航空科学技术
Aeronautical Science & Technology
Sep. 15 2018 Vol. 29 No.09 32-36

运 12 飞机光电监控系统改装气动特性分析

赵凯 *，李志敏，谷鹏举

西安新宇航空维修工程有限公司，陕西 西安 710089

摘　要：加装光电监控系统对飞机的气动特性有一定影响，甚至会影响飞行安全。本文阐述了以运 12 飞机为载机平台的光电监控系统改装方案，采用计算流体力学(CFD)方法计算分析了改装前后运 12 飞机的气动力特性和表面流场。计算结果表明，光电监控系统改装对飞机的整体压力分布规律和流线没有明显影响，改装后飞机仍是纵向静稳定的。由此可证明运 12 飞机光电监控系统改装设计方案合理可行。

关键词：运 12 飞机；光电监控系统；改装；气动特性；CFD 计算

中图分类号：V211.46　　**文献标识码**：A　　DOI：10.19452/j.issn1007-5453.2018.09.032

光电监控系统主要由卫星通信（卫通）天线、功率放大器、任务系统设备、光电吊舱等设备和仪器组成，集成了红外、可见光、激光等多种传感器，可获得高清晰度的图像，具有目标智能探测识别和跟踪、全景图像拼接、组网监控等功能。飞机上安装光电吊舱和卫星通信设备，可将飞行中观测到的可见光和红外视频图像，通过通信卫星实时传回地面指挥大厅，并可实现指挥大厅与飞机上观测人员的双向实时语音通信[1]。因此，以飞机为载体的机载移动光电监控系统，在森林防火监控、海域巡逻、灾情监测、伴飞光电跟踪等军民用领域具有深远的应用价值。

以运 12 飞机为载机平台加改装的光电监控系统研究工作在国内属于首次尝试，由于卫通天线和光电吊舱等设备尺寸较大，对飞机气动特性的影响会比较明显，因此，有必要对改装设计过程中飞机的气动特性进行分析，以便制定设计出更加合理的改装方案。

1 改装设计概述

运 12 飞机是哈飞集团研制生产的轻型双发多用途运输机，设计空重 2840kg，最大起飞重量 5500kg，巡航速度 292km/h，实用升限 7000m。光电监控系统的改装在已取得航摄改装适航证的运 12 飞机上进行，飞机舱外布局图如图 1 所示。光电吊舱挂装在航摄窗口位置处的机身底部（机身占位 FS 4519~FS 5310），卫通天线和功放安装在客舱顶部（机身占位 FS 7000~FS 8200），并通过角盒对客舱顶部隔框和长桁进行加强，为了优化改装的气动布局，在工装和蒙皮之间安装整流板进行整流。所有任务系统设备集成于机载操作台里，机载操作台安装在飞机客舱内。

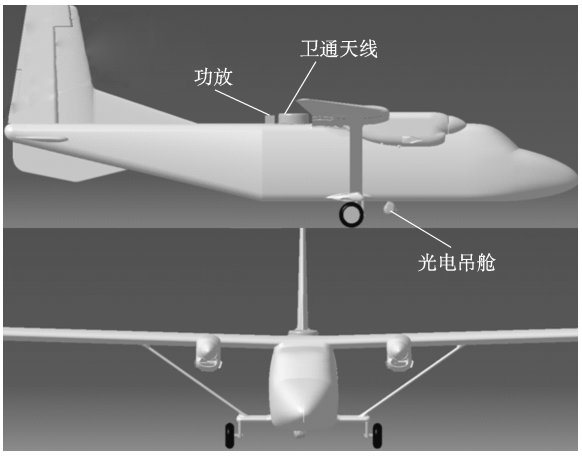

图 1　运 12 飞机光电监控系统改装舱外布局图

Fig.1　Exterior layout of Y12 airplane refitted of photoelectric monitoring system

收稿日期：2018-07-19；　　退修日期：2018-07-24；　　录用日期：2018-08-26

* 通信作者 . Tel.：15667088586　　E-mail：zhaok21@163.com

引用格式：Zhao Kai, Li Zhimin, Gu Pengju. Analysis of Y12 airplane's aerodynamic characteristics for refit of photoelectric monitoring system [J]. Aeronautical Science & Technology, 2018, 29 (09): 32-36. 赵凯，李志敏，谷鹏举．运 12 飞机光电监控系统改装气动特性分析 [J]. 航空科学技术，2018, 29 (09): 32-36.

