减压后,压力 ≤ 35 kPa,输出流量为 1 800 mL/s。输出流量通过定量管,经分配后,有一小部分流量通过分流管分别进入压力传感器和流量传感器。定量管结构示意图如图 3 所示。

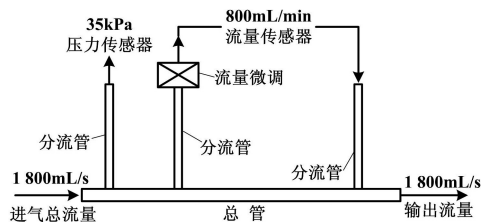


图 3 定量管结构示意图

Fig.3 Structure of the ration tube

当规定量的空气经过流量传感器时,通过 CPU 自动控制,LCD 显示流量为 1 800 mL/s,压力为 ≤ 35 kPa。然后再将总流量平均分成三路,进入到各个盘管,保证每个进口流量都为 600 mL/s。上述设计的关键是定量管的设计。定量管的设计可依据一定理论,并通过试验的方法来确定。定量管总管用空调管,分流管用毛细管。

以上流量设计的依据是流体动力学理论,上述过

程可看成绝热过程,本系统中进气总流量等于最后各分路流量的总和<sup>[3]</sup>,但实际上空气在管内流动时总会有一些损失,包括沿程压力损失和局部阻力损失<sup>[2]</sup>。

为了补偿这些损失,以保证 LCD 显示的压力和流量与实际出口压力和出口总流量的一致性,采取了相应的补偿措施:在理论计算的基础上,并在保证减压阀的出口压力 ≤ 35 kPa 的前提下,适当加大减压阀的输出流量,通过测量各出口流量,调节各分流量调节阀,使各出口流量达到规定值 600 mL/s。调节分流管中的流量微调装置,使通过流量传感器的流量为 800 mL/min, LCD 显示流量值为各出口流量总和 1 800 mL/s, LCD 显示压力 ≤ 35 kPa。需要注意的是,要在常态下调节压力流量。

#### 3.2 蒸发浴设计

GB/T 8019-2008 试验方法规定,蒸发浴中有盘管,盘管中间是试样杯安装孔,蒸发浴中心温度控制在 160 ~ 165 °C 之间,试样杯底温度控制在 150 ~ 160 °C 之间,恒温试验时间设定为 30 min。

##### 3.2.1 蒸发浴结构设计

设计蒸发浴为铝浴,盘管可以与铝浴一起浇铸,也可以采用嵌入式安装。如采用浇铸方式,则盘管定位较为困难,要有专用夹具,而且由于温度较高且不均匀,在浇铸过程中盘管有可能破裂导致漏气。如采用嵌入式安装,则铝浴加工麻烦,且由于铝浴与盘管之间有间隙,导热效果会差一些。

综合考虑,本文设计采用嵌入式安装。盘管用空调管,铝浴用分体方式加工,铝浴与盘管之间的空隙用铝粉末充填紧实,各结合面之间加导热脂,保证导热效果。浴中加热管和温度传感器等采用插入式安装,加热管按试验孔位置均匀布置,以保证各试样杯底温度一致。为减少铝浴热量损失,降低仪器表面温度,设计铝浴保温装置,对铝浴底面及周边保温。

要保证各出口压力和流量的准确稳定,关键在于整个气路的密封设计。盘管进口处密封采用卡套式管接头形式,出口处采用锥面密封。

##### 3.2.2 蒸发浴控温设计

铝浴指示加热功率表达式为:

$$Q = nCM(T_2 - T_1)/t \quad (1)$$

式中:  $M$  为铝浴质量, kg;  $C$  为比热容, J/kg · °C;  $T_1$  为环境温度, °C;  $T_2$  为铝浴加热温度, °C;  $t$  为加热时间, min;  $n$  为加热功率安全系数。

本设计中,  $M = 19.7$  kg,  $C = 902$  J/kg · °C,  $T_1 = 25$  °C,  $T_2 = 162.5$  °C,  $t = 30$  min,  $n = 1.3$ 。

由式(1)计算可得,铝浴指示加热功率  $Q = 1 765$  W。

铝浴恒温所需热量包括盘管中空气加热、试样加

热、保温层散热和铝浴上表面散热等。其热传递的形式有热传导、热对流和热辐射<sup>[3]</sup>等。

铝浴导热示意图如图4所示。

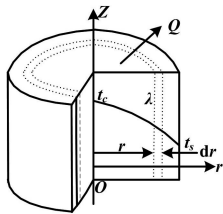


图4 铝浴导热示意图

Fig.4 Schematic diagram of bath heat conduction

由图4可以看出,铝浴恒温阶段内部温度场稳定,导热过程处于稳态。浴内由加热管恒定加热,周边温度保持定值,温度梯度为零,沿轴向长度方向的有效温度梯度也不大,所以可作为具有内热源的一维径向稳态导热处理,温度只在径向发生变化。

