

# 飞机氧气设备试验器流量计的实现

谢 华,魏志明

The Flowmeter for Aircraft Oxygen Components Experiment Equipment

Xie Hua, Wei Zhi-ming

(空军第一航空学院军事技术教研室,河南省信阳市 464000)

**摘 要:**针对老式氧气设备试验器在控制和测试含氧气体流量时遇到的种种问题,提出了采用计算机对采集的压差信号进行运算处理的方法,将流量求出并显示出来。采用该方法设计的新式氧气设备试验器已获得成功的应用,达到了预期的效果。

**关键词:**压差;流量计;含氧量;二次曲线

中图分类号:TP212 文献标识码:B 文章编号:1000-4858(2002)05-0033-02

## 引言

由于高空大气缺氧,作战飞机采用了氧气供给系统给飞行员供氧,因此氧气设备是保证飞行安全的重要设备,要求定期对这些设备进行试验来确定其工作情况。由于测试氧气设备的流量计体积庞大、价格昂贵,所以老式氧气设备试验器没有安装流量计,在控制和测量氧气设备流量时采用的是一种较间接的方法,操作烦琐、工作效率低、误差较大。然而现代先进战机对测量的准确度以及自动化程度要求越来越高,因此,再采用这种方法不仅无法满足要求,而且会因误判断影响飞行安全,鉴于这些原因,我们开发了新式试验器流量计。

## 1 老式试验器流量的控制和测试方法

老式试验器在控制和测试气体流量时是通过某段管路气体压差换算的方法来实现的,由于氧气试验器管道复杂,氧气设备中气体的含氧量不同,大气压力和温度的差别,给换算增添了很多难度。老式试验器在出厂前要绘制压差-流量曲线,方法是:将校验用的流量计连接至试验器上,测试出各段管路上不同氧气含量的气体在某一大气压力和某一大气温度下多个压差-流量的样点数据,然后根据这些数据来绘制出不同含氧量的气体在某一大气压力和某一大气温度下的压差-流量曲线,如图1所示。在试验器出厂后的使用过程中要控制设备气体流量为某一值时,首先将流量值根据当时的大气压力和大气温度换算成曲线图的大气条件下的流量值,再根据这个流量值在对应曲线上找到相应的压差值,最后将压差调整为这一值。当需要测量流量时步骤相反。显然,这种方法不直观,工作效率

较低,而且在压差-流量坐标曲线图上查找数据时,除了本身的准确度不高外还容易产生错误,从而导致误判的问题,因此这种方法急待更新。

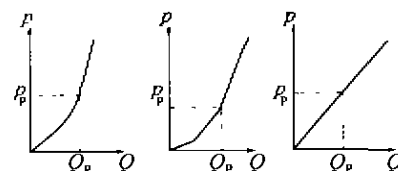


图1 含氧气体压差-流量曲线

## 2 新式试验器流量计的工作原理和实现方法

### 2.1 新式试验器流量计的工作原理

新式试验器流量计的工作原理如图2所示。



图2 新式试验器流量计的工作原理图

新式试验器将原来安装压差计的部位改装成压差传感器,压差传感器感受管路中气体压差产生的电压模拟信号,A/D采集卡将模拟信号转换成数字信号输入给计算机,计算机将这个数据结合试验器出厂前输入的压差-流量曲线特征数据以及事先根据当时大气条件设置的大气压力和大气温度来进行运算处理,最

收稿日期:2001-11-02

作者简介:谢华(1965—),男,河南省信阳人,讲师、学士,主要从事航空机械、液压、气动技术以及计算机应用的教学和科研工作。

后将计算出的流量值以模拟表和数字的方式在显示器上显示。

## 2.2 新式试验器流量随压差变化的数学模型求解

虽然我们事先可得到某种氧气含量的气体在某个大气条件下的一些压差-流量样点数据,但不知道压差-流量曲线的数学模型,而且所测的数据是受到各种因素干扰(但比较小)的,并不是理想曲线上的点。为此,我们研究了使用老式试验器时绘制的压差-流量曲线(图1),发现压差-流量曲线分为两段,根据前后段的形状可分为3种类型:前段曲线后段曲线、前段曲线后段直线、前段直线后段直线。又结合校验人员在绘制曲线部分时均采用的是二次曲线板,由此我们归纳出所有曲线均由两段二次曲线组成,因为直线可看成二次曲线的特殊形式,即:

$$p = aQ^2 + bQ + c \quad (\text{其中 } a = 0)$$

由于前段曲线均通过原点,所以可得前段曲线的方程:

$$p = a_1 Q^2 + b_1 Q \quad (1)$$

后段曲线的方程为:

