

航空发动机设计任务循环预测的 计算机程序设计

南京航空航天大学 宋迎东* 高德平 尚伟钧

【摘要】 对航空发动机设计任务循环预测的计算机程序组织结构和设计方法进行了研究。编写的程序包括飞行载荷谱的预测及飞行载荷谱的处理两大模块, 该程序已应用于某型教练机发动机的设计载荷谱的预测研究, 以及多种型号的发动机载荷谱的处理。

主题词: 航空发动机 程序设计 载荷谱

分类号: V 23 TP311

1 发动机飞行载荷预测模块的设计

编写的程序采用模块化结构, 便于扩充, 由两大模块组成 (1) 飞行载荷剖面预测 (模块 I) (2) 飞行载荷谱处理 (模块 II), 如图 1 所示。具有发动机飞行载荷谱的预测、发动机任务循环的统计与载荷谱的编制三大主要功能, 实现了发动机设计任务循环预测的计算机程序化。

图 2 为模块的结构框图, 由主控程序、飞行动作中发动机载荷计算以及辅助计算 3 大部分组成。主控程序根据输入的剖面信息, 使程序按飞机的设计剖面中飞行动作的顺序进行计算, 从而计算出一个完整的发动机飞行载荷谱。辅助计算部分在每一个飞行动作计算中都需要调用。

该模块中, 主要进行 4 个方面的计算: (1) 特定的飞行动作中发动机的飞行载荷计算。在特定的飞行动作中发动机的飞行载荷是基于飞行力学基本方程和发动机的特性进行求解的^[1]。(2) 发动机性能计算。在发动机的飞行载荷的求解过程中, 会碰到两种情况: 已知功率状态、高度、速度下求发动机的推力或已知推力、高度、速度下求发动机的功率状态。本文的程序中, 先将计算出的发动机高度—速度特性进行高阶曲线拟合, 然后采用两次插值方法以及一种快速迭代方法进行求解^[1], 计算表明这种方法收敛速度快、计算精度高。(3) 飞机升阻特性计算。根据飞机模型的风洞试验数据, 进行高阶曲线拟合后计算给定攻角 α 下飞机的升力系数 C_y 以及在给定的升力系数 C_y 、给定高度及飞行速度下飞机的阻力系数 C_x 。(4) 大气特性计算。飞机在飞行过程中由于飞行高度的不断变化, 因此大气的物理特性也不断地变化, 在发动机的飞行载荷计算过程中必须考虑大气的这一特点。根据大气温度、密度和压强随高

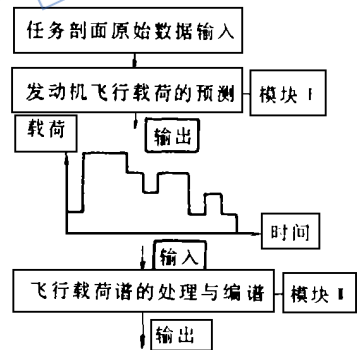


图 1 循环预测程序总体结构

度的变化规律^[2], 编写大气特性计算程序。

2 发动机飞行载荷谱的处理模块的设计

图 3 为该模块的结构框图, 该模块具有两大方面的功能: (1) 发动机设计/使用任务循环的统计。载荷谱的预处理包括: 伪读数的排除、滤波、峰谷检测; 统计任意载荷区间的作用时间; 载荷谱的循环计数; 任务混合。(2) 发动机载荷谱的编制。持久/蠕变谱的编制; 程序加载谱的编制包括: 统计载荷循环的累积频次, 进行波动中心法和双波法编谱。