2 气动特性计算

2.1 计算内容

计算流体力学（CFD）是一门采用数值计算方法并利用计算机来研究流体流动现象和流动规律的学科，综合了计算数学、流体力学、科学可视化等多种学科，目前在飞机气动布局优化设计方面得到广泛应用[2]。本文选取运 12 飞机巡航状态为典型计算状态，采用 CFD 方法对光电监控系统改装前后飞机在不同迎角下（0°、2°、4°）的气动力特性进行计算，对比分析改装前后飞机气动特性的差异，分析改装后飞机的纵向静稳定性，评估光电监控系统改装对飞机飞行性能的影响。

2.2 计算模型

采用三维可压缩非定常 N-S 方程对飞机外流场进行求解，湍流模型选择 SST 两方程模型，详细的数值计算方法见参考文献 [3]。首先对飞机几何模型进行清理和修复，简化对升阻力影响不显著的细节，对影响网格生成质量的破碎几何面进行重构，对缺失的面和缝隙进行修复。计算域的外边界采用速度入口和压力出口，机体表面采用绝热壁面，计算域长 3000m、宽 2000m、高 1200m。对光电吊舱、前起落架和主起落架生成非结构网格，对其他部分生成结构网格。结构网格的网格量约为 3100 万，飞机改装前后非结构网格量分别为 353 万、363 万，改装前的结构网格通过对改装后结构网格的卫通装置部分进行空化后得到。卫通装置的计算模型网格如图 2 所示。

2.3 计算条件

本文气动特性计算的条件为高度 3500m，查国际标准大气表，得空气温度 265.4K，压力 65890Pa，密度 0.8643kg/m^3，黏性 1.6775e^{-5}Pa/s。飞机参考面积 36.9m^2，参考重心位置 X=5.095m，Y=0m，Z=1.0m，平均气动弦长 1.962m，飞行速度 270km/h。

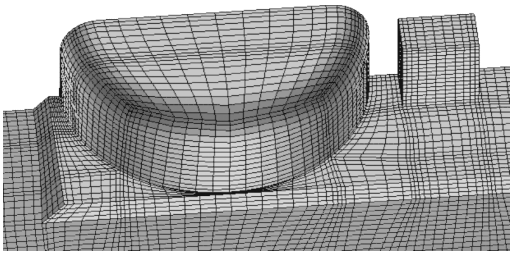

图 2 卫通装置的计算模型网格

Fig.2 Calculation model grids of the satellite communication devices

3 计算结果分析

3.1 气动力特性分析

通过对改装前后飞机流场进行模拟，计算得到了不同迎角下升力系数 C_L、阻力系数 C_D 和俯仰力矩系数 C_m 的结果，见表 1。从表中可以看出，与改装前原始构型相比，改装后飞机的升力系数减小，阻力系数增大，俯仰力矩系数减小。升力系数与阻力系数的绝对变化量和相对变化量均随迎角增大而减小，升力系数的变化量不超过 0.018，均小于 3%，阻力系数的变化量不超过 0.004，均小于 8%。而迎角为 2° 时俯仰力矩系数的相对变化量较大，这是由于原始飞机在迎角为 2° 时俯仰力矩系数较小。可见光电监控系统改装对飞机阻力有一定影响，会减小起飞的加速度，使滑跑距离、时间略有增加，也会增加飞行油耗；对升力的影响不大，因而起飞重量等的变化不大；俯仰力矩系数减小，导致升降舵操纵效率有所下降。总体来说，这种改装对飞机气动力特性的影响在飞机安全飞行范围内。

表 1 改装前后飞机气动力系数计算结果

Table 1 Calculation results of aerodynamic coefficients of the aircraft before and after refitting

迎角	改装前			改装后			相对变化量		
	C_L	C_D	C_m	C_L	C_D	C_m	ΔC_L	ΔC_D	ΔC_m
0°	0.6615	0.0484	0.0513	0.6438	0.0522	0.0360	−2.672%	7.692%	−29.77%
2°	0.8664	0.0581	0.0162	0.8524	0.0614	−0.0061	−1.618%	5.747%	−137.40%
4°	1.0671	0.0712	−0.0253	1.0575	0.0730	−0.0396	−0.903%	2.469%	−56.53%

