

文章编号: 1000-6893(1999) 03-0283-02

技术简讯

飞机气动力与隐身一体化外形参数模糊优化

李敬¹, 李天², 武哲³

(1. 北京航空航天大学 流体力学研究所, 北京 100083)

(2. 沈阳飞机研究所, 辽宁 沈阳, 110035)

(3. 北京航空航天大学 飞机设计研究所, 北京 100083)

FUZZY OPTIMIZATION OF THE GEOMETRICAL PARAMETERS OF FIGHTER
IN THE INTEGRATED AERODYNAMIC-STEALTH DESIGN

LI Jing¹, LI Tian², WU Zhe³

(1. Institute of Fluid Dynamics, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

(2. Shenyang Institute of Aircraft, Shenyang 110035, China)

(3. Institute of Aircraft Design, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

第4代战斗机既要求超音速巡航能力和突出的隐身能力, 又要求在高亚音速有较高的机动性即格斗能力, 必须综合考虑亚、超音速气动力及隐身对飞机外形参数的要求。

1 优化方案

作为初步研究, 选择设计向量为: $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$, 其中: x_1 为机翼翼根弦长; x_2 为机翼翼梢弦长; x_3 为机翼外露半展长; x_4 为机翼前缘后掠角; x_5 为机身侧向伸长量(%); x_6 为机翼机身连接处曲率半径。

根据第4代战斗机的设计要求, 选择优化目标为 $\max \{K_{\max, 1.5}, K_{\max, 0.8}, C_{y\max, 0.2}\}$ 和 $\min \{C_{x0, 1.5}, C_{x0, 0.8}, R_{\text{am}, q}, R_{\text{am}, c}, R_{\max, q}, R_{\max, c}\}$ 。其中: $K_{\max, 1.5}, K_{\max, 0.8}, C_{x0, 1.5}, C_{x0, 0.8}$ 分别为马赫数 1.5 和 0.8 时的最大升阻比和零升阻力系数; $R_{\text{am}, q}, R_{\text{am}, c}, R_{\max, q}, R_{\max, c}$ 分别为飞机前向 $\pm 30^\circ$ 侧向 $\pm 30^\circ$ 范围内雷达散射截面(RCS)的平均值、最大值 $C_{y\max, 0.2}$; 是马赫数为 0.2 时的最大升力系数。

约束条件为各设计变量的几何尺寸约束。

应用模糊数学理论, 根据战斗机总体设计的要求, 采用线性函数分别建立各个目标的满意度函数和约束的满足度函数 $L_{s_i}(x), L_{G_j}(g_j)$ 。然后根据不同的设计思想, 采用综合加权法、模糊判决法建立综合评价函数^[1]。

2 模糊优化的综合加权模型

由专家估测法确定各个目标函数的权数 a_i ,

使用综合加权法建立多个目标的总满意度函数 $h[F(x)]$, 并由此建立目标模糊优化模型

$$\begin{cases} \max h[F(x)] = \prod_{i=1}^n [a_i L_{s_i}(x)] \\ \text{s. t. } L_{G_j}(g_j) \geq A \quad (j = 1, \dots, m) \\ L_{s_i}(x) \geq B \quad (i = 1, \dots, n) \end{cases}$$

A 和 B 可以由设计人员调整确定, 代表设计人员的主观愿望和设计经验, 对于不同的 A 和 B, 所求得解属于对应不同目标满意度和约束满足度的模糊解集。

综合评判方法注重综合评价函数值, 优先改善最重要的目标的满意度, 当最重要的目标不能再改善时, 再改善其他次要目标。

3 模糊优化的模糊判决模型

在模糊判决法中, 将模糊优化问题转化为无约束极值问题的求解, 令

$$h[F(x)] = \left(\prod_{i=1}^n L_{s_i}(x) \right) \left(\prod_{j=1}^m L_{G_j}(g_j) \right)$$

优化模型为 $\max h[F(x)]$ 。

在优化计算中, 由于含有取小运算, 使得函数常常是分段、不连续的, 有时给求解带来很大不便。其实, 模糊判决法与以下优化方案等价

$$\begin{cases} \max K \\ \text{s. t. } L_{s_i}(x) \geq K \quad (i = 1, \dots, n) \\ L_{G_j}(g_j) \geq K \quad (j = 1, \dots, m) \\ x \in U \end{cases}$$

这种模型体现出对优化目标和约束的同等重视, 是多目标约束问题求解的一种对称模型。它注重改善满意度和满足度中最低的目标或约束, 但

当最差的目标或约束不能再改进时, 次差的目标和约束往往得不到改善。这种不足可以用以下模型来改进

$$\begin{cases} \max K = \sum_{k=1}^{n+m} w_k K_k \\ \text{s. t. } L_{S_i}(x) \leq K \quad (i=1, \dots, n) \\ \quad \quad L_{G_j}(g_j) \leq K_{+j} \quad (j=1, \dots, m) \\ \quad \quad x \in U \end{cases}$$

