

航空燃油泵维修中的流量测量

Flow Measurement in Jet Fuel Booster Pump Maintenance

刘振岗 骆彬 周凯 王占勇 / 海军航空工程学院青岛分院

摘要: 从航空燃油泵维修的实际出发, 分析了转子流量计存在的主要技术问题, 阐述了涡轮流量计的精度优势、影响误差的因素以及使用维护时的注意事项。

关键词: 航空燃油泵; 维修; 转子流量计; 涡轮流量传感器; 测量精度

Keywords: jet fuel booster pump; maintenance; variable area rotameter; turbine flow sensor; measurement accuracy

0 引言

航空燃油泵是飞机燃油系统的核心机件, 是需要重点维护的机载设备之一, 而维修的关键是准确检测其供油流量。目前部分航空修理厂使用的航空燃油泵综合性能试验台采用的是转子流量计, 基本结构如图1所示。转子流量计垂直安装在仪器的玻璃管路中, 当燃油在管路中流动时, 冲动锥台形浮子, 使其受到向上的推力 F , 克服自身显示重力 G' 向上移动, 通过浮子在玻璃管中向上移动距离的大小来测量流量。浮子式流量计结构简单、造价低廉, 但由于其读数是通通过浮子上沿与玻璃管刻度线的相对位置来确定的, 测量精度和分辨率偏低。修理厂一般使用的是6000~10000/h转子流量计, 分辨率一般为500~1000/h, 误差在8%左右。这给航空燃油泵性能的精确检测带来很大的影响, 无法适应新型航空燃油泵维修中检测的需要。

1 涡轮脉冲流量检测装置

为解决油泵流量测量准确性的问题, 研制了以涡轮脉冲流量检测和数字显示装置为核心的新型航空燃油泵性

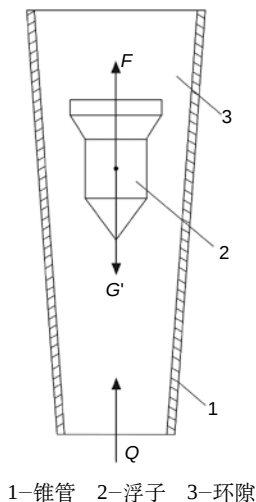
能测试仪, 并已应用于新型航空燃油泵的维修检测, 结果证明其精度和可靠性都有明显提高。新型试验台由安装在测试管路中的涡轮脉冲传感器和安装在面板上的数字积算显示仪两部分组成。测试精度主要取决于涡轮脉冲传感器, 其结构如图2所示。涡轮脉冲传感器的主体测量元件是涡轮, 涡轮上的叶片由导磁材料加工而成, 安装在规定直径的传感器管内的高速轴承上, 在传感器管外与涡轮相对位置装有磁电脉冲转换

器。燃油在管路中流动时冲动涡轮叶片转动, 每片涡轮叶片转过磁电脉冲转换器时便产生一个电脉冲信号。传感器管内燃油的流速越大, 涡轮叶片的转速就越高, 磁电脉冲转换器输出的电脉冲信号频率也就越高。

在理想情况下, 当燃油以流速 $\bar{v}_z$ 流过叶轮, 产生的信号频率为

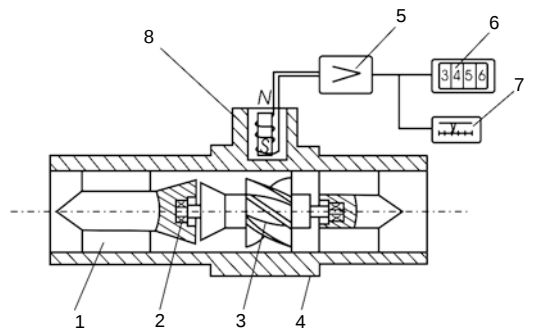
$$f = \frac{Z \theta \bar{v}_z}{2\pi R}$$

