

DOI:10.16356/j.1005-2615.2018.04.019

陆基飞机改水上飞机气动特性研究

宋佳阳 董振林 林长亮

(航空工业哈飞飞机设计研究所, 哈尔滨, 150066)

摘要:水上飞机是能够在水面上起飞、降落、停泊的特种飞机,已广泛应用在军、民各个领域。以 Y12E 型陆基飞机改水上飞机为例,通过 CFD 理论计算手段结合风洞试验,研究改装引起的气动特性变化,并针对气动特性变化制定补偿方案,以满足规范要求。本文对陆基飞机改装水上飞机具有一定的参考价值。

关键词:水上飞机;静稳定性;补偿方案

中图分类号: TN958 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2615(2018)04-0565-05

Aerodynamic Characteristics for Seaplane Modified from Land-Based Airplane

SONG Jiayang, DONG Zhenlin, LIN Changliang

(Aircraft R & D Institute of AVIC HAIG, Harbin, 150066, China)

Abstract: Seaplanes are special planes that can take off, land, and berth on water surface, which have been widely applied to civil and military fields. By methods of CFD calculation and wind tunnel testing, we study changes in aerodynamic characteristics caused by modifying a land-based airplane of Y12E to a seaplane, and constitute aerodynamic compensation scheme to fulfill relevant specification requirements. Our work has a certain reference value for modification of land-based airplanes to seaplanes.

Key words: seaplane; static stability; compensation scheme

水上飞机是能够在水面上起飞、降落、停泊的特种飞机,有些同时也能在陆地机场起降,称为水陆两栖飞机^[1]。自 1905 年法国著名的飞行家和飞机设计师瓦赞兄弟设计制造出第一架水上飞机^[2],至 21 世纪初,世界上已先后研发出 380 多种型号的水上飞机并投入使用,主要国家有美国、加拿大、俄罗斯(苏联)、日本和中国。

比较著名的型号有苏联的 A-40“信天翁”水陆两栖飞机,日本的 US-1 水陆两用救护飞机、US-2 水陆两用反潜巡逻机,加拿大的 CL-215 水陆两栖灭火飞机、CL-415 多用途轻型水陆两栖飞机,马尔代夫和迪拜发展旅游及运输使用的双水獭及 Cessna 系列。

中国曾在苏联雅克-12 飞机的基础上改进制成“飞龙-1 号”水上飞机^[3],在别-6^[4]的基础上研发出 SH5 大型多用途水上飞机,在运-5 上加装浮筒改装成水上飞机,于 20 世纪 90 年代研发出 A2C 超轻型水上飞机,并于 2010 年成功研制出“海鸥”300 轻型水陆两栖飞机和 2014 年成功研制出 AG600 大型水上飞机。

随着航空技术的不断发展,水上飞机的应用及市场日渐拓展,水上飞机的地位也逐渐提高。中国以水轰 5 为基础成功研制的“蛟龙”600 飞机,能够满足中国森林灭火及水上救援等迫切需求。但现阶段中国并没有能够承担起旅游业的 10~20 座水上飞机,浪费了丰富的河流湖泊及岛屿资源^[5-8],且

收稿日期:2017-07-29;修订日期:2017-11-23

通信作者:宋佳阳,女,工程师,E-mail:18745787894@163.com。

引用格式:宋佳阳,董振林,林长亮. 陆基飞机改水上飞机气动特性研究[J]. 南京航空航天大学学报,2018,50(4):565-569. SONG Jiayang, DONG Zhenlin, LIN Changliang. Aerodynamic characteristics for seaplane modified from land-based airplane[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics,2018,50(4):565-569.

美亚航空和幸福航空已引进双水獭和赛斯纳水上飞机发展旅游观光业务,国内市场正一步步被国外机型侵占。因此,研制出一种国产水上飞机并加入到世界竞争行列迫在眉睫。

国际上同一级别 20 座以内水上飞机,如 DHC-6 和 Cessna208,均在陆基飞机基础上加装浮筒改装而来。本文以现有成熟机型、哈飞自主研发的通用飞机 Y12E 为平台进行改装。Y12E 型飞机载质量 1 984 kg,可乘载 18 名乘客,具有技术成熟、用途广泛、改装适应性强等特点。在 Y12E 上进行改装能够降低研发风险、节约研发费用且更为便捷。改装示意图见图 1(主要包括取消起落架、加装浮筒及结构适应性更改)。本文主要研究陆基飞机加装浮筒对全机气动特性的影响,及针对一些不利影响所采取的措施。

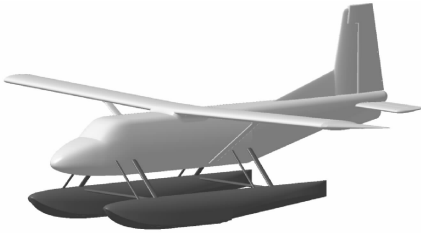


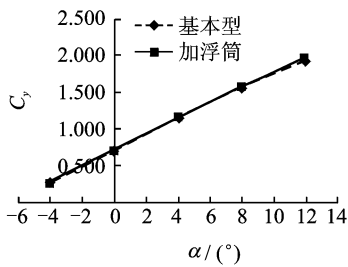
图 1 Y12E 改装示意图

Fig. 1 Sketch for Y12E aircraft modification

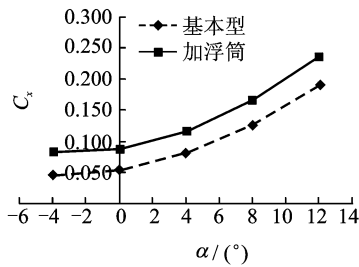
1 改装对气动特性的影响分析

1.1 分析方法

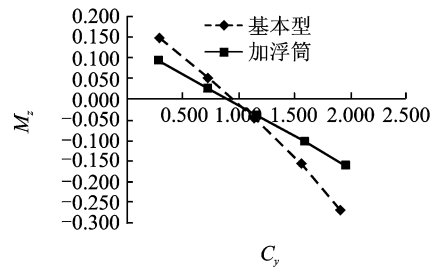
如今对飞机气动特性的分析主要分初步分析



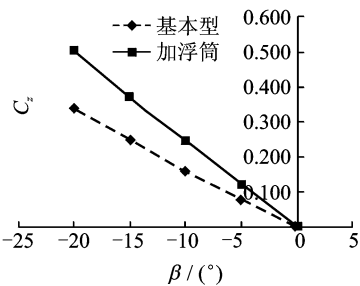
(a) Comparison of lift coefficients



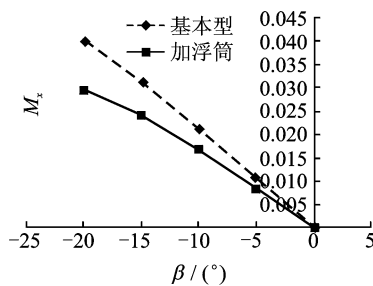
(b) Comparison of drag coefficients



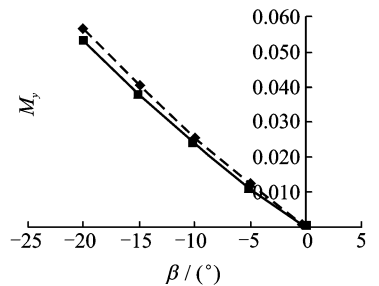
(c) Comparison of pitching moment coefficients



(d) Comparison of side force coefficients



(e) Comparison of rolling moment coefficients



(f) Comparison of yawing moment coefficients

图 2 飞机加装浮筒前后气动特性变化

Fig. 2 Comparison of aerodynamic characteristics between before and after installing float

和详细分析两阶段,初步分析多普遍采用 CFD 计算方法,详细分析则通过风洞试验方法。

本文研究改装对飞机气动特性的影响。分析主要步骤如下:

(1)通过 CFD 理论计算^[9,10]加装浮筒对飞机气动特性影响;

(2)针对影响制定气动补偿措施;

(3)通过风洞试验验证补偿措施效果。

CFD 理论计算多采用对比分析的方法,优点是能够消除建模初期由于计算模型简化引起的误差,因此分析结果才会有意义。

1.2 CFD 理论计算改装对气动特性的影响

参数设定:选择四面体网格,设定速度 60 m/s,参考弦长 2 m,参考展长 19.2 m,机翼面积 36.9 m²,大气密度 1.225 g/L,力矩参考点为 (5.42 m, 0 m, 0.39 m)。

通过 CFD 理论计算得到飞机加装浮筒前后的气动特性变化见图 2。

综上,在迎角或侧滑角一定的条件下,飞机加装浮筒后,升力略有增加,阻力明显增加;俯仰力矩变小,纵向静稳定性下降;侧力增加,滚转力矩变小,横向静稳定性下降;偏航力矩略有降低,航向静稳定性略下降。

气动特性变化较为明显的是阻力和纵向静稳定性,其次是横向静稳定性、侧力及航向静稳定性。

1.3 补偿措施

由于加装浮筒相当于增加了外挂物,阻力和侧

力的增加是不可避免的,但静稳定性的损失可以通过补偿措施来弥补。

参照国际上同一级别的水上飞机,如 DHC-6 和 Cessna208,都采用在陆基飞机上加装浮筒的方式,它们在补偿静稳定性损失方面选用的是加装平尾端板和加装腹鳍的方式^[11]。

Y12E 改水上飞机在制定补偿措施时应尽量不改变飞机基本翼面尺寸及构型。针对 CFD 计算结果提出以下气动补偿措施:

1.3.1 改善纵向静稳定性

飞机的纵向静稳定性主要受平尾面积影响,加大平尾面积或加装平尾端板可以提高平尾效率^[12],从而提高纵向静稳定性。

考虑到 Y12E 型飞机平尾展长相对较小,且端板的安装位置受角补偿限制。安装平尾端板对飞机的纵向静稳定性改善效果不会很明显。因此,在不改动飞机基本构型前提下,选择在垂尾上加装小翼的方式,通过增加当量平尾面积来提高平尾效率,如图 3 所示。CFD 计算中在垂尾弦长大约 55%处安装一个小水平翼,翼型为 NACA4412、弦长大约 1 000 mm、展长约 1 300 mm、小翼面积约为 1.1 m²(一侧),大约占平尾面积的 31%,安装角约为 -4°、上反角约为 2°。计算结果见图 4。可以看出,加装垂尾小翼对飞机的纵向静稳定性有一定改善效果。

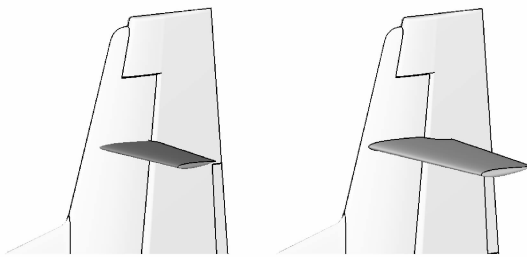


图 3 加装垂尾小翼

Fig. 3 Retrofit with vertical tail wing

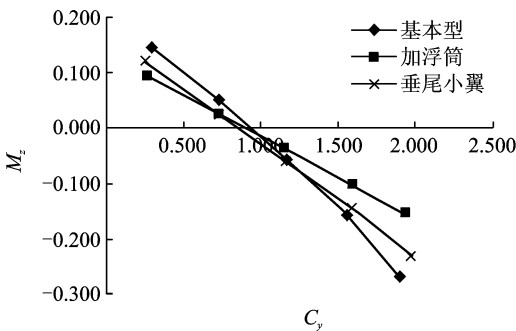


图 4 CFD 计算结果(垂尾小翼)

Fig. 4 CFD results for vertical tail wing

1.3.2 改善横向静稳定性

飞机的横向静稳定性主要由机翼上反及后掠产生^[13],同时受机翼相对机身的位置影响。更改机翼及其上反角或后掠角都无异于重新设计一架飞机。为达到提高横向静稳定性的目的,在保证机翼展长及水平面投影面积不变的前提下,采取将剪切翼尖沿 23A 肋上反(见图 5)。CFD 计算结果见图 6。可以看出,使剪切翼尖上反 30°足以弥补加装浮筒带来的横向静稳定性损失。具体上反角度将在风洞试验中确定。

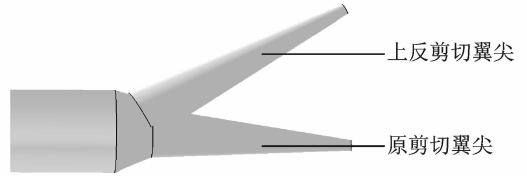


图 5 剪切翼尖上反

Fig. 5 Retrofit with winglet

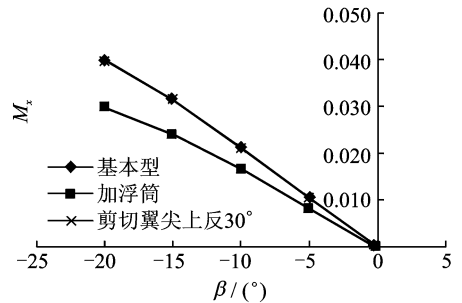


图 6 滚转力矩系数变化曲线

Fig. 6 Changing trend of rolling moment coefficient

1.3.3 航向静稳定性

飞机的航向静稳定性主要受垂尾面积影响,可以通过增大垂尾面积、采用双垂尾、加装或增大腹鳍的方式提高^[12]。由于 Y12E 陆基飞机自身的航向静稳定性足够好,且加装浮筒对其影响不大,因此选择改动最小的方式——加大腹鳍(见图 7),此方案效果直接在风洞试验阶段进行验证。

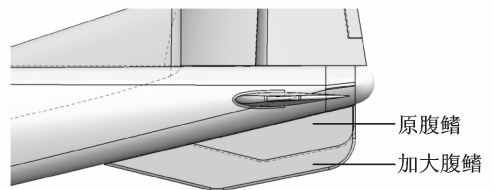


图 7 加大腹鳍

Fig. 7 Enlarging ventral fin

2 风洞试验验证

根据 CFD 计算结果,气动补偿措施最终选择加装垂尾小翼、加大腹鳍、换装上反 20°的剪切翼

尖。最终改装示意图见图8。



图8 飞机改装示意图

Fig. 8 Sketch for aircraft modification

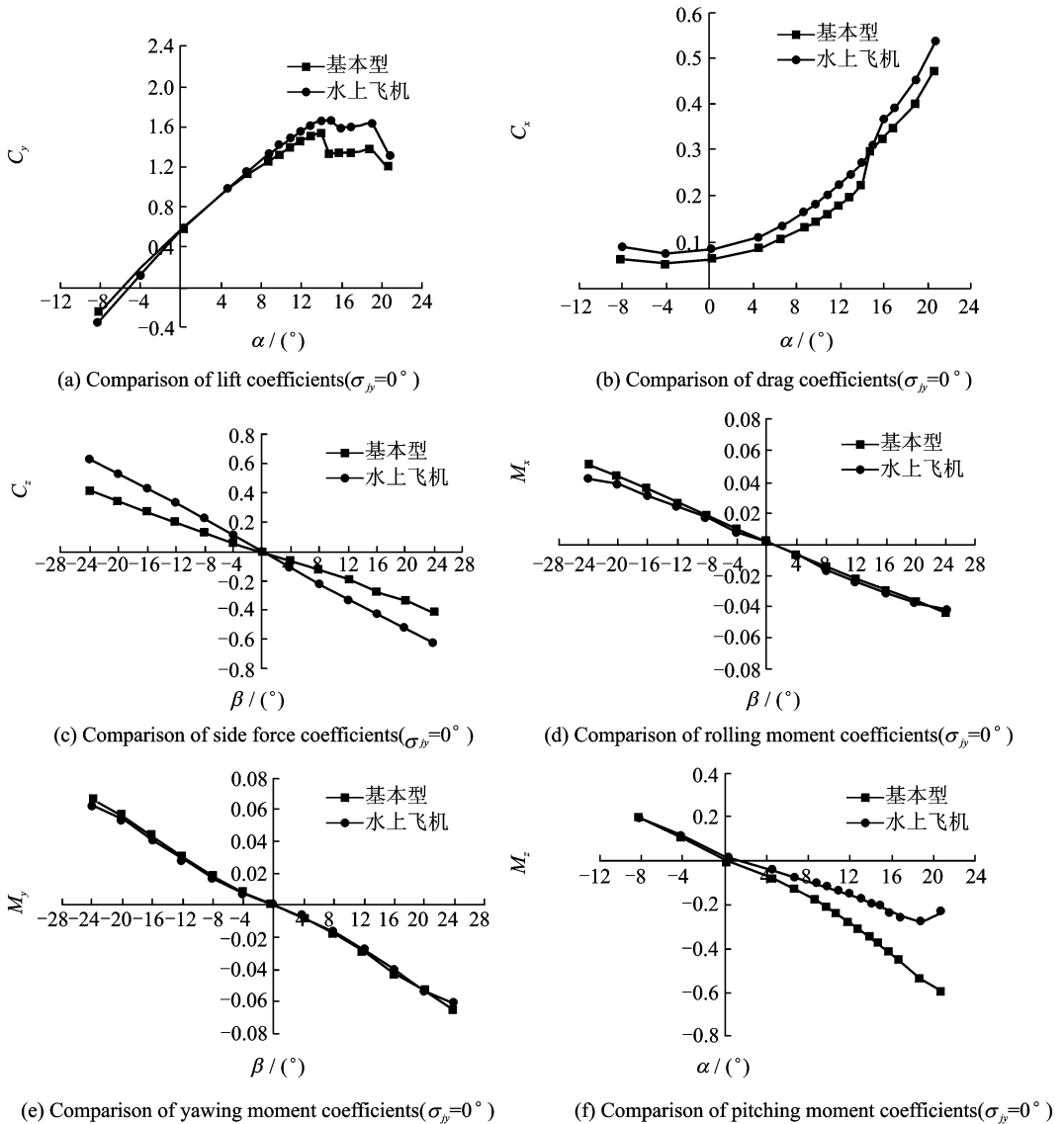


图9 水上飞机风洞试验结果

Fig. 9 Results of wind tunnel test for seaplane

3 结论

通过对 Y12E 型陆基飞机改装水上飞机的气动特性研究可以类比,陆基飞机取消起落架、加装浮筒改装水上飞机,会使飞机阻力增加,静稳定性

改装后的飞机称为水上飞机。以水上飞机构型进行风洞试验验证。气动特性变化见图9。

由风洞试验结果可以看出,陆基飞机改装水上飞机后,升力略有增加,阻力明显增大;虽然浮筒对飞机横航向静稳定性的影响较大,但补偿措施基本上可以弥补由浮筒带来的不利影响;纵向静稳定性无法完全通过补偿措施弥补,参考双水獭采取将重心后限前移的方式, Y12E 通过纵向操稳计算,得出将重心后限前移 2% 能够满足适航要求。

降低,降低程度最大的是纵向静稳定性,其次为横航向静稳定性。这是由飞机改装带来的必然代价。

本文在不改变飞机总体布局的前提下,针对静稳定性损失,制定了以下补偿措施:

(1)通过加装垂尾小翼补偿纵向静稳定性损

失。飞机的纵向静稳定性主要受平尾影响,加装垂尾小翼相当于通过增加当量平尾面积的方式提高平尾效率。

(2)通过使剪切翼尖上反补偿横向静稳定性损失。全机的滚转力矩主要来源于翼身组合体和垂尾,其中机翼占有主要地位,剪切翼尖上反结构更改小且效果明显。

(3)通过加大腹鳍补偿航向静稳定性损失。全机的偏航力矩主要来源于垂尾和腹鳍,加装平尾小翼和加大腹鳍都可以达到改善航向稳定性的效果,但前者效果不明显,且结构更改较为复杂。

通过以上补偿措施,能够部分弥补由加装浮筒给飞机带来的静稳定性损失,使飞机满足规范要求。

参考文献:

- [1] 彭勇. 对我国发展水上飞机的展望[J]. 交通与运输, 2010,26(5):25-27.
PENG Yong. Prospects for the development of seaplane in China[J]. Traffic & Transportation, 2010, 26(5):25-27.
- [2] 王武红,兰芝芳,叶树林. 世界水上飞机手册[M]. 北京:航空工业出版社,1992.
- [3] 逸平. 我国从发展水上飞机到研制两栖飞机[J]. 交通与运输, 2015(5):46-48.
YI Ping. From the development of seaplane to amphibious aircraft[J]. Traffic & Transportation, 2015

(5):46-48.

- [4] 李杰. 别氏水上飞机家族称雄海天[J]. 当代海军, 1999(2):25-27.
- [5] 刘永军. 运-12 双浮筒式水上飞机改型设计[D]. 南京:南京航空航天大学,2008.
- [6] 徐开碧. 抓住长三角通用航空的发展机遇[J]. 航空航天科技论文集,2006,27(15):1-8.
- [7] 赵连恩,韩端锋. 高性能船舶水动力原理与设计[M]. 北京:国防工业出版社,2009.
- [8] 卞文杰,吕广祥. 开发水陆两栖飞机发展民用航空运输[J]. 航空科学技术, 1997(1):39-40.
BIAN Wenjie, LV Guangxiang. The development of amphibious aircraft and civil aviation transportation [J]. Aerospace Science and Technology, 1997(1): 39-40.
- [9] 罗云. CFD 方法在边界层风洞流场模拟中的应用研究[D]. 上海:同济大学,2003.
- [10] 师奇威,贾代勇,贡建伟. CFD 简介及其应用研究 [C]//江苏省暖通空调制冷 2005 年学术年会论文集. [S. l.]: [s. n.], 2005:284-290.
- [11] BENEDIKT M. Seaplane database[EB/OL]. (2012-04-04). http://www.transport-research.info/sites/default/files/project/documents/20120404_135548_90441_FUSETRA_D11_seaplane_data_base_pdf
- [12] 张锡金. 飞机设计手册(第6册):气动设计[M]. 北京:航空工业出版社,2002.
- [13] 吕学富. 飞行器飞行力学[M]. 西安:西北工业大学出版社,1995.

(编辑:胥橙庭)