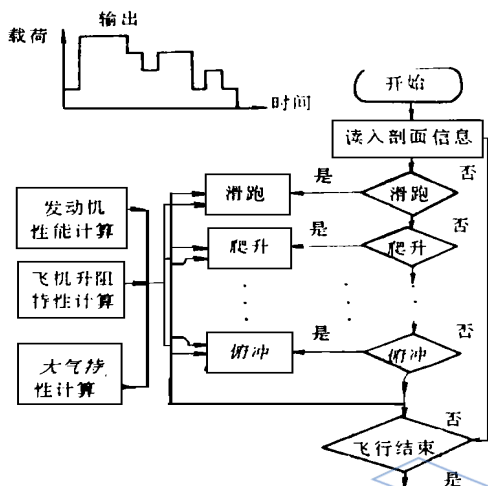


图 2 飞行载荷预测模块的设计框图

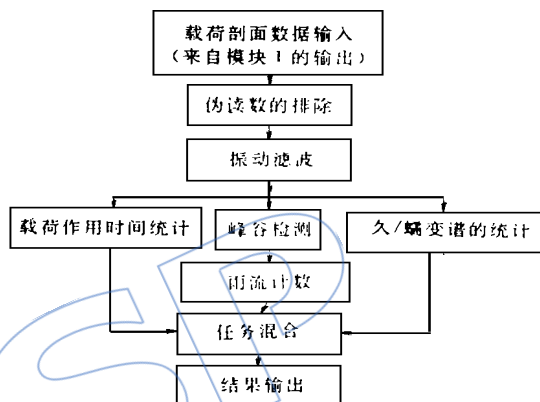


图 3 飞行载荷谱的处理模块的结构框图

模块的设计原理如下: (1) 伪读数的排除。伪读数是指那些不能真实反应部件受载后幅值的大小, 一般是由测试系统本身引起的, 有的来源不清, 它往往夸大载荷的幅值。伪读数的排除是航空发动机载荷谱处理中必不可少的一步, 否则将使循环计数结果与实际不相符。(2) 干扰波滤除。主要对载荷谱进行滤波, 以滤除高频的波动。实测的发动机载荷谱是由载荷源及干扰的响应叠加而成的, 可以采样振动滤波方法^[3]进行处理。(3) 峰谷检测。峰谷值检测是将经过伪读数排除和干扰波滤除后的离散数字载荷谱中所有的峰值和谷值全部寻找出来, 并构成新的数字序列。(4) 载荷作用时间的统计。发动机的设计任务循环除包括三类循环外还包括了“大于中等功率以上的时间”这一项^[4], 该程序可以统计任意载荷区间内载荷作用的时间。(5) 雨流计数。雨流计数法因其有一定的力学依据, 而在工程界得到广泛的应用, 本程序采用三峰谷雨流计数方法^[1], 处理速度快。(6) 任务混合。该子程序是将各任务剖面的载荷循环数和大于中等功率状态的时间乘上各自的任务混频, 获得发动机设计 (或使用) 任务循环^[5]。(7) 程序加载谱的编制。发动机具有多种飞行任务, 随所执行的任务不同其所受的载荷不同, 因此必须根据不同的飞行任务分别进行统计后, 乘上飞行任务混频进行编谱。把各种飞行任务剖面中相应幅值循环的频次累加构成一个综合的累积频次分布, 然后根据各级载荷进行程序加载^[6]。本程序具有进行波动中心法和双波法编谱^[7]的功能。(8) 持久/蠕变载荷的统计。发动机热端部件是在高温大载荷环境下工作, 因此必需考虑持久/蠕变载荷谱对寿命的影响^[8]。将各飞行任务的持久/蠕变载荷谱的统计结果乘各自的任务混频后相加即为整个寿命期内发动机的持久/蠕变