图 3 为改装前后飞机俯仰力矩系数 C_m 随升力系数 C_L 的变化曲线。从图中可以看出，随升力系数增大，俯仰力矩减小，因此改装前后飞机均为纵向静稳定的，能够保证飞行安全。

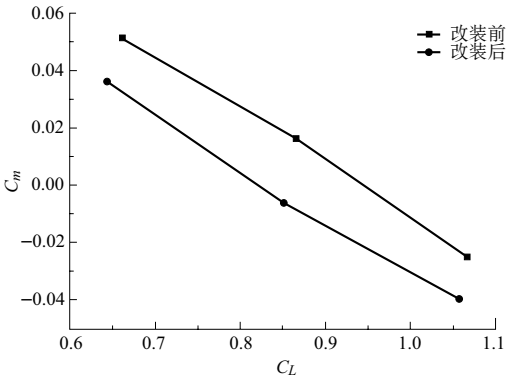

图 3 俯仰力矩系数随升力系数的变化曲线

Fig.3 Curve of pitch moment coefficient with lift coefficient

3.2 飞机表面流场分析

图 4~ 图 6 分别为迎角 0°、2°、4° 时改装前后飞机的表面流线和压力分布云图。从图中结果看，在计算的所有迎角内，改装前飞机机翼和机身上的流线都是顺流向的，改装后飞机表面的流线也基本是顺流向的，只是在翼根和机身上部尾翼之前，卫通天线使得机身上表面的压力分布和流线产生微弱变化，同时增大了飞机翼根处的分离，使机翼升力系数有所减小。光电吊舱对机身下表面的压力分布和流线产生了一定的影响，其尾迹对平尾也有一定影响。可见，光电监控系统改装对飞机机翼表面的整体压力分布规律和流线未产生显著影响，而且卫通天线的尾迹也没有延伸到机翼表面。另外，卫通天线的截面面积有限，其对机翼气动力的作用是局部的。因此，运 12 飞机光电监控系统改装的气动特性是合适的。

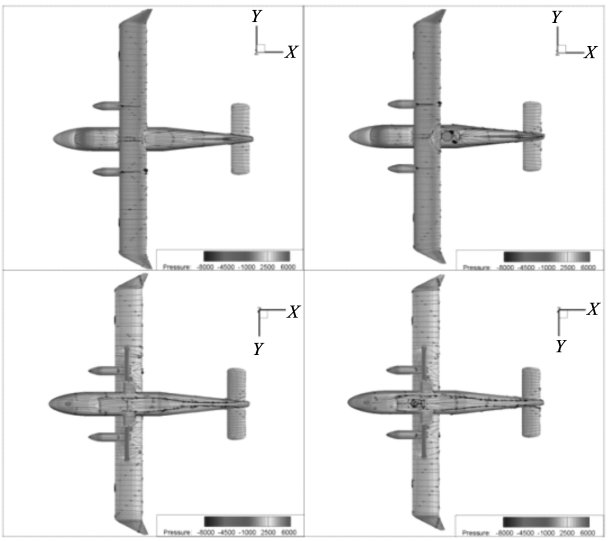

图 4 改装前后飞机表面流场（迎角为 0°）

Fig.4 Surface flow field of the aircraft before and after refitting at 0° angle of attack

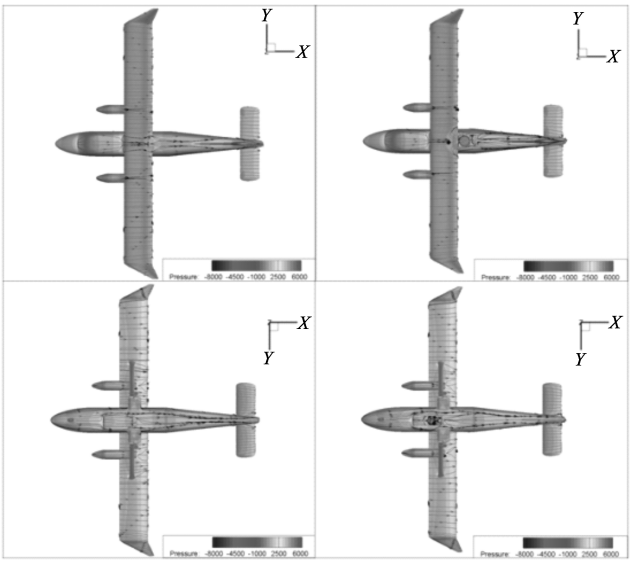

图 5 改装前后飞机表面流场（迎角为 2°）

Fig.5 Surface flow field of the aircraft before and after refitting at 2° angle of attack

