

航空发动机滑油散热器换热试验与计算

张效伟 郭迎清(西北工业大学 动力与能源学院, 西安, 710072)

Experimental study on the fuel-to-oil heat exchanger used in aero-engines

ZHANG Xiao-wei, GUO Ying-qing

(School of power and energy, NorthWestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

[摘要] 对某型涡扇发动机用燃-滑油散热器进行了试验研究, 得出了燃-滑油散热器性能曲线, 建立了利用所得的性能曲线的计算模型, 计算得出燃油和滑油的出口温度, 与实验测量值进行比较, 结果显示二者吻合较好。该模型的建立为该型燃-滑油散热器选用和相关计算提供参考。

关键词: 燃-滑油散热器; 换热效率; 单位温差换热量

[Abstract] Study on heat transfer characteristics of fuel-to-oil heat exchanger used in turbo-fan engine is conducted. In this paper, the course of the test is described briefly, then curves and data are gained about quantity heat transfer per unit difference in temperature of mass flux, heat transfer efficiency. are analyzed and discussed. Also a rational method is given that it can be applied into practical work to calculate exit temperature of fuel and oil. Finally, results are compared and the method is validated to be effective.

Key words: Fuel-to-oil heat exchanger; Heat transfer efficiency; Quantity heat transfer temperature difference unit

中图分类号: V23 文献标识码: A

1 试验装置

试验系统如图 1 所示, 由滑油边和燃油边组成, 燃油边包括燃油箱、燃油泵、流量计、电加热器和冷却器; 滑油边包括滑油箱、滑油泵、流量计、电加热器等, 另外还在被试件进出口处分别装有温度传感器和压差变送器, 以实现对被试件进出口温度和压力降的测量; 流量的调节均是通过组合阀实现的, 温度的调节均通过调功器控制电加热器功率实现的。系统可以测量燃油边和滑油边的流量、温度和燃-滑油散热器两侧间的压力降。该型燃-滑油散热器, 冷却件为铝合金制成的扁平管的蜂窝结构, 并且在管内和管间有波纹片, 流动方式复杂。因此, 准确理论计算其内传热和流动情况是不可能的, 通过模拟试验测量滑油边和燃油边的温度、压力和流量, 进而得出性能曲线。

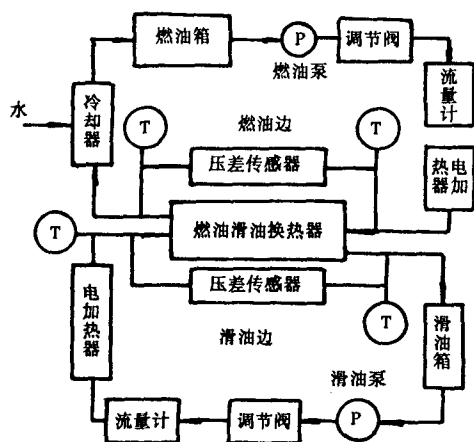


图 1 燃-滑油散热器试验系统原理图

2 燃-滑油散热器性能曲线

由散热器的基本理论得知, 散热器换热性能可用质量流量单位温差换热量和换热效率表示。对实际发动机来讲, 通常由于不确定性影响因素较多, 难以准确估算发动机对滑油的加热量前者为为这种问题提供了可行的解决途径, 而后的优点在于可避免由 ε -NTU 法计算 ε 值的经验关联式的复杂过程。

2.1 质量流量的单位温差换热量

散热器的质量流量单位温差换热量可定义为^[1]:

$$Q_1 = \frac{Q_c}{T_{o1} - T_{r1}} = \frac{Q_c}{EXTD} \quad (1)$$

式中: Q_1 —单位温差热交换量, 常表示为 $Q_c / EXTD$, KJ/℃为滑油和燃油质量流量的函数;

T_{o1} 、 T_{r1} —分别为燃、滑油进口温度, ℃;

Q_c —散热器总热交换量, KJ, 在理想状态下即不考虑散热器壁面与环境换热时, 为热流的放热量或冷流体的吸热量, 即 $Q_c = Q_o = Q_r$, 由此可绘制出散热器的性能曲线; 而实际试验和应用中由于受环境条件及其他因素的影响, 通常是 $Q_o \neq Q_r$, 多数为 $Q_o > Q_r$, 为更准确、更接近实际地计算冷、热流体的温度, 分别采取 $Q_c = Q_o$ (图 2) 和 $Q_c = Q_r$ (图 3) 计算单位温差热交换量 Q_1 , 得到不同值, 由此绘制曲线。