其中: w_k 可以是权数。

此时的模型近似于综合加权法, 但变量增加了多个 $K(i=1, \dots, m+n)$ 。

根据求得的 K 可以确定对应目标、约束的满意度或满足度, 并可以据此大致确定哪些指标订立即比较合适($K \in [0.4, 0.9]$), 哪些较高($K \in [0.9, 1]$), 哪些较低($K \in [0, 0.4]$)。

4 优化结果对比

各种模型的优化结果见表 1。结果对比显示, 模糊优化的综合加权法最好, 常规方法次之。模糊判决法由于只改善最差的目标而使总体效果较差, 但它与综合加权法相比, 可以改善最差的目标(如表中所示, 将 L_5 由 0.22195 改善为 0.22880), 二者体现的不同设计思想(如文中分析), 使设计人员可以根据不同设计思想或设计目的而采用不同的优化方法。本文及进一步深入研究而开发的程序可供设计人员在初步设计时选用。

(上接第 282 页)显著的控制效果。参 5

关键词 直升机, 振动控制, 适应控制

利用相控阵雷达跟踪机动目标的算法 = Algorithms for tracking maneuvering target with phased array radar/杨晨阳(北京航空航天大学), 毛士艺, 李少洪. - 1998, 11(4). - 281 ~ 292

研究了利用相控阵雷达跟踪机动目标的几种典型算法, 分析了多模型常增益滤波器的特性; 修正了一种典型的多模型变数据率滤波算法; 对单模型均匀数据率、单模型变数据率、多模型均匀数据率和多模型变数据率方法进行了综合性能比较。研究表明, 在相控阵雷达中跟踪机动目标时, 由于节省雷达资源非常重要, 采用以多模型为核心的变数据率方法是必要的; 对于相控阵雷达, 自适应变采样率算法优于自适应模型算法, 基于多模型的变采样率算法优于基于单模型的变采样率算法, 因为 IMM 能够迅速适应机动, 且与残差相比其预测协方差是一种更为敏感和可靠的反应跟踪性能的指数, 可以应用于确定采样率。对于给定的跟踪精度, 基于 IMM 的方法需要更低的采样率。

表 1 各种方法的优化结果对比

对比项	初始值	优化结果		
		常规优化	模糊约束 1	模糊约束 2
L_1	0.48679	0.44349	1.00000	0.50752
L_2	0.62449	0.68552	0.62724	0.60506
L_3	0.32708	0.31473	0.31683	0.30924
L_4	1.00000	1.00000	0.95742	1.00000
L_5	0.22511	0.23337	0.22195	0.22880
L_6	0.77438	0.85839	0.91722	0.87547
L_7	0.50989	0.64367	0.75471	0.63940
L_8	0.50384	0.57882	0.64688	0.59404
L_9	0.22856	0.23266	0.23897	0.23530
$h[F(x)]$	0.50934	0.53500	0.62285	0.22880

注: $L_j(j=1, 9)$ 代表各个目标函数的满意度。

参 考 文 献

[1] 陈树勋. 精密复杂结构的几种现代设计方法[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1992.

作者简介:



李 敬, 1970 年 12 月生于山东莘县, 1992 年毕业于西北工业大学飞行器结构与强度专业, 现为北京航空航天大学博士生, 师从于李天研究员、武哲教授。主要研究方向: 飞机总体气动与隐身一体化设计、模糊优化及模糊综合评判、目标雷达散射截面分析与减缩、飞行器气动力性能计算等。

武 哲(简介详见本刊 1999 年第 1 期)

参 5

关键词 相控阵雷达, 机动目标跟踪, 多模型估计算法, 自适应变数据率算法

用主神经网络诊断发动机传感器故障 = Engine sensor fault diagnosis using main and decentralized neural networks/黄向华(南京航空航天大学), 孙健国, 依里亚索夫(乌发航空技术大学), 华西里也夫. - 1998, 11(4). - 293 ~ 296

提出一种基于在线神经网络的发动机传感器故障检测隔离与适应方案。这种在线神经网络由一个主网络和多个分网络组成, 并在线学习系统的动态变化情况。若某个传感器发生故障, 则主网络与分网络均能准确检测出故障, 并由相应的分网络提供适应信号代替发生故障的传感器。通过采用最优估计和故障诊断的综合逻辑, 这种方案能诊断软故障。对某型涡轴发动机的仿真结果表明: 这种多神经网络的在线诊断方案能检测、隔离硬故障和软故障, 并提供准确的适应信号。参 6

关键词 航空发动机, 解析冗余, 神经网络 (下接 233 页)