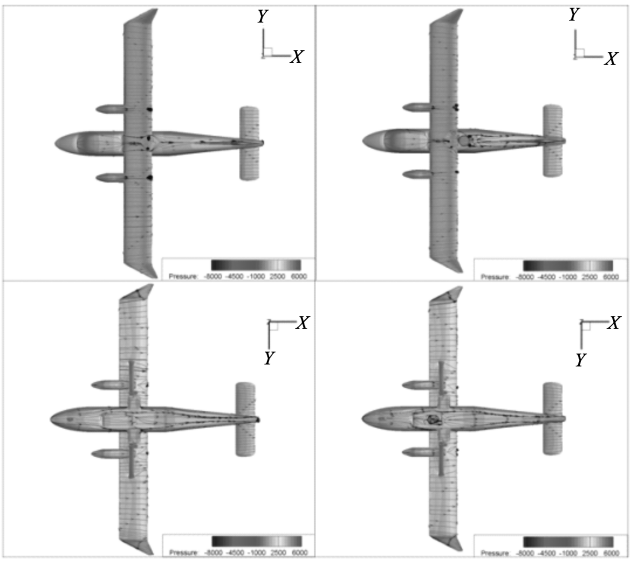

图 6 改装前后飞机表面流场（迎角为 4°）

Fig.6 Surface flow field of the aircraft before and after refitting at 4° angle of attack

3.3 水平尾翼的气动力分析

截取飞机改装前后 Y=1.5m 处水平尾翼（平尾）的剖面压力分布进行对比，不同迎角下平尾的压力分布结果如图 7 所示。从图中可以看到，经过改装后，飞机平尾上的压力分布产生一定变化，但变化量较小。由于机翼下洗的存在，巡航状态下，平尾的气动载荷是向下的，并且随着迎角的增加，水平尾翼上下表面的压力差减小，所以飞机的抬头力矩减小。因此，光电监控系统改装对运 12 飞机的纵向稳定性影响不大。