其中 Z 为叶片数目, θ 为叶片倾角, R 为叶轮半径。则燃油的体积流量为



1—锥管 2—浮子 3—环隙

图1 转子流量计测量原理



1—导流器 2—轴承 3—涡轮 4—壳体 5—前置放大器
6—累积流量计算器 7—瞬时流量指示仪表 8—磁电转换器

图2 涡轮流量计结构及工作原理示意图

$$Q_v = \frac{2\pi RS}{Z \lg \theta} \cdot f,$$

其中S为涡轮传感器管径截面积。

若将 $\frac{Z \lg \theta}{2\pi RS} = \xi$ 称为仪表系数, 则有

$$Q_v = \frac{1}{\xi} \cdot f.$$

因此流经涡轮煤油的流量可由 ξ 与 f 表征出来。传感器的脉冲信号经放大处理后由流量积算仪显示瞬时流量和累计流量。

理论上讲, 只要仪表系数 ξ 不变, 流量测量的精度主要取决于积算仪内部运算、放大、处理电路的精度, 由于此类电路技术已经非常成熟, 可将测试显示误差减小到0.2%, 分辨率可达到1l/h, 测量精度非常高, 完全满足新型高精度航空燃油泵的测试需要。但是, 在仪器研制测验实践发现, 测试精度还受到许多因素的影响, 实际测量精度比理论精度要低, 测试误差还有可能超过1.5%。

2 影响精度的主要因素

2.1 流体黏度、密度影响

涡轮流量计的特性受黏度影响较大, 图3为不同黏度的流体在同一流量计中的特性曲线, I 为水的特性曲线; II 为大于水黏度3~7倍液体的特性曲线; III 为大于水黏度8~15倍液体的特性曲线。从图中可以看出, 黏度大的流体的测量精度误差较大。所以仪器在安装前, 必须按煤油的黏度密度值进行参数修正。

2.2 流态的影响

涡轮流量计的仪表系数 ξ 直接受流体流动状态的影响, 对涡轮流量传感器进口的速度分布尤为敏感。进口流速的突变和流体的旋转可能导致测量误差达不到允许的要求。因此, 进口端必须安装直管段和整流装置。

2.3 温度变化的影响

温度变化导致涡轮流量传感器的金属材料热胀冷缩, 几何尺寸也随之改变。对于叶轮涡轮流量传感器与壳体材料相同的涡轮流量计, 转速与温度变化的关系式为:

$$\Delta\omega/\omega \approx -3\Lambda\Delta t$$

式中, $\Delta\omega$ 为叶轮角速度的变化量, $^{\circ}/s$; ω 为叶轮在标定温度下的角速度, $^{\circ}/s$; Λ 为叶轮和壳体金属材料的膨胀系数, $mm/^{\circ}$; Δt 为温度差, $\Delta t = t - t_0$, t 和 t_0 分别为工作状态和标定状态时的温度。

由上式可知, 叶轮转速随温度呈线性变化。试验证明, 夏季校准的流量计在冬季使用造成的误差将达0.2%。因此, 仪器使用环境温度应基本保持在传感器校准温度值附近 $\pm 5^{\circ}$ 为佳。

2.4 流量测量范围的影响

涡轮流量检测装置必须在传感器的线性范围内进行测量才能保证测量精度, 否则会因仪表系数不恒定而产生误差。所谓线性范围, 一般是指仪表系数的变化值在 $\pm 0.25\%$ 的范围内所对应的流量上下限。

置, 避免配管振动或对配管产生应力影响。应考虑对磁电转换器的保护, 尽量避免其受到强的热辐射。同时, 必须避免外界强电磁场对检测线路的影响, 如无法避免时, 应在传感器的放大器上加设屏蔽罩。

3.2 安装位置的要求

涡轮流量脉冲传感器一般应水平安装, 需要垂直安装时应按垂直安装进行标校。安装位置不同, 轴承磨阻就不同, 同一流量下涡轮的转速也不同。实践证明, 安装时传感器倾斜角度偏离规定值不应大于 5° , 否则会引起仪表性能发生较大变化。

3.3 配管要点

为了消除液体涡流和断面流速不均匀对测量的影响, 应在传感器进口处安装必要的直管段或整流器, 如图4所示。一般, 进口处的直管段长度应为传感器公称通径的15~20倍, 即(15~20)DN, 出口处的直管段长度为5DN, 直管管径与传感器通径应一致。实际上, 由于受管路总长度的限制, 直管段长度往往达不到理论要求。试验证明, 只要严格控制影

3 涡轮流量传感器安装注意事项

为确保涡轮脉冲流量检测和数字显示装置的测量精度, 使仪器的测量误差控制在1%以下, 除严格控制以上因素影响外, 在仪器的研制、使用、维护上还要注意处理好一系列的技术问题。

3.1 安装场所的要求

传感器应在被测液体的温度为 $-20 \sim +55^{\circ}C$, 环境相对湿度不大于80%的条件下工作。从维护角度考虑, 应将传感器安装在易于拆换的位