$$p = a_2 Q^2 + b_2 Q + c_2 \quad (2)$$

前后段曲线分界点的横坐标可看成  $Q_p$ , 假定所测的压差-流量数据样点有  $n_2$  个, 前段曲线内有  $n_1$  个, 考虑到各数据样点的影响, 可认为理想曲线距离各个数据样点距离的代数和为零, 因此可近似地得出以下两式:

$$\sum_{i=1}^{n_1} [(a_1 Q_i^2 + b_1 Q_i) - p_i] = 0 \quad (3)$$

$$\sum_{i=n_1+1}^{n_2} [(a_2 Q_i^2 + b_2 Q_i + c_2) - p_i] = 0 \quad (4)$$

由于在横坐标为  $Q_p$  的分界点两曲线有相同的纵坐标  $p_p$ , 将  $Q_p$  代入(1)(2)两式可得下式:

$$a_1 Q_p^2 + b_1 Q_p = a_2 Q_p^2 + b_2 Q_p + c_2 \quad (5)$$

又考虑到整条曲线的光滑, 可知在分界点两曲线应具有相同的斜率, 对(1)(2)两式求导后将  $Q_p$  代入得下式:

$$2a_1 Q_p + b_1 = 2a_2 Q_p + b_2 \quad (6)$$

(3)(4)(5)(6)式中  $a_1$ 、 $Q_p$  可事先假定, 然后由人工观察预示曲线贴合数据样点的情况来调整, 这样, (3)(4)(5)(6)式组成了一个四元一次方程, 解方程求得  $b_1$ 、 $a_2$ 、 $b_2$ 、 $c_2$ , 可得两曲线的方程(1)(2), 将  $Q_p$  代入方程求得  $p_p$ , 最后可得出流量随压差变化的数学模型为:

当  $p \leq p_p$  时

$$Q = \begin{cases} \frac{-b_1 + \sqrt{b_1^2 + 4a_1 p}}{2a_1} & (a_1 \text{ 调整为非零时}) \\ \frac{p}{b_1} & (a_1 \text{ 调整为零时}) \end{cases}$$

当  $p > p_p$  时

$$Q = \begin{cases} \frac{-b_2 + \sqrt{b_2^2 - 4a_2(c_2 - p)}}{2a_2} & (\text{发现 } a_2 \text{ 为非零}) \\ \frac{p - c_2}{b_2} & (\text{发现 } a_2 \text{ 为零}) \end{cases}$$

通过以上方程计算出流量  $Q$  后, 再根据设定到计算机中的大气压力和大气温度来作一定修正, 得出当时大气条件下的流量值。

## 2.3 新式试验器流量计的实现方法

在实现新式试验器流量计时, 计算机的软件要具有这样的功能: 可将设定的大气压力和大气温度存储在数据文件中; 可方便容易地调整  $a_1$ 、 $Q_p$  的大小; 可快速显示压差-流量曲线和数据样点的位置; 可将调整好的前后段曲线方程的系数  $a_1$ 、 $b_1$  和  $a_2$ 、 $b_2$ 、 $c_2$  以及分界点的纵坐标  $p_p$ , 存储于设计好的数据库中对对应曲线的位置。这样在控制和测量气体流量时, 计算机根据采集的压差数据结合数据库中对对应曲线的数据计算出流量, 再根据设定到数据文件中的大气压力和大气温度进行修正, 最后将流量数据显示在显示器上。在调整  $a_1$ 、 $Q_p$  的大小时应按以下步骤:

(1) 根据显示的数据样点的位置大致确定一个  $Q_p$  值;

(2) 根据前段曲线贴合数据样点的情况调整  $a_1$  的大小, 直到满意为止。若始终调不到满意, 可重新调整一个  $Q_p$  值。  $Q_p$  值的改变要跨越数据样点, 若仅在相邻两数据样点之间变化, 前段曲线将不会发生变化;

(3) 根据后段曲线贴合数据样点的情况, 在相邻两数据样点之间调整  $Q_p$  的大小, 直到满意为止。若始终调不到满意, 从(1)开始重新调整, 直到前后段曲线都满意。

## 3 结束语

经过试用结果表明: 新式试验器彻底解决了老式试验器测量流量时准确度不高、准确性差等问题, 避免了误判, 提高了工作效率, 通过计算机软硬件实现了自动试验, 减轻了操作人员的劳动强度, 降低了飞机的故障率, 具有明显的军事意义, 随着航空技术装备的日益更新, 设备对测试仪器的测量准确度、准确性要求越来越高, 该试验器或类似的设备应用前景将会更加广阔。 □