2.2 燃-滑油散热器的换热效率

散热器的换热效率 ε 可定义为:

$$\varepsilon = \frac{t_{o1} - t_{o2}}{t_{o1} - t_{r1}} \quad (2)$$

式中: t_{o1} 、 t_{o2} —散热器进出口滑油温度;

t_{F1} —散热器进口燃油温度。

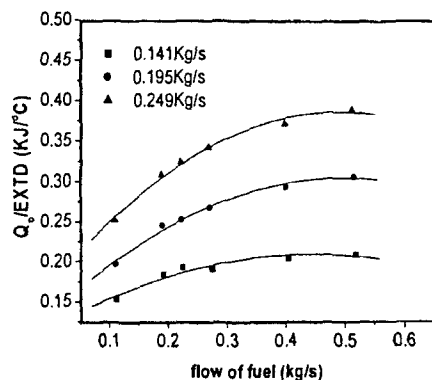


图 2 由滑油放热量计算的性能曲线

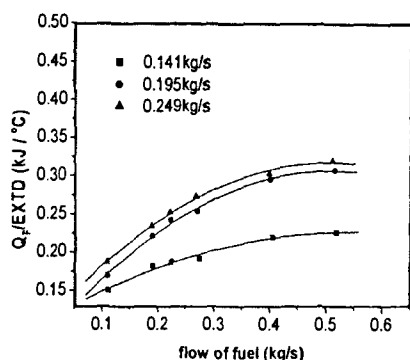


图 3 由燃油吸热量计算的性能曲线

它表征了滑油的冷却程度,由此可得燃—滑油散热器效率曲线如图 4。从图中可看出如果仅从换热效率的角度考虑,通过燃—滑油散热器的燃油流量应调节在 25~40 L/min 范围内为佳,而在实际应用中,考虑的是系统的整体性能及发动机的要求;滑油进口温度在很大程度上决定了燃—滑油散热器效率,所以将产生一定的影响。

3 性能曲线的应用

由燃—滑油散热器的性能曲线,建立数学计算模型,假定一进口温度,并分别以燃油和滑油平均温度为定性温度,由燃、滑油流量即可从燃—滑油散热器的性能曲线查得或插值得该处对应的单位温差换热量或换热效率值,计算出热交换量,再由传热基本方程和热平衡方程式,计算出燃油和滑油出口温度。图 5 和图 6 是设计点(滑油进口温度为 90℃、流量为 14 L/min)的燃油和滑油出口温度的试验测量值和应用其性能曲线计算结果的比较情况,可以看出滑油的出口温度变化曲线(图 5)吻合较好,尤其是发动机工作范围(燃油流量从 15 L/min 增加到 35 L/min)内,结果吻合最好;而对燃油的出口温度(图 6),两种计算值在上述范围内几乎重合,不过与测量值相比较均稍偏高,但仍能满足工程计算的要求。

4 结论

(1) 通过试验,得出了该型燃—滑油散热器的性能曲线,即质量流量单位温差换热量及换热效率随流量的变化曲线。

(2) 利用试验所得的燃—滑油散热器性能曲线,建立基本计算模型,并计算得出了燃油和滑油的出口温度;并与测量值进行

了比较,二者结果能很好地吻合,验证了计算模型的准确性。

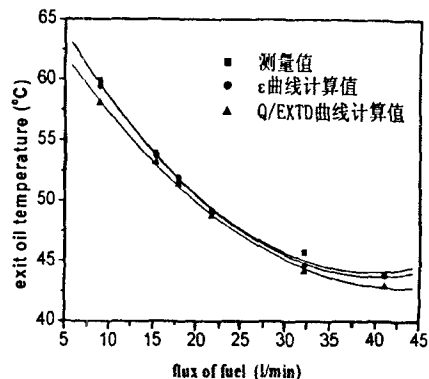


图 4 燃—滑油散热器换热效率曲线

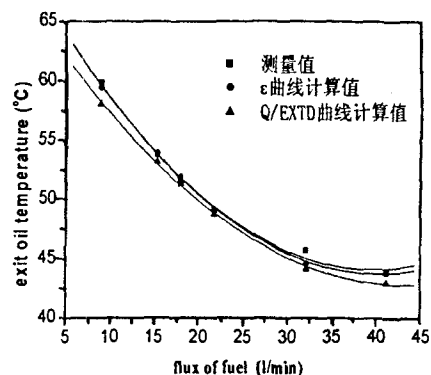


图 5 滑油出口温度结果比较

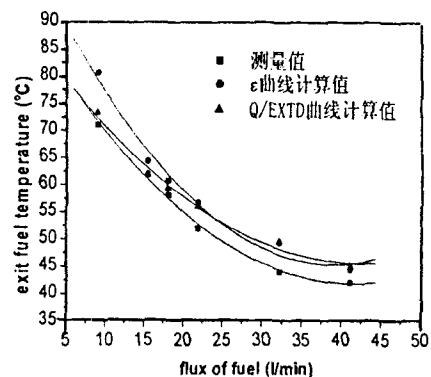


图 6 燃油出口温度结果比较

从试验数据来看,根据该发动机的技术要求,系统按设计点处流量供给滑油,燃—滑油散热器出口处滑油温度即工作温度较为理想,系统的工作是有效的,与设计点滑油工作温度相比,试验测量值和计算值均偏低,原因在于一是试验在纯液体下进行的,没考虑有汽液两相的情况;二是实际系统工作中管路的摩擦热对滑油工作温度有一定的贡献。这些有待于进一步研究。

参考文献

- 1 杨春信,张丽娜,郭晖. 发动机滑油散热系统性能研究,航空动力学报,2003 年 12 月. 第 18 卷. 第 6 期 (pp813~818).
- 2 吴大观主编. 涡轮风扇发动机及其系统的性能研究. 国防工业出版社,1986. 12.
- 3 齐铭主编. 制冷附件. 航空工业出版社,1992. 9.