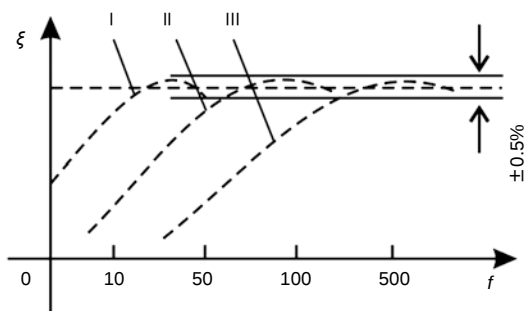


图3 黏度、密度的影响

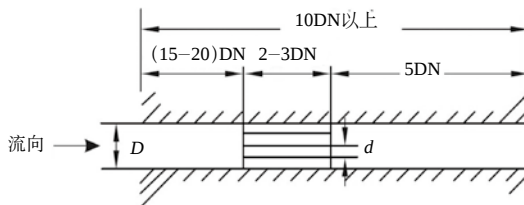


图4 配管示意图



液晶光学相控阵技术*

Liquid Crystal Optical Phased Array Technology

韩学勤¹ 李丽¹ 谭东杰² 刘国国² 张卫国³

1 北京航空航天大学 2 中国空空导弹研究院 3 北京市信息技术研究所

摘要: 详细介绍了国内外液晶相控阵研究发展情况, 阐述了液晶相控阵的基本原理, 通过分析偏转效率、响应时间和扫描角度, 对液晶相控阵性能进行了说明, 并提出了液晶相控阵技术的发展方向。

关键词: 液晶相控阵; 衍射效率; 响应速度; 扫描角度; 激光雷达

Keywords: liquid crystal phased array; diffraction efficiency; response speed; scanning angles; laser radar

0 引言

光束偏转技术是对激光光束方向精确控制的技术, 在目标探测、激光通信、光信息处理与存储、生物医学等诸多领域有着广泛的应用前景。传统的光束偏转系统依靠机械装置改变光轴方向, 实现光束偏转, 因其结构复杂、精度低、质量大、能耗高, 在运动过程中还需要克服惯性的影响, 使其性能受到很大的制约且不利于微型化。随着激光雷达

技术对扫描装置在精确度、灵活控制、低功耗等方面要求的不断提高, 各种更精确、非机械、纯电控、非惯性扫描的新型光束偏转技术不断兴起。

液晶光学相控阵是一种实时可编程光束控制器件, 它采用驱动电压低、相位调制深度大的向列相液晶作为相位调制的光电材料, 使器件具有体积小、重量轻、功耗低、易于实现微电子控制电路等独特优点, 不但解决了激光束指向的快

速、灵活控制和空间扫描问题, 而且使光电系统的集成度更高, 柔性控制能力更强, 制造成本更低。因此, 近年来液晶相控阵技术得到了更为深入的研究, 用液晶相控阵实现波束控制已成为激光雷达和自由空间光通信技术发展的重要趋势之一, 本文介绍了国内外液晶相控阵研究动态, 论述了影响液晶光学相控阵光束偏转性能的因素以及提高性能的途径, 并对发展方向做出了展望。

响测试精度的其他因素, 直管段减小到(5~7)DN也可以将检测误差控制在1%范围内。

4 其他

4.1 涡轮流量传感器仪表常数的标定

为确保已使用仪表的测量精度, 应进行定期检定和标定。检定和标定条件应接近于最终安装和运行条件。标定使用的流体(如航空燃油)与欲测流体预定的测量范围、压力、温度应相同。具体标定方法步骤详见技术说明书。

4.2 流量调节手段的改进

尽量将管路阀门由手动闸阀改为电动闸阀, 以实现燃油流量的平稳连续调节, 使流速分布均匀, 排除管路燃油扰动的影响, 提高检测的稳定性和准确性。

5 结束语

经过以上的技术处理, 新型航空燃油泵测验仪器的流量测量分辨率达到了 1l/h , 误差降到1%以下, 比旧仪器的测量分辨率提高了近百倍, 误差大为减小。完全可以满足新型航空燃油泵的性能检测要求。

AST

参考文献

- [1] 刘欣荣. 流量计[M]. 北京: 水力电力出版社, 1984.
- [2] 朱德祥, 等. 流量仪表原理和应用[M]. 上海: 华东化工学院出版社, 1992.
- [3] 上海虹益仪器厂. 涡轮流量传感器使用说明书[Z]. 2000.

作者简介

刘振岗, 副教授, 主要从事海军航空装备保障教学和科研工作。