根据传热学理论,具有内热源的三维非稳态导热微分方程式为:

$$\frac{1}{a} \times \frac{\partial t}{\partial \tau} = \left( \frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \times \frac{\partial t}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \times \frac{\partial^2 t}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{Q}{\lambda} \quad (2)$$

式中:  $Q$  为铝浴内热源强度,  $W/m^3$ ;  $a$  为铝浴导热系数;  $\lambda$  为铝浴导热能力;  $\tau$  为时间。

按以上分析,恒温铝浴按一维径向稳态导热处理,

即令式(2)中:  $\frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0$ ;  $\frac{\partial^2 t}{\partial \phi^2} = 0$ ;  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = 0$ 。

则可得:

$$\frac{d^2 t}{dr^2} + \frac{1}{r} \times \frac{dt}{dr} + \frac{Q}{\lambda} = 0 \quad (3)$$

由边界条件:①在铝浴边缘  $r = r_s$ ,  $t = t_s$ ;②铝浴中心  $r = r_c = 0$ ,  $t = t_c$ ,  $\frac{dt}{dr} = 0$ 。

积分后得:

$$\frac{dt}{dr} = -\frac{r}{2} \times \frac{Q}{\lambda} + \frac{C_1}{r} \quad (4)$$

$$t = -\frac{r^2}{4} \times \frac{Q}{\lambda} + C_1 \ln r + C_2 \quad (5)$$

根据式(1)和式(2),得:

$$\begin{cases} C_1 = 0 \\ C_2 = t_s + \frac{r_s}{4} \times \frac{Q}{\lambda} \end{cases}$$

$$\text{式中: } t = t_s + \frac{r_s^2}{4} \times \frac{Q}{\lambda} \left[ 1 - \left( \frac{r}{r_s} \right)^2 \right]$$

铝浴温度分布为:

$$t = t_s + (t_c - t_s) \left[ 1 - \left( \frac{r}{r_s} \right)^2 \right] \quad (6)$$

从式(6)可以看出,铝浴恒温时内部温度分布曲线为二次曲线<sup>[4-5]</sup>,如图4所示,温度从中心开始,沿径向以二次曲线形式下降。铝浴中心温度  $162.5^\circ\text{C}$ ,由试验测得铝浴中心层面外表面温度,即可确定铝浴中心层面上  $155^\circ\text{C}$  处的径向位置,也就是试验孔径向位置。这样,控制铝浴中心温度  $162.5^\circ\text{C}$  时,试验孔温度就为  $155^\circ\text{C}$ 。

根据以上分析计算,结合实际试验情况,确定铝浴外形尺寸为直径  $260\text{ mm}$ ,高  $145\text{ mm}$ ,铝浴加热功率为  $1\ 800\text{ W}$ 。由CPU控制铝浴温度,包括采样、运算与驱动。设定铝浴温度  $162.5^\circ\text{C}$ ,控温精度  $\pm 2.5\text{ K}$ ,使用PID算法完成铝浴温度控制。

#### 4 结束语

本燃料胶质含量测定仪设计采用集中智能控制方式,试样在喷射蒸发过程中,可自动显示进气压力、流量、蒸发浴温度、蒸发时间,并具备自动报警功能,免去人工调节的麻烦。采用嵌入式安装盘管的新工艺,保证盘管定位正确。应用铝粉末充填铝浴空隙,大大改善铝浴的加工性能。铝浴可快速加热并保持恒温,充分满足了试验要求。

本仪器设计新颖,性能稳定可靠,使用方便,现已广泛应用于炼油及油品检测等领域,得到用户的充分肯定,具有较好的经济效益和社会效益。

#### 参考文献

- [1] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会. GB/T 8019-2008燃料胶质含量的测定(喷射蒸发法)[S]. 北京:中国标准出版社,2008:1-5.
- [2] 刘玉初. 气动量仪[M]. 北京:机械工业出版社,1991:19-22, 37-42.
- [3] 俞佐平. 传热学[M]. 2版. 北京:高等教育出版社,1988:3-8, 18-22.
- [4] Pitts D R, Sissom L E. 传热学的理论和习题[M]. 夏雅君,译. 北京:机械工业出版社,1983:18-19.
- [5] 陈少红. 新版《燃料胶质含量测定法(喷射蒸发法)》技术差异解析[J]. 石油商技,2009(02):48-48.

《自动化仪表》 邮发代号: 4-304, 2014年定价: 15.00元,全年价: 180.00元; 国外代号: M 721

欢迎赐稿, 欢迎订阅, 欢迎宝贵建议, 欢迎惠刊各类广告