载荷谱。

图 4 为模块 II 处理的某战斗机发动机实测复杂气象大航线飞行的载荷谱 (油门杆角度)。

3 小 结

编写的程序已应用于实际教练机发动机的设计任务循环的预测, 飞行载荷谱的处理模块

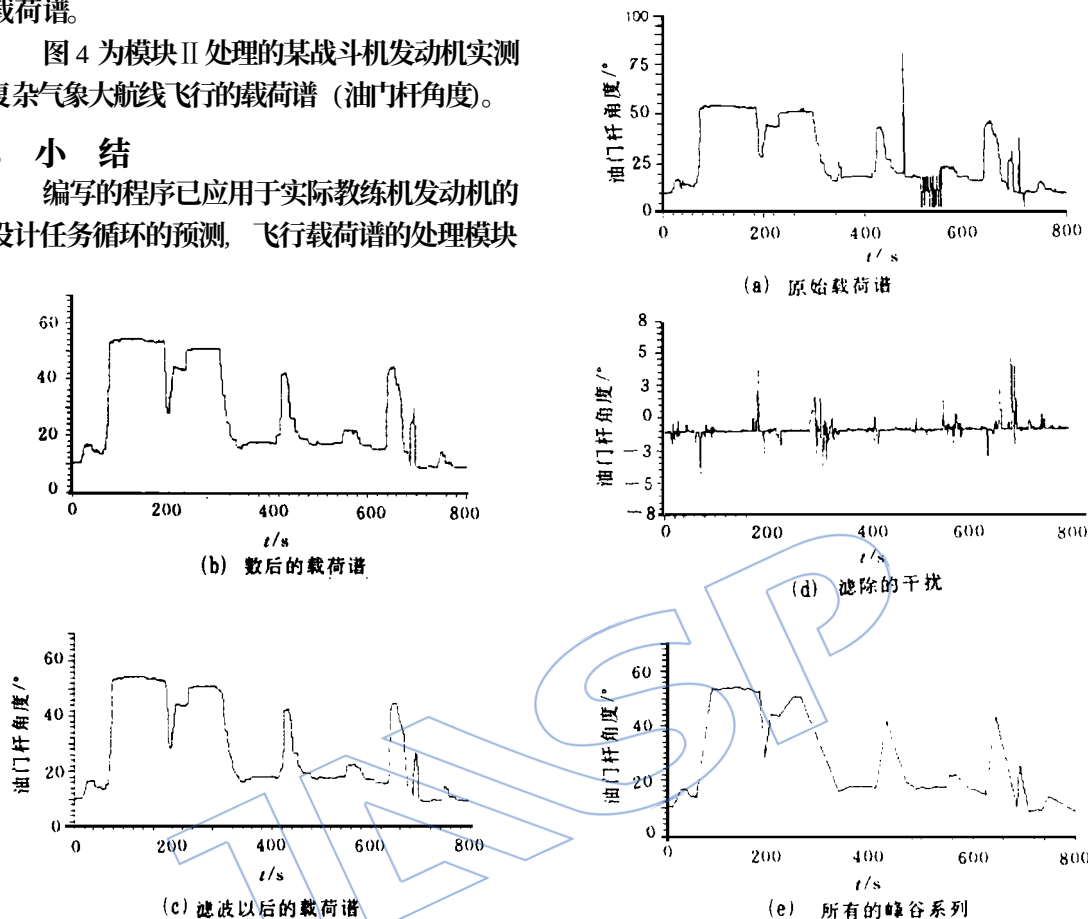


图 4 某战斗机发动机实测载荷谱

(模块 II) 是一个通用性较强的软件, 已用于多种型号的发动机的载荷谱的处理^[1,5,6]。当然发动机的设计任务循环的预测是一个跨学科的研究课题, 飞机不同, 发动机涉及的问题也不相同, 对于其它类型的发动机的设计任务循环预测还有很多工作要做, 有待进一步研究和发展。

参 考 文 献

- 1 宋迎东 航空发动机设计任务循环研究 [学位论文] 南京: 南京航空航天大学, 1994
- 2 金长江等 飞行动力学 北京: 国防工业出版社, 1990
- 3 酈明等 结构抗疲劳设计 北京: 机械工业出版社, 1987
- 4 美国国防部 发动机结构完整性大纲 美国军用标准 MIL-STD-1783, USAF, 1984
- 5 宋迎东, 尚伟钧 教练机发动机使用任务循环的推导 航空动力学报, 1995, 10 (3)
- 6 宋迎东等 燃烧室疲劳加载谱的编制研究 宁波: 第 6 届发动机结构强度振动学术会议论文集, 1991
- 7 高镇同 应用疲劳统计学 北京: 国防工业出版社, 1986
- 8 涡喷 6 发动机寿命研究 北京: 航空工业部发动机管理局, 1988

(责任编辑 杨再荣)