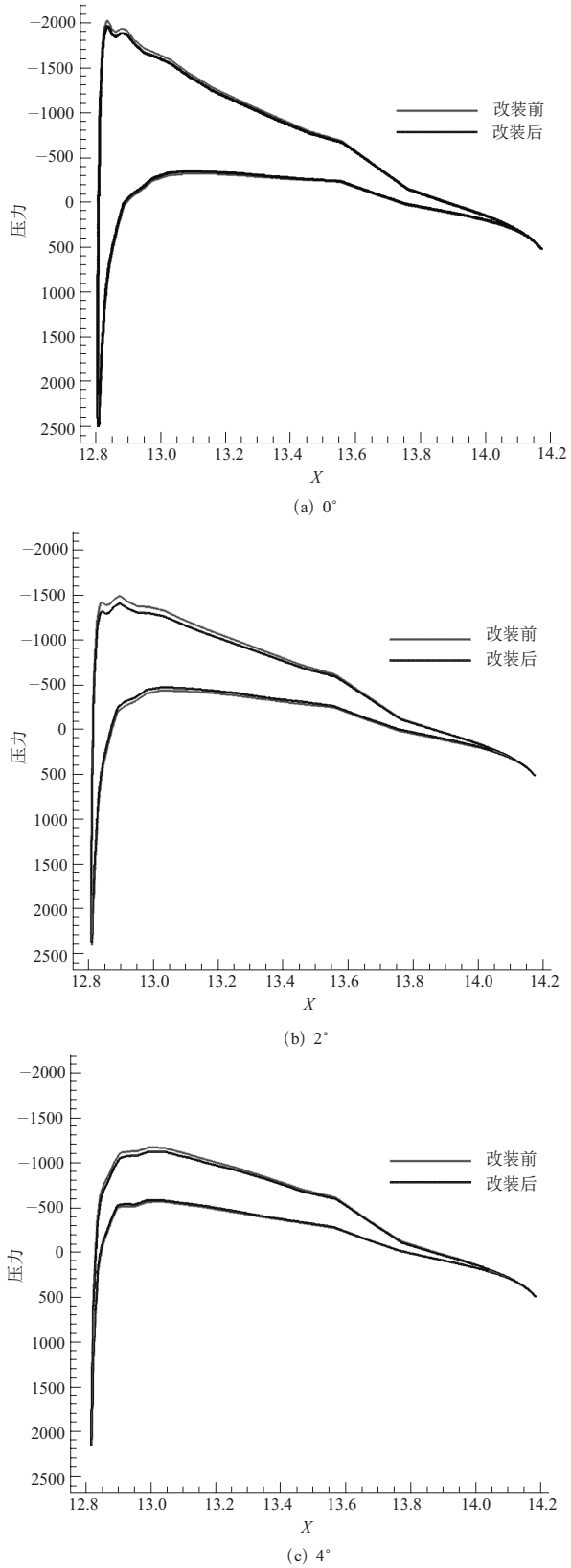

图 7 不同迎角下 Y=1.5m 剖面处平尾压力分布

Fig.7 Pressure distribution of flat tail at Y=1.5m section at different angles of attack

4 结论

从运 12 飞机气动力特性及流场计算结果看，与改装前原始飞机相比，改装后飞机的升力系数减小，阻力系数增大，俯仰力矩系数减小。升力系数的变化量不超过 3%，阻力系数的变化量不超过 8%。随升力系数增大，飞机的俯仰力矩减小，因此改装后飞机仍是纵向静稳定的，且纵向稳定性变化不大。加装天线和光电吊舱对飞机流场的影响是局部的，天线的影响集中在翼根和机身上部尾翼之前，光电吊舱的影响集中在机身下表面，其尾迹对平尾也有一定影响，但光电监控系统改装对飞机的整体压力分布规律和流线没有显著影响。因此，运 12 飞机光电监控系统改装的布局设计合理可行。本文对运 12 飞机光电监控系统改装的气动特性进行了计算分析，为飞机的安全飞行提供了有力的技术支持，但对飞机操稳特性变化研究不够深入，后期将进一步深入分析光电监控系统改装对运 12 飞机操稳特性的影响。

参考文献

[1] 高文生 . 机载卫星通信系统设计 [J]. 卫星与网络，2014 (9)：60-62.
Gao Wensheng. Design of airborne satellite communication system[J]. Satellite & Network，2014 (9)：60-62. (in Chinese)

[2] 王世安，尹贵鲁 . CFD 在飞机设计中的应用 [J]. 航空科学技术，2002 (06)：33-36.
Wang Shian，Yin Guilu. Application of CFD in aircraft design [J]. Aeronautical Science & Technology，2002 (06)：33-36. (in Chinese)

[3] 闫超 . 计算流体力学方法及应用 [M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2006.
Yan Chao. Computational fluid mechanics method and its application[M].Beijing：Beihang University Press，2006. (in Chinese)

作者简介

赵凯（1990- ）男，硕士，助理工程师。主要研究方向：通航飞机维修与改装。
Tel：15667088586
E-mail：zhaok21@163.com
李志敏（1986- ）男，学士，工程师。主要研究方向：航空机械设计。
Tel：13309187955
E-mail：13309187955@163.com

谷鹏举（1984- ）男，学士，助理工程师。主要研究方向：飞机地面非标设备研制。

Tel：15129070734

E-mail：434379229@qq.com

Analysis of Y12 Airplane's Aerodynamic Characteristics for Refit of Photoelectric Monitoring System

Zhao Kai*, Li Zhimin, Gu Pengju

Xi' an Xin-yu Aviation Maintenance Engineering Co. Ltd., Xi'an 7100089, China

Abstract: The installation of photoelectric monitoring system has a certain influence on the aerodynamic characteristics of aircraft, even affects flight safety. This paper briefly introduced the modification scheme of Y12 airplane for refitting photoelectric monitoring system, and then analyzed the aerodynamic force characteristics and surface flow field of the aircraft before and after refitting with CFD method. According to the results, the modification of photoelectric monitoring system has no obvious effect on the pressure distribution and streamline of overall aircraft, so the modified aircraft was still longitudinally static. Therefore, the scheme of Y12 airplane for refitting photoelectric monitoring system is reasonable and feasible.

Key Words: Y12 airplane; photoelectric monitoring system; modification; aerodynamic characteristics; CFD calculation

Received: 2018-07-19; **Revised:** 2018-07-24; **Accepted:** 2018-08-26

***Corresponding author.Tel.:** 15667088586 **E-mail:** zhaok21@163.com