

探析航空发动机应急滑油系统持续供油特性研究

白志楠

(河北省邯郸市永年区海翔机械厂 河北 邯郸 057150)

[摘要]随着飞机姿态角及三向过载的变化,发动机滑油箱及集油池内滑油液面位置、形状也将随之变化。在油箱/回油池油量及姿态/过载组合条件下,主润滑系统可能出现供油中断现象,当然,发动机出现某些事故,也会导致滑油系统供油中断。应急供油不仅要保证紧急条件下滑油的及时供给,还要求在应急油罐容积一定情况下,必须保证一定的供油时间,否则出现断油,从而造成严重的事故。目前,国内对于发动机应急滑油系统的设计主要以参考国外型号为主。应急润滑系统的研究对我国涡轴发动机设计技术的提升具有重大意义。基于此,本文主要对航空发动机应急滑油系统持续供油特性进行分析。

[关键词]航空发动机; 应急滑油系统; 持续供油特性

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.04.1012

1 应急滑油系统概述

应急润滑系统主要由引射器和后续流通管路组成。引射器是利用射流的紊动扩散作用,使不同压力的两股流体相互混合,并引发能量交换的流体机械和混合反应设备。引射器主要由工作喷嘴、接受室、混合室、及扩散室等部分组成,压力较高的流体叫做工作流体,它以很高的速度从喷嘴1流出,进入接受室,由于射流的紊动扩散作用,卷吸周围的流体而发生动量和质量的交换,被吸走的压力较低的流体叫做引射流体,在应急润滑系统中通常是应急油罐中的滑油。工作流体与引射流体在混合室内混合,进行动量和质量的交换,在流动过程中速度趋于均衡,这期间常伴随压力的升高。流体从混合室出来后进入扩散室,压力降因流动速度变缓而继续升高。被引射流体再扩压后流段进入喷嘴,然后喷出,即可进行相应的喷射润滑。

2 应急润滑系统引射喷嘴计算方法

2.1 计算对象描述

图2为某型发动机应急滑油系统引射结构示意图,虚线箭头代表空气流,实线箭头代表滑油流。该应急引射结构由应急油箱、通气管、出油管、主管路组成,主管路末端为油气混合物出口,与下游管路连接供至应急滑油喷嘴。主管路与输油管路连接部分(如黑色虚线框所示)被3根径向成 120° 周向对称分布的圆管围绕,滑油进口位于油箱底部中心,系统出口位于远离倾斜输油管的一端。通气管将应急油箱与主管路连接,以维持油箱内合适的压力。当空气进入主管路,根据引射原理油箱内滑油在出油管进出口压差(通气管位置处静压-引射喷嘴处低压区压力)驱动下进入主管路,与空气流掺混形成油气混合物,最后沿管路供往下游滑油喷嘴。

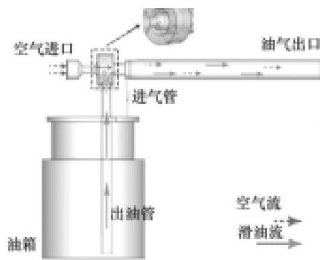


图1 引射结构的工作原理示意图

2.2 数值模拟控制方程

应急滑油系统内部流动过程的控制方程包括方程、动量方程和能量守恒方程。

2.3 两相流模型

应急滑油系统引射结构内部为油气两相流流动,滑油在油箱内、引射结构以及主管路内均存在油气两相的相间界面。

本研究采用VOF两相流模型开展应急滑油系统的性能研究。该模型是一种在固定欧拉网格下的表面跟踪方法,是Euler-Euler方法的一种,通过引入参数——相分率(PhaseVolumeFraction, PVF)来记录自由面的变换,并进行界面追踪。相体积率是指某一相在计算单元网格中所占的体

积比例,它是时间和空间的连续函数,在一个计算单元网格内,各相的相分率之和等于1。VOF方法的基本思想是:定义流体体积函数 γ_q ,表示在该单元网格内,第 q 相流体所占据的相分率,所以对于某单元网格来说,存在以下3种情况:

(1) $\gamma_q=1$,表示该单元中充满了第 q 相流体;

(2) $\gamma_q=0$,表示该单元中无第 q 相流体;

(3) $0 < \gamma_q < 1$,表示该单元中充满了第 q 相流体和其他流体的自由界面。

2.4 求解算法

由于管路流动的发展变化是一个非稳态的过程,因此选用非稳态的求解计算器进行求解。采用三维非稳态、隐式分离算法。

由于控制方程是非线性的,因此求解必须经过多次迭代才能获得收敛解。其过程如下:

(1) 流场变量更新。在第一次计算时,变量由初始化过程更新。在随后的计算中,每迭代一次即得到一个更新的解;

(2) 用当前压强和质量通量的值求解动量方程,以得到新的速度场;

(3) 因为(2)中得到的速度场的数值解无法完全满足连续方程,于是再求解压强修正方程。压强修正方程是由连续方程导出的泊松型方程,求解这个方程可以得到对压强场、速度场和质量通量的修正,进而使连续方程得到满足;

(4) 利用前面求出的解,求解湍流方程、组分方程和能量方程;

(5) 在多相流计算中如果考虑相间干扰,则需要通过求解弥散相轨迹计算得到连续相方程中的源项解;

(6) 检验收敛条件是否被满足。如果收敛条件被满足,则停止计算。如果计算没有收敛,则继续迭代过程。

3 计算结果及分析

3.1 应急滑油系统持续工作时间

应急滑油系统的工作为一非稳态过程,通过先期试算发现,滑油在管路中的流型为环状流。从初始时刻到发展到稳定的环状流阶段存在一时间 t_0 ,此时间 t_0 随着进口条件的不同而改变。当进口的压力,温度越低时,到达稳定状态的时间越长。因此,为计算引射出的滑油出口质量流量,从 t_0 时间之后的瞬时出口流量波动曲线的稳定段,取时间间隔 Δt ,通过积分得到平均的滑油流量。

3.2 验证计算及结果分析

在进行某型发动机应急滑油系统计算分析前,利用相关实验数据对数值模拟方法进行验证。实验测试了应急引射结构进出口压力,以及系统持续工作时间。

4 结语

本研究针对某特殊形式应急滑油系统供油特性,所采用的分析方法和研究思路,为同类型航空发动机应急润滑系统的整体研究设计提供了可行的解决方案,具有重要借鉴意义和工程应用价值

参考文献

[1]董素君,王蒙蒙,高红霞.机载液压系统的燃油/空气引射换热器仿真研究[J].液压与气动,2012,